



# Università degli Studi di Ferrara

DOTTORATO DI RICERCA IN  
"TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA"

CICLO XXI

COORDINATORE Prof. Graziano TRIPPA

***RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E AMBIENTALE  
DELL'EDILIZIA SCOLASTICA.  
IMMAGINI, OBIETTIVI, STRATEGIE, OPPORTUNITÀ***

Settore Scientifico Disciplinare ICAR/12

**Dottorando**  
Arch. Paola BOARIN

**Tutore**  
prof. arch. Pietromaria DAVOLI

Anni 2006/2008

## 0. Indice

<b>0. Indice.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introduzione e struttura della ricerca .....</b>	<b>9</b>
1.1. Parole chiave della ricerca.....	10
1.2. Inquadramento del problema scientifico .....	10
1.3. Limitazioni del campo d'indagine.....	11
1.4. Target di riferimento .....	12
1.5. Obiettivi della ricerca .....	12
1.6. Risultati attesi.....	12
1.7. Il metodo e le fasi della ricerca.....	13
1.8. Struttura della ricerca.....	15
<b>PARTE PRIMA: IMMAGINI DELL'EDILIZIA SCOLASTICA .....</b>	<b>19</b>
<b>2. Premessa .....</b>	<b>21</b>
2.1 Glossario dei termini ricorrenti .....	23
2.2 Le politiche per l'efficienza energetica: il panorama dell'edilizia pubblica... 31	
2.2.1 Bandi e Progetti.....	32
Programma nazionale "Tetti Fotovoltaici" (2001 - 2004) .....	32
Bando nazionale "Il sole negli enti pubblici" (2007) .....	35
Bando nazionale "Il Sole a Scuola" (2007) .....	36
Bando nazionale "Il fotovoltaico nell'architettura" (2007).....	37
Bando nazionale "Audit" (2007) .....	37
2.2.3 Direttive, norme e leggi.....	38
Direttiva Europea 2002/91/CE .....	38
DLgs 19 agosto 2005, n. 192 .....	39
DLgs 29 dicembre 2006, n. 311 .....	40
DLgs 30 maggio 2008, n. 115 .....	42
Le Leggi Finanziarie .....	43
Legge Finanziaria 2006 .....	43
Legge Finanziaria 2007 .....	43
Legge finanziaria 2008.....	45
DL 29 novembre 2008 , n. 185 .....	46

2.2.4 Riflessioni conclusive .....	47
2.3 Fonti di riferimento.....	48
2.3.1 Bibliografia.....	48
2.3.2 Sitografia .....	48
<b>3. Criticità e potenzialità nella caratterizzazione e gestione del patrimonio edilizio scolastico .....</b>	<b>51</b>
3.1 Individuazione del quadro organizzativo e architettonico del patrimonio edilizio esistente .....	55
3.1.1 Organizzazione del sistema scolastico vigente.....	56
3.1.2 Consistenza dell'edilizia scolastica italiana.....	60
Scuole dell'infanzia (ex scuole materne).....	63
Scuole primarie (ex scuole elementari).....	65
Scuole secondarie di I grado (ex scuole medie) .....	67
Scuole secondarie di II grado.....	68
3.1.3 Caratterizzazione degli edifici scolastici .....	70
Lettura tipologico-distributiva degli schemi più ricorrenti.....	75
Lo schema a corridoio.....	76
L'unità funzionale .....	76
Tipi edilizi ed evoluzioni .....	78
Scuola a blocco .....	79
Scuola a piastra.....	83
Scuola estesa .....	84
Open plan .....	87
Scuola-strada .....	88
Edifici propri e impropri .....	89
Considerazioni sul comportamento energetico dei diversi tipi edilizi	91
Individuazione e tipizzazione delle soluzioni tecnologiche ricorrenti	92
Individuazione del campione di studio .....	96
Comune e Provincia di Ferrara.....	100
Comune e Provincia di Rovigo .....	112
Comune e Provincia di Modena.....	124
Quadro riassuntivo finale .....	136
Sintesi delle criticità emergenti .....	141
Individuazione delle dotazioni impiantistiche ricorrenti.....	145
Impianti di climatizzazione invernale: gruppo termico e terminali .....	145
Impianti di climatizzazione estiva .....	146
Illuminazione degli ambienti.....	146

Dotazioni tecnologiche.....	147
Fonti energetiche utilizzate.....	147
Consistenza, stato e funzionalità del patrimonio edilizio scolastico: l' "Anagrafe nazionale dell' edilizia scolastica" .....	148
3.1.4 Quantificazione dei consumi energetici negli edifici scolastici .....	150
3.2 Le figure coinvolte nel processo di gestione e riqualificazione .....	151
3.3 Gli ostacoli al processo di riqualificazione.....	154
3.4 Fonti di riferimento .....	157
3.4.1 Bibliografia .....	157
3.4.2 Sitografia .....	159
<b>4. Tendenze in atto.....</b>	<b>161</b>
4.1. La riqualificazione del patrimonio edilizio scolastico costruito: repertorio di casi studio e relative strategie.....	163
4.1.1. Legenda.....	163
4.1.2. Interventi sul costruito: selezione di progetti di <i>Best Practices</i> internazionali .....	164
"Low – Energy standards for Schools": progetto pilota di riqualificazione dell'esistente in edifici passivi promosso dall'Agenzia per l'Energia tedesca (DENA) .....	164
IEA ECBCS Annex 36 – <i>Retrofitting in Educational Buildings REDUCE. Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures (1999 – 2003)</i> .....	165
SI N: Scuola primaria "Kampen" - Oslo (Norvegia) .....	166
IC DK: Istituto comprensivo "Egebjerg" - Ballerup (Danimarca) .....	172
SSII F: Scuola secondaria di II livello "Louis Labé" - Lione (Francia) .....	178
SSII D: Istituto Superiore Professionale "Käthe Kollwitz" - Aquisgrana (Germania)..	183
4.1.3 Selezione di progetti di <i>Best Practices</i> nazionali .....	191
Schede analitiche estese .....	191
SI 01 I: Scuola per l'infanzia provinciale - Monguelfo (BZ).....	192
SI 02 I: Scuola per l'infanzia "Venturi" - Volano (TN).....	209
SP 01 I: Scuola primaria – frazione di Casteldarne, Comune di Chienes (BZ).....	222
SP 02 I: Scuola primaria "Rosmini" - Marco di Rovereto (TN).....	244
Schede analitiche sintetiche .....	259
SI 03 I: Scuola per l'infanzia "San Gregorio al Celio" - Roma .....	259
SIP 01 I: Scuola per l'infanzia e primaria - San Martino in Passiria (BZ) .....	265
SIP 02 I: Scuola per l'infanzia e primaria "Marconi" - Firenze.....	270
SP 03 I: Scuola primaria "XX Settembre" - Rimini (RM) .....	282
SSII 01 I: Scuola secondaria di I grado "R. Fucini" - Roma.....	286

SSII 01 I: Istituto Professionale di Stato per l'Industria e l'Artigianato - Rovigo .....	295
Sintesi delle misure di intervento adottate nei progetti di <i>Best Practices</i> nazionali affrontati.....	304
4.1.4. Riflessioni conclusive.....	305
4.2. Fonti di riferimento.....	309
4.2.1. Bibliografia.....	309
4.2.2. Sitografia .....	310

**PARTE SECONDA: OBIETTIVI DI RIQUALIFICAZIONE E DIAGNOSI DELL'ESISTENTE..... 311**

**5. Obiettivi e azioni di abbattimento dei consumi e innalzamento degli standard qualitativi ..... 313**

5.1. Riduzione dei consumi e miglioramento delle condizioni ambientali nell'edilizia scolastica: benefici e responsabilità nella riqualificazione. ....	315
5.1.1. Dalla parte degli alunni e degli operatori scolastici.....	315
5.1.2. Dalla parte della Pubblica Amministrazione.....	316
5.1.3. Dalla parte del sistema nazionale.....	317
5.2. Individuazione dei parametri responsabili delle sostanziali variazioni di consumo energetico e di comfort ambientale .....	319
5.2.1. Consumo di energia e qualità ambientale.....	319
5.2.2. Numero di alunni/classe e attività svolta .....	322
5.2.3. Aria .....	324
5.2.4. Temperatura.....	330
5.2.5. Umidità .....	335
5.2.6. Illuminamento .....	340
5.2.7. Rumore .....	350
5.3. Individuazione del quadro normativo ed elaborazione di un successivo quadro esigenziale-prestazionale per la verifica dello stato di fatto negli edifici esistenti e per l'inquadramento degli interventi di riqualificazione.....	354
5.3.1. Norme tecniche e provvedimenti legislativi vigenti .....	354
Efficienza energetica .....	355
Qualità dell'ambiente interno .....	359
Sintesi dei nodi critici .....	367
5.3.3. Elaborazione del quadro esigenziale-prestazionale a supporto del <i>biref</i> di progetto.....	368
5.4. Fonti di riferimento.....	370

5.4.1. Bibliografia .....	370
5.4.2. Sitografia .....	373
<b>06. Diagnosi del patrimonio esistente .....</b>	<b>375</b>
6.1. Valutazione dello stato fisico e funzionale dell'edificio scolastico attraverso metodi analitici.....	377
6.1.1. Protocollo ITACA per le scuole .....	378
6.1.2. EPIQR+ .....	382
6.1.3. Reduce – Retrofitting in Educational Buildings .....	390
6.1.4. BREEAM Education.....	399
6.1.5. LEED for Schools.....	404
6.2. Metodologie per l'acquisizione e l'analisi di dati <i>in situ</i> .....	408
6.2.1. Determinazione dei dati metrici e morfometrici dell'edificio .....	409
Rilievo diretto.....	410
Rilievo dimensionale mediante strumentazione topografica .....	411
Rilievo morfometrico mediante laser scanner.....	412
6.2.2. Rilievo di fenomeni fisici legati al comportamento energetico e ambientale dell'edificio .....	415
Data-logger .....	416
Sonda per la velocità dell'aria .....	417
Sonde per la concentrazione di gas nell'aria .....	417
Sonda per la misura della temperatura ambientale .....	418
Sonda per la misura della temperatura superficiale.....	418
Piastra flussimetrica .....	418
Sonda per l'umidità dell'aria .....	419
Sonda per la misurazione dell'umidità nei materiali da costruzione .....	419
Sonda per la misurazione del flusso luminoso.....	420
Stazioni integrate per data-logging .....	420
Campionamento diffusivo e analisi in laboratorio.....	421
Analizzatore di gas portatile.....	421
Rilevatore di gas radon portatile.....	422
Blower Door Test .....	423
Valutazione della trasmittanza termica dell'involucro edilizio (analisi termoflussimetrica).....	424
Valutazione dell'involucro termico (analisi termografica) .....	425
Valutazione dell'ambiente acustico .....	430
Sorgente acustica omnidirezionale.....	430
Generatore di rumore di calpestio .....	431

Sistema omnidirezionale di analisi di sorgenti sonore .....	431
6.2.3. Valutazione delle dotazioni impiantistiche e dei contratti di fornitura energetica.....	433
6.2.4. Considerazioni finali .....	433
6.3 Fonti di riferimento.....	436
6.3.1 Bibliografia.....	436
6.3.2 Sitografia .....	437
<b>PARTE TERZA: CRITERI E METODI .....</b>	<b>439</b>
<b>7. Azioni di riqualificazione .....</b>	<b>441</b>
7.1. Prerequisiti delle azioni di riqualificazione .....	443
7.1.1. Integrabilità con le utenze presenti nell'edificio .....	444
7.1.2. Rapidità delle lavorazioni .....	445
7.1.3. Condizioni del cantiere .....	449
7.1.4. Leggerezza dei componenti rispetto alle strutture esistenti.....	451
7.1.5. Facilità delle connessioni (ancorabilità) .....	452
7.1.6. Sostituibilità delle parti giustapposte.....	453
7.1.7. Riciclabilità delle parti integrate.....	454
7.2. Strumenti di supporto decisionale .....	455
7.2.1. Schema operativo di orientamento al processo di riqualificazione ..	455
7.2.2. Criticità emergenti.....	459
7.3. Azioni finalizzate al raggiungimento del livello esigenziale .....	461
7.3.1. Introduzione alle schede di intervento.....	462
<i>Pay Back Period</i> .....	462
Stima del risparmio energetico conseguibile .....	464
Grado di miglioramento della qualità ambientale .....	465
7.4. Schede di intervento.....	465
7.4.1. Quadro sinottico.....	465
7.4.2. Schede di intervento .....	466
7.5. Fonti di riferimento.....	579
7.5.1. Bibliografia.....	579
7.5.2. Sitografia .....	581
<b>PARTE QUARTA: CONCLUSIONI .....</b>	<b>583</b>

**8. Verifica dei risultati e possibili sviluppi della ricerca ..... 585**

8.1. Verifica tra obiettivi e risultati raggiunti .....	587
8.1.1. Caratteri .....	587
8.1.2. Parametri.....	591
8.1.3. Strumenti .....	592
8.1.4. Azioni.....	594
8.1.5. Strategie .....	595
8.2. Proposte di sviluppo futuro della ricerca .....	598
8.2.1. L'Agenda 21 a Scuola.....	603
8.2.2. La gestione partecipata dell'edificio riqualificato .....	605
8.2.3. La <i>Post Occupancy Evaluation</i> e la partecipazione degli utenti nelle fasi di acquisizione dati e monitoraggio dell'edificio.....	606
8.3. Fonti di riferimento .....	608
8.3.1. Bibliografia .....	608
8.3.2. Sitografia .....	608

**PARTE QUINTA: ALLEGATI ..... 611****9. Allegati ..... 613**

9.1. Indagine territoriale: tabelle riassuntive delle informazioni raccolte durante i colloqui con gli Enti comunali e provinciali .....	615
9.1.1. Comune e Provincia di Ferrara.....	615
9.1.2. Comune e Provincia di Rovigo.....	615
9.1.3. Comune e Provincia di Modena .....	615





## 1. Introduzione e struttura della ricerca

### **ABSTRACT**

*Il capitolo introduttivo fornisce l'inquadramento generale della ricerca e ne definisce gli obiettivi primari e secondari. Sono altresì specificate e motivate le scelte compiute circa le limitazioni del campo d'indagine che, unitamente alla definizione dei destinatari della ricerca, forniscono gli orientamenti e il livello di approfondimento della trattazione.*

*L'introduzione, inoltre, definisce il metodo e le fasi attraverso cui saranno perseguiti gli obiettivi proposti, ponendo particolare attenzione agli strumenti impiegati.*

*Infine, per orientare il lettore attraverso gli argomenti trattati, si riporta lo schema in cui è articolata la presente ricerca.*

### **INDICE DEL CAPITOLO**

1.1. Parole chiave della ricerca.....	10
1.2. Inquadramento del problema scientifico .....	10
1.3. Limitazioni del campo d'indagine.....	11
1.4. Target di riferimento .....	12
1.5. Obiettivi della ricerca .....	12
1.6. Risultati attesi.....	12
1.7. Il metodo e le fasi della ricerca.....	13
1.8. Struttura della ricerca.....	15

### **1.1. Parole chiave della ricerca**

Patrimonio edilizio scolastico esistente, riqualificazione, efficienza energetica, qualità dell'ambiente interno, strategie di intervento.

### **1.2. Inquadramento del problema scientifico**

In un momento in cui l'attenzione verso l'ambiente sembra essere finalmente diventata uno degli obiettivi primari da perseguire per una corretta gestione dei processi di antropizzazione e degli effetti ad essi correlati, la massima estensione e il potenziamento delle politiche di efficienza e qualità dei sistemi edilizi diventa veicolo indispensabile per l'attuazione dei programmi comunitari e nazionali.

All'interno del parco edilizio esistente, gli edifici scolastici ricoprono un cospicuo segmento del patrimonio pubblico, ma raramente vengono coinvolti all'interno di progetti di investimento di interesse nazionale. Tanto più che, secondo il Rapporto annuale di Legambiente "Ecosistema Scuola", i due terzi dell'edilizia scolastica esistente sono ospitati all'interno di edifici costruiti nel periodo compreso tra il 1940 e il 1990, molti dei quali non hanno subito sostanziali adeguamenti e trasformazioni nel tempo. Da questo rapporto e dai numerosi riscontri da parte delle Pubbliche Amministrazioni e degli utenti emerge, inoltre, che tali organismi edilizi presentano molteplici problematiche legate al consumo di risorse, al benessere dell'ambiente interno, alle condizioni di fruizione e di sicurezza e, non ultimo, di gestione da parte degli Enti preposti.

Dal punto di vista gestionale, gli edifici scolastici afferiscono al patrimonio di competenza delle Amministrazioni Locali (Comuni o Province in relazione al grado di istruzione) a cui è richiesto di provvedere al mantenimento di requisiti qualitativi e prestazionali tali da garantirne sicurezza ed efficienza. Purtroppo, nella prassi quotidiana, gli Enti Gestori non sono sempre in grado di governare il patrimonio edilizio scolastico attraverso opportune logiche di programmazione a medio-lungo termine e si riscontra, pertanto, una diffusa cultura della "somma urgenza", tale per cui vengono eseguiti esclusivamente interventi d'emergenza. Questa logica operativa non è in grado di incidere in modo sostanziale sulle condizioni generali degli edifici scolastici, le cui problematiche emergono in modo dirompente solo in occasione di incidenti e in presenza di vittime.

La possibilità di intervenire in modo programmato e sostanziale sugli edifici scolastici, adeguando l'ambiente fisico e ottimizzando l'impiego di risorse, porterebbe, da un lato, l'innalzamento della qualità edilizia e delle condizioni d'uso per l'utente e, dall'altro, il miglioramento della gestione delle risorse economiche a disposizione dell'Ente Gestore. È bene sottolineare, inoltre, che l'ambito scolastico costituisce un terreno fertile per la diffusione dei principi di sostenibilità e per promuovere negli studenti una più alta coscienza ed impegno nell'uso dell'energia, sia nella scuola, sia nella vita quotidiana. Gli innovativi processi di gestione e di riqualificazione gli edifici scolastici, quindi, possono influire tanto sul sistema edificio-impianto, quanto sull'attuazione degli obiettivi pedagogici; infatti, dal

momento che la scuola è l'istituzione preposta all'istruzione e alla crescita culturale del cittadino, è da essa che deve partire una formazione in linea con in principi di salvaguardia dell'ambiente e di risparmio di risorse.

### 1.3. Limitazioni del campo d'indagine

La ricerca si propone di individuare le azioni di riqualificazione finalizzate al miglioramento delle condizioni energetiche e ambientali del patrimonio edilizio scolastico esistente, presente sul territorio nazionale; lo studio svolge un'indagine sull'intero parco edilizio scolastico (scuola per l'infanzia, scuola primaria, scuola secondaria di primo e secondo grado) ad esclusione delle Università e degli Istituti di Studi Superiori che, per funzione, esigenze e tipologia di utenza, possiedono caratteristiche fortemente diversificate, richiedendo un approfondimento individuale. Sono escluse dalla ricerca anche le scuole per la prima infanzia ("nidi"), la cui diffusione a livello nazionale è piuttosto recente e, pertanto, il relativo parco edilizio presenta un'età media inferiore. Ciò significa, anzitutto, che la progettazione e la costruzione dei fabbricati ha seguito norme tecniche specifiche (per altro, diverse rispetto a quelle che indirizzano le scuole da quelle dell'infanzia fino alle secondarie di primo e secondo grado) e si presume che le prestazioni erogate dagli elementi tecnici siano ancora idonee al corretto svolgimento delle attività in condizioni di benessere e di sicurezza.

All'interno del suddetto ambito, la ricerca esclude gli edifici che presentano vincolo ai sensi delle leggi di tutela del patrimonio storico-artistico (DLgs 22 gennaio 2004, n. 42 - *Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, ai sensi dell'art. 10 della Legge 6 luglio 2003, n. 137 del Ministero dei Beni Culturali - ex Legge 1 giugno 1939, n. 1089 - art. 2, abrogata dal DLgs 29 ottobre 1999, n. 490*)<sup>1</sup>. Sono, altresì, inclusi nell'ambito della ricerca gli edifici che presentano vincolo di vetustà definito come informazione relativa ad un edificio non soggetto a vincolo architettonico, ma con data di costruzione antecedente ai 50 anni (ibidem, Allegato 4).

**La ricerca non si occupa di sostenibilità in senso ampio**, ma, in linea con gli obiettivi del Protocollo di Kyoto, sviluppa esclusivamente la componente riguardante il risparmio di risorse non rinnovabili e, quindi, di risparmio energetico, che presenta inevitabilmente ricadute positive sul benessere.

Inoltre, si è ritenuto opportuno affrontare solamente l'ambito l'edilizia scolastica pubblica e degli istituti paritari per un più agevole reperimento dei dati e per il continuo monitoraggio delle situazioni da parte degli organi competenti.

Tra le fonti dei dati riportati si contempla il Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione le cui informazioni rappresentano esclusivamente la consistenza del patrimonio edilizio scolastico di natura pubblica e non includono gli istituti privati. Infine, non sono incluse nei dati le scuole appartenenti alla Valle d'Aosta (Regione a statuto speciale) e alle province autonome di Trento e Bolzano.

<sup>1</sup> "Sono beni culturali le cose mobili e immobili appartenenti allo Stato, alle Regioni, agli altri enti pubblici territoriali, nonché ad ogni altro ente o istituto pubblico e a persone giuridiche private senza fine di lucro che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico" – Allegato 4.

**Le metodologie della ricerca e i risultati ottenuti saranno finalizzati esclusivamente alla riqualificazione di edifici che manterranno la loro destinazione d'uso anche dopo l'intervento.**

#### **1.4. Target di riferimento**

I principali destinatari della ricerca sono:

- gli **operatori degli Enti Gestori** (Comuni e Province), responsabili della gestione del patrimonio edilizio scolastico di competenza e della pianificazione degli interventi;
- i **progettisti**, chiamati a collaborare con gli Enti Gestori nell'elaborazione del piano di intervento e del progetto di recupero;
- gli **Energy Manager**, responsabili della gestione energetica del patrimonio scolastico, in relazione agli accordi con la Pubblica Amministrazione;

In secondo luogo, anche se in misura marginale, ulteriori destinatari della ricerca sono i **Dirigenti scolastici**, chiamati ad assolvere un duplice compito:

- riferire all'Ente Gestore in merito alle problematiche legate all'uso dell'edificio scolastico;
- coordinare le attività di sensibilizzazione degli alunni per il corretto utilizzo delle risorse della scuola.

#### **1.5. Obiettivi della ricerca**

L'**obiettivo principale** della ricerca è l'individuazione di **azioni e strategie di intervento** finalizzate alla riduzione dei consumi energetici e all'innalzamento della qualità dell'ambiente interno degli edifici scolastici esistenti, nell'ottica del miglioramento della gestione da parte della Pubblica Amministrazione (Comune o Provincia) e della fruibilità da parte degli utilizzatori (alunni, insegnanti, Dirigenti, operatori scolastici, famiglie).

Gli **obiettivi secondari** della ricerca (indispensabili per il raggiungimento dell'obiettivo principale) sono:

- l'individuazione dei **caratteri distintivi** del patrimonio edilizio scolastico esistente, conseguibile attraverso l'analisi di un campione di casi studio;
- l'individuazione di **esperienze progettuali significative** appartenenti allo scenario nazionale e internazionale (*Best Practices*);
- l'individuazione dei **fattori** responsabili delle sostanziali variazioni di consumo energetico e di comfort ambientale;
- l'individuazione di **strumenti e metodi** per la valutazione dell'esistente.

#### **1.6. Risultati attesi**

In relazione all'obiettivo principale della ricerca, i risultati finali attesi sono:

- la definizione di un **repertorio di azioni operative** (schede di intervento), indirizzate al recupero energetico e ambientale del patrimonio edilizio scolastico esistente, in funzione delle problematiche emerse durante la fase di indagine sul costruito;
- la definizione di **strategie di intervento**, a supporto del processo decisionale dei tecnici e dei gestori, finalizzate all'orientamento del percorso progettuale da intraprendere sul manufatto edilizio;

In relazione agli obiettivi secondari della ricerca, i risultati finali attesi sono:

- la definizione di un **quadro anagrafico** rappresentativo delle caratteristiche tecnologiche specifiche del patrimonio edilizio scolastico esistente a livello locale, ma estendibile alla situazione nazionale;
- la definizione di un **repertorio di soluzioni progettuali significative** (schede di progetto) di aggiornamento dello stato dell'arte;
- la definizione di un **quadro sinottico** delle specifiche di prestazione relative ai fattori coinvolti nella variazione del consumo energetico e della qualità dell'ambiente interno;
- la definizione di un **quadro esigenziale-prestazionale**, organizzato in base alle criticità emerse relativamente ai parametri di variazione del consumo energetico e della qualità dell'ambiente interno, a supporto dell'elaborazione delle prime fasi di approccio al progetto di riqualificazione;
- la definizione di un **repertorio di strumenti e metodi** per l'acquisizione dei dati in situ e per l'indagine analitica del costruito.

### 1.7. Il metodo e le fasi della ricerca

Come si evince dal quadro degli obiettivi precedentemente esposti, la ricerca ha previsto sia uno **studio di tipo documentale**, sia una serie di **indagini dirette** sul patrimonio costruito. Nel primo caso, lo studio è funzionale all'acquisizione delle conoscenze specifiche e delle fonti primarie alla base delle problematiche connesse al comportamento energetico e ambientale degli edifici esistenti e alle modalità di gestione da parte delle Pubbliche Amministrazioni. Nel secondo caso, le indagini dirette permettono di contestualizzare le criticità sopra citate all'interno dell'edilizia scolastica esistente, affiancando alle nozioni di tipo teorico-documentale una serie di casi studio significativi. Tali casi studio migliorano la comprensione degli elementi critici connessi all'ambito di indagine e delle potenzialità insite nelle strategie di riqualificazione dell'ambiente costruito.

Per le metodologie di acquisizione dei dati, la ricerca si avvale di:

- **indagini bibliografiche e sitografiche;**
- formulazione di **questionari e colloqui** con gli Enti Gestori per la definizione dello stato di fatto di un campione di studio rappresentativo della zona climatica temperata;
- partecipazione a **tavoli di lavoro** sull'edilizia scolastica;
- partecipazione a **conferenze e seminari** sull'edilizia scolastica;
- **sopralluoghi** alle strutture individuate come *Best Practices*;

- **incontri di approfondimento** diretto con tecnici esperti (progettisti, Energy Manager, responsabili degli Enti Gestori, ecc.)

La ricerca ha previsto le seguenti fasi:

<b>Prima Fase</b>	<b>Analisi del problema scientifico e del contesto generale</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Individuazione delle tematiche principali, emergenti dalla letteratura scientifica di riferimento, relativamente al problema energetico e ambientale;</li><li>▪ Formulazione del programma della ricerca e dell'indice preliminare;</li><li>▪ Formulazione della bibliografia di riferimento.</li></ul>
<b>Seconda Fase</b>	<b>Indagine sul patrimonio edilizio esistente</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Individuazione di una rete di interlocutori preferenziali (progettisti, responsabili degli Enti Gestori, Energy Manager, ecc.);</li><li>▪ Individuazione delle realtà nazionali e internazionali significative attraverso cui sviluppare gli approfondimenti;</li><li>▪ Individuazione e indagine diretta di un campione di studio appartenente alla zona climatica temperata, attraverso il confronto diretto con i responsabili degli Enti Gestori;</li><li>▪ Rielaborazione e sintesi delle informazioni acquisite, finalizzate alla formulazione delle principali caratteristiche tecnologico-impiantistiche e degli elementi critici legati ai processi di gestione e riqualificazione.</li></ul>
<b>Terza Fase</b>	<b>Individuazione degli obiettivi di riqualificazione e diagnosi dell'esistente</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Individuazione dei principali fattori che influiscono sul comportamento energetico e ambientale degli edifici scolastici esistenti;</li><li>▪ Individuazione di un quadro normativo ed esigenziale-prestazionale di inquadramento degli interventi;</li><li>▪ Individuazione delle metodologie di indagine strumentale e analitica finalizzate alla valutazione del patrimonio esistente e all'acquisizione dei dati.</li></ul>
<b>Quarta fase</b>	<b>Individuazione delle opportunità e modalità di intervento</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Individuazione delle strategie di intervento a supporto decisionale di tecnici e progettisti;</li><li>▪ Individuazione di un panorama di azioni finalizzate alla risoluzione delle criticità connesse ai fattori responsabili delle variazioni di consumo energetico e comfort ambientale.</li></ul>

## 1.8. Struttura della ricerca

Nella **prima parte** – *Immagini dell'edilizia scolastica* si è cercato di fornire il quadro complessivo caratterizzante il patrimonio edilizio esistente, finalizzato all'acquisizione di un *background* culturale e di un *know-how* tecnologico che costituiscono il presupposto della ricerca.

È stato, anzitutto, delineato lo scenario nazionale riguardante le politiche sull'efficienza energetica nel settore dell'edilizia pubblica, attraverso una lettura critica dei bandi e dei progetti promossi dalle Autorità e da Enti privati, nonché attraverso l'individuazione dei principali provvedimenti legislativi e normativi emanati nel settore e finalizzati alla promozione degli interventi di riqualificazione (*Capitolo 2*).

Il *Capitolo 3* è dedicato alla determinazione delle caratteristiche e delle problematiche che contraddistinguono l'edilizia scolastica esistente appartenente allo scenario nazionale. La prima parte del capitolo delinea il quadro organizzativo del sistema scolastico, quantificandone la consistenza sul territorio nazionale e per comprenderne le potenzialità in vista di un piano di recupero. Successivamente, si è voluto delineare la caratterizzazione tipologica e tecnologica del patrimonio scolastico, fornendo, da un lato, una lettura dei modelli distributivi di base, dei tipi edilizi e delle relative evoluzioni, e, dall'altro, individuando le soluzioni tecnologiche e le dotazioni impiantistiche ricorrenti. Infine, si è cercato di far emergere le criticità relative al processo di gestione e riqualificazione degli edifici scolastici, con particolare riferimento alle figure coinvolte nel processo e agli ostacoli emergenti.

Per fornire un riferimento agli operatori del processo edilizio relativamente alle esperienze di riqualificazione esemplari, si è provveduto a fornire un ampio panorama di progetti di *Best Practice* appartenenti all'ambito internazionale e nazionale (*Capitolo 4*). I casi studio forniscono numerosi spunti di riflessione e utili informazioni sulle tecnologie adottate per la riqualificazione energetica e ambientale degli edifici scolastici esistenti.

Nella **seconda parte** – *Obiettivi di riqualificazione e diagnosi dell'esistente* si forniscono gli strumenti per comprendere entità e caratteristiche dei fattori coinvolti nelle problematiche energetiche e ambientali del patrimonio esistente, incidendo sui consumi e sul comfort ambientale.

Inizialmente sono stati individuati i parametri responsabili delle variazioni di consumo energetico e qualità ambientale, cercando di far emergere interazioni e implicazioni con l'utente e definendo il quadro esigenziale e le specifiche di prestazione di riferimento (*Capitolo 5*). Successivamente si è cercato di affrontare il problema della diagnosi del patrimonio esistente, sia dal punto di vista delle valutazioni dello stato fisico e funzionale attraverso metodi analitici, sia dal punto di vista delle strumentazioni per effettuare le verifiche dei livelli prestazionali *in situ* (*Capitolo 6*).

La **terza parte** – *Opportunità e modalità di intervento* definisce il quadro generale relativo ai prerequisiti e alle strategie di intervento finalizzate alla riqualificazione energetica e ambientale del costruito, in relazione ai parametri e alle caratteristiche precedentemente individuati. Le azioni, presentate sotto forma di scheda di intervento, costituiscono lo strumento di orientamento per l'operatore



verso la scelta della strategia da adottare, in relazione alle specifiche situazioni reali (*Capitolo 7*).

La **quarta parte** – *Conclusioni* si presenta quale momento di riflessione circa il percorso effettuato e le criticità emerse nonché di verifica tra gli obiettivi proposti e i risultati raggiunti. Un ultimo sguardo viene rivolto ai possibili sviluppi futuri della ricerca, ovvero agli scenari che, per scelta operativa o di indirizzo, non sono rientrati nella presente trattazione, ma che ne costituiscono proseguimento e completamento naturale (*Capitolo 8*).

Nella pagina successiva è presentata graficamente la struttura della ricerca.

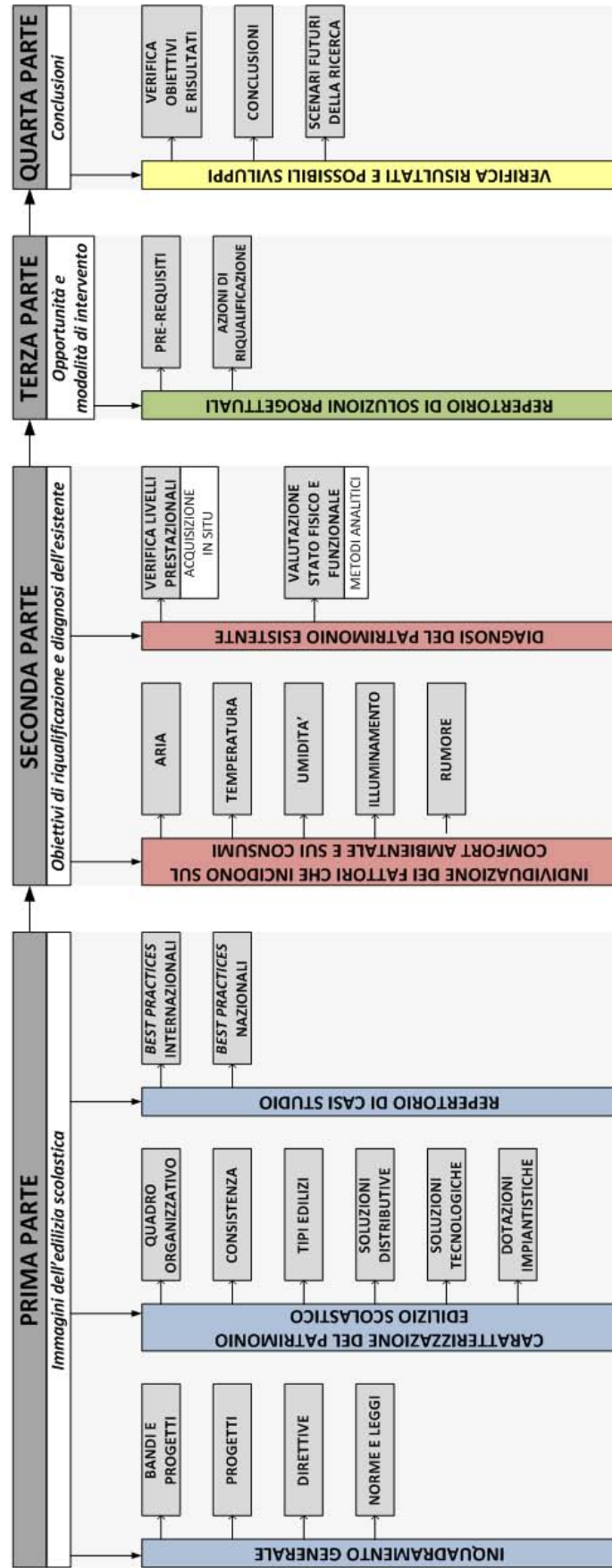


Fig. 1 Struttura della ricerca



---

PARTE PRIMA: **IMMAGINI DELL'EDILIZIA SCOLASTICA**



## 2. Premessa

### ABSTRACT

*A seguito di un inquadramento iniziale sull'apparato terminologico ricorrente, finalizzato ad una più completa comprensione della ricerca, il capitolo delinea lo scenario nazionale riguardante le politiche sull'efficienza energetica nel settore pubblico, con particolare riferimento all'edilizia scolastica. Si tratta dei principali bandi e progetti promossi con il patrocinio del Ministero dell'Istruzione e dell'Ambiente, in collaborazione con enti esterni (ad esempio ENEA), emanati negli anni recenti. Il capitolo, inoltre, rivolge uno sguardo verso le direttive, le norme e le leggi emanate negli ultimi anni in Italia, finalizzate alla promozione degli interventi di riqualificazione dell'edilizia pubblica, analizzandone caratteristiche e criticità.*

### INDICE DEL CAPITOLO

2.1 Glossario dei termini ricorrenti .....	23
2.2 Le politiche per l'efficienza energetica: il panorama dell'edilizia pubblica ...	31
2.2.1 Bandi e Progetti.....	32
Programma nazionale "Tetti Fotovoltaici" (2001 - 2004) .....	32
Bando nazionale "Il sole negli enti pubblici" (2007) .....	35
Bando nazionale "Il Sole a Scuola" (2007) .....	36
Bando nazionale "Il fotovoltaico nell'architettura" (2007) .....	37
Bando nazionale "Audit" (2007) .....	37
2.2.3 Direttive, norme e leggi.....	38
Direttiva Europea 2002/91/CE .....	38
DLgs 19 agosto 2005, n. 192 .....	39
DLgs 29 dicembre 2006, n. 311 .....	40
DLgs 30 maggio 2008, n. 115 .....	42
Le Leggi Finanziarie .....	43
Legge Finanziaria 2006 .....	43
Legge Finanziaria 2007 .....	43
Legge finanziaria 2008.....	45
DL 29 novembre 2008 , n. 185 .....	46
2.2.4 Riflessioni conclusive.....	47
2.3 Fonti di riferimento .....	48
2.3.1 Bibliografia .....	48
2.3.2 Sitografia .....	48



## 2.1 Glossario dei termini ricorrenti

### **Angolo di schermatura**

Angolo compreso tra il piano orizzontale e la prima linea di osservazione dalla quale le parti luminose delle lampade nell'apparecchio sono direttamente visibili.

(UNI EN 12464-1:2004 - *Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni*).

### **Climatizzazione**

Realizzazione e mantenimento simultaneo negli ambienti delle condizioni termiche, igrometriche, di qualità e movimento dell'aria comprese entro i limiti richiesti per il benessere delle persone.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

### **Committente (proprietario o suo mandatario)**

Operatore che promuove o commissiona un intervento edilizio e la relativa progettazione. Può coincidere con l'utente, con il finanziatore e/o col proprietario.

(UNI 10914-1:2001 - *Qualificazione e controllo del progetto edilizio di interventi di nuova costruzione e di interventi sul costruito. Terminologia*).

### **Diagnosi energetica**

Procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati.

(DLgs 30 maggio 2008, n. 115 - *Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE*).

### **Ecocompatibilità**

Compatibilità tra il contesto costruito e l'ambiente fisico comprendente diverse categorie di impatto e le varie fasi del ciclo di vita dell'edificio.

(UNI 11277:2008 - *Sostenibilità in edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione*).

### **Efficienza energetica**

Il rapporto tra i risultati in termini di rendimento, servizi, merci o energia, da intendersi come prestazione fornita, e l'immissione di energia.

Per miglioramento dell'efficienza energetica si intende un incremento dell'efficienza degli usi finali dell'energia, risultante da cambiamenti tecnologici, comportamentali o economici.



(DLgs 30 maggio 2008, n. 115 - *Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE*).

#### **Elemento tecnico**

Prodotto edilizio più o meno complesso capace di svolgere completamente o parzialmente funzioni proprie di una o più unità tecnologiche e che si configura come componente caratterizzante di un sottosistema tecnologico.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*<sup>2</sup>).

#### **ESCO – Energy Service Company**

Persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici ovvero altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e, ciò facendo, accetta un certo margine di rischio finanziario. Il pagamento dei servizi forniti si basa, totalmente o parzialmente, sul miglioramento dell'efficienza energetica conseguito e sul raggiungimento degli altri criteri di rendimento stabiliti. (DLgs 30 maggio 2008, n. 115 - *Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE*).

#### **Esigenza**

Ciò che di necessità si richiede per il corretto svolgimento di un'attività dell'utente o di una funzione tecnologica.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

#### **Fabbisogno**

Definizione, in termini di quantità e localizzazione, di quello che è necessario per soddisfare determinate esigenze anche per settori specifici di domanda.

(UNI 10914-2:2001 - *Qualificazione e controllo del progetto edilizio di interventi di nuova costruzione e di interventi sul costruito. Programmazione degli interventi*).

#### **Fattore medio di luce diurna, $\eta_m$**

Rapporto espresso in per cento tra l'illuminamento medio dell'ambiente,  $E_m$ , e l'illuminamento esterno prodotto dalla volta celeste,  $E_0$ .

(UNI 10840:2007 - *Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale*).

#### **Funzione tecnologica**

Funzione di un elemento tecnico il cui svolgimento è necessario per ottenere una prestazione.

---

<sup>2</sup> Tale norma raggruppa e, al tempo stesso, sostituisce le norme UNI 7867-1:1978 - *Edilizia. Terminologia per requisiti e prestazioni. Nozioni di requisito e di prestazione*, UNI 7867-2:1978 - *Edilizia. Terminologia per requisiti e prestazioni. Specificazione di prestazione, qualità e affidabilità*, UNI 7867-3:1978 - *Edilizia. Terminologia per requisiti e prestazioni. Verifiche di conformità relative ad elementi*, UNI 7867-4:1978 - *Edilizia. Terminologia per requisiti e prestazioni. Qualità ambientale e tecnologica nel processo edilizio*.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

#### **Illuminamento medio mantenuto**

Valore al di sotto del quale l'illuminamento medio, su una specifica superficie, non può mai scendere.

Nota: si tratta dell'illuminamento medio nel momento in cui dovrebbe essere eseguita la manutenzione.

(UNI EN 12464-1:2004 - *Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni*).

#### **Illuminamento esterno prodotto dalla volta celeste, $E_0$**

Illuminamento orizzontale che si ha su una superficie esterna che riceve luce dall'intera volta celeste, senza irraggiamento solare diretto.

(UNI 10840:2007 - *Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale*).

#### **Intervento edilizio**

Organismo edilizio o insieme di organismi edilizi da realizzare in un determinato ambito insediativo.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

#### **Manutenzione edilizia**

Combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative ed organizzative, incluse le attività analitiche, condotte durante il ciclo di vita utile degli organismi edilizi e dei loro elementi tecnici, finalizzate a mantenerli o riportarli al livello delle prestazioni corrispondenti ai requisiti iniziali.

(UNI 10914-1:2001 - *Qualificazione e controllo del progetto edilizio di interventi di nuova costruzione e di interventi sul costruito. Terminologia*).

#### **Operatore del processo edilizio**

Persona o gruppo che svolge le operazioni di una o più fasi del processo edilizio.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

#### **Organismo edilizio**

Insieme strutturato di elementi spaziali e di elementi tecnici, interni ed esterni, pertinenti all'edificio, caratterizzati dalle loro funzioni e dalle loro relazioni reciproche.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

#### **Prestazione**

“Le prestazioni descrivono il comportamento di un determinato componente o elemento edilizio all'atto dell'impiego: le prestazioni di una copertura sono, ad

esempio, quelle di consentire le integrazioni degli impianti, di consentire l'accesso di operatori specializzati nella manutenzione o nell'installazione di impianti, di isolare dal punto di vista termico o acustico, di garantire la sicurezza, ecc. Il fatto che la copertura sia realizzata in scandole di legno, in tegole di cemento o in coppi di laterizio non è influente circa l'ottenimento delle prestazioni necessarie".

(Zaffagnini M., *Progettare nel processo edilizio*, pag. 153).

#### **Prestazione ambientale**

Prestazione di un elemento spaziale relativa a un requisito ambientale.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

#### **Prestazione edilizia**

Comportamento reale dell'organismo edilizio e/o delle sue parti nelle effettive condizioni d'uso e di sollecitazione.

Le prestazioni edilizie vengono normalmente classificate in:

- prestazioni ambientali;
- prestazioni tecnologiche.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

#### **Processo edilizio**

Sequenza organizzata di fasi che portano dal rilevamento delle esigenze della committenza - utenza di un bene edilizio al loro soddisfacimento attraverso la progettazione, la produzione, la costruzione e la gestione del bene stesso.

Il processo edilizio si può riferire ad interventi di nuova costruzione o a interventi sul costruito.

**[...] Il processo edilizio per interventi sul costruito riguarda la realizzazione di trasformazione di beni edilizi già esistenti e consiste nella sequenza organizzata di fasi che portano dal rilevamento delle esigenze della committenza - utenza al loro soddisfacimento attraverso il rilievo delle prestazioni e dei valori di un bene esistente, la progettazione e la trasformazione (demolizione, costruzione, ricostruzione) per la qualificazione o il recupero del bene stesso e la gestione del bene rinnovato per la conservazione della sua nuova qualità.**

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

#### **Processo edilizio sul costruito**

Processo edilizio relativo agli interventi che riguardano beni edilizi già esistenti. Consiste nella sequenza organizzata di fasi che portano dall'accertamento delle esigenze della committenza/utenza, delle prestazioni residue e di altri valori del bene e giungono al loro soddisfacimento tramite la programmazione, la progettazione e l'esecuzione di lavori fino alla definizione del nuovo programma di gestione.

(UNI 10914-1:2001 - *Qualificazione e controllo del progetto edilizio di interventi di nuova costruzione e di interventi sul costruito. Terminologia*).

**Programmazione**

Attività che, sulla base della correlazione tra fabbisogni, risorse immobiliari e risorse finanziarie, definisce le scelte dell'intervento e le loro priorità.

La programmazione degli interventi è necessaria qualora la committenza disponga di un patrimonio di beni immobili. A tal fine la committenza deve promuovere le attività informative necessarie.

Programmazione ordinaria: programmazione che risponde ai fabbisogni correnti.

Programmazione straordinaria: programmazione che risponde ai fabbisogni nuovi.

(UNI 10914-2:2001 - *Qualificazione e controllo del progetto edilizio di interventi di nuova costruzione e di interventi sul costruito. Programmazione degli interventi*).

**Promotore**

Celui che si sostituisce al committente a fronte della gestione dell'immobile e/o di un prezzo nell'elaborazione del programma di ogni singolo intervento, della progettazione e della realizzazione.

(UNI 10914-1:2001 - *Qualificazione e controllo del progetto edilizio di interventi di nuova costruzione e di interventi sul costruito. Terminologia*).

**Qualità ambientale**

Insieme delle prestazioni ambientali degli elementi spaziali di un organismo edilizio.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

**Qualità dell'aria**

Caratteristica dell'aria trattata che risponde ai requisiti di purezza. Essa non contiene contaminanti noti in concentrazioni tali da arrecare danno alla salute e causare condizioni di malessere per gli occupanti. I contaminanti, contenuti sia nell'aria di rinnovo che nell'aria ricircolata, sono gas, vapori, microrganismi, fumo e altre sostanze particolate.

(UNI 10339:1995 - *Impianti aeraulici ai fini di benessere. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura*).

**Qualità edilizia**

Insieme delle proprietà e delle caratteristiche dell'organismo edilizio o di sue parti che conferiscono ad essi la capacità di soddisfare, attraverso prestazioni, esigenze espresse o implicite.

La qualità edilizia viene normalmente articolata in:

- qualità funzionale spaziale;
- qualità ambientale;
- qualità tecnologica;
- qualità tecnica;
- qualità operativa;
- qualità utile;
- qualità manutentiva.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

### **Recupero**

Combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative ed organizzative, incluse le attività analitiche, che intervengono sul costruito, finalizzate a mantenere o aumentare le prestazioni residue del bene.

(UNI 10914-1:2001 - *Qualificazione e controllo del progetto edilizio di interventi di nuova costruzione e di interventi sul costruito. Terminologia*).

### **Requisito**

Traduzione di un'esigenza in fattori atti a individuarne le condizioni di soddisfacimento da parte di un organismo edilizio o di sue parti spaziali o tecniche, in determinate condizioni d'uso e/o di sollecitazione.

I requisiti vengono normalmente classificati in:

- requisiti funzionali spaziali;
- requisiti ambientali;
- requisiti tecnologici;
- requisiti tecnici;
- requisiti operativi;
- requisiti di durabilità;
- requisiti di manutenibilità.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

“[...] è la richiesta rivolta a un determinato elemento edilizio (spazio, ambiente o componente) di possedere caratteristiche di funzionamento tali da soddisfare determinate esigenze: tali caratteristiche sono caratteristiche funzionali, che devono essere realizzate comunque, indipendentemente dal materiale con cui quell'elemento edilizio è realizzato”.

(Zaffagnini M., *Progettare nel processo edilizio*, pag. 153)

### **Requisito ambientale**

Traduzione di un'esigenza in fattori fisico-ambientali e in richieste di servizi tecnologici, atti a individuarne le condizioni di soddisfacimento da parte di una unità ambientale.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

### **Riqualificazione**

Combinazione di tutte le azioni tecniche, incluse le attività analitiche, condotte sugli organismi edilizi ed i loro elementi tecnici, finalizzate a modificare le prestazioni per farle corrispondere ai nuovi requisiti richiesti.

(UNI 10914-1:2001 - *Qualificazione e controllo del progetto edilizio di interventi di nuova costruzione e di interventi sul costruito. Terminologia*).

**Risorsa**

Entità, definibile quantitativamente, di componenti chimico-fisiche solide, liquide e gassose costituenti il pianeta terra, sfruttabili per la sopravvivenza e lo sviluppo della specie umana.

(UNI 11277:2008 - *Sostenibilità in edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione*).

**Risorsa non rinnovabile**

Risorsa per cui, in un dato periodo, il tempo di esaurimento della riserva è inferiore al tempo necessario per mantenere la riserva stessa disponibile in modo continuo.

(UNI 11277:2008 - *Sostenibilità in edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione*).

**Risorsa rinnovabile**

Risorsa per cui, in un dato periodo, il tempo di esaurimento della riserva è uguale o superiore al tempo necessario per mantenere la riserva stessa disponibile in modo continuo.

(UNI 11277:2008 - *Sostenibilità in edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione*).

**Risparmio energetico**

La quantità di energia risparmiata, determinata mediante una misurazione o una stima del consumo prima e dopo l'attuazione di una o più misure di miglioramento dell'efficienza energetica, assicurando nel contempo la normalizzazione delle condizioni esterne che influiscono sul consumo energetico.

(DLgs 30 maggio 2008, n. 115 - *Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE*).

**Riuso**

Combinazione di tutte le decisioni, derivanti dalle attività analitiche, finalizzate a modificare l'utilizzo di un organismo edilizio o di suoi ambiti spaziali o, qualora non utilizzato, a definirne l'utilizzo. Il riuso può attuarsi anche senza opere edilizie, oppure con interventi di manutenzione, riqualificazione o restauro.

(UNI 10914-1:2001 - *Qualificazione e controllo del progetto edilizio di interventi di nuova costruzione e di interventi sul costruito. Terminologia*).

**Servizio energetico**

La prestazione materiale, l'utilità o il vantaggio derivante dalla combinazione di energia con tecnologie ovvero con operazioni che utilizzano efficacemente l'energia, che possono includere le attività di gestione, di manutenzione e di controllo necessarie alla prestazione del servizio, la cui fornitura è effettuata sulla base di un contratto e che in circostanze normali ha dimostrato di portare a

miglioramenti dell'efficienza energetica e a risparmi energetici primari verificabili e misurabili o stimabili.

(DLgs 30 maggio 2008, n. 115 - *Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE*).

#### **Specifica di prestazione**

Valore di variabili o di attributi, univocamente individuati, che definisce e delimita la risposta progettuale a una o più specificazioni di prestazione.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

#### **Specificazione di prestazione**

Espressione del requisito secondo valori di variabili e/o attributi univocamente determinati che definiscono l'obiettivo di qualità da perseguire attraverso il progetto. L'insieme delle specificazioni di prestazione di un intervento edilizio, opportunamente strutturato, è spesso designato con il nome di "programma prestazionale".

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

#### **Temperatura interna**

Media aritmetica della temperatura dell'aria e della temperatura media radiante al centro della zona considerata.

(UNI TS 11300-1:2008 - *Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*).

#### **Umidità relativa**

Rapporto tra la pressione di vapore e la pressione del vapore saturo alla stessa temperatura.

(UNI EN ISO 13788:2003 - *Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo*).

#### **Unità ambientale**

Raggruppamento di attività dell'utente, derivanti da una determinata destinazione d'uso dell'organismo edilizio, compatibili spazialmente e temporalmente fra loro.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

#### **Unità tecnologica**

Raggruppamento di funzioni, compatibili tecnologicamente, necessarie per l'ottenimento di prestazioni ambientali.

(UNI 10838:1999 - *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*).

## 2.2 Le politiche per l'efficienza energetica: il panorama dell'edilizia pubblica

*“La situazione energetico - ambientale italiana, anche nella prospettiva dell'applicazione del protocollo di Kyoto, impone di incoraggiare fra i dirigenti scolastici e i decisori politici una nuova sensibilità verso l'edilizia scolastica, un settore fortemente in ritardo sotto molti punti di vista, anche attraverso l'assunzione di iniziative ed azioni virtuose che coinvolgano direttamente gli studenti e gli insegnanti. Tali iniziative avranno inevitabili ricadute educative e di sensibilizzazione verso un modello di sviluppo a maggiore compatibilità ambientale, in grado di proporre comportamenti creativi e consapevoli e di ripensare i sistemi di produzione e di consumo delle risorse”<sup>3</sup>.*

Come noto, in Italia l'attività costruttiva rappresenta uno dei settori più energivori e meno sostenibili a causa di un patrimonio edilizio ormai obsoleto e che rappresenta il risultato di decenni di immobilità tecnologica. Purtroppo, l'ambito dell'edilizia pubblica non si sottrae a questo fenomeno, presentando esempi negativi di gestione delle risorse e di *management*. Diversamente da quanto accade nella realtà, essa dovrebbe porsi come “buon esempio” e riferimento comportamentale per i cittadini, in particolare nell'ambito degli edifici scolastici che, per il ruolo di modello culturale e architettonico che ricoprono, dovrebbero stimolare la collettività verso atteggiamenti virtuosi.

In quest'ottica, diventa particolarmente importante promuovere l'efficienza energetica e, ad un livello più ampio, la sostenibilità ambientale nelle occasioni di progettazione e/o riqualificazione degli edifici scolastici; le azioni di controllo dei consumi, l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, di materiali e tecniche non inquinanti e non nocivi dovrebbero essere finalizzate, quindi, alla formazione di una nuova cultura ecologica dell'edificio che diventa, indirettamente e parallelamente, una nuova cultura del costruire per le generazioni future.

*“Tante volte le scuole sono fatte per esigenze di altri soggetti e non di quelle dei bambini; così che lo “stare bene” a scuola diventa un'esigenza secondaria rispetto alla priorità di una gestione meramente economica. Il progetto ecologico e sostenibile degli edifici scolastici richiede un modo diverso di pensare il progetto con l'obiettivo prioritario di preservare un'architettura dove alle ovvie esigenze di ambienti che non danneggino salute e corpo, si è pensato di soddisfare anche il desiderio più antico e profondo di abitare un luogo, salutare sia per la mente sia per lo spirito, per ritrovare quelle radici e quel simbolismo delle forme che nella società dello stress e dell'alienazione si stanno perdendo o dimenticando”<sup>4</sup>.*

La Pubblica Amministrazione e, in una accezione più ampia, lo Stato, in qualità di promotore delle politiche ambientali, si deve impegnare, in prima persona e con i mezzi che gli sono propri, ad incentivare un percorso di attuazione delle stesse per iniziare un cammino comune volto al rafforzamento di comportamenti responsabili e attivi nei confronti del patrimonio ambientale.

<sup>3</sup> Mura M. G., “Scuola, modello di educazione all'ambiente e alla sicurezza”, articolo presente alla sezione *Dibattiti* del sito web [www.bdp.it/aesse/](http://www.bdp.it/aesse/).

<sup>4</sup> Rava P., “Un ambiente che diventa apprendimento”, articolo presente alla sezione *Dibattiti* del sito web [www.bdp.it/aesse/](http://www.bdp.it/aesse/).



Di seguito sono riportate alcune tra le principali politiche di sensibilizzazione e incentivo, promosse a livello nazionale, ritenute particolarmente significative all'interno degli ambiti di progetto e degli ambiti normativi.

### 2.2.1 Bandi e Progetti

#### Programma nazionale "Tetti Fotovoltaici" (2001 - 2004)



programma  
**TETTI FOTOVOLTAICI**

Fig. 1 Logo del bando nazionale in collaborazione con ENEA (Fonte: ENEA).

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, con il supporto tecnico di ENEA ha promosso il programma nazionale "Tetti fotovoltaici"<sup>5</sup>.

Il programma, di durata pluriennale, concede contributi a fondo perduto, a soggetti pubblici e privati, per la realizzazione di impianti fotovoltaici di piccola potenza, installati negli edifici o su elementi di arredo urbano e connessi alla rete elettrica di distribuzione nazionale.

Il contributo è concesso in conto capitale nella misura massima del 75% del costo di investimento dell'impianto (IVA esclusa). Vengono finanziati impianti fotovoltaici di piccola potenza (da 1 a 20 kW), collegati alla rete elettrica ed integrati nelle strutture edilizie (quali, ad esempio, tetti, terrazze, facciate ed elementi di arredo urbano). Sono ammissibili esclusivamente interventi relativi a strutture edilizie destinate ad attività e/o a usi di natura pubblica (art. 2).

Per la realizzazione degli impianti di potenza compresa tra 1 e 5 kWp il costo massimo riconosciuto dal programma è fissato a 8.000 euro per kWp installato. Per gli impianti di potenza superiore, fino a 20 kW, il costo massimo scende gradualmente da 8.000 a 7.250 euro per kWp installato.

*"Possono presentare domanda di contributo i Comuni Capoluogo di Provincia, le Province, le Università statali e gli Enti pubblici di ricerca, i quali siano proprietari, o esercitino un altro diritto reale di godimento, della struttura edilizia cui si riferisce l'intervento. Possono altresì presentare domanda di contributo i Comuni competenti per territorio delle aree naturali protette [...] limitatamente a interventi inerenti alle suddette aree. Possono presentare domanda di contributo anche le società collegate o controllate dai Comuni Capoluogo di Provincia e dalle Province, [...], limitatamente a interventi d'installazione di impianti fotovoltaici a servizio delle strutture edilizie di proprietà delle società stesse, sempre che siano destinate ad attività e/o a usi di natura pubblica"* (art. 3).

Il programma ha previsto fasi successive di applicazione a partire dal biennio 2001 – 2002 in cui i fondi sono stati ripartiti in:

- **Programma nazionale per soggetti pubblici** (29.430.000 euro stanziati). Destinato a soggetti pubblici (Comuni capoluogo di Provincia, Comuni facenti parte di aree protette, Province, Università statali, Enti pubblici di ricerca) ha finanziato l'installazione di impianti fotovoltaici di taglia compresa fra 1 e 20 kW presso edifici o elementi di arredo urbano di competenza degli stessi soggetti pubblici. Sono stati ammessi al finanziamento soltanto 145 progetti dei 588 presentati per l'esaurimento della disponibilità economica. Si prevede che gli impianti, una volta realizzati, avranno una potenza complessiva di 1,8

<sup>5</sup> Divenuto operativo con la pubblicazione del Decreto 16 marzo 2001 del Ministero dell'Ambiente (G.U. - serie generale - n. 74 del 29 marzo 2001).

MW.

Recentemente il Ministero dell'Ambiente e le Regioni, in parti uguali, si sono impegnati a destinare al Programma ulteriori risorse, al fine di consentire la realizzazione anche di quei progetti che, pur dichiarati ammissibili, non sono rientrati nelle disponibilità economiche inizialmente stabilite dal Ministero. A seguito di questa azione, saranno realizzati impianti per una potenza di 3,6 MW. In totale, quindi, il progetto consentirà di realizzare su edifici pubblici 453 impianti con una potenza complessiva di 5,2 MW e un finanziamento pubblico di circa 29.430.000 euro.

- **Programma nazionale per impianti fotovoltaici ad alta valenza architettonica** (1.550.000 euro stanziati).

Il Programma, iniziato con la pubblicazione del bando sulla G.U. n. 79 del 4/4/2001, è rivolto ad amministrazioni pubbliche ed enti pubblici ed è destinato alla realizzazione di impianti di particolare pregio architettonico<sup>6</sup>, di potenza superiore a 30 kW, connessi alla rete elettrica di distribuzione nazionale e installati presso edifici pubblici. Il contributo previsto, in conto capitale, ha coperto fino all'85% del costo dell'investimento, per un massimo di 13.000 euro per kWp installato.

- **Programmi regionali per tutti i soggetti privati e pubblici** (75.770.000 euro stanziati più cofinanziamento delle regioni per almeno il 30% del contributo pubblico - v. tabella dei finanziamenti).

Destinato ai soggetti pubblici e privati per la realizzazione di impianti fotovoltaici di taglia compresa fra 1 e 20 kW, installati in edifici di proprietà o su elementi di arredo urbano connessi alla rete elettrica di distribuzione nazionale. Questo programma è stato gestito dalle Regioni. Ogni Regione ha stabilito con un bando di partecipazione le modalità di presentazione delle domande e di erogazione del contributo. Questa fase del programma si è conclusa nei primi mesi del 2002. Sono state presentate oltre 6.700 domande. Sono stati finanziati, fino all'esaurimento dei fondi, oltre 2000 impianti.

Il Programma ha riscosso particolare adesione da parte di tutte le regioni italiane, con prevalenza delle regioni meridionali, ma con un significativo "picco" per l'Emilia Romagna, come dimostrato dal grafico seguente.

---

<sup>6</sup> Tra i vincitori del bando si ricorda l'Istituto Professionale per l'Industria e l'Artigianato di Rovigo di cui si tratterà in modo approfondito all'interno delle schede di progetto del capitolo 4.1.3. – *Selezione di progetti di Best Practices nazionali*.

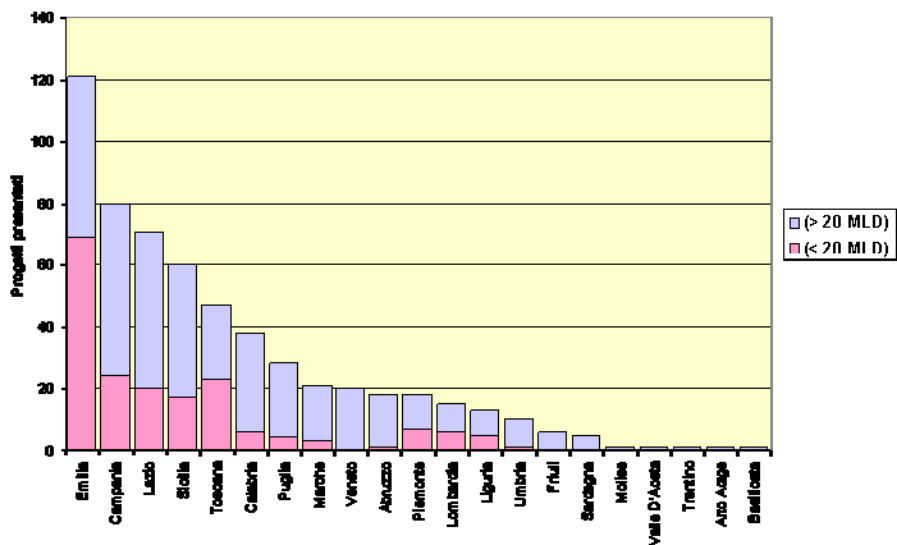


Fig. 2 Numero dei progetti presentati per regione (Fonte: rielaborazione grafica su dati ENEA).

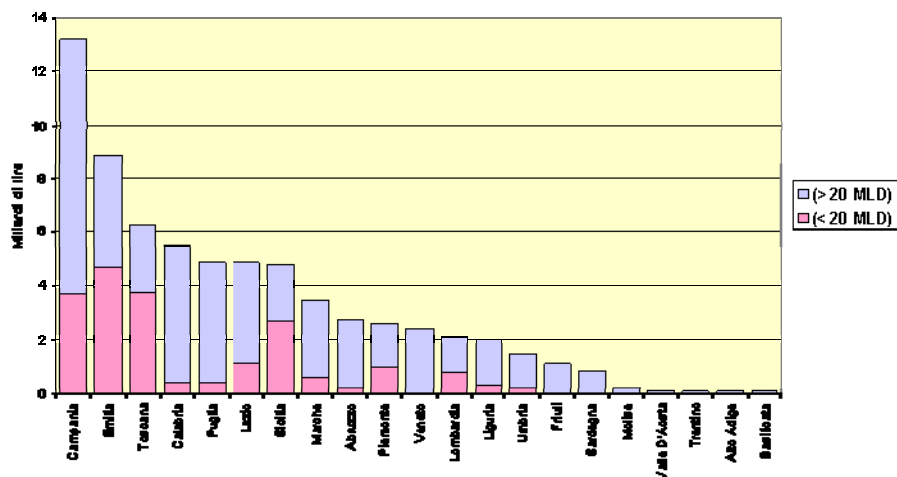


Fig. 3 Distribuzione dei contributi richiesti per regione (Fonte: rielaborazione grafica su dati ENEA).

Visto il successo dell’iniziativa, il Ministero dell’Ambiente, in accordo con le Regioni, ha deciso di passare ad una seconda fase, destinando al programma regionale oltre 23 milioni di euro. La gestione del Programma è interamente affidata alle Regioni che metteranno a disposizione una pari somma. Gli impianti saranno finanziati con un contributo a fondo perduto del 70% dei costi ammissibili. Questi fondi consentiranno di finanziare altri 3.100 impianti per una potenza complessiva superiore ai 9.300 kWp (considerando una taglia media degli impianti di 3 kW). Particolarmente interessante è la suddivisione della destinazione d’uso degli edifici per i quali sono state presentate le domande a livello nazionale. Le strutture destinate ad usi scolastici presentano una quota notevolmente superiore alle altre categorie, sintomo del crescente interesse nell’ambito delle nuove tecnologie per l’utilizzo delle fonti rinnovabili e la sostenibilità ambientale anche all’interno delle scuole.

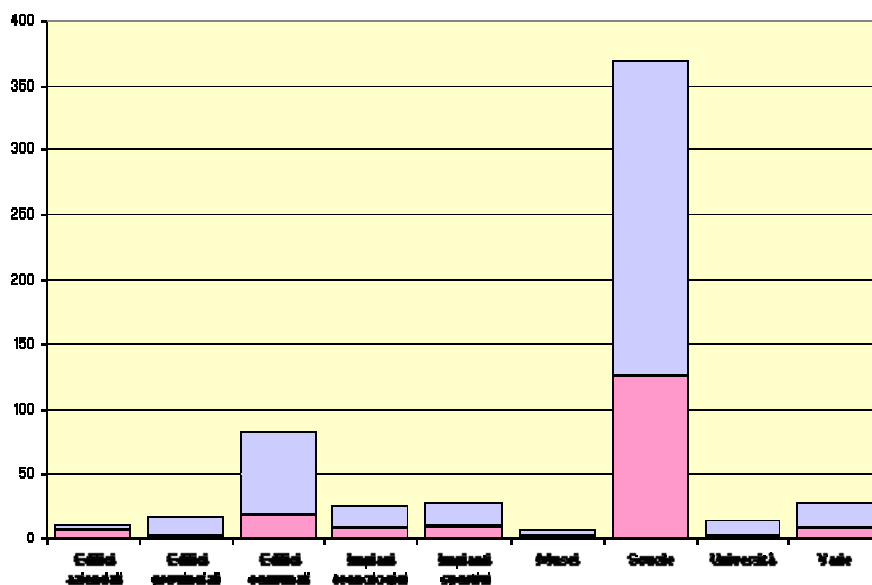


Fig. 4 Destinazione d'uso delle strutture oggetto degli interventi proposti (Fonte: rielaborazione grafica su dati ENEA).

#### Bando nazionale "Il sole negli enti pubblici" (2007)

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, all'interno del Programma nazionale per la promozione dell'energia solare (Misura 1), ha indetto il bando nazionale denominato "Il Sole negli Enti Pubblici"<sup>7</sup>.

Il progetto è finalizzato alla promozione "[...] di impianti solari termici per la produzione di calore a bassa temperatura realizzati su edifici pubblici, offrendo particolare sostegno agli interventi realizzati tramite il meccanismo del finanziamento tramite terzi" (art. 1).

Il bando è accessibile a tutte "[...] le Pubbliche Amministrazioni e gli Enti Pubblici, ivi incluse le società collegate o controllate dai suddetti Enti, i quali siano proprietari o esercitino un altro diritto reale di godimento, siano possessori o gestori, purché autorizzati dal proprietario della struttura edilizia oggetto dell'intervento" (art. 2).

Il Ministero dell'Ambiente ha destinato circa 10,3 milioni di euro<sup>8</sup> al progetto, ma, in relazione all'ampia adesione ottenuta, il bando sarà incrementato con ulteriori 2 milioni di euro di risorse.

"La percentuale massima del contributo pubblico concesso [...] è pari al 50% del costo ammissibile per l'intervento. Tale percentuale è aumentata nel caso la quota del costo di investimento a carico del soggetto richiedente sia coperta tramite finanziamento tramite terzi operato da una ESCO (Energy Service Company) [...]" (art. 3).

Le domande pervenute finora al Ministero sono circa 260; tra queste, oltre 60 progetti riguardano edifici che ospitano scuole.

<sup>7</sup> Il Comunicato relativo all'emanazione del Bando è stato pubblicato nella G.U. n. 126 del 1° giugno 2007.

<sup>8</sup> In gran parte provenienti dai residui del vecchio bando "Solare termico per Enti pubblici ed Aziende Gas", che viene contestualmente chiuso.



Fig. 5 Logo del bando nazionale in collaborazione con ENEA (Fonte: ENEA).

### Bando nazionale “Il Sole a Scuola” (2007)

Il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, in collaborazione con ENEA e con il Ministero dell’Istruzione, Università e Ricerca, all’interno del Programma nazionale per la promozione dell’energia solare (Misura 2), ha indetto il bando nazionale denominato “Il Sole a Scuola”<sup>9</sup>.

Il bando è accessibile a tutti i Comuni e le Province proprietarie di edifici ospitanti scuole medie inferiori o superiori ed è finalizzato alla “[...] realizzazione di impianti fotovoltaici sugli edifici scolastici e, simultaneamente, all’avvio di una attività didattica volta alla realizzazione di analisi energetiche e di interventi di razionalizzazione e risparmio energetico nei suddetti edifici, tramite il coinvolgimento degli studenti” (art. 1).

Il Ministero dell’Ambiente ha destinato 4,7 milioni di euro<sup>10</sup> al progetto, fondi che verranno destinati alla realizzazione di 485 impianti fotovoltaici presso altrettante scuole italiane. “La percentuale massima del contributo pubblico concesso [...] è pari al 100% del costo ammissibile per l’investimento, con un limite massimo di 100.000 € per edificio scolastico” (art 3).

Il programma ha registrato una partecipazione molto significativa e sono stati presentati circa 800 progetti afferenti alle scuole di tutta Italia, come è visibile nel grafico seguente.

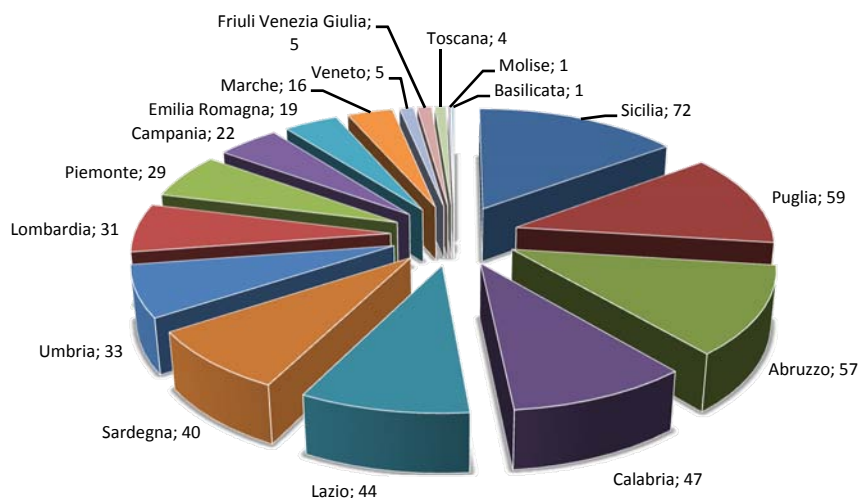


Fig. 6 Ammessi al bando “Il Sole a Scuola” (Fonte: rielaborazione grafica su dati di Spitaleri C., “I progetti del Ministero dell’Ambiente per le scuole”, in *ilProgettoSostenibile – Edilizia scolastica ecocompatibile*, 2008, pag. 85, cfr. bibliografia).

Il progetto richiede che gli studenti, aiutati dai relativi docenti, provvedano all’analisi energetica della propria scuola seguendo le linee guida fornite dal Ministero, il quale, all’interno del gruppo di partecipanti, individuerà i 20 elaborati

<sup>9</sup> Il Comunicato relativo all’emanazione del Bando è stato pubblicato sulla G.U. n. 126 del 1° giugno 2007.

<sup>10</sup> Sono stati recuperati i fondi non utilizzati per altri progetti riguardanti le fonti energetiche rinnovabili.

migliori tra quelli pervenuti. *“Le scuole individuate saranno, quindi, premiate nel corso di un evento appositamente organizzato e a cui potranno prendere parte gli studenti e il personale delle suddette scuole”* (art. 12).

I risultati sono importanti:

- 1.200 kW di potenza installati;
- 1,6 milioni di kW elettrici saranno prodotti annualmente da una fonte energetica rinnovabile;
- 1.000 Ton di emissioni di CO<sub>2</sub> annue saranno evitate.

Per questi motivi il bando sarà riaperto con una disponibilità di risorse pari a 5 milioni di euro.

### **Bando nazionale “Il fotovoltaico nell’architettura” (2007)**

Il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, all’interno del Programma nazionale per la promozione dell’energia solare (Misura 3), ha indetto il bando nazionale denominato *“Impianti fotovoltaici di alto pregio architettonico - paesaggistico ed elevata replicabilità negli edifici pubblici”*<sup>11</sup>.

Il bando è finalizzato alla concessione di finanziamenti alle *“[...] amministrazioni pubbliche ed enti pubblici per la realizzazione di impianti solari fotovoltaici completamente integrati in complessi edilizi secondo criteri di replicabilità che risultino funzionali alle tipologie edilizie proprie del territorio e delle zone in cui verrà realizzato l’impianto stesso”* (art.1).

Soggetti beneficiari dei finanziamenti sono (art. 2):

- I Comuni capoluogo di Provincia;
- I Comuni in cui insistono territori facenti parte di aree naturali protette di valenza nazionale o regionale di cui alla Legge 434/1991;
- Le Province;
- Le Università statali e i centri di ricerca.

Il Ministero dell’Ambiente ha destinato circa 2,6 milioni di euro al progetto<sup>12</sup>, ma, in relazione all’ampia adesione ottenuta, il bando sarà incrementato con un ulteriore contributo di 1 milione di euro.

*“La percentuale massima di contributo pubblico concesso [...] è pari al 50% dei costi ammissibili relativi all’impianto. Il sistema di monitoraggio e telecontrollo è, invece, interamente a carico del Ministero fino a un limite massimo pari al 5% del costo ammissibile”* (art. 3).

Le domande di ammissione al bando pervenute finora sono numerose e, tra queste, molte sono riferite ad edifici che ospitano attività scolastiche.

### **Bando nazionale “Audit” (2007)**

Il Ministero dell’Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare ha indetto il bando nazionale denominato *“Bando per l’attuazione di analisi energetiche nel settore dei servizi e nella Pubblica Amministrazione”*<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> Il Comunicato relativo all’emanazione del Bando è stato pubblicato sulla G.U. n. 126 del 1° giugno 2007.

<sup>12</sup> In parte recuperati da fondi non spesi da precedenti bandi nazionali relativi alle fonti rinnovabili.

Il bando è finalizzato al finanziamento di “[...] attività di analisi energetiche mirate alla definizione del potenziale risparmio energetico nel settore terziario e nella Pubblica Amministrazione” (art.1).

Beneficiari dei finanziamenti sono “[...] le aziende distributrici di energia elettrica e le società operanti nel settore dei servizi energetici, accreditate presso l’Autorità dell’energia elettrica e del gas [...]” (art.2).

I progetti dovranno riguardare la “[...] realizzazione di studi, valutazioni e campagne di misura per l’analisi energetica delle strutture edilizie [...]. I progetti succitati devono essere mirati alla stima del potenziale risparmio energetico ottenibile (sia termico che elettrico) nella gestione degli edifici stessi, nonché alla formulazione di proposte di interventi per il raggiungimento dei livelli di efficienza evidenziatisi come possibili in fase di studio” (art. 3).

Il Ministero dell’Ambiente ha destinato circa 1,5 milioni di euro al progetto<sup>14</sup>.

Le domande di ammissione al bando pervenute finora sono numerose e, tra queste, molte sono riferite ad edifici che ospitano attività scolastiche.

### 2.2.3 Direttive, norme e leggi

I paragrafi che seguono, ripercorrendo brevemente le principali tappe della legislazione nazionale e internazionale<sup>15</sup> in materia di efficienza energetica, forniscono un inquadramento circa le direzioni intraprese nell’ambito delle costruzioni a carattere pubblico. Tale trattazione è rappresentativa della priorità assunta dal tema dell’efficienza energetica negli edifici pubblici all’interno dello scenario nazionale.

#### Direttiva Europea 2002/91/CE

La Direttiva Europea 2002/91/CE – *Rendimento energetico in edilizia*<sup>16</sup> ha tra i principali obiettivi quello di accelerare le azioni di risparmio energetico e definire un quadro normativo comune di riferimento, riducendo le differenze tra gli stati membri. La norma costituisce l’incipit di un percorso articolato e complesso che vede come protagonisti tutti gli stati membri, chiamati a legiferare in materia di risparmio energetico nel settore edile di nuova costruzione ed esistente. In particolare, si è cercato di porre le basi di politiche energetiche basate su parametri codificati e quantificabili (e quindi confrontabili) rappresentativi dei fattori costitutivi dell’oggetto edilizio.

La norma pone particolare attenzione verso gli edifici di nuova costruzione, ma, anche se in misura inferiore, si riferisce al vasto mondo degli edifici esistenti,

---

<sup>13</sup> Il Comunicato relativo all’emanazione del Bando è stato pubblicato sulla G.U. n. 222 del 24 settembre 2007.

<sup>14</sup> Provenienti dai residui del vecchio programma "Analisi Energetiche nel settore dei servizi" e "Frigoriferi Energy plus".

<sup>15</sup> Si è deciso di iniziare la trattazione dalla Direttiva 2002/91/CE poiché essa rappresenta il comune denominatore sulle politiche per l’efficienza energetica a livello internazionale e l’incipit dei provvedimenti legislativi nazionali.

<sup>16</sup> Titolo originale “Energy Performance of Buildings Directive - EPBD”. La norma è in vigore dal 16 dicembre 2002.

responsabili di consumi elevatissimi. Infatti, all'art. 6 – *Edifici esistenti* si riporta quanto segue: *“Gli Stati membri provvedono affinché, allorché edifici di metratura totale superiore a 1.000 m<sup>2</sup> subiscano ristrutturazioni importanti, il loro rendimento energetico sia migliorato al fine di soddisfare i requisiti minimi per quanto tecnicamente, funzionalmente ed economicamente fattibile. [...]. I requisiti possono essere fissati per gli edifici ristrutturati nel loro insieme o per i sistemi o i componenti ristrutturati, allorché questi rientrano in una ristrutturazione da attuare in tempi ristretti, con l'obiettivo succitato di migliorare il rendimento energetico globale dell'edificio”*.

L'ambito dell'edilizia pubblica, e quindi anche gli edifici scolastici, viene toccato solamente in parte dalla Direttiva, anche se, indirettamente, gli attribuisce un ruolo di rappresentanza nel fornire il “buon esempio” rispetto alle pratiche di certificazione. Infatti, all'articolo 7 – *Attestato di certificazione energetica* si riporta quanto segue: *“Gli Stati membri adottano le misure necessarie a garantire che negli edifici la cui metratura utile totale superi i 1.000 m<sup>2</sup>, occupati da autorità pubbliche e da enti che forniscono servizi pubblici a un ampio numero di persone e sono pertanto frequentati spesso da tali persone, sia affisso in luogo chiaramente visibile per il pubblico un attestato di certificazione energetica risalente a non più di dieci anni prima. Per i suddetti edifici può essere chiaramente esposta la gamma delle temperature raccomandate e reali per gli ambienti interni ed eventualmente le altre grandezze meteorologiche pertinenti”*.

L'attestato di certificazione energetica richiesto dovrà raccogliere tutte le informazioni inerenti l'edificio relativamente a riscaldamento e ventilazione, produzione acqua calda, condizionamento, energia elettrica e altri. Oppure, in mancanza di dati rilevati, un tecnico nominato dovrà darne una stima secondo metodi di calcolo in accordo con Norme Internazionali o Nazionali.

Questa misura è volta soprattutto ad avviare un circolo virtuoso basato sulla trasparenza delle informazioni riguardanti il comportamento energetico degli edifici pubblici che, in quanto patrimonio della collettività, dovrebbero porsi come primi osservatori delle direttive.

Il ragionamento è ancora più importante se parliamo di edilizia scolastica poiché, trattandosi del luogo di formazione delle generazioni future, il suo ruolo diventa fondamentale nell'ottica dell'educazione verso il risparmio di risorse e al rispetto dell'ambiente.

### **DLgs 19 agosto 2005, n. 192**

Con la pubblicazione in Gazzetta Ufficiale del 23 settembre 2005, n. 222, il DLgs 19 agosto 2005, n. 192<sup>17</sup> ha ufficialmente recepito e attuato a livello nazionale la Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico in edilizia. Il documento prevede un nuovo approccio alla progettazione, stimolando un miglioramento della qualità dell'ambiente interno ed esterno in base ai parametri climatici ed ambientali del sito, promuovendo l'impiego di fonti rinnovabili e di tecnologie a basso impatto energetico e stimolando la ricerca e l'innovazione in edilizia.

<sup>17</sup> Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.



Si tratta del primo passo compiuto dal Governo italiano verso politiche di taglio agli sprechi di energia in edilizia, settore particolarmente energivoro, malgrado sia necessario ricordare che le valutazioni riguardo l'impatto reale del DLgs dovranno essere rimandate all'emanazione dei decreti attuativi e delle linee guida contenenti le metodologie di calcolo da adottare.

In ogni caso, introducendo la certificazione energetica obbligatoria per gli edifici di nuova costruzione e per le ristrutturazioni sostanziali (oltre i 1.000 m<sup>2</sup>)<sup>18</sup>, il decreto rappresenta una tappa fondamentale per qualsiasi politica di miglioramento della prestazione energetica degli edifici in fase di progettazione e ristrutturazione e si pone come strumento per la trasformazione e la trasparenza del mercato immobiliare, fornendo ai potenziali acquirenti e locatari una informazione oggettiva sulle prestazioni energetiche degli edifici.

Appare evidente come il Decreto recepisca in pieno le indicazioni della Direttiva in merito agli interventi su edifici esistenti, anche se, di fatto, in Italia il DLgs fornisce indicazioni solo in merito ai nuovi edifici, riducendo la certificazione sul costruito ad una porzione ridotta del parco edilizio esistente.

In ogni caso, il Decreto recepisce la Direttiva Europea mirata al contenimento dei consumi provenienti da fonti energetiche tradizionali e, pertanto, in linea con i principi da essa emanati, si pone come strumento di promozione delle energie alternative quali il solare e il teleriscaldamento. L'allegato D, infatti, riporta alcune importanti indicazioni circa la predisposizione di allacciamenti per l'integrazione di impianti solari termici e fotovoltaici nelle coperture degli edifici, nonché l'allacciamento alle reti di teleriscaldamento, ove possibile. Nel caso di nuovi edifici, di interventi su edifici di superficie utile > 1.000 m<sup>2</sup> e per le demolizioni e ricostruzioni, la predisposizione di tali opere è resa obbligatoria (fatto salvo il rispetto delle condizioni riportate al punto 2). Anche per gli edifici pubblici o ad uso pubblico di nuova costruzione è resa obbligatoria l'installazione di impianti solari termici progettati e realizzati in modo da garantire almeno il 50% del consumo annuo di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria.

Purtroppo, in questa sede, si parla di integrazione di fonti energetiche rinnovabili solamente per gli edifici pubblici di nuova costruzione e non per il patrimonio esistente che, di fatto, si dimostra il più energivoro e quello in cui il potenziale di risparmio, dovuto a tale integrazione, può portare notevoli benefici alla gestione da parte delle Amministrazioni locali.

### **DLgs 29 dicembre 2006, n. 311**

Il primo febbraio 2007 è stato pubblicato il DLgs 311/2006 – *Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*<sup>19</sup>.

In attesa delle linee guida per i criteri di certificazione, il decreto pone ulteriori restrizioni al campo d'applicazione e, soprattutto, un calendario con scadenze ravvicinate e improrogabili a partire dalle quali si vedrà la progressiva riduzione dei

---

<sup>18</sup> Anche se già prevista dall'art. 30 della Legge 10/1991, che non ha trovato attuazione attraverso alcun decreto successivo.

<sup>19</sup> Tale Decreto entra in vigore a partire dal 2 febbraio 2007.

valori di trasmittanza richiesti alle costruzioni al fine di rientrare nei parametri di legge.

Appare evidente che la priorità dei Normatori è di rientrare il prima possibile nelle direzioni già intraprese dalla Comunità Europea attraverso un insieme di provvedimenti molto restrittivi che, inevitabilmente, risentiranno maggiormente e in modo negativo delle continue indecisioni riguardanti le modalità e le figure accreditate alla certificazione. A livello nazionale, infatti, si è preferito procedere con l'emanazione di un'integrazione a un DLgs già in vigore piuttosto che con l'emanazione dei Decreti attuativi, delle Linee Guida e delle Leggi regionali.

Rispetto alle precedenti indicazioni del DLgs 192/2005, l'aspetto di maggiore rilievo è rappresentato dalla certificazione energetica (art. 6). Infatti, in regime transitorio e in attesa dell'emanazione delle Linee Guida nazionali, l'attestato di certificazione energetica degli edifici (ovvero il documento redatto ad opera di certificatori accreditati secondo le disposizioni dei decreti attuativi) è sostituito a tutti gli effetti dall'attestato di qualificazione energetica asseverato dal Direttore dei Lavori. Di fatto questo cambiamento segna un passo indietro all'interno del percorso di avvicinamento alle indicazioni della Direttiva Europea 2002/91/CE, lasciando trasparire in modo evidente l'incertezza legislativa in cui si trova attualmente il nostro Paese.

Un aspetto particolare consiste nell'obbligatorietà di esposizione della targa energetica conseguente alla certificazione, a partire dal 1 luglio 2007, per tutti i contratti, nuovi o rinnovati, relativi alla gestione dell'impianto termico o di climatizzazione in edifici pubblici.

I dati contenuti all'interno dell'attestato devono consentire ai cittadini di valutare e confrontare le caratteristiche energetiche dell'organismo edilizio e, pertanto, dovranno comprendere tutte le informazioni relative al comportamento energetico. Per questo, esso deve essere corredato da suggerimenti relativi alla gestione dell'edificio e delle risorse energetiche al fine di permetterne un uso più consapevole ed economicamente conveniente da parte degli utenti finali. Il certificato ha validità massima di 10 anni e deve essere aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione che ne modifichi le generali caratteristiche di comportamento energetico.

Nel caso di edifici di proprietà pubblica, o ad uso pubblico, di superficie maggiore di 1000 m<sup>2</sup>, l'attestato deve essere affisso in un luogo visibile al fine di rendere partecipe la comunità circa le caratteristiche dell'immobile, operazione assolutamente significativa dal punto di vista educativo.

In quest'ambito, l'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione dell'energia termica prevede il ricorso anche ad altre risorse diverse dal solare termico, come ad esempio le biomasse, ferma restando l'obbligatorietà di installazione di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica (sebbene sia stato abrogato l'allegato D)<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> Anche se non vengono fornite informazioni riguardo alle specifiche di prestazione.

### **DLgs 30 maggio 2008, n. 115**

Con la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale n. 154 del 3 luglio 2008, entra in vigore il DLgs 30 maggio 2008, n. 115 - *Attuazione della direttiva 2006/32/CE<sup>21</sup> relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE<sup>22</sup>*. Il Decreto si propone “[...] di contribuire al miglioramento della sicurezza dell'approvvigionamento energetico e alla tutela dell'ambiente attraverso la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra e stabilisce un quadro di misure volte al miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia sotto il profilo costi e benefici [...]”.

L'aspetto rilevante presentato all'interno del Decreto è costituito dall'obbligo, da parte delle Pubbliche Amministrazioni proprietarie o utilizzatrici di un patrimonio immobiliare, di migliorare l'efficienza energetica degli edifici di propria competenza (art. 12). In particolare, si fa obbligo di:

- Ricorrere “[...] agli strumenti finanziari per il risparmio energetico per la realizzazione degli interventi di riqualificazione, compresi i contratti di rendimento energetico, che prevedono una riduzione dei consumi di energia misurabile e predeterminata “ (art. 13, comma 1 a);
- Effettuare “[...] le diagnosi energetiche degli edifici pubblici o ad uso pubblico, in caso di interventi di ristrutturazione degli impianti termici, compresa la sostituzione dei generatori, o di ristrutturazioni edilizie che riguardino almeno il 15 per cento della superficie esterna dell'involucro edilizio che racchiude il volume lordo riscaldato” (art. 13, comma 1 b);
- Provvedere alla “[...] certificazione energetica degli edifici pubblici od ad uso pubblico, nel caso in cui la metratura utile totale supera i 1000 metri quadrati, e l'affissione dell'attestato di certificazione in un luogo, dello stesso edificio, facilmente accessibile al pubblico” come indicato all'articolo 6, comma 7, del DLgs 19 agosto 2005, n. 192 (art. 13, comma 1 c).

Il Decreto affronta, inoltre, il problema delle apparecchiature e degli impianti per la Pubblica Amministrazione, indicando che essi (apparecchi, impianti, autoveicoli) devono presentare un ridotto consumo durante le fasi di utilizzo, al fine di ridurre la domanda di energia primaria.

Appare evidente come questo provvedimento amplifichi ulteriormente la posizione delle Pubbliche Amministrazioni, precedentemente anticipata con il DLgs 192/2005 e 311/2006; gli Enti devono essere in grado di trasmettere alla comunità i principi di efficienza energetica, al fine di innescare un circolo virtuoso mirato alla consapevolezza dell'importanza del risparmio di risorse e all'adozione di misure per la riduzione degli usi finali. In quest'ambito, la funzione e la responsabilità della Scuola appare di particolare importanza poiché essa è in grado di agire sulle generazioni future in termini di consapevolezza e responsabilità.

---

<sup>21</sup> Direttiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006 concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio, pubblicata sulla G.U. dell'Unione Europea n. 114/64 del 27 aprile 2006.

<sup>22</sup> Direttiva 93/76/CEE del Consiglio del 13 settembre 1993 *intesa a limitare le emissioni di biossido di carbonio migliorando l'efficienza energetica (SAVE)*, pubblicata sulla G.U. della Comunità Europea n. L237 del 22 settembre 1993.

## Le Leggi Finanziarie

Le Leggi Finanziarie rappresentano la misura degli investimenti designati da ciascun Governo all'interno di un determinato settore e sono rappresentative delle priorità attribuite dallo stesso a ciascun ambito di competenza. Queste Leggi non sono, pertanto, la misura dell'urgenza di in cui versa un determinato ambito, ma stabiliscono il livello di precedenza che ogni legislatura attribuisce nell'ottica del finanziamento di azioni e progetti.

Come è possibile notare dall'elenco seguente, il settore dell'edilizia scolastica ricopre poche voci all'interno di tali leggi e, di conseguenza, ottiene ogni anno scarsi finanziamenti. Se si valutano, infatti, gli stanziamenti previsti per questo particolare ambito nelle ultime finanziarie, ci si rende conto di come le esigenze rischiano di rimanere senza soluzione:

- Anno 2001: stanziati 60 miliardi di lire;
- Anno 2002: nessun finanziamento stanziato;
- Anno 2003: nessun finanziamento stanziato, ma dopo i fatti di San Giuliano vengono destinati 10 milioni di euro;
- Anno 2003: tagliati i fondi destinati alla realizzazione dell'Anagrafe dell'edilizia scolastica, che poteva essere la possibilità, finora non praticata, di effettuare un censimento dello stato di fatto degli edifici scolastici presenti sul territorio nazionale al fine di "tastare il polso" ad un patrimonio molto vasto e carente.

A titolo esemplificativo, si riportano di seguito gli articoli contenuti all'interno delle Leggi Finanziarie degli ultimi tre anni, relativamente all'ambito degli edifici scolastici.

### **Legge Finanziaria 2006**

La Legge 23 dicembre 2005, n. 266 - Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2006)<sup>23</sup>, riporta quanto segue:

- **Articolo 1, comma 608.** Fondi per gli investimenti in edilizia universitaria pari a 90.000.000 di euro per il solo 2006.

### **Legge Finanziaria 2007**

La Legge L. 27 dicembre 2006, n. 296<sup>24</sup> - *Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2007)*<sup>25</sup> riporta quanto segue:

- **Articolo 1, comma 145.** "[...] A decorrere dal 1° gennaio 2007, i Comuni possono deliberare, con regolamento adottato ai sensi dell'articolo 52 del decreto legislativo 15 dicembre 1997, n. 446, e successive modificazioni, l'istituzione di un'imposta di scopo destinata esclusivamente alla parziale copertura delle spese per la realizzazione di opere pubbliche individuate dai comuni nello stesso regolamento tra quelle indicate nel comma 149 [...]".
- **Articolo 1, comma 147.** "[...] L'imposta è dovuta, in relazione alla stessa opera pubblica, per un periodo massimo di cinque anni ed è determinata applicando

<sup>23</sup> Pubblicata nella Gazz. Uff. 29 dicembre 2005, n. 302, S.O.

<sup>24</sup> Pubblicata nella Gazz. Uff. 27 dicembre 2006, n. 299, S.O.

<sup>25</sup> Pubblicata nella Gazz. Uff. 29 dicembre 2005, n. 302, S.O.

*alla base imponibile dell'imposta comunale sugli immobili un'aliquota nella misura massima dello 0,5 per mille [...]*".

- **Articolo 1, comma 149.** “[...]L'imposta può essere istituita per le seguenti opere pubbliche [...]”:
  - opere per il trasporto pubblico urbano;
  - opere viarie, con l'esclusione della manutenzione straordinaria ed ordinaria delle opere esistenti;
  - opere particolarmente significative di arredo urbano e di maggior decoro dei luoghi;
  - opere di risistemazione di aree dedicate a parchi e giardini;
  - opere di realizzazione di parcheggi pubblici;
  - opere di restauro;
  - opere di conservazione dei beni artistici e architettonici;
  - opere relative a nuovi spazi per eventi e attività culturali, allestimenti museali e biblioteche;
  - opere di realizzazione e manutenzione straordinaria dell'edilizia scolastica.
- **Articolo 1, comma 625.** “[...] Per l'attivazione dei piani di edilizia scolastica di cui all'articolo 4 della legge 11 gennaio 1996, n. 23, è autorizzata la spesa di 50 milioni di euro per l'anno 2007 e di 100 milioni di euro per ciascuno degli anni 2008 e 2009. Il 50 per cento delle risorse assegnate annualmente ai sensi del precedente periodo è destinato al completamento delle attività di messa in sicurezza e di adeguamento a norma degli edifici scolastici da parte dei competenti enti locali. Per le finalità di cui al precedente periodo, lo Stato, la regione e l'ente locale interessato concorrono, nell'ambito dei piani di cui all'articolo 4 della medesima legge n. 23 del 1996, in parti uguali per l'ammontare come sopra determinato, ai fini del finanziamento dei singoli interventi. Per il completamento delle opere di messa in sicurezza e di adeguamento a norma, le regioni possono fissare un nuovo termine di scadenza al riguardo, comunque non successivo al 31 dicembre 2009, decorrente dalla data di sottoscrizione dell'accordo denominato «patto per la sicurezza» tra Ministero della pubblica istruzione, regione ed enti locali della medesima regione [...]”.
- **Articolo 1, comma 626.** “[...] Nella logica degli interventi per il miglioramento delle misure di prevenzione di cui al decreto legislativo 23 febbraio 2000, n. 38, e successive modificazioni, il consiglio di indirizzo e di vigilanza dell'Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro (INAIL) definisce, in via sperimentale per il triennio 2007-2009, d'intesa con il Ministro del lavoro e della previdenza sociale, con il Ministro della pubblica istruzione e con gli enti locali competenti, indirizzi programmatici per la promozione ed il finanziamento di progetti degli istituti di istruzione secondaria di primo grado e superiore per l'abbattimento delle barriere architettoniche o l'adeguamento delle strutture alle vigenti disposizioni in tema di sicurezza e igiene del lavoro. Il consiglio di indirizzo e di vigilanza dell'INAIL determina altresì l'entità delle risorse da destinare annualmente alle finalità di cui al presente comma, utilizzando a tale fine anche le risorse che si rendessero disponibili a conclusione delle iniziative di attuazione dell'articolo 24 del citato decreto

*legislativo n. 38 del 2000. Sulla base degli indirizzi definiti, il consiglio di amministrazione dell'INAIL definisce i criteri e le modalità per l'approvazione dei singoli progetti e provvede all'approvazione dei finanziamenti dei singoli progetti [...]*".

L'entità delle risorse destinata al finanziamento é di 30 milioni di euro; per ciascuna unità scolastica l'entità massima ammonta ad € 350.000 IVA inclusa e l'entità minima ammonta ad € 100.000 IVA inclusa, ridotta ad € 30.000, IVA inclusa, in caso di solo abbattimento delle barriere architettoniche.

I fondi sono ripartiti tra le diverse regioni, limitatamente all'anno 2007, come indicato nella tabella seguente:

<b>Ripartizione Regionale anno 2007</b>			
<b>Regione</b>	<b>Bonus</b>		
	<b>27.000.000</b>	<b>3.000.000</b>	
Abruzzo	692.147	0	<b>692.147</b>
Basilicata	369.418	0	<b>369.418</b>
Calabria	1.248.846	406.573	<b>1.655.419</b>
Campania	3.127.069	1.018.045	<b>4.145.114</b>
Emilia Romagna	1.685.945	0	<b>1.685.945</b>
Friuli Venezia Giulia	485.672	0	<b>485.672</b>
Lazio	2.380.111	0	<b>2.380.111</b>
Liguria	592.869	0	<b>592.869</b>
Lombardia	3.648.441	0	<b>3.648.441</b>
Marche	722.538	0	<b>722.538</b>
Molise	214.283	0	<b>214.283</b>
Piemonte	1.784.315	0	<b>1.784.315</b>
Puglia	2.063.234	671.705	<b>2.734.939</b>
Sardegna	911.340	0	<b>911.340</b>
Sicilia	2.775.769	903.677	<b>3.679.446</b>
Toscana	1.465.750	0	<b>1.465.750</b>
Provincia Autonoma Bolzano	259.580	0	<b>259.580</b>
Provincia Autonoma Trento	211.602	0	<b>211.602</b>
Umbria	392.865	0	<b>392.865</b>
Valle d'Aosta	55.637	0	<b>55.637</b>
Veneto	1.912.569	0	<b>1.912.569</b>
<b>TOTALE</b>	<b>27.000.000</b>	<b>3.000.000</b>	<b>30.000.000</b>

Tabella 1 Ripartizione del finanziamento (Fonte: rielaborazione grafica su dati INAIL)

### **Legge finanziaria 2008**

La Legge 24 dicembre 2007, n. 244 - *Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2008)*<sup>26</sup> riporta quanto segue:

<sup>26</sup> Pubblicata nella Gazz. Uff. 28 dicembre 2007, n. 300, S.O.

- **Articolo 2, comma 276:** “[...] il fondo di cui all’articolo 32-bis del decreto-legge 30 settembre 2003, n. 269<sup>27</sup>, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 novembre 2003, n. 326, è incrementato di 20 milioni di euro, a decorrere dall’anno 2008, da destinare ad interventi di adeguamento strutturale ed antisismico degli edifici del sistema scolastico, nonché alla costruzione di nuovi immobili sostitutivi degli edifici esistenti, laddove indispensabili a sostituire quelli a rischio sismico, secondo programmi basati su aggiornati gradi di rischio [..]”.

#### **DL 29 novembre 2008 , n. 185**

Il 22 novembre 2008, all’interno del Liceo Scientifico “Darwin” di Rivoli (TO) crolla il controsoffitto di un aula a causa del cedimento di una tubazione di scarico. Il bilancio è gravissimo: un morto e venti feriti, tra cui quattro molto gravi. L’incidente fa scattare nuovamente le polemiche sulla sicurezza delle strutture scolastiche italiane, un dibattito precedentemente iniziato con il crollo della scuola elementare “Francesco Jovine” a San Giuliano di Puglia<sup>28</sup>, tanto che il Governo, impegnato nella formulazione del cosiddetto “Decreto anticrisi”<sup>29</sup>, a seguito delle pressioni del capo della protezione civile Guido Bertolaso, decide di inserire importanti misure per l’edilizia scolastica.

In particolare, il Titolo III - *Ridisegno in funzione anticrisi del quadro strategico nazionale: protezione del capitale umano e domanda pubblica accelerata per grandi e piccole infrastrutture, con priorità per l'edilizia scolastica* affronta i seguenti temi:

- **Articolo 18, comma 1b:** “[...] in coerenza con gli indirizzi assunti in sede europea, entro 30 giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto, assegna una quota delle risorse nazionali disponibili del Fondo aree sottoutilizzate: [...] al Fondo infrastrutture di cui all’art. 6-quinquies del decreto-legge 25 giugno 2008, n. 112, convertito con legge 6 agosto 2008, n. 133<sup>30</sup>, anche per la messa in sicurezza delle scuole, per le opere di risanamento ambientale, per l’edilizia carceraria, per le infrastrutture museali ed archeologiche, e le infrastrutture strategiche per la mobilità [..]”.

<sup>27</sup> Al fine di contribuire alla realizzazione di interventi infrastrutturali, con priorità per quelli connessi alla riduzione del rischio sismico, e per far fronte ad eventi straordinari nei territori degli enti locali, delle aree metropolitane e delle città d’arte è istituito nello stato di previsione del Ministero dell’economia e delle finanze, per il triennio 2003-2005, un apposito fondo per interventi straordinari. A tal fine è autorizzata la spesa di euro 73.487.000 per l’anno 2003 e di euro 100.000.000 per ciascuno degli anni 2004 e 2005.

<sup>28</sup> Il crollo, avvenuto a seguito di una scossa tellurica con epicentro situato tra i comuni di San Giuliano di Puglia, Bonefro, Castellino del Biferno e Providenti (CB) il 31 ottobre 2002, ha provocato la morte di 27 bambini e un’insegnante.

<sup>29</sup> Decreto Legge 29 novembre 2008, n. 185 – *Misure urgenti per il sostegno a famiglie, lavoro, occupazione e impresa e per ridisegnare in funzione anti-crisi il quadro strategico nazionale.*

<sup>30</sup> Legge 6 agosto 2008, n°133 - *Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 25 giugno 2008, n. 112, recante disposizioni urgenti per lo sviluppo economico, la semplificazione, la competitività, la stabilizzazione della finanza pubblica e la perequazione tributaria.* Art. 6-quinquies: “[...] Il fondo è alimentato dagli stanziamenti nazionali assegnati per l’attuazione del Quadro Strategico Nazionale per il periodo 2007 – 2013 in favore di programmi di interesse strategico nazionale [..]”. Pubblicato nella G.U. n°195 del 21 agosto 2008 – Suppl. Ordinario n°196.

### 2.2.4 Riflessioni conclusive

Dalla sintesi riportata, si evince che le Autorità stanno perseguendo una duplice strategia: da un lato propongono bandi e progetti di particolare interesse rivolti verso l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili e la riduzione dei consumi da fonti fossili, dall'altro non contribuiscono in modo sostanziale al finanziamento delle azioni di miglioramento della situazione attuale dell'edilizia scolastica.

La promozione di bandi e progetti nazionali è una strategia utile per il finanziamento di pochi soggetti che partecipano con una domanda, ma non solo, una volta presentata la domanda, non è necessariamente vero che questa soddisfi le esigenze richieste dal bando stesso e che, quindi, venga approvata e finanziata.

Il patrimonio edilizio scolastico è, invece, uniformemente permeato di situazioni di assoluta emergenza in cui non è nemmeno garantita la condizione di sicurezza degli edifici; infatti, come emerge dal rapporto di Legambiente "Ecosistema Scuola 2008"<sup>31</sup>, il 23,62% degli edifici necessita di manutenzione urgenti e solamente il 58,64% è in possesso di certificato di agibilità statica.

Considerando questi dati, è possibile affermare che il patrimonio nazionale necessiterebbe di una politica programmatica di incentivo alla sostanziale riqualificazione degli edifici esistenti e di costruzione di nuove strutture capaci di stare al passo con i tempi, cosa che, di fatto, non accade da anni.

Ciò non significa che i progetti emanati siano privi di valore, anzi essi rappresentano un incentivo alla promozione della cultura del rispetto dell'ambiente necessaria e indispensabile soprattutto nel momento in cui vengono adottate azioni di risparmio energetico (in tutti gli ambiti); infatti, senza una mentalità della sostenibilità, ogni provvedimento risulterebbe vanificato da atteggiamenti viziosi.

Considerando il panorama normativo presentato, si riscontra la volontà dei Normatori di porre le basi per un atteggiamento di risparmio energetico a partire dall'ambito pubblico (l'affissione della targa energetica sul fronte degli edifici pubblici sottintende la redazione dell'attestato di certificazione energetica e, quindi, di un'indagine specifica). Purtroppo, l'attuale incertezza normativa in cui si trova il nostro Paese, ancora in attesa delle linee guida per la certificazione, non ha ancora permesso di iniziare questo programma procrastinando continuamente i termini e, quindi, le incombenze.

Sarebbe opportuno che azioni normative e intenti programmatici seguissero un percorso parallelo, condividendo gli obiettivi per raggiungere risultati comuni e adottando atteggiamenti *super partes* che vadano oltre l'appartenenza politica e portino benefici alla collettività. In questo modo, forse, si riuscirebbero ad ottenere maggiori risultati.

---

<sup>31</sup> Ricerca condotta su 94 Comuni e 51 Province.



## 2.3 Fonti di riferimento

### 2.3.1 Bibliografia

Boarin P., Dall'Argine L., *Osservatorio sulla Certificazione della Sostenibilità Ambientale degli Edifici. Documento introduttivo alla ricerca e manuale d'uso*, report dell'attività di ricerca svolta all'interno del Dottorato di Ricerca in Tecnologia dell'architettura, documento disponibile all'indirizzo [www.dottoratoicar12.it](http://www.dottoratoicar12.it).

Legambiente (a cura di), *Ecosistema scuola 2008. Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi*, documento disponibile all'indirizzo internet [www.legambientescuolaformazione.it/news.php?id=78](http://www.legambientescuolaformazione.it/news.php?id=78).

Mammi S., Galbusera G. (a cura di), *VOL. 2. Il Dlgs 311, guida alla nuova Legge 10. Guida pratica per capire e rispettare il decreto legislativo sull'efficienza energetica degli edifici*, Collana "L'isolamento termico e acustico" a cura di ANIT – Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e Acustico, Milano, TEP, 2007, pp. 220.

Marino F. P. R., Grieco M., *La certificazione energetica degli edifici e il D.Lgs. 192 del 19/8/2005*, Roma, EPC Libri, 2006, pp. 479.

Pergoloni M., Pallucchi V., "Ecosistema scuola 2008. Il rapporto sull'edilizia e i servizi scolastici in Italia", in *ilProgettoSostenibile – Edilizia scolastica ecocompatibile*, n. 17-18, marzo-giugno 2008, pag. 82-83.

Spitaleri C., "I progetti del Ministero dell'Ambiente per le scuole", in *ilProgettoSostenibile – Edilizia scolastica ecocompatibile*, n. 17-18, marzo-giugno 2008, pag. 84-85.

### 2.3.2 Sitografia

<b>AESSE – Abitare la Scuola</b>	<a href="http://www.bdp.it/aesse">www.bdp.it/aesse</a>
<b>Corriere della sera</b>	<a href="http://www.corriere.it">www.corriere.it</a>
<b>ENEA – Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente</b>	<a href="http://www.enea.it">www.enea.it</a>
<b>ENEA – Programma tetti fotovoltaici</b>	<a href="http://www.tetti-fotovoltaici.org/main.htm">www.tetti-fotovoltaici.org/main.htm</a>
<b>Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana</b>	<a href="http://www.gazzettaufficiale.it">www.gazzettaufficiale.it</a>
<b>INAIL – Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro</b>	<a href="http://www.inail.it/Portale/appmanager/portale/desktop?_nfpb=true&amp;_pageLabel=PAGE_HOME">www.inail.it/Portale/appmanager/portale/desktop?_nfpb=true&amp;_pageLabel=PAGE_HOME</a>

<b>gli Infortuni sul Lavoro</b>	
<b>Legambiente</b>	<a href="http://www.legambientescuolaformazione.it">www.legambientescuolaformazione.it</a>
<b>Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare</b>	<a href="http://www.minambiente.it/index.php?id_sezione=0&amp;sid=2e4561e38029be47ace1ccf1cc29c580">www.minambiente.it/index.php?id_sezione=0&amp;sid=2e4561e38029be47ace1ccf1cc29c580</a>
<b>Ministero della Pubblica Istruzione</b>	<a href="http://www.pubblica.istruzione.it/">www.pubblica.istruzione.it/</a>



### 3. Criticità e potenzialità nella caratterizzazione e gestione del patrimonio edilizio scolastico

#### ABSTRACT

*Il capitolo è dedicato ad una prima panoramica riguardante lo stato attuale dell'edilizia scolastica appartenente allo scenario nazionale, sviluppata attraverso la restituzione del quadro organizzativo, architettonico e tecnologico. L'approfondita caratterizzazione della situazione nazionale è propedeutica alla comprensione delle effettive potenzialità che essa è in grado di offrire, nell'ottica della programmazione di interventi di riqualificazione.*

*Il primo livello di approfondimento intende delineare il quadro organizzativo caratterizzante il sistema scolastico vigente, quantificandone la consistenza sul territorio nazionale.*

*Il secondo livello di approfondimento è finalizzato alla caratterizzazione tipologica e tecnologica del patrimonio edilizio scolastico, intrapresa sia attraverso la lettura dei modelli distributivi di base, dei tipi edilizi e delle relative evoluzioni, sia attraverso l'individuazione delle soluzioni tecnologiche e delle dotazioni impiantistiche ricorrenti. Data la scarsità di informazioni e banche dati reperibili a livello nazionale e locale circa le caratteristiche tecnologiche degli edifici esistenti, la ricerca si è avvalsa di un'indagine diretta condotta attraverso l'analisi approfondita di un campione di casi studio significativo.*

*Nel terzo livello di approfondimento si intende far emergere le problematiche relative al processo di gestione e riqualificazione degli edifici scolastici, con particolare riferimento alle figure coinvolte nel processo e agli ostacoli che attualmente impediscono agli Enti gestori di intraprendere percorsi progettuali finalizzati al recupero del patrimonio esistente.*

#### INDICE DEL CAPITOLO

3.1 Individuazione del quadro organizzativo e architettonico del patrimonio edilizio esistente.....	55
3.1.1 Organizzazione del sistema scolastico vigente.....	56
3.1.2 Consistenza dell'edilizia scolastica italiana .....	60
Scuole dell'infanzia (ex scuole materne).....	63
Scuole primarie (ex scuole elementari) .....	65
Scuole secondarie di I grado (ex scuole medie) .....	67
Scuole secondarie di II grado .....	68
3.1.3 Caratterizzazione degli edifici scolastici .....	70
Lettura tipologico-distributiva degli schemi più ricorrenti .....	75
Lo schema a corridoio .....	76
L'unità funzionale.....	76

Tipi edilizi ed evoluzioni .....	78
Scuola a blocco .....	79
Scuola a piastra.....	83
Scuola estesa .....	84
Open plan .....	87
Scuola-strada.....	88
Edifici propri e impropri .....	89
Considerazioni sul comportamento energetico dei diversi tipi edilizi	91
Individuazione e tipizzazione delle soluzioni tecnologiche ricorrenti .	92
Individuazione del campione di studio .....	96
Comune e Provincia di Ferrara.....	100
Comune e Provincia di Rovigo .....	112
Comune e Provincia di Modena.....	124
Quadro riassuntivo finale .....	136
Sintesi delle criticità emergenti .....	141
Individuazione delle dotazioni impiantistiche ricorrenti.....	145
Impianti di climatizzazione invernale: gruppo termico e terminali .....	145
Impianti di climatizzazione estiva .....	146
Illuminazione degli ambienti.....	146
Dotazioni tecnologiche .....	147
Fonti energetiche utilizzate .....	147
Consistenza, stato e funzionalità del patrimonio edilizio scolastico:	
l'”Anagrafe nazionale dell’edilizia scolastica” .....	148
3.1.4 Quantificazione dei consumi energetici negli edifici scolastici.....	150
3.2 Le figure coinvolte nel processo di gestione e riqualificazione .....	151
3.3 Gli ostacoli al processo di riqualificazione .....	154
3.4 Fonti di riferimento.....	157
3.4.1 Bibliografia.....	157
3.4.2 Sitografia .....	159

**Nota metodologica**

*La fonte dei dati utilizzati è il Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione; tali dati rappresentano esclusivamente la consistenza del patrimonio edilizio scolastico di natura pubblica e non includono gli istituti privati. Inoltre, non sono incluse le scuole appartenenti alla Valle d'Aosta (a statuto speciale) e alle Province Autonome di Trento e Bolzano.*

*La suddivisione del territorio nazionale in aree geografiche cui si fa riferimento è la seguente:*

- **Nord – Ovest:** Piemonte, Lombardia, Liguria;
- **Nord – Est:** Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia Romagna;
- **Centro:** Toscana, Umbria, Marche, Lazio;
- **Sud:** Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria;
- **Isole:** Sicilia, Sardegna.



### 3.1 Individuazione del quadro organizzativo e architettonico del patrimonio edilizio esistente

La programmazione e la pianificazione degli interventi che coinvolgono l'edilizia scolastica (nuove costruzioni e riqualificazioni) sono strettamente legate all'andamento della natalità del Paese.

Alla fine degli anni Settanta, il calo delle nascite verificatosi in particolare in alcune regioni d'Italia (quali la Liguria, il Friuli Venezia Giulia e il Trentino Alto Adige) ha progressivamente prodotto effetti negativi nell'ambito dell'edilizia scolastica, a partire dalle scuole materne e coinvolgendo, successivamente, anche le scuole primarie e secondarie di primo grado. La diminuzione degli alunni per ogni classe ha inevitabilmente portato, già dai primi anni Ottanta, alla chiusura di alcune sezioni didattiche e, successivamente, alla chiusura di interi plessi scolastici. Queste strutture, inutilizzate per molto tempo, hanno raggiunto livelli di degrado e obsolescenza che, il più delle volte, non ne hanno permesso la successiva riapertura o la riconversione a destinazioni d'uso differenti.

Nonostante la tendenza negativa che ha coinvolto le regioni di Centro – Nord, le regioni del Sud hanno manifestato un costante aumento della natalità e il processo di chiusura delle strutture scolastiche non è stato particolarmente rilevante.

La crisi economica degli anni Novanta ha nuovamente compromesso i già delicati equilibri del settore scolastico, portando a un accorpamento dei servizi scolastici nei centri maggiori, con conseguente aumento del numero di studenti per singola scuola, e alla chiusura di molti plessi scolastici dislocati in modo diffuso nei piccoli paesi.

La decisione dello Stato di costituire gli Istituti di Istruzione Comprensivi<sup>32</sup> nasce in relazione al processo di realizzazione dell'autonomia e della riorganizzazione dell'intero sistema formativo avvenute nel 1997<sup>33</sup>; essi accorpano in un unico istituto le scuole per l'infanzia, le scuole primarie e le scuole secondarie di primo grado<sup>34</sup> al fine di garantire, in territori con scarsa presenza di popolazione in età scolare, la permanenza di scuole che non raggiungono, da sole o unificate con scuole dello stesso grado, le dimensioni considerate ottimali per garantire il diritto all'istruzione (da 500 a 900 alunni).

Questa decisione ha prodotto ripercussioni sulla qualità dell'offerta educativa, ridotta nel numero di strutture ma con notevole aumento della densità studentesca per singola scuola, ma gli effetti sono stati rilevati anche a livello territoriale per l'implementazione della rete dei trasporti pubblici; se ciò, da un lato, ha migliorato le connessioni tra i singoli paesi attraverso il sistema di trasporti pubblici, dall'altro, ha aumentato il traffico veicolare e, di conseguenza, l'impatto ambientale per l'inquinamento prodotto dai gas di scarico.

<sup>32</sup> DPR 18 giugno 1998, n. 233 - *Regolamento recante norme per il dimensionamento ottimale delle istituzioni scolastiche e per la determinazione degli organici funzionali dei singoli istituti, a norma dell'art. 21 Legge n°59 del 16/07/97, art. 2 – Parametri.*

<sup>33</sup> Legge 15 marzo 1997, n°59 - *Delega al Governo per il conferimento di funzioni e compiti alle regioni ed enti locali, per la riforma della Pubblica Amministrazione e per la semplificazione amministrativa, art. 21.*

<sup>34</sup> DLgs 19 febbraio 2004, n. 59 - *Definizione delle norme generali relative alla scuola dell'infanzia e al primo ciclo dell'istruzione, a norma dell'articolo 1 della legge 28 marzo 2003, n. 53, art. 4 – Articolazione del ciclo e periodi, comma 6.*



In ogni caso, il principale effetto del provvedimento normativo è stato l'abbandono di molte strutture di piccole dimensioni a favore di complessi scolastici che, per far fronte alle nuove richieste di spazi per la didattica, hanno dovuto provvedere all'ampliamento degli edifici esistenti o alla progettazione di nuovi istituti. In entrambi i casi, l'incalzare delle richieste normative e la speculazione edilizia non hanno fornito risposte in chiave sostenibile o energeticamente efficiente al problema, gravando ulteriormente sulla qualità dell'edilizia scolastica.

Negli anni successivi al 2000, l'andamento demografico, soprattutto al Sud, ha prodotto un leggero assestamento nel numero delle scuole presenti sul territorio. In particolare, in queste regioni, i Fondi Strutturali per lo sviluppo del Mezzogiorno previsti dal Programma Operativo Nazionale Scuola per il 2000 - 2006 hanno previsto, tra gli obiettivi principali, il rinnovamento delle strutture e della strumentazione tecnologica degli Istituti Professionali e Tecnici dei paesi del Mezzogiorno per superare le disparità con il Centro - Nord, quale supporto all'innovazione metodologico - didattica dei progetti cofinanziati dal Fondo per lo Sviluppo Europeo, per sviluppare negli allievi le competenze necessarie ad operare in processi produttivi e in organizzazioni del lavoro che si evolvono rapidamente con un supporto delle nuove tecnologie<sup>35</sup>.

### 3.1.1 Organizzazione del sistema scolastico vigente

L'organizzazione del sistema scolastico italiano è regolata dal DPR 8 marzo 1999, n. 275 - *Regolamento recante norme in materia di autonomia delle istituzioni scolastiche*.

Le **istituzioni scolastiche**, intese come “[...] espressioni di autonomia funzionale”, sono organismi preposti “[...] alla definizione e alla realizzazione dell'offerta formativa, nel rispetto delle funzioni delegate alle Regioni e dei compiti e funzioni trasferiti agli Enti locali”<sup>36</sup>. Esse gestiscono e organizzano a livello amministrativo e didattico uno o più punti di erogazione del servizio, collocati a un livello inferiore all'interno della struttura organizzativa (scuole dell'infanzia, scuole primarie, scuole secondarie di I grado, scuole secondarie di II grado). Ogni istituzione scolastica è diretta da un Dirigente che ne è responsabile e che, nell'ottica dell'autonomia dell'istituzione stessa, ha la possibilità di orientare le scelte didattiche, organizzative, di ricerca, di sperimentazione e di sviluppo dei punti di erogazione al fine di concretizzare “[...] gli obiettivi nazionali in percorsi formativi funzionali alla realizzazione del diritto ad apprendere e alla crescita educativa di tutti gli alunni”<sup>37</sup>, riconoscendo e valorizzando le diversità, promuovendo le potenzialità di ciascuno adottando tutte le iniziative utili al raggiungimento del successo formativo.

Le istituzioni scolastiche sono definite sul territorio in base a specifici piani regionali e all'organizzazione degli Enti locali e sono suscettibili di modificazioni in relazione all'andamento demografico scolastico, ma anche in relazione a processi di sviluppo economico, sociale e culturale. Negli ultimi anni, il numero di istituzioni scolastiche

<sup>35</sup> Studi e documenti degli Annali della Pubblica Istruzione n. 86-87, *La scuola e i Fondi Strutturali per lo sviluppo del Mezzogiorno*, p. 9, cfr. bibliografia.

<sup>36</sup> DPR 8 marzo 1999, n. 275, art. 1 - *Natura e scopi dell'autonomia delle istituzioni scolastiche*.

<sup>37</sup> DPR 8 marzo 1999, n. 275, art. 4 - *Autonomia didattica*.

è diminuito e attualmente è di 10.759 unità sull'intero territorio nazionale (rispetto agli 11.276 del settembre 2000); tra questi, circa il 70% coinvolge il primo ciclo di istruzione.<sup>38</sup>

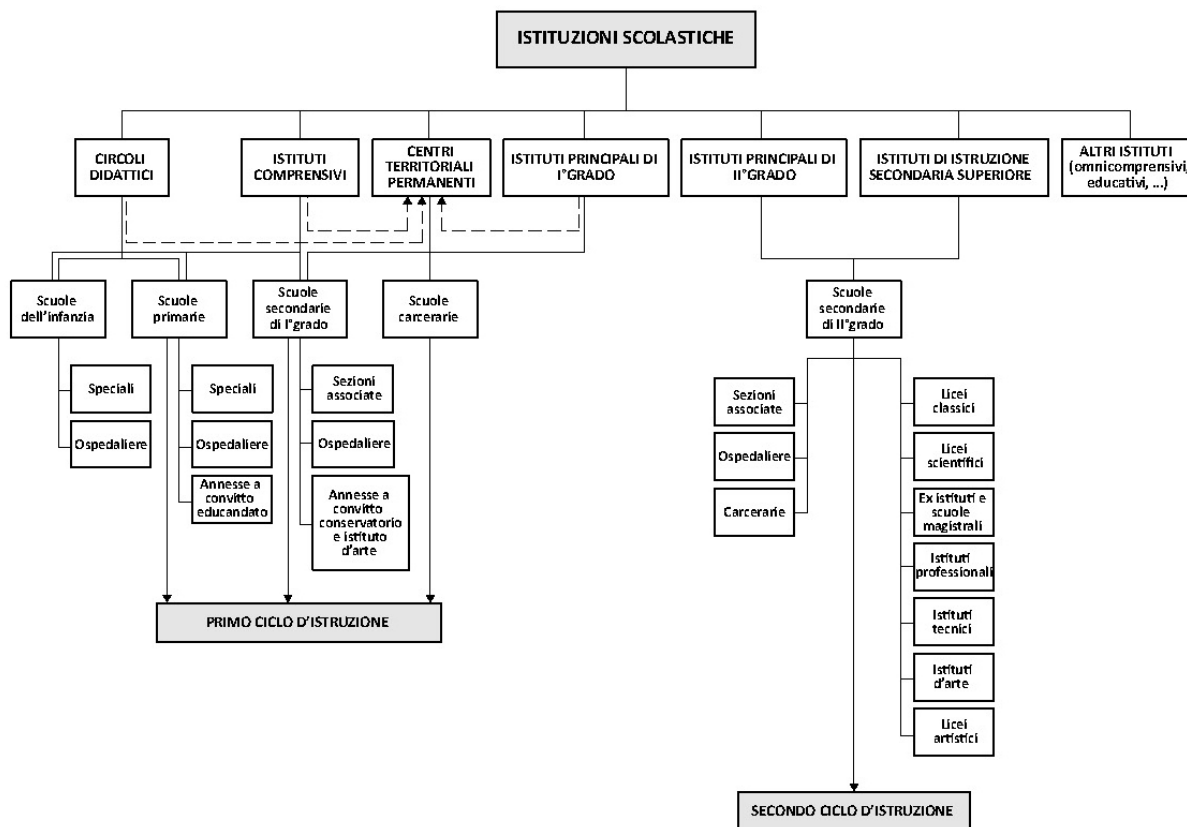


Fig. 7 Schema del sistema scolastico statale vigente nell'a.s. 2007/08 (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

In Italia i punti di erogazione del servizio possono essere organizzati per circoli e istituti, oppure possono essere strutture che non afferiscono a nessuna organizzazione, mantenendo completa autonomia sull'offerta didattica.

Le istituzioni scolastiche "associate" sono suddivise per tipologia in:

- Circoli didattici;
- Istituti comprensivi;
- Centri territoriali;
- Istituti principali di I grado;
- Istituti principali di II grado;
- Istituti di istruzione secondaria superiore;
- Altri istituti (omnicomprensivi, educativi, etc.).

I **circoli didattici** sono costituiti da scuole primarie (plessi) alle quali, spesso, sono associate le scuole per l'infanzia. Ogni circolo è amministrato e gestito da un Direttore Didattico che ha influenza sulle scuole di competenza del circolo stesso.

<sup>38</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

All'interno del panorama nazionale i circoli didattici occupano una quota consistente, attestandosi al 23,2% del totale con 2.496 unità<sup>39</sup>.

Dal punto di vista del coinvolgimento delle strutture scolastiche, gli **istituti comprensivi** presentano alcune sovrapposizioni rispetto all'istituzione precedentemente individuata. Essi, oltre alle scuole dell'infanzia e alle scuole primarie, comprendono anche le scuole secondarie di II grado.

In relazione alla normativa costitutiva<sup>40</sup>, gli istituti comprensivi unificano "verticalmente" diversi livelli del servizio per far fronte a quelle realtà in cui il basso numero di studenti non permetterebbe l'ottimale soddisfacimento dell'offerta didattica<sup>41</sup>. Essendo la categoria che raggruppa una porzione consistente delle istituzioni scolastiche, essa occupa la quota maggiore all'interno del panorama nazionale (33,2% con 3.577 unità)<sup>42</sup>. La tendenza all'accorpamento verticale in istituti comprensivi è andata aumentando negli anni; attraverso questo accentramento, infatti, è possibile ottimizzare la struttura dell'offerta formativa e mantenere continuità attraverso i diversi cicli scolastici, tanto che in alcune Province questa situazione ricopre la totalità del sistema scolastico del primo ciclo (Vercelli, Rovigo, Pisa, Ancona e Siracusa), mentre a livello nazionale costituisce circa il 47% del totale.

In ogni caso, non tutte le scuole secondarie di primo grado afferiscono al gruppo degli istituti comprensivi, ma molte sono accorpate "orizzontalmente" tra loro in **istituti principali di I grado** (13,6% con 1.468 unità)<sup>43</sup>.

Allo stesso modo, anche all'interno del secondo ciclo di istruzione sono avvenuti degli accorpamenti "orizzontali" di scuole che hanno dato vita agli **istituti di istruzione secondaria superiore** che, malgrado occupino la quota minore all'interno del panorama nazionale globale (9,5% con 1.018 unità)<sup>44</sup>, manifestano tendenze crescenti.

Le scuole secondarie di II grado che non si sono unite tra loro in istituti sono ancora molte, ma stanno progressivamente diminuendo a favore degli accorpamenti che permettono di gestire le risorse statali (come ad esempio i finanziamenti) in modo ottimale. All'inizio dell'a.s. 2007/08 gli **istituti principali di scuola secondaria di II grado** (quali licei, istituti tecnici, istituti professionali, etc.) erano il 20,4% del totale con 2.200 unità<sup>45</sup>.

Sicuramente le riforme degli ordinamenti del II ciclo di istruzione influiranno sulla tendenza all'accorpamento, intervenendo con radicali ristrutturazioni dell'intero sistema secondario, ma questa prospettiva non si presenterà a breve termine a causa delle continue proroghe delle normative in merito<sup>46</sup>.

<sup>39</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

<sup>40</sup> DPR 18 giugno 1998, n. 23, art.2, comma 5.

<sup>41</sup> DPR 18 giugno 1998, n. 23, art.2, comma 2 – "[...] per acquisire o mantenere la personalità giuridica gli istituti di istruzione devono avere, di norma, una popolazione, consolidata e prevedibilmente stabile almeno per un quinquennio, compresa tra 500 e 900 alunni; tali indici sono assunti come termini di riferimento per assicurare l'ottimale impiego delle risorse professionali e strumentali".

<sup>42</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

<sup>43</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

<sup>44</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

<sup>45</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

<sup>46</sup> DLgs 17 ottobre 2005, n. 226 - *Norme generali e livelli essenziali delle prestazioni relativi al secondo ciclo del sistema educativo di istruzione e formazione.*

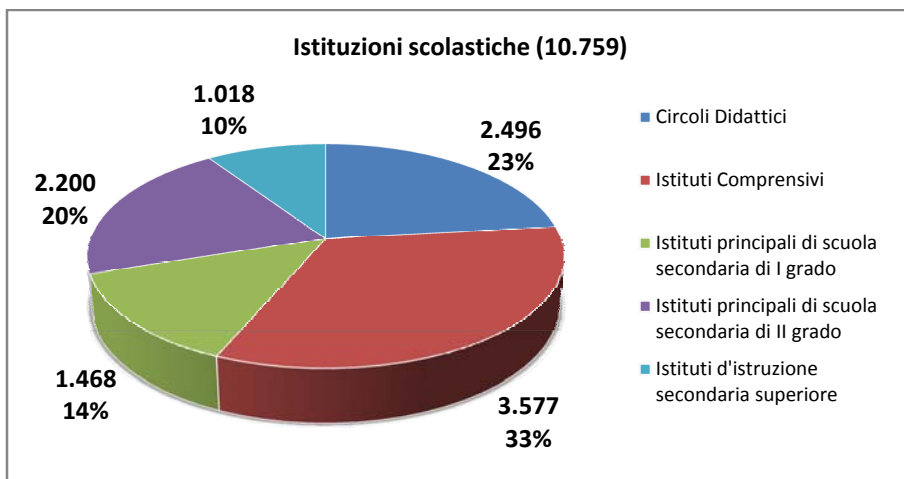


Fig. 8 Istituzioni principali per l'a.s. 2007/08 (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

La suddivisione delle istituzioni scolastiche all'interno del territorio nazionale (riferite esclusivamente alle scuole statali) dimostra una maggiore presenza nelle regioni del Sud, seguito dal Nord - Ovest. All'interno dei dati forniti dal Ministero della Pubblica Istruzione, le regioni del Nord - Est presentano il minor numero di istituzioni scolastiche pubbliche, inferiore anche a quello delle Isole.

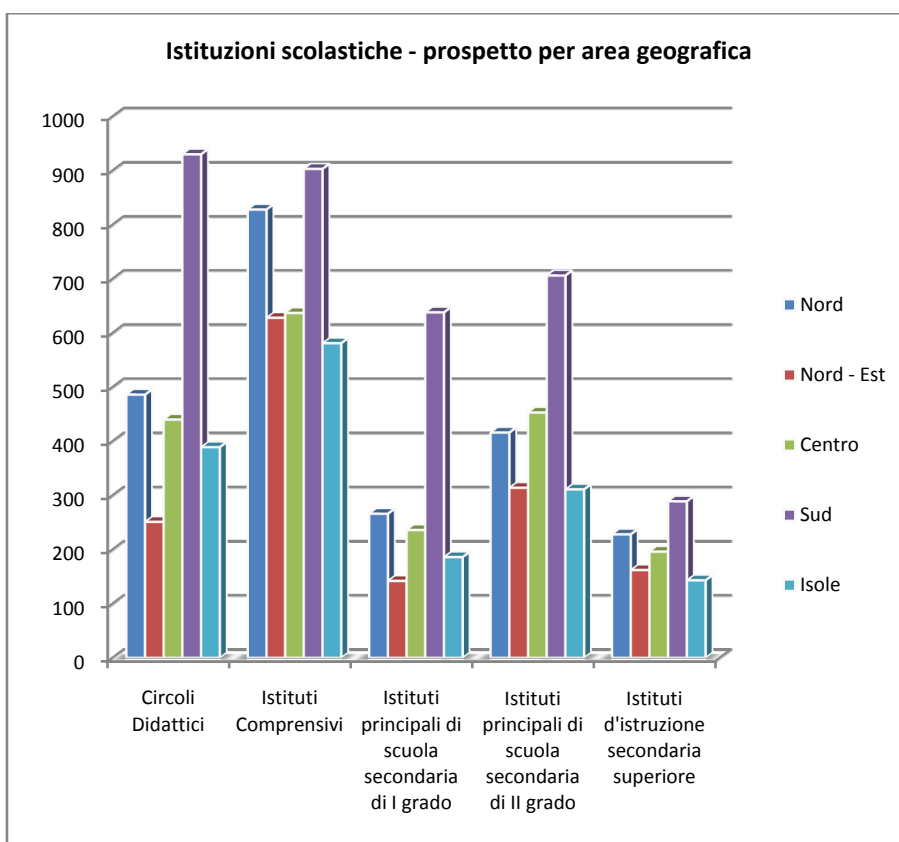


Fig. 9 Istituzioni scolastiche. Prospetto per area geografica per l'a.s. 2007/2008 (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

All'interno di questo primo livello di suddivisione e organizzazione delle istituzioni scolastiche si trovano anche i **Centri Territoriali Permanenti (CTP)** per l'istruzione e la formazione in età adulta.

*"I Centri si configurano come luoghi di lettura dei bisogni, di progettazione, di concertazione, di attivazione e di governo delle iniziative di istruzione e formazione in età adulta, nonché di raccolta e diffusione della documentazione. Essi hanno di norma configurazione distrettuale; potranno tuttavia essere istituiti Centri interdistrettuali in relazione ai flussi dell'utenza. [...] Il Centro assume altresì, d'intesa con gli istituti penali, iniziative per lo svolgimento di attività di educazione degli adulti nelle carceri, assicurando in ogni caso l'offerta negli istituti penali minorili"<sup>47</sup>.*

I CTP possono trovare collocazione e riferimento didattico presso la scuola sede del distretto scolastico, qualora quest'ultimo risulti collocato presso una scuola elementare o presso una scuola media al fine di utilizzare il personale e le risorse strutturali del distretto stesso.

Esiste, infine, una categoria di istituti considerata marginale dal punto di vista della consistenza numerica; essa è rappresentata, ad esempio, dagli **istituti omnicomprensivi**, che si configurano come strutture trasversali sperimentali che cercano di unire tutti i livelli dell'istruzione in un'unica organizzazione, oppure dalle **istituzioni educative**<sup>48</sup> (convitti ed educandi, generalmente femminili).

### 3.1.2 Consistenza dell'edilizia scolastica italiana

Il Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione afferma che nell'a.s. 2007/08 i punti di erogazione del servizio scolastico presenti sul territorio nazionale sono 41.862.

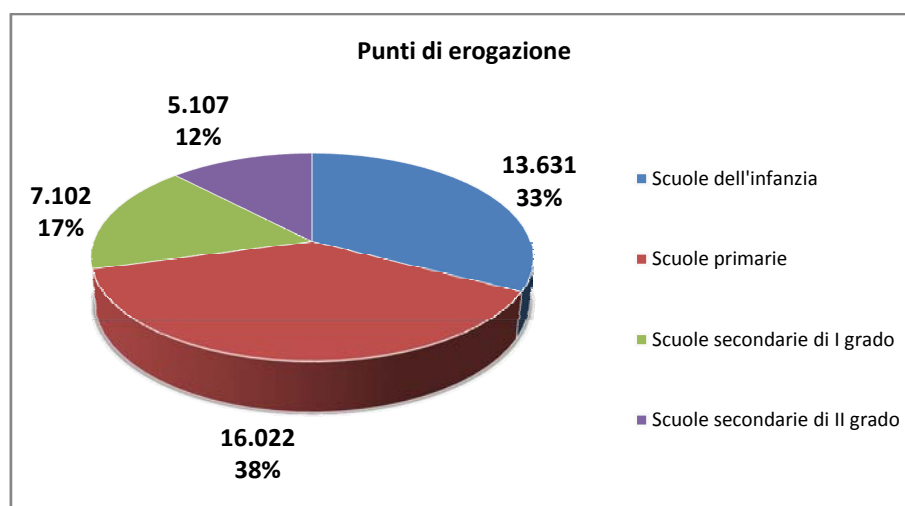


Fig. 10 Punti di erogazione del servizio per ordine e grado d'istruzione riferiti all'a.s. 2007/08 (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

<sup>47</sup> O.M. 29 luglio 1977, n. 455 - *Educazione in età adulta - Istruzione e formazione*, art. 1 - Istituzione dei Centri Territoriali Permanenti, commi 2 e 6.

<sup>48</sup> Le istituzioni educative sono state costituite attraverso il DLgs 16 aprile 1994, n. 297, art. 203 e 204.

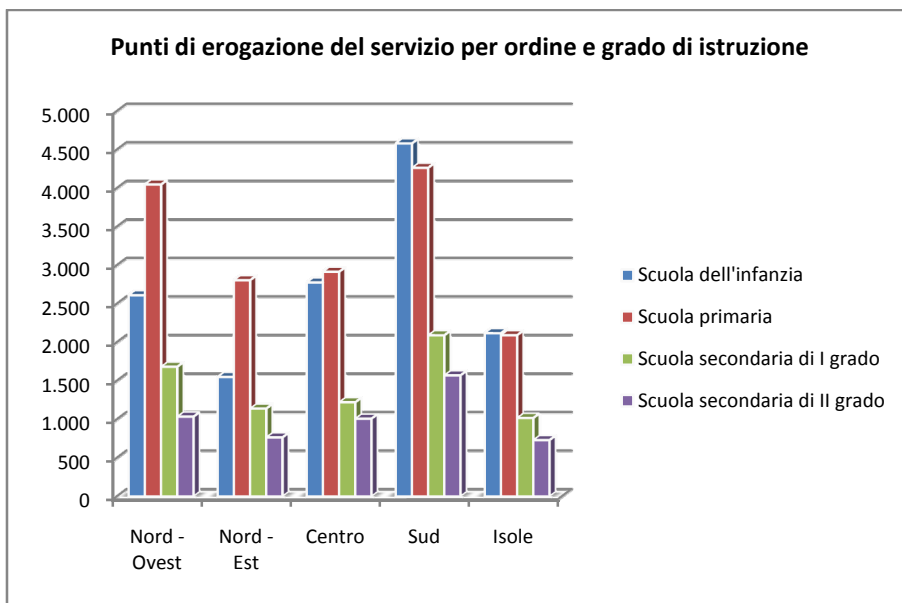


Fig. 11 Punti di erogazione del servizio per ordine e grado d'istruzione riferiti all'a.s. 2007/08 – Prospetto per area geografica (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

Le scuole di qualsiasi livello sono suddivise in **classi** che rappresentano le unità organizzativo – amministrative di base del sistema dell'istruzione.

Le iscrizioni avvenute per l'a.s. 2007/08 hanno fatto registrare alcune variazioni, rispetto alle tendenze precedenti, nel numero di classi presenti nelle scuole di competenza pubblica, sia sotto il profilo della distribuzione geografica, sia sotto il profilo della distribuzione per ordini.

Nel complesso, il numero delle classi è diminuito, attestandosi 374.921 unità<sup>49</sup>; in particolare, si è verificato un forte calo nelle iscrizioni alle scuole primarie e secondarie di I grado che non è stato compensato dall'aumento, purtroppo contenuto, nelle scuole dell'infanzia e nelle scuole secondarie di II grado. Questa tendenza è molto più evidente nelle regioni del Sud dove la diminuzione degli alunni è più consistente; infatti, considerando che il numero di classi e sezioni attive è direttamente proporzionale all'andamento demografico, le regioni del Nord, registrando una presenza crescente di alunni con cittadinanza non italiana rispetto alle regioni del Sud e alle Isole, hanno censito un aumento delle iscrizioni.

<sup>49</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

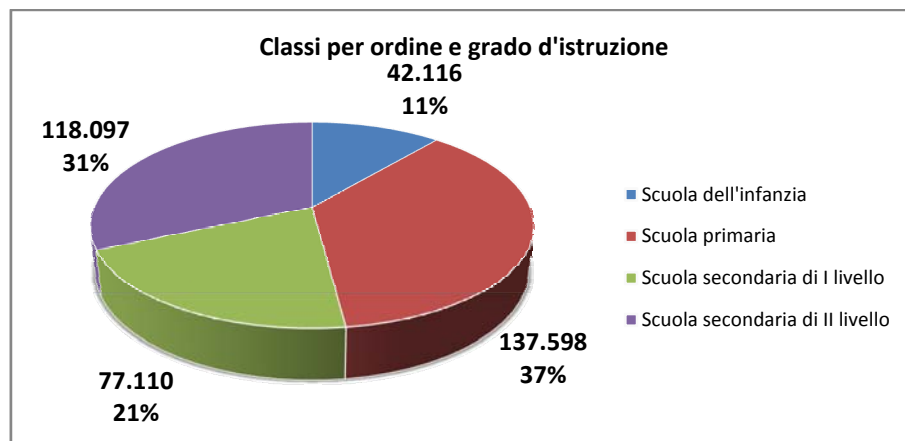


Fig. 12 Numero di classi/sezioni per ordine e grado di istruzione per l'a.s. 2007/08 (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

L'andamento delle iscrizioni di alunni extracomunitari incide notevolmente sul totale delle presenze della scuola pubblica italiana. Infatti, si registra una notevole diminuzione degli studenti italiani (in particolare al Sud) ma un forte aumento di quelli non comunitari che svolgono un ruolo di compensazione dell'andamento generale, in particolare nelle regioni del Nord (in primis Piemonte e zone del Nord-Est).

Complessivamente il numero di iscritti, appartenenti a tutti i gradi di istruzione, è di 7.742.294 unità<sup>50</sup>, con presenze maggiori nelle scuole primarie e nelle secondarie di II grado.

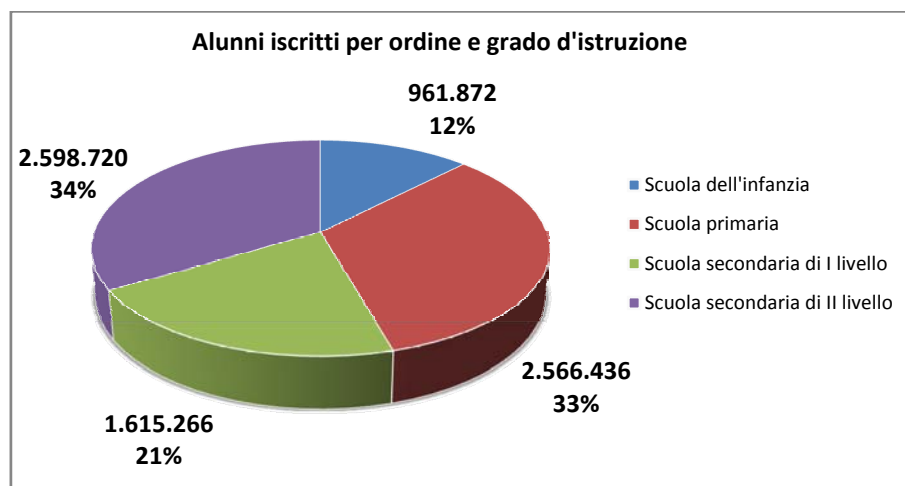


Fig. 13 Bambini/alunni iscritti per ordine e grado d'istruzione per l'a.s. 2007/08 (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

La diminuzione del numero delle classi e i gli assetti organizzativi indotti dalla politica di riorganizzazione delle risorse avvenuta qualche anno fa hanno fatto registrare alcune variazioni al **rapporto alunni/classi**. Il rapporto è complessivamente aumentato passando da 20,5 alunni/classe (a.s. 2000/01) a 20,7 alunni/classe (a.s. 2007/08), ma le variazioni non sono uniformi: la scuola

<sup>50</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

dell'infanzia ha registrato una diminuzione da 23,1 a 22,8, la scuola secondaria di I grado da 21,0 è passata a 20,9 e nella scuola secondaria di II livello il numero è diminuito da 22,1 a 22,0. Solamente la scuola primaria ha registrato un aumento del rapporto alunni/classe che è passato da 18,2 a 18,7<sup>51</sup>.

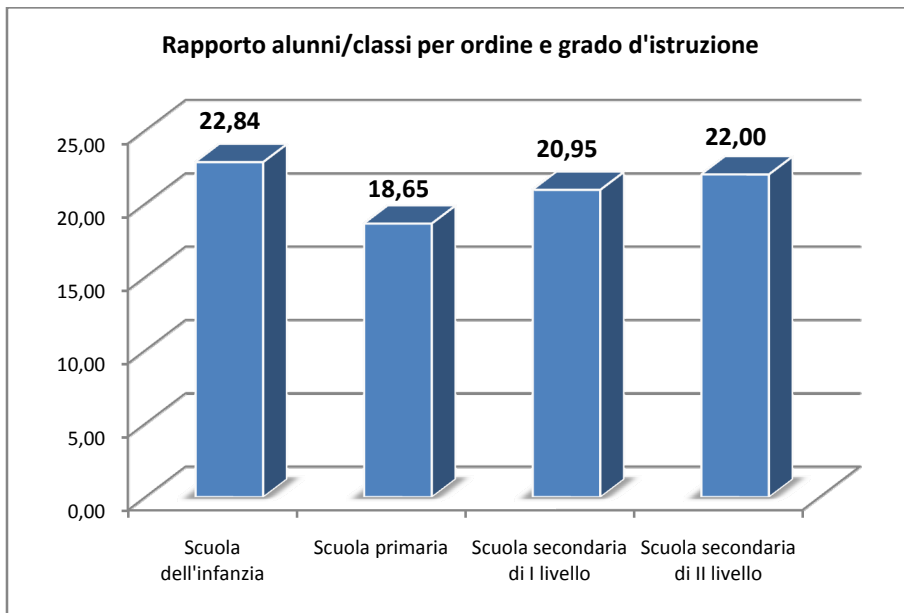


Fig. 14 Rapporto alunni/classi per ordine e grado d'istruzione per l'a.s. 2007/08 (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

### Scuole dell'infanzia (ex scuole materne)

*“La scuola dell'infanzia, di durata triennale, concorre all'educazione e allo sviluppo affettivo, psicomotorio, cognitivo, morale, religioso e sociale delle bambine e dei bambini promuovendone le potenzialità di relazione, autonomia, creatività, apprendimento, e ad assicurare un'effettiva eguaglianza delle opportunità educative”<sup>52</sup>.* Essa si colloca al primo gradino della scala educativa e formativa del bambino.

Possono essere iscritti alla scuola dell'infanzia i bambini e le bambine che hanno compiuto tre anni di età entro il 31 dicembre<sup>53</sup> dell'anno di riferimento (o entro il 31 gennaio dell'anno successivo in casi di esubero di posti disponibili rispetto al numero di alunni) o, in regime transitorio, secondo la C. M. 21 dicembre 2006 n. 74, entro il mese di febbraio.

Le scuole dell'infanzia presenti sul territorio nazionale sono 13.631; il Sud ne comprende il numero maggiore con 4.580 unità<sup>54</sup>.

<sup>51</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

<sup>52</sup> Legge 28 marzo 2003, n. 53 - Delega al Governo per la definizione delle norme generali sull'istruzione e dei livelli essenziali delle prestazioni in materia di istruzione e formazione professionale, art.2 - Sistema educativo di istruzione e di formazione, comma E.

<sup>53</sup> DLgs 19 febbraio 2004, n. 59 - Definizione delle norme generali relative alla scuola dell'infanzia e al primo ciclo dell'istruzione, a norma dell'articolo 1 della legge 28 marzo 2003, n. 53.

<sup>54</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.



Bambini iscritti	<b>961.872</b>
Numero di sezioni	<b>42.116</b>
Rapporto bambini/sezioni	<b>22,8</b>

Tabella 2 Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

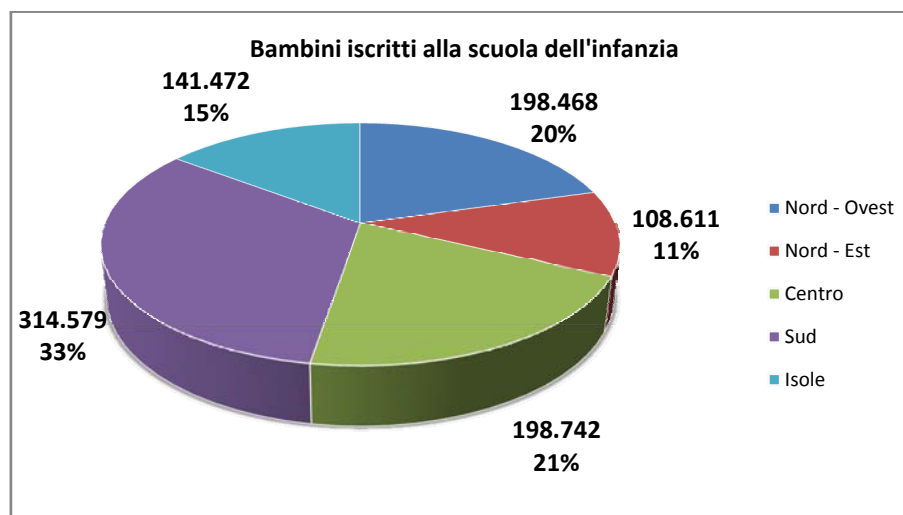


Fig. 15 Bambini iscritti alla scuola dell'infanzia per l'a.s. 2007/08. Prospetto per area geografica (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

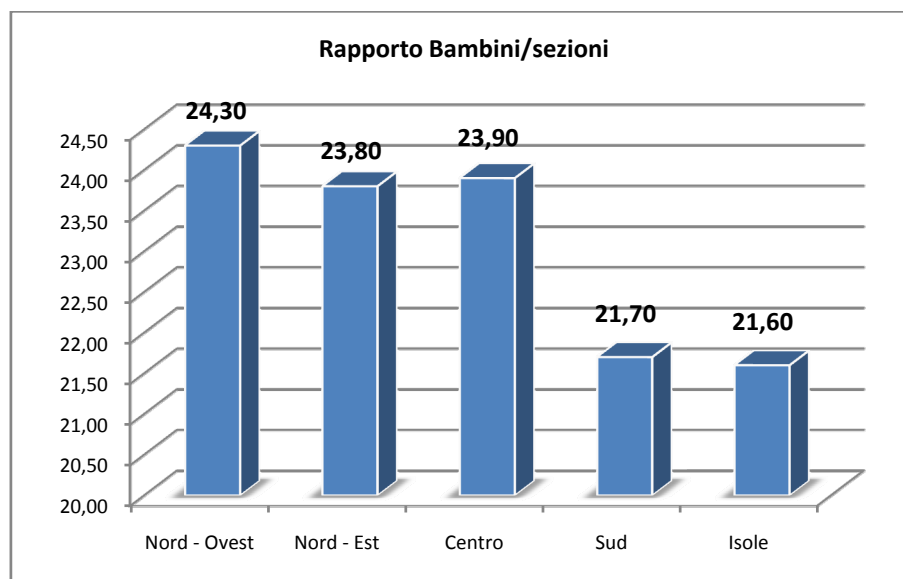


Fig. 16 Rapporto bambini/sezioni per la scuola dell'infanzia per l'a.s. 2007/08. Prospetto per area geografica (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

In questa fase il bambino non si presenta come “spettatore” passivo rispetto all’input che gli viene fornito dal sistema educativo, ma partecipa attivamente come “protagonista” nel gioco “[...] dell’apprendere, del comunicare, del produrre”<sup>55</sup>. In questo modo, esso è trasportato in un percorso di sviluppo delle abilità sensoriali, percettive, motorie, linguistiche e intellettive.

<sup>55</sup> Merlo R., Falsetti R., *L’edilizia scolastica*, p. 22, cfr bibliografia.

In relazione a questo particolare processo di apprendimento e alle indicazioni didattiche votate al potenziamento dei campi di esperienza, *“l'organizzazione degli spazi definisce la scuola come ambiente finalizzato non artificioso. Lo spazio, infatti, si carica di risonanze e connotazioni soggettive attraverso precisi punti di riferimento, rappresentati da persone, oggetti e situazioni che offrono al bambino il senso della continuità, della flessibilità e della coerenza. Non appaiono quindi opportune né una continua destrutturazione né la ripetizione di tipologie standardizzate: la scuola, infatti, diviene educativamente vissuta quando spazi ed arredi non vengono lasciati alla casualità ed alla improvvisazione, ma sono predisposti al fine di facilitare l'incontro di ogni bambino con le persone, gli oggetti e l'ambiente”*<sup>56</sup>.

### **Scuole primarie (ex scuole elementari)**

*“[...] la scuola primaria è articolata in un primo anno, teso al raggiungimento delle strumentalità di base, e in due periodi didattici biennali”*<sup>57</sup> per un totale di cinque anni. La scuola primaria, assieme alla scuola secondaria di I grado, costituisce il primo ciclo dell'istruzione. *“[...] la scuola primaria promuove, nel rispetto delle diversità individuali, lo sviluppo della personalità, ed ha il fine di far acquisire e sviluppare le conoscenze e le abilità di base fino alle prime sistemazioni logico-critiche, di far apprendere i mezzi espressivi, ivi inclusa l'alfabetizzazione in almeno una lingua dell'Unione europea oltre alla lingua italiana, di porre le basi per l'utilizzazione di metodologie scientifiche nello studio del mondo naturale, dei suoi fenomeni e delle sue leggi, di valorizzare le capacità relazionali e di orientamento nello spazio e nel tempo, di educare ai principi fondamentali della convivenza civile”*<sup>58</sup>.

Possono essere iscritti alla scuola primaria i bambini e le bambine che hanno compiuto i sei anni di età entro il 31 agosto oppure entro il 30 aprile dell'anno scolastico di riferimento.<sup>59</sup>

Le scuole primarie presenti sul territorio nazionale sono 16.120<sup>60</sup>; il Sud ne comprende il numero maggiore con 4.263 unità<sup>61</sup>.

Alunni iscritti	<b>2.566.436</b>
Numero di classi	<b>137.598</b>
Rapporto alunni/sezioni	<b>18,7</b>

Tabella 3 Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

<sup>56</sup> D. M. 3 giugno 1991 – *I programmi della scuola materna – Didattica e organizzazione.*

<sup>57</sup> Legge 28 marzo 2003, n. 53 - *Delega al Governo per la definizione delle norme generali sull'istruzione e dei livelli essenziali delle prestazioni in materia di istruzione e formazione professionale*, art.2 - *Sistema educativo di istruzione e di formazione*, comma F.

<sup>58</sup> Legge 28 marzo 2003, n. 53 - *Delega al Governo per la definizione delle norme generali sull'istruzione e dei livelli essenziali delle prestazioni in materia di istruzione e formazione professionale*, art.2 - *Sistema educativo di istruzione e di formazione*, comma F.

<sup>59</sup> DLgs 19 febbraio 2004, n. 59 - *Definizione delle norme generali relative alla scuola dell'infanzia e al primo ciclo dell'istruzione*, a norma dell'articolo 1 della legge 28 marzo 2003, n. 53, C.M. 21 dicembre 2006, n. 74.

<sup>60</sup> Nel totale sono comprese anche 98 scuole primarie carcerarie gestite da Centri Territoriali Permanenti.

<sup>61</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

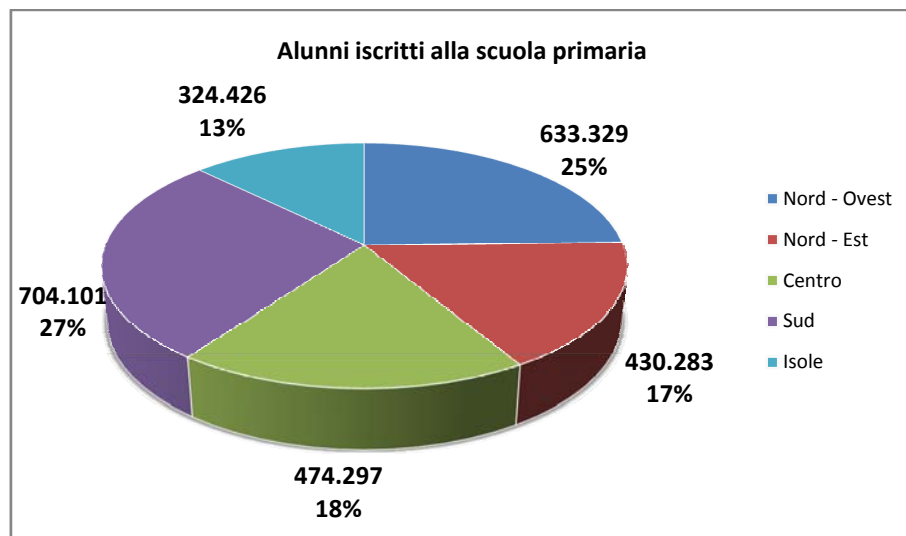


Fig. 17 Alunni iscritti alla scuola primaria per l'a.s. 2007/08. Prospetto per area geografica (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

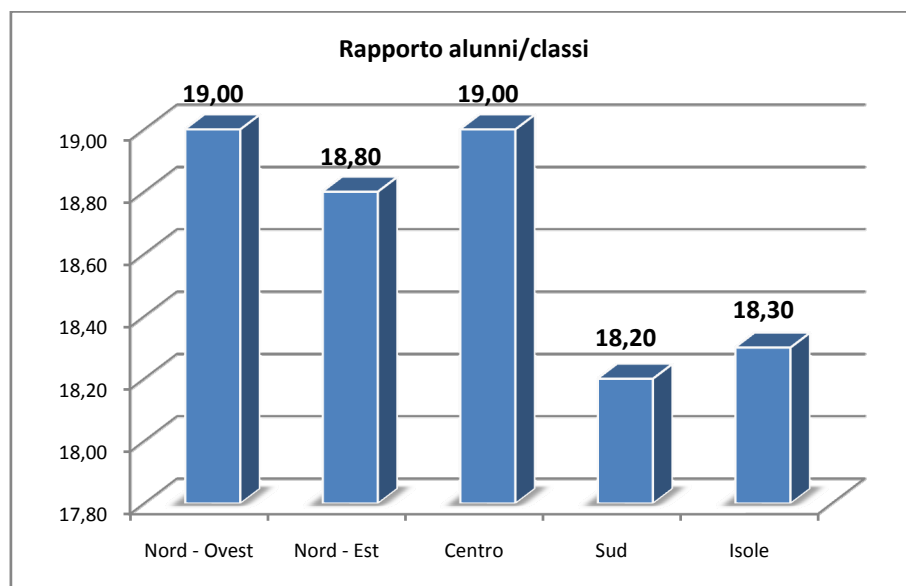


Fig. 18 Rapporto alunni/classi per la scuola primaria per l'a.s. 2007/08. Prospetto per area geografica (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

All'interno del quinquennio della scuola primaria il bambino amplia le proprie conoscenze attraverso un percorso di alfabetizzazione culturale che prevede l'acquisizione di tutti i tipi di linguaggio (scritto, verbale, del corpo), il potenziamento delle capacità percettive, di indagine critica (primi fondamenti) e di elaborazione personale.

Nel 1990 è stato istituito il cosiddetto "tempo lungo" (**massimo 37 ore settimanali**) che permette l'approfondimento di "[...]attività di arricchimento e di integrazione degli insegnamenti curricolari"<sup>62</sup> prolungando la durata della permanenza all'interno dell'edificio.

<sup>62</sup> Legge 5 giugno 1990, n. 148 - *Riforma dell'ordinamento della scuola elementare*, art. 8, comma 1.

### Scuole secondarie di I grado (ex scuole medie)

“[...] la scuola secondaria di primo grado si articola in un biennio e in un terzo anno che completa prioritariamente il percorso disciplinare ed assicura l'orientamento ed il raccordo con il secondo ciclo”<sup>63</sup>. La scuola secondaria di I grado completa il primo ciclo dell'istruzione iniziato con la scuola primaria.

Al termine del terzo anno è previsto un esame di Stato il cui superamento permette l'accesso al successivo grado di istruzione (scuola secondaria di II grado) e definisce il termine della scuola dell'obbligo.

Possono essere iscritti alla scuola secondaria di I grado gli alunni che abbiano frequentato interamente la scuola primaria e vi abbiano superato l'esame di Stato previsto per il quinto anno.

Le scuole secondarie di I grado presenti sul territorio nazionale sono 7.149<sup>64</sup>; il Sud ne comprende il numero maggiore con 2.090 unità<sup>65</sup>.

Alunni iscritti	<b>1.615.226</b>
Numero di classi	<b>77.110</b>
Rapporto alunni/sezioni	<b>20,9</b>

Tabella 4 Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

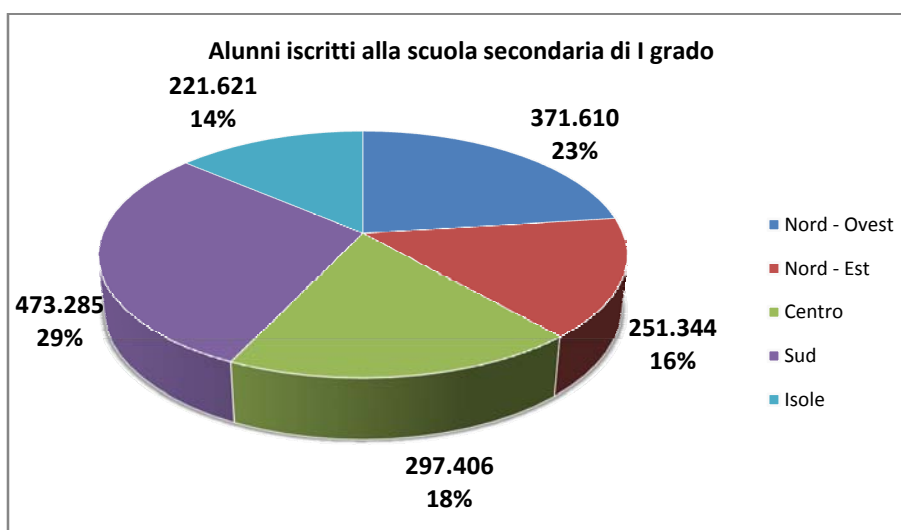


Fig. 19 Alunni iscritti alla scuola secondaria di I grado per l'a.s. 2007/08. Prospetto per area geografica (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

<sup>63</sup> Legge 28 marzo 2003, n. 53 - Delega al Governo per la definizione delle norme generali sull'istruzione e dei livelli essenziali delle prestazioni in materia di istruzione e formazione professionale, art.2 - Sistema educativo di istruzione e di formazione, comma F.

<sup>64</sup> Nel totale sono comprese anche 47 scuole secondarie di I grado carcerarie gestite da Centri Territoriali Permanenti.

<sup>65</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

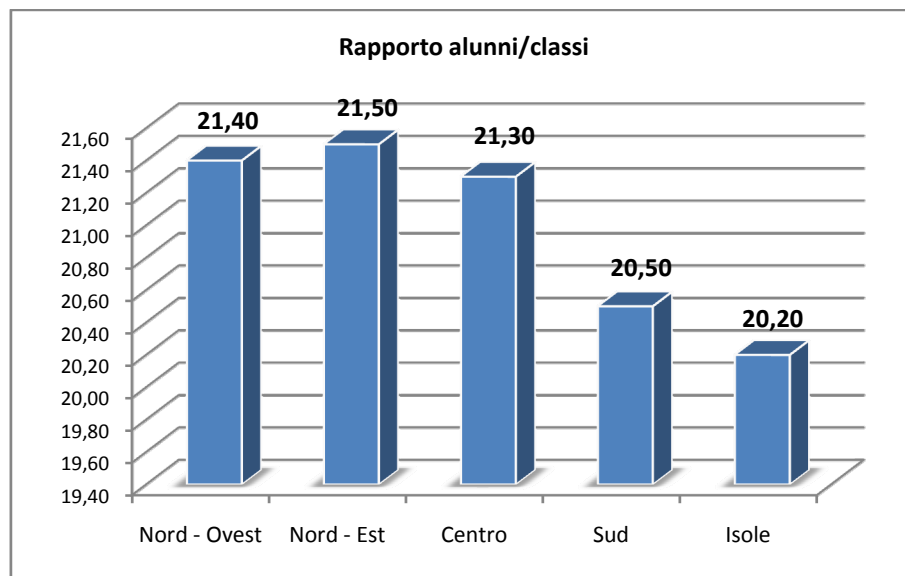


Fig. 20 Rapporto alunni/classi per la scuola secondaria di I grado per l'a.s. 2007/08. Prospetto per area geografica (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

*“[...] la scuola secondaria di primo grado, attraverso le discipline di studio, è finalizzata alla crescita delle capacità autonome di studio ed al rafforzamento delle attitudini alla interazione sociale; organizza ed accresce, anche attraverso l'alfabetizzazione e l'approfondimento nelle tecnologie informatiche, le conoscenze e le abilità, anche in relazione alla tradizione culturale e alla evoluzione sociale, culturale e scientifica della realtà contemporanea; è caratterizzata dalla diversificazione didattica e metodologica in relazione allo sviluppo della personalità dell'allievo; cura la dimensione sistematica delle discipline; sviluppa progressivamente le competenze e le capacità di scelta corrispondenti alle attitudini e vocazioni degli allievi; fornisce strumenti adeguati alla prosecuzione delle attività di istruzione e di formazione; introduce lo studio di una seconda lingua dell'Unione europea; aiuta ad orientarsi per la successiva scelta di istruzione e formazione”<sup>66</sup>.*

### Scuole secondarie di II grado

Le scuole secondarie di II grado costituiscono il secondo ciclo dell'istruzione e appartengono al sistema scolastico non obbligatorio.

*“[...] il secondo ciclo, finalizzato alla crescita educativa, culturale e professionale dei giovani attraverso il sapere, il fare e l'agire, e la riflessione critica su di essi, è finalizzato a sviluppare l'autonoma capacità di giudizio e l'esercizio della responsabilità personale e sociale; in tale ambito, viene anche curato lo sviluppo delle conoscenze relative all'uso delle nuove tecnologie”<sup>67</sup>.* Il secondo ciclo è costituito dal sistema dei licei e dalle scuole professionali.

<sup>66</sup> Legge 28 marzo 2003, n. 53 - Delega al Governo per la definizione delle norme generali sull'istruzione e dei livelli essenziali delle prestazioni in materia di istruzione e formazione professionale, art.2 - Sistema educativo di istruzione e di formazione, comma F.

<sup>67</sup> Legge 28 marzo 2003, n. 53 - Delega al Governo per la definizione delle norme generali sull'istruzione e dei livelli essenziali delle prestazioni in materia di istruzione e formazione professionale, art.2 - Sistema educativo di istruzione e di formazione, comma G.

La durata delle scuole del secondo ciclo è di cinque anni (suddivisi in due bienni e un quinto anno) al termine dei quali è previsto un esame di Stato il cui superamento consente l'accesso alle Università e alle scuole di alta formazione (artistica, musicale, coreutica).

Le scuole secondarie di II grado presenti sul territorio nazionale sono 5.107<sup>68</sup>; il Sud ne comprende il numero maggiore con 1.570 unità<sup>69</sup>.

Alunni iscritti	<b>2.598.720</b>
Numero di classi	<b>118.097</b>
Rapporto alunni/sezioni	<b>22,0</b>

Tabella 5. Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

	<b>Alunni iscritti</b>
Licei classici	<b>281.080</b>
Licei scientifici	<b>598.381</b>
Istituti e scuole magistrali <sup>70</sup>	<b>201.380</b>
Istituti tecnici	<b>877.940</b>
Istituti professionali	<b>542.960</b>
Istituti d'arte	<b>54.446</b>
Licei artistici	<b>42.563</b>
<b>Totale</b>	<b>2.598.720</b>

Tabella 6 Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

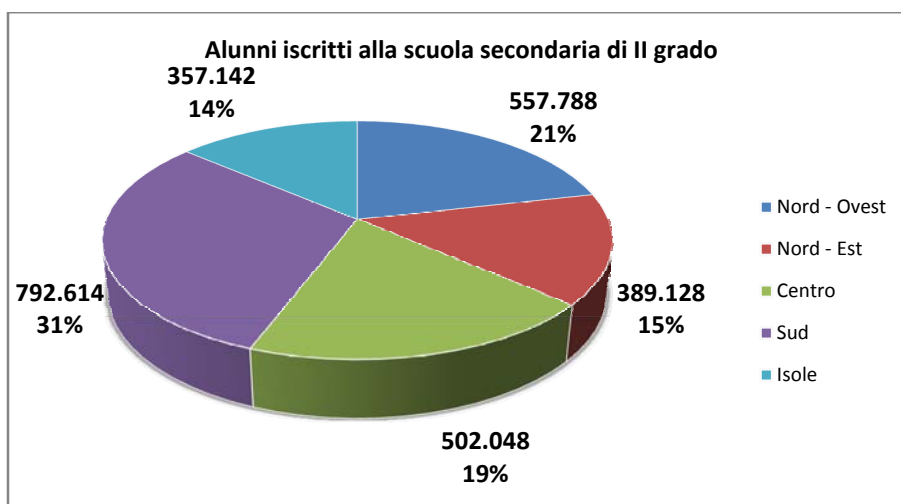


Fig. 21 Alunni iscritti alla scuola secondaria di II grado per l'a.s. 2007/08. Prospetto per area geografica (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

<sup>68</sup> Nel totale sono comprese anche 47 scuole secondarie di I grado carcerarie gestite da Centri Territoriali Permanenti.

<sup>69</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

<sup>70</sup> Dall'a.s. 1998/99 gli Istituti e le scuole magistrali sono stati trasformati in istituti superiori con percorsi di studio quinquennali come i licei socio-psico-pedagogici, della comunicazione, linguistici, etc.

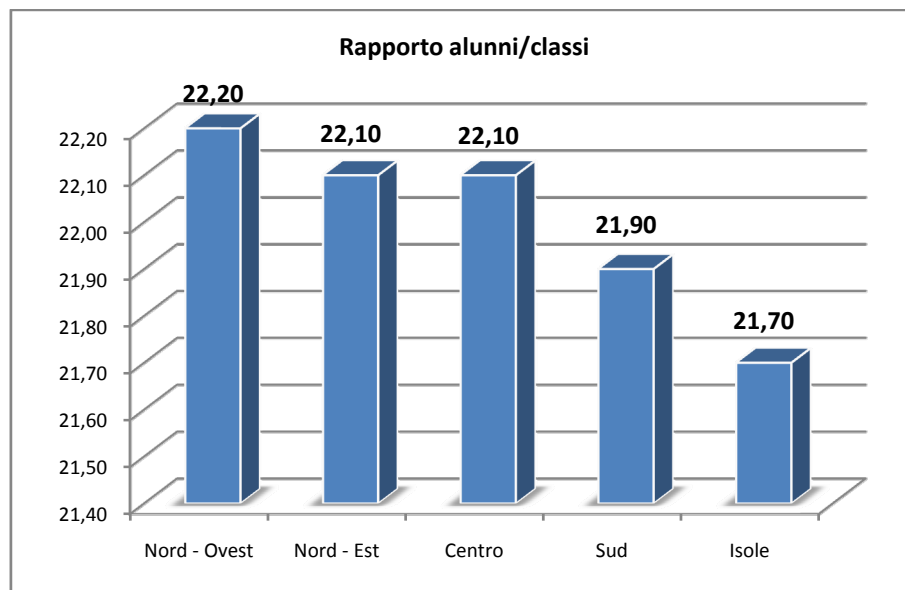


Fig. 22 Rapporto alunni/classi per la scuola secondaria di II grado per l'a.s. 2007/08. Prospetto per area geografica (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione).

### 3.1.3 Caratterizzazione degli edifici scolastici

Prima di addentrarsi all'interno della più specifica caratterizzazione tipologica e tecnologica degli edifici scolastici, si ritiene opportuno riportare un breve *excursus* relativo allo sviluppo della ricerca architettonica contemporanea in materia.

All'interno del dibattito culturale italiano il tema dell'architettura scolastica ha rivestito posizioni di rilievo su diversi fronti, sollevando e cercando di risolvere le questioni più complesse e controverse e, allo stesso tempo, generando un ampio panorama di occasioni di eccellenza. Il dibattito si evolve, a grandi linee, in **tre fasi** che si sviluppano tra la fine degli anni Quaranta e gli avanzati anni Ottanta.

La **prima fase** si estende dal secondo dopoguerra fino agli anni Sessanta ed è strettamente relazionata agli studi condotti in ambito legislativo e architettonico – compositivo. L'obiettivo principale è cercare di ridisegnare i caratteri di un'edilizia scolastica profondamente influenzata dagli ideali del razionalismo e dell'autoritarismo fascista non più rispondente alle rinnovate proposizioni degli studi condotti in ambito pedagogico. Era necessario trasformare lo spazio autoritario e immobile che caratterizzava la ormai radicata configurazione aula – corridoio (per questo detta anche "scuola – caserma") in uno spazio più psicologico che gli studi identificavano nel modello ad unità funzionale, non più disimpegnata da corridoi o porticati.

Il concetto di unità funzionale permette di delineare una scuola flessibile, in grado di adattarsi alle diverse attività in relazione ai programmi didattici propri di ciascuna età degli scolari e, soprattutto, permette nuove sperimentazioni ai progettisti. Si inizia a parlare di "organismo scolastico", di "scuola organica" e di "spazio psicologico" come "spazio scolastico".

Il fermento culturale si manifesta attraverso la volontà di creare un confronto di idee, reso possibile dal “Concorso per scuole all’aperto” promosso dal Ministero della Pubblica Istruzione nel 1949 e nella successiva XII Triennale di Milano del 1960 dedicata al tema “La casa e la scuola”.

In queste circostanze si manifesta, inoltre, una particolare apertura verso gli esempi di eccellenza internazionale, dai quali è possibile acquisire suggerimenti utili. In particolare, durante la Triennale di Milano, venne costruito, all’interno del parco, un prototipo di scuola elementare inglese progettata dall’Ufficio Tecnico del Nottinghamshire County Council che introduceva i criteri di prefabbricazione e standardizzazione. Questa occasione sancì definitivamente la supremazia del modello a padiglione rispetto a quello a corridoio.

Tra gli architetti che in questa fase si distinguono per il contributo al dibattito attraverso le loro opere troviamo **Ciro Cicconcelli**, **Mario Ridolfi** e **Ludovico Quaroni**.

Cicconcelli, vincitore del concorso del 1949 bandito dal Ministero della pubblica Istruzione, ha un ruolo di indirizzo fondamentale all’interno del panorama. Membro di spicco all’interno del **Centro Studi per l’Edilizia Scolastica** nato nel 1952, si occupa dei molteplici aspetti che investono il settore, dall’individuazione della tipo edilizio più pertinente allo svolgimento delle attività didattiche, alla redazione delle Norme Tecniche, all’individuazione dei criteri di prefabbricazione e industrializzazione di un’architettura che ha immediato bisogno di un avanzamento tecnologico.

Nel 1960 Mario Ridolfi e Wolfgang Frankl progettano gli asili del quartiere di Canton Vesco a Ivrea. Il progetto si inserisce all’interno della “Comunità” voluta da Adriano Olivetti e si distingue per la dimensione domestica e il susseguirsi degli ambienti a padiglione che recuperano la tradizione artigiana locale in una catena di spazi aperti e porticati.

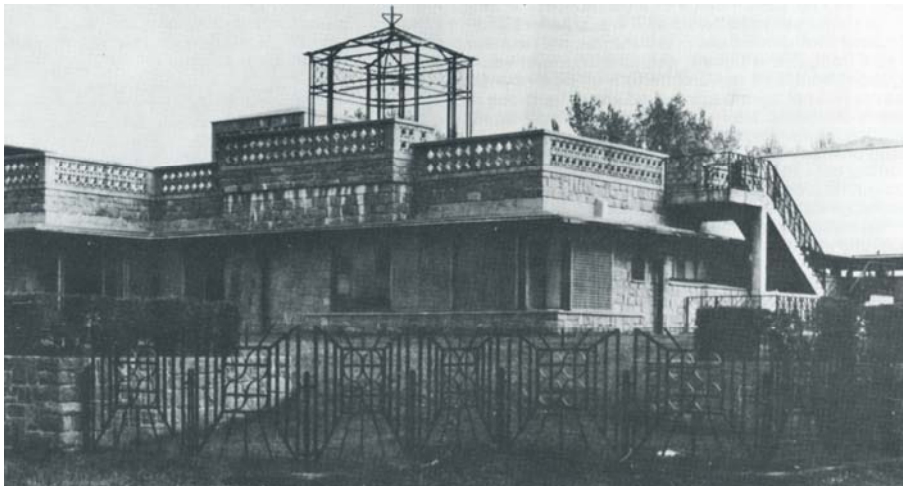


Fig. 25 Mario Ridolfi e Wolfgang Frankl, asilo Olivetti a Canton Vesco (Ivrea), 1960 (Fonte: F. E. Leschiutta, *Linee evolutive dell’edilizia scolastica. Vicende, norme, tipi/1949 - 1985*, pag. 251, cfr. bibliografia).

Ma è la scuola elementare di Ludovico Quaroni del 1959, sempre ad Ivrea, che meglio di altre compendia i caratteri della ricerca teorica di quegli anni, tanto da essere assunta come modello per l’allestimento di un’aula e di una sala comune alla



Fig. 23 Scuola elementare progettata dall’Ufficio Tecnico del Nottinghamshire County Council (UK) riprodotta alla Triennale di Milano del 1960 (Fonte: F. E. Leschiutta, *Linee evolutive dell’edilizia scolastica. Vicende, norme, tipi/1949 - 1985*, pag. 36, cfr. bibliografia).



Fig. 24 Scuola elementare progettata dall’Ufficio Tecnico del Nottinghamshire County Council (UK) riprodotta alla Triennale di Milano del 1960. (Fonte: F. E. Leschiutta, *ibidem*, cfr. bibliografia).



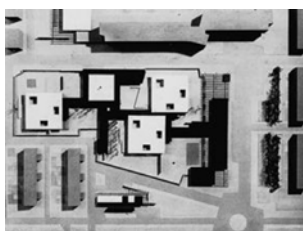


Fig. 26 Ludovico Quaroni, scuola elementare e gruppo di negozi a Canton Vesco (Ivrea), 1959. Planimetria (Fonte:www2.comune.roma.it/dipterritorio/3scuole/ese mpi).

Triennale di Milano del 1960. Si tratta di una scuola elementare a tre nuclei, straordinariamente tesa all'inserimento nell'ambiente (naturale e urbano) attraverso la progettazione integrata con un gruppo di negozi.

La **seconda fase** si articola fra gli inizi degli anni Sessanta e metà degli anni Settanta. Particolare attenzione viene riservata alla nuova scuola media unica (1962) per la quale viene nominata una Commissione nazionale di studio sull'edilizia dedicata all'analisi dello stato dell'arte.

Nella seconda metà del 1967 viene emanata la Legge 641<sup>71</sup> che per prima affronta il problema dell'edilizia scolastica attraverso finanziamenti quinquennali e che riconosce ufficialmente l'esistenza e l'operato del Centro Studi per l'Edilizia Scolastica. Purtroppo, la legge si dimostra un fallimento poiché, attraverso la procedura dello "stralcio progettuale", vengono disseminati sul territorio una moltitudine di edifici incompleti.

Ma il problema principale nella progettazione di edifici scolastici è la mancanza di una Normativa Tecnica e di standard funzionali adeguati e bisognerà aspettare fino al 1970 per avere le "Nuove Norme". Le Norme dovevano entrare in vigore l'anno successivo, ma vennero bloccate a causa di obiezioni nei confronti delle valutazioni dimensionali, ritenute eccessivamente ricche. Di tutto il corpus normativo entrò in vigore solo la parte relativa alle scuole materne e, per le altre categorie, si dovette aspettare fino al 1976; tuttavia, le norme costituirono la base di riferimento per i progetti presentati in molti concorsi e che successivamente vennero realizzati, creando, di fatto, un precedente nella loro applicazione che le fece diventare cogenti.

Intanto, già dai primi anni Sessanta, attraverso il coinvolgimento dell'industria delle costruzioni, si va approfondendo la ricerca sulla prefabbricazione come sistema indispensabile per razionalizzare il processo edilizio. La prefabbricazione è considerata uno strumento basilare per conseguire gli obiettivi della qualità diffusa e della flessibilità, vista sia in termini evolutivi che di adattabilità.

Lo studio di nuovi sistemi costruttivi libera e approfondisce i temi dell'aula modificabile, delle unità funzionali accorpabili e dell'intercambiabilità, concetti già indagati alla fine degli anni Quaranta, sebbene in un regime costruttivo tradizionale.

Seppure in ritardo rispetto agli altri paesi europei, l'ingresso della "scuola – fabbrica" nel panorama edilizio italiano si combina con la produzione di alcuni progetti di alta qualità nei quali il rischio dell'indifferenza planimetrica è costantemente annullato da una complessità spaziale e da uno standard elevato, non paragonabile con l'edilizia comune.

Gli architetti più coinvolti in questa sperimentazione sono **Luigi Pellegrin, Gino Valle e Aldo Rossi**.

È proprio all'interno dello scenario del programma per l'edilizia scolastica prefabbricata del 1965 che Luigi Pellegrin compare con il progetto per la scuola media di Pistoia, caratterizzata da una forte componente di innovazione tecnologica. Pellegrin si distinguerà per molto tempo con progetti (più di 40 in tutto

<sup>71</sup> Legge 28 luglio 1967, n. 641 – Nuove norme per l'edilizia scolastica e universitaria e piano finanziario dell'intervento per il quinquennio 1967-1971.

il territorio nazionale) dalla particolare vocazione di prefabbricazione, tanto da segnare definitivamente le basi per gli studi futuri.

In particolare, Pellegrin è estremamente convinto che la compattezza sia un requisito fondamentale per ridurre i costi economici e che lo spazio interno possa essere articolato attraverso “eventi” di vario genere, rilevando una valenza paesistica dell'edificio scolastico alla piccola e alla grande scala.

Nell'ambito dell'edilizia scolastica prefabbricata Gino Valle emerge in modo particolare; egli si colloca all'interno del programma di ricostruzione post-terremoto attuato in Friuli Venezia Giulia in collaborazione con la ditta Valdadige.

L'esigenza contingente ha generato un edificio progettato in funzione della prefabbricazione e della ripetitività, generato lungo l'asse longitudinale da una serie di elementi base (contenitori) a due piani con le aule collocate nelle testate, unite da corridoi, e una zona centrale a doppia altezza. Nonostante ciò, non si tratta di un progetto costruito attorno ad un elemento unico, ma attraverso quattro differenti moduli (corpo didattico, corpo palestra, corpo mensa e centrale termica), combinabili tra loro, secondo una logica scalare che, grazie alla particolare flessibilità, permette varie configurazioni planimetriche e sono in grado di adeguarsi a terreni di diversa natura a vari programmi didattico-funzionali. Malgrado la neutralità morfologica tipica delle costruzioni modulari prefabbricate, gli spazi collettivi sono dotati di particolare spazialità.

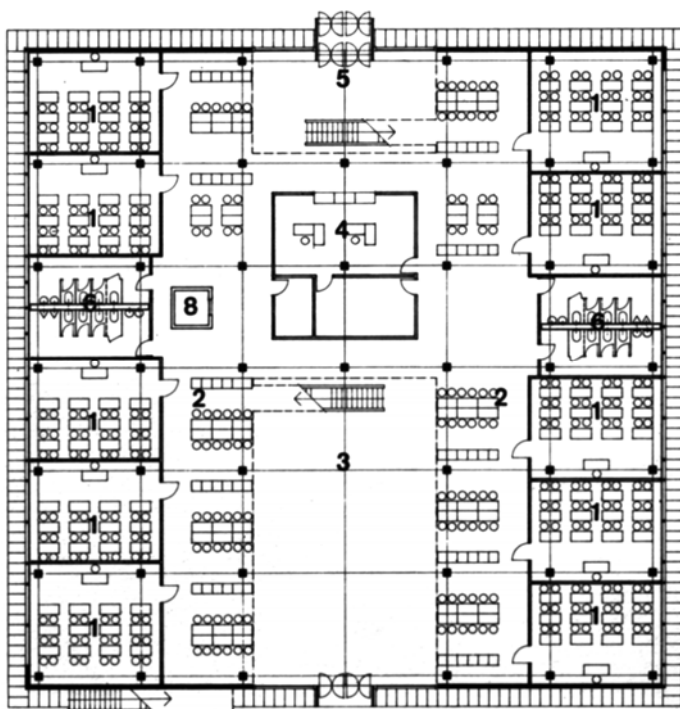


Fig. 30 Gino Valle, prototipo di scuola elementare per la ditta Valdadige realizzato in varie città, tra cui a Bissuola e Chirignago, 1975-80, pianta piano terra (Fonte: F. E. Leschiutta, *ibidem*, cfr. bibliografia).

Negli anni Settanta è il turno delle scuole di Aldo Rossi. Nei suoi progetti si può scorgere una sorta di ritorno al monumentalismo, rivisto, però, in chiave moderna attraverso il rigore tipologico che produce notevole forza evocativa. I progetti di Rossi di questo periodo diventeranno vere e proprie icone dell'architettura italiana.

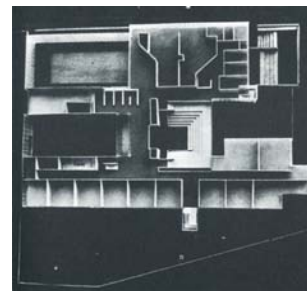


Fig. 27 Luigi Pellegrin, scuola media di 600 posti-alunno a Pistoia, 1966. Immagine del plastico di progetto (Fonte: F. E. Leschiutta, *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende, norme, tipi/1949 - 1985*, pag. 91, cfr. bibliografia).



Fig. 28 Luigi Pellegrin, scuola media di 600 posti – alunno a Pistoia, 1966 (Fonte: Fonte: F. E. Leschiutta, *ibidem*, cfr. bibliografia).



Fig. 29 Gino Valle, prototipo di scuola elementare per la ditta Valdadige realizzato in varie città, tra cui a Bissuola e Chirignago, 1975-80. Vista esterna (Fonte: F. E. Leschiutta, *op. cit.*, pag. 284, cfr. bibliografia).

La scuola elementare di Fagnano Olona, del 1967, riscopre nella piazza centrale il cuore della struttura e della vita degli alunni, ponendosi in netto contrasto rispetto alle teorie diffuse nel periodo precedente secondo le quali gli spazi dovevano evitare gerarchie al loro interno. Ma, come dice il Tafuri "il cortile è metafisico"<sup>72</sup>. Anche la scuola media a Broni del 1979 codifica un paesaggio architettonico costruito attraverso pochi segni, uno spazio dove ciascuno, non solo l'alunno, può allontanarsi dal frastuono del mondo. In questo caso lo schema a quadrilatero con cortile centrale ricorda quello dei palazzi con distribuzione interna a portico in cui, il rigore spaziale diventa precisione tipologica.

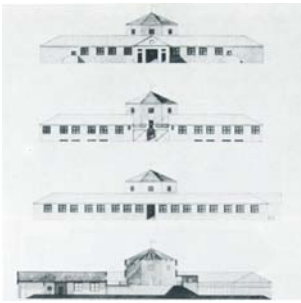


Fig. 31 Aldo Rossi, scuola media a Broni (Pavia), 1982. Prospetti (Fonte: F. E. Leschiutta, *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende, norme, tipi/1949 - 1985*, pag. 267, cfr. bibliografia).

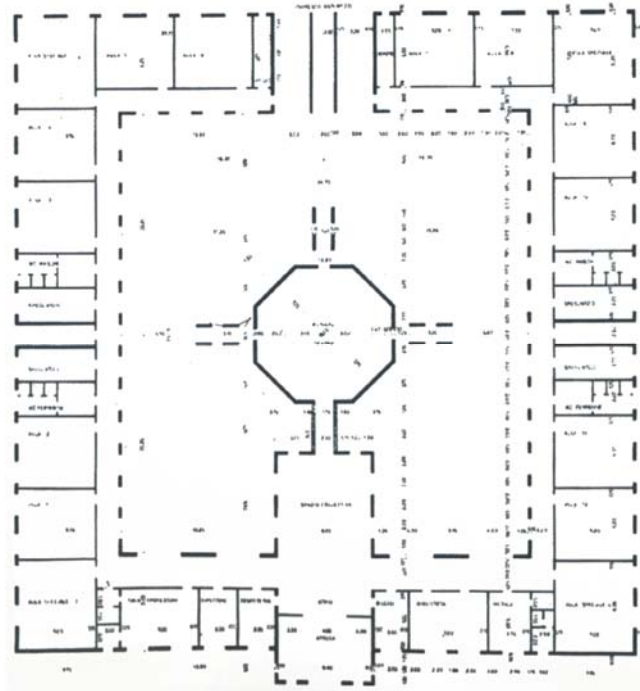


Fig. 32 Aldo Rossi, scuola media a Broni (Pavia), 1982. Planimetria (Fonte: F. E. Leschiutta, *ibidem*, cfr. bibliografia).

La **terza fase** si sviluppa a partire dagli anni Ottanta; in essa non si trovano i caratteri forti che hanno contraddistinto le fasi precedenti, ma piuttosto una sorta di sperimentalismo, per lo più centrato sulla memoria storica come elemento conduttore del progetto. Da punto di vista morfologico-distributivo, l'orientamento principale è quello della riduzione delle interazioni tra le parti, preferendo spazi a funzione definita, fino ad arrivare alla separazione dei locali in nuclei autonomi. Se fino a questo momento i discorsi si erano sviluppati in modo del tutto lineare, ora vanno via via differenziandosi. La produzione edilizia del settore, negli anni Ottanta, assiste al fiorire di numerosi esempi di altissima qualità assolutamente dissimili tra loro, tanto che non si potrà distinguere un indirizzo comune e, tantomeno, si potrà delineare un'immagine dell'edilizia scolastica.

<sup>72</sup> Tafuri M., "Architettura italiana 1944-1981" in *Storia dell'arte italiana – Il Novecento*, Einaudi, 1983, pag. 457.

In ogni caso, è possibile rilevare un'ampia casistica di edifici scolastici costruiti attraverso le tecnologie di prefabbricazione pesante in cemento armato; si tratta principalmente degli edifici per l'istruzione secondaria non dell'obbligo, disseminati sul territorio in breve periodo per far fronte all'aumento della scolarizzazione superiore. Questa seconda ondata di prefabbricazione differisce dalla precedente in quanto meno legata al concetto di flessibilità organizzativa e adattamento alle esigenze territoriali, ma piuttosto concentrata nell'esposizione dei virtuosismi morfologici raggiungibili attraverso l'innovazione della tecnica.

Infine, la crisi petrolifera degli anni Settanta ha fatto sentire pesantemente i suoi effetti recessivi, inducendo, in alcuni casi, alcuni interessanti studi sulla sperimentazione dell'energia solare promossi dal Centro Studi per l'Edilizia Scolastica. La tendenza alla sperimentazione nell'integrazione delle tecnologie per lo sfruttamento passivo e attivo delle risorse energetiche ha manifestato un andamento altalenante fino alla seconda metà degli anni Novanta, quando si è iniziato a credere fermamente che il risparmio delle risorse potesse essere strettamente legato alle condizioni di benessere e potesse influire positivamente sul progetto architettonico.

Oggi, lo scenario nazionale offre un panorama composto, a grandi linee, da due tendenze. La prima, che riprende e continua la tradizione degli anni Ottanta Novanta, riguarda la progettazione di edifici a forte componente energetica, in cui il risparmio delle risorse fossili, unitamente all'utilizzo di materiali ecocompatibili, diventa il motivo principale del progetto, manifestando una responsabilità civica attraverso l'edificio pubblico. La seconda, riguarda il recupero degli edifici esistenti, considerati substrato culturale e manifestazione di un percorso e di un dibattito di eccellenza che ha coinvolto quasi interamente il secolo scorso. Anche in questa seconda tendenza, la linea evolutiva è quella del recupero in chiave energetica condotta attraverso la conoscenza del patrimonio esistente, il controllo energetico dell'edificio, la competenza dei tecnici e dei gestori e, infine, la comunicazione e la divulgazione delle opportunità offerte per implementare rinnovare continuamente il circolo virtuoso.

### **Lettura tipologico-distributiva degli schemi più ricorrenti**

Guardando oltre le tendenze locali legate a tradizioni fortemente radicate nella cultura specifica di ogni regione, è possibile tracciare una linea evolutiva e una successiva tipizzazione delle soluzioni morfologico-distributive che caratterizzano il parco edilizio scolastico.

Ogni tipo edilizio è legato a un modello distributivo che, definendo il rapporto tra l'aula (intesa come lo spazio specifico dell'insegnamento) e gli spazi accessori della struttura scolastica, è in grado di generare le differenti configurazioni architettoniche.

Il panorama nazionale evidenzia due modelli distributivi principali, nati in epoche differenti e legati a diversi modi di interpretare la pedagogia: si tratta dello schema **"a corridoio"** e dello schema a **"unità funzionale"**.

### **Lo schema a corridoio**

Si tratta dello schema distributivo più ricorrente nella tradizione italiana della prima metà del XX secolo e deriva dalla tradizione delle scuole razionaliste e dalla traduzione in architettura dei principi rigidamente autoritari del periodo fascista. Lo schema è caratterizzato dalla successione di aule contigue collegate tra loro da corridoi lineari che fungono da collegamento e da spazio interciclo. Proprio per l'incalzante e indifferenziata successione degli spazi per la didattica e per l'austerità dei collegamenti e delle forme, lo schema a corridoio è stato assimilato all'immagine di "scuola-caserma" basata su regolamenti aggiornati al 1940 ma che, in realtà, trovavano fondamento in regolamenti redatti 50 anni prima.

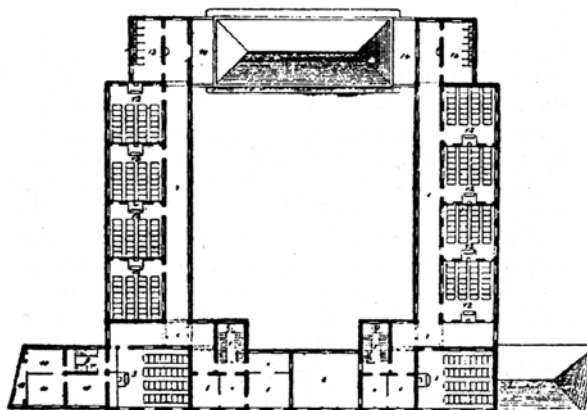


Fig. 33 Esempio di schema distributivo a corridoio (Fonte: M. Sole, *Manuale di edilizia scolastica*, pag. 27, cfr. bibliografia).

Questa distribuzione privilegiava lo spazio dell'aula che coincideva con l'unico spazio pedagogico riconosciuto come tale e poneva in posizione secondaria gli spazi di socializzazione tra le classi, relegati ai corridoi di distribuzione.

Malgrado questo schema sia stato profondamente criticato nel dibattito culturale dei primi anni Cinquanta, poiché identificava chiaramente l'ideologia fascista, esso ha continuato a caratterizzare gli edifici scolastici fino ad oggi, seppure in configurazioni più evolute e rivisitate. Infatti, si tratta del modello distributivo che permette una immediata razionalizzazione degli spazi e una conseguente semplicità di progettazione, fattore non di secondaria importanza soprattutto se si pensa che, nel corso degli anni, la gran parte degli edifici per l'educazione è stata progettata e realizzata da uffici tecnici comunali alle prese con finanziamenti statali quasi sempre al di sotto delle necessità.

Nel tempo, lo schema a corridoio non ha visto sostanziali trasformazioni di configurazione che si sono limitate all'evoluzione dallo schema a **corridoio laterale** (tra la fine del XIX secolo e la prima metà del XX) allo schema a **corridoio centrale** (XX secolo), generalmente riscontrabile nelle scuole a uno o massimo due piani.

### **L'unità funzionale**

La svolta sostanziale rispetto allo schema a corridoio è collocabile storicamente all'interno del dibattito sulla ricostruzione nato nel periodo immediatamente

successivo al secondo dopoguerra, quando la ripresa e lo sviluppo dell'economia italiana lasciano spazio alle sperimentazioni architettoniche e alle rivisitazioni dei modelli esistenti.

La rottura con lo schema a corridoio e la nascita dell'edilizia scolastica moderna coincidono con il concorso bandito dal Ministero della Pubblica Istruzione nel 1949 in cui si richiedeva espressamente di non considerare i regolamenti fino a quel momento vigenti nell'ambito della progettazione di edifici scolastici<sup>73</sup>.

I progetti presentati fecero emergere una nuova attenzione alla progettazione degli spazi, in particolare delle aule per l'insegnamento che, da quel momento in avanti, non dovevano rispettare solamente le prescrizioni metriche e igieniche, ma dovevano considerare tutti gli aspetti di una pedagogia rinnovata e che poneva l'alunno al centro del sistema. Numerosi furono i nuovi input introdotti nei progetti: la luce, il colore, la qualità dello spazio, l'apertura verso l'esterno e la creazione di spazi collettivi.

Nasce quindi un nuovo modello distributivo e organizzativo degli spazi denominato **unità funzionale**. Questo modello rivoluziona completamente il modo di vedere l'architettura scolastica e definisce un nuovo approccio alla progettazione, non più caratterizzata da corridoi e disimpegni, ma generata da nuclei di base che, combinati tra loro, creano situazioni sempre diverse.

Ciro Cicconcelli, vincitore del concorso, nell'espone i riferimenti del proprio progetto al IV Congresso Internazionale di Edilizia Scolastica e Istruzione all'aperto, affermava: *“Abbiamo osservato che la forma più adatta a contenere aule è il “Padiglione”; esso contiene la doppia illuminazione, si adatta con facilità all'ambiente naturale e ha indubbiamente molti vantaggi su altri raggruppamenti di ambienti scolastici”*. *“[...] L'unità funzionale – e per funzione bisogna intendere psicologicamente funzionale – elemento fisso e ripetibile direi all'infinito, dovrebbe comprendere non più di cinque ambienti (aule), disimpegnati da un ambiente comune”*. E ancora *“[...]Più unità funzionali costituirebbero un aggregato scolastico, e le soluzioni urbanistiche potrebbero essere quanto mai varie ed interessanti”*<sup>74</sup>.

Da quanto esposto da Cicconcelli e dal successivo panorama architettonico emergono i tratti distintivi dell'Unità funzionale: si tratta di uno spazio complesso, strutturato in più parti e che raggruppa tra loro le funzioni complementari (nel caso dell'unità-aula esso concilia lo spazio strettamente legato alla funzione pedagogica e i locali ad essa collegati, come i servizi, gli spogliatoi e i depositi del materiale didattico), ma che trova una propria identità e indipendenza all'interno della struttura scolastica in cui si colloca, identificandosi quale nucleo base generatore.

<sup>73</sup> Leschiutta F. E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende – Norme – Tipi. 1949- 1985*, pag. 15, cfr bibliografia.

<sup>74</sup> Cicconcelli C., *“La scuola moderna è scuola all'aperto”* in *Rassegna Critica di Architettura* n. 8 del 1949, p. 3 -28.

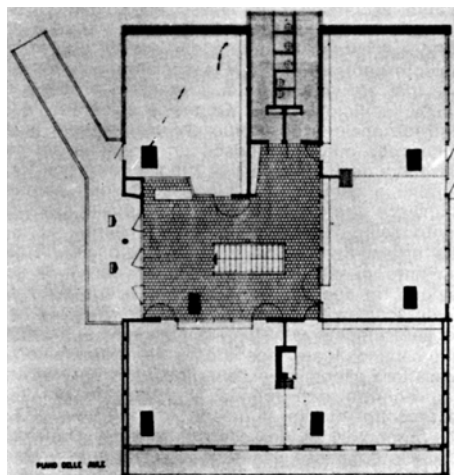


Fig. 34 Esempio di unità funzionale interna: Ciro Cicconcelli, progetto presentato per il concorso "Scuole all'aperto" bandito dal Ministero della Pubblica Istruzione, 1949, pianta piano primo (Fonte: F. E. Leschiutta, *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende, norme, tipi/1949 - 1985*, pag. 17, cfr. bibliografia).

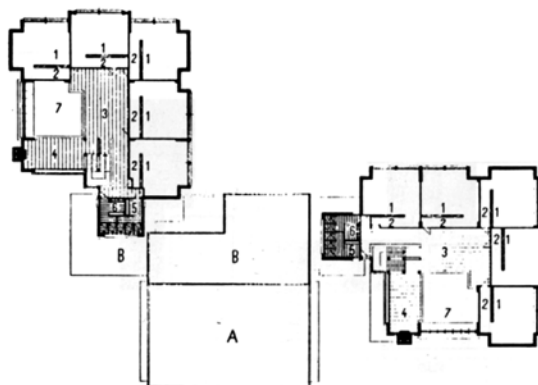


Fig. 35 Esempio di unità funzionale esterna: Carlo Carpiceci, Ciro Cicconcelli, Luigi Pellegrin, scuola media e liceo classico a Urbino, 1956, pianta piano secondo (Fonte: F. E. Leschiutta, *op. cit.*, pag. 29, cfr. bibliografia).

### Tipi edilizi ed evoluzioni

È importante evidenziare che le tipologie edilizie e le successive evoluzioni individuate nella seguente trattazione sono rappresentative delle principali tendenze emerse nel settore dall'inizio del XX secolo ad oggi e ritraggono le strutture con a cui ci si deve rapportare nell'ottica di una riqualificazione dell'esistente. In ogni caso, è necessario chiarire che le categorie individuate non sono esaustive di tutti gli esempi presenti sul territorio nazionale poiché il panorama progettuale del settore è sempre stato, per definizione e per vocazione, terreno di sperimentazioni che hanno generato le più diverse caratterizzazioni architettoniche. Senza nulla togliere al valore di quelle opere, che costituiscono casi isolati dovuti a situazioni e contesti particolari, si è deciso di mettere in evidenza le esperienze più significative nell'ottica della definizione delle tipi edilizi scolastici ricorrenti.

Come illustrato dallo schema seguente, i modelli distributivi “a corridoio” e a “unità funzionale” generano i diversi tipi edilizi che caratterizzano il parco edilizio scolastico che oggi conosciamo. Essi sono diversamente distribuiti sul territorio nazionale in relazione alla più o meno radicata tradizione costruttiva e culturale. Alcuni tipi edilizi sono strettamente e univocamente legati al modello distributivo che li ha generati (ad esempio la scuola a blocco può essere legata solo al modello “a corridoio” e non a quello a “unità funzionale”), altri, più flessibili, possono essere originati da entrambi i modelli.

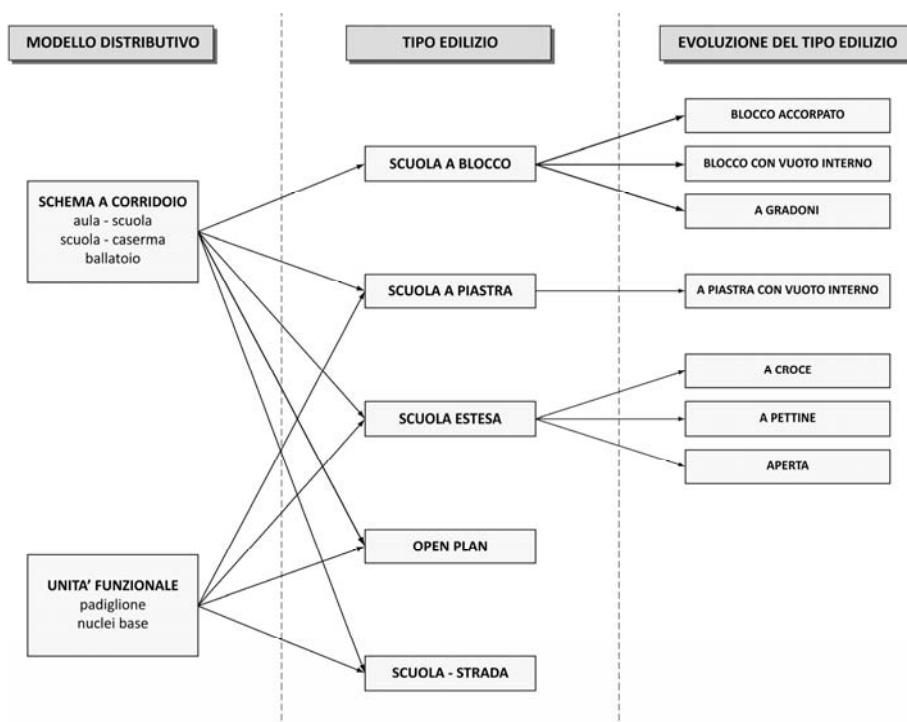


Fig. 36 Schema dei modelli distributivi e dei relativi tipi edilizi generati.

### **Scuola a blocco**

Il tipo a blocco ha permeato la storia dell'edilizia scolastica per molto tempo. Già nell'Ottocento, quando veniva chiamata scuola anche solo un'aula, questo tipo edilizio era ampiamente diffuso per la semplicità di progettazione e, in particolare, per la correlazione tra immagine architettonica e ideale pedagogico che esso trasferiva.

La **scuola a blocco** che oggi conosciamo nasce dallo sviluppo dello schema a corridoio, attraverso il quale si mettono a sistema più aule contigue mediante collegamenti lineari delle dimensioni strettamente necessarie alla comunicazione tra le aule stesse. Proprio per lo sviluppo longitudinale dello schema distributivo, è lecito collocare all'interno di questa categoria anche le scuole con impianto planimetrico “in linea”.

L'edificio sorge generalmente direttamente ai margini del marciapiede di accesso, senza alcun distacco rispetto all'ambiente urbano. Le dimensioni e le caratteristiche del lotto non sono particolarmente differenti da quelle dei lotti destinati alle



abitazioni; infatti, l'edificio scolastico non si presenta volumetricamente molto differente dal circostante tessuto urbano rispetto al quale si contraddistingue esclusivamente per l'austerità dell'architettura e, a volte, per la decorazione delle facciate che doveva identificare l'edificio come il luogo della vita intellettuale.

Generalmente le aule si affacciano verso la strada principale di accesso e il corridoio di collegamento è posto sul retro; le dimensioni variano tra i 55 e gli 80 mq e l'altezza è compresa tra i 4 e 4,50 m. Oltre ad una pianificazione razionale delle aule per la didattica, anche gli spazi di servizio trovano generalmente una collocazione ricorrente agli estremi dell'edificio<sup>75</sup>.

La notevole diffusione di questo tipo edilizio è stata oggetto di accesi dibattiti nel periodo immediatamente successivo alla XII Triennale di Milano del 1960, dedicata al tema "La casa e la scuola"; in questa occasione *Ciro Cicconcelli* ha nuovamente avuto la possibilità di esprimere il suo giudizio in merito all'ampio riscontro che la tipologia a blocco riscuoteva in quel periodo e lo fa attraverso le pagine di *Casabella*<sup>76</sup>. *Cicconcelli* dedica un'intera pagina all'argomento (denominata pagina "amara") pubblicando una griglia di 24 foto rappresentante altrettanti edifici scolastici scelti a caso tra quelli della produzione del tempo.



Fig. 37 La pagina "amara" che accompagnava l'articolo di *Ciro Cicconcelli* su *Casabella* n. 245. Sono raccolti numerosi esempi di scuole a blocco (Fonte: *F. E. Leschiutta, Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende, norme, tipi/1949 - 1985*, pag. 39, cfr. bibliografia).

<sup>75</sup> *Sole M., Manuale di edilizia scolastica*, pag. 32, cfr. bibliografia.

<sup>76</sup> *Casabella - continuità* n. 245, novembre 1960.

Cicconcelli non nasconde la sua profonda critica nei confronti del modello, affermando che esso si caratterizza come quanto di più lontano possa esserci rispetto al dibattito sulla pedagogia avanzata e agli edifici che la realizzano, dibattito che si cercava di portare avanti dal primo concorso del Ministero della Pubblica Istruzione bandito nel 1949.

Inevitabile e quasi parallela evoluzione del tipo a blocco è il **blocco accorpato**.

Il modello distributivo è nuovamente quello “a corridoio” in cui vengono affiancati o sovrapposti più blocchi, generando una più complessa articolazione di volumi che mantengono comunque una forte e leggibile caratterizzazione.

Nel caso in cui i corpi edilizi vengano affiancati, la soluzione planimetrica maggiormente ricorrente è quella a “C” in cui il lato lungo è occupato dal sistema aule-corridoio e i lati corti ospitano i servizi e i locali accessori. Lo spazio di pertinenza racchiuso tra le ali più corte dell’edificio viene generalmente utilizzato per le attività all’aperto e, in tempi meno recenti, per le attività ginniche. Nelle strutture di maggiore rilievo il lato libero può ospitare la palestra, la piscina oppure il teatro, creando uno spazio pressoché continuo che racchiude un cortile interno. La conformazione dei blocchi garantisce l’opportunità alle persone esterne di fruire degli spazi collettivi, aprendo la struttura alla comunità cittadina e permettendo il prolungamento dell’utilizzo del complesso o di parti di esso al di fuori dell’orario scolastico.

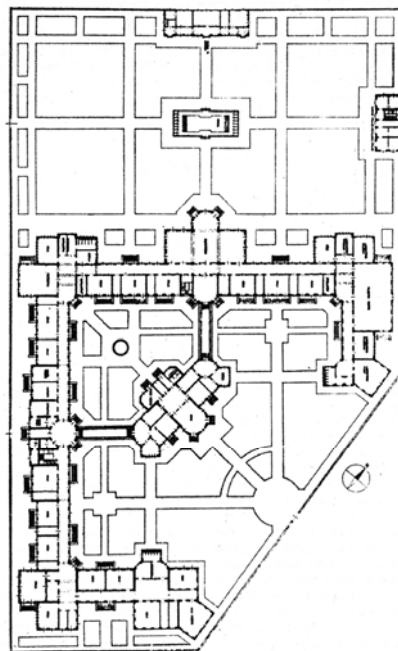


Fig. 38 Esempio di scuola a blocco accorpato (Fonte: M. Sole, *Manuale di edilizia scolastica*, pag. 39, cfr. bibliografia).

Successivamente, lo sviluppo del tipo a blocco, nella configurazione più complessa del blocco accorpato con planimetria a “C”, si trasforma nel tipo a **blocco con vuoto interno** quale affermazione e maggiore definizione della corte interna.

In questo caso, il vuoto interno diventa il vero e proprio elemento di interesse e, al tempo stesso, lo spazio aperto sul quale far gravitare gli ambienti chiusi, ovvero le aule, che presentano un impianto distributivo sul modello ad aula-corridoio in cui quest'ultimo si trasforma in una sorta di ballatoio anulare che circonda la corte stessa.

Lo spazio interno racchiuso dall'edificio è di dimensioni inferiori rispetto alla corte che lo precedeva, ma assume maggiore rilievo, tanto che i corridoi che vi si affacciano diventano sempre più vetrati per mantenere continuità visiva tra l'interno e l'esterno.

Il modello della scuola a blocco, nell'accezione del blocco con vuoto interno ha costituito nel tempo uno dei maggiori campi di sperimentazione linguistica e formale dell'architettura contemporanea, creando un vastissimo panorama di soluzioni che trovano affermazione in tutto il territorio nazionale.

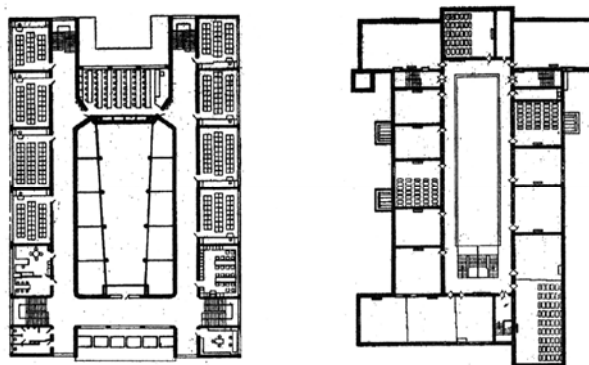


Fig. 39 Esempi di scuole con vuoto interno (Fonte: M. Sole, *Manuale di edilizia scolastica*, pag. 41, cfr. bibliografia).



Fig. 40 Esempio di scuola a gradoni: Franco Finzi e Giulio Ruggieri, scuola elementare in via Anastasio II a Roma, 1972 (Fonte: F. E. Leschiutta, *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende, norme, tipi/1949 - 1985*, pag. 170, cfr. bibliografia).

Un ultimo esempio all'interno della categoria a blocco e, in qualche modo, legato al blocco accorpato, è il tipo **a gradoni**. Si tratta di una fisiologica evoluzione del tipo precedente connessa all'esigenza contingente di adattare lo stesso alla complessa orografia e disuniformità dei terreni italiani, in particolare del Centro-Sud. In questo caso lo schema distributivo dell'aula-corridoio si colloca in posizione centrale (o sul lato estremo) rispetto allo sviluppo delle aule per la didattica che devono seguire necessariamente l'orografia del luogo, avvicinando l'impianto volumetrico e distributivo al modello ad unità funzionale.



Fig. 41 Esempio di scuola a gradoni: Franco Finzi e Giulio Ruggieri, scuola elementare in via Anastasio II a Roma, 1972. Sezione (Fonte: F. E. Leschiutta, *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende, norme, tipi/1949 - 1985*, pag. 172, cfr. bibliografia).

### Scuola a piastra

Il tipo a **piastra** raccoglie al suo interno tutte le funzioni collegate alle attività didattiche della scuola, funzioni che prima (nel tipo a blocco) erano confinate all'esterno in padiglioni o blocchi separati (piscina, palestra, teatro, laboratori, auditorium), uniti al corpo principale attraverso collegamenti coperti.

La scuola a piastra si colloca ad un livello intermedio tra la scuola a blocco, a cui si ricollega dal punto di vista dell'impianto volumetrico (anche se dimensionalmente inferiore in altezza), e la scuola estesa, a cui si avvicina per l'estensione planimetrica della struttura. A rafforzare i legami con entrambe i tipi sono le caratteristiche dell'impianto distributivo, che può essere sia del tipo aula-corridoio con collegamenti interni che raggiungono tutti gli spazi della scuola (gli stessi corridoi che uniscono le aule raggiungono anche gli altri ambienti), sia del tipo a unità funzionali raggruppate sotto la stessa copertura, in cui i passaggi diventano la spina centrale di collegamento.

Le scuole a piastra sono caratterizzate generalmente dallo sviluppo planimetrico su uno o due piani e, pertanto, presentano notevoli dimensioni. L'illuminazione degli ambienti più interni avviene attraverso finestre zenitali oppure attraverso differenze di quota create nello sviluppo della copertura che, quindi, generano porzioni vetrate che permettono una illuminazione proveniente dall'alto.

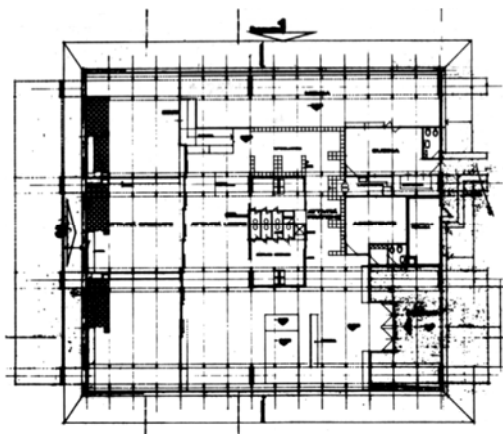


Fig. 44 Luigi Pellegrin, scuola prefabbricata del tipo a piastra con distribuzione a unità funzionale (Fonte: F. E. Leschiutta, *op. cit.*, pag. 137, cfr. bibliografia).

Al fine di migliorare le condizioni di illuminazione degli spazi più interni, il tipo edilizio si è evoluto nel più articolato tipo a **piastra con vuoto interno**, in cui sono presenti delle corti che racchiudono spazi di pertinenza della scuola e che permettono l'ingresso della luce attraverso normali vetrate che, al tempo stesso, mantengono la continuità visiva con l'ambiente esterno. Questo accorgimento permette di ampliare ulteriormente le dimensioni planimetriche della struttura poiché riesce a garantire ulteriori affacci agli spazi interni.

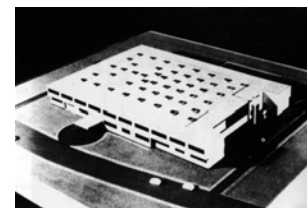


Fig. 42 Franco Corossacz e Maurizio Ranzi, progetto di scuola media del tipo a piastra con distribuzione aula - corridoio (Fonte: F. E. Leschiutta, *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende, norme, tipi/1949 - 1985*, pag. 148, cfr. bibliografia).

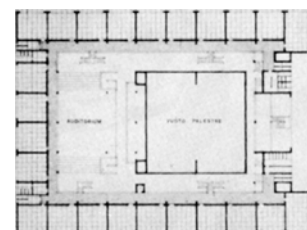


Fig. 43 Franco Corossacz e Maurizio Ranzi, progetto di scuola media (Fonte: F. E. Leschiutta, *op. cit.*, pag. 147, cfr. bibliografia).

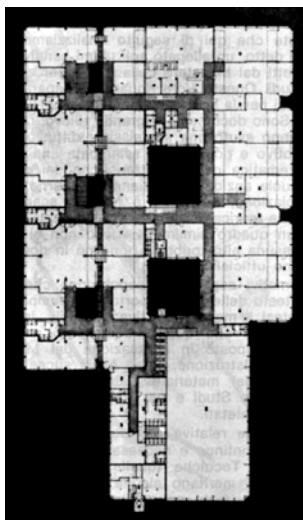


Fig. 45 Luigi Pellegrin, progetto per un istituto tecnico per geometri, 1972. Planimetria (Fonte: F. E. Leschiutta, *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende, norme, tipi/1949 - 1985*, pag. 131, cfr. bibliografia).

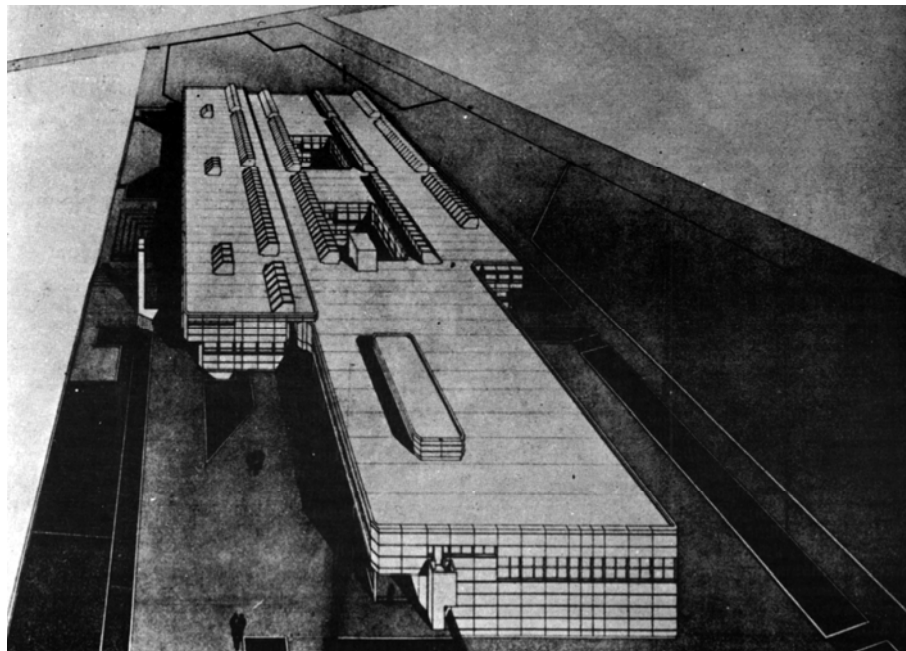


Fig. 46 Esempio di edificio a piastra con vuoto interno: Luigi Pellegrin, progetto per un istituto tecnico per geometri, 1972 (Fonte: F. E. Leschiutta, *op. cit.*, pag. 130, cfr. bibliografia).

### ***Scuola estesa***

Completamente in opposizione con la tipologia a blocco, la **scuola estesa** tende a dilatare gli spazi verso l'ambiente esterno, creando un profondo legame con l'ambiente circostante.

In generale, questo tipo edilizio è fortemente connesso al modello distributivo a unità funzionale attraverso il quale è possibile differenziare gli spazi della scuola in relazione all'età dello studente e al modello pedagogico adottato.

La scuola estesa rompe definitivamente il rapporto con il vecchio impianto razionalista della scuola a blocco, introducendo concetti quali la ripetibilità di nuclei base e individuando nuovi spazi funzionali nell'ottica di una progressiva crescita dell'edificio nel tempo, in relazione alle sempre nuove esigenze pedagogiche o demografiche.

Lo stesso Cicconcelli individua in questo modello l'immagine della scuola moderna, portando l'esempio del progetto di Hans Scharoun per la scuola elementare della città di Darmstadt del 1951<sup>77</sup>. Il complesso trasferisce in concretezza architettonica gli studi di fisio-psicologia del tempo, definendo tre gruppi di spazi ("distretti") che corrispondono alle tre sfere del gioco, dell'attenzione e dello spirito strettamente collegate alle diverse età ed esigenze degli alunni.

<sup>77</sup> Cicconcelli C., "Lo spazio nella scuola moderna" in *Rassegna critica di Architettura* n. 25, 1952, pag. 5 – 15.

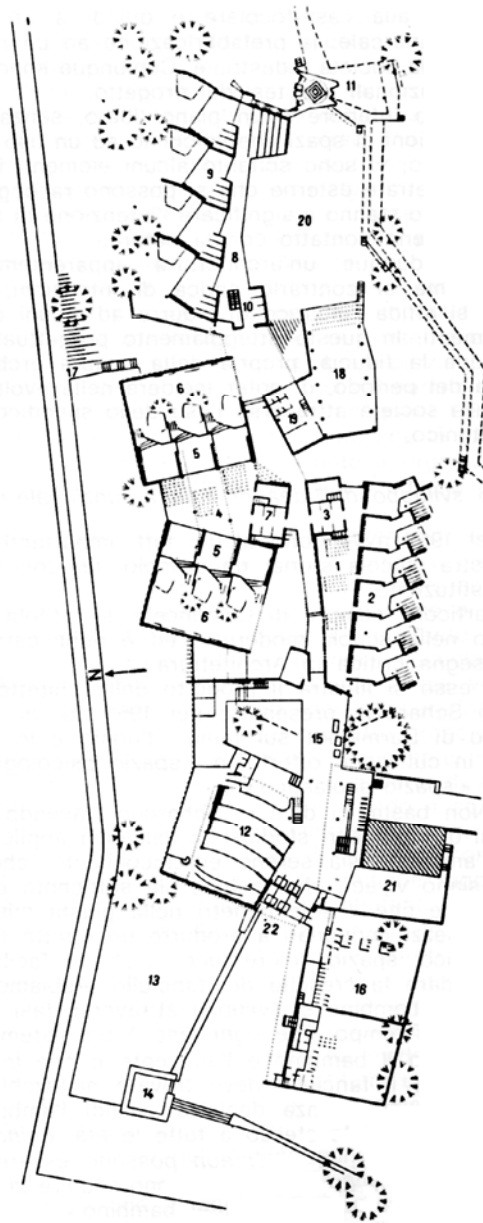


Fig. 47 Esempio di scuola estesa: Hans Scharoun, scuola di Darmstadt, 1951 (Fonte: M. Sole, *Manuale di edilizia scolastica*, pag. 48, cfr. bibliografia).

All'interno dell'ambito della scuola estesa possono comunque essere ritrovati dei caratteri tipologici che richiamano il modello distributivo aula-corridoio, a testimonianza del fatto che in alcuni casi esistono delle situazioni in cui i modelli più radicati nella tradizione locale sono difficilmente superabili completamente e, pertanto, si generano delle commistioni che costituiscono la normale evoluzione delle tipologie.

È il caso dello **schema a croce**, in cui da un corpo centrale si dipartono dei bracci indipendenti relazionati tra loro solo dagli spazi esterni contigui, e dello **schema a pettine**, in cui a un elemento lineare principale confluiscono altri corpi (che

generalmente ospitano la mensa, l'auditorium, la palestra, i laboratori, etc.)<sup>78</sup>; tali modelli, particolarmente diffusi durante gli anni Cinquanta, sono chiamati anche *comb-shaped* (letteralmente "a forma combinata").

Questi esempi si collocano nella categoria della scuola estesa solamente per le dimensioni che l'intera area può raggiungere (si tratta di distribuzioni che richiedono notevoli quantità di spazio esterno che si relaziona fortemente con l'edificio), ma sono profondamente legati alla tradizione dei blocchi accorpati.

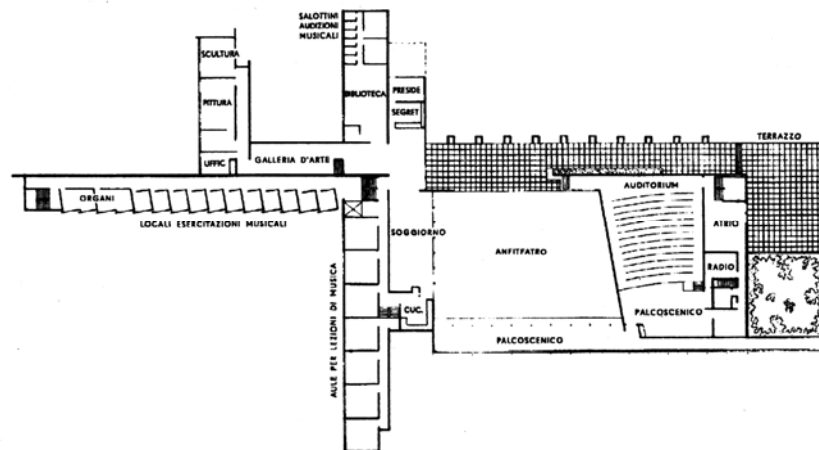


Fig. 48 Esempio di scuola a croce: Schweiker & Elting, Marvelle College, Tennessee (USA) (Fonte: M. Sole, *Manuale di edilizia scolastica*, pag. 45, cfr. bibliografia).

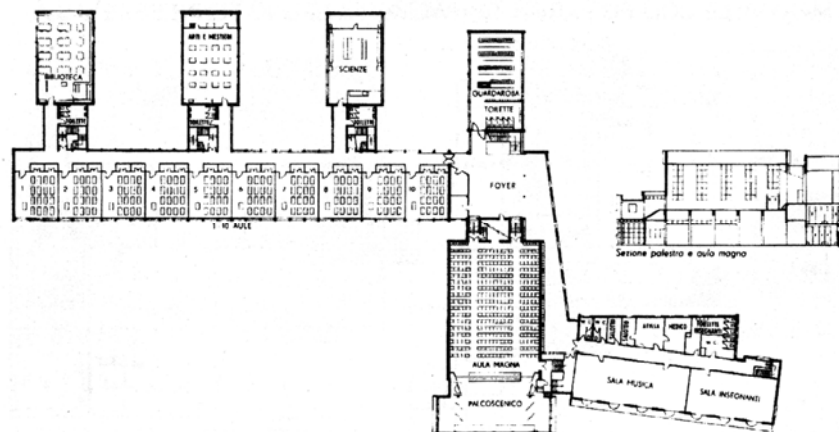


Fig. 49 Esempio di scuola a pettine: D. Stokes, Cardinal Griffin School, Westminster (UK) (Fonte: M. Sole, *op. cit.*, pag. 46, cfr. bibliografia).

Un ulteriore esempio ed evoluzione dello spazio edilizio esteso è individuabile nel **tipo aperto**. In questo caso l'apporto innovativo del tipo è costituito dalla possibilità di aggregazione di nuclei di base, con funzione di aula o con funzione di attività secondaria, ad un corpo centrale che generalmente ospita le funzioni ricettive e aggregative. L'aggregazione, oltre che spaziale, può essere anche

<sup>78</sup> Sole M., *op. cit.*, pag. 46.

temporale, permettendo la successiva implementazione del complesso scolastico nel tempo in relazione alle esigenze specifiche. La riproducibilità dello schema (non necessariamente seriale) ha permesso, in particolare negli anni Sessanta, di portare avanti alcuni interessanti esperimenti di prefabbricazione.

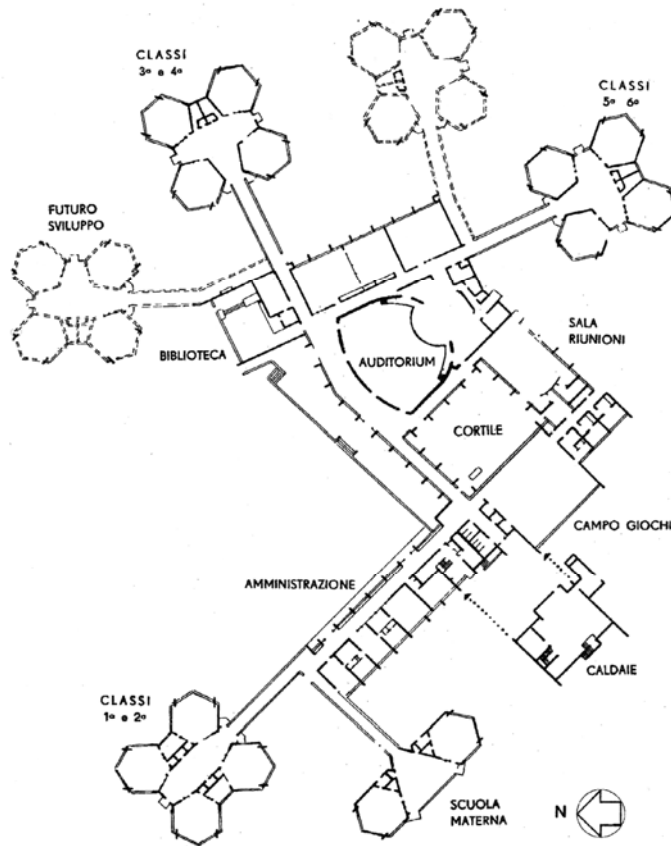


Fig. 50 Perkins & Will, Heatcote School, Scarsdale, New York (USA) (Fonte: M. Sole, *Manuale di edilizia scolastica*, pag. 49, cfr. bibliografia).

### ***Open plan***

Durante gli anni Sessanta e Settanta si assiste alla comparsa di un tipo edilizio che si colloca in posizione intermedia tra lo schema a blocco con distribuzione ad aula-corridoio e lo schema ad unità funzionale. Si tratta del tipo ***open plan*** il cui obiettivo è quello di ottenere un consistente risparmio di spazio interno attraverso l'eliminazione degli spazi connettivi (corridoi). Questo principio si attua attraverso la successione di ambienti indifferenziati destinati alle aule per la didattica, separati tra loro da pareti mobili attrezzate o da mobili contenitori che servono gli ambienti e, al tempo stesso li separano. La presenza di elementi di separazione non fissi permette di collegare una o più aule tra loro in qualsiasi momento, lasciando spazio e flessibilità ad attività collettive intercirclo e permettendo agli spazi interni di evolversi al pari dei programmi pedagogici.



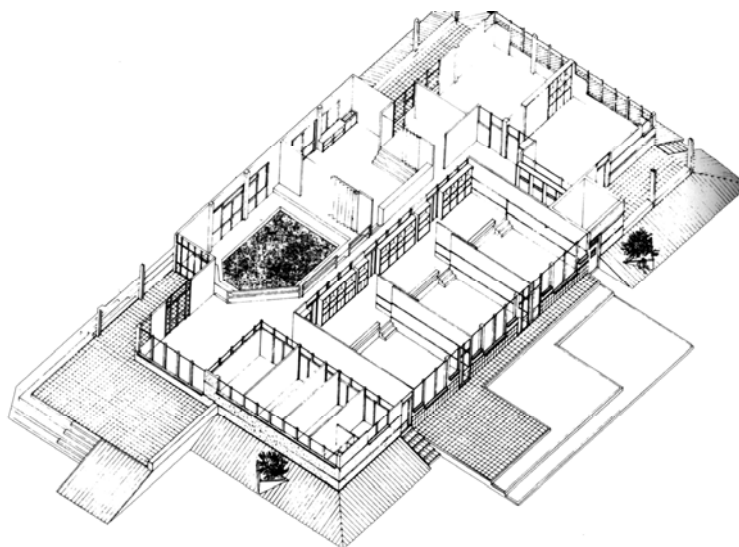


Fig. 51 Esempio di scuola open plan: Fausto Ermanno Leschiutta, Sara Roncoroni, scuola elementare a Rende (Cosenza), 1974 (Fonte: F. E. Leschiutta, *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende, norme, tipi/1949 - 1985*, pag. 158, cfr. bibliografia).

### **Scuola-strada**

All'interno dei complessi scolastici particolarmente articolati dal punto di vista della varietà e diversità degli spazi (come ad esempio le scuole secondarie di secondo livello) si verifica spesso che l'immagine globale dell'edificio appaia notevolmente frammentaria e disomogenea. Questi edifici, generalmente riconducibili al tipo a piastra o blocco con vuoto interno sono diventati sempre più complessi nella loro articolazione, tanto che, negli anni Settanta, vennero assimilati a tessuti urbani: l'edificio scolastico si manifesta come elemento che mantiene l'unità tra gli elementi singoli e il complesso, tanto quanto la città mantiene unità tra i singoli edifici e il complesso urbano.

Questa concezione ha portato ad intendere l'edificio scolastico come una città, rispetto alla quale si pone in continuità, in cui le diverse aule (per la didattica e per le attività secondarie) sono associate agli edifici e agli spazi pubblici e gli spazi connettivi alle strade che li collegano. Nasce così l'idea di **scuola-strada** in cui l'impianto distributivo si sviluppa su un asse principale di collegamento (corridoio) sul quale si attesta il susseguirsi degli spazi specialistici.

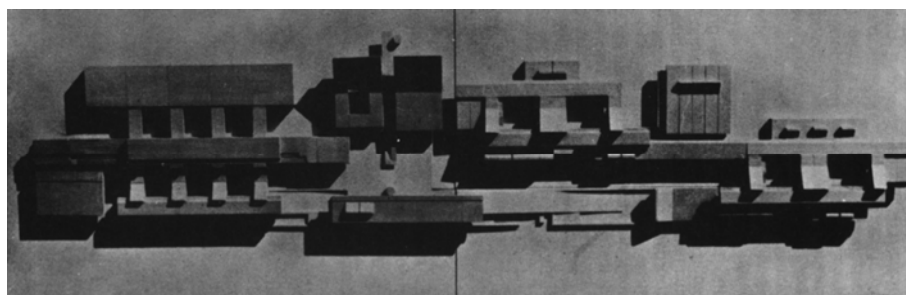


Fig. 52 Esempio di scuola-strada: Pierluigi Marcaccini, Mauro Mugnai, Giancarlo Zetti, veduta del plastico per il concorso del complesso scolastico di San Salvi a Firenze, 1973 (Fonte: F. E. Leschiutta, *op. cit.*, pag. 215, cfr. bibliografia).

### Edifici propri e impropri

Il patrimonio architettonico italiano ha subito, durante i secoli, profonde mutazioni e rifunzionalizzazioni, dovute principalmente alle trasformazioni degli assetti politici e sociali che hanno coinvolto il nostro territorio. Le città italiane sono fortemente caratterizzate dalla presenza di una componente architettonica di origine storica che, tutt'oggi, influisce sulla localizzazione delle funzioni, istituzionali e non, all'interno di essa.

L'edilizia scolastica, a partire dal secondo dopoguerra, ha intrapreso un percorso evolutivo autonomo che, come descritto nel paragrafo precedente, l'ha portata all'individuazione di tipi edilizi propri. Parallelamente a questo dibattito, si sono verificati numerosi casi in cui, proprio a causa della riorganizzazione e rifunzionalizzazione degli spazi delle città, molte istituzioni scolastiche sono state collocate in edifici la cui vocazione architettonica originaria era ben diversa da quella scolastica e, per questa ragione, è possibile definirli **impropri**. Si tratta principalmente di edifici che hanno precedentemente ospitato funzioni istituzionali, ma anche semplici edifici che, per la loro posizione di interesse all'interno del sistema urbano, sono stati scelti per contenere le attività legate all'istruzione.

Il rapporto annuale *Ecosistema Scuola 2008*, a cura di Legambiente, ha riportato dati significativi in merito, dichiarando che il 23,26%<sup>79</sup> degli edifici che attualmente ospitano le scuole sono stati originariamente progettati e realizzati per funzioni differenti.

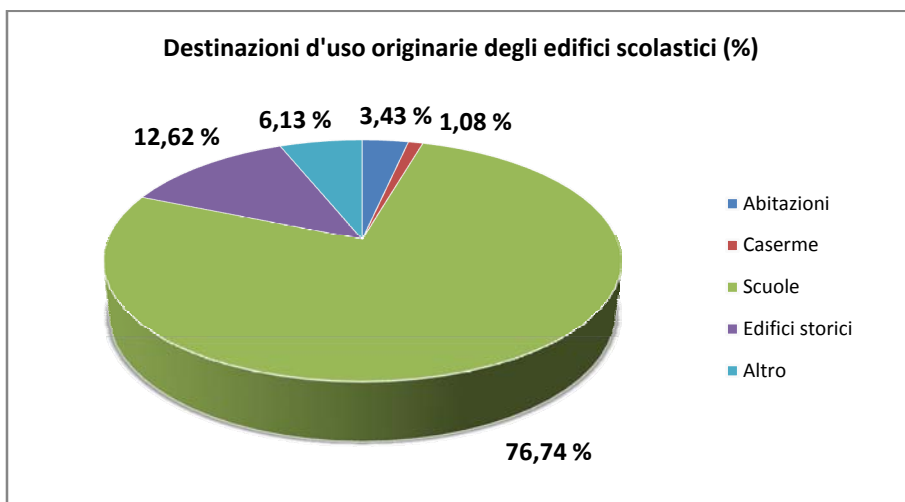


Fig. 53 Destinazioni d'uso originarie degli edifici scolastici: valore percentuale rispetto ai dati raccolti in 51 Province italiane (Fonte: rielaborazione grafica su dati di Legambiente in *Ecosistema Scuola 2008*).

All'interno di questa percentuale, la quota maggiore (12,62%) è occupata dalle scuole localizzate in **edifici storici** di cui le città italiane sono particolarmente ricche; si tratta principalmente di edifici con precedenti funzioni associative, assembleari e di rappresentanza appartenenti alla vita politica e sociale della città, oppure di edifici quali conventi, monasteri e spazi di particolare interesse storico e religioso.

<sup>79</sup> Indagine di Legambiente eseguita sui dati forniti da 94 amministrazioni comunali e 51 provinciali.



Fig. 54 Giorgio Gandini, ex Casa del Fascio di Ferrara. Attualmente l'edificio ospita una scuola e una serie di uffici statali (Fonte: Comune di Ferrara).



Fig. 55 Gianluca Perottoni, scuola materna di Marco di Rovereto (TN). L'edificio era originariamente un'abitazione privata (Fonte: arch. Gianluca Perottoni).



Fig. 56 ex Caserma Zucchi a Reggio Emilia. Attualmente l'edificio è sede dell'Università di Modena e Reggio Emilia (Fonte: [www.digilander.libero.it/z66z/07-Caserma-Zucchi.jpg](http://www.digilander.libero.it/z66z/07-Caserma-Zucchi.jpg)).



Fig. 57 Ex stabilimento saccarifero di Ferrara. Attualmente l'edificio ospita la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Ferrara (Fonte: [www.acustica.ing.unife.it/CorsoArchitettonica/homecorso\\_file/ingfoto01.gif](http://www.acustica.ing.unife.it/CorsoArchitettonica/homecorso_file/ingfoto01.gif)).

Negli anni, anche edifici privi di particolare funzione sociale collettiva quali le **abitazioni private** sono state trasformate in scuole, sebbene in quota molto inferiore alla precedente (3,43%). In questi casi le trasformazioni che devono subire tali edifici per poter successivamente ospitare gli spazi didattici sono assolutamente sostanziali e la bassa percentuale di presenza che contraddistingue questo gruppo conferma questa tesi.

Una quota molto ristretta (1,08%) vede le istituzioni scolastiche all'interno di edifici che precedentemente erano destinati a **caserme**. L'accostamento è emblematico se si pensa che uno dei modelli distributivi che hanno caratterizzato gli edifici scolastici costruiti fino al secondo dopoguerra è proprio quello a corridoio, definito anche modello scuola-caserma, modello da cui si è cercato "evadere" all'interno del dibattito architettonico iniziato negli anni Quaranta del secolo scorso.

Per questo motivo, le caserme sono, probabilmente, gli edifici impropri che possono meglio ospitare la funzione scolastica senza dover modificare sostanzialmente l'assetto distributivo interno, poiché presentano una suddivisione di spazi gerarchizzata e organizzata secondo le logiche (seppure rigide e rigorose) dell'insegnamento.

Esistono **altre categorie** di edifici che possono ospitare le istituzioni scolastiche e che costituiscono una discreta porzione del patrimonio edilizio attuale (6,13%).

Una buona parte può essere ricondotta agli edifici appartenenti all'archeologia industriale, settore su cui negli ultimi anni si è lavorato molto nell'ambito della rifunzionalizzazione e riconversione degli spazi. In molti casi, infatti, si tratta di edifici di particolare interesse architettonico che rischiano di essere demoliti poiché, dopo aver esaurito le attività per le quali erano stati realizzati, non riescono a trovare una collocazione appropriata all'interno dell'ambiente urbano.

In questo caso gli edifici sono tra i più vari: ex zuccherifici, ex opifici, ex fabbriche, ex cartiere, ex mattatoi, etc.

In tutti gli esempi enunciati è possibile immaginare quanto sia importante attuare una rigorosa valutazione delle potenzialità di trasformazione dell'edificio e redigere un successivo piano di intervento; non sempre le strutture originarie permettono una immediata riconversione degli spazi e, per quanto possibile dalle norme in vigore, è spesso necessario trovare dei compromessi nella distribuzione e attribuzione interna degli spazi.

Anche se con una certa flessibilità, è possibile associare gli interventi ai modelli distributivi precedentemente individuati per gli edifici nati come scuole: i tipi edilizi, ovviamente, non si modificano e sono legati alla progettazione della funzione originaria, ma il modello distributivo interno rispecchia quelli a corridoio o a unità funzionale (generalmente interna).

Esistono, infine, delle situazioni in cui è possibile parlare di edifici **parzialmente impropri**, ovvero di edifici che sono stati progettati per essere scuole ma che, per motivi legati all'andamento della popolazione scolastica o per distribuzione delle risorse economiche sul territorio, vengono modificati da un grado a un altro del livello di istruzione. In questi casi gli interventi sono parzialmente agevolati dalla precedente natura dell'edificio che, a meno di profondi cambiamenti nel grado della scuola (generalmente sconsigliati e difficilmente attuabili), necessita di modifiche non sostanziali e legate in particolare tipo di attività didattica svolta. Un

esempio di edificio parzialmente improprio è rappresentato dal caso del Comune di Monguelfo (BZ)<sup>80</sup>, trasformata da scuola primaria a scuola per l'infanzia.

### Considerazioni sul comportamento energetico dei diversi tipi edilizi

Lo scenario dell'architettura scolastica degli ultimi vent'anni non ha prodotto particolari innovazioni rispetto a quanto già sperimentato. Le crisi economiche, le contrazioni delle nascite e i minori investimenti del settore hanno provocato la riduzione degli studi da parte dei Ministeri e delle Università sia nell'ambito tipologico che tecnologico.

Malgrado questa tendenza negativa, negli ultimi anni l'attenzione ha iniziato a concentrarsi sull'adozione di tecniche e tecnologie di progettazione finalizzate al controllo bioclimatico degli ambienti scolastici: la letteratura specializzata e gli esiti dei concorsi dimostrano una sempre più crescente abitudine alla progettazione orientata verso l'inserimento di soluzioni di risparmio energetico e di risorse. Le motivazioni sono da ricercare nel dialogo con chi vive e gestisce il vasto patrimonio edilizio scolastico, dialogo che ha fatto emergere situazioni in alcuni casi drammatiche.

Oggi si cerca di intervenire sul costruito o si punta ad economie di spesa ottenute dismettendo piccole unità e razionalizzando le risorse attraverso la concentrazione dei servizi in plessi scolastici esistenti o con possibilità di implementazione. Il parco di edifici occupati dall'istruzione primaria e per l'infanzia, già da molti anni è oggetto di ristrutturazioni, ampliamenti, adeguamenti funzionali e tecnologici, sia per conformarsi ai nuovi indirizzi legislativi, sia per la necessità di una consistente riqualificazione di un patrimonio edilizio usurato dal tempo e dall'incuria.

Nell'ambito della riqualificazione degli edifici esistenti, le considerazioni preliminari si collocano all'interno della valutazione delle potenzialità di risparmio insite nell'edificio stesso: sebbene non costituiscano un vincolo alle azioni di riqualificazione, esse possono variare notevolmente in relazione alle strategie adottate.

Dal punto di vista del comportamento rispetto alla trasmissione di calore verso l'esterno, la configurazione di ogni tipo edilizio permette una maggiore o minore potenzialità di risparmio energetico in relazione all'articolazione dell'edificio stesso. Assumendo quale parametro di riferimento il **rapporto di forma S/V**<sup>81</sup> (Superficie disperdente/Volume riscaldato), una configurazione compatta dell'edificio (indice S/V basso) permette di trasmettere meno calore verso l'esterno, al contrario, una configurazione particolarmente articolata (indice S/V alto) permette una maggiore migrazione del flusso termico dagli ambienti riscaldati a quelli esterni, o non riscaldati, poiché la superficie disperdente è maggiore.

In quest'ottica, il tipo edilizio a blocco presenta generalmente il migliore rapporto S/V, ma è necessario valutare accuratamente caso per caso; infatti, se si pensa che in questa categoria si trovano anche gli edifici in linea, gli edifici a gradoni e gli

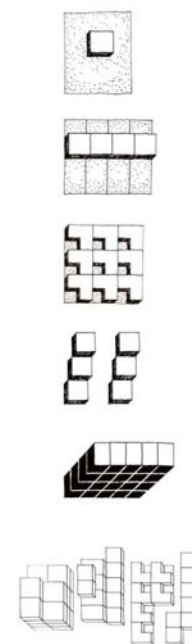


Fig. 58 Diverse configurazioni del tipo edilizio: edificio a blocco isolato, edificio in linea, edificio a piastra con vuoti interni, edificio a gradoni, edificio a blocco accorpato, edifici con configurazioni miste (Fonte: arch. Stefan Hitthaler).

<sup>80</sup> Per un approfondimento dell'esempio riportato si veda la scheda di progetto al paragrafo 4.2.2.

<sup>81</sup> Come indicato nel DLgs 192/2005 e successivo DLgs 311/2006, il rapporto di forma di un edificio è definito attraverso il rapporto tra la superficie disperdente (involucro edilizio) e il volume riscaldato racchiuso dalla stessa.

edifici con corti interne, si può comprendere quanto sia importante evitare banali generalizzazioni.

Se il tipo a blocco, tra tutti i tipi presenti nell'edilizia scolastica, è quello che presenta il comportamento più favorevole rispetto alla dispersione termica legata alla configurazione dell'edificio, tutti gli altri esempi che sono stati individuati nel presente paragrafo possono sembrare scarsamente performanti. Alcuni tipi edilizi, infatti, sono particolarmente predisposti verso la dispersione termica, come ad esempio il tipo a pettine, a croce, a pianta aperta o il tipo scuola-strada, poiché sono caratterizzati da una distribuzione molto articolata di numerose porzioni indipendenti, ognuna delle quali costituisce un elemento di dispersione.

Il fattore di forma non è l'unico parametro che influisce sul comportamento energetico dell'edificio, ma sicuramente è un punto di partenza per alcune importanti considerazioni che devono essere contestualizzate all'interno della specifica situazione.

### **Individuazione e tipizzazione delle soluzioni tecnologiche ricorrenti**

Fino agli anni Sessanta l'attenzione dei progettisti e, in particolare, dei ricercatori del Centro Studi per l'Edilizia Scolastica<sup>82</sup> aveva approfondito le tematiche legate ai modelli pedagogici e al loro trasferimento in tipologie e modelli per l'edilizia scolastica; inoltre, erano state affrontate le tematiche inerenti alla programmazione ed elaborazione delle nuove Norme Tecniche, propedeutiche al superamento della condizione di insufficienza tecnica e formale che permeava gli edifici scolastici.

In un secondo momento, vennero affrontati anche i problemi legati all'arretratezza delle tecnologie costruttive che Ciro Cicconcelli aveva esposto in modo esauriente all'interno della sua pagina "amara"<sup>83</sup>. Infatti, fino a quel momento, in Italia, l'edilizia scolastica era per lo più realizzata con tecnologie povere e scarsamente specializzate poiché il settore edile era costituito principalmente da manodopera scarsamente qualificata<sup>84</sup>.

Era necessario, in primo luogo, cercare di risollevare gli standard e il livello qualitativo in relazione ai recenti studi tipologici e fornire risposte immediate in relazione all'aumento demografico del secondo dopoguerra; era, pertanto, inevitabile iniziare a parlare in modo decisivo e incisivo di industrializzazione.

Il settore scolastico poteva essere un terreno fertile per le sperimentazioni tecnologiche, così come lo era stato per quelle tipologiche poiché la caratteristica di essere un bene generalmente pubblico garantiva alcuni privilegi<sup>85</sup> che potevano favorire lo sviluppo di nuove pratiche edilizie.

---

<sup>82</sup> Centro di ricerca costituito dal Ministero della Pubblica Istruzione dopo il concorso del 1952 e finalizzato allo studio delle problematiche legate all'edilizia e all'istituzione scolastica.

<sup>83</sup> Casabella – *continuità* n. 245, novembre 1960.

<sup>84</sup> Nel secondo dopoguerra l'edilizia aveva il compito di impiegare le persone in attesa che si risollevasse il settore industriale.

<sup>85</sup> Minore costo dei terreni, possibilità di pianificazione di interventi a lungo termine, possibilità di godere di contributi statali, seppure non particolarmente ingenti.

La prima occasione per affrontare i nuovi temi dell'industrializzazione fu offerta dalla **Legge n. 53 del 1961**<sup>86</sup> che stanziava, per la prima volta, **dei fondi per l'edilizia scolastica prefabbricata**. Purtroppo questi fondi furono utilizzati principalmente per la costruzione di aule in zone terremotate e in aree a basso sviluppo e non permise al settore di sfruttare favorevolmente le logiche di produzione industriale. La seconda opportunità fu offerta dalla **Legge n. 17 del 1962**<sup>87</sup> che mise a disposizione venti miliardi per l'individuazione e la selezione di imprese che investissero nella **ricerca nel campo dell'edilizia scolastica prefabbricata**<sup>88</sup> per finanziare la sperimentazione e la verifica dei risultati e per permettere la gestione diretta da parte dello Stato di appalti e cantieri<sup>89</sup>.

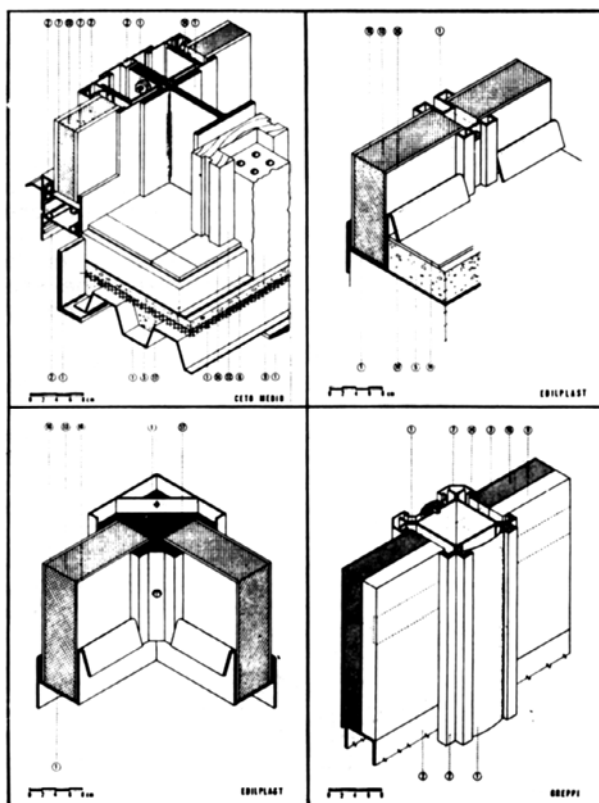


Fig. 59 Pagina del "Quaderno del Centro Studi" n. 4-5: studio delle caratteristiche tecnologiche di edifici realizzati nel primo esperimento per l'edilizia scolastica prefabbricata (Fonte: F. E. Leschiutta, *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende, norme, tipi/1949 - 1985*, pag. 86, cfr. bibliografia).

<sup>86</sup> L. 15 febbraio 1961, n°53 - *Istituzione di nuovi corsi di scuola popolare in aggiunta a quelli già istituiti nell'anno scolastico 1960-61 e provvidenze per i centri di lettura e l'edilizia scolastica prefabbricata.*

<sup>87</sup> L. 26 gennaio 1962, n°17 - *Utilizzazione di fondi sinora accantonati per il finanziamento del piano per lo sviluppo della scuola.*

<sup>88</sup> In esecuzione della legge, nel giugno 1962, furono invitate 108 ditte a partecipare al "Concorso in due gradi per la qualificazione dei sistemi costruttivi a elementi modulari e relative soluzioni per edifici ad uso di sedi di scuole dell'obbligo". La Commissione giudicatrice, presieduta da Ernesto Leschiutta, qualificò ed ammise al secondo grado 24 delle 47 ditte presentatesi. Dal primo grado di semplice qualificazione si sarebbe dovuto passare all'appalto – concorso vero e proprio per l'aggiudicazione dei lavori. Per evitare le lungaggini dell'appalto concorso la Legge 26 gennaio 1963 n. 47 ha autorizzato l'amministrazione a derogare dalle procedure previste dalla contabilità generale dello Stato. Furono così appaltate alle 24 ditte un totale di 339 edifici per un numero complessivo di 2767 aule, dislocate in tutto il territorio nazionale (Leschiutta F. E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende – Norme – Tipi. 1949 – 1985*, cfr. bibliografia, pag. 105).

<sup>89</sup> Sole M., op. cit., pag. 180.



Fig. 60 Parete in mattoni faccia a vista di tipo standardizzato.



Fig. 61 Struttura parzialmente prefabbricata costituita da travi e pilastri prodotti in officina e successivamente completati in cantiere attraverso tamponamenti in piccoli elementi.



Fig. 62 Edificio completamente prefabbricato costituito da componenti prodotti interamente in officina e successivamente assemblati in cantiere.

Al fine di orientare le risposte del mercato, il Centro Studi per l'Edilizia Scolastica, diretto da Cicconcelli pubblicò un numero monografico dei "Quaderni del Centro Studi" intitolato "La prefabbricazione nell'edilizia scolastica"<sup>90</sup>. Cicconcelli pretendeva che le proposte rispondessero esclusivamente alle necessità e alle esigenze dell'edilizia scolastica, senza soluzioni generaliste slegate dalla tipologia d'uso, e per questo cercò di fornire delle direttrici di approccio al problema:

- Favorire distribuzioni compatte e articolate in relazione alle nuove esigenze pedagogiche, cercando di eliminare gli spazi interni lineiformi;
- Favorire ambienti flessibili che permettano una rapida trasformazione d'uso durante la settimana scolastica;
- Favorire spazi versatili che possano adattarsi nel tempo al cambiamento delle tecniche educative;
- Favorire organismi edilizi liberamente concepiti in relazione alle indicazioni tipologiche ma mai ripetibili serialmente<sup>91</sup>.

Le sperimentazioni e le ricerche condotte negli anni Sessanta hanno via via modificato il modo di vedere l'edilizia scolastica, sia per le tecniche costruttive, sia per la nuova immagine di cui si veste. In ogni caso, nonostante la nuova pulsione ricevuta dall'industrializzazione e dalla prefabbricazione, che hanno prodotto episodi di eccellenza, in molte regioni d'Italia si è continuato a costruire ancora per molto tempo con le tecniche tradizionali; solamente a partire dagli anni Settanta iniziarono a diffondersi i prodotti di queste ricerche, anche se in molti casi si preferirono tecniche di prefabbricazione parziale, più duttili rispetto al gusto locale, piuttosto che l'ingegnerizzazione completa degli edifici.

È, quindi, possibile suddividere le tecniche costruttive che caratterizzano il parco edilizio scolastico italiano in tre macrogruppi:

- **Uso di tecnologie in piccoli elementi.** Si tratta sostanzialmente dell'industrializzazione delle tecniche costruttive appartenenti alle tradizioni locali attraverso l'utilizzo di elementi standardizzati prodotti dall'industria delle costruzioni.
- **Prefabbricazione parziale.** In questo caso vengono utilizzati alcuni elementi prodotti attraverso le tecniche della prefabbricazione in officina, al fine di ridurre parzialmente i tempi di costruzione. Si tratta generalmente degli elementi tecnici che costituiscono la struttura portante dell'edificio, che venivano successivamente completati con elementi standardizzati. L'uso della prefabbricazione parziale costituiva un buon compromesso sia per i costi complessivi della costruzione, sia per la riduzione dei tempi di lavorazioni fortemente influenzate dalle condizioni atmosferiche, sia per la parziale permanenza dei caratteri distintivi delle architetture locali.
- **Prefabbricazione totale.** Si tratta di edifici che adottano tecniche di prefabbricazione per tutti gli elementi che li costituiscono, vale a dire che sia le strutture portanti che le chiusure esterne e le partizioni interne sono precedentemente realizzate e assemblate in officina e, successivamente, trasferite in cantiere per l'assemblaggio. Il progetto di un manufatto completamente prefabbricato richiede un notevole sforzo e controllo durante

<sup>90</sup> Ministero della Pubblica Istruzione (a cura di), *Quaderni del Centro Studi per l'Edilizia Scolastica*, numero monografico n. 4-5, 1965.

<sup>91</sup> Leschiutta F. E., op. cit., pag. 88.

le fasi di progettazione, ma permette di ridurre drasticamente i tempi di costruzione ed eliminare tutte le lavorazioni “umide” legate all’andamento atmosferico e stagionale. Costruire con tecniche di prefabbricazione totale non significa produrre edifici “in serie”, ma piuttosto saper coniugare le logiche della produzione industriale con le esigenze di una particolare categoria di edifici. È necessario, comunque, considerare che la progettazione e la realizzazione di edifici con questa tecnologia è subordinata all’adozione di un coordinamento modulare, all’uso di componenti standard, alla ripetitività e combinabilità delle componenti del sistema. Per questi motivi, anche l’immagine architettonica che ne deriva è fortemente legata alle logiche di produzione industriale.

Andando oltre la suddetta indicazione che rappresenta i macrogruppi di tecnologie costruttive, è opportuno operare una ulteriore caratterizzazione addentrando ad una scala inferiore del sistema tecnologico, a livello cioè di **unità tecnologiche**. A questo livello, le specificità costruttive locali sono talmente diversificate che sarebbe alquanto difficile riportarne una elencazione esaustiva; pertanto, si è preferito riportare in questo contesto le soluzioni tecnologiche indicate all’interno dell’**anagrafe nazionale dell’edilizia scolastica**<sup>92</sup>.

La sezione 1.7.8 del “Questionario per edificio e sede scolastica” dell’anagrafe nazionale riporta un elenco di **Tecnologie di costruzione prevalente** degli edifici come indicato nella seguente tabella.

<b>Strutture portanti verticali</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Muratura portante</li> <li>▪ Muratura in pietrame a sacco</li> <li>▪ Muratura in pietrame irregolare</li> <li>▪ Muratura in pietrame regolare o tufo</li> <li>▪ Muratura in blocchi di calcestruzzo</li> <li>▪ Struttura (pilastri e travi) in cemento armato</li> <li>▪ Setti portanti in cemento armato</li> <li>▪ Struttura (pilastri e travi) in acciaio</li> <li>▪ Strutture prefabbricate</li> <li>▪ Altro</li> </ul>
<b>Strutture orizzontali</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Struttura in cemento armato e laterizi</li> <li>▪ Solai con putrelle e laterizi</li> <li>▪ Solai in legno</li> <li>▪ Volte in muratura</li> <li>▪ Altro</li> </ul>
<b>Copertura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Piana</li> <li>▪ A falde</li> <li>▪ Altro</li> </ul>
<b>Tamponature (o chiusure esterne)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Muratura in laterizio</li> <li>▪ Muratura con intercapedine isolante</li> <li>▪ Facciate continue in metallo e vetro</li> <li>▪ Pannelli prefabbricati</li> <li>▪ Altro</li> </ul>

<sup>92</sup> Prevista dalla Legge 11 gennaio 1996, n. 23 – *Norme per l’edilizia scolastica*; per l’approfondimento si rimanda al paragrafo *Consistenza, situazione e funzionalità del patrimonio edilizio scolastico: l’anagrafe nazionale dell’edilizia scolastica*.



<b>Partizioni interne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tramezzi in muratura</li> <li>▪ Pannelli in gesso</li> <li>▪ Pannelli sandwich e struttura metallica</li> <li>▪ Pareti attrezzate</li> <li>▪ Pannelli mobili</li> <li>▪ Altro</li> </ul>
<b>Particolari tecnologie costruttive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Struttura geodetica</li> <li>▪ Tensostruttura</li> <li>▪ Pallone presso statico</li> <li>▪ Legno lamellare</li> <li>▪ Edificio realizzato con tecnologie bioclimatiche ed ecosostenibili</li> <li>▪ Altro</li> </ul>

Il questionario non si addentra al livello successivo di **classi di elementi tecnici**, tralasciando completamente, ad esempio, le informazioni riguardanti la caratterizzazione di tutti gli infissi e degli impianti di fornitura servizi quali l'impianto di climatizzazione (alimentazione, gruppi termici, reti di distribuzioni e terminali, etc.) e l'impianto elettrico (apparecchiature elettriche, reti di distribuzioni e terminali, etc.); in riferimento a questi elementi tecnici, l'anagrafe si limita a richiedere al rilevatore addetto alla compilazione informazioni relative al solo stato di conservazione degli stessi.

Le informazioni tralasciate dall'anagrafe nazionale non sono di secondaria importanza, soprattutto se considerate in relazione alla valutazione delle caratteristiche energetiche del patrimonio edilizio esistente e in relazione all'individuazione di linee guida di intervento sul costruito.

Pertanto, si ritiene opportuno reperire tali informazioni all'interno di un campione di studio circoscritto, ma rappresentativo di una situazione locale (di cui si specificheranno le caratteristiche nel paragrafo seguente) le cui specificità sono comunque utili per delineare uno scenario più ampio.

#### ***Individuazione del campione di studio***

Al fine di creare un repertorio di soluzioni tecnologiche ricorrenti, in mancanza di un quadro complessivo e approfondito fornito dal Ministero della Pubblica Istruzione o da un organismo preposto, si è ritenuto opportuno indagare direttamente sul parco edilizio esistente determinando un campione di studio che possa essere rappresentativo di una situazione più ampia e utile per l'individuazione delle criticità dell'ambito energetico in cui si intende operare con le successive linee guida.

L'area geografica coinvolta nel campione di studio deve essere sufficientemente circoscritta da poter essere indagata con un buon livello di approfondimento, al fine di determinare tutte le variabili non previste dalla stessa anagrafe per l'edilizia scolastica. Inoltre, trattandosi di informazioni reperite in prima persona all'interno dei vari Enti competenti (Comuni per quanto riguarda le scuole per l'infanzia, le primarie e le secondarie di I grado, Province per quanto concerne le scuole

secondarie di II grado<sup>93</sup>), l'estensione geografica deve essere sufficientemente ristretta da poter raggiungere in tempi contenuti i risultati prefissati.

La **disponibilità di informazioni** in merito diventa, quindi, una determinante fondamentale per la ricerca, in quanto le Pubbliche Amministrazioni, a causa della suddivisione interna delle funzioni, non sono sempre in grado di ricostruire il quadro esatto del patrimonio di loro competenza. Molto spesso accade (in base alle esperienze condotte al momento del reperimento dei dati) che gli Enti non siano dotati di un database completo dei fabbricati rappresentativo della situazione generale, ma che si affidino alla "memoria storica" di chi da anni gestisce tale patrimonio e che, quindi, ne possiede esperienza diretta. In relazione a questa problematica, si è ritenuto opportuno riportare le informazioni relative a Comuni e Province già in possesso di dati certi e catalogati o che **hanno già avviato studi** finalizzati alla sistematizzazione delle informazioni attraverso **indagini dirette** sul costruito o alla **determinazione delle caratteristiche energetiche** dei fabbricati stessi (anche non finalizzate alla creazione di un database, come, ad esempio, nel caso della Provincia di Rovigo che aveva avviato una procedura di catalogazione degli edifici di competenza per la determinazione del fabbisogno energetico normalizzato e per l'individuazione delle situazioni di emergenza su cui intervenire).

Un ulteriore elemento di giudizio è l'appartenenza dei casi studio ad un'**area geografica affine**, quella della **zona temperata**, che rappresenta il campo di maggiore criticità nell'applicazione delle tecnologie di riqualificazione energetica. Infatti, il progetto di riqualificazione (ma allo stesso tempo la costruzione ex novo) è molto più complesso (e, forse, richiede maggiore attenzione) in situazioni con problematiche quali la forte differenza fra la situazione invernale ed estiva o in cui il problema della condensa superficiale o interstiziale compromette la prestazione delle componenti.

Infine, si è ritenuto indispensabile riportare lo scenario appartenente ad una realtà locale in cui le **politiche per l'efficienza energetica nel settore scolastico** sono particolarmente forti e sentite dalla Pubblica Amministrazione, al fine di comprendere al meglio le criticità e le potenzialità del processo di riqualificazione operato sul patrimonio esistente (è il caso del Comune e della Provincia di Modena).

In relazione a quanto esposto finora, i campioni di studio sono rappresentati dai seguenti Enti:

<b>Comune di Ferrara</b>	53 edifici
<b>Provincia di Ferrara</b>	27 edifici
<b>Comune di Rovigo</b>	25 edifici
<b>Provincia di Rovigo</b>	24 edifici
<b>Comune di Modena</b>	69 edifici
<b>Provincia di Modena</b>	34 edifici
<b>TOTALE</b>	<b>232 edifici</b>

<sup>93</sup> Legge 11 gennaio 1996, n. 23 – *Norme per l'edilizia scolastica*, art.3, comma 1.

I dati reperiti attraverso l'indagine diretta sul campione di studio sono esposti attraverso:

- Una **scheda descrittiva generale** dell'Ente (Comune o Provincia) in cui vengono enunciati i dati generali, le informazioni di localizzazione geografica, i dati climatici e l'elenco delle strutture di competenza;
- Un **quadro sinottico** rappresentante le criticità emergenti;
- Una **scheda di approfondimento sulla localizzazione degli edifici scolastici** di competenza sul territorio comunale o provinciale;
- Una **scheda di approfondimento sulle informazioni reperite** in riferimento alle soluzioni tecnologiche ricorrenti.

#### **Nota metodologica**

*Le informazioni riportate all'interno dei quadri sinottici rappresentano una sintesi dei dati relativi agli edifici esistenti di ogni Comune o Provincia del campione di studi. Per una maggiore rapidità, i dati sono stati reperiti attraverso **colloquio diretto con i tecnici responsabili di Comuni o Province**, in relazione alle specifiche competenze, e non attraverso indagini di archivio. In coda alle schede di approfondimento sulle informazioni reperite sono riportati i nominativi dei tecnici che hanno collaborato al reperimento dei dati durante l'elaborazione della presente ricerca.*

*Per rendere più scorrevole la lettura, si è preferito riportare all'interno di un allegato finale tutte le informazioni emerse durante i colloqui e le localizzazioni geografiche degli edifici scolastici, inserendo nel capitolo presente solo i quadri sinottici.*

**Letture dei quadri sinottici**


Per una migliore comprensione, si riporta, di seguito, la legenda relativa agli schemi riportati all'interno dei quadri sinottici.



<b>Anno di costruzione<sup>94</sup></b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prima dell'Ottocento</li> <li>2. Nell'Ottocento</li> <li>3. Tra il 1900 e il 1920</li> <li>4. Tra il 1921 e il 1945</li> <li>5. Tra il 1946 e il 1960</li> <li>6. Tra il 1961 e il 1975</li> <li>7. Dopo il 1976</li> </ol>
<b>Interventi successivi</b> <i>all'anno di costruzione dell'edificio o di trasformazione dello stesso in sede scolastica</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sì</li> <li>2. No</li> </ol>
<b>Chiusura verticale Pareti perimetrali verticali</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Muratura portante</li> <li>2. Telaio in c.a. e tamponamenti</li> <li>3. Setti portanti in c.a. gettati in opera</li> <li>4. Struttura prefabbricata</li> <li>5. Altro</li> <li>6. Sconosciuta</li> </ol>
<b>Chiusura verticale Infissi esterni verticali</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vetro singolo</li> <li>2. Vetrocamera</li> <li>3. Doppia finestra</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Telaio in legno</li> <li>2. Telaio in alluminio</li> <li>3. Telaio in PVC</li> <li>4. Telaio in ferro</li> <li>5. Doppio telaio (ferro e legno, ferro e alluminio)</li> </ol>
<b>Chiusura orizzontale inferiore</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Solaio in voltine di laterizio</li> <li>2. Solaio in laterocemento su muretti</li> <li>3. Vespai con soletta in c.a.</li> <li>4. Solaio prefabbricato</li> <li>5. Altro</li> <li>6. Sconosciuta</li> </ol>
<b>Chiusura superiore</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falda</li> <li>2. Piana</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>2. Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi piani (guaine, lamiera, etc.)</li> <li>3. Struttura in legno e tavole (o tavole) con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>4. Struttura prefabbricata con manto di copertura in elementi piani</li> <li>5. Altro</li> <li>6. Sconosciuta</li> </ol>

<sup>94</sup> La suddivisione è la medesima riportata all'interno della "scheda per edificio e sede scolastica" dell'anagrafe nazionale dell'edilizia scolastica (sezione 1.7.2).

<b>Partizione interna orizzontale</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Solaio con struttura in laterocemento</li> <li>2. Solaio con struttura in legno ed elementi in laterizio (o legno)</li> <li>3. Solaio prefabbricato</li> <li>4. Solaio in c.a. gettato in opera</li> <li>5. Altro</li> <li>6. Sconosciuta</li> </ol>
<b>Impianto di climatizzazione Gruppo termico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generatore alimentato a gas metano</li> <li>2. Generatore alimentato a gasolio (o biodiesel)</li> <li>3. Teleriscaldamento</li> </ol>
<b>Impianto di climatizzazione Terminali</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Radiatori senza valvole termostatiche</li> <li>2. Radiatori con valvole termostatiche</li> <li>3. Aerotermi (o fan-coil)</li> <li>4. Altro</li> </ol>
<b>Impianto elettrico Apparecchiature elettriche</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tubi a fluorescenza</li> <li>2. Altro</li> </ol>

**Comune e Provincia di Ferrara**

<b>C 01</b>	<b>Comune di Ferrara</b>	
-------------	--------------------------	---

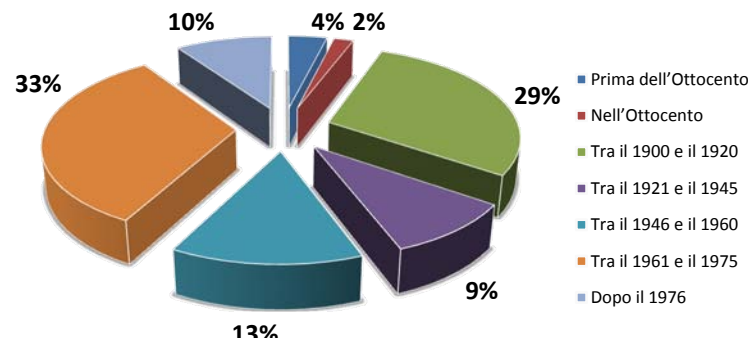
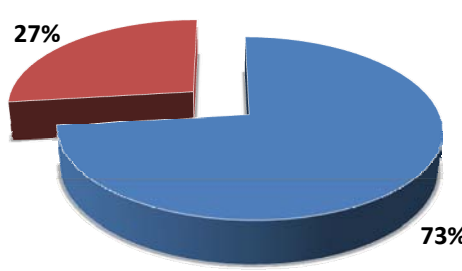
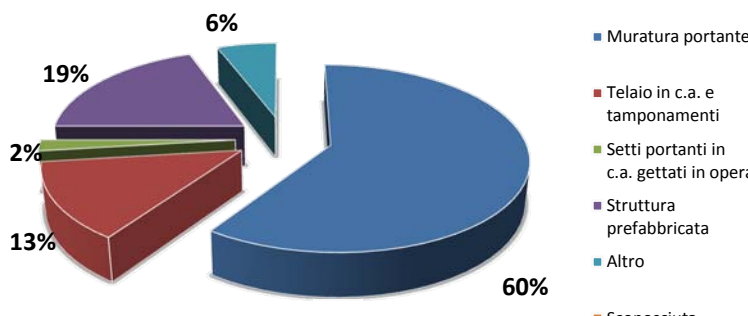
<b>Localizzazione geografica</b>		
----------------------------------	---	--

<b>Immagine generale</b>	
--------------------------	---

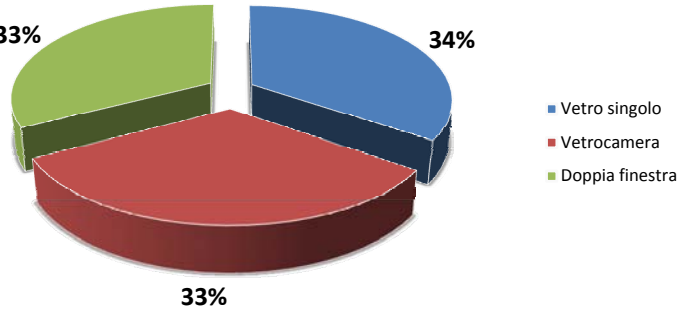
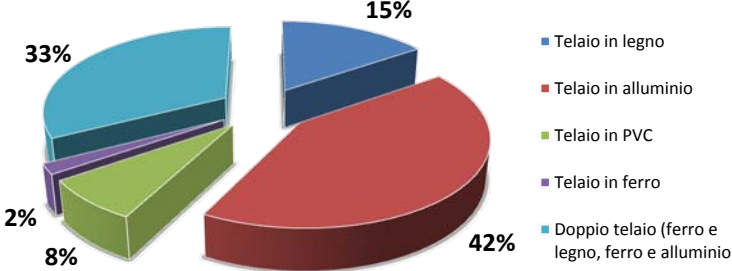
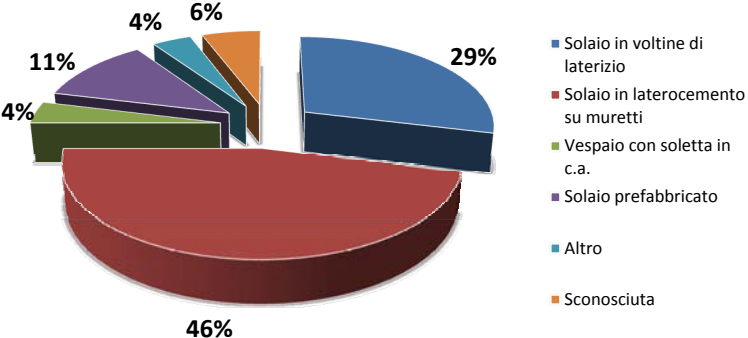
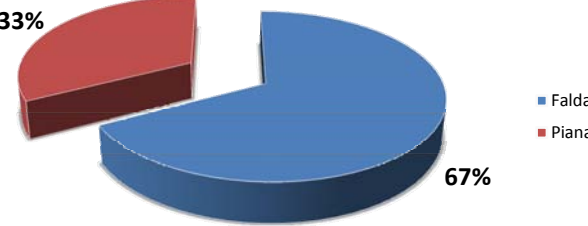
<b>Dati generali</b>	
<b>Abitanti</b>	13.591 ab.
<b>Estensione territoriale</b>	404,26 mq
<b>Altezza s.l.m.</b>	Casa Comunale 9 m – Max 16 m – Min 1 m
<b>Zona climatica</b>	E
<b>Gradi Giorno</b>	2.326
<b>Accensione impianti termici</b>	Il limite massimo consentito è di 14 ore giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile

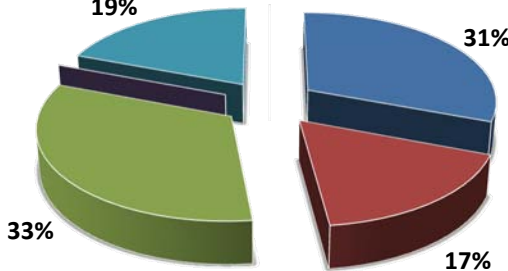
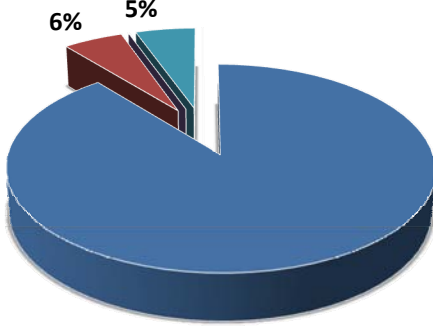
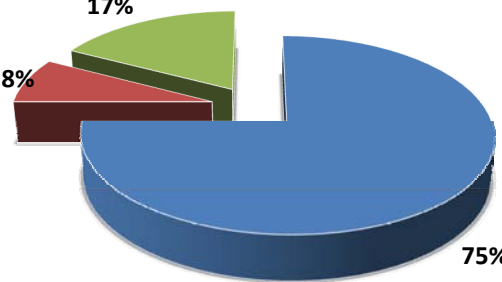
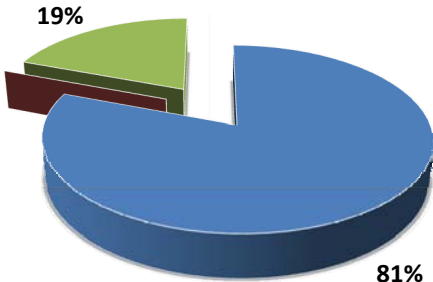
<b>Edifici scolastici di competenza comunale</b>		
<b>Consistenza</b>	<b>Tipo di scuola</b>	<b>Numero</b>
	Scuole dell'infanzia	15
	Scuole primarie	28
	Scuole secondarie I grado	10
	<b>TOTALE EDIFICI</b>	<b>53</b>
<b>Elenco scuole dell'infanzia</b>	1. Scuola dell'infanzia "L'Aquilone" - viale Krasnodar, 235 2. Scuola dell'infanzia "Satellite" - via Zucchelli, 24 3. Scuola dell'infanzia "P. Neruda" - via Valle Gallare, 27 4. Scuola dell'infanzia "G. Galilei" - via G. Galilei, 13 5. Scuola dell'infanzia "Il Bruco" - via Rabbiosa, 107 Quartesana 6. Scuola dell'infanzia "Casa del Bambino" - corso B. Rossetti, 42 7. Scuola dell'infanzia "D. B. Jovine" - via del Guercino, 16 8. Scuola dell'infanzia "Ponte" - via Rovigo, 3 Pontelagoscuro 9. Scuola dell'infanzia "Le Margherite" - via G. Bregola, Boara 10. Scuola dell'infanzia "Pacinotti" - via Pacinotti, 14/16 11. Scuola dell'infanzia "Benzi" - via Chiesa, 174 S. Martino 12. Scuola dell'infanzia "C. Calzari" - via Madonna della Neve, 53 Fossa S. Marco 13. Scuola dell'infanzia "G. Rossa" - via Nenni, 4 14. Scuola dell'infanzia "La Mongolfiera" - via Manfredini, 25 Cassana 15. Scuola dell'infanzia "A. M. Gobetti" - via Pastro	
<b>Elenco scuole primarie</b>	16. Scuola primaria "A. Costa" - via Previati, 1 17. Scuola primaria "B. Guarini" - via Bellaria, 25 18. Scuola primaria - via dei Calzolari, 17 Malborghetto di Boara 19. Scuola primaria - via Pioppa, 100 Pontegradella 20. Scuola primaria "A. Manzoni" - via Don Zanardi, 92 21. Scuola primaria - via dei Calzolari, 17 Francolino 22. Scuola primaria "B. Rossetti" - via Valle Pega, 4 23. Scuola primaria "B. Ciari" - via Comacchio, 378 Cocomaro di Cona 24. Scuola primaria - via Ravenna, 834 Gaibanella 25. Scuola primaria - via Rabbiosa, 42 Quartesana 26. Scuola primaria - via polina, S. Martino 27. Scuola primaria - via Masi, 118 S. Bartolomeo 28. Scuola primaria "C. Govoni" - via Fortezza, 20 29. Scuola primaria "M. Poledrelli" - via Poledrelli, 3 30. Scuola primaria "G. Leopardi" - via Boccaccio, 4 31. Scuola primaria "Doro" - via A. Volta, 32. Scuola primaria - via Ladino, 26 Porotto 33. Scuola primaria "Fondoreno" - via Catena, 28 34. Scuola primaria "E. Mosti" - via Bologna, 152 35. Scuola primaria "G. Matteotti" - via I. Svevo, 1 36. Scuola primaria "G. Pascoli" - via Poletti, 65 (sede unica con scuola secondaria di I grado) 37. Scuola primaria "F. Tumiati" - via Bosi, 20 38. Scuola primaria "Don Milani" - via Pacinotti, 48 39. Scuola primaria "Bombonati" - via Boschetto, 8 40. Scuola primaria - via Monte Oliveto, 16 Baura (sede unica con scuola secondaria di I grado) 41. Scuola primaria - via Ponte Assa, 26 Villanova 42. Scuola primaria "Carmine della Sala" - via Montefiorino, Pontelagoscuro 43. Scuola primaria "Villaggio INA" - via Indipendenza, 44	
<b>Elenco scuole secondarie I grado</b>	44. Scuola secondaria I livello "Cosmé Tura" - via Montefiorino, 30 Pontelagoscuro 44a. Sede staccata - via S. Battara, 47 Barco	

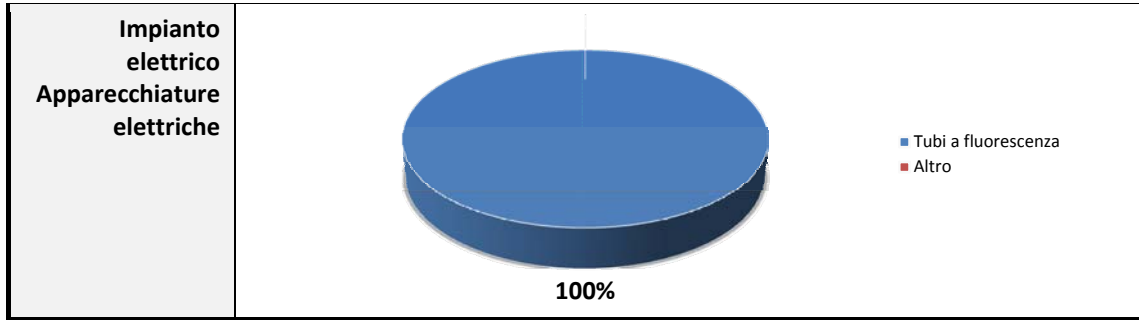
	<p>45. Scuola secondaria I livello "D. Alighieri" - via Camposabbionario, 11/a 45a. Sede staccata - via Masi, 114 S. Bartolomeo"</p> <p>46. Scuola secondaria I livello "T. Tasso - M. M. Boiardo" - via B. Tisi da Garofalo, 1 46a. Succursale - viale Cavour, 145 46b. Sezione staccata - via Monte Oliveto, 119 Baura" (sede unica con scuola primaria)</p> <p>47. Scuola secondaria I livello "Ex Bonati De Pisis" - viale Krasnodar, 102 47a. Sede staccata - via Comacchio, 999 Cona 47b. Sede staccata - via Ladino, 19 Porotto</p>
--	--


<b>Quadro sinottico</b>																	
<b>Anno di costruzione degli edifici</b>	 <table border="1"> <caption>Anno di costruzione degli edifici</caption> <thead> <tr> <th>Periodo</th> <th>Percentuale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prima dell'Ottocento</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>Nell'Ottocento</td> <td>2%</td> </tr> <tr> <td>Tra il 1900 e il 1920</td> <td>29%</td> </tr> <tr> <td>Tra il 1921 e il 1945</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>Tra il 1946 e il 1960</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Tra il 1961 e il 1975</td> <td>33%</td> </tr> <tr> <td>Dopo il 1976</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table>	Periodo	Percentuale	Prima dell'Ottocento	4%	Nell'Ottocento	2%	Tra il 1900 e il 1920	29%	Tra il 1921 e il 1945	9%	Tra il 1946 e il 1960	13%	Tra il 1961 e il 1975	33%	Dopo il 1976	10%
Periodo	Percentuale																
Prima dell'Ottocento	4%																
Nell'Ottocento	2%																
Tra il 1900 e il 1920	29%																
Tra il 1921 e il 1945	9%																
Tra il 1946 e il 1960	13%																
Tra il 1961 e il 1975	33%																
Dopo il 1976	10%																
<b>Interventi successivi all'anno di costruzione dell'edificio o di trasformazione dello stesso in sede scolastica</b>	 <table border="1"> <caption>Interventi successivi all'anno di costruzione dell'edificio o di trasformazione dello stesso in sede scolastica</caption> <thead> <tr> <th>Intervento</th> <th>Percentuale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>73%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>27%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervento	Percentuale	Si	73%	No	27%										
Intervento	Percentuale																
Si	73%																
No	27%																
<b>Chiusura verticale. Pareti perimetrali verticali</b>	 <table border="1"> <caption>Chiusura verticale. Pareti perimetrali verticali</caption> <thead> <tr> <th>Tipo di chiusura</th> <th>Percentuale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muratura portante</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td>Telaio in c.a. e tamponamenti</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Setti portanti in c.a. gettati in opera</td> <td>2%</td> </tr> <tr> <td>Struttura prefabbricata</td> <td>19%</td> </tr> <tr> <td>Altro</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>Sconosciuta</td> <td>2%</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo di chiusura	Percentuale	Muratura portante	60%	Telaio in c.a. e tamponamenti	13%	Setti portanti in c.a. gettati in opera	2%	Struttura prefabbricata	19%	Altro	6%	Sconosciuta	2%		
Tipo di chiusura	Percentuale																
Muratura portante	60%																
Telaio in c.a. e tamponamenti	13%																
Setti portanti in c.a. gettati in opera	2%																
Struttura prefabbricata	19%																
Altro	6%																
Sconosciuta	2%																


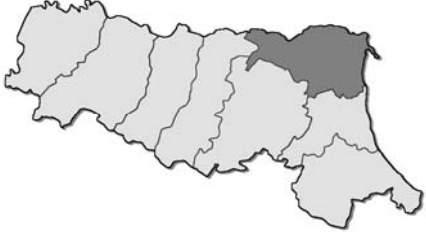


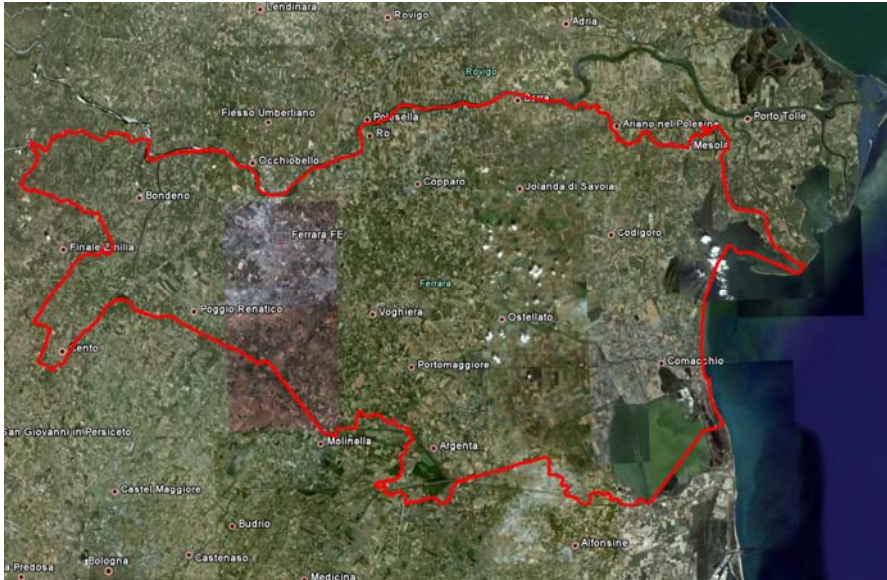
<p><b>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di vetro</b></p>	 <p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vetro singolo</li> <li>Vetrocamera</li> <li>Doppia finestra</li> </ul> </p>
<p><b>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di telaio</b></p>	 <p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Telaio in legno</li> <li>Telaio in alluminio</li> <li>Telaio in PVC</li> <li>Telaio in ferro</li> <li>Doppio telaio (ferro e legno, ferro e alluminio)</li> </ul> </p>
<p><b>Chiusura orizzontale inferiore</b></p>	 <p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Solaio in voltine di laterizio</li> <li>Solaio in laterocemento su muretti</li> <li>Vespaio con soletta in c.a.</li> <li>Solaio prefabbricato</li> <li>Altro</li> <li>Sconosciuta</li> </ul> </p>
<p><b>Chiusura superiore. Tipo</b></p>	 <p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Falda</li> <li>Piana</li> </ul> </p>

<p><b>Chiusura superiore. Composizione</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>■ Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi piani (guaine, lamiere, etc.)</li> <li>■ Struttura in legno e tavelle (o tavole) con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>■ Struttura prefabbricata con manto di copertura in elementi piani</li> <li>■ Altro</li> <li>■ Sconosciuta</li> </ul>
<p><b>Partizione interna orizzontale</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Solaio con struttura in laterocemento</li> <li>■ Solaio con struttura in legno ed elementi in laterizio (o legno)</li> <li>■ Solaio prefabbricato</li> <li>■ Solaio in c.a. gettato in opera</li> <li>■ Altro</li> <li>■ Sconosciuta</li> </ul>
<p><b>Impianto di climatizzazione. Gruppo termico</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Generatore alimentato a gas metano</li> <li>■ Generatore alimentato a gasolio (o biodiesel)</li> <li>■ Teleriscaldamento</li> </ul>
<p><b>Impianto di climatizzazione. Terminali</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Radiatori senza valvole termostatiche</li> <li>■ Radiatori con valvole termostatiche</li> <li>■ Aerotermi (o fan-coil)</li> <li>■ Altro</li> </ul>



<b>P 01</b>	<b>Provincia di Ferrara</b>	
-------------	-----------------------------	---

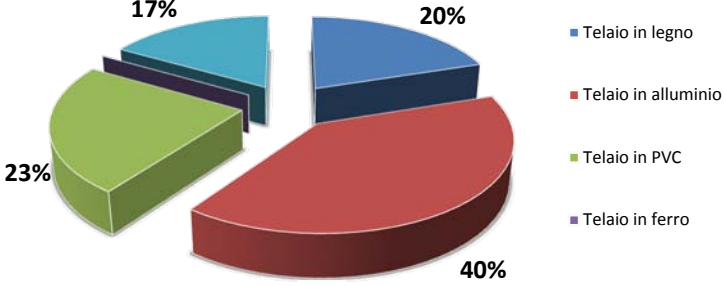
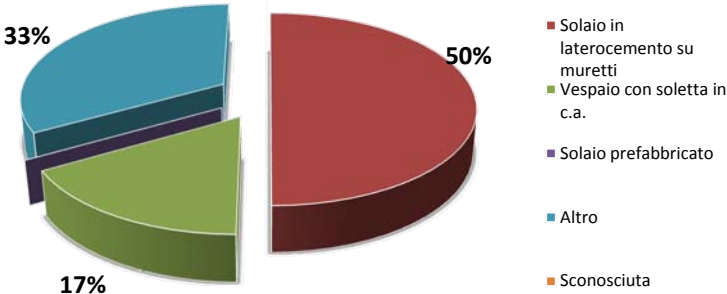
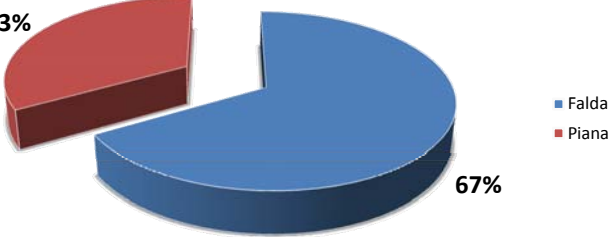
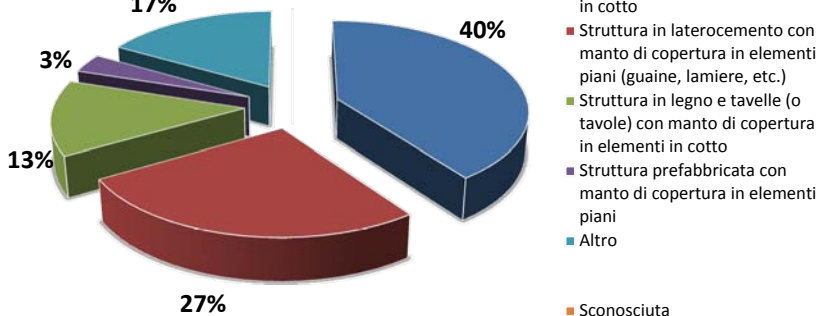
<b>Localizzazione geografica</b>		
----------------------------------	---	--

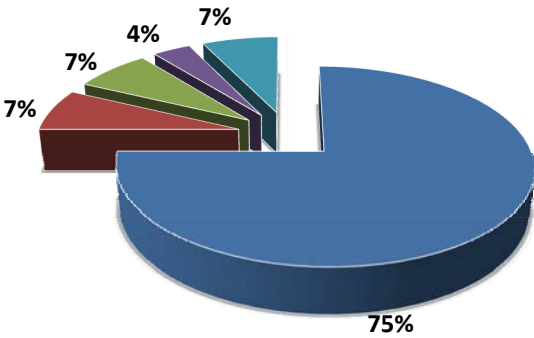
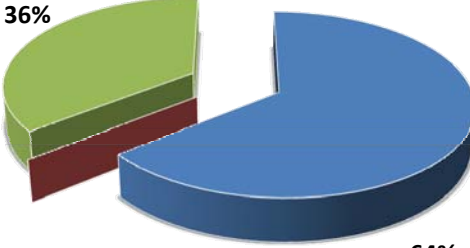
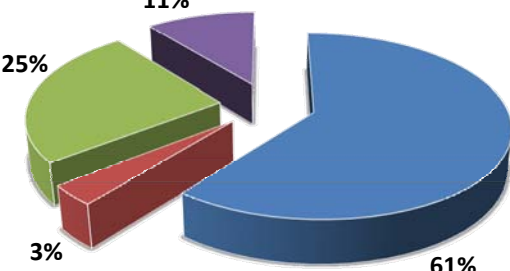
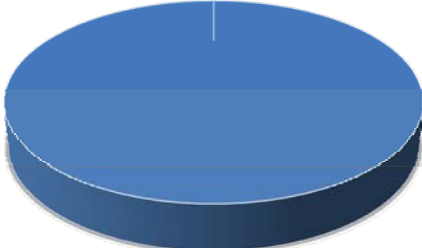
<b>Immagine generale</b>	
--------------------------	---

<b>Dati generali</b>	
<b>Abitanti</b>	285.985 ab
<b>Estensione territoriale</b>	1789 kmq
<b>Altezza s.l.m.</b>	Casa Comunale 7 m – Max 16 m – Min 1 m
<b>Zona climatica</b>	E
<b>Gradi Giorno</b>	2.466
<b>Accensione impianti termici</b>	Il limite massimo consentito è di 14 ore giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile

<b>Edifici scolastici di competenza provinciale</b>		
<b>Consistenza</b>	<b>Tipo di scuola</b>	<b>Numero</b>
	Scuole secondarie II grado	27
	<b>TOTALE EDIFICI</b>	<b>27</b>
<b>Elenco scuole secondarie II grado</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liceo Ginnasio "L. Ariosto" – Ferrara (2 sedi)</li> <li>2. Liceo scienze sociali "G. Carducci" – Ferrara</li> <li>3. Liceo scientifico "A. Roiti" – Ferrara</li> <li>4. Liceo scientifico "G. B. Riccioli" – Bondeno               <ol style="list-style-type: none"> <li>4.a Istituto professionale statale giuridico economico "F. Modigliani" – Bondeno</li> </ol> </li> <li>5. Istituto tecnico commerciale "V. Monti" – Ferrara</li> <li>6. Istituto tecnico periti aziendali corrispondenti lingue estere "M. Polo" – Ferrara</li> <li>7. Istituto tecnico geometri "G. B. Aleotti" – Ferrara</li> <li>8. Istituto tecnico industriale "N. Copernico" – Ferrara</li> <li>9. Istituto tecnico industriale "A. Carpeggiani" – Ferrara</li> <li>10. Istituto professionale servizi alberghieri e ristorazione "O. Vergani" – Ferrara (3 sedi)</li> <li>11. Istituto professionale statale industria e artigianato "E. I D'Este" – Ostellato</li> <li>12. Istituto professionale servizi commerciali, turistici, sociali, pubblicità "L. Einaudi" – Ferrara</li> <li>13. Liceo ginnasio "Cevolani" – Cento (2 sedi)</li> <li>14. Istituto tecnico commerciale "Burgatti" – Cento</li> <li>15. Istituto professionale industria artigianato "Taddia" – Cento</li> <li>16. Istituto tecnico commerciale "Falcone - Borsellino" – Portomaggiore</li> <li>17. Istituto professionale industria artigianato "Falcone - Borsellino" – Portomaggiore               <ol style="list-style-type: none"> <li>17.a Istituto professionale servizi commerciali, turistici, sociali, pubblicità "Falcone - Borsellino" – Portomaggiore</li> </ol> </li> <li>18. Liceo scientifico "Aleotti - Don Minzoni" – Argenta</li> <li>19. Istituto professionale industria artigianato "Aleotti - Don Minzoni" – Argenta</li> <li>20. Istituto tecnico commerciale "Guido Monaco di Pomposa" – Codigoro               <ol style="list-style-type: none"> <li>20.a Liceo scientifico "T. L. Civita" – Codigoro</li> <li>20.b Istituto tecnico geometri "Guido Monaco di Pomposa" – Codigoro</li> </ol> </li> <li>21. Istituto professionale industria artigianato "R. Brindisi" - Lido Estensi               <ol style="list-style-type: none"> <li>21.a Istituto professionale servizi alberghieri e ristorazione "R. Brindisi" - Lido Estensi</li> <li>20.b Istituto professionale servizi commerciali, turistici, sociali, pubblicità "R. Brindisi" - Lido Estensi</li> </ol> </li> </ol>	

<b>Quadro sinottico</b>																	
<p><b>Anno di costruzione degli edifici</b></p>	<table border="1"> <caption>Anno di costruzione degli edifici</caption> <thead> <tr> <th>Periodo</th> <th>Percentuale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prima dell'Ottocento</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>Nell'Ottocento</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Tra il 1900 e il 1920</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>Tra il 1921 e il 1945</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>Tra il 1946 e il 1960</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>Tra il 1961 e il 1975</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>Dopo il 1976</td> <td>30%</td> </tr> </tbody> </table>	Periodo	Percentuale	Prima dell'Ottocento	10%	Nell'Ottocento	13%	Tra il 1900 e il 1920	7%	Tra il 1921 e il 1945	7%	Tra il 1946 e il 1960	30%	Tra il 1961 e il 1975	10%	Dopo il 1976	30%
Periodo	Percentuale																
Prima dell'Ottocento	10%																
Nell'Ottocento	13%																
Tra il 1900 e il 1920	7%																
Tra il 1921 e il 1945	7%																
Tra il 1946 e il 1960	30%																
Tra il 1961 e il 1975	10%																
Dopo il 1976	30%																
<p><b>Interventi successivi all'anno di costruzione dell'edificio o di trasformazione dello stesso in sede scolastica</b></p>	<table border="1"> <caption>Interventi successivi</caption> <thead> <tr> <th>Risposta</th> <th>Percentuale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sì</td> <td>83%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>17%</td> </tr> </tbody> </table>	Risposta	Percentuale	Sì	83%	No	17%										
Risposta	Percentuale																
Sì	83%																
No	17%																
<p><b>Chiusura verticale. Pareti perimetrali verticali</b></p>	<table border="1"> <caption>Chiusura verticale. Pareti perimetrali verticali</caption> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>Percentuale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muratura portante</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Telaio in c.a. e tamponamenti</td> <td>54%</td> </tr> <tr> <td>Setti portanti in c.a. gettati in opera</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Struttura prefabbricata</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>Altro</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>Sconosciuta</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo	Percentuale	Muratura portante	20%	Telaio in c.a. e tamponamenti	54%	Setti portanti in c.a. gettati in opera	13%	Struttura prefabbricata	3%	Altro	10%	Sconosciuta	10%		
Tipo	Percentuale																
Muratura portante	20%																
Telaio in c.a. e tamponamenti	54%																
Setti portanti in c.a. gettati in opera	13%																
Struttura prefabbricata	3%																
Altro	10%																
Sconosciuta	10%																
<p><b>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di vetro</b></p>	<table border="1"> <caption>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di vetro</caption> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>Percentuale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vetro singolo</td> <td>16%</td> </tr> <tr> <td>Vetrocamera</td> <td>67%</td> </tr> <tr> <td>Doppia finestra</td> <td>17%</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo	Percentuale	Vetro singolo	16%	Vetrocamera	67%	Doppia finestra	17%								
Tipo	Percentuale																
Vetro singolo	16%																
Vetrocamera	67%																
Doppia finestra	17%																



<p><b>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di telaio</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Telaio in legno</li> <li>■ Telaio in alluminio</li> <li>■ Telaio in PVC</li> <li>■ Telaio in ferro</li> </ul>
<p><b>Chiusura orizzontale inferiore</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Solaio in voltine di laterizio</li> <li>■ Solaio in laterocemento su muretti</li> <li>■ Vespaio con soletta in c.a.</li> <li>■ Solaio prefabbricato</li> <li>■ Altro</li> <li>■ Sconosciuta</li> </ul>
<p><b>Chiusura superiore. Tipo</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Falda</li> <li>■ Piana</li> </ul>
<p><b>Chiusura superiore. Composizione</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi piani (guaine, lamiere, etc.)</li> <li>■ Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>■ Struttura in legno e tavelle (o tavole) con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>■ Struttura prefabbricata con manto di copertura in elementi piani</li> <li>■ Altro</li> <li>■ Sconosciuta</li> </ul>

<p><b>Partizione interna orizzontale</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Solai con struttura in laterocemento</li> <li>■ Solai con struttura in legno ed elementi in laterizio (o legno)</li> <li>■ Solai prefabbricati</li> <li>■ Solai in c.a. gettato in opera</li> <li>■ Altro</li> <li>■ Sconosciuta</li> </ul>
<p><b>Impianto di climatizzazione. Gruppo termico</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Generatore alimentato a gas metano</li> <li>■ Generatore alimentato a gasolio (o biodiesel)</li> <li>■ Teleriscaldamento</li> </ul>
<p><b>Impianto di climatizzazione. Terminali</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Radiatori senza valvole termostatiche</li> <li>■ Radiatori con valvole termostatiche</li> <li>■ Aerotermi (o fan-coil)</li> <li>■ Altro</li> </ul>
<p><b>Impianto elettrico Apparecchiature elettriche</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tubi a fluorescenza</li> <li>■ Altro</li> </ul>



***Comune e Provincia di Rovigo***

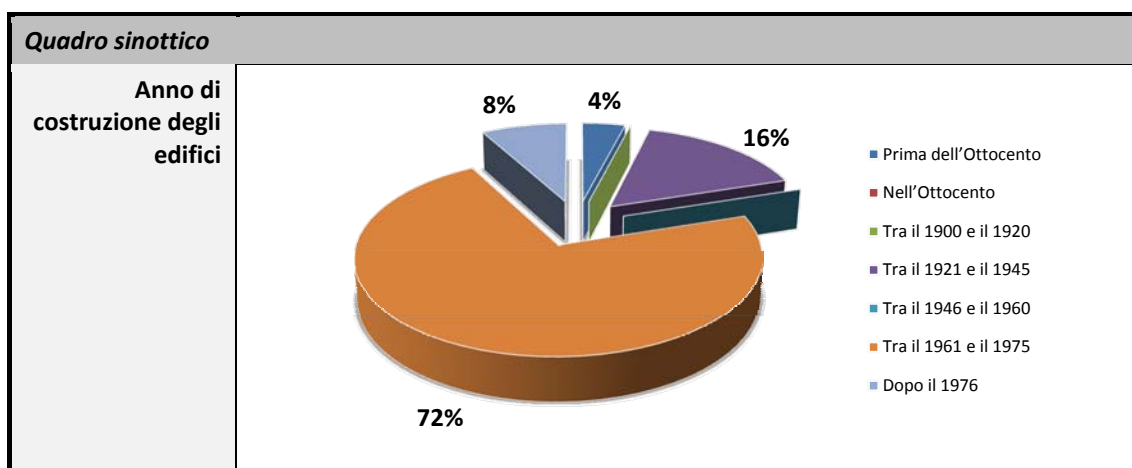
<b>C 02</b>	<b>Comune di Rovigo</b>	
-------------	-------------------------	---

<b>Localizzazione geografica</b>		
----------------------------------	---	--

<b>Immagine generale</b>	
--------------------------	---

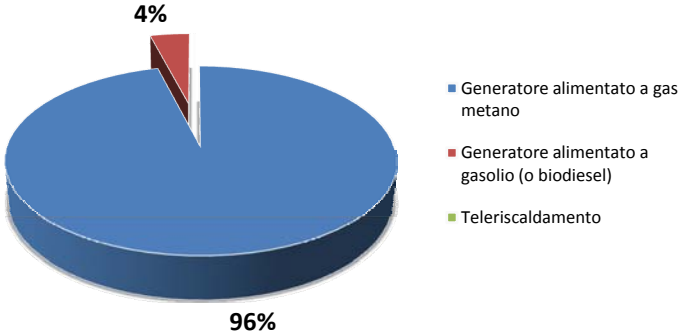
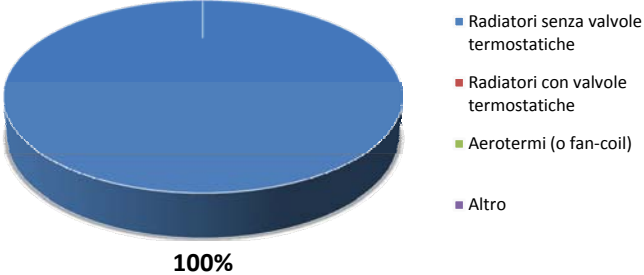
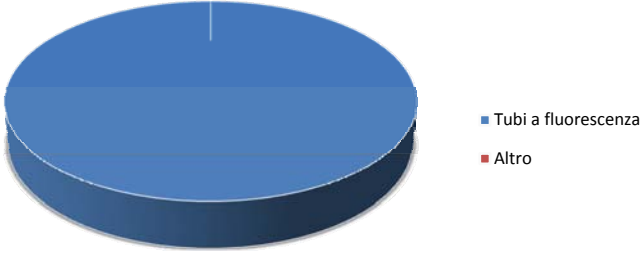
<b>Dati generali</b>	
<b>Abitanti</b>	50.289 ab.
<b>Estensione territoriale</b>	108,55 mq
<b>Altezza s.l.m.</b>	Casa Comunale 7 m – Max 16 m – Min 1 m
<b>Zona climatica</b>	E
<b>Gradi Giorno</b>	2.466
<b>Accensione impianti termici</b>	Il limite massimo consentito è di 14 ore giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile

<b>Edifici scolastici di competenza comunale</b>		
<b>Consistenza</b>	<b>Tipo di scuola</b>	<b>Numero</b>
	Scuole dell'infanzia	5
	Scuole primarie	15
	Scuole secondarie I grado	5
	<b>TOTALE EDIFICI</b>	<b>25</b>
<b>Elenco scuole dell'infanzia</b>	1. Scuola dell'infanzia "S. Antonio" – via Montessori, 4 2. Scuola dell'infanzia "Marchi" – via Marchi, 20 3. Scuola dell'infanzia "Principe di Napoli" – via G. Sichirolo, 31 4. Scuola dell'infanzia – via San Gaetano, 8 Fenil del Turco 5. Scuola materna "Tassina" – via V. Veneto, 87	
<b>Elenco scuole primarie</b>	6. Scuola primaria "G. Pascoli" – via del Tintoretto, 1 7. Scuola primaria "G. Miani" – via F. Corridoni, 1 8. Scuola primaria "S. Donatoni" – via G. Mameli, 26 9. Scuola primaria "Pascoli" – via Giovanni XXIII, 8 10. Scuola primaria "Duca D'Aosta" – via D. Gallani, 20 11. Scuola primaria "Mons. Mattioli" – via V. Veneto, 61/a 12. Scuola primaria – viale dei Mille, 412 Mardimago 13. Scuola primaria – via Curtatone, 87 Boara Polesine 14. Scuola primaria "Maini" – via Savonarola, 115 Borsea 15. Scuola primaria – via Conciliazione, 7 S. Apollinare 16. Scuola primaria "Colombo" - via S. Cipriano, 1 Sarzano 17. Scuola primaria – viale D. Angeli, 10 Buso 18. Scuola primaria "C. Collodi" – via Bassa, 1 Concadirame 19. Scuola primaria – via G. Ramazzina, 2 Granzette 20. Scuola primaria – via Ponte Merlo, 2 Grignano Polesine	
<b>Elenco scuole secondarie I grado</b>	21. Scuola secondaria I livello "Bonifacio" – via della Costituzione, 6 22. Scuola secondaria I livello "G. Parenzo" – largo Parenzo, 1 23. Scuola secondaria I livello "Casalini" – via della Resistenza, 5 24. Scuola secondaria I livello "Riccoboni" – via W. A. Mozart, 1 25. Scuola secondaria I livello annessa al Conservatorio – via A. Casalini, 23	





<p><b>Interventi successivi all'anno di costruzione dell'edificio o di trasformazione dello stesso in sede scolastica</b></p>	<p>A 3D pie chart with two segments. The blue segment represents 'Si' at 52%, and the red segment represents 'No' at 48%.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Intervento</th> <th>Percentuale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>52%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>48%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervento	Percentuale	Si	52%	No	48%								
Intervento	Percentuale														
Si	52%														
No	48%														
<p><b>Chiusura verticale. Pareti perimetrali verticali</b></p>	<p>A 3D pie chart with six segments. The largest segment is 'Telaio in c.a. e tamponamenti' at 37%, followed by 'Muratura portante' at 29%, 'Struttura prefabbricata' at 21%, and three smaller segments at 13% each: 'Setti portanti in c.a. gettati in opera', 'Altro', and 'Sconosciuta'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo di parete</th> <th>Percentuale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muratura portante</td> <td>29%</td> </tr> <tr> <td>Telaio in c.a. e tamponamenti</td> <td>37%</td> </tr> <tr> <td>Setti portanti in c.a. gettati in opera</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Struttura prefabbricata</td> <td>21%</td> </tr> <tr> <td>Altro</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Sconosciuta</td> <td>13%</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo di parete	Percentuale	Muratura portante	29%	Telaio in c.a. e tamponamenti	37%	Setti portanti in c.a. gettati in opera	13%	Struttura prefabbricata	21%	Altro	13%	Sconosciuta	13%
Tipo di parete	Percentuale														
Muratura portante	29%														
Telaio in c.a. e tamponamenti	37%														
Setti portanti in c.a. gettati in opera	13%														
Struttura prefabbricata	21%														
Altro	13%														
Sconosciuta	13%														
<p><b>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di vetro</b></p>	<p>A 3D pie chart with three segments. The blue segment represents 'Vetro singolo' at 80%, and the red segment represents 'Vetrocamera' at 20%. The green segment for 'Doppia finestra' is not visible, indicating 0%.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo di vetro</th> <th>Percentuale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vetro singolo</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Vetrocamera</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Doppia finestra</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo di vetro	Percentuale	Vetro singolo	80%	Vetrocamera	20%	Doppia finestra	0%						
Tipo di vetro	Percentuale														
Vetro singolo	80%														
Vetrocamera	20%														
Doppia finestra	0%														
<p><b>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di telaio</b></p>	<p>A 3D pie chart with five segments. The largest segment is 'Telaio in alluminio' at 68%, followed by 'Telaio in PVC' at 24%, and 'Telaio in legno' at 8%. The segments for 'Telaio in ferro' and 'Doppio telaio' are not visible, indicating 0%.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo di telaio</th> <th>Percentuale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Telaio in legno</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>Telaio in alluminio</td> <td>68%</td> </tr> <tr> <td>Telaio in PVC</td> <td>24%</td> </tr> <tr> <td>Telaio in ferro</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Doppio telaio (ferro e legno, ferro e alluminio)</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo di telaio	Percentuale	Telaio in legno	8%	Telaio in alluminio	68%	Telaio in PVC	24%	Telaio in ferro	0%	Doppio telaio (ferro e legno, ferro e alluminio)	0%		
Tipo di telaio	Percentuale														
Telaio in legno	8%														
Telaio in alluminio	68%														
Telaio in PVC	24%														
Telaio in ferro	0%														
Doppio telaio (ferro e legno, ferro e alluminio)	0%														

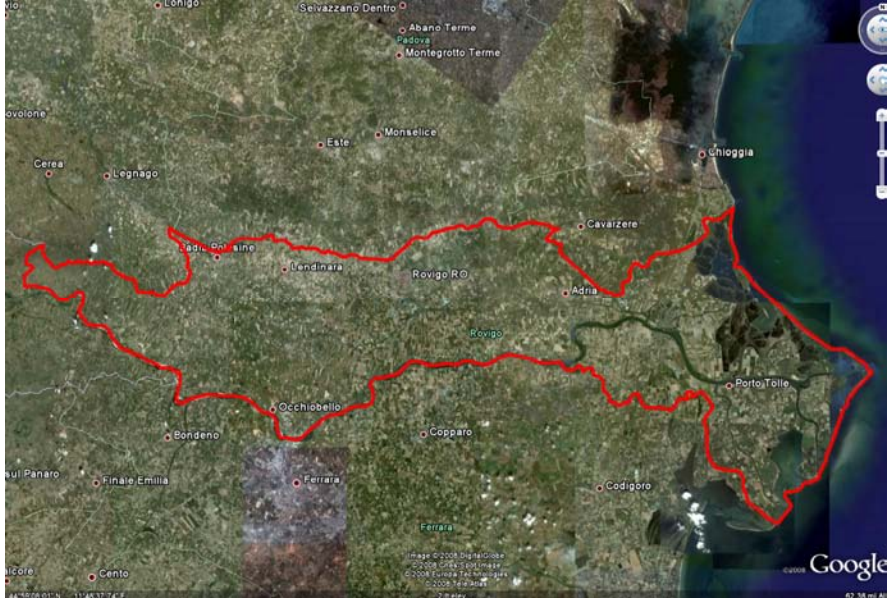
<p><b>Chiusura orizzontale inferiore</b></p>	<p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Solaio in voltine di laterizio</li> <li>Solaio in laterocemento su muretti</li> <li>Vespaio con soletta in c.a.</li> <li>Solaio prefabbricato</li> <li>Altro</li> <li>Sconosciuta</li> </ul> </p>
<p><b>Chiusura superiore. Tipo</b></p>	<p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Falda</li> <li>Piana</li> </ul> </p>
<p><b>Chiusura superiore. Composizione</b></p>	<p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi piani (guaine, lamiere, etc.)</li> <li>Struttura in legno e tavelle (o tavole) con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>Struttura prefabbricata con manto di copertura in elementi piani</li> <li>Altro</li> <li>Sconosciuta</li> </ul> </p>
<p><b>Partizione interna orizzontale</b></p>	<p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Solaio con struttura in laterocemento</li> <li>Solaio con struttura in legno ed elementi in laterizio (o legno)</li> <li>Solaio prefabbricato</li> <li>Solaio in c.a. gettato in opera</li> <li>Altro</li> <li>Sconosciuta</li> </ul> </p>

<p><b>Impianto di climatizzazione. Gruppo termico</b></p>	 <p>4%</p> <p>96%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Generatore alimentato a gas metano</li> <li>■ Generatore alimentato a gasolio (o biodiesel)</li> <li>■ Teleriscaldamento</li> </ul>
<p><b>Impianto di climatizzazione. Terminali</b></p>	 <p>100%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Radiatori senza valvole termostatiche</li> <li>■ Radiatori con valvole termostatiche</li> <li>■ Aerotermi (o fan-coil)</li> <li>■ Altro</li> </ul>
<p><b>Impianto elettrico Apparecchiature elettriche</b></p>	 <p>100%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tubi a fluorescenza</li> <li>■ Altro</li> </ul>



<b>P 02</b>	<b>Provincia di Rovigo</b>	
-------------	----------------------------	---

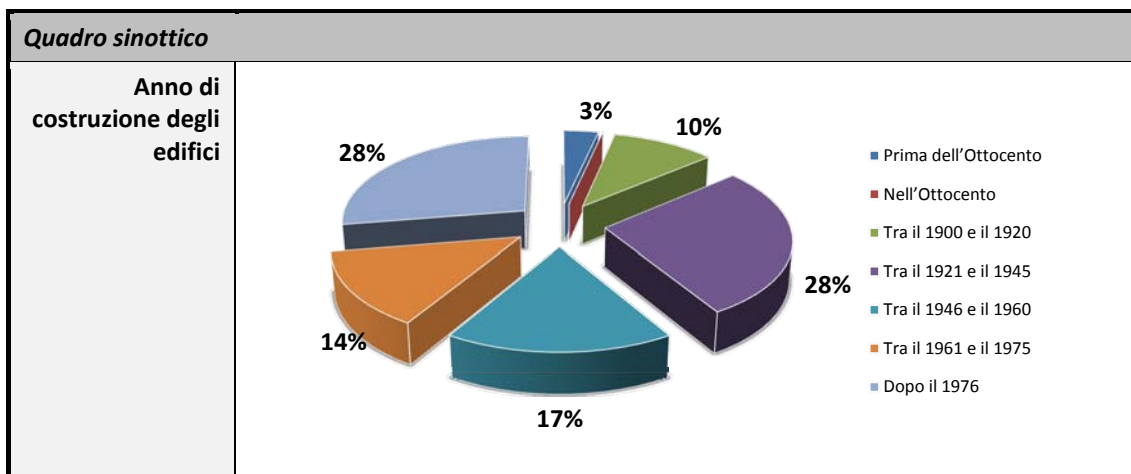
<b>Localizzazione geografica</b>		
----------------------------------	---	--

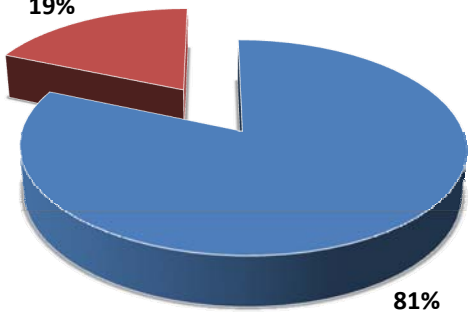
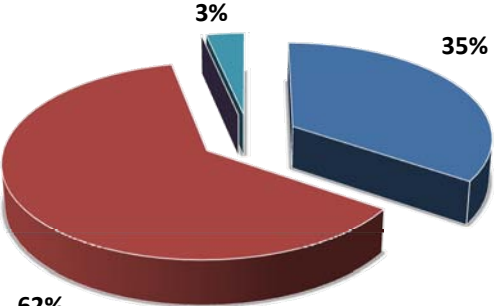
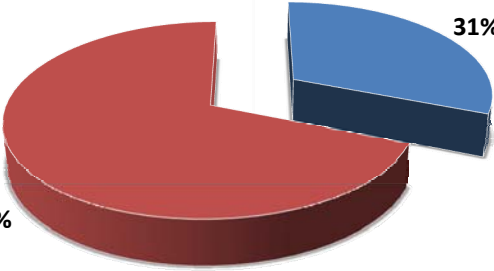
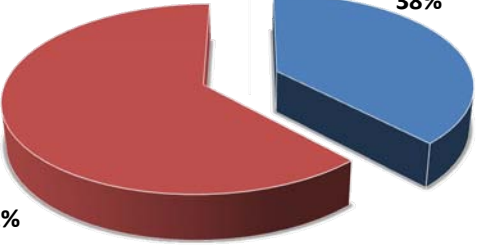
<b>Immagine generale</b>	
--------------------------	---

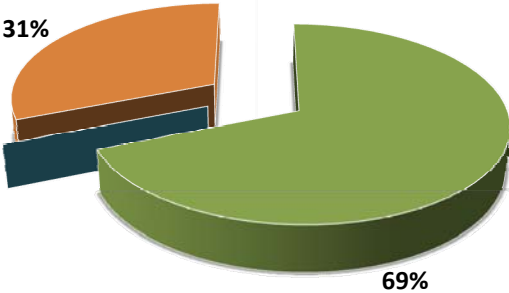
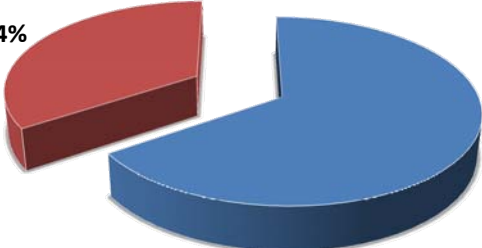
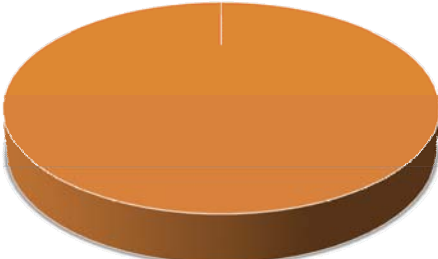
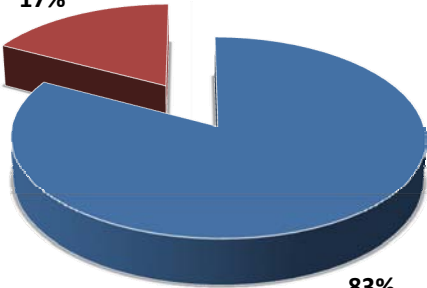
<b>Dati generali</b>	
<b>Abitanti</b>	285.985 ab
<b>Estensione territoriale</b>	1789 kmq
<b>Altezza s.l.m.</b>	Casa Comunale 7 m – Max 16 m – Min 1 m
<b>Zona climatica</b>	E
<b>Gradi Giorno</b>	2.466
<b>Accensione impianti termici</b>	Il limite massimo consentito è di 14 ore giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile

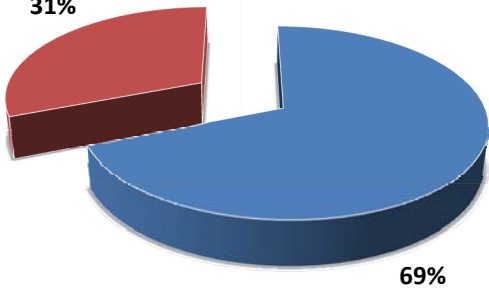
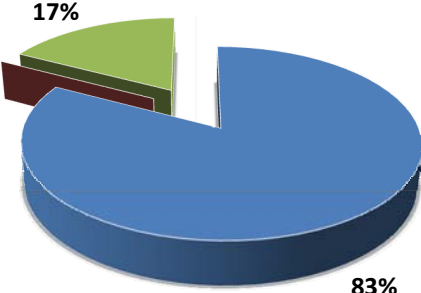
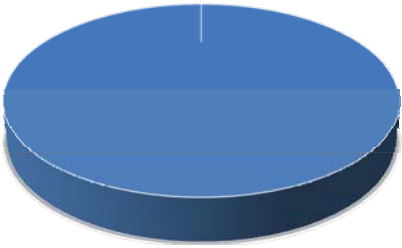


<b>Edifici scolastici di competenza provinciale</b>		
<b>Consistenza</b>	<b>Tipo di scuola</b>	<b>Numero</b>
	Scuole secondarie II grado	24
	<b>TOTALE EDIFICI</b>	<b>24</b>
<b>Elenco scuole secondarie II grado</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liceo scientifico "G. Paleocapa" – Rovigo (2 sedi)</li> <li>2. Istituto magistrale "C. Roccati" – Rovigo (2 sedi)</li> <li>3. Liceo classico "C. Bocchi" – Adria (2 sedi)</li> <li>4. Istituto magistrale "G. Baldini" – Adria</li> <li>5. Liceo scientifico "G. Galilei" – Adria (2 sedi)</li> <li>6. Istituto tecnico industriale "F. Viola" – Adria</li> <li>7. Liceo scientifico "Balzan" - Badia Polesine</li> <li>8. Istituto tecnico industriale "F. Viola" - Badia Polesine</li> <li>9. Istituto tecnico agrario "O. Munerati" - S. Apollinare (2 sedi)</li> <li>10. Istituto tecnico per geometri "A. Bernini" – Rovigo</li> <li>11. Istituto tecnico commerciale "De Amicis" – Rovigo (2 sedi)</li> <li>12. Istituto tecnico industriale "F. Viola" – Rovigo (2 sedi)</li> <li>13. Liceo tecnico per l'ambiente e la salute "L. Einaudi" - Badia Polesine</li> <li>14. Istituto tecnico commerciale "G. B. Condi" – Lendinara</li> <li>15. Istituto Statale d'arte – Castelmassa</li> <li>16. Istituto professionale per l'industria e l'artigianato "E. Bari" - Badia Polesine</li> <li>17. Istituto professionale per l'agricoltura "M. e T. Bellini" – Trecenta</li> <li>18. Istituto professionale per il commercio e il turismo "C. Colombo" – Adria</li> <li>19. Istituto professionale per l'industria e l'artigianato - Porto Tolle</li> <li>20. Istituto tecnico commerciale "C. Colombo" - Porto Viro (2 sedi)</li> <li>21. Istituto professionale per servizi alberghieri e ristorazione "A. Moro" – Adria</li> <li>22. Istituto tecnico commerciale e geometri "G. Maddalena" – Adria (2 sedi)</li> <li>23. Istituto professionale per l'industria e l'artigianato – Rovigo</li> <li>24. Istituto con indirizzo economico-informatico, turistico, grafico "M. Polo" – Rovigo (2 sedi)</li> </ol>	





<p><b>Interventi successivi all'anno di costruzione dell'edificio o di trasformazione dello stesso in sede scolastica</b></p>	 <p>■ Si ■ No</p>
<p><b>Chiusura verticale. Pareti perimetrali verticali</b></p>	 <p>■ Muratura portante ■ Telaio in c.a. e tamponamenti ■ Setti portanti in c.a. gettati in opera ■ Struttura prefabbricata ■ Altro ■ Sconosciuta</p>
<p><b>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di vetro</b></p>	 <p>■ Vetro singolo ■ Vetrocamera ■ Doppia finestra</p>
<p><b>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di telaio</b></p>	 <p>■ Telaio in legno ■ Telaio in alluminio ■ Telaio in PVC ■ Telaio in ferro ■ Doppio telaio (ferro e legno, ferro e alluminio)</p>

<p><b>Chiusura orizzontale inferiore</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Solaio in voltine di laterizio</li> <li>■ Solaio in laterocemento su muretti</li> <li>■ Vespajo con soletta in c.a. <b>69%</b></li> <li>■ Solaio prefabbricato</li> <li>■ Altro</li> <li>■ Sconosciuta <b>31%</b></li> </ul>
<p><b>Chiusura superiore. Tipo</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Falda <b>66%</b></li> <li>■ Piana <b>34%</b></li> </ul>
<p><b>Chiusura superiore. Composizione</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>■ Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi piani (guaine, lamiere, etc.)</li> <li>■ Struttura in legno e tavelle (o tavole) con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>■ Struttura prefabbricata con manto di copertura in elementi piani</li> <li>■ Altro</li> <li>■ Sconosciuta <b>100%</b></li> </ul>
<p><b>Partizione interna orizzontale</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Solaio con struttura in laterocemento <b>83%</b></li> <li>■ Solaio con struttura in legno ed elementi in laterizio (o legno) <b>17%</b></li> <li>■ Solaio prefabbricato</li> <li>■ Solaio in c.a. gettato in opera</li> <li>■ Altro</li> <li>■ Sconosciuta</li> </ul>

<p><b>Impianto di climatizzazione. Gruppo termico</b></p>	 <p>69%</p> <p>31%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Generatore alimentato a gas metano</li> <li>■ Generatore alimentato a gasolio (o biodiesel)</li> <li>■ Teleriscaldamento</li> </ul>
<p><b>Impianto di climatizzazione. Terminali</b></p>	 <p>83%</p> <p>17%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Radiatori senza valvole termostatiche</li> <li>■ Radiatori con valvole termostatiche</li> <li>■ Aerotermi (o fan-coil)</li> <li>■ Altro</li> </ul>
<p><b>Impianto elettrico Apparecchiature elettriche</b></p>	 <p>100%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tubi a fluorescenza</li> <li>■ Altro</li> </ul>

***Comune e Provincia di Modena***

<b>C 03</b>	<b>Comune di Modena</b>	
-------------	-------------------------	---

<b>Localizzazione geografica</b>		
----------------------------------	---	--

<b>Immagine generale</b>	
--------------------------	---

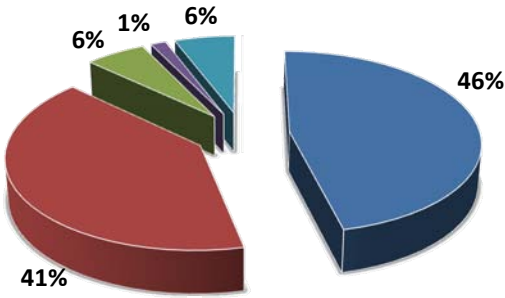
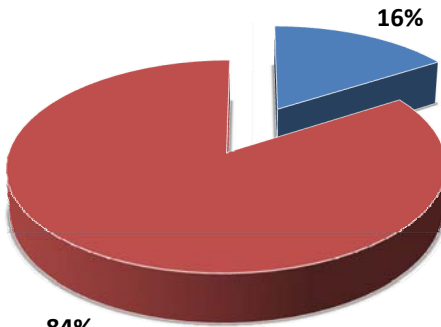
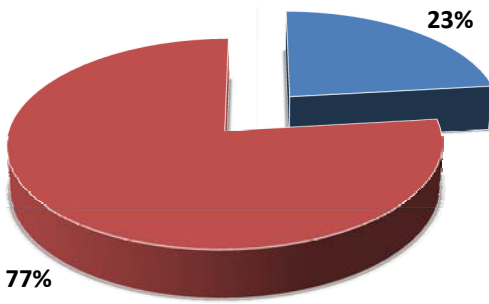
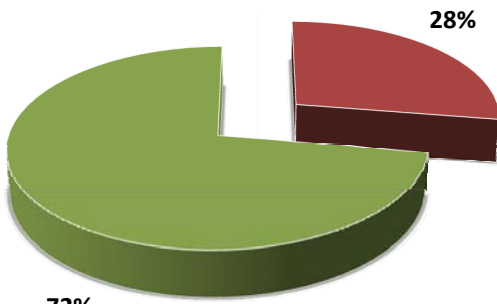
<b>Dati generali</b>	
<b>Abitanti</b>	175.502 ab
<b>Estensione territoriale</b>	182,74 kmq
<b>Altezza s.l.m.</b>	Casa Comunale 34 m – Max. 68 m – Min. 25 m
<b>Zona climatica</b>	E
<b>Gradi Giorno</b>	2.258
<b>Accensione impianti termici</b>	Il limite massimo consentito è di 14 ore giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile

<b>Edifici scolastici di competenza comunale</b>		
<b>Consistenza</b>	<b>Tipo di scuola</b>	<b>Numero</b>
	Scuole dell'infanzia	32
	Scuole primarie	27
	Scuole secondarie I grado	10
	<b>TOTALE EDIFICI</b>	<b>69</b>
<b>Elenco scuole dell'infanzia</b>	1. Scuola Materna "Anderlini" - via Oberdan, 13 2. Scuola Materna "Andersen" - via Vaciglio Nord, 172 3. Scuola Materna "Barchetta" - via Barchetta, 44 4. Scuola Materna "Boccherini" - via Bonacini, 134 5. Scuola Materna "Carbonieri" - via Carbonieri, 40 6. Scuola Materna "Cimabue" - via Gibellini, 191 7. Scuola Materna "Cittadella" - via del Carso, 7 8. Scuola Materna "Collodi" - via Cerretti, 65 9. Scuola Materna "Costa" - via Costa, 79 10. Scuola Materna "Don Minzoni" - via Mar Tirreno, 180 11. Scuola Materna "Edison" - via Edison, 60 12. Scuola Materna "Forghieri" - via Frescobaldi, 30 13. Scuola Materna "Fossamonda" - via Marcello 20/A 14. Scuola Materna "Lippi" - via Farmigianino, 20 15. Scuola Materna "Madonnina" - via Anderlini, 6 16. Scuola Materna "Malaguzzi" - via Ancona, 13 17. Scuola Materna "Marconi" - via Marconi, 32 18. Scuola Materna "Modena Est" - piazza Liberazione, 20 19. Scuola Materna "Pestalozzi" - via Montegrappa, 49 20. Scuola Materna "Rodari" - via Ancona, 13 21. Scuola Materna "S. Damaso" - via Giaggiolo, 95 (S. Damaso) 22. Scuola Materna "S. Pancrazio" - via Villanova, 210 (Villanova) 23. Scuola Materna "S. Remo" - via S. Remo, 93 24. Scuola Materna "Saliceto Panaro" - via Scienza, 66 25. Scuola Materna "Saluzzo" - via Saluzzo, 147 26. Scuola Materna "Simonazzi" - via Valli, 36 27. Scuola Materna "Tamburini" - via Tamburini, 150 28. Scuola Materna "Toniolo" - via Toniolo, 120 29. Scuola Materna "Vill. Artigiano" - via Scacciera, 111 30. Scuola Materna "Vill. Giardino" - via Pasteur, 24 31. Scuola Materna "Vill. Zeta" - via Sagittario, 9 32. Scuola Materna "Melograno" - via Pisano, 61	
<b>Elenco scuole primarie</b>	33. Scuola Primaria "A. Frank" - via S. Anna, 163 34. Scuola Primaria "Begarelli" - via Giaggiolo 65/B (S. Damaso) 35. Scuola Primaria "Begarelli" - via Scartazza, 160 (S. Damaso) 36. Scuola Primaria "Bersani" - via Albareto, 607 (Albareto) 37. Scuola Primaria "Buon Pastore" - via Valli, 32 38. Scuola Primaria "C. Menotti" - via Villanova, 470 (Villanova) 39. Scuola Primaria "Cittadella" - via Carso, 7 40. Scuola Primaria "Collodi" - via Nonantolana, 265 41. Scuola Primaria "De Amicis" - viale Caduti in Guerra, 82 42. Scuola Primaria "Don Milani" - via Luzzo, 64 43. Scuola Primaria "Emilio Po" - via Piazza, 85 44. Scuola Primaria "Galilei" - via Corni, 80 45. Scuola Primaria "Giovanni XXXIII" - via Amundsen, 70 46. Scuola Primaria "Gramsci" - via Albareto, 92 47. Scuola Primaria "Graziosi" - via Carbonieri, 40	

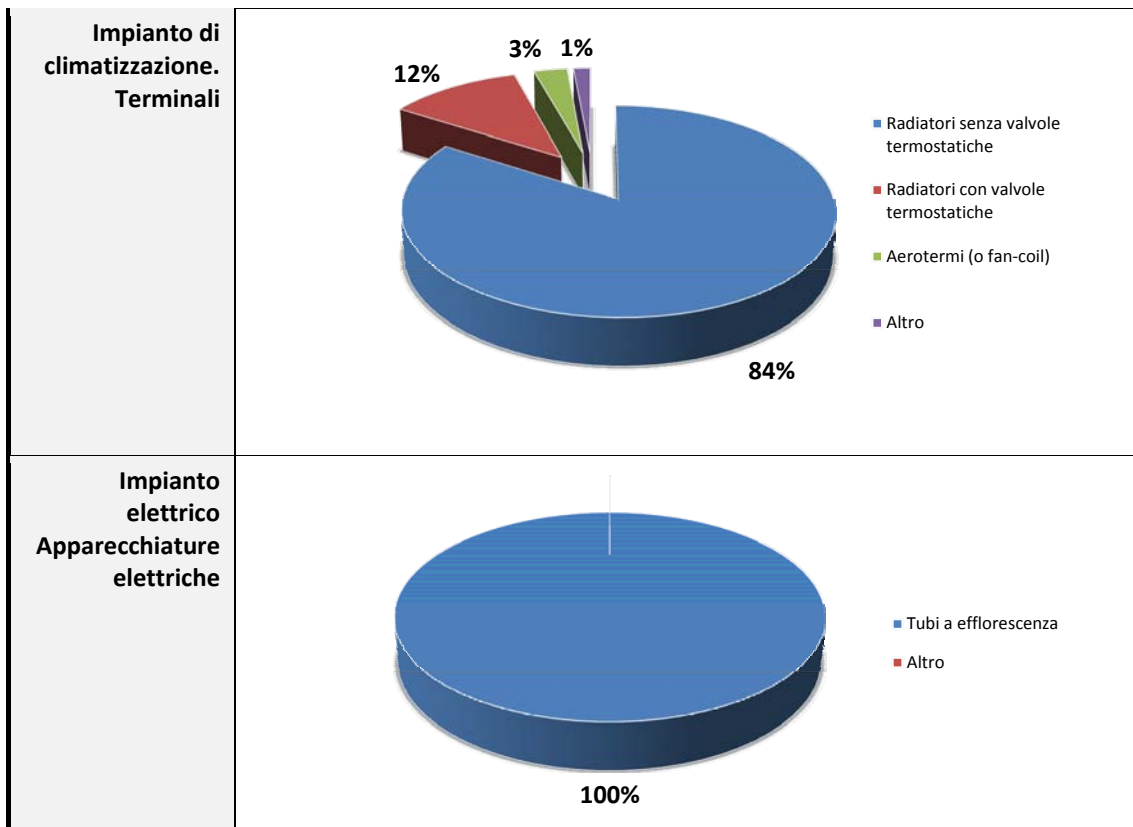
	<p>48. Scuola Primaria "Lanfranco" - via Pomposana, 54 (Cittanova)                      49. Scuola Primaria "Leopardi" - via Nicoli, 152                      50. Scuola Primaria "M. L. King" - via S. Martino Mugnano, 185 (Portile)                      51. Scuola Primaria "Montecuccoli" - via Fossa Burrachiona (Boggiovara)                      52. Scuola Primaria "Palestrina" - via Marcello, 51                      53. Scuola Primaria "Pascoli" - via Barbieri 43/1                      54. Scuola Primaria "Pisano" - via Pisano, 61                      55. Scuola Primaria "Rodari" - via Magenta 55                      56. Scuola Primaria "S. Agnese Bellaria" - via Vaciglio Nord, 172                      57. Scuola Primaria "S. Geminiano" - via Contorno di Cognento, 48 (Cognento)                      58. Scuola Primaria "S. Giovanni Bosco" - via S. Giovanni Bosco, 171                      59. Scuola Primaria "Saliceto Panaro" - via Frescobaldi, 10</p>
<b>Elenco scuole secondarie I grado</b>	<p>60. Scuola Secondaria I Livello "Calvino" - via Corni, 70                      61. Scuola Secondaria I Livello "Carducci" - via Bisi, 140                      62. Scuola Secondaria I Livello "Cavour" - via Amundsen, 80                      63. Scuola Secondaria I Livello "Ferraris" - via Divisione Acqui, 160                      64. Scuola Secondaria I Livello "Guidotti Mistrali" - via Giardini 543                      65. Scuola Secondaria I Livello "Lanfranco" - via Valli, 40                      66. Scuola Secondaria I Livello "Marconi" - via Nonantolana, 7                      67. Scuola Secondaria I Livello "Paoli" - via Reiter, 81                      68. Scuola Secondaria I Livello "S. Carlo" - via Muratori, 253                      69. Scuola Secondaria I Livello "Sola" - via Giaggiolo, 55 (S. Damaso)</p>

<b>Quadro sinottico</b>																	
<b>Anno di costruzione degli edifici</b>	<table border="1"> <caption>Dati per Anno di costruzione degli edifici</caption> <thead> <tr> <th>Periodo</th> <th>Percentuale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prima dell'Ottocento</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>Nell'Ottocento</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Tra il 1900 e il 1920</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Tra il 1921 e il 1945</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>Tra il 1946 e il 1960</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>Tra il 1961 e il 1975</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>Dopo il 1976</td> <td>42%</td> </tr> </tbody> </table>	Periodo	Percentuale	Prima dell'Ottocento	35%	Nell'Ottocento	0%	Tra il 1900 e il 1920	0%	Tra il 1921 e il 1945	7%	Tra il 1946 e il 1960	7%	Tra il 1961 e il 1975	9%	Dopo il 1976	42%
Periodo	Percentuale																
Prima dell'Ottocento	35%																
Nell'Ottocento	0%																
Tra il 1900 e il 1920	0%																
Tra il 1921 e il 1945	7%																
Tra il 1946 e il 1960	7%																
Tra il 1961 e il 1975	9%																
Dopo il 1976	42%																
<b>Interventi successivi all'anno di costruzione dell'edificio o di trasformazione dello stesso in sede scolastica</b>	<table border="1"> <caption>Dati per Interventi successivi</caption> <thead> <tr> <th>Intervento</th> <th>Percentuale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>67%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>33%</td> </tr> </tbody> </table>	Intervento	Percentuale	Si	67%	No	33%										
Intervento	Percentuale																
Si	67%																
No	33%																


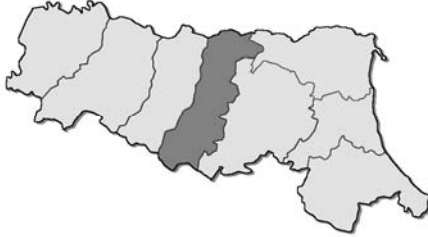


<p><b>Chiusura verticale. Pareti perimetrali verticali</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Muratura portante</li> <li>■ Telaio in c.a. e tamponamenti</li> <li>■ Setti portanti in c.a. gettati in opera</li> <li>■ Struttura prefabbricata</li> <li>■ Altro</li> <li>■ Sconosciuta</li> </ul>
<p><b>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di vetro</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Vetro singolo</li> <li>■ Vetrocamera</li> <li>■ Doppia finestra</li> </ul>
<p><b>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di telaio</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Telaio in legno</li> <li>■ Telaio in alluminio</li> <li>■ Telaio in PVC</li> <li>■ Telaio in ferro</li> <li>■ Doppio telaio (ferro e legno, ferro e alluminio)</li> </ul>
<p><b>Chiusura orizzontale inferiore</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Solaio in voltine di laterizio</li> <li>■ Solaio in laterocemento su muretti</li> <li>■ Vespaio con soletta in c.a.</li> <li>■ Solaio prefabbricato</li> <li>■ Altro</li> <li>■ Sconosciuta</li> </ul>

<p><b>Chiusura superiore. Tipo</b></p>	<p>52% 48%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Falda</li> <li>Piana</li> </ul>
<p><b>Chiusura superiore. Composizione</b></p>	<p>48% 35% 17% 0%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi piani (guaine, lamiere, etc.)</li> <li>Struttura in legno e tavole (o tavole) con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>Struttura prefabbricata con manto di copertura in elementi piani</li> <li>Altro</li> <li>Sconosciuta</li> </ul>
<p><b>Partizione interna orizzontale</b></p>	<p>94% 3% 3%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Solaio con struttura in laterocemento</li> <li>Solaio con struttura in legno ed elementi in laterizio (o legno)</li> <li>Solaio prefabbricato</li> <li>Solaio in c.a. gettato in opera</li> <li>Altro</li> <li>Sconosciuta</li> </ul>
<p><b>Impianto di climatizzazione. Gruppo termico</b></p>	<p>100%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Generatore alimentato a gas metano</li> <li>Generatore alimentato a gasolio (o biodiesel)</li> <li>Teleriscaldamento</li> </ul>



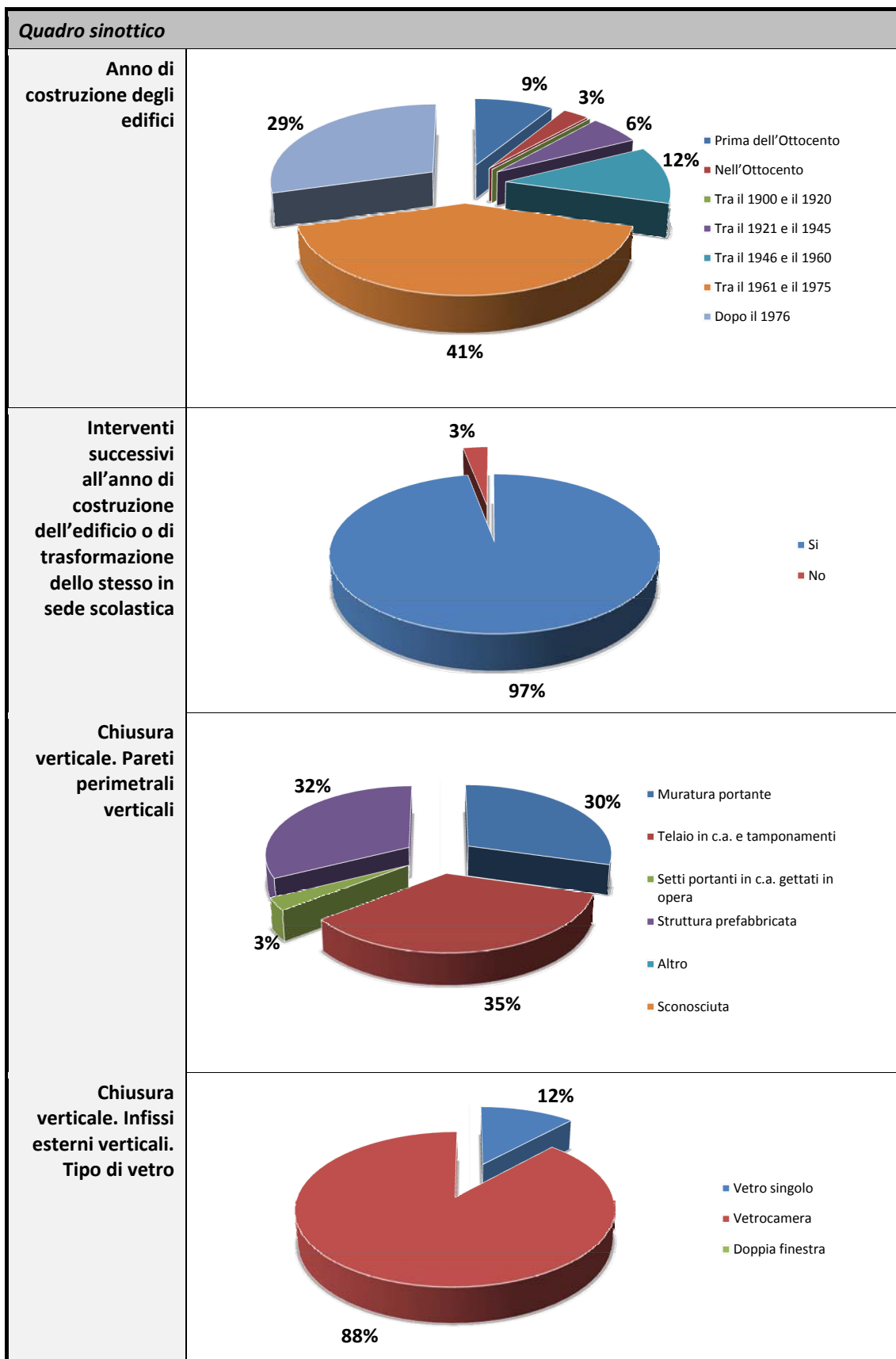
<b>P 03</b>	<b>Provincia di Modena</b>	
-------------	----------------------------	---

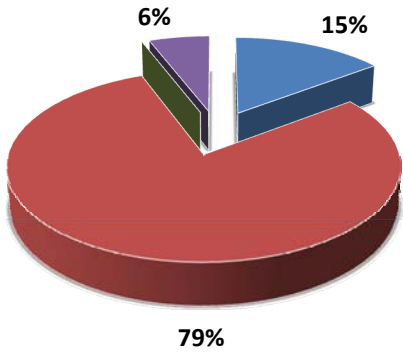
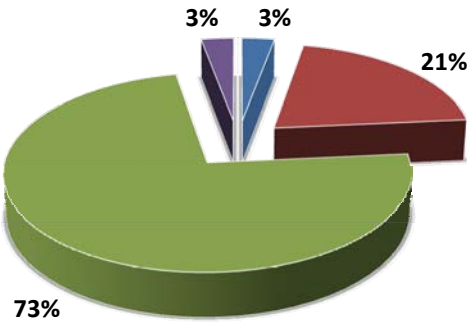
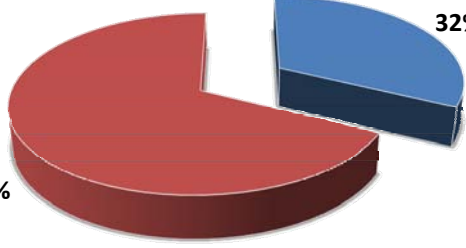
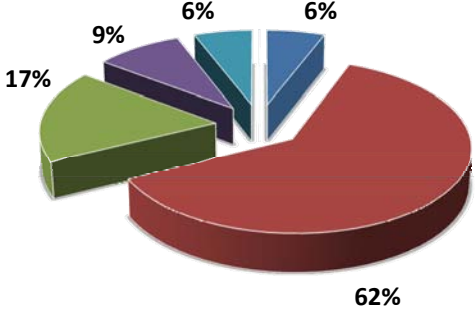
<b>Localizzazione geografica</b>		
----------------------------------	---	--

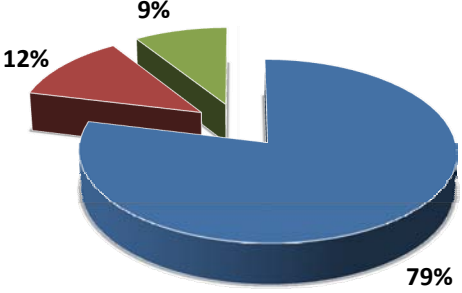
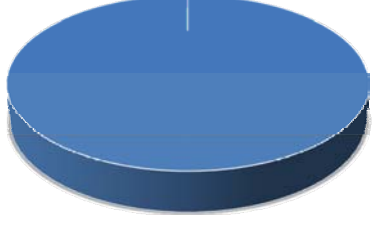
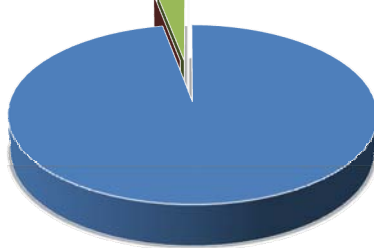
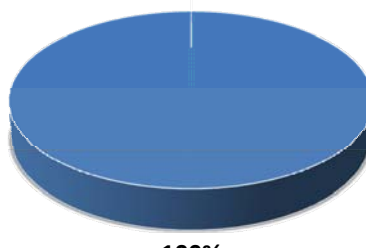
<b>Immagine generale</b>	
--------------------------	---

<b>Dati generali</b>	
<b>Abitanti</b>	633.993 ab
<b>Estensione territoriale</b>	2.689 kmq
<b>Altezza s.l.m.</b>	Casa Comunale 34 m – Max. 68 m – Min. 25 m
<b>Zona climatica</b>	E
<b>Gradi Giorno</b>	2.258
<b>Accensione impianti termici</b>	Il limite massimo consentito è di 14 ore giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile

<b>Edifici scolastici di competenza provinciale</b>		
<b>Consistenza</b>	<b>Tipo di scuola</b>	<b>Numero</b>
	Scuole secondarie II grado	34
	<b>TOTALE EDIFICI</b>	<b>34</b>
<b>Elenco scuole secondarie II grado</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liceo scientifico "Fanti" - Carpi</li> <li>2. Istituto Tecnico Industriale "L. Da Vinci" - Carpi</li> <li>3. Istituto Superiore "Meucci" - Carpi</li> <li>4. Istituto Professionale Industria e Artigianato "Vallauri" - Carpi</li> <li>5. Istituto Superiore "Calvi" - Finale Emilia</li> <li>6. Istituto Superiore "G. Galilei" - Mirandola</li> <li>7. Istituto Superiore "Luosi - Cattaneo" - Mirandola</li> <li>8. Liceo Classico "Pico" - Mirandola</li> <li>9. Liceo Scientifico "Morandi" - Finale Emilia</li> <li>10. Istituto Tecnico Commerciale "Barozzi" - Modena</li> <li>11. Istituto Superiore "Cattaneo" - Modena</li> <li>12. Istituto Professionale Servizi Sociali "Cattaneo - Deledda" - Modena</li> <li>13. Istituto Tecnico Industriale e Professionale "Corni" - Modena (Largo A. Moro)</li> <li>14. Istituto Tecnico Industriale "Corni" - Modena (via L. Da Vinci)</li> <li>15. Istituto Tecnico Industriale Provinciale "Fermi" - Modena</li> <li>16. Istituto Tecnico per Geometri "Guarini" - Modena</li> <li>17. Liceo Classico "Muratori" - Modena</li> <li>18. Liceo Classico "San Carlo" - Modena</li> <li>19. Istituto Tecnico Attività Sociali "Selmi" - Modena</li> <li>20. Liceo Scientifico "Tassoni" - Modena</li> <li>21. Istituto d'arte "Venturi" - Modena (via dei Servi)</li> <li>22. Istituto d'arte "Venturi" - Modena (via delle Belle Arti)</li> <li>23. Liceo Scientifico "Wiligelmo" - Modena</li> <li>24. Istituto Tecnico Commerciale e per Geometri "Baggi" - Sassuolo</li> <li>25. Istituto Professionale Industria e Artigianato "Don Magnani" e Istituto Tecnico Industriale "Volta" - Sassuolo</li> <li>26. Istituto Professionale Industria e Artigianato "Ferrari" - Maranello</li> <li>27. Istituto Superiore "Formiggini" - Sassuolo</li> <li>28. Istituto Professionale Servizi Commerciali e Turistici "Morante" - Sassuolo</li> <li>29. Istituto Superiore "Cavazzi", Liceo Scientifico "Sorbelli", Istituto Superiore "Marconi" - Pavullo</li> <li>30. Istituto Superiore "Levi" - Vignola</li> <li>31. Istituto Superiore "Paradisi" - Vignola</li> <li>32. Istituto Superiore "Spallanzani" - Castelfranco Emilia</li> <li>33. Istituto Superiore "Spallanzani" - Vignola</li> <li>34. Istituto Superiore "Spallanzani" - Monteombraro</li> </ol>	

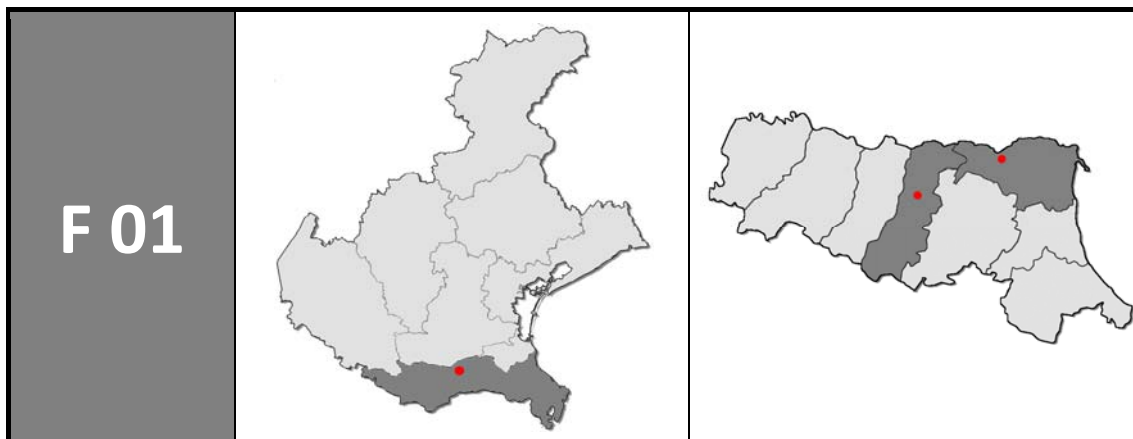


<p><b>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di telaio</b></p>	 <p>79%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Telaio in legno</li> <li>■ Telaio in alluminio</li> <li>■ Telaio in PVC</li> <li>■ Telaio in ferro</li> <li>■ Doppio telaio (ferro e legno, ferro e alluminio)</li> </ul>
<p><b>Chiusura orizzontale inferiore</b></p>	 <p>73%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Solaio in voltine di laterizio</li> <li>■ Solaio in laterocemento su muretti</li> <li>■ Vespaio con soletta in c.a.</li> <li>■ Solaio prefabbricato</li> <li>■ Altro</li> <li>■ Sconosciuta</li> </ul>
<p><b>Chiusura superiore. Tipo</b></p>	 <p>32%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Falda</li> <li>■ Piana</li> </ul>
<p><b>Chiusura superiore. Composizione</b></p>	 <p>62%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>■ Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi piani (guaine, lamiere, etc.)</li> <li>■ Struttura in legno e tavole con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>■ Struttura prefabbricata con manto di copertura in elementi piani</li> <li>■ Altro</li> <li>■ Sconosciuta</li> </ul>

<p><b>Partizione interna orizzontale</b></p>	 <p>79%</p> <p>12%</p> <p>9%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Solaio con struttura in laterocemento</li> <li>■ Solaio con struttura in legno ed elementi in laterizio (o legno)</li> <li>■ Solaio prefabbricato</li> <li>■ Solaio in c.a. gettato in opera</li> <li>■ Altro</li> <li>■ Sconosciuta</li> </ul>
<p><b>Impianto di climatizzazione. Gruppo termico</b></p>	 <p>100%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Generatore alimentato a gas metano</li> <li>■ Generatore alimentato a gasolio (o biodiesel)</li> <li>■ Teleriscaldamento</li> </ul>
<p><b>Impianto di climatizzazione. Terminali</b></p>	 <p>97%</p> <p>3%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Radiatori senza valvole termostatiche</li> <li>■ Radiatori con valvole termostatiche</li> <li>■ Aerotermi (o fan-coil)</li> <li>■ Altro</li> </ul>
<p><b>Impianto elettrico Apparecchiature elettriche</b></p>	 <p>100%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tubi a efflorescenza</li> <li>■ Altro</li> </ul>

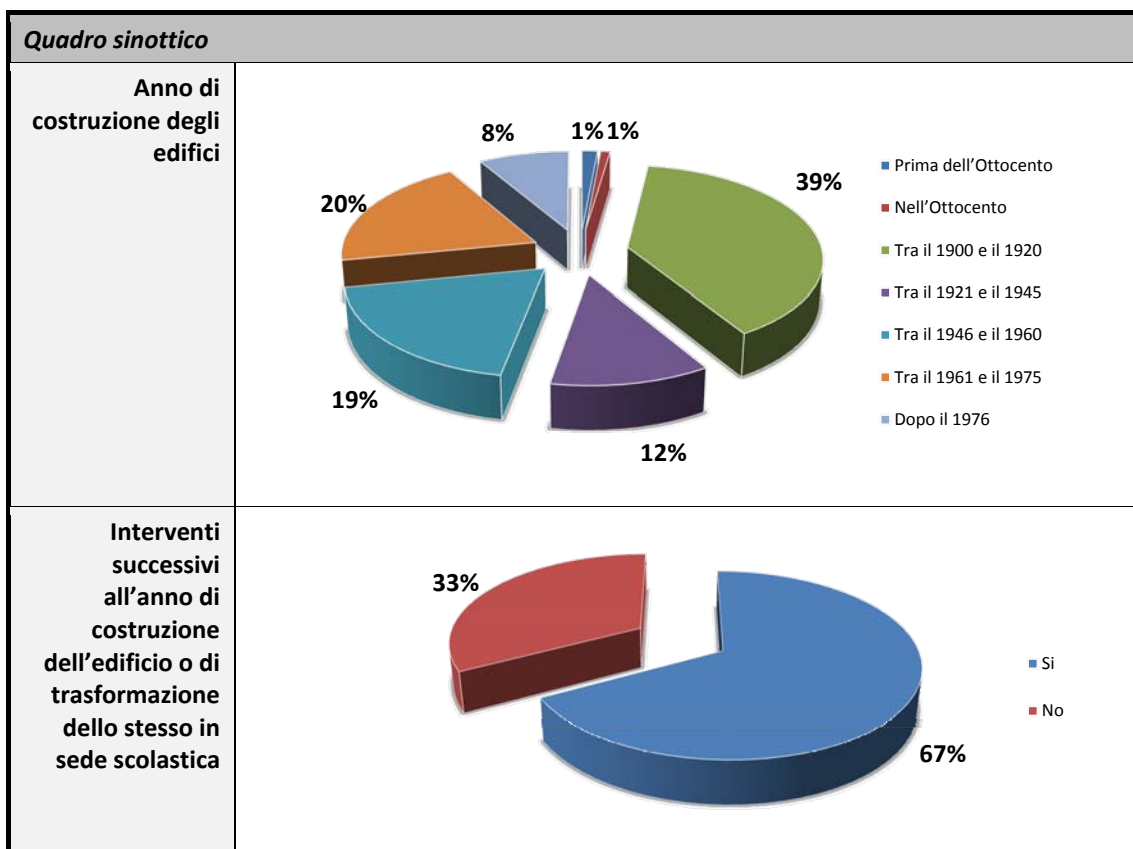


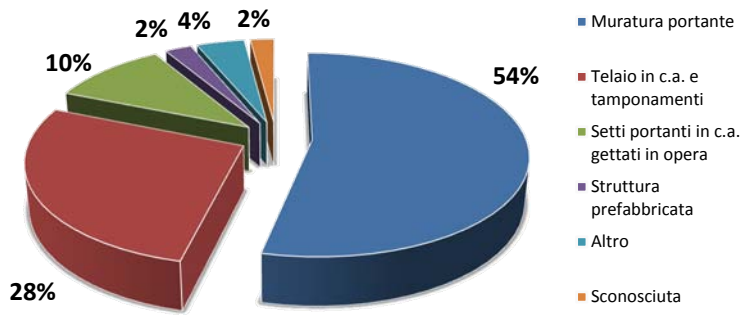
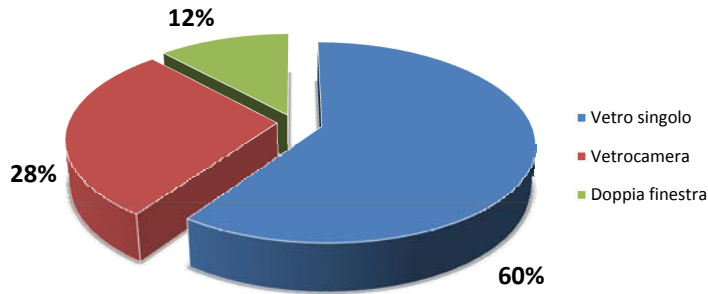
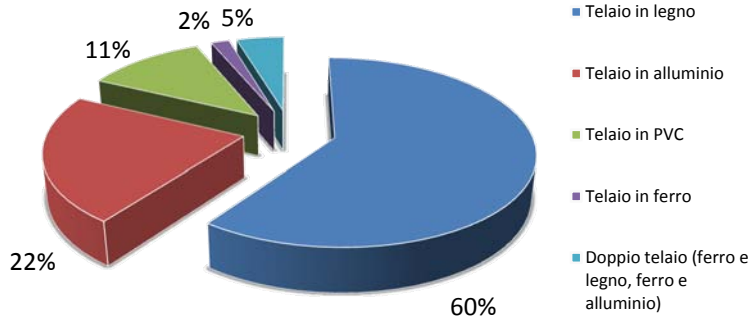
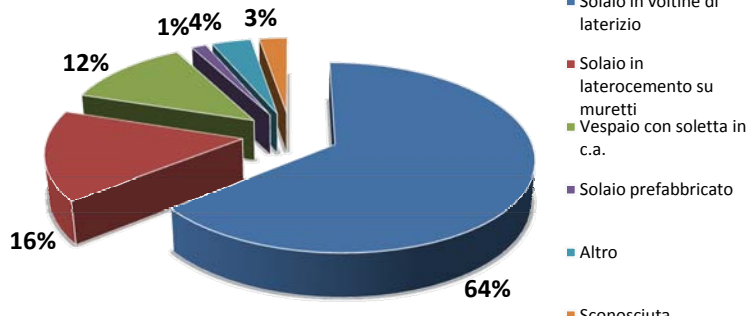
***Quadro riassuntivo finale***

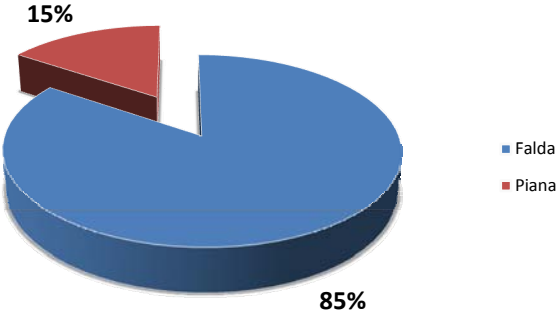
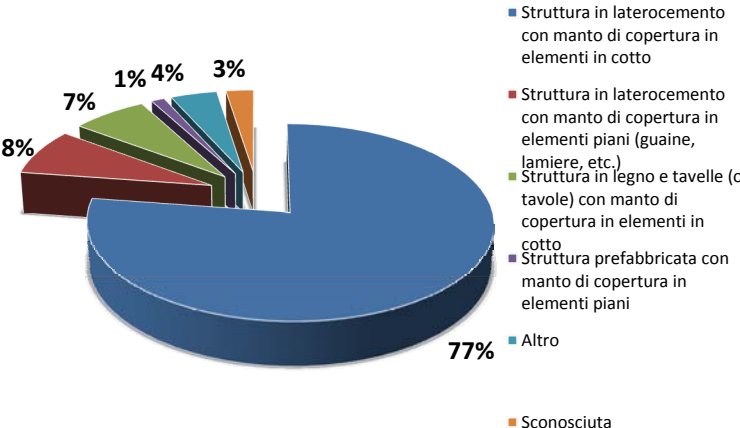
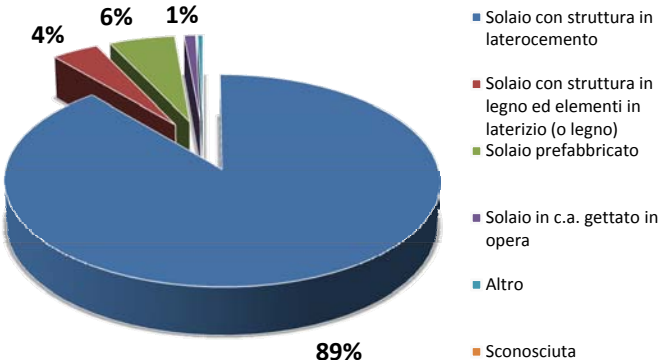
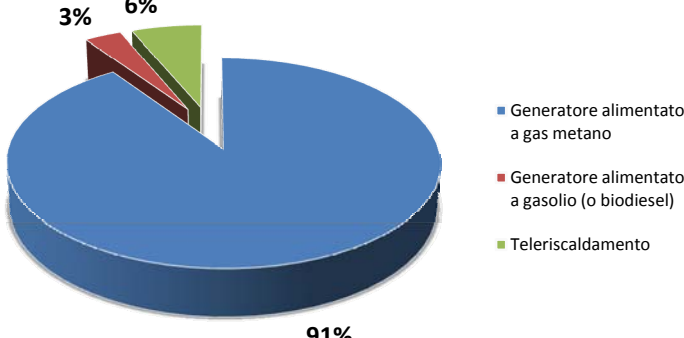


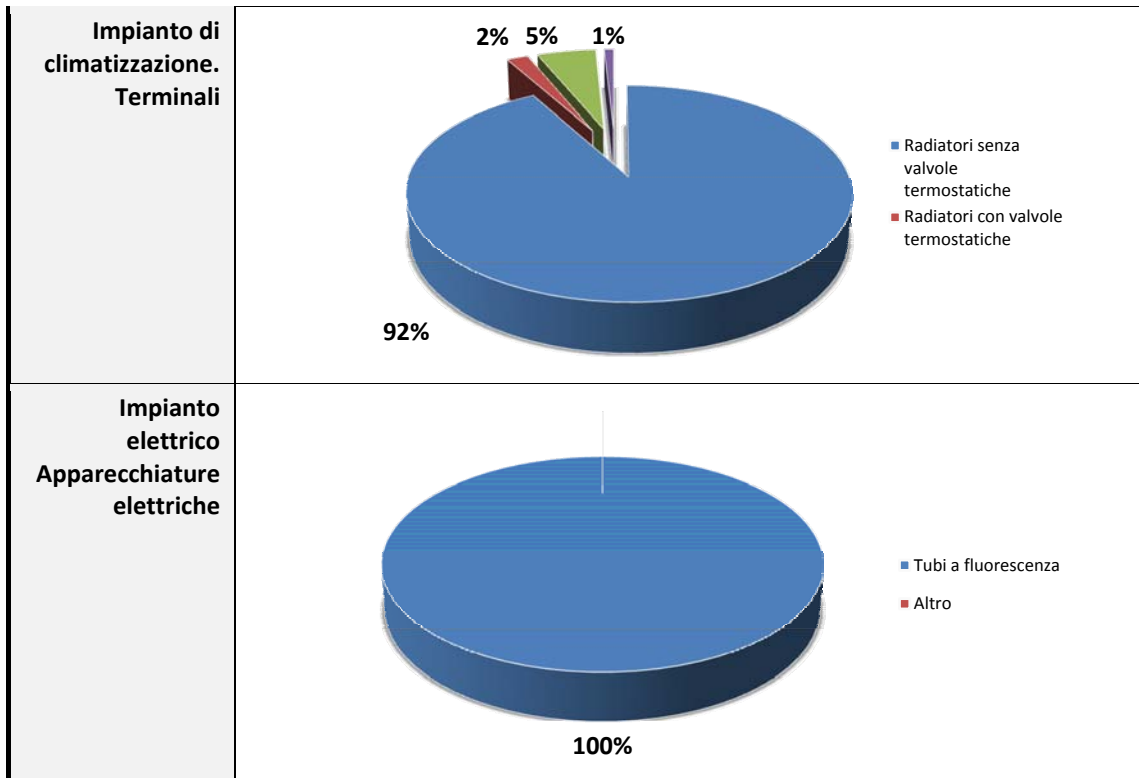
**Edifici scolastici di competenza provinciale**

Consistenza	Comune di Ferrara	53 edifici
	Provincia di Ferrara	27 edifici
	Comune di Rovigo	25 edifici
	Provincia di Rovigo	24 edifici
	Comune di Modena	69 edifici
	Provincia di Modena	34 edifici
<b>TOTALE</b>	<b>232 edifici</b>	



<p><b>Chiusura verticale. Pareti perimetrali verticali</b></p>	 <p>■ Muratura portante ■ Telaio in c.a. e tamponamenti ■ Setti portanti in c.a. gettati in opera ■ Struttura prefabbricata ■ Altro ■ Sconosciuta</p>
<p><b>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di vetro</b></p>	 <p>■ Vetro singolo ■ Vetrocamera ■ Doppia finestra</p>
<p><b>Chiusura verticale. Infissi esterni verticali. Tipo di telaio</b></p>	 <p>■ Telaio in legno ■ Telaio in alluminio ■ Telaio in PVC ■ Telaio in ferro ■ Doppio telaio (ferro e legno, ferro e alluminio)</p>
<p><b>Chiusura orizzontale inferiore</b></p>	 <p>■ Solaio in voltine di laterizio ■ Solaio in laterocemento su muretti ■ Vespaio con soletta in c.a. ■ Solaio prefabbricato ■ Altro ■ Sconosciuta</p>

<p><b>Chiusura superiore. Tipo</b></p>	 <p>85% 15%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Falda</li> <li>Piana</li> </ul>
<p><b>Chiusura superiore. Composizione</b></p>	 <p>77% 8% 7% 1% 4% 3%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>Struttura in laterocemento con manto di copertura in elementi piani (guaine, lamiere, etc.)</li> <li>Struttura in legno e tavole (o tavole) con manto di copertura in elementi in cotto</li> <li>Struttura prefabbricata con manto di copertura in elementi piani</li> <li>Altro</li> <li>Sconosciuta</li> </ul>
<p><b>Partizione interna orizzontale</b></p>	 <p>89% 4% 6% 1%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Solaio con struttura in laterocemento</li> <li>Solaio con struttura in legno ed elementi in laterizio (o legno)</li> <li>Solaio prefabbricato</li> <li>Solaio in c.a. gettato in opera</li> <li>Altro</li> <li>Sconosciuta</li> </ul>
<p><b>Impianto di climatizzazione. Gruppo termico</b></p>	 <p>91% 3% 6%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Generatore alimentato a gas metano</li> <li>Generatore alimentato a gasolio (o biodiesel)</li> <li>Teleriscaldamento</li> </ul>



### **Sintesi delle criticità emergenti**

Da una prima valutazione delle informazioni reperite in riferimento ai casi studio individuati, emerge un'immagine dell'edilizia scolastica fortemente permeata da situazioni di reale emergenza.

Un primo elemento rappresentativo della situazione attuale è la suddivisione degli edifici in tre gruppi principali, in relazione al periodo di costruzione:

- un primo gruppo appartiene all'intervallo **tra il 1900 e il 1930**;
- un secondo gruppo si muove a cavallo tra la fine degli **anni Cinquanta** e gli **anni Sessanta**;
- un ultimo gruppo si attesta dagli **anni Settanta** in avanti.

Questa distinzione rispecchia momenti storici particolarmente significativi per il settore dell'edilizia scolastica; infatti, al primo periodo corrispondono le politiche dell'autoritarismo fascista che hanno portato al nostro Paese numerose nuove strutture scolastiche; il secondo periodo fa seguito alle leggi sui finanziamenti statali per la costruzione di nuovi edifici scolastici in zone depresse, con particolare attenzione alla nuova pulsione per l'industrializzazione dei processi edilizi e alla prefabbricazione; il terzo periodo raggruppa le strutture nate, principalmente, in risposta alle nuove esigenze di edifici per l'istruzione superiore non dell'obbligo e per le strutture dell'infanzia non private di cui vi era reale necessità.

La **maggior parte degli edifici analizzati ha subito interventi sostanziali** (sostituzione di componenti degli elementi tecnici) in periodi successivi all'anno di realizzazione o di trasformazione in sede scolastica, ma l'aspetto che solleva particolare interesse è che gli edifici che hanno subito gli interventi maggiori sono quelli costruiti nei periodi più recenti (soprattutto negli anni Sessanta e Settanta, con alcuni casi appartenenti anche alla fine degli anni Novanta). Questa tendenza ha portato in luce un aspetto particolarmente significativo, che ha trovato conferma durante i colloqui intercorsi con i Responsabili delle Pubbliche Amministrazioni: le tecnologie costruttive che contraddistinguono gli edifici dagli anni Sessanta in poi sono caratterizzate da materiali poveri e poco costosi<sup>95</sup>, oppure da sperimentazioni<sup>96</sup> che inseguivano gli aspetti stilistici e di rapidità di posa in opera piuttosto che quelli di durata nel tempo e di benessere *indoor*. Pertanto, il parco edilizio oggi a nostra disposizione versa in condizioni di inadeguatezza prestazionale e tecnologica sotto diversi punti di vista e, in alcuni casi, si tratta di situazioni di vera emergenza.

Purtroppo, le Pubbliche Amministrazioni sono raramente in grado di provvedere con interventi sostanziali a causa della scarsità dei fondi a disposizione e devono accontentarsi di rimediare alle situazioni maggiormente urgenti "tamponando" gli effetti del progressivo invecchiamento degli edifici.

In quest'ottica, i provvedimenti più frequenti consistono in:

- rifacimento dei manti di copertura, in particolare delle guaine impermeabilizzanti che, per la loro esposizione diretta e continuativa, sono soggette a deterioramento causando infiltrazioni;



Fig. 63 Scuola primaria di Ferrara – frazione di Pontegradella. L'edificio, costruito nel 1915, presenta una chiusura opaca in muratura di laterizi pieni a tre e due teste (rispettivamente al piano terra e al piano primo) (Fonte: Comune di Ferrara).



Fig. 64 Scuola secondaria di I grado "D. Alighieri" di Ferrara. L'edificio, costruito alla fine degli anni Sessanta, presenta una chiusura opaca costituita da pilastri in c.a. gettati in opera e tamponamenti in mattoni pieni (Fonte: Comune di Ferrara).



Fig. 65 Istituto professionale per servizi alberghieri e ristorazione "A. Moro" di Adria (RO). L'edificio, costruito nel 1990, presenta una chiusura opaca costituita da struttura in pilastri in c.a., tamponamenti in laterizi forati e intonaco esterno (Fonte: Provincia di Rovigo).

<sup>95</sup> Ad esempio, in riferimento all'indagine condotta, mattoni in laterizio forato con intonaco di spessore ridotto, mattoni in laterizio pieno di scarsa qualità, travi e pilastri in cemento armato prefabbricato con ferri di armatura ormai esposti, etc.

<sup>96</sup> Si fa riferimento in particolare, alle sperimentazioni sull'edilizia prefabbricata degli anni Settanta.

- adeguamento normativo dell'immobile, in particolare dell'impianto elettrico, dell'impianto antincendio, delle vie di esodo e delle dotazioni per il rispetto delle normative riguardanti persone diversamente abili;
- sostituzione dei vetri singoli delle finestre con vetri accoppiati di sicurezza;
- manutenzione di elementi di facciata potenzialmente pericolosi per la pubblica incolumità;
- sostituzione dei sistemi generazione di calore durante i colloqui, sono gli interventi di:
  - sostituzione dei vecchi infissi (con vetro singolo, telaio in alluminio o ferro<sup>97</sup> o legno, senza guarnizioni di tenuta, ormai obsoleti e deteriorati) con sistemi maggiormente performanti e di tenuta;
  - inserimento di materiale isolante all'interno di coperture e, più raramente, in facciata (cappotto termico);
  - sostituzione di caldaie tradizionali a scarso rendimento con sistemi a condensazione;
  - collegamento alla rete di teleriscaldamento e sostituzione del gasolio combustibile con biodiesel (nei casi di scuole isolate in cui non è ancora stato possibile provvedere con l'allacciamento al teleriscaldamento o alla rete del gas metano);
  - Inserimento di valvole termostatiche nei terminali di riscaldamento.



Fig. 66 Istituto Superiore "Luosi" di Modena (Fonte: Provincia di Modena).



Fig. 67 Scuola Primaria "Alda Costa" di Ferrara (Fonte: Comune di Ferrara).



Fig. 68 Liceo Scientifico "Fanti" di Carpi (MO) (Fonte: Provincia di Modena).

Appare evidente che le azioni finalizzate al risparmio energetico nelle scuole trovano ancora difficile applicazione poiché ci si trova a far fronte, primariamente, alle situazioni di emergenza che potrebbero compromettere l'utilizzo della struttura. In ogni caso, la percentuale di edifici che non hanno ancora subito interventi sostanziali può far sperare in una azione mirata e non esclusivamente finalizzata ad azioni di prima emergenza.

Addentrando maggiormente all'interno del campione di studi, a livello delle classi di elementi tecnici, è possibile individuare un insieme di informazioni relative allo stato di fatto del costruito, utili alla determinazione le criticità e le potenzialità dello stesso e a una prima formulazione delle caratteristiche energetiche di involucro e di impianto.

L'analisi delle pareti perimetrali verticali evidenzia un **territorio fortemente legato alla tradizione del mattone**, utilizzato sia sotto forma di laterizi pieni per murature portanti, sia sotto forma di laterizi forati per tamponamenti di strutture intelaiate in cemento armato. L'utilizzo degli elementi in laterizio, inoltre, si lega in molti casi (in particolare nella provincia di Ferrara) ad una architettura che ha radici nella storia e che risale anche a periodi antecedenti al 1500. È in queste zone che si predilige l'aspetto "puro" del mattone che viene lasciato "faccia a vista" anche nelle costruzioni più recenti, con la sostanziale differenza che nel 1500 si utilizzavano murature a tre teste, mentre ora si utilizzano esclusivamente le murature a due teste<sup>98</sup>.

<sup>97</sup> Sono ancora molti i casi di "ferro-finestra".

<sup>98</sup> In alcuni casi, la presenza di mattone "faccia a vista" viene simulata da elementi piani in cotto applicati su un tamponamento costituito da mattoni forati, meno costosi e, pertanto, preferibili soprattutto in periodi di austerità.

La presenza dell'intonaco varia in relazione alle diverse realtà locali, ma anche in base ad esigenze costruttive (per lo più costi e velocità di posa in opera) che hanno fatto preferire il laterizio forato piuttosto che quello pieno. In questi casi non si è cercato di dissimulare la presenza del forato procedendo attraverso l'intonacatura "a filo facciata", ma, al contrario, si è generato un vero e proprio linguaggio architettonico che permetteva di leggere distintamente le diversità di materiale. Infatti, come è possibile notare in buona parte dei fabbricati appartenenti agli anni Sessanta, il telaio in c.a. viene lasciato a vista, mentre il tamponamento in mattoni, di spessore minore, viene intonacato<sup>99</sup>. A sottolineare questa lettura non vi è solamente la differenza di spessore tra i due elementi (del valore di pochi centimetri), ma anche la differenza cromatica, poiché pilastro e tamponamento non vengono mai trattati allo stesso modo; generalmente, infatti, o il pilastro viene lasciato "al grezzo" (sia nel caso di prefabbricazione che di getto in opera) e la muratura viene intonacata, oppure, il primo viene semplicemente tinteggiato di un colore, diverso rispetto a quello del tamponamento.

**Le strutture prefabbricate riscuotono minori consensi** all'interno dei casi studio, con alcune eccezioni nel comune di Ferrara e nella provincia di Modena, con alcune differenze sostanziali: nel primo caso si tratta della prefabbricazione iniziata negli anni Settanta grazie agli incentivi legislativi, nel secondo caso si tratta di una seconda generazione di prefabbricazione pesante in c.a. appartenente al periodo a cavallo tra la fine degli anni Ottanta e i primi anni Novanta.

Le differenze tra i due modelli sono piuttosto evidenti poiché, nel primo caso si tratta di telai in c.a. prefabbricati tamponati con pannelli, sempre in c.a., dello spessore dei 15-20 cm, semplicemente posati in opera; molto spesso essi presentano una superficie esterna corrugata che non richiede intonaco e, internamente, vengono tinteggiati oppure intonacati. Questo tipo di soluzioni veniva adottato nei territori in cui si presentava l'improvvisa necessità di scuole in tempi brevi e, per far fronte a questa esigenza, si procedeva con costruzioni di scarsa qualità ma che riuscivano a far fronte all'emergenza.

La seconda ondata di prefabbricazione che ha investito il territorio presenta caratteristiche di maggiore complessità che lasciano intravedere una progettazione più attenta alle esigenze dell'utenza e, allo stesso tempo, un linguaggio architettonico più articolato. La composizione della chiusura verticale opaca è costituita da una stratificazione di materiali che prevede:

- pannelli esterni in c.a. con diverse finiture superficiali (15-20 cm di spessore);
- una intercapedine utilizzata per ospitare le reti impiantistiche o, in rari casi, l'isolante termico;
- una controparete interna in laterizi forati (generalmente da 8 cm) oppure in cartongesso;
- intonaco interno o rasatura.

Molte delle problematiche attuali connesse alla prefabbricazione riguardano il deterioramento delle diverse componenti delle chiusure che, essendo assemblate a secco e con materiali diversi tra loro, non presentano un comportamento uniforme.



Fig. 69 Istituto Professionale per l'Industria e l'Artigianato "Vallauri" di Carpi (MO) (Fonte: provincia di Modena).



Fig. 70 Scuola secondaria di I grado "G. Parenzo" di Rovigo: pannelli prefabbricati di chiusura verticale montati su profili in acciaio (Fonte: Comune di Rovigo).



Fig. 71 Scuola secondaria di I grado "Bonifacio" di Rovigo: chiusura verticale eseguita con pannelli in c.a. prefabbricato (Fonte: Comune di Rovigo).

<sup>99</sup> Questa tecnica è presente anche in caso di tamponamenti in laterizio pieno a due teste in edifici appartenenti agli anni Sessanta e Settanta.



Inoltre, nel caso di impiego dei pannelli singoli in c.a., la pessima condizione termoigrometrica che si crea all'interno degli ambienti produce effetti a medio-lungo termine quali il deposito di condense superficiali con conseguenti problemi di depositi di muffe.

Per trovare soluzioni tecnologiche di chiusura verticale opaca all'avanguardia e con particolare attenzione verso le problematiche di risparmio energetico non è sufficiente spostarsi nei periodi più recenti (dagli anni Duemila in poi), poiché le espressioni di questa tendenza si contano sulle dita di una mano.

Per quanto riguarda le **chiusure verticali trasparenti**, si è notato che le loro caratteristiche variano in relazione all'appartenenza del fabbricato alla sfera comunale o provinciale. Infatti, **gli edifici di competenza comunale presentano una percentuale maggiore di finestre con vetro singolo**<sup>100</sup> oppure di doppie finestre con vetro singolo, intendendo per queste ultime due telai separati, ognuno con un proprio vetro, montati ad una certa distanza tra loro e che presentano, generalmente differenti materiali per il telaio; di contro, **gli edifici di competenza provinciale presentano una quota maggiore di infissi con vetrocamera**. Il motivo di questa differenza consiste nel fatto che le Province hanno in gran parte provveduto alla sostituzione degli infissi, mentre i comuni trovano ancora numerosi ostacoli legati agli aspetti economici. In ogni caso, è da notare che in gran parte dei casi analizzati la finestra risulta essere l'elemento maggiormente disperdente dell'involucro edilizio, sia per la tecnologia costitutiva (ormai obsoleta) che per lo stato di conservazione.

Dal punto di vista del materiale che costituisce il telaio dell'infisso, la tendenza è assolutamente uniforme per comuni e province e vede un maggiore orientamento verso l'alluminio, mentre il legno è presente solo nei casi di edilizia storicizzata (attorno agli anni Venti e Trenta). In questo ultimo gruppo sono ancora presenti, inoltre, numerosi casi di "ferro-finestra" che aspettano di essere sostituiti con componenti più performanti.

L'analisi delle tecnologie che costituiscono la chiusura orizzontale inferiore richiede un approfondimento specifico in relazione al reperimento dei dati. Infatti, in relazione ai colloqui effettuati, **la conoscenza del solaio a terra è possibile solo se sono stati effettuati interventi di manutenzione** agli impianti o alle reti di scarico poiché, soprattutto per le strutture più vecchie, non è possibile reperire documentazioni tecniche di riferimento. Di conseguenza la percentuale di casi sconosciuti è maggiore rispetto alle altre voci.

Nei casi in cui è stato possibile reperire le informazioni emergono con maggiore frequenza i casi di solaio in laterocemento su muretti (o di voltine in laterizio, nel caso di edilizia storica) e di vespaio a terra poiché, trattandosi di un territorio con forte presenza di umidità di risalita, queste si dimostravano le tecnologie più adatte per difendersi da questo problema. Questa tendenza è stata portata avanti anche per le nuove costruzioni che evidenziano un tipo di solaio a terra che rappresenta l'evoluzione del vespaio e del solaio aerato, ovvero il solaio ventilato con igloo.



Fig. 72 Scuola primaria "Mons. Mattioli" di Rovigo: chiusura verticale trasparente realizzata con telaio in alluminio e vetro singolo (Fonte: Comune di Rovigo).



Fig. 73 Istituto Superiore "Galilei" di Mirandola (MO) (Fonte: Provincia di Modena).

<sup>100</sup> I realtà non si tratta mai di vetri singoli poiché nelle scuole è d'obbligo il vetro stratificato di sicurezza (accoppiato), ma la definizione vuole indicare un tipo di vetro non accoppiato ad un altro vetro attraverso una camera d'aria sigillata, che definirebbe il vetrocamera.

La chiusura superiore degli edifici scolastici rappresenta una delle voci di maggiore rilievo all'interno della programmazione degli interventi di manutenzione e, dunque, è possibile effettuare considerazioni importanti.

Gli edifici indagati presentano una rilevante maggioranza di tetti a falda e, di conseguenza, le tecnologie costruttive più rappresentative del patrimonio esistente sono quelle legate alla tradizione del solaio in laterocemento o in legno e tavelle in laterizio (o in tavole di legno), per quanto riguarda l'edilizia storicizzata. **Il manto di copertura è fortemente influenzato dal contesto in cui la scuola si trova**, poiché in un ambiente urbano si preferiscono gli elementi in cotto (coppi, marsigliesi, etc.), mentre nell'ambiente extraurbano si riscontrano molti casi di elementi piani quali guaine impermeabilizzanti e lamiera metalliche.

Si è riscontrato che **il solaio di copertura è l'elemento tecnico in cui si riscontra maggiormente la presenza di isolante termico**, generalmente sotto forma di lastre dello spessore di circa 5 cm.; infatti, molto spesso, si decide di provvedere alla posa in opera dell'isolamento termico in occasione di manutenzioni straordinarie del coperto, quali il rifacimento delle guaine impermeabilizzanti o la sostituzione degli elementi in cotto con nuove lastre di lamiera.

Anche **per le partizioni orizzontali<sup>101</sup> si evidenzia la presenza quasi assoluta del solaio in laterocemento**, con alcuni casi di solaio in legno e tavelle (o tavole) negli edifici storici e di solaio in elementi in ferro in alcuni casi di recupero dell'esistente.

### Individuazione delle dotazioni impiantistiche ricorrenti

#### *Impianti di climatizzazione invernale: gruppo termico e terminali*

Gli edifici scolastici presentano generalmente impianti di riscaldamento di tipo tradizionale costituiti da caldaie a tubi di fumo e impianti privi di zonizzazione.

**I terminali di emissione presenti nelle aule per la didattica sono identificabili nei grandi radiatori, per lo più in ghisa**, che non presentano, salvo rare eccezioni, le valvole termostatiche di regolazione. In particolare, questo aspetto non è legato solamente alla mancanza di fondi per questo genere di dispositivi, ma piuttosto alla consistente presenza di atti di vandalismo da parte degli alunni (appartenenti soprattutto alle scuole secondarie di II livello). Sarebbe necessario collocare le valvole termostatiche all'interno di elementi di protezione, ma la spesa dell'insieme sarebbe troppo elevata e non vantaggiosa in relazione ai benefici apportati.

Negli ambienti di notevoli dimensioni (palestre, aule magne, laboratori), a causa delle notevole massa d'aria da riscaldare, si riscontra sovente l'utilizzo di impianti arotermi (ventilconvettori, termoconvettori, etc.).

Molto più ristretto è il campo di applicazione di impianti di riscaldamento ad aria all'interno delle aule (bocchette di areazione) a causa della trasmissione del rumore e al movimento d'aria causato. Trovano limitato riscontro anche i sistemi di ventilazione meccanica controllata (VMC), quasi del tutto assenti negli edifici esistenti.



Fig. 74 Scuola primaria di Rovigo – frazione di Grignano Polesine: intervento di manutenzione straordinaria al coperto per inserimento di materiale isolante e sostituzione del manto di copertura (Fonte: Comune di Rovigo).

<sup>101</sup> I solai intermedi non sono presenti in tutti gli edifici del campione poiché, ad esempio, le scuole dell'infanzia sono obbligatoriamente ad un piano.

Ancora poco diffuse sono le caldaie a condensazione (ad alto rendimento), che hanno iniziato a sostituire le caldaie tradizionali con l'ingresso dei nuovi decreti sul risparmio energetico<sup>102</sup> e con gli incentivi previsti nelle Leggi Finanziarie di supporto.

### ***Impianti di climatizzazione estiva***

Visto il periodo di utilizzo degli edifici (settembre-giugno) è **piuttosto raro riscontrare la presenza di impianti di condizionamento dell'aria all'interno delle scuole** e il campione di studi ha confermato questa tendenza.

Le uniche eccezioni sono gli uffici del personale scolastico dove sono stati riscontrati alcuni casi di installazione di gruppi di condizionamento d'aria indipendenti non collegati al sistema centralizzato. Questi elementi sono stati installati a seguito della realizzazione degli edifici e, per questo motivo, essi sono collocati anche sui fronti principali. Questi piccoli apparecchi possono essere sufficienti a raffrescare gli uffici, ma non certamente le aule per la didattica che, in molti casi, possono presentare problemi di surriscaldamento legati ad una cattiva progettazione. Questo problema è maggiormente sentito negli edifici con scarse prestazioni termiche di involucro quali, ad esempio, gli edifici prefabbricati degli anni Sessanta e Settanta. In questi casi le condizioni ambientali delle aule portano spesso ad una scarsa vivibilità degli ambienti stessi, causando ripercussioni sulla capacità di attenzione degli alunni e sul normale svolgimento delle attività didattiche.

### ***Illuminazione degli ambienti***

L'illuminazione è un fattore che riveste notevole importanza all'interno del bilancio energetico di un edificio scolastico. In particolare, nei casi di presenza di laboratori, l'assorbimento elettrico dovuto all'illuminazione può dimostrarsi la spesa energetica più elevata che l'edificio deve sostenere. Ma il problema è ricorrente anche nelle situazioni di progettazione non particolarmente attente all'orientamento dell'edificio o in presenza di "ostacoli" nelle immediate vicinanze dell'edificio (ombre portate da edifici adiacenti, soprattutto nei casi di scuole localizzate in tessuti urbani compatti, vegetazione compatta).

In questi casi, l'uso dell'illuminazione artificiale raggiunge livelli di impiego molto elevati nell'arco temporale quotidiano di utilizzo dell'immobile, causando un notevole innalzamento delle spese energetiche.

Attualmente, **le scuole italiane che utilizzano fonti di illuminazione a basso consumo sono circa il 50%**<sup>103</sup>; le restanti, nella quasi totalità dei casi, utilizzano lampade al neon.

L'indagine effettuata sulle città e province campione ha determinato l'esclusiva presenza nelle scuole di tubi a fluorescenza senza dispositivi di rilevamento di

---

<sup>102</sup> DLgs 192/2005 e DLgs 311/2006.

<sup>103</sup> Secondo il rapporto "Ecosistema scuola 2008" di Legambiente la percentuale ammonta al 49,55% rispetto ad un campione di 94 comuni e 51 Province.

presenza, ad esempio nei corridoi o nei bagni, o regolazioni dell'intensità luminosa in base alla quota di luce naturale.

Oltre alla mancanza in questo ambito dei dispositivi di risparmio energetico, è del tutto assente una progettazione relazionata alle diverse esigenze di illuminazione delle parti dell'edificio<sup>104</sup> e dell'aula stessa, fattore che migliorerebbe la qualità illuminotecnica generale e, dunque, anche la qualità ambientale.

### ***Dotazioni tecnologiche***

La normale evoluzione delle tecnologie ha permesso (e in un certo senso imposto) alle scuole di dotarsi di strumentazioni che permettono l'interazione di metodologie di didattica differenti. In particolare, la presenza, ormai indispensabile, di aule-laboratorio con forte presenza di strumentazioni informatiche (dai semplici computers con monitor e stampanti ai più complessi sistemi in rete con server) ha prodotto forti ripercussioni sui consumi elettrici degli edifici scolastici. Non si tratta di dotazioni impiantistiche nel senso tradizionale del termine, ma questi strumenti, oltre ad avere un alto potenziale di assorbimento elettrico, incidono sul bilancio energetico globale contribuendo sensibilmente all'innalzamento degli apporti gratuiti di calore. Questo aspetto può essere interpretato secondo due punti di vista differenti: da un lato è possibile riutilizzare questi apporti gratuiti, attraverso valvole termostatiche e opportuni sistemi di recupero di calore, per applicare eventuali misure di risparmio energetico; dall'altro, se non opportunamente e adeguatamente considerati, questi apporti possono causare notevoli variazioni nel comportamento energetico e ambientale di alcune zone dell'edificio, rendendo poco gradevole la permanenza all'interno delle aule – laboratorio.

### ***Fonti energetiche utilizzate***

Le analisi condotte sul campione di studi dimostrano che **il gas metano è il combustibile che trova attualmente il più largo impiego**, ma sono ancora presenti edifici che utilizzano il gasolio come unica fonte energetica. Si tratta per lo più di edifici isolati e localizzati nelle periferie e nelle frazioni delle città e, pertanto, non ancora serviti dalla rete di distribuzione per motivi legati a condizioni locali. La buona notizia è che per alcuni edifici è stata prevista la conversione del combustibile da gasolio a biodiesel.

Un caso particolare è rappresentato dalla Provincia di Ferrara che ha optato per il teleriscaldamento per buona parte degli edifici scolastici di propria competenza inclusi nel territorio comunale.

Le energie rinnovabili, malgrado i bandi nazionali a supporto e incentivo del loro utilizzo, non hanno ancora trovato ampio campo di applicazione e sono destinate ad essere energie di supporto alle tradizionali. Si tratta generalmente delle tecnologie di sfruttamento dell'energia solare attraverso impianti fotovoltaici finalizzati alla produzione di energia elettrica. Gli impianti che utilizzano il

<sup>104</sup> Si fa riferimento, ad esempio, alla differenziazione del raggio luminoso artificiale sui banchi e sulla lavagna al fine di non affaticare la vista degli alunni.

potenziale termico dell'energia solare (collettori solari) trovano un campo di applicazione molto limitato: la quasi totalità dei casi riguarda le scuole per l'infanzia, in cui è richiesta la presenza di acqua calda sanitaria, e gli istituti scolastici che presentano particolari dotazioni sportive (ad es. piscine).

Grazie ai progetti nazionali di incentivazione dell'energia solare, l'utilizzo di fonti alternative sta andando sempre più diffondendosi; secondo i dati riportati all'interno del rapporto di Legambiente "Ecosistema scuola 2008", la percentuale di edifici che utilizzano questo tipo di risparmio energetico è del 7,54%, quasi raddoppiata rispetto all'anno precedente<sup>105</sup>.

### Consistenza, stato e funzionalità del patrimonio edilizio scolastico: l'"Anagrafe nazionale dell'edilizia scolastica"



Fig. 75 Frontespizio del questionario per edificio e per sede scolastica previsto dall'anagrafe dell'edilizia scolastica (Fonte: Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca).

La Legge 11 gennaio 1996, n. 23 – *Norme per l'edilizia scolastica*<sup>106</sup> prevede che il Ministero della Pubblica Istruzione realizzi e curi "[...] l'aggiornamento, nell'ambito del proprio sistema informativo e con la collaborazione degli enti locali interessati, di un'**anagrafe nazionale dell'edilizia scolastica** diretta ad accertare la **consistenza**, la **situazione** e la **funzionalità** del patrimonio edilizio scolastico. Detta anagrafe è articolata per regioni e costituisce lo strumento conoscitivo fondamentale ai fini dei diversi livelli di programmazione degli interventi nel settore" (art. 7, comma 1). L'obiettivo di questa iniziativa è di avere uno strumento che rappresenti in modo completo ed analitico lo stato dell'edilizia scolastica, sia ai fini della programmazione degli interventi di manutenzione ed ampliamento da parte degli Enti Locali, sia per la gestione ordinaria da parte di Province, Comuni e singole Unità Scolastiche. Inoltre, la banca dati ottenuta fornirebbe un quadro di orientamento sulle reali condizioni del patrimonio edilizio nazionale unitamente a una completa caratterizzazione, dal punto di vista architettonico, tecnologico e impiantistico, attualmente fornita da Legambiente attraverso il rapporto annuale "Ecosistema Scuola". Attualmente, infatti, questo documento è l'unica indagine che cerca di restituire un quadro di orientamento sullo stato degli edifici e dei servizi scolastici del territorio nazionale, ma presenta molte incompletezze dovute principalmente alla volontarietà della compilazione del questionario<sup>107</sup>.

Il progetto del MPI prevede due componenti: una centrale che garantisce all'amministrazione le conoscenze necessarie all'adempimento della sua missione istituzionale di indirizzo, pianificazione e controllo; un'altra, distribuita su poli regionali (Nodi Regionali), che assicura la programmazione a livello regionale del patrimonio edilizio e la gestione del medesimo su base provinciale, comunale e di singola unità scolastica, in un quadro di integrazione e condivisione delle informazioni coi sistemi informativi degli enti locali stessi.

Il progetto coinvolge numerosi attori, a vari livelli:

- il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca;
- le Province Autonome di Trento e Bolzano;
- le Province e i Comuni;

<sup>105</sup> Indagine effettuata rispetto ad un campione di 94 comuni e 51 province.

<sup>106</sup> Pubblicata nella Gazz. Uff. 19 gennaio 1996, n. 15.

<sup>107</sup> Fino ad ora sono stati raccolti i dati relativi alla situazione di 94 comuni e 51 province e, quindi, i risultati sono del tutto parziali, sebbene orientativi.

- gli uffici periferici del MIUR;
- le Istituzioni Scolastiche.

Inoltre, sono previste diverse aree di intervento che concorrono alla realizzazione del progetto:

- **area applicativa:** realizzazione di un software di gestione e consultazione dei dati reperiti;
- **area metodologica e formativa:** individuazione di una metodologia comune di acquisizione dei dati e relativa formazione del personale addetto ai rilievi e alla compilazione delle schede;
- **area di supporto sistemistico:** gestione dei nodi di comunicazione e relazione tra i diversi attori dell'operazione;
- **area supporto utente:** attività di supporto agli utenti finali;
- **formazione a distanza:** supporto *on line* dal punto di vista dell'aggiornamento.

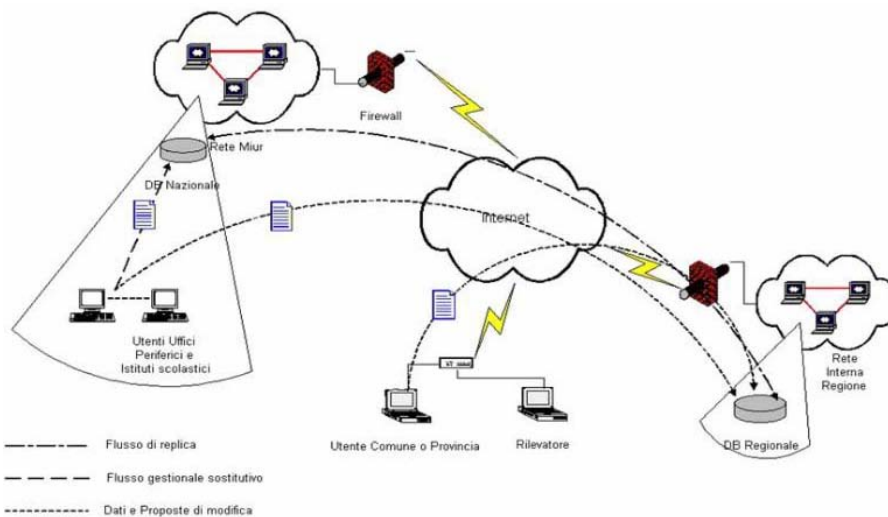


Fig. 76 Flussi informativi dell'anagrafe dell'edilizia scolastica (Fonte: Ministero della Pubblica Istruzione).

Il progetto dell'anagrafe dell'edilizia scolastica è di indiscutibile utilità ai fini dell'acquisizione di un quadro conoscitivo specifico del patrimonio nazionale, ma l'articolazione delle fasi e delle competenze ha notevolmente dilatato i tempi di rilevamento tanto che, ad oggi, il Ministero non ha ancora fornito una rielaborazione definitiva dei dati raccolti.

Una volta riunite le informazioni, lo studio, attraverso il questionario sull'edificio e sulla sede scolastica, fornirà informazioni riguardanti:

- l'**identificazione dell'edificio** (sezione A);
- le **notizie generali sull'ubicazione dell'edificio** (sezione B): ubicazione (con indicazione di eventuali vincoli architettonici, paesaggistici o sismici), dati catastali, collegamenti tra l'edificio e la città, ambiente e area scolastica, caratteristiche e consistenza dell'area scolastica (presenza di parcheggi, possibilità di espansione dell'edificio);
- le **notizie generali dell'edificio** (sezione C): titolo di godimento (proprietà e gestione), utilizzazione dell'edificio (usi scolastici ed extrascolastici), origine ed età (edificio proprio o improprio, età, eventuali trasformazioni e manutenzioni subite, morfologia e articolazione dell'edificio, dimensioni complessive,

- tecnologie di costruzione prevalente), stato di conservazione del corpo di fabbrica principale (sia per le opere edilizie che per gli impianti);
- le **condizioni di sicurezza e i requisiti particolari** (sezione D): certificazioni dell'edificio (sicurezza, antincendio, produzione di calore per la climatizzazione invernale), requisiti particolari (barriere architettoniche, contenimento energetico<sup>108</sup>, isolamento acustico, condizioni di insalubrità particolari, presenza di amianto);
  - le **caratteristiche funzionali e dimensionali degli spazi in uso** (sezione E);
  - la presenza di **attrezzature sportive** (sezione F): notizie sulle palestre, notizie sugli impianti all'aperto e piscine, presenza di attività ginniche all'aperto;
  - l'individuazione di **altre informazioni e osservazioni** (sezione G): presenza e notizie sul servizio mensa, presenza di azienda agricola a disposizione della scuola.

Analizzando il questionario, appare evidente come questo non sia esaustivo della situazione attuale del parco edilizio; infatti, come precedentemente evidenziato, l'anagrafe non si addentra in profondità della questione riportando esclusivamente informazioni (anche piuttosto sommarie) relativamente alle unità tecnologiche, ma escludendo alcune classi di elementi tecnici quali gli infissi e gli impianti di fornitura servizi, particolarmente utili al fine di una rappresentazione specifica dello scenario edilizio. Inoltre, sono assolutamente assenti informazioni sul benessere termo igrometrico, luminoso, acustico e le situazioni di rischio e degrado.

È evidente come lo strumento del Ministero non sia stato creato con il dovuto approfondimento e la dovuta accuratezza che la questione avrebbe richiesto, ma, in ogni caso, esso rappresenta una fonte di informazioni significative nell'ottica di una valutazione del patrimonio esistente e, nello specifico di ogni realtà locale, nella previsione e programmazione di azioni di intervento.

### 3.1.4 Quantificazione dei consumi energetici negli edifici scolastici

Come il settore civile cui appartiene, l'ambito dell'edilizia scolastica esistente rappresenta una quota notevolmente maggiore rispetto agli edifici scolastici di nuova costruzione e, quindi, come noto, è responsabile della maggior parte dei consumi energetici. Se, infatti, ormai è possibile affermare che le scuole di nuova costruzione rispettino, in buona parte, i requisiti di sostenibilità e di risparmio di risorse, non può essere affermato altrettanto in merito agli edifici esistenti.

Uno studio condotto dal Gruppo di Ricerca TEBE del Dipartimento di Energetica del Politecnico di Torino<sup>109</sup> afferma che **il consumo di energia primaria relativa alla climatizzazione invernale di un edificio scolastico del Nord Italia è compreso tra i 120 e i 200 kWh/m<sup>2</sup>anno** (corrispondenti a un intervallo compreso tra i 40 e i 60 kWh/m<sup>3</sup>anno), mentre **il fabbisogno di energia elettrica per illuminazione è compreso tra 56 e 83 kWh/m<sup>2</sup>anno** (corrispondenti a un intervallo compreso tra i

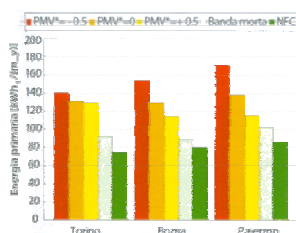


Fig. 77 Confronto tra consumi specifici di energia primaria in funzione di diverse condizioni di comfort termico imposte (Fonte: Filippi M., Fabrizio E., *Una gestione energetica sostenibile per l'edilizia scolastica*, pag. 39, cfr. bibliografia).

<sup>108</sup> Rispetto alla Legge 9 gennaio 1991, n. 10.

<sup>109</sup> Ricerca condotta su 140 edifici scolastici e relative pertinenze della provincia di Torino.

20 e i 30 kWh/m<sup>2</sup>anno, con fattore di conversione pari a 2,78 kWh/kWh tra energia elettrica ed energia primaria).

Le emissioni di CO<sub>2</sub> che conseguono a tali quote di consumi (relativamente al fabbisogno termico) sono stimabili in un intervallo compreso tra 27 e 46 Kg/m<sup>2</sup> all'anno, nel caso di impiego di gas naturale quale combustibile, e in un intervallo compreso tra 41 e 68 Kg/m<sup>2</sup> all'anno, nel caso di impiego di gasolio. Per quanto concerne il fabbisogno elettrico, le emissioni di CO<sub>2</sub> ammontano a una quota compresa tra i 9 e i 14 Kg/m<sup>2</sup> all'anno. In totale, quindi, **le emissioni totali di CO<sub>2</sub> oscillano tra un minimo di 36 Kg/m<sup>2</sup> all'anno a un massimo di 82 Kg/m<sup>2</sup> all'anno<sup>110</sup>**.

Il consumo complessivo di energia attribuibile al settore scolastico ammonta a circa un milione di Tep<sup>111</sup>/anno. Si stima che il potenziale di risparmio energetico facilmente conseguibile si aggiri attorno al 20% del totale, ovvero 200.000 Tep/anno<sup>112</sup>.

### 3.2 Le figure coinvolte nel processo di gestione e riqualificazione

Prima di addentrarsi all'interno delle problematiche connesse ai processi di gestione e riqualificazione energetica e ambientale dell'edilizia scolastica, è bene definire quali sono le figure coinvolte e quali sono i rispettivi ambiti di intervento, al fine di comprenderne oneri e responsabilità.

La Legge 11 gennaio 1996, n. 23 – *Norme per l'edilizia scolastica* definisce chiaramente agli enti locali le responsabilità degli edifici destinati a scuole; in particolare, in base all'art.3, comma 1, “[...] provvedono alla realizzazione, alla fornitura e alla manutenzione ordinaria e straordinaria degli edifici:

- i **Comuni**, per quelli da destinare a sede di scuole materne, elementari e medie<sup>113</sup>;
- le **Province**, per quelli da destinare a sedi di istituti e scuole di istruzione secondaria superiore<sup>114</sup> [...]”.

Un aspetto particolarmente rilevante è la responsabilità di Comuni e Province, in relazione ai relativi obblighi, di provvedere “[...] alle spese varie di ufficio e per l'arredamento e a quelle per le utenze elettriche e telefoniche, per la provvista dell'acqua e del gas, per il riscaldamento ed ai relativi impianti” (Legge 11 gennaio 1996, n. 23, art. 3, comma 2). In particolare, quest'ultimo aspetto che coinvolge l'onere delle spese per il riscaldamento, l'energia elettrica e i relativi impianti, risulta essere particolarmente caro agli Enti Locali, in quanto maggiore è la spesa relativa a queste voci e minori saranno gli investimenti in attrezzature e dotazioni

<sup>110</sup> In Filippi M., Fabrizio E., “Una gestione energetica sostenibile per l'edilizia scolastica”, in *ilProgettoSostenibile – Edilizia scolastica ecocompatibile*, n. 17-18, marzo-giugno 2008, pag. 38-43. Dati relativi allo studio condotto dal Politecnico di Torino – Dipartimento di Energetica – Gruppo di Ricerca TEBE.

<sup>111</sup> Tep = Tonnellate equivalenti di petrolio.

<sup>112</sup> Fonte: ENEA – Fire, *Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole*, pag. 5, cfr. bibliografia.

<sup>113</sup> Attualmente la terminologia esatta è scuole dell'infanzia, scuole primarie e scuole secondarie di I grado.

<sup>114</sup> Attualmente la terminologia esatta è scuole secondarie di II grado.



per la didattica, necessari per il continuo aggiornamento delle attività e del personale e per migliorare l'offerta formativa. È evidente, quindi, che tutte le azioni finalizzate al contenimento e alla riduzione dei consumi di energia primaria (intesa come energia elettrica e combustibile per la produzione di energia per la climatizzazione invernale) sono da considerare in relazione all'incremento della capacità di spesa che l'Ente Locale sarà in grado di riversare su altre voci di competenza, sia all'interno della stessa struttura che in strutture differenti. La differenza ottenuta in bilancio tra una situazione ante-riqualificazione e una situazione post-riqualificazione permette nuovi investimenti all'interno di altre strutture di competenza pubblica che a loro volta possono fruttare nuovi riscontri in termini di azioni di risparmio energetico.

Al comma 4 del medesimo articolo è indicato che *“gli enti territoriali competenti possono delegare alle singole istituzioni scolastiche, su loro richiesta, funzioni relative alla manutenzione ordinaria degli edifici destinati ad uso scolastico”,* assicurando loro *“[...] le risorse finanziarie necessarie per l'esercizio delle funzioni delegate”* (Legge 11 gennaio 1996, n. 23, art. 3, comma 4). Ciò è possibile sia per le scuole di competenza comunale che per quelle di competenza provinciale ed è limitato alla sola manutenzione ordinaria del fabbricato ad uso scolastico (escluse palestre e altre attrezzature sportive utilizzate anche per la comunità negli orari extrascolastici per cui la competenza rimane generalmente a carico della Provincia), ovvero:

- **opere da muratore:** piccole riparazioni (rifacimento di porzioni limitate di intonaci, sostituzione di piastrelle, chiusura dei fori, ecc.), posa in opera di attrezzature alle pareti (attaccapanni, lavagne, attrezzature ginniche, ecc.), opere provvisorie di sbarramento, controllo e pulizia della rete delle fognature;
- **opere da elettricista:** sostituzione lampade, piccole riparazioni di parti elettriche delle dotazioni elettroniche, sostituzione degli interruttori, riparazioni dei sistemi di suoneria e chiamata;
- **opere da idraulico:** sostituzione e riparazione rubinetti, revisione cassette di scarico acqua, sostituzione degli elementi ceramici dei WC, riparazione sifoni;
- **opere da falegname:** sostituzione di ferramenta e maniglie, riparazione di porte, finestre e avvolgibili;
- **opere da fabbro:** riparazione parapetti, infissi, serrature e griglie;
- **opere da pittore:** verniciature di pareti e infissi, lavature di pareti e cancellazione di scritte;
- **opere da vetraio:** sostituzione di vetri semplici e doppi, interni ed esterni;
- **opere esterne agli edifici:** potatura della vegetazione presente nelle pertinenze della scuola, pulizia viali di accesso (compresa la spalatura della neve) e dei cortili, dei pluviali e dei canali di gronda e dei canali di scolo;
- **opere varie:** riparazione e sostituzione dispositivi oscuranti interni e di protezione solare esterna.

Qualora fossero necessari interventi straordinari non previsti, il cui costo sia superiore al 20% del fondo calcolato per la manutenzione ordinaria, la scuola può chiedere alla Provincia di procedere alla realizzazione dell'intervento, previo riconoscimento dei presupposti. Tali interventi, se rientrano tra quelli di “Urgenza e

Somma Urgenza”, sono finanziati tramite appositi fondi di riserva e attivati mediante le procedure previste dal DPR 21 dicembre 1999, n°554 - *Regolamento di attuazione della L. 11 febbraio 1994, n. 109 - Legge quadro in materia di lavori pubblici, e successive modificazioni*, art. 146 - *Lavori d'urgenza* e 147 – *Provvedimenti in casi di somma urgenza*.

Nei casi di interventi straordinari opportunamente pianificati (ristrutturazioni, adeguamenti normativi, nuove costruzioni e ampliamenti) si rientra nel Piano degli Investimenti Annuale e Triennale.

In relazione alla possibilità di una migliore gestione delle risorse energetiche utilizzate dalla struttura, è necessario introdurre un'ulteriore figura di fondamentale importanza: il **Responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia** o **Energy Manager**. Si tratta di una figura introdotta dall'art. 19 della Legge 9 gennaio 1991, n. 10 - *Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*, preposta all'individuazione e alla promozione di iniziative volte alla razionalizzazione dei consumi energetici. La nomina dell'Energy Manager è obbligatoria per le aziende del settore industriale con consumi annui, in termini di energia primaria, superiori ai 10.000 Tep e per la Pubblica Amministrazione e le società del terziario con consumi superiori ai 1.000 Tep, quindi, anche per le strutture scolastiche. In quest'ottica, il Responsabile mette a servizio dell'Ente o dell'azienda le proprie competenze tecniche e professionali per ottimizzare il sistema edificio-impianto-utente sia dal punto di vista della manutenzione e della gestione ordinarie, sia sotto il profilo degli investimenti e della programmazione degli interventi.

Uno degli ambiti di intervento in cui la figura dell'Energy Manager appare indispensabile è la valutazione delle potenzialità di risparmio connesse alla riduzione dei consumi e della spesa energetica: i risparmi recuperati dalla riduzione delle spese energetiche costituiscono finanziamenti utili per altri ambiti di spesa. Nell'ambito dell'edilizia scolastica l'Energy Manager può ottenere margini di risparmio attraverso<sup>115</sup>:

- l'ottimizzazione degli spazi occupati all'interno dell'edificio scolastico;
- l'individuazione di opportunità a breve termine;
- l'individuazione di opportunità a lungo termine;
- il controllo del livello di consumo energetico all'interno dell'eventuale progettazione di ampliamenti o modificazioni dell'edificio ;
- l'introduzione di misure di miglioramento della gestione dell'energia;
- il supporto al personale e agli utenti al fine di aumentare la consapevolezza dell'importanza di una corretta gestione e salvaguardia dell'energia.

Non secondariamente, è necessario citare la figura del **dirigente scolastico** che svolge un ruolo chiave all'interno del processo di riqualificazione. Egli occupa una posizione *border-line* poiché si colloca in posizione intermedia tra l'amministrazione locale e l'utente finale, ponendosi come responsabile della struttura (o dell'insieme di strutture se si tratta di un istituto comprensivo) e, al tempo stesso, come parte dell'utenza che vive la struttura stessa. Il dirigente

<sup>115</sup> IEA ECBCS – International Energy Agency – Energy Conservation in Buildings and Community Systems, Annex XV – “Energy Efficiency in Schools”. Final Report: part two (cfr bibliografia), pag. 76.

scolastico, inoltre, è in grado di raccogliere tutte le testimonianze e le esigenze utili per indirizzare un progetto di recupero anche sotto il profilo dell'efficienza didattica ed è nella posizione più adatta alla responsabilizzazione del personale che quotidianamente vive le strutture, instaurando un dialogo continuo tra tutti gli attori di questo processo.

Direttamente collegata al dirigente scolastico, la figura dell'**insegnante** svolge un ruolo cardine all'interno dell'intero scenario poiché è responsabile della formazione delle generazioni di oggi che saranno responsabili delle decisioni di domani. L'importanza di una approfondita cultura della salvaguardia dell'ambiente e della conservazione delle risorse è fondamentale per gettare le basi dell'attitudine al risparmio di energia; purtroppo, gli insegnanti non sono sempre posti nella condizione di operare in questo senso a causa della ristrettezza economica e di finanziamento in cui si trovano a lavorare. In ogni caso, è necessario che insegnanti e alunni conoscano come e perché funzionano i meccanismi energetici, come loro e le loro azioni possano influenzare l'ambiente e come possono modificare i loro comportamenti di gestione dell'energia per gli anni a venire. Per intraprendere questo percorso è necessario uno sforzo comune da parte di tutti gli "attori".

Le figure coinvolte sono, dunque, molteplici ed è necessario un loro contemporaneo coinvolgimento al fine di gestire la riqualificazione su più fronti e soprattutto per instaurare un canale di comunicazione diretta e reciproca che pervenga a soluzioni che soddisfino tutte le esigenze.

### 3.3 Gli ostacoli al processo di riqualificazione

Negli ultimi anni si è registrata sul territorio nazionale la presenza di vari esempi riguardanti la riqualificazione degli edifici scolastici<sup>116</sup>. Tuttavia, se rapportate alla totalità degli edifici scolastici che necessitano di sostanziali interventi, le esperienze concluse e in corso costituiscono una percentuale piuttosto ristretta.

I motivi di una limitata politica di intervento sugli edifici scolastici sono molteplici e sono da ricercare su più fronti, a partire dall'ambito amministrativo.

Il DM 22 giugno 2004 - *Procedura e schemi-tipo per la redazione e la pubblicazione del programma triennale, dei suoi aggiornamenti annuali e dell'elenco annuale dei lavori pubblici, ai sensi dell'art. 14, comma 11, della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni ed integrazioni* prevede che le amministrazioni adottino un **programma triennale** e degli elenchi annuali (redatti secondo appositi schemi allegati al Decreto) per lo svolgimento e la realizzazione dei lavori pubblici (art. 1, comma 1). All'interno di questo programma rientrano tutti gli ambiti pubblici su cui l'amministrazione ritiene opportuno intervenire, ivi compresi gli interventi sugli edifici scolastici. La scelta degli interventi da inserire all'interno del programma triennale è a discrezione dell'amministrazione responsabile, ma il criterio maggiormente adottato è quello dell'**emergenza**. Qualora si debba decidere come impiegare gli investimenti pubblici, la priorità viene lasciata agli interventi più urgenti: in questi casi non è possibile adoperarsi con lungimiranti programmi di

<sup>116</sup> Per un maggiore approfondimento si veda il capitolo 4.2.3.

intervento, ma è necessario cercare di “tamponare” situazioni critiche in cui può essere compromessa la stessa condizione di permanenza dell’immobile. La situazione di emergenza permette un intervento limitato alle sole parti considerate critiche e non permette un processo di riqualificazione programmata dell’edificio che va, quindi, progressivamente degradandosi.

Inoltre, la priorità e il numero degli interventi da finanziare sono direttamente proporzionali alla **scala della realtà locale**; gli interventi previsti dai piccoli e medi comuni sono numericamente inferiori rispetto alle grandi realtà urbane poiché si deve intervenire su una realtà territoriale e un patrimonio edilizio più ristretti. Nei piccoli comuni la scuola ha una priorità maggiore rispetto agli altri interventi poiché essa rappresenta il fulcro della crescita culturale e di aggregazione della comunità e deve essere preservata dal progressivo degrado. In questi casi, salvo particolari impedimenti al reperimento dei fondi necessari, i finanziamenti per la manutenzione ordinaria e straordinaria vengono stanziati a priori dalla situazione di emergenza e in relazione a una precisa programmazione degli interventi; ciò è possibile poiché il patrimonio edilizio scolastico di queste realtà è limitato a poche unità. Se si parla di grandi realtà locali, le problematiche aumentano notevolmente poiché il patrimonio pubblico è composto da numerosi edifici e le scuole sono solo una parte di essi. È evidente che l’amministrazione dovrà individuare gli interventi con maggiore priorità rispetto all’interesse pubblico generale (ad esempio, si darà la precedenza alle strutture ricettive) e l’attenzione non può ricadere esclusivamente sugli edifici scolastici che troveranno, quindi, minore riscontro all’interno della programmazione triennale.

Una ulteriore criticità che può frenare i processi virtuosi di programmazione di interventi di riqualificazione è la **scarsa consapevolezza** che le amministrazioni locali hanno rispetto al patrimonio scolastico di loro competenza: dalle situazioni in cui nemmeno la scuola stessa ha a disposizione planimetrie aggiornate dell’edificio (situazione frequente a seguito di continue manutenzioni), fino alla mancata conoscenza del reale stato di conservazione degli edifici a causa dell’impossibilità economica di avviare procedure di acquisizione dati sugli immobili. Questi scenari sottendono ulteriori problematiche legate alla **difficoltà di comunicazione** tra le diverse figure competenti coinvolte e, in mancanza di un rapporto biunivoco, non è possibile avere il continuo aggiornamento della situazione generale.

Trattandosi di edifici pubblici, è necessario ricordare che la programmazione edilizia è soggetta a **numerose proroghe** legate alle “macchinose” procedure amministrative che dilatano le tempistiche generali e che non ne semplificano l’iter burocratico: da quando viene individuata una problematica e si decide di intraprendere un intervento a quando si iniziano i lavori trascorrono mediamente tre anni e questa dilatazione comporta numerose complicazioni al processo di riqualificazione. Non si tratta di un dato statistico medio, ma è una tempistica dettata dalla legge: si parte da uno studio di fattibilità e, se l’intervento viene giudicato ammissibile, si procede all’iscrizione dello stesso all’interno dell’elenco annuale delle opere (o nel piano triennale) previste dall’amministrazione. Il piano annuale viene approvato in occasione dell’assemblea per il bilancio preventivo (una volta all’anno) che sceglie quali sono le opere che hanno effettiva urgenza di essere eseguite; se anche l’assemblea è a favore dell’intervento è necessario procedere

con il progetto definitivo che, se di particolare complessità, può vedere l'attivazione di una gara d'appalto esterna finalizzata alla selezione di un professionista. Al progetto definitivo segue l'appalto per il mutuo che andrà a finanziare i lavori e, successivamente, viene bandita la gara secondo il metodo dell'appalto integrato oppure viene redatto internamente all'amministrazione il progetto esecutivo; infine, viene indetta la gara per l'individuazione dell'impresa esecutrice, previa verifica dei *curricula* dei partecipanti. Allo scadere del terzo anno si può dare l'inizio ai lavori.

Un ultimo aspetto che condiziona la possibilità di eseguire interventi programmatici consiste nella necessità da parte dell'amministrazione di **disporre di edifici all'interno dei quali trasferire le attività didattiche** durante tutta la durata dei lavori. Ciò rappresenta un limite per le grandi realtà locali, ma soprattutto per le piccole comunità che già soffrono della carenza di strutture e, in generale, possono comportare problemi di sovraffollamento nelle aule. Inoltre, per le città con numerose scuole in cui intervenire, si dovrà prevedere un piano di rotazione delle strutture e ciò implica necessariamente un'adeguata programmazione dei lavori che, come si è visto, non è sempre possibile.

La panoramica delineata nel presente paragrafo evidenzia come spesso sia difficile mettere in atto delle azioni programmatiche di riqualificazione, sia per motivi di carattere burocratico-normativo, sia per problematiche legate alla scarsa consapevolezza del patrimonio edilizio scolastico.

### 3.4 Fonti di riferimento

#### 3.4.1 Bibliografia

Airolodi R. (a cura di), *Innovazione didattica e spazi : edifici e attrezzature per la scuola superiore comprensiva*, Milano, ISEDI, 1977, pp. 179.

Amerio C. (a cura di), *Strumenti per la tecnologie delle costruzioni e la progettazione edilizia. Vol. 2 - Materiali per l'edilizia*, Torino, SEI – Società Editrice Internazionale, 1995, pp. 512.

Amerio C. (a cura di), *Strumenti per la tecnologie delle costruzioni e la progettazione edilizia. Vol. 4 – Tecniche ed elementi costruttivi*, Torino, SEI – Società Editrice Internazionale, 1996, pp. 478.

Bartoletti M. (a cura di), *Il progetto della scuola. Contributo all'analisi per una progettazione strutturale dello spazio educativo: rilettura di alcune esperienze didattiche*, Faenza, Faenza Editrice, 1976, pp. 96.

Benzi M., et al., *Un sistema edilizio per la scuola secondaria superiore*, Bologna, Luigi Parma, 1980, pp. 261.

Celli L., De Rosa D., Frateili E., *Prefabbricare l'architettura: indirizzi progettuali per la scuola della prima infanzia*, Milano, Franco Angeli Editore, 1984, pp. 134.

Comune di Roma, *Concorso internazionale di progettazione "3 nuove scuole a Roma". Esempi di scuole*, documento preliminare al bando di concorso, 2004, documento disponibile all'indirizzo internet [www.comune.roma.it/dipterritorio/3scuole/esempi.htm](http://www.comune.roma.it/dipterritorio/3scuole/esempi.htm).

ENEA – Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e L'ambiente (a cura di), *Uso razionale dell'energia nel settore scolastico*, Dipartimento di Energia – Settore promozione degli usi efficienti dell'energia e delle energie rinnovabili, Roma, ENEA – Direzione Relazioni Esterne, 1994, pp. 173.

ENEA – FIRE (a cura di), *Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole*, Roma – Centro Ricerche Casaccia, pp. 46, documento disponibile all'indirizzo [www.fire-italia.it/eell/scuole/guida\\_scuole.pdf](http://www.fire-italia.it/eell/scuole/guida_scuole.pdf).

ENEA – FIRE (a cura di), *Complementi alla guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole*, Roma – Centro Ricerche Casaccia, pp. 57, documento disponibile all'indirizzo [www.fire-italia.it/eell/scuole/complementi\\_guida\\_ENEA.pdf](http://www.fire-italia.it/eell/scuole/complementi_guida_ENEA.pdf)

Filippi M., Fabrizio E., "Una gestione energetica sostenibile per l'edilizia scolastica", in *ilProgettoSostenibile – Edilizia scolastica ecocompatibile*, n. 17-18, marzo-giugno 2008, pag. 38-43.

IEA – International Energy Agency - Energy conservation in buildings and community systems (a cura di), *Annex XV – “Energy Efficiency in Schools”. Final Report. Part one: Text*, Torino, 1991, pp. 33, documento disponibile all'indirizzo [www.annex36.com/index.html](http://www.annex36.com/index.html).

IEA – International Energy Agency - Energy conservation in buildings and community systems (a cura di), *Annex XV – “Energy Efficiency in Schools”. Final Report. Part two: Appendix*, Torino, 1991, pp. 96, documento disponibile all'indirizzo [www.annex36.com/index.html](http://www.annex36.com/index.html).

IEA – International Energy Agency - Energy conservation in buildings and community systems programme (a cura di), *Working group on energy efficiency in educational buildings. Final Report*, 1996, pp. 108, documento disponibile all'indirizzo [www.annex36.com/index.html](http://www.annex36.com/index.html).

IEA – International Energy Agency - Energy conservation in buildings and community systems programme (a cura di), *Technical Synthesis Report Annex 36. Retrofitting in Educational Buildings – Energy Concept Adviser for Technical retrofit Measures*, 2007, pp. 43, documento disponibile all'indirizzo [www.ecbcs.org](http://www.ecbcs.org).

Legambiente (a cura di), *Ecosistema scuola 2008. Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi*, documento disponibile all'indirizzo internet [www.legambientescuolaformazione.it/news.php?id=78](http://www.legambientescuolaformazione.it/news.php?id=78).

Leschiutta F. E., *Nuova architettura per la scuola*, Roma, Armando Editore, 1983, pp. 144.

Leschiutta F. E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende – norme – tipi. 1949-1985*, Roma, Bulzoni Editore, 1985, pp. 320.

Leschiutta F. E., *Frammenti di scuola. L'edilizia scolastica nel prossimo decennio*, Roma, Edizioni Kappa, 1989, pp. 154.

Merlo R., Falsetti F., *L'edilizia scolastica*, Roma, NIS – La Nuova Italia Scientifica, 1994, pp. 250.

Ministero della Pubblica Istruzione (a cura di), *La scuola e i Fondi Strutturali per lo sviluppo del Mezzogiorno*, Studi e documenti degli Annali della Pubblica Istruzione n. 86-87, Roma, Le Monnier, 1999, pp. 337.

Ministero della Pubblica Istruzione (a cura di), *I numeri della scuola*, Dipartimento per la Programmazione ministeriale e per la Gestione del Bilancio, e per le Risorse umane e dell'Informazione, 2007, pp. 20, documento disponibile all'indirizzo internet [www.pubblica.istruzione.it/news/2007/allegati/numeri\\_scuola200708.pdf](http://www.pubblica.istruzione.it/news/2007/allegati/numeri_scuola200708.pdf).

Ministero della Pubblica Istruzione (a cura di), *Sedi, alunni, classi, dotazioni organiche del personale della scuola statale. Situazione di Organico di Diritto - Anno scolastico 2007/2008*, Dipartimento per la Programmazione ministeriale e per la Gestione del Bilancio, e per le Risorse umane e dell'Informazione - Direzione Generale per i Sistemi Informativi, Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione, 2007, pp. 111, documento disponibile all'indirizzo internet [www.pubblica.istruzione.it/mpi/pubblicazioni/2007/allegati/sedi\\_alunni.pdf](http://www.pubblica.istruzione.it/mpi/pubblicazioni/2007/allegati/sedi_alunni.pdf).

Mugnai M (a cura di), *Le strutture edilizie per l'insegnamento : analisi critiche e orientamenti sulla progettazione*, Firenze, CLUSF, 1978, pp. 343.

Oreto P., *Edilizia scolastica*, Palermo, Grafill, 2004, pp. 226.

Provincia di Modena (a cura di), *I luoghi del sapere. Patrimonio scolastico della Provincia di Modena*, Modena, Tracce, 2004, pp. 95.

Rogers E. N., et al., *L'utopia della realtà: un esperimento didattico sulla tipologia della scuola primaria*, Bari, Leonardo Da Vinci Editrice, 1965, pp. 190.

Roth A., *The New Schoolhouse / Das Neue Schulhaus / La Nouvelle Ecole*, Zurigo, Edition Girsberger, 1966, pp. 304.

Siola U., *Tipologia e architettura della scuola*, Napoli, ESI, 1966, pp. 209.

Sole M., *Manuale di edilizia scolastica*, Roma, NIS – La Nuova Italia Scientifica, 1995, pp. 350.

Tafari M., *Teorie e storia dell'architettura*, Bari, 1976, p. 266.

Tafari M., "Architettura italiana 1944-1981" in *Storia dell'arte italiana – Il Novecento*, Einaudi, 1983, pp.457.

### 3.4.2 Sitografia

<b>Anagrafe edilizia scolastica</b>	<a href="http://www.pubblica.istruzione.it/argomenti/edilizia/anagrafe.htm">www.pubblica.istruzione.it/argomenti/edilizia/anagrafe.htm</a>
<b>Annali dell'Istruzione</b>	<a href="http://www.annaliistruzione.it">www.annaliistruzione.it</a>
<b>Comune di Roma</b>	<a href="http://www.comune.roma.it/dipterritorio/3scuole/default.htm">www.comune.roma.it/dipterritorio/3scuole/default.htm</a>
<b>Comune di Ferrara</b>	<a href="http://www.comune.fe.it">www.comune.fe.it</a>
<b>Comune di Modena</b>	<a href="http://www.comune.modena.it">www.comune.modena.it</a>
<b>Comune di Rovigo</b>	<a href="http://www.comune.rovigo.it">www.comune.rovigo.it</a>
<b>Comuni italiani</b>	<a href="http://www.comuni-italiani.it">www.comuni-italiani.it</a>
<b>EnergyManager</b>	<a href="http://www.energymanager.net">www.energymanager.net</a>
<b>FIRE – Federazione Italiana per</b>	<a href="http://www.fire-italia.it">www.fire-italia.it</a>



<b>l'uso razionale dell'energia</b>	
<b>IEA – International Energy Agency</b>	<a href="http://www.iea.org">www.iea.org</a>
<b>IEA ECBCS – International Energy Agency. Energy Conservation in Buildings and Community Systems – Annex 36</b>	<a href="http://www.annex36.com/index.html">www.annex36.com/index.html</a>
<b>ISTAT – Istituto Nazionale di Statistica</b>	<a href="http://www.istat.it">www.istat.it</a>
<b>Legambiente</b>	<a href="http://www.legambiente.com">www.legambiente.com</a>
<b>Legambiente – Divisione scuola e formazione</b>	<a href="http://www.legambientescuolaformazione.it">www.legambientescuolaformazione.it</a>
<b>Ministero della Pubblica Istruzione</b>	<a href="http://www.pubblica.istruzione.it">www.pubblica.istruzione.it</a>
<b>Provincia di Ferrara</b>	<a href="http://www.provincia.fe.it">www.provincia.fe.it</a>
<b>Provincia di Modena</b>	<a href="http://www.provincia.modena.it">www.provincia.modena.it</a>
<b>Provincia di Rovigo</b>	<a href="http://www.provincia.rovigo.it">www.provincia.rovigo.it</a>
<b>TEBE – Technology Energy Building Environment</b>	<a href="http://www2.polito.it/ricerca/tebe">www2.polito.it/ricerca/tebe</a>
<b>UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione</b>	<a href="http://www.uni.com">www.uni.com</a>
<b>Wikipedia</b>	<a href="http://www.wikipedia.it">www.wikipedia.it</a>

## 4. Tendenze in atto

### ABSTRACT

Lo scenario internazionale e nazionale, negli ultimi anni, ha visto emergere progetti particolarmente significativi riguardanti la riqualificazione energetica e ambientale del patrimonio edilizio scolastico. Il capitolo si propone di ricostruire un panorama di progetti di *Best Practices* quale riferimento per Progettisti e Pubbliche Amministrazioni; i progetti riportati costituiscono un repertorio di informazioni utili e sono esperienze esemplari di riqualificazione integrata del sistema edificio-impianto, sia sotto l'aspetto energetico che dal punto di vista ambientale.

I casi studio sono esposti attraverso schede di analisi (sintetica o approfondita) che restituiscono l'immagine delle tendenze in atto appartenenti alle diverse realtà estere e nazionali.

L'obiettivo principale è di fornire un primo indirizzo per l'individuazione di orientamenti e linee di intervento in funzione alle successive proposte di riqualificazione, sia sotto il profilo energetico-ambientale che architettonico-funzionale.

### INDICE DEL CAPITOLO

4.1. La riqualificazione del patrimonio edilizio scolastico costruito: repertorio di casi studio e relative strategie.....	163
4.1.1. Legenda.....	163
4.1.2. Interventi sul costruito: selezione di progetti di <i>Best Practices</i> internazionali .....	164
“Low – Energy standards for Schools”: progetto pilota di riqualificazione dell'esistente in edifici passivi promosso dall'Agenzia per l'Energia tedesca (DENA) .....	164
IEA ECBCS Annex 36 – <i>Retrofitting in Educational Buildings REDUCE. Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures</i> (1999 – 2003) .....	165
SI N: Scuola primaria “Kampen” - Oslo (Norvegia) .....	166
IC DK: Istituto comprensivo “Egebjerg” - Ballerup (Danimarca) .....	172
SSII F: Scuola secondaria di II livello “Louis Labé” - Lione (Francia) .....	178
SSII D: Istituto Superiore Professionale “Käthe Kollwitz” - Aquisgrana (Germania) ..	183
4.1.3 Selezione di progetti di <i>Best Practices</i> nazionali .....	191
Schede analitiche estese .....	191
SI 01 I: Scuola per l'infanzia provinciale - Monguelfo (BZ) .....	192
SI 02 I: Scuola per l'infanzia “Venturi” - Volano (TN) .....	209
SP 01 I: Scuola primaria – frazione di Casteldarne, Comune di Chienes (BZ) .....	222
SP 02 I: Scuola primaria “Rosmini” - Marco di Rovereto (TN) .....	244

Schede analitiche sintetiche.....	259
SI 03 I: Scuola per l'infanzia "San Gregorio al Celio" - Roma.....	259
SIP 01 I: Scuola per l'infanzia e primaria - San Martino in Passiria (BZ).....	265
SIP 02 I: Scuola per l'infanzia e primaria "Marconi" - Firenze .....	270
SP 03 I: Scuola primaria "XX Settembre" - Rimini (RM).....	282
SSI 01 I: Scuola secondaria di I grado "R. Fucini" - Roma .....	286
SSII 01 I: Istituto Professionale di Stato per l'Industria e l'Artigianato - Rovigo .....	295
Sintesi delle misure di intervento adottate nei progetti di <i>Best Practices</i> nazionali affrontati.....	304
4.1.4. Riflessioni conclusive.....	305
4.2. Fonti di riferimento.....	309
4.2.1. Bibliografia.....	309
4.2.2. Sitografia .....	310

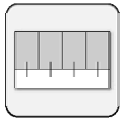
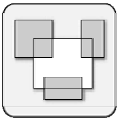
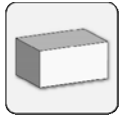
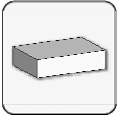
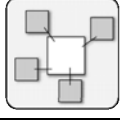
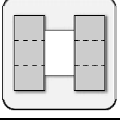
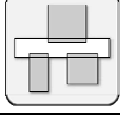
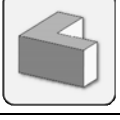
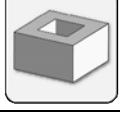
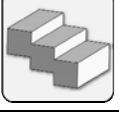
#### 4.1. La riqualificazione del patrimonio edilizio scolastico costruito: repertorio di casi studio e relative strategie

Di seguito sono riportate alcune delle esperienze più significative, scelte tra quelle presenti sullo scenario internazionale e nazionale, in cui sono stati eseguiti interventi nell'ambito degli interventi sull'edilizia scolastica. Questi esempi di eccellenza sono funzionali alla creazione di un'immagine rappresentativa dello stato dell'arte, relativo all'approccio alla riqualificazione energetica e ambientale e per individuarne i principali indirizzi. La casistica individuata è presentata attraverso approfondimenti e schede di progetto (analitiche e sintetiche).

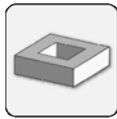
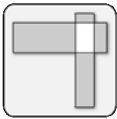

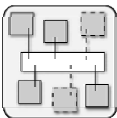








Si tratta di una selezione di esperienze, fra le tante possibili, ritenute particolarmente significative per gli ambiziosi obiettivi raggiunti e per l'approccio che progettisti e gruppi di lavoro hanno adottato rispetto alle problematiche degli edifici scolastici esistenti.

Al fine di migliorare la comprensione delle simbologie presenti nell'incipit delle schede-progetto di seguito individuate, se ne riporta anzitutto la legenda di inquadramento<sup>117</sup>.

##### 4.1.1. Legenda

Modello distributivo			
	Corridoio		Unità funzionale
Tipo edilizio			
	Scuola a blocco		Scuola a piastra
	Scuola estesa		Open plan
	Scuola strada		Blocco accorpato
	Blocco con vuoto interno		Gradoni

<sup>117</sup> Per una corretta e completa lettura della simbologia si rimanda al paragrafo 3.1.3 – *Caratterizzazione degli edifici scolastici*.

	Piastra con vuoto interno		Croce
	Pettine		Aperta
Tipo di edificio			
	Edificio proprio		Edificio improprio
Tipo di intervento			
	Intervento di <i>Energy Retrofit</i> passivo		Intervento di <i>Energy Retrofit</i> attivo
Fonte delle informazioni			
	Bibliografia		Sitografia
	Confronto con Progettista o Responsabile		Indagine diretta

#### 4.1.2. Interventi sul costruito: selezione di progetti di *Best Practices* internazionali

**“Low – Energy standards for Schools”**: progetto pilota di riqualificazione dell’esistente in edifici passivi promosso dall’Agenzia per l’Energia tedesca (DENA)



Fig. 78 Mappa degli interventi di riqualificazione delle scuole inclusi nel programma del DENA (Fonte: DENA).

L’Agenzia per l’Energia Tedesca (DENA – *Deutsche Energie-Agentur*) ha iniziato una serie di programmi di riqualificazione degli edifici esistenti attraverso il progetto “*Low Energy Standards for Existing Buildings*”, riferito in particolare agli edifici residenziali. Dati gli esiti positivi di questa esperienza, l’Agenzia ha deciso di iniziare un nuovo progetto pilota riguardante l’edilizia scolastica; il progetto, intitolato “*Low Energy Standards for Schools*”, è iniziato nel marzo 2007 con l’obiettivo di coinvolgere oltre 70 edifici distribuiti sul territorio tedesco.

Gli obiettivi alla base del progetto pilota sono:

- Verificare e individuare un insieme di standard di efficienza per il risanamento degli edifici scolastici;
- Snellire e favorire il trasferimento delle conoscenze riguardanti il risanamento energetico;

- Individuare e definire gli effetti degli interventi e, in particolare, le controindicazioni;
- Sostenere l'immissione nel mercato di tecnologie che hanno come oggetto il risparmio energetico.

Si tratta di un programma di riqualificazioni che prevede il raggiungimento di due standard particolarmente ambiziosi e che porterebbero i soggetti partecipanti ad un sostanziale miglioramento delle condizioni degli immobili; essi sono:

- La **riduzione del 20%** rispetto allo standard EnEV previsto per le nuove costruzioni;
- La **riduzione del 40%** rispetto allo standard EnEV previsto per le nuove costruzioni.

Le riduzioni riguardano il consumo di energia primaria ( $Q_p$ ) e le perdite per trasmissione ( $H_t$ ) da ottenere attraverso un risanamento globale degli edifici.

Il progetto si colloca nell'ambito delle politiche di promozione degli investimenti sociali, iniziate a partire da gennaio 2007, e riguarda sia gli edifici scolastici propriamente detti, sia le pertinenze delle scuole (ad esempio le palestre) e gli edifici ad uso comune e delle associazioni; la condizione necessaria per rientrare negli obiettivi del programma è che tutti gli edifici devono essere stati costruiti prima dell'1 gennaio 1990.

L'Agenzia per l'Energia ha introdotto un sistema di agevolazioni per chi intendesse prendere parte al progetto, tra cui un circuito di prestiti a basso tasso di interesse, reso possibile grazie alla *partnership* con un noto gruppo di credito sociale tedesco. Inoltre, il supporto tecnico alla progettazione viene fornito dall'Agenzia stessa che si occuperà anche della divulgazione dei risultati attraverso pubblicazioni e conferenze, per fornire assoluta visibilità all'intervento. In cambio, i partecipanti sono tenuti a ricostruire l'andamento storico dei consumi e a monitorare il comportamento dell'edificio prima e dopo l'intervento, oltre che a fornire una documentazione fotografica delle fasi di intervento.

Non secondariamente, l'Agenzia si occuperà anche del trasferimento agli utenti finali (insegnanti, alunni, genitori) delle conoscenze necessarie ad un corretto utilizzo dell'edificio riqualificato, al fine di massimizzarne i risparmi attraverso la gestione dello stesso.

#### **IEA ECBCS Annex 36 – *Retrofitting in Educational Buildings REDUCE. Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures (1999 – 2003)***

L'**International Energy Agency (IEA)** fu fondata nel 1974 all'interno del contesto dell'*Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)* con l'obiettivo di implementare i programmi internazionali in ambito energetico. L'IEA si propone di tutelare la cooperazione tra i 27 paesi membri e di migliorare la sicurezza energetica attraverso la conservazione dell'energia e lo sviluppo di fonti energetiche alternative. Essa, inoltre, promuove lo sviluppo della ricerca in numerose aree tematiche collegate al settore energetico, tra cui l'**ECBCS – Energy Conservation in Building and Community System Programme** che ha l'obiettivo di facilitare e accelerare l'introduzione di tecnologie di risparmio energetico e di sostenibilità ambientale all'interno degli edifici e dei sistemi comunitari.



Fig. 79 Logo dell'Annex 36 promosso dall'IEA - *International Energy Agency* (Fonte: IEA ECBCS).

Il programma prevede una commissione di garanzia che controlla lo svolgimento dei progetti di ricerca, denominati **Annexes**. Tra i progetti conclusi si può trovare l'**Annex 36 – Retrofit in Educational Buildings** finalizzato alla realizzazione di un *software tool* (**l'Energy Concept Adviser**) per l'individuazione delle misure di *energy retrofit* più attinenti ad ogni contesto e situazione.

L'**Annex 36** è strutturato in 4 sottoattività suddivise come segue:

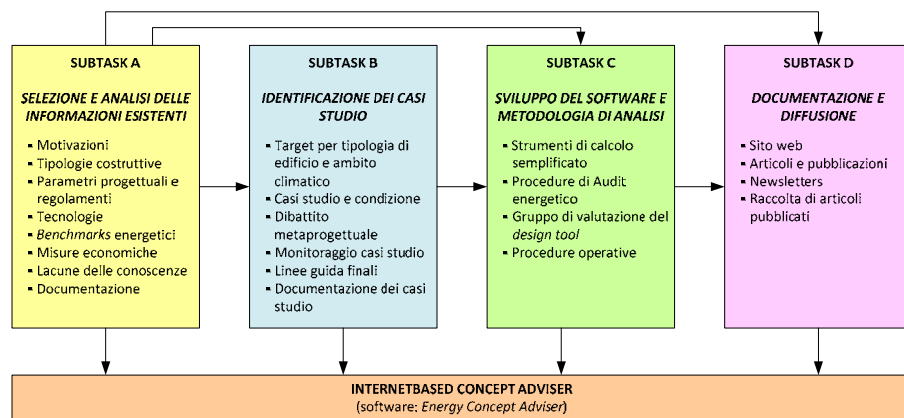


Fig. 80 Schema dell'Annex 36 (Fonte: rielaborazione grafica e traduzione da [www.annex36.com/inhalte.html](http://www.annex36.com/inhalte.html)).

All'interno del *Subtask B* sono stati individuati numerosi casi studio appartenenti all'area geografica europea e nordamericana; al fine di comprendere l'operato dell'IEA attraverso l'Annex 36, si riportano, a titolo esemplificativo, alcuni dei casi studio ritenuti più rappresentativi tra i 32 individuati nel programma.

- Scuola primaria “Kampen” a Oslo (N);
- Istituto comprensivo “Egebjerg” a Ballerup (DK);
- Scuola secondaria di II livello “Louis Labé” a Lione (F);
- Istituto Superiore Professionale “Käthe Kollwitz” ad Aquisgrana (Germania).

**SI N: Scuola primaria “Kampen” - Oslo (Norvegia)**

Fonte iconografica:

- IEA ECBCS – Annex 36 [www.annex36.com/eca/uk/03viewer/case\\_studies/](http://www.annex36.com/eca/uk/03viewer/case_studies/)

**SIN**

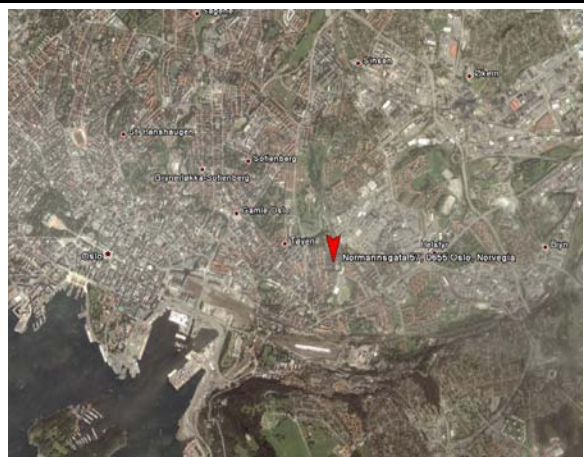
**Scuola primaria "Kampen" - Oslo (Norvegia)**



**Immagine generale**



**Localizzazione geografica**



**Dati generali**

<b>Tipo di intervento</b>	Riqualificazione e ampliamento
<b>Ubicazione</b>	Normannsgata, 57 – Oslo (N)



<b>Committente</b>	Comune di Oslo
<b>Progettazione</b>	Arch. Richard Engelbrektsen
<b>Superficie fondiaria</b>	-
<b>Superficie coperta</b>	-
<b>Superficie utile</b>	4.500 mq
<b>N° sezioni</b>	16 sezioni (400 studenti)

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	100 m
<b>Zona climatica</b>	-
<b>Gradi Giorno</b>	-
<b>Contesto</b>	L'edificio è situato in una zona residenziale della periferia di Oslo. Il fabbricato risale al 1888 ed è composto da due edifici differenti, separati tra loro.




<b>Caratteristiche dell'intervento</b>	
<b>Supporto iconografico</b>	 <p>Fig. 81 Vista del complesso prima dell'intervento.</p>  <p>Fig. 82 Prospetto del complesso dopo l'intervento: è prevista la giunzione dei due fabbricati attraverso un nuovo elemento centrale.</p>  <p>Fig. 83 Vista dell'edificio dopo l'intervento.</p>




Fig. 84 Vista del fabbricato di unione tra i due edifici esistenti; il nuovo fabbricato ospita nuovi locali tra cui la mediateca e la biblioteca.



Fig. 85 Studio dell'illuminazione dell'aula tipo: situazione originaria senza schermature solari.



Fig. 86 Studio dell'illuminazione dell'aula tipo: situazione con schermature solari orizzontali.

	 <p data-bbox="469 613 1339 663">Fig. 87 Studio dell'illuminazione dell'aula tipo: situazione con schermature solari orizzontali e tende nella porzione inferiore dell'infisso.</p>
<b>Anno dell'intervento</b>	2001
<b>Descrizione generale dell'intervento</b>	Il complesso era stato precedentemente soggetto ad un intervento di recupero parziale (1978) e si era provveduto alla sostituzione degli infissi (1998). In quest'ottica il rivestimento, l'isolamento dell'involucro e le chiusure trasparenti non sono stati nuovamente sostituiti poiché considerati sufficientemente performanti.
<b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b>	
<b>Descrizione</b>	-
<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p data-bbox="453 1137 1350 1391">Il principale intervento previsto dal progetto è il miglioramento del sistema di ventilazione delle aule: il sistema integrato esistente, risalente al 1888, è stato mantenuto, ma implementato in relazione alle esigenze. Il nuovo sistema prevede che l'aria in ingresso passi attraverso un filtro di depurazione e, successivamente, attraverso il recuperatore, per ricevere il calore dell'aria in uscita; l'aria preriscaldata viene spinta all'interno di condotte in cemento che si diramano verso le griglie di ventilazione di ogni aula, collocate all'interno di una parete attrezzata.</p> <p data-bbox="453 1397 1350 1650">Non secondariamente, il progetto ha previsto il miglioramento delle condizioni di illuminazione naturale e artificiale all'interno delle aule per la didattica. Queste, infatti presentano finestre di 230 cm di altezza che permettono l'ingresso di luce abbagliante per le postazioni di studio. Il progetto ha introdotto un sistema di schermature orizzontali, poste a circa 2/3 dell'altezza dell'infisso, che riflettono la luce in ingresso verso il soffitto, permettendo l'illuminazione indiretta e diffusa della radiazione luminosa. Al disotto del livello della schermatura orizzontale è stata inserita una tenda che permette la diffusione della luce naturale.</p> <p data-bbox="453 1657 1350 1845">All'interno delle aule è presente un sistema a controllo di presenza che spegne automaticamente le luci in caso di assenza di movimenti; in ogni caso, è possibile spegnere manualmente le luci qualora queste non servissero. Il sistema di controllo è programmato per accendere le luci durante il giorno solamente nei casi in cui la luce naturale fosse insufficiente per il normale svolgimento delle attività.</p>
<b>Classe energetica raggiunta</b>	<p data-bbox="453 1870 1193 1895">Il progetto ha prodotto sensibili riduzioni ai consumi, riassumibili in:</p> <ul data-bbox="453 1901 831 2007" style="list-style-type: none"> <li>▪ 17% per riscaldamento;</li> <li>▪ 17% per acqua calda sanitaria;</li> <li>▪ 75% per ventilazione;</li> </ul>

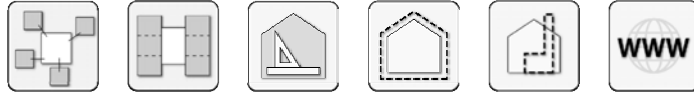
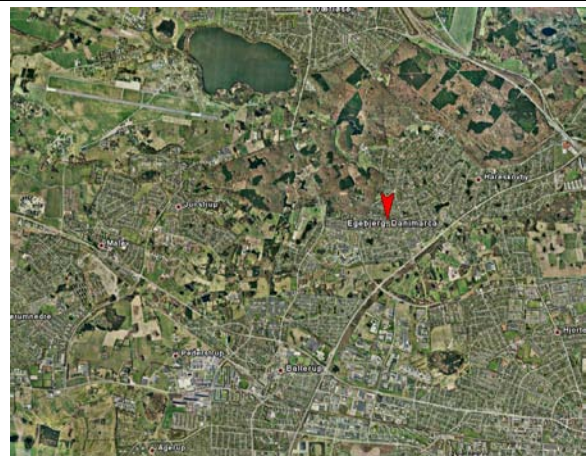
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 38% per illuminazione.</li> </ul>
<b>Indoor Quality Improvement</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>La ventilazione controllata con recupero di calore permette il controllo delle condizioni termo igrometriche e del livello di CO<sub>2</sub> all'interno delle aule, favorendo l'attenzione degli studenti.</p> <p>Il controllo della radiazione luminosa in ingresso attraverso l'uso di schermature solari, permette un aumento del benessere visivo nelle aule, evitando i fenomeni di abbagliamento.</p>

<b>Tipo di intervento</b>	
<b>Durata</b>	2 anni (2001 - 2002)
<b>Costo dell'intervento</b>	L'importo globale dell'intervento è di 11.000.000 €, tra cui 840.000 € per il nuovo impianto di ventilazione.

***IC DK: Istituto comprensivo "Egebjerg" - Ballerup (Danimarca)***

*Fonte iconografica:*

- IEA ECBCS – Annex 36 [www.annex36.com/eca/uk/03viewer/case\\_studies/dk\\_1\\_data.html](http://www.annex36.com/eca/uk/03viewer/case_studies/dk_1_data.html)

**IC DK****Istituto comprensivo "Egebjerg" - Ballerup (Danimarca)****Immagine generale****Localizzazione geografica****Dati generali**

<b>Tipo di intervento</b>	Riqualificazione
<b>Ubicazione</b>	Egebjerg, Ballerup (DK)
<b>Committente</b>	Comune di Ballerup
<b>Progettazione</b>	Comune di Ballerup e Cenergia Energy Consultants
<b>Superficie fondiaria</b>	17.825 mq

<b>Superficie coperta</b>	1.714 mq
<b>Superficie utile</b>	-
<b>N° sezioni</b>	12 (250 alunni)

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	10 m
<b>Zona climatica</b>	-
<b>Gradi Giorno</b>	-
<b>Contesto</b>	Il complesso scolastico è collocato a nord del Comune di Ballerup, all'interno di una frazione chiamata Egebjerg, completamente costruita tra il 1970 e il 2000. L'area ha forte caratterizzazione residenziale ed è circondata da ampie zone verdi.

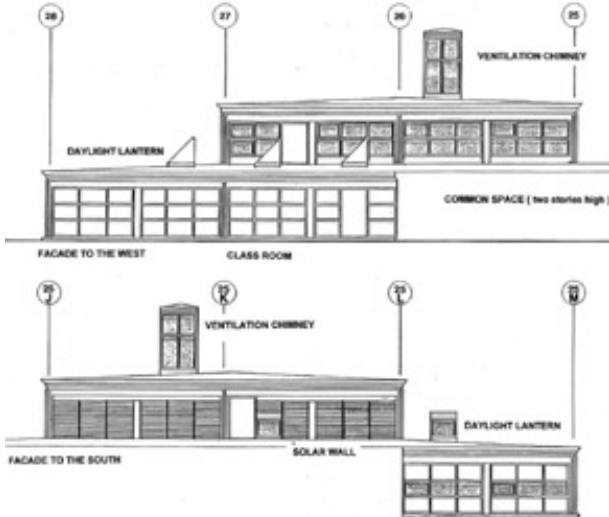

<b>Caratteristiche dell'intervento</b>	
<b>Supporto iconografico</b>	 <p>Fig. 88 Sezione dell'edificio precedente all'intervento; è evidente il sistema di ventilazione attraverso il camino centrale.</p>  <p>Fig. 89 Vista esterna dell'edificio.</p>



Fig. 90 Vista di una corte interna.

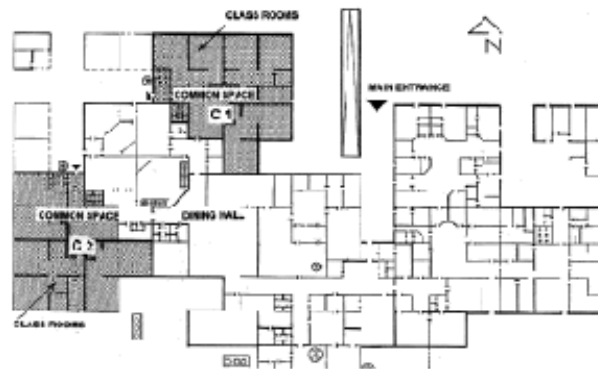


Fig. 91 Planimetria dell'edificio: le zone evidenziate in grigio sono state coinvolte nell'intervento.

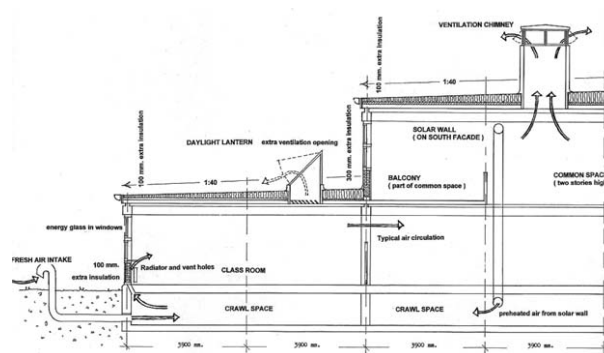



Fig. 92 Progetto: sezione dell'edificio.



	 <p data-bbox="687 607 1118 629">Fig. 93 Progetto: tubi per la ventilazione naturale.</p>
<b>Anno dell'intervento</b>	1997 – 1998
<b>Descrizione generale dell'intervento</b>	<p>L'edificio, costruito tra il 1973 e il 1981, ospita diversi livelli scolastici: una scuola per l'infanzia, una scuola primaria e una scuola secondaria.</p> <p>Il progetto propone di conciliare un recupero in chiave di sostenibilità ambientale ed efficienza energetica, mantenendo costi contenuti. L'intervento coinvolge solo una parte del fabbricato, contenente aule per la didattica, corridoi e zone connettive e due ampie aree a doppia altezza dedicate alle attività comuni.</p> <p>L'edificio presenta una struttura leggera in travi e pilastri in acciaio tamponata da pannelli leggeri e autoportanti in legno, vetro cartongesso ed eternit.</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>Il progetto di recupero mira, in particolare, alla sostituzione del sistema di ventilazione controllata con un sistema di ventilazione naturale e alla riduzione dell'indice di trasmittanza termica dell'involucro edilizio.</p> <p>La copertura piana originale è stata completamente sostituita con una nuova copertura inclinata costituita da uno spessore medio di isolamento di 20 cm di lana minerale; anche le chiusure verticali sono state coibentate attraverso pannelli isolanti costituiti da 20 cm di lana minerale. Tutti gli infissi della porzione in oggetto sono stati sostituiti con infissi termoisolanti (<math>U=1,7 \text{ W/m}^2\text{K}</math>).</p> <p>L'intervento ha previsto la progettazione di un nuovo sistema di ventilazione naturale in cui l'aria fresca viene introdotta all'interno dell'edificio, attraverso condotti di areazione posti al disotto del pavimento delle aule. L'aria viene successivamente portata nelle classi, dietro a radiatori a convezione opportunamente progettati per preriscaldare l'aria stessa. L'aria esausta viene espulsa attraverso i corridoi, verso l'area comune a doppia altezza in cui sono collocati camini di ventilazione (questi canali sfruttano contemporaneamente l'effetto dei venti esterni e il surriscaldamento solare che innesca l'effetto camino).</p> <p>Alcuni ambienti sono trattati per comportarsi come collettori solari e vengono aperti quando la temperatura aumenta fino a livelli elevati (durante il periodo estivo). Inoltre, un collettore solare denominato "Canadian Solar Wall" è stato collocato sul lato sud dell'intervento, in corrispondenza dell'ambiente a doppia altezza.</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>Il sistema di illuminazione originario è stato sostituito con un sistema di corpi illuminanti con griglie anti abbagliamento.</p> <p>Il sistema di ventilazione naturale è supportato da un insieme di ventilatori che creano la giusta quota di depressione dell'aria qualora le condizioni naturali non</p>

	lo permettessero.
<b>Classe energetica raggiunta</b>	Consumi per riscaldamento: da 181 kWh/m <sup>2</sup> anno a 87,3 kWh/m <sup>2</sup> anno; per ventilazione e illuminazione: da 36 kWh/m <sup>2</sup> anno a 22 kWh/m <sup>2</sup> anno.
<b>Indoor Quality Improvement</b>	
<b>Descrizione</b>	L'intervento è finalizzato ad un migliore utilizzo della luce naturale attraverso un sistema di ottimizzazione delle aperture in copertura: sono state inserite alcune porzioni vetrate verticali per favorire l'illuminazione diretta e alcune porzioni inclinate per favorire la diffusione della luce. All'interno delle aule sono state previste delle griglie in corrispondenza delle porzioni vetrate al fine di prevenire abbagliamento.

<b>Tipo di intervento</b>	
<b>Durata</b>	1 anno
<b>Costo dell'intervento</b>	Le misure finalizzate al risparmio energetico hanno avuto un costo di 510.000 € circa; il costo complessivo è stato di 740.000 € circa.

***SSII F: Scuola secondaria di II livello "Louis Labé" - Lione (Francia)***

*Fonte iconografica:*

- IEA ECBCS – Annex 36 [www.annex36.com/eca/uk/03viewer/case\\_studies/fr\\_1\\_data.html](http://www.annex36.com/eca/uk/03viewer/case_studies/fr_1_data.html)

SS II F

## Scuola secondaria di II livello "Louis Labé" - Lione (Francia)



Immagine  
generale



Localizzazione  
geografica


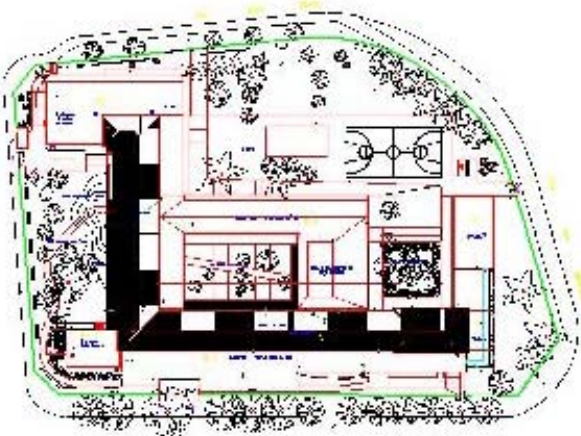


### Dati generali

<b>Tipo di intervento</b>	Riqualificazione
<b>Ubicazione</b>	Boulevard Yves Farge, Lione (F)
<b>Committente</b>	Comune di Lione
<b>Progettazione</b>	Arch. P. Boinay, Lione ENTPE – Ecole Nationale des Travaux Publics del l'Etat Région Rhône Alpes ADEME - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
<b>Superficie</b>	-

<b>fondiaria</b>	
<b>Superficie coperta</b>	-
<b>Superficie utile</b>	9000 mq
<b>N° sezioni</b>	24 (600 alunni)

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	150
<b>Zona climatica</b>	-
<b>Gradi Giorno</b>	-
<b>Contesto</b>	L'edificio, costruito nel 1953, è inserito nel contesto urbano della città, all'interno di una zona fortemente caratterizzata da edifici per i servizi e l'artigianato alla confluenza del Rodano e della Saona.

<b>Caratteristiche dell'intervento</b>	
<b>Supporto iconografico</b>	 <p style="text-align: center;">Fig. 94 Vista dell'edificio esistente.</p>  <p style="text-align: center;">Fig. 95 Planimetria generale.</p>

	 <p data-bbox="635 712 1174 734">Fig. 96 Vista della corte interna dell'edificio dopo l'intervento.</p>  <p data-bbox="750 1191 1056 1214">Fig. 97 Vista dell'edificio dal cortile.</p>
<b>Anno dell'intervento</b>	2000
<b>Descrizione generale dell'intervento</b>	<p data-bbox="453 1357 1355 1514">L'intervento è finalizzato all'ampliamento dell'edificio e alla riorganizzazione degli spazi interni al fine di permettere un migliore approccio didattico. Il recupero, inoltre, ha l'obiettivo di riqualificare l'aspetto architettonico dell'edificio, di migliorarne il comportamento energetico e di permettere l'accesso alle persone diversamente abili.</p> <p data-bbox="453 1525 1355 1675">L'edificio è composto da un fabbricato principale a due piani con corridoio centrale, collocato sul fronte strada, e da annessioni secondarie disposte attorno al patio centrale, collocate al piano primo; gli spazi aperti al piano terra, al di sotto delle estensioni secondarie, sono utilizzati come portico per la ricreazione ed estensione delle aree attrezzate del cortile.</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p data-bbox="453 1749 1355 1973">Il progetto ha previsto l'implementazione delle superfici vetrate al fine di migliorare il guadagno termico passivo e l'illuminazione naturale degli ambiente, con una sensibile riduzione della quota di illuminazione artificiale. Gli infissi, costituiti da un vetrocamera termoisolante, sono protetti da tende a rullo o da schermature esterne e protezioni solari orizzontali; nelle aule speciali al primo piano, delle mensole di luce permettono l'ingresso dell'illuminazione naturale dall'alto.</p> <p data-bbox="453 1984 1355 2036">L'involucro edilizio è stato termicamente isolato in corrispondenza delle chiusure verticali e della copertura.</p>

<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>Il primo intervento ha riguardato la sostituzione dell'impianto di generazione di calore ad olio combustibile con uno scambiatore termico a terreno collegato al sistema di riscaldamento distrettuale (teleriscaldamento). L'acqua calda sanitaria viene distribuita a temperature diverse all'interno dell'edificio, in relazione alla funzione svolta negli ambienti, attraverso condotte termicamente isolate con lana di vetro. Tutti i radiatori della parte centrale sono stati dotati di valvole termostatiche per un migliore controllo della temperatura.</p> <p>All'interno delle aule per la didattica è presente l'impianto di ventilazione controllata gestito da un sistema di controllo centralizzato, mentre le aule specialistiche e gli uffici non presentano alcun sistema di raffrescamento, deumidificazione o preriscaldamento dell'aria.</p> <p>Il sistema di illuminazione delle aule è costituito da tubi a fluorescenza inseriti direttamente all'interno del controsoffitto e luci aggiuntive in corrispondenza della lavagna, mentre le altre stanze e le zone comuni presentano punti luce nel controsoffitto, con temporizzatori nei corridoi di distribuzione.</p> <p>L'impianto di riscaldamento, di ventilazione, di illuminazione delle zone comuni, di gestione e gli allarmi sono controllati attraverso un sistema di gestione centralizzato (<i>Building Management System</i>).</p>
<b>Classe energetica raggiunta</b>	<p>Riscaldamento: da 174 kWh/m<sup>2</sup>anno a 93 kWh/m<sup>2</sup>anno;  Energia elettrica: da 24 kWh/m<sup>2</sup>anno a 31 kWh/m<sup>2</sup>anno;  Acqua calda sanitaria: da 1717 m<sup>3</sup> a 1355 m<sup>3</sup>.</p>
<b>Indoor Quality Improvement</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>L'intervento ha migliorato sensibilmente la qualità degli ambienti interni che possono ora utilizzare il contributo dell'illuminazione naturale; il sistema di schermature permette un buon controllo della radiazione luminosa e impedisce fenomeni di surriscaldamento e di abbagliamento.</p> <p>Il sistema di ventilazione controllata, unitamente allo scambiatore geotermico, contribuisce al controllo termo igrometrico degli ambienti e al controllo dell'inquinamento acustico, permettendo di non aprire le finestre durante le ore di lezione.</p>
<b>Tipo di intervento</b>	
<b>Durata</b>	1 anno
<b>Costo dell'intervento</b>	<p>Costo globale: 9,5 milioni di €, che comprendono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 5.390.000 € per l'involucro edilizio (chiusure opache e trasparenti);</li> <li>▪ 1.465.000 € per i sistemi impiantistici (illuminazione, ventilazione e domotica)</li> <li>▪ 37.000 € per imprevisti.</li> </ul>

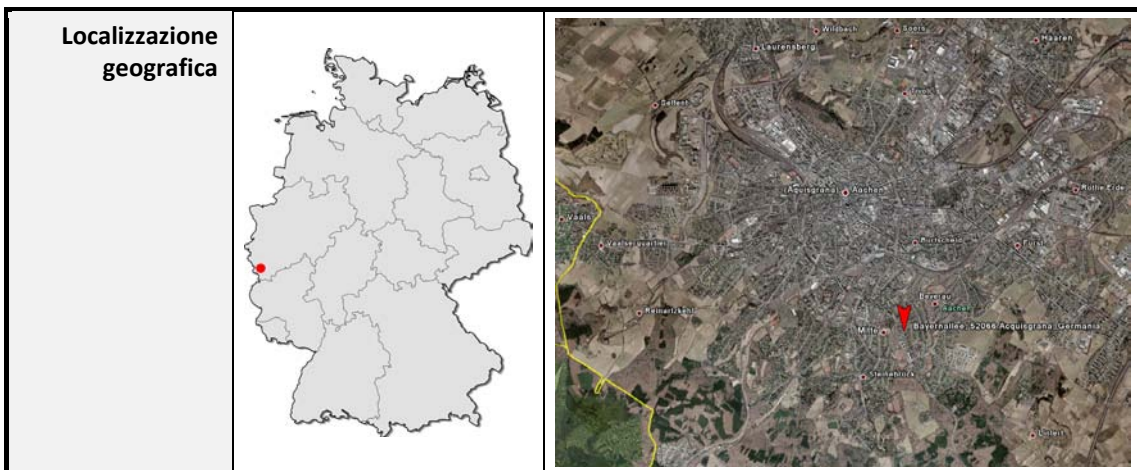
***SSII D: Istituto Superiore Professionale "Käthe Kollwitz" - Aquisgrana (Germania)***

*Fonte iconografica:*

- IEA ECBCS – Annex 36 [www.annex36.com/eca/uk/03viewer/case\\_studies/de\\_7\\_data.html](http://www.annex36.com/eca/uk/03viewer/case_studies/de_7_data.html)



SS II D	<b>Istituto Superiore Professionale “Käthe Kollwitz” - Aquisgrana (Germania)</b>
	



<b>Dati generali</b>	
<b>Tipo di intervento</b>	Recupero
<b>Ubicazione</b>	Comune di Aquisgrana (Germania) Viale Bayern 6

<b>Committente</b>	Comune di Aquisgrana
<b>Progettazione</b>	EnOB – Progetto di ricerca per le costruzioni energeticamente efficienti sponsorizzato dal Ministero dell’Economia e della Tecnologia Tedesco
<b>Superficie fondiaria</b>	9600 mq
<b>Superficie coperta</b>	-
<b>Superficie utile</b>	8.737 mq (lorda)
<b>N° sezioni</b>	2200 studenti

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	100 m
<b>Zona climatica</b>	-
<b>Gradi Giorno</b>	-
<b>Contesto</b>	L’edificio, costruito tra il 1951 e il 1955, sorge in un quartiere a forte prevalenza residenziale caratterizzato da ampi spazi verdi. L’edificio presenta due piani fuori terra (in alcune zone tre) e una cantina sotto la maggior parte dell’edificio. L’edificio presenta una forte componente vetrata che costituisce circa il 67% della superficie esterna. Le pareti sono costruite in muratura monoblocco di mattoni di 36,5 cm o 49 cm (in relazione alla posizione), parzialmente faccia a vista con interno intonacato. In corrispondenza dei radiatori la muratura si assottiglia fino a raggiungere i 14 cm di spessore.

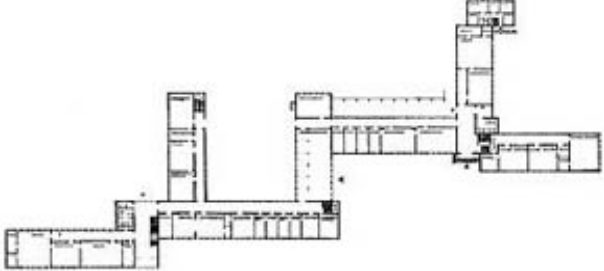

<b>Caratteristiche dell’intervento</b>	
<b>Supporto iconografico</b>	 <p>Fig. 98 Planimetria dell’edificio.</p>  <p>Fig. 99 Vista dell’ingresso. Si nota la differenza tra parte riqualificata e parte non soggetta a recupero.</p>



Fig. 100 Vista del fronte strada prima dell'intervento.



Fig. 101 Impianto di illuminazione delle aule prima dell'intervento.



Fig. 102 immagine di cantiere.



Fig. 103 Vista dell'auditorium prima dell'intervento.



Fig. 104 Area d'ingresso e cortile di pertinenza.



Fig. 105 Vista dell'auditorium dopo l'intervento.



Fig. 106 Impianto di distribuzione del calore.



Fig. 107 Sistema di ventilazione controllata con recupero di calore.

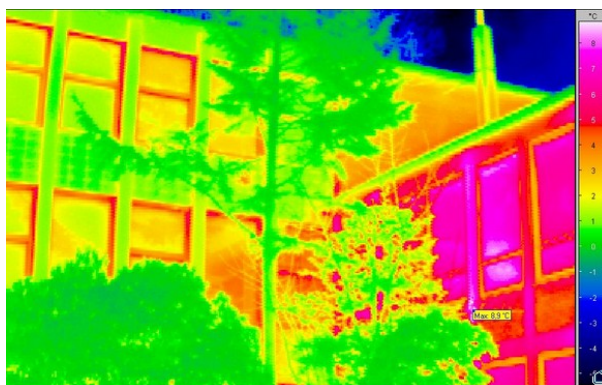


Fig. 108 L'immagine termografica evidenzia le differenze tra la parte riqualificata in cui è stato inserito l'isolamento termico e la parte priva di isolamento.

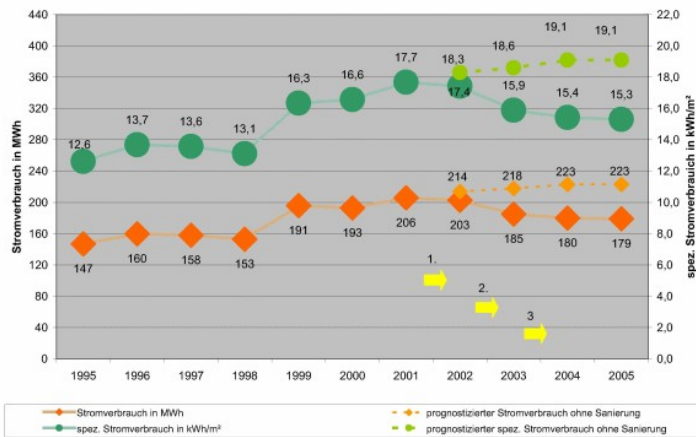


Fig. 109 Andamento dei consumi elettrici prima dell'intervento (in verde) e a seguito dell'intervento (in arancio).

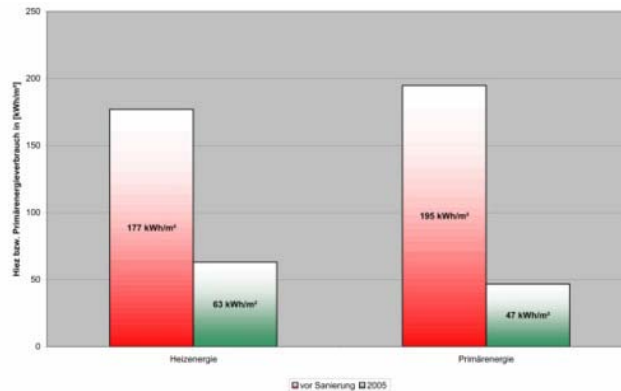


Fig. 110 Consumi per la climatizzazione invernale e di energia primaria prima dell'intervento (in rosso) e a seguito dell'intervento (in verde)

<b>Anno dell'intervento</b>	2000
<b>Descrizione generale dell'intervento</b>	<p>L'intervento è finalizzato, in primo luogo, alla riduzione del 65% dei consumi per riscaldamento, ventilazione e utilizzo della risorsa idrica.</p> <p>In secondo luogo, si è cercato di ridurre i consumi di energia elettrica (10%) che erano notevolmente aumentati a causa dell'implementazione delle risorse informatiche e dell'estensione delle ore di utilizzo della struttura.</p> <p>Parallelamente alla riduzione dei consumi, l'intervento si è proposto di migliorare l'immagine architettonica del complesso, fortemente legata alla tradizione costruttiva locale degli anni Cinquanta.</p> <p>Una prerogativa del progetto è di mantenere la scuola in uso durante i lavori che vengono eseguiti in 3 parti durante le vacanze estive.</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>Durante la riqualificazione, la combinazione di due differenti strutture di facciata è stata mantenuta e interpretata in modo moderno: le zone con sistema composito di isolamento termico (12 cm) si alternano a sezioni di facciata costituite da elementi in mattoni appesi.</p> <p>I vecchi infissi con vetro singolo e telaio in legno sono stati sostituiti con infissi in</p>

	<p>legno-alluminio con vetrocamera termoisolante e pellicola basso emissiva (<math>U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}</math>).</p> <p>Anche la copertura è stata isolata termicamente attraverso 20 cm di fibra di cellulosa. Essendo presente una vasta area adibita a cantina (fortemente disperdente poiché non riscaldata) si è deciso di applicare un isolamento termico a soffitto, non intervenendo sul ponte termico in corrispondenza del nodo parete-soffitto, considerato ammissibile.</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>In relazione all'impianto di generazione di calore esistente, costituito da un doppio boiler a gas, era impossibile, o comunque molto difficile, mettere in atto strategie di innalzamento dell'efficienza globale. Il progetto ha previsto, quindi, il collegamento dell'impianto alla rete di teleriscaldamento e il successivo rinnovamento delle tecnologie relative al sistema di distribuzione interno e di controllo centralizzato. In questo modo, la rete di distribuzione è stata convertita da singola a doppia, evitando la completa sostituzione delle tubature esistenti.</p> <p>Il progetto di recupero ha previsto, inoltre, l'introduzione in tutte le aule per la didattica di un impianto di ventilazione controllata con recupero di calore precedentemente presente solo nella zona delle cucine.</p> <p>Per quanto riguarda l'impianto di illuminazione, la maggior parte dell'edificio presentava un sistema ormai obsoleto e che non garantiva il livello minimo previsto dalla normativa DIN 5035. Per questo motivo, tutti i terminali di illuminazione delle aule sono stati sostituiti con lampade a luce diffusa con attenuatori elettronici, la maggior parte dei quali è regolata, in relazione alla quantità di luce naturale, attraverso un sistema domotico.</p>
<b>Classe energetica raggiunta</b>	<p>Consumi per climatizzazione invernale prima dell'intervento: <math>177 \text{ kWh/m}^2\text{anno}</math>;  Consumi per climatizzazione invernale dopo l'intervento: <math>63 \text{ kWh/m}^2\text{anno}</math>;  Consumi di energia primaria prima dell'intervento: <math>195 \text{ kWh/m}^2\text{anno}</math>;  Consumi di energia primaria dopo l'intervento: <math>47 \text{ kWh/m}^2\text{anno}</math>;  Consumi elettrici prima dell'intervento: <math>17 \text{ kWh/m}^2\text{anno}</math>;  Consumi elettrici dopo l'intervento: <math>15 \text{ kWh/m}^2\text{anno}</math>;</p>
<b>Indoor Quality Improvement</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>Il progetto ha permesso di migliorare notevolmente la qualità dell'illuminazione interna attraverso lampade altamente efficienti, ma non abbaglianti.</p> <p>Inoltre, il sistema di ventilazione controllata, unitamente al miglioramento dell'isolamento termico dell'involucro, ha prodotto un innalzamento del benessere termoigrometrico soprattutto all'interno delle aule per la didattica.</p>
<b>Tipo di intervento</b>	
<b>Durata</b>	3 anni (2000-2003)
<b>Costo dell'intervento</b>	Il costo globale dell'intervento ammonta a circa 2,8 milioni di Euro, pari a $316 \text{ €/mq}$ .

### **4.1.3 Selezione di progetti di *Best Practices* nazionali**

La selezione dei casi studio individuati come rappresentativi dello scenario nazionale è presentata attraverso schede illustrative. Le schede sono suddivise in “estese” e “sintetiche” in relazione al grado di approfondimento del caso studio in oggetto. I progetti sono presentati in ordine di livello scolastico: dalle scuole per l’infanzia (**SI**), alle scuole primarie (**SP**), alle scuole secondarie di I livello (**SSI**), alle scuole secondarie di II livello (**SSII**). Nel caso di istituti comprensivi si riporta la tipologia di istituto, ad esempio scuola per l’infanzia e primaria (**SIP**).

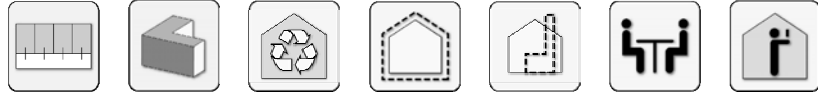
#### **Schede analitiche estese**



***SI 01 I: Scuola per l'infanzia provinciale - Monguelfo (BZ)***

*Fonti iconografiche:*


- EM2 Architetti – Brunico (BZ)
- Paola Boarin


**SI 01 I****Scuola per l'infanzia provinciale - Monguelfo (BZ)****Immagine generale****Localizzazione geografica****Dati generali**

<b>Tipo di intervento</b>	Ristrutturazione e ampliamento. L'edificio viene trasformato da scuola elementare a scuola materna.
<b>Ubicazione</b>	Comune di Monguelfo (BZ)

	Via P. J. Schwingshackl, 1
<b>Committente</b>	Comune di Monguelfo
<b>Progettazione</b>	EM2 Architetti – Brunico (BZ)
<b>Superficie fondiaria</b>	-
<b>Superficie coperta</b>	830 mq
<b>Superficie utile</b>	1032,67 mq
<b>N° sezioni</b>	3

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	1087 m
<b>Zona climatica</b>	F
<b>Gradi Giorno</b>	4.323
<b>Contesto</b>	L'edificio è inserito all'interno del contesto urbano del comune di Monguelfo, non lontano dal principale asse stradale del paese, in una zona caratterizzata in prevalenza da edifici residenziali.

<b>Caratteristiche dell'edificio prima dell'intervento</b>	
<b>Immagine generale</b>	
<b>Anno di costruzione</b>	1951
<b>Orientamento</b>	Nord – Est
<b>Articolazione planimetrica e distributiva</b>	L'edificio è caratterizzato da una forma a "C" che separa nettamente le diverse destinazioni d'uso del complesso: nel lato lungo, orientato a Sud-Ovest, sono ospitate le aule per la didattica (5 sezioni) e i vani accessori della scuola, nel lato corto, orientato a Nord-Ovest, si trovano i servizi della scuola e nel lato orientato

	a Nord-Est si trova la palestra al piano terra, l'appartamento del custode e alcuni uffici al piano primo. La distribuzione dei vani è del tipo "a corridoio" relativamente al lato caratterizzato dalla scuola elementare; la zona adibita a palestra occupa il secondo lato nella sua interezza, con 3 lati verso l'esterno. Anche l'ala più corta che ospita i servizi è a contatto con l'esterno con 3 lati.
<b>Articolazione volumetrica e geometria</b>	L'edificio è composto da due piani fuori terra e un piano parzialmente interrato destinato ai locali caldaia e a depositi. I tre lati dell'edificio presentano una volumetria lineare, senza aggetti o sporgenze e sono coperti da un tetto a padiglione che segue l'andamento planimetrico della struttura.
<b>Struttura di elevazione verticale</b>	L'edificio presenta una struttura di elevazione verticale a parete portante continua costituita da mattoni forati in laterizio dello spessore di 38 cm.
<b>Chiusure verticali</b>	Costruzione massiccia di tradizione locale, priva di isolamento termico ( $U > 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
<b>Infissi esterni verticali</b>	<p>Gli infissi erano stati sostituiti in tutto l'edificio pochi anni prima dell'intervento; i vecchi infissi con telaio in legno e vetrocamera, ormai altamente disperdenti, erano stati sostituiti da nuovi infissi con telaio in alluminio verniciato e vetrocamera isolante (<math>U &gt; 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}</math>). I nuovi infissi erano stati inseriti all'interno delle bucaie esistenti, ed erano caratterizzati da un'apertura a doppia anta, nella parte inferiore, e da un'apertura a vasistas, nella parte superiore.</p>  <p>Fig. 111 Esistente: infissi.</p>
<b>Infissi esterni orizzontali</b>	Sono presenti piccoli lucernari in falda, necessari alla ventilazione del sottotetto.
<b>Solaio a terra</b>	Solaio in c.a. senza isolamento termico.
<b>Solai intermedi</b>	Laterocemento
<b>Copertura</b>	Struttura a padiglione in legno senza isolamento termico ( $U > 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).
<b>Illuminazione</b>	Lampade al neon.
<b>Impianto di climatizzazione invernale</b>	Caldaia a gasolio.
<b>Rete di distribuzione e terminali di riscaldamento</b>	Impianto centralizzato con radiatori ad acqua calda.

<b>Impianto di climatizzazione estiva</b>	Non presente.
<b>Rete di distribuzione e terminali di raffrescamento</b>	Non presente.

**Diagnosi del comportamento energetico edificio - impianto**

**Diagnosi in situ** L'uso della termocamera a infrarossi è stato utile sia nella valutazione delle caratteristiche dell'involucro prima dell'intervento, che in una fase di verifica a cantiere terminato. In quest'ultima fase, è stato particolarmente importante confrontare il comportamento energetico delle parti riqualificate rispetto a quelle invariate.

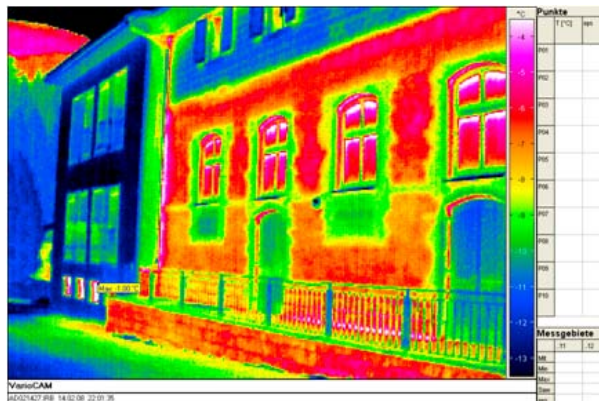


Fig. 112 Progetto: valutazione termografica dell'ala della palestra-appartamento-uffici (non soggetta ad intervento di riqualificazione) rispetto all'ala della scuola materna (riqualificata).

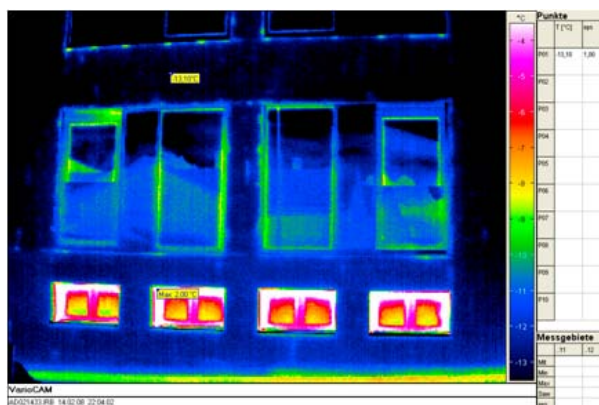
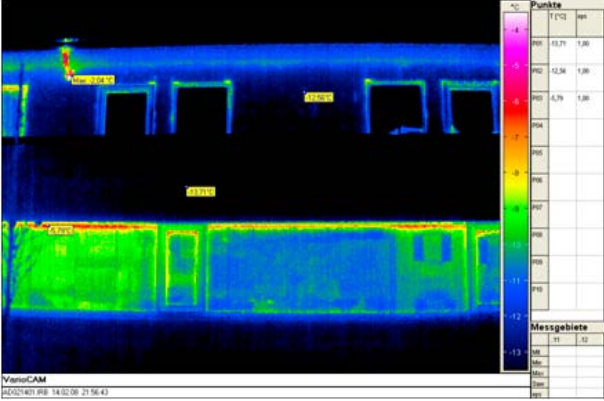


Fig. 113 Progetto: valutazione termografica delle dispersioni degli infissi sostituiti nella parte adibita a scuola materna (in alto) rispetto agli infissi non sostituiti del seminterrato.

	 <p>Fig. 114 Progetto: valutazione termografica della nuova addizione di volume dell'ingresso.</p>
<b>Diagnosi analitica dei consumi effettivi</b>	<p>È stato effettuato un monitoraggio dei consumi complessivi dell'edificio che ha dimostrato un consumo energetico di <b>165 kWh/m<sup>2</sup>anno</b>. L'edificio è, dunque, altamente disperdente e si colloca all'interno di una categoria <b>CasaClima G</b>.</p>

<b>Caratteristiche dell'edificio dopo l'intervento</b>	
<b>Immagine generale</b>	
<b>Anno dell'intervento</b>	<p>2004</p>
<b>Descrizione generale dell'intervento</b>	<p>L'intervento ha coinvolto la parte dell'edificio che ospitava le aule per la didattica; il comune aveva l'esigenza di creare uno spazio dedicato alla scuola per l'infanzia e, per questo motivo, ha deciso di trasferire la sede della scuola elementare in una struttura più consona ad ospitare il crescente numero di alunni.</p> <p>La progettazione è stata condotta in relazione ai nuovi programmi pedagogici individuati per questa tipologia di utenza, ponendo particolare attenzione alle esigenze dei bambini e alla loro centralità. In relazione a queste prerogative, la proposta di intervento è stata incentrata sull'interfaccia edificio-utente in termini di benessere ambientale, prima ancora che energetico, connesso ad una stimolazione psico-pedagogica.</p>

	<p>Il progetto ha previsto un aumento di volume limitatamente alla zona dell'ingresso al piano terra per ospitare gli spazi per gli operatori scolastici e per l'accoglienza dei bambini. Questo nuovo volume, fortemente caratterizzato dal punto di vista architettonico, si colloca all'interno dello spazio racchiuso dalla planimetria a "C" dell'edificio e si sviluppa su un solo piano.</p> <p>La zona della palestra ha subito alcune modifiche al sistema degli accessi al fine di permettere una migliore fruizione degli spazi da parte delle associazioni giovanili locali, ma non sono state soggette a riqualificazione energetica. Il piano seminterrato è stato reso riscaldabile al fine di permetterne l'utilizzo. La zona occupata dall'alloggio-ufficio non ha subito alcun intervento.</p>
<p><b>Articolazione planimetrica e distributiva</b></p>	<p>Le porzioni di edificio occupate dalle aule e dai servizi della scuola elementare sono state completamente ridefinite dal punto di vista distributivo-organizzativo. Le 5 sezioni precedenti sono state trasformate in 3 sezioni di scuola materna, in aule per attività libere e speciali e in una mensa. Il nuovo volume ospita, invece, gli spazi dedicati all'accoglienza dei bambini e gli spazi per le maestre, costituiti dalla sala riunioni e da un piccolo angolo cucina.</p> <p>Gli spazi distributivi che precedentemente erano destinati ai corridoi di accesso alle aule, sono stati riconvertiti in spazi-guardaroba che costituiscono il primo momento di aggregazione da parte dei bambini.</p> <p>Le aule per le attività di gruppo delle sezioni sono separate dagli spazi-guardaroba attraverso infissi modulari che, se completamente aperti, creano grandi spazi per il gioco e l'insegnamento collettivo.</p> <p>In posizione baricentrica rispetto alle nuove aule per la didattica create dal programma progettuale, è stata collocata una nuova scala a misura di bambino per raggiungere gli spazi al piano primo; la scala è stata realizzata secondo i più rigidi canoni di sicurezza mantenendo particolare attenzione all'aspetto pedagogico.</p>



Fig. 115 Progetto: Planimetria del piano terra con inserimento del nuovo volume d'ingresso.



Fig. 116 Progetto: vista degli spazi – guardaroba.



Fig. 117 Progetto: vista della zona per l'accoglienza dei bambini e degli spazi per gli operatori scolastici.



Fig. 118 Progetto: vista di un'aula per le attività della sezione.





Fig. 119 Progetto: pareti apribili delle aule.



Fig. 120 Progetto: vista della nuova scala baricentrica.


**Articolazione  
volumetrica e  
geometria**

Il progetto prevede l'inserimento di un nuovo volume, orientato a Nord-Est, in corrispondenza dell'ingresso dell'edificio.

Questo elemento si differenzia profondamente dal resto dell'edificio sia dal punto di vista architettonico che volumetrico; esso è caratterizzato da un unico volume rosso sviluppato su un piano solo, leggermente sollevato rispetto alla quota del terreno.

A differenza del resto dell'edificio, da cui è volutamente distinto, esso presenta un andamento lineare con una copertura piana e un volume senza sporgenze, anche se è esso stesso uno sbalzo rispetto al resto dell'edificio a cui è ancorato.

Malgrado il lieve aumento di volume dovuto all'isolamento termico, posto all'esterno dell'edificio, la parte esistente non è stata modificata nell'articolazione volumetrica esterna.

	 <p data-bbox="683 703 1123 730">Fig. 121 Progetto: vista esterna del nuovo volume.</p>
<p data-bbox="328 792 434 855"><b>Strutture portanti</b></p>	<p data-bbox="453 792 1353 855">La struttura esistente non è stata modificata dall'intervento. Il nuovo volume è stato costruito con tecnologia a secco leggera prefabbricata in legno.</p>
<p data-bbox="233 878 593 904"><b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b></p>	
<p data-bbox="233 927 434 990"><b>Pareti perimetrali verticali</b></p>	<p data-bbox="453 927 1353 1048">L'edificio esistente, ad esclusione dell'ala destinata alla palestra-alloggio-uffici, è stato completamente rivestito con un cappotto termico esterno finalizzato alla riduzione delle dispersioni energetiche e dei consumi per il riscaldamento invernale.</p> <p data-bbox="453 1057 1353 1178">L'isolamento è stato realizzato con pannelli in polistirene espanso di 20 cm di spessore fino a un metro d'altezza (inserito nel terreno per una profondità di 50 cm), successivamente sormontati da pannelli in calcio-silicato del medesimo spessore, con finitura in intonaco su apposita rete di fibre plastiche.</p>  <p data-bbox="600 1832 1203 1859">Fig. 122 Progetto: isolamento termico "a cappotto" (fase di cantiere).</p>
<p data-bbox="280 1926 434 1989"><b>Infissi esterni verticali</b></p>	<p data-bbox="453 1926 1353 2020">Le aule per la didattica erano tutte esposte verso Sud-Ovest e presentavano finestre di dimensioni appena sufficienti per garantire la corretta illuminazione dei locali, comunque commensurate alla tipologia d'utenza precedentemente</p>

insediata nell'edificio.

Il progetto ha voluto intervenire sia nell'ottica di un migliore utilizzo della luce e dell'energia, sia nel rapporto con la nuova utenza. Per questo, tutte le finestre degli ambienti dedicati alla didattica e alle attività connesse sono state ampliate fino a raggiungere la quota di pavimento; tale operazione ha permesso di sfruttare al meglio il potenziale di guadagno termico passivo attraverso le nuove vetrate basso emissive e, al tempo stesso, di permettere ai bambini di vedere agevolmente il paesaggio esterno.

Gli infissi sono costituiti da un telaio in legno alluminio con doppio vetrocamera basso emissivo ( $U=0,87 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) sostenuti da "portali" in legno micro lamellare. Alcuni infissi sono apribili completamente grazie ad un sistema ad anta con, integrato, un parapetto in vetro di sicurezza che mantiene continuità visiva tra l'interno e l'esterno.

Per quanto riguarda il nuovo volume inserito dal progetto, esso presenta una finestra a nastro che percorre quasi interamente il fronte; inoltre, per migliorare la luminosità interna delle zone di accoglienza e degli spazi-guardaroba, è stato inserito un infisso zenitale continuo in corrispondenza dell'innesto del nuovo volume rispetto all'edificio esistente.



Fig. 123 Progetto: vista del sistema di infissi delle aule.



Fig. 124 Progetto: caratterizzazione del fronte Sud-Ovest.



Fig. 125 Progetto: vista interna degli infissi sostituiti.



Fig. 126 Progetto: particolare dell'infisso.



Fig. 127 Progetto: finestra a nastro del nuovo volume.



Fig. 128 Progetto: finestra a nastro zenitale del nuovo volume.

<b>Infissi esterni orizzontali</b>	I lucernari esistenti sono stati eliminati.
<b>Solaio a terra</b>	Il progetto non ha previsto alcuna modifica al solaio a terra. Al fine di coibentare al meglio il solaio verso il piano seminterrato e di ridurre le dispersioni termiche verso lo stesso (poiché solo parzialmente riscaldato), è stato previsto un isolamento termico in pannelli di polistirene espanso al di sotto della quota del solaio del piano terra.
<b>Copertura</b>	Il progetto ha previsto la posa in opera di pannelli in fibra di legno (20 cm) per la coibentazione termica del solaio del sottotetto e il successivo rifacimento del coperto, con inserimento di strato ventilante.
<b>Altri interventi</b>	-
<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>	
<b>Illuminazione</b>	L'impianto di illuminazione esistente è stato completamente messo a norma e sono state utilizzate luci al neon con luci calde non abbaglianti.
<b>Impianto di climatizzazione invernale</b>	La caldaia a gasolio esistente è stata sostituita con una più efficiente caldaia a gas.
<b>Rete di distribuzione e terminali di riscaldamento</b>	Al fine di migliorare le condizioni di comfort termico interno e ottenere una uniforme diffusione del calore, i corpi scaldanti esistenti (termosifoni) sono stati sostituiti con pannelli radianti a parete, posti al di sotto del nuovo intonaco, regolabili in modo indipendente all'interno di ogni vano. Il sistema di attivazione e regolazione autonomo permette di ottimizzare le risorse energetiche accendendo l'impianto limitatamente al periodo di fruizione delle aule. La soluzione ottimale sarebbe stata ottenuta utilizzando pannelli radianti a pavimento poiché, data la ridotta altezza dei bambini, il calore avrebbe uniformemente coperto le zone di attività che includono anche spazi a terra. Purtroppo, a causa delle quote dei solai, non si è riusciti a ricavare sufficiente spazio per alloggiare questo tipo di sistema. Nel nuovo volume, si è optato per un tipo di riscaldamento a soffitto radiante di migliore rapporto con la tecnologia a secco utilizzata.



Fig. 129 Progetto: sistema di pareti radianti delle aule (immagine della fase di cantiere).



Fig. 130 Progetto: sistema di riscaldamento a soffitto radiante del nuovo volume (immagine delle fasi di cantiere)

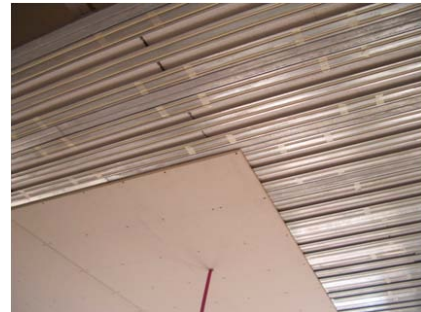


Fig. 131 Progetto: sistema di riscaldamento a soffitto radiante con pannelli in cartongesso di protezione (immagine delle fasi di cantiere)

<p><b>Impianto di climatizzazione estiva</b></p>	<p>Utilizzo dello scambiatore a terreno per il preraffreddamento dell'aria in ingresso alla parte di edificio di nuova costruzione. Attraverso il sistema, l'aria in ingresso è alla temperatura di circa 24°C, a fronte dei 32°C che si possono raggiungere in condizioni di picco di calore.</p>
<p><b>Rete di distribuzione e terminali di raffrescamento</b></p>	<p>Bocchette a soffitto collegate allo scambiatore di calore a terreno.</p>
<p><b>Impianto di ventilazione controllata</b></p>	<p>Il progetto ha previsto l'inserimento nelle aule di permanenza dei bambini di un sistema di ventilazione controllata con recupero di calore al fine di migliorare la qualità dell'aria, di ridurre le perdite energetiche dovute alla ventilazione manuale e di evitare l'inquinamento acustico proveniente dall'esterno dovuto all'apertura delle finestre in modo continuativo.</p> <p>Il sistema è costituito da elementi indipendenti posti all'interno delle aule, a ridosso della chiusura verticale e in corrispondenza di una partizione verticale interna.</p> <p>Ogni apparecchio è regolabile autonomamente dall'interno dell'aula attraverso appositi termostati ed è azionato esclusivamente durante il periodo di permanenza dei bambini all'interno dei locali. A tal proposito tutto il personale è stato istruito al fine di poter manovrare correttamente l'impianto, contribuendo ad una gestione partecipata delle azioni di risparmio energetico.</p> <p>Gli apparecchi per la ventilazione sono a contatto con l'esterno attraverso una bocchetta per la presa dell'aria e una per l'espulsione della stessa; le macchine</p>

sono state poste in corrispondenza di un angolo delle aule, appese al soffitto (per impedire che i bambini le raggiungano e siano soggette a urti che ne possano compromettere il funzionamento) e racchiuse all'interno di appositi armadi per nascondere la presenza. Ogni macchina è assolutamente silenziosa e non disturba il normale svolgimento delle attività didattiche. Esse provvedono ad immettere negli ambienti aria sempre ricca di ossigeno e opportunamente filtrata da pollini e agenti inquinanti esterni, contribuendo all'innalzamento della qualità degli ambienti interni, oltre che a un sostanziale risparmio energetico.



Fig. 132 Progetto: apparecchi ventilanti inseriti all'interno degli armadi dell'aula.



Fig. 133 Progetto: bocchette esterne di ingresso ed espulsione dell'aria attraverso gli apparecchi ventilanti.

<p><b>Altri interventi</b></p>	<p>Il progetto ha previsto l'impiego e la posa in opera di uno scambiatore termico ("pozzo geotermico") che utilizza il potenziale del terreno (massa termica) per preriscaldare l'aria in ingresso nell'impianto di ventilazione durante il periodo invernale e preraffrescarla durante il periodo estivo. Il risparmio energetico è sostanziale in entrambi i casi poiché in inverno si passa da una temperatura dell'aria di -16°C a una temperatura di -4°C, mentre in estate da 32°C a 24°C. infine, si è provveduto all'allacciamento alla rete di teleriscaldamento.</p>
<p><b>Classe energetica raggiunta</b></p>	<p>Attraverso l'intervento integrato edificio-impianto si è riusciti a ridurre i consumi di circa dieci volte e raggiungendo la classe energetica <b>CasaClima A (18 kWh/m<sup>2</sup>anno)</b>.</p>
<p><b>Indoor Quality Improvement</b></p>	
<p><b>Illuminazione</b></p>	<p>L'ampliamento delle superfici vetrate fino alla quota del pavimento consente di</p>

<b>naturale</b>	migliorare l'illuminazione naturale interna dei locali e di mantenere una costante percezione dell'ambiente esterno da parte dei bambini. Ciò ha un duplice vantaggio: riduce la quota di luce artificiale da fornire per la corretta fruizione degli ambienti, con notevole risparmio in termini di bolletta energetica, e migliora la qualità dell'ambiente interno dal punto di vista percettivo.
<b>Ventilazione naturale</b>	L'intervento privilegia la ventilazione meccanica controllata poiché, date le condizioni climatiche del luogo, è preferibile adottare sistemi di recupero di calore (che producono effetti positivi diretti sulla bolletta energetica). Inoltre la ventilazione controllata migliora la qualità interna dell'aria ( <i>Indoor Air Quality</i> ) poiché, attraverso opportuni filtri, impedisce (o riduce) l'ingresso di agenti inquinanti provenienti dall'esterno, quali inquinamento e pollini.
<b>Benessere termigrometrico</b>	Il progetto ha adottato strategie di controllo della temperatura e dell'umidità particolarmente chiare ed efficaci. La temperatura ambiente è regolata dai sistemi radianti a parete (aule) e a soffitto (ingresso e zona insegnanti); nel primo caso la strategia è efficace, ma non è ottimale: il particolare tipo di utenza avrebbe richiesto un sistema radiante a pavimento, ma ciò non sarebbe stato possibile dal punto di vista tecnico-realizzativo; nel secondo caso, la strategia si dimostra efficace in rapporto all'utenza (adulti) e al periodo di sosta nell'ambiente (solo temporaneo o di passaggio). Il controllo della temperatura delle chiusure opache è stato effettuato attraverso l'applicazione di un isolamento termico esterno che ne ha notevolmente alzato la temperatura superficiale. Quest'ultima soluzione ha permesso di evitare il problema della formazione di condensa superficiale dovuto alla differenza di temperatura tra parete e aria interna e la conseguente formazione di muffe superficiali. Inoltre, il controllo della percentuale di umidità è effettuato attraverso il sistema di VMC che provvede alla fornitura della giusta miscela aria-vapore acqueo.
<b>Protezione acustica</b>	La possibilità di non dover aprire periodicamente le finestre per cambiare l'aria degli ambienti ha positive ripercussioni anche sul comportamento dell'edificio rispetto all'inquinamento acustico. Anche se il contesto in cui è inserito l'edificio è prevalentemente residenziale, le misure adottate per infissi esterni verticali (infissi con giunti di tenuta e doppi vetrocamera) e pareti perimetrali verticali (isolamento "a cappotto") hanno positivi effetti sulla protezione acustica globale. Anche gli apparecchi per la ventilazione controllata sono stati appositamente scelti per non produrre fastidiosi rumori di fondo all'interno degli ambienti, dovuti al funzionamento delle macchine stesse e al movimento dell'aria.
<b>Materiali</b>	Il progetto ha previsto, per i locali interni, l'utilizzo esclusivo di materiali ecologici contenuti nelle direttive dell'edilizia scolastica. Anche le soluzioni tecnologiche adottano, per la maggior parte, materiali ecocompatibili quali i pannelli isolanti in calce silicato e il legno.

<b>Tipo di intervento</b>	
<b>Durata</b>	4 mesi (giugno-ottobre con sospensione lavori ad agosto). Inizio attività didattiche a novembre 2004.
<b>Interferenza con le attività didattiche</b>	Dato il cambiamento del tipo di utenza non vi è stata particolare interferenza con lo svolgimento delle attività che, per il primo ciclo di bambini che sono entrati nella struttura, sono iniziate all'inizio di novembre anziché a fine settembre.
<b>Presenza di aree esterne all'edificio per lo</b>	Il cantiere ha potuto avvalersi sia di una zona antistante l'ingresso, sia di un'area sul lato opposto dell'edificio; quest'ultima è stata utilizzata a seguito della messa in opera degli scambiatori geotermici.



<b>stoccaggio di materiali</b>	
<b>Tecnologia costruttiva delle parti sostituite o costruite ex-novo</b>	La parte di edificio costruita ex-novo ha previsto esclusivamente strutture a secco, mentre per la nuova suddivisione interna delle aule sono state utilizzate tecnologie a umido (pareti in c.a.).
<b>Tipo di integrazione con il costruito</b>	Il nuovo edificio, interamente costruito con tecnologia a secco leggera, è stato ancorato completamente alle murature esistenti attraverso apposite staffe. Il sistema di isolamento a cappotto è stato applicato attraverso collanti specifici e non attraverso tasselli meccanici, al fine di limitare ulteriormente le dispersioni dovute ai ponti termici diffusi.
<b>Costo dell'intervento</b>	320 €/mc.

***SI 02 I: Scuola per l'infanzia "Venturi" - Volano (TN)***

*Fonti iconografiche:*

- arch. Gianluca Perottoni – Marco di Rovereto (TN)
- Paola Boarin

# SI 02 I

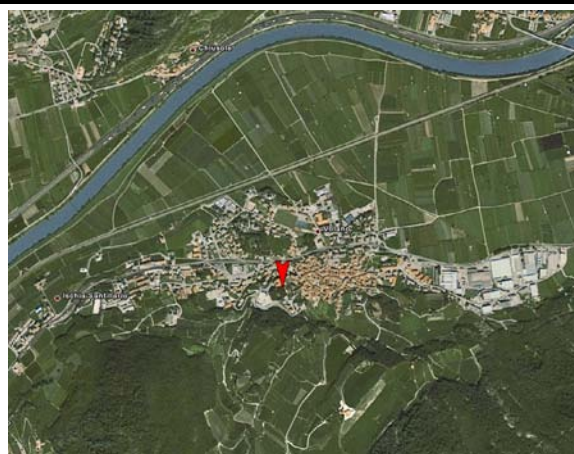
## Scuola per l'infanzia "Venturi" - Volano (TN)



Immagine generale



Localizzazione geografica



### Dati generali

<b>Tipo di intervento</b>	Ristrutturazione e ampliamento
<b>Ubicazione</b>	Comune di Volano (TN)

	Via S. Maria, 13
<b>Committente</b>	Comune di Volano (TN), Parrocchia di Volano (TN)
<b>Progettazione</b>	Arch. Gianluca Perottoni
<b>Superficie fondiaria</b>	7123 mq
<b>Superficie coperta</b>	963 mq
<b>Superficie utile</b>	1600 mq
<b>N° sezioni</b>	6 sezioni

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	800 m
<b>Zona climatica</b>	E
<b>Gradi Giorno</b>	2.689 GG
<b>Contesto</b>	L'edificio è situato sulla sommità della piccola altura interna al paese, in un contesto isolato da qualsiasi altro fabbricato, ma nelle vicinanze della chiesa del comune. L'edificio è raggiungibile attraverso una strada carrabile a bassa percorrenza che termina nell'area di sosta per i genitori posta davanti al cortile della scuola, oppure a piedi dal sagrato della chiesa sottostante. L'intorno è ricco di vegetazione e assolutamente lontano da fonti di inquinamento ambientale e acustico.

<b>Caratteristiche dell'edificio prima dell'intervento</b>	
<b>Immagine generale</b>	
<b>Anno di costruzione</b>	Inizio 1900 (costruzione). 1912 fondazione della "Società degli Amici dell'Asilo Infantile di Volano".
<b>Orientamento</b>	Nord-Sud

**Articolazione planimetrica e distributiva**

Il complesso è formato da due corpi di fabbrica distinti, ma adiacenti, che ospitano la scuola, da un lato, e gli alloggi per le suore, dall'altro. L'articolazione planimetrica del fabbricato, dedicato alla scuola dell'infanzia rimanda alla distribuzione "a corridoio" con le aule rivolte verso sud.

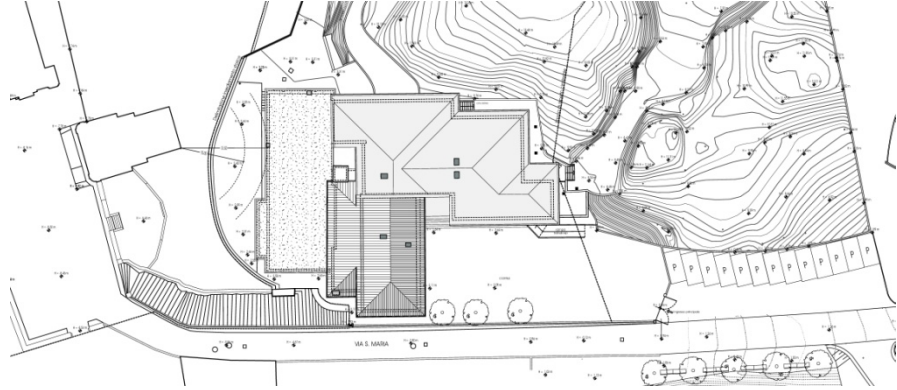


Fig. 134 Esistente: planimetria generale.

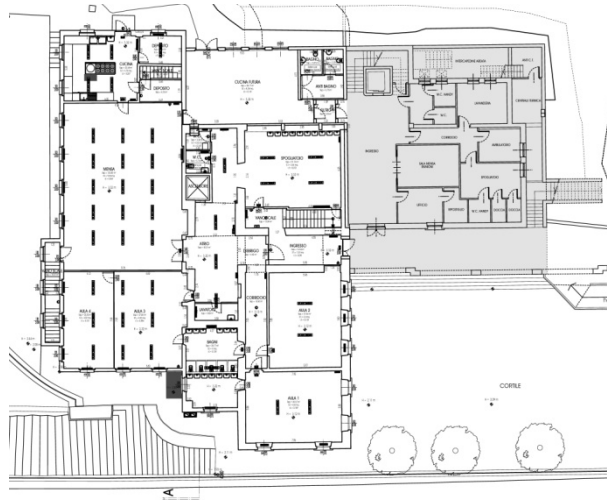


Fig. 135 Esistente: pianta del piano terra.

**Articolazione volumetrica e geometria**

Il complesso è formato da due fabbricati che si attestano l'un l'altro creando una planimetria a "L". I volumi sono estremamente semplici e non sono presenti aggetti o sporgenze. Entrambi presentano due piani fuori terra rialzati rispetto alla quota del terreno e un piano interrato scarsamente illuminato e molto umido.



	Fig. 136 Esistente: prospetti.
<b>Struttura di elevazione verticale</b>	Entrambi gli edifici presentano una struttura continua in blocchi di pietra locale con spessore variabile (60 cm al piano terra, 50 cm al piano primo).
<b>Chiusure verticali</b>	-
<b>Infissi esterni verticali</b>	Entrambi gli edifici presentano telai in legno con vetrocamera di modeste capacità termiche.
<b>Infissi esterni orizzontali</b>	Telaio in legno con vetro singolo o con vetrocamera.
<b>Solaio a terra</b>	-
<b>Solai intermedi</b>	Tecnologia locale in legno.
<b>Copertura</b>	L'edificio è caratterizzato da un tetto a padiglione con struttura in legno senza isolamento termico e manto di copertura in coppi.
<b>Illuminazione</b>	Sia le aule che le zone di servizio presentano lampade al neon.
<b>Impianto di climatizzazione invernale</b>	Caldaia a gasolio.
<b>Rete di distribuzione e terminali di riscaldamento</b>	Impianto centralizzato con radiatori ad acqua calda.
<b>Impianto di climatizzazione estiva</b>	Non presente.
<b>Rete di distribuzione e terminali di raffrescamento</b>	Non presenti.

#### ***Diagnosi del comportamento energetico edificio - impianto***

<b>Diagnosi in situ</b>	L'indagine sull'esistente si è avvalsa dell'esperienza del progettista e delle sue particolari conoscenze sulle tecniche costruttive locali. A supporto di un'indagine "per similitudine" rispetto a casi simili già affrontati, sono state effettuate indagini a campione di tipo invasivo sulle parti di edificio a cui era necessario prestare particolare attenzione.
<b>Diagnosi analitica dei consumi effettivi</b>	Non sono state effettuate particolari analisi dei consumi poiché il motivo principale dell'intervento era l'ampliamento della struttura esistente.

<b>Caratteristiche dell'edificio dopo l'intervento</b>	
<b>Immagine generale</b>	
<b>Anno dell'intervento</b>	2001
<b>Descrizione generale dell'intervento</b>	L'intervento è finalizzato al miglioramento dell'offerta didattica della scuola e all'adeguamento rispetto alle prescrizioni normative in materia di protezione antincendio.
<b>Articolazione planimetrica e distributiva</b>	<p>Il progetto prevede la modificazione dell'assetto distributivo-funzionale interno e l'introduzione di nuovi vani a supporto delle attività didattiche e delle nuove indicazioni pedagogiche.</p> <p>La distribuzione interna si snoda attorno alla nuova scala centrale che unisce verticalmente le attività svolte nelle diverse aule. Le sezioni sono collocate al piano terra per poter usufruire direttamente delle uscite verso l'esterno e verso il cortile attrezzato per il gioco e la ricreazione.</p> <p>Il piano seminterrato è stato completamente risanato e vi sono state collocate le attività psicomotorie.</p> <p>Il coperto è stato sopraelevato rispetto alla situazione preesistente al fine di permettere l'utilizzo del sottotetto per il dormitorio per i bambini e per le sale per il risveglio. Il nuovo volume annesso al fabbricato principale esistente è funzionale alla nuova collocazione degli spazi per le attività speciali e per la mensa.</p>

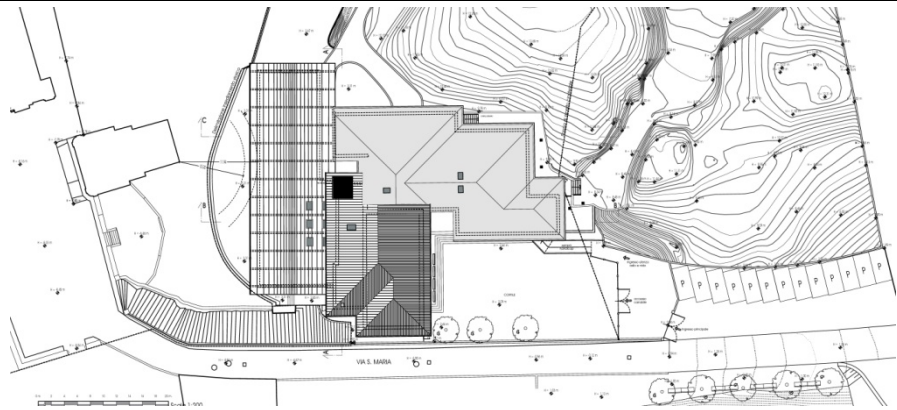


Fig. 137 Progetto: planimetria generale.

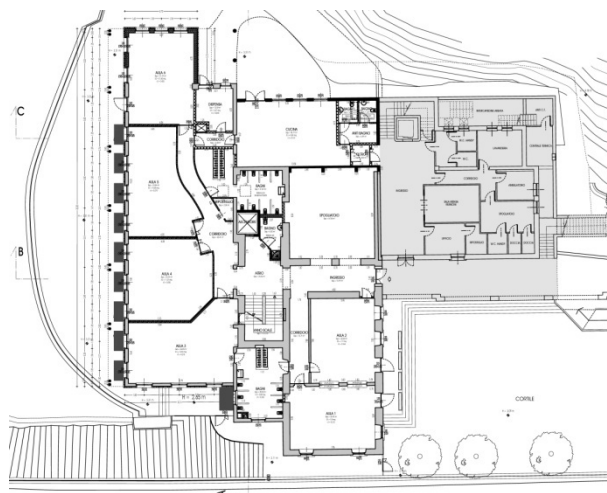


Fig. 138 Progetto: pianta del piano terra.

**Articolazione  
volumetrica e  
geometria**

L'edificio preesistente aveva subito nel tempo modificazioni e successive aggiunte di volume tanto che la sua immagine architettonica risultava oramai incongruente. Il progetto è intervenuto nella direzione di una riorganizzazione plani-volumetrica mirata a rendere più organico l'intero complesso.

Provenendo dal cortile d'ingresso il complesso, malgrado l'austerità formale originaria, risulta più proporzionato nelle dimensioni e nelle forme e trova una nuova regolarità distributiva attraverso il grande portico che protegge gli ingressi ad entrambi i fabbricati.

Il lato opposto, attraverso la nuova annessione di volume, si presenta più moderno e articolato, con forme aggettanti che creano portici a protezione delle ampie vetrate. Il tetto curvilineo definisce nuove geometrie in contrapposizione con quelle esistenti, attribuendo leggerezza all'intervento.





	 <p style="text-align: center;">Fig. 139 Progetto: prospetti.</p>
<p><b>Strutture portanti</b></p>	<p>Nell'edificio esistente è stato mantenuto solamente il perimetro murario in pietra locale; le murature portanti interne sono state demolite per ospitare un sistema a pilastri in c.a. che permettono maggiore flessibilità interna. I solai intermedi sono realizzati in legno e la struttura della nuova copertura è interamente costruita in legno lamellare.</p> <p>Il nuovo ampliamento presenta tecnologie a secco in acciaio sia per le strutture in elevazione che per gli orizzontamenti.</p>
<p><b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b></p>	
<p><b>Pareti perimetrali verticali</b></p>	<p>Non potendo intervenire attraverso un sistema "a cappotto" esterno per motivi di vincoli sull'edificio, la parte esistente è stata risanata dall'interno; sono stati impiegati pannelli in sughero naturale dello spessore di 4 cm successivamente protetti da una controparete in laterizio forato dello spessore di 8 cm.</p> <p>La parte nuova del complesso presenta invece una muratura con blocchi in laterizio porizzati.</p>
<p><b>Infissi esterni verticali</b></p>	<p>Tutti gli infissi della costruzione esistente sono stati completamente sostituiti con nuovi infissi a telaio in legno e vetrocamera basso emissivo. Inoltre, per evitare il problema del ponte termico dovuto alla posa in opera degli stessi, ogni telaio è stato isolato con apposite guarnizioni ("isolgomma") in modo da evitare il contatto diretto tra intonaco e telaio.</p> <p>A causa dell'orientamento dell'edificio è possibile attivare azioni di guadagno solare gratuito solo nella parte di edificio preesistente, dove le dimensioni delle finestre non sono particolarmente ampie, e nella sopraelevazione.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Fig. 140 Progetto: finestre a nastro nel sottotetto.</p>



Fig. 141 Progetto: finestre delle sezioni (fase di cantiere).



Fig. 142 Progetto: infissi delle sezioni.



Fig. 143 Progetto: particolare dell'infisso.

**Infissi esterni  
orizzontali**

Per favorire l'illuminazione naturale degli spazi distributivi e dei vani scala, sono stati inseriti ampi lucernari nella copertura dell'edificio.

	 <p data-bbox="651 696 1157 719">Fig. 144 Progetto: lucernari inseriti nella nuova copertura.</p>
<p data-bbox="284 790 437 813"><b>Solaio a terra</b></p>	<p data-bbox="453 790 1350 1043">Il solaio contro terra esistente è stato completamente rimosso per fare spazio ad un nuovo sottofondo ventilato costituito da cupole in materiale plastico rigenerato ("igloo") successivamente rese solidali attraverso un getto in calcestruzzo con rete elettrosaldata. Tra i moduli del sistema "igloo" sono stati posti dei tubi in collegamento con l'ambiente esterno al fine di creare una ventilazione continua del sottofondo per evitare eventuali fenomeni di umidità di risalita e infiltrazioni di gas radon, fenomeno frequente in queste zone del Trentino.</p>
<p data-bbox="316 1066 437 1088"><b>Copertura</b></p>	<p data-bbox="453 1066 1350 1155">La necessità di sopraelevare il piano sottotetto ha dato la possibilità di demolire e ricostruire la copertura, rendendola più adatta al clima del luogo e alle esigenze di risparmio energetico.</p> <p data-bbox="453 1167 1350 1290">La nuova copertura è stata completamente realizzata con tecnologia a secco, adottando una struttura portante in legno lamellare, leggermente sovradimensionata rispetto al necessario, per evitare l'utilizzo di impregnanti nocivi per la protezione dal fuoco.</p> <p data-bbox="453 1301 1350 1447">La struttura principale presenta un andamento rettilineo nella parte di sopraelevazione del costruito (in relazione alla necessità di non modificare l'immagine architettonica dell'esistente a causa della presenza di vincoli architettonici sull'immobile) e un andamento curvilineo nella parte costruita ex-novo, al fine di sottolinearne architettonicamente la differenza di costruzione.</p> <p data-bbox="453 1458 1350 1671">Al di sopra della struttura portante dell'intero complesso è stato posato un doppio tavolato incrociato (per motivi di adempimento delle leggi antisismiche) e uno strato di isolamento termico e acustico formato da pannelli in fibra di legno (6 cm) e da uno strato successivo in pannelli in sughero biondo (6 cm); al di sopra dell'isolamento e delle apposite guaine impermeabilizzanti sono stati posati i travetti necessari per la predisposizione di uno strato di ventilazione continua naturale della copertura.</p> <p data-bbox="453 1682 1350 1872">Il manto di copertura del complesso è differenziato in relazione ai periodi di realizzazione delle diverse parti: per l'edificio esistente sono stati posati nuovamente i coppi in cotto preesistenti (opportunamente fissati a listelli sottostanti), mentre per le costruzioni nuove è stato posato un manto di copertura in lamiera metallica che segue l'andamento curvilineo delle strutture sottostanti.</p>



Fig. 145 Progetto: fase di cantiere relativa alla posa in opera degli strati della copertura.



Fig. 146 Progetto: fase di cantiere relativa all'ultimazione dei lavori di posa della copertura.



Fig. 147 Progetto: copertura curvilinea della zona mensa.

**Altri interventi** -

<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>	
<b>Illuminazione</b>	Il progetto ha previsto l'installazione in tutto il complesso di corpi illuminanti a basso consumo e non abbaglianti, controllati da un impianto di domotica.
<b>Impianto di climatizzazione invernale</b>	Al fine di ridurre i consumi energetici per il riscaldamento invernale, è stata installata una caldaia a condensazione ad alto rendimento.
<b>Rete di distribuzione e terminali di riscaldamento</b>	<p>L'impianto di generazione del calore è stato abbinato ad un impianto di distribuzione a bassa temperatura che massimizza i rendimenti globali.</p> <p>I terminali di riscaldamento sono costituiti da un impianto a pannelli radianti a pavimento che permettono di distribuire uniformemente il calore privilegiando la zona bassa degli ambienti.</p> <p>L'impianto è, dunque, perfettamente pertinente alla tipologia di utenza.</p> <div data-bbox="598 701 1209 1160" data-label="Image"> </div> <p>Fig. 148 Progetto: pavimento radiante della zona mensa.</p>
<b>Impianto di climatizzazione estiva</b>	Non presente.
<b>Rete di distribuzione e terminali di raffrescamento</b>	Non presenti.
<b>Impianto di ventilazione controllata</b>	L'impianto di ventilazione controllata è stato inserito solo nelle cucine.
<b>Altri interventi</b>	Per motivi economici non sono stati inseriti dispositivi di utilizzo dell'energia solare per la produzione di energia elettrica (pannelli fotovoltaici) o per l'acqua calda sanitaria (collettori solari), ma sono state realizzate le opportune predisposizioni al fine di rendere più agevole una eventuale futura installazione.
<b>Classe energetica raggiunta</b>	<b>Classe energetica B</b> secondo il protocollo della Provincia di Trento.
<b>Indoor Quality Improvement</b>	
<b>Illuminazione naturale</b>	Le grandi superfici vetrate inserite nel progetto della nuova annessione sono state progettate e dimensionate per garantire l'illuminazione naturale delle aule e per permettere ai bambini di avere un costante rapporto visivo con l'ambiente

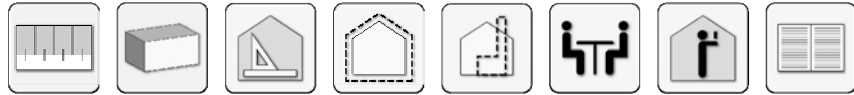
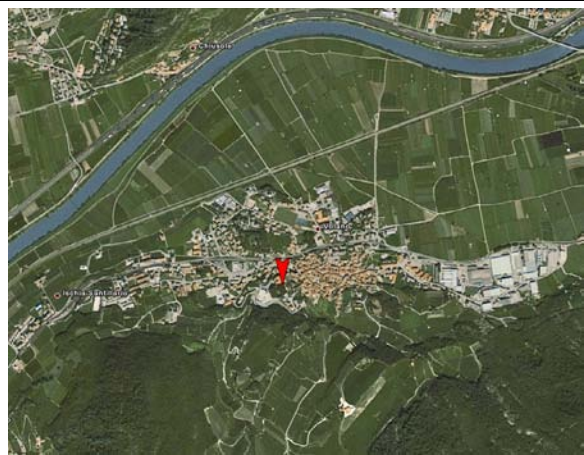
	esterno.
<b>Ventilazione naturale</b>	La parte di edificio costruita ex-novo e la sopraelevazione del piano sottotetto sono state dotate di ampie vetrate che permettono la ventilazione trasversale naturale degli ambienti, al fine di garantire un immediato ricambio d'aria quando necessario.
<b>Benessere termigrometrico</b>	
<b>Protezione acustica</b>	Le soluzioni adottate per il controllo acustico sono molteplici e coinvolgono diversi elementi tecnici. Le chiusure opache presentano pannelli di isolamento termico in sughero naturale che ha anche la funzione di abbattimento acustico; allo stesso modo la copertura presenta pannelli in sughero unitamente a pannelli in fibra di legno che riducono notevolmente i rumori dovuti agli agenti atmosferici. I solai interpiano sono caratterizzati da strutture leggere in legno che, per natura del materiale, propagano i rumori da calpestio; in questo caso è stato posto in opera uno strato in gomma (4 mm), per la riduzione dei rumori da calpestio e uno strato di "sugherite" (sughero vetrificato, 6 cm) con la duplice valenza di diffondere il calore del sistema di riscaldamento a pavimento e di creare uno spessore massivo che riduce la propagazione del rumore. Anche le pareti di separazione tra le aule sono state opportunamente progettate per non creare interferenze e disturbo reciproco tra le sezioni: le partizioni interne costituite da una doppia parete in laterizio forato con interposti pannelli in sughero (4 cm). Le chiusure trasparenti sono realizzate con opportune guarnizioni di tenuta che proteggono dall'inquinamento acustico proveniente dall'esterno.
<b>Materiali</b>	Tutti i materiali utilizzati rispettano le più severe normative dell'edilizia scolastica. Sono stati posati materiali atossici naturali e non sono state adottate vernici e impregnanti nocivi per la salute. Anche per le strutture lignee delle nuove coperture non sono state adottate vernici antincendio ma sono state leggermente sovradimensionate per poter resistere meccanicamente più a lungo all'azione del fuoco.

<b>Tipo di intervento</b>	
<b>Durata</b>	Settembre 2001 – febbraio 2003.
<b>Interferenza con le attività didattiche</b>	Sospensione completa delle attività.
<b>Presenza di aree esterne all'edificio per lo stoccaggio di materiali</b>	È stato possibile avvalersi di ampi spazi di pertinenza della scuola per lo stoccaggio del materiale
<b>Tecnologia costruttiva delle parti sostituite o costruite ex-novo</b>	L'edificio esistente è stato riqualificato sia con tecnologie a umido (strutture in elevazione, solaio a terra) che con tecnologie a secco (copertura, solai intermedi); l'edificio costruito ex-novo ha impiegato prevalentemente tecnologie a secco.
<b>Tipo di integrazione con il costruito</b>	L'intervento è eseguito attraverso tecniche costruttive ad umido e, pertanto, si innesta direttamente sul costruito.
<b>Costo dell'intervento</b>	850 €/mq.

***SP 01 I: Scuola primaria – frazione di Casteldarne, Comune di Chienes (BZ)***

*Fonti iconografiche:*

- EM2 Architetti – Brunico (BZ)
- Paola Boarin

**SP 01 I****Scuola primaria - Casteldarne (BZ)****Immagine generale****Localizzazione geografica****Dati generali**

<b>Tipo di intervento</b>	Ristrutturazione e ampliamento
<b>Ubicazione</b>	Comune di Chienes (BZ) – Frazione di Casteldarne Via Castello, 9



<b>Committente</b>	Comune di Chienes (BZ)
<b>Progettazione</b>	EM2 Architetti – Brunico (BZ)
<b>Superficie fondiaria</b>	3956 mq
<b>Superficie coperta</b>	816,60 mq
<b>Superficie utile</b>	2858,10 mq (superficie netta riscaldata 2695 mq)
<b>N° sezioni</b>	5

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	840 m
<b>Zona climatica</b>	F
<b>Gradi Giorno</b>	3856
<b>Contesto</b>	Il complesso scolastico è situato all'ombra della collina che ospita la chiesa e il castello. Questa particolare ubicazione, unitamente all'orientamento sfavorevole, non permette all'edificio di sfruttare l'irraggiamento solare durante i mesi invernali e di adottare tecnologie per i guadagni solari passivi.

<b>Caratteristiche dell'edificio prima dell'intervento</b>	
<b>Immagine generale</b>	
<b>Anno di costruzione</b>	1970
<b>Orientamento</b>	Nord – Est
<b>Articolazione planimetrica e distributiva</b>	L'edificio destinato alla scuola elementare ospita 5 sezioni e un totale di 60 alunni. Si tratta di un edificio di piccole dimensioni (20 x 39 m circa) suddiviso in due parti leggermente sfalsate rispetto ad un muro trasversale portante. Le aule sono di forma regolare e sono situate prevalentemente verso Nord-Est. Sono presenti ampi corridoi di distribuzione, utilizzati anche come luogo di

aggregazione nei momenti di pausa dalle attività didattiche.  
 È presente una piccola biblioteca, ad uso scolastico e pubblico, una zona per l'infermeria, una palestra (nel piano interrato) e un'aula magna per le assemblee e le attività comuni.



Fig. 149 Edificio esistente: pianta del piano primo.

**Articolazione volumetrica e geometria**

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica e presenta una volumetria compatta, riconducibile alla tipologia a blocco malgrado la suddivisione in due parti leggermente sfalsate tra loro.  
 Il volume presenta due piani fuori terra, un sottotetto e ampi vani abitati interrati.

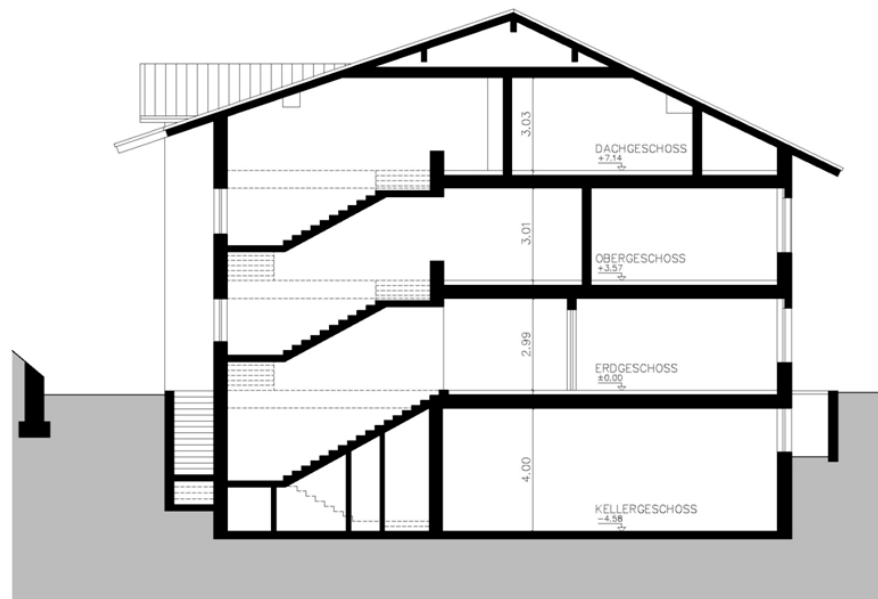




Fig. 150 Edificio esistente: sezione trasversale.

	 <p>Fig. 151 Edificio esistente: prospetto del fronte d'ingresso.</p>
<p><b>Struttura di elevazione verticale</b></p>	<p>Struttura mista costituita da setti portanti in blocchi di laterizio forato e da un sistema intelaiato in c.a. con parti in acciaio.</p>  <p>Fig. 152 Edificio esistente: telai in c.a. (immagine di cantiere).</p>
<p><b>Pareti perimetrali verticali</b></p>	<p>Tamponamento in mattoni di laterizio forato intonacato senza isolamento termico con spessore totale di 45,5 cm (<math>U=0,85 \text{ W/m}^2\text{K}</math>).</p>  <p>Fig. 153 Edificio esistente: tamponamenti in mattoni di laterizio forato (immagine di cantiere).</p>
<p><b>Infissi esterni verticali</b></p>	<p>Telaio in alluminio verniciato con vetrocamera (<math>U=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}</math>). Montaggio a filo pilastro. Moduli apribili ad anta e a vasistas superiore. Presenza di oscuramento con veneziana esterna.</p>

	 <p data-bbox="678 837 1126 864">Fig. 154 Edificio esistente: infisso esterno verticale.</p>
<p data-bbox="284 931 435 987"><b>Infissi esterni orizzontali</b></p>	<p data-bbox="453 931 810 958">Telaio in legno con vetrocamera.</p>  <p data-bbox="678 1395 1126 1422">Fig. 155 Edificio esistente: infissi esterni orizzontali.</p>
<p data-bbox="284 1491 435 1518"><b>Solaio a terra</b></p>	<p data-bbox="453 1491 884 1518">Solaio in c.a. senza isolamento termico.</p>
<p data-bbox="261 1543 435 1570"><b>Solai intermedi</b></p>	<p data-bbox="453 1543 624 1570">Laterocemento</p>
<p data-bbox="317 1594 435 1621"><b>Copertura</b></p>	<p data-bbox="453 1594 1286 1621">Struttura in legno a doppia falda senza isolamento termico (<math>U &gt; 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}</math>).</p>



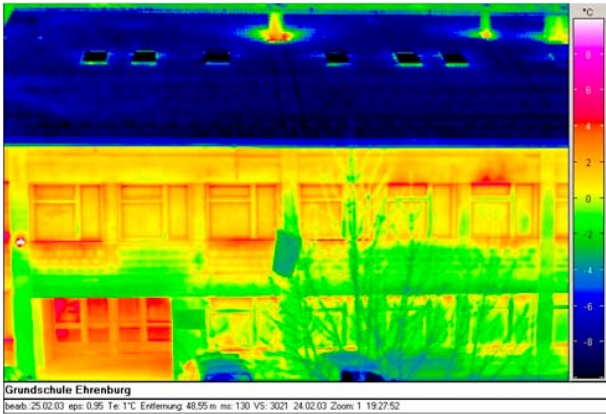
	 <p>Fig. 156 Edificio esistente: vista del sottotetto.</p>
<b>Illuminazione</b>	Lampade al neon.  <p>Fig. 157 Edificio esistente: illuminazione delle aule con lampade al neon.</p>
<b>Impianto di climatizzazione invernale</b>	Caldaia a gasolio.
<b>Rete di distribuzione e terminali di riscaldamento</b>	Impianto centralizzato con radiatori ad acqua calda.

	
	Fig. 158 Edificio esistente: radiatori ad acqua calda.
<b>Impianto di climatizzazione estiva</b>	Non presente.
<b>Rete di distribuzione e terminali di raffrescamento</b>	Non presenti.

#### **Diagnosi del comportamento energetico edificio – impianto**

<b>Diagnosi in situ</b>	<p>Utilizzo della termografia infrarossa per evidenziare le caratteristiche energetiche dell'involucro e, in particolare, le perdite di calore dovute a ponti termici.</p>  <p>Grundschiule Ehrenburg bearb: 25.02.03 eps: 0.95 Te: 1°C Entfernung: 48.95 m mi: 130 VS: 3021 24.02.03 Zoom: 1 19:27:52</p>
	Fig. 159 Edificio esistente: visione termografica del fronte d'ingresso.

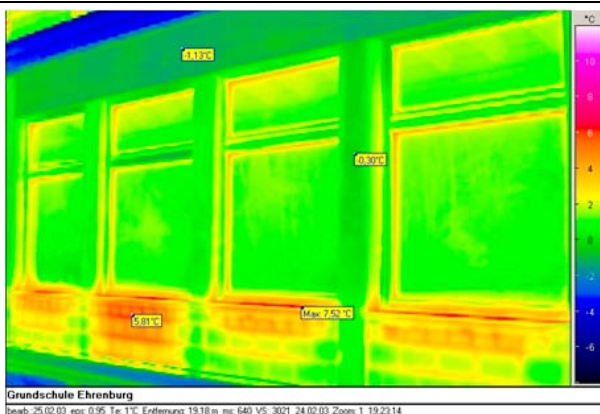


Fig. 160 Edificio esistente: visione termografica degli infissi esterni verticali.

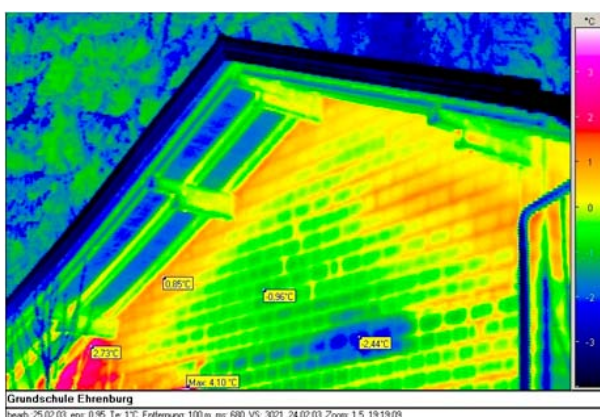


Fig. 161 Edificio esistente: visione termografica della parete laterale.

**Diagnosi analitica dei consumi effettivi**

È stato effettuato un monitoraggio dei consumi per il riscaldamento invernale, espresso in litri di gasolio forniti alla scuola relativi ad alcuni anni campione.

Anno	Litri di gasolio
1997	28.100
1998	24.100
1999	36.400
2000	19.500
<b>Superfici riscaldate</b>	1815 m <sup>2</sup>
<b>Consumo per m<sup>2</sup> e anno</b>	<b>14,89 litri</b>
<b>Classe energetica</b>	<b>F (&lt;160 kWh/m<sup>2</sup>anno)</b>

<b>Caratteristiche dell'edificio dopo l'intervento</b>	
<b>Immagine generale</b>	
<b>Anno dell'intervento</b>	2006
<b>Descrizione generale dell'intervento</b>	<p>A seguito della valutazione dei consumi energetici, delle condizioni ambientali generali e delle indagini termografiche, il comune di Casteldarne ha deciso di intervenire in modo radicale sull'edificio.</p> <p>L'intervento doveva mirare principalmente al contenimento dei consumi, ma doveva inoltre, attraverso una riorganizzazione interna dei locali, creare lo spazio necessario ad ospitare attività extrascolastiche e di aggregazione aperte alle associazioni comunali.</p> <p>Lo standard energetico richiesto ai progettisti era il CasaClima A; era richiesto, inoltre, un adeguamento funzionale rispetto alle direttive in materia di edilizia scolastica.</p>
<b>Articolazione planimetrica e distributiva</b>	<p>Il progetto ha previsto la riorganizzazione dei vani collocati nell'interrato al fine di migliorare le condizioni ambientali della palestra (innalzamento dei livelli di illuminazione e delle condizioni termo igrometriche) e per creare nuovi spazi destinati al centro giovanile e all'associazione locale degli "Schutzen".</p> <p>Al piano terra è stata completamente riorganizzata e ampliata la biblioteca, che ora prevede anche un ingresso indipendente dall'esterno, e la zona destinata alle insegnanti.</p> <p>Le aule per la didattica collocate al piano terra non hanno subito trasformazioni, mentre tre aule al piano primo sono state aggregate e suddivise per dedicare lo spazio necessario alle attività di sostegno.</p> <p>Il piano mansardato, costruito ex-novo, è caratterizzato da un unico vano raggiungibile attraverso una scala interna con ingresso indipendente dall'esterno; lo spazio è suddiviso da arredi, in parte fissi e in parte mobili, al fine di garantire massima flessibilità alle attività.</p> <p>L'intervento ha previsto l'inserimento di un ascensore interno al fine di ottemperare alle prescrizioni della Legge 13.</p>





Fig. 162 Progetto: pianta piano primo.

**Articolazione volumetrica e geometria**

Nel complesso, l'edificio si presenta come un blocco unico e compatto racchiuso da una copertura lineare.

L'intervento che ha sostanzialmente modificato la volumetria dell'edificio è la sopraelevazione del piano sottotetto al fine di creare un ampio vano abitabile da destinare ad attività diverse. La copertura preesistente a doppia falda è stata sostituita con una copertura a falda unica, perimetralmente delimitata da ampie vetrate che garantiscono una buona illuminazione all'intero vano.

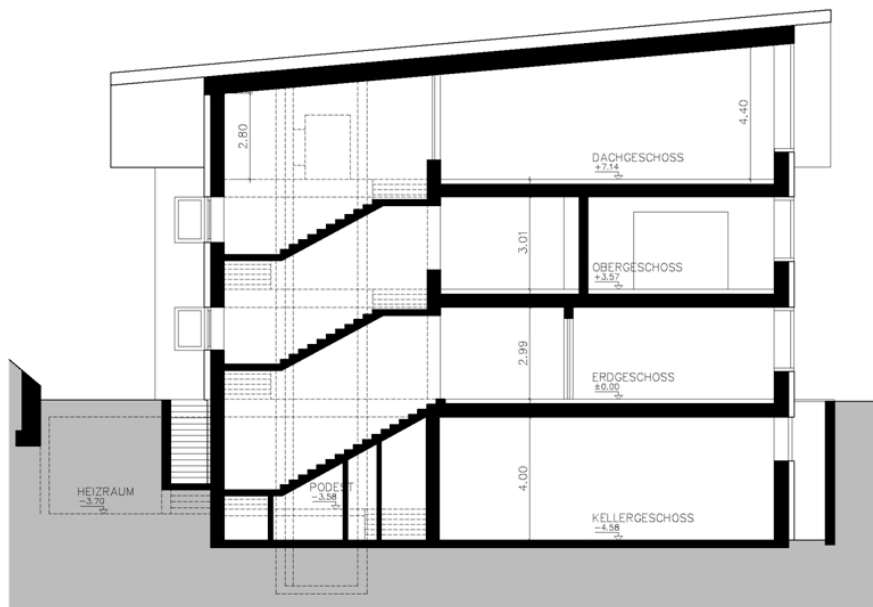
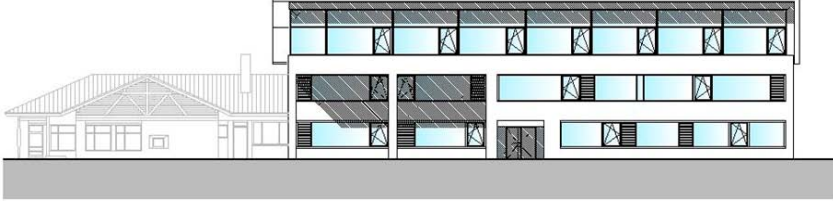



Fig. 163 Progetto: sezione trasversale.

	 <p data-bbox="683 459 1120 483">Fig. 164 Progetto: prospetto del fronte d'ingresso.</p>
<p data-bbox="328 551 434 611"><b>Strutture portanti</b></p>	<p data-bbox="453 551 1342 707">La struttura esistente è rimasta invariata. La sopraelevazione del sottotetto è stata possibile attraverso la demolizione della vecchia copertura e l'utilizzo di una struttura leggera costituita da telai in legno "micro lamellare" (simili a quelli utilizzati per i piani inferiori) di sostegno al sistema degli infissi e della copertura stessa.</p>  <p data-bbox="691 1211 1114 1236">Fig. 165 Progetto: Struttura in "micro lamellare".</p>
<p data-bbox="233 1301 593 1326"><b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b></p>	
<p data-bbox="237 1350 434 1375"><b>Chiusure verticali</b></p>	<p data-bbox="453 1350 1342 1413">L'analisi termografica ha rilevato notevoli perdite di calore attraverso l'involucro dell'edificio, dovute principalmente a ponti termici.</p> <p data-bbox="453 1417 1342 1639">Al fine di preservare la dimensione interna delle aule e data la disponibilità di spazio all'esterno dell'edificio, è stato introdotto un sistema di isolamento con tecnologia "a cappotto" costituito da pannelli in polistirene espanso di 20 cm (<math>U=0,33 \text{ W/m}^2\text{K}</math>) fino a un metro d'altezza circa e successivi pannelli in calce silicata di 20 cm (<math>U=0,18 \text{ W/m}^2\text{K}</math>). I pannelli sono stati fissati direttamente sull'intonaco esistente attraverso apposito collante. Lo strato di finitura superficiale esterno è costituito da intonaco su apposita rete in fibre plastiche.</p> <p data-bbox="453 1644 1342 1738">Unico elemento di discontinuità è costituito dalla parete di separazione tra la parte di edificio dedicata alla scuola materna e la parte dedicata alla scuola elementare oggetto dell'intervento (su cui non si è intervenuto).</p>

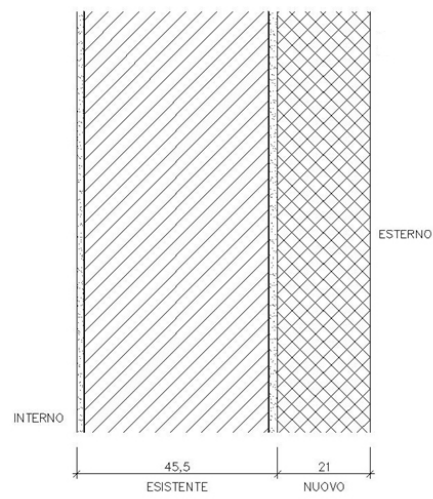


Fig. 166 Progetto: schema della stratigrafia.



Fig. 167 Progetto: isolamento "a cappotto" delle strutture di elevazione verticale.



Fig. 168 Progetto: stratigrafia dell'isolamento "a cappotto".

**Infissi esterni verticali**

I vecchi infissi disperdenti sono stati completamente sostituiti con infissi nuovi a prestazioni termiche e acustiche migliori. Il sistema di oscuramento esistente è stato completamente rimosso poiché il sistema di “impacchettamento” della veneziana costituiva un ponte termico.

Si tratta di infissi con telaio in legno-alluminio con doppio vetrocamera basso emissivo, limitatamente all’edificio esistente; la sopraelevazione dell’ultimo piano sottotetto, poiché protetta dallo sporto della copertura, presenta infissi con telaio in legno e doppio vetrocamera basso emissivo.

Gli infissi sono stati montati al filo esterno dell’isolamento, davanti alla struttura portante in c.a. esistente. Ciò è stato reso possibile attraverso l’inserimento di strutture a telaio in legno “micro lamellare” (spessore di circa 8 cm) a sostegno delle parti vetrate. Grazie a questa tecnologia è stato inoltre possibile ampliare le dimensioni delle bucaure massimizzando la quantità di luce in ingresso.

Al fine di ridurre ulteriormente le dispersioni non controllate per ventilazione attraverso le parti apribili degli infissi (apertura volontaria delle finestre da parte degli operatori), queste sono state ridotte alla porzione minima prevista dalle normative. I ricambi d’aria sono garantiti dall’impianto di ventilazione controllata, indipendente per ogni aula, che presenta una griglia integrata con il sistema degli infissi per favorire l’ingresso e la fuoriuscita dell’aria al dispositivo stesso.

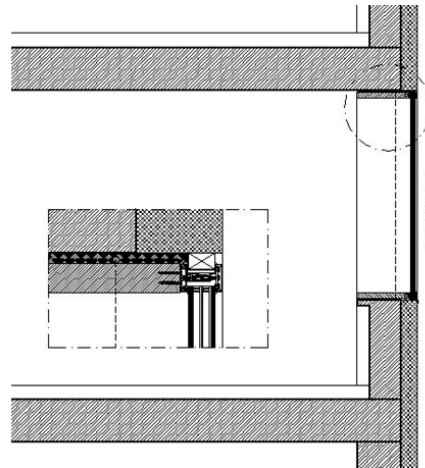


Fig. 169 Progetto: schema del sistema di montaggio degli infissi.



Fig. 170 Progetto: gli infissi sono montati al filo esterno della parete perimetrale verticale e integrano la griglia per il sistema di ventilazione controllata degli ambienti (fase di cantiere).



Fig. 171 Progetto: sistema degli infissi della porzione di edificio esistente costituiti da telaio in legno – alluminio con doppio vetrocamera basso emissivo.



Fig. 172 Progetto: sistema degli infissi del sottotetto costituiti da telaio in legno con doppio vetrocamera basso emissivo.

**Infissi esterni orizzontali**

Gli infissi esterni orizzontali esistenti sono stati demoliti assieme alla vecchia copertura.

Nella nuova struttura è stato inserito un nuovo lucernario in corrispondenza dell'ascensore interno in vetro, al fine di illuminare il vano scale e l'ascensore stesso.



Fig. 173 Progetto: lucernario in corrispondenza del vano scale e ascensore.

**Solaio a terra**

La struttura del solaio a terra in c.a. è rimasta invariata ma è stato introdotto uno strato di isolamento termico in polistirene espanso ( $U=0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

**Copertura**

La copertura esistente è stata completamente rimossa al fine di ampliare e sopraelevare il vano sottotetto.

La nuova copertura, ad unica falda inclinata, è costituita da moduli autoportanti (“cassettoni”) in legno OSB ed elementi strutturali in legno lamellare, preassemblati in officina per ridurre al minimo i tempi di posa in opera in cantiere.

I moduli sono interamente riempiti di materiale isolante in fiocchi di fibra di cellulosa in spessore variabile tra i 48 e i 60 cm ( $U=0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) e chiusi da un ulteriore pannello OSB. Al fine di migliorare ulteriormente la prestazione termigrometrica è stato previsto uno strato di ventilazione di circa 14 cm e un manto di copertura in lastre di rame.

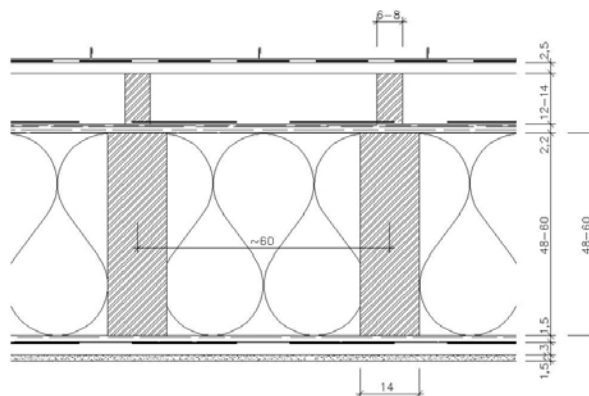


Fig. 174 Progetto: sezione della stratigrafia della copertura.



Fig. 175 Progetto: moduli preassemblati per la copertura.




Fig. 176 Progetto: particolare della copertura e della griglia di ventilazione.

<b>Altri interventi</b>	-
<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>	
<b>Illuminazione</b>	Sostituzione delle vecchie lampade al neon con lampade più efficienti e meno abbaglianti.



Fig. 177 Progetto: nuove lampade per l'illuminazione delle aule.

	 <p data-bbox="619 837 1182 866">Fig. 177 Progetto: nuove lampade per l'illuminazione delle aule.</p>
<b>Impianto di climatizzazione invernale</b>	<p data-bbox="451 936 1347 965">La vecchia caldaia a gasolio è stata sostituita con una più moderna caldaia a gas.</p>
<b>Rete di distribuzione e terminali di riscaldamento</b>	<p data-bbox="451 1048 1355 1171">Il progetto non ha previsto la sostituzione dei corpi scaldanti esistenti nell'edificio. Solamente il vano sottotetto, essendo stato realizzato ex-novo, è stato dotato di un sistema di riscaldamento a pavimento, per agevolare la flessibilità di utilizzo del locale.</p>
<b>Impianto di climatizzazione estiva</b>	<p data-bbox="451 1193 1166 1223">Non è stato previsto nella fase di progettazione (non necessario).</p>
<b>Rete di distribuzione e terminali di raffrescamento</b>	<p data-bbox="451 1305 767 1335">Non previsti (non necessari).</p>
<b>Impianto di ventilazione controllata</b>	<p data-bbox="451 1451 1355 1619">Il progetto ha previsto l'inserimento nelle aule di insegnamento di un sistema di ventilazione controllata di tipo decentralizzato con recupero di calore al fine di migliorare la qualità dell'aria, di ridurre le perdite energetiche dovute alla ventilazione manuale e di evitare l'inquinamento acustico proveniente dall'esterno dovuto all'apertura delle finestre in modo continuativo.</p> <p data-bbox="451 1619 1355 1809">Il sistema è costituito da dispositivi indipendenti posti all'interno delle aule per la didattica in corrispondenza di una porzione della chiusura esterna verticale in cui la parte vetrata è stata sostituita da una griglia che ospita sia la bocchetta di ingresso, sia la bocchetta di uscita dell'aria. La griglia è stata successivamente coibentata internamente da materassini in fibra di cellulosa che ne migliorano le prestazioni termiche.</p> <p data-bbox="451 1809 1355 1977">Ogni apparecchio è regolabile dall'interno dell'aula attraverso appositi termostati ed è azionato esclusivamente durante il periodo di permanenza degli studenti nelle aule, per lo svolgimento delle attività didattiche. A tal proposito tutto il personale è stato istruito al fine di poter manovrare correttamente l'impianto, contribuendo ad una gestione partecipata delle azioni di risparmio energetico.</p> <p data-bbox="451 1977 1355 2033">Le macchine sono state poste in corrispondenza di un angolo delle aule, appese al soffitto (per impedire che i bambini le raggiungano e siano soggette a urti che ne</p>



possano compromettere il funzionamento) e, ove possibile, racchiuse all'interno di appositi armadi per nascondere la presenza. Ogni macchina è assolutamente silenziosa e non disturba il normale svolgimento delle attività didattiche.

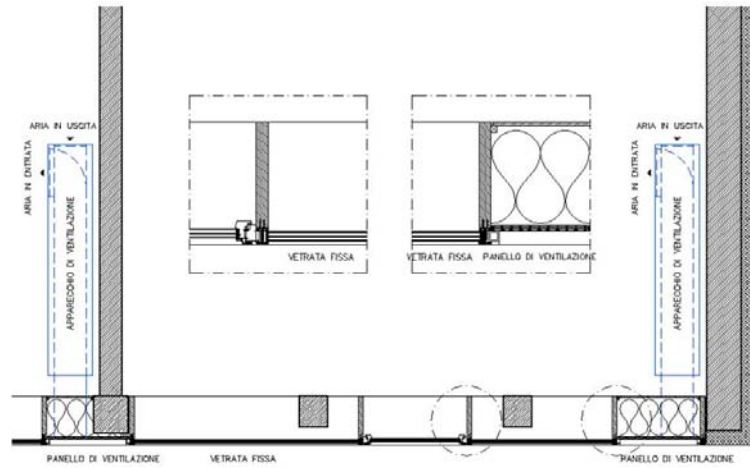


Fig. 178 Progetto: inserimento degli apparecchi per la ventilazione e relative griglie nelle aule.

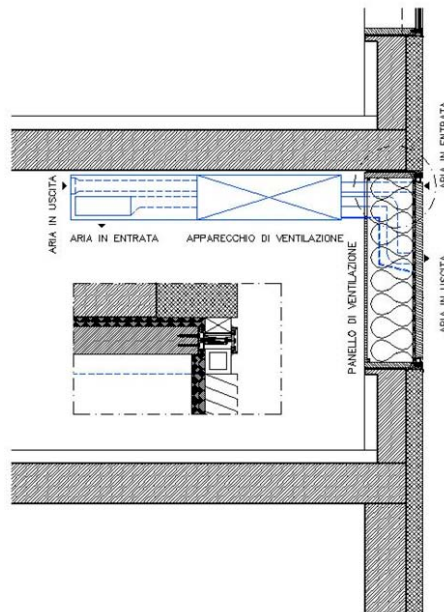


Fig. 179 Progetto: sezione verticale con inserimento della macchina per la ventilazione e della griglia.



Fig. 180 Progetto: apparecchio per la ventilazione controllata delle aule.



Fig. 181 Progetto: bocchette per la mandata e l'uscita dell'aria (vista dall'esterno durante la posa in opera).



Fig. 182 Progetto: predisposizione della griglia esterna (immagine interna durante la posa in opera).



Fig. 183 Progetto: apparecchio per la ventilazione controllata inserito in apposito sistema di schermatura.

	 <p data-bbox="628 860 1177 884">Fig. 184 Progetto: griglia esterna di protezione delle bocchette.</p>
<b>Altri interventi</b>	-
<b>Classe energetica raggiunta</b>	CasaClima A <sup>più</sup> (25 kWh/m <sup>2</sup> anno).
<b>Indoor Quality Improvement</b>	
<b>Illuminazione naturale</b>	L'ampliamento delle superfici vetrate consente di migliorare l'illuminazione naturale interna dei locali e di mantenere una costante percezione dell'ambiente esterno da parte dei bambini. Ciò ha un duplice vantaggio: riduce la quota di luce artificiale da fornire per la corretta fruizione degli ambienti, con notevole risparmio in termini di bolletta energetica, e migliora la qualità dell'ambiente interno dal punto di vista percettivo.
<b>Ventilazione naturale</b>	L'intervento privilegia la ventilazione meccanica controllata poiché, date le condizioni climatiche del luogo, è preferibile adottare sistemi di recupero di calore (che producono effetti positivi diretti sulla bolletta energetica). Inoltre la ventilazione controllata migliora la qualità interna dell'aria ( <i>Indoor Air Quality</i> ) poiché, attraverso opportuni filtri, impedisce (o riduce) l'ingresso di agenti inquinanti provenienti dall'esterno, quali inquinamento e pollini.
<b>Benessere termigrometrico</b>	Una prima strategia prevede l'innalzamento della temperatura superficiale delle chiusure attraverso la posa in opera di un sostanzioso isolamento termico esterno (cappotto) e la completa eliminazione dei ponti termici, ottenuta grazie al posizionamento dell'infisso (doppio vetrocamera altamente isolante) sul filo esterno dell'isolante. L'aumento della temperatura della parete riduce notevolmente il rischio di formazione di condensa superficiale e, quindi, della generazione di muffe. Inoltre, la percentuale di umidità dell'aria è controllata dal didtema di VMC di tipo decentralizzato che provvede alla fornitura di una adeguata miscela di aria e vapore acqueo.
<b>Protezione acustica</b>	La possibilità di non dover aprire periodicamente le finestre per cambiare l'aria degli ambienti ha positive ripercussioni anche sul comportamento dell'edificio rispetto all'inquinamento acustico. Anche se il contesto in cui è inserito l'edificio è prevalentemente residenziale, le misure adottate per infissi esterni verticali (infissi con giunti di tenuta e doppi vetrocamera) e pareti perimetrali verticali

	(isolamento "a cappotto") hanno positivi effetti sulla protezione acustica globale. Anche gli apparecchi per la ventilazione controllata sono stati appositamente scelti per non produrre fastidiosi rumori di fondo all'interno degli ambienti, dovuti al funzionamento delle macchine stesse e al movimento dell'aria.
<b>Materiali</b>	Il progetto ha previsto, per i locali interni, l'utilizzo esclusivo di materiali ecologici contenuti nelle direttive dell'edilizia scolastica. Anche le soluzioni tecnologiche adottano, per la maggior parte, materiali ecocompatibili quali i pannelli isolanti in calce silicato, il legno e il rame.

<b>Tipo di intervento</b>	
<b>Durata</b>	4 mesi (giugno-ottobre con sospensione lavori ad agosto). Inizio lezioni a novembre 2006.
<b>Interferenza con le attività didattiche</b>	Trasferimento delle attività didattiche in altra struttura per un mese.
<b>Presenza di aree esterne all'edificio per lo stoccaggio di materiali</b>	L'area di pertinenza dell'edificio ha potuto ospitare il materiale di stoccaggio e ha permesso la movimentazione delle parti prefabbricate.
<b>Tecnologia costruttiva delle parti sostituite o costruite ex-novo</b>	La sopraelevazione del coperto ha impiegato esclusivamente tecnologie a secco costituite da moduli autoportanti preassemblati in cantiere.
<b>Tipo di integrazione con il costruito</b>	La tecnologia costruttiva leggera del nuovo coperto ha permesso di non intervenire sulle strutture portanti esistenti ma di andare semplicemente in appoggio a esse con elementi in legno lamellare per il perimetro ed elementi in acciaio nella porzione centrale, finalizzati alla riduzione delle luci strutturali. Il sistema di isolamento a cappotto è stato applicato attraverso collanti specifici e non attraverso tasselli meccanici, al fine di limitare ulteriormente le dispersioni dovute ai ponti termici diffusi.
<b>Costo dell'intervento</b>	380 €/mc.

**SP 02 I: Scuola primaria "Rosmini" - Marco di Rovereto (TN)**

*Fonti iconografiche:*

- arch. Gianluca Perotoni – Marco di Rovereto (TN)
- Paola Boarin
- Oleotto E., *Edifici scolastici ecocompatibili*, pag. 175, cfr. bibliografia.

**SP 02 I****Scuola primaria "Rosmini" - Marco di Rovereto (TN)****Immagine generale****Localizzazione geografica****Dati generali**

<b>Tipo di intervento</b>	Ristrutturazione e ampliamento
<b>Ubicazione</b>	Comune di Rovereto (TN)– Frazione di Marco Via Il Novembre, 57

<b>Committente</b>	Comune di Rovereto (TN)
<b>Progettazione</b>	Arch. Gianluca Perottoni – Marco di Rovereto (TN)
<b>Superficie fondiaria</b>	2600 mq
<b>Superficie coperta</b>	-
<b>Superficie utile</b>	1750 mq
<b>N° sezioni</b>	14

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	204 m
<b>Zona climatica</b>	E
<b>Gradi Giorno</b>	2713 GG
<b>Contesto</b>	L'edificio è situato nel centro storico del paese, sull'asse viario principale. Malgrado la posizione, è circondato da ampi spazi liberi caratterizzati da zone attrezzate per attività sportive all'aperto e da aree verdi.

<b>Caratteristiche dell'edificio prima dell'intervento</b>	
<b>Immagine generale</b>	
<b>Anno di costruzione</b>	1918
<b>Orientamento</b>	Sud – Ovest
<b>Articolazione planimetrica e distributiva</b>	L'edificio, di modeste dimensioni, è caratterizzato da un impianto regolare e simmetrico, di forma rettangolare. La zona dell'ingresso principale, rialzata rispetto al piano stradale, è ricavata all'interno di una rientranza del volume. Le aule interne (6 sezioni) sono distribuite in modo simmetrico rispetto all'asse ingresso-scala, riducendo al minimo gli spazi distributivi e di socializzazione comune.
<b>Articolazione</b>	L'edificio è composto da due piani fuori terra e da un piano parzialmente interrato

<b>volumetrica e geometria</b>	rispetto al fronte di ingresso e completamente libero sul fronte posteriore, dove la quota del terreno è più bassa. Il volume è riconducibile alla tipologia a "blocco", malgrado le due ali simmetriche leggermente sporgenti sul fronte, caratterizzate dalla presenza dei locali di servizio. Gli spazi interni sono caratterizzati da soffitti molto alti e volumi molto ariosi. Il tetto è a padiglione corona un edificio dall'architettura austera, proteggendo anche l'ingresso.
<b>Struttura di elevazione verticale</b>	L'edificio presenta una struttura continua in blocchi di pietra locale con spessore variabile (60 cm al piano terra, 50 cm al piano primo).
<b>Chiusura verticali</b>	La chiusura verticale è costituita da un conglomerato di materiali misti, ovvero pietra locale e mattoni pieni.
<b>Infissi esterni verticali</b>	Gli infissi hanno telaio in legno e vetrocamera di ridotte dimensioni. Per il degrado dei materiali e la posa in opera sono altamente disperdenti.
<b>Infissi esterni orizzontali</b>	Non presenti.
<b>Solaio a terra</b>	-
<b>Solai intermedi</b>	Tecnologia locale in legno.
<b>Copertura</b>	L'edificio è caratterizzato da un tetto a padiglione con struttura in legno senza isolamento termico e manto di copertura in coppi.
<b>Illuminazione</b>	Sia le aule che le zone di servizio presentano lampade al neon.
<b>Impianto di climatizzazione invernale</b>	Caldaia a gasolio.
<b>Rete di distribuzione e terminali di riscaldamento</b>	Impianto centralizzato con radiatori ad acqua calda.
<b>Impianto di climatizzazione estiva</b>	Non presente.
<b>Rete di distribuzione e terminali di raffrescamento</b>	Non presenti.

#### **Diagnosi del comportamento energetico edificio - impianto**

<b>Diagnosi in situ</b>	L'indagine sull'esistente si è avvalsa dell'esperienza del progettista e delle sue particolari conoscenze sulle tecniche costruttive locali. A supporto di un'indagine "per similitudine" rispetto a casi simili già affrontati, sono state effettuate indagini a campione di tipo invasivo sulle parti di edificio a cui era necessario prestare particolare attenzione.
<b>Diagnosi analitica dei consumi effettivi</b>	Non sono state effettuate particolari analisi dei consumi poiché il motivo principale dell'intervento era di ampliare la scuola esistente.



<b>Caratteristiche dell'edificio dopo l'intervento</b>	
<b>Immagine generale</b>	
<b>Anno dell'intervento</b>	2004
<b>Descrizione generale dell'intervento</b>	<p>L'intervento è mirato al miglioramento dell'offerta scolastica della frazione. A tale proposito la struttura è stata completamente ristrutturata e ampliata nelle dimensioni al fine di ospitare circa 250 alunni (14 sezioni).</p> <p>L'intervento è soggetto a vincoli che vietano l'aumento dello spessore delle murature verso l'esterno e obbligano al recupero dei coppi preesistenti per mantenere l'immagine storica del coperto.</p>
<b>Articolazione planimetrica e distributiva</b>	<p>Il progetto è mirato alla completa riorganizzazione degli spazi interni della scuola a partire dall'individuazione dell'ingresso principale, posto nel fronte posteriore in corrispondenza del nuovo ampliamento.</p> <p>Il piano seminterrato, oltre al nuovo atrio d'ingresso e a una zona per l'accoglienza, ospita gli spazi per il personale scolastico, la sala per l'auditorium – palestra e, in corrispondenza dell'edificio esistente, la zona della mensa con la cucina.</p> <p>Il piano terra comprende tre aule per la didattica e numerose aule per diversi insegnamenti (sussidi, lingue, aula mediatica e informatica) nonché l'aula di sostegno.</p> <p>Il piano primo presenta cinque aule per la didattica, l'aula di pittura (anche all'aperto grazie ad un ampio terrazzo sul piazzale) e un'aula di sostegno.</p> <p>Il piano sottotetto, collocato solo nella parte preesistente, è stato rifunzionalizzato attraverso una grande sala polifunzionale per le attività aggregative degli alunni.</p> <p>Il progetto, inoltre, ha modificato l'apparato distributivo verticale collocando la scala interna in corrispondenza del muro di contatto tra la parte esistente e la parte introdotta ex-novo, introducendovi anche un ascensore, e prevedendo una scala esterna di sicurezza (a ridosso della vecchia struttura).</p>

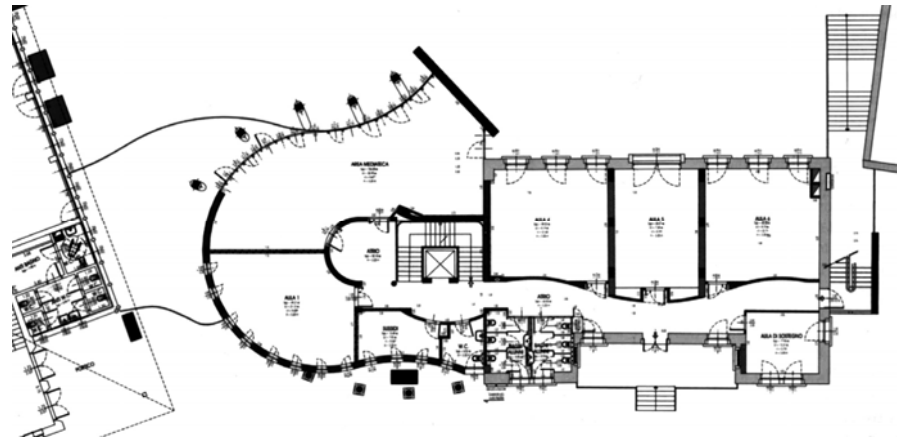


Fig. 185 Progetto: pianta del piano terra.

**Articolazione  
volumetrica e  
geometria**

Il volume esistente è stato sopraelevato rendendo fruibile il piano sottotetto per le attività collettive; sul lato Sud-Est è stato collocato un nuovo corpo di fabbrica che ospita le nuove sezioni nonché le aule per le attività didattiche connesse ai nuovi programmi pedagogici.

Il progetto della parte costruita ex-novo si distingue architettonicamente in modo netto rispetto all'edificio esistente, ma nell'insieme il nuovo complesso è armonico e funzionale. Anche il linguaggio compositivo è fortemente differenziato: l'edificio storico si caratterizza per le forme spigolose, regolari e fortemente simmetriche alle quali si contrappone un ampliamento con forme fluide e morbide, basate sulla geometria della linea curva.



Fig. 186 Progetto: vista della parte di edificio esistente.


	 <p data-bbox="676 689 1129 712">Fig. 187 Progetto: vista della parte inserita ex-novo.</p>
<p data-bbox="328 779 437 842"><b>Strutture portanti</b></p>	<p data-bbox="453 779 1353 936">Nell'edificio esistente è stato mantenuto solamente il perimetro murario in pietra locale; le murature portanti interne sono state demolite per ospitare un sistema a pilastri in c.a. che permettono maggiore flessibilità interna. I solai intermedi sono realizzati in legno e la struttura della nuova copertura è interamente costruita in legno lamellare.</p> <p data-bbox="453 943 1353 1003">Il nuovo ampliamento presenta tecnologie a secco in acciaio sia per le strutture in elevazione che per gli orizzontamenti.</p>
<p data-bbox="233 1021 593 1050"><b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b></p>	
<p data-bbox="233 1072 437 1135"><b>Pareti perimetrali verticali</b></p>	<p data-bbox="453 1072 1353 1232">Non potendo intervenire attraverso un sistema “a cappotto” esterno per motivi legati a vincoli architettonici sull'edificio, la parte esistente è stata risanata dall'interno; sono stati impiegati pannelli in sughero naturale dello spessore di 4 cm successivamente protetti da una controparete in laterizio forato dello spessore di 8 cm.</p> <p data-bbox="453 1238 1353 1361">La parte nuova del complesso presenta invece una muratura con blocchi in laterizio porizzati, limitatamente alla porzione curvilinea orientata a Nord-Est (fronte strada), e una facciata strutturale in vetro, nella parte orientata a Sud-Ovest.</p>
<p data-bbox="284 1379 437 1442"><b>Infissi esterni verticali</b></p>	<p data-bbox="453 1379 1353 1473">Anche nel caso degli infissi esterni, a causa dei vincoli sull'edificio, il progetto ha adottato un approccio differente per la parte di edificio risanata e per la parte costruita ex-novo.</p> <p data-bbox="453 1480 1353 1700">Per la parte esistente sono stati utilizzati infissi con telaio in legno verniciato e vetrocamera termoisolante con le stesse dimensioni rispetto agli infissi precedenti. La sola differenza è rappresentata dal tipo di apertura ora caratterizzato da un'anta singola apribile con sopra-luce fisso. La sopraelevazione della copertura per la realizzazione della sala polivalente nel sottotetto ha permesso di adottare un sistema vetrato costituito da finestre a nastro con infissi in legno e vetrocamera termoisolante.</p> <p data-bbox="453 1706 1353 2022">L'edificio nuovo ha previsto diverse tipologie di infissi in relazione all'orientamento del fronte in cui sono inseriti: il lato verso Nord-Est presenta infissi ad anta singola apribile e sopra-luce fisso (similmente agli infissi della parte esistente, anche dal punto di vista dei rapporti dimensionali) con telaio in legno-alluminio e vetrocamera termoisolante (<math>U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}</math>), mentre il lato Sud-Ovest è caratterizzato da una parete strutturale completamente vetrata, suddivisa in moduli, con serramenti in legno-alluminio per le parti fisse e in legno per le parti apribili. In questo ultimo caso le parti trasparenti sono realizzate con vetrocamera termoisolante basso emissivo (<math>U_{\text{medio}}=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}</math>) per un migliore controllo dell'irraggiamento solare.</p>



Fig. 188 Progetto: infissi della parte di edificio esistente.



Fig. 189 Progetto: infissi a nastro dell'aula polivalente ricavata nel sottotetto dell'edificio esistente.



Fig. 190 Progetto: sistema degli infissi delle nuove sale per attività speciali.



Fig. 191 Progetto: vista esterna delle facciate strutturali in vetro della parte nuova.



Fig. 192 Progetto: porta d'ingresso inserita nel sistema di facciata strutturale in vetro.

**Infissi esterni orizzontali**

Poiché il sottotetto dell'edificio esistente, attraverso il progetto, è stato investito di nuove funzionalità, l'apporto di luce doveva aumentare notevolmente. Pertanto, oltre al sistema di infissi a nastro perimetrali, sono stati inseriti lucernari in copertura che migliorano e uniformano la diffusione della luce nel vano sottotetto, rendendolo adatto allo svolgimento delle attività didattiche.



Fig. 193 Progetto: infissi esterni in copertura.

**Solaio a terra**

Il solaio contro terra esistente è stato completamente rimosso per fare spazio ad un nuovo sottofondo ventilato costituito da cupole in materiale plastico rigenerato ("igloo") successivamente rese solidali attraverso un getto in calcestruzzo con rete elettrosaldata. Tra i moduli del sistema "igloo" sono stati posti dei tubi in collegamento con l'ambiente esterno al fine di creare una ventilazione continua del sottofondo per evitare eventuali fenomeni di umidità di risalita e infiltrazioni di gas radon, fenomeno frequente in queste zone del Trentino.



Fig. 194 Progetto: fase di cantiere relativa alla posa in opera delle in cupole di materiale plastico

<p><b>Copertura</b></p>	<p>La copertura della parte esistente è stata completamente ricostruita, in funzione della sopraelevazione del piano sottotetto, con l'unico vincolo di mantenere il manto di copertura in coppi tradizionali locali.</p> <p>Il progetto ha previsto la realizzazione di una struttura in legno lamellare con assito in legno e successivo strato di coibentazione costituito da pannelli in sughero biondo naturale (8 cm) e materassini in fibra di legno a media densità (8 cm). È stato realizzato un successivo strato di ventilazione con relative guaine impermeabilizzanti e travetti in legno per la posa del manto di copertura in coppi tradizionali, fissati uno a uno per ottemperare alla normativa antisismica locale.</p>
<p><b>Altri interventi</b></p>	<p>La grande vetrata che caratterizza la nuova struttura è stata opportunamente progettata e realizzata per funzionare come una serra solare attraverso cui beneficiare del guadagno solare gratuito durante i mesi invernali. Grazie a questo sistema è possibile ridurre l'apporto termico invernale alle aule poste in corrispondenza delle grandi vetrate producendo positivi effetti sulla bolletta energetica. Allo stesso tempo, al fine di evitare il surriscaldamento estivo delle aule, la stessa vetrata è stata progettata con opportuni aggetti e schermature in metallo che, oltre a proteggere nel tempo gli infissi dagli agenti atmosferici, ne regolano l'ingresso della radiazione solare incidente. Il sistema di ombreggiamento, unitamente al sistema di aperture, regola il microclima interno durante i mesi caldi, riducendo l'apporto di raffrescamento meccanico.</p> <div data-bbox="676 931 1134 1536" data-label="Image"> </div> <p>Fig. 195 Progetto: brise soleil di protezione della vetrata della parte esistente.</p>

	 <p data-bbox="549 703 1257 730">Fig. 196 Progetto: frangisole a protezione della serra solare nella struttura nuova.</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>	
<b>Illuminazione</b>	Tutta la struttura è stata dotata di impianti di illuminazione altamente efficienti con particolare attenzione al controllo dell'inquinamento luminoso.
<b>Impianto di climatizzazione invernale</b>	<p data-bbox="453 927 1350 987">L'edificio è stato dotato di un impianto di riscaldamento e produzione di acqua calda con caldaia a condensazione alimentata a gas metano.</p> <p data-bbox="453 994 1350 1055">I bagni sono stati dotati di piccoli boiler autonomi per la immediata produzione di acqua calda.</p>  <p data-bbox="526 1704 1281 1731">Fig. 197 Progetto: boiler per produzione di acqua calda sanitaria nei bagni degli alunni.</p>
<b>Rete di distribuzione e terminali di riscaldamento</b>	L'edificio è stato dotato di un sistema di emissione del calore altamente efficiente costituito da pannelli radianti a bassa temperatura posti a pavimento all'interno di ogni aula.
<b>Impianto di climatizzazione estiva</b>	Non presente



<p><b>Rete di distribuzione e terminali di raffrescamento</b></p>	<p>Non presente</p>
<p><b>Impianto di ventilazione controllata</b></p>	<p>È presente un impianto di ventilazione controllata con recupero di calore in ogni aula per mantenere un microclima interno di comfort termico e acustico. I condotti dell'areazione sono collocati nel controsoffitto del corridoio di distribuzione e le griglie sono poste in corrispondenza della parete tra l'aula e il corridoio stesso.</p> <p>Il controllo meccanico della ventilazione contribuisce ad un costante apporto di aria ad alto contenuto di ossigeno, evitando l'apertura delle finestre che arrecherebbero continuo inquinamento acustico. Inoltre l'aria, prima di essere immessa negli ambienti, viene opportunamente filtrata da pollini e agenti inquinanti esterni.</p> <div data-bbox="676 734 1134 1339" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="507 1355 1299 1379">Fig. 198 Progetto: fase di cantiere relativa alla posa in opera delle condotte di ventilazione.</p> <div data-bbox="600 1429 1211 1883" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="660 1899 1145 1924">Fig. 199 Progetto: griglie per la ventilazione controllata.</p>
<p><b>Altri interventi</b></p>	<p>Per motivi economici non sono stati inseriti dispositivi di utilizzo dell'energia</p>

	solare per la produzione di energia elettrica (pannelli fotovoltaici) o per l'acqua calda sanitaria (collettori solari), ma sono stati realizzate le opportune predisposizioni al fine di rendere più agevole una eventuale futura installazione.
<b>Classe energetica raggiunta</b>	<b>Classe energetica B</b> secondo il protocollo della Provincia di Trento.
<b>Indoor Quality Improvement</b>	
<b>Illuminazione naturale</b>	Il sistema delle aperture è stato opportunamente progettato ed orientato per migliorare l'illuminazione naturale delle aule ed evitare l'inquinamento luminoso.
<b>Ventilazione naturale</b>	Il progetto prevede l'inserimento di ampie porzioni vetrate apribili sia all'interno delle aule che nelle zone di permanenza comune. Questa soluzione garantisce la ventilazione naturale degli ambienti, soprattutto nei mesi più caldi, con positivi effetti sulla riduzione delle temperature interne e sulla bolletta energetica.
<b>Benessere termigrometrico</b>	Il progetto prevede un approccio completo verso le tematiche di qualità dell'ambiente interno ed esterno. In quest'ottica, sono state adottate soluzioni mirate al controllo del comfort termico attraverso l'orientamento dell'asse elioteramico, l'attenzione all'ombreggiamento, la protezione rispetto ai venti dominanti e l'uso del verde esterno per il controllo del microclima.
<b>Protezione acustica</b>	<p>Le soluzioni adottate per il controllo acustico sono molteplici e coinvolgono diversi elementi tecnici.</p> <p>Le chiusure opache presentano pannelli di isolamento termico in sughero naturale che ha anche la funzione di abbattimento acustico; allo stesso modo la copertura presenta pannelli in sughero unitamente a pannelli in fibra di legno che riducono notevolmente i rumori dovuti agli agenti atmosferici.</p> <p>I solai interpiano sono caratterizzati da strutture leggere in legno che, per natura del materiale, propagano i rumori da calpestio; in questo caso è stato posto in opera uno strato in gomma (4 mm), per la riduzione dei rumori da calpestio e uno strato di "sugherite" (sughero vetrificato, 6 cm) con la duplice valenza di diffondere il calore del sistema di riscaldamento a pavimento e di creare uno spessore massivo che riduce la propagazione del rumore.</p> <p>Anche le pareti di separazione tra le aule sono state opportunamente progettate per non creare interferenze e disturbo reciproco tra le sezioni: le partizioni interne costituite da una doppia parete in laterizio forato con interposti pannelli in sughero (4 cm).</p> <p>Le chiusure trasparenti sono realizzate con opportune guarnizioni di tenuta che proteggono dall'inquinamento acustico proveniente dall'esterno. Inoltre, il sistema di ventilazione controllata, altamente silenzioso, evitando l'apertura periodica degli infissi, contribuisce ulteriormente ad eliminare i rumori esterni.</p>
<b>Materiali</b>	Tutti i materiali utilizzati rispondono alle più severe norme per l'edilizia scolastica. Sono stati impiegati esclusivamente materiali naturali, sia per l'isolamento termico e acustico sia per le finiture, promuovendo l'utilizzo di materiali locali per le pavimentazioni interne delle zone comuni (marmo estratto dalle cave di Terlago – TN). Inoltre, sono stati adottati arredi realizzati con materiali ecologici.

<b>Tipo di intervento</b>	
<b>Durata</b>	Settembre 2002-dicembre 2004.
<b>Interferenza con le attività didattiche</b>	Sospensione completa delle attività e trasferimento delle stesse in sede diversa.
<b>Presenza di aree</b>	È stato possibile avvalersi di ampi spazi di pertinenza della scuola per lo

<b>esterne all'edificio per lo stoccaggio di materiali</b>	stoccaggio del materiale
<b>Tecnologia costruttiva delle parti sostituite o costruite ex-novo</b>	L'edificio esistente è stato riqualificato sia con tecnologie a umido (strutture in elevazione, solaio a terra) che con tecnologie a secco (copertura, solai intermedi); l'edificio costruito ex-novo ha impiegato prevalentemente tecnologie a secco.
<b>Tipo di integrazione con il costruito</b>	L'edificio esistente è stato completamente svuotato delle sue parti ed è stato impiegato quale "scatola" edilizia all'interno della quale sono stati realizzati gli indirizzi progettuali.
<b>Costo dell'intervento</b>	870 €/mq.

## Schede analitiche sintetiche

### ***SI 03 I: Scuola per l'infanzia "San Gregorio al Celio" - Roma***

#### *Fonti iconografiche:*

- Oleotto E., *Edifici scolastici ecocompatibili*, pp. 162-165, cfr. bibliografia.

# SI 03 I

## Scuola per l'infanzia "San Gregorio al Celio" - Roma

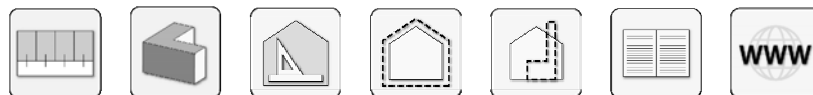
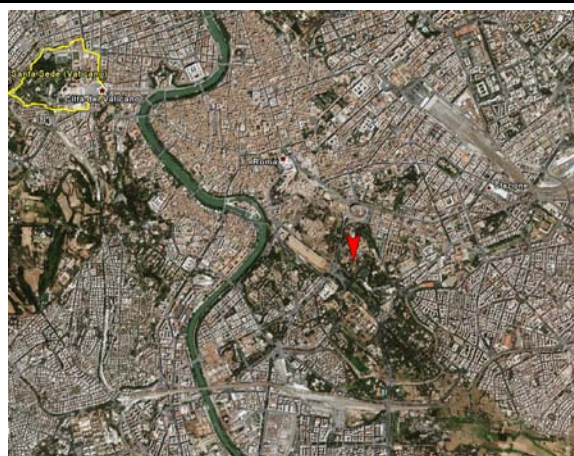


Immagine generale



Localizzazione geografica



### Dati generali

<b>Tipo di intervento</b>	Risanamento
<b>Ubicazione</b>	Comune di Roma Salita San Gregorio al Celio, 3

<b>Committente</b>	Comune di Roma – Dipartimento III
<b>Progettazione</b>	Geom. Edoardo Bellazzecca – Roma
<b>Superficie fondiaria</b>	1530 mq
<b>Superficie coperta</b>	465 mq
<b>Superficie utile</b>	414 mq
<b>N° sezioni</b>	50 utenti

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	20 m (Casa Comunale)
<b>Zona climatica</b>	D
<b>Gradi Giorno</b>	1415
<b>Contesto</b>	L'edificio è situato all'interno del parco pubblico di San Gregorio al Celio, sulla collina del Celio. Il parco presenta un orientamento principale verso Sud – Ovest e gode delle brezze marittime che rendono l'area particolarmente adatta alla permanenza dei bambini. L'edificio sottoposto a intervento fa parte di un complesso realizzato nel 1930 che comprende quattro asili, una scuola di teatro e la sede del Servizio Giardini del Comune di Roma. Il manufatto in oggetto è l'unica permanenza del progetto originario e, pertanto, è tutelato dalla Sovrintendenza ai Beni Culturali della Città di Roma.

<b>Caratteristiche dell'intervento</b>	
<b>Supporto iconografico</b>	<p><b>LEGENDA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Pannello a parete di ventilazione meccanica</li> <li>■ Aeratore meccanico</li> <li>▭ Inverter radiante</li> <li>▭ Pavimento a riscaldamento</li> <li>○ Pannello acustico a parete di assorbimento sonoro</li> <li>○ Altoparlante di impianto in cassa (rete di distribuzione su sistema di regia centrale) - Rivelatore a ultrasuoni</li> <li>○ N° zona ambiente</li> <li>○ Particella</li> </ul>
	Fig. 200 Pianta del piano terra.

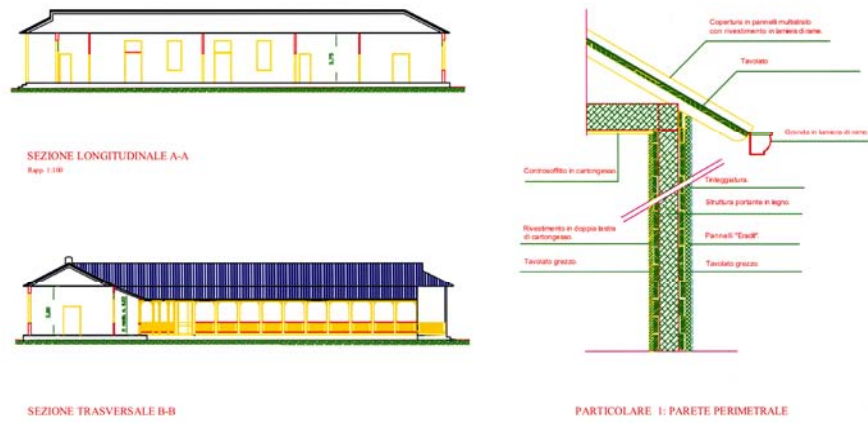


Fig. 201 Sezioni e particolare costruttivo della parete perimetrale.



Fig. 202 Fase di cantiere: rimozione del rivestimento in amianto.



Fig. 203 Fase di cantiere: montaggio dei pannelli in legno-magnesite.

Fig. 204 Fase di cantiere: particolare del *balloon-frame*.

Fig. 205 Fase di cantiere: posa del pavimento in linoleum.



Fig. 206 Vista del corridoio di distribuzione delle aule.

<b>Anno dell'intervento</b>	2001
<b>Descrizione generale dell'intervento</b>	L'edificio presenta una struttura lignea del tipo " <i>balloon frame</i> " rivestita da pannelli in cemento-amianto sia esternamente (pareti esterne e copertura), sia per le pareti interne. L'intervento ha previsto, in primo luogo, il risanamento e la bonifica dalla presenza di amianto attraverso tecniche di bioedilizia e,



	<p>successivamente, l'adeguamento alle normative vigenti, il tutto nell'ottica di un risanamento conservativo a causa dei vincoli di tutela architettonica.</p> <p>La struttura a "balloon frame" è stata completamente trattata attraverso la vaporizzazione di una soluzione di acqua e sali di boro con effetto antimuffa e antitarma.</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>L'edificio è stato coibentato esternamente attraverso pannelli in legno-magnesite, materiale ecologico e biodegradabile che si adatta facilmente al particolare tipo di struttura. Gli stessi pannelli sono stati impiegati per l'isolamento della copertura, successivamente ricoperta con manto in lastre di rame.</p> <p>Il progetto ha previsto l'eliminazione dell'impianto di climatizzazione estiva a favore di un sistema di ventilazione naturale attraverso camini d'aria, possibili grazie all'altezza del tetto di 4,50 m.</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>	
<b>Descrizione</b>	Zonizzazione dell'edificio in due parti in relazione al grado di utilizzo degli ambienti. In relazione a questa suddivisione sono state inserite due caldaie a condensazione a basso consumo alimentate gas.
<b>Classe energetica raggiunta</b>	Riduzione del 50% dei consumi elettrici, grazie all'eliminazione dell'impianto di climatizzazione estiva, e riduzione del 35% dei consumi di gas per riscaldamento. 142kWh/m <sup>2</sup> anno per riscaldamento e acqua calda.
<b>Indoor Quality Improvement</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>L'eliminazione completa delle parti con forte presenza di amianto ha permesso di bonificare completamente la struttura trasformandola, attraverso i materiali adottati, in un modello di ecosostenibilità.</p> <p>L'intervento è stato realizzato attraverso materiali naturali totalmente ecocompatibili quali legno, rame, legno-magnesite, calce, pitture e pigmenti naturali, linoleum e rame.</p> <p>La protezione antifuoco è stata eseguita attraverso doppio strato di cartongesso REI 120 che presenta, inoltre, proprietà di isolamento acustico, oltre ad essere un materiale ecologico.</p> <p>La ventilazione naturale degli ambienti attraverso i camini di aspirazione d'aria permette di sfruttare le brezze marittime che interessano il Colle del Celio, contribuendo alla regolazione delle condizioni termo igrometriche interne.</p>
<b>Tipo di intervento</b>	
<b>Durata</b>	11 mesi
<b>Costo dell'intervento</b>	170.107 € + IVA

***SIP 01 I: Scuola per l'infanzia e primaria - San Martino in Passiria (BZ)***

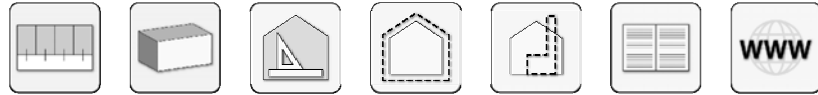
*Fonti iconografiche:*

- Agenzia CasaClima, *CasaClima. Il piacere di abitare 2008*, pp. 216-219, cfr. bibliografia.

**SIP 01**

**I**

**Scuola per l'infanzia e primaria - San Martino in Passiria (BZ)**



**Immagine generale**



**Localizzazione geografica**



**Dati generali**

**Tipo di** Ristrutturazione e ampliamento

<b>intervento</b>	
<b>Ubicazione</b>	Comune di San Martino in Passiria (BZ) Via B. Weber,1
<b>Committente</b>	Comune di San Martino in Passiria
<b>Progettazione</b>	Studio Menz & Gritsch – Merano (BZ)
<b>Superficie fondiaria</b>	4228 mq
<b>Superficie coperta</b>	-
<b>Superficie utile</b>	2699 mq
<b>N° sezioni</b>	12 sezioni per la scuola primaria, aule speciali, sala mediatica, palestra. 4 sezioni per la scuola dell'infanzia.

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	597 m
<b>Zona climatica</b>	F
<b>Gradi Giorno</b>	3094
<b>Contesto</b>	L'edificio è situato nelle adiacenze del centro storico del paese, in una zona circondata da ampi spazi verdi.

<b>Caratteristiche dell'intervento</b>	
<b>Supporto iconografico</b>	 <p>Fig. 207 Vista del fronte di ingresso alla struttura.</p>



Fig. 208 Vista del cortile verde.

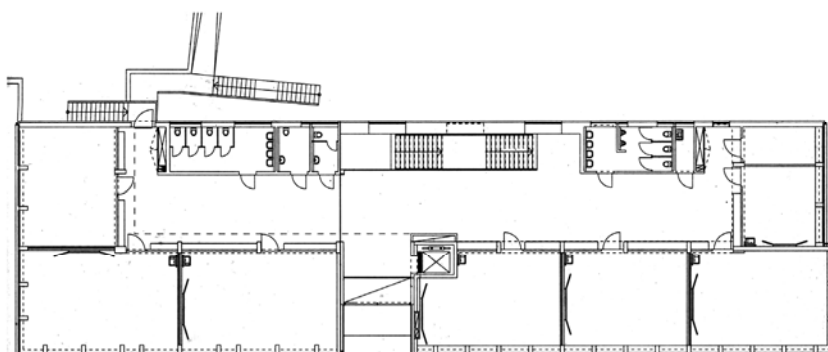


Fig. 209 Pianta del piano tipo.



Fig. 210 Vista del corridoio interno di distribuzione alle aule.

<p><b>Anno dell'intervento</b></p>	<p>2004</p>
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p>	<p>L'intervento si propone di risanare e ampliare la scuola e, al contempo, di applicare le disposizioni di legge in materia di antincendio e barriere architettoniche. L'area disponibile per l'intervento era piuttosto ristretta e, pertanto, il progetto ha previsto la sopraelevazione dell'edificio esistente e la realizzazione di alcuni vani</p>

	<p>seminterrati che comprendono anche una zona per i garage con accesso diretto dalla strada.</p> <p>Il progetto ha apportato una nuova immagine all'edificio, introducendo una nuova copertura piana ricoperta di ghiaia per la protezione dagli agenti atmosferici e dall'usura.</p> <p>Attraverso l'intervento sono state realizzate 12 aule per l'insegnamento per la scuola primaria e 4 per la scuola dell'infanzia con ingressi completamente separati per una maggiore indipendenza.</p> <p>La struttura originaria in cemento armato è stata tamponata con telai in legno e alluminio successivamente rivestiti in pannelli di fibrocemento.</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>L'edificio è stato completamente isolato termicamente attraverso un sistema a cappotto con materiali differenziati in relazione all'orientamento delle pareti: per la parete nord sono stati utilizzati pannelli isolanti in sughero (12 cm) e per la parete sud pannelli in fibra di legno a media densità (16 cm). Anche la copertura è stata isolata con pannelli in fibra di legno (20 cm) e successivamente ricoperta di ghiaia protettiva.</p> <p>Le ampie aree vetrate delle aule, completamente sostituite con nuovi infissi in legno-alluminio (<math>U_w=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}</math>), contribuiscono al guadagno solare passivo durante i mesi invernali e sono schermate attraverso frangisole in alluminio durante il periodo estivo, al fine di evitare il surriscaldamento.</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>L'intervento ha previsto la completa sostituzione dell'impianto elettrico e l'inserimento di un sistema di illuminazione altamente efficiente.</p> <p>Anche l'impianto di climatizzazione invernale è stato sostituito con un generatore di calore altamente efficiente (caldaia a condensazione) e sono stati inseriti pannelli radianti a pavimento nelle aule.</p>
<b>Classe energetica raggiunta</b>	<b>CasaClima B</b> (40 kWh/m <sup>2</sup> anno)
<b>Indoor Quality Improvement</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>Sono stati impiegati materiali ecologici e completamente atossici per l'intero edificio.</p> <p>In particolare, uno degli obiettivi principali del progetto è stato di migliorare il benessere luminoso delle aule attraverso un sistema di infissi a nastro di notevoli dimensioni, composti da porzioni apribili e porzioni fisse, il cui dimensionamento permette un costante rapporto con l'ambiente esterno da parte degli alunni e dei bambini.</p>
<b>Tipo di intervento</b>	
<b>Durata</b>	24 mesi
<b>Costo dell'intervento</b>	Costo complessivo: 3.405.226,06 € (210€/mc).

***SIP 02 I: Scuola per l'infanzia e primaria "Marconi" - Firenze***

*Fonti iconografiche:*

- Comune di Firenze
- Oleotto E., *Edifici scolastici ecocompatibili*, pag. 175, cfr. bibliografia.
- [www.indire.it/aesse/content/index.php?action=read\\_school&id\\_m=5301](http://www.indire.it/aesse/content/index.php?action=read_school&id_m=5301)

SIP 02

I

Scuola per l'infanzia e primaria "Marconi" - Firenze

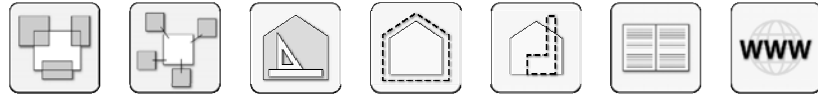
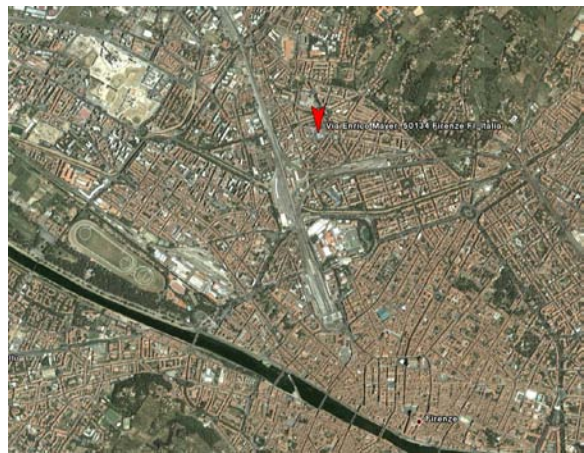


Immagine generale



Localizzazione geografica

**Dati generali**

<b>Tipo di intervento</b>	Ristrutturazione
<b>Ubicazione</b>	Comune di Firenze (FI) Via Enrico Mayer, 5



<b>Committente</b>	Comune di Firenze
<b>Progettazione</b>	Ing. Lorenzo Boganini – Direzione Servizi Tecnici – Comune di Firenze
<b>Superficie fondiaria</b>	4.700 mq
<b>Superficie coperta</b>	1.540 mq
<b>Superficie utile</b>	4.240 mq
<b>N° sezioni</b>	6 sezioni per la scuola dell'infanzia e 15 aule curricolari per la scuola primaria (circa 500 alunni complessivi)

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	50 m (casa comunale)
<b>Zona climatica</b>	D
<b>Gradi Giorno</b>	1821
<b>Contesto</b>	L'edificio, risalente alla seconda metà degli anni Sessanta, è situato nel tessuto urbano cittadino, all'interno di un cortile di pertinenza. La scuola era stata costruita per far fronte alle crescenti richieste di una popolazione in aumento e, per questo, è stata realizzata con tecnologie di prefabbricazione tipiche del periodo che prevedevano una struttura in metallo e tamponamenti in pannelli di cemento-amianto.

<b>Caratteristiche dell'intervento</b>	
<b>Supporto iconografico</b>	 <p>Fig. 211 Edificio esistente: immagine esterna della zona centrale.</p>



Fig. 212 Edificio esistente: immagine esterna del corpo di fabbrica della scuola primaria.



Fig. 213 Edificio esistente: immagine esterna del corpo di fabbrica.



Fig. 214 Edificio esistente: immagine interna delle zone di distribuzione.

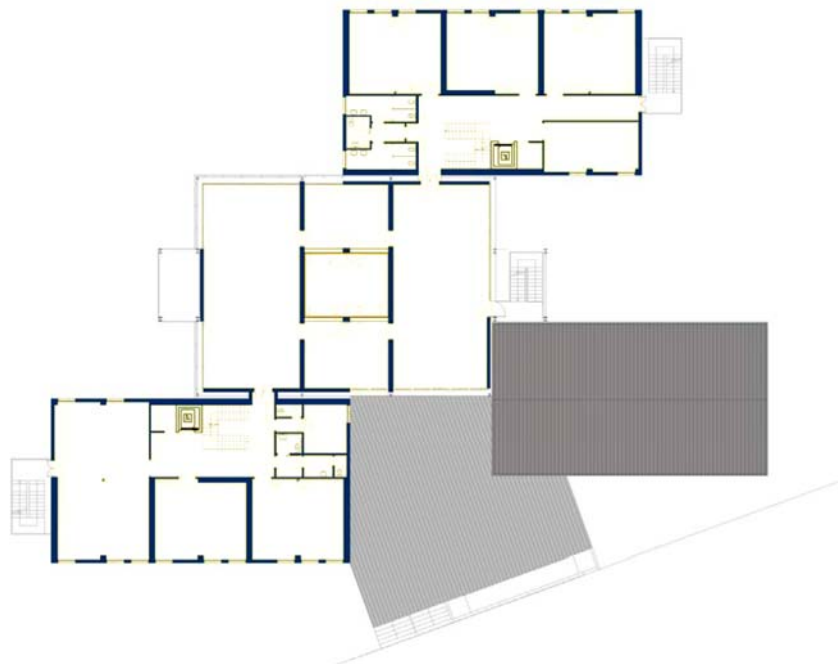


Fig. 215 Edificio esistente: pianta del secondo livello.



Fig. 216 Immagine di cantiere: fase di demolizione dei tamponamenti esistenti.

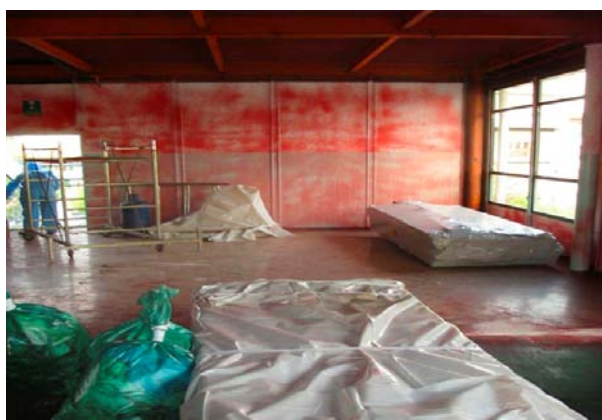


Fig. 217 Immagine di cantiere: fase di smaltimento degli elementi contenenti amianto



Fig. 218 Immagine di cantiere: fase di posa dell'isolamento termico a cappotto.

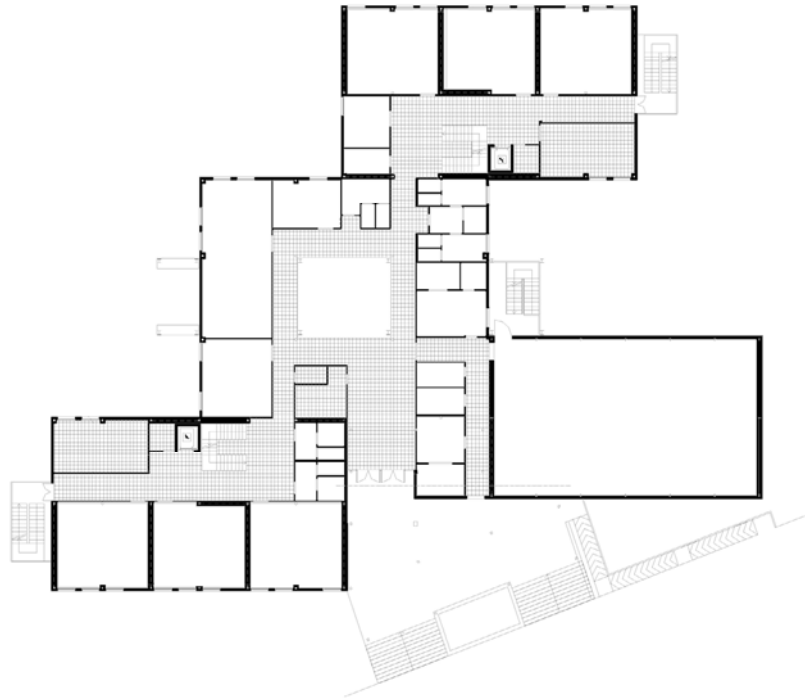


Fig. 219 Progetto: pianta del piano terra.

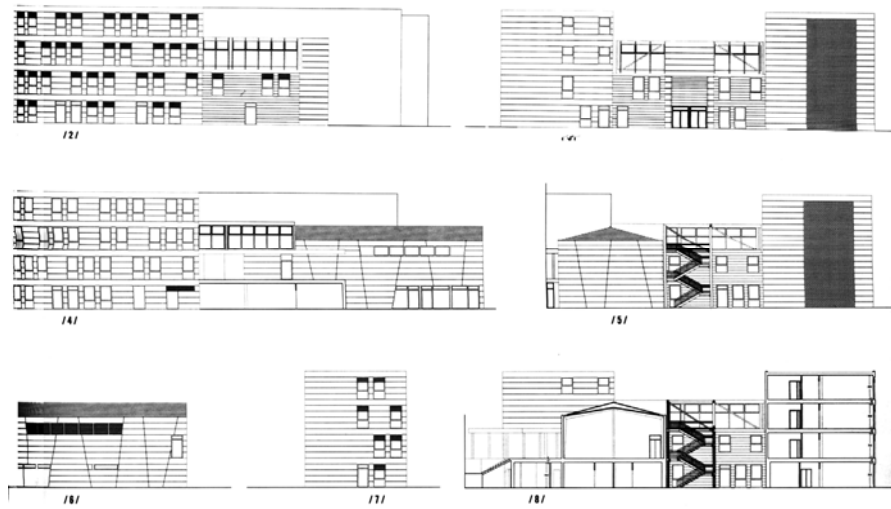


Fig. 220 Progetto: prospetti.



Fig. 221 Progetto: vista del corpo di fabbrica della scuola primaria.



Fig. 222 Progetto: vista del cortile esterno.



Fig. 223 Progetto: vista dei pannelli di rivestimento in alluminio.



Fig. 224 Progetto: inserimento di diversi materiali di rivestimento esterno.



Fig. 225 progetto: vista del corpo scale antincendio.



Fig. 226 Progetto: brise soleil in legno.



Fig. 227 progetto: copertura fotovoltaica del blocco palestra.



Fig. 228 Progetto: il nuovo refettorio.



Fig. 229 Progetto: contatore di energia prodotta dall'impianto fotovoltaico. Il contatore è posto all'interno del refettorio a scopo didattico.

<b>Anno dell'intervento</b>	2005
<b>Descrizione generale dell'intervento</b>	<p>Il progetto si propone di rifunzionalizzare l'edificio attraverso una migliore organizzazione degli spazi interni, nel rispetto delle prescrizioni di norma che non erano ancora state emesse al momento della progettazione e costruzione del manufatto. Pertanto, la scuola per l'infanzia viene spostata al piano terra dove vengono creati accessi indipendenti per entrambe le scuole, nonché per la zona della palestra che viene resa indipendente al fine di permetterne l'utilizzo anche da parte degli utenti esterni. Anche il refettorio trova una nuova localizzazione all'interno della sovrelevazione della zona centrale della scuola per l'infanzia. La differenziazione delle funzioni viene evidenziata dai rivestimenti esterni: alluminio argentato per la scuola primaria, alluminio blu per la palestra, pietra naturale per la scuola dell'infanzia, vetro e legno per il refettorio.</p> <p>È necessario, inoltre, adeguare la struttura alle normative antincendio, di sicurezza sui luoghi di lavoro e di abbattimento delle barriere architettoniche.</p> <p>Un elemento particolarmente rilevante è la bonifica dell'edificio di pannelli in cemento-amianto che rivestono completamente la struttura portante, sia dall'esterno che dall'interno.</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b>	



<b>Descrizione</b>	<p>La completa sostituzione delle chiusure verticali e orizzontali e delle partizioni verticali e orizzontali ha permesso di introdurre tecnologie di risparmio energetico opportunamente progettate per l'edificio. Le chiusure verticali sono state realizzate con elementi in laterizio porizzato e successiva parete ventilata che comprende un isolamento in pannelli di polistirene (6 cm) e un rivestimento esterno in pannelli modulari in alluminio tipo "Alucobond" per la scuola primaria e la palestra e in pietra Santa Fiora per il corpo centrale (<math>U=0,41 \text{ W/m}^2\text{K}</math>).</p> <p>Una adeguata progettazione delle distribuzioni interne degli spazi ha permesso di orientare al meglio le aule in relazione alle esposizioni solari; nella zona del refettorio, in cui si è introdotto un sistema fortemente vetrato caratterizzato da infissi in alluminio con vetro camera (<math>U=2,70 \text{ W/m}^2\text{K}</math>), sono stati inseriti degli elementi schermanti <i>brise-soleil</i> per ridurre l'apporto solare ed evitare il surriscaldamento.</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>Il progetto prevede l'installazione di pannelli solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria ad uso della scuola dell'infanzia e della palestra; i pannelli sono collocati sul tetto della scuola e sono collegati ad una caldaia a condensazione altamente efficiente al fine di integrare il sistema di riscaldamento a bassa temperatura.</p> <p>Il progetto prevede inoltre l'installazione di un sistema fotovoltaico (10 kW e circa 300 mq) integrato sulla copertura della palestra e collegato ad un pannello di controllo posizionato all'interno del refettorio a scopo didattico. L'edificio assorbe quasi completamente l'energia prodotta dai pannelli, ma eventuali picchi vengono ceduti in conto energia.</p> <p>Particolare attenzione è rivolta alla riduzione dei fabbisogni elettrici per l'illuminazione delle aule; per migliorare l'economia di gestione dell'impianto sono stati predisposti corpi illuminanti con alimentatore elettronico che riducono l'assorbimento elettrico fino al 25%. Il flusso luminoso artificiale all'interno delle aule è regolato da sensori di lettura automatica della quantità di luce naturale che regolano l'intensità luminosa dei corpi illuminanti, al fine di far prevalere l'apporto naturale. L'intero apparato elettrico dell'edificio è controllato da un sistema "BUS" che permette una facile gestione di tutti i terminali elettronici dell'edificio, evitando inutili consumi di energia dovuti a dimenticanze.</p> <p>Infine, è previsto un sistema di recupero delle acque meteoriche che vengono impiegate per gli usi non potabili dell'edificio (irrigazione delle aree verdi di pertinenza, mandate dei wc).</p>
<b>Classe energetica raggiunta</b>	<p>37 kWh/m<sup>2</sup>anno per riscaldamento</p> <p>19 kWh/m<sup>2</sup>anno per produzione acqua calda sanitaria</p>
<b>Indoor Quality Improvement</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>L'introduzione di un sistema di illuminazione a lettura automatica della luce permette di eliminare l'inquinamento luminoso all'interno delle aule a favore di un'illuminazione naturale; sopra i banchi è previsto un tipo di luce diffuso, mentre sulla lavagna e sull'insegnante si impiega un tipo di luce più diretta.</p> <p>Il progetto presta molta attenzione alla protezione rispetto all'inquinamento elettromagnetico, attuata attraverso l'impiego di cavi multipolari e di canalette metalliche per il passaggio degli stessi, al fine di ottenere una migliore schermatura.</p> <p>Particolare cura è stata posta al fine di limitare l'inquinamento acustico e il disturbo reciproco tra le aule; oltre alla opportuna pianificazione della dislocazione verticale delle attività, considerandone rumorosità e tempi di svolgimento, è prevista una compartimentazione verticale e orizzontale fonoassorbente degli ambienti soggetti a sovraffollamento attraverso l'inserimento di uno strato di sughero (6 mm) al di sotto dei pavimenti galleggianti</p>

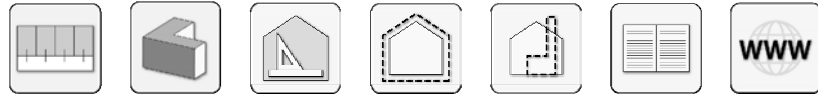
	e l'utilizzo di controsoffitti e rivestimenti realizzati in materiali con superfici irregolari.
--	---

<b><i>Tipo di intervento</i></b>	
<b>Durata</b>	2 anni (settembre 2003-settembre 2005)
<b>Costo dell'intervento</b>	I lotto: 1.970.000 €; II lotto: 2.790.000 €; III lotto: 235.000 €; Totale: 1.200 €/mq.

**SP 03 I: Scuola primaria "XX Settembre" - Rimini (RM)**

*Fonte iconografica:*

- Oleotto E., *Edifici scolastici ecocompatibili*, pag. 175, cfr. bibliografia

**SP 03 I****Scuola primaria "XX Settembre" - Rimini (RM)****Immagine generale****Localizzazione geografica****Dati generali**

<b>Tipo di intervento</b>	Ristrutturazione
<b>Ubicazione</b>	Comune di Rimini (RM) Via Arnaldo da Brescia, 5

<b>Committente</b>	Comune di Rimini
<b>Progettazione</b>	Ing. Massimo Totti - Comune di Rimini, ing. Daniela Brighi – Rimini
<b>Superficie fondiaria</b>	3110 mq
<b>Superficie coperta</b>	1760 mq
<b>Superficie utile</b>	1690 mq
<b>N° sezioni</b>	300 utenti

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	5 m (casa comunale)
<b>Zona climatica</b>	E
<b>Gradi Giorno</b>	2139
<b>Contesto</b>	L'edificio è situato in una zona densamente popolata del Comune di Rimini, nelle vicinanze del centro storico. L'edificio è collocato in nelle immediate adiacenze della zona sportiva comunale che comprende la piscina e il palazzetto dello sport.

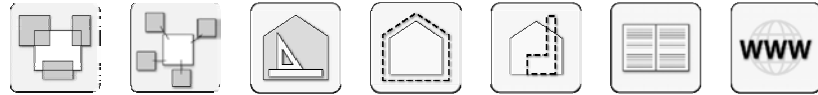
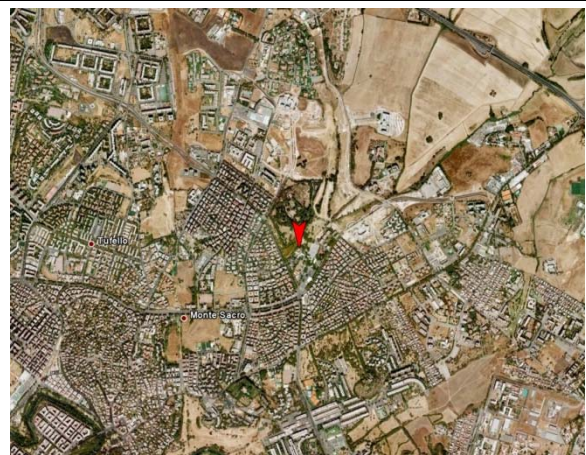
<b>Caratteristiche dell'intervento</b>	
<b>Supporto iconografico</b>	 <p>Fig. 230 Render del progetto di recupero.</p>
<b>Anno dell'intervento</b>	Progetto approvato non ancora realizzato. Inizio lavori previsto per settembre 2008.
<b>Descrizione generale dell'intervento</b>	Intervento intende recuperare l'edificio esistente risalente agli anni Cinquanta. Attualmente alcuni locali sono destinati all'alloggio del custode e alla direzione didattica; il progetto prevede la conversione di tutti i locali in aule per la didattica, attraverso la riqualificazione degli stessi.

<b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b>	
<b>Descrizione</b>	Per eliminare i ponti termici che caratterizzano l'edificio, l'intervento prevede un isolamento a cappotto esterno in sughero bruno (10 cm e $U=0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) per le pareti perimetrali verticali e una nuova copertura a falda, posta al di sopra di quella piana esistente, con il compito di proteggere la superficie orizzontale dal surriscaldamento. La nuova stratigrafia della copertura prevede, oltre allo strato laterocementizio esistente, un freno al vapore, uno strato isolante di sughero bruno (6 cm), un tavolato in legno, una stuoia di protezione e un manto di copertura in lastre in zinco-rame-titanio ( $U=0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Il problema del surriscaldamento delle aule per la didattica, fortemente esposte all'irraggiamento solare diretto, è stato affrontato attraverso l'inserimento di sistemi frangisole orizzontali (mensole) e verticali, mentre la zona Sud-Ovest è stata interamente protetta attraverso una pergola frangisole posta al livello della copertura. Ai dispositivi meccanici per la climatizzazione estiva sono stati preferiti sistemi di espulsione naturale dell'aria calda attraverso camini di ventilazione posti sul tetto; i camini sono più economici e permettono di sfruttare le naturali brezze marine del luogo. L'atrio centrale sarà dotato di una copertura a shed che ne permetterà l'illuminazione durante i mesi invernali nonché l'estrazione dell'aria calda durante i mesi estivi, mantenendo una opportuna protezione dai raggi solari diretti.
<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>	
<b>Descrizione</b>	Il controllo del livello di illuminazione delle aule e la necessità di accendere le luci è regolato da un sistema di controllo domotico che permette di limitare gli sprechi di corrente e, di conseguenza, i consumi. Il nuovo impianto di climatizzazione invernale prevederà l'inserimento di una nuova ed efficiente caldaia a condensazione abbinata ad un sistema di riscaldamento a bassa temperatura attraverso pannelli radiante a pavimento. L'inserimento di una porzione della serpentina di riscaldamento nelle prossimità del condotto di ingresso della ventilazione naturale permetterà di preriscaldare l'aria e di risparmiare energia. La copertura ospiterà un impianto solare termico di 100 mq per la produzione di acqua calda sanitaria e per la produzione di energia elettrica.
<b>Classe energetica raggiunta</b>	-
<b>Indoor Quality Improvement</b>	
<b>Descrizione</b>	Il progetto si propone di migliorare la qualità dell'acustica interna alle aule intervenendo in primo luogo dall'esterno, attraverso la riorganizzazione delle specie arboree presenti e l'introduzione di alcuni filari con effetto schermante. Il controllo dell'inquinamento acustico avviene anche dall'interno attraverso l'inserimento di nuovi setti a forte carattere massivo di separazione tra le aule che determina l'abbattimento acustico e, al tempo stesso, espleta proprietà di controllo termo igrometrico. Inoltre, il controllo della quantità di umidità interna è svolto anche dagli intonaci in calce naturale e, soprattutto, da alcune pareti realizzate attraverso la tecnologia della terra cruda.
<b>Tipo di intervento</b>	
<b>Durata</b>	Durata prevista 10 mesi (settembre 2008 – giugno 2009).
<b>Costo dell'intervento</b>	1.720.000 € in appalto, 2.200.000 € in bilancio.

**SSI 01 I: Scuola secondaria di I grado "R. Fucini" - Roma**

*Fonti iconografiche:*

- Assessorato Politiche Lavori Pubblici e Manutenzione Urbana Dipartimento XII – Arch. Chiara Cecilia Cuccaro, arch. Annamaria Cimini
- Oleotto E., *Edifici scolastici ecocompatibili*, pag. 175, cfr. bibliografia

**SSI 01****I****Scuola secondaria di I grado "R. Fucini" - Roma****Immagine generale****Localizzazione geografica****Dati generali**

<b>Tipo di intervento</b>	Manutenzione straordinaria e adeguamento normativo
<b>Ubicazione</b>	Comune di Roma Via Corrado Alvaro, 25 Municipio IV



<b>Committente</b>	Comune di Roma
<b>Progettazione</b>	Direttore del Dipartimento: arch. A. Montenero Direttore VIII U.O.: arch. Chiara Cecilia Cuccaro Responsabile del procedimento: arch. Anna Maria Cimini Progettista I fase: arch. Marcello Marocco (capogruppo), arch. Luigia Zoli, arch. Paolo Timo, arch. Teresa Alvino Progettista II fase: perito ind. Oliviero Tuderti
<b>Superficie fondiaria</b>	-
<b>Superficie coperta</b>	-
<b>Superficie utile</b>	-
<b>N° sezioni</b>	La scuola è composta da n. 19 aule normali, da n. 5 aule di sostegno, da n. 3 aule per le esercitazioni (laboratorio informatica, laboratorio di scienze, laboratorio per le arti applicate), n. 1 spazio per l'informazione e attività parascolastiche, palestra con spogliatoi e servizi, presidenza, 2 segreterie, n. 1 biblioteca, ambulatorio, sala professori, n. 6 depositi, 12 gruppi di servizi igienici e alloggio del custode

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	50 m
<b>Zona climatica</b>	D
<b>Gradi Giorno</b>	1415
<b>Contesto</b>	L'edificio è situato nella parte alta del Comune di Roma (zona Monte Sacro), all'interno di un articolato sistema ambientale, caratterizzato dalla presenza di un'estesa area verde.

<b>Caratteristiche dell'intervento</b>	
<b>Supporto iconografico</b>	 <p>Fig. 231 Camino solare esterno.</p>



Fig. 232 Particolare della sommità del camino solare.

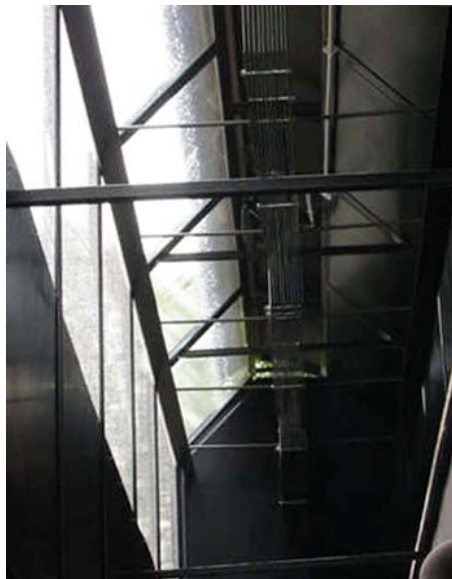


Fig. 233 Vista interna del camino solare.

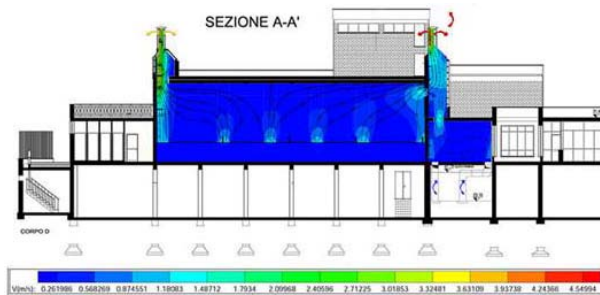


Fig. 234 Sezione longitudinale della palestra in cui è indicato il percorso dell'aria verso il camino solare.





Fig. 238 Prese per l'aria in ingresso all'interno della palestra.



Fig. 239 Griglia di areazione ad apertura automatica posta sui vetri.



Fig. 240 Sistema di schermature solari esterne regolabili.



Fig. 241 Frangisole regolabili esterni.



Fig. 242 Dispositivo di regolazione dell'inclinazione dei frangisole.



Fig. 243 Vista interna di un'aula.

<b>Anno dell'intervento</b>	2004
<b>Descrizione generale dell'intervento</b>	Il progetto si colloca all'interno di un quadro di interventi di riqualificazione ecocompatibile avviati dal Comune di Roma. In questo caso, date le caratteristiche dell'edificio e della zona circostante, è stata avviata una collaborazione con ENEA ENE SIST Casaccia e con l'IEA – <i>International Energy Agency</i> per la sperimentazione e monitoraggio di tecniche di retrofit applicate ad edifici scolastici. Pertanto, l'edificio è diventato un Laboratorio di Educazione Ambientale Permanente.
<b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>Il progetto prevede l'applicazione di tecnologie in grado di attivare processi di raffrescamento naturali e di rinnovo dell'aria degli ambienti interni, attraverso l'utilizzo di sistemi di controllo intelligenti; tali strategie sono state adottate nel corpo di fabbrica esposto a Sud - Sud-Ovest, fortemente penalizzato dal punto di vista della qualità e del comfort.</p> <p>In primo luogo, si è provveduto alla sostituzione degli infissi esistenti con nuovi infissi in alluminio a taglio termico preverniciati in elettrocolore, con termocamera basso emissivo. Sia gli infissi che la partizione opaca di separazione tra aule e corridoio interno di distribuzione presentano un sistema di aeratori a nastro, con battente in alluminio a taglio termico collegato a dispositivi attuatori; i dispositivi sono comandati da un sistema computerizzato, calibrato sulla temperatura interna, quella esterna e sul tasso di CO<sub>2</sub> presente in ogni aula, al fine di controllare gli apporti d'aria naturale.</p> <p>L'edificio è stato dotato di un sistema di raffrescamento passivo che immette un'opportuna portata d'aria, precedentemente raffrescata, all'interno della biblioteca, sfruttando il sottosuolo come sorgente termica a bassa temperatura. Il sistema è costituito da una torre per l'ingresso dell'aria, di 2,60 m d'altezza, collocata all'interno del giardino della scuola, e di un insieme di canali sotterranei, in lamiera zincata, che immettono l'aria fresca nella biblioteca attraverso griglie a pavimento. Ogni canale ha una lunghezza di 27,50 m ed è stato posizionato ad una quota di -3 m, con una pendenza di sicurezza dell'1%, per evitare il ristagno di eventuale condensa.</p> <p>Il progetto ha previsto l'inserimento di un sistema di frangisole per il controllo dell'irraggiamento diretto nelle aule per la didattica esposte a Sud-Ovest; si tratta di un dispositivo costituito da lamelle in alluminio di 15 cm, dotato di comando a motore elettrico che permette un'escursione da 0 a 90 gradi. Il sistema prevede, inoltre, un dispositivo di controllo della luce (DCL), un fotosensore e un comando di regolazione luminosità (RDCL) che misurano il grado di illuminazione ambientale e regolano automaticamente le lamelle per mantenerlo ad un livello ottimale costante.</p> <p>I sistemi di regolazione delle portate d'aria e dei livelli di illuminazione saranno inseriti all'interno di un programma di monitoraggio gestito dall'<i>International Energy Agency</i>, per verificare l'eco-efficienza delle tecnologie impiegate.</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>Il progetto ha previsto l'utilizzo di 6 mq di collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria ad uso dei servizi igienici della palestra; il progetto, inoltre, ha previsto l'installazione di un sistema fotovoltaico ad inseguimento per la produzione di energia elettrica ad uso della scuola (non ancora realizzato).</p> <p>I corpi radianti collocati all'interno delle aule sono stati dotati di apposite valvole termostatiche per la regolazione della temperatura e lo sfruttamento dei guadagni gratuiti.</p> <p>La regolazione delle portate d'aria, precedentemente raffrescata attraverso il sistema passivo a terreno, avviene attraverso un sistema di ventilazione</p>

	meccanica controllata (VMC), accoppiato a una sonda per il controllo della percentuale di CO <sub>2</sub> . Infine, l'edificio è stato dotato di una <i>Central Process Unit</i> (CPU), un software per lo sviluppo del sistema di controllo, finalizzato alla gestione automatica del sistema di ventilazione e di schermature solari (Building Energy Management System).
<b>Classe energetica raggiunta</b>	-
<b>Indoor Quality Improvement</b>	
<b>Descrizione</b>	Il progetto ha previsto l'adozione di sistemi di ventilazione del solaio contro terra per l'allontanamento del gas radon proveniente dal sottosuolo. Particolare attenzione è stata riservata ai materiali posati in opera, relativamente all'emissione di sostanze inquinanti (VOC) e alle tecnologie per il controllo della percentuale di CO <sub>2</sub> . Il sistema di VMC provvede a un continuo rinnovamento dell'aria nelle aule e al controllo della percentuale di umidità presente. Sono stati adottati dispositivi per la regolazione del livello di illuminamento naturale degli ambienti interni, attraverso la posa in opera di un sistema di schermature esterne mobili e regolabili attraverso sensori di luce. Il sistema provvede anche al controllo del surriscaldamento degli ambienti interni, coadiuvato dall'impiego della vegetazione esterna.

<b>Tipo di intervento</b>	
<b>Durata</b>	I lotto: giugno 2004 – agosto 2006 II lotto: marzo 2006 – agosto 2007
<b>Costo dell'intervento</b>	I lotto: 633.178,01 € II lotto: 700.000 €

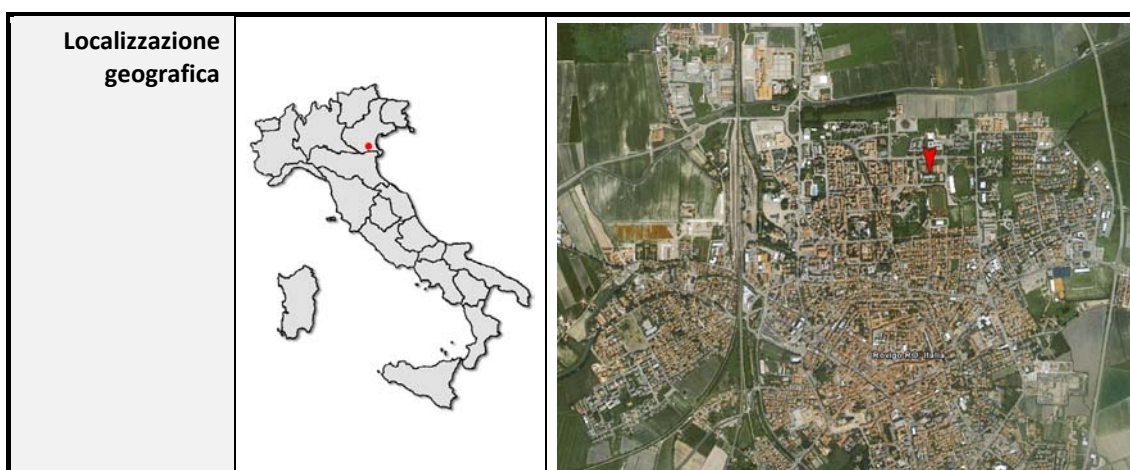
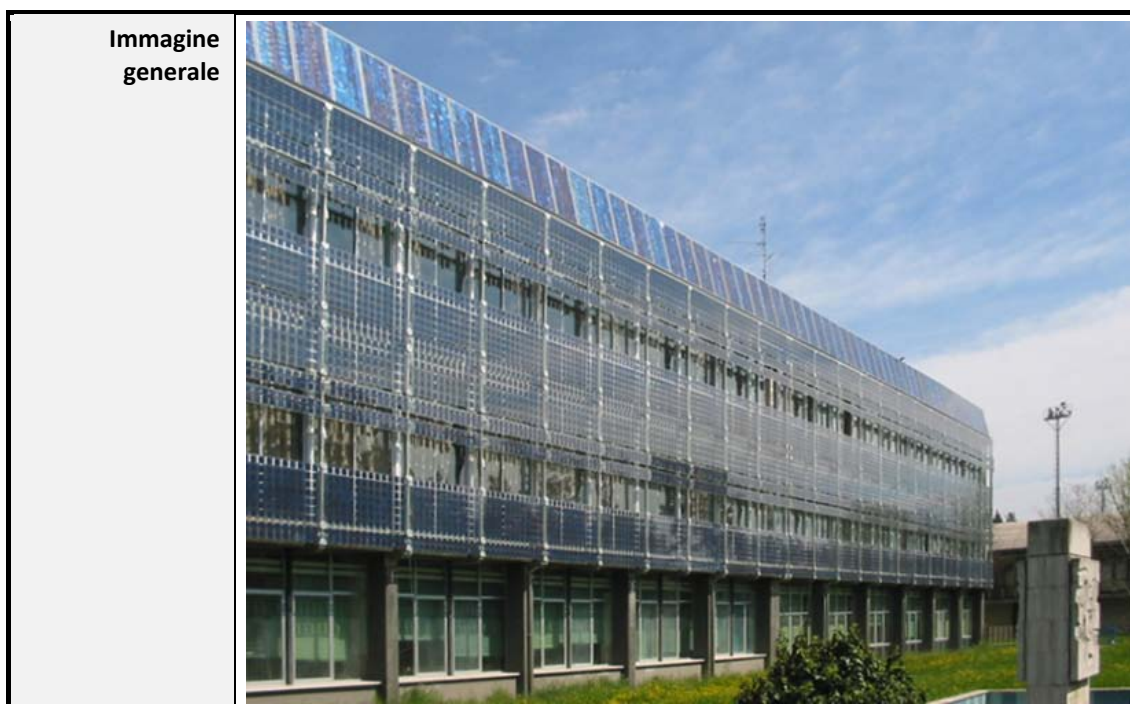
***SSII 01 I: Istituto Professionale di Stato per l'Industria e l'Artigianato - Rovigo***

*Fonti iconografiche:*

- Provincia di Rovigo
- Paola Boarin
- Calatroni A., Brizzante R., "Il sole in cattedra", in *FV Fotovoltaici*, pp. 90-94, cfr. bibliografia



<h1 style="margin: 0;">SSII 01</h1> <h2 style="margin: 0;">I</h2>	<h3 style="margin: 0;">Istituto Professionale di Stato per l'Industria e l'Artigianato - Rovigo</h3>



<b>Dati generali</b>	
<b>Tipo di intervento</b>	Installazione facciata fotovoltaica
<b>Ubicazione</b>	Comune di Rovigo

	Via Vittorio Alfieri, 43
<b>Committente</b>	Provincia di Rovigo
<b>Progettazione</b>	Provincia di Rovigo – ing. Luigi Ferrari
<b>Superficie fondiaria</b>	-
<b>Superficie coperta</b>	-
<b>Superficie utile</b>	-
<b>N° sezioni</b>	24 sezioni complessive dell'Istituto (556 alunni), 12 sezioni nella sede principale in oggetto.

<b>Dati climatici</b>	
<b>Altezza s.l.m.</b>	7 m
<b>Zona climatica</b>	E
<b>Gradi Giorno</b>	2466
<b>Contesto</b>	L'edificio è situato ai margini del contesto urbano, in una zona prevalentemente residenziale. Il complesso scolastico comprende numerosi laboratori per le attività didattiche applicate, reparti di lavorazione, palestra e biblioteca ed è completamente circondato da aree verdi di pertinenza.



<b>Caratteristiche dell'intervento</b>	
<b>Supporto iconografico</b>	 <p>Fig. 244 Edificio esistente: fronte principale dell'edificio oggetto dell'intervento.</p>  <p>Fig. 245 Fase di cantiere: montaggio dei moduli fotovoltaici.</p>



Fig. 246 Fase di cantiere: montaggio dei moduli fotovoltaici.



Fig. 247 Fase di cantiere: particolare dei moduli fotovoltaici.



Fig. 248 Vista del fronte principale a seguito dell'intervento.



Fig. 249 Particolare della doppia pelle fotovoltaica.



Fig. 250 Stazione di controllo del sistema fotovoltaico.



Fig. 251 Aula tipo per la didattica. Le tende interne sono una rimanenza della precedente configurazione senza moduli fotovoltaici in cui era necessario proteggere le aule dall'irraggiamento solare diretto.



Fig. 252 Particolare della lastra fotovoltaica semitrasparente.



Fig. 253 Particolare del sistema di movimentazione delle lamelle.



Fig. 254 Particolare dei profili metallici di ancoraggio della doppia pelle fotovoltaica alla struttura esistente.



Fig. 255 Particolare del passaggio del pluviale.

<b>Anno dell'intervento</b>	2004
<b>Descrizione generale dell'intervento</b>	<p>L'intervento rientra all'interno del progetto nazionale del 2002 denominato "<i>Bando tetti fotovoltaici ad alta valenza architettonica</i>" in cui la Provincia di Rovigo si è classificata al secondo posto (a pari merito con il comune di Trevignano Romano). Il progetto riceve un finanziamento in conto capitale pari all'85% dell'importo dell'intervento (il bando prevedeva il finanziamento di una quota parte delle opere per i primi tre classificati a livello nazionale).</p> <p>Il corpo di fabbrica dell'edificio principale, dedicato alle aule per le attività curriculari e costruito negli anni Settanta con le tecnologie della prefabbricazione pesante in c.a., presenta una chiusura esterna vetrata da cielo a terra e rivolta verso Sud, con notevoli problematiche connesse al surriscaldamento delle superfici trasparenti e dei locali retrostanti.</p> <p>In quest'ottica, il progetto si propone di intervenire esclusivamente sulla superficie vetrata attraverso l'applicazione esterna di una doppia pelle in vetro costituita da moduli fotovoltaici distanziati tra loro (sistema fotovoltaico semitrasparente).</p>
<b>Azioni di Energy Retrofit passivo</b>	
<b>Descrizione</b>	<p>Oltre alla produzione di energia elettrica per gli usi dell'Istituto, la doppia pelle in vetro e celle fotovoltaiche funge parete ventilata, con positivi effetti sul benessere termoigrometrico interno connesso alla riduzione del surriscaldamento dei locali. L'edificio, infatti, non utilizza sistemi meccanici di climatizzazione estiva e, pertanto, nei mesi caldi era soggetto a forti innalzamenti della temperatura interna. Inoltre, le celle fotovoltaiche svolgono la funzione di schermatura solare discontinua, riducendo la quantità di radiazione luminosa che incide direttamente sulle superfici vetrate.</p> <p>La doppia pelle è suddivisa in tre fasce orizzontali continue, interrotte all'altezza delle aperture delle finestre per permettere la ventilazione naturale dei locali; i moduli sono posti a una distanza di 30 cm dalla superficie vetrata esistente e sono fissati alla struttura principale in c.a. attraverso profili metallici con sezione a croce.</p>

<b>Azioni di Energy Retrofit attivo</b>											
<b>Descrizione</b>	<p>L'intervento è finalizzato alla creazione di una doppia pelle costituita da moduli vetrati con inserimento di celle fotovoltaiche distanziate tra loro al fine di permettere il passaggio della luce. I moduli coprono una lunghezza pari all'interasse tra i pilastri e sono sorretti da profili verticali in alluminio che percorrono verticalmente tutta la facciata, a partire dal primo piano. In corrispondenza degli angoli dei moduli vetrati è stata inserita una piastra di fissaggio opportunamente progettata e costituita da un profilo in alluminio "a croce" con guarnizioni di polimeri. Tale sistema permette il semplice appoggio dei moduli lasciando libertà di dilatazione agli stessi (fino a 4 cm nel periodo estivo a causa dell'irraggiamento diretto).</p> <p>I moduli vetrati vengono interrotti in corrispondenza delle aperture della facciata al fine di permettere la ventilazione naturale delle aule; in ogni caso, nella parte alta delle stesse, i moduli sono stati inseriti sotto forma di lamelle semitrasparenti che presentano un sistema di movimentazione attraverso un braccio meccanico collegato ad un dispositivo di controllo interno alle aule.</p> <p>I moduli fotovoltaici sono del tipo "vetro-vetro" con tre diverse dimensioni e spessore 4+1+6. Le celle sono in silicio policristallino di dimensione 125x125 mm con laminazione analoga a quella dei moduli standard.</p> <p>Oltre all'inserimento dei moduli semitrasparenti, l'intervento ha previsto la posa in opera di un coronamento superiore dell'edificio composto da 71 moduli fotovoltaici standard del tipo policristallino da 130 W con cornice che aumentano di 9,2 kWp la potenza fornita dall'impianto vetro-vetro.</p> <p>L'impianto ha una potenza nominale di 34.160 W ed è collegato a rete ed è in grado di produrre circa 27.500 kWh/anno di energia elettrica in corrente alternata, corrispondente a circa 20 ton/anno di emissioni di CO<sub>2</sub> non prodotte.</p> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td><b>Potenza totale installata</b></td> <td>35,44 kWp</td> </tr> <tr> <td><b>Numero di moduli installati</b></td> <td>351</td> </tr> <tr> <td><b>Superficie totale della facciata</b></td> <td>425,68 mq</td> </tr> <tr> <td><b>Impresa esecutrice</b></td> <td>Matera S.a.s.</td> </tr> <tr> <td><b>Direzione Lavori</b></td> <td>S.E. Project</td> </tr> </table>	<b>Potenza totale installata</b>	35,44 kWp	<b>Numero di moduli installati</b>	351	<b>Superficie totale della facciata</b>	425,68 mq	<b>Impresa esecutrice</b>	Matera S.a.s.	<b>Direzione Lavori</b>	S.E. Project
<b>Potenza totale installata</b>	35,44 kWp										
<b>Numero di moduli installati</b>	351										
<b>Superficie totale della facciata</b>	425,68 mq										
<b>Impresa esecutrice</b>	Matera S.a.s.										
<b>Direzione Lavori</b>	S.E. Project										
<b>Classe energetica raggiunta</b>	Abbattimento del 50% del surriscaldamento per irraggiamento solare.										
<b>Indoor Quality Improvement</b>											
<b>Descrizione</b>	<p>L'inserimento della doppia pelle in moduli vetrati e celle fotovoltaiche ha prodotto notevoli miglioramenti alla qualità dell'ambiente interno collegati alla riduzione della radiazione solare diretta sulla superficie trasparente esistente.</p> <p>L'effetto camino che si sviluppa all'interno della doppia pelle contribuisce all'allontanamento dell'aria calda nei mesi estivi e mitiga la temperatura dell'aria nei mesi invernali, riducendo lo sbalzo termico nei locali interni. Inoltre, l'effetto di schermatura solare provocato dalle celle isolate riduce la radiazione solare incidente in modo diretto, limitando l'apporto luminoso che causava fenomeni di abbagliamento sulle superfici dei tavoli delle aule (per questo motivo erano state inserite tende interne che avevano il compito di ridurre la quantità di luce).</p>										
<b>Tipo di intervento</b>											
<b>Durata</b>	2002 – 2004										
<b>Costo dell'intervento</b>	405.311,43 € totali (311.365,96 € a carico del Ministero dell'Ambiente e 93.945,47 € a carico del bilancio della Provincia di Rovigo).										




<b>Voce di costo</b>	<b>Costo in Euro</b>	<b>Percentuale sul totale</b>
Moduli fotovoltaici	194.190	56%
Sistema di movimentazione radiale dei moduli	48.653	14%
Struttura di sostegno e fissaggio	33.882	10%
Spese per progettazione e direzione lavori	27.346	8%
Gruppo di conversione cc/ca	20.123	6%
Cablaggi e quadri elettrici	14.453	4%
Sistema di acquisizione dati	10.418	3%
Totale	349.065	100%
<b>COSTO €/kWp</b>	<b>10.200</b>	









**Sintesi delle misure di intervento adottate nei progetti di *Best Practices* nazionali affrontati**


Si riporta di seguito la tabella riassuntiva dei progetti di *Best Practices* nazionali con l'individuazione delle principali misure di intervento finalizzate alla riqualificazione energetica e ambientale.

La tabella sarà utile alla successiva individuazione delle criticità emergenti.

AZIONE CASO STUDIO	ENERGY RETROFIT PASSIVO			ENERGY RETROFIT ATTIVO					INDOOR QUALITY IMPROVEMENT				
	INVOLUCRO OPACO	INVOLUCRO TRASPARENTE	ALTRO	ILLUMINAZIONE	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	VENTILAZIONE CONTROLLATA	ALTRO	ILLUMINAZIONE NATURALE	VENTILAZIONE NATURALE	BENESSERE TERMO IGROMETRICO	PROTEZIONE ACUSTICA	MATERIALI
 <p>SI 01 – Scuola per l'infanzia provinciale a Monguelfo (BZ)</p>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cappotto termico esterno</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Doppio vetro camera basso emissivo</li> </ul>		<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Luci al neon</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Caldaia a condensazione</li> <li>▪ Pannelli radianti a parete</li> </ul>		<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ventilazione controllata con recupero di calore</li> </ul>		<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ampliamento superfici vetrate</li> </ul>		<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Controllo umidità</li> <li>▪ Controllo ventilazione</li> <li>▪ Controllo temperatura</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No apertura infissi</li> <li>▪ Ventilazione non rumorosa</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Materiali ecologici ed ecocompatibili</li> </ul>
 <p>SI 02 – Scuola per l'infanzia "Venturi" a Volano (TN)</p>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cappotto termico interno</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vetrocamera basso emissivo</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Parziale guadagno solare attraverso le superfici vetrate</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Illuminazione a basso consumo</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Caldaia a condensazione</li> <li>▪ Pannelli radianti a pavimento</li> </ul>			<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Predisposizione per solare termico e fotovoltaico</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Implementazione superfici vetrate</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ampie aperture</li> <li>▪ Ventilazione trasversale</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Controllo umidità</li> <li>▪ Controllo ventilazione</li> <li>▪ Controllo temperatura</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Isolamento acustico di chiusure esterne e partizioni interne</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Materiali ecologici</li> <li>▪ Vernici atossiche</li> </ul>
 <p>SI 03 – Scuola per l'infanzia "San Gregorio al Celio" a Roma</p>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cappotto termico esterno</li> </ul>		<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Camini d'aria per raffrescamento estivo</li> </ul>		<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Caldaia a condensazione</li> <li>▪ Zonizzazione dell'edificio</li> </ul>				<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Controllo vegetazione</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Camini d'aria</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Controllo umidità</li> <li>▪ Controllo ventilazione</li> <li>▪ Controllo temperatura</li> <li>▪ Controllo del verde</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Isolamento acustico di chiusure esterne e partizioni interne</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eliminazione amianto</li> <li>▪ Materiali ecocompatibili</li> </ul>

AZIONE CASO STUDIO	ENERGY RETROFIT PASSIVO			ENERGY RETROFIT ATTIVO					INDOOR QUALITY IMPROVEMENT				
	INVOLUCRO OPACO	INVOLUCRO TRASPARENTE	ALTRO	ILLUMINAZIONE	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	VENTILAZIONE CONTROLLATA	ALTRO	ILLUMINAZIONE NATURALE	VENTILAZIONE NATURALE	BENESSERE TERMO IGROMETRICO	PROTEZIONE ACUSTICA	MATERIALI
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
SIP 01 – Scuola per l'infanzia e primaria a San Martino in Passiria (BZ)	▪ Cappotto termico esterno	▪ Vetrocamera termoisolante	▪ Guadagno solare attraverso le superfici vetrate	▪ Illuminazione a basso consumo	▪ Caldaia a condensazione ▪ Pannelli radianti a pavimento				▪ Ampliamento superfici vetrate	▪ Ampie aperture	▪ Controllo umidità ▪ Controllo ventilazione ▪ Controllo temperatura		▪ Materiali ecologici ▪ Vernici atossiche
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SIP 02 – Scuola per l'infanzia e primaria a Firenze	▪ Parete ventilata con isolamento termico	▪ Vetrocamera	▪ Orientamento e distribuzione delle aule ▪ Brise soleil	▪ Illuminazione a basso consumo	▪ Caldaia a condensazione ▪ Pannelli radianti a pavimento			▪ Solare termico ▪ Solare fotovoltaico ▪ Domotica	▪ Ampliamento delle superfici vetrate	▪ Ventilazione trasversale naturale	▪ Controllo umidità ▪ Controllo ventilazione ▪ Controllo temperatura	▪ Progettazione delle interferenze ▪ Compartimentazione orizzontale e verticale	▪ Materiali ecologici
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SP 01 – Scuola primaria a Casteldarne (BZ)	▪ Cappotto termico esterno	▪ Doppio vetro camera basso emissivo	▪ Parziale guadagno solare attraverso le superfici vetrate	▪ Lampade al neon	▪ Caldaia a condensazione ▪ Pannelli radianti a pavimento nel sottotetto		▪ Ventilazione controllata con recupero di calore		▪ Ampliamento delle superfici vetrate		▪ Controllo umidità ▪ Controllo ventilazione ▪ Controllo temperatura	▪ No apertura infissi ▪ Ventilazione non rumorosa	▪ Materiali ecologici ed ecocompatibili

AZIONE CASO STUDIO	ENERGY RETROFIT PASSIVO			ENERGY RETROFIT ATTIVO					INDOOR QUALITY IMPROVEMENT				
	INVOLUCRO OPACO	INVOLUCRO TRASPARENTE	ALTRO	ILLUMINAZIONE	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	VENTILAZIONE CONTROLLATA	ALTRO	ILLUMINAZIONE NATURALE	VENTILAZIONE NATURALE	BENESSERE TERMOIGROMETRICO	PROTEZIONE ACUSTICA	MATERIALI
 <p>SP 02 – Scuola primaria a Marco di Rovereto (TN)</p>	☑	☑	☑	☑	☑		☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
	▪ Cappotto termico interno	▪ Vetrocamere termoisolante ▪ Vetrocamera basso emissivo	▪ Serra solare ▪ Aggetti e schermature brise soleil	▪ Illuminazione a basso consumo	▪ Caldaia a condensazione ▪ Pannelli radianti a pavimento		▪ Ventilazione controllata con recupero di calore	▪ Predisposizione per solare termico e fotovoltaico	▪ Implementazione superfici vetrate	▪ Ampie aperture	▪ Controllo umidità ▪ Controllo ventilazione ▪ Controllo temperatura	▪ Isolamento acustico di chiusure esterne e partizioni interne	▪ Materiali ecologici ed ecocompatibili ▪ Materiali locali
 <p>SP 03 – Scuola primaria “XX Settembre” a Rimini</p>	☑	☑		☑	☑			☑	☑	☑	☑	☑	☑
	▪ Cappotto termico esterno	▪ Vetrocamera basso emissivo	▪ Aggetti e schermature solari ▪ Camini d’aria ▪ Pareti ad accumulo	▪ Illuminazione a basso consumo	▪ Caldaia a condensazione ▪ Pannelli radianti a pavimento			▪ Solare termico ▪ Domotica	▪ Copertura a shed ▪ Ampliamento superfici vetrate	▪ Camini d’aria	▪ Controllo umidità ▪ Controllo ventilazione ▪ Controllo temperatura	▪ Pareti a forte massa ▪ Utilizzo della vegetazione	▪ Materiali ecologici ▪ Vernici atossiche
 <p>SSI 01 I – Scuola secondaria I grado “R. Fucini” a Roma</p>		☑	☑	☑			☑	☑	☑	☑			
		▪ Vetrocamera bassoemissivo	▪ Brise soleil ▪ Sfruttamento potenziale terreno per raffrescamento aria ▪ Camini di ventilazione per espulsione aria calda	▪ Fotosensori e comando regolazione luminosità			▪ Ventilazione controllata attraverso Building Energy Management System	▪ Domotica	▪ Controllo livello illuminamento ▪ Schermature solari	▪ Camini d’aria	▪ Controllo ventilazione ▪ Controllo temperatura ▪ Controllo umidità		

AZIONE CASO STUDIO	ENERGY RETROFIT PASSIVO			ENERGY RETROFIT ATTIVO					INDOOR QUALITY IMPROVEMENT				
	INVOLUCRO OPACO	INVOLUCRO TRASPARENTE	ALTRO	ILLUMINAZIONE	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	VENTILAZIONE CONTROLLATA	ALTRO	ILLUMINAZIONE NATURALE	VENTILAZIONE NATURALE	BENESSERE TERMO IGROMETRICO	PROTEZIONE ACUSTICA	MATERIALI
			<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
SSII 01 – Istituto Professionale di Stato per l'Industria e l'Artigianato a Rovigo			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Doppia pelle vetrata ventilata</li> <li>▪ Schermatura solare</li> </ul>					<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Impianto solare fotovoltaico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riduzione dell'apporto luminoso</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Controllo illuminazione</li> <li>▪ Controllo temperatura della facciata</li> </ul>		

#### 4.1.4. Riflessioni conclusive

Il panorama che emerge dall'analisi dei casi studio dimostra che il problema della riqualificazione degli edifici scolastici è particolarmente sentito all'interno dello scenario nazionale e internazionale.

La selezione degli interventi evidenzia alcune tendenze comuni all'interno dei differenti ambiti, che è possibile sintetizzare come segue:

- Gli edifici scolastici sono sistemi particolarmente energivori per motivi, legati sia a tecnologie costruttive che non sono state adeguate all'avanzamento delle conoscenze tecnologiche nel tempo, sia a problematiche di gestione da parte di utenti e Pubbliche Amministrazioni. Malgrado la scuola rappresenti un momento fondamentale della crescita della comunità, ad essa non si attribuisce la stessa importanza dal punto di vista gestionale; non è raro che insegnanti e operatori non vengano istruiti sulle corrette modalità di utilizzo del manufatto edilizio, ma non è altrettanto raro che questi immobili compaiano tra gli ultimi posti delle liste degli investimenti pubblici. Proprio per le loro caratteristiche tecnologico-impiantistiche e per lo stato di obsolescenza che spesso li accompagna, questi edifici rappresentano un enorme potenziale di risparmio in termini di risorse non utilizzate e, di conseguenza, in economia di spese. In molti casi, l'investimento impiegato per l'intervento di riqualificazione ha tempi di ritorno molto ridotti e, soprattutto, immediati benefici sull'utente finale.
- Un aspetto che colpisce in modo particolare è che, malgrado un crescente interesse verso i principi di sostenibilità e risparmio di risorse, che ormai permeano l'ambito dell'edilizia, **le azioni di riqualificazione dell'esistente sono ancora relativamente limitate** e, soprattutto, subordinate ad interventi di ampliamento o in risposta a norme di sicurezza; la maggior parte degli interventi in cui è possibile riscontrare i principi di risparmio energetico e di sostenibilità in senso più ampio sono ancora le nuove costruzioni. In quest'ottica, è necessario evidenziare che l'incidenza del nuovo sul costruito è inferiore all'1%<sup>118</sup> poiché la maggior parte delle risorse viene impiegata per gli edifici esistenti: anche se si costruisse esclusivamente con gli standard della casa passiva, il bilancio con l'esistente sarebbe ancora fortemente negativo. Dunque, è necessario investire il più possibile sull'esistente, a partire dagli edifici pubblici e, in particolare, dalle scuole in cui è possibile raggiungere gli standard più ambiziosi.
- Buona parte degli interventi riportati appartiene a **realità locali di piccola e media dimensione** in cui sono complessivamente presenti poche strutture per l'educazione. Non si tratta di una casualità, ma di una problematica precisa legata alla disponibilità dei fondi da investire e alla ripartizione degli stessi per le emergenze della comunità. Una città di grandi dimensioni deve considerare

<sup>118</sup> Dato riportato nella presentazione di Felicitas Kraus dal titolo "Certificato energetico per edifici residenziali e non. Consumo energetico nell'edilizia esistente" durante il 3° convegno *CasaClima – Costruire il futuro* svoltosi il 18 gennaio 2008 a Bolzano.

che i fondi impiegati per gli interventi da eseguire sul proprio patrimonio edilizio devono essere suddivisi per un numero notevole di strutture; ne consegue che se si dovessero davvero distribuire in modo equo non si riuscirebbe a raggiungere nessun obiettivo concreto e utile. In queste specifiche situazioni si preferisce (o si è praticamente costretti) intervenire, in primo luogo, sulle situazioni di emergenza che possono essere rappresentate da qualsiasi immobile di competenza della pubblica amministrazione (Comuni o Province). Per molteplici motivazioni, le strutture scolastiche non sono generalmente ai primi posti delle liste di priorità poiché le pubbliche amministrazioni tendono a privilegiare le strutture ricettive che ottengono maggiori riscontri nell'ambito dell'economia generale. Diversamente, le piccole situazioni locali presentano un numero molto ristretto di edifici pubblici di competenza e, tra questi, le scuole ricoprono un aspetto molto importante della vita e della crescita comunitaria su cui investire in modo continuo. Ovviamente, il tutto è relazionato alle possibilità di investimento di ogni Amministrazione Pubblica, ma la tendenza è comunque rispettata.

- Lo scenario nazionale evidenzia che **la maggior parte degli interventi di riqualificazione avviene in edifici dedicati alla prima infanzia** (asili nido e scuole materne) seguiti dalle scuole primarie; gli interventi su scuole secondarie di I e II grado sono numericamente molto inferiori. Il motivo di questa tendenza è individuabile nelle caratteristiche dell'utenza delle scuole per l'infanzia: si tratta di un periodo di particolare fragilità della persona in cui si ha l'esigenza e la necessità di ricevere maggiore protezione dall'ambiente circostante che deve garantire uno standard di qualità ambientale più elevato. È necessario evidenziare che il caso delle scuole per l'infanzia è piuttosto anomalo poiché, soprattutto dai casi studio riportati, emerge che molte scuole per l'infanzia vengono collocate in edifici con destinazioni d'uso precedenti leggermente diverse (edifici impropri o parzialmente impropri) che necessitano, quindi, di particolari interventi di adeguamento e recupero; questa situazione si verifica a causa della limitata tradizione storica italiana in merito alle scuole per l'infanzia che sono diventate esigenza cogente solo negli ultimi anni con il modificarsi degli assetti familiari. Inoltre, molte scuole per l'infanzia non sono di competenza pubblica, ma sono gestite da associazioni private con maggiori possibilità di investimento.
- Sono molti i casi in cui l'occasione di un adeguamento normativo o la necessità di un ampliamento dell'edificio (dovuto all'aumento dell'utenza o, nelle piccole realtà, all'integrazione di differenti funzioni esterne all'interno dell'organismo scolastico) diventano il momento per intervenire in modo completo sul manufatto, con un notevole **innalzamento della qualità architettonica**. Questo aspetto è strettamente legato alla centralità della funzione sociale che la scuola svolge, alla progressiva esigenza di un rinnovamento della sua immagine e alla necessità di una modernizzazione dei metodi per la didattica. L'intervento di riqualificazione, inoltre, offre l'occasione per rendere evidente il nuovo fermento culturale legato alla diffusione dei principi di sostenibilità e di

rispetto per l'ambiente, sia a livello di scelta edilizia, sia a livello di educazione ambientale e, considerando che la scuola rappresenta un moltiplicatore di opinioni poiché frequentata da alunni, insegnanti e genitori, diventa essa stessa un manifesto di buone azioni, pratiche e teoriche.

- Si denota che, generalmente, l'approccio all'**intervento di recupero è differenziato in relazione al livello della scuola**; in alcune tipologie di scuola gli interventi di recupero sono più orientati verso un approccio globale nei confronti dell'edificio, operando nella direzione contemporanea di un *energy retrofit* passivo e attivo. Ciò è riscontrabile soprattutto nelle scuole dell'infanzia e primarie in cui l'esigenza ambientale relativa alla tipologia di utenza richiede una risposta "a tutto tondo". Diversamente accade per le scuole secondarie (sia di I che di II livello) in cui è più frequente riscontrare un *energy retrofit* più orientato verso soluzioni di tipo attivo (impiantistico). Il motivo di questa differenziazione risiede, in primo luogo, nelle dimensioni dell'edificio: generalmente le scuole per l'infanzia e le scuole primarie sono di dimensioni inferiori poiché accolgono un numero di utenti limitato, mentre le scuole secondarie (in particolare quelle di II grado) possono ospitare un maggiore numero di alunni e sono dimensionalmente maggiori. Inoltre, la dotazione di spazi delle scuole secondarie di II grado include i laboratori e, in alcuni casi, le officine, occupati per periodi di tempo limitati, ma che presentano attrezzature per la didattica fortemente energivore (a titolo di esempio si pensi ai laboratori informatici di grandi dimensioni con server, computer, monitor, stampanti). L'intervento di recupero mirato all'ottimizzazione dell'apparato impiantistico è in grado di offrire un alto e soprattutto immediato risparmio in termini di riduzione dei consumi elettrici, successivamente re-investibili in azioni di risparmio energetico in altri ambiti.

L'*energy retrofit* attivo, inoltre, permette l'adozione di protocolli di **gestione partecipata** in cui anche l'utente finale (gli alunni, gli insegnanti e gli operatori scolastici) contribuisce alla riduzione dei consumi globali dell'edificio attraverso piccole azioni quotidiane mirate alla salvaguardia delle risorse. Inoltre, attraverso semplici interfacce dirette con gli alunni (monitor), è possibile visualizzare in qualsiasi momento la quantità di energia risparmiata o prodotta (ad esempio, nel caso di installazione di pannelli fotovoltaici), comprendendo l'effettiva utilità di queste dotazioni. Purtroppo si perde il potenziale di insegnamento contenuto all'interno dei sistemi di sfruttamento passivo (capire le differenze di consumo e benessere legate all'uso di un infisso con vetrocamera termoisolante piuttosto che ad un vetro singolo, capire i meccanismi di guadagno solare gratuito, la qualità dell'ambiente interno creata dalla possibilità di avere pareti fortemente coibentate, etc.) che potrebbero diventare didatticamente utili al fine di affrontare le problematiche legate all'educazione ambientale. Questi principi sono più difficilmente comprensibili e personalizzabili per gli alunni di età inferiore e, quindi, si limita la possibilità didattica dell'azione di risparmio energetico.



- L'analisi dei casi studio riportati fa emergere che le misure adottate per la riqualificazione dell'esistente presentano dei **tratti comuni ormai consolidati**, sia in Italia che nell'ambito internazionale.

Nel caso dell'*energy retrofit* passivo, gli interventi più ricorrenti sono quelli di **sostituzione degli infissi** per l'inserimento di parti vetrate altamente isolanti (vetrocamera o doppio vetrocamera termoisolante) e l'**isolamento termico dell'involucro edilizio** (chiusure verticali, copertura, solai contro terra o verso locali non riscaldati). In questo secondo caso, iniziano ad emergere esempi di riqualificazione di involucro edilizio all'interno di edifici con vincoli di tutela storico-architettonica (ad esempio, edifici vincolati poiché con più di 50 anni), a testimonianza della possibilità di intervenire senza denaturare le caratteristiche originarie dell'edificio stesso. Molto meno frequente è l'applicazione di tecnologie di sfruttamento passivo dell'energia quali serre solari per il guadagno solare invernale, doppie pelli (pareti ventilate vetrate o opache) per il raffrescamento delle pareti sovra riscaldate e per l'allontanamento dell'umidità, camini di ventilazione trasversale naturale e dispositivi di controllo solare (frangisole, schermi, mensole).

Nell'ambito dell'*energy retrofit* attivo, gli interventi più ricorrenti riguardano la **sostituzione dell'impianto di generazione di calore** e l'ottimizzazione del sistema di distribuzione ed emissione: la tendenza attuale mira alla sostituzione delle vecchie caldaie abbinata ai termosifoni in nicchia con più efficienti caldaie a condensazione o, meglio, con il collegamento alla rete di teleriscaldamento ove possibile, abbinata a sistemi di emissione a bassa temperatura (in particolare pannelli radianti a pavimento o a parete).

L'uso delle **fonti energetiche alternative**, incentivato da contributi nazionali e regionali, ha ricevuto sufficiente attenzione attraverso la predisposizione o l'installazione di impianti solari, in particolare fotovoltaici. Quest'ultimo aspetto è strettamente collegato all'ottimizzazione dell'**efficienza degli impianti di illuminazione** attraverso corpi luminosi ad alto potenziale di risparmio e di controllo dell'abbagliamento.

- Un approccio ancora poco diffuso è l'**ottimizzazione e la programmazione delle fasi di cantiere** finalizzate alla riduzione dei tempi di intervento e alla minimizzazione dell'interferenza con le attività didattiche. Attualmente, infatti, la tempistica di cantiere si aggira mediamente attorno ai due anni e richiede il trasferimento delle attività didattiche in locali diversi o in edifici diversi. Nei grandi centri urbani vengono messi disposizione alcuni edifici che, a rotazione, ospitano le attività delle scuole oggetto di particolari manutenzioni, ma ciò non è possibile nei piccoli centri in cui le strutture non sono nemmeno sufficienti a coprire le esigenze scolastiche; inoltre, la possibilità di limitare i tempi di permanenza dei cantieri ridurrebbe il disagio creato ad alunni ed insegnanti dagli spostamenti. Ovviamente, ciò è subordinato ad una precisa programmazione delle attività e alla possibilità di adottare, ad esempio, tecnologie di prefabbricazione leggera parziale o di permettere sovrapposizioni di lavorazioni.

## 4.2. Fonti di riferimento

### 4.2.1. Bibliografia

Calatroni A., Brizzante R., “Il sole in cattedra” in *FV Fotovoltaici n. 5*, settembre-ottobre 2007, pp. 90-94.

Comune di Firenze-Assessorato ai Lavori Pubblici, Assessorato alla Pubblica Istruzione (a cura di), *Ristrutturazione totale ed adeguamento a norma (antincendio, di sicurezza ed igiene scolastica, abbattimento barriere architettoniche) con bonifica degli elementi contenenti amianto della scuola dell'infanzia ed elementare “Marconi”*, 2006, pp. 51, documento disponibile all'indirizzo [www.comune.cecina.li.it/agenda\\_21/documenti/pdf/presentazioni%2040506/Riqualificazione%20scuola%20Marconi%20Firenze.pdf](http://www.comune.cecina.li.it/agenda_21/documenti/pdf/presentazioni%2040506/Riqualificazione%20scuola%20Marconi%20Firenze.pdf).

IEA-International Energy Agency - Energy conservation in buildings and community systems (a cura di), *Annex XV – “Energy Efficiency in Schools”. Final Report. Part one: Text*, Torino, 1991, pp. 33, documento disponibile all'indirizzo [www.annex36.com/index.html](http://www.annex36.com/index.html).

IEA-International Energy Agency - Energy conservation in buildings and community systems (a cura di), *Annex XV – “Energy Efficiency in Schools”. Final Report. Part two: Appendix*, Torino, 1991, pp. 96, disponibile all'indirizzo [www.annex36.com/index.html](http://www.annex36.com/index.html).

IEA-International Energy Agency - Energy conservation in buildings and community systems programme (a cura di), *Working group on energy efficiency in educational buildings. Final Report*, 1996, pp. 108, documento disponibile all'indirizzo [www.annex36.com/index.html](http://www.annex36.com/index.html).

IEA-International Energy Agency - Energy conservation in buildings and community systems programme (a cura di), *Technical Syntesis Report Annex 36. Retrofitting in Educational Buildings – Energy Concept Adviser for Technical retrofit Measures*, 2007, pp. 43, documento disponibile all'indirizzo [www.ecbcs.org](http://www.ecbcs.org).

Lantschner N., *CasaClima. Il piacere di abitare.2008*, Bolzano, Athesia, 2007, pp. 237.

Oleotto E. (a cura di), *Edifici scolastici ecocompatibili. Progetti per una scuola sostenibile*, Monfalcone, EdicomEdizioni, 2006, pp. 226.

Oleotto E. (a cura di), *Edifici scolastici ecocompatibili. Volume 2*, Monfalcone, EdicomEdizioni, 2007, pp. 116.

#### 4.2.2. Sitografia

<b>Agenzia CasaClima</b>	<a href="http://www.agenziacasaclima.it">www.agenziacasaclima.it</a>
<b>Comune di Firenze</b>	<a href="http://www.comune.firenze.it">www.comune.firenze.it</a>
<b>Comune di Roma</b>	<a href="http://www.comune.roma.it">www.comune.roma.it</a>
<b>ENEA – Centro ricerche Casaccia</b>	<a href="http://www.casaccia.enea.it">www.casaccia.enea.it</a>
<b>EnOB - Forschung für Energieoptimiertes Bauen</b>	<a href="http://www.enob.info/en/refurbishment/projects/details/kaethe-kollwitz-school-aachen/">www.enob.info/en/refurbishment/projects/details/kaethe-kollwitz-school-aachen/</a>
<b>Indire – AS – Abitare la Scuola</b>	<a href="http://www.indire.it/aesse">www.indire.it/aesse</a>
<b>IEA – ECBCS Annex 36 – Retrofitting in Educational Buildings - REDUCE</b>	<a href="http://www.annex36.com/index.html">www.annex36.com/index.html</a>

---

PARTE SECONDA: **OBIETTIVI DI RIQUALIFICAZIONE E  
DIAGNOSI DELL'ESISTENTE**



## 5. Obiettivi e azioni di abbattimento dei consumi e innalzamento degli standard qualitativi

### ABSTRACT

*Nell'ottica del raggiungimento del massimo rapporto tra costi di riqualificazione e benefici ottenuti, è bene ricordare che anche l'utente finale svolge una parte essenziale; se, da un lato, alunni e operatori scolastici in genere sono i maggiori beneficiari dell'innalzamento della qualità degli ambienti interni, dall'altro sono principalmente le Pubbliche Amministrazioni a godere della monetizzazione dei risparmi energetici dovuti alla riduzione dei consumi. All'interno di questo scenario, tuttavia, l'utente finale gioca un ruolo importante poiché, attraverso atteggiamenti e abitudini di utilizzo dell'immobile, può ridurre i benefici apportati dagli interventi. In questo senso, il capitolo offre un iniziale spunto di riflessione circa benefici e responsabilità delle figure coinvolte nel processo di gestione e riqualificazione dell'esistente.*

*Prestazione energetica e comfort ambientale sono fortemente legati da denominatori comuni, ovvero parametri responsabili di sostanziali variazioni dei consumi e della qualità degli ambienti interni (aria, temperatura, umidità, illuminamento, rumore). Il capitolo si propone di affrontare in modo approfondito le problematiche indotte da tali parametri, evidenziandone criticità e potenzialità connesse al patrimonio scolastico costruito. In relazione a ciascun parametro, la seconda parte del capitolo si propone di individuare il quadro normativo di riferimento (specifiche di prestazione), finalizzato sia alla valutazione del costruito che alle fasi di elaborazione progettuale, e un successivo quadro esigenziale-prestazionale di orientamento verso il progetto di riqualificazione.*

### INDICE DEL CAPITOLO

5.1. Riduzione dei consumi e miglioramento delle condizioni ambientali nell'edilizia scolastica: benefici e responsabilità nella riqualificazione .....	315
5.1.1. Dalla parte degli alunni e degli operatori scolastici .....	315
5.1.2. Dalla parte della Pubblica Amministrazione .....	316
5.1.3. Dalla parte del sistema nazionale .....	317
5.2. Individuazione dei parametri responsabili delle sostanziali variazioni di consumo energetico e di comfort ambientale .....	319
5.2.1. Consumo di energia e qualità ambientale .....	319
5.2.2. Numero di alunni/classe e attività svolta.....	322
5.2.3. Aria .....	324
5.2.4. Temperatura .....	330
5.2.5. Umidità.....	335

5.2.6. Illuminamento .....	340
5.2.7. Rumore .....	350
5.3. Individuazione del quadro normativo ed elaborazione di un successivo quadro esigenziale-prestazionale per la verifica dello stato di fatto negli edifici esistenti e per l'inquadramento degli interventi di riqualificazione.....	354
5.3.1. Norme tecniche e provvedimenti legislativi vigenti .....	354
Efficienza energetica .....	355
Qualità dell'ambiente interno .....	359
Sintesi dei nodi critici .....	367
5.3.3. Elaborazione del quadro esigenziale-prestazionale a supporto del <i>biref</i> di progetto.....	368
5.4. Fonti di riferimento.....	370
5.4.1. Bibliografia.....	370
5.4.2. Sitografia .....	373

### **5.1. Riduzione dei consumi e miglioramento delle condizioni ambientali nell'edilizia scolastica: benefici e responsabilità nella riqualificazione.**

Nell'ambito del contesto edilizio, risparmio di risorse e qualità ambientale sono fattori fortemente legati tra loro, in particolare in edifici con numero elevato di utenti, quali le scuole. Pertanto, i vantaggi che si possono raggiungere attraverso la riqualificazione energetica possono essere fortemente correlati ad un sensibile miglioramento della qualità ambientale.

È necessario, però, evidenziare che le figure coinvolte in questo processo non sono esonerate da obblighi e responsabilità, a diversi livelli, ma, al tempo stesso, godranno anche di sostanziali benefici.

Il buon esito dell'intervento è comunque fortemente condizionato dai comportamenti degli utenti finali che continuano ad avere un ruolo centrale all'interno della gestione del manufatto edilizio, a maggior ragione a seguito di un percorso che ha comportato notevoli investimenti in opere edilizie. Tanto più che essi sono i maggiori beneficiari dell'innalzamento della qualità ambientale poiché, trascorrendo buona parte del tempo all'interno delle strutture, il loro "guadagno" consiste nell'aumento della salubrità degli ambienti e del comfort, fattori difficilmente quantificabili in termini assoluti, ma di notevole valore intrinseco.

Benefici e "responsabilità" degli utenti finali si muovono parallelamente ad altrettanti, ma differenti, benefici e "responsabilità" delle Pubbliche Amministrazioni e, in modo indiretto ma consequenziale, i risultati investono anche il sistema nazionale.

Di seguito sono brevemente descritti gli "impegni" e i vantaggi riferiti alle figure coinvolte nel processo di gestione e riqualificazione.

#### **5.1.1. Dalla parte degli alunni e degli operatori scolastici**

Le prime figure che traggono immediati benefici dall'uso razionale dell'energia sono gli alunni e gli operatori del settore scolastico (insegnanti, corpo amministrativo, operatori scolastici). In realtà, queste figure beneficiano degli effetti che le strategie per il miglioramento della prestazione del manufatto, in riferimento l'uso razionale dell'energia, determinano sul comportamento ambientale globale dell'edificio scolastico.

In particolare, i benefici sono percepiti in termini di:

- miglioramento della qualità dell'aria;
- miglioramento delle condizioni termo igrometriche (temperatura e umidità percepite);
- miglioramento delle condizioni di illuminazione degli ambienti di lavoro (aule, laboratori, uffici della direzione didattica);
- miglioramento del comfort acustico negli ambienti<sup>119</sup>.

Gli effetti indiretti, tra i molti raggiungibili, sono enunciabili in:

<sup>119</sup> In realtà, come si vedrà in seguito, il parametro "rumore" influisce, salvo alcune eccezioni, solo sugli aspetti ambientali dell'edificio e non su quelli energetici.



- maggiore e prolungata attenzione da parte degli studenti;
- maggiore rendimento scolastico degli studenti;
- minore difficoltà nell'insegnamento da parte degli insegnanti;
- minore diffusione di agenti patogeni e allergeni;
- minore affaticamento visivo o abbagliamento;
- minore interferenza tra le attività della scuola sotto il profilo acustico;
- minore incidenza dell'intorno sotto il profilo acustico.

**Una scuola in cui la permanenza è piacevole, è sicuramente una scuola in cui gli studenti apprendono meglio e gli operatori scolastici lavorano meglio.**

Un ultimo fattore di beneficio è rappresentato dalla possibilità di fruire direttamente dei risparmi energetici attraverso la monetizzazione degli stessi; le Pubbliche Amministrazioni, cui compete la gestione dell'immobile (Comuni o Province), possono decidere di suddividere i risparmi in più parti e di cederne una porzione alla struttura scolastica che può impiegarli, ad esempio, in materiale didattico (libri, dotazioni tecnologiche, materiali di consumo, sussidi).

Esiste però una seconda faccia della medaglia: gli interventi di miglioramento della prestazione dell'edificio implicano un cambiamento sostanziale nel rapporto che intercorre tra l'utente e l'edificio stesso, poiché i "profitti" (in termini di riduzione dei consumi e, di conseguenza, di diminuzione del costo di gestione del fabbricato) possono risultare inferiori in caso di errato utilizzo dell'edificio.

In questo senso, è richiesto un impegno particolare da parte degli insegnanti al fine di orientare i comportamenti degli alunni, sensibilizzandoli al risparmio delle risorse e mostrando loro quali possono essere i benefici cui possono contribuire in modo diretto.

È necessario, infatti, imparare a gestire e controllare le tecnologie adottate in fase di riqualificazione, inserendole in un percorso di sensibilizzazione all'uso razionale dell'energia: ciò significa, ad esempio, insegnare agli studenti a spegnere le luci in caso di illuminazione naturale sufficiente (se non sono presenti dispositivi di controllo remoto delle apparecchiature), a regolare i sistemi di schermatura solare (qualora non fossero presenti sistemi fissi di protezione) in modo da evitare il surriscaldamento dell'aula.

### **5.1.2. Dalla parte della Pubblica Amministrazione**

In relazione alle competenze individuali<sup>120</sup>, Comuni e Province sono chiamati ad amministrare gli edifici scolastici programmando gli interventi e, quindi, la ripartizione dei fondi a disposizione, attraverso programmi triennali<sup>121</sup>. Analogamente alle Leggi Finanziarie che lo Stato impiega nella distribuire dei finanziamenti alle varie voci di spesa, i piani triennali definiscono l'entità degli investimenti che un Comune o una Provincia intendono destinare per interventi sul patrimonio pubblico, tra cui anche le scuole. Ovviamente, la consistenza dei finanziamenti è direttamente proporzionale alla capacità di spesa della Pubblica

<sup>120</sup> Legge 11 gennaio 1996, n. 23 – *Norme per l'edilizia scolastica*.

<sup>121</sup> DM 22 giugno 2004 - *Procedura e schemi-tipo per la redazione e la pubblicazione del programma triennale, dei suoi aggiornamenti annuali e dell'elenco annuale dei lavori pubblici, ai sensi dell'art. 14, comma 11, della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni ed integrazioni*.

Amministrazione e, inoltre, gli edifici scolastici rappresentano solo una parte del parco edilizio pubblico. È comprensibile, quindi, quanto la questione sia delicata e richieda particolare attenzione da parte degli organi competenti, poiché uno squilibrio sostanziale nella distribuzione dei finanziamenti potrebbe portare a un sensibile peggioramento alla qualità dei servizi<sup>122</sup>.

In quest'ottica, la riduzione delle spese a carico delle utenze specifiche potrebbe apportare particolari benefici alle Amministrazioni poiché sarebbero chiamate ad erogare una quantità inferiore di finanziamenti per gestire lo stesso parco edilizio e gli stessi servizi. Le azioni di efficienza energetica sono finalizzate alla riduzione dei consumi di energia primaria (per usi termici ed elettrici) e, quindi, alla riduzione della spesa ad essi legata. Questo comporta importanti conseguenze: infatti, **se l'Amministrazione deve far fronte ad una spesa inferiore all'interno di un ambito specifico, il suo potenziale di spesa (che rimane invariato) può essere indirizzato verso contesti differenti che, trattandosi comunque di patrimonio pubblico, inciderebbero positivamente nell'offerta dei servizi alla collettività.**

Facendo un ulteriore passo avanti, è auspicabile che i risparmi conseguiti attraverso azioni di efficienza energetica (che comprendono il coinvolgimento degli utenti finali nella gestione dell'edificio e delle risorse) possano essere nuovamente investiti in azioni affini, innescando un "circolo virtuoso" in cui i benefici conseguiti in un ambito apportano ulteriori benefici in un ambito differente dal primo, ma ugualmente a favore della collettività e, naturalmente, delle Amministrazioni promotrici. Questo percorso, purtroppo, non può prescindere dalla capacità dell'Amministrazione di attivare il circuito virtuoso attraverso un investimento iniziale finalizzato alla realizzazione degli interventi che, successivamente, attraverso il *pay-back*, apporteranno i benefici.

La monetizzazione delle azioni virtuose fornirebbe nuovo potenziale di spesa, permettendo, in ottica lungimirante, una sorta di "auto-finanziamento energetico" finalizzato al raggiungimento di elevati standard energetici negli edifici.

### 5.1.3. Dalla parte del sistema nazionale

È ormai noto che, nella media dei Paesi dell'Unione Europea, la fonte energetica prevalente è costituita dai combustibili fossili (quasi l'80% nell'UE-27, circa il 90% per l'Italia)<sup>123</sup>. Oltre a questo problema, un'ulteriore preoccupazione sorge dai dati sulle dipendenze degli Stati Membri da Paesi fornitori; in riferimento alle importazioni di combustibili fossili, la media per l'UE-27 supera il 50% del suo fabbisogno, mentre la situazione italiana è ancora più marcata, con una quota pari all'84,5%<sup>124</sup>.

<sup>122</sup> In questo contesto, per "qualità dei servizi" si intende il livello fisico e strutturale di un particolare ambito, ad esempio il settore scolastico, gli uffici pubblici, etc.

<sup>123</sup> Fonte: ENEA, *Rapporto Energia e Ambiente 2006*, cfr. bibliografia.

<sup>124</sup> Fonte: ENEA, *Rapporto Energia e Ambiente 2006*, cfr. bibliografia.

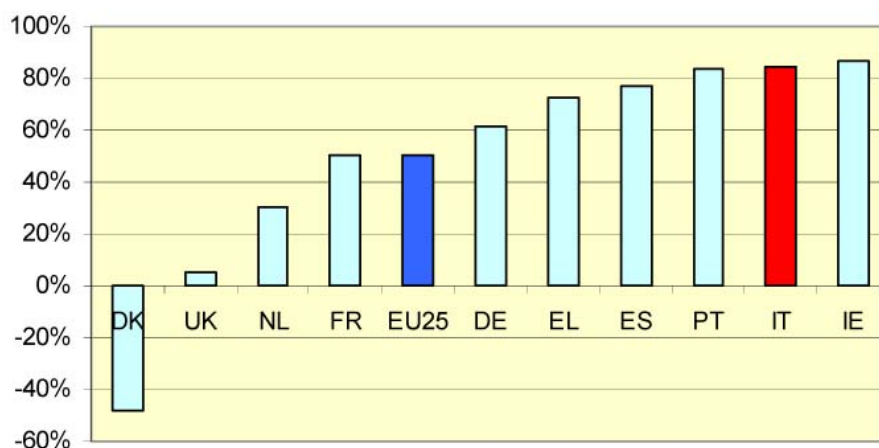


Fig. 256 Dipendenza energetica dell'Italia rispetto ad alcuni Paesi e alla media UE (Fonte: ENEA su rielaborazione dati Eurostat).

L'Italia, inoltre, in relazione agli obiettivi del Protocollo di Kyoto, è chiamata a ridurre in modo sostanziale<sup>125</sup> le emissioni in atmosfera di gas clima alteranti quali l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), emissioni causate per buona parte dal settore edilizio. Se il nostro Paese non sarà in grado di rispettare i termini del Protocollo dovrà assoggettarsi al pagamento di una penale, che avrà inevitabilmente ripercussioni sui singoli cittadini.

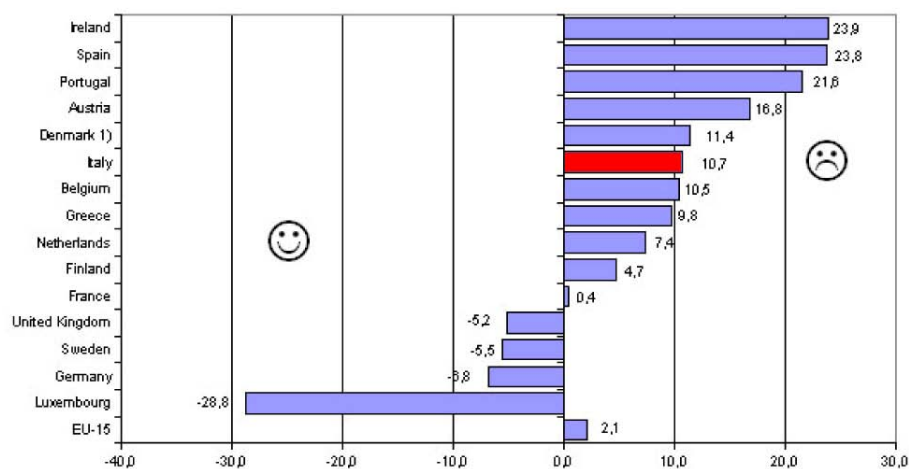


Fig. 257 "Distanza lineare" dei Paesi UE-15 nell'anno 2001 rispetto agli obiettivi del Protocollo di Kyoto (Fonte: ISSI su dati EC, EEA, Eurostat).

Questo obiettivo è raggiungibile grazie ad azioni di risparmio energetico che permettano di ridurre i consumi e, quindi, le emissioni. È ampiamente, inoltre, condiviso che **il miglior modo di risparmiare energia è non consumare energia**. Questo non significa che sia necessario astenersi dal consumare energia, ma che è opportuno e indispensabile lavorare nella direzione dell'efficienza energetica investendo nella ricerca tecnologica di supporto alla stessa.

<sup>125</sup> L'obiettivo dell'Italia è la riduzione del 6,5% delle emissioni di gas serra rispetto alla quota del 1990. Al 2002, la quota delle emissioni ammontava a +9,0%.

**Promozione dell'efficienza energetica e incentivazione della ricerca scientifica** sono i due ambiti in cui lo Stato deve investire per mirare alla riduzione dei consumi e, quindi, delle emissioni, non solo per ottemperare agli obiettivi di Kyoto, ma per garantire lo sviluppo e il benessere delle generazioni future.

Lo Stato deve continuare a potenziare il percorso, già parzialmente intrapreso<sup>126</sup>, verso l'orientamento all'efficienza energetica, pretendendo da parte delle Autorità Locali (Regioni, Province, Enti, etc.) il rispetto di misure cogenti finalizzate alla riduzione dei consumi di combustibili fossili e all'utilizzo di fonti energetiche alternative.

A titolo di esempio, se si mettessero "a sistema" tutti i risparmi ottenibili dalla riduzione dei consumi e dall'uso razionale di energia riconducibili ai circa 42.000 edifici scolastici italiani, appare evidente quanto sia importante, tra le numerose azioni perseguibili, investire sulla riqualificazione del patrimonio edilizio esistente. Partire dalle scuole significa, inoltre, manifestare un impegno concreto da parte dello Stato che, per primo, riconosce le proprie responsabilità attraverso gli edifici di propria competenza, ma significa inoltre investire sul futuro del Paese attraverso la sensibilizzazione delle generazioni future sui temi della sostenibilità e sull'uso razionale delle risorse.

## **5.2. Individuazione dei parametri responsabili delle sostanziali variazioni di consumo energetico e di comfort ambientale**

La problematica del contenimento dei consumi energetici di un edificio non è legata solamente alla quantità di combustibile fossile che si deve fornire allo stesso per un suo ottimale utilizzo, ma si intreccia con l'andamento di numerosi parametri che coinvolgono l'intero sistema edificio-impianto. Esiste, infatti, una profonda correlazione tra la domanda di energia e il comfort ambientale interno, poiché i fattori che caratterizzano quest'ultimo incidono direttamente sui consumi globali.

Al fine di una migliore e più approfondita comprensione dei parametri che definiscono gli ambiti individuati, si ritiene opportuno precisare il legame che intercorre tra consumi energetici e qualità dell'ambiente interno.

### **5.2.1. Consumo di energia e qualità ambientale**

Come ampiamente indicato all'interno della norma UNI EN 15251:2008 – *Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica*<sup>127</sup>, **il consumo di energia degli edifici**

<sup>126</sup> Per una panoramica sulle principali azioni intraprese fino ad ora si veda il capitolo 2.2 della presente ricerca.

<sup>127</sup> Tale norma costituisce il recepimento, in lingua inglese, della norma europea EN 15251 (maggio 2007) dal titolo *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*.

**dipende in modo significativo dai criteri utilizzati per la progettazione dell'ambiente interno (relativi a temperatura, ventilazione e illuminazione), per il progetto dell'intero fabbricato (ivi inclusi gli impianti) e per il suo utilizzo<sup>128</sup>.**

Se il consumo di energia è fortemente legato alle caratteristiche morfologiche e tecnologiche dell'edificio, il benessere degli occupanti è strettamente relazionato alla qualità dell'ambiente interno, fattore che influenza le condizioni di salute, la produttività e il comfort degli stessi, indipendentemente dalla destinazione d'uso del fabbricato.

Inoltre, la tendenza di coloro che non percepiscono uno stato di comfort all'interno di un edificio (relativamente alla temperatura, al livello di illuminazione e di ventilazione percepiti) è di modificare le condizioni ambientali al fine di ottenere una situazione solo momentaneamente confortevole, ma con profonde implicazioni sul consumo energetico dell'edificio stesso. Ad esempio, se all'interno di un ambiente si percepisce una sensazione di freddo si tenderà, oltre ad aumentare il grado di abbigliamento, ad alzare la temperatura intervenendo sul termostato che regola l'erogazione del calore e, vice versa, nella situazione estiva, se si percepisce una sensazione di calore si tenderà a ridurre la temperatura intervenendo sull'impianto di raffrescamento. Nel caso in cui il livello di illuminazione di un edificio non sia percepito come idoneo al normale svolgimento delle attività, la tendenza è di incrementare il numero di fonti luminose artificiali. Nel caso in cui sia percepita una scarsa qualità dell'aria, la tendenza è di aprire le finestre per provvedere ad un ricambio manuale della stessa, situazione che, se si manifesta durante il periodo invernale, è causa di ingenti perdite di calore per ventilazione.

Gli scenari delineati dimostrano che consumo energetico e qualità ambientale sono profondamente legati e che quest'ultima implica comportamenti negli utenti che influenzano la bolletta energetica, come esposto nella figura seguente.

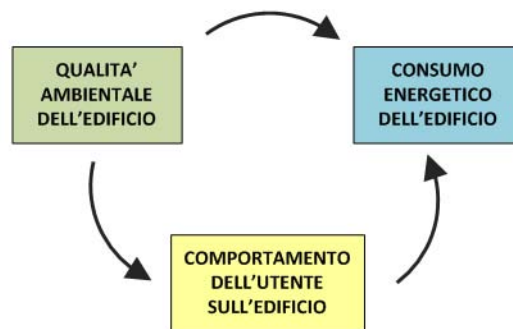


Fig. 258 Relazione tra qualità ambientale, consumo energetico e utenza finale dell'edificio.

Di conseguenza, se si ritiene opportuno ridurre il consumo energetico degli edifici (in particolare quelli esistenti), è necessario intervenire sia sulla qualità ambientale del manufatto edilizio, sia sul comportamento che l'utente finale adottata nei confronti dello stesso. Inoltre, se la qualità ambientale di un edificio produce effetti

<sup>128</sup> Traduzione dall'introduzione alla norma UNI EN 15251:2008 - Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.

diretti sui consumi dello stesso, i parametri che la compongono dovranno essere consapevolmente e correttamente considerati al momento dell’emanazione dell’attestato di certificazione energetica, come esplicitamente indicato nell’art. 7 (*Attestato di certificazione energetica*) della Direttiva 2002/91/CE<sup>129</sup>, anche per quanto concerne gli edifici esistenti (art. 6 – *Edifici esistenti*).

Emerge, quindi, che **la riqualificazione energetica finalizzata alla riduzione dei consumi globali di un edificio esistente, è strettamente legata alla riqualificazione ambientale** dello stesso. Come delineato, inoltre, dalla UNI EN 15251:2008, si parlerà, quindi, di **Indoor Environmental Quality (IEQ)**<sup>130</sup> e del legame che intercorre tra essa, il progetto dell’edificio (o della sua riqualificazione) e il consumo di combustibile.

Per essere in grado di definire, in un secondo momento (cap. 7), le strategie di intervento maggiormente pertinenti agli scenari del patrimonio scolastico costruito, si ritiene opportuno affrontare le problematiche legate ai fattori che determinano le variazioni di consumo energetico e comfort ambientale.

Come individuato dallo schema seguente, la qualità dell’ambiente interno e il consumo energetico dipendono, infatti, da:

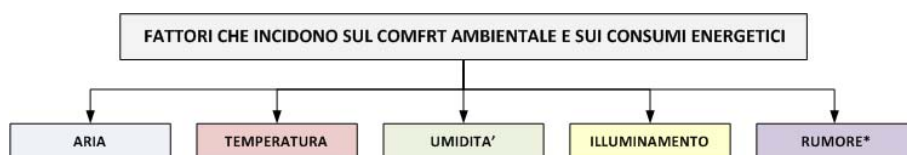


Fig. 259 Fattori che incidono su comfort ambientale e sui consumi di un edificio. \*Come sarà ampiamente approfondito in seguito, il fattore “rumore” generalmente influisce solo sulla qualità ambientale dell’edificio, salvo situazioni in cui, per proteggersi dai rumori provenienti dall’esterno, sia necessario adottare, ad esempio, sistemi di controllo meccanico della ventilazione che influiscono sul fabbisogno di energia primaria dell’edificio.

Questi parametri, fortemente legati tra loro, determinano il fabbisogno energetico dell’edificio e definiscono il livello di comfort degli ambienti interno.

Ad esempio, il surriscaldamento dell’aria dovuto ad un aumento della temperatura interna (causato, per esempio, da apporti gratuiti non correttamente valutati) causa inutili consumi energetici poiché si fornisce all’edificio (o al singolo ambiente) più energia di quella necessaria a mantenere una temperatura operativa ottimale; inoltre, un livello di temperatura troppo elevato è causa di situazioni di disagio da parte degli utenti che non percepiscono una situazione di comfort necessaria al corretto svolgimento delle attività (con ripercussioni sull’attenzione e sull’affaticamento).

Un esempio ulteriore è rappresentato da condizioni di illuminazione artificiale ridotta o non correttamente distribuita negli ambienti, condizioni che possono comportare un affaticamento visivo, soprattutto da parte degli alunni. Al contrario, situazioni in cui non vi è un corretto sfruttamento dell’illuminazione naturale (edifici non esattamente orientati o con aperture non correttamente progettate in

<sup>129</sup> Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell’edilizia (*Energy Performance of Buildings Directive*).

<sup>130</sup> Il termine può essere tradotto con “Qualità dell’ambiente interno”.

relazione all'ambito geografico) comportano una maggiore richiesta di energia per l'illuminazione artificiale degli ambienti.

I paragrafi seguenti intendono approfondire tali parametri, ponendo particolare attenzione alla stretta relazione che intercorre tra essi, il consumo di energia dell'edificio e il comfort ambientale percepito dagli utenti finali.

#### **NOTA METODOLOGICA**

*I parametri chiamati in causa nella trattazione seguente sono fortemente interrelati tra loro e, insieme, concorrono alla definizione del concetto di qualità ambientale e di comportamento energetico di un edificio. Tuttavia, si è preferito, per una maggiore chiarezza della trattazione, affrontarli separatamente al fine di poter valutare, caso per caso, il peso di ciascuno all'interno del panorama generale.*

### **5.2.2. Numero di alunni/classe e attività svolta**

Gli edifici scolastici sono soggetti, per loro natura, ad un andamento ciclico di affollamento e svuotamento dovuto al susseguirsi delle attività didattiche che comportano sia la permanenza in un'unica aula per molte ore, sia il temporaneo spostamento in aule per attività speciali. Questo fenomeno risulta maggiormente evidente in riferimento all'intero anno scolastico, della durata di 9 mesi circa, in cui queste attività si distribuiscono per un tempo variabile tra le 4 e le 6 ore (salvo differenti specifiche relative a singoli istituti scolastici); per contro, nei rimanenti 3 mesi, gli edifici sono completamente "inattivi", salvo rare eccezioni, con conseguente inutilizzo delle risorse a disposizione della collettività. Negli ultimi anni, infatti, per contrastare questa tendenza, si è cercato di identificare nelle strutture scolastiche un punto di riferimento per la città attraverso la promozione di attività che permettono l'uso continuativo degli spazi aperti e ambienti chiusi delle scuole durante il periodo estivo<sup>131</sup>.

L'affollamento (inteso come numero di alunni che occupano un ambiente didattico nel medesimo momento) delle aule diventa, pertanto, uno dei primi fattori responsabili delle sostanziali variazioni di comfort ambientale poiché esso ha influenza diretta sulla qualità dell'aria, sulla temperatura interna e sul grado di umidità, modificandola qualità e la durata dell'attenzione e della partecipazione da parte dei fruitori (insegnanti e alunni).

Nell'a.s. 2007/08 il numero di alunni per classe è di 20,7<sup>132</sup> ma il dato è suscettibile delle variazioni naturali di un paese che, negli ultimi anni, ha visto mutare i propri assetti demografici.

---

<sup>131</sup> A tale proposito si veda la tesi di dottorato, XX ciclo (2007/2008), dell'arch. Fabio Albani (Politecnico di Milano, Dipartimento BEST, ABITALab) dal titolo "Organizzazione degli spazi e del tempo delle bambine e dei bambini nel periodo estivo".

<sup>132</sup> Fonte: Sistema informativo del Ministero della Pubblica Istruzione.

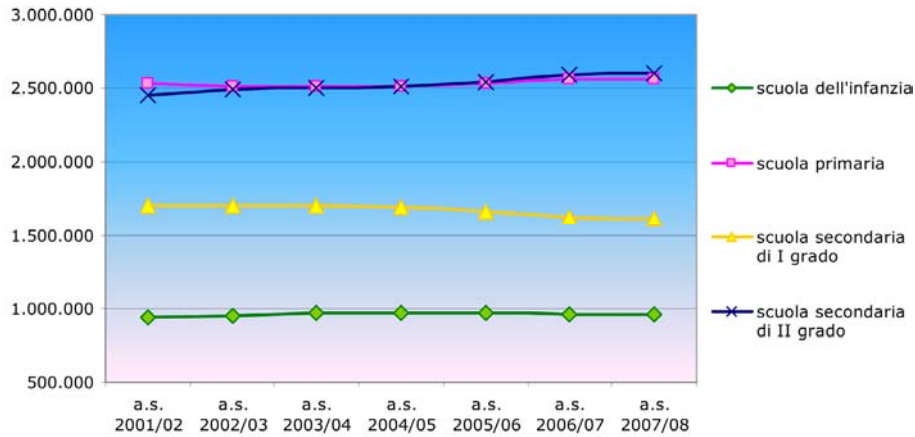


Fig. 260 Serie storica degli Alunni per ordine e grado di istruzione (2001/02 - 2007/08) (Fonte: Ministero della Pubblica Istruzione).

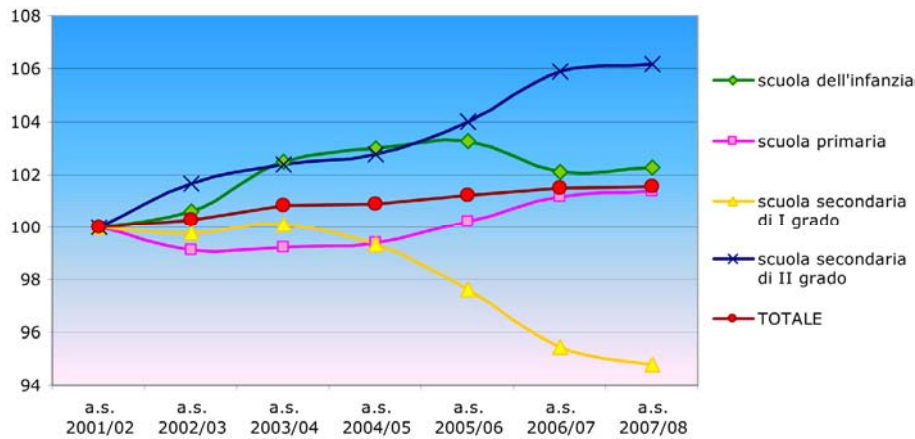


Fig. 261 Serie storica degli Alunni per ordine e grado di istruzione - Numeri indice (anno base 2001/02) (Fonte: Ministero della Pubblica Istruzione).

L'edificio e, soprattutto, le sue condizioni d'uso possono risentire notevolmente di queste oscillazioni poiché, a fronte di una **variabilità numerica**, anche sostanziale, degli alunni si verifica necessariamente una condizione di **invariabilità geometrica della struttura**<sup>133</sup>.

Questa situazione può verificarsi anche nel caso della creazione degli istituti comprensivi intesi come raggruppamento delle scuole di un determinato territorio; gli alunni che afferivano a più istituti confluiscono in un solo complesso, aumentando l'affollamento delle singole aule. In queste situazioni possono avvenire variazioni nel volume d'aria specifico a disposizione di ogni alunno, condizioni precedentemente verificate in fase di progetto<sup>134</sup>, ma non più ottimali.

Al pari dell'affollamento, anche l'attività svolta all'interno di un'aula può comportare sostanziali variazioni nel comfort percepito dagli utenti; le aule per le attività speciali, che comportano un grado di libertà maggiore sotto il profilo del movimento fisico (ad esempio, gli spazi per le attività libere di carattere motorio o

<sup>133</sup> Enea, *Uso razionale dell'energia nel settore scolastico*, Roma, ENEA – Direzione Relazioni Esterne, 1994, p. 43.

<sup>134</sup> In questi casi le Amministrazioni di competenza optano per progetti di ampliamento e adeguamento funzionale dell'edificio. Questi interventi però sono strettamente collegati alle disponibilità economiche del Comune o della Provincia o a finanziamenti a favore degli stessi.



ludico o di carattere complementare nelle scuole per l'infanzia), sono maggiormente soggette a repentini cambiamenti di temperatura dovuti agli apporti termici gratuiti interni e variazioni igrometriche e, pertanto, saranno necessarie opportune verifiche.

### 5.2.3. Aria

Nei paesi industrializzati, la popolazione trascorre gran parte del proprio tempo (anche fino al 90%) in ambienti chiusi quali abitazioni, scuole, uffici e mezzi di trasporto.

Secondo una ricerca condotta nel 1998 su un campione di popolazione di Milano, nei giorni feriali la popolazione occupata trascorre in media il 59% del tempo a casa, il 35% in ufficio ed il 6% nei tragitti casa-ufficio. Per alcuni gruppi di persone come bambini, anziani, e malati la percentuale di tempo trascorsa in casa è ancora più alta. Un altro studio del 1998, condotto nel Delta del Po ha dimostrato che le persone trascorrono l'84% del loro tempo giornaliero all'interno di ambienti (di cui il 64% in casa), il 3,6% in transito e solo il 12% all'aperto<sup>135</sup>.

Ciò significa che gran parte della nostra vita avviene in ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali, ed in particolare, luoghi confinati adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto, denominati anche "ambienti indoor".

Secondo questo criterio, il termine "indoor" include:

- le abitazioni;
- gli uffici pubblici e privati;
- le strutture comunitarie (ospedali, scuole, uffici, caserme, alberghi, banche, etc.);
- i locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive, etc.);
- i mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave, etc.).

Ormai, si ha piena consapevolezza del rischio per la salute determinato dall'inquinamento atmosferico, ma anche l'aria contenuta nelle abitazioni o nei luoghi di lavoro non industriali (ambienti confinati dove la qualità dell'aria non è direttamente associata al tipo di attività produttiva), può costituire una reale minaccia per l'integrità fisica delle persone. Infatti, negli ambienti interni sono contenute fonti che determinano concentrazioni di inquinanti anche superiori, in alcuni casi, a quelle presenti nell'aria atmosferica esterna.

In questi ultimi decenni, l'attenzione dei paesi industrializzati si è rivolta principalmente allo studio dei fenomeni di inquinamento dell'aria "esterna", di cui ormai sono state identificate cause (traffico automobilistico, impianti industriali, impianti di riscaldamento domestico), effetti (preoccupante crescita della incidenza di malattie polmonari e neoplastiche) e, anche se di difficile attuazione, misure di contenimento (lotta all'inquinamento dell'aria urbana). Solamente nel periodo più recente, di fronte all'accrescersi di informazioni ed esperienze circa i danni alla salute causati da una scadente **qualità dell'aria interna (Indoor Air Quality - IAQ)**, è emersa l'esigenza di approfondire le conoscenze relative alle fonti di inquinamento

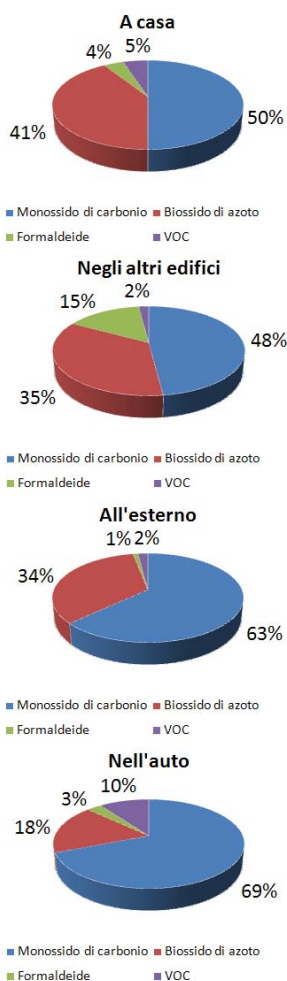


Fig. 262 Percentuali di presenza di alcune sostanze inquinanti nei principali ambienti di permanenza dell'uomo (Fonte: rielaborazione grafica su dati ANIT – Aldes).

<sup>135</sup> Fonte: Ministero della Sanità – Dipartimento di Prevenzione.

*indoor*, nonché dei rapporti di causa - effetto tra esposizione e conseguenze sulla salute dell'uomo.

Le implicazioni alla salute dovute alla qualità dell'aria interna hanno notevoli ricadute sulla sanità pubblica, con implicazioni sociali ed economiche sulla collettività. Le patologie connesse a questa problematica coinvolgono tutte le categorie di persone, anche se con livelli maggiori per anziani, bambini e persone con patologie croniche che trascorrono negli ambienti chiusi una quantità di tempo particolarmente elevata.

Gli inquinanti *indoor* sono numerosi e possono essere originati da diverse sorgenti<sup>136</sup>; anche le concentrazioni sono molto variabili nel tempo e dipendono dalle sorgenti presenti nell'edificio, dalla ventilazione e dalle abitudini degli occupanti. Le principali fonti sono l'uomo e le sue attività, i materiali da costruzione, gli arredi, i sistemi di trattamento dell'aria, ecc. È possibile classificare queste fonti in alcuni gruppi, come elencato nella tabella seguente.



Fig. 263 Diagramma delle principali fonti di inquinanti che coinvolgono gli edifici ad uso civile (Fonte: US EPA-US Environmental Protection Agency).

Categoria di inquinanti	Tipo di inquinante	Fonte dell'inquinamento
<b>Agenti Chimici</b>	Ossidi di azoto (NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Radiatori a cherosene</li> <li>▪ Stufe e radiatori a gas privi di scarico</li> <li>▪ Fumo di tabacco</li> </ul>
	Ossidi di zolfo (SO <sub>2</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Radiatori a cherosene</li> <li>▪ Stufe e radiatori a gas privi di scarico</li> <li>▪ Fumo di tabacco</li> </ul>
	Monossido di carbonio (CO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistemi di riscaldamento e cottura senza ventilazione o con scarsa ventilazione</li> <li>▪ Fumo di tabacco</li> <li>▪ Vicinanza di sorgenti <i>outdoor</i> (ad esempio, strade a traffico elevato, garage e parcheggi)</li> </ul>
	Ozono (O <sub>3</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Strumenti elettrici ad alto voltaggio, quali motori elettrici, stampanti laser e fax</li> <li>▪ Apparecchi che producono raggi ultravioletti</li> <li>▪ Filtri elettronici per pulire l'aria non correttamente installati o senza adeguata manutenzione</li> </ul>
	Particolato aerodisperso	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fumo di sigaretta</li> <li>▪ Attività degli occupanti</li> <li>▪ Fonti di combustione</li> </ul>
	Composti organici volatili (VOC – <i>Volatile Organic Compound</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Occupanti (attraverso respirazione e superficie corporea)</li> <li>▪ Fumo di sigaretta</li> <li>▪ Stampanti e fotocopiatrici</li> <li>▪ Posa di materiali edili (rivestimenti, vernici, collanti, sigillanti)</li> <li>▪ Installazione di arredi</li> <li>▪ materiali di pulizia e di prodotti vari (es. colle, adesivi, solventi)</li> </ul>

<sup>136</sup> Il Ministero della Salute, con S.O. 252 alla G.U. 276 del 27 novembre 2001 - Accordo tra il Ministero della salute, le Regioni e le province autonome sul documento concernente: "Linee - guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati", ha focalizzato l'attenzione sul problema della qualità dell'aria interna.

	Benzene	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adesivi</li> <li>▪ Materiali da costruzione</li> <li>▪ Vernici</li> <li>▪ Fumo di sigaretta</li> </ul>
	Formaldeide	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Edifici prefabbricati</li> <li>▪ Mobili in truciolato</li> <li>▪ Moquette</li> </ul>
	Idrocarburi aromatici policiclici (IPA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fonti di combustione (es., caldaie)</li> <li>▪ Fumo di sigaretta</li> </ul>
	Fumo di tabacco ambientale (ETS - <i>Environmental Tobacco Smoke</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ miscela complessa di 3800 composti chimici la cui fonte primaria è il fumo di sigaretta</li> </ul>
	Fumo di legna	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uso di caminetti e stufe a legna</li> </ul>
	Antiparassitari	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ prodotti usati per eliminare zanzare, mosche, blatte ed altri insetti</li> </ul>
	Amianto	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Materiali e componenti per l'edilizia</li> </ul>
<b>Agenti Fisici</b>	Radon	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Materiali e componenti per l'edilizia</li> <li>▪ Sottosuolo dell'edificio</li> </ul>
<b>Agenti microbiologici</b>	Acari	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Materassi, tappeti, imbottiti, ecc.</li> <li>▪ Elevati livelli di umidità nell'edificio</li> </ul>
	Allergeni degli animali domestici	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Animali domestici</li> </ul>
	Muffe e funghi	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elevati livelli di umidità nell'edificio</li> <li>▪ Filtri degli impianti di ventilazione</li> </ul>
	Allergeni <i>outdoor</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aria proveniente dell'esterno contenente allergeni di origine animale o vegetale</li> </ul>

Tabella 7 Categorie di inquinanti e relative fonti di inquinamento per l'uomo (FONTE: rielaborazione su dati del Ministero della Salute).

Lo studio degli effetti causati dalle sostanze sopra citate ha portato all'individuazione di una serie di patologie ai danni dell'uomo, elencabili come segue:

- Affezioni respiratorie;
- Irritazione di cute e mucose;
- Problematiche connesse al sistema nervoso;
- Problematiche connesse al sistema cardiovascolare;
- Affezioni del sistema gastrointestinale;
- Problematiche al sistema riproduttivo;
- Infezioni varie e intossicazioni;
- Problemi di natura cancerogena.

Le patologie associate alla permanenza in edifici con presenza di numerose fonti di inquinamento *indoor* sono definite "Malattie associate agli edifici" (**Building-Related Illness - BRI**); fanno parte di questa categoria la legionellosi, la febbre da umidificatori, l'alveolite allergica, etc., malattie con quadro clinico ben definito e per le quali può essere identificato uno specifico agente causale presente nell'ambiente confinato. Sono state, inoltre, segnalate sindromi diffuse, caratterizzate da effetti neurosensoriali che determinano condizioni di malessere, diminuzione del comfort degli occupanti e percezione negativa della qualità dell'aria. In questo contesto è possibile collocare la "Sindrome dell'edificio malato"

(**Sick-Building Syndrome - SBS**), definita come insieme di sintomi, in genere di modesta entità, riferiti ad un numero elevato di persone (anche 60% degli occupanti di uno stesso edificio), oppure la “Sindrome da sensibilità chimica multipla” (**Multiple Chemical Sensitivity syndrome - MCS**), definita come sindrome caratterizzata da reazioni di intolleranza dell’organismo agli agenti chimici e ambientali singoli o combinati.

Negli edifici scolastici le problematiche connesse alla qualità dell’aria *indoor* coinvolgono alunni, docenti e personale addetto alle strutture. Le differenti sindromi, sopra indicate, incidono negativamente sugli occupanti provocando:

- Diminuzione delle prestazioni di studenti e insegnanti;
- Aumento di problemi di salute a lungo termine e a breve termine per gli occupanti;
- Assenteismo;
- Aumento progressivo del deterioramento dell’edificio;
- Riduzione dell’efficienza degli impianti (in particolare gli impianti di ventilazione);
- Aumento di problemi legati alle mutue responsabilità.

Un aspetto particolarmente preoccupante consiste nella maggiore vulnerabilità delle persone di giovane età, quali appunto i bambini e i ragazzi in età scolare, rispetto ai danni causati da inquinamento ambientale; la ragione di ciò risiede nel fatto che, in relazione alla loro statura, i ritmi di respirazione e metabolizzazione sono notevolmente superiori a quelli delle persone adulte, provocando una maggiore sensibilità verso gli agenti ambientali inquinanti. Inoltre, essi ricevono tali tossine proprio durante la crescita, momento in cui assorbono e mantengono più a lungo le sostanze e in cui le loro difese immunitarie sono ancora poco efficaci<sup>137</sup>. Ad esempio, la presenza delle muffe e la permanenza per periodi prolungati in ambienti particolarmente umidi possono provocare affezioni respiratorie, quali bronchiti, sensazioni di fiato corto e attacchi di asma.

I disagi provocati da una cattiva qualità dell’aria interna possono essere controllati dagli enti pubblici di competenza; i costi legati alla bonifica di edifici “inquinati” sono piuttosto elevati e, pertanto, è preferibile optare per azioni di prevenzione attraverso:

- L’eliminazione e il controllo alla fonte delle sostanze considerate inquinanti prima che esse danneggino l’edificio in modo sostanziale;
- L’apporto di un adeguato livello di ventilazione degli ambienti;
- L’implementazione del controllo e della manutenzione dell’edificio in tutte le sue parti.

Uno degli aspetti di maggiore rilievo, se non il più importante, per prevenire gli effetti degli inquinanti *indoor* è apportare i giusti ricambi d’aria attraverso l’opportuna ventilazione dei locali. In Italia, nella maggior parte degli edifici, la purezza dell’aria è garantita dai ricambi naturali attraverso l’apertura manuale e periodica degli infissi delle aule (ad esempio, negli intervalli tra una lezione e l’altra oppure durante la ricreazione). Questo aspetto è connesso alla scarsa diffusione dei sistemi di riscaldamento ad aria centralizzata (e, nei pochi casi in cui essa si



Fig. 264 L’agenzia americana per la protezione dell’ambiente (US EPA) ha elaborato uno strumento di supporto alla progettazione di edifici scolastici (nuova costruzione e riqualificazione) relativamente alla qualità dell’aria interna. Il documento, chiamato “IAQ Design Tools for Schools (DTFS)”, è consultabile direttamente al sito [www.epa.gov/iaq/schooldesign/toolbox.html](http://www.epa.gov/iaq/schooldesign/toolbox.html).

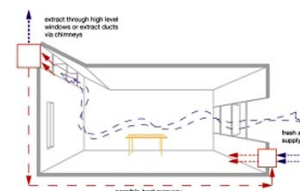


Fig. 265 Schema di funzionamento della ventilazione trasversale di un’aula per la didattica (Fonte: Department for Education and Skills, UK).

<sup>137</sup> Fonte: CHPS – Collaborative for High Performance Schools, Vol. 1 – Planning, cfr. bibliografia.

verifica, è di recente adozione) che permettono un controllo automatico dei ricambi in relazione a valori che rispettano le disposizioni normative vigenti.

Il parco edilizio scolastico italiano è costituito in gran parte da edifici risalenti al periodo antecedente agli anni Settanta, edifici che non hanno subito interventi sostanziali di adeguamento nel tempo<sup>138</sup>; ciò significa che essi presentano tecnologie ormai obsolete e, soprattutto, sono stati costruiti senza particolari riferimenti normativi<sup>139</sup>. Tuttavia, è necessario specificare che, relativamente agli aspetti legati al parametro aria, gli edifici costruiti prima della crisi energetica degli anni Settanta non risentivano della situazione di austerità che ha colpito anche il settore edilizio. Essi, infatti, presentavano strutture con interpiani notevoli (anche 4 metri) e ampie finestrate che, anche se dal punto di vista energetico si dimostravano altamente disperdenti, garantivano ampi volumi d'aria alle aule, riducendo, almeno parzialmente, il problema dei ricambi. Diversamente, a seguito dell'esplosione della questione energetica e successivamente all'emanazione del DM 18 dicembre 1975, gli edifici scolastici hanno iniziato a presentare interpiani ridotti e superfici aero-illuminanti appena sufficienti per garantire il normale svolgimento delle attività, senza contare che anche le tecnologie costruttive si sono impoverite, in linea con un clima di austerità economica.

Il problema della qualità dell'aria interna coinvolge, quindi, un notevole numero di edifici scolastici, anche se con differenti livelli di complessità. Un elemento di comune unione è rappresentato dal fatto che gli impianti di riscaldamento presenti negli edifici (di tipo tradizionale, con terminali di erogazione del calore costituiti da termosifoni) sono regolati per controllare la temperatura e mantenerla costante e non sono in grado di disciplinare né il livello di umidità, né la quantità di agenti inquinanti negli ambienti interni.

In edifici in cui la fonte di maggiore inquinamento dell'aria sono le persone, la qualità della stessa può essere valutata misurando la concentrazione media di CO<sub>2</sub> nella situazione peggiorativa, ovvero quella in cui vi è la presenza del massimo numero di utenti. Nella tabella seguente sono riportati alcuni valori significativi.

Concentrazioni di CO <sub>2</sub>	Ambito di misurazione
300 – 350 ppm	Aria esterna
350 – 700 ppm	Aria di città, concentrazione consigliata per luoghi pubblici
> 800 ppm	Disturbo della situazione di benessere
800 – 1.400 ppm	Aria nei locali male arieggiati, valore limite per uffici
1.400 – 3.500 ppm	<b>Valori massimi di una classe dopo un'ora di lezione</b>
> 3.500 ppm	Valori massimi di un cinema dopo una proiezione

Tabella 8 Concentrazioni di CO<sub>2</sub> e valori limite (Fonte: rielaborazione su dati CasaClima).

Il controllo delle fonti di inquinamento indoor è rimandato completamente alla sensibilità olfattiva degli occupanti o a sensazioni soggettive e avviene unicamente attraverso l'apertura delle finestre. Questa operazione incide notevolmente sul bilancio energetico dell'edificio poiché, attraverso la ventilazione manuale, si riduce la temperatura degli ambienti richiedendo un "lavoro" maggiore al sistema di riscaldamento, senza considerare che essa non garantisce la bonifica dell'aria dalle

<sup>138</sup> Fonte: Legambiente, *Ecosistema Scuola 2008*, cfr. bibliografia.

<sup>139</sup> La prima norma di riferimento in materia sufficientemente esaustiva è il DM 18 dicembre 1975.

sostanze dannose. Le perdite per ventilazione possono incidere fino al 30 % sul bilancio energetico di un edificio<sup>140</sup>.

Gli impianti di ventilazione meccanica controllata intervengono esattamente in questo contesto poiché, oltre a controllare la qualità dell'aria e degli agenti inquinanti in essa contenuti, sono in grado di ridurre fino al 70% le spese energetiche per la climatizzazione invernale e per il riscaldamento dell'aria di ricambio attraverso sistemi manuali. Per contro, incidono sull'economia generale dell'edificio (o dell'intervento di riqualificazione) poiché necessitano di un forte investimento iniziale<sup>141</sup>.

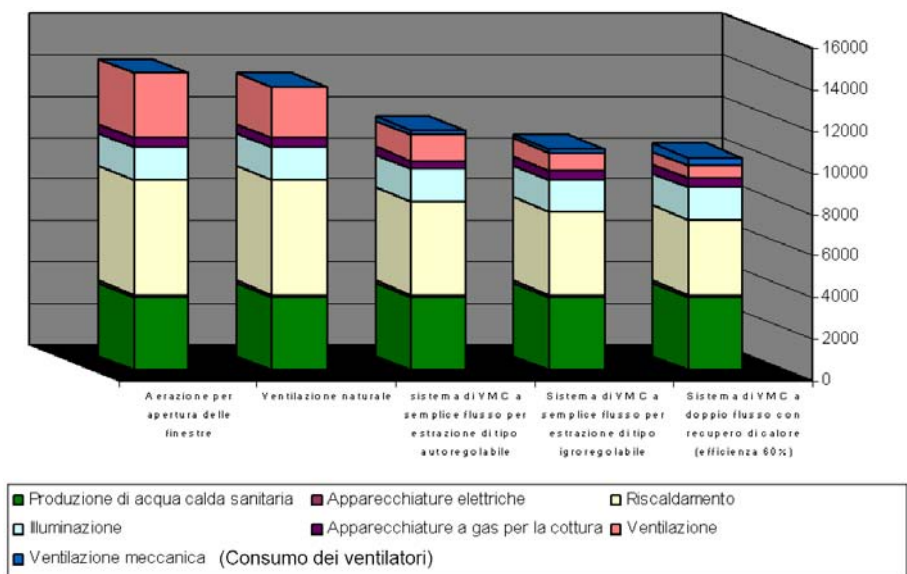


Fig. 266 Consumi energetici riferiti ad un alloggio tipo espressi in kWh di EP annua. Sono indicati con il colore blu i consumi energetici relativi alla ventilazione meccanica (Fonte: arch. Valentina Raisa, Corso "Architettura&Energia", Reggio Emilia, 2007, dati relativi ad una ricerca condotta da Aldes France).

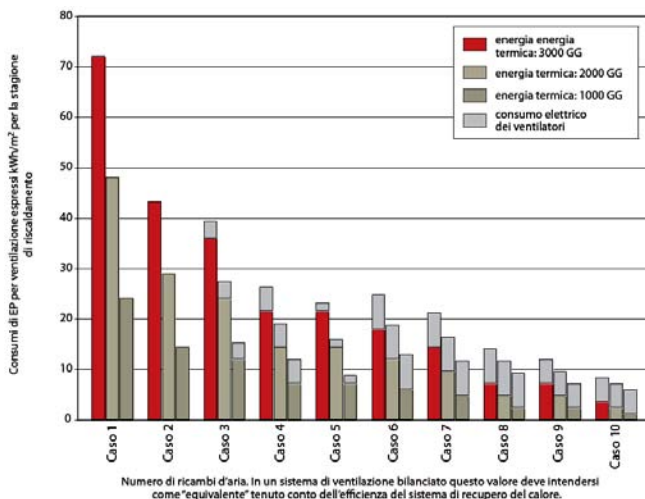


Fig. 267 Calcolo dell'energia primaria (EP) necessaria per la ventilazione in casi studio appartenenti ad aree climatiche diverse (Fonte: arch. Valentina Raisa, *La ventilazione negli edifici residenziali*, pag. 24, cfr. bibliografia).

<sup>140</sup> Fonte: Carotti A., Madè D., *La casa passiva in Italia*, cfr. bibliografia.

<sup>141</sup> Stimato attorno agli 8.000 – 12.000 € per impianti di ventilazione controllata in edifici unifamiliari (Fonte: dott. ing. Georg Felderer, Corso per Esperti CasaClima, Dobbiaco, 2006).

È necessario ricordare che, per garantire una buona qualità dell'aria interna già dalle prime ore di utilizzo dell'immobile, o di parte di esso, è necessario accendere il sistema di ventilazione prima dell'ingresso degli occupanti e garantire un livello di ventilazione minimo durante le ore in cui gli ambienti non sono utilizzati.

#### 5.2.4. Temperatura

Tra le definizioni dei parametri che influiscono sul benessere ambientale e sui consumi, la temperatura è sicuramente uno dei più complessi poiché la sua determinazione è strettamente legata ad altri parametri (quali, ad esempio, l'umidità) che ne causano variazioni oggettive e a livello percettivo personale. Pertanto, risulta di maggiore interesse affrontare il problema del comfort termico, piuttosto che della temperatura in senso stretto.

Lo stato di **comfort termico** o **benessere termico** è definito come “[...] *la condizione in cui il soggetto esprime soddisfazione nei confronti dell'ambiente che lo circonda [...]*”<sup>142</sup>, oppure come la condizione in cui il soggetto non manifesta né sensazione di caldo né sensazione di freddo, condizione definita anche con il termine di **neutralità termica**.

La valutazione del comfort termico appare, oggi, particolarmente importante sia per la riduzione dei consumi energetici dovuti a riscaldamento e raffrescamento, sia per il mantenimento di una situazione di benessere psicofisico costante che garantisce l'ottimale svolgimento delle attività. All'interno degli edifici scolastici, questo aspetto assume particolare rilievo se si considerano le fasce di età degli occupanti: si tratta di soggetti che necessitano di trascorrere il tempo in ambiente protetto e che, a causa di un sistema immunitario in fase di stabilizzazione, richiedono un microclima interno costante.

Oltre a contribuire ad un migliore rendimento scolastico da parte degli alunni e a una minore difficoltà di gestione della classe da parte degli insegnanti, il raggiungimento dello stato di benessere termico incide notevolmente sulle possibilità di risparmio energetico dell'edificio poiché anche la variazione di un solo grado centigrado influisce in modo determinante sui consumi.

La condizione di comfort termico non è univocamente definibile a causa della variabilità dei fattori che la determinano e a causa della differente risposta che ogni individuo fornisce in relazione alle sollecitazioni ambientali; essa, infatti, dipende da:

- **variabili soggettive**, relative a caratteristiche psicofisiche e biologiche dei soggetti presenti in un determinato contesto; in questa categoria sono inclusi:
  - Il **metabolismo**;
  - La **resistenza termica dell'abbigliamento**.
- **variabili oggettive**, relative alle caratteristiche microclimatiche dell'ambiente considerato; in questa categoria sono inclusi:
  - La **temperatura dell'aria**;
  - La **temperatura media radiante**;

---

<sup>142</sup> Fonte: ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1992.

- la **velocità relativa dell'aria**<sup>143</sup>;
- l'**umidità** dell'aria.

La determinazione analitica del benessere termico viene effettuata attraverso un procedimento che considera un **Voto Medio Previsto (PMV – Predicted Mean Vote)** e una **Percentuale Prevista di Insoddisfatti (PPD – Predicted Percent of Dissatisfied)**, poste determinate condizioni di vestiario<sup>144</sup>. Tale procedimento individua tre categorie di qualità degli edifici nei confronti del benessere termico globale, a ciascuna delle quali corrispondono valori limite di PMV e PPD.

La determinazione delle condizioni di benessere per via analitica avviene, generalmente, utilizzando i diagrammi ASHRAE (detti diagrammi psicrometrici) che riportano graficamente i parametri che incidono sul comfort estivo e invernale.

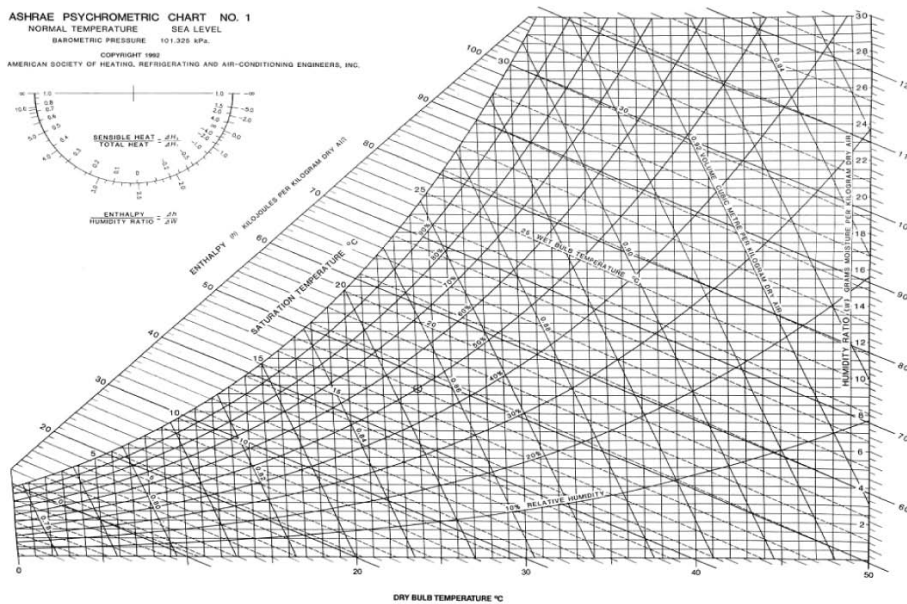


Fig. 268 Diagramma psicrometrico finalizzato alla visualizzazione grafica dell'interdipendenza tra la temperatura dell'aria (misurata attraverso un termometro a bulbo secco) e l'umidità specifica (o contenuto igrometrico del vapor d'acqua nell'aria) espressa in  $g_{H_2O}/kg_{aria\ secca}$  (Fonte: ASHRAE).

<sup>143</sup> In questo paragrafo sono affrontati esclusivamente gli aspetti relativi alla temperatura; l'aspetto legato all'aria è affrontato nel paragrafo precedente (5.2.3), mentre quello relativo all'umidità è affrontato nel paragrafo successivo (5.2.5).

<sup>144</sup> Si tratta di uno studio condotto dallo scienziato danese P. O. Fanger che ha dato origine ad una norma internazionale standard ISO – 7730 nel 1984, recentemente aggiornata e recepita a livello nazionale attraverso la UNI EN ISO 7730:2006 - *Ergonomia degli ambienti termici. Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.*



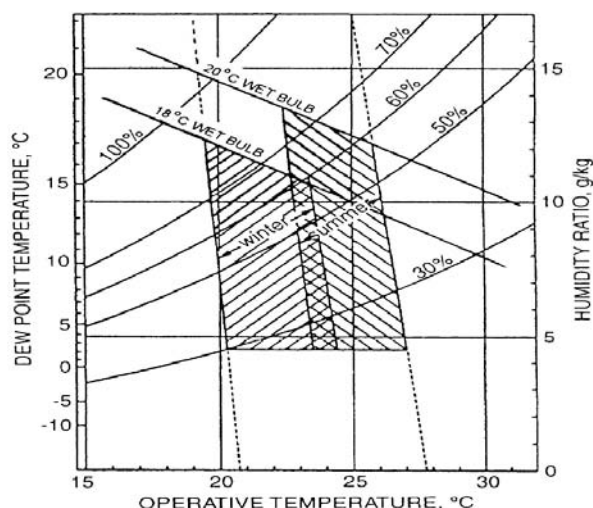


Fig. 269 Curva delle condizioni di comfort (Fonte: ASHRAE).

Per poter mantenere una condizione di comfort termico, il corpo umano deve bilanciare il calore che produce con quello che cede all'ambiente circostante, in relazione alle situazioni microclimatiche e ambientali cui è sottoposto. Questa operazione è possibile grazie al **metabolismo**, attraverso cui il corpo trasforma l'energia potenziale chimica degli alimenti e delle sue riserve in energia termica e, durante il lavoro, anche in energia meccanica. Il metabolismo<sup>145</sup> è necessario per mantenere le funzioni indispensabili alla vita, quali i movimenti respiratori, la circolazione del sangue e soprattutto per il mantenimento della temperatura del corpo a 36.6°C (metabolismo basale). Se nell'uomo adulto il metabolismo è di circa 45 W/m<sup>2</sup> (il 10% in meno nelle donne in età adulta), in un bambino è sensibilmente superiore e può raggiungere anche i 70 W/m<sup>2</sup>.

Il bilancio termico del corpo umano nei confronti dell'ambiente circostante può essere definito come segue<sup>146</sup>:

$$M = C + R + E \pm I + L$$

Dove:

M = calore prodotto dal corpo umano per effetto del metabolismo (W);

C = potenza termica ceduta dal corpo per convezione (W);

R = potenza termica ceduta per irraggiamento (W);

E = potenza termica ceduta per evaporazione (W);

I = calore immagazzinato (segno +) o perduto (segno -) dal corpo in relazione alla variazione della sua temperatura media in condizioni di non equilibrio (W);

L = potenza meccanica sviluppata dall'organismo (W).

All'interno del corpo umano, la cessione di calore attraverso la produzione di sudore è l'unico meccanismo di autoregolazione termica; l'abbigliamento condiziona fortemente questo processo, sia per il tipo di tessuto che per la

<sup>145</sup> Il metabolismo è misurato in W/m<sup>2</sup> di superficie corporea. L'unità di misura del metabolismo è il met; 1 met = 58,2 W/m<sup>2</sup>.

<sup>146</sup> Fonte: prof. Ing. Paolo Tartarini, *Corso di formazione e perfezionamento "Architettura&Energia"*, Reggio Emilia, maggio 2006.

resistenza termica (o l'assorbimento termico) che esso provoca nei confronti dell'ambiente e delle temperature.

La **resistenza termica dei vestiti** si misura in **clo** (da *cloth* = abbigliamento) attraverso un parametro dimensionale ( $I_{cl}$ ), definito come rapporto fra la resistenza termica totale dell'abbigliamento ( $r_{cl}$ ) e una resistenza termica di riferimento pari a  $0.155 \text{ (m}^2\text{K)/W}^{147}$ . Per un tipico abbigliamento invernale, per ambienti chiusi, costituito da biancheria intima, camicia a maniche lunghe, pantaloni, giacca o pullover a maniche lunghe, calze pesanti, scarpe,  $I_{cl}= 1 \text{ clo}$ .

Abbigliamento	$I_{cl}$ [clo]	$I_{cl}$ [(m <sup>2</sup> K)/W]
Slip, maglietta, pantaloncini leggeri, calzini leggeri, sandali	0,30	0,050
Mutande, camicia, pantaloni leggeri, calzini, scarpe	0,60	0,095
Slip, calze, blusa, gonna lunga, giacca, scarpe	1,10	0,17
Biancheria intima a gambe e maniche corte, camicia, pantaloni, giacca, giacca con imbottitura pesante e tuta, calzini, scarpe, berretto, guanti.	2,00	0,31

Tabella 9 Resistenza termica di alcune combinazioni tipiche di capi di abbigliamento (Fonte: rielaborazione su dati UNI EN ISO 7730:2006 - *Ergonomia degli ambienti termici. Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale*).

La **temperatura dell'aria** è uno dei parametri che influiscono in modo sostanziale sulla condizione di benessere termico. Per temperatura dell'aria (rilevata con termometro a bulbo secco) si intende quella dello strato d'aria che avvolge il soggetto, escluso lo stato d'aria riscaldato aderente alla persona stessa. La temperatura dell'aria influenza gli scambi termici del corpo; valori compresi tra 20 e 22°C in inverno e 24-26°C in estate rappresentano intervalli che garantiscono, seppur parzialmente, una condizione di benessere agli utenti.

Nel caso di un'attività di tipo sedentario, la temperatura dell'aria viene misurata a 0,6 m di altezza, considerando una media delle temperature tra il pavimento e 1,1 m di altezza<sup>148</sup>. Di fatto, la temperatura dell'aria non viene utilizzata per la determinazione del comfort termico, ma si adotta la **temperatura operativa**, intesa come "[...] la temperatura uniforme di una cavità in cui il soggetto scambierebbe per irraggiamento e convezione la stessa energia che effettivamente scambia nell'ambiente reale non uniforme [...]"<sup>149</sup>; essa è calcolabile come media pesata della temperatura dell'aria e della temperatura media radiante.

La **temperatura media radiante** dipende dalla temperatura di tutte le superfici con cui il corpo umano può innescare uno scambio termico di tipo radiativo (involucro edilizio, superfici interne, etc.); questo parametro comprende, inoltre, l'effetto dell'irraggiamento solare incidente, fattore in grado di modificare notevolmente la condizione di comfort termico (anche in relazione al tipo di abbigliamento indossato dagli utenti).

Poiché la temperatura media radiante dipende in larga parte dalle caratteristiche dell'involucro edilizio (poiché, di fatto, esso costituisce la superficie di maggiore estensione dal punto di vista dello scambio termico di un ambiente interno) è necessario prestare particolare attenzione alla progettazione dello stesso: infatti,



Fig. 270 Schematizzazione degli scambi termici che il corpo umano è in grado di innescare rispetto all'ambiente che lo circonda.

<sup>147</sup> Per il corpo nudo:  $I_{cl}= 0 \text{ clo}$ .

<sup>148</sup> Fonte: ISO, 1985.

<sup>149</sup> Fonte: ASHRAE, 1981.

poiché la temperatura interna di una chiusura non correttamente isolata è inferiore durante il periodo invernale e superiore durante quello estivo (rispetto ad una chiusura che presenta isolamento termico), essa influenza la temperatura dell'aria dell'ambiente interno e, di conseguenza, la temperatura percepita dall'utente. Per contro, un edificio correttamente isolato risente in misura inferiore delle variazioni di temperatura esterna, permettendo il mantenimento interno delle condizioni termiche di progetto e, quindi, ottimali per lo svolgimento delle attività.

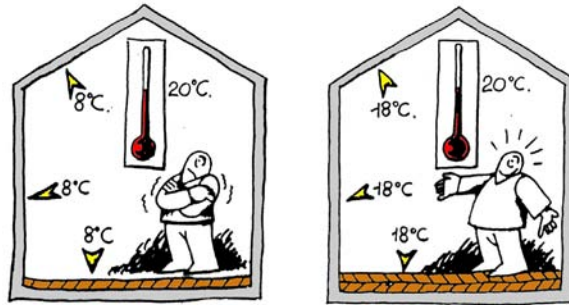


Fig. 271 La temperatura dell'aria non è sufficiente a garantire il benessere termoigrometrico, ma è necessario progettare correttamente l'involucro edilizio al fine di mantenere una condizione di comfort (Fonte: rielaborazione grafica da Acoella A., Buccolieri C., Toni M., Zaffagnini M., *Il laterizio e la qualità dell'abitare*, cfr. bibliografia).

Per ottenere le condizioni di benessere ambientale, la temperatura dell'aria e quella delle superfici interne delle pareti devono essere il più possibile uguali e ciò dipende dalle caratteristiche termiche dell'involucro edilizio. Le rispettive temperature si devono avvicinare il più possibile ai 19°C: questa condizione è soddisfabile intervenendo sull'isolamento termico delle chiusure e, quindi, sulla trasmittanza termica dei materiali che lo compongono. È necessario prestare particolare attenzione rispetto al rischio di formazione di condensa interstiziale o superficiale delle pareti<sup>150</sup>, rischio facilmente controllabile attraverso l'analisi delle stratigrafie effettuato con procedura analitica (diagramma di Glaser).

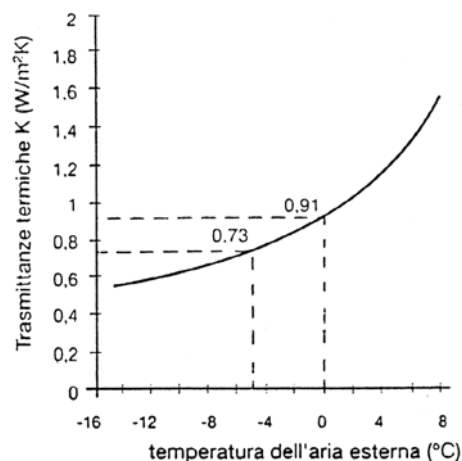


Fig. 272 Trasmittanze massime che le chiusure opache devono raggiungere per ottenere, negli ambienti interni, una temperatura operante superiore a 19°C (FONTE: prof. Arch. Stefano Comandini, *Dispense*)

<sup>150</sup> Ampiamente affrontato nel paragrafo successivo (5.2.5. - Umidità).

del corso di *Progettazione ambientale – Rielaborazione dati CNR – Progetto finalizzato energetica*, Ferrara, 2003).

Il benessere termico è un aspetto che influisce notevolmente sui consumi energetici globali dell'edificio; come si è visto, esso coinvolge in modo sostanziale le caratteristiche costruttive del manufatto edilizio poiché la variazione della temperatura interna percepita è proporzionale alla variazione delle temperature dell'aria e delle superfici interne.

Il benessere termico e la minimizzazione dei consumi energetici sono condizioni raggiungibili grazie a semplici strategie, quali<sup>151</sup>:

- La regolazione dei sistemi di climatizzazione in relazione alle variabili *indoor*;
- Il controllo delle temperature superficiali delle pareti, strategia che permette di ridurre (o contenere) l'oscillamento delle temperature interne garantendo minori interventi sulla temperatura dell'aria attraverso sistemi di climatizzazione o condizionamento;
- La scelta e il corretto dimensionamento dell'impianto di climatizzazione in relazione alla tipologia, al tempo di occupazione degli spazi e al livello di comfort termico richiesto dagli utenti.

È importante ricordare che per ogni grado centigrado di riduzione della temperatura interna, il consumo di combustibile per il riscaldamento si riduce del 7-12%<sup>152</sup>.

La percezione del comfort termico all'interno degli edifici scolastici è condizione assolutamente necessaria per ottenere un elevato rendimento scolastico da parte degli alunni e per ridurre l'assenteismo da parte degli operatori scolastici, poiché la permanenza a lungo termine in ambienti non confortevoli può causare ripercussioni al sistema immunitario, in particolare negli scolari più piccoli, e problemi di attenzione e continuità lavorativa.

### 5.2.5. Umidità

Tra i fattori che intervengono nella percezione del comfort termico di un ambiente si può indicare anche l'**umidità**, intesa come quantità di vapore acqueo contenuta in un metro cubo d'aria (**umidità assoluta**, espressa in grammi), oppure come il rapporto tra la quantità di vapore contenuto in una massa d'aria e la quantità massima che può essere contenuta in tale massa d'aria alle stesse condizioni di temperatura e pressione (**umidità relativa**, espressa in percentuale).

Oltre ad essere un valore caratteristico delle diverse aree geografiche, l'umidità dipende anche dalle attività umane; infatti, la presenza di persone determina una variazione nella composizione fisico-chimica dell'aria, poiché durante la respirazione avviene uno scambio di vapore acqueo tra l'uomo e l'ambiente in modo direttamente proporzionale all'intensità dell'attività svolta.

<sup>151</sup> Parisi E. "Il comfort termico", in Grosso M., *Il raffrescamento passivo degli edifici in zone a clima temperato*, pag. 106, cfr. bibliografia.

<sup>152</sup> Fonte: ENEA – FIRE (a cura di), *Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole*, pag. 25, cfr. bibliografia.

Attività svolta	Umidità prodotta
Riposo – 24 ore	960 g/giorno
Attività – 27 ore	2.430 g/giorno
Vegetazione interna – circa 15 piante	3.600 g/giorno
Lavoro di casa – 3 ore	3.000 g/giorno
Lavaggi – 0,5	150 g/giorno
Doccia – 15 minuti	650 g/giorno
<b>Totale/giorno</b>	<b>10.790 g/giorno</b>
	<b>10 kg = 10 litri</b>

Tabella 10 Media della produzione di umidità di una famiglia con 3 persone per lo svolgimento delle attività quotidiane (cucina, lavaggi, respiro, sudore, ecc.) (Fonte: Christine Romen, *Corso per Esperti CasaClima*, Dobbiaco, 2005).

L'umidità dell'aria è un aspetto piuttosto sottovalutato nella progettazione di un edificio, ma ha notevoli ricadute sia sull'attività e sulla salute degli utenti, sia sull'edificio stesso. Dal punto di vista degli occupanti, umidità elevate in ambienti chiusi (> 70-75%) causano la proliferazione di contaminanti microbiologici che possono provocare patologie respiratorie e reazioni allergiche (per contatto o inalazione); inoltre, anche la temperatura percepita dal corpo umano dipende dal grado di umidità dell'aria. Viceversa, un livello molto basso (< 15-20%) può causare secchezza e irritazione degli occhi e delle vie respiratorie. Oltre a ripercussioni sulla salute, un grado di umidità non ottimale provoca, anche nei soggetti senza particolari sensibilità verso questo fattore, una riduzione dei tempi e del livello di attenzione e della risposta fisica e mentale alle sollecitazioni, riducendo, quindi, la qualità del lavoro. All'interno delle aule scolastiche, dove è richiesto un elevato e costante livello di attenzione per molte ore al giorno, questo fattore può provocare un affaticamento generale a scapito del rendimento scolastico.

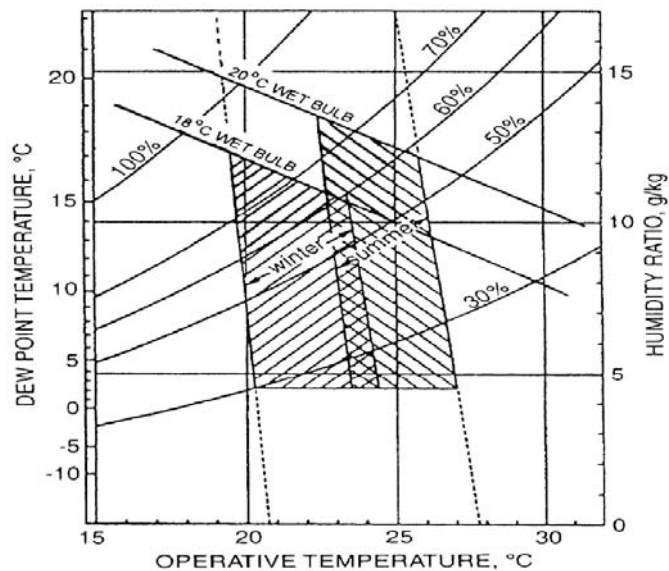


Fig. 273 Curve delle condizioni di comfort in relazione all'umidità (Fonte: ASHRAE).

Tuttavia, in caso di attività sedentarie come quelle previste nella maggior parte del percorso scolastico di uno studente, l'umidità ha effetti relativi sulla sensazione termica e sulla percezione della qualità dell'aria; ma, se pensiamo al numero di alunni/aula (circa 21) e alla superficie media delle aule per le attività didattiche

normali a tavolino (circa 38 mq per la scuola primaria e secondaria di primo livello e circa 42 mq per la scuola secondaria di secondo livello<sup>153</sup>), è facilmente immaginabile che, senza i dovuti accorgimenti per i ricambi d'aria (naturali o meccanici), il tasso di umidità che si forma all'interno di questi ambienti alla fine della giornata scolastica possa causare negli studenti, quanto meno, stanchezza e malessere generale. È da notare, inoltre, che un elevato tasso di umidità relativa abbassa la soglia di percezione degli odori, ritardando il momento in cui gli utenti percepiscono la necessità di ricambi d'aria.

Oltre agli utenti, anche l'edificio stesso può risentire dei danni provocati dall'umidità. In realtà, i danni sono causati dalla concomitanza di umidità elevata e superfici fredde che provocano la formazione di **condensa superficiale**, veicolo per la nascita e la diffusione delle muffe; in particolare, con temperature superficiali interne inferiori ai 12,6°C<sup>154</sup> aumenta il rischio di condensa e, quindi, il pericolo di muffe<sup>155</sup>.

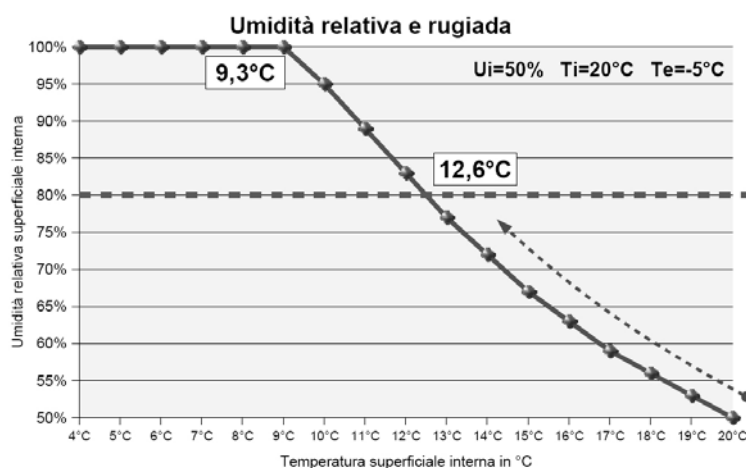


Fig. 274 Collegamento tra umidità relativa superficiale interna, temperatura superficiale interna e produzione di muffe (Fonte: Christine Romen, *Corso per Esperti CasaClima*, Dobbiaco, 2005).

Questa particolare situazione si verifica nei casi di discontinuità dei sottosistemi edilizi, ovvero nelle situazioni in cui si presenta un ponte termico, inteso come luogo puntiforme, lineare o bidimensionale, attraverso il quale si presenta la fuoriuscita o l'ingresso di un flusso termico, in misura maggiore di quanto non si verifichi negli elementi privi di tale irregolarità. I ponti termici possono verificarsi nei casi di irregolarità geometrica del sottosistema edilizio, in virtù della differenza di superficie disperdente tra lato interno ed esterno, come, ad esempio, sugli angoli della costruzione dove, ad una ridotta superficie interna, corrisponde un'ampia superficie esterna dalla quale fuoriesce una quantità di calore molto maggiore rispetto a quella che uscirebbe da una superficie a sviluppo lineare di uguale



Fig. 275 Formazione di muffe sulla superficie interna di una chiusura verticale, in corrispondenza del nodo tra solaio e parete.

<sup>153</sup> Indici di progetto previsti dal DM 18 dicembre 1975 ma che non sempre rispecchiano la situazione reale dell'edilizia scolastica costruita. Infatti, a seguito dell'aumento degli alunni extracomunitari, le strutture scolastiche hanno dovuto soddisfare le esigenze della comunità malgrado l'invariabilità delle strutture.

<sup>154</sup> Fonte: Christine Romen, *Corso per Esperti CasaClima*, Dobbiaco, 2005.

<sup>155</sup> Per ulteriori approfondimenti si veda la norma UNI EN ISO 13788:2003 - Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo.

tecnologia. A causa di questa forte e localizzata dispersione di calore, la temperatura superficiale interna si abbassa notevolmente causando la deviazione delle isoterme (linee di temperatura costante) che, altrimenti, avrebbero un andamento lineare; è in questa situazione che si manifestano i fenomeni di condensa sulle superfici interne.

I ponti termici che possono causare condensazioni superficiali possono essere generati, inoltre, da ragioni tecnico-costruttive, in caso di presenza continua di materiali dal comportamento termico disomogeneo (ad esempio, telaio in c.a. e tamponamento in laterizio), o da errori esecutivi, in caso di difformità tra progetto ed esecuzione (ad esempio, errori di posa dell'isolante).

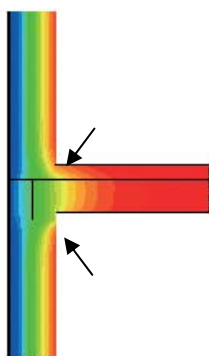


Fig. 276 Andamento delle isoterme in corrispondenza di ponte termico nel nodo solaio-parete (Fonte: Celenit)

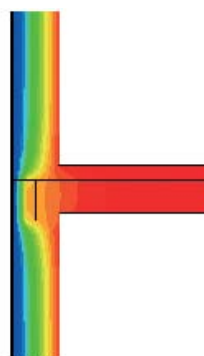


Fig. 277 Andamento delle isoterme in corrispondenza di ponte termico corretto nel nodo solaio-parete (Fonte: Celenit)



Fig. 278 Formazione di condensa sulla superficie interna vetrata di un infisso (Fonte: Arch. Manuel Benedikter, *Corso per Esperti CasaClima*, Dobbiaco, 2005).



Fig. 279 Formazione di muffe in corrispondenza del ponte termico nel nodo parete-copertura all'interno di un locale adibito a spogliatoio (Fonte: prof. Arch. Pietromaria Davoli, *Corso Avanzato "Architettura&Energia"*, Reggio Emilia, 2007).

I fenomeni di condensazione possono avvenire anche sulla superficie interna dei telai delle finestre e possono provocare, a lungo termine, episodi di corrosione in telai metallici o deterioramento di quelli in legno, penetrando nelle fessure, per esempio tra il vetro e il telaio. In questi casi, la crescita di muffe rappresenta raramente un problema sui telai, a causa della loro finitura superficiale impermeabile che, in ogni caso, senza le dovute manutenzioni, può presentare discontinuità e permettere il trasferimento della condensa verso le parti interne dell'elemento. Anche per gli

infissi, la causa che permette il manifestarsi della condensa è il raffreddamento di porzioni di superficie interna a causa del ponte termico che si manifesta tra telaio e vetro.

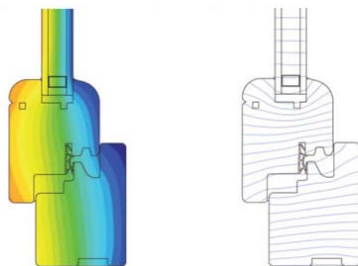


Fig. 280 Andamento delle isoterme e linee di flusso termico per un telaio in legno a ponte termico corretto (Fonte: rielaborazione grafica su immagini fornite dall'Istituto Giordano).

Di seguito sono elencati alcuni dei possibili fenomeni di degrado provocati dalla condensa (superficiale e interstiziale) sull'edificio o su parti di esso:

- crescita di colonie fungine sulla superficie interna;
- presenza di acqua condensata sulla superficie e all'interno delle pareti;
- possibile putrescenza degli elementi lignei (ivi comprese anche le strutture portanti);
- degrado degli intonaci;
- riduzione del grado di isolamento termico dell'involucro dovuto al degrado di parti di esso (materiali isolanti, strutture);
- variazione dimensionale e danneggiamento dei manufatti (ad esempio, variazioni nel volume di parti di infissi in legno);
- migrazione di sali attraverso le strutture e conseguente manifestazione di efflorescenze.

Generalmente, la maggior parte degli edifici pubblici non ha particolare necessità di procedere con l'umidificazione degli ambienti (si tratta, di solito, di musei, chiese, edifici storici con volumetrie elevate e oggetti da conservare in condizioni termigrometriche invariabili) e, in particolare negli edifici per la didattica, il problema principale è proprio l'opposto. In ogni caso, dal punto di vista della domanda di energia dell'edificio, l'umidificazione e la deumidificazione degli ambienti sono processi particolarmente energivori, sia che essi avvengano in modo manuale che in modo meccanico e controllato. Infatti, la riduzione dell'umidità di un aula attraverso l'apertura manuale periodica degli infissi, in particolare durante il periodo invernale, provoca la fuoriuscita dell'aria, precedentemente riscaldata attraverso l'impianto di generazione di calore, e l'ingresso di aria fredda, proveniente dall'esterno, ad una temperatura notevolmente inferiore a quella operativa, prevista per garantire una condizione di benessere termico agli occupanti (20 - 24°C<sup>156</sup>).

<sup>156</sup> Intervallo di temperature medie previste dalla UNI EN 15251:2008 per edifici adibiti a uffici e spazi con attività simili (tra cui anche le aule scolastiche) in cui si svolgono attività sedentarie di circa 1,2 met (il "met" è l'unità di misura del metabolismo; 1 met = 100 W), relativo alla categoria II di calcolo del livello di comfort interno (livello di aspettativa normale, per maggiore approfondimento si veda il paragrafo 6.1.2). Il DM 18 dicembre 1975 prevede, per gli ambienti scolastici, una temperatura di progetto di 20°C ± 2°C.



In questi casi, le perdite (per ventilazione) sono stimabili attorno a 25 kWh/m<sup>2</sup>anno, pari a circa il 30% del fabbisogno energetico totale dell'edificio<sup>157</sup>.

Nel caso in cui l'edificio, o solamente le aule per la didattica, sia dotato di impianto di ventilazione meccanica controllata, il tasso di umidità dell'aria sarà automaticamente regolato da tale dispositivo in relazione ai valori previsti in fase di progetto dello stesso (attorno al 45 – 55%)<sup>158</sup>.

È da considerare con particolare attenzione, inoltre, che gli edifici scolastici non vengono utilizzati per periodi molto lunghi (pausa estiva), ma che al loro interno, specialmente in alcune aree geografiche, si possono verificare danni a lungo termine agli elementi tecnici, provocati dagli elevati tassi di umidità (anche maggiori del 75% nelle regioni padane) prolungati nel tempo, con conseguente aumento dell'inquinamento *indoor*, ivi compresi i contaminanti microbiologici (in particolare acari, muffe e funghi che incrementano la loro proliferazione in presenza di livelli di umidità maggiori del 65%)<sup>159</sup>. In questi casi, è consigliabile e sufficiente prevedere la completa e periodica ventilazione degli ambienti interni anche durante i periodi di non occupazione dell'edificio.

### 5.2.6. Illuminamento



Fig. 281 Rapporto dell'alunno con le chiusure trasparenti di un'aula (Fonte: Department for Education and Skills, UK).

All'interno di un edificio scolastico, il progetto della luce (inteso sia come luce naturale, sia artificiale) rappresenta un fattore determinante poiché esso influisce sui consumi energetici dovuti al riscaldamento, al condizionamento e all'illuminazione artificiale, senza dimenticare che esso è fondamentale per garantire il benessere visivo.

Il progetto della luce coinvolge, in primo luogo, gli elementi esterni trasparenti e rappresenta un momento cruciale all'interno del processo progettuale poiché richiede un corretto e consapevole bilanciamento tra le decisioni formali-architettoniche e quelle funzionali-tecnologiche. Inoltre, le chiusure trasparenti sono fondamentali per mantenere il contatto con l'ambiente esterno, indispensabile per garantire l'equilibrio psicologico di alunni e operatori scolastici che trascorrono molte ore in spazi chiusi.

Per gli spazi di insegnamento generale è necessario un livello di illuminazione che renda possibili e agevoli le azioni quotidiane di alunni e docenti. Ad esempio, lettura e scrittura, tipiche attività scolastiche, richiedono un livello di illuminamento minimo caratterizzato da una elevata uniformità al di sopra della zona con i banchi per gli studenti. Livelli di illuminazione più elevati sono richiesti per svolgere attività di dettaglio che affaticano le facoltà visive, quali, ad esempio, le attività in officina e i laboratori in genere. Ovviamente, tali livelli non sono raggiungibili con il solo utilizzo della luce naturale, ma necessitano dell'integrazione con dispositivi elettrici correttamente posizionati affinché non siano presenti (o, per lo meno, limitate) ombre che possano arrecare disturbo all'attività stessa.

<sup>157</sup> Fonte: arch. Gianluca Minguzzi, *Corso "Architettura&Energia"*, Reggio Emilia, 2007. Dati relativi ad edificio unifamiliare.

<sup>158</sup> Per maggiori informazioni relativamente agli impianti di ventilazione controllata si rimanda al precedente paragrafo 5.2.3.

<sup>159</sup> Fonte: Ministero della Sanità, Dipartimento di Prevenzione.

Nell'affrontare le problematiche legate al benessere visivo non si può prescindere dall'indagine del fenomeno del **colore**<sup>160</sup> poiché esso può essere impiegato sia per migliorare la qualità ambientale, che per correggere livelli di luminosità insufficienti o che, al contrario, possono determinare abbagliamento. È necessario precisare che il fenomeno del colore è esclusivamente di natura percettiva poiché, in natura, esso, di fatto, non esiste; esistono, invece, radiazioni caratterizzate da differenti lunghezze d'onda che vengono assorbite, riflesse o trasmesse dai corpi che le ricevono. I corpi che riflettono le radiazioni sono percepiti come bianchi, quelli che le assorbono sono percepiti come neri, quelli che presentano contemporaneamente trasmissione parziale e assorbimento parziale determinano una sensazione di colore analoga a quella della radiazione che riflettono.

La tabella e lo schema seguenti espongono chiaramente le differenze tra le lunghezze d'onda della radiazione luminosa.

Denominazione	Sigla	Frequenza	Lunghezza d'onda	Denominazione
<b>Frequenze estremamente basse</b>	elf	0 - 3khz	> 100km	frequenze estremamente basse
<b>Frequenze bassissime</b>	vlf	3 - 30khz	100 - 10km	frequenze bassissime
<b>Radiofrequenze</b>	frequenze basse (onde lunghe)	lf	30 - 300khz	10 - 1km
	medie frequenze (onde medie)	mf	300khz - 3mhz	1km - 100m
	alte frequenze	hf	3 - 30mhz	100 - 10m
	frequenze altissime (onde metriche)	vhf	30 - 300mhz	10 - 1m
<b>Microonde</b>	onde decimetriche	uhf	300mhz - 3ghz	1m - 10cm
	onde centimetriche	shf	3 - 30ghz	10 - 1cm
	onde millimetriche	ehf	30 - 300ghz	1cm - 1mm
<b>Infrarosso</b>	ir	0,3 - 385thz	1000 - 0,78mm	infrarosso
<b>Luce visibile</b>		<b>385 - 750thz</b>	<b>780 - 400nm</b>	<b>luce visibile</b>
<b>Ultravioletto</b>	uv	750 - 3000thz	400 - 100nm	ultravioletto
<b>Radiazioni ionizzanti</b>	x	> 3000thz	< 100nm	radiazioni ionizzanti

Tabella 11 Caratteristiche dei diversi tipi di onda elettromagnetica (Fonte: ARPA - Emilia Romagna).

<sup>160</sup> Inteso come finitura delle superfici delimitanti l'ambiente fisico e non come colore della luce (o temperatura della luce) artificiale.

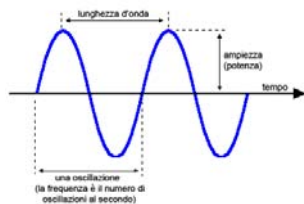


Fig. 282 Lunghezza, ampiezza e frequenza dell'onda (Fonte: ANIT)

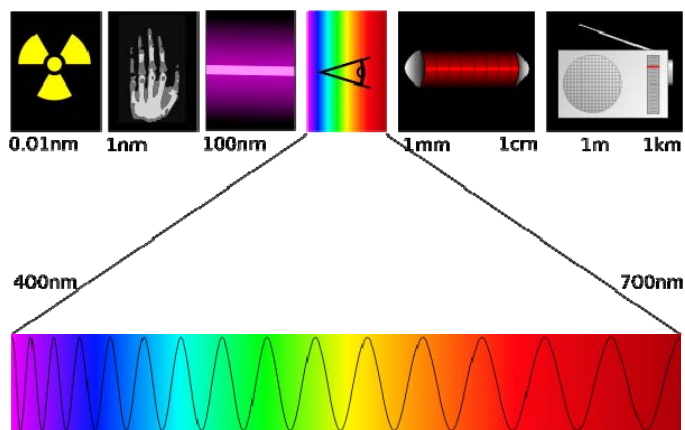


Fig. 283 Spettro elettromagnetico relativo alle differenti lunghezze d'onda (Fonte: ANIT).

Di fatto, quindi, la percezione del colore di una superficie dipende dalle sue caratteristiche chimico-fisiche e dalla capacità di assorbimento o riflessione dell'onda: il colore percepito sarà, dunque, differente se si parla di superficie, liscia, scabrosa, opaca, lucida, ecc.

Dal punto di vista esclusivamente percettivo, il colore dipende da:

- il **tono**, ovvero la lunghezza dell'onda dominante;
- la **saturazione**, ovvero l'incidenza percentuale della lunghezza d'onda;
- l'**intensità**, ovvero la quantità di luce che esce da una sorgente in una determinata direzione;
- la **direzione della luce** illuminante;
- la **quantità di superficie** colpita dalla radiazione;
- la **natura della superficie** (forma e caratteristiche);
- la **posizione dell'osservatore**;
- la **posizione dell'oggetto** da osservare;
- la distanza e colore delle **superfici circostanti**;
- le **condizioni meteorologiche**.

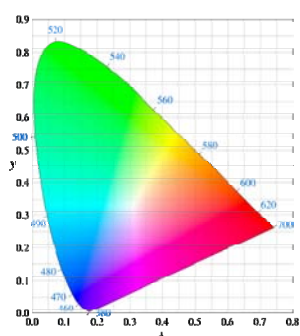


Fig. 284 Diagramma cromatico del CIE - *Commission Internationale de l'Éclairage* con l'indicazione delle lunghezze d'onda in nanometri (Fonte: CIE).

I colori condizionano particolarmente il benessere visivo degli occupanti poiché influiscono sullo stato psicologico; pertanto, il progetto del colore va affrontato con particolare cautela e precisione e, soprattutto, tenendo conto delle caratteristiche fisiologiche dell'occhio (la percezione del colore ne bambino è differente da quella dell'adulto). Una illuminazione impropria può produrre affaticamento dell'occhio e, a lungo termine, danni alla vista, in particolare durante le attività scolari in cui vi sono continui cambiamenti della profondità di campo (banco-lavagna). Tra gli effetti di un illuminamento improprio si possono enumerare la secchezza della cornea o l'iperlacrimazione, la fotofobia, l'emigrania, i dolori oculari, la miopia e la riduzione dei tempi di attenzione.

Anche se la qualità della luce dipende fortemente da fattori atmosferici, il livello di illuminazione richiesta per gli ambienti è indipendente dall'andamento delle stagioni.

Convenzionalmente, la quantità luminosa è misurata attraverso il **livello di illuminamento (E)**, proporzionale al flusso incidente, e l'unità di misura è il **lux**. Per determinare il livello di illuminamento di un ambiente chiuso è necessario, però, fare riferimento ad un parametro che sia in grado di valutare il rapporto tra

l'illuminazione interna e quella che si verifica, nello stesso momento, all'esterno. Si utilizza, pertanto, il **fattore medio di luce diurna ( $\eta$ )** che rappresenta il rapporto percentuale tra l'illuminamento interno e quello esterno proiettato dalla volta celeste<sup>161</sup>. In realtà, per valutare i livelli di illuminamento, si utilizza un valore calcolato in base a rilevamenti effettuati in più punti di una zona significativa, al fine di individuarne un valore medio ( $\eta_m$ ). Esso deve essere rilevato, sulla sezione verticale, ad un'altezza di 90 cm dal pavimento (che corrisponde al piano di lavoro) e, sulla sezione orizzontale, a una distanza di 60 cm dalle pareti verticali opposte alle superfici finestrate<sup>162</sup>.

Il livello di illuminazione richiesto per lo svolgimento delle attività può essere ottenuto attraverso:

- **l'illuminazione naturale**, dovuta alla localizzazione, al dimensionamento e alle caratteristiche dei sistemi finestrati;
- **l'illuminazione artificiale**, dovuta alla localizzazione, al dimensionamento e alle caratteristiche delle apparecchiature elettriche;
- **L'integrazione tra illuminazione naturale e artificiale.**

Ovviamente, la scelta del tipo di illuminazione influisce significativamente sulla richiesta di energia primaria dell'edificio e sul benessere visivo degli occupanti.

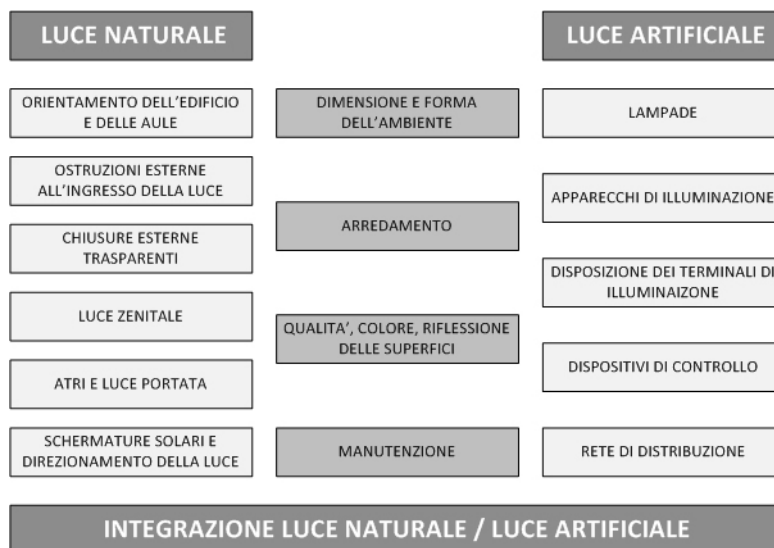


Fig. 285 Schema riassuntivo dei fattori che influiscono sul progetto della luce naturale e artificiale (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Department for Education and Employment, UK).

La **luce naturale** dovrebbe essere la fonte primaria di illuminazione degli ambienti scolastici poiché, oltre a garantire il benessere visivo degli occupanti, qualora correttamente progettata, permette di ridurre i consumi energetici dovuti ai dispositivi per l'illuminazione artificiale.

<sup>161</sup> Secondo la CIE – *Commission Internationale de l'Éclairage*, si assume come sorgente definita di illuminazione il cielo coperto standard, condizione che si verifica con cielo a luminosità e nuvolosità non uniforme. Pertanto, si considerano esclusivamente le componenti di luce diffuse e non quelle di luce diretta.

<sup>162</sup> Toni M., *Qualità involucro*, pag. 263 (cfr. bibliografia).

Il primo fattore che influenza la quantità e la qualità della luce naturale è l'**orientamento dell'edificio e delle aule**, determinabile esclusivamente durante il progetto del fabbricato e non modificabile nelle eventuali fasi di riqualificazione. Questo parametro influenza, inoltre, la possibilità di godere di guadagni solari gratuiti durante i mesi invernali, ma può causare il surriscaldamento degli ambienti durante i mesi estivi ed è, pertanto, consigliabile prestarvi particolare attenzione. L'ingresso della luce in un ambiente può essere ostacolato dalla presenza di **ostruzioni esterne**, fisse o modificabili, che possono produrre ombre portate oppure vere e proprie schermature: nel primo caso si può intervenire solo in fase progettuale (presenza di edifici adiacenti con altezze superiori a quella dell'edificio in esame, sedi stradali particolarmente strette come, ad esempio, nei centri storici), nel secondo è possibile rimuovere l'ostacolo anche in momenti successivi (presenza di vegetazione).

L'apporto di luce naturale è permesso principalmente attraverso le **chiusure trasparenti**. Gli elementi finestrati influiscono su molteplici aspetti, primo fra tutti il benessere termico: di fatto, le finestre rappresentano un punto di discontinuità nell'involucro edilizio, sia dal punto di vista costruttivo, sia per le caratteristiche termiche dei materiali e, pertanto, sono in grado di compromettere notevolmente le caratteristiche termiche dell'ambiente che racchiudono. Anche gli infissi con caratteristiche tecnologiche particolarmente elevate presentano, comunque, un valore di trasmittanza termica superiore di almeno due o tre volte rispetto a quello delle chiusure opache: la normativa vigente in materia di contenimento dei consumi<sup>163</sup> manifesta chiaramente questo aspetto, richiedendo una trasmittanza termica per chiusure opache verticali pari a  $0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$  (in zona climatica E a partire dal 1 gennaio 2008), mentre è richiesto un valore di  $2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  per le chiusure trasparenti comprensive di infissi (in zona climatica E a partire dal 1 gennaio 2008). Non secondariamente, esse influiscono sulla possibilità di effettuare una ventilazione di tipo naturale negli ambienti (con conseguenze anche sull'inquinamento acustico proveniente dall'esterno), aspetto che condiziona notevolmente il fabbisogno energetico per ventilazione o per condizionamento. In relazione al tipo di luce che si desidera apportare all'interno di un ambiente e in relazione alle esigenze di ventilazione, le chiusure trasparenti possono essere differentemente distribuite all'interno dell'involucro edilizio, come esposto nella figura seguente.

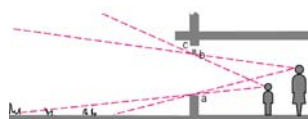


Fig. 286 Schema dei coni visuali di bambini e adulti (Fonte: Department of Education and Employment, UK).

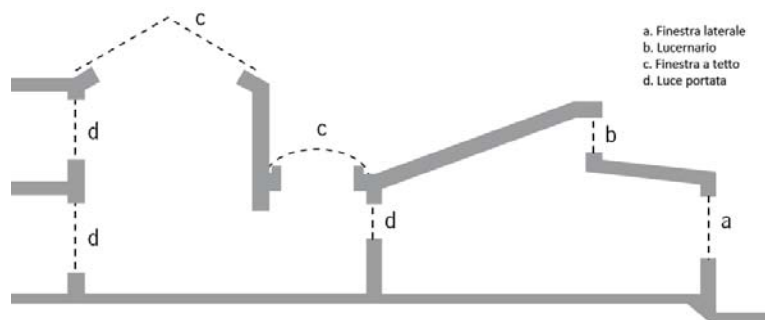


Fig. 287 Differenti collocazioni delle chiusure trasparenti all'interno dell'involucro edilizio (Fonte: rielaborazione grafica su dati del Department for Education and Employment, UK).

<sup>163</sup> DLgs 311/2006, Allegato C, art. 2 e 4.

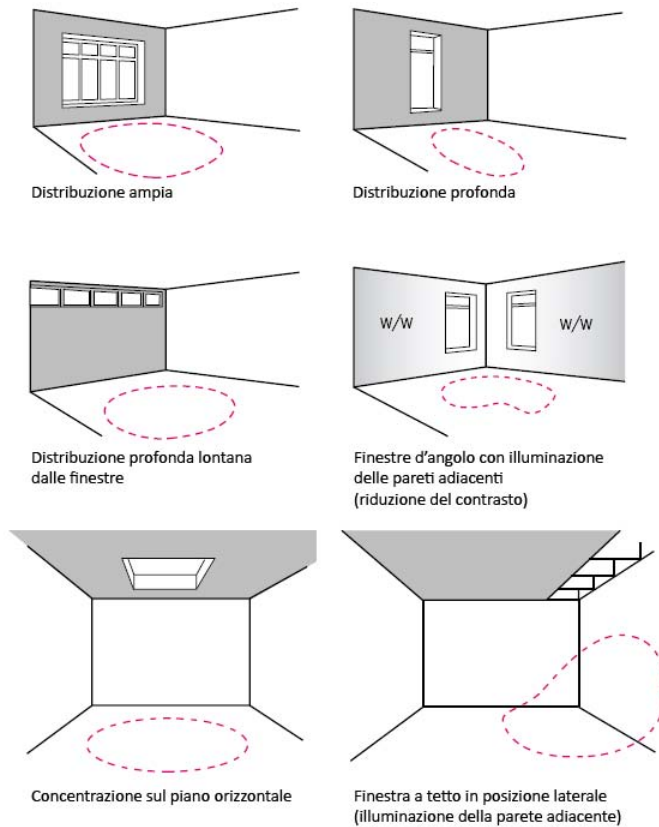


Fig. 288 Localizzazione della luce nell'ambiente interno in relazione alla localizzazione dell'apertura (Fonte: rielaborazione grafica e traduzione su dati del Department for Education and Employment, UK).

In molti casi, è utile allo svolgimento delle attività didattiche supportare la luce proveniente dalle finestre verticali con ulteriori aperture nelle posizioni superiori dell'involucro al fine di favorire la **luce zenitale** che si concentra sui piani orizzontali dell'ambiente, quindi anche sui banchi; in questi casi è preferibile affiancare alle finestre superiori alcuni sistemi per garantire la diffusione della luce (schermi, filtri) affinché essa non diventi fastidiosa.

La luce zenitale può essere utilizzata, inoltre, per illuminare in modo più uniforme gli ambienti avvalendosi della possibilità di far pervenire l'**illuminazione anche attraverso gli atri**. Questa situazione è particolarmente favorevole qualora la profondità delle aule scolastiche fosse talmente elevata da non permettere un soddisfacente e omogeneo livello di illuminazione. In questo modo, le aule presenterebbero finestrate sui lati contrapposti, cosa che aumenta ulteriormente la necessità di adottare infissi con prestazioni termiche e acustiche elevate.

Attraverso le finestre è possibile far entrare nell'edificio sia la luce solare diretta (sconsigliata) sia la luce diffusa della volta celeste (consigliata) e, per questo motivo, necessitano di un'accurata progettazione. La luce solare diretta, in particolare, è molto pericolosa per il benessere ambientale poiché, oltre a produrre surriscaldamento dell'aria, può provocare l'abbagliamento degli studenti e degli insegnanti che operano in un ambiente.

Il fenomeno dell'**abbagliamento** può essere causato sia dall'azione diretta di una sorgente luminosa molto intensa, sia per l'azione indiretta di superfici che riflettono intensamente le radiazioni luminose; nel primo caso si possono anche

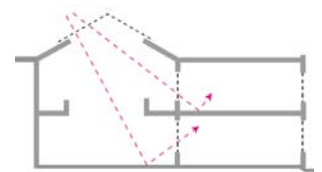


Fig. 289 Riflessione della luce attraverso l'atrio dell'edificio (Fonte: Department for Education and Employment, UK).

causare alterazioni permanenti all'organo della vista. I disturbi legati all'abbagliamento sono causati da una disomogenea luminanza<sup>164</sup> delle superfici degli ambienti e sono chiamati *disuniformità* assoluta o media<sup>165</sup>. In generale, l'abbagliamento è legato al livello personale di percezione della sorgente luminosa che può esercitare conseguenze, anche permanenti, sull'osservatore. A seguito di un fenomeno di abbagliamento è necessario un tempo di ripresa affinché vengano ripristinate le normali condizioni di percezione; questo tempo è direttamente proporzionale all'intensità della variazione della luminanza.

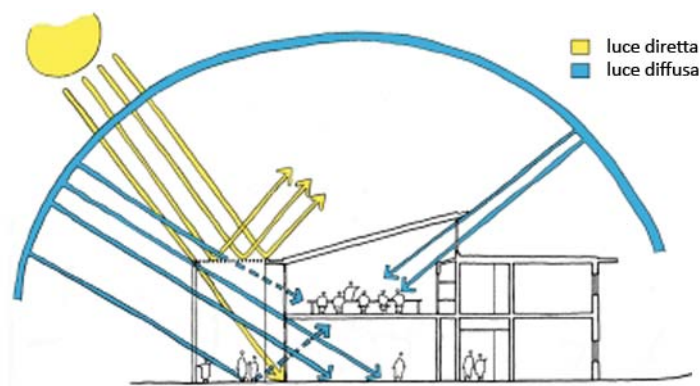


Fig. 290 Chafford Hundred Learning Campus, Thurrock, Essex, Schema del funzionamento dell'edificio rispetto all'illuminazione diretta e diffusa (Fonte: Department for Education and Skills, UK).

I fenomeni di abbagliamento possono essere corretti riducendo il contrasto tra la sorgente luminosa, ovvero la finestra, e l'ambiente circostante cui la finestra appartiene; tra i metodi possibili si ricordano l'utilizzo di strombature trattate con colori chiari, l'incremento della luminosità della parete di appartenenza della bucatura attraverso l'aumento della riflettanza e l'innalzamento dell'illuminazione della parete stessa attraverso ulteriori aperture in pareti adiacenti.

Il controllo della quantità di luce in ingresso e, quindi, dell'abbagliamento è possibile anche attraverso l'utilizzo di **schermature solari e di dispositivi di direzionamento della luce** che permettono di "spezzare" il raggio luminoso in più parti che ne riconducono l'aspetto a luce diffusa, oppure che ne impediscono il contatto con le parti dell'edificio.

Le schermature sono distinguibili in:

- **Schermature esterne fisse;**
- **Schermature esterne mobili;**
- **Schermature interne flessibili.**

L'inserimento di un determinato tipo di schermature implica la conoscenza della direzione dei raggi solari (orientamento e inclinazione rispetto all'orizzontale), dell'intensità luminosa dell'andamento stagionale degli stessi: solo in relazione a questi fattori è possibile progettare la schermatura, interna o esterna.

Le immagini seguenti forniscono una rapida panoramica sulle modalità di schermatura dei raggi solari attraverso dispositivi esterni e interni.

<sup>164</sup> Intesa come rapporto tra l'intensità luminosa della sorgente ( $I$ ) in una direzione specifica e l'area apparente della sorgente vista dalla direzione stessa ( $Mt^{-3} \cdot V$ ).

<sup>165</sup> Toni M., *Qualità involucro*, pag. 254, cfr. bibliografia.

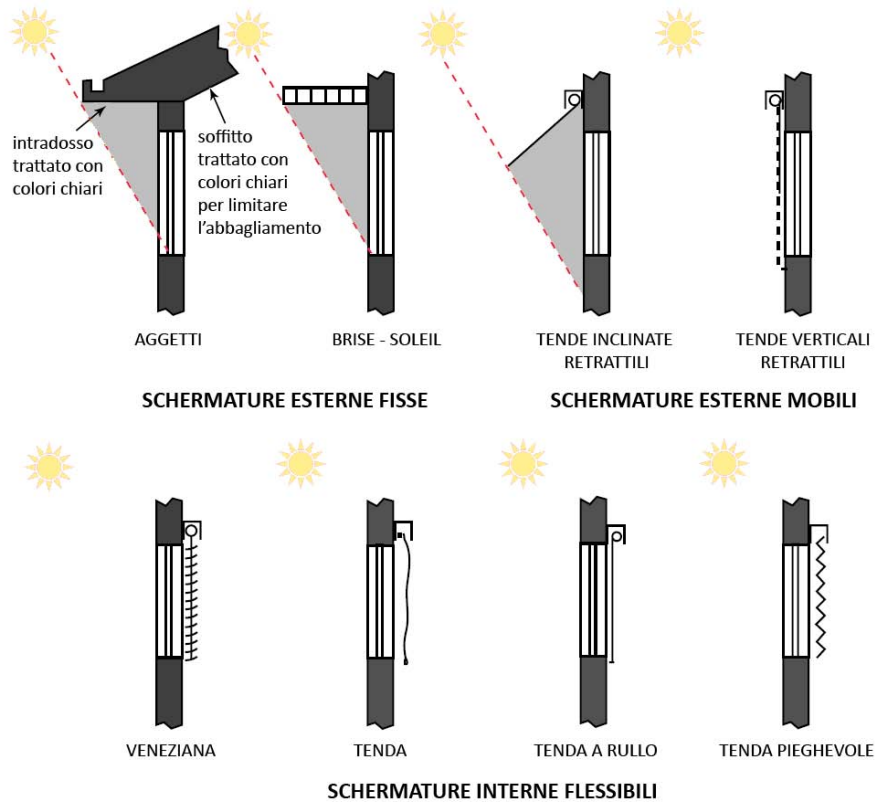


Fig. 292 Differenti tipologie di schermature esterne e interne (Fonte: rielaborazione grafica e traduzione su dati del Department of Education and Employment, UK).

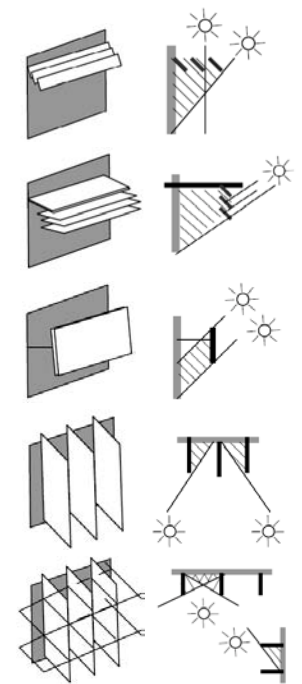


Fig. 291 Differenti tipologie di frangisole esterni fissi in relazione al tipo di schermatura che si vuole eseguire sui raggi solari (Fonte: Rielaborazione grafica e traduzione da IEA - International Energy Agency).

Qualora non sia possibile provvedere ad un ottimale livello di illuminazione naturale (giornate con cielo particolarmente coperto, ore serali), è necessario avvalersi dell'utilizzo della **luce artificiale**. Essa costituisce uno dei più elevati indici di spesa energetica per un edificio e necessita della massima accuratezza sia per la disposizione dei terminali sia per la scelta dei dispositivi di supporto.

Come chiaramente espresso dalla norma UNI di riferimento<sup>166</sup>, *"l'impianto d'illuminazione dovrebbe soddisfare i requisiti di illuminazione relativi ad uno spazio particolare senza comportare sprechi di energia. Tuttavia, è importante non compromettere gli aspetti visivi di un impianto di illuminazione solo per ridurre il consumo energetico: questo richiede un'attenta valutazione dei sistemi d'illuminazione, apparecchiature, dispositivi di controllo appropriati, così come l'impiego della luce naturale disponibile"*.

Le **lampade e gli apparecchi di illuminazione** sono i primi elementi da considerare nel progetto della luce artificiale; essi devono presentare, in primo luogo, una corretta localizzazione rispetto agli occupanti e il colore della luce prodotta deve essere messo in relazione con le finiture superficiali delle pareti per non generare contrasti ed effetti sgradevoli. È indispensabile valutare che l'alunno è continuamente chiamato a cambiare la lunghezza del campo visivo dal banco alla lavagna e, per questo, devono entrambi devono essere correttamente illuminati

<sup>166</sup> UNI EN 12464:2004 - Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni.



(generalmente si dovrebbe provvedere ad una maggiore illuminazione concentrata sulla lavagna al fine di aumentarne la visibilità).

Qualunque lampada necessita di un corpo all'interno del quale essere alloggiata; il **corpo illuminante** è costituito da:

- una lampada;
- un riflettore che indirizza la luce verso la direzione utile;
- uno schermo che riduce l'abbagliamento e controlla la distribuzione del flusso luminoso;
- un contenitore, nel quale sono alloggiati altri componenti (starter, reattore, ecc.)

Per ciascun apparecchio illuminante è importante valutare il **rendimento luminoso**: esso esprime la frazione di flusso luminoso emesso dalla sorgente verso la direzione utile. Questo valore è importante poiché una parte del flusso luminoso viene dissipato prima di raggiungere il punto desiderato: ad esempio, un rendimento del 70% significa che, a fronte del flusso totale emesso dalla sorgente (100%), solo il 70% si rende disponibile per l'illuminazione sul piano di lavoro, e può considerarsi utile.

Tra le parti elencate, la **lampada** è sicuramente l'elemento più importante. È possibile suddividere le lampade in due categorie:

- **Lampade a incandescenza** (tradizionali o alogene);
- **Lampade a scarica nei gas** (tubi a fluorescenza tradizionali o compatti, lampade al sodio).

Il primo gruppo è costituito dalle lampade tradizionali che non presentano una elevata efficienza in termini di lumen emessi/W assorbiti, mentre il secondo gruppo comprende le lampade a basso assorbimento elettrico in grado di consumare circa il 25% in meno, nel caso dei tubi a fluorescenza tradizionali, e fino al 70% in meno, nel caso di tubi a fluorescenza compatti<sup>167</sup>. Di fatto, con le tecnologie attuali la differenza di intensità luminosa non è percettibile e sono quindi adottabili in qualsiasi ambiente. Inoltre, il fatto che in edificio scolastico si utilizzi l'illuminazione artificiale per molte ore permette di far rientrare in brevissimo tempo il costo dell'investimento impiegato per la sostituzione delle lampade.

Ore di utilizzo all'anno	Risparmio annuo di energia elettrica (€)	Tempo di recupero dell'investimento* (anni)
500	22,00	2,4
1.000	43,00	1,2
1.500	65,00	0,8
2.000	87,00	0,6

\* Differenza di costo delle lampade / risparmio annuo di energia elettrica.

Tabella 12 Aumento del risparmio annuo con l'aumento delle ore di utilizzo sostituendo 3 lampade ad incandescenza da 100W con 3 lampade fluorescenti compatte elettroniche da 20W (Fonte: rielaborazione grafica su dati ENEA, 2003, cfr. bibliografia).

Generalmente, la maggior parte degli edifici scolastici presenta un impianto di illuminazione artificiale costituito da lunghi tubi a fluorescenza collocati a soffitto

<sup>167</sup> Rispetto alle lampade ad incandescenza di equivalente flusso luminoso. Fonte: Enea – Ministero dello Sviluppo Economico, *Sistemi di illuminazione ad alta efficienza*, cfr. bibliografia.

che forniscono un tipo di luce abbastanza uniforme, ma esistono numerose configurazioni dei dispositivi e differenti tipologie di lampade, come dimostrato nella figura seguente.


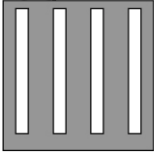
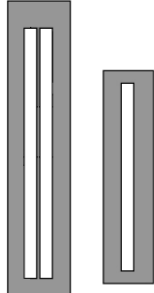
Luminaire type		Distribution/mounting	Performance
	Diffuser	Semi-direct	Good utilisation factor for large high reflectance rooms (LHR) Risk of glare for large low reflectance rooms (LLR).
	Prismatic	Direct	Middle utilisation factor even for LHR rooms Little risk of glare for LLR rooms.
Modular	Prismatic controller	Semi-direct	Good utilisation factor for LHR rooms Little risk of glare for LLR rooms.
	Transverse louver	Semi-direct	Middle utilisation factor even for LHR rooms Little risk of glare even for LLR rooms.
	Low brightness reflector with transverse louver	Direct	Good utilisation factor for LHR rooms No risk of glare even for LLR rooms.
	Direct/indirect	Direct – Indirect	Middle utilisation factor for LHR rooms No risk of glare even for LLR rooms.

Fig. 293 Tipologie dei dispositivi di illuminazione (Fonte: International Energy Agency – Annex 36, cfr. bibliografia).

In realtà, il progetto di una corretta illuminazione artificiale che consideri anche gli aspetti di risparmio energetico deve basarsi sull'utilizzo di ulteriori **dispositivi di supporto**, a partire dal controllo dell'intensità luminosa attraverso *dimmer*. Si tratta di sistemi di regolazione che permettono di "dosare" la quantità di luce emessa dalle lampade in relazione alla quantità di luce che penetra attraverso le chiusure trasparenti; in questo modo, i locali sono costantemente illuminati con la giusta quantità di luce, senza sprechi energetici. Se a questo tipo di dispositivo si abbina un sensore in grado di rilevare la quantità di luce ambientale, è possibile effettuare una completa regolazione automatica in grado di ottimizzare ulteriormente il sistema e, dunque, l'assorbimento elettrico<sup>168</sup>.

In alcuni ambienti dell'edificio (ad esempio bagni, corridoi, ecc.) è possibile utilizzare dei sensori di presenza per provvedere all'accensione e allo spegnimento automatico delle luci per evitare che la dimenticanza di pochi individui diventi una ulteriore e ingiustificata occasione di consumo energetico. In realtà, è necessario adottare questi dispositivi con particolare cautela, soprattutto nel caso utenze con età molto bassa (scuole per l'infanzia e scuole primarie) poiché la possibilità di uno spegnimento improvviso delle luci in locali chiusi di piccole dimensioni, quali ad esempio i bagni, può causare timori nell'utilizzo degli stessi e, in casi estremi, turbamenti a livello psicologico.

<sup>168</sup> Di fatto, questo tipo di regolazione si effettua nell'ambito della progettazione e del controllo dell'edificio attraverso sistemi di domotica.

Come per gli impianti di climatizzazione, anche per gli impianti di illuminazione la **rete di distribuzione** deve essere correttamente progettata ed eseguita per ottimizzare i consumi e per evitare inutili prolungamenti di cavi che possono ridurre l'efficienza.

### 5.2.7. Rumore

Tra i parametri affrontati fino a questo punto, il rumore è quello che coinvolge in modo più limitato le problematiche legate al consumo energetico; dal rumore, di fatto, dipendono le questioni legate alle condizioni di benessere acustico, particolarmente importanti per la vivibilità degli ambienti scolastici, ma la sua relazione con il consumo di risorse è del tutto marginale e limitata a situazioni particolari. In alcuni casi, infatti, è possibile che, in presenza di ventilazione naturale degli ambienti, l'apertura delle finestre finalizzata al conseguimento del numero ottimale di ricambi/ora non possa avvenire a causa dell'inquinamento acustico proveniente dall'esterno, che comprometterebbe il corretto svolgimento delle attività. In queste situazioni è necessario provvedere all'installazione di sistemi di ventilazione controllata che incidono inevitabilmente sul fabbisogno energetico dell'edificio<sup>169</sup>.

Il raggiungimento del benessere acustico è particolarmente importante all'interno di un ambiente scolastico poiché esso è in grado di condizionare fortemente lo svolgimento delle attività didattiche da parte degli insegnanti e la capacità di attenzione da parte degli alunni; rumori molto forti o continuativi possono, inoltre, causare nevrosi e provocare danneggiare l'apparato uditivo.

La valutazione dell'ambiente sonoro è un processo piuttosto complesso: la qualità acustica non dipende solamente dalla specificità del rumore che causa il disturbo, ma anche dalla natura del soggetto disturbato, dalle caratteristiche ambientali e urbanistiche dell'area interessata e dal livello di rumore di fondo<sup>170</sup>. È importante precisare che questo parametro è fortemente relazionato alle caratteristiche costruttive e tecnologiche dell'edificio ed è, pertanto, difficilmente controllabile a posteriori attraverso eventuali progetti di riqualificazione.

Il suono è un fenomeno acustico causato da **perturbazioni di carattere oscillatorio** che si propagano in un mezzo elastico (gassoso, liquido o solido) sotto forma di variazioni di pressione. Il numero di variazioni cicliche di pressione che avvengono dell'unità di tempo è chiamato **frequenza del suono**<sup>171</sup> (misurato in cicli/secondo, ovvero in Hertz [Hz])<sup>172</sup>. Se il suono è composto da una sola frequenza è definito "suono puro"; un insieme di suoni puri danno origine a un "suono complesso". Un segnale complesso in cui i suoni sono del tutto casuali e non legati da legge armonica origina un **rumore**. Per una maggiore semplicità legata all'ordine di

<sup>169</sup> Per un maggiore approfondimento delle variabili energetiche legate alla ventilazione naturale degli ambienti si rimanda al precedente paragrafo 5.2.3.

<sup>170</sup> Toni M., *L'isolamento acustico nell'edilizia*, pag. 6, cfr. bibliografia.

<sup>171</sup> Il campo di variazione delle frequenze è successivamente suddiviso in ottave o in terzi di ottave che rappresentano una porzione di campo in cui le frequenze estreme sono una il doppio dell'altra.

<sup>172</sup> Eraclit (a cura di), *Isolamenti acustici – Acustica 1*, pag. 8, cfr. bibliografia.

grandezza dei valori da analizzare, la pressione sonora non viene misurata in  $\mu\text{Pa}$ , ma attraverso la scala logaritmica del **decibel [dB]**<sup>173</sup>.

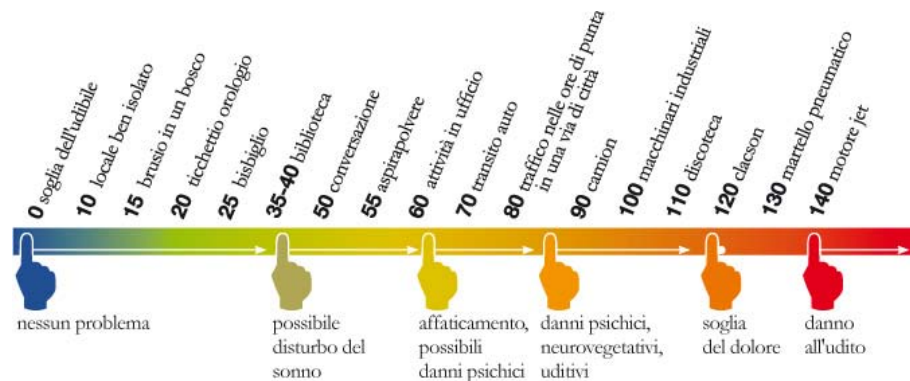


Fig. 295 Livello di pressione sonora in dB di alcune sorgenti di rumore e relativi danni causati all'uomo (Fonte: ISI – Industria Serramenti Italiana).

È importante evidenziare che non è possibile sommare algebricamente il livello di pressione sonora di più fonti poiché esse sono rappresentate da scale logaritmiche, ma è necessario fare ricorso a formule di conversione o a grafici. Ad esempio, il livello sonoro complessivo prodotto da due sorgenti di uguale intensità non è pari al doppio delle stesse, ma è di soli 3 dB superiore ( $70 \text{ dB} + 70 \text{ dB} = 73 \text{ dB}$ ); quando, invece, una delle due sorgenti supera l'altra di oltre 10 dB, il livello sonoro complessivo tenderà verso il valore maggiore dei due<sup>174</sup> ( $80 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 80 \text{ dB}$ )<sup>175</sup>. L'orecchio umano non è uniformemente sensibile a tutte le frequenze, ma è minore rispetto alle basse frequenze e maggiore rispetto alle frequenze comprese fra 2 e 5 kHz; pertanto, il livello sonoro percepito non corrisponde al livello sonoro assoluto, ma si parla di **intensità soggettiva** e di **livello sonoro fisiologico**. In relazione a questa considerazione sono state introdotte delle scale di livelli di intensità soggettiva equivalente, determinate in via sperimentale e misurate in *phon*, che individuano delle curve di "isosensazione", ovvero consentono di quantificare la sensazione avvertita dall'orecchio rispetto a rumori diversi.

In un campo aperto il suono si propaga con intensità inversamente proporzionale al quadrato della distanza. Diversamente, in un ambiente chiuso costituito da "barriere", l'energia sonora incidente viene in parte **riflessa**, in parte **assorbita** e in parte **trasmessa**, in funzione del tipo di materiali che costituiscono i limiti fisici dell'ambiente stesso; la riflessione del suono dipende dalle caratteristiche di **assorbimento acustico** (indicata convenzionalmente con  $\alpha$ , rappresenta l'attitudine del materiale a non riflettere i suoni) delle superfici, mentre la trasmissione dipende dall'**isolamento acustico** (indicato convenzionalmente con  $R$ , rappresenta l'attitudine del materiale a non trasmettere i suoni).

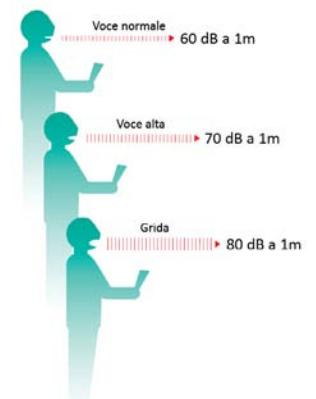


Fig. 294 Livello di pressione sonora di una persona (Fonte: rielaborazione grafica e traduzione su dati del Department for Education and Skills, UK).

<sup>173</sup> La scala logaritmica del decibel utilizza come riferimento la soglia minima di pressione sonora udibile dall'orecchio umano, quindi  $20 \mu\text{Pa} = 0 \text{ dB}$ .

<sup>174</sup> Per precisione, il livello complessivo è pari al livello maggiore aumentato di 0,4 dB, tendente asintoticamente verso lo zero all'aumentare della differenza di livello sonoro tra le sorgenti.

<sup>175</sup> Eraclit (a cura di), *Isolamenti acustici – Acustica 1*, pag. 9, cfr. bibliografia.

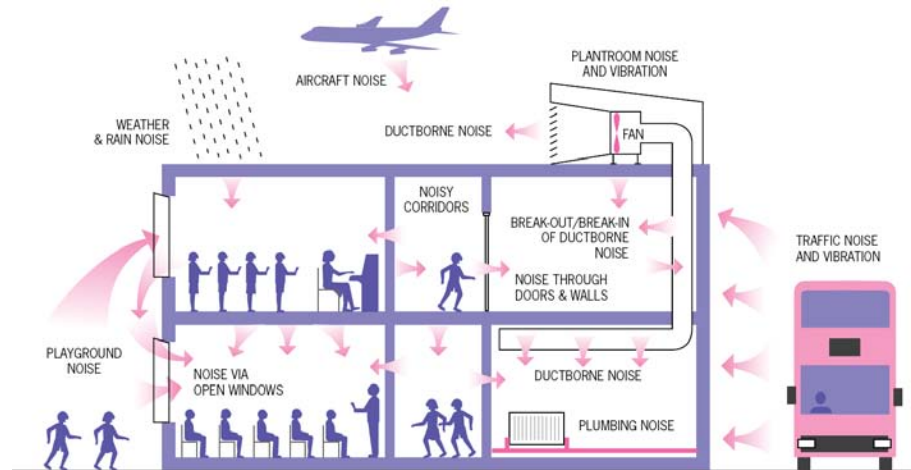


Fig. 296 Fonti di rumore caratteristiche di un edificio scolastico (Fonte: Department for Education and Skills, UK).

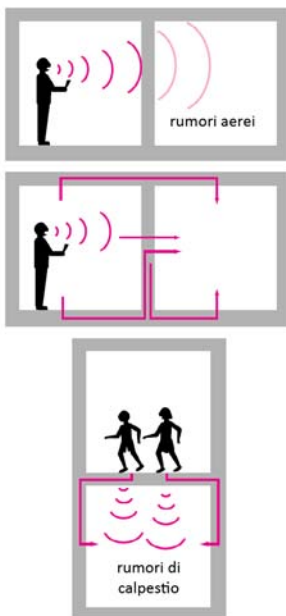


Fig. 297 Trasmissione del rumore aereo e di calpestio attraverso ambienti adiacenti (Fonte: rielaborazione grafica e traduzione su dati del Department for Education and Skills, UK).

Un edificio scolastico è soggetto a un insieme di rumori provenienti sia dall'esterno che dall'interno, dovuti allo svolgimento delle attività umane oppure a sorgenti differenti, tra cui si possono elencare:

- **traffico veicolare e vibrazioni** dovute alla presenza di strade più o meno trafficate nelle vicinanze;
- **traffico aereo**, qualora la scuola fosse localizzata nelle vicinanze di un aeroporto;
- presenza di **aree di gioco** all'aperto di pertinenza dell'edificio scolastico oppure di competenza diversa;
- **fenomeni atmosferici** (pioggia, grandine, ecc.);
- presenza di **terminali impiantistici e macchinari** (ad esempio, ventilatori di presa/espulsione d'aria, compressori dei climatizzatori, ecc.);
- presenza di **condotti interni di ventilazione** non correttamente isolati;
- presenza di **reti di distribuzione del calore** obsoleti;
- **attività didattiche speciali** (aule di musica, palestre, officine, ecc.);
- **attività non didattiche** svolte da personale diverso (pulizia delle aule, ecc.);
- presenza di **ampi spazi aperti** interni non compartimentati (atri, corridoi, vani scale, ecc.);

In generale, è possibile classificare i rumori in due categorie, in relazione al mezzo attraverso cui vi è la propagazione delle onde sonore:

- rumori che si propagano per **via aerea**;
- rumori che si propagano per **via strutturale** (detti anche rumori impattivi di calpestio);

Di fatto, essi dipendono sia dalle caratteristiche dimensionali e morfologiche dell'edificio e degli ambienti interni, sia dalle caratteristiche costruttive e dai materiali utilizzati ed è per questi motivi che è particolarmente difficile ottenere buoni risultati da interventi di isolamento o assorbimento acustico eseguiti successivamente alla costruzione dell'edificio.

I rumori che si propagano attraverso gli elementi strutturali dell'edificio, a causa della loro continuità, rappresentano una via preferenziale di propagazione del rumore, sia esso di natura impattiva o aerea, su cui è particolarmente difficile

intervenire, poiché sarebbe necessario disaccoppiare gli elementi interponendo materiali con caratteristiche adeguate.

All'interno di un edificio scolastico, rumori aerei e rumori di calpestio incidono in uguale misura sul comfort ambientale poiché le attività che si svolgono nel medesimo momento non sono della medesima natura e poiché le persone presenti contemporaneamente all'interno dello stesso ambiente aumentano la possibilità di azioni di disturbo reciproco. È da evidenziare che la maggior parte degli edifici scolastici esistenti costruiti nel periodo precedente all'emanazione del DM 18 dicembre 1975 non presentano particolari accorgimenti rispetto alla problematica di propagazione del rumore, ma è anche vero che essi presentano, in media, tecnologie caratterizzate da una maggiore massa degli elementi costruttivi che, in genere, reagiscono meglio alle onde sonore rispetto alle tecniche di prefabbricazione leggera (o che, in ogni caso, utilizzano elementi costruttivi "leggeri").

Il grafico seguente mostra la relazione esistente tra la massa di un elemento e la sua capacità di ridurre la pressione sonora.

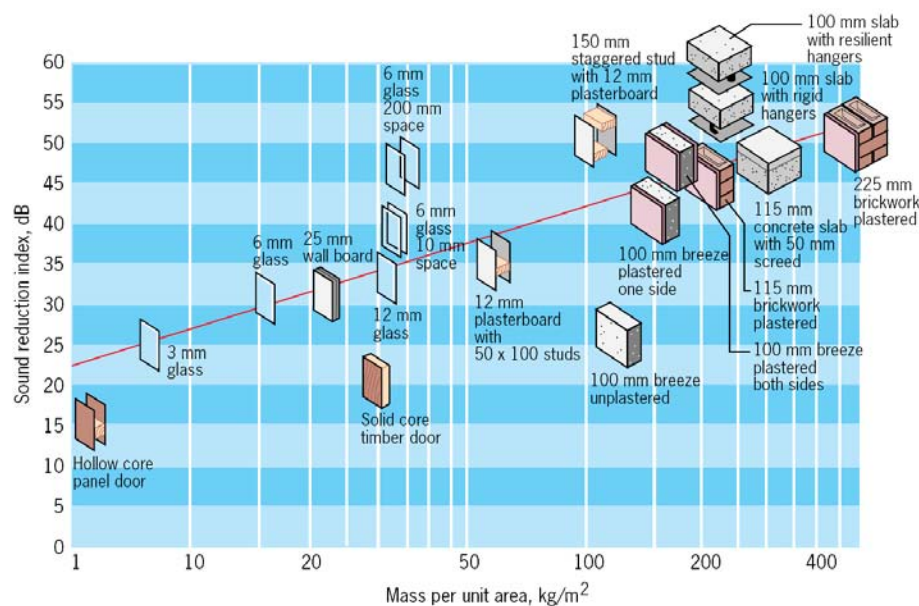


Fig. 299 Indici di riduzione della pressione sonora tipici dei materiali da costruzione (Fonte: Department for Education and Skills, UK).

La caratteristica di alcuni materiali di riflettere le onde sonore può causare notevoli disagi in un ambiente scolastico in cui si svolgono le normali attività didattiche: un alunno posto ad una certa distanza rispetto alla sorgente sonora (insegnante) percepisce sia il segnale diretto, sia il segnale riflesso (dagli elementi costitutivi lo spazio fisico) che giunge "fuori fase", ovvero con un certo ritardo rispetto al segnale diretto, poiché deve percorrere una distanza maggiore. Questo fenomeno, definito **riverberazione**, rende difficile l'ascolto generando situazioni fastidiose per chi deve prestare attenzione alla sorgente, poiché il segnale sonoro viene percepito nell'ambiente per un determinato tempo (coda sonora) sommandosi ai segnali emessi successivamente dalla sorgente, con conseguenze in termini di intelligibilità del segnale e rumorosità media dell'ambiente.

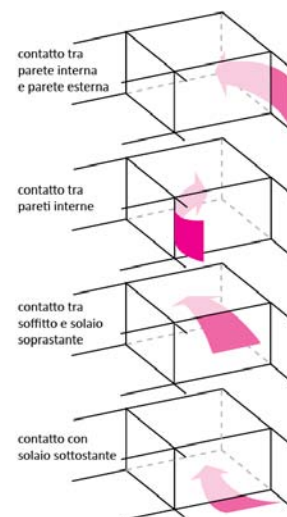


Fig. 298 Principali nodi di propagazione del rumore (Fonte: rielaborazione grafica e traduzione su dati del Department for Education and Skills, UK).

### **5.3. Individuazione del quadro normativo ed elaborazione di un successivo quadro esigenziale-prestazionale per la verifica dello stato di fatto negli edifici esistenti e per l'inquadramento degli interventi di riqualificazione**

#### **5.3.1. Norme tecniche e provvedimenti legislativi vigenti**

Il panorama nazionale in materia di regolamentazione dell'edilizia scolastica è attualmente fermo al DM 18 dicembre 1975 – *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica*. Di fatto, a seguito di tale norma, non sono stati emanati in Italia ulteriori provvedimenti normativi cogenti e per la progettazione, o il recupero, di un edificio scolastico ci si può avvalere di alcune norme UNI che affrontano, sebbene in modo frammentario, le problematiche specifiche (illuminamento, qualità dell'aria, etc.).

In realtà, per avere uno scenario completo dei livelli esigenziali-prestazionali indispensabili per il controllo del progetto, è necessario consultare numerose norme tecniche, poiché l'aspetto che concerne la qualità ambientale *indoor* viene riportato in modo separato in relazione ai parametri coinvolti.

Se la qualità dell'ambiente interno è un parametro che viene affrontato tutt'oggi in modo disarticolato, le problematiche riguardanti l'efficienza energetica degli edifici hanno trovato esplicitazione attraverso le normative specifiche sul risparmio energetico: a partire dall'EPDB – *Energy Performance of Buildings Directive*<sup>176</sup>, fino ad arrivare all'ultimo recepimento nazionale in materia attraverso il DLgs 311/2006<sup>177</sup>, l'Italia ha definito in modo univoco le caratteristiche energetiche richieste ad un edificio. Purtroppo, anche in questo caso, non si parla mai esplicitamente di edifici scolastici in quanto categoria particolare, ma, in ogni caso, sono stati definiti degli indirizzi specifici in materia.

Le normative sul contenimento dei consumi energetici si evolvono in continuazione, sintomo di una volontà di sensibilizzare gradualmente l'opinione pubblica e il mercato e, per questo, in esse sono riportati successivi livelli prestazionali richiesti.

Al fine di chiarire il complesso panorama concernente le problematiche di risparmio energetico e di qualità ambientale, si riporta, di seguito, un quadro sinottico delle principali indicazioni normative (specifiche di prestazione) finalizzate alla determinazione dei parametri che concorrono alla definizione dei livelli prestazionali minimi o consigliati. La netta suddivisione degli ambiti in cui è suddiviso il quadro sinottico è funzionale ad una chiara esposizione delle indicazioni normative poiché, come precedentemente affermato, comportamento energetico e qualità ambientale sono fortemente connessi tra loro.

---

<sup>176</sup> Di cui si è ampiamente parlato al paragrafo 2.2.3 relativamente agli ambiti di coinvolgimento dell'edilizia scolastica.

<sup>177</sup> Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia. Di tale Decreto si è ampiamente parlato al paragrafo 2.2.3 relativamente agli ambiti di coinvolgimento dell'edilizia scolastica.

## Efficienza energetica

Valore o intervallo del parametro		Fonte																														
<b>Premessa</b>																																
<p>“Gli Stati membri adottano le misure necessarie per garantire che siano istituiti requisiti minimi di rendimento energetico per gli edifici, calcolati in base alla metodologia di cui all'articolo 3. Nel fissare tali requisiti, gli Stati membri possono distinguere tra gli edifici già esistenti e quelli di nuova costruzione, nonché diverse categorie di edifici. <b>Tali requisiti devono tener conto delle condizioni generali del clima degli ambienti interni allo scopo di evitare eventuali effetti negativi quali una ventilazione inadeguata, nonché delle condizioni locali, dell'uso cui l'edificio è destinato e della sua età</b>”.</p>		<p><b>Direttiva Europea 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia (EPDB)</b></p> <p><b>art. 4 - Fissazione di requisiti di rendimento energetico</b></p>																														
<b>EP<sub>Lim</sub></b>																																
S/V	<b>Zona Climatica</b>																															
	A <600 GG	B 601 GG   900 GG		C 901 GG   1400 GG		D 1401 GG   2100 GG		E 2101 GG   3000 GG		F >3000 GG																						
<0.2	2	2	3.6	3.6	6	6	9.6	9.6	12.7	12.7																						
>0.9	8.2	8.2	12.8	12.8	17.3	17.3	22.5	22.5	31	31																						
<p><b>EP<sub>Lim</sub></b> in vigore dal <b>1° gennaio 2010</b> per edifici non residenziali (kWh/m<sup>2</sup>anno)</p>		<p><b>DLgs 311/2006 - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Tabella 2.3 dell'Allegato C</b></p>																														
<b>Trasmittanza termica degli elementi tecnici</b>																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona climatica</th> <th>Dal 1/1/2008</th> <th>Dal 1/1/2010</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td style="text-align: center;">0.72</td> <td style="text-align: center;">0.62</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td style="text-align: center;">0.54</td> <td style="text-align: center;">0.48</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td style="text-align: center;">0.46</td> <td style="text-align: center;">0.40</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td style="text-align: center;">0.40</td> <td style="text-align: center;">0.36</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td style="text-align: center;">0.37</td> <td style="text-align: center;">0.34</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">0.33</td> </tr> </tbody> </table>			Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010	A	0.72	0.62	B	0.54	0.48	C	0.46	0.40	D	0.40	0.36	E	0.37	0.34	F	0.35	0.33	<p><b>DLgs 311/2006 - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Tabella 2 dell'Allegato C - U strutture opache verticali [W/m<sup>2</sup>K]</b></p>								
Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010																														
A	0.72	0.62																														
B	0.54	0.48																														
C	0.46	0.40																														
D	0.40	0.36																														
E	0.37	0.34																														
F	0.35	0.33																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona climatica</th> <th>Dal 1/1/2008</th> <th>Dal 1/1/2010</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td style="text-align: center;">0.42</td> <td style="text-align: center;">0.38</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td style="text-align: center;">0.42</td> <td style="text-align: center;">0.38</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td style="text-align: center;">0.42</td> <td style="text-align: center;">0.38</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">0.32</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td style="text-align: center;">0.32</td> <td style="text-align: center;">0.30</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td style="text-align: center;">0.31</td> <td style="text-align: center;">0.29</td> </tr> </tbody> </table>			Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010	A	0.42	0.38	B	0.42	0.38	C	0.42	0.38	D	0.35	0.32	E	0.32	0.30	F	0.31	0.29	<p><b>DLgs 311/2006 - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</b></p>								
Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010																														
A	0.42	0.38																														
B	0.42	0.38																														
C	0.42	0.38																														
D	0.35	0.32																														
E	0.32	0.30																														
F	0.31	0.29																														



Valore o intervallo del parametro			Fonte																					
			<b>Tabella 3.1 dell'Allegato C - U coperture [W/m<sup>2</sup>K]</b>																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona climatica</th> <th>Dal 1/1/2008</th> <th>Dal 1/1/2010</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>0.74</td> <td>0.65</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>0.55</td> <td>0.49</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>0.49</td> <td>0.42</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>0.41</td> <td>0.36</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>0.38</td> <td>0.34</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>0.36</td> <td>0.33</td> </tr> </tbody> </table>			Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010	A	0.74	0.65	B	0.55	0.49	C	0.49	0.42	D	0.41	0.36	E	0.38	0.34	F	0.36	0.33	<b>DLgs 311/2006 - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</b>
Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010																						
A	0.74	0.65																						
B	0.55	0.49																						
C	0.49	0.42																						
D	0.41	0.36																						
E	0.38	0.34																						
F	0.36	0.33																						
			<b>Tabella 3.2 dell'Allegato C - U pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno [W/m<sup>2</sup>K]</b>																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona climatica</th> <th>Dal 1/1/2008</th> <th>Dal 1/1/2010</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>5.0</td> <td>4.6</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>3.6</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>3.0</td> <td>2.6</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>2.8</td> <td>2.4</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>2.4</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>2.2</td> <td>2.0</td> </tr> </tbody> </table>			Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010	A	5.0	4.6	B	3.6	3.0	C	3.0	2.6	D	2.8	2.4	E	2.4	2.2	F	2.2	2.0	<b>DLgs 311/2006 - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</b>
Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010																						
A	5.0	4.6																						
B	3.6	3.0																						
C	3.0	2.6																						
D	2.8	2.4																						
E	2.4	2.2																						
F	2.2	2.0																						
			<b>Tabella 4a dell'Allegato C - U chiusure trasparenti comprensive di infissi [W/m<sup>2</sup>K]</b>																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona climatica</th> <th>Dal 1/1/2008</th> <th>Dal 1/1/2010</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>4.5</td> <td>3.7</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>3.4</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>2.3</td> <td>2.1</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>2.1</td> <td>1.9</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>1.9</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>1.7</td> <td>1.3</td> </tr> </tbody> </table>			Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010	A	4.5	3.7	B	3.4	2.7	C	2.3	2.1	D	2.1	1.9	E	1.9	1.7	F	1.7	1.3	<b>DLgs 311/2006 - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</b>
Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010																						
A	4.5	3.7																						
B	3.4	2.7																						
C	2.3	2.1																						
D	2.1	1.9																						
E	1.9	1.7																						
F	1.7	1.3																						
			<b>Tabella 4b dell'Allegato C - U centrale termica dei vetri [W/m<sup>2</sup>K]</b>																					
<p style="text-align: center;"><b>U = 0,8 W/(m<sup>2</sup>K)</b></p> <p><i>"[...] nel caso di pareti divisorie verticali e orizzontali. Il medesimo limite deve essere rispettato per tutte le strutture opache, verticali, orizzontali e inclinate, che delimitano verso l'ambiente esterno gli ambienti non dotati di impianto di riscaldamento".</i></p>			<b>DLgs 311/2006 - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</b>																					
			<b>Allegato I – art. 7 - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</b>																					
Indicazioni generali																								
<p style="text-align: center;"><b><math>\eta_g = (75 + 3 \log P_n) \%</math></b></p> <p>dove log P<sub>n</sub> è il logaritmo in base 10 della potenza utile nominale del generatore o dei generatori di calore al servizio del singolo impianto termico, espressa in kW. Per valori di P<sub>n</sub> superiori a 1000 kW la formula precedente</p>			<b>DLgs 311/2006 - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</b>																					

Valore o intervallo del parametro	Fonte
non si applica, e la soglia minima per il rendimento globale medio stagionale è pari a 84%.	<b>Allegato C - art. 5</b> - Rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico
<p align="center"><b>Verifica del rischio di condensazione superficiale e interstiziale</b></p> <p><i>“Per tutte le categorie di edifici, [...], si procede alla verifica dell'assenza di condensazioni superficiali e che le condensazioni interstiziali delle pareti opache siano limitate alla quantità rievaporabile, conformemente alla normativa tecnica vigente. Qualora non esista un sistema di controllo della umidità relativa interna, per i calcoli necessari, questa verrà assunta pari al 65% alla temperatura interna di 20° C”.</i></p>	<p><b>DLgs 311/2006</b> - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</p> <p><b>Allegato I - art. 8</b> - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</p>
<p align="center"><b>Ms &gt; 230 kg/m<sup>2</sup></b></p> <p>Valore della massa superficiale, in tutte le zone climatiche ad esclusione della F, per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, <math>I_{m,s}</math>, sia maggiore o uguale a 290 W/m<sup>2</sup>.</p>	<p><b>DLgs 311/2006</b> - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</p> <p><b>Allegato I - art. 9</b> - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</p>
<p><b>Impiego di sistemi di ventilazione meccanica controllata.</b></p> <p><i>“[...] il progettista, al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, nei caso di edifici di nuova costruzione e nel caso di ristrutturazioni di edifici esistenti di cui all'articolo 3, comma 2, lettere a), b) e c), punto I, quest'ultimo limitatamente alle ristrutturazioni totali: [...] utilizza al meglio le condizioni ambientali esterne e le caratteristiche distributive degli spazi per favorire la ventilazione naturale dell'edificio; nel caso che il ricorso a tale ventilazione non sia efficace, può prevedere l'impiego di sistemi di ventilazione meccanica nel rispetto del comma 13, articolo 5, decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412”.</i></p>	<p><b>DLgs 311/2006</b> - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</p> <p><b>Allegato I - art. 9</b> - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</p>
<p><b>Obbligo di presenza di sistemi schermanti esterni.</b></p> <p>Per immobili di superficie utile superiore a 1000 mq.</p>	<p><b>DLgs 311/2006</b> - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</p> <p><b>Allegato I - art. 10</b> - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</p>

Valore o intervallo del parametro	Fonte
<p><b>Obbligo di installazione di dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente.</b></p> <p>Nei singoli locali o nelle singole zone aventi caratteristiche di uso ed esposizioni uniformi al fine di non determinare sovra riscaldamento per effetto degli apporti solari e degli apporti gratuiti interni.</p>	<p><b>DLgs 311/2006 - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</b></p> <p><b>Allegato I - art. 11 - Regime transitorio</b> per la prestazione energetica degli edifici</p>
<p><b>Obbligo di utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica.</b></p> <p><i>"[...]nel caso di edifici di nuova costruzione o in occasione di nuova installazione di impianti termici o di ristrutturazione degli impianti termici esistenti, l'impianto di produzione di energia termica deve essere progettato e realizzato in modo da coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria con l'utilizzo delle predette fonti di energia. Tale limite è ridotto al 20% per gli edifici situati nei centri storici".</i></p>	<p><b>DLgs 311/2006 - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</b></p> <p><b>Allegato I - art. 12 - Regime transitorio</b> per la prestazione energetica degli edifici</p>
<p><b>Obbligo di utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica.</b></p> <p><i>"[...] Nel caso di edifici di nuova costruzione, pubblici e privati, o di ristrutturazione degli stessi conformemente all'articolo 3, comma 2, lettera a), è obbligatoria l'installazione di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica".</i></p>	<p><b>DLgs 311/2006 - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</b></p> <p><b>Allegato I - art. 13 - Regime transitorio</b> per la prestazione energetica degli edifici</p>
<p><b>Obbligo di predisposizione delle opere, riguardanti l'involucro dell'edificio e gli impianti, necessarie a favorire il collegamento a reti di teleriscaldamento.</b></p> <p>Nel caso di presenza di tratte di rete ad una distanza inferiore a metri 1.000 o in presenza di progetti approvati nell'ambito di opportuni strumenti pianificatori.</p>	<p><b>DLgs 311/2006 - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia</b></p> <p><b>Allegato I - art. 14 - Regime transitorio</b> per la prestazione energetica degli edifici</p>

## Qualità dell'ambiente interno

Valore o intervallo del parametro		Fonte																													
<b>Aria</b>																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ambiente</th> <th>Portata d'aria esterna (coefficiente di ricambio) [vol/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>▪ Scuole materne ed elementari</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>▪ Scuole medie</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>▪ Scuole secondarie di II grado</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><b>Altri ambienti di passaggio, uffici</b></td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td><b>Servizi igienici, palestre, refettori</b></td> <td>2,5</td> </tr> </tbody> </table>	Ambiente	Portata d'aria esterna (coefficiente di ricambio) [vol/h]	<b>Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo</b>		▪ Scuole materne ed elementari	2,5	▪ Scuole medie	3,5	▪ Scuole secondarie di II grado	5	<b>Altri ambienti di passaggio, uffici</b>	1,5	<b>Servizi igienici, palestre, refettori</b>	2,5	<p><b>DM 18 dicembre 1975 – Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica</b></p> <p><b>art. 5.3.12 – Condizioni termigrometriche e purezza dell'aria – Purezza dell'aria (estratto)</b></p>																
Ambiente	Portata d'aria esterna (coefficiente di ricambio) [vol/h]																														
<b>Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo</b>																															
▪ Scuole materne ed elementari	2,5																														
▪ Scuole medie	3,5																														
▪ Scuole secondarie di II grado	5																														
<b>Altri ambienti di passaggio, uffici</b>	1,5																														
<b>Servizi igienici, palestre, refettori</b>	2,5																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di ambiente</th> <th colspan="2">Portata di aria esterna o di estrazione</th> </tr> <tr> <th><math>Q_{op}^{178}</math> [10<sup>-3</sup>m<sup>3</sup>/s per persona]</th> <th><math>Q_{os}^{179}</math> [10<sup>-3</sup>m<sup>3</sup>/s m<sup>2</sup>]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Asili nido e scuole materne</td> <td>4</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Aule scuole elementari</td> <td>5</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Aule scuole medie inferiori</td> <td>6</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Aule scuole medie superiori</td> <td>7</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Biblioteche e sale lettura</td> <td>6</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Aule musica e lingue</td> <td>7</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Laboratori</td> <td>7</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Sale insegnanti</td> <td>6</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo di ambiente	Portata di aria esterna o di estrazione		$Q_{op}^{178}$ [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s per persona]	$Q_{os}^{179}$ [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s m <sup>2</sup> ]	Asili nido e scuole materne	4	-	Aule scuole elementari	5	-	Aule scuole medie inferiori	6	-	Aule scuole medie superiori	7	-	Biblioteche e sale lettura	6	-	Aule musica e lingue	7	-	Laboratori	7	-	Sale insegnanti	6	-	<p><b>UNI 10339:1995 - Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.</b></p> <p><b>Prospetto III – Portate di aria esterna in edifici adibiti ad uso civile (estratto)</b></p> <p>N.B.: questa norma è in fase di aggiornamento in relazione alle indicazioni fornite nella UNI EN 13779:2008 - <i>Ventilazione degli edifici non residenziali. Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione.</i></p>	
Tipo di ambiente		Portata di aria esterna o di estrazione																													
	$Q_{op}^{178}$ [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s per persona]	$Q_{os}^{179}$ [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s m <sup>2</sup> ]																													
Asili nido e scuole materne	4	-																													
Aule scuole elementari	5	-																													
Aule scuole medie inferiori	6	-																													
Aule scuole medie superiori	7	-																													
Biblioteche e sale lettura	6	-																													
Aule musica e lingue	7	-																													
Laboratori	7	-																													
Sale insegnanti	6	-																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di ambiente</th> <th colspan="2">Velocità dell'aria v [m/s]</th> </tr> <tr> <th>riscaldamento</th> <th>raffrescamento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Scuole materne ed elementari</td> <td>≤ 0,10</td> <td>≤ 0,10</td> </tr> <tr> <td>Aule di scuole medie e istituti superiori</td> <td>Da 0,05 a 0,15</td> <td>Da 0,05 a 0,20</td> </tr> <tr> <td>Altri locali</td> <td>Da 0,05 a 0,15</td> <td>Da 0,05 a 0,20</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo di ambiente	Velocità dell'aria v [m/s]		riscaldamento	raffrescamento	Scuole materne ed elementari	≤ 0,10	≤ 0,10	Aule di scuole medie e istituti superiori	Da 0,05 a 0,15	Da 0,05 a 0,20	Altri locali	Da 0,05 a 0,15	Da 0,05 a 0,20	<p><b>UNI 10339:1995 - Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.</b></p> <p><b>Appendice C – Velocità dell'aria nel volume convenzionale occupato (estratto)</b></p> <p>N.B.: questa norma è in fase di aggiornamento in relazione alle indicazioni fornite nella UNI EN 13779:2008 - <i>Ventilazione degli edifici non residenziali. Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione.</i></p>																
Tipo di ambiente		Velocità dell'aria v [m/s]																													
	riscaldamento	raffrescamento																													
Scuole materne ed elementari	≤ 0,10	≤ 0,10																													
Aule di scuole medie e istituti superiori	Da 0,05 a 0,15	Da 0,05 a 0,20																													
Altri locali	Da 0,05 a 0,15	Da 0,05 a 0,20																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoria</th> <th>PPD – Percentuale prevista di insoddisfatti</th> <th>Ricambi d'aria per persona [l/s/pers]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>15</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>20</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>30</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Categoria	PPD – Percentuale prevista di insoddisfatti	Ricambi d'aria per persona [l/s/pers]	I	15	10	II	20	7	III	30	-	<p><b>UNI EN 15251:2008 – Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente</b></p>																		
Categoria	PPD – Percentuale prevista di insoddisfatti	Ricambi d'aria per persona [l/s/pers]																													
I	15	10																													
II	20	7																													
III	30	-																													

<sup>178</sup> Portata specifica di aria esterna per persona.<sup>179</sup> Portata specifica di aria esterna per unità di superficie.

Valore o intervallo del parametro				Fonte											
				<p><i>termico, all'illuminazione e all'acustica</i></p> <p><b>Tabella B.1 – Basic required ventilation rates for diluting emissions (bio effluents) from people (estratto)</b></p>											
Tipo di spazio	Categoria	Superficie m <sup>2</sup> /pers	$q_p$	$q_B$	$q_{tot}$	$q_B$	$q_{tot}$	$q_B$	$q_{tot}$						
			l/s, m <sup>2</sup> per occupazione	l/s, m <sup>2</sup> per edifici a inquinamento molto basso	l/s, m <sup>2</sup> per edifici a basso inquinamento	l/s, m <sup>2</sup> per edifici non a basso inquinamento									
Aule	I	2,0	5,0	0,5	5,5	1,0	6,0	2,0	7,0						
	II	2,0	3,5	3,0	3,8	0,7	4,2	1,4	4,9						
	III	2,0	2,0	0,2	2,2	0,4	2,4	0,8	2,8						
Scuola	I	2,0	6,0	0,5	6,5	1,0	7,0	2,0	8,0						
	II	2,0	4,2	0,3	4,5	0,7	4,9	1,4	5,8						
	III	2,0	2,4	0,2	2,6	0,4	2,8	0,8	3,2						
<p>La portata totale di ventilazione per un ambiente è calcolata mediante la seguente formula:</p> $q_{tot} = n \cdot q_p + A \cdot q_B$ <p>Dove:  <math>q_{tot}</math> = portata totale di ventilazione della stanza, l/s  <math>n</math> = valore di progetto relativo al numero di occupanti  <math>q_p</math> = portata di ventilazione per occupazione per persona, l/s, pers  <math>A</math> = superficie dell'ambiente, m<sup>2</sup>  <math>q_B</math> = portata di ventilazione per emissioni provenienti dall'edificio, l/s/m<sup>2</sup></p> <p>N.B.: Descrizione dell'applicabilità delle categorie:  <b>I</b> = Elevato livello di aspettative ed è consigliato per gli spazi occupati da persone molto sensibili e fragili e con esigenze particolari, come handicappati, malati, bambini molto piccoli e persone anziane;  <b>II</b> = Normale livello di aspettativa e dovrebbe essere usato per gli edifici di nuova costruzione e ristrutturazione;  <b>III</b> = Un accettabile, moderato livello di aspettativa e può essere utilizzato per gli edifici esistenti.</p>				<p><b>UNI EN 15251:2008 – Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica</b></p> <p><b>Tabella B.2 – Examples of recommended ventilation rates for non-residential buildings with default occupant density for three categories of pollution from building itself (estratto).</b></p>											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoria</th> <th>Concentrazione di CO<sub>2</sub> rispetto all'esterno in relazione alla percentuale prevista di insoddisfatti</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>350 ppm</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>500 ppm</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>800 ppm</td> </tr> </tbody> </table>				Categoria	Concentrazione di CO <sub>2</sub> rispetto all'esterno in relazione alla percentuale prevista di insoddisfatti	I	350 ppm	II	500 ppm	III	800 ppm	<p><b>UNI EN 15251:2008 – Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica</b></p> <p><b>Tabella B.4 – Examples of recommended CO<sub>2</sub> concentrations above outdoor concentration for energy calculations and demand control.</b></p>			
Categoria	Concentrazione di CO <sub>2</sub> rispetto all'esterno in relazione alla percentuale prevista di insoddisfatti														
I	350 ppm														
II	500 ppm														
III	800 ppm														
<p>N.B.: nelle zone in cui si verificano condizioni particolarmente gravi di inquinamento atmosferico dovrà porsi particolare cura per quanto riguarda la presa d'aria esterna (<b>DM 18 dicembre 1975, art. 5.3.13 - Condizioni termo igrometriche e purezza dell'aria – Trattamento dell'aria esterna</b>).</p> <p>N.B.: la chiusura esterna considerata nel suo insieme (comprendente, cioè, tutti gli elementi che la compongono quali infissi, giunti, ecc.) deve assicurare nel locale, delimitato da chiusure considerate stagne e dalla chiusura in esame, una tenuta tale che sia possibile realizzare nell'ambiente anzidetto una pressione statica di 10 mm di colonna d'acqua con un ventilatore di portata non superiore a 10 m<sup>3</sup>/h per ciascun m<sup>2</sup> di superficie frontale della chiusura considerata (<b>DM 18 dicembre 1975, art. 5.3.14 - Condizioni termo igrometriche e purezza dell'aria – Prescrizioni relative alla tenuta d'aria</b>).</p>															

Valore o intervallo del parametro		Fonte																											
<b>Temperatura</b>																													
<b>Temperatura dell'aria: 20°C ± 2°C</b>		<p><b>DM 18 dicembre 1975</b> – Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica</p> <p><b>art. 5.3.11</b> – Condizioni termigrometriche e purezza dell'aria - Temperatura ed umidità relativa dell'aria degli ambienti</p>																											
<b>Temperatura radiante delle superfici interne: &gt; 14°C</b> (in corrispondenza della temperatura esterna di progetto e nelle condizioni invernali)		<p><b>DM 18 dicembre 1975</b> – Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica</p> <p><b>art. 5.3.16</b> – Condizioni termigrometriche e purezza dell'aria – Prescrizioni termigrometriche</p>																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Attività [W/m<sup>2</sup>]</th> <th rowspan="2">Categoria</th> <th colspan="2">Temp. Operativa [°C]</th> <th colspan="2">Velocità max aria [m/s]</th> </tr> <tr> <th>Estate</th> <th>Inverno</th> <th>Estate</th> <th>Inverno</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">70</td> <td>A</td> <td>24,5±1,0</td> <td>22±1,0</td> <td>0,12</td> <td>0,10</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>24,5±1,5</td> <td>22±2,0</td> <td>0,19</td> <td>0,16</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>24,5±2,5</td> <td>22±3,0</td> <td>0,24</td> <td>0,21</td> </tr> </tbody> </table> <p>Valori relativi ad un'aula per la didattica.</p>		Attività [W/m <sup>2</sup> ]	Categoria	Temp. Operativa [°C]		Velocità max aria [m/s]		Estate	Inverno	Estate	Inverno	70	A	24,5±1,0	22±1,0	0,12	0,10	B	24,5±1,5	22±2,0	0,19	0,16	C	24,5±2,5	22±3,0	0,24	0,21	<p><b>UNI EN ISO 7730:2006</b> - Ergonomia degli ambienti termici. Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale</p> <p><b>Tabella A.5</b> - Example design criteria for spaces in various types of building (estratto)</p>	
Attività [W/m <sup>2</sup> ]	Categoria			Temp. Operativa [°C]		Velocità max aria [m/s]																							
		Estate	Inverno	Estate	Inverno																								
70	A	24,5±1,0	22±1,0	0,12	0,10																								
	B	24,5±1,5	22±2,0	0,19	0,16																								
	C	24,5±2,5	22±3,0	0,24	0,21																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di scuola</th> <th rowspan="2">Categoria</th> <th colspan="2">Temperatura operativa [°C]</th> </tr> <tr> <th>Minima per riscaldamento (periodo invernale), 1,0 clo</th> <th>Massima per raffreddamento (periodo estivo), 0,5 clo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Aule (attività sedentaria, ~ 1,2 met)</td> <td>I</td> <td>21,0</td> <td>25,0</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td><b>20,0</b></td> <td><b>26,0</b></td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>19,0</td> <td>27,0</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Scuola (in piedi, attività leggera, ~ 1,4 met)</td> <td>I</td> <td>19,0</td> <td>24,5</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>17,5</td> <td>25,5</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>16,5</td> <td>26,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>N.B.: Descrizione dell'applicabilità delle categorie:  <b>I</b> = Elevato livello di aspettative ed è consigliato per gli spazi occupati da persone molto sensibili e fragili e con esigenze particolari, come handicappati, malati, bambini molto piccoli e persone anziane;  <b>II</b> = Normale livello di aspettativa e dovrebbe essere usato per gli edifici</p>		Tipo di scuola	Categoria	Temperatura operativa [°C]		Minima per riscaldamento (periodo invernale), 1,0 clo	Massima per raffreddamento (periodo estivo), 0,5 clo	Aule (attività sedentaria, ~ 1,2 met)	I	21,0	25,0	II	<b>20,0</b>	<b>26,0</b>	III	19,0	27,0	Scuola (in piedi, attività leggera, ~ 1,4 met)	I	19,0	24,5	II	17,5	25,5	III	16,5	26,0	<p><b>UNI EN 15251:2008</b> – Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica</p> <p><b>Tabella A.2</b> – Examples of recommended design values of the indoor temperature for design of buildings and HVAC systems (estratto)</p>	
Tipo di scuola	Categoria			Temperatura operativa [°C]																									
		Minima per riscaldamento (periodo invernale), 1,0 clo	Massima per raffreddamento (periodo estivo), 0,5 clo																										
Aule (attività sedentaria, ~ 1,2 met)	I	21,0	25,0																										
	II	<b>20,0</b>	<b>26,0</b>																										
	III	19,0	27,0																										
Scuola (in piedi, attività leggera, ~ 1,4 met)	I	19,0	24,5																										
	II	17,5	25,5																										
	III	16,5	26,0																										

Valore o intervallo del parametro	Fonte
<p>di nuova costruzione e ristrutturazione;  <b>III</b> = Un accettabile, moderato livello di aspettativa e può essere utilizzato per gli edifici esistenti.</p>	
<p><math>\Theta_{rm}</math> = Outdoor Running mean temperature [°C]  <math>\Theta_o</math> = Operative Temperature [°C]</p>	<p><b>UNI EN 15251:2008</b> – Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica</p> <p><b>Tabella A.2</b> – Acceptable indoor temperature for design of buildings without mechanical cooling systems</p>

Umidità																	
<p><b>Umidità relativa dell'aria ambientale: 45 – 55%</b></p>																	
<p><b>DM 18 dicembre 1975</b> – Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica</p> <p><b>art. 5.3.11</b> – Condizioni termigrometriche e purezza dell'aria - Temperatura ed umidità relativa dell'aria degli ambienti</p>																	
<p><b>UNI EN 15251:2008</b> – Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica</p> <p><b>Tabella B.3</b> – Recommended criteria for dimensioning of humidification and dehumidification (estratto)</p>																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoria</th> <th>Umidità rel. per deumidificazione (%)</th> <th>Umidità rel. per umidificazione (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>50</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>60</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>70</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>&gt; 70</td> <td>&lt; 20</td> </tr> </tbody> </table>	Categoria	Umidità rel. per deumidificazione (%)	Umidità rel. per umidificazione (%)	I	50	30	II	60	25	III	70	20	IV	> 70	< 20		
Categoria	Umidità rel. per deumidificazione (%)	Umidità rel. per umidificazione (%)															
I	50	30															
II	60	25															
III	70	20															
IV	> 70	< 20															

Illuminamento												
<p><b>DM 18 dicembre 1975</b> – Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia</p>												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Livello di illuminamento sul piano di lavoro</th> <th>lux</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Negli spazi per lezione, studio, lettura, laboratori e negli uffici</td> <td>200 lux</td> </tr> <tr> <td>Sulle lavagne e sui cartelloni</td> <td>300 lux</td> </tr> <tr> <td>Negli spazi per il disegno, il cucito, il ricamo, ecc.</td> <td>300 lux</td> </tr> <tr> <td>Negli spazi per riunioni, per ginnastica, ecc.</td> <td>100 lux</td> </tr> </tbody> </table>	Livello di illuminamento sul piano di lavoro	lux	Negli spazi per lezione, studio, lettura, laboratori e negli uffici	200 lux	Sulle lavagne e sui cartelloni	300 lux	Negli spazi per il disegno, il cucito, il ricamo, ecc.	300 lux	Negli spazi per riunioni, per ginnastica, ecc.	100 lux		
Livello di illuminamento sul piano di lavoro	lux											
Negli spazi per lezione, studio, lettura, laboratori e negli uffici	200 lux											
Sulle lavagne e sui cartelloni	300 lux											
Negli spazi per il disegno, il cucito, il ricamo, ecc.	300 lux											
Negli spazi per riunioni, per ginnastica, ecc.	100 lux											

Valore o intervallo del parametro		Fonte																																																												
<table border="1"> <tr> <td>misurati su un piano ideale posto a 0,60 m dal pavimento</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nei corridoi, scale, servizi igienici, atri, spogliatoi, ecc. misurati su un piano ideale posto a 1,00 m dal pavimento</td> <td>100 lux</td> </tr> </table>	misurati su un piano ideale posto a 0,60 m dal pavimento		Nei corridoi, scale, servizi igienici, atri, spogliatoi, ecc. misurati su un piano ideale posto a 1,00 m dal pavimento	100 lux		<p><i>scolastica</i></p> <p><b>art. 5.2.2 – Condizioni di illuminazione e del colore – Livello di illuminamento ed equilibrio di luminanze (estratto)</b></p>																																																								
misurati su un piano ideale posto a 0,60 m dal pavimento																																																														
Nei corridoi, scale, servizi igienici, atri, spogliatoi, ecc. misurati su un piano ideale posto a 1,00 m dal pavimento	100 lux																																																													
<table border="1"> <tr> <td>Fattore medio di luce diurna</td> <td><math>\eta_m</math></td> </tr> <tr> <td>Ambienti ad uso didattico (aule per lezione, studio, lettura, laboratori, disegno, ecc.)</td> <td>0,03</td> </tr> <tr> <td>Palestre, refettori</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>Uffici, spazi per la distribuzione, scale, servizi igienici</td> <td>0,01</td> </tr> </table>	Fattore medio di luce diurna	$\eta_m$	Ambienti ad uso didattico (aule per lezione, studio, lettura, laboratori, disegno, ecc.)	0,03	Palestre, refettori	0,02	Uffici, spazi per la distribuzione, scale, servizi igienici	0,01		<p><b>DM 18 dicembre 1975 – Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica</b></p> <p><b>art. 5.2.5 – Condizioni di illuminazione e del colore – Fattore medio di luce diurna (estratto)</b></p>																																																				
Fattore medio di luce diurna	$\eta_m$																																																													
Ambienti ad uso didattico (aule per lezione, studio, lettura, laboratori, disegno, ecc.)	0,03																																																													
Palestre, refettori	0,02																																																													
Uffici, spazi per la distribuzione, scale, servizi igienici	0,01																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ambiente</th> <th><math>E_m^{180}</math></th> <th>UGR<sup>181</sup></th> <th><math>R_a^{182}</math></th> <th>Note</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"><b>Asili nido, scuole materne</b></td> </tr> <tr> <td>Aule giochi</td> <td>300 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nido</td> <td>300 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aule per il lavoro manuale</td> <td>300 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"><b>Edifici scolastici</b></td> </tr> <tr> <td>Aule scolastiche</td> <td>300 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> <td>È raccomandata la regolazione e/o parzializzazione dell'impianto di illuminazione</td> </tr> <tr> <td>Aule in scuole serali per adulti</td> <td>500 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> <td>È raccomandata la regolazione e/o parzializzazione dell'impianto di illuminazione</td> </tr> <tr> <td>Sale lettura</td> <td>500 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> <td>È raccomandata la regolazione e/o parzializzazione dell'impianto di illuminazione</td> </tr> <tr> <td>Lavagna</td> <td>500 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> <td>Evitare le riflessioni speculari</td> </tr> <tr> <td>Tavolo per dimostrazioni</td> <td>500 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> <td>In sale lettura 750 lux</td> </tr> <tr> <td>Aule per educazione artistica in</td> <td>750 lux</td> <td>19</td> <td>90</td> <td><math>T_{cp} \geq 5.000 K</math></td> </tr> </tbody> </table>	Ambiente	$E_m^{180}$	UGR <sup>181</sup>	$R_a^{182}$	Note	<b>Asili nido, scuole materne</b>					Aule giochi	300 lux	19	80		Nido	300 lux	19	80		Aule per il lavoro manuale	300 lux	19	80		<b>Edifici scolastici</b>					Aule scolastiche	300 lux	19	80	È raccomandata la regolazione e/o parzializzazione dell'impianto di illuminazione	Aule in scuole serali per adulti	500 lux	19	80	È raccomandata la regolazione e/o parzializzazione dell'impianto di illuminazione	Sale lettura	500 lux	19	80	È raccomandata la regolazione e/o parzializzazione dell'impianto di illuminazione	Lavagna	500 lux	19	80	Evitare le riflessioni speculari	Tavolo per dimostrazioni	500 lux	19	80	In sale lettura 750 lux	Aule per educazione artistica in	750 lux	19	90	$T_{cp} \geq 5.000 K$		<p><b>UNI 10840:2007<sup>183</sup> - Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale</b></p> <p><b>Prospetto 1 - Requisiti di illuminazione per interni (zone), compiti o attività</b></p>
Ambiente	$E_m^{180}$	UGR <sup>181</sup>	$R_a^{182}$	Note																																																										
<b>Asili nido, scuole materne</b>																																																														
Aule giochi	300 lux	19	80																																																											
Nido	300 lux	19	80																																																											
Aule per il lavoro manuale	300 lux	19	80																																																											
<b>Edifici scolastici</b>																																																														
Aule scolastiche	300 lux	19	80	È raccomandata la regolazione e/o parzializzazione dell'impianto di illuminazione																																																										
Aule in scuole serali per adulti	500 lux	19	80	È raccomandata la regolazione e/o parzializzazione dell'impianto di illuminazione																																																										
Sale lettura	500 lux	19	80	È raccomandata la regolazione e/o parzializzazione dell'impianto di illuminazione																																																										
Lavagna	500 lux	19	80	Evitare le riflessioni speculari																																																										
Tavolo per dimostrazioni	500 lux	19	80	In sale lettura 750 lux																																																										
Aule per educazione artistica in	750 lux	19	90	$T_{cp} \geq 5.000 K$																																																										

<sup>180</sup> Illuminamento medio dell'ambiente.

<sup>181</sup> *Unified Glare Rating*. L'UGR è un indice unificato in campo internazionale, sviluppato dalla CIE (Commission International de l'Eclairage) per la valutazione dell'abbagliamento diretto relativamente ad ogni specifica applicazione. Questo indice valuta la presenza in un ambiente di abbagliamento di tipo molesto. È stato introdotto dalla norma per l'illuminazione degli interni UNI EN 12464-1, in sostituzione della classe di qualità G presente nella norma UNI 10380, ormai superata, che impiegava le curve limite di luminanza (diagramma di Söllner). Il suo valore dipende dalla disposizione degli apparecchi illuminanti, delle caratteristiche dell'ambiente (dimensioni, indici di riflessione) e del punto di osservazione degli operatori e oscilla tra valori da 10 (nessun abbagliamento) a 30 (abbagliamento fisiologico considerevole) secondo una scala di 3 unità (10, 13, 16, 19, 22, 25 e 28); più basso è il valore, minore è l'abbagliamento diretto.

<sup>182</sup> *Colour Rendering Index*. Per la prestazione visiva e la sensazione di comfort e di benessere è importante che nell'ambiente i colori degli oggetti e della pelle umana siano resi in modo naturale, corretto e che facciano apparire le persone attraenti e in buona salute. I colori di sicurezza devono essere sempre riconoscibili come tali. Per fornire un'indicazione obiettiva delle proprietà di resa del colore di una sorgente luminosa è introdotto l'indice generale di resa del colore  $R_a$ . Il valore massimo di  $R_a$  è 100. Questo numero diminuisce al diminuire della qualità della resa del colore.

<sup>183</sup> La norma in molti casi rimanda alla UNI EN 12464-1:2004 - *Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni*.



Valore o intervallo del parametro				Fonte
<b>scuole d'arte</b>				
Aule per disegno tecnico	750 lux	16	80	
Aule per educazione tecnica e laboratori	500 lux	19	80	
Aule lavori artigianali	500 lux	19	80	
Laboratori di insegnamento	500 lux	19	80	
Aule di pratica della musica	300 lux	19	80	
Laboratori di informatica	300 lux	19	80	
Laboratori linguistici	300 lux	19	80	
Aule di preparazione e officine	500 lux	22	80	
Ingressi	200 lux	22	80	
Zone di circolazione, corridoi	100 lux	25	80	
Scale	150 lux	25	80	
Sale comuni per gli studenti e aula magna	200 lux	22	80	
Sale professori	300 lux	19	80	
Biblioteca (scaffali)	200 lux	19	80	Sul piano verticale al bordo dei libri
Biblioteca (zona lettura)	500 lux	19	80	
Magazzini materiale didattico	100 lux	25	80	
Palazzetti, palestre, piscine (uso generale)	300 lux	22	80	Per specifiche attività vedere UNI EN 12193:2001 - Luce e illuminazione - Illuminazione di installazioni sportive.
Mensa	200 lux	22	80	
Cucina	500 lux	22	80	
Bagni	100 lux	25	80	
<b>Ambiente</b>				
				<b>ηm</b>
<b>Asili nido, scuole materne</b>				
Aule giochi				≥ 5
Nido				≥ 5
Aule per il lavoro manuale				≥ 3
<b>Edifici scolastici</b>				
Aule scolastiche				≥ 3
Aule in scuole serali per adulti				-
Sale lettura				≥ 3
Lavagna				-
Tavolo per dimostrazioni				-
Aule per educazione artistica in scuole d'arte				≥ 3
Aule per disegno tecnico				≥ 3
Aule per educazione tecnica e laboratori				≥ 3
<p><b>UNI 10840:2007 - Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale</b></p> <p><b>Prospetto 2 – Fattore medio di luce diurna</b></p>				

Valore o intervallo del parametro		Fonte																																					
<table border="1"> <tr><td>Aule lavori artigianali</td><td>≥ 3</td></tr> <tr><td>Laboratori di insegnamento</td><td>≥ 3</td></tr> <tr><td>Aule di pratica della musica</td><td>≥ 3</td></tr> <tr><td>Laboratori di informatica</td><td>≥ 3</td></tr> <tr><td>Laboratori linguistici</td><td>≥ 3</td></tr> <tr><td>Aule di preparazione e officine</td><td>≥ 3</td></tr> <tr><td>Ingressi</td><td>≥ 1</td></tr> <tr><td>Zone di circolazione, corridoi</td><td>≥ 1</td></tr> <tr><td>Scale</td><td>≥ 1</td></tr> <tr><td>Sale comuni per gli studenti e aula magna</td><td>≥ 2</td></tr> <tr><td>Sale professori</td><td>≥ 2</td></tr> <tr><td>Biblioteca (scaffali)</td><td>-</td></tr> <tr><td>Biblioteca (zona lettura)</td><td>≥ 3</td></tr> <tr><td>Magazzini materiale didattico</td><td>≥ 1</td></tr> <tr><td>Palazzetti, palestre, piscine (uso generale)</td><td>≥ 2</td></tr> <tr><td>Mensa</td><td>≥ 2</td></tr> <tr><td>Cucina</td><td>≥ 1</td></tr> <tr><td>Bagni</td><td>≥ 1</td></tr> </table>	Aule lavori artigianali	≥ 3	Laboratori di insegnamento	≥ 3	Aule di pratica della musica	≥ 3	Laboratori di informatica	≥ 3	Laboratori linguistici	≥ 3	Aule di preparazione e officine	≥ 3	Ingressi	≥ 1	Zone di circolazione, corridoi	≥ 1	Scale	≥ 1	Sale comuni per gli studenti e aula magna	≥ 2	Sale professori	≥ 2	Biblioteca (scaffali)	-	Biblioteca (zona lettura)	≥ 3	Magazzini materiale didattico	≥ 1	Palazzetti, palestre, piscine (uso generale)	≥ 2	Mensa	≥ 2	Cucina	≥ 1	Bagni	≥ 1			
Aule lavori artigianali	≥ 3																																						
Laboratori di insegnamento	≥ 3																																						
Aule di pratica della musica	≥ 3																																						
Laboratori di informatica	≥ 3																																						
Laboratori linguistici	≥ 3																																						
Aule di preparazione e officine	≥ 3																																						
Ingressi	≥ 1																																						
Zone di circolazione, corridoi	≥ 1																																						
Scale	≥ 1																																						
Sale comuni per gli studenti e aula magna	≥ 2																																						
Sale professori	≥ 2																																						
Biblioteca (scaffali)	-																																						
Biblioteca (zona lettura)	≥ 3																																						
Magazzini materiale didattico	≥ 1																																						
Palazzetti, palestre, piscine (uso generale)	≥ 2																																						
Mensa	≥ 2																																						
Cucina	≥ 1																																						
Bagni	≥ 1																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ambiente</th> <th><math>E_m</math></th> <th>UGR</th> <th><math>R_a</math></th> <th>Note</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aule</td> <td>300 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> <td>0,80 m</td> </tr> <tr> <td>Aule di didattica per adulti</td> <td>500 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> <td>0,80 m</td> </tr> <tr> <td>Sala di lettura</td> <td>500 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> <td>0,80 m</td> </tr> <tr> <td>Connettivo</td> <td>100 lux</td> <td>28</td> <td>40</td> <td>0,10 m</td> </tr> <tr> <td>Scale</td> <td>150 lux</td> <td>25</td> <td>40</td> <td>0,10 m</td> </tr> </tbody> </table>	Ambiente	$E_m$	UGR	$R_a$	Note	Aule	300 lux	19	80	0,80 m	Aule di didattica per adulti	500 lux	19	80	0,80 m	Sala di lettura	500 lux	19	80	0,80 m	Connettivo	100 lux	28	40	0,10 m	Scale	150 lux	25	40	0,10 m		<p><b>UNI EN 15251:2008</b> – Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica</p> <p><b>Tabella D.1</b> – Recommended criteria for lighting (estratto)</p> <p>Nota: in realtà tale norma riporta i dati contenuti nella <b>UNI EN 12464-1:2004</b> - Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni.</p>							
Ambiente	$E_m$	UGR	$R_a$	Note																																			
Aule	300 lux	19	80	0,80 m																																			
Aule di didattica per adulti	500 lux	19	80	0,80 m																																			
Sala di lettura	500 lux	19	80	0,80 m																																			
Connettivo	100 lux	28	40	0,10 m																																			
Scale	150 lux	25	40	0,10 m																																			
<p>N.B.: particolare cura dovrà essere posta per evitare fenomeni di abbagliamento, sia diretto che indiretto, facendo in modo che nel campo visuale abituale delle persone non compaiano oggetti la cui luminanza superi di 20 volte i valori medi (<b>DM 18 dicembre 1975, art. 5.2.4</b> - Condizioni di illuminazione e del colore).</p> <p>N.B.: allo scopo di consentire, durante il giorno, proiezioni di film, filmine, ecc., i locali ad uso didattico dovranno essere muniti di dispositivi per attenuare il livello di illuminazione naturale; alcuni locali dovranno essere predisposti per un completo oscuramento (<b>DM 18 dicembre 1975, art. 5.2.6</b> - Condizioni di illuminazione e del colore).</p>																																							
Rumore																																							
<p>La media dei tempi di riverberazione misurati alle frequenze 250 - 500 - 1000 - 2000 Hz, non deve superare 1,2 sec. ad aula arredata, con la presenza di due persone al massimo.</p> <p>Nelle palestre la media dei tempi di riverberazione (qualora non debbano essere utilizzate come auditorio) non deve superare 2,2 sec.</p> <p>Eventuali aule per musica e spettacolo devono adeguarsi, per quanto riguarda il trattamento acustico, alle norme generali per le sale di spettacolo.</p>		<p><b>Circolare Ministeriale del 22 maggio 1967</b> - Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici.</p> <p><b>Art. 3</b> – Misure in opera.</p> <p>Nota: Il controllo può anche essere effettuato mediante la conoscenza dei coefficienti di assorbimento e delle superfici dei materiali adoperati per il trattamento. L'effetto assorbente dell'arredamento e delle due persone viene valutato convenzionalmente in due unità (mq) di assorbimento acustico. I valori dei coefficienti di assorbimento dei materiali impiegati devono risultare da certificati rilasciati da laboratori</p>																																					

Valore o intervallo del parametro		Fonte																			
		universitari, nei quali le misure siano state effettuate disponendo i materiali con le stesse modalità di posa in opera.																			
<b>Rumorosità dei servizi a funzionamento discontinuo (determinata al massimo livello A misurato)</b>	A = 50 dB(A)	<p><b>DM 18 dicembre 1975 – Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica</b></p> <p><b>art. 5.1.2 – Condizioni acustiche - Verifiche e misure</b></p>																			
<b>Rumorosità dei servizi a funzionamento continuo (determinata al massimo livello A misurato)</b>	A = 40 dB(A)																				
<b>Isolamento acustico fra due ambienti adiacenti</b>	- I = 40 dB																				
<b>Isolamento acustico fra due ambienti sovrapposti</b>	- I = 42 dB																				
<b>Livello di rumore da calpestio normalizzato di solai (fra due ambienti sovrapposti)</b>	- I = 68 dB																				
<b>Potere fono isolante di infissi verso l'esterno</b>	- I = 25 dB																				
<b>Potere fono isolante di chiusure esterne opache</b>	- I = 35 dB																				
<b>Potere fono isolante di griglie e prese d'aria installate verso l'esterno</b>	- I = 20 dB																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Parametri</th> </tr> <tr> <th>R<sub>w</sub>*</th> <th>D<sub>2m,nT,w</sub></th> <th>L<sub>n,w</sub></th> <th>L<sub>ASmax</sub></th> <th>L<sub>Aeq</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50</td> <td>48</td> <td>58</td> <td>35</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table> <p>*Valori di R<sub>w</sub> riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.</p> <p>dove:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- R<sub>w</sub>: indice del potere fonoisolante apparente di partizione tra ambienti da calcolare secondo la norma UNI 8270;</li> <li>- D<sub>2m,nT,w</sub>: indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata da calcolare secondo la norma UNI 8270;</li> <li>- L<sub>n,w</sub>: Indice del rumore di calpestio di solai normalizzato da calcolare secondo la norma UNI 8270;</li> <li>- L<sub>ASmax</sub> e L<sub>Aeq</sub>: indicatori del livello di rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici, rispettivamente per servizi a funzionamento discontinuo e servizi a funzionamento continuo.</li> </ul>		Parametri					R <sub>w</sub> *	D <sub>2m,nT,w</sub>	L <sub>n,w</sub>	L <sub>ASmax</sub>	L <sub>Aeq</sub>	50	48	58	35	25	<p><b>DPCM 5 dicembre 1997 - Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici</b></p> <p><b>Allegato A - Grandezze di riferimento: definizioni, metodi di calcolo e misure (Categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili)</b></p>				
Parametri																					
R <sub>w</sub> *	D <sub>2m,nT,w</sub>	L <sub>n,w</sub>	L <sub>ASmax</sub>	L <sub>Aeq</sub>																	
50	48	58	35	25																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di spazio</th> <th colspan="2">Livello di pressione sonora [dB(A)]</th> </tr> <tr> <th>Intervallo tipico</th> <th>Valore di base per il progetto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Aule</b></td> <td>Da 30 a 40</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td><b>Connettivo</b></td> <td>Da 35 a 50</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td><b>Palestra</b></td> <td>Da 35 a 45</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td><b>Sala insegnanti</b></td> <td>Da 30 a 40</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td><b>Palestra indipendente coperta</b></td> <td>Da 35 a 50</td> <td>45</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo di spazio	Livello di pressione sonora [dB(A)]		Intervallo tipico	Valore di base per il progetto	<b>Aule</b>	Da 30 a 40	35	<b>Connettivo</b>	Da 35 a 50	40	<b>Palestra</b>	Da 35 a 45	40	<b>Sala insegnanti</b>	Da 30 a 40	35	<b>Palestra indipendente coperta</b>	Da 35 a 50	45	<p><b>UNI EN 15251:2008 – Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica</b></p> <p><b>Annex E – Indoor system noise criteria for some spaces and buildings (estratto)</b></p>
Tipo di spazio		Livello di pressione sonora [dB(A)]																			
	Intervallo tipico	Valore di base per il progetto																			
<b>Aule</b>	Da 30 a 40	35																			
<b>Connettivo</b>	Da 35 a 50	40																			
<b>Palestra</b>	Da 35 a 45	40																			
<b>Sala insegnanti</b>	Da 30 a 40	35																			
<b>Palestra indipendente coperta</b>	Da 35 a 50	45																			
<p>N.B.: Per scuole o aule di determinato tipo e ubicazione destinate a insegnamento particolare (sale di musica, ...) possono essere richiesti valori più elevati dell'isolamento acustico (<b>DM 18 dicembre 1975, art. 5.1.1 – Condizioni acustiche – Introduzione</b>).</p>																					

### Sintesi dei nodi critici

Come emerge dal quadro sinottico, le prescrizioni in materia di efficienza energetica e qualità ambientale non sono univocamente definite, ma comprendono, relativamente ad ogni ambito e parametro, più definizioni e indicazioni.

Se, da un lato, il settore dell'efficienza energetica (inteso come insieme di norme finalizzate alla riduzione dei consumi energetici di un edificio) comprende un ristretto numero di prescrizioni<sup>184</sup>, l'ambito della qualità ambientale è molto più complesso, articolandosi e suddividendosi in molteplici direttive.

Di fatto, l'insieme dei requisiti di inquadramento degli interventi riguardanti l'edilizia scolastica (nuova costruzione e riqualificazione) è basato su una norma risalente al 1975 che, fino ad oggi, non è stata aggiornata alle nuove esigenze di una scuola rinnovata, nella forma e nell'organizzazione delle attività. Ad esempio, il DM 18 dicembre 1975, per quanto concerne la ventilazione interna, fa riferimento essenzialmente alla volumetria e al tipo di ambiente, presupponendo una relazione costante negli anni tra ricambi d'aria e affollamento, cosa che, come è stato precedentemente esposto<sup>185</sup>, non si è dimostrata rappresentativa dell'andamento reale. Un approccio più flessibile potrebbe, invece, essere basato sul numero di persone presenti per metro quadro di superficie e per tipo di ambiente, condizione che permetterebbe una maggiore flessibilità agli ambienti, soprattutto nell'ottica delle attività interciclo e dell'uso continuativo delle strutture scolastiche con attività rivolte anche alla comunità.

In generale le "Norme relative alle condizioni di abitabilità" contenute all'interno del DM del 1975 rappresentano un primo approccio, non esaustivo, alle problematiche ambientali coinvolte nel progetto di un edificio scolastico, ma, proprio per la loro datazione, esse costituiscono un buon indirizzo di partenza, ma non sicuramente un riferimento unico. Per questo motivo, è bene avvalersi del supporto di norme specifiche, nazionali o internazionali<sup>186</sup>, costantemente aggiornate in relazione ai contributi di specifiche commissioni di supporto, che sono in grado di garantire la rispondenza delle norme all'evoluzione delle esigenze.

È da evidenziare, tuttavia, che il DM del 1975 proponeva elementi di forte innovazione nell'ambito dell'approccio alla progettazione, poiché forniva un contributo organico che spaziava dalle condizioni acustiche, alle condizioni di illuminazione, al progetto del colore degli spazi interni, fino alle condizioni termigrometriche. Questi accorgimenti scaturiscono, molto probabilmente, dalla crisi energetica che ha investito l'Italia nei primi anni Settanta e che hanno dato un primo impulso ai provvedimenti orientati verso il risparmio energetico.

Malgrado gli input sul benessere termigrometrico collegati alla problematica del contenimento dei consumi, di fatto, la normativa cogente non è in grado di soddisfare le indicazioni fornite dalla Comunità Europea, emanate attraverso l'EPDB. Per questo motivo essa non viene individuata quale riferimento a favore di leggi e norme più restrittive, e per questo più cautelative, che garantiscono prestazioni superiori; tra questo ventaglio è da enunciare la più recente normativa

<sup>184</sup> Di fatto, l'introduzione dell'EPDB ha sancito un nuovo inizio delle politiche energetiche, distinguendosi dalle precedenti norme italiane in materia, quali la L. 10/1991.

<sup>185</sup> Capitolo 3.1.2. Consistenza dell'edilizia scolastica.

<sup>186</sup> Norme UNI, ISO, normative ASHRAE, etc.

nazionale in materia, ovvero il DLgs 311/2006, anche se ancora in attesa dei provvedimenti di attuazione.

Il problema della parziale o limitata applicabilità del DM del 1975 consiste nel tipo di edificio cui esso fa riferimento. Di fatto, come ampiamente illustrato nella trattazione precedente<sup>187</sup>, il patrimonio edilizio scolastico italiano ha vissuto un momento di forte impulso per le nuove costruzioni a partire dagli anni Sessanta e questa normativa doveva essere in grado di indirizzare le scelte dei progettisti. Si trattava di edifici con una forte componente di prefabbricazione che, in molti casi, presentavano scarse condizioni di comfort termoigrometrico e ambientale e, pertanto, era assolutamente necessaria una direttiva di indirizzo per garantire prestazioni minime. Attualmente, la progettazione degli edifici scolastici non deve più assecondarsi a condizioni di emergenza (negli anni Sessanta, l'impulso alla prefabbricazione nasceva dall'esigenza di avere in breve tempo nuove strutture scolastiche a causa dell'aumento della popolazione in età scolare) e il progettista ha la possibilità di operare nell'ottica dell'aumento delle prestazioni di comfort, qualità ambientale ed energetica. Di conseguenza, le norme di riferimento diventano un supporto imprescindibile, ma esse devono essere al passo con l'innovazione tecnologica, cosa non sempre possibile.

Per questi motivi, non è possibile pensare che la progettazione *ex novo* e il progetto di recupero dell'esistente possano essere vincolati a leggi e decreti ormai obsoleti, ma essi devono poter usufruire di un ampio ventaglio di indicazioni in grado di indirizzare l'operato del progettista e di garantire il buon esito del prodotto finale, assicurando, al tempo stesso, il raggiungimento dei livelli esigenziali-prestazionali richiesti dagli utenti.

Il centro della questione è, a questo punto, l'individuazione di un quadro esigenziale (e dei relativi requisiti tecnologici) di inquadramento degli interventi, che possa orientare il progettista nel percorso di avvicinamento verso la contestualizzazione della soluzione progettuale.

### 5.3.3. Elaborazione del quadro esigenziale-prestazionale a supporto del *biref* di progetto

*“Il **requisito** è la richiesta rivolta a un determinato elemento edilizio (spazio, ambiente o componente) di possedere caratteristiche di funzionamento tali da soddisfare determinate esigenze: tali caratteristiche sono caratteristiche funzionali, che devono essere realizzate comunque, indipendentemente dal materiale con cui quell'elemento edilizio è realizzato<sup>188</sup>”.*

Al fine di orientare il progetto di intervento sul costruito verso le tematiche della riduzione dei consumi energetici e l'innalzamento della qualità dell'ambiente interno, cercando di superare l'attuale processo della “somma urgenza”, si ritiene opportuno formulare un quadro esigenziale-prestazionale in grado di indirizzare il progettista verso la scelta di azioni con effetti a medio-lungo termine.

<sup>187</sup> Cfr. capitolo 3.1.3. Caratterizzazione degli edifici scolastici.

<sup>188</sup> Zaffagnini M., *Progettare nel processo edilizio*, pag. 153, cfr. bibliografia

Il quadro sinottico che segue, elaborato sulla base della norma UNI 11277:2008 – *Sostenibilità in edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova costruzione e ristrutturazione*, può costituire un primo supporto per la formulazione del Documento Preliminare alla Progettazione e può essere allegato a capitolati e bandi di gara per l'orientamento alla scelta delle strategie e delle azioni di intervento, che costituiscono il naturale proseguimento del presente schema. Al fine di creare una relazione immediata con le azioni specifiche (successivamente presentate al capitolo 7 – *Azioni di riqualificazione*), la colonna relativa alle esigenze riporta, all'interno di una casella colorata, il riferimento al parametro energetico e ambientale coinvolto.

Classi di esigenze	Esigenze	Requisiti	
RISPARMIO ENERGETICO	ARIA	1.1.1. Riduzione dei consumi energetici dovuti alle perdite per ventilazione	
	TEMPERATURA	1.1.2. Utilizzo passivo delle fonti rinnovabili per il raffrescamento e la ventilazione igienico-sanitaria	
	UMIDITA'	1.1.3. Controllo della trasmissione di calore attraverso l'involucro	
	ILLUMINAMENTO	1.1.4. Riduzione dei consumi energetici per climatizzazione invernale	
	ALTRO	1.1.6. Utilizzo passivo di fonti rinnovabili per riscaldamento	
	1. Utilizzo razionale delle risorse	1.1. Utilizzo delle risorse climatiche ed energetiche	1.1.7. Riduzione dei consumi energetici per illuminazione
			1.1.8. Utilizzo e integrazione delle fonti rinnovabili
		ALTRO	1.2.1. Riduzione del consumo di acqua potabile
		1.2. Utilizzo razionale delle risorse idriche	1.2.2. Recupero, per usi compatibili, delle acque meteoriche
		ALTRO	
	1.3. Utilizzo razionale delle risorse derivanti da scarti e rifiuti	1.3.1. Raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani	
QUALITA' AMBIENTE INTERNO	ARIA	2.1.1. Controllo degli agenti inquinanti nell'aria interna	
	2.1. Condizione d'igiene ambientale connesse con l'esposizione ad inquinanti dell'aria interna	TEMPERATURA	2.2.1. Controllo della trasmissione di calore attraverso l'involucro
			2.2.2. Controllo degli apporti solari gratuiti
			2.2.3. Controllo degli apporti gratuiti dovuti agli occupanti
			2.2.4. Controllo degli apporti gratuiti dovuti a dispositivi interni
			2.2.5. Ottimizzazione delle condizioni termiche
	UMIDITA'	2.3.1. Controllo del livello di umidità dell'aria	
		2.3.2. Controllo della formazione di condensa superficiale e interstiziale	
	ILLUMINAMENTO	2.4.1. Controllo del flusso luminoso	
		2.4.2. Controllo dei fenomeni di disturbo visivo	
	RUMORE	2.5.1. Protezione degli spazi interni da fonti di rumore	
2. Benessere, igiene, salute dell'utenza	2.2. Benessere termico negli spazi interni		
	2.3. Benessere igrometrico negli spazi interni		
	2.4. Benessere visivo negli spazi interni		
	2.5. Benessere acustico degli spazi interni		

## 5.4. Fonti di riferimento

### 5.4.1. Bibliografia

Acocella A., Buccolieri C., Toni M., Zaffagnini M., *Il laterizio e la qualità dell'abitare*, Roma, Laterconsult, 1982, pp. 79.

ASHRAE-American Society of Heating, Refrigerating and Air – Conditioning Engineers, *ASHRAE Handbook – 1985 Fundamentals*, Atlanta, 1985, pp.

Attaianese E., Bianchi A., Caterina G., *Cefalee e rendimento scolastico – Valutazione del rischio e strategie di prevenzione*, Napoli, Liguori Editore, 2003, p. 384.

Baglioni A., Guarniero G., *La ristrutturazione edilizia*, Milano, Hoepli, 1980, pp. 344.

Carotti A., Madé D., *La casa passiva in Italia. Teoria e progetto di una "casa passiva" in tecnologia tradizionale*, Milano, Rockwool, 2006, pp. 136.

CHPS-Collaborative for High Performance Schools (a cura di), *Best Practices Manual. Vol 1 – Planning*, 2006, documento disponibile all'indirizzo [www.chps.net/manual/index.htm#vol1](http://www.chps.net/manual/index.htm#vol1).

CHPS-Collaborative for High Performance Schools (a cura di), *Best Practices Manual. Vol 2 – Design*, 2006, documento disponibile all'indirizzo [www.chps.net/manual/index.htm#vol2](http://www.chps.net/manual/index.htm#vol2).

CHPS-Collaborative for High Performance Schools (a cura di), *Best Practices Manual. Vol 2 – Criteria*, 2006, documento scaricabile al sito internet [www.chps.net/manual/index.htm#vol3](http://www.chps.net/manual/index.htm#vol3).

Comandini S., Dal Fiume A., Ratti A., *Architettura sostenibile*, Bologna, Pitagora Editrice, 1998, pp. 177.

Department for Education and Employment - Architects & Building Branch (a cura di), *Building Bulletin 90 - Lighting Design for Schools*, UK, 1999, documento disponibile all'indirizzo [www.teachernet.gov.uk/docbank/index.cfm?id=8413](http://www.teachernet.gov.uk/docbank/index.cfm?id=8413).

Department for Education and Skills (a cura di), *Building Bulletin 93 – Acoustics Design of Schools. A design guide*, UK, 2003, documento disponibile all'indirizzo [www.teachernet.gov.uk/management/resourcesfinanceandbuilding/schoolbuildings/enviro/acoustics/](http://www.teachernet.gov.uk/management/resourcesfinanceandbuilding/schoolbuildings/enviro/acoustics/).

Department for Education and Skills (a cura di), *Building Bulletin 101 - Ventilation of School Buildings*, UK, 2006, documento disponibile all'indirizzo

[www.teachernet.gov.uk/management/resourcesfinanceandbuilding/schoolbuildings/environ/iaq/](http://www.teachernet.gov.uk/management/resourcesfinanceandbuilding/schoolbuildings/environ/iaq/).

Department for Education and Skills (a cura di), *Building Bulletin 95 - Schools for the future. Designs for Learning Communities*, UK, 2002, documento disponibile all'indirizzo [www.teachernet.gov.uk/docbank/index.cfm?id=3149](http://www.teachernet.gov.uk/docbank/index.cfm?id=3149).

ENEA-Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e L'ambiente (a cura di), *Uso razionale dell'energia nel settore scolastico*, Dipartimento di Energia – Settore promozione degli usi efficienti dell'energia e delle energie rinnovabili, Roma, ENEA – Direzione Relazioni Esterne, 1994, pp. 173.

ENEA-Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e L'ambiente (a cura di), *Rapporto Energia e Ambiente 2006. Analisi e scenari*, aprile 2007, documento scaricabile al sito [www.titano.sede.enea.it/Stampa/Files/cs2007/REA2006\\_AnalisiScenari.pdf](http://www.titano.sede.enea.it/Stampa/Files/cs2007/REA2006_AnalisiScenari.pdf).

ENEA-Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e L'ambiente (a cura di), *Risparmio energetico con l'illuminazione*, Roma, 2003, documento disponibile all'indirizzo [www.enea.it/com/web/pubblicazioni/Op5.pdf](http://www.enea.it/com/web/pubblicazioni/Op5.pdf).

ENEA-Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e L'ambiente, Ministero dello Sviluppo Economico (a cura di), *Sistemi di illuminazione ad alta efficienza*, Roma, 2007, documento disponibile all'indirizzo [efficienzaenergetica.acs.enea.it/opus/illuminazione.pdf](http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/opus/illuminazione.pdf).

ENEA-FIRE (a cura di), *Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole*, Roma – Centro Ricerche Casaccia, pp. 46, documento disponibile all'indirizzo [www.fire-italia.it/eell/scuole/guida\\_scuole.pdf](http://www.fire-italia.it/eell/scuole/guida_scuole.pdf).

ENEA-FIRE (a cura di), *Complementi alla guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole*, Roma – Centro Ricerche Casaccia, pp. 57, documento disponibile all'indirizzo [www.fire-italia.it/eell/scuole/complementi\\_guida\\_ENEA.pdf](http://www.fire-italia.it/eell/scuole/complementi_guida_ENEA.pdf)

Eraclit – Progettare il benessere (a cura di), *Isolamenti acustici – Acustica 1*, Portomarghera, Eraclit – Venier S.p.a., 2008, pp. 102.

Eraclit – Progettare il benessere (a cura di), *Acustica architettonica – vol. 2*, Portomarghera, Eraclit – Venier S.p.a., 2005, pp. 57.

Faconti D., Piardi S. (a cura di), *La qualità ambientale degli edifici*, Rimini, Maggioli Editore, 1998, pp. 616.

Francesco D., "Strategie e metodi di verifica di eco-sostenibilità e biocompatibilità per le scuole in area mediterranea", in *Il Progetto Sostenibile*, n°17-18, Monfalcone, EdicomEdizioni, marzo-giugno 2008, pagg. 20-29.



Grosso M., *Il raffrescamento passivo degli edifici in zone a clima temperato*, Rimini, Maggioli Editore, 2008, pp. 648.

International Energy Agency (a cura di), *Technical Synthesis Report Annex 36. Retrofitting in Educational Buildings - Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures*, Birmingham (UK), 2007, pp. 43, documento disponibile all'indirizzo [www.ecbcs.org/docs/index.htm](http://www.ecbcs.org/docs/index.htm).

ISSI-Istituto Sviluppo Sostenibile in Italia (a cura di), *Il protocollo di Kyoto in Italia. Le politiche e le misure sul cambiamento climatico*, Roma, novembre 2004, documento disponibile all'indirizzo internet [www.issi.it](http://www.issi.it).

Legambiente (a cura di), *Ecosistema scuola 2008. Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi*, documento disponibile all'indirizzo [www.legambientescuolaformazione.it/news.php?id=78](http://www.legambientescuolaformazione.it/news.php?id=78).

Ministero della Pubblica Istruzione (a cura di), *I numeri della scuola*, Dipartimento per la Programmazione ministeriale e per la Gestione del Bilancio, e per le Risorse umane e dell'Informazione, 2007, pp. 20, documento disponibile all'indirizzo [www.pubblica.istruzione.it/news/2007/allegati/numeri\\_scuola200708.pdf](http://www.pubblica.istruzione.it/news/2007/allegati/numeri_scuola200708.pdf).

Ministero della Pubblica Istruzione (a cura di), *Sedi, alunni, classi, dotazioni organiche del personale della scuola statale. Situazione di Organico di Diritto - Anno scolastico 2007/2008*, Dipartimento per la Programmazione ministeriale e per la Gestione del Bilancio, e per le Risorse umane e dell'Informazione - Direzione Generale per i Sistemi Informativi, Sistema Informativo del Ministero della Pubblica Istruzione, 2007, pp. 111, documento disponibile all'indirizzo [www.pubblica.istruzione.it/mpi/pubblicazioni/2007/allegati/sedi\\_alunni.pdf](http://www.pubblica.istruzione.it/mpi/pubblicazioni/2007/allegati/sedi_alunni.pdf).

Ministero della Sanità – Dipartimento della Prevenzione (a cura di), *La tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati*, documento disponibile all'indirizzo internet [www.assoamianto.it/sanita-iaq.pdf](http://www.assoamianto.it/sanita-iaq.pdf).

Ministero della Salute (a cura di), *Linee – guida per la promozione della salute negli ambienti confinati*, documento disponibile all'indirizzo [www.ministerosalute.it](http://www.ministerosalute.it).

Peretti G. (a cura di), *Verso l'ecotecnologia in architettura: un percorso attraverso la tecnologia dell'architettura*, Milano, BEMA, 1997, pp. 170.

Raisa V., Zecchin R., Boulanger X., "La ventilazione negli edifici residenziali", in *CDA* n°2, Febbraio 2008, documento disponibile all'indirizzo [www.reedbusiness.it](http://www.reedbusiness.it).

Rogora A., *Luce naturale e progetto*, Rimini, Maggioli Editore, 1997, pp. 232.

Toni M., *Qualità involucro. Contributo attorno ai problemi del comfort abitativo*, Bologna, Pitagora Editrice, 1990, pp. 313.

Toni M., *L'isolamento acustico nell'edilizia. Guida alla progettazione del benessere acustico*, Roma, Edil Stampa, 1996, pp. 259.

Toni M., *Interventi, materiali e strumenti per l'isolamento acustico degli edifici*, Rimini, Maggioli, 1997, pp. 251.

Zaffagnini M. (a cura di), *Progettare nel processo edilizio. La realtà come scenario per l'edilizia residenziale*, Collana "Studi sull'industrializzazione edilizia" n°8, Bologna, Luigi Parma, 1981, pp. 519.

#### 5.4.2. Sitografia

Arpa Emilia Romagna	<a href="http://www.arpa.emr.it">www.arpa.emr.it</a>
ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air – Conditioning Engineers	<a href="http://www.ashrae.org">www.ashrae.org</a>
CIE - Commission International de l'Éclairage	<a href="http://www.cie-cnc.ca">www.cie-cnc.ca</a>
CHPS – Collaborative for High Performance Schools	<a href="http://www.chps.net">www.chps.net</a>
ENEA – Ente per le Nuove Tecnologie l'Energia e l'Ambiente	<a href="http://www.enea.it">www.enea.it</a>
ENEA - Illuminazione	<a href="http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/opus/illuminazione.pdf">efficienzaenergetica.acs.enea.it/opus/illuminazione.pdf</a>
ECBCS - Energy Conservation In Buildings And Community Systems	<a href="http://www.ecbcs.org/home.htm">www.ecbcs.org/home.htm</a>
ERACLIT	<a href="http://www.eraclit.it">www.eraclit.it</a>
FIRE – Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia	<a href="http://www.fire-italia.it">www.fire-italia.it</a>
IEA ECBCS Annex 36 - Retrofitting of Educational Buildings - REDUCE	<a href="http://www.annex36.com/index.html">www.annex36.com/index.html</a>
ISSI - Istituto Sviluppo Sostenibile in Italia	<a href="http://www.issi.it">www.issi.it</a>
Legambiente	<a href="http://www.legambiente.it">www.legambiente.it</a>
ISI – Industria Serramenti Italiana	<a href="http://www.isi-italia.it">www.isi-italia.it</a>
Ministero della Pubblica Istruzione	<a href="http://www.pubblica.istruzione.it">www.pubblica.istruzione.it</a>
Ministero della Salute	<a href="http://www.ministerosalute.it">www.ministerosalute.it</a>
Reedbusiness	<a href="http://www.reedbusiness.it">www.reedbusiness.it</a>
TeacherNet – The education site for teachers and managers	<a href="http://www.teachernet.gov.uk">www.teachernet.gov.uk</a>
UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione	<a href="http://www.uni.com">www.uni.com</a>



## 06. Diagnosi del patrimonio esistente

### ABSTRACT

*La diagnosi dell'esistente costituisce una fase imprescindibile del processo di riqualificazione; attraverso l'acquisizione dei dati relativi all'edificio, infatti, è possibile far emergere le problematiche legate all'ambito tecnologico-impiantistico, ma anche le cause che generano condizioni di discomfort ambientale per gli occupanti.*

*La conoscenza che l'Ente Gestore può raggiungere rispetto al patrimonio di propria competenza può avvenire attraverso fasi di successivo approfondimento, finalizzate alla programmazione di massima degli interventi, oppure a una più specifica progettazione delle azioni di riqualificazione. Nel primo caso, l'indagine è finalizzata ad un'ampia ricognizione dello stato fisico e funzionale in cui versa il patrimonio edilizio scolastico esistente; i dati che emergono da questa prima fase sono funzionali alla creazione di un archivio (locale o territoriale) che permette di individuare situazioni particolarmente critiche all'interno dell'ampio panorama di edifici che competono alla Pubblica Amministrazione. Per la vastità del repertorio di analisi e per l'esigenza di contenere le risorse impiegate per questa fase, è assolutamente necessario impiegare metodi di valutazione rapida in grado di orientare l'Ente Gestore nella scelta degli edifici su cui attuare, in una fase successiva, le azioni di riqualificazione.*

*Una volta individuato l'oggetto dell'intervento, è necessario operare indagini specialistiche in situ, tese alla raccolta dei dati necessari alla verifica prestazionale e alla successiva pianificazione del progetto. Le informazioni che dovranno essere rilevate dovranno riguardare sia i dati metrici e morfometrici necessari per le valutazioni geometrico-funzionali, sia i parametri che determinano le sostanziali variazioni di consumo energetico e di comfort ambientale (cfr. capitolo 5). Pertanto, l'indagine dovrà impiegare metodi e strumenti idonei all'acquisizione dei dati con sufficiente precisione senza dimenticare i fattori economici, condizione raggiungibile attraverso procedure integrate ottimizzate.*

### INDICE DEL CAPITOLO

6.1. Valutazione dello stato fisico e funzionale dell'edificio scolastico attraverso metodi analitici.....	377
6.1.1. Protocollo ITACA per le scuole.....	378
6.2.2. EPIQR+.....	382
6.1.3. Reduce – Retrofitting in Educational Buildings.....	390
6.1.4. BREEAM Education.....	399
6.1.5. LEED for Schools.....	404
6.2. Metodologie per l'acquisizione e l'analisi di dati <i>in situ</i> .....	408
6.2.1. Determinazione dei dati metrici e morfometrici dell'edificio.....	409

Rilievo diretto .....	410
Rilievo dimensionale mediante strumentazione topografica .....	411
Rilievo morfometrico mediante laser scanner .....	412
6.2.2. Rilievo di fenomeni fisici legati al comportamento energetico e ambientale dell'edificio .....	415
Data-logger .....	416
Sonda per la velocità dell'aria .....	417
Sonde per la concentrazione di gas nell'aria .....	417
Sonda per la misura della temperatura ambientale .....	418
Sonda per la misura della temperatura superficiale .....	418
Piastra flussimetrica .....	418
Sonda per l'umidità dell'aria .....	419
Sonda per la misurazione dell'umidità nei materiali da costruzione .....	419
Sonda per la misurazione del flusso luminoso .....	420
Stazioni integrate per data-logging .....	420
Campionamento diffusivo e analisi in laboratorio .....	421
Analizzatore di gas portatile .....	421
Rilevatore di gas radon portatile .....	422
Blower Door Test .....	423
Valutazione della trasmittanza termica dell'involucro edilizio (analisi termoflussimetrica) .....	424
Valutazione dell'involucro termico (analisi termografica) .....	425
Valutazione dell'ambiente acustico .....	430
Sorgente acustica omnidirezionale .....	430
Generatore di rumore di calpestio .....	431
Sistema omnidirezionale di analisi di sorgenti sonore .....	431
6.2.3. Valutazione delle dotazioni impiantistiche e dei contratti di fornitura energetica .....	433
6.2.4. Considerazioni finali .....	433
6.3 Fonti di riferimento .....	436
6.3.1 Bibliografia .....	436
6.3.2 Sitografia .....	437

### 6.1. Valutazione dello stato fisico e funzionale dell'edificio scolastico attraverso metodi analitici

Nella pratica professionale quotidiana, ancora prima di aver effettuato una verifica particolareggiata del livello prestazionale del manufatto edilizio attraverso l'indagine strumentale *in situ*, il progettista è chiamato a fornire delle possibili previsioni riguardanti l'intervento di riqualificazione, in modo da orientare le Pubbliche Amministrazioni verso potenziali scenari di investimento. Questa prassi si presenta sovente in occasione della redazione dei Piani Triennali, momento in cui l'Amministrazione ha la possibilità di programmare le voci di spesa riguardanti gli immobili pubblici, oppure qualora si presentasse la necessità di scegliere, tra un ventaglio di opportunità, l'edificio su cui concentrare eventuali progetti di riqualificazione. In questi casi, le decisioni devono essere orientate verso gli interventi più convenienti dal punto di vista del rapporto tra costi e risultati ottenibili, per poter agire con maggiore efficacia sul complesso problema degli edifici esistenti. Data la vastità del patrimonio pubblico che, sovente, le Amministrazioni sono chiamate a gestire, è necessario che il progettista posseda gli strumenti per un'indagine rapida ma cosciente di tutte le variabili per poter valutare le reali necessità e le implicazioni di ogni scelta.

A questo proposito, sono stati messi a punto, attraverso diversi studi e ricerche, dei **metodi di valutazione rapida** del patrimonio esistente, volti alla definizione delle strategie di intervento che vedono un contenuto impiego di risorse umane, economiche e temporali da parte delle Pubbliche Amministrazioni.

Tra i requisiti essenziali di questi metodi si possono indicare<sup>189</sup>:

- La **semplicità di utilizzo** anche da parte di progettisti non particolarmente esperti nell'ambito della programmazione e gestione di un progetto di riqualificazione;
- La **rapidità di applicazione**, al fine di prendere in esame quanti più edifici possibili;
- La capacità di **orientare in modo preciso** le valutazioni, giungendo a definizioni univoche;
- La **corrispondenza** del modello assunto agli oggetti da valutare;
- L'**equilibrio** tra l'obiettivo del metodo, il livello di approfondimento della valutazione e gli esiti della stessa.

Si tratta, per lo più, di metodi che prevedono l'attribuzione di **indicatori e punteggi** ai diversi aspetti coinvolti nel progetto di recupero (tecnologici, economici, prestazionali, ecc.), attraverso procedure standardizzate applicabili ad ampie casistiche di edifici.

I paragrafi seguenti riportano alcuni metodi di valutazione rapida degli edifici scolastici esistenti, considerati particolarmente significativi tra quelli presenti sul panorama nazionale e internazionale. I metodi affrontati attribuiscono pesi differenti agli aspetti legati all'efficienza energetica e a quelli legati alla qualità dell'ambiente interno.

<sup>189</sup> Fianchini M., "I metodi di valutazione rapida degli edifici", in *ilProgettoSostenibile*, pag. 31, cfr. bibliografia.

### 6.1.1. Protocollo ITACA per le scuole

Il **Protocollo ITACA per la valutazione del livello di sostenibilità ambientale di edifici scolastici**, redatto dall'Organo Nazionale di Controllo del Protocollo ITACA (iSBE - *International Initiative for a Sustainable Built Environment*, sezione Italia)<sup>190</sup>, rappresenta l'adeguamento del metodo di valutazione ITACA per le residenze agli edifici scolastici della Regione Piemonte. Esso viene introdotto quale strumento veloce di verifica e di valutazione della sostenibilità degli interventi finalizzato all'attribuzione di fondi in relazione al "*Bando triennale per la concessione di contributi ai comuni per interventi edilizi su edifici di proprietà comunale sede di scuole dell'infanzia, primaria e secondaria di 1° grado statali e non statali paritarie gestite da enti locali*", promosso dalla Regione Piemonte per il biennio 2007-2009<sup>191</sup>. Tra la documentazione richiesta per l'assegnazione dei finanziamenti, il bando prevede la valutazione della rispondenza degli interventi agli standard di eco-efficienza e alle prescrizioni legislative in materia di rendimento energetico, risanamento e tutela della qualità dell'aria, secondo le schede di valutazione del Protocollo ITACA sintetico per gli edifici scolastici.

Il modello per gli edifici scolastici è basato su un **metodo a punteggio**, attraverso il quale vengono valutati i diversi aspetti che permettono di stimare il livello di qualità ambientale dell'edificio. Il punteggio può variare da -1 a +5, dove lo zero rappresenta lo standard di paragone (*benchmark*) riferibile alla pratica costruttiva corrente, nel rispetto delle leggi o dei regolamenti vigenti. In particolare, la scala dei valori è suddivisa come segue:

-1	<b>Prestazione inferiore allo standard</b> e alla pratica corrente
0	<b>Prestazione minima accettabile</b> definita da leggi o regolamenti vigenti, o in caso non vi siano regolamenti di riferimento rappresenta la <b>pratica corrente</b>
+1	<b>Moderato miglioramento della prestazione</b> rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica corrente
+2	<b>Miglioramento della prestazione</b> rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica corrente
+3	<b>Significativo miglioramento della prestazione</b> rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica comune. E' da considerarsi come la migliore pratica corrente
+4	<b>Moderato incremento della pratica corrente migliore.</b>
+5	<b>Prestazione considerevolmente avanzata</b> rispetto alla pratica corrente migliore, di carattere sperimentale.

<sup>190</sup> Protocollo studiato dal Gruppo di lavoro interregionale sull'edilizia sostenibile di ITACA, Associazione federale delle Regioni e Province autonome per la qualità, la trasparenza e l'efficacia delle regole negli appalti pubblici, approvato all'unanimità il 15 gennaio 2004, da parte della Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome e riconosciuto a livello internazionale dal "Green Building Challenge".

<sup>191</sup> Il Bando riguarda sia gli interventi di costruzione di nuove sedi scolastiche, sia la riqualificazione degli edifici esistenti, ivi compreso l'ampliamento del fabbricato, il cui importo complessivo delle opere sia pari o superiore a € 75.000,00. Beneficiari del finanziamento sono gli enti locali (principalmente Comuni) responsabili della gestione e amministrazione di scuole per l'infanzia, scuole primarie e scuole secondarie di 1° grado.

Tabella 13 Scala dei punteggi di valutazione del Protocollo ITACA per edifici scolastici (Fonte: Regione Piemonte).

Il Protocollo permette di valutare gli aspetti di sostenibilità in relazione a **due aree di valutazione** che comprendono **12 criteri** e **8 sottocriteri**, suddivisi come segue<sup>192</sup>:

## 1. Consumo di risorse

- 1.1. Contenimento consumi energetici invernali
  - 1.1.1. Energia primaria per la climatizzazione invernale
  - 1.1.2. Trasmittanza termica involucro edilizio
- 1.2. Acqua calda sanitaria
- 1.3. Contenimento consumi energetici estivi
  - 1.3.1. Controllo della radiazione solare
  - 1.3.2. Inerzia termica
- 1.4. Illuminazione naturale
- 1.5. Energia elettrica da fonti rinnovabili
- 1.6. Materiali eco-compatibili
  - 1.6.1. Materiali rinnovabili
  - 1.6.2. Materiali riciclati/recuperati
- 1.7. Acqua potabile
  - 1.7.1. Consumo di acqua potabile per irrigazione
  - 1.7.2. Consumo di acqua potabile per usi indoor
- 1.8. Mantenimento delle prestazioni dell'involucro edilizio

## 2. Carichi ambientali

- 2.1. Emissione di gas serra
- 2.2. Rifiuti solidi
- 2.3. Rifiuti liquidi
- 2.4. Permeabilità aree esterne

Il Protocollo consente, inoltre, di affrontare gli aspetti relativi a<sup>193</sup>:

- valutazione dell'impiego di **materiali che derivano da fonti rinnovabili** e di **materiali riciclati**;
- valutazione dell'impiego di **acqua potabile**, attraverso l'analisi separata dei consumi per usi esterni (irrigazione delle aree verdi) e usi *indoor*;
- valutazione del mantenimento a lungo termine delle **prestazioni dell'involucro edilizio**, come richiesto dalla normativa vigente;
- valutazione dei **consumi energetici per la climatizzazione invernale**, in base ai requisiti e alle modalità di verifica contenuti nel DLgs. 192/2005 e successivi aggiornamenti;

<sup>192</sup> Fonte: Regione Piemonte (a cura di), *Protocollo per la valutazione del livello di sostenibilità ambientale di edifici scolastici*, pag. 2, cfr. bibliografia.

<sup>193</sup> Fonte: Regione Piemonte (a cura di), *Bando triennale per la concessione di contributi ai comuni per interventi edilizi su edifici di proprietà comunale sede di scuole dell'infanzia, primaria e secondaria di I° grado statali e non statali paritarie gestite da enti locali*, pag. 25, cfr. bibliografia.



- valutazione del livello di **controllo della radiazione solare** incidente, dell'analisi dei consumi energetici estivi, come richiesto dal DLgs. 192/2005 e successivi aggiornamenti.

Il metodo è costituito da **schede di valutazione**, una per ogni criterio, e da una **scheda riassuntiva finale** che permette di calcolare il punteggio ottenuto dall'edificio.

Al fine di agevolare il lavoro del tecnico, ogni scheda riporta al suo interno:

- l'indicazione dell'**esigenza**, ovvero l'obiettivo di qualità ambientale che si intende perseguire;
- l'**indicatore di prestazione**, ovvero il parametro utilizzato per valutare il livello di performance dell'edificio rispetto al criterio di valutazione (di tipo quantitativo o qualitativo);
- l'**unità di misura** (solo nel caso di indicatore di prestazione quantitativo);
- il **metodo di verifica**, ovvero la procedura per determinare il livello di prestazione dell'edificio rispetto al criterio di valutazione;
- le **strategie di riferimento**, ovvero le possibili soluzioni per ottimizzare la prestazione dell'edificio rispetto al criterio di valutazione;
- la **scala di prestazione**, ovvero il punteggio ottenuto dall'edificio in base al livello dell'indicatore di prestazione, determinato applicando il metodo di verifica;
- i **riferimenti legislativi** (a carattere cogente o rientranti nella prassi progettuale);
- i **riferimenti normativi** ovvero le normative tecniche di riferimento utilizzate per determinare le scale di prestazione e le metodologie di verifica;
- il **peso del sottocriterio** rispetto agli altri parametri;
- le **note**, in cui eventualmente possono essere chiariti aspetti relativi alla verifica del criterio.

Si riporta, di seguito, una scheda-tipo riguardante uno dei criteri analizzati.

Direzione DA 1508		Bando triennale 2007-2009		Allegato G	
<b>CRITERIO: 1.5 – Energia elettrica</b>					
<b>Area di Valutazione:</b> 1 - Consumo di risorse					
<b>Esigenza:</b> diminuzione dei consumi annuali di energia elettrica dell'edificio.			<b>Indicatore di prestazione:</b> percentuale del fabbisogno medio annuale di energia elettrica soddisfatto con energie rinnovabili.		
<b>Unità di misura:</b> % (kWh/kWh)					
<b>Metodo e strumenti di verifica</b>					
Per la verifica del criterio seguire la seguente procedura:					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. calcolo del fabbisogno medio annuo di energia elettrica;</li> <li>2. calcolo della quantità di energia elettrica annua prodotta da fonte rinnovabile, secondo la normativa tecnica di riferimento;</li> <li>3. calcolo della percentuale di fabbisogno medio annuo di energia elettrica coperta da fonti rinnovabili;</li> <li>4. verifica del livello di soddisfacimento del criterio confrontando il valore del rapporto calcolato al punto 3 con i valori riportati nella scala di prestazione.</li> </ol>					
<b>Strategie di riferimento</b>					
Impiego di generatori di energia elettrica da fonte rinnovabile come pannelli fotovoltaici, pale eoliche, centraline idroelettriche.					
<b>Scala di prestazione</b>					
% (kWh/kWh)					Punti
<16					-1
16					0
19					1
22					2
25					3
28					4
31					5
<b>Riferimenti legislativi</b>					
DIR 2001/77/CE Sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.					
<b>Peso del criterio</b>				10	%
<b>Note</b>					
Il valore relativo al benchmark zero corrisponde alla quota parte nazionale di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili (idrica, geotermica, eolica, biogas, biomasse, RSU e solare) che normalmente è compresa nell'energia elettrica fornita dalla rete (fonte: Rapporto 2006 GSE – Gestore Servizi Elettrici). A tale quota va quindi aggiunta l'eventuale produzione locale.					
Regione Piemonte		18/31		Edilizia Scolastica	

Fig. 300 Scheda-tipo del Protocollo ITACA per edifici scolastici (Fonte: Regione Piemonte).

Una delle maggiori criticità emergenti è rappresentata dalla arbitrarietà (maggiore o minore in relazione a ogni singolo criterio) dell'assegnazione del punteggio: si tratta, di fatto, di un metodo di **autovalutazione** del costruito che può essere condotto da tecnici specializzati (geometri, ingegneri e architetti) e, pertanto, soggetto all'influenza delle competenze specifiche.

Non secondariamente, è da notare che il Protocollo per le scuole non è, di fatto, un adattamento del Protocollo ITACA originario (per edifici residenziali), ma è semplicemente una selezione delle schede e degli indicatori che più si dimostrano

pertinenti alle caratteristiche degli edifici scolastici. Esso, quindi, individua un livello di inquadramento generale e non specifico della condizione degli edifici destinati alle scuole. Inoltre, il metodo non presenta alcun indicatore relativo alle voci di spesa per gli investimenti impiegati per la riqualificazione degli edifici e non suggerisce come raggiungere elevati livelli prestazionali (si limita a riportare le specifiche di prestazione).

Tuttavia, è da considerare che esso valuta sia gli aspetti legati alle prestazioni energetiche, sia gli aspetti legati a condizioni di sostenibilità in senso più ampio e, perciò, può essere un valido strumento per una prima rapida indagine sull'edificio.

1 Risparmio delle risorse		A			B			C			D			E			F			G			H			I		
		Sottocriteri			Criteri			Area di valutazione																				
		Punteggio	Peso %	Punteggio pesato	Punteggio	Criterio applicato	Peso %	Punteggio pesato	Punteggio	Peso %	Punteggio pesato	Punteggio	Peso %	Punteggio pesato	Punteggio	Peso %	Punteggio pesato	Punteggio	Peso %	Punteggio pesato	Punteggio	Peso %	Punteggio pesato					
1.1 Energia primaria per la climatizzazione invernale					0		30,0	0																				
	1.1.1 Energia primaria per la climatizzazione		si (peso 70%)	0																								
	1.1.2 Trasmissione termica involucro edificio		30	0																								
1.2 Acqua calda sanitaria						si	5,0	0																				
1.3 Contenimento consumi energetici estivi					0		20,0	0																				
	1.3.1 Controllo della radiazione solare		50	0																								
	1.3.2 Inerzia termica		50	0																								
1.4 Illuminazione naturale							5,0	0																				
1.5 Energia elettrica da fonti rinnovabili							10,0	0																				
1.6 Materiali eco-compatibili					0		15,0	0																				
	1.6.1 Uso di materiali da fonti rinnovabili		60	0																								
	1.6.2 Uso di materiali locali		40	0																								
1.7 Consumo di acqua potabile per irrigazione						si	10,0	0																				
1.8 Mantenimento delle prestazioni dell'involucro edificio							5,0	0																				
																		A1	B1	C1								
																		0	70	0								
2 Carichi ambientali		A			B			C			D			E			F			G			H			I		
		Sottocriteri			Criteri			Area di valutazione																				
		Punteggio	Peso %	Punteggio pesato	Punteggio	Criterio applicato	Peso %	Punteggio pesato	Punteggio	Peso %	Punteggio pesato	Punteggio	Peso %	Punteggio pesato	Punteggio	Peso %	Punteggio pesato	Punteggio	Peso %	Punteggio pesato	Punteggio	Peso %	Punteggio pesato					
2.1 Emissioni di gas serra							40	0																				
2.2 Rifiuti solidi							20	0																				
2.3 Rifiuti liquidi							20	0																				
2.4 Permeabilità aree esterne							20	0																				
																		A2	B2	C2								
																		0	30	0								
<b>Punteggio edificio (C1 + C2)</b>					<b>0,00</b>																							

Fig. 301 Scheda riassuntiva finale indicante il punteggio complessivo dell'edificio (Fonte: Regione Piemonte).

### 6.2.2. EPIQR+

Il metodo **EPIQR+ - Energy Performance Indoor Quality and Retrofit**, destinato agli edifici scolastici, alle palestre e agli immobili amministrativi, rappresenta l'evoluzione del metodo EPIQR<sup>194</sup> destinato alla diagnosi "speditiva" degli edifici residenziali.

Il metodo è stato sviluppato tra il 2002 e il 2005 in Svizzera dall'associazione *EPIQR Renovation Sarl* di Losanna, attraverso il finanziamento della *Commission de*

<sup>194</sup> EPIQR è stato sviluppato tra il 1996 e il 1998 all'interno del Progetto Europeo JOULE II in collaborazione con l'Office Fédéral de l'Education et de la Science e vede la partecipazione di partner provenienti da diverse nazioni. EPIQR prende le mosse dal precedente metodo MERIP, sviluppato agli inizi degli anni Novanta.

*Technologie et Innovation* (CTI)<sup>195</sup> e vede la partecipazione di istituti di ricerca (il *Laboratoire d'Énergie Solaire* (LESO) de l'EPFL, la HES di Lucerna, la HES di Cannobio), di partner privati (ESTIA SA di Losanna, la GS-Architekten AG di Muttenz, il PK Studio d'Architettura SA di Minusio) e di amministrazioni locali (Comuni e Province). EPIQR+ è disponibile su piattaforma informatica, al fine di permettere un utilizzo semplice ed autonomo da parte dei tecnici interessati.

EPIQR+ è stato testato su un campione di studi costituito da 25 scuole e 17 corpi palestre-piscina, con l'intento di iniziare una campagna di analisi degli edifici scolastici del Canton Ticino, al fine di elaborare un quadro conoscitivo sulla situazione del patrimonio edilizio.

Il metodo si propone di **individuare lo stato di degrado fisico e funzionale** (ivi compreso il comportamento energetico e la qualità dell'ambiente interno) dell'oggetto edilizio al fine di indirizzare i processi decisionali dei tecnici verso soluzioni ottimali di intervento sull'esistente. L'indagine sul costruito non prevede sondaggi di tipo invasivo, ma esclusivamente un'**analisi di tipo visivo-valutativo** eseguita dall'esperto (geometra, ingegnere, architetto), indispensabile per definire il livello generale di degrado dell'edificio e, quindi, per individuare le operazioni di manutenzione indispensabili per un utilizzo ottimale dello stesso. Una volta individuate le principali problematiche, il tecnico sarà in grado di scegliere quali saranno considerate indispensabili e quali accessorie, anche in funzione del costo delle opere.

Il programma è stato sviluppato a partire dalle linee guida indicate all'interno dei protocolli svizzeri per la manutenzione edilizia (SIA 469 – *Conservazione delle costruzioni*<sup>196</sup>, SIA 380/1 – *Energia termica negli edifici*<sup>197</sup>); l'entità dell'investimento, a seguito dell'intervento, è individuabile con una **precisione del 10 – 15%** rispetto alle previsioni iniziali fornite dal metodo.

L'indagine sull'edificio esistente, eseguita da un tecnico specializzato, prevede una prima fase di carattere conoscitivo, volta all'individuazione delle principali caratteristiche del manufatto edilizio; in particolare, sono individuate:

- **informazioni generali sull'edificio** (ubicazione, dati catastali, recapiti);
- informazioni sui **gestori dell'edificio** (ente e recapiti);
- informazioni sui **coefficienti dimensionali dell'edificio** (superficie edificata, superfici utili, superfici finestrate, numero di corpi scale e ascensore, numero di servizi, ecc.);
- informazioni sugli **indici di complessità**, gli indici di costo e gli onorari;
- informazioni e **osservazioni accessorie**.

Successivamente, il programma prevede la suddivisione gerarchica dell'edificio in<sup>198</sup>:

- **macroelementi**, che rappresentano i principali gruppi in cui l'edificio viene scomposto. Essi sono strutturati come segue:

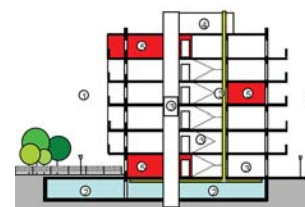


Fig. 302 Suddivisione gerarchica dei macroelementi (Fonte: SUPSI).

<sup>195</sup> All'interno del Progetto MeDimmo - *Méthode de diagnostic et d'aide à la décision pour la rénovation des bâtiments et la gestion de parcs immobiliers*.

<sup>196</sup> SIA 469 - *Erhaltung von Bauwerken*, settembre 1997 – Schweizerischer Ingenieur-und Architektenverein.

<sup>197</sup> SIA 380/1 - *Thermische Energie im Hochbau*, agosto 2007 – Schweizerischer Ingenieur-und Architektenverein.

<sup>198</sup> Tae Han Kim, "Metodologie di riqualificazione energetica", in *ilProgettoSostenibile* n°15, pag. 26, cfr. bibliografia.

- **sistemazioni esterne**, ovvero canalizzazioni, costruzioni esterne, ecc.;
  - **facciate**, ovvero tipo di costruzione e isolamento termico della muratura, rivestimenti delle facciate, serramenti, elementi per la protezione solare, ecc.;
  - **coperture e solai**, ovvero tipo di costruzione, isolamento termico della copertura e dei solai, lattone rie, ecc.;
  - **superficie utile**, ovvero partizioni interne, infissi interni, impianti elettrici, termici, ecc.;
  - **spazi comuni e circolazione**, ovvero organizzazione degli spazi interni, ecc.;
  - **impianti tecnici**, ovvero impianto di riscaldamento, di ventilazione, impianto elettrico e sanitario.
- **elementi**, che rappresentano dei raggruppamenti di componenti o di catene di componenti che assolvono alla medesima funzione all'interno di uno stesso macroelemento. Ogni elemento è identificato attraverso un codice alfanumerico che lo colloca all'interno di un macroelemento e che servirà come riferimento per le voci successive (degrado, priorità, spesa).

A seguito del sopralluogo in situ, ad ogni elemento viene attribuito un **codice di degrado**, che rappresenta il livello di degrado fisico o funzionale in cui l'edificio versa, identificato attraverso le lettere a – b – c – d che corrispondono alle seguenti definizioni:

- codice **"a"**, ovvero **"buono stato di conservazione"**, significa che non è necessario intraprendere alcun lavoro di manutenzione straordinaria, ma è sufficiente la normale manutenzione;
- codice **"b"**, ovvero **"degrado leggero"**, significa che l'elemento è danneggiato solo localmente e che è facilmente recuperabile attraverso piccole riparazioni, ma che, tuttavia, mantiene inalterate le proprie funzionalità;
- codice **"c"**, ovvero **"degrado avanzato"**, significa che l'elemento presenta alcuni danni, ma che, tuttavia, una volta effettuati interventi e riparazioni, esso sarà nuovamente in grado di assolvere alle proprie funzioni;
- codice **"d"**, ovvero **"elemento gravemente danneggiato"**, significa che la funzionalità dell'elemento è gravemente compromessa e che una eventuale riparazione non sarebbe sufficiente a garantirne le prestazioni future o sarebbe troppo costosa; pertanto, è consigliabile provvedere alla sostituzione del componente.

Parallelamente al codice di degrado, il metodo individua un **codice di lavoro** che rappresenta, in relazione ad una scala numerica di valori da 1 a 4, l'entità dell'azione che dovrà essere intrapresa sull'elemento al fine di ripristinarne le prestazioni originali. In particolare, i codici di lavoro sono suddivisi come segue:

- codice **"1"**, ovvero nessuna necessità di riparazioni o sostituzioni;
- codice **"2"**, ovvero interventi di lieve entità che non comportano particolari lavori oltre alla manutenzione ordinaria;
- codice **"3"**, ovvero interventi di riparazioni leggere o sostituzioni parziali;
- codice **"4"**, ovvero interventi di sostituzione completa dell'elemento.

I codici di degrado e di lavoro, inoltre, possono essere accompagnati da un ulteriore indice ("s", "t", "u", "v") rappresentante la possibilità di migliorare lo standard

dell'elemento considerato. I codici di degrado e i codici di lavoro sono uniti dalla seguente relazione:

Codice di degrado	Codice di lavoro
a	1
b	2
c	3
d	4

Tabella 14 Relazione tra codici di degrado e codici di lavoro (Fonte: EPIQR Rénovation Sarl).

**La corrispondenza tra lo stato reale di conservazione dell'elemento e il codice di degrado è responsabilità esclusiva del tecnico** che si occupa dell'indagine, poiché è stabilita in base a un sopralluogo *in situ*.

Una volta individuati indici di degrado e di lavoro, ogni elemento viene contraddistinto, inoltre, con un codice che indica la **priorità di intervento**, deciso nuovamente a discrezione dell'operatore. I livelli sono determinati come segue:

- priorità "I", ovvero lavori urgenti da eseguire a breve termine (possibilmente entro i 5 anni) necessari ad evitare la completa compromissione dell'elemento;
- priorità "II", ovvero mediamente urgenti da eseguire a medio termine (possibilmente entro i 5 e 10 anni);
- priorità "III", ovvero lavori non urgenti.

Il programma permette, inoltre, di visualizzare una mappa semantica che raggruppa in un unico schema tutti gli elementi e i macroelementi coinvolti nella valutazione, riportando, inoltre, una stima dei costi complessivi delle opere.

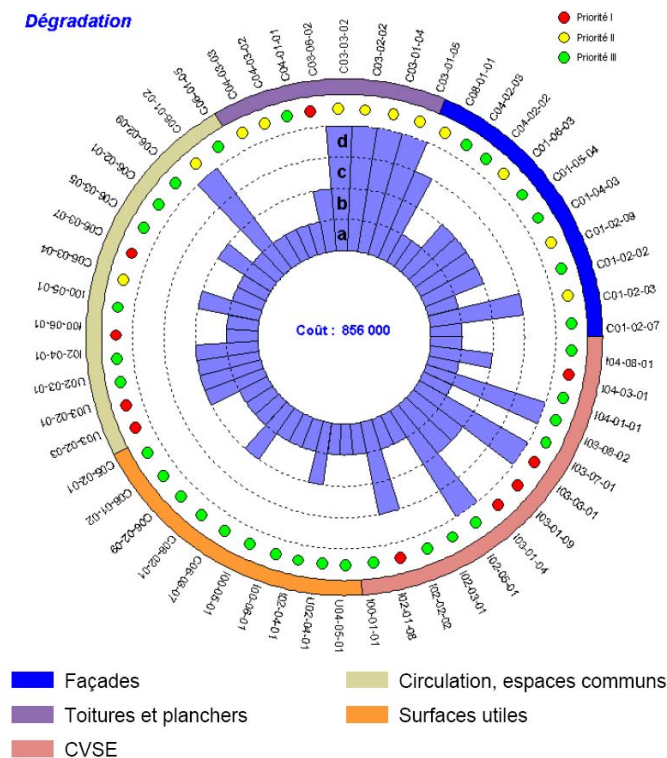


Fig. 303 Visualizzazione del sistema di macroelementi, elementi, codici di degrado, di lavoro, di priorità e costo complessivo delle opere, esclusi onorario del tecnico e IVA (Fonte: EPIQR Rénovation Sarl).

La diagnosi dello stato fisico e funzionale viene effettuata attraverso schede riguardanti i singoli elementi, successivamente raggruppate nei relativi macroelementi, con la possibilità di individuarne i relativi indici di spesa parziali.

Le schede di approfondimento degli elementi riportano informazioni importanti sulle caratteristiche degli stessi (descrizioni dei materiali, della percentuale di presenza rispetto alla totalità dell'elemento, ecc.), in relazione all'indagine visiva condotta del tecnico specializzato.

A titolo esemplificativo, di seguito, si riporta un estratto da un report tipo relativo ad un'indagine eseguita su una scuola svizzera.

#### C01-02 Revêtement des murs extérieurs

Type 1 90 %

Crépi

##### Définition de l'évaluation

Évaluation de l'état de la surface extérieure de l'enveloppe de façade: décollements, fissures, salissures etc.

##### Description typologique

Façade en crépi de ciment avec modénature en mollasse (encadrements de fenêtres, cordons). La façade sur rue a été entièrement ravalée récemment. Seule une partie de soubassement de la façade sur cour a été repeinte.

Etat de dégradation Code b

Enduit en état mais avec traces partielles de salissures sur la façade sur cour.

Travaux nécessaires Priorité 3

A moyen terme ravalement de la façade sur cour.



#### C01-02 Revêtement des murs extérieurs

Type 2 10 %

Maçonnerie apparente (pierre naturelle ou brique)

##### Définition de l'évaluation

Évaluation de l'état de la surface extérieure de l'enveloppe de façade: décollements, fissures, salissures etc.

##### Description typologique

Soubassement en pierres de calcaire dure appareillées en opus-incertum.

Etat de dégradation Code b

Les pierres sont de bonne qualité, certains joints sont fusés.

Travaux nécessaires Priorité 3

Réfection des joints fusés, réparations locales. Nettoyage et imprégnation de l'ensemble du soubassement.



Fig. 304 Scheda tipo riguardante alcuni degli elementi che costituiscono il macroelemento facciate (Fonte: EPIQR Rénovation Sarl).

## Récapitulatif des éléments

Type	Elément	1	2	3	4	s	t	u	v	%	Priorité
C01-02-01	Revêtement des murs extérieurs	●	●							90	3
C01-02-02	Revêtement des murs extérieurs	●	●							10	3
C01-03-01	Modénature des façades, décorations	●	●								1
C01-04-01	Fenêtres	●	●	●	●						2
C01-05-06	Occultations et protections solaires	●	●	●							2
C01-06-02	Portes extérieures	●	●							30	2
C01-06-07	Portes extérieures	●	●							70	2
C04-02-01	Isolation thermique murs	●	●								3
C08-01-01	Echafaudage de façade	●	●	●							3

Fig. 305 Scheda riassuntiva degli elementi che costituiscono il macroelemento facciate (Fonte: *EPIQR Rénovation Sarl*).

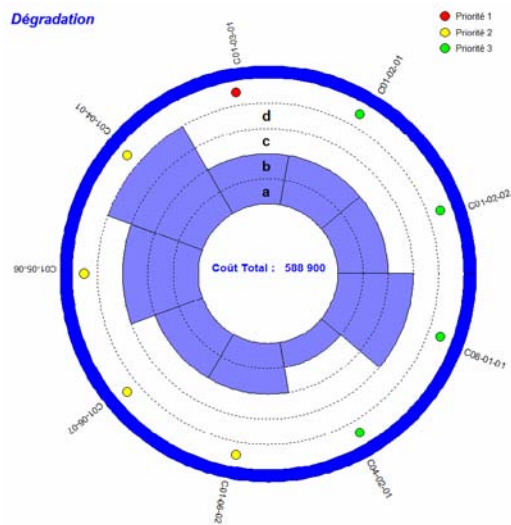


Fig. 306 Mappa semantica riassuntiva degli elementi che costituiscono il macroelemento facciate (Fonte: *EPIQR Rénovation Sarl*).

La parte finale del report riguarda i costi dei lavori potenzialmente da eseguire sugli elementi e riassume, inoltre, i codici precedentemente individuati.



Estimation du coût des travaux suivant le standard de la méthode EPIQR+ - Scénario Diagnostic  
Exemple de rapport - Établissements scolaires

Cost index : 114.1 Coût total en CHF (y compris honoraires et TVA) : 9 312 800

Façades											8 051 900
Element	Type	1	2	3	4	s	t	u	v	Priority	Cost
C01-02 Parois extérieures	03 85%	●	●	●	●					I	5 244 300
C01-02 Parois extérieures	09 15%	●	●	●	●					I	946 100
C01-04 Fenêtres	05	●	●	●	●					I	0
C01-05 Occultations et protections solaires	04	●	●	●	●					I	1 634 200
C01-06 Portes extérieures	02	●	●	●	●					I	0
C08-01 Echafaudage de façade	01	●	●	●	●					I	227 300

Toitures et planchers											491 000
Element	Type	1	2	3	4	s	t	u	v	Priority	Cost
C03-01 Couverture toiture	04	●	●	●	●					II	152 500
C03-02 Ferblanterie	02	●	●	●	●					III	0
C03-03 Ouvertures en toiture	03	●	●	●	●					III	0
C03-04 Massifs en toiture	02	●	●	●	●					III	0
C03-06 Protection contre la foudre	02	●	●	●	●					III	0
C04-01 Isolation thermique sol	02	●	●	●	●					II	338 500
C04-03 Isolation thermique toiture	03	●	●	●	●					III	0

Circulations, espaces communs - Établissements scolaires											770 000
Element	Type	1	2	3	4	s	t	u	v	Priority	Cost
C06-01 Revêtements de sol	02 70%	●	●	●	●					III	296 100
C06-01 Revêtements de sol	03 30%	●	●	●	●					III	0
C06-02 Revêtements de mur	09 10%	●	●	●	●					III	0
C06-02 Revêtements de mur	10 90%	●	●	●	●					III	129 200
C06-03 Revêtements de plafond	06	●	●	●	●					III	92 500
I00-06 Installations électrique	01	●	●	●	●					III	0
I00-08 Appareils d'éclairage	01	●	●	●	●					II	153 500
I02-04 Emetteur de chaleur	01	●	●	●	●					III	31 200
I06-01 Ascenseurs	01	●	●	●	●					II	8 400
U02-03 Groupe sanitaire	01	●	●	●	●					II	25 200
U03-02 Escaliers et paliers	01	●	●	●	●					III	33 900

Surfaces utiles - Établissements scolaires											3 167 000
Element	Type	1	2	3	4	s	t	u	v	Priority	Cost
C05-02 Ouvertures intérieures	01	●	●	●	●					III	35 100
C06-01 Revêtements de sol	02	●	●	●	●					II	1 449 000
C06-02 Revêtements de mur	09 10%	●	●	●	●					III	0
C06-02 Revêtements de mur	10 90%	●	●	●	●					III	403 200
C06-03 Revêtements de plafond	06	●	●	●	●					III	318 000
I00-06 Installations électrique	01	●	●	●	●					III	0
I00-08 Appareils d'éclairage	01	●	●	●	●					II	576 300
I02-04 Emetteurs de chaleur	01	●	●	●	●					III	242 600
U02-04 Points d'eau	01	●	●	●	●					II	126 800
U12-03 Installations: Classes de science	01	●	●	●	●					III	15 900

Fig. 307 Tabella riassuntiva indicante i costi degli interventi da eseguire (Fonte: EPIQR Rénovation Sarl).

Una parte molto importante e particolarmente utile nella formulazione degli scenari di intervento è rappresentata dalla **simulazione energetica** che è possibile eseguire attraverso un modulo del programma. Il metodo EPIQR+ permette di individuare le prestazioni termiche dell'edificio e di eseguire delle simulazioni sulle caratteristiche raggiunte a seguito degli interventi di riqualificazione, in relazione a specifiche normative svizzere<sup>199</sup>. È importante evidenziare che il bilancio energetico comprende l'individuazione della quantità di CO<sub>2</sub> emessa dall'edificio prima e dopo gli interventi. La classe energetica viene individuata in relazione alla suddivisione prevista dal protocollo Minergie<sup>200</sup>.

<sup>199</sup> Il programma è attualmente in fase di conversione rispetto alle indicazioni europee sui consumi energetici degli edifici (prEN wi 1+3). Inoltre, l'organizzazione sta lavorando ad una versione italiana del programma.

<sup>200</sup> Minergie è un ente svizzero che si occupa di certificazione energetica degli edifici esistenti e di nuova costruzione e di corsi di formazione per professionisti del settore. Per un maggiore approfondimento si veda Boarin P., Dall'Argine L., Osservatorio sulla Certificazione della Sostenibilità Ambientale degli Edifici. Banca dati, cfr. bibliografia.

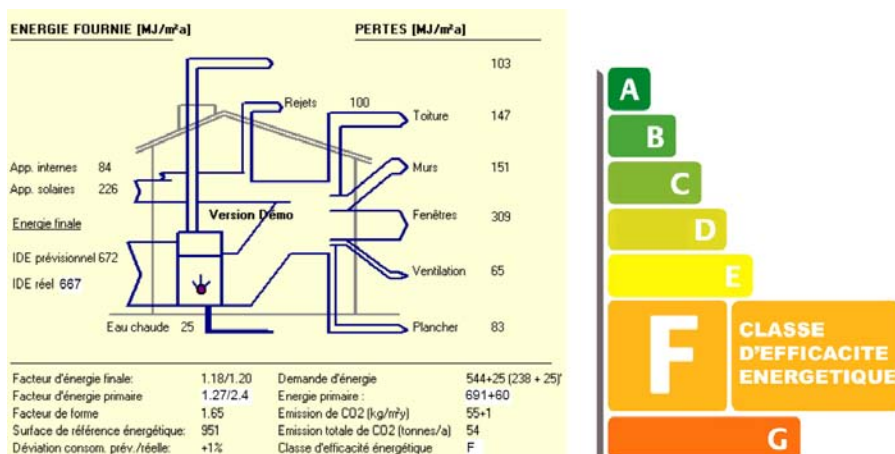


Fig. 308 Bilancio termico riguardante lo stato di fatto dell'edificio analizzato e relativa classe energetica di appartenenza (Fonte: EPIQR Rénovation Sarl).

Il metodo EPIQR+ è in grado di mettere a disposizione dell'operatore un dossier completo di tutte le informazioni sullo stato di fatto dell'edificio da analizzare, in modo tale da semplificare le valutazioni e i processi decisionali riguardanti i possibili scenari di intervento. Le informazioni ottenute possono essere utilizzate anche per un'esclusiva indagine conoscitiva del parco edilizio scolastico di competenza di un Ente Pubblico (Comuni, Province) poiché il programma è in grado di offrire:

- l'**analisi del degrado**, ovvero l'indicazione dello stato di conservazione dei singoli elementi costitutivi dell'edificio, sia dal punto di vista fisico, sia sotto il profilo funzionale;
- l'**analisi energetica**, ovvero il bilancio termico dell'edificio esistente e le potenzialità di risparmio energetico a seguito degli interventi di riqualificazione;
- l'**analisi dei costi di risanamento**, ovvero l'individuazione dell'entità di spesa relativa ai singoli elementi in relazione alla priorità degli interventi da eseguire;
- gli **scenari di risanamento**, ovvero le possibilità di miglioramento delle prestazioni fisiche e funzionali dell'edificio.

Le criticità del metodo sono individuabili prevalentemente nell'**arbitrarietà dell'attribuzione dei codici di degrado** e, di conseguenza, degli indici di priorità degli interventi: essi, infatti, sono individuati dal tecnico in relazione ad un rilievo visivo di tipo qualitativo e non attraverso misurazioni specifiche. Pertanto, esso si basa sull'esperienza del singolo rilevatore.

In secondo luogo, è possibile affermare che il bilancio termico individuato dal programma rappresenta esclusivamente un'**indicazione sommaria del fabbisogno energetico** dell'edificio e sono necessari ulteriori e specifici approfondimenti, attraverso l'utilizzo di strumenti differenti, per determinarne la prestazione energetica esatta.

Un aspetto di merito del programma è rappresentato, invece, dai fattori considerati all'interno di esso: infatti, sono coinvolti sia gli aspetti energetici, ma anche quelli funzionali, caratterizzati da una particolare sensibilità verso il benessere ambientale globale. Il tecnico ha, dunque, la possibilità di far emergere le maggiori criticità dell'edificio e di mettere in evidenza quali sono le priorità per l'intervento.

Malgrado le molte similitudini con la versione tradizionale di EPIQR, il metodo è, dunque, pertinente all'ambito scolastico e si dimostra in grado di contribuire favorevolmente alla semplificazione del processo decisionale.

### 6.1.3. Reduce – Retrofitting in Educational Buildings

L'*International Energy Agency* (IEA)<sup>201</sup>, all'interno dell'area tematica concernente l'efficienza energetica (*ECBCS – Energy Conservation in Building and Community System Programme*), ha promosso alcuni progetti di ricerca (denominati *Annexes*), tra cui l'*Annex 36 – Retrofit in Educational Buildings*.

La ricerca, conclusasi nel 2003, è destinata esclusivamente alla valutazione e riqualificazione degli edifici scolastici esistenti; essa è stata suddivisa nelle seguenti macroaree (*subtask*):

- *Subtask A - Selection and Analysis of Existing Information*, riguardante lo stato dell'arte degli edifici scolastici appartenenti allo scenario internazionale;
- *Subtask B - Case Studies*, riguardante le esperienze particolarmente significative nell'ambito dell'*energy retrofit* di edifici scolastici appartenenti allo scenario internazionale;
- *Sub task C - Software Development and Analysis Methods*, riguardante le modalità di *audit* energetico e le linee guida per l'analisi degli edifici esistenti;
- *Sub task D - Documentation and Dissemination*, riguardante il trasferimento della ricerca;
- *Energy Concept Adviser*, ovvero uno strumento informatico interattivo di valutazione dell'esistente e di indirizzo per il progettista.

Quest'ultimo punto è particolarmente interessante poiché l'*Energy Concept Adviser* si è dimostrato un valido e utile strumento per l'individuazione e la valutazione degli scenari di intervento sugli edifici scolastici esistenti.



Fig. 309 Copertina dell'*Energy Concept Adviser* (Fonte: IEA – International Energy Agency. Annex 36).

<sup>201</sup> Per un maggiore approfondimento sul programma di ricerca e su una selezione di casi studio si veda il paragrafo 4.2.2. Selezione di progetti di *Best Practices* internazionali.

Di fatto, si tratta di un **database informatizzato**, particolarmente consistente, liberamente consultabile *on-line* in qualsiasi momento e suddiviso in due grandi tematiche:

- da un lato un repertorio di casi studio “di eccellenza” dal punto di vista della riqualificazione (**Case Study Viewer**);
- dall’altro una raccolta di tecnologie e indicazioni per la riqualificazione dell’esistente (**Retrofit Measure Viewer**).

Lo strumento prevede, inoltre, alcuni moduli aggiuntivi, completamente indipendenti dal resto del database, consultabili al medesimo sito web, riguardanti:

- la valutazione del comportamento energetico dell’edificio e i consumi di energia (**Performance Rating**);
- le indicazioni per la riqualificazione energetica e i possibili scenari di intervento, ivi comprese le valutazioni di carattere economico (**Energy Concept Development**);
- le indicazioni per la valutazione dell’edificio esistente e per il monitoraggio successivo all’intervento (**Auditing and Monitoring**) che comprendono un *software tool*, denominato “Kulu”.

Per una migliore comprensione delle parti successive della trattazione, si riporta di seguito uno schema riassuntivo della suddivisione in moduli del *software tool*.

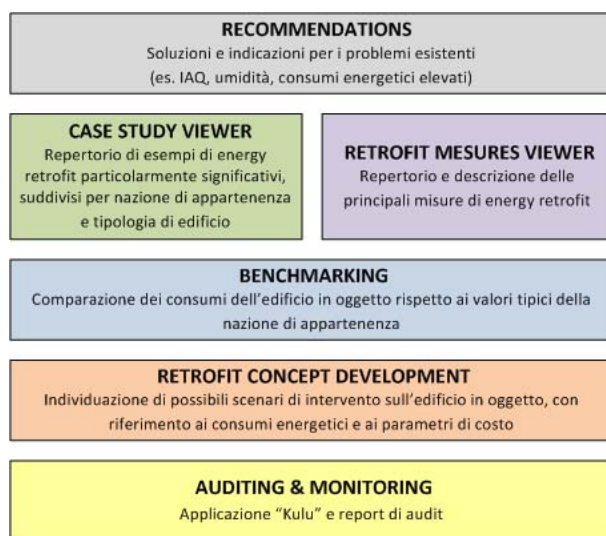


Fig. 310 Schema della suddivisione in moduli del *software tool* (Fonte: rielaborazione grafica e traduzione da IEA – *International Energy Agency. Annex 36*).

La prima parte del *software tool* riguarda una panoramica sulle problematiche individuabili negli edifici scolastici non efficienti dal punto di vista energetico. Esse sono suddivise in ordine crescente in relazione alla specificità del problema; le criticità sono elencate all’interno di una lista a lato della quale si trovano le possibili misure di intervento, ordinate in base al crescente tempo di ritorno dell’investimento (*payback*): scegliendo una problematica, appare il corrispondente elenco di soluzioni e una breve descrizione delle stesse.

In questa sezione, in relazione ad ogni problematica e soluzione individuate, sono elencati, inoltre, i casi studio esemplificativi della relativa strategia contenuti all’interno del database e consultabili all’apposita sezione.

Fig. 311 Pagina relativa all'ambito delle *Recommendations* (Fonte: IEA-International Energy Agency, Annex 36).

La sezione relativa ai casi studio è organizzata secondo una matrice che mette in relazione il progetto di *Best Practices* con le relative misure di retrofit impiegate; per una ricerca maggiormente pertinente alla realtà che si intende affrontare, è possibile ordinare i casi studio per paese di appartenenza, per età dell'edificio oppure per tipo edilizio. Le misure di retrofit sono suddivise in:

- Interventi che coinvolgono l'involucro edilizio;
- Interventi che coinvolgono l'impianto termico;
- Interventi che coinvolgono il sistema di ventilazione;
- Interventi che coinvolgono il controllo dell'irraggiamento solare e i sistemi di raffrescamento;
- Interventi che coinvolgono l'illuminazione e le apparecchiature elettriche;
- Misure che coinvolgono la gestione dell'edificio.

Attraverso questa matrice è possibile raggiungere le schede di approfondimento relative ai singoli casi studio, ampiamente descritti dal punto di vista dell'ubicazione, della tipologia e delle caratteristiche tecnologiche.

Di particolare rilievo è l'approfondimento dell'edificio prima e dopo l'intervento di riqualificazione, ivi compresi i bilanci energetici, al fine di permettere al lettore una migliore comprensione dei principi alla base dell'operazione (*retrofit concept*). Ogni progetto è, inoltre, corredato dall'analisi dell'investimento economico richiesto, complessivo e parziale, per eseguire lo specifico scenario di intervento.


 <b>Case Studies &amp; Retrofit Measures</b>							
Sorting of: Case Studies by <input type="text" value="country"/> Retrofit Measures by <input type="text" value="Energy technologies"/>							
Country	Retrofit Measures Case Studies						
		✓	✓	✓		✓	✓
		✓	✓	✓			
		✓		✓		✓	✓
				✓			
				✓			
		✓	✓	✓	✓	✓	✓
		✓	✓		✓	✓	✓

Fig. 312 Matrice di casi di *Best Practices* internazionali presenti all'interno del database (Fonte: IEA – International Energy Agency. Annex 36).



 <b>Case Study Viewer</b>		<b>A Retrofitting for Energy Conservation including Atria: The Bertolt-Brecht-School in Dresden,</b>		Download of REPORT as PDF
<b>General Data</b> Site, Typology Before Retrofit Retrofit Concept Energy Savings User Evaluation Renovation Costs Lessons Learned Additional Information	<b>General Data</b> Address of project: Bertolt-Brecht-Gymnasium, Lortzingstr. 1, 01307 Dresden, Germany Year of construction: 1967 Year of renovation: 1993-1995 Total floor area: 2407 m <sup>2</sup> Number of pupils: Number of classrooms: 20 + 6 practical rooms Typical classroom: 50 m <sup>2</sup> , 20-25 pupils	 The school after the retrofit		
<b>Project Summary</b> The Bertolt-Brecht-School represents one of the so-called "typical schools" built with a prefabricated modular concept (Plattenbauweise) in the former German Democratic Republic in the 1960's and 70's. The heating energy consumption of the school was very high before the retrofit because of no insulation, poor window quality and poor airtightness. The energetic retrofit included the transformation of the courtyards into two atria. Thus they can be used as common rooms such as canteen and auditorium. The aim was to show the energy saving potential and the possible improvement of the school's social facilities.				
<b>Retrofit features</b> - transformation of courtyards into atria - pre-heating of the air through atria in winter and night ventilation in summer - insulation of the exterior walls with 12 cm styrofoam and plaster (composite thermal insulation system) - insulation of the roof, low-E coated glazing in wooden frames - new control of heating system (night and weekend set-back), daylight dependent artificial lighting control - pre-heating of the air through atria in winter and night ventilation in summer				

Fig. 313 Scheda di approfondimento del caso di *best practices* selezionato (Fonte: IEA – International Energy Agency. Annex 36).

Il modulo che affronta la problematica legata ai consumi energetici primari (elettricità e combustibile per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria) permette di effettuare un confronto tra l'edificio che si vuole analizzare e i valori di riferimento nazionali, al fine di comprendere se l'oggetto in questione si colloca in posizioni intermedie oppure se ci si trova di fronte ad un caso particolarmente inefficiente. In relazione a questo aspetto è quindi possibile individuare il potenziale di risparmio (assolutamente indicativo) ottenibile dall'edificio. È da specificare che i valori riportati sono rappresentativi elusivamente della zona climatica di appartenenza e cambiano al variare della nazione<sup>202</sup>.

Per poter ottenere il confronto è necessario inserire informazioni relative a:

- Tipo di scuola (scuola dell'infanzia, scuola primaria, università, ecc.);
- La superficie riscaldata dell'edificio (mq);
- La zona climatica di riferimento;
- Il consumo di energia elettrica;
- Il consumo di energia per riscaldamento;
- Il consumo di acqua, se possibile.

Il confronto con il sistema nazionale è espresso attraverso un diagramma in cui, all'interno di un intervallo di riferimento, è individuato un valore medio; la linea rossa rappresenta l'edificio in oggetto<sup>203</sup>.

---

<sup>202</sup> Purtroppo, attualmente, è possibile consultare il *software tool* esclusivamente in lingua inglese; ciò significa che lo strumento ha come riferimento interno i valori della Gran Bretagna.

<sup>203</sup> I valori indicati sono sempre riferiti ai mq di superficie riscaldata.

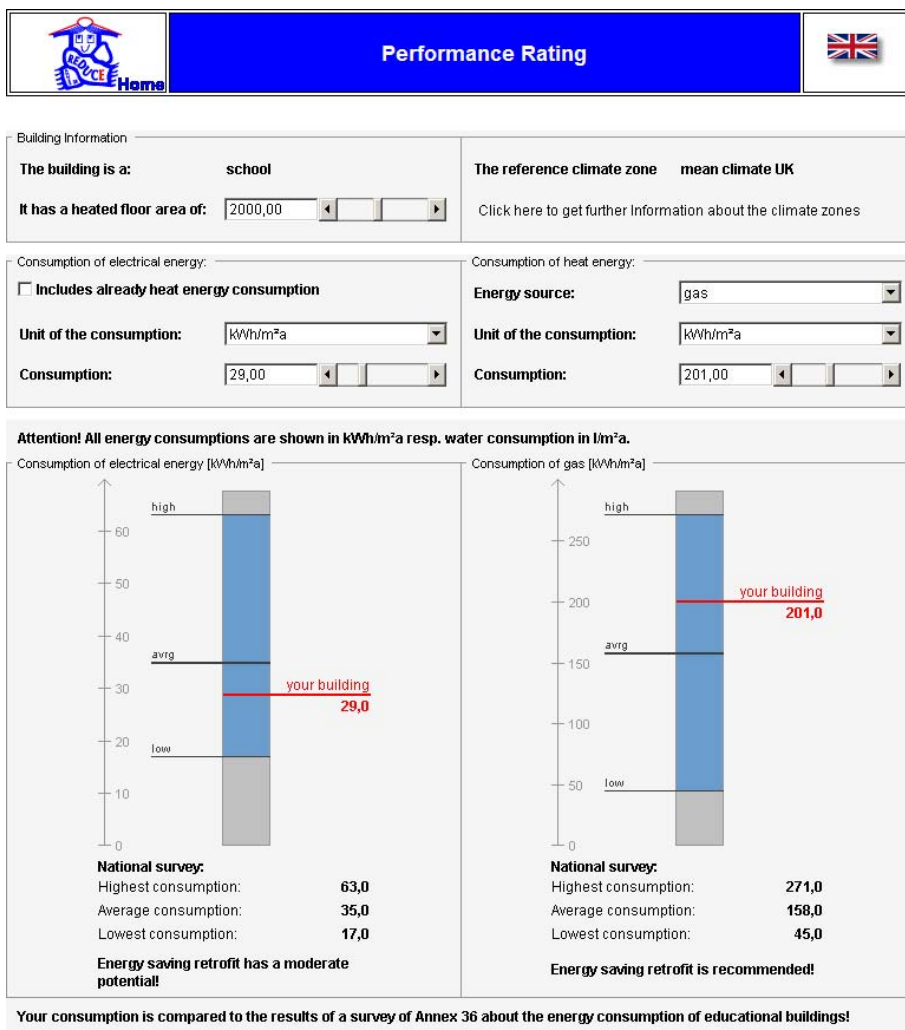


Fig. 314 Pagina relativa alla scheda comparativa dei consumi energetici dell'edificio rispetto ai dati della nazione di appartenenza (Fonte: IEA – International Energy Agency. Annex 36).

Il modulo relativo allo sviluppo dell'indirizzo di intervento è la parte maggiormente personalizzabile del programma, in cui all'operatore è richiesto di inserire tutti i dati relativi all'edificio da analizzare.

La sezione è costituita da 4 parti, ulteriormente suddivise all'interno, attraverso le quali è possibile creare lo scenario di intervento; in particolare, esse sono ripartite come segue:

- descrizione dell'edificio da analizzare;
- selezione delle strategie di intervento da applicare ad ogni elemento dell'edificio;
- creazione e confronto dei risparmi energetici ottenibili attraverso le differenti strategie di intervento;
- riassunto finale delle strategie individuate.

All'interno del primo gruppo devono essere inserite tutte le informazioni riguardanti lo stato di fatto dell'edificio esistente, al fine di individuarne gli elementi caratteristici e le criticità. Le informazioni richieste sono:

- dati generali (tipo di edificio, superficie, orientamento, ecc.);
- localizzazione;



- geometria e caratteristiche dell'involucro edilizio (aree delle superfici disperdenti, stratificazione dei materiali, trasmittanze termiche, ecc.);
- tipologia dei sistemi di riscaldamento e ventilazione;
- tipologia dei sistemi di illuminazione e apparecchiature elettriche;
- informazioni sulle voci di spesa (costo del carburante, tassi di inflazione, tassi di interesse, ecc.).

In realtà queste sezioni non sono completamente personalizzabili (fattore che conferisce una certa rigidità al sistema e, contemporaneamente, garantisce all'operatore di non introdurre errori gravi all'interno dello strumento) poiché gli unici valori svincolati dalla selezione multipla sono le entità delle superfici (mq), gli orientamenti, i consumi generali e i costi.

Fig. 315 Pagina relativa alla scheda di descrizione dell'edificio finalizzata all'individuazione degli scenari di intervento (Fonte: IEA – *International Energy Agency. Annex 36*).

La seconda parte della sezione riguarda la selezione delle strategie di intervento da applicare ad ogni elemento dell'edificio: lo strumento permette, in primo luogo, di mettere in evidenza la soluzione economicamente più vantaggiosa, ma è comunque possibile selezionare la strategia più pertinente all'edificio. È importante evidenziare che, in corrispondenza di ogni azione di *energy retrofit*, sono chiaramente espressi sia il costo dell'investimento iniziale per eseguire le opere, sia

il costo di gestione dell'edificio a seguito della riqualificazione. Anche la parte finale riassuntiva esprime, attraverso alcuni grafici, i benefici ottenibili da ciascuna strategia rispetto allo stato attuale dell'edificio.

Select one retrofit measure for each building element ? -

How to use this part +

Select a component -

Main Group: Building envelope Element: external wall

Existing Structure: concrete sandwich construction

Existing U-Value: 0,81 W/m<sup>2</sup>K

Select a retrofit measure -

1 internal insulation with 6 cm polystyrene, vapour barrier and gypsum board

Improved U-value: 0,36 W/m<sup>2</sup>K Investment costs: 50,00 €/m<sup>2</sup> Maintenance costs: 6,00 €/m<sup>2</sup>a

Select this measure as chosen retrofit measure for this element

2 external insulation with 12 cm mineral wool and plaster

Improved U-value: 0,24 W/m<sup>2</sup>K Investment costs: 80,00 €/m<sup>2</sup> Maintenance costs: 4,00 €/m<sup>2</sup>a

Select this measure as chosen retrofit measure for this element

3 external insulation with 20 cm mineral wool and plaster

Improved U-value: 0,16 W/m<sup>2</sup>K Investment costs: 100,00 €/m<sup>2</sup> Maintenance costs: 4,00 €/m<sup>2</sup>a

Overview -

Retrofit Measures:	Heat Energy demand:	Capital Expenditure:	Cost Benefit Value:
Existing Building	306,2 kWh/m <sup>2</sup> a		
1 internal insulation with 6 cm polystyrene, vapour barrier and	274,9 kWh/m <sup>2</sup> a	175511 €	0,97 €/(kWh/a)
2 external insulation with 12 cm mineral wool and plaster	266,5 kWh/m <sup>2</sup> a	280817 €	1,22 €/(kWh/a)
3 external insulation with 20 cm mineral wool and plaster	261,0 kWh/m <sup>2</sup> a	351021 €	1,34 €/(kWh/a)
4 external insulation with 12 cm polystyrene foam and plaster	266,5 kWh/m <sup>2</sup> a	245715 €	1,07 €/(kWh/a)
5 external insulation with 20 cm polystyrene foam and plaster	261,0 kWh/m <sup>2</sup> a	298368 €	1,14 €/(kWh/a)

Fig. 316 Sezione relativa alle possibili misure di intervento da adottare per ogni elemento edilizio (Fonte: IEA – International Energy Agency. Annex 36).

A seguito dell'individuazione delle strategie di intervento relative a ciascun elemento edilizio, nella terza parte della sezione è possibile creare diversi scenari di intervento, al fine di compararne costi e benefici ed effettuare una scelta ottimale. Ogni scenario riporta il valore relativo ai consumi di energia primaria a seguito dell'esecuzione delle opere e lo confronta con il valore caratteristico precedente all'intervento. Si tratta di uno strumento particolarmente utile ed efficace per l'orientamento dell'operatore, che è in grado, attraverso il cambiamento delle selezioni, di ottenere la configurazione ottimale per il caso specifico.

È, altresì, possibile valutare i costi degli scenari e mettere in evidenza, al posto del consumo energetico, le relative emissioni di CO<sub>2</sub>.

L'ultima parte della sezione permette di riassumere le strategie adottate per creare un report finale.

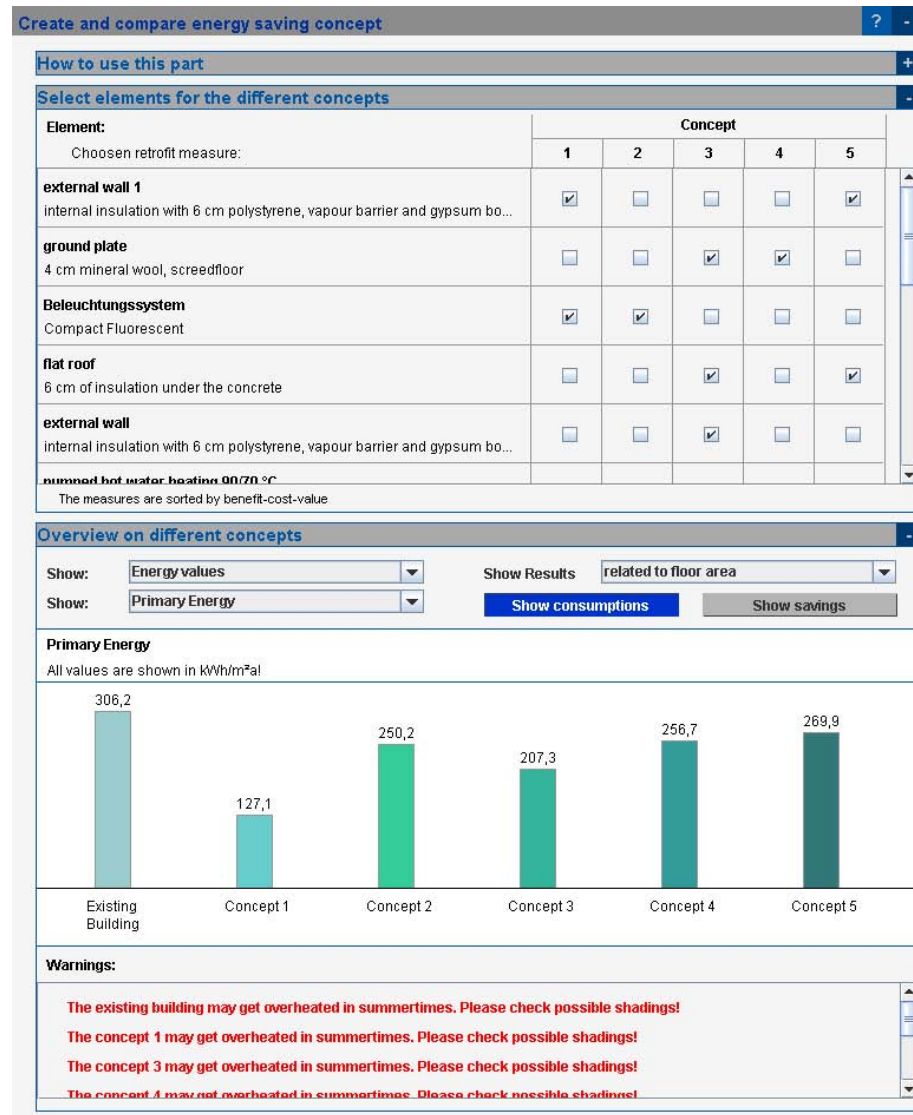


Fig. 317 Sezione relativa alla comparazione tra i diversi scenari di intervento (Fonte: IEA – International Energy Agency. Annex 36).

Le ultime sezioni del *software tool* riguardano le *utilities*, ovvero gli strumenti di supporto per il progettista. In particolare si tratta di strumenti applicativi e documenti in grado di orientare l'operatore nelle operazioni di audit energetico finalizzato all'acquisizione dei dati di partenza e nella gestione dell'edificio, a riqualificazione avvenuta.

Attraverso l'analisi approfondita dello strumento è possibile evidenziare alcune criticità emergenti riguardanti, in primo luogo, le possibilità di orientamento delle scelte; di fatto, si tratta di un metodo sufficientemente semplice da essere utilizzato dagli operatori del settore anche senza conoscenze particolarmente approfondite in materia, ma, al tempo stesso, si riescono ad ottenere buoni livelli di attendibilità dei risultati. L'aspetto che solleva particolare interesse è costituito dalla possibilità di paragonare e visualizzare, in uno stesso momento, diverse

strategie di intervento che hanno una continua relazione con gli aspetti legati all'efficienza energetica e ai costi di investimento. Lo strumento, inoltre, rimanda continuamente ai casi studio del database interno, al fine di permettere una visualizzazione dell'applicazione delle strategie a esperienze reali; in questo modo, l'operatore è in grado di comprendere fino in fondo i principi di energy retrofit alla base degli interventi.

Un aspetto moderatamente soddisfacente è costituito dalla parte destinata all'inserimento dei dati dell'edificio che si intende recuperare: malgrado il programma presenti una certa rigidità nell'inserimento delle informazioni (la maggior parte dei parametri viene inserito in modo assistito scegliendo tra un ventaglio di alternative), esso si dimostra particolarmente efficace nell'orientamento dell'operatore verso una categoria di interventi in relazione al costo degli stessi e ai benefici ottenibili.

Purtroppo, è necessario specificare che non sono contemplati direttamente i parametri legati al benessere ambientale, ma si parla esclusivamente di interventi finalizzati alla riduzione dei consumi energetici dell'edificio.

#### 6.1.4. BREEAM Education

Tra i metodi di valutazione analitica dello stato fisico e funzionale del patrimonio edilizio scolastico è importante enunciare l'esperienza condotta in Inghilterra dal **BRE – Building Research Establishment**. Il BRE propone diversi metodi di valutazione dell'edificio che coinvolgono gli aspetti energetici, ambientali e di sostenibilità e mette a disposizione dei progettisti alcuni strumenti per il controllo degli stessi (SAP2001 – *Standard Assessment Procedures*, EcoHomes, ISO 14001, ecc.). In particolare, attraverso il metodo **BREEAM – Building Research Establishment's Environmental Assessment Method**, l'Ente ha voluto fornire uno strumento per la valutazione del comportamento ambientale degli edifici rispetto al tema della sostenibilità, perseguendo i seguenti obiettivi:

- Limitare l'impatto degli edifici sull'ambiente;
- Permettere la riconoscibilità degli edifici rispetto al loro comportamento nei confronti dei parametri ambientali;
- Provvedere alla certificazione ambientale degli edifici;
- Stimolare la domanda di edifici sostenibili.

Il metodo BREEAM, inoltre, si propone di:

- Provvedere ad una ricognizione del parco immobiliare al fine di identificare gli edifici con elevato impatto ambientale;
- Assicurare l'applicazione delle pratiche edilizie sostenibili;
- Individuare paradigmi progettuali e standard edilizi al di sopra di quelli mediamente previsti nei protocolli locali, al fine di indirizzare il mercato verso soluzioni a ridotto impatto ambientale;
- Aumentare la consapevolezza di proprietari, occupanti, progettisti e operatori circa i vantaggi della costruzione di edifici con ridotto impatto sull'ambiente;
- Consentire alle organizzazioni di dimostrare i progressi ottenuti rispetto agli obiettivi ambientali delle imprese.

È necessario specificare che il metodo BREEAM non è stato originariamente formulato per l'ambito scolastico, ma nasce come protocollo per gli edifici di civile abitazione e per gli uffici; attualmente annovera le seguenti categorie:

- BREEAM Courts, per tribunali e assimilabili;
- BREEAM Education, per scuole e assimilabili;
- BREEAM Industrial, per stabilimenti industriali;
- BREEAM Healthcare, per edifici sanitari;
- BREEAM Offices, per uffici;
- BREEAM Retail, per negozi;
- BREEAM Prisons, per gli istituti di pena e assimilabili.

Il metodo si compone di un **manuale** (*BREEAM Assessor Manual*), all'interno del quale sono riportati i paradigmi progettuali e le indicazioni sui pesi dei singoli obiettivi da perseguire, e di un **modulo preliminare** (*Pre-Assesment Estimators*) che permette una valutazione rapida degli obiettivi che possono essere perseguiti nella progettazione.

Il protocollo BREEAM è applicabile a:

- edifici di nuova costruzione;
- riqualificazioni sostanziali di edifici esistenti;
- ampliamenti di edifici esistenti;
- combinazione di riqualificazione e costruzione *ex novo* di edifici;
- nuova costruzione o di ristrutturazione di ambienti che fanno parte di un più ampio edificio ad uso misto.

In relazione a questo tipo di interventi, gli edifici scolastici che possono avvalersi di tale metodo sono:

- scuole primarie;
- scuole secondarie (colleges inclusi),
- scuole speciali per bambini con disabilità o difficoltà di apprendimento (ad esempio, scuole per non udenti, scuole per bambini diversamente abili);
- colleges;
- istituti per l'educazione superiore.

Si tratta, di fatto, di un **metodo a punteggio** che valuta differenti aspetti dell'edificio all'interno di schede di valutazione, attribuendo loro un "peso" diverso in base al tipo di intervento da effettuare; in relazione al punteggio ottenuto nella compilazione delle schede, l'edificio viene classificato in una **categoria di merito** finale (*Rating Benchmarks*).

Categoria BREEAM	Punteggio ottenuto (%)
Non classificabile	< 30
Sufficiente	≥ 30
Buono	≥ 45
Molto buono	≥ 55
Eccellente	≥ 70
Eccezionale <sup>204</sup>	≥ 85

Tabella 15 Punteggio di riferimento per la determinazione della categoria di appartenenza dell'edificio (Fonte: traduzione e rielaborazione grafica da BREEAM 2008, UK).

<sup>204</sup> Inteso come "che fa eccezione", "che emerge all'interno dell'eccellenza" (traduzione di "out standing").

Parametri ambientali	Pesi attribuiti	
	Nuova costruzione, riqualificazione sostanziale, ampliamento	Riqualificazioni minori o parziali
Management	12	13
Health & Wellbeing	15	17
Energy	19	21
Transport	8	9
Water	6	7
Materials	12.5	14
Waste	7.5	8
Land Use & Ecology	10	N/A
Pollution	10	11

Tabella 16 Pesi relativi ai diversi parametri ambientali considerati (Fonte: traduzione e rielaborazione grafica da BREEAM 2008, UK).

Per ogni categoria è necessario determinare il punteggio parziale, ottenibile attraverso le azioni di riduzione dell'impatto ambientale perseguibili attraverso il progetto; successivamente, il punteggio parziale deve essere moltiplicato per il peso del parametro ambientale relativo (secondo la tabella precedente) al fine di ottenere il punteggio finale del singolo parametro. La somma algebrica dei punteggi finali di ogni singolo parametro ambientale fornisce il punteggio totale che, paragonato con la tabella indicante i punteggi, restituisce la categoria di appartenenza dell'edificio.

BREEAM Section	Credits Achieved	Credits Available	% of Credits Achieved	Section Weighting	Section score
Management	7	10	70%	0.12	8.40%
Health & Wellbeing	11	14	79%	0.15	11.79%
Energy	10	21	48%	0.19	9.05%
Transport	5	10	50%	0.08	4.00%
Water	4	6	67%	0.06	4.00%
Materials	6	12	50%	0.125	6.25%
Waste	3	7	43%	0.075	3.21%
Land Use & Ecology	4	10	40%	0.10	4.00%
Pollution	5	12	42%	0.10	4.17%
<b>Total Score</b>					<b>54.87%</b>
<b>Innovation credits achieved</b>					<b>1</b>
<b>FINAL BREEAM Score</b>					<b>55.87%</b>
<b>BREEAM Rating</b>					<b>VERY GOOD</b>
<b>Minimum Standards for BREEAM 'Very Good' rating</b>					<b>Achieved?</b>
Man 1 - Commissioning					✓
Hea 4 - High frequency lighting					✓
Hea 12 - Microbial contamination					✓
Ene 2 Sub-metering of substantial energy uses					✓
Wat 1 - Water consumption					✓
Wat 2 - Water meter					✓
LE 4 - Mitigating ecological impact					✓

Fig. 318 Esempio di scheda di sintesi per l'individuazione della categoria BREEAM di appartenenza (Fonte: BREEAM 2008, UK).

I differenti parametri ambientali sono suddivisi come segue:

<b>1. Management</b>	<b>2. Health &amp; Wellbeing</b>
Man 1 – Commissioning Man 2 – Considerate Constructors Man 3 – Construction Site Impacts Man 4 – Building User Guide Man 5 – Site Investigation Man 6 – Consultation Man 7 – Shared facilities Man 8 – Security Man 9 – Publication of building information Man 10 – Development as a learning resource Man 11 – Ease of maintenance Man 12 – Life cycle costing	Hea 1 – Daylighting Hea 2 – View out Hea 3 – Glare control Hea 4 – High frequency lighting Hea 5 – Internal and external lighting levels Hea 6 – Lighting zones & controls Hea 7 – Potential for natural ventilation Hea 8 – Indoor air quality Hea 9 – Volatile Organic Compounds Hea 10 – Thermal comfort Hea 11 – Thermal zoning Hea 12 – Microbial contamination Hea 13 – Acoustic performance Hea 14 – Office space Hea 15 – Outdoor Space Hea 16 – Drinking Water Hea 17 – Specification of Laboratory Fume Cupboards
<b>3. Energy Section</b>	<b>4. Transport Section</b>
Ene 1 - Reduction of CO2 emissions Ene 2 - Sub-metering of substantial energy uses Ene 3 - Sub metering of high energy load and tenancy areas Ene 4 - External lighting Ene 5 – Low or zero carbon technologies Ene 6 - Building fabric performance & avoidance of air infiltration Ene 7 - Cold storage Ene 8 – Lifts Ene 9 - Escalators & travelling walkways Ene 10 - Free cooling Ene 11 - Energy Efficient fume cupboards Ene 12 - Swimming pool ventilation and heat loss	Tra 1 – Provision of public transport Tra 2 – Proximity to amenities Tra 3 – Cyclist facilities Tra 4 – Pedestrian and cyclist safety Tra 5 – Travel plan Tra 6 – Maximum car parking capacity Tra 7 – Travel information point Tra 8 – Deliveries and manoeuvring
<b>5. Water Section</b>	<b>6. Material Section</b>
Wat 1 – Water Consumption Wat 2 – Water Meter Wat 3 – Major leak detection Wat 4 – Sanitary supply shut-off Wat 5 – Water recycling Wat 6 – Irrigation systems	Mat 1 – Materials specification (major building elements) Mat 2 – Hard landscaping and boundary protection Mat 3 – Reuse of building façade Mat 4 – Reuse of building structure Mat 5 – Responsible sourcing of materials Mat 6 – Insulation Mat 7 – Designing for robustness
<b>7. Waste Section</b>	<b>8. Land Use &amp; Ecology Section</b>
Wst 1 – Construction Site Waste Management Wst 2 – Recycled aggregates Wst 3 – Recyclable waste storage	LE1 – Reuse of land LE2 – Contaminated land LE3 – Ecological value of site and Protection of ecological features LE4 – Mitigating ecological impact LE5 – Enhancing site ecology LE6 – Long term impact on biodiversity LE7 – Consultation with students and staff LE8 – Local wildlife partnerships
<b>9. Pollution Section</b>	
Pol 1 – Refrigerant GWP - Building services Pol 2 – Preventing refrigerant leaks Pol 3 – Refrigerant GWP - Cold storage	

Pol 4 – NOx emissions from heating source Pol 5 – Flood risk Pol 6 – Minimising watercourse pollution Pol 7 – Reduction of night time light pollution Pol 8 – Noise attenuation	
---	--

Tabella 17 Suddivisione dei parametri e dei relativi sottoparametri (Fonte:rielaborazione grafica su dati BREEAM 2008, UK).

La suddivisione dei parametri dimostra una **particolare accuratezza del metodo** in relazione ai fattori considerati nella valutazione; il metodo BREEAM si sofferma in modo approfondito sul problema della riduzione dell’impatto ambientale dell’edificio, senza tralasciare gli aspetti legati alla qualità dell’ambiente interno (*Indoor Environmental Quality*) e alla *performance* energetica. In ogni caso, come rappresentato nel grafico seguente, è necessario evidenziare che questi due ultimi fattori non presentano una percentuale di incidenza molto maggiore rispetto agli altri parametri, poiché tutti i fattori ambientali sono da considerare importanti nell’ottica di una riduzione degli impatti ambientali globali.

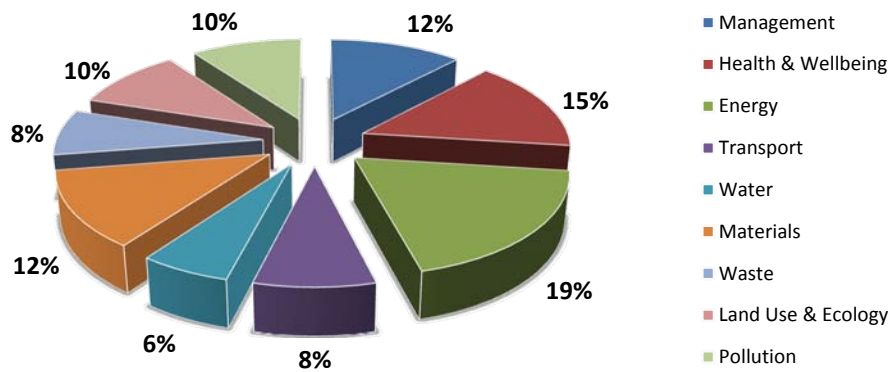


Fig. 319 Schematizzazione dei pesi percentuali dei vari parametri (Fonte: rielaborazione grafica su dati BREEAM 2008, UK).

I pesi attribuiti ai parametri dimostrano, infatti, che il metodo è nato per la valutazione degli edifici di nuova costruzione ed è stato successivamente applicato anche ai casi di riqualificazione dell’esistente; infatti, lo stesso peso è attribuito alle fonti di inquinamento (ivi compresi, ad esempio, l’inquinamento acustico, luminoso, ecc.) e all’uso di suolo, fattori di gran lunga diversamente affrontabili nel caso di nuova costruzione o di riqualificazione dell’esistente.

Questi aspetti evidenziano, inoltre, che **non si tratta di un metodo particolarmente “speditivo”** e che esso richiede una particolare attenzione per la corretta applicazione e valutazione dei vari aspetti coinvolti.

Il metodo BREEAM *Education* non presenta, in realtà, uno spiccato orientamento verso gli edifici scolastici, ma si configura come un **adattamento del corrispondente metodo per edifici residenziali**; infatti, non sono chiaramente identificabili, se non nella parte che riguarda il benessere dell’ambiente interno, i caratteri distintivi di un ambiente scolastico.

Un ulteriore elemento di criticità è rappresentato dalla figura responsabile della determinazione della categoria BREEAM cui l’edificio appartiene; il metodo, infatti,



non è validabile da qualsiasi professionista, ma deve essere condotto da un esperto (*BREEAM Assessor*), accreditato dall'Ente. In ogni caso, il professionista incaricato dell'intervento può utilizzare le schede di valutazione e il *Pre-Assessment Estimator* quale strumento di orientamento per il progetto.

### 6.1.5. LEED for Schools

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) è il metodo realizzato dall'U.S.GBC – **U.S. Green Building Council** per fornire standard e requisiti prestazionali per la certificazione energetica degli edifici di nuova costruzioni e le grandi ristrutturazioni. Esso prevede diversi protocolli in relazione al tipo di edificio da valutare, ovvero:

- LEED New Construction;
- LEED Existing Buildings;
- LEED Homes;
- LEED Neighborhood Development;
- LEED for Multiple Building Capuses;
- LEED for Schools;
- LEED for Healthcare;
- LEED for Retail;
- LEED for Laboratoires.

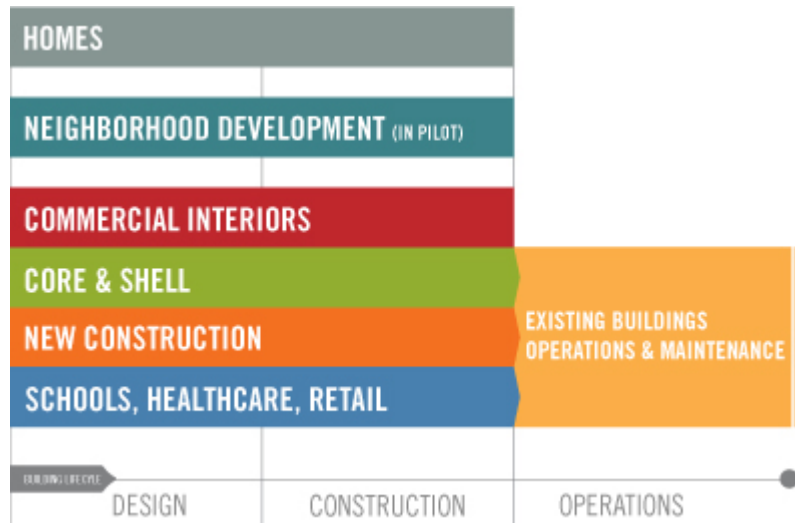


Fig. 320 Suddivisione dei Rating Systems in relazione al ciclo di vita dell'edificio (FONTE: U.S. GBC).


Nel caso di interventi sostanziali sull'edificio, è possibile avvalersi dello strumento specifico per le scuole (LEED Schools), il quale fornisce un sistema di linee guida per orientare gli interventi di riqualificazione e gli strumenti di valutazione dell'esistente.

Si tratta di un metodo a punteggio, organizzato attraverso un questionario su base Excel che valuta 6 aree tematiche:

- Sustainable Sites (16 punti);
- Water Efficiency (7 punti);

- Energy and Atmosphere (17 punti);
- Materials and Resources (13 punti);
- Indoor Environmental Quality (20 punti);
- Innovation and Design Process (6 punti).

Ogni area contiene una lista di prerequisiti obbligatori e di richieste specifiche, ad ognuno dei quali viene attribuito un punteggio (*credit*).



## LEED for Schools 2007 Registered Project Checklist

Project Name: \_\_\_\_\_  
Project Address: \_\_\_\_\_

Yes ? No

		Sustainable Sites	16 Points
Y	Prereq 1	<b>Construction Activity Pollution Prevention</b>	Required
Y	Prereq 2	<b>Environmental Site Assessment</b>	Required
Y	Credit 1	<b>Site Selection</b>	1
Y	Credit 2	<b>Development Density &amp; Community Connectivity</b>	1
Y	Credit 3	<b>Brownfield Redevelopment</b>	1
Y	Credit 4.1	<b>Alternative Transportation, Public Transportation Access</b>	1
Y	Credit 4.2	<b>Alternative Transportation, Bicycle Use</b>	1
Y	Credit 4.3	<b>Alternative Transportation, Low-Emitting &amp; Fuel-Efficient Vehicles</b>	1
Y	Credit 4.4	<b>Alternative Transportation, Parking Capacity</b>	1
Y	Credit 5.1	<b>Site Development, Protect or Restore Habitat</b>	1
Y	Credit 5.2	<b>Site Development, Maximize Open Space</b>	1
Y	Credit 6.1	<b>Stormwater Design, Quantity Control</b>	1
Y	Credit 6.2	<b>Stormwater Design, Quality Control</b>	1
Y	Credit 7.1	<b>Heat Island Effect, Non-Roof</b>	1
Y	Credit 7.2	<b>Heat Island Effect, Roof</b>	1
Y	Credit 8	<b>Light Pollution Reduction</b>	1
Y	Credit 9	<b>Site Master Plan</b>	1
Y	Credit 10	<b>Joint Use of Facilities</b>	1
		Water Efficiency	7 Points
Y	Credit 1.1	<b>Water Efficient Landscaping, Reduce by 50%</b>	1
Y	Credit 1.2	<b>Water Efficient Landscaping, No Potable Use or No Irrigation</b>	1
Y	Credit 2	<b>Innovative Wastewater Technologies</b>	1
Y	Credit 3.1	<b>Water Use Reduction, 20% Reduction</b>	1
Y	Credit 3.2	<b>Water Use Reduction, 30% Reduction</b>	1
Y	Credit 3.3	<b>Water Use Reduction, 40% Reduction</b>	1
Y	Credit 4	<b>Process Water Use Reduction, 20% Reduction</b>	1
		Energy & Atmosphere	17 Points
Y	Prereq 1	<b>Fundamental Commissioning of the Building Energy Systems</b>	Required
Y	Prereq 2	<b>Minimum Energy Performance</b>	Required
Y	Prereq 3	<b>Fundamental Refrigerant Management</b>	Required
Y	Credit 1	<b>Optimize Energy Performance (2 pt minimum)</b>	2 to 10
Y		14% New Buildings or 7% Existing Building Renovations	2
Y		17.5% New Buildings or 10.5% Existing Building Renovations	3
Y		21% New Buildings or 14% Existing Building Renovations	4
Y		24.5% New Buildings or 17.5% Existing Building Renovations	5
Y		28% New Buildings or 21% Existing Building Renovations	6
Y		31.5% New Buildings or 24.5% Existing Building Renovations	7
Y		35% New Buildings or 28% Existing Building Renovations	8
Y		38.5% New Buildings or 31.5% Existing Building Renovations	9
Y		42% New Buildings or 35% Existing Building Renovations	10
Y	Credit 2	<b>On-Site Renewable Energy</b>	1 to 3
Y		2.5% Renewable Energy	1
Y		7.5% Renewable Energy	2
Y		12.5% Renewable Energy	3
Y	Credit 3	<b>Enhanced Commissioning</b>	1
Y	Credit 4	<b>Enhanced Refrigerant Management</b>	1
Y	Credit 5	<b>Measurement &amp; Verification</b>	1
Y	Credit 6	<b>Green Power</b>	1

continued...

Yes	?	No			13 Points
			<b>Materials &amp; Resources</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>			Prereq 1	<b>Storage &amp; Collection of Recyclables</b>	Required
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.1	<b>Building Reuse</b> , Maintain 75% of Existing Walls, Floors & Roof	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.2	<b>Building Reuse</b> , Maintain 95% of Existing Walls, Floors & Roof	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.3	<b>Building Reuse</b> , Maintain 50% of Interior Non-Structural Elements	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2.1	<b>Construction Waste Management</b> , Divert 50% from Disposal	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2.2	<b>Construction Waste Management</b> , Divert 75% from Disposal	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3.1	<b>Materials Reuse</b> , 5%	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3.2	<b>Materials Reuse</b> , 10%	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.1	<b>Recycled Content</b> , 10% (post-consumer + ½ pre-consumer)	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.2	<b>Recycled Content</b> , 20% (post-consumer + ½ pre-consumer)	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 5.1	<b>Regional Materials</b> , 10% Extracted, Processed & Manufactured Regionally	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 5.2	<b>Regional Materials</b> , 20% Extracted, Processed & Manufactured Regionally	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 6	<b>Rapidly Renewable Materials</b>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 7	<b>Certified Wood</b>	1
			<b>Indoor Environmental Quality</b>		20 Points
<input checked="" type="checkbox"/>			Prereq 1	<b>Minimum IAQ Performance</b>	Required
<input checked="" type="checkbox"/>			Prereq 2	<b>Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control</b>	Required
<input checked="" type="checkbox"/>			Prereq 3	<b>Minimum Acoustical Performance</b>	Required
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1	<b>Outdoor Air Delivery Monitoring</b>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2	<b>Increased Ventilation</b>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3.1	<b>Construction IAQ Management Plan</b> , During Construction	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3.2	<b>Construction IAQ Management Plan</b> , Before Occupancy	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4	<b>Low-Emitting Materials</b>	1 to 4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 5	<b>Indoor Chemical &amp; Pollutant Source Control</b>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 6.1	<b>Lighting System Design &amp; Controllability</b>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 6.2	<b>Thermal Comfort</b> , Controllability	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 7.1	<b>Thermal Comfort</b> , Design	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 7.2	<b>Thermal Comfort</b> , Verification	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 8.1	<b>Daylight &amp; Views</b> , Daylighting	1 to 3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> 75% of classrooms (required for either points below)	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> 90% of classrooms	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> 75% of other spaces	3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 8.2	<b>Daylight &amp; Views</b> , Views for 90% of Spaces	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 9	<b>Enhanced Acoustical Performance</b>	1 to 2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 10	<b>Mold Prevention</b>	1
			<b>Innovation &amp; Design Process</b>		6 Points
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.1	<b>Innovation in Design</b> : Provide Specific Title	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.2	<b>Innovation in Design</b> : Provide Specific Title	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.3	<b>Innovation in Design</b> : Provide Specific Title	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.4	<b>Innovation in Design</b> : Provide Specific Title	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2	<b>LEED® Accredited Professional</b>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3	<b>School as a Teaching Tool</b>	1
			<b>Project Totals (pre-certification estimates)</b>		79 Points
Certified: 29-36 points, Silver: 37-43 points, Gold: 44-57 points, Platinum: 58-79 points					

Fig. 321 Checklist prevista dal metodo LEED Schools (Fonte: U.S.GBC).

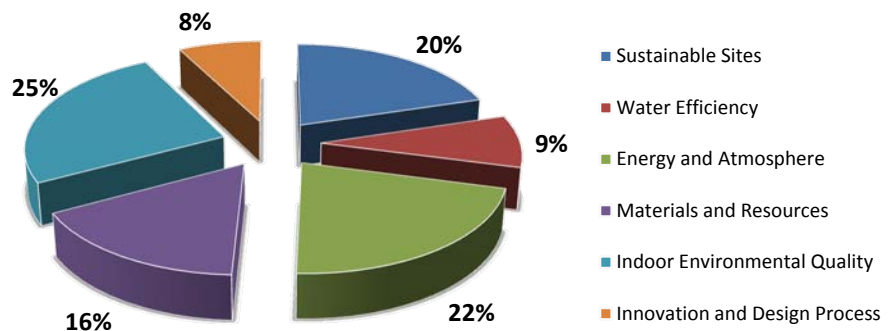


Fig. 322 Schema dei pesi percentuali dei diversi parametri considerati all'interno della checklist (Fonte: rielaborazione grafica su dati U.S.GBC).

La somma dei *credits* fornisce il punteggio finale e, quindi, la classe di appartenenza dell'edificio. È possibile rientrare in 4 categorie, suddivise in:

- **sola certificazione:** 29-36 punti;
- **argento:** 37-43 punti;
- **oro:** 44-57 punti;
- **platino:** 58-79 punti.

A ogni categoria corrisponde la targa da esibire nell'edificio.

Il panorama LEED annovera, inoltre, uno **strumento specifico per la valutazione degli edifici esistenti**, ovvero il **LEED EB O&M** (*LEED for Existing Buildings Operating and Maintenance*), il cui scopo principale è perseguire il miglioramento delle *performances* dell'edificio al fine di ridurre l'impatto negativo delle pratiche non sostenibili negli occupanti e nell'ambiente. Esso si applica nei casi di interventi minori sull'edificio e si fonda su cinque aree tematiche principali, ovvero:

- Site Planning;
- Water Management;
- Energy Performance;
- Material Use;
- Indoor Environmental Quality;

I principali **obiettivi** perseguiti attraverso il metodo LEED EB sono:

- la determinazione di uno stato di fatto dell'edificio, ad uso del proprietario o dell'Ente gestore;
- l'individuazione di un percorso per la riqualificazione dell'esistente, attraverso l'applicazione dei principi di sostenibilità caratterizzanti il sistema LEED, limitatamente a ciò che è possibile effettuare nell'ambito dell'esistente;
- la riduzione dei costi ambientali dell'edificio, riguardanti gli aspetti di consumo di energia, acqua e materiali;
- lo sviluppo di un sistema di gestione integrata;
- l'ottimizzazione del comfort degli ambienti interni attraverso l'intervento sui principali parametri che influiscono sulle variazioni di consumo e comfort (termoigrometrico, illuminotecnico, IEQ, ecc.);
- la riduzione dell'impatto delle sostanze tossiche e nocive sugli occupanti e sull'ambiente;
- l'inserimento di tecnologie per lo sfruttamento delle energie rinnovabili all'interno dell'edificio (sistemi solari, termici, fotovoltaici, ecc.).

I pesi attribuiti ai parametri della *checklist* del sistema LEED Schools dimostrano che il metodo è nato per la valutazione degli edifici di nuova costruzione ed è stato successivamente adattato anche ai casi di riqualificazione dell'esistente.

Un aspetto particolarmente positivo è la **differenziazione della quantificazione del requisito in relazione ai casi di nuova costruzione e di intervento sul costruito**, con riferimento particolare all'area di valutazione dell'energia e dell'atmosfera.

Il metodo, inoltre, riserva un peso particolare alla **qualità dell'ambiente interno**, valutando in modo sostanziale gli aspetti che concorrono alla definizione di benessere dell'utente.



Fig. 323 Esempio di targa Argento  
(Fonte: U.S.GBC).

## 6.2. Metodologie per l'acquisizione e l'analisi di dati *in situ*

La determinazione di parametri relativi ad un oggetto esistente implica sempre, indipendentemente dalla natura dell'analisi e dei suoi obiettivi, l'esecuzione di una metodologia che struttura, organizza e programma una serie finalizzata di operazioni. In particolare, si tratta di effettuare le seguenti operazioni:

- **pianificazione tecnico-economica del processo**, con particolare attenzione a priorità e propedeuticità, potenzialità di integrabilità e sinergia delle informazioni, parallelizzazione delle attività, rischi di interferenza, condizioni logistico-operative;
- **esecuzione di procedure uniformate alle normative di riferimento**, eseguite da figure professionali tecnicamente preparate mediante l'utilizzo di soluzioni tecnico-tecnologiche idonee;
- **organizzazione e pianificazione delle fasi di gestione ed aggiornamento del patrimonio informativo**.

La corretta esecuzione del processo consente di ottimizzare la precisione finale sul dato, selezionando strumentazioni idonee alle condizioni di fattibilità tecnica ed economica preliminare, minimizzando al contempo i tempi di produzione e garantendo, quindi, risultati di qualità corrispondente alle richieste, nei tempi e nei costi stabiliti, evitando rischi a operatori, attrezzature e terzi.

Considerando la crescente complessità e coerenza dei requisiti legislativi e normativi in materia, in tale ottica l'approccio strategico più efficace è, e sempre di più sarà in futuro, l'utilizzo di metodologie ottimizzate ed integrate, messe in campo da professionisti e *team* di lavoro fortemente specializzati e coordinati<sup>205</sup>.

La **prima fase** da affrontare è la **raccolta dei dati disponibili sull'oggetto di indagine** e su tutti gli elementi influenti, ad esso relazionati: cartografie, documentazioni, fotografie, schizzi e rilievi precedenti, costituiscono la base per la pianificazione e il supporto per l'esecuzione delle fasi successive. All'interno di tale fase preliminare si procede al **sopralluogo**, il primo contatto con l'oggetto di indagine per la verifica delle ipotesi formulate, l'eventuale integrazione delle informazioni, l'approntamento di tutte le condizioni logistiche ed operative necessarie o propedeutiche alle analisi da effettuare.

All'interno di questa fase sono da valutare alcune condizioni al contorno (**prerequisiti**), indispensabili per il corretto svolgimento della campagna di acquisizione. Si tratta di:

- **reperire elaborati tecnici** utili alla successiva fase di progetto del rilievo e alla definizione dell'eidotipo di supporto;
- **verificare l'accessibilità a tutte le parti dell'edificio** necessarie alla determinazione delle caratteristiche energetiche e ambientali (compresi eventuali sottotetti non abitabili);
- verificare le condizioni dell'edificio al fine di **garantire la massima sicurezza agli operatori** incaricati del rilievo.

---

<sup>205</sup> Esempi a proposito sono strutture quali il centro "Architettura Energia" della Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Ferrara, che svolge attività di ricerca, formazione e perfezionamento, elaborazione di progetti specialistici e consulenza a privati e a pubbliche amministrazioni.

La **seconda fase** è il **progetto del rilievo**. Questa fase è spesso sottovalutata ma influisce notevolmente sulla qualità e sulle tempistiche del rilievo. Un'attenta programmazione consente infatti di selezionare le metodologie adeguate e proporzionate sia al sito che alle finalità del rilievo, mirando all'ottimizzazione dei tempi di acquisizione, definendo la scala e il dettaglio del rilievo, minimizzando lo spreco di risorse, selezionando gli strumenti più idonei, le risorse e competenze professionali degli operatori, delle aziende o degli enti da coinvolgere.

La **terza fase** è la **conduzione del rilievo**, strutturata in acquisizione, elaborazione e restituzione dei dati, a loro volta specifiche e sotto-strutturate a seconda della metodologia di indagine da effettuare.

Sono di seguito riportate le strumentazioni necessarie all'acquisizione dei dati *in situ*, relativamente ai parametri metrici e morfometrici, energetici e ambientali.

### 6.2.1. Determinazione dei dati metrici e morfometrici dell'edificio

Nell'ambito dell'acquisizione dei dati finalizzata ad una verifica prestazionale e di supporto al progetto di riqualificazione, è necessario provvedere, in primo luogo, alla determinazione dei dati metrici e morfometrici dell'oggetto edilizio. Il rilievo deve fornire informazioni utili alla valutazione del comportamento energetico e ambientale globale dell'edificio, ovvero deve rendere possibili:

- il calcolo della **superficie disperdente**;
- il calcolo del **volume riscaldato**;
- il calcolo della **superficie lorda**;
- la determinazione degli **orientamenti** rispetto al Nord geografico;
- l'analisi **distributivo-funzionale** degli ambienti interni (finalizzata alla valutazione delle interferenze tra attività, soprattutto dal punto di vista acustico).

Gli elaborati prodotti dalla fase di rilievo costituiscono il riferimento imprescindibile per le ulteriori valutazioni sul manufatto.

Tra le "variabili" da determinare per affrontare lo studio di manufatti (siano essi complessi architettonici o parti di essi) particolare importanza assume la **dimensione**, generalmente interpretabile come studio della quantità; rientrano in questo ambito la misura di posizioni (relativamente a sistemi di riferimento locali o globali), di sviluppi lineari, di superfici e di volumi. In un crescendo di complessità dal monodimensionale al tridimensionale, essi implicano l'utilizzo di attrezzature e tecniche via via più complesse all'aumentare delle dimensioni, articolazione e complessità morfologica dell'oggetto di indagine, di presenza di vincoli logistici ed operativi, di disponibilità economica, di competenza tecnica degli operatori addetti, del grado di polivalenza ed integrabilità del dato acquisito, del grado di accuratezza<sup>206</sup> richiesto.

Nonostante al fine del rilievo metrico e morfometrico siano impiegabili metodologie molto diverse per teoria, complessità operativa e strumentazione

<sup>206</sup> Nella teoria degli errori, l'accuratezza è il grado di corrispondenza del dato teorico, desumibile da una serie di valori misurati, con il dato reale o di riferimento.

impiegata, l'organizzazione logica delle analisi prevede comunque una strutturazione semplificabile in:

- suddivisione dell'oggetto in parti;
- controllo su ogni parte;
- riferimento di ogni parte a punti certi.

### Rilievo diretto

**Viene definito rilievo diretto la metodologia di acquisizione di misure direttamente sull'oggetto per confronto con l'unità di misura di riferimento.**

Le metodologie del rilievo diretto possono essere applicate in una vasta gamma di misurazioni. Nella scelta sono da considerare sia la raggiungibilità fisica di ciò che deve essere oggetto di misura, sia la tolleranza sul dato da restituire: ogni scala di rappresentazione, infatti, ha un grado di tolleranza ben definito rispetto alla misura reale derivante dalla leggibilità delle misure rappresentate su carta<sup>207</sup>.

Gli **strumenti** impiegati sono principalmente di tipo tradizionale:

- metro estensibile;
- cordella metrica;
- filo a piombo;
- calibro;
- livella ad acqua;
- squadri;
- paline.

Una completa e dettagliata documentazione fotografica rappresenta un supporto indispensabile per la comprensione in fase di restituzione, soprattutto quando essa è effettuata da un operatore non appartenente al *team* di rilievo sul camp, oppure quando essa viene effettuata a considerevole distanza di tempo dall'acquisizione.

Le attuali strumentazioni basate su tecnologia *laser*, come distanziometri e livelle, permettono di aumentare precisione, rapidità e produttività delle operazioni di acquisizione della misura. In base alla strumentazione impiegata varia il numero **minimo di operatori necessari**: nel primo caso (solo strumenti tradizionali) esso è pari a tre (due eseguono le misure, uno coordina le operazioni e redige l'eidotipo<sup>208</sup>), nel secondo (impiego di strumenti *laser*) può scendere, per le applicazioni più semplici, a due (uno esegue le misure, uno coordina le operazioni e redige l'eidotipo). La specializzazione richiesta dagli operatori, rispetto ad altre metodologie di rilievo dimensionale, è di livello basso.

Il prelievo delle misure viene effettuato per "misure parziali", ossia in serie, oppure per "misure progressive", ossia con una origine e un verso positivo.

La restituzione degli eidotipi viene effettuata con *softwares* CAD. Durante tale fase, riportando le misure prese *in situ* in scala 1:1, dalla chiusura delle trilaterazioni emergono eventuali errori e lacune e viene controllata la tolleranza dimensionale del rilievo.

<sup>207</sup> Il concetto di tolleranza nella misura va comunque mantenuto anche nell'attuale impostazione delle rappresentazioni digitali in formato CAD, nelle quali si disegna in scala 1:1.

<sup>208</sup> L'eidotipo è uno schizzo proporzionale dell'elaborato di rilievo che si intende produrre, su cui vengono riportate tutte le misure prese *in situ* e completo di tutte le informazioni di supporto ritenute necessarie o utili ai fini del rilievo stesso.



Fig. 324 Cordella metrica per rilievo diretto.



Fig. 325 Distanziometro laser (Fonte: Leica Geosystems).

Per il rilievo finalizzato alla riqualificazione energetica, il rilievo diretto rappresenta ancora oggi la metodologia più produttiva per l'acquisizione di tutti gli elementi di dettaglio (come le dimensioni dei telai di porte e finestre). Nell'eidotipo (o in apposite schede di acquisizione dati) vengono inoltre inserite tutte le informazioni ritenute utili (inclusi i riferimenti, numerati, alle relative fotografie) su qualità, materiali e stato di conservazione dei vari componenti essenziali al calcolo della prestazione energetica (chiusure opache e trasparenti, partizioni interne, impianti, ecc.).

### Rilievo dimensionale mediante strumentazione topografica

Il rilievo dimensionale mediante strumentazione topografica avviene attraverso strumenti in grado di acquisire coordinate polari (angolo e distanza) di punti nello spazio rispetto al sistema di riferimento proprio dello strumento stesso.

I campi di applicazione di tale metodologia sono molteplici: topografia, architettura, ingegneria, industria sia per il rilievo dell'esistente che per il controllo di esecuzione in opera.

Gli impieghi più frequenti riguardano:

- rilievo del territorio;
- monitoraggio strutturale di infrastrutture;
- posizionamento di riferimenti posizionali in cantiere;
- confinamenti e frazionamenti catastali;
- rilievo architettonico.

Lo strumento comunemente utilizzato è denominato **stazione totale**, evoluzione del tradizionale teodolite ottico-meccanico per aggiunta di distanziometro elettronico e di computer per la memorizzazione e calcolo dei dati. Essa è composta da:

- **basamento** (che viene fissato a un treppiede per mezzo di una vite centrale), dotato di un piombo laser per centrare il punto a terra e di tre viti calanti per la messa in bolla;
- **alidada**, dotata di cannocchiale, mirino, bolla sferica, viti micrometriche azimutale e zenitale (viti per i piccoli spostamenti del cerchio orizzontale e del cerchio verticale);
- **computer** provvisto di memoria interna per il salvataggio delle misure, *display* e tastiera per le principali operazioni.

Complementi indispensabili della strumentazione sono:

- il **treppiede**, necessario per la messa in stazione dello strumento;
- il **blocco appunti** per la redazione dell'eidotipo e l'annotazione;
- la **fotocamera** per la documentazione fotografica di supporto;
- il **prisma riflettente** da posizionare fisicamente sul punto da misurare mediante un'asta metallica, denominata palina (nel caso in cui la stazione totale non sia dotata di distanziometro laser oppure sia richiesta elevata precisione, soprattutto a distanze chilometriche);
- la **ricetrasmittente** per la comunicazione con l'operatore addetto al posizionamento del prisma.



Fig. 326 Stazione totale (Fonte: Leica Geosystems, modello TPS1100).



Tra gli accessori utili possono essere inclusi treppiedi aggiuntivi, prismi riflettenti di varie dimensioni, *targets* per contrassegnare eventuali punti notevoli ("chiodi" dei punti di stazione, capisaldi).

Il rilievo prevede, oltre al sopralluogo preliminare e alla pianificazione, una fase di acquisizione *in situ*, una di elaborazione e una di restituzione.

L'acquisizione viene effettuata mirando i punti da misurare con il cannocchiale e memorizzando la misura (angolo azimutale, angolo zenitale, distanza inclinata<sup>209</sup>) sul computer della stazione totale. Nel caso siano necessari più punti di stazione, essi vanno opportunamente acquisiti, in modo da costruire una poligonale (spezzata, aperta o chiusa, ottenuta dal congiungimento dei punti di stazione) che permette in seguito di relazionarne ed omogeneizzarne tra loro i sistemi di riferimento polari locali. I punti acquisiti, opportunamente codificati, vengono riportati sull'eidotipo, riferimento indispensabile sia sul campo (per la comprensione dello stato di avanzamento del rilievo) sia in fase di restituzione. Nel caso sia necessario riferire il rilievo a sistemi di riferimento globali, è necessario acquisire anche punti di coordinate note (vertici di rete, punti fiduciali, centri strumentali di antenne GPS). I dati acquisiti vengono poi trasferiti, a fine campagna, su un computer ed elaborati con appositi *softwares* in modo da ottenere un *file* vettoriale tridimensionale, importabile nelle comuni piattaforme di disegno CAD. La restituzione dei dati e la produzione dei tradizionali elaborati tecnici (piante, sezioni, prospetti) avviene mediante congiungimento dei dati puntuali tridimensionali importati in ambiente CAD, richiedendo quindi da parte dell'operatore una formazione di livello base.

Tra le stazioni totali attualmente in commercio esistono modelli dotati di antenna GPS integrata (che permette il riferimento del punto di stazione rispetto al sistema di coordinate globali), base motorizzata ad ingenerimento automatico del prisma, connessione *wireless* e *bluetooth*, memoria removibile, riconoscimento automatico di punti, fotocamera digitale integrata, acquisizione di griglie di punti in automatico<sup>210</sup>.

La precisione dei punti rilevati con l'ausilio di una stazione totale è divenuta peculiarità irrinunciabile per la costituzione di griglie di punti di riferimento su cui basare e condurre altre metodologie di rilievo, quali il rilievo diretto e il rilievo morfometrico mediante *laser scanner*.

### Rilievo morfometrico mediante laser scanner

**Il rilievo morfometrico è definibile come una metodologia di rilievo qualitativa e quantitativa, non a contatto, non invasiva, non distruttiva delle coordinate relative di un numero di punti nello spazio** (acquisite mediante strumentazione *laser scanner* terrestre), numero talmente elevato da rappresentare, oltre alle

<sup>209</sup> L'angolo azimutale è dato dalla rotazione dell'alidada sul piano orizzontale e viene calcolato in relazione all'asse polare; l'angolo zenitale è dato dalla rotazione del cannocchiale sul piano verticale ed è calcolato rispetto all'asse delle z; la distanza inclinata è data dalla distanza tra il centro strumentale e il punto collimato.

<sup>210</sup> Tale caratteristica sta progressivamente avvicinando la strumentazione topografica a quella basata su *laser scanner*.

dimensioni dell'oggetto di analisi (come indica il suffisso *-metrico*), anche la forma (come indica il prefisso *-morfo*).

Si tratta di una metodologia avanzata e di recente sviluppo ed applicazione, supportata da tecnologia (di derivazione militare) in progressiva e costante innovazione.

La strumentazione *laser scanner* terrestre è basata su concetti geometrici e fisici. Grazie alla misura di angoli e tempi, elabora e restituisce, in base alla tecnologia impiegata, dati geometrici sotto forma di **nuvole di punti**<sup>211</sup> posizionati nello spazio, o **mesh**<sup>212</sup> di triangoli che definiscono superfici tridimensionali. Nuvole di punti e *mesh* rappresentano una nuova realtà oggettiva certa, punto di partenza per la determinazione quantitativa della materia.

I *laser scanners* terrestri attualmente in produzione sfruttano diversi principi fisici, tra i quali i principali sono rappresentati da:

- **triangolazione ottica**, in cui la distanza è ottenuta sfruttando il teorema dei coseni<sup>213</sup> e producono *mesh* triangolate;
- **interferenza di fase**, in cui la distanza è ottenuta emettendo onde continue (non pulsanti) interpretando poi l'onda di ritorno<sup>214</sup> e producono nuvole di punti;
- **tempo di volo**, in cui la distanza è ottenuta misurando il tempo che un'onda luminosa impiega a percorrerla<sup>215</sup> e producono nuvole di punti.

La prima famiglia trova applicazioni nell'industria (*reverse-engineering*), medicina e bioingegneria (odontoiatria), cinematografia ed effetti speciali (scansioni di modelli), archeologia e restauro (scansione di manufatti di piccola/media dimensione). La seconda famiglia trova impiego in ingegneria, architettura, archeologia e restauro, soprattutto per il rilievo di ambienti interni (dove è richiesta particolare velocità, buona accuratezza con *range* medio). La terza famiglia è particolarmente adatta ad applicazioni con *range* di acquisizione medio-lungo: ingegneria (costruzioni ed infrastrutture), architettura (rilievo di edifici e monumenti), archeologia e restauro, ambiente (frane).

Un'ulteriore distinzione può essere effettuata in base alla modalità operativa:



Fig. 327 Laser scanner a testa rotante (Fonte: Leica Geosystems, modello ScanStation2).

<sup>211</sup> La nuvola di punti (in inglese *point cloud*) è l'insieme dei punti individuati ed acquisiti dal *laser scanner*, disposti nello spazio cartesiano tridimensionale.

<sup>212</sup> Il termine inglese *mesh*, letteralmente "tessuto", è utilizzato in informatica per indicare la connessione di punti nello spazio attraverso una maglia di superfici triangolate. Nel suo insieme una *mesh* costituisce la "pelle" esterna del modello tridimensionale.

<sup>213</sup> Tali strumenti posseggono un emettitore ed un ricevitore posti a distanza fissa e rilevando gli angoli di emissione e di ricezione calcolano la posizione spaziale dei punti su cui si riflette il raggio emesso. La triangolazione perde precisione se usata per un *range* operativo superiore ai 10 metri (l'angolo di riflessione sull'oggetto tende ad essere troppo piccolo), per questo motivo tali strumenti sono dedicati al rilievo di dettaglio. Tale categoria di strumenti ha un *range* di acquisizione molto limitato (entro 2-3 metri), velocità media, accuratezza molto elevata (nell'ordine dei decimi di millimetro).

<sup>214</sup> Essendo note e costanti le caratteristiche fisiche dell'onda emessa dal laser, la distanza è calcolata sommando i multipli di lunghezze d'onda intere e la frazione rimanente. Tale categoria di strumenti ha un *range* di acquisizione piuttosto limitato (tra 20 cm e i 50-60 m), elevata velocità (500.000 punti/secondo), elevata accuratezza (nell'ordine di pochi millimetri).

<sup>215</sup> Essendo la velocità della luce nel vuoto  $c = 299792458$  m/s e  $n = 1.00025$  il fattore di correzione per la propagazione in aria, occorrono circa 3.33 nanosecondi per coprire un metro. Per ottenere una risoluzione di 1 mm è necessario quindi che lo strumento misuri tempi con la precisione del picosecondo. Ad ogni emissione del raggio laser (LRF21 a onde pulsanti) corrisponde l'individuazione di una distanza e di una posizione. Tale categoria di strumenti ha un *range* di acquisizione medio lungo (fino a 150/200 m), media velocità (50.000 punti/secondo), elevata accuratezza (nell'ordine di pochi millimetri).

- **scanners a inquadratura fissa**, dotati di una finestra fissa per l'emissione del laser che si muove entro angoli verticali ed orizzontali prestabiliti (solitamente entro i 40-60°), non richiedono messa in stazione ma necessitano obbligatoriamente di un supporto topografico per la referenziazione dei dati di ogni singola presa.
- **scanners a testa rotante**, evoluzione della famiglia precedente, sono in grado di ruotare meccanicamente la sorgente emettitrice del laser coprendo campi di visuale a forma di "cupole" rispetto alla testa dello strumento. Necessitano di messa in stazione, ma permettono di referenziare in automatico tutte le prese relative alla singola stazione.

Di particolare interesse per i rilievi in architettura, grazie alle loro caratteristiche tecnico-operative, risultano essere i **laser scanners terrestri a tempo di volo a testa rotante**. La strumentazione è composta da:

- laser scanner;
- treppiede;
- computer di controllo;
- cavi di collegamento;
- targets per la registrazione;
- gruppo batteria;
- gruppo elettrogeno (nel caso di rilievi outdoor o indoor a lunga durata).

L'acquisizione *in situ* prevede, analogamente all'impiego di stazioni totali topografiche, la messa in stazione dello strumento su treppiede. Si procede poi al posizionamento dei *targets*, delle mire riconosciute dal *laser scanner* come punti notevoli e utilizzati, in fase di elaborazione, per il reciproco e corretto riferimento tra le varie stazioni effettuate. La procedura di acquisizione dei punti è totalmente automatizzata, controllata attraverso il *computer* collegato alla testa strumentale. L'operatore definisce i limiti dell'area da rilevare e la densità dei punti (si prevede in genere una distanza compresa tra 5 mm e 2 cm, a seconda delle finalità del rilievo). Lo strumento effettua una rotazione intorno al suo asse e misura coordinate e valore di riflettanza<sup>216</sup> di tutti i punti che ricadono nel suo campo visivo. La fotocamera integrata memorizza inoltre una serie di immagini digitali, fuse automaticamente a formare una panoramica dell'area interessata dall'acquisizione. Questa, oltre a costituire un'utile documentazione in fase di elaborazione del dato, può essere proiettata sulla nuvola di punti, in modo da agevolarne il riconoscimento e l'interpretazione. Prima del cambio di stazione, l'operatore procede al riconoscimento, sul *software* di controllo, dei *targets*. Tutti dati acquisiti sono visualizzati in tempo reale sul *monitor* del *computer* di controllo, permettendo all'operatore di visualizzare immediatamente cosa sta misurando. L'elaborazione del dato prevede diverse fasi:

- **registrazione**, ovvero la procedura che consente di montare insieme le singole stazioni e di uniformarne i sistemi di riferimento locali;



Fig. 328 Target per l'acquisizione dei punti notevoli e per la referenziazione delle stazioni.

<sup>216</sup> La riflettanza è un valore numerico associato dal *laser scanner* all'intensità con cui l'oggetto colpito ha restituito la luce del *laser* e dipende da angolo d'incidenza e colore della superficie. In fase di visualizzazione della nuvola di punti tale valore può essere rappresentato attraverso una scala cromatica personalizzabile. La riflettanza può fornire indicazioni sulle caratteristiche superficiali dei manufatti, individuando discontinuità su materiali apparentemente omogenei o depositi superficiali poco evidenti.

- **pulizia delle nuvole di punti**, durante la quale vengono rimossi i dati inutili acquisiti;
- **definizione dei piani di riferimento** per piante, prospetti, sezioni;
- **congiungimento dei punti misurati** per la definizione delle entità architettoniche (analogamente a quanto accade per i dati ottenuti da stazione totale);
- **esportazione o collegamento con piattaforma CAD** per la produzione degli elaborati.

Il numero minimo di operatori coinvolti durante l'acquisizione è due, con grado di specializzazione molto elevato.

La recente diffusione dei *laser scanners* ha favorito la sperimentazione di nuove modalità operative integrate, tra le quali va menzionata sicuramente l'efficienza del ricorso alla stazione totale per acquisire ad alta precisione e più agevolmente i *targets*, determinando così la struttura su cui "agganciare" (durante la registrazione delle scansioni) le nuvole di punti acquisite dal *laser scanner*. Alcuni modelli di *laser scanner* attualmente in commercio<sup>217</sup> integrano direttamente al loro interno (seppur con alcune limitazioni) le possibilità offerte dalle stazioni totali, grazie alla presenza di raffinati sistemi di messa in bolla fisici/elettronici e di distanziometro laser dedicato.

**Nella riqualificazione energetica, allo stato attuale, i *laser scanners* possono costituire una scelta metodologica efficiente e produttiva solo per complessi edilizi medio/grandi** (o per campagne di rilievo che commissionano più edifici) non potendo comunque prescindere dall'integrazione di altri tipi di rilievo (topografico di appoggio, diretto). È comunque prevedibile che la sempre maggiore diffusione di tale tecnologia porterà nei prossimi anni ad una migliore applicabilità e ad un abbattimento dei costi dell'intero processo di rilievo, allargando le opportunità di utilizzo del *laser scanner* in questo settore.

### 6.2.2. Rilievo di fenomeni fisici legati al comportamento energetico e ambientale dell'edificio

Per effettuare le opportune valutazioni riguardanti il comportamento energetico e ambientale degli edifici scolastici esistenti è necessario determinare le prestazioni effettivamente erogate dai componenti edilizi, in relazione ai fattori responsabili delle sostanziali variazioni di comfort ambientale e consumo energetico (precedentemente esposti al paragrafo 5.2.2).

È bene evidenziare che alcuni parametri utili alle valutazioni non possono essere acquisiti direttamente nella realtà, ma devono essere necessariamente ricavati attraverso procedimenti analitici. Si tratta, ad esempio, della valutazione del rischio di condensa superficiale e interstiziale all'interno dell'elemento edilizio (UNI EN ISO 13788:2003 - *Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia – Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo*), oppure della massa superficiale

<sup>217</sup> A titolo di esempio si può indicare il *laser scanner* terrestre *Leica HDS ScanStation2*, che, rispetto al modello precedente *Leica HDS 3000*, include proprio le caratteristiche citate.

ottenibile per calcolo diretto, qualora si conoscano le stratigrafie della parete, oppure per analogia con gli archivi edilizi messi a disposizione dalle norme (UNI 10351:1994 - *Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore*, UNI/TS 11300-1 - *Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*) oppure da Enti (es, Comitato Termotecnico Italiano).

Nella trattazione che segue sono descritti i principali strumenti e metodi per l'acquisizione dati *in situ*.

### Data-logger

Il **data-logger** è un **acquisitore elettronico di dati** costituito da una **centralina che traduce e memorizza i segnali restituiti da sonde, collegate agli ingressi, tarate per l'acquisizione di specifiche grandezze fisiche**. Tale strumento risulta quindi essere indispensabile per analisi che necessitano della registrazione di uno più parametri, acquisiti in uno specifico punto e relativi ad un preciso istante, protratte per un arco temporale definibile in base alle necessità e alle condizioni al contorno dell'acquisizione. È da sottolineare quindi come il *data-logger* permetta sia la lettura e la memorizzazione di **misure istantanee**, sia (in post-produzione attraverso media delle stesse misure istantanee acquisite) la **valutazione di variazioni rispetto al tempo** e il **calcolo di valori medi**. Tali caratteristiche fanno del *data-logger* uno strumento impiegabile in un ampio ventaglio di applicazioni, sia in laboratorio che *in situ*, che spaziano dalla termodinamica all'acustica, dalla statistica all'idraulica. In relazione al numero di ingressi di cui lo strumento è dotato, tali analisi possono essere condotte anche in contemporanea. Un *data-logger* può assumere diverse configurazioni, sia come strumento *stand-alone*, che come semplice interfaccia tra computer e sonde, sia portatile (di forma ergonomica e delle dimensioni di un palmare), sia trasportabile, sia in *rack* da laboratorio. La maggior parte dei *data-logger* possiede una memoria interna su cui vengono memorizzati i dati, risultando così autosufficienti in fase di acquisizione. Successivamente le informazioni possono essere trasferite ad un PC sotto forma di file di *log*, utilizzabile sia con comuni fogli di calcolo, sia con software dedicati a specifiche analisi (ad esempio per la determinazione della trasmittanza termica).

Attualmente sono disponibili sul mercato sia *data-logger* dotati di interfaccia *wired* (con fili), in cui le sonde sono collegate fisicamente per mezzo di cavi, sia di tipo *wireless* (senza fili). Queste ultime consentono, mediante l'utilizzo di appositi elementi di comunicazione a radiofrequenza (denominati "nodi"), la comunicazione dei dati acquisiti dalle sonde senza l'utilizzo di fili e risultano particolarmente utili per utilizzi *in situ*, permettendo di ridurre notevolmente i vincoli logistici nel posizionamento delle sonde stesse. Per applicazioni in edilizia è di norma utilizzato un *data-logger* portatile (delle dimensioni di poco superiori a quelle di un comune telecomando) a 3 o più ingressi, ma, nel caso di operatori fortemente specializzati in analisi termica, acustica e ambientale, possono essere impiegate anche soluzioni trasportabili ad elevato numero di canali.

Le **sonde** collegabili al *data-logger* possono essere suddivise, in base al parametro acquisito, in:



Fig. 329 *Data-logger wired* portatile a 9 ingressi (alto, fonte: Ahlborn), *data-logger* portatile *wireless* con nodo radio, tramite tra *data-logger* e sonda (centro, fonte: Optivelox) *data-logger rack* da laboratorio (basso, fonte: Ahlborn).

- sonde di temperatura;
- sonde di umidità;
- sonde di velocità;
- sonde di pressione;
- sonde per grandezze meccaniche;
- sonde per variabili elettriche;
- sonde per parametri ottici;
- sonde per analisi acqua;
- sonde per analisi gas.

Per la scelta del tipo di sonda da impiegare in abbinamento al *data-logger* vanno considerati, nell'ordine, i seguenti fattori:

- tipo di segnale acquisito;
- *range* della misura;
- accuratezza;
- tempo di risposta;
- stabilità;
- tipo di costruzione.

È bene evidenziare che il *data-logger* permette di effettuare con un solo strumento (in relazione alle piastre collegate) numerose verifiche che è possibile effettuare anche con singoli strumenti dedicati. In questa sede si è preferito citare principalmente i collegamenti al *data-logger*, nell'ottica di una riduzione dei costi di strumentazione e di una maggiore flessibilità e implementabilità dell'acquisizione.

#### **Sonda per la velocità dell'aria**

<b>Dato acquisito</b>	<b>Unità di misura</b>
Velocità massima dell'aria interna	m/s

Le sonde per l'acquisizione di dati relativi alla velocità del flusso aereo permettono l'acquisizione della velocità del flusso di aria e gas [m/s]. In base al principio utilizzato per la determinazione del dato esse sono raggruppabili in tre categorie, alle quali corrispondono diversi *range* di acquisizione e temperature di esercizio:

- tubo di Pitot;
- ventola rotante;
- termoanemometro.

Altra distinzione è possibile in base alla direzione del flusso acquisibile, distinguendo tra sonde monodirezionali e omnidirezionali. Possono essere dotate di impugnatura (per misurazioni istantanee) o dotate di apposite staffe che ne consentono il fissaggio a strutture di sostegno (cavalletti) o a sistemi integrati (stazioni meteo portatili o fisse).

#### **Sonde per la concentrazione di gas nell'aria**

<b>Dato acquisito</b>	<b>Unità di misura</b>
Presenza di gas nell'aria	ppm
Presenza di inquinanti nell'aria	ppm

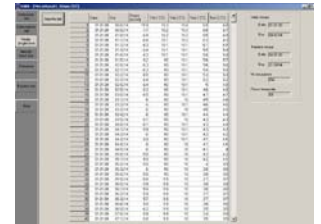


Fig. 330 Dati acquisiti dal *data-logger* (fonte: Ahlborn).



Fig. 331 Ventola rotante per velocità del flusso d'aria (Fonte: Ahlborn).



Fig. 332 Sonda per concentrazione di gas nell'aria. Modello per acquisizione di differenti gas (Fonte: Ahlborn).

Le sonde per la misura della concentrazione di gas permettono la valutazione (in valore assoluto e in percentuale) della presenza di particolari gas nell'aria dell'ambiente oggetto di indagine. Per ogni gas da rilevare è necessario collegare al *data-logger* la rispettiva sonda. Ciò implica un considerevole costo dell'attrezzatura necessaria per l'acquisizione *in situ*. Come per altri tipi di analisi, è tuttavia possibile, qualora il numero di ingressi del *data-logger* lo consenta, connettere più sonde per la valutazione contemporanea di più gas. Tra i gas rilevabili vi sono: CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, Cl<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O. Più rare le sonde che permettono l'individuazione di VOC generici.

### Sonda per la misura della temperatura ambientale

Dato acquisito	Unità di misura
Temperatura dell'aria	°C



Fig. 333 Sonda a bulbo per la misura della temperatura ambientale (Fonte: Ahlborn).

La sonda per la misura della temperatura ambientale permette la misurazione della temperatura in un determinato ambiente, sia *indoor*, che *outdoor*. In edilizia può permettere la valutazione della variazione di temperatura *indoor* rispetto alla temperatura *outdoor*, fornendo dati di interesse per valutazioni sul *comfort* interno e per l'analisi sulla prestazione energetica di soluzioni tecnologiche. La sonda va posizionata in un punto ritenuto significativo dello stato termico dell'ambiente da analizzare, assicurandosi di limitare al minimo fattori indesiderati di influenza sul risultato (ad esempio irraggiamento solare diretto).

### Sonda per la misura della temperatura superficiale

Dato acquisito	Unità di misura
Temperatura radiante delle superfici interne	°C



Fig. 334 Sonda per temperatura superficiale (Fonte: Ahlborn).

La sonda per la misura della temperatura superficiale è un elemento trasduttore che restituisce un segnale elettrico in funzione monotona della propria temperatura. La sonda deve avere sensibilità tale da rendere trascurabile l'errore di misura rispetto alla differenza di temperatura registrata. In base al campo di applicazione variano dimensioni, forma e materiale della sonda, con incidenza sulla sensibilità di misura. Per applicazioni in edilizia vengono normalmente impiegate sonde a contatto con impugnatura (per misurazioni istantanee) o sonde costituite da un filo in materiale termo conduttivo protetto da una guaina isolante (per misurazioni ripetute nel tempo). Quest'ultime vengono assicurate all'elemento da analizzare mediante nastro adesivo o altri sistemi di fissaggio meccanico totalmente reversibili.

### Piastra flussimetrica

Dato acquisito	Unità di misura
Flusso termico	W/m <sup>2</sup>

La piastra flussimetrica è un elemento trasduttore che restituisce un segnale elettrico in funzione monotona del flusso di calore che lo attraversa. Generalmente è formata da lastre con sensori di temperatura disposti in modo che il segnale elettrico registrato sia relazionato al flusso termico. Proprietà fondamentali della piastra flussimetrica sono:

- **bassa resistenza termica**, che ne minimizza l'influenza sulla misura;
- **alta sensibilità** per restituire sufficiente segnale al flusso termico minimo misurato.

In base al campo di applicazione variano dimensioni della piastra e materiali delle lastre, con incidenza sulla sensibilità di misura. Per applicazioni in edilizia le dimensioni variano da 100x30x1,5 mm a 500x500x0,6 mm, mentre il materiale impiegato per le lastre è tipicamente resina epossidica, silicone o Teflon.

La piastra va fissata all'elemento da analizzare, normalmente mediante nastro adesivo o altri sistemi di fissaggio meccanico reversibili. Per aumentare la precisione dell'acquisizione, è opportuno (ove le qualità superficiali del supporto lo permettano) l'applicazione di apposite paste conduttive.

#### Sonda per l'umidità dell'aria

Dato acquisito	Unità di misura
Umidità relativa e/o assoluta dell'aria ambientale	%

Le sonde per l'acquisizione di dati relativi all'umidità dell'aria permettono l'acquisizione del valore di umidità presente nell'aria, sia relativo [%] che assoluto [ $\text{gr}/\text{m}^3$ ]. Esse possono essere di tre tipi (**capacitive**, **psicrometriche**, **igrometriche**) ai quali corrispondono diversi gradi di accuratezza e applicabilità per misurazioni a lungo termine. Possono essere dotate di impugnatura (per misurazioni istantanee) o di apposite staffe che ne consentono il fissaggio a strutture di sostegno (cavalletti) o a sistemi integrati (stazioni meteo portatili o fisse).

#### Sonda per la misurazione dell'umidità nei materiali da costruzione

Dato acquisito	Unità di misura
Umidità relativa dei materiali	%

Per la misurazione dell'umidità nei materiali da costruzione sono impiegabili sonde che si basano su due diversi principi fisico-chimici:

- sonde resistive;
- sonde a microonde.

Le sonde basate sul metodo resistivo sono costituite da elettrodi passivi. Esse consentono la determinazione dell'umidità nel legno e in materiali da costruzione porosi come malte cementizie e intonaci. In base all'estensione e profondità di indagine, tali sonde possono assumere forme e dimensioni diverse (elettrodi ad ago rotondi o piatti, a spazzola, a spina, a martello).

Le sonde a microonde risultano adatte alla misurazione dell'umidità volumetrica senza interventi distruttivi nel materiale fino a 30-40 cm di profondità, indipendentemente dal contenuto di sali, rendendo l'analisi applicabile a edifici sia



Fig. 335 Piastre flussimetriche di differenti forme e dimensioni (Fonte: Ahlborn).



Fig. 336 Sonde di tipo capacitivo per l'umidità dell'aria (fonte: Ahlborn).



Fig. 337 Sonda a microonde per la misurazione dell'umidità (Fonte: Trotec).



Fig. 338 Sonda resistiva per la misurazione dell'umidità (Fonte: Ahlborn).



di recente costruzione (soggetti, ad esempio, a fenomeni di umidità igroscopica), sia ai fabbricati meno recenti (soggetti, ad esempio, di umidità di risalita per capillarità che possono compromettere le prestazioni dell'involucro).

Se i punti di misurazione vengono anche dimensionalmente rilevati, è possibile graficizzare i valori in rappresentazioni a reticolo che, sovrapposte ad altri tipi di letture (come ad esempio un fotopiano della parete) risultano particolarmente utili ed efficaci in casi di intervento su elementi di pregio, oppure consentono letture a più tematismi sovrapposti (come nel caso di sovrapposizione a termogrammi) per una valutazione correlata di cause ed effetti.



Fig. 339 Sonda per flusso luminoso di tipo puntuale (Fonte: Ahlborn).

### Sonda per la misurazione del flusso luminoso

Dato acquisito	Unità di misura
Livello di illuminamento sul piano di lavoro	lux

Le sonde per la misurazione dell'illuminamento (comunemente denominate **luxmetri**) sono dotate di una superficie fotorilevatrice e vengono connesse al *data-logger* mediante un cavo flessibile che ne consente un agevole posizionamento sul punto di interesse. Nella maggior parte delle soluzioni tale superficie sensibile è costituita da un elemento in silicio con anteposti appositi filtri ottici per la correzione della risposta spettrale, aventi un comportamento variabile al variare della lunghezza d'onda incidente. I filtri e la calibrazione del sistema di interpretazione digitale sono funzionali all'avvicinamento della risposta misurata alla curva di visibilità relativa dell'occhio umano.

In base al tipo di superficie sensibile di cui sono dotati, i luxmetri possono essere distinti tra:

- **puntuali** (per la valutazione dell'intensità del flusso in un determinato punto, come una postazione di lavoro);
- **omnidirezionali** (con superficie sensibile costituita da una sfera per la valutazione dell'intensità del flusso indipendentemente dalla provenienza).



Fig. 340 Stazione meteo integrata per la valutazione del comfort termico (Fonte: Ahlborn).

### Stazioni integrate per data-logging

Date le potenzialità nell'acquisizione integrata di dati registrati da *data-logger* e la necessità che trasporto e messa in stazione delle sonde (il cui numero può essere anche considerevole) siano quanto più agevoli, sicuri e rapidi, si stanno sempre più diffondendo e affermando sul mercato soluzioni integrate (denominate "stazioni integrate" o "stazioni meteo") che raccolgono e organizzano su un'apposita struttura di sostegno, la centralina di registrazione e relative sonde. In genere sono concepite per essere flessibili ed espandibili, costituite da un cavalletto telescopico munito di staffe e dotato di apposita valigetta per il trasporto. Le versioni adatte al monitoraggio all'aperto hanno *case* impermeabili e antiurto per la protezione della centrale di memorizzazione e di tutte le parti sensibili (connettori, ecc.). Particolarmente interessante è la disponibilità di software dedicati al trattamento di acquisizioni integrate e alla loro successiva elaborazione mirata a specifici settori di utilizzo (quale, ad esempio, la valutazione della qualità interna degli ambienti).

### Campionamento diffusivo e analisi in laboratorio

Dato acquisito	Unità di misura
Presenza di gas nell'aria	Varie
Presenza di inquinanti nell'aria	Varie

La **valutazione della concentrazione di inquinanti organici e di composti organici volatili (VOC)** presenti nell'aria prevede il prelievo di campioni *in situ* e una successiva fase di analisi in laboratorio. Il campionamento può essere effettuato sia **aspirando una quantità nota di aria all'interno della fiala** (campionamento attivo in flusso), sia utilizzando delle **fiale in grado di adsorbire in modo passivo gli inquinanti dall'ambiente** (campionamento passivo o diffusivo). Nel primo caso, l'indagine viene effettuata utilizzando una pompa per il campionamento dell'aria (a flusso costante) collegata a fiale per campionamento in flusso. La durata del campionamento può variare da pochi minuti a un'ora. Nel secondo caso, il tempo di esposizione delle fiale può variare da un minimo di 7 ore a un massimo di 7 giorni (tempo minimo e massimo di esercizio della fiala).

È comunque da notare che, data la semplicità e le ridotte dimensioni dei campionatori (i più utilizzati sono cilindri di circa 2 cm di diametro per 10 cm di lunghezza), la fase di acquisizione normalmente non interferisce con le normali attività svolte nel luogo d'interesse, sempre che quest'ultime non siano incompatibili con le finalità dell'analisi stesse.

In base al tipo di cartuccia adsorbente impiegata, ogni campione permette l'analisi solo di una serie di gas o di inquinanti, limitazione superabile con il posizionamento contemporaneo di campioni di diverso tipo. In entrambi i metodi i campioni vengono poi sigillati, etichettati e spediti in laboratorio dove vengono analizzati mediante desorbitore termico e gascromatografo, per poi essere sottoposti all'identificazione degli inquinanti e alla loro valutazione quantitativa attraverso strumenti appositi.

I gas e gli elementi inquinanti rintracciabili sono molteplici, inclusi acido cloridrico (HCl), l'acido fluoridrico (HF), gli aldeidi (tra cui la formaldeide), l'ammoniaca (NH<sub>3</sub>), i composti organici volatili (COV), i fenoli, i gas e i vapori anestetici, l'idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S), i biossidi di azoto e di zolfo (NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>), l'ozono (O<sub>3</sub>).

### Analizzatore di gas portatile

Dato acquisito	Unità di misura
Presenza di gas nell'aria	Varie
Presenza di inquinanti nell'aria	Varie

L'**analizzatore di gas portatile** permette la **valutazione *in situ* delle concentrazioni di un gas nell'aria dell'ambiente oggetto d'indagine**. Oltre ai mono-acquisitori specifici per un singolo gas, esistono in commercio soluzioni integrate, dette multi-acquisitori, in grado di rilevare più gas contemporaneamente (fino a 5-8 gas diversi). Questi ultimi in particolare risultano essere utili per indagini sulla qualità ambientale in architettura. Gli analizzatori di gas più completi sono configurabili (con possibilità di sostituzione dei sensori direttamente sul campo) e hanno

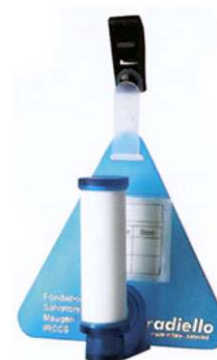


Fig. 341 Campionatore diffusivo (Fonte: Radiello).



Fig. 342 Analizzatori di gas portatili: mono gas (alto) e multi gas (basso) (Fonte: Industrial Scientific).

capacità di *data-logging*, permettendo di valutare e registrare variazioni di concentrazione rispetto al tempo.

Oltre ai gas più comuni (CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, NH<sub>3</sub>) alcuni strumenti riescono a rilevare anche i VOC.



Fig. 343 Analizzatore di gas portatile: inserimento delle capsule di rilevazione specifiche per ogni gas (Fonte: Industrial Scientific).

#### Rilevatore di gas radon portatile

Dato acquisito	Unità di misura
Presenza di gas radon nell'aria	Bq/mc



Fig. 344 Analizzatore di radon portatile (Fonte: FamilySafety).

**Il rilevatore di radon permette di valutare la presenza e la concentrazione negli ambienti del radon**, un gas naturale contenente particelle radioattive provenienti dal sottosuolo. Esso rappresenta uno dei fattori più pericolosi per la salute degli utenti in quanto l'elevata tossicità è accompagnata al fatto di essere un gas inodore e incolore.

È generalmente costituito da un analizzatore portatile delle dimensioni di un palmare, dotato di display per la visualizzazione in tempo reale del livello di concentrazione. Il periodo finestra minimo per l'eventuale individuazione è pari a due giorni (48 ore).

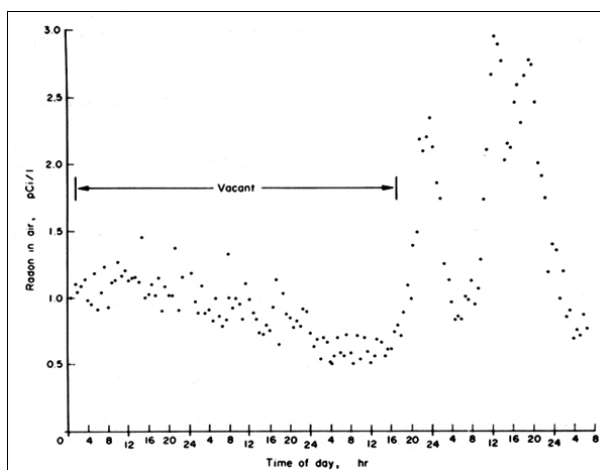


Fig. 345 Analizzatore di radon portatile: diagramma concentrazione/ore (Fonte: FamilySafety).

### Blower Door Test

Il *Blower Door test* è una metodologia di indagine quantitativa, a contatto, non distruttiva e non invasiva, che permette di valutare la permeabilità (o l'ermeticità) all'aria dell'involucro edilizio basato sulla generazione, attraverso apposita strumentazione, di una differenza di pressione controllata tra ambiente interno ed esterno.

L'applicazione di tale metodologia è **fortemente specialistica**, rivolgendosi esclusivamente agli ambiti disciplinari dell'architettura, in particolar modo alla diagnosi energetica di edifici. La rilevanza dell'indagine assume maggior importanza quanto più l'edificio è isolato termicamente, trovando applicazione soprattutto nella verifica della corretta esecuzione in opera di soluzioni tecnologiche finalizzate al raggiungimento di elevati livelli di efficienza energetica (ad esempio, per la certificazione di edifici passivi) e al relativo conseguimento di attestati di certificazione.

La normativa di riferimento è la UNI EN 13829:2002 – *Prestazione termica degli edifici – Determinazione della permeabilità all'aria degli edifici – Metodo di pressurizzazione tramite ventilatore*.

Il test prevede l'utilizzo di una strumentazione composta da:

- **ventilatore con telo ermetico da incasso**, che viene applicato ad una porta verso l'esterno<sup>218</sup>;
- **sensori di pressione**;
- **generatore di nebbia** che consente, attraverso la produzione di fumo, di vedere i punti di discontinuità nella tenuta all'aria;
- **gruppo di depressurizzazione** (da porre all'esterno dell'edificio);
- **computer** per il controllo e la memorizzazione dei dati e relativi cavi di collegamento.

Risulta necessario anche l'impiego di un termometro e di un igrometro ambientali, per valutare le condizioni di temperatura e umidità (interna ed esterna) al momento dell'analisi.

Durante il test il ventilatore, a velocità di rotazione controllata, crea e mantiene una differenza di pressione (positivo o negativo) tra l'interno e l'esterno dell'edificio pari a 50 Pa. In questo modo, attraverso l'uso di opportuna strumentazione (termocamera, anemometro, generatori di nebbia) l'operatore può individuare e verificare i punti in cui vi è una imperfetta tenuta all'aria da parte dell'involucro, punti che peggiorano sensibilmente le prestazioni termiche globali dell'edificio. Contestualmente il computer registra in tempo reale la variazione dei dati di pressione (grazie alle apposite sonde) e di tutti i parametri connessi al ventilatore (flusso d'aria, velocità di rotazione, ecc.) che vengono elaborati dal *software* proprietario. È da notare che per il calcolo dei parametri necessari al test è indispensabile conoscere il volume interno della porzione di edificio oggetto di studio. Può quindi essere necessario, qualora tali dati non siano già a disposizione, provvedere ad un rilievo dimensionale degli ambienti interni interessati dall'analisi.



Fig. 346 Strumentazione per Blower Door Test (Fonte: Retrotec).



Fig. 347 Generatore di nebbia (Fonte: Retrotec).

<sup>218</sup> Da tale aspetto deriva la denominazione inglese dell'analisi: *Blower* (= Ventilatore) *Door* (= porta) *Test*.



Fig. 348 Posizionamento della piastra termoflussimetrica sul lato interno della chiusura da valutare (Fonte: Pancaldi A., Papi A., *Riqualficazione energetica*, pag. 230, cfr. bibliografia).



Fig. 349 Posizionamento del corrispondente sensore esterno (Fonte: ibidem).

### Valutazione della trasmittanza termica dell'involucro edilizio (analisi termoflussimetrica)

Dato acquisito	Unità di misura
Conduttanza	$W/m^2K$

L'analisi termoflussimetrica è finalizzata all'acquisizione in situ di parametri utili alla determinazione della trasmittanza termica di un elemento.

L'analisi è di tipo quantitativo, localizzata<sup>219</sup>, a contatto, non invasiva né distruttiva. La norma che regola la metodologia di acquisizione è la ISO 9869:1994 - *Thermal insulation. Building elements – In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance*<sup>220</sup>.

I dati acquisiti mediante analisi termoflussimetrica consentono il calcolo diretto della **conduttanza** da cui, con l'ausilio di valori tabulati per la determinazione delle resistenze  $R_{si}$  e  $R_{se}$ , è possibile calcolare il valore teorico di trasmittanza termica dell'elemento.

La **trasmittanza termica (U)** di un elemento è definita come "flusso termico, in regime stazionario, diviso l'area e la differenza di temperatura all'intorno dei due lati dell'elemento"<sup>221</sup>.

Alla base di tale definizione vi sono condizioni teoriche che prevedono:

- **regime stazionario**, ovvero regime in cui sono costanti rispetto al tempo la temperatura interna, la temperatura esterna, le caratteristiche termiche dell'elemento;
- **trasmissione di calore monodimensionale** (in cui il flusso ha un'unica direzione) e perpendicolare alla superficie dell'elemento.

$$U = \frac{\phi}{A \cdot (T_i - T_e)} \quad [W/(m^2K)]$$

L'unità di misura della trasmittanza termica è il Watt su metro quadro per grado Kelvin  $[W/(m^2K)]$ .

I parametri necessari<sup>222</sup> per il calcolo della trasmittanza risultano quindi essere:

- temperatura ambientale (*costante*) interna ( $T_i$ );
- temperatura ambientale (*costante*) esterna ( $T_e$ );
- area (*costante*) dell'elemento ( $A$ );
- flusso di calore (*costante*) attraverso l'elemento ( $\phi$ );

È da notare però che le condizioni teoriche di cui sopra riescono ad essere riprodotte solo in laboratorio. La pratica è invece caratterizzata da condizioni al contorno fortemente variabili, anche considerando intervalli di tempo ridotti (a titolo di esempio si pensi all'oscillazione delle temperature esterne nell'arco di una giornata). Ai fini del calcolo occorre quindi ricondurre (*approssimare*) un regime

<sup>219</sup> L'analisi può essere definita "localizzata" in ragione della (normalmente) ridotta area di analisi rispetto alla totalità della superficie d'interesse. Tra i casi più significativi, indagini su pareti di edifici basate su un'area di analisi pari a un quarto di  $m^2$ .

<sup>220</sup> Trad. it. "Isolamento termico – componenti per l'edilizia – Misura in situ della resistenza termica e della trasmittanza termica"

<sup>221</sup> ISO 7345:1987 - *Thermal insulation - Physical quantities and definitions*

<sup>222</sup> Formule specifiche regolano il calcolo della trasmittanza di elementi diversi da semplici pareti piane.

dinamico ad un regime stazionario, utilizzando, in luogo dei valori istantanei, la media di valori acquisiti per un periodo di tempo *sufficientemente* lungo<sup>223</sup>.

Mentre per il calcolo della trasmittanza termica di componenti architettonici di nuova costruzione si utilizzano valori certificati dai produttori dei materiali impiegati, nel caso di edifici esistenti tali valori vanno stimati per analogia (utilizzando appositi tabulati riportati nelle normative) o misurati in opera (applicando metodologie che si avvalgono di specifiche strumentazioni).

La strumentazione impiegata è formata da:

- un *data-logger*;
- una piastra flussimetrica;
- (almeno) una sonda per la misurazione della temperatura superficiale interna;
- (almeno) una sonda per la misurazione della temperatura interna.

La fase di acquisizione prevede una serie di misure istantanee, ripetute ad intervalli stabiliti dall'operatore, della temperatura superficiale interna, della temperatura superficiale esterna e del flusso termico attraverso l'elemento.

**Al fine di minimizzare gli errori di misura, è opportuno effettuare l'acquisizione durante un periodo di tempo con forti differenze di temperatura fra ambiente interno ed esterno**, condizioni tipiche della stagione invernale o della stagione estiva (specie nel caso in cui i locali all'interno siano climatizzati con sistemi di raffrescamento). Questo permette di rilevare le grandezze (in particolar modo i flussi termici) operando con più elevati segnali in uscita dai sensori poiché il sistema è meno sensibile ai disturbi esterni, gli strumenti di misura operano in intervalli sensibilmente maggiori della soglia minima di rilevamento e le variazioni dei segnali sono decisamente più alte della risoluzione minima degli strumenti.

Gli accorgimenti da adottare nel corso della misura possono essere così riassunti:

- verifica della omogeneità e della non presenza di anomalie (ponti termici, discontinuità anomale, ecc) nella zona di misura;
- buon contatto termico tra superfici della parete e sensori;
- posizionamento della piastra flussimetrica sulla faccia interna della parete;
- uso di ulteriori due (o più) sensori collocati in posizioni diverse per la misura delle temperature superficiali (ed utilizzo del valore medio);
- evitare l'irraggiamento solare diretto sui sensori.

#### Valutazione dell'involucro termico (analisi termografica)

<i>Dato acquisito</i>	<i>Unità di misura</i>
<i>Intensità della radiazione termica superficiale</i>	

**L'analisi termografica è un metodo di indagine qualitativa, non distruttiva, non a contatto basato sull'acquisizione, elaborazione e interpretazione di termogrammi (immagini all'infrarosso), utile alla valutazione di uniformità o discontinuità nel comportamento termico di una superficie radiante e quindi alla formulazione di ipotesi circa le cause di tale comportamento.**

<sup>223</sup> Restano comunque vincolanti alcune condizioni: le caratteristiche termiche dell'elemento in analisi (es. coefficiente di scambio termico) devono essere costanti al variare delle temperature durante l'intervallo temporale considerato; la variazione della quantità di calore immagazzinata dall'elemento deve essere trascurabile rispetto all'intensità del flusso termico che lo attraversa.

Tale procedimento è basato sul principio che qualunque corpo con temperatura superiore zero assoluto ( $-273,14^{\circ}\text{C}$ ) emette energia sotto forma di onde elettromagnetiche. L'insieme delle lunghezze d'onda che può assumere una radiazione elettromagnetica è definito spettro elettromagnetico e viene convenzionalmente<sup>224</sup> suddiviso in zone (dette "bande") che rappresentano campi di frequenza, per ognuna delle quali esistono una o più tecniche di produzione o di rilevazione. L'infrarosso è la banda compresa tra  $0,75$  e  $1000\ \mu\text{m}$ , con zona ad onde corte sovrapposta a parte della banda del visibile<sup>225</sup> e quella ad onde lunghe a parte della banda delle microonde radio (onde millimetriche) e può essere a sua volta suddiviso in 4 sotto-bande:

- infrarosso vicino ( $0,75-3,00\ \mu\text{m}$ );
- infrarosso medio ( $3,00-6,00\ \mu\text{m}$ );
- infrarosso lontano ( $6,00 - 15,00\ \mu\text{m}$ );
- infrarosso estremo ( $15,00 - 1000,00\ \mu\text{m}$ ).

L'analisi termografica, a seconda delle applicazioni e della sensibilità delle strumentazioni impiegate, indaga le risposte in parti delle sotto-bande a partire dal vicino (da  $2\ \mu\text{m}$  circa) per estendersi a tutta la banda del medio e del lontano fino all'inizio dell'estremo (a  $20\ \mu\text{m}$  circa).



Fig. 350 Termocamera portatile (alto) e termocamera da laboratorio (basso) (Fonte: FLIR Systems).

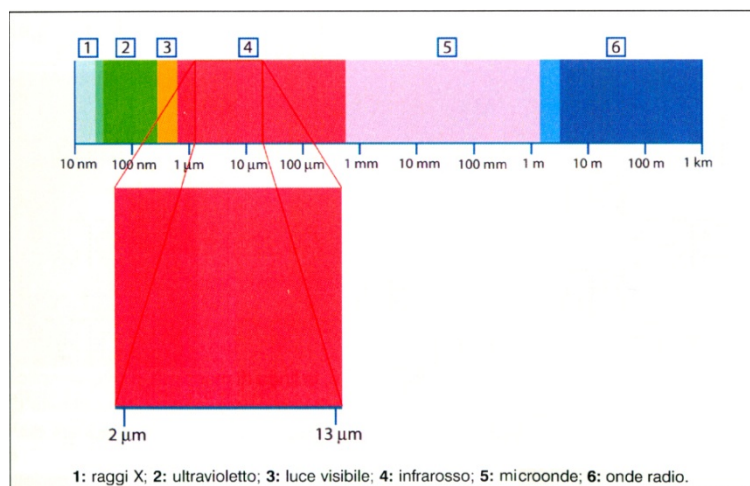


Fig. 351 Spettro elettromagnetico. In evidenza la parte della banda dell'infrarosso comunemente analizzata mediante indagine termografica (Fonte: FLIR Systems).

Lo strumento per l'acquisizione di termogrammi è la **termocamera**, definita dalla normativa UNI come "sistema di rivelazione della radiazione infrarossa, che produce un'immagine termica basata sulla temperatura radiante apparente"<sup>226</sup>.

La radiazione termica (densità di radiazione infrarossa) emanata dall'area bersaglio, è convertita dal sistema di rivelazione della radiazione infrarossa in segnale, interpretato per produrre un'immagine termica digitale che rappresenta l'intensità

<sup>224</sup> Al momento attuale non esiste un unico standard riconosciuto per la classificazione in bande, ma più convenzioni settoriali, nate in differenti campi di ricerca per suddividere le regioni funzionalmente ai fenomeni studiati.

<sup>225</sup> La banda del visibile, alla quale sono sensibili i fotorecettori presenti nell'occhio, occupa solo una minima parte dello spettro, corrispondente a lunghezze d'onda comprese tra  $0,42$  e  $0,79\ \mu\text{m}$ .

<sup>226</sup> UNI EN 13187:2000 - Prestazione termica degli edifici - Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi - Metodo all'infrarosso

relativa della **radiazione termica della superficie**. L'intensità misurata è funzione non solo della temperatura superficiale, ma anche delle caratteristiche della superficie stessa (in particolare dell'emissività<sup>227</sup>), delle condizioni ambientali e della sensibilità<sup>228</sup> del rivelatore stesso. Il termogramma acquisito è un *file raster* costituito da una matrice rettangolare di *pixels* (dipendente dalla risoluzione del sensore) al quale viene associato un valore di radiazione termica. L'elettronica dello strumento genera sul *display*, in tempo reale, un'immagine in falsi colori basati su scala e *palette* stabiliti dall'operatore, che può essere salvata sulla memoria interna e trasferita in seguito ad un *computer* per essere editata mediante appositi *softwares*.

**La termografia è quindi un'analisi che consente di trasformare in visibile (immagine) una informazione invisibile (la radiazione infrarossa).** Tale peculiarità la rende applicabile a fini di diagnostica, manutenzione predittiva, monitoraggio, controlli di processo, ricerca e sviluppo in molti settori, quali elettronica, meccanica, applicazioni militari, medicina e veterinaria, ambiente e agricoltura, ingegneria e architettura. In quest'ultimo campo è utilizzata negli ambiti disciplinari della diagnosi energetica, restauro e conservazione, verifiche di cantiere, rilievo morfologico, analisi impiantistica; essa è impiegata per l'individuazione di:

- cavedi o di elementi annegati nelle murature;
- di eventuali stratificazioni (come nel caso di affreschi coperti);
- di orditure di solai e tessiture murarie o tamponamenti al di sotto degli intonaci;
- di presenza di umidità nei materiali da costruzione;
- di infiltrazioni d'acqua in solai e coperture;
- per indagini su anomalie o discontinuità morfologiche non individuabili con ispezioni a vista.



Fig. 352 Confronto tra fotografia (campo del visibile) e termogramma (campo dell'infrarosso). (Fonte: Pancaldi A., Papi A., *Riqualificazione energetica. Procedure integrate ottimizzate di acquisizione, elaborazione e gestione di dati per la valutazione dell'efficienza del patrimonio edilizio e architettonico*, cfr. bibliografia, Allegato 6).

<sup>227</sup> L'emissività ( $\epsilon$ ) è la misura della quantità di radiazione emessa da un corpo confrontata a quella che emetterebbe un corpo nero alla stessa temperatura.

<sup>228</sup> La sensibilità può raggiungere (per alcuni strumenti da laboratorio) i centesimi di grado.



Nella diagnosi energetica degli edifici la termografia è un metodo di analisi che, attraverso la visualizzazione e memorizzazione della distribuzione della temperatura su una porzione della superficie dell'involucro edilizio, agevola l'interpretazione delle cause di continuità o discontinuità termica. Le irregolarità nelle proprietà termiche dei componenti che costituiscono l'involucro edilizio (unitamente ad altri fattori quali flussi d'aria all'interno e/o attraverso l'involucro stesso) possono, in determinate condizioni, tradursi in variazioni di temperatura superficiale apprezzabili. Una eventuale difformità nella distribuzione della temperatura superficiale può pertanto essere impiegata quale risposta "visibile" a invisibili irregolarità termiche dovute, ad esempio, a difetti di isolamento (ponti termici), umidità, infiltrazioni d'aria e degrado dei materiali costituenti l'involucro dell'edificio.

Le attuali termocamere dedicate al settore edile sono dispositivi leggeri, portatili ed ergonomici, del tutto simili a fotocamere, dal prezzo sempre più accessibile.

Le soluzioni più recenti rilasciate sul mercato sono dotate di numerosi ausili alla ripresa termografica *in situ*, quali:

- memoria removibile ad alta capacità;
- ottica e sensore fotografico, in modo tale da permettere la contestuale ripresa dell'immagine fotografica di confronto al termogramma;
- *display* a colori *touchscreen* (dove è possibile disegnare e scrivere eventuali note, quali punto di presa rispetto all'oggetto di analisi);
- registratore per appunti vocali;
- visualizzatore decentrabile e ruotabile in modo da consentire il controllo della ripresa anche in condizioni logistiche impegnative.

I modelli di punta sono corredati, oltre che di sensori ad alta risoluzione (640x480 *pixels*) anche di *wireless* e *GPS* integrato per facilitare la localizzazione delle riprese. La norma che regola l'impiego dell'indagine termografica per la diagnosi energetica è la UNI EN 13187:2000 - *Prestazione termica degli edifici - Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi - Metodo all'infrarosso*, applicabile sia alla verifica della corretta esecuzione in opera (per edifici *ex-novo*, o per ristrutturazioni) sia alla diagnosi del costruito funzionalmente al progetto di riqualificazione. L'analisi prevede, oltre ad una preliminare pianificazione delle attività, una fase di acquisizione *in situ*, una fase di elaborazione ed interpretazione tecnica dei risultati e una fase di restituzione.

Durante l'acquisizione *in situ* l'operatore deve considerare e controllare diversi fattori:

- specifiche e potenzialità dell'apparecchiatura termografica;
- caratteristiche dell'involucro edilizio;
- tipo e posizione dei sistemi di riscaldamento;
- proprietà radianti delle superfici;
- fattori climatici interni ed esterni;
- accessibilità agli elementi di indagine.

**In particolare la differenza di temperatura attraverso l'involucro (tra interno ed esterno) deve essere sufficientemente elevata per permettere la rivelazione delle irregolarità termiche. Devono inoltre essere accuratamente evitati radiazione solare diretta, condizioni di vento forte e instabile, effetti di riflessione termica.**



Fig. 353 *Display* della termocamera in azione. (Fonte: Pancaldi A., Papi A., op. cit., Allegato 6).

La fase di elaborazione ed interpretazione critica dei termogrammi inizia direttamente sul campo, grazie alla visualizzazione in tempo reale dell'immagine termica sul *display* della termocamera. Questo permette all'indagine termografica di essere efficacemente e produttivamente impiegata, oltre che in rilievi estensivi e consistenti, per rapidi *screening* preliminari, che nei casi più semplici possono talora raggiungere, senza ulteriori elaborazioni, gli obiettivi dell'indagine.

La restituzione viene tipicamente realizzata mediante *report* sulla singola ripresa, comprendenti informazioni e dati su localizzazione, condizioni di ripresa, grandezze rilevate (temperatura puntuale, temperatura media) e interpretazioni tecniche sull'immagine ottenuta. Di recente sviluppo e particolare interesse per la diagnosi in architettura è l'applicazione all'elaborazione di termogrammi di tecniche di *editing* digitale tipico per le riprese fotografiche: ortorettificazione, fotomosaicatura, realizzazione di fotopiani, *mapping* su modelli tridimensionali.

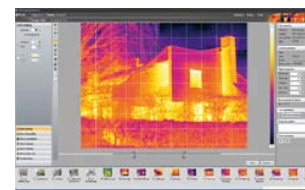


Fig. 354 Software di elaborazione dei termogrammi (Fonte: FLIR Systems).

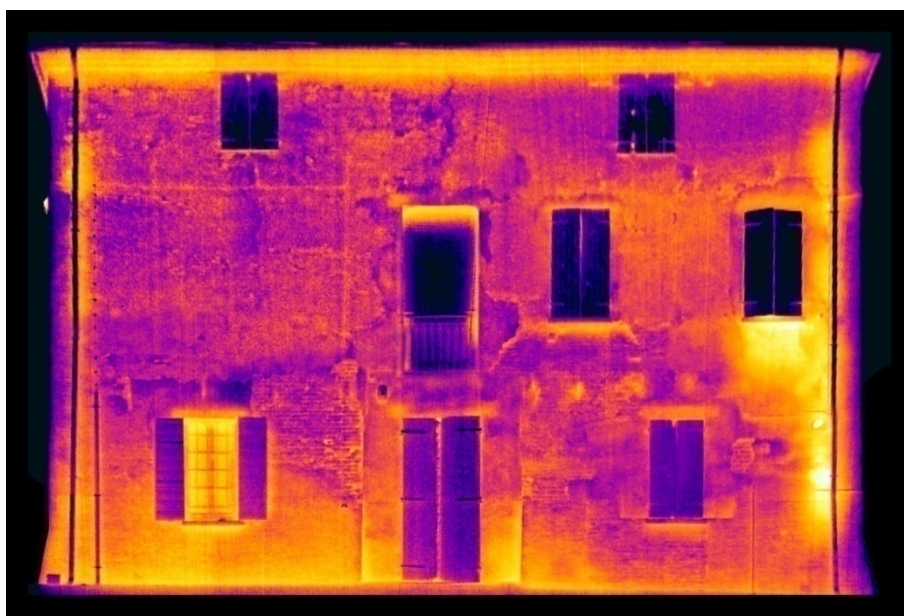


Fig. 355 Fotopiano termografico (Fonte: Pancaldi A., Papi A., op. cit., p. 305).

È importante che, come riportato nella norma UNI di riferimento, nonostante il termogramma sia un'immagine apparentemente semplice da comprendere, *“i risultati ottenuti con questo metodo devono essere interpretati e valutati da persone che abbiano ricevuto una formazione specifica per questo scopo”*.<sup>229</sup> La stessa UNI riporta inoltre che *“[la presente norma] non si applica alla determinazione del livello di isolamento termico e della tenuta all'aria di una struttura. Per tali determinazioni sono richiesti esami secondo altri metodi”*. Qualunque interpretazione quantitativa del risultato di un'analisi termografica deve quindi essere supportata da altre metodologie di analisi (analisi termoflussimetrica, analisi ambientale, ecc.).

<sup>229</sup> Ibidem.



Fig. 356 Fonometro integratore con analisi di frequenza (Fonte: Orione s.r.l.)

### Valutazione dell'ambiente acustico

<i>Dato acquisito</i>	<i>Unità di misura</i>
<i>Pressione sonora</i>	<i>dB</i>

Il **fonometro** è un misuratore del livello di pressione sonora che viene tradotta in un corrispondente segnale elettrico, poi visualizzato e/o memorizzato su un'unità analogica o digitale.

Esistono due famiglie di fonometri:

- **fonometri non integratori** (per sole misurazioni istantanee, quindi impiegabili per la misura di soli rumori stazionari, cioè di tipo continuo rispetto al tempo);
- **fonometri integratori** (per la misura di rumori sia di tipo stazionario che transitorio, cioè variabile rispetto al tempo).

La quasi totalità delle norme prevede comunque l'utilizzo di un fonometro integratore, che permette il calcolo del **livello di pressione equivalente**, ossia il livello di rumorosità mediato su un periodo di misura personalizzabile. Entrambe le tipologie di strumento forniscono comunque il livello globale di rumorosità espresso in decibel, e consentono generalmente di selezionare la curva di ponderazione in frequenza prescelta, ad esempio per ottenere la lettura del livello di rumorosità espressa in dB(A). Gli strumenti più evoluti (denominati "analizzatori di spettro in tempo reale") permettono di discriminare le risposte al fenomeno acustico rispetto alle varie bande. Questi ultimi possono essere dotati di filtri seriali (l'analisi viene condotta su una banda di frequenza alla volta ed è quindi necessario eseguire tante misure quante sono le bande di frequenza di interesse) oppure di filtri paralleli (in cui l'analisi viene eseguita simultaneamente su tutte le bande di frequenza disponibili).

Una parte essenziale del fonometro è rappresentata dal **microfono**, che può essere essenzialmente di due tipi:

- **per campo libero** (impiegabile quando la direzione di provenienza del rumore è ben definita e perpendicolare alla membrana);
- **per incidenza casuale** (necessario per la valutazione del rumore proveniente da tutte le direzioni).

Tra gli accessori utilizzabili per la valutazione del rumore, particolarmente utili sono le **aste microfoniche rotanti**, ovvero strutture di sostegno per sensori di acquisizione motorizzate che agevolano le misurazioni delle medie spaziali della pressione sonora. Sono costituite da un braccio che permette di far ruotare il microfono nello spazio con frequenza di rotazione, angolo e lunghezza del braccio regolabili dall'operatore.

Per effettuare la misurazione della pressione sonora attraverso i fonometri è necessario riprodurre il rumore attraverso opportune sorgenti che permettono di valutare la propagazione del **rumore aereo** o del **rumore da calpestio**.

### Sorgente acustica omnidirezionale

<i>Dato acquisito</i>	<i>Unità di misura</i>
<i>Pressione sonora</i>	<i>dB</i>

**Le sorgenti acustiche omnidirezionali sono emanatori di radiazione sonora** impiegabili in vari settori dell'analisi acustica, tra cui, secondo i criteri fissati dalla UNI EN ISO 3382:2001 - *Acustica - Misurazione del tempo di riverberazione di ambienti con riferimento ad altri parametri acustici* e UNI EN ISO 140-3:1997 - *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio*, nella misurazione in opera del rumore in architettura: misurazioni del tempo di riverberazione, dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti, dell'isolamento acustico per via aerea delle facciate e dell'assorbimento acustico in camera riverberante.

La strumentazione è costituita da:

- una sorgente acustica isotropica omnidirezionale (un involucro composto da dodici facce pentagonali forate su cui sono inseriti gli altoparlanti);
- un amplificatore con generatori di rumore "bianco" e "rosa";
- un treppiede per la sorgente;
- cavi di collegamento;
- un eventuale telecomando per il controllo in remoto del sistema.

#### **Generatore di rumore di calpestio**

<b>Dato acquisito</b>	<b>Unità di misura</b>
Pressione sonora	dB

**Il generatore di rumore di calpestio è una macchina normalizzata generatrice di rumori impattivi, che vengono trasmessi essenzialmente per via strutturale.** Tale sorgente è parte indispensabile della strumentazione per la valutazione del rumore da calpestio in opera secondo quanto prescritto dal DPCM 5/12/1997 – *Requisiti acustici passivi degli edifici*, che stabilisce le soglie ammissibili (in base alle destinazioni d'uso degli ambienti costruiti) dei rumori generati per impatto sul sistema solaio-pavimento, quali quelli dovuti a caduta di oggetti o a passi di persone. I requisiti tecnici dello strumento sono dettati dalla norma UNI EN ISO 14-1:1993 – *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Requisiti per le attrezzature di laboratorio con soppressione della trasmissione laterale*. Il dispositivo è costituito da un case trasportabile (generalmente parallelepipedo, fornito di batterie ricaricabili e sistema di controllo remoto) dotato di 5 martelletti del peso di 500 g ciascuno, distanziati tra loro di 10 cm che, azionati da un albero a camme o da un campo elettromagnetico, colpiscono il piano di calpestio ad intervalli di 0,1 secondi.

Da alcuni test comparativi effettuati da ANIT, è emersa una buona affidabilità della strumentazione, dato che apparecchi di produttori differenti hanno determinato in sostanza lo stesso livello di rumore di calpestio influenzando scarsamente sul risultato finale della misura.

#### **Sistema omnidirezionale di analisi di sorgenti sonore**

<b>Dato acquisito</b>	<b>Unità di misura</b>
Pressione sonora	dB



Fig. 357 Diffusore dodecaedrico con piantana (sorgente acustica omnidirezionale) (Fonte: Orione s.r.l.).



Fig. 358 Generatore di rumore da calpestio (Fonte: Orione s.r.l.).



Fig. 359 Strumentazione per il *beamforming* (Fonte: NoiseVision)



Fig. 360 Visualizzazione della sorgente acustica e delle relative intensità (Fonte: NoiseVision).

**I sistemi omnidirezionali di analisi di sorgenti sonore sono strumentazioni per il *beamforming*, una tecnica avanzata per la misurazione e la valutazione acustica in opera.** Essi consentono di misurare, tramite un'unità di acquisizione audio, l'intensità della pressione sonora relativamente ad un punto e visualizzare, tramite un'unità di acquisizione video, un'immagine a 360° dell'ambiente di analisi. Attraverso algoritmi di calcolo eseguiti in tempo reale, è possibile visualizzare mappe acustiche in falsi colori sovrapposte a fotografie dell'ambiente (o dell'oggetto) interessato dall'analisi. È quindi possibile, con un'unica acquisizione, "vedere" il rumore, le diverse intensità e direzioni di provenienza. In ambiente interno, ad esempio, il sistema consente di identificare le varie sorgenti presenti e di valutarne il singolo contributo ai fini dell'esposizione al rumore degli occupanti. La rappresentazione delle mappe acustiche può avvenire sia in modo statico sia in modo dinamico (attraverso animazioni che mostrano l'evoluzione della mappa acustica nel tempo, utile in situazioni con sorgenti non stazionarie o in movimento). **La tecnica consente quindi di interpretare distribuzione sonora e ponti acustici, direttamente in opera**, in modo rapido ed efficace, rappresentando in sostanza per l'analisi acustica ciò che è la *termografia* per l'analisi termodinamica.

Il calcolo può essere effettuato per ogni banda di ottava o terzo di ottava, sia a banda stretta (FFT), sia per intervalli di frequenza personalizzati.

La strumentazione può assumere diverse configurazioni; a titolo di esempio, alcune soluzioni<sup>230</sup> sono composte da un trasduttore con 31 microfoni e 12 telecamere, collegato ad un *frontend*, e quindi ad un PC per la elaborazione e la rappresentazione dei risultati.

La tabella seguente riassume e sintetizza le principali caratteristiche degli strumenti presentati, fornendo ulteriori informazioni riguardanti le peculiarità, le problematiche e le interazioni con l'utenza che li contraddistinguono.

<sup>230</sup> Sistema *NoiseVision* prodotto da SCS Group – EuroAcustic.

<b>Strumento o metodo</b>	<b>Dato acquisito</b>	<b>Applicazioni</b>	<b>Pro</b>	<b>Contro</b>	<b>N° operatori richiesti</b>	<b>Livello di professionalità operatore</b>	<b>Interferenza con attività didattiche</b>
<b>Rilievo diretto</b>	Dimensione	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcolo della superficie disperdente</li> <li>Calcolo del volume riscaldato</li> <li>Calcolo della superficie lorda</li> <li>Analisi distributivo-funzionale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>strumentazione economica</li> <li>acquisizione molto flessibile e adattabile alla maggior parte delle casistiche (sulle corte-medie distanze)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>difficoltà di applicazione a oggetti edilizi complessi e su lunghe distanze</li> <li>precisione dipendente dalle capacità tecniche degli operatori</li> <li>tempi lunghi per l'acquisizione</li> <li>i dati acquisiti non sono direttamente impiegabili, ma è necessaria una restituzione</li> </ul>	3 (2 nei casi molto semplici)	Bassa	Media
<b>Strumentazione topografica</b>	Dimensione	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcolo della superficie disperdente</li> <li>Calcolo del volume riscaldato</li> <li>Calcolo della superficie lorda</li> <li>Analisi distributivo-funzionale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>elevata precisione anche su medie-lunghe distanze</li> <li>utilizzo diretto dei dati acquisiti</li> <li>con strumentazioni di tipo laser non si è obbligati a raggiungere fisicamente il punto da acquisire</li> <li>integrabilità con altre metodologie di acquisizione (es., strumentazione laser scanner)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>limitazioni dovute alle condizioni meteorologiche</li> <li>elevati costi di strumentazione</li> </ul>	2 (1 nel caso di strumentazione laser)	Medio-alta	Media
<b>Laser scanner</b>	Dimensione	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcolo della superficie disperdente</li> <li>Calcolo del volume riscaldato</li> <li>Calcolo della superficie lorda</li> <li>Analisi distributivo-funzionale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>elevata precisione del dato acquisito su corte-medie distanze (&lt;150 m)</li> <li>elevata automazione dell'acquisizione</li> <li>rapidità dell'acquisizione</li> <li>possibilità di acquisizione in assenza di luce</li> <li>capacità di acquisizione di forme complesse</li> <li>integrabilità con altre metodologie di acquisizione (es., strumentazione topografica)</li> <li>acquisizione di una grande quantità di informazioni (grande potenzialità nella fase di restituzione nella determinazione delle caratteristiche da restituire)</li> <li>possibilità di post-selezione del dato da restituire)</li> <li>possibilità di misurazione di tutti gli elementi che compongono lo spazio</li> <li>possibilità di visualizzare in tempo reale i dati acquisiti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>costi di strumentazione molto elevati</li> <li>vincoli derivanti dalla logistica (peso, trasporto, montaggio, necessità di generatori nel caso di acquisizioni esterne prolungate)</li> <li>necessità di supporto topografico per i rilievi più complessi</li> </ul>	2 (1 nei casi più semplici)	Alta	Media
<b>Data-logger con sonda per velocità dell'aria</b>	Velocità massima dell'aria interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valutazione della velocità dell'aria (in particolare nel caso di presenza di VMC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>strumentazione economica</li> <li>acquisizione semplice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>non sono riscontrabili particolari criticità</li> </ul>	1	Bassa	Nessuna
<b>Data-logger con sonda per concentrazione gas nell'aria</b>	Presenza di gas nell'aria Presenza di inquinanti nell'aria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valutazione della purezza dell'aria</li> <li>Valutazione della presenza di inquinanti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>acquisizione semplice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ogni sonda acquisisce un solo tipo di gas</li> <li>i costi aumentano se si vogliono verificare diversi tipi di gas</li> </ul>	1	Bassa	Bassa
<b>Data-logger con sonda per misura temperatura ambientale</b>	Temperatura dell'aria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valutazione della temperatura ambientale</li> <li>Valutazione del benessere termico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>acquisizione semplice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interferenze dovute alla presenza di occupanti o alle condizioni ambientali interne (apertura finestre, porte, ecc.)</li> <li>È richiesta particolare attenzione nel posizionamento del sensore affinché non vi siano fattori che possano far registrare temperature anomale (ad esempio, irraggiamento diretto)</li> </ul>	1	Bassa	Alta
<b>Data-logger con sonda per misura temperatura superficiale</b>	Temperatura radiante delle superfici interne	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valutazione delle temperature radianti</li> <li>Valutazione del benessere termico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>acquisizione semplice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Possibili interferenze dovute agli apporti di calore interni</li> </ul>	1	Bassa	Nessuna
<b>Data-logger con piastra flussimetrica</b>	Flusso termico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valutazione della trasmittanza termica degli elementi edilizi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Attraverso opportuna elaborazione fornisce un dato direttamente impiegabile per le verifiche a norma di legge (trasmittanza termica)</li> <li>Con opportuna strumentazione è possibile effettuare la valutazione contemporanea su più punti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necessita di accorgimenti per evitare l'influenza dei fattori esterni (ventilazione, cambiamenti di temperatura, ecc.)</li> <li>Ai fini della corretta valutazione della trasmittanza necessaria una misurazione della durata di 48-72 ore</li> </ul>	1	Media	Alta

<b>Strumento o metodo</b>	<b>Dato acquisito</b>	<b>Applicazioni</b>	<b>Pro</b>	<b>Contro</b>	<b>N° operatori richiesti</b>	<b>Livello di professionalità operatore</b>	<b>Interferenza con attività didattiche</b>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilità di valutare sia le condizioni dell'esistente, sia gli esiti degli interventi di riqualificazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessità di temperature costanti nell'ambiente per tutta la durata della misurazione</li> </ul>			
<b>Data-logger con sonda per umidità dell'aria</b>	Umidità relativa e/o assoluta dell'aria ambientale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valutazione delle condizioni igrometriche dell'ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semplicità dell'acquisizione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interferenza del cambiamento delle condizioni ambientali interne (apertura finestre, porte, ecc)</li> </ul>	1	Bassa	Nessuna
<b>Data-logger con sonda per umidità materiali</b>	Umidità relativa dei materiali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valutazione delle condizioni igrometriche dell'ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consente di rilevare l'umidità senza intervenire in modo distruttivo sull'elemento edilizio</li> <li>• È possibile ottenere indicazioni sulla distribuzione multi direzionale dell'umidità</li> <li>• Semplicità della misurazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La misurazione è attendibile fino a 30 cm di profondità, dopodiché il margine di errore è più elevato</li> </ul>	1	Bassa	Nessuna
<b>Data-logger con sonda per misurazione flusso luminoso</b>	Livello di illuminamento sul piano di lavoro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valutazioni illuminotecniche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisione del dato acquisito</li> <li>• Semplicità dell'acquisizione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibile interferenza dell'irraggiamento diretto</li> <li>• Necessità di accorgimenti per il corretto posizionamento del sensore</li> </ul>	1	Bassa	Nessuna
<b>Campionatore diffusivo</b>	Presenza di gas nell'aria Presenza di inquinanti nell'aria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valutazione della purezza dell'aria</li> <li>• Valutazione della presenza di inquinanti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semplicità dell'acquisizione</li> <li>• Possibilità di analizzare un ampio spettro di inquinanti</li> <li>• Ottima attendibilità del risultato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durata dell'analisi</li> <li>• Necessità di mandare i campioni in laboratorio analisi</li> </ul>	1 per l'acquisizione 1 per l'analisi	Bassa	Nessuna
<b>Analizzatore gas portatile</b>	Presenza di gas nell'aria Presenza di inquinanti nell'aria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valutazione della purezza dell'aria</li> <li>• Valutazione della presenza di inquinanti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapidità dell'analisi</li> <li>• Ottima attendibilità del risultato</li> <li>• Analisi semplice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo medio della strumentazione</li> </ul>	1	Bassa	Nessuna
<b>Rilevatore gas radon portatile</b>	Presenza di gas radon nell'aria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valutazione della purezza dell'aria</li> <li>• Valutazione della presenza di inquinanti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapidità dell'analisi</li> <li>• Ottima attendibilità del risultato</li> <li>• Analisi semplice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo medio della strumentazione</li> </ul>	1	Bassa	Nessuna
<b>Blower Door test</b>	Differenza di pressione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valutazione della permeabilità all'aria dell'involucro edilizio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilità di valutare sia le condizioni dell'esistente, sia gli esiti degli interventi di riqualificazione (involucro opaco, infissi)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisizione complessa per edifici di grandi dimensioni</li> <li>• È necessario effettuare le misurazioni in assenza di occupanti</li> <li>• Richiede una lunga e complessa fase di preparazione</li> <li>• Richiede una valutazione puntuale dell'involucro per determinare i punti permeabili attraverso il generatore di nebbia</li> </ul>	2	Media	Elevata
<b>Termocamera</b>	Intensità della radiazione termica superficiale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valutazione della continuità stratigrafica dell'involucro edilizio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisi in tempo reale</li> <li>• Analisi qualitativa del comportamento globale dell'involucro termico</li> <li>• Strumentazione compatta e portatile</li> <li>• Ampia applicabilità della misurazione (comportamento termico dell'involucro, valutazione dell'umidità, localizzazione degli impianti, contributo nella valutazione morfologica dei manufatti)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessità dell'inserimento del valore di emissività dei materiali per la valutazione attendibile della temperatura superficiale</li> <li>• L'immagine termografica è, attualmente, di piccole dimensioni (fattore superabile con l'avanzamento delle tecnologie)</li> <li>• È necessaria esperienza per l'interpretazione dei termogrammi</li> </ul>	1	Media	Nessuna
<b>Fonometro con sorgenti acustiche</b>	Pressione sonora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valutazione dell'ambiente acustico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Attendibilità del risultato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessità di supporto di sorgenti acustiche per rumori trasmessi per via strutturale</li> <li>• Costo medio</li> </ul>	1	Alta	Elevata
<b>Beamforming</b>	Pressione sonora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valutazione acustica in opera</li> <li>• Valutazione ponti acustici</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapidità dell'analisi</li> <li>• Attendibilità del risultato</li> <li>• Visualizzazione del comportamento del rumore e facilità di interpretazione (qualitativa e quantitativa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo molto elevato della strumentazione</li> <li>• Necessità di avere il supporto di una fonte acustica</li> <li>• Complessità logistica nel posizionamento delle strumentazioni</li> </ul>	1	Alta	Elevata

### 6.2.3. Valutazione delle dotazioni impiantistiche e dei contratti di fornitura energetica

Nell'ottica dell'ottimizzazione delle prestazioni edificio-impianto finalizzate al contenimento dei consumi energetici, è necessario predisporre un'approfondita indagine sulle dotazioni impiantistiche (elettriche e per la climatizzazione estiva e invernale).

L'**analisi dell'impianto elettrico** deve riguardare tutti gli apparecchi in dotazione alla scuola, ma una quota consistente è occupata dai **dispositivi per l'illuminazione**. Per questo motivo, l'analisi deve essere effettuata parallelamente alla verifica della congruità del contratto di fornitura stipulato tra l'Ente Gestore e l'Ente Erogatore di energia per poterne determinare la convenienza rispetto alle ore di occupazione dell'edificio (in particolare, in assenza di attività extrascolastiche).

Un consistente potenziale di risparmio è costituito dalla possibilità di sostituire lampade a incandescenza con lampade ad alta efficienza e dall'opportunità di installare dispositivi di controllo automatico dell'intensità luminosa in grado di regolare la quota di luce artificiale in relazione al contributo dell'illuminazione naturale.

L'**analisi dell'impianto di climatizzazione invernale** prevede sia il controllo dell'effettivo fabbisogno di energia per ogni zona termica, sia la valutazione dell'intero sistema di produzione e distribuzione del calore (rendimenti dell'impianto, parametri di combustione, dispersioni termiche del generatore, dispersioni lungo le tubazioni di distribuzione, sottodimensionamento dei terminali di emissione, ecc.). Anche in questo caso la verifica della congruità dei contratti di fornitura può costituire un primo passo verso il risparmio, in particolare a seguito della liberalizzazione del mercato dell'energia.

Un consistente potenziale di risparmio è offerto dalla possibilità di sfruttare gli apporti interni gratuiti dovuti agli occupanti, ai dispositivi e all'irraggiamento solare attraverso l'impiego di dispositivi di termoregolazione all'interno di ogni aula.

Un secondo aspetto relativo alla valutazione dell'efficienza degli impianti termici è costituito dalla possibilità di stipulare dei **contratti di gestione energetica** con società specializzate che provvedono, in relazione a specifiche forme contrattuali, alla manutenzione degli impianti, all'ottimizzazione dei contratti di fornitura e al mantenimento delle condizioni di benessere prefissate.

### 6.2.4. Considerazioni finali

**Il rilievo dell'esistente è la condizione necessaria e indispensabile per effettuare il progetto di riqualificazione, affinché le risorse economiche a disposizione siano impiegate in modo ottimale;** tuttavia, a causa della complessità e molteplicità dei fattori coinvolti, si tende sovente ad effettuare verifiche superficiali e sommarie, trascurando l'importanza di un vero e proprio **progetto del rilievo** basato sull'accuratezza del metodo. Ad esempio, se l'indagine è finalizzata alla caratterizzazione di un oggetto edilizio su cui si vuole effettuare un intervento di *energy retrofit*, i dati saranno utili alla simulazione e alla comparazione delle



strategie migliorative e l'**eventuale propagazione di errori potrebbe portare alla formulazione di ipotesi non del tutto attendibili**. La norma UNI EN ISO 13790:2008<sup>231</sup> afferma, infatti, che *“l'accuratezza del metodo di calcolo [...], intesa come la corrispondenza tra il fabbisogno di energia primaria calcolato e l'effettivo, dipende principalmente dalla qualità dei dati di input [...]”* (trad. da Allegato H). Questa affermazione chiarisce e conferma l'importanza dell'indagine *in situ* all'interno del progetto di recupero: ciò significa sia adottare metodi e strumentazioni idonee all'acquisizione di ciascuna variabile, sia impiegare operatori specializzati in grado di provvedere all'esecuzione del rilievo con particolare precisione e nell'ottica del miglior rapporto tra tempi e costi. A tale proposito, l'attuale ricerca del settore si sta orientando in modo sempre più determinato verso l'adozione di **procedure integrate ottimizzate di acquisizione dati**, utili al progetto di riqualificazione dell'esistente, attraverso l'integrazione sperimentale di metodologie e strumentazioni (**rilievo avanzato**). Da ciò emerge chiaramente la necessità di una vera e propria programmazione e pianificazione di tutte le fasi del rilievo finalizzate alla determinazione di una **sequenza ottimizzata di fasi** che prevede l'acquisizione, l'elaborazione e la gestione dei dati; ognuna di queste fasi non è indipendente e autonoma, bensì funzionale e strettamente correlata all'altra. L'ottimizzazione può essere raggiunta attraverso:

- l'individuazione di analisi eseguibili contemporaneamente;
- l'impiego di dati acquisiti attraverso un unico strumento, ma riutilizzabili anche in altre analisi;
- l'integrazione dei dati attraverso strumentazioni software dedicate, in grado di rielaborare dati complessi altrimenti difficilmente gestibili.

A tale proposito, ad esempio, l'analisi termografica contribuisce all'individuazione del punto più attendibile in cui misurare la conduttanza in opera attraverso successiva analisi termoflussimetrica, evitando inattendibili, o addirittura fuorvianti, indagini su intercapedini impiantistiche o, in generale, in punti di discontinuità stratigrafica. Un ulteriore esempio è rappresentato dall'integrazione tra *laser-scanner* e stazione totale, in cui la seconda è funzionale alla registrazione delle stazioni del laser-scanner, agevolandone l'utilizzo e aumentando la precisione risultante.

Le tecniche più avanzate, grazie all'innovazione tecnologica, stanno raggiungendo livelli di competitività economica che le rendono confrontabili con le tecniche tradizionali, ma con l'aggiunta delle prerogative del rilievo avanzato, soprattutto in termini di produttività. La differenza sussiste tutt'ora nella quantità dei dati da acquisire poiché, se la qualità deve rimanere invariata, le tecniche avanzate aumentano notevolmente la quantità delle informazioni, riducendo il tempo del rilievo.

La pianificazione delle fasi di acquisizione, inoltre, diventa di fondamentale importanza negli edifici ancora in uso, poiché l'**interferenza con le attività didattiche** provoca disagi sia per chi è incaricato del rilievo, sia per gli utenti della scuola. Infatti, se alcune indagini possono essere effettuate anche in presenza di occupanti (ad esempio, i sondaggi istantanei relativi alle misurazioni della

<sup>231</sup> UNI EN ISO 13790:2008 - Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.

temperatura superficiale), altre devono necessariamente prevedere un'acquisizione in assenza di persone e interferenze di ogni genere (ad esempio, il rilievo metrico tramite metodo diretto). Per contro, alcune indagini potrebbero essere effettuate anche con il contributo dell'utente, all'interno di programmi di sensibilizzazione che coinvolgono gli alunni nelle attività di misurazione<sup>232</sup>, aprendo nuovi scenari di monitoraggio partecipato.

---

<sup>232</sup> A tale proposito vedere paragrafo 8.2.3. - *La Post Occupancy Evaluation e la partecipazione degli utenti nelle fasi di acquisizione dati e monitoraggio dell'edificio.*

## 6.3 Fonti di riferimento

### 6.3.1 Bibliografia

Boarin P., Dall'Argine L., *Osservatorio sulla Certificazione della Sostenibilità Ambientale degli Edifici. Banca dati*, report dell'attività di ricerca svolta all'interno del Dottorato di Ricerca in Tecnologia dell'architettura, 2007, pp. 156, documento disponibile all'indirizzo internet [www.dottoratoicar12.it](http://www.dottoratoicar12.it).

Cerniglia A., "Monitoraggio acustico. Valutazioni in tempo reale", in *Neo-EUBIOS*, n°18, dicembre 2006, pp. 5-10.

Fianchini M., "Metodi di valutazione rapida degli edifici", in *ilProgettoSostenibile* n°15, Monfalcone, EdicomEdizioni, settembre 2007, pag. 30-36.

IEA-International Energy Agency (a cura di), *Energy Audit Procedures*, Jan De Boer Editor, 2003, documento disponibile all'indirizzo [www.annex36.com/eca/uk/06util/pdf/A36SubtaskC\\_Report\\_AuditProcedures.pdf](http://www.annex36.com/eca/uk/06util/pdf/A36SubtaskC_Report_AuditProcedures.pdf).

Marengo M., Rosina E., Salerno A., "Termografia infrarossa. Come valutare lo stato di conservazione degli edifici", in *Neo-EUBIOS*, n°22, dicembre 2007, pp. 17-26.

Pancaldi A., Papi A., *Riqualificazione energetica. Procedure integrate ottimizzate di acquisizione, elaborazione e gestione di dati per la valutazione dell'efficienza del patrimonio edilizio e architettonico*, Tesi di laurea in Architettura, Facoltà di architettura di Ferrara, a.a. 2007/08, sessione straordinaria, pp. 574.

Pancaldi A., Papi A., "Innovazione tecnologica per la riqualificazione energetica. Procedura integrate di acquisizione morfometrica, termografica e termoflussimetrica nella valutazione energetica", in *Paesaggio Urbano*, n°5, 2008, pp. I-XXIX.

Panzeri A., "La misura della trasmittanza in opera. Approfondimento su alcuni aspetti della misura", in *Neo-EUBIOS*, n°24, giugno 2008, pp. 27-31.

Panzeri A., "La valigetta del certificatore. Strumentazioni e metodiche per la Certificazione", in *Neo-EUBIOS*, n°19, marzo 2007, pp. 13-19.

Panzeri A., "Acquisizione dati involucro. Metodi impiegabili ai fini della certificazione energetica degli edifici", in *Neo-EUBIOS*, n°14, ottobre 2005, pp. 13-18.

Regione Piemonte – Area Istruzione (a cura di), *Protocollo per la valutazione del livello di sostenibilità ambientale di edifici scolastici. Le Aree di Valutazione e le Schede*, 2008, pp. 31, documento disponibile all'indirizzo [www.regione.piemonte.it/istruz/edsco/dwd/bando07\\_09/mod\\_g\\_pro1.doc](http://www.regione.piemonte.it/istruz/edsco/dwd/bando07_09/mod_g_pro1.doc).

Regione Piemonte (a cura di), *Bando triennale per la concessione di contributi ai comuni per interventi edilizi su edifici di proprietà comunale sede di scuole dell'infanzia, primaria e secondaria di I° grado statali e non statali paritarie gestite da enti locali*, 2007, pp. 30, documento disponibile all'indirizzo [www.regione.piemonte.it/istruz/edsco/dwd/bando07\\_09/istruz\\_gen1.doc](http://www.regione.piemonte.it/istruz/edsco/dwd/bando07_09/istruz_gen1.doc).

Tae Han Kim, "Metodologie di riqualificazione energetica", in *ilProgettoSostenibile* n°15, Monfalcone, EdicomEdizioni, settembre 2007, pag. 22-29.

U.S. Green Building Council (a cura di), *LEED for Schools for New Construction and Major Renovations. Version 2007*, 2007, pp. 78, documento disponibile all'indirizzo [www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=2593](http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=2593).

### 6.3.2 Sitografia

<b>Ahlborn</b>	<a href="http://www.ahlborn.com">www.ahlborn.com</a>
<b>ANIT – Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico</b>	<a href="http://www.anit.it">www.anit.it</a>
<b>Arpa Emilia Romagna</b>	<a href="http://www.arpa.emr.it">www.arpa.emr.it</a>
<b>ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air – Conditioning Engineers</b>	<a href="http://www.ashrae.org">www.ashrae.org</a>
<b>BEEAM - Building Research Establishment's Environmental Assessment Method</b>	<a href="http://www.breeam.co.uk">www.breeam.co.uk</a>
<b>BRE – Building Research Establishment</b>	<a href="http://www.bre.co.uk/index.jsp">www.bre.co.uk/index.jsp</a>
<b>CHPS – Collaborative for High Performance Schools</b>	<a href="http://www.chps.net">www.chps.net</a>
<b>CIE - Commission International de l'Éclairage</b>	<a href="http://www.cie-cnc.ca">www.cie-cnc.ca</a>
<b>ECBCS - Energy Conservation In Buildings And Community Systems</b>	<a href="http://www.ecbcs.org/home.htm">www.ecbcs.org/home.htm</a>
<b>ENEA – Ente per le Nuove Tecnologie l'Energia e l'Ambiente</b>	<a href="http://www.enea.it">www.enea.it</a>
<b>EPIQR Rénovation</b>	<a href="http://www.epiqr.ch">www.epiqr.ch</a>
<b>EuroAcustic</b>	<a href="http://www.euroacoustic.com">www.euroacoustic.com</a>
<b>EuroAcustic</b>	<a href="http://www.euroacoustic.com">www.euroacoustic.com</a>
<b>Family Safety</b>	<a href="http://www.familysafety.com">www.familysafety.com</a>
<b>IEA – International Energy Agency</b>	<a href="http://www.iea.org">www.iea.org</a>
<b>IEA ECBCS Annex 36 - Retrofitting of Educational Buildings – Energy Concept Adviser</b>	<a href="http://www.annex36.com/eca/index.html">www.annex36.com/eca/index.html</a>
<b>IEA ECBCS Annex 36 - Retrofitting of Educational Buildings - REDUCE</b>	<a href="http://www.annex36.com/index.html">www.annex36.com/index.html</a>

<b>iiSBE Italia - International Initiative for a Sustainable Built Environment</b>	<a href="http://www.iisbeitalia.org">www.iisbeitalia.org</a>
<b>Industrial Scientific</b>	<a href="http://www.indsci.com">www.indsci.com</a>
<b>ISI – Industria Serramenti Italiana</b>	<a href="http://www.isi-italia.it">www.isi-italia.it</a>
<b>ISSI - Istituto Sviluppo Sostenibile in Italia</b>	<a href="http://www.issi.it">www.issi.it</a>
<b>ITACA – Istituto per l’Innovazione e la Trasparenza degli Appalti e la compatibilità ambientale</b>	<a href="http://www.itaca.org">www.itaca.org</a>
<b>Legambiente</b>	<a href="http://www.legambiente.it">www.legambiente.it</a>
<b>Leica Geosystems</b>	<a href="http://www.leica-geosystems.com">www.leica-geosystems.com</a>
<b>Lookline</b>	<a href="http://www.lookline.com">www.lookline.com</a>
<b>Ministero della Pubblica Istruzione</b>	<a href="http://www.pubblica.istruzione.it">www.pubblica.istruzione.it</a>
<b>Ministero della Salute</b>	<a href="http://www.ministerosalute.it">www.ministerosalute.it</a>
<b>OptiveloX</b>	<a href="http://www.optiveloX.50webs.com">www.optiveloX.50webs.com</a>
<b>Radiello</b>	<a href="http://www.radiello.it">www.radiello.it</a>
<b>Reedbusiness</b>	<a href="http://www.reedbusiness.it">www.reedbusiness.it</a>
<b>Regione Piemonte</b>	<a href="http://www.regione.piemonte.it">www.regione.piemonte.it</a>
<b>Retrotec</b>	<a href="http://www.retrotec.com">www.retrotec.com</a>
<b>TeacherNet – The education site for teachers and managers</b>	<a href="http://www.teachernet.gov.uk">www.teachernet.gov.uk</a>
<b>Topcon</b>	<a href="http://www.topcon-positioning.eu">www.topcon-positioning.eu</a>
<b>Trotec</b>	<a href="http://www.trotec.net">www.trotec.net</a>
<b>U.S.GBC – U.S. Green Building Council</b>	<a href="http://www.usgbc.org">www.usgbc.org</a>
<b>UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione</b>	<a href="http://www.uni.com">www.uni.com</a>

---

PARTE TERZA: **CRITERI E METODI**



## 7. Azioni di riqualificazione

### ABSTRACT

*Il capitolo si propone di delineare uno scenario di riferimento a supporto di tecnici e progettisti, finalizzato alla scelta delle strategie di intervento per la riqualificazione del patrimonio costruito. A seguito di un'introduzione relativa ai pre-requisiti delle azioni di riqualificazione, ovvero alle caratteristiche imprescindibili che devono contraddistinguere le scelte tecnologiche dell'operatore, il presente capitolo intende prospettare criticità e potenzialità della procedura operativa riguardante il progetto di recupero energetico e ambientale.*

*Una parte consistente della trattazione è dedicata all'individuazione delle linee guida, momento di indirizzo progettuale verso le azioni di intervento più pertinenti allo specifico oggetto edilizio, in funzione delle problematiche emerse e agli obiettivi preposti. Le azioni di intervento sono presentate sottoforma di scheda descrittiva e permettono l'avvicinamento alla strategia secondo tre chiavi di lettura, ovvero il tempo richiesto per il ritorno dell'investimento, il risparmio energetico conseguibile e il grado di innalzamento della qualità ambientale. Questa triplice lettura permette di individuare velocemente il percorso operativo per il raggiungimento della Best Practice relativa alla specifica situazione.*

### INDICE DEL CAPITOLO

7.1. Prerequisiti delle azioni di riqualificazione .....	443
7.1.1. Integrabilità con le utenze presenti nell'edificio .....	444
7.1.2. Rapidità delle lavorazioni .....	445
7.1.3. Condizioni del cantiere .....	449
7.1.4. Leggerezza dei componenti rispetto alle strutture esistenti .....	451
7.1.5. Facilità delle connessioni (ancorabilità) .....	452
7.1.6. Sostituibilità delle parti giustapposte .....	453
7.1.7. Riciclabilità delle parti integrate .....	454
7.2. Strumenti di supporto decisionale .....	455
7.2.1. Schema operativo di orientamento al processo di riqualificazione ..	455
7.2.2. Criticità emergenti .....	459
7.3. Azioni finalizzate al raggiungimento del livello esigenziale .....	461
7.3.1. Introduzione alle schede di intervento .....	462
<i>Pay Back Period</i> .....	462
Stima del risparmio energetico conseguibile .....	464
Grado di miglioramento della qualità ambientale .....	465
7.4. Schede di intervento .....	465



7.4.1. Quadro sinottico.....	465
7.4.2. Schede di intervento .....	466
7.5. Fonti di riferimento.....	579
7.5.1. Bibliografia.....	579
7.5.2. Sitografia .....	581

### 7.1. Prerequisiti delle azioni di riqualificazione

L'intervento sugli organismi edilizi esistenti è un processo che coinvolge aspetti e professionalità differenti, convergenti verso un obiettivo comune di innalzamento della qualità e delle prestazioni offerte dal manufatto edilizio.

Il percorso decisionale che porta alla pianificazione di un intervento di recupero scaturisce sia da esigenze nuove rispetto a quelle per cui l'edificio è stato originariamente realizzato, sia da una progressiva riduzione delle prestazioni globali erogate dagli elementi tecnici che, perciò, non consentono più l'adeguato svolgimento delle attività in condizioni di comfort. In entrambi i casi, le azioni di riqualificazione dovrebbero essere pianificate in modo da portare l'oggetto alle condizioni ottimali di erogazione del servizio, soddisfacendo, quindi, le richieste dell'utente.

In realtà, attraverso l'intervento, è possibile ottenere qualità aggiuntive, non espressamente richieste dall'utente poiché non costituiscono un'esigenza primaria, ma che possono offrire nuovi attributi e caratteristiche al manufatto. Un esempio calzante è rappresentato dalle opportunità di una riqualificazione energetica dell'involucro eseguita attraverso una tecnologia "a cappotto" o da una facciata ventilata: se lo strato di isolante e la ventilazione superficiale soddisfano i requisiti termici e igrotermici, le nuove finiture superficiali (cromatiche piuttosto che plastiche) possono offrire l'opportunità di attribuire nuova immagine architettonica e fornire nuova identità all'edificio, aspetto che, nel caso degli edifici scolastici, appare importante nell'ottica della centralità e dell'importanza sociale ed educativa della funzione svolta.

Se, da un lato, le possibilità operative nell'ambito della riqualificazione sono tecnicamente molto numerose, dall'altro, il progettista deve misurarsi con una serie di indicazioni riguardanti l'adempimento di un complesso apparato normativo che impone vincoli imprescindibili, come, ad esempio, le distanze dai confini. Questo problema, infatti, coinvolge in primo luogo l'ambito della riqualificazione degli edifici esistenti limitando le possibilità di intervento a quelle poche azioni che interferiscono in modo circoscritto rispetto alla morfologia e alla spazialità dell'edificio (ad esempio, attraverso il ricorso ad un mini-cappotto interno, se ciò permette di mantenere le funzionalità spaziali, oppure attraverso limitate azioni di ottimizzazione impiantistica).

Questi condizionamenti derivano da un contesto normativo in cui non si è ancora radicata la tendenza alla riqualificazione energetica e che presentano, quindi, scarsa sensibilità rispetto alle problematiche ad essa connesse. Per trovare maggiore flessibilità nella proposizione degli interventi, il progettista dovrà attendere che i Normatori trovino una strada per legittimare azioni attualmente non concesse; un possibile percorso è stato intrapreso dalla Provincia di Reggio Emilia, prima, ed esteso, in un secondo momento, alla Regione Emilia Romagna, in cui sono stati concessi scomputi totali o parziali dello spessore dei muri perimetrali (spessore dell'isolante, nel caso di isolamenti a cappotto o di pareti ventilate, o di parte dello spessore dei muri, nel caso di tecnologie complesse) dal calcolo della Superficie Utile. Questa operazione è finalizzata a "[...] *innescare il ciclo economico*



Fig. 361 La scuola primaria di Casteldarne (BZ) prima dell'intervento di riqualificazione energetica (Fonte: EM2 Architetti – Brunico (BZ)).



Fig. 362 La scuola primaria di Casteldarne (BZ) dopo l'intervento di riqualificazione energetica. La tecnologia del "cappotto termico" ha donato una nuova immagine architettonica al manufatto edilizio (Fonte: EM2 Architetti – Brunico (BZ)).

*virtuoso, caratterizzante i processi di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici, e per compensare i maggiori costi di ricerca progettuale, di modifica dei metodi costruttivi e di apporti qualitativi introdotti nel processo edilizio [...]”<sup>233</sup>.*

Operando nell'ambito degli edifici scolastici, soggetti ad un regime d'utilizzo particolare rispetto ad altre categorie di fabbricati, è necessario evidenziare che qualsiasi misura d'intervento deve presentare determinate caratteristiche che ne sanciscono il grado di fattibilità; la natura di tali caratteristiche permette, inoltre, di orientare le scelte del progettista verso le soluzioni più pertinenti al contesto.

In particolare si tratta di:

- integrabilità con le utenze presenti nell'edificio;
- rapidità delle lavorazioni;
- condizioni del cantiere;
- leggerezza delle componenti rispetto alle strutture esistenti;
- facilità delle connessioni (ancorabilità);
- sostituibilità delle parti integrate;
- riciclabilità delle parti integrate.

Le voci elencate rappresentano i **prequisiti imprescindibili per le azioni di riqualificazione energetica ed ambientale** da eseguire su edifici esistenti; esse sono affrontate con maggiore approfondimento nei paragrafi seguenti.

### **7.1.1. Integrabilità con le utenze presenti nell'edificio**

Il problema dell'integrabilità delle attività previste nella programmazione degli interventi<sup>234</sup> con le attività didattiche svolte all'interno dell'edificio rappresenta uno dei nodi principali della questione. Il progettista, infatti, è chiamato ad operare in un ambito in cui si svolgono attività didattiche quotidiane da settembre a giugno e in cui è necessario garantire elevate condizioni di sicurezza.

Nel caso in cui le azioni previste siano di modesta entità (riconducibili a manutenzione ordinaria) o sia possibile compartimentare le aree di intervento, l'interferenza all'utenza deve essere minima, al fine di mantenere condizioni di benessere ambientale tali da non arrecare disturbo eccessivo alle lezioni, provocando disagi al normale svolgimento delle attività didattiche, oltre che a un calo dell'attenzione e dell'apprendimento. La possibilità di **integrare parte delle lavorazioni durante lo svolgimento delle attività** necessita di una accurata programmazione delle fasi di intervento, al fine di mantenere le condizioni di sicurezza nei locali che mantengono la normale funzionalità; questo caso è riconducibile, ad esempio, alla sostituzione degli infissi (*energy retrofit* passivo) o di parte dei dispositivi di illuminazione (*energy retrofit* attivo).

Per quanto riguarda gli interventi di entità maggiore (riconducibili a manutenzioni straordinarie, a D.I.A. o a Permessi di Costruire), in cui si interviene in modo sostanziale sul manufatto edilizio compromettendo il normale svolgimento delle lezioni e le condizioni di sicurezza degli utenti, è necessario programmare in modo

<sup>233</sup> Per un maggiore approfondimento vedere le *Linee guida ECOABITA 2008 – standard Regione Emilia Romagna*, pag. 13, cfr. bibliografia.

<sup>234</sup> Cfr. UNI 10914-2:2001 - *Qualificazione e controllo del progetto edilizio di interventi di nuova costruzione e di interventi sul costruito. Programmazione degli interventi.*

più scrupoloso le varie attività. Una strada perseguibile è la **concentrazione delle lavorazioni durante la sospensione estiva delle lezioni**, momento in cui l'edificio non è tendenzialmente chiamato ad assolvere alcuna funzione (fatti salvi i casi in cui l'edificio venga aperto per attività extrascolastiche che coinvolgono la cittadinanza e i casi di "somma urgenza"). Ciò implica il rispetto assoluto, da parte delle maestranze, delle tempistiche indicate nel crono programma redatto dal Direttore dei Lavori e, soprattutto, la possibilità di eseguire parte delle lavorazioni al di fuori dell'area di cantiere (ad esempio, nelle officine).

In ogni caso, le attività di riqualificazione devono essere eseguite in un lasso temporale ridotto (due mesi o poco più) e ciò implica una scelta tecnologica progettuale precisa, con una percentuale di lavorazioni ad umido ridotte.

Se l'edificio è di notevoli dimensioni o se si tratta di una riqualificazione complessa, le fasi di cantiere possono prolungarsi in modo tale da non permettere il normale svolgimento delle attività didattiche; in questo caso, sarà necessario, qualora possibile, **avvalersi di "edifici ponte"** nei quali spostare provvisoriamente le attività (per pochi mesi o per un periodo più lungo) in attesa del termine dei lavori.

Ovviamente, questa è una condizione eccezionale e non alla portata di tutte gli Enti Gestori poiché implica che una parte del patrimonio immobiliare di competenza venga destinato ad attività provvisorie a rotazione e, quindi, che non sia utilizzato in modo continuativo, con notevole investimento di denaro. Infatti, nel caso in cui l'Ente non possieda personalmente un immobile da destinare a tale attività, dovrebbe attivare delle convenzioni con un altro Ente o con un privato, provvedendo al pagamento di un contributo d'affitto, oltre che alle spese energetiche. È evidente che, in questo secondo caso, le spese per lo svolgimento delle attività in un immobile non di proprietà influiscano notevolmente sul bilancio economico finale dell'intervento, rendendolo, nella maggior parte dei casi, non sostenibile da parte delle piccole realtà locali.

### 7.1.2. Rapidità delle lavorazioni

Il problema della rapidità delle lavorazioni è strettamente legato alla questione, precedentemente affrontata, dell'integrabilità con le utenze presenti nell'edificio.

Essa dipende da numerosi fattori, tra cui:

- la corretta programmazione degli interventi;
- l'attenta scelta delle tecnologie costruttive per le parti costruite *ex-novo*;
- l'adeguata preparazione e professionalità delle maestranze.

L'aspetto centrale della questione è rappresentato dalla una **corretta e scrupolosa programmazione delle lavorazioni**, fase che permette di ottimizzare le tempistiche di cantiere consentendo lo svolgimento di operazioni coordinate e mantenendo, allo stesso tempo, le condizioni di sicurezza. In questa fase devono essere programmate anche le eventuali operazioni di demolizione che, se non accuratamente pianificate, possono influire notevolmente sul prolungamento delle tempistiche globali causando ritardi alle fasi successive o compromettendo le condizioni di sicurezza.

Una volta effettuate le eventuali demolizioni, la rapidità e l'ottimizzazione delle procedure di cantiere dipendono in modo preponderante dalle **scelte tecnologiche e costruttive operate dal progettista** relativamente alle porzioni di fabbricato da integrare o da costruire *ex-novo*. In quest'ottica, la scelta di tecnologie costruttive "ad umido" comporta un inevitabile prolungamento delle lavorazioni e delle interazioni tra le stesse, poiché non è possibile provvedere alle fasi successive del programma fino alla completa asciugatura delle opere precedentemente realizzate. Per contro, compatibilmente con le caratteristiche architettoniche del manufatto edilizio, è preferibile adottare le tecnologie stratificate "a secco" poiché esse permettono, attraverso la lavorazione al di fuori dell'area di cantiere, di ottimizzare i tempi di posa in opera. Infatti, a seguito di una scrupolosa progettazione precedente o contemporanea alle eventuali fasi di demolizione, è possibile eseguire gli elementi tecnici, o parte di essi, in officine specializzate per poi trasportarli in cantiere per l'assemblaggio finale.

Qualora, a causa delle caratteristiche intrinseche dell'edificio o per scelta progettuale, non fosse possibile eseguire le opere esclusivamente attraverso lavorazioni "a secco", si può operare attraverso una compresenza di tecnologie secco-umido, prevedendo due fasi distinte:

- **prima fase:** esecuzione rapida di tutte le opere durante la pausa estiva, al fine di permettere l'inizio delle lezioni come da calendario scolastico;
- **seconda fase:** successiva ricognizione ed eventuale perfezionamento delle opere precedentemente eseguite che hanno presentato difetti imputabili alle scarse tempistiche di asciugatura delle lavorazioni ad umido. È possibile eseguire questa seconda fase durante la pausa estiva dell'anno successivo all'intervento principale.

A prescindere dalla tecnologia costruttiva scelta dal progettista, il requisito fondamentale per una ottimizzazione delle procedure di cantiere è rappresentato dalla **professionalità delle maestranze** coinvolte nelle lavorazioni; poiché vi è la necessità di condividere il cantiere con squadre impiegate in lavorazioni differenti, esse devono essere particolarmente flessibili, precise e scrupolosamente organizzate al fine di rispettare tempi e interazioni.

A titolo esemplificativo, la tabella seguente elenca le fasi dell'intervento di riqualificazione energetica e ambientale della scuola primaria di Casteldarne (BZ)<sup>235</sup>

- (Fonte: EM2 Architetti – Brunico).

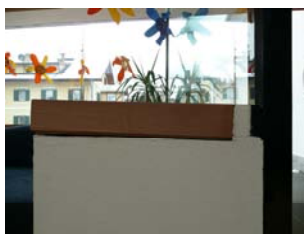




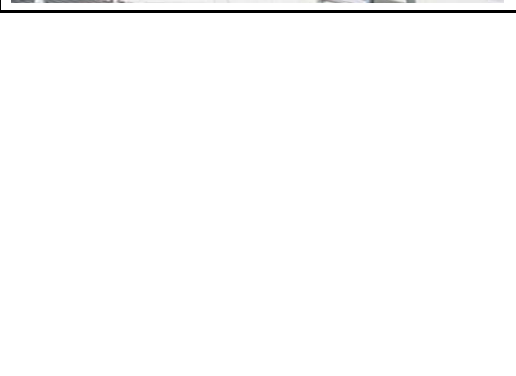





Fig. 363 Particolare del bancale interno della nuova finestra dell'ingresso nella scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ). Il bancale ha presentato un difetto di lavorazione dovuto alle ridotte tempistiche di cantiere che non hanno permesso una completa asciugatura della struttura sottostante e verrà sostituito in una fase successiva.

<sup>235</sup> Per un maggiore approfondimento sull'intervento si veda la scheda progetto al paragrafo 4.1.3 - *Selezione di progetti di Best Practices nazionali*.

	<p><b>09 giugno 2006</b></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Predisposizione del cantiere <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inizio demolizioni</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>14 giugno 2006</b></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Smontaggio infissi esistenti <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Opere interne</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>19 giugno 2006</b></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demolizione della copertura esistente <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demolizione delle architravi delle finestre per ampliare l'area delle bucatore</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>28 giugno 2006</b></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demolizione degli elementi di facciata sovrapposti alla struttura portante <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Opere interne</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Montaggio del nuovo solaio di copertura (sistema a secco modulare in legno) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Opere interne</li> </ul> </li> </ul>

	<p><b>03 luglio 2006</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Montaggio del nuovo solaio di copertura attraverso sistema a secco modulare in legno<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Opere interne</li></ul></li></ul>
	<p><b>31 luglio 2006</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Posa in opera del cappotto termico esterno costituito da pannelli isolanti rigidi</li><li>▪ Posa in opera del manto di copertura<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Opere interne</li></ul></li></ul>
	<p><b>06 settembre 2006</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Posa in opera della struttura portante degli infissi costituita da elementi in legno lamellare posati a secco</li><li>▪ Posa in opera delle macchine di trattamento aria</li></ul>
	<p><b>08 settembre 2006</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Posa in opera degli infissi e delle griglie di protezione all'ingresso dell'aria<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Opere interne</li></ul></li></ul>

	<p style="text-align: center;"><b>03 ottobre 2006</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Posa in opera degli infissi del sottotetto <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Opere interne</li> </ul> </li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Metà ottobre 2006</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fine lavori</li> </ul>

Nell'esempio presentato, i progettisti ha scelto di intervenire durante la sospensione estiva; tutte le fasi e le lavorazioni erano già state opportunamente valutate e programmate, tanto che è stato possibile iniziare i lavori il giorno immediatamente successivo alla fine delle lezioni.

L'edificio è stato riconsegnato alle attività scolastiche nella metà di ottobre dello stesso anno, dopo poco più di quattro mesi di cantiere. Ciò è stato possibile grazie alla minuziosa programmazione delle lavorazioni, alla scelta di impiegare principalmente tecnologie a secco con elementi leggeri e modulari, parzialmente prefabbricati, e grazie alla flessibilità e professionalità delle maestranze.

Tra la metà di settembre e la metà di ottobre, durante il primo mese di lezione, gli alunni sono stati provvisoriamente spostati in un altro edificio di proprietà del Comune, affinché non si causassero troppi ritardi alla programmazione della didattica.

### 7.1.3. Condizioni del cantiere

Come indicato nel paragrafo precedente, la rapidità delle lavorazioni dipende fortemente dall'organizzazione e dalla gestione del cantiere. Infatti, le condizioni al contorno possono essere molteplici, condizionando profondamente le scelte progettuali e tecnologiche.

Un primo fattore di discriminazione è rappresentato dal **grado di accessibilità al cantiere**, elemento in grado di orientare il progettista verso soluzioni costruttive a piccoli elementi, piuttosto che soluzioni di prefabbricazione parziale o totale. Le strutture scolastiche presenti all'interno delle città italiane si trovano spesso all'interno di tessuti urbani storici molto compatti, caratterizzati da edifici contigui





Fig. 364 Allestimento dell'area di cantiere durante la riqualificazione e l'ampliamento della scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) (Fonte: arch. Gianluca Perottoni).



Fig. 365 Lavorazioni a piè d'opera per l'assemblaggio di una trave reticolare in legno lamellare nel cantiere della scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) (Fonte: arch. Gianluca Perottoni).



Fig. 366 Esempio di Diagramma di Gantt relativo alle sovrapposizioni e interazioni delle lavorazioni del cantiere (Fonte: Edilportale).

che possono anche presentare una parziale condivisione delle pareti perimetrali: in questi casi, l'accessibilità al cantiere è molto limitata e condizionata dalla viabilità urbana e dalle attività adiacenti. Similare è il caso, sebbene meno diffuso, di edifici scolastici situati all'interno di edifici destinati a funzioni diverse (si veda, ad esempio, la presenza di una scuola per l'infanzia all'interno di una struttura che ospita anche una scuola primaria, oppure scuole che condividono spazi con conservatori o uffici), condizione particolarmente infelice per l'instaurazione di un cantiere edile, a causa della compresenza di attività diverse che possono anche compromettere la sicurezza degli utenti.

In queste particolari condizioni, le aree circostanti all'edificio sono difficilmente allestibili ad aree di cantiere, limitando fortemente la possibilità di disporre di zone di deposito protette (furti di materiale, atti vandalici, ecc.), di aree per la manovra dei mezzi di supporto (gru, argani, ecc.) e di impalcati esterni.

Si tratta di aspetti di grande rilievo per il progettista e per il Direttore dei Lavori, imprescindibili nel processo decisionale di scelta delle tecnologie costruttive: in tali situazioni si può optare per una costruzione per piccoli elementi, trasportati in cantiere secondo l'occorrenza, oppure, se è possibile eseguire piccole manovre, si può scegliere una prefabbricazione parziale di tipo modulare eseguita in stabilimento o, comunque, al di fuori dell'area di cantiere.

La **presenza di spazi per l'allestimento del cantiere e per il deposito materiali** permette, per contro, di operare con un maggiore grado di libertà, unendo tecnologie differenti e riducendo i tempi per il trasporto in opera dei prodotti da costruzione. Tale soluzione permette, inoltre, di combinare diverse lavorazioni ed eseguire assemblaggi a piè d'opera di elementi precedentemente tagliati a misura nelle officine e nelle filiere industriali, con notevole risparmio economico nella produzione e nel trasporto.

Se, da un lato, la disponibilità di spazi permette una maggiore integrazione di lavorazioni e una maggiore flessibilità nella gestione dei materiali, dall'altro introduce il problema di **mantenere un elevato livello di sicurezza in tutte le parti del cantiere**. Il sovrapporsi di professionalità incaricate delle diverse porzioni della costruzione e demolizione può indurre rischi elevati sia per i lavoratori stessi, sia per gli utenti eventualmente presenti in parti dell'edificio non soggette ad intervento, oppure a chi frequenta le zone nelle immediate vicinanze del cantiere. In questo caso sarà cura del Coordinatore alla Progettazione redigere il **Piano di Sicurezza e di Coordinamento (PSC)**, strumento operativo sul quale viene impostata la cooperazione ed il coordinamento, con la sequenza temporale delle fasi di lavoro, l'utilizzazione degli impianti comuni, mezzi logistici e di protezione collettiva. Il committente (in questo caso, l'Ente Gestore) dovrà trasmettere il PSC alle imprese invitate a presentare le offerte e l'impresa aggiudicataria lo deve trasmettere alle imprese esecutrici e ai lavoratori autonomi.

Questo documento, indispensabile nel caso di lavorazioni complesse, deve comprendere le seguenti informazioni:

- misure relative all'impatto ambientale del cantiere;
- apprestamenti, infrastrutture, mezzi logistici e di protezione collettiva necessari, in relazione alla specificità dell'opera ed alla sua localizzazione;

- misure di prevenzione dei rischi derivanti dalla presenza simultanea e successiva di più imprese e/o lavoratori autonomi;
- prescrizioni operative specifiche, correlate alla complessità dell'opera ed alle eventuali fasi critiche;
- gestione del rapporto temporale tra le varie fasi di lavoro;
- disciplina dell'utilizzo comune di infrastrutture, mezzi logistici e di protezione collettiva da parte di vari soggetti;
- modalità di cooperazione e coordinamento delle attività e reciproca informazione tra le varie imprese e/o lavoratori autonomi.

Al fine di limitare ulteriormente il rischio di incidenti sul luogo delle lavorazioni, il responsabile delle imprese dovrà redigere il **Piano Operativo di Sicurezza (POS)** in cui devono essere riportate le informazioni relative a quello specifico cantiere e valutati i rischi a cui sono sottoposti gli addetti dell'impresa.

Un ultimo aspetto da considerare è legato alla possibilità di perseguire una **gestione di tipo sostenibile delle fasi di cantiere** attraverso il contenimento delle risorse ambientali ed energetiche e la corretta gestione dei rifiuti.

Infatti, come per l'intero processo costruttivo, qualora si presentasse la necessità di eseguire demolizioni parziali o totali del manufatto, anche le fasi conclusive del processo edilizio devono essere considerate come parte integrante dell'intervento in un'ottica di riequilibrio sostenibile delle fasi. In particolare, attraverso la programmazione delle fasi della demolizione è possibile verificare l'opportunità di recuperare materiali e componenti utilizzati negli edifici, reinserendoli nel ciclo di lavorazione. In ogni caso, è opportuno evidenziare che non tutte le tecnologie costruttive permettono un totale recupero selettivo dei materiali durante la fase di demolizione, ma è comunque possibile riutilizzare o trasformare parte dei materiali fornendo "materie prime seconde"<sup>236</sup> e, in ogni caso, ridurre la quantità di prodotti da convogliare in discarica.

#### 7.1.4. Leggerezza dei componenti rispetto alle strutture esistenti

Operando nell'ambito della riqualificazione del patrimonio esistente, una delle problematiche principali emergenti è rappresentata dalle condizioni generali in cui versa l'oggetto dell'intervento: sono frequenti, infatti, i casi in cui è possibile riscontrare problematiche connesse al sistema strutturale o in cui sono visibili i primi segnali di degrado. Il patrimonio edilizio scolastico nazionale è costituito per larga parte da edifici costruiti in momenti di austerità o per far fronte a carenze strutturali sostanziali<sup>237</sup>: per questo motivo, i materiali impiegati non sono sempre di alta qualità e hanno intrapreso un progressivo processo di degrado che, tuttavia, non ne compromette in modo sostanziale le prestazioni strutturali.

In queste situazioni, una volta accertata la stabilità dell'edificio e la capacità di assolvere alle proprie funzioni senza compromettere la sicurezza degli utenti, il

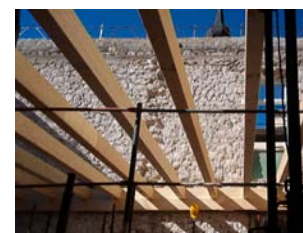


Fig. 367 Riqualificazione della scuola primaria di Marco di Rovereto (TN): posa in opera di un solaio costituito da elementi leggeri in legno all'interno di un edificio risalente al 1918 (Foto: arch. Gianluca Perottoni).

<sup>236</sup> MPS = materie prime seconde = "[...] residuo derivante da processi produttivi o da raccolte finalizzate che è suscettibile, eventualmente previo trattamento, di essere riutilizzato come materia prima in altro processo produttivo della stessa o di altra natura [...]" (Fonte: DM 26 gennaio 1999).

<sup>237</sup> Per una maggiore approfondimento si veda il paragrafo 3.1.3. – *Caratterizzazione degli edifici scolastici.*

progetto di riqualificazione che si intenderà intraprendere dovrà necessariamente considerare che ogni elemento che verrà aggiunto o demolito produrrà degli effetti sull'intero complesso. In quest'ottica, la **leggerezza delle componenti** diventa un criterio di selezione progettuale fondamentale e che, in molti casi, può diventare una discriminante tra fattibilità e non fattibilità della soluzione.

Nel momento in cui si procede, ad esempio, con la costruzione di un nuovo setto o di una nuova copertura, il progettista, con il supporto di uno strutturista, dovrà avere cura di stabilire quali sono i carichi massimi ammissibili per l'edificio in questione e, conseguentemente, optare verso una soluzione progettuale. È evidente che, in quest'ottica, si tende a **privilegiare la costruzione attraverso le tecnologie leggere, a secco o parzialmente umide**, poiché permettono di non sovraccaricare le strutture, mantenendo, al tempo stesso, una buona elasticità.

In ogni caso, l'applicazione di queste tecnologie richiede una preventiva indagine di compatibilità storico-morfologica con l'edificio, al fine di valutarne l'interazione sotto il profilo filologico (in particolare se si tratta di edifici sottoposti a vincolo di tutela storico-architettonica).

Oltre ai vantaggi di tipo strutturale, le tecnologie leggere a secco permettono:

- una **maggiore velocità di esecuzione delle opere** poiché, non presentando lavorazioni ad umido, non necessitano di lunghi tempi di asciugatura;
- una **maggiore precisione dell'esecuzione finale** poiché, una volta effettuato un accurato rilievo geometrico, i materiali possono essere tagliati a misura con strumenti che consentono di ottenere una precisione maggiore rispetto alle tecnologie tradizionali che, invece, sono più approssimative nella trattazione dei dettagli, con maggiore spreco di materiale;
- un **maggiore controllo delle fasi progettuali ed esecutive**, grazie al predimensionamento degli elementi;
- di **effettuare lavorazioni al di fuori delle zone di cantiere**, in stabilimenti specializzati, e di provvedere, successivamente, alla posa in opera di componenti complesse, altrimenti non eseguibili *in loco*. Anche in questo caso, la precisione dell'elemento, possibilmente caratterizzato da una parziale prefabbricazione di tipo leggero, sarà uno dei vantaggi principali ottenibili.
- Di **utilizzare materiali facilmente disassemblabili** nelle fasi successive, rendendo facilmente possibili le sostituzioni di parti di elementi e le ispezioni degli strati profondi in caso di guasti.

La leggerezza diventa, dunque, un parametro fondamentale nel processo decisionale circa le strategie di riqualificazione, offrendo un ampio spettro di possibilità operative e di materiali.

#### **7.1.5. Facilità delle connessioni (ancorabilità)**

Oltre alle problematiche legate ad un possibile sovraccarico delle strutture esistenti, il progetto di riqualificazione deve porre particolare attenzione alle modalità con cui i nuovi materiali e componenti si inseriscono sulle preesistenze.

Il **tema dell'ancorabilità delle nuove componenti**, rilevante quanto il problema della leggerezza, comporta una conoscenza approfondita del manufatto al fine di

evidenziare criticità e possibilità delle strutture edilizie e la loro capacità ricettiva verso strutture nuove, che possono presentare caratteristiche tecnologiche e morfologiche differenti.

Dal punto di vista morfologico, le connessioni con una struttura esistente possono avvenire:

- in modo **diffuso**;
- in modo **puntiforme**.

Dal punto di vista tecnologico, si riscontrano:

- connessioni **ad umido**;
- connessioni **a secco**.

Qualsiasi scelta deve essere effettuata esclusivamente a seguito di un'approfondita indagine dell'oggetto dell'intervento.

In generale, le connessioni di tipo diffuso si adattano in modo particolare a costruzioni che presentano, o potrebbero presentare, problematiche legate al sistema strutturale (cedimenti, scarsa o disomogenea resistenza meccanica dei materiali e degli elementi, ecc.); grazie all'ampiezza dell'ancoraggio, esse hanno il vantaggio di distribuire i pesi su una superficie maggiore, evitando, quindi, pericolosi carichi concentrati che potrebbero portare a rotture o lesioni. Questi ancoraggi sono consigliati nei casi di edilizia storica, o caratterizzata da una fragilità strutturale, poiché sono in grado di aumentare la rigidità delle strutture, rendendo le componenti solidali tra loro.

Al contrario, le connessioni di tipo puntiforme sono più indicate qualora l'edificio esistente sia già caratterizzato da una struttura portante di tipo discontinuo, come, ad esempio, i manufatti costruiti dagli anni Sessanta in avanti (costruzioni a telaio in c.a. prefabbricato o gettato in opera). Questo tipo di ancoraggi, si pone in continuità con le strutture esistenti, scaricando i pesi attraverso le stesse strutture e incidendo in misura inferiore sul sistema statico.

Sia le connessioni puntiformi che le connessioni diffuse possono essere eseguite attraverso tecnologie a secco o a umido: il criterio di scelta, oltre ad essere relazionato alle preferenze del progettista, deve scaturire dallo studio morfologico e tecnologico dell'oggetto edilizio. In ogni caso, è possibile evidenziare che la scelta della tecnologia ad umido è pressoché irreversibile poiché essa raggiunge un elevato grado di solidarietà con l'esistente; diversamente, la tecnologia a secco è quasi sempre reversibile e, in ogni caso, ispezionabile, fornendo maggiori garanzie per una futura manutenzione in caso di guasti. Attraverso le strutture a secco, inoltre, è possibile operare con materiali caratterizzati da una forte leggerezza (ad esempio, il legno) e che influiscono in modo ridotto sul sistema statico.

#### 7.1.6. Sostituibilità delle parti giustapposte

Da sempre, la tradizione tecnologica e costruttiva italiana è orientata verso soluzioni fortemente massive che implicano lavorazioni ad umido. Anche a seguito della fase di profonda industrializzazione dei processi edilizi che ha investito il nostro Paese dagli anni Sessanta in avanti, le logiche costruttive sono rimaste



Fig. 368 Particolare dell'ancoraggio dei moduli fotovoltaici semitrasparenti sulla chiusura verticale esistente nell'Istituto Professionale di Stato per l'Industria e l'Artigianato di Rovigo.

profondamente ancorate ai sistemi edilizi tradizionali, che hanno semplicemente affiancato i sistemi innovativi.

Con il passare degli anni, buona parte degli edifici costruiti nel secolo scorso hanno iniziato a manifestare fenomeni di degrado, più o meno profondo, causato principalmente dalla scarsa qualità dei materiali da costruzione impiegati, ponendo un'attenzione sempre più forte verso le modalità di recupero di tali manufatti.

La necessità di intraprendere un percorso manutentivo importante pone particolare attenzione verso le **problematiche della sostituibilità degli elementi edilizi**, non solo al momento della costruzione *ex-novo*, ma anche nel caso di interventi sostanziali su parti dell'organismo edilizio. Infatti, gli interventi di recupero che coinvolgono buona parte dell'edificio sono da considerare momenti progettuali complessi quanto (o forse anche più) il progetto di un nuovo fabbricato. Di fatto, il progetto di recupero si propone di prolungare la vita di un edificio, mettendolo nuovamente nelle condizioni di erogare un servizio che si era interrotto o che non poteva più essere correttamente offerto. Attualmente, l'approccio più diffuso, in relazione alle tecnologie costruttive presenti negli edifici oggetto di interventi sostanziali, è quello della demolizione di elementi tecnici, o parte di essi, e la successiva sostituzione con materiali affini, ovvero con le tecnologie a piccoli elementi (generalmente laterizi) posati ad umido. Ma, proprio nell'ottica di un prolungamento del ciclo di vita utile, è necessario un radicale cambiamento dell'approccio progettuale a favore di **strategie che permettano, in futuro, di essere parzialmente o completamente sostituite** senza compromettere l'intero oggetto.

Questo principio si muove a favore di tecnologie caratterizzate da elementi che non diventino completamente solidali (e, pertanto, irreversibili) rispetto alle strutture esistenti, ma che possano mantenere un certo grado di reversibilità e, quindi, di flessibilità. È il caso delle strutture stratificate a secco che, nel caso di guasti o interventi manutentivi, grazie alla semplicità di disassemblaggio, permettono una rapida ispezione e un intervento selettivo. Inoltre, nel caso di un mutamento delle condizioni e destinazioni d'uso del fabbricato, questa tecnologia permette una eventuale implementazione delle prestazioni degli elementi tecnici, permettendo un elevato livello di adattabilità alle nuove esigenze.

### 7.1.7. Riciclabilità delle parti integrate



Fig. 369 Utilizzo di materiale proveniente dalla dismissione di un cantiere edile.

*“Il rifiuto assume la valenza di nuovo materiale nel momento in cui per riciclaggio s'intende il recupero di materiali o di sostanze di scarto riutilizzabili in un nuovo ciclo produttivo”<sup>238</sup>*. Questo concetto appare particolarmente importante nel momento in cui il progettista deve procedere alla scelta dei materiali da impiegare nel progetto di riqualificazione e al momento della demolizione parziale o totale dell'edificio esistente.

Attraverso la demolizione selettiva è possibile separare le componenti demolite affinché esse possano essere nuovamente utilizzate come “materie prime seconde”

<sup>238</sup> Longo D., *Riciclo dei materiali e gestione degli scarti edili. Procedure e tecniche di valorizzazione dei residui edilizi in Italia*, Corso “Architettura&Energia”, pag. 17, cfr. bibliografia.

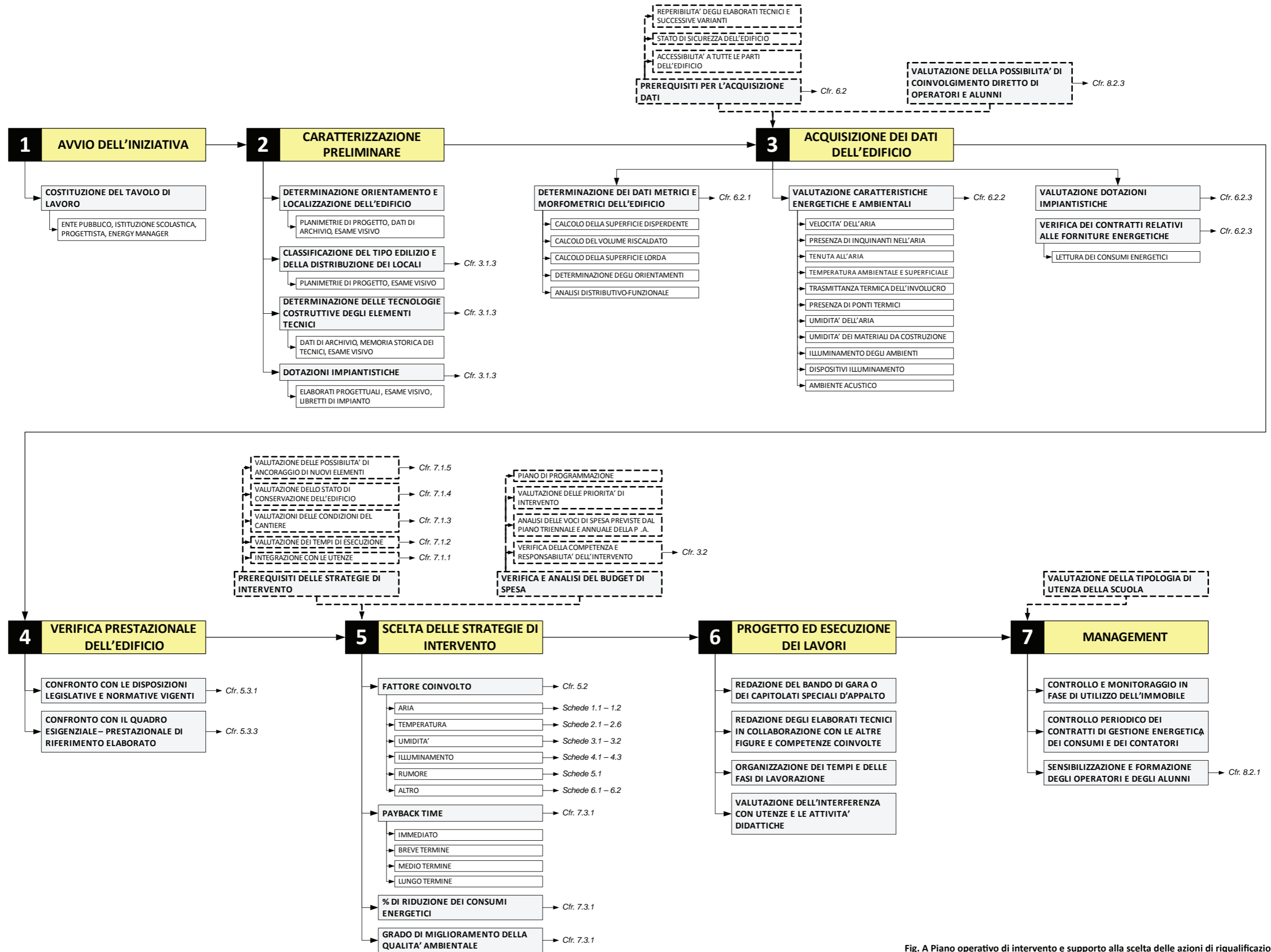


Fig. A Piano operativo di intervento e supporto alla scelta delle azioni di riqualificazione.

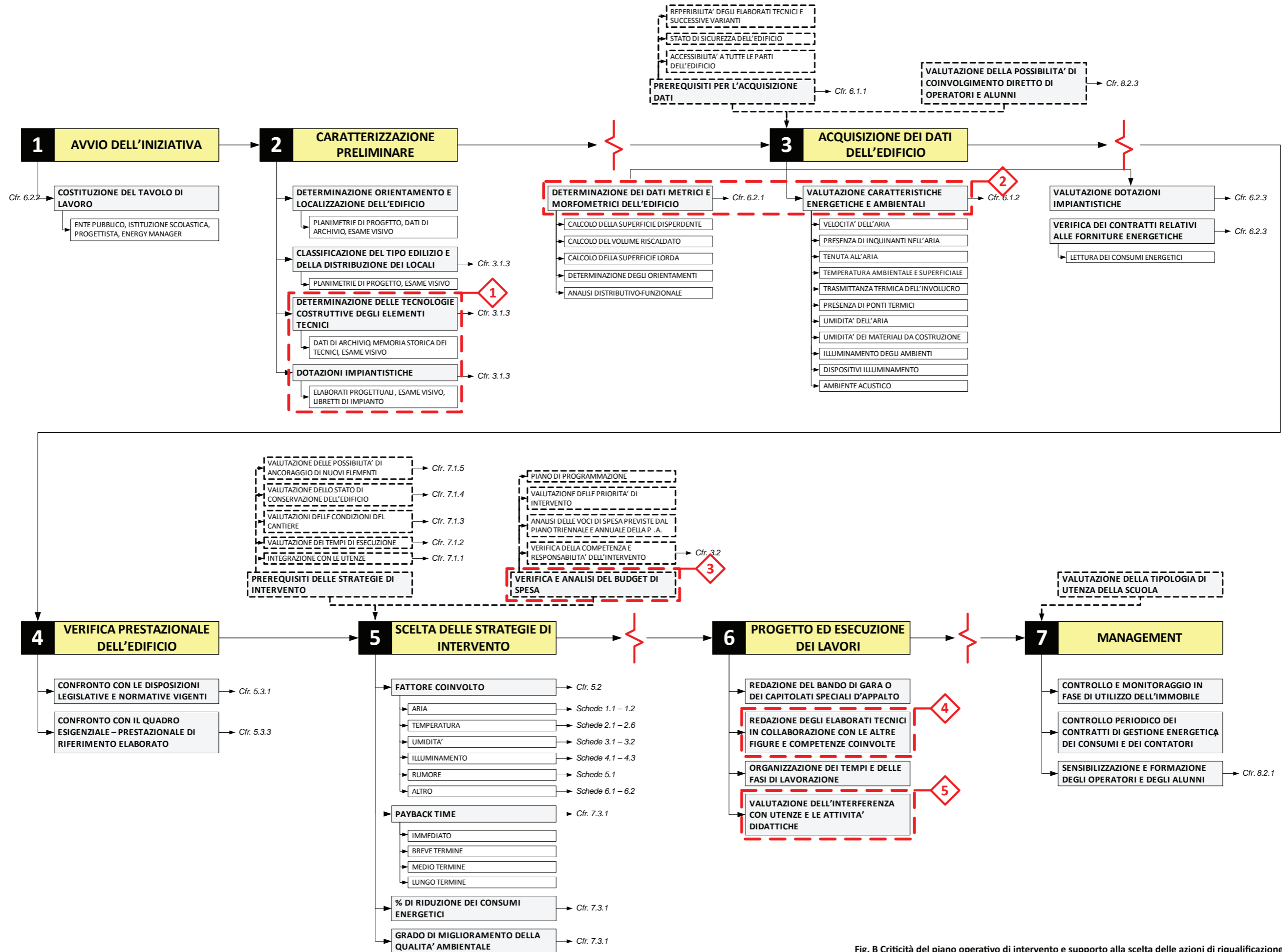


Fig. B Criticità del piano operativo di intervento e supporto alla scelta delle azioni di riqualificazione.

in lavorazioni successive, prolungandone, di fatto, il ciclo di vita. Inoltre, riciclare le materie prime riduce l'impatto ambientale dovuto all'estrazione in natura delle stesse e contribuisce, quindi, alla salvaguardia delle risorse e dell'ambiente.

Per poter provvedere alla demolizione selettiva e alla decostruzione controllata è necessaria una complessa gestione del cantiere e una buona disponibilità di spazi nello stesso, affinché possano trovare sede i container per il deposito delle diverse frazioni di materiali. Inoltre, il personale tecnico operativo deve essere adeguatamente istruito circa le procedure di disassemblaggio e, in particolare, di mantenimento delle condizioni di sicurezza. Si tratta, quindi, di un cantiere caratterizzato da una forte programmazione e organizzazione di fasi lavorative altamente specializzate e che, inevitabilmente, richiede un maggiore impiego di risorse economiche per la professionalizzazione degli operatori e per le fasi lavorative stesse.

Il vantaggio indiscutibile di questo processo è la diminuzione della quantità di prodotti di scarto da inviare alle discariche e, quindi, un minore impatto sul territorio.

Il concetto di riciclabilità dei materiali è da considerare con particolare cura sia durante le fasi di progettazione dell'edificio, sia durante le fasi di progettazione dell'intervento di riqualificazione, poiché, di fatto, attraverso tale processo si interviene in modo sostanziale sulla durata del manufatto. Per questa ragione, è preferibile impiegare tecnologie a basso impatto ambientale che possano essere reversibili e sostituite con facilità anche in momenti successivi, come, ad esempio, le tecnologie stratificate a secco.

## 7.2. Strumenti di supporto decisionale

### 7.2.1. Schema operativo di orientamento al processo di riqualificazione

Il processo di riqualificazione di un edificio scolastico è un percorso lungo e articolato che coinvolge molteplici professionalità, tra cui il progettista. Di fatto, esso è una delle figure più importanti per la scelta e il coordinamento delle strategie di intervento, ma, per essere in grado di gestire correttamente i vari aspetti della situazione, deve necessariamente confrontarsi con tecnici, operatori scolastici ed Energy Manager.

Il diagramma in figura A individua lo **schema operativo** e il **percorso metodologico** che il progettista deve eseguire nell'intervento di riqualificazione; il piano d'intervento coinvolge diversi ambiti (tecnologici, energetici, gestionali, ecc.) e deve essere inteso quale strumento di supporto decisionale alle strategie di recupero del manufatto edilizio.

La **prima fase** del percorso è costituita dall'**avvio dell'iniziativa**, ovvero dalla **costituzione di un tavolo di lavoro** che riunisca le figure coinvolte nel processo di gestione e riqualificazione. Si tratta di un momento di confronto tra l'**Ente Pubblico** (Comune o Provincia in relazione alle specifiche competenze) che promuove



l'intervento, l'**Istituzione Scolastica** che ha il duplice compito di informare circa le criticità rilevate durante l'utilizzo dell'immobile e promuovere attività didattiche formative per gli alunni (ad esempio, sulle azioni quotidiane finalizzate al risparmio energetico e alla gestione delle risorse), il **Progettista** che ha il compito di redigere il progetto e coordinare le attività e l'**Energy Manager** che deve individuare le modalità di ottimizzazione nella gestione energetica delle diverse fasi di vita dell'edificio riqualificato. Per garantire il buon esito del processo, le figure presenti al tavolo di lavoro devono confrontarsi in modo continuativo, ma è altresì indispensabile il coinvolgimento di professionalità esterne, consultate in modo occasionale in relazione a specifiche competenze (in particolare nelle fasi successive di acquisizione dei dati dell'edificio).

La **seconda fase** è costituita dalla **caratterizzazione preliminare dell'edificio** oggetto dell'intervento, ovvero l'individuazione degli aspetti macroscopici che concorrono alla determinazione di un primo orientamento dell'intervento. In particolare, sono da valutare:

- **L'orientamento dell'edificio rispetto al nord geografico e la localizzazione rispetto agli elementi urbani circostanti** che ne possono condizionare il comportamento energetico e ambientale (ombreggiamenti provenienti da edifici adiacenti che limitano il guadagno solare diretto, vicinanza a fonti di inquinamento acustico, presenza di vegetazione schermante, ecc.);
- **Il tipo edilizio e la distribuzione interna dei vani**, individuabili attraverso la lettura delle planimetrie di progetto e delle successive modificazioni. Tali informazioni sono finalizzate all'individuazione di un primo orientamento di intervento basato sul potenziale di risparmio insito in ogni tipo edilizio (ad esempio, il tipo a blocco permette di operare alcune strategie di *retrofit* legate alla compattezza dell'edificio che il tipo esteso non ammette)<sup>239</sup>;
- **Le tecnologie costruttive degli elementi tecnici**, individuabili attraverso la lettura della documentazione progettuale presentata in fase esecutiva (se presente), attraverso la memoria storica dei tecnici incaricati delle manutenzioni ordinarie e straordinarie o da un più attendibile, ma invasivo, esame visivo diretto. La conoscenza di queste informazioni è indispensabile per la formulazione del piano di intervento e la scelta delle tecnologie di riqualificazione energetica e ambientale, anche in funzione del potenziale di spesa dell'Ente promotore<sup>240</sup>;
- **Le dotazioni impiantistiche**, individuabili attraverso l'esperienza diretta del responsabile della gestione energetica e attraverso l'esame visivo e dei libretti di impianto. In questo caso, il potenziale di risparmio non consiste esclusivamente nell'ottimizzazione del sistema impiantistico, ma anche nella verifica dei contratti di fornitura<sup>241</sup>.

<sup>239</sup> Per semplificare l'acquisizione di tali informazioni, è possibile consultare gli esempi e le indicazioni forniti al capitolo 3.1.3 – *Caratterizzazione degli edifici scolastici – Lettura tipologica e distributiva e Tipi edilizi ed evoluzioni*.

<sup>240</sup> Per semplificare l'acquisizione di tali informazioni, è possibile consultare gli esempi e le indicazioni forniti al capitolo 3.1.3 – *Caratterizzazione degli edifici scolastici – Individuazione delle soluzioni tecnologiche ricorrenti*.

<sup>241</sup> Per semplificare l'acquisizione di tali informazioni, è possibile consultare gli esempi e le indicazioni forniti al capitolo 3.1.3 – *Caratterizzazione degli edifici scolastici – Individuazione delle dotazioni impiantistiche ricorrenti*.

Nella **terza fase** si procede con l'**acquisizione dei dati dell'edificio**. Questa fase richiede il supporto di professionalità esterne specializzate nella determinazione dei parametri che influiscono sul comportamento energetico e ambientale dell'edificio. Essa consta di tre momenti principali:

- la **determinazione dei dati metrici e morfometrici dell'edificio** in cui si esegue il calcolo delle superfici lorde, del volume riscaldato e della superficie disperdente finalizzate alle valutazioni di carattere energetico;
- la **valutazione delle caratteristiche energetiche e ambientali dell'edificio** riguardanti l'intero sistema tecnologico (chiusure, partizioni e impianti), eseguita attraverso l'acquisizione dei principali fattori che influiscono sui consumi energetici e sul comfort *indoor*;
- la **valutazione delle dotazioni impiantistiche** della struttura, al fine di evidenziare le problematiche connesse alla produzione di energia (es., centrale termica) o ai dispositivi di emissione (efficienza dei terminali);
- la **verifica dei contratti relativi alle forniture energetiche**<sup>242</sup> che possono causare consumi non imputabili all'efficienza del sistema impiantistico.

Trattandosi di una fase in cui è necessario eseguire indagini dirette sul manufatto edilizio, è necessario accertarsi della presenza di una serie di **prerequisiti per l'acquisizione dati**, identificabili come:

- la possibilità di accedere alle diverse parti dell'edificio, ivi comprese cantine, soffitte e vani normalmente chiusi al pubblico;
- la presenza della condizione di sicurezza dell'intero edificio, al fine di permettere l'accesso e l'esame in totale tranquillità da parte degli operatori;
- la reperibilità di elaborati progettuali e tecnici originali e delle successive varianti, a supporto della determinazione dello stato di fatto (sono particolarmente utili, inoltre, gli elaborati riguardanti il progetto impiantistico)

Questa fase può includere la **partecipazione del personale docente e degli alunni** attraverso l'elaborazione di un programma didattico operativo in cui queste figure sono coinvolte nell'acquisizione, sebbene parziale, dei dati relativi a parametri rappresentativi dell'edificio, quali, ad esempio, le misurazioni delle temperature superficiali, dell'umidità e della velocità dell'aria, ecc. Si tratta di un percorso educativo che promuove la sensibilizzazione degli studenti (di qualsiasi età) verso i temi del benessere ambientale e, attraverso azioni di facile esecuzione, supporta l'attività di misurazione dei tecnici: sarà sufficiente fornire un apposito *data logger* alla classe, istruire l'insegnante all'orientamento dell'attività dello studente e riportare i dati rilevati in apposite tabelle fornite dai tecnici stessi. Questa operazione permette un monitoraggio quotidiano prolungato degli ambienti che, se fosse eseguito da personale specializzato, costituirebbe una consistente voce di spesa.

La **quarta fase**, strettamente legata alla precedente, prevede l'esecuzione di una **verifica prestazionale dell'edificio**, ovvero il confronto tra le misurazioni eseguite in opera, relativamente ai parametri coinvolti nella variazione di consumo energetico e comfort ambientale, e le disposizioni legislative e normative vigenti. Qualora non fossero verificati alcuni parametri, è possibile confrontare la

<sup>242</sup> In questo caso è si può valutare la possibilità di cambiare contratto di fornitura per almeno un anno e, una volta verificati gli esiti, procedere con azioni mirate.

situazione attuale con un **quadro esigenziale-prestazionale di riferimento**<sup>243</sup>, elaborato per semplificare ed orientare il processo decisionale relativo alle azioni da eseguire in fase di intervento.

La **quinta fase** riguarda la **scelta delle strategie di intervento**, ovvero il momento progettuale vero e proprio dell'intero processo. Le figure coinvolte sono le medesime del tavolo di lavoro, ma il progettista è sicuramente la personalità emergente, con il compito di coordinare le varie richieste ed esigenze. La scelta della strategia di intervento è strettamente legata alla fase precedente di verifica prestazionale poiché da essa emergono le criticità del sistema edificio-impianto e, quindi, i primi indirizzi progettuali.

Prima di programmare qualsiasi attività è necessario verificare brevemente la presenza di alcuni **prerequisiti imprescindibili**<sup>244</sup>, ovvero:

- la valutazione delle **condizioni globali dell'edificio**;
- la **possibilità di ancorare eventuali nuovi elementi** alle strutture preesistenti;
- la valutazione delle **condizioni e della capacità del cantiere**;
- la valutazione dei **tempi a disposizione** per l'esecuzione delle opere;
- l'**integrazione delle lavorazioni** con le eventuali utenze presenti nell'edificio.

Parallelamente a queste considerazioni, il progettista, in collaborazione con l'Ente promotore, deve **verificare il budget di spesa a disposizione** per l'intervento e le figure coinvolte attraverso:

- la verifica preliminare della **competenza di spesa e di esecuzione delle opere** (ad esempio, nel caso di manutenzioni ordinarie e straordinarie);
- l'**analisi dei fondi** destinati alla struttura da parte dell'Ente attraverso la lettura del Piano Triennale e Annuale;
- la valutazione delle azioni da eseguire in relazione alla **priorità degli interventi**;
- la valutazione e l'elaborazione di un **piano di programmazione degli interventi per fasi successive**.

Una volta eseguite queste operazioni, sarà possibile scegliere la strategia di intervento più pertinente alla situazione, in relazione alle criticità emerse durante la verifica prestazionale. Le **azioni finalizzate al raggiungimento del livello esigenziale** sono presentate sotto forma di scheda<sup>245</sup>, consultabili secondo diverse chiavi di lettura, in relazione a:

- il **fattore energetico e/o ambientale** che presenta le maggiori carenze<sup>246</sup>;
- il **tempo di ritorno dell'investimento** (*Payback Time*);
- la **percentuale stimata di riduzione dei consumi energetici**;
- il grado di **miglioramento della qualità ambientale**.

Per semplificare la scelta delle azioni, inoltre, è possibile consultare l'indice tematico riportato al paragrafo 7.4.1. – *Indice generale delle schede di intervento*.

Una volta individuati gli indirizzi dell'intervento si procede con la **sesta fase**, ovvero il **progetto e l'esecuzione dei lavori**. Anche questo passaggio prevede il coordinamento di più figure, in particolare l'Energy Manager che deve fornire le specifiche di prestazione relative agli impianti e deve gestire i contratti di fornitura.

<sup>243</sup> Cfr. paragrafo 5.3.3. – *Elaborazione del quadro esigenziale-prestazionale a supporto del brief di progetto*.

<sup>244</sup> Cfr. capitolo 7.1. – *Prerequisiti delle azioni di riqualificazione*.

<sup>245</sup> Cfr. capitolo 7.3. – *Azioni finalizzate al raggiungimento del livello esigenziale*.

<sup>246</sup> Per l'approfondimento di tali fattori si veda il capitolo 5.2. – *Individuazione dei parametri responsabili delle sostanziali variazioni di consumo energetico e di comfort ambientale*.

Un momento particolarmente importante, ma complesso, è rappresentato dall'**organizzazione dei tempi e delle fasi di lavorazione in opera**, nonché dell'**interferenza con le utenze dell'edificio** che, per interventi particolarmente complessi, può anche includere lo spostamento delle attività altre in strutture.

La **settima fase**, successiva alla realizzazione delle opere, riguarda le attività di **management** dell'edificio, ovvero tutte le azioni di controllo e gestione da eseguire sul manufatto riqualificato per valutarne la rispondenza alle specifiche di progetto e rispetto alle previsioni effettuate durante la valutazione delle strategie da adottare. Essa comprende:

- il **controllo e il monitoraggio in fase di utilizzo** dell'immobile, conseguibile anche attraverso il coinvolgimento degli utenti;
- il **controllo periodico dei contratti di gestione energetica, dei consumi e dei contatori**, da parte di un Energy Manager;
- la **sensibilizzazione di operatori e alunni rispetto alle modalità di utilizzo dell'immobile**, al fine di evitare sprechi energetici responsabili della riduzione dei risparmi conseguibili e quindi del prolungamento del tempo di ritorno dell'investimento.

Alcune attività di quest'ultima fase possono essere eseguite in collaborazione con gli alunni<sup>247</sup> e, pertanto, sarà utile valutare preventivamente la tipologia di utenza presente nella scuola al fine di calibrare correttamente le attività didattiche di supporto e sensibilizzazione.

### 7.2.2. Criticità emergenti

Il piano operativo precedentemente individuato potrebbe presentarsi come un percorso lineare in cui si muovono il progettista e le figure coinvolte nel processo, se non intervenissero alcuni fattori responsabili di interruzioni e, in casi estremi, della sospensione dell'intervento. Nella realtà, purtroppo, il rischio che il percorso si interrompa più volte è molto frequente, causando il protrarsi delle fasi decisionali e operative. Lo schema B individua tali criticità e colloca sul percorso l'interruzione da esse determinata.

La **prima criticità** si riscontra al momento della caratterizzazione dell'edificio oggetto dell'intervento e dipende dalla **scarsa conoscenza delle tecnologie costruttive e impiantistiche** da parte dell'Ente gestore (A). Generalmente, infatti, l'Ente non ha a disposizione un archivio (informatico o scritto) contenente tutte le informazioni dell'edificio e si affida alla memoria storica dei tecnici preposti alla manutenzione ordinaria e straordinaria, memoria che si arricchisce di lacune nel momento del cambio generazionale o della sostituzione della figura responsabile.

In mancanza di tali informazioni, in particolare di quelle relative alle tecnologie costruttive (stratigrafia delle chiusure e delle partizioni), le indagini sul costruito non potranno che essere di tipo invasivo e, comunque, richiederanno tempo e risorse umane per la loro determinazione.

<sup>247</sup> Cfr. paragrafo 8.2.2. – *La gestione partecipata dell'edificio riqualificato* e il paragrafo 8.2.3. – *Post Occupancy Evaluation*.

La **seconda criticità**, strettamente legata alla prima, riguarda l'**acquisizione dei dati dell'edificio** (metrici, morfometrici, energetici e ambientali) (B). La sessione relativa all'acquisizione dei dati metrici e morfometrici potrebbe essere ridotta in modo consistente nel caso di reperimento dei dati in archivio; in ogni caso, i dati devono essere aggiornati allo stato di fatto al momento della decisione di intervenire sull'edificio e, quindi, devono comprendere anche le varianti effettuate al progetto originario (ampliamenti, modificazioni delle destinazioni d'uso dei vani, ecc.).

Un particolare rallentamento del procedimento è rappresentato dall'individuazione delle caratteristiche energetiche e ambientali dell'edificio, a causa della precisione richiesta per l'acquisizione dei dati di rilievo e alle differenti professionalità eventualmente coinvolte; infatti, alcuni sondaggi richiedono strumentazioni specifiche di cui l'Ente può non disporre e, quindi, sarà necessario avvalersi di consulenze esterne che richiederanno tempo e risorse economiche.

La **terza criticità**, forse più difficile da sciogliere, riguarda la **verifica e l'analisi del budget di spesa a disposizione per l'intervento** (C). Si tratta, purtroppo, di uno scoglio a volte insormontabile che preclude la possibilità di eseguire gli interventi, anche se tecnicamente ammissibili e di particolare urgenza, a causa della scarsità di fondi e finanziamenti a disposizione dell'Ente. Attualmente, a causa dei sempre più frequenti fatti di cronaca che hanno coinvolto le scuole italiane, il Governo sta prevedendo di destinare alcuni finanziamenti specifici all'edilizia scolastica<sup>248</sup>.

La **quarta criticità** è legata alla fase di **redazione degli elaborati tecnici** contenenti le specifiche tecniche di progetto e per la gara d'appalto e la gestione. Le principali operazioni coinvolte in questa fase sono:

- la **stesura del progetto** preliminare, definitivo ed esecutivo a cura dell'Ufficio Tecnico dell'Ente di competenza e/o del Progettista incaricato tramite pubblica gara;
- la **redazione del capitolato speciale d'appalto** per il servizio energia che può comprendere l'esercizio, la manutenzione e la riqualificazione edilizia e/o impiantistica dell'edificio. In questo documento saranno contenute informazioni riguardanti le modalità dell'appalto, ivi comprese le qualificazioni richieste alle ditte offerenti, i criteri di valutazione dell'offerta e tutto ciò che concerne la riqualificazione energetica e ambientale. Ogni richiesta indirizzata verso tecnologie innovative e sostenibili sarà a discrezione dell'Ente Gestore e dovrà essere opportunamente dichiarata all'interno del capitolato;
- la **redazione e la gestione del bando di gara per l'appalto**.

Si tratta di una fase che può presentare uno sviluppo temporale piuttosto lungo a causa delle professionalità coinvolte e delle tempistiche previste per le gare d'appalto.

La **quinta criticità** contenuta all'interno del piano operativo di intervento è costituita dalla **valutazione dell'interferenza delle fasi di lavorazione sul normale svolgimento delle attività scolastiche**. Infatti, se si tratta di interventi che riguardano l'edificio in modo sostanziale, si dovrà valutare, anzitutto, la convenienza (dal punto di vista esecutivo e della sicurezza) di eseguire le lavorazioni coinvolgendo progressivamente porzioni circoscritte dell'edificio (mantenendo le attività nelle restanti parti), oppure se sarà opportuno sospendere

<sup>248</sup> Cfr. capitolo 2.2.3. – *Direttive, norme e leggi*.

ogni attività e operare sull'edificio nella sua interezza. Il primo caso comporta uno sforzo notevole per prevenire ogni rischio e per garantire condizioni di sicurezza assoluta agli occupanti, la seconda comporta un impegno maggiore per il rispetto delle tempistiche di esecuzione dei lavori. In questo secondo caso sarà opportuno iniziare i lavori non appena terminate le attività scolastiche (giugno) e valutare la possibilità, al rientro dalla pausa estiva, di spostare le lezioni per qualche tempo in strutture differenti (se l'Ente ha a disposizione altre strutture adeguate)<sup>249</sup>.

### 7.3. Azioni finalizzate al raggiungimento del livello esigenziale

A causa della transitorietà e dell'incertezza in cui versa l'ambito normativo nazionale in materia di efficienza energetica (a titolo esemplificativo, si veda il ritardo dell'emanazione delle linee guida nazionali attuative dei DLgs 192/2005 e 311/22006 e l'incertezza sulle disposizioni di accreditamento dei Soggetti Certificatori), è bene individuare delle azioni che non si limitino ad adempiere alle indicazioni normative attuali, ma, con un approccio più lungimirante, è opportuno operare scelte a medio-lungo termine che siano in grado di rispettare limiti più restrittivi, a favore di un miglioramento sostanziale e duraturo delle condizioni di benessere.

Questo approccio, ormai ampiamente condiviso nel caso di costruzione di edifici *ex-novo*, appare maggiormente impegnativo nell'applicazione alle realtà di riqualificazione dell'esistente, dove, a causa di una disomogeneità delle condizioni e degli scenari dello stato di fatto, le strategie di intervento necessitano di una maggiore accuratezza nella progettazione e nella previsione dei risultati conseguibili.

È necessario evidenziare, inoltre, che il progetto dell'efficienza energetica in edifici esistenti è vincolato, seppur parzialmente, alla configurazione tipo-morfologica dell'ambiente costruito, fattore sul quale è possibile intervenire attraverso strategie limitate dalla presenza di normative restrittive.

La modificazione dell'assetto distributivo-funzionale interno può essere una soluzione particolarmente utile per migliorare il comportamento dell'edificio rispetto ai fattori climatici, qualora il progetto originario dell'edificio non includesse tali principi. Tuttavia, il ventaglio di soluzioni tipologiche e distributive<sup>250</sup> caratterizzanti il patrimonio edilizio scolastico nazionale non consente, nella gran parte dei casi, di intervenire su tale aspetto a causa della scarsa flessibilità di spazi e strutture.

La possibilità di intraprendere soluzioni che comportano espansioni del volume edilizio, siano esse di ridotta o notevole incidenza rispetto al volume originario (cappotti o serre solari), è da valutare opportunamente caso per caso, in relazione ai vincoli urbanistici imposti dai Comuni di appartenenza.

<sup>249</sup> A tale proposito si veda la scheda di progetto della Scuola Primaria di Casteldarne (BZ) al capitolo 4.2.3. – *selezione di progetti di Best Practices nazionali*.

<sup>250</sup> Vedere paragrafo 3.1.3 - Caratterizzazione degli edifici scolastici.

### 7.3.1. Introduzione alle schede di intervento

Prima di addentrarsi nel cuore delle indicazioni progettuali relative alle azioni da intraprendere sull'edificio, è necessario soffermarsi su alcuni approfondimenti indispensabili. Le istruzioni proposte nel successivo paragrafo 7.4. – *Schede di intervento* rappresentano, di fatto, delle **linee guida**, ovvero **raccomandazioni sviluppate in modo sistematico a supporto decisionale di tecnici e progettisti al fine di ottenere una gestione appropriata di specifiche condizioni**. Tali linee guida, inoltre, se correttamente seguite, portano al raggiungimento della *Best Practice* relativa alla specifica condizione. Nel caso delle soluzioni proposte nella seguente trattazione, data la specificità della materia, sono stati introdotti particolari riferimenti alle tecnologie costruttive e alle dotazioni impiantistiche individuate nel precedente capitolo 3.1.3. – *Caratterizzazione degli edifici scolastici*, poiché essi rappresentano il substrato di riferimento che scaturisce da indagini dirette.

L'**obiettivo principale** delle linee guida è il **raggiungimento dei livelli prestazionali minimi relativi ai parametri responsabili delle sostanziali variazioni di consumo energetico e comfort ambientale**<sup>251</sup>. L'**obiettivo secondario** è il **raggiungimento, attraverso azioni di riqualificazione, del livello massimo di risparmio energetico e di qualità ambientale, ottenibili attraverso l'ottimizzazione dell'investimento dell'Ente promotore in un ambito di pubblico servizio**. Questo secondo obiettivo permette di operare scelte più lungimiranti e meno legate alla transitorietà delle disposizioni legislative e normative, nell'ottica del rapporto più vantaggioso tra investimento economico effettuato e scelta tecnologico-progettuale operata, ma soprattutto in relazione al benessere degli occupanti e alla riduzione della dipendenza dalle fonti energetiche non rinnovabili.

A tale proposito, i paragrafi seguenti individuano e chiariscono i criteri di cui i progettisti possono avvalersi per la valutazione delle azioni di riqualificazione da intraprendere; essi sono:

- il **tempo di ritorno dell'investimento** (o *pay back period*);
- la **stima del risparmio energetico conseguibile**;
- il **grado di miglioramento della qualità ambientale**.

L'azione più vantaggiosa dal punto di vista economico, energetico e ambientale che il progettista può adottare è sicuramente quella che massimizza i tre parametri. Purtroppo, nella realtà e nel confronto con l'Ente Promotore, le soluzioni vengono scelte in base al fattore più contingente, che è molto spesso quello economico riguardante l'investimento iniziale.

#### ***Pay Back Period***

La scelta di intraprendere un percorso di riqualificazione, globale o parziale, di un edificio dipende fortemente da valutazioni di carattere strategico e da considerazioni di carattere economico-finanziario, ovvero dalla capacità di spesa

<sup>251</sup> Ampiamente trattati nel paragrafo 5.2. – *Individuazione dei parametri responsabili delle sostanziali variazioni di consumo energetico e di comfort ambientale* e 5.3. – *Individuazione di un quadro normativo ed elaborazione di un successivo quadro esigenziale – prestazionale di verifica dello stato di fatto degli edifici esistenti e di inquadramento degli interventi di riqualificazione*.

del soggetto interessato e dalla valutazione del **periodo di ritorno dell'investimento**. Gli edifici scolastici fanno parte di un paniere di immobili che, essendo di proprietà e competenza della Pubblica Amministrazione, deve rientrare all'interno della programmazione economica prevista nei Piani Triennali e Annuali e, quindi, non costituiscono una esclusiva voce di spesa. L'Ente Promotore, pertanto, deve essere in grado di valutare quali sono le azioni economicamente e strategicamente più vantaggiose da intraprendere e il **Pay Back Period** (PBP) è sicuramente un metodo di semplice applicazione e di immediato riscontro. Esso si basa sul recupero del costo dell'investimento e rappresenta il tempo necessario affinché un progetto recuperi il suo costo iniziale; tra investimenti alternativi, si sceglierà quello con un periodo di recupero più breve, in quanto, da tale momento in poi, il bene strumentale contribuirà alla formazione di utili lordi. Il calcolo dei **Pay Back Period** può essere effettuato attraverso la formula seguente:

$$PBP = I / FC$$

dove:

I = importo dell'investimento, ovvero alla somma di tutti gli oneri da sostenere per l'intervento fino all'inizio dell'esercizio;

FC = Flusso di cassa positivo annuale, ovvero la differenza tra le entrate e le uscite che, in questo caso, sono rappresentate dai risparmi annuali sui costi energetici, ottenibili a seguito dell'intervento.

MODELLO FINANZIARIO	DATI DI BASE			ARTICOLAZIONE TEMPORALE														
	Mq	Fattore di conversione	Differenza prestazione [kWh/m²a] Valore complessivo	Anno 1	Anno 2	Anno 3	Anno 4	Anno 5	Anno 6	Anno 7	Anno 8	Anno 9	Anno 10	Anno 11	Anno 12	Anno 13	Anno 14	Anno 15
Aggiornamento ISTAT - indice di inflazione				1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,35	
<b>BENEFICI</b>																		
Ipotesi A			4.257	0	4.429	4.518	4.608	4.700	4.794	4.890	4.988	5.088	5.190	5.293	5.399	5.507	5.617	5.730
Sostituzione infissi	1.500,00	0,047	60	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
<b>TOTALE DEI RICAVI</b>			<b>4.257</b>	<b>0</b>	<b>23.859</b>	<b>24.337</b>	<b>24.823</b>	<b>25.320</b>	<b>25.826</b>	<b>26.343</b>	<b>26.869</b>	<b>27.407</b>	<b>27.955</b>	<b>28.514</b>	<b>29.084</b>	<b>29.666</b>	<b>30.259</b>	<b>30.865</b>
<b>COSTI</b>																		
Installazione																		
Costo sostituzione			50.000	35.000	35.000	1.592	1.624	1.656	1.689	1.723	1.757	1.793	1.828	1.865	1.902	1.940	1.979	2.019
				50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
				50,0%	50,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
<b>TOTALE DEI COSTI</b>			<b>50.000</b>	<b>35.000</b>	<b>35.000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>ONERI FINANZIARI</b>																		
Differenza ricavi - costi				-35.000	-11.141	24.337	24.823	25.320	25.826	26.343	26.869	27.407	27.955	28.514	29.084	29.666	30.259	30.865
Saldo di cassa				-35.000	-11.141	24.337	24.823	25.320	25.826	26.343	26.869	27.407	27.955	28.514	29.084	29.666	30.259	30.865
Saldo di cassa cumulato				-35.000	-46.141	-21.804	3.019	28.339	54.165	80.507	107.377	134.784	162.739	191.253	220.337	250.003	280.263	311.127

Tabella 18 Analisi del periodo di ritorno di un investimento economico relativo alla sostituzione degli infissi in un fabbricato ad uso scolastico.

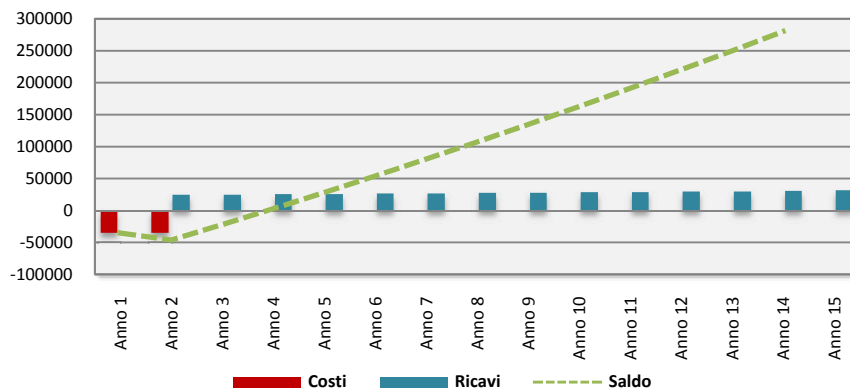


Fig. 370 Grafico relativo al punto di pareggio dell'investimento di cui sopra.



Il vantaggio del metodo consiste nella possibilità di verificare e paragonare gli orizzonti attesi all'interno di un ventaglio di soluzioni di cui si è già appurata la fattibilità tecnica, ma esso presenta inevitabilmente anche alcune debolezze, ovvero<sup>252</sup>:

- non considera il rischio associato all'investimento;
- non valuta la vita utile del progetto;
- non attualizza i flussi di cassa del progetto;
- non assicura la scelta del progetto economicamente più vantaggioso.

Il *Pay Back Period* è strettamente relazionato allo scenario dell'investimento, ma, per semplificare le valutazioni e orientare il progettista, ogni scheda riporta una stima indicativa del tempo di ritorno della specifica azione di intervento, qualora possibile. La semplificazione è stata effettuata secondo la seguente scala<sup>253</sup>:

- **immediato**: il ritorno economico è molto breve e può essere considerato immediato, poiché il costo dell'investimento è molto basso rispetto ai risparmi conseguibili che si manifestano nel periodo immediatamente successivo all'installazione del dispositivo o all'attuazione dell'azione (l'intervento ha comunque ritorno inferiore ai 2 anni);
- **breve**: il ritorno economico si aggira attorno ai 2 – 5 anni;
- **medio**: il ritorno economico si aggira attorno ai 5 – 10 anni;
- **lungo**: il ritorno economico si aggira attorno ai 10 – 20 anni;

Nel caso di soluzioni riguardanti esclusivamente l'ambito della qualità ambientale, la dicitura "Immediato" non indica il tempo di rientro dell'investimento, ma il periodo che intercorre tra l'esecuzione dell'azione e la percezione dell'effetto da parte dell'utente.

All'interno delle schede non sono state inserite azioni con un tempo di ritorno superiore ai 20 anni poiché non sono considerate economicamente vantaggiose sia per il finanziatore dell'intervento, sia per il beneficiario del risparmio energetico (in termini economici).

### Stima del risparmio energetico conseguibile

La valutazione del progetto di *retrofit* e dell'investimento economico deve prevedere una **stima del risparmio energetico conseguibile**, affinché l'Ente Promotore possa essere messo nella condizione di scegliere l'azione in grado di soddisfare al meglio le esigenze.

Generalmente la stima dei benefici è rappresentata dalla percentuale di riduzione di energia primaria impiegata e, quindi, di costi sostenuti per la bolletta energetica. Questo parametro rappresenta il punto critico nell'analisi costi-benefici e, pertanto, è assolutamente necessario prestarvi particolare attenzione.

Anche in questo caso, la previsione è strettamente relazionata alla situazione specifica, ma per semplificare le valutazioni e orientare il progettista, ogni scheda

<sup>252</sup> Gabrielli L., *La valutazione degli investimenti*, Corso "Architettura&Energia, Reggio Emilia, maggio 2006, pag. 23, cfr. bibliografia.

<sup>253</sup> Per la suddivisione della scala di *Pay Back Period* si è fatto riferimento alla sequenza presentata all'interno dell'*Energy Concept Adviser* dell'*Annex 36 – Retrofitting in educational buildings* proposto dall'*International Energy Agency*. Per maggiori informazioni si veda il paragrafo 6.2.3.

riporta una stima indicativa del risparmio energetico conseguibile relativo all'azione di intervento, qualora possibile. La percentuale viene indicata in base alla letteratura specifica del settore, al confronto diretto con le esperienze di progettisti e tecnici o per affinità di condizione, citando opportunamente la fonte di riferimento.

### **Grado di miglioramento della qualità ambientale**

Il livello di *indoor environmental quality*<sup>254</sup> viene espresso da parametri (aria, temperatura, umidità, illuminamento, rumore) misurabili attraverso apposite strumentazioni, ma la cui valutazione rimane strettamente legata alla percezione del livello di comfort percepito dall'utente e, quindi, da parametri strettamente personali.

Il **grado di miglioramento della qualità ambientale** conseguibile attraverso un'azione progettuale è, dunque, un parametro difficilmente valutabile in modo oggettivo; tuttavia, analogamente a quanto accade per il modello di P. O. Fanger per il metodo del Voto Medio Previsto (PMV) e della Percentuale Prevista di Insoddisfatti (PPD)<sup>255</sup>, è possibile esprimere un giudizio di merito attraverso l'attribuzione di un punteggio che rappresenta, a livello macroscopico, il miglioramento della condizione di comfort ambientale.

Pertanto, le schede di intervento riporteranno un indicatore specifico relativo al grado di miglioramento della qualità ambientale, secondo la seguente scala di valori:

- **0 – Non percepito:** le azioni sono finalizzate esclusivamente al risparmio energetico e non influiscono sulla qualità ambientale;
- **+1 – Moderatamente percepito:** le azioni influiscono in modo lieve sulla qualità ambientale;
- **+2 – Particolarmente percepito:** le azioni influiscono in modo sostanziale sulla qualità ambientale.

Ovviamente, non sono considerate ammissibili le azioni che influiscono negativamente sulla qualità dell'ambiente interno.

## **7.4. Schede di intervento**

### **7.4.1. Quadro sinottico**

Le linee guida sono suddivise in **cinque aree tematiche riferite ai parametri responsabili delle sostanziali variazioni di consumo energetico e comfort ambientale**, precedentemente individuati al capitolo 5. Le azioni consigliate per la riqualificazione degli edifici scolastici riguardano sia l'ambito legato alla riduzione dei consumi energetici, sia l'ambito legato all'innalzamento del benessere

<sup>254</sup> Come ampiamente esposto al capitolo 5.2.1. – *Consumo di energia e qualità ambientale*.

<sup>255</sup> Confluito nella norma ISO 7730:1984, successivamente confluita nella UNI EN ISO 7730:2006 - Ergonomia degli ambienti termici. Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale

ambientale. All'interno della schematizzazione si è cercato di distinguere queste due voci, elencando le rispettive misure di intervento; tuttavia, per i motivi già ampiamente elencati e definiti nei capitoli precedenti, riqualificazione energetica e ambientale hanno numerosi punti di contatto e, pertanto, le azioni indicate possono appartenere contemporaneamente a più categorie. In ogni caso, si è cercato di mantenere, ove possibile, una separazione delle argomentazioni; ciò non significa che le misure da adottare nel protocollo di riqualificazione appartengano esclusivamente all'ambito energetico o all'ambito ambientale.

L'organizzazione dell'indice permette una **doppia modalità di individuazione delle azioni di intervento**:

- leggendo le colonne **da sinistra verso destra** è possibile scegliere le azioni in relazione al parametro energetico e ambientale (**fattore coinvolto**) di maggiore interesse o che, a seguito di un'indagine sull'esistente, ha presentato maggiori criticità;
- leggendo le colonne **da destra verso sinistra** è possibile scegliere le azioni in relazione alla **strategia** che l'Ente intende adottare rispetto a:
  - minimizzazione dei tempi di ritorno dell'intervento (**Pay Back Period**);
  - massimizzazione del risparmio di energia primaria (**Risparmio Energetico %**);
  - massimizzazione della qualità dell'ambiente interno (**Qualità Ambientale**).

Ad esempio, se l'indagine sul costruito ha fatto emergere un discomfort ambientale dovuto ad elevate temperature nelle aule per l'insegnamento a causa dell'irraggiamento solare elevato, sarà necessario scegliere l'area tematica "Temperatura" e, successivamente, gli ambiti "Controllo degli apporti solari gratuiti", dove sono elencate le azioni maggiormente significative per la correzione del problema. Se, invece, si desidera individuare tutte le azioni con ritorno economico immediato, sarà necessario scegliere le azioni che, all'interno della colonna "Pay Back Period" riportano tale indicazione.

Per quanto riguarda le strategie che portano alla riduzione del consumo di energia primaria, le schede riportano l'indicazione della percentuale di risparmio ottenibile dalla singola strategia; nell'ottica di un piano d'intervento più complesso, comprendente più azioni, il risparmio energetico totale sarà, **orientativamente**, la somma delle singole azioni<sup>256</sup>.

#### 7.4.2. Schede di intervento

In testa a ogni scheda sono riportati l'"Area Tematica" e l'"Ambito" di appartenenza dell'azione; le schede sono presentate secondo l'ordine della colonna "Azione" dell'indice e riportano, in alto a sinistra, il numero progressivo identificativo che permette di individuarle all'interno dell'elenco.

Le schede sono suddivise in 5 parti:

- parte prima: **Introduzione**. In questa sezione sono riportate le seguenti informazioni:

<sup>256</sup> In questi casi, sarà necessaria una valutazione più approfondita del piano di intervento complessivo, poiché possono verificarsi interferenze tra le azioni che possono portare a risparmi energetici minori rispetto alla somma dei risparmi nominali di ogni azione. In questi casi, la figura dell'Energy Manager diventa indispensabile per una opportuna valutazione delle scelte.

- le indicazioni circa le **finalità dell'azione**;
- i **riferimenti legislativi e normativi** specifici dell'azione;
- le **specifiche di prestazione** riportate dalle normative di riferimento;
- l'obbligatorietà dell'applicazione dell'azione (**livello di applicazione**);
- parte seconda: **Descrizione generale dell'intervento** ed eventuali **note** di criticità relative all'applicazione dell'azione;
- parte terza: **Approfondimento**. In questa sezione è riportato un ventaglio di **soluzioni tecnologiche** che permettono il raggiungimento dell'obiettivo prefissato dalla scheda;
- parte quarta: **Chiavi di lettura**. In questa sezione sono riportati gli esiti ottenibili dall'applicazione dell'azione in relazione al tempo di ritorno dell'investimento (**Pay Back Period**), il **Risparmio Energetico Percentuale** e il grado di miglioramento della **Qualità Ambientale**. Ogni parametro riporta la fonte per l'attribuzione del "punteggio". Nei casi in cui non è citata alcuna fonte, il punteggio è attribuito in funzione dei colloqui intercorsi con gli esperti del settore durante lo svolgimento della ricerca.
- parte quinta: **Riferimenti progettuali iconografici** utili ad una migliore comprensione dell'applicazione dell'azione.

È bene evidenziare che **le azioni riportate nelle schede intendono essere di orientamento per il Responsabile dell'Ente Gestore dell'immobile, il progettista, il tecnico e l'Energy Manager, ma non rappresentano l'intero panorama delle soluzioni tecnicamente adottabili sull'immobile**; esse costituiscono un primo **scenario orientativo**, rielaborato in base al confronto diretto con professionisti, responsabili degli Enti e Energy Manager. Infatti, data la specificità di ogni manufatto edilizio, un'approfondita indagine sull'esistente potrebbe portare all'individuazione di ulteriori strategie.



Fattore coinvolto	Requisito	Azione specifica	Pay Back Period	Risparmio energetico %	Qualità ambientale	
1. Aria	1.1. Utilizzo passivo delle fonti rinnovabili per il raffrescamento e la ventilazione igienico-sanitaria	1.1.1. Fornire un livello minimo di ricambi d'aria attraverso la ventilazione naturale diretta (periodo estivo)	Immediato	10 ÷ 15%	+2	
		1.2. Riduzione dei consumi energetici dovuti alle perdite per ventilazione	1.2.1. Controllare il numero di ricambi d'aria attraverso ventilazione naturale diretta (periodo invernale)	Immediato/Breve	0 ÷ 15%	0
		1.2.2. Provvedere alla coibentazione delle condotte di ventilazione nei tratti di attraversamento di zone non riscaldate (in caso di VMC)	Breve	1 ÷ 5%	0	
		1.2.3. Provvedere alla manutenzione degli infissi	Breve	1 ÷ 5%	+1	
		1.2.4. Provvedere all'installazione di un recuperatore di calore (in caso di VMC)	Breve/Medio	30 ÷ 50%	0	
	1.3. Controllo degli agenti inquinanti nell'aria interna	1.3.1. Fornire un livello minimo di ricambi d'aria attraverso la ventilazione naturale diretta	1.3.1. Fornire un livello minimo di ricambi d'aria attraverso la ventilazione naturale diretta	Immediato/Medio	10 ÷ 15% estivo 0 ÷ 15% invernale (perdite)	+2
			1.3.2. Provvedere alla corretta pulizia delle superfici a contatto con gli utenti	Immediato	-	+2
			1.3.3. Provvedere alla manutenzione dei terminali di emissione di calore e degli impianti di VMC (ove presenti)	Immediato	-	+2
			1.3.4. Provvedere all'eliminazione di materiali ad elevata tossicità	Immediato	-	+2
			1.3.5. Provvedere all'installazione di attuatori per l'apertura automatica degli infissi in relazione al livello di CO2 nell'aria	Breve	5 ÷ 10%	+2
			1.3.6. Provvedere all'allontanamento di agenti fisici dannosi provenienti dal sottosuolo (gas radon)	Medio	-	+2
			1.3.7. Provvedere all'installazione di un sistema di VMC	Medio	Fino al 70%	+2
	2. Temperatura	2.1. Controllo della trasmissione di calore attraverso l'involucro	2.1.1. Provvedere alla chiusura delle nicchie di alloggiamento dei corpi scaldanti e di eventuali griglie nelle pareti esterne	Immediato	1 ÷ 5%	+1
2.1.2. Provvedere all'isolamento termico delle asole impiantistiche e delle canne fumarie alloggiato all'interno delle chiusure esterne			Immediato	1 ÷ 5%	0	
2.1.3. Predisporre dispositivi per la chiusura automatica delle porte verso l'esterno oppure dispositivi di filtro (doppia porta o vestibolo)			Immediato	1 ÷ 5%	+1	
2.1.4. Provvedere alla sostituzione degli infissi			Medio	10 ÷ 20%	+2	
2.1.5. Provvedere all'isolamento termico dell'involucro			Medio/Lungo	25 ÷ 30% (riscaldamento) Fino al 40% (raffrescamento)	+2	
2.2. Riduzione dei consumi energetici per climatizzazione invernale		2.2.1. Provvedere al monitoraggio dei contratti di fornitura energetica	2.2.1. Provvedere al monitoraggio dei contratti di fornitura energetica	Immediato	1 ÷ 5%	0
			2.2.2. Provvedere alla manutenzione ordinaria e straordinaria del generatore di calore	Immediato	1,2% / 5 ÷ 10%	0
			2.2.3. Provvedere all'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti di ogni ambiente	Immediato	5 ÷ 10% / fino a 20%	+1
			2.2.4. Provvedere alla chiusura delle nicchie di alloggiamento dei corpi scaldanti	Immediato	1 ÷ 5%	+1
			2.2.5. Provvedere alla coibentazione delle condotte di distribuzione del calore	Breve	1 ÷ 5%	0
			2.2.6. Provvedere alla zonizzazione dell'impianto di climatizzazione invernale	Medio	5 ÷ 40%	0
			2.2.7. Provvedere alla sostituzione del generatore di calore	Medio/Lungo	15 ÷ 20%	0
2.3. Controllo degli apporti solari gratuiti		2.3.1. Verificare il contributo della vegetazione esterna (se presente)	2.3.1. Verificare il contributo della vegetazione esterna (se presente)	Immediato	Fino al 10%	+2
			2.3.2. Predisposizione di schermature interne mobili	Breve	15 ÷ 17%	+1
			2.3.3. Predisposizione di schermature esterne fisse o mobili congrue con l'orientamento della facciata	Medio	Fino al 30%	+2
2.4. Controllo degli apporti gratuiti dovuti agli occupanti		2.4.1. Evitare il sovraffollamento delle aule	Immediato	-	+1	

		2.4.2. Provvedere all'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti di ogni ambiente	Immediato	5 ÷ 10% / fino a 20%	+1
		2.4.3. Provvedere all'installazione di un sistema di VMC con recuperatore di calore	Medio	Fino al 70%	+2
	2.5. Controllo degli apporti gratuiti dovuti a dispositivi interni	2.5.1. Provvedere all'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti di ogni ambiente	Immediato	5 ÷ 10% / fino a 20%	+1
		2.5.2. Provvedere all'installazione di un sistema di VMC con recuperatore di calore	Medio	Fino al 70%	+2
	2.6. Ottimizzazione delle condizioni termiche	2.6.1. Verificare che gli occupanti presentino un livello di abbigliamento proporzionato alle condizioni d'uso del locale e alle relative temperature	Immediato	-	+1
		2.6.2. Ottimizzare il periodo di riscaldamento dei locali	Immediato	-	+2
3. Umidità	3.1. Controllo del livello di umidità dell'aria	3.1.1. Fornire un livello minimo di ricambi d'aria attraverso la ventilazione naturale diretta (periodo estivo)	Immediato	10 ÷ 15%	+2
		3.1.2. Provvedere all'installazione di un sistema di VMC	Medio	Fino al 70%	+2
	3.2. Controllo della formazione di condensa superficiale e interstiziale	3.2.1. Provvedere alla posa in opera di sistemi di isolamento termico e di opportune barriere al vapore	Lungo	25 ÷ 30% (riscaldamento) Fino al 40% (raffrescamento)	+2
4. Illuminamento	4.1. Riduzione dei consumi energetici per illuminazione	4.1.1. Provvedere alla sostituzione delle lampade a incandescenza con nuove lampade ad alta efficienza	Immediato	72 ÷ 75%	0
		4.1.2. Provvedere all'installazione di sensori di presenza nei locali a breve permanenza (corridoi, bagni)	Breve	5 ÷ 15%	0
		4.1.3. Provvedere all'installazione di regolatori del flusso luminoso	Breve	5 ÷ 15%	+1
		4.1.4. Provvedere all'installazione di sistemi di <i>Building Automation</i>	Lungo	Fino al 40%	0 ÷ +2
	4.2. Controllo del flusso luminoso	4.2.1. Provvedere all'installazione di sensori di luminosità	Breve	5 ÷ 15%	+1
		4.2.2. Predisposizione di schermature interne mobili di regolazione dell'intensità luminosa (con la possibilità di completo oscuramento di alcune aule)	Breve	15 ÷ 17%	+2
		4.2.3. Predisposizione di schermature esterne fisse o mobili congrue con l'orientamento della facciata	Medio	Fino al 30%	+2
	4.3. Controllo dei fenomeni di disturbo visivo	4.3.1. Predisposizione di schermature interne mobili di regolazione dell'intensità luminosa (con la possibilità di completo oscuramento di alcune aule)	Breve	15 ÷ 17%	+2
		4.3.2. Provvedere all'installazione di adeguati dispositivi di gestione della luce naturale e artificiale	Breve/Medio	Fino al 30%	+2
		4.3.3. Predisposizione di schermature esterne fisse o mobili congrue con l'orientamento della facciata	Medio	Fino al 30%	+2
5. Rumore	5.1. Protezione degli spazi interni da fonti di rumore	5.1.1. Provvedere all'installazione di dispositivi di attenuazione acustica nelle condotte degli impianti tecnici	Breve	1 ÷ 5%	+1
		5.1.2. Provvedere alla sostituzione degli infissi (esterni e interni)	Medio	10 ÷ 20%	+2
		5.1.3. Provvedere alla posa in opera di elementi fonoassorbenti all'interno degli ambienti scolastici	Medio	-	+2
		5.1.4. Provvedere alla posa in opera di elementi fonoisolanti nelle chiusure e nelle partizioni verticali e orizzontali	Medio	Variabile	+2
6. Altro	6.1. Utilizzo e integrazione di fonti rinnovabili	6.1.1. Provvedere all'integrazione di impianti solari termici (ove necessario)	Medio/Lungo	Fino al 80%	0
		6.1.2. Provvedere all'integrazione di impianti solari fotovoltaici	Lungo	Fino al 100%	0
	6.2. Riduzione del consumo di acqua potabile	6.2.1. Adozione di dispositivi per la regolazione del flusso d'acqua	Immediato	Fino al 50%	0
	6.3. Recupero, per usi compatibili, delle acque meteoriche	6.3.1. Installazione di un sistema di raccolta dell'acqua piovana con cisterna di accumulo	Medio/Lungo	Fino al 50%	0





<b>1</b>	<b>ARIA</b>																																																																			
<b>1.1</b>	<b>UTILIZZO PASSIVO DELLE FONTI RINNOVABILI PER IL RAFFRESCAMENTO E LA VENTILAZIONE IGIENICO-SANITARIA</b>																																																																			
<b>1.1.1</b>	<b>FORNIRE UN LIVELLO MINIMO DI RICAMBI D'ARIA ATTRAVERSO VENTILAZIONE NATURALE DIRETTA (PERIODO ESTIVO)</b>																																																																			
<p><b>Finalità</b></p> <p>Favorire il movimento d'aria all'interno di uno spazio, o di una successione di spazi, mediante l'apertura (manuale o meccanica) degli infissi esterni.</p> <p>La strategia è particolarmente efficace nei climi caldo-umidi e nelle zone temperate durante il periodo estivo poiché, riducendo la percentuale di umidità e aumentando la velocità dell'aria, limita la richiesta di condizionamento meccanico.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DM 18 dicembre 1975</b> – <i>Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica.</i></p> <p><b>UNI EN 15251:2008</b> – <i>Criteria per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica</i> - Tabella B.1 e B.2.</p> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ambiente</th> <th>Portata d'aria esterna (coeff. ricambio) [vol/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>▪ Scuole materne ed elementari</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>▪ Scuole medie</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>▪ Scuole secondarie di II grado</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><b>Altri ambienti di passaggio, uffici</b></td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td><b>Servizi igienici, palestre, refettori</b></td> <td>2,5</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoria</th> <th>PPD – Percentuale prevista di insoddisfatti</th> <th>Ricambi d'aria per persona [l/s/pers]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>15</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>20</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>30</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di spazio</th> <th rowspan="2">Categoria</th> <th rowspan="2">Superficie m<sup>2</sup>/pers</th> <th><math>q_p</math></th> <th><math>q_B</math></th> <th><math>q_{tot}</math></th> </tr> <tr> <th>l/s, m<sup>2</sup> per occupazione</th> <th>l/s, m<sup>2</sup> per edifici a inquinamento molto basso</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Aule</td> <td>I</td> <td>2,0</td> <td>5,0</td> <td>0,5</td> <td>5,5</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>2,0</td> <td>3,5</td> <td>3,0</td> <td>3,8</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>2,0</td> <td>2,0</td> <td>0,2</td> <td>2,2</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Scuola</td> <td>I</td> <td>2,0</td> <td>6,0</td> <td>0,5</td> <td>6,5</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>2,0</td> <td>4,2</td> <td>0,3</td> <td>4,5</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>2,0</td> <td>2,4</td> <td>0,2</td> <td>2,6</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>	Ambiente	Portata d'aria esterna (coeff. ricambio) [vol/h]	<b>Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo</b>		▪ Scuole materne ed elementari	2,5	▪ Scuole medie	3,5	▪ Scuole secondarie di II grado	5	<b>Altri ambienti di passaggio, uffici</b>	1,5	<b>Servizi igienici, palestre, refettori</b>	2,5	Categoria	PPD – Percentuale prevista di insoddisfatti	Ricambi d'aria per persona [l/s/pers]	I	15	10	II	20	7	III	30	-	Tipo di spazio	Categoria	Superficie m <sup>2</sup> /pers	$q_p$	$q_B$	$q_{tot}$	l/s, m <sup>2</sup> per occupazione	l/s, m <sup>2</sup> per edifici a inquinamento molto basso		Aule	I	2,0	5,0	0,5	5,5	II	2,0	3,5	3,0	3,8	III	2,0	2,0	0,2	2,2	Scuola	I	2,0	6,0	0,5	6,5	II	2,0	4,2	0,3	4,5	III	2,0	2,4	0,2	2,6
Ambiente	Portata d'aria esterna (coeff. ricambio) [vol/h]																																																																			
<b>Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo</b>																																																																				
▪ Scuole materne ed elementari	2,5																																																																			
▪ Scuole medie	3,5																																																																			
▪ Scuole secondarie di II grado	5																																																																			
<b>Altri ambienti di passaggio, uffici</b>	1,5																																																																			
<b>Servizi igienici, palestre, refettori</b>	2,5																																																																			
Categoria	PPD – Percentuale prevista di insoddisfatti	Ricambi d'aria per persona [l/s/pers]																																																																		
I	15	10																																																																		
II	20	7																																																																		
III	30	-																																																																		
Tipo di spazio	Categoria	Superficie m <sup>2</sup> /pers	$q_p$	$q_B$	$q_{tot}$																																																															
			l/s, m <sup>2</sup> per occupazione	l/s, m <sup>2</sup> per edifici a inquinamento molto basso																																																																
Aule	I	2,0	5,0	0,5	5,5																																																															
	II	2,0	3,5	3,0	3,8																																																															
	III	2,0	2,0	0,2	2,2																																																															
Scuola	I	2,0	6,0	0,5	6,5																																																															
	II	2,0	4,2	0,3	4,5																																																															
	III	2,0	2,4	0,2	2,6																																																															
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>Provvedere all'apertura regolare delle finestre al fine di favorire l'ingresso dell'aria esterna negli ambienti in cui si svolgono le attività. Per aumentare la velocità dell'aria e, quindi, il ricambio completo, è preferibile optare per sistemi di ventilazione incrociata che si basano sulla collocazione delle aperture su pareti contrapposte dello stesso ambiente (es. una sulla chiusura e una sulla partizione).</p> <p><b>note</b></p> <p>È necessario prestare particolare attenzione a:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. zone in cui si verificano condizioni di inquinamento atmosferico e acustico, anche interno.</li> </ol>																																																																				

2. orientamento delle chiusure e relativa protezione solare;  
 3. eventuali formazioni di correnti d'aria dannose all'interno delle aule.

#### Approfondimento

In relazione alle differenti configurazioni dell'edificio esistente, è possibile ottenere un sistema di ventilazione incrociata attraverso:

1. la localizzazione delle **aperture su pareti verticali contrapposte** (sistema chiusura-partizione o chiusura-chiusura, nel caso di edificio a padiglioni);
2. l'impiego di **camini di ventilazione** (estrazione per "effetto camino") direttamente collegati con l'esterno o a condotte verticali di estrazione. Per il corretto funzionamento del sistema, devono essere predisposte delle aperture nella zona inferiore del locale in oggetto, affinché sia possibile la compensazione del volume d'aria calda in uscita con aria fresca in ingresso;
3. l'impiego di **torri del vento** (di maggiore impiego nei climi caldi e ventilati) direttamente collegati con l'esterno attraverso camini di captazione dei venti dominanti. In questo caso, la ventilazione è diretta dall'esterno verso l'interno e, all'interno dei locali in oggetto, devono essere previste aperture per la fuoriuscita dell'aria.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<p><b>Immediato</b>                      nel caso dell'apertura manuale delle finestre esistenti</p> <p><b>Medio</b>                      nel caso di esecuzione di opere per l'integrazione di nuovi elementi</p>	<p><b>10 ÷ 15%</b>                      Durante il periodo estivo                      (Fonte: ENEA – FIRE, 1994)</p>	<p><b>+2</b></p>

#### Riferimenti progettuali iconografici

-

<b>1</b>	<b>ARIA</b>
----------	-------------

<b>1.2</b>	<b>RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI DOVUTI ALLE PERDITE PER VENTILAZIONE</b>
------------	--

<b>1.2.1</b>	<b>CONTROLLARE IL NUMERO DI RICAMBI D'ARIA ATTRAVERSO VENTILAZIONE NATURALE DIRETTA (PERIODO INVERNALE)</b>
--------------	---

**Finalità**

Gestire l'apertura e la chiusura delle finestre durante il periodo invernale per contenere le dispersioni di calore per ventilazione naturale diretta, rispettando, tuttavia, i limiti imposti dalle norme di riferimento.

**Riferimento legislativo o normativo**

**DM 18 dicembre 1975** – *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica.*

**UNI EN 15251:2008** – *Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Tabella B.1 e B.2.*

**Specifica di prestazione**

Ambiente	Portata d'aria esterna (coeff. ricambio) [vol/h]
<b>Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo</b>	
▪ Scuole materne ed elementari	2,5
▪ Scuole medie	3,5
▪ Scuole secondarie di II grado	5
<b>Altri ambienti di passaggio, uffici</b>	1,5
<b>Servizi igienici, palestre, refettori</b>	2,5

Categoria	PPD – Percentuale prevista di insoddisfatti	Ricambi d'aria per persona [l/s/pers]
I	15	10
II	20	7
III	30	-

Tipo di spazio	Categoria	Superficie m <sup>2</sup> /pers	$q_p$	$q_B$	$q_{tot}$
			l/s, m <sup>2</sup> per occupazione	l/s, m <sup>2</sup> per edifici a inquinamento molto basso	
Aule	I	2,0	5,0	0,5	5,5
	II	2,0	3,5	3,0	3,8
	III	2,0	2,0	0,2	2,2
Scuola	I	2,0	6,0	0,5	6,5
	II	2,0	4,2	0,3	4,5
	III	2,0	2,4	0,2	2,6

**Livello di applicazione**

Obbligatorio

**Descrizione generale dell'intervento**

Si consiglia di non eccedere nel numero di ricambi d'aria eseguiti attraverso l'apertura manuale periodica delle finestre durante il periodo di riscaldamento. 1-3 ricambi d'aria per ora sono sufficienti a mantenere le condizioni di benessere negli ambienti, alle normali condizioni di affollamento.

**note**

*L'eccessivo numero di ricambi d'aria durante il periodo di riscaldamento aumenta le dispersioni di calore per ventilazione: pertanto, è preferibile adottare dispositivi per l'apertura motorizzata degli infissi, regolati da valvole o igrometri ambientali, oppure sistemi di VMC, anche solo in parti dell'edificio.*

<b>Approfondimento</b>		
-		
<b>Pay Back Period</b>	<b>Stima del risparmio energetico conseguibile</b>	<b>Grado di miglioramento della qualità ambientale</b>
<p><b>Immediato</b> nel caso dell'apertura manuale delle finestre esistenti</p> <p><b>Breve</b> nel caso di integrazione di nuovi dispositivi</p>	<p><b>0 ÷ 15%</b> Durante il periodo invernale (perdite di calore = aumento del fabbisogno energetico). Il risparmio è relazionato alle abitudini degli occupanti. (Fonte: ENEA – FIRE, 1994)</p>	<p><b>0</b></p>
<b>Riferimenti progettuali iconografici</b>		
-		

<b>1</b>	<b>ARIA</b>																																																																																										
<b>1.2</b>	<b>RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI DOVUTI ALLE PERDITE PER VENTILAZIONE</b>																																																																																										
<b>1.2.2</b>	<b>PROVVEDERE ALLA COIBENTAZIONE DELLE CONDOTTE DI VENTILAZIONE NEI TRATTI DI ATTRAVERSAMENTO DI ZONE NON RISCALDATE (IN CASO DI VMC)</b>																																																																																										
<p><b>Finalità</b></p> <p>Ridurre le perdite di calore dovute alle dispersioni termiche lungo le condotte di ventilazione.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DPR 26 agosto 1993, n°412</b> - <i>Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10 – Allegato B</i></p> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>\lambda</math> isolante (W/m<sup>2</sup> C)</th> <th colspan="6">Diametro esterno della tubazione (mm)</th> </tr> <tr> <th>&lt;20</th> <th>20-39</th> <th>40-59</th> <th>60-79</th> <th>80-99</th> <th>&gt;100</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><b>0.034</b></td><td>13</td><td>19</td><td>26</td><td>33</td><td>37</td><td>40</td></tr> <tr><td><b>0.036</b></td><td>14</td><td>21</td><td>29</td><td>36</td><td>40</td><td>44</td></tr> <tr><td><b>0.038</b></td><td>15</td><td>23</td><td>31</td><td>39</td><td>44</td><td>48</td></tr> <tr><td><b>0.040</b></td><td>17</td><td>25</td><td>34</td><td>43</td><td>47</td><td>52</td></tr> <tr><td><b>0.042</b></td><td>18</td><td>28</td><td>37</td><td>46</td><td>51</td><td>56</td></tr> <tr><td><b>0.044</b></td><td>20</td><td>30</td><td>40</td><td>50</td><td>55</td><td>60</td></tr> <tr><td><b>0.046</b></td><td>22</td><td>32</td><td>43</td><td>54</td><td>59</td><td>64</td></tr> <tr><td><b>0.048</b></td><td>24</td><td>35</td><td>46</td><td>58</td><td>63</td><td>69</td></tr> <tr><td><b>0.050</b></td><td>26</td><td>38</td><td>50</td><td>62</td><td>68</td><td>74</td></tr> <tr><td><b>0.034</b></td><td>28</td><td>41</td><td>54</td><td>66</td><td>72</td><td>79</td></tr> <tr><td><b>0.036</b></td><td>30</td><td>44</td><td>58</td><td>71</td><td>77</td><td>84</td></tr> </tbody> </table> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>	$\lambda$ isolante (W/m <sup>2</sup> C)	Diametro esterno della tubazione (mm)						<20	20-39	40-59	60-79	80-99	>100	<b>0.034</b>	13	19	26	33	37	40	<b>0.036</b>	14	21	29	36	40	44	<b>0.038</b>	15	23	31	39	44	48	<b>0.040</b>	17	25	34	43	47	52	<b>0.042</b>	18	28	37	46	51	56	<b>0.044</b>	20	30	40	50	55	60	<b>0.046</b>	22	32	43	54	59	64	<b>0.048</b>	24	35	46	58	63	69	<b>0.050</b>	26	38	50	62	68	74	<b>0.034</b>	28	41	54	66	72	79	<b>0.036</b>	30	44	58	71	77	84
$\lambda$ isolante (W/m <sup>2</sup> C)	Diametro esterno della tubazione (mm)																																																																																										
	<20	20-39	40-59	60-79	80-99	>100																																																																																					
<b>0.034</b>	13	19	26	33	37	40																																																																																					
<b>0.036</b>	14	21	29	36	40	44																																																																																					
<b>0.038</b>	15	23	31	39	44	48																																																																																					
<b>0.040</b>	17	25	34	43	47	52																																																																																					
<b>0.042</b>	18	28	37	46	51	56																																																																																					
<b>0.044</b>	20	30	40	50	55	60																																																																																					
<b>0.046</b>	22	32	43	54	59	64																																																																																					
<b>0.048</b>	24	35	46	58	63	69																																																																																					
<b>0.050</b>	26	38	50	62	68	74																																																																																					
<b>0.034</b>	28	41	54	66	72	79																																																																																					
<b>0.036</b>	30	44	58	71	77	84																																																																																					
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>Provvedere alla posa in opera di materiale isolante a protezione delle condotte di ventilazione, in particolare nel caso di attraversamento di zone esterne (qualora la centrale termica si trovasse in un locale esterno differente dal fabbricato ad uso scolastico) o di locali non riscaldati. Il materiale isolante dovrà avvolgere completamente le condotte, anche nel caso di posizionamento delle stesse all'interno di intercapedini impiantistiche.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>Lo spessore del materiale isolante, compatibilmente con lo spazio a disposizione, dovrà calcolato in relazione all'ottimizzazione della prestazione termica e al rientro economico dell'investimento.</i></p>																																																																																											
<p><b>Approfondimento</b></p> <p>La scelta del materiale isolante dovrà essere effettuata in relazione al percorso eseguito dalle condotte, preferendo i materiali sotto forma di lane o materassini, data la maggiore flessibilità e adattabilità alla configurazione geometrica dell'esistente.</p> <p>I canali dell'aria calda per la climatizzazione invernale posti in ambienti non riscaldati devono essere coibentati con uno spessore di isolante non inferiore agli spessori di legge per tubazioni di diametro esterno da 20 a 39 mm.</p>																																																																																											

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<p style="text-align: center;"><b>Breve</b> (Fonte: IEA – ECBCS Annex 36)</p>	<p style="text-align: center;"><b>1 ÷ 5%</b> in relazione all'estensione della superficie coibentata e ai coefficienti di trasmissione delle condotte prima e dopo l'intervento. (Fonte: rielaborazione su dati Enea – FIRE, 1994)</p>	<p style="text-align: center;"><b>0</b></p>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-

<b>1</b>	<b>ARIA</b>	
<b>1.2</b>	<b>RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI DOVUTI ALLE PERDITE PER VENTILAZIONE</b>	
<b>1.2.3</b>	<b>PROVVEDERE ALLA MANUTENZIONE DEGLI INFISSI</b>	
<b>Finalità</b> Eliminare le perdite di calore e le infiltrazioni d'aria attraverso le chiusure trasparenti.	<b>Riferimento legislativo o normativo</b> -	<b>Specifica di prestazione</b> -
	<b>Livello di applicazione</b> Consigliato	
<b>Descrizione generale dell'intervento</b> Provvedere alla sostituzione delle guarnizioni degradate negli infissi esistenti e accertarsi della corretta e completa chiusura delle ante (eventuali disassamenti dell'infisso comportano infiltrazioni d'aria difficilmente controllabili).  <b>note</b> <i>Se gli infissi esistenti non presentano alcuna guarnizione e appaiono particolarmente degradati, è preferibile valutare la possibilità di sostituire l'intero infisso.</i>		
<b>Approfondimento</b>		
<b>Pay Back Period</b>	<b>Stima del risparmio energetico conseguibile</b>	<b>Grado di miglioramento della qualità ambientale</b>
<b>Breve</b> (Fonte: IEA – ECBCS Annex 36)	<b>1 ÷ 5%</b> in relazione al numero di infissi coinvolti e allo stato di conservazione. (Fonte: rielaborazione su dati Enea – FIRE, 1994)	<b>+1</b>
<b>Riferimenti progettuali iconografici</b> -		

# 1 ARIA

## 1.2 RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI DOVUTI ALLE PERDITE PER VENTILAZIONE

### 1.2.4 PROVVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI UN RECUPERATORE DI CALORE (IN CASO DI VMC)

<p><b>Finalità</b></p> <p>Recuperare il calore contenuto nell'aria in espulsione attraverso l'impianto di ventilazione meccanica controllata.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DPR 26 agosto 1993, n°412</b> - <i>Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10 – Allegato C</i></p> <p><b>Regolamento locale di igiene e sanità pubblica</b></p>																																
	<p><b>Specifica di prestazione</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Da 1400 a 2100 GG</th> <th colspan="2">Oltre 2100 GG</th> </tr> <tr> <th>G</th> <th>M</th> <th>G</th> <th>M</th> </tr> <tr> <th>Portata in mc/h</th> <th>N° ore annue di funzionam.</th> <th>Portata in mc/h</th> <th>N° ore annue di funzionam.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.000</td> <td>3.400</td> <td>2.000</td> <td>2.400</td> </tr> <tr> <td>7.000</td> <td>2.400</td> <td>7.000</td> <td>1.700</td> </tr> <tr> <td>12.000</td> <td>2.300</td> <td>12.000</td> <td>1.600</td> </tr> <tr> <td>30.000</td> <td>1.900</td> <td>30.000</td> <td>1.350</td> </tr> <tr> <td>60.000</td> <td>1.800</td> <td>60.000</td> <td>1.250</td> </tr> </tbody> </table>	Da 1400 a 2100 GG		Oltre 2100 GG		G	M	G	M	Portata in mc/h	N° ore annue di funzionam.	Portata in mc/h	N° ore annue di funzionam.	2.000	3.400	2.000	2.400	7.000	2.400	7.000	1.700	12.000	2.300	12.000	1.600	30.000	1.900	30.000	1.350	60.000	1.800	60.000	1.250
Da 1400 a 2100 GG		Oltre 2100 GG																															
G	M	G	M																														
Portata in mc/h	N° ore annue di funzionam.	Portata in mc/h	N° ore annue di funzionam.																														
2.000	3.400	2.000	2.400																														
7.000	2.400	7.000	1.700																														
12.000	2.300	12.000	1.600																														
30.000	1.900	30.000	1.350																														
60.000	1.800	60.000	1.250																														
	<p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Consigliato</p>																																

<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>I recuperatori di calore sono dispositivi che, grazie a uno scambiatore termico, sono in grado di recuperare il calore presente nell'aria espulsa dall'impianto di ventilazione (che altrimenti andrebbe perso) e di trasmetterlo all'aria in ingresso, con notevole risparmio di energia per il riscaldamento dell'aria in questa seconda fase. Le unità di recupero di calore si integrano ai tradizionali sistemi di ventilazione e condizionamento e possono funzionare sia nella stagione estiva che in quella invernale.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>Nell'ambito della legislazione nazionale le scuole non sono obbligate all'uso di recuperatori di calore poiché il numero di ore di utilizzo degli immobili è al di sotto della soglia prevista dalla norma; questa soglia può essere raggiunta se l'edificio ospita funzioni differenti durante le ore extrascolastiche. L'intervento, tuttavia, è caldamente consigliato per gli edifici appartenenti alle zone climatiche fredde e temperate, poiché il tempo di recupero dell'intervento è particolarmente breve.</i></p> <p><i>L'adozione di recuperatori di calore richiede spazi adeguati per l'installazione. A ciò si aggiunge l'esigenza di spazi per la disposizione delle canalizzazioni che possono non risultare disponibili in caso di edifici esistenti.</i></p> <p><i>In tutte le installazioni è importante porre particolare attenzione ai problemi di isolamento acustico e di sicurezza rispetto alla prevenzione incendi.</i></p>
--

<p><b>Approfondimento</b></p> <p>È possibile suddividere i recuperatori di calore presenti in commercio in 4 gruppi:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Recuperatori di calore a scambiatore statico</b> (detto anche "a flussi incrociati") che, date le dimensioni e le portate d'aria, sono consigliati per sistemi di tipo decentralizzato nelle aule e nei locali con particolari necessità (rendimento compreso tra 40 e 75%);</li> <li><b>2. Recuperatori di calore rotativo;</b></li> <li><b>3. Recuperatori di calore a batterie di scambio termico accoppiate</b> che, per l'ingombro del dispositivo, non sono particolarmente consigliati (rendimento compreso tra 60 e 70%);</li> <li><b>4. Recuperatori di calore a fluido bifase</b> (rendimento del 60% circa);</li> </ol>
--



Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<p><b>Breve - Medio</b></p> <p>In relazione alla possibilità di impiego del dispositivo (il tempo di ritorno è inferiore nei climi più freddi). (Fonte: ENEA, 1994)</p>	<p><b>30 ÷ 50%</b></p> <p>in relazione al numero di ore di utilizzo dei locali (Fonte: Zehnder Group – Partner CasaClima)</p>	<p><b>0</b></p>

### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 371 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Dispositivo di ventilazione meccanica controllata di tipo decentralizzato con recuperatore di calore (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 372 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Elementi di arredo per l'alloggiamento del dispositivo di ventilazione (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 373 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Griglie esterne di ventilazione in ingresso e in uscita (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 374 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Dispositivo di ventilazione meccanica controllata di tipo decentralizzato con recuperatore di calore (Foto: EM2 Architetti).

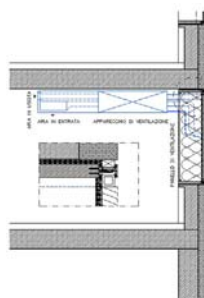


Fig. 375 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Sezione verticale dell'aula tipo e alloggiamento delle condotte di adduzione ed espulsione dell'aria (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 376 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Griglia esterna di alloggiamento delle condotte di ventilazione integrata con il sistema vetrato.

# 1 ARIA

## 1.3 CONTROLLO DEGLI AGENTI INQUINANTI NELL'ARIA INTERNA

### 1.3.1 ASSICURARE UN LIVELLO MINIMO DI RICAMBI D'ARIA ATTRAVERSO LA VENTILAZIONE NATURALE DIRETTA

#### Finalità

Favorire il ricambio dell'aria all'interno di uno spazio, o di una successione di spazi, mediante l'apertura (manuale o meccanica) degli infissi esterni.

#### Riferimento legislativo o normativo

**DM 18 dicembre 1975** – *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica.*

**UNI EN 15251:2008** – *Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Tabella B.1 e B.2.*

#### Specifica di prestazione

Ambiente	Portata d'aria esterna (coeff. ricambio) [vol/h]
<b>Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo</b>	
▪ Scuole materne ed elementari	2,5
▪ Scuole medie	3,5
▪ Scuole secondarie di II grado	5
<b>Altri ambienti di passaggio, uffici</b>	1,5
<b>Servizi igienici, palestre, refettori</b>	2,5

Categoria	PPD – Percentuale prevista di insoddisfatti	Ricambi d'aria per persona [l/s/pers]
I	15	10
II	20	7
III	30	-

Tipo di spazio	Categoria	Superficie m <sup>2</sup> /pers	$q_p$	$q_B$	$q_{tot}$
			l/s, m <sup>2</sup> per occupazione	l/s, m <sup>2</sup> per edifici a inquinamento molto basso	
Aule	I	2,0	5,0	0,5	5,5
	II	2,0	3,5	3,0	3,8
	III	2,0	2,0	0,2	2,2
Scuola	I	2,0	6,0	0,5	6,5
	II	2,0	4,2	0,3	4,5
	III	2,0	2,4	0,2	2,6

#### Livello di applicazione

Obbligatorio

#### Descrizione generale dell'intervento

Provvedere all'apertura regolare delle finestre al fine di favorire l'ingresso dell'aria esterna negli ambienti in cui si svolgono le attività. Per aumentare la velocità dell'aria e, quindi, il ricambio completo, è preferibile optare per sistemi di ventilazione incrociata che si basano sulla collocazione delle aperture su pareti contrapposte dello stesso ambiente (es. una sulla chiusura e una sulla partizione).

Si consiglia di non eccedere nel numero di ricambi d'aria eseguiti attraverso l'apertura manuale periodica delle finestre durante il periodo di riscaldamento. 1-3 ricambi d'aria per ora sono sufficienti a mantenere le condizioni di benessere negli ambienti, alle normali condizioni di affollamento.

#### note

È necessario prestare particolare attenzione a:

1. zone in cui si verificano condizioni di inquinamento atmosferico e acustico, anche interno.
2. orientamento delle chiusure e relativa protezione solare;
3. eventuali formazioni di correnti d'aria dannose all'interno delle aule.

**L'eccessivo numero di ricambi d'aria durante il periodo di riscaldamento aumenta le dispersioni di calore per ventilazione: pertanto, è preferibile adottare dispositivi per l'apertura motorizzata degli infissi, regolati da valvole o igrometri ambientali, oppure sistemi di VMC, anche solo in parti dell'edificio.**

### Approfondimento

In relazione alle differenti configurazioni dell'edificio esistente, è possibile ottenere un sistema di ventilazione incrociata attraverso:

1. la localizzazione delle **aperture su pareti verticali contrapposte** (sistema chiusura-partizione o chiusura-chiusura, nel caso di edificio a padiglioni);
2. l'impiego di **camini di ventilazione** (estrazione per "effetto camino") direttamente collegati con l'esterno o a condotte verticali di estrazione. Per il corretto funzionamento del sistema, devono essere predisposte delle aperture nella zona inferiore del locale in oggetto, affinché sia possibile la compensazione del volume d'aria calda in uscita con aria fresca in ingresso;
3. l'impiego di **torri del vento** (di maggiore impiego nei climi caldi e ventilati) direttamente collegati con l'esterno attraverso camini di captazione dei venti dominanti. In questo caso, la ventilazione è diretta dall'esterno verso l'interno e, all'interno dei locali in oggetto, devono essere previste aperture per la fuoriuscita dell'aria.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<p><b>Immediato</b> nel caso dell'apertura manuale delle finestre esistenti</p> <p><b>Medio</b> nel caso di esecuzione di opere per l'integrazione di nuovi elementi</p>	<p><b>10 ÷ 15%</b> Durante il periodo estivo</p> <p><b>0 ÷ 15% perdite di calore</b> Durante il periodo invernale (perdite di calore = aumento del fabbisogno energetico). Il risparmio è relazionato alle abitudini degli occupanti. (Fonte: ENEA – FIRE, 1994)</p>	<p><b>+2</b></p>

### Riferimenti progettuali iconografici

-

<b>1</b>	<b>ARIA</b>	
<b>1.3</b>	<b>CONTROLLO DEGLI AGENTI INQUINANTI NELL'ARIA INTERNA</b>	
<b>1.3.2</b>	<b>PROVVEDERE ALLA CORRETTA PULIZIA DELLE SUPERFICI A CONTATTO CON GLI UTENTI</b>	
<b>Finalità</b> Ridurre la presenza di agenti chimici (es. VOC) e microbiologici (acari, allergeni, ecc.) sulle superfici a contatto con gli utenti e limitare il rischio di contaminazioni batteriche.	<b>Riferimento legislativo o normativo</b> -	<b>Specifica di prestazione</b> -
	<b>Livello di applicazione</b> Consigliato	
<b>Descrizione generale dell'intervento</b> <p>All'interno di un'aula scolastica si possono rilevare numerosi agenti inquinanti che, influenzando negativamente sulla qualità dell'aria, possono avere ripercussioni a medio e lungo termine sulla salute degli occupanti. Si tratta principalmente di agenti chimici (VOC) derivanti dalla posa di materiali per l'edilizia, di materiali non idonei impiegati per la pulizia delle superfici, di materiali utilizzati per le attività didattiche (colori, gesso). Negli ambienti, inoltre, si depositano le polveri provenienti dall'esterno e quelle dovute alle attività umane, acari, vari allergeni e, non ultimi, batteri e virus provenienti direttamente dagli utenti. Data la particolare sensibilità degli utenti in giovane età, è assolutamente necessario provvedere all'elaborazione di un piano di manutenzione quotidiana delle superfici interne, da eseguire al termine delle attività attraverso detergenti idonei.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>È consigliabile impiegare detergenti non dannosi sia per gli utenti che per l'ambiente, dotati di apposite certificazioni, preferendo i prodotti pronti all'uso (i prodotti concentrati sono più soggetti ad errori nel calcolo delle concentrazioni da impiegare, con possibili effetti dannosi sulla salute). Sarà cura degli addetti impiegare i detergenti più adeguati al ciascun ambiente e superficie (bagni, banchi, vetri, ecc.). Particolare attenzione dovrà essere riservata ai refettori, ai locali per il riposo (nelle scuole per l'infanzia) e alle relative dotazioni (coperte, materassi, tappeti).</i></p>		
<b>Approfondimento</b> È preferibile utilizzare prodotti senza profumazioni, ammoniaca o sostanze volatili.		
<b>Pay Back Period</b>	<b>Stima del risparmio energetico conseguibile</b>	<b>Grado di miglioramento della qualità ambientale</b>
<b>Immediato</b>	-	<b>+2</b>
<b>Riferimenti progettuali iconografici</b> -		

<b>1</b>	<b>ARIA</b>	
<b>1.3</b>	<b>CONTROLLO DEGLI AGENTI INQUINANTI NELL'ARIA INTERNA</b>	
<b>1.3.3</b>	<b>PROVVEDERE ALLA MANUTENZIONE DEI TERMINALI DI EMISSIONE DEL CALORE E DEGLI IMPIANTI DI VMC (OVE PRESENTI)</b>	
<b>Finalità</b> Limitare la presenza di polveri e allergeni e agenti microbiologici (es. legionella) diffusi attraverso i terminali di riscaldamento e ventilazione.	<b>Riferimento legislativo o normativo</b> -	<b>Specifica di prestazione</b> -
	<b>Livello di applicazione</b> Consigliato	
<b>Descrizione generale dell'intervento</b> Provedere alla pulizia regolare delle superfici radianti, alla sostituzione dei filtri presenti nei dispositivi di adduzione dell'aria esterna, delle griglie interne ed esterne. Evitare la condensazione del vapore, eliminare gli umidificatori esterni e utilizzare gli appositi additivi e battericidi per i regolatori interni di umidità.		
<b>note</b> È importante che gli operai addetti alla custodia e alla manutenzione dell'immobile verifichino quotidianamente il corretto funzionamento degli impianti prima dell'inizio delle lezioni.		
<b>Approfondimento</b> -		
<b>Pay Back Period</b>	<b>Stima del risparmio energetico conseguibile</b>	<b>Grado di miglioramento della qualità ambientale</b>
<b>Immediato</b>	-	<b>+2</b>
<b>Riferimenti progettuali iconografici</b> -		

<b>1</b>	<b>ARIA</b>
----------	-------------

<b>1.3</b>	<b>CONTROLLO DEGLI AGENTI INQUINANTI NELL'ARIA INTERNA</b>
------------	--

<b>1.3.4</b>	<b>PROVVEDERE ALL'ELIMINAZIONE DI MATERIALI AD ELEVATA TOSSICITÀ</b>
--------------	--

<p><b>Finalità</b></p> <p>Allontanamento di sostanze dannose dagli ambienti interni e dal contatto con gli utenti.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>Direttiva 67/548/CEE del Consiglio, del 27 giugno 1967, concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose</b></p> <p><b>Direttiva 89/106/CEE - Direttiva del Consiglio del 21 Dicembre 1988 relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati Membri concernenti i prodotti da costruzione</b></p> <p><b>DPR n. 246 del 21/04/1993 - Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione</b></p> <p><b>DLgs 22/1997 - Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio</b></p> <p><b>ASHRAE Standard 62-1999 - Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality</b></p>
	<p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p>-</p>
	<p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>

<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>Eliminazione e corretto smaltimento dei materiali che contengono sostanze tossiche o nocive (amianto, formaldeide, VOC, ecc.) presenti all'interno degli ambienti e comunque a contatto con gli utenti.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>Sarà cura del tecnico incaricato alla manutenzione dell'edificio predisporre eventuali piani di sicurezza per lo smaltimento dei materiali pericolosi.</i></p>
---

<p><b>Approfondimento</b></p> <p>-</p>
--

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<p><b>Immediato</b></p> <p>Salvo eventuali costi di smaltimento per materiali particolari (es. amianto)</p>	-	<b>+2</b>

### Riferimenti progettuali iconografici

---



Fig. 377 Scuola per l'infanzia S. Gregorio al Celio a Roma. Geom. Edoardo Bellazzecca. Fase di rimozione della copertura in amianto (Foto: Oleotto E., *Edifici scolastici ecocompatibili*, pag. 164, cfr. bibliografia).

<b>1</b>	<b>ARIA</b>
----------	-------------

<b>1.3</b>	<b>CONTROLLO DEGLI AGENTI INQUINANTI NELL'ARIA INTERNA</b>
------------	--

<b>1.3.5</b>	<b>PROVVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI ATTUATORI PER L'APERTURA AUTOMATICA DEGLI INFISSI IN RELAZIONE AL LIVELLO DI CO<sub>2</sub> NELL'ARIA</b>
--------------	--

<p><b>Finalità</b></p> <p>Eliminazione dell'eccesso di CO<sub>2</sub> nell'aria all'interno delle aule.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>UNI EN 15251:2008</b> – <i>Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Tabella B.4</i></p> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Categoria</th> <th>Concentrazione di CO<sub>2</sub> rispetto all'esterno in relazione alla percentuale prevista di insoddisfatti</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">I</td> <td style="text-align: center;">350 ppm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">II</td> <td style="text-align: center;">500 ppm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">III</td> <td style="text-align: center;">800 ppm</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Consigliato</p>	Categoria	Concentrazione di CO <sub>2</sub> rispetto all'esterno in relazione alla percentuale prevista di insoddisfatti	I	350 ppm	II	500 ppm	III	800 ppm
Categoria	Concentrazione di CO <sub>2</sub> rispetto all'esterno in relazione alla percentuale prevista di insoddisfatti								
I	350 ppm								
II	500 ppm								
III	800 ppm								

<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>Per migliorare il livello di qualità dell'aria, provocando una limitata interferenza con le attività didattiche e contenendo gli sprechi energetici, è necessario avvalersi di attuatori elettronici per l'apertura manuale degli infissi o delle griglie di areazione collocate nei telai degli stessi. Gli attuatori sono collegati ad appositi sensori, collocati all'interno di ogni aula, per il rilevamento della quantità di CO<sub>2</sub> presente nell'aria. Attraverso un programma di Building Energy Management System (BEMS) è possibile programmare il livello richiesto, mantenendo una miscela d'aria ottimale per lo svolgimento delle lezioni.</p> <p><b>note</b></p> <p>-</p>
---

<p><b>Approfondimento</b></p> <p>I rilevatori misurano la concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'aria ad intervalli regolari, provvedendo all'apertura delle finestre o delle griglie di ventilazione, oppure attivando il sistema di VMC.</p>
---

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Breve</b>	<b>5 ÷ 10%</b> Del consumo di energia primaria per riscaldamento (Fonte: ALDES, 2003)	<b>+2</b>



### Riferimenti progettuali iconografici

---



Fig. 378 Scuola secondaria secondo livello "R. Fucini", Roma – Comune di Roma. Attuatori per l'apertura degli infissi in relazione ai livelli di CO<sub>2</sub> presenti nell'aria (Foto: AESSE).

<b>1</b>	<b>ARIA</b>
----------	-------------

<b>1.3</b>	<b>CONTROLLO DEGLI AGENTI INQUINANTI NELL'ARIA INTERNA</b>
------------	--

<b>1.3.6</b>	<b>PROVVEDERE ALL'ALLONTANAMENTO DI AGENTI FISICI DANNOSI PROVENIENTI DAL SOTTOSUOLO (GAS RADON)</b>
--------------	--

<b>Finalità</b> Allontanamento dalle strutture e dagli ambienti confinati del gas radon proveniente dal sottosuolo.	<b>Riferimento legislativo o normativo</b> Disposizioni ARPA regionali in materia di radiazioni ionizzanti
	<b>Specifica di prestazione</b> Definite dall'ARPA regionale in relazione al rischio
	<b>Livello di applicazione</b> Obbligatorio, ma soggetto a parere dell'ARPA regionale

**Descrizione generale dell'intervento**

Gli edifici compresi all'interno delle aree definite dall'ARPA devono assicurare una ventilazione costante ad ambienti e strutture. Ciò è possibile attraverso:

1. la predisposizione di **ventilazioni per le fondazioni** (depressurizzazione dei vespai);
2. la regolare **ventilazione degli ambienti interni**, ivi compresi i locali seminterrati (impiego di dispositivi aspiranti);
3. Impiego di **canalizzazioni per l'evacuazione del gas**;
4. l'impiego di speciali **pellicole protettive** anti infiltrazione.

**note**

*Il radon è un gas radioattivo naturale emesso dalle rocce e dal suolo e prodotto dal decadimento radioattivo dell'uranio. Esso può migrare attraverso le porosità e le fessure dei materiali, attraverso le fondazioni o l'acqua. Dato l'elevato numero di scuole distribuite su un solo piano, per questi edifici il rischio è maggiore poiché si trovano più vicini alla sorgente inquinante.*

**Approfondimento**

Dato che il radon si manifesta sotto forma di gas, non è possibile prevedere in modo certo il percorso eseguito all'interno delle strutture, poiché esso è in grado di insinuarsi anche all'interno dei materiali da costruzione. Pertanto, è preferibile l'impiego di sistemi di ventilazione costanti ed efficaci piuttosto che l'adozione di tecniche di intervento di tipo meccanico (es. pellicole); la ventilazione, in particolare se di tipo meccanico e controllata attraverso sistemi informatizzati collegati a sonde specifiche, garantisce l'allontanamento del gas dagli ambienti, contribuendo all'innalzamento della qualità dell'aria.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Medio</b>	-	<b>+2</b>

## Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 379 Scuola primaria a Fonzaso – loc. Arten (BL). Posa in opera del tubo forato all'interno del sottofondo (Foto: prof. G. Zannoni).



Fig. 380 Scuola primaria a Fonzaso – loc. Arten (BL). Posa in opera del tubo forato all'interno del sottofondo (Foto: prof. G. Zannoni).



Fig. 381 Scuola dell'infanzia a Vedelago – loc. Casacorba (TV). Terminale del tubo forato in uscita dal perimetro dell'edificio (Foto: prof. G. Zannoni).



Fig. 382 Scuola secondaria di primo grado dell'"Istituto Comprensivo" di Lamon (BL). Inserimento del terminale del tubo forato all'interno di un pozzetto ispezionabile (Foto: prof. G. Zannoni).



Fig. 383 Scuola dell'infanzia a Vedelago – loc. Casacorba (TV). Posizionamento del tubo esterno da collegare al dispositivo di ventilazione (Foto: prof. G. Zannoni).



Fig. 384 Scuola primaria a Monselice (PD). Impianto di aspirazione a doppio tubo (Foto: prof. G. Zannoni).



Fig. 385 Scuola secondaria di primo grado dell'"Istituto Comprensivo" di Lamon (BL). Dispositivo di ventilazione inserito all'interno di un pozzetto ispezionabile (Foto: prof. G. Zannoni).



Fig. 386 Scuola primaria "Gino Allegri" a Feltre – loc. Foen (BL). Impianto di aspirazione a singolo tubo (Foto: prof. G. Zannoni).

## 1

## ARIA

## 1.3

## CONTROLLO DEGLI AGENTI INQUINANTI NELL'ARIA INTERNA

## 1.3.7

## PROVVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI UN SISTEMA DI VMC

## Finalità

Riduzione della concentrazione di agenti chimici (CO<sub>2</sub>, VOC, ecc.), fisici (radon) e microbiologici (muffe, allergeni, ecc.) presenti all'interno dell'edificio attraverso il continuo ricambio dell'aria in ingresso e l'estrazione dell'aria esausta.

La ventilazione meccanica controllata, limitando la necessità di ricambi manuali ad opera degli occupanti, garantisce il rispetto delle soglie previste dalle normative poiché elimina la variabile della percezione personale dell'aria esausta.

Riduzione parziale delle dispersioni di calore riconducibili all'apertura manuale non controllata delle finestre, in particolare durante il periodo di riscaldamento.

## Riferimento legislativo o normativo

**DM 18 dicembre 1975** – *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica.*

**UNI 10339:1995** - *Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura – Prospetto II.*

**UNI EN 15251:2008** – *Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Tabella B.1 e B.2*

## Specifica di prestazione

Ambiente	Portata d'aria esterna (coeff. ricambio) [vol/h]
<b>Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo</b>	
▪ Scuole materne ed elementari	2,5
▪ Scuole medie	3,5
▪ Scuole secondarie di II grado	5
<b>Altri ambienti di passaggio, uffici</b>	1,5
<b>Servizi igienici, palestre, refettori</b>	2,5

Tipo di ambiente	Portata di aria esterna o di estrazione	
	Q <sub>op</sub> <sup>257</sup> [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s per persona]	Q <sub>os</sub> <sup>258</sup> [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s m <sup>2</sup> ]
Asili nido e scuole materne	4	-
Aule scuole elementari	5	-
Aule scuole medie inferiori	6	-
Aule scuole medie superiori	7	-
Biblioteche e sale lettura	6	-
Aule musica e lingue	7	-
Laboratori	7	-
Sale insegnanti	6	-

Categoria	PPD – Percentuale prevista di insoddisfatti	Ricambi d'aria per persona [l/s/pers]
I	15	10
II	20	7
III	30	-

Tipo di spazio	Categoria	Superficie m <sup>2</sup> /pers	q <sub>p</sub>	q <sub>B</sub>	q <sub>tot</sub>
			l/s, m <sup>2</sup> per occupazione	l/s, m <sup>2</sup> per edifici a inquinamento molto basso	
Aule	I	2,0	5,0	0,5	5,5
	II	2,0	3,5	3,0	3,8
	III	2,0	2,0	0,2	2,2
Scuola	I	2,0	6,0	0,5	6,5
	II	2,0	4,2	0,3	4,5
	III	2,0	2,4	0,2	2,6

<sup>257</sup> Portata specifica di aria esterna per persona.

<sup>258</sup> Portata specifica di aria esterna per unità di superficie.

	<b>Livello di applicazione</b>
	Obbligatorio

### Descrizione generale dell'intervento

Installazione di dispositivi di ventilazione meccanica nell'intero edificio (con differenziazione delle portate e dei ricambi d'aria in relazione alle normative) o limitatamente a parti di esso in relazione alle relative esigenze di ventilazione (es. solo nelle aule per la didattica). Per motivi legati alla concentrazione di agenti inquinanti, **i dispositivi devono prevedere una portata di ventilazione interamente costituita da aria esterna**, escludendo il trattamento e la successiva reimmissione dell'aria in uscita. Ciò comporta l'adozione di unità di trattamento aria (UTA) precedenti all'immissione nell'impianto di ventilazione controllata, soluzione che comporta un leggero incremento dei costi dovuto al maggiore fabbisogno di riscaldamento/raffrescamento.

#### note

*Gli impianti di ventilazione meccanica controllata sono più efficaci se installati in edifici privi di perdite attraverso l'involucro; la tenuta all'aria di chiusure opache e trasparenti è una condizione indispensabile per il corretto funzionamento dell'impianto.*

*Il dimensionamento dell'impianto deve essere eseguito in relazione ai ricambi d'aria da apportare all'ambiente; in Italia questo parametro è valutato in relazione al volume e al tipo di ambiente, indipendentemente dal numero di occupanti. Per questo motivo, è preferibile utilizzare un approccio in grado di considerare la portata d'aria in relazione al numero di persone presenti per metro quadro e per tipo di ambiente; tale è l'approccio impiegato nei riferimenti normativi elencati nella presente scheda.*

*È da considerare con particolare attenzione che il posizionamento di elementi di immissione dell'aria nelle chiusure verticali implica una riduzione localizzata della prestazione termica della chiusura stessa (ponte termico). Inoltre, nel caso di sistemi decentralizzati, in cui è necessaria la presenza di una doppia griglia esterna per l'ingresso e l'espulsione dell'aria, si dovrà avere particolare cura all'esecuzione dei fori, soprattutto in presenza di chiusure costituite da muratura portante non di recente esecuzione; infatti, un elevato numero di fori eseguiti meccanicamente all'interno di una parete a distanze ravvicinate può influire staticamente sul comportamento della chiusura stessa.*

### Approfondimento

In relazione alla morfologia e alla distribuzione interna dell'edificio è possibile optare per un **sistema di ventilazione meccanica centralizzato** oppure per un **sistema decentralizzato** (o "puntiforme"), collocato nei locali per la didattica (aule normali e speciali) o negli ambienti in cui, per affollamento o attività svolta, sia necessario aumentare il numero di ricambi d'aria (palestre, aule per lavorazioni particolari).

Nel primo caso il sistema richiede l'impiego di una **rete aeraulica per l'estrazione dell'aria** e di un **dispositivo per l'immissione dell'aria esterna** collocato in ogni vano. Tale dispositivo (autoregolabile o igroregolabile in relazione alle prestazioni offerte) è costituito da membrane in PVC o in gomma siliconica in grado di mantenere invariate le portate d'aria (se appartenente al tipo igroregolabile è presente anche una membrana igrosensibile), indipendentemente dalle variazioni di pressione esercitate dal ventilatore. Inoltre, il dispositivo per l'aria in ingresso è dotato di filtri per l'aria e di elementi fonoassorbenti; esso, in relazione al tipo adottato, può essere collocato in corrispondenza di un infisso esterno o direttamente nella chiusura verticale opaca. I dispositivi di estrazione sono costituiti da un sistema direttamente collocato nell'ambiente da trattare (preferibilmente sulla parete opposta all'immissione per garantire migliore ricambio d'aria) e, tramite una rete aeraulica, collegati con ventilatori e sistemi di espulsione disposti in copertura.

Nel secondo caso, utilizzato principalmente negli edifici in cui sarebbe tecnicamente difficile (impossibilità di realizzare una rete di canalizzazioni) o economicamente svantaggioso adottare un sistema centralizzato, l'estrazione dell'aria avviene all'interno di ogni vano, allo stesso modo dell'immissione: entrambi i dispositivi sono dotati di elementi fonoassorbenti per contrastare i rumori provenienti dall'esterno e quelli prodotti dal ventilazione presente all'interno del sistema di estrazione stesso.

In entrambi i casi il sistema può essere costituito da un **flusso semplice** o da un **doppio flusso** di ventilazione: il flusso semplice prevede una unica direzione della ventilazione (dall'esterno verso l'interno), mentre il doppio flusso prevede una rete di immissione e una rete di estrazione dell'aria dai locali, ciascuna collegata a un ventilatore. Il sistema a doppio flusso permette di preriscaldare l'aria in ingresso e di abbinare al ventilatore un dispositivo, denominato "recuperatore", in grado di trasferire il calore dell'aria in espulsione all'aria ingresso, senza contaminazione tra i due flussi.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Medio</b>	<b>Fino al 70%</b> Del consumo di energia primaria per riscaldamento (Fonte: Carotti A., Madè D., <i>La casa passiva in Italia</i> , cfr. bibliografia)	<b>+2</b>

### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 387 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Dispositivo di ventilazione meccanica controllata di tipo decentralizzato con recuperatore di calore (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 388 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Elementi di arredo per l'alloggiamento del dispositivo di ventilazione (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 389 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Griglie esterne di ventilazione in ingresso e in uscita (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 390 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Dispositivo di ventilazione meccanica controllata di tipo decentralizzato con recuperatore di calore (Foto: EM2 Architetti).

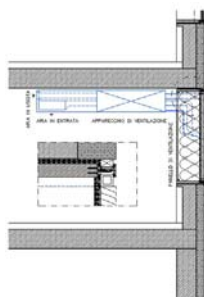


Fig. 391 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Sezione verticale dell'aula tipo e alloggiamento delle condotte di adduzione ed espulsione dell'aria (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 392 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Griglia esterna di alloggiamento delle condotte di ventilazione integrata con il sistema vetrato.



Fig. 393 Scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) – Gianluca Perottoni Architetto. Impianto di ventilazione controllata di tipo centralizzato con recupero di calore. Particolare delle condotte coibentate alloggiato nel controsoffitto del corridoio di distribuzione (Foto: Gianluca Perottoni Architetto).



Fig. 394 Scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) – Gianluca Perottoni Architetto. Griglie interne di immissione ed espulsione dell'aria all'interno di un'aula per la didattica. Le griglie sono collocate nella partizione interna tra aula e corridoio.



Fig. 395 Scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) – Gianluca Perottoni Architetto. Griglie interne di immissione ed espulsione dell'aria all'interno di un'aula per attività speciali. Le griglie sono collocate nella partizione interna tra aula e corridoio.

<b>2</b>	<b>TEMPERATURA</b>																					
<b>2.1</b>	<b>CONTROLLO DELLA TRASMISSIONE DI CALORE ATTRAVERSO L'INVOLUCRO</b>																					
<b>2.1.1</b>	<b>PROVVEDERE ALLA CHIUSURA DELLE NICCHIE DI ALLOGGIAMENTO DEI CORPI SCALDANTI E DI EVENTUALI GRIGLIE NON UTILIZZATE NELLE PARETI ESTERNE</b>																					
<p><b>Finalità</b></p> <p>Eliminare i ponti termici e le successive dispersioni di calore dovuti alla riduzione dello spessore della chiusura opaca.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DLgs 311/2006</b> - <i>Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Tabella 2 dell'Allegato C - U strutture opache verticali [W/m<sup>2</sup>K]</i></p> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="font-size: small;">Zona climatica</th> <th style="font-size: small;">Dal 1/1/2008</th> <th style="font-size: small;">Dal 1/1/2010</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="font-size: small;">A</td><td style="font-size: small;">0.72</td><td style="font-size: small;">0.62</td></tr> <tr><td style="font-size: small;">B</td><td style="font-size: small;">0.54</td><td style="font-size: small;">0.48</td></tr> <tr><td style="font-size: small;">C</td><td style="font-size: small;">0.46</td><td style="font-size: small;">0.40</td></tr> <tr><td style="font-size: small;">D</td><td style="font-size: small;">0.40</td><td style="font-size: small;">0.36</td></tr> <tr><td style="font-size: small;">E</td><td style="font-size: small;">0.37</td><td style="font-size: small;">0.34</td></tr> <tr><td style="font-size: small;">F</td><td style="font-size: small;">0.35</td><td style="font-size: small;">0.33</td></tr> </tbody> </table> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio, limitatamente alla trasmittanza della chiusura opaca verticale.</p>	Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010	A	0.72	0.62	B	0.54	0.48	C	0.46	0.40	D	0.40	0.36	E	0.37	0.34	F	0.35	0.33
Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010																				
A	0.72	0.62																				
B	0.54	0.48																				
C	0.46	0.40																				
D	0.40	0.36																				
E	0.37	0.34																				
F	0.35	0.33																				
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>Nelle strutture scolastiche esistenti si riscontrano frequentemente impianti di climatizzazione invernale che utilizzano corpi scaldanti (radiatori) all'interno dei locali; purtroppo la prassi costruttiva, per motivi estetici e di sicurezza, ha sempre preferito l'installazione dei radiatori all'interno di nicchie ricavate al di sotto del piano d'imposta degli infissi esterni, soluzione che compromette la prestazione termica dell'involucro edilizio poiché crea ponti termici di notevoli dimensioni.</p> <p>Per quanto riguarda le griglie collocate dietro ai termosifoni, all'interno delle nicchie, sarà opportuno provvedere alla chiusura delle stesse attraverso materiale isolante o materiale omogeneo rispetto al resto della parete.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>Nel caso di estrazione del radiatore dalla nicchia, per evitare possibili rischi dovuti a collisioni con gli elementi radianti, sarà opportuno provvedere alla predisposizione di elementi di protezione e di sicurezza per gli utenti, in particolare se si tratta di scuole per l'infanzia o primarie.</i></p> <p><i>Per quanto riguarda le griglie collocate dietro ai termosifoni, è bene accertarsi della funzione assolta prima di provvedere alla chiusura.</i></p>																						
<p><b>Approfondimento</b></p> <p>Per controllare la trasmissione di calore è necessario eliminare tale ponte termico in corrispondenza delle nicchie; ciò è possibile attraverso:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. l'inserimento di <b>materiale isolante</b> (cuscineti, pannelli tradizionali, pannelli sotto vuoto, ecc.) ad alte prestazioni tra parete e radiatore, negli spessori consentiti dal caso;</li> <li>2. l'inserimento di <b>fogli riflettenti</b> (o di materiali stratificati isolante-alluminio) che permettano la diffusione del calore nella direzione dell'ambiente e non verso l'esterno;</li> <li>3. l'<b>estrazione del radiatore dalla nicchia</b> e la successiva chiusura della stessa attraverso materiali omogenei rispetto al resto della parete.</li> </ol>																						

<b>Pay Back Period</b>	<b>Stima del risparmio energetico conseguibile</b>	<b>Grado di miglioramento della qualità ambientale</b>
<b>Immediato</b>	<b>1 ÷ 5%</b> (Fonte: rielaborazione su dati Enea – FIRE, 1994)	<b>+1</b>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-



<b>2</b>	<b>TEMPERATURA</b>																						
<b>2.1</b>	<b>CONTROLLO DELLA TRASMISSIONE DI CALORE ATTRAVERSO L'INVOLUCRO</b>																						
<b>2.1.2</b>	<b>PROVVEDERE ALLA COIBENTAZIONE DELLE ASOLE IMPIANTISTICHE E DELLE CANNE FUMARIE ALLOGGiate ALL'INTERNO DELLE CHIUSURE ESTERNE</b>																						
<p><b>Finalità</b></p> <p>Eliminare i ponti termici e le successive dispersioni di calore dovuti alla riduzione dello spessore della chiusura opaca.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DLgs 311/2006</b> - <i>Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Tabella 2 dell'Allegato C - U strutture opache verticali [W/m<sup>2</sup>K]</i></p> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="font-size: small;">Zona climatica</th> <th style="font-size: small;">Dal 1/1/2008</th> <th style="font-size: small;">Dal 1/1/2010</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="font-size: x-small;">A</td><td style="font-size: x-small;">0.72</td><td style="font-size: x-small;">0.62</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">B</td><td style="font-size: x-small;">0.54</td><td style="font-size: x-small;">0.48</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">C</td><td style="font-size: x-small;">0.46</td><td style="font-size: x-small;">0.40</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">D</td><td style="font-size: x-small;">0.40</td><td style="font-size: x-small;">0.36</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">E</td><td style="font-size: x-small;">0.37</td><td style="font-size: x-small;">0.34</td></tr> <tr><td style="font-size: x-small;">F</td><td style="font-size: x-small;">0.35</td><td style="font-size: x-small;">0.33</td></tr> </tbody> </table> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio, limitatamente alla trasmittanza della chiusura opaca verticale.</p>		Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010	A	0.72	0.62	B	0.54	0.48	C	0.46	0.40	D	0.40	0.36	E	0.37	0.34	F	0.35	0.33
Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010																					
A	0.72	0.62																					
B	0.54	0.48																					
C	0.46	0.40																					
D	0.40	0.36																					
E	0.37	0.34																					
F	0.35	0.33																					
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>Le asole impiantistiche e le canne di esalazione fumi collocate all'interno delle chiusure verticali opache costituiscono un ponte termico lineare poiché riducono lo spessore della parete e, quindi, la prestazione termica della stessa, provocando perdite di calore per trasmissione. Per limitare il problema, è necessario provvedere alla coibentazione dell'asola impiantistica e delle canne fumarie attraverso idonei materiali isolanti.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>per quanto riguarda l'impiego di materiali isolanti per la coibentazione delle canne fumarie, date le elevate temperature dei fumi (in particolare nei casi di generatori di calore di tipo tradizionale), è necessario accertarsi che essi siano ignifughi per evitare il rischio di combustione.</i></p>																							
<p><b>Approfondimento</b></p> <p>I materiali più indicati per la coibentazione delle asole impiantistiche e delle canne fumarie sono gli isolanti sotto forma di materassini poiché permettono maggiore flessibilità e adattabilità agli spazi ridotti e a sezioni variabili e sono facilmente eliminabili in caso di ispezioni.</p>																							
<b>Pay Back Period</b>	<b>Stima del risparmio energetico conseguibile</b>	<b>Grado di miglioramento della qualità ambientale</b>																					
<b>Immediato</b>	<b>1 ÷ 5%</b> (Fonte: rielaborazione su dati Enea – FIRE, 1994)	<b>0</b>																					
<p><b>Riferimenti progettuali iconografici</b></p> <p style="text-align: center;">-</p>																							

## 2 TEMPERATURA

### 2.1 CONTROLLO DELLA TRASMISSIONE DI CALORE ATTRAVERSO L'INVOLUCRO

#### 2.1.3 PREDISPORRE DISPOSITIVI PER LA CHIUSURA AUTOMATICA DELLE PORTE VERSO L'ESTERNO OPPURE DISPOSITIVI DI FILTRO (DOPPIA PORTA O VESTIBOLO)

<b>Finalità</b> Ridurre le dispersioni di calore dovute all'ingresso e all'uscita dall'edificio e alla circolazione nei corridoi di distribuzione.	<b>Riferimento legislativo o normativo</b> -
	<b>Specifica di prestazione</b> -
	<b>Livello di applicazione</b> Consigliato

#### Descrizione generale dell'intervento

Provvedere all'installazione di dispositivi per la chiusura automatica delle porte d'ingresso oppure di doppie porte in grado di limitare l'ingresso diretto dell'aria esterna e, quindi, delle perdite di calore nei periodi di riscaldamento. I dispositivi di chiusura automatica o di filtro consentono, inoltre, di migliorare il benessere interno nei locali di transito poiché riducono la differenza di temperatura tra gli stessi e le aule per la didattica.

#### note

*Nelle scuole primarie i dispositivi di chiusura automatica delle porte possono essere di difficile apertura da parte dei bambini ed è, pertanto, necessaria una valutazione relativa alla sicurezza.*

#### Approfondimento

-

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Immediato</b>	<b>1 ÷ 5%</b> In relazione al tipo edilizio della scuola	<b>+1</b>

#### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 396 Scuola primaria, Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. L'ingresso è composto da un vestibolo costituito da una doppia porta che riduce l'impatto dell'aria esterna.

## 2

## TEMPERATURA

## 2.1

## CONTROLLO DELLA TRASMISSIONE DI CALORE ATTRAVERSO L'INVOLUCRO

## 2.1.4

## PROVVEDERE ALLA SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI

## Finalità

Riduzione delle perdite di calore dovute ad infiltrazione d'aria e a conduzione attraverso le chiusure trasparenti.

## Riferimento legislativo o normativo

**DLgs 311/2006** - *Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Tabella 4a dell'Allegato C - U chiusure trasparenti comprensive di infissi [W/m<sup>2</sup>K]*

**UNI/TS 11300-1:2008** - *Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale - Appendice C.*

## Specifica di prestazione

Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010
A	5.0	4.6
B	3.6	3.0
C	3.0	2.6
D	2.8	2.4
E	2.4	2.2
F	2.2	2.0

## Livello di applicazione

Obbligatorio

## Descrizione generale dell'intervento

Le chiusure trasparenti sono un importante elemento di frontiera responsabile del controllo delle dispersioni termiche, della permeabilità all'aria e del passaggio di luce naturale. Essi hanno, generalmente, una trasmittanza termica ( $U$ ) 4-5 volte superiore a quella degli altri elementi opachi che costituiscono l'involucro dell'edificio.

Gli edifici scolastici presentano una forte componente vetrata che permette sia l'ingresso dell'illuminazione naturale che la possibilità di mantenere un contatto con l'ambiente esterno, motivo per cui è necessario adottare tecnologie adeguate in grado di garantire il benessere termico degli occupanti e la riduzione dei consumi.

Attualmente, molte scuole presentano infissi particolarmente disperdenti costituiti da telai in legno o metallo (senza taglio termico e, in alcuni casi, in ferro) senza vetrocamera, montati al filo delle bucatore; ancora molto presenti sono le doppie finestre. In tutti questi casi è auspicabile la **sostituzione degli infissi esistenti** a favore di componenti con prestazioni migliori, installati con gli adeguati accorgimenti per la tenuta all'aria.

## note

*Nei casi in cui le prestazioni termiche degli infissi esistenti (telaio e vetro) possano essere considerate accettabili, si può valutare la convenienza di sostituire solo le guarnizioni di tenuta. Questo intervento, in ogni caso, non deve essere considerato definitivo, ma solo di stabilizzazione fino alla pianificazione di interventi maggiormente significativi, nell'ottica di un recupero globale dell'edificio.*

*La sostituzione degli infissi apporta notevoli miglioramenti anche dal punto di vista dell'isolamento acustico proveniente dall'ambiente esterno.*

*N.B.: per i dispositivi di controllo solare delle superfici vetrate si rimanda alle schede appartenenti al gruppo 2.3. - Controllo degli apporti solari gratuiti.*

## Approfondimento

La sostituzione degli infissi richiede particolare attenzione nella scelta delle tecnologie maggiormente pertinenti alla situazione climatica locale e alle caratteristiche globali dell'edificio.

Poiché la trasmittanza termica globale dell'infisso dipende dalla trasmittanza termica del vetro ( $U_g$ ), dalla

trasmissione termica del telaio ( $U_f$ ) e dalla trasmittanza termica lineare del distanziale del vetro ( $\Psi_g$ ) è importante valutare i seguenti aspetti:

1. **Tipo di vetro.** Buona parte delle scuole esistenti presenta tutt'oggi infissi con vetro singolo (3-4-6 mm); in questi edifici, la sostituzione delle finestre comporterebbe evidenti vantaggi sia dal punto di vista della riduzione dei consumi energetici per riscaldamento, ma anche un notevole miglioramento del benessere interno, poiché la sensazione di comfort deriva dalla media delle temperature delle superfici costituenti l'ambiente termico e la temperatura dell'aria dell'ambiente stesso. Le dispersioni termiche possono essere notevolmente ridotte con l'impiego di **vetrocamera (singolo o doppio)**, che abbattano notevolmente le dispersioni di calore (fino a 4-5 volte). La camera d'aria tra i due vetri può essere riempita semplicemente di aria, oppure possono essere impiegati dei **gas inerti** (o "pesanti", ad es. l'argon, il kripton, ecc.) in grado di rallentare il moto convettivo interno e, quindi, la trasmissione del calore da una superficie all'altra, limitando così il fenomeno della dispersione. Ogni gas necessita di uno spessore specifico di camera d'aria e sarà, quindi, un fattore che condiziona le misure dell'infisso.

È possibile aumentare ulteriormente l'efficienza del vetrocamera adottando **pellicole bassoemissive** (depositi, generalmente in alluminio) sulla superficie interna della camera, in grado di lasciar passare quasi per intero lo spettro della radiazione solare (nelle frequenze più elevate), ma impedendo il passaggio della radiazione di frequenza più bassa (l'infrarosso, ossia la componente "termica" della luce solare), migliorando così il risultato finale. In questo caso l'impianto di condizionamento non dovrà lavorare per espellere il calore in più che viene immesso nell'ambiente. Le pellicole bassoemissive condizionano leggermente la trasmissione luminosa (TL) attraverso il vetro: tipicamente, esse hanno una TL = 80, facendo passare l'80% di luce (la parte restante viene riflessa ed assorbita dal vetro stesso).

2. **Tipo di telaio.** Il telaio dell'infisso è responsabile della tenuta all'aria e del taglio termico. Il materiale deve essere scelto in funzione delle prestazioni offerte e dell'integrazione architettonica nel contesto. Gli infissi attualmente esistenti raggiungono trasmittanze termiche molto elevate (anche  $7,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  per i telai metallici senza taglio termico, es. ferro-finestra), con effetti sulle dispersioni di calore e sul comfort termico percepito dall'utente; inoltre, le basse temperature raggiunte da questi elementi generano fenomeni di condensa superficiale.

Attualmente il mercato offre svariate **tecnologie per i telai**. Le più diffuse sono:

- legno massiccio o lamellare (preferibile per la maggiore resistenza meccanica, l'indeformabilità nel tempo e la prestazione termica);
- metallo a taglio termico (generalmente alluminio);
- PVC a taglio termico;
- tecnologia mista in legno-alluminio, in cui il profilo metallico è posizionato verso l'esterno a protezione dagli agenti atmosferici; l'intercapedine tra l'alluminio e il legno può essere vuota (con ancoraggi atermici in materiale sintetico o resina) oppure riempita con materiale isolante (es. XPS) che migliora la prestazione termica;
- tecnologia mista con interposizione di materiale isolante.

Un elemento importante dei telai sono le **guarnizioni di battuta**, responsabili della tenuta all'aria e dell'ulteriore abbattimento acustico dell'infisso. Esse sono generalmente prodotte in gomma o PVC.

3. **Tipo di distanziale.** Il ponte termico lineare del vetrocamera non è una costante che dipende dal materiale, bensì dalla posa in opera. Generalmente esso viene fornito in alluminio, ma non è sicuramente il materiale migliore poiché si tratta di un metallo a elevata conducibilità termica; sono preferibili, invece, materiali come l'acciaio inox (circa 7 volte meno disperdente) oppure le materie sintetiche. Il ponte termico dovuto al distanziale è generalmente responsabile della formazione di condensa lungo i profili del vetrocamera: la bassa temperatura in corrispondenza dei bordi può anche raggiungere i  $3,7\text{-}4 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Il sistema vetrato può essere integrato con **accessori** che permettono di modificare il comportamento dell'infisso in base a comandi specifici; si tratta principalmente di tecnologie (più o meno integrate) in grado di manovrare gli infissi, o parte di essi, come ad esempio:

- le prese d'aria per la ventilazione meccanica controllata;
- gli attuatori per l'apertura automatica delle finestre.

Nel caso di presenza di avvolgibili è necessario prestare particolare attenzione al **cassonetto**, poiché esso rappresenta un ponte termico notevole. Se non è possibile provvedere alla coibentazione esterna del cassonetto, è auspicabile adottare un minimo di isolamento termico all'interno dello stesso (ad esempio, materassini che facilmente si adattano agli spazi limitati, oppure pannelli di spessore sottile). Inoltre, per evitare l'ingresso dell'aria, è auspicabile il montaggio di opportune spazzole antivento in corrispondenza della fessura di discesa dell'avvolgibile.

Il **montaggio** degli infissi resta, tuttavia, il momento di maggiore criticità: un posizionamento sbagliato riduce notevolmente le prestazioni termiche di un infisso, malgrado le caratteristiche dello stesso. Nel caso di una riqualificazione globale dell'edificio, comprendente anche un isolamento esterno a cappotto, è necessario ripensare il noto parete-infisso con la consulenza dell'impresa fornitrice; è possibile, infatti, adottare strategie che consentono di proteggere il punto di ancoraggio a muro del telaio, facendo risvoltare il materiale coibente e avvalendosi degli

opportuni nastri adesivi per la tenuta all'aria. In questo modo è possibile eliminare completamente il rischio di ponti termici e la formazione di condensa (e, quindi, di muffe) nella parte interna della muratura, in corrispondenza del sotto bancale. Nel caso in cui, invece, non siano previste opere di isolamento delle chiusure opache, è necessario adottare opportune misure per ridurre le infiltrazioni e i ponti termici, adottando, ad esempio, delle schiume riempitive in grado di raggiungere gli interstizi.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Medio</b>	<p><b>10 ÷ 20%</b></p> <p>In relazione alla trasmittanza termica degli infissi adottati rispetto a quelli preesistenti e all'estensione della superficie vetrata</p> <p>(Fonte: ENEA – FIRE, 1994)</p>	<b>+2</b>

#### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 397 Scuola primaria, Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. I nuovi infissi sono stati montati al filo esterno della parete, in linea con l'isolamento a cappotto, per ridurre le disomogeneità termiche dell'involucro (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 398 Scuola primaria, Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Il progetto di riqualificazione ha previsto l'adozione di infissi in alluminio a taglio termico con doppio vetrocamera basso emissivo.



Fig. 399 Scuola secondaria di I grado "R. Fucini", Roma – Comune di Roma. Dispositivo attuatore per l'apertura automatica degli infissi (Foto: Comune di Roma).

## 2

## TEMPERATURA

## 2.1

## CONTROLLO DELLA TRASMISSIONE DI CALORE ATTRAVERSO L'INVOLUCRO

## 2.1.5

## PROVVEDERE ALL'ISOLAMENTO TERMICO DELL'INVOLUCRO

## Finalità

Aumentare la resistenza termica dell'involucro opaco, riducendo le dispersioni termiche durante l'inverno e l'ingresso del calore durante l'estate.

## Riferimento legislativo o normativo

**DLgs 311/2006** - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Tabella 2 dell'Allegato C - U strutture opache verticali [ $W/m^2K$ ], Tabella 3.1 dell'Allegato C - U coperture [ $W/m^2K$ ], Tabella 3.2 dell'Allegato C - U pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno [ $W/m^2K$ ].

**UNI/TS 11300-1:2008** - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale – Appendice B.

## Specifica di prestazione

## 1. Chiusure opache verticali

Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010
A	0.72	0.62
B	0.54	0.48
C	0.46	0.40
D	0.40	0.36
E	0.37	0.34
F	0.35	0.33

## 2. Coperture

Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010
A	0.42	0.38
B	0.42	0.38
C	0.42	0.38
D	0.35	0.32
E	0.32	0.30
F	0.31	0.29

## 3. Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno

Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010
A	0.74	0.65
B	0.55	0.49
C	0.49	0.42
D	0.41	0.36
E	0.38	0.34
F	0.36	0.33

## Livello di applicazione

Obbligatorio

## Descrizione generale dell'intervento

Le chiusure opache degli edifici sono responsabili di notevoli dispersioni termiche (20-25% per le chiusure opache verticali e 10-15% per quelle inclinate e orizzontali – Fonte: Agenzia CasaClima, 2005). Le principali tecnologie costruttive che costituiscono le chiusure opache degli edifici scolastici sono in gran parte prive di qualsiasi tipo di isolamento termico, ma, se fino agli anni Quaranta si è costruito con tecnologie caratterizzate da una forte massa termica (murature in laterizio pieno a 2 o 3 teste), dagli anni Cinquanta in avanti tecniche e materiali sono andati via via impoverendosi, raggiungendo standard costruttivi e prestazioni termiche molto bassi (telai i.c.a. e tamponamenti leggeri, strutture prefabbricate senza isolamento, numerosi ed evidenti ponti termici, ecc.). Per porre rimedio al problema delle dispersioni di calore, contribuendo allo stesso tempo all'innalzamento del benessere termico, è necessario **provvedere a sistemi di isolamento termico delle chiusure opache verticali, inclinate e orizzontali**

(superiori e inferiori).

Nelle scuole esistenti (in particolare appartenenti al periodo compreso tra gli anni Quaranta e Settanta) si interviene difficilmente sui solai a terra senza doverne demolire almeno una parte, poiché l'elemento tecnico si presenta generalmente sotto forma di solaio rialzato ma non ispezionabile (solai o voltine su muretti) oppure su vespai, più o meno areati. Diversamente, sulle pareti perimetrali è possibile intervenire con tecniche meno distruttive e che richiedono, pertanto minori tempi e costi e che possono avere positive ripercussioni sull'immagine generale del fabbricato (nuova valenza architettonica). Per quanto concerne le chiusure superiori è possibile intervenire direttamente sulla chiusura (orizzontale o inclinata) oppure, negli edifici che presentano sottotetti non abitabili, sul solaio tra l'ultimo piano e la copertura stessa.

In ogni caso, quando si intende intervenire sull'involucro termico dell'edificio è importante adottare una **strategia di tipo olistico** che consideri sia le porzioni opache che trasparenti (sostituzione degli infissi – cfr. scheda 2.1.4), nell'ottica della riduzione delle dispersioni e dei ponti termici.

#### **note**

*La scelta della soluzione di isolamento maggiormente pertinente al contesto deve essere effettuata in relazione alle dimensioni dell'edificio, al tipo edilizio (si ottengono maggiori vantaggi nelle costruzioni compatte, ad esempio, a blocco), al contesto urbano, alle tecnologie costruttive e alle modalità di utilizzo (attività solo scolastiche o aperte alla cittadinanza).*

*Per le costruzioni nei centri storici e nei tessuti urbani compatti, esiste un problema legato alle distanze dai confini e dalle costruzioni adiacenti; in questi casi, è necessario valutare i pro e i contro di eventuali tecnologie di isolamento interno (ad esempio contropareti con isolanti sottili) oppure la possibilità di effettuare deroghe ai confini, in accordo con i Comuni e i proprietari degli immobili vicini.*

*Per tutte le strategie adottabili, è necessario valutare in fase preliminare la compatibilità tra l'utenza e i materiali impiegabili; nelle scuole, infatti, sono anche previste attività ludico-ricreative (ad esempio scuole per l'infanzia e primarie) in cui possono essere compromessi eventuali isolamenti interni. In linea generale, è preferibile adottare materiali con elevata resistenza meccanica agli urti e alla rottura.*

### **Approfondimento**

#### **Chiusure verticali opache**

L'isolamento termico della chiusura può essere realizzato:

1. All'**esterno**. È sicuramente la soluzione più efficace per isolare un edificio esistente, compatibilmente con i vincoli architettonici, la resistenza meccanica della chiusura e lo stato di conservazione della superficie della stessa. Le strategie di isolamento dall'esterno sono:

- **Isolamento a cappotto**. Consiste nell'applicare sulla faccia esterna della parete un pannello di materiale isolante ricoperto da un intonaco, rinforzato da una armatura e completato da uno strato di finitura. Il sostanziale vantaggio di questa tipologia di intervento, rispetto ad uno strato interno, è quello dovuto alla creazione di un "volano termico"; ciò significa che tutta la muratura interna al "cappotto" è capace di accumulare energia termica e la sua inerzia contribuisce a mantenere stabile la temperatura nell'ambiente interno o, comunque, ad evitare variazioni rapide della stessa.

La tecnologia a cappotto offre un triplice vantaggio:

- i.* elimina pressoché completamente i **ponti termici**;
- ii.* elimina i fenomeni di **condensazione** del vapor d'acqua;
- iii.* **migliora sensibilmente l'inerzia termica** dell'edificio (diminuendo drasticamente il coefficiente globale di scambio termico della parete sottoposta a retrofit, consente l'abbattimento della potenza termica trasmessa attraverso la parete stessa).

I materiali isolanti utilizzati devono essere caratterizzati da ottime caratteristiche meccaniche e di resistenza agli agenti atmosferici. A tale proposito, indipendentemente dal tipo di materiale scelto (naturale o di sintesi), è preferibile adottare materiali sintetici impermeabili fino a un metro da terra, per evitare il rischio di risalita di umidità per capillarità. Inoltre, è necessario valutare la permeabilità al vapore dei materiali impiegati che, allo stesso tempo, devono avere una capacità di assorbimento dell'acqua meteorica pressoché nulla.

La finitura superficiale può essere di tipo tradizionale, ad esempio come quella preesistente; essa svolge una funzione protettiva degli strati sottostanti e serve a conferire l'aspetto esterno dell'edificio. Visto che la crescita di alghe e funghi si può manifestare più facilmente nei sistemi a cappotto, è indicato un rivestimento additivato con specifici prodotti.

È bene effettuare una **verifica della condensa interstiziale** attraverso diagramma di Glaser ed, eventualmente, provvedere alla posa in opera di opportune **barriere al vapore o freni vapore**.

- **Parete ventilata**. Questa tecnologia permette di coniugare i vantaggi dell'isolamento a cappotto con i benefici di una ventilazione superficiale. I moti convettivi dell'aria all'interno dell'intercapedine, attivati grazie all'effetto camino, permettono una riduzione del carico termico durante il periodo estivo e l'allontanamento del vapor

d'acqua proveniente dall'interno dell'edificio (riduzione dei fenomeni di condensa superficiale). I moti convettivi possono causare una modesta riduzione del potere isolante dello strato coibente, ma proteggono l'intera chiusura dagli stress termici. Non ultimo, la parete ventilata migliora le prestazioni acustiche dell'intera chiusura. Il rivestimento esterno lascia spazio a molteplici materiali (pietra, laterizio, materie plastiche, legno, metallo, ecc.), lasciando notevole libertà espressiva al progettista. Per la posa in opera si posizionano sul muro esterno dei correntini verticali fra i quali sono alloggiati i pannelli di isolamento; si applica, quindi, un'orditura orizzontale al fine di creare un'intercapedine di circa 5 cm. Infine, si procede con la posa il rivestimento, facendo attenzione alla predisposizione di aperture (protette da apposite griglie anti-intrusione) che garantiscono la ventilazione delle pareti, permettendo l'espulsione dell'aria calda (più leggera) dall'estremità superiore e il richiamo di aria fresca (per differenza di pressione) dall'estremità inferiore.

È bene effettuare una **verifica della condensa interstiziale** attraverso diagramma di Glaser ed, eventualmente, provvedere alla posa in opera di opportune **barriere al vapore o freni vapore**.

Questa tecnologia è particolarmente adatta in caso di superfici esistenti non regolari, di problemi di particolare degrado dei materiali, di murature soggette a forti variazioni igrometriche e con fessurazioni.

2. All'**interno**. Consiste nell'applicazione, sul lato interno delle pareti ad elevata trasmittanza, di una controparete isolante realizzata con lastre o pannelli rigidi, sigillati con apposite bande e successivamente finiti con appositi rasanti. Il vantaggio è dato, sicuramente, dalla rapidità di applicazione e la relativa economicità, ma gli svantaggi sono legati all'allontanamento dall'utente della porzione di parete caratterizzata da massa termica e, quindi, anche la funzione di igroregolazione. Di fatto, questa può essere una strategia particolarmente adatta alle scuole, caratterizzate da regimi di riscaldamento intermittenti, poiché avere l'isolamento sul lato interno consente di riscaldare più velocemente il locale. Lo svantaggio è rappresentato dalla possibilità di ottenere fessurazioni lungo le linee di accoppiamento delle lastre e dalla difficile correzione dei ponti termici. Inoltre, è necessario verificare la disponibilità di spazio all'interno delle aule poiché, se non si usano materiali evoluti particolarmente sottili (ad esempio, gli isolanti sottovuoto) è possibile che sia necessario un certo spessore per raggiungere le prestazioni desiderate.

A causa della scarsa capacità termica delle contropareti, sono possibili fenomeni di condensa interstiziale; quindi, se l'isolante non ha una elevata resistenza alla diffusione del vapore, è consigliabile l'uso di una barriera al vapore sulla faccia interna della controparete stessa.

3. Nell'**intercapedine**. Consiste nell'inserimento di materiale isolante all'interno dell'intercapedine della chiusura esistente. Questa strategia è particolarmente adatta agli edifici costruiti con tecnologie di prefabbricazione pesante (primi anni Ottanta) in cui veniva lasciata un'intercapedine d'aria (a volte anche dell'ordine di 10 cm) tra le lastre esterne in c.a. e la controparete interna. Nei casi in cui queste pareti presentassero del materiale isolante visibilmente degradato nell'intercapedine (a causa dei fenomeni di condensa interstiziale), è preferibile procedere con la completa rimozione della controparete e delle rimanenze di isolamento e, successivamente pianificare diversamente l'intervento (ad esempio, possono essere consigliati isolanti in lastre e successive contropareti).

È possibile inserire materiali isolanti sfusi per insufflazione (come sughero, sughero tostato, perlite, polistirolo, etc.) o per pompaggio (è il caso delle resine sintetiche). Queste operazioni sono generalmente possibili effettuando un reticolo di fori (di diametro di circa 35 mm) a distanza di circa un metro tra di loro (ma dipende dai materiali) e procedendo all'inserimento dell'isolante. I materiali sfusi devono essere leggeri: sono da evitare, quindi, l'utilizzo di argilla espansa o di altri materiali relativamente pesanti, a meno di muri di forte spessore.

La maggiore criticità di questa soluzione è la mancata correzione dei ponti termici che possono avere maggiore influenza dopo il trattamento a causa della maggiore differenza della temperatura superficiale.

#### **Chiusure superiori (orizzontali e inclinate)**

L'isolamento termico della chiusura può essere realizzato:

1. Nell'**estradosso**. Consiste nell'applicazione di uno strato di isolamento termico sul lato esterno della chiusura, analogamente a quanto succede per l'isolamento a cappotto. In relazione al tipo di chiusura è possibile intervenire attraverso:

- **l'inserimento del materiale isolante al di sotto del manto di copertura**, per i casi di chiusura inclinata. In questo caso è possibile valutare l'opportunità di adottare una ventilazione sottocoppo che aiuta l'allontanamento del calore e l'eliminazione del vapor d'acqua proveniente dall'interno, similmente a quanto accade per le pareti ventilate. Il problema del ponte termico nel nodo parete-copertura può essere parzialmente eliminato facendo avanzare l'isolante sulla falda fino a superare l'attacco della parete.
- **l'inserimento del materiale isolante al di sopra del lastricato solare**, per le chiusure orizzontali non calpestabili, e di un successivo pavimento galleggiante, nei casi di chiusura calpestabile. Nel primo caso è necessario pensare ad una strategia per il controllo del surriscaldamento (ghiaia, apposite vernici bianche o argentate, ecc.) e alla corretta impermeabilizzazione della superficie esterna. Il problema del ponte termico nel nodo parete-copertura è difficilmente risolvibile.



In entrambi i casi deve essere attentamente valutato il tipo di materiale impiegato in relazione all'attenuazione e allo sfasamento dell'onda termica incidente durante il periodo estivo, quando le coperture sono maggiormente colpite da radiazione solare, in particolare nelle strutture ad uso continuativo (attività extrascolastiche). Inoltre, deve essere valutata la necessità di adottare opportune barriere al vapore.

2. Nell'**intradosso**. Consiste nell'applicazione di uno strato isolante sul lato interno della copertura, sia essa orizzontale o inclinata. È preferibile adottare pannelli rigidi che vengono appesi e successivamente protetti da un controsoffitto (in cui dovrà essere previsto e integrato il sistema di illuminazione artificiale) che può anche presentare caratteristiche fonoassorbenti. Prima di procedere all'applicazione di isolamento a soffitto è necessario verificare le altezze interne dei locali. La coibentazione interna, al pari del cappotto interno, allontana la massa superficiale della chiusura dall'utente, ma è maggiormente efficace per il raggiungimento in tempi brevi dell'adeguata temperatura interna nel periodo invernale. Uno dei problemi maggiori è comunque legato all'assorbimento della radiazione solare da parte della struttura portante superiore che successivamente cede calore verso l'interno, anche se parzialmente frenato dall'isolamento.

3. Nel vano **sottotetto**. Nei casi di copertura inclinata, è possibile che le aule non siano a diretto contatto con la copertura, ma che sia presente un sottotetto non abitabile e ispezionabile. In queste situazioni è possibile intervenire isolando l'estradosso dell'ultimo solaio, in modo che il sottotetto diventi un vano "cuscinetto" in grado di proteggere ulteriormente l'isolante; il sottotetto può essere dotato di aperture in grado di provvedere alla ventilazione nel periodo estivo e alla creazione di uno strato di aria sufficientemente ferma nel periodo invernale. Anche in questo caso, è difficile correggere il ponte termico nel nodo solaio-parete verticale, ma, qualora fosse previsto anche un isolamento a cappotto, la strategia si dimostrerebbe efficace.

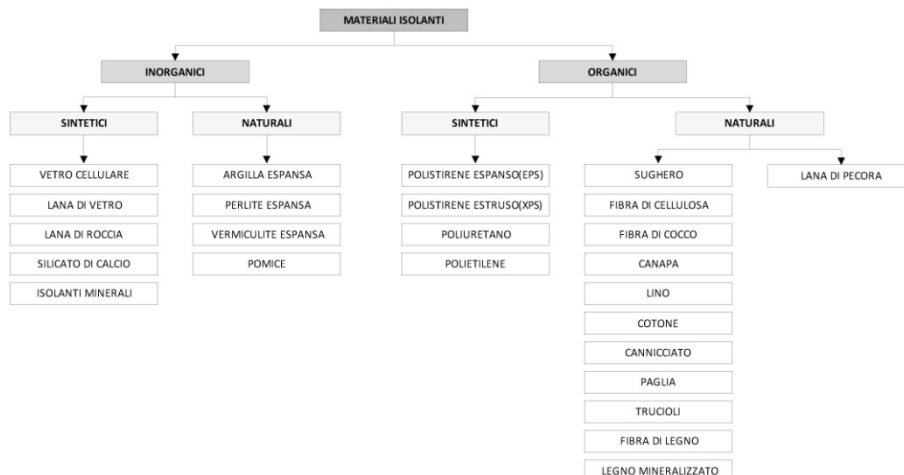
#### Chiusure inferiori

L'isolamento termico della chiusura inferiore è tendenzialmente più invasivo rispetto alle altre chiusure e, pertanto, conviene adottarlo in concomitanza con altri interventi sul solaio. Esso può essere realizzato:

1. **Sopra la struttura portante**. Consiste nell'applicazione di uno strato isolante al di sopra della struttura portante del solaio, seguito dagli strati di integrazione impiantistica, dall'allettamento e dalla pavimentazione. Qualora l'intervento prevedesse un sistema di riscaldamento a pavimento è possibile utilizzare moduli per l'alloggiamento dei tubi costituiti da pannelli sagomati in polistirolo o polistirene che assolvono anche alla protezione termica senza dover aggiungere ulteriori strati di isolante. È assolutamente necessario provvedere alla posa in opera di opportune barriere al vapore e di strati di separazione per evitare che le dilatazioni termiche provochino il ritiro dei massetti e la conseguente lacerazione del pannello. Infine, i pannelli devono essere dotati di particolare resistenza meccanica a compressione.

2. **Sotto la struttura portante**. Nei casi di strutture rialzate dal terreno (solai ispezionabili su muretti), di seminterrati non abitabili e strutture su pilotis è possibile adottare la strategia del cappotto esterno.

I **materiali** adottabili per l'isolamento termico sono molteplici e devono essere relazionati alla strategia di intervento (cappotto esterno, interno o isolamento in intercapedine) e alla trasmittanza termica che si desidera raggiungere. Essi sono suddivisi in:



Essi si presentano sotto forma di:

- **feltri** (adatti per cappotto esterno e interno): fibra di legno, fibra di lino, lana di vetro, lana di roccia, isolanti riflettenti, ecc.;
- **pannelli** (adatti per cappotto esterno e interno): polistirolo, polistirene, silicati di calcio, lana di legno mineralizzata, sughero, pannelli sotto vuoto (VIP), pannelli isolanti trasparenti (TIM), ecc.;
- **materiali sfusi** (adatti per riempimenti di intercapedini): argilla espansa, vermiculite, fiocchi di cellulosa, sugherite, ecc.;
- **schiume** (adatti per riempimenti di intercapedini): poliuretano.

La **posa in opera** dei materiali isolanti deve avvenire cercando di creare il minor numero di ponti termici. Nel caso di impiego di pannelli rigidi, gli ancoraggi possono avvenire attraverso:

- **elementi di fissaggio meccanico**, ovvero tasselli, travetti, supporti metallici;
- **collanti**;
- **fissaggio meccanico e collanti**.

Nel caso di elementi di fissaggio meccanici, è importante valutare che viene a crearsi un peggioramento della trasmittanza termica dovuta a ponti termici diffusi nei seguenti ordini di grandezza:

- cappotto monostrato con supporto in travetti in legno:  $U = +21\%$  (Fonte: CasaClima);
- cappotto monostrato con supporto in mensole e angolari in acciaio:  $U = +17\%$  (Fonte: CasaClima);
- cappotto monostrato con supporto in alluminio:  $U = +28\%$  (Fonte: CasaClima);
- cappotto monostrato con supporto in tasselli distanziatori e piastre di ancoraggio:  $U = +4\%$  (Fonte: CasaClima);
- cappotto doppio strato con supporto in listelli in legno:  $U = +13\%$  (Fonte: CasaClima).

Pertanto, per unire la prestazione termica alla resistenza meccanica è possibile adottare sia i collanti che i tasselli, meglio se di tipo atermico.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Lungo	<p><b>25 - 30%</b> Per riscaldamento</p> <p><b>Fino al 40%</b> Per raffrescamento (Fonte: ENEA, 2003)</p>	<b>+2</b>

#### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 400 Scuola primaria, Casteldarne – EM2 Architetti. Isolamento a cappotto esterno costituito da polistirene espanso (fino a 1 m) successivamente sormontato da pannelli in silicato di calce. Gli isolanti sono stati applicati a colla (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 401 Scuola per l'infanzia e primaria "Marconi", Firenze – Comune di Firenze. Posa in opera di pannelli in polistirene fissati con tasselli atermici. La finitura esterna prevede la posa di un rivestimento esterno in pannelli modulari in alluminio tipo "Alucobond" per la scuola primaria e la palestra e in pietra Santa Fiora per il corpo centrale (Foto: Comune di Firenze).



Fig. 402 Istituto Superiore Professionale, Aquisgrana – Comune di Aquisgrana. Coibentazione del sottotetto con fiocchi di cellulosa (Foto: IEA ECBCS – Annex 36).

2	TEMPERATURA	
2.2	RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI PER CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	
2.2.1	PROVVEDERE AL MONITORAGGIO DEI CONTRATTI DI FORNITURA ENERGETICA	
Finalità	Riferimento legislativo o normativo	
Risparmiare risorse economiche attraverso il monitoraggio dei contratti delle forniture energetiche.	-	
	Specifica di prestazione	
	-	
	Livello di applicazione	
	Consigliato	
Descrizione generale dell'intervento		
A seguito del processo di liberalizzazione del mercato dell'energia, è importante effettuare una verifica periodica dei contratti di fornitura energetica (elettricità e gas) al fine di scegliere, tra le compagnie accreditate all'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEGG), l'offerta e la tariffa più idonea all'utilizzo dell'immobile (in relazione alle fasce orarie di utilizzo).		
note		
<i>Per effettuare questa operazione è bene affidarsi ad un esperto della gestione energetica (Energy Manager). L'ottimizzazione del contratto di fornitura deve avvenire in funzione delle reali necessità della scuola e va calibrato in relazione al periodo di utilizzo.</i>		
Approfondimento		
Per ottimizzare ulteriormente il processo, è possibile effettuare contratti di Servizi Energetici Integrati (Global Service Energetico) con ESCo o Società di servizi. Si tratta di un contratto per la realizzazione di interventi di risparmio energetico senza investimenti da parte dell'Ente, con trasferimento delle responsabilità gestionali e costi energetici certi. Il contratto di Global Service, è strutturato in modo che i risparmi ottenuti dagli interventi di razionalizzazione consentono una riduzione complessiva dei costi per l'Ente e la remunerazione per i servizi prestati. Il servizio comprende:		
1. servizi relativi all'unità di calore fornito (servizio calore); 2. servizi relativi al mantenimento dell'efficienza dell'impianto e alla temperatura interna prefissata (servizio benessere).		
Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Immediato	1 ÷ 5%	0
Riferimenti progettuali iconografici		
-		

<b>2</b>	<b>TEMPERATURA</b>
----------	--------------------

<b>2.2</b>	<b>RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI PER CLIMATIZZAZIONE INVERNALE</b>
------------	---

<b>2.2.2</b>	<b>PROVVEDERE ALLA MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA DEL GENERATORE DI CALORE</b>
--------------	--

<p><b>Finalità</b></p> <p>Migliorare l'efficienza del generatore di calore.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DPR 26 agosto 1993, n°412</b> - <i>Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10 – Allegato E</i></p> <p><b>DPR 15 novembre 1996, n°660</b> - <i>Regolamento per l'attuazione della Direttiva 92/42/CEE concernente i requisiti di rendimento delle nuove caldaie ad acqua calda, alimentate con combustibili liquidi o gassosi</i></p> <p><b>DLgs 311/2006</b> - <i>Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Allegato C - art. 5 - Rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico</i></p>
	<p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p><math>\eta_g = (75 + 3 \log P_n) \%</math></p>
	<p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>

<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>La manutenzione dell'impianto di generazione del calore è volta alla verifica di:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>percentuale di CO<sub>2</sub> emessa;</b></li> <li>2. <b>percentuale di CO emessa;</b></li> <li>3. <b>presenza di incombusti all'interno dei fumi</b> (particelle carboniose solide incombuste, detto anche "nerofumo");</li> <li>4. <b>temperatura dei fumi;</b></li> <li>5. <b>valore dei rendimenti termici.</b></li> </ol> <p><b>note</b></p> <p><i>Oltre al valore del rendimento medio stagionale è importante valutare anche il rendimento istantaneo.</i></p>
--

<p><b>Approfondimento</b></p> <p>Il controllo generale periodico della caldaia serve per evidenziare eventuali malfunzionamenti quali, ad esempio:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>elevata temperatura dei fumi</b>, indice di una scorretta trasmissione del calore: necessità di una pulizia delle superfici di scambio (lato acqua e lato fumi);</li> <li>2. <b>bassa temperatura dei fumi</b>, indice di uno scorretto dimensionamento del bruciatore;</li> <li>3. <b>elevata temperatura del mantello</b>, indice di sostanziali dispersioni termiche: necessità di provvedere a un migliore isolamento termico della caldaia.</li> </ol>
---

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Immediato</b>	<p style="text-align: center;"><b>1,2%</b></p> <p style="text-align: center;">Per ogni punto di aumento del rendimento medio stagionale</p> <p style="text-align: center;"><b>5 ÷ 10%</b></p> <p style="text-align: center;">Mediante la regolazione del generatore di calore (Fonte: ENEA – FIRE, 1994)</p>	<b>0</b>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-

<b>2</b>	<b>TEMPERATURA</b>
<b>2.2</b>	<b>RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI PER CLIMATIZZAZIONE INVERNALE</b>
<b>2.2.3</b>	<b>PROVVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE SUI CORPI SCALDANTI DI OGNI AMBIENTE</b>
<p><b>Finalità</b></p> <p>Regolazione della temperatura ambiente dei locali in funzione degli apporti gratuiti (solari, dovuti agli occupanti o a dispositivi interni). Il livello costante di temperatura è garantito grazie alla regolazione della portata del fluido riscaldato al corpo radiante posto nell'ambiente.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DPR 26 agosto 1993, n°412</b> - <i>Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10</i></p> <p><b>Dlgs 311/2006</b> - <i>Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Allegato I - art. 11 - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</i></p> <p><b>Dlgs 626/1994</b> - <i>Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 99/92/CE, 2001/45/CE, 2003/10/CE, 2003/18/CE e 2004/40/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro</i></p> <p><b>Regolamento locale di igiene e sanità pubblica</b></p> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p>-</p> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>Le valvole termostatiche permettono di regolare la temperatura di ogni singolo ambiente in relazione agli apporti gratuiti di energia, cioè quelli dovuti, ad esempio, alla presenza di molte persone, ai raggi del sole attraverso le finestre, ai dispositivi elettronici (computers) e di illuminazione. Per ogni radiatore, al posto della valvola manuale, si può installare una valvola termostatica per regolare automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta ed impostata su una apposita manopola graduata. La valvola si chiude mano a mano che la temperatura ambiente, misurata da un sensore, si avvicina a quella desiderata, consentendo di dirottare ulteriore acqua calda verso altri radiatori, ancora aperti poiché l'ambiente non ha ancora raggiunto la temperatura limite.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>Per gli edifici di costruzione recente, l'applicazione di questi dispositivi è favorita dalla generale predisposizione dei termosifoni a ricevere la "testa termostatica".</i></p> <p><i>Per il corretto funzionamento delle valvole termostatiche è necessario accertarsi del corretto funzionamento delle sonde di temperatura degli ambienti.</i></p>	
<p><b>Approfondimento</b></p> <p>Attraverso l'impiego di valvole termostatiche è possibile impostare differenti temperature all'interno degli ambienti in relazione all'attività svolta e all'orientamento del vano.</p>	

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Immediato</b>	<b>5 ÷ 10%</b> Per ogni °C di riduzione della temperatura interna media (Fonte: ENEA – FIRE, 1994) <b>Fino al 20%</b> (Fonte: ENEA, 2003)	<b>+1</b>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-

## 2 TEMPERATURA

### 2.2 RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI PER CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

#### 2.2.4 PROVVEDERE ALLA CHIUSURA DI NICCHIE DI ALLOGGIAMENTO DEI RADIATORI

<p><b>Finalità</b></p> <p>Eliminare i ponti termici e le successive dispersioni di calore dovuti alla riduzione dello spessore della chiusura opaca.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DLgs 311/2006</b> - <i>Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Tabella 2 dell'Allegato C - U strutture opache verticali [W/m<sup>2</sup>K]</i></p> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona climatica</th> <th>Dal 1/1/2008</th> <th>Dal 1/1/2010</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>0.72</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>0.54</td> <td>0.48</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>0.46</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>0.40</td> <td>0.36</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>0.37</td> <td>0.34</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>0.35</td> <td>0.33</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio, limitatamente alla trasmittanza della chiusura opaca verticale.</p>	Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010	A	0.72	0.62	B	0.54	0.48	C	0.46	0.40	D	0.40	0.36	E	0.37	0.34	F	0.35	0.33
Zona climatica	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010																				
A	0.72	0.62																				
B	0.54	0.48																				
C	0.46	0.40																				
D	0.40	0.36																				
E	0.37	0.34																				
F	0.35	0.33																				

<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>Nelle strutture scolastiche esistenti si riscontrano frequentemente impianti di climatizzazione invernale che utilizzano corpi scaldanti (radiatori) all'interno dei locali; purtroppo la prassi costruttiva, per motivi estetici e di sicurezza, ha sempre preferito l'installazione dei radiatori all'interno di nicchie ricavate al di sotto del piano d'imposta degli infissi esterni, soluzione che compromette la prestazione termica dell'involucro edilizio poiché crea ponti termici di notevoli dimensioni.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>Nel caso di estrazione del radiatore dalla nicchia, per evitare possibili rischi dovuti a collisioni con gli elementi radianti, sarà opportuno provvedere alla predisposizione di elementi di protezione e di sicurezza per gli utenti, in particolare se si tratta di scuole per l'infanzia o primarie.</i></p>
---

<p><b>Approfondimento</b></p> <p>Per controllare la trasmissione di calore è necessario eliminare tale ponte termico in corrispondenza delle nicchie; ciò è possibile attraverso:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. l'inserimento di <b>materiale isolante</b> (cuscineti, pannelli tradizionali, pannelli sotto vuoto, ecc.) ad alte prestazioni tra parete e radiatore, negli spessori consentiti dal caso;</li> <li>2. l'inserimento di <b>fogli riflettenti</b> (o di materiali stratificati isolante – alluminio) che permettano la diffusione del calore nella direzione dell'ambiente e non verso l'esterno;</li> <li>3. l'<b>estrazione del radiatore dalla nicchia</b> e la successiva chiusura della stessa attraverso materiali omogenei rispetto al resto della parete.</li> </ol>
--

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Immediato</b>	<b>1 ÷ 5%</b> (Fonte: rielaborazione su dati Enea – FIRE, 1994)	<b>+1</b>



**Riferimenti progettuali iconografici**

-

## 2

## TEMPERATURA

## 2.2

## RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI PER CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

## 2.2.5

## PROVVEDERE ALLA COIBENTAZIONE DELLE CONDOTTE DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE

## Finalità

Riduzione delle dispersioni di calore lungo le tubazioni di distribuzione del fluido riscaldato.

## Riferimento legislativo o normativo

**DPR 26 agosto 1993, n°412** - *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10 – Allegato B*

## Specifica di prestazione

$\lambda$ isolante (W/m°C)	Diametro esterno della tubazione (mm)					
	<20	20-39	40-59	60-79	80-99	>100
<b>0.034</b>	13	19	26	33	37	40
<b>0.036</b>	14	21	29	36	40	44
<b>0.038</b>	15	23	31	39	44	48
<b>0.040</b>	17	25	34	43	47	52
<b>0.042</b>	18	28	37	46	51	56
<b>0.044</b>	20	30	40	50	55	60
<b>0.046</b>	22	32	43	54	59	64
<b>0.048</b>	24	35	46	58	63	69
<b>0.050</b>	26	38	50	62	68	74
<b>0.034</b>	28	41	54	66	72	79
<b>0.036</b>	30	44	58	71	77	84

## Livello di applicazione

Obbligatorio

## Descrizione generale dell'intervento

Per limitare le dispersioni, le tubazioni della rete di distribuzione devono essere protette da materiale isolante in adeguato spessore, dipendente dal diametro della tubazione, dal tipo di isolante e dalla parete che attraversa.

Le tubazioni devono essere coibentate in caso di:

1. localizzazione in ambienti esterni;
2. in locali non riscaldati;
3. all'interno di chiusure esterne non coibentate;
4. all'interno di strutture poste tra ambienti riscaldati;
5. sviluppo verticale in strutture isolate.

**note**

*I montanti verticali delle tubazioni devono essere posti al di qua dell'isolamento termico dell'involucro edilizio, verso l'interno del fabbricato ed i relativi spessori minimi dell'isolamento che risultano dalla tabella 1, vanno moltiplicati per 0,5. Per tubazioni correnti entro strutture non affacciate né all'esterno né su locali non riscaldati gli spessori di cui alla tabella 1, vanno moltiplicati per 0,3.*

## Approfondimento

-

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Breve</b>	<b>1 ÷ 5%</b> (Fonte: ENEA – FIRE, 1994)	<b>0</b>

Riferimenti progettuali iconografici

-

<b>2</b>	<b>TEMPERATURA</b>
<b>2.2</b>	<b>RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI PER CLIMATIZZAZIONE INVERNALE</b>
<b>2.2.6</b>	<b>PROVVEDERE ALLA ZONIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE</b>
<p><b>Finalità</b></p> <p>Distribuire il calore in base alle esigenze orarie di riscaldamento nelle diverse parti dell'edificio (aule, uffici, laboratori, ecc.).</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DPR 26 agosto 1993, n°412</b> - <i>Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10</i></p> <hr/> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p>-</p> <hr/> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>La regolazione per zone dell'impianto termico è una strategia efficace nel caso in cui le diverse parti dell'edificio manifestassero esigenze di riscaldamento differenti (per orario giornaliero o settimanale), come, ad esempio, aule, laboratori, palestre, uffici e qualora parte dell'edificio fosse utilizzato nelle ore pomeridiane per le attività extrascolastiche. In questi edifici è conveniente razionalizzare l'impianto di distribuzione del calore in più gruppi (o livelli) poiché, per motivi legati alla configurazione della rete di distribuzione (rami passanti), la semplice chiusura dei corpi scaldanti può non escludere il passaggio del fluido caldo, con inevitabile perdita di calore e innalzamento dei consumi.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>La zonizzazione può portare un sostanziale risparmio energetico soprattutto in edifici molto grandi e articolati e negli edifici con distribuzione orizzontale separate degli spazi (tipo esteso, tipo "scuola-strada", tipo a pettine, tipo aperto).</i></p> <p><i>Particolare attenzione dovrà essere prestata alla regolazione del generatore di calore poiché, negli impianti centralizzati, la distribuzione a zone può causare intermittenze nel funzionamento che comportano una riduzione del rendimento stagionale del generatore stesso. In alcuni casi, a seguito di una verifica economica, è possibile valutare l'opportunità di installare una caldaia di piccole dimensioni per ogni zona dell'edificio.</i></p>	
<p><b>Approfondimento</b></p> <p>La suddivisione può essere eseguita in due modalità:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>distribuzione verticale</b> (impianto a <b>colonne montanti</b>): sono costituiti da un anello, formato da una tubazione di mandata e una di ritorno, che percorre la base dell'edificio. Dall'anello si dipartono delle colonne montanti che alimentano i vari radiatori posti sulla stessa verticale ai vari piani dell'edificio. È un tipo di distribuzione che si adatta a edifici a più piani in cui si presenta uguale distribuzione interna ai diversi livelli (es. tipo a blocco) e permette di evitare il completo rifacimento della rete di distribuzione;</li> <li><b>distribuzione orizzontale</b> (impianto a <b>zone</b>): sono realizzati in modo che ad ogni zona dell'edificio è dedicata una parte della rete di distribuzione. Con questo tipo di impianto è possibile gestire in maniera diversificata le varie zone, non riscaldando, ad esempio, quelle che in un dato periodo, non sono occupate. Il modello si adatta particolarmente agli edifici costituiti da sviluppo orizzontale o che presentano suddivisioni differenti ai vari piani.</li> </ol>	

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Medio</b>	<p style="text-align: center;"><b>5 ÷ 40%</b></p> <p>In relazione all'estensione delle zone con esigenze limitate di riscaldamento e ai tempi di riduzione del servizio (Fonte: ENEA – FIRE, 1994)</p>	<b>0</b>
<b>Riferimenti progettuali iconografici</b> -		

<b>2</b>	<b>TEMPERATURA</b>
<b>2.2</b>	<b>RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI PER CLIMATIZZAZIONE INVERNALE</b>
<b>2.2.7</b>	<b>PROVVEDERE ALLA SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE</b>
<p><b>Finalità</b></p> <p>Migliorare l'efficienza dell'impianto di generazione di calore e ridurre i consumi energetici dovuti all'obsolescenza del dispositivo.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DLgs 311/2006</b> - <i>Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Allegato C, art. 5 - Rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico; Allegato I, art. 14 - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</i></p> <hr/> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p><math>\eta_g = (75 + 3 \log P_n) \%</math>, dove <math>\log P_n</math> è il logaritmo in base 10 della potenza utile nominale del generatore o dei generatori di calore al servizio del singolo impianto termico, espressa in kW.</p> <hr/> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>Nel caso in cui un'accurata indagine sul costruito faccia emergere problematiche legate al sistema di generazione del calore tali per cui se ne rende necessaria la sostituzione, è necessario considerare che in un edificio scolastico l'utilizzo degli ambienti è assolutamente intermittente (definito anche con il termine "tutto-niente"). In relazione a questo regime di utilizzo è preferibile adottare caldaie con le seguenti caratteristiche:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. bassa inerzia termica;</li> <li>2. in grado di garantire rapide messe a regime;</li> <li>3. alti rendimenti puntuali;</li> <li>4. basso valore delle perdite a vuoto;</li> <li>5. adeguatamente accoppiata a un bruciatore con modulazione di fiamma.</li> </ol> <p><b>note</b></p> <p><i>Nel caso in cui non siano applicabili soluzioni di cogenerazione o teleriscaldamento o pompa di calore, la scelta del generatore di calore ad alta efficienza non ha controindicazioni. Una caldaia a condensazione mostra i suoi benefici se unita a un sistema di distribuzione a bassa temperatura (pavimenti radianti).</i></p> <p><i>Generalmente non si interviene sull'impianto di climatizzazione invernale sostituendo solo il generatore di calore, ma è necessaria una valutazione dell'intero sistema impiantistico (generazione-distribuzione-regolazione-emissione) e delle trasmittanze delle chiusure opache e trasparenti, per formulare la risposta ottimale in relazione alle esigenze dell'edificio.</i></p> <p><i>Se il Comune di appartenenza della scuola è dotato di una rete di teleriscaldamento, è necessario adeguare il sistema nell'ottica dell'allacciamento a quest'ultima.</i></p> <p><i>Nel caso in cui la scuola sia dotata di palestre o piscine ad uso promiscuo, è bene adottare dispositivi per la contabilizzazione del calore per la gestione separata delle competenze.</i></p>	
<p><b>Approfondimento</b></p> <p>La scelta di un generatore di calore è bene che avvenga in base ad alcuni criteri:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. corretto dimensionamento del generatore (potenza termica) in base agli effettivi carichi termici dell'edificio (è richiesta una preventiva simulazione numerica del comportamento termico dell'edificio), evitando sovradimensionamenti che portano molti generatori a non lavorare in condizioni ottimali;</li> </ol>	

2. uso del gas metano come combustibile (le emissioni di inquinanti su scala locale e di gas serra sono ridotti rispetto agli altri combustibili);

3. elevato rendimento del generatore (migliore rendimento di combustione, riduzione delle dispersioni di calore in caldaia, eventuale recupero del calore contenuto nei fumi).

In relazione al problema del regime "tutto-niente", il corretto dimensionamento dell'impianto termico può avvenire realizzando un sistema di caldaie a cascata, ciascuna di potenza termica pari a una data frazione della potenza massima che l'edificio può richiedere nelle peggiori condizioni. Il sistema a cascata esegue una parzializzazione del carico termico sulle diverse caldaie. Lo scopo è di aumentare il rendimento del sistema con la riduzione delle ore di accensione di ogni singola unità, ma aumentando il fattore di carico massimizzando le ore a regime di ogni bruciatore.

Le caldaie a gas attualmente in commercio hanno rendimenti che superano il valore del 90%, rispetto a rendimenti non superiori all'85% delle caldaie tradizionali (il rendimento è calcolato sulla base del potere calorifico inferiore del gas metano), in quanto nelle caldaie tradizionali l'aria comburente ha un flusso costante, tarato per funzionare alla massima potenza (nei periodi meno freddi il rendimento diminuisce notevolmente in quanto la combustione non avviene in condizioni ottimali).

Le caldaie a maggior rendimento sono quelle a condensazione (recuperano il calore latente del vapore presente nei fumi di scarico), con rendimenti tra il 103% e il 110%. Tali caldaie richiedono di integrarsi a un sistema di distribuzione a bassa temperatura (ad esempio, pavimenti radianti) e consentono il supporto di tecnologie di sfruttamento dell'energia solare, quali i collettori per la produzione dell'acqua calda sanitaria o per la stessa distribuzione a bassa temperatura.

È possibile, inoltre, adottare dispositivi di telecontrollo per permettere un monitoraggio continuo da parte del gestore dell'impianto o dall'Energy Manager.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Medio/Lungo	<p><b>15 ÷ 20%</b></p> <p>In relazione al tipo di terminali di emissione accoppiati e alla presenza di dispositivi di termoregolazione (Fonte: Carotti A., Madè D., <i>La casa passiva in Italia</i>, cfr. bibliografia)</p>	0

#### Riferimenti progettuali iconografici

-

2	TEMPERATURA							
2.3	CONTROLLO DEGLI APPORTI SOLARI GRATUITI							
2.3.1	VERIFICARE IL CONTRIBUTO DELLA VEGETAZIONE ESTERNA (SE PRESENTE)							
<b>Finalità</b> Controllare l'irraggiamento solare diretto sulle superfici dell'edificio in relazione a orientamento e stagionalità. Contribuire alla termoregolazione dell'ambiente circostante.	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="background-color: #f39c12; color: white; font-weight: bold;">Riferimento legislativo o normativo</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #f39c12; color: white; font-weight: bold;">Specifica di prestazione</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #f39c12; color: white; font-weight: bold;">Livello di applicazione</td> <td style="text-align: center;">Consigliato</td> </tr> </table>		Riferimento legislativo o normativo	-	Specifica di prestazione	-	Livello di applicazione	Consigliato
Riferimento legislativo o normativo	-							
Specifica di prestazione	-							
Livello di applicazione	Consigliato							
<b>Descrizione generale dell'intervento</b> <p>La presenza di vegetazione nelle immediate vicinanze dell'edificio comporta notevoli ripercussioni sul microclima e, in particolare, condiziona l'irraggiamento incidente. In relazione alla correzione da apportare è necessario mettere a dimora essenze vegetali oppure provvedere alla potatura o alla completa rimozione degli alberi circostanti l'edificio. La scelta e la combinazione delle specie arboree devono essere correttamente valutate, in relazione all'effetto desiderato, al clima, alla configurazione del territorio e alle caratteristiche stesse dell'essenza.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>Nel posizionare gli arbusti bisogna tenere presenti le dimensioni che questi possono raggiungere, l'incidenza che possono avere sulla ventilazione locale, la possibile protezione dai venti dominanti invernali e le eventuali interferenze con l'edificio stesso (per esempio l'ombreggiatura dei pannelli solari).</i></p> <p><i>La presenza o l'alloggiamento di specie arboree nelle aree di pertinenza della scuola contribuisce alla termoregolazione dell'ambiente esterno e può incidere positivamente anche sul benessere interno. Inoltre, nel caso di presenza di alberature consistenti, esse possono contribuire alla riduzione dell'inquinamento acustico proveniente dall'esterno (strade e sorgenti di inquinamento acustico).</i></p>								
<b>Approfondimento</b> <p>In corrispondenza delle facciate esposte a Est, Sud-Est, Sud, Sud-Ovest e Ovest si consiglia di piantare alberi a foglia caduca, per ridurre gli apporti solari estivi e sfruttare quelli invernali.</p> <p>La quantità di radiazione solare trasmessa attraverso gli alberi ad alto fusto e foglie caduche è infatti del 15-30% in estate (quando la pianta è piena di foglie), del 55-65% in inverno (rami senza foglie).</p> <p>La vegetazione inoltre può essere usata per frenare il vento in inverno con filari sempre verdi o per incanalarlo d'estate con una vegetazione decidua.</p>								
Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale						
Immediato	<b>Fino al 10%</b> Dell'assorbimento di energia solare da parte delle superfici (Fonte: Comune di Venezia, Piano Energetico Comunale, 2003)	+2						
<b>Riferimenti progettuali iconografici</b> -								



<b>2</b>	<b>TEMPERATURA</b>
<b>2.3</b>	<b>CONTROLLO DEGLI APPORTI SOLARI GRATUITI</b>
<b>2.3.2</b>	<b>PREDISPOSIZIONE DI SCHERMATURE INTERNE MOBILI</b>
<p><b>Finalità</b></p> <p>Ridurre il surriscaldamento degli ambienti interni causato dall'irraggiamento solare e dalla sovraesposizione delle chiusure trasparenti.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>UNI EN 13363-1:2008</b> - Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato</p> <p><b>UNI EN 13363-2:2006</b> - Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato</p> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p style="text-align: center;">-</p> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p style="text-align: center;">Consigliato</p>
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>La luce naturale è generalmente considerata un fattore di qualità ambientale, ma nel periodo estivo l'ingresso incontrollato della radiazione solare, in particolare sulle pareti esposte a Sud Sud-Ovest, può influire negativamente sui carichi interni e causare fenomeni di surriscaldamento. Un primo intervento, sebbene non completamente risolutivo, prevede l'installazione di <b>schermature interne flessibili</b> in corrispondenza delle chiusure trasparenti (orizzontali e verticali). Tali dispositivi permettono di regolare, generalmente in modo manuale, la quantità di radiazione luminosa in ingresso, in relazione alle condizioni climatiche esterne e all'inclinazione dei raggi solari.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>Per il completo controllo dell'irraggiamento diretto, le schermature esterne sono generalmente molto più efficaci di quelle interne, in quanto respingono la radiazione solare prima che penetri nell'ambiente, evitando che il vetro si surriscaldi e si inneschino fenomeni di micro-effetto serra tra superficie dello schermo e quella del vetro.</i></p> <p><i>In assenza di ulteriori dispositivi esterni di oscuramento delle chiusure trasparenti, è necessario predisporre tende oscuranti interne nei locali in cui le attività didattiche prevedono l'uso di audiovisivi.</i></p> <p><i>È da notare che le schermature interne sono generalmente molto meno costose di quelle esterne e possono costituire, in alcuni casi specifici non particolarmente gravi, un buon compromesso tra prestazione ottenuta e spesa totale.</i></p>	
<p><b>Approfondimento</b></p> <p>Le schermature interne flessibili si suddividono in:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. veneziane;</li> <li>2. tende semplici o a pannello;</li> <li>3. tende a rullo;</li> <li>4. tende pieghevoli</li> <li>5. tende tecniche.</li> </ol> <p>Ad esclusione delle veneziane, tutti gli altri dispositivi possono prevedere un completo o parziale oscuramento dell'ambiente in relazione alla trasparenza del materiale con cui sono realizzati.</p> <p>È possibile, inoltre, l'impiego di schermature flessibili integrate nell'infisso (generalmente del tipo a veneziana o a tenda pieghevole): esse prevedono l'inserimento del dispositivo schermante all'interno di una camera d'aria, accoppiata al vetrocamera con aria ferma, comandato manualmente dall'esterno. Tali sistemi, per le ridotte dimensioni del dispositivo schermante (dovute all'integrazione nell'infisso), si dimostrano meno efficaci nella protezione dall'irraggiamento intenso, producendo modesti effetti sulla diffusione della luce ambientale.</p>	

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Breve	<p><b>15 ÷ 17%</b></p> <p>In relazione al dispositivo impiegato e all'orientamento della facciata (Fonte: ES-SO - <i>European Solar Shading Organization</i>, 2006)</p>	+1

#### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 403 Scuola primaria, Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Posizionamento di schermature interne flessibili a protezione della chiusura trasparente.



Fig. 404 Scuola primaria, Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Posizionamento di schermature interne flessibili a protezione delle ampie chiusure trasparenti.



Fig. 405 Scuola per l'infanzia, Volano (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Le schermature interne devono garantire un buon grado di oscuramento per permettere il riposo pomeridiano dei bambini.

<b>2</b>	<b>TEMPERATURA</b>
<b>2.3</b>	<b>CONTROLLO DEGLI APPORTI SOLARI GRATUITI</b>
<b>2.3.3</b>	<b>PREDISPOSIZIONE DI SCHERMATURE ESTERNE FISSE O MOBILI CONGRUE CON L'ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA</b>
<p><b>Finalità</b></p> <p>Ridurre il surriscaldamento degli ambienti interni causato dall'irraggiamento solare e dalla sovraesposizione delle chiusure trasparenti.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DLgs 311/2006</b> - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Allegato I, art. 10 - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</p> <p><b>UNI EN 13363-1:2008</b> - Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato</p> <p><b>UNI EN 13363-2:2006</b> - Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato</p> <p><b>UNI/TS 11300-1:2008</b> - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale – Appendice D.</p> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p>-</p> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>La luce naturale è generalmente considerata un fattore di qualità ambientale, ma nel periodo estivo l'ingresso incontrollato della radiazione solare, in particolare sulle pareti esposte a Sud Sud-Ovest, può influire negativamente sui carichi interni e causare fenomeni di surriscaldamento. Uno degli interventi maggiormente incisivi è l'installazione di <b>schermature esterne (fisse o mobili)</b>, in corrispondenza delle chiusure trasparenti, finalizzate alla riduzione o alla selezione della radiazione solare incidente.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>I sistemi di schermatura solare riducono la quantità di luce naturale in ingresso ma non provvedono al completo oscuramento delle aule, necessario nei locali in cui le attività didattiche prevedono l'uso di audiovisivi. Pertanto, sarà cura del progettista valutare le esigenze specifiche ed, eventualmente, dotare le aule di dispositivi flessibili interni.</i></p> <p><i>Il tipo di dispositivo di protezione solare deve essere opportunamente progettato in relazione all'orientamento della facciata da proteggere e dall'inclinazione dei raggi solari nei diversi periodi dell'anno, affinché sia garantita una condizione di benessere per un periodo prolungato.</i></p>	
<p><b>Approfondimento</b></p> <p>I dispositivi di controllo della radiazione solare si suddividono in:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>schermature flessibili</b>, ovvero elementi che bloccano sia la componente diretta che quella diffusa della luce, in modo totale o parziale; generalmente sono elementi che permettono la ventilazione, ma che impediscono la vista dell'esterno. Per schermatura esterna flessibile si intendono, ad esempio, le tende verticali retrattili e le tende inclinate retrattili;</li> <li><b>schermature rigide</b>, ovvero elementi fissi (orizzontali, verticali o combinati), non regolabili, in grado</li> </ol>	

di intercettare la radiazione solare incidente creando un cono d'ombra che protegge le chiusure trasparenti. Si tratta generalmente di oggetti o di mensole;

3. **filtri solari (fissi o mobili)**, ovvero elementi che coprono parzialmente la chiusura trasparente attraverso la selezione delle direzioni dei raggi solari incidenti. Fanno parte dei filtri solari i dispositivi frangisole (orizzontali o verticali) e le tende a lamelle; in quest'ultimo caso, è possibile aumentare il vantaggio apportato accoppiando un sistema di regolazione dell'inclinazione della lamella in relazione alla radiazione incidente, attraverso opportuni sensori.

Sia i dispositivi rigidi che i filtri solari possono essere integrati con tecnologie fotovoltaiche (opache o semitrasparenti) per ottenere il duplice vantaggio di schermatura solare e produzione di energia elettrica.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Medio	Fino al 30%	+2

#### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 406 Scuola primaria, Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Le ampie vetrate sono protette da un doppio sistema costituito da schermature fisse (aggetti) e da filtri solari fissi orizzontali.



Fig. 407 Scuola primaria, Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Filtro solare costituito da frangisole a lamelle fisse orientate in base all'inclinazione dei raggi solari incidenti nei periodi di surriscaldamento.



Fig. 408 Scuola primaria "R. Fucini", Roma – arch. Marcello Marocco in collaborazione con il Comune di Roma. Filtro solare esterno costituito da lamelle orientabili collegate a un dispositivo di regolazione dell'inclinazione delle lamelle stesse (Foto: AESSE)



Fig. 409 Istituto Professionale per l'Industria e l'Artigianato, Rovigo – ing. Luigi Ferrari (Provincia di Rovigo). Filtro solare realizzato attraverso l'applicazione di moduli fotovoltaici semitrasparenti.



Fig. 410 Istituto Professionale per l'Industria e l'Artigianato, Rovigo – ing. Luigi Ferrari (Provincia di Rovigo). Il sistema prevede l'integrazione di lastre semitrasparenti fisse e di lamelle orientabili attraverso dispositivi a controllo elettronico.

## 2 TEMPERATURA

### 2.4 CONTROLLO DEGLI APPORTI GRATUITI DOVUTI AGLI OCCUPANTI

#### 2.4.1 EVITARE IL SOVRAFFOLLAMENTO DELLE AULE

##### Finalità

Garantire il corretto volume d'aria a ciascun occupante riducendo gli apporti di calore dovuti alla presenza di persone in uno stesso locale.

##### Riferimento legislativo o normativo

**DM 18 dicembre 1975** - *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica – Tabella 3A e 3B.*

##### Specifiche di prestazione

Massimo 30 alunni per aula per le scuole per l'infanzia.  
Massimo 25 alunni per aula per tutti gli altri livelli.

Numero sezioni	Numero alunni	m <sup>2</sup> /sezione	m <sup>2</sup> /alunno
3	90	210	7,00
4	120	203	6,77
5	150	202	6,73
6	180	200	6,67
7	210	199	6,63
8	240	199	6,63
9	270	198	6,60

N° sezioni	N° alunni	Scuola primaria		Scuola secondaria I° grado	
		m <sup>2</sup> /classe	m <sup>2</sup> /alunno	m <sup>2</sup> /classe	m <sup>2</sup> /alunno
5	125	153	6,11	-	-
6	150	-	-	275,50	11,02
7	175	-	-	-	-
8	200	-	-	-	-
9	225	-	-	240,25	9,61
10	250	189	7,56	-	-
11	275	-	-	-	-
12	300	-	-	219,50	8,78
13	325	-	-	-	-
14	350	-	-	-	-
15	375	177	7,08	212,50	8,50
16	400	-	-	-	-
17	425	-	-	-	-
18	450	-	-	202,50	8,10
19	475	-	-	-	-
20	500	171	6,84	-	-
21	525	-	-	211,25	8,45
22	550	-	-	-	-
23	575	-	-	-	-
24	600	-	-	201,50	8,06
25	625	167	6,68	-	-

##### Livello di applicazione

Obbligatorio

##### Descrizione generale dell'intervento

Evitare che la concentrazione di occupanti all'interno di un ambiente superi il numero di alunni previsti dalle prescrizioni di legge. Per l'utilizzo di locali per attività speciali (es. laboratori), in cui può verificarsi un sottodimensionamento delle dotazioni, si consiglia di suddividere gli alunni in gruppi e di far usufruire delle attrezzature in turni successivi.

**note**  
-

**Approfondimento**  
-

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Immediato</b>	-	<b>+1</b>

**Riferimenti progettuali iconografici**  
-

<b>2</b>	<b>TEMPERATURA</b>
----------	--------------------

<b>2.4</b>	<b>CONTROLLO DEGLI APPORTI GRATUITI DOVUTI AGLI OCCUPANTI</b>
------------	---

<b>2.4.2</b>	<b>PROVVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE SUI CORPI SCALDANTI DI OGNI AMBIENTE</b>
--------------	---

<p><b>Finalità</b></p> <p>Regolazione della temperatura ambiente dei locali in funzione degli apporti gratuiti (solari, dovuti agli occupanti o a dispositivi interni). Il livello costante di temperatura è garantito grazie alla regolazione della portata del fluido riscaldato al corpo radiante posto nell'ambiente.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DPR 26 agosto 1993, n°412</b> - <i>Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10</i></p> <p><b>DLgs 311/2006</b> - <i>Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Allegato I - art. 11 - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</i></p> <p><b>DLgs 626/1994</b> - <i>Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 99/92/CE, 2001/45/CE, 2003/10/CE, 2003/18/CE e 2004/40/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro</i></p> <p><b>Regolamento locale di igiene e sanità pubblica</b></p>
	<p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p>-</p>
	<p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>

**Descrizione generale dell'intervento**

Le valvole termostatiche permettono di regolare la temperatura di ogni singolo ambiente in relazione agli apporti gratuiti di energia, cioè quelli dovuti, ad esempio, alla presenza di molte persone, ai raggi del sole attraverso le finestre, ai dispositivi elettronici (computers) e di illuminazione. Per ogni radiatore, al posto della valvola manuale, si può installare una valvola termostatica per regolare automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta ed impostata su una apposita manopola graduata. La valvola si chiude mano a mano che la temperatura ambiente, misurata da un sensore, si avvicina a quella desiderata, consentendo di dirottare ulteriore acqua calda verso altri radiatori, ancora aperti poiché l'ambiente non ha ancora raggiunto la temperatura limite.

**note**

*Per gli edifici di costruzione recente, l'applicazione di questi dispositivi è favorita dalla generale predisposizione dei termosifoni a ricevere la "testa termostatica".*

*Per il corretto funzionamento delle valvole termostatiche è necessario accertarsi del corretto funzionamento delle sonde di temperatura degli ambienti.*

**Approfondimento**

Attraverso l'impiego di valvole termostatiche è possibile impostare differenti temperature all'interno degli ambienti in relazione all'attività svolta e all'orientamento del vano.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Immediato</b>	<b>5 ÷ 10%</b> Per ogni °C di riduzione della temperatura interna media (Fonte: ENEA – FIRE, 1994) <b>Fino al 20%</b> (Fonte: ENEA, 2003)	<b>+1</b>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-



## 2

## TEMPERATURA

## 2.4

## CONTROLLO DEGLI APPORTI GRATUITI DOVUTI AGLI OCCUPANTI

## 2.4.3

## PROVVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI UN SISTEMA DI VMC CON RECUPERATORE DI CALORE

## Finalità

Controllare la temperatura interna recuperando il calore contenuto nell'aria in espulsione attraverso l'impianto di ventilazione meccanica controllata.

## Riferimento legislativo o normativo

**DPR 26 agosto 1993, n°412** - *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10 – Allegato C*

**10339:1995** - *Impianti aerulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.*

**13779:2008** - *Ventilazione degli edifici non residenziali. Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione*

## Specifica di prestazione

Tipo di ambiente	Portata di aria esterna o di estrazione	
	$Q_{e,259}$ [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s per persona]	$Q_{e,260}$ [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s m <sup>2</sup> ]
Asili nido e scuole materne	4	-
Aule scuole elementari	5	-
Aule scuole medie inferiori	6	-
Aule scuole medie superiori	7	-
Biblioteche e sale lettura	6	-
Aule musica e lingue	7	-
Laboratori	7	-
Sale insegnanti	6	-

Da 1400 a 2100 GG		Oltre 2100 GG	
G	M	G	M
Portata in mc/h	N° ore annue di funzionam.	Portata in mc/h	N° ore annue di funzionam.
2.000	3.400	2.000	2.400
7.000	2.400	7.000	1.700
12.000	2.300	12.000	1.600
30.000	1.900	30.000	1.350
60.000	1.800	60.000	1.250

## Livello di applicazione

Consigliato

## Descrizione generale dell'intervento

Installazione di dispositivi di ventilazione meccanica nell'intero edificio (con differenziazione delle portate e dei ricambi d'aria in relazione alle normative) o limitatamente a parti di esso in relazione alle relative esigenze di ventilazione (es. solo nelle aule per la didattica). Per motivi legati alla concentrazione di agenti inquinanti, i **dispositivi devono prevedere una portata di ventilazione interamente costituita da aria esterna**, escludendo il trattamento e la successiva reimmissione dell'aria in uscita. Ciò comporta l'adozione di unità di trattamento aria (UTA) precedenti all'immissione nell'impianto di ventilazione controllata, soluzione che comporta un leggero incremento dei costi dovuto al maggiore fabbisogno di riscaldamento/raffrescamento.

L'impianto di ventilazione controllata può essere integrato con recuperatori di calore, ovvero dispositivi che, grazie a uno scambiatore termico, sono in grado di recuperare il calore presente nell'aria espulsa dall'impianto di ventilazione (che altrimenti andrebbe perso) e di trasmetterlo all'aria in ingresso, con notevole risparmio di energia per il riscaldamento dell'aria in questa seconda fase. Le unità di recupero di calore si integrano ai tradizionali sistemi di ventilazione e condizionamento e possono funzionare sia nella stagione estiva che in quella invernale.

<sup>259</sup> Portata specifica di aria esterna per persona.

<sup>260</sup> Portata specifica di aria esterna per unità di superficie.

**note**

*Gli impianti di ventilazione meccanica controllata sono più efficaci se installati in edifici privi di perdite attraverso l'involucro; la tenuta all'aria di chiusure opache e trasparenti è una condizione indispensabile per il corretto funzionamento dell'impianto.*

*Il dimensionamento dell'impianto deve essere eseguito in relazione ai ricambi d'aria da apportare all'ambiente; in Italia questo parametro è valutato in relazione al volume e al tipo di ambiente, indipendentemente dal numero di occupanti. Per questo motivo, è preferibile utilizzare un approccio in grado di considerare la portata d'aria in relazione al numero di persone presenti per metro quadro e per tipo di ambiente; tale è l'approccio impiegato nei riferimenti normativi elencati nella presente scheda.*

*È da considerare con particolare attenzione che il posizionamento di elementi di immissione dell'aria nelle chiusure verticali implica una riduzione localizzata della prestazione termica della chiusura stessa (ponte termico). Inoltre, nel caso di sistemi decentralizzati, in cui è necessaria la presenza di una doppia griglia esterna per l'ingresso e l'espulsione dell'aria, si dovrà avere particolare cura all'esecuzione dei fori, soprattutto in presenza di chiusure costituite da muratura portante non di recente esecuzione; infatti, un elevato numero di fori eseguiti meccanicamente all'interno di una parete a distanze ravvicinate può influire staticamente sul comportamento della chiusura stessa.*

*Nell'ambito della legislazione nazionale le scuole non sono obbligate all'uso di recuperatori di calore poiché il numero di ore di utilizzo degli immobili è al di sotto della soglia prevista dalla norma; questa soglia può essere raggiunta se l'edificio ospita funzioni differenti durante le ore extrascolastiche. L'intervento, tuttavia, è caldamente consigliato per gli edifici appartenenti alle zone climatiche fredde e temperate, poiché il tempo di recupero dell'intervento è particolarmente breve.*

*L'adozione di recuperatori di calore richiede spazi adeguati per l'installazione. A ciò si aggiunge l'esigenza di spazi per la disposizione delle canalizzazioni che possono non risultare disponibili in caso di edifici esistenti.*

*In tutte le installazioni è importante porre particolare attenzione ai problemi di isolamento acustico e di sicurezza rispetto alla prevenzione incendi.*

**Approfondimento**

In relazione alla morfologia e alla distribuzione interna dell'edificio è possibile optare per un **sistema di ventilazione meccanica centralizzato** oppure per un **sistema decentralizzato** (o "puntiforme"), collocato nei locali per la didattica (aule normali e speciali) o negli ambienti in cui, per affollamento o attività svolta, sia necessario aumentare il numero di ricambi d'aria (palestre, aule per lavorazioni particolari).

Nel primo caso il sistema richiede l'impiego di una **rete aeraulica per l'estrazione dell'aria** e di un **dispositivo per l'immissione dell'aria esterna** collocato in ogni vano. Tale dispositivo (autoregolabile o igroregolabile in relazione alle prestazioni offerte) è costituito da membrane in PVC o in gomma silconica in grado di mantenere invariate le portate d'aria (se appartenente al tipo igroregolabile è presente anche una membrana igrosensibile), indipendentemente dalle variazioni di pressione esercitate dal ventilatore. Inoltre, il dispositivo per l'aria in ingresso è dotato di filtri per l'aria e di elementi fonoassorbenti; esso, in relazione al tipo adottato, può essere collocato in corrispondenza di un infisso esterno o direttamente nella chiusura verticale opaca. I dispositivi di estrazione sono costituiti da un sistema direttamente collocato nell'ambiente da trattare (preferibilmente sulla parete opposta all'immissione per garantire migliore ricambio d'aria) e, tramite una rete aeraulica, collegati con ventilatori e sistemi di espulsione disposti in copertura.

Nel secondo caso, utilizzato principalmente negli edifici in cui sarebbe tecnicamente difficile (impossibilità di realizzare una rete di canalizzazioni) o economicamente svantaggioso adottare un sistema centralizzato, l'estrazione dell'aria avviene all'interno di ogni vano, allo stesso modo dell'immissione: entrambi i dispositivi sono dotati di elementi fonoassorbenti per contrastare i rumori provenienti dall'esterno e quelli prodotti dal ventilazione presente all'interno del sistema di estrazione stesso.

In entrambi i casi il sistema può essere costituito da un **flusso semplice** o da un **doppio flusso** di ventilazione: il flusso semplice prevede una unica direzione della ventilazione (dall'esterno verso l'interno), mentre il doppio flusso prevede una rete di immissione e una rete di estrazione dell'aria dai locali, ciascuna collegata a un ventilatore. Il sistema a doppio flusso permette di preriscaldare l'aria in ingresso e di abbinare al ventilatore un dispositivo, denominato "recuperatore", in grado di trasferire il calore dell'aria in espulsione all'aria ingresso, senza contaminazione tra i due flussi.

Per quanto concerne i recuperatori di calore presenti in commercio, è possibile suddividerli in 4 gruppi:

1. **Recuperatori di calore a scambiatore statico** (detto anche "a flussi incrociati") che, date le dimensioni e le portate d'aria, sono consigliati per sistemi di tipo decentralizzato nelle aule e nei locali con particolari necessità (rendimento compreso tra 40 e 75%);
2. **Recuperatori di calore rotativo;**
3. **Recuperatori di calore a batterie di scambio termico accoppiate** che, per l'ingombro del dispositivo, non sono particolarmente consigliati (rendimento compreso tra 60 e 70%);
4. **Recuperatori di calore a fluido bifase** (rendimento del 60% circa).

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Medio	<b>Fino al 70%</b> (Fonte: Carotti A., Madè D., <i>La casa passiva in Italia</i> , cfr. bibliografia)	+2

### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 411 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Dispositivo di ventilazione meccanica controllata di tipo decentralizzato con recuperatore di calore (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 412 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Elementi di arredo per l'alloggiamento del dispositivo di ventilazione (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 413 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Griglie esterne di ventilazione in ingresso e in uscita (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 414 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Dispositivo di ventilazione meccanica controllata di tipo decentralizzato con recuperatore di calore (Foto: EM2 Architetti).

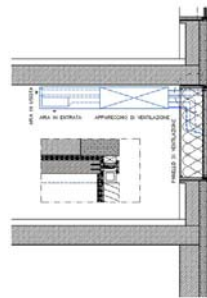


Fig. 415 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Sezione verticale dell'aula tipo e alloggiamento delle condotte di adduzione ed espulsione dell'aria (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 416 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Griglia esterna di alloggiamento delle condotte di ventilazione integrata con il sistema vetrato.



Fig. 417 Scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) – Gianluca Perottoni Architetto. Impianto di ventilazione controllata di tipo centralizzato con recupero di calore. Particolare delle condotte coibentate alloggiato nel controsoffitto del corridoio di distribuzione (Foto: Gianluca Perottoni Architetto).



Fig. 418 Scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) – Gianluca Perottoni Architetto. Griglie interne di immissione ed espulsione dell'aria all'interno di un'aula per la didattica. Le griglie sono collocate nella partizione interna tra aula e corridoio.



Fig. 419 Scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) – Gianluca Perottoni Architetto. Griglie interne di immissione ed espulsione dell'aria all'interno di un'aula per attività speciali. Le griglie sono collocate nella partizione interna tra aula e corridoio.

<b>2</b>	<b>TEMPERATURA</b>
<b>2.5</b>	<b>CONTROLLO DEGLI APPORTI GRATUITI DOVUTI A DISPOSITIVI INTERNI</b>
<b>2.5.1</b>	<b>PROVVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE SUI CORPI SCALDANTI DI OGNI AMBIENTE</b>
<p><b>Finalità</b></p> <p>Regolazione della temperatura ambiente dei locali in funzione degli apporti gratuiti (solari, dovuti agli occupanti o a dispositivi interni). Il livello costante di temperatura è garantito grazie alla regolazione della portata del fluido riscaldato al corpo radiante posto nell'ambiente.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DPR 26 agosto 1993, n°412</b> - <i>Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10</i></p> <p><b>Dlgs 311/2006</b> - <i>Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Allegato I - art. 11 - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</i></p> <p><b>Dlgs 626/1994</b> - <i>Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 99/92/CE, 2001/45/CE, 2003/10/CE, 2003/18/CE e 2004/40/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro</i></p> <p><b>Regolamento locale di igiene e sanità pubblica</b></p> <hr/> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p>-</p> <hr/> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>Le valvole termostatiche permettono di regolare la temperatura di ogni singolo ambiente in relazione agli apporti gratuiti di energia, cioè quelli dovuti, ad esempio, alla presenza di molte persone, ai raggi del sole attraverso le finestre, ai dispositivi elettronici (computers) e di illuminazione. Per ogni radiatore, al posto della valvola manuale, si può installare una valvola termostatica per regolare automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta ed impostata su una apposita manopola graduata. La valvola si chiude mano a mano che la temperatura ambiente, misurata da un sensore, si avvicina a quella desiderata, consentendo di dirottare ulteriore acqua calda verso altri radiatori, ancora aperti poiché l'ambiente non ha ancora raggiunto la temperatura limite.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>Per gli edifici di costruzione recente, l'applicazione di questi dispositivi è favorita dalla generale predisposizione dei termosifoni a ricevere la "testa termostatica".</i></p> <p><i>Per il corretto funzionamento delle valvole termostatiche è necessario accertarsi del corretto funzionamento delle sonde di temperatura degli ambienti.</i></p>	
<p><b>Approfondimento</b></p> <p>Attraverso l'impiego di valvole termostatiche è possibile impostare differenti temperature all'interno degli ambienti in relazione all'attività svolta e all'orientamento del vano.</p>	

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Immediato</b>	<b>5 ÷ 10%</b> Per ogni °C di riduzione della temperatura interna media (Fonte: ENEA – FIRE, 1994) <b>Fino al 20%</b> (Fonte: ENEA, 2003)	<b>+1</b>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-

## 2

## TEMPERATURA

## 2.5

## CONTROLLO DEGLI APPORTI GRATUITI DOVUTI A DISPOSITIVI INTERNI

## 2.5.2

## PROVVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI UN SISTEMA DI VMC CON RECUPERATORE DI CALORE

## Finalità

Controllare la temperatura interna recuperando il calore contenuto nell'aria in espulsione attraverso l'impianto di ventilazione meccanica controllata.

## Riferimento legislativo o normativo

**DM 18 dicembre 1975** – *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica.*

**UNI 10339:1995** - *Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura – Prospetto II.*

**UNI EN 15251:2008** – *Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Tabella B.1 e B.2*

## Specifiche di prestazione

Ambiente	Portata d'aria esterna (coeff. ricambio) [vol/h]
<b>Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo</b>	
▪ Scuole materne ed elementari	2,5
▪ Scuole medie	3,5
▪ Scuole secondarie di II grado	5
<b>Altri ambienti di passaggio, uffici</b>	1,5
<b>Servizi igienici, palestre, refettori</b>	2,5

Tipo di ambiente	Portata di aria esterna o di estrazione	
	$Q_{op}^{261}$ [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s per persona]	$Q_{os}^{262}$ [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s m <sup>2</sup> ]
Asili nido e scuole materne	4	-
Aule scuole elementari	5	-
Aule scuole medie inferiori	6	-
Aule scuole medie superiori	7	-
Biblioteche e sale lettura	6	-
Aule musica e lingue	7	-
Laboratori	7	-
Sale insegnanti	6	-

Categoria	PPD – Percentuale prevista di insoddisfatti	Ricambi d'aria per persona [l/s/pers]
I	15	10
II	20	7
III	30	-

Tipo di spazio	Categoria	Superficie m <sup>2</sup> /pers	$q_p$	$q_B$	$q_{tot}$
			l/s, m <sup>2</sup> per occupazione	l/s, m <sup>2</sup> per edifici a inquinamento molto basso	
Aule	I	2,0	5,0	0,5	5,5
	II	2,0	3,5	3,0	3,8
	III	2,0	2,0	0,2	2,2
Scuola	I	2,0	6,0	0,5	6,5
	II	2,0	4,2	0,3	4,5

<sup>261</sup> Portata specifica di aria esterna per persona.

<sup>262</sup> Portata specifica di aria esterna per unità di superficie.

	III	2,0	2,4	0,2	2,6
<b>Livello di applicazione</b>					
Obbligatorio					

### Descrizione generale dell'intervento

Installazione di dispositivi di ventilazione meccanica nell'intero edificio (con differenziazione delle portate e dei ricambi d'aria in relazione alle normative) o limitatamente a parti di esso in relazione alle relative esigenze di ventilazione (es. solo nelle aule per la didattica). Per motivi legati alla concentrazione di agenti inquinanti, i **dispositivi devono prevedere una portata di ventilazione interamente costituita da aria esterna**, escludendo il trattamento e la successiva reimmissione dell'aria in uscita. Ciò comporta l'adozione di unità di trattamento aria (UTA) precedenti all'immissione nell'impianto di ventilazione controllata, soluzione che comporta un leggero incremento dei costi dovuto al maggiore fabbisogno di riscaldamento/raffrescamento.

L'impianto di ventilazione controllata può essere integrato con recuperatori di calore, ovvero dispositivi che, grazie a uno scambiatore termico, sono in grado di recuperare il calore presente nell'aria espulsa dall'impianto di ventilazione (che altrimenti andrebbe perso) e di trasmetterlo all'aria in ingresso, con notevole risparmio di energia per il riscaldamento dell'aria in questa seconda fase. Le unità di recupero di calore si integrano ai tradizionali sistemi di ventilazione e condizionamento e possono funzionare sia nella stagione estiva che in quella invernale.

#### note

*Gli impianti di ventilazione meccanica controllata sono più efficaci se installati in edifici privi di perdite attraverso l'involucro; la tenuta all'aria di chiusure opache e trasparenti è una condizione indispensabile per il corretto funzionamento dell'impianto.*

*Il dimensionamento dell'impianto deve essere eseguito in relazione ai ricambi d'aria da apportare all'ambiente; in Italia questo parametro è valutato in relazione al volume e al tipo di ambiente, indipendentemente dal numero di occupanti. Per questo motivo, è preferibile utilizzare un approccio in grado di considerare la portata d'aria in relazione al numero di persone presenti per metro quadro e per tipo di ambiente; tale è l'approccio impiegato nei riferimenti normativi elencati nella presente scheda.*

*È da considerare con particolare attenzione che il posizionamento di elementi di immissione dell'aria nelle chiusure verticali implica una riduzione localizzata della prestazione termica della chiusura stessa (ponte termico). Inoltre, nel caso di sistemi decentralizzati, in cui è necessaria la presenza di una doppia griglia esterna per l'ingresso e l'espulsione dell'aria, si dovrà avere particolare cura all'esecuzione dei fori, soprattutto in presenza di chiusure costituite da muratura portante non di recente esecuzione; infatti, un elevato numero di fori eseguiti meccanicamente all'interno di una parete a distanze ravvicinate può influire staticamente sul comportamento della chiusura stessa.*

*Nell'ambito della legislazione nazionale le scuole non sono obbligate all'uso di recuperatori di calore poiché il numero di ore di utilizzo degli immobili è al di sotto della soglia prevista dalla norma; questa soglia può essere raggiunta se l'edificio ospita funzioni differenti durante le ore extrascolastiche. L'intervento, tuttavia, è caldamente consigliato per gli edifici appartenenti alle zone climatiche fredde e temperate, poiché il tempo di recupero dell'intervento è particolarmente breve.*

*L'adozione di recuperatori di calore richiede spazi adeguati per l'installazione. A ciò si aggiunge l'esigenza di spazi per la disposizione delle canalizzazioni che possono non risultare disponibili in caso di edifici esistenti.*

*In tutte le installazioni è importante porre particolare attenzione ai problemi di isolamento acustico e di sicurezza rispetto alla prevenzione incendi.*

### Approfondimento

In relazione alla morfologia e alla distribuzione interna dell'edificio è possibile optare per un **sistema di ventilazione meccanica centralizzato** oppure per un **sistema decentralizzato** (o "puntiforme"), collocato nei locali per la didattica (aule normali e speciali) o negli ambienti in cui, per affollamento o attività svolta, sia necessario aumentare il numero di ricambi d'aria (palestre, aule per lavorazioni particolari).

Nel primo caso il sistema richiede l'impiego di una **rete aeraulica per l'estrazione dell'aria** e di un **dispositivo per l'immissione dell'aria esterna** collocato in ogni vano. Tale dispositivo (autoregolabile o igroregolabile in relazione alle prestazioni offerte) è costituito da membrane in PVC o in gomma siliconica in grado di mantenere invariate le portate d'aria (se appartenente al tipo igroregolabile è presente anche una membrana igrosensibile), indipendentemente dalle variazioni di pressione esercitate dal ventilatore. Inoltre, il dispositivo per l'aria in ingresso è dotato di filtri per l'aria e di elementi fonoassorbenti; esso, in relazione al tipo adottato, può essere collocato in corrispondenza di un infisso esterno o direttamente nella chiusura verticale opaca. I dispositivi di estrazione sono costituiti da un sistema direttamente collocato nell'ambiente da trattare (preferibilmente sulla parete opposta all'immissione per garantire migliore ricambio d'aria) e, tramite una rete aeraulica, collegati con ventilatori e sistemi di espulsione disposti in copertura.

Nel secondo caso, utilizzato principalmente negli edifici in cui sarebbe tecnicamente difficile (impossibilità di realizzare una rete di canalizzazioni) o economicamente svantaggioso adottare un sistema centralizzato, l'estrazione dell'aria avviene all'interno di ogni vano, allo stesso modo dell'immissione: entrambi i dispositivi sono dotati di elementi fonoassorbenti per contrastare i rumori provenienti dall'esterno e quelli prodotti dal ventilazione presente all'interno del sistema di estrazione stesso.

In entrambi i casi il sistema può essere costituito da un **flusso semplice** o da un **doppio flusso** di ventilazione: il flusso semplice prevede una unica direzione della ventilazione (dall'esterno verso l'interno), mentre il doppio flusso prevede una rete di immissione e una rete di estrazione dell'aria dai locali, ciascuna collegata a un ventilatore. Il sistema a doppio flusso permette di preriscaldare l'aria in ingresso e di abbinare al ventilatore un dispositivo, denominato "recuperatore", in grado di trasferire il calore dell'aria in espulsione all'aria ingresso, senza contaminazione tra i due flussi.

Per quanto concerne i recuperatori di calore presenti in commercio, è possibile suddividerli in 4 gruppi:

1. **Recuperatori di calore a scambiatore statico** (detto anche "a flussi incrociati") che, date le dimensioni e le portate d'aria, sono consigliati per sistemi di tipo decentralizzato nelle aule e nei locali con particolari necessità (rendimento compreso tra 40 e 75%);
2. **Recuperatori di calore rotativo**;
3. **Recuperatori di calore a batterie di scambio termico accoppiate** che, per l'ingombro del dispositivo, non sono particolarmente consigliati (rendimento compreso tra 60 e 70%);
4. **Recuperatori di calore a fluido bifase** (rendimento del 60% circa).

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Medio</b>	<b>Fino al 70%</b> (Fonte: Carotti A., Madè D., <i>La casa passiva in Italia</i> , cfr. bibliografia)	<b>+2</b>

#### Riferimenti progettuali iconografici

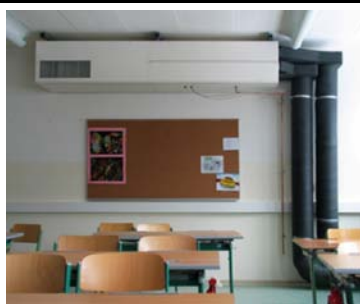


Fig. 420 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Dispositivo di ventilazione meccanica controllata di tipo decentralizzato con recuperatore di calore (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 421 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Elementi di arredo per l'alloggiamento del dispositivo di ventilazione (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 422 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Griglie esterne di ventilazione in ingresso e in uscita (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 423 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Dispositivo di ventilazione meccanica controllata di tipo decentralizzato con recuperatore di calore (Foto: EM2 Architetti).

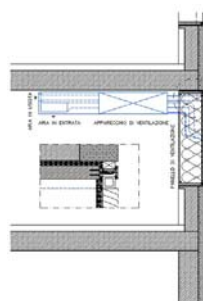


Fig. 424 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Sezione verticale dell'aula tipo e alloggiamento delle condotte di adduzione ed espulsione dell'aria (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 425 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Griglia esterna di alloggiamento delle condotte di ventilazione integrata con il sistema vetrato.





Fig. 426 Scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) – Gianluca Perotoni Architetto. Impianto di ventilazione controllata di tipo centralizzato con recupero di calore. Particolare delle condotte coibentate alloggiato nel controsoffitto del corridoio di distribuzione (Foto: Gianluca Perotoni Architetto).



Fig. 427 Scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) – Gianluca Perotoni Architetto. Griglie interne di immissione ed espulsione dell'aria all'interno di un'aula per la didattica. Le griglie sono collocate nella partizione interna tra aula e corridoio.



Fig. 428 Scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) – Gianluca Perotoni Architetto. Griglie interne di immissione ed espulsione dell'aria all'interno di un'aula per attività speciali. Le griglie sono collocate nella partizione interna tra aula e corridoio.

## 2 TEMPERATURA

### 2.6 OTTIMIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI TERMICHE

#### 2.6.1 VERIFICARE CHE GLI OCCUPANTI PRESENTINO UN LIVELLO DI ABBIGLIAMENTO PROPORZIONATO ALLE CONDIZIONI D'USO DEL LOCALE E ALLE RELATIVE TEMPERATURE

<p><b>Finalità</b></p> <p>Evitare fenomeni di sudorazione o sensazioni di freddo connesse al un abbigliamento inadeguato alle condizioni interne di temperatura e all'attività svolta.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>UNI EN ISO 7730:2006</b> - <i>Ergonomia degli ambienti termici. Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale</i></p> <hr/> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p>In relazione alle combinazioni di vestiario</p> <hr/> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Consigliato</p>
--	--

**Descrizione generale dell'intervento**

Verificare che eventuali sensazioni di caldo o di freddo percepite dagli occupanti, o parte di essi, siano connesse ad un abbigliamento troppo pesante o troppo leggero in funzione dell'attività svolta in ogni ambiente.

**note**

*Il numero di persone che percepiscono troppo caldo o troppo freddo deve essere contenuto all'interno della Percentuale Prevista di Insoddisfatti, come da norma UNI EN ISO 7730:2006.*

**Approfondimento**

-

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Immediato</b>	-	<b>+1</b>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-

2	TEMPERATURA							
2.6	OTTIMIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI TERMICHE							
2.6.2	OTTIMIZZARE IL PERIODO DI RISCALDAMENTO DEI LOCALI							
<b>Finalità</b> Garantire un ambiente termico confortevole dalle prime ore di occupazione dei locali.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;"><b>Riferimento legislativo o normativo</b></td> <td style="padding: 2px;">-</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><b>Specifica di prestazione</b></td> <td style="padding: 2px;">-</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><b>Livello di applicazione</b></td> <td style="padding: 2px;">Consigliato</td> </tr> </table>		<b>Riferimento legislativo o normativo</b>	-	<b>Specifica di prestazione</b>	-	<b>Livello di applicazione</b>	Consigliato
<b>Riferimento legislativo o normativo</b>	-							
<b>Specifica di prestazione</b>	-							
<b>Livello di applicazione</b>	Consigliato							
<b>Descrizione generale dell'intervento</b> <p>Anticipare l'accensione e lo spegnimento dell'impianto di climatizzazione invernale in modo ottimale rispetto all'entrata e all'uscita dall'ambiente. In alternativa, qualora fossero presenti dei dispositivi per la temporizzazione dell'erogazione del calore, anticiparne gli orari di accensione e spegnimento. Nelle normali condizioni di inerzia termica delle chiusure, sarà ugualmente garantito lo stato di comfort termico nelle aule anche alla fine delle attività (garantito in particolare nei casi di riscaldamento a mezzo di corpi scaldanti).</p> <p><b>note</b>  <i>La strategia deve essere attentamente valutata nei casi di chiusure a bassa inerzia termica (caratterizzate da elevate dispersioni di calore attraverso le chiusure) e nei casi di climatizzazione ad aria.</i></p>								
<b>Approfondimento</b> -								
Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale						
Immediato	-	+2						
<b>Riferimenti progettuali iconografici</b> -								

# 3 UMIDITÀ

## 3.1 CONTROLLO DEL LIVELLO DI UMIDITÀ DELL'ARIA

### 3.1.1 ASSICURARE UN LIVELLO MINIMO DI RICAMBI D'ARIA ATTRAVERSO LA VENTILAZIONE NATURALE DIRETTA

#### Finalità

Favorire il movimento d'aria all'interno di uno spazio, o di una successione di spazi, mediante l'apertura (manuale o meccanica) degli infissi esterni.

La strategia è particolarmente efficace nei climi caldo-umidi e nelle zone temperate durante il periodo estivo poiché, riducendo la percentuale di umidità e aumentando la velocità dell'aria, limita la richiesta di condizionamento meccanico.

#### Riferimento legislativo o normativo

**DM 18 dicembre 1975** – *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica.*

**Regolamento locale di igiene e sanità pubblica**

#### Specifica di prestazione

Ambiente	Portata d'aria esterna (coeff. ricambio) [vol/h]
<b>Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo</b>	
▪ Scuole materne ed elementari	2,5
▪ Scuole medie	3,5
▪ Scuole secondarie di II grado	5
<b>Altri ambienti di passaggio, uffici</b>	1,5
<b>Servizi igienici, palestre, refettori</b>	2,5

#### Livello di applicazione

Obbligatorio

#### Descrizione generale dell'intervento

Provvedere all'apertura regolare delle finestre al fine di favorire l'ingresso dell'aria esterna negli ambienti in cui si svolgono le attività. Per aumentare la velocità dell'aria e, quindi, il ricambio completo, è preferibile optare per sistemi di ventilazione incrociata che si basano sulla collocazione delle aperture su pareti contrapposte dello stesso ambiente (es. una sulla chiusura e una sulla partizione).

#### note

È necessario prestare particolare attenzione a:

1. zone in cui si verificano condizioni di inquinamento atmosferico e acustico, anche interno.
2. orientamento delle chiusure e relativa protezione solare;
3. eventuali formazioni di correnti d'aria dannose all'interno delle aule.

#### Approfondimento

In relazione alle differenti configurazioni dell'edificio esistente, è possibile ottenere un sistema di ventilazione incrociata attraverso:

1. la localizzazione delle **aperture su pareti verticali contrapposte** (sistema chiusura-partizione o chiusura-chiusura, nel caso di edificio a padiglioni);
2. l'impiego di **camini di ventilazione** (estrazione per "effetto camino") direttamente collegati con l'esterno o a condotte verticali di estrazione. Per il corretto funzionamento del sistema, devono essere predisposte delle aperture nella zona inferiore del locale in oggetto, affinché sia possibile la compensazione del volume d'aria calda in uscita con aria fresca in ingresso;
3. l'impiego di **torri del vento** (di maggiore impiego nei climi caldi e ventilati) direttamente collegati con l'esterno attraverso camini di captazione dei venti dominanti. In questo caso, la ventilazione è diretta dall'esterno verso l'interno e, all'interno dei locali in oggetto, devono essere previste aperture per la fuoriuscita dell'aria.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<p><b>Immediato</b> nel caso dell'apertura manuale delle finestre esistenti</p> <p><b>Medio</b> nel caso di esecuzione di opere per l'integrazione di nuovi elementi</p>	<p><b>10 ÷ 15%</b> Durante il periodo estivo (Fonte: ENEA – FIRE, 1994)</p>	<p><b>+2</b></p>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-

# 3 UMIDITÀ

## 3.1 CONTROLLO DEL LIVELLO DI UMIDITÀ DELL'ARIA

### 3.1.2 PROVVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI UN SISTEMA DI VMC

#### Finalità

Riduzione della concentrazione di agenti chimici (CO<sub>2</sub>, VOC, ecc.), fisici (radon) e microbiologici (muffe, allergeni, ecc.) presenti all'interno dell'edificio attraverso il continuo ricambio dell'aria in ingresso e l'estrazione dell'aria esausta.

La ventilazione meccanica controllata, limitando la necessità di ricambi manuali ad opera degli occupanti, garantisce il rispetto delle soglie previste dalle normative poiché elimina la variabile della percezione personale dell'aria esausta.

Riduzione parziale delle dispersioni di calore riconducibili all'apertura manuale non controllata delle finestre, in particolare durante il periodo di riscaldamento.

#### Riferimento legislativo o normativo

**DM 18 dicembre 1975** – *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica.*

**UNI 10339:1995** - *Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura – Prospetto II.*

**UNI EN 15251:2008** – *Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Tabella B.1 e B.2*

#### Specifica di prestazione

Ambiente	Portata d'aria esterna (coeff. ricambio) [vol/h]
<b>Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo</b>	
▪ Scuole materne ed elementari	2,5
▪ Scuole medie	3,5
▪ Scuole secondarie di II grado	5
<b>Altri ambienti di passaggio, uffici</b>	1,5
<b>Servizi igienici, palestre, refettori</b>	2,5

Tipo di ambiente	Portata di aria esterna o di estrazione	
	Q <sub>op</sub> <sup>263</sup> [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s per persona]	Q <sub>os</sub> <sup>264</sup> [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s m <sup>2</sup> ]
Asili nido e scuole materne	4	-
Aule scuole elementari	5	-
Aule scuole medie inferiori	6	-
Aule scuole medie superiori	7	-
Biblioteche e sale lettura	6	-
Aule musica e lingue	7	-
Laboratori	7	-
Sale insegnanti	6	-

Categoria	PPD – Percentuale prevista di insoddisfatti	Ricambi d'aria per persona [l/s/pers]
I	15	10
II	20	7
III	30	-

Tipo di spazio	Categoria	Superficie m <sup>2</sup> /pers	q <sub>p</sub>	q <sub>B</sub>	q <sub>tot</sub>
			l/s, m <sup>2</sup> per occupazione	l/s, m <sup>2</sup> per edifici a inquinamento molto basso	
Aule	I	2,0	5,0	0,5	5,5
	II	2,0	3,5	3,0	3,8
	III	2,0	2,0	0,2	2,2
Scuola	I	2,0	6,0	0,5	6,5
	II	2,0	4,2	0,3	4,5
	III	2,0	2,4	0,2	2,6

<sup>263</sup> Portata specifica di aria esterna per persona.

<sup>264</sup> Portata specifica di aria esterna per unità di superficie.

	<b>Livello di applicazione</b>
	Consigliato

### Descrizione generale dell'intervento

Installazione di dispositivi di ventilazione meccanica nell'intero edificio (con differenziazione delle portate e dei ricambi d'aria in relazione alle normative) o limitatamente a parti di esso in relazione alle relative esigenze di ventilazione (es. solo nelle aule per la didattica). Per motivi legati alla concentrazione di agenti inquinanti, **i dispositivi devono prevedere una portata di ventilazione interamente costituita da aria esterna**, escludendo il trattamento e la successiva reimmissione dell'aria in uscita. Ciò comporta l'adozione di unità di trattamento aria (UTA) precedenti all'immissione nell'impianto di ventilazione controllata, soluzione che comporta un leggero incremento dei costi dovuto al maggiore fabbisogno di riscaldamento/raffrescamento.

#### note

*Gli impianti di ventilazione meccanica controllata sono più efficaci se installati in edifici privi di perdite attraverso l'involucro; la tenuta all'aria di chiusure opache e trasparenti è una condizione indispensabile per il corretto funzionamento dell'impianto.*

*Il dimensionamento dell'impianto deve essere eseguito in relazione ai ricambi d'aria da apportare all'ambiente; in Italia questo parametro è valutato in relazione al volume e al tipo di ambiente, indipendentemente dal numero di occupanti. Per questo motivo, è preferibile utilizzare un approccio in grado di considerare la portata d'aria in relazione al numero di persone presenti per metro quadro e per tipo di ambiente; tale è l'approccio impiegato nei riferimenti normativi elencati nella presente scheda.*

*È da considerare con particolare attenzione che il posizionamento di elementi di immissione dell'aria nelle chiusure verticali implica una riduzione localizzata della prestazione termica della chiusura stessa (ponte termico). Inoltre, nel caso di sistemi decentralizzati, in cui è necessaria la presenza di una doppia griglia esterna per l'ingresso e l'espulsione dell'aria, si dovrà avere particolare cura all'esecuzione dei fori, soprattutto in presenza di chiusure costituite da muratura portante non di recente esecuzione; infatti, un elevato numero di fori eseguiti meccanicamente all'interno di una parete a distanze ravvicinate può influire staticamente sul comportamento della chiusura stessa.*

### Approfondimento

In relazione alla morfologia e alla distribuzione interna dell'edificio è possibile optare per un **sistema di ventilazione meccanica centralizzato** oppure per un **sistema decentralizzato** (o "puntiforme"), collocato nei locali per la didattica (aule normali e speciali) o negli ambienti in cui, per affollamento o attività svolta, sia necessario aumentare il numero di ricambi d'aria (palestre, aule per lavorazioni particolari).

Nel primo caso il sistema richiede l'impiego di una **rete aeraulica per l'estrazione dell'aria** e di un **dispositivo per l'immissione dell'aria esterna** collocato in ogni vano. Tale dispositivo (autoregolabile o igroregolabile in relazione alle prestazioni offerte) è costituito da membrane in PVC o in gomma siliconica in grado di mantenere invariate le portate d'aria (se appartenente al tipo igroregolabile è presente anche una membrana igrosensibile), indipendentemente dalle variazioni di pressione esercitate dal ventilatore. Inoltre, il dispositivo per l'aria in ingresso è dotato di filtri per l'aria e di elementi fonoassorbenti; esso, in relazione al tipo adottato, può essere collocato in corrispondenza di un infisso esterno o direttamente nella chiusura verticale opaca. I dispositivi di estrazione sono costituiti da un sistema direttamente collocato nell'ambiente da trattare (preferibilmente sulla parete opposta all'immissione per garantire migliore ricambio d'aria) e, tramite una rete aeraulica, collegati con ventilatori e sistemi di espulsione disposti in copertura.

Nel secondo caso, utilizzato principalmente negli edifici in cui sarebbe tecnicamente difficile (impossibilità di realizzare una rete di canalizzazioni) o economicamente svantaggioso adottare un sistema centralizzato, l'estrazione dell'aria avviene all'interno di ogni vano, allo stesso modo dell'immissione: entrambi i dispositivi sono dotati di elementi fonoassorbenti per contrastare i rumori provenienti dall'esterno e quelli prodotti dal ventilazione presente all'interno del sistema di estrazione stesso.

In entrambi i casi il sistema può essere costituito da un **flusso semplice** o da un **doppio flusso** di ventilazione: il flusso semplice prevede una unica direzione della ventilazione (dall'esterno verso l'interno), mentre il doppio flusso prevede una rete di immissione e una rete di estrazione dell'aria dai locali, ciascuna collegata a un ventilatore. Il sistema a doppio flusso permette di preriscaldare l'aria in ingresso e di abbinare al ventilatore un dispositivo, denominato "recuperatore", in grado di trasferire il calore dell'aria in espulsione all'aria ingresso, senza contaminazione tra i due flussi.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Medio</b>	<b>Fino al 70%</b> (Fonte: Carotti A., Madè D., <i>La casa passiva in Italia</i> , cfr. bibliografia)	<b>+2</b>

### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 429 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Dispositivo di ventilazione meccanica controllata di tipo decentralizzato con recuperatore di calore (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 430 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Elementi di arredo per l'alloggiamento del dispositivo di ventilazione (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 431 Scuola per l'infanzia di Monguelfo (BZ) – EM2 Architetti. Griglie esterne di ventilazione in ingresso e in uscita (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 432 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Dispositivo di ventilazione meccanica controllata di tipo decentralizzato con recuperatore di calore (Foto: EM2 Architetti).

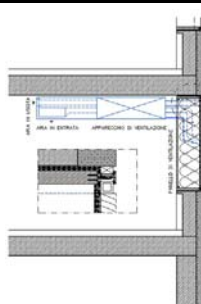


Fig. 433 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Sezione verticale dell'aula tipo e alloggiamento delle condotte di adduzione ed espulsione dell'aria (Foto: EM2 Architetti).



Fig. 434 Scuola primaria di Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Griglia esterna di alloggiamento delle condotte di ventilazione integrata con il sistema vetrato.



Fig. 435 Scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) – Gianluca Perottoni Architetto. Impianto di ventilazione controllata di tipo centralizzato con recupero di calore. Particolare delle condotte coibentate alloggiato nel controsoffitto del corridoio di distribuzione (Foto: Gianluca Perottoni Architetto).



Fig. 436 Scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) – Gianluca Perottoni Architetto. Griglie interne di immissione ed espulsione dell'aria all'interno di un'aula per la didattica. Le griglie sono collocate nella partizione interna tra aula e corridoio.



Fig. 437 Scuola primaria di Marco di Rovereto (TN) – Gianluca Perottoni Architetto. Griglie interne di immissione ed espulsione dell'aria all'interno di un'aula per attività speciali. Le griglie sono collocate nella partizione interna tra aula e corridoio.



<b>3</b>	<b>UMIDITÀ</b>
<b>3.2</b>	<b>CONTROLLO DELLA FORMAZIONE DI CONDENSA SUPERFICIALE E INTERSTIZIALE</b>
<b>3.2.1</b>	<b>PROVVEDERE ALLA POSA IN OPERA DI SISTEMI DI ISOLAMENTO TERMICO E DI OPPORTUNE BARRIERE AL VAPORE</b>
<p><b>Finalità</b></p> <p>Innalzamento della temperatura delle superfici interne delle chiusure opache e trasparenti. Controllo della migrazione del flusso di vapor d'acqua dall'interno verso l'esterno.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DLgs 311/2006</b> - <i>Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Allegato I - art. 8 - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</i></p> <p><b>UNI EN ISO 13788:2003</b> - <i>Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia – Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo – Appendice B e C.</i></p> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p>“Per tutte le categorie di edifici, [...], si procede alla verifica dell'assenza di condensazioni superficiali e che le condensazioni interstiziali delle pareti opache siano limitate alla quantità rievaporabile, conformemente alla normativa tecnica vigente”.</p> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>La <b>formazione di condensa sulle superfici interne</b> può provocare, nel lungo periodo, la proliferazione di funghi e muffe che contribuiscono alla determinazione di un ambiente insalubre. All'interno delle aule scolastiche il vapor d'acqua può arrivare ad elevate concentrazioni dovute all'elevata presenza di persone e a ricambi d'aria insufficienti. La condensazione del vapore sulle superfici interne avviene a causa della differenza di temperatura tra aria e superficie; in particolare, nei casi di chiusure opache prive di isolamento termico o negli infissi con scarse prestazioni termiche, la temperatura della superficie interna può arrivare a livelli molto bassi. Nei casi in cui si registrano temperature superficiali al di sotto dei 12,6°C, il rischio di condensa aumenta in modo esponenziale, favorendo la crescita di muffe. Per risolvere il problema è necessario provvedere all'<b>innalzamento della temperatura della parete o dell'infisso</b> attraverso la <b>posa in opera di materiali isolanti o infissi ad elevate prestazioni termiche</b>.</p> <p>Il vapore acqueo tende a migrare dall'ambiente interno all'ambiente esterno, incontrando strati a temperatura decrescente, in corrispondenza dei quali si registrano valori decrescenti delle pressioni di saturazione. Anche la pressione parziale del vapore decresce attraversando i vari strati di resistenza R della chiusura, ma, in determinate circostanze, essa decresce meno della pressione di saturazione. È possibile rappresentare l'andamento delle pressioni di saturazione e di vapore attraverso due curve, in relazione all'andamento all'interno della parete. Se le due curve si incontrano significa che la pressione parziale del vapore ha raggiunto quella di saturazione e, quindi, avviene il fenomeno della <b>condensazione interstiziale</b>. Questo fenomeno, dunque, è relazionato ad una errata progettazione delle stratigrafie della chiusura e si può correggere attraverso la posa in opera di opportune <b>barriere al vapore</b>.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>Per l'innalzamento della temperatura superficiale vedere scheda 2.1.5 - Provvedere all'isolamento termico dell'involucro.</i></p>	

### Approfondimento

In relazione alla capacità di frenare il passaggio di vapor d'acqua, è possibile distinguere differenti tipi di barriere:

1. **guaina a diffusione** con permeabilità > 120 g/mq 24h. Si tratta di teli traspiranti, guaine di cellulosa, tessuto non tessuto, ecc.;
2. **freno al vapore** con permeabilità < 120 g/mq 24h. Si tratta di guaine di cellulosa oleata, cartongfello bitumato, foglio di polietilene, ecc.;
3. **barriera al vapore** con permeabilità < 0,24 g/mq 24h. Si tratta di fogli di alluminio con materiali plastici, veli di vetro bituminoso, ecc.

La posa in opera delle barriere deve essere valutata opportunamente in relazione alla permeabilità al vapore dei materiali che costituiscono la chiusura. In linea di principio, le barriere al vapore devono essere posate sul lato caldo dell'isolante.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Lungo	<p><b>25 - 30%</b> Per riscaldamento</p> <p><b>Fino al 40%</b> Per raffrescamento (Fonte: ENEA, 2003)</p>	+2

### Riferimenti progettuali iconografici

-

## 4

## ILLUMINAMENTO

## 4.1

## RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI PER ILLUMINAZIONE

## 4.1.1

## PROVVEDERE ALLA SOSTITUZIONE DELLE LAMPADE A INCANDESCENZA

**Finalità**

Migliorare l'efficienza dell'impianto di illuminazione.

**Riferimento legislativo o normativo**

**DM 18 dicembre 1975** – *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica, art. 5.2.2 – Condizioni di illuminazione e del colore – Livello di illuminamento ed equilibrio di luminanze, art. 5.2.5 – Condizioni di illuminazione e del colore – Fattore medio di luce diurna*

**UNI 10840:2007** - *Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale - Prospetto 1 e 2.*

**Specifica di prestazione**

<b>Livello di illuminamento sul piano di lavoro</b>	<b>lux</b>
Negli spazi per lezione, studio, lettura, laboratori e negli uffici	200 lux
Sulle lavagne e sui cartelloni	300 lux
Negli spazi per il disegno, il cucito, il ricamo, ecc.	300 lux
Negli spazi per riunioni, per ginnastica, ecc. misurati su un piano ideale posto a 0,60 m dal pavimento	100 lux
Nei corridoi, scale, servizi igienici, atri, spogliatoi, ecc. misurati su un piano ideale posto a 1,00 m dal pavimento	100 lux

<b>Fattore medio di luce diurna</b>	<b><math>\eta_m</math></b>
Ambienti ad uso didattico (aule per lezione, studio, lettura, laboratori, disegno, ecc.)	0,03
Palestre, refettori	0,02
Uffici, spazi per la distribuzione, scale, servizi igienici	0,01

**Livello di applicazione**

Obbligatorio

**Descrizione generale dell'intervento**

In alcune scuole, soprattutto nei locali ad uso ufficio e nei locali igienici, sono ancora in uso le lampade ad incandescenza con filamento in tungsteno. Si tratta di lampade poco efficienti in termini del rapporto tra Lumen emessi e W assorbiti (8-12, rispetto ai 40-90 dei dispositivi a fluorescenza) e che hanno vita utile piuttosto breve (circa 1000 ore), tanto più che con l'invecchiamento queste lampade emettono sempre meno luce (pur consumando la medesima quantità di energia) e quindi è bene che, superata la vita media, vengano sostituite con lampade più efficienti. Sono particolarmente consigliate le lampade a fluorescenza che, oltre a un vantaggioso rapporto Lumen/W, hanno una vita utile di circa 5000 ore.

**note**

*Le lampade a fluorescenza non sono utilizzabili in abbinamento a interruttori temporizzati o dimmer poiché l'accensione e lo spegnimento frequenti provocherebbero una sensibile riduzione della vita utile.*

*I locali adibiti alla proiezione di audiovisivi devono prevedere, oltre a dispositivi per il completo oscuramento, anche opportuni attenuatori del livello di illuminazione.*

*È opportuno ricordare che è necessario provvedere alla pulizia periodica dei corpi illuminanti, poiché il deposito di polvere o sporcizia riduce l'efficienza luminosa.*

**Approfondimento**

Il progetto dell'illuminazione artificiale degli ambienti scolastici è particolarmente importante per il benessere visivo, oltre che per il risparmio energetico; inoltre non devono essere presenti fenomeni di abbagliamento

Le lampade a fluorescenza possono essere di diversi tipi:

1. lampade fluorescenti tubolari;
2. lampade fluorescenti tubolari ad alta frequenza;
3. lampade fluorescenti compatte;
4. lampade fluorescenti compatte integrate elettroniche.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Immediato</b>	<b>72 ÷ 75%</b> In caso di sostituzione di lampade a incandescenza (Fonte: ENEA – FIRE, 1994)	<b>0</b>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-

4	ILLUMINAMENTO	
4.1	RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI PER ILLUMINAZIONE	
4.1.2	PROVVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI SENSORI DI PRESENZA NEI LOCALI A BREVE PERMANENZA (CORRIDOI, BAGNI)	
<b>Finalità</b> Ridurre i consumi elettrici dovuti all'utilizzo non necessario dei dispositivi illuminanti in assenza di utenti nel locale.	<b>Riferimento legislativo o normativo</b> -	<b>Specifica di prestazione</b> -
	<b>Livello di applicazione</b> Consigliato	
<b>Descrizione generale dell'intervento</b> <p>L'adozione di sistemi di controllo automatici per gli impianti di illuminazione è un elemento importante nella riduzione dei consumi. In particolare, nei locali di transito (corridoi, bagni) è possibile evitare l'illuminazione non necessaria adottando dei <b>sensori di presenza</b>, ovvero sistemi di rilevamento della presenza di persone nel locale da illuminare, oppure <b>interruttori temporizzati</b>; entrambi i dispositivi regolano l'accensione o spegnimento delle lampade in modo automatico.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>I sensori di presenza e gli interruttori temporizzati devono essere impiegati con particolare cautela nelle scuole per l'infanzia e primarie poiché uno spegnimento improvviso della luce, durante una permanenza anche breve in un locale, può causare ansie e paure nel bambino.</i></p>		
<b>Approfondimento</b> <p>I sensori di presenza sono in grado di controllare superfici non superiori ai 50-60 mq e, quindi, sono particolarmente adatti ai servizi igienici.</p> <p>In commercio esistono sensori di presenza funzionanti per rilevamento di:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. prossimità;</li> <li>2. movimento (sensori ottici);</li> <li>3. calore (sensori a infrarossi consigliati anche nelle scuole per l'infanzia e primarie).</li> </ol>		
Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Breve	<b>5 ÷ 15%</b> In relazione alla situazione impiantistica e all'estensione delle aree controllate (Fonte: ENEA – FIRE, 1994)	0
<b>Riferimenti progettuali iconografici</b> -		

## 4

## ILLUMINAMENTO

## 4.1

## RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI PER ILLUMINAZIONE

## 4.1.3

## PROVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI REGOLATORI DEL FLUSSO LUMINOSO

**Finalità**

Riduzione della potenza elettrica assorbita attraverso lo sfruttamento del flusso luminoso naturale, evitando sprechi energetici.

**Riferimento legislativo o normativo**

**DM 18 dicembre 1975** – *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica, art. 5.2.2 – Condizioni di illuminazione e del colore – Livello di illuminamento ed equilibrio di luminanze, art. 5.2.5 – Condizioni di illuminazione e del colore – Fattore medio di luce diurna.*

**UNI 10840:2007** - *Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale - Prospetto 1 e 2.*

**Specifica di prestazione**

Livello di illuminamento sul piano di lavoro	lux
Negli spazi per lezione, studio, lettura, laboratori e negli uffici	200 lux
Sulle lavagne e sui cartelloni	300 lux
Negli spazi per il disegno, il cucito, il ricamo, ecc.	300 lux
Negli spazi per riunioni, per ginnastica, ecc. misurati su un piano ideale posto a 0,60 m dal pavimento	100 lux
Nei corridoi, scale, servizi igienici, atri, spogliatoi, ecc. misurati su un piano ideale posto a 1,00 m dal pavimento	100 lux

Fattore medio di luce diurna	$\eta_m$
Ambienti ad uso didattico (aule per lezione, studio, lettura, laboratori, disegno, ecc.)	0,03
Palestre, refettori	0,02
Uffici, spazi per la distribuzione, scale, servizi igienici	0,01

**Livello di applicazione**

Consigliato

**Descrizione generale dell'intervento**

I sistemi di regolazione servono ad evitare situazioni di spreco energetico connesso con un utilizzo non funzionale dell'illuminazione artificiale, quali casi in cui gli impianti di illuminazione sono lasciati inseriti a piena potenza anche se si ha un rilevante contributo di luce naturale oppure in assenza di fruitori.

La regolazione del flusso luminoso, ovvero la modulazione della potenza erogata dall'impianto in funzione delle reali esigenze di illuminamento, può essere effettuata tramite degli attuatori che possono accendere o spegnere i punti luce secondo particolari logiche (a tempo, a raggiungimento del livello di illuminamento, per presenza persone), oppure regolare il flusso luminoso emesso dalle lampade in relazione alla quantità di luce naturale in un dato locale (grazie al controllo di una fotocellula).

**note**

*I dispositivi di regolazione devono essere supportati da sensori di flusso che determinano la quantità di luce artificiale da integrare a quella naturale.*

**Approfondimento**

I regolatori di flusso possono essere:

1. dispositivi monolampada (per apparecchi illuminanti a fluorescenza); la versione elettronica del regolatore, per lampade fluorescenti lineari, viene chiamata *dimmer*.
2. dispositivi da inserire sui quadri elettrici, sulle linee di alimentazione del sistema luci di una zona oppure di un piano.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Breve</b>	<b>5 ÷ 15%</b> In relazione alla situazione impiantistica e all'estensione delle aree controllate (Fonte: rielaborazione su dati ENEA – FIRE, 1994)	<b>+1</b>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-

# 4 ILLUMINAMENTO

## 4.1 RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI PER ILLUMINAZIONE

### 4.1.4 PROVVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI SISTEMI *BUILDING AUTOMATION*

<b>Finalità</b> Controllo dell'assorbimento elettrico e dell'utilizzo dei dispositivi per illuminazione.	<b>Riferimento legislativo o normativo</b> EN 50090-2-1:1996 - <i>Home and Building Electronic Systems (HBES). System overview.</i> EN 50090-3-1:1996 - <i>Home and Building Electronic Systems (HBES). Aspects of applic.</i>
	<b>Specifica di prestazione</b> -
	<b>Livello di applicazione</b> Consigliato

#### Descrizione generale dell'intervento

I sistemi di *Building Automation* sono in grado di trasformare i dispositivi di uso comune in dispositivi intercomunicanti intelligenti, accessibili in ogni istante e da qualsiasi parte del mondo attraverso controllo remoto (protetto da codici di sicurezza). I sistemi di controllo di un edificio ad alta efficienza si chiamano **Building Energy Management System (BEMS)** e sono in grado di monitorare e comandare tutti i dispositivi ad essi collegati in relazione a sonde e sensori che rilevano le caratteristiche ambientali e l'eventuale presenza di persone, regolando di conseguenza il comportamento dell'intero edificio.

I sistemi di *Building Automation* permettono di ridurre i consumi energetici grazie all'ottimizzazione dell'intero sistema, evitando eventuali sprechi dovuti ad una sbagliata gestione e alle cattive abitudini degli utenti. Essi sono in grado, inoltre, di garantire maggiori e costanti condizioni di comfort agli utenti.

#### note

*Di fatto, i sistemi domotici non vengono impiegati per il solo controllo dei dispositivi di illuminazione, ma per la gestione avanzata dell'intero edificio, con la possibilità di controllo remoto da parte di un tecnico specializzato.*

#### Approfondimento

I sistemi di *Building Automation* sono in grado di controllare, attraverso l'installazione di opportuni attuatori, numerosi ambiti dell'edificio quali:

1. l'apertura e la chiusura di porte e finestre;
2. gli impianti di ventilazione meccanica controllata;
3. l'accensione e lo spegnimento di tutti i dispositivi elettronici;
4. le condizioni termoisolometriche, di ventilazione e illuminazione presenti nei vari locali, attivando o spegnendo gli opportuni dispositivi di controllo e gestione;
5. la verifica delle condizioni di sicurezza (intrusioni, incendi, ecc.);
6. i consumi globali;
7. l'eventuale produzione di energia elettrica (in caso di presenza di pannelli fotovoltaici).

Lo schema di un BEMS moderno è costituito da una rete principale e sottoreti. L'edificio viene controllato per mezzo di sottoreti (BUS) con protocolli proprietari sviluppati a livello di ciascun piano dell'edificio. Questa struttura consente di identificare ciascun impianto con un indirizzo IP.

In genere si ricorre a protocolli ben documentati e affidabili (Konnex, Lonworks ecc.). È necessario che questi BUS locali siano messi in grado di comunicare con il supervisore centrale, inviando informazioni e ricevendo input. Ogni BUS di piano viene connesso con la rete BACnet/IP per mezzo di un BACnet router.



Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Lungo</b>	<p style="text-align: center;"><b>Fino al 40%</b></p> <p>Rispetto a edifici senza alcun dispositivo di automazione, (10÷15% per cambiamento d'uso e gestione dell'edificio e 25% per riduzione dei costi energetici) (Fonte: ANIE - Federazione Nazionale Imprese Elettrotecniche ed Elettroniche)</p>	<p style="text-align: center;"><b>0 ÷ +2</b></p> <p>In relazione al tipo di dispositivo controllato dal sistema domotico</p>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-

## 4

## ILLUMINAMENTO

## 4.2

## CONTROLLO DEL FLUSSO LUMINOSO

## 4.2.1

## PROVVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI SENSORI DI LUMINOSITÀ

## Finalità

Modulazione della quantità di flusso luminoso naturale e artificiale.

## Riferimento legislativo o normativo

**DM 18 dicembre 1975** – *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica, art. 5.2.2 – Condizioni di illuminazione e del colore – Livello di illuminamento ed equilibrio di luminanze, art. 5.2.5 – Condizioni di illuminazione e del colore – Fattore medio di luce diurna.*

**UNI 10840:2007** - *Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale - Prospetto 1 e 2.*

## Specifiche di prestazione

Livello di illuminamento sul piano di lavoro	lux
Negli spazi per lezione, studio, lettura, laboratori e negli uffici	200 lux
Sulle lavagne e sui cartelloni	300 lux
Negli spazi per il disegno, il cucito, il ricamo, ecc.	300 lux
Negli spazi per riunioni, per ginnastica, ecc. misurati su un piano ideale posto a 0,60 m dal pavimento	100 lux
Nei corridoi, scale, servizi igienici, atri, spogliatoi, ecc. misurati su un piano ideale posto a 1,00 m dal pavimento	100 lux

Fattore medio di luce diurna	$\eta_m$
Ambienti ad uso didattico (aule per lezione, studio, lettura, laboratori, disegno, ecc.)	0,03
Palestre, refettori	0,02
Uffici, spazi per la distribuzione, scale, servizi igienici	0,01

## Livello di applicazione

Consigliato

## Descrizione generale dell'intervento

I sensori di luminosità misurano la quota effettiva di luce diurna e trasmettono l'informazione a ulteriori dispositivi (chiamati "attuatori") in grado di modificare le condizioni generali di illuminamento. In questo modo, una volta impostata la soglia di luminosità desiderata, è possibile mantenere la condizione di comfort luminoso indipendentemente dalle condizioni atmosferiche esterne (sovraesposizione o sottoesposizione).

## note

*L'installazione di sensori di luminosità deve essere accompagnata dall'adozione di sistemi di regolazione del flusso luminoso oppure da centraline elettroniche che regolano l'inclinazione delle lamelle di eventuali dispositivi esterni di controllo solare (allo stesso modo, è possibile controllare la disposizione delle tende interne).*

## Approfondimento

-

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Breve	<b>5 ÷ 15%</b> Se accoppiati a sistemi di regolazione del flusso luminoso (Fonte: rielaborazione su dati ENEA – FIRE, 1994)	<b>+1</b>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-

<b>4</b>	<b>ILLUMINAMENTO</b>
<b>4.2</b>	<b>CONTROLLO DEL FLUSSO LUMINOSO</b>
<b>4.2.2</b>	<b>PREDISPOSIZIONE DI SCHERMATURE INTERNE MOBILI PER LA REGOLAZIONE DELL'INTENSITÀ LUMINOSA (CON COMPLETO OSCURAMENTO DI ALCUNE AULE)</b>
<p><b>Finalità</b></p> <p>Creare un livello di illuminazione naturale omogenea all'interno delle aule, evitando zone sovraesposte.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>UNI EN 13363-1:2008</b> - <i>Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato</i></p> <p><b>UNI EN 13363-2:2006</b> - <i>Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato</i></p> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p>-</p> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Consigliato</p>
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>La luce naturale è indispensabile per il benessere visivo degli occupanti, ma esistono situazioni in cui, a causa dell'orientamento dell'edificio e della mancanza di dispositivi esterni per la protezione solare, possono verificarsi fenomeni di abbagliamento e sovraesposizione di alcune aree delle aule. A tale proposito è possibile installare dispositivi che permettono di rendere omogenea la luce naturale dei locali della scuola, contribuendo, inoltre, al controllo dei fenomeni di surriscaldamento interno.</p> <p>Un primo intervento, sebbene non completamente risolutivo, prevede l'installazione di <b>schermature interne flessibili</b> in corrispondenza delle chiusure trasparenti (orizzontali e verticali). Tali dispositivi permettono di regolare, generalmente in modo manuale, la quantità di radiazione luminosa in ingresso, in relazione alle condizioni climatiche esterne e all'inclinazione dei raggi solari.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>Per il completo controllo dell'irraggiamento diretto, le schermature esterne sono generalmente molto più efficaci di quelle interne, in quanto respingono la radiazione solare prima che penetri nell'ambiente, facendo entrare solo la componente diffusa della luce e non quella diretta.</i></p> <p><i>In assenza di ulteriori dispositivi esterni di oscuramento delle chiusure trasparenti, è necessario predisporre tende oscuranti interne nei locali in cui le attività didattiche prevedono l'uso di audiovisivi.</i></p>	
<p><b>Approfondimento</b></p> <p>Le schermature interne flessibili si suddividono in:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. veneziane;</li> <li>2. tende semplici o a pannello;</li> <li>3. tende a rullo;</li> <li>4. tende pieghevoli</li> <li>5. tende tecniche.</li> </ol> <p>Ad esclusione delle veneziane, tutti gli altri dispositivi possono prevedere un completo o parziale oscuramento dell'ambiente in relazione alla trasparenza del materiale con cui sono realizzati.</p> <p>È possibile, inoltre, l'impiego di schermature flessibili integrate nell'infisso (generalmente del tipo a veneziana o a tenda pieghevole): esse prevedono l'inserimento del dispositivo schermante all'interno di una camera d'aria, accoppiata al vetrocamera con aria ferma, comandato manualmente dall'esterno. Tali sistemi, per le ridotte dimensioni del dispositivo schermante (dovute all'integrazione nell'infisso), si dimostrano meno efficaci nella protezione dall'irraggiamento intenso, producendo modesti effetti sulla diffusione della luce ambientale.</p>	

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Breve	<p><b>15 ÷ 17%</b></p> <p>In relazione al dispositivo impiegato e all'orientamento della facciata (Fonte: ES-SO - <i>European Solar Shading Organization</i>, 2006)</p>	+1

#### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 438 Scuola primaria, Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Posizionamento di schermature interne flessibili a protezione della chiusura trasparente.



Fig. 439 Scuola primaria, Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Posizionamento di schermature interne flessibili a protezione delle ampie chiusure trasparenti.



Fig. 440 Scuola per l'infanzia, Volano (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Le schermature interne devono garantire un buon grado di oscuramento per permettere il riposo pomeridiano dei bambini.

<b>4</b>	<b>ILLUMINAMENTO</b>
<b>4.2</b>	<b>CONTROLLO DEL FLUSSO LUMINOSO</b>
<b>4.2.3</b>	<b>PREDISPOSIZIONE DI SCHERMATURE ESTERNE FISSE O MOBILI CONGRUE CON L'ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA</b>
<p><b>Finalità</b></p> <p>Creare un livello di illuminazione naturale omogenea all'interno delle aule, evitando zone sovraesposte.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DLgs 311/2006</b> - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Allegato I, art. 10 - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</p> <p><b>UNI EN 13363-1:2008</b> - Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato</p> <p><b>UNI EN 13363-2:2006</b> - Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato.</p> <p><b>UNI/TS 11300-1:2008</b> - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale - Appendice D.</p> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p>-</p> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>La luce naturale è indispensabile per il benessere visivo degli occupanti, ma esistono situazioni in cui, a causa dell'orientamento dell'edificio e della mancanza di dispositivi esterni per la protezione solare, possono verificarsi fenomeni di abbagliamento e sovraesposizione di alcune aree delle aule. A tale proposito è possibile installare dispositivi che permettono di rendere omogenea la luce naturale dei locali della scuola, contribuendo, inoltre, al controllo dei fenomeni di surriscaldamento interno.</p> <p>Uno degli interventi maggiormente incisivi è l'installazione di <b>schermature esterne (fisse o mobili)</b>, in corrispondenza delle chiusure trasparenti, finalizzate alla riduzione o alla selezione della radiazione solare incidente.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>I sistemi di schermatura solare riducono la quantità di luce naturale in ingresso ma non provvedono al completo oscuramento delle aule, necessario nei locali in cui le attività didattiche prevedono l'uso di audiovisivi. Pertanto, sarà cura del progettista valutare le esigenze specifiche ed, eventualmente, dotare le aule di dispositivi flessibili interni.</i></p> <p><i>Il tipo di dispositivo di protezione solare deve essere opportunamente progettato in relazione all'orientamento della facciata da proteggere e dall'inclinazione dei raggi solari nei diversi periodi dell'anno, affinché sia garantita una condizione di benessere per un periodo prolungato.</i></p>	
<p><b>Approfondimento</b></p> <p>I dispositivi di controllo della radiazione solare si suddividono in:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>schermature flessibili</b>, ovvero elementi che bloccano sia la componente diretta che quella diffusa della luce, in modo totale o parziale; generalmente sono elementi che permettono la ventilazione, ma che impediscono la vista dell'esterno. Per schermatura esterna flessibile si intendono, ad esempio, le tende verticali retrattili e le tende inclinate retrattili;</li> <li><b>schermature rigide</b>, ovvero elementi fissi (orizzontali, verticali o combinati), non regolabili, in grado di intercettare la radiazione solare incidente creando un cono d'ombra che protegge le chiusure</li> </ol>	

trasparenti. Si tratta generalmente di aggetti o di mensole;

3. **filtri solari (fissi o mobili)**, ovvero elementi che coprono parzialmente la chiusura trasparente attraverso la selezione delle direzioni dei raggi solari incidenti. Fanno parte dei filtri solari i dispositivi frangisole (orizzontali o verticali) e le tende a lamelle; in quest'ultimo caso, è possibile aumentare il vantaggio apportato accoppiando un sistema di regolazione dell'inclinazione della lamella in relazione alla radiazione incidente, attraverso opportuni sensori.

Sia i dispositivi rigidi che i filtri solari possono essere integrati con tecnologie fotovoltaiche (opache o semitrasparenti) per ottenere il duplice vantaggio di schermatura solare e produzione di energia elettrica.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Medio	Fino al 30%	+2

#### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 441 Scuola primaria, Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Le ampie vetrate sono protette da un doppio sistema costituito da schermature fisse (aggetti) e da filtri solari fissi orizzontali.



Fig. 442 Scuola primaria, Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Filtro solare costituito da frangisole a lamelle fisse orientate in base all'inclinazione dei raggi solari incidenti nei periodi di surriscaldamento.



Fig. 443 Scuola primaria "R. Fucini", Roma – arch. Marcello Marocco in collaborazione con il Comune di Roma. Filtro solare esterno costituito da lamelle orientabili collegate a un dispositivo di regolazione dell'inclinazione delle lamelle stesse (Foto: AESSE)

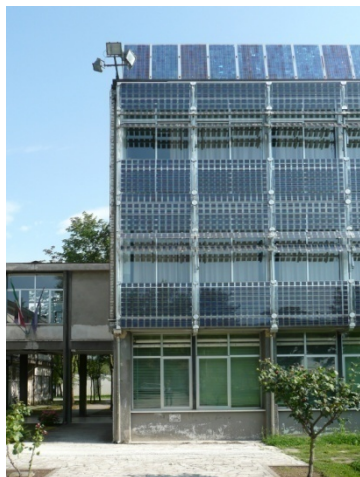


Fig. 444 Istituto Professionale per l'Industria e l'Artigianato, Rovigo – ing. Luigi Ferrari (Provincia di Rovigo). Filtro solare realizzato attraverso l'applicazione di moduli fotovoltaici semitrasparenti.



Fig. 445 Istituto Professionale per l'Industria e l'Artigianato, Rovigo – ing. Luigi Ferrari (Provincia di Rovigo). Il sistema prevede l'integrazione di lastre semitrasparenti fisse e di lamelle orientabili attraverso dispositivi a controllo elettronico.

## 4

## ILLUMINAMENTO

## 4.3

## CONTROLLO DEI FENOMENI DI DISTURBO VISIVO

## 4.3.1

## PREDISPOSIZIONE DI SCHERMATURE INTERNE MOBILI PER LA REGOLAZIONE DELL'INTENSITÀ LUMINOSA (CON COMPLETO OSCURAMENTO DI ALCUNE AULE)

## Finalità

Ridurre i fenomeni di abbagliamento dovuti alla radiazione diretta e alla riflessione della luce naturale sugli arredi e sulle pareti.

## Riferimento legislativo o normativo

**UNI 10840:2007** - Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale - Prospetto 1 - Requisiti di illuminazione per interni (zone), compiti o attività

**UNI EN 13363-1:2008** - Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato

**UNI EN 13363-2:2006** - Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato

## Specifiche di prestazione

Ambiente	$E_m$	UGR	$R_a$
<b>Asili nido, scuole materne</b>			
Aule giochi	300 lux	19	80
Nido	300 lux	19	80
Aule per il lavoro manuale	300 lux	19	80
<b>Edifici scolastici</b>			
Aule scolastiche	300 lux	19	80
Aule in scuole serali per adulti	500 lux	19	80
Sale lettura	500 lux	19	80
Lavagna	500 lux	19	80
...	...	...	...

## Livello di applicazione

Consigliato

## Descrizione generale dell'intervento

La luce naturale è indispensabile per il benessere visivo degli occupanti, ma esistono situazioni in cui, a causa dell'orientamento dell'edificio e della mancanza di dispositivi esterni per la protezione solare, possono verificarsi fenomeni di abbagliamento all'interno delle aule. A tale proposito è possibile installare dispositivi che permettono di rendere omogenea la luce naturale dei locali della scuola. Un primo intervento, sebbene non completamente risolutivo, prevede l'installazione di **schermature interne flessibili** in corrispondenza delle chiusure trasparenti (orizzontali e verticali). Tali dispositivi permettono di regolare, generalmente in modo manuale, la quantità di radiazione luminosa in ingresso, in relazione alle condizioni climatiche esterne e all'inclinazione dei raggi solari.

## note

*Per il completo controllo dell'irraggiamento diretto, le schermature esterne sono generalmente molto più efficaci di quelle interne, in quanto respingono la radiazione solare prima che penetri nell'ambiente, facendo entrare solo la componente diffusa della luce e non quella diretta.*

*È necessario prestare particolare attenzione alla quantità di luce in grado di penetrare attraverso le schermature interne poiché, in molti casi, l'illuminazione naturale risulta insufficiente e si rende necessario l'impiego di luci artificiali, con un aumento del consumo energetico.*

*In assenza di ulteriori dispositivi esterni di oscuramento delle chiusure trasparenti, è necessario predisporre doppie tende oscuranti interne nei locali in cui le attività didattiche prevedono l'uso di audiovisivi.*

## Approfondimento

Le schermature interne flessibili si suddividono in:



1. veneziane;
2. tende semplici o a pannello;
3. tende a rullo;
4. tende pieghevoli
5. tende tecniche.

Ad esclusione delle veneziane, tutti gli altri dispositivi possono prevedere un completo o parziale oscuramento dell'ambiente in relazione alla trasparenza del materiale con cui sono realizzati.

È possibile, inoltre, l'impiego di schermature flessibili integrate nell'infisso (generalmente del tipo a veneziana o a tenda pieghevole): esse prevedono l'inserimento del dispositivo schermante all'interno di una camera d'aria, accoppiata al vetrocamera con aria ferma, comandato manualmente dall'esterno. Tali sistemi, per le ridotte dimensioni del dispositivo schermante (dovute all'integrazione nell'infisso), si dimostrano meno efficaci nella protezione dall'irraggiamento intenso, producendo modesti effetti sulla diffusione della luce ambientale.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Breve	<p><b>15 ÷ 17%</b></p> <p>In relazione al dispositivo impiegato e all'orientamento della facciata (Fonte: ES-SO - <i>European Solar Shading Organization</i>, 2006)</p>	+1

#### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 446 Scuola primaria, Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Posizionamento di schermature interne flessibili a protezione della chiusura trasparente.



Fig. 447 Scuola primaria, Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Posizionamento di schermature interne flessibili a protezione delle ampie chiusure trasparenti.



Fig. 448 Scuola per l'infanzia, Volano (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Le schermature interne devono garantire un buon grado di oscuramento per permettere il riposo pomeridiano dei bambini.

## 4

## ILLUMINAMENTO

## 4.3

## CONTROLLO DEI FENOMENI DI DISTURBO VISIVO

## 4.3.2

## PROVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI ADEGUATI DISPOSITIVI DI GESTIONE DELLA LUCE NATURALE E ARTIFICIALE

<b>Finalità</b> Ridurre i fenomeni di abbagliamento dovuti ad una gestione inappropriata delle fonti luminose.	<b>Riferimento legislativo o normativo</b> <b>UNI 10840:2007</b> - Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale - Prospetto 1 - Requisiti di illuminazione per interni (zone), compiti o attività																																														
	<b>Specifica di prestazione</b>																																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ambiente</th> <th><math>E_m</math></th> <th>UGR</th> <th><math>R_a</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="text-align:center"><b>Asili nido, scuole materne</b></td> </tr> <tr> <td>Aule giochi</td> <td>300 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Nido</td> <td>300 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Aule per il lavoro manuale</td> <td>300 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align:center"><b>Edifici scolastici</b></td> </tr> <tr> <td>Aule scolastiche</td> <td>300 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Aule in scuole serali per adulti</td> <td>500 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Sale lettura</td> <td>500 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Lavagna</td> <td>500 lux</td> <td>19</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table>				Ambiente	$E_m$	UGR	$R_a$	<b>Asili nido, scuole materne</b>				Aule giochi	300 lux	19	80	Nido	300 lux	19	80	Aule per il lavoro manuale	300 lux	19	80	<b>Edifici scolastici</b>				Aule scolastiche	300 lux	19	80	Aule in scuole serali per adulti	500 lux	19	80	Sale lettura	500 lux	19	80	Lavagna	500 lux	19	80	...	...	...
Ambiente	$E_m$	UGR	$R_a$																																												
<b>Asili nido, scuole materne</b>																																															
Aule giochi	300 lux	19	80																																												
Nido	300 lux	19	80																																												
Aule per il lavoro manuale	300 lux	19	80																																												
<b>Edifici scolastici</b>																																															
Aule scolastiche	300 lux	19	80																																												
Aule in scuole serali per adulti	500 lux	19	80																																												
Sale lettura	500 lux	19	80																																												
Lavagna	500 lux	19	80																																												
...	...	...	...																																												
<b>Livello di applicazione</b> Obbligatorio																																															

<b>Descrizione generale dell'intervento</b> <p>L'abbagliamento è un fenomeno che può provocare, in casi estremi, danni permanenti all'organo della vista; nella maggior parte dei casi, comunque, è causa di affaticamento visivo e di riduzione dell'attenzione da parte degli alunni. È possibile intervenire sull'abbagliamento attraverso l'adozione di soluzioni migliorative prevedono l'integrazione di dispositivi di controllo del flusso luminoso naturale e artificiale.</p> <p><b>note</b></p> <p>-</p>
--

<b>Approfondimento</b> <p>I dispositivi di gestione della luce naturale permettono di controllare contemporaneamente i fenomeni di abbagliamento, di surriscaldamento e la distribuzione del flusso luminoso. È possibile intervenire attraverso differenti applicazioni:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>dispositivi di ombreggiamento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- a luce diffusa, che riflettono o assorbono i raggi diretti e permettono l'ingresso della componente diffusa (ad es., vetri prismatici, film olografici, pellicole a controllo solare);</li> <li>- a luce diretta a parziale assorbimento e parziale redistribuzione (ad es., frangisole, mensole, ecc.);</li> </ul> </li> <li><b>dispositivi di ridirezionamento della luce senza ombreggiamento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>ridirezionamento della luce diffusa</b>, ovvero dispositivi che aumentano l'illuminamento delle zone più lontane dalla sorgente (finestra), attraverso prese di luce zenitali, e diminuiscono il livello vicino alle finestre (ad es., finestre zenitali con film olografici);</li> <li>- <b>ridirezionamento della luce solare</b>, ovvero dispositivi che aumentano l'illuminamento delle zone più lontane dalla sorgente (finestra), modificando l'angolo di incidenza della luce (ad es., vetri tagliati al laser (LCP), vetri prismatici, ecc.);</li> <li>- <b>sistemi di diffusione</b>, che ridistribuiscono la luce all'interno dello spazio (ad es., vetri a diffusione).</li> </ul> </li> </ol> <p>Anche i dispositivi per il controllo della luce artificiale devono essere opportunamente progettati; in particolare le griglie di protezione delle sorgenti luminose devono permettere la diffusione della luce, evitando fenomeni di</p>
---

abbagliamento.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<p><b>Breve/Medio</b> In relazione al dispositivo impiegato</p>	<p><b>Fino al 30%</b> In relazione al dispositivo impiegato e all'orientamento della facciata (Fonte: rielaborazione su dati IEA-<i>International Energy Agency</i>, 2003)</p>	<p><b>+2</b></p>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-

## 4

## ILLUMINAMENTO

## 4.3

## CONTROLLO DEI FENOMENI DI DISTURBO VISIVO

## 4.3.3

## PREDISPOSIZIONE DI SCHERMATURE ESTERNE FISSE O MOBILI CONGRUE CON L'ORIENTAMENTO DELLE FACCIATE

## Finalità

Ridurre i fenomeni di abbagliamento dovuti alla radiazione diretta e alla riflessione della luce naturale sugli arredi e sulle pareti.

## Riferimento legislativo o normativo

**UNI 10840:2007** - Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale - Prospetto 1 - Requisiti di illuminazione per interni (zone), compiti o attività

**DLgs 311/2006** - Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Allegato I, art. 10 - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici

**UNI EN 13363-1:2008** - Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato

**UNI EN 13363-2:2006** - Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato

**UNI/TS 11300-1:2008** - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale - Appendice D.

## Specifica di prestazione

Ambiente	$E_m$	UGR	$R_s$
<b>Asili nido, scuole materne</b>			
Aule giochi	300 lux	19	80
Nido	300 lux	19	80
Aule per il lavoro manuale	300 lux	19	80
<b>Edifici scolastici</b>			
Aule scolastiche	300 lux	19	80
Aule in scuole serali per adulti	500 lux	19	80
Sale lettura	500 lux	19	80
Lavagna	500 lux	19	80
...	...	...	...

## Livello di applicazione

Obbligatorio

## Descrizione generale dell'intervento

La luce naturale è indispensabile per il benessere visivo degli occupanti, ma esistono situazioni in cui, a causa dell'orientamento dell'edificio e della mancanza di dispositivi esterni per la protezione solare, possono verificarsi fenomeni di abbagliamento e sovraesposizione di alcune aree delle aule. A tale proposito è possibile installare dispositivi che permettono di rendere omogenea la luce naturale dei locali della scuola. Uno degli interventi maggiormente incisivi è l'installazione di **schermature esterne (fisse o mobili)**, in corrispondenza delle chiusure trasparenti, finalizzate alla riduzione o alla selezione della radiazione solare incidente.

## note

*I sistemi di schermatura solare riducono la quantità di luce naturale in ingresso ma non provvedono al completo oscuramento delle aule, necessario nei locali in cui le attività didattiche prevedono l'uso di audiovisivi. Pertanto, sarà cura del progettista valutare le esigenze specifiche ed, eventualmente, dotare le aule di dispositivi flessibili interni. Il tipo di dispositivo di protezione solare deve essere opportunamente progettato in relazione all'orientamento della*

facciata da proteggere e dall'inclinazione dei raggi solari nei diversi periodi dell'anno, affinché sia garantita una condizione di benessere per un periodo prolungato.

### Approfondimento

I dispositivi di controllo della radiazione solare si suddividono in:

1. **schermature flessibili**, ovvero elementi che bloccano sia la componente diretta che quella diffusa della luce, in modo totale o parziale; generalmente sono elementi che permettono la ventilazione, ma che impediscono la vista dell'esterno. Per schermatura esterna flessibile si intendono, ad esempio, le tende verticali retrattili e le tende inclinate retrattili;
2. **schermature rigide**, ovvero elementi fissi (orizzontali, verticali o combinati), non regolabili, in grado di intercettare la radiazione solare incidente creando un cono d'ombra che protegge le chiusure trasparenti. Si tratta generalmente di aggetti o di mensole;
3. **filtri solari (fissi o mobili)**, ovvero elementi che coprono parzialmente la chiusura trasparente attraverso la selezione delle direzioni dei raggi solari incidenti. Fanno parte dei filtri solari i dispositivi frangisole (orizzontali o verticali) e le tende a lamelle; in quest'ultimo caso, è possibile aumentare il vantaggio apportato accoppiando un sistema di regolazione dell'inclinazione della lamella in relazione alla radiazione incidente, attraverso opportuni sensori.

Sia i dispositivi rigidi che i filtri solari possono essere integrati con tecnologie fotovoltaiche (opache o semitrasparenti) per ottenere il duplice vantaggio di schermatura solare e produzione di energia elettrica.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Medio	Fino al 30%	+2

### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 449 Scuola primaria, Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Le ampie vetrate sono protette da un doppio sistema costituito da schermature fisse (aggetti) e da filtri solari fissi orizzontali.



Fig. 450 Scuola primaria, Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Filtro solare costituito da frangisole a lamelle fisse orientate in base all'inclinazione dei raggi solari incidenti nei periodi di surriscaldamento.



Fig. 451 Scuola primaria "R. Fucini", Roma – arch. Marcello Marocco in collaborazione con il Comune di Roma. Filtro solare esterno costituito da lamelle orientabili collegate a un dispositivo di regolazione dell'inclinazione delle lamelle stesse (Foto: AESSE)

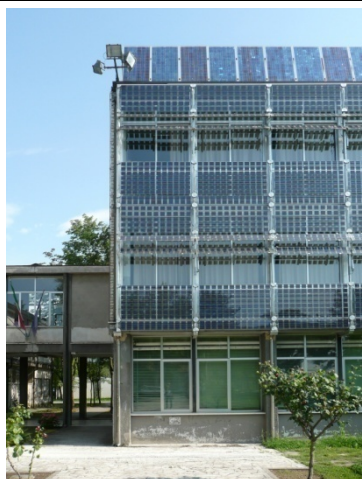


Fig. 452 Istituto Professionale per l'Industria e l'Artigianato, Rovigo – ing. Luigi Ferrari (Provincia di Rovigo). Filtro solare realizzato attraverso l'applicazione di moduli fotovoltaici semitrasparenti.



Fig. 453 Istituto Professionale per l'Industria e l'Artigianato, Rovigo – ing. Luigi Ferrari (Provincia di Rovigo). Il sistema prevede l'integrazione di lastre semitrasparenti fisse e di lamelle orientabili attraverso dispositivi a controllo elettronico.

5	RUMORE
---	--------

5.1	PROTEZIONE DEGLI SPAZI INTERNI DA FONTI DI RUMORE
-----	---

5.1.1	PROVVEDERE ALL'INSTALLAZIONE DI DISPOSITIVI DI ATTENUAZIONE ACUSTICA NELLE CONDOTTE DEGLI IMPIANTI TECNICI
-------	--

<p><b>Finalità</b></p> <p>Riduzione del rumore trasmesso attraverso le tubazioni e le condotte dell'aria.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DM 18 dicembre 1975</b> – <i>Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica - art. 5.1.2 – Condizioni acustiche - Verifiche e misure</i></p> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Rumorosità dei servizi a funzionamento discontinuo (determinata al massimo livello A misurato)</td> <td style="text-align: center;">A = 50 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>Rumorosità dei servizi a funzionamento continuo (determinata al massimo livello A misurato)</td> <td style="text-align: center;">A = 40 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>Potere fono isolante di griglie e prese d'aria installate verso l'esterno</td> <td style="text-align: center;">- I = 20 dB</td> </tr> </table> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>	Rumorosità dei servizi a funzionamento discontinuo (determinata al massimo livello A misurato)	A = 50 dB(A)	Rumorosità dei servizi a funzionamento continuo (determinata al massimo livello A misurato)	A = 40 dB(A)	Potere fono isolante di griglie e prese d'aria installate verso l'esterno	- I = 20 dB
Rumorosità dei servizi a funzionamento discontinuo (determinata al massimo livello A misurato)	A = 50 dB(A)						
Rumorosità dei servizi a funzionamento continuo (determinata al massimo livello A misurato)	A = 40 dB(A)						
Potere fono isolante di griglie e prese d'aria installate verso l'esterno	- I = 20 dB						

<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>I rumori che si originano in un ambiente, siano essi di natura aerea che da impatto, possono propagarsi agli ambienti adiacenti anche attraverso le tubazioni, le condotte e gli impianti tecnici in genere. Tali attraversamenti costituiscono spesso il "punto debole" del sistema di isolamento acustico e vanno a ridurre notevolmente le prestazioni dell'intera parete.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>In ambienti in cui vi è la presenza di molte macchine, si può decidere di isolare l'intero ambiente applicando sulla superficie interna della stanza pannelli fonoassorbenti. Occorre però avere ben presente che la massima riduzione che si riesce ad ottenere è all'incirca di 10 dB, e nei casi in cui si intervenga solo sul soffitto è di soli 5 dB.</i></p>
---

<p><b>Approfondimento</b></p> <p>La riduzione del rumore trasmesso attraverso le tubazioni e le condotte dell'aria si può ottenere tramite un adeguato isolamento delle stesse, impiegando materiali isolanti a celle aperte e manicotti realizzati con materiali fonoisolanti. Questi materiali, oltre a provvedere all'isolamento termico delle condotte, ne riducono anche l'energia sonora proveniente dal passaggio forzato nell'aria.</p> <p>Tubazioni, condotte e impianti per la movimentazione di fluidi, spesso risultano molto rumorosi; si può quindi provvedere ad isolare acusticamente questi elementi fasciandoli con materassini isolanti (ad es., lana di roccia) che saranno poi rivestiti con lamine di acciaio o similari.</p> <p>È bene adottare elementi fonoassorbenti (attenuatori acustici) anche all'interno dei dispositivi di immissione dell'aria, in particolare se installati nelle chiusure, al fine di evitare l'ingresso di rumori provenienti dall'esterno.</p>
---

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Breve</b>	<b>1 ÷ 5%</b> (Fonte: ENEA – FIRE, 1994)	<b>+1</b>

### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 454 Scuola primaria Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Le condotte per la ventilazione controllata sono state isolate da materassini con caratteristiche di isolamento termo-acustico. (Foto: arch. Gianluca Perottoni).



5	RUMORE
---	--------

5.1	PROTEZIONE DEGLI SPAZI INTERNI DA FONTI DI RUMORE
-----	---

5.1.2	PROVVEDERE ALLA SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI (ESTERNI E INTERNI)
-------	--

<p><b>Finalità</b></p> <p>Ridurre l'interferenza con le attività scolastiche determinata dalle fonti di inquinamento acustico provenienti dall'esterno e dall'interno dell'edificio.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DM 18 dicembre 1975</b> – <i>Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica - art. 5.1.2 – Condizioni acustiche - Verifiche e misure</i></p>		
	<p><b>Specifica di prestazione</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Potere fono isolante di infissi verso l'esterno</td> <td style="text-align: center;">- I = 25 dB</td> </tr> </table>	Potere fono isolante di infissi verso l'esterno	- I = 25 dB
Potere fono isolante di infissi verso l'esterno	- I = 25 dB		
	<p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>		

<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>La trasmissione del rumore proveniente dall'esterno attraverso le chiusure avviene in misura maggiore attraverso gli infissi poiché essi costituiscono dei ponti acustici notevoli. In particolare, nel caso di infissi con evidenti segni di degrado dei materiali o in cui la tenuta all'aria non è più garantita (per la mancanza di guarnizioni di tenuta o per la deformazione degli elementi durante il tempo) il passaggio del rumore è maggiormente percepito.</p> <p>Il problema può essere affrontato attraverso la <b>sostituzione degli infissi esterni</b> esistenti con altri caratterizzati da un elevato potere fonoisolante, meglio se autoventilanti, ossia in grado di garantire il ricambio dell'aria senza la necessità di aprire manualmente le finestre. In questo modo, sarà possibile provvedere contemporaneamente al miglioramento dell'involucro dal punto di vista termico e acustico.</p> <p>Al fine di limitare la propagazione del rumore proveniente dalle singole aule per via aerea, è bene <b>sostituire anche gli infissi interni</b>.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>Anche le griglie di ventilazione poste sull'infisso sono elementi attraverso cui il rumore si trasmette: pertanto, devono essere adottati opportuni dispositivi che consentano di limitare la rumorosità delle prese d'aria.</i></p>
---

<p><b>Approfondimento</b></p> <p>Le finestre ed i cassonetti degli avvolgibili sono i maggiori responsabili del rumore proveniente dall'esterno. Per ottenere un buon risultato si devono migliorare le caratteristiche del vetro, del serramento, del cassonetto, del sottofinestra, delle bocchette di aerazione. La semplice sostituzione di un vetro semplice con un vetro camera non porta i risultati desiderati, ma è preferibile posare due vetri più pesanti o, meglio, vetri stratificati che garantiscono, inoltre, le condizioni di sicurezza.</p> <p>La tenuta all'aria dei serramenti è un buon sistema per migliorare il fonoisolamento. Essa è identificata da 5 diverse classi: classe 0 per i serramenti non sottoposti a prova, classi dalla 1 alla 4 in ordine decrescente di permeabilità (la classe 4 è quindi la migliore).</p> <p>Negli infissi fonoisolanti i telai sono realizzati ed installati in modo da garantire:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. disaccoppiamento acustico telaio-vetro</b> attraverso l'inserimento di opportune guarnizioni fermavetro tra telaio ed anta, per impedire che i vetri doppi trasmettano direttamente il suono per vibrazione dalla prima lastra alla seconda attraverso il telaio stesso;</li> <li><b>2. disaccoppiamento acustico telaio-controtelaio</b>, ottenuto installando i telai fissi indipendentemente dal controtelaio, mediante guarnizioni che chiudono lo spazio dovuto alle usuali tolleranze di posa: questa strategia assicura la tenuta all'aria, evitando la trasmissione di vibrazioni dal telaio al muro (isolamento da rumori che si trasmettono per via strutturale).</li> </ol> <p>Le <b>guarnizioni</b> acquistano un'importanza fondamentale nelle finestre antirumore. Sono solitamente realizzate in materiale termoplastico e sono inserite in apposite sedi, sia fra anta e telaio che fra anta e vetro, contribuendo a migliorare l'isolamento acustico e termico, la tenuta all'acqua e all'aria dei serramenti.</p>
---

Nel caso di presenza dell'avvolgibile, è necessario insonorizzare anche il cassonetto, avendo cura di dotarlo di opportune spazzole antivento.  
 Per quanto riguarda gli infissi interni, è bene adottare tecnologie fonoisolanti che prevedono l'uso di guarnizioni di tenuta e l'imbottitura con materiali fonoisolanti (es. fibre).

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Medio</b>	<p><b>10 ÷ 20%</b></p> <p>In relazione alla trasmittanza termica degli infissi adottati rispetto a quelli preesistenti, all'estensione della superficie vetrata                      (Fonte: ENEA – FIRE, 1994)</p>	<b>+2</b>

**Riferimenti progettuali iconografici**



Fig. 455 Scuola primaria, Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. L'infisso è stato montato al filo esterno dell'isolante per mantenere continuità nella chiusura (Foto: EM2 Architetti)

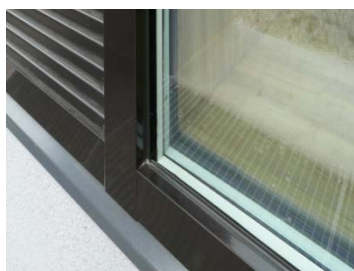


Fig. 456 Scuola primaria, Casteldarne (BZ) – EM2 Architetti. Il nuovo infisso è costituito da un doppio vetrocamera con alto potere fonoisolante.

5	RUMORE
---	--------

5.1	PROTEZIONE DEGLI SPAZI INTERNI DA FONTI DI RUMORE
-----	---

5.1.3	PROVVEDERE ALLA POSA IN OPERA DI ELEMENTI FONOASSORBENTI ALL'INTERNO DEGLI AMBIENTI SCOLASTICI
-------	--

<b>Finalità</b> Riduzione dei tempi di riverbero nelle aule per la didattica e nelle aule speciali (in particolare mense).	<b>Riferimento legislativo o normativo</b> Circolare Ministeriale del 22 maggio 1967 - <i>Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici - Art. 3 – Misure in opera.</i>
	<b>Specifica di prestazione</b> La media dei tempi di riverberazione misurati alle frequenze 250 - 500 - 1000 - 2000 Hz, non deve superare 1,2 sec. ad aula arredata, con la presenza di due persone al massimo.  Nelle palestre la media dei tempi di riverberazione (qualora non debbano essere utilizzate come auditorio) non deve superare 2,2 sec.
	<b>Livello di applicazione</b> Obbligatorio

<b>Descrizione generale dell'intervento</b> <p>Le superfici lisce e dure hanno la proprietà di riflettere il suono: ciò fa sì che i rumori prodotti dalle sorgenti interne agli ambienti vengano notevolmente amplificati, provocando fenomeni di riverbero che condizionano in modo sensibile la regolazione della voce dell'insegnante (forza e ritmo), con conseguente affaticamento, e la comprensione da parte degli alunni. Per attenuare il problema è necessario rivestire opportunamente le pareti di <b>materiali fonoassorbenti</b>, in grado cioè di assorbire la maggior parte dell'energia incidente, riducendone la riflessione sulle pareti stesse.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>Una adeguata scelta dei materiali potrà garantire, oltre al rispetto della normativa antincendio, anche un miglioramento dell'isolamento delle aule dal rumore da calpestio che è una delle possibili fonti della rumorosità interna non trascurabile.</i></p> <p><i>Un tempo di riverberazione molto lungo può causare danni alla salute. Un tempo di riverberazione troppo breve dà la sensazione di un ambiente sordo e può essere molto fastidioso. Il tempo di riverberazione ottimale deve essere realizzato in funzione della destinazione d'uso degli ambienti.</i></p> <p><i>Uno degli ambiti di maggiore criticità all'interno delle scuole è la mensa: i livelli sonori rilevati in questi locali si aggirano mediamente intorno agli 85dB(A) con casi intorno ai 100 dB(A), l'equivalente di ambienti industriali rumorosi. Dopo 30 minuti di esposizione a tali livelli sonori occorre un'ora di recupero sotto l'aspetto nervoso. Alcune esperienze di insonorizzazione delle mense scolastiche con riduzione del livello di rumorosità di 13 dB(A) hanno dimostrato un comportamento dei ragazzi totalmente modificato (es. conversazioni più frequenti ad ogni tavolo, pasti più lunghi, ecc.).</i></p>
---

<b>Approfondimento</b> <p>La caratteristica degli ambienti è il tempo di riverberazione (più è alto, più l'eco è lunga): esso dipende anche dal tipo di intervento di fonoassorbimento eseguito nell'ambiente e dal materiale applicato. Il potere fonoassorbente dei materiali è espresso attraverso il coefficiente <math>\alpha</math>, un valore compreso tra 0 e 1: più è alto e più il materiale è fonoassorbente.</p> <p>Gli elementi fonoassorbenti, per poter svolgere adeguatamente la loro funzione devono essere applicati all'interno degli ambienti e devono poter avere le superfici libere, in grado cioè di essere investite dai suoni e quindi assorbiti. Gli interventi mirati alla riduzione del riverbero interno possono essere:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. l'impiego di <b>materiali porosi</b> che sfruttano il principio della dissipazione viscosa, ovvero la trasformazione in</li> </ol>
--

calore (non percettibile all'uomo) dell'energia meccanica trasportata dall'onda sonora incidente. I materiali fonoassorbenti presenti in commercio possono essere, ad esempio, le fibre minerali, i poliuretani espansi a cellule aperte, le fibre vegetali, le schiume melamminiche, le fibre di poliestere. Il potere fonoassorbente del materiale aumenta se esso viene posato senza contatto diretto con la parete esistente, poiché la camera d'aria collabora alla dissipazione dell'onda. L'azione più efficace avviene per le alte e medie frequenze.

2. l'impiego di **pannelli o membrane vibranti** che sfruttano la risonanza del pannello stesso. Si tratta di materiali non porosi (ad esempio compensato) montati su appositi telai distanziati dalla superficie al fine di creare un'intercapedine d'aria retrostante. Quando vengono investiti dall'onda acustica, questi pannelli sono in grado di vibrare comportandosi come diaframmi su un cuscino d'aria, assorbendo l'energia acustica per effetto della dissipazione viscosa. L'azione più efficace avviene per le basse frequenze.

3. l'impiego di **tecnologie miste**, ovvero la posa in opera di **lastre rigide** (metallo, legno, gesso, ecc.) sulla cui superficie vengono praticati dei fori di diversa forma e dimensione, fissate senza contatto diretto con la parete. La cavità può rimanere tale, riempita di ulteriore materiale fonoassorbente oppure interrotta periodicamente da elementi di separazione (molle).

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<p><b>Medio</b></p> <p>In realtà, l'ammortamento dell'intervento è valutabile esclusivamente in termini di costi/benefici. Nel caso della sola posa in opera di pannelli non integrati nelle pareti, i costi sono piuttosto contenuti.</p>	-	<b>+2</b>

#### Riferimenti progettuali iconografici

-

# 5 RUMORE

## 5.1 PROTEZIONE DEGLI SPAZI INTERNI DA FONTI DI RUMORE

### 5.1.4 PROVVEDERE POSA IN OPERA DI ELEMENTI FONOISOLANTI NELLE CHIUSURE E NELLE PARTIZIONI VERTICALI E ORIZZONTALI

#### Finalità

Ridurre gli effetti e le interferenze alle attività didattiche e alla salute degli utenti causati dall'ambiente esterno o dalle attività presenti nell'edificio stesso.

#### Riferimento legislativo o normativo

**DM 18 dicembre 1975** – *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica - art. 5.1.2 – Condizioni acustiche - Verifiche e misure*

**DPCM 5 dicembre 1997** - *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici - Allegato A - Grandezze di riferimento: definizioni, metodi di calcolo e misure (Categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili)*

#### Specifica di prestazione

Isolamento acustico fra due ambienti adiacenti	- l = 40 dB
Isolamento acustico fra due ambienti sovrapposti	- l = 42 dB
Livello di rumore da calpestio normalizzato di solai (fra due ambienti sovrapposti)	- l = 68 dB
Potere fono isolante di chiusure esterne opache	- l = 35 dB
Potere fono isolante di griglie e prese d'aria installate verso l'esterno	- l = 20 dB

Parametri				
R <sub>w</sub> *	D <sub>2m,nT,w</sub>	L <sub>n,w</sub>	L <sub>ASmax</sub>	L <sub>Aeq</sub>
50	48	58	35	25

#### Livello di applicazione

Obbligatorio

#### Descrizione generale dell'intervento

La qualità acustica degli edifici scolastici e le conseguenti condizioni di benessere per insegnanti e studenti sono tra gli aspetti forse più trascurati nella progettazione e realizzazione delle scuole. In particolare è bene evidenziare che l'**inquinamento acustico proveniente dall'esterno o dalle aule contigue** può causare problemi di comunicazione e comprensione alunno-docente secondo due meccanismi distinti che sono il mascheramento della parola ed il basso livello di attenzione degli allievi. Per questo motivo, la normativa prevede il soddisfacimento di determinati requisiti di isolamento delle chiusure e delle partizioni orizzontali e verticali.

In generale, le strategie consistono nel risanamento del ricettore, ovvero nella **posa in opera di materiali fonoisolanti** in corrispondenza delle chiusure e delle partizioni, avendo particolare cura nell'evitare i ponti acustici (cassonetti degli avvolgibili, condutture degli impianti tecnologici, nodi parete-solaio, ecc.).

#### note

*La posa in opera dei materiali fonoisolanti riduce i problemi legati a fonti di rumore esterne all'ambiente considerato, ma non interviene su quelli causati da fonti di rumore interne, per le quali è bene adottare misure di fono assorbimento (cfr. scheda 5.1.3).*

*In molti casi la sorgente del rumore può essere l'ambiente esterno all'edificio scolastico (in particolare nei casi di contesto fortemente urbanizzato o di forte traffico veicolare) e, pertanto, le soluzioni devono tendere all'esclusione del fattore di inquinamento acustico. Tuttavia, sono da valutare, contestualmente e in accordo con la Pubblica Amministrazione, tutte le soluzioni in grado di prevenire il problema, intervenendo sulla sorgente o lungo il cammino di propagazione del suono attraverso soluzioni a livello urbano (alberature, barriere acustiche, ecc.).*

**Buona parte dei materiali fonoisolanti possiede anche le caratteristiche termiche utili per il controllo delle dispersioni di calore: si consiglia, dunque, di adottare una strategia di progettazione congiunta e integrale.**

### Approfondimento

Le misure da adottare per l'isolamento acustico degli ambienti interni devono affrontare il duplice problema della **trasmissione per via aerea** e dei **rumori causati da impatto** (calpestio). Infatti, le vibrazioni prodotte in un ambiente emergono in quello contiguo sotto forma di rumori aerei, ma si trasmettono anche sulle strutture vicine, nuovamente sotto forma di vibrazioni. È da notare che non sempre è la parete divisoria a trasmettere direttamente il rumore, ma possono essere le pareti laterali.

Per l'isolamento dei **rumori trasmessi per via aerea** si può intervenire attraverso:

1. l'adozione di tecnologie che aumentino la **massa** dell'elemento tecnico, attraverso la realizzazione di pareti che abbiano un elevato peso per unità di superficie. Per ottenere questo risultato si ricorre ad elevati spessori della parete e all'impiego di materiali ad alto peso specifico;
2. l'impiego di **materiali isolanti porosi** che consente, a parità di peso della parete, di ottenere un comportamento ed un isolamento acustico più elevato.
3. la sostituzione degli infissi esistenti con nuovi infissi a tenuta (cfr. scheda 5.1.2).

Nel trattamento dei rumori aerei i materiali fibrosi determinano generalmente prestazioni migliori rispetto ai materiali cellulari. Tuttavia, se le pareti opache sono già caratterizzate da elevato potere fono isolante, come nel caso di pareti massive, è comunque possibile adottare materiali cellulari. Pertanto, la scelta della soluzione più opportuna dovrà basarsi sulla stratigrafia della parete esistente.

Per l'isolamento dei **rumori da calpestio** si può intervenire attraverso:

1. sistemi resilienti a secco costituiti da **pannelli rigidi e feltri preaccoppiati** di basso spessore, su cui incollare un nuovo rivestimento (abbattimento del rumore 17-20 dB);
2. se l'altezza del soffitto lo consente, può essere efficace avvalersi di un **pavimento galleggiante** costituito da materiale elastico ammortizzato su cui realizzare un massetto e, successivamente, nuovo pavimento; quest'ultimo deve essere totalmente indipendente da quello preesistente al fine di permettere la vibrazione senza alcun punto di contatto con il solaio e con le pareti (in questo modo si ottengono abbattimenti di oltre 20 dB). Particolare cura deve essere posta nella realizzazione del massetto, per evitare il rischio di rottura del rivestimento;
3. nei casi in cui non è possibile intervenire sul pavimento, si può procedere isolando il soffitto e intercettando il rumore aereo causato dal calpestio. Questa strategia consiste nel realizzare un **controsoffitto** il più possibile continuo e riempiendo l'intercapedine tra la partizione orizzontale e il controsoffitto stesso con materiale fibroso o poroso, per evitare che essa si comporti come una cassa armonica. Non si tratta di una soluzione ottimale, ma, intervenendo anche sulle pareti con la medesima soluzione, si possono comunque ottenere buoni risultati.

Nel trattamento dei rumori da calpestio è necessario progettare con cura i punti di contatto tra gli elementi tecnici esistenti e la soluzione migliorativa, attraverso la posa in opera degli opportuni **giunti elastici** (altresi chiamati "molle"), al fine di eliminare eventuali ponti acustici.

Tenuto conto che nella generalità dei casi la rumorosità esterna alle scuole è dovuta al traffico veicolare, si richiamano di seguito alcuni interventi per il contenimento dell'inquinamento proveniente dalla sorgente:

1. **riduzione dei flussi di traffico sulla viabilità limitrofa al sito**, attraverso opportune scelte urbanistiche, e di organizzazione e gestione della mobilità su microscala (creazione di percorsi alternativi, zone a traffico limitato, ecc.);
2. indurre un **regime di transito lento e fluido**, sagomando la sede stradale, mediante *chicanes*, restringimento delle carreggiate, isole spartitraffico, parcheggi laterali, corsie di preselezione, rotonde, ecc.;
3. messa in opera di **superfici stradali silenti** in corrispondenza del sito scolastico in grado di garantire un abbattimento dei livelli sonori duraturo nel tempo, anche in contesti densamente urbanizzati;
4. inserimento di **barriere** che offrano un buon compromesso fra le opposte esigenze di avere un'elevata efficacia acustica, da un lato, e un basso impatto architettonico e urbanistico, dall'altro.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<p><b>Medio</b></p> <p>Se l'isolante acustico ha anche proprietà termiche. Diversamente è un intervento a sé stante.</p>	<p><b>Variabile</b></p> <p>In relazione alle proprietà termiche che possono caratterizzare il materiale fonoisolante.</p>	<p><b>+2</b></p>

## Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 457 Scuola primaria Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Posa in opera di isolante termo-acustico in lana di roccia (Foto: arch. Gianluca Perottoni).

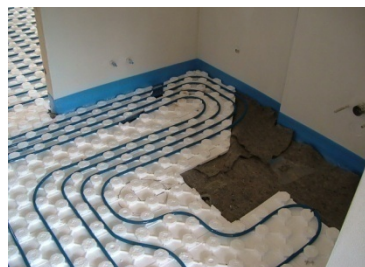


Fig. 458 Scuola primaria Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Le partizioni orizzontali prevedono la posa di un feltro per l'isolamento dei rumori da calpestio con sottostante strato di gomma (4 mm) per la separazione delle strutture (molla). (Foto: arch. Gianluca Perottoni).



Fig. 459 Scuola primaria Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. In alcuni ambienti, al di sopra massetto di integrazione impiantistica è stato posto uno strato di sugherite (sughero vetrificato, 6 cm) per la riduzione dei rumori da calpestio con sottostante strato di gomma (4 mm) per la separazione delle strutture (molla). (Foto: arch. Gianluca Perottoni).



Fig. 460 Scuola primaria Marco di Rovereto (TN) – arch. Gianluca Perottoni. Anche i massetti per la diffusione del riscaldamento radiante a pavimento sono stati realizzati attraverso uno strato di sugherite (sughero vetrificato, 6 cm) per la riduzione dei rumori da calpestio con sottostante strato di gomma (4 mm) per la separazione delle strutture (molla). (Foto: arch. Gianluca Perottoni).

<b>6</b>	<b>ALTRO</b>
<b>6.1</b>	<b>UTILIZZO E INTEGRAZIONE DI FONTI RINNOVABILI</b>
<b>6.1.1</b>	PROVVEDERE ALL'INTEGRAZIONE DI IMPIANTI SOLARI TERMICI (OVE NECESSARIO)
<p><b>Finalità</b></p> <p>Riduzione del consumo di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria e per la climatizzazione invernale.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DLgs 311/2006</b> - <i>Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Allegato I - art. 12 - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</i></p> <p><b>Regolamenti Regionali</b></p> <hr/> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p><i>"[...] in occasione di nuova installazione di impianti termici o di ristrutturazione degli impianti termici esistenti, l'impianto di produzione di energia termica deve essere progettato e realizzato in modo da coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria con l'utilizzo delle predette fonti di energia. Tale limite è ridotto al 20% per gli edifici situati nei centri storici".</i></p> <hr/> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>Qualora sussistano condizioni economiche favorevoli (contributi, incentivi, ecc.) e ambientali, è suggerita l'installazione di <b>impianti solari termici</b> per la produzione di energia termica. I pannelli possono essere installati nelle coperture (piane o inclinate), nelle terrazze, nelle facciate, ma è <b>consigliata la completa integrazione architettonica</b> all'interno di un progetto di <i>retrofit</i> di ampio raggio.</p> <p>L'adozione del solare termico è particolarmente consigliata nelle scuole per l'infanzia, nelle scuole di qualsiasi grado dotate di spazi per le attività sportive (palestre, piscine) ad uso scolastico ed extrascolastico e nei casi di presenza di sistemi di produzione di calore ad alta efficienza (caldaie a condensazione) abbinati a sistemi di emissione a bassa temperatura.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>L'intervento non si applica ai Comuni con casi documentati di insolazione insufficiente (verificare "cartografie del minimo soleggiamento" e UNI 10349:1994 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici) o nel caso di presenza di impedimenti (ombre portate da edifici o per le caratteristiche morfologiche del sito).</i></p> <p><i>È bene prevedere uno strato di isolamento al di sotto dei pannelli per evitare le dispersioni termiche, in particolare nei mesi freddi.</i></p> <p><i>Le temperature raggiungibili sono compatibili soltanto con soluzioni di impianto a pannelli radianti e con ridotte dispersioni dell'involucro e sono sostanzialmente inefficaci se l'impianto termico presenta corpi scaldanti a radiatori (solo funzione di preriscaldamento).</i></p>	
<p><b>Approfondimento</b></p> <p>Il parametro di riferimento per il confronto dei pannelli è il <b>rendimento</b>, ovvero il rapporto tra l'energia termica consegnata all'utilizzatore finale e la radiazione solare disponibile (diretta + diffusa). Il rendimento termico dell'impianto dipende esclusivamente dalla quantità di energia captata dal sole ed è quindi molto legato alla stagionalità. Un primo parametro per il progetto dell'impianto è, quindi, l'analisi delle esigenze dell'utenza in relazione al riscaldamento, alla produzione dell'acqua calda sanitaria (o entrambe) per tutto l'anno (utilizzo delle strutture anche per attività extrascolastiche) o per il solo periodo scolastico.</p>	



Le componenti principali di un sistema solare termico sono:

1. **Fluido di lavoro** (termovettore), generalmente un liquido (acqua additivata con antigelo, oppure olio), ma esistono anche sistemi ad aria sottovuoto. Questi ultimi sistemi hanno rendimenti maggiori poiché presentano minori dispersioni verso l'esterno;
2. **Assorbitori** (a superficie selettiva o non selettiva), generalmente integrati in pannelli, deputati ad assorbire la radiazione solare che li investe e a trasferire il calore assorbito al fluido di lavoro. I collettori a superficie selettiva sono preferibili, malgrado i costi più elevati, poiché sono in grado di assorbire la radiazione solare minimizzando la componente riflessa;
3. **Scambiatore di calore**, deputato a trasferire il calore accumulato ad un fluido secondario (acqua calda sanitaria, fluido vettore dell'impianto di riscaldamento, ecc.);
4. **Accumulo termico**, necessario per disaccoppiare produzione e domanda di energia termica, a serbatoio di liquido (spesso per il fluido secondario, nel qual caso il non fa parte dell'impianto termico) oppure a calore sensibile allo stato solido (ad es. vani interrati con rocce e sassi, per sistemi ad aria);
5. **Organi accessori e di controllo** (pompe, valvole, sensori, centraline, ecc.);
6. **Apparato di inseguimento** (se presente, a uno o due assi).

La corretta esposizione all'irraggiamento solare dei pannelli solari rappresenta un fattore chiave ai fini della prestazione dell'impianto. La decisione in merito alla **fattibilità tecnica** si basa sull'esistenza nel sito d'installazione dei seguenti requisiti:

1. **presenza di occlusioni** (alberature, ombre portate da edifici adiacenti, ecc.) nel sito individuato;
2. semplicità di accesso per la manutenzione, agilità di ancoraggio alle sottostrutture e di connessione alla rete impiantistica;
3. **corretta esposizione ed inclinazione dei moduli** in relazione a:
  - **angolo di azimut ( $\omega$ )**, ovvero l'angolo di divergenza tra la normale della superficie del pannello e il Sud geografico. È preferibile il perfetto orientamento a Sud, ma variazioni di  $\pm 30^\circ$  non comportano decrementi sostanziali;
  - **angolo di tilt ( $\Sigma$ )**, ovvero l'angolo tra la giacitura orizzontale e il piano della superficie del pannello (circa  $30-35^\circ$  in inverno, ma sono preferibili  $17-18^\circ$  in estate);
  - **angolo di incidenza dei raggi solari**, variabile principalmente in relazione alle stagioni.

La circolazione del fluido all'interno del circuito solare può avvenire in modo **naturale**, grazie al processo convettivo del fluido (che scaldandosi sale verso il serbatoio di accumulo), oppure in modo **forzato**, se avviene tramite una piccola pompa che trasferisce il fluido dai collettori al serbatoio d'accumulo.

Si usa la circolazione naturale quando è possibile posizionare il serbatoio subito sopra o dietro al pannello solare. Se il serbatoio deve essere posizionato in altra posizione, magari molto lontana per esigenze pratiche allora si userà una piccola pompa (controllata da una centralina sensibile alla differenza di temperatura tra pannello e serbatoio), che si sostituirà alla circolazione naturale dell'acqua calda.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Medio/Lungo	<p><b>Fino all'80%</b></p> <p>Del fabbisogno di acqua calda sanitaria (in presenza di sistemi di produzione di calore ad alta efficienza e sistemi di emissione a bassa temperatura)</p> <p>(Fonte: RisanamentoEnergetico.it)</p>	0

Riferimenti progettuali iconografici

-

<b>6</b>	<b>ALTRO</b>
<b>6.1</b>	<b>UTILIZZO E INTEGRAZIONE DI FONTI RINNOVABILI</b>
<b>6.1.2</b>	PROVVEDERE ALL'INTEGRAZIONE DI IMPIANTI SOLARI FOTOVOLTAICI
<p><b>Finalità</b></p> <p>Riduzione del consumo di energia elettrica proveniente dalla rete e della dipendenza da fonti energetiche non rinnovabili.</p>	<p><b>Riferimento legislativo o normativo</b></p> <p><b>DLgs 311/2006</b> - <i>Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia - Allegato I - art. 13 - Regime transitorio per la prestazione energetica degli edifici</i></p> <p><b>Regolamenti Regionali</b></p> <hr/> <p><b>Specifica di prestazione</b></p> <p>-</p> <hr/> <p><b>Livello di applicazione</b></p> <p>Obbligatorio</p>
<p><b>Descrizione generale dell'intervento</b></p> <p>Qualora sussistano condizioni economiche favorevoli (contributi, incentivi, ecc.) e ambientali, è suggerita l'installazione di <b>impianti solari fotovoltaici</b> allacciati alla rete di distribuzione, per la produzione di energia elettrica. I pannelli possono essere installati nelle coperture (piane o inclinate), nelle terrazze, nelle facciate, ma è <b>consigliata la completa integrazione architettonica</b> all'interno di un progetto di <i>retrofit</i> di ampio raggio. È consigliabile promuovere parallelamente attività di sensibilizzazione degli alunni.</p> <p><b>note</b></p> <p><i>L'intervento non si applica ai Comuni con casi documentati di insolazione insufficiente (verificare "cartografie del minimo soleggiamento" e UNI 10349:1994 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici) o nel caso di presenza di impedimenti (ombre portate da edifici o per le caratteristiche morfologiche del sito).</i></p> <p><i>Le tecnologie in film sottile permettono una buona integrazione architettonica (anche per l'aspetto), ma non si conosce ancora il comportamento a lungo termine.</i></p> <p><i>L'aspettativa di vita dei dispositivi non è mai inferiore ai 20÷30 anni, che possono essere anche abbondantemente superati. I produttori offrono normalmente garanzie su 20 o più anni per i rendimenti elettrici, con riferimento alla potenza di targa iniziale (90 % della potenza di targa iniziale dopo 10 anni, 80 % della potenza di targa iniziale dopo 20 anni). Questi parametri sono molto importanti essendo spesso correlati alla durata delle politiche di incentivazione del fotovoltaico e consentono così agli investitori di ripagarsi con sicurezza l'impianto.</i></p> <p><i>Nel caso di integrazione architettonica è bene prevedere uno strato di isolamento al di sotto dei pannelli.</i></p>	
<p><b>Approfondimento</b></p> <p>Un impianto fotovoltaico permette di trasformare l'energia solare in energia elettrica a corrente continua grazie all'effetto fotovoltaico. Tale fenomeno si manifesta nei materiali detti "semiconduttori", usati anche nella produzione di componenti elettronici.</p> <p>Il materiale sicuramente più utilizzato è il <b>silicio cristallino</b>, uno degli elementi chimici più diffusi sulla crosta terrestre sotto forma di biossido di silicio non puro (SiO<sub>2</sub>) denominato silice (polvere amorfa marrone o in cristalli grigi).</p> <p>Le tecnologie di realizzazione più comuni sono:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Silicio monocristallino</b> (materiale omogeneo);</li> <li>2. <b>Silicio policristallino</b> (materiale in grani);</li> <li>3. <b>Silicio amorfo</b> (film sottile), deposto chimicamente in camera a vuoto su un substrato, eventualmente ricurvo e trasparente.</li> </ol> <p>L'elemento base della conversione fotovoltaica è denominato <b>cella</b>. I <b>moduli fotovoltaici</b> sono circuiti di gruppi di 36 celle PV e costituiscono il componente elementare su cui sono costruiti i sistemi PV. L'assemblaggio di uno o più moduli PV costituisce i <b>pannelli</b>. La <b>stringa fotovoltaica</b> è l'unità di produzione di potenza dell'impianto ed è</p>	

costituita da un numero opportuno di moduli e/o pannelli connessi in serie.

Il parametro di riferimento per il confronto dei pannelli PV è il **rendimento**, ovvero il rapporto tra l'energia elettrica consegnata all'utilizzatore finale (rete o uso locale) e la radiazione solare disponibile (diretta + diffusa). Per i moduli monocristallini il rendimento è del 16% circa, per i policristallini è del 15% circa e per l'amorfo del 6% circa.

Un sistema fotovoltaico è composto da:

1. moduli o pannelli fotovoltaici;
2. struttura di sostegno per installare i moduli sul terreno, su un edificio o qualsiasi struttura edilizia;
3. inverter;
4. quadri elettrici, cavi di collegamento e locali tecnici per l'alloggiamento delle apparecchiature.

La corretta esposizione all'irraggiamento solare dei moduli fotovoltaici rappresenta un fattore chiave ai fini della prestazione dell'impianto. La decisione in merito alla **fattibilità tecnica** si basa sull'esistenza nel sito d'installazione dei seguenti requisiti:

1. **disponibilità dello spazio necessario** per installare i moduli (occorre uno spazio netto di circa 8 - 10 m<sup>2</sup> per ogni kWp di potenza, se i moduli sono installati in maniera complanare alle superfici di pertinenze di edifici; occorre uno spazio maggiore se l'impianto è installato in più file successive su strutture inclinate collocate su superfici piane);
2. **corretta esposizione ed inclinazione dei moduli** in relazione a:
  - **angolo di azimut ( $\omega$ )**, ovvero l'angolo di divergenza tra la normale della superficie del pannello e il Sud geografico. L'angolo deve essere possibilmente uguale a zero, ma sono ammissibili anche divergenze fino a 17° in direzione Sud-Est e Sud-Ovest;
  - **angolo di tilt ( $\Sigma$ )**, ovvero l'angolo tra la giacitura orizzontale e il piano della superficie del pannello (circa 30-35°);
  - **angolo di incidenza dei raggi solari**, variabile in relazione alle stagioni, ai mesi, ma anche nell'arco della stessa giornata.

Le **tecniche di installazione** dei pannelli possono essere:

1. **installazioni di tipo statico** (*Fixed*), collocando i moduli in modo che i loro angoli di tilt and azimut consentano la massima captazione di energia solare su base annua (calcolo mediante software);
2. **sistemi ad inseguimento** (*Tracking Systems*) di tipo **monoassiale** (tilt variabile, anche manualmente su base stagionale) o **biassiale** (tilt e azimut variabili); questi sistemi consentono di massimizzare la produzione energetica (+20÷30%), ma presentano maggiori costi (+10÷15%). Tuttavia, richiedendo molto spazio per alloggiare i sistemi meccanici inseguitori, è raramente compatibile con applicazioni che prevedano l'integrazione architettonica dei dispositivi (installazioni su copertura).

La **produttività elettrica media annua** di un impianto fotovoltaico può essere valutata attraverso prospetti, in relazione a:

1. **radiazione solare annuale** del sito (determinabile correttamente ricorrendo ad opportune formule);
2. **fattore di correzione** calcolato sulla base dell'orientamento, dell'angolo d'inclinazione dei moduli fotovoltaici ed eventuali ombre temporanee;
3. le **prestazioni tecniche** dei moduli fotovoltaici, dell'inverter e degli altri componenti dell'impianto;
4. le **condizioni ambientali** di riferimento del sito nelle quali devono operare i moduli fotovoltaici (ad esempio con l'aumento della temperatura di funzionamento diminuisce l'energia prodotta dall'impianto).

Gli **aspetti positivi** della tecnologia fotovoltaica possono riassumersi in:

1. assenza di qualsiasi tipo d'emissione inquinante durante il funzionamento dell'impianto;
2. risparmio dei combustibili fossili;
3. estrema affidabilità poiché, nella maggior parte dei casi, non esistono parti in movimento (vita utile superiore ai 20 anni);
4. costi di esercizio e manutenzione ridotti;
5. modularità del sistema (per aumentare la taglia basta aumentare il numero dei moduli).

A fronte di tali vantaggi, bisogna mettere in conto **aspetti penalizzanti** rappresentati da:

1. variabilità ed aleatorietà della fonte energetica (l'irraggiamento solare);
2. costo degli impianti attualmente elevato, a causa di un mercato che non ha ancora raggiunto la piena maturità tecnica ed economica.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
Medio/Lungo	<p><b>Fino al 100%</b></p> <p>Potenzialmente è raggiungibile la completa autonomia, ma la potenza è relazionata all'area di pannelli e quindi alle possibilità di inserimento nel contesto (è auspicabile l'integrazione architettonica)</p>	0

#### Riferimenti progettuali iconografici



Fig. 461 Istituto Professionale per l'Industria e l'Artigianato, Rovigo – ing. Luigi Ferrari (Provincia di Rovigo). Integrazione di moduli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica e per la riduzione del surriscaldamento delle aule dovuto a irraggiamento diretto.



Fig. 462 Istituto Professionale per l'Industria e l'Artigianato, Rovigo – ing. Luigi Ferrari (Provincia di Rovigo). Moduli standard fissi in copertura.



Fig. 463 Istituto Professionale per l'Industria e l'Artigianato, Rovigo – ing. Luigi Ferrari (Provincia di Rovigo). Moduli semitrasparenti fissi a celle fitte.



Fig. 464 Istituto Professionale per l'Industria e l'Artigianato, Rovigo – ing. Luigi Ferrari (Provincia di Rovigo). Moduli semitrasparenti orientabili a celle fitte.



Fig. 465 Scuola per l'infanzia e primaria "Marconi", Firenze – ing. Lorenzo Boganini (Comune di Firenze). Integrazione in copertura di moduli fotovoltaici standard (Foto: Comune di Firenze).

6	ALTRO							
6.2	RIDUZIONE DEL CONSUMO DI ACQUA POTABILE							
6.2.1	ADOZIONE DI DISPOSITIVI PER LA REGOLAZIONE DEL FLUSSO D'ACQUA							
<b>Finalità</b> Riduzione del consumo di acqua potabile.	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;"><b>Riferimento legislativo o normativo</b></td> <td>Regolamenti Regionali</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;"><b>Specifica di prestazione</b></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;"><b>Livello di applicazione</b></td> <td>Obbligatorio</td> </tr> </table>		<b>Riferimento legislativo o normativo</b>	Regolamenti Regionali	<b>Specifica di prestazione</b>	-	<b>Livello di applicazione</b>	Obbligatorio
<b>Riferimento legislativo o normativo</b>	Regolamenti Regionali							
<b>Specifica di prestazione</b>	-							
<b>Livello di applicazione</b>	Obbligatorio							
<b>Descrizione generale dell'intervento</b> <p>Per ridurre il consumo di acqua potabile è bene utilizzare dispositivi per la <b>regolazione del flusso di acqua dalle cassette di scarico dei gabinetti</b>, che dovranno essere dotate di un dispositivo comandabile manualmente; inoltre, è bene dotare tutti i rubinetti e le eventuali docce di <b>riduttori di flusso</b> (qualora privi dell'apposito dispositivo integrato).</p> <p>I riduttori di flusso sono piccole capsule di resina polarizzata che vengono disposte alla fine del rubinetto, svitando la guarnizione e mettendole al posto delle retine. Questi dispositivi miscelano l'aria e l'acqua e rendono più veloce e vorticoso il getto.</p> <p><b>note</b> -</p>								
<b>Approfondimento</b> <p>Le cassette devono essere dotate di un dispositivo comandabile manualmente che consenta in alternativa:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. la regolazione continua, in fase di scarico, del volume di acqua scaricata;</li> <li>2. la regolazione, prima dello scarico, di almeno due diversi volumi di acqua: il primo compreso tra 7 e 12 litri e il secondo compreso tra 5 e 7 litri.</li> </ol>								
<b>Pay Back Period</b>	<b>Stima del risparmio energetico conseguibile</b>	<b>Grado di miglioramento della qualità ambientale</b>						
<b>Immediato</b>	<b>Fino al 50%</b> Del consumo di acqua potabile	<b>0</b>						
<b>Riferimenti progettuali iconografici</b> -								

6	ALTRO
---	-------

6.3	RECUPERO, PER USI COMPATIBILI, DELLE ACQUE METEORICHE
-----	---

6.3.1	INSTALLAZIONE DI UN SISTEMA DI RACCOLTA DELL'ACQUA PIOVANA CON CISTERNA DI ACCUMULO
-------	---

<b>Finalità</b> Riduzione del consumo di acqua potabile per usi sanitari e per l'irrigazione	<b>Riferimento legislativo o normativo</b>
	<b>Specifica di prestazione</b>
	<b>Livello di applicazione</b>
	Regolamenti Regionali
	-
	Obbligatorio

**Descrizione generale dell'intervento**

Al fine della riduzione del consumo di acqua potabile è possibile l'utilizzo delle acque meteoriche, raccolte dalle coperture degli edifici, per l'irrigazione del verde pertinenziale (ove presente), la pulizia dei cortili e dei passaggi. Le coperture dei tetti devono essere munite di canali di gronda impermeabili, atti a convogliare le acque meteoriche nei pluviali e nel sistema di raccolta (cisterna) per poter essere riutilizzate al bisogno.

**note**

*Il sistema è maggiormente conveniente negli edifici di grandi dimensioni e nei casi di utilizzo extrascolastico di palestre e piscine.*

**Approfondimento**

Un impianto per il recupero e il riciclo delle acque piovane è costituito da:

1. un **sistema di raccolta**, ovvero l'insieme di superfici captative investite dalla pioggia, i pluviali, i canali di gronda, i pozzetti di drenaggio e i canali di raccordo;
2. un **sistema di filtraggio**, ovvero l'insieme dei dispositivi (*roof-washer*, deviatori) in grado di trattenere o separare le acque di prima pioggia (primi 5-15 minuti) e il materiale in sospensione (foglie, piccoli detriti, ecc.);
3. un **serbatoio di accumulo**, ovvero una cisterna di raccolta delle acque convogliate attraverso il sistema di raccolta; può essere di tipo prefabbricato o costruito in loco e deve essere dotato di un dispositivo di "troppo pieno" che provvede a deviare l'acqua in eccesso verso i sistemi esterni di smaltimento (rete fognaria);
4. un **sistema di depurazione**, finalizzato all'eliminazione dei materiali non trattenuti dal sistema di filtraggio e all'abbattimento della carica batterica;
5. una **stazione di pompaggio** che indirizza l'acqua verso le utenze.

Pay Back Period	Stima del risparmio energetico conseguibile	Grado di miglioramento della qualità ambientale
<b>Medio/Lungo</b>	<b>Fino al 50%</b> Del consumo di acqua potabile	<b>0</b>

**Riferimenti progettuali iconografici**

-

## 7.5. Fonti di riferimento

### 7.5.1. Bibliografia

Arbizzani E., *Manutenzione e gestione degli edifici complessi. Requisiti, strumentazioni e tecnologie*, Milano, Hoepli, 1991, pp. 274.

Asdrubali F., Baldinelli G., D'Alessandro F., Pontiggia A., *Prestazioni acustiche di infissi antirumore: influenza delle modalità di posa*, Atti del 6° Congresso Nazionale CIRIAF, Perugia 7/8 aprile 2006, pp. 6, documento disponibile all'indirizzo [www.crbnet.it/FisicaTecnica/File/Pubblicazioni/pdf/1266.pdf](http://www.crbnet.it/FisicaTecnica/File/Pubblicazioni/pdf/1266.pdf).

ASHRAE-American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (a cura di), *Advanced Energy Design Guide For K-12 School Buildings. ASHRAE Special Project 111*, 2008, pp. 174, documento disponibile all'indirizzo [www.ashrae.org/publications/page/1604](http://www.ashrae.org/publications/page/1604).

Asquini L., Oleotto E., Bassi L., *Efficienza energetica e sostenibilità. Linee guida per interventi su edifici esistenti e di nuova costruzione con schede di valutazione dei materiali*, Monfalcone, EdicomEdizioni, 2008, pp. 223.

Carotti A., Madé D., *La casa passiva in Italia. Teoria e progetto di una "casa passiva" in tecnologia tradizionale*, Milano, Rockwool, 2006, pp. 136.

Commissione Tecnica ECOABITA, *Linee Guida ECOABITA – Standard Regione Emilia Romagna*, luglio 2008, pp. 47, documento scaricabile all'indirizzo [www.ecoabita.it/pdf/LineeGuida2008.pdf](http://www.ecoabita.it/pdf/LineeGuida2008.pdf).

Department for Education and Skills (a cura di), Building Bulletin 87. *Guidelines for Environmental Design in Schools*, 2003, pp. 37, documento disponibile all'indirizzo [www.teachernet.gov.uk/management/resourcesfinanceandbuilding/schoolbuildings/environ/energy](http://www.teachernet.gov.uk/management/resourcesfinanceandbuilding/schoolbuildings/environ/energy).

ENEA (a cura di), *Risparmio energetico con gli impianti di riscaldamento*, 2003, pp. 16, documento disponibile all'indirizzo [www.enea.it/com/web/pubblicazioni/Op14.pdf](http://www.enea.it/com/web/pubblicazioni/Op14.pdf).

ENEA (a cura di), *Risparmio energetico con l'illuminazione*, 2008, pp. 10, documento disponibile all'indirizzo [www.enea.it/produzione\\_scientifica/pdf\\_op\\_svil\\_sost/Op05.pdf](http://www.enea.it/produzione_scientifica/pdf_op_svil_sost/Op05.pdf).

ENEA-FIRE (a cura di), *Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole*, Roma – Centro Ricerche Casaccia, 1999, pp. 46, documento disponibile all'indirizzo [www.fire-italia.it/eell/scuole/guida\\_scuole.pdf](http://www.fire-italia.it/eell/scuole/guida_scuole.pdf).

ENEA-FIRE (a cura di), *Complementi alla guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole*, Roma – Centro Ricerche Casaccia, 1999, pp. 57, documento disponibile all'indirizzo [www.fire-italia.it/eell/scuole/complementi\\_guida\\_ENEA.pdf](http://www.fire-italia.it/eell/scuole/complementi_guida_ENEA.pdf)

IEA ECBCS – Annex 36: Retrofitting in Educational Buildings, Tomasz M. Mróz (a cura di), *Subtask A: Report. Overview of Retrofitting Measures*, 2003, pp. 147, documento disponibile all'indirizzo [www.annex36.com/cd\\_eca\\_fulldocumentation\\_delivery/uk/results/subtaskA.html](http://www.annex36.com/cd_eca_fulldocumentation_delivery/uk/results/subtaskA.html).

Imperadori M., *Le procedure struttura/rivestimento per l'edilizia sostenibile. Tecnologie dell'innovazione*, Rimini, Maggioli Editore, 1999, pp. 267.

Imperadori M. (a cura di), *La progettazione con tecnologia stratificata a secco. Realizzazioni innovative, linee guida e prodotti per una meccanica dell'architettura sostenibile*, Milano, Il Sole 24 Ore S.p.A., 2006, 445.

Kah O., *Requisiti richiesti per un edificio scolastico passivo e aspetti progettuali*, 2006, pp. 8, documento disponibile all'indirizzo [www.miniwatt.it/mwarchivio/mwb2006/0608\\_Edifici\\_Scuole\\_passive\\_Requisiti.pdf](http://www.miniwatt.it/mwarchivio/mwb2006/0608_Edifici_Scuole_passive_Requisiti.pdf)

Gabrielli L., *La valutazione degli investimenti*, dispensa del corso "Architettura&Energia" organizzato dall'Università di Ferrara e dall'Università di Modena e Reggio Emilia, Reggio Emilia, maggio 2007, pp. 32.

Grosso M., et al., *SE/AS13 - Progettazione ecocompatibile dell'architettura. Concetti e metodi, strumenti d'analisi e valutazione, esempi applicativi*, Napoli, SE - Sistemi Editoriali, 2005, pp. 512.

Longo D., *Riciclo dei materiali e gestione degli scarti edili. Procedure e tecniche di valorizzazione dei residui edilizi in Italia*, dispensa del corso "Architettura&Energia" organizzato dall'Università di Ferrara e dall'Università di Modena e Reggio Emilia, Reggio Emilia, maggio 2007, pp. 52.

Oleotto E. (a cura di), *Edifici scolastici ecocompatibili. Progetti per una scuola sostenibile*, Monfalcone, EdicomEdizioni, 2006, pp. 226.

Oleotto E. (a cura di), *Edifici scolastici ecocompatibili. Volume 2*, Monfalcone, EdicomEdizioni, 2007, pp. 116.

Peretti G. (a cura di), *Verso l'ecotecnologia in architettura: un percorso attraverso la tecnologia dell'architettura*, Milano, BEMA, 1997, pp. 170.

Provincia di Lecco, PuntoEnergia, Anab, Inbar (a cura di), Dall'Ò G. (coordinamento), *Linee guida per la promozione dello sviluppo sostenibile negli strumenti di governo del territorio e nei regolamenti edilizi*, coordinamento., Lecco, 2006, pp. 63, documento disponibile all'indirizzo [www.puntoenergia.com/Docum](http://www.puntoenergia.com/Docum)



enti/LG\_Prov\_LC.pdf.

Provincia di Lecco, PuntoEnergia, Anab, Inbar (a cura di), Dall'Ò G. (coordinamento), *Linee guida per la promozione dello sviluppo sostenibile negli strumenti di governo del territorio e nei regolamenti edilizi. Schede*, Lecco, 2006, pp. 63, documento disponibile all'indirizzo [www.puntoenergia.com/Documenti/LG\\_Prov\\_LC\\_Schede.pdf](http://www.puntoenergia.com/Documenti/LG_Prov_LC_Schede.pdf).

Provincia di Udine, Rizzi M. (a cura di), *Consigli di risparmio energetico per edifici esistenti*, 2006, pp. 65, documento disponibile all'indirizzo [www.provincia.udine.it/italiano/Ente/Uffici/Ristecno/Energia/Progr/Sportello/Pubblicazioni/libro\\_risparmio\\_energetico\\_bassa\\_risoluzione\\_web.pdf](http://www.provincia.udine.it/italiano/Ente/Uffici/Ristecno/Energia/Progr/Sportello/Pubblicazioni/libro_risparmio_energetico_bassa_risoluzione_web.pdf).

Sala M. (a cura di), *Recupero edilizio e bioclimatica. Strumenti, tecniche e casi studio*, Napoli, Esselibri S.p.A., 2001, pp. 236.

Scudo G. (Responsabile scientifico), Rogora A., Losa C., *Risparmio energetico negli edifici scolastici. Interventi per il risparmio energetico*, Ricerca condotta all'interno del DI.Tec – Politecnico di Milano – Dipartimento di Disegno Industriale e Tecnologia dell'Architettura, in collaborazione con il Comune di Catania, 2001, pp. 212.

Scudo G. (Responsabile scientifico), Rogora A., Losa C., *Risparmio energetico negli edifici scolastici. Studio degli involucri edilizi*, Ricerca condotta all'interno del DI.Tec – Politecnico di Milano – Dipartimento di Disegno Industriale e Tecnologia dell'Architettura, in collaborazione con il Comune di Catania, 2001, pp. 24.

Zambelli E. (a cura di), *Costruzione stratificata a secco: tecnologie edilizie innovative e metodi per la gestione del progetto*, Rimini, Maggioli Editore, 1998, pp. 275.

Zambelli E. (a cura di), *Ristrutturazione e trasformazione del costruito. Tecnologie per la rifunzionalizzazione e la riorganizzazione architettonica degli spazi*, Milano, Il Sole 24 Ore S.p.A., 2004, pp. 418.

### 7.5.2. Sitografia

<b>AESSE – Abitare la scuola</b>	<a href="http://www.indire.it/aesse/index.php">www.indire.it/aesse/index.php</a>
<b>ANIT – Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e Acustico</b>	<a href="http://www.anit.it">www.anit.it</a>
<b>BRE – Building Research Establishment</b>	<a href="http://www.bre.co.uk/index.jsp">www.bre.co.uk/index.jsp</a>
<b>Città di Bolzano – Progetto "Scommettiamo che: una scommessa energetica con le</b>	<a href="http://www.comune.bolzano.it/ambiente_context02.jsp?ID_LINK=2520&amp;page=1&amp;area=68">www.comune.bolzano.it/ambiente_context02.jsp?ID_LINK=2520&amp;page=1&amp;area=68</a>

<b>scuole</b>	
<b>ECOABITA - La casa ecologica ed economica</b>	<a href="http://www.ecoabita.it">www.ecoabita.it</a>
<b>ENEA – Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente</b>	<a href="http://www.enea.it">www.enea.it</a>
<b>EnergyManager.net</b>	<a href="http://www.energymanager.net">www.energymanager.net</a>
<b>FIRE – Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia</b>	<a href="http://www.fire.it">www.fire.it</a>
<b>GSE – Gestore dei Servizi Elettrici</b>	<a href="http://www.gse.it">www.gse.it</a>
<b>IEA – Annex36 – Reduce</b>	<a href="http://www.annex36.com/index.html">www.annex36.com/index.html</a>
<b>IEA – Annex36 – Reduce. Energy Concept Adviser</b>	<a href="http://www.annex36.com/eca/uk/01start/menu.html">www.annex36.com/eca/uk/01start/menu.html</a>
<b>PuntoEnergia</b>	<a href="http://www.puntoenergia.com/index.htm">www.puntoenergia.com/index.htm</a>
<b>Provincia di Como – La qualità energetica nei nuovi regolamenti edilizi</b>	<a href="http://www.sportellocomo.puntoenergia.com/Temi/RegolamentoEdilizio/propostaPE.htm">www.sportellocomo.puntoenergia.com/Temi/RegolamentoEdilizio/propostaPE.htm</a>
<b>Provincia di Lecco</b>	<a href="http://www.provincia.lecco.it">www.provincia.lecco.it</a>
<b>Risanamento Energetico</b>	<a href="http://www.risanamentoenergetico.it">www.risanamentoenergetico.it</a>
<b>Rockwool</b>	<a href="http://www.rockwool.it">www.rockwool.it</a>
<b>UN Department of Economic and Social Affairs – Division for Sustainable Development – Agenda 21</b>	<a href="http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/agenda21toc.htm">www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/agenda21toc.htm</a>

---

PARTE QUARTA: **CONCLUSIONI**



## 8. Verifica dei risultati e possibili sviluppi della ricerca

### ABSTRACT

*Il capitolo si occupa del confronto tra gli obiettivi iniziali della ricerca (cfr. paragrafo 1.5.) e i risultati ottenuti al termine dello studio.*

*Si ritiene, inoltre, opportuno indicare i possibili scenari futuri di implementazione della ricerca esplicitandone, sinteticamente, i tratti salienti e i contenuti principali.*

### INDICE DEL CAPITOLO

8.1. Verifica tra obiettivi e risultati raggiunti .....	587
8.1.1. Caratteri .....	587
8.1.2. Parametri.....	591
8.1.3. Strumenti .....	592
8.1.4. Azioni.....	594
8.1.5. Strategie .....	595
8.2. Proposte di sviluppo futuro della ricerca .....	598
8.2.1. L'Agenda 21 a Scuola.....	603
8.2.2. La gestione partecipata dell'edificio riqualificato .....	605
8.2.3. La <i>Post Occupancy Evaluation</i> e la partecipazione degli utenti nelle fasi di acquisizione dati e monitoraggio dell'edificio.....	606
8.3. Fonti di riferimento .....	608
8.3.1. Bibliografia .....	608
8.3.2. Sitografia .....	608



## 8.1. Verifica tra obiettivi e risultati raggiunti

I paragrafi successivi riportano alcune considerazioni finali relative al percorso sviluppato dalla ricerca e un confronto tra gli obiettivi prefissati e i risultati raggiunti.

### 8.1.1. Caratteri

La corretta comprensione del tema affrontato ha richiesto un'indagine preliminare sul patrimonio edilizio esistente, al fine di individuare il *background* culturale e il *know-how* tecnologico che costituiscono il presupposto della ricerca.

Ciò ha permesso di indagare in profondità alcuni argomenti chiave relativi al parco edilizio scolastico, delineandone i **caratteri rappresentativi** e le criticità emergenti. Per questa sezione, la ricerca si è avvalsa di indagini indirette (bibliografiche, sitografiche, colloqui con referenti ed esperti del settore) e di indagini dirette (sopralluoghi, questionari) che hanno portato alla definizione di alcune situazioni emergenti, ovvero:

- un **quadro anagrafico** relativo allo stato dell'arte dell'edilizia scolastica, con particolare riferimento alla situazione locale della zona temperata.  
Appartengono a questo ambito:
  - il **quadro organizzativo**, utile alla comprensione della "rete-scuola" in Italia;
  - l'individuazione della **consistenza del parco edilizio esistente**, utile alla quantificazione del potenziale di risparmio attraverso eventuali azioni di intervento;
  - la lettura dei **tipi edilizi di base e delle relative evoluzioni**, utili alla verifica della funzionalità e delle condizioni d'uso dei fabbricati;
  - l'inquadramento delle **soluzioni tecnologico-costruttive e impiantistiche** ricorrenti, funzionali alla definizione dello stato di conservazione e delle problematiche connesse ai temi di efficienza energetica e benessere ambientale.
- un **repertorio di casi studio** relativi ad esperienze particolarmente significative di recupero energetico e ambientale del costruito, appartenenti allo scenario internazionale e nazionale.

L'indagine documentale e diretta eseguita per la definizione del quadro anagrafico ha portato alla luce le numerose questioni connesse all'ambito scolastico. Si tratta di un patrimonio edilizio in cui le evidenti problematiche legate allo stato di conservazione producono effetti negativi sulla funzionalità e sulle condizioni d'uso dei fabbricati, con sempre più frequenti ripercussioni sulla sicurezza (come dimostrato, purtroppo, dal recente incidente di Rivoli). Di fatto, attualmente, gli interventi di riqualificazione energetica e ambientale appaiono secondari rispetto a quelli da adottare per garantire le condizioni di sicurezza, ma nel momento in cui si decide di optare per un piano di intervento, è ovviamente preferibile operare con ampio raggio.

Le indagini condotte su un ampio spettro di edifici hanno fatto emergere l'appartenenza preponderante del parco edilizio a tre periodi principali:

- **tra il primo e il secondo dopoguerra, con estensioni fino agli anni Quaranta** del secolo scorso, momento in cui si è attribuita una particolare rilevanza all'istruzione (in particolare primaria) e in cui si è dato forte impulso all'edilizia scolastica, malgrado essa rappresentasse la traduzione in materia dei principi autoritari del periodo fascista (le sperimentazioni condotte in questo periodo, comunque, hanno portato alla realizzazione di alcuni esempi di architetture di eccellenza);
- **a cavallo degli anni Cinquanta e Sessanta**, in cui si è iniziato ad erogare fondi per l'edilizia scolastica, in particolare prefabbricata, ma in cui, nella realtà, si è assistito alla costruzione di numerosi edifici di scarsa qualità sia dal punto di vista tecnologico-costruttivo che architettonico;
- **a partire dalla seconda metà degli anni Settanta in avanti**, ovvero a seguito all'emanazione delle norme tecniche che hanno dato nuovo impulso alla costruzione di edifici scolastici, in particolare di istruzione secondaria di primo e secondo grado, per far fronte alle nuove esigenze di scolarizzazione.

Si tratta, quindi, di un panorama di costruzioni non recenti che presentano, oggi, inevitabili esigenze di intervento di tipo sostanziale e sistemico, al fine di prolungarne la vita utile, garantendo al tempo stesso sicurezza e funzionalità in relazione alle rinnovate esigenze pedagogiche ed economiche. Proprio in relazione al modificarsi delle esigenze e all'emergenza della situazione, sarebbe auspicabile una profonda conoscenza, a livello centrale, dello stato di conservazione dell'edilizia scolastica finalizzato all'individuazione delle condizioni di assoluta priorità, percorso iniziato con l'Anagrafe Nazionale, ma che non ha tutt'ora trovato esiti concreti.

Ad ogni periodo individuato appartengono tecniche costruttive ricorrenti, ma la tradizione dimostra una **forte componente di laterizio** (per quanto concerne i casi indagati), presente sotto molteplici accezioni. Il potenziale di risparmio energetico e il livello di benessere ambientale raggiungibili attraverso azioni di riqualificazione, sono fortemente connessi alla consistenza materica dell'esistente, caratteristica che varia in relazione alla localizzazione geografica, al periodo di appartenenza, alle tecniche costruttive locali. Anche per questo motivo, un registro nazionale delle caratteristiche tecnologiche e morfologiche del patrimonio edilizio esistente potrebbe risultare indispensabile supporto per l'elaborazione di **strumenti operativi contestualizzati (linee guida)**, finalizzati al miglioramento delle prestazioni globali erogate, non solo dal punto di vista della sicurezza, ma anche della gestione energetica (questione tutt'ora aperta e sempre più emergente) e del benessere dell'utente. Infatti, anche se il piano di intervento deve essere stabilito in relazione alle specificità del singolo quadro di riferimento, tuttavia, è possibile fornire un ventaglio di indicazioni di carattere generale per indirizzare il programma di riqualificazione, successivamente contestualizzabili caso per caso<sup>265</sup>.

Anche i colloqui intrapresi con le Pubbliche Amministrazioni, cui appartengono i casi di studio indagati, hanno fatto emergere **l'assoluta necessità di un uno strumento di conoscenza della situazione attuale del patrimonio scolastico esistente**. Di fatto, il più delle volte gli Enti Pubblici non possiedono alcuno

<sup>265</sup> A tale proposito, si rimanda alla lettura del cap. 7 – *Azioni di intervento*.



strumento di controllo del patrimonio di competenza, rimandando la trasmissione delle informazioni alla memoria storica degli operatori responsabili delle manutenzioni. In questo senso, l'anagrafe degli edifici scolastici di competenza dell'Ente Gestore (a livello nazionale e regionale, ma soprattutto a livello locale) assume il duplice ruolo di **strumento finalizzato all'incremento e alla trasmissione delle conoscenze sul bene edilizio** (e delle relative esigenze) e, parallelamente, di **strumento a supporto della programmazione degli interventi** attraverso il quale migliorare l'organizzazione delle attività di gestione.

Attualmente, la prassi operativa delle P.A. è generalmente organizzata secondo la logica della "somma urgenza" che non consente agli edifici di mantenere piena funzionalità; ciò scaturisce sia dalla ristrettezza dei fondi a disposizione per le attività manutentive, ma anche da politiche di *management* scarsamente programmate nel medio-lungo periodo, causate da una scarsa conoscenza delle condizioni di efficienza dei beni. In quest'ottica, un'anagrafe correttamente strutturata porterebbe ad un progressivo miglioramento dell'impiego delle risorse economiche a disposizione e, di conseguenza, un'evoluzione nelle attività di gestione e programmazione a vantaggio degli utenti finali.

All'interno del complesso processo di gestione e riqualificazione, la figura dell'utente (inteso come insieme degli utilizzatori del bene, ovvero alunni, insegnanti, operatori scolastici, dirigenti e, infine, famiglie) non ha ancora trovato il giusto riconoscimento; non si tratta esclusivamente di individui che occupano temporaneamente l'edificio, ma di persone che interagiscono profondamente con esso, modificandone il comportamento (in particolare energetico) e subendone gli effetti, siano essi positivi o negativi (in particolare legati alla qualità dell'ambiente interno). Ciò significa che l'utente deve partecipare in modo attivo all'interno processo, ricoprendo numerose funzioni, ovvero:

- **portare alla luce le situazioni di inadeguatezza degli spazi o di inefficienza del sistema tecnologico** percepite attraverso disagi localizzati o diffusi che incidono negativamente sulle prestazioni scolastiche;
- **collaborare alle fasi di acquisizione dati e monitoraggio dell'edificio**, limitatamente alle capacità e possibilità individuali;
- **collaborare ad una corretta gestione dell'edificio** (in particolare a seguito di un eventuale intervento di riqualificazione), riducendo gli sprechi e, quindi, gli inutili costi aggiuntivi a carico della scuola o dell'Ente Gestore. Questo percorso deve essere opportunamente sviluppato dalle P.A. e dai dirigenti scolastici all'interno di programmi di sensibilizzazione che sviluppino nell'utente una reale coscienza del risparmio<sup>266</sup>.

La mancanza di intercomunicazione tra gli utenti della scuola e le istituzioni locali contribuisce ulteriormente a rallentare e a ostacolare i processi di pianificazione. In relazione alle responsabilità reciproche e all'autonomia degli Enti gestori e delle istituzioni scolastiche, la condivisione, anche parziale, degli obiettivi e delle responsabilità porterebbe indubbi benefici sia alle P.A., le quali potrebbero delegare parte dei compiti (principalmente quelli riguardanti le manutenzioni a carattere ordinario), sia alle scuole, che potrebbero partecipare attivamente ai processi decisionali.

<sup>266</sup> Cfr. paragrafo 8.2.1. - *L'Agenda 21 a Scuola* e 8.2.2. - *La gestione partecipata dell'edificio riqualificato*.

La collaborazione dell'utente alle fasi di *management* dell'edificio (prima e dopo la riqualificazione) porta sostanziali riduzioni nelle spese all'Ente (riduzione delle bollette energetiche dovute al miglioramento delle prestazioni erogate dagli elementi tecnici, ma anche dai comportamenti virtuosi degli utilizzatori), ma generalmente nessun risparmio che possa essere raggiunto nella gestione dell'edificio riesce a rientrare come risorsa a disposizione di coloro che hanno contribuito ad ottenerla. In quest'ottica, il **reinvestimento delle risorse economiche, prodotte dalla riduzione dei consumi, per la scuola e la collettività** (meccanismo di *sharing savings*) può favorire l'attivazione di processi virtuosi a favore entrambe le figure coinvolte.

Oltre all'indagine finalizzata alla caratterizzazione del patrimonio edilizio, la prima parte della ricerca ha individuato alcune tra le esperienze **maggiormente significative, appartenenti allo scenario nazionale e internazionale, riguardanti gli interventi di riqualificazione energetica e ambientale di edifici scolastici.**

Se nell'ambito delle nuove costruzioni si sta assistendo a una sempre più attenta progettazione di scuole in chiave di efficienza energetica e di benessere per gli occupanti (soprattutto per quanto concerne le scuole per l'infanzia, campo di maggiore attuazione di programmi ambiziosi e di sperimentazione), nella riqualificazione dell'esistente la tendenza attuale conferma quanto sopra enunciato relativamente alle logiche degli interventi finalizzati alla "somma urgenza". **I progetti che affrontano il problema del recupero dell'esistente attraverso un approccio di tipo olistico sono numericamente ridotti** e, generalmente, scaturiscono da Enti "illuminati" che si affidano a professionalità particolarmente esperte nell'affrontare tali problemi. Sono molti i casi in cui la P.A. che decide di intraprendere un percorso di intervento in chiave efficiente sulle scuole è la medesima che si è precedentemente occupata di adottare misure incisive anche per gli altri ambiti, partendo dal residenziale, per poi arrivare agli edifici di pubblico interesse; allo stesso modo, vengono chiamati alla collaborazione progettisti e tecnici con formazione adeguata nel campo dell'efficienza energetica di alto livello. Da questa congiunzione di professionalità nascono **progetti di elevato valore architettonico e con contenuti di forte innovazione tecnologica**, che diventano sinonimo di *Best Practice*.

I progetti presentati<sup>267</sup>, rielaborati all'interno di schede di analisi in relazione alle misure adottate per l'intervento, dimostrano che è possibile agire in modo sostanziale sul costruito attraverso tecnologie che permettono di ridurre le tempistiche e contenere i costi di esecuzione, riducendo fortemente i consumi e innalzando la qualità dell'ambiente interno; essi, inoltre, sono un chiaro esempio di come sia possibile rifunzionalizzare e, al tempo stesso, attribuire nuova valenza architettonica attraverso azioni di *retrofit* su oggetti edilizi non più in grado di soddisfare le esigenze dell'utenza.

---

<sup>267</sup> Cfr. cap. 4 – *Tendenze in atto*.

### 8.1.2. Parametri

Dalle indagini intraprese sul patrimonio scolastico costruito sono emersi alcuni **aspetti significativi di tipo ricorrente**, tra cui:

- eccessive dispersioni termiche dovute all'apertura manuale delle finestre;
- scarsa qualità dell'aria interna dovuta alla presenza e all'interazione di fattori di inquinamento *indoor* e *outdoor*;
- indifferenza nell'utilizzo di materiali inquinanti
- eccessive dispersioni termiche dovute alla trasmissione di calore attraverso l'involucro (opaco e trasparente);
- elevati costi per la climatizzazione invernale;
- eccessivi carichi termici dovuti alla radiazione solare incidente;
- scarso impiego del verde per il controllo microclimatico;
- eccessivi carichi termici dovuti agli occupanti;
- eccessivi carichi termici dovuti alla presenza di dispositivi interni;
- elevate percentuali di umidità nell'aria;
- formazione di condensa superficiale e interstiziale che compromettono le prestazioni degli elementi tecnici;
- elevati costi per l'illuminazione dell'edificio;
- scarsi livelli di illuminamento di alcuni locali o di parte di essi;
- fenomeni di abbagliamento all'interno dei locali per la didattica;
- elevati livelli di rumorosità degli ambienti;
- elevati costi per le risorse idriche (in particolare nelle strutture dotate di palestre o piscine ad uso anche extrascolastico);
- indifferenza nell'utilizzo di risorse energetiche non rinnovabili in fase di gestione dell'immobile;
- elevati costi di gestione;
- scarsa attenzione alla durabilità dei materiali impiegati nelle continue manutenzioni.

Le diseconomie e le disattitudini evidenziate dipendono dalla **scarsa attenzione verso le strategie ambientali con cui si è svolto, originariamente, il progetto dell'edificio** (orientamenti, distribuzione funzionale, ecc.); in altri casi, il degrado attuale è dovuto all'**impiego di materiali con scarsa durabilità** nel tempo (per far fronte alla crescita demografica del secondo dopoguerra si è provveduto alla costruzione di numerosi edifici scolastici, ma, date le ristrettezze economiche, materiali e tecniche costruttive impiegati non erano di alta qualità), oppure alla **progettazione senza linee guida di riferimento** (le norme per l'edilizia scolastica sono state emanate solo nel 1975 e molti edifici scolastici attualmente utilizzati sono antecedenti).

Le problematiche emerse sono riconducibili ad una serie di **parametri** che concorrono alle sostanziali variazioni di consumo energetico e comfort ambientale dell'edificio scolastico, con ripercussioni in termini di costi a carico dell'Ente Gestore e di scarsa qualità dell'ambiente interno per gli utilizzatori. I parametri sono:

- aria;
- temperatura;
- umidità;

- illuminamento;
- rumore.

In molti casi i parametri sono fortemente connessi tra loro, influenzandosi a vicenda e producendo una serie di concause che, per una corretta e definitiva soluzione, richiedono un approccio generale al progetto e non soluzioni compartimentate riguardanti i singoli aspetti.

Di fatto, attualmente, la legislazione cogente in materia di edilizia scolastica è definita dal DM 18 dicembre 1975<sup>268</sup>, ma sono state elaborate, in epoca più recente, una serie di norme, nazionali e internazionali, che aggiornano la trattazione affrontando singolarmente le problematiche; inoltre, si è legiferato in materia di energia, argomento non presente all'interno del DM del 1975. Pertanto, si è ritenuto opportuno cercare di mettere ordine all'interno di un panorama piuttosto frammentato e complesso, attraverso la **creazione di un quadro sinottico in cui sono raccolte norme e leggi concernenti l'ambito energetico e ambientale e le relative specifiche di prestazione**, successivamente articolato secondo parametri di riferimento precedentemente individuati.

Le specifiche di prestazione, tuttavia, possono non assicurare da sole la buona riuscita dell'intervento, rimanendo indicazioni piuttosto sterili per coloro che non presentano particolare dimestichezza con la materia. A tale proposito, si è cercato di fornire agli operatori uno strumento dedicato all'orientamento del *brief* di progetto (Documento Preliminare alla Progettazione<sup>269</sup>) per la riqualificazione degli edifici scolastici esistenti, nell'ottica di contribuire allo sviluppo di un'edilizia basata sulle potenzialità offerte dall'innovazione tecnologica e unita alla conoscenza effettiva degli impatti prodotti dal processo edilizio sull'uomo e sull'ambiente. Si tratta di un **quadro esigenziale-prestazionale**, organizzato in base alle criticità emerse relativamente ai parametri di variazione del consumo energetico e della qualità dell'ambiente interno; lo strumento, di indirizzo per gli operatori, può costituire, inoltre, una base di partenza per la formulazione di capitolati speciali d'appalto, oppure per la redazione di bandi e accordi tra i soggetti coinvolti, finalizzati all'esecuzione di opere di manutenzione ordinaria e straordinaria degli edifici esistenti, oppure per la gestione degli stessi.

### 8.1.3. Strumenti

La valutazione delle prestazioni in opera è uno degli strumenti di maggiore incidenza ai fini della scelta dell'iter progettuale per il recupero, ma diventa anche un passaggio particolarmente utile per la definizione di un catasto dei fabbricati di competenza dell'Ente. Infatti, l'attribuzione del *budget* di spesa a ciascun edificio avviene in relazione alla gravità della situazione e, pertanto, sarà utile definire una gerarchia delle priorità di intervento. A tale proposito, si ritiene utile affrontare la questione secondo due differenti livelli di approfondimento:

<sup>268</sup> DM 18 dicembre 1975 – *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella realizzazione di opere di edilizia scolastica.*

<sup>269</sup> Come da disposizioni del DPR 21 dicembre 1999, n. 554 - *Regolamento di attuazione della L. 11 febbraio 1994, n. 109 legge quadro in materia di lavori pubblici, e successive modificazioni*, art. 15, comma 4 e 5.

- **valutazione preliminare “speditiva” (pre-screening);**
- **valutazione approfondita del livello prestazionale.**

Nel primo caso, la possibilità di eseguire un’indagine veloce del parco edilizio di competenza permette di contenere i costi di indagine e di impiegare personale non altamente specializzato. Non secondariamente, dati i presupposti, è potenzialmente possibile eseguire una valutazione di tutti gli edifici scolastici, fornendo utili informazioni per la creazione di un’anagrafe locale, implementabile in relazione alle eventuali future manutenzioni o indagini approfondite. L’acquisizione dell’intero patrimonio permette di avere una visione di insieme, individuando le situazioni di criticità sulle quali intervenire repentinamente e mantenendo una gerarchia di urgenza di supporto alle scelte degli operatori. Questo tipo di valutazione, quindi, permette di effettuare uno **screening preliminare** relativo allo stato di conservazione dell’immobile e alle caratteristiche energetiche e ambientali. In questo senso, è possibile procedere attraverso una **valutazione dello stato fisico e funzionale dell’edificio scolastico attraverso metodi analitici** che permettono di contenere tempi e costi.

Il secondo caso riguarda invece la fase successiva all’attribuzione delle priorità, ovvero, nel momento in cui si è stabilita la gerarchia di intervento attraverso la valutazione preliminare, sarà necessario effettuare un’indagine maggiormente approfondita dell’immobile, volta alla **determinazione delle prestazioni in opera**; il livello prestazionale individuato costituirà la base di orientamento dell’operatore per la definizione degli obiettivi progettuali. Questa seconda fase richiede l’impiego di professionalità (anche esterne) e strumentazioni specifiche, al fine di eseguire diagnosi di alta qualità da parte di tecnici esperti in grado, inoltre, di garantire i risultati con assunzione di responsabilità ed eventuale assicurazione per danni a terzi. Data la specificità delle informazioni acquisite, relative al sistema edificio-impianto, questo tipo di indagine può essere applicato:

- alla **determinazione della classe energetica** di appartenenza dell’immobile (secondo le specifiche regionali o locali) e, quindi, alla certificazione energetica dello stesso, secondo le indicazioni fornite dal DLgs 311/2006;
- allo **studio analitico delle caratteristiche morfologiche, energetiche e ambientali** dell’edificio di cui si prevede un recupero sostanziale;
- alla **predisposizione di capitolati tecnici per le gare d’appalto** (servizio energia con obiettivi di risparmio energetico, oppure affidamenti d’incarico per la progettazione del recupero globale).

La valutazione approfondita è integrabile con attività partecipative da parte degli utenti che, limitatamente all’acquisizione di alcuni parametri per i quali non è richiesta particolare professionalità o per cui non è necessario l’impiego di strumentazioni particolarmente complesse, possono contribuire attivamente, nell’ottica dei programmi pedagogici di sensibilizzazione verso i temi energetici e ambientali<sup>270</sup>. È bene evidenziare che la determinazione delle prestazioni in opera deve tendere all’individuazione di dati sufficientemente approfonditi per procedere alle opportune valutazioni di progetto, ma, al tempo stesso, deve presentare costi compatibili con i limiti di spesa a disposizione delle P.A. (*customer oriented*).

<sup>270</sup> Per un maggiore approfondimento cfr. paragrafo 8.2.3. – *La Post Occupancy Evaluation e la partecipazione degli utenti nelle fasi di acquisizione dati e monitoraggio dell’edificio.*

#### 8.1.4. Azioni

Anche se le operazioni di intervento da adottare sugli organismi edilizi oggetto di riqualificazione devono essere pianificate in relazione alle specificità del caso, è possibile individuare un ventaglio di azioni finalizzate all'orientamento dell'operatore verso l'ambito di maggiore efficacia in termini di rapporto tra costi da sostenere e benefici ottenibili. Si tratta, di fatto, di una serie di **linee guida**, ovvero **raccomandazioni sviluppate in modo sistematico a supporto decisionale di tecnici e progettisti al fine di ottenere una gestione appropriata di specifiche condizioni**; tali linee guida, inoltre possono contribuire al raggiungimento della *Best Practice*, percorso precedentemente illustrato nella sezione riguardante il repertorio di casi studio<sup>271</sup>. Le linee guida proposte non riportano il panorama completo delle soluzioni tecnicamente possibili, ma sono rappresentative di un repertorio di soluzioni progettuali di orientamento per l'operatore. Di fatto, molte delle azioni individuate, sebbene trovino specificità nell'intervento sull'esistente, contengono riflessioni che possono essere estese al progetto di edifici di nuova costruzione. Come espressamente dichiarato nelle limitazioni della ricerca<sup>272</sup>, le linee guida non si occupano di sostenibilità in senso ampio, ritenendo maggiormente significativo, alla fase attuale, intervenire attraverso operazioni mirate a un'ampia condivisione da parte degli Enti Gestori, non ancora sufficientemente ricettivi rispetto a queste problematiche<sup>273</sup>.

Nell'economia della trattazione, un ruolo particolarmente rilevante è ricoperto dai prerequisiti delle azioni di riqualificazione, ovvero una serie di valutazioni preliminari sul manufatto edilizio in grado di indirizzare l'operatore verso un percorso specifico (solo per citare un esempio, la scelta tra tecnologia a secco piuttosto che a umido). Tra queste, trova particolare rilievo il problema della **compatibilità delle lavorazioni con le attività scolastiche**; esso costituisce uno dei principali nodi critici del processo di riqualificazione poiché, spesso, le logiche di appalto si contrappongono fortemente con le tempistiche delle attività didattiche, creando situazioni che richiedono particolare impegno per il controllo delle fasi di lavorazione, il mantenimento delle condizioni di sicurezza degli utenti, il trasferimento degli utenti in sedi provvisorie, ecc. Queste problematiche non sono completamente gestibili attraverso una scelta oculata delle azioni da intraprendere, ma piuttosto con il **miglioramento delle procedure di gestione dei bandi di gara, degli appalti e con la definizione di capitolati speciali** in cui sia espressamente richiesta la trasparenza negli accordi tra soggetti coinvolti.

Le azioni sono state proposte sotto forma di scheda al fine di permettere una facile consultazione e un agevole confronto da parte dell'operatore; all'interno dell'indice delle schede è chiaramente leggibile la distinzione, volutamente mantenuta, tra l'ambito di miglioramento dell'efficienza energetica e quelli di innalzamento della qualità ambientale, sebbene le due sfere siano fortemente unite tra loro<sup>274</sup>. È bene evidenziare che la scelta delle azioni proposte all'interno della presente ricerca

<sup>271</sup> Per un maggiore approfondimento cfr. cap. 4 – *Tendenze in atto*.

<sup>272</sup> Cfr. paragrafo 1.3. - *Indicazioni circa le limitazioni apportate al campo d'indagine*.

<sup>273</sup> Si ritiene che l'individuazione e la valutazione delle azioni sotto il profilo della sostenibilità possa costituire un possibile futuro approfondimento della ricerca.

<sup>274</sup> Cfr. paragrafo 5.2.1. - *Consumo di energia e qualità ambientale*.

nasce dalle valutazioni effettuate sul costruito e attraverso il confronto con i responsabili degli Enti Gestori; le misure proposte vanno ad interessare gli ambiti di maggiore criticità emersi dall'indagine sugli edifici esistenti, ovvero:

- l'utilizzo passivo delle fonti rinnovabili per il raffrescamento e la ventilazione igienico-sanitaria;
- la riduzione dei consumi energetici dovuti alle perdite per ventilazione;
- controllo degli agenti inquinanti nell'aria interna;
- il controllo della trasmissione di calore attraverso l'involucro;
- la riduzione dei consumi energetici per climatizzazione invernale;
- il controllo degli apporti solari gratuiti;
- il controllo degli apporti gratuiti dovuti agli occupanti;
- il controllo degli apporti gratuiti dovuti a dispositivi interni;
- il raggiungimento della condizione di comfort termico;
- il controllo del livello dell'umidità dell'aria;
- il controllo della formazione di condensa superficiale e interstiziale;
- la riduzione dei consumi energetici per illuminazione;
- il controllo dei livelli di illuminamento;
- il controllo dei fenomeni di abbagliamento;
- la protezione degli spazi interni da fonti di rumore;
- la riduzione dei consumi di acqua potabile;
- il recupero delle acque meteoriche;
- l'integrazione di energie rinnovabili.

Come anticipato, l'insieme delle misure proposte non intende essere esaustivo, ma orientativo e finalizzato al perseguimento di politiche mirate all'efficienza energetica e alla qualità ambientale.

### 8.1.5. Strategie

Per avere la ricaduta auspicata, le azioni di intervento che costituiscono le linee guida devono essere supportate dalla definizione di una **strategia di intervento contestualizzata** rispetto alla situazione specifica. La strategia nasce da:

- **acquisizione delle informazioni** relative allo stato fisico, funzionale e dai livelli prestazionali del manufatto edilizio relativamente ai fattori coinvolti nelle variazioni di consumo energetico e comfort ambientale, precedentemente individuati nella fase di "rilievo approfondito";
- **verifica e dall'analisi della capacità di spesa** a disposizione dell'Ente Gestore.

Dalla prima valutazione emergono le criticità su cui è necessario intervenire (problemi legati al consumo energetico, alla qualità dell'ambiente interno o a entrambi), mentre dalla seconda è possibile evincere l'entità economica dell'azione attuabile. Dunque, per consentire all'ente di scegliere correttamente le misure da adottare per la riqualificazione, è necessario fornire alcuni **fattori contestualizzanti** delle linee guida, individuando le strategie maggiormente incisive. Esse sono:

- la definizione del tempo di ritorno economico (**Pay Back Period**) dell'investimento sostenuto, fattore che permette di compiere le opportune valutazioni circa l'azione da intraprendere; ad esempio, possono essere

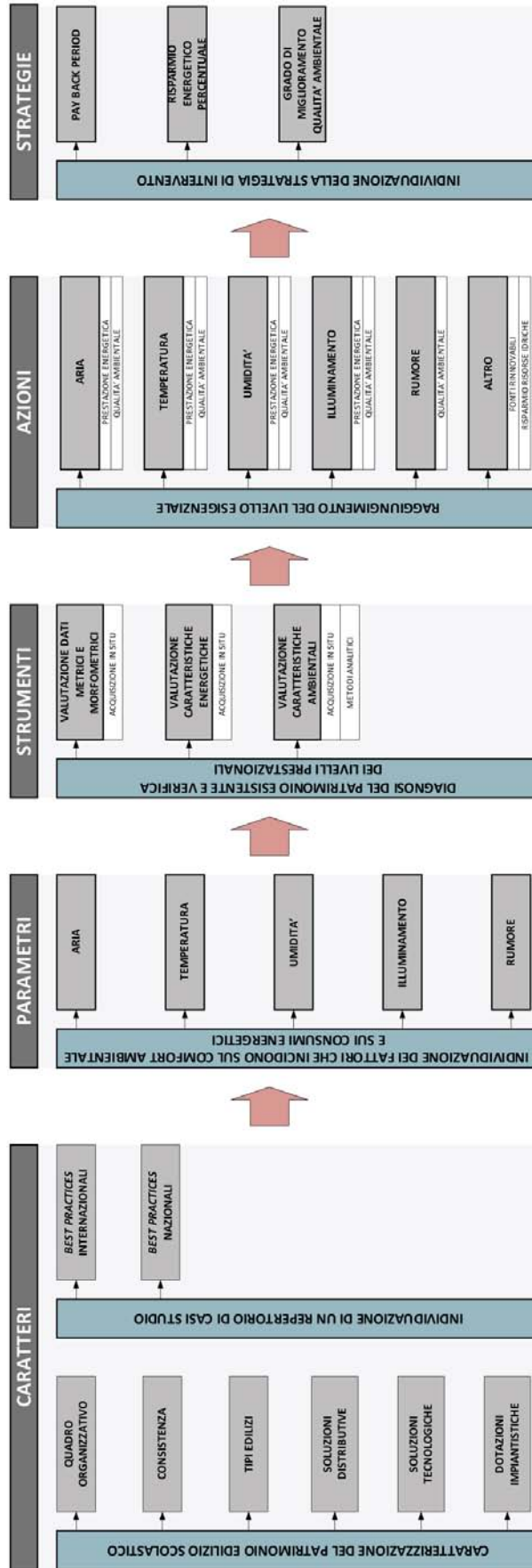
considerate economicamente vantaggiosi gli interventi che si ripagano in un tempo pari a un terzo (quota esemplificativa) della durata media convenzionale del componente adottato;

- la **percentuale di risparmio energetico conseguibile** attraverso l'azione adottata, valutazione che, nell'ottica di un approccio di tipo olistico, consente di scegliere diverse azioni la cui sommatoria è in grado di provvedere ad un risparmio economico su più fronti;
- il **grado di miglioramento della qualità dell'ambiente interno perseguibile** attraverso i singoli o integrati interventi; in questo caso, molte delle misure adottabili hanno sostanziali implicazioni anche sulla riduzione dei consumi energetici ed è, quindi, auspicabile un parallelo confronto.

È bene che la strategia venga definita all'interno del tavolo di lavoro composto da tutte le figure coinvolte nel processo di gestione e riqualificazione, affinché non siano adottate misure di difficile attuazione o di problematico impiego da parte dell'utente; infatti, all'interno delle scuole, i problemi legati alla gestione quotidiana costituiscono uno dei principali ostacoli al corretto funzionamento di quanto proposto per l'impiego di fonti energetiche rinnovabili o per la riduzione dei consumi energetici. Una possibile garanzia per il buon esito degli interventi può essere, quindi, **la progettazione della gestione già nelle fasi di pianificazione delle strategie**. Infatti, uno dei principali problemi per gli interventi sugli edifici scolastici (soprattutto per quanto concerne l'*energy retrofit*) è che chi fruisce le strutture è completamente deresponsabilizzato sui consumi, dal momento che le forniture energetiche sono a carico dell'Ente Gestore e la scuola non prende nemmeno visione delle "bollette" relative ai consumi effettivi. Inoltre, anche se sono previsti protocolli di gestione partecipata assieme agli utenti, per le attività che sono chiamati a svolgere (ad esempio, la gestione dell'illuminazione, la gestione dei ricambi d'aria manuali, ecc.) essi non ricevono alcun beneficio su altri capitoli di spesa, con la conseguente mancata osservazione degli accordi e la riduzione dei risparmi conseguibili da parte dell'Ente. Questo meccanismo negativo può essere interrotto mediante una delibera dell'Ente Gestore, ovvero con la definizione di un **Accordo Volontario** con il responsabile delle singole scuole interessate; in base a tale Accordo, il personale scolastico (docenti, studenti, personale non docente) si impegna ad attuare comportamenti volti all'uso razionale dell'energia ed il risparmio ottenuto grazie ad una condotta migliorativa, rispetto ad una spesa energetica prefissata, viene in parte assegnato alla scuola stessa l'anno successivo come somma autonomamente disponibile che sarà possibile impiegare, ad esempio, per escursioni, materiale didattico, attività extrascolastiche, attrezzature. Alcuni Enti hanno già adottato questo tipo di Accordo (Provincia di Bolzano e Comune di Modena) con esiti estremamente positivi dal punto di vista dei risparmi e con manifestazione di entusiasmo da parte degli utenti.

Lo schema seguente sintetizza graficamente i risultati raggiunti dalla ricerca.





Quadro sinottico rappresentativo dei risultati raggiunti

## 8.2. Proposte di sviluppo futuro della ricerca

Per quanto attiene il possibile sviluppo della presente ricerca, è possibile individuare alcuni scenari principali:

- Il **primo scenario**, di carattere **operativo** e di **verifica**, non può che essere quello della **controllo diretto delle linee guida elaborate, attraverso l'applicazione a casi studio**.

Si tratta di un percorso complesso e articolato che prevede la collaborazione con un Ente gestore (Comune o Provincia), il quale provvederebbe a mettere a disposizione una serie di edifici campione sui quali sperimentare le linee guida. Tale esperienza porterebbe alla luce le criticità e specificità del metodo, verificandone la flessibilità e l'adattabilità ai diversi contesti che caratterizzano il patrimonio esistente. Flessibilità e adattabilità sono, infatti, i requisiti fondamentali che il metodo deve possedere per poter essere applicato su un ampio spettro di realtà.

Come si può facilmente immaginare, questa operazione richiederebbe tempi di attuazione lunghi a causa delle indagini dirette finalizzate all'acquisizione dei dati metrici, morfometrici, energetici e ambientali di cui l'Ente può non disporre e, inoltre, la collaborazione con professionalità esterne, soprattutto per la fase di misurazione. Infine, dovranno essere chiare le possibilità di investimento dell'Ente e risultare verificati i prerequisiti dell'intervento (integrazione con le utenze, stato di conservazione dell'edificio, condizioni del cantiere, ecc.).

Per i motivi sopra elencati, in questa sede si è deciso di intraprendere la strada dell'elaborazione teorica del metodo, lasciando la possibilità di approfondire l'argomento attraverso eventuali studi futuri.

- Il **secondo scenario**, complementare al primo e di carattere **operativo**, prevede la **redazione degli elaborati di supporto alle prime due fasi della procedura operativa**, ovvero la caratterizzazione e l'acquisizione dei dati dell'edificio (paragrafo 7.2.1. - *Schema operativo di orientamento al processo di riqualificazione*). In particolare, si tratta di redigere gli schemi orientativi (schede) al processo di acquisizione dati, finalizzati all'ottimizzazione della procedura dal punto di vista dei tempi e dei costi.

Le schede devono essere redatte secondo due livelli di approfondimento:

- **Schede di pre-screening**, relative alla prima acquisizione dati, condotta in modo "speditivo" e finalizzata a determinare i caratteri e le criticità salienti dell'edificio (caratteristiche tecnologiche, dotazioni impiantistiche, eventuali problematiche connesse al degrado degli elementi tecnici, ecc.). I parametri rilevati sono funzionali alla creazione di un archivio informatizzato ad uso dell'Ente gestore, indispensabile per il controllo e il monitoraggio dell'edificio ed eventualmente implementabile durante le fasi manutentive. Le schede di *pre-screening* devono raccogliere:
  - i) i dati dimensionali di massima (superfici e volumi, anche lordi) e le distribuzioni interne dei locali (schemi planimetrici);
  - ii) gli orientamenti e le caratteristiche generali dell'intorno (tessuto urbano compatto, edificio isolato, ecc.);

*iii*) le caratteristiche tecnologiche (tipi di chiusure opache, trasparenti, ecc.) e le dotazioni impiantistiche (tipo di generatore di calore, terminali di erogazione del calore, ecc.);

*iv*) riferimenti fotografici di supporto.

Le schede di *pre-screening* devono poter essere redatte anche da personale tecnico non specializzato; la raccolta dei dati deve poter impiegare un solo operatore (due al massimo, per motivi di rilievo dei dati morfometrici) e deve prevedere tempi contenuti, per una minima interferenza con le attività scolastiche.

- **Schede di rilevamento approfondito**, relative ad una seconda fase del processo, in cui l'Ente gestore ha già individuato un edificio (o una serie di edifici) su cui intraprendere un intervento di riqualificazione. Proprio per questo motivo è necessario effettuare un rilievo completo, finalizzato alla determinazione del percorso progettuale di intervento e all'acquisizione dei parametri energetici e ambientali da confrontare con le specifiche di prestazione richieste dalle normative vigenti. Le informazioni raccolte attraverso le schede devono permettere di effettuare tutte le valutazioni tecniche del caso, ivi compresi i calcoli di tipo energetico e le considerazioni relative alla qualità dell'ambiente interno. Le schede di rilevamento approfondito devono raccogliere:

*i*) i dati metrici e morfometrici dettagliati (calcolo della superficie disperdente, del volume riscaldato, delle superfici finestrate, ecc.);

*ii*) i dati relativi ai parametri di variazione del consumo energetico (temperatura delle pareti e dell'aria, trasmittanza delle chiusure, massa, umidità, ecc.);

*iii*) i dati relativi ai parametri di variazione della qualità ambientale (illuminamento, trasmissione del rumore, irraggiamento diretto, ecc.);

*iv*) i dati relativi all'impianto di generazione e distribuzione del calore (tipo del generatore, combustibile utilizzato, tipo di terminali, tipo di distribuzione, ecc.);

*v*) i dati relativi agli orientamenti e agli apporti di calore gratuiti (ivi compresi i casi di surriscaldamento degli ambienti);

*vi*) i dati relativi ai contratti di fornitura energetica;

*vii*) le informazioni relative all'uso orario dell'immobile e alle abitudini degli occupanti;

*viii*) riferimenti fotografici di supporto.

Le schede di approfondimento richiedono l'impiego di personale tecnico specializzato e, nei casi di rilievi strumentali particolari (ad esempio, nelle misurazioni acustiche), l'eventuale supporto di professionalità esterne. Alcuni parametri richiedono un rilievo prolungato nel tempo (una sola misurazione può non essere rappresentativa della situazione generale) e, pertanto, possono richiedere la collaborazione degli utenti (ad esempio, la misurazione della temperatura dell'aria). In generale, l'intero processo di rilievo dei dati necessita di un periodo di tempo abbastanza lungo, con eventuali modeste interferenze con le attività didattiche. In ogni caso, dati i costi di questa fase, è necessario considerare a priori quali sono i parametri

strettamente necessari da acquisire, valutando anche il contributo degli utenti (questionari sulla *customer satisfaction*).

Per motivi legati alla tempistica di redazione delle schede e la necessità di un confronto diretto con le professionalità tecniche, si è deciso di non approfondire il tema in questa sede.

Le informazioni sull'edificio raccolte attraverso le schede di *pre-screening* o di rilevamento approfondito devono confluire all'interno di un **database informatizzato** gestito dall'Ente e messo a disposizione dei professionisti in caso di incarichi di progettazione interni o esterni. Il *database*, che deve essere aggiornato ogni volta che vengono effettuati dei lavori sul manufatto edilizio (sia da parte dell'Ente, sia da professionisti esterni)<sup>275</sup>, è finalizzato all'archiviazione e alla condivisione dei dati relativi al patrimonio di competenza pubblica (archivio delle soluzioni tecnologiche e impiantistiche che compongono il parco edilizio), ma esso, inoltre, può costituire un **benchmark di riferimento per gli interventi futuri**. Infatti, il monitoraggio del comportamento energetico e ambientale dell'edificio permette di valutare l'esito e i benefici apportati dalla riqualificazione, perfezionando le tecniche di intervento nei progetti successivi.

Il *database* dovrà essere costituito da più sezioni, tra cui:

- i) dati anagrafici;
- ii) localizzazione;
- iii) modalità e tempi di utilizzo dell'edificio;
- iv) informazioni relative alle tecnologie costruttive (ivi comprese le valutazioni termiche, igrometriche, il rischio di condensazione superficiale e interstiziale, l'analisi acustica);
- v) informazioni relative alle dotazioni impiantistiche;
- vi) registrazione dell'andamento dei consumi;
- vii) descrizione degli interventi effettuati;
- viii) entità dei finanziamenti impiegati;
- ix) ecc.

Nella figura seguente si propone una scheda-tipo relativa alla valutazione delle caratteristiche termiche dell'involucro edilizio facente parte della sezione relativa all'analisi energetica dell'edificio.

---

<sup>275</sup> Ad esempio, si può imporre l'obbligo di compilazione del *database* entro 90 giorni dalla fine lavori.

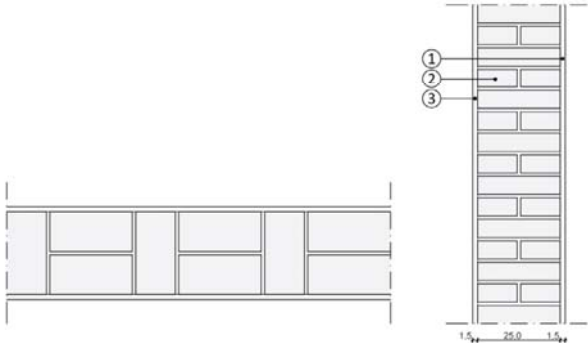
MODULO 1		CARATTERISTICHE TERMICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO					
<b>PPV01</b>		<b>PARETE PERIMETRALE VERTICALE 01</b>					
DESCRIZIONE DELL'ELEMENTO TECNICO							
							
<b>DESCRIZIONE STRATIGRAFICA:</b> 1. Intonaco interno in calce e gesso 2. Muratura in mattoni pieni 3. Intonaco esterno				<b>NOTE:</b> 1. Ampie e diffuse zone con distacco dell'intonaco esterno 2. Evidenti problemi di umidità di risalita (h < 1,5 m)			
VERIFICA ENERGETICA SECONDO METODO ANALITICO							
Strati	Descrizione	$\lambda$ [W/(mK)]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C [W/m <sup>2</sup> K]	s [m]	R [m <sup>2</sup> K/W]	$m_s$ [kg/m <sup>2</sup> ]
Sup. interna	Resistenza adduttiva superficiale					0,13	
1	Intonaco interno in calce e gesso	0,7	1400	46,667	0,015	0,021	21,00
2	Muratura in mattoni pieni	0,992	2000	2,611	0,38	0,383	760,00
3	Intonaco esterno	0,9	1800	60,000	0,015	0,017	27,00
4						0,000	0,00
5						0,000	0,00
6						0,000	0,00
7						0,000	0,00
8						0,000	0,00
9						0,000	0,00
10						0,000	0,00
Sup. esterna	Resistenza adduttiva superficiale					0,04	
						<b>0,41</b>	<b>0,59</b>
						$U_m$ [W/(m <sup>2</sup> K)] <b>1,69</b>	
VERIFICA ENERGETICA SECONDO ACQUISIZIONE DIRETTA							
TRASMITTANZA TERMICA SECONDO RILIEVO DIRETTO						$U_m$ [W/(m <sup>2</sup> K)] -	

Fig. 466 Scheda tipo per l'archiviazione dei dati relativi al comportamento energetico dell'involucro edilizio.

Il contributo di questo strumento è consistente poiché:

- si verrebbe a generare, in modo graduale e contestuale alle fasi di diagnosi e di intervento, un archivio che permette di valutare il comportamento dell'edificio e la validità delle misure di intervento intraprese, nell'ottica dell'evoluzione e del perfezionamento delle strategie;
- il database permetterebbe sia all'Ente che alla direzione scolastica di avere informazioni certe relativamente agli interventi eseguiti (eventualmente anche differenti dall'ambito energetico e ambientale, come ad esempio l'adeguamento alle normative di sicurezza, antincendio, ecc.),

- promuovendo la circolazione di informazioni e l'aggiornamento di tutte le figure coinvolte nella gestione;
- l'estensione dell'*audit* a tutte le strutture di competenza dell'Ente consentirebbe una valutazione estesa dello stato di salute degli edifici pubblici sotto il profilo energetico (comprendendo, nelle fasi più avanzate ed evolute, il monitoraggio dei relativi consumi) e ambientale;
- un continuo aggiornamento del *database* di monitoraggio può costituire un valido strumento per la valutazione dell'entità del fabbisogno finanziario dei Comuni, della tipologia degli interventi e dei tempi di rientro degli investimenti;

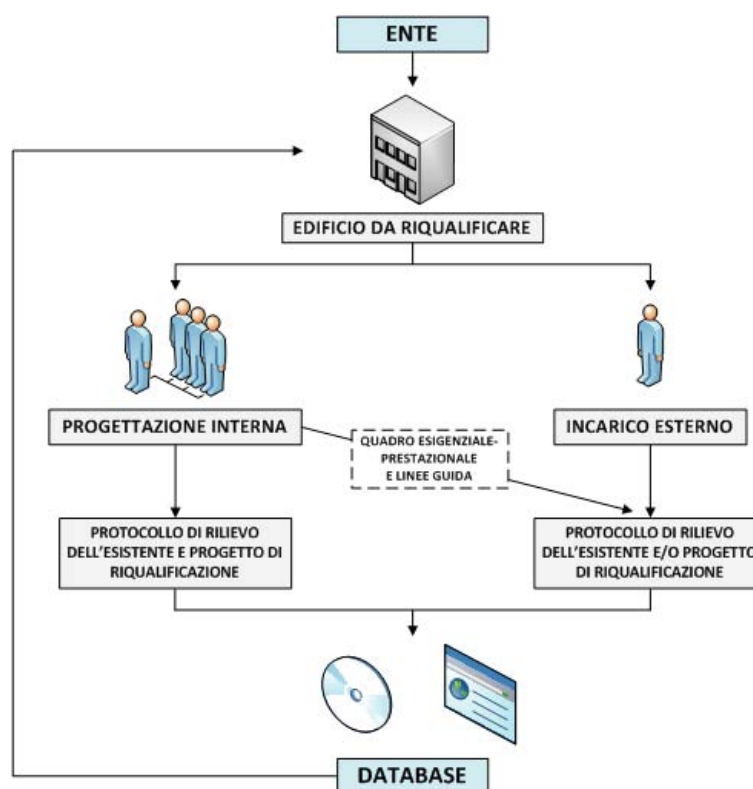


Fig. 467 Schema relativo al processo di gestione del *database*.

- Il **terzo scenario**, di carattere **gestionale** e **valutativo**, esula dalla **progettazione tecnologica** e si sposta nell'ambito del **management** e della **formazione**.

Si tratta, in primo luogo, di sensibilizzare l'utente circa le problematiche ambientali per educarlo, successivamente, al corretto utilizzo del fabbricato e alla gestione delle risorse energetiche a disposizione. Infatti, l'ottimizzazione della gestione energetica non è di competenza esclusiva del sistema tecnologico-impiantistico, ma è in buona parte rimandata alla coscienza e all'abitudine personali: il risparmio raggiunto attraverso il l'operazione di *retrofit* energetico può essere implementato o ridotto dalle modalità di gestione dell'utente.

Pertanto, lo sviluppo di programmi di *management* formulati in relazione all'utente può contribuire ad una ulteriore riduzione dei consumi, oltre che a formare una "coscienza ambientale" nell'individuo, cittadino di domani. I progetti devono essere opportunamente calibrati in base alle capacità ricettive ed espressive proprie di ogni ciclo di studi e devono coinvolgere, oltre agli studenti, anche l'intera comunità scolastica (insegnanti, operatori scolastici, famiglie); è proprio in questo ambito che il progettista e le figure coinvolte nel processo di gestione e riqualificazione possono contribuire ad un'ulteriore ottimizzazione della gestione (in quanto profondi conoscitori dell'immobile e delle tematiche alla base della questione) e alla crescita culturale della collettività. L'utente può prendere parte attiva nelle operazioni di valutazione dell'esistente, facendo emergere, in base alle esperienze dirette, le problematiche connesse alla fruibilità, vivibilità e benessere degli ambienti in cui trascorre gran parte della propria giornata. Quest'ultimo aspetto è strategico soprattutto nell'ottica di una valutazione post-occupativa dell'immobile prima e dopo l'intervento di riqualificazione.

Gli aspetti elencati vanno oltre il controllo progettuale e tecnologico e si muovono all'interno di un ambito pedagogico e valutativo che si è scelto di non affrontare in questa sede. In ogni caso, dato l'interesse e l'attualità di tali questioni, si ritiene opportuno citare nei paragrafi successivi, sebbene in modo non approfondito, i suddetti argomenti.

### **8.2.1. L'Agenda 21 a Scuola**

Il primo e imprescindibile passo per la sensibilizzazione del cittadino verso il risparmio energetico è la promozione della cultura e del rispetto dell'ambiente attraverso l'educazione scolastica. Senza una cultura ambientale radicata, il cittadino non comprende e non manifesta interesse verso ciò che lo circonda e non possiede il valore del risparmio delle risorse; se così fosse, ogni progetto, nuovo o di riqualificazione, finalizzato al raggiungimento dell'efficienza energetica rimarrà parziale espressione di un percorso complesso, ma che non trova riscontro (e quindi rimane limitato al solo apparato tecnologico) nella gestione quotidiana.

*"L'educazione, e l'insegnamento di tipo scolastico, la sensibilizzazione del pubblico e la formazione, devono essere considerati come un processo che permetta agli esseri umani di realizzare il loro pieno potenziale. L'educazione riveste un'importanza critica per ciò che riguarda la promozione dello sviluppo sostenibile e delle capacità degli individui di affrontare i problemi ambientali e dello sviluppo. [...] L'educazione, sia di tipo formale che informale, è indispensabile per modificare gli atteggiamenti in modo che le popolazioni abbiano le capacità di valutare i problemi dello sviluppo sostenibile e di affrontarli. Essa è essenziale inoltre per suscitare una coscienza delle questioni ecologiche ed etiche, così come dei valori e degli atteggiamenti, delle competenze ed un comportamento compatibile con lo sviluppo sostenibile e per*

*assicurare una partecipazione effettiva del pubblico alla presa di decisioni” (Agenda 21, Sezione IV, cap. 36.3 – Basi per le azioni)<sup>276</sup>.*

Anche se la sostenibilità intesa in senso globale non è stata oggetto della trattazione fino a qui condotta, si ritiene opportuno evidenziare quanto le azioni finalizzate alla sensibilizzazione degli utenti possano essere indispensabili per determinare una nuova consapevolezza dell'individuo rispetto ai temi ambientali. L'**Agenda 21 a Scuola** si occupa dell'elaborazione di piani d'azione alla scala dell'edificio scolastico, finalizzati all'individuazione e alla successiva applicazione di iniziative concrete da realizzare per rendere più sostenibile la scuola e il suo intorno. **L'obiettivo principale è coinvolgere gli studenti in un percorso formativo basato sull'esperienza diretta delle problematiche inerenti l'ambiente e la gestione delle risorse e trasmettere i valori del risparmio, del riciclo e del riuso.** L'esperienza diretta rende i bambini e gli studenti “soggetti attivi” facenti parte di un'unica realtà condivisa che prende le mosse da problemi reali e contingenti; ciò è propedeutico alla formazione di una coscienza individuale che caratterizzerà il cittadino di domani nell'ottica dei principi della sostenibilità ambientale.

Le figure coinvolte in questo progetto sono principalmente gli **studenti** (di qualsiasi età) e gli **insegnanti**.

**Gli studenti sono i protagonisti assoluti del processo partecipativo.** I progetti possono coinvolgere gli studenti di qualsiasi età (dagli ultimi anni della scuola dell'infanzia alla scuola secondaria di II livello) e devono essere opportunamente calibrati in relazione alle capacità ricettive e alle possibilità di effettuare esperienze dirette da parte dell'interlocutore (bambino o giovane adulto). In relazione al potenziale di coinvolgimento, gli studenti possono essere semplici esecutori delle azioni indicate dagli insegnanti, oppure possono partecipare attivamente proponendo nuove azioni o contribuendo alla formulazione dei progetti.

**Il successo e l' incisività dell'azione sussistono nel momento in cui lo studente è in grado di riconoscere le proprie azioni quotidiane all'interno dei progetti elaborati,** ovvero se egli comprende la correttezza o l'erroneità di un'operazione che esegue sistematicamente e inconsciamente. Acquisire consapevolezza di un'azione sbagliata rappresenta un primo passo verso l'adozione di comportamenti virtuosi.

**Il corpo insegnanti rappresenta la guida fondamentale per gli studenti;** essi sono chiamati a operare un vero e proprio cambiamento culturale e, pertanto, la loro responsabilità nella formazione di cittadini sensibili ai problemi ambientali è molto elevata.

Gli insegnanti, occupandosi dell'elaborazione delle azioni progettuali, devono avere, per primi, un'ampia visione, una particolare consapevolezza del problema ed essere in grado di stimolare gli studenti, rendendoli attivamente presenti.

La figura seguente schematizza le fasi del progetto dell'Agenda 21 a Scuola in cui viene formulato un percorso operativo sui temi della sostenibilità a scuola.



Fig. 468 Finestra didattica sulla tecnologia adottata per il risparmio dell'energia attraverso l'involucro dell'edificio (Fonte: PAEA – Progetti alternativi per l'energia e l'ambiente).

<sup>276</sup> Traduzione a cura di Paola Boarin.



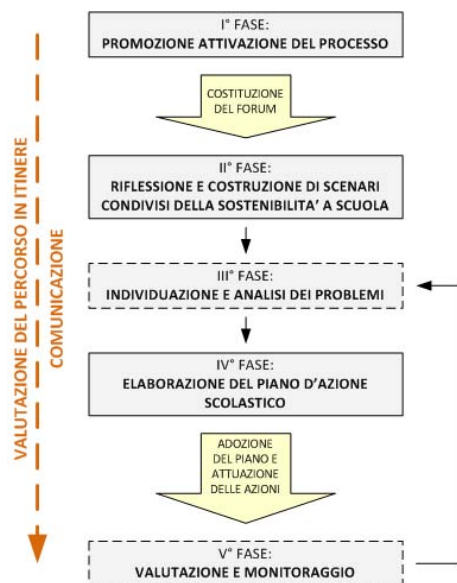


Fig. 469 Fasi del processo dell'Agenda 21 a Scuola (Fonte: rielaborazione grafica da ARPAV, *Linee Guida per Agenda 21 a Scuola*, pag. 52, cfr. bibliografia)

All'interno del percorso è particolarmente rilevante l'aspetto della comunicazione dei progetti alla comunità scolastica poiché essa rappresenta il momento di divulgazione e condivisione esterna.

Il programma d'azione coinvolge, oltre agli alunni e gli insegnanti, anche il personale non docente e le famiglie, ma, nell'ottica di una maggiore condivisione e comunicazione, dovrebbero partecipare attivamente tutti gli operatori che hanno fatto parte del processo progettuale: Ente gestore, Progettista, Energy Manager e Dirigente Scolastico potrebbero, infatti, contribuire in modo propositivo, ognuno con le proprie competenze e sensibilità, alla formulazione dei percorsi educativi.

### 8.2.2. La gestione partecipata dell'edificio riqualificato

*"L'educazione ambientale interloquisce con il funzionamento e l'evoluzione degli ecosistemi naturali, con le modificazioni indotte dalle attività umane con i contributi della ricerca scientifica e dell'innovazione tecnologica"* (Carta dei Principi di Fiuggi, art. 6)<sup>277</sup>.

Come precedentemente accennato, i consumi energetici degli edifici scolastici dipendono tanto dalla loro "struttura", quanto dalla loro gestione. **In una visione d'insieme, è necessario che gli interventi di educazione al risparmio energetico, attivati per gli studenti e per tutti coloro che frequentano la scuola, si integrino con le caratteristiche energetiche che contraddistinguono il sistema edificio – impianto a seguito di un intervento di riqualificazione.** Questa operazione consente, da un lato, agli utenti finali di comprendere al meglio il funzionamento del sistema complessivo, dall'altro, si fornisce maggiore concretezza e

<sup>277</sup> Carta dei principi per l'Educazione Ambientale orientata allo sviluppo sostenibile e consapevole, Fiuggi, 24 Aprile 1997.

legittimazione ai nuovi protocolli comportamentali che gli studenti sono chiamati ad acquisire e a rispettare.

In questo senso, tutti gli "attori" sono coinvolti nel miglioramento dell'efficienza energetica dell'"edificio – scuola" e partecipano alla creazione di una "comunità" con obiettivi condivisi.



Fig. 470 Strategie per la gestione energetica partecipata (Fonte: Kids4Energy).

L'approccio alla gestione partecipata richiede una fase iniziale in cui è necessario provvedere parallelamente alla formazione degli adulti (educatori, operatori scolastici e Dirigenti scolastici) e degli studenti attraverso programmi specifici e calibrati in relazione all'età di questi ultimi. I responsabili della formazione degli adulti sono gli operatori che hanno preso parte al percorso progettuale e tecnologico (Progettista, Energy Manager, Ente gestore) e che, quindi, conoscono perfettamente il funzionamento dell'edificio. Gli adulti, a loro volta, si preoccupano della formazione degli studenti (anche in compresenza con il personale tecnico che, in questo caso, rappresenta la figura di controllo esterna) attraverso l'elaborazione di progetti pedagogici commisurati alle capacità delle classi. Ciò implica, infine, la **responsabilizzazione degli studenti attraverso forme interattive di controllo**: ad esempio, in una scuola elementare, si può attribuire ad ogni bambino, in funzione delle settimane di lezione o dei giorni della settimana, l'incombenza di spegnere le luci ogni volta che l'intera classe esce dall'aula.

Nel caso di tecnologie complesse non alla portata degli studenti (quali, ad esempio, la presenza di un impianto di ventilazione controllata di tipo decentralizzato, quindi presente in ogni aula), l'insegnante avrà l'incombenza di provvedere alla gestione dell'energia utilizzata dai dispositivi presenti in ogni aula (ad esempio, spegnendo l'impianto una volta terminate le ore di lezione quotidiana) e di assicurarsi che gli studenti non manomettano tali dispositivi (ad esempio, rottura delle eventuali valvole termostatiche installate).

Tali protocolli di *management* e i risultati da essi raggiunti, attraverso la partecipazione degli utenti, dovranno essere opportunamente pubblicizzati all'esterno della struttura da parte delle Pubbliche Amministrazioni: nell'ambito scolastico, infatti, **una comunicazione coerente con lo sviluppo formativo**, riguardante le caratteristiche prestazionali (opportunamente semplificate per facilitarne la comprensione dal punto di vista tecnico), **permette agli utenti di riconoscere le qualità dell'edificio, incrementando la crescita del consenso sociale e la condivisione dei principi di sostenibilità e risparmio.**

### 8.2.3. La *Post Occupancy Evaluation* e la partecipazione degli utenti nelle fasi di acquisizione dati e monitoraggio dell'edificio

Le valutazioni che comunemente vengono condotte sul patrimonio edilizio esistente riguardano, in modo particolare, gli aspetti estimativi e di quantificazione economica, le condizioni di sicurezza complessive (quelle di ordine statico, ma anche quelle relative al DLgs. 626/1994 per i luoghi di lavoro) oppure i fenomeni di degrado. È molto meno frequente l'adozione di **sistemi di valutazione della qualità globale dell'edificio**, attraverso i quali è possibile determinare le prestazioni erogate dal sistema edilizio nella sua globalità e complessità, anche in relazione

all'interazione delle funzioni svolte e al contesto urbano (trasporti, collegamenti, ecc.). Tale metodologia, chiamata **Post Occupancy Evaluation (POE)**<sup>278</sup>, ha come obiettivo la valutazione dell'ambiente costruito relazionata alla funzione svolta e può essere condotta prima di un progetto di intervento, per individuare le criticità dell'oggetto edilizio e le esigenze di adeguamento, oppure a seguito della riqualificazione, per verificare il raggiungimento degli obiettivi proposti.

La valutazione post-occupativa è condotta attraverso diversi livelli di approfondimento, sia di carattere puramente tecnico (misurazione delle prestazioni edilizie), sia di verifica della **customer satisfaction**<sup>279</sup> e può prevedere anche la **partecipazione attiva dell'utente/fruitore**. Il coinvolgimento dell'utente è particolarmente importante per registrare l'esperienza diretta relativa alla qualità ambientale di ogni singolo locale, generalmente di difficile quantificazione oggettiva, e all'interazione complessiva delle funzioni svolte dal sistema-scuola. Il valore aggiunto di questa procedura, infatti, è insito nella possibilità di effettuare valutazioni qualitative, oltre che le "tradizionali" misurazioni quantitative; esse possono riguardare gli aspetti acustici, illuminotecnici, igrotermici e possono essere svolte attraverso interviste, questionari, osservazioni, registrazioni, rilevamenti metrici e fotografici e proposti al corpo docente e agli studenti (proporzionalmente alle capacità e all'età) ai quali verranno forniti specifici **kit di misurazione**.

La partecipazione dell'utente può anche andare oltre la compilazione dei questionari, spostandosi in un ambito più tecnicamente operativo; nello specifico, a seguito di un programma di formazione circa le attività che saranno chiamati a svolgere, essi possono ricevere l'incarico di eseguire semplici misurazioni nelle classi, riportandone gli esiti all'interno di opportuni fascicoli predisposti dai tecnici responsabili della valutazione (Progettista, Responsabile dell'Ente gestore, Energy Manager). Questo percorso presenta un duplice vantaggio: la formazione di una sensibilità verso l'ambiente, la qualità e l'energia, raggiunta attraverso programmi pedagogici, e la responsabilizzazione dell'individuo condotta attraverso la partecipazione diretta sul campo.

La POE può diventare, quindi, un utile strumento per la redazione di un documento preliminare alla progettazione, ma il coinvolgimento degli utenti può continuare anche a seguito dell'intervento di riqualificazione, in una **fase successiva di monitoraggio continuo dell'immobile** e delle scelte operate in campo progettuale e tecnologico. Questo approccio, che di fatto coinvolge buona parte del ciclo di vita dell'immobile, **mantiene viva l'attenzione sul rapporto tra utente ed edificio e, oltre al materiale precedentemente fornito agli studenti all'interno del kit di misurazione, consta di ulteriori dispositivi di monitoraggio utilizzati a scopo didattico** e riguardanti principalmente la produzione e il risparmio di energia attraverso l'edificio e gli impianti.



Fig. 471 La valigia del risparmio energetico ("E-Check"): uno strumento collaudato per compiere monitoraggi e interventi didattici nelle scuole in materia di energia (Fonte: PAEA – Progetti alternativi per l'energia e l'ambiente).



Fig. 472 Scuola per l'infanzia e primaria "Marconi" di Firenze. Pannelli didattici informativi riguardanti la produzione di energia elettrica da parte dei pannelli fotovoltaici posti in copertura; il dispositivo è collocato nella sala mensa per una maggiore visibilità da parte degli alunni (Fonte: AESSE – Abitare la scuola).

<sup>278</sup> Ovvero, "Valutazione Post-Occupativa"; si tratta di metodologie e procedure sviluppate soprattutto nei Paesi anglosassoni.

<sup>279</sup> Soddisfazione dell'utente derivante dall'utilizzo di un bene o dalla fruizione di un servizio

### 8.3. Fonti di riferimento

#### 8.3.1. Bibliografia

ARPAV - Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (a cura di), *A proposito di ... Educazione Ambientale*, Progetto e realizzazione a cura del Dipartimento per il Sistema Informativo e l'Educazione Ambientale Ufficio Educazione Ambientale, 2000, pp. 32.

ARPAV - Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (a cura di), *Linee guida per l'Agenda 21 a scuola*, Padova, Servizio Comunicazione ed Educazione Ambientale, 2005, pp. 117.

CIB - International Council for Research and Innovation in Building and Construction (a cura di), *Agenda 21 on Sustainable Construction. CIB Report Publication 237*, documento disponibile all'indirizzo [www.cibworld.nl/website/priority\\_themes/agenda21.php](http://www.cibworld.nl/website/priority_themes/agenda21.php), 1999, pp. 120.

Commissione delle Comunità Europee (a cura di), *Libro Bianco della Commissione Europea. Un nuovo impulso per la gioventù europea*, Bruxelles, 2001, pp. 80.

Fianchini M., "un esempio di valutazione post – occupativa a Milano", in *Ambiente Costruito*, n°2, maggio – giugno 2001, pp. 22 – 26.

Jachia E., *Il Bando Audit energetico per gli edifici dei piccoli Comuni: l'esperienza della Fondazione Cariplo*, intervento in occasione del convegno "Scuole capaci di Futuro", Milano, 21 aprile 2008.

Maspoli R., "Modalità di gestione innovativa per l'edilizia scolastica", in *IlProgettoSostenibile*, n°17 – 18, maggio – giugno 2008, pp. 86 – 87.

#### 8.3.2. Sitografia

<b>A21 Italy Server – Coordinamento Agende 21 Locali Italiane</b>	<a href="http://www.a21italy.it">www.a21italy.it</a>
<b>ARPAV – Agenzia Regionale Protezione Ambiente – Veneto</b>	<a href="http://www.arpa.veneto.it">www.arpa.veneto.it</a>
<b>CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction</b>	<a href="http://www.cibworld.nl/website">www.cibworld.nl/website</a>
<b>Città sostenibili dei bambini e delle bambine</b>	<a href="http://www.cittasostenibili.minori.it">www.cittasostenibili.minori.it</a>
<b>ENI Scuola</b>	<a href="http://www.eniscuola.net/index.aspx">www.eniscuola.net/index.aspx</a>
<b>FEE – Foundation for</b>	<a href="http://www.feeitalia.org">www.feeitalia.org</a>

<b>environmental education</b>	
<b>FIRE – Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia</b>	<a href="http://www.fire-italia.it">www.fire-italia.it</a>
<b>Kids4Energy – piccoli risparmiatori di energia</b>	<a href="http://www.piccolirisparmiatoridienergia.it">www.piccolirisparmiatoridienergia.it</a>
<b>Legambiente</b>	<a href="http://www.legambiente.it">www.legambiente.it</a>
<b>Legambiente – Divisione Scuola e Formazione</b>	<a href="http://www.legambientescuolaformazione.it">www.legambientescuolaformazione.it</a>
<b>UN – United Nations</b>	<a href="http://www.un.org">www.un.org</a>
<b>UN – Department for Economic and Social Affairs – Division for Sustainable Development</b>	<a href="http://www.un.org/esa/sustdev/index.html">www.un.org/esa/sustdev/index.html</a>
<b>UNESCO – United Nations Educational Scientific and Cultural Organization</b>	<a href="http://www.portal.unesco.org/education">www.portal.unesco.org/education</a>
<b>WWF Educazione Ambientale</b>	<a href="http://www.wwf.it/educazione/index.asp">www.wwf.it/educazione/index.asp</a>



---

PARTE QUINTA: **ALLEGATI**





## 9. Allegati

### **INDICE DEL CAPITOLO**

9.1. Indagine territoriale: tabelle riassuntive delle informazioni raccolte durante i colloqui con gli Enti comunali e provinciali .....	615
9.1.1. Comune e Provincia di Ferrara .....	615
9.1.2. Comune e Provincia di Rovigo .....	615
9.1.3. Comune e Provincia di Modena .....	615



**9.1. Indagine territoriale: tabelle riassuntive delle informazioni raccolte durante i colloqui con gli Enti comunali e provinciali**

**9.1.1. Comune e Provincia di Ferrara**

**9.1.2. Comune e Provincia di Rovigo**

**9.1.3. Comune e Provincia di Modena**



Dati relativi alle scuole di competenza del Comune di Ferrara

N.B. Classificazione e terminologia secondo UNI 8290:1981 - Edilizia residenziale - Sistema tecnologico

	Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi			
			Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico	
			Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche	
<b>Scuola dell'infanzia</b>															
1	Scuola dell'infanzia "L'Aquilone" - viale Krasnodar, 235	1970	si	1. Intonaco esterno 2. Pannelli in c.a. prefabbricato 3. Pilastro in c.a. 4. Intonaco interno	15 cm 30 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Pannelli prefabbricati su pilastri in c.a.	/	Piana Pannelli prefabbricati in c.a., coibentazione e guaina impermeabilizzante	20 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Fan-coil	Tubi a fluorescenza
2	Scuola dell'infanzia "Satellite" - via Zucchelli, 24	1970	no	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Piana Pannelli prefabbricati in c.a., pannelli isolanti e guaina impermeabilizzante	20 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
3	Scuola dell'infanzia "P. Neruda" - via Valle Gallare, 27	1990	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastri in c.a. 3. Forati in laterizio 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	?	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento, coibentazione e manto di copertura in alluminio	30 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Fan-coil	Tubi a fluorescenza
4	Scuola dell'infanzia "G. Galilei" - via G. Galilei, 13	1930	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Telaio in legno Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento, guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
5	Scuola dell'infanzia "Il Bruco" - via Rabbiosa, 107 Quartesana	1920	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e manto di copertura in marsigliesi	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
6	Scuola dell'infanzia "Casa del Bambino" - corso B. Rossetti, 42	1500	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	/	Falda Struttura in legno con tavelle in cotto e manto di copertura in coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Teleriscaldamento	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
7	Scuola dell'infanzia "D. B. Jovine" - via del Guercino, 16	1955	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in legno Telaio in alluminio Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Struttura in laterocemento e manto di copertura in coppi	20 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
8	Scuola dell'infanzia "Ponte" - via Rovigo, 3 Pontelagoscuro	2000	no	1. Rivestimento in elementi di cotto 2. listelli di fissaggio 3. Blocchi in pasta di legno con isolante interno 4. Intonaco interno	36 cm	Telaio in PVC Vetrocamera	Solaio in c.a. in opera su igloo	/	Falda Struttura in laterocemento e manto di copertura in alluminio	20 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
9	Scuola dell'infanzia "Le Margherite" - via G. Bregola, Boara	1970	si	1. Intonaco esterno 2. Pannelli in c.a. prefabbricato 3. Pilastro in c.a. 4. Intonaco interno	15 cm 30 cm	Alluminio Vetro singolo	Pannelli prefabbricati su pilastri in c.a.	/	Piana Pannelli prefabbricati in c.a., coibentazione e guaina impermeabilizzante	20 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Fan-coil	Tubi a fluorescenza
10	Scuola dell'infanzia "Pacinotti" - via Pacinotti, 14/16	1970	si	1. Intonaco esterno 2. Pannelli in c.a. prefabbricato 3. Pilastro in c.a. 4. Intonaco interno	15 cm 30 cm	Alluminio Vetro singolo	Pannelli prefabbricati su pilastri in c.a.	/	Piana Pannelli prefabbricati in c.a., coibentazione e guaina impermeabilizzante	20 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Fan-coil	Tubi a fluorescenza
11	Scuola dell'infanzia "Benzi" - via Chiesa, 174 S. Martino	1909	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in alluminio e vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Struttura in legno con tavelle in cotto e manto di copertura in marsigliesi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale		Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi			
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
12	Scuola dell'infanzia "C. Calzari" - via Madonna della Neve, 53 Fossa S. Marco	1930	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in alluminio e vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Struttura in laterocemento e manto di copertura in coppi	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
13	Scuola dell'infanzia "G. Rossa" - via Nenni, 4	1970	si	1. Intonaco esterno 2. Pannelli in c.a. prefabbricato 3. Pilastro in c.a. 4. Intonaco interno	15 cm 30 cm	Alluminio Vetrocamera	Pannelli prefabbricati su pilastri in c.a.	/	Piana Pannelli prefabbricati in c.a., coibentazione e guaina impermeabilizzante	20 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
14	Scuola dell'infanzia "La Mongolfiera" - via Manfredini, 25 Cassana	1970	si	1. Pilastri in c.a. 2. Pannelli in c.a. prefabbricato	15 cm 30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	/	Piana Solaio con struttura in laterocemento e manto di copertura in coppi	20 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
15	Scuola dell'infanzia "A. M. Gobetti" - via Pastro,	1960	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Telaio in alluminio Vetrocamera	?	/	Piana Solaio con struttura in laterocemento e manto di copertura in coppi	20 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Fan-coil Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
<b>Scuola primaria</b>															
16	Scuola primaria "A. Costa" - via Previati	1934	si (2004)	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in ferro Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	/	Piana Struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Teleriscaldamento	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
17	Scuola primaria "B. Guarini" - via Bellaria, 25 (con scuola dell'infanzia e scuola secondaria di I livello)	1915	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in ferro e vetro singolo	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
18	Scuola primaria - via dei Calzolari, 17 Malborghetto di Boara	1915	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in ferro e vetro singolo	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
19	Scuola primaria - via Pioppa, 100 Pontegradella	1915	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in ferro e vetro singolo	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
20	Scuola primaria "A. Manzoni" - via Don Zanardi, 92	1955	no	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	Telaio in alluminio Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e manto di copertura in marsigliesi	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
21	Scuola primaria - via dei Calzolari, 17 Francolino	1915	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in ferro e vetro singolo Telaio in alluminio Vetrocamera	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
22	Scuola primaria "B. Rossetti" - via Valle Pega, 4	1915	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in ferro e vetro singolo	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale		Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi			
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
23	Scuola primaria "B. Ciari" - via Comacchio, 378 Cocomaro di Cona	1960	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in PVC Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	20 cm	Solaio tipo SAP	24 cm	Generatore alimentato a gasolio (biodiesel)	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
24	Scuola primaria - via Ravenna, 834 Gaibanella	1930	no	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in alluminio e vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e manto di copertura in marsigliesi	20 cm	Solaio con struttura in acciaio ed elementi in laterizio	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
25	Scuola primaria - via Rabbiosa, 42 Quartesana	1915	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in alluminio e vetro singolo	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
26	Scuola primaria - via polina, S. Martino	1990	no	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e manto di copertura in marsigliesi	24 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
27	Scuola primaria - via Masi, 118 S. Bartolomeo	1915	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in alluminio e vetro singolo	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
28	Scuola primaria "C. Govoni" - via Fortezza, 20	1962	no	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno		Telaio in alluminio Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento emanto di copertura in coppi	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Teleriscaldamento	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
29	Scuola primaria "M. Poledrelli" - via Poledrelli, 3	1915	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in ferro e vetro singolo	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Teleriscaldamento	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche Aerotermini	Tubi a fluorescenza
30	Scuola primaria "G. Leopardi" - via Boccaccio, 4	1960	no	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	30 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e manto di copertura in marsigliesi	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Teleriscaldamento	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
31	Scuola primaria "Doro" - via A. Volta,	1970	si	1. Intonaco esterno 2. Pannelli in c.a. prefabbricato 3. Pilastro in c.a. 4. Intonaco interno	15 cm 30 cm	Alluminio Vetro singolo	Pannelli prefabbricati su pilastri in c.a.	/	Piana Pannelli prefabbricati in c.a., coibentazione e guaina impermeabilizzante	20 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
32	Scuola primaria - via Ladino, 26 Porotto	1915	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
33	Scuola primaria "Fondoreno" - via Catena, 28	1915	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in ferro e vetro singolo	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
34	Scuola primaria "E. Mosti" - via Bologna, 152	1890	si	1. Mattoni pieni 2. Intercapedine impiantistica 3. Forati in laterizio 4. Intonaco interno	46 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento Solaio con struttura in legno con tavole	20 cm	Teleriscaldamento	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	
35	Scuola primaria "G. Matteotti" - via I. Svevo, 1	1970	no	1. Pannelli in c.a. gettato in opera 2. Pilastro in c.a.		Telaio in alluminio Vetro singolo	Soletta in c.a.	/	Piana Struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
36	Scuola primaria "G. Pascoli" - via Poletti, 65 (unico edificio della scuola secondaria di I grado)	1980	si	1. Intonaco esterno 2. Pannelli in c.a. prefabbricato 3. Pilastro in c.a. 4. Intonaco interno	18 cm 32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	/	Piana Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	Generatore alimentato a gas metano	Fan-coil Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
37	Scuola primaria "F. Tumiat" - via Bosi, 20	1960	no	1. Intonaco esterno (parziale) 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in PVC Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e manto di copertura in marsigliesi	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
38	Scuola primaria "Don Milani" - via Pacinotti, 48	1970	no	1. Pannelli in c.a. 2. Pilastro in c.a. 3. Intercapedine 4. Forati di laterizio 5. Intonaco interno	30 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	?	/	Piana Solaio con struttura in c.a., isolamento termico e guaina impermeabilizzante	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Teleriscaldamento	Fan-coil Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
39	Scuola primaria "Bombonati" - via Boschetto, 8	1975	no	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e manto di copertura in marsigliesi	24 cm	/	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
40	Scuola primaria - via Monte Oliveto, 16 Baura (stesso fabbricato della scuola secondaria di I grado)	1920	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Telaio in PVC Vetrocamera	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e manto di copertura in marsigliesi	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
41	Scuola primaria - via Ponte Assa, 26 Villanova	1915	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in ferro e vetro singolo	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	/	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
42	Scuola primaria "Carmine della Sala" - via Montefiorino, Pontelagoscuro	1970	no	1. Pannelli in c.a. 2. Pilastro in c.a. 3. Intercapedine 4. Forati di laterizio 5. Intonaco interno	30 cm	Finestra interna con telaio in alluminio e vetro singolo Finestra esterna con telaio in ferro e vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Piana Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gasolio (biodiesel)	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
43	Scuola primaria "Villaggio INA" - via Indipendenza, 44	1960	si	1. Rivestimento in elementi di cotto 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	30 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
<b>Scuola secondaria I livello</b>															
44	Scuola secondaria I livello "Cosmé Tura" - via Montefiorino, 30 Pontelagoscuro	1970	no	1. Pannelli in c.a. 2. Pilastro in c.a. 3. Intercapedine 4. Forati di laterizio 5. Intonaco interno	30 cm	Finestra interna con telaio in alluminio e vetro singolo Finestra esterna con telaio in ferro e vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Piana Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gasolio (biodiesel)	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
	Sede staccata - via S. Battara, 47 Barco	1970	si	1. Intonaco esterno 2. Pannelli in c.a. prefabbricato 3. Pilastro in c.a. 4. Intonaco interno	15 cm 30 cm	Alluminio Vetro singolo	Pannelli prefabbricati su pilastri in c.a.	/	Piana Pannelli prefabbricati in c.a., coibentazione e guaina impermeabilizzante	20 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
	Scuola secondaria I livello "D. Alighieri" - via Comosabbiano, 11/a	1970	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastri in c.a. 3. Forati in laterizio 4. Intonaco interno	32 cm	Alluminio Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gasolio (biodiesel)	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza



	Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
			Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
			Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
Sede staccata - via Masi, 114 S. Bartolomeo	1968	no	1. Pialstro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
46 Scuola secondaria I livello "T. Tasso - M. M. Boiardo" - via B. Tisi da Garofalo, 1 Succursale - viale Cavour, 145	1500	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Telaio in alluminio Vetrocamera	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in legno e tavole	?	Teleriscaldamento	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
	1935	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Teleriscaldamento	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
47 Scuola secondaria I livello "Ex Bonati De Pisis" - viale Krasnodar, 102 Sede staccata - via Comacchio, 999 Cona Sede staccata - via Ladino, 19 Porotto	1970	si	1. Pialstro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Finestra interna con telaio in alluminio e vetrocamera Finestra esterna con telaio in ferro e vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolante e guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Fan-coil Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
	1915	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Finestra interna con telaio in legno e vetro singolo Finestra esterna con telaio in ferro e vetro singolo	Voltine in laterizio su pilastri di appoggio	/	Falda Struttura in legno con tavelle e manto di copertura i coppi	?	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
	1980	si	1. Intonaco esterno 2. Pannelli in c.a. prefabbricato 3. Pilastro in c.a. 4. Intonaco interno	18 cm 32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	/	Piana Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	Generatore alimentato a gas metano	Fan-coil Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

Fonte dei dati: colloquio diretto con tecnici specializzati  
Comune di Ferrara

ing. Gian Piero Marzola  
geom. Marco Mallozzi  
ing. Marco Perinasso

Dati relativi alle scuole di competenza Provincia di Ferrara

N.B. Classificazione e terminologia secondo UNI 8290:1981 - Edilizia residenziale - Sistema tecnologico

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale		Infissi esterni verticali	Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali			Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche	
<b>Scuola secondaria II livello</b>															
1	Liceo Ginnasio "L. Ariosto" - Ferrara	1980	si (2001)	1. c.a. in opera 2. intonaco interno	21 cm	Telaio in ferro con vetro semplice Telaio in alluminio con vetrocamera	Solaio in c.a. su intercapedine	/	Shed Calcestruzzo con manto di copertura in alluminio con coibentazione	?	Solaio in c.a. / parte nuova: laterocemento	?	Teleriscaldamento	Fan-coil	Tubi a fluorescenza
		1920	2008	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	39 cm	Telaio in PVC Vetrocamera	soletta in c.a.	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Teleriscaldamento	Fan-coil	Tubi a fluorescenza
2	Liceo scienze sociali "G. Carducci" - Ferrara	1972	2003	1. Pannelli prefabbricati in c.a. 2. Pilastro in c.a.	30 cm/20 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in c.a. su intercapedine	/	Piana Solaio con struttura prefabbricata in c.a. e manto di copertura in alluminio	20 cm	Solaio in c.a. prefabbricato	?	Teleriscaldamento	Fan-coil	Tubi a fluorescenza
3	Liceo scientifico "A. Roiti" - Ferrara	1960	1996	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno 1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	31 cm/26 cm 31 cm/27 cm	Telaio in PVC Vetrocamera Telaio in ferro vetro semplice Alluminio con vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	/	Piana Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Teleriscaldamento	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
4	Liceo scientifico "G. B. Riccioli" - Bondeno Istituto professionale statale giuridico economico "F. Modigliani" - Bondeno	1966	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastri in c.a. 3. Forati in laterizio 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in PVC Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e manto di copertura in alluminio	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa con valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
5	Istituto tecnico commerciale "V. Monti" - Ferrara	1960	1996	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno 1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	31 cm/26 cm 31 cm/27 cm	Telaio in PVC Vetrocamera Telaio in legno Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e manto di copertura in laterizio Piana Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	20 cm 20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Teleriscaldamento	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
6	Istituto tecnico periti aziendali corrispondenti lingue estere "M. Polo" - Ferrara	1492	si (1993)	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno 1. c.a. in opera 2. intonaco interno	41 cm 21 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Voltini in muratura - soletta in c.a. controterra	/	Falda Travi in acciaio coppi Capriate in legno con tavelle in cotto e coppi	?	Solaio in laterocemento	20 cm	Teleriscaldamento	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche Fan-coil	Tubi a fluorescenza
7	Istituto tecnico per geometri "G. B. Aleotti" - Ferrara	1992	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	soletta in c.a. su pali	/	Falda c.a gettato in opera e marsigliesi	20 cm	Solaio tipo "Predalles"	?	Generatore alimentato a gas metano	Fan-coil	Tubi a fluorescenza
8	Istituto tecnico industriale "N. Copernico" - Ferrara	1978	si (1985)	1. c.a. in opera 2. intonaco interno	21 cm	Telaio in alluminio Vetro semplice	Solaio in laterocemento su muretti	/	Piana Solaio in laterocemento e manto di copertura in alluminio	24 cm	Solaio in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Fan-coil UTA (laboratori)	Tubi a fluorescenza

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
9	Istituto tecnico industriale "A. Carpeggiani" - Ferrara	1961	2007	1. Isolante 2. Intonaco esterno 3. Pilastro in c.a. 4. Blocchi di Leca 5. Intonaco interno	43 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera Telaio in alluminio vetro semplice	Solaio in c.a. su muretti	/	Piana Solaio in laterocemento e manto di copertura in alluminio con moduli fotovoltaici integrati Falda Solaio in laterocemento ed eternit incapsulato	24 cm	Solaio in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
10	Istituto professionale servizi alberghieri e ristorazione "O. Vergani" - Ferrara	1500	si (1986)	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	41 cm	Telaio in legno Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	/	Falda Travi principali e secondarie in legno con tabelle in cotto e coppi Capriate in legno	?	Solaio in laterocemento	20 cm	Teleriscaldamento	Fan-coil UTA (uffici)	Tubi a fluorescenza
		1920	si	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	31 cm	Telaio in legno vetro semplice	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi	20 cm	Solaio in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
		1960 1985	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Forati di laterizio 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in PVC vetrocamera Telaio Alluminio vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti - soletta in c.a.	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi Piana Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	20 cm 24 cm	Solaio in laterocemento	24 cm	/	/	Tubi a fluorescenza
11	Istituto professionale statale industria e artigianato "E. I D'Este" - Ostellato	1800	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	40 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi	?	Solaio in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
12	Istituto professionale servizicommerciali, turistici, sociali, pubblicità "L. Einaudi" - Ferrara	1800	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	40 cm	Telaio in legno Vetrocamera	soletta in c.a.	/	Falda Capriate in legno con tavole e manto di copertura in coppi - falde laterocemento	?	Solaio con struttura in legno e tavole Solaio in laterocemento	?	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
13	Liceo ginnasio "Cevolani" - Cento	1960	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Forati di laterizio 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in PVC vetrocamera Telaio ferro vetro semplice	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi	20 cm	Solaio in laterocemento	20 cm	Generatore a condensazione alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
	Liceo ginnasio "Cevolani" succursale	2000	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Forati di laterizio 4. Isolante 5. Forati di laterizio 6. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in c.a. in opera su igloo	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e marsigliesi	24 cm	Solaio in laterocemento	24 cm	Generatore a condensazione alimentato a gas metano Generatore alimentato a gas metano	Fan-coil	Tubi a fluorescenza
14	Istituto tecnico "Bassi - Burgatti" - Cento	1980	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Forati di laterizio 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in c.a. in opera su igloo	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi	24 cm	Solaio in laterocemento	24 cm	Generatore a condensazione alimentato a gas metano Generatore alimentato a gas metano	Aerotermi con valvole a tre vie	Tubi a fluorescenza
15	Istituto professionale industria artigianato "Taddia" - Cento	1880	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno 1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Forati di laterizio 4. Intonaco interno	39 cm 32 cm	Telaio in legno Vetro singolo Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti Vespai con soletta in c.a.	/	Falda Capriate in legno con tavole e manto di copertura in coppi Solaio in laterocemento e coppi	?	Travetti in acciaio con volterrane Solaio in c.a. prefabbricato	?	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale		Infissi esterni verticali	Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali			Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
16	Istituto tecnico commerciale "Falcone - Borsellino" - Portomaggiore	1988	no	1. Mattoni pieni 2. Pilastro in c.a. 3. Isolamento 4. Poroton 5. Intonaco interno	31 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e marsigliesi	24 cm	Solaio in laterocemento	24 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
17	Istituto professionale industria artigianato "Falcone - Borsellino" - Portomaggiore Istituto professionale servizi commerciali, turistici, sociali, pubblicità "Falcone - Borsellino" - Portomaggiore	1960	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastri in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	31 cm/27 cm	Telaio in PVC vetrocamera	solaio in laterocemento su muretti	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e marsigliesi	20 cm	Solaio in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
18	Liceo scientifico "Aleotti - Don Minzoni" - Argenta	1960	si	1. Pilastri in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	31 cm/27 cm	Telaio in PVC Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	/	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi	20 cm	Solaio in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
19	Istituto professionale industria artigianato "Aleotti - Don Minzoni" - Argenta	2000	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastri in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	/	Piana C.a. precompresso - travi lamellari - manto di copertura in alluminio Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	? 24 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
20	Istituto tecnico commerciale "Guido Monaco di Pomposa" - Codigoro Liceo scientifico "T. L. Civita" - Codigoro Istituto tecnico geometri "Guido Monaco di Pomposa" - Codigoro	1978	si	1. Pannelli prefabbricati in c.a. 2. Pilastro in c.a. 3. Isolante 4. Forati di laterizio 5. Intonaco interno	31 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera Telaio in PVC Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	/	Piana Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante, in parte ricoperto con alluminio	20 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
21	Istituto professionale industria artigianato "R. Brindisi" - Lido Estensi Istituto professionale servizi alberghieri e ristorazione "R. Brindisi" - Lido estensi Istituto professionale servizi commerciali, turistici, sociali, pubblicità "R. Brindisi" - Lido Estensi	1950	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastri in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	/	Piana Solaio con struttura in laterocemento e manto di copertura in ondulit	20 cm	Solaio in laterocemento	20 cm	Generatore a condensazione alimentato a gas metano Generatore alimentato a gas metano	Fan-coil Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche Aerotermini	Tubi a fluorescenza

Fonte dei dati: colloquio diretto con tecnici specializzati  
Provincia di Ferrara

geom. Mario Bonalberti  
geom. Roberto Rossi  
per. Milo Bonamici

Dati relativi alle scuole di competenza del Comune di Rovigo

N.B. Classificazione e terminologia secondo UNI 8290:1981 - Edilizia residenziale - Sistema tecnologico

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
<b>Scuola dell'infanzia</b>															
1	Scuola dell'infanzia "S. Antonio" – via Montessori, 4	1966	si (1985)	1. Intonaco esterno 2. Pilastri in acciaio 3. Forati in laterizio 4. Intercapedine 5. Forati in laterizio 6. Intonaco interno	30 cm	Telaio in metallo Vetro singolo	Solaio prefabbricato in c.a.	25 cm	Piana Cls gettato in opera e guaina impermeabilizzante	20 cm	Solaio in lamiera grecata con getto in cls	25 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
2	Scuola dell'infanzia "Marchi" – via Marchi, 20	1965	no	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm	Telaio in metallo Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	24 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
3	Scuola dell'infanzia "Principe di Napoli" – via G. Sichirolo, 31	1930	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	40 cm	Telaio in legno Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
4	Scuola dell'infanzia – via San Gaetano, 8 Fenil del Turco	1930	si (2004)	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm	Telaio in metallo Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	32 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
5	Scuola materna "Tassina" – via V. Veneto, 87	1965	no	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm	Telaio in metallo Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	24 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
<b>Scuola primaria</b>															
6	Scuola primaria "G. Pascoli" – via del Tintoretto, 1	1965	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Forati di laterizio 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
7	Scuola primaria "G. Miani" – via F. Corridoni, 1	1967	si (2003)	?	?	Telaio in metallo Vetrocamera	Solaio in c.a. prefabbricato ventilato	25	Piana Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gasolio	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
8	Scuola primaria "S. Donatoni" – via G. Mameli, 26	1980	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Forati di laterizio 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
9	Scuola primaria "Pascoli" – via Giovanni XXIII, 8	1965	si (2008)	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Forati di laterizio 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
10	Scuola primaria "Duca D'Aosta" – via D. Gallani, 20	1965	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Forati di laterizio 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
11	Scuola primaria "Mons. Mattioli" – via V. Veneto, 61/a	1965	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Forati di laterizio 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
12	Scuola primaria – viale del Mille, 412 Mardimago	1965	si (2005)	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Forati di laterizio 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
13	Scuola primaria – via Curtatone, 87 Boara Polesine	1930	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm	Telaio in ferro Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
14	Scuola primaria "Maini" – via Savonarola, 115 Borsea	1930	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm	Telaio in ferro Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
15	Scuola primaria – via Conciliazione, 7 S. Apollinare	1967	no	?	?	Telaio in ferro Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
16	Scuola primaria "Colombo" - via S. Cipriano, 1 Sarzano	1966	no	?	?	Telaio in ferro Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
17	Scuola primaria – viale D. Angeli, 10 Buso	1966	no	?	?	Telaio in ferro Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
18	Scuola primaria "C. Colodi" – via Bassa, 1 Concadirame	1966	no	?	?	Telaio in ferro Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
19	Scuola primaria – via G. Ramazzina, 2 Granzette	1966	si	?	?	Telaio in metallo Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento e coppi di laterizio	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
20	Scuola primaria – via Ponte Merlo, 2 Grignano Polesine	1973	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Forati di laterizio 3. Intonaco interno	32	Telaio in alluminio Vetrocamera	?	/	Falda 1. Solaio con struttura in laterocemento 2. Isolamento in lana di roccia 3. Ventilazione 4. Lamiera	36 cm	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
<b>Scuola secondaria I livello</b>															
21	Scuola secondaria I livello "Bonifacio" – via della Costituzione, 6	1975	si	1. Pannelli prefabbricati in c.a. 2. Pilastro in c.a. 3. Intercapedine 4. Forati in laterizio 5. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera Telaio in alluminio Vetro singolo	?	/	Piana Cls gettato in opera e guaina impermeabilizzante	20 cm	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
22	Scuola secondaria I livello "G. Parenzo" – largo Parenzo, 1	1968	no	1. Pannelli prefabbricati in c.a. 2. Pilastro in metallo 3. Intercapedine 4. blocchi in gesso 5. Rasatura interna	25 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Solaio in lamiera grecata con getto in cls e controsoffitto (pilotis)	/	Piana Struttura in acciaio reticolare Lamiera grecata con getto in cls Guaina impermeabilizzante	/	Solaio in lamiera grecata con getto in cls	25 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
23	Scuola secondaria I livello "Casalini" – via della Resistenza, 5	1973	no	1. Pilastri in c.a. 2. Vetrate	(30 cm)	Telaio in alluminio Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	32 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	24 cm	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
24	Scuola secondaria I livello "Riccoboni" – via W. A. Mozart, 1	1980	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Forati di laterizio 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	?	/	Piana Solaio con struttura in c.a. prefabbricato e guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in c.a. prefabbricato	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
25	Scuola secondaria I livello annessa al Conservatorio – via A. Casalini, 23	1608	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	40 cm	Telaio in legno Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Falda Solaio con struttura in legno e tavelle Coppi in laterizio	15 cm	Solaio con struttura in laterocemento Solaio con struttura in legno e tavole	20 cm ?	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

Fonte dei dati: colloquio diretto con tecnici specializzati  
Comune di Rovigo

ing. Federico Modonesi

Dati relativi alle scuole di competenza della Provincia di Rovigo

N.B. Classificazione e terminologia secondo UNI 8290:1981 - Edilizia residenziale - Sistema tecnologico

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
<b>Scuola secondaria II livello</b>															
26	Liceo scientifico "G. Paleocapa" - Rovigo	1985	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in legno Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Piana	/	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	n° 2 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
		1920	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	n° 1 generatore alimentato a gasolio	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
27	Istituto magistrale "C. Roccati" - Rovigo	1920	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	28 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	n° 2 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
		1960	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	n° 1 generatore alimentato a gasolio	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
28	Liceo classico "C. Bocchi" - Adria	1935	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	40 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in legno e tavole	?	n° 6 generatori modulanti a condensazione alimentati a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
		1950	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in metallo Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	n° 1 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
29	Istituto magistrale "G. Baldini" - Adria	1950	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in metallo Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	n° 1 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
30	Liceo scientifico "G. Galilei" - Adria	1900	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	40 cm	Telaio in metallo Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in legno e tavole	?	n° 1 generatore alimentato a gasolio	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
		1930	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	40 cm	Telaio in metallo Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in legno e tavole	?	n° 1 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
31	Istituto tecnico industriale "F. Viola" - Adria														
32	Liceo scientifico "Balzan" - Badia Polesine														
33	Istituto tecnico industriale "F. Viola" - Badia Polesine														
34	Istituto tecnico agrario "O. Munerati" - S. Apollinare	1970	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in metallo Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Piana	/	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	n° 1 generatore alimentato a gasolio	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche e aerotermini per la palestra	Tubi a fluorescenza
		1990	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in metallo Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Piana	/	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	n° 1 generatore alimentato a gasolio	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
35	Istituto tecnico per geometri "A. Bernini" - Rovigo	1788	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	40 cm	Telaio in metallo Vetrocamera	?	/	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	n° 2 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
36	Istituto tecnico commerciale "De Amicis" - Rovigo	1950	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio metallico Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	n° 1 generatore alimentato a gasolio	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
		1950	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio metallico Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	n° 1 generatore alimentato a gasolio	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
37	Istituto tecnico industriale "F. Viola" - Rovigo	1985	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio metallico Vetrocamera	?	/	Piana	/	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	n° 3 generatori alimentati a gas metano	Radiatori in alluminio senza valvole termostatiche Aerotermini Impianto multisplit negli uffici	Tubi a fluorescenza
38	Liceo tecnico per l'ambiente e la salute "L. Einaudi" - Badia Polesine	1985	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio metallico Vetrocamera	?	/	Piana	/	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	n° 2 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche Aerotermini	Tubi a fluorescenza
39	Istituto tecnico commerciale "G. B. Condi" - Lendinara	1940	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	40 cm	Telaio in legno Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	n° 1 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
40	Istituto Statale d'arte - Castelmassa	1940	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	40 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	n° 2 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche Aerotermini	Tubi a fluorescenza

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	
41	Istituto professionale per l'industria e l'artigianato "E. Bari" - Badia Polesine	1970	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Forati di laterizio 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in metallo Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	n° 1 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche Aerotermini	Tubi a fluorescenza
42	Istituto professionale per l'agricoltura "M. e T. Bellini" - Trecenta	1940	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	40 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	n° 2 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche Aerotermini	Tubi a fluorescenza
43	Istituto professionale per il commercio e il turismo "C. Colombo" - Adria														
44	Istituto professionale per l'industria e l'artigianato - Porto Tolle	1980	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in legno Vetrocamera	?	/	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	n° 1 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
45	Istituto tecnico commerciale "C. Colombo" - Porto Viro	1940	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm	Telaio in legno Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	n° 1 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
		1940	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	40 cm	Telaio in legno Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in legno e tavole	20 cm	n° 1 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
46	Istituto professionale per servizi alberghieri e ristorazione "A. Moro" - Adria	1990	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Forati di laterizio 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio metallico Vetrocamera	?	/	Piana	/	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	n° 3 generatori alimentati a gas metano	Radiatori in alluminio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
47	Istituto tecnico commerciale e geometri "G. Maddalena" - Adria	1970	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm	Telaio metallico Vetrocamera	?	/	Piana	/	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	n° 1 generatore alimentato a gasolio	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche e aerotermini per la palestra	Tubi a fluorescenza
		1930	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	40 cm	Telaio in metallo Vetrocamera	Vespaio	30 cm	Falda	/	Solaio con struttura in legno e tavole	?	n° 1 generatore alimentato a gas metano	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
48	Istituto professionale per l'industria e l'artigianato - Rovigo	1980	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Forati di laterizio 3. Isolamento termico 4. Forati di laterizio 5. Intonaco interno	32 cm	Telaio in metallo Vetrocamera	?	/	Piana	/	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	n° 3 generatori alimentati a gas metano	Radiatori in acciaio senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
49	Istituto con indirizzo economico-informatico, turistico, grafico "M. Polo" - Rovigo	2000	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Forati di laterizio 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in metallo Vetrocamera	?	/	Piana	/	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	n° 3 generatori alimentati a gas metano UTA	Radiatori in alluminio con valvole termostatiche e fan-coil Climatizzatori	Tubi a fluorescenza
		1970	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Forati di laterizio 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in metallo Vetro singolo	?	/	Piana	/	Solaio con struttura in laterocemento	24 cm	n° 2 generatori alimentati a gasolio	Radiatori in ghisa senza valvole termostatiche e aerotermini per la palestra	Tubi a fluorescenza

Fonte dei dati: colloquio diretto con tecnici specializzati  
Provincia di Rovigo

arch. Roberto Novaco



Dati relativi alle scuole di competenza del Comune di Modena

N.B. Classificazione e terminologia secondo UNI 8290:1981 - Edilizia residenziale - Sistema tecnologico

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
<b>Scuola dell'infanzia</b>															
1	Scuola Materna "Anderlini" - via Oberdan, 13	1961 - 1975	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
2	Scuola Materna "Andersen" - via Vaciglio Nord, 172	1900 - 1920	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
3	Scuola Materna "Barchetta" - via Barchetta, 44	1961 - 1975	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	31 cm/27 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
4	Scuola Materna "Boccherini" - via Bonacini, 134	1946 - 1960	si	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
5	Scuola Materna "Carbonieri" - via Carbonieri, 40	Dopo il 1976	si	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
6	Scuola Materna "Cimabue" - via Gibellini, 191	Dopo il 1976	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
7	Scuola Materna "Cittadella" - via del Carso, 7	1961 - 1975	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
8	Scuola Materna "Collodi" - via Cerretti, 65	1946 - 1960	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
9	Scuola Materna "Costa" - via Costa, 79	1900 - 1920	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
10	Scuola Materna "Don Minzoni" - via Mar Tirreno, 180	1961 - 1975	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	31 cm/27 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
11	Scuola Materna "Edison" - via Edison, 60	Dopo il 1976	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
12	Scuola Materna "Forghieri" - via Frescobaldi, 30	Dopo il 1976 (2002)	no	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Falda Solaio con struttura in laterocemento, isolante termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
13	Scuola Materna "Fossamonda" - via Marcello 20/A	1961 - 1975	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	31 cm/27 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
14	Scuola Materna "Lippi" - via Farmigianino, 20	1961 - 1975	si	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	31 cm/27 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
15	Scuola Materna "Madonnina" - via Anderlini, 6	1900 - 1920	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
16	Scuola Materna "Malaguzzi" - via Ancona, 13	1980 - 1985	si	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
17	Scuola Materna "Marconi" - via Marconi, 32	Dopo il 1976	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
18	Scuola Materna "Modena Est" - piazza Liberazione, 20	Dopo il 1976	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
19	Scuola Materna "Pestalozzi" - via Montegrappa, 49	1921 - 1945	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento con guaina	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
20	Scuola Materna "Rodari" - via Ancona, 13	1980 - 1985	si	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
21	Scuola Materna "S. Damaso" - via Giaggiolo, 95 (S. Damaso)	Dopo il 1976	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
22	Scuola Materna "S. Pancrazio" - via Villanova, 210 (Villanova)	1900 - 1920	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
23	Scuola Materna "S. Remo" - via S. Remo, 93	Dopo il 1976	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
24	Scuola Materna "Saliceto Panaro" - via Scienza, 66	1961 - 1975	si (ampliamento 2007)	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno  1. Intonaco esterno 2. Blocchi in pasta di legno con isolante termico interno 3. Intonaco interno	32 cm 35 cm	Telaio in legno Vetrocamera  Telaio in alluminio - legno Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto  Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/  /	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
25	Scuola Materna "Saluzzo" - via Saluzzo, 147	1921 - 1945	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
26	Scuola Materna "Simonazzi" - via Valli, 36	Dopo il 1976	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
27	Scuola Materna "Tamburini" - via Tamburini, 150	Dopo il 1976	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
28	Scuola Materna "Toniolo" - via Toniolo, 120	Dopo il 1976	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
29	Scuola Materna "Vill. Artigiano" - via Scacciera, 111	1961 - 1975	si (ampliamento 2004)	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno  1. Intonaco esterno 2. Blocchi in laterizio porizzato tipo Poroton 3. Intonaco interno	31 cm/27 cm  40 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
30	Scuola Materna "Vill. Giardino" - via Pasteur, 24	1961 - 1975	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda  Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
31	Scuola Materna "Vill. Zeta" - via Sagittario, 9	Dopo il 1976	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda  Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
32	Scuola Materna "Melograno" - via Pisano, 61	1980	no	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
<b>Scuola primaria</b>															
33	Scuola Primaria "A. Frank" - via S. Anna, 163	1961 - 1975	si (ampliamento 2007)	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda  Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
34	Scuola Primaria "Begarelli" - via Giaggiolo 65/B (S. Damaso)	1980 - 1985	si (ampliamento 2005)	1. Setti portanti in c.a. in opera 2. Intonaco interno	27 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura prefabbricata in lastre di c.a.	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
35	Scuola Primaria "Begarelli" - via Scartazza, 160 (S. Damaso)	1961 - 1975	si (ampliamento 2007)	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda  Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
36	Scuola Primaria "Bersani" - via Albareto, 607 (Albareto)	1961 - 1975	si (ampliamento 2007)	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda  Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
37	Scuola Primaria "Buon Pastore" - via Valli, 32	1985	no	1. Pilastrino in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
38	Scuola Primaria "C. Menotti" - via Villanova, 470 (Villanova)	1985	si	1. Setti portanti in c.a. a vista 2. Intonaco interno	27 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Solaio con struttura in laterocemento, massetto in cls alleggerito e manto di copertura in guaina impermeabilizzante	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
39	Scuola Primaria "Cittadella" - via Carso, 7	1990	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	31 cm/27 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Struttura in laterocemento con guaina	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
40	Scuola Primaria "Collodi" - via Nonantolana, 265	1961 - 1975	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	31 cm/27 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda  Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Pannelli radianti a pavimento	Tubi a fluorescenza
41	Scuola Primaria "De Amicis" - viale Caduti in Guerra, 82	1921 - 1945	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda  Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
42	Scuola Primaria "Don Milani" - via Luzzo, 64	1961 - 1975	no	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
43	Scuola Primaria "Emilio Po" - via Piazza, 85	1921 - 1945	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori con valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
44	Scuola Primaria "Galilei" - via Corni, 80	1961 - 1975	no	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
45	Scuola Primaria "Giovanni XXIII" - via Amundsen, 70	1961 - 1975	no	1. Pilastri in c.a. 2. Pannelli prefabbricati in c.a. 3. Pannelli in cartongesso	20 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura prefabbricata in lastre di c.a.	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori con valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
46	Scuola Primaria "Gramsci" - via Albareto, 92	1961 - 1975	no	1. Setti portanti in c.a. in opera 2. Intonaco interno 1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	27 cm 28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina	/	Solaio in c.a. in opera Solaio in elementi prefabbricati	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
47	Scuola Primaria "Graziosi" - via Carbonieri, 40	Dopo il 1976	si	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
48	Scuola Primaria "Lanfranco" - via Pomposana, 54 (Cittanova)	1961 - 1975	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	28 cm	Telaio in legno Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
49	Scuola Primaria "Leopardi" - via Nicoli, 152	1961 - 1975	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	31 cm/27 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori con valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
50	Scuola Primaria "M. L. King" - via S. Martino Mugnano, 185 (Portile)	1900 - 1920	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
51	Scuola Primaria "Montecuccoli" - via Fossa Burrachiona (Boggiovara)	2000	no	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Pannelli isolanti 4. Forati in laterizio 5. Intonaco interno	40 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Areotermi	Tubi a fluorescenza
52	Scuola Primaria "Palestrina" - via Marcello, 51	1961 - 1975	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	31 cm/27 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori con valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
53	Scuola Primaria "Pascoli" - via Barbieri 43/1	1946 - 1960	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
54	Scuola Primaria "Pisano" - via Pisano, 61	1980	no	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
55	Scuola Primaria "Rodari" - via Magenta 55	1961 - 1975	si	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori con valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
56	Scuola Primaria "S. Agnese Bellaria" - via Vaciglio Nord, 172	1961 - 1975	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	31 cm/27 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori con valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
57	Scuola Primaria "S. Geminiano" - via Contorno di Cognento, 48 (Cognento)	2000	no	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Pannelli isolanti 4. Forati in laterizio 5. Intonaco interno	40 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Areotermi	Tubi a fluorescenza
58	Scuola Primaria "S. Giovanni Bosco" - via S. Giovanni Bosco, 171	1961 - 1975	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	31 cm/27 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori con valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
59	Scuola Primaria "Saliceto Panaro" - via Frescobaldi, 10	1980	no	1. Setti portanti in c.a. in opera 2. intonaco interno	27 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio in c.a. in opera	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori con valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
<b>Scuola secondaria I livello</b>															
60	Scuola Secondaria I Livello "Calvino" - via Corni, 70	1961 - 1975	no	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
61	Scuola Secondaria I Livello "Carducci" - via Bisi, 140	1961 - 1975	no	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
62	Scuola Secondaria I Livello "Cavour" - via Amundsen, 80	1961 - 1975	no	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
63	Scuola Secondaria I Livello "Ferraris" - via Divisione Acqui, 160	1961 - 1975	no	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
64	Scuola Secondaria I Livello "Guidotti Mistrali" - via Giardini 543	1946 - 1960	si	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	45 cm (PT) 30 cm (P1)	Telaio in legno Vetro singolo	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
65	Scuola Secondaria I Livello "Lanfranco" - via Valli, 40	1961 - 1975	no	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolanete termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
66	Scuola Secondaria I Livello "Marconi" - via Nonantolana, 7	1921 - 1945	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetro singolo	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
67	Scuola Secondaria I Livello "Paoli" - viale Reiter, 81	1946 - 1960	si	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespaio con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
68	Scuola Secondaria I Livello "S. Carlo" - viale Muratori, 253	1946 - 1960	si	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
69	Scuola Secondaria I Livello "Sola" - via Giaggiolo, 55 (S. Damaso)	1961 - 1975	no	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Solaio con struttura in laterocemento, isolante termico e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

Fonte dei dati: colloquio diretto con tecnici specializzati  
Comune di Modena

geom. Gastone Fontana (nidi e scuole per l'infanzia)  
geom. Roberto Pieri (scuole primarie)  
geom. Giacomo Desco (scuole secondarie I livello)

Dati relativi alle scuole di competenza della Provincia di Modena

N.B. Classificazione e terminologia secondo UNI 8290:1981 - Edilizia residenziale - Sistema tecnologico

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
<b>Scuola secondaria II livello</b>															
70	Liceo scientifico "Fanti" - Carpi	1970	si (1999 - 2001 - 2006)	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno  1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	28 cm  30 cm	Telaio in legno Vetrocamera  Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano  Sonde geotermiche (parziale)	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
71	Istituto Tecnico Industriale "L. Da Vinci" - Carpi	1975	si (2002 - 2006 - 2008)	1. Pannelli in c.a. prefabbricato 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni forati 4. Intonaco interno  1. Struttura in c.a. gettato in opera	30 cm  20 cm (?)	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Piana  Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
72	Istituto Superiore "Meucci" - Carpi	1982	si (1992 - 1996 - 1999 - 2001)	1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 2. Intonaco interno  1. Pilastro in c.a. 2. Pannelli in c.a. prefabbricato 3. Mattoni forati 4. Intonaco interno	28 cm/30 cm  30 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Coppelle di c.a. prefabbricato e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in coppelle di c.a. prefabbricato	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
73	Istituto Professionale Industria e Artigianato "Vallauro" - Carpi	1961 - 1965	si (2000 - 2004)	1. Pannelli in c.a. prefabbricato 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni forati 4. Intonaco interno	30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
74	Istituto Superiore "Calvi" - Finale Emilia	1984	si (1995 - 2000)	1. Pannelli in c.a. prefabbricato 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni forati 4. Intonaco interno	30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in coppelle di c.a. prefabbricato su muretti	/	Coppelle di c.a. prefabbricato e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in coppelle di c.a. prefabbricato	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche  Aerotermini	Tubi a fluorescenza
75	Istituto Superiore "G. Galilei" - Mirandola	1975	si (1985 - 1999 - 2002 - 2003)	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Piana  Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
76	Istituto Superiore "Luosi - Cattaneo" - Mirandola	1984	si (2000 - 2003)	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Piana  Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
77	Liceo Classico "Pico" - Mirandola	???	si (2004)	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera  Telaio in ferro Vetrocamera	???	???	Falda  Struttura in legno con tavole e manto di copertura in coppi	???	Solaio con struttura in legno e tavole in cotto???	???	???	???	Tubi a fluorescenza
78	Liceo Scientifico "Morandi" - Finale Emilia	1961 - 1965	si (1998 - 2006)	1. Pannelli in c.a. prefabbricato 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni forati 4. Intonaco interno	30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Coppelle di c.a. prefabbricato e manto di copertura in lamiera di alluminio	/	Solaio con struttura in coppelle di c.a. prefabbricato	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
79	Istituto Tecnico Commerciale "Barozzi" - Modena	1959	si (2002 - 2004)	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda  Solaio in laterocemento con guaina impermeabilizzante  Piana  Solaio in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
80	Istituto Superiore "Cattaneo" - Modena	1982	si (2000)	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	
81	Istituto Professionale Servizi Sociali "Cattaneo - Deledda" - Modena	1921 - 1945	si (2000 - 2002)	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera  Telaio in ferro Vetro singolo	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda  Solaio con struttura in legno e tavelle e manto di copertura in coppi	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
82	Istituto Tecnico Industriale e Professionale "Corni" - Modena (Largo A. Moro)	1965	si (1998 - 2000)	1. Pannelli in c.a. prefabbricato 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni forati 4. Intonaco interno	30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Solaio con struttura in laterocemento e guaina impermeabilizzante  Falda  Struttura in laterocemento ed elementi in cotto	25 cm 30 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
83	Istituto Tecnico Industriale "Corni" - Modena (via L. Da Vinci)	1990	si (2000)	1. Pannelli in c.a. prefabbricato 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni forati 4. Intonaco interno	30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante e lamiera di alluminio	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
84	Istituto Tecnico Industriale Provinciale "Fermi" - Modena	1964	si (2001 - 2003)	1. Rivestimento in listelli di klinker o intonaco 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni forati 4. Intonaco interno	33 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Piana  Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
85	Istituto Tecnico per Geometri "Guarini" - Modena	1976	si (2000 - 2007)	1. Pannelli in c.a. gettati in opera 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	15 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
86	Liceo Classico "Muratori" - Modena	1973	si (2001)	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno  1. Pilastro in c.a. 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	33 cm 31 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
87	Liceo Classico "San Carlo" - Modena	1862 ???	si (2003)	1. Mattoni pieni 2. Intonaco interno	46 cm (PT) 30 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda  Solaio con struttura in legno e tavelle e manto di copertura in coppi	/	Solaio con struttura in legno e tavelle in cotto???	???	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
88	Istituto Tecnico Attività Sociali "Selmi" - Modena	1990	si (2001)	1. Pannelli in c.a. prefabbricato 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni forati 4. Intonaco interno	30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante e lamiera di alluminio	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
89	Liceo Scientifico "Tassoni" - Modena	1941	si (1997 - 2008)	1. Rivestimento in listelli di klinker o pietra 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (P1)	Telaio in legno Vetrocamera  Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda  Solaio con struttura in legno e tavelle e manto di copertura in coppi	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
90	Istituto d'arte "Venturi" - Modena (via dei Servi)	1607 ???	si (2002)	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (dal P1)	Telaio in legno Vetrocamera  Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda  Solaio con struttura in legno e tavelle e manto di copertura in coppi	/	Solaio con struttura in legno e tavelle in cotto	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
91	Istituto d'arte "Venturi" - Modena (via delle Belle Arti)	1785	si (2001)	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	48 cm (PT) 32 cm (dal P1)	Telaio in legno Vetrocamera  Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda  Solaio con struttura in legno e tavelle e manto di copertura in coppi	/	Solaio con struttura in legno e tavelle in cotto	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
92	Liceo Scientifico "Wiligelmo" - Modena	1976	si (2002)	1. Pannelli in c.a. gettati in opera 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	15 cm/30 cm	Telaio in alluminio Vetro singolo	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana  Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza



		Anno di costruzione	Interventi successivi	Chiusura verticale			Chiusura orizzontale inferiore		Chiusura superiore		Partizione interna		Impianto di fornitura servizi		
				Pareti perimetrali verticali		Infissi esterni verticali	Solaio a terra		Copertura		Partizione interna orizzontale		Impianto di climatizzazione		Impianto elettrico
				Composizione	Spessore tot		Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Composizione	Spessore tot	Gruppo termico	Terminali	Apparecchiature elettriche
93	Istituto Tecnico Commerciale e per Geometri "Baggi" - Sassuolo	1975	si (1996 - 1999)	1. Rivestimento in listelli di klinker o intonaco 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni forati 4. Intonaco interno	30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento, con manto di copertura in lamiera di alluminio (a ricoprire lo strato di eternit)	/	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
94	Istituto Professionale Industria e Artigianato "Don Magnani" e Istituto Tecnico Industriale "Volta" - Sassuolo	2000	no	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante Copertura dei corridoi in volte con struttura metallica e sala conferenze in legno lamellare	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
95	Istituto Professionale Industria e Artigianato "Ferrari" - Maranello	1965	si (1999 - 2000)	1. Mattoni pieni 2. Pilastro in c.a. 3. Intonaco interno	31 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in legno lamellare con tavole, ???	???	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
96	Istituto Superiore "Formigini" - Sassuolo	1985	si (2000 - 2001)	1. Pannelli in c.a. prefabbricato 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni forati 4. Intonaco interno	30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
97	Istituto Professionale Servizi Commerciali e Turistici "Morante" - Sassuolo	1960	si (2000 - 2001)	1. Intonaco esterno 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni pieni 4. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Solaio in laterocemento su muretti	30 cm	Falda Struttura in laterocemento con manto di copertura in marsigliesi	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
98	Istituto Superiore "Cavazzi", Liceo Scientifico "Sorbelli", Istituto Superiore "Marconi" - Pavullo	1970	si (1995 - 2000)	1. Mattoni pieni 2. Intercapedine 3. Pilastro in c.a. 4. Intonaco interno	31 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
99	Istituto Superiore "Levi" - Vignola	1983	si (2003)	1. Pannelli in c.a. prefabbricato 2. Pilastro in c.a. 3. Mattoni forati 4. Intonaco interno	30 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
100	Istituto Superiore "Paradisi" - Vignola	1975	si (2002)	1. Struttura in c.a. gettata in opera 2. Mattoni forati 3. Intonaco interno	???	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
101	Istituto Superiore "Spallanzani" - Castelfranco Emilia	1952	si (2003)	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
102	Istituto Superiore "Spallanzani" - Vignola	???	si (2003)	1. Intonaco esterno 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	32 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Piana Struttura in laterocemento con guaina impermeabilizzante	25 cm	Solaio con struttura in laterocemento	20 cm	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza
103	Istituto Superiore "Spallanzani" - Montebelluno	1963	si	1. Rivestimento in pietra 2. Mattoni pieni 3. Intonaco interno	33 cm	Telaio in alluminio Vetrocamera	Vespai con soletta in c.a.	30 cm	Falda Struttura in laterocemento e manto di copertura in coppi	25 cm	/	/	Generatore alimentato a gas metano	Radiatori senza valvole termostatiche	Tubi a fluorescenza

Fonte dei dati: colloquio diretto con tecnici specializzati  
Provincia di Modena

geom. Sandra Poppi  
geom. Roberto Bevini