



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

CENTRO DI RICERCA

C.I.T.E.R.A.

**CENTRO INTERDIPARTIMENTALE TERRITORIO EDILIZIA
RESTAURO AMBIENTE**

DOTTORATO DI RICERCA IN

"RISPARMIO ENERGETICO E MICROGENERAZIONE DISTRIBUITA"

XXVI CICLO

Coordinatore: Prof. Ing. Livio de Santoli

Tesi di Dottorato

**Riqualificazione energetica nel settore terziario
Casi di studio e strategie d'intervento**

Dottoranda: Claudia Calice

Tutor: Carola Clemente, Fabio Fraticelli

A.A. 2013-2014

"I believe that renovation of buildings to high energy performance standards could be one of the most cost effective investments a nation can make, given the benefits in terms of job creation, quality of life, economic stimulus, climate change mitigation and energy security that such investments deliver".

Oliver Rapf, Executive Director, BPIE

Ringraziamenti

Desidero ringraziare coordinatore del mio corso di Dottorato, il Prof. Livio De Santoli, e i miei correlatori, la Prof. ssa Carola Clemente e l'Ing. Fabio Fraticelli, per avermi seguito con pazienza nel lavoro di tesi.

Un infinito ringraziamento per la pazienza, l'amore e la dedizione a mio padre, a mia madre, alle mie sorelle e a Michele.

Ringrazio Marco per il suo preziosissimo supporto, Filippo, per il suo fondamentale contributo scientifico.

Ringrazio tutti coloro che hanno contribuito alla disponibilità del materiale necessario per la ricerca svolta, in particolare in prof. Eugenio Arbizzani, Elisa J., Elisa C. e Alessio.

Ringrazio le persone care da una vita e ora più che mai, in particolare Fabiana e Chiara.

Ringrazio tutti gli amici che mi hanno sostenuto ed aiutato durante la redazione del mio lavoro, in particolare Alessandro, Giuliana, Matteo, Stefano, Marianna e tutti coloro che, in questi tre anni, hanno creduto in me.

C.C.

**CENTRO DI RICERCA
C.I.T.E.R.A.**

**CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
TERRITORIO EDILIZIA RESTAURO AMBIENTE**

**DOTTORATO DI RICERCA IN
"RISPARMIO ENERGETICO E MICROGENERAZIONE DISTRIBUITA"
XXVI CICLO**

Coordinatore: Prof. Ing. Livio de Santoli

Tesi di Dottorato

**Riqualificazione energetica nel settore terziario
Casi di studio e strategie d'intervento**

Tutor: Carola Clemente, Fabio Fraticelli

Dottoranda: Claudia Calice

A.A. 2013-2014

INDICE

Introduzione	5
1. Perché una “review” della produzione scientifica nel settore terziario	5
CAPITOLO I: STRUTTURA DELLA RICERCA	7
Indice Capitolo	8
1. Inquadramento del problema scientifico	9
2. Il problema in letteratura	14
2.1 Il terziario: il settore civile con il trend dei consumi peggiore.....	14
2.2 La tematica del risparmio energetico nel terziario a livello globale.....	16
3. Metodologia della ricerca	21
3.1 Il campo d'indagine.....	21
3.2 Le metodologie di indagine e di calcolo.....	22
3.3. Fase sintetica e metodologica	23
3.4. Gli interventi	24
4. Conclusioni	26
CAPITOLO 2: IL TERZIARIO E L'EFFICIENZA ENERGETICA	27
Indice Capitolo	28
1. Il quadro normativo e gli obiettivi europei	29
1.1. Le direttive Europee dal 2002 al 2012 e il recepimento italiano.....	30
1.2. La Road Map 2050 e la decarbonizzazione dell'edilizia	34
1.3. La certificazione energetica in Italia	36
1.4. Il ruolo delle E.S.Co. nei prossimi anni in funzione dell'obbligo di audit.....	37
2. I consumi nel settore terziario	40
2.1. Una review dei risultati sino ad ora ottenuti	40
2.2. Esempi di studi esistenti su larga scala	46
2.3. Caratterizzazione dei consumi elettrici nel terziario	48
3. Caratterizzazione del patrimonio	49
3.1 La consistenza del patrimonio non residenziale italiano	50

CAPITOLO 3: STANDARD PRESTAZIONALI E TECNOLOGIE	53
Indice Capitolo	54
1. Il nuovo terziario: standard prestazionali.....	55
1.1 Prestazione energetica raggiunta dal nuovo terziario.....	55
2. L'efficienza impiantistica: cogenerazione e rinnovabili nel terziario	58
2.1. Tecnologie impiantistiche e fonti rinnovabili	59
2.2. L'illuminazione e BMS	60
3. L'efficienza dell'involucro: le metodologie di calcolo e di progettazione	61
4. Classificazione del comparto di terziario oggetto di studio	65
CAPITOLO 4: GLI EDIFICI SCOLASTICI	
ANALISI SUL PATRIMONIO SCOLASTICO DEL COMUNE DI ROMA	69
Indice Capitolo	70
1. Il terziario a bassa complessità tecnologica. Le scuole	71
1.1. Premessa.....	71
1.2. Il panorama generale	72
2. I Finanziamenti per il settore scolastico	76
2. Il patrimonio scolastico del comune di Roma: analisi dello stato di fatto	78
3. Il patrimonio scolastico del comune di Roma: ipotesi di riqualificazione	85
3.1 L'involucro opaco	85
3.2 Infissi	86
3.3. Impianti termici.....	87
3.4. Intervento globale e conclusioni.....	89
4. I casi di studio	91
5. Conclusioni	98
CAPITOLO 5: GLI EDIFICI UNIVERSITARI E PER LA RICERCA.....	99
Indice Capitolo	100
1. Caratterizzazione dell'edilizia universitaria	101
1.1 Premessa.....	101
1.2. Fondi per l'efficientamento dell'edilizia universitaria	102
1.3. Linee evolutive, quadro normativo e quadro esigenziale.....	103
2. Casi studio da Annex36 - IEA REDUCE	106
3. La Città Universitaria di Roma	112

3.1. Caratterizzaione della Città Universitaria.....	112
3.2. Caso studio 1: L'edificio di Matematica	119
3.2.1. Caratterizzazione dell'edificio	119
3.2.2 Stato di fatto ed ipotesi di intervento.....	121
3.1.3 Conclusioni	127
3.3. Caso studio 2: L'edificio di Chimica Farmaceutica.....	128
3.3.1. Caratterizzazione dell'edificio	128
3.3.2 Stato di fatto ed ipotesi di intervento.....	130
3.3.3 Conclusioni	138
CAPITOLO 6: EDIFICI AD USO UFFICIO_CASI STUDIO NEL SETTORE DIREZIONALE PUBBLICO	139
Indice Capitolo	140
1. Caratterizzazione dell'edilizia pubblica ad uffici	141
1.1 Premessa.....	141
1.2. Le caratteristiche del patrimonio.....	144
1.3. I consumi peculiari della destinazione d'uso ufficio	147
1.4 La scelta dei casi-studio.	148
2. I casi studio.....	149
2.1. La procura di Napoli.....	149
2.1.1 Caratterizzazione dell'edificio	149
2.1.2 Retrofit poco invasivo: Stato di fatto ed ipotesi di intervento.....	151
2.1.3. Conclusioni	154
2.2. La sede dell'INPS di Palermo.....	155
2.2.1. Caratterizzazione dell'edificio	155
2.2.2. Retrofit in zona B: Stato di fatto ed ipotesi di intervento	163
2.2.3. Conclusioni	164
2.3. Il Fiera District di Bologna.....	165
2.3.1. Inquadramento del Centro Direzionale Fiera District	165
2.3.2. L'evoluzione tecnologica nelle torri	166
2.3.3. <i>I livelli prestazionali della Terza Torre e l'analisi energetica di confronto.</i>	173
2.3.4. <i>Confronto tra progetto a base di gara e progetto realizzato.</i>	177
2.3.5. I sistemi impiantistici della Terza Torre.....	186

2.3.6. La profonda ristrutturazione prima torre della Regione: adeguamento ai livelli prestazionali previsti per la Terza Torre.....	187
2.3.7. Gli impianti tecnologici del Fiera District	189
2.3.8. Conclusioni	192
CAPITOLO 7: RISULTATI, STRATEGIE, LINEE GUIDA	193
Indice Capitolo	194
1. Il potenziale del retrofitting e le basi per raggiungerlo	195
2. La figura dell'Energy Manager	196
3. Riqualificazione degli edifici del terziario: le azioni da compiere e le difficoltà finanziarie ...	197
3.1 Le scuole.	199
3.2 Le Università.	200
3.3 Gli uffici	202
4. Conclusioni e sviluppi futuri	208
CAPITOLO 8: BIBLIOGRAFIA.....	209
Indice Capitolo	210
Pubblicazioni scientifiche	211
Bibliografia generale	211
Edilizia scolastica e universitaria.....	215
Edifici strategici e uffici	219
Riferimenti normativi e legislativi	221
Leggi e direttive europee	221
Normativa tecnica.....	224
Sitografia.....	227
ALLEGATO A: SCHEDE DEI CASI DI STUDIO	229

Introduzione

1. Perché una “review” della produzione scientifica nel settore terziario

A livello Europeo, il 40 % dei consumi elettrici viene dal settore terziario. Lo stato dell'arte sul settore terziario in Italia è privo di approfondimenti dettagliati e studi specifici che sappiano descriverne l'attuale consistenza e stato conservazione, con conseguente valutazione del potere energivoro dello stesso e del potenziale di risparmio ottenibile da strategie d'azioni mirate sul patrimonio esistente.

Infatti, contrariamente a quanto accade nel settore residenziale, gli edifici destinati ad uso terziario non registrano, attualmente, la presenza di analisi compiute e di politiche energetiche strutturate in un *know how* chiaro ed efficace, per le amministrazioni, i tecnici e i soggetti privati coinvolti. Le informazioni frammentarie riguardanti sporadici casi di edifici di nuova costruzione certificati (secondo la classe energetica prevista dalla Normativa italiana o secondo il sistema di certificazione LEED) o tecnologie per l'efficienza energetica applicate in maniera disorganica non costituiscono un vademecum per qualsiasi ente (privato o pubblico) che voglia investire sul retrofit degli ambienti lavorativi, a fronte di un risparmio in bolletta e del miglioramento del comfort dell'utenza coinvolta.

Inoltre, è necessario considerare l'opportunità di tale ricerca alla luce della nuova Direttiva 2012/27/UE del 25 ottobre 2012, recepita con il D. Lgs. 4 luglio 2014¹, n. 102 del che stabilisce un quadro comune di misure per la promozione dell'efficienza energetica nell'Unione al fine di garantire il conseguimento dell'obiettivo principale dell'Unione relativo all'efficienza energetica del 20% entro il 2020. Tale Direttiva stabilisce i requisiti minimi da raggiungere e il ruolo esemplare degli enti pubblici: dal 1° gennaio 2014 il 3% della superficie coperta utile totale degli edifici riscaldati e/o raffreddati di proprietà del governo centrale e da esso occupati sia ristrutturata ogni anno per rispettare almeno i requisiti minimi di prestazione energetica stabiliti.

¹ Il D. Lgs. 4 luglio 2014, entrato in vigore il 19 Luglio 2014, "stabilisce un quadro di misure per la promozione e il miglioramento dell'efficienza energetica che concorrono al conseguimento dell'obiettivo nazionale di risparmio energetico".

Gli edifici strategici ed in particolare gli edifici strategici pubblici, inoltre, alla luce della congiuntura economica attuale e delle nuove urgenze ambientali dell'UE, devono ricoprire un ruolo esemplare, nell'avviamento di un programma di riqualificazione energetica, che possa costituire un volano per l'innovazione di prodotto e di processo.

L'edilizia "di elevata qualità energetica" è, inoltre, in controtendenza rispetto alla recessione dell'intero settore, poiché le imprese, di fronte al mercato che si riduce, stanno scommettendo sulla qualità.

Lo studio in via di sviluppo si pone l'obiettivo di fornire strumenti operativi di intervento sul parco edilizio oggetto d'indagine, definendo caratteristiche di consistenza e di utilizzo effettivo degli immobili, il regime di funzionamento e di consumo e, infine, le linee di intervento da seguire.

CAPITOLO I

STRUTTURA DELLA RICERCA

CAPITOLO I - Struttura della ricerca

Indice Capitolo

1. Inquadramento del problema scientifico	9
2. Il problema in letteratura	14
2.1 Il terziario: il settore civile con il trend dei consumi peggiore	14
2.2 La tematica del risparmio energetico nel terziario a livello globale	16
3. Metodologia della ricerca.....	21
3.1 Il campo d'indagine.....	21
3.2 Le metodologie di indagine e di calcolo	22
3.3. Fase sintetica e metodologica	23
3.4. Gli interventi	24
4. Conclusioni	26

1. Inquadramento del problema scientifico

L'attuale congiuntura economica del nostro paese denuncia come problema fondamentale la mancanza di crescita. I deficit strutturali nei quali affondano le radici le criticità del sistema paese inglobano l'obsolescenza burocratica e la confusione legislativa, la cui gravità spesso è tale da arrestare volani di sviluppo e di modernizzazione quali possono essere le fonti di energia pulita e la riconversione del patrimonio edilizio esistente.

Gli stessi deficit inibiscono la ricerca e l'innovazione in settori con elevate potenzialità, nonché l'indagine della situazione corrente con conseguenti adeguati indirizzi d'azione.

Il settore delle costruzioni presto cesserà di essere il primo settore produttivo del paese (a livello reddituale e non solo), soprattutto qualora permangano lacune di metodo e di ripensamento delle *practices* del progettare e del costruire, ma soprattutto del riqualificare l'immenso patrimonio di scarsa qualità oggi a disposizione dei progettisti, i quali hanno l'occasione e la responsabilità di riconvertire le città verso scenari di sostenibilità e di efficienza energetica del "built environment".

L'attuale presa di coscienza del problema di riconversione dell'esistente deve necessariamente essere seguita da strategie d'intervento chiare e concrete, suggellate da indagini specifiche e armate di strumenti diretti ed efficaci, che risolvano le problematiche caso per caso.

Il patrimonio civile (residenziale e terziario) nel 2010 contava un consumo pari 48 milioni di TEP, con un incremento del 3,6% nel 2008, del 5,7% nel 2009 e del 2,7% nel 2010, confermando come è un vero "colabrodo" in relazione all'anzianità del parco, all'assenza di manutenzioni "programmate", al tipo di materiali impiegati e anche, o forse soprattutto, alla perdita, nel tempo, della relazione fra edilizia e caratteristiche climatiche del luogo.² Secondo la ricerca del CRESME³, il consumo nel 2012 è stato di 47 milioni di TEP, quindi in decremento, ma superiore dello 0,8% rispetto al valore del 2011.

Le difficoltà che si incontrano nel momento in cui si intende intervenire sugli edifici strategici, sia pubblici che privati, sono le serie innumerevoli di incognite che si presentano durante l'iter progettuale:

- l'assenza di studi approfonditi e di ricognizioni sul patrimonio terziario;
- il quadro normativo confuso ed in continuo cambiamento;

² CRESME(2012), *Città, mercato e rigenerazione*, Milano

³ CRESME (2014), *RIUSO03, Ristrutturazione edilizia riqualificazione energetica rigenerazione urbana*.

- la mancata conoscenza delle criticità e degli obiettivi prioritari per i quali è possibile un maggiore margine di intervento.
- la mancanza di un approccio sistemico alle problematiche del "refurbishment", della incapacità di riconoscere le migliori opportunità energetiche *in situ*, la padronanza delle tecnologie che consentano un risparmio a lungo termine considerevole con costi sostenibili.

Al fine di invertire le tendenze in atto e di raggiungere gli obiettivi comunitari, è necessario investire nella ricerca scientifica per dare sistematicità alle tematiche attualmente smembrate in innumerevoli contraddizioni ed assolutamente prive di concretezza.

La gestione dei consumi energetici del settore terziario può riguardare:

- la progettazione di edifici ad alta efficienza
- la riconversione in termini energetici di edifici esistenti, allineandoli a standard qualitativi alti sotto il profilo energetico ed ambientale.

Per quanto concerne le nuove costruzioni, le risorse a disposizione sono ridotte, per via del fin troppo esteso consumo di suolo e per la contrazione degli investimenti nel settore immobiliare e delle gare d'appalto.

Al contrario, il patrimonio esistente invecchia sempre di più, richiedendo interventi di manutenzione consistenti ed il ritmo fisiologico di rinnovo e di trasformazione urbana è troppo lento rispetto a quello necessario per raggiungere gli obiettivi comunitari, prefigurando tempistiche largamente eccedenti le scadenze prefissate⁴.

Gli investimenti nel settore privato per la manutenzione straordinaria hanno registrato una costante crescita, seppur lenta, per un totale di 870.230 Mln di € investiti, di cui però 597.000 nel settore residenziale e di cui 135.000 veicolati da provvedimenti di defiscalizzazione .

⁴ Directorate-General for research, Industrial Technologies Unit G2 New generation of products, (2010), "Energy-efficient buildings PPP - Multi-annual roadmap and longer term strategy", European Union 2010

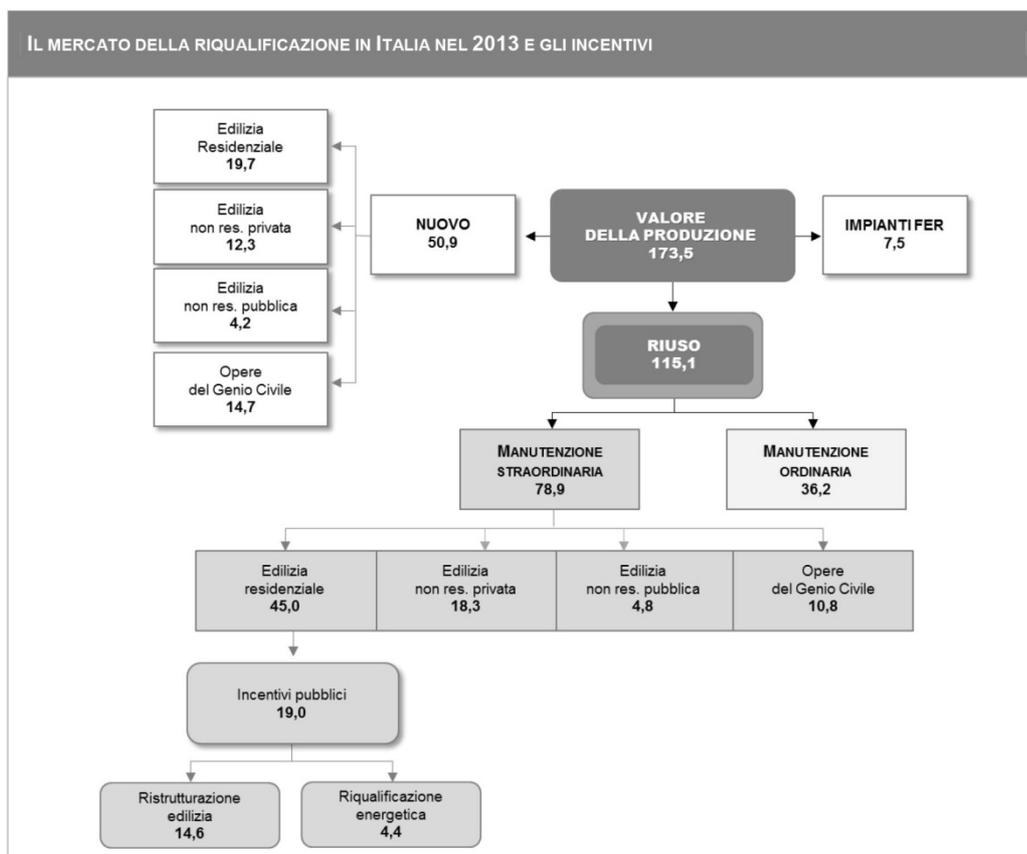


Fig. 1.1 - Flow- chart del mercato della riqualificazione - Grafico da fonte CRESME (Rapporto RIUSO03)

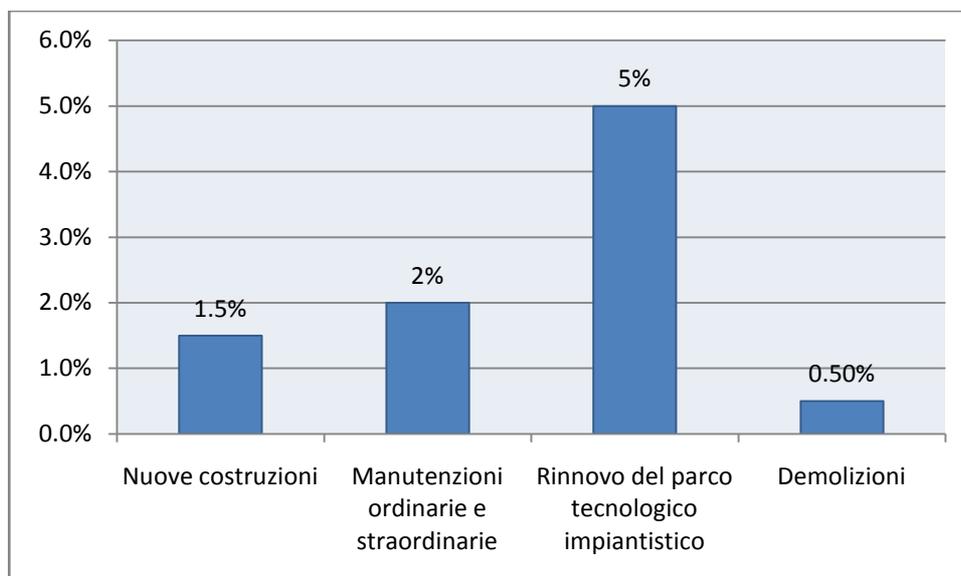


Fig. 1.2- Tasso annuo di crescita del parco edilizio europeo - Elaborazione dati Directorate-General for research - Roadmap 2010

Il tasso di crescita annuo è da considerarsi ancora limitato (5%) anche a livello europeo. I dati statistici del nostro paese riguardanti gli interventi di retrofit (nel 2011, è 6% maggiore rispetto all'anno precedente), seppur in controtendenza rispetto all'incalzante recessione dello scorso triennio, raramente registrano azioni integrate volte all'incremento della qualità globale dell'edificio.

Accade spesso, ancora, di scegliere soluzioni tecnologiche di basso profilo ambientale ed energetico per contenere i costi, oppure di intervenire esclusivamente sui sistemi impiantistici di edifici, nella quasi totalità dei casi, con involucro di bassissima qualità, risultando di fatto privi di senso se si considera che il fabbisogno termico dipende dall'inefficienza dell'involucro (dispersioni attraverso superficie disperdente opaca e trasparente) per una percentuale compresa tra il 25 ed il 30%.

Ciò è valido ancor più per gli edifici destinati a terziario, per i quali spesso è complicato ottenere finanziamenti o disporre di risorse per gli interventi di cui necessitano edifici quasi sempre con cubature consistenti e per i quali esistono, ancor più che per il settore residenziale, problematiche relative all'interruzione dell'attività o alla scarsa attenzione al comfort degli occupanti.

I dati alla mano pongono l'accento piuttosto proprio sulle difficoltà finanziarie da arginare e controllare, tenendo come riferimento la contrazione del 30% nell'industria delle costruzioni, sia per il residenziale che per il terziario, nel quinquennio 2008-2012 e di quasi il 50% dal 2005 al 2013.

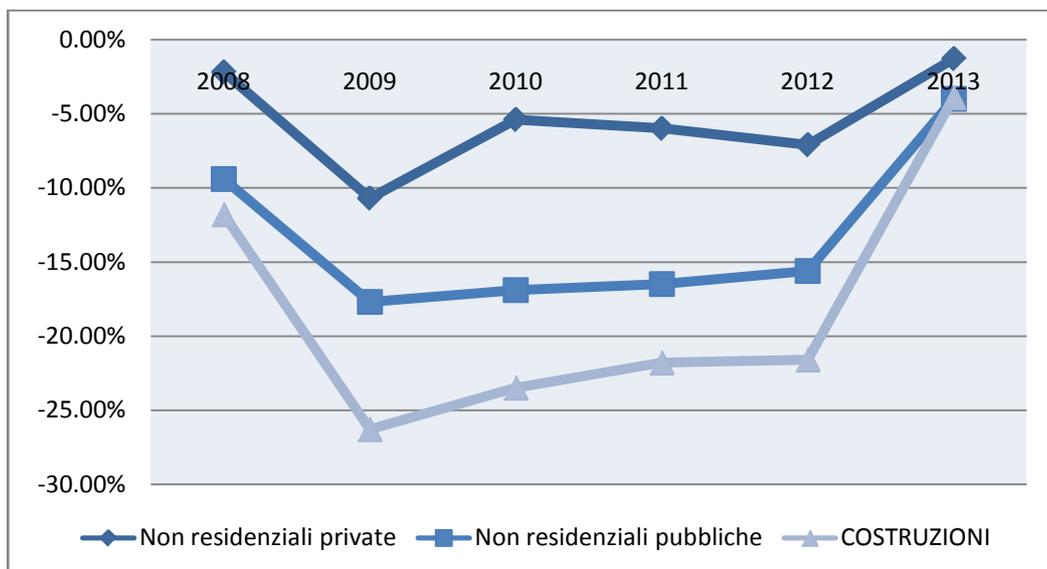


Fig. 1.3- Industria nelle costruzioni per il settore terziario -quinquennio 2008-2013 - Elaborazioni di dati ANCE

Le curve riportate nel grafico evidenziano come il quinquennio di crisi abbia visto il settore terziario fortemente penalizzato, considerando un decremento degli investimenti del 27,9 % per il settore privato e del 37,5 % per quello pubblico, a fronte del 19 % del settore residenziale, per il quale gli strumenti di incentivazione, seppur destrutturati e privi di controllo di qualità, hanno incentivato gli interventi di manutenzione straordinaria, per i quali si è registrato un calo annuale mai superiore al 3,5%, con un bilancio quinquennale pari a -9%.

Eppure numerosi studi hanno dimostrato che investire sul miglioramento del comfort nel settore terziario si traduce in una maggior produttività, mentre nelle abitazioni in un maggiore benessere diffuso. La maggiore produttività innesca processi virtuosi di crescita con evidenti ricadute positive per il sistema-Paese che, tuttavia, ancora stentano a partire.

Evidentemente, le crisi restringono l'orizzonte temporale d'investimento e il parametro benessere non è facile da quantificare a livello economico, per cui viene escluso a priori.

L'assenza di tale parametro banalizza la complessità delle operazioni di conversione a mere simulazioni talvolta condotte secondo metodologie di calcolo semplificate che non consentono di descrivere in maniera compiuta il livello effettivo di soddisfacimento dei requisiti di benessere nei luoghi di lavoro.

Le problematiche sono ad ora esposte consentono di stendere una check-list delle criticità da affrontare e delle soluzioni da predisporre per dare efficacia alla ricerca svolta.

2. Il problema in letteratura

2.1 Il terziario: il settore civile con il trend dei consumi peggior

Lo sviluppo della metodologia della ricerca avviene in seguito allo studio ed alla conoscenza delle fonti e delle indagini di valenza statistica e scientifica attualmente disponibili sul settore terziario.

Lo stato dell'arte risulta, attualmente, molto frammentario e lacunoso, sia a livello italiano che europeo, per via della difficoltà di ricognizione dei dati e disaggregazione degli stessi secondo criteri ed indicatori utilizzabili e spendibili per la formulazione di strategie.

Un primo dato di notevole importanza è la crescita dei consumi elettrici del settore terziario, con il peggior trend di settore registrato negli ultimi 15 anni.

A livello macro-energetico, il settore residenziale traduce le recenti politiche di incentivazione in un risultato abbastanza buono, riducendo per due anni consecutivi i consumi di un punto percentuali.

Al contrario, il settore terziario supera i 100 milioni di kWh arrivando a 101 GWh, con un incremento percentuale del 3,4 % rispetto all'anno precedente.

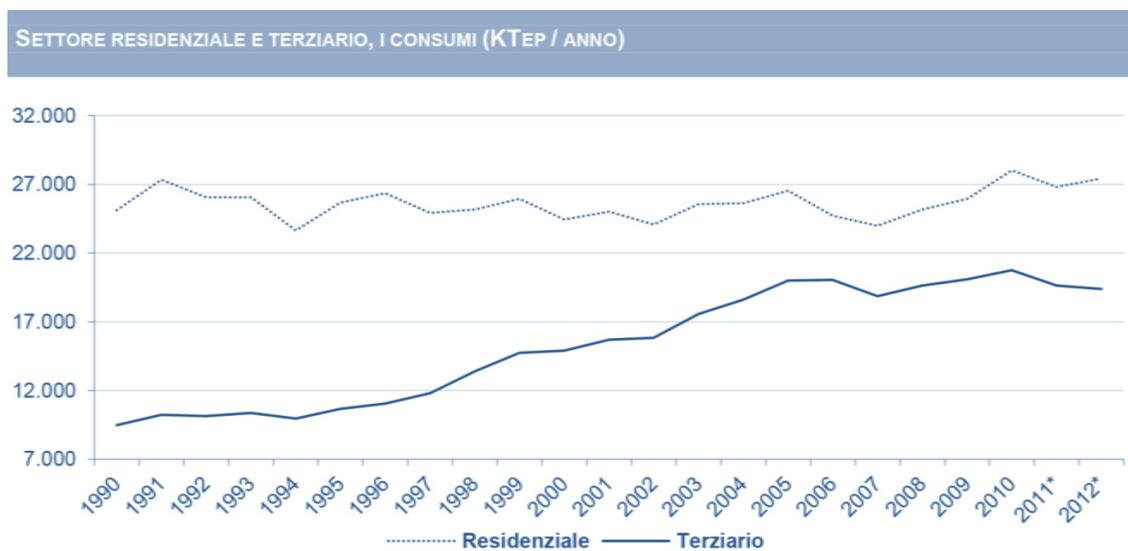


Fig. 1.4- Consumi energetici nel terziario - dati CRESME (RIUSO 2013)

I consumi nel settore terziario appaiono costanti nel loro trend crescente dal 1990 al 2012, registrano un +104,5 %. Tale dinamica rispecchia una maggiore crescita dello stock edilizio terziario rispetto a quello residenziale oltre che la terziarizzazione dell'economia.

Tale valore comprende sia i servizi vendibili (commercio) che quelli non vendibili. Seppure i consumi degli edifici commerciali richiedano un'indagine a sé, i dati sopra citati denunciano in maniera significativa l'importanza del consumo elettrico in questi edifici e l'incidenza sul bilancio globale.

Il trend dal 1990 al 2012 si mantiene pertanto costante, con un utilizzo quasi esclusivo di energia elettrica e gas naturale, in aumento dal 1990 al 2012 del 104,5% dei consumi complessivi del settore dei servizi. Il settore residenziale ha invece registrato un incremento ventennale del 17,2% (percentuale enormemente inferiore). Il settore industriale, per quanto anch'esso da riqualficare ed ottimizzare per le enormi quantità di energia richieste dalle attività produttive e la forte dipendenza energetica del nostro Paese, registra un decremento dei consumi dovuto alla deindustrializzazione ed alla crisi economica del 2008-2009 del 13%.

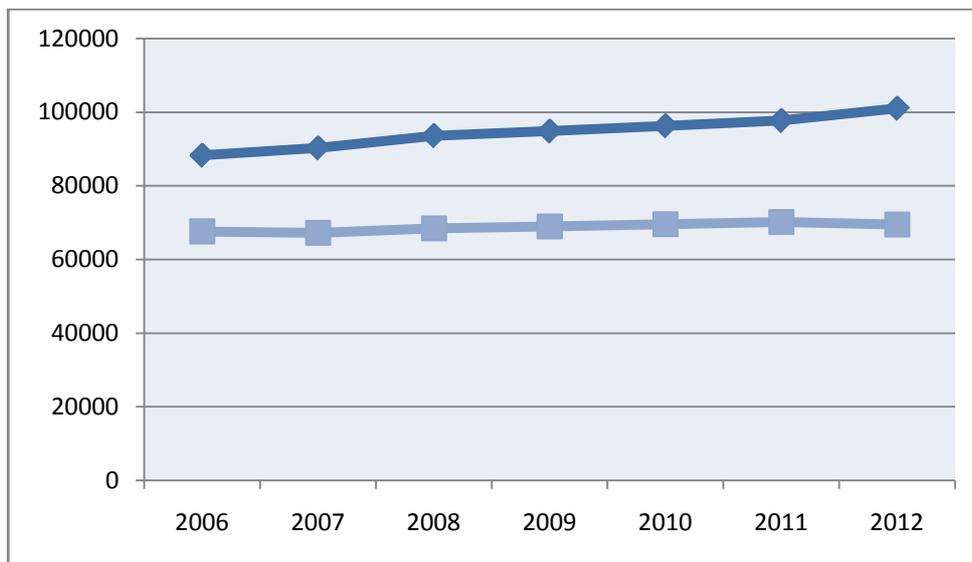


Fig. 1.5 - Consumi energetici totali - elaborazione di dati Terna

Il 70% del 40% di consumi energetici imputabili al settore civile (residenziale e terziario) dovuto all'alimentazione degli impianti per il riscaldamento e il raffreddamento dell'aria negli edifici. Inoltre, il terziario rappresenta il 40% dei consumi totali imputabili al settore civile.

Considerando che il settore impiantistico è in espansione – grazie ad imponenti politiche d'incentivazione⁵ – i suoi consumi e le emissioni di gas serra ad essi correlati non sono affatto da

⁵ In questo momento storico, le forme di incentivazione disponibili, il Conto Termico e i Certificati Bianchi, costituiscono un valido contributo per le Amministrazioni Pubbliche che devono allinearsi alle direttive comunitarie.

trascurare e a maggior ragione se consideriamo l'incremento progressivo della temperatura del Pianeta.

Decreto Legislativo 192/05	Certificati Bianchi [Mtep/a]	Detrazioni fiscali del 55% [Mtep/a]	Risparmio conseguito* 2005-2012 [Mtep/a]	Risparmio atteso al 2016 [Mtep/a]	Obiettivo raggiunto [(%)]
0,06	0,11	0,02	- 0,19	2,11	9,0

Fig. 1.6 - Risparmi energetici conseguiti nel settore terziario nel periodo 2005-2012 e attesi al 2016 secondo il PAEE 2011 (energia finale, Mtep/a) - Fonte: ENEA (PAEE 2014)

In particolare, le destinazioni d'uso ad ufficio e ad attività didattica possiedono potenziali di risparmio molto alti, considerando la discontinuità di utilizzo, l'incidenza del consumo elettrico, la progettazione degli edifici quasi mai rispondente a criteri di contenimento energetico.

Tuttavia, la percentuale di obiettivo raggiunta è ancora troppo bassa e l'andamento tendenziale non consentirebbe il raggiungimento degli obiettivi comunitari.

2.2 La tematica del risparmio energetico nel terziario a livello globale

A livello globale, sono numerosi gli studi riguardanti le strategie da adottare e le linee guida di intervento per l'ottimizzazione dei consumi negli edifici a destinazione terziaria.

Anche nazioni storicamente meno sensibili rispetto alle tematiche ambientali e alla gestione ottimale delle risorse, quali gli Stati Uniti, stanno implementando piani d'azione mirati seguendo il contributo scientifico sviluppato in ambito accademico favorendo numerosi studi rivolti alle amministrazioni, agli imprenditori e ai managers.

A titolo esemplificativo, si citano le *Advanced Energy Retrofit Guides* (AERG) (Pacific Northwest National Laboratory, Settembre 2011), dei *vademecum* suddivisi per destinazione d'uso, contenenti definizione e sviluppo di *roadmap*, *benchmarking* e casi studio volti ad indagare il potenziale delle operazioni di retrofit a tutte le latitudini degli Stati Uniti⁶.

A livello non governativo, le esperienze di carattere scientifico riguardano principalmente studi specialistici su alcuni aspetti della riqualficazione energetica, nonché approfondimento di progetti pilota, caratterizzati capillarmente sotto il profilo dimensionale e tecnologico.

⁶ SCOTT R. MULDAVIN, C. F., (2010), *Value beyond cost saving: how to underwrite sustainable properties*. Green Building Financial Consortium, 2010.

Molte pubblicazioni scientifiche condotte nell'area mediterranea, nelle zone dell'Asia in maggiore crescita economica (India e Medio Oriente) focalizzano l'attenzione sulla riduzione dei consumi elettrici attraverso l'efficientamento dei corpi illuminanti⁷ o attraverso l'applicazione di algoritmi volti alla classificazione ed alla sistematizzazione delle prestazioni energetiche degli edifici adibiti ad ufficio. Tali aree possiedono grandi disponibilità di capitali ma, in molti casi, un back-ground culturale sulle tematiche dell'uso razionale dell'energia poco consolidato ed ancora avente come principale riferimento l'approvvigionamento da fonti fossili.

Lo sforzo compiuto attualmente dalle comunità scientifiche è, pertanto, in questo settore, a livello embrionale data la difficoltà imperante nella fase di reperimento e riorganizzazione dei dati. Al contempo, è impossibile trascendere da questa direzione in questi anni in cui dall'Unione Europea e dalle agenzie internazionali (in particolare l'International Energy Agency nel suo World Energy Outlook 2013) giungono chiare ed ambiziose richieste per il raggiungimento degli obiettivi di efficienza energetica.

In assenza di un quadro settoriale dettagliato ed efficace sotto il profilo operativo e gestionale, gli interventi in corso negli ultimi 20 anni si sono avvalsi di sistemi di certificazione e valutazione energetica ed ambientale degli edifici, anche ad uso terziario, di cui segue un quadro di sintesi.

Il Protocollo ITACA per il terziario (2011)

Tale sistema di rating, elaborato nel 2004, dall' iISBE (International Initiative for a Sustainable Built Environment, sezione Italia) valuta, con un punteggio da -1 a +5, la sostenibilità degli interventi valutando:

- l'impatto sul sito;
- il consumo di risorse;
- la qualità dell'ambiente indoor;
- i carichi ambientali;
- l'efficienza distributiva e tecnologica;
- la gestione e performance a lungo termine;
- gli aspetti socio-economici.

⁷Ali, N.A.M., Fadzil, S.F.S., Mallya, B.L., (2009), "Improved Illumination Levels and Energy Savings by Uplamping Technology for Office Buildings" in International Association of Computer Science and Information Technology - Spring Conference, 17-20 April 2009, Singapore, pp. 598-603.

EPIQR+ (2004)

Sviluppato tra il 2002 e il 2005 in Svizzera dall'associazione EPIQR Renovation Sarl di Losanna, è concepito per edificio scolastici ed amministrativi, individua un "codice di degrado", attraverso il quale viene descritto lo stato di degrado fisico e funzionale attraverso un'analisi non invasiva ma di tipo visiva, discrezionale del tecnico, e un "codice di lavoro", attraverso il quale vengono definite le azioni adeguate da intraprendere per ripristinare i livelli prestazionali dei componenti.

LEED EB O&M

LEED è lo standard di certificazione energetica e di sostenibilità più diffuso al mondo: un insieme di criteri sviluppati negli Stati Uniti e applicati in oltre 60 paesi del mondo per la progettazione, costruzione e gestione di edifici sostenibili dal punto di vista ambientale, sociale, economico e della salute. LEED EB O&M è il rating specifico per gli edifici esistenti che certifica un processo e chiede evidenza documentale dei dati prestazionali. Le prestazioni dell'edificio e le pratiche di gestione siano oggetto di raccolta dati e analisi durante un periodo prestazionale (*performance period*) definito⁸. Le aree interessate sono:

- efficienza energetica e delle emissioni;
- utilizzo di fonti rinnovabili;
- risultati raggiunti nella mobilità sostenibile;
- risparmio di acqua potabile;
- Utilizzo di procedure e prodotti a basso impatto per la manutenzione del verde e degli esterni;
- Utilizzo di procedure e prodotti a basso impatto per i servizi di pulizia;
- Utilizzo di prodotti locali e/o biologici per i servizi mensa;
- Procedure e misure nella gestione del ciclo dei rifiuti;
- Prestazioni e procedure per il mantenimento di una buona qualità dell'aria interna;
- Misura delle prestazioni per le *policies* di *green procurement*;
- Verifica dei piani di manutenzione programmata degli impianti.

BREEAM

Il BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) è il rating utilizzato nel Regno Unito, importante come riferimento nella trattazione della suddetta ricerca, poichè l'unica forma di certificazione che nasce esclusivamente per il terziario, in particolare per gli uffici.

⁸ www.habitech.it

Gli obiettivi quantificabili secondo il BREEAM sono:

- Gestione;
- Salute e benessere;
- Energia (consumi ed emissioni di CO₂);
- Trasporti (consumi ed emissioni di CO₂);
- Consumo d'acqua;
- Impatto ambientale dei materiali;
- Utilizzo del terreno (superfici a verde o impermeabilizzate);
- Valutazione ecologica del sito;
- Inquinamento dell'aria e dell'acqua.

REDUCE – Retrofitting in Educational Buildings (2003)

Tale ricerca è stata promossa dall'IEA, International Energy Agency, nell'area dell'E.C.B.C.S. (Energy Conservation in Building and Community) ed è incentrata sulla riqualificazione di edifici scolastici ed universitari⁹. Le *subtask* osservate durante lo studio sono:

- *Subtask A: Selection and Analysis of Existing Information*, finalizzato a descrivere lo stato dell'arte nello scenario internazionale;
- *Subtask B: Case Studies*, riguardante le esperienze particolarmente significative nell'ambito dell'energy retrofit;
- *Subtask 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 la diffusione della ricerca;
- *Energy Concept Adviser*, ovvero uno strumento informatico interattivo di valutazione dell'esistente e di indirizzo per il progettista.

Quest'ultimo aspetto della ricerca è il maggiormente interessante poiché persegue l'obiettivo fondamentale di fornire alle Amministrazioni uno strumento semplice, intuitivo e che, in tempi molto contenuti ma con sufficiente grado di affidabilità e con margine d'errore ridotto, possa fornire un quadro delle azioni da compiere e i relativi costi, consentendo un'adeguata prevenzione dei rischi.

⁹ Il Capitolo 5, inerente l'edilizia universitaria, riporterà dei casi studio-esempio appartenenti alla suddetta ricerca.

Tale strumento, pur rimanendo valido, è ormai datato, e necessita di aggiornamento a livello di contenuti e di metodologia.

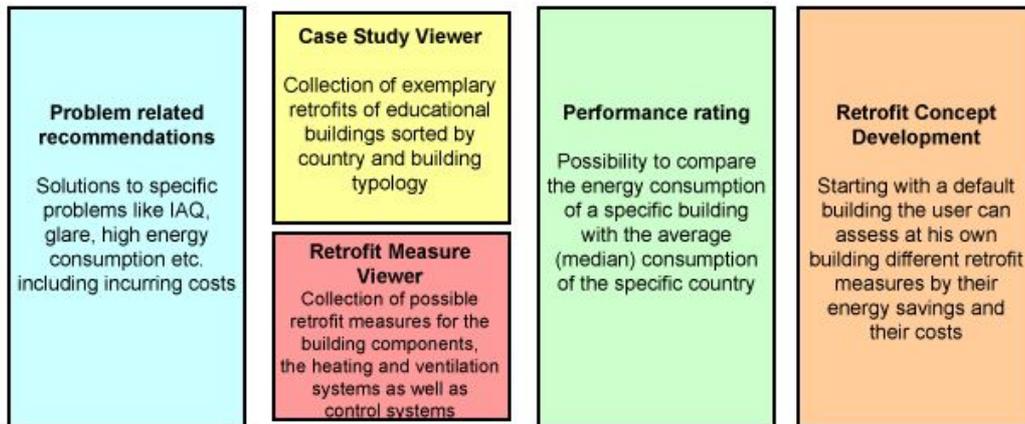


Fig. 1.7 - Composizione del tool Start Energy Concept Adviser.

Cioè che è particolarmente significativo è proprio il carattere intuitivo dello strumento, molto utile per una prima individuazione delle azioni da intraprendere e per l'elaborazione di un concept-guida nella prima fase di orientamento.

Lo studio ha selezionato 25 casi-studio in 10 Paesi europei ed ha avuto come risultato diversi strumenti di grande utilità per il benchmarking e la selezione degli interventi di retrofit più vantaggiosi, validi tutt'ora a 10 anni dalla conclusione della ricerca.

Tra i casi studio vi sono edifici realizzati tra gli anni 50 e gli anni 70 e con destinazioni d'uso per la formazione a tutti i livelli: scuole elementari, superiori, edifici universitari e edifici per la ricerca (biblioteche e laboratori).

I casi studi scelti, ricomprendo un'ampissima casistica tipologica mostra interessanti sperimentazioni di audit e retrofit, mantenendo di media un miglioramento globale delle prestazioni dell'edificio pari ad una riduzione del 35% dei consumi globali.

3. Metodologia della ricerca

3.1 Il campo d'indagine

Alla luce delle considerazioni sopra descritte, si è elaborata una metodologia di ricerca mirata alla comprensione delle tecnologie attualmente a disposizione e delle dinamiche in corso per l'ottimizzazione delle operazioni di retrofit, nonché al confronto tra esse in funzione della stesura di linee guida di alto profilo ed alta significatività e spendibilità per gli addetti ai lavori

L'estrema disomogeneità degli edifici rientrati nel settore civile terziario rende necessaria una disaggregazione dei campioni di edificio e dei casi studi presi in esame, affinché le analisi e i risultati abbiano attendibilità ed estendibilità in funzione di analogie macroscopiche a livello tipologico/formale e tecnologico/impiantistico.

Il rischio di incorrere in errore dovuto ad un eccessivo accorpamento di destinazioni d'uso differenti è molto alto e potrebbe svuotare la ricerca del suo scopo o vanificarne l'efficacia.

I principali indicatori utilizzati per selezionare i campioni in esame si definiscono come segue:

- consistenza e distribuzione sul territorio;
- epoca di costruzione e stato di conservazione con conseguente analisi della dinamica di crescita e sviluppo;
- livello di utilizzo e di occupazione;
- caratteristiche dimensionali, tecnologiche e prestazionali;
- caratteristiche dei sistemi impiantistici per il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione, l'illuminazione e per la domotica.
- consumi energetici registrati;

Tali dati sono soggetti a validazione attraverso rilievi strumentali (indagini termografiche, sopralluoghi in situ) su edifici-pilota dotati di elevato grado di significatività, a valle della classificazione tipologica e prestazionale degli edifici per i quali risulteranno acquisite le analisi.

Il database così articolato dovrà successivamente essere elaborato e sintetizzato per mettere in evidenza informazioni volte a descrivere lo stato attuale dello stock edilizio esistente.

3.2 Le metodologie di indagine e di calcolo

Lo strumento di fondamentale importanza è la diagnosi energetica, da elaborare con accuratezza e precisione, provvedendo ad effettuare le seguenti operazioni:

- Verifica dei documenti forniti dai proprietari ed eventuale integrazioni;
- Sopralluogo e raccolta informazioni (rilevamenti e misurazioni);
- Verifica delle prestazioni rilevate;
- Elaborazione dei dati e preparazione del modello;
- Elaborazione dei principali indicatori tecnici ed economici;
- Relazione di diagnosi corredata dalle relative valutazioni tecniche ed economiche.

I dati rilevati devono contenere consumi e costi energetici, utenze elettriche, termiche, frigorifere e acqua (potenza, fabbisogno/consumo orario, fattore di utilizzo, ore di lavoro, etc.) consentendo ai tecnici di costituire modelli energetici, ripartire le potenze per tipi di utilizzo, per fascia oraria e per centro di controllo.

Le diagnosi per rilevare eventuali irregolarità termiche, infiltrazioni d'aria o altre inefficienze dell'involucro edilizio, si basano su un metodo qualitativo che utilizza un esame termografico regolato dalla UNI EN 13187 del 2000¹⁰.

In pratica, la diagnosi è utilissima per verificare la rispondenza delle prestazioni sia dell'involucro edilizio e sia dell'impianto, ma anche per acquisire informazioni riguardo alle modalità gestionali del sistema stesso da parte degli utenti finali.

Il calcolo della prestazione energetica (calcolo invernale ed estivo) seguirà due metodi di simulazione:

- la simulazione classica secondo Norma UNI 11300 parte 1-2-4¹¹, ovvero utilizzando approssimazioni tipiche del regime stazionario;

¹⁰ UNI EN 13187:2000 Prestazione termica degli edifici - Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi - Metodo all' infrarosso.

¹¹ Dal 2 Ottobre 2014, il metodo stazionario fa riferimento agli aggiornamenti delle UNI/TS 11300:2008, Parti 1 e 2 e segue le seguenti norme: UNI/TS 11300-1:2014. Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale. UNI/TS 11300-2:2014. Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali. Le maggiori differenze risiedono nel calcolo dei ponti termici, delle trasmittanze, delle perdite per ventilazione (per le quali è esposto un calcolo più raffinato) e dei guadagni solari.

Il software in regime stazionario consente di dimensionare, coerentemente alle dispersioni termiche registrate, l'impianto di riscaldamento. Sarà inoltre determinato il fabbisogno netto di energia per il riscaldamento.

- simulazione in regime dinamico degli edifici attraverso software basati su metodi di calcolo poiché soggetti ad una minore quantità di approssimazioni, quali *Trnsys*¹² ed *Energy Plus*¹³, accreditati da numerosi studi scientifici in campo internazionale.

Le simulazioni effettuate in regime dinamico permetteranno un'analisi molto più realistica e completa valutando nel dettaglio i contributi apportati dall'inerzia termica dell'involucro e dalla ventilazione naturale, che hanno ripercussioni sulle prestazioni termiche sia in regime invernale, ma soprattutto in quello estivo, molto importante soprattutto per gli edifici ad uffici. Un'analisi dinamica permetterà, dunque, di considerare il giusto peso di fattori come l'escursione termica giorno-notte e l'irraggiamento solare¹⁴.

3.3. Fase sintetica e metodologica

Il database e le analisi sopra descritte dovranno condurre:

- alla definizione di un sistema di indicatori utili a valutare la suscettività di trasformazione di un manufatto edilizio, in relazione alle tipologie ricorrenti di edifici individuate e classificate nella fase di ricognizione, al fine di permettere un'analisi costi-benefici degli interventi necessari alla riqualificazione integrata dell'edificio;
- all'individuazione di una griglia di requisiti guida per la definizione di interventi migliorativi sul patrimonio edilizio esistente e di parametri di valutazione dei progetti in corso di elaborazione e realizzazione;
- alla valutazione economica degli interventi proposti, ipotizzando differenti combinazioni di intervento, praticando l'estensione teorica di essi a campioni opportuni e calcolando i tempi di ritorno degli investimenti.

¹² Il software Trnsys (Transient System Simulation Tool) in grado di risolvere equazioni di tipo algebrico e differenziale, utilizza un approccio modulare in grado di risolvere la maggior parte delle problematiche connesse ad aspetti di tipo energetico, affrontate come la somma di problemi più semplici.

¹³ Energy Plus, realizzato dal DoE (Dipartimento Energetico degli Stati Uniti), è un software basato sui programmi BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) e DOE-2, sviluppati negli Anni 80 per poter eseguire stime e simulazioni sui carichi energetici degli edifici.

¹⁴ Per una descrizione più approfondita delle tipologie di calcolo si rimanda al Capitolo 3.

L'esito della ricerca dovrà, pertanto, confluire, nella definizione delle azioni più idonee sulla base delle criticità emerse e delineare uno strumento d'indirizzo utile per le Amministrazioni coinvolte in programmi di riqualificazione del patrimonio.

3.4. Gli interventi

Il progetto di risanamento e di miglioramento prestazionale desunto interverrà sul mal funzionamento del sistema edificio-impianto, integrando un piano di controllo e di gestione degli impianti e dell'energia.

Il parco edilizio adibito a uffici ed a tutte le altre destinazioni d'uso riconducibili al settore terziario ospita funzioni e attività a media e alta complessità tecnologica, caratterizzata da consumi termici ed elettrici alti e da un quadro esigenziale piuttosto variegato e complesso.

L'individuazione dei maggiori punti di deficit prestazionali consentirà di ottimizzare le risorse finanziarie da stanziare e di massimizzare i benefici ottenibili in termini di kWh risparmio di energia (kWh/annui risparmiati), di risparmio economico (€/kWh risparmiato), di riduzione di emissioni di CO₂ in atmosfera e di incremento del comfort indoor (qualità dell'aria, controllo della temperatura, microclima interno, etc.).

Gli interventi potranno essere di due tipi: quelli che puntano sulla riduzione del fabbisogno termico degli edifici (interventi sull'involucro edilizio) e quelli che massimizzano il rendimento degli impianti e ne ottimizzano il funzionamento e la gestione (interventi sulle componenti impiantistiche).

Si riportano di seguito alcuni degli interventi migliorativi che si potrebbero rendere necessari alla luce della diagnosi effettuata:

- ottimizzazione della illuminazione naturale e artificiale attraverso utilizzo di apparecchi a basso consumo ed alta efficienza utilizzo associati a dispositivi automatici per il controllo dell'illuminazione;
- ottimizzazione dell'utilizzo di schermature solari efficaci;
- verifica di fattibilità di installazione diffusa di pannelli fotovoltaici;
- ottimizzazione del riscaldamento degli ambienti attraverso l'utilizzo diffuso di termovalvole, gestione assistita della ventilazione e il ricambio d'aria;
- associazione sistematica degli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria alla riqualificazione energetica degli edifici;

- programmazione degli interventi di miglioramento prestazionale degli involucri negli edifici più recenti (isolamento termico, isolamento acustico, infissi basso-emissivi a controllo solare, ventilazione naturale);
- sostituzione delle apparecchiature per la produzione e il controllo di calore e del freddo, utilizzando sistemi tecnologici e gestionali innovativi (impianti in cogenerazione e teleriscaldamento, utilizzo energia solare ma anche di biomasse, geotermia, etc).

Di particolare rilevanza è l'ultimo degli interventi proposti, data la presenza di un mercato in via di sviluppo nel campo della cogenerazione dalle notevoli potenzialità ma frenato dalle complicazioni normative attuali.

Eppure le applicazioni co-generative per il terziario sono fortemente indicate in quanto si suppone l'esistenza di utenze diversificate e di dimensione tale da avere elevati consumi elettrici e termici, anche in tri-generazione.

L'abbinamento con macchine frigorifere per il condizionamento estivo, in regime di tri-generazione, permette di sfruttare pienamente il sistema anche nella stagione calda e di soddisfare particolari necessità, puntando così alla piena autonomia energetica. Inoltre, l'utilizzo di pompe di calore a cascata consente di ottenere un elevato grado di efficienza e di modulazione della potenza fornita, senza diminuire le prestazioni, ed un puntuale dimensionamento del sistema.

Un fattore fondamentale consiste nell'osservare come l'aumento della potenza installata comporti l'aumento anche dei rendimenti elettrici dei motori e la diminuzione dei costi specifici per ogni kW installato. Tale tecnologia sarà, infatti, nel futuro indispensabile per la gestione intelligente di edifici e complessi di edifici connessi in rete.

Ultimo aspetto da valutare è la gestione dell'edificio post retrofit: una cattiva gestione può portare a picchi di negatività tali da non ridurre le risorse non rinnovabili – utilizzate per mantenere il comfort indoor – né di conseguenza le emissioni inquinanti, pur a valle di un investimento oneroso e complesso.

4. Conclusioni

I risultati ottenuti dovranno possedere significatività statistica, in vista dell'estensione ad edifici non compresi nel campione esaminato e dell'applicazione delle strategie d'intervento enunciate, valide come un primo ed immediato orientamento di massima nella valutazione degli investimenti e dei costi.

Potrà essere infine tenuta in conto la possibilità di connettere gli edifici analizzati in complessi più ampi qualora sussistano realistiche possibilità di creazione di *Smart Grid*¹⁵, volte alla costituzione della rete dell'energia. Tale nuovo modello propone gli edifici come punti di produzione di energia rinnovabile inseriti in una rete interconnessa nella quale è possibile scambiare informazioni sui flussi di energia, gestendo con migliore efficienza i picchi di richiesta, evitando interruzioni di elettricità e riducendo il carico ove necessario.

Questo aspetto della gestione energetica richiederebbe una trattazione a sé, date le potenzialità degli scenari delle reti intelligenti. In questa sede, basterà tenere conto del ruolo del terziario nella configurazione delle "smart grid", soprattutto per quel che riguarda gli edifici universitari e i centri direzionali, affrontati nel seguito della trattazione.

¹⁵ de Santoli L., (2011), *Le comunità dell'energia*, Quodlibet, 2011, ISBN 9788874624034

CAPITOLO 2

IL TERZIARIO E L'EFFICIENZA ENERGETICA

CAPITOLO 2 - Il terziario e l'efficienza energetica

Indice Capitolo

1. Il quadro normativo e gli obiettivi europei	29
1.1. Le direttive Europee dal 2002 al 2012 e il recepimento italiano	30
1.2. La Road Map 2050 e la decarbonizzazione dell'edilizia	34
1.3. La certificazione energetica in Italia	36
1.4. Il ruolo delle E.S.Co. nei prossimi anni in funzione dell'obbligo di audit	37
2. I consumi nel settore terziario	40
2.1. Una review dei risultati sino ad ora ottenuti.....	40
2.2. Esempi di studi esistenti su larga scala.....	46
2.3. Caratterizzazione dei consumi elettrici nel terziario.....	48
3. Caratterizzazione del patrimonio	49
3.1 La consistenza del patrimonio non residenziale italiano	50

1. Il quadro normativo e gli obiettivi europei

L'operazione di ricognizione degli studi di maggiore importanza presenti in letteratura non può prescindere da un'accurata analisi del quadro legislativo esistente a livello italiano ed europeo.

L'audit energetico presto sarà una *best-practice* imprescindibile per il conseguimento degli standard comunitari in fatto di consumi energetici. Le azioni di retrofit, infatti, sono parte integrante di una nuova dimensione economico-sociale dello sviluppo, volta all'incremento della "competitività di qualità" perché basata sulla ricerca e sull'innescamento di processi virtuosi creatori di occupazione e produttività.

Tra i paesi europei, la Germania spicca per i risultati positivi ottenuti nell'ultimo triennio, contando 9 milioni di interventi di riqualificazione energetica, investendo fino a 2 miliardi di euro/anno. Gli effetti, oltre a quelli diretti, comprendono benefici occupazionali con la creazione di 180.000 posti di lavoro.

I numeri sopracitati corrispondono alla riqualificazione dell'1% all'anno del patrimonio esistente. La misura di quanto dovrebbe impegnarsi il nostro Paese è dato proprio dal confronto con la realtà tedesca, quest'ultima ancora molto lontana dagli obiettivi della "RoadMap 2050"¹ che prevede la decarbonizzazione spinta dell'edilizia.

In Italia, infatti, per quanto le questioni riguardanti l'energia siano in primo piano ormai da 20 anni, la confusione esistente e la mancanza di informazione hanno causato la scarsa efficacia effettiva dei numerosi provvedimenti emanati e dei numerosi report allarmanti diffusi a livello globale. Ne conseguono inefficienze operative, tempi prolungati, strategie poco rigorose ed infruttuose.

Non si deve dimenticare, infine, l'**assenza di un piano energetico nazionale** capace di dare certezze nel lungo periodo, così come richiesto dagli investitori. Entro la fine del decennio gli investimenti previsti riguarderanno: **il 72% dei 180 miliardi di euro stanziati per la riqualificazione energetica del parco edilizio commerciale e residenziale esistente e per le fonti rinnovabili.**

¹ Ardito G., Bobbio D., Leonardi M. (2012), *Obiettivo 2050: Per una roadmap energetica al 2050, Rinnovabili, efficienza, decarbonizzazione*, REF-E, WWF, 2012

1.1. Le direttive Europee dal 2002 al 2012 e il recepimento italiano

La direttiva comunitaria del 2002 (2002/91/CE, nota come EPBD - Energy Performance Building Directive), puntava l'attenzione sugli edifici del terziario, in particolare sugli edifici pubblici, obbligandoli alla certificazione energetica.

La scarsissima performance energetica del parco edilizio italiano, in rapporto alla mitezza delle condizioni climatiche, ha fatto sì che la sopra citata EPBD desse inizio ad una serie di azioni volte all'aggiornamento del quadro legislativo di riferimento e all'adeguamento delle relative norme tecniche, sino alla direttiva 2012/27/UE, che obbliga il nostro paese come tutti gli stati membri a proiettarsi verso la Road Map 2050 finalizzata ad un'economia energetica *low-carbon* e denuclearizzata.

Durante questo decennio, molteplici sono state le risposte del nostro paese agli obiettivi della Comunità Europea e se ne propone un quadro come riferimento fondamentale della ricerca.

L'Italia ha posto la promozione dell'efficienza energetica tra le priorità della sua politica energetica nazionale, alla quale associa il perseguimento della sicurezza dell'approvvigionamento energetico, della riduzione dei costi dell'energia per le imprese e i cittadini, della promozione di filiere tecnologiche innovative e della tutela ambientale, anche in relazione alla riduzione delle emissioni climalteranti.

Il primo piano per l'efficienza energetica PAEE 2007 fissava obiettivi specifici per la riduzione del consumo finale lordo di energia. Tali obiettivi sono stati confermati dal nuovo PAEE 2011, apportando "ulteriori indicazioni a favore dell'efficienza energetica, come presupposto indispensabile per il raggiungimento degli obiettivi in materia di energie rinnovabili e riduzione della CO₂, inducendo quindi a valutare l'attuazione della Direttiva 2006/32/CE in un contesto strategico anche al di fuori del proprio ambito settoriale²."

L'emanazione della Direttiva 2010/31/CE, inoltre, ha influito nel nuovo PAEE rimarcando il ruolo dell'efficienza energetica sostenuto da un programma di incentivazione strutturale e da una sapiente economia delle risorse: il 2018 è l'anno che vedrà scattare l'obbligo per i nuovi edifici del settore pubblico a diventare nZEB (Near Zero Energy Building), il 2020 per gli edifici privati.

Sull'argomento NZEB, già nel novembre 2008, l'International Energy Agency nell'ambito dei programmi SHC (Solar Heating and Cooling) e ECBCS (Energy Conservations in Buildings and Community Systems) ha avviato il progetto Task 40- Annex 52, con l'intento non solo di dare una

² PAEE 2011 - Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica, ENEA, 2011.

definizione di Edifici a Energia Netta Zero ma anche di fornire esempi dimostrativi e linee guida per la realizzazione di nuovi edifici.

Nella Direttiva, inoltre, è specificato che il Piano d'azione per gli edifici ad energia quasi zero, dovrà comprendere, tra l'altro, i seguenti elementi:

- l'applicazione della definizione di edifici a energia quasi zero alle diverse tipologie di edifici e indicatori numerici del consumo di energia primaria, espresso in kWh/m² anno;
- le politiche e le misure finanziarie o di altro tipo previste per promuovere gli edifici a energia quasi zero, comprese le informazioni relative alle misure nazionali previste per l'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici, tenendo conto 2009/28/CE e del D.Lgs. 28/11;
- l'individuazione, in casi specifici e sulla base dell'analisi costi-benefici sul ciclo di vita economico, della non applicabilità o della sua parziale applicazione;
- gli obiettivi intermedi di miglioramento della prestazione energetica degli edifici di nuova costruzione entro il 2015.

Lo strumento parallelo del PAN, Piano d'Azione Nazionale per le Energie Rinnovabili (PAN), emanato in recepimento della Direttiva 2009/28/CE, ha l'obiettivo di diffondere e promuovere l'energia da fonti rinnovabili.

L'obiettivo complessivo si riassume negli step evidenziati dagli studi Primes, utilizzati dalla Commissione Europea, come riferimento per le misure da adottare:

- Il consumo finale lordo di energia del paese Italia nel 2020 secondo scenari tendenziali era stimato nel 2005 di **166,5 Mtep**;
- L'aggiornamento al 2009 ha registrato, complice la crisi economica, uno scenario al 2020 di **143, 61 Mtep**;
- L'adozione di misure di efficienza energetica potrebbero consentire di tenersi al di sotto dei **131, 2 Mtep**;
- Gli scenari proposti dalla Comunità Europea prevedono la riduzione a **106 Mtep** nel 2030 e **76 Mtep** nel 2050.

La pagina seguente illustra schematicamente gli *step* normativi e gli strumenti-guida di riferimento per la definizione di strategie ed interventi operativi che contribuiscano al raggiungimento degli obiettivi comunitari.

Gli obiettivi comunitari e nazionali: brainstorming and processing

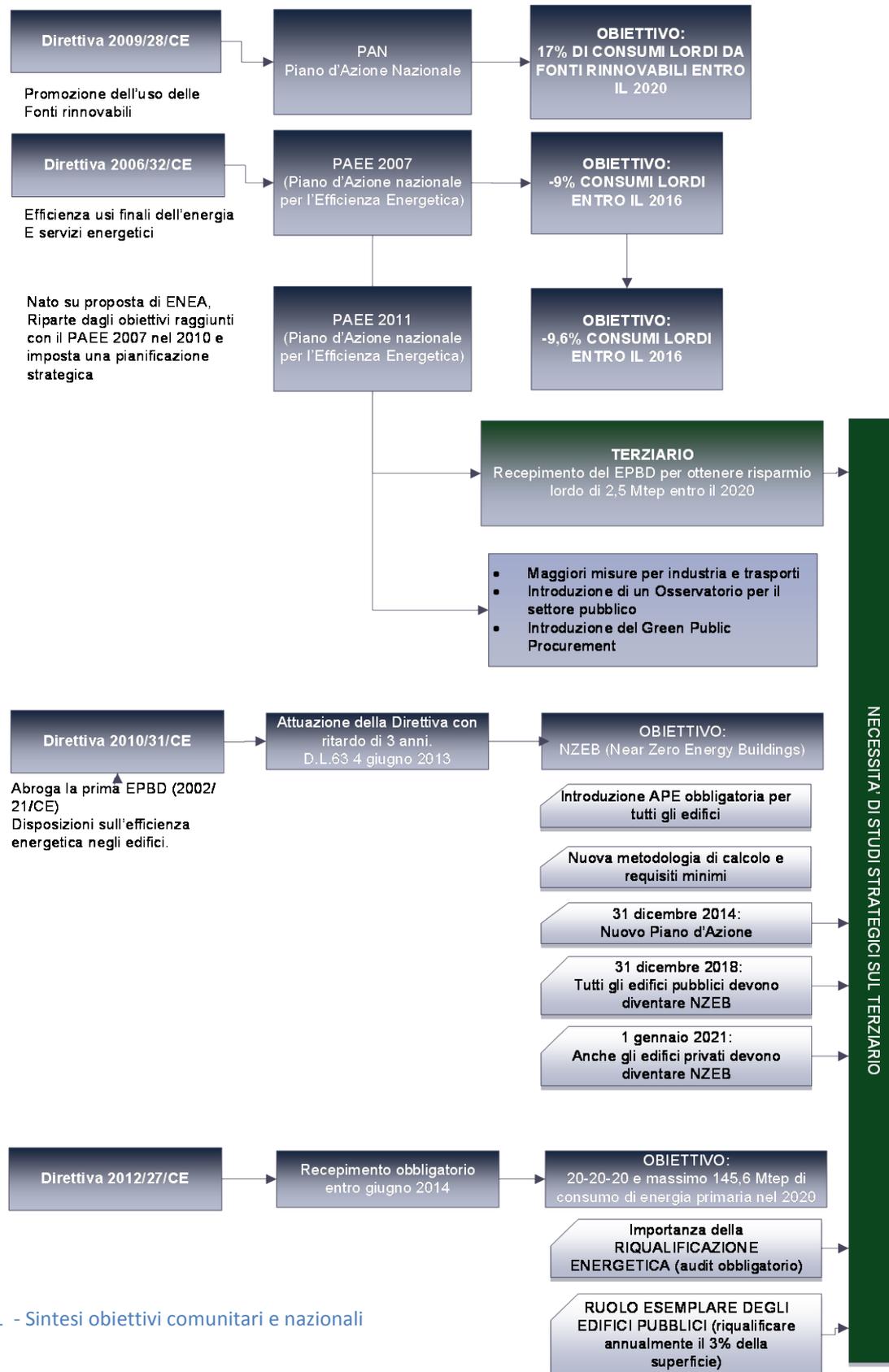


Fig. 2.1 - Sintesi obiettivi comunitari e nazionali

La grande novità introdotta dalla direttiva 2012/31/CE recepita nel Luglio 2014, riguarda proprio il ruolo esemplare del pubblico. Per gli edifici dotati di impianti di climatizzazione di proprietà del governo centrale e da essi occupati, con aree calpestabili superiori ai 500 mq scatta l'**obbligo di riqualificare energeticamente ogni anno almeno il 3% della superficie coperta utile totale**. Da luglio 2015 il rinnovo riguarderà anche gli edifici pubblici che presentano aree calpestabili superiori a 250 mq.

E' inoltre fissato l'**obbligo per le grandi imprese come per le Pubbliche Amministrazioni di assoggettarsi ad audit energetico entro il 5 novembre 2015** e di rinnovare la diagnosi ogni 4 anni. Ne sono esenti solo le amministrazioni che siano provviste di un SGA (Sistema di Gestione Ambientale³) certificato e che segua criteri minimi di audit energetico.

La regolamentazione della **diagnosi energetica**, strumento principale per lo studio e la risoluzione dei problemi legati ai consumi del settore civile, è al centro dell'articolo 8 della suddetta direttiva, affinché il miglioramento delle prestazioni termo-fisiche dell'involucro ed il conseguente risparmio energetico siano effettivi e condivisi perché concordati a livello comunitario.

Per chiarezza, si elenca le maggiori questioni su cui pone l'attenzione la direttiva:

- la **qualità** degli audit e energetici, svolti da tecnici qualificati e accreditati;
- sistema di **controllo super partes** atto a garantire la suddetta qualità con cadenza annuale;
- forme di **incentivazione** rivolte alle principali categorie coinvolte, come utenza e come addetti ai lavori, ovvero famiglie da sensibilizzare sui vantaggi dell'efficienza energetica, PMI da sottoporre ad audit come strumento di competitività e modernizzazione dell'apparato aziendale, tecniche vogliono investire sulla formazione e divenire auditori energetici.

Per quanto concerne la perimetrazione dell'obbligo della direttiva, L'Italia ha ritenuto opportuno definire la "pubblica amministrazione centrale"⁴ :

1. Presidenza del Consiglio dei Ministri;
2. Ministero degli affari esteri;

³il Sistema di Gestione Ambientale è definito dalla norma ISO 14001 come "*la parte del sistema di gestione generale che comprende la struttura organizzativa, le attività di pianificazione, le responsabilità, le prassi, le procedure, i processi, le risorse per elaborare, mettere in atto, conseguire, riesaminare e mantenere attiva la politica ambientale*".

⁴La perimetrazione dell'obbligo è riportata nel PAEE 2014, Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica elaborato da ENEA .

3. Ministero dell'interno;
4. Ministero della giustizia;
5. Ministero della difesa;
6. Ministero dell'economia e delle finanze;
7. Ministero dello sviluppo economico;
8. Ministero delle politiche agricole e forestali;
9. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio;
10. Ministero delle infrastrutture e trasporti;
11. Ministero del lavoro e delle politiche sociali;
12. Ministero della salute;
13. Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca;
14. Ministero per i beni e le attività culturali;

La ricerca in oggetto di trattazione, pur facendo riferimento all'obbligo imposto dalla direttiva, vuole riferirsi ad una porzione di patrimonio molto più ampia per la quale necessariamente, in un futuro prossimo, dovranno estendersi i vincoli di certificazione e prestazione volti ad assicurare un programma diffuso di rinnovo dell'esistente.

1.2. La Road Map 2050 e la decarbonizzazione dell'edilizia

L'Unione Europea nel 2009⁵ ha prefigurando anche scenari più lungimiranti, ponendosi obiettivo di totale o quasi decarbonizzazione, stimando una riduzione di emissioni di gas serra fino al 95% entro la metà del secolo.

I cardini principali riguardano:

- la priorità dell'efficienza energetica (per l'Italia, riduzione dei consumi finali in termini assoluti del 40% dal 2010 al 2050);
- l'aumento della quota elettrica sulla domanda finale (a fronte della riduzione di consumi, si prevede l'aumento della generazione elettrica del 30%);
- il 100% di rinnovabili al 2050 nella generazione elettrica rispetto al 25% nel 2010 (da 76.9 a 400TWh installati).

Molti Stati Membri, pertanto, hanno affidato a prestigiosi istituti di ricerca il compito di stilare delle "roadmap" proiettate al 2050, per delineare scenari compatibili con la totale indipendenza

⁵ Conclusioni della Presidenza del Consiglio Europeo (15265/1/09), 29-30 ottobre 2009.

da fonti non rinnovabili. Il rapporto del WWF⁶ stilato per l'Italia ribadisce le difficoltà politiche esposte nel paragrafo precedente, determinanti per lo stallo delle *policy* più di quelle economiche.

Per quanto concerne il settore civile, ed in particolare quello dei servizi, si è ipotizzato un duplice scenario, al 2030 ed al 2050:

Settore	2010	2030	2050
Residenziale e terziario	-12%	Da 37% a 53%	Da -88 a -91%

Fig. 2.2- Riduzione percentuale di emissioni di gas serra dal settore civile rispetto ai livelli del 1990 - Fonte: Roadmap 2050 della Comunità Europea

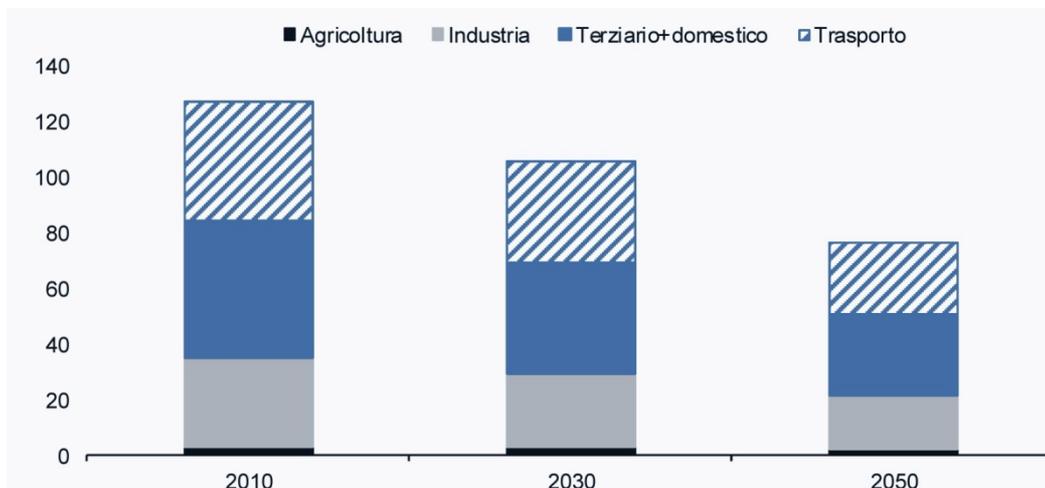


Fig. 2.3 - Domanda di energia (Mtep) Fonte: WWF Italia su previsione REF

La quota percentuale di rinnovo degli edifici pubblici è stata invece abbassata dal 3% al 2.5% annuo sul totale degli edifici di proprietà pubblica.

Il governo federale tedesco nel 2010 ha elaborato l'Energy Concept, che prevede l'aumento del tasso di rinnovo dall'attuale 1 al 2% dello stock esistente per raggiungere il parco *climate neutral* entro 2050 e riduzione dell'80% del fabbisogno di energia primaria.

Il Regno Unito farà, invece, ricorso al "Green Deal", inserito nell' EA (Energy Act), un meccanismo di incentivazione per il retrofit energetico su parco residenziale e terziario che consente al consumatore di rientrare dell'investimento tramite un finanziamento pagato tramite bolletta, ridotta per via dei guadagni di efficienza, evitando di sopportare anticipatamente e direttamente i

⁶ Rapporto WWF sugli obiettivi 2050: http://awsassets.wwf.it/panda.org/downloads/obiettivo2050_reportwwf.pdf.

costi. Il finanziamento è inoltre legato all'edificio e non al soggetto, per cui un cambio di proprietà/locazione comporterà il trasferimento dei costi/benefici.

L'Italia, ancora priva di strumenti egualmente strutturati e competitivi, prova a destreggiarsi tra le proroghe di detrazioni fiscali e stesura di un piano energetico in maniera poco sistematica.

1.3. La certificazione energetica in Italia

La certificazione energetica, legiferata con grande confusione ma sostanzialmente sempre identica a se stessa, ad oggi è esclusivamente un adempimento burocratico negli atti di compravendita e nei contratti di locazione, redatta con scarsa competenza e quasi mai realmente orientata alla valutazione energetica dell'immobile, con forti approssimazioni ed espedienti finalizzati alla sola produzione del documento. Oltretutto, l'incapacità di comprendere i risparmi realmente ottenibili in bolletta nel medio-lungo termine e di analizzare imprescindibilmente le condizioni di comfort indoor si somma alla mancanza di un sistema di controllo e di gestione delle informazioni riguardanti il patrimonio, in particolar modo il patrimonio terziario, per il quale non esistono banche dati informatizzate che organizzino almeno la scarsissima porzione di immobili pubblici e privati per i quali è stata fatta una caratterizzazione energetica.

L'efficienza energetica sul patrimonio residenziale, tuttavia, è materia sulla quale una vasta fetta della popolazione e degli addetti ai lavori è sensibilizzata, poiché legata al benessere domestico ed al valore economico dell'immobile.

Gli ambienti votati alla formazione dell'individuo (scuole ed università) nonché quelli nei quali si svolgono le attività lavorative (uffici pubblici e privati) molto spesso non godono della medesima attenzione.

Le ragioni riguardano la scarsità di fondi per il retrofit dell'esistente accompagnata dal disinteresse della dirigenza e della proprietà verso argomenti ormai divenuti urgenti dopo la cosiddetta "Energy crisis" e necessari per la transizione verso nuovi modelli di comfort e di utilizzo delle risorse. Infine, vi è il pessimismo indotto dall'apparato burocratico e dalla complessità della materia.

1.4. Il ruolo delle E.S.Co. nei prossimi anni in funzione dell'obbligo di audit

In questa sede, è utile evidenziare il possibile ruolo delle E.S.Co. (Energy Service Company) in un mercato in espansione che vedrà attori principali proprio il settore pubblico e le PMI.

Le società che forniscono servizi energetici, infatti, solo elemento chiave nell'individuazione di soluzioni finanziarie per concretizzare gli obiettivi comunitari.

La crisi economica ed in generale le priorità di spesa delle pubbliche amministrazioni e delle PMI non consentono di contemplare interventi costosi ed ancora considerati "superflui" come quelli di audit-retrofit e certificazione.

Le E.S.Co. (Energy Service Company) è definita nel Decreto legislativo 115/2008 la E.S.Co è definita come *"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."* In Italia, le E.S.Co operano seguendo i criteri contenuti dalla normativa tecnica dedicata alle diagnosi energetiche UNI 11428/2011⁷, che però non dà indicazioni precise in riferimento agli edifici. Una normativa tecnica specifica sugli energy-audit è ancora in fase di elaborazione, persino nelle sue generalità. Sarà la UNI CEI EN 16247-1 a rispondere a quanto richiesto dalla direttiva 2006/32/CE in merito alle diagnosi energetiche per gli usi finali dell'energia (settore civile): *"perché sia raggiunto un livello elevato di competenza tecnica, di obiettività e di attendibilità, gli Stati membri assicurano, laddove lo ritengano necessario, la disponibilità di sistemi appropriati di qualificazione, accreditamento e/o certificazione per i fornitori di servizi energetici, di diagnosi energetiche e delle misure di miglioramento dell'efficienza energetica"*.

Ciò che la legge richiede ed ancora manca è dunque una certificazione degli audit come controllo di qualità, come affidabilità di metodo e garanzia di risultato, anche con lo scopo di ridurre i rischi degli investimenti, sia per il committente sia per le società di servizi E.S.Co. che ripongono il proprio margine di guadagno nella diagnostica dello stato attuale.

⁷La norma UNI 11428 regola le diagnosi energetiche in via generale ed anticipa la norma. In questo contesto si inserisce il rapporto tecnico UNI CEI/TR 11428: il testo prende spunto dai contenuti della futura UNI CEI EN 16247-1 "Energy audits - Part 1: General". La prima parte seguiranno altre tre parti specifiche che definiranno i requisiti specifici per le diagnosi energetiche nel settore residenziale, industriale e dei trasporti.

L'audit energetico è fondamentale per il processo di certificazione del **Sistema di Gestione interno dell'Energia**, così come definito dalla UNI CEI EN ISO 50001:2011, poiché attraverso esso si raccolgono informazioni oggettive sui consumi, le quali possono essere conservate sia per le analisi storiche e sia per il monitoraggio della prestazione del sistema edificio-impianto secondo un **piano gestionale**.

L'aspetto gestionale è di imprescindibile importanza in un comparto edilizio come quello "terziario" in cui le difficoltà maggiori da affrontare per chi fa investimenti sono legate alla complessità degli edifici con la conseguente difficile previsione degli effetti e in cui le forme contrattuali finalizzate al risparmio energetico sono disegnate attorno alle quantità risparmiate.

Il funzionamento delle E.S.Co. in Italia è affetto da problematiche comparabili a quelle della certificazione energetica. La costituzione delle società ha carattere speculativo perché nata come risposta al rischio di sanzione piuttosto che come frutto di un piano strutturale economico ed industriale finalizzato all'innovazione ed alla transizione verso il low-carbon. Inoltre, le E.S.Co. spesso utilizzano gli EPC (Energy Performance Contract) solamente per interventi singoli ed a basso rischio (ad esempio l'illuminazione pubblica) evitando interventi integrati, per i quali i *business plan* devono essere precisi e ad alta affidabilità, poiché varie combinazioni possibili incrementano i fattori di rischio e la numerosità delle interferenze e degli effetti poco prevedibili.

Interazioni tra cliente (PMI, PA) ESCo e Istituti di credito

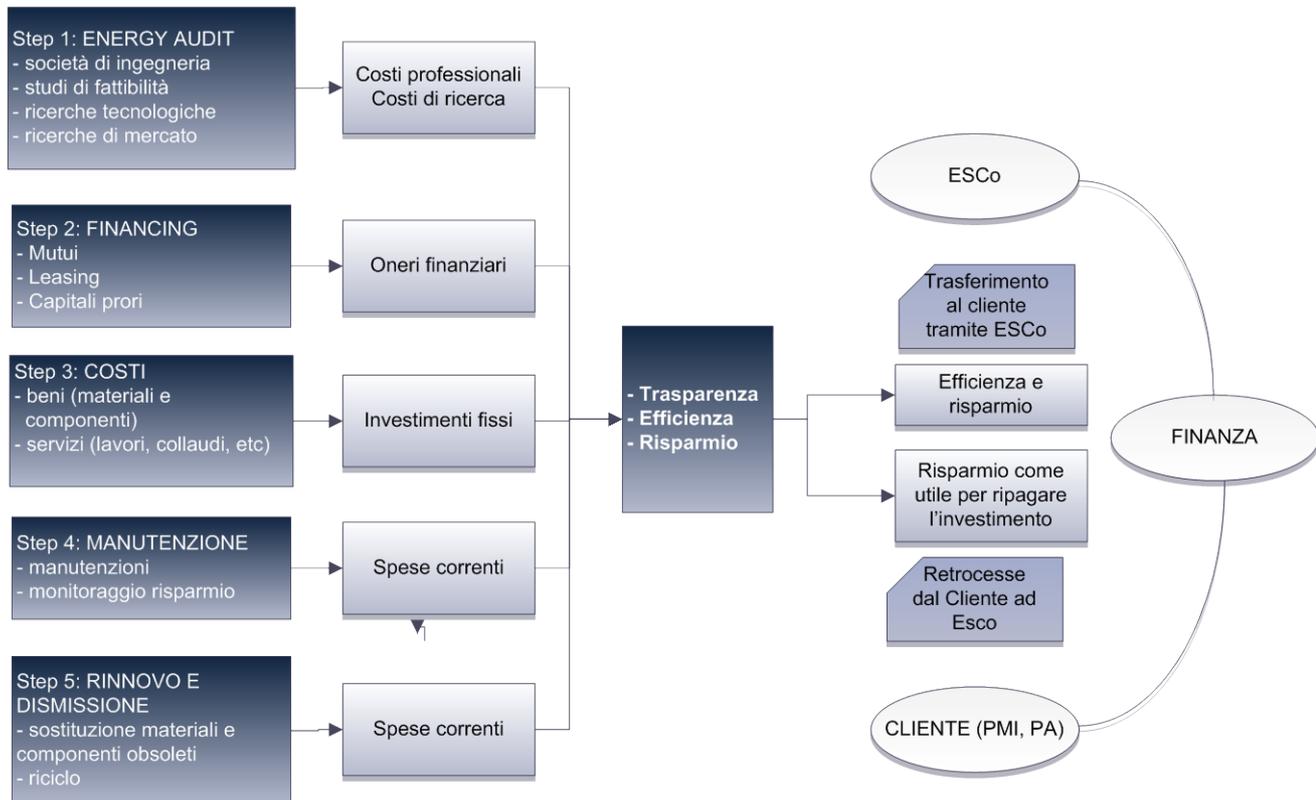


Fig. 2.4 - Organigramma che schematizza le interazioni tra banche, E.S.Co e PMI o PA

Il 30% del mercato è composto dal terziario e dai servizi caratterizzati da:

- scarsa di informazioni;
- dimensioni e complessità degli edifici di notevole entità;
- costi elevati per il credito;

Il tal caso, richiede approfondimento l'aspetto economico, almeno a livello quadro, che sarà successivamente trattato affinché le simulazioni scientifiche e le considerazioni tecniche ritrovino concretezza realizzativa. Gli obiettivi a breve scadenza richiedono necessariamente la cooperazione tra pubblico e privato nella creazione di E.S.Co. miste, che possano moltiplicare i vantaggi oltre gli utili aziendali ed allargarli a quelli di pubblico interesse, quale l'ambiente, i livelli occupazionali, etc.

Tuttavia, è possibile evincere dal diagramma di cui sopra come il risparmio conseguibile attraverso degli investimenti dipenda della qualità della diagnosi.

Un interessante studio condotto dall'Institute of Building Efficiency⁸ rivela come, anche in economie più stabili di quella italiana, quali quelle tedesca, anglosassone e francese, le autorità del settore pubblico siano inibite dagli investimenti nell'efficienza energetica da molteplici fattori: principe la difficoltà finanziaria, ma anche il Payback Time incerto e la mancanza di un supporto tecnico adeguato, nonché la scarsa familiarità con gli EPC.

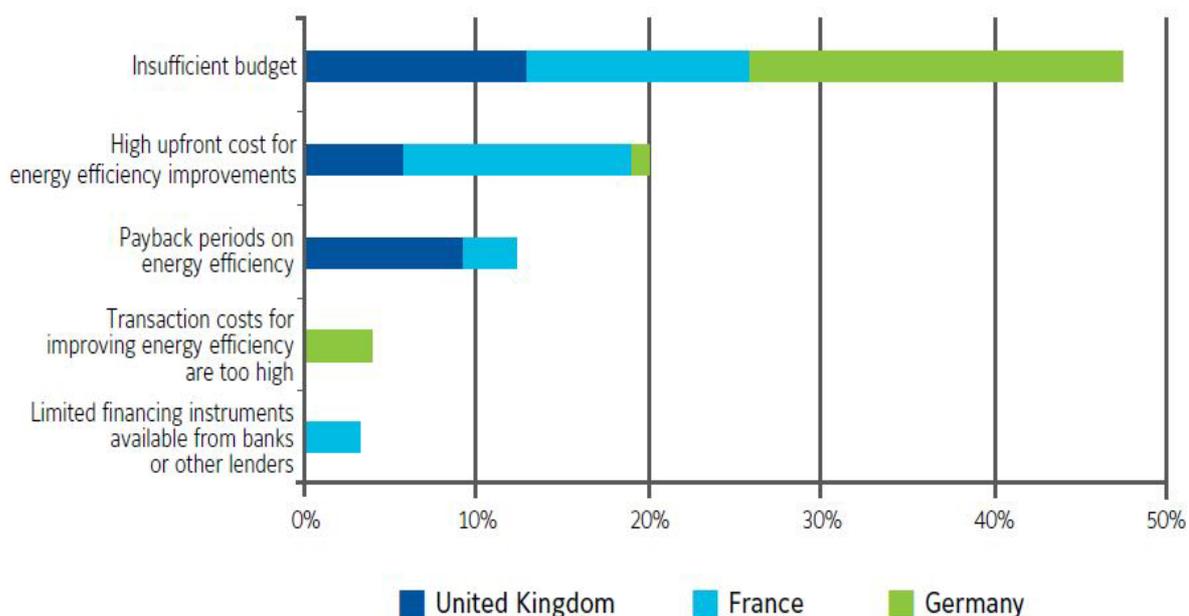


Fig. 2.5 - Principali ostacoli finanziari ad operazioni di retrofit nel settore terziario pubblico - da un'indagine dell'Institute of Building Efficiency (USA) - 2011

2. I consumi nel settore terziario

2.1. Una review dei risultati sino ad ora ottenuti

Delineare un quadro più dettagliato che riesca a quantificare gli standard di riferimento e la scarsa qualità dell'esistente è il passo successivo della ricerca, affinché un quadro di contesto ad elevata affidabilità sia substrato costante delle successive analisi e tesi.

⁸Efficiency, Institute of Building, (2011) EU Public-Sector Experiences with building efficiency:exploring barriers to performance contracting and deep energy retrofits, 2011.

I consumi complessivi riportati dal CRESME nel 2014 riportano 4.300 GWh per gli edifici pubblici a destinazione uffici e 9600 GWh di consumo annuo complessivo per gli edifici scolastici.⁹

Una prima operazione di *review* non può prescindere da quando riportato a livello operativo e previsione nel PAEE 2007 e nel PAEE 2011, nei quali vengono illustrati gli obiettivi al 2020 e, nel PAEE 2011, l'avanzamento dei risultati in termini di riduzione di consumi finali di energia attraverso le strategie elaborate con il piano d'azione del 2007.

L'estrapolazione dei dati riguardanti il terziario riportata di seguito ci consente di rendere immediatamente comprensibile il quadro di riferimento:

Miglioramento efficienza energetica	Risparmio conseguito al 2010 [GWh/anno]	Risparmio atteso al 2016 [GWh/anno]	Risparmio atteso al 2016 [TEP/anno]	Emissioni evitate al 2016 [Mton]
Riquilificazione energetica del parco edifici esistente	80	11.166	0,96	2,9
Incentivazione all'impiego di condizionatori efficienti	11	2.510	0,22	1,1
Lampade efficienti e sistemi di controllo	100	4.300	0,37	1,89
Lampade efficienti per illuminazione pubblica	462	1.290	0,11	0,57
Erogatori acqua Basso Flusso (EBF)	385	340	0,03	0,11
Recepimento della direttiva 2002/91/CE e attuazione del D.Lgs. 192/05 sul nuovo costruito dal 2005	4.004	4.984	0,43	1,3
Risparmio Totale Terziario	5.042	24.590	2,11	7,87

Fig. 2.6 - Risparmi conseguiti ed attesi per il settore terziario (FONTE: ENEA e CRESME)

⁹ I consumi citati, riportanti nel rapporto RIUSO03 pubblicato dal CRESME il 25-02-2014, fanno corrispondere tali consumi ad una spesa pubblica annua di circa 1,3 miliardi per le scuole e 644 milioni per il dirigenziale pubblico.

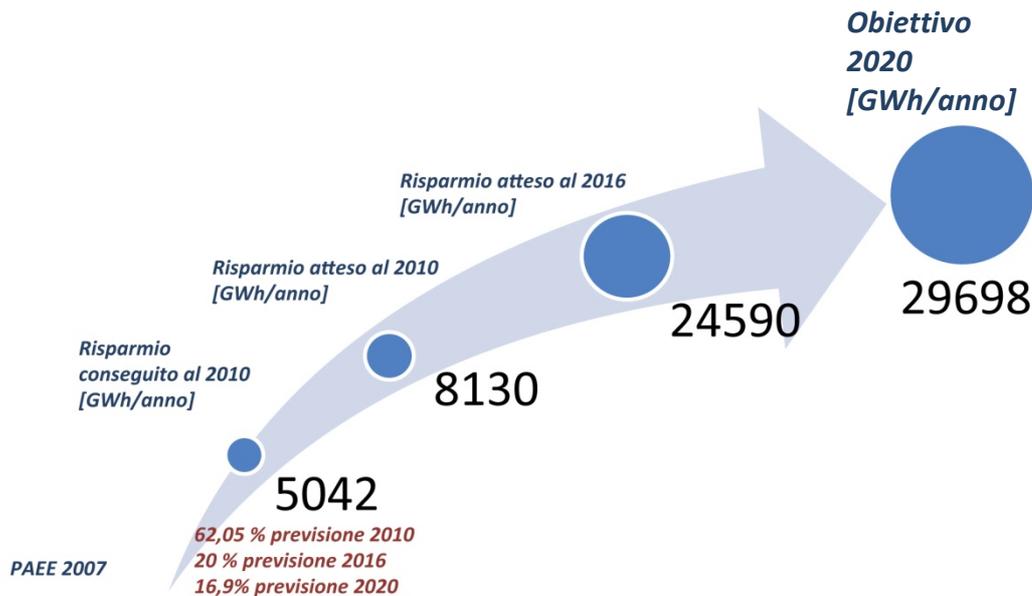


Fig. 2.7 - Quadro previsionale PAEE 2011 per il terziario - Elaborazione dati Enea

I risultati ottenuti al 2010 non raggiungono i 2/3 dell'obiettivo prefissato e l'obiettivo per il 2020 pari a sei volte a quanto già conseguito. Il tutto dovrà tradursi in una riduzione annua di TEP di circa il 2,2 al 2016 del 2,6 al 2020, corrispondenti rispettivamente al 19,3% ed al 16,4 % del totale da conseguire da settore civile, industriale e dei trasporti.

	GWh/anno	TEP/anno	Mton CO ₂
Risparmio ottenuto al 2010	5042	0,43	1,61
Risparmio atteso al 2010	8130	0,7	2,6
Risparmio atteso al 2016	24590	2,11	7,87
Risparmio atteso al 2020	29698	2,55	9,45

Fig. 2.8 - Elaborazione di dati MSE ed ENEA

Come già evidenziato nel capitolo precedente, va sottolineato come sia presente un'inversione di tendenza nei consumi finali di energia per uso civile, poiché nel 2011 i soli consumi di energia elettrica sono tornati ai livelli del 2005, dopo un decennio di continua crescita.

Si ricorda, tuttavia, anche in questa sede di analisi dei consumi del solo terziario, il contributo dato non tanto dalle politiche energetiche e dalle strategie di incentivazione della riqualificazione del parco edilizio quanto dalle condizioni di profonda crisi economica dell'ultimo quinquennio.

Il risparmio percentuale dovuto al terziario sulla riduzione dei consumi finali totali per il 2020 dovrà essere del 16,4%.¹⁰

Gli ultimi dati disaggregati disponibili presso il Ministero dello Sviluppo Economico sono quelli del 2011 e riportano il consumo di energia elettrica imputabile al settore terziario pari a quelli del settore residenziale (per entrambi si registra una percentuale del 5% sui consumi totali. Il consumo di calore è invece molto inferiore, con il terziario che registra l'8% di consumi finali sui consumi totali ed il residenziale che registra il 18%. Va ricordato come il meccanismo della certificazione energetica, modulato sulla riqualificazione delle patrimonio residenziale, è utile per ridurre quest'ultima percentuale, ma non per ridurre il consumo di energia elettrica, per il quale sarebbe opportuno individuare politiche strategiche più adeguate ai sistemi complessi spesso presenti negli edifici del patrimonio pubblico o delle PMI.

Si riportano, inoltre, di seguito, grafici elaborati da ENEA e contenuti nel RAEE (Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica), utili per delle riflessioni sui trend delle curve.

Il settore della pubblica amministrazione registra un consumo per addetto in leggero calo nel 2007, per poi riprendere il trend degli anni precedenti sino al 2010. Il calo del 2007 si registra parallelamente nella riduzione del consumo energetico complessivo: le due curve, infatti, risultano abbastanza simili, al contrario di quelle del commercio, per i quali si registra un aumento molto più pronunciato (il proliferare di grossi centri commerciali, connotati da difficoltà notevoli per l'uso razionale dell'energia, ha sicuramente contribuito all'impennarsi dei consumi, soprattutto elettrici, del settore) e di quelle degli istituti di credito, unico comparto del terziario per il quale si registra una contrazione del consumo specifico per addetto. La Fig. 2.10, invece, evidenzia consumi specifici per le scuole superiori rispetto a quelli per gli uffici.

Il consumo specifico di 114 kWh/mq per gli uffici e di 175 kWh/mq per gli edifici scolastici risulta un dato troppo generico, poiché sono comprese le scuole ad ogni livello e non vi è una distinzione tra il consumo invernale, prevalente negli edifici scolastici, e quello estivo, maggiormente incidente per gli edifici a destinazione ufficio.

¹⁰ I dati derivano dalla consultazione e comparazione del PAEE 2007, PAEE2011, RAEE 2013 e PAEE 2014.

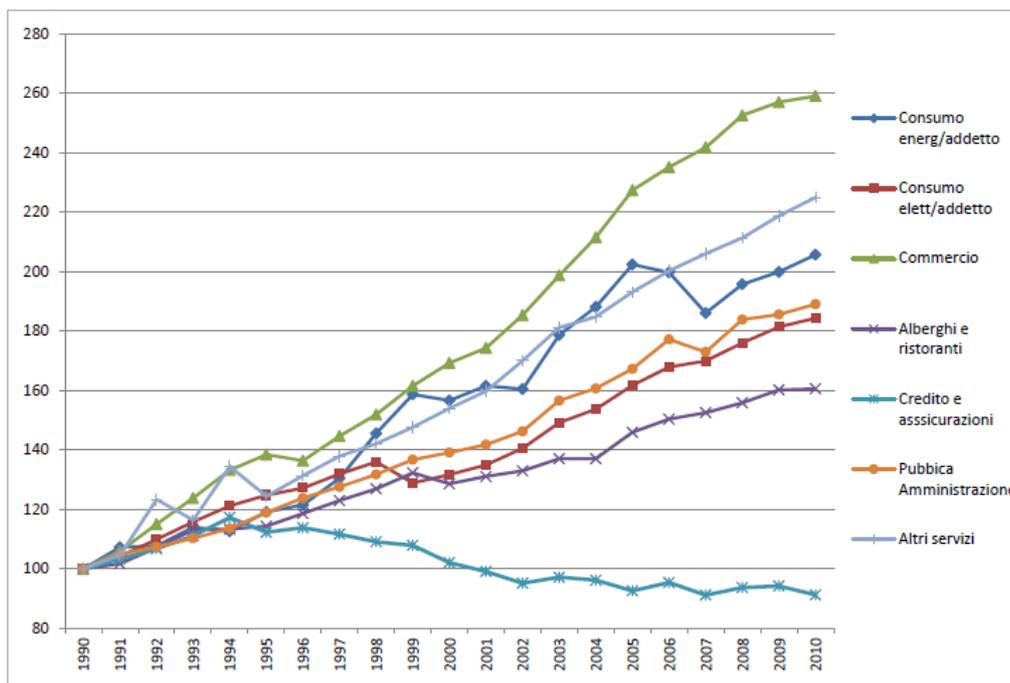


Fig. 2.9 - Grafico ENEA contenuto in RAEE 2013 - consumo elettrico per addetto (1990=100) nei vari sotto-settori del settore terziario

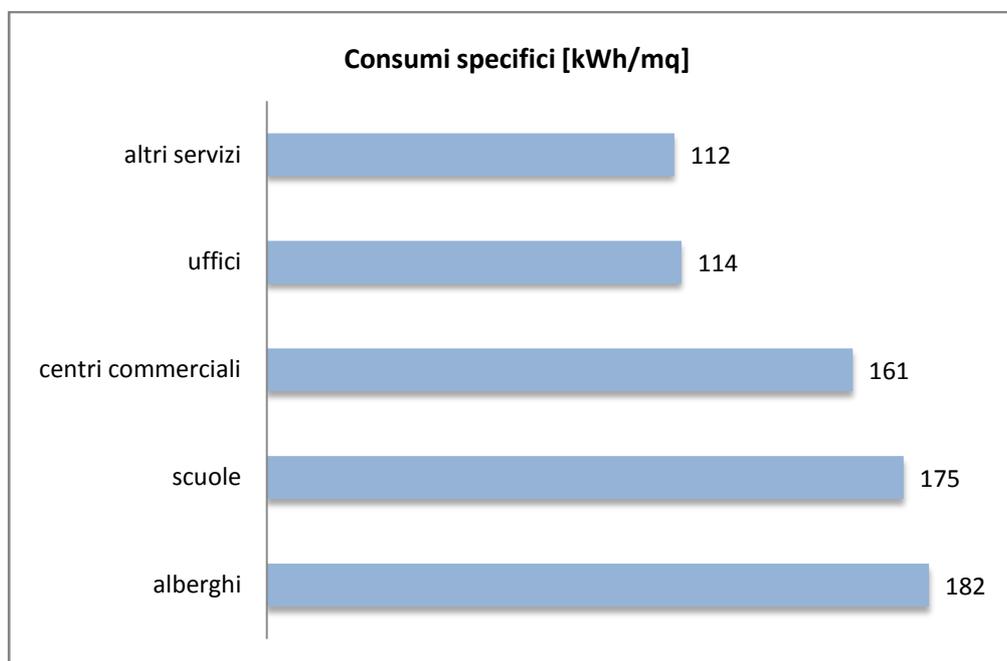


Fig. 2.10 - Elaborazione DATI ENEA - CRESME - consumi specifici

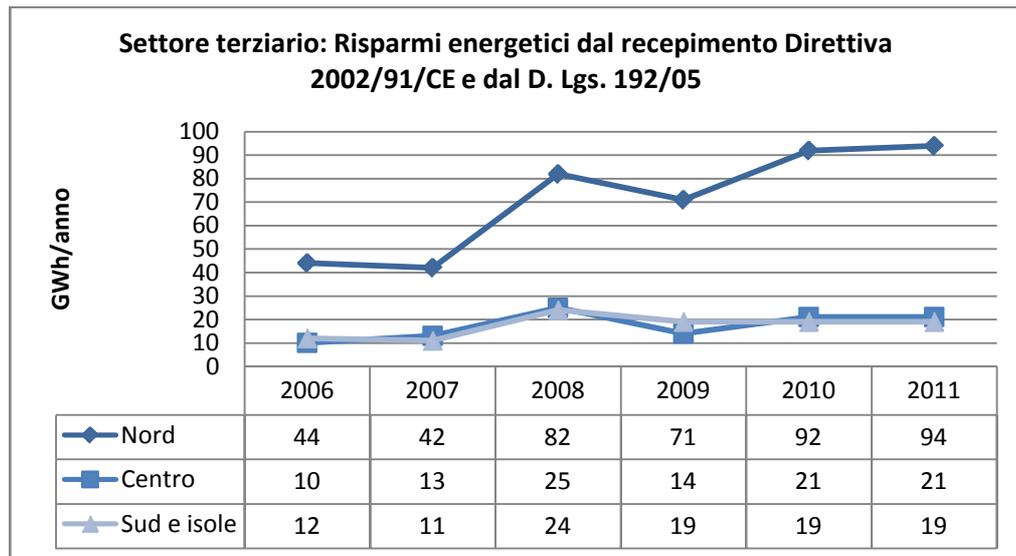


Fig. 2.11 - Risparmi ottenuti nel settore terziario dal 2006 al 2011 attraverso il recepimento della direttiva 2002/91/CE e del D.Lgs. 192/05 - Elaborazione dati CRESME- ENEA

In Fig. 2.11, si evince invece come, a livello di distribuzione territoriale, gli interventi che hanno portato ad un risparmio energetico dal 2006 al 2011 sono molto più numerosi nel nord del paese, dove sicuramente è più gravoso il problema della climatizzazione invernale (accuratamente normata dalle UNI TS - 11300, parte 1 e 2), ma meno energivora la stagione estiva. Il contributo percentuale del settore terziario per questi interventi, conseguito al 31 Dicembre 2011 secondo ENEA, è complessivamente pari al 3,9 %, contro un 69% del settore residenziale. A prescindere dalle differenze dovute alla consistenza del patrimonio, la sproporzione notevole rende necessarie strategie per incrementare la percentuale raggiunta. In definitiva, la riduzione totale di energia finale per il terziario è risultata pari all'8% rispetto all'obiettivo per il 2016. Si tratta, dunque, del settore più indietro, insieme a quello dei trasporti, rispetto ai valori da raggiungere; quest'ultimo registra comunque risultati di gran lunga migliori, con la percentuale del 25%.

	Percentuale di obiettivo raggiunto al 31.12.2011 [GWh/anno]	Percentuale di obiettivo raggiunto al 31.12.2011 [GWh/anno]	Percentuale di obiettivo raggiunto al 31.12.2011
Residenziale	40.065	60.027	67%
Terziario	1.987	24.590	8%
Industria	10.143	20.140	50%
Trasporti	5.400	21.783	25%
Totale	57.595	126.540	46%

Fig. 2.12 - Risparmi ottenuti nel settore terziario al 2011. Fonte: ENEA

2.2. Esempi di studi esistenti su larga scala

I dati generali possono essere comparati con quelli raccolti attraverso la ricerca di ENEA e CRESME su un campione di 11.000 edifici pubblici a destinazione ufficio, ipotizzandone la riqualificazione energetica ed i conseguenti risparmi.

Il campione esaminato è pari all'80% totale di cui si era in possesso, escludendo un 20 % caratterizzato da vincoli storico-urbanistici.

	Consumi attuali [Mtep]	Consumi post intervento [Mtep]	Risparmi conseguibili al 2020 [Mtep]	% di risparmio sui consumi totali [Mtep]
Termico	0,33	0,22	0,12	17,5 %
Illuminazione	0,07	0,04	0,023	3,33 %
Altro Elettrico	0,26	0,22	0,016	2,42 %
TOT	0,66	0,48	0,16	23,37%

Fig. 2.13 – Distribuzione consumi su un campione di 11.000 uffici pubblici. Fonte: ENEA CRESME – RSE 2011

La percentuale di risparmio totale ipotizzata è superiore al 20% auspicato per il 2020.

Da osservare vi è anche come la percentuale di consumo derivante da altro elettrico sia pari a tre volte e mezzo quello derivante dall'illuminazione.

Tale profilo è opposto rispetto a quello degli edifici scolastici, per i quali gran parte del consumo elettrico è imputabile ai dispositivi di illuminazione.

Per il settore terziario, di particolare interesse è lo studio di fattibilità redatto da ENEA per la regione Puglia nel 2009, per individuare i risparmi potenziali derivanti da progetti mobilizzatori di *best-practices* per la riqualificazione energetica, il trasferimento tecnologico e lo sviluppo di porzioni di mercato in cui la domanda e l'offerta fossero innescate da una pianificazione strutturale regionale i cui effetti positivi avrebbero dovuto riflettersi a livello nazionale.

Le difficoltà operative riscontrate nel precedente capitolo sono state la principale causa di approssimazione, data la scarsa possibilità di ricondurre il parco oggetto d'esame ad epoche di costruzione e tecnologie omogenee.

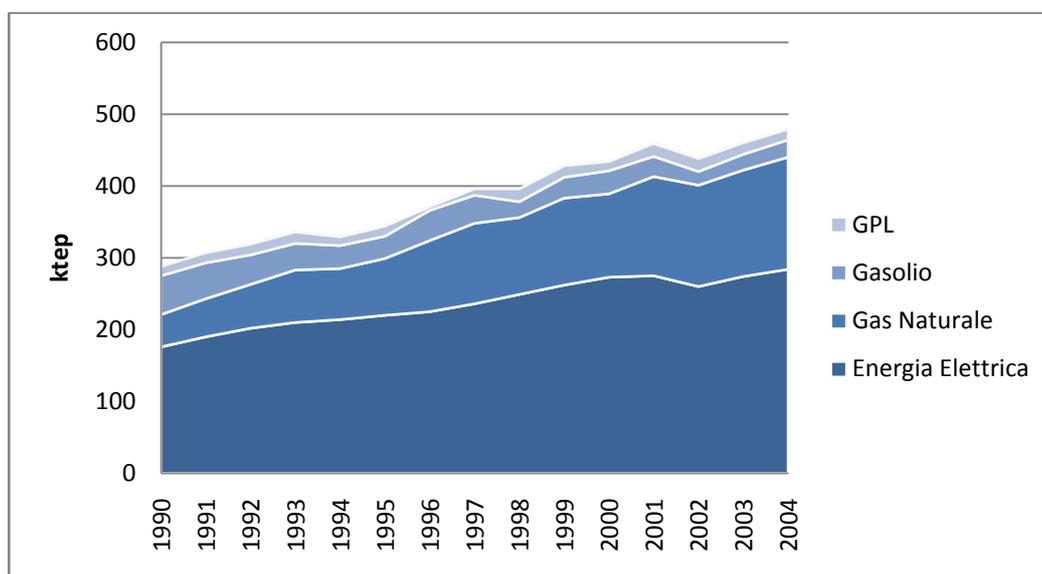


Fig. 2.14 – Crescita dei consumi energetici nel settore terziario classificati per vettore nella regione Puglia - (Fonte ARTI-ENEA).

I consumi energetici suddivisi per vettore hanno evidenziato una crescita del 66% dal 1999 al 2008. Il caso della Puglia, se confrontato con quanto esposto fino a questo momento, risulta perfettamente allineato con il trend nazionale, confermando la crescita dei consumi del settore ed allontanando il raggiungimento dell'obiettivo 2020 e la decarbonizzazione 2050.

2.3. Caratterizzazione dei consumi elettrici nel terziario

Comprendere la distribuzione dei consumi per edifici non residenziali e non industriali è necessario per delineare dei caratteri comuni nonostante l'enorme varietà del parco immobiliare che ci si trova ad analizzare può essere l'aiuto in via preliminare allo studio dei progetti pilota e nella declinazione delle linee guida finali.

Per quanto concerne i consumi elettrici, c'è da considerare dal principio una sostanziale differenza tra gli edifici scolastici e quelli ad uso ufficio.

L'illuminazione artificiale incide solamente per un 10% sui consumi totali delle scuole, per gli uffici tale percentuale sale al 25-30%. Ai consumi elettrici da illuminazione naturale va ad aggiungersi la domanda elettrica per la climatizzazione e per i dispositivi di gestione e controllo spesso presenti in edifici direzionali ed aziendali, diversificata a seconda delle soluzioni impiantistiche adottate.

Il bilancio dell'energia elettrica utilizzata negli uffici, pertanto, è ben diverso rispetto a quello delle scuole, per le quali è talora considerato trascurabile.

Il profilo di prelievo di energia elettrica associato alle diverse classi di consumatori finali (industria, agricoltura, domestico e terziario) deriva dai dati di letteratura e dal confronto con gli operatori. Il profilo è scomposto tra:

1. le ore oggi definite di picco (dalle 9 alle 12 dei giorni feriali);
2. le ore off-peak (le altre ore dei giorni feriali);
3. I giorni festivi.

A differenza delle normali convenzioni, data la peculiarità della domanda in agosto le ore relative a questo mese sono scorporabili dalle altre fasce orarie.

Come si può osservare in Fig. 2.15 si assume che il consumo del terziario sia concentrato nelle ore di picco, mentre il consumo del residenziale e dell'agricoltura sia distribuito in modo più uniforme tra le ore dell'anno, sostanzialmente in linea con i trend attuali.

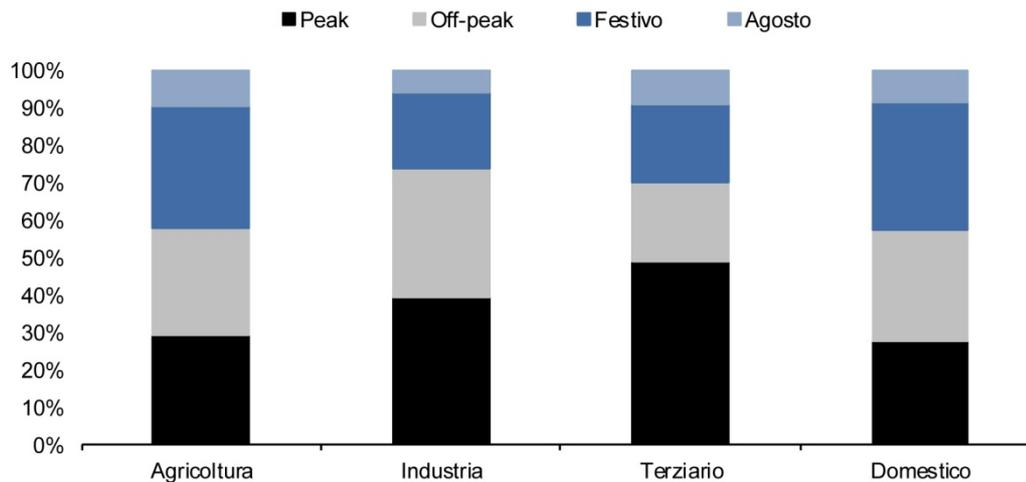


Fig. 2.15 - Consumi elettrici per fascia oraria di prelievo (%) Fonte: WWF Italia su previsione RE

Va, inoltre, sottolineata la possibilità di ridurre i consumi pianificando l'accensione degli impianti in funzione della reale occupazione degli ambienti e nell'automatizzare i sistemi schermanti. Tali aspetti verranno approfonditi durante l'analisi dei casi studio.

3. Caratterizzazione del patrimonio

La fase di attuale "rebuilding" per il tentativo di riqualificare il patrimonio esistente si caratterizza di dati imponenti sotto il profilo quantitativo e impressionanti se rapportati a quanto sin ora esaminato in merito allo stato di avanzamento degli obiettivi: in Italia, secondo il quotidiano Sole 24 Ore, l'ammontare in valore immobiliare di patrimonio da qualificare è pari a 450 miliardi di euro. Questo dato è fondamentale come presupposto per la creazione di un mercato redditizio: la medesima fonte riferisce che al 2012 il giro d'affari della riqualificazione era pari a 6 miliardi di euro e i mq da riqualificare superavano i 2 miliardi.

Secondo il GRESB (Global Real Estate Sustainability Benchmark), organizzazione che valuta l'impatto ambientale e sociale degli investimenti pubblici e privati nel settore immobiliare, gli interventi di *deep retrofit* costituiscono il 3% del mercato immobiliare contro lo 0,5% delle nuove costruzioni.

Le statistiche della medesima organizzazione registrano un incremento del prezzo di vendita post-intervento fino al 13%, ed aumento del canone di locazione del 7%. Da considerare vi sono inoltre:

- aumento di competitività sul mercato con incremento medio sul valore di mercato di 25 €/mq
- riduzione dei costi assicurativi.

Tornando al contesto nazionale, questi numeri sono da valutare alla luce di un dato di fatto: gli Stati Uniti, come Paese occidentale e potenza mondiale, porge attenzione al tema dell' energy retrofit del patrimonio esistente in misura considerevolmente maggiore rispetto all'Unione Europea ed in particolare all'Italia, nonostante il patrimonio residenziale e non residenziale registri epoche di costruzione molto più antiche.

3.1 La consistenza del patrimonio non residenziale italiano

Il numero di unità immobiliari non abitative, da dati CRESME e pubblicati da ON-RE (Osservatorio Nazionale Regolamenti Edilizi per il Risparmio Energetico) del 2013, è pari a 4,3 milioni con la seguente consistenza per il terziario: 3,4 milioni di unità (il 79,8% del totale) fanno riferimento a questo settore e 0,9 milioni si riferiscono al comparto industriale e artigianale pari al 20,2% i cui consumi energetici sono principalmente assorbiti dalle attività produttive e in misura poco significativa dall'involucro edilizio. Il settore terziario si compone di circa 1,3 milioni di unità immobiliari ad uso commercio (il 30,3% del totale), quasi 1,1 milioni (il 24,6% del totale) utilizzate da "altri servizi" (tra cui trasporti, comunicazioni, credito, assicurazione, finanziarie, sanità pubblica e privata e altri servizi sociali e sanitari), 0,6 milioni (il 15,1%) ad uso ufficio, 0,3 milioni di ristoranti (6,6%), 73 mila scuole e 61 mila alberghi.

La superficie coperta è pari ad oltre 1,5 miliardi di metri quadrati il 54% (0,8 milioni di mq circa) a destinazione terziaria. Il confronto da fare è chiaro: 1,5 miliardi di metri quadri di terziario a fronte di 3 miliardi di metri quadri di residenziale.

L'ulteriore dato estrapolato da queste argomentazioni è proprio questo: il patrimonio è frammentario ed è necessario intervenire sull'involucro quanto sugli impianti (nel settore industriale e delle attività produttive i consumi imputabili all'involucro sono trascurabili rispetto a quelli dei sistemi impiantistici).

I dati generali permettono di fare un focus sulle destinazioni di interesse per la ricerca in atto.

Per quanto riguarda il settore direzionale pubblico totalmente ad uffici, i dati CRESME e CONSIP datati al 2009, per i settori del terziario oggetto della presente ricerca, riportano le seguenti cifre:

- l'amministrazione pubblica conta 9550 edifici per 16.811.119 mq;
- l'istruzione conta 2.025 edifici per 2.594.456 mq

- edifici per ricerca e sviluppo conta 247 edifici per 491.701 mq;

La distribuzione territoriale del direzionale (i settori sopra descritti con l'aggiunta del settore sanitario) vede ovviamente la provincia di Roma al primo posto sia come numerosità di edifici che come concentrazione delle superfici, seguita da Torino per la numerosità e da Milano per la superficie:

	N. Edifici Settore Servizi	Superficie [mq]
Roma	735	3.100.000
Milano	371	920.000
Torino	426	833.000
Napoli	376	799.000

Fig. 2.16 – Dati 2009 - ENEA-CRESME

Il settore scolastico è uno di quelli maggiormente indagato e classificato, per vari motivi (tra i quali la sicurezza), pertanto la sua consistenza risulta più o meno accertata nell'ordine delle 52.000 unità, di cui il 40% al Nord, il 22% al Centro, il 38% al Sud.

.Altri dati dell'Agenzia del Territorio riportano lo stock immobiliare al 2011 del settore terziario di proprietà privata contando 2.001.878 unità immobiliari e 595.030.240 metri quadrati con un trend di crescita medio annuo del 2%.

Le analisi sin ora condotte servono a dare un'idea dell'entità dell'oggetto dello studio, prefigurandosi i benefici ottenibili dall'uso diffuso e sistematizzato di strategie efficaci.

E'altrettanto utile sintetizzare il quadro esposto con i seguenti dati aggiornati all'anno 2013:

- 0,7 milioni di edifici
- 3,4 milioni di unità immobiliari
- 0,85 miliardi di metri quadri
- Consumo specifico per gli edifici del terziario **137 kWh/mq/anno**

Il consumo specifico registrato si discosta largamente dagli standard prestazionali imposti dall'Unione Europea. Più di 1/3 del patrimonio edilizio a destinazione uffici ha involucro esterno con scarse caratteristiche prestazionali e la quasi totalità del patrimonio non utilizza fonti rinnovabili. Le percentuali di edifici nei quali vi è l'impiego di rinnovabili per l'approvvigionamento di energia è irrisorio negli uffici (4%) ed ancora troppo basso anche negli altri settori.

Come anticipato nel capitolo precedente, il tasso di rinnovo è troppo basso (media dell'1,5%, ad eccezione dei centri commerciali) rispetto alle condizioni di obsolescenza del patrimonio edilizio.

	Edifici con finestre a vetro singolo	Edifici senza rinnovabili	Edifici in ristrutturazione parziale o totale	Edifici non totalmente utilizzati
Uffici	35%	96%	1,30%	16%
Scuole	29%	89%	1,70%	13%
Alberghi	19%	85%	1,40%	9%
Banche	13%	85%	1,90%	13%
Centri commerciali	15%	87%	3,90%	-

Fig. 2.17 - Percentuali di edifici a vetro singolo, edifici senza rinnovabili, edifici in ristrutturazione ed edifici non utilizzati nel settore terziario. (Fonte: ENEA)

Individuate le potenzialità dell'oggetto di studio, capitoli successivi affronteranno casi studio di settore per individuare criticità ed opportunità di retrofit efficaci e strutturali da poter estendere al patrimonio esistente.

Riqualificando il 45 % degli edifici direzionali ed il 42% delle scuole, il potenziale di risparmio è di circa 9870 GWh/annui.

CAPITOLO 3

STANDARD PRESTAZIONALI E TECNOLOGIE

CAPITOLO 3 – Standard prestazionali e tecnologie

Indice Capitolo

1. Il nuovo terziario: standard prestazionali.....	55
1.1 Prestazione energetica raggiunta dal nuovo terziario	55
2. L'efficienza impiantistica: cogenerazione e rinnovabili nel terziario.....	58
2.1. Tecnologie impiantistiche e fonti rinnovabili	59
2.2. L'illuminazione e BMS.....	60
3. L'efficienza dell'involucro: le metodologie di calcolo e di progettazione	61
4. Classificazione del comparto di terziario oggetto di studio	65

1. Il nuovo terziario: standard prestazionali

1.1 Prestazione energetica raggiunta dal nuovo terziario

Le nuove costruzioni nel settore terziario negli ultimi anni si avvalgono di sofisticatissimi sistemi per la razionalizzazione dell'energia con il fine di raggiungere consumi che siano sempre più ridotti e l'ausilio di fonti rinnovabili sempre più incidenti sul bilancio energetico dell'edificio.

I livelli prestazionali raggiunti dai nuovi edifici che si avvalgono delle più diffuse certificazioni ambientali a livello europeo e mondiale (LEED, BREAM, ITACA) devono essere indagati per comprendere lo scostamento esistente con gli edifici che invece necessitano di interventi di riqualficazione energetica.

A titolo di esempio, si riportano i dati di progetto di alcune opere realizzate negli ultimi 10 anni da studi di architettura particolarmente attenti all'aspetto energetico:

PROGETTO	Anno di realizzazione	Destinazione d'uso	Città	Superficie [mq]	Consumo specifico [kWh/mq anno]	Emissioni CO2 [CO2/mq anno]
3MHeadquarters (MCArchitects)	2008-2010	Edificio ad uffici	Milano, Italy	10.300	22 (heating) 110 (cooling)	7
ARPA (MCArchitects)	2006-presente	Uffici e Laboratory di ricerca	Ferrara, Italy	5.000	35 (heating) 50 (cooling)	3
Parallelo (MCArchitects)	2008-2012	Edificio ad uffici	Milano, Italy	12.000	25 (heating) 90 (cooling)	0
Bullitt Center (Miller Hull Partnership)	2011	Edificio ad uffici	Seattle, Usa	4.830	17 (heating+cooling)	0

Fig. 3.1- Alcuni esempi di edifici ad uffici di nuova costruzione a basso consumo.



Fig. 3.2 – Bullitt Center, vincitore del premio Sustainable Building of the year 2013

Net Zero Energy in Seattle

Energy Use + Solar Budget

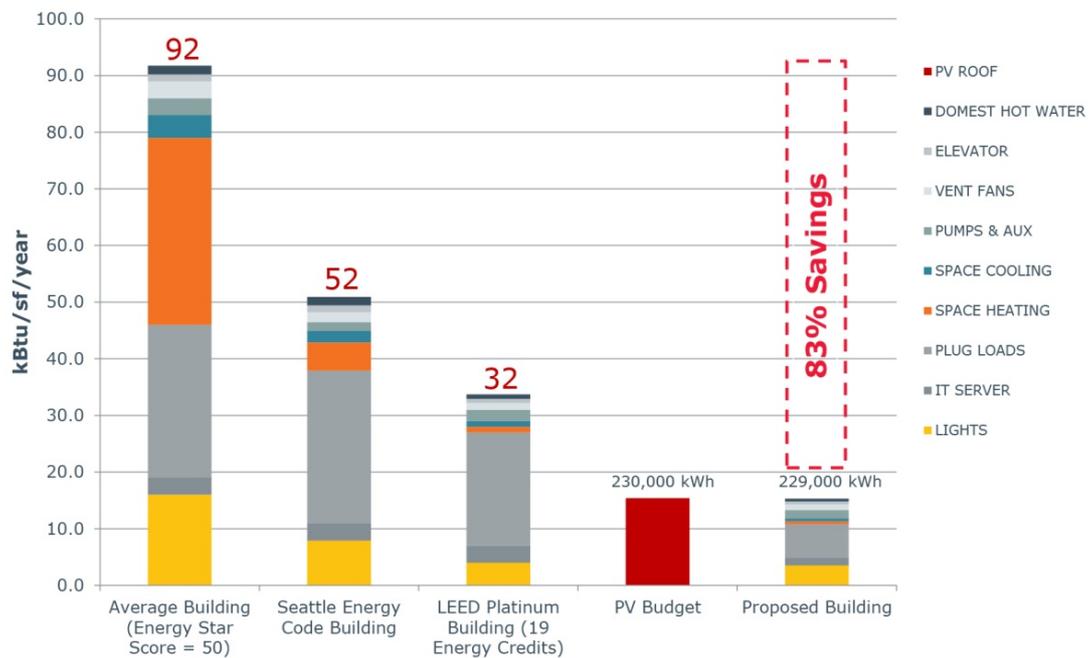


Fig. 3.3 - Istogramma di confronto di consumo specifico tra un edificio adibito ad uffici tipico della città di Seattle ed il Bullitt Center.

Dei progetti sopra-citati è particolarmente degno di nota il Bullitt Center, in cui il **100% del fabbisogno energetico** netto annuo proviene da fonti rinnovabili in loco, in particolare dagli elementi tecnici dell'involucro, ricoperti verticalmente (facciate) e orizzontalmente (copertura) di pannelli raggiungendo una produttività di circa 230.00 kWh/anno, permettendo al Bullitt Center di raggiungere un impiego di energia pari a circa il 20% di quello solitamente richiesto per alimentare strutture simili.

Tutti i materiali impiegati per la costruzione del Bullitt Center sono certificati FSC (Forest Stewardship Council) e provengono esclusivamente da aree limitrofe al cantiere, **favorendo l'economia locale** ed minimizzando le emissioni di CO₂ dovute alle attività di trasporto e stoccaggio. Inoltre, dovendo rispettare gli standard di certificazione del Living Building Challenge, tutti i materiali e le sostanze riconosciute nocive o potenzialmente pericolose e chiaramente identificate nella **"Red List"** dello stesso sistema di certificazione, sono state bandite dalla costruzione.

Lo standard obiettivo, pertanto, al netto delle misure di natura non strettamente energetica ma ambientale, rimangono nel range di 10-25 kWh/m² anno per il riscaldamento e 50-70 kWh/m² anno per il condizionamento, fino a raggiungere lo zero per le emissioni di CO₂ e l'autosufficienza energetica.



Fig. 3.4 - La nuova sede della "Naturalia-Bau"- Merano

Un fabbisogno invernale inferiore ai 10 kWh/m²a si ha anche nella nuova sede della Naturalia-BAU, società leader in Italia per il commercio di prodotti e materiali edili a basso impatto

ambientale, è stata progettata e costruita nel 2008 con l'obiettivo di realizzare un edificio commerciale a zero emissioni di CO₂, rispecchiando il credo dell'azienda in un'edilizia sostenibile per l'ambiente e, al contempo, confortevole e salutare per i suoi fruitori.

La sinergia delle diverse soluzioni progettuali adottate fa sì che l'edificio possa essere annoverato come un potenziale esempio di nZEB in Italia.

Per quanto riguarda la caratterizzazione impiantistica, edificio si caratterizza per:

- pannelli radianti sia a parete, al secondo piano, sia a pavimento, al primo e terzo piano;
- Per il fabbisogno frigorifero l'edificio si avvale di un sistema di ventilazione forzata a doppio flusso con recupero termico e freddo sono prodotti da due pompe di calore geotermiche e 10 sonde geotermiche della profondità di 100 m che effettuano lo scambio con il terreno ad una temperatura all'incirca costante a 13°C in inverno e 15°C in estate.
- Il fabbisogno elettrico è coperto da 190 m² di pannelli fotovoltaici al silicio policristallino connessi alla rete elettrica locale per una potenza totale di circa 20 kWp.

Chiaramente molto spesso questi standard prestazionali risultano troppo ambiziosi e non raggiungibili a costi ragionevoli per il patrimonio esistente.

Tuttavia il comportamento energetico pessimo di buona parte del patrimonio terziario rende ampi i margini di miglioramento e gli effetti dei singoli interventi sull'esistente, a volte potendo raggiungere livelli di efficienza equivalenti a quelli delle nuove costruzioni.

2. L'efficienza impiantistica: cogenerazione e rinnovabili nel terziario

Gli esempi riportati a titolo esemplificativo nel paragrafo precedente si avvalgono di tecnologie e strategie sinergiche nel quale il sistema edificio-impianto viene modulato e sviluppato in modo che le apparecchiature e gli impianti facciano da supporto ad un involucro la cui efficienza è tale da minimizzare l'approvvigionamento di energia elettrica e termica.

Una nota sulle tecnologie impiantistiche a maggior potenziale per questo settore del patrimonio è doverosa poiché è facile che l'efficienza dell'edificio venga inficiata da cattive condotte di regime, soprattutto per gli uffici, per i quali il consumo elettrico è elevato.

In particolare, il maggior potenziale di risparmio è ottenibile attraverso:

- il ricorso alla micro-cogenerazione;
- il ricorso alle fonti rinnovabili;
- l'impiego di generatori con vettore elettrico;
- l'impiego di dispositivi di illuminazione ad alta efficienza;

- il ricorso ad efficienti sistemi di gestione e controllo.

2.1. Tecnologie impiantistiche e fonti rinnovabili

La micro cogenerazione, ovvero la cogenerazione da macchina di potenza inferiore a 200 kW è ancora di diffusione limitata nel nostro Paese. Nel settore terziario per il quale sono impegnate diverse decine di kW di potenza elettrica questa tecnologia è particolarmente promettente.

Lo studio effettuato dal Carbon Trust su 15 utenze nel settore terziario spicca come importanza e significatività dei risultati in quanto riporta l'effettivo vantaggio ambientale inteso come risparmio sulle emissioni di gas serra utilizzando come fattore di emissione quello degli impianti effettivamente sostituiti.

Le considerazioni generali emerse sono:

- l'importanza dell'utilizzo di questi macchinari in continuo e con sistema di controllo studiato al meglio;
- l'importanza della manutenzione;
- l'incremento della prestazione all'aumentare dell'efficienza elettrica in condizioni di utilizzo completo del calore ovvero dimensionamento della potenza termica in relazione alle effettive esigenze dell'utenza.

Il consumo sinergico di energia termica ed elettrica rendono questa tecnologia ideale per un uso diffuso, soprattutto quanto concerne università e uffici rispetto agli edifici scolastici per i quali il consumo di energia elettrica è contenuto e abbastanza trascurabile.

L'applicazione di tale tecnologia è però vincolata all'utilizzo del calore in estate e nelle fasce temporali in cui l'edificio non richiede energia termica. In base al regime di funzionamento, si valuterà l'opportunità di operare in trigenerazione o di optare per pompe di calore, misurando i vantaggi derivanti da elevati livelli di efficienza (le nuove pompe di calore ad alta efficienza raggiungono valori di C.O.P. pari a 6) e le modalità di utilizzo.

Le energie rinnovabili come approvvigionamento esclusivo di edifici adibiti a servizi sono ancora sottovalutate ed osteggiate dai meccanismi burocratici e dagli strumenti legislativi.

Per quanto concerne le rinnovabili termiche, i dati Eurostat riportati nel grafico seguente, mostrano come nel settore terziario la rinnovabile più diffusa sia la pompa di calore, per ovvie ragioni legate al regime di funzionamento dell'edificio.

Di fatti, l'acqua calda sanitaria, trascurabile anche per gli edifici scolastici, è pressoché ininfluenza nel bilancio energetico di università ed uffici. Le biomasse, ancora dal quadro incerto come

ritorno degli investimenti in rapporto ai benefici ottenibili, sono una tecnologia che stenta a diffondersi soprattutto nel delicato quadro dell'efficientamento del patrimonio pubblico e delle PMI.

Figura 9 - Consumi di energia termica da fonti rinnovabili fonti e settori, 2011 (ktep)

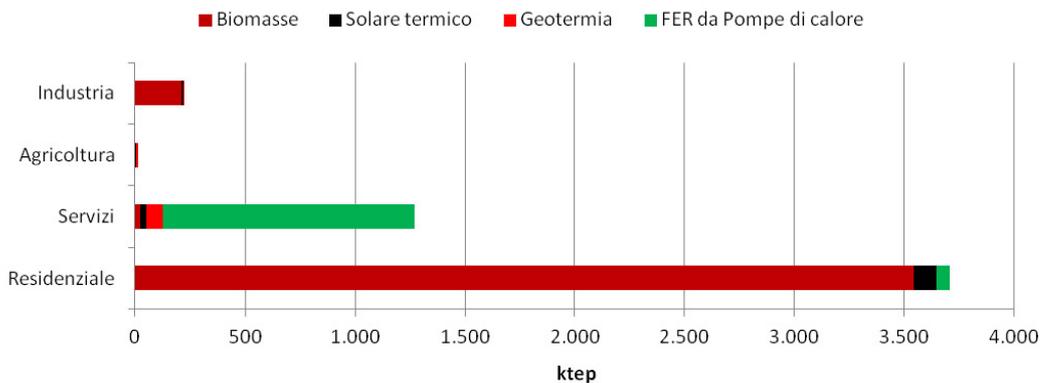


Fig. 3.5- Consumo di energia termica da rinnovabili, Fonte dati Eurostat elaborati da "Amici della Terra".

Per le rinnovabili elettriche, l'energia da fonte fotovoltaica rimane per ora la migliore alternativa come supporto al consumo elettrico di edifici con elevata potenza impegnata se coniugata a pompe di calore ad alto rendimento.

Il raggiungimento della "grid parity", ovvero della parità del costo del kWh elettrico fotovoltaico con il costo del kWh prodotto da fonti convenzionali rende questa tecnologia, attualmente in Italia penalizzata dall'esaurimento degli incentivi, particolarmente vantaggiosa per il raggiungimento di standard di prestazione energetica simili a quelli dei nuovi edifici.

2.2. L'illuminazione e BMS

L' **illuminazione** negli uffici e nelle università ha l'incidenza sul consumo totale più elevata che per tutti gli altri settori. Tale incidenza può arrivare sino al 20-25% e può essere facilmente abbattuta attraverso l'utilizzo sistematico di dispositivi a led, che a dispetto del potere illuminante leggermente inferiore e del costo iniziale elevato vantano quadro economico molto chiaro con risparmio dal 45% all'85% di energia e durata fino a 10 volte superiore rispetto a dispositivi tradizionali. I tempi di ritorno facilmente calcolabili e l'abbattimento dei consumi con tecnologie in sinergia per il controllo della luce naturale e dell'effettiva presenza degli utenti rende l'illuminazione un nodo centrale per l'efficientamento di queste tipologie di edifici.

L' impianto di gestione e controllo (il Building Management System) è la dotazione dell'edificio essenziale per il corretto funzionamento di tutte le strategie ipotizzate in fase di audit e retrofit.

Una corretta stima della domanda energetica e delle condizioni di esercizio di tutti gli ambienti può comportare ulteriore risparmio a costo zero e massimizzare le potenzialità delle tecnologie a disposizione.

Il Building Management System (BMS) è una rete di dati integrata con un sistema per l'automazione, il monitoraggio e il controllo di impianti HVAC, di illuminazione e delle altre funzioni di un edificio. Collegando apparecchiature HVAC, come sensori, controller, pompe e ventilatori ad un BMS è possibile controllare, per mezzo di uno speciale software, la climatizzazione di un edificio.

Le variazioni rispetto ai valori impostati (ad es. la temperatura) o a programmi a tempo possono essere controllate da un PC dedicato. Il PC può monitorare lo stato dei componenti collegati per avere una panoramica della situazione all'interno dell'edificio. Il sistema può inviare allarmi via e-mail o SMS se un valore impostato viene superato o se un'operazione si interrompe.

Timer possono accendere/spegnere la luce interna e sensori luminosi possono diminuire/aumentare l'illuminazione artificiale di una stanza in relazione alla quantità di luce naturale proveniente dall'esterno.

Collegando componenti HVAC e sistemi di illuminazione a un BMS è possibile ottenere illimitate possibilità di controllo, poiché nuove strategie possono essere facilmente implementate riprogrammando il software di controllo.

Il BMS per il controllo dei consumi energetici nei luoghi di lavoro verrà approfondito nei capitoli successivi ma, nel quadro generale che si vuole qui delineare, è necessario accennare al potenziale di risparmio ottenibile attraverso la conoscenza e l'applicazione di sistemi di automazione dell'illuminazione e delle tecnologie presenti.

3. L'efficienza dell'involucro: le metodologie di calcolo e di progettazione

L'audit energetico sull'involucro si può avvalere oggi su strumenti di calcolo e successivamente retrofit la cui efficacia ed opportunità di utilizzo varia in base al progetto oggetto di diagnosi e alle soluzioni da voler proporre. Poiché sono stati condotti innumerevoli studi sui criteri di progettazione degli elementi tecnici dell'involucro, si esula da un'analisi dettagliata in questa narrazione, enunciando linee generali d'indirizzo.

Le macro-aree di valutazione sono:

- l'efficienza degli elementi tecnici (strutture opache e trasparenti);
- la presenza di sistemi passivi e la possibilità di integrazione di essi;
- il ciclo di vita dei materiali impiegati.

Si ricorda che l'articolo 4, comma 1, lettera b), del decreto legislativo 192/2005, come modificato dal decreto legge 63/2013 ai fini del recepimento della Direttiva 2010/31/UE, fissa nuovi criteri di per la definizione dei requisiti minimi degli edifici nuovi e per le ristrutturazioni di quelli esistenti e, a tali fini, prescrive per le nuove costruzioni l'utilizzo "dell'edificio di riferimento o target". Pertanto sarà questa l'occasione in cui determinare nuovi requisiti che terranno conto anche dei risultati ottenuti con l'applicazione della presente metodologia comparativa.

	U_{wall} [Wm ⁻² K ⁻¹]	U_{window} [Wm ⁻² K ⁻¹]	$U_{roof/ceiling}$ [Wm ⁻² K ⁻¹]	U_{floor} [Wm ⁻² K ⁻¹]	ZONA CLIMATICA
U_{ott}	0,45	4,20	0,40	0,45	B
U_{lim}	0,48	3,00	0,38	0,49	
$\Delta\%$	-6,3%	40,0%	4,4%	-7,8%	
U_{ott}	0,29	2,00	0,23	0,29	E
U_{lim}	0,34	2,20	0,30	0,33	
$\Delta\%$	-15,7%	-9,1%	-23,9%	-12,7%	

Fig. 3.6- Quadro d'insieme delle trasmittanze limite ed ottimali per la zona climatica più vantaggiosa (B) e quella più svantaggiosa (E). Fonte: ENEA

Per quanto concerne l'efficienza degli elementi tecnici, attualmente vi sono principalmente due metodologie di calcolo: modellazione dell'edificio in regime stazionario e modellazione dell'edificio in regime dinamico.

Il primo, per quanto indispensabile per assolvere agli obblighi di legge, è affetto da numerose semplificazioni ed approssimazioni a causa delle quali spesso il modello subisce una percentuale di errore considerevole rispetto alle condizioni reali.

Le condizioni al contorno e i dati di Input ed Output di seguito riportati rendono evidenti le differenze tra la mera qualificazione energetica e l'audit.

CALCOLO IN REGIME DINAMICO

Principali dati climatici

- Temperatura dell'aria a bulbo secco a bulbo umido;
- Temperatura fittizia della volta celeste;
- Umidità relativa;
- Irraggiamento solare diretto e diffuso su superfici comunque orientate;

Principali dati input

- Temperatura dell'aria e umidità relativa dell'ambiente;
- Tasso di ventilazione, con eventuale recupero di calore;
- Apporti termici interni;
- Suddivisione in unità termiche semplici;
- Caratteristiche dei componenti;

Principali output (su base oraria)

- Temperatura dell'aria, temperatura operativa, calore sensibile e umidità relativa dell'aria di tutti gli ambienti.
- Potenza termica e frigorifera richiesta per mantenere le condizioni microclimatiche.
- Percentuale di insoddisfatti e voto medio previsto (percezione di comfort),

CALCOLO IN REGIME STAZIONARIO

Dati climatici

- Dati climatici mensili (da normativa);
- Periodo di riscaldamento;

Dati input

- Caratteristiche dei componenti edilizi;
- Carichi termici;
- Caratteristiche dei sistemi impiantistici;
- Categorie di destinazione d'uso;
- Suddivisione in ambienti e zone termiche servite dal medesimo impianto;
- Indici di affollamento e portata di ventilazione da dati normativi;

Principali output

- Calcolo del fabbisogno energetico annuale (invernale ed estivo) come somma di contributi energetici mensili;
- Rendimento globale medio stagionale;
- Indice di prestazione energetica Epi e relativa classe energetica.

Le simulazioni effettuate in regime dinamico consentono evidentemente un'analisi più realistica e completa, valutando nel dettaglio i contributi apportati dall'inerzia termica dell'involucro e dalle ventilazione naturale, che hanno ripercussioni sulle prestazioni termiche sia in regime invernale, sia in quello estivo. E' possibile affermare, dunque, che il reale comportamento termico-dinamico dell'edificio è, strettamente dipendente dalle oscillazioni delle condizioni interne all'edificio (determinate dalla modalità di occupazione e di gestione degli impianti), e contemporaneamente dalle fluttuazioni delle condizioni climatiche che si verificano al suo esterno.

Per determinare, quindi, tali effetti è necessario procedere con valutazioni di tipo dinamico, che considerino la variabile temporale, correlata alla capacità termica dei materiali.

Oltre alla resistenza termica (unica caratteristica valutata in regime stazionario), è valutato l'effetto di mitigazione termica, fra le condizioni interne ed esterne, nel tempo.

Gli effetti sono:

1. smorzamento dell'onda termica ridotta attraverso la coibentazione e la massa;
2. sfasamento dell'onda termica dipendente dalle caratteristiche termo-fisiche del materiale che compone le pareti esterne dell'edificio.

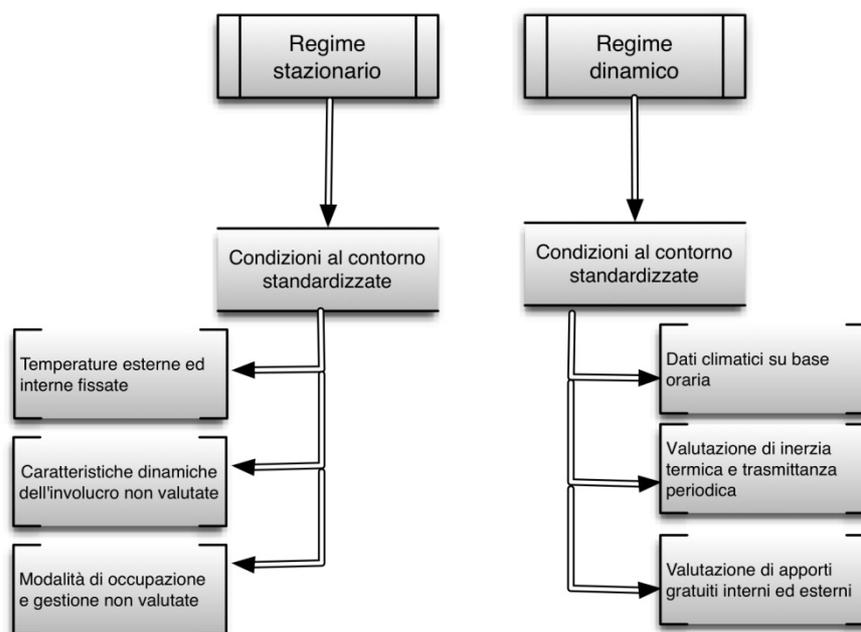


Fig. 3.7 – Diagramma di confronto metodo di calcolo statico/dinamico

Per quanto concerne i sistemi passivi, se declinati sull'esistente, avranno necessariamente l'accezione di ottimizzazione della ventilazione naturale e dell'inerzia termica per le condizioni estive, di massimizzazione degli apporti gratuiti per le condizioni invernali. Poiché per implementare caratteristiche del progetto in grado di migliorare il comportamento passivo dell'edificio è estremamente difficile nel caso del retrofit dell'esistente, andranno valutati principalmente gli ombreggiamenti e le caratteristiche termofisiche dei materiali utilizzati, compreso l'LCA.

4. Classificazione del comparto di terziario oggetto di studio

La sezione introduttiva sino ad ora sviluppata consente di intraprendere lo studio dei progetti pilota con un quadro più possibile completo degli strumenti a nostra disposizione.

Al fine di restringere il campo d'indagine e di sviluppare linee guida efficaci, si è proceduto alla selezione di destinazioni d'uso organizzate in ordine crescente per complessità tecnologica.

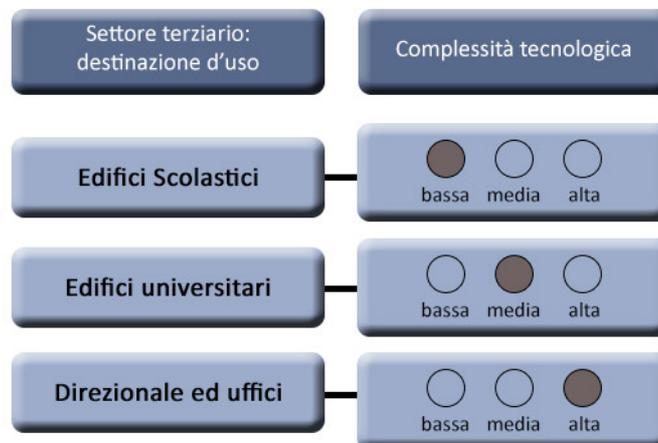


Fig. 3.8 – Definizione delle destinazioni oggetto di studio in base alla complessità tecnologica

Per definire la complessità tecnologica, si è tenuto conto di diversi indicatori, riguardanti caratteristiche architettoniche ed impiantistiche dei rispettivi patrimoni con il fine di definire un approccio differenziato per le tre categorie di destinazioni d'uso sulla base di quanto esaminato sino ad ora.

	Bassa	Media	Alta
Valutazione	●	●	●

Indicatori	Edifici scolastici	Edifici universitari	Direzionale ed uffici
Incidenza impianto termico	●	●	●
Incidenza consumi elettrici	●	●	●
Incidenza acqua calda sanitaria	●	●	●
Difficoltà di classificazione del patrimonio	●	●	●
Presenza di letteratura di riferimento	●	●	●
Complessità profilo di utilizzo	●	●	●

Fig. 3.9 – Indicatori per definizione strumento di ricerca

La schematizzazione effettuata sopra porta a riflessioni per le quali si è deciso di articolare la ricerca in modi differenti a seconda della tipologia di edificio da studiare.

Si è scelto di rapportare la dimensione del caso-studio al livello di validità e significatività del modello, in base alle caratteristiche del patrimonio ed alla possibilità di ricondurre a tipologie omogenee i progetti pilota.

Per gli edifici scolastici si è deciso di effettuare un'analisi su una parte del patrimonio nazionale, nello specifico sul patrimonio del comune di Roma, essendone note e classificabili le caratteristiche morfologiche, architettoniche e tecnologiche così come essendo presente una vasta letteratura con analisi effettuate su edifici-pilota per i quali sono già state affrontate e sviscerate tutte le problematiche esistenti.

Un'analisi su larga scala risultata pertanto dotata di sufficiente attendibilità e può risultare un importante strumento per Enti e Amministrazioni che dal biennio entrante dovranno confrontarsi con il Decreto Legge 104/2013, entrato in vigore come *Misure urgenti in materia di Istruzione, Università e Ricerca (L'Istruzione riparte)*, grazie al quale vengono stanziati 40 milioni all'anno per la riqualificazione e la costruzione di scuole.

Gli edifici universitari, ancora poco studiati e definiti del loro quadro esigenziale, richiedono analisi maggiormente focalizzate sull'edificio, per ricavare indicatori affidabili di diagnosi replicabili sia per la configurazione isolata che per quella, spesso presente, del "campus" o ateneo, in cui molteplici edifici adibiti a gruppi di funzioni afferenti all'unica macro-destinazione di università/istituto di ricerca devono essere concepiti per un funzionamento integrato seppur suddiviso in unità morfologicamente indipendenti. In questo campo le potenzialità sono enormi, data la possibilità di introduzione di sistemi di gestione intelligenti, ovvero "smart grid" in cui, instaurando tecnologie di "comunicazione" tra i vari edifici, è possibile sopperire ai deficit di energia ed evitare gli sprechi così come individuare condizioni di discomfort e modulare il funzionamento impiantistico in funzione delle effettive variabili in esercizio.

Gli edifici adibiti interamente ad uffici, seppur facenti parte di una parte di patrimonio ancora completamente sconosciuta e poco inventariata, nonché estremamente diversificata, verranno studiati invece utilizzando casi studio specifici, dalle caratteristiche peculiari ma in grado di offrire possibilità di riflessione su nodi critici delle attività di audit e retrofit e fornire soluzioni utili adottabili in edifici simili per epoca e caratteri tecnologici.

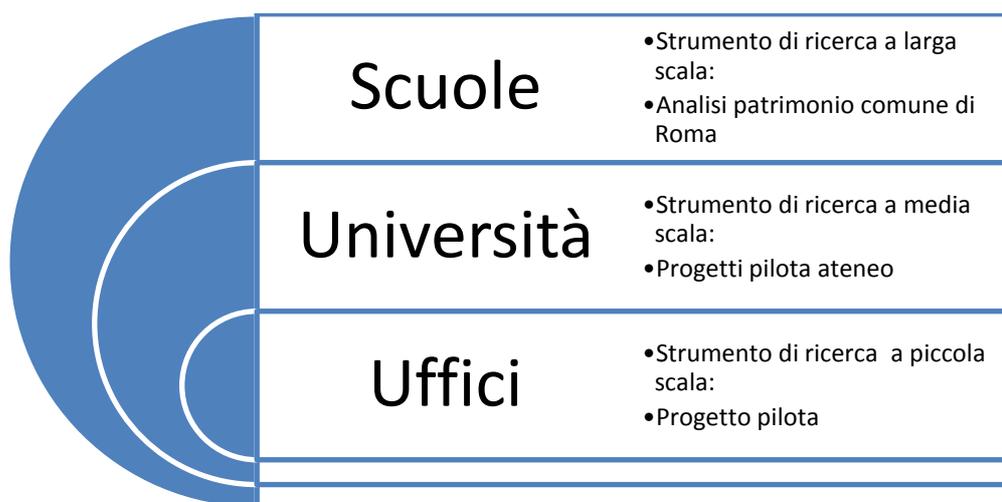


Fig. 3.10 – Correlazione strumento di ricerca e destinazioni d'uso.

CAPITOLO 4

GLI EDIFICI SCOLASTICI

ANALISI SUL PATRIMONIO SCOLASTICO DEL COMUNE DI ROMA

CAPITOLO 4 – Gli edifici scolastici: Analisi sul patrimonio del Comune di Roma

Indice Capitolo

1. Il terziario a bassa complessità tecnologica. Le scuole	71
1.1. Premessa	71
1.2. Il panorama generale.....	72
2. I Finanziamenti per il settore scolastico	76
3. Il patrimonio scolastico del comune di Roma: ipotesi di riqualificazione	85
3.1 L'involucro opaco.....	85
3.2 Infissi.....	86
3.3. Impianti termici	87
3.4. Intervento globale e conclusioni	89
4. I casi di studio	91
5. Conclusioni	98

1. Il terziario a bassa complessità tecnologica. Le scuole

1.1. Premessa

Gli edifici scolastici rappresentano un settore fortemente studiato e caratterizzato sotto il profilo quantitativo e qualitativo, per ragioni di diversa natura.

Sono numerosi gli studi presenti in letteratura, nonché i casi studio indagati a livello accademico. Pertanto, la presente sezione dello studio utilizzerà un approccio sistemico e a larga scala al fine di fare delle riflessioni utili come strumento per le amministrazioni impegnate nel raggiungimento degli obiettivi comunitari.

La destinazione d'uso "scuola", specie se primaria e secondaria, presenta nel territorio italiano caratteri morfologici e tecnologici sufficientemente standardizzabili.

Tale affermazione è certa tenendo presente le disposizioni del Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975 - Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica - che ha costituito il riferimento normativo di base per la costruzione delle nuove scuole dagli anni '70 fino ad oggi.¹

In secondo luogo, la suddivisione sul territorio fortemente gerarchizzata e il bacino d'utenza noto e classificato con precisione, rende possibili stime su ampie porzioni di patrimonio con livelli di errore molto contenuti, sia a livello nazionale che a livello comunale.

¹ Il Decreto Ministeriale 18/12/1975 introduceva, oltre ad avanzati requisiti derivati dai progressi della pedagogia e delle scienze sociali anche una serie di requisiti prestazionali molto importanti relativamente al comfort ambientale acustico, visivo e termo-igrometrico: Limitazione del numero dei piani a uno per la materna, due per le elementari e conseguente aumento del rapporto tra superficie disperdente e volume riscaldato, indicazioni in merito alla localizzazione e ai distacchi dagli altri edifici, Definizione di valori di trasmittanza minimi per le chiusure opache verticali, orizzontali o inclinate in funzione della loro massa media, introduzione dell'obbligo di utilizzo di schermature esterne mobili, *realizzate in maniera da garantire che il flusso termico entrante dovuto all'irraggiamento solare, diretto e diffuso, non risulti superiore al 30% di quello che si verificherebbe in totale assenza della schermatura* stessa, Individuazione della temperatura e dell'umidità relativa di progetto: rispettivamente 20°C (con una tolleranza di $\pm 2^\circ\text{C}$) ed 45-55%, Definizione di tassi minimi di ricambio dell'aria consistenti, prestazioni in merito alla verifica termoigrometrica delle strutture.

Scuole, Classi e alunni Anno 2010/2011

	Scuole dell'infanzia			Scuole Primarie			Scuole secondarie di primo grado		
	Scuole	Sezioni	Bambini	Scuole	Sezioni	Bambini	Scuole	Sezioni	Bambini
2006/2007	24.848	73.161	1.652.689	18.163	151.991	2.820.150	7.904	82.975	1.730.031
2007/2008	24.727	73.05	1.655.386	18.101	151.578	2.830.056	7.939	82.446	1.727.339
2008/2009	24.518	72.889	1.651.713	18.009	150.345	2.819.193	7.921	82.751	1.758.384
2009/2010	24.221	73.111	1.680.987	17.845	149.845	2.822.146	7.924	82.682	1.777.834

Fig. 4.1: Distribuzione territoriale e d'utenza delle scuole primarie in Italia. Fonte: Compendio statistico italiano - Istat, 2012

Oltre alla consistenza quantitativa, ciò che è importante è il particolare quadro esigenziale, che coinvolge aspetti legati alla sicurezza dei minori, alle condizioni di benessere e comfort per favorire l'apprendimento, alla formazione e sensibilizzazione sulle tematiche energetiche e di uso razionale delle fonti di energia.

Il dato riportato dal CRESME e citato nel Capitolo 2 evidenzia come la situazione attuale non favorisca la formazione consapevole degli utenti ed il loro permanere in ambienti e strutture con sistemi di funzionamento degli edifici e livelli di comfort: il 30% presenta infissi a vetro singolo, l'89% non prevede l'approvvigionamento di energia da fonti rinnovabili, solo l'1,7 % è attualmente in fase di ristrutturazione.

1.2. Il panorama generale

Sul territorio italiano sono presenti circa 51.000 edifici ad esclusivo o prevalente uso scolastico. Il 30% di tali edifici è concentrato in 10 province (le prime tre sono Roma, Milano e Napoli). Oltre la metà (51%) si distribuisce in 24 province. Circa il 29% si trova in comuni di piccola dimensione demografica (fino a 5 mila abitanti), e altrettanti nei comuni di dimensione medio-piccola.

La superficie coperta dagli edifici scolastici è pari a 73,2 milioni di m², pari ad una volumetria di 256,4 milioni di m³. La quota maggiore di edifici (39%) ha dimensione compresa tra 1.000 e 3.000 m², con una superficie media di 1.819 m². Il 43% circa degli edifici si divide tra tre classi di superficie: il 16% ha una superficie compresa tra 751 a 1.000 m² (media 899 m²), il 14% tra 501 e 750 m² (media 631 m²) e il 13% tra 351 e 500 m² (media 435 m²).²

Secondo i dati più recenti del Censis riguardanti gli oltre 49.000 edifici scolastici statali, 24.000 hanno impianti (elettrici, idraulici, termici) che non funzionano, sono insufficienti o non sono a

² I dati aggiornati relativi agli edifici scolastici sono ricavati dal PAEE 2014, pubblicato a Luglio 2014.

norma. Sono 9.000 le strutture con gli intonaci in condizioni di obsolescenza. In 7.200 edifici occorrerebbe rifare tetti e coperture. Sono 3.600 le sedi che necessitano di interventi sulle strutture portanti (tra queste mura 580.000 ragazzitrascorrono ogni giorno parecchie ore) e 2.000 le scuole che espongono i loro 342.000 alunni e studenti al rischio amianto. Gli interventi contenuti nel provvedimento del governo riguardano circa la metà degli istituti presenti sul territorio nazionale.

Circa il 70 % degli edifici scolastici è stato realizzato in precedenza alla legge 373 del 1976 riguardante il Contenimento Energetico per usi termici negli edifici e pertanto non rispondenti ai più basilari requisiti di uso razionale dell'energia.

Il XI "Rapporto su sicurezza, qualità e comfort degli edifici scolastici" presentato da Cittadinanzattiva ha condotto un'indagine su 165 scuole e 18 Regioni (tutte ad eccezione di Valle d'Aosta e Liguria) ed emergono i seguenti dati:

- Una scuola su 7 ha lesioni strutturali evidenti;
- Il 20% delle aule presenta distacchi di intonaco, infiltrazioni ed umidità in bagni e palestre;
- Il 39% delle scuole ha un livello di manutenzione inadeguato;
- Il 34% delle scuole richiede interventi di natura strutturale con solo un 1 proprietario su 4 che è intervenuto tempestivamente;
- Solo il 44% delle scuole possiede l'agibilità statica;
- Solo il 38% delle scuole possiede l'agibilità igienico sanitaria;
- Solo il 37% delle scuole possiede la prevenzione incendi;
- Il 67% degli edifici si trova in zone ad alto rischio sismico;
- Il 12% degli edifici è in zone a rischio idrogeologico;
- Il 13% presenta barriere architettoniche e il 12% ha pavimenti sconnessi.

Volendo classificare gli edifici scolastici con maggiore precisione in base all'epoca di costruzione, i dati disponibili riportano le seguenti percentuali: il 19% è costituito da edifici anteriori alla seconda guerra mondiale, l'83% ha comunque un'età superiore a 30 anni.

E' da mettere in evidenza anche l'obsolescenza tecnologica sia frutto di un'epoca in cui (anni 50-90') l'edilizia speculativa e le esigenze dovute al boom demografico e alla ricostruzione post-bellica hanno portato ad un abbassamento della qualità generale del costruire.

La guida del governo centrale su problematiche quali l'uso razionale delle risorse, la sicurezza negli edifici pubblici e l'attenzione al comfort degli occupanti sarebbe arrivata molto più tardi,

quando erano ormai state realizzate oltre il 60% delle strutture pubbliche con carattere marcatamente energivoro: involucro in cui si possono registrare innumerevoli ponti termici, trasmittanze svantaggiose, cali prestazionali di materiali e componenti già di per sè poco performanti a causa di assenza di manutenzione.

	Nord	Centro	Sud
Percentuale edifici	40%	22%	38%
Ante 373/76	68%	67%	67%
Post 373/76	32%	33%	33%

Fig. 4.2. Distribuzione territoriale di edifici scolastici ante 373 e post 373. Fonte: ENEA

Edifici realizzati prima del 1900	5,6%
Edifici realizzati tra il 1900 e il 1940	15,0%
Edifici realizzati tra il 1941 e il 1974	40,7%
Edifici realizzati tra il 1975 e il 1990	29,2%
Edifici realizzati tra il 1991 e il 2000	4,7%
Edifici realizzati tra il 2001 e il 2012	4,8%

Fig. 4.3. Epoca di costruzione degli edifici scolastici. Fonte: Rapporto Legambiente 2013

La percentuale di edifici è altresì anteriore alla legge del 1975 che introdusse dei criteri di progettazione delle scuole con il fine di dare dignità alle opere pubbliche a destinazione scolastica, all'epoca caratterizzate da forti inefficienze prestazionali.³

Gli edifici anteriori alle novità legislative del 1975 e del 1976 si suddividono in due macro-categorie: edifici storici ed edifici post-bellici. Gli edifici storici, molti dei quali nati non come edifici scolastici ma riconvertiti all'occorrenza, sono per lo più edifici non isolati e realizzati in muratura portante con spessori consistenti (minimo 50 cm), interpiani elevati (minimo 4 metri), coperture piane o inclinate con coppi e struttura in legno, infissi in legno a vetro singolo dalla superficie abbastanza estesa ma sempre contenuta se considerata l'incidenza sulla superficie disperdente totale. Gli edifici post-bellici appartengono a quell'epoca di ricostruzione, emergenza demografica e scarsa qualità costruttiva aggravata dall'obsolescenza sopraggiunta con i decenni.

³Secondo il Rapporto Legambiente Ecosistema Scuola 2013, solo lo 0,6% degli edifici risultano costruiti secondo i criteri della bioedilizia, solo 12 i Comuni vi hanno investito, per l'8,8% con criteri antisismici. La verifica di vulnerabilità sismica è stata realizzata solo sul 27,3% degli edifici. Il dato risulta ancora più preoccupante se si prendono in considerazione i soli Comuni che dichiarano di trovarsi in area a rischio sismico (zona 1 e 2), sono infatti solo il 21,1%, contro il 32,4% del 2012, gli edifici in cui tale verifica è stata effettuata.

Ne deriva un consumo totale del settore di 1,65 Mtep, pari al 9% dei consumi totali del settore terziario e al 1,2% dei consumi totali finali in Italia; la spesa totale annua è pari a 1,4 miliardi di euro. I consumi principali sono quelli termici, pari a 12,62 Milioni di MWh, mentre quelli elettrici si attestano a 1,92 Milioni di MWh.

Solo il livello di complessità tecnologica abbastanza contenuto fa sì che i consumi specifici negli edifici scolastici siano contenuti, essendo il valore medio pari a 42,7 kWh/m³anno, valore notevolmente inferiore rispetto per esempio ai 73,7 kWh/m³anno degli edifici direzionali. Le potenzialità di risparmio però sono molto elevate, se si considera la forte discontinuità di utilizzo ed il bassissimo livello tecnologico.

Lo stock di edifici ad uso scolastico nel 2013 risulta di 52.000 unità che consumano ogni anno oltre 9,6 TWh tra consumi termici ed elettrici per una spesa annua dei Circoli Didattici di circa 1,3 miliardi di euro. Il segmento più energivoro, individuato nell'ultimo quintile di consumi (il 20% degli edifici che ha consumi più elevati), conta 10.400 edifici per un consumo di oltre 2,6 TWh pari a 351 milioni di euro annui.

Applicando un mix di interventi differenziato per zona climatica a tale patrimonio è possibile ridurre il consumo del 48,3% facendo scendere la "bolletta energetica" a 181 milioni di euro annui per un risparmio di 169 milioni l'anno. In termini complessivi significa che intervenendo solo sul 20% degli immobili più energivori è possibile abbattere i consumi dell'intero patrimonio del -13,1%. Gli investimenti necessari per gli interventi di riqualificazione sarebbero di circa 3,6 miliardi di euro ed il *pay back time* dell'investimento è di 21,2 anni senza incentivi e si riduce a 7,4 anni nel caso di incentivazione analoga all'attuale 65%. La riduzione delle emissioni di gas serra risulta di 312 mila tonnellate. In termini occupazionali, gli investimenti effettuati attiverebbero oltre 53.700 addetti.

Le potenzialità di risparmio maggiori sono relative agli impianti termici (riscaldamento e acqua calda sanitaria), che comportano un consumo di 30,9 kWh/m³anno ed una spesa di 8,3 €/m²anno, gli impianti elettrici invece comportano un consumo di 4,7 kWh/m³anno ed una spesa pari a 2,6 €/m²anno.

Le grandi potenzialità del risparmio energetico negli edifici scolastici emergono anche da una simulazione riportata nel Piano d'Azione Italiano per l'Efficienza Energetica 2011 dove si evidenzia come il risparmio potenziale nel settore scolastico sia del 77% e pari a 33,9 kWh/m³anno, un

valore superiore rispetto alle potenzialità dei settori Direzionale (29,8 kWh/m³anno) ed Alberghiero (19,1 kWh/m³anno).⁴

Va inoltre sottolineato come la maggior parte degli edifici scolastici sia localizzato in zona climatica E, ovvero la zona climatica meno vantaggiosa per la stagione invernale che è fondamentalmente l'unica da analizzare per questo tipo di edifici: il 44% degli edifici è situata in zona E, il 23,5% in zona D, il 19% in zona C. Le zone B ed F rimangono al di sotto del 10%.

2. I Finanziamenti per il settore scolastico

A partire dal 2012, l'urgenza della riqualificazione dell'edilizia scolastica ha portato il governo centrale a prendere provvedimenti importanti.

Primo tra tutti, il Fondo Unico per l'edilizia scolastica, il D.L. 179/2012 che riorganizza le risorse per la messa in sicurezza del patrimonio.

Nel decreto del Fare (legge 98/2013) i fondi sono stati legati ad un rafforzamento degli enti locali coinvolgendo i dirigenti scolastici per interventi di importo inferiore agli 80 mila euro.

Il D.L. 104 del 2013, invece, ha svincolato le Regioni dal patto di stabilità interno per la programmazione nel triennio 2013-2015 di interventi straordinari di ristrutturazione, messa in sicurezza, efficientamento energetico o nuova costruzione di immobili scolastici autorizzati dai Ministeri dell'Economia, dell'Istruzione e delle Infrastrutture. Gli interventi dovranno essere eseguiti attraverso la sottoscrizione di mutui trentennali con la Banca Europea per gli Investimenti, la Banca di Sviluppo del Consiglio d'Europa, la Cassa Depositi e Prestiti e con altri soggetti autorizzati all'esercizio dell'attività bancaria.

⁴I dati citati sono tratti dalla pubblicazione ENEA *Indagine sui consumi degli edifici pubblici (direzionale e scuole) e potenzialità degli interventi di efficienza energetica*.

Fonte di finanziamento e programma	Importo stanziato	Importo da attivare	Anno	Competenza	Riferimenti	Nota su importo da attivare
1- Fondi FSC (Fondo Sviluppo Coesione)	951,4	567,3	2009			
- Ricostruzione Abruzzo	226,4	72,0		Comm. Ricostruzione	Del. CIPE 47/2009	Stima Ance
- Scuola europea di Parma	8,4	-		Comune di Parma	Del. CIPE 48/2009	
- 1° programma stralcio di messa in sicurezza	357,6	196,3		MIT	Del. CIPE 32/2010	893 progetti
- 2° programma stralcio di messa in sicurezza	259,0	259,0		MIT	Del. CIPE 6/2012	1.809 progetti
- Nuovi edifici scolastici	40,0	40,0		MIT e MIUR	Del. CIPE 6/2012	Stima Ance
- Riserva sisma Emilia-Romagna, Lombardia e Veneto	60,0	*		MIUR	DL 74/2012	Stima in corso
2- Fondi Legge stabilità 2012 (L. 183/2011)	100,0	40,0	2012			
- Messa in sicurezza e costruzione di nuovi edifici	40,0	40,0		MIT e MIUR	L 183/2011	Stima Ance
- Riserva sisma Emilia-Romagna, Lombardia e Veneto	60,0	*		MIUR	DL 74/2012	Stima in corso
3- Capitoli di bilancio MIUR	38,0	38,0	2012			
- Interventi di edilizia scolastica - fondi immobiliari	38,0	38,0		MIUR	Dir. 26 marzo 2013	
4- Decreto-legge Fare (DL 69/2013)	450,0	450,0	2013			
- Programma INAIL 2014-2016	300,0	300,0		INAIL	DL 69/2013- Art.18	
- Programma interventi urgenti	150,0	150,0		MIUR	DL 69/2013- Art.18	
5- Decreto-legge Istruzione (DL 104/2013)	850,0	850,0	2013			
- Mutui trentennali per interventi di edilizia scolastica	850,0	850,0		MEF	DL 104/2013 -Art.10	Stima Ance
6- Decreto-legge anticrisi 2008 (DL 185/2008)	111,8	111,8	2008			
- Piano straordinario di messa in sicurezza	111,8	111,8		MIT	DM 3 ottobre 2012	989 progetti
7- Fondi strutturali europei 2007-2013	606,9	359,2	2007-2011			
- Risorse del PON "Ambienti per l'apprendimento"	223,0	167,2		MIUR	QSN 2007-2013	Stima Ance
- Risorse del Piano di Azione e Coesione	383,9	192,0		MIUR	PAC-Dicembre 2011	Stima Ance
8- Fondi Legge Obiettivo	488,0	93,8	2004-2006			
- Delibere CIPE 102/2004 e 143/2006	488,0	93,8		MIT		Fonte MIT
TOTALE	3.596,1	2.510,1				
- di cui risorse stanziato prima del 2013	2.296,1	1.210,1				

Fig. 4.3. Quadro riassuntivo delle risorse per l'edilizia scolastica (fonte: Ance)

Attualmente, vi è una disponibilità di 784 milioni di euro per l'edilizia scolastica.

A stanziarli vi è il Decreto Sblocca Italia ⁵ e la Delibera del Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE). Nel primo ha trovato posto un Decreto del Presidente del Consiglio (DPCM) del 16 giugno 2014 che ha disposto 1miliardo e 94milioni di investimenti per l'edilizia scolastica, di cui 244 milioni già disponibili grazie allo sblocco del Patto di Stabilità richiesto dai Comuni per il 2014; nel secondo invece rientrano, stando alla delibera, 400 milioni per "il finanziamento del nuovo piano di edilizia scolastica relativo a progetti di riqualificazione e messa in sicurezza delle istituzioni scolastiche statali" e "110 milioni di euro-condizionati all'accordo con le Regioni, per il finanziamento del piano straordinario per il ripristino del decoro e delle funzionalità degli edifici scolastici predisposto dal Ministero dell'Istruzione". A questi provvedimenti si aggiungono i 36 milioni di euro destinati a ventisette enti locali dal ministero.

⁵Il decreto Sblocca-Italia è il più propriamente da citare come "Misure urgenti per l'apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l'emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n.212 del 12 settembre 2014.

2. Il patrimonio scolastico del comune di Roma: analisi dello stato di fatto

A Roma si contano 1.296 edifici, con 18.873 aule, per un volume medio di circa 10.431 m^3 e un totale di $13.518.925 \text{ m}^3$, corrispondenti al 5% del volume totale sul territorio italiano. Il consumo termico è stimato intorno ai 313 GWh, corrispondenti ad una media di $23,8 \text{ kWh/m}^3$ anno valore inferiore alla media nazionale stimata da ENEA intorno ai $30,9 \text{ kWh/m}^3$ anno. I consumi elettrici, poco incidenti poiché dovuti principalmente all'illuminazione, essendo, come già specificato, la complessità tecnologica delle scuole primarie molto bassa, registrano un valore medio specifico di $3,8 \text{ kWh/m}^3$ anno, inferiore rispetto alla media nazionale di $4,7 \text{ kWh/m}^3$ anno.

Le caratteristiche del patrimonio romano sono portate al fine di questa ricerca come esempio di riqualificazione diffusa sul territorio e del suo potenziale.

Come visibile nella Fig. 4.4, il I, il V ed il VI-VII Municipio risultano quelli con la maggiore concentrazione di volumetria e consumi. Tali Municipi sono altresì rappresentativi ciascuno delle macro-categorie prevalenti: edifici storici nella Città Storica, edifici post-bellici della città consolidata, edifici post 1975 della città periferica. Di seguito si riporta una panoramica della suddivisione in Municipi così come modificata dalla deliberazione di Assemblea Capitolina n. 11/2013 che ridefinisce le delimitazioni dei Municipi di Roma Capitale con la riduzione del numero da 20 a 15.

Viene, inoltre, illustrata, la distribuzione delle volumetrie per Municipio e la spesa energetica annua per la fornitura di Gas metano.

La potenza installata media, di circa 240 kWt, quasi sempre è il risultato di un sovradimensionamento dell'impianto e della sua conseguente bassa efficienza.

Mentre la spesa energetica totale, calcolata al 2010 di quasi 17 milioni di euro.

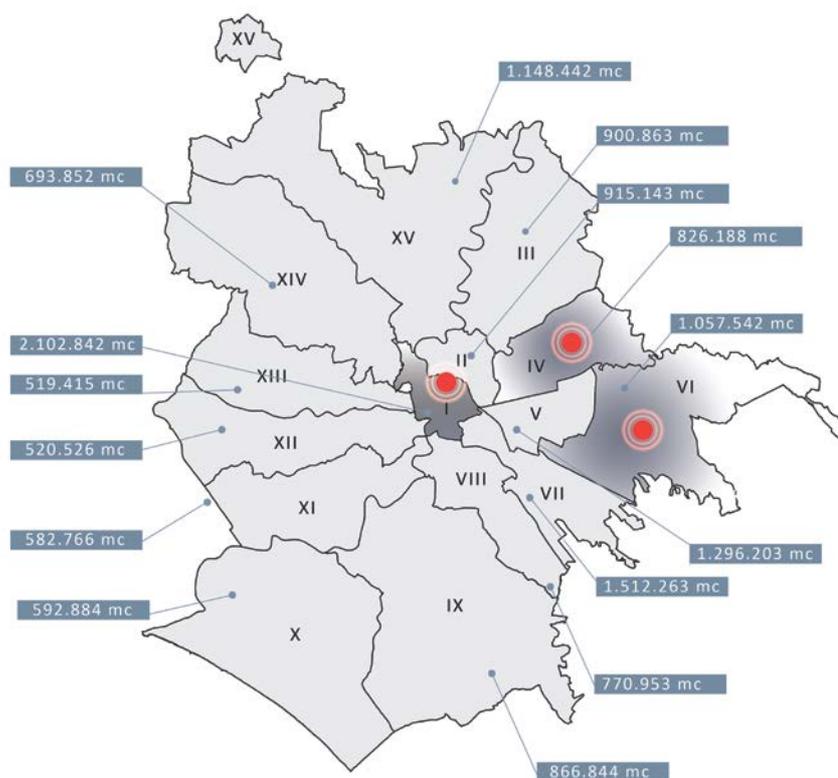


Fig. 4.4. Distribuzione territoriale delle cubature degli edifici scolastici nel comune di Roma con localizzazione dei casi studio

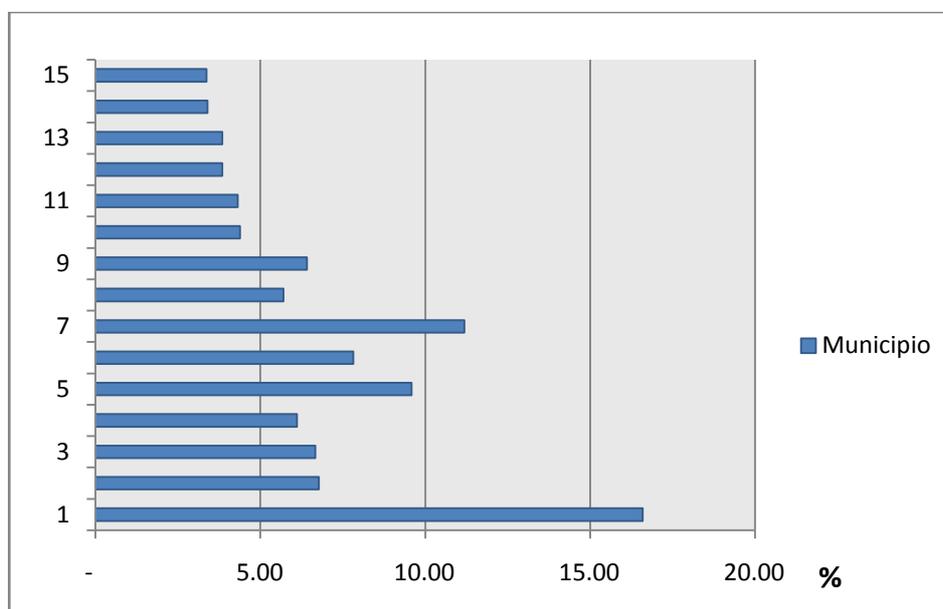


Fig. 4.5. Distribuzione territoriale delle cubature degli edifici scolastici nel comune di Roma con localizzazione dei casi studio - Fonte: XII Dipartimento del Comune di Roma

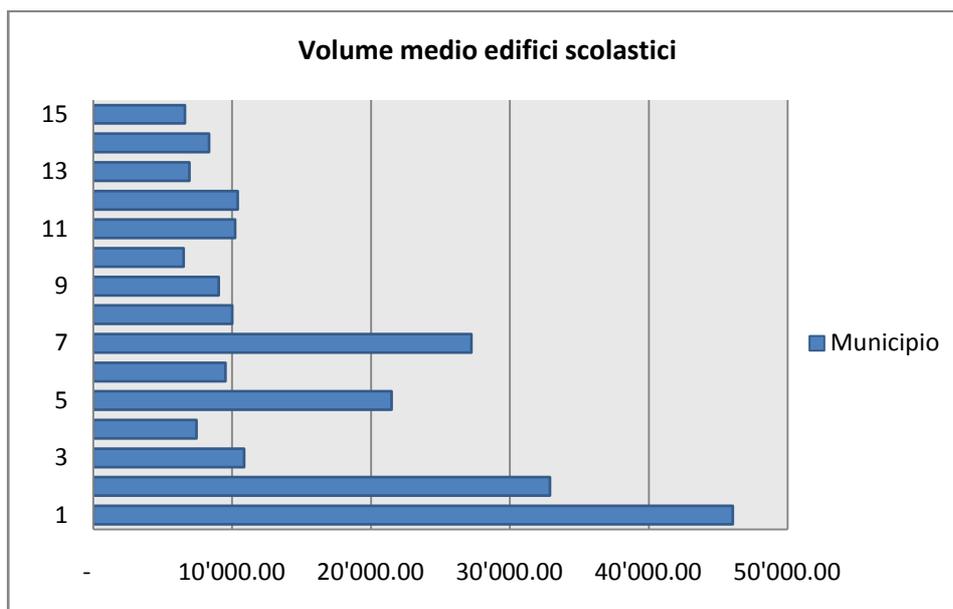


Grafico 4.6. Distribuzione territoriale dei volumi medi degli edifici scolastici nel comune di Roma - Fonte XII Dipartimento del Comune di Roma

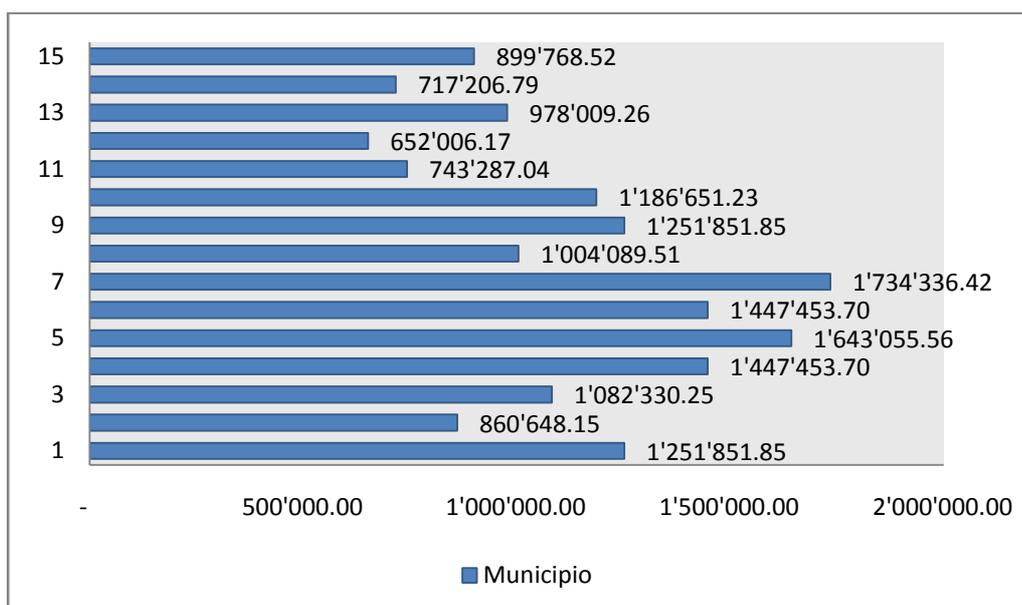


Grafico 4.7. Distribuzione territoriale del costo energetico del consumo annuo di Gas - Fonte: XII Dipartimento del Comune di Roma

Una volta esaminati i dati generali e la loro distribuzione, è stato condotto uno studio⁶ più approfondito sulla base di una banca dati composta da varie fonti:

⁶ Lo studio esposto e i grafici ad esso collegati sono parte del lavoro di ricerca svolto con il Prof. Livio de Santoli, l'ing. Fabio Fraticelli e l'Arch. Fornari, pubblicato nel Paper *Energy performance assessment and a retrofit strategies in public school buildings in Rome*, in Energy and Buildings, Volume 68, 2014.

- l'inventario degli edifici scolastici pubblici del comune di Roma
- le certificazioni energetiche relative ad 820 edifici
- i consumi termici in contatermie dal 2003 al 2008, contabilizzati trimestralmente.

Per quanto specificato precedentemente, si è deciso di trascurare i consumi elettrici.⁷

La prima analisi che la ricerca ha portato ad effettuare è lo studio della distribuzione territoriale delle scuole.

La distribuzione del campione analizzato sul territorio comunale suddiviso in Municipi⁸ è utile alla caratterizzazione del patrimonio e all'identificazione della significatività statistica dello stesso. Dopo un'operazione di verifica dei dati disponibili, si sono ritenute attendibili le informazioni riguardanti 261 edifici, pari al 20% del totale. Il campione segue la vecchia suddivisione amministrativa del Comune, mantenuta durante lo studio poiché non influente ai fini dell'analisi svolta.

MUNICIPI	NUMERO DI EDIFICI	VOLUME TOTALE [mc]	SUPERFICIE NETTA [mq]	VOLUME NETTO [mc]	SUPERFICIE DISPERDENTE [mq]
1	27	350.591	59.180	245.414	128.654
2	24	365.814	77.434	256.069	127.316
3	8	145.575	27.297	101.903	48.401
4	67	619.966	142.551	433.976	314.620
5	83	730.693	171.439	511.485	387.730
6	24	220.349	34.832	154.244	110.686
7	27	310.494	48.037	217.346	128.556
8	88	681.545	111.781	477.081	356.051
9	28	415.049	89.814	290.534	165.076
10	55	509.320	115.411	356.524	272.011
11	25	178.510	35.411	124.957	92.454
12	77	638.821	145.979	447.175	349.080
13	74	470.835	73.752	329.585	306.757
15	14	91.042	22.276	63.729	70.973
16	15	86.640	20.946	60.648	51.616
17	9	110.489	23.867	77.342	97.981
18	15	93.861	23.509	65.702	52.686
19	13	375.768	100.347	263.038	196.402
20	11	99.482	21.679	69.637	56.080
TOT	684	6.494.843	1.345.541	4.546.390	3.313.129

Fig. 4.8. Consistenza del campione esaminato

Dall'analisi è possibile notare una lieve differenza tra i municipi centrali e quelli periferici, con i primi leggermente più performanti dei secondi. Tuttavia nessun valore può essere considerato

⁷ I consumi di energia elettrica per le scuole di Roma si attestano intorno ai 3,8 kWh/m³, valore fornito dal Dipartimento Servizi Educativi e Scolastici e confermato da analisi condotte sul campo, sulla scuola Elsa Morante (2,8 kWh/m³) e sull'Istituto di via dell'Archeologia (2,9 kWh/m³).

⁸ La suddivisione amministrativa del Comune di Roma è di recente stata modificata, accorpando le superfici di alcuni municipi e portandoli da 19 a 15.

accettabile poichè il grafico seguente essendo il consumo specifico per il riscaldamento di circa 18 kWh/m³ anno, valore di gran lunga superiore al valore limite, pari a 10-12 kWh/m³ anno.

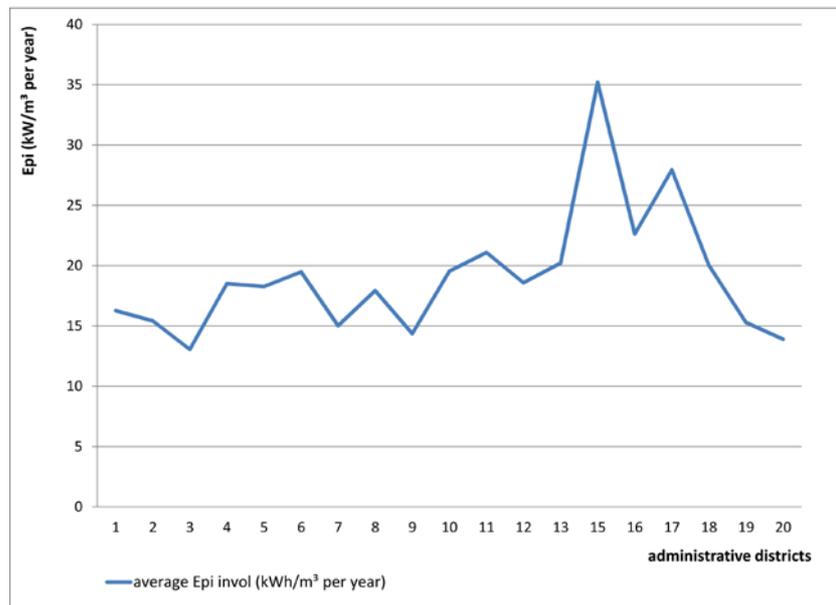


Fig. 4.9. Indice di prestazione energetica media per l'involucro medio in kWh/m³ per anno.

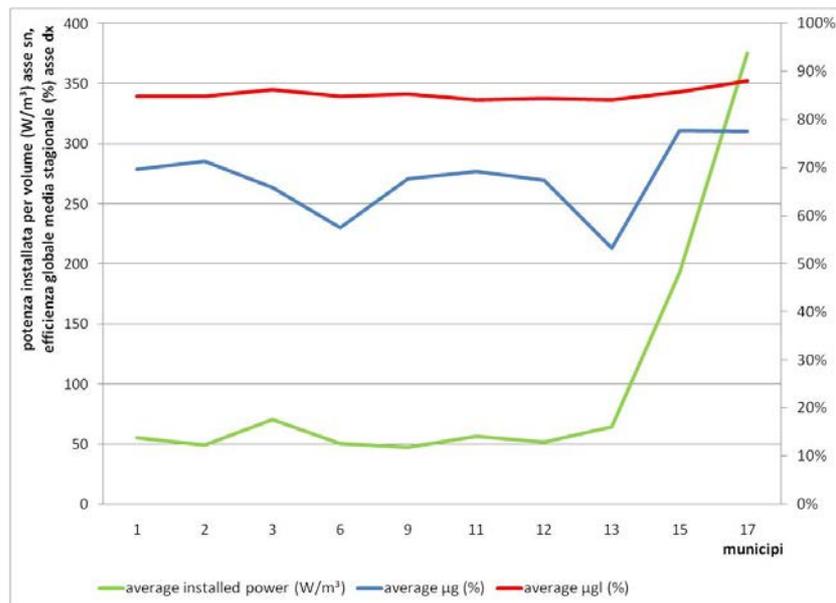


Fig. 4.10. Indice di prestazione energetica media per l'involucro medio in kWh/m³ per anno.

Per quanto riguarda gli impianti, l'efficienza globale media stagionale (η_g) è compresa tra il 65 e il 70%, valori in ogni modo inferiori al limite individuato dalla normativa e pari all'88% circa, mentre la potenza media installata è di circa 40 W/m³, valore abbastanza alto.

Come riscontrato anche nei sovradimensionamenti degli impianti anche del 200-250%.

Nella descrizione del consumo degli edifici, vanno inoltre considerati gli apporti interni, i consumi elettrici (seppur meno incidenti) e le perdite per ventilazione.

Per gli edifici scolastici, in via molto sintetica, è possibile schematizzare come segue:

- consumo elettrico: 3,8 kWh/m³⁹
- ricambi orari: 2,5-3 vol/h¹⁰
- apporti di calore interni: 4 W/mq

I dati sino ad ora analizzati non fanno che mettere in luce come sia necessario un adeguamento del patrimonio al fine del miglioramento non solo dell'uso dell'energia, ma anche del comfort e della sicurezza.

La sicurezza nei luoghi scolastici è un fattore fondamentale, dal quale è impossibile prescindere, anche in funzione dell'obsolescenza strutturale che è spesso parallela a quella energetica.

L'analisi dei consumi per unità di cubatura e per stagione di riscaldamento mette invece in luce un dato climatico riferito alla stagione 2006-2007 durante la quale si è registrata una generalizzata e sensibile diminuzione dei consumi a causa delle temperature della stagione invernale registrate superiori alla media. In consumo ha registrato un decremento di circa il 15% per tutti i Municipi afferenti al campione.

⁹ I casi studio esaminati nelle schede confermano il dato per la Scuola Elsa Morante 2,8 kWh/m³ e sull'Istituto di via dell'Archeologia 2,9 kWh/m³.

¹⁰ L'assenza di ventilazione meccanica e l'assenza di tenuta dei serramenti fa sì che questo parametro non sia sotto controllo e che lo standard definito dalla norma UNI TS 11300 sia largamente disatteso compromettendo il comfort indoor.

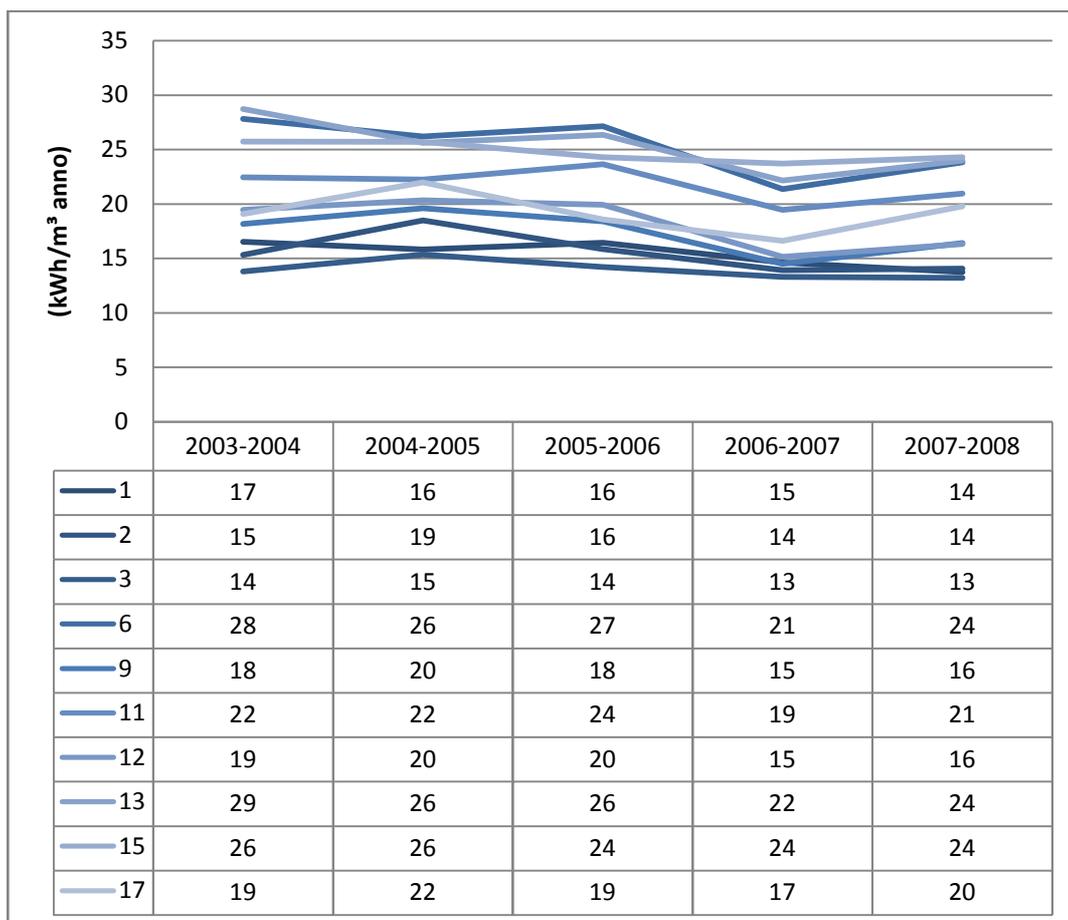


Fig. 4.11. Consumi misurati per anno di riscaldamento e per mc di volume riscaldato.

3.11 patrimonio scolastico del comune di Roma: ipotesi di riqualificazione

Lo scopo dell'analisi è comprendere quanto è possibile risparmiare in termini energetici ed economici attuando un'operazione diffusa di riqualificazione.

Sulla base di casi studio analizzati, si sono ipotizzati i seguenti interventi di riqualificazione per le strutture opache, quelle trasparenti e per gli impianti.

3.1 L'involucro opaco

1. Isolamento a cappotto interno per edifici storici, per i quali il rispetto dei vincoli architettonici impone di mantenere inalterato l'aspetto della facciata rendendo di fatto impossibile la soluzione del cappotto esterno; i materiali ipotizzati dovranno avere uno spessore compreso tra i 7 e i 12 cm e una conduttività adeguata a migliorare significativamente la trasmittanza della parete. Contenere lo spessore del cappotto interno è indispensabile per evitare di ridurre la superficie utile. L'immagine sottostante confronta gli spessori di diversi materiali isolanti a parità di prestazione. Per quanto concerne la copertura, il suo isolamento sarà particolarmente incidente negli edifici moderni, nei quali vi sarà un'incidenza sulla prestazione energetica fino al 20%, trattandosi di coperture piane e di superfici notevoli. Gli edifici storici, oltre ad avere una superficie di copertura meno estesa, spesso richiedono (come per gli infissi) interventi di carattere strutturale su travi e solai lignei ammalorati, che prescindono dall'efficientamento energetico dell'involucro.
2. Isolamento a cappotto esterno per interventi più corposi di ristrutturazione, in particolare per edifici del dopoguerra, per i quali vi è una maggiore suscettività di trasformazione e quindi anche una maggiore disinvoltura nella progettazione degli spessori della stratigrafia e nella loro finitura.

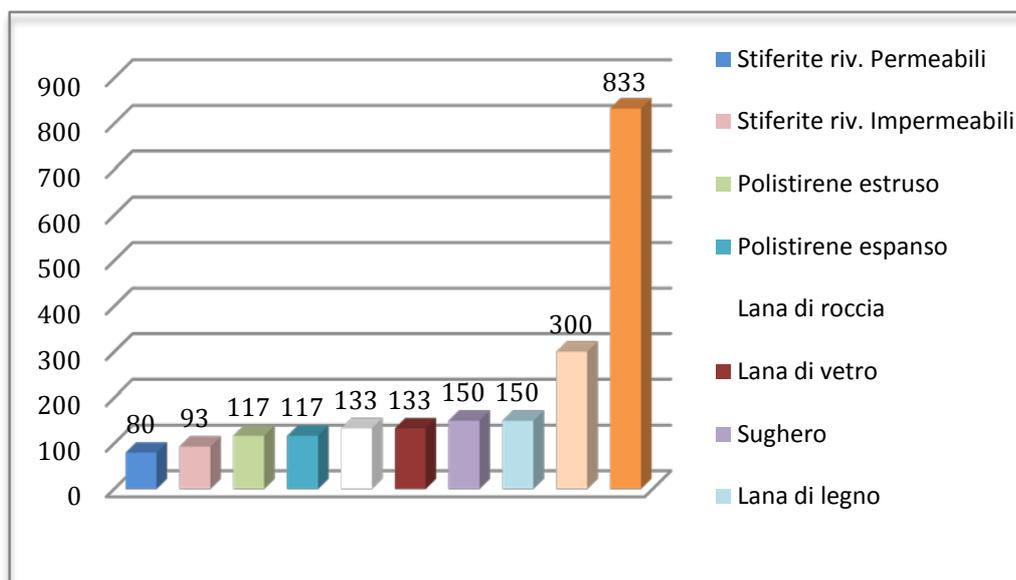


Fig. 4.12. Confronto tra gli spessori (mm) di diversi materiali isolanti a parità di prestazione

3.2 Infissi

L'intervento sugli infissi invece consiste in una generalizzata sostituzione dei serramenti esistenti con altri in alluminio a taglio termico e finestratura basso-emissiva in grado di soddisfare i requisiti di trasmittanza U minimi previsti per usufruire del Conto Termico. Bisognerà tener conto dell'attività di sostituzione infissi in parti degli edifici (soprattutto quelli storici o di inizio secolo scorso) o nella totalità di essi avvenuta negli ultimi vent'anni, soprattutto in ragione dell'obsolescenza tecnologica, della scarsa tenuta e della scarsa sicurezza e non in ragione del contenimento dei consumi energetici.

Per questa tipologia d'intervento bisognerà pertanto considerare un margine di errore nella definizione del campione, ma rimane invariata l'utilità nel definire il margine di risparmio conseguibile e la loro vantaggiosità in termini economici. In linea di massima, gli infissi non consentono di avere tempi di ritorno inferiori alla vita utile dell'edificio, ovvero 30 anni, oppure riescono a conseguirlo solo per una piccola parte. I risultati dell'analisi non possono che avere un valore teorico in relazione alle volumetrie interessate mentre possono essere comunque validi a

definire le potenzialità di risparmio connesse alla tipologia di infissi effettivamente presente. In questo caso saranno ipotizzate due tipologie di intervento: installazione di serramenti in alluminio a taglio termico e vetratura basso-emissiva in sostituzione di infissi in legno e installazione di serramenti in alluminio a taglio termico e vetratura basso-emissiva in sostituzione di infissi in ferro o alluminio.

INTERVENTI SU PARETI PERIMETRALI VERTICALI				
Tipologia di edificio	U attuale [W/m ² K]	Tipologia di intervento	€/mq	U post intervento [W/m ² K]
Edifici storici	1	Cappotto interno 5 cm	47	0,51
1860-1940	1,2	Cappotto interno 5 cm	47	0,51
Dopo guerra	1,4	Cappotto interno/esterno 8 cm	72	0,3
INTERVENTI SULLE COPERTURE				
Tipologia di edificio	U attuale [W/m ² K]	Tipologia di intervento	€/mq	U post intervento [W/m ² K]
Edifici storici	1,3	Cappotto interno 5 cm	50	0,52
1860-1940	1,4	Cappotto interno 5 cm	50	0,54
Dopo guerra	1,4	Cappotto interno/esterno 8 cm	70	0,32
INTERVENTI SUGLI INFISSI				
Tipologia di edificio	U attuale [W/m ² K]	€/mq	U post intervento [W/m ² K]	% superficie vetrata
Edifici storici	6	270	1,8	20%
1860-1940	6	270	1,8	25%
Dopo guerra	4	270	1,8	30%

Fig. 4.13. Confronto tra valori di trasmittanza ante e post intervento sull'involucro

3.3. Impianti termici

Per gli impianti si ipotizzano le seguenti strategie di intervento:

1. La sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione ad elevata efficienza, tale da allineare i livelli prestazionali alla normativa vigente;
2. l'ottimizzazione del rendimento di regolazione attraverso l'installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione (radiatori nella quasi totalità dei casi); da dati di letteratura, l'impiego di un sistema a radiatori a bassa temperatura con caldaia a condensazione e valvole termostatiche porta ad una riduzione dei consumi del 53% rispetto ad un sistema con caldaia di tipo tradizionale ad alta temperatura

E' importante sottolineare come nei radiatori funzionanti a bassa temperatura il gradiente termico sia ridotto e non si discosti molto dalle distribuzioni tipiche di altri sistemi di emissione. Passando da temperatura media dell'acqua di 70 °C ($\Delta T = 50$ K) a temperatura media di 50 °C ($\Delta T = 30$ K) il gradiente termico si riduce di 0,5°C, ciò significa ridurre la temperatura media del locale a parità di temperatura percepita dall'occupante, con conseguente risparmio sui consumi. La temperatura si mantiene molto prossima al valore che l'utente richiede per la permanenza nel locale in condizioni di benessere accettabili.

Le analisi condotte consentono di stimare il risparmio ottenibile attraverso l'attuazione delle strategie ipotizzate.

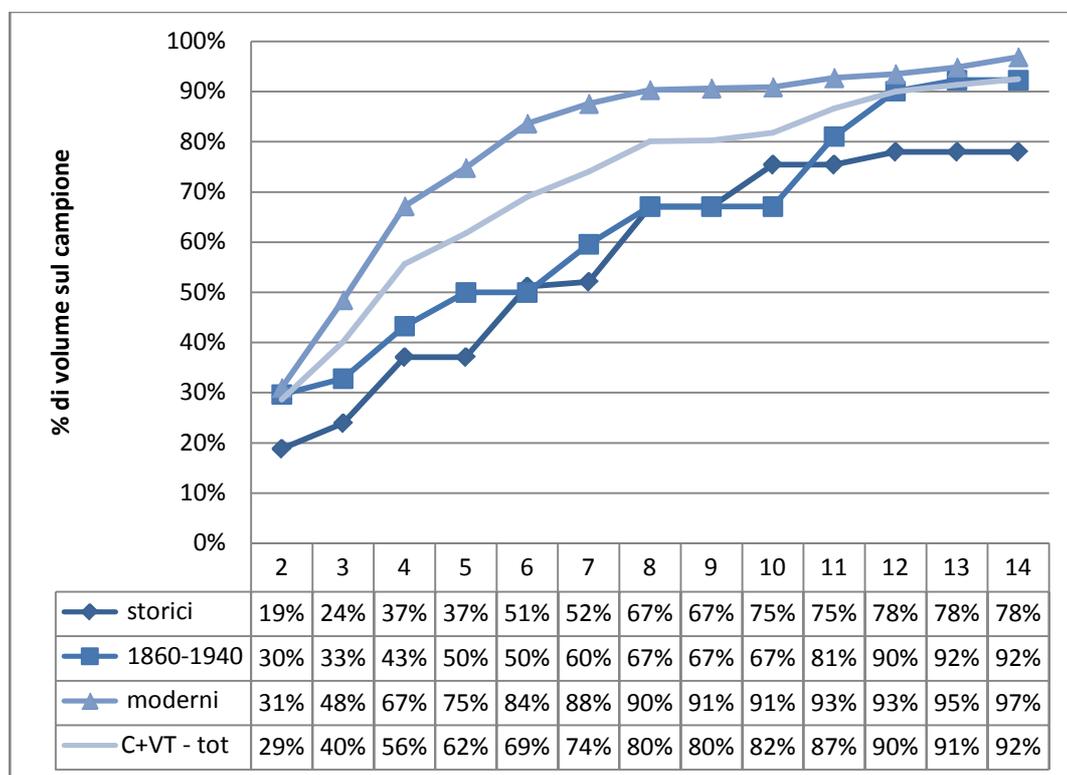


Fig. 4.14. Relazione tra percentuale di volume del campione e tempi di ritorno per interventi di efficientamento degli impianti di riscaldamento (installazione di caldaia a condensazione e valvole termostatiche)

Per gli interventi è stato considerato un costo parametrizzato delle valvole termostatiche di 0,77 € / m² e un costo di 80 €/kW per la sostituzione dei generatori.

Nel caso di intervento prioritario sugli impianti, i tempi di ritorno sono sensibilmente ridotti rispetto agli interventi sull'involucro, come prevedibile, con gli edifici moderni che presentano ritorno dell'investimento (Pay-Back Simple) inferiore agli 8 anni nel 90 % dei casi. Gli edifici storici restano al di sotto dei 6 anni solo nel 50% dei casi.

Per semplicità di analisi, non è stato in questa sede considerato come intervento l'installazione di pompe di calore, che, seppur vantaggioso soprattutto se utilizzato in sinergia con fonti rinnovabili (impianti fotovoltaici), presenta problematiche di installazione per la necessità di ridimensionare i terminali, regolare il regime di funzionamento, verificare la possibilità di installare di pannelli fotovoltaici in copertura.

Quest'ultimo intervento risulta particolarmente difficoltoso per gli edifici storici, per la presenza di vincoli di carattere storico e paesaggistico sull'edificio oggetto di retrofit e sul tessuto urbano circostante.

3.4. Intervento globale e conclusioni

Ipotizzando un intervento combinato su involucro ed impianti e comprendendo anche l'installazione, ove possibile, di fonti rinnovabili, ovvero di solare termico e fotovoltaico, si avranno i seguenti risultati:

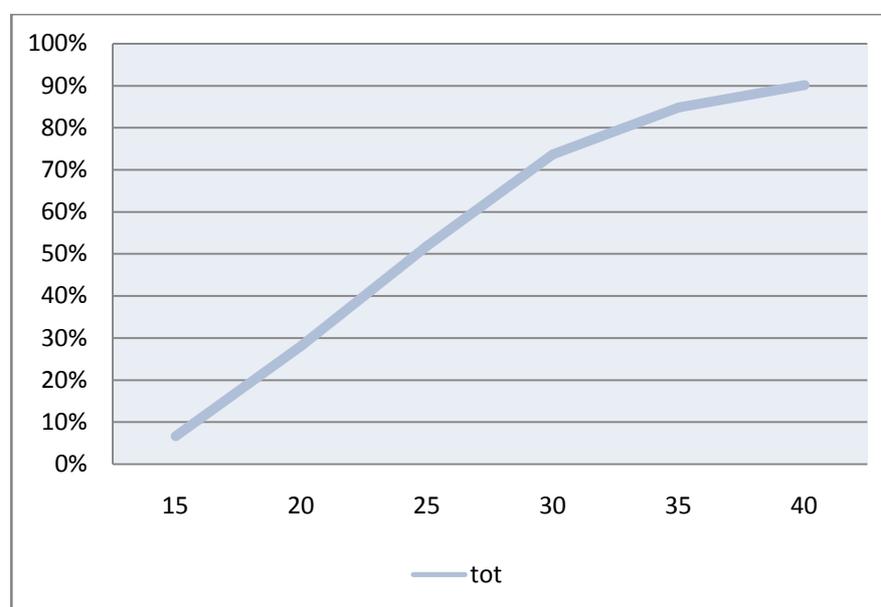


Fig. 4.15 Intervento globale edificio - impianti - rinnovabili

Il grafico mostra come tutti gli edifici registrino andamenti simili e nel 70% delle volumetrie del campione si riuscirà ad intervenire facendo in modo che l'investimento sia inferiore alla vita utile dell'edificio.

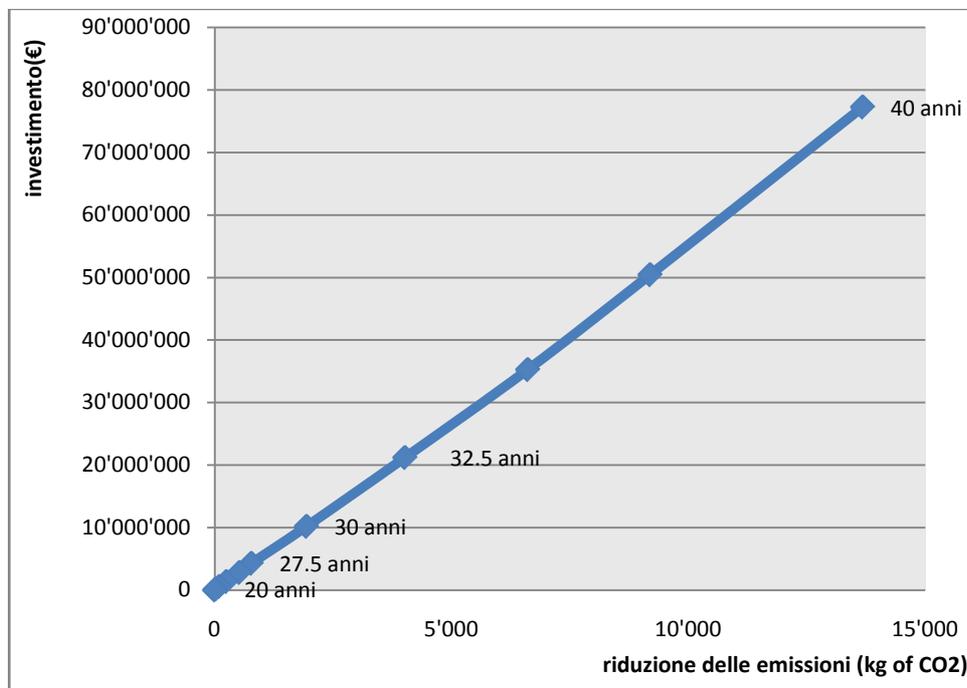


Fig. 4.16. Relazione tra investimento e beneficio ambientale per gli interventi sull'involucro

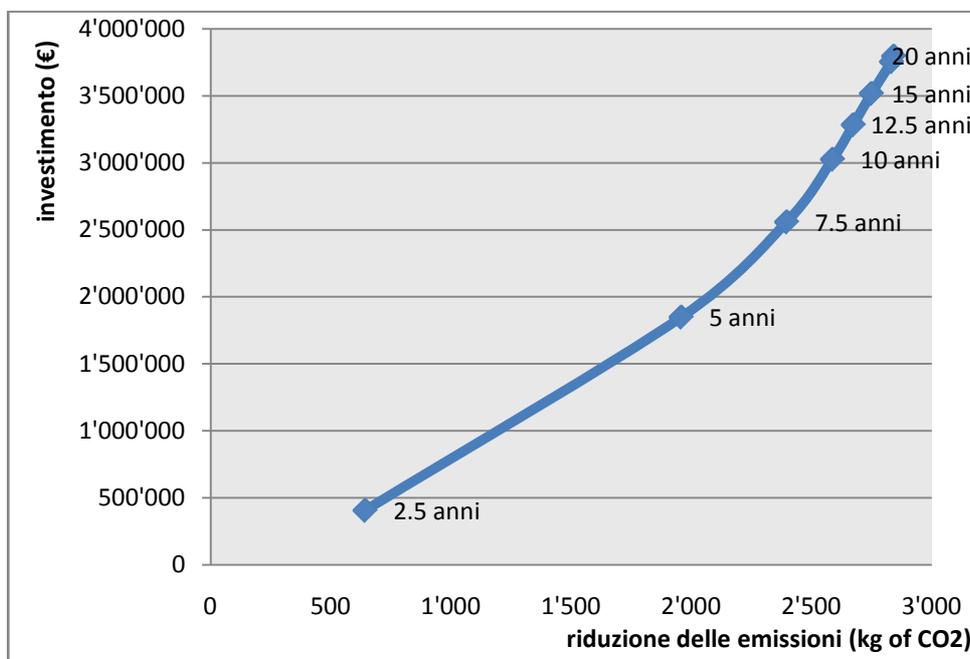


Grafico 4.17. Relazione tra investimento e beneficio ambientale per gli interventi sugli impianti

Il risparmio specifico, pari a 25 kWh/m³ per gli edifici storici e pari a 33 kWh/m³ per gli edifici moderni è da ritenersi considerevole per un approccio globale di riqualificazione del patrimonio.

L'investimento totale è di circa 600 milioni di euro che equivale a circa 50 €/m³.

Il risparmio energetico è di circa 368 GWh annui, corrispondenti a una riduzione delle emissioni in atmosfera annua pari a 82.500 ton CO₂ e a una riduzione della spesa annua di 30 milioni di euro.¹¹

4. I casi di studio

Oltre alle analisi sul campione, è stata svolta una simulazione su più casi di studio di scuole Primarie del Comune di Roma, localizzate come da Figura 4.4 e rappresentativi delle categorie di edifici comprese nell'analisi stessa. Gli edifici analizzati sono i seguenti:

- Scuola materna ed elementare "Regina Margherita" (città storica);
- L'istituto comprensivo "Elsa Morante" (città storica);
- Istituto Comprensivo di Scuola dell'Infanzia, Primaria e Secondaria di 1° Grado di Via dell'Archeologia (città consolidata);
- Scuola media "Angelica Balabanoff" (città consolidata).

Per la descrizione e la definizione dettagliata dei casi studio, si rimanda alle schede allegate al lavoro di tesi.

Verranno invece esposti di seguito i risultati delle simulazioni svolte con software operanti in regime dinamico, considerati sufficientemente validi per gli edifici scolastici nei quali la climatizzazione estiva ha scarsa incidenza e i consumi elettrici e di acqua calda sanitaria possono essere trascurati.¹²

In particolare, si riporta, l'Epci¹³ ante e post intervento, le incidenze di pareti perimetrali, coperture e superfici trasparenti, la variazione percentuale e il risparmio energetico ed ambientale conseguibile.

¹¹ L'elaborazione del grafico sugli interventi globali e le stime del risparmio fanno parte dello sviluppo della ricerca contenuto nella Tesi di Dottorato in Risparmio Energetico e Micro-generazione Distribuita, XXV Ciclo, dell'Arch. Fornari "Strategie per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio scolastico pubblico".

¹² I progetti pilota qui riportati, poiché compresi in un ampio lavoro del Centro di Ricerca C.I.T.E.R.A., sono stati oggetto di studio anche della Tesi di Laurea della dottoranda scrivente "Riqualificazione energetica del Comune di Roma: studio strategiche e linee guida" discussa nell'A.A. 2008-2009, e della Tesi di Dottorato in Risparmio Energetico e Micro-generazione Distribuita dell'Arch. Chiara Leone (XXIII ciclo) e dell'Arch. Filippo Fornari (XXV ciclo).

¹³ Indice di prestazione energetica globale è stato calcolato secondo le UNI TS 11300:2010, parte 1 e 2 attraverso il software di calcolo STIMA 10, certificato dal CTI ai fini dell'Attestato di Prestazione Energetica.

Caso 1: Scuola Materna ed Elementare "Regina Margherita" (1885-1888)

Epci dello stato di fatto:

14,6 kWh/m³ anno

Sovradimensionamento Potenza impianto:

385,4 %

Epci post intervento:

5,6 kWh/m³ anno

Variazione percentuale rispetto allo stato di fatto:

- 68,49 %

Variazione rispetto al fabbisogno annuale:

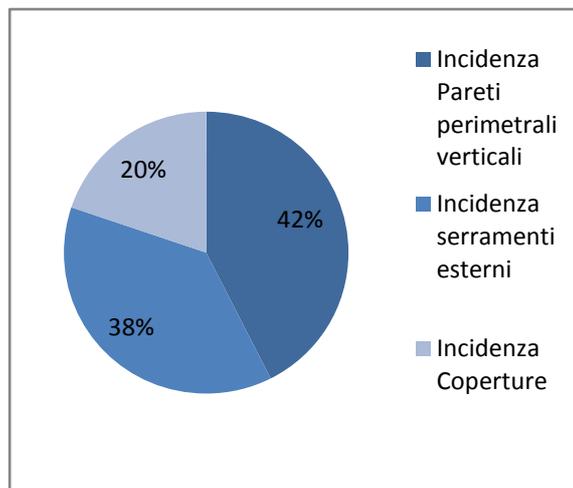
- 286337 kWh

-24,62TEP

-74,58 tCO₂

Interventi sugli impianti: Variazione percentuale rispetto allo stato di fatto **30,1 %**

Interventi sull'involucro: Variazione percentuale rispetto allo stato di fatto **40 %**



Analisi economica di massima (PBT)

	Costo specifico	Investimento [€]	Risparmio [kWh]	R/I [kWh/€]	Ritorno [anni]
Cappotto e intonaci [€/mq]	70.00	223'529.00	79'538.00	0.36	33
Infissi [€/mq]	250.00	275'250.00	50'904.00	0.18	63
Isolamento coperture [€/mq]	50.00	128'675.00	44'541.00	0.35	34
Valvole termostatiche [€/mc]	0.77	24'498.00	92'264.00	3.77	3
Sostituzione caldaia [€/kW]	100.00	28'000.00	69'993.00	2.50	5
		679'952.00			

Caso 2: Istituto Comprensivo "Elsa Morante" (1923)

Epci dello stato di fatto:

14,1 kWh/ m³ anno

Sovradimensionamento Potenza impianto:

211,8 %

Epci post intervento:

2,7 kWh/ m³ anno

Variazione percentuale rispetto allo stato di fatto:

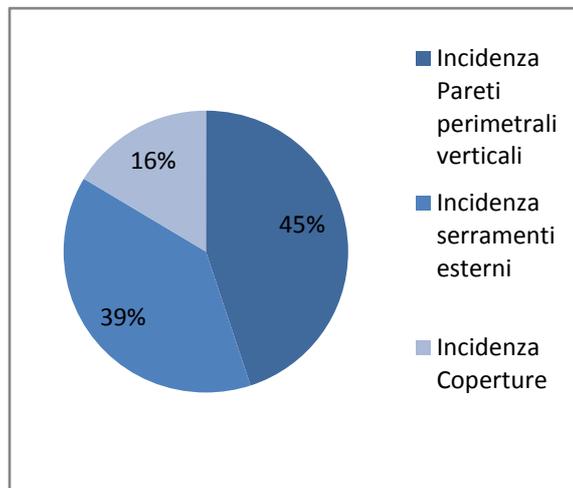
- 79,4 %

Variazione rispetto al fabbisogno annuale:

- 290729 kWh

- 22,4 TEP

- 65,18 tCO₂



Interventi sugli impianti: Variazione percentuale rispetto allo stato di fatto **28,7 %**

Interventi sull'involucro: Variazione percentuale rispetto allo stato di fatto **53 %**

Analisi economica di massima (PBT)

	Costo specifico	Investimento [€]	Risparmio [kWh]	R/I [kWh/€]	Ritorno [anni]
Cappotto e intonaci [€/mq]	70.00	72'767.00	100'632.00	1.38	8
Infissi [€/mq]	400.00	334'848.00	52'603.00	0.16	74
Isolamento coperture [€/mq]	50.00	72'557.00	50'316.00	0.69	17
Valvole termostatiche [€/mc]	0.77	17'611.00	64'038.00	3.64	3
Sostituzione caldaia [€/kW]	100.00	300'000.00	38'880.00	0.13	9
		797'783.00			

Caso 3: Istituto Comprensivo di Via dell'Archeologia (1980)

Epci dello stato di fatto:

24,1 kWh/ m³ anno

Sovradimensionamento Potenza impianto:

165,41 %

Epci post intervento:

4,8 kWh/ m³ anno

Variazione percentuale rispetto allo stato di fatto:

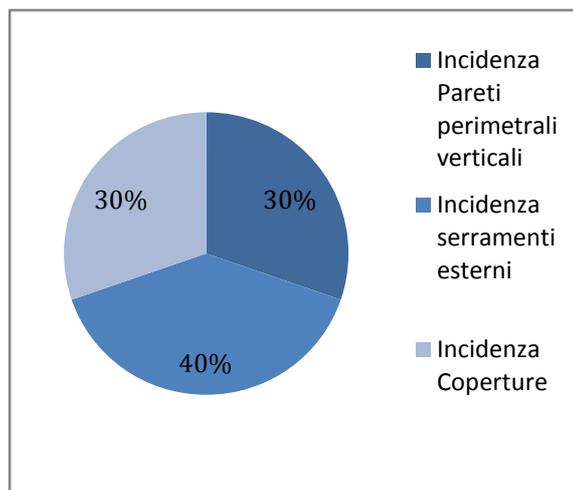
-79,4 %

Variazione rispetto al fabbisogno annuale:

- 483522 kWh

-41,58 TEP

-120,88 tCO₂



Interventi sugli impianti: Variazione percentuale rispetto allo stato di fatto **34,5 %**

Interventi sull'involucro: Variazione percentuale rispetto allo stato di fatto **60 %**

Analisi economica di massima (PBT)

	Costo specifico	Investimento [€]	Risparmio [kWh]	R/I [kWh/€]	Ritorno [anni]
Cappotto e intonaci [€/mq]	70.00	237'950.00	86'909.00	0.37	32
Infissi [€/mq]	250.00	220'000.00	36'593.00	0.17	70
Isolamento coperture [€/mq]	50.00	256'450.00	273'537.00	1.07	11
Isolamento solaio a terra [€/mq]	50.00	251'450.00	29'732.00	0.12	98
Valvole termostatiche [€/mc]	0.77	19'290.00	102'919.00	5.34	2
Sostituzione caldaia [€/kW]	100.00	56'000.00	91'484.00	1.63	7
		1'041'140.00			

Caso 1: Scuola Media "Angelica Balabanoff" (1980)

Epci dello stato di fatto:

18,5 kWh/mc anno

Sovradimensionamento Potenza impianto:

120 %

Epci post intervento:

3,2 kWh/ m³ anno

Variatione percentuale rispetto allo stato di fatto:

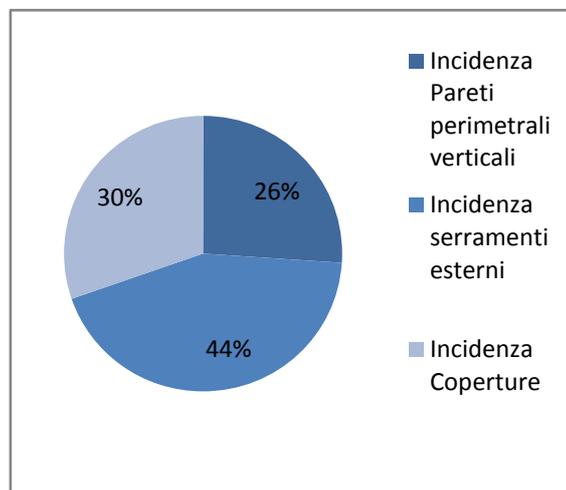
-75,14 %

Variatione rispetto al fabbisogno annuale:

- 249600 kWh

-21,46 TEP

-62,4 tCO₂



Interventi sugli impianti: Variatione percentuale rispetto allo stato di fatto **35,9 %**

Interventi sull'involucro: Variatione percentuale rispetto allo stato di fatto **57 %**

Analisi economica di massima (PBT)

	Costo specifico	Investimento [€]	Risparmio [kWh]	R/I [kWh/€]	Ritorno [anni]
Cappotto e intonaci [€/mq]	70.00	53'364.00	43'454.00	0.81	14
Infissi [€/mq]	250.00	169'800.00	164'671.00	0.97	12
Isolamento coperture [€/mq]	50.00	276'780.00	112'067.00	0.40	29
Valvole termostatiche [€/mc]	50.00	12'561.00	80'048.00	6.37	2
Sostituzione caldaia [€/kW]	0.77	16'000.00	16'319.00	1.02	16
		528'505.00			

Tavola riassuntiva¹⁴

		FABBISOGNO INVOLUCRO [KWh]	Qh [KWh/mc]	Q [KWh/anno]	Epci [kWh/m ³ anno]	EFFICIENZA GLOBALE	ne	nr	nd	np
CASO 1: "REGINA MARGHERITA"	STATO DI FATTO	273.102,50	12,52	454.831,39	14,60	62,2	96,0	73,7	97	87,7
	ISOLAMENTO PARETI	216.213,06	9,91	378.549,44	12,10	59,5	96,0	70,9	97	86,5
	ISOLAMENTO COPERTURE	238.890,56	10,95	410.606,94	13,20	60,5	96,0	71,9	97	87,3
	SOSTITUZIONE INFISSI	235.064,44	10,78	405.220,28	13,00	60,3	96,0	71,4	97	87,3
	INTERVENTO INVOLUCRO	149.685,00	6,86	281.668,61	9,00	56,2	96,0	67,6	97	84,8
	INTERVENTO IMPIANTI	273.102,50	12,52	315.950,83	10,10	86,5	96,0	98,0	97	94,8
	RETROFIT COMPLESSIVO	149.685,00	6,86	175.475,83	5,60	85,7	96,0	97,0	97	94,8
CASO 2: "ELSA MORANTE"	STATO DI FATTO	278.672,78	12,18	460.873,89	14,10	62,2	96,0	73,7	97	87,4
	ISOLAMENTO PARETI	171.631,11	7,50	317.191,67	9,70	56,3	96,0	66,5	97	86,0
	ISOLAMENTO COPERTURE	221.324,17	9,68	384.648,89	11,80	59,5	96,0	70,4	97	86,8
	SOSTITUZIONE INFISSI	230.879,17	10,09	389.771,11	11,90	61,2	96,0	72,1	97	86,9
	INTERVENTO INVOLUCRO	74.405,56	3,41	155.058,61	6,50	51,1	96,0	62,8	97	82,8
	INTERVENTO IMPIANTI	273.102,50	11,94	322.650,00	9,90	86,1	96,0	97,0	97	95,3
	RETROFIT COMPLESSIVO	74.405,56	3,41	83.667,78	2,70	89,5	96,0	97,0	97	99,1

¹⁴ La presente tabella riassuntiva fa parte dello studio di Tesi di Laurea della dottoranda scrivente ed è stata pubblicata nell'articolo di Calice, C., Clemente, C., de Santoli, L., Fraticelli, F. (2012) "Guidelines for the retrofit of the school building stock for sustainable urban regeneration of the city of Rome" in *The Sustainable City VII - Urban Regeneration and Sustainability*, Vol.1 WITPress, pp. 417-428.

		FABBISOGNO INVOLUCRO [KWh]	Qh [KWh/mc]	Q [KWh/ anno]	Epci [kWh/m ³ anno]	EFFICIENZA GLOBALE	η_e	η_r	η_d	η_p	
CASO 3: "VIA DELL'ARCHEOLOGIA"	STATO DI FATTO	409.667,50	17,91	721.391,11	24,10	59,2	96,0	74,3	98	81,9	
	ISOLAMENTO PARETI	323.585,28	14,15	609.509,17	20,30	55,8	96,0	70,9	98	80,4	
	ISOLAMENTO COPERTURE	254.593,61	11,13	517.290,28	17,30	52,1	96,0	67,7	98	78,7	
	ISOLAMENTO SOLAIO A TERRA	383.183,89	16,75	683.936,67	22,80	58,3	96,0	73,8	98	80,9	
	SOSTITUZIONE INFISSI	383.105,28	16,75	683.924,17	22,50	54,4	96,0	74,4	98	75,3	
	INTERVENTO INVOLUCRO	118.803,06	5,45	293.790,00	9,80	38,7	96,0	61,6	98	64,3	
	INTERVENTO IMPIANTI	410.228,61	17,94	471.016,11	15,70	87,1	96,00	97,00	98	95,4	
	RETROFIT COMPLESSIVO	118.803,06	5,45	143.820,28	4,80	82,3	96,00	97,00	98	90,2	
	CASO 4: "ANGELICA BALABANOFF"	STATO DI FATTO	191.201,11	17,64	302.304,17	18,50	65,0	96,0	75,0	98	88,6
		ISOLAMENTO PARETI	165.183,33	15,24	270.462,50	16,60	62,9	96,0	73,1	98	87,9
ISOLAMENTO COPERTURE		125.351,39	11,56	222.147,78	13,60	58,8	96,0	67,9	98	87,9	
SOSTITUZIONE INFISSI		108.888,89	10,04	184.902,50	11,30	59,8	96,0	71,9	98	85,8	
INTERVENTO INVOLUCRO		41.357,78	3,81	89.251,94	5,50	49,1	96,0	59,2	98	86,4	
INTERVENTO IMPIANTI		191.201,11	17,64	216.715,56	13,30	88,3	96,0	98,0	98	95,7	
RETROFIT COMPLESSIVO		44.677,22	4,12	52.221,39	3,20	86,4	96,0	96,0	98	95,7	

5. Conclusioni

Le analisi dei casi studio confermano a grandi linee quanto riportato nell'analisi sul campione di patrimonio.

I fabbisogni per la climatizzazione invernale risultano superiori di circa il 40% negli edifici moderni. Più contenuti i tempi di ritorno per la sostituzione dei generatori di calore e per l'installazione di valvole termostatiche. Sono confermati anche i dati sui rendimenti degli impianti e sul sovradimensionamento dei generatori, accentuato soprattutto negli edifici storici.

Gli interventi sull'involucro risultano ovviamente maggiormente onerosi, in particolar modo gli infissi e, nel caso degli edifici moderni, le coperture, per le superfici di dimensioni significative da riqualificare.

L'investimento, compreso tra i 500.000 € e 1.000.000 € dovrà essere affrontato considerando:

- le necessità prestazionali che prescindono dal risparmio energetico e necessarie per l'adeguamento alla normativa vigente;
- le tariffe incentivanti rese disponibili;
- le ricadute occupazionali;
- i benefici ambientali;
- i benefici riguardanti la sensibilizzazione dell'utenza.

Il potenziale di risparmio da soluzioni integrate di intervento è notevole (fino al 75% di riduzione dell'Epi) e la riqualificazione dell'intero patrimonio del Comune di Roma potrebbe consentire un risparmio di circa 380 GWh annui con un risparmio di emissioni di circa 83.000 tCO₂.

CAPITOLO 5

GLI EDIFICI UNIVERSITARI E PER LA RICERCA

CAPITOLO 5 – Gli edifici universitari e per la ricerca

Indice Capitolo

1. Caratterizzazione dell'edilizia universitaria	101
1.1 Premessa.....	101
1.2. Fondi per l'efficientamento dell'edilizia universitaria.....	102
1.3. Linee evolutive, quadro normativo e quadro esigenziale.....	103
2. Casi studio da Annex36 - IEA REDUCE	106
3. La Città Universitaria di Roma	112
3.1. Caratterizzaione della Città Universitaria	112
3.2. Caso studio 1: L'edificio di Matematica.....	119
3.2.1. Caratterizzazione dell'edificio	119
3.2.2 Stato di fatto ed ipotesi di intervento.....	121
3.1.3 Conclusioni	127
3.3. Caso studio 2: L'edificio di Chimica Farmaceutica	128
3.3.1. Caratterizzazione dell'edificio	128
3.3.2 Stato di fatto ed ipotesi di intervento.....	130
3.3.3 Conclusioni	138

1. Caratterizzazione dell'edilizia universitaria

1.1 Premessa

Gli edifici universitari sono edifici a media complessità tecnologica, in quanto vi rientrano destinazioni d'uso diversificate (aule, uffici amministrativi, dipartimenti) e impianti tecnologici leggermente più complessi.

Le enormi potenzialità della riqualificazione energetica di queste tipologie di edifici, come edifici strategici pubblici, votati a ricoprire un ruolo esemplare nell'avviamento di un programma di recupero energetico del patrimonio esistente, possono tradursi in volano per l'innovazione di prodotto e di processo.

I complessi universitari presentano caratteristiche differenti rispetto agli edifici scolastici tali da renderli significativi come casi studio.

Innanzitutto bisogna tener presente le caratteristiche tipologiche e morfologiche, nonché la tipologia d'utenza e regime di funzionamento diversificato sia dal punto di vista temporale (affollamento dell'edificio variabile in concomitanza di sessioni d'esame o dei corsi) che dal punto di vista spaziale e funzionale (alcuni nuclei funzionali sono occupati con continuità ed altri con discontinuità durante l'anno). Altro aspetto fondamentale consiste nella configurazione del "campus". Il campus universitario, in quanto tale, è composto da un raggruppamento di edifici in forma di distretto. L'efficientamento dei singoli edifici se concepito in maniera integrata con soluzioni impiantistiche intelligenti volte alla creazione di *smart grid*¹, sono perfettamente strutturati per la realizzazione di distretti energetici efficienti, con effetti di ricaduta sul territorio e sulla qualità dell'alta formazione degli utenti notevoli. Se precedentemente abbiamo messo in evidenza l'importanza della sensibilizzazione nelle scuole sull'uso razionale dell'energia, va allo stesso modo evidenziato come sia importante che gli ambienti della ricerca e dell'innovazione siano da esempio come eccellenza nel settore pubblico.

¹Le Smart Grid dovranno coniugare l'utilizzo di tecnologie tradizionali con soluzioni digitali innovative, rendendo la gestione della rete elettrica maggiormente flessibile grazie a uno scambio di informazioni più efficace.



Fig.5.1. Opportunità di studio legate al retrofit dell'edilizia universitaria.

1.2. Fondi per l'efficientamento dell'edilizia universitaria

Tuttavia, il mondo universitario e della ricerca, a causa delle sempre insufficienti risorse finanziarie, della mancanza di incentivazioni statali efficaci, di un *knowhow* chiaro e dal payback time sicuro, attualmente è molto distante da investimenti nella riqualificazione delle proprie sedi operative, con conseguenze difficilmente quantificabili scientificamente ma non di poco conto, quali la qualità del servizio, le ripercussioni sulla produttività e sul comfort dell'utenza.

Gli obiettivi comunitari hanno reso urgente lo stanziamento di fondi per incentivare gli enti a prendere provvedimenti adeguati alle condizioni di obsolescenze diffuse su tutto il territorio nazionale, soprattutto negli edifici pubblici.

La legge 116/2014 ha convertito il DL 91/2014 stanziando 350 milioni di euro per l'efficientamento di scuole ed università pubbliche, prevedendo un credito d'imposta del 15% è l'investimento in macchinari nuovi. Il fondo che ha permesso ciò è il fondo rotativo "Kyoto", con tasso di interesse agevolato allo 0,25 %.

I fondi saranno erogati dopo aver eseguito la diagnosi energetica dell'edificio e aver redatto la certificazione energetica dalla quale deve emergere che è stato ottenuto un miglioramento dell'efficienza energetica di almeno due classi energetiche in tre anni.

In generale, per gli interventi di efficientamento energetico relativi ad analisi, monitoraggio, audit e diagnosi, la durata massima del finanziamento è di dieci anni, mentre l'importo massimo non può superare i 30 mila euro per singolo edificio.

L'importo di ogni intervento, comprensivo di progettazione e certificazione, non può superare un milione di euro se i lavori riguardano solo gli impianti e 2 milioni di euro se, oltre agli impianti, si procede alla qualificazione di tutto l'edificio, compreso l'involucro edilizio.

I finanziamenti sono erogati dalla Cassa Depositi e Prestiti tenendo conto dell'ordine cronologico di invio delle domande.

1.3. Linee evolutive, quadro normativo e quadro esigenziale.

La prima difficoltà scientifica riscontrata risiede nella ricognizione dei dati.

Contrariamente a quanto accade per le scuole, settore molto studiato per ragioni di sicurezza e per semplicità di caratterizzazione del patrimonio, ad oggi la letteratura scientifica è povera di ricerche che approfondiscano il tema del retrofit su queste tipologie di edifici poiché è estremamente difficile accertare la consistenza dello stock edilizio e modellare un "edificio tipo" sufficientemente affidabile e flessibile. Inoltre, l'articolazione in centri di ricerca, dipartimenti e facoltà rende l'università un'istituzione complessa e poco schematizzabile.

Le difficoltà di analisi, tuttavia, non impediscono il conseguimento di importanti margini di risparmio ottenibili attraverso l'attuazione diffusa di interventi di riqualificazione e di efficientamento, accertati dai risultati ottenuti fino a questo momento dalle diagnosi energetiche dei singoli casi studio.

Le strutture universitarie attualmente presenti sul territorio italiano e realizzate fino agli anni '90, presentano caratteristiche tipologiche e funzionali variegata, spesso di notevole pregio architettonico ma in stato di grave obsolescenza e dalle prestazioni energetiche gravemente insufficienti.

L'aumento esponenziale della popolazione studentesca registrato a partire (Legge 910/69) con la liberalizzazione degli accessi, ha smascherato la drammatica inadeguatezza dei locali e l'obsoleta struttura organizzativa, portando a problemi di sovraffollamento delle aule e di carenza di servizi (uffici, segreterie, mense, biblioteche, etc.) , con conseguente susseguirsi di tentativi di modificazione e problemi gestionali e operativi, legati anche alla disomogeneità di assetto.²

Il grafico riportato di seguito mostra la relazione tra la fruizione contemporanea dell'aula dal numero di studenti riportato in ascissa e i mq per utente per minimo funzionale ed ottimizzazione.

² Fonte: Edilizia, Scolastica, Universitaria e Per la ricerca, Manuale di Progettazione edilizia, pp. 125-129

La variabilità, da 0,84% al 2,1 % è molto spesso non rispettata, causando problematiche di benessere indoor attraverso l'eccesso di carico latente e di insalubrità dell'aria.

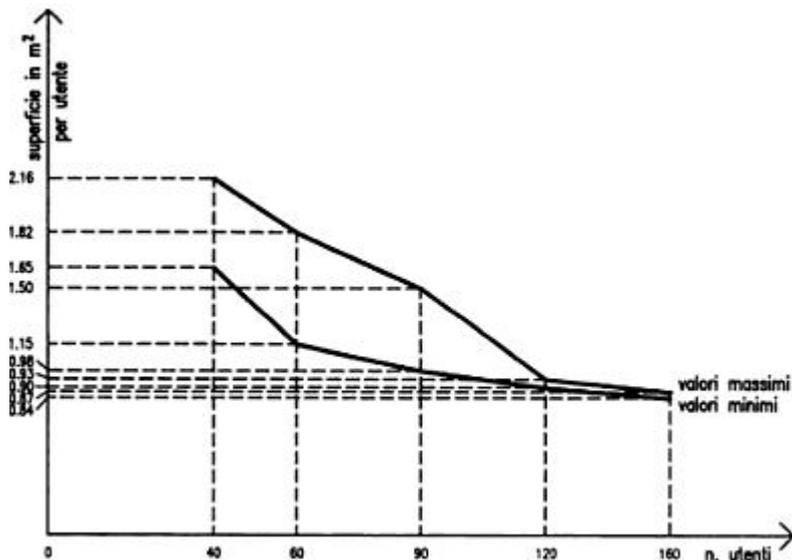


Fig. 5.2. Soglie dimensionali per utente per aule per lezioni (fonte Censis).

Il quadro normativo che ha portato alla configurazione degli Atenei così come sono oggi è così sintetizzabile:

- la riforma Gentile (RD 2102/23) definisce i primi lineamenti di una struttura universitaria;
- la legge 168/69 istituisce il Ministero dell'Università e della Ricerca e viene sancita l'autonomia dell'università e dei centri di ricerca;
- la Legge 766/73 è il primo provvedimento organico per l'edilizia universitaria;
- la Legge 28/80 attiva una fase di sperimentazione didattico-scientifica.

Il mondo universitario italiano supera le 50 università (non considerando le sedi distaccate) 356 facoltà (secondo dati ministeriali del 1991) , 650 dipartimenti, 2300 istituti, 1750 dottorati di ricerca, 1500 scuole speciali, 70 laboratori.

I dati CRESME e CONSIP datati al 2009 riportano i seguenti dati di consistenza per gli edifici destinati a formazione e ricerca:

- l'istruzione conta **2.025 edifici per 2.594.456 mq;**
- gli edifici per ricerca e sviluppo conta **247 edifici per 491.701 mq;**

La distribuzione territoriale vede ovviamente la provincia di Roma al primo posto sia come numerosità di edifici che come concentrazione delle superfici.

Le caratteristiche funzionali prevalenti presentano regimi di funzionamento e quadro esigenziale diversificato in due macro-aree: gli spazi per la didattica (aule e laboratori) e gli spazi a destinazione ufficio (segreterie, dipartimenti, centri di ricerca, sale riunioni, etc.). Questa commistione richiede la diversificazione dei provvedimenti da attuare per ottimizzare con soluzioni integrate il fabbisogno energetica ed il comfort indoor: l'illuminazione naturale ed artificiale in funzione dell'attività svolta, orari di funzionamento dell'impianto di climatizzazione in funzione dell'occupazione effettiva degli ambienti, l'approvvigionamento di energia elettrica per attrezzature di laboratorio o necessarie alla didattica, etc.

La commistione funzionale rende necessarie riflessioni differenziate ed azioni mirate, a partire dalla soddisfazione degli utenti e dalle condizioni di involucro ed impianti.

Nel dettaglio, si descrivono i nuclei funzionali come segue:

Spazi per attività didattiche e di studio

- Lezioni, aule non attrezzate, aule attrezzate, aule per conferenze, sale lettura

Spazi per funzioni complementari ad attività didattiche e di studio

- Biblioteche, servizi stampa, archivi

Spazi relativi alla gestione e amministrazione

- Presidenza, sala riunioni, segreterie, amministrative, Biblioteche, servizi stampa, archiviazione

Spazi per la distribuzione

- Corridoio, atrio, scale, disimpegni

Fig. 5.3. Principali nuclei funzionali degli edifici universitari (Fonte: Hoepli).

In particolare, bisogna sottolineare come la diversificazione funzionale porta a valutare con maggiore cura gli aspetti legati ai consumi elettrici di laboratori e sale computer, il comfort indoor nelle aule spesso sovraffollate, l'ottimizzazione dei sistemi per le aree ad ufficio.

Ne consegue che una valutazione adeguata degli interventi da compiere tenga presente degli indicatori, utilizzati nella fase successiva della ricerca per individuare casi studio significativi:

- consistenza e distribuzione sul territorio;
- epoca di costruzione e stato di conservazione con conseguente analisi della dinamica di crescita e sviluppo;
- livello di utilizzo e di occupazione;

- caratteristiche dimensionali, tecnologiche e prestazionali;
- caratteristiche dei sistemi impiantistici per il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione, l'illuminazione e per la domotica;
- consumi energetici registrati, se disponibili.

Di seguito si riporta lo studio maggiormente significativo disponibile attualmente su edifici universitari, anche se datato 2004, e i casi studi ritenuti più interessanti ai fini della ricerca.

2. Casi studio da Annex36 - IEA REDUCE

Lo studio dell'IEA illustrato nel capitolo precedente, configurandosi come uno dei pochi studi esistenti strutturati per il recupero e la riqualificazione energetica di edifici universitari esistenti, è utile come riferimento metodologico e come risultati da esperienze pregresse alla luce dei quali valutare gli strumenti di calcolo utilizzati e la vantaggiosità delle soluzioni proposte.

I casi studio riportati di seguito hanno previsto un intervento di retrofit integrato sull'involucro e sugli impianti su edifici realizzati tra la seconda metà degli anni 50 e la seconda metà degli anni '70.

In particolare, sono analizzate:

- University of Bremen Construction Department;
- University of Stuttgart;
- Rural and Surveying Engineering Building, N.T.U.A., Athens;
- Energy-Efficient Retrofit of the Laboratories in Juelich, Germany.

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.

CASO STUDIO 1: University of Bremen Construction Department

General Information

General Information

Year of foundation: 1660
 Type of library: open access library with lending department
 Inventory: approximately 3.1 Million volumes (2000)
 Building volume: 125,253 m³
 Year of construction: 1974
 Year of renovation: 2002 – 2003
 Total floor area (gross): 28 124 m²
 Usable floor space: 19049 m²
 Number of pupils: 26,000 students as users + staff of 1,900



Measures

	Surface Area [mq]	Specific Transmission Losses [W/K]		U-value [W/m ² K]	
		Before Retrofit	After Retrofit	Before Retrofit	After Retrofit
ExteriorWall	3.964	5.877	5.877	1,48	1,48
Roof	7.805	4.695	2.411	0,6	0,31
BaseFloor	7.805	11.212	11.212	1,44	1,44
Windows	2.954	10.413	5.227	3,53	1,77
Total	22.582	32.196	24.726		

The retrofit includes measures to the building envelope as well as the internal systems. Originally heating and cooling was provided exclusively by supply air. The new HVAC system separates the heating and cooling. The air change rate varies according to the requirements of indoor air quality. Perimeter offices have been equipped with operable windows to allow natural ventilation. All façades have been equipped with new glazing. New repositioned luminaires have been installed in the library. Daylight responsive controls have been installed in daylight zones.

Energy Savings

	Before Retrofit		After Retrofit	
	Measured Performance	Predicted Performance	Measured Performance	Predicted Performance
Heatingconsumption [kWh/m ² year]	290	290	-	96,2
Coolingconsumption [kWh/m ² year]	42	42	-	30,4
Electricconsumption [kWh/m ² year]	189	189	-	94,7

CASO STUDIO 2: University of Stuttgart , Germany

General Information

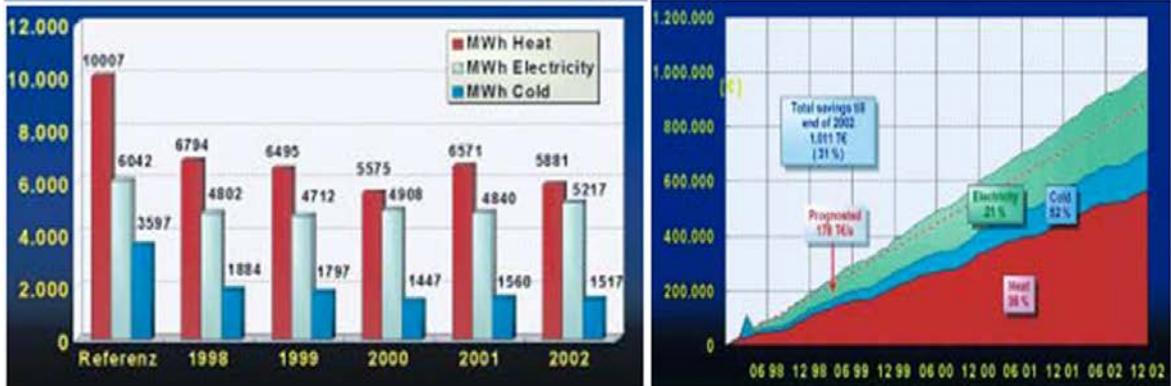
Year of foundation: 1975,1984
 Year of construction: 1974
 Year of renovation: 1997
 Total floor area (gross): 30500 m2



Measures

- Retrofit of DDC Control
- Installation of new DDC/GLT System
- Installation of 100 temperature and humidity sensors to measure heating needs
- Replacement of oversized motors for ventilation
- Optimisation of ventilation strategies
- Measurement of CO2 to adapt ventilation to utilisation needs
- Utilisation of internal heat gains
- Optimisation of heat recovery
- Optimisation of cooling and heating according to actual user requirements
- Continuous energy monitoring
- Continuous training of operators

Energy Savings



Efficient operation saved up to 31% of total energy costs
 Energy costs before retrofit: €650.000 inc.VAT
 Energy costs after retrofit: €450.000 inc.VAT
 Energy savings after retrofit: €200.000 inc.VAT

CASO STUDIO 3: Rural and Surveying Engineering Building, N.T. U.A.T, Athens

General Information

Year of foundation: 1965
 Year of construction: 1965
 Year of renovation: 2003
 Number of student: 9T00
 Total floor area (gross): 8550m²
 Typical classroom: 50 m², 50 students



Measures

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Improvements to external wall insulation - Improvements to U-Value of openings - Reduction of infiltration through window frames - Use of shading devices - Use of simple passive solar systems - Use of daylighting components - Control of space heating - Control of air-conditioning - Improved efficiency of fans or pumps - Insulation of ducts and pipes - Improved heating and cooling supply system - Replacement of filters and air humidifier unit - P.V. systems - Other energy sources - Microclimate improvement | <ul style="list-style-type: none"> - Reduced hot water temperature - Natural ventilation - Night ventilation - Ceiling fans - Other ventilation devices - Evaporative coolers - Solar chimneys - Ground cooling - Thermal mass - Reduction of indoor illumination levels - Task lighting - Control of indoor lighting equipment - Improved effectiveness of luminaries - Use of efficient lamps or ballasts - Control of outdoor lighting |
|--|--|

Energy Savings

Heating:

Present energy consumption for heating: 49.1 kWh/m².

Following a combination of simple energy conservation measures the energy consumption for heating will be reduced to 26.5 kWh/m² a reduction of ~46%, as calculated using the TRNSYS program.

Cooling:

Present energy consumption for cooling: 41.5 kWh/m².

If a combination of retrofitting scenarios based on 6.1, 6.2 and 6.3 are used the energy consumption for cooling is reduced to 11,1kWh/m². A reduction of 73.3% of energy required for cooling will be achieved, as calculated using the TRNSYS program.

Electrical Energy:

Electrical energy for lighting is estimated at 17W/m² for classrooms, 18.2 W/m² for offices and laboratories and 14 W/m² for corridors and service spaces.

The implementation of energy conservation measures for artificial lighting proposed in this project, combined with a reduction of indoor illumination levels and the use of improved lighting controls will contribute to a reduction of electrical energy consumption of approximately 45%.

CASO STUDIO 4: Energy-Efficient Retrofit of the Laboratories in Juelich, Germany

General Information

Year of construction: 1956
 Year of renovation: 2003-2004
 Total floor area (gross): 3330m²
 Typical office/laboratory: 20 m²



Surface	U-Value [W/m ² K]	
	Before retrofit	After retrofit
External wall	(0,38) 0,60*	0,30
Windows	3,4	< 1,5
Flat roof	0,60	0,60

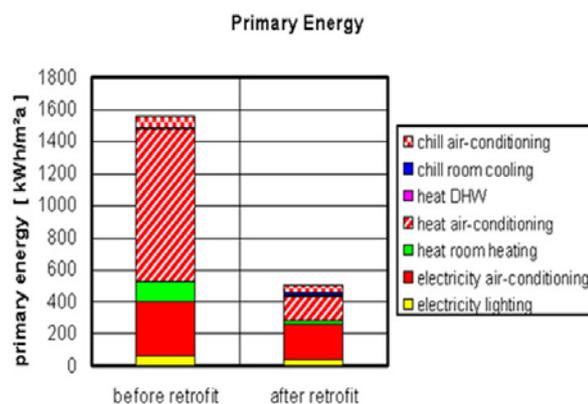
* including the wet insulation material and the thermal bridges

Measures

- Replacement of the existing insulation of the external walls.
- New windows with low-E-coated glazings.
- User-dependent air-streams of the ventilation systems.
- Additional cooling with water.
- Centralisation of the exhaust-air and installation of a heat exchanger.
- Improvement of the efficiency of the fans and reduction of the high ventilation rate.

Energy Savings

The current primary energy consumption of the building amounts to 1558 kWh/m²a. Out of that 1372 kWh/m²a are needed for the air-conditioning and ventilation of the rooms, 126 kWh/m²a for additional heating, 58 kWh/m²a for lighting and 1,6 kWh/m²a for domestic hot water. The retrofit will decrease the primary energy demand to less than a third (502 kWh/m²a) by focusing mainly on the demand for air-conditioning and ventilation (412 kWh/m²a)



Position	Cost-estimation
	Euro
Building	957.000
Heating system	133.000
Air-conditioning system	3.550.000
Lighting system	61.000
Design	207.000
Project management	102.000
Research and monitoring	?
Total	5.010.000

3. La Città Universitaria di Roma

Le riflessioni fatte fino a questo momento hanno condotto ad approfondire la tematica del retrofit dell'edilizia universitaria utilizzando come caso studio degli edifici compresi nella città Universitaria della Sapienza di Roma.

Il caso della Città Universitaria è particolarmente calzante poiché consente di analizzare tutte le problematiche esposte sino a questo momento.

La configurazione della città universitaria è quella di un potenziale distretto energetico, in cui edifici sono impiantisticamente interconnessi ed in grado di "comunicare" tra loro.

E' da sottolineare, inoltre, l'importanza storico-monumentale della maggior parte degli edifici, per la quale problematiche legate alla tutela ed alla conservazione dei caratteri originali tecnologici ed architettonici si aggiungono a quelli di carattere puramente energetico ed ambientale.

Lo stato di fatto, infine, presenta standard qualitativi non sufficienti per soddisfare l'utenza, poiché le soluzioni tecnologiche dell'involucro e degli impianti non sono adeguate alle modalità di utilizzo delle strutture, al comfort necessario ed al contenimento degli sprechi e delle inefficienze localizzate.

L'accurata diagnosi degli edifici presi in esame comprende simulazione in regime statico ed alcune simulazioni in regime dinamico, per un'esatta valutazione del comportamento degli elementi tecnici costituenti l'involucro, la stima della prestazione energetica complessiva, il confronto con i consumi reali e l'individuazione dei possibili interventi a fronte di un'analisi costi-benefici che individui la combinazioni più vantaggiose di investimenti, tempi di ritorno, energy saving e benefici ambientali.

3.1. Caratterizzazione della Città Universitaria

Nella città di Roma si contano attualmente 22 atenei tra statali e privati e 24 atenei pontifici. Il complesso della Città Universitaria della Sapienza ospita il numero di iscritti più alto d'Europa e secondo al mondo.

Occupava circa 439.000 mq di superficie ai quali vanno aggiunti quelli delle sedi della Sapienza al di fuori della città universitaria, nel numero di 16 facoltà e numerosi dipartimenti.

L'impianto urbanistico, pensato da Marcello Piacentini nel 1935 con un impianto basilicale ispirato agli spazi aperti della cultura classica, distribuisce gli edifici che accolgono le facoltà progettate dalla sua équipe di 10 architetti configurando un intervento di ottimo livello qualitativo rimasto unico nel suo complesso nell'edilizia universitaria italiana. Successivamente al 1935, vi furono interventi edilizi che portarono alla saturazione di aree rimaste vuote (il costruito era inizialmente pari ad un settimo dell'intera superficie, in modo da ottenere ampi spazi aperti e spazi verdi) ed alla modifica degli edifici originari che in alcuni casi stravolsero profondamente la concezione architettonica originaria.

L'ardua sfida attualmente è, pertanto, quello di riconoscere le qualità degli edifici e dare inizio ad un processo di rinnovamento tecnologico e retrofit energetico che sia rispettoso dell'enorme valore storico ed architettonico insito nelle sedi dell'Università la Sapienza e di esempio per la riquilificazione del patrimonio nazionale nel quale si possono spesso ritrovare analoghe criticità e potenzialità seppur in contesti più modesti come dimensioni e come impatto sul territorio.

SUDDIVISIONE DELLA CITTÀ UNIVERSITARIA IN ISOLE - ENERGY PARK DEFINITION

Isole	Denominazione	Volume (m³)	Consumi termici (MWh/anno)	Consumi elettrici (MWh/anno)	Raggruppamento isole
1	Rettorato	102.136	597	1.768	Cogeneration 900, PV (50+3) kWp
2	Giurisprudenza, Mineralogia, Fisica V.E., Asilo Nido	289.077	2.820	5.253	
3	Fisica N.E., Chimica N.E., Lettere e Filosofia	197.538	1.736	3.142	
4	Matematica, Chimica Farmaceutica	86.403	870	1.425	Fuel Cell 10 kWe
5	Chimica V.E., Ortopedia	165.718	1188	2.657	Cogeneration H ₂ 600 kWe
6	Servizi Generali, Fisiologia	127.305	2.820	2.379	PV (30+50) kWp
7	Regina Elena	32.000	355	850	Cogeneration 300 kWe
7	Igiene e Batteriologia, Teatro	60.394	778	908	Trigeneration 100 kWe - microturbine
8	Botanica e Genetica, Farmacologia	67.290	830	1.485	Trigeneration 100 kWe - microturbine

Fig. 5.4- Isole energetiche progetto SMART GRID alla Sapienza - isola di interesse n.8 - Fonte - SEAP di Roma Capitale (2010)

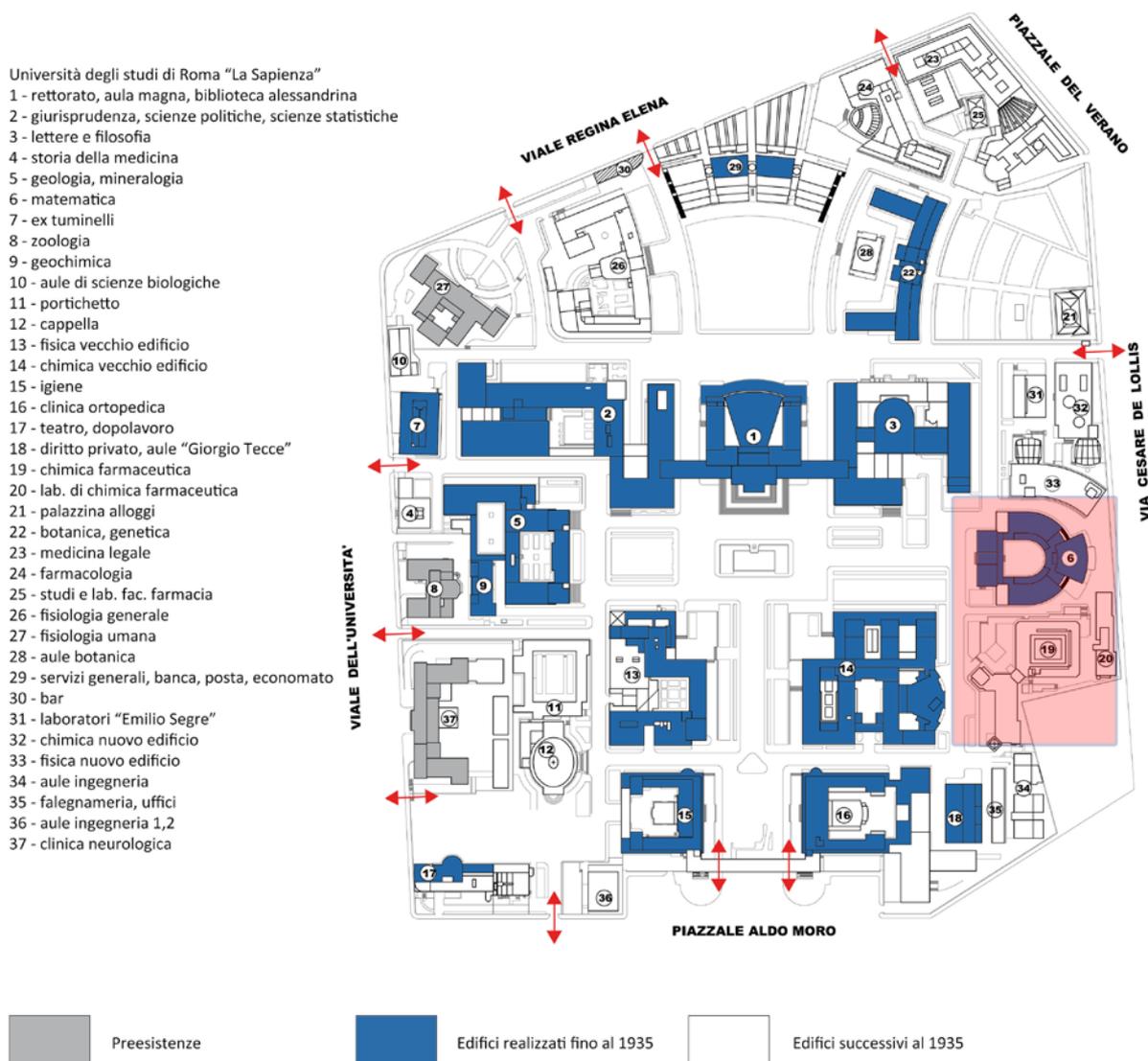


Fig.5.5. Planimetria generale della Città Universitaria di Roma "Sapienza".

	CONSUMI ELETTRICI [kWh]	COSTI SOSTENUTI [€]	INCREMENTO PERCENTUALE [%]
2011	34.268.466	6.591.426	
2012	34.439.193	7.578.275	0,50
2013	35.843.884	7.957.388	4,08

Fig. 5.6 – Consumi dell'ultimo triennio inerenti sia le sedi interne alla città Universitaria che quelle esterne

CONSUMI TERMICI (solo Città Universitaria)	
MWht	
2011-2012	10.260
2012-2013	10.904

Fig. 5.7 – Consumi dell'ultimo triennio della città Universitaria

La Città Universitaria risulta ospitare impianti termici, composti da una centrale termica principale e altre numerose sottocentrali in teleriscaldamento. La rete di teleriscaldamento, funzionante con acqua surriscaldata, alimenta le sottocentrali. L'energia termica richiesta mediante generatori di vapore, alimentati a gas metano, è fornita dalla centrale sita presso il Policlinico, per una potenza complessiva di 16.7 MWt.³ Le sottocentrali di scambio termico preparano del fluido termovettore a livelli termici adeguati alle utilizzazioni. Un consumo pari a 10.260 MWh corrisponde ad un utilizzo per circa 600 ore equivalenti, pari a circa il 40% delle totali ore di accensione durante il periodo di riscaldamento (10 ore giornaliere per circa 150 giorni).

Sarebbero pertanto sufficienti 6,6 MWt per il soddisfacimento dei fabbisogni dell'intera città universitaria in una tipica giornata invernale. Tale potenza sarebbe ulteriormente riducibile nel caso vi fossero interventi di efficientamento degli edifici, in alcuni casi necessari non soltanto per questioni di risparmio economico ed energetico ma soprattutto per condizioni di comfort tanto insufficienti da risultare insostenibili per l'utenza.

Per quanto riguarda i consumi elettrici, i quasi 8.000.000 di euro/anno per circa 35.000 MWhe di consumo di cui circa 20.000 imputabili alla città universitaria, sono dovuti per il 20% (percentuale intermedia tra il 15% per le scuole ed il 25% per gli uffici) all'illuminazione, attualmente costituita interamente da dispositivi ad alto consumo.

La sola introduzione di dispositivi a led, l'applicazione di apparecchi con ottiche a performance elevate e l'introduzione di sistemi di regolazione automatica del flusso in base alla presenza di utenti o di luce naturale sono gli strumenti più efficaci per abbattere i consumi fino a 4.550 MWh annui.

Sulla base di queste premesse si è portato come casi studio due edifici appartenenti alla medesima isola (evidenziati nel riquadro rosso nella Fig.5.8).

³ La caratterizzazione impiantistica della città Universitaria è tratta dal Report RSE/2009/67 "Progettazione di una rete di generazione distribuita dell'energia quale esempio dimostrativo di impiego di tecnologie energeticamente efficienti".

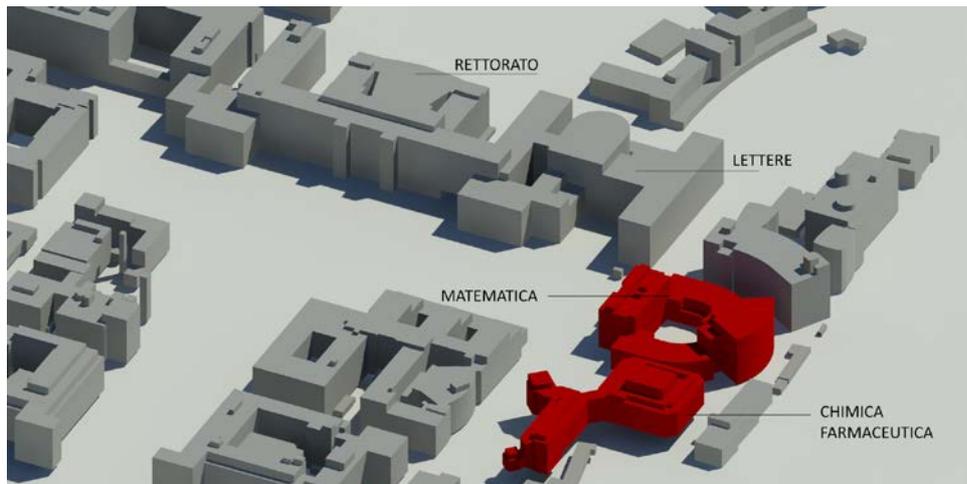


Fig. 5.8 - Consumi dell'ultimo triennio inerenti sia le sedi interne alla città Universitaria che quelle esterne

I casi studio analizzati sono collegati da una dorsale comune di fornitura di energia elettrica e termica, insieme alla facoltà di lettere e filosofia ed al rettorato.

Azioni di riqualificazione integrate non possono prescindere dall'efficienza degli involucri, attualmente recanti forti inefficienze.

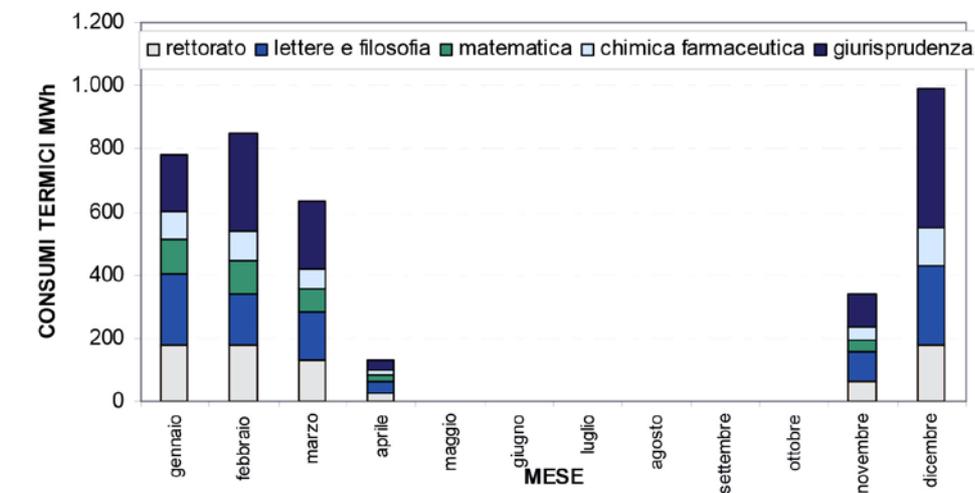


Fig. 5.9 - Consumi termici dell'isola 3 per l'anno 2005 - Fonte: Report RSE/2009/67 "Progettazione di una rete di generazione distribuita dell'energia quale esempio dimostrativo di impiego di tecnologie energeticamente efficienti".

Il consumo medio specifico di energia termica per gli edifici della Sapienza si aggira intorno ai 25 kWh/mq. Il grafico riportato sopra mostra come i consumi termici per l'anno 2005 dell'isola 3.

Questi dati saranno utili per la verifica delle analisi in fase di audit e per la valutazione del miglioramento prestazionale ottenibile.

Per quanto riguarda i consumi elettrici, i dati di consumo elettrici nelle fasce orarie per il triennio

2011-2013 sono i seguenti:

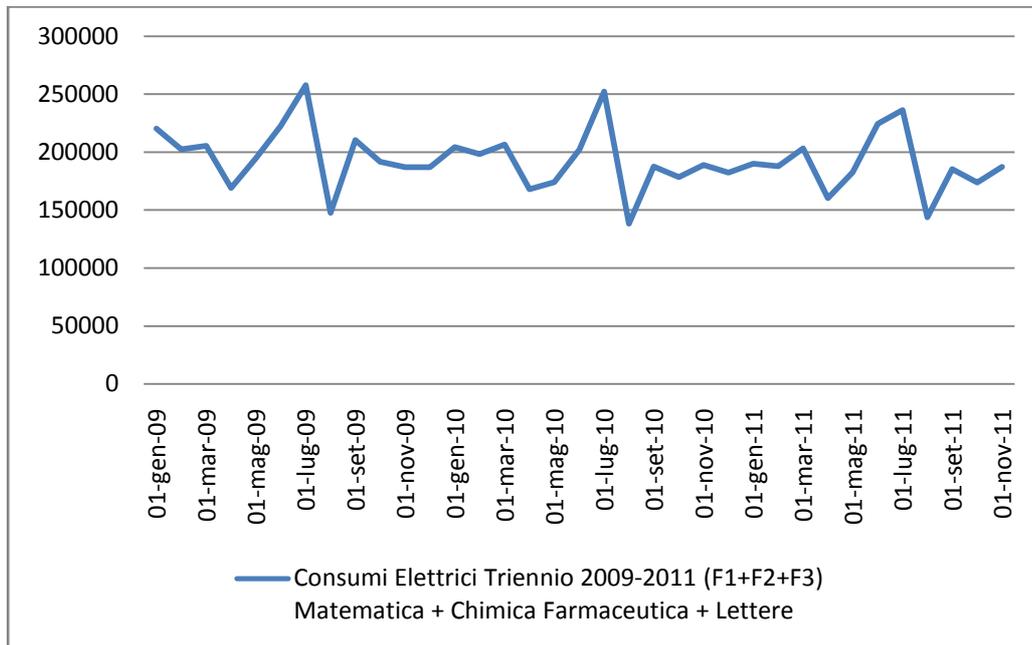


Fig. 5.10 - Consumi elettrici dell'Isola 3 - Matematica + Chimica Farmaceutica + Lettere. Elaborazione dati forniti da SAE (Servizio di Ateneo per L'Energia).

Il consumo elettrico abbastanza elevato è dovuto, come abbiamo già evidenziato, alla numerosa presenza di pompe di calore e di attrezzature per i laboratori, che come carichi interni incidono non poco nel bilancio complessivo del fabbisogno energetico. Scendendo nel dettaglio di una selezione di progetti pilota, si è scelto di analizzare con maggiore dettaglio le seguenti facoltà:

- **Facoltà di Matematica;**
- **Facoltà di Chimica Farmaceutica;**

Il primo, dal grande valore storico ed architettonico, è un edificio molto particolare e richiede valutazioni accuratamente ponderate per la riduzione dei consumi energetici.

Il secondo edificio, chimica farmaceutica, presenta un involucro fortemente energivoro con un'altissima percentuale di superficie trasparente e necessita di profonde operazioni di trasformazione affinché raggiunga livelli di efficienza soddisfacenti.

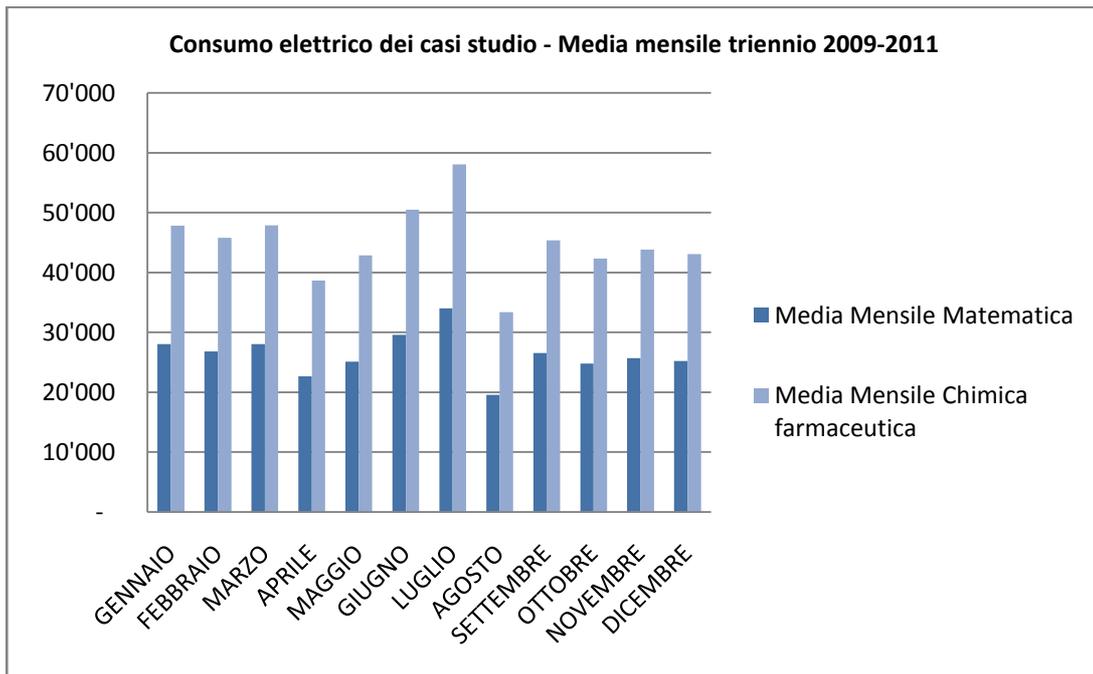


Fig. 5-11 – Consumi elettrici a confronto - Matematica e Chimica Farmaceutica. Elaborazione dati forniti da SAE (Servizio di Ateneo per L'Energia).

I dati di consumo elettrico, distribuiti secondo la volumetria complessiva dell'isola 3 della quale sono disponibili i dati (tenendo quindi in conto un errore del 20%), evidenzia un consumo maggiore nella facoltà di Chimica Farmaceutica, sia per via dell'involucro di peggiore qualità che per via delle destinazioni d'uso presenti, tra le quali vengono annoverati numerosi laboratori specialistici con le relative esigenze di regolazione interna e con le specifiche attrezzature. La maggiore richiesta elettrica si verifica nel periodo estivo (valore massimo a luglio).

I due edifici, pertanto, possiedono caratteristiche per le quali la loro analisi può fornire strumenti di audit e retrofit efficaci:

- appartenenza alla stessa dorsale impiantistica;
- Configurazione planimetria a corte e accorpato;
- epoche differenti di costruzione (anni '30 e anni '60)
- caratteristiche dell'involucro differenti a livello tecnologico ed impiantistico (muratura portante e struttura in c.a. armato);
- caratteristiche funzionali volte a ricoprire un'ampia casistica di edifici universitari (prevalenza di aule per la didattica per la facoltà di matematica e prevalenza di laboratori per la facoltà di chimica-farmaceutica).

3.2. Caso studio 1: L'edificio di Matematica

3.2.1. Caratterizzazione dell'edificio

L'edificio, considerato tra gli edifici più rappresentativi per le scelte compositive, fu progettato da Giò Ponti nel 1935 e subì nel tempo delle alterazioni funzionali per la redistribuzione degli spazi destinati alla didattica.



Fig. 5.12 - Facoltà di Matematica: facciata principale e dettaglio infisso su corte centrale - Arch. Giò Ponti, 1934

L'edificio ha subito nel tempo trasformazioni che ne hanno alterato l'aspetto originale ed hanno compromesso la percezione degli spazi così come originariamente concepiti.

Nel 1974 la necessità di avere spazi per aule ed uffici (soprattutto dipartimenti) ha portato alla suddivisione delle grandi aree open space, facendo scomparire i corridoi di distribuzione con affaccio sulla corte ed alterando pertanto anche i percorsi interni e l'accessibilità degli ambienti di piano. Nel 1968 inoltre sono stati realizzati due prolungamenti sugli spazi curvi determinando la fusione del volume d'ingresso con la parte restante dell'edificio. La percezione dello spazio aperto della corte risente altresì della presenza delle scale antincendio realizzate nel 1985 e delle numerosissime unità esterne delle pompe di calore presenti negli uffici adiacenti.

suddetto progetto pilota, pertanto, presenta, più di altri, complesse possibilità di riqualificazione in cui il retrofit tecnologico ed energetico deve integrarsi ad interventi coscienti che garantiscano la funzionalità e la memoria storica dell'edificio.

L'involucro opaco presenta pareti in muratura ovviamente prive di isolamento e gli infissi sono quelli originari del 1939 in ferro finestra. La conformazione planimetrica a corte presenta l'ovvio

vantaggio di un maggiore soleggiamento e di un buon livello di ventilazione naturale negli ambienti, ma anche una maggiore superficie disperdente.

La tecnologia costruttiva in muratura permette ovviamente la minimizzazione dei ponti termici, concentrando le dispersioni nelle ampie finestrate dell'edificio. La trasmittanza media delle pareti verticali esterne è stata calcolata intorno a $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

La particolarità dell'edificio e le potenzialità dell'intervento hanno condotto ad una duplice simulazione in regime stazionario ed in regime dinamico.

Per quel che concerne la caratterizzazione impiantistica, la sottocentrale ha una potenza termica di 717 kWt (edificio 6 – contatore tipo WPM65) e le condotte di teleriscaldamento hanno una lunghezza di 28 metri e diametro di 70 mm. I terminali sono costituiti da tradizionali radiatori.⁴

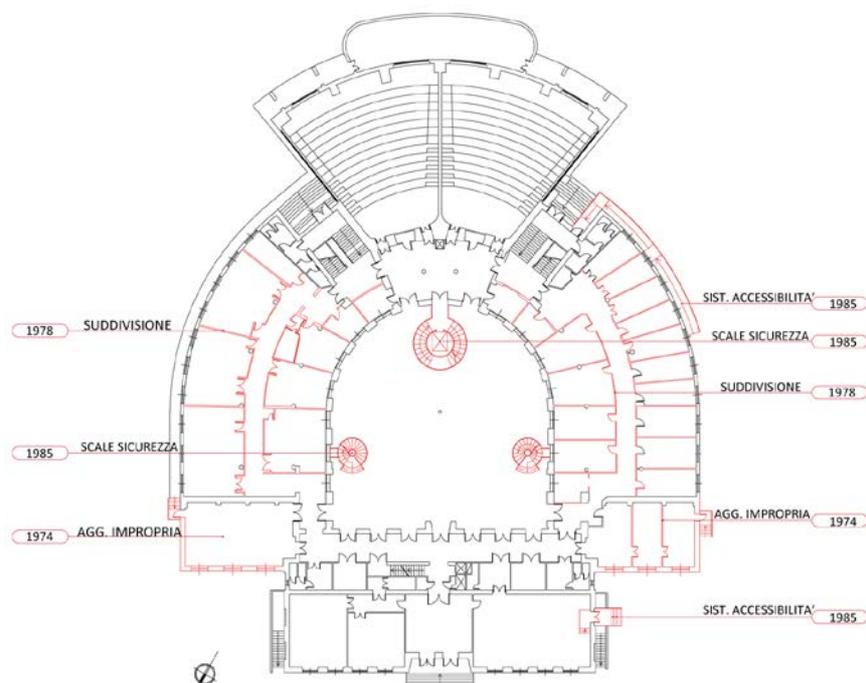


Fig. 5.13 – Planimetria Piano Terra – Stato originario e successive modifiche⁵

⁴I dati riguardanti la certificazione energetica della città Universitaria fanno riferimento al rapporto RSE/2009/67 di L. de Santoli, G. Caruso, F. Bonfà "Progettazione di una rete di generazione distribuita dell'energia quale esempio dimostrativo di impieghi di tecnologie energeticamente efficienti".

⁵L'elaborazione grafica della planimetria della facoltà di Matematica è inserita nella tesi di laurea dell'Arch. Latrofa.

3.2.2 Stato di fatto ed ipotesi di intervento

L'analisi sullo stato di fatto è stata condotta con diversi strumenti a confronto, operanti in regime dinamico, col fine di definire l'involucro in maniera sufficientemente compiuta.

L'attività di analisi si è svolta principalmente in due modi:

- studio dell'involucro con il software TRNSYS 16;
- audit energetico con il software Archienergy.⁶

Gli interventi ipotizzati sull'involucro hanno permesso la valutazione dei miglioramenti prestazionali ottenibili attraverso calcolo in regime dinamico. Si è proceduto al calcolo dell'involucro con il software TRNSYS 16, operante in regime dinamico, suddividendo l'edificio in zone termiche non servite dal medesimo impianto ma accorpabili per esposizione delle pareti esterne ed apporti gratuiti. I criteri di suddivisione sono essenzialmente l'esposizione e la destinazione d'uso. La prima influenza le zone in termini di dispersioni e di apporti solari ricevuti, dalla seconda invece derivano una serie di parametri, come l'affollamento ed i ricambi d'aria necessari. L'affollamento incide ai fini di calcolo sia come apporti interni, e quindi come calore latente, sia per la produzione di umidità in un determinato ambiente. Di conseguenza per mantenere la qualità dell'aria a livelli di comfort accettabili, la normativa prevede una certa quantità di ricambi aria a persona in base alla funzione svolta all'interno di una determinata zona. Altri dati inseriti sono la potenza del riscaldamento, dell'illuminazione e di eventuali monitor o computer, che, come per le persone, sono sorgenti di calore, nonché incidono sul consumo totale dell'edificio.

Per ciascuna zona sono state calcolate ora per ora i parametri di calore sensibile disperso, umidità relativa e temperatura operativa dell'aria, di grande utilità per individuare le condizioni di comfort dell'utenza.

⁶ Il software Archienergy non è certificato dal CTI ma offre la possibilità di effettuare un calcolo orario in regime dinamico dell'involucro parallelamente al calcolo in regime stazionario ai fini della produzione dell'Attestato di Prestazione Energetica.

E' inoltre uno strumento molto rapido ed intuitivo, caratteristiche estremamente utili per la diffusione del suo utilizzo da parte degli enti e delle PA.

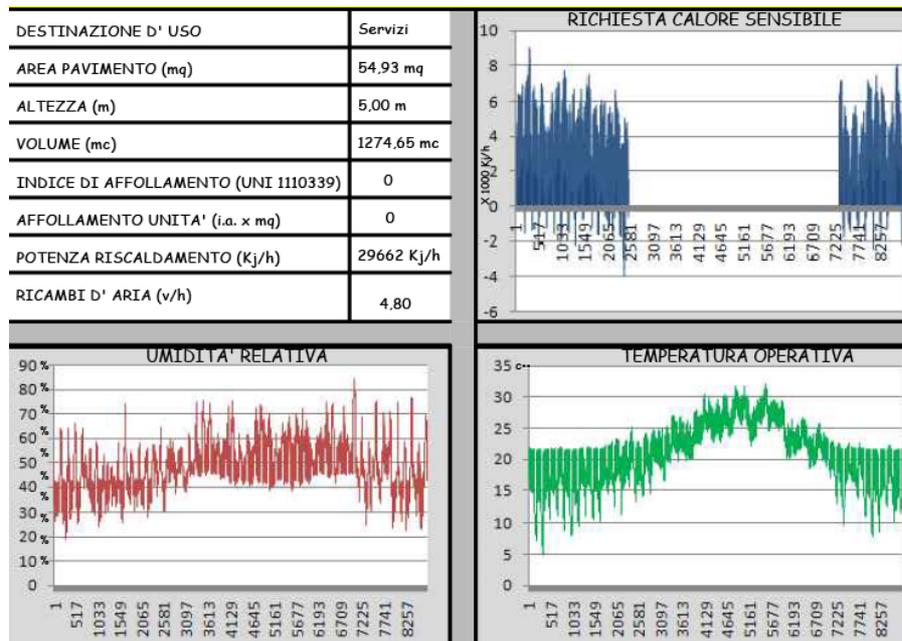


Fig. 5.14 – Esempio di calcolo di zona termica – Calore sensibile, umidità relativa, temperatura operativa

Il calcolo in regime statico porta come risultato il fabbisogno energetico globale pari a 653 MWh per 189 t/anno di emissioni di CO₂ e un Epi ricavato simulando un sistema impiantistico verosimile di circa 50 kWh/m³anno.

Come era prevedibile, l'involucro, seppur poco affetto da porti termici, disperde moltissima energia.

Lo studio delle dispersioni zona per zona ha permesso di desumere come le temperature operative e i livelli di umidità relativa siano spesso eccessivi, soprattutto nella sale insegnanti, ed il raggiungimento di livelli di comfort è eccessivamente affidato al sistema impiantistico a causa di un involucro troppo poco performante.

Le ipotesi di retrofit comprendono tre scenari principali:

- 1 riqualificazione dell'involucro opaco, ottimizzazione del sistema di regolazione e utilizzo di multisplit da posizionare in copertura (per eliminare le unità esterne in facciata), senza sostituire lo scambiatore appartenente alla rete di teleriscaldamento, con impianto fotovoltaico da 20 kWp;
- 2 riqualificazione dell'intero involucro, ottimizzazione del sistema di regolazione e utilizzo di multisplit, con impianto fotovoltaico da 20 kWp;
- 3 riqualificazione del solo sistema impiantistico sostituendo il generatore con un sistema di cogenerazione.

Di seguito analizziamo il comportamento del solo involucro e i tre scenari di retrofit considerati.

L'ottimizzazione delle caratteristiche termo-fisiche degli elementi tecnici è avvenuto attraverso l'introduzione di un cappotto interno in fibra di legno con conduttività termica $\lambda = 0,036-0,038$ W/mK e la sostituzione delle vetrature esistenti con vetro-camera ad alta efficienza attraverso il quale migliorare di circa il 56% la prestazione complessiva dell'infisso raggiungendo una trasmittanza di $1,41$ W/m²K.

Si è inoltre previsto un intervento di isolamento della copertura con pannello isolante termoacustico in lana di legno di abete rosso dello spessore di 11 cm, portando la trasmittanza totale del pacchetto ad un valore di 0.286 W/m²K.

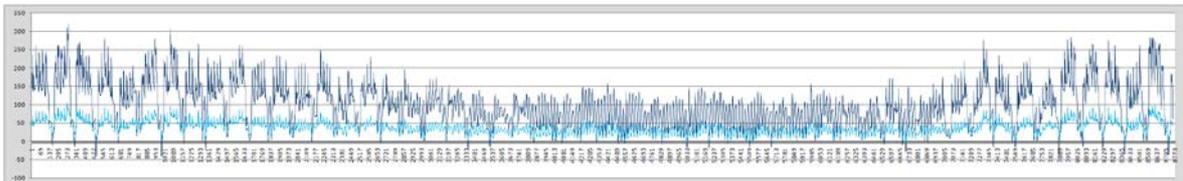


Fig. 5.15 – Dispersioni totali attraverso l'edificio per ogni giorno dell'anno (kWh) nello stato di fatto e nello stato di progetto (sostituzione infissi, isolamento a cappotto interno e isolamento copertura).

Sommando tutti le dispersioni orarie durante l'anno e confrontandole con le dispersioni in seguito all'intervento sull'involucro si ottiene una riduzione del 63%.

Il calcolo delle dispersioni con il software Trnsys ha permesso anche di stimare gli indici PMV (voto medio previsto) e PPD (percentuale di insoddisfatti) secondo la normativa internazionale UNI EN ISO 7730, facente parte di una serie di norme relative ai metodi di misurazione e di valutazione degli ambienti in cui l'uomo permane. Le condizioni di comfort per l'uomo, perché percepite come tali, devono tenere conto dell'attività fisica svolta all'interno degli ambienti confinati, dell'abbigliamento e da parametri ambientali quali la temperatura dell'aria, la temperatura media radiante, la velocità e l'umidità dell'aria.

Il PMV deriva dal bilancio termico il cui risultato viene rapportato ad una scala di benessere psicofisico ed esprime il parere medio (voto medio previsto) su campione di soggetti alloggiati nel medesimo ambiente. Ne deriva la percentuale di insoddisfatti in rapporto alle condizioni microclimatiche.

L'intervento di retrofit ha portato il PMV da un valore di $-1,18$ (ambiente nel quale il microclima viene percepito mediamente come leggermente freddo) ad un valore di $0,72$ (ambiente della condizioni microclimatiche medie accettabili) riducendo di quasi il 50% la percentuale di

insoddisfatti.

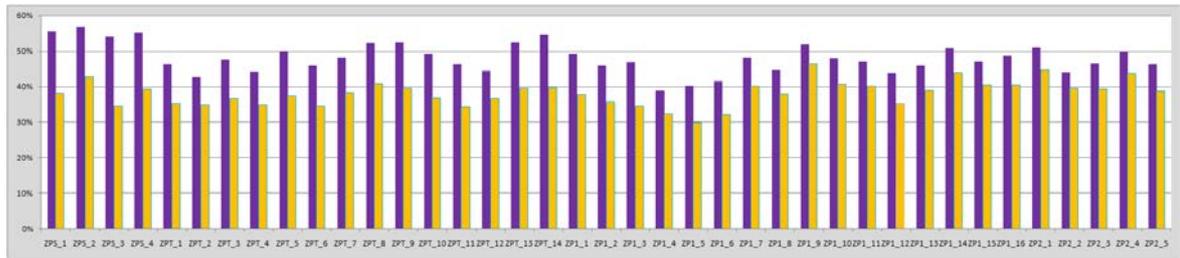


Fig. 5.16 – Dispersioni totali attraverso attraverso l'edificio per ogni zona termica considerata

Gli interventi di retrofit tuttavia devono, così come indicato dalla direttiva 2010/31/CE EPBD *recast*, rispettare le valutazioni tecniche ed economiche di convenienza oltre a quelle di comfort dell'utenza.

Tali valutazioni desumibili dall'analisi effettuata sono le seguenti:

- l'intervento sull'intero involucro risulta quello più performante ma con tempi di ritorno di quasi trent'anni, considerando anche le incentivazioni derivanti dal Conto Termico⁷ tempi ammissibili per il ciclo di vita dell'edificio ma poco sostenibili per le Amministrazioni Pubbliche che vogliono intervenire sul patrimonio;
- intervento sull'involucro opaco, comprendente interventi sugli impianti di costo contenuto e di facile installazione, risulta il più vantaggioso in termini di rapporto costo-beneficio, poiché l'investimento si riduce del 30% circa eliminando la sostituzione degli infissi in ferro finestra (intervento molto costoso, considerando un costo specifico di circa 400 €/mq per infissi basso-emissivi);
- affinché il teleriscaldamento sviluppi pienamente i suoi vantaggi energetici, è necessario che, per la generazione del calore, si utilizzi un sistema combinato, che produca contemporaneamente elettricità e calore; da qui deriva la scelta dell'impianto cogenerativo, ipotizzando ovviamente l'applicazione di un sistema di cogenerazione all'intera isola 3. Data l'onerosità di tale scelta, si è predisposta un'analisi ipotizzando la sola introduzione del cogeneratore. I tempi di ritorno sono abbastanza elevati, costi di manutenzione anche e le emissioni piuttosto elevate di tutti i maggiori macro-inquinanti di interesse normativo, nonostante i significativi progressi compiuti negli ultimi anni.

⁷ Il DM 28/12/12, il c.d. decreto "Conto Termico", si dà attuazione al regime di sostegno introdotto dal decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28 per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da **fonti rinnovabili**.

	INTERVENTO 1	INTERVENTO 2	INTERVENTO 3	INTERVENTO 4
	Involucro opaco e trasparente+ multisplit+ fotovoltaico+ termostatiche	Involucro opaco+multisplit+fotovoltaico+ termostatiche	Cogenerazione+ termostatiche	Cogenerazione + involucro opaco+ multisplit+ fotovoltaico+ termostatiche
Fabbisogno energetico elettrico [MWh]	244	244	250	231
Fabbisogno energetico termico [MWh]	73	156	499	205
Variazione del fabbisogno energetico elettrico[%]	-2%	-2%	0%	-7%
Variazione del fabbisogno energetico termico [%]	-83%	-63%	17%	-52%
Epci [kWh/m3 anno]	10	15.5	25.7	14
Classe energetica	E	E	G	E
Variazione dell'Epci [%]	-77%	-55%	-26%	-60%
Energia auto-prodotta	29 MWh	29 MWh	139 MWh	48 MWh
Variazione delle emissioni di CO2 [%]	-43%	-36%	-23%	-38%
Risparmio annuale	66.000 €/anno	59.000 €/anno	21.000 €/anno	58.000/anno
Investimento iniziale	882'000 €	509'000 €	175'000	514'000
Tempi di ritorno	27,5 anni	14,7 anni	11 anni	15 anni

Fig. 5.17 – Confronto tra gli audit delle 4 ipotesi di intervento – calcolato con Archienergy.

L'intervento 4, seppur meno completo, è ritenuto il più vantaggioso, in quanto permette un miglioramento significativo della qualità dell'involucro ed al contempo l'introduzione di fonte di energia rinnovabile e della cogenerazione. Si riporta di seguito l'analisi dei costi effettuata sull'intervento 4:

	IMPORTO	
	[Euro IVA escl.]	Variazione [%] o [eur]
Investimento sull'involucro	384'154	+384'154
Investimento sugli impianti	129'759	+129'759
Altri investimenti		
TOTALE INVESTIMENTO	513'914	+513'914
VAN A 10 ANNI	-890'266	-111'466

Fig. 5.18 – Prospetto economico per l'intervento 2 – calcolato da Archienergy

L'investimento mostra un tempo di ritorno ragionevole considerando la portata degli interventi. Seppur sia da valutare adeguatamente l'utilizzo della cogenerazione, ben funzionante in condizioni di richiesta termica costante - condizioni che non si verificano nel suddetto caso, in cui si presenta il problema dell'utilizzo del calore durante l'estate e durante i periodi in cui le aule rimangono vuote - tale scelta presenta come vantaggio la possibilità di mantenere il sistema di distribuzione e, se combinato con l'efficientamento dell'involucro opaco e con l'ottimizzazione dei rendimenti di regolazione e di generazione degli split, è sufficiente per portare l'edificio dalla classe G alla classe E, con una variazione del fabbisogno termico del 52% e del 60% dell'indice di prestazione energetica globale. Va inoltre considerato l'aspetto del beneficio ambientale, per cui il rapporto tra l'investimento e la CO₂ evitata è pari a 7 e risulta dunque quello più vantaggioso tra gli interventi ipotizzati.

3.1.3 Conclusioni

La facoltà di matematica, composta a livello distributivo per circa il 40% da aule universitarie, per un altro 40% da aule insegnanti e per un 20% da servizi mostra un ampio margine di miglioramento della prestazione energetica. La disponibilità economica dovrà guidare la scelta tra un'ottimizzazione della prestazione energetica dell'involucro con interventi mirati e progettati in modo da tutelare i caratteri compositivi ed architettonici di un edificio di tale pregio e valore con un investimento notevole e tempi di ritorno abbastanza elevati, ma un significativo miglioramento del comfort dell'utenza, soprattutto nelle aule, ed una riduzione del fabbisogno che può arrivare al 60%. Integrando l'edificio nel suo contesto di ateneo e di distretto energetico, potrebbe rendersi necessario la sostituzione del generatore con tecnologie radicalmente differenti, come la cogenerazione, che richiede tuttavia un investimento non indifferente anche nella fase di manutenzione e gestione ma che da solo può portare ad un beneficio ambientale del 23%.

Per quanto riguarda il raffrescamento, dalle analisi in regime dinamico è risultato un comportamento estivo non eccessivamente insufficiente, a causa della buona inerzia termica delle pareti e della configurazione planimetrica a corte. L'adozione di una soluzione impiantistica del tipo multisplit ad alta efficienza può portare all'eliminazione delle unità esterne e ridurre i consumi dei dipartimenti, delle sale insegnanti e di tutti gli ambienti utilizzati come uffici.

3.3. Caso studio 2: L'edificio di Chimica Farmaceutica

3.3.1. Caratterizzazione dell'edificio

La facoltà di Chimica Farmaceutica, adiacente all'edificio di Matematica, presenta una configurazione planimetrica molto diversa ma soprattutto un'articolazione funzionale particolare, in cui ogni volume ha una destinazione d'uso differente.

L'aspetto interessante di questo edificio è proprio la cospicua presenza di laboratori specialistici rispetto a classiche aule universitarie.

Realizzata nel 1962, è concepita da due blocchi che ricalcano la distinzione funzionale: il blocco didattico e quello scientifico sono posizionati ai due lati opposti. Un avancorpo ospita la biblioteca e la sala lauree, mentre il compito di raccordare i tre blocchi è affidato all'atrio centrale. L'aula magna, a pianta anch'essa quadrata, occupa a tutta altezza il centro del blocco, senza essere accennata all'esterno. Intorno troviamo i laboratori, originariamente duplex.

La pelle esterna è costituita da struttura portante in calcestruzzo armato, mentre la parete perimetrale verticale è costituita da pannelli in lamierino ed infissi a vetro singolo. Il calcestruzzo è passante da interno ad esterno, creando un'innumerabile quantità di ponti termici.

Dall'analisi delle murature è infatti emerso che tutto il pacchetto di tamponatura risulta essere non idoneo alla normativa vigente in materia di contenimento energetico, con valori di trasmittanza rilevati che variano da un minimo di 1.37 kW/mq K ad un massimo di 5.74 KW/mq K per gli infissi, attestando così una dispersione per piano che oscilla tra il 33% e il 45%. Dallo studio di tali dispersioni è inoltre emerso come il 45% dipenda dagli infissi ormai obsoleti, mentre la restante parte viene dispersa da solai e chiusure orizzontali.

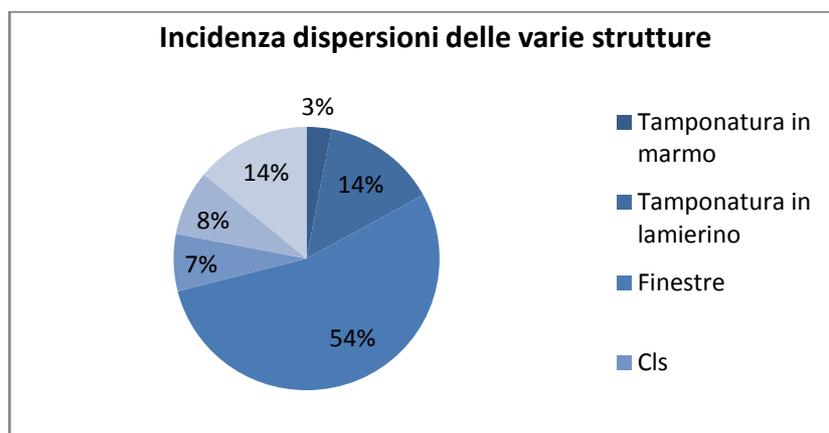


Fig. 5.19 – Distribuzione delle dispersioni attraverso l'involucro.

Per quanto riguarda la caratterizzazione impiantistica, anche qui è presente una potenza termica installata di 523 kWt condotte di 41 metri di lunghezza e 70 mm di diametro.

Bisogna, anche in questo caso, tenere conto della presenza di pompe di calore in alcuni laboratori e di un'U.T.A. installata nel 2009 nell'area della biblioteca. Tale U.T.A. fu inserita per sopperire alle insufficienze dei radiatori in ghisa, migliorando la qualità dell'aria interna introducendo bocchette di mandata e di ripresa nello spazio a tripla altezza, nella quale la parte più bassa non raggiungeva mai una temperatura idonea e nella quale non vi erano adeguati sistemi di ricambio dell'aria interna.

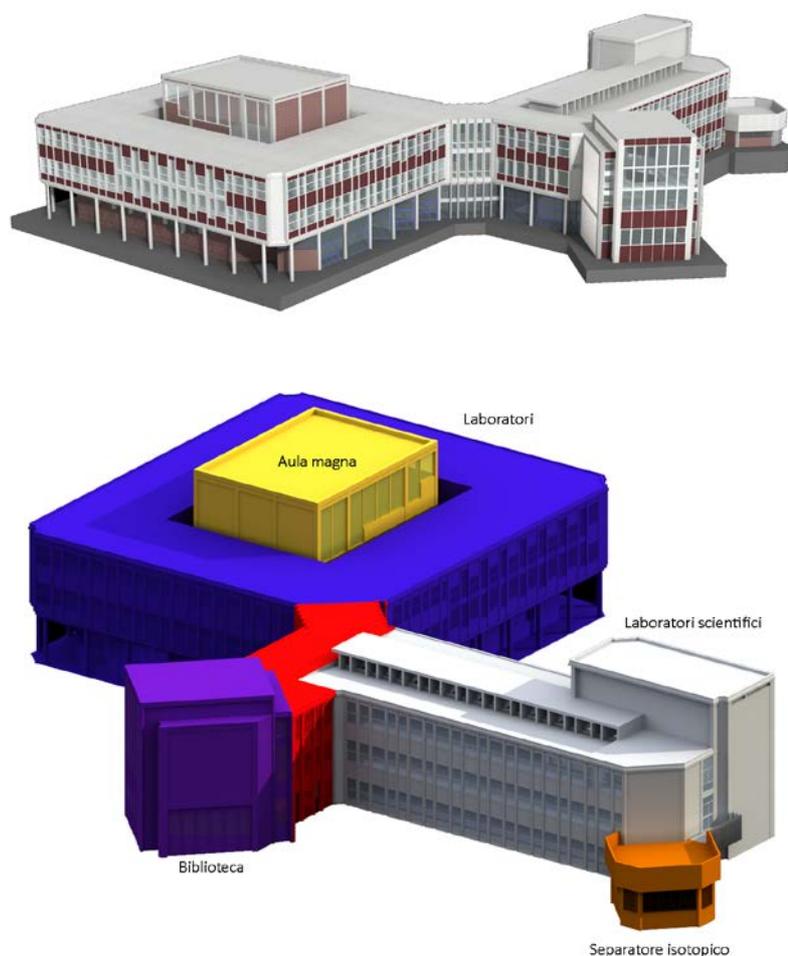


Fig.5.20 – Articolazione funzionale e modello 3d dell'edificio di Chimica Farmaceutica

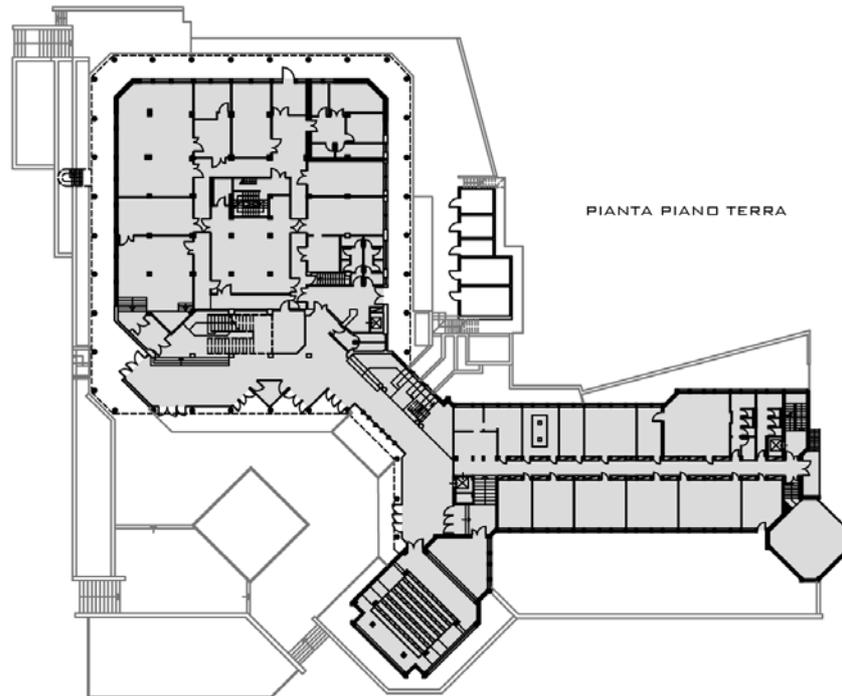


Fig. 5.21 – Pianta piano terra

3.3.2 Stato di fatto ed ipotesi di intervento

Una volta effettuata la scomposizione dell'edificio in quantità numeriche, si è proceduto alla modellazione in TRNSYS, anche in questo caso suddividendo ogni piano in zone termiche, per un totale di 59 (21 al piano terra, 20 al piano primo e 18 al piano secondo), anche in questo caso secondo il criterio dell'esposizione e della destinazione d'uso.

I risultati tenuti maggiormente in considerazione nel corso della simulazione sono stati sia quelli che influenzano il comfort del corpo umano, ovvero temperatura operativa dell'aria e umidità relativa, sia quelli relativi al consumo dell'edificio, ovvero il calore sensibile.

I valori forniti dal TRNSYS, mostrano un fabbisogno di calore sensibile di 570'450 kWh.

Grazie alla capacità del TRNSYS, è possibile visualizzare l'andamento delle dispersioni delle superfici opache e trasparenti su intervalli orari, tenendo conto delle differenze di temperature interne e dell'accumulo di calore delle superfici costituenti l'involucro.

A ribadire l'importanza del concetto di inerzia termica nelle simulazioni energetiche, sono state confrontate le dispersioni ed il fabbisogno di energia per il riscaldamento di due unità termiche simili in dimensioni e tamponature, ma esposte l'una a sud e l'altra a nord. Un difetto dell'edificio, infatti, consiste nel non avere aperture differenziate secondo l'esposizione, con tutti i problemi di comfort per gli ambienti esposti a nord durante l'inverno e quelli esposti a sud durante l'estate.

Dai risultati possiamo notare come le due zone disperdono approssimativamente la stessa quantità di energia, essendo simili le superfici disperdenti, ma la zona P.16, esposta a sud, necessita quasi della metà di energia primaria necessaria a P1.19 per portare e mantenere la temperatura all'interno di 22°. questo perchè la facciata a sud beneficia degli apporti solari entranti dalle finestre, facendo risparmiare quasi il 46% alla zona P1.16.

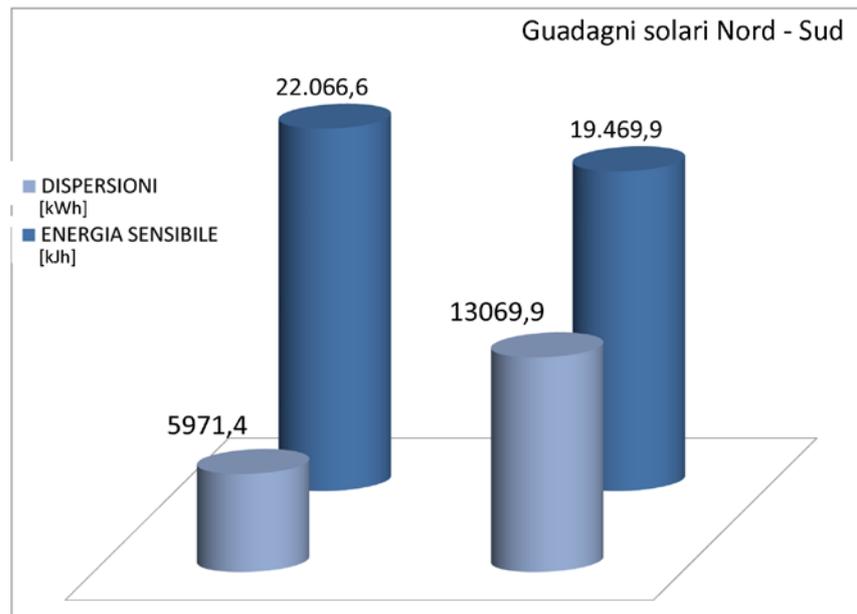


Fig. 5.22 – Confronto tra i guadagni solari tra due zone termiche analoghe con esposizione Nord e Sud

A seguito dell'analisi effettuata è stato ipotizzato un intervento di riqualificazione energetica dell'involucro, al fine di riportare i valori di trasmittanza sotto il livello consentito dal Dlgs. 311/06. La tipologia di chiusura verticale opaca preesistente, costituita da una fitta alternanza di pilastri portanti in C.A., obbliga ad adottare una scelta tecnica costituita da una struttura autoportante in montanti e traversi da applicare esternamente all'involucro dell'edificio. Tale struttura incorpora gli elementi finestrati ed i pannelli opachi interposti tra i montanti, e grazie al montaggio a secco assicura rapidità nel montaggio.

L'efficiamento dell'involucro riporta i seguenti risultati:

- **Infissi:** risparmio energetico: 109'213,10 KWh
- **solaio di terra e copertura:** risparmio energetico: 74'572,86 KWh
- **tamponature esterne:** risparmio energetico: 72'955,84 KWh
- **risparmio energetico annuo totale:** 256'741,81KWh

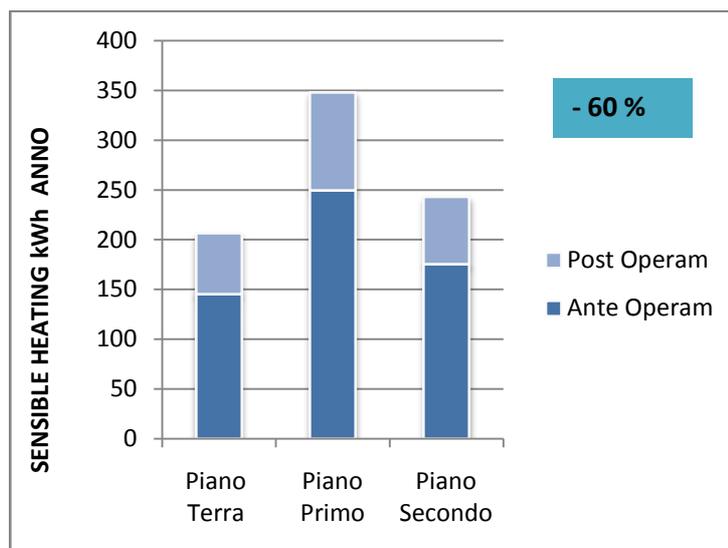


Fig. 5.23 – Confronto tra richiesta di calore sensibile pre e post intervento

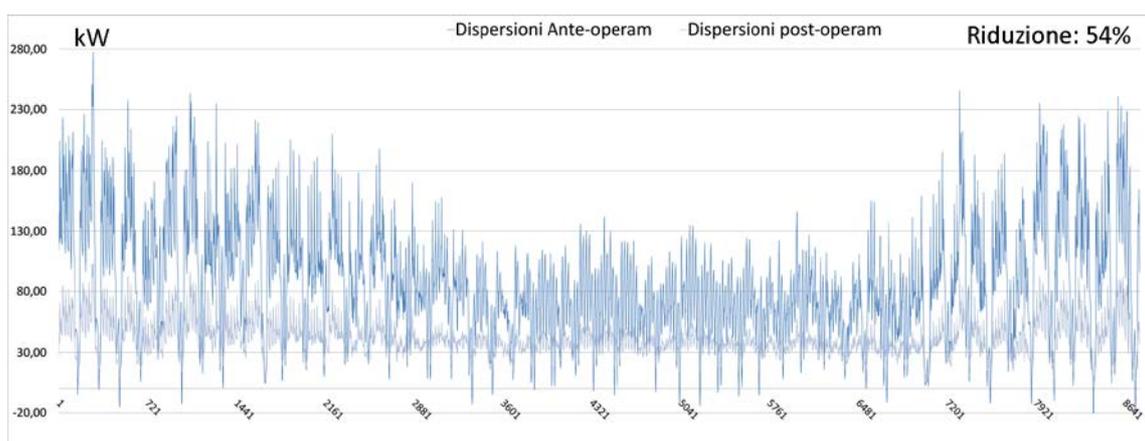


Fig. 5.24 –Aandamento orario delle dispersioni ante e post operam – calcolato con TRNSYS

Sovrapponendo in TRNSYS le dispersioni ante e post operam, risulta che queste passano da 756.564 KWh annui a 342.752 KWh annui, che equivalgono ad una riduzione delle dispersioni pari al 54.7%.

Confrontando i dati relativi al fabbisogno medio annuo di energia ante e post operam, possiamo determinare, con la sufficiente precisione che un simulatore a regime dinamico può fornire, i risparmi che si otterrebbero con un intervento di riqualificazione mirato e puntuale.

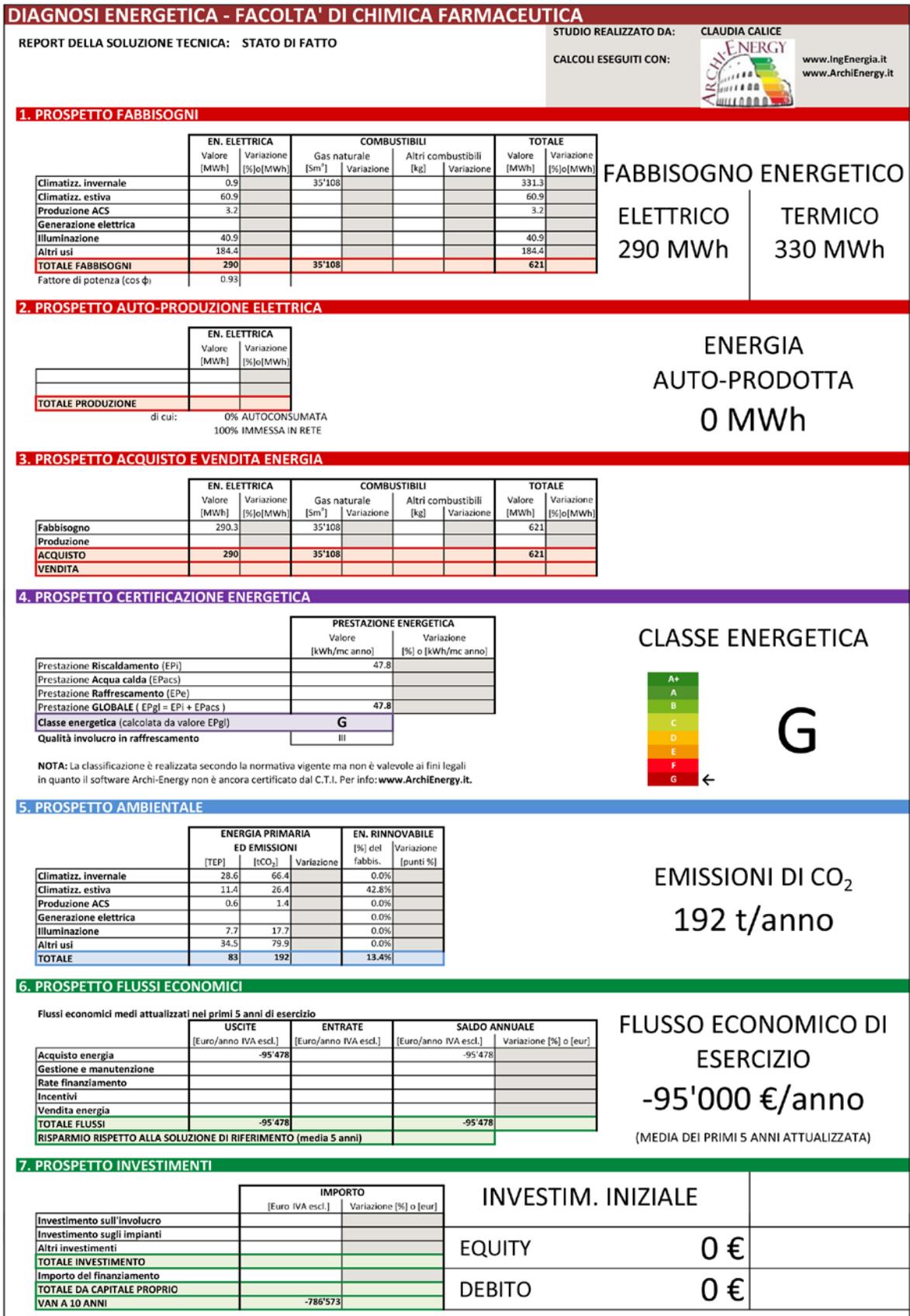
Di contro al software dinamico con il quale è stato affrontato lo studio potremmo contestare che, essendo uno strumento maggiormente rivolto alla simulazione pura, e seppur riesce nel suo intento in maniera più che soddisfacente, non soddisfa alcuni punti salienti della normativa

vigente in materia di risparmio energetico. Non fornisce cioè una risposta “semplificata” all’utente, che è alla base del concetto per il quale è stata introdotta la certificazione energetica ed il concetto di classe energetica degli edifici. Ma essendo basato su un impianto di tipo modulare, permette la personalizzazione e la sperimentazione di tutto ciò che è inerente al campo semantico del risparmio energetico.

Per questa ragione, come per il precedente caso studio, si è proceduto ad un audit simulando gli impianti esistenti ed ipotizzando soluzioni competitive dal punto di vista economico.

E’ possibile notare come le dispersioni del TRNSYS siano superiori a quelle calcolate con Archienergy. Questo è dovuto principalmente al maggior fabbisogno di energia termica calcolata dal modello dinamico, ma anche dalla capacità di calcolare l’inerzia termica delle tamponature, aumentando pertanto la quantità di calore da disperdere.

La pagina seguente riporta i dati sintetici di audit riguardanti l'edificio, calcolati con Archienergy.



L'edificio risulta ad ogni modo essere molto energivoro, registrando un Epi di 47,8 kWh/m³, superiore del 30% rispetto a quello dell'edificio di Matematica.

La cospicua presenza di laboratori aumenta notevolmente i carichi elettrici e termici dovuti ad attrezzature di vario genere e definisce la presenza di un quadro esigenziale delicato, soprattutto per quel che riguarda la qualità dell'aria.

In questo caso, non sarà possibile prescindere dall'intervento sull'involucro, scindendo le chiusure opache da quelle trasparenti, poiché la scansione della facciata e l'incidenza degli infissi sulle dispersioni totale sono tali da renderne necessario l'efficientamento.

Ad ogni modo, anche in questo si sono confrontate più soluzioni ed ipotesi di retrofit:

- Intervento 1: Riqualificazione totale dell'involucro attraverso il sistema a secco sopracitato, impermeabilizzazione e coibentazione della copertura, isolamento del solaio a terra;
- Intervento 2: Riqualificazione integrale con interventi sinergici impianto-involucro, in cui alla coibentazione dell'involucro si aggiunge l'ottimizzazione del sistema di regolazione con valvole termostatiche, l'introduzione di impianto multisplit ad alta efficienza e l'introduzione delle rinnovabili (impianto fotovoltaico da 20 kWp);
- Intervento 3: Riqualificazione integrale con interventi sinergici impianto-involucro, in cui alla coibentazione dell'involucro si aggiunge l'introduzione di un sistema cogenerativo da 50 kWe e di un impianto fotovoltaico tradizionale da 20 kWp;
- Intervento 4: efficientamento del solo sistema impiantistico attraverso introduzione del sistema cogenerativo da 50 kWe.

La tipologia di incentivazione prevista è il Conto Termico, previsto per pubbliche amministrazioni per tutti gli interventi di efficientamento energetico sopra citati.

	INTERVENTO 1	INTERVENTO 2	INTERVENTO 3	INTERVENTO 4
	Involucro opaco e trasparente	Involucro+ valvole termostatiche+m ultisplit+ fotovoltaico	Involucro+ cogeneratore+ fotovoltaico	Cogenerazione+f otovoltaico
Fabbisogno energetico elettrico [MWh]	322.00	286.00	286.00	267.00
Fabbisogno energetico termico [MWh]	42.00	31.00	36.00	338.00
Variazione del fabbisogno energetico elettrico[%]	11%	-1%	-1%	-8%
Variazione del fabbisogno energetico termico [%]	-87%	-91%	-86%	2%
Epci [kWh/m3 anno]	14.7	10.5	9.3	35.9
Classe energetica	E	E	E	G
Variazione dell'Epci [%]	-69%	-78%	-81%	-25%
Energia auto-prodotta [MWh/annui]	0	29	43	126
Variazione delle emissioni di CO2 [%]	-23%	-39%	-40%	-33%
Risparmio annuale [€/anno]	62'000	77'000	76'000	25'000
Investimento iniziale [€]	887'000	1'063'000	1'113'000	276'000
Tempi di ritorno	>30 anni	>30 anni	>30 anni	15,9 anni

Figura 5 – Sintesi dei risultati – interventi a confronto - calcolato con Archienergy

Come specificato sopra, in tale caso è impossibile prescindere dalla riqualificazione dell'involucro poiché le esigenze delicate legate ai ricambi d'aria nei laboratori, la tenuta degli infissi e la qualità dell'aria interna rendono necessario un intervento radicale seppur oneroso.

Il prospetto citato in alto evidenzia come tutti gli interventi che includono l'involucro abbiano un ritorno superiore ai 30 anni, mentre solamente la combinazione della cogenerazione con il fotovoltaico ha un ritorno inferiore ai 15,5 anni.

Facendo, pertanto, valutazioni di natura tecnica, l'intervento più conveniente è quello che prevede l'isolamento dell'involucro e un intervento che non cambi il sistema di generazione ma semplicemente quello di regolazione e la produzione di fonte rinnovabile.

Il risparmio è del 42% sul fabbisogno energetico totale ed il beneficio ambientale di circa il 39%. Nel dettaglio si riporta il prospetto dei benefici ambientali e il quadro degli investimenti necessari per la riquilificazione integrale.

	ENERGIA PRIMARIA ED EMISSIONI			EN. RINNOVABILE	
	[TEP]	[tCO ₂]	Variazione	[%] del fabbis.	[punti %]
Climatizz. invernale	2.8	6.5	-90%	0.4%	+0%
Climatizz. estiva	10.6	24.6	-7%	60.7%	+18%
Produzione ACS	0.6	1.3	-3%	6.4%	+6%
Generazione elettrica	-5.3	-12.4	-12	100.0%	+100%
Illuminazione	7.7	17.7		10.0%	+10%
Altri usi	34.5	79.9		10.0%	+10%
TOTALE	51	118	-39%	35.3%	+22%

Fig. 5.25 – Prospetto ambientale – Calcolato con Archienergy

	IMPORTO	
	[Euro IVA escl.]	Variazione [%] o [eur]
Investimento sull'involucro	887'447	+887'447
Investimento sugli impianti	175'991	+175'991
Altri investimenti		
TOTALE INVESTIMENTO	1'063'439	+1'063'439
Importo del finanziamento		
TOTALE DA CAPITALE PROPRIO	1'063'439	+1'063'439
VAN A 10 ANNI	-1'355'963	-569'390

Fig. 5.26 – Prospetto economico - Calcolato con Archienergy

L'incidenza sull'investimento totale della sostituzione degli infissi è molto elevata (quasi il 40%). E' sensato, tuttavia, considerare come un intervento di aggiornamento tecnologico su componenti vetusti, privi di tenuta e di capacità isolante o in cattivo stato di manutenzione, sia auspicabile a prescindere da interventi di retrofit e può pertanto essere scorporato dall'intervento complessivo. In tal caso, i tempi di ritorno si riducono a 22 anni e il rapporto tra la spesa sostenuta dall'amministrazione e la CO₂ evitata è pari a 9,4 €/kgCO₂.

3.3.3 Conclusioni

Delle prime valutazioni in audit e retrofit di un edificio complesso come quello di Chimica Farmaceutica sono già sufficienti per la definizione di un quadro d'insieme delle maggiori problematiche da affrontare.

Per punti è possibile affermare quanto segue:

- La presenza di un involucro estremamente energivoro e carente sotto il profilo prestazionale rende vano qualsiasi miglioria impiantistica, soprattutto in virtù delle esigenze elevate di un'utenza che conduce attività di ricerca con attrezzature e strumentazioni di vario tipo;
- Tale miglioramento dell'involucro rende necessario un investimento maggiore e quindi un dispendio di risorse più cospicuo per l'ente: ne deriva l'assoluta esigenza di incrementare le politiche di incentivazione per gli interventi sull'involucro;
- I carichi interni e la conformazione dell'involucro non differenziata secondo le varie esposizioni peggiora ulteriormente il quadro dei fabbisogni e, seppur poco spendibile ai fini del rispetto della normativa vigente, può essere estremamente utile una modellazione dell'edificio con un software dinamico per lo studio del flusso istantaneo di calore scambiato con l'esterno;
- La qualità dell'aria interna rende necessario in condizionamento e l'utilizzo di pompe di calore ad alta efficienza può essere una soluzione sufficientemente performante sotto il profilo economico;
- L'utilizzo della cogenerazione risulta in questo caso eccessivamente oneroso in termini di costi di manutenzione in rapporto all'efficienza del generatore;
- La riduzione dei costi e dei tempi di cantiere utilizzando sistemi a secco può aiutare a compensare i costi iniziali dell'investimento necessari all'efficientamento di tutte le chiusure.

CAPITOLO 6

EDIFICI AD USO UFFICIO

CASI STUDIO NEL SETTORE DIREZIONALE PUBBLICO

CAPITOLO 6 – Edificio ad uso ufficio. Casi studio nel settore direzionale pubblico

Indice Capitolo

1. Caratterizzazione dell'edilizia pubblica ad uffici	141
1.1 Premessa.....	141
1.2 Le caratteristiche del patrimonio	144
1.3 I consumi peculiari della destinazione d'uso ufficio.....	147
1.4 La scelta dei casi-studio.....	148
2. I casi studio.....	149
2.1. La procura di Napoli:.....	149
2.1.1 Caratterizzazione dell'edificio	149
2.1.2 Retrofit poco invasivo: Stato di fatto ed ipotesi di intervento.....	151
2.1.3. Conclusioni	154
2.2. La sede dell'INPS di Palermo	155
2.2.1. Caratterizzazione dell'edificio	155
2.2.2. Retrofit in zona B: Stato di fatto ed ipotesi di intervento	163
2.2.3. Conclusioni	164
2.3. Il Fiera District di Bologna.....	165
2.3.1. Inquadramento del Centro Direzionale Fiera District	165
2.3.2. L'evoluzione tecnologica nelle torri	166
2.3.3. I livelli prestazionali della Terza Torre e l'analisi energetica di confronto.....	173
2.3.4. Confronto tra progetto a base di gara e progetto realizzato.....	177
2.3.5. I sistemi impiantistici della Terza Torre.....	186
2.3.6. La profonda ristrutturazione prima torre della Regione: adeguamento ai livelli prestazionali previsti per la Terza Torre.....	187
2.3.7. Gli impianti tecnologici del Fiera District	189
2.3.8. Conclusioni	192

1. Caratterizzazione dell'edilizia pubblica ad uffici

1.1 Premessa

Il settore "Direzionale Pubblico" è in assoluto il meno conosciuto: si sa che gli "Enti Appaltanti" in Italia sono circa 15.000 e che la totalità degli edifici "Direzionali" totalmente occupati da attività non residenziali (pubblici e privati) è di circa 80.000 unità.

Facendo una sintesi di quanto enunciato nei primi capitoli, possiamo affermare che stock di edifici pubblici per ufficio è, al 2013, di 13.680 unità, superficie coperta di 23,4 milioni di mq, che consumano ogni anno oltre 4,3 TWh tra consumi termici ed elettrici per una spesa annua delle Pubbliche Amministrazioni di circa 644 milioni di euro.

Il segmento più energivoro, individuato nell'ultimo quintile di consumi (il 20% degli edifici che ha consumi più elevati), conta 2.740 edifici per un consumo di quasi 1,2 TWh pari a 177 milioni di euro annui.

Applicando un mix di interventi a tale patrimonio, differenziato per zona climatica, è possibile ridurre il consumo del 41% facendo scendere la "bolletta energetica" a 104 milioni di euro annui per un risparmio di 73 milioni l'anno¹.

Per questo motivo, la riqualificazione **del 20% degli immobili più energivori porterebbe ad abbattere i consumi dell'intero patrimonio del -11,3%**. Gli investimenti necessari per gli interventi di riqualificazione risultano essere poco superiori ai 900 milioni di euro ed il pay back time dell'investimento è di 12,5 anni senza incentivi e si riduce a 4,4 anni nel caso di incentivazione analoga all'attuale 65%².

¹ dati sul patrimonio sono tratti dal recente rapporto RIUSO03 realizzato dal CRESME.

² Gli incentivi del 65% sono presenti nel DL 63/2013 poi convertito nella legge 90/2013 " Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale. "

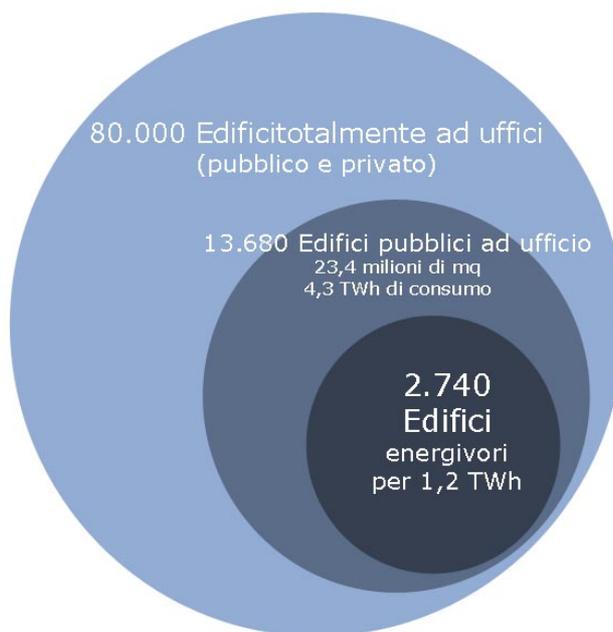


Fig. 6.1. Insieme e sottoinsieme degli edifici pubblici

Secondo i dati di ENEA La consistenza immobiliare di edifici “totalmente ad uffici” è di 13.580 edifici, pari ad una superficie coperta di 23,4 milioni di mq. L’articolazione degli edifici pubblici per comparto è riportata nella tabella seguente:

	Edifici	Superficie
Amministrazione Pubblica	9.550	16.811.119
Istruzione	2.025	2.594.456
Sanità	508	2.285.834
Ricerca e sviluppo	247	491.701
Energia elettr.,gas, acqua	129	100.312
Immobiliari e costruzioni	128	189.469
Altro	993	955.683
Totale	13.581	23.428.573

Fig. 6.2 Suddivisione degli edifici pubblici secondo la funzione. Fonte CRESME-ENEA

Gli edifici ad ufficio si concentrano in 12 province (le prime tre sono Milano, Roma e Torino), mentre il 50% si distribuisce in 26 province. Circa la metà (53%) insiste nei comuni di piccola e medio-piccola dimensione demografica (fino a 20.000 abitanti).

Gli edifici, compresi quelli parzialmente ad ufficio, sviluppano una superficie complessiva di 56,7 milioni di m² e una volumetria pari a quasi 200 milioni di m³. La quota maggiore di fabbricati e di piccole dimensioni: circa la metà non supera i 350 m². Il 32% delle superfici e delle volumetrie (ca. 62 milioni di m³) è espresso da poco meno di 1.200 edifici di grandi dimensioni (oltre 5.000 m²), prevalentemente concentrati nelle regioni settentrionali del Paese.

A livello provinciale, Roma ha il maggior numero di edifici (735) seguita dalla provincia di Torino (426) Napoli (376) e Milano (371). Queste prime 4 province detengono il 14% dell'intero patrimonio nazionale. Le superfici coperte sono prevalentemente concentrate nella provincia di Roma (3,1 milioni di mq) seguita da Milano (920 mila) Napoli (833 mila); Torino (799 mila). In termini di superfici il 50% è concentrato nella prime 16 province, questo dato ha una notevole importanza nel determinare il target di eventuali azioni di efficientamento e di sensibilizzazione.

La diversificazione delle fonti di consumo e dei conseguenti carichi termici rende particolarmente difficoltosa l'individuazione delle strategie di intervento più adeguate per questa sezione di patrimonio esistente, soprattutto considerando l'assenza o comunque la ridotta letteratura esistente in merito.

Edifici	Superficie annuale soggetta ad intervento	Risparmio Energetico totale al 2020	Risparmio Energetico totale al 2020
	m ²	GWh/anno	Mtep/anno
Uffici Privati	2.880.000	2.858	0,25
Uffici PA	2.640.000	3.881	0,33

Fig. 6.3. Potenziale di riduzione dei consumi al 2020 per interventi globali sugli edifici non residenziali eseguiti a partire dal 2014 - PAEE 2014

In sintesi:

Edifici ad uso esclusivo di uffici pubblici	13.700
Milioni di mq di superficie coperta	23,6
TWh di consumo elettrico	1,3
TWh di consumo termico	3,0
Milioni di euro di bolletta energetica	644
Milioni di mq di pareti esterne (al netto di porte e finestre)	24,8
Milioni di mq di porte esterne e finestre	10,4
Il tasso incrementale annuo delle nuove costruzioni (misurato negli ultimi 10 anni)	0,2%
Gli edifici annualmente interessati da interventi di R&M	1,3% (circa 175 edifici)

Fig. 6.4. Principali dati riguardanti il settore degli uffici pubblici - Fonte: ENEA/CRESME

Più della metà degli oltre 1,1 miliardi di kWh consumati sono prodotti da gas naturale, poco più di un terzo da energia elettrica. In generale, i consumi energetici relativi al riscaldamento degli edifici (metano, gasolio, carbone e GPL) ammontano ad oltre 730 milioni di kWh, circa i due terzi del totale, con un contributo complessivo di gasolio, carbone e GPL pari al 10%.

Il dato non positivo è il tasso di rinnovo annuo, molto basso. Sono, infatti, piuttosto rarefatti anche gli interventi di ristrutturazione e manutenzione straordinaria compiuti su tale patrimonio, secondo l'indagine condotta dal CRESME, gli immobili sottoposti a interventi di una certa rilevanza (sono escluse le tinteggiature e le piccole riparazioni) rappresentano ogni anno l'1,3%, circa 175 edifici.

1.2. Le caratteristiche del patrimonio

Seppur variegato e poco studiato, il settore degli uffici ultimamente è stato interessato da uno studio del CRESME (il già citato RIUSO03) nel quale sono riportati criteri generali di classificazione che possono essere d'aiuto nella definizione delle linee guida per le amministrazioni.

I dati più importanti sono i seguenti:

- Il 12% degli edifici presenta delle parti non utilizzate;

- Il 54% è completamente isolato sui quattro lati, il 46% è contiguo su due o più lati con altri fabbricati;
- Il 47% si sviluppa su tre, quattro o cinque piani, il 41% è fatto di soli due piani e il 31% ha piani interrati. Il numero medio di vani scala è di 1,4 per l'84% degli edifici che hanno il vano scala interno. Il 30% ha il piano terra aperto (pilotis).

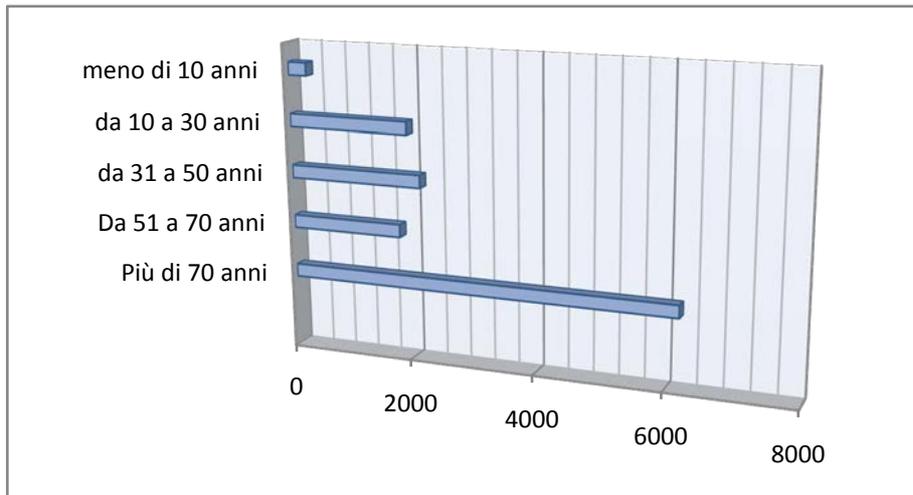


Fig. 6.5. Numero di edifici per uffici pubblici per epoca di costruzione - Fonte: CRESME

Ogni stanza di tali fabbricati ha mediamente una o due finestre (rispettivamente il 29% e il 52%). L'11% ne ha tre e l'8% ne ha più di tre. Il telaio è prevalentemente in legno (52,3%) seguito dall'alluminio (40%), dall'acciaio (6%) e dal PVC (2%). Il 61% delle finestre montano il doppio vetro, il 2% il triplo vetro. Il 45% delle finestre ha superficie inferiore a 2 mq, mentre il 18% ha una superficie maggiore di 5 mq. La maggior parte di tali fori finestra servono stanze con superfici unitarie comprese fra 10 e 25 mq.

Per quanto riguarda gli impianti, il combustibile maggiormente impiegato è il gas (62%) seguito dal gasolio (22%), e dall'elettricità (7%).

I tubi del circuito di distribuzione sono prevalentemente in traccia (89%). Il sistema di emissione dell'aria più adoperato è costituito da radiatori (71%) seguito dai termoconvettori (17%) e dal fan-coil (9%). Il 34% degli edifici possiede un sistema di regolazione della temperatura per ogni stanza. Nel 46% degli edifici è presente un sistema di climatizzazione, la maggior quota di questi (66%) dispone di un sistema fisso (split) mentre il 23% utilizza la pompa.

Il combustibile maggiormente impiegato è il gas (62%) seguito dal gasolio (22%), e dall'elettricità (7%).

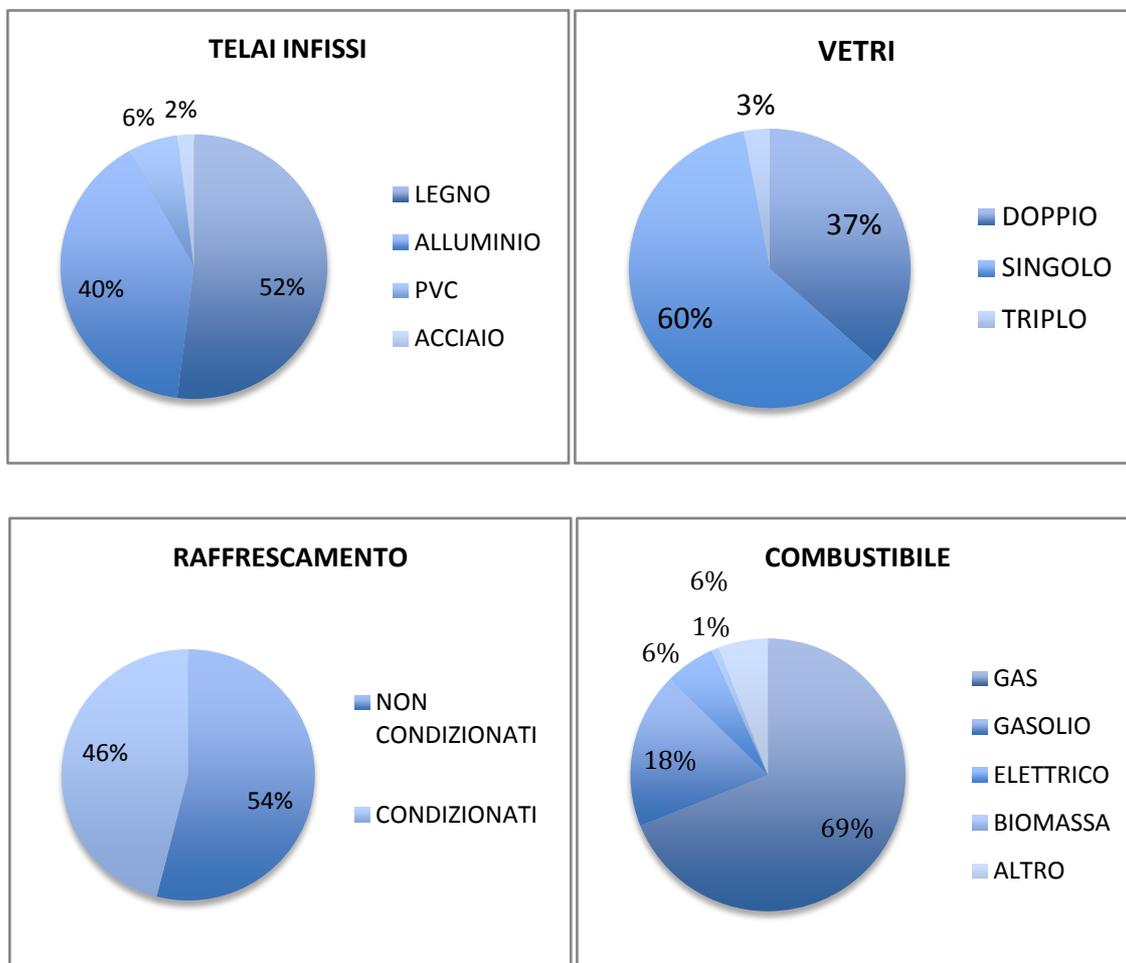


Fig. 6.6. Sintesi della macrocaratterizzazione del patrimonio degli uffici pubblici - Elaborazione dati CRESME.

I tubi del circuito di distribuzione sono prevalentemente in traccia (89%). Il sistema di emissione dell'aria più adoperato è costituito da radiatori (71%) seguito dai termoconvettori (17%) e dal fan-coil (9%). Il 34% degli edifici possiede un sistema di regolazione della temperatura per ogni stanza.

Nel 46% degli edifici è presente un sistema di climatizzazione, la maggior quota di questi (66%) dispone di un sistema fisso (split) mentre il 23% utilizza la pompa.

1.3. I consumi peculiari della destinazione d'uso ufficio

L'approccio alla diagnosi energetica ed al conseguente retrofit degli edifici ad ufficio può trarre beneficio, oltre che dall'ottimizzazione delle prestazioni di involucro ed impianti, anche dalla condotta dell'utenza nei luoghi di lavoro, fattore che spesso influenza non poco il consumo finale di energia elettrica e che spesso è difficile da caratterizzare e quantificare.

La normativa individua nell'adozione di comportamenti sostenibili una strada necessaria da percorrere per il raggiungimento dell'obiettivo del risparmio energetico, serve quindi una promozione culturale capillare per sopperire alla non obbligatorietà di tale strumento, che non può essere semplicemente demandato alla coscienza individuale ma ha bisogno di azioni mirate di sensibilizzazione da parte dei soggetti pubblici preposti a tali attività.

Questa forma di risparmio energetico necessita, quindi, di azioni di informazione e sensibilizzazione continue, che forniscano ai cittadini conoscenza del problema, anche in termini di dimensioni e implicazioni, e delle azioni che permettono ad ognuno di noi di contribuire in maniera semplice ma efficace al risparmio energetico.

Si elencano, di seguito, le fonti di consumo più frequenti negli ambienti ad ufficio:

- Un tipico computer da ufficio acceso per 9 ore al giorno arriva a consumare fino a 175 kWh in un anno. Impostando l'opzione di risparmio energetico il consumo scende del 37%, con un risparmio di anidride carbonica (CO₂) emessa in atmosfera di circa 49 kg.
- Una stampante da ufficio può arrivare a consumare 63 kWh/anno di energia elettrica che corrispondono alle emissioni di 48 Kg di CO₂ emessa nell'ambiente; tali consumi possono essere ridotti a 48 kWh, con un risparmio di CO₂ emessa di circa 12 Kg; solo l'8% del consumo energetico complessivo è dovuto alla fase di stampa, mentre il rimanente 49% è "speso" nella fase di stand-by e il 43% in quella di spegnimento;
- Una fotocopiatrice media può arrivare a consumare in un anno fino a 1800 kWh, determinando l'emissione in atmosfera di circa 1400 kg di CO₂; il margine di risparmio è del 24%;
- Il consumo energetico medio di un ascensore rappresenta circa il 5% del consumo elettrico complessivo di un edificio adibito ad uffici;
- l'utilizzo intelligente dei sistemi di illuminazione può ridurre il consumo totale del 30%.

1.4 La scelta dei casi-studio.

Per le ragioni esplicate nei capitoli introduttivi, si sono scelti dei casi studio che possano risultare esemplari sotto il profilo tipologico e tecnologico.

In più, ciascun edificio è collocato in una zona climatica differente e possiede delle caratteristiche utili a ricoprire buona parte delle problematiche ricorrenti alla quali l'energy manager deve far fronte in fase di audit e in base alle quali dovrà predisporre soluzioni efficaci in caso di retrofit.

Zona Climatica	Numero edifici	Superficie edifici (Mln mq)	Consumi complessivi (Mln €)	Consumi complessivi (GWh)
ABC	3900	6,1	128	864
D	3640	8,2	219	1464
EF	5940	9,3	287	1976

Fig. 6-7. - Consistenza del patrimonio degli uffici pubblici per Zone Climatiche. Fonte: CRESME

La tabella mostra come nelle zone più fredde vi sia una maggiore concentrazione di edifici in conseguenza della maggiore terziarizzazione dell'economia del nord del nostro Paese rispetto a quella del Sud.

Col fine di coprire una buona casistica di edifici, verranno analizzati 3 casi studio, ciascuno significativo per molteplici aspetti. I tre casi studio sono, nello specifico:

- **il Palazzo della Procura di Napoli**
- **L'edificio sede dell'INPS di Palermo**
- **il Fiera District di Bologna**

I tre casi sono stati scelti per le seguenti caratteristiche:

- epoca di costruzione simile;
- tecnologie costruttive differenti e fortemente energivore;
- configurazione isolata totalmente adibita ad uffici;
- configurazione in modalità distretto ;
- collocazione in tre differenti zone climatiche;
- diversi mix di interventi di efficientamento.

2. I casi studio

2.1. La procura di Napoli.

2.1.1 Caratterizzazione dell'edificio

L'edificio della Procura di Napoli (zona climatica C) nasce all'interno del Centro direzionale, la cui costruzione inizia nella metà degli anni sessanta, quando il Comune di Napoli individuò un'area industriale dismessa, per la costruzione di un nuovo quartiere da adibire prevalentemente ad uso uffici. Nel 1975 venne elaborato un piano di massima cui seguirono varie revisioni, dovute anche agli adeguamenti antisismici dopo il terremoto dell'80, e con una rielaborazione conclusiva dell'urbanista giapponese Kenzo Tange.

Sviluppa una volumetria di 31224 m³ per una superficie utile di 10408 mq. La funzione d'ufficio è quella principale: lo sviluppo dell'edificio consta di 14 piani aventi sviluppo planimetrico pari a circa 730 mq; in particolare, dal piano terra al piano tredicesimo sono presenti, ad ogni piano, 8 uffici ed 8 bagni. Avendo l'edificio prevalente sviluppo verticale, di fondamentale importanza risultano essere i sistemi di risalita, risolti attraverso la collocazione di un vano scala centrale e 4 ascensori.

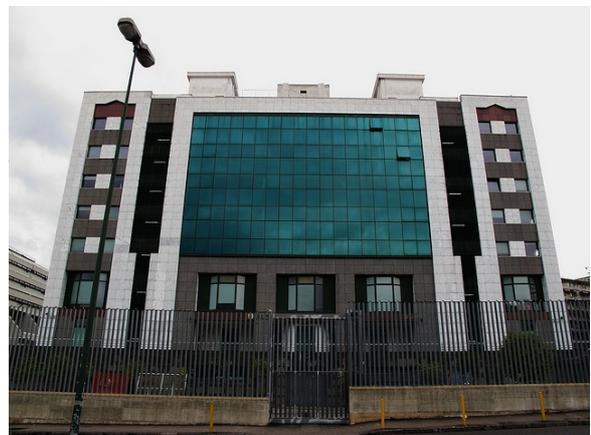


Fig. 6.8. Foto di ingresso principale della Procura

Tutti gli infissi sono realizzati in vetro-camera e telai in alluminio. Si è, pertanto, indicativamente considerata una prestazione energetica medio-bassa, corrispondente a valori di trasmittanza intorno a 3 W/m²K.

Le strutture sono di recente costruzione e, per la realizzazione, sono state utilizzate tecniche costruttive moderne. Lo scheletro strutturale è a telaio in cemento armato, le chiusure sono ipoteticamente realizzate con pareti perimetrali a cassetta, dello spessore di circa 40 cm.

L'involucro edilizio presenta un ampio utilizzo di superfici vetrate, soprattutto sui lati est ed ovest, dove gran parte della facciata è caratterizzata da vetrata continua, su tutta l'altezza dell'edificio.

L'edificio consta di due piani interrati, destinati a parcheggio, aventi superficie netta pari a circa 1579 mq. Le principali destinazioni d'uso sono quelle comprese in ogni edificio ad uffici. Nello specifico, sono presenti:

- Locali tecnici;
- Corridoi/connettivo;
- Esterno;
- Uffici;
- Garage.
- Magazzini/Archivi.



FIG. 6.9 - Distribuzione funzionale - Piano tipo - Procura di Napoli

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SETT	OTTO	NOV	DIC	
€	10095	23369	8380	7608	8174	10780	12528	11502	10474	8489	8570	10532	130501
kWh	68233	167330	57777	47617	45925	59669	68279	63763	55317	45886	45788	59501	785085

Fig. 6.10. Consumi medi mensili energia elettrica e relativo costo

Il consumo medio annuo di energia elettrica di quasi 800.000 kWh con un costo annuo sostenuto dall'amministrazione di circa 140.000 euro.

Poiché l'involucro, seppur non in linea con gli standard vigenti, non è estremamente energivoro e poiché l'edificio si trova in zona climatica C per cui la climatizzazione invernale ha un peso meno determinante rispetto alla climatizzazione estiva, si è scelto di intervenire prevalentemente sui sistemi impiantistici.

La climatizzazione dei vari ambienti è realizzata in modo da utilizzare un sistema misto ad aria primaria, con condizionamento centrale realizzato mediante due pompe di calore, ciascuna avente potenza pari 212 kW, entrambe funzionanti, e 4 compressori.

Le pompe di calore condensate ad aria, installate nel 2007, risultano essere funzionanti e in buono stato di manutenzione. I terminali associati a tale sistema idronico sono ventilconvettori a vista, presenti in tutti gli uffici e negli spazi comuni. E', inoltre, presente, un condizionatore dedicato, posizionato in copertura, servente la stanza del procuratore ubicata all'ottavo piano.

E' presente un sistema di accumulo dell'acqua calda sanitaria realizzata mediante boiler. In ciascun bagno, è presente un boiler avente capacità pari a 50 litri e potenza 1200 W.

I corpi illuminanti presenti nei corridoi sono lampade a fluorescenza da 36 W, mentre negli spazi filtro e negli uffici si riscontrano lampade da 18 W; al piano zero, nell'ufficio CED e nella sala ascolto, sono presenti quadrotti a fluorescenza da 16 W.

2.1.2 Retrofit poco invasivo: Stato di fatto ed ipotesi di intervento

La diagnosi energetica effettuata con Software di calcolo in regime statico secondo UNI TS-11300 e realmente predisposta per conto del MIBAC (Ministero per i Beni e le Attività Culturali)³, con quindi tutte le approssimazioni del caso, ha prodotto una prestazione energetica superiore rispetto a quella dei casi studio considerati fino a questo momento.

La prestazione media dell'involucro e la presenza di sistemi impiantistici di recente installazione ha fatto sì che l'indice di prestazione globale si tenesse su valori sufficientemente bassi.

Tale caso corrisponde, infatti, ad un caso di efficientamento energetico meno radicale e nel quale la riduzione dei consumi ed il beneficio ambientale è affidato non tanto all'incremento delle prestazioni dei componenti dell'involucro o a profonde modifiche dei sistemi impiantistici quanto a migliorie tecnologiche volte ad ottimizzare il funzionamento dell'esistente e il miglioramento delle condizioni di comfort di coloro che occupano i luoghi di lavoro.

Nello specifico, si sono ipotizzati tali interventi:

- Coibentazione delle coperture;
- Nuovo sistema di regolazione e controllo;

³ La diagnosi energetica dell'Edificio della Procura di Napoli è stata condotta dalla dottoranda scrivente dell'ambito di un'attività condotta da Invitalia Reti (che ha fornito i dati di consumo) per conto del Ministero dei Beni e Attività Culturali attraverso attività sul campo e produzione di documentazione di diagnosi.

- Interventi di sostituzione dei corpi illuminanti interni con sistemi ad alta efficienza;
- completi di regolazione del flusso luminoso.

Il primo intervento prevede la posa in opera di pannelli di polistirene espanso, aventi $\lambda=0,033$ W/mK e spessore 80 mm.

La prestazione della stratigrafia sarà incrementata fino al raggiungimento di valori di trasmittanza pari a $0,34$ W/m²k, riducendo di 5 volte il valore iniziale ($1,88$ W/m²K), con un risparmio annuo sul fabbisogno invernale dell'edificio di circa 27000 kWh.

Il secondo intervento, ipotizzato per la prima volta nel percorso di ricerca, prevede l'utilizzo di un sistema di supervisione, controllo e contabilizzazione dell'energia termica e frigorifera e per il controllo delle condizioni ambientali; il sistema, di tipo ad "intelligenza distribuita", sarà completo di funzioni di monitoraggio che consentiranno un facile utilizzo da parte dell'utente al fine di ridurre al minimo i consumi energetici e conseguentemente i costi operativi.

Per soddisfare in modo adeguato entrambe queste esigenze, saranno presenti strumenti basati sul sistema di automazione e controllo descritti successivamente. Le soluzioni proposte per il raggiungimento di tali obiettivi sono:

- CC (Consumption Control) per la gestione energetica;
- ADP (Advanced Data Processing) per la gestione finanziaria dell'impianto.

Il software di gestione analizza i dati dell'impianto di ogni singola parte dell'edificio provenienti dagli analizzatori di rete e dai misuratori di calorie, raccogliendoli e riordinandoli fino a stilare dei report significativi. Qualsiasi dato rilevante fornito dal sistema di controllo ed automazione può essere registrato e quindi utilizzato allo scopo di analisi (temperatura esterna, temperatura dei fluidi, stato di funzionamento delle apparecchiature, ecc.). Sulla base di queste informazioni è poi possibile intraprendere dei provvedimenti per ottimizzare l'impianto attraverso un monitoraggio costante di:

- Analisi dei dati di impianto dall'edificio;
- Analisi delle condizioni ambientali;
- Identificazione dell'obiettivo per l'ottimizzazione;
- Analisi dei processi all'interno del sistema di automazione e controllo degli edifici;

- Verifica del processo di automazione e controllo.

Per quanto concerne gli impianti di illuminazione interna, saranno ammodernati utilizzando plafoniere con lampade ad alta frequenza che consentono di risparmiare circa il 30% di energia elettrica rispetto a sistemi di illuminazione tradizionali, completi di regolazione del flusso luminoso emesso in funzione del livello di illuminazione naturale.

Le condizioni di esercizio poste a base della diagnosi post operam sono identiche a quelle ante-operam per quel che riguarda i servizi erogati ed il livello di uso del sito (orari di apertura e aree contemporaneamente utilizzate).

		Ante Operam	Post Operam	Riduzione %
Fabbisogno annuo di energia termica utile	[kWh]	210'533	183'261	12.95
Fabbisogno di energia termica frigorifera utile	[kWh]	1'783'493	1'773'653	0.55
Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento	[kWh]	271'901	203'420	25.19
Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione	[kWh]	1'939'673	1'657'900	14.53
Fabbisogno energia elettrica	[kWh]	1'039'879	957'059	7.96
Costo Approvvigionamento energia elettrica	[€]	155'982	143'558	7.96
Energia Primaria totale	[kWh]	2'268'677	2'087'990	7.96
Fabbisogno specifico annuo di energia primaria	[kWh/m ³ anno]	73	67	8.22
Indice di prestazione energetica invernale	[kWh/m ³ anno]	9	6	32.61
Emissioni di CO2	[kg CO ₂ /anno]	465'866.00	429'763	7.75

Fig. 6.11 - Sintesi dei risultati dell'intervento ante e post-operam

	Incidenza su riduzione di CO ₂ (33%)	Incidenza su costo opere (%)	Incidenza su spese di gestione (%)
Interventi sull'involucro	33	4	15
Interventi sugli impianti elettrici	77	73	85
Interventi sugli impianti meccanici	0	23	-

. Fig. 6.12 - Incidenza percentuale dei singoli interventi

2.1.3. Conclusioni

L'investimento dell'efficientamento energetico, a causa dell'impianto di gestione e controllo e degli interventi sull'illuminazione, risulta particolarmente oneroso : 1.151.000 € di investimento totale e i tempi di rientro superano i 30 anni.

Si evince una riduzione del fabbisogno di energia primaria del 8%, dei costi di approvvigionamento del 8 % e del CFP⁴ del 9%. Vanno tuttavia considerati i vantaggi accessori derivanti degli interventi ipotizzati sono il migliore servizio erogato, la maggiore semplicità di utilizzo degli impianti grazie al nuovo sistema di supervisione e controllo.

⁴ Carbon foot-print è l'impronta ecologica è un indicatore utilizzato per valutare il consumo umano di risorse naturali rispetto alla capacità della Terra di rigenerarle.

2.2. La sede dell'INPS di Palermo

2.2.1. Caratterizzazione dell'edificio

Il secondo caso studio preso in esame è la sede INPS di Palermo: un edificio pubblico moderno che con i suoi 20.000 mq di superficie e 300 dipendenti, occupa un posto di rilievo - per dimensione e offerta previdenziale - nel ricco patrimonio edilizio dell'Ente sul territorio nazionale. Gli interventi di mantenimento o in alcuni casi di adeguamento funzionale dettati dalle normative per la sicurezza dei luoghi di lavoro non hanno inalterato i caratteri costruttivi e distributivi del progetto originario. L'edificio costruito nel 1965 a firma dall'Ingegnere Longobardi mantiene i tratti riconoscibili dell'architettura terziaria italiana del dopoguerra: razionalità compositiva, simmetria dei prospetti, nonché imponente e rigorosa volumetria.



Fig. 6.13 - Sede INPS di Palermo

Tale edificio ad uffici presenta, rispetto al caso 1, numerose criticità in più, nell'involucro edilizio: obsolescenza fisica degli elementi finestrati, dispersioni termiche nella chiusura verticale esterna (tecnologicamente definibile "inserita", una muratura a cassa vuota eseguita con mattoni pieni e forati) e carente progettazione degli elementi oscuranti a fronte di un'importante incidenza solare. La struttura di elevazione a telaio in calcestruzzo armato. Gli impalcati piani, in laterocemento, sono della tipologia più diffusa degli anni '60, sia per la realizzazione (in opera) che per il modello funzionale (monodirezionale).



Fig. 6.14 - Panoramica delle sedi INPS con caratteri simili

È stato interessante osservare come la sede di Via Laurana, oltre a rispondere alle esigenze logistiche e dimensionali richieste dalla direzione provinciale di Palermo, si configuri in una forma riscontrabile anche nelle altre sedi siciliane e non, costruite negli stessi anni; nasce spontanea l'ipotesi che il progettista, ai tempi, abbia osservato una guida di "Layout progettuale" visibile sia nell'impostazione strutturale che nella scelta dei materiali di costruzione.

Le problematiche individuate di fatto sono riscontrabili in molti altri edifici costruiti negli anni sessanta con le stesse tecnologie costruttive. Per ottenere ulteriori indicazioni progettuali, è stato utile confrontare i consumi reali di energia degli ultimi tre anni con i valori emersi dalle simulazioni dei software.

Lo stabile ha una consistenza pari a sei piani fuori terra più un piano attico e due piani interrati, per una superficie complessiva di 15.000 mq ed una volumetria di circa 50.000 mc. L'edificio ospita circa 450 impiegati. Il fabbricato si sviluppa attorno ad una corte centrale a cielo aperto accessibile solo dal secondo seminterrato. A parte il piano terra e i seminterrati, i livelli sono organizzati secondo una logica simile: sulla corte si affacciano le finestre dalle quali prendono luce tutti i servizi e gli ampi corridoi che disimpegnano gli ambienti di lavoro. I corridoi formano un percorso lineare e mettono in comunicazione le quattro zone del fabbricato (nord, est, sud, ovest). I prospetti principali sono coronati da una serie di elementi in cemento armato (frangisole) che hanno più un compito estetico che funzionale. Per delineare un modello di recupero estendibile su tutto il patrimonio dell'Ente si è tenuto conto sia dell'aspetto prestazionale energetico dell'edificio che degli aspetti morfologici delle sedi INPS con caratteristiche dimensionali e tecnologiche vicine a quella palermitana.

La zona climatica B in cui è collocato l'edificio dovrà tenere conto della maggiore incidenza della climatizzazione estiva sul riscaldamento invernale e la presenza di rilevanti apporti solari, soprattutto nella parte alla dell'edificio, molto esposta all'eccesso di radiazioni durante i mesi estivi.

Seppur sia sempre assicurato un fattore di luce diurna pari all'8% (superiore alla percentuale del 2% richiesta per la destinazione ad uso ufficio), l'analisi solare⁵ mostra come all'ultimo piano l'incidenza solare durante la stagione estiva (simulazione effettuata al 21 giugno) superi i 400000 W sull'intero edificio.

⁵ Analisi svolta dall'Arch. Elisa Janani con il software Ecotect nell'ambito del lavoro di Tesi di laurea. La documentazione grafica relativa all'edificio è stata reperita nell'ambito del medesimo lavoro di tesi.

L'eccesso di irraggiamento comporta un carico estivo tale da innalzare enormemente il fabbisogno di climatizzazione estiva e i conseguenti consumi elettrici.

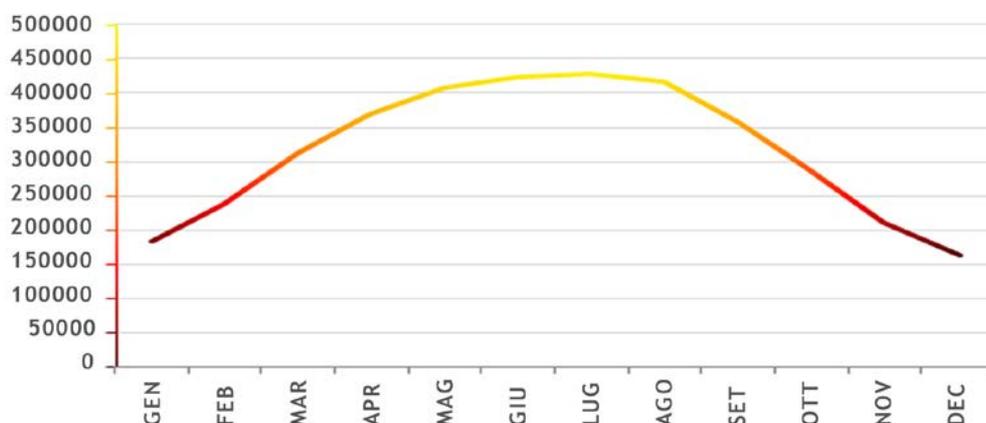


Fig. 6.15 - Guadagni solari dell'intero ufficio (W)

Si riportano di seguito i consumi elettrici e termici relativi all'edificio in oggetto:

	2009	2010	2011
Consumi kWh	248809,7	238877	248194,4

Fig. 6.16 - Consumi termici sede INPS di via Laurana (Palermo)

Consumi kWh/mese	2009	2010	2011
Gennaio	66845	65225	66312
Febbraio	62987	63877	64252
Marzo	65482	64759	67343
Aprile	54920	57061	52986
Maggio	60125	62986	57480
Giugno	109508	102360	94977
Luglio	130949	135145	111.682
Agosto	120658	121403	109823
Settembre	110627	101054	113877
Ottobre	59482	63073	61961
Novembre	56140	59328	59391
Dicembre	62410	66389	57835
TOTALE	960133	962660	917919

Fig. 6.17 - Consumi elettrici sede INPS di via Laurana (Palermo)

Cioè che è importante rilevare è la distribuzione dei consumi:

HARDWARE	47 %
ILLUMINAZIONE	32 %
POMPE DI CALORE	15%
ASCENSORI	3 %
FANCOIL E CALDAIE	3 %

Fig. 6.18 - Distribuzione dei consumi

Come infatti veniva specificato all'inizio del capitolo, ciò che è interessante del suddetto caso studio, oltre alla sua estendibilità a molti edifici analoghi degli anni 70, è lo studio della quantità rilevante di consumi elettrici.

Come mostra la Fig. 6.18, l'hardware è responsabile di quasi la metà del carico elettrico, con incidenza di gran lunga superiore anche alle pompe di calore.

Le tecnologie utilizzate necessitano ovviamente di interventi di retrofit energetico, sia nelle strutture opache che trasparenti, essendo ormai in condizione di obsolescenza ad eccezione della parte di infissi recentemente sostituita.

L'impianto è costituito da 4 le caldaie per una potenza installata di 2.9 MW, di cui tre da 930 KW ed una da 116 KW. La climatizzazione avviene attraverso 5 gruppi frigo con una potenza complessiva di 1,22 MW di cui quattro da 267 kW ed una da 150 kW. Il circuito primario è dotato di tre pompe di circolazione; il circuito secondario, precedentemente descritto, è dotato di cinque pompe di circolazione (5 zone).

Vi è inoltre una pompa di calore (aria/acqua) per una potenza di 242 kW. Anche questo impianto utilizza l'acqua come liquido termovettore, con una distribuzione bitubo (mandata e ritorno) e, come terminali di erogazione fancoil; questi sono posizionati sia nelle stanze che nei corridoi.

Nell'edificio ci sono circa 46 fancoil per piano, 135 corpi illuminanti (da 36 W) a neon nelle stanze e 26 corpi illuminanti (da 18 W) nei corridoi di distribuzione.

Il flusso complessivo economico ovvero la spesa energetica dell'edificio è di circa 260.000 euro.

L'edificio, ospitante 450 impiegati che l'edificio ospita per una percentuale stimata intorno 70 % dalle ore 8.00 alle ore 19.00 e scende al 50 % in piccole fasce orarie identificabili durante la pausa pranzo e in fasce orarie prima e dopo gli orari di apertura e chiusura degli uffici. L'80% degli occupanti è invece presente dalle 8.00 alle 13.00, fascia oraria di apertura al pubblico.

Per quanto concerne il comfort interno, coscienti del soleggiamento in eccesso in alcuni ambienti e delle problematiche di produttività e benessere legate ai luoghi di lavoro, è stata svolta un'indagine sulla percezione della qualità dell'illuminazione e la qualità dell'aria.

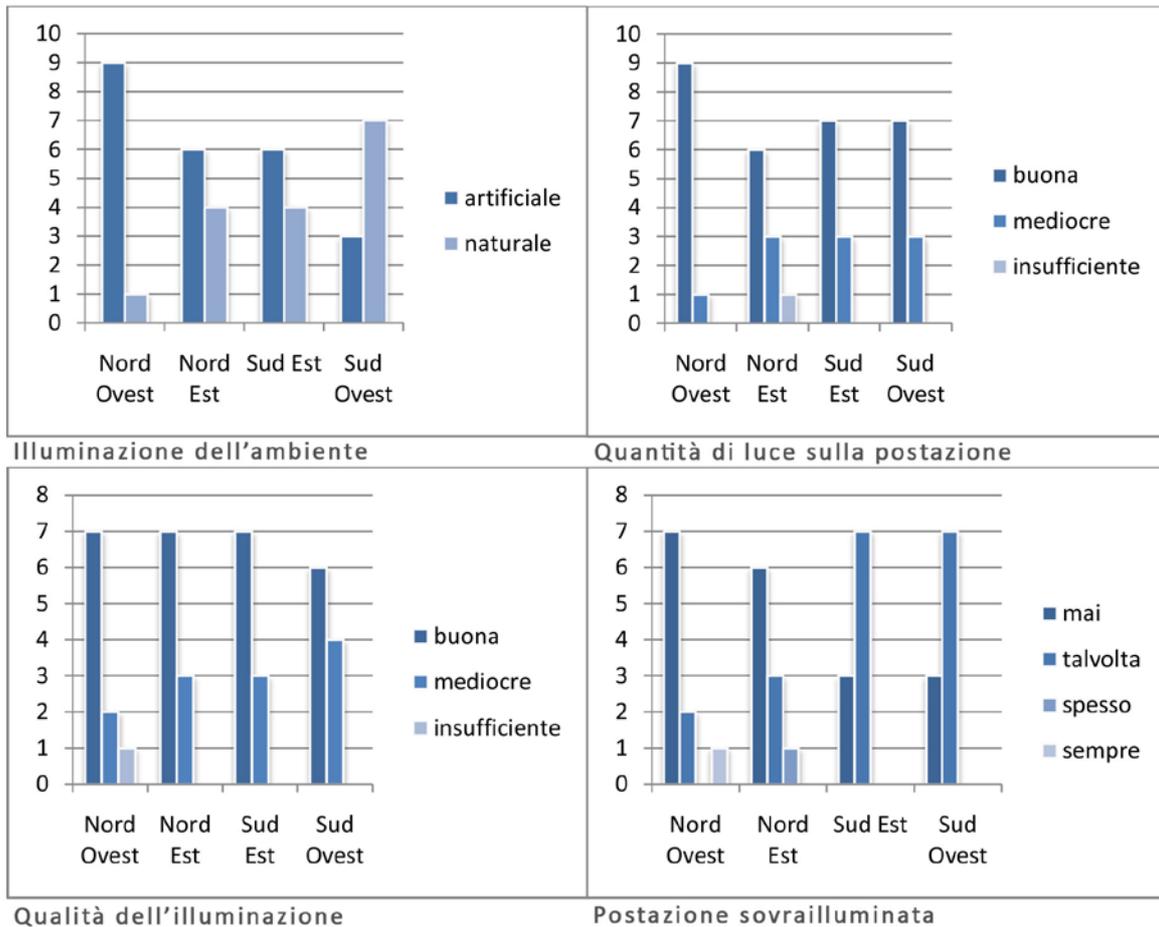


Fig. 6.19 - Percezione della qualità e quantità dell'illuminazione dai questionari

L'indagine, svolta su un campione di 55 impiegati, mostra come i livelli di illuminamento degli uffici siano considerati buoni ma tre esposizioni su 4 (solo quella di Sud Ovest fa eccezione) ospitano uffici con utenti che fanno prevalentemente uso di luce artificiale e come a Sud Est e Sud Ovest mi siano problemi legati al sovrailluminamento.

Per quanto riguarda invece la qualità dell'aria e la ventilazione, gli ambienti sono prevalentemente ben ventilati ma gli ambienti non sono considerati confortevoli dal punto di vista termico e di qualità dell'aria: per quest'ultimo parametro, la maggior parte degli utenti si è espressa considerandola mediocre.

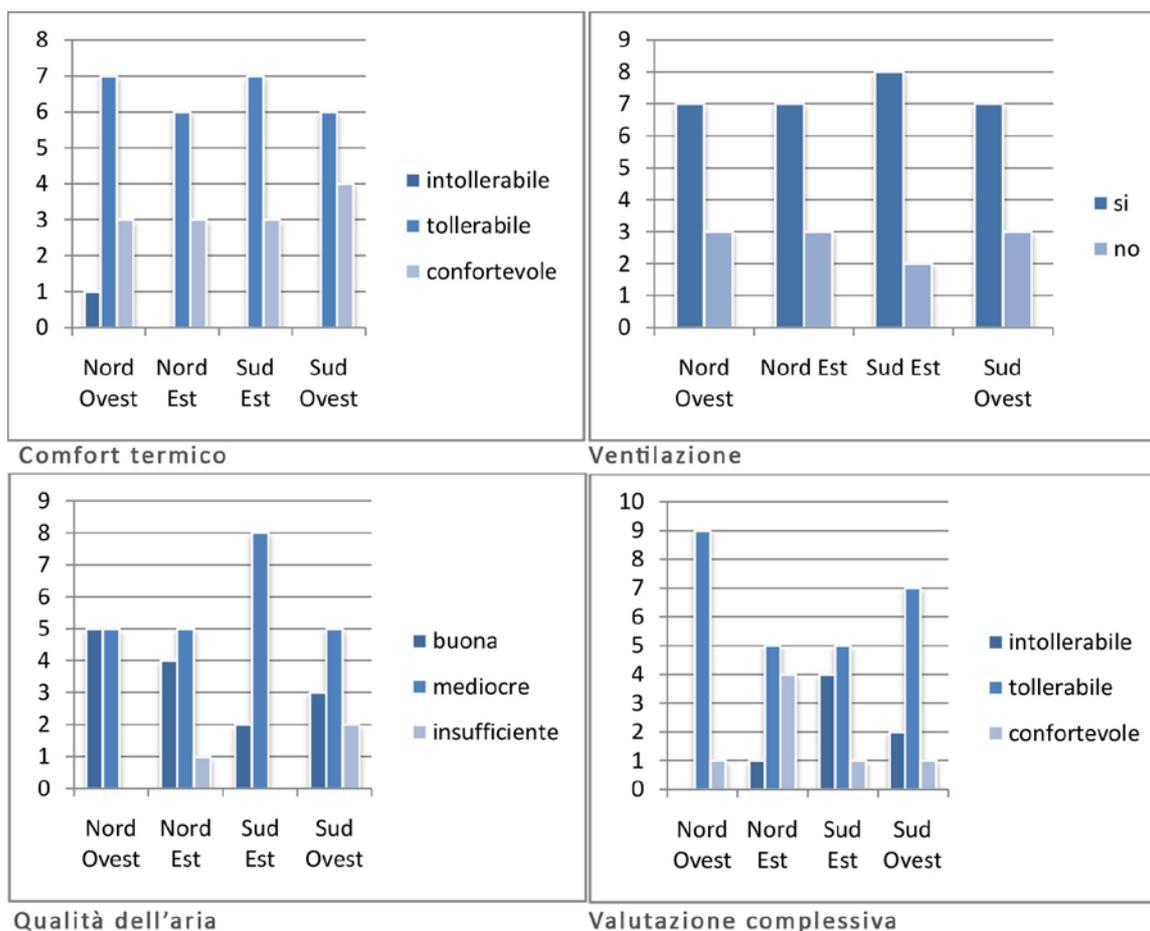


Fig. 6.20 - Percezione della qualità dell'aria, comfort termico e ventilazione

Sulla base di quanto sino ad ora descritto, è stato modellato l'edificio introducendo tutti i carichi termici ed elettrici tipici della destinazione ad uso ufficio, ripartiti come sopra riportato.

Il risultato ha mostrato una notevole corrispondenza con le bollette registrate nel triennio, fissando come temperatura di set-point interna 22 gradi, valore molto plausibile per la zona climatica e per le rilevazioni svolte in analoghi uffici.

Il fabbisogno invernale è molto contenuto, come era prevedibile, e l'edificio può rientrare in classe E con un Epi di 13 kWh/m³ anno. Il fabbisogno elettrico totale è stimato di circa 990.000 kWh mentre il fabbisogno termico è stimato di circa 250 kWh.

L'obiettivo dell'intervento di retrofit non può prescindere dall'efficientamento dell'involucro, cercando di massimizzare i benefici durante la stagione estiva.

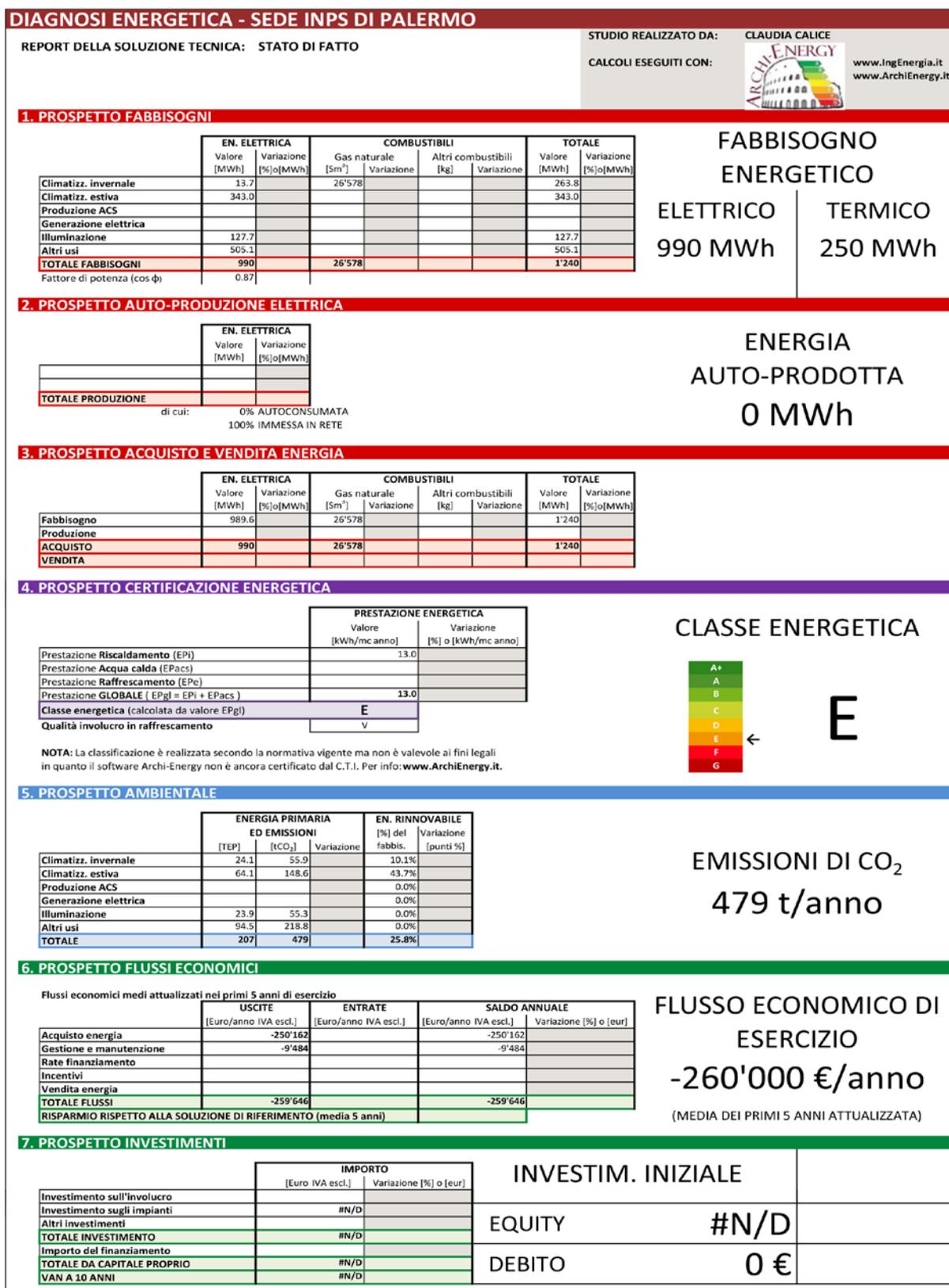


Fig. 6.21 Audit della sede INPS di Palermo - Calcolato con Archienery

2.2.2. Retrofit in zona B: Stato di fatto ed ipotesi di intervento

Gli interventi ipotizzati sull'involucro sono i seguenti:

- Cappotto interno volto a contenere la trasformazione e mantenere gli elementi di riconoscibilità dell'edificio pubblico anni '60;
- Sostituzione infissi e installazione di oscuramento sui fronti sud est e sud ovest;
- Coibentazione copertura: intervento combinato di coibentazione ed uso di fotovoltaico;

Interventi sugli impianti:

- Installazione di una nuova pompa di calore;
- utilizzo del fotovoltaico.

La sostituzione degli infissi abbinata alla coibentazione della copertura e delle chiusure esterne verticali, incidono notevolmente sul fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione, portando l'edificio da una classe energetica E con un EPci di 13 kWh/m³anno a ad una classe A con un EPci di 3,7 kWh/m³anno a ed un risparmio pari a 110.000 kWh. Una variazione notevole la si ottiene anche intervenendo sugli impianti con una pompa di calore atta a sostituire le vecchie caldaie e introducendo un intervento combinato in copertura con impermeabilizzazione, isolamento e fotovoltaico tradizionale da 15 kWh.

		INTERVENTO 1	INTERVENTO 2	INTERVENTO 3	INTERVENTO 4	INTERVENTO 5
	Stato di Fatto	Involucro opaco	Infissi	Copertura	Involucro	Impianti+ copertura
Fabbisogno Termico (MWh)	250	185.8	117,5	211.4	13.9	9.6
Variazione del fabbisogno Termico Totale	0%	-56%	-56%	-20%	-95%	-96%
Classe energetica	E	D	E	D	A	B
Epci (kWh/mc anno)	13.0	10.2	8.0	10.8	3.7	5.1
Energia auto-prodotta	0	0 MWh	0 MWh	0 MWh	0 MWh	29 MWh
Variazione delle emissioni di CO₂	0	-1%	-7%	-2%	-5%	-23%
Risparmio annuale	250.000 €/anno	15.000 €/anno	16.000 €/anno	4.640 €/anno	21.000 €/anno	56.000 €/anno
Investimento iniziale	0	196'000 €	936'000 €	137'360	1'000'000	544'000
Tempi di ritorno		> 30 anni	> 30 anni	> 30 anni	> 30 anni	12 anni

Fig. 6.22 - Tabella riassuntiva degli interventi ipotizzati e dei risultati - calcolato con Archienergy

2.2.3. Conclusioni

Le analisi svolte mostrano come la qualità dell'involucro sia importante in zone meno climatiche meno energivore durante l'inverno soprattutto per la tenuta dei componenti, il loro buon stato di manutenzione ed il rispetto di tutti quei requisiti che consentono il corretto funzionamento degli impianti ed il mantenimento di condizioni di comfort per gli utenti. Essendo richiesta minore coibenza, seppur sia raggiungibile un risparmio del 95% sul fabbisogno termico, l'intervento di retrofit può richiedere un investimento troppo alto rispetto ai benefici riscontrabili, soprattutto dal punto di vista ambientale.

I risultati degli interventi ipotizzati rendono invece auspicabile una combinazione che dia priorità sicuramente alla fonte rinnovabile, data la radiazione incidente sulla copertura elevata anche durante la stagione invernale, agli ombreggiamenti dei fronti penalizzati da un eccesso di apporti gratuiti estivi e all'efficientamento delle caldaie esistenti.

Il beneficio ambientale (- 23% rispetto allo stato di fatto) ed i tempi di ritorno risultano più vantaggiosi (12 anni) e l'amministrazione si trova in condizioni più sostenibili di intervento.

Soddisfacente è anche il salto di classe energetica per la climatizzazione invernale, passando da una classe E ad una classe B con un Epi di 5.1 kWh/m³ anno.

Le simulazioni effettuate risultano tuttavia utili per lo studio del comportamento di tale edificio, le cui caratteristiche abbiamo visto come si reiterino in zone climatiche differenti.

2.3. Il Fiera District di Bologna

2.3.1. Inquadramento del Centro Direzionale Fiera District

L'ultimo caso studio è particolarmente significativo per la sua complessità tecnologica, la sua dimensione di distretto e la sua cronologia, dati i recenti interventi di ristrutturazione tecnologica ed energetica e il suo valore esemplare per gli edifici a torre.

Il Fiera District di Bologna⁶, così come si presenta oggi, è il risultato di un complesso iter di realizzazione, articolatosi in quarant'anni di vicende storiche, politiche ed amministrative, durante le quali il complesso direzionale è stato testimone e protagonista dell'evoluzione tecnologica a cavallo tra il secolo scorso e quello attuale che ha interessato sistemi costruttivi, materiali e componenti oltre che processi attuativi e modalità esecutive.

Il complesso del Fiera District fa parte del grande piano urbanistico di espansione della città di Bologna verso nord e ne rappresenta il centro .



Fig. 6.23 – Piano Urbanistico di Kenzo Tange e individuazione dell'unica area realmente realizzata

Tange, in "Bologna 84", concepì un grande progetto di rinnovamento urbanistico, portando i valori ed i temi della città moderna al centro del dibattito culturale degli anni 60-70: il policentrismo, la computerizzazione degli scenari, l'industrializzazione delle tecniche costruttive; la mondializzazione della città e la sua verticalizzazione rispondendo magistralmente alla richiesta della giovane Finanziaria Fiere, oggi Finanziaria Bologna Metropolitana. La società, nata per volere

⁶ La documentazione relativa al suddetto caso studio è stato fornito dalla Società di ingegneria S.T.S. di Bologna e da F.B.M. (Finanziaria Bologna Metropolitana).

delle amministrazioni comunali e regionali per dare un'impronta metropolitana e moderna alla città, scelse un progettista d'eccellenza, operando una certa provocazione culturale e affermando il suo ruolo decisivo nelle problematiche di Bologna, ancora allora impegnata a riprendersi dall'eredità bellica ed a superare il suo provincialismo per diventare capoluogo dell'Emilia-Romagna. La Finanziaria Fiere si rese protagonista, nel 1964, della rapida realizzazione del Quartiere Fieristico progettato da Leonardo Benevolo e, in una seconda fase, dell'edificazione del Palazzo dei Congressi, della Galleria d'arte moderna e del Palazzo dei Servizi.

Nel 1968 venne affidato a Tange anche la redazione del progetto per il centro direzionale.

Il masterplan di Bologna 84, così come concepito da Tange, non fu mai realizzato e la sua attuazione completa si ridusse, di fatto, al solo distretto fieristico, terminato solo nell'Aprile del 2010 con il completamento del terzo edificio della regione destinato ad accogliere uffici regionali.

La cosiddetta Terza Torre, anch'essa facente parte dell'originario progetto di Tange, costituisce il completamento del Fiera District sul fronte est.

2.3.2. L'evoluzione tecnologica nelle torri

L'interesse del caso studio in oggetto deriva da due aspetti principali: dagli anni 70 al 2010, in differenti edifici, è stata declinata la medesima concezione architettonica e spaziale dell'ambiente adibito ad ufficio in differenti tecnologie costruttive con le relative caratteristiche prestazionali differenti.



Fig. 6.24 – Immagine complessiva del complesso fieristico

Dati dimensionali degli edifici	
Torri di CNA e Lega delle Cooperative	10.000 mq
Banca del Monte	6.500 mq
Torri della Svecotre	49800 mq
Primo edificio della Regione	13035 mq
Secondo edificio della Regione (Sede di Giunta e Consiglio)	33.000 mq
Terza Torre	14000 mq
Superficie complessiva dei sette edifici	126335 mq
Autorimessa	14600 mq

Fig. 6.25 – Dati dimensionali del quartiere fieristico

Il Fiera District si compone di edifici a torre, realizzati in momenti differenti ma facenti parte della medesima concezione progettuale, oltre che prodotto dei medesimi criteri compositivi, grazie ai quali oggi il centro direzionale del quartiere fieristico si configura come un complesso architettonicamente coerente, nonostante la lunga e difficile realizzazione, definendosi negli anni secondo le esigenze e la tecnologia in evoluzione.

Ad oggi, le torri del Fiera District rappresentano i più alti edifici prefabbricati realizzati in Italia.

Nel giugno del 1974, quando Tange iniziò a definire il planivolumetrico del Fiera District, l'area complessiva a disposizione era suddivisa tra: Cooperative ed Artigianato, Banca del Monte, Nuovo Ingresso ed Uffici Fiera, Edificio delle Poste, Albergo, Complesso per uffici ed attrezzature per la Cultura e lo Svago. I caratteri tipologici del Fiera District sono frutto di un iter progettuale che si poneva l'obiettivo di rispettare tanto i parametri considerati nel "master plan", quanto di rispondere alle esigenze individuabili solo nella fase in cui tali parametri devono tramutarsi in soluzioni formali.

Al fine di definire i caratteri morfo-tipologici essenziali, si riportano di seguito i temi più significativi riscontrabili in tutti gli edifici.

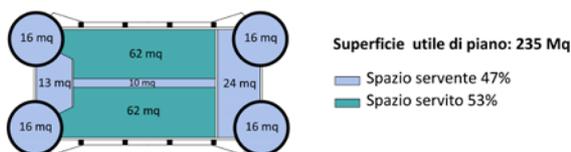
1. **I rapporti proporzionali.** Kenzo Tange definì l'assetto planimetrico degli edifici a torre, seguendo rapporti proporzionali precisi, frutto della rielaborazione che egli operò sul Modulor sperimentato da Le Corbusier, applicando in maniera ricorrente il sistema basato sulle misure umane, la doppia unità, la sequenza di Fibonacci e la sezione aurea.

Si cita qualche esempio: rapporti proporzionali ricorrenti sono utilizzati per ottenere armonia visiva e flessibilità dimensionale degli spazi e dominano la suddivisione di pieni e vuoti nelle facciate; i pilastri, dimensionati secondo la sezione aurea, misurano 90x53 cm; i soffitti dei piani terra sono in cassettonato di cemento bianco a faccia vista di modulo 1,33x1,33x0,45 metri; gli spazi per uffici interni delle torri hanno modulo 1,33x1,33 metri; la pavimentazione della piazza in porfido segue il medesimo modulo dei soffitti cassettonato e, insieme a pilastri, scale, parapetti, griglie, sculture, seguono un unico disegno.

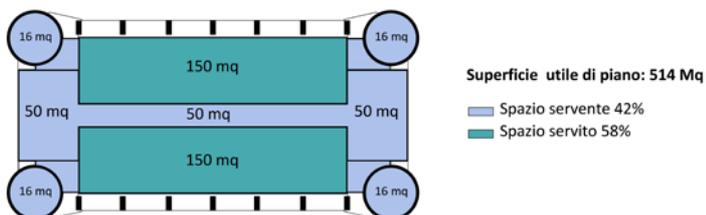
Il marcare le linee orizzontali è riconoscibile anche nel quarto piano della terza torre, dove un leggero arretramento ulteriore rispetto agli altri piani marca la continuità con la quota della piastra che connetteva le altre torri dando una lettura prospettica della piazza.

CONFRONTO TRA SOLUZIONI PLANIMETRICHE E RELATIVI RAPPORTI SPAZIO SERVENTE-SPAZIO SERVITO

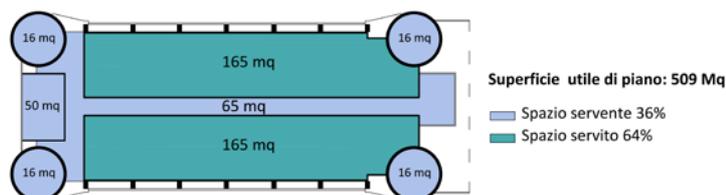
Pianta tipo torri CNA-LegaCoop



Pianta tipo Torri Svecotre



Pianta tipo Terza Torre

Figura 6.26. Piano tipo: Il rapporto spazio servente-spazio servito⁷

⁷La tipologia degli edifici a torre si è sviluppata, tra gli anni 60 e 70, prevalentemente per rispondere alle esigenze di incremento demografico, con conseguente minimizzazione del consumo di suolo e dello sviluppo planimetrico in altezza. Le torri del Fiera District offrono una soluzione ambientale ed architettonica di grande interesse: la tipologia a torre è adattata alla destinazione d'uso direzionale, svincolandosi dai criteri compositivi tipici del progetto residenziale e risolvendo gli evidenti problemi strutturali ed impiantistici affidando alla definizione planivolumetrica l'architettura dell'organismo edilizio.

2. La facciata. L'assetto tipologico delle si traduce in una facciata delimitata dai cilindri verticali e svuotata di consistenza materica tramite l'arretramento del piano degli infissi.

Il prospetto, scandito dagli elementi pilastro-trave, dai parapetti e dai brise-soleil, è rappresentazione della tecnologia adottata, riconoscibile in tutti gli elementi prefabbricati.

La facciata di un edificio a torre, ovviamente di dimensioni contenute e sviluppata in altezza, soffre dell'impaginazione confinata e quasi obbligata.

Nelle torri di Tange, la risoluzione di questo problema è affidata all'arretramento del piano degli infissi rispetto al filo esterno, scandito invece dalla successione orizzontale e verticale delle chiusure opache.

3. I brise-soleil. L'edificio a torre è sinonimo di sostenibilità ambientale, in quanto minimizza il consumo di suolo e il rapporto di forma S/V dell'edificio e dunque l'incidenza delle superfici disperdenti. Inoltre, fu data particolare attenzione anche agli orientamenti e alle schermature. In un ventennio come quello degli anni 70-80, appare di eccezionale sensibilità la progettazione di elementi di schermatura solare, oggi attualissimi ed elementi imprescindibili in progetti che abbiano attenzione agli aspetti energetici e di comfort indoor, per di più disegnati secondo precise regole geometriche e realizzati con componenti prefabbricati.

L'assetto tipologico-formale e la sua articolazione compositiva è definita dal rapporto tra spazio servente e spazio servito. Lo spazio servente è costituito da cilindri in cemento armato, privi di soluzione di continuità dall'attacco a terra all'attacco al cielo, collocati non al centro dell'edificio ma sul perimetro, nei quali sono alloggiati le scale, gli ascensori, vani tecnici e servizi igienici.

Questa soluzione ha il vantaggio di ottenere la pianta libera, coerente con i criteri compositivi perseguiti da Tange, e di rispondere all'esigenza di flessibilità dello spazio interno, attraverso una più agevole suddivisione delle funzioni.

I criteri proporzionali utilizzati hanno reso possibile più soluzioni interne, tutte compatibili coi sistemi di collegamento verticali - scale ed ascensori - collocate nei cilindri - carattere peculiare delle torri, come segno formale esterno e come soluzione funzionale a rendere la superficie di piano, abbastanza contenuta, al netto degli spazi serventi, interamente spazio servito.



Figura 6.27 – Sistema di oscuramento della Terza Torre



Figura 6.27- Scheda riassuntiva delle Tecnologie negli involucri del Fiera District



Figura 6.28. Scheda riassuntiva delle Tecnologie negli involucri del Fiera District

4. Le chiusure. L'involucro delle torri è così particolare per la concezione tecnologica e compositiva da risultare di per sé centrale nella caratterizzazione di tutti gli edifici del centro direzionale.

Le facciate di tutti gli edifici sono integralmente realizzate con componenti prefabbricati in stabilimento: velette, parapetti, davanzali, balconi, scale ad elica e pianerottoli sono tutti elementi progettati con tolleranze minime e con la massima precisione.

Di fatti, gli infissi hanno prestazioni nella fascia media di quegli anni.

Perni e piastre in acciaio inox assolvono la funzione di collegamento degli elementi prefabbricati a costituire il prospetto attuale delle due torri.

Le chiusure trasparenti sono arretrate (ad eccezione della seconda torre della Regione) rispetto al piano degli elementi prefabbricati, costituendo una sorta di doppio involucro, progettato prestando attenzione agli orientamenti ed agli apporti di luce e calore gratuiti.

I brise-soleil, infatti, interamente prefabbricati e fissati mediante barre filettate passanti ai pilastri per renderne invisibile il collegamento, vengono riproposti dall'edificio più antico alla terza torre: a variare, sono solamente le geometrie, diversificate in funzione degli orientamenti.

4. Le chiusure trasparenti. Tutte le torri vedono l'impiego, per ciascuna epoca di costruzione, del massimo livello prestazionale presente sul mercato.

Mentre la soluzione di infisso a taglio termico con vetro-camera adottata fino alla seconda torre della Regione, con l'evolversi del quadro normativo, cadono progressivamente in obsolescenza prestazionale, le chiusure utilizzate nella Terza Torre testimoniano il salto tecnologico avvenuto in tutte le componenti vetrate che definiscono perimetralmente gli ambienti in posizione arretrata di circa un metro rispetto ai pannelli in GFRC.

		CHIUSURE		IMPIANTI	
		Chiusure opache	Chiusure trasparenti	Impianti di climatizzazione	Impianti di gestione e controllo
SINTESI DELLE INNOVAZIONI TECNOLOGICHE NELLE TORRI DEL FIERA DISTRICT	Torri CNA e LegaCoop	Componenti di facciata prefabbricati in calcestruzzo armato	Infissi vetro-camera di prestazione media	Impianto di riscaldamento a 2 tubi servito dalla centrale termofrigorifera.	
	Banca del Monte	Componenti di facciata prefabbricati in calcestruzzo armato	Infissi vetro-camera di prestazione media	Impianto di riscaldamento a 2 tubi servito dalla centrale termofrigorifera.	
	Torri Svecotre	Componenti di facciata prefabbricati in calcestruzzo armato	Infissi vetro-camera di prestazione media	Impianto di riscaldamento a 2 tubi servito dalla centrale termofrigorifera.	
	Nuovo Ingresso alla Fiera	Componenti di facciata prefabbricati in calcestruzzo armato	Infissi vetro-camera di prestazione media	Impianto di riscaldamento a 2 tubi servito dalla centrale termofrigorifera.	
	Prima Torre Regione	Componenti di facciata prefabbricati in calcestruzzo armato	Infissi vetro-camera di prestazione media	Impianto di riscaldamento a 2 tubi servito dalla centrale termofrigorifera.	Sistemi di gestione e supervisione avanzato di tutti gli impianti di sicurezza e di climatizzazione.
	Seconda Torre Regione	Componenti di facciata prefabbricati in calcestruzzo armato	Infissi vetro-camera di prestazione media	Impianto di riscaldamento a 2 tubi servito dalla centrale termofrigorifera.	
	Terza Torre Regione	Componenti di facciata prefabbricati in acciaio e GFRC	Infisso Vetro-camera con interposta doppia camera d'aria contenente Argon di prestazioni elevate Facciata sospesa	Impianto di riscaldamento a 4 tubi. Impianti a tutt'aria ed impianti misti con funzionamento a pompa di calore.	Sistemi di gestione e supervisione avanzato di tutti gli impianti di sicurezza e di climatizzazione.
Evoluzione tecnologia		I componenti di facciata, da fortemente integrati con la struttura in elevazione, vanno progressivamente specializzandosi nei componenti in GFRC	Le chiusure trasparenti si evolvono nella Terza Torre per rispondere ai nuovi requisiti di tenuta e coibenza termo-acustica.	L'utilizzo di un impianto a 4 tubi risponde alle esigenze di comfort ambientale, essendo in grado di fornire contemporaneamente caldo e freddo	La realizzazione della Terza Torre e la ristrutturazione del primo edificio della Regione vede elevati livelli di automazione di tutti gli impianti dell'edificio al fine di massimizzare la sicurezza, il benessere indoor e il risparmio energetico.

Fig. 6.29. Quadro complessivo delle tecnologie utilizzate nelle torri

2.3.3. I livelli prestazionali della Terza Torre e l'analisi energetica di confronto.

Le considerazioni di carattere energetico sono significative soprattutto in riferimento alla progettazione della terza torre. Diversi criteri hanno guidato la scelta della tecnologia dell'acciaio in Terza Torre.

Vi sono, certamente, criteri di convenienza economica e realizzativa. La struttura iniziata ed interrotta nel 1999 era a telaio con elementi misti in acciaio e calcestruzzo. Permanendo la scelta del prefabbricato anche per gli edifici più recenti del distretto, risultavano evidenti i vantaggi derivanti dall'utilizzo dell'acciaio, avente ottimo comportamento sismico derivante dalle elevate riserve plastiche tipiche del materiale e dai pesi strutturali decisamente inferiori, con conseguente riduzione dell'entità delle forze inerziali generate dal sisma sulla struttura in edifici di tale altezza. Inoltre, risultava adeguatamente risolto anche il problema della stabilità e della rigidità dei telai, potendo le torri usufruire di un efficiente sistema di controventamento rappresentato dai cilindri in c.a.

Non ultimi i vantaggi relativi alla progettazione semplificata dettagli costruttivi, decisamente meno onerosi rispetto a quelli di una struttura in cemento armato, la facilità di montaggio e la compatibilità con i pannelli in GFRC, aventi telaio metallico. L'insieme di tali caratteristiche rende significativo il passaggio evolutivo alla struttura in acciaio, soprattutto se contestualizzata rispetto alla morfologia dell'edificio, col suo notevole sviluppo verticale, e rispetto al sistema costruttivo utilizzato per le chiusure.

L'edificio si caratterizza per la sua complessità volumetrica e funzionale, oltre che tecnologica ed impiantistica, essendo costituita da una torre di 20 piani e da volumi complementari di altezza inferiore, nei quali sono collocati uffici e funzioni complementari quali sale per convegni e riunioni, bar, depositi, spazi per la protezione civile. La costruzione è, inoltre, dotata di parcheggio per circa 800 autovetture distribuito su due piani interrati e sul piazzale che confina a nord con il quartiere fieristico.

Il coordinamento della progettazione fu affidata dalla Regione Emilia-Romagna alla Finanziaria Bologna Metropolitana. In seguito ad una prima redazione del progetto esecutivo, ne fu interrotta la realizzazione nel 2004. Nel 2006, il completamento e l'adeguamento del progetto esecutivo dell'edificio fu oggetto di una nuova gara d'appalto.

In seguito all'espletamento della suddetta gara, è giunta a compimento la realizzazione della Terza Torre, ultimata nel 2010.

Si analizzano di seguito le caratteristiche principali della torre che hanno segnato l'evoluzione di essa.

Le chiusure in GFRC. Tutti i componenti opachi di facciata realizzati in cemento sono fortemente integrati con la struttura portante, anch'essa visibile in facciata.

Una specializzazione del tamponamento, reso autonomo dalla struttura in acciaio, la si avrà, in un primo momento, nella seconda torre della Regione, per poi diventare più marcata nella Terza Torre, con l'utilizzo del GFRC al posto del cemento.

Tra le migliorie proposte in fase di completamento, vi fu la modifica del materiale, previsto in calcestruzzo armato ed ipotizzato in GFRC, ovvero cemento rinforzato con fibre di vetro, (Glass Fibre Reinforced Concrete).

I pannelli utilizzati furono sagomati per la realizzazione delle facciate, completi di telaio metallico di sostegno approntato per l'ancoraggio alle predisposizioni strutturali e realizzati con un primo strato di superficiale a vista, di spessore non inferiore a mm 10, di graniglia Bianco di Zandobbio, sabbia e da un secondo strato di spessore non inferiore a mm 17 di GFRC : composto da malta cementizia ad elevata resistenza e fibre di vetro del tipo alcalino resistenti.

In tal modo si ottengono elementi leggeri, facilmente manovrabili in cantiere e più facilmente posizionabili durante le operazioni di tiro ai piani.

La finitura esterna si presenta in cemento, liscia fondo cassero, colore grigio naturale. Il telaio metallico, di supporto allo Skin "G.F.R.C.", è realizzato mediante composizione di elementi in tubolare aperto presso-piegato, protetto con procedimento di zincatura a caldo; la connessione tra telaio metallico e "Skin" in G.F.R.C. è creata mediante "pendini" in acciaio inox con diametro minimo di mm.6, fissati meccanicamente al telaio ed annegati nel getto del "Skin" in G.F.R.C. stesso.

I vantaggi derivanti da questa tecnologia consistono essenzialmente:

1. nella leggerezza dei nuovi componenti rispetto a quelli precedenti in cemento, con conseguente agevolazione delle fasi di movimentazione e montaggio, rese più veloci e sicure;
2. nel miglior comportamento strutturale degli elementi di chiusura, aventi elevata resistenza alla trazione per flessione e agli urti che vengono diffusi in tutte le direzioni; nell'elevata resistenza all'usura;

3. nella possibilità di ospitare coibentazioni più consistenti grazie allo spessore estremamente ridotto degli elementi;
4. nella qualità estetica di forma, dimensioni e colore.

Le chiusure trasparenti. Mentre la soluzione di infisso a taglio termico con vetro-camera adottata fino alla seconda torre della Regione, con l'evolversi del quadro normativo, cadono progressivamente in obsolescenza prestazionale, le chiusure utilizzate nella Terza Torre testimoniano il salto tecnologico avvenuto in tutte le componenti vetrate che definiscono perimetralmente gli ambienti in posizione arretrata di circa un metro rispetto ai pannelli in GFRC: il piano tipo, caratterizzato da una superficie vetrata continua trasparente, interrotta soltanto in corrispondenza degli elementi strutturali verticali, mantiene l'efficienza per ciò che concerne gli aspetti di irraggiamento (energia ricevuta) grazie al corretto orientamento dei volumi ed al posizionamento degli elementi schermanti le superficie trasparenti; in più, per rispettare le normative vigenti sul risparmio energetico, si utilizzano lastre di vetro accoppiate con interposta doppia camera d'aria, con all'interno gas Argon.

Le chiusure trasparenti e la loro incidenza sulla superficie disperdente complessiva sono componente fondamentale per una corretta progettazione dell'involucro edilizio, che, se ben costruito consente di limitare al massimo le dispersioni di energia e di avere necessità dell'impianto solo per quanto concerne i carichi di picco invernali ed estivi.

Tutti i serramenti e le superfici vetrate sono state sottoposte in cantiere a prove di tenuta all'acqua e all'aria, nonché a prove strumentali relative alla coibenza termica ed acustica, seguendo la direzione della ricerca del comfort ambientale e della sicurezza da parte dei fruitori, nonché del risparmio dei costi di gestione.

I serramenti costituiti da telai pre-assemblati rappresentano la maggior parte degli infissi esterni dell'edificio e determinano un grande sviluppo della "pellicola" dell'organismo edilizio stesso, rivestendo una grande importanza per il consumo energetico. I vetri utilizzati sono selettivi magnetronici a controllo solare, caratterizzati da alta trasmissione luminosa, per mezzo dei quali si ottimizza il comportamento invernale, massimizzando gli apporti gratuiti, e quello estivo, controllando la radiazione solare incidente.

L'introduzione di gas Argon nell'intercapedine del vetro camera dell'infisso e l'introduzione nei telai del canalino distanziatore per i vetri camera realizzato con speciale composto plastico rinforzato in fibre di vetro supportato da un sottilissimo foglio di acciaio o alluminio, atto a

conferire al sistema la sufficiente resistenza meccanica ed al contempo il ritegno del gas ed un'eccellente adesione ai sigillanti. Questo componente permette di ridurre il valore del coefficiente lineico ψ_g in corrispondenza del perimetro del vetro da 0,07 W/mK fino ad un minimo di 0,04 W/mK. La trasmittanza ottenuta è da 1,4 a 1,0 W/m²K.

In questo modo si ottengono livelli di coibenza termica che contribuiscono a elevare il grado di efficienza dell'edificio, per risultare idoneo alle vigenti normative sul contenimento energetico.

L'attenzione riservata alla progettazione delle chiusure trasparenti consente di ottenere livelli prestazionali elevati e di ottimizzare il comportamento dell'involucro edilizio, sulla scorta delle migliori ipotesi per il resto di materiali e componenti che lo costituiscono, al fine di ridimensionare gli impianti e i relativi consumi energetici. L'attenzione riservata a questo aspetto, se secondaria per le torri realizzate negli anni 80, seppure permeate dall'intuito precursore delle moderne problematiche energetiche ed ambientali dei progettisti dell'epoca, particolarmente attenti al corretto orientamento e ad adeguate schermature solari delle facciate, diventa di primaria importanza nella progettazione di dettaglio delle chiusure e informa di sé la scelta dei materiali e delle soluzioni, validate da ripetute e scrupolose verifiche prestazionali in cantiere, affinché i valori di riferimento calcolati abbiano effettiva corrispondenza coi valori di esercizio, consentendo il raggiungimento dei livelli di efficienza impiantistica di progetto e del comfort indoor ad essa connesso.

Gli obiettivi che hanno guidato le scelte tecnologiche della Terza Torre sono tutti finalizzati al raggiungimento del più elevato grado di benessere indoor, per la piena soddisfazione dell'utenza nel pieno rispetto delle risorse energetiche ed ambientali.

La progettazione degli impianti finalizzata al comfort ambientale, infatti, ha come premessa, un'ottimizzazione dell'efficienza energetica dell'involucro e della qualità tecnica delle finiture, affinché il sistema edificio-impianto offra prestazioni conformi alla normativa vigente e ai requisiti qualitativi richiesti dalla committenza. Si espongono di seguito i criteri utilizzati.

In relazione alla definizione di Comfort dello spazio abitato, possiamo certamente fare riferimento ad una serie di aspetti, che lega insieme le percezioni che permettono di rendere migliore il permanere nel luogo, sia esso destinato ad abitazione od a lavoro:

- qualità dell'aria negli spazi confinati; ventilazione naturale; ventilazione forzata; illuminazione naturale ed artificiale; controllo del soleggiamento tramite adeguati sistemi di schermatura.

2.3.4. Confronto tra progetto a base di gara e progetto realizzato.

Il progetto esecutivo redatto nel 1999 e posto a base della gara d'appalto in concessione e gestione. La nuova gara indetta dopo l'interruzione dei lavori portò la Regione a fornire indicazioni riguardo alle varianti da proporre, affinché vi fosse conformità a tutta la normativa vigente, ai requisiti del Regolamento Edilizio nel Comune di Bologna relativi al Benessere Ambientale-Controllo di emissioni dannose e l'assoluta assenza di sostanze dannose (tra cui formaldeide, cloruro di vinile, lana di vetro, lana di roccia, etc.).

L'attenzione fu poi posta a:

- la qualità tecnica e funzionale dei componenti edilizi e degli impianti
- caratteristiche estetiche, benessere, compatibilità ambientale, flessibilità e capacità di adattamento nel tempo (qualità delle scelte estetiche, con particolare riguardo ai locali degli uffici ivi compresi i corridoi, sbarchi ascensori e servizi igienici, qualità dei cromatismi e della luce artificiale, schermature solari interne);
 - grado di integrazione modulare tra le diversi componenti dell'edificio (strutture, sistemi di facciata, infissi, partizioni interne, pavimentazioni, controsoffitti, impianti tecnologici ed elettrici);
 - assenza di emissione di agenti chimici nocivi ed utilizzo di materiali riciclati e riciclabili.

Ne derivarono migliorie volte a:

- incrementare le caratteristiche fisico-prestazionali, oltre che dei componenti edilizi (come sopra descritto), anche di sistemi interni (impermeabilizzazioni, giunti, coibentazioni, pavimenti sopraelevati, controsoffitti e pareti mobili);
- a ottenere ambienti con ampia flessibilità di lay-out, come nelle altre torri del centro direzionale, al fine di ottimizzare l'utilizzo della destinazione ad uffici;
- a correggere alcuni nodi critici dell'edificio;
- ad automatizzare, ridimensionare ed ottimizzare il funzionamento degli impianti di riscaldamento come di quelli di gestione e controllo.

Per quanto concerne climatizzazione invernale, il concetto energetico per la riduzione del fabbisogno di energia che guida le varianti proposte si sviluppa in questi punti fondamentali :

- minimizzazione delle dispersioni per conduzione;
- minimizzazione delle perdite energetiche per ventilazione;

- massimizzazione degli apporti gratuiti durante il periodo invernale;
- attenzione alla tenuta all'aria dell'involucro.

La verifica dell'involucro complessivo dell'edificio è stata effettuata per tutti i nodi che vedevano interessati gli elementi di chiusura degli spazi interni riscaldati. Si è poi elaborata la correzione di tali nodi, riequilibrando il consumo energetico dell'edificio e diminuendo quindi le dispersioni, abbattendo i consumi ed eliminando possibili ponti termici laddove le differenti temperature tra esterno ed interno avrebbero potuto causare danni alla struttura.

Per le stime del fabbisogno energetico, sia estivo che invernale, sono state effettuate in due varianti:

- VARIANTE 0 : edificio costruito secondo quanto stabilito dal progetto a base di gara;
- VARIANTE 1 : edificio costruito secondo le migliori proposte
- VARIANTE 2 : edificio costruito apportando delle migliorie ulteriori rispetto al progetto di variante1 (le differenze costruttive si possono riassumere in un iper-isolamento dei componenti trasparenti ed opachi) sulla quale valutare l'analisi costi-benefici.

zona climatica tipo	E
Gradi Giorno	2170
rapporto s/v parte torri	0,22
rapporto s/v parte ingressi	0,38

Fig. 6.30. Rapporti S/V e zona climatica.

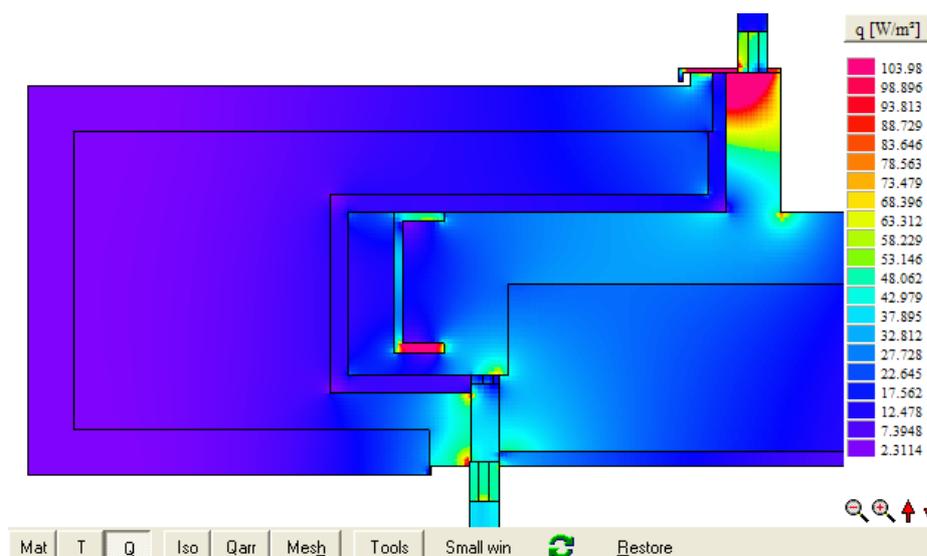


Fig. 6.31 Studio del flusso termico nel cordolo del piano tipo

	Base di gara 1999	Progetto realizzato 2010	Variazione percentuale
Chiusure trasparenti			
[kW/mqK]	Ug=1,5	Ug=1,0	-33%
	Uf=2,4	Uf=1,8	-25%
Pareti esterne			
[kW/mqK]	U1=1,506	U1=0,284	-81%
	U2=0,651	U2=0,282	-56%
	U3=0,750	U3=0,299	-60%
	U4=0,820	U4=0,230	-71%
	U5=0,820	U5=0,389	-52%
Ventilazione			
[η]	51%-60%	75%-75%	+38%-45%
Impianto			
[η]	85%	95%	12%

Fig. 6.32 Tabella riassuntiva di confronto delle trasmittanze dei componenti e dei rendimenti – progetto a base gara e progetto realizzato

Oltre che attraverso alti livelli prestazionali dei componenti opachi e trasparenti, il contenimento energetico per convezione è stato effettuato attraverso lo studio dei ponti termici agli elementi finiti, per evitare fenomeni di degrado quali condense superficiali, condense interstiziali e muffe.

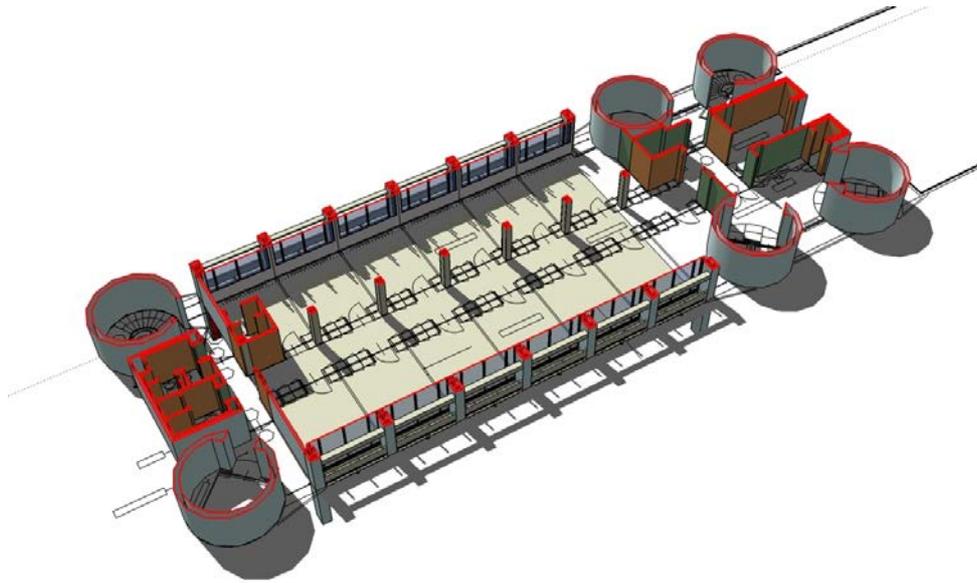


Fig. 6.33 Esploso del piano tipo-uffici⁸

Per quanto riguarda la minimizzazione delle perdite energetiche per ventilazione, già il progetto a base di gara, prevedeva due recuperatori distinti (il primo a batterie aria-acqua con rendimenti del 50% circa ed il secondo a flussi incrociati con rendimenti del 60% circa). L'adozione di un sistema di ventilazione a doppio flusso (immissione ed estrazione), associato a recuperatori di calore di tipo entalpico con il 75% di rendimento, garantisce alti livelli di benessere respiratorio ed olfattivo (con una sensibile riduzione degli inquinanti presenti nell'aria esterna cittadina) e ridotte perdite associate alla ventilazione degli ambienti; un altro aiuto sensibile a questo miglioramento è dato dal sistema di supervisione che gestirà sia le presenze all'interno degli ambienti, che la parzializzazione delle portate d'aria necessarie.

Anche in questo caso è stata utilizzata una duplice metodologia per il calcolo del fabbisogno di energia primaria:

1. metodologia semplificata, eseguita per l'edificio nel suo complesso, in regime stazionario, basata su dati climatici medi mensili;
2. metodologia dettagliata, eseguita per un piano uffici tipo, in regime dinamico, basata su dati climatici medi orari;

Si sono inoltre confrontate tre varianti costruttive:

1. VARIANTE 0 : edificio costruito secondo quanto stabilito dal progetto a base di gara;

⁸ Gli elaborati grafici sono stati forniti dallo studio STS nell'ambito della ricerca sul complesso del Fiera District.

2. VARIANTE 1 : edificio costruito secondo le migliori proposte;
3. VARIANTE 2 : questo scenario serve essenzialmente come termine di confronto per l'analisi economica.

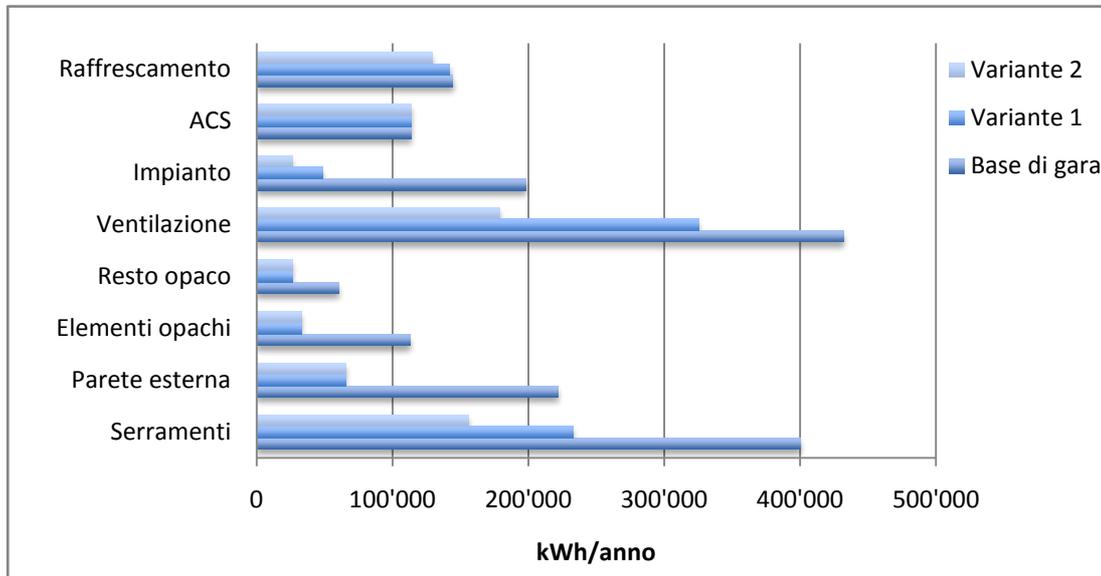


Fig. 6.34 – Fabbisogni energetici di energia primaria per il progetto a base di gara

	Base di gara	Variante 1	Variante 2
Somma Riscaldamento [kWh/a]	1.425.767	732.607	486.633
Costo annuale metano [€]	120.268,80	61.798,16	41.049,28

Fig. 6.35 – Somma dei fabbisogni e relativo costo annuale di metano

Il fabbisogno energetico di energia primaria, distinto per la zona uffici e la zona ingressi poiché aventi un differente rapporto S/V, è pari, rispettivamente, per il progetto a base di gara, a 142 kWh/mq anno e 104 kWh/mq anno e per il progetto VARIANTE 1, è pari a 54.104 kWh/mq anno e 41.104 kWh/mq anno, con una riduzione di circa il 43 %, entrambi inferiori al valore limite imposto dalla legge.

Si riporta, inoltre, i risultati ottenuti per mezzo di una simulazione dinamica che superano il limite intrinseco della limitatezza dei parametri considerati e in una scarsa precisione nelle valutazioni relative al comportamento estivo delle strutture.

Si sono applicate, anche in questo caso metodologie più vicine al comportamento reale dell'edificio, simulazioni definite "dinamiche", che utilizzano dati climatici orari e che, per i calcoli relativi alla situazione estiva, tengono in considerazione anche le iterazioni di tutte le masse dell'edificio.

Per l'edificio è stata quindi effettuata una simulazione di tipo dinamico su di un piano tipo della torre (uffici) per ottenere i seguenti risultati:

1. andamento delle temperature all'interno degli ambienti;
2. calcolo di potenza per riscaldamento in kW/mq;
3. calcolo di potenza per raffrescamento (solo carico sensibile) in kW/mq;

Il software utilizzato dai tecnici incaricati per la simulazione dinamica è il DynBil, software di simulazione dinamica del comportamento degli edifici, prodotto dall'Istituto case passive di Darmstadt (PHI) e avente le seguenti caratteristiche:

- tenere in considerazione i livelli di isolamento delle strutture delimitanti l'involucro termico;
- tenere in considerazione le masse interne ed esterne all'edificio, comprese le pareti e l'arredo;
- tenere in considerazione sia la ventilazione meccanica (VMC) che manuale;
- tenere in considerazione i diversi guadagni interni e solari, con le proprietà dei vetri, comprese le riflessioni;
- tenere in considerazione i principali fenomeni di irraggiamento sia dall'esterno, che dall'interno.⁹

⁹ La simulazione effettuata è tratta dalla relazione sugli Aspetti Energetici contenuta nell'elenco elaborati della Terza Torre.

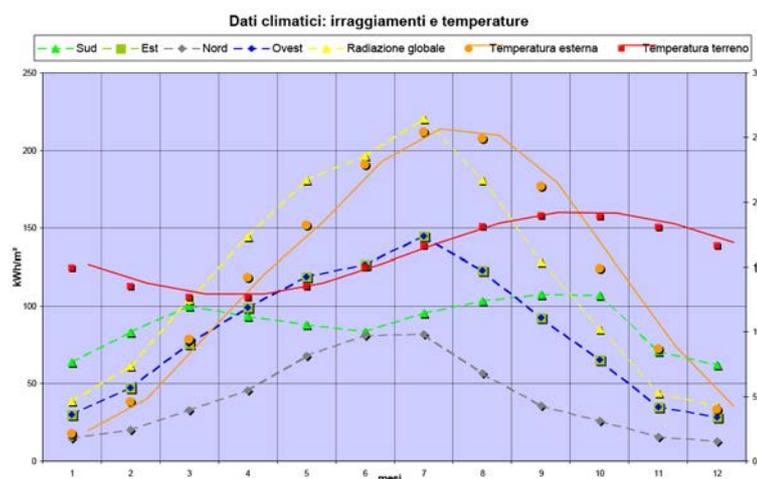


Fig. 6.36 – Dati climatici per la città di Bologna: temperature e radiazione solare

Considerando un rendimento degli impianti globale dell'85% si ottiene un valore dell' indice energetico utile per il riscaldamento di circa 80 kWh/mqa (detraendo circa un 10% per le perdite delle parti orizzontali, qui non considerate). La differenza tra il calcolo stazionario e dinamico è quindi di circa un 13% a favore del secondo.

	BASE DI GARA	VARIANTE 1	VARIANTE 2
	$E_{p_{gl}}$ [kWh/mq anno]		
Indice energetico utile per il riscaldamento	69	28	22
Indice energetico utile per il raffrescamento	6	6	6
Indice energetico utile netto	75	34	28

Fig. 6.37 – Sintesi dei risultati dell'analisi in regime dinamico.

Si evidenzia che il valore dell'indice utile per il raffrescamento rimane costante, a riprova dell'efficacia delle schermature del progetto architettonico, della massa termica in gioco e delle prestazioni dei vetri già a base di gara, non modificate dalle proposte di variante. Un ruolo fondamentale nella riduzione dei consumi estivi lo svolgeranno i rendimenti degli impianti di distribuzione e trattamento dell'aria, nonché la tenuta all'aria dell'involucro.

Sulla base della differente efficacia prestazionale e del relativo beneficio energetico si è poi scelta la soluzione più economicamente vantaggiosa, stimando la redditività dell'intervento e fornendo risultati rigorosi riferiti allo stesso momento temporale in cui è disponibile un certo capitale.

L'analisi è funzionale a determinare:

1. le giuste prestazioni termoisolanti delle superfici vetrate;

2. lo spessore dell'isolante per la copertura dell'edificio;
3. lo spessore dell'isolante per le pareti dell'edificio.

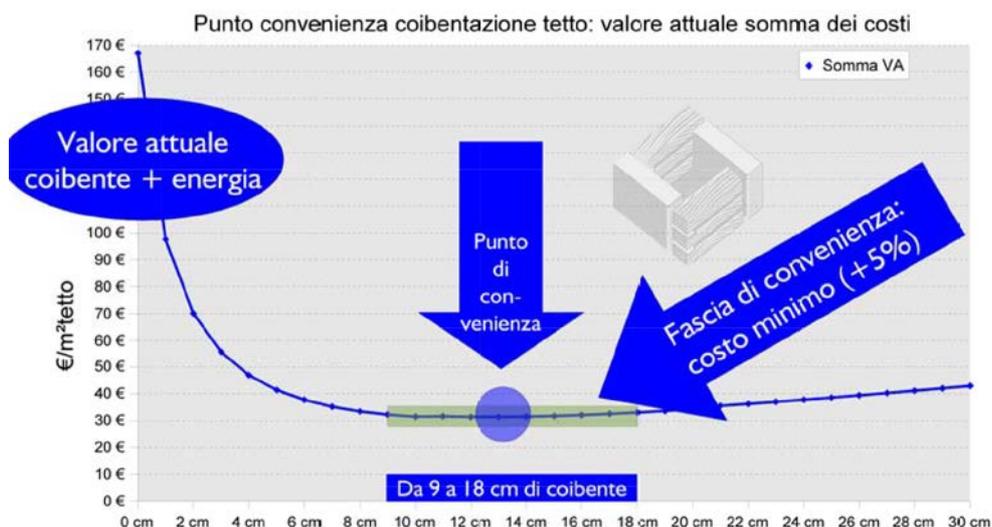


Fig. 6.38 – Rapporto tra costo unitario dell'intervento e spessore dell'isolante della copertura.

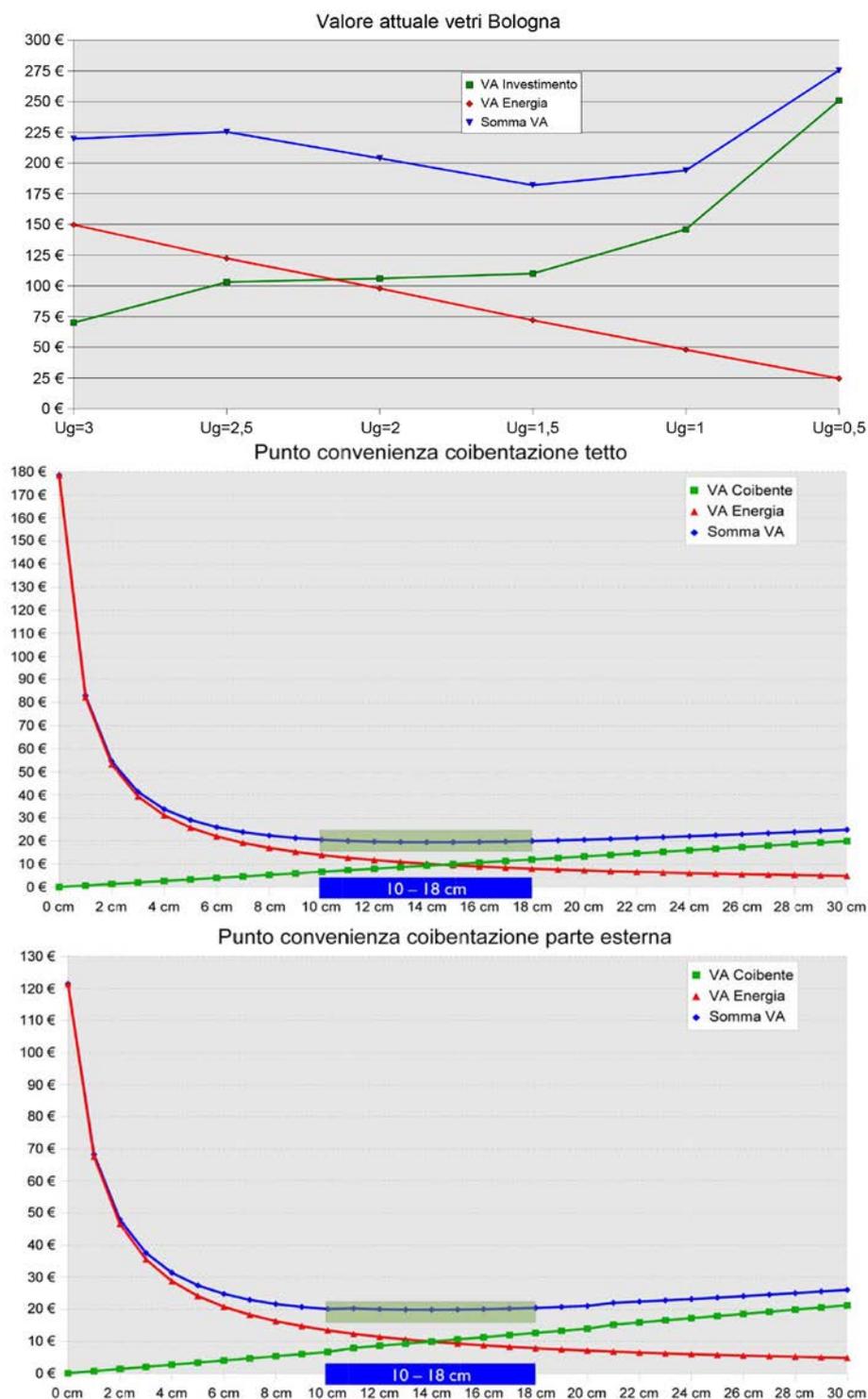


Fig. 6.39 – Punto di convenienza per infissi, coibente coperture e coibente pareti esterne¹⁰.

¹⁰ L'analisi costi-benefici per l'edificio della Terza Torre è stata redatta nell'ambito della Relazione sugli Aspetti energetici.

I risultati evidenziano come le scelte della VARIANTE 2, che massimizzano la coibentazione dei componenti opachi e trasparenti, non è conveniente in relazione al ritorno economico ed alla zona climatica di Bologna.

2.3.5. I sistemi impiantistici della Terza Torre

Tutti gli impianti tecnologici, in definitiva, sono progettati per utilizzare la quantità di energia strettamente necessaria all'utenza, evitando sprechi di qualsiasi genere, sia a monte che a valle.

Alla luce di quanto fino ad ora esposto, è immediatamente evidente l'obiettivo delle soluzioni per il risparmio energetico adottate negli impianti tecnologici, tra cui:

- Utilizzo di recuperatori di calore rotativi e di fancoils a 4 tubi a portata variabile;
- Attenuazione delle condizioni termiche nei locali non occupati;
- Accorpamento della regolazione dei ventilconvettori presenti in un ambiente;
- Software applicativi adibiti al risparmio energetico;
- Sistema di regolazione e contabilizzazione dell'energia termica e frigorifera erogate; dalla centrale elettro-termo-frigorifera;
- Riporto delle contabilizzazione al sistema di supervisione;
- Contabilizzazione differenziata per autorimesse, bar, area commerciale;
- impianto di accensione luci programmabili;
- Integrazione dei sistemi di Building Automation con sistema BMS a livello di piattaforma orizzontale, per il controllo di tutti gli impianti (sicurezza, antincendio, climatizzazione, elettrico, etc.)

In particolare, il sistema di controllo è del tipo a controllo digitale diretto (DDC).

I controllori sono ad intelligenza distribuita, con software collaudato, liberamente programmabile e modulare, orientato agli impianti di riscaldamento, ventilazione e climatizzazione e possono operare sia completamente in "stand-alone" sia collegati ad un sistema centrale di supervisione.

Le principali funzioni svolte sono relative alla regolazione automatica, comandi di start-stop, acquisizione di stati/allarmi e misure di grandezze fisiche, unitamente a programmi a tempo, ad evento e di risparmio energetico.

I controllori hanno la capacità di comunicare tra loro, mediante un Bus di trasmissione seriale aperto, per il trasferimento di dati e funzioni comuni. Inoltre, essi possono condividere

informazioni con altri controllori della stessa famiglia e non, utilizzando lo stesso Bus di trasmissione.

I fan coils a 4 tubi con portata variabile, oltre a mantenere completamente separati i circuiti dell'acqua calda e refrigerata, questi sistemi hanno elementi terminali che presentano due batterie, una per l'acqua calda e una per quella refrigerata, collegate ai rispettivi circuiti.

Delle due batterie entra in funzione di volta in volta quella in grado di soddisfare le richieste termiche di ciascun ambiente. La scelta di questo tipo di impianto è stata guidata dall'esigenza di soddisfare contestualmente richieste di caldo e freddo, per il pieno soddisfacimento dei requisiti dettati dal benessere indoor.

Dall'unità ambiente è possibile:

- accendere/spegnere il ventilatore del fan-coil;
- regolare la temperatura ambiente di $\pm 3^{\circ}\text{C}$.

Al raggiungimento delle condizioni termiche ambientali richieste e quindi quando ambedue le valvole di regolazione, calda e fredda, sono chiuse (zona morta), il ventilatore viene arrestato.

Il regolatore rileverà, tramite segnalazione dal sistema di controllo luci e presenze, la "non occupazione" dei locali provvedendo alla riduzione del regime di funzionamento dei ventilconvettori al fine di ottenere un sensibile risparmio energetico. L'attenuazione partirà dopo un "offset" di circa trenta minuti consecutivi di segnale locale non occupato.

2.3.6. La profonda ristrutturazione prima torre della Regione: adeguamento ai livelli prestazionali previsti per la Terza Torre

La prima torre fu interessata, dal 2006 al 2009, da un profondo intervento di ristrutturazione, contestualmente all'edificazione della terza torre, grazie al quale, attualmente, l'edificio risulta essere in linea con i livelli prestazionali della Terza Torre, sia per quel che concerne la qualità dell'involucro e delle finiture, che per il livello di efficienza ed automazione impiantistica.

La ristrutturazione, riportando al rustico l'edificio, ha consentito l'adeguamento alla nuova normativa sul risparmio energetico (D.Lgs. n. 192/05, come modificato dal successivo D.Lgs. n. 311/06) rispettando gli standard imposti, usufruendo anche dei consistenti aiuti previsti dallo Stato per incrementare e sostenere, in particolare sul patrimonio edilizio esistente, l'esecuzione di tutti gli interventi miranti ad effettive riduzioni del consumo di energia ed alla riduzione degli attuali livelli di inquinamento ambientale.

I singoli interventi realizzati sono, per quanto riguarda involucro e finiture:

- l'aumento delle coibentazioni orizzontali e verticali sull'involucro dell'edificio con isolante organico in vetro cellulare, al fine di contenere le dispersioni di energia termica;
- la sostituzione, in alcuni ambienti, di pavimenti e rivestimenti, con incrementate prestazioni di isolamento acustico.

Mentre, gli interventi sul sistema impiantisti sono:

- la sostituzione dei boiler elettrici, previsti in ogni gruppo di bagni (complessivamente circa 50÷55), con un impianto a pannelli solari termici posti in copertura del corpo alto per la produzione di acqua calda sanitaria, ed integrazione con l'energia termica proveniente dalla rete di teleriscaldamento, in luogo della più costosa energia elettrica;
- l'adozione di un sistema avanzato e programmabile, in abbinamento con rilevatori di presenza all'interno dei locali dell'edificio, che in caso di ambienti non occupati limita il consumo di energia elettrica (intervenedo sull'accensione delle luci) e quello di energia per il riscaldamento/raffreddamento dei locali (provvedendo a ridurre le condizioni termiche ambientali), e che contiene il livello di illuminazione degli ambienti in relazione alle effettive esigenze (superando, in quest'ultima caratteristica, persino il livello tecnologico della Terza Torre).

Con riferimento infine alla futura gestione dell'edificio, sono stati interconnessi i sistemi di gestione e supervisione di tutti gli impianti di sicurezza e di climatizzazione dell'edificio in oggetto con l'analogo sistema di gestione e supervisione dell'edificio in costruzione in regime di concessione, denominato "Terza Torre". Ciò naturalmente nell'evidente ed auspicabile intento di conseguire delle sinergie nella gestione e manutenzione dei due edifici ai fini del contenimento dei costi di gestione: il risparmio sui costi energetici rispetto ad impianti tradizionali è compreso tra il 20% ed il 30%. Pertanto, applicando tali incidenze al caso di specie, il sistema descritto potrebbe consentire un risparmio annuo sui costi dell'energia elettrica variabile tra i 13.600 €/anno ed i 20.400 €/anno.

Sommando il risparmio conseguente al minor consumo di energia elettrica con quello del minor consumo di energia termica e frigorifera, il sistema di controllo dell'illuminazione e della temperatura dei locali uffici consentirebbe un risparmio complessivo annuo stimato variabile tra 19.400 €/anno e 30.100 €/anno.

Prima dell'utilizzo di tale tecnologia le chiamate tra un edificio regionale ed un altro utilizzavano la rete telefonica tradizionale (in quanto chiamate 'esterne'), risultando quindi a pagamento.

2.3.7. Gli impianti tecnologici del Fiera District

L'attuale configurazione della Centrale Elettro-termo-frigorifera consente ai 20 edifici allacciati e a tutto il quartiere fieristico (con una rete di circa 4 km di tubazioni) di coprire totalmente i fabbisogni energetici in termini termici e frigoriferi ed il 35% di quelli elettrici. Provvedono allo scopo caldaie e gruppi frigoriferi per una potenza installata di 42.500 kW termici, 31.000 kW frigoriferi e 4200 kW elettrici.

Area [mq]	3750
POTENZA GRUPPI TERMICI [MW]	42,5
POTENZA GRUPPI FRIGORIFERI [31
GENERATORI DI VAPORE SATURO	4
TUBAZIONI	15.000
TELERISC./REFRIGERAZIONE [m]	
VOLUMETRIA ALLACCIATA	2.120.000 m ³

Fig. 6.40 – Caratteristiche generali della centrale termofrigorifera

L'attenzione e la sensibilità ai problemi energetici ed ambientali hanno dato corpo all'idea di coniugare la produzione di energia elettrica e di calore, portando la società Finanziaria ad iniziare, già alla fine degli anni '80, i primi studi di fattibilità per la trasformazione della centrale in un **impianto di cogenerazione**, con produzione combinata di energia termica e calore, a servizio dell'intero comprensorio, al fine di contenere ulteriormente i costi energetici e migliorare la tutela ambientale, pur nell'incertezza di un quadro normativo non favorevolmente orientato.

Il progetto di tale innovativa strutturazione venne completato e, superate positivamente le difficoltà di ordine amministrativo, nel corso del 1999, la società Finanziaria ha dato corso alla sua realizzazione, completata nel 2001.

Tramite un ampliamento della centrale termo-frigorifera, è stata installata una turbina alimentata a gas metano che produce energia elettrica, con funzionamento continuativo nella stagione invernale.

La centrale, turbina alimentata a gas metano, con funzionamento continuo nella stagione invernale fornisce ora energia termica, frigorifera ed elettrica al quartiere fieristico ed a tutti gli altri edifici della zona direzionale, e rappresenta una delle iniziative più rilevanti nel campo del risparmio energetico, dal momento che riunisce nella stessa realtà una rete di teleriscaldamento e tele-refrigerazione ed un impianto di cogenerazione.

Nel periodo invernale è attiva una rete di acqua surriscaldata tramite cui i vari edifici ricevono energia termica, mentre nel periodo estivo e nelle mezze stagioni è attiva una rete di acqua refrigerata da cui gli edifici ricevono l'energia frigorifera.

L'energia termica viene prodotta prevalentemente dall'impianto di cogenerazione e da altri quattro generatori di vapore di integrazione e riserva, anch'essi alimentati a gas metano.

L'energia termica dei gas di scarico della turbina, alla temperatura di 530°C, viene recuperata in un generatore di vapore ed in un successivo economizzatore e quindi immessa nella rete di teleriscaldamento per il condizionamento invernale degli edifici allacciati. L'energia frigorifera viene prodotta nella centrale tramite refrigeratori a compressore centrifugo ad elevato COP.

		CONS.COOP. E.R. SOC. COOP.	CONDOMINIO FIERA DISTRICT (TORRI SVECOTRE 1)	FIMIT (TORRI SVECOTRE 2)	REGIONE EMILIA ROMAGNA (PRIMO EDIFICIO) V.le Moro, 30	REGIONE EMILIA ROMAGNA (SECONDO EDIFICIO) V.le Moro, 50- 52	REGIONE EMILIA ROMAGNA (TERZA TORRE) V.le della Fiera n. 6
	SUPERFICIE [mq]	6.000,00	9.000,00	9.000,00	13.035,00	33.000,00	14.820,00
	ANNO DI COSTRUZIONE	1978-1981	1979-1982	1979-1982	1980-1985 Int.=2006- 2009	1991-1994	2010
ENERGIA ELETTRICA [kWh _e]	2010	425.859,00	448.341,00	393.498,00	1.415.586,00	4.216.119,00	1.487.768,43
	2011	387.429,00	349.377,00	436.955,00	1.410.203,00	4.236.077,00	2.331.884,00
	2012	374.329,00	439.227,00	398.493,00	1.327.493,00	4.132.620,00	2.302.998,00
	Media	395.872,33	412.315,00	409.648,67	1.384.427,33	4.194.938,67	2.040.883,48
ENERGIA TERMICA [kWh _t]	2010	916.953,49	1.523.290,70	1.660.883,72	1.608.709,30	3.165.523,26	1.150.430,23
	2011	806.209,00	1.200.791,00	1.381.116,00	1.399.349,00	2.772.826,00	1.510.674,00
	2012	835.453,00	1.187.744,00	1.685.849,00	1.250.314,00	2.801.407,00	1.441.860,00
	Media	852.871,83	1.303.941,90	1.575.949,57	1.419.457,43	2.913.252,09	1.367.654,74
ENERGIA FRIGORIFERA A [kWh _f]	2010	143.151,16	367.197,67	460.476,74	755.279,07	1.269.197,67	262.325,58
	2011	190.419,00	445.419,00	432.942,00	682.988,00	1.502.395,00	748.558,00
	2012	167.651,00	477.895,00	502.663,00	738.279,00	1.566.907,00	752.302,00
	Media	167.073,72	430.170,56	465.360,58	725.515,36	1.446.166,56	587.728,53

Fig. 6.41 – Consumi termici relativi al triennio 2010-2012 delle Torri del Fiera District.

L'impianto produce il 74% dell'energia termica richiesta dagli utenti e il 35% del fabbisogno elettrico, mentre caldaie preesistenti assicurano il fabbisogno termico per le richieste di punta e per emergenza.

I consumi riportati sopra evidenziano come la Terza Torre sia la meno energivora in rapporto alla superficie, soprattutto per quanto riguarda la climatizzazione invernale.

Tali consumi sono, tuttavia, suscettibili di errore poiché i dati forniti dalle proprietà¹¹ e non è chiaro se facciano riferimento alla totalità delle torri o ad una superficie parziale o addirittura inglobino volumetrie riscaldate non comprese dalla superficie di riferimento.

¹¹ I dati di consumo sono stati forniti da FBM (Finanziaria Bologna Metropolitana).

2.3.8. Conclusioni

Il complesso del Fiera District rappresenta un ottimo osservatorio per le tecnologie in esso comprese, sia dei sistemi impiantistici che di soluzioni ed elementi tecnici utilizzati.

In esso sono inoltre comprese diverse tipologie di intervento, dalla nuova costruzione alla ristrutturazione all'adeguamento impiantistico.

Le analisi svolte mettono in luce i seguenti dati:

- Gli edifici a torre, per via del rapporto S/V, ottimizzano il guadagno solare passivo e riducono le ombre portate provocate dagli edifici circostanti e dalle alberature.
- L'impiego del fotovoltaico, seppur ipoteticamente vantaggioso, poiché su edifici alti non sono presenti ombre riportate di alberature o edifici, la scarsa superficie di copertura disponibile limita la potenza installabile, determinando tempi di ritorno non vantaggiosi.
- Il comportamento invernale, in zona E, è responsabile della maggior parte dei consumi e richiede un attento studio, purché rientrante in valutazioni complessive di convenienza
- L'utilizzo di sistemi di automazione può portare un risparmio del 30% sui consumi elettrici, mentre un involucro efficiente, se rapportato a medesime conformazioni planimetriche, destinazioni d'uso ed esposizione con relativi dispositivi d'ombreggiamento, può ridurre del 40% il fabbisogno energetico invernale.

CAPITOLO 7

RISULTATI, STRATEGIE, LINEE GUIDA

CAPITOLO 7 - Risultati, strategie, Linee Guida

Indice Capitolo

1. Il potenziale del retrofitting e le basi per raggiungerlo	195
2. La figura dell'Energy Manager	196
3. Riqualificazione degli edifici del terziario: le azioni da compiere e le difficoltà finanziarie ...	197
3.1 Le scuole.	199
3.2 Le Università.	200
3.3 Gli uffici	202
4. Conclusioni e sviluppi futuri	208

1. Il potenziale del retrofitting e le basi per raggiungerlo

Dagli studi di Nils Kok¹ emerge inoltre come ci sia molta più attenzione al tema della riqualificazione degli edifici esistenti negli Stati Uniti che in Europa o in Italia, nonostante il numero degli edifici storici lì sia notevolmente inferiore. Analizzando nel dettaglio il *trade off* di alcuni interventi specifici (vedi tabella in alto), è possibile concludere che con una spesa media di 75-165 euro al metro quadro è possibile ottenere un risparmio compreso tra i 13 e i 26 euro per metro quadro all'anno (che possono salire fino a 43 euro se si spendono anche 1.400 euro per mq). I tempi di ritorno per investimenti di riqualificazione di questo tipo possono essere stimati dai 2 ai 12 anni.

In base a uno studio della European Climate Foundation (ECF) il retrofitting del parco edilizio italiano (per un risparmio fino al 90% dei consumi di calore) richiederebbe un investimento tra i 9 e i 20 miliardi di euro all'anno per circa 60 anni e potrebbe portare nel 2020 all'impiego di 500mila posti di lavoro (full time).²

Il lavoro di ricerca portato avanti fino a questo momento mette in luce i fondamenti necessari al raggiungimento del suddetto potenziale:

1. un **quadro normativo chiaro, tempestivo e possibilmente univoco** sul territorio nazionale, cosa attualmente non raggiunta soprattutto a causa di diverse difformità di comportamento di alcune Regioni ed alcuni Comuni;
2. una **corretta campagna istituzionale di informazione e sensibilizzazione** rivolta ai soggetti interessati, in particolar modo agli utenti finali;
3. **confrontabilità ed affidabilità della certificazione energetica**, maggiori garanzie sulla qualità della certificazione da rilasciare da tecnici che però operino sotto accreditamento dell'Ente unico nazionale Accredia;
4. **un ruolo esemplare del settore pubblico**, avviando un programma di riqualificazione energetica degli edifici pubblici e favorendo un sistema di appalti pubblici che faccia da battistrada all'innovazione di prodotto e di processo.

¹ Nils Kok, docente all'Università di Maastricht, è esperto di mercato immobiliare sostenibile ed autore di un report molto seguito, il *Global real estate sustainability benchmark*.

In particolare, nel settore pubblico, la riduzione della spesa energetica è da considerare un beneficio anche nell'ottica di una minore quantità necessaria di finanziamenti per gestire il parco edilizio di proprietà dell'ente. Pertanto, il potenziale di spesa può essere incanalato verso ambiti e contesti differenti ed influire positivamente sulla collettività e delle Amministrazioni promotrici.

2. La figura dell'Energy Manager

Le presenti linee guida sono dirette alle amministrazioni che si trovano attualmente ad affrontare la sfida della riqualificazione del settore pubblico, sulla base delle premesse esposte nei capitoli introduttivi e sulla base di quanto è emerso dalle analisi dei casi studio, tenendo sempre presente come il risultato finale sia fortemente condizionato dai comportamenti dell'utenza.

La gestione degli obiettivi è affidata da normativa alla figura dell'Energy Manager, specifica professionalità che si serve di linee di indirizzo e di tutta una serie di strumenti finalizzati al controllo ed alla gestione di ogni fase dell'efficientamento energetico, dalla fase di audit a quella di manutenzione e monitoraggio dei risultati.

Esistono a livello comunitario strumenti legislativi che definiscono l'Energy Manager e ne specificano le competenze:

- le Direttive 2002/91/CE e 2006/32/CE, rispettivamente sulla performance energetica degli edifici e dei servizi energetici, hanno richiesto ai Paesi Membri di dotarsi di schemi per assicurare la qualificazione ed eventualmente la certificazione dei professionisti e degli operatori del settore dell'energia;
- La norma europea EN 16001 sui sistemi di gestione dell'energia (SGE) – nel 2001 sostituita dallo standard internazionale ISO 50001 – e la EN 15900 sui servizi di efficientamento energetico;
- la norma UNI CEI 11339 sugli esperti in gestione dell'energia (EGE);
- la norma UNI CEI 11352 sulle ESCO ;
- La norma UNI CEI 11339, in particolare, consente di certificare le competenze degli esperti in gestione dell'energia e di sfruttare anche le opportunità aperte dalla legge 14 gennaio 2013 n. 4 sulle figure professionali non organizzate in ordini e collegi;
- la norma UNI CEI/RT 11428 sulle diagnosi energetiche.

In generale, il lavoro dell'Energy Manager necessita di strumenti specifici per indirizzare le operazioni e soprattutto per delinearli con semplicità gli scenari ottenibili e le risorse da impiegare.

Tale figura deve inoltre interfacciarsi con tutti i soggetti coinvolti, dalle Amministrazioni, ai tecnici e progettisti, ai fornitori di soluzioni e componenti e soprattutto agli utenti, che siano nello specifico operatori scolastici e studenti o figure amministrative e personale d'ufficio.

3. Riqualificazione degli edifici del terziario: le azioni da compiere e le difficoltà finanziarie

Il presente quadro si pone come obiettivo una schematizzazione procedurale, utile alla discretizzazione dei problemi ed alla loro facile risoluzione.

Le azioni principali da intraprendere esposte in maniera sintetica nella pagina seguente.

Le azioni elencate ritrovano, in ambito pubblico, delle barriere finanziarie oggettive, riassumibili come segue:

- difficoltà, specialmente per interventi a pieno edificio, nell'ottenimento dei prestiti da parte degli Istituti di credito dovuta alla complessa valutazione e validazione tecnico economica dell'intervento, ai tempi di ritorno medio-lunghi, alle incertezze e ai fattori di rischio;
- Le dimensioni finanziarie dei progetti, di medio piccola entità, non destano l'interesse di grandi istituzioni finanziarie;
- ruolo determinante ed incerto dell'utenza durante il ciclo di vita dell'edificio e incidenza del suo comportamento sui risparmi ottenibili;
- Difficoltà di accesso a finanziamenti pubblici/agevolazioni fiscali dedicati allo sviluppo di progetti innovativi;
- Incertezza sul funzionamento a lungo termine di tecnologie innovative.

Su tale base e linea d'azione, la ricerca svolta mette in luce le criticità e le potenzialità del settore terziario ed evidenzia, tramite esperienze di simulazione e calcolo, le criticità da affrontare, diversificate in base all'oggetto dell'intervento.

In sintesi, è possibile fare le seguenti considerazioni.

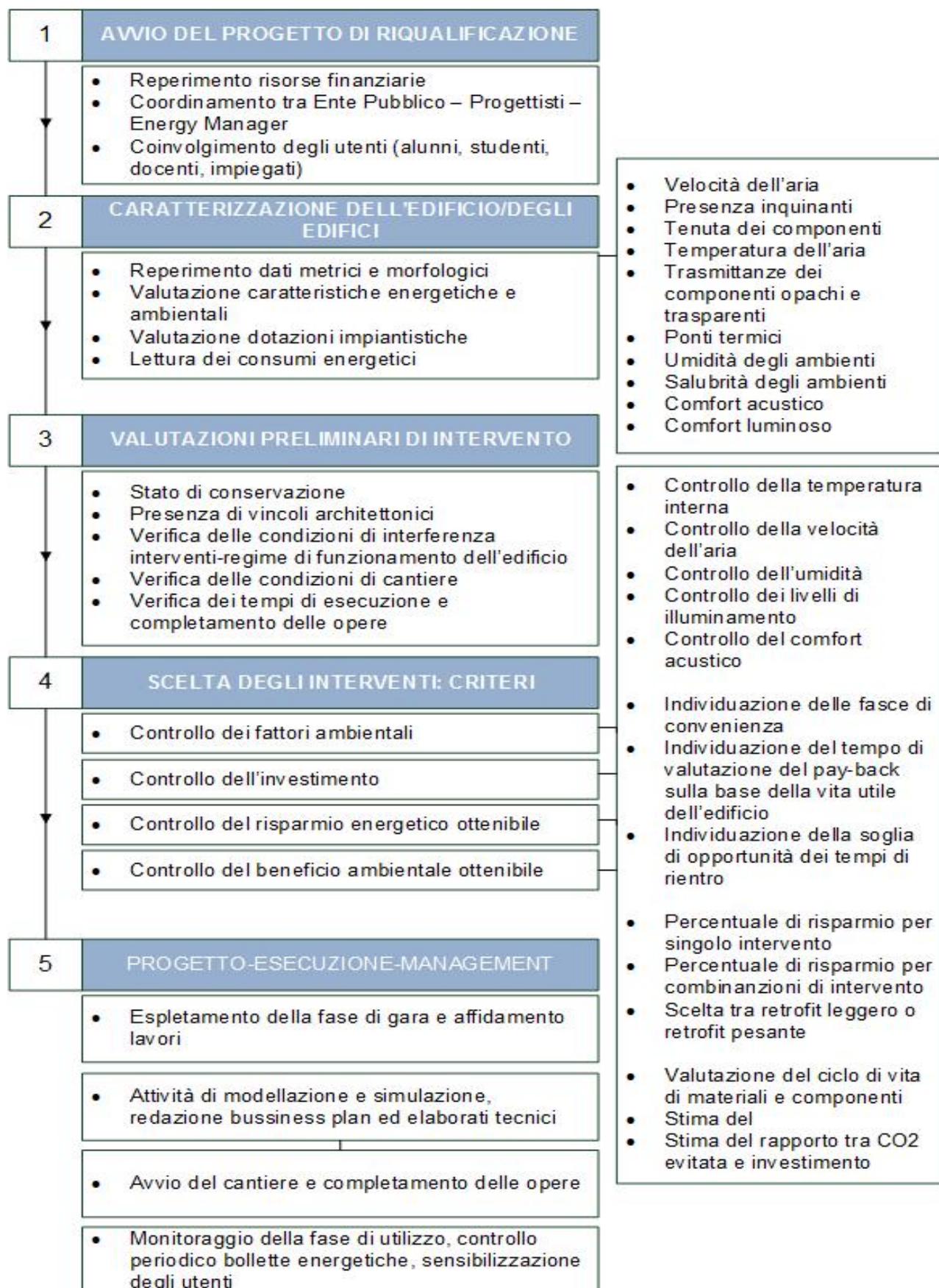


Fig. 7.1. Schematizzazione delle attività

3.1 Le scuole.

Le scuole, costituite da edifici ben classificabili e rientrando negli edifici a bassa complessità tecnologica, richiedono interventi definiti in base a quanto segue:

- Strategie differenziata in base all'epoca di costruzione dell'edificio (ante o post Legge 18 Dicembre 1985 sull'edilizia scolastica);
- Possibilità di identificazione del potenziale di risparmio con margine di errore contenuto anche per patrimoni edilizi, potendo riscontrare analogie di diagnosi e di intervento;
- Importanza della componente di sensibilizzazione in ambienti in cui si svolge la formazione delle coscienze sulle tematiche del risparmio energetico;
- Valutazione della compatibilità tra attività didattiche ed interventi di efficientamento
- Valutazione dell'incremento della produttività degli alunni in relazione a migliori condizioni di comfort;
- Scarsa incidenza dei consumi elettrici e della climatizzazione estiva a causa del regime di funzionamento dell'edificio;
- Rapporti S/V svantaggiosi con conseguenti ampie superfici disperdenti;
- Ampio margine di risparmio, compreso tra il 50 ed il 70% sulla prestazione energetica invernale.

I casi studio esaminati e lo studio sul patrimonio consentono di considerare un obiettivo facilmente ottenibile quanto riferito dal PAEE 2014, che prevede un risparmio totale di 6.821 GWh/annui al 2020, pari ad un risparmio di 0,5 MTEP/anno di beneficio ambientale.



Fig. 7.2 . Potenziale di risparmio per intervento (Fonte: RAEE 2014 su dati CRESME)

I tempi di ritorno, così come stimati nel capitolo 4, sono coerenti con i dati nazionali, che ipotizzano circa 21 anni senza incentivi e 7,4 anni con varie forme di incentivazione.

Il costo di ogni kWh risparmiato è di circa 2,7 € e la ricaduta occupazionale è stimata intorno ai 54 mila addetti.

Ovviamente, la maggiore percentuale di potenziali nuovi posti di lavoro si avrà nella zona E, dove l'efficientamento energetico è maggiormente necessario durante la stagione invernale.

3.2 Le Università.

Gli edifici per la formazione universitaria e la ricerca, come abbiamo visto, mancano in assoluto di studi settoriali, pur presentando problematiche complesse ed elevato potenzialità per la sperimentazione delle *smart grid*.

La ricerca svolta ha permesso di analizzare il quadro esigenziale e di confrontare casi studio, differenziando le strategie d'intervento.

Le azioni principali da intraprendere sono risultate le seguenti:

- Individuazione della destinazione d'uso prevalente nell'edificio;
- Qualora la destinazione prevalente sia aule dove si svolgono attività didattiche, sarà necessario valutare con attenzione i livelli di occupazione delle (svolgimento dei corsi e delle sessioni d'esame), il loro livello di affollamento (non definito da norma come invece accade per gli edifici scolastici) e i ricambi d'aria necessari;
- Qualora la destinazione prevalente sia quella di laboratori, dovrà essere fatto un accurato studio delle condizioni ambientali ottimali per lo svolgimento delle attività di ricerca, una stima sufficientemente attendibile dei carichi termici ed elettrici dovuti ad attrezzature per attività scientifiche e l'individuazione di corretti parametri di illuminamento e di salubrità dell'aria;
- Qualora la destinazione prevalente sia ad uso ufficio (è il caso di edifici adibiti quasi esclusivamente a dipartimento), bisognerà effettuare simulazioni considerando un regime di funzionamento dell'edificio più costante e ogni parametro relativo al benessere nei luoghi di lavoro;
- Sarà opportuno quantificare il mix funzionale e valutare il conseguente mix impiantistico ottimale, diversificandolo in base alle caratteristiche dimensionali degli ambienti (si pensi alla presenza di aula magna e biblioteca);

- Andrà posta una maggiore attenzione alla climatizzazione rispetto agli edifici scolastici, poiché risulta di maggiore importanza il problema del raffrescamento, considerando l'apertura delle università per l'80% dei mesi estivi;
- Non essendo quasi mai seguiti criteri di progettazione consapevoli (esposizione dell'edificio e sistemi passivi di risparmio energetico) sarà necessario differenziare gli interventi ed avvalersi di strumenti precisi di diagnosi (software di simulazione dinamica per la valutazione delle dispersioni e dei parametri ambientali su base oraria);
- Nel caso di interventi in campus o atenei, sarà opportuno considerare la possibilità di collegare gli edifici con sistemi di gestione e controllo ad intelligenza distribuita, per controllare i picchi di carico e convogliare la domanda energetica in modo da evitare sprechi e sovradimensionamenti degli impianti;
- La cogenerazione e la rigenerazione ad alto rendimento è indicata solo nei casi in cui è possibile mantenere un livello di funzionamento costante dell'impianto e utilizzare il calore prodotto durante i periodi in cui non ve ne è richiesta.

Poiché non esistono stime effettuate su questa porzione del patrimonio esistente, in base alle analisi effettuate è possibile estendere i risultati ottenuti considerando una percentuale di riduzione dell'indice di prestazione energetica minore rispetto a quella ipotizzata per le scuole, per via del maggiore grado di complessità tecnologica e delle maggiore quantità di variabili da considerare.

Ipotizzando di riqualificare l'intero patrimonio di edifici per la ricerca (1.720.953 mc) ai quali è imputabile un consumo di circa 85.050 MWh, considerando una riduzione media del 30-35% sul fabbisogno invernale e una riduzione delle emissioni di CO₂ di circa il 20%, il risparmio ottenibile è di circa 30.100 MWh annui.

3.3 Gli uffici

Gli edifici a destinazione d'uso terziaria, in particolare gli uffici, sono caratterizzati da un complesso quadro esigenziale e, soprattutto quelli a destinazione esclusiva ad uffici, da complessità tecnologica notevole.

Il funzionamento dell'edificio, essendo costante durante tutto l'anno solare, necessita di un'analisi accurata delle dispersioni attraverso l'involucro e degli apporti gratuiti durante la stagione estiva. Va inoltre considerata l'incidenza sul fabbisogno totale delle apparecchiature da ufficio e del comportamento degli utenti, nonché le politiche adottate dalla dirigenza in merito al contenimento energetico sui luoghi di lavoro.



Fig. 7.3 – Macro-tipologie di intervento negli uffici

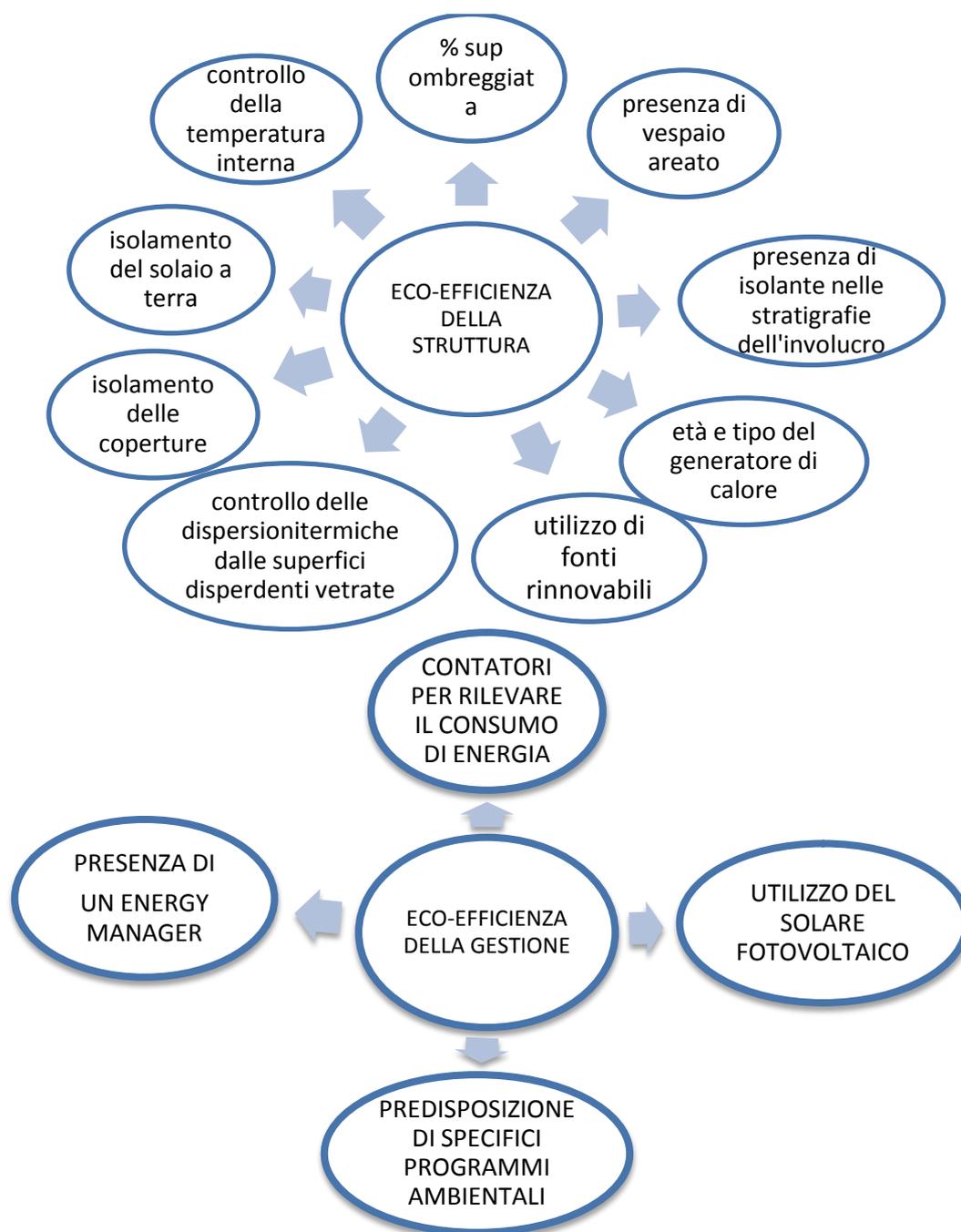


Fig. 7.4.– Ideogramma per l'eco-efficienza degli edifici del terziario.

Le azioni principali evidenziate dalle simulazioni effettuate sono le seguenti:

- Lo studio accurato dell'involucro e dei parametri di comfort interni, poiché è necessario oltre che per il contenimento energetico anche per la produttività del personale;
- Nel caso di involucro con livelli prestazionali discreti, un buon margine di miglioramento della prestazione può essere ottenuta con la sola introduzione di sistemi di gestione e controllo ambiente per ambiente;
- Nel caso di involucri molto energivori, l'intervento sugli infissi, poiché quasi molto costoso, andrà valutato a prescindere dall'energy retrofit, considerando anzitutto l'obsolescenza tecnologica in termini di tenuta e di sicurezza;
- Nel caso di edifici a corte, sarà possibile adottare soluzioni che migliorino il microclima interno e la luce naturale nei luoghi di lavoro;
- Nel caso di edifici a torre aventi rapporti S/V molto vantaggiosi, bisognerà accuratamente controllare la radiazione solare e ipotizzare soluzioni alternative per l'introduzione di fonti rinnovabili, data la scarsa disponibilità di superfici di copertura.

Il consumo energetico degli edifici ad uffici presenta problemi di raffrescamento per gran parte dell'anno. Per far fronte ai consumi estivi è necessario prevedere:

1. aumento dell'efficienza dell'impianto di climatizzazione;
2. controllo degli apporti termici solari delle chiusure trasparenti;
3. controllo dell'inerzia termica delle chiusure opache ma anche delle strutture orizzontali e partizioni interne;

raffrescamento naturale ibrido, realizzato attraverso pre-raffreddamento dell'aria di ventilazione.³

³ Fonte: "Requisiti per la sostenibilità ambientale degli edifici" a cura di Environment Park. La massa esposta dei solai deve essere dimensionata in modo tale da garantire l'accumulo termico del calore prodotto, durante il giorno, all'interno dei corpi di fabbrica ad uso terziario.

L'area netta d'apertura delle chiusure permeabili verticali deve essere tale da garantire la portata d'aria sufficiente per garantire il raffreddamento della massa esposta, fino a completa dissipazione del calore accumulato nei solai stessi.

E' inoltre importante utilizzare la massa edilizia come volano termico per evitare condizioni di surriscaldamento all'interno dell'edificio: per la destinazione d'uso ufficio, la diffusività⁴ termica media delle superfici interne dovrebbe essere non inferiore a $500 \text{ W s}^{0.5} / \text{m}^2 \text{ K}$.

Altro aspetto importante rispetto ad altre destinazioni d'uso è la quantità e la qualità della luce negli ambienti di lavoro per la sua influenza, ormai riconosciuta, sulla salute, sull'umore e sulla produttività degli occupanti.

La progettazione del comfort visivo mira a:

- la creazione di un ambiente gradevole
- la creazione di un ambiente con condizioni luminose tali da garantire lo svolgimento delle attività in modo efficiente e confortevole.

La destinazione d'uso implica tuttavia la definizione di un quadro di priorità nell'insieme dei requisiti da soddisfare: negli uffici, soprattutto quando previsto l'uso di videoterminali, sarà invece fondamentale garantire un'elevata qualità visiva.

La progettazione dell'illuminazione naturale deve garantire:

- una sufficiente quantità di luce naturale entrante;
- una distribuzione uniforme della luce;
- la vista verso l'esterno;
- la penetrazione della radiazione luminosa all'interno dell'ambiente, soprattutto nel periodo invernale;
- la privacy;
- l'oscurabilità;
- L'Illuminamento medio di esercizio dovrebbe essere di 500 lx, con resa cromatica 80 - 90 e tonalità bianco neutra.

Per quanto concerne i ricambi d'aria, negli uffici dovrebbe essere assicurato un ricambio di almeno 11 l/s per persona. In ogni caso deve essere considerato accettabile il livello di concentrazione di inquinanti e deve essere coerente con quello utilizzato nel calcolo dei carichi termici invernali ed estivi.

⁴ La diffusività termica è definita come il rapporto fra conducibilità termica e il prodotto di densità e calore specifico del corpo.

Il controllo e la modulazione dei ricambi d'aria, della temperatura e dell'illuminazione può essere gestito attraverso sistemi ad intelligenza distribuita, fondamentali per il corretto funzionamento degli edifici ad uffici.

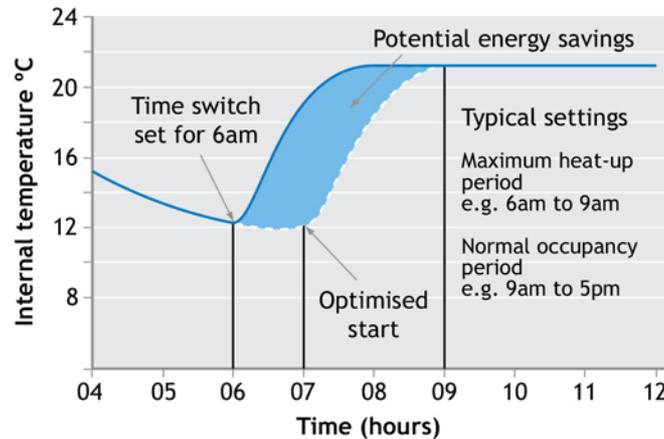


Fig. 7.5 – Risparmio energetico potenziale ottenibile attraverso il controllo dei tempi di accensione (Fonte: Carbon Trust).

L'immagine sopra mette in relazione i tempi di accensione con la temperatura interna e mostra come il potenziale risparmio energetico può arrivare al 10%. L'ottimizzazione del funzionamento dell'impianto, ad esempio, potrà richiederne lo spegnimento durante un periodo di occupazione edificio (ultima ora prima del termine della giornata lavorativa) se la temperatura non è previsto un calo significativo.

I BEMS (Building Energy Management Systems), in sintesi, assicurano l'efficienza energetica attraverso:

- la fornitura di servizi solo dove vi è una domanda;
- reagire alle temperature esterne ed ai livelli di luce per la regolazione e i set-point interni;
- non utilizzare mai raffrescamento e riscaldamento contemporaneamente;
- controllare zone separate con esigenze diverse in modo indipendente;
- fornire riscaldamento o raffrescamento con la minima potenza degli impianti (evitare sprechi e sovradimensionamento).

E' inoltre da evidenziare come il BEMS funziona solo in relazione alla condotta dell'utenza, che deve essere informata e consapevole sulle sue potenzialità e mantenerlo efficiente.

L'utilizzo dei BEMS permette di raccogliere, aggregare e analizzare il consumo complessivo di più impianti e utenze e soprattutto di avere un profilo globale dei consumi che comprenda tutti gli edifici o tutte le parti dell'edificio. I dati possono essere utilizzati per negoziare nuove tariffe contrattuali con notevoli risparmi economici.

I casi studio esaminati affrontano i punti sopra descritti e quantificano i benefici ottenibili in casi ad elevata significatività statistica sul patrimonio.

Secondo dati CRESME, un investimento da 903 milioni di euro per riqualificare il 20% del patrimonio (il segmento energivoro descritto nel capitolo 6) consentirebbe di risparmiare 73 milioni di euro/anno. Il risparmio aumenta dalle zone climatiche più calde a quelle più fredde (da 36,8% a 43,3%).

Bilancio di sostenibilità				
	CO ₂ risparmiata (kt)	Costo del kWh risparmiato (€)	Pay back senza incentivi (anni)	Pay back con incentivi (anni)
ITALIA	-133	1,7	12,5	4,4
Zone ABC	-26	2	14,3	5
Zona D	-45	1,6	12,2	4,3
Zona EF	-62	1,5	11,9	4,2

Fig. 7.6 – Previsioni di risparmio per efficientamento energetico di uffici pubblici per 903 milioni di euro sul 20% del patrimonio. Fonte: CRESME

I tempi di ritorno sono minori rispetto a quelli stimati per le scuole, poiché corrispondono a 12 anni senza incentivi e 4,4 anni con incentivi.

Ogni kWh risparmiato costerebbe 1,7 € e la ricaduta occupazionale sarebbe di 13.500 addetti.

Queste previsioni confermano sostanzialmente quando si è osservato con le analisi.

L'edificio della procura di Napoli e la sede INPS di Palermo, collocati in zone climatiche calde, hanno registrato tempi di ritorno più lunghi e risparmi sull'indice di prestazione energetica minori, mostrando l'importanza di metodologie di calcolo più accurate e precise per la climatizzazione estiva e per i benefici derivanti dai sistemi di gestione.

Il caso del Fiera District, invece, conferma la percentuale di risparmio ottenuta ottimizzando i livelli prestazionali di involucro e impianti nella torre più recente, con un risparmio complessivo del 41 %.

4. Conclusioni e sviluppi futuri

Il lavoro svolto rappresenta un primo indirizzo nella sfida che nei prossimi anni coinvolgerà con ritmo crescente le Amministrazioni Pubbliche e vuole fornire un quadro d'insieme degli aspetti fondamentali riguardanti lo stato dell'arte e le problematiche di riqualificazione da affrontare, esistendo attualmente solamente studi frammentari che prescindono da un approccio olistico e non forniscono soluzioni integrate di retrofit.

Le analisi svolte hanno messo in luce le potenzialità e le criticità di questa porzione di patrimonio, richiamando la necessità di strumenti d'azione semplificati, sia di diagnosi che di calcolo e di intervento, per minimizzare il rischio degli investimenti pubblici ed assicurare il perdurare dei risultati nel tempo.

Lo sviluppo futuro del percorso di ricerca comprende attività di ricognizione dati ulteriori su un patrimonio tanto variegato e complesso, per poi procedere all'applicazione delle linee di indirizzo enunciate e costruire uno strumento con margini di errore contenuti da poter fornire ai soggetti pubblici e privati coinvolti, in modo da contribuire concretamente al raggiungimento degli obiettivi 2050 per l'efficienza energetica nel nostro Paese.

CAPITOLO 8

BIBLIOGRAFIA

CAPITOLO 8 - Bibliografia

Indice Capitolo

Pubblicazioni scientifiche	211
Bibliografia generale.....	211
Edilizia scolastica e universitaria	215
Edifici strategici e uffici.....	219
Riferimenti normativi e legislativi	221
Leggi e direttive europee.....	221
Normativa tecnica	224
Sitografia	227

Pubblicazioni scientifiche

Bibliografia generale

- AA.VV. (2010), *Employment Impacts of a Large-Scale Deep Building Energy Retrofit Programme in Hungary*, EUROPEAN CLIMATE FOUNDATION, http://3csep.ceu.hu/sites/default/files/field_attachment/project/node-6234/employment-impacts-of-energy-efficiency-retrofits.pdf
- AA.VV. (2013), *A guide to develop strategies for building energy renovation*, BPIE, http://https://www.bpie.eu/documents/BPIE/Developing_Building_Renovation_Strategies.pdf
- AA.VV. (2013), *Il sistema delle costruzioni in Italia: Rapporto 2013*, Federcostruzioni, 2013
- Amici della Terra (2013), *Rinnovabili termiche stato e prospettive al 2030*, Ufficio studi degli Amici della Terra, Quarta Conferenza Nazionale Per Le Fonti Rinnovabili Termiche, http://https://www.cliclavoro.gov.it/Progetti/Green_Jobs/Documents/Energie_rinnovabili/Approfondimenti/RINNOVABILI-TERMICHE-AdT-2013.pdf
- ANCE (2012), *Osservatorio congiunturale sull'industria delle costruzioni*, ANCE, Roma
- Ardito G., Bobbio D., Leonardi M. (2012), *Obiettivo 2050: Per una roadmap energetica al 2050, Rinnovabili, efficienza, decarbonizzazione*, REF-E, WWF, 2012
- Battisti A., Tucci F. (2000), *Ambiente e cultura dell'abitare: innovazione tecnologica e sostenibilità del costruito nella sperimentazione del progetto ambientale*, Librerie Dedalo, Bari, 2000.
- Bleyl-Androschin J. W., Schinnerl D., (2008), *Comprehensive Refurbishment of Buildings through Energy Performance Contracting, A Guide for Building Owners and ESCos*, IEA DSM TASK XVII, Graz, 2008
- Calice, C. (2012), "Metodologia di verifica dei parametri termofisici delle soluzioni tecniche", in *Housing, Linee guida per la progettazione di nuovi insediamenti*, Parte VI, Costruire l'abitare, Strumenti, metodi e tecnologie per la progettazione sostenibile della residenza pp. 232-243
- Camera dei deputati (2013), Dossier di documentazione *Il recupero e la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio: una stima dell'impatto delle misure di incentivazione*, Documentazioni e ricerche, n.83, Centro studi – Dipartimento ambiente, 2013
- Cecconi M., (2012), *Modello per la valutazione energetica di grandi patrimoni edilizi*, Tesi di dottorato in Risparmio Energetico e Micro-generazione Distribuita, non pubblicata. Università di Roma "Sapienza", 2011
- Citterio M., Fasano G., (2009), *Indagine sui consumi degli edifici pubblici (direzionale e*
- Clemente C, (2010). "Rules, language and energy", In *Housing for Europe. Strategies for Quality in Urban Space, Excellence in Design, Performance in Building*, ed. Clemente, C., De Matteis, F., ROMA, DEI, pp. 79-100, 2010, ISBN 9788849625110

- Comandini S., Dal Fiume A., Ratti A.,(1998,)), *Architettura sostenibile*, Bologna, Pitagora Editrice, 1998
- CRESME (2012), *RIUSO 2012, Casa e città per disegnare un future sostenibile*, 2012
- CRESME(2014), *Rapporto RIUSO03. Ristrutturazione edilizia, riqualificazione energetica e rigenerazione urbana*, CRESME, 2014
- CTI (2013), *Attuazione della certificazione energetica degli edifici in Itali, RAPPORTO 2013:Sintesi*,2013
- DAYSIM, *Dynamic Daylight Simulations*, National Research Council Canada
- de Santoli L., (2011), *Le comunità dell'energia*, Quodlibet, 2011, ISBN 9788874624034
- de Santoli, L., (2010), *La gestione energetica degli edifici*, Palermo Flaccovio, 2010, ISBN 9788857900162
- Directorate-General for research, Industrial Technologies Unit G2 New generation of products, (2010), *"Energy-efficient buildings PPP - Multi-annual roadmap and longer term strategy"*, European Union 2010
- EI Economist Intelligence Unit (2013), *Investing in energy efficiency in Europe's buildings: a view from construction and real estate sectors*, committed by GPBN, BPIE, WBCSD, http://https://www.bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/15/EIU_GBPN_EUROPE.pdf
- ENEA (2011), *Quaderni energia, L'efficienza energetica nel settore civile*, ENEA, <https://www.enea.it>
- ENERGY PLUS Energy Simulation Software, U.S. Department of Energy.Bleyl-Androschin J. W., Schinnerl D., (2008), *Comprehensive Refurbishment of Buildings through Energy Performance Contracting,A Guide for Building Owners and ESCos*, IEA DSM TASK XVII, Graz, 2008
- Environment Park (a cura di), (s.d.), *Requisiti per la sostenibilità ambientale degli edifici* , Environment Park, Torino
- Fraticegli, F., Anderlini, M., Calice, C. (2013), "La grid parity e il mercato delle rinnovabili elettriche: gli scenari futuri", *Aircarr Journal*, n.20, 2013, pp. 16-21
- FIRE (2008), *Analisi delle potenzialità della microgenerazione in Italia*, Federazione Italiana per l'uso razionale dell'energia, <http://https://www.fire-italia.it/forum/cogenerazione/rapportomchp.pdf>
- Gaspari J., Trabucco D., Zannoni Z. (2010), *Involucro edilizio e aspetti di sostenibilità. Riflessioni sul comportamento energetico di pareti massive e stratificate iperisolate: performances ambientali ed embodied energy*,Franco Angeli editore, Milano 2010
- Goldmann, I. (2014), *Vecchi edifici nelle nuove città. Building retrofit per rendere smart l'edilizia esistente*,Edilizia Ambiente, Febbraio 2014
- IEA (2008), *Promoting Energy Efficiency Investment*, International Energy Agency, <http://https://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/PromotingEE2008.pdf>
- IEA (2013), *World Energy Outlook*, International Energy Agency, <https://www.iea.org>

- Institute for Building Efficiency (2013), *Going DEEPer: A new Approach for encouraging retrofits*, http://https://www.archinfo.it/whitepaper_library/DEEP_Programs_for_Retrofits.pdf
- ISTAT (2012), *Compendio statistico italiano*, <https://www.istat.it>
- Karaguzel, O.T., Lam., K.P., *Development of whole-building energy performance models as benchmarks for retrofit projects*, in Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2011 Winter
- Lannutti, C., (2001), *Controllo della qualità tecnico prestazionale del componente edilizio*, Roma, Gangemi
- Masoero M., Silvi C., Toniolo J. (2010), *Assessing the energy performance of HVAC systems in the tertiary building sector by on-site monitoring*, in Proc. IECEB'10, Frankfurt, 13-14 April 2010.
- Mayer A., Ghiran A. (2011), *EU Public-Sector Experience with Building Efficiency: Exploring barriers to performance contracting and deep energy retrofits*, Issue Brief, Institute for Building Efficiency, 2011
- ON-RE (2013), *L'Innovazione energetica in edilizia, Rapporto ON-RE 2013, i regolamenti edilizi comunali e lo scenario dell'innovazione energetica ed ambientale in Italia*, http://issuu.com/legambienteonlus/docs/sito_onre_2013_min#embed
- PAEE (2011), *Piano d'azione Italiano per l'efficienza energetica 2011*, Ministero Sviluppo Economico, http://https://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/MASTER_PAEE_01_luglio_2011-ENEA.pdf
- PAEE (2014), *Piano d'azione Italiano per l'efficienza energetica 2014*, Ministero Sviluppo Economico, <http://https://www.efficienzaenergetica.enea.it/doc/paee/PAEE-2014-definitivo.pdf>
- 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.
- RAEE (2012), *Rapporto Annuale Efficienza Energetica 2011*, Enea, Dicembre 2012, <https://www.enea.it>
- Rizzo G., (2009), *Analisi dello stato dell'arte nazionale ed internazionale dei sistemi integrati di illuminazione naturale/artificiale in relazione all'involucro edilizio nel caso di edifici del terziario e abitativi, ai fini di un loro impiego nell'ambito della certificazione energetica degli edifici*, Report RSE, ENEA, 2009, <https://www.enea.it>
- SCOTT R. MULDAVIN, C. F., (2010), *Value beyond cost saving: how to underwrite sustainable properties*. Green Building Financial Consortium, 2010.
- scuole), e potenzialità degli interventi di efficienza energetica*, Report RSE, ENEA, 2009, <https://www.enea.it>
- Stromback J., Dromacque C. (2010), *Evaluation of residential smart meter policies. WEC-ADEME Case studies on Energy Efficiency Measures and Policies*, Online Report of VaasaETT Global Energy Think Tank, 2010

- Todorovic, B. (2011), "Towards Zero Energy Buildings: New and Retrofitted Existing Buildings" in *3rd IEEE International Symposium on Exploitation of Renewable Energy Sources*, Atti del convegno, Marzo 11-12, 2011, Subotica, Serbia, ISBN 97811457700972
- TRNSYS Manual, A Transient Simulation Program – Solar Energy Laboratory University of Wisconsin-Madison, March 2000.
- Kurnitski J. (2013), *Cost Optimal and Nearly Zero-Energy Buildings (nZEB)*, Springer, 2013
- Zangheri, P., Pagliano, L., (2012) *Sviluppo di una metodologia per l'individuazione dei requisiti di prestazione energetica ottimali in funzione dei costi*, 2012, www.enea.it

Edilizia scolastica e universitaria

- AA.VV. (2008), Edilizia scolastica ecocompatibile . *Il Progetto Sostenibile*, 17-18, Edicom, 2008
- AA.VV. (2010), *L'edilizia scolastica, universitaria e per la ricerca*, Quaderni del Manuale di progettazione edilizia, Hoepli, 2010
- AA.VV. (2013), 'XI "Rapporto su sicurezza, qualità e comfort degli edifici scolastici", <https://www.cittadinanzattiva.com>
- AA.VV. (2014), "Report Screening of Energy Renovation Measures for Schools – Italy", in *School of the Future Towards Zero Emission with High Performance Indoor Environment*, EU 7th Framework Programme – EeB-ENERGY, 2014, http://https://www.school-of-the-future.eu/images/files/20140124_SotF_Italy.pdf
- AA.VV., (2000), Edilizia Scolastica bioecologica, in *L'Architettura Naturale*, n.9/2000.
- Amoroso N., Balladin D. A., O. Headley ST. C., McDoom I. A, Parasram A., Rampersad K., Shakeer S.(1998), "Introduction of solar energy devices to secondary schools as teaching aids", in *Solar Energy*,64 (1998), 1-120
- Antonini E., Boeri A., (2011), *Progettare scuole sostenibili. Criteri e analisi delle soluzioni progettuali Monfalcone*, Edicom 2011, ISBN 978-88-96386-15-6
- Antonini, E., Boeri, A. (2011), *Progettare scuole sostenibili*, Monfalcone, 2011, Edicom.
- Azzaro, B. (2008). *L'Università di Roma La Sapienza e le Università italiane*, Roma Gangemi
- Azzaro, B. (2012), *La Città Universitaria della Sapienza di Roma e le sedi esterne 1907-1932*, Roma, Gangemi.
- Beusker, E.; Stoy, C.; Pollalis, S.N. (2012), "Estimation model and benchmarks for heating energy consumption of schools and sport facilities in Germany", *Building and Environment* 49 (2012) 324–335, ISSN: 0360-1323.
- Biamonti, A. (2007). *Learning environments: nuovi scenari per il progetto degli spazi della formazione*. Milano F. Angeli.
- Boarin, P., (2010), *Edilizia scolastica. Riqualificazione energetica e ambientale. Metodologie operative, requisiti, strategie ed esempi per gli interventi sul patrimonio esistente*, Monfalcone, Edicom 2010, ISBN 978-88-96386-02-6
- Calice, C., Clemente, C., de Santoli, L., Fraticelli, F., (2012), "Guidelines for the retrofit of the school building stock for sustainable urban regeneration of the city of Rome" in *The Sustainable City VII - Urban Regeneration and Sustainability* WIT Press
- Calice, C. (2012), "Efficientamento energetico del patrimonio scolastico: i risultati ottenibili", *Ponte, DEI - Tipografia del Genio Civile*, n. 4, 2012, pp.57-58
- Capanna A. (2007), "Edifici per l'università - Buildings for the university", *Numero monografico dell'industria delle costruzioni*, n. 395 maggio/giugno 2007

- Clemente, C. (2012), "Sostenibilità, sicurezza ed efficienza energetica nel recupero edilizio. Strategie per la riqualificazione integrata del patrimonio scolastico esistente nell'area metropolitana romana" in PONTE, vol. 4/2012, pp.27- 35
- Cognati S.P., Viazzo S., Filippi M.(2008), "A method for heating consumption assessment in existing buildings: a field survey concerning 120 Italian schools", in *Energy and Buildings* 40 (2008), 801-809.
- Coulson, J., Roberts, P. Taylor, I. (2010), *University Planning and Architecture: The Search for Perfection*, LondonRoutledge.
- Coulson, J., Roberts, P. Taylor, I. (2014). *University trends : Contemporary Campus Design*. London Routledge.
- d'Ambrosio Alfano, F.R., Bellia L., Boerstra, A., van Dijken, F., Ianniello, E., Lopardo, G., Minichiello, F., Romagnoni, P., Gameiro da Silva, M.C. (2010), REHVA guidebook on indoor environment and energy efficiency in schools, Part 1. Principles. In *The REHVA European HVAC Journal*, 2010
- Darshan Shrestha D., Hari, Pribadi, Krishna S., Kusumastuti, Dyah & Lim, E., (2009), *Manual on "retrofitting of existing vulnerable school buildings – assessment to retrofitting" - Part I*, Center for Disaster Mitigation & Save the Children *International*, Indonesia
- Dascalaki, E.G., Sermpezoglou V.G., (2011), "Energy performance and indoor environmental quality in Hellenic schools", *Energy and Buildings*, Volume 43, Issues 2–3, February–March 2011, Pages 718-727, ISSN 0378-7788.
- De Giuli, V., Da Pos, O., De Carli, M. (2012), "Indoor environmental quality and pupil perception in Italian primary schools", *Building and Environment*, 56 (2012), 335-345
- de Santoli L., Caruso G., Bonfà F. (2009), *Progettazione di una rete di generazione distribuita dell'energia quale esempio dimostrativo di impiego di tecnologie energeticamente efficienti*, Report RSE3 2009/67, ENEA, <https://www.enea.it>
- de Santoli, L., Fraticelli F., Fornari, F., (2010), "Planning the integration of new technologies for sustainability: case study of a school building's restoration project in Rome". in *ECO-ARCHITECTURE III, Harmonization between architecture and nature* WIT Press, 2010, pages 423 – 434, ISBN 9781845644307
- de Santoli, L., F. Fraticelli, F. Fornari, C. Calice, (2014), "Energy performance assessment and a retrofit strategies in public school buildings in Rome", *Energy and Buildings*, Vol. 68 (2014)
- de Santoli, L., Fraticelli, F., Fornari F., Calice C.,(2013) "*Analysis on energy saving achievable through solar photovoltaic systems on school roofs: the case of the city of Rome*", in *Atti del Convegno 11th REHVA World Congress CLIMA 2013: Energy Efficient, smart and healthy buildings*", 16-19.6.013, Prague
- Desideri U., Proietti S. (2002), "Analysis of energy consumption in the high schools of a province in central Italy", in *Energy and Buildings* 34, 2002, 1003–1016
- Dimoudi, P., Kostarela, (2009), "Energy monitoring and conservation potential in school buildings in the C' climatic zone of Greece", in *Renewable Energy*, Volume 34, Issue 1, January 2009, Pages 289-296, ISSN 0960-1481

- Duca, G., (2008), *Il recupero dell'edilizia scolastica a misura di bambino*. Napoli. Fridericiana Editrice Universitaria.
- Fornari F. (2013), *Strategie per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio scolastico pubblico*. Tesi di dottorato in Risparmio Energetico e Microgenerazione Distribuita, non pubblicata. Università di Roma "Sapienza", 2011
- Gaitani, N., Lehmann, C., Santamouris, M., Mihalakakou G., Patargias, P., (2010), "Using principal component and cluster analysis in the heating evaluation of the school building sector", in *Applied Energy*, Volume 87, Issue 6, June 2010, Pages 2079-2086, ISSN 0306-2619.
- Hernandez, P.; Burke, K.; Owen Lewis, J.; (2008), "Development of energy performance benchmarks and building energy ratings for non-domestic buildings: An example for Irish primary schools", *Energy and Buildings*, Volume 40, Issue 3, 2008, Pages 249-254, ISSN 0378-7788.
- IEA (2004), *ECBCS Annex 36: Retrofitting in Educational Buildings - REDUCE. 25 Case Study Reports from 10 different Countries*, 2004, http://https://www.annex36.com/veroeffentlichungen/pdf/A36Publication_betecaivc_casestudies.pdf
- James A. Davis III, Darin W. Nutter, (2010) *Occupancy diversity factors for common university building types*, in *Energy and Buildings*, Vol. 42, issue 9, 1543-1551
- Jenkins, D.P., Peacock A. D., Banfill, P.F.G., (2009), "Will future low-carbon schools in the UK have an overheating problem?", in *Building and Environment*, Volume 44, Issue 3, March 2009, Pages 490-501, ISSN 0360-1323
- Legambiente, *Ecosistema Scuola 2010*, Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi, Roma
- Legambiente, *Ecosistema Scuola 2011*, Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi, Roma
- Legambiente, *Ecosistema Scuola 2012*, Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi, Roma
- Legambiente, *Ecosistema Scuola 2013*, Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi, Roma
- Lourenço, P., Pinheiro, M. D., Heitor, T. (2014). From indicators to strategies: Key Performance Strategies for sustainable energy use in Portuguese school buildings. *Energy and Buildings*, 85, 212-224.
- Moncada Lo Giudice, G., Fraticelli F., Fornari F., Calice C. (2013) "Analysis of energy performance of school building stock in Rome", in *Sustainable Cities 2013, 8th International Conference on Urban Regeneration and Sustainability*, 3 - 5 December, 2013, Putrajaya, Malaysia
- Michopoulos, A., Voulgari, V., Kyriakis N., (2013) "University buildings in Greece: Energy analysis of heating and cooling demand", in *International Journal of Energy and Environment*, ISSN 2076-2895, Vol. 4 (2013), pp. 399-408
- Mumovic, D., Palmer, J.; Davies, M.; Orme, M.; Ridley, I.; Oreszczyn, T. ; Judd, C.; Critchlow, R. ; Medina, H.A. Pilmoor, G.; Pearson, C.; Way, P. (2009) "Winter indoor air quality, thermal comfort

- and acoustic performance of newly built secondary schools in England", *Building and Environment*, Volume 44, Issue 7, July 2009, Pages 1466-1477, ISSN 0360-1323
- OECD Centre for Educational Research and Innovation (2008), *Education at a Glance 2008: OECD Indicators*, OECD, Paris, France.
- Palumbo, R. (2007). *Politica e dilizia e strategie di attuazione*. Roma, "Università di Roma la Sapienza", stampa 2007
- Pepe, D. (2009) *Scuole Ecocompatibili: dal nido per l'infanzia all'Istituto Superiore*, Dei, 2009
- Rossetti, M.; Pepe, D. (2014) *La riqualificazione energetico-ambientale degli edifici scolastici*, Maggioli Editore
- Tedesco, S., (2010), *Riqualificazione energetico ambientale del costruito. Edificiscolastici*, Firenze, Alinea
- Theodosiou, T.G.; K.T. Ordoumpozanis,(2008), "Energy comfort and indoor air quality in nursery and elementary school buildings in the cold climatic zone of Greece", *Energy and Buildings*, Volume 40, Issue 12, 2008, Pages 2207-2214, ISSN 0378-7788,
- Triantis E.,(2005), "Environmental strategies in retrofitting of educational buildings – The integrated approach", in *International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment"*, May 2005, Santorini, Greece
- Triantis E., Morck O., Erhorn H., Kluttig H. (2004), "Environmental Retrofitting of Educational Buildings - Architectural Aspects of an International Research Project", in *21stPLEA Conference Proceedings*, September 19-21, 2004Eindhoven, The Netherlands
- Wargocki, P., Wyon, D. P. (2006). "Research report on effects of HVAC on student performance". *ASHRAE journal*, 48(10), 22-40.
- Leone C., (2011), *Retrofit Energetico. Linee guida per la riduzione dei consumi e miglioramento delle condizioni ambientali nell'edilizia scolastica*. Tesi di dottorato in Risparmio Energetico e Microgenerazione Distribuita, non pubblicata. Università di Roma "Sapienza", 2011

Edifici strategici e uffici

A.A.VV.(2010), *Measurement and Management of Energy Performance in Office Buildings*, <http://https://www.schneider-electric.com/solutions/in/en/med/4664215/application/pdf/1022-positive-energy-white-paper.pdf>

Ali, N.A.M., Fadzil, S.F.S., Mallya, B.L., (2009), "Improved Illumination Levels and Energy Savings by Uplamping Technology for Office Buildings" in International Association of Computer Science and Information Technology - Spring Conference, 17-20 April 2009, Singapore, pp. 598-603

Arbizzani, E., (1991), *Manutenzione e gestione degli edifici complessi. Requisiti, strumentazioni e tecnologie*, Milano, Hoepli

Arbizzani, E., (2012), "Il completamento della Terza Torre del Fiera District a Bologna di Kenzo Tange. Riflessioni su 40 anni di evoluzione di tecnologie" in Modulo 376, aprile-maggio, pp.284-303

Ardente, F., Beccali M., Cellura M., Mistretta M. (2011), "Energy and environmental benefits in public buildings as a result of retrofit actions", in Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 15, pp. 460-470, 2011

Arredi, M. (a cura di), (2004). *Edilizia per uffici : uffici, banche, studi professionali, pubblica amministrazione*. Torino UTET Scienze Tecniche.

Asadi, E., da Silva, M. G., Antunes, C. H., Dias, L. (2012). "A multi-objective optimization model for building retrofit strategies using TRNSYS simulations, GenOpt and MATLAB." Building and Environment, 56, 370-378.

Calice, C. (2012), "Fiera District 1970-2012. Involucro e Impianti", in Modulo 376, aprile-maggio, pp.300-301

Chidiac, S. E., Catania, E. J. C., Morofsky, E., Foo, S. (2011). "Effectiveness of single and multiple energy retrofit measures on the energy consumption of office buildings". Energy, 36(8), 5037-5052.

Clemente C. (2004) "La Scatola edilizia" in Arredi, M. Edilizia per uffici: uffici, banche, studi professionali, pubblica amministrazione. Torino UTET Scienze Tecniche.; pp.139-165

Commissione Tecnica ECOABITA (2008), *Linee Guida ECOABITA – Standard Regione Emilia Romagna*, <https://www.ecoabita.it/pdf/LineeGuida2008.pdf>

Eichholtz, P., Kok, N., Quigley, J. M. (2010). *Doing well by doing good? Green office buildings. The American Economic Review*, 2492-2509.

Ferrari S., Zanotti V. (2012), "Fabbisogno di energia termica negli edifici per uffici: gli involucri da ieri a oggi", in Costruire in Laterizio, n. 147, pp. 62-68, 2012

Flodberg, K., Blomsterberg, A., Dubois M., (2012), "Low-energy office buildings using existing technology: simulations with low internal heat gains", in International Journal of Energy and Environmental Engineering, 2012, pp. 3-19

Güçyeter, B., Günaydın, H. M. (2012). "Optimization of an envelope retrofit strategy for an existing office building". *Energy and Buildings*, 55, 647-659.

Juan, Y. K., Gao, P., Wang, J. (2010). "A hybrid decision support system for sustainable office building renovation and energy performance improvement". *Energy and buildings*, 42(3), 290-297.

Kumbaroğlu, G., Madlener, R. (2012). "Evaluation of economically optimal retrofit investment options for energy savings in buildings". *Energy and Buildings*, 49, 327-334.

Leach M., Lobato C., Hirsch A., Pless S., and Torcellini P., (2010), "Technical Support Document: Strategies for 50% Energy Savings in Large Office Buildings", National Renewable Energy Laboratory, Settembre 2010

Ma, Z., Cooper, P., Daly, D., Ledo, L. (2012). "Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art". *Energy and buildings*, 55, 889-902.

Menezes, A.C., Cripps A., Buswell, R.A., Wright J., Bouchlaghem, D. (2014), "Estimating the energy consumption and power demand of small power equipment in office buildings", in *Energy and Buildings*, n. 75, 199-209

Molina, J.L., Alvarez S. e Rodriguez E.A., (1991), *A Methodology for Calculating Monthly Based Shading Factors*, Università di Siviglia e Commissione delle Comunità Europee, 1991.

Nikolaou, T.G., Kolokotsa, D.S., Stavrakakis, G.S., Skias, I.D., (2012) "On the Application of Clustering Techniques for Office Buildings: Energy and Thermal Comfort Classification", in *Smart Grid*, IEEE Transactions on, Volume:3, Issue:4, pp. 1296-2210

Pacific Northwest National Laboratory, PECL, (2011), *Office Buildings. Advanced Energy Retrofit Guide: Practical Ways to Improve energy Performance*. U.S. Department of Energy, Settembre 2011

Pfafferott, JÜ, Herkel, S, Kalz, D, Zeuschner, A., (2007), "Comparison of low-energy office buildings in summer using different thermal comfort criteria", in *Energy and Buildings*, n. 39(2007), 750-757

Song, J., Xinyu, L., (2010), "The Improvement of Building Performance in One Office Building by Using Computer Simulations", in *2010 International Conference on Advances in Energy Engineering*, 2010, pp. 198-201

Tobias, L., Vavaroutsos, G. (2012). *Retrofitting Buildings to be Green and Energy-Efficient: Optimizing Building Performance, Tenant Satisfaction, and Financial Return*. Urban Land Institute, 2012

Zinzi M., Agnoli S., Fasano G., (2010), *Impatto dei sistemi schermanti sulle prestazioni energetiche ed illuminotecniche di edifici per uffici*, Report RdS 2010, ENEA, <https://www.enea.it>

Riferimenti normativi e legislativi

Leggi e direttive europee

- D.M. 26 agosto 1992 - Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica Decreto del Presidente della Repubblica 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 legge 9 gennaio 1991, n. 10
- D.Lgs. 19 settembre 1994, n.626 e successive modifiche e integrazioni – 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, 98/24 e 99/38 riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro
- Legge 11 gennaio 1996, n.23 - Norme per l'edilizia scolastica
- D.M. 17 dicembre 1996 - Competenze degli enti locali in materia di edilizia scolastica
- D.M. 18 aprile 1996 - Istituzione dell'Osservatorio per l'edilizia scolastica
- D.P.R. 24 luglio 1996, n.503 - Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici
- Circolare Ministero della Pubblica Istruzione 4 aprile 1996, n.139 - Direttiva – edilizia scolastica: revisione norme tecniche
- D.M. 10 marzo 1998 - Impianti e prevenzione incendi. Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro
- D.M. 5 agosto 1998, n.363 - Regolamento recante norme per l'individuazione delle particolari esigenze delle università e degli istituti di istruzione universitaria
- Legge 16 giugno 1998, n.191 - Disposizioni in materia di edilizia scolastica
- D.P.C.M. 5 dicembre 1997 - Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici
- Legge 2 settembre 1997, n.340 - Norme in materia di organizzazione scolastica e di edilizia scolastica
- D.M. 29 settembre 1998, n.382 - Regolamento recante norme per l'individuazione delle particolari esigenze negli istituti di istruzione ed educazione di ogni ordine e grado, ai fini delle norme contenute nel decreto legislativo n.626/1994, e successive modifiche ed integrazioni
- Circolare 6 agosto 1998, n.23 - Chiarimenti in ordine all'applicazione della disciplina dettata dall'art. 5 della Legge n.191/1998
- Legge 3 agosto 1999, n.265 (art. 15), in applicazione del D.L. 626/94 - Termini per gli interventi di carattere strutturale finalizzati all'adeguamento e messa a norma degli edifici scolastici all'interno delle "Disposizioni in materia di autonomia e ordinamento degli enti locali, nonché modifiche alla legge 8/6790 n. 142

- Legge 10 febbraio 2000, n.30 - Legge Quadro in materia di riordino dei Cicli d'istruzione
- D.P.R. 6 giugno 2001, n.380 - Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia (agibilità degli edifici)
- Circolare del Ministero della Pubblica Istruzione, dell'Università e Ricerca 8 maggio 2001, n.85 - Igiene e sicurezza nelle scuole: monitoraggio
- Legge 27 dicembre 2002, n.289 - Piano straordinario di messa in sicurezza degli edifici scolastici, con particolare riguardo a quelli insistenti nelle zone soggette a rischio sismico
- Decreto Legge 30 dicembre 2004, n.314 - art. 4-bis. Adeguamento degli edifici scolastici
- Circolare del Ministero della Pubblica Istruzione, dell'Università e 9 maggio 2001, n.118 - Standard minimi dimensionali e qualitativi e linee guida relative ai parametrici tecnici ed economico concernenti la realizzazione e di alloggi e residenze per studenti universitari di cui alla legge n. 338 /2000 e n.388/2000
- Legge 1 marzo 2005, n.26, in applicazione del D.L. 626/199494 - Conversione in legge con modificazioni del D.L. n.314/2004, recante proroga di termini, art. 4-bis, adeguamento degli edifici scolastici
- Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n.192 (GU n. 222 del 23-9-2005- Suppl. Ord. n.158), Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
- Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n.311 - Disposizioni correttive ed integrative al Decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
- Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n. 81 (Testo coordinato con il Decreto Legislativo 3 agosto 2009, n. 106) Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutele della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- Decreto Legislativo 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, *Gazzetta Ufficiale* n. 154 del 3 luglio 2008
- Decreto 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.
- Decreto Legislativo 3 agosto 2011, n. 28 - Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE
- Decreto Legge 5 giugno 2013, n.63 - Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale.
- Legge 3 agosto 2013, n.90 – Conversione in legge del DL 63/2013 recante disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure

d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale.

Decreto Legge 12 settembre 2013 n. 104, Misure urgenti in materia di Istruzione, Università e Ricerca (L'Istruzione riparte), Vigente al: 12-9-2013

Decreto Legislativo 4 luglio 2014, n. 102, Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.

Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive,93/76/EEC, Off. J. Eur. Union 114/64 (2006)

Directive 2009/28/CE of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amend. Off. J. Eur. Union L 140/16 (2009)

Directive 2010/31/CE of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. Off. J. Eur. Union 53, 13–35 (2010)

Directive 2012/27/CE of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on the energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC

<https://www.anit.it> sezione "Documenti e Leggi", "sintesi ANIT sul DPR 59/09 – Attuazione del DLgs192/05, decreto che sostituisce le disposizioni transitorie dell'Allegato I del DLgs 192/05 per l'attuazione della dir. 2002/91/CE" 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 legge 9 gennaio 1991, n. 10.

Normativa tecnica

- UNI 10349: 1994. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici.
- UNI 10351: 1994. Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore.
- 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.
- UNI EN ISO 7345:1999 Isolamento termico - Grandezze fisiche e definizioni
- prEN 12831–2000-08 E European Committee for Standardization – Valori e parametri nazionali per i calcolo del carico termico di progetto – 2000.
- UNI EN ISO 13789:2001 Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione - Metodo di calcolo
- UNI EN ISO 14683: Aprile 2001. Ponti termici in edilizia – Coefficiente di trasmissione termica lineica – Metodi semplificati e valori di riferimento.
- UNI 11277:2008: E - Sostenibilità in edilizia - Esigenze e requisiti di eco-compatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione.
- UNI EN 13187:2000 Prestazione termica degli edifici - Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi - Metodo all' infrarosso.
- UNI EN ISO 7726:2002 Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche.
- UNI EN ISO 15927-1:2004 Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici -Medie mensili dei singoli elementi meteorologici
- UNI EN ISO 14001:2004(en). Environmental Management Systems — Requirements with guidance for use.
- 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
- prEN 15603:2007: E - European Standard prEN 15603 “ Energy performance of buildings - Overall energy use and definition of energy ratings.”
- CEN/TR 15615:2008 Explanation of the general relationship between various European Standards and the Energy Performance of Buildings Directive
- ISO 15392:2008. Sustainability in building construction - General principles
- EN 15251:2007-08 – European Committee for Standardization – Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics – 2007.

- EN 15603:2008 Energy performance of buildings - Overall energy use and definition of energy ratings
- UNI EN 13363-1: 2008 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate -Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Metodo semplificato
- UNI EN 13363: 2008 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate -Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Metodo di calcolo dettagliato
- UNI EN 15241: 2008 Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo delle perdite di energia dovute alla ventilazione e alle infiltrazioni in edifici commerciali
- UNI EN 15243:2008 Ventilazione degli edifici - Calcolo delle temperature dei locali, del carico termico e dell'energia per edifici dotati di impianto di climatizzazione degli ambienti
- UNI EN 15265:2008 Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti mediante metodi dinamici - Criteri generali e procedimenti di Validazione
- UNI EN ISO 10456:2008 Materiali e prodotti per edilizia - Procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto
- UNI EN ISO 13786:2008. Prestazione termica dei componenti per edilizia Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo.
- UNI EN ISO 13790:2008. Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento ed il raffrescamento. Recepimento della Norma Europea: EN ISO 13790 (Marzo 2008), "Energy performance of buildings — Calculation of energy use for space heating and cooling".
- UNI CEI 11339:2009 - Gestione dell'energia. Esperti in gestione dell'energia. Requisiti generali per la qualificazione.
- UNI CEI EN ISO 50001:2011. Sistemi di gestione dell'energia - Requisiti e linee guida per l'uso.
- UNICEI/TR 11428:2011. Gestione dell'energia - Diagnosi energetiche - Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica.
- UNI CEI 11352:2012. Gestione dell'energia - Società che forniscono servizi energetici (ESCO), - Requisiti generali e lista di controllo per la verifica dei requisiti.
- UNI EN ISO 15927-6:2012 Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici -Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno)
- 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.
- UNI/TS 11300-2:2008. Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.
- UNI/TS 11300-3: 2010. Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.

UNI/TS 11300-4:2012. Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria.

UNI/TS 11300–1:2014. Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.

UNI/TS 11300-2:2014. Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali

UNI/TR 11552:2014. Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici.

Sitografia

<http://europeanclimate.org/>
<http://https://www.boma.org>
<http://https://www.e3mlab.ntua.gr/>
<http://https://www.ediliziaeterritorio.ilsole24ore.com>
<http://https://www.energy-cities.eu/cogen-challenge>
<http://https://www.energymed.it>
<http://https://www.energyoffice.org/english/index.html>
<http://https://www.kyotoclub.org/>
<http://https://www.rebuilditalia.it/>
<http://https://www.school-of-the-future.eu/>
<https://https://www.inrev.org>
<https://https://www.aicarr.it>
<https://https://www.anit.it>
<https://https://www.annex36.com>
<https://https://www.ashrae.org>
<https://https://www.carbontrust.com>
<https://https://www.climatewell.com>
<https://https://www.cti2000.it>
<https://www.ecbcs.org/home.htm>
<https://www.enea.it>
<https://www.enel.com>
<https://www.enerpoint.it>
<https://www.envipark.com>
<https://www.fire-italia.it>
<https://www.fonti-rinnovabili.it>
<https://www.grazer-ea.at/>
<https://www.gresb.com>
<https://www.iisbeitalia.org>
<https://www.indsci.com>

<https://www.ispesl.it>
<https://www.issi.it>
<https://www.itaca.org>
<https://www.iuav.it>
<https://www.ministerosalute.it>
<https://www.nrel.gov>
<https://www.orizzontenergia.it>
<https://www.pbie.eu>
<https://www.pubblica.istruzione.it>
<https://www.regione.lazio.it>
<https://www.rinnovabili.it>
<https://www.savethechildren.net>
<https://www.teachernet.gov.uk>
<https://www.teachernet.gov.uk>
<https://www.uni.com>
<https://www.uni.it>
<https://www.usgbc.org>
<https://www.worldenergy.com>
<https://www.iea.org>
<https://www.ecoage.it>
<https://www.ecoazioni.it>
<https://www.eco-bau.ch>
<https://www.econhome.net>
<https://www.ectp.org>
<https://www.edilclima.it>
<https://www.edilio.it>
<https://www.edilportale.com>
<https://www.edilportale.com>
<https://www.edscuola.com>
<https://www.eere.energy.gov/buildings/energysmartschools/>
<http://ec.europa.eu/research/>

ALLEGATO A
SCHEDE DEI CASI DI STUDIO



SCUOLA REGINA MARGHERITA

CASO STUDIO 1

E
D
I
L
I
Z
I
A

S
C
O
L
A
S
T
I
C
A

INQUADRAMENTO



DESCRIZIONE

1. SCUOLA MATERNA ED ELEMENTARE REGINA MARGHERITA via Madonna dell'Orto 2

Al divenire di Roma Capitale d'Italia, per esigenze politiche e di rappresentatività, si diede inizio ad un programma di edilizia scolastica che portò nel 1888 alla realizzazione di questo edificio in Trastevere, in un'area ricavata dagli orti del convento di Santa Cecilia. L'edificio si struttura su un impianto a L come gli orientamenti normativi, poi codificati, prescrivono e si inserisce con la scuola elementare su via Madonna dell'Orto e col giardino d'infanzia su via Anicia. Il tipo edilizio segue la Relazione Tommasini, che costituì il punto di partenza della moderna edilizia scolastica a Roma. Il semplice impianto distributivo si articola sui tre fronti di via Madonna dell'Orto, via Anicia e via di S. Michele attraverso lo sviluppo di aule lungo un corridoio che, per il lato su via Madonna dell'Orto, è rivolto verso il cortile. L'edificio è estremamente moderno e rispecchia in pieno le prescrizioni normative che saranno codificate nel Regolamento ed istruzioni tecnico igieniche per la esecuzione della legge 8 luglio 1888 sugli edifici scolastici approvato con R.D. n.5808 dell'11 novembre 1888. L'edificio è realizzato con i criteri igienici più all'avanguardia per l'epoca, con sezioni maschili e femminili, e un giardino d'infanzia. Tutte le aule sono dotate di spogliatoio messo in comunicazione col corridoio e con l'aula attraverso porte. L'edificio risponde appieno agli orientamenti architettonici di questi anni: la semplicità dell'impianto, la chiarezza dei prospetti, la qualità estetica della scala elicoidale introdotta su Via di S. Michele.

FOTO





SCUOLA REGINA MARGHERITA

CASO STUDIO 1

DATI DIMENSIONALI

E
D
I
L
I
S
Z
I
A
V
S
C
O
L
A
S
T
I
C
A

Caratteristiche geometriche dell'edificio

H	Altezza esterna	21	[m]
h	Altezza interna (media)	6	[m]
S_{netta}	Superficie netta	5.876	[mq]
S_{lorda}	Superficie lorda	7.435	[mq]
S_{disp}	Superficie disperdente	12651	[mq]
V_{netto}	Volume netto	35256	[mc]
V_{lordo}	Volume lordo	50.407	[mc]
V_{disp}	Volume disperdente	265671	[mc]
S/V	Rapporto di forma	0,358832539	[m ⁻¹]

Caratteristiche costruttive dell'edificio

Elementi tecnici	Trasmittanza [W/mq K]	Superfici Orientamento	Opache [mq]	Trasparenti [mq]
Pareti esterne	1,1	Nord	0,00	0,00
Serramenti esterni	6	Nord Est	2.108,00	256,00
		Est	0,00	0,00
		Sud Est	424,00	78,00
Solaio copertura	1,50	Sud	0,00	0,00
		Sud Ovest	1.700,00	545,62
Solaio a terra	1,65	Ovest	0,00	0,00
		Nord Ovest	753,00	222,00
		Orizzontale	2.573,49	0,00

CARATTERIZZAZIONE IMPIANTO

Impianto Termico

	Tipo di Impianto termico	Centralizzato	Generatore 2	Generatore 3
	Generatore di calore (n.3)	Generatore 1		
P_n	Potenza niminal generatore [KW]	581,4	581,4	290,7
P_u	Potenza utile [KW]	581	581	290
P_f	Potenza al focalare [KW]	628	628	313
Rendimenti		90,6	90,9	90,6
	Terminali scaldanti	Termosifoni		
	Rete di distribuzione	Verticale		

Consumi Termici

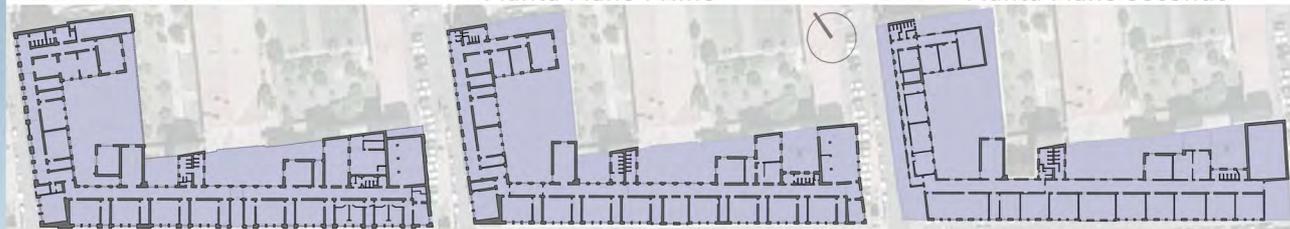
	Anno	2006	2007	2008
Generatori 1-2-3	[KWh]	365783	315635	239731

PLANIMETRIE

Pianta Piano Terra

Pianta Piano Primo

Pianta Piano Secondo





EDILIZIA SCOLASTICA

STATO DI FATTO

Descrizione dell'involucro

Le **strutture** sono tutte in muratura portante in mattoni pieni, gli orizzontamenti delle aule dei primi due piani sono realizzati in travetti di ferro e voltine in mattoni in foglio, il solaio del terzo piano è stato realizzato in struttura mista in c.a con blocchi di alleggerimento in laterizio. I corridoi dei primi due piani sono voltati a botte come quelli dell'interrato.

Le **chiusure verticali** sono realizzate in mattoni pieni di spessore medio di circa 65-70 cm.

Gli **infissi esterni**, in ferro finestra con vetro singolo, sono di ottima fattura e in discreto stato di conservazione. Alcune finestre sulla corte interna sono in legno.

Coperture: a terrazza praticabile pavimentata in marmette di graniglia di cemento.

Tramezzature: in muratura

Scale: struttura in c.a. e rivestimenti in marmo, ringhiera e corrimano in ferro

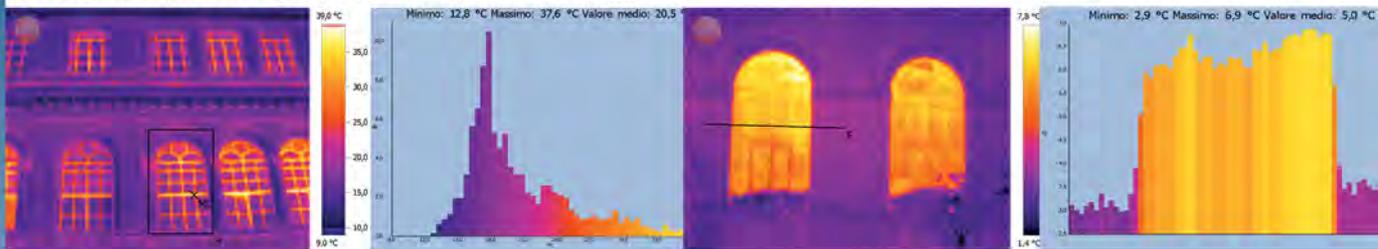
Caratteristiche impianti

Dotazione di impianti: l'edificio è dotato di impianto idrico, elettrico (non messo a norma, canaline esterne), telefonico, riscaldamento centralizzato (impianto a vista), citofonico, antintrusione. È dotato inoltre di un ascensore e di impianto di condizionamento negli uffici.

Dati Complessivi

	Fabbisogno Involucro [KWh]	Q_h [KWh/mc]	Q [KWh/anno]	EPCI [KWh/mc anno]	Rendimento Globale	η_E	η_R	η_D	η_P
Stato di fatto	273.102,50	12,52	454.831,39	14,60	62,2	96,0	73,7	97,0	87,7

Profili di temperatura nelle aree a dispersione maggiori



STATO DI PROGETTO

Interventi sull'involucro

isolamento delle pareti perimetrali verticali_cappotto interno ed intonaco isolante
isolamento delle chiusure orizzontali superiori_tetto caldo e tetto giardino
sostituzione infissi e installazione vetri

Interventi sull'impianto

pannelli fotovoltaici e caldaia a condensazione

Dati Complessivi

	Fabbisogno Involucro [KWh]	Q_h [KWh/mc]	Q [KWh/anno]	EPCI [KWh/mc anno]	Rendimento Globale	η_E	η_R	η_D	η_P
Cappotto ed intonaco isolante	216.213,06	9,91	378.549,44	12,10	59,5	96,0	70,9	97,0	86,5
Copertura	238.890,06	10,95	410.606,94	13,20	60,5	96,0	71,9	97,0	87,3
Infissi	235.064,44	10,78	405.220,28	13,00	60,3	96,0	71,4	97,0	87,3
Combinazione interventi involucro	149.685,00	6,86	281.668,61	9,00	56,2	96,0	67,6	97,0	84,8
Valvole + caldaia	273.102,50	12,52	315.950,83	10,10	86,5	96,0	98,0	97,0	94,8
Combinazione complessiva	149.685,00	6,86	175.475,83	5,60	85,7	96,0	97,0	97,0	94,8
Potenza totale di picco		233,11 KW	Variazione percentuale rispetto allo stato di fatto						68,49 %
Potenza di ventilazione		76,5 KW	Variazione rispetto al fabbisogno annuale						-286337 Kwh
Potenza di trasmissione		15,67 KW							-24,62 TEP
Epci post intervento		5,6 KWh/mc anno							-74,58 tCO2



INQUADRAMENTO



DESCRIZIONE

2. ISTITUTO COMPRENSIVO ELSA MORANTE via Alessandro Volta 41

La scuola, realizzata all'inizio degli anni Venti, si inserisce in uno degli isolati del tessuto a scacchiera del quartiere Testaccio realizzati secondo il piano di Pietro Camporese alla fine dell'ottocento, e attiguo agli interventi residenziali realizzati dall'ICP dopo il 1906. L'edificio, nato come scuola Elementare, ha ospitato nel tempo altre scuole. L'edificio si distingue, pur avendo un volume complessivo simile, per l'altezza dei piani e per il disegno delle facciate organizzato secondo la tradizionale suddivisione in fasce orizzontali. L'impianto ha sviluppo perimetrale con una corte interna e occupa interamente l'isolato con un unico volume in cui sono sottolineati all'esterno gli angoli sporgenti e più alti e il corpo più basso degli ingressi, che mette in comunicazione diretta la strada e il cortile attraverso un volume porticato. L'edificio scolastico è impostato sulla sequenza di aule distribuite da un ampio corridoio; da questa serialità emergono gli ingressi, le scale, una sala colonnata che in origine doveva essere aperta verso il cortile giardino e utilizzata come palestra. Con regolarità geometrica basata sulla simmetria assiale, il piano terra è organizzato secondo due corpi paralleli destinati alle aule; gli altri due lati, verso sud e verso nord, ospitano rispettivamente gli ingressi, divisi originariamente per la sezione femminile e maschile, e un ambiente oggi destinato ad attività speciali; per l'attività fisica era utilizzato anche il cortile. Ai piani superiori il corridoio anulare collega tre lati di aule, affacciate secondo la migliore esposizione, e diviene un passaggio coperto ma aperto (oggi chiuso) in corrispondenza del porticato di ingresso.

FOTO





DATI DIMENSIONALI

Caratteristiche geometriche dell'edificio

H	Altezza esterna	19,26	[m]
h	Altezza interna (media)	17,45	[m]
S _{netta}	Superficie netta	7608	[mq]
S _{lorda}	Superficie lorda	8093,346	[mq]
S _{disp}	Superficie disperdente	3019,52	[mq]
V _{netto}	Volume netto	25020,136	[mc]
V _{lordo}	Volume lordo	36331,45	[mc]
V _{disp}	Volume disperdente	11311,664	[mc]
S/V	Rapporto di forma	0,0831104	[m ⁻¹]

Caratteristiche costruttive dell'edificio

Elementi tecnici	Trasmittanza [W/mq K]	Superfici Orientamento	Opache [mq]	Trasparenti [mq]
Pareti esterne	1,08	Nord	0,00	0,00
Serramenti esterni	6,00	Nord Est	591,46	219,56
		Est	0,00	0,00
		Sud Est	591,42	207,73
Solaio copertura	1,32	Sud	0,00	0,00
Solaio a terra	1,65	Sud Ovest	591,46	219,56
		Ovest	0,00	0,00
		Nord Ovest	651,17	190,27
Totale		Orizzontale	2.425,51	837,12
			1.451,13	0,00

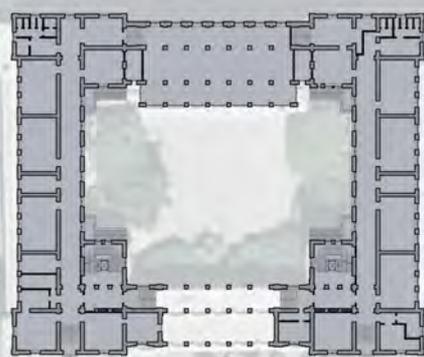
CARATTERIZZAZIONE IMPIANTO

Impianto Termico

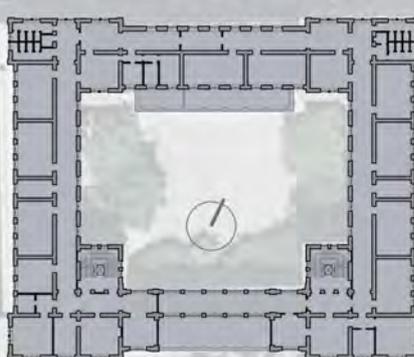
	Tipo di Impianto termico	Caldaia
	Generatore di calore	Brucciato
Pn	Potenza nominale generatore [KW]	505,6
Pu	Potenza utile [KW]	465,12
Pf	Potenza al focalare [KW]	505,6
	Terminali scaldanti	Radiatori
	Rete di distribuzione	Verticale

PLANIMETRIE

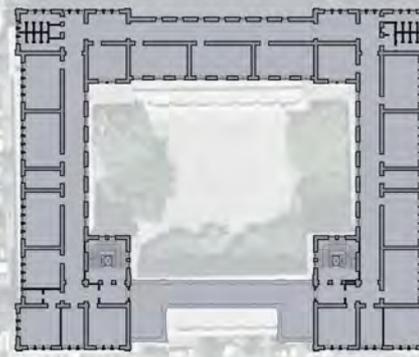
Pianta Piano Terra



Pianta Piano Primo

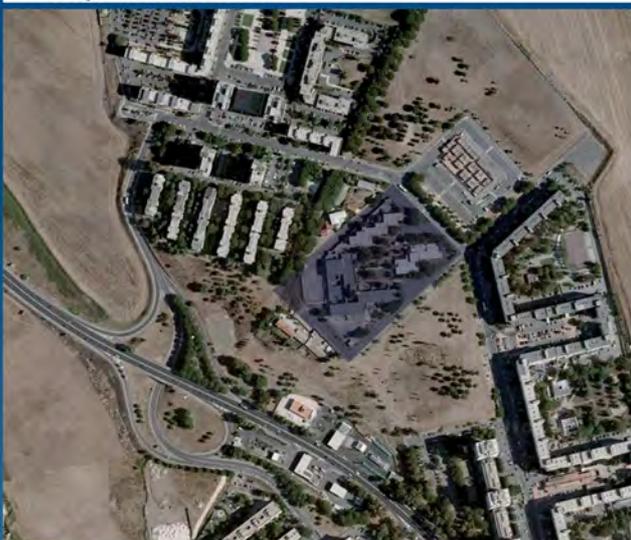


Pianta Piano Secondo





INQUADRAMENTO



DESCRIZIONE

3. ISTITUTO COMPRENSIVO DI SCUOLA DELL'INFANZIA, PRIMARIA E SECONDARIA DI 1°GRADO via dell'Architettura. L'Istituto Comprensivo di Scuola dell'Infanzia, Primaria e Secondaria di 1° Grado di Via dell'Archeologia è sito nel quartiere di Tor Bella Monaca, situato all'estremo limite orientale del territorio comunale. Il complesso è stato costruito negli anni '80 all'interno del piano di edilizia economica e popolare di questa area periferica ed è stato interessato nel 2001 da interventi di ristrutturazione nell'ambito della riqualificazione degli spazi espositivi e di allestimento delle aree sportive. Il complesso comprende una scuola elementare, una media e un asilo nido ed è costruito seguendo le caratteristiche architettoniche e costruttive dettate dalle indicazioni normative del Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975 - Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica - come tutte le nuove scuole, dagli anni '70 fino ad oggi, per un numero di edifici che costituisce circa il 60% del patrimonio scolastico comunale. L'edificio presenta una conformazione planimetrica a corte aperta avente sui due lati corti i volumi delle aule e nel corpo centrale i servizi comuni (mensa, palestra, teatri); il giardino racchiuso all'interno di questa struttura ospita l'asilo nido. I volumi delle aule, organizzati su due piani per la scuola elementare e su tre piani per la media, sono orientati con asse est-ovest: le aule sono sempre disposte a sud, la distribuzione e i servizi sul lato nord. I prospetti a sud sono caratterizzati da alternanza di strutture massicce e grandi aperture vetrate disposte con un ritmo tripartito A-B-A che evidenzia la presenza delle aule che costituiscono circa il 25% del volume totale dell'edificio. Tutto il sistema delle chiusure risulta gravemente ammalorato, il livello di manutenzione è assolutamente non soddisfacente; in particolare il sistema degli infissi e degli oscuramenti versa in grave degrado.

FOTO





DATI DIMENSIONALI

Caratteristiche geometriche dell'edificio

H	Altezza esterna	10,60	[m]
h	Altezza interna (media)	3,00	[m]
S _{netta}	Superficie netta	8.262,45	[mq]
S _{lorda}	Superficie lorda	8.767,24	[mq]
S _{disp}	Superficie disperdente	16.348,73	[mq]
V _{netto}	Volume netto	25.053,60	[mc]
V _{lordo}	Volume lordo	29.958,00	[mc]
V _{disp}	Volume disperdente		[mc]
S/V	Rapporto di forma	0,5457217	[m ⁻¹]

Caratteristiche costruttive dell'edificio

Elementi tecnici	Trasmittanza [W/mq K]	Superfici Orientamento	Opache [mq]	Trasparenti [mq]
Pareti esterne	1,52	Nord	1346,61	267,93
Serramenti esterni	5,60	Nord Est	192,66	0,00
Solaio copertura	1,45	Est	1053,56	240,12
Solaio a terra	1,00	Sud Est	0,00	0,00
		Sud	1131,69	599,25
		Sud Ovest	0,00	0,00
		Ovest	908,60	186,79
		Nord Ovest	125,92	190,27
Totale		Orizzontale	5.129,59	1330,51
				0,00

CARATTERIZZAZIONE IMPIANTO

Impianto Termico

Pu	Tipo di Impianto termico	Caldaia
	Generatore di calore	Bruciatore
	Potenza utile [KW]	900
	Terminali scaldanti	Radiatori
	Rete di distribuzione	Verticale

PLANIMETRIE

Pianta Piano Terra



Pianta Piano Primo





STATO DI FATTO

Descrizione dell'involucro

Strutture di elevazione: struttura portante a telaio in cemento armato e solai misti in laterocemento con travi a spessore.

Chiusure verticali esterne: le tamponature perimetrali sono realizzate in muratura a cassetta con doppio tavolato in laterizio forato e intercapedine d'aria interposta (spessore medio: 28 cm).

Infissi: serramenti in alluminio a vetro singolo e sistema di oscuramento con tapparella in pvc.

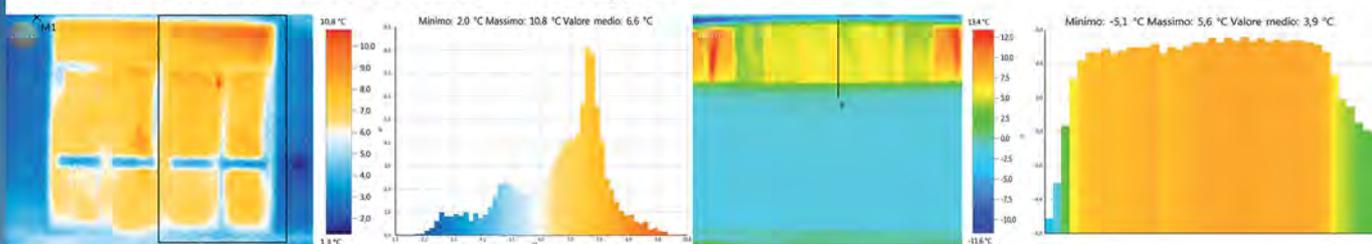
Caratteristiche impianti

Dotazione di impianti: l'edificio è dotato di impianto idrico, elettrico, telefonico, riscaldamento centralizzato, citofonico, antintrusione. È dotato inoltre di un ascensore e di impianto di condizionamento negli uffici.

Dati Complessivi

	Fabbisogno Involucro [KWh]	Q_h [KWh/mc]	Q [KWh/anno]	EPCI [KWh/mc anno]	Rendimento Globale	η_E	η_R	η_D	η_P
Stato di fatto	409.667,50	17,91	721.391,11	24,10	59,2	96,0	74,3	98,0	81,9

Profili di temperatura nelle aree a dispersione maggiori



STATO DI PROGETTO

Interventi sull'involucro

isolamento delle pareti perimetrali verticali_cappotto interno ed intonaco isolante
isolamento delle chiusure orizzontali_isolamento delle coperture e del solaio a terra
sostituzione infissi e installazione di schermature

Interventi sull'impianto

pannelli fotovoltaici e caldaia a condensazione

Dati Complessivi

	Fabbisogno Involucro [KWh]	Q_h [KWh/mc]	Q [KWh/anno]	EPCI [KWh/mc anno]	Rendimento Globale	η_E	η_R	η_D	η_P
Cappotto ed intonaco isolante	323.585,28	14,15	609.509,17	20,30	55,8	96,0	70,9	98,0	80,4
Copertura	254.593,61	11,13	517.290,28	17,30	52,1	96,0	67,7	98,0	78,7
Solaio a terra	383.183,89	16,75	683.936,67	22,80	58,3	96,0	73,8	98,0	80,9
Infissi	383.105,28	16,75	683.924,17	22,50	54,4	96,0	74,4	98,0	75,3
Combinazione interventi involucro	118.803,06	5,45	293.790,00	9,80	38,7	96,0	61,6	98,0	64,3
Valvole + caldaia	410.228,61	17,94	471.016,11	15,70	87,1	96,0	97,0	98,0	95,4
Combinazione complessiva	118.803,06	5,45	143.820,28	4,80	82,3	96,0	97,0	98,0	90,2

Potenza totale di picco	200,96 KW	Variazione percentuale rispetto allo stato di fatto		-79,4 %
Potenza di ventilazione	73,3 KW	Variazione rispetto al fabbisogno annuale		-483522 Kwh
Potenza di trasmissione	128 KW			-41,58 TEP
Epci post intervento	4,8 KWh/mc anno			-120,88 tCO2



SCUOLA MEDIA ANGELICA BALABANOFF

CASO STUDIO 4

E
D
I
L
I
Z
I
A

S
C
O
L
A
S
T
I
C
A

INQUADRAMENTO



DESCRIZIONE

4. SCUOLA MEDIA "ANGELICA BALABANOFF"

La scuola media in Via Angelica Balabanoff fa parte dell'Istituto Comprensivo Statale Angelica Balabanoff. Realizzata negli anni 80, rappresenta l'ultima opera dell'architetto Montuori, esponente di spicco dell'architettura razionalista fin dagli anni Cinquanta.

Dalla distribuzione planimetrica piuttosto semplice, l'edificio si sviluppa su un solo piano, ad eccezione del corpo delle aule, su due piani. Comprende, inoltre, mensa, palestra e teatro ed è realizzata in struttura prefabbricata. Il corpo delle aule presenta una corte interna, che consente l'illuminazione e la ventilazione dei servizi.

La scuola versa attualmente in condizioni di grave incuria e necessita di opere di manutenzione e ristrutturazione di una certa rilevanza.

FOTO





SCUOLA MEDIA ANGELICA BALABANOFF

CASO STUDIO 4

DATI DIMENSIONALI

Caratteristiche geometriche dell'edificio

H	Altezza esterna	8,60	[m]
h	Altezza interna (media)	3,00	[m]
S _{netta}	Superficie netta	3.613,7	[mq]
S _{lorda}	Superficie lorda	3.061,22	[mq]
S _{disp}	Superficie disperdente	10.841,00	[mq]
V _{netto}	Volume netto	15.487,15	[mc]
V _{lordo}	Volume lordo	9183,66	[mc]
V _{disp}	Volume disperdente		[mc]
S/V	Rapporto di forma	0,1976619	[m ⁻¹]

Caratteristiche costruttive dell'edificio

Elementi tecnici	Trasmittanza [W/mq K]	Superfici Orientamento	Opache [mq]	Trasparenti [mq]
Pareti esterne	0,70	Nord	0,00	0,00
Serramenti esterni	5,60	Nord Est	408,20	244,80
Solaio copertura	1,40	Est	0,00	0,00
Solaio a terra	1,00	Sud Est	482,30	174,00
		Sud	0,00	0,00
		Sud Ovest	405,10	259,90
		Ovest	0,00	0,00
		Nord Ovest	485,90	170,40
Totale		Orizzontale	3.954,90	0,00

CARATTERIZZAZIONE IMPIANTO

Impianto Termico

	Tipo di Impianto termico	Caldaia
	Generatore di calore	Bruciatore
Pn	Potenza nominale generatore [KW]	277
	Terminali scaldanti	Radiatori
	Rete di distribuzione	Verticale

PLANIMETRIE





STATO DI FATTO

Descrizione dell'involucro

Strutture di elevazione: i solai sono realizzati con lastre prefabbricate tipo predalle.

Chiusure verticali esterne: sono realizzate in pannelli di calcestruzzo prefabbricati, con interposto isolante in polistirene espanso

Infissi: sono realizzati in alluminio a vetro singolo e i cassonetti degli avvolgibili sono privi di isolamento

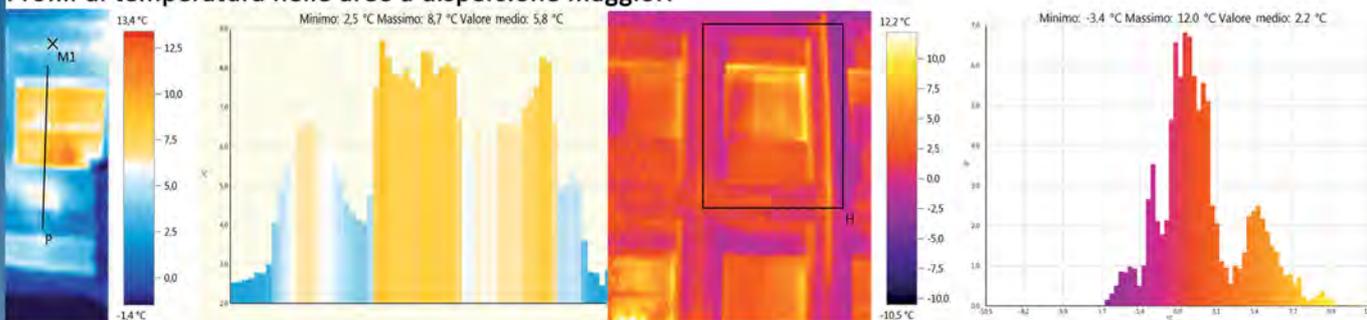
Caratteristiche impianti

Dotazione di impianti: l'edificio è dotato di impianto idrico, elettrico, telefonico, riscaldamento centralizzato (impianto a vista), citofonico, antintrusione. È dotato inoltre di un ascensore e di impianto di condizionamento negli uffici.

Dati Complessivi

	Fabbisogno Involucro [KWh]	Q_h [KWh/mc]	Q [KWh/anno]	EPCI [KWh/mc anno]	Rendimento Globale	η_E	η_R	η_D	η_P
Stato di fatto	191.201,11	17,64	302.304,17	18,50	65,0	96,0	75,0	98,0	88,6

Profili di temperatura nelle aree a dispersione maggiori



STATO DI PROGETTO

Interventi sull'involucro

isolamento delle pareti perimetrali verticali_cappotto esterno
isolamento delle chiusure orizzontali superiori_isolamento della copertura e tetto giardino

Interventi sull'impianto

sostituzione infissi

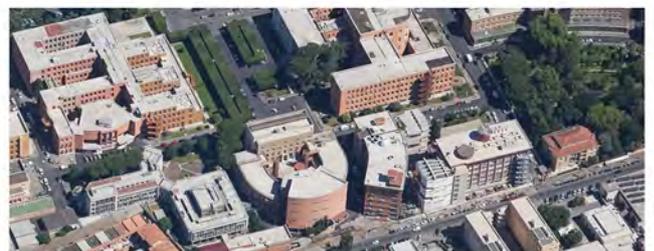
Dati Complessivi

	Fabbisogno Involucro [KWh]	Q_h [KWh/mc]	Q [KWh/anno]	EPCI [KWh/mc anno]	Rendimento Globale	η_E	η_R	η_D	η_P
Cappotto	165.183,33	15,21	270.462,50	16,60	62,9	96,0	73,1	98,0	87,9
Copertura	125.351,39	11,56	222.147,78	13,60	58,8	96,0	67,9	98,0	87,9
Infissi	108.888,89	10,04	184.902,50	11,30	59,8	96,0	71,9	98,0	85,8
Combinazione interventi involucro	41.357,78	3,81	89.251,94	5,50	49,1	96,0	59,2	98,0	86,4
Valvole + caldaia	191.201,11	17,64	216.715,56	13,30	88,3	96,0	98,0	98,0	95,7
Combinazione complessiva	44.677,22	4,12	52.221,39	3,20	86,4	96,0	96,0	98,0	95,7

Potenza totale di picco	249 KW	Variazione percentuale rispetto allo stato di fatto		-75,14 %
Potenza di ventilazione	39,9 KW	Variazione rispetto al fabbisogno annuale		-249600 Kwh
Potenza di trasmissione	209 KW			-21,46 TEP
Epci post intervento	13,6 KWh/mc anno			-62,4 tCO2



INQUADRAMENTO



DESCRIZIONE

1. DIPARTIMENTO DI MATEMATICA GUIDO CASTELNUOVO UNIVERSITA' DI ROMA LA SAPIENZA.

L'edificio si inserisce all'interno dell'impianto della Città Universitaria e il progettista fu Giò Ponti che libero da vincoli linguistici, sceglie per la Scuola di Matematica una soluzione planimetrica a volumi distinti. Gli elementi che compongono la pianta, a ferro di cavallo, sono: un edificio rettangolare che accoglie la Scuola di Matematica pura, la biblioteca e le sale dei professori; da questo edificio partono due ali di altezza minore che ospitano le aule di disegno, e si richiudono sul volume centrale del complesso che contiene le tre aule "a teatro" da 450 posti l'una, segnalate in prospetto dalle ampie finestrate. L'edificio ha subito nel tempo trasformazioni che ne hanno alterato l'aspetto originale ed hanno compromesso la percezione degli spazi così come originariamente concepiti. Nel 1974 la necessità di avere spazi per aule ed uffici (soprattutto dipartimenti) ha portato alla suddivisione delle grandi aree open space, facendo scomparire i corridoi di distribuzione con affaccio sulla corte ed alterando pertanto anche i percorsi interni e l'accessibilità degli ambienti di piano. Nel 1968 inoltre sono stati realizzati due prolungamenti sugli spazi curvi determinando la fusione del volume d'ingresso con la parte restante dell'edificio. La percezione dello spazio aperto della corte risente altresì della presenza delle scale antincendio realizzate nel 1985 e delle numerosissime unità esterne delle pompe di calore presenti negli uffici adiacenti. Suddetto progetto pilota, pertanto, presenta, più di altri, complesse possibilità di riqualificazione in cui il retrofit tecnologico ed energetico deve integrarsi ad interventi coscienziosi che garantiscano la funzionalità e la memoria storica

FOTO





DATI DIMENSIONALI

EDILIZIA UNIVERSITARIA

Caratteristiche geometriche dell'edificio

H	Altezza esterna	20,00	[m]
h	Altezza media netta interpiano	6,00	[m]
S _{netta}	Superficie totale netta	6.674	[mq]
S _{lorda}	Superficie totale lorda	8.676	[mq]
S _{disp}	Superficie disperdente	10.910	[mq]
V _{netto}	Volume totale netto	32.155	[mc]
V _{lordo}	Volume totale lordo	45.017	[mc]
v/V	Rapporto Volume netto/lordo	0,71	[mc]
S/V	Rapporto di forma	0,24	[m ⁻¹]

Caratteristiche costruttive dell'edificio

Elementi tecnici	Trasmittanza media [W/mq K]	Superfici Orientamento	Opache [mq]	Trasparenti [mq]
Pareti esterne	0,7	Nord	1.590	187
Serramenti esterni	5,50	Nord Est	0,00	0,00
Solaio copertura	1,79	Est	882	302
Solaio a terra	1,00	Sud Est	0,00	0,00
		Sud	1.019	157
		Sud Ovest	0,00	0,00
		Ovest	726	290
		Nord Ovest	0,00	0,00
		Orizzontale	5.756	0,00
		Totale	9.973	936

CARATTERIZZAZIONE IMPIANTO

Impianto Termico

Tipo di Impianto termico	Centralizzato
Generatore	Gas naturale
P _n Potenza termica utile [KW]	717,0
Rendimenti Rendimento di generazione medio stagionale %	89,0 %
Terminali scaldanti	Radiatori
Rete di distribuzione	Verticale

Generatore costituito da sottocentrale termica collegata tramite rete di teleriscaldamento (lunghezza di 28 m e diametro 70 mm) alla centrale localizzata all'interno del Policlinico Umberto I. Nel rendimento di distribuzione non si è tenuto conto delle perdite di carico attribuibili alla rete di teleriscaldamento. Una parte delle sale insegnanti e degli uffici è climatizzata attraverso pompe di calore a bassa efficienza.

Consumi

Elettrici	media mensile triennio 2009-2011	34.000 kWhe (luglio) - 26.000 kWhe (febbraio)
Termici	(consumo specifico su media mensile anno 2005)	circa 35 kWh/mq

PLANIMETRIE





STATO DI FATTO

Descrizione dell'involucro
L'involucro opaco presenta pareti in muratura ovviamente prive di isolamento e gli infissi sono quelli originari del 1939 in ferro finestra. La conformazione planimetrica a corte presenta l'ovvio vantaggio di un maggiore soleggiamento e di un buon livello di ventilazione naturale negli ambienti, ma anche una maggiore superficie disperdente. La tecnologia costruttiva in muratura permette ovviamente la minimizzazione dei ponti termici, concentrando le dispersioni nelle ampie finestrate dell'edificio. La trasmittanza media delle pareti verticali esterne è stata calcolata intorno a 1,5 W/m²K

Caratteristiche impianti
Per quel che concerne la caratterizzazione impiantistica, la sottocentrale ha una potenza termica di 717 kWt (edificio 6 – contatore tipo WPM65) e le condotte di teleriscaldamento hanno una lunghezza di 28 metri e diametro di 70 mm. I terminali sono costituiti da tradizionali radiatori. Una parte delle sale insegnanti e degli uffici è climatizzata attraverso pompe di calore a bassa efficienza.

Stato di fatto	En. elettrica [MWh]	Combustibili Gas nat. [Smc]	Totale [MWh]	Prospetto ambientale			
				En. primaria ed emissione TEP	En. rinnovabile tCO ₂	% del fabbisogno	
Climatizz. invernale	1,3	42.816	404,2	Climatizz. invernale	34,9	81,1	0,0
Climatizz. estiva	19,1		19,1	Climatizz. estiva	3,6	8,3	42,4
Produzione ACS	1,6		1,6	Produzione ACS	0,3	0,7	0,0
Illuminazione	46,9		46,9	Illuminazione	8,8	20,3	0,0
Altri usi	181,1		181,1	Altri usi	33,9	78,4	0,0
Totale fabbisogni	250	42.816	653	Totale fabbisogni	81	189	4,8

Profili di temperatura nelle aree a dispersione maggiori



Prospetto prest. energetica
[KWh/mc anno]
EPI 50,9

Prospetto flussi economici
[Euro/anno iva escl.]
Acquisto energia -92.522

STATO DI PROGETTO

Interventi

Le ipotesi di retrofit comprendono tre scenari principali:

- 1- riqualficazione dell'intero involucro, ottimizzazione del sistema di regolazione con valvole termostatiche e utilizzo di multisplit da posizionare in copertura (per eliminare le unità esterne in facciata), senza sostituire lo scambiatore appartenente alla rete di teleriscaldamento, con impianto fotovoltaico da 20 kWp ;
- 2- riqualficazione dell'involucro opaco, ottimizzazione del sistema di regolazione con valvole termostatiche e utilizzo di multisplit, con impianto fotovoltaico da 20 kWp;
- 3- riqualficazione del sistema impiantistico con un sistema di cogenerazione e regolazione con valvole termostiche
- 4- riqualficazione dell'involucro opaco, ottimizzazione del sistema di regolazione con valvole termostatiche e utilizzo di multisplit, con impianto fotovoltaico da 20 kWp e istallazione sistema di cogenerazione.

	Intervento 1	Intervento 2	Intervento 3	Intervento 4
Variazione fabb. ener. elettrico[%]	-2%	-2%	0%	-7%
Variazione fabb. ener. termico [%]	-83%	-63%	17%	-52%
Epci [kWh/m ³ anno]	10	15,5	25,7	14
Classe energetica	E	E	G	E
Variazione dell'Epci [%]	-77%	-55%	-26%	-60%
Energia auto-prodotta	29 MWh	29 MWh	139 MWh	48 MWh
Variazione delle emissioni di CO ₂	-43%	-36%	-23%	-38%
Risparmio annuale	66.000 euro/anno	59.000 euro/anno	21.000 euro/anno	58.000 euro/anno
Investimento iniziale	882.000 euro	509.000 euro	175.000 euro	514.000 euro
Tempi di ritorno	27,5 anni	14,7 anni	11 anni	15 anni



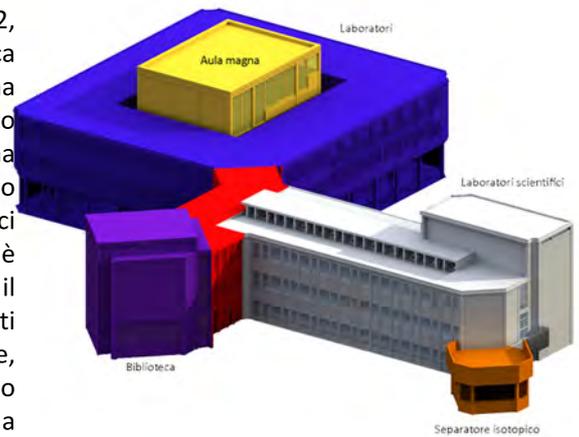
INQUADRAMENTO



DESCRIZIONE

2. DIPARTIMENTO DI CHIMICA E TECNOLOGIE DEL FARMACO UNIVERSITA' DI ROMA LA SAPIENZA.

L'edificio di chimica farmaceutica fu voluto e fatto costruire dal chimico Giordano Giacomello, che ne divenne direttore dal 1962, anno di ultimazione dei lavori, fino al 1966. La facoltà di Chimica Farmaceutica, adiacente all'edificio di Matematica, presenta una configurazione planimetrica molto diversa ma soprattutto un'articolazione funzionale particolare, in cui ogni volume ha una destinazione d'uso differente. L'aspetto interessante di questo edificio è proprio la cospicua presenza di laboratori specialistici rispetto a classiche aule universitarie. Realizzata nel 1962, è concepita da due blocchi che ricalcano la distinzione funzionale: il blocco didattico e quello scientifico sono posizionati ai due lati opposti. Un avancorpo ospita la biblioteca e la sala lauree, mentre il compito di raccordare i tre blocchi è affidato all'atrio centrale. L'aula magna, a pianta anch'essa quadrata, occupa a tutta altezza il centro del blocco, senza essere accennata all'esterno. Intorno troviamo i laboratori, originariamente duplex.



FOTO





DATI DIMENSIONALI

E
D
I
L
I
Z
I
A
U
N
I
V
E
R
S
I
T
A
R
I
A

Caratteristiche geometriche dell'edificio

H	Altezza esterna	12,00	[m]
h	Altezza media netta interpiano	4,00	[m]
S _{netta}	Superficie totale netta	5.182	[mq]
S _{lorda}	Superficie totale lorda	6.663	[mq]
S _{disp}	Superficie disperdente	7.210	[mq]
V _{netto}	Volume totale netto	20.768	[mc]
V _{lordo}	Volume totale lordo	26.370	[mc]
v/V	Rapporto Volume netto/lordo	0,79	[mc]
S/V	Rapporto di forma	0,27	[m ⁻¹]

Caratteristiche costruttive dell'edificio

Elementi tecnici	Trasmittanza media [W/mq K]	Superfici Orientamento	Opache [mq]	Trasparenti [mq]
Pareti esterne	1,02-1,40	Nord	315	260
Serramenti esterni	5,74	Nord Est	96	154
Solaio copertura	1,37	Est	327	273
Solaio a terra	1,36	Sud Est	143	0,00
		Sud	599	222
		Sud Ovest	141	16
		Ovest	252	267
		Nord Ovest	143	33
		Orizzontale	3.967	0,00
		Totale	5.984	1.226

CARATTERIZZAZIONE IMPIANTO

Impianto Termico

	Tipo di Impianto termico	Centralizzato
	Generatore	Gas naturale
Pn	Potenza termica utile [KW]	523,0
Rendimenti	Rendimento di generazione medio stagionale %	89,0 %
	Terminali scaldanti	Radiatori
	Rete di distribuzione	Verticale

Generatore costituito da sottocentrale termica collegata tramite rete di teleriscaldamento (lunghezza di 41 m e diametro 70 mm) alla centrale localizzata all'interno del Policlinico Umberto I. Nel rendimento di distribuzione non si è tenuto conto delle perdite di carico attribuibili alla rete di teleriscaldamento.

Consumi

Elettrici	media mensile triennio 2009-2011	58.000 kWhe (luglio) - 45.700 kWhe (febbraio)
Termici	(consumo specifico su media mensile anno 2005)	circa 45 kWh/mq

PLANIMETRIE



Pianta Piano Terra

Pianta Piano Primo

Pianta Piano Secondo



STATO DI FATTO

Descrizione dell'involucro

La facciata dell'edificio è costituita da struttura portante in calcestruzzo armato, tamponatura in lamierino ed infissi a singolo vetro. il calcestruzzo è passante da interno ad esterno, creando un'innumerabile quantità di ponti termici. inoltre le facciate hanno tutte lo stesso rapporto tra superfici opache e trasparenti, indifferentemente dall'esposizione. Questo comporta dispersioni omogenee ma accumulo di carichi solari del tutto differenti.

Caratteristiche impianti

Nell'esercizio della disciplina di chimica farmaceutica vengono giornalmente manipolate sostanze pericolose, l'edificio ha già precedentemente richiesto un attento studio della progettazione degli impianti, e pertanto ogni aula è correttamente servita da un sufficiente impianto di ricambio dell'aria conforme alle recenti normative (uni 11300). Eccezion fatta per le aule magne, infatti, la maggior parte delle facoltà di non recente realizzazione possono dirsi prive di sistemi utili a migliorare la qualità dell'aria, in quanto si predilige l'uso dei vecchi impianti installati al fine di garantire il solo confort termico. L'unico intervento recente (2009) è stato eseguito nella biblioteca. Lo spazio a tripla altezza, faceva sì che il calore prodotto da vecchi ed insufficienti radiatori in ghisa salisse verso l'alto. I posti a sedere dei piani bassi pertanto, non raggiungevano mai la temperatura richiesta, inoltre con l'intervento successivo grazie al quale è stata messa "a norma" l'aula dal punto di vista dei ricambi d'aria, sono state installate delle bocchette di ripresa dell'aria sul soffitto, le quali contribuivano ad espellere sì le sostanze inquinanti presenti nell'aria, ma contribuivano ad espellere anche l'aria più calda che si depositava proprio alle altezze maggiori. Con l'intervento del 2009 si è provveduto a migliorare notevolmente la situazione installando sul soffitto 2 grandi condotte con 4 bocchette direzionali ciascuna collegate ad un' U.T.A. sul lastrico solare esterno. Tali bocchette comprimono l'aria calda verso il basso, mentre la raccolta dell'aria impura avviene con bocchette posizionate all'intradosso dei solaio.

Prospetto fabbisogni

Stato di fatto	En. elettrica [MWh]	Combustibili Gas nat.[Smc]	Totale [MWh]
Climatizz. invernale	0,9	21.952	207,5
Climatizz. estiva	110,0		110,0
Produzione ACS	3,2		3,2
Illuminazione	40,9		40,9
Altri usi	184,4		184,4
Totale fabbisogni	339	21.952	546

Prospetto ambientale

En. prim.-emis. TEP	En. rinnov. tCO ₂	% fabbis. %
17,9	41,7	0,0
20,6	47,7	43,5
0,6	1,4	0,0
7,7	17,7	0,0
34,5	79,9	0,0
81	188	21,9

Prospetto prest. energetica

EPI [KWh/mc anno]
68,6

Prospetto flussi economici

	[Euro/anno iva escl.]
Acquisto energia	-95.965

STATO DI PROGETTO

Interventi

Le ipotesi di retrofit comprendono quattro scenari principali:

- 1- Riqualificazione totale dell'involucro, coibentazione della copertura, isolamento del solaio a terra;
- 2- Riqualificazione integrale con interventi sinergici impianto-involucro, in cui alla coibentazione dell'involucro si aggiunge l'ottimizzazione del sistema di regolazione con valvole termostatiche, l'introduzione di impianto multisplit ad alta efficienza e l'introduzione delle rinnovabili (impianto fotovoltaico da 20 kWp);
- 3- Riqualificazione integrale con interventi sinergici impianto-involucro, in cui alla coibentazione dell'involucro si aggiunge l'introduzione di un sistema cogenerativo da 50 kWe e di un impianto fotovoltaico tradizionale da 20 kWp;
- 4- Efficientamento del sistema impiantistico con introduzione del sistema cogenerativo da 50 kWe e fotovoltaico

	Intervento 1	Intervento 2	Intervento 3	Intervento 4
Variazione fabb. ener. elettrico[%]	11%	-1%	-1%	-8%
Variazione fabb. ener. termico [%]	-87%	-91%	-86%	2%
Epci [kWh/m ³ anno]	14,7	10,5	9,3	35,9
Classe energetica	E	E	E	G
Variazione dell'Epci [%]	-69%	-78%	-81%	-25%
Energia auto-prodotta	0 MWh/anni	29 MWh/anni	43 MWh/anni	126 MWh/anni
Variazione delle emissioni di CO ₂	-23%	-39%	-40%	-33%
Risparmio annuale	62.000 euro/anno	77.000 euro/anno	76.000 euro/anno	25.000 euro/anno
Investimento iniziale	887.000 euro	1.063.000 euro	1.113.000 euro	276.000 euro
Tempi di ritorno	>30 anni	>30 anni	>30 anni	15,9 anni



PROCURA DI NAPOLI

CASO STUDIO 1

INQUADRAMENTO



DESCRIZIONE

1. Sede della PROCURA DI NAPOLI

La Procura di Napoli (zona climatica C) nasce all'interno del Centro direzionale, la cui costruzione inizia nella metà degli anni sessanta, quando il Comune di Napoli individuò un'area industriale dismessa, per la costruzione di un nuovo quartiere da adibire prevalentemente ad uso uffici. Nel 1975 venne elaborato un piano di massima cui seguirono varie revisioni, dovute anche agli adeguamenti antisismici dopo il terremoto dell'80, e con una rielaborazione conclusiva dell'urbanista giapponese Kenzo Tange.

Sviluppa una volumetria di 31224 m³ per una superficie utile di 10408 mq. La funzione d'ufficio è quella principale: lo sviluppo dell'edificio consta di 14 piani aventi sviluppo planimetrico pari a circa 730 mq; in particolare, dal piano terra al piano tredicesimo sono presenti, ad ogni piano, 8 uffici ed 8 bagni. Avendo l'edificio prevalente sviluppo verticale, di fondamentale importanza risultano essere i sistemi di risalita, risolti attraverso la collocazione di un vano scala centrale e 4 ascensori. Le strutture sono di recente costruzione e, per la realizzazione, sono state utilizzate tecniche costruttive moderne. Lo scheletro strutturale è a telaio in cemento armato, le chiusure sono ipoteticamente realizzate con pareti perimetrali a cassetta, dello spessore di circa 40 cm. L'involucro edilizio presenta un ampio utilizzo di superfici vetrate, soprattutto sui lati est ed ovest, dove gran parte della facciata è caratterizzata da vetrata continua, su tutta l'altezza dell'edificio. Tutti gli infissi sono realizzati in vetro-camera e telai in alluminio. Si è, pertanto, indicativamente considerata una prestazione energetica medio-bassa, corrispondente a valori di trasmittanza intorno a 3 W/m²K. L'edificio consta di due piani interrati, destinati a parcheggio, aventi superficie netta pari a circa 1579 mq.

FOTO





PROCURA DI NAPOLI

CASO STUDIO 1

DATI DIMENSIONALI

EDILIZIA PER UFFICI

Caratteristiche geometriche dell'edificio

H	Altezza esterna	46,00	[m]
h	Altezza media netta interpiano	3,00	[m]
S _{netta}	Superficie totale netta	10.332	[mq]
S _{lorda}	Superficie totale lorda	10.408	[mq]
S _{disp}	Superficie disperdente	6.343,6	[mq]
V _{netto}	Volume totale netto	30.996	[mc]
V _{lordo}	Volume totale lordo	37.159	[mc]
v/V	Rapporto Volume netto/lordo	0,83	[mc]
S/V	Rapporto di forma	0,33	[m ⁻¹]

Caratteristiche costruttive dell'edificio

Elementi tecnici	Trasmittanza media [W/mq K]	Superfici Orientamento	Opache [mq]	Trasparenti [mq]
Pareti esterne	0,96	Nord	230,7	214,44
Serramenti esterni	5,00	Nord Est	0,00	0,00
		Est	510,08	994,07
		Sud Est	0,00	0,00
Solaio copertura	1,55	Sud	240,17	208,44
		Sud Ovest	0,00	0,00
		Ovest	606,7	988,99
Solaio tipo	1,30	Nord Ovest	0,00	0,00
		Orizzontale	2.350	0,00
		Totale	3937,65	2.405,94

CARATTERIZZAZIONE IMPIANTO

Impianto Termico

	Tipo di Impianto termico	Centralizzato
	Generatore	Pompa di calore
Pn	Potenza termica utile [KW]	212*2
Rendimenti	Rendimento di generazione medio stagionale %	ESEER:4-COP:3,2
	Terminali scaldanti	Ventilconvettori a vista
	Rete di distribuzione	Verticale

La climatizzazione dei vari ambienti è realizzata in modo da utilizzare un sistema misto ad aria primaria, con condizionamento centrale realizzato mediante due pompe di calore 4 compressori. Le pompe di calore condensate ad aria, installate nel 2007, risultano essere funzionanti e in buono stato di manutenzione.

Consumi	Anno	2010	2011
Termici	[KWh]	-	-
Elettrici	[KWh]	784.587	785.085
Costi energetici	[Euro]	129.830	130.501

PLANIMETRIE



Pianta Piano Terra



Pianta Piano Tipo

- Filtri-Disimpegni
- Uffici
- Locali non riscaldati





PROCURA DI NAPOLI

CASO STUDIO 1

STATO DI FATTO

Descrizione dell'involucro

Strutture di elevazione: i solai sono realizzati con lastre prefabbricate tipo predalle.

Chiusure verticali esterne: sono realizzate in pannelli di calcestruzzo prefabbricati, con interposto isolante in polistirene espanso

Infissi: sono realizzati in alluminio a vetro singolo e i cassonetti degli avvolgibili sono privi di isolamento

Caratteristiche impianti

Dotazione di impianti:

l'edificio è dotato di impianto idrico- sanitario (in ciascun bagno è presente un boiler elettrico di 1200 W), impianto elettrico (i corpi illuminanti dei corridoio sono lampade a fluorescenza da 36 W mentre negli altri ambienti sono presenti lampade a 18 W), impianto telefonico, impianto di climatizzazione centrale e condizionatore dedicato per la stanza del procuratore, impianto citofonico ed antintrusione.

È dotato inoltre di un ascensore e di impianto di condizionamento negli uffici.

Dati Complessivi

Stato di fatto	Fabbisogno termico Energia Utile [KWh _t]	Fabbisogno frig. Energia Utile [KWh _f]	Fabbisogno energia primaria Risc. [KWh]	Fabbisogno energia primaria Clim. [KWh]
	210.533	1.783.493	271.901	1.939.673
	Fabbisogno Energia Elettrica [KWh _e]	Costo Approv. Energia Elettrica [€]	Energia Primaria Totale [KWh]	EPCI [KWh/mc anno]
	1.039.879	155.982	2.268.677	9

STATO DI PROGETTO

Interventi sull'involucro Coibentazione delle coperture.

Interventi sull'impianto Nuovo sistema di regolazione e controllo.
Interventi di sostituzione dei corpi illuminanti interni con sistemi ad alta efficienza completi di regolazione del flusso luminoso.

Dati Complessivi

Stato di Progetto	Fabbisogno termico Energia Utile [KWh _t]	Fabbisogno frig. Energia Utile [KWh _f]	Fabbisogno energia primaria Risc. [KWh]	Fabbisogno energia primaria Clim. [KWh]
	183.261	1.773.653	203.420	1'657'900
	Riduzione 12%	Riduzione 0.55 %	Riduzione 25,19 %	Riduzione 14.53 %
	Fabbisogno Energia Elettrica [KWh _e]	Costo Approv. Energia Elettrica [€]	Energia Primaria Totale [KWh]	EPCI [KWh/mc anno]
	957.059	143.558	2.087.990	6
	Riduzione 7,96 %	Riduzione 7,96 %	Riduzione 7,96 %	Riduzione 32.61 %

Sintesi dei risultati dell'intervento ante e post operam

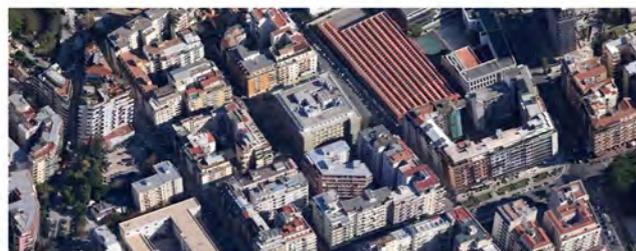
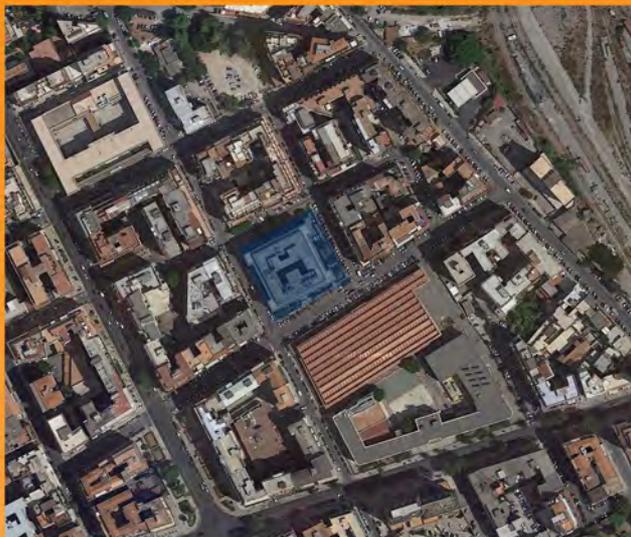
	Incidenza su riduz.di CO2(%)	Incidenza su costo opere (%)	Incidenza su spese di gestione (%)
Interventi sull'involucro	33	4	15
Interventi sugli impianti elettrici	77	73	85
Interventi sugli impianti meccanici	-	23	-



SEDE INPS DI PALERMO

CASO STUDIO 2

INQUADRAMENTO



DESCRIZIONE

2. SEDE PROVINCIALE INPS DI PALERMO via Francesco Laurana.

Un edificio pubblico moderno che con i suoi 20.000 mq di superficie e 450 dipendenti, occupa un posto di rilievo - per dimensione e offerta previdenziale - nel ricco patrimonio edilizio dell'Ente sul territorio nazionale.

Gli interventi di mantenimento o in alcuni casi di adeguamento funzionale dettati dalle normative per la sicurezza dei luoghi di lavoro non hanno inalterato i caratteri costruttivi e distributivi del progetto originario. L'edificio costruito nel 1965 a firma dall'Ingegnere Longobardi mantiene i tratti riconoscibili dell'architettura terziaria italiana del dopoguerra: razionalità compositiva, simmetria dei prospetti, nonché imponente e rigorosa volumetria.

Tale edificio ad uffici presenta numerose criticità nell'involucro edilizio: obsolescenza fisica degli elementi finestrati, dispersioni termiche nella chiusura verticale esterna (tecnologicamente definibile "inserita", una muratura a cassa vuota eseguita con mattoni pieni e forati) e carente progettazione degli elementi oscuranti a fronte di un'importante incidenza solare. La struttura di elevazione a telaio in calcestruzzo armato e gli impalcati piani in latero-cemento, sono della tipologia più diffusa degli anni '60, sia per la realizzazione (in opera) che per il modello funzionale (monodirezionale). Lo stabile ha una consistenza pari a sei piani fuori terra più un piano attico e due piani interrati. Il fabbricato si sviluppa attorno ad una corte centrale a cielo aperto accessibile solo dal secondo seminterrato. A parte il piano terra e i seminterrati, i livelli sono organizzati secondo una logica simile: sulla corte si affacciano le finestre dalle quali prendono luce tutti i servizi e gli ampi corridoi che disimpegnano gli ambienti di lavoro. I corridoi formano un percorso lineare e mettono in comunicazione le quattro zone del fabbricato (nord, est, sud, ovest). I prospetti principali sono coronati da una serie di elementi in cemento armato (frangisole) che hanno più un compito estetico che funzionale.

FOTO



SEDE INPS DI PALERMO

CASO STUDIO 2

DATI DIMENSIONALI

EDILIZIA PER UFFICI

Caratteristiche geometriche dell'edificio

H	Altezza esterna	24,00	[m]
h	Altezza media netta interpiano	3,00	[m]
S _{netta}	Superficie totale netta	12.885	[mq]
S _{lorda}	Superficie totale lorda	13.776	[mq]
S _{disp}	Superficie disperdente	10.910	[mq]
V _{netto}	Volume totale netto	33.062	[mc]
V _{lordo}	Volume totale lordo	46.838	[mc]
v/V	Rapporto Volume netto/lordo	0,71	[mc]
S/V	Rapporto di forma	0,28	[m ⁻¹]

Caratteristiche costruttive dell'edificio

Elementi tecnici	Trasmittanza media [W/mq K]	Superfici Orientamento	Opache [mq]	Trasparenti [mq]
Pareti esterne	0,96	Nord	2.257	483
Serramenti esterni	5,00	Nord Est	1.127	318
Solaio copertura	1,55	Est	0,00	0,00
		Sud Est	1.135	639
		Sud	0,00	0,00
Solaio tipo	1,30	Sud Ovest	1.056	389
		Ovest	0,00	0,00
		Nord Ovest	974	570
		Orizzontale	3.936	0,00
		Totale	10.485	2.400

CARATTERIZZAZIONE IMPIANTO

Impianto Termico

	Tipo di Impianto termico	Centralizzato
	Generatore	Gas naturale
Pn	Potenza termica utile [KW]	2.900
Rendimenti	Rendimento di generazione medio stagionale %	89,0 %
	Terminali scaldanti	Radiatori
	Rete di distribuzione	Verticale

Generatore costituito da sottocentrale termica collegata tramite rete di teleriscaldamento (lunghezza di 28 m e diametro 70 mm) alla centrale localizzata all'interno del Policlinico Umberto I. Nel rendimento di distribuzione non si è tenuto conto delle perdite di carico attribuibili alla rete di teleriscaldamento. Una parte delle sale insegnanti e degli uffici è climatizzata attraverso pompe di calore a bassa efficienza.

Consumi

	Anno [KWh]	2009	2010	2011
Termici	[KWh]	248.809,7	238.877	248.194,4
Elettrici	[KWh]	960.133	962.660	917.919
Hardware 47 %	Illuminazione 32 %	Pompe di calore 15%	Ascensori 3 %	Fancoil e caldaie 3 %

PLANIMETRIE



SEDE INPS DI PALERMO

CASO STUDIO 2

STATO DI FATTO

E
D
I
L
I
Z
I
A
P
E
R
U
F
F
I
C
I

Descrizione dell'involucro

Struttura di elevazione: telaio in calcestruzzo e impalcati piani in latero-cemento. **Chiusura verticale:** muratura a cassa vuota eseguita con mattoni pieni e forati: gres, mattoni pieni, intercapedine d'aria, mattoni forati, intonaco interno. In base al rapporto con la struttura portante si potrebbe definire una parete inserita: ciò influisce in maniera determinate sull'estetica della facciata in quanto l'elemento strutturale scandisce i piani dell'edificio. L'edificio presenta varie tipologie di **infissi esterni verticali trasparenti** quasi tutti originari degli anni '60: le più frequenti con apertura a saliscendi, ma tutte composte da vetri singoli e telai in lega d'alluminio senza taglio termico o giunto aperto e forniti di lamelle alla veneziana come **schermatura interna**. Sono presenti due tipologie di **schermature esterne**, in calcestruzzo e acciaio: una struttura in calcestruzzo è posizionata nella copertura dell'ultimo piano, ancorata nei cordoli esterni nord-ovest e sud-est, la seconda è un insieme di brise-soleil in acciaio agganciati nella parte superiore degli infissi del prospetto sud-est. I prospetti principali sono coronati da una serie di elementi in cemento armato (frangisole) che hanno più un compito estetico che funzionale; sono arretrati rispetto al filo della copertura, espediente questo funzionale a determinare agli angoli dell'immobile un movimento volumetrico.

Caratteristiche impianti

L'impianto è costituito da 4 caldaie per una potenza installata di 2,9 MW, di cui tre da 930 kW ed una da 116 kW. La climatizzazione avviene attraverso 5 gruppi frigo con una potenza complessiva di 1,22 MW di cui quattro da 267 kW ed una da 150 kW. Il circuito primario è dotato di tre pompe di circolazione; il circuito secondario è dotato di cinque pompe di circolazione (5 zone). Vi è inoltre una pompa di calore (aria/acqua) per una potenza di 242 kW. Anche questo impianto utilizza l'acqua come liquido termovettore, con una distribuzione bitubo (mandata e ritorno) e, come terminali di erogazione fancoil; questi sono posizionati sia nelle stanze che nei corridoi. Nell'edificio ci sono circa 46 fancoil per piano, 135 corpi illuminanti (da 36 W) a neon nelle stanze e 26 corpi illuminanti (da 18 W) nei corridoi di distribuzione.

Prospetto fabbisogni

Stato di fatto	En. elettrica [MWh]	Combustibili Gas nat.[Smc]	Totale [MWh]	Prospetto ambientale			Prospetto prest. energetica	
				En. prim-emiss. TEP	En. rinnov. tCO ₂	% del fabbi. % del fabbi.	EPI	[KWh/mc anno]
Climatizz. invernale	13,7	26.578	263,8	24,1	55,9	10,1		13,0
Climatizz. estiva	343,0		343,0	64,1	148,6	43,7		
Illuminazione	127,7		127,7	23,9	55,3	0,0		
Altri usi	505,1		505,1	94,5	218,8	0,0		
Totale fabbisogni	990	26.578	1.240	207	479	25,8		

Prospetto flussi economici
[Euro/anno iva escl.]

STATO DI PROGETTO

Interventi

Le tecnologie utilizzate necessitano ovviamente di interventi di retrofit energetico, sia nelle strutture opache che trasparenti, essendo ormai in condizione di obsolescenza ad eccezione della parte di infissi recentemente sostituita.

Gli interventi ipotizzati sull'involucro e sugli impianti sono i seguenti:

- 1- Cappotto interno volto a contenere la trasformazione e mantenere gli elementi dell'edificio pubblico anni '60;
- 2- Sostituzione infissi;
- 3- Coibentazione della copertura con un intervento combinato di coibentazione ed uso di fotovoltaico;
- 4- Cappotto interno con sostituzione infissi e coibentazione copertura;

	Intervento 1	Intervento 2	Intervento 3	Intervento 4	Intervento 5
Variazione fabb. ener. elettrico[%]	2%	-2%	0	6%	-11%
Variazione fabb. ener. termico [%]	-30%	-56%	-19%	-95%	-96%
Epci [kWh/m3 anno]	10,2	8,0	10,8	3,7	5,1
Classe energetica	D	E	D	A	B
Variazione dell'Epci [%]	-22%	-38%	-17%	-72%	-61%
Energia auto-prodotta	0	0	0	0	29 MWh
Variazione delle emissioni di CO ₂	-1%	-7%	-2%	-5%	-23%
Risparmio annuale	15.000 €/anno	16.000 €/anno	4.640 €/anno	21.000 €/anno	56.000 €/anno
Investimento iniziale	196.000 €	936.000 €	138.000 €	1.000.000 €	544.000 €
Tempi di ritorno	>30 anni	>30 anni	>30 anni	>30 anni	12,6 anni



II FIERA DISTRICT DI BOLOGNA

CASO STUDIO 3

E
D
I
L
I
Z
I
A

P
E
R

U
F
F
I
C
I

INQUADRAMENTO



DESCRIZIONE

1. Il Fiera District di Bologna

Il Fiera District di Bologna, così come si presenta oggi, è il risultato di un complesso iter di realizzazione, articolatosi in quarant'anni di vicende storiche, politiche ed amministrative, durante le quali il complesso direzionale è stato testimone e protagonista dell'evoluzione tecnologica a cavallo tra il secolo scorso e quello attuale che ha interessato sistemi costruttivi, materiali e componenti oltre che processi attuativi e modalità esecutive.

Il complesso del Fiera District fa parte del grande piano urbanistico di espansione della città di Bologna verso nord e ne rappresenta il centro. Tange, in "Bologna 84", concepì un grande progetto di rinnovamento urbanistico, portando i valori ed i temi della città moderna al centro del dibattito culturale degli anni 60-70: il policentrismo, la computerizzazione degli scenari, l'industrializzazione delle tecniche costruttive; la mondializzazione della città e la sua verticalizzazione rispondendo magistralmente alla richiesta della giovane Finanziaria Fiere, oggi Finanziaria Bologna Metropolitana. La Finanziaria Fiere si rese protagonista, nel 1964, della rapida realizzazione del Quartiere Fieristico progettato da Leonardo Benevolo e, in una seconda fase, dell'edificazione del Palazzo dei Congressi, della Galleria d'arte moderna e del Palazzo dei Servizi. Nel 1968 venne affidato a Tange anche la redazione del progetto per il centro direzionale.

Il masterplan di Bologna 84, così come concepito da Tange, non fu mai realizzato e la sua attuazione completa si ridusse, di fatto, al solo distretto fieristico, terminato solo nell'Aprile del 2010 con il completamento del terzo edificio della regione destinato ad accogliere uffici regionali.

La cosiddetta Terza Torre, anch'essa facente parte dell'originario progetto di Tange, costituisce il completamento del Fiera District sul fronte est.

FOTO



Torri Svecotre - Primo edificio regione



Tori CNA e LegaCoop



Terza Torre

II FIERA DISTRICT DI BOLOGNA

CASO STUDIO 3

DATI DIMENSIONALI

Dati dimensionali generali

Area complessiva quartiere fieristico direzionale	500.000 [mq]
Superficie della piazza	7.000 [mq]
Superficie Fondiaria	143.000 [mq]
Superficie per urbanizzazione primaria	48.400 [mq]
Superficie per urbanizzazione secondaria	143.200 [mq]

Dati dimensionali degli edifici

Torri di CNA e Lega delle Cooperative	10.000 [mq]
Banca del Monte	6.500 [mq]
Torri della Svecotre	49.800 [mq]
Primo edificio della Regione	13.035 [mq]
Secondo edificio della Regione (sede di giunta e consiglio)	33.000 [mq]
Terza torre	14.000 [mq]
Superficie complessiva dei sette edifici	126.335 [mq]

CARATTERIZZAZIONE IMPIANTO

Impianto Termico

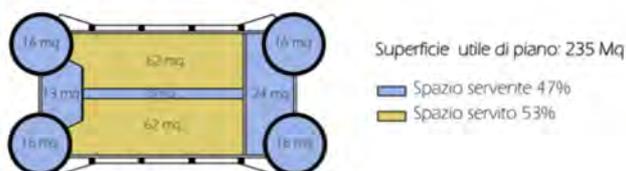
	Tipo di Impianto termico	Centralizzato
	Generatore	Impianto di cogenerazione
Pn	Potenza termica utile	[MW] 37,209
Rendimenti	Potenza frigorifera utile	[MW] 39,934
	Tubazioni e teleriscaldamento/refrigerazione	[m] 15.000
	Volumetria allacciata alla centrale	[m] 2.120.000

L'impianto produce il 74% dell'energia termica richiesta dagli utenti e il 35% del fabbisogno elettrico, mentre caldaie preesistenti assicurano il fabbisogno termico per le richieste di punta e per emergenza.

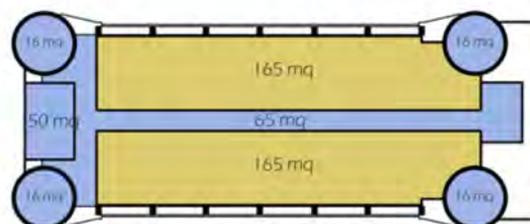
Produzione di energia	Anno	2009	2010
Termici	[KWh]	33.684.400	42.781.200
Elettrici	[KWh]	15.026.200	11.673.600
Frigorifera	[KWh]	12.490.500	11.262.750

PLANIMETRIE

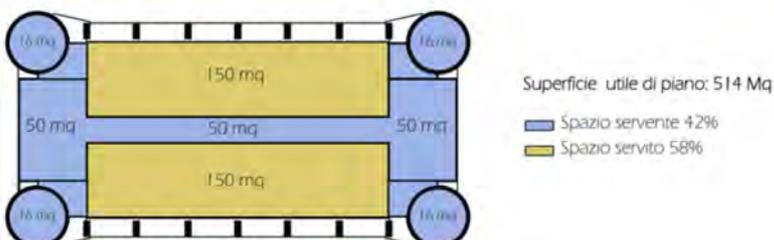
Pianta tipo torri CNA-LegaCoop



Pianta tipo Terza Torre



Pianta tipo Torri Svecotre

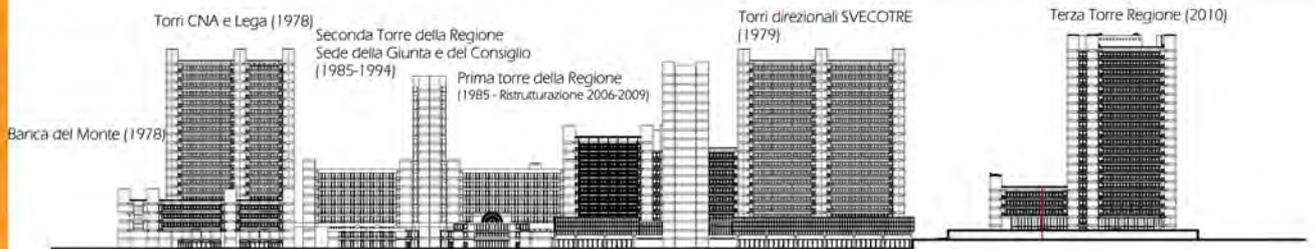




II FIERA DISTRICT DI BOLOGNA

CASO STUDIO 3

STATO DI FATTO - PROGETTO A BASE DI GARA PER LA TERZA TORRE



Descrizione dell'involucro

Strutture di elevazione: parzialmente prefabbricate/gettate in opera - struttura in acciaio.

Chiusure verticali esterne: sono realizzate in pannelli di calcestruzzo prefabbricati.

Infissi: sono realizzati in alluminio a vetro singolo/ vetro camera

Impianti: impianti tradizionali (a due tubi) serviti dalla centrale termofrigorifera.

STATO DI PROGETTO - REALIZZAZIONE DELLA TERZA TORRE

La concezione dell'edificio è sostanzialmente identica all'impostazione del progetto originale di Tange: un edificio a pianta rettangolare snello ed alto, caratterizzato dai quattro elementi cilindrici pieni posti agli angoli della pianta (contenenti i collegamenti verticali, scale, ascensori e montacarichi e cavedi tecnici); la facciata è ritmata da un griglia nella quale sono sottolineati gli elementi strutturali, verticali ed orizzontali (scocche in cls bianco), ed elementi frangisole orizzontali (sempre in cls bianco), complanari ai primi.

Strutture di elevazione

- strutture in c.a. gettate in opera su casseri modulari
- strutture miste in acciaio-calcestruzzo prefabbricate e collegate da getti in opera
- strutture in acciaio

Caratteristiche involucro L'involucro è realizzato con componenti prefabbricati in GFRC (Glass Fiber Reinforced Concrete).

Impianti L'impianto sarà del tipo a quattro tubi e sarà del tipo a portata d'acqua variabile sia per quanto riguarda il circuito freddo, che per quanto riguarda il circuito caldo. Interventi di sostituzione dei corpi illuminanti interni con sistemi ad alta efficienza completi di regolazione del flusso luminoso.

Confronto delle trasmittanze dei componenti e dei rendimenti

	Base di gara 1999	Progetto realizzato 2010	Variazione percentuale
Chiusure trasparenti [kW/mqK]	Ug=1,5 Uf=2,4	Ug=1,0 Uf=1,8	-33% -25%
Pareti esterne [kW/mqK]	U1=1,506 U2=0,651 U3=0,750 U4=0,820 U5=0,820	U1=0,284 U2=0,282 U3=0,299 U4=0,230 U5=0,389	-81% -56% -60% -71% -52%
Ventilazione [η]	51%-60%	75%-75%	+38%-45%
Impianto [η]	85%	95%	12%

Sintesi dei risultati

	Base di gara Epgl [kWh/mq anno]	VARIANTE 1 Epgl [kWh/mq anno]	VARIANTE 2 Epgl [kWh/mq anno]
Indice energ. utile risc.	69	28	22
Indice energ. utile per il raffr.	6	6	6
Indice energ. utile netto	75	34	28