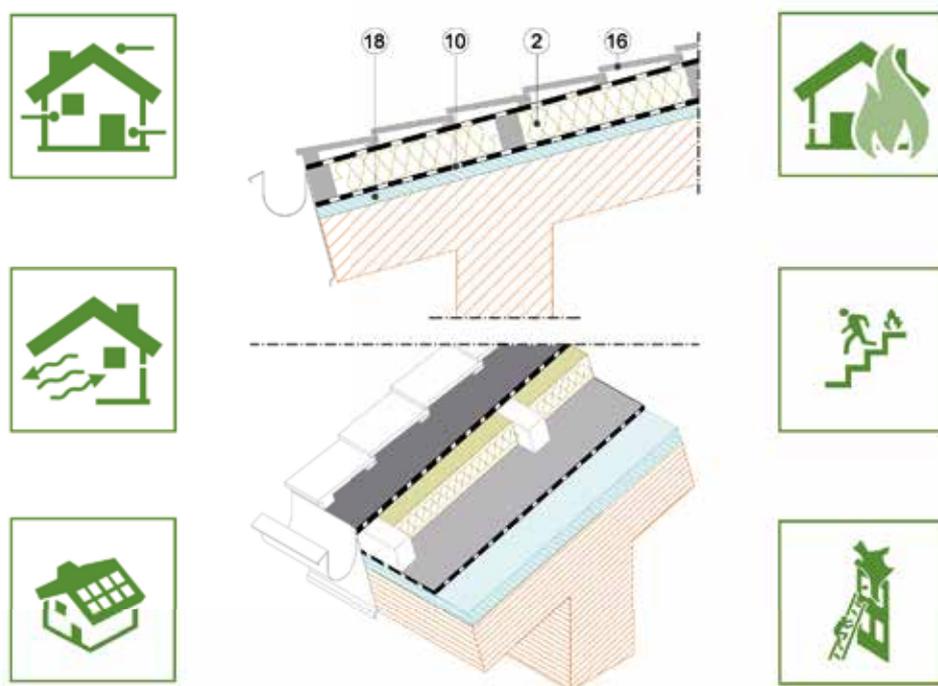


MANUALE PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO INCENDIO NEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI PER IL LAVORO



ERMINIA ATTAIANESE – ANTONIO BILOTTA

MANUALE PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO INCENDIO
NEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA
DEGLI EDIFICI PER IL LAVORO

ERMINIA ATTAIANESE – ANTONIO BILOTTA

Autori

Erminia Attaianese¹, Antonio Bilotta²

Collaborazioni

Pasquale Addonizio³, Raffaele d'Angelo⁴, Marianna Madonna³,
Sandro Mautone, Laura Paradiso, Stefania Antonelli

¹ DiARC- Dipartimento di Architettura, Università di Napoli Federico II

² DiSt- Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università di Napoli Federico II

³ Inail UOT-Unità Operativa Territoriale, CVR-Certificazione Verifica e Ricerca di NAPOLI

⁴ Inail Contarp Direzione Regionale per la Campania

ISBN 9788899594107

Presentazione

Il volume presenta i principali risultati del progetto RiqualiFire *Prevenire il rischio incendio nella riqualificazione energetica degli edifici*, co-finanziato dalla Direzione Regionale per la Campania dell'Inail e dall'Università degli Studi di Napoli Federico II.

Gruppo di lavoro del progetto RiqualiFire

Erminia Attaianese, *Responsabile Scientifico del progetto*

Raffaele d'Angelo, *Referente Inail per il progetto*

Pasquale Addonizio, *Referente Inail per il progetto*

Antonio Bilotta, Sandro Mautone, Laura Paradiso, Marianna Madonna, Stefania Antonelli

Stampa: Tipografia Rodolfo Bartolotta srl - Napoli

**MANUALE PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO INCENDIO
NEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI
EDIFICI PER IL LAVORO**

| | |
|---|--------|
| INTRODUZIONE | pag. 5 |
| 1. LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI | |
| 1.1 Obiettivi e strategie | >> 9 |
| 1.2 Contenimento dei flussi termici attraverso l'involucro | >> 13 |
| 1.3 Sistemi per lo sfruttamento dell'energia solare | >> 17 |
| 2. RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISCHIO INCENDIO | |
| 2.1 La sicurezza al fuoco degli edifici | >> 21 |
| 2.2 Efficienza energetica e rischio incendio | >> 26 |
| 2.3 Un caso emblematico: l'incendio della Grenfell Tower a Londra | >> 32 |
| 3. I MATERIALI TERMOISOLANTI | |
| 3.1 Le principali proprietà | >> 39 |
| 3.2 Le tipologie più diffuse | >> 41 |
| 3.3 Le prestazioni in condizioni di incendio | >> 50 |
| 4. TECNICHE DI REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI E RICADUTE SUL RISCHIO INCENDIO | |
| 4.1 Criteri di schedatura degli interventi | >> 61 |
| 4.2 Schede degli interventi | >> 68 |
| 5. RASSEGNA TECNICO-NORMATIVA | |
| 5.1 Selezione delle principali norme tecniche inerenti al comportamento al fuoco dei materiali | >> 153 |
| 5.2 Sintesi delle norme tecniche prevalentemente utilizzate nella prevenzione del rischio | >> 159 |
| 5.3 Codice di Prevenzione Incendi: schedatura introduttiva delle principali strategie | >> 172 |
| 6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI | >> 189 |

INTRODUZIONE

La prevenzione incendio è una delle molteplici attività che riguardano la sicurezza sui luoghi di lavoro. Nel Decreto Legislativo 81/08 si prescrive, in particolare, che il Datore di Lavoro, anche tramite il Servizio di Prevenzione e Protezione, è obbligato ad effettuare una valutazione dei rischi di incendio presenti nell'ambito dell'organizzazione in cui i lavoratori prestano la propria attività, finalizzata a ponderarne il livello, individuare le adeguate misure di prevenzione e protezione antincendio ed elaborare il programma delle misure atte a garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza.

La normativa di riferimento che regola tutti gli aspetti della gestione del rischio incendio è il Decreto Ministeriale 10/03/1998, ancora ad oggi in vigore, all'interno del quale si possono individuare i criteri utilizzabili dalle aziende per effettuare la valutazione del Rischio Incendio e la relativa classificazione, dal cui esito risulterà una distinzione in: luoghi di lavoro a rischio di incendio basso ; luoghi di lavoro a rischio di incendio medio; luoghi di lavoro a rischio di incendio alto.

Il processo di valutazione del rischio di incendio si basa sull'analisi dei luoghi, tenendo in dovuto conto, oltre del tipo di attività che vi si svolgono, delle sostanze e dei materiali utilizzati e depositati, e del numero delle persone potenzialmente esposte, anche delle caratteristiche costruttive, dimensionali e distributive degli edifici, dal momento che i componenti edilizi e i materiali, insieme agli impianti, agli arredi e al layout, concorrono a determinare oltre a condizioni e tempi di sviluppo di un incendio, anche propagazione e pericolosità del suo impatto sugli occupanti.

I requisiti della prevenzione incendi non devono però essere soddisfatti solo al momento della messa in esercizio di un edificio, ma le condizioni di sicurezza devono perdurare per tutta la sua vita utile. Modifiche interne, variazioni di destinazione d'uso, interventi di manutenzione e integrazione degli elementi edilizi, negli ambienti e sugli impianti, come quelle connesse alla riqualificazione energetica, alterando lo stato dei luoghi, finiscono con l'incidere sulle condizioni di sicurezza e possono rappresentare, quindi importanti cause di alterazione delle condizioni di sicurezza al fuoco degli edifici.

La rilevanza del problema incendi su scala mondiale è molto alta. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) stima che le morti per ustioni ammontino a 180.000 l'anno, la cui incidenza è elevata non solo nei paesi a basso e medio reddito, nei quali è scarsa la sicurezza antincendio perché sono carenti disposizioni e regolamenti per la prevenzione dei rischi. Anche la situazione nei paesi ritenuti più industrializzati è considerata preoccupante. In Europa più di 3.500 persone muoiono ogni anno a causa degli incendi, e il numero di lesioni è approssimativamente 20 volte maggiore rispetto al numero di vittime, con almeno 70.000 feriti l'anno (IAFSS, 2018).

Gli edifici risultano essere i luoghi più vulnerabili al rischio incendio. Solo nel 2016, per esempio, nel nostro Paese, sono stati registrati 245.727 incendi, che corrispondono a ben 673 incendi al giorno, con una tendenza in crescita. Di questi più del 65% hanno riguardato edifici civili e aziende: nel 21% dei casi, l'incendio si è sviluppato in abitazioni civili e edifici pubblici (52.300), mentre gli esercizi commerciali sono stati coinvolti in 2060 casi (ANNUARIO STATISTICO DEL CORPO NAZIONALE DEI VIGILI DEL FUOCO, 2018)

Oltre alla rilevanza in termini di vite umane, costi sanitari e sociali, gli incendi degli edifici hanno un elevato impatto economico. Si stima infatti che 126 miliardi di euro vengano persi ogni anno in Europa a causa di incendi, valore che, per i paesi UE, rappresenta più dell'1% del PIL, anche considerato che un incendio oltre a danneggiare le infrastrutture, può portare alla perdita irrimediabile di beni e dati.

Secondo Fire Safe Europe, l'associazione europea per la sicurezza antincendio negli edifici, il rischio incendio è oggi più imprevedibile e maggiormente pericoloso rispetto al passato, per le complesse prestazioni che gli edifici sono chiamati ad assicurare. L'elevata dotazione impiantistica, l'impiego di tecniche innovative e l'uso massivo di materiali da costruzione infiammabili, pongono nuove condizioni di rischio che molti degli attuali requisiti normativi relativi alla sicurezza antincendio negli edifici, si ritiene, non riescano completamente a controllare, realizzando, di conseguenza, un livello di protezione ancora non del tutto adeguato, per i cittadini europei. Il retrofitting energetico è ritenuto essere tra le principali cause di questi nuovi scenari di rischio (FIRE SAFE EUROPE, 2019).

Gli obiettivi di incrementare il guadagno termico e ridurre le dispersioni, infatti, insieme con l'installazione di sistemi per lo sfruttamento di energie da fonti rinnovabili, comportano sostanziali modifiche materiche e dimensionali di ambienti e componenti edilizi, dalle quali può conseguire non solo un incremento del carico di incendio e degli effetti di questo sulla stabilità della struttura, ma anche un decremento dell'efficacia dei soccorsi e un peggioramento delle condizioni di incolumità degli occupanti durante la fuga.

I luoghi di lavoro, di qualsiasi natura essi siano, sono oggi frequentemente interessati da interventi finalizzati all'aumento dell'efficienza energetica che coinvolgono gli edifici e le loro pertinenze, specie nelle piccole e microimprese, considerato che negli ultimi anni, sia a livello comunitario che nazionale, si favorisce e si incentiva l'uso razionale e sostenibile dell'energia, non solo per i privati e nelle residenze, ma anche all'interno dei processi produttivi e delle aziende. Del resto nel nostro Paese, gli ambienti di lavoro occupano spesso parti di edifici destinati anche ad altri usi, in un parco edilizio energeticamente obsoleto, dove più di un terzo degli edifici (36,6%) ha più di 40 anni di vita e più della metà del totale di essi (58,4%) è stato realizzato prima del 1977, anno a partire dal quale sono state introdotte le prime norme sull'efficienza energetica nel settore dell'edilizia.

Si comprende, pertanto, come la predisposizione di interventi che possono essere considerati di natura meramente tecnico-economica, come l'efficientamento energetico di edifici esistenti, vadano inevitabilmente ad incidere sulle condizioni di sicurezza al fuoco, e finiscano in realtà con l'avere ricadute rilevanti sulle condizioni di sicurezza degli ambienti di lavoro che questi edifici ospitano.

Co-finanziato dall'INAIL Direzione Regionale per la Campania e dall'Università degli Studi di Napoli, il progetto RiqualiFire, di cui questo volume costituisce il principale esito, intende fornire supporto alle imprese nella prevenzione del rischio incendio conseguente alla riqualificazione energetica dei luoghi di lavoro, attraverso l'organizzazione e la diffusione di conoscenze note ma appartenenti a settori diversi, quali quelli della manutenzione e della riqualificazione edilizia, della sicurezza e della gestione energetica dei luoghi di lavoro, che col progetto sono rese disponibili alle rispettive figure di riferimento, le quali rivestono ruoli differenti e, di fatto, si interfacciano con difficoltà. Lo scopo è quello di facilitare la selezione degli interventi più idonei ad

assicurare, nello stesso tempo, un maggiore guadagno energetico dell'edificio e un'adeguata sicurezza al fuoco per gli occupanti.

1.1 Obiettivi e strategie

È ormai noto che gli edifici consumano una quantità significativa di energia, specie in fase di uso: in Europa il 40% dei consumi energetici è impiegata per riscaldare e condizionare gli ambienti di vita e di lavoro, il che produce il 36% delle emissioni totali di CO₂ del nostro continente.

Un'ampia percentuale di questo consumo totale avviene negli edifici civili, con una tendenza in costante aumento. Per gli edifici non residenziali, che rappresentano il 25% del totale degli edifici esistenti, le stime sono meno chiare, per l'elevata eterogeneità delle loro tipologie edilizie e dei sistemi costruttivi con cui sono realizzati, e ovviamente, per la estrema varietà delle attività insediate. In Europa, infatti, solo l'1 % degli edifici esistenti non residenziali è di tipo industriale, mentre la restante parte è costituita da edifici civili, a destinazione terziaria e commerciale.

Nel nostro Paese, l'edilizia civile non residenziale è costituita prevalentemente da: edifici ad esclusivo o prevalente uso scolastico (circa 51.000 edifici); edifici per ufficio (circa 65.000), nonostante il maggior numero delle unità locali adibite ad uso ufficio occupi superfici in immobili ad uso promiscuo, per lo più realizzati per un utilizzo residenziale (che, a loro volta, in Italia sono 12,2 milioni con oltre 31 milioni di abitazioni); edifici ad esclusivo o prevalente uso alberghiero (circa 25.800) dei quali, poco più di un edificio su cinque, è stato realizzato in epoca anteriore al 1919; edifici ad esclusivo o prevalente uso bancario (circa 1.469), per la presenza di 76 gruppi di banche, le cui agenzie sono distribuite su 33.727 unità operative diffusamente dislocate, la maggior parte delle quali occupa porzioni di edificio, generalmente al piano terra (MISE, 2012, 2018). Inoltre, il settore commercio, raggruppa tipologie edilizie eterogenee, che fanno riferimento a diverse attività commerciali: interi edifici per supermercati, grandi magazzini, ecc.; complessi di edifici, per centri commerciali, ecc.; porzioni di edifici per negozi, botteghe, laboratori, ecc.

Lo stock edilizio è stato edificato in diverse epoche storiche, con un consistente numero di edifici costruito prima della Seconda Guerra Mondiale e con una fortissima espansione immobiliare dal dopoguerra alla fine degli anni Novanta. Anche a causa della variegata epoca di costruzione, gli edifici presentano caratteristiche diverse dal punto di vista costruttivo, e presentano in prevalenza sistemi costruttivi costituiti da muratura con solai in ferro o legno;

1

LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

interamente in muratura; in muratura e laterizio; in cemento armato e laterizio; in cemento armato con pannelli di tamponamento prefabbricati; interamente in cemento armato; in legno; in acciaio e vetro; con facciate continue in vetro e acciaio. Nell'ultimo ciclo immobiliare (successivo al 2001) si evidenzia la realizzazione di edifici pluripiano con dimensioni maggiori in pianta ed in elevato.

Circa il 60% degli edifici, al di là delle destinazioni d'uso, è stato realizzato, dunque, in anni antecedenti all'emanazione della prima disposizione legislativa sul risparmio energetico, introdotto dalla Legge 373 del 1976, e pertanto risulta oggi inadeguato dal punto di vista energetico.

La riqualificazione degli edifici esistenti ha un ruolo rilevante ai fini energetici, perché il retrofitting è ritenuto tra i modi più efficaci per ridurre il consumo di energia e le emissioni inquinanti ad esso associate. Secondo la Commissione Europea, infatti, gli interventi di riqualificazione energetica possono condurre ad una riduzione costante del consumo totale di energia del 5-6% e ad un conseguente abbassamento delle emissioni di circa il 5%

(Fonte:<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>).

Del resto, l'efficienza energetica degli edifici è uno dei temi strategici che si dibattono in questi anni in ambito europeo ed internazionale. In particolare, il miglioramento della prestazione energetica degli edifici europei è un aspetto di fondamentale importanza, non solo per il raggiungimento degli obiettivi fissati per il 2020 da parte dell'UE, ma anche per il conseguimento di quelli più a lungo termine, legati alla tabella di marcia di un'economia a bassa intensità di carbonio, da raggiungere entro il 2050. Per questo l'UE si è fatta promotrice di programmi, progetti e direttive che il nostro Paese ha recepito, e che introducono strumenti, criteri e soluzioni armonizzate e condivise sul tema specifico dell'incremento dell'efficienza energetica degli edifici, esistenti e nuovi, (MISE, 2012, 2018)

Numerose sono le opportunità di natura fiscale per favorire la realizzazione di interventi di efficientamento energetico rivolte ai soggetti privati, alle Imprese e alle Amministrazioni pubbliche: ai cosiddetti Certificati Bianchi, anche noti come "Titoli di Efficienza Energetica" (TEE), titoli negoziabili riconosciuti oltre che ai distributori di energia elettrica e di gas e alle ESCO, anche alle aziende che abbiano nominato un energy manager, al Conto

Termico e alle detrazioni fiscali per gli interventi connessi con il recupero del patrimonio edilizio esistente, specificamente rivolto a privati e imprese, fino ai più recenti Fondo Nazionale per l'Efficienza Energetica e Piano Impresa 4.0, introdotti per favorire la realizzazione di interventi di efficienza, anche energetica, su immobili, impianti e processi di produzione, di imprese di qualunque settore produttivo e dalla Pubblica Amministrazione (MISE, 2018). Indipendentemente dal tipo di incentivo, i principali interventi edilizi sostenuti riguardano la riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento tramite riqualificazione energetica globale, che interessa l'edificio nel suo complesso, e parziale, rivolta a singole unità dell'edificio, ottenute prevalentemente attraverso una serie di interventi quali: isolamento termico dell'involucro edilizio (solaio di copertura, solaio su ambienti non riscaldati, pareti opache perimetrali disperdenti e riduzione dei ponti termici); sostituzione serramenti (infissi ad alta prestazione energetica, coibentazione cassonetti, elementi oscuranti); adeguamento del sistema di regolazione dell'impianto di climatizzazione (installazione valvole termostatiche e simili); sostituzione del generatore di calore (caldaia a condensazione, pompe di calore anche geotermiche); installazione di sistemi di domotica; sostituzione o rifacimento dell'impianto illuminotecnico (corpi illuminanti ad alta efficienza); utilizzo delle fonti rinnovabili (pannelli solari termici, fotovoltaico) (Fig. 1).

| INTERVENTI CHE RIENTRANO NEL CONCETTO DI EFFICIENZA ENERGETICA | |
|---|--|
| INTERVENTO | FINALITA' |
| Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato | |
| Coibentazione dell'involucro opaco verticale: all'esterno con sistema a cappotto; all'esterno con facciata ventilata; all'esterno con intonaco isolante; nell'intercapedine dell'involucro opaco con insufflaggio e collaggio; dall'interno dell'involucro opaco con pannelli; dall'interno con intonaco termoisolante. | Riduzione degli scambi termici delle superfici opache disperdenti. |
| Coibentazione delle partizioni orizzontali (sottotetto o locali non climatizzati). Coibentazione dall'esterno con pannelli; dall'interno con pannelli; dall'interno con controsoffitto. | Riduzione degli scambi termici delle superfici opache disperdenti. |
| Coibentazione del solaio della copertura piana. Coibentazione dall'esterno con pannelli; dall'interno con pannelli; dall'interno con controsoffitto. | Riduzione degli scambi termici delle superfici opache disperdenti. |
| Coibentazione del solaio di copertura a falda. Coibentazione dall'esterno; dall'interno con pannelli; dall'interno con controsoffitto. Coibentazione all'interno del solaio di falda (tra le travi). | Riduzione degli scambi termici delle superfici opache disperdenti. |
| Involucro trasparente delimitante il volume climatizzato | |
| Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi | |
| Sostituzione dei serramenti | Riduzione degli scambi termici delle superfici trasparenti disperdenti |
| Installazione di finestre con telaio accoppiato | Riduzione degli scambi termici delle superfici trasparenti disperdenti |
| Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti con esposizione da Est-Sud-Est a Ovest, fissi o mobili, non trasportabili | Riduzione degli apporti solari termici nel periodo estivo |
| Miglioramento delle prestazioni con l'utilizzo di sistemi automatizzati | |
| Gestione automatizzata di tapparelle e tende da sole: automazione dell'apertura delle tapparelle e delle tende da sole su base temporizzata in relazione all'irraggiamento del sole | Riduzione degli apporti solari termici nel periodo estivo |
| Disattivazione della termoregolazione durante l'apertura dei serramenti | Controllo dei flussi di calore |
| Miglioramento delle prestazioni degli impianti di climatizzazione invernali | |
| Sostituzione dei generatori di calore | Miglioramento del rendimento del sistema |
| Installazione di elementi di regolazione della portata sui corpi scaldanti e nella rete di distribuzione | Miglioramento del rendimento del sistema |
| Recupero del sistema di distribuzione e del sistema di regolazione e controllo | Miglioramento del rendimento del sistema |
| Interventi di produzione di energia termica da fonti rinnovabili e di sistemi ad alta efficienza | |
| Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione o caldaie modulari a condensazione | Miglioramento del rendimento del sistema e controllo delle risorse |
| Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale utilizzanti pompe di calore elettriche o a gas, geotermiche | Miglioramento del rendimento del sistema e controllo delle risorse |
| Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale o di riscaldamento delle con generatori di calore alimentati da biomassa | Miglioramento del rendimento del sistema e controllo delle risorse |
| Installazione di collettori solari termici, anche abbinati sistemi di solar cooling | Utilizzo di risorse energetiche rinnovabili |
| Sostituzione dello scaldacqua | |
| Sostituzione di scaldacqua tradizionali con scaldacqua ad alta efficienza | Miglioramento del rendimento del sistema e controllo delle risorse |
| Controllo degli apporti termici | |
| Accostamento di serre solari | Utilizzo di risorse energetiche gratuite e rinnovabili |
| Cool Roof | Controllo degli apporti termici solari |
| Ventilazione meccanica | |
| Sistemi di ventilazione meccanica controllata | Controllo degli scambi termici per aerazione e ventilazione |

Fig. 1 Interventi di efficienza energetica degli edifici (Murano & Riva, 2014)

1.2 Contenimento dei flussi termici attraverso l'involucro

Il contenimento del consumo energetico nel riscaldamento e condizionamento degli edifici è legato alle prestazioni dell'involucro edilizio, dal momento che il consumo di energia di un edificio dipende dalla resistenza termica delle sue pareti e dalla sua capacità di utilizzare gli apporti gratuiti, vale a dire il calore prodotto all'interno dell'edificio o dal riscaldamento delle pareti esterne per irraggiamento solare.

L'involucro edilizio è costituito da tutto ciò che separa l'interno dell'edificio dall'esterno: è l'insieme degli elementi tecnici di chiusura e frontiera verticali, orizzontali o inclinati di un sistema edilizio comunque strutturato atto a perimetrare, separare, proteggere e mettere in relazione ed interazione materiale e immateriale lo spazio interno di tale sistema rispetto a quello esterno (Tucci, 2012).

Dal punto di vista energetico, l'involucro regola lo scambio di flussi tra l'edificio e l'ambiente, rapportandosi direttamente con le condizioni climatiche esterne quali temperature, umidità, precipitazioni, vento, luce, oltre a fungere da barriera per le fonti di inquinamento acustico, elettromagnetico, dell'aria, e da elemento di mediazione, anche visiva, con il contesto circostante.

Gli elementi tecnici costituenti l'involucro sono: le chiusure verticali, opache e trasparenti; le chiusure orizzontali superiori, piane e inclinate, e le chiusure orizzontali inferiori, verso il terreno o, in generale, verso l'esterno. Le chiusure verticali opache sono costituite dalle pareti perimetrali verticali, che rappresentano il confine che separa lo spazio interno dall'esterno dell'edificio. La chiusura superiore è rappresentata dalla copertura dell'edificio, che protegge la parte alta del fabbricato dall'azione degli agenti atmosferici, oltre che dal passaggio di calore. La chiusura orizzontale inferiore, il cosiddetto "primo solaio", è quel solaio posto a contatto con il terreno (solaio contro terra) o al di sopra di ambienti esterni o a locali non riscaldati.

In relazione al soddisfacimento dei requisiti tecnico-funzionali ed energetici specifici dei singoli elementi tecnici, l'involucro edilizio deve assicurare innanzitutto un adeguato isolamento degli ambienti interni dell'edificio dall'esterno, sia in rapporto alle temperature rigide invernali sia al calore estivo, contenendo la dispersione del calore prodotto dalle fonti di riscaldamento interno in inverno, e

l'eventuale raffrescamento naturale o indotto da impianti di condizionamento interno. Inoltre, esso deve impedire lo sviluppo di fenomeni di condensa; impermeabilizzare dall'acqua e dalla risalita capillare; isolare dai rumori.

Del resto, le disposizioni legislative sul risparmio energetico puntano a diminuire la dispersione termica degli edifici, fissando limiti massimi di trasmittanza dell'involucro edilizio in funzione della zona climatica in cui sorgono, requisiti che vengono soddisfatti aumentandone l'isolamento termico.

Tanto più l'involucro, attraverso i suoi diversi elementi, è adatto a isolare o a compensare le temperature tra interno ed esterno, riducendo il flusso termico scambiato tra i due ambienti a temperature differenti, tanto più risulta energeticamente efficiente. Per questo l'isolamento termico e, in generale, il contenimento dei flussi termici attraverso l'involucro, sono ritenuti tra gli interventi di riqualificazione più efficaci per ottenere il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici (Fig. 2).

Efficientamento delle chiusure verticali opache

La coibentazione dell'involucro opaco verticale è tra le strategie più comunemente utilizzate per limitare le dispersioni di calore in un edificio e mirano ad innalzare l'inerzia termica degli elementi della chiusura. Le tecnologie di isolamento più diffuse negli interventi di retrofit fanno riferimento ai sistemi che concernono l'applicazione di materiali coibenti sulle superfici opache dell'edificio e riguardano, nello specifico, sia i sistemi a cappotto, basati sull'applicazione di pannelli in materiale coibente, completati da intonaco e finitura, al supporto murario esterno (cappotto esterno) o interno (coibentazione dall'interno), sia i sistemi di coibentazione con intonaci termoisolanti, applicati dall'esterno o dall'interno. Nei sistemi di chiusura con murature a cassa vuota, possono essere anche effettuati interventi che prevedono l'inserimento di isolanti in intercapedine, cioè nello spazio vuoto tra muro esterno e tamponatura interna. Gli isolanti utilizzati in questi casi possono presentarsi in forma schiumosa, applicati tramite insufflaggio, attraverso fori praticati nel muro, sia dall'interno che dall'esterno, o in pannelli, posti tra la fodera esterna e quella interna della parete. Interventi di isolamento in intercapedine possono essere previsti anche per le pareti divisorie interne all'edificio, con l'inserimento di materiale isolante nell'intercapedine, in presenza di pareti multistrato a cassa vuota.

Se il retrofitting delle chiusure verticali si connette alla riqualificazione architettonica dell'edificio, possono essere previsti

interventi più articolati sia sul piano energetico che tecnico-formale. La facciata ventilata, per esempio, realizza la coibentazione delle facciate dall'esterno mediante la realizzazione di una intercapedine d'aria in movimento ottenuta distanziando, dal rivestimento in pannelli isolanti applicati sul lato esterno del paramento murario, gli elementi di finitura esterna, in materiale vario, ad essi connessi tramite un sistema metallico a montanti e traversi. In estate l'irraggiamento della superficie esterna della parete ventilata provoca un innalzamento della temperatura dell'aria nell'intercapedine, che fa salire l'aria calda (che poi fuoriesce dalle griglie poste nella parete) e fa entrare dal basso aria meno calda. Questo moto convettivo mantiene più basso il livello della temperatura della parete interna. Analogamente in inverno, il flusso di calore dall'interno verso l'esterno è trattenuto dallo strato isolante posto all'esterno della parete resistente, che si comporta da accumulatore termico dell'energia prodotta dall'ambiente interno. Seppur ridotto (dato il ridotto irraggiamento solare) il moto convettivo dell'aria nell'intercapedine, favorisce il passaggio dell'eventuale vapore d'acqua. Per questo, in entrambe le situazioni, la parete ventilata favorisce la traspirabilità della facciata, evitando così i rischi di condensa interstiziale.

Anche le facciate continue, dette anche a "doppia pelle", nelle loro diverse tipologie, realizzano di fatto una sorta di camera d'aria che può funzionare come effetto camino sull'involucro edilizio, perché sono costituite da pannelli vetrati o di altro materiale, eventualmente termoisolante, che sono collegati a un telaio metallico fissato agli elementi strutturali dell'edificio.

Infine, sono sempre più utilizzate le facciate verdi, basate su sistemi di supporto a secco, che consentono lo sviluppo di elementi vegetativi a trama fitta sulle pareti esterne degli edifici. La vegetazione che ricopre le superfici verticali opache dell'involucro crea un effetto di regolarizzazione termica del sistema edificio, poiché in inverno, limita le dispersioni termiche, anche grazie alla protezione dal vento, e in estate, sfrutta l'effetto di ombreggiamento, che riduce le temperature superficiali delle pareti.

La chiusura superiore svolge più funzioni, quali definire superiormente gli spazi, proteggere dagli agenti atmosferici e contribuire all'isolamento termico e acustico dell'edificio, attraverso una serie di elementi che realizzano diversi strati funzionali. Oltre al sistema portante, la copertura prevede un manto di tenuta, che di

Efficientamento delle coperture

solito è lo strato più esterno, realizzato con una guaina impermeabile alla pioggia e resistente alle sollecitazioni chimiche, fisiche e meccaniche, completato da eventuali elementi coibenti. Anche per le coperture, come per le chiusure verticali, i principali interventi di riqualificazione energetica sono finalizzati a migliorare le prestazioni di isolamento termico, al fine di contenere la trasmissione del calore dall'esterno verso l'interno e viceversa, isolando gli ambienti posizionati all'ultimo livello. Questi interventi si possono basare sull'inserimento o il potenziamento di strati isolanti, o sulla realizzazione, nei tetti a falda, di uno strato di ventilazione, ottenuto mediante la realizzazione di una intercapedine a spessore costante fra gli elementi di copertura e lo strato sottostante, che sottrae gran parte del calore che altrimenti si trasmetterebbe agli strati sottostanti, e permette all'umidità di fuoriuscire, evitando lo sviluppo di fenomeni di condensa; oppure applicando, sulla superficie più esterna della copertura, uno strato con elevate riflettanza solare e trasmittanza termica (cool roof).

Nei tetti piani, la posizione che assumono reciprocamente strato di tenuta e strato isolante, configura diverse tipologie di funzionamento della copertura, dal punto di vista termico: nel tetto caldo, l'isolante viene posto sotto la guaina; viceversa, quando la guaina viene posta al di sotto dell'isolante, si realizza un tetto rovescio. In entrambi i casi, l'ultimo strato della copertura va protetto dagli effetti del dilavamento prodotto dalla pioggia e dalle escursioni termiche: la guaina del tetto caldo va ricoperta da resine acriliche, mentre lo strato isolante del tetto rovescio può essere protetto con un ulteriore strato, in genere costituito da ghiaia.

Anche in rapporto alla copertura, rilevante è oggi l'interesse verso interventi di riqualificazione che prevedono l'installazione di sistemi vegetali, anche negli edifici di tipo industriale, per gli effetti di riduzione degli sbalzi termici e assorbimento dell'acqua piovana che possono avere i tetti verdi, estensivi o intensivi.

Efficientamento degli orizzontamenti e delle partizioni interne

Ai fini energetici le prestazioni di isolamento dei solai giocano un ruolo importante, specie se questi riguardano: locali non climatizzati adiacenti a quelli climatizzati; locali posti al di sotto della copertura (ultimo solaio); se sono posti in basso, contro terra o al di sopra di garage o locali tecnici (primo solaio). Anche in questo caso gli interventi di riqualificazione sono volti ad evitare la dispersione di calore tra gli ambienti a differente temperatura. L'applicazione di strati isolanti al solaio, in intradosso o estradosso, o nelle intercapedini delle partizioni interne, oltre ad aumentare la

trasmissione termica, riduce anche gli effetti dannosi indotti nelle strutture e nelle pareti dalle variazioni rapide della temperatura esterna, che possono provocare fenomeni di condensa e muffa, migliorando le condizioni interne e dunque rendendo abitabili anche ambienti tradizionalmente non-abitabili (sottotetti e locali di servizio anche seminterrati).



Fig. 2 Isolamento dell'involucro e delle partizioni interne

Fonte: <http://lnx.isoltherm.com/s-tutorial/isola-pareti-interne-verticali-irregolari-e-regolari-con-sistema-a-secco/>

1.3 Installazione di sistemi per lo sfruttamento dell'energia solare

Quando la riqualificazione energetica riguarda edifici privi di significative valenze monumentali, gli interventi di efficientamento possono riguardare l'applicazione, sulle facciate ben esposte alla radiazione solare, di sistemi solari passivi, e cioè di tecnologie che, facendo uso della radiazione solare come fonte energetica e sfruttando, come elementi captanti e d'accumulo, componenti

Sistemi solari passivi

edilizie, sia d'involucro che degli interni, sono in grado di regolare gli scambi termici dell'edificio.

I dispositivi più semplici di questo tipo sono le schermature, fisse o mobili, le quali anteposte, di solito, alle chiusure vetrate, creano ombra sulle facciate, riducendo la temperatura esterna ed interna, e quindi il carico termico dell'involucro edilizio.

Molto diffuse per aumentare lo spazio abitato, ma non sempre realizzabili perché producono aumento di cubatura, sono le serre solari, volumi edilizi chiusi da pareti trasparenti contigui alle chiusure verticali. Le ampie superfici vetrate, spesso ricavate dalla chiusura di terrazze e balconi, consentono ai raggi solari di penetrare all'interno del volume, contribuendo a riscaldare gli ambienti ad esso contigui attraverso l'irraggiamento e il generale riscaldamento della parete divisoria.

Meno diffusi, ma efficaci negli interventi di riqualificazione energetica localizzati sulle coperture e/o sugli orizzontamenti, sono i camini di luce o tunnel solari che prevedono l'installazione, sulla chiusura superiore degli edifici, di un captatore solare, fisso o apribile, collegato ad un tubo riflettente, che raccoglie la luce naturale e la convoglia negli ambienti sottostanti. Questa soluzione consente di illuminare con luce naturale, di solito zenitale, anche ambienti ciechi, riducendo la necessità di ricorrere di giorno alla luce artificiale, con evidente risparmio di energia elettrica.

Infine, tra i sistemi solari passivi, vanno inclusi i camini solari, detti anche camini termici, costituiti dalla collocazione sulla copertura, nella zona maggiormente esposta alla radiazione solare, di una struttura, simile ad una canna fumaria, in vernice nera e pareti di vetro, deputata a catturare l'energia solare e produrre aria calda in grado di aspirare, ventilare e far raffreddare l'ambiente sottostante.

Sistemi solari attivi

I sistemi solari attivi sono tecnologie che utilizzano elementi in grado di captare l'energia solare e di trasformarla in energia elettrica o in acqua calda.

Nell'impianto fotovoltaico, l'elemento base è rappresentato dalla cella, che è una piccola lastra di materiale semiconduttore (generalmente silicio) la cui disposizione in serie su pannelli, sollecitati dalla radiazione solare, genera una corrente continua che viene raccolta da un circuito e canalizzata nei cavi elettrici del pannello, per essere convogliata negli altri componenti dell'impianto e utilizzata a servizio dell'edificio o dell'unità abitativa.

Nell'impianto solare termico, il pannello solare è chiamato collettore ed ha la funzione di catturare energia solare impiegata per la produzione di acqua calda sanitaria e/o ad integrazione dell'impianto di climatizzazione invernale.

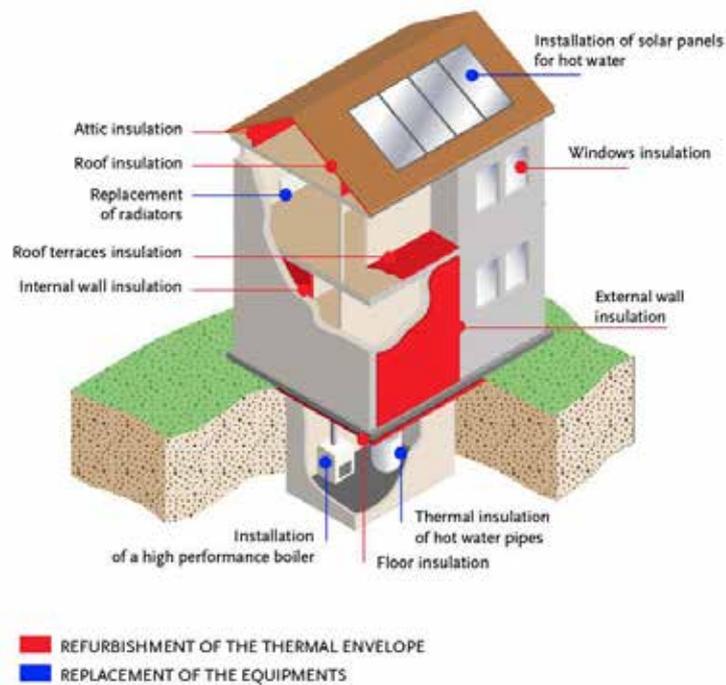


Fig. 3 Esempio di riqualificazione energetica integrale dell'edificio con interventi sull'involucro, sulle partizioni e sugli impianti

Fonte: <https://carolamoujan.net/Energy-efficiency-in-social-housing>

2.1 La sicurezza al fuoco degli edifici

La sicurezza di un edificio è l'insieme delle condizioni relative alla incolumità degli utenti, nonché alla difesa e prevenzione di danni in dipendenza da fattori accidentali, nell'esercizio del sistema edilizio. La sicurezza antincendio è uno dei requisiti essenziali della sicurezza degli edifici, e lo scopo principale della protezione dal rischio è quella di limitare, a livelli accettabili, la probabilità di morte, lesioni e danni materiali in un incendio fortuito. Per questo, in caso di incendio, devono essere garantite tre condizioni: la capacità portante dell'edificio deve essere assicurata per un periodo di tempo determinato; la produzione e la propagazione del fuoco e del fumo al suo interno, o nei confronti di edifici attigui, devono essere limitate; gli occupanti devono poter lasciare l'edificio e/o essere adeguatamente soccorsi (Regolamento UE, 2011).

La reazione al fuoco di un materiale è un fenomeno che dipende dall'infiammabilità (i.e. entrare e permanere in stato di combustione durante l'esposizione ad una sorgente di calore, con eventuale emissione di fiamme), dalla velocità di propagazione delle fiamme, dal gocciolamento di materiale fuso dopo e/o durante l'esposizione a una sorgente di calore, dalla post-incandescenza (es. brace) che potrebbe innescare nuovamente il fuoco, dallo sviluppo di calore nell'unità di tempo durante la combustione e dalla produzione di fumo e/o sostanze nocive.

Pertanto, materiali ed elementi della costruzione, insieme a impianti e configurazione architettonica e planivolumetrica, incidono sulle prestazioni di sicurezza al fuoco degli edifici, perché da essi dipende, oltre alla probabilità di sviluppo dell'incendio, anche la sua gravità. In particolare, i fattori da cui dipendono l'incendio e la sua durata sono molteplici, e attengono alle condizioni e di ventilazione dell'ambiente in cui si innesca, che incide sulla maggiore o minore velocità di combustione, e dall'apporto di energia, cioè dalla qualità e quantità del materiale combustibile presente in quell'ambiente, che costituisce ciò che viene generalmente chiamato "carico d'incendio". La partecipazione alla combustione dei materiali edilizi e degli elementi tecnici contribuisce a definire il carico di incendio dell'edificio.

2

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISCHIO INCENDIO

*Gli elementi da
costruzione*

Gli elementi da costruzione si distinguono in (i) strutturali portanti e non di separazione (pilastri e travi), (ii) portanti e di separazione (tramezze, muri esterni, solai), (iii) non portanti ma di separazione (tramezze, muri esterni, serramenti in elevazione), (iv) non portanti e non di separazione (davanzali, elementi divisorii) ed infine (v) elementi costruttivi speciali (partizioni tagliafuoco, condotte di ventilazione, coperture). Nell'eventualità di un incendio gli elementi da costruzione devono mantenere le loro caratteristiche «portanti» o «di separazione», oppure entrambe. Il loro comportamento al fuoco viene definito dalla loro resistenza al fuoco, che dipende da:

- azione meccanica per carichi esterni
- azione meccanica causata dall'interazione degli elementi durante l'incendio
- degrado del materiale
- dimensioni dell'elemento da costruzione (sezione, snellezza, interasse, ecc.)
- robustezza strutturale (i.e. schemi statici (iperstaticità) e sistemi costruttivi (collegamenti, giunti ecc.)
- applicazione di rivestimenti protettivi.

*I materiali usati per
realizzare elementi
strutturali*

Il requisito principale della sicurezza antincendio è garantire le condizioni di stabilità dell'edificio, almeno per il tempo necessario alla completa evacuazione degli occupanti, e comunque per il maggior tempo possibile. Per questo il comportamento al fuoco dei materiali strutturali è particolarmente rilevante sia in fase di progetto che in fase di valutazione del rischio.

L'acciaio è un materiale inorganico, quindi da considerarsi incombustibile senza necessità di prova (classe zero o A1). Tuttavia, gli elementi da costruzione in acciaio senza protezione hanno una scarsa resistenza al fuoco e spesso vengono protetti con vernici intumescenti, intonaci a spruzzo o pannelli. La buona conducibilità termica dell'acciaio è da considerare come ulteriore aspetto negativo nei confronti della reazione al fuoco.

D'altra parte, gli elementi costruttivi in acciaio non essendo combustibili non aumentano il carico d'incendio degli edifici.

Il calcestruzzo viene realizzato con sostanze minerali inorganiche e per questo motivo è non combustibile (zero o A1). Gli elementi costruttivi in calcestruzzo non sviluppano gas tossici in caso di

incendio, non aumentano il carico d'incendio e, avendo una conducibilità termica relativamente bassa, garantiscono una lunga durata di resistenza al fuoco degli elementi strutturali. Tuttavia, si deve considerare che l'azione del calore di un incendio può provocare il distacco dello strato di rivestimento in calcestruzzo che protegge l'armatura metallica, che viene così rapidamente danneggiata.

Il pericolo di collasso negli elementi costruttivi portanti in cemento armato normale è piuttosto ridotto, mentre nelle costruzioni in cemento armato precompresso, con elementi prefabbricati molto snelli ed armature molto sollecitate, è generalmente più elevato.

L'alluminio è un metallo, quindi non è combustibile (classe zero o A1) ma conduce il calore, ancora più facilmente dell'acciaio.

L'alluminio viene utilizzato spesso nelle costruzioni grazie alla sua migliore resistenza alla corrosione, al suo aspetto estetico e alle sue molteplici possibilità di lavorazione per profilati e laminati. Il principale aspetto negativo è il punto relativamente basso di fusione intorno ai 600 °C. L'alluminio perciò, dal punto di vista della prevenzione incendi, non è sempre adatto poiché fonde a questa temperatura, gocciola, mette in pericolo le persone ed estende l'incendio verso il basso.

Laterizi, calcare, calcestruzzo alleggerito, pietra pomice ecc. hanno fondamentalmente le stesse proprietà del calcestruzzo non armato. Sono non combustibili senza bisogno di prova (classe zero o A1) ed hanno una scarsa conducibilità termica. Poiché possono assorbire solo sforzi di compressione, il loro utilizzo è limitato alle murature. Le esigenze statiche comportano nella maggior parte dei casi anche effetti benefici dal punto di vista della prevenzione incendi (es.: murature massicce). In generale non danno luogo a sviluppo di gas tossici.

Il vetro di silicati non è combustibile (classe zero o A1) al contrario dei vetri acrilici, che sono combustibili poiché si tratta di materiali sintetici. La sua caratteristica di essere trasparente costituisce uno svantaggio dal punto di vista della prevenzione incendi poiché il vetro lascia passare le radiazioni termiche. Inoltre, il vetro è sensibile alle sollecitazioni termiche e se viene sottoposto al calore di un incendio va in frantumi dopo poco tempo. Per questo motivo gli elementi costruttivi in vetro non hanno resistenza al fuoco e anche lungo le vie d'uscita si preferiscono porte a tenuta di fumo con inserti in vetro. È possibile ricorrere a vetri con elevate prestazioni in caso di incendio, ma il loro costo in edilizia è ancora

abbastanza elevato. Un notevole progresso è costituito da vetrate con vetri stratificati che, se sottoposti al calore, si gonfiano e diventano opachi. Essi perdono la trasparenza e trattengono le radiazioni termiche, contribuendo quindi a realizzare una compartimentazione completa. La scarsa conducibilità termica del materiale impedisce poi l'aumento eccessivo della temperatura sul lato non esposto al fuoco.

Si osserva che la rottura delle finestre in un locale dove si è sviluppato un incendio può considerarsi un vantaggio, perché i fumi caldi possono allontanarsi più facilmente. Il vantaggio è significativo se le superfici di scambio sono molto elevate, in relazione al volume che inglobano, tanto da superare di molto quei valori cui corrisponde una perfetta combustione. D'altra parte, con la rottura dei vetri si manifesta un aumento di pericolo per le squadre di soccorso, che possono essere investite dalle schegge di vetro.

Il legno è un materiale costruttivo classico, molto utilizzato soprattutto nelle zone climaticamente più fredde ed è anche il più classico combustibile cioè, se scaldato fino al raggiungimento della temperatura di accensione, si combina con l'ossigeno dell'aria e brucia provocando la formazione di braci e fiamme. Ciò è dovuto alla sua composizione organica (idrocarburi); d'altra parte può essere reso più difficilmente infiammabile mediante trattamento. Inoltre, è da segnalare che la riduzione della sezione del legno dipende molto dal rapporto superficie-volume e che durante la combustione la pirolisi del legno determina la formazione di uno strato di carbone di legna fortemente poroso con scarsa conducibilità termica, cosa che rallenta il progredire della pirolisi stessa. Il pericolo maggiore proviene dagli elementi di giunzione, siano essi in acciaio o in resina. Per quanto riguarda la tossicità generalmente la concentrazione di CO è il primo problema; tuttavia gas e vapori tossici si producono anche per la combustione delle sostanze che si usano per proteggere il legno. In questo caso il problema non riguarda tanto gli occupanti al momento dell'innesco dell'incendio, quanto gli operatori dei servizi di soccorso. Infine, si osserva che è storicamente provato che solo con l'abbandono dell'uso di materiali costruttivi combustibili per tetti e muri esterni si sono evitati completamente gli incendi delle città causati dal passaggio dell'incendio da un edificio a quello vicino. Inoltre, è esperienza consolidata dei vigili del fuoco che i locali con le pareti e i solai rivestiti con materiali combustibili bruciano molto più velocemente e con maggior intensità.

È importante osservare che non esiste alcun rapporto tra la classe di reazione al fuoco e la classe di resistenza al fuoco. Cioè, conoscere il tipo di materiale costruttivo impiegato e la sua classe di reazione al fuoco non consente di valutare immediatamente la resistenza al fuoco e la relativa classe.

Ad esempio, l'acciaio è in classe zero o A₁ di reazione al fuoco, quindi non partecipa alla combustione, ma un elemento costruttivo in acciaio non protetto ha una resistenza al fuoco molto bassa (ad esempio classe R₁₅ o R₃₀) in quanto il materiale ha una conducibilità molto elevata e quindi si danneggia molto velocemente.

Il legno è in classe 2 di reazione al fuoco, quindi può prendere fuoco e incrementare il carico d'incendio nell'edificio, ma la trave in legno può raggiungere elevatissime prestazioni di resistenza al fuoco perché il danneggiamento nel tempo è lento (circa 1 mm/min).

Strati isolanti, rivestimenti e superfici di pareti e solai, muri esterni, materiali usati per realizzare elementi strutturali non portanti, tubature e canali, pavimentazioni, materiali sigillanti e collanti corrispondono a esigenze tecnico-costruttive ed estetiche che raramente sono soddisfatte impiegando materiali incombustibili e frequentemente, invece, sono realizzati con materiali sintetici. I materiali sintetici sono prodotti organici dell'industria chimica impiegati nell'edilizia per l'isolamento termico e acustico, per telai di finestre, per impianti sanitari, per rivestimenti di pareti esterne, per pavimentazioni, per rivestimenti di pareti e solai, per isolamento elettrico e altro. Per la prevenzione incendi i materiali sintetici possono costituire un pericolo, sia perché possono sprigionare sostanze tossiche, sia perché possono rammollire e causare la caduta di altri oggetti non strutturali a loro volta infiammabili.

Materiali plastici termoindurenti (resine fenoliche, poliesteri ed epossidiche per rinforzo strutturale) e soprattutto materiali termoplastici (il polietilene dei tubi idraulici o il polivinilcloruro - PVC - di rivestimenti, pavimenti e finestre e il polistirolo usato per isolamento termico) sono facilmente infiammabili o comunque combustibili; tuttavia, grazie all'aggiunta di additivi in fase di produzione, possono essere resi più difficilmente combustibili (classe 1). Questi materiali sintetici sviluppano fumi densi, e talvolta

I materiali usati per realizzare le finiture

corrosivi, che rendono più difficile il salvataggio delle persone e la lotta all'incendio.

Materiale elastomerico molto diffuso nell'edilizia è il poliuretano, che viene espanso per ottenere buone caratteristiche isolanti. In caso di incendio il poliuretano espanso può infiammarsi e originare gas aggressivi.

Si osserva che poiché il maggior rischio d'incendio provocato dall'impiego di materiali costruttivi combustibili aumenta all'aumentare dell'esposizione e quindi anche del numero di persone presenti nell'edificio, ai rivestimenti interni di pareti e solai delle abitazioni private non vengono richiesti particolari requisiti, poiché un appartamento è abitato solo da poche persone ed è separato dagli altri mediante pareti e solai resistenti al fuoco. Invece, per gli edifici di civile abitazione con grande affollamento, come ad esempio scuole, teatri, cinematografi e altri locali di pubblico spettacolo ed intrattenimento, vigono prescrizioni più severe: per esempio nelle zone di passaggio (atri, corridoi, scale, rampe) è consentito l'impiego di materiali di classe zero o al più di classe 1 per il 50% della superficie totale, mentre negli altri ambienti è consentito l'utilizzo di materiali di classe 1 e, solo in parte, di classe 2.

Infine, numerosi incendi nei fabbricati industriali hanno mostrato che è importante prestare particolare attenzione ai materiali di isolamento delle coperture di grande superficie e agli impianti elettrici caratterizzati da presenza di elevate quantità di PVC, che possono costituire sia oggetto di innesco di incendio che veicolo di propagazione di fuoco e fumo.

2.2 Efficienza energetica e rischio incendio

La riqualificazione energetica e l'efficientamento degli edifici possono incrementare il rischio incendio e abbassare il livello di sicurezza al fuoco per gli occupanti, poiché l'attuazione di tipologie di interventi volti ad incrementare il guadagno termico e ridurre le dispersioni, che si concentrano essenzialmente sull'involucro degli edifici (pareti perimetrali, infissi, coperture, solai a terra) e sull'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili (solare, termico, fotovoltaico, ecc.), oltre a riguardare la possibile modifica dei volumi e delle superfici interne degli ambienti, che possono inficiare la regolarità dei percorsi di evacuazione, modificare le consistenze

materiche e dimensionali degli ambienti, spesso tramite impiego di nuovi materiali ad alte prestazioni isolanti, alterano aperture e infissi, spesso con l'aggiunta di griglie e filtri alla radiazione solare o alla ventilazione, realizzano superfici e volumi verdi (facciate vegetali, tetti giardino, ecc) o installano dispositivi per lo sfruttamento di energia rinnovabile. Condizioni queste che possono incrementare l'infiammabilità degli elementi della costruzione, modificare il carico d'incendio e la diffusione delle fiamme, peggiorare la tossicità, la consistenza e la diffusione dei fumi, peggiorando non solo la stabilità al fuoco dell'edificio e dei suoi componenti, ma anche le condizioni di incolumità dell'utenza durante la fuga e l'efficacia dei soccorsi.

Il contenimento dei flussi termici attraverso l'involucro, perseguito essenzialmente tramite interventi che mirano ad incrementare la resistenza termica delle chiusure opache dell'edificio, implica di norma, l'impiego di soluzioni che impongono l'uso massivo di isolanti, di diversa natura, tutti costituiti da materiali infiammabili. Di norma, gli isolanti non dovrebbero risultare quasi mai esposti alle fiamme, perché nella maggior parte delle tecniche essi sono coperti da materiali di superficie, sia quando si presentano in forma di pannelli, o quando sono inglobati in componenti cavi, come nel caso delle schiume insufflate nell'intercapedine delle murature a cassetta. Ma la loro incidenza sul rischio al fuoco è particolarmente rilevante proprio in associazione con gli elementi che li ricoprono, dal momento che gli isolanti contribuiscono all'incendio solo dopo il cedimento dei loro rivestimenti.

Impiego esteso di materiali isolanti

Tra i principali materiali isolanti utilizzati nella realizzazione di sistemi di rivestimento esterni e sistemi a cappotto termico, compaiono i polimeri termoindurenti (Schiuma di poliuretano PUR, Poliuretano Espanso PIR, Resine fenoliche espanse, ecc.), i polimeri termoplastici (Polistirene espanso EPS con o senza ritardante di fiamma), le barriere antincendio in lana minerale, Polistirene estruso XPS, Polietilene PE, ecc.) e i prodotti minerali a base di fibra (roccia, vetro, ecc.).

Mentre i prodotti minerali possiedono scarsa infiammabilità, i polimeri sono materiali critici ai fini del rischio di incendio. In particolare, nell'ambito dei polimeri termoplastici, l'EPS ovvero il polistirene espanso, prodotto facilmente combustibile, è tra i

materiali più largamente utilizzati nei sistemi di rivestimento esterni per l'isolamento termico.

La presenza di uno o più strati funzionali in materiali non infiammabili, sovrapposti all'isolante, non ne garantisce però, sempre, la protezione dal rischio al fuoco, dal momento che le elevate temperature prodotte dall'incendio, possono danneggiare l'integrità di questi elementi, deformandoli, come nel caso delle lastre in alluminio, producendo gocciolamento, o provocandone il distacco di pezzi, con conseguenti problemi all'esodo degli occupanti e all'efficacia dei soccorsi. Questi danneggiamenti pongono il materiale isolante a diretto contatto con il fuoco.

La concentrazione di sistemi isolanti sulle pareti perimetrali, sia in caso di incendi sviluppatasi all'interno dell'edificio che all'esterno, favorisce la propagazione del fuoco: in verticale, lungo la facciata, da un piano all'altro, con coinvolgimento delle unità ambientali poste ai piani superiori, o in orizzontale, al di fuori dell'involucro dell'edificio, con il rischio di coinvolgimento di edifici attigui o alberi prospicienti, o al contrario, favorire l'espansione verso l'edificio di un incendio avente origine esterna, in un edificio adiacente o a livello stradale.

Anche la copertura rappresenta un punto critico per il rischio al fuoco, innanzitutto per il ruolo strutturale che essa riveste, in rapporto al sistema costruttivo adottato, e gli interventi volti a migliorare le sue caratteristiche di tenuta e isolamento termico possono contribuire ad aumentare le condizioni di rischio. Sulle coperture piane, per esempio, l'applicazione a fiamma di strati di rivestimento impermeabili con membrane bituminose, potrebbe costituire innesco di incendio, con rapida propagazione delle fiamme sull'intera superficie della copertura, dal momento che, in questa fase, materiali combustibili, isolanti e rivestimenti, sono a stretto contatto col fuoco. Inoltre, i frequenti fenomeni di degrado delle superfici della copertura, dovuti all'azione di agenti atmosferici quali, la radiazione solare incidente, il gelo, il vento e la pioggia, possono danneggiare i materiali di rivestimento, generando fessurazioni o anche provocando la dilatazione di eventuali giunti, che pongono il materiale isolante esposto, e dunque direttamente coinvolto in caso di sviluppo di incendio.

*Realizzazione di
intercapedini*

La resistenza termica delle chiusure è anche perseguita attraverso tecniche che prevedono la realizzazione di intercapedini o cavità le

quali, in virtù dell'aria in essa ospitata, contribuiscono all'isolamento termico dell'involucro, ma nello stesso tempo, possono peggiorare le condizioni di propagazione dell'incendio. Riguardo alle pareti perimetrali dell'edificio, anche se le intercapedini non dovrebbero contenere aria in movimento, come nel caso dei tamponamenti murari a cassetta, il rischio aumenta in funzione dell'aumento dello spessore dell'intercapedine, poiché se gli spessori di vuoto sono ampi, all'interno del muro si creano dei veri e propri moti convettivi che in caso di incendio all'interno di un ambiente, possono determinare una rapida propagazione del calore e delle fiamme all'interno dell'intercapedine, che possono poi ospitare i materiali isolanti.

Una attenzione ancora maggiore va riservata alle facciate ventilate e a doppia pelle, previste negli interventi che mirano a creare spazi o intercapedini intorno all'involucro, in grado di garantire, al loro interno, il movimento di flussi d'aria verticali. Anche in questi casi, ma in misura maggiore, queste cavità costituiscono un facile percorso per la rapida e, spesso, celata propagazione di un incendio, dal momento che il fuoco può estendersi all'interno di queste cavità, sia in direzione verticale che in direzione orizzontale, fino a raggiungere aree o compartimenti della costruzione giudicati addirittura inarrivabili, come sottotetti, soffitte, depositi. I numerosi materiali combustibili presenti nelle cavità e direttamente esposti alla fiamma si incendiano entro un tempo compreso tra 1 e 5 secondi e le condizioni di ventilazione presenti all'interno della cavità favoriscono la propagazione del fuoco, che può estendersi rapidamente raggiungendo altezze fino a 5 – 10 volte maggiori rispetto a quelle raggiunte su pareti non ventilate lungo l'edificio. Inoltre, anche a causa del calore dell'incendio, che può contribuire alla rottura o al cedimento degli elementi metallici di cui di solito sono costituiti gli elementi di fissaggio, le fiamme possono provocare il distacco dei pannelli di facciata dai supporti e la loro caduta al suolo.

Le intercapedini possono essere realizzate anche per migliorare le prestazioni energetiche delle coperture. Le coperture ventilate, e in particolare i tetti di tipologia ventilata e struttura portante in legno, oggi notevolmente diffusi, sono caratterizzate da un'intercapedine d'aria, al di sotto del manto di tegole e a ridosso dello strato di impermeabilizzazione e isolamento, che crea una corrente d'aria continua attivata da aperture sottotegola in gronda e in colmo. Questo movimento dell'aria dissipa il calore all'interno degli

ambienti sottotetto, favorisce lo smaltimento del vapore acqueo in eccesso e, dunque, evita la formazione di condensa nella stagione estiva, contribuendo al raffrescamento passivo. Analogamente a quanto avviene sulle facciate, in caso di incendio sul tetto, dall'esterno dell'edificio, o nei sottotetti, i flussi d'aria contenuti nell'intercapedine possono contribuire alla veloce diffusione delle fiamme che si sviluppano per la combustione di guaine e materiali isolanti, lungo tutta la superficie del tetto, con conseguenti danni alla resistenza statica della struttura del tetto, che può crollare, e provocare la pressoché totale impossibilità di intervento da parte delle squadre di soccorso. Alla facile e rapida propagazione delle fiamme, si aggiunge una difficile individuazione del focolaio, a causa dei numerosi possibili percorsi dei fumi. Uno degli elementi critici, in questo caso, è rappresentato dalla modalità di posa in opera delle guaine impermeabilizzanti le quali, se non applicate a regola d'arte, cioè fuse per tutta la superficie della guaina stessa e non solo sul suo perimetro, in presenza del forte calore provocato dall'incendio, gocciolano, non essendo omogenee col tetto stesso, provocando la propagazione delle fiamme agli strati inferiori della copertura. Un ulteriore problema è poi connesso con la particolare tossicità dei fumi prodotti dalla combustione dei materiali di impermeabilizzazione, che ostacolano l'orientamento delle squadre di soccorso posizionate sulla copertura.

Un ulteriore elemento di rischio è rappresentato dalla presenza di camini: sia a causa della possibile combustione della fuliggine depositata sulla parete interna della canna fumaria; sia per l'eventuale surriscaldamento dei materiali combustibili, isolanti e impermeabilizzanti, vicini alla parete esterna del camino stesso; sia per l'accidentale fuoriuscita di gas caldi o scintille della canna fumaria. Queste condizioni di rischio incorrono in particolare quando il camino espelle il prodotto di combustibili solidi, come la legna, che forma fuliggine e fumi ad elevata temperatura.

*Predisposizione di
interventi vegetativi*

L'uso della vegetazione sui muri e sui tetti degli edifici è una pratica tradizionale nell'architettura di molti paesi, che oggi ha trovato una ancora più grande diffusione, grazie ai numerosi benefici ambientali associati ai tetti e alle pareti verdi nelle aree urbane. In particolare, dal punto di vista energetico, questi interventi consentono di migliorare l'isolamento termico dell'involucro, ma nello stesso tempo, possono incidere sulle condizioni di rischio incendio. Innesco

e sviluppo dell'incendio possono derivare dalle essenze vegetali piantumate, specie quando non sono utilizzate piante grasse o succulente, e quando le essenze sono secche, perché prive di irrigazione. Per quanto riguarda i green roof, il fattore di maggiore rischio è costituito dal peso del substrato, che può contribuire a minare la statica della copertura durante l'incendio, con possibili crolli, specie nel caso di tetti verdi intensivi, che presentano pesi che vanno arrivano fino ai 1000 kg/m². I tetti verdi estensivi, pur necessitando di quantità ridotte di substrato, con pesi inferiori che arrivano ai 150 kg/m², con un conseguente inferiore rischio di sovraccarico statico in caso di incendio, necessitano però di maggiori quantità di torba, che è altamente combustibile. I fenomeni erosivi naturali del terreno possono, inoltre, intaccare gli strati di protezione ed esporre lo strato isolante della copertura, che risulterebbe così immediatamente attaccabile dalle fiamme durante un incendio.

L'impiego di chiusure verticali vetrate migliora le prestazioni energetiche degli edifici perché favorisce l'accesso della luce naturale negli ambienti contenendo, nel caso di vetri basso emissivi, le dispersioni termiche. In caso di vetrate semplici, la lastra vetro è fragile sottoposto alle alte temperature di un incendio, e questo implica la perdita dell'integrità della facciata e la propagazione delle fiamme all'esterno dell'edificio, al di fuori dell'unità ambientale in cui si è sviluppato. L'aria esterna che penetra dall'esterno può alimentare l'incendio e accelerarne la propagazione.

I sistemi di facciata che utilizzato vetrate basso emissive, invece, resistono al calore di un incendio più a lungo ma, nello stesso tempo, possono mascherarne la presenza, mantenendo il fuoco all'interno dell'ambiente, ritardando l'allerta e l'arrivo dei soccorsi, oltre a favorire lo sviluppo di altissime temperature. La mancanza di sistemi di apertura, che spesso caratterizzano le facciate continue in vetro, impedisce l'ingresso di ossigeno dall'esterno il che crea, nell'ambiente interessato dall'incendio, condizioni di estrema densità dei fumi, i quali possono diffondersi in breve tempo all'intero edificio, tramite il sistema di ventilazione che collega tutti gli ambienti. La scarsa resistenza al fuoco dei dispositivi di fissaggio delle facciate in vetro alle strutture può inoltre provocare il distacco delle lastre.

Impiego di superfici e volumi vetrate in facciata

Nelle facciate a doppia pelle in vetro, la lastra di vetro interna è più probabile che si rompa in caso di incendio, e il fumo può diffondersi dall'ambiente in cui si è sviluppato ai piani superiori, attraverso la camera d'aria. La velocità di diffusione verticale del fumo dipende dalla dimensione della camera d'aria.

*Installazione di
impianti per lo
sfruttamento di
energia solare*

Gli impianti fotovoltaici possono innescare, alimentare e propagare un incendio per molte ragioni. Trattandosi di una installazione che funziona con energia elettrica, molti dei fattori di rischio sono connessi alla qualità e alla distribuzione dei cavi e al fatto che questi sono posizionati sulla copertura dell'edificio, esposti alla pioggia e alle elevate temperature dei raggi UV. L'allentamento delle connessioni dell'impianto può generare il cosiddetto arco elettrico, il quale ad impianto in funzione, può costituire innesco per il materiale sottostante, spesso combustibile, che lentamente si autoalimenta fino a sviluppare l'incendio, anche in ore notturne. La perdita di isolamento dei cavi elettrici, per il danneggiamento delle loro guaine protettive, inoltre, può produrre nei cavi scariche di perforazione, che potrebbero innescare pericolosi archi in corrente continua in grado di rappresentare un innesco efficace per l'incendio dell'installazione e della struttura ove l'impianto è posizionato. Situazioni analoghe possono verificarsi quando l'acqua penetra nei quadri elettrici, i quali insieme all'inverter, possono provocare l'incendio, anche a causa del loro elevato surriscaldamento, essendo inseriti in involucri metallici posizionati sul tetto, e dunque esposti al sole.

2.3 Un caso emblematico: l'incendio alla Grenfell Tower a Londra

L'incendio della Grenfell Tower è stato un evento catastrofico avvenuto a Londra nella notte del 14 giugno 2017, poco prima delle 01:00 BST, nel grattacielo Grenfell Tower di 24 piani, situato nel quartiere di North Kensington, e nel quale morirono 72 persone.

Circa 350 residenti sono riusciti a fuggire all'inizio dell'incendio, mentre altri sono rimasti intrappolati al suo interno, poiché le fiamme, innescatesi al quarto piano dell'edificio, si sono impadronita rapidamente della torre. Le squadre di soccorso hanno tratto in salvo 65 persone, ma alcuni residenti sono morti mentre cercavano di salire sull'attico edificio per sfuggire alle fiamme. Ci

sono volute 24 ore per domare l'incendio, che ha danneggiato le quattro facciate dell'edificio (vedi Fig. 3), producendo la distruzione completa di molti appartamenti (vedi Fig. 4) e alcune vittime anche non identificabili.

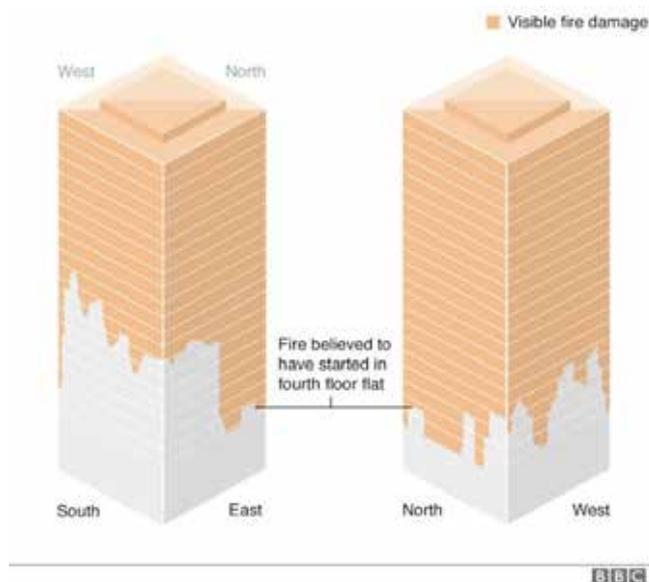


Fig. 4 Estensione dei danni nell'incendio della Grenfell Tower

Fonte: BBC

La torre era stata costruita nel 1974, ma più recentemente era stata ristrutturata con un intervento costato più di 10 milioni di euro e terminato nel maggio 2016.

Prevalentemente finalizzato all'efficientamento energetico, l'intervento aveva riguardato la sostituzione dei rivestimenti esterni e delle finestre, e l'installazione di un sistema di riscaldamento condominiale, oltre alla realizzazione di 129 appartamenti su 21 piani residenziali e tre livelli di uso misto (vedi Fig.6 e Fig. 7).

Proprio i nuovi pannelli per il rivestimento esterno dell'edificio sembrano essere stati la causa più probabile per una così rapida diffusione del fuoco. I fotogrammi estratti dal filmato (Figura 8) mostrano che il fuoco si propaga prima in direzione verticale, su un lato dell'edificio, per poi avvolgere l'intera torre

I pannelli in questione presentano un rivestimento esterno in metallo (nel caso specifico di spessore 3 mm) che racchiude un nucleo interno in schiuma espansa (PIR). Questo materiale, meno ignifugo rispetto ad altre alternative, dovrebbe dare meno problemi di propagazione dell'incendio se, però, accuratamente incapsulato e protetto (il produttore dichiara infatti prestazione di classe o per il sistema secondo la BS 476). In alcuni paesi, questo tipo di prodotto



Fig.5 La torre dopo l'incendio

Fonte: BBC

non è approvato per l'uso in edifici di questa altezza, in quanto gli edifici più alti hanno regole di sicurezza antincendio più severe, dal momento che risulta molto più difficile sia estinguere l'incendio sia allontanare le persone dai pericoli conseguenti all'incendio. In realtà un sistema di rivestimento di questo tipo può essere realizzato con prodotti alternativi che, pur avendo la stessa struttura a triplo strato, presentano un materiale d'anima maggiormente resistente al fuoco. Purtroppo, nel caso della Grenfell Tower si è optato per una soluzione più economica. In ogni caso, il problema non è attribuibile solo al rivestimento in sé, e cioè al solo pannello, quanto piuttosto al sistema di rivestimento nel suo insieme, che prevede di montare i pannelli in modo da realizzare una intercapedine tra pannello di isolamento e rivestimento interno, condizione questa,

come descritto in precedenza, climaticamente vantaggiosa ma disastrosa in condizioni di incendio. Infatti, in assenza di opportune barriere antincendio nelle cavità, si può sviluppare il cosiddetto

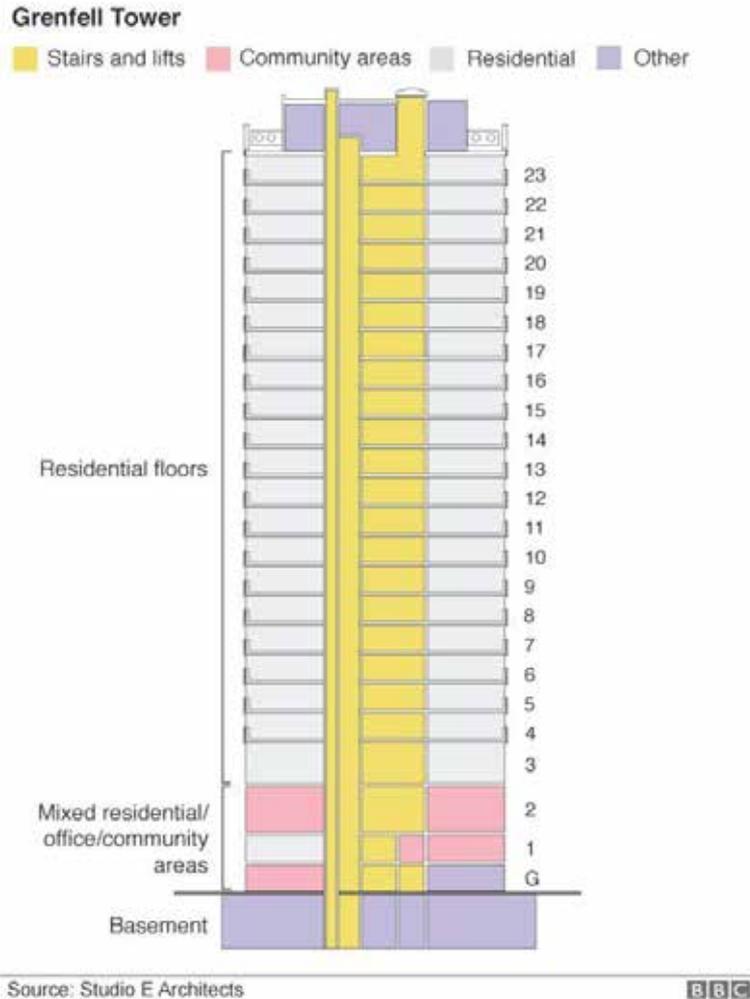


Fig.6 Layout degli spazi architettonici

Fonte: BBC

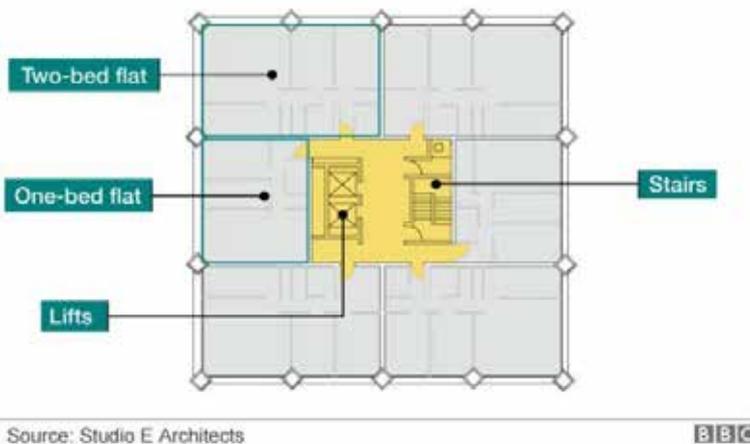


Figura 7 Piano tipo

Fonte: BBC

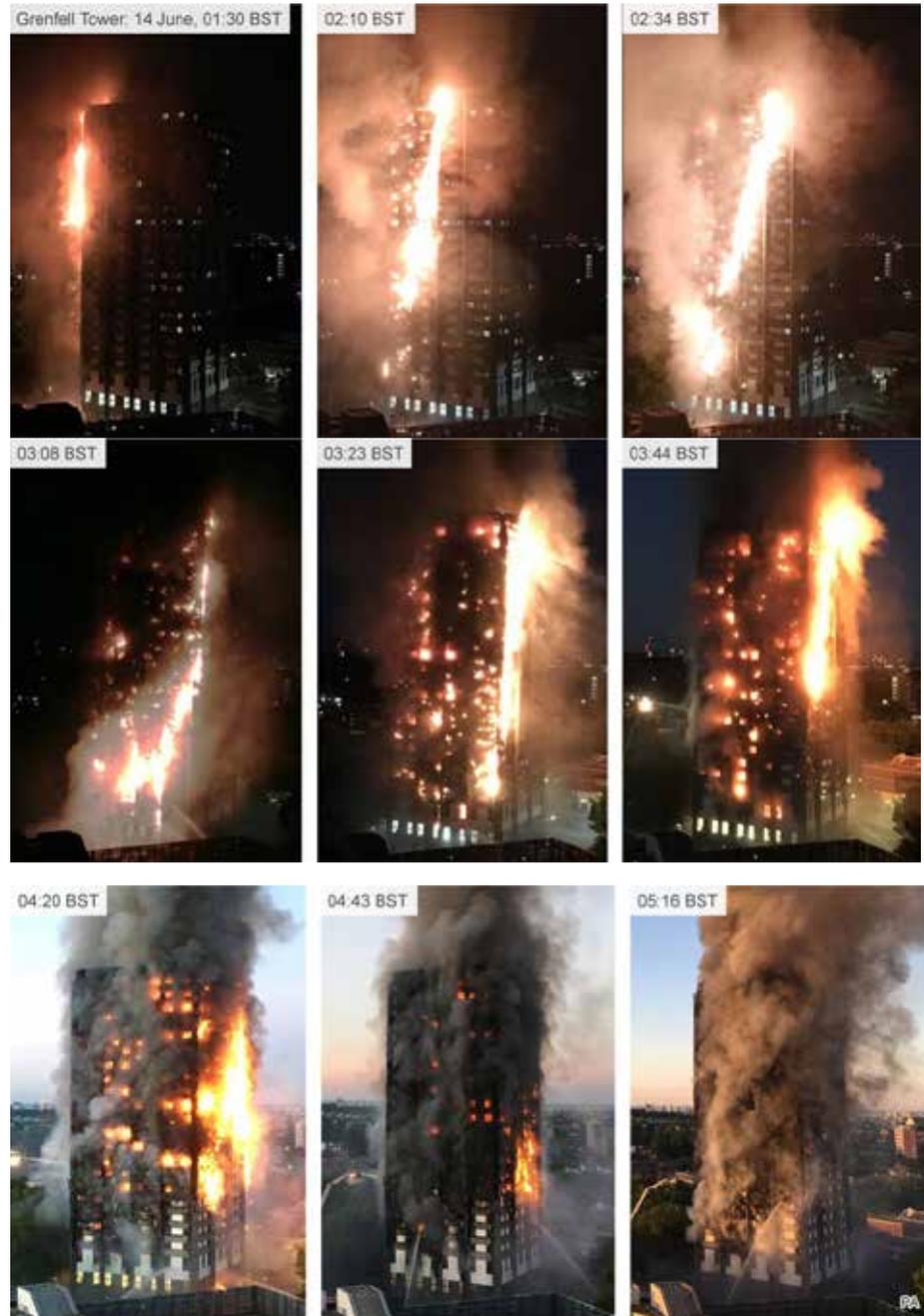


Fig.8 Evoluzione dell'incendio

Fonte: BBC

"effetto camino", che incrementa rapidamente la diffusione delle fiamme lungo l'intercapedine (Figura 9a). Premesso che il quadro normativo a livello mondiale è particolarmente disomogeneo, in alcuni paesi, per questo tipo di sistema su edifici di elevata altezza come questo, è richiesto un test in situ, proprio per verificarne il comportamento in presenza di incendio e verificare che sia evitato l'effetto camino (Figura 9b).

In ogni caso, con riferimento alla tragedia della Grenfell Tower, restano alcuni dubbi sull'efficacia delle vie di fuga in condizioni d'incendio (vedi Fig. 6 e Fig. 7).

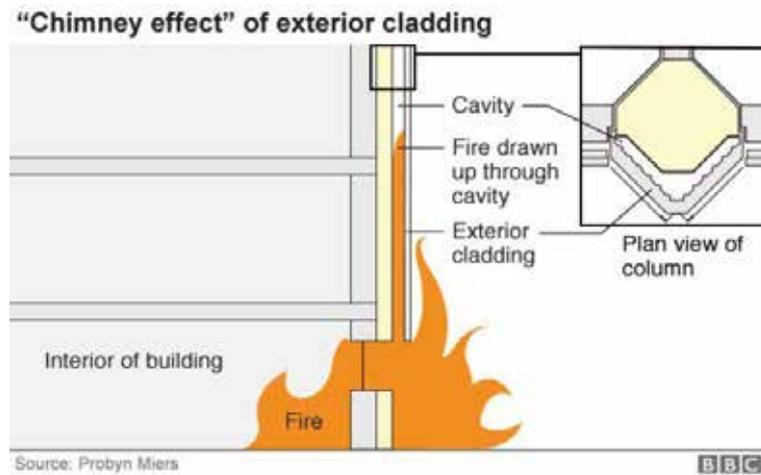


Fig. 9a Effetto camino provocato dal rivestimento di facciata
Fonte: BBC

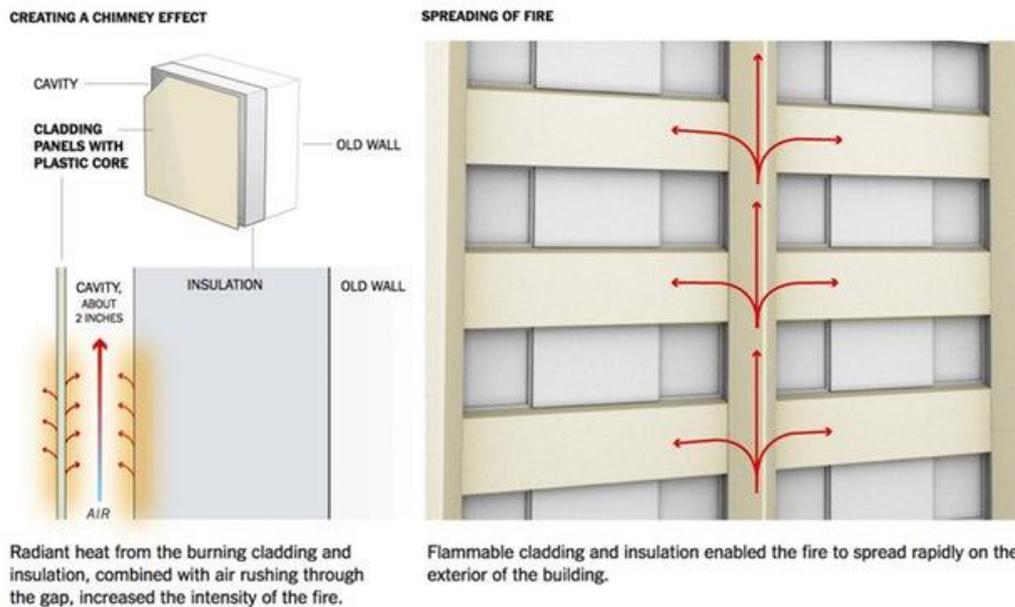


Fig. 9b Particolari dell'effetto camino

Fonte: <https://architizer.com/blog/inspiration/stories/the-architects-guide-to-the-grenfell-tower-disaster/>

3.1 Le principali proprietà

Di seguito si presenta una rassegna dei principali materiali che vengono utilizzati nell'edilizia per interventi di efficientamento, con un focus specifico sulle caratteristiche energetiche e sul loro comportamento in condizioni di incendio.

Sul mercato dei prodotti per l'edilizia i materiali e i sistemi di isolamento termico sono numerosissimi. Tra i materiali più comunemente usati si annovera il polistirene espanso, la fibra di legno, il sughero, il poliuretano, la lana di roccia, la fibra di vetro.

In un intervento di efficientamento energetico, la prima proprietà del prodotto che viene valutata è chiaramente la capacità di isolamento del materiale. Nella scelta del materiale vanno però presi in considerazione anche i seguenti aspetti:

- comportamento igrometrico e traspirazione;
- caratteristiche meccaniche (resistenza e rigidità);
- capacità di adesione al supporto (della muratura);
- stabilità dimensionale in presenza di forti sbalzi termici;
- stabilità dimensionale alle alte temperature di esercizio (stagione calda);
- contributo che può fornire all'isolamento acustico;
- classe di reazione al fuoco (importante per ridurre le conseguenze di un possibile incendio e per facilitare gli interventi dei vigili del fuoco).
- facilità di posa in opera

D'altra parte, è importante scegliere la tipologia di materiale isolante senza pregiudizi. Ad esempio, se si sceglie una fibra di legno o il sughero perché di origine naturale, si deve tener conto che il loro potere isolante è decisamente inferiore a quello di altri materiali, quali ad esempio il polistirene espanso arricchito con grafite.

La capacità di isolamento del materiale è principalmente legata al valore di una grandezza fisica chiamata conducibilità termica, λ , generalmente espressa con unità di misura W/mK. Tale quantità rappresenta il rapporto fra il flusso di calore (cioè la quantità di calore trasferita nell'unità di tempo attraverso l'unità di superficie) e il gradiente di temperatura che provoca il passaggio del calore per conduzione termica. A bassi valori di λ corrisponde un elevato potere isolante. Quindi, per isolare bene un ambiente conviene scegliere materiali con valori di λ molto bassi. Chiaramente anche lo

3

I MATERIALI TERMOISOLANTI

spessore del materiale contribuisce ad un efficace isolamento: a spessore maggiore corrisponde un maggior isolamento e quindi una migliore prestazione termica, che garantisce maggiori risparmi energetici nel riscaldamento invernale e nel raffrescamento estivo.

Il valore che identifica la proprietà traspirante del materiale è la resistenza di diffusione al vapore, μ , che è tanto più piccolo quanto più il materiale è traspirante, cioè si comporta idealmente come l'aria (alla quale corrisponde il valore $\mu = 1$). La lana di roccia è molto traspirante ($\mu = 2$); anche una lastra di sughero traspira bene ($\mu = 15$). Una lastra in polistirene espanso EPS100 ha una modesta traspirazione (mediamente $\mu = 50$). Una lastra in polistirene estruso o in poliuretano non è traspirante.

Lo sfasamento termico è il tempo che impiega il picco di calore (che generalmente si verifica nel primissimo pomeriggio) a passare attraverso una struttura e raggiungere l'interno dell'abitazione. Un elevato valore di sfasamento termico porta a raggiungere il picco di calore all'interno dell'abitazione verso sera, ovvero quando si può sfruttare la più mite temperatura esterna per raffrescare l'ambiente. In zone di pianura, in cui nei periodi di forte caldo le temperature si mantengono elevate anche di sera, è preferibile considerare la proprietà di isolamento piuttosto che lo sfasamento termico.

Per quanto riguarda l'isolamento acustico ai rumori, il cui significato non ha bisogno di spiegazioni particolari ma la cui valutazione non è immediata, occorre distinguere tra diversi tipi di rumori, quali ad esempio quello aereo o quello impattivo, e considerare che le proprietà di isolamento acustico di un materiale sono misurabili solo a materiale posato (in laboratorio o in opera). Inoltre, i materiali non sono tutti uguali, perché alcuni materiali sono ottimi isolanti acustici al rumore aereo e pessimi isolanti al rumore impattivo e viceversa.

I materiali "naturali" sono generalmente buoni isolanti acustici, però i tradizionali tetti in laterocemento e pareti esterne in mattone hanno una massa sufficiente a soddisfare tali limiti. Utilizzare lana di roccia, fibra di legno o sughero per isolare acusticamente una parete in mattone o un tetto in calcestruzzo ha quindi poco significato.

Per quanto riguarda la resistenza a impatto con corpi ed urti in genere, è opportuno scegliere pannelli che siano un compromesso tra elasticità e rigidità. Un materiale rigido (i.e. EPS ad alta resistenza) può causare cavillature in parete, mentre un materiale fibroso (i.e. lana di roccia) è più difficile da applicare. Esistono molteplici varietà di entrambe le tipologie di pannelli sul mercato,

che, relativamente a questa prestazione si possono scegliere in funzione di esigenze ed esperienza.

La classe di reazione al fuoco è indicativa della propensione del materiale a partecipare alla combustione. La più recente normativa italiana, che ha recepito le normative europee, prevede una classificazione dalla lettera A (materiale incombustibile) alla lettera F (materiale facilmente combustibile).

3.2 Le tipologie più diffuse

Ciascun materiale che si trova sul mercato presenta caratteristiche proprie che determinano un possibile livello di prestazione rispetto alle richieste appena menzionate. Di seguito si descrivono, per ciascuna delle tipologie più diffuse, le caratteristiche principali che generalmente portano il progettista alla scelta di utilizzarlo, a prescindere dall'effettivo comportamento che il materiale può avere nel sistema tecnologico in cui è incluso e per il quale si rimanda al capitolo 4.

Il polistirene estruso (XPS) è un materiale costituito da celle perfettamente chiuse, uniformi ed omogenee riempite con gas, che generalmente hanno ridotto impatto ambientale. Grazie alla loro struttura e alla tecnologia produttiva, i pannelli XPS sono particolarmente adatti per tutte quelle applicazioni dove sono richieste, oltre a un ottimo potere termo-isolante (λ tra 0,033 e 0,039 W/mK), anche un'elevata resistenza alla compressione e un'elevata idrorepellenza. Per queste sue caratteristiche, i pannelli XPS sono molto apprezzati per l'isolamento delle coperture con il sistema del "tetto rovescio" e per l'isolamento di aree soggette ad elevata umidità (es. zoccolature di sistemi a cappotto).

Polistirene estruso

Il polistirene espanso (EPS) bianco, noto anche con il nome di polistirolo, è realizzato partendo dallo stirene, monomero ricavato dal dal petrolio. La conducibilità termica è variabile λ tra 0,035 e 0,040 W/mK. L'EPS grigio (cioè additivato con grafite) è caratterizzato da una conducibilità più bassa ($\lambda = 0,031$ W/mK). Entrambi sono resistenti agli attacchi degli animali ed hanno un coefficiente di

Polistirene espanso



Fig. 10 Polistirene estruso (XPS)

resistenza al passaggio del vapore μ da 20 a 100 (inversamente allo spessore, spessore maggiore μ minore). Sono i pannelli più utilizzati perché coniugano ottime prestazioni termiche con costi contenuti e semplicità di applicazione grazie al peso molto ridotto. Sono infatti particolarmente adatti all'isolamento termico dall'esterno con sistemi a cappotto sulle pareti esterne di edifici di nuova costruzione, o in interventi di restauro di edifici esistenti.



Bianco



Grigio (additivato con grafite)

Fig. 11 Polistirene espanso (EPS)

Le lastre per isolamento termico in EPS possono avere diversi valori di resistenza termica a seconda dello spessore del pannello (generalmente 30-140 mm). La sigla EPS è generalmente

accompagnata da un numero che indica il valore in KPa della resistenza a compressione per deformazione 10% (vedi Tabella 2)

Nelle lastre possono essere facilmente introdotte diverse varianti di formato, quali ad esempio:

- Lastra battentata: assicura un accostamento ottimale tra i pannelli;
- Lastra zigrinata: ad aderenza migliorata;
- Lastra forata: miglior permeabilità media al vapore del pannello;
- Lastra svasata: caratterizzata da modanature con profilo a triangolo o trapezio.

Vanno applicati su un supporto bonificato da parti ammalorate e libero da polvere o eventuali tracce di oli, grassi, cere, ecc. L'applicazione prevede l'uso di fissaggio preliminare con collante e successivo fissaggio con tasselli (a esempio in polipropilene. Un difetto è l'impossibilità di applicare il materiale a diretto contatto con il terreno.

| Spessore pannello (mm) | EPS 80 | EPS 100 | EPS 120 | EPS 150 |
|------------------------|--------|---------|---------|---------|
| 30 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 |
| 40 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 |
| 50 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.5 |
| 60 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.8 |
| 80 | 2.2 | 2.2 | 2.4 | 2.4 |
| 100 | 2.7 | 2.8 | 2.9 | 3.0 |
| 120 | 3.2 | 3.3 | 3.5 | 3.6 |
| 140 | 3.8 | 3.9 | 4.1 | 4.2 |

Tabella 1: Resistenza termica (m²K/W)

Il poliuretano (PUR/PIR) è un polimero estremamente versatile che permette di ottenere una vasta gamma di prodotti con proprietà e impieghi molto diversi. Molti oggetti di uso quotidiano sono realizzati utilizzando i numerosi componenti della famiglia dei poliuretani, come indicato di seguito.

- Espansi rigidi: Isolanti termici per edilizia - Refrigerazione industriale, commerciale e domestica - Trasporti a temperatura controllata - Impianti aereaulici.
- Espansi rigidi strutturali: Arredamento – Nautica.

Poliuretano

- Espansi flessibili: Materassi - Strutture per arredamento - Settore automobilistico - Abbigliamento – Giocattoli.
- Espansi semirigidi: Applicazioni di sicurezza - Industria automobilistica (volanti, cruscotti, poggiatesta, ecc.).
- Espansi compatti e elastomeri: Suole per calzature - Articoli sportivi - Filati - Piste di atletica – Impermeabilizzazioni.
- Vernici e adesivi: Edilizia - Arredamento - Industria automobilistica.
- Speciali: Applicazioni medico - sanitarie (valvole cardiache, protesi, tubi per emodialisi, guanti chirurgici, sacche per sangue, profilattici, cuore artificiale, ecc.)

Il poliuretano espanso rigido ha una vita utile superiore ai 50 anni (che corrispondono alle aspettative di durata degli edifici ordinari). Infatti, la schiuma poliuretanicica è insolubile in tutti i solventi organici ed è modestamente attaccata, con formazione di rigonfiamenti o rammollimenti, soprattutto da solventi polari come alcoli e chetoni. Inoltre, il poliuretano espanso è compatibile con tutti i collanti di natura organica e può quindi essere agevolmente accoppiato a qualsiasi tipo di rivestimento anche metallico. Come caratteristica peculiare delle schiume poliuretaniciche va citata la loro buona resistenza al contatto con lo stirene monomero utilizzato nella stratificazione della vetroresina (furgoni isothermici, cisterne, ecc.)

I poliuretani sono resistenti all'attacco biologico e non favoriscono la crescita di muffe e funghi. Sono quindi materiali inerti e non biodegradabili, il loro eventuale smaltimento in discarica non costituisce quindi un possibile fattore di inquinamento.

Le radiazioni ultraviolette determinano un'ossidazione della schiuma causando l'ingiallimento del prodotto e una tendenza allo sfarinamento, almeno superficialmente. Tuttavia, nelle normali pratiche applicative le schiume non sono esposte direttamente alla luce per la presenza o di altri strati funzionali o di rivestimenti protettivi.

Nel corso della reazione che porta le materie prime dallo stato liquido a quello solido del polimero finale, la schiuma manifesta elevate proprietà di adesione a quasi tutti i tipi di supporti; caratteristica questa fondamentale per lo sviluppo e l'industrializzazione di moltissimi prodotti: dai pannelli isolanti con rivestimenti flessibili, a quelli sandwich autoportanti per la prefabbricazione e l'industria del freddo, ai frigoriferi commerciali e domestici, ai boiler, ecc.

| Sostanze chimiche / materiali da costruzione | Prestazione * |
|---|----------------------|
| Calce, gesso, cemento | + |
| Bitume | + |
| Bitume freddo e collanti bituminosi a base acqua | + |
| Adesivi bituminosi | + |
| Bitume caldo | + / - |
| Bitume freddo e collanti bituminosi con solventi | + / - |
| Siliconi | + |
| Saponi | + |
| Acqua di mare | + |
| Acidi: cloridrico, solforico, nitrico e soda caustica (10%) | + |
| Idrossido di ammonio (conc.) | + |
| Petrolio, gasolio e miscele | + |
| Toluene, clorobenzene | + / - |
| Stirene monomero | + / - |
| Alcool etilico | + / - |
| Acetone, acetato di etile | + / - |

+resistente
+/- parzialmente resistente

* valutata su schiume poliuretatiche prive di rivestimenti, a temperatura T=20 °C

Tabella 2 Stabilità agli agenti chimici delle schiume poliuretatiche (PUR/PIR)

In funzione delle scelte formulative e delle condizioni di processo, si possono ottenere diversi tipi di schiume poliuretatiche:

- PUR polimeri in cui predominano i legami di tipo uretanico,
- PIR, poliisocianurati, in cui avviene la formazione del trimero dell'isocianato,
- PUR/PIR soluzioni intermedie.

In particolare il PIR ha maggiore stabilità meccanica e dimensionale, nonché la possibilità di essere utilizzato anche in condizioni di temperatura non ordinarie (da -40°C a +120°C).

Nel settore dell'edilizia è molto utilizzato il poliuretano espanso rigido a cellula chiusa, un polimero reticolato termoindurente che viene prodotto dalla reazione di due componenti principali - polioli e poliisocianati - in presenza di un agente espandente (generalmente idrocarburi, CO₂ o altre miscele) e di altri additivi.

Il poliuretano vanta i valori di conducibilità termica bassi (λ pari a 0,024-0,030W/mK) ed una densità di 30-40kg/mc. All'interno di questo range di densità la resistenza alla compressione al 10% di deformazione varia tra i 100 e i 200 KPa, valori idonei a soddisfare le comuni esigenze applicative, ma sono realizzabili schiume con prestazioni meccaniche più elevate. Tuttavia, se sotto carico permanente, è opportuno effettuare verifiche del comportamento viscoso (creep)¹.

Generalmente si presenta come pannello rivestito su entrambi i lati con una pellicola di alluminio, o con un tessuto non tessuto minerale (Figura 9). Essendo un isolante a celle chiuse l'assorbimento d'acqua è praticamente nullo². Invece Per le prestazioni di assorbimento acustico, indispensabili soprattutto per controllare la propagazione del suono all'interno degli ambienti (ad esempio sale da concerti, luoghi di culto o sale riunioni) sono normalmente utilizzati pannelli in poliuretano espanso flessibile a celle aperte che possono, per specifiche esigenze, essere accoppiati a materiali di massa elevata che spesso incidono molto sulle effettive prestazioni³. Tuttavia, il poliuretano espanso rigido a celle chiuse, che come detto sopra è comunemente utilizzato per l'isolamento termico, è un materiale leggero che quindi non contribuisce in modo significativo all'aumento della massa. Consente quindi di ottenere sufficienti prestazioni acustiche, sia nei confronti dei rumori aerei che di quelli impattivi, solo se inserito in strutture multistrato con funzione di riempitivo e strato elastico in

¹ Nelle fasi successive alla produzione, si registrano incrementi del valore di conducibilità termica; nei prodotti sottoposti a marcatura CE il valore di λ è spesso indicativo del valore medio della prestazione isolante per 25 anni di esercizio. Uno studio recente su un campione di pannello in poliuretano espanso rigido, estratto da una copertura a falda in opera da 28 anni, ha mostrato che la schiuma non presentava danneggiamenti fisici (bolle, cavità, rigonfiamenti, ecc.) ed aveva mantenuto prestazioni meccaniche e isolanti migliori di quella dichiarate.

² L'assorbimento d'acqua è limitato agli strati superficiali e quindi influenzato in modo determinante dalla presenza o meno di rivestimenti protettivi. Questi, in base alla loro natura, possono migliorare o peggiorare il comportamento all'acqua del manufatto.

³ L'ottimizzazione dell'isolamento acustico avviene o aumentando la massa in elementi monostrato o alternando strati sottili massivi ad altri di materiali elastici in elementi compositi

strati quanto più continui per evitare ponti acustici (ad esempio integrando il pannello con schiume a celle parzialmente aperte).

La permeabilità al vapore è molto bassa ($\mu=30-150$), quindi in casi di ambienti con forte presenza di umidità o in presenza di importanti differenze di temperatura tra ambiente esterno ed interno può essere necessario prevedere l'inserimento di una barriera al vapore sul lato caldo della struttura per evitare i fenomeni di condensa all'interno dell'ambiente o dell'isolante.



Fig. 12 Poliuretano

Le lane minerali (lana di roccia, lana di vetro) hanno una conducibilità termica variabile λ tra 0,035 e 0,040 W/mK. Rispetto ai polistireni questi isolanti sono molto traspiranti ($\mu=1-5$) e devono essere protetti contro l'umidità prevedendo sulla superficie calda un freno al vapore (o eventualmente barriera). A tal proposito, si consiglia di effettuare una verifica igrometrica della struttura mediante i diagrammi di Glaser o metodi equivalenti.

La densità di circa 100kg/m³ e il calore specifico, di circa 1000 J/Kg K, consente di avere un discreto sfasamento termico. Dal punto di vista di isolamento acustico, le lane minerali sono spesso utilizzate in sistemi di isolamento a cappotto, ovvero inseriti in una doppia parete costituita da un paramento di base e da una controparete di rivestimento (intonaco armato e finitura), e quindi, grazie alla struttura fibrosa a celle aperte, vanno a costituire la "molla" del cosiddetto sistema "massa-molla-massa". L'incremento del valore di potere fonoisolante della sola parete di base dipende, oltre che

Lane minerali

dalla tipologia di isolante utilizzato, dallo spessore e dalla massa superficiale dello strato di finitura.

Meccanicamente la resistenza massima a compressione è superiore a 20kPa e la resistenza a trazione prossima alla metà (valore elevato, tipico di materiali fibrosi). Tra i vantaggi si annovera, oltre all'ottimo comportamento al fuoco (non infiammabile), (i) la riciclabilità delle materie prime impiegate, (ii) la quantità di rifiuti prodotti, (iii) l'assenza di sostanze pericolose nella composizione e (iv) la bassa emissività e l'inquinamento, nelle diverse fasi del ciclo di vita.

In particolare, per l'analisi del ciclo di vita (life cycle analysis – LCA) è necessario effettuare una sorta d'inventario di tutti gli impatti positivi e negativi esercitati da un prodotto sull'ambiente in ogni fase della vita di un prodotto dall'inizio alla fine (dall'estrazione delle materie prime sino al termine del ciclo di vita del prodotto in seguito allo smaltimento del prodotto), con indicatori connessi a rifiuti, emissioni e consumo di risorse. La ISO 14044 è uno standard internazionale di riferimento che cerca di fornire gli strumenti per calcolare e mettere a confronto gli impatti esercitati da qualsiasi prodotto.

Ad esempio, con riferimento alla lana di vetro, si può avere che:

- è realizzata con il 95% di *materie prime* naturali e riciclate (sabbia e 80% di vetro riciclato).
- il *consumo di energia necessaria alla produzione* di una tonnellata di lana di vetro e le relative emissioni di CO₂ sono abbastanza ridotti
- è possibile *riciclare* dal 75% al 100% degli scarti di produzione
- è possibile ridurre l'ingombro con *minor impatto ambientale legato al trasporto*.
- lo sfrido durante la *posa in opera* è abbastanza limitato.
- si ha una *vita media* di circa 50 anni, cui facilmente corrisponde un risparmio di energia e di emissioni di CO₂ notevolmente superiore rispetto a quanto impiegato per la sua produzione, trasporto e posa.
- a *fine vita*, il prodotto è quasi completamente riciclabile



Fig. 13 Lane minerali: lana di roccia (sopra); lana di vetro (sotto)

Gli isolanti naturali, come ad esempio la fibra di legno, sono caratterizzati da conducibilità non troppo basse, $\lambda = 0,038 - 0,050$ W/mK (crescente con la densità), ma un calore specifico elevato ($c_p=2100$ J/kgK) che consente di accumulare il calore e trattenerlo a lungo prima di cederlo all'ambiente abitato, ovvero di ottenere elevati valori di sfasamento termico. Ad esempio, uno sfasamento di 8 ore può essere ottenuto con circa 10cm di spessore di isolante ad elevata densità (> 130 kg/m³). La fibra di legno è inoltre molto traspirante ($\mu=3-5$), ma allo stesso tempo deve essere protetta dall'umidità. Pertanto, è bene utilizzare intonaci anch'essi traspiranti per favorire lo smaltimento verso l'atmosfera dell'umidità in eccesso.

Isolanti naturali



Fig.14 Fibra di legno

3-3 Le prestazioni in condizioni di incendio

I prodotti per l'isolamento termico, come tutti i prodotti da costruzione⁴, vanno certificati in condizioni di incendio. Un prodotto da costruzione costituito da una serie di almeno due componenti separati, che necessitano di essere uniti per essere installati permanentemente nelle opere per diventare un sistema assemblato, si definisce kit. Sia nella ormai abrogata Direttiva Prodotti da Costruzione (CPD) che nel nuovo Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR), un kit è equivalente ad un prodotto da costruzione ma per rientrare nel campo di applicazione del CPR, il kit deve soddisfare le seguenti condizioni:

- essere collocato sul mercato da un singolo fabbricante
- possedere caratteristiche essenziali che consentano alle opere nelle quali è incorporato di soddisfare i requisiti base, quando le opere sono soggette a regole che prevedano detti requisiti.

Il CPR fissa detti requisiti di base (cfr. Allegato I), stabilendo che "Le opere di costruzione, nel complesso e nelle loro singole parti, devono essere adatte all'uso cui sono destinate, tenendo conto in

⁴ Il Regolamento (UE) n. 305/2011 (CPR - Construction Products Regulation), che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, ha abrogato la Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106/CEE (CPD - Construction Products Directive). La transizione è avvenuta, tecnicamente, nel 2013. Con il Decreto Legislativo 16 giugno 2017, n. 106 del 10 Luglio 2017, si è provveduto all'adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del CPR.

particolare della salute e della sicurezza delle persone interessate durante l'intero ciclo di vita delle opere. Fatta salva l'ordinaria manutenzione, le opere di costruzione devono soddisfare i presenti requisiti di base delle opere di costruzione per una durata di servizio economicamente adeguata.”

I requisiti di base elencati sono:

1. Resistenza meccanica e stabilità
2. Sicurezza in caso d'incendio
3. Igiene, salute e ambiente
4. Sicurezza e accessibilità nell'uso
5. Protezione contro il rumore
6. Risparmio energetico e ritenzione di calore
7. Uso sostenibile delle risorse naturali

In particolare, per ciò che qui interessa, il requisito essenziale n. 2 prevede che le opere di costruzione siano concepite e realizzate in modo che, in caso di incendio:

- a) la capacità portante dell'edificio possa essere garantita per un periodo di tempo determinato;
- b) la generazione e la propagazione del fuoco e del fumo al loro interno siano limitate;
- c) la propagazione del fuoco a opere di costruzione vicine sia limitata;
- d) gli occupanti possano abbandonare le opere di costruzione o essere soccorsi in altro modo;
- e) si tenga conto della sicurezza delle squadre di soccorso.

Gli elementi di isolamento termico sono generalmente elementi di separazione (esterni ma talvolta anche interni) che non hanno un ruolo strutturale, ovvero portante. Quindi, in condizioni di incendio, è prevalentemente necessario caratterizzarne il comportamento in termini di reazione al fuoco.

Il fenomeno di reazione al fuoco è “il grado di partecipazione come materiale combustibile al fuoco al quale è sottoposto”⁵. La sua valutazione è alquanto complessa e dipendente da numerosi parametri, quali:

La reazione al fuoco

⁵ Definizione al §2.2 del D.M. 26/06/1984, successivamente sostituito dal D.M. 10/03/2005

- infiammabilità, intesa come capacità di un materiale di entrare e permanere in stato di combustione, con emissione di fiamme durante l'esposizione ad una sorgente di calore;
- velocità di propagazione delle fiamme, intesa come la velocità con la quale il fronte di fiamma si propaga in un materiale;
- gocciolamento, inteso come la capacità di un materiale di emettere gocce di materiale fuso durante e/o dopo l'esposizione a una sorgente di calore;
- post-incandescenza, intesa come presenza ed estensione di zone incandescenti dopo lo spegnimento della fiamma (es. brace) che potrebbero innescare nuovamente il fuoco;
- sviluppo di calore nell'unità di tempo, inteso come la quantità di calore emessa nell'unità di tempo da un materiale in stato di combustione;
- produzione di fumo, intesa come la capacità di un materiale di emettere un insieme visibile di particelle solide e/o liquide in sospensione nell'aria risultanti da una combustione incompleta in condizioni definite;
- produzione di sostanze nocive, intesa come capacità di un materiale di emettere gas e/o vapori in condizioni definite di combustione.

In Italia il D.M. 26/06/1984 ha stabilito norme, criteri e procedure per la classificazione di reazione al fuoco e l'omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi, con esclusione dei rischi derivanti dai fumi emessi in caso d'incendio dai suddetti materiali. I materiali sono assegnati alle classi 0, 1, 2, 3, 4, 5 con l'aumentare della loro partecipazione alla combustione, pertanto il comportamento di un materiale combustibile al fuoco è tanto migliore quanto più bassa è la classe i materiali di classe zero sono incombustibili.

La classe di reazione al fuoco non è relativa al prodotto tal quale, ma è riferita al suo impiego e alla sua posa in opera, un prodotto può avere cioè una diversa classe a seconda dell'impiego che ne viene fatto (si pensi all'esempio di un tessuto impiegato come tendaggio o come rivestimento di una parete oppure viene posto in opera incollato su supporto incombustibile).

Ai prodotti imbottiti quali poltrone, divani, ecc. è invece attribuita la classe di reazione 1M, 2M, 3M (all'aumentare del grado di partecipazione all'incendio) che deve intendersi riferita al

complesso costituito da rivestimento, imbottitura ed eventuale interposto.

Ad alcuni materiali è attribuita la classe di reazione al fuoco zero senza la necessità siano sottoposti alla prova di non combustibilità prevista dal D.M. 26/06/1984. Tali materiali sono elencati dal D.M. 14/01/1985.

Successivamente, il D.M. 10/03/2005 ha stabilito nuove classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio, in conformità alle decisioni della Commissione dell'Unione europea sul punto.

Le cosiddette "euroclassi", vanno dalla A₁ (materiale o prodotto incombustibile) alla F con l'aumentare della partecipazione alla combustione (classe F se nessuna prestazione è determinata o non rientra nelle altre, ovvero materiali combustibili che non superano i test di piccola fiamma previsto per la Classe E)⁶. Nel D.M. 10/03/2005 ci sono quattro tabelle separate concernenti le classi di reazione al fuoco, i metodi di prova ed i rispettivi criteri di classificazione rispettivamente per:

- a) i prodotti da costruzione (con esclusione dei pavimenti, dei prodotti destinati all'isolamento termico e dei cavi elettrici);
- b) i pavimenti (classi caratterizzate dalla sigla aggiuntiva "FL", es. "B_{FL}");
- c) i prodotti destinati all'isolamento termico (classi caratterizzate dalla sigla aggiuntiva "L", es. "B_L");
- d) i cavi elettrici (classi caratterizzate dalla sigla aggiuntiva "CA", es. "B_{CA}").

Il decreto descrive altresì il procedimento di classificazione di reazione al fuoco di tutti i prodotti da costruzione ai sensi della norma armonizzata UNI EN 13501-1:2009. In aggiunta alla tale classificazione generale, le euroclassi contengono anche i seguenti parametri:

- per i prodotti da costruzione e i pavimenti (punti a e b): fumo⁷ ("s" - smoke)
- per i soli prodotti da costruzione (punto a): gocciolamento⁸ ("d" - drops).

⁶ Chiarimento pubblicato in GUCE il 15/03/2016

⁷ Capacità di un materiale di emettere un insieme visibile di particelle solide e/o liquide in sospensione nell'aria risultanti da una combustione incompleta in condizioni definite.

Ciascuno di questi parametri aggiuntivi ha una sua sottoclassificazione che va da 0 (assente) a 3 (elevato). L'Allegato B del D.M. 10/03/2005 riporta conseguentemente l'elenco delle classi di reazione al fuoco attribuibili in base alle varie combinazioni, ad esempio un prodotto da costruzione potrà avere euroclasse "Bs1,d2"), mentre un pavimento potrà avere euroclasse "B_{FL} s2".

Inoltre, il D.M. 10/03/2005 riporta anche:

- elenchi di materiali da considerare come appartenenti alle classi A1 e aA1_{FL} di reazione al fuoco senza dover essere sottoposti a prove;
- elenchi di prodotti e/o materiali da costruzione ai quali la classe è attribuita senza dover essere sottoposti a prove, ma solo in relazione alle caratteristiche tecniche specificate ed alla conformità ad una norma armonizzata di prodotto⁹

Da ultimo i Regolamenti (UE) nn. 2017/1227 e 2017/1228 hanno stabilito rispettivamente le condizioni di classificazione senza prove per:

- i prodotti di legno lamellare incollato contemplati dalla norma armonizzata EN 14080 (in modifica di quelle precedentemente stabilite) e in legno massiccio strutturale giuntato a dita contemplati dalla norma armonizzata EN 15497
- gli intonaci esterni ed interni a base di leganti organici contemplati dalla norma armonizzata EN 15824 e le malte per intonaci contemplate dalla norma armonizzata EN 998-1.

Per i materiali ed i prodotti per i quali è stata emanata una "specificazione tecnica di prodotto" - vale a dire una norma tecnica armonizzata che stabilisca l'idoneità all'impiego di un prodotto sulla base della sua rispondenza a requisiti essenziali comprovati dalla marcatura CE e dalla Dichiarazione di Prestazione ("Declaration of Performance" - DoP) non occorre fare ricorso alla procedura di omologazione nazionale sopra descritta.

⁸ Capacità di un materiale di emettere gocce di materiale fuso dopo e/o durante l'esposizione a una sorgente di calore

⁹ Si tratta in particolare di: pannelli a base di legno; pannelli di cartongesso; pannelli decorativi laminati ad alta pressione; prodotti di legno da costruzione; legno lamellare; rivestimenti laminati per pavimentazioni; rivestimenti resilienti per pavimentazioni; rivestimenti tessili per pavimentazioni; pavimentazioni in legno; pannelli e rivestimenti in legno massiccio

Si osserva che per la classificazione di sistemi di isolamento termico composti (ad esempio i sistemi a cappotto - ETICS), si determina sperimentalmente la classe di reazione al fuoco, secondo EN 13501-1, nella condizione più sfavorevole (i) di montaggio e fissaggio e (ii) del componente isolante. A tal proposito la EN 15715 suggerisce di dichiarare una doppia classificazione del materiale isolante: nudo e nelle reali condizioni di utilizzo.

Il comportamento al fuoco riveste un ruolo fondamentale nella tecnologia a cappotto, infatti una corretta scelta del materiale isolante permette di limitare la possibilità d'innesco e di propagazione di un eventuale incendio all'intera facciata.

In accordo con quanto definito, gli obiettivi da perseguire nelle facciate ventilate sono:

- limitare la probabilità di propagazione di un incendio attraverso le aperture delle facciate, sia esso originato all'interno dell'edificio o di origine esterna;
- evitare, in caso di incendio, la caduta di parti di facciata che possono compromettere la sicurezza degli occupanti e/o delle squadre di soccorso.

al fine di ottenere una drastica riduzione della presenza di fuoco e fumo.

I sistemi di isolamento termico con i pannelli in poliuretano espanso rigido sottoposti a marcatura CE rispettano i regolamenti in materia di sicurezza degli edifici sottoposti a prevenzione incendi, in quanto i prodotti in poliuretano dichiarano le loro prestazioni di reazione al fuoco in base al sistema delle euroclassi.

Le schiume poliuretatiche, per la loro caratteristica di materiali termoisolanti, non sono soggette al fenomeno del gocciolamento e sono quindi sempre classificate con il parametro do. I prodotti in poliuretano offrono prestazioni diverse in funzione del tipo di schiuma (PUR o PIR) e del tipo di rivestimento (cfr. Tabella 4). La tabella conferma che tali pannelli, spesso utilizzati per l'efficientamento energetico degli edifici, possono essere la causa della rapidità con cui si propagano le fiamme, proprio perché costituiti da una sottile pellicola metallica in acciaio o alluminio e da materiale isolante tra cui strati di poliuretano espanso che da soli possono essere di Classe E.

Le prestazioni del poliuretano espanso (PUR-PIR) e dell'EPS

propagazione delle fiamme e dei fumi, consentono una più veloce evacuazione degli occupanti e un più facile e sicuro intervento delle squadre di soccorso. Rispetto a PUR, PIR ed EPS, il materiale può, tuttavia, produrre fumi a maggiore tossicità quando raggiunge alte temperature.

A valle di quanto discusso è evidente che la scelta del prodotto/sistema dipende (i) dall'obiettivo che ci si pone e (ii) dalla tipologia strutturale sulla quale si interviene.

I sistemi a confronto

In merito al primo punto, si ipotizza di dover realizzare un isolamento termico a cappotto con alcuni dei principali isolanti già menzionati.

Per ciascun materiale la Tabella 5 definisce le specifiche proprietà di ciascun pannello isolante, secondo la normativa europea di riferimento. In particolare, si individuano i campi di variabilità dei valori di:

1. spessore, s , tipicamente utilizzato;
2. densità, ρ , ovvero il rapporto tra la massa del materiale ed il suo volume;
3. conducibilità termica, λ , ovvero la capacità del materiale a trasmettere il calore;
4. sfasamento termico, Δ , ovvero il ritardo temporale, tra esterno e interno, nel raggiungimento del picco di temperatura, stimato per $s=10\text{cm}$;
5. classe di reazione al fuoco (Euroclasse), ovvero il grado di partecipazione del materiale al fuoco cui è sottoposto;
6. caratteristiche acustiche, ovvero la capacità del materiale di cui si compone il pannello di assorbire e trasmettere onde sonore;
7. assorbimento d'acqua ovvero la capacità del materiale di trattenere e rilasciare liquido;
8. trasmissione del vapore acqueo, μ^2 , in termini di quantità di vapore d'acqua che attraversa, per unità di tempo, un'unità di superficie del prodotto, per un campione di spessore unitario, quando c'è una differenza di pressione di vapore unitaria;
9. temperatura di utilizzo, T_{util} , ovvero la massima temperatura superata la quale il materiale perde le sue caratteristiche isolanti;
10. temperatura di accensione ed autoaccensione, T_{comb} , cioè la temperatura superata la quale il materiale si incendia.

| Proprietà | Norma | Lana di roccia | Lana di vetro | EPS bianco | EPS grigio | XPS | Legno (fibra) | Sughero |
|---|--------------------------|----------------|---------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| s [mm] | EN1602 | 50-200 | 40-100 | 30-140 | 30-140 | 20-100 | 8-40 | 5-50 |
| ρ [Kg/m ³] | EN 1602 | 115 | 21 | 10-40 | 10-25 | 30-50 | 40-300 | 50-150 |
| λ [W/m·K] | EN 12939 EN 13162 | 0.036 | 0.035 | 0.030-0-040 | 0.030-0.032 | 0.035-0.040 | 0.037-0.055 | 0.035-0.050 |
| Δ [ore] | - | 2 | 2 | 0.5 | 1 | 0.75 | 4-5 | 2-3 |
| Euroclasse | EN 13501/1 | A1 | A1 | E | E | E | E | E |
| Caratteristiche acustiche (dB) | EN 12354 EN ISO 11654 | 25-31 | 120-200 | 51-55 | - | - | - | - |
| Assorbimento d'acqua [Kg/m ²] | EN 12087 EN 1609 | 1-3 | 1-3 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <1 | - |
| μ^2 | EN 12086 EN 1609 | ~1 | ~1 | 0.005 | 0.03 | 0.005 | ~1 | ~1 |
| T_{util} [°C] | - | 75 | 350 | 75 | 75 | 75 | [-] | - |
| T_{comb} [°C] | ASTM D 1929 | ~1000 | ~1000 | 300-400 | 300-400 | 300-400 | 50-300 | 100-200 |

Tabella 4 Proprietà dei pannelli

Osservando la tabella si può stabilire in prima battuta che:

- il miglior isolamento termico si ottiene con i pannelli in EPS con grafite
- il maggior sfasamento termico si ottiene con la fibra di legno ed il sughero
- i prodotti più traspiranti sono lana di roccia, fibra di legno e sughero
- il prodotto con la migliore classe di reazione al fuoco (ignifugo) è la lana di roccia

Tuttavia, la scelta del sistema non può prescindere da costi di materiale e posa in opera che dipendono dalla specifica prestazione richiesta.

Relativamente al secondo aspetto si può osservare che in strutture leggere in legno o anche con lamiera in acciaio, essendo piccola la massa del tetto e delle pareti, occorre preoccuparsi dell'isolamento acustico ai rumori.

I tradizionali muri in mattone non richiedono isolamento acustico e assicurano uno sfasamento termico di circa 8 ore. Quindi, in linea di principio non occorrerebbero materiali quali sughero, lana di roccia ecc. che hanno un costo superiore al polistirene ed isolano di meno. Tuttavia, poiché la traspirazione dei muri è sempre auspicabile per un elevato comfort ambientale e salubrità delle pareti, è preferibile utilizzare materiali con bassa resistenza diffusione al vapore, "μ". Nei casi in cui il rischio incendio è più elevato, ovvero le problematiche di antincendio sono più complesse, conviene evitare sistemi che hanno materiali con bassa probabilità di reazione (i.e. classe superiore a B)

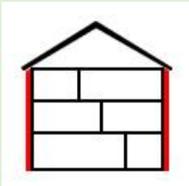
4.1 Criteri di schedatura degli interventi

Le principali tecniche di efficientamento energetico analizzate appartengono a 5 macro-categorie di intervento:

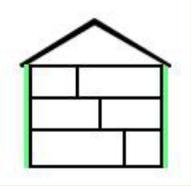
1. Isolamento su pareti laterali (cappotto termico, ispessimento paramenti, coibentazione finestre, ecc.)
2. Cortina esterna (facciata continua, facciata verde, schermature solari, ecc.)
3. Rifacimento della copertura (tetto non ventilato, tetto verde intensivo o estensivo, tetto ventilato, ecc.)
4. Isolamento interno di solai e tramezzi (con pannelli, con intercapedini, ecc.)
5. Impiantistico (camino di luce, camino solare, fotovoltaico, solare termico, ecc.)

Di seguito sono indicate le tecniche e le relative schede associate ad ogni categoria di intervento. (Tab. 5; Tab. 6; Tab. 7).

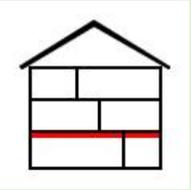
4 TECNICHE DI REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI E RICADUTE SUL RISCHIO INCENDIO

| MACRO CATEGORIE DI INTERVENTO | TECNICA | SCHEDA |
|---|--|--------|
|  <p>Isolamento su pareti laterali</p> | Isolamento a cappotto esterno | 1 |
| | Recupero del sistema di isolamento a cappotto esistente (cappotto su cappotto) | 2 |
| | Isolamento dall'esterno con intonaco termoisolante | 3 |
| | Isolamento in intercapedine | 4 |
| | Isolamento dall'interno con lastre/pannelli isolanti | 5 |
| | Isolamento dall'interno con intonaco termoisolante | 6 |
| | Isolamento della sottofinestra | 7 |
| | Isolamento delle spallette delle finestre | 8 |
| | Facciata ventilata | 9 |

Tab. 5 Macrocategoria di intervento: Isolamento su pareti laterali

| MACRO CATEGORIE DI INTERVENTO | TECNICA | SCHEDA |
|--|--|--------|
|  Cortina esterna | Facciata verde tradizionale | 10a |
| | Facciata verde di tipo evoluto | 10b |
| | Curtain wall. Facciata continua a montanti e trasversi | 11a |
| | Curtain wall. Facciata continua a fissaggio puntuale | 11b |
| | Curtain wall. Facciata continua a doppia pelle | 11c |
| | Schermature solari esterne | 25 |
| | Serre solari | 26 |
|  Rifacimento della copertura | Tetto rovescio calpestabile (coperture piane) | 12a |
| | Tetto rovescio non calpestabile (coperture piane) | 12b |
| | Tetto caldo calpestabile (coperture piane) | 13a |
| | Tetto caldo non calpestabile (coperture piane) | 13b |
| | Tetto caldo con manto erboso (coperture piane) | 13c |
| | Tetto verde estensivo (coperture piane o coperture a falda) | 14a |
| | Tetto verde intensivo (coperture piane) | 14b |
| | Cool roof (coperture piane) | 15 |
| | Isolamento a estradosso con isolante sotto-tegola (coperture a falde) | 16 |
| | Copertura isolata e ventilata (coperture a falde) | 17 |
| | Isolamento ad estradosso del sottotetto con pannelli o feltri (coperture a falde) | 18a |
| | Isolamento ad estradosso del sottotetto con sottofondo alleggerito (coperture a falde) | 18b |

Tab. 6 Macrocategorie di intervento: Cortina esterna e Rifacimento della copertura

| MACRO CATEGORIE DI INTERVENTO | TECNICA | SCHEDA |
|--|---|--------|
|  <p>Isolamento interno di solai e tramezzi</p> | Isolamento ad estradosso del solaio controterra | 19 |
| | Rifacimento dell'isolamento ad estradosso del solaio controterra | 20 |
| | Isolamento ad intradosso del solaio inferiore | 21a |
| | Isolamento ad intradosso del solaio inferiore | 21b |
| | Isolamento ad intradosso con schiume del solaio inferiore | 21c |
| | Isolamento ad estradosso del solaio intermedio | 22 |
| | Isolamento ad intradosso del solaio intermedio (aggrappato) | 23a |
| | Isolamento ad intradosso del solaio intermedio (con intonaco) | 23b |
| | Applicazione di materiale isolante in intercapedine nelle partizioni interne | 24a |
| | Applicazione di materiale isolante in schiuma in intercapedine nelle partizioni interne | 24b |
|  <p>Impiantistico</p> | Camino di luce (detto anche tunnel solare o lucernario tubolare) | 27 |
| | Camino solare (detto anche Camino termico) | 28 |
| | Fotovoltaico | 29 |
| | Solare termico | 30 |

Tab.7 Macrocategorie di intervento: Isolamento interno di solai e tramezzi e Impiantistico

Per ciascuna tecnica è stata elaborata una scheda dell'intervento costituita da due parti, di cui la prima finalizzata a descrivere la tecnica in termini esecutivi, la seconda volta a ponderare le ricadute

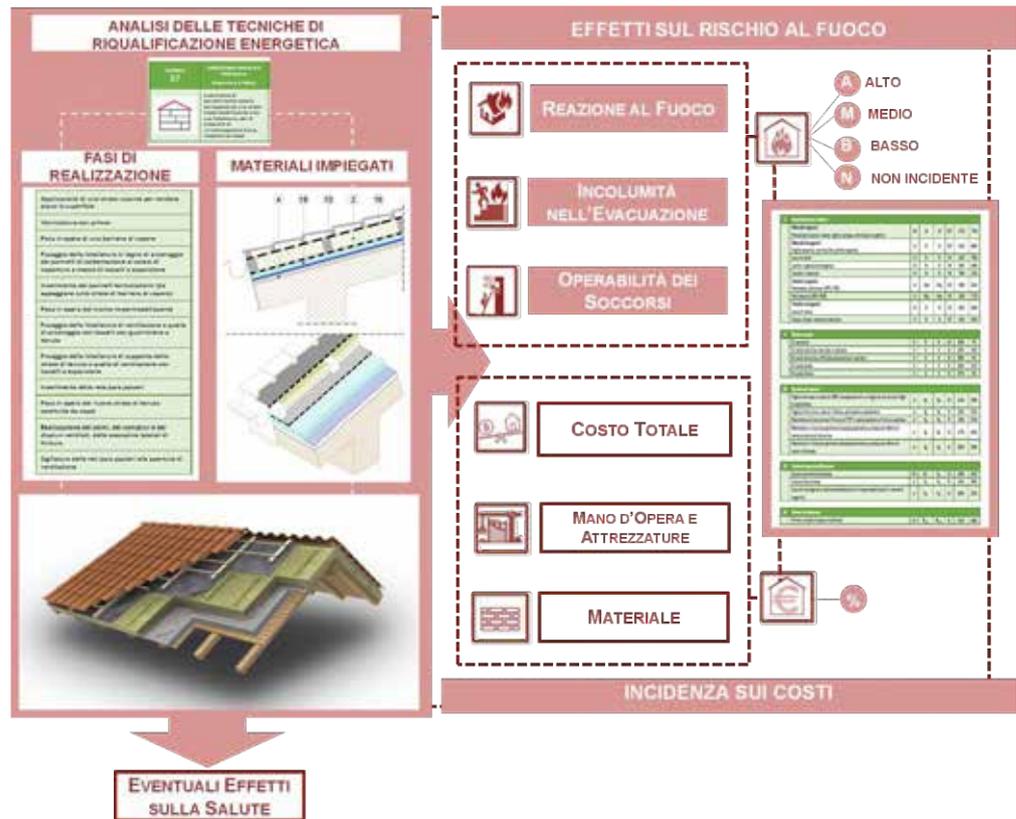


Fig. 15 Schema generale dei criteri di schedatura delle tecniche

dei materiali e dei sistemi impiegati sul rischio incendio e sui relativi costi. La Fig. 15 mostra lo schema generale dei criteri di schedatura. Nella prima parte si elencano i principali materiali generalmente utilizzati per la messa in opera e le fasi di realizzazione. La descrizione focalizza l'attenzione sulle finalità della singola tecnica e sulle eventuali ricadute sulla salute degli operatori, che sono accennate in un box dedicato, posto in basso.

Dettagli costruttivi in scala, insieme con una rappresentazione grafica tridimensionale, aiutano il lettore a comprendere le specificità della soluzione e a individuare le componenti di cui è costituito ogni elemento nell'ambito del sistema tecnologico dell'edificio del quale fa parte.

Ogni fase di realizzazione è associata all'uso di un materiale, che viene indicato nella sezione in scala dell'elemento tecnico. Ad ogni materiale viene associato un numero identificativo, in modo da ottenere una sua veloce individuazione nella seconda parte della scheda, nella sezione relativa alla valutazione delle ricadute del suo

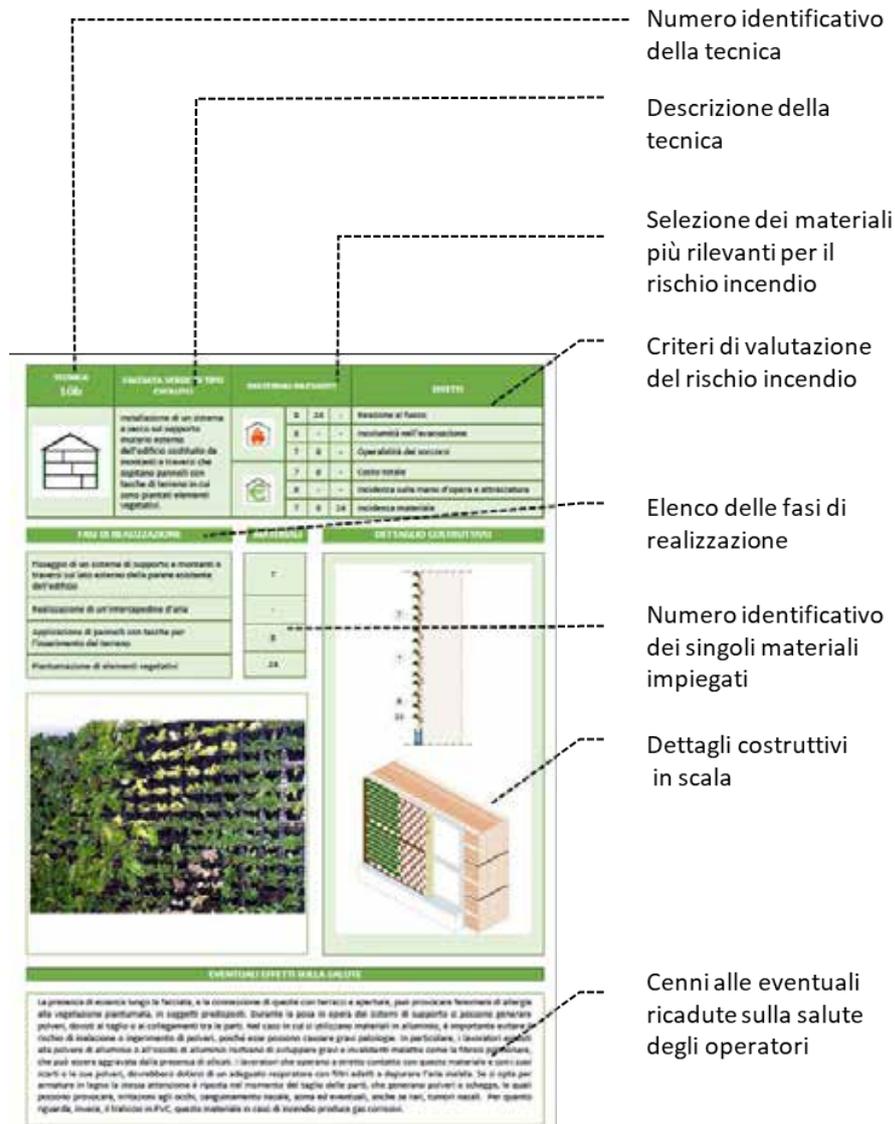


Fig. 16 Scheda delle tecniche. Prima parte: descrizione della tecnica di intervento

impiego sul rischio al fuoco, in termini di sicurezza, salute e costi (Fig. 16).

Nella seconda parte della scheda si illustrano i criteri di classificazione, distinti in due macro-voci di riferimento, ovvero: (i) ricadute sul rischio incendio e (ii) incidenza economica.

Le ricadute sul rischio incendio sono state suddivise in:

- Reazione al fuoco, ossia il grado di partecipazione di un materiale combustibile al fuoco al quale è sottoposto;
- Incolumità degli utenti nell'evacuazione ovvero il livello di sicurezza degli utenti in caso di immediata evacuazione dalla struttura;

- Operabilità nei soccorsi, cioè il livello di difficoltà a cui incorrono i soccorritori nell'intervenire in caso di incendio.

Analogamente, l'incidenza economica è stata suddivisa in tre voci:

- Costo totale, rappresentativo di una stima di massima dei costi di materiale, manodopera, e attrezzature (con spese generali utile d'impresa in percentuale);
- Incidenza sui costi di manodopera e attrezzature
- Incidenza sui costi del materiale

Le incidenze sono esplicitamente riportate per aiutare il lettore a valutare il valore economico di ciascun intervento e sono comprensivi dei costi per la sicurezza.

La scheda contiene una tabella nella quale, per ciascun elemento costituente il sistema di efficientamento, è assegnata una stima dell'importanza di quell'elemento ai fini di ciascuna delle sei voci sulle quali si basa la valutazione. I valori sono riferiti a più materiali, poiché ciascun elemento di cui è costituita la singola tecnica, può essere realizzato con materiali diversi, cui possono corrispondere valori differenti rispetto ai criteri di valutazione.

Per quanto riguarda le tre voci legate al rischio, si individuano 4 indici, corrispondenti all'intensità della ricaduta che ciascun elemento, costituito dallo specifico materiale, può avere sul rischio incendio.

Gli indici sono: A= alto, M = medio, B = basso, N = nessuno.

Si fa osservare che, alcune volte, l'assegnazione dell'indice viene effettuata non in senso assoluto, ma tenendo conto della quantità e della posizione di ciascun elemento nell'ambito del sistema costruttivo. Ad esempio, piccole quantità di materiale infiammabile, o materiali infiammabili protetti da materiali non infiammabili, possono avere un indice di rischio incendio basso o addirittura nullo. Riguardo all'incidenza economica, sempre per ciascun elemento, e per lo specifico materiale, si attribuisce un indice variabile, anch'esso definito tra alto (A), medio (M) e basso (B), che esprime un giudizio complessivo sul costo dell'intervento e una stima in percentuale, riferite al materiale e alla realizzazione.

Al fine di valutare rapidamente e sinteticamente la ricaduta in termini di rischio incendio e di incidenza economica del singolo intervento, si individuano, nella sezione in alto a destra della prima parte della scheda, gli elementi del sistema costruttivo che possono avere una maggiore rilevanza per ciascuna voce di valutazione. Infine, in basso, sono indicati alcuni riferimenti bibliografici che

possono aiutare il lettore ad approfondire la specifica tecnica (fig. 17)

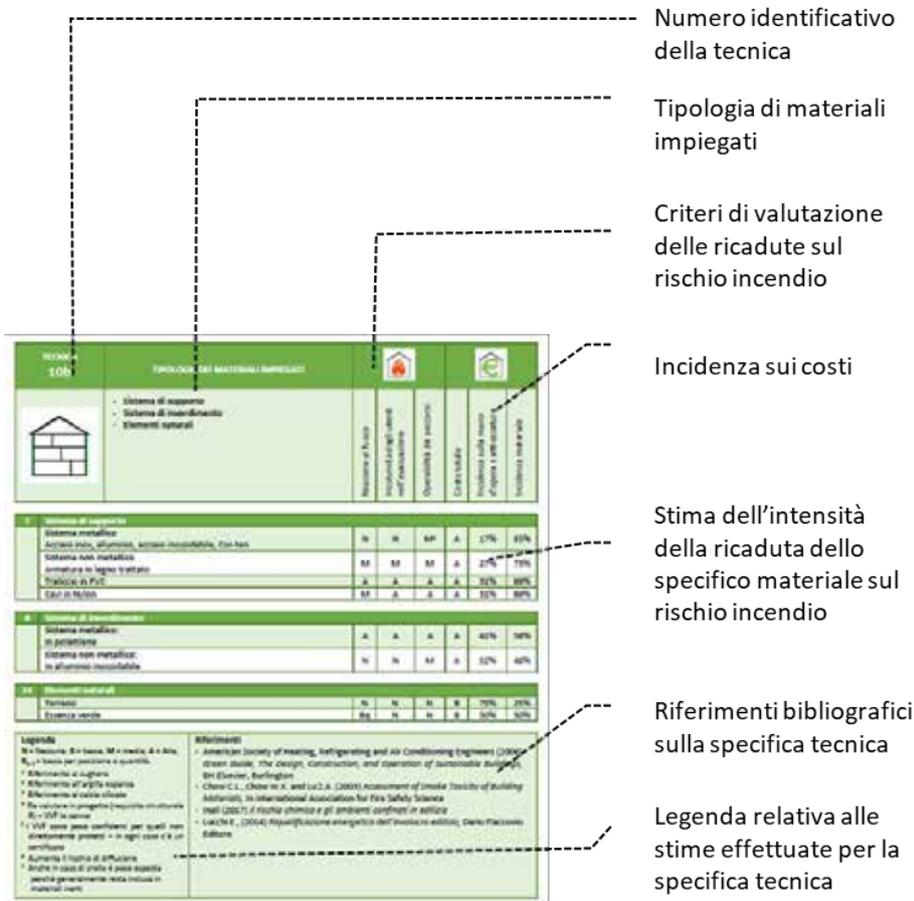


Fig. 17 Scheda delle tecniche. Seconda parte: valutazione della tecnica di intervento

4.2 Schede degli interventi

Il repertorio delle principali tecniche di intervento per l'efficientamento energetico degli edifici è rappresentato nelle schede che seguono, precedute dal loro elenco generale, nel quale sono riportati il numero identificativo della tecnica e una sua breve descrizione (Indice delle tecniche).

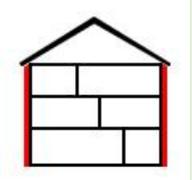
| INDICE DELLE TECNICHE | |
|-----------------------|---|
| Tecnica 1 | Isolamento a cappotto esterno Applicazione di lastre/pannelli isolanti sul supporto murario esterno all'edificio |
| Tecnica 2 | Recupero del sistema di isolamento a cappotto esistente (cappotto su cappotto) Sostituzione schiumoso o sovrapposizione delle lastre/pannelli isolanti del sistema a cappotto |
| Tecnica 3 | Isolamento dall'esterno con intonaco termoisolante Stesura di intonaco e finitura coibente sul supporto murario esterno dell'edificio |
| Tecnica 4 | Isolamento in intercapedine Inserimento di materiale coibente schiumoso nella camera d'aria di una parete multistrato "a cassa vuota" |
| Tecnica 5 | Isolamento dall'interno con lastre/pannelli isolanti Applicazione di lastre/pannelli isolanti mediante fissaggio di struttura metallica sul lato interno del supporto murario |
| Tecnica 6 | Isolamento dall'interno con intonaco termoisolante Stesura di intonaco e finitura coibente sul lato interno del supporto murario |
| Tecnica 7 | Isolamento della sottofinestra Applicazione di lastre/pannelli coibenti al di sotto delle aperture a finestra |
| Tecnica 8 | Isolamento delle spallette delle finestre Applicazione di lastre/pannelli coibenti nello spazio tra il serramento e il vano murario |
| Tecnica 9 | Facciata ventilata Installazione di un sistema a secco sul supporto murario esterno dell'edificio costituito da montanti e traversi metallici che ospitano pannelli isolanti, distanziato dalla parete per consentire la creazione di un'intercapedine d'aria |
| Tecnica 10a | Facciata verde tradizionale Installazione di un sistema di cavi sul supporto murario esterno dell'edificio che sostengono elementi vegetativi rampicanti |
| Tecnica 10b | Facciata verde di tipo evoluto Installazione di un sistema a secco sul supporto murario esterno dell'edificio costituito da montanti e traversi che ospitano pannelli con tasche di terreno in cui sono piantati elementi vegetativi |
| Tecnica 11a | Courtain wall. Facciata continua a montanti e traversi Installazione sul sistema portante esterno dell'edificio di una struttura metallica assemblata a secco costituita da montanti e traversi che ospitano pannelli isolanti o vetrate collegati in opera |
| Tecnica 11b | Courtain wall. Facciata continua a fissaggio puntuale Installazione sul sistema portante esterno dell'edificio di una struttura metallica assemblata a secco costituita da tubolari o tiranti ai quali vengono fissati lastre di vetro vincolate in modo puntuale in corrispondenza dei vertici |
| Tecnica 11c | Courtain wall. Facciata continua a doppia pelle Installazione sul sistema portante esterno dell'edificio di una struttura metallica assemblata a secco costituita da un telaio o da elementi puntuali collegata a sua volta ad una struttura a telaio distanziata dai 20 ai 50 cm per la creazione di un'intercapedine d'aria. La struttura secondaria ospita pannelli isolanti o vetrate |
| Tecnica 12a | Tetto rovescio calpestabile (coperture piane) Rifacimento della copertura esistente con inserimento di pannelli isolanti al di sopra del manto impermeabilizzante, e completamento con pavimentazione |
| Tecnica 12b | Tetto rovescio non calpestabile (coperture piane) Rifacimento della copertura esistente con l'inserimento di pannelli isolanti al di sopra del manto impermeabilizzante, e completamento con uno strato di ghiaia |

INDICE DELLE TECNICHE

| | |
|------------------------|---|
| Tecnica 13a | Tetto caldo calpestabile (coperture piane) Applicazione su una barriera a vapore di un pacchetto di strati composto da isolante, strato separatore, impermeabilizzante, massetto armato, strato legante, finito con pavimentazione |
| Tecnica 13b | Tetto caldo non calpestabile (coperture piane) Applicazione su una barriera a vapore di un pacchetto di strati composto da isolante, strato separatore, impermeabilizzante e ghiaia |
| Tecnica 13c | Tetto caldo con manto erboso (coperture piane) Applicazione su una barriera a vapore di un pacchetto di strati composto da isolante, strato separatore, impermeabilizzante con strato di terra e manto arboreo |
| Tecnica 14a | Tetto verde estensivo (coperture piane o coperture a falda) Applicazione di un pacchetto costituito da più strati (di barriera al vapore, impermeabilizzante, drenante e filtrante) e da un substrato di coltura di limitato spessore per l'impianto di vegetazione superficiale o di piccole dimensioni e a bassa manutenzione. Escluso lo strato portante, le dimensioni complessive del pacchetto è contenuto entro i 10-13 cm circa |
| Tecnica 14b | Tetto verde intensivo (coperture piane) Applicazione di un pacchetto costituito da più strati (di barriera al vapore, isolante, impermeabilizzante, drenante, filtrante) e da un substrato di coltura il cui spessore dipende dalle necessità nutrizionali della vegetazione da coltivare, che può andare dalle erbacee perenni, ai cespugli, agli arbusti fino agli alberi |
| Tecnica 15 | Cool roof (coperture piane) Applicazione sulla superficie esterna della copertura di uno strato ad alta riflettanza solare e ad alta emittanza termica (vernici/membrane/guaine/bitumi/piastrelle) |
| Tecnica 16 | Isolamento a estradosso con isolante sotto-tegola (coperture a falde) Applicazione di pannelli/lastre isolanti tra la barriera al vapore e l'impermeabilizzante, disposto direttamente sotto le tegole |
| Tecnica 17 | Copertura isolata e ventilata (coperture a falde) Inserimento di pannelli/lastre isolanti sovrapposti da uno strato impermeabilizzante e da una listellatura, per la creazione di un'intercapedine d'aria, ricoperta da coppi |
| Tecnica 18a | Isolamento ad estradosso del sottotetto con pannelli o feltri (coperture a falde) Applicazione di pannelli isolanti o feltri posati direttamente sulla parte superiore del solaio del sottotetto |
| Tecnica 18b | Isolamento ad estradosso del sottotetto con sottofondo alleggerito (coperture a falde) Stesura di un sottofondo in conglomerato cementizio alleggerito con proprietà termoisolanti sulla parte superiore del solaio del sottotetto, finito con pavimentazione |
| Tecnica 19 | Isolamento ad estradosso del solaio controterra Applicazione di pannelli isolanti tra la barriera al vapore e il massetto in cemento alleggerito, finito con pavimentazione |
| Tecnica 20 | Rifacimento dell'isolamento ad estradosso del solaio controterra Eliminazione degli strati preesistenti e applicazione di un nuovo pacchetto costituito da impermeabilizzazione, pannelli e la barriera al vapore sull'estradosso del solaio contro terra |
| Tecnica 21a | Isolamento ad intradosso del solaio inferiore Applicazione di pannelli coibenti rifiniti con intonaco termoisolante mediante fissaggio di ganci metallici applicati all'intradosso del solaio inferiore |
| Tecnica 21b | Isolamento ad intradosso del solaio inferiore Installazione di un sistema a secco sull'intradosso del solaio inferiore costituito da una struttura metallica di sostegno a cui vengono agganciati pannelli coibenti, che realizza un'intercapedine per il passaggio di cavi, tubi e canali |

INDICE DELLE TECNICHE

| | |
|------------------------|---|
| Tecnica 21c | <p>Isolamento ad intradosso del solaio inferiore Installazione di un sistema a secco sull'intradosso del solaio inferiore costituito da una struttura metallica di sostegno a cui vengono agganciati pannelli coibenti rifiniti con intonaco termoisolante, che realizza un'intercapedine per il passaggio di cavi, tubi e canali</p> |
| Tecnica 22 | <p>Isolamento ad estradosso del solaio intermedio Applicazione di pannelli isolanti direttamente sulla superficie del solaio, completata da un massetto in calcestruzzo e finito con pavimentazione</p> |
| Tecnica 23a | <p>Isolamento ad intradosso del solaio intermedio (aggrappato) Installazione di un sistema a secco sull'intradosso del solaio intermedio costituito da una struttura metallica di sostegno a cui vengono agganciati pannelli di cartongesso rivestiti con materiale coibente e rifiniti con intonaco, perlinatura di legno o tessile</p> |
| Tecnica 23b | <p>Isolamento ad intradosso del solaio intermedio (con intonaco) Stesura di uno strato di intonaco termoisolante sull'intradosso del solaio intermedio seguito da uno strato di finitura</p> |
| Tecnica 24a | <p>Applicazione di materiale isolante in intercapedine nelle partizioni interne Inserimento di pannelli coibenti nella camera d'aria di una parete multistrato "a cassa vuota"</p> |
| Tecnica 24b | <p>Applicazione di materiale isolante in intercapedine nelle partizioni interne Inserimento di materiale isolante schiumoso nella camera d'aria di una parete multistrato "a cassa vuota"</p> |
| Tecnica 25 | <p>Schermature solari esterne Installazione sulla facciata dell'edificio di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti fisse o mobili</p> |
| Tecnica 26 | <p>Serre solari Realizzazione di uno spazio chiuso, separato dall'ambiente esterno mediante involucro trasparente eventualmente apribile, ottenibile anche attraverso la chiusura di balconi, terrazze, logge e simili</p> |
| Tecnica 27 | <p>Camino di luce (detto anche tunnel solare o lucernario tubolare) Installazione sulla copertura di un captatore solare (fisso o apribile) completato da un tubo che raccoglie la luce naturale e la convoglia negli ambienti sottostanti mediante uno speciale condotto di collegamento molto riflettente</p> |
| Tecnica 28 | <p>Camino solare (detto anche Camino termico) Installazione, nel punto più a sud del tetto, di una struttura che ricorda il meccanismo della canna fumaria, deputata a catturare l'energia solare, collegata ad un pozzo di ventilazione e ad una serie di condotti per il flusso dell'aria calda</p> |
| Tecnica 29 | <p>Fotovoltaico Installazione di un impianto costituito da pannelli in celle di materiale semiconduttore, rivolti verso sud, che permettono la conversione diretta dell'energia solare incidente in energia elettrica</p> |
| Tecnica 30 | <p>Solare termico Installazione di un impianto costituito da un collettore piano ad acqua che serve a catturare l'energia solare e utilizzarla per produrre acqua calda ad una temperatura dell'ordine di 38 - 45°C. grazie al riscaldamento di un fluido termovettore. L'acqua calda prodotta ed accumulata in un apposito serbatoio potrà essere utilizzata confluendo nel circuito sanitario dell'utenza</p> |

| TECNICA 1 | ISOLAMENTO A CAPOTTO ESTERNO | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|---|---|---------|---|
|  | Applicazione di lastre/pannelli isolanti sul supporto murario esterno all'edificio |  | 2 | 6 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | 6 | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 2 | 6 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 6 | - | Costo totale |
| | | | 2 | 6 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 6 | - | Incidenza materiale |

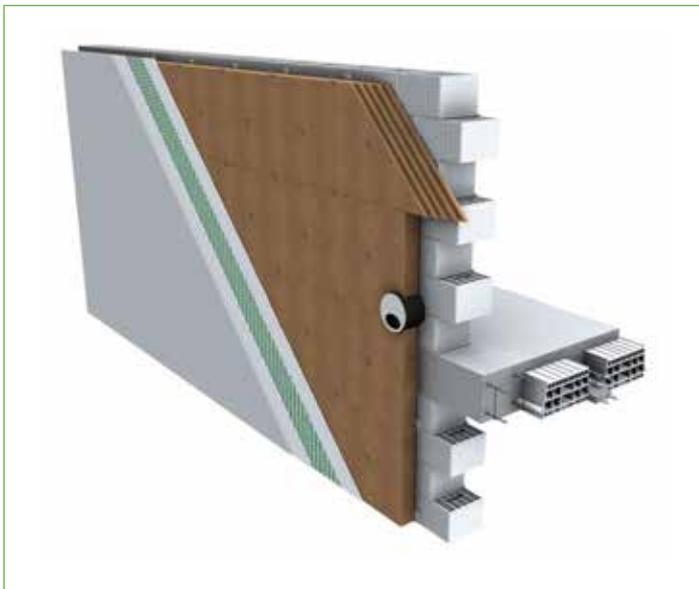
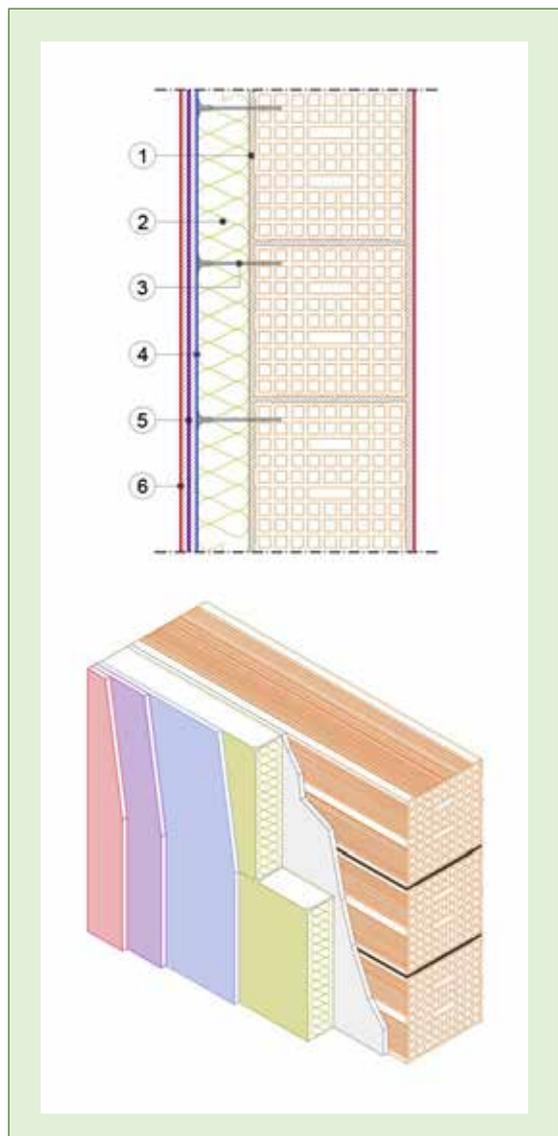
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|--|---|
| Applicazione di uno strato legante | 1 |
| Messa in opera di pannelli termoisolanti continui | 2 |
| Fissaggio dei pannelli con tasselli | 3 |
| Applicazione di uno strato di rasatura per rendere piana la superficie | 4 |
| Applicazione di una rete porta intonaco | - |
| Applicazione di uno strato fissante | 5 |
| Completamento con strato di finitura superficiale | 6 |

MATERIALI

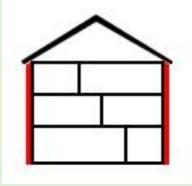
| |
|---|
| 1 |
| 2 |
| 3 |
| 4 |
| - |
| 5 |
| 6 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la preparazione delle miscele, per strato legante, strato di rasatura e di finitura superficiale, si generano polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e a contatto con operatori che non indossano dispositivi di protezione individuale (DPI), possono provocare bronchiti, eczemi, difficoltà respiratorie, ustioni chimiche, dermatiti, eczemi, asma, pneumoconiosi non evolutive e silicosi. Nel caso di utilizzo di schiuma poliuretanicca è necessario osservare specifici requisiti di salute e sicurezza; la sua applicazione a spruzzo va eseguita unicamente da professionisti altamente qualificati; è necessario che i posatori rispettino le misure di protezione prescritte, tra cui il confinamento dell'area immediatamente circostante l'applicazione, affinché gli occupanti e in generale i non addetti ai lavori non possano accedervi. Gli applicatori devono inoltre indossare respiratori o maschere a pressione d'aria positiva e altri DPI, per ridurre l'esposizione a vapori, aerosol e particolari MDI e altre sostanze chimiche che possono essere rilasciate durante la spruzzatura e le operazioni successive. A polimerizzazione avvenuta, la schiuma è considerata chimicamente inerte. Inoltre, bisogna tener conto che questo tipo di materiale, in caso di incendio, è altamente tossico poiché produce elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno.

| TECNICA 1 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|--|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Strato legante/Schiuma isolante - Pannelli/Lastre isolanti - Tasselli - Malta rasante - Strato fissante - Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |

| 1 | Strato legante/schiuma isolante | | | | | | |
|---|---------------------------------|---|------------------|------------------|---|-----|-----|
| | Cemento e sabbia | N | N | N | M | 93% | 7% |
| | Resine sintetiche | M | B _{p,q} | B _{p,q} | B | 62% | 38% |
| | Schiuma poliuretanic | A | B _p | B _p | B | 92% | 8% |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretanic (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 3 | Tasselli | | | | | | |
|---|-----------------|---|---|---|---|-----|-----|
| | Nylon | M | B | M | B | 69% | 31% |
| | Metallici | N | N | M | B | 48% | 52% |
| | Tasselli in PVC | M | B | M | B | 69% | 31% |

| 4 | Malta rasante | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Di cemento | N | N | N | M | 93% | 7% |
| | Di calce idraulica naturale in polvere | N | N | N | B | 85% | 15% |
| | Di calce idraulica artificiale pozzolanica in polvere | N | N | N | B | 96% | 4% |
| | Di calce aerea | N | N | N | B | 88% | 12% |
| | Di calce idrata | N | N | N | B | 97% | 3% |

| 5 | Strato fissante | | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|-----|-----|
| | Liquido fissativo a base di silicato di potassio | N | N | N | B | 66% | 34% |
| | Microemulsione acrilica | B | N | N | B | 70% | 30% |

| 6 | Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% |
| | Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% |
| | Listelli in perlatura di legno | M | M | A | M | 16% | 84% |

| Legenda | Riferimenti |
|--|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2013) PU and Health - <i>Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation</i>, Factsheet n. 18, gennaio 2013 - AA.VV., (2000) <i>Isolamento esterno a cappotto: sistema di rivestimento esterno con intonaco sottile su isolante</i>, BEMA, Milano - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Tucci F., (2000) <i>Ecoefficienza dell'involucro architettonico: la pelle dell'edificio da barriera protettiva a complesso sistema-filtro selettivo e polivalente</i>, Editrice Librerie Dedalo |

| TECNICA 2 | RECUPERO DEL SISTEMA DI ISOLAMENTO A CAPPOTTO ESISTENTE | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|---|---|---------|---|
|  | Sostituzione o sovrapposizione delle lastre/pannelli isolanti del sistema a cappotto (Cappotto su cappotto) |  | 2 | 6 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | 6 | - | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 2 | 6 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 4 | 6 | Costo totale |
| | | | 2 | 4 | 6 | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 4 | 6 | Incidenza materiale |

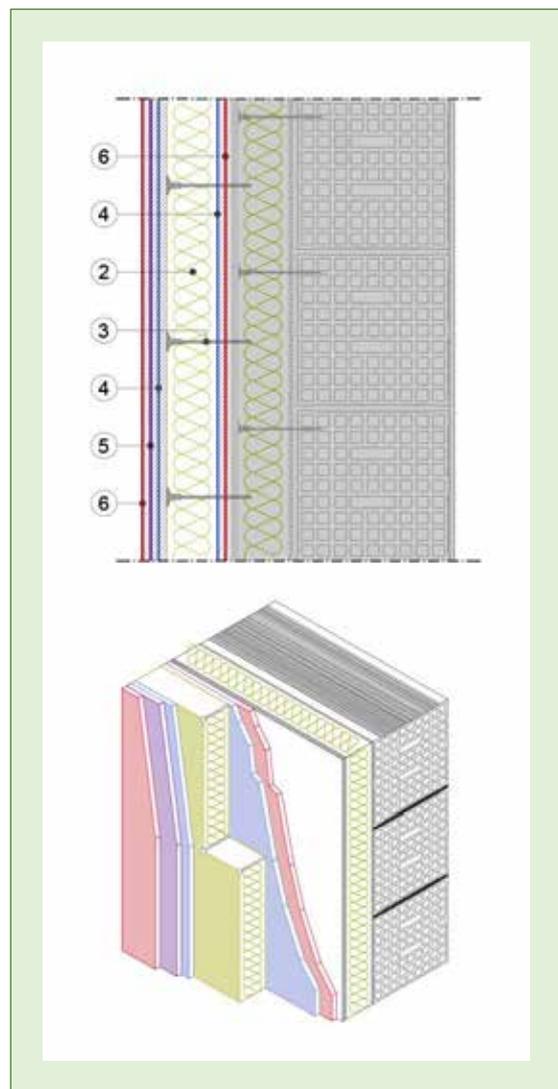
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|--|---|
| Stuccatura e livellatura sul lato esterno del supporto murario | 6 |
| Applicazione del rasante per rendere piana la superficie | 4 |
| Messa in opera di pannelli termoisolanti continui | 2 |
| Fissaggio dei pannelli con viti e tasselli | 3 |
| Applicazione di una rete porta intonaco | - |
| Applicazione di uno strato rasante per rendere la superficie piana | 4 |
| Applicazione di uno strato fissante | 5 |
| Applicazione dello strato di finitura a spessore | 6 |

MATERIALI

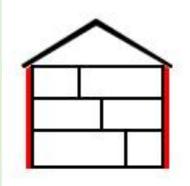
| |
|---|
| 6 |
| 4 |
| 2 |
| 3 |
| - |
| 4 |
| 5 |
| 6 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante il taglio dei pannelli si generano polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI possono provocare irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma e difficoltà respiratorie ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Nel caso particolare di pannelli in lana di vetro, questi effetti possono avvenire durante la messa in opera del prodotto, nelle fasi di rifinitura, rimozione e smaltimento. Per tutti i pannelli le operazioni di taglio devono essere eseguite in aree molto ben ventilate. Lo stirene contenuto nei pannelli sintetici organici è un interferente endocrino, che in opera può continuare ad emettere in percentuali decrescenti. Anche i composti utilizzati per impedire la combustione e/o per ritardare la diffusione delle fiamme nei pannelli possono essere considerati tossici durante l'incendio. Quantità e qualità dei prodotti emessi dipendono dalla composizione chimica spesso non specificata in modo opportuno dal produttore. In presenza di fiamma, specie nei pannelli in PIR e PUR, si producono elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno. Il decesso sopraggiunge per esposizione a monossido di carbonio e anidride carbonica. Il monossido di carbonio è considerato il componente più letale a causa del suo marcato effetto narcotico. In caso di combustione senza fiamma, possono prodursi diossine e furani. La combustione dell'EPS produce fumi di colore scuro intenso che ostacolano durante l'incendio, sia la fuga degli occupanti che l'arrivo dei soccorsi.

| TECNICA 2 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Tasselli - Malta rasante - Strato fissante - Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretanic (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

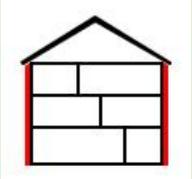
| 3 | Tasselli | | | | | | |
|---|-----------------|---|---|---|---|-----|-----|
| | Nylon | M | B | M | B | 69% | 31% |
| | Metallici | N | N | M | B | 48% | 52% |
| | Tasselli in PVC | M | B | M | B | 69% | 31% |

| 4 | Malta rasante | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Di cemento | N | N | N | M | 93% | 7% |
| | Di calce idraulica naturale in polvere | N | N | N | B | 85% | 15% |
| | Di calce idraulica artificiale pozzolanica in polvere | N | N | N | B | 96% | 4% |
| | Di calce aerea | N | N | N | B | 88% | 12% |
| | Di calce idrata | N | N | N | B | 97% | 3% |

| 5 | Strato fissante | | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|-----|-----|
| | Liquido fissativo a base di silicato di potassio | N | N | N | B | 66% | 34% |
| | Microemulsione acrilica | B | N | N | B | 70% | 30% |

| 6 | Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% |
| | Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% |
| | Listelli in perlinatura di legno | M | M | A | M | 16% | 84% |

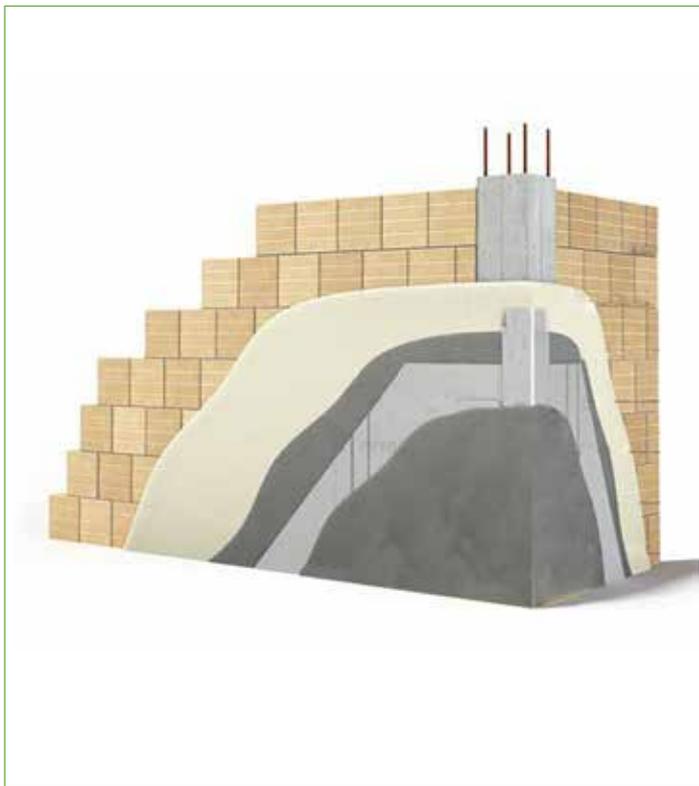
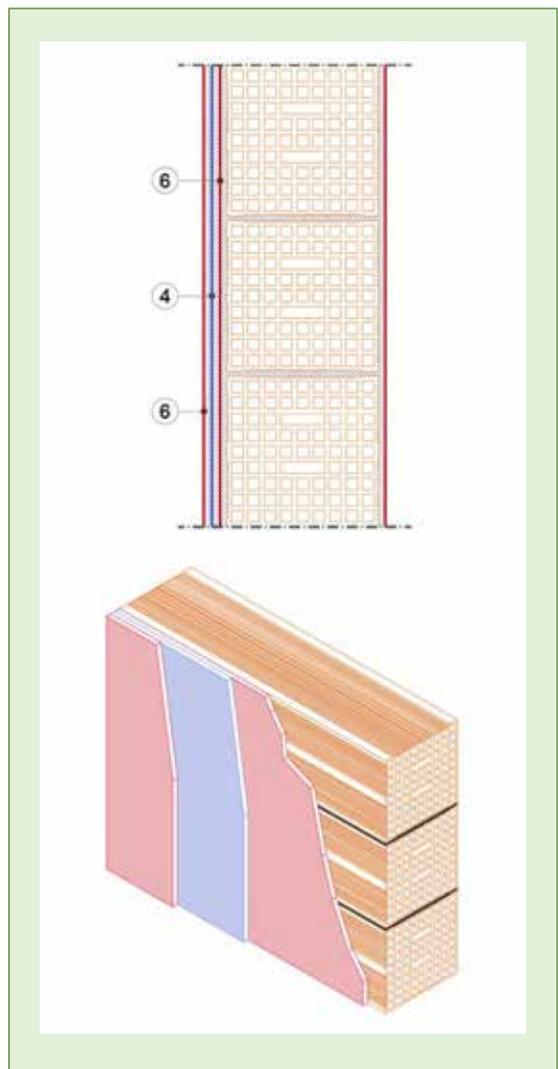
| Legenda | Riferimenti |
|---|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta;</p> <p>B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero</p> <p>² Riferimento all'argilla espansa</p> <p>³ Riferimento al calcio silicato</p> <p>⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R)</p> <p>⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato</p> <p>⁶ Aumenta il rischio di diffusione</p> <p>⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - AA.VV., (2000) <i>Isolamento esterno a cappotto: sistema di rivestimento esterno con intonaco sottile su isolante</i>, BEMA, Milano - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualficazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Paoletta, A., Cocci Grifoni, R. (2012) <i>L'uso del polistirene espanso in edilizia: riflessioni critiche su un materiale non ecologico</i>. WWF dossier. WWF Ricerche e progetti, 2012 - Stec A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 - Tucci F., (2000) <i>Ecoefficienta dell'involucro architettonico: la pelle dell'edificio da barriera protettiva a complesso sistema-filtro selettivo e polivalente</i>, Editrice Librerie Dedalo |

| TECNICA 3 | ISOLAMENTO DALL'ESTERNO CON INTONACO TERMOISOLANTE | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|---|---|---------|---|
|  | Stesura di intonaco e finitura coibente sul supporto murario esterno dell'edificio |  | 6 | - | - | Reazione al fuoco |
| | | | 6 | - | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 6 | - | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 6 | - | - | Costo totale |
| | | | 6 | - | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 4 | 6 | - | Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

| | |
|---|---|
| Stuccatura e livellatura sul lato esterno del supporto murario con intonaco termoisolante | 6 |
| Applicazione di uno strato di finitura con opportuno prodotto rasante | 4 |
| Eventuale applicazione dello strato di finitura | 6 |

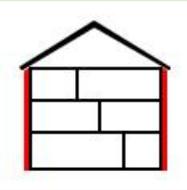
| |
|---|
| 6 |
| 4 |
| 6 |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la preparazione delle miscele per lo strato legante, strato di rasatura e di finitura superficiale si possono generare polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e a contatto con operatori che non indossano dispositivi di protezione individuale (DPI), possono provocare bronchiti, eczemi, difficoltà respiratorie, ustioni chimiche, dermatiti, eczemi, asma, pneumoconiosi non evolutive e silicosi.

Lo stesso vale per l'utilizzo di listelli in perlinatura di legno i quali, durante l'operazione di taglio, possono produrre polveri o schegge, col conseguente rischio di irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali.

| TECNICA 3 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|--|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Malta rasante - Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |

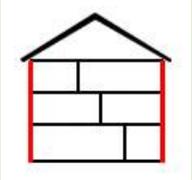
| 4 | Malta rasante | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Di cemento | N | N | N | M | 93% | 7% |
| | Di calce idraulica naturale in polvere | N | N | N | B | 85% | 15% |
| | Di calce idraulica artificiale pozzolanica in polvere | N | N | N | B | 96% | 4% |
| | Di calce aerea | N | N | N | B | 88% | 12% |
| | Di calce idrata | N | N | N | B | 97% | 3% |

| 6 | Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% |
| | Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% |
| | Listelli in perlinatura di legno | M | M | A | M | 16% | 84% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore |



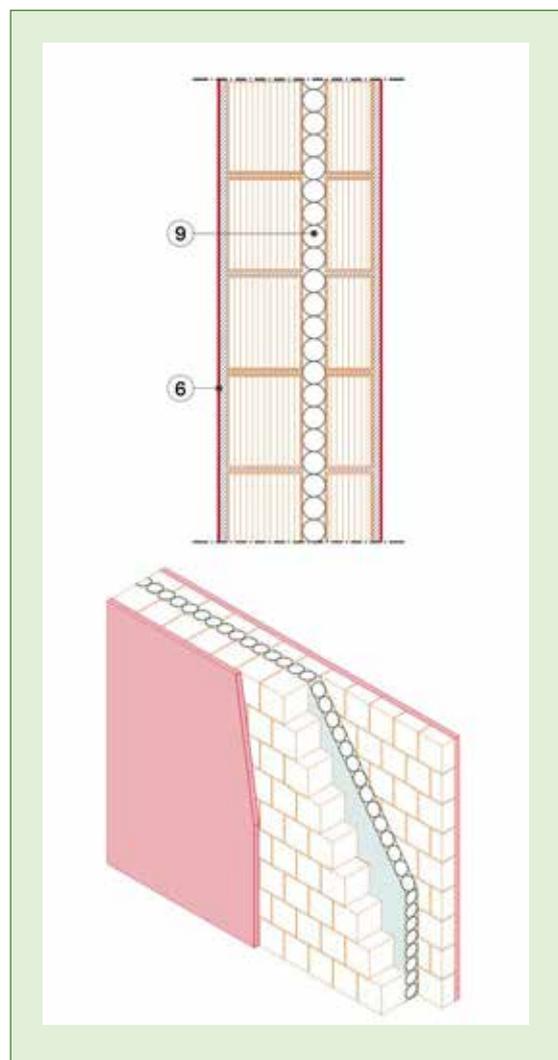
| | | |
|---|---|---|
|  |  | <ol style="list-style-type: none"> 1. Stuccatura sul lato esterno del supporto murario con intonaco termoisolante 2. Livellatura dello strato di stuccatura 3. Applicazione di uno strato di finitura con opportuno prodotto rasante 4. Eventuale ulteriore applicazione dello strato di finitura |
|  |  | |

| TECNICA 4 | ISOLAMENTO IN INTERCAPEDINE | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|---|---|---------|---|
|  | Inserimento di materiale coibente schiumoso nella camera d'aria di una parete multistrato "a cassa vuota" |  | 6 | 9 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 6 | 9 | - | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 6 | 9 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 6 | 9 | - | Costo totale |
| | | | 6 | 9 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 6 | 9 | - | Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

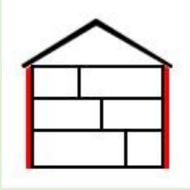
| | |
|---|---|
| Realizzazione di fori alla sommità della parte interna della parete, a distanza regolare di circa 2 metri l'uno dall'altro e con un diametro i circa 50/60 millimetri | - |
| Inserimento di tubi per l'iniezione nei fori e sigillatura di eventuali spazi | - |
| Iniezione del materiale coibente schiumoso nella camera d'aria con specifiche macchine ad aria compressa | 9 |
| Chiusura dei fori con materiale di riempimento | - |
| Completamento con uno strato di finitura superficiale | 6 |

| |
|---|
| - |
| - |
| 9 |
| - |
| 6 |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

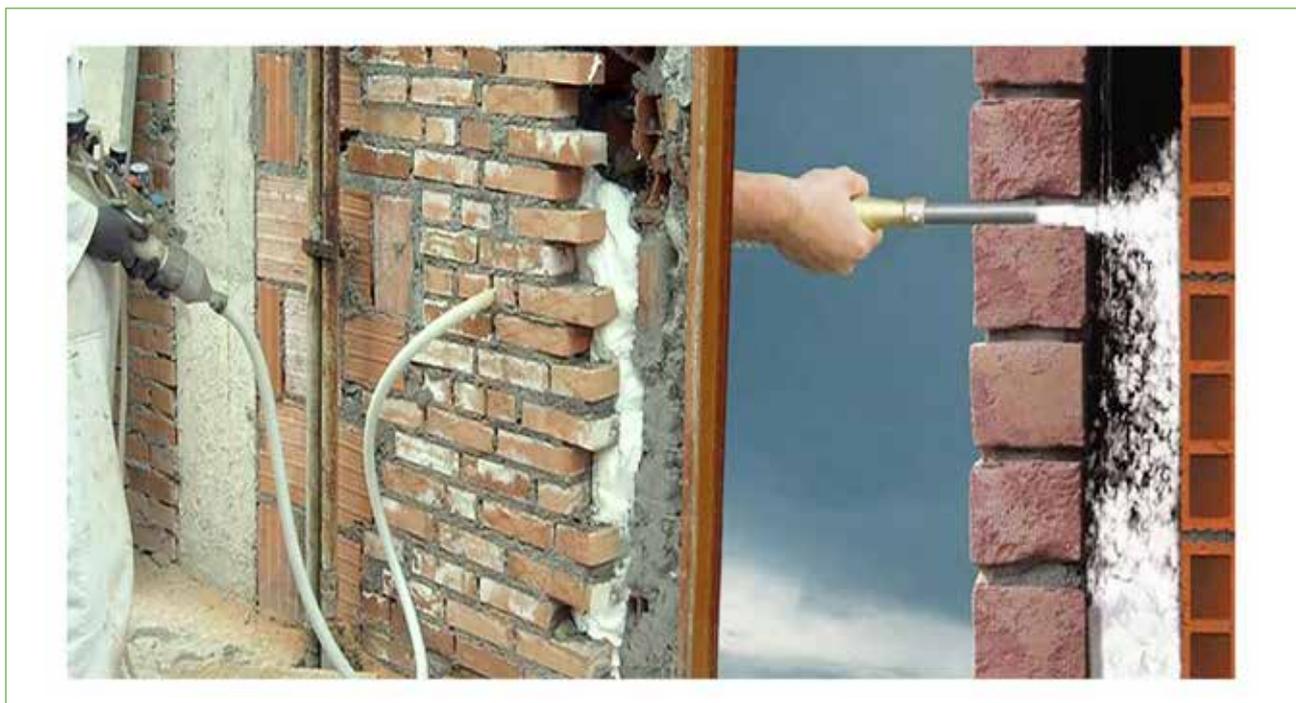
Durante la preparazione delle miscele per lo strato stuccatura e di finitura superficiale si generano delle polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano dispositivi di protezione individuale (DPI), possono provocare bronchiti, eczemi, difficoltà respiratorie, ustioni chimiche, dermatiti, eczemi, asma, pneumoconiosi non evolutive e silicosi. Per quanto riguarda i materiali di riempimento di intercapedine, particolare attenzione è necessaria nel caso di utilizzo di materiali in fibra di vetro, le cui fibre una volta inalate possono provocare effetti infiammatori sulle strutture polmonari, irritazioni alla pelle e cancerogenicità. Questi effetti possono avvenire durante la messa in opera del prodotto, nelle fasi di rifinitura e durante rimozione e smaltimento. Per quanto riguarda, invece, l'applicazione di schiuma poliuretanica, è necessario che i posatori rispettino le necessarie misure di protezione, tra cui il confinamento dell'area immediatamente circostante l'applicazione affinché gli occupanti e in generale i non addetti ai lavori non possano accedervi. Gli applicatori devono inoltre indossare respiratori o maschere a pressione d'aria positiva e altri DPI per ridurre l'esposizione a vapori, aerosol e particolari MDI e altre sostanze chimiche che possono essere rilasciate durante la spruzzatura e le operazioni successive. A polimerizzazione avvenuta, la schiuma è considerata chimicamente inerte. Inoltre, bisogna tener conto che questo tipo di materiale, in caso di incendio, è altamente tossico poiché produce alti valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno.

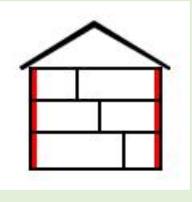
| TECNICA 4 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|--|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Strato di stuccatura/Strato di finitura - Materiali di riempimento di intercapedine | | | | | | |

| 6 | Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% |
| | Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% |
| | Listelli in perlina di legno | M | M | A | M | 16% | 84% |

| 9 | Materiali di riempimento di intercapedine | | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Schiuma poliuretanic | M _p | B _p | B _p | M | 55% | 45% |
| | Argilla espansa | N | N | N | M | 31% | 69% |
| | Fibra di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2013) PU and Health - <i>Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation</i>, Factsheet n. 18, gennaio 2013 - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Sasso U., (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove e indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i>, Alinea, Firenze - Stec, A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 |



| TECNICA 5 | ISOLAMENTO DALL'INTERNO CON LASTRE/PANNELLI ISOLANTI | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|---|---|---------|---|
|  | Applicazione di lastre/pannelli isolanti mediante fissaggio di struttura metallica sul lato interno del supporto murario |  | 2 | 6 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | 6 | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 2 | 6 | 7 | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 6 | 7 | Costo totale |
| | | | 2 | 6 | 7 | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 6 | 7 | Incidenza materiale |

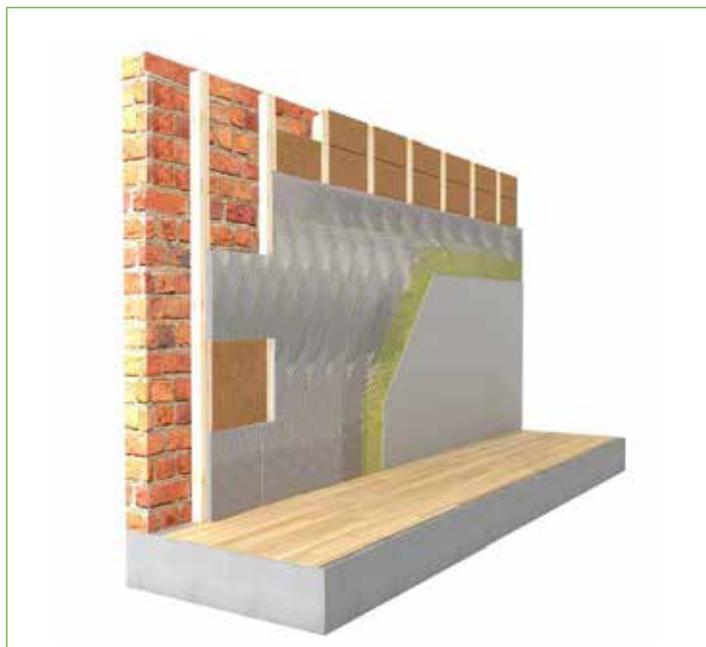
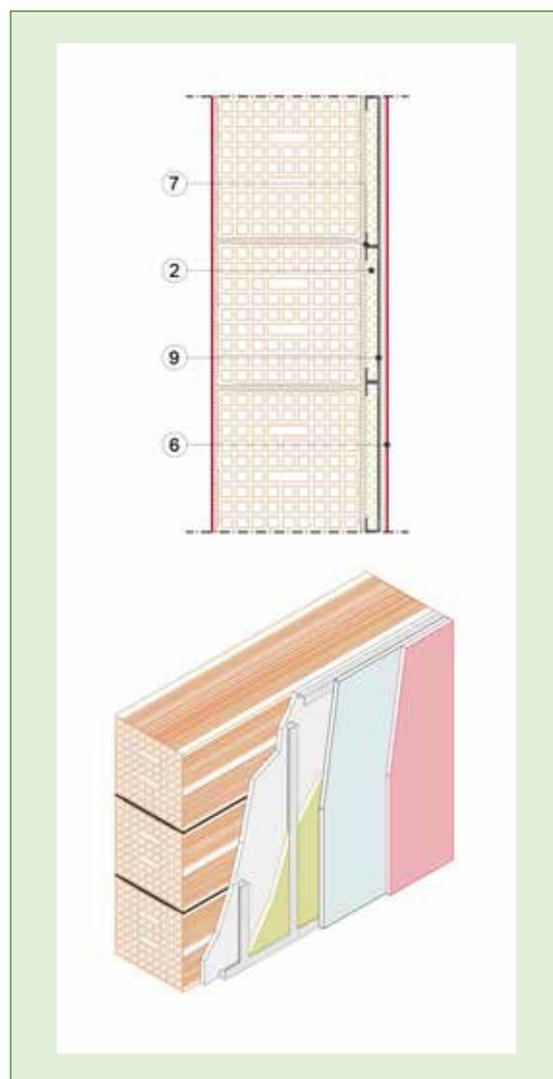
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|--|---|
| Fissaggio di una struttura metallica sul lato interno del supporto murario | 7 |
| Montaggio di lastre in cartongesso | 2 |
| Riempimento e stuccatura delle fughe con schiume isolanti | 9 |
| Applicazione di una rete porta-intonaco | - |
| Completamento con uno strato di finitura superficiale | 6 |

MATERIALI

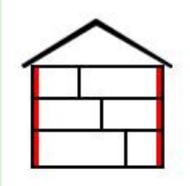
| |
|---|
| 7 |
| 2 |
| 9 |
| - |
| 6 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la posa in opera dei sistemi di supporto si generano polveri, dovuti al taglio o al collegamento tra le parti. Nel caso in cui si adoperano materiali in alluminio, è importante evitare il rischio di inalazione o ingerimento di polveri, poiché esse possono causare gravi patologie. In particolare, i lavoratori esposti alla polvere di alluminio o all'ossido di alluminio rischiano di sviluppare gravi e invalidanti malattie come la fibrosi polmonare, che può essere aggravata dalla presenza di silicati. I lavoratori che operano a stretto contatto con questo materiale e con i suoi scarti o le sue polveri, dovrebbero dotarsi di un adeguato respiratore con filtri adatti a depurare l'aria inalata. Se si opta per armature in legno la stessa attenzione è riposta nel momento del taglio delle parti, che generano polveri o schegge, le quali possono provocare, irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Per quanto riguarda, invece, il traliccio in PVC, questo materiale in caso di incendio produce gas corrosivi, e una elevata quantità di gas tossici.

| TECNICA 5 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Strato di stuccatura/Strato di finitura - Sistema di supporto - Materiali di riempimento di intercapedine | | | | | | |

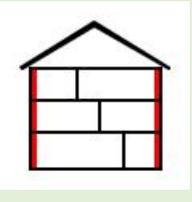
| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretanic (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 6 | Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% |
| | Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% |
| | Listelli in perlinatura di legno | M | M | A | M | 16% | 84% |

| 7 | Sistema di supporto | | | | | | |
|---|--|---|---|----------------|---|-----|-----|
| | Sistema metallico Acciaio inox, alluminio, acciaio inossidabile, Cor-ten | N | N | M ⁴ | A | 17% | 83% |
| | Sistema non metallico Armatura in legno trattato | M | M | M | A | 27% | 73% |
| | Traliccio in PVC | A | A | A | A | 31% | 69% |
| | Cavi in Nylon | M | A | A | A | 31% | 69% |

| 9 | Materiali di riempimento di intercapedine | | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Schiuma poliuretanic | M _p | B _p | B _p | M | 55% | 45% |
| | Argilla espansa | N | N | N | M | 31% | 69% |
| | Fibra di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta;</p> <p>B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero</p> <p>² Riferimento all'argilla espansa</p> <p>³ Riferimento al calcio silicato</p> <p>⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R)</p> <p>⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato</p> <p>⁶ Aumenta il rischio di diffusione</p> <p>⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2013) <i>PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation</i>, Factsheet n. 18, gennaio 2013 - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - AA.VV., (2000) <i>Isolamento esterno a cappotto: sistema di rivestimento esterno con intonaco sottile su isolante</i>, BEMA, Milano - AIPE – Associazione Italiana Polistirene Espanso (2019) <i>Comportamento al fuoco: Sicurezza all'incendio di edifici realizzati con EPS</i>. Documento realizzato da EUMEPS, European Manufacturers of Expanded Polystyrene. - Chow C.L., Chow W.K. and Lu Z.A. (2003) <i>Assessment of Smoke Toxicity of Building Materials</i>, International Association for Fire Safety Science - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Sasso U., (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove e indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i>, Alinea, Firenze - Stec, A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 |

| TECNICA 6 | ISOLAMENTO DALL'INTERNO CON INTONACO TERMOISOLANTE | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|---|---|---------|---|
|  | Stesura di intonaco e finitura coibente sul lato interno del supporto murario |  | 6 | - | - | Reazione al fuoco |
| | | | 6 | - | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 6 | - | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 6 | - | - | Costo totale |
| | | | 6 | - | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 4 | 6 | - | Incidenza materiale |

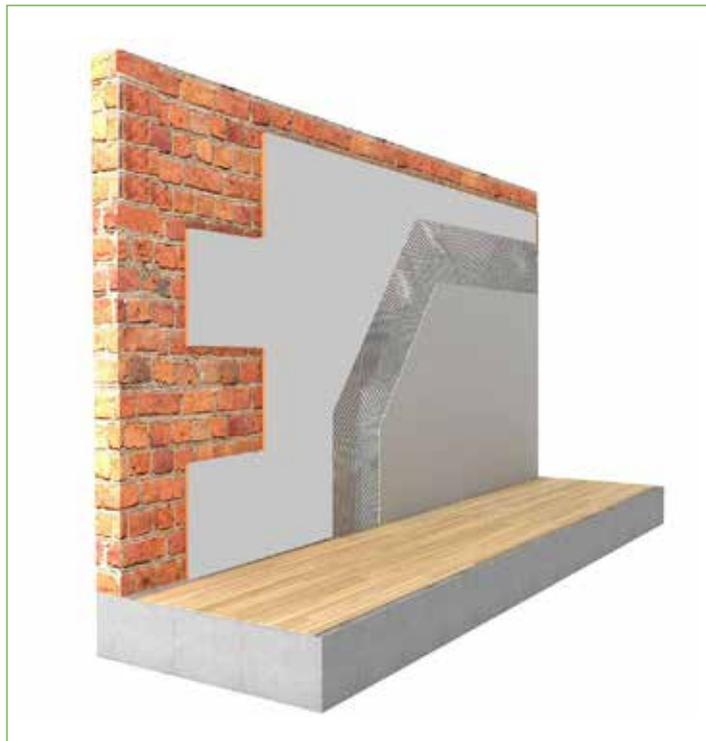
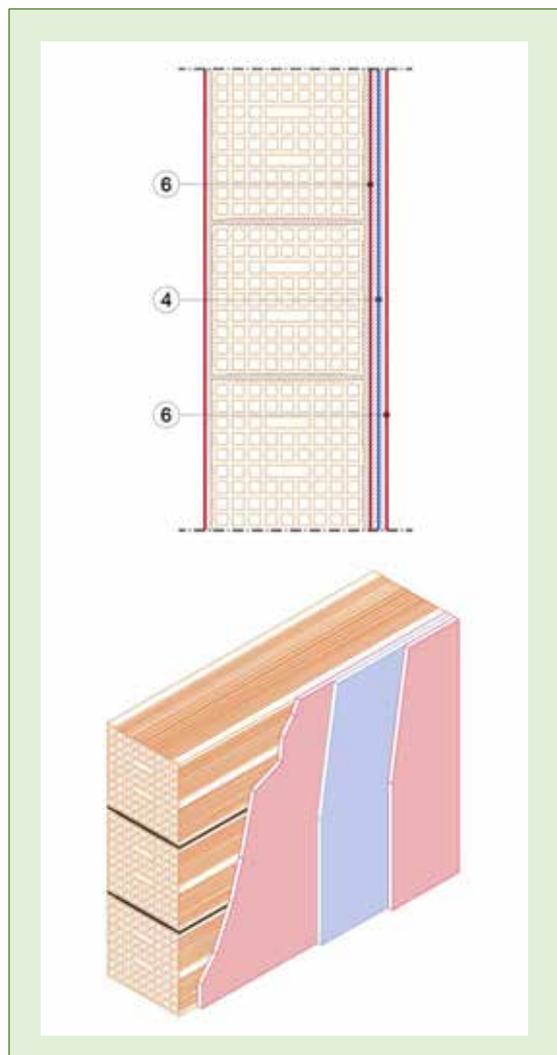
FASI DI REALIZZAZIONE

| |
|--|
| Tinteggiatura con intonaco termoisolante continuo sul lato interno o esterno della parete esistente. |
| Posa dello strato di finitura della superficie con opportuno prodotto rasante |
| Eventuale applicazione della finitura |

MATERIALI

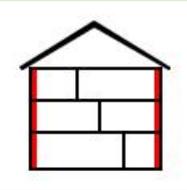
| |
|---|
| 6 |
| 4 |
| 6 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la preparazione delle miscele per lo strato legante, strato di rasatura e di finitura superficiale si generano delle polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI, possono provocare bronchiti, eczemi, difficoltà respiratorie, ustioni chimiche, dermatiti, eczemi, asma, pneumoconiosi non evolutive e silicosi. Lo stesso vale anche nel caso si utilizzano listelli in perlina di legno, gli elementi, durante l'operazione di taglio generano delle polveri o delle schegge, le quali possono provocare, irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali.

| TECNICA 6 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|--|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Malta rasante - Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |

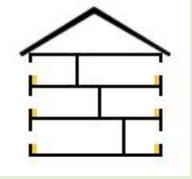
| 4 | Malta rasante | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Di cemento | N | N | N | M | 93% | 7% |
| | Di calce idraulica naturale in polvere | N | N | N | B | 85% | 15% |
| | Di calce idraulica artificiale pozzolanica in polvere | N | N | N | B | 96% | 4% |
| | Di calce aerea | N | N | N | B | 88% | 12% |
| | Di calce idrata | N | N | N | B | 97% | 3% |

| 6 | Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% |
| | Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% |
| | Listelli in perlinatura di legno | M | M | A | M | 16% | 84% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore |



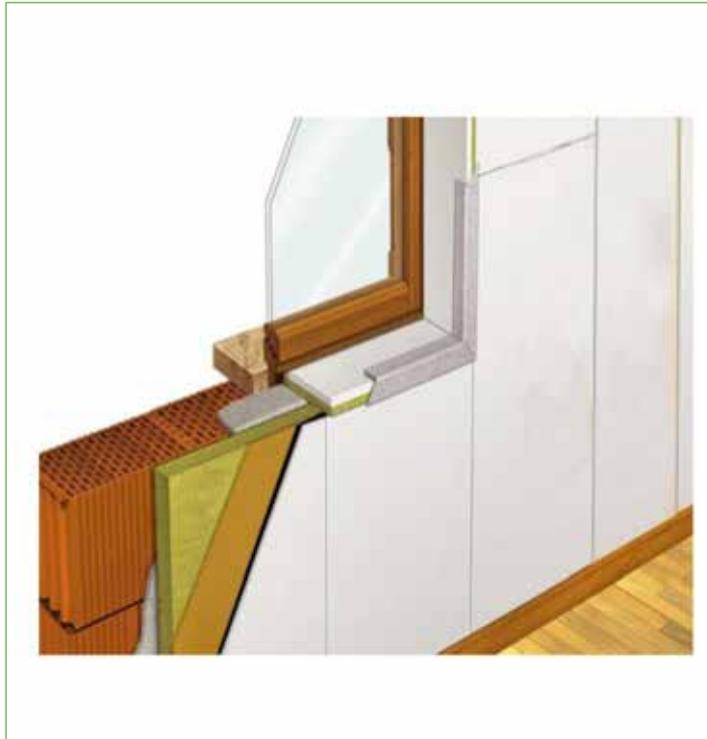
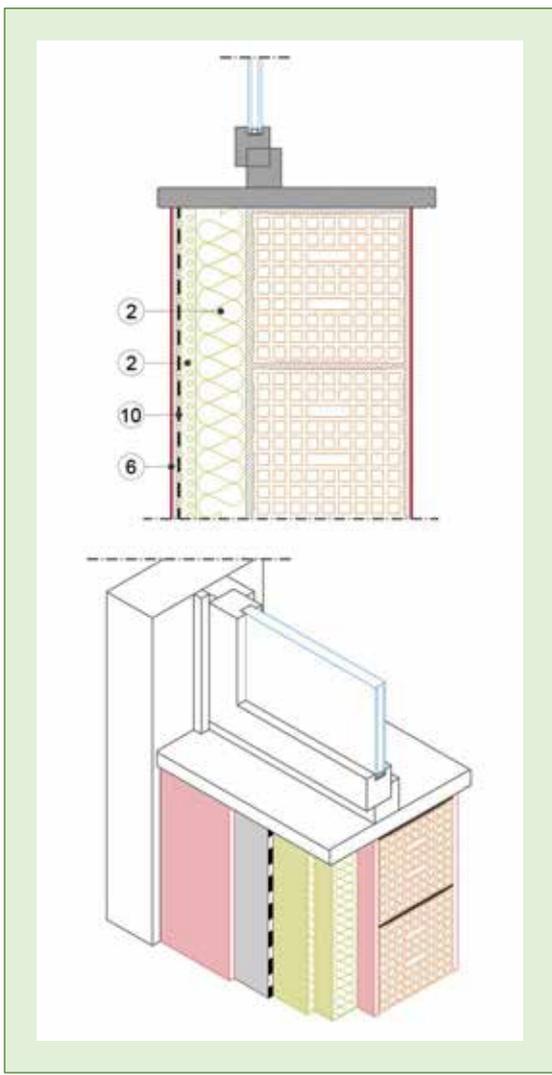
| | | |
|---|---|---|
|  |  | <ol style="list-style-type: none"> 1. Stuccatura sul lato interno del supporto murario con intonaco termoisolante 2. Livellatura dello strato di stuccatura 3. Applicazione di uno strato di finitura con opportuno prodotto rasante 4. Eventuale ulteriore applicazione dello strato di finitura |
|  |  | |

| TECNICA 7 | ISOLAMENTO DEL SOTTOFINESTRA | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|---|----|---------|---|
|  | Applicazione di lastre/pannelli coibenti al di sotto delle aperture a finestra |  | 2 | 6 | 10 | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | 6 | - | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 2 | 6 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 10 | - | Costo totale |
| | | | 2 | 10 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 10 | - | Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

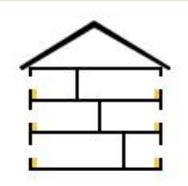
| | |
|---|----|
| Applicazione di lastre termoisolanti | 2 |
| Montaggio di lastre in cartongesso | 2 |
| Posa in opera di una barriera al vapore | 10 |
| Sigillatura dei pannelli | - |
| Applicazione di uno strato di finitura a spessore | 6 |

| |
|----|
| 2 |
| 2 |
| 10 |
| - |
| 6 |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la posa dei pannelli termoisolanti, il taglio degli elementi genera polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano dispositivi di protezione individuale (DPI), possono provocare irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma e difficoltà respiratorie, oltre ad eventuali, anche se rari, tumori nasali. Nel caso particolare di pannelli in lana di vetro, questi effetti possono avvenire nelle fasi di rifinitura e durante la fase di rimozione e smaltimento. Per tutti i pannelli le operazioni di taglio devono essere eseguite in aree molto ben ventilate. Lo stirene contenuto nei pannelli sintetici organici è considerato un interferente endocrino, che in opera può continuare ad emettere in percentuali decrescenti. Anche i composti utilizzati per impedire la combustione e/o per ritardare la diffusione delle fiamme nei pannelli possono essere considerati tossici durante l'incendio. Quantità e qualità dei prodotti emessi dipendono dalla composizione chimica, spesso non specificata in modo opportuno dal produttore. In presenza di fiamma, specie nei pannelli in PIR e PUR, si producono elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno. Il decesso sopraggiunge per esposizione a CO e CO₂. Il monossido di carbonio è considerato il componente più letale per il suo marcato effetto narcotico. In caso di combustione senza fiamma, possono prodursi diossine e furani. La combustione di pannelli in EPS produce fumi di colore scuro intenso che ostacolano durante l'incendio, sia la fuga degli occupanti che l'arrivo dei soccorsi.

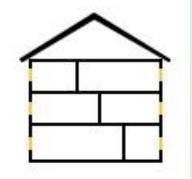
| TECNICA 7 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Strato di stuccatura/Strato di finitura - Barriera al vapore | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretanic (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 6 | Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% |
| | Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% |
| | Listelli in perlatura di legno | M | M | A | M | 16% | 84% |

| 10 | Barriera al vapore | | | | | | |
|----|---|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Foglio laminato a strati di LDPE, accoppiato con un foglio di alluminio e fogli di polietilene | A | B _p | B _p | B | 44% | 56% |
| | Foglio d'alluminio, rete di rinforzo, poliestere e polietilene | A | B _p | B _p | B | 38% | 62% |
| | Membrana di bitume con finitura di TNT in polipropilene o finitura sabbiata | A | B _p | B _p | B | 48% | 52% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro e lamina di alluminio | A | B _p | B _p | B | 37% | 63% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro rinforzato | A | B _p | B _p | B | 50% | 50% |

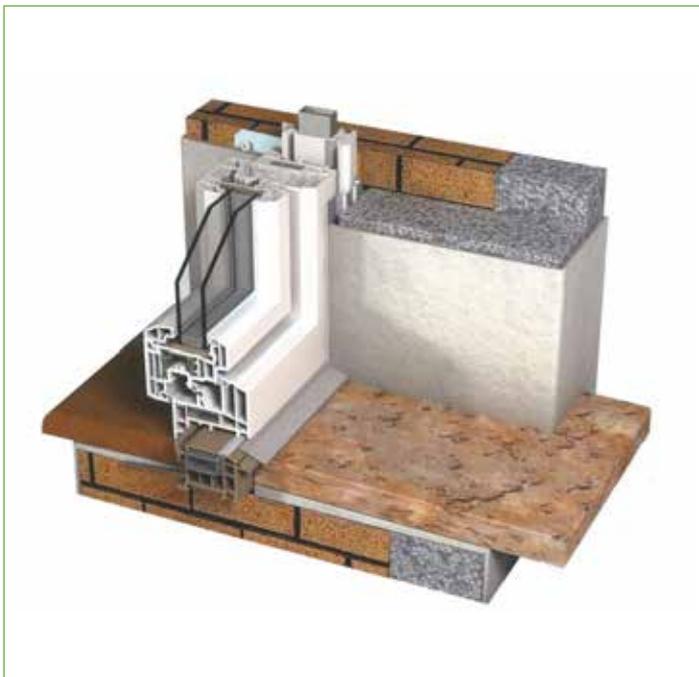
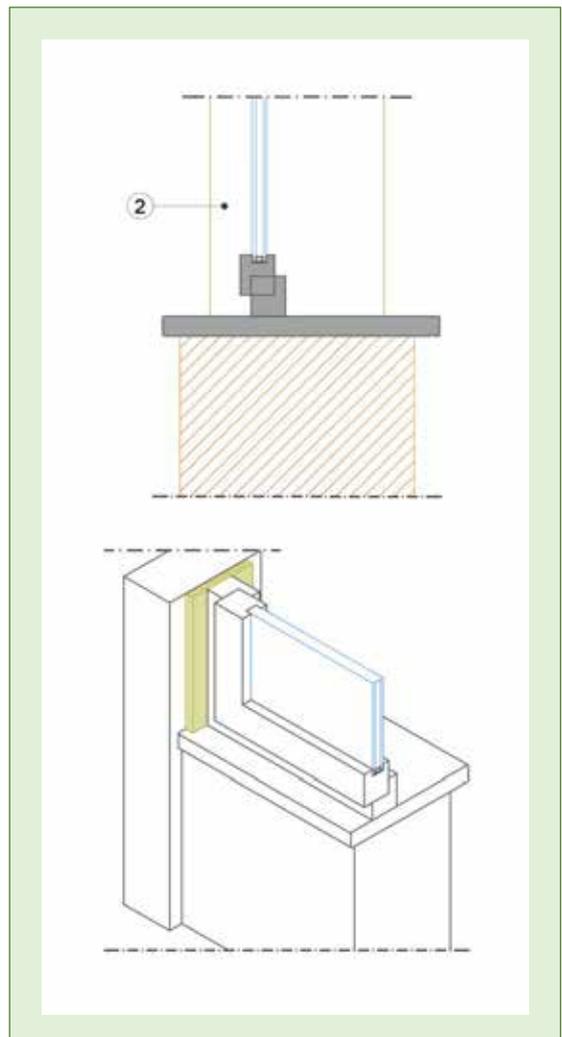
| Legenda | Riferimenti |
|---|---|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - AA.VV., (2000) <i>Isolamento esterno a cappotto: sistema di rivestimento esterno con intonaco sottile su isolante</i>, BEMA, Milano - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Paoletta, A., Cocci Grifoni, R. (2012) <i>L'uso del polistirene espanso in edilizia: riflessioni critiche su un materiale non ecologico</i>. WWF dossier. WWF Ricerche e progetti, 2012 - Stec A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>. Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 - Tucci F., (2000) <i>Ecoefficienta dell'involucro architettonico: la pelle dell'edificio da barriera protettiva a complesso sistema-filtro selettivo e polivalente</i>, Editrice Librerie Dedalo |

| TECNICA 8 | ISOLAMENTO DELLE SPALLETTE DELLE FINESTRE | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|---|---|---------|---|
|  | Applicazione di lastre/pannelli coibenti nello spazio tra il serramento e il vano murario |  | 2 | - | - | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | - | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 2 | - | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | - | - | Costo totale |
| | | | 2 | - | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | - | - | Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

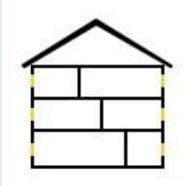
| | |
|---|---|
| Rimozione del serramento esistente, pulizia, asciugatura e verifica della complanarità del vano murario interessato dall'intervento | - |
| Applicazione di lastre termoisolanti | 2 |
| Posa in opera del serramento | - |
| Sigillatura delle infiltrazioni d'aria tra la finestra e il vano murario | - |

| |
|---|
| - |
| 2 |
| - |
| - |



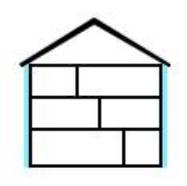
EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la posa dei pannelli termoisolanti, il taglio degli elementi genera polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano dispositivi di protezione individuale (DPI), possono provocare irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma e difficoltà respiratorie, oltre ad eventuali, anche se rari, tumori nasali. Nel caso particolare di pannelli in lana di vetro, questi effetti possono avvenire nelle fasi di rifinitura e durante la fase di rimozione e smaltimento. Per tutti i pannelli le operazioni di taglio devono essere eseguite in aree molto ben ventilate. Lo stirene contenuto nei pannelli sintetici organici è considerato un interferente endocrino, che in opera può continuare ad emettere in percentuali decrescenti. Anche i composti utilizzati per impedire la combustione e/o per ritardare la diffusione delle fiamme nei pannelli possono essere considerati tossici durante l'incendio. Quantità e qualità dei prodotti emessi dipendono dalla composizione chimica, spesso non specificata in modo opportuno dal produttore. In presenza di fiamma, specie nei pannelli in PIR e PUR, si producono elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno. Il decesso sopraggiunge per esposizione a CO e CO₂. Il monossido di carbonio è considerato il componente più letale per il suo marcato effetto narcotico. In caso di combustione senza fiamma, possono prodursi diossine e furani. La combustione di pannelli in EPS produce fumi di colore scuro intenso che ostacolano durante l'incendio, sia la fuga degli occupanti che l'arrivo dei soccorsi.

| TECNICA 8 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|-----------------------------------|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | - Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretanic (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|---|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - AA.VV., (2000) <i>Isolamento esterno a cappotto: sistema di rivestimento esterno con intonaco sottile su isolante</i>, BEMA, Milano - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Paoletta, A., Cocci Grifoni, R. (2012) <i>L'uso del polistirene espanso in edilizia: riflessioni critiche su un materiale non ecologico</i>. WWF dossier. WWF Ricerche e progetti, 2012 - Sasso U., (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove e indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i>, Alinea, Firenze - Stec A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 |

| TECNICA 9 | FACCIATA VENTILATA | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|---|---|---------|---|
|  | Installazione di un sistema a secco sul supporto murario esterno dell'edificio costituito da montanti e traversi metallici che ospitano pannelli isolanti, distanziato dalla parete per consentire la creazione di un'intercapedine d'aria |  | 2 | 6 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | 6 | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 2 | 6 | 7 | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 7 | - | Costo totale |
| | | | 2 | 7 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 7 | - | Incidenza materiale |

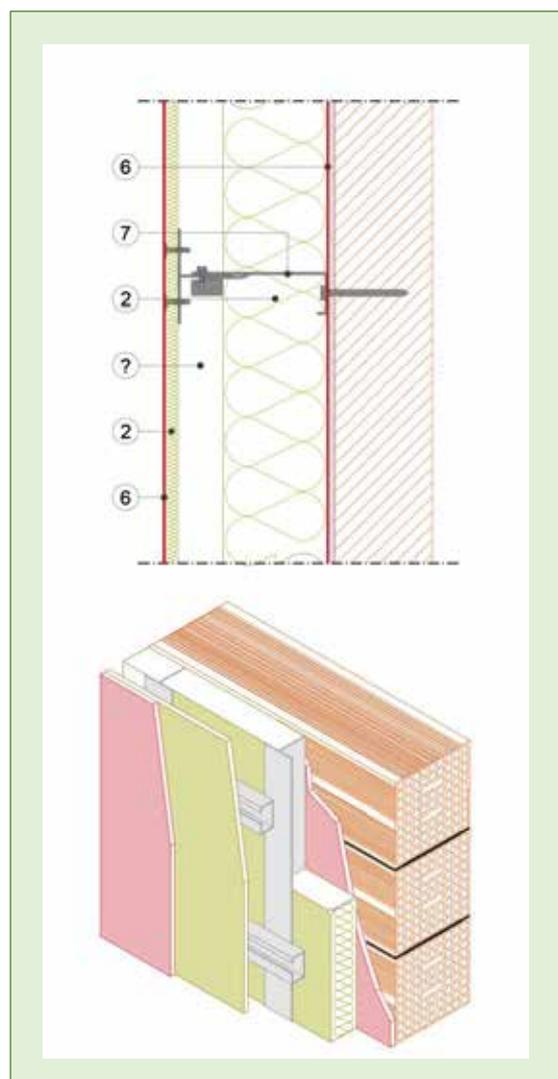
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|--|---|
| Stuccatura e livellatura sul lato esterno del supporto murario | 6 |
| Applicazione di pannelli termoisolanti | 2 |
| Fissaggio di un sistema di supporto a montanti e traversi | 7 |
| Realizzazione di un'intercapedine d'aria | - |
| Applicazione di pannelli termoisolanti continuo | 2 |
| Applicazione di uno strato di finitura a spessore | 6 |

MATERIALI

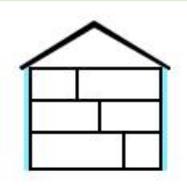
| |
|---|
| 6 |
| 2 |
| 7 |
| - |
| 2 |
| 6 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Il fuoco può estendersi rapidamente all'interno dell'intercapedine, sia in direzione verticale, raggiungendo altezze fino a 5 - 10 volte maggiori rispetto a quelle raggiunte su pareti non ventilate, che in direzione orizzontale. I materiali combustibili presenti nelle cavità e direttamente esposti alla fiamma si incendiano entro un tempo compreso tra 1 e 5 secondi e le condizioni di ventilazione presenti all'interno della cavità favoriscono la propagazione del fuoco e dei fumi, oscuranti (EPS) e tossici per la presenza di CO e CO₂. Il rischio in fase di installazione riguarda la produzione di polveri durante il taglio, che provoca irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma e difficoltà respiratorie, e in casi estremi, tumori nasali. In fase di uso possono verificarsi emissioni tossiche connesse allo stirene contenuto nei pannelli sintetici organici, che in opera può continuare ad emettere in percentuali decrescenti.

| TECNICA 9 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|--|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Strato di stuccatura/Strato di finitura - Sistema di supporto | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretani (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 6 | Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% |
| | Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% |
| | Listelli in perlinatura di legno | M | M | A | M | 16% | 84% |

| 7 | Sistema di supporto | | | | | | |
|---|--|---|---|----------------|---|-----|-----|
| | Sistema metallico Acciaio inox, alluminio, acciaio inossidabile, Cor-ten | N | N | M ⁴ | A | 17% | 83% |
| | Sistema non metallico Armatura in legno trattato | M | M | M | A | 27% | 73% |
| | Traliccio in PVC | A | A | A | A | 31% | 69% |
| | Cavi in Nylon | M | A | A | A | 31% | 69% |

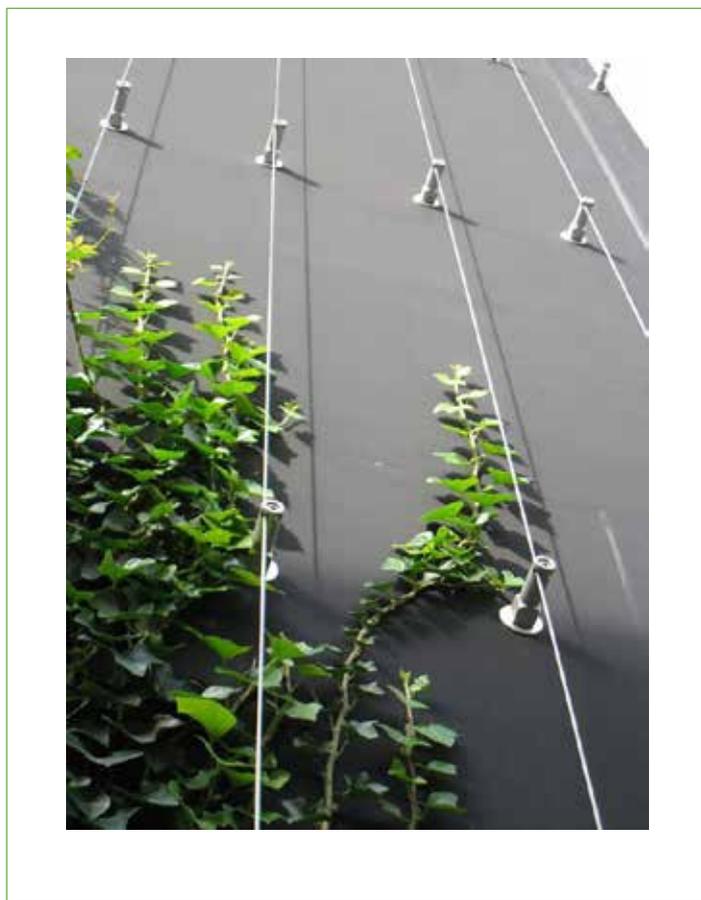
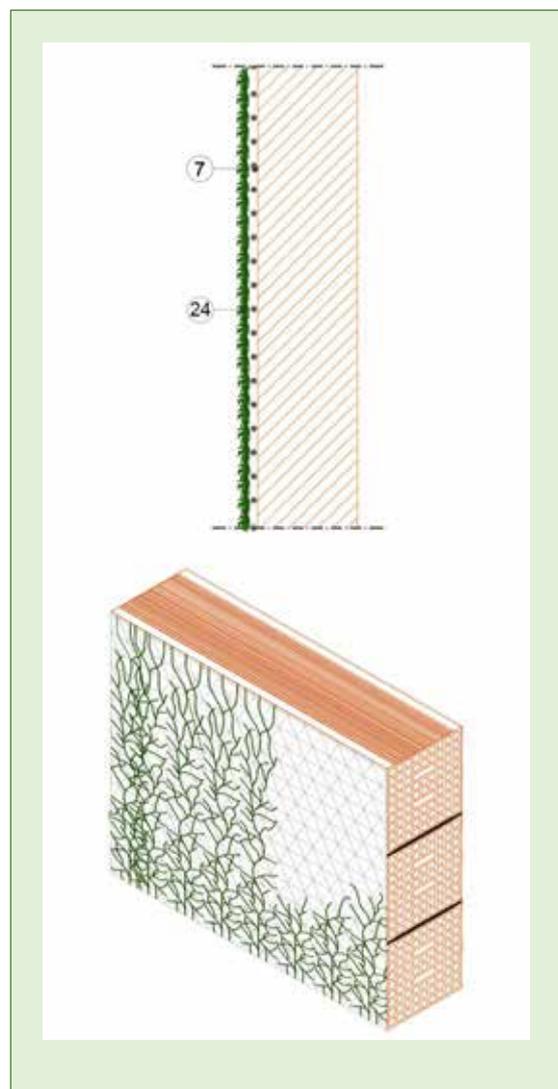
| | |
|---|---|
| <p>Legenda N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <p>Riferimenti</p> <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV., (2000) <i>Isolamento esterno a cappotto: sistema di rivestimento esterno con intonaco sottile su isolante</i>, BEMA, Milano - Altomonte S., (2004) <i>L'involucro architettonico come interfaccia dinamica: strumenti e criteri per una architettura sostenibile</i>, Alinea, Firenze. - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Rukavina M.J., Varević M., Pečur I., B., (2017) <i>Sicurezza antincendio delle facciate negli edifici</i>, Manuale per progettisti, architetti, ingegneri ed esperti di fuoco, Università di Zagabria, Facoltà di Ingegneria Civile |
|---|---|

| TECNICA 10a | FACCIATA VERDE TRADIZIONALE | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|---|----|---------|---|
|  | Installazione di un sistema di cavi sul supporto murario esterno dell'edificio che sostengono elementi vegetativi rampicanti |  | 7 | - | - | Reazione al fuoco |
| | | | 7 | - | - | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 7 | - | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 7 | 24 | - | Costo totale |
| | | | 7 | 24 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 7 | 24 | - | Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

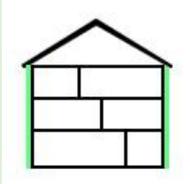
| |
|--|
| Installazione di un sistema di cavi sulla parete esterna dell'edificio |
| Piantumazioni di essenze rampicanti |

| |
|----|
| 7 |
| 24 |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

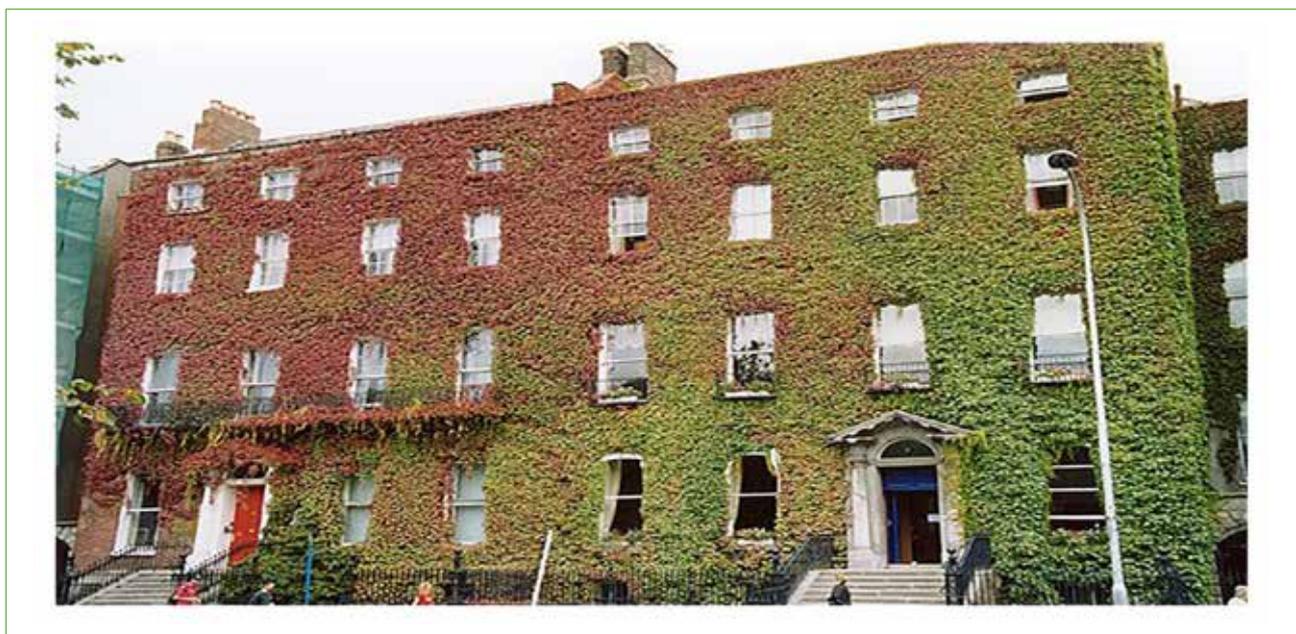
La presenza di essenze lungo la facciata, e la connessione di queste con terrazzi e aperture, può provocare fenomeni di allergia alla vegetazione piantumata, in soggetti predisposti. Durante la posa in opera dei sistemi di supporto si possono generare polveri, dovuti al taglio o ai collegamenti tra le parti. Nel caso in cui si utilizzano materiali in alluminio, è importante evitare il rischio di inalazione o ingerimento di polveri, poiché esse possono causare gravi patologie. In particolare, i lavoratori esposti alla polvere di alluminio o all'ossido di alluminio rischiano di sviluppare gravi e invalidanti malattie come la fibrosi polmonare, che può essere aggravata dalla presenza di silicati. I lavoratori che operano a stretto contatto con questo materiale e con i suoi scarti o le sue polveri, dovrebbero dotarsi di un adeguato respiratore con filtri adatti a depurare l'aria inalata. Se si opta per armature in legno la stessa attenzione è riposta nel momento del taglio delle parti, che generano polveri o schegge, le quali possono provocare, irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Per quanto riguarda, invece, il traliccio in PVC, questo materiale in caso di incendio produce gas nocivi.

| TECNICA 10a | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|--|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema di supporto - Elementi naturali | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |

| 7 | Sistema di supporto | | | | | | |
|---|--|---|---|----------------|---|-----|-----|
| | Sistema metallico Acciaio inox, alluminio, acciaio inossidabile, Cor-ten | N | N | M ⁴ | A | 17% | 83% |
| | Sistema non metallico Armatura in legno trattato | M | M | M | A | 27% | 73% |
| | Traliccio in PVC | A | A | A | A | 31% | 69% |
| | Cavi in Nylon | M | A | A | A | 31% | 69% |

| 24 | Elementi naturali | | | | | | |
|----|-------------------|----------------|---|---|---|-----|-----|
| | Terreno | N | N | N | B | 75% | 25% |
| | Essenza verde | B _q | N | N | B | 50% | 50% |

| Legenda N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità. ¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti | Riferimenti <ul style="list-style-type: none"> - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (2006) <i>Green Guide, The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings</i>, BH Elsevier, Burlington - Ceccherini Nelli L., D'Audino E., Trombadore A., (2005) <i>Schermature solari</i>, Alinea, Firenze - Chow C.L., Chow W.K. and Lu Z.A., (2003) <i>Assessment of Smoke Toxicity of Building Materials</i>, International Association for Fire Safety Science - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore |
|--|---|
|--|---|



| TECNICA 10b | FACCIATA VERDE DI TIPO EVOLUTO | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|---|----|---------|---|
|  | Installazione di un sistema a secco sul supporto murario esterno dell'edificio costituito da montanti e traversi che ospitano pannelli con tasche di terreno in cui sono piantati elementi vegetativi. |  | 8 | 24 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 8 | - | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 7 | 8 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 7 | 8 | - | Costo totale |
| | | | 8 | - | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 7 | 8 | 24 | Incidenza materiale |

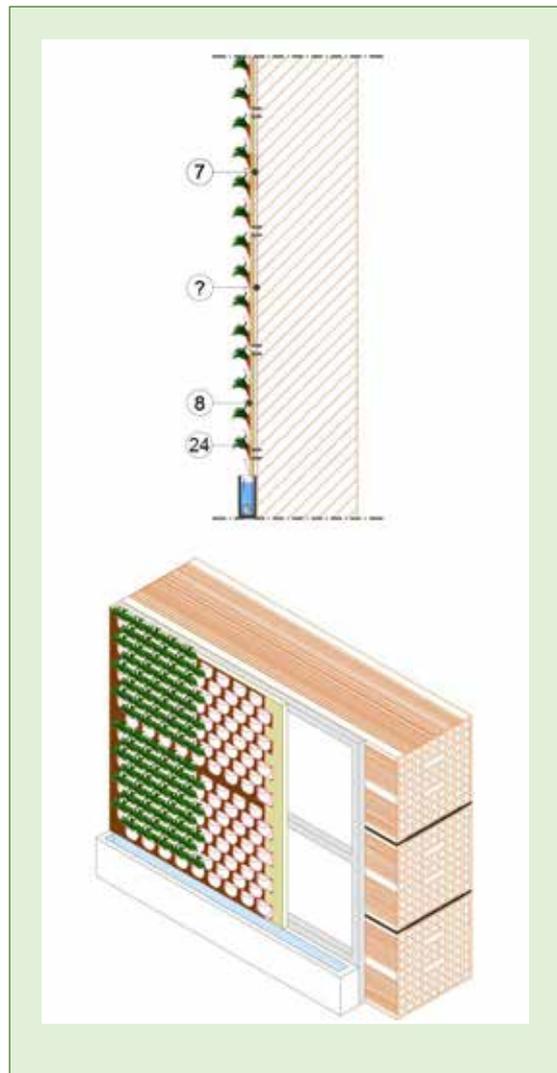
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|---|----|
| Fissaggio di un sistema di supporto a montanti e traversi sul lato esterno della parete esistente dell'edificio | 7 |
| Realizzazione di un'intercapedine d'aria | - |
| Applicazione di pannelli con tasche per l'inserimento del terreno | 8 |
| Piantumazione di elementi vegetativi | 24 |

MATERIALI

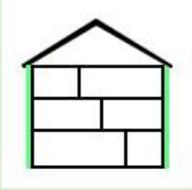
| |
|----|
| 7 |
| - |
| 8 |
| 24 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

La presenza di essenze lungo la facciata, e la connessione di queste con terrazzi e aperture, può provocare fenomeni di allergia alla vegetazione piantumata, in soggetti predisposti. Durante la posa in opera dei sistemi di supporto si possono generare polveri, dovuti al taglio o ai collegamenti tra le parti. Nel caso in cui si utilizzano materiali in alluminio, è importante evitare il rischio di inalazione o ingerimento di polveri, poiché esse possono causare gravi patologie. In particolare, i lavoratori esposti alla polvere di alluminio o all'ossido di alluminio rischiano di sviluppare gravi e invalidanti malattie come la fibrosi polmonare, che può essere aggravata dalla presenza di silicati. I lavoratori che operano a stretto contatto con questo materiale e con i suoi scarti o le sue polveri, dovrebbero dotarsi di un adeguato respiratore con filtri adatti a depurare l'aria inalata. Se si opta per armature in legno la stessa attenzione è riposta nel momento del taglio delle parti, che generano polveri o schegge, le quali possono provocare, irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Per quanto riguarda, invece, il traliccio in PVC, questo materiale in caso di incendio produce gas nocivi.

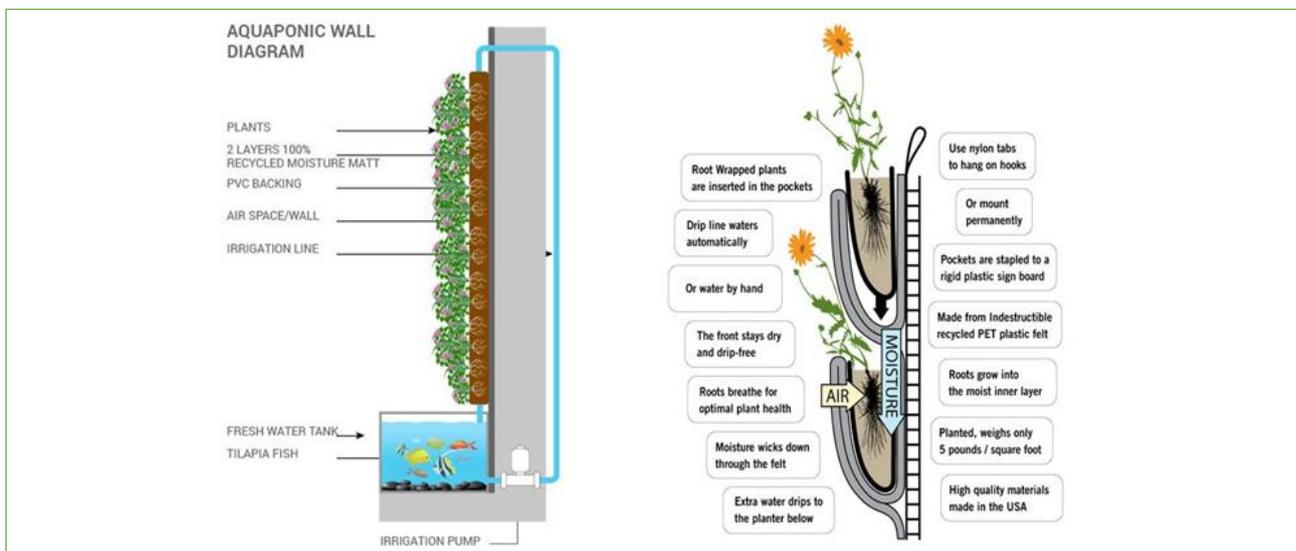
| TECNICA 10b | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema di supporto - Sistema di inverdimento - Elementi naturali | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |

| 7 | Sistema di supporto | | | | | | |
|---|--|---|---|----------------|---|-----|-----|
| | Sistema metallico Acciaio inox, alluminio, acciaio inossidabile, Cor-ten | N | N | M ⁴ | A | 17% | 83% |
| | Sistema non metallico Armatura in legno trattato | M | M | M | A | 27% | 73% |
| | Traliccio in PVC | A | A | A | A | 31% | 69% |
| | Cavi in Nylon | M | A | A | A | 31% | 69% |

| 8 | Sistema di inverdimento | | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|-----|-----|
| | Sistema metallico: In polietilene | A | A | A | A | 41% | 59% |
| | Sistema non metallico: In alluminio inossidabile | N | N | M | A | 52% | 48% |

| 24 | Elementi naturali | | | | | | |
|----|-------------------|----------------|---|---|---|-----|-----|
| | Terreno | N | N | N | B | 75% | 25% |
| | Essenza verde | B _q | N | N | B | 50% | 50% |

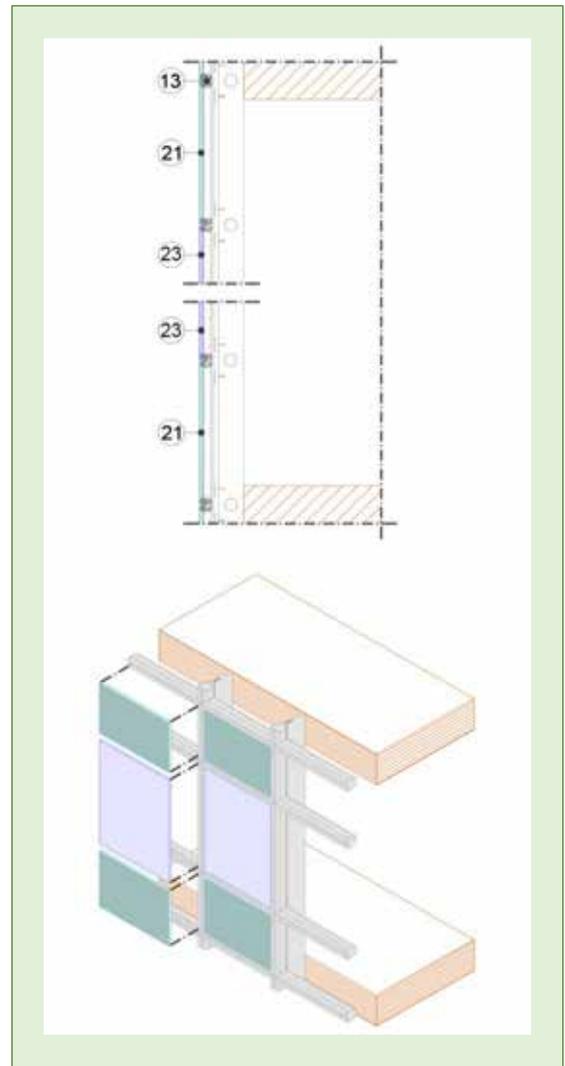
| Legenda | Riferimenti |
|---|---|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <p>Riferimenti</p> <ul style="list-style-type: none"> - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (2006) <i>Green Guide, The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings</i>, BH Elsevier, Burlington - Chow C.L., Chow W.K. and Lu Z.A. (2003) <i>Assessment of Smoke Toxicity of Building Materials</i>, In International Association for Fire Safety Science - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore |



| TECNICA 11a | CURTAIN WALL Facciata continua a montanti e traversi | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|----|----|---------|---|
|  | Installazione sul sistema portante esterno dell'edificio di una struttura metallica assemblata a secco costituita da montanti e traversi che ospitano pannelli isolanti o vetrate collegati in opera |  | - | - | - | Reazione al fuoco |
| | | | 23 | - | - | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 21 | 23 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 21 | 23 | - | Costo totale |
| | | | 13 | 21 | 23 | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 21 | 23 | - | Incidenza materiale |

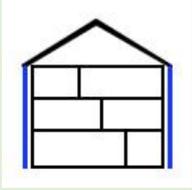
| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

| | |
|--|----|
| Installazione di una struttura metallica costituita da montanti e traversi sugli elementi portanti dell'edificio | 13 |
| Applicazione di pannelli di rifinitura sulla parte inferiore del sistema a telaio | 21 |
| Applicazione di parti vetrate apribili | 23 |
| Applicazione di pannelli di rifinitura sulla parte superiore del sistema a telaio | 21 |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

I sistemi di facciata che utilizzano vetrate basso emissive resistono al calore di un incendio più a lungo ma, nello stesso tempo, possono mascherarne la presenza, mantenendo il fuoco all'interno dell'ambiente, ritardando l'allerta e l'arrivo dei soccorsi, oltre a favorire lo sviluppo di altissime temperature. La mancanza di sistemi di apertura, che spesso caratterizzano le facciate continue in vetro, impedisce l'ingresso di ossigeno dall'esterno, il che crea condizioni di estrema densità dei fumi nell'ambiente interessato dall'incendio, i quali possono diffondersi in breve tempo all'intero edificio tramite sistema di ventilazione che collega tutti gli ambienti. La scarsa resistenza al fuoco dei dispositivi di fissaggio delle facciate in vetro alle strutture può inoltre provocare il distacco delle lastre.

| TECNICA 11a | CURTAIN WALL Facciata continua a montanti e traversi |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  <ul style="list-style-type: none"> - Sistema di fissaggio a telaio o puntuale - Pannelli di rifinitura - Vetri | | | | | | | |

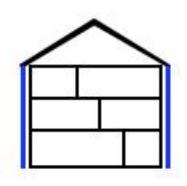
| 13 | Sistema di fissaggio a telaio o puntuale | | | | | | |
|----|--|---|---|---|---|-----|-----|
| | Acciaio | N | N | N | A | 25% | 75% |
| | Alluminio | N | N | B | A | 28% | 72% |
| | Tiranti/Ragni in acciaio | N | N | B | A | 30% | 70% |

| 21 | Pannelli di rifinitura | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Pannelli di acciaio | N | N | M | M | 45% | 55% |
| | Pannelli in vetro temprato riflettente smaltato | N | N | N | M | 40% | 60% |
| | Pannelli di alluminio | N | N | M | A | 45% | 55% |
| | Pannelli di titanio | N | N | M | A | 21% | 79% |
| | Pannelli di granito | N | M | M | A | 45% | 55% |
| | Pannelli di marmo | N | M | M | A | 40% | 60% |

| 23 | Vetri | | | | | | |
|----|------------------------------|---|---|---|---|-----|-----|
| | Vetri singoli | N | A | N | M | 66% | 34% |
| | Vetrocamera | N | N | B | A | 13% | 87% |
| | Vetri isolanti | N | N | B | A | 14% | 86% |
| | Vetri temprati | N | N | M | A | 10% | 90% |
| | Vetri stratificati | N | N | M | A | 15% | 85% |
| | Vetri assorbenti-riflettenti | N | N | B | A | 16% | 84% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <p>Riferimenti</p> <ul style="list-style-type: none"> - Croce S., Poli, T., (2013) <i>Transparency. Facciate in vetro tra architettura e sperimentazione</i>. Gruppo 24 ore, Milano. - Khoraskani, A.R. (2015) <i>Advanced Connection Systems for Architectural Glazing</i>. SpringerBriefs |

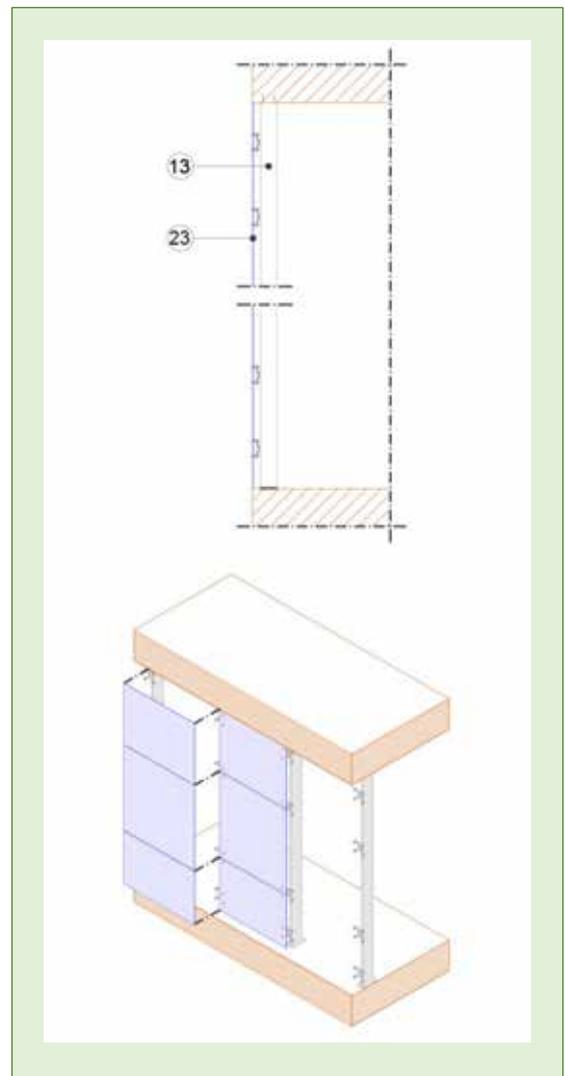


| TECNICA 11b | CURTAIN WALL Facciata continua a fissaggio puntuale | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|----|----|---------|---|
|  | Installazione sul sistema portante esterno dell'edificio di una struttura metallica assemblata a secco costituita da tubolari o tiranti ai quali vengono fissati lastre di vetro vincolate in modo puntuale in corrispondenza dei vertici |  | - | - | - | Reazione al fuoco |
| | | | 23 | - | - | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 23 | - | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 23 | - | - | Costo totale |
| | | | 13 | 23 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 23 | - | - | Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

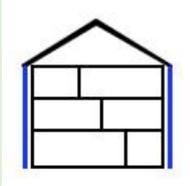
| |
|---|
| Installazione di una struttura metallica costituita da tubolari o tiranti e ragni |
| Applicazione di lastre di vetro |

| |
|----|
| 13 |
| 23 |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

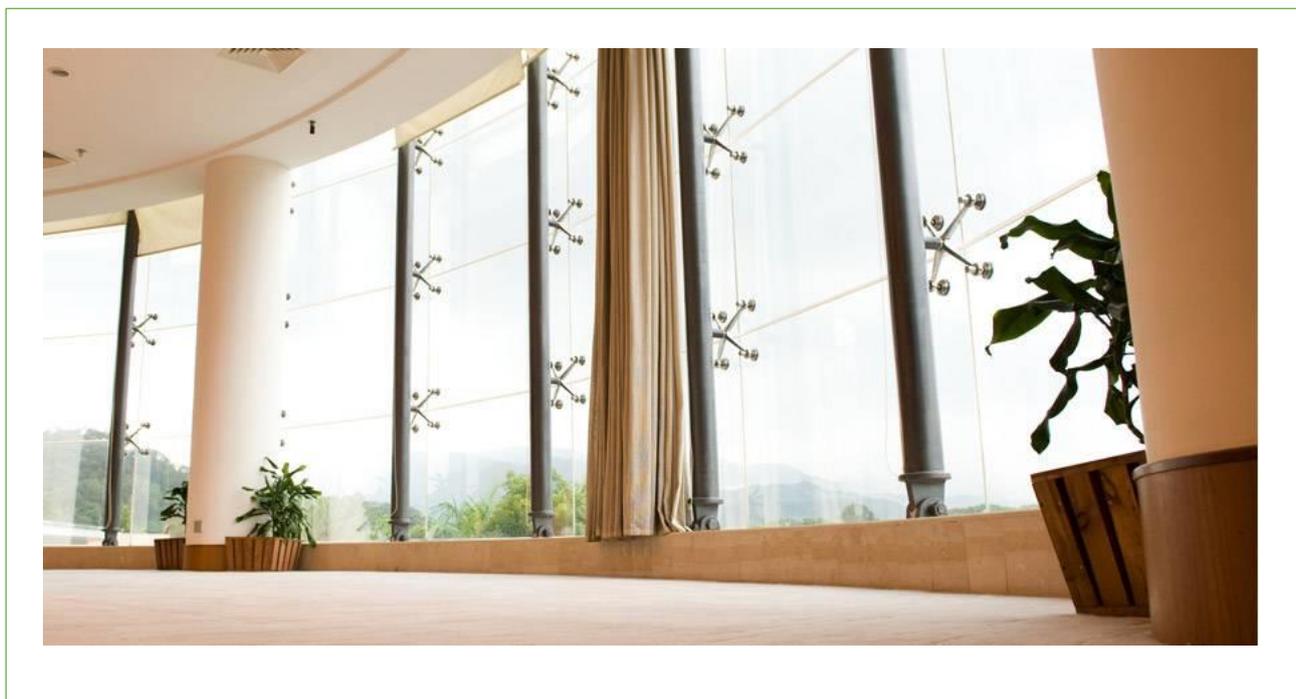
I sistemi di facciata che utilizzano vetrate basso emissive resistono al calore di un incendio più a lungo ma, nello stesso tempo, possono mascherarne la presenza, mantenendo il fuoco all'interno dell'ambiente, ritardando l'allerta e l'arrivo dei soccorsi, oltre a favorire lo sviluppo di altissime temperature. La mancanza di sistemi di apertura, che spesso caratterizzano le facciate continue in vetro, impedisce l'ingresso di ossigeno dall'esterno, il che crea condizioni di estrema densità dei fumi nell'ambiente interessato dall'incendio, i quali possono diffondersi in breve tempo all'intero edificio tramite sistema di ventilazione che collega tutti gli ambienti. La scarsa resistenza al fuoco dei dispositivi di fissaggio delle facciate in vetro alle strutture può inoltre provocare il distacco delle lastre.

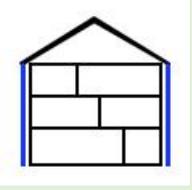
| TECNICA 11b | CURTAIN WALL Facciata continua a fissaggio puntuale |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema di fissaggio a telaio o puntuale - Vetri | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |

| 13 | Sistema di fissaggio a telaio o puntuale | | | | | | |
|----|--|---|---|---|---|-----|-----|
| | Acciaio | N | N | N | A | 25% | 75% |
| | Alluminio | N | N | B | A | 28% | 72% |
| | Tiranti/Ragni in acciaio | N | N | B | A | 30% | 70% |

| 23 | Vetri | | | | | | |
|----|------------------------------|---|---|---|---|-----|-----|
| | Vetri singoli | N | A | N | M | 66% | 34% |
| | Vetrocamera | N | N | B | A | 13% | 87% |
| | Vetri isolanti | N | N | B | A | 14% | 86% |
| | Vetri temprati | N | N | M | A | 10% | 90% |
| | Vetri stratificati | N | N | M | A | 15% | 85% |
| | Vetri assorbenti-riflettenti | N | N | B | A | 16% | 84% |

| Legenda N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità. ¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti | Riferimenti - Croce S., Poli, T., (2013) <i>Transparency. Facciate in vetro tra architettura e sperimentazione</i> . Gruppo 24 ore, Milano. - Khoraskani, A.R. (2015) <i>Advanced Connection Systems for Architectural Glazing</i> . SpringerBriefs |
|--|--|
|--|--|



| TECNICA 11c | CURTAIN WALL Facciata continua a doppia pelle | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|----|----|---------|---|
|  | Installazione sul sistema portante esterno dell'edificio di una struttura metallica assemblata a secco costituita da un telaio o da elementi puntuali collegata a sua volta ad una struttura a telaio distanziata dai 20 ai 50 cm per la creazione di un'intercapedine d'aria. La struttura secondaria ospita pannelli isolanti o vetrate |  | - | - | - | Reazione al fuoco |
| | | | 23 | - | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 21 | 23 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 21 | 23 | - | Costo totale |
| | | | 13 | 21 | 23 | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 21 | 23 | - | Incidenza materiale |

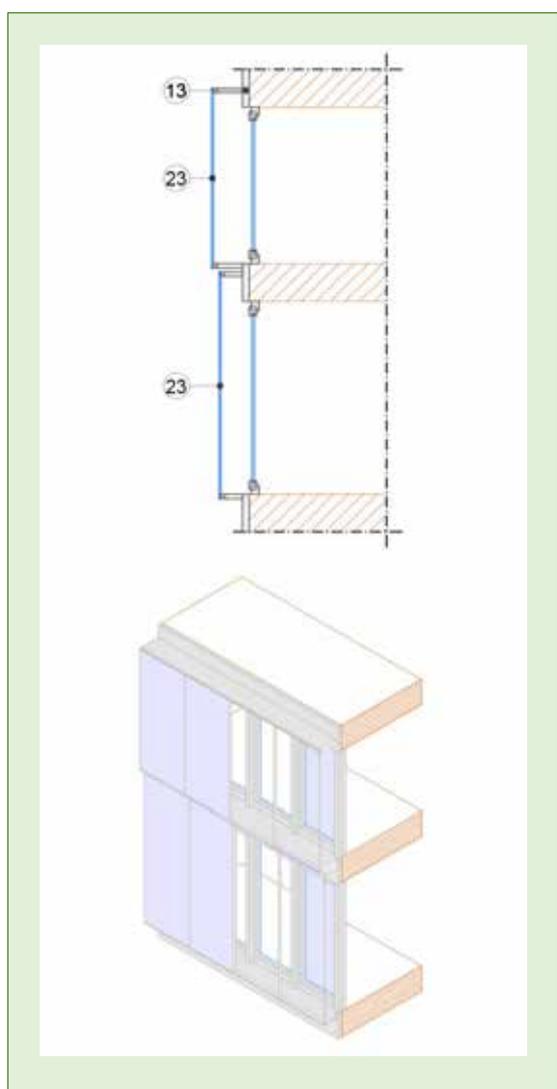
FASI DI REALIZZAZIONE

| |
|--|
| Installazione di una struttura metallica costituita da telaio o da elementi puntuali collegata a sua volta ad una struttura a telaio |
| Creazione di un'intercapedine d'aria |
| Applicazione di pannelli di rifinitura fissi o apribili con possibilità di installazione di frangisole |
| Applicazione di parti vetrate apribili |

MATERIALI

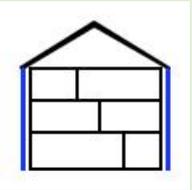
| |
|----|
| 13 |
| - |
| 21 |
| 23 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Nella facciata a doppia pelle in vetro, la lastra di vetro interna è più probabile che si rompa in caso di incendio, e il fumo può diffondersi dall'ambiente in cui si è sviluppato ai piani superiori attraverso l'intercapedine. Minore è la dimensione di questa, maggiore è la velocità di diffusione verticale del fumo, che può diffondersi in breve tempo attraverso l'intercapedine. La scarsa resistenza al fuoco dei dispositivi di fissaggio alle strutture delle facciate in vetro può provocare il distacco delle lastre.

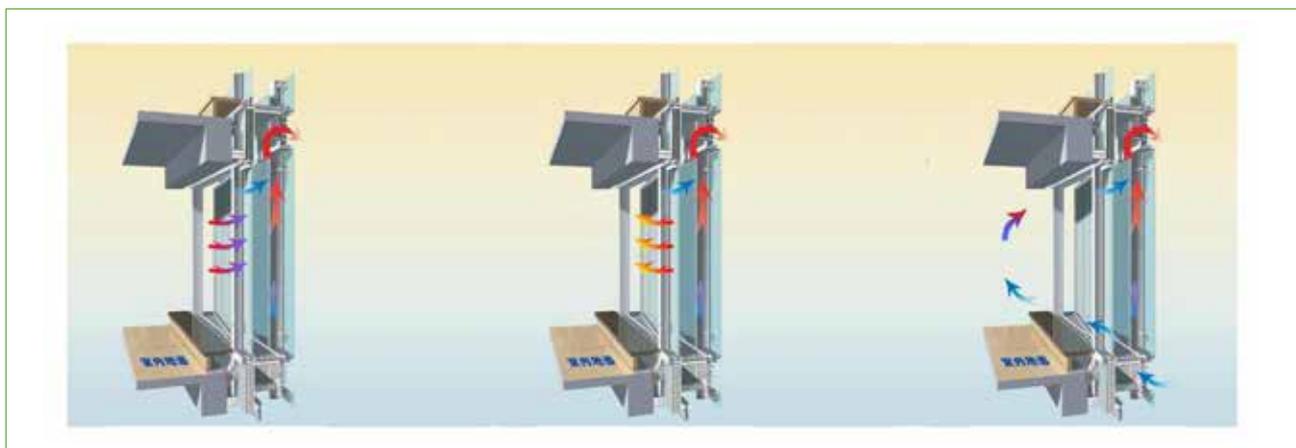
| TECNICA 11c | CURTAIN WALL Facciata continua a doppia pelle |  | | |  | | |
|---|--|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  <ul style="list-style-type: none"> - Sistema di fissaggio a telaio o puntuale - Pannelli di rifinitura - Vetri | | | | | | | |

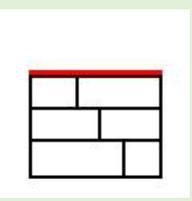
| 13 | Sistema di fissaggio a telaio o puntuale | | | | | | |
|----|--|---|---|---|---|-----|-----|
| | Acciaio | N | N | N | A | 25% | 75% |
| | Alluminio | N | N | B | A | 28% | 72% |
| | Tiranti/Ragni in acciaio | N | N | B | A | 30% | 70% |

| 21 | Pannelli di rifinitura | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Pannelli di acciaio | N | N | M | M | 45% | 55% |
| | Pannelli in vetro temprato riflettente smaltato | N | N | N | M | 40% | 60% |
| | Pannelli di alluminio | N | N | M | A | 45% | 55% |
| | Pannelli di titanio | N | N | M | A | 21% | 79% |
| | Pannelli di granito | N | M | M | A | 45% | 55% |
| | Pannelli di marmo | N | M | M | A | 40% | 60% |

| 23 | Vetri | | | | | | |
|----|------------------------------|---|---|---|---|-----|-----|
| | Vetri singoli | N | A | N | M | 66% | 34% |
| | Vetrocamera | N | N | B | A | 13% | 87% |
| | Vetri isolanti | N | N | B | A | 14% | 86% |
| | Vetri temprati | N | N | M | A | 10% | 90% |
| | Vetri stratificati | N | N | M | A | 15% | 85% |
| | Vetri assorbenti-riflettenti | N | N | B | A | 16% | 84% |

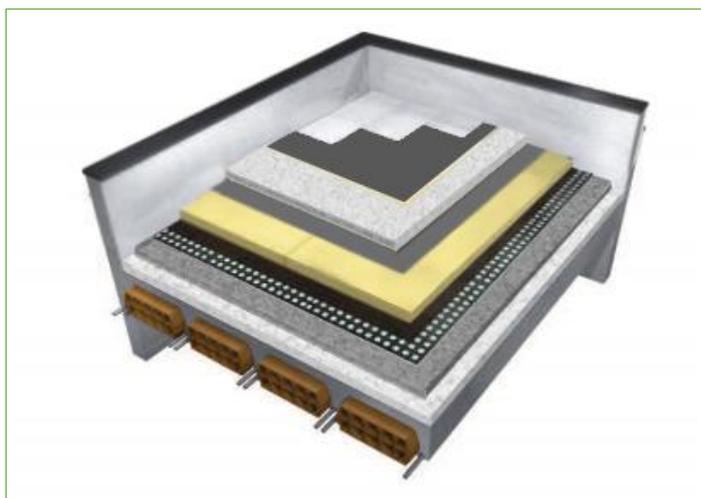
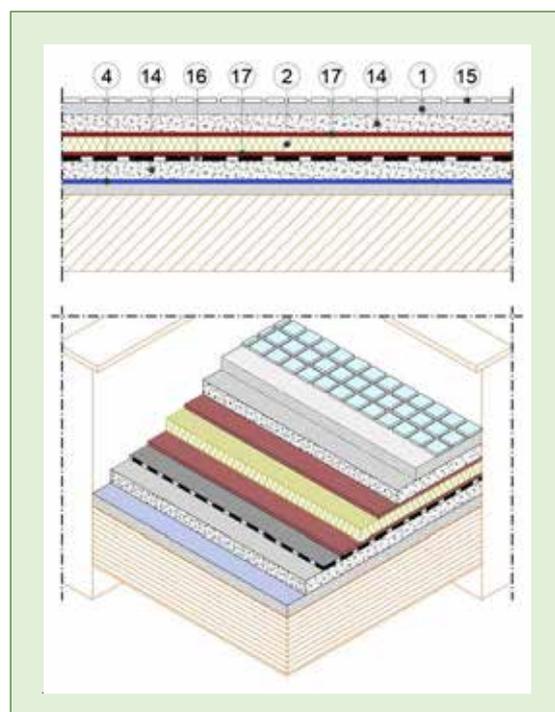
| Legenda | Riferimenti |
|---|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <p>- Altomonte S., (2004) <i>L'involucro architettonico come interfaccia dinamica: strumenti e criteri per una architettura sostenibile</i>, Alinea, Firenze</p> <p>- Croce S., Poli, T., (2013) <i>Transparency. Facciate in vetro tra architettura e sperimentazione</i>. Gruppo 24 ore, Milano.</p> <p>- Khoraskani, A.R. (2015) <i>Advanced Connection Systems for Architectural Glazing</i>. SpringerBriefs</p> |



| TECNICA 12a | TETTO ROVESCIO CALPESTABILE (coperture piane) | MATERIALI RILEVANTI | EFFETTI |
|---|---|---|---|
|  | Rifacimento della copertura esistente con inserimento di pannelli isolanti al di sopra del manto impermeabilizzante, e completamento con pavimentazione |  | 2 15 - Reazione al fuoco |
| | | | 2 15 - Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 2 15 - Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 15 16 Costo totale |
| | | | 2 15 16 Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 15 16 Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

| | |
|--|----|
| Applicazione di uno strato rasante per rendere piana la superficie | 4 |
| Realizzazione di un magrone in malta leggera dotato di una pendenza minima dell'1% | 14 |
| Posa della guaina impermeabile | 16 |
| Posa di un feltro separatore per evitare il rischio di incollaggio tra impermeabilizzante e isolante | 17 |
| Applicazione di pannelli termoisolanti | 2 |
| Posa in opera di un feltro separatore in tessuto non tessuto | 17 |
| Realizzazione di un massetto armato alleggerito di almeno 4 cm di spessore | 14 |
| Applicazione di uno strato legante | 1 |
| Completamento con pavimentazione | 15 |



Legenda
N = Nessuna; **B** = bassa; **M** = media; **A** = Alta; **B_{p,q}** = bassa per posizione e quantità.

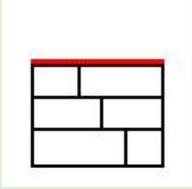
- ¹ Riferimento al sughero
- ² Riferimento all'argilla espansa
- ³ Riferimento al calcio silicato
- ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R)
- ⁵ I VVF sono poco confidanti per quelli non direttamente protetti – in ogni caso c'è un certificato
- ⁶ Aumenta il rischio di diffusione
- ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti.

Riferimenti

- AA.VV. (2013) *PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation*, Factsheet n. 18, gennaio 2013
- Francese D., (2002) *Il benessere negli interventi di recupero edilizio*, Diade, Padova
- Lucchi E., (2014) *Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio*, Dario Flaccovio Editore
- Sasso, U. (2003) *Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove è indicato usare gli isolanti termici in edilizia*, Alinea, Firenze

EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la preparazione e la messa in opera di strato legante, massetto di alleggerimento, guaina impermeabilizzante e pavimentazione, possono prodursi polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI, possono provocare irritazioni oculari, dermatiti da contatto, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali.

| TECNICA 12a | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|--|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Strato legante/Schiuma isolante - Pannelli/Lastre isolanti - Malta rasante - Massetto alleggerito - Pavimentazione - Guaina impermeabilizzante - Feltro separatore | | | | | | |

| 1 | Strato legante/schiuma isolante | | | | | | |
|---|---------------------------------|---|------------------|------------------|---|-----|-----|
| | Cemento e sabbia | N | N | N | M | 93% | 7% |
| | Resine sintetiche | M | B _{p,q} | B _{p,q} | B | 62% | 38% |
| | Schiuma poliuretanic | A | B _p | B _p | B | 92% | 8% |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretanic (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 4 | Malta rasante | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Di cemento | N | N | N | M | 93% | 7% |
| | Di calce idraulica naturale in polvere | N | N | N | B | 85% | 15% |
| | Di calce idraulica artificiale pozzolanica in polvere | N | N | N | B | 96% | 4% |
| | Di calce aerea | N | N | N | B | 88% | 12% |
| | Di calce idrata | N | N | N | B | 97% | 3% |

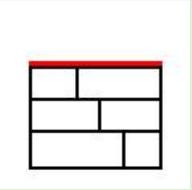
| 14 | Massetto alleggerito | | | | | | |
|----|------------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Cemento armato alleggerito | N | B ⁵ | M ⁶ | M | 77% | 23% |
| | Calcestruzzo cellulare con perlite | N | B ⁵ | M ⁶ | B | 32% | 68% |

| 15 | Pavimentazione | | | | | | |
|----|---|---|-----|-----|---|-----|-----|
| | Pavimento in gres porcellanato | N | N | N | A | 52% | 48% |
| | Pavimento in marmo | N | N | N | A | 43% | 57% |
| | Pavimento in resine | A | M | M | A | 32% | 68% |
| | Pavimento in composti con polvere di quarzo | M | M | M | M | 98% | 2% |
| | Pavimento in ceramica | N | N | N | A | 55% | 45% |
| | Pavimento in legno | M | B/M | B/M | A | 26% | 74% |
| | Pavimento in granito | N | N | N | A | 39% | 61% |
| | Pavimento in ardesia | N | N | N | A | 23% | 77% |

| 16 | Guaina impermeabilizzante | | | | | | |
|----|--|---|-----------------------------|----------------|---|-----|-----|
| | Guaina cementizia elastica | M | N _p ⁷ | N _p | B | 38% | 62% |
| | Guaine bituminose | A | N _p | N _p | B | 44% | 56% |
| | Guaine impregnanti (resine idrofobizzanti e impermeabilizzanti in solventi organici) | A | N _p | N _p | B | 68% | 32% |

| 17 | Feltro separatore | | | | | | |
|----|-----------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Tessuto non tessuto in poliestere | A | B _p | B _p | M | 28% | 72% |
| | Resine in poliestere | A | B _p | B _p | M | 63% | 37% |
| | Resine in polimetilmetacrilato | A | B _p | B _p | A | 17% | 83% |

Legenda nella pagina accanto

| TECNICA 12b | TETTO ROVESCIO NON CALPESTABILE (coperture piane) | MATERIALI RILEVANTI | EFFETTI |
|---|---|---|--|
|  | Rifacimento della copertura esistente con l'inserimento di pannelli isolanti al di sopra del manto impermeabilizzante, e completamento con uno strato di ghiaia |  | 2 16 - Reazione al fuoco |
| | | | 2 16 - Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 2 16 - Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 16 - Costo totale |
| | | | 2 16 - Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 16 - Incidenza materiale |
| | | | 2 16 - Incidenza materiale |

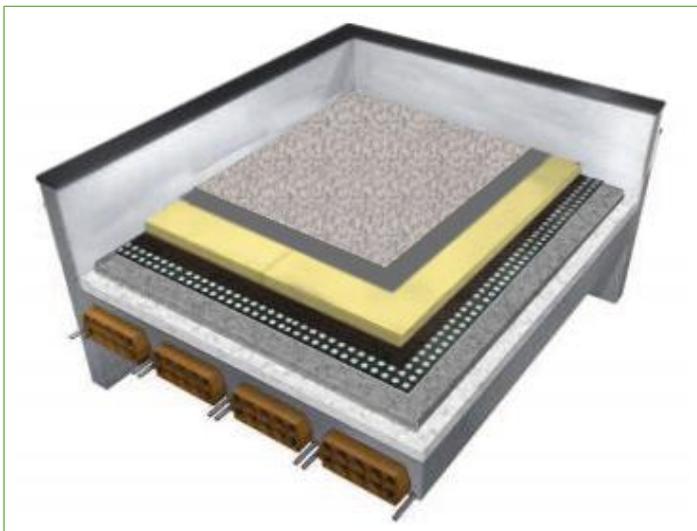
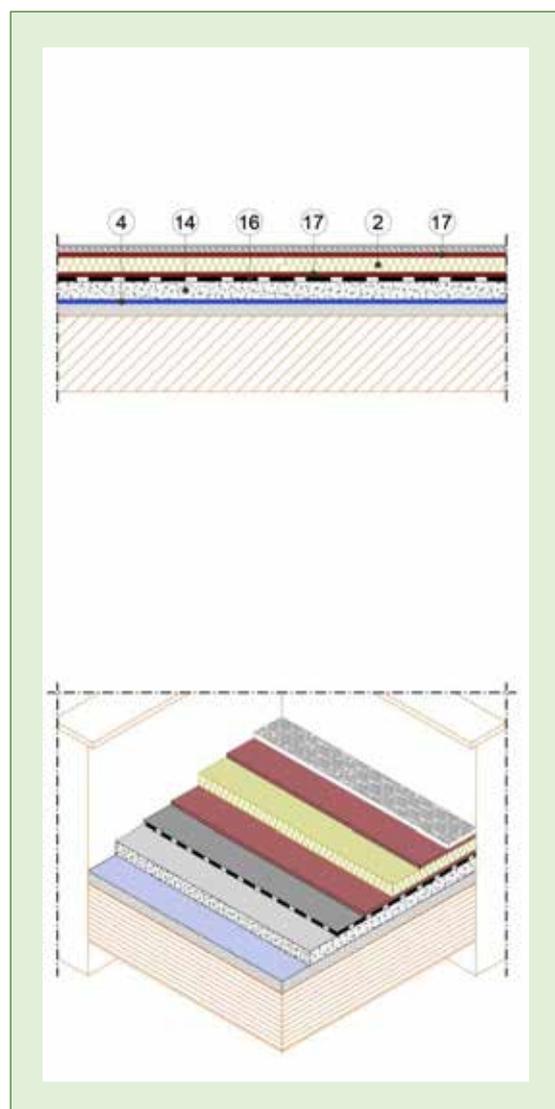
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|--|----|
| Applicazione del rasante per rendere piana la superficie da realizzare | 4 |
| Realizzazione di un magrone in malta leggera dotato di una pendenza minima dell'1% | 14 |
| Posa della guaina impermeabile | 16 |
| Posa di un feltro separatore per evitare il rischio di incollaggio tra impermeabilizzante e isolante | 17 |
| Applicazione di pannelli termoisolanti | 2 |
| Posa in opera di un feltro separatore in tessuto non tessuto | 17 |
| Completamento con uno strato di ghiaia lavata | - |

MATERIALI

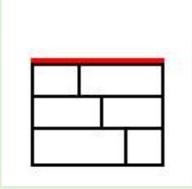
| |
|----|
| 4 |
| 14 |
| 16 |
| 17 |
| 2 |
| 17 |
| - |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la preparazione e la messa in opera dello strato legante, del massetto di alleggerimento, la guaina impermeabilizzante e la pavimentazione bisogna prestare attenzione alla produzione delle polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI per la sicurezza possono provocare irritazioni agli occhi, dermatiti da contatto, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Nel caso di utilizzo di schiuma poliuretanica è fondamentale che i posatori rispettino le necessarie misure di protezione, tra cui il confinamento dell'area immediatamente circostante l'applicazione affinché gli occupanti e in generale i non addetti ai lavori non possano accedervi. Gli applicatori devono inoltre indossare respiratori o maschere a pressione d'aria positiva e altri dispositivi di protezione individuale (DPI) per ridurre l'esposizione a vapori, aerosol e particolari MDI e altre sostanze chimiche che possono essere rilasciate durante la spruzzatura e le operazioni successive. A polimerizzazione avvenuta, la schiuma è considerata chimicamente inerte. Inoltre, bisogna tener conto che questo tipo di materiale, in caso di incendio, è altamente tossico poiché produce alti valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno.

| TECNICA 12b | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|---|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolmunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Malta rasante - Massetto alleggerito - Guaina impermeabilizzante - Feltro separatore | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretani (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

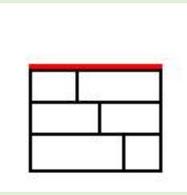
| 4 | Malta rasante | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Di cemento | N | N | N | M | 93% | 7% |
| | Di calce idraulica naturale in polvere | N | N | N | B | 85% | 15% |
| | Di calce idraulica artificiale pozzolanica in polvere | N | N | N | B | 96% | 4% |
| | Di calce aerea | N | N | N | B | 88% | 12% |
| | Di calce idrata | N | N | N | B | 97% | 3% |

| 14 | Massetto alleggerito | | | | | | |
|----|------------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Cemento armato alleggerito | N | B ⁵ | M ⁶ | M | 77% | 23% |
| | Calcestruzzo cellulare con perlite | N | B ⁵ | M ₆ | B | 32% | 68% |

| 16 | Guaina impermeabilizzante | | | | | | |
|----|--|---|-----------------------------|----------------|---|-----|-----|
| | Guaina cementizia elastica | M | N _p ⁷ | N _p | B | 38% | 62% |
| | Guaine bituminose | A | N _p | N _p | B | 44% | 56% |
| | Guaine impregnanti (resine idrofobizzanti e impermeabilizzanti in solventi organici) | A | N _p | N _p | B | 68% | 32% |

| 17 | Feltro separatore | | | | | | |
|----|-----------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Tessuto non tessuto in poliestere | A | B _p | B _p | M | 28% | 72% |
| | Resine in poliestere | A | B _p | B _p | M | 63% | 37% |
| | Resine in polimetilmetacrilato | A | B _p | B _p | A | 17% | 83% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|---|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2013) <i>PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation</i>, Factsheet n. 18, gennaio 2013 - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - Francese D., (2002) <i>Il benessere negli interventi di recupero edilizio</i>, Diade, Padova - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Sasso, U. (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove e indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i>, Alinea, Firenze |

| TECNICA 13a | TETTO CALDO CALPESTABILE (coperture piane) | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|---|----|---------|---|
|  | Applicazione su una barriera a vapore di un pacchetto di strati composto da isolante, strato separatore, impermeabilizzante, massetto armato, strato legante, finito con pavimentazione |  | 2 | 16 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | 16 | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 2 | 16 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 15 | 16 | Costo totale |
| | | | 2 | 15 | 16 | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 15 | 16 | Incidenza materiale |

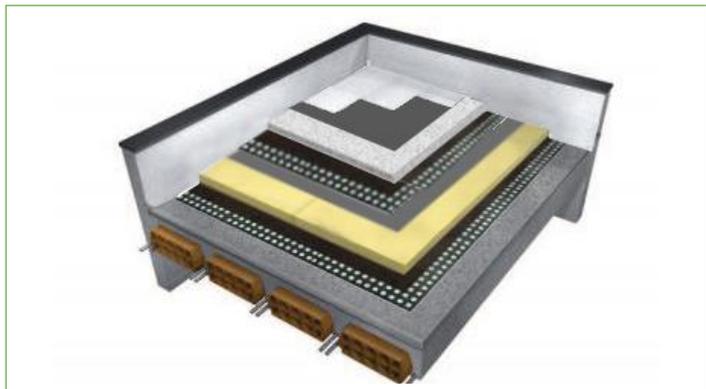
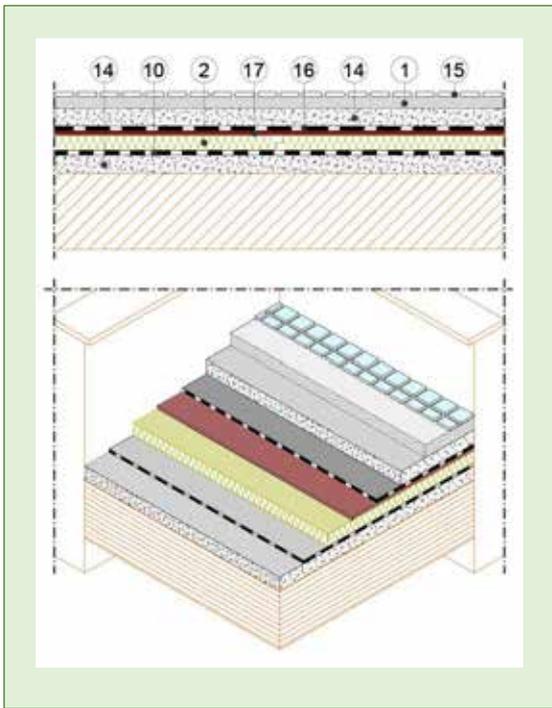
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|--|----|
| Realizzazione di un magrone in malta leggera dotato di una pendenza minima dell'1% | 14 |
| Posa di una barriera al vapore | 10 |
| Applicazione di pannelli termoisolanti | 2 |
| Posa in opera di uno strato separatore per evitare l'incollaggio tra impermeabilizzante e isolante | 17 |
| Posa in opera della guaina impermeabile | 16 |
| Posa in opera di un massetto armato alleggerito di almeno 4 cm di spessore | 14 |
| Applicazione di uno strato legante | 1 |
| Completamento con pavimentazione | 15 |

MATERIALI

| |
|----|
| 14 |
| 10 |
| 2 |
| 17 |
| 16 |
| 14 |
| 1 |
| 15 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la preparazione delle miscele per lo strato legante si generano polveri, le quali disperdendosi negli ambienti possono provocare bronchiti, eczemi, difficoltà respiratorie, ustioni chimiche, dermatiti, eczemi, asma. Nel caso di utilizzo di schiuma poliuretanicca, l'applicazione a spruzzo va eseguita unicamente da professionisti, gli applicatori devono inoltre indossare respiratori o maschere a pressione d'aria positiva e altri dispositivi di protezione individuale (DPI) per ridurre l'esposizione a vapori, aerosol e particolari MDI e altre sostanze chimiche che possono essere rilasciate durante la spruzzatura e le operazioni successive. Inoltre, questo materiale, in caso di incendio è altamente tossico poiché produce alti valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno.

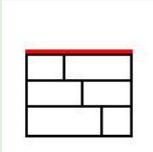
Legenda

N = Nessuna; **B** = bassa; **M** = media; **A** = Alta; **B_{p,q}** = bassa per posizione e quantità.

- ¹ Riferimento al sughero
- ² Riferimento all'argilla espansa
- ³ Riferimento al calcio silicato
- ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R)
- ⁵ I VVF sono poco confidanti per quelli non direttamente protetti – in ogni caso c'è un certificato
- ⁶ Aumenta il rischio di diffusione
- ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti.

Riferimenti

- AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Provincie autonome di Trento e di Bolzano, *Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute*, Presidenza del Consiglio dei Ministri
- Lucchi E., (2014) *Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio*, Dario Flaccovio Editore

| TECNICA 13a | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Strato legante/Schiama isolante - Pannelli/Lastre isolanti - Barriera al vapore - Massetto alleggerito - Pavimentazione - Guaina impermeabilizzante - Feltro separatore | | | | | | |

| 1 | Strato legante/schiama isolante | | | | | | |
|---|---------------------------------|---|------------------|------------------|---|-----|-----|
| | Cemento e sabbia | N | N | N | M | 93% | 7% |
| | Resine sintetiche | M | B _{p,q} | B _{p,q} | B | 62% | 38% |
| | Schiama poliuretanic | A | B _p | B _p | B | 92% | 8% |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|---|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretanic (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

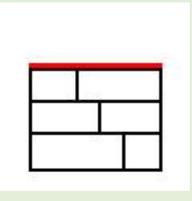
| 10 | Barriera al vapore | | | | | | |
|----|---|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Foglio laminato a strati di LDPE, accoppiato con un foglio di alluminio e fogli di polietilene | A | B _p | B _p | B | 44% | 56% |
| | Foglio d'alluminio, rete di rinforzo, poliestere e polietilene | A | B _p | B _p | B | 38% | 62% |
| | Membrana di bitume con finitura di TNT in polipropilene o finitura sabbata | A | B _p | B _p | B | 48% | 52% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro e lamina di alluminio | A | B _p | B _p | B | 37% | 63% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro rinforzato | A | B _p | B _p | B | 50% | 50% |

| 14 | Massetto alleggerito | | | | | | |
|----|------------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Cemento armato alleggerito | N | B ⁵ | M ⁶ | M | 77% | 23% |
| | Calcestruzzo cellulare con perlite | N | B ⁵ | M ⁶ | B | 32% | 68% |

| 15 | Pavimentazione | | | | | | |
|----|---|---|-----|-----|---|-----|-----|
| | Pavimento in gres porcellanato | N | N | N | A | 52% | 48% |
| | Pavimento in marmo | N | N | N | A | 43% | 57% |
| | Pavimento in resine | A | M | M | A | 32% | 68% |
| | Pavimento in composti con polvere di quarzo | M | M | M | M | 98% | 2% |
| | Pavimento in ceramica | N | N | N | A | 55% | 45% |
| | Pavimento in legno | M | B/M | B/M | A | 26% | 74% |
| | Pavimento in granito | N | N | N | A | 39% | 61% |
| | Pavimento in ardesia | N | N | N | A | 23% | 77% |

| 16 | Guaina impermeabilizzante | | | | | | |
|----|--|---|-----------------------------|----------------|---|-----|-----|
| | Guaina cementizia elastica | M | N _p ⁷ | N _p | B | 38% | 62% |
| | Guaine bituminose | A | N _p | N _p | B | 44% | 56% |
| | Guaine impregnanti (resine idrofobizzanti e impermeabilizzanti in solventi organici) | A | N _p | N _p | B | 68% | 32% |

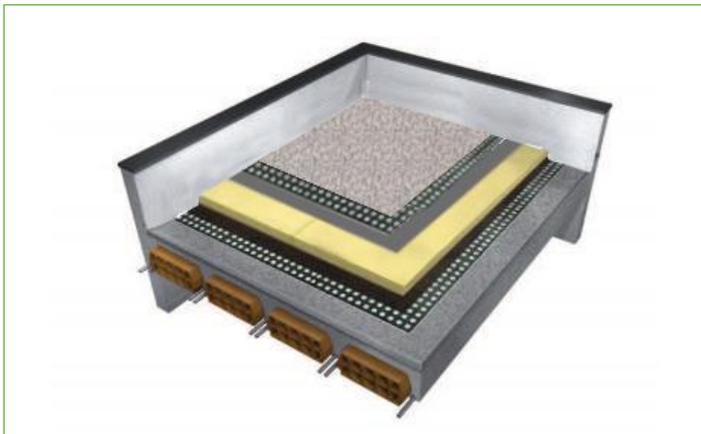
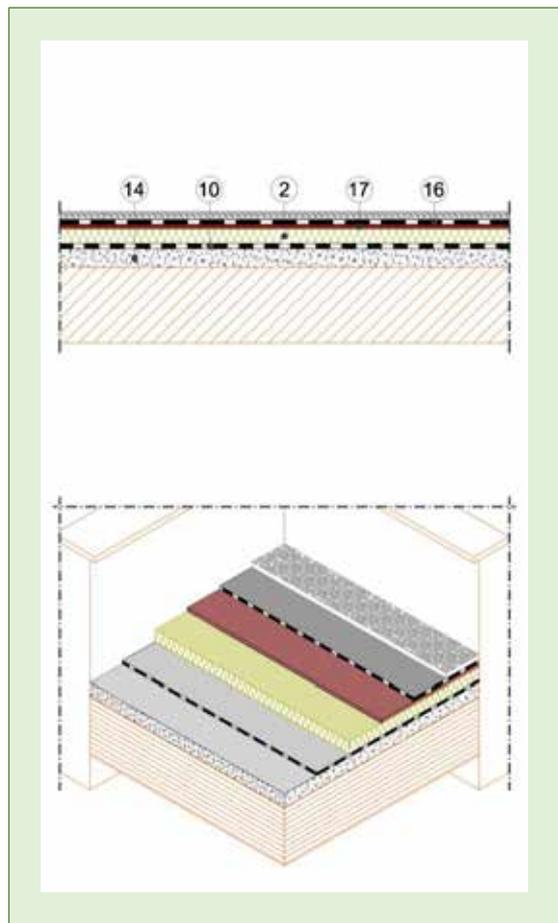
| 17 | Feltro separatore | | | | | | |
|----|-----------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Tessuto non tessuto in poliestere | A | B _p | B _p | M | 28% | 72% |
| | Resine in poliestere | A | B _p | B _p | M | 63% | 37% |
| | Resine in polimetilmetacrilato | A | B _p | B _p | A | 17% | 83% |

| TECNICA 13b | TETTO CALDO NON CALPESTABILE (coperture piane) | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|---|----|---------|---|
|  | Applicazione su una barriera a vapore di un pacchetto di strati composto da isolante, strato separatore, impermeabilizzante e ghiaia |  | 2 | 16 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | 16 | - | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 2 | 16 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 16 | - | Costo totale |
| | | | 2 | 16 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 16 | - | Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

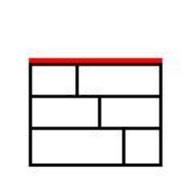
| | |
|---|----|
| Realizzazione di un magrone in malta leggera dotato di una pendenza minima dell'1% | 14 |
| Posa in opera di una barriera al vapore | 10 |
| Applicazione di pannelli termoisolanti | 2 |
| Posa in opera di un feltro separatore per evitare il rischio di incollaggio tra l'impermeabilizzante e isolante | 17 |
| Posa in opera della guaina impermeabilizzante | 16 |
| Completamento con uno strato di ghiaia | - |

| |
|----|
| 14 |
| 10 |
| 2 |
| 17 |
| 16 |
| - |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la posa dei pannelli termoisolanti, il taglio degli elementi genera polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano dispositivi di protezione individuale (DPI), possono provocare irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma e difficoltà respiratorie, oltre ad eventuali, anche se rari, tumori nasali. Nel caso particolare di pannelli in lana di vetro, questi effetti possono avvenire nelle fasi di rifinitura e durante la fase di rimozione e smaltimento. Per tutti i pannelli le operazioni di taglio devono essere eseguite in aree molto ben ventilate. Lo stirene contenuto nei pannelli sintetici organici è considerato un interferente endocrino, che in opera può continuare ad emettere in percentuali decrescenti. Anche i composti utilizzati per impedire la combustione e/o per ritardare la diffusione delle fiamme nei pannelli possono essere considerati tossici durante l'incendio. Quantità e qualità dei prodotti emessi dipendono dalla composizione chimica, spesso non specificata in modo opportuno dal produttore. In presenza di fiamma, specie nei pannelli in PIR e PUR, si producono elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno. Il decesso sopraggiunge per esposizione a CO e CO₂. Il monossido di carbonio è considerato il componente più letale per il suo marcato effetto narcotico. In caso di combustione senza fiamma, possono prodursi diossine e furani. La combustione di pannelli in EPS produce fumi di colore scuro intenso che ostacolano durante l'incendio, sia la fuga degli occupanti che l'arrivo dei soccorsi. Riguardo alla posa di guaina impermeabilizzante a base di resine, prestare attenzione nella preparazione delle miscele e all'applicazione con rulli o pistole, che provocano l'aerodispersione di sostanze tossiche.

| TECNICA 13b | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|--|--|---|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolmata degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Barriera al vapore - Massetto alleggerito - Guaina impermeabilizzante - Feltro separatore | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretani (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

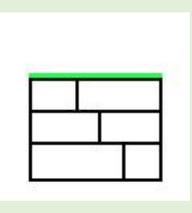
| 10 | Barriera al vapore | | | | | | |
|----|---|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Foglio laminato a strati di LDPE, accoppiato con un foglio di alluminio e fogli di polietilene | A | B _p | B _p | B | 44% | 56% |
| | Foglio d'alluminio, rete di rinforzo, poliestere e polietilene | A | B _p | B _p | B | 38% | 62% |
| | Membrana di bitume con finitura di TNT in polipropilene o finitura sabbata | A | B _p | B _p | B | 48% | 52% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro e lamina di alluminio | A | B _p | B _p | B | 37% | 63% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro rinforzato | A | B _p | B _p | B | 50% | 50% |

| 14 | Massetto alleggerito | | | | | | |
|----|------------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Cemento armato alleggerito | N | B ⁵ | M ⁶ | M | 77% | 23% |
| | Calcestruzzo cellulare con perlite | N | B ⁵ | M ⁶ | B | 32% | 68% |

| 16 | Guaina impermeabilizzante | | | | | | |
|----|--|---|-----------------------------|----------------|---|-----|-----|
| | Guaina cementizia elastica | M | N _p ⁷ | N _p | B | 38% | 62% |
| | Guaine bituminose | A | N _p | N _p | B | 44% | 56% |
| | Guaine impregnanti (resine idrofobizzanti e impermeabilizzanti in solventi organici) | A | N _p | N _p | B | 68% | 32% |

| 17 | Feltro separatore | | | | | | |
|----|-----------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Tessuto non tessuto in poliestere | A | B _p | B _p | M | 28% | 72% |
| | Resine in poliestere | A | B _p | B _p | M | 63% | 37% |
| | Resine in polimetilmetacrilato | A | B _p | B _p | A | 17% | 83% |

| | |
|---|---|
| <p>Legenda N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <p>Riferimenti</p> <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2013) <i>PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation</i>, Factsheet n. 18, gennaio 2013 - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - Francese D., (2002) <i>Il benessere negli interventi di recupero edilizio</i>, Diade, Padova - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Sasso, U. (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove e indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i>, Alinea, Firenze |
|---|---|

| TECNICA 13c | TETTO CALDO CON MANTO ERBOSO (coperture piane) | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|---|----|---------|---|
|  | Applicazione su una barriera a vapore di un pacchetto di strati composto da isolante, strato separatore, impermeabilizzante con strato di terra e manto arboreo |  | 2 | 16 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | 16 | - | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 2 | 16 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 24 | 14 | Costo totale |
| | | | 2 | 24 | 16 | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 24 | 14 | Incidenza materiale |
| | | | | | | |

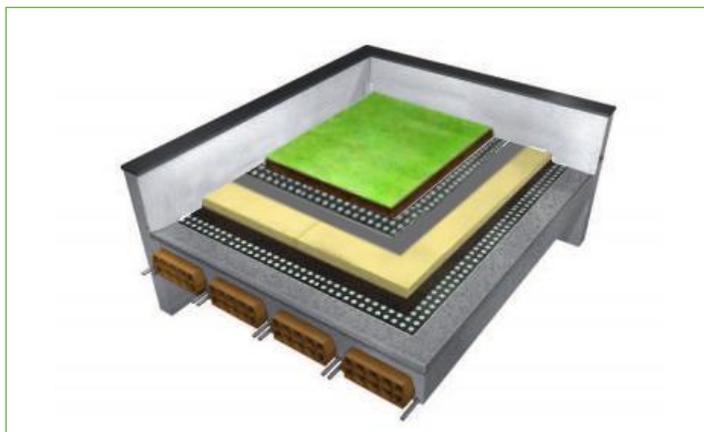
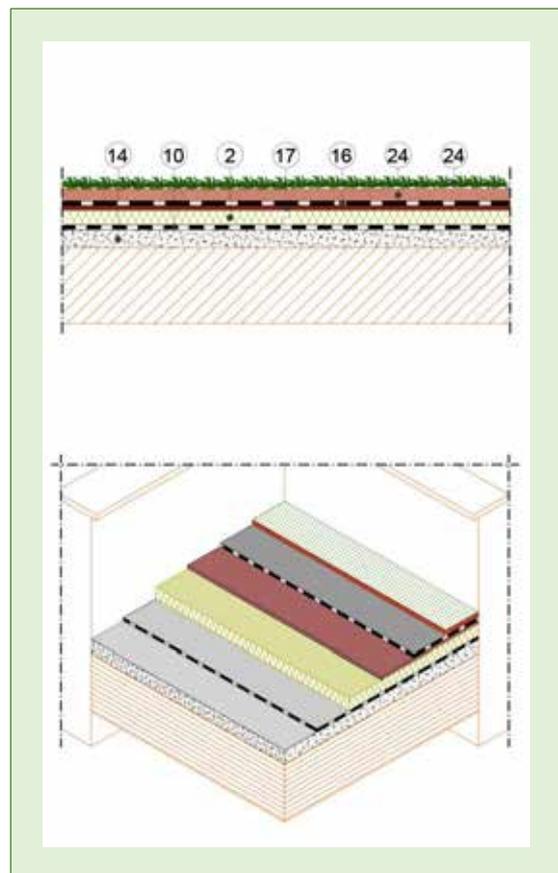
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|---|----|
| Realizzazione di un magrone in malta leggera dotato di una pendenza minima dell'1% | 14 |
| Posa di una barriera al vapore | 10 |
| Applicazione di pannelli termoisolanti | 2 |
| Posa in opera di un feltro separatore per evitare il rischio di incollaggio tra l'impermeabilizzante e isolante | 17 |
| Posa in opera della guaina impermeabilizzante | 16 |
| Stesura di un telo | - |
| Realizzazione di uno strato di terra | 24 |
| Disposizione di un manto arboreo | 24 |

MATERIALI

| | |
|--|----|
| | 14 |
| | 10 |
| | 2 |
| | 17 |
| | 16 |
| | - |
| | 24 |
| | 24 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO

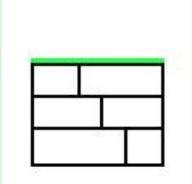


EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la preparazione delle miscele per lo strato legante si generano polveri, le quali disperdendosi negli ambienti possono provocare bronchiti, eczemi, difficoltà respiratorie, ustioni chimiche, dermatiti, eczemi, asma. Nel caso di utilizzo di schiuma poliuretanic, l'applicazione a spruzzo va eseguita unicamente da professionisti, gli applicatori devono inoltre indossare respiratori o maschere a pressione d'aria positiva e altri dispositivi di protezione individuale (DPI) per ridurre l'esposizione a vapori, aerosol e particolari MDI e altre sostanze chimiche che possono essere rilasciate durante la spruzzatura e le operazioni successive. Inoltre, questo materiale, in caso di incendio è altamente tossico poiché produce alti valori di alti valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno.

Riferimenti

- AA.VV. (2013) *PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation*, Factsheet n. 18, gennaio 2013
- AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, *Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute*, Presidenza del Consiglio dei Ministri
- Inail (2017) *Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia*
- Lucchi E., (2014) *Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio*, Dario Flaccovio Editore
- Sasso, U. (2003) *Isolanti sì isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove e indicato usare gli isolanti termici in edilizia*, Alinea, Firenze

| TECNICA 13c | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Barriera al vapore - Massetto alleggerito - Guaina impermeabilizzante - Feltro separatore - Elementi naturali | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretanic (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 10 | Barriera al vapore | | | | | | |
|----|---|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Foglio laminato a strati di LDPE, accoppiato con un foglio di alluminio e fogli di polietilene | A | B _p | B _p | B | 44% | 56% |
| | Foglio d'alluminio, rete di rinforzo, poliestere e polietilene | A | B _p | B _p | B | 38% | 62% |
| | Membrana di bitume con finitura di TNT in polipropilene o finitura sabbata | A | B _p | B _p | B | 48% | 52% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro e lamina di alluminio | A | B _p | B _p | B | 37% | 63% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro rinforzato | A | B _p | B _p | B | 50% | 50% |

| 14 | Massetto alleggerito | | | | | | |
|----|------------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Cemento armato alleggerito | N | B ⁵ | M ⁶ | M | 77% | 23% |
| | Calcestruzzo cellulare con perlite | N | B ⁵ | M ⁶ | B | 32% | 68% |

| 16 | Guaina impermeabilizzante | | | | | | |
|----|--|---|-----------------------------|----------------|---|-----|-----|
| | Guaina cementizia elastica | M | N _p ⁷ | N _p | B | 38% | 62% |
| | Guaine bituminose | A | N _p | N _p | B | 44% | 56% |
| | Guaine impregnanti (resine idrofobizzanti e impermeabilizzanti in solventi organici) | A | N _p | N _p | B | 68% | 32% |

| 17 | Feltro separatore | | | | | | |
|----|-----------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Tessuto non tessuto in poliestere | A | B _p | B _p | M | 28% | 72% |
| | Resine in poliestere | A | B _p | B _p | M | 63% | 37% |
| | Resine in polimetilmetacrilato | A | B _p | B _p | A | 17% | 83% |

| 24 | Elementi naturali | | | | | | |
|----|-------------------|----------------|---|---|---|-----|-----|
| | Terreno | N | N | N | B | 75% | 25% |
| | Essenza verde | B _q | N | N | B | 50% | 50% |

Legenda

N = Nessuna; **B** = bassa; **M** = media; **A** = Alta; **B_{p,q}** = bassa per posizione e quantità.

¹ Riferimento al sughero

² Riferimento all'argilla espansa

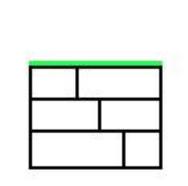
³ Riferimento al calcio silicato

⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R)

⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato

⁶ Aumenta il rischio di diffusione

⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti

| TECNICA 14a | TETTO VERDE ESTENSIVO (coperture piane) | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|----|----|---------|---|
|  | Applicazione di un pacchetto costituito da più strati (di barriera al vapore, impermeabilizzante, drenante e filtrante) e da un substrato di coltura di limitato spessore per l'impianto di vegetazione superficiale o di piccole dimensioni e a bassa manutenzione. Escluso lo strato portante, le dimensioni complessive del pacchetto è contenuto entro i 10-13 cm |  | 16 | 24 | - | Reazione al fuoco |
| | | | - | - | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | - | - | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 16 | 24 | - | Costo totale |
| | | | 16 | 24 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 16 | 24 | - | Incidenza materiale |

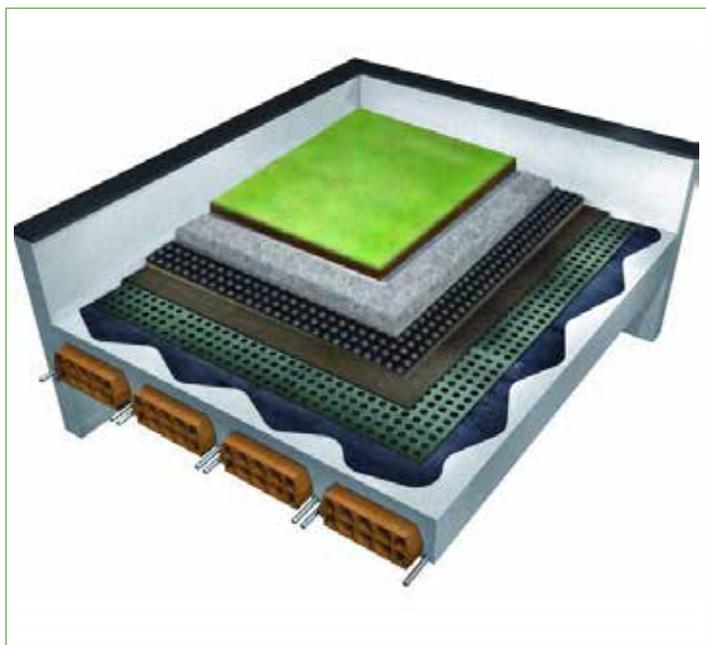
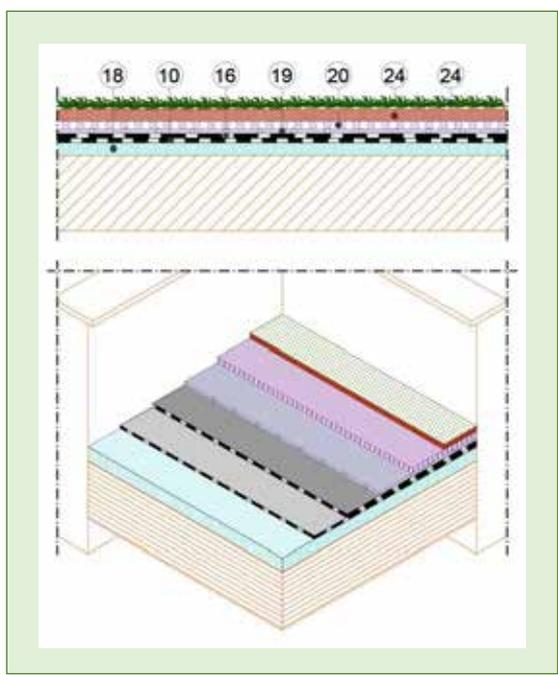
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|---|----|
| Verniciatura con primer | 18 |
| Eventuale posa di una barriera al vapore | 10 |
| Posa del manto impermeabile bistrato con membrana in poliestere | 16 |
| Realizzazione dello strato drenante | 19 |
| Realizzazione dello strato filtrante con tessuto non tessuto | 20 |
| Inserimento del substrato di coltura (la composizione tipica di un substrato usato nei giardini pensili 40% terra da coltivo dal quale, 30% terriccio, 30% argilla espansa) | 24 |
| Realizzazione del canale di raccolta delle acque meteoriche | - |
| Piantumazione di elementi vegetativi | 24 |

MATERIALI

| |
|----|
| 18 |
| 10 |
| 16 |
| 19 |
| 20 |
| 24 |
| - |
| 24 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO

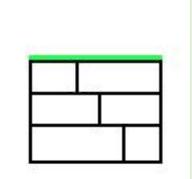


EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Riguardo alla posa di guina impermeabilizzante a base di resine, prestare attenzione nella preparazione delle miscele e all'applicazione con rulli o pistole, che provocano l'aerodispersione di sostanze tossiche, che a contatto con pelle e mucose oculari, possono provocare dermatiti, eczemi, asma.

Riferimenti

- Ceccherini Nelli L., D'Audino E., Trombadore A. (2005) *Schermature solari*, Alinea, Firenze
- Francese D., (2002) *Il benessere negli interventi di recupero edilizio*, Diade, Padova
- Inail (2017) *Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia*
- Lucchi E., (2014) *Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio*, Dario Flaccovio Editore

| TECNICA 14a | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|-----------------------------------|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | - Barriera al vapore | | | | | | |
| | - Guaina impermeabilizzante | | | | | | |
| | - Primer di adesione | | | | | | |
| | - Strato drenante | | | | | | |
| | - Strato filtrante | | | | | | |
| - Elementi naturali | | | | | | | |

| 10 | Barriera al vapore | | | | | | |
|----|---|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Foglio laminato a strati di LDPE, accoppiato con un foglio di alluminio e fogli di polietilene | A | B _p | B _p | B | 44% | 56% |
| | Foglio d'alluminio, rete di rinforzo, poliestere e polietilene | A | B _p | B _p | B | 38% | 62% |
| | Membrana di bitume con finitura di TNT in polipropilene o finitura sabbata | A | B _p | B _p | B | 48% | 52% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro e lamina di alluminio | A | B _p | B _p | B | 37% | 63% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro rinforzato | A | B _p | B _p | B | 50% | 50% |

| 16 | Guaina impermeabilizzante | | | | | | |
|----|--|---|-----------------------------|----------------|---|-----|-----|
| | Guaina cementizia elastica | M | N _p ⁷ | N _p | B | 38% | 62% |
| | Guaine bituminose | A | N _p | N _p | B | 44% | 56% |
| | Guaine impregnanti (resine idrofobizzanti e impermeabilizzanti in solventi organici) | A | N _p | N _p | B | 68% | 32% |

| 18 | Primer di adesione | | | | | | |
|----|-----------------------------------|---|------------------|------------------|---|-----|-----|
| | Primer a base di acqua e solvente | M | B _{p,q} | B _{p,q} | B | 54% | 46% |

| 19 | Strato drenante | | | | | | |
|----|-----------------|---|---|---|---|-----|-----|
| | Argilla espansa | N | N | N | B | 58% | 42% |
| | Vermiculite | N | N | N | B | 48% | 52% |

| 20 | Strato filtrante | | | | | | |
|----|---------------------|---|---|---|---|-----|-----|
| | Tessuto non tessuto | N | N | N | B | 55% | 45% |

| 24 | Elementi naturali | | | | | | |
|----|-------------------|----|---|---|---|-----|-----|
| | Terreno | N | N | N | B | 75% | 25% |
| | Essenza verde | Bq | N | N | B | 50% | 50% |

Legenda

N = Nessuna; **B** = bassa; **M** = media; **A** = Alta; **B_{p,q}** = bassa per posizione e quantità.

¹ Riferimento al sughero

² Riferimento all'argilla espansa

³ Riferimento al calcio silicato

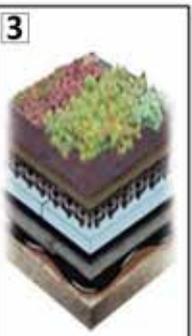
⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R)

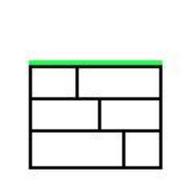
⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato

⁶ Aumenta il rischio di diffusione

⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti.



| | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  | <p>(1) Tetto verde estensivo: è caratterizzato da sedimenti ed erbacee succulente, che richiedono poca manutenzione e nessun sistema di irrigazione permanente. La profondità media del substrato di coltura va dai 7 ai 15 cm, con pesi che vanno dai 50- 150 kg/mq. (2) Tetto verde semi-intensivo: è caratterizzato da piante erbacee tappezzanti, erbe e piccoli arbusti, che richiedono una manutenzione moderata e un'irrigazione occasionale. La profondità media del substrato di coltura va dai 15 ai 30 cm. (3) Tetto verde intensivo: è caratterizzato da piante erbacee, arbusti e alberi, che richiedono elevata manutenzione e un sistema di irrigazione permanente. La profondità media del substrato di coltura va dai 25 ai 100 cm, a seconda della consistenza delle essenze da piantumare, con pesi che vanno dai 250- 1000 kg/mq.</p> |
|---|---|---|---|

| TECNICA 14b | TETTO VERDE INTENSIVO (coperture piane) | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|----|----|---------|---|
|  | Applicazione di un pacchetto costituito da più strati (di barriera al vapore, isolante, impermeabilizzante, drenante, filtrante) e da un substrato di coltura il cui spessore dipende dalle necessità nutrizionali della vegetazione da coltivare, che può andare dalle erbacee perenni, ai cespugli, agli arbusti fino agli alberi |  | 16 | 24 | - | Reazione al fuoco |
| | | | - | - | - | Incolmunità nell'evacuazione |
| | | | 24 | - | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 16 | 24 | Costo totale |
| | | | 16 | 24 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 16 | 24 | Incidenza materiale |

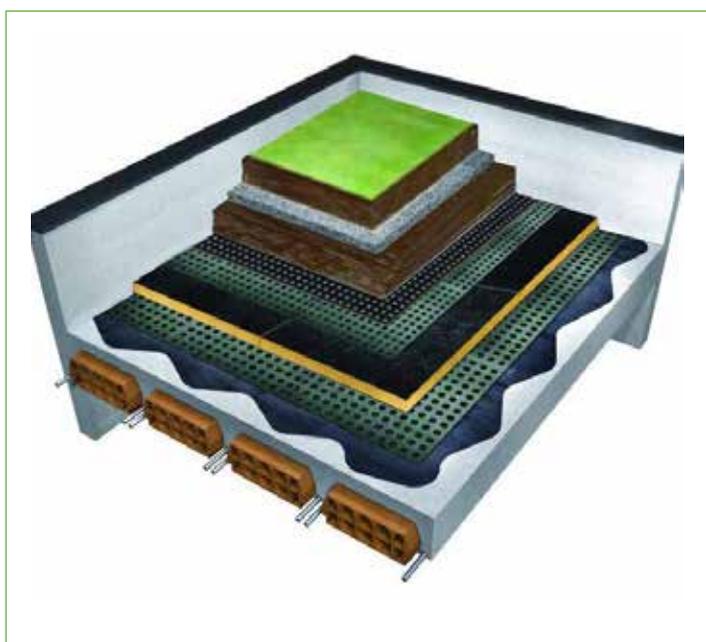
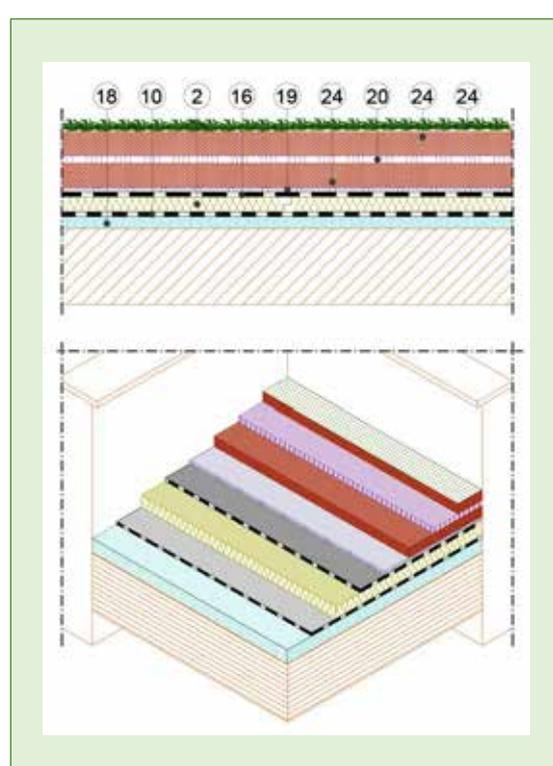
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|--|----|
| Verniciatura con primer | 18 |
| Posa della barriera al vapore in adesione al primer | 10 |
| Fissaggio di pannelli termoisolanti | 2 |
| Posa del manto impermeabile bistrato con membrana in bitume distillato polimero elastoplastomerica | 16 |
| Realizzazione di uno strato drenante | 19 |
| Inserimento della terra di coltura (inserire h terreno + nota sui carichi) | 24 |
| Realizzazione di uno strato filtrante | 20 |
| Inserimento del substrato di coltura | 24 |
| Realizzazione del canale di raccolta delle acque meteoriche | - |
| Realizzazione di un manto erboso | 24 |

MATERIALI

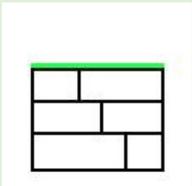
| |
|----|
| 18 |
| 10 |
| 2 |
| 16 |
| 19 |
| 24 |
| 20 |
| 24 |
| - |
| 24 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Il taglio degli elementi termoisolanti genera polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano dispositivi di protezione individuale (DPI), possono provocare irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma e difficoltà respiratorie, oltre ad eventuali, anche se rari, tumori nasali. Nel caso particolare di pannelli in lana di vetro, questi effetti possono avvenire nelle fasi di rifinitura, rimozione e smaltimento. Per tutti i pannelli le operazioni di taglio devono essere eseguite in aree molto ben ventilate. Lo stirene nei pannelli sintetici organici è un interferente endocrino, che in opera può continuare ad emettere in percentuali decrescenti. Anche i composti utilizzati per impedire la combustione e/o per ritardare la diffusione delle fiamme nei pannelli possono essere considerati tossici durante l'incendio. In presenza di fiamma, specie nei pannelli in PIR e PUR, si producono elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno.

| TECNICA 14b | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Barriera al vapore - Guaina impermeabilizzante - Primer di adesione - Strato drenante - Strato filtrante - Elementi naturali | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretani (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 10 | Barriera al vapore | | | | | | |
|----|---|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Foglio laminato a strati di LDPE, accoppiato con un foglio di alluminio e fogli di polietilene | A | B _p | B _p | B | 44% | 56% |
| | Foglio d'alluminio, rete di rinforzo, poliestere e polietilene | A | B _p | B _p | B | 38% | 62% |
| | Membrana di bitume con finitura di TNT in polipropilene o finitura sabbata | A | B _p | B _p | B | 48% | 52% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro e lamina di alluminio | A | B _p | B _p | B | 37% | 63% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro rinforzato | A | B _p | B _p | B | 50% | 50% |

| 16 | Guaina impermeabilizzante | | | | | | |
|----|--|---|-----------------------------|----------------|---|-----|-----|
| | Guaina cementizia elastica | M | N _p ⁷ | N _p | B | 38% | 62% |
| | Guaine bituminose | A | N _p | N _p | B | 44% | 56% |
| | Guaine impregnanti (resine idrofobizzanti e impermeabilizzanti in solventi organici) | A | N _p | N _p | B | 68% | 32% |

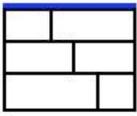
| 18 | Primer di adesione | | | | | | |
|----|-----------------------------------|---|-------------------|-------------------|---|-----|-----|
| | Primer a base di acqua e solvente | M | B _{p, q} | B _{p, q} | B | 54% | 46% |

| 19 | Strato drenante | | | | | | |
|----|-----------------|---|---|---|---|-----|-----|
| | Argilla espansa | N | N | N | B | 58% | 42% |
| | Vermiculite | N | N | N | B | 48% | 52% |

| 20 | Strato filtrante | | | | | | |
|----|---------------------|---|---|---|---|-----|-----|
| | Tessuto non tessuto | N | N | N | B | 55% | 45% |

| 24 | Elementi naturali | | | | | | |
|----|-------------------|----------------|---|---|---|-----|-----|
| | Terreno | N | N | N | B | 75% | 25% |
| | Essenza verde | B _q | N | N | B | 50% | 50% |

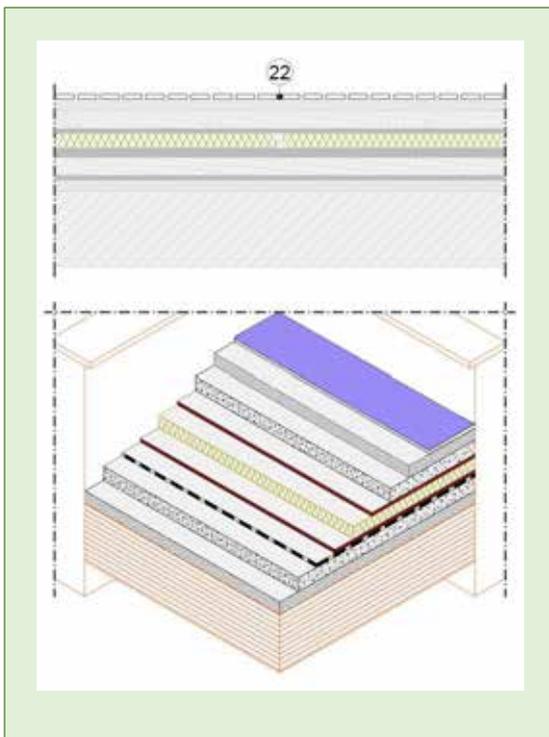
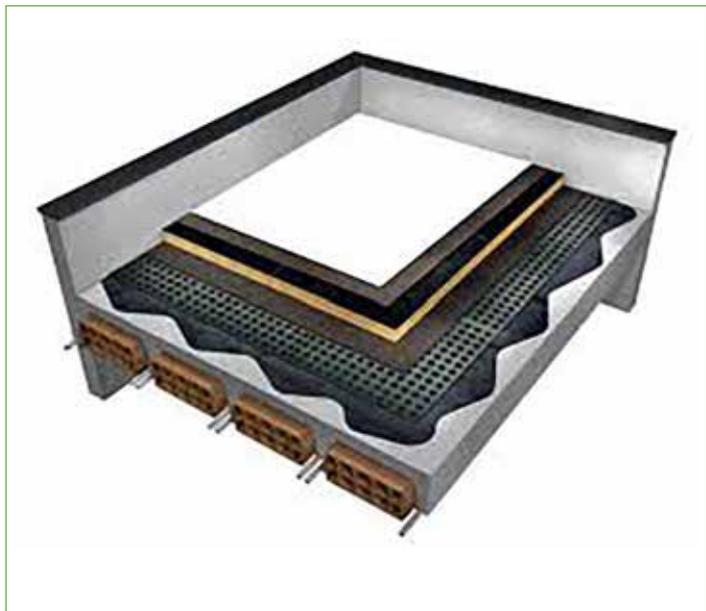
| | |
|--|---|
| <p>Legenda N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p, q} = bassa per posizione e quantità. ¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti.</p> | <p>Riferimenti - Ceccherini Nelli L., D'Audino E., Trombadore A., (2005) <i>Schermature solari</i>, Alinea, Firenze - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Sasso Ugo (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove e indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i>, Alinea, Firenze</p> |
|--|---|

| TECNICA 15 | COOL ROOF (coperture piane) | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|----|---|---------|---|
|  | Applicazione sulla superficie esterna della copertura di uno strato ad alta riflettanza solare e ad alta emittanza termica (vernici/membrane/guaine/bitumi/piastrelle) |  | 22 | - | - | Reazione al fuoco |
| | | | - | - | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | - | - | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 22 | - | - | Costo totale |
| | | | 22 | - | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 22 | - | - | Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

Applicazione di uno strato riflettente sulla superficie del solaio esistente

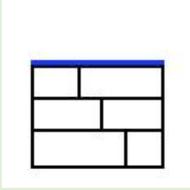
22



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Lo strato riflettente è a base di resine, che applicate con rulli o pistole, provocano l'aerodispersione di sostanze tossiche, le quali a contatto con pelle e mucose oculari, possono provocare dermatiti, eczemi, asma.



| TECNICA 15 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|-----------------------------------|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | - Strato riflettente | | | | | | |

| 22 | Strato riflettente | | | | | | |
|----|---|------------------|---|---|---|-----|-----|
| | Manto impermeabile sintetico in poliolefina armato con rete di poliestere o fibra di vetro | B _{p,q} | N | N | M | 52% | 48% |
| | Manto impermeabile sintetico in PVC armato con rete di poliestere | B _{p,q} | N | N | M | 62% | 38% |
| | Pittura protettiva al solvente a base di bitumi ossidanti, resine, additivata con pigmenti metallici di alluminio | B _{p,q} | N | N | M | 53% | 47% |
| | Pittura protettiva al solvente a base di resine sintetiche, cariche, pigmenti, anti-muffe, antialghe ed additivi vari | B _{p,q} | N | N | M | 42% | 58% |
| | Manto bituminoso elastomerico al solvente con pigmenti di alluminio | B _{p,q} | N | N | M | 51% | 39% |
| | Membrana liquida fibrata in emulsione acquosa con resine sintetiche | B _{p,q} | N | N | M | 46% | 54% |

Legenda

N = Nessuna; **B** = bassa; **M** = media; **A** = Alta; **B_{p,q}** = bassa per posizione e quantità.

¹ Riferimento al sughero

² Riferimento all'argilla espansa

³ Riferimento al calcio silicato

⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R)

⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato

⁶ Aumenta il rischio di diffusione

⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti.



| TECNICA 16 | ISOLAMENTO A ESTRADOSSO CON ISOLANTE SOTTO-TEGOLA (copertura a falde) | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|---|----|---------|---|
|  | Applicazione di pannelli/lastre isolanti tra la barriera al vapore e l'impermeabilizzante, disposto direttamente sotto le tegole |  | 2 | 16 | - | Reazione al fuoco |
| | | | - | - | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | - | - | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 16 | - | Costo totale |
| | | | 2 | 16 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 16 | 10 | Incidenza materiale |

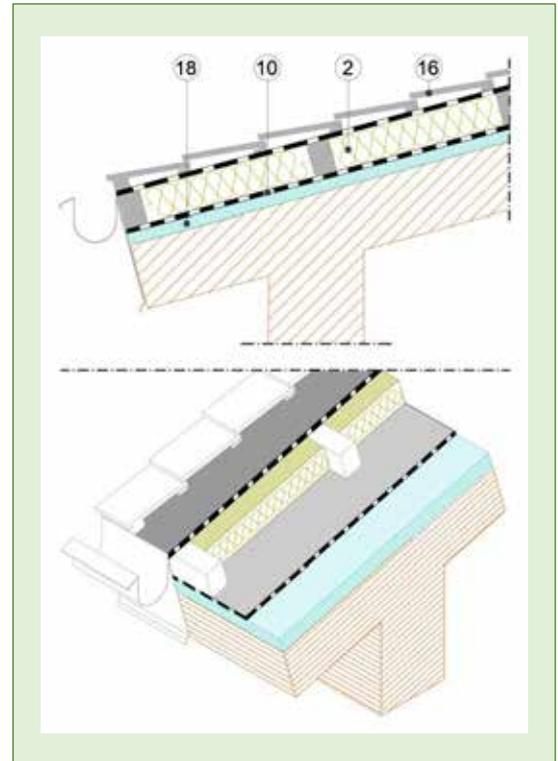
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|--|----|
| Verniciatura con primer | 18 |
| Eventuale posa di una barriera al vapore | 10 |
| Fissaggio di pannelli termoisolanti sotto-tegola | 2 |
| Posa dell'impermeabilizzante | 16 |
| Completamento con coppi | - |

MATERIALI

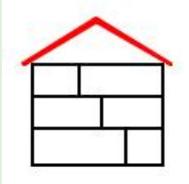
| |
|----|
| 18 |
| 10 |
| 2 |
| 16 |
| - |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la posa dei pannelli termoisolanti, il taglio degli elementi genera polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano dispositivi di protezione individuale (DPI), possono provocare irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma e difficoltà respiratorie, oltre ad eventuali, anche se rari, tumori nasali. Nel caso particolare di pannelli in lana di vetro, questi effetti possono avvenire nelle fasi di rifinitura e durante la fase di rimozione e smaltimento. Per tutti i pannelli le operazioni di taglio devono essere eseguite in aree molto ben ventilate. Lo stirene contenuto nei pannelli sintetici organici è considerato un interferente endocrino, che in opera può continuare ad emettere in percentuali decrescenti. Anche i composti utilizzati per impedire la combustione e/o per ritardare la diffusione delle fiamme nei pannelli possono essere considerati tossici durante l'incendio. Quantità e qualità dei prodotti emessi dipendono dalla composizione chimica, spesso non specificata in modo opportuno dal produttore. In presenza di fiamma, specie nei pannelli in PIR e PUR, si producono elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno. Il decesso sopraggiunge per esposizione a CO e CO₂. Il monossido di carbonio è considerato il componente più letale per il suo marcato effetto narcotico. In caso di combustione senza fiamma, possono prodursi diossine e furani. La combustione di pannelli in EPS produce fumi di colore scuro intenso che ostacolano durante l'incendio, sia la fuga degli occupanti che l'arrivo dei soccorsi.

| TECNICA 16 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Barriera al vapore - Guaina impermeabilizzante - Primer di adesione | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretani (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 10 | Barriera al vapore | | | | | | |
|----|---|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Foglio laminato a strati di LDPE, accoppiato con un foglio di alluminio e fogli di polietilene | A | B _p | B _p | B | 44% | 56% |
| | Foglio d'alluminio, rete di rinforzo, poliestere e polietilene | A | B _p | B _p | B | 38% | 62% |
| | Membrana di bitume con finitura di TNT in polipropilene o finitura sabbata | A | B _p | B _p | B | 48% | 52% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro e lamina di alluminio | A | B _p | B _p | B | 37% | 63% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro rinforzato | A | B _p | B _p | B | 50% | 50% |

| 16 | Guaina impermeabilizzante | | | | | | |
|----|--|---|-----------------------------|----------------|---|-----|-----|
| | Guaina cementizia elastica | M | N _p ⁷ | N _p | B | 38% | 62% |
| | Guaine bituminose | A | N _p | N _p | B | 44% | 56% |
| | Guaine impregnanti (resine idrofobizzanti e impermeabilizzanti in solventi organici) | A | N _p | N _p | B | 68% | 32% |

| 18 | Primer di adesione | | | | | | |
|----|-----------------------------------|---|------------------|------------------|---|-----|-----|
| | Primer a base di acqua e solvente | M | B _{p,q} | B _{p,q} | B | 54% | 46% |

| Legenda | Riferimenti |
|--|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2013) <i>PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation</i>, Factsheet n. 18, gennaio 2013 - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - Francese D., (2002) <i>Il benessere negli interventi di recupero edilizio</i>, Diade, Padova - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Sasso, U. (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove e indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i>, Alinea, Firenze - Stec, A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 |

| TECNICA 17 | COPERTURA ISOLATA E VENTILATA (copertura a falde) | MATERIALI RILEVANTI | EFFETTI |
|---|---|---|--|
|  | Inserimento di pannelli/lastre isolanti sovrapposti da uno strato impermeabilizzante e da una listellatura, per la creazione di un'intercapedine d'aria, ricoperta da coppi |  | 2 16 - Reazione al fuoco |
| | | | - - - Incolumità nell'evacuazione |
| | | | - - - Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 16 4 Costo totale |
| | | | 2 16 4 Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 16 10 Incidenza materiale |

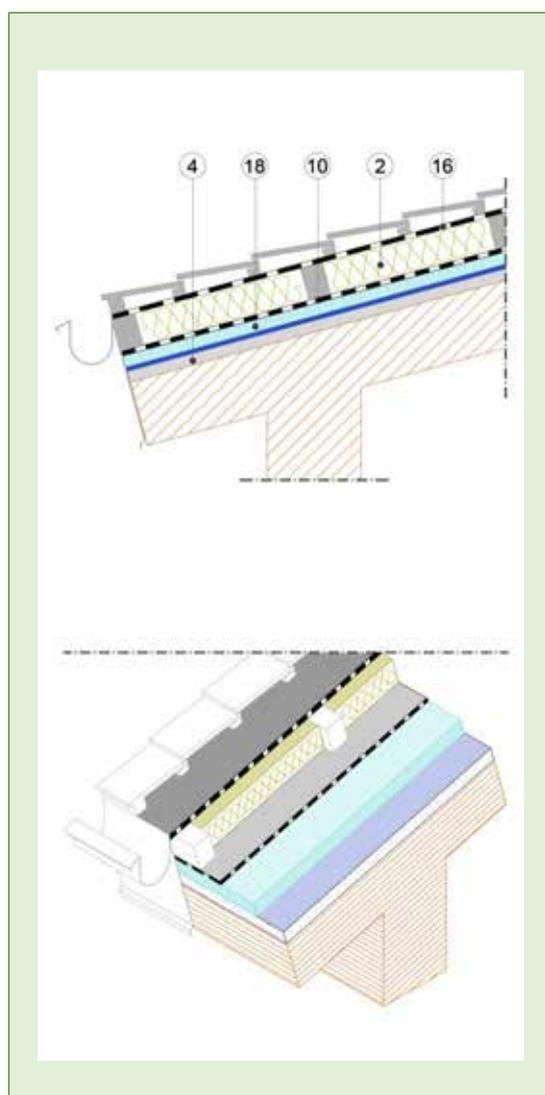
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|---|----|
| Applicazione di uno strato rasante per rendere piana la superficie | 4 |
| Verniciatura con primer | 18 |
| Posa in opera di una barriera al vapore | 10 |
| Fissaggio della listellatura in legno di ancoraggio dei pannelli di coibentazione al solaio di copertura a mezzo di tasselli a espansione | - |
| Inserimento dei pannelli termoisolanti (da appoggiare sullo strato di barriera al vapore) | 2 |
| Posa in opera del manto impermeabilizzante | 16 |
| Fissaggio della listellatura di ventilazione a quella di ancoraggio con tasselli con guarnizione a tenuta | - |
| Fissaggio della listellatura di supporto dello strato di tenuta a quella di ventilazione con tasselli a espansione | - |
| Inserimento della rete para passeri | - |
| Posa in opera del nuovo strato di tenuta costituito da coppi | - |
| Realizzazione dei colmi, dei compluvi e dei displuvi ventilati, delle scossaline laterali di finitura | - |
| Sigillatura delle reti para passeri alle aperture di ventilazione | - |

MATERIALI

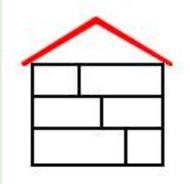
| |
|----|
| 4 |
| 18 |
| 10 |
| - |
| 2 |
| 16 |
| - |
| - |
| - |
| - |
| - |
| - |
| - |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la preparazione delle miscele dello strato rasante e della guaina impermeabilizzante, si generano sostanze aereo disperse, le quali se respirate dagli operatori che non indossano DPI, possono provocare bronchiti, eczemi, difficoltà respiratorie, ustioni chimiche, pneumoconiosi non evolutive e silicosi. La stessa attenzione deve esser garantita durante l'applicazione con uso di rulli o pistole dello strato impermeabilizzante a base di resine e solventi, che, se inalati o a contatto con pelle e occhi, possono provocare dermatiti, eczemi, asma.

| TECNICA 17 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|--|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Malta rasante - Barriera al vapore - Guaina impermeabilizzante - Primer di adesione | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretani (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 4 | Malta rasante | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Di cemento | N | N | N | M | 93% | 7% |
| | Di calce idraulica naturale in polvere | N | N | N | B | 85% | 15% |
| | Di calce idraulica artificiale pozzolanica in polvere | N | N | N | B | 96% | 4% |
| | Di calce aerea | N | N | N | B | 88% | 12% |
| | Di calce idrata | N | N | N | B | 97% | 3% |

| 10 | Barriera al vapore | | | | | | |
|----|---|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Foglio laminato a strati di LDPE, accoppiato con un foglio di alluminio e fogli di polietilene | A | B _p | B _p | B | 44% | 56% |
| | Foglio d'alluminio, rete di rinforzo, poliestere e polietilene | A | B _p | B _p | B | 38% | 62% |
| | Membrana di bitume con finitura di TNT in polipropilene o finitura sabbata | A | B _p | B _p | B | 48% | 52% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro e lamina di alluminio | A | B _p | B _p | B | 37% | 63% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro rinforzato | A | B _p | B _p | B | 50% | 50% |

| 16 | Guaina impermeabilizzante | | | | | | |
|----|--|---|-----------------------------|----------------|---|-----|-----|
| | Guaina cementizia elastica | M | N _p ⁷ | N _p | B | 38% | 62% |
| | Guaine bituminose | A | N _p | N _p | B | 44% | 56% |
| | Guaine impregnanti (resine idrofobizzanti e impermeabilizzanti in solventi organici) | A | N _p | N _p | B | 68% | 32% |

| 18 | Primer di adesione | | | | | | |
|----|-----------------------------------|---|-------------------|-------------------|---|-----|-----|
| | Primer a base di acqua e solvente | M | B _{p, q} | B _{p, q} | B | 54% | 46% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p, q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2013) <i>PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation</i>, Factsheet n. 18, gennaio 2013 - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Sasso, U. (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove e indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i>, Alinea, Firenze |

| TECNICA 18a | ISOLAMENTO A D ESTRADOSSO DEL SOTTOTETTO CON PENNELLI O FELTRI (copertura a falde) | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|---|----|---------|---|
| | | | | | | |
|  | Applicazione di pannelli isolanti o feltri posati direttamente sulla parte superiore del solaio del sottotetto |  | 2 | 15 | 7 | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | 15 | 7 | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 2 | 15 | 7 | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 15 | 7 | Costo totale |
| | | | 2 | 15 | 7 | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 15 | 7 | Incidenza materiale |

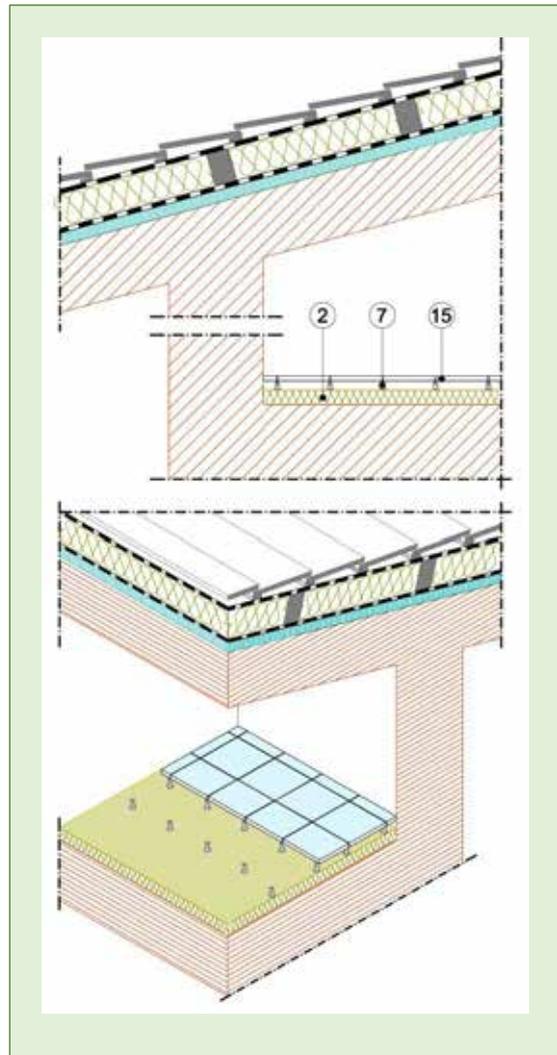
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|---|----|
| Applicazione di pannelli termoisolanti | 2 |
| Fissaggio di un sistema di supporto costituito da piedini metallici | 7 |
| Completamento con pavimentazione | 15 |

MATERIALI

| |
|----|
| 2 |
| 7 |
| 15 |

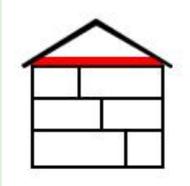
DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la posa dei pannelli termoisolanti, il taglio degli elementi genera polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano dispositivi di protezione individuale (DPI), possono provocare irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma e difficoltà respiratorie, oltre ad eventuali, anche se rari, tumori nasali. Nel caso particolare di pannelli in lana di vetro, questi effetti possono avvenire nelle fasi di rifinitura e durante la fase di rimozione e smaltimento. Per tutti i pannelli le operazioni di taglio devono essere eseguite in aree molto ben ventilate. Lo stirene contenuto nei pannelli sintetici organici è considerato un interferente endocrino, che in opera può continuare ad emettere in percentuali decrescenti. Anche i composti utilizzati per impedire la combustione e/o per ritardare la diffusione delle fiamme nei pannelli possono essere considerati tossici durante l'incendio. Quantità e qualità dei prodotti emessi dipendono dalla composizione chimica, spesso non specificata in modo opportuno dal produttore. In presenza di fiamma, specie nei pannelli in PIR e PUR, si producono elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno. Il decesso sopraggiunge per esposizione a CO e CO₂. Il monossido di carbonio è considerato il componente più letale per il suo marcato effetto narcotico. In caso di combustione senza fiamma, possono prodursi diossine e furani. La combustione di pannelli in EPS

produce fumi di colore scuro intenso che ostacolano durante l'incendio, sia la fuga degli occupanti che l'arrivo dei soccorsi. Riguardo alla posa della pavimentazione bisogna prestare attenzione alla produzione delle polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI per la sicurezza possono provocare irritazioni agli occhi, dermatiti da contatto, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali.

| TECNICA 18a | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Sistema di supporto - Pavimentazione | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretanic (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 7 | Sistema di supporto | | | | | | |
|---|--|---|---|----------------|---|-----|-----|
| | Sistema metallico Acciaio inox, alluminio, acciaio inossidabile, Cor-ten | N | N | M ⁴ | A | 17% | 83% |
| | Sistema non metallico Armatura in legno trattato | M | M | M | A | 27% | 73% |
| | Traliccio in PVC | A | A | A | A | 31% | 69% |
| | Cavi in Nylon | M | A | A | A | 31% | 69% |

| 15 | Pavimentazione | | | | | | |
|----|---|---|-----|-----|---|-----|-----|
| | Pavimento in gres porcellanato | N | N | N | A | 52% | 48% |
| | Pavimento in marmo | N | N | N | A | 43% | 57% |
| | Pavimento in resine | A | M | M | A | 32% | 68% |
| | Pavimento in composti con polvere di quarzo | M | M | M | M | 98% | 2% |
| | Pavimento in ceramica | N | N | N | A | 55% | 45% |
| | Pavimento in legno | M | B/M | B/M | A | 26% | 74% |
| | Pavimento in granito | N | N | N | A | 39% | 61% |
| | Pavimento in ardesia | N | N | N | A | 23% | 77% |

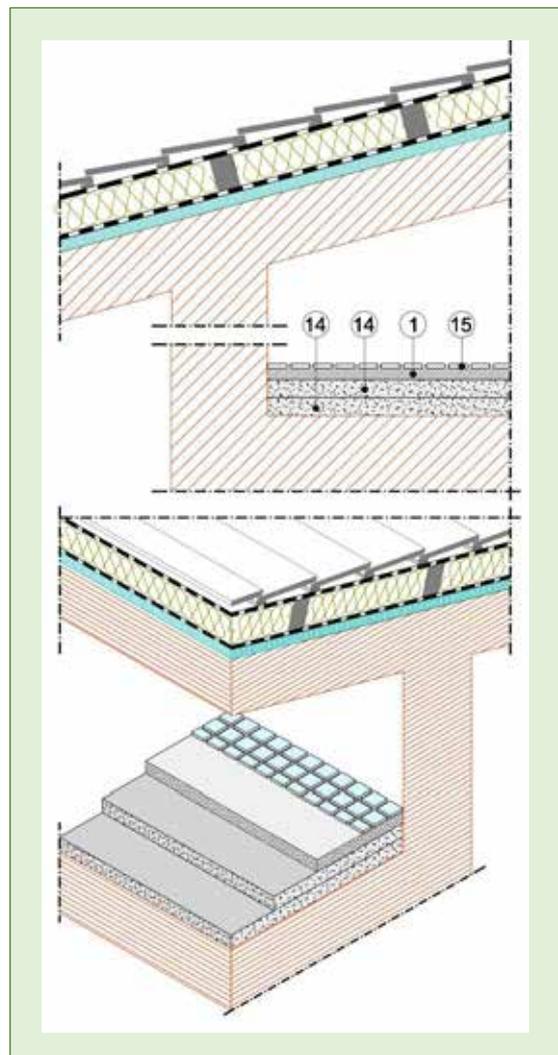
| Legenda | Riferimenti |
|---|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - AIPE – Associazione Italiana Polistirene Espanso (2005) <i>Il fuoco nella direttiva europea CPD 89/106</i>. - AIPE – Associazione Italiana Polistirene Espanso (2019) <i>Comportamento al fuoco: Sicurezza all'incendio di edifici realizzati con EPS</i>. Documento realizzato da EUMEPS, European Manufacturers of Expanded Polystyrene - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Stec, A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 |

| TECNICA 18b | ISOLAMENTO A D ESTRADOSSO DEL SOTTOTETTO CON SOTTOFONDO ALLERGERITO (copertura a falde) | MATERIALI RILEVANTI | EFFETTI |
|---|--|---|---|
|  | Stesura di un sottofondo in conglomerato cementizio alleggerito con proprietà termoisolanti sulla parte superiore del solaio del sottotetto, finito con pavimentazione |  | 15 - - Reazione al fuoco |
| | | | - - - Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 14 15 - Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 15 14 1 Costo totale |
| | | | 14 15 - Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 15 14 - Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

| | |
|--|----|
| Applicazione di un sottofondo in conglomerato cementizio alleggerito con proprietà termoisolanti | 14 |
| Eventuale realizzazione di un ulteriore massetto in sabbia e cemento | 14 |
| Applicazione di uno strato legante | 1 |
| Completamento con pavimentazione | 15 |

| |
|----|
| 14 |
| 14 |
| 1 |
| 15 |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la preparazione e la messa in opera dello strato legante, del massetto di alleggerimento, bisogna prestare attenzione alla produzione delle polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI per la sicurezza possono provocare irritazioni agli occhi, dermatiti da contatto, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Nel caso di utilizzo di schiuma poliuretanicca è fondamentale che i posatori rispettino le necessarie misure di protezione, tra cui il confinamento dell'area immediatamente circostante l'applicazione affinché gli occupanti e in generale i non addetti ai lavori non possano accedervi. Gli applicatori devono inoltre indossare respiratori o maschere a pressione d'aria positiva e altri dispositivi di protezione individuale (DPI) per ridurre l'esposizione a vapori, aerosol e particolari MDI e altre sostanze chimiche che possono essere rilasciate durante la spruzzatura e le operazioni successive. A polimerizzazione avvenuta, la schiuma è considerata chimicamente inerte. Inoltre, bisogna tener conto che questo tipo di materiale, in caso di incendio, è altamente tossico poiché produce alti valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno.

| TECNICA 18b | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Strato legante/Schiama isolante - Massetto alleggerito - Pavimentazione | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |

| 1 Strato legante/schiama isolante | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|------------------|------------------|---|-----|-----|--|
| Cemento e sabbia | N | N | N | M | 93% | 7% | |
| Resine sintetiche | M | B _{p,q} | B _{p,q} | B | 62% | 38% | |
| Schiama poliuretanic | A | B _p | B _p | B | 92% | 8% | |

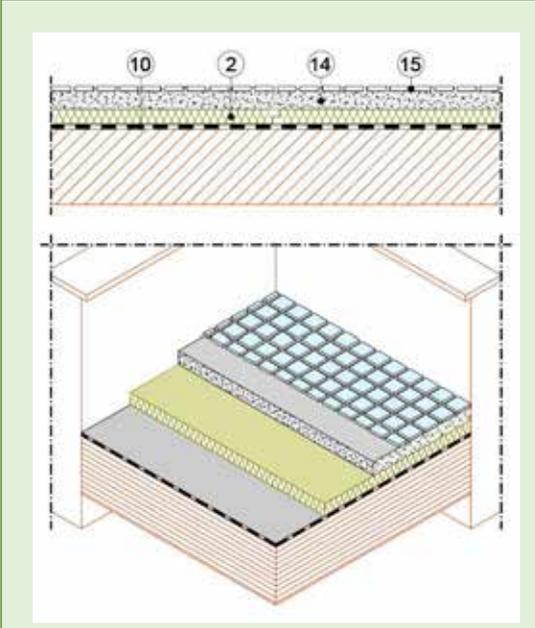
| 14 Massetto alleggerito | | | | | | | |
|------------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|--|
| Cemento armato alleggerito | N | B ⁵ | M ⁶ | M | 77% | 23% | |
| Calcestruzzo cellulare con perlite | N | B ⁵ | M ⁶ | B | 32% | 68% | |

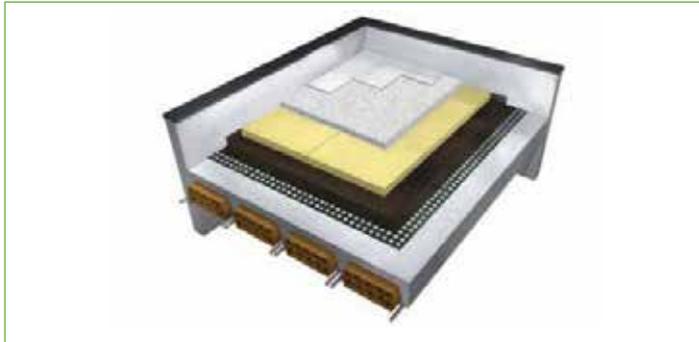
| 15 Pavimentazione | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|---|-----|-----|--|
| Pavimento in gres porcellanato | N | N | N | A | 52% | 48% | |
| Pavimento in marmo | N | N | N | A | 43% | 57% | |
| Pavimento in resine | A | M | M | A | 32% | 68% | |
| Pavimento in composti con polvere di quarzo | M | M | M | M | 98% | 2% | |
| Pavimento in ceramica | N | N | N | A | 55% | 45% | |
| Pavimento in legno | M | B/M | B/M | A | 26% | 74% | |
| Pavimento in granito | N | N | N | A | 39% | 61% | |
| Pavimento in ardesia | N | N | N | A | 23% | 77% | |

| Legenda | Riferimenti |
|---|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <p>- AA.VV. (2013) <i>PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation, Factsheet n. 18, gennaio 2013</i></p> <p>- AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri</p> <p>- Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i></p> |



| TECNICA 19 | ISOLAMENTO AD ESTRADOSSO DEL SOLAIO CONTROTERRA | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|---|----|---------|---|
|  | Applicazione di pannelli isolanti tra la barriera al vapore e il massetto in cemento alleggerito, finito con pavimentazione. |  | 2 | - | - | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | - | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 2 | - | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 14 | 15 | Costo totale |
| | | | 2 | 14 | 15 | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 14 | 15 | Incidenza materiale |

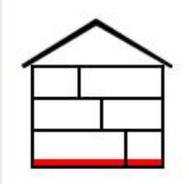
| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|---|-----------|---|
| Posa in opera di una barriera al vapore | 10 |  |
| Applicazioni di pannelli termoisolanti | 2 | |
| Realizzazione di un massetto in cemento alleggerito | 14 | |
| Completamento con pavimentazione | 15 | |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante il taglio dei pannelli si generano, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI possono provocare irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma e difficoltà respiratorie ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Nel caso particolare di pannelli in lana di vetro, questi effetti possono avvenire durante la messa in opera del prodotto, nelle fasi di rifinitura, rimozione e smaltimento. Per tutti i pannelli le operazioni di taglio devono essere eseguite in aree molto ben ventilate. Lo stirene contenuto nei pannelli sintetici organici è un interferente endocrino, che in opera può continuare ad emettere in percentuali decrescenti. Anche i composti utilizzati per impedire la combustione e/o per ritardare la diffusione delle fiamme nei pannelli possono essere considerati tossici durante l'incendio. Quantità e qualità dei prodotti emessi dipendono dalla composizione chimica spesso non specificata in modo opportuno dal produttore. In presenza di fiamma, specie nei pannelli in PIR e PUR, si producono elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno. Il decesso sopraggiunge per esposizione a monossido di carbonio e anidride carbonica. Il monossido di carbonio è considerato il componente più letale a causa del suo marcato effetto narcotico. In caso di combustione senza fiamma, possono prodursi diossine e furani. La combustione dell'EPS produce fumi di colore scuro intenso che ostacolano durante l'incendio, sia la fuga degli occupanti che l'arrivo dei soccorsi. Attenzione va prestata all'applicazione dello strato impermeabilizzante in resina, che applicato con rulli o pistole, produce sostanze volatili tossiche.



| TECNICA 19 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|--|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Barriere al vapore - Massetto alleggerito - Pavimentazione | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ¹ | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M ² | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretanic (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 10 | Barriera al vapore | | | | | | |
|----|---|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Foglio laminato a strati di LDPE, accoppiato con un foglio di alluminio e fogli di polietilene | A | B _p | B _p | B | 44% | 56% |
| | Foglio d'alluminio, rete di rinforzo, poliestere e polietilene | A | B _p | B _p | B | 38% | 62% |
| | Membrana di bitume con finitura di TNT in polipropilene o finitura sabbata | A | B _p | B _p | B | 48% | 52% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro e lamina di alluminio | A | B _p | B _p | B | 37% | 63% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro rinforzato | A | B _p | B _p | B | 50% | 50% |

| 14 | Massetto alleggerito | | | | | | |
|----|------------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Cemento armato alleggerito | N | B ⁵ | M ⁶ | M | 77% | 23% |
| | Calcestruzzo cellulare con perlite | N | B ⁵ | M ⁶ | B | 32% | 68% |

| 15 | Pavimentazione | | | | | | |
|----|---|---|-----|-----|---|-----|-----|
| | Pavimento in gres porcellanato | N | N | N | A | 52% | 48% |
| | Pavimento in marmo | N | N | N | A | 43% | 57% |
| | Pavimento in resine | A | M | M | A | 32% | 68% |
| | Pavimento in composti con polvere di quarzo | M | M | M | M | 98% | 2% |
| | Pavimento in ceramica | N | N | N | A | 55% | 45% |
| | Pavimento in legno | M | B/M | B/M | A | 26% | 74% |
| | Pavimento in granito | N | N | N | A | 39% | 61% |
| | Pavimento in ardesia | N | N | N | A | 23% | 77% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|---|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <p>- AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri</p> <p>- AIPE – Associazione Italiana Polistirene Espanso (2019) <i>Comportamento al fuoco: Sicurezza all'incendio di edifici realizzati con EPS</i>. Documento realizzato da EUMEPS, European Manufacturers of Expanded Polystyrene.</p> <p>- Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore</p> <p>- Stec, A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506</p> |

| TECNICA 20 | RIFACIMENTO DELL'ISOLAMENTO AD ESTRADOSSO DEL SOLAIO CONTROTERRA | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|---|----|---------|---|
|  | Eliminazione (facoltativa) degli strati preesistenti e applicazione di un nuovo pacchetto costituito da impermeabilizzazione, pannelli e la barriera al vapore sull'estradosso del solaio contro terra |  | 2 | - | - | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | - | - | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 2 | - | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 14 | 16 | Costo totale |
| | | | 2 | 14 | 16 | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 14 | 16 | Incidenza materiale |

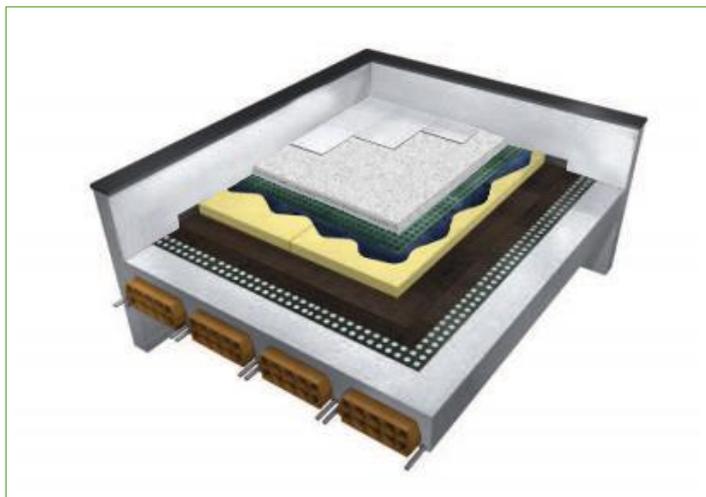
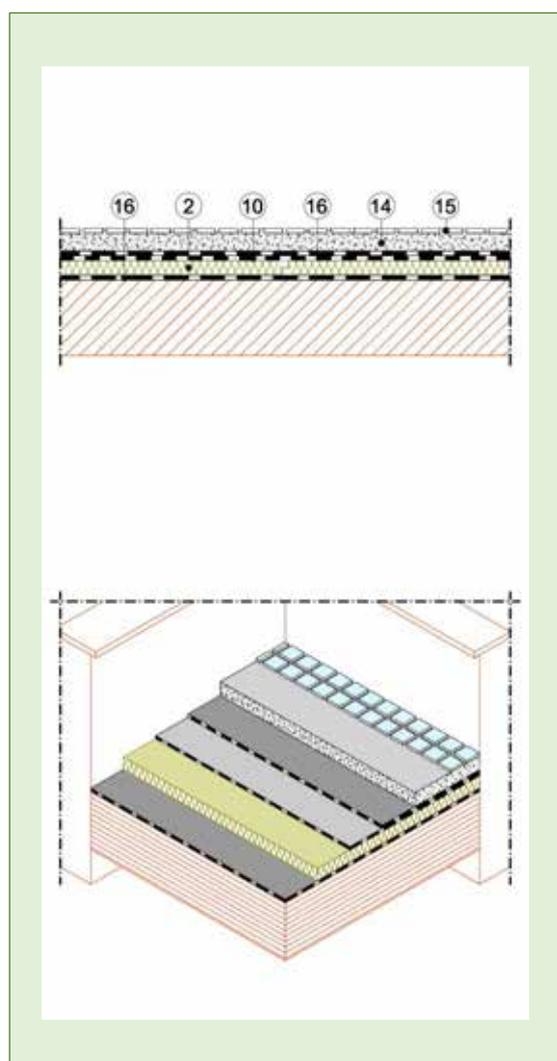
FASI DI REALIZZAZIONE

| |
|--|
| Posa in opera di uno strato di guaina impermeabilizzante |
| Applicazione di pannelli termoisolanti |
| Posa in opera di una barriera a vapore per evitare l'eventuale manifestazione di condensa superficiale |
| Posa in opera di uno strato di guaina impermeabilizzante |
| Realizzazione di un massetto armato di almeno 4 cm di spessore |
| Completamento con pavimentazione |

MATERIALI

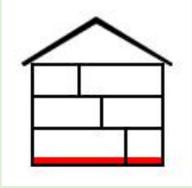
| |
|----|
| 16 |
| 2 |
| 10 |
| 16 |
| 14 |
| 15 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante il taglio dei pannelli si generano polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI possono provocare irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma e difficoltà respiratorie ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Le operazioni di taglio devono essere eseguite in aree molto ben ventilate. Lo stirene contenuto nei pannelli sintetici organici è un interferente endocrino, che in opera può continuare ad emettere in percentuali decrescenti. Quantità e qualità dei prodotti emessi con la combustione dipendono dalla composizione chimica spesso non specificata in modo opportuno dal produttore. In presenza di fiamma, specie nei pannelli in PIR e PUR, si producono elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno. Il decesso sopraggiunge per esposizione a monossido di carbonio e anidride carbonica. Il monossido di carbonio è considerato il componente più letale a causa del suo marcato effetto narcotico. In caso di combustione senza fiamma, possono prodursi diossine e furani. La combustione dell'EPS produce fumi di colore scuro intenso che ostacolano durante l'incendio, sia la fuga degli occupanti che l'arrivo dei soccorsi. Attenzione va prestata all'applicazione dello strato impermeabilizzante in resina, che applicato con rulli o pistole, produce sostanze volatili tossiche.

| TECNICA 20 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Barriere al vapore - Massetto alleggerito - Pavimentazione - Guaina impermeabilizzante | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretani (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 10 | Barriera al vapore | | | | | | |
|----|---|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Foglio laminato a strati di LDPE, accoppiato con un foglio di alluminio e fogli di polietilene | A | B _p | B _p | B | 44% | 56% |
| | Foglio d'alluminio, rete di rinforzo, poliestere e polietilene | A | B _p | B _p | B | 38% | 62% |
| | Membrana di bitume con finitura di TNT in polipropilene o finitura sabbata | A | B _p | B _p | B | 48% | 52% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro e lamina di alluminio | A | B _p | B _p | B | 37% | 63% |
| | Membrana in bitume polimero elastoplastomerica armata con feltro di vetro rinforzato | A | B _p | B _p | B | 50% | 50% |

| 14 | Massetto alleggerito | | | | | | |
|----|------------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Cemento armato alleggerito | N | B ⁵ | M ⁶ | M | 77% | 23% |
| | Calcestruzzo cellulare con perlite | N | B ⁵ | M ⁶ | B | 32% | 68% |

| 15 | Pavimentazione | | | | | | |
|----|---|---|-----|-----|---|-----|-----|
| | Pavimento in gres porcellanato | N | N | N | A | 52% | 48% |
| | Pavimento in marmo | N | N | N | A | 43% | 57% |
| | Pavimento in resine | A | M | M | A | 32% | 68% |
| | Pavimento in composti con polvere di quarzo | M | M | M | M | 98% | 2% |
| | Pavimento in ceramica | N | N | N | A | 55% | 45% |
| | Pavimento in legno | M | B/M | B/M | A | 26% | 74% |
| | Pavimento in granito | N | N | N | A | 39% | 61% |
| | Pavimento in ardesia | N | N | N | A | 23% | 77% |

| 16 | Guaina impermeabilizzante | | | | | | |
|----|--|---|-----------------------------|----------------|---|-----|-----|
| | Guaina cementizia elastica | M | N _p ⁷ | N _p | B | 38% | 62% |
| | Guaine bituminose | A | N _p | N _p | B | 44% | 56% |
| | Guaine impregnanti (resine idrofobizzanti e impermeabilizzanti in solventi organici) | A | N _p | N _p | B | 68% | 32% |

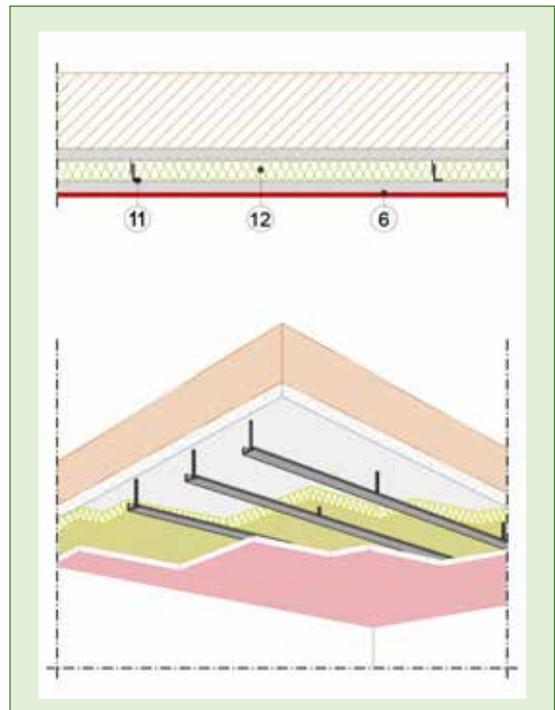
| | |
|--|---|
| Legenda N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_p, q = bassa per posizione e quantità. ¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti | Riferimenti - Francese D., (2002) <i>Il benessere negli interventi di recupero edilizio</i> , Diade, Padova - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i> , Dario Flaccovio Editore - Sasso U., (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove e indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i> , Alinea, Firenze - Stec, A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i> , Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 |
|--|---|

| TECNICA 21a | ISOLAMENTO AD INTRADOSSO DEL SOLAIO INFERIORE | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|----|----|---------|---|
|  | Applicazione di pannelli coibenti rifiniti con intonaco termoisolante mediante fissaggio di ganci metallici applicati all'intradosso del solaio inferiore |  | 6 | 12 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 6 | 11 | 12 | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 6 | 11 | 12 | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 12 | - | - | Costo totale |
| | | | 12 | - | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 12 | - | - | Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

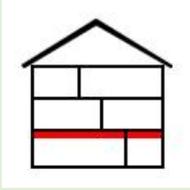
| | |
|--|----|
| Fissaggio di ganci metallici applicati all'intradosso del solaio | 11 |
| Agganciare pannelli termoisolanti in lastre autoportanti | 12 |
| Rifinitura con intonaco termoisolante (dotato di uno spessore compreso tra 3-5 centimetri) | 6 |

| |
|----|
| 11 |
| 12 |
| 6 |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la preparazione delle miscele per lo strato stuccatura e di finitura superficiale si generano polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI, possono provocare bronchiti, eczemi, difficoltà respiratorie, ustioni chimiche, dermatiti, eczemi, asma, pneumoconiosi non evolutive e silicosi. Le lastre autoportanti in schiuma poliuretanica non costituiscono terreno di proliferazione di muffe, batteri o insetti, ma in fase di installazione è necessario osservare specifici requisiti di salute e sicurezza per gli operatori; l'applicazione a spruzzo va eseguita unicamente da professionisti altamente qualificati; è necessario che i posatori rispettino le misure di protezione prescritte, tra cui il confinamento dell'area immediatamente circostante l'applicazione, affinché gli occupanti e in generale i non addetti ai lavori non possano accedervi. Gli applicatori devono inoltre indossare respiratori o maschere a pressione d'aria positiva e altri DPI, per ridurre l'esposizione a vapori, aerosol e particolari MDI e altre sostanze chimiche che possono essere rilasciate durante la spruzzatura e le operazioni successive. A polimerizzazione avvenuta, la schiuma è considerata chimicamente inerte. Inoltre, bisogna tener conto che questo tipo di materiale, in caso di incendio, è altamente tossico poiché produce elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno.

| TECNICA 21a | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Strato di stuccatura/Strato di finitura - Sistema di sospensione - Pannelli coibenti in lastre autoportanti | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |

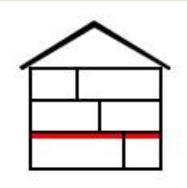
| 6 Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|-----|-----|--|
| Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% | |
| Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% | |
| Listelli in perlinatura di legno | M | M | A | M | 16% | 84% | |

| 11 Sistema di sospensione | | | | | | | |
|------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|--|
| Acciaio galvanizzato a caldo | N | A ⁵ | A ⁵ | A | 22% | 78% | |

| 12 Pannelli coibenti in lastre autoportanti | | | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|---|-----|-----|--|
| Lastre autoportanti in polimerico/fibra | A | N _p | N _p | A | 29% | 71% | |
| Lastre autoportanti in schiuma poliuretanic | A | N _p | N _p | B | 92% | 8% | |

| Legenda | Riferimenti |
|---|---|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <p>Riferimenti</p> <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2013) <i>PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation</i>, Factsheet n. 18, gennaio 2013 - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - Francese D., (2002) <i>Il benessere negli interventi di recupero edilizio</i>, Diade, Padova - Inail (2017), <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Sasso U., (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove e indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i>, Alinea, Firenze - Stec, A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 |

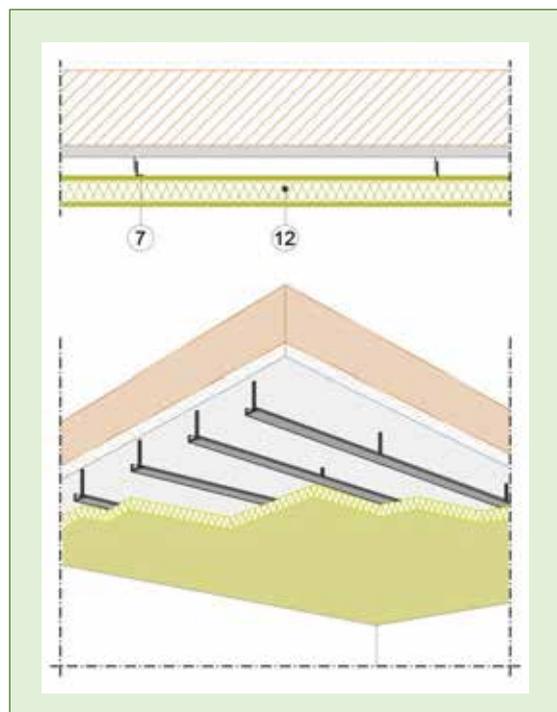


| TECNICA 21b | ISOLAMENTO AD INTRADOSSO DEL SOLAIO INFERIORE | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|----|---|---------|---|
|  | Installazione di un sistema a secco sull'intradosso del solaio inferiore costituito da una struttura metallica di sostegno a cui vengono agganciati pannelli coibenti, che realizza un'intercapedine per il passaggio di cavi, tubi e canali |  | 12 | - | - | Reazione al fuoco |
| | | | 12 | - | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 12 | - | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 12 | 7 | - | Costo totale |
| | | | 12 | 7 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 12 | 7 | - | Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

| | |
|--|----|
| Installazione di una struttura metallica collegata all'intradosso del solaio | 7 |
| Realizzazione di un'intercapedine d'aria per il passaggio di cavi, tubi e canali | - |
| Applicazione di pannelli termoisolanti in lastre autoportanti | 12 |

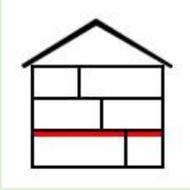
| |
|----|
| 7 |
| - |
| 12 |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la posa in opera dei sistemi di supporto si generano polveri dovute al taglio o ai collegamenti tra le parti. Nel caso in cui si adoperano materiali in alluminio, è importante evitare il rischio di inalazione o ingerimento di polveri, poiché esse possono causare gravi patologie. In particolare, i lavoratori esposti alla polvere di alluminio o all'ossido di alluminio rischiano di sviluppare gravi e invalidanti malattie come la fibrosi polmonare, che può essere aggravata dalla presenza di silicati. I lavoratori che operano a stretto contatto con questo materiale e con i suoi scarti o le sue polveri, dovrebbero dotarsi di un adeguato respiratore con filtri adatti a depurare l'aria inalata. Se si opta per armature in legno la stessa attenzione è riposta nel momento del taglio delle parti, che generano polveri o schegge, le quali possono provocare, irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Per quanto riguarda, invece, il traliccio in PVC, questo materiale in caso di incendio produce gas corrosivi durante la combustione.

Le lastre autoportanti in schiuma poliuretanicca non costituiscono terreno di proliferazione di muffe, batteri o insetti, ma in fase di installazione è necessario osservare specifici requisiti di salute e sicurezza per gli operatori; l'applicazione a spruzzo va eseguita unicamente da professionisti altamente qualificati; è necessario che i posatori rispettino le misure di protezione prescritte, tra cui il confinamento dell'area immediatamente circostante l'applicazione, affinché gli occupanti e in generale i non addetti ai lavori non possano accedervi. Gli applicatori devono inoltre indossare respiratori o maschere a pressione d'aria positiva e altri DPI, per ridurre l'esposizione a vapori, aerosol e particolari MDI e altre sostanze chimiche che possono essere rilasciate durante la spruzzatura e le operazioni successive. A polimerizzazione avvenuta, la schiuma è considerata chimicamente inerte. Inoltre, bisogna tener conto che questo tipo di materiale, in caso di incendio, è altamente tossico poiché produce elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno.

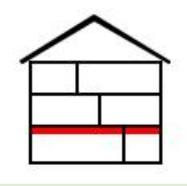
| TECNICA 21b | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  |  |
|---|---|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema di supporto - Pannelli coibenti in lastre autoportanti | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione Operabilità dei soccorsi Costo totale Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura Incidenza materiale |

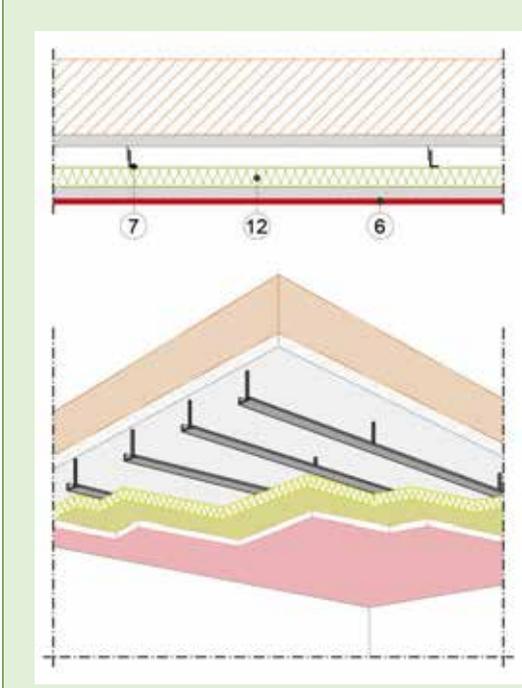
| 7 | Sistema di supporto | | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|-----|-----|
| | Sistema metallico Acciaio inox, alluminio, acciaio inossidabile, Cor-ten | N | N | M | A | 17% | 83% |
| | Sistema non metallico Armatura in legno trattato | M | M | M | A | 27% | 73% |
| | Traliccio in PVC | A | A | A | A | 31% | 69% |
| | Cavi in Nylon | M | A | A | A | 31% | 69% |

| 12 | Pannelli coibenti in lastre autoportanti | | | | | | |
|----|---|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Lastre autoportanti in polimerico/fibra | A | N _p | N _p | A | 29% | 71% |
| | Lastre autoportanti in schiuma poliuretanic | A | N _p | N _p | B | 92% | 8% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|---|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2013) <i>PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation</i>, Factsheet n. 18, gennaio 2013 - AA.VV. (2015) <i>Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - AIPE – Associazione Italiana Polistirene Espanso (2005) <i>Il fuoco nella direttiva europea CPD 89/106</i>. - AIPE – Associazione Italiana Polistirene Espanso (2019) <i>Comportamento al fuoco: Sicurezza all'incendio di edifici realizzati con EPS</i>. Documento realizzato da EUMEPS, European Manufacturers of Expanded Polystyrene. - Chow C.L., Chow W.K. and Lu Z.A. (2003) <i>Assessment of Smoke Toxicity of Building Materials</i>, International Association for Fire Safety Science - Francese D., (2002) <i>Il benessere negli interventi di recupero edilizio</i>, Diade, Padova - Inail (2017), <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Stec, A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 |



| TECNICA 21c | ISOLAMENTO AD INTRADOSSO DEL SOLAIO INFERIORE | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|----|----|---------|---|
|  | Installazione di un sistema a secco sull'intradosso del solaio inferiore costituito da una struttura metallica di sostegno a cui vengono agganciati pannelli coibenti rifiniti con intonaco termoisolante, che realizza un'intercapedine per il passaggio di cavi, tubi e canali |  | 6 | 12 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 6 | 12 | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 6 | 12 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 12 | 7 | 6 | Costo totale |
| | | | 12 | 7 | 6 | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 12 | 7 | 6 | Incidenza materiale |

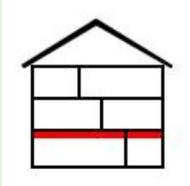
| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|--|-----------|---|
| Installazione di una struttura metallica collegata all'intradosso del solaio | 7 |  |
| Realizzazione di un'intercapedine per il passaggio di cavi, tubi e canali | - | |
| Applicazione di pannelli termoisolanti in lastre autoportanti | 12 | |
| Rifinitura con intonaco termoisolante (dotato di uno spessore compreso tra 3-5 centimetri) | 6 | |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la posa in opera dei sistemi di supporto si generano delle polveri, dovuti al taglio o collegamenti tra le parti, nel caso in cui si adoperano materiali in alluminio, è importante evitare il rischio di inalazione o ingerimento di polveri, poiché esse possono causare gravi patologie. In particolare, i lavoratori esposti alla polvere di alluminio o all'ossido di alluminio rischiano di sviluppare gravi e invalidanti malattie come la fibrosi polmonare, che può essere aggravata dalla presenza di silicati. I lavoratori che operano a stretto contatto con questo materiale e con i suoi scarti o le sue polveri, dovrebbero dotarsi di un adeguato respiratore con filtri adatti a depurare l'aria inalata. Se si opta per armature in legno la stessa attenzione è riposta nel momento del taglio delle parti, che generano polveri o schegge, le quali possono provocare, irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Per quanto riguarda, invece, il traliccio in PVC, questo materiale in caso di incendio produce gas corrosivi, infatti, durante la combustione vengono rilasciati una quantità alta di gas tossici.

Le lastre autoportanti in schiuma poliuretanica, assicura eccellenti prestazioni per gli aspetti legati alla salute; non fornisce infatti un terreno di proliferazione o alimentazione a muffe, batteri o insetti, e non genera alcun composto organico volatile microbico. Per quanto riguarda la fase di installazione, non vi sono prove di rischi cutanei derivanti dalla manipolazione di schiuma poliuretanica in lastre (taglio, posa, ecc.), ma in caso di incendio il materiale è altamente tossico poiché producono alti valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno. Nella fase di applicazione dello strato di stuccatura e finitura, possono generarsi polveri, durante la preparazione delle miscele, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI, possono provocare bronchiti, eczemi, difficoltà respiratorie, ustioni chimiche, dermatiti, eczemi, asma, pneumoconiosi non evolutive e silicosi.

| TECNICA 21c | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|--|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Strato di stuccatura/Strato di finitura - Sistema di supporto - Pannelli coibenti in lastre autoportanti | | | | | | |

| 6 | Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% |
| | Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% |
| | Listelli in perlinatura di legno | M | M | A | M | 16% | 84% |

| 7 | Sistema di supporto | | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|-----|-----|
| | Sistema metallico Acciaio inox, alluminio, acciaio inossidabile, Cor-ten | N | N | M | A | 17% | 83% |
| | Sistema non metallico Armatura in legno trattato | M | M | M | A | 27% | 73% |
| | Traliccio in PVC | A | A | A | A | 31% | 69% |
| | Cavi in Nylon | M | A | A | A | 31% | 69% |

| 12 | Pannelli coibenti in lastre autoportanti | | | | | | |
|----|---|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Lastre autoportanti in polimerico/fibra | A | N _p | N _p | A | 29% | 71% |
| | Lastre autoportanti in schiuma poliuretanic | A | N _p | N _p | B | 92% | 8% |

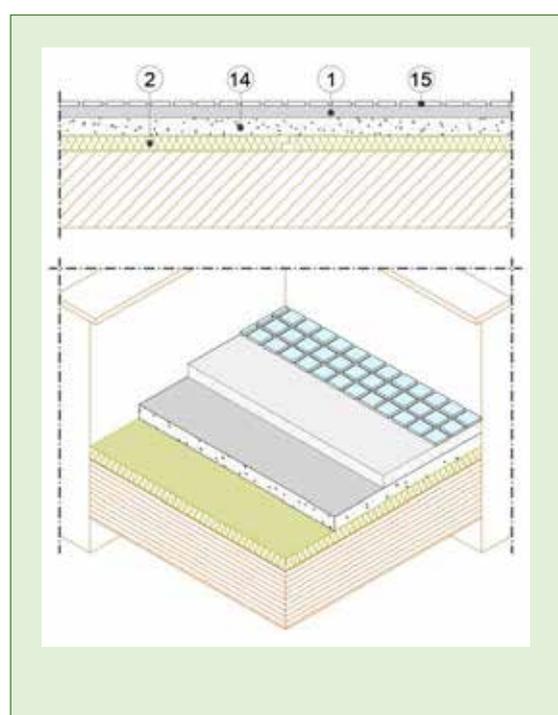
| Legenda | Riferimenti |
|---|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2013) <i>PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation</i>, Factsheet n. 18, gennaio 2013 - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - AIPE – Associazione Italiana Polistirene Espanso (2005) <i>Il fuoco nella direttiva europea CPD 89/106</i>. - AIPE – Associazione Italiana Polistirene Espanso (2019) <i>Comportamento al fuoco: Sicurezza all'incendio di edifici realizzati con EPS</i>. Documento realizzato da EUMEPS, European Manufacturers of Expanded Polystyrene. - Chow C.L., Chow W.K. and Lu Z.A. (2003) <i>Assessment of Smoke Toxicity of Building Materials</i>, International Association for Fire Safety Science - Francese D., (2002) <i>Il benessere negli interventi di recupero edilizio</i>, Diade, Padova - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Stec, A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 |

| TECNICA 22 | ISOLAMENTO AD ESTRADOSSO DEL SOLAIO INTERMEDIO | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|---|----|---------|---|
|  | Applicazione di pannelli isolanti direttamente sulla superficie del solaio, completata da un massetto in calcestruzzo e finito con pavimentazione |  | 2 | 15 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | 15 | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 2 | 15 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 15 | - | Costo totale |
| | | | 2 | 15 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 15 | - | Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

| | |
|--|----|
| Applicazione di pannelli termoisolanti | 2 |
| Realizzazione di un massetto armato di almeno 4 cm di spessore | 14 |
| Applicazione di uno strato legante | 1 |
| Eventuale completamento con pavimentazione | 15 |

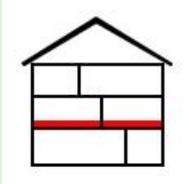
| |
|----|
| 2 |
| 14 |
| 1 |
| 15 |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante il taglio dei pannelli si generano polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI possono provocare irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma e difficoltà respiratorie ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Le operazioni di taglio devono essere eseguite in aree molto ben ventilate. Lo stirene contenuto nei pannelli sintetici organici è un interferente endocrino, che in opera può continuare ad emettere in percentuali decrescenti. Quantità e qualità dei prodotti emessi con la combustione dipendono dalla composizione chimica spesso non specificata in modo opportuno dal produttore. In presenza di fiamma, specie nei pannelli in PIR e PUR, si producono elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno. Il decesso sopraggiunge per esposizione a monossido di carbonio e anidride carbonica. Il monossido di carbonio è considerato il componente più letale a causa del suo marcato effetto narcotico. In caso di combustione senza fiamma, possono prodursi diossine e furani. La combustione dell'EPS produce fumi di colore scuro intenso che ostacolano durante l'incendio, sia la fuga degli occupanti che l'arrivo dei soccorsi. Attenzione va prestata all'applicazione dello strato impermeabilizzante in resina, che applicato con rulli o pistole, produce sostanze volatili tossiche.

Mentre durante la preparazione e la messa in opera dello strato legante, del massetto di alleggerimento, e la pavimentazione bisogna prestare attenzione alla produzione delle polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI per la sicurezza possono provocare irritazioni agli occhi, dermatiti da contatto, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Nel caso di utilizzo di schiuma poliuretana è fondamentale che i posatori rispettino le necessarie misure di protezione, tra cui il confinamento dell'area immediatamente circostante l'applicazione affinché gli occupanti e in generale i non addetti ai lavori non possano accedervi. Gli applicatori devono inoltre indossare respiratori o maschere a pressione d'aria positiva e altri dispositivi di protezione individuale (DPI) per ridurre l'esposizione a vapori, aerosol e particolari MDI e altre sostanze chimiche che possono essere rilasciate durante la spruzzatura e le operazioni successive. A polimerizzazione avvenuta, la schiuma è considerata chimicamente inerte. Inoltre, bisogna tener conto che questo tipo di materiale, in caso di incendio, è altamente tossico poiché produce alti valori di alti valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno.

| TECNICA 22 | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Strato legante/Schiama isolante - Pannelli/Lastre isolanti - Massetto alleggerito - Pavimentazione | | | | | | |

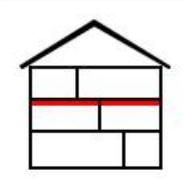
| 1 Strato legante/schiama isolante | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------|---|------------------|------------------|---|-----|-----|
| | Cemento e sabbia | N | N | N | M | 93% | 7% |
| | Resine sintetiche | M | B _{p,q} | B _{p,q} | B | 62% | 38% |
| | Schiama poliuretanic | A | B _p | B _p | B | 92% | 8% |

| 2 Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | | |
|----------------------------|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretanic (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 14 Massetto alleggerito | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------------|---|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Cemento armato alleggerito | N | B ⁵ | M ⁶ | M | 77% | 23% |
| | Calcestruzzo cellulare con perlite | N | B ⁵ | M ⁶ | B | 32% | 68% |

| 15 Pavimentazione | | | | | | | |
|-------------------|---|---|-----|-----|---|-----|-----|
| | Pavimento in gres porcellanato | N | N | N | A | 52% | 48% |
| | Pavimento in marmo | N | N | N | A | 43% | 57% |
| | Pavimento in resine | A | M | M | A | 32% | 68% |
| | Pavimento in composti con polvere di quarzo | M | M | M | M | 98% | 2% |
| | Pavimento in ceramica | N | N | N | A | 55% | 45% |
| | Pavimento in legno | M | B/M | B/M | A | 26% | 74% |
| | Pavimento in granito | N | N | N | A | 39% | 61% |
| | Pavimento in ardesia | N | N | N | A | 23% | 77% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|---|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta;</p> <p>B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero</p> <p>² Riferimento all'argilla espansa</p> <p>³ Riferimento al calcio silicato</p> <p>⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R)</p> <p>⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato</p> <p>⁶ Aumenta il rischio di diffusione</p> <p>⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - AIPE – Associazione Italiana Polistirene Espanso (2005) <i>Il fuoco nella direttiva europea CPD 89/106</i>. - AIPE – Associazione Italiana Polistirene Espanso (2019) <i>Comportamento al fuoco: Sicurezza all'incendio di edifici realizzati con EPS</i>. Documento realizzato da EUMEPS, European Manufacturers of Expanded Polystyrene. - Francese D., (2002) <i>Il benessere negli interventi di recupero edilizio</i>, Diade, Padova - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Sasso U., (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove è indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i>, Alinea, Firenze - Stec, A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 |

| TECNICA 23a | ISOLAMENTO AD INTRADOSSO DEL SOLAIO INTERMEDIO | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|---|---|---------|---|
|  | Installazione di un sistema a secco sull'intradosso del solaio intermedio costituito da una struttura metallica di sostegno a cui vengono agganciati pannelli di cartongesso rivestiti con materiale coibente e rifiniti con intonaco, perlinatura di legno o tessile |  | 2 | 6 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | 7 | 6 | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 2 | 7 | 6 | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 7 | 6 | Costo totale |
| | | | 2 | 7 | 6 | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 7 | 6 | Incidenza materiale |

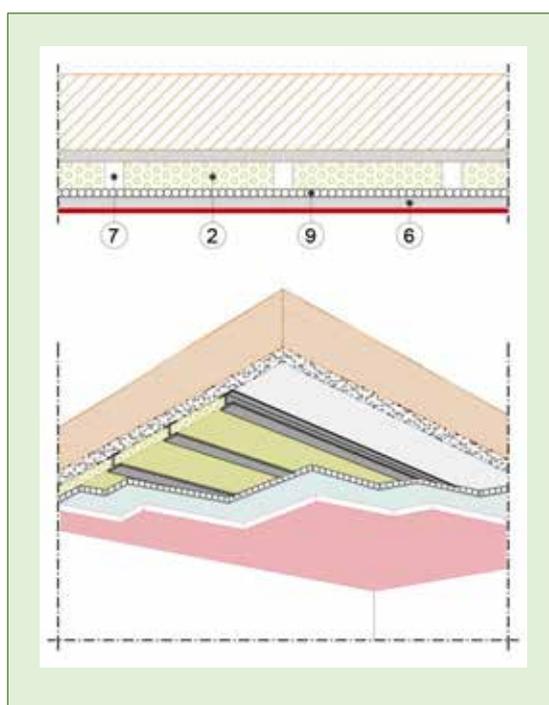
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|---|---|
| Fissaggio di una struttura metallica sull'intradosso del solaio | 7 |
| Montaggio di lastre in cartongesso | 2 |
| Stuccatura e riempimento delle fughe | 9 |
| Applicazione di una rete porta-intonaco | - |
| Completamento con uno strato di finitura | 6 |

MATERIALI

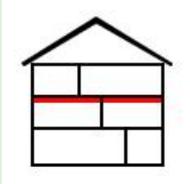
| |
|---|
| 7 |
| 2 |
| 9 |
| - |
| 6 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la posa in opera dei sistemi di supporto si generano delle polveri, dovuti al taglio o collegamenti tra le parti, nel caso in cui si adoperano materiali in alluminio, è importante evitare il rischio di inalazione o ingerimento di polveri, poiché esse possono causare gravi patologie. In particolare, i lavoratori esposti alla polvere di alluminio o all'ossido di alluminio rischiano di sviluppare gravi e invalidanti malattie come la fibrosi polmonare, che può essere aggravata dalla presenza di silicati. I lavoratori che operano a stretto contatto con questo materiale e con i suoi scarti o le sue polveri, dovrebbero dotarsi di un adeguato respiratore con filtri adatti a depurare l'aria inalata. Se si opta per armature in legno la stessa attenzione è riposta nel momento del taglio delle parti, che generano polveri o schegge, le quali possono provocare, irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Per quanto riguarda, invece, il traliccio in PVC, questo materiale in caso di incendio produce gas corrosivi, infatti, durante la combustione vengono rilasciati una quantità alta di gas tossici. Dopo la messa in opera di pannelli in cartongesso vengono impiegati materiali di riempimento e stuccatura particolare attenzione è necessaria nel caso di utilizzo di materiali in fibra di vetro, i quali, possono provocare effetti infiammatori sulle strutture polmonari, effetti irritativi per la pelle e cancerogenicità. Questi effetti possono avvenire durante la messa in opera del prodotto, nelle fasi di rifinitura e durante la fase di rimozione e smaltimento. Per quanto riguarda, invece, l'applicazione di schiuma poliuretanicca, è necessario che i posatori rispettino le necessarie misure di protezione, tra cui il confinamento dell'area immediatamente circostante l'applicazione affinché gli occupanti e in generale i non addetti ai lavori non possano accedervi. Gli applicatori devono inoltre indossare respiratori o maschere a pressione d'aria positiva e altri dispositivi di protezione individuale (DPI) per ridurre l'esposizione a vapori, aerosol e particolari MDI e altre sostanze chimiche che possono essere rilasciate durante la spruzzatura e le operazioni successive. A polimerizzazione avvenuta, la schiuma è considerata chimicamente inerte. Inoltre, bisogna tener conto che questo tipo di materiale, in caso di incendio, è altamente tossico poiché produce alti valori di alti valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno.

| TECNICA 23a | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Strato di stuccatura/Strato di finitura - Sistema di supporto - Materiali di riempimento di intercapedine | | | | | | |

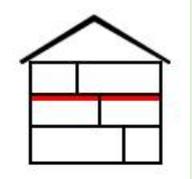
| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M ¹ | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ² | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | A | M _p | M _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretani (PIR, PUR) | A | M _p | M _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 6 | Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% |
| | Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% |
| | Listelli in perlinatura di legno | M | M | A | M | 16% | 84% |

| 7 | Sistema di supporto | | | | | | |
|---|--|---|---|----------------|---|-----|-----|
| | Sistema metallico Acciaio inox, alluminio, acciaio inossidabile, Cor-ten | N | N | M ⁴ | A | 17% | 83% |
| | Sistema non metallico Armatura in legno trattato | M | M | M | A | 27% | 73% |
| | Traliccio in PVC | A | A | A | A | 31% | 69% |
| | Cavi in Nylon | M | A | A | A | 31% | 69% |

| 9 | Materiali di riempimento di intercapedine | | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Schiuma poliuretana | M _p | B _p | B _p | M | 55% | 45% |
| | Argilla espansa | N | N | N | M | 31% | 69% |
| | Fibra di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |

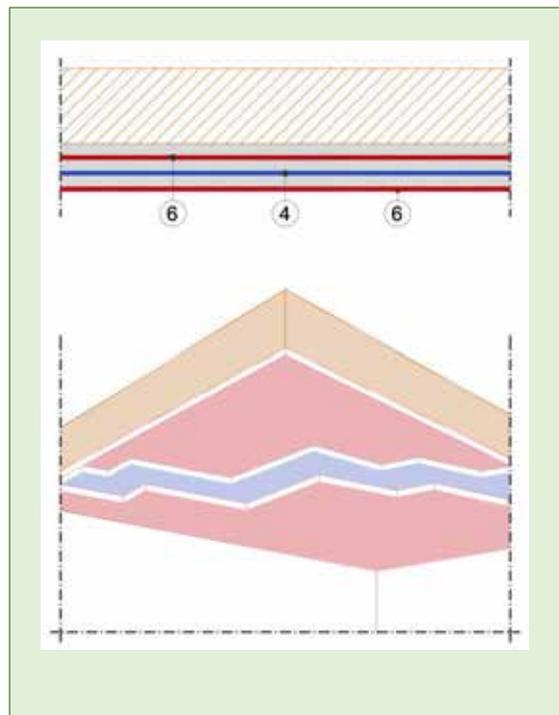
| Legenda | Riferimenti |
|---|---|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2013) <i>PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation</i>, Factsheet n. 18, gennaio 2013 - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - AIPE – Associazione Italiana Polistirene Espanso (2019) <i>Comportamento al fuoco: Sicurezza all'incendio di edifici realizzati con EPS</i>. Documento realizzato da EUMEPS, European Manufacturers of Expanded Polystyrene. - Chow C.L., Chow W.K. and Lu Z.A. (2003) <i>Assessment of Smoke Toxicity of Building Materials</i>, International Association for Fire Safety Science - Francese D., (2002) <i>Il benessere negli interventi di recupero edilizio</i>, Diade, Padova - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Sasso U., (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove è indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i>, Alinea, Firenze - Stec, A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 |

| TECNICA 23b | ISOLAMENTO AD INTRADOSSO DEL SOLAIO INTERMEDIO | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|---|---|---------|---|
|  | Stesura di uno strato di intonaco termoisolante sull'intradosso del solaio intermedio seguito da uno strato di finitura |  | 4 | 6 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 4 | 6 | - | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 4 | 6 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 4 | 6 | - | Costo totale |
| | | | 4 | 6 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 4 | 6 | - | Incidenza materiale |

| FASI DI REALIZZAZIONE | MATERIALI | DETTAGLIO COSTRUTTIVO |
|-----------------------|-----------|-----------------------|
|-----------------------|-----------|-----------------------|

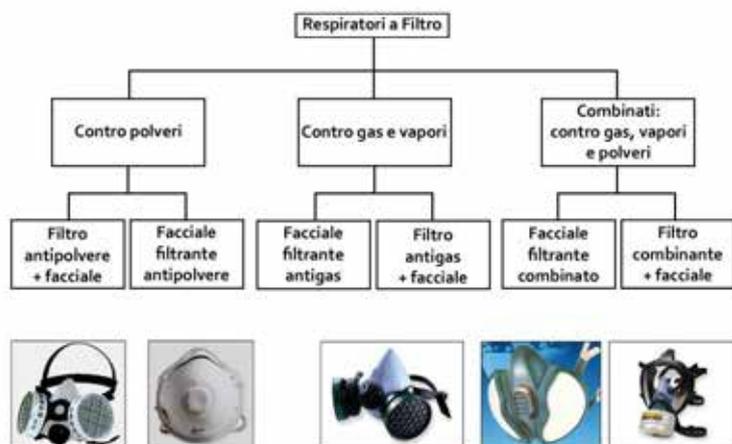
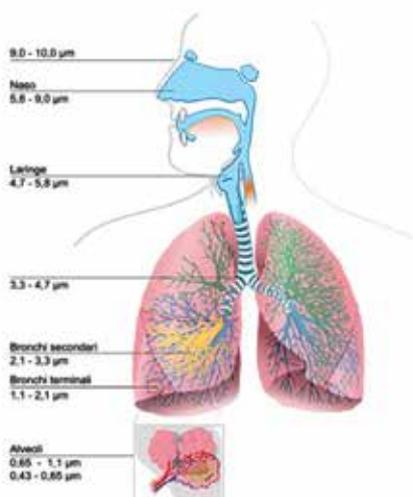
| | |
|--|---|
| Stesura di uno strato di intonaco termoisolante sull'intradosso del solaio | 6 |
| Applicazione di uno strato di finitura con opportuno prodotto rasante | 4 |
| Eventuale applicazione di un ulteriore strato di finitura | 6 |

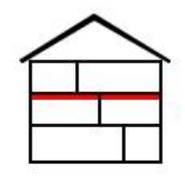
| |
|---|
| 6 |
| 4 |
| 6 |



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

Durante la preparazione delle miscele per lo strato legante, strato di rasatura e di finitura superficiale si generano delle polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI, possono provocare bronchiti, eczemi, difficoltà respiratorie, ustioni chimiche, dermatiti, eczemi, asma, pneumoconiosi non evolutive e silicosi. Lo stesso vale anche nel caso si utilizzano listelli in perlinatura di legno, gli elementi, durante l'operazione di taglio generano delle polveri o delle schegge, le quali possono provocare, irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali.



| TECNICA 23b | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|--|--|---|--------------------------|--|---|---------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Malta rasante - Strato di stuccatura/Strato di finitura | Reazione al fuoco | Incolmunità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |

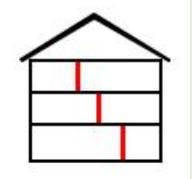
| 4 Malta rasante | | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Di cemento | N | N | N | M | 93% | 7% |
| | Di calce idraulica naturale in polvere | N | N | N | B | 85% | 15% |
| | Di calce idraulica artificiale pozzolanica in polvere | N | N | N | B | 96% | 4% |
| | Di calce aerea | N | N | N | B | 88% | 12% |
| | Di calce idrata | N | N | N | B | 97% | 3% |

| 6 Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|---|---|---|-----|-----|
| | Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% |
| | Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% |
| | Listelli in perlinatura di legno | M | M | A | M | 16% | 84% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <p>Riferimenti</p> <ul style="list-style-type: none"> - Francese D., (2002) <i>Il benessere negli interventi di recupero edilizio</i>, Diade, Padova - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore |



| situazioni lavorative | possibili effetti sulla salute |
|--|--|
| ESPOSIZIONE POLVERI MISTE lavori di demolizione caricamento betoniere uso strumenti vibranti su calcestruzzo | broncopneumopatie acute e croniche asma |
| ESPOSIZIONE CEMENTO attività tipiche del muratore e del piastrellista | broncopneumopatie acute e croniche, asma |
| ESPOSIZIONE SILICE lavorazioni di scavo movimentazione terra demolizioni e ristrutturazioni taglio materiali edili preparazioni cementizie sabbatura a secco posa pavimenti | broncopneumopatie acute e croniche asma pneumoconiosi |
| ESPOSIZIONE AMIANTO demolizioni su manufatti in cemento-amianto demolizioni/lavori su rivestimenti tubazioni e caldaie demolizioni pareti prefabbricate anni 60/70 demolizioni/lavori su pavimenti in vinile-amianto demolizioni/lavorazioni su intonaci tagliafuoco e rivestimenti a spruzzo contenenti amianto | broncopneumopatie acute e croniche asma pneumoconiosi mesotelioma pleurico |
| ESPOSIZIONE POLVERI DI LEGNO attività di carpentiere e parquettista (valutare l'impiego di legni duri a rischio cancerogeno) | broncopneumopatie croniche, asma patologie croniche seni paranasali neoplasie seni paranasali (legni duri) |
| ESPOSIZIONE FIBRE DI VETRO taglio/nfilatura/sagomatura e movimentazione (posa e rimozione): controsoffittature sospese isolamento termico isolamento acustico | broncopneumopatie croniche dermatiti |

| TECNICA 24a | APPLICAZIONE DI MATERIALE ISOLANTE IN INTERCAPELINE | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|--|---|---|---|---------|---|
|  | Inserimento di pannelli coibenti nella camera d'aria di una parete multistrato "a cassa vuota" |  | 2 | 6 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 2 | 6 | - | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | 2 | 6 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 2 | 6 | - | Costo totale |
| | | | 2 | 6 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 2 | 6 | - | Incidenza materiale |

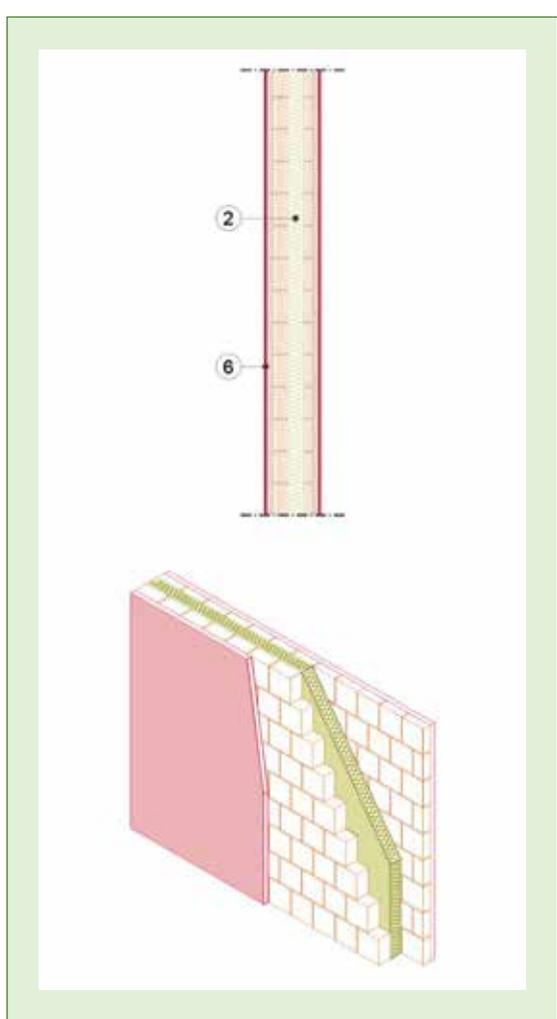
FASI DI REALIZZAZIONE

| |
|---|
| Applicazioni di pannelli termoisolanti |
| Completamento con uno strato di finitura superficiale |

MATERIALI

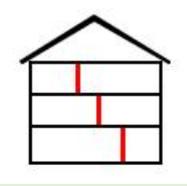
| |
|---|
| 2 |
| 6 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

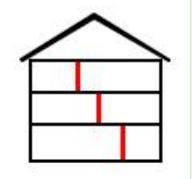
Durante la posa dei pannelli, gli elementi tagliati generano polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI possono provocare irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma e difficoltà respiratorie ed eventuali, anche se rari, tumori nasali. Nel caso particolare di pannelli in lana di vetro, questi effetti possono avvenire durante la messa in opera del prodotto, nelle fasi di rifinitura, rimozione e smaltimento. Per tutti i pannelli le operazioni di taglio devono essere eseguite in aree molto ben ventilate. Lo stirene contenuto nei pannelli sintetici organici è un interferente endocrino, che in opera può continuare ad emettere in percentuali decrescenti. Anche i composti utilizzati per impedire la combustione e/o per ritardare la diffusione delle fiamme nei pannelli possono essere considerati tossici durante l'incendio. In presenza di fiamma, specie nei pannelli in PIR e PUR, si producono elevati valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno. Il decesso sopraggiunge per esposizione a monossido di carbonio e anidride carbonica. La combustione dell'EPS produce fumi di colore scuro intenso che ostacolano durante l'incendio, sia la fuga degli occupanti che l'arrivo dei soccorsi. Durante la preparazione delle miscele per lo strato di rasatura e di finitura superficiale si generano delle polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI, possono provocare bronchiti, eczemi, difficoltà respiratorie, ustioni chimiche, dermatiti, eczemi, asma, pneumoconiosi non evolutive e silicosi. Nel caso dei listelli in perlina di legno, gli elementi, durante l'operazione di taglio generano polveri o schegge, le quali possono provocare, irritazioni agli occhi, sanguinamento nasale, asma ed eventuali, anche se rari, tumori nasali.

| TECNICA 24a | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|---|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
| | | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Pannelli/Lastre isolanti - Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |

| 2 | Pannelli/Lastre isolanti | | | | | | |
|---|--|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | Naturali organici: Fibra/Lastra (ad es. cocco, legno, canapa, cellulosa) o sughero | M | B | B | M | 27% | 73% |
| | Naturali inorganici: Argilla espansa, vermiculite, perlite espansa | N | N | N | M ¹ | 31% | 69% |
| | Lana di vetro | N | N | N | M ² | 24% | 76% |
| | Lastre in gesso/cartongesso | N | N | N | M | 54% | 46% |
| | Tavelle in laterizio | N | N | N | M | 79% | 21% |
| | Sintetici organici: Poliestere, polistireni (EPS, XPS) | B _p | B _p | B _p | B/M | 19% | 81% |
| | Poliuretanic (PIR, PUR) | B _p | B _p | B _p | B/M | 28% | 72% |
| | Sintetici inorganici: Lana di roccia | N | N | N | M | 35% | 65% |
| | Calcio silicato, cemento cellulare | N | N | N | B ³ | 15% | 85% |

| 6 | Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% |
| | Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% |
| | Listelli in perlina di legno | M | M | A | M | 16% | 84% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|---|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <p>Riferimenti</p> <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - AIPE – Associazione Italiana Polistirene Espanso (2005) <i>Il fuoco nella direttiva europea CPD 89/106</i>. - AIPE – Associazione Italiana Polistirene Espanso (2019) <i>Comportamento al fuoco: Sicurezza all'incendio di edifici realizzati con EPS</i>. Documento realizzato da EUMEPS, European Manufacturers of Expanded Polystyrene. - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Sasso U., (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove è indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i>, Alinea, Firenze - Stec, A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 |

| TECNICA 24b | APPLICAZIONE DI MATERIALE ISOLANTE IN INTERCAPELINE | MATERIALI RILEVANTI | | | EFFETTI | |
|---|---|---|---|---|---------|---|
|  | Inserimento di materiale isolante schiumoso nella camera d'aria di una parete multistrato "a cassa vuota" |  | 6 | 9 | - | Reazione al fuoco |
| | | | 6 | 9 | - | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | 6 | 9 | - | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | 6 | 9 | - | Costo totale |
| | | | 6 | 9 | - | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 6 | 9 | - | Incidenza materiale |

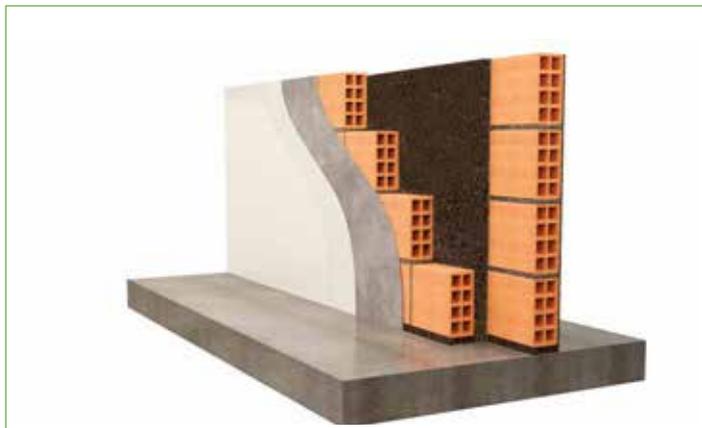
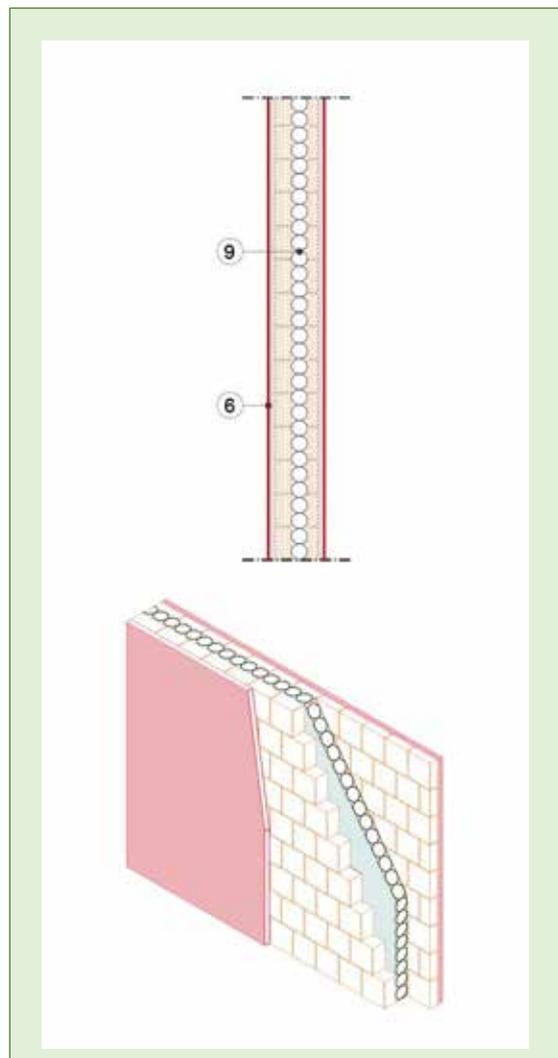
FASI DI REALIZZAZIONE

| | |
|---|---|
| Realizzazione di fori alla sommità della parte interna della parete, a distanza regolare di circa 2 metri l'uno dall'altro e con un diametro i circa 50/60 millimetri | - |
| Inserimento di tubi per l'iniezione nei fori e sigillatura di eventuali spazi | - |
| Iniezione di materiale coibente schiumoso nella camera d'aria con specifiche macchine ad aria compressa | 9 |
| Inserimento dei coibenti per gravità, attraverso l'ausilio di idonei macchinari ad aria compressa | - |
| Chiusura dei fori con materiale di riempimento | 6 |
| Completamento con uno strato di finitura superficiale | 6 |

MATERIALI

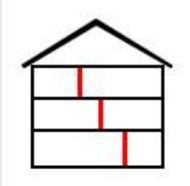
| |
|---|
| - |
| - |
| 9 |
| - |
| 6 |
| 6 |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI EFFETTI SULLA SALUTE

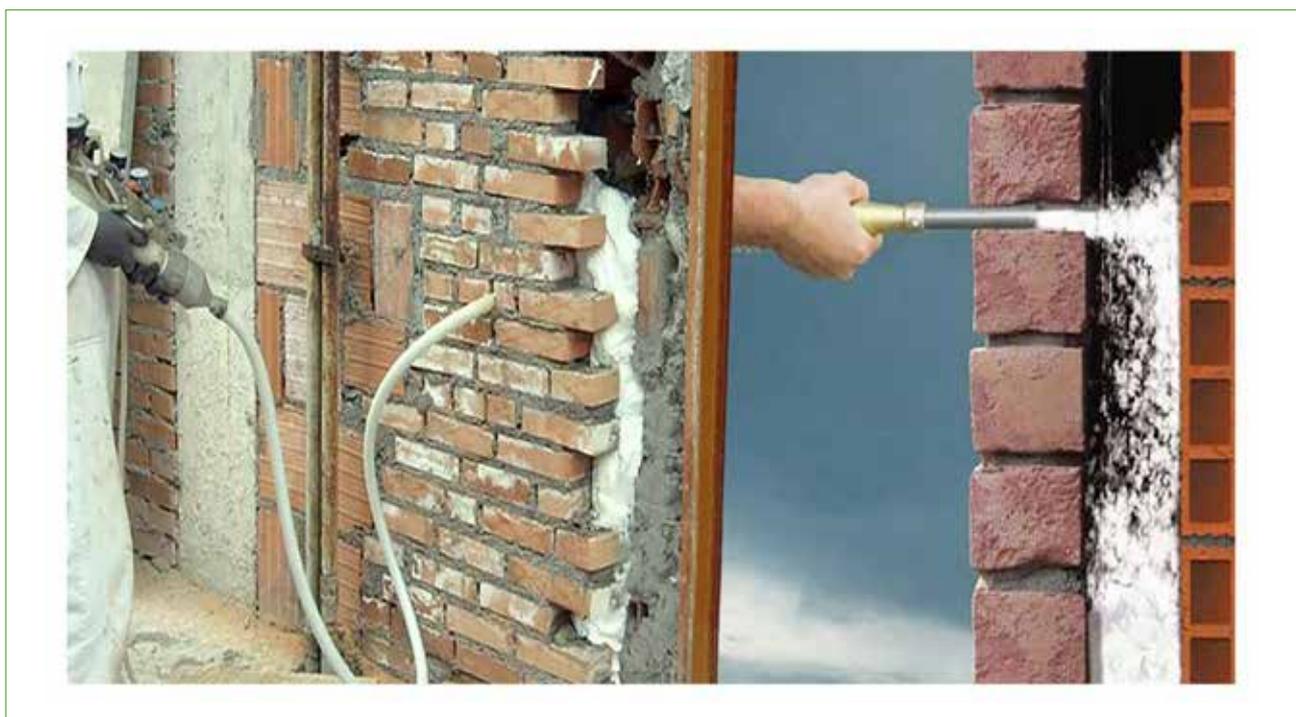
Durante la preparazione delle miscele per lo strato stuccatura e di finitura superficiale si generano polveri, le quali disperdendosi negli ambienti e respirate dagli operatori che non indossano DPI, possono provocare bronchiti, eczemi, difficoltà respiratorie, ustioni chimiche, dermatiti, eczemi, asma, pneumoconiosi non evolutive e silicosi. Per quanto riguarda i materiali di riempimento di intercapedine, particolare attenzione è necessaria nel caso di utilizzo di materiali in fibra di vetro, i quali, possono provocare effetti infiammatori sulle strutture polmonari, effetti irritativi per la pelle e cancerogenicità. Questi effetti possono avvenire durante la messa in opera del prodotto, nelle fasi di rifinitura e durante la fase di rimozione e smaltimento. Per quanto riguarda, invece, l'applicazione di schiuma poliuretanica, è necessario che i posatori rispettino le necessarie misure di protezione, tra cui il confinamento dell'area immediatamente circostante l'applicazione affinché gli occupanti e in generale i non addetti ai lavori non possano accedervi. Gli applicatori devono inoltre indossare respiratori o maschere a pressione d'aria positiva e altri dispositivi di protezione individuale (DPI) per ridurre l'esposizione a vapori, aerosol e particolari MDI e altre sostanze chimiche che possono essere rilasciate durante la spruzzatura e le operazioni successive. A polimerizzazione avvenuta, la schiuma è considerata chimicamente inerte. Inoltre, bisogna tener conto che questo tipo di materiale, in caso di incendio, è altamente tossico poiché produce alti valori di CO₂ e di cianuro di idrogeno.

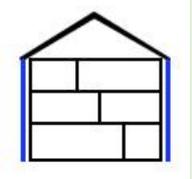
| TECNICA 24b | TIPOLOGIE DEI MATERIALI IMPIEGATI |  | | |  | | |
|---|--|--|--|--------------------------|--|---|---------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> - Strato di stuccatura/Strato di finitura - Materiali di riempimento di intercapedine | Reazione al fuoco | Incolumità degli utenti nell'evacuazione | Operabilità dei soccorsi | Costo totale | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura | Incidenza materiale |

| 6 | Strato di stuccatura/Strato di finitura | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| | Intonaco calce-cemento | N | N | N | B | 90% | 10% |
| | Intonaco a base di gesso | N | N | N | B | 84% | 16% |
| | Listelli in perlina di legno | M | M | A | M | 16% | 84% |

| 9 | Materiali di riempimento di intercapedine | | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|----------------|---|-----|-----|
| | Schiuma poliuretanic | M _p | B _p | B _p | M | 55% | 45% |
| | Argilla espansa | N | N | N | M | 31% | 69% |
| | Fibra di vetro | N | N | N | M | 24% | 76% |

| Legenda | Riferimenti |
|---|--|
| <p>N = Nessuna; B = bassa; M = media; A = Alta; B_{p,q} = bassa per posizione e quantità.</p> <p>¹ Riferimento al sughero ² Riferimento all'argilla espansa ³ Riferimento al calcio silicato ⁴ Da valutare in progetto (requisito strutturale R) ⁵ È opportuno verificare la presenza di certificato ⁶ Aumenta il rischio di diffusione ⁷ Anche in caso di crollo è poco esposta perché generalmente resta inclusa in materiali inerti</p> | <p>Riferimenti</p> <ul style="list-style-type: none"> - AA.VV. (2013) <i>PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation</i>, Factsheet n. 18, gennaio 2013 - AA.VV. (2015) Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, <i>Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute</i>, Presidenza del Consiglio dei Ministri - Inail (2017) <i>Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia</i> - Lucchi E., (2014) <i>Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio</i>, Dario Flaccovio Editore - Sasso U., (2003) <i>Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove e indicato usare gli isolanti termici in edilizia</i>, Alinea, Firenze - Stec, A.A., Hull T.R., (2011) <i>Assessment of the fire toxicity of building insulation materials</i>, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506 |



| TECNICA 25 | SCHERMATURE SOLARI ESTERNE | MATERIALI RILEVANTI | EFFETTI | |
|---|--|---|---------|---|
|  | Installazione sulla facciata dell'edificio di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti fisse o mobili |  | N | Reazione al fuoco |
| | | | B | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | B | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | A | Costo totale |
| | | | 50% | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 50% | Incidenza materiale |

FASI DI REALIZZAZIONE

| |
|---|
| Soluzioni per facciate tradizionali: Installazione di sottostrutture composte da montanti a sezione ridotta |
| Installazione di lamelle in alluminio estruso |
| Soluzioni per facciate continue: Installazione di sottostrutture composte da montanti a sezione variabile per alte prestazioni statiche |
| Installazione di lamelle in alluminio estruso |
| Soluzioni per facciate a cellula: Installazione di sottostrutture composte da montanti abbinabili |
| Installazione di lamelle in alluminio estruso |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



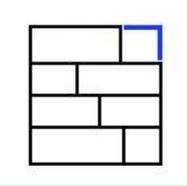
EVENTUALI RISCHI

Schermature, fisse o mobili, anteposte alle facciate dell'edificio più esposte alla radiazione solare, sono impiegate per creare ombra e mitigare l'effetto di riscaldamento dell'involucro murario in estate. Durante un incendio esse possono costituire elementi di ostacolo per l'accesso dall'esterno dei soccorsi, oltre a costituire ulteriori elementi infiammabili in facciata, se realizzati in materiali combustibili. Inoltre, la scarsa resistenza al fuoco dei dispositivi di fissaggio delle schermature alle strutture, con conseguente possibile deformazione degli elementi metallici, può provocare il distacco delle lastre, con pericoli di crolli, ostacoli alla fuga e alle operazioni di soccorso.



Riferimenti

- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (2006) *Green Guide, The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings*, BH Elsevier, Burlington
- Tidwell, J., Murphy, J.J. (2010) *Bridging the Gap-Fire Safety and Green Buildings*. USA: National Association for Fire Marshals

| TECNICA 26 | SERRE SOLARI | MATERIALI RILEVANTI | | EFFETTI |
|---|---|---|-----|---|
|  | Realizzazione di uno spazio chiuso, separato dall'ambiente esterno mediante involucro trasparente eventualmente apribile, ottenibile anche attraverso la chiusura di balconi, terrazze, logge e simili. |  | N | Reazione al fuoco |
| | | | B | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | M | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | A | Costo totale |
| | | | 40% | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 60% | Incidenza materiale |

FASI DI REALIZZAZIONE

Installazione di struttura composte da montanti e traversi

Montaggio di pareti vetrate sui lati nord e sud che consentono l'irraggiamento.

Montaggio di pareti vetrate sui lati est e ovest che evitano la dispersione termica in inverno e limitano l'irraggiamento durante i mesi caldi.

Installazione di un tetto vetrato per una maggior captazione delle radiazioni solari

Installazione di schermature mobili per evitare il surriscaldamento durante il periodo estivo

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI RISCHI

Molto diffuse per aumentare lo spazio abitato, ma non sempre realizzabili perché producono aumento di cubatura, le serre solari sono volumi edilizi chiusi da pareti trasparenti contigui alle chiusure verticali. Le ampie superfici vetrate, spesso ricavate dalla chiusura di terrazze e balconi, consentono ai raggi solari di penetrare all'interno del volume, contribuendo a riscaldare gli ambienti ad esso contigui attraverso l'irraggiamento e il generale riscaldamento della parete divisoria. L'impiego di chiusure verticali vetrate migliora le prestazioni energetiche degli edifici perché favorisce l'accesso della luce naturale negli ambienti contenendo, nel caso di vetri basso emissivi, le dispersioni termiche. In caso di vetrate semplici, la lastra vetro è fragile sottoposto alle alte temperature di un incendio, e questo implica la perdita dell'integrità della facciata e la propagazione delle fiamme all'esterno dell'edificio, al di fuori del l'unità ambientale in cui si è sviluppato. L'aria esterna che penetra dall'esterno può alimentare l'incendio e accelerarne la propagazione. I sistemi di facciata che utilizzato vetrate basso emissive, invece, resistono al calore di un incendio più a lungo ma, nello stesso tempo, possono mascherarne la presenza, mantenendo il fuoco all'interno dell'ambiente, ritardando l'allerta e l'arrivo dei soccorsi, oltre a favorire lo sviluppo di altissime temperature. La mancanza di sistemi di apertura, che spesso caratterizzano le facciate continue in vetro, impedisce l'ingresso di ossigeno dall'esterno, il che crea condizioni di estrema densità dei fumi nell'ambiente interessato dall'incendio, i quali possono diffondersi in breve tempo all'intero edificio tramite sistema di ventilazione che collega tutti gli ambienti. La scarsa resistenza al fuoco dei dispositivi di fissaggio delle facciate in vetro alle strutture può inoltre provocare il distacco delle lastre.



Riferimenti

- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (2006) *Green Guide, The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings*, BH Elsevier, Burlington
- Tidwell, J., Murphy, J.J. (2010) *Bridging the Gap-Fire Safety and Green Buildings*. USA: National Association for Fire Marshals

| TECNICA 27 | CAMINO DI LUCE | MATERIALI RILEVANTI | | EFFETTI |
|---|--|---|-----|---|
|  | Installazione sulla copertura di un captatore solare (fisso o apribile) completato da un tubo riflettente che raccoglie la luce naturale e la convoglia negli ambienti sottostanti |  | M | Reazione al fuoco |
| | | | B | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | B | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | A | Costo totale |
| | | | 60% | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 40% | Incidenza materiale |

FASI DI REALIZZAZIONE

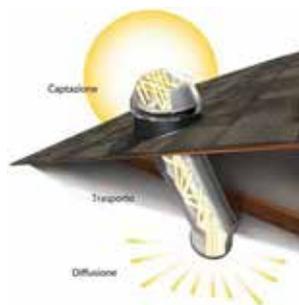
| |
|---|
| Realizzazione del foro di apertura all'interno del solaio di copertura |
| Montaggio del telaio in alluminio |
| Fissaggio e sigillatura di vetrata costituita da vetro piano autopulente, temprato (spessore minimo di 4 mm) |
| Tunnel telescopico (strato di incollaggio, lega di argento e finiture in ossido di argento super riflettente e resistente a tagli e fori di viti) |
| Barriera al vapore |
| Diffusore interno doppio acrilico con intercapedine d'aria e doppia guarnizione di sigillatura |
| Cornice diffusore in PVC bianca |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI RISCHI

I camini di luce o tunnel solari prevedono l'installazione sulla chiusura superiore degli edifici di un captatore solare, fisso o apribile, collegato ad un tubo riflettente, che raccoglie la luce naturale e la convoglia negli ambienti sottostanti. Questa soluzione consente di illuminare con luce naturale, di solito zenitale, anche ambienti ciechi, riducendo la necessità di ricorrere di giorno alla luce artificiale, con evidente risparmio di energia elettrica. Dal punto di vista del rischio, i camini di luce possono influire sulla propagazione del fuoco e sulla migrazione dei fumi perché il tubo di captazione collega dell'edificio zone altrimenti separate. Se il captatore solare è apribile può consentire la fuoriuscita dei fumi, con effetto positivo sulle condizioni di esodo per gli occupanti.



Riferimenti

- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (2006) *Green Guide, The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings*, BH Elsevier, Burlington
- Tidwell, J., Murphy, J.J. (2010) *Bridging the Gap-Fire Safety and Green Buildings*. USA: National Association for Fire Marshals

| TECNICA 28 | CAMINO SOLARE (detto anche CAMINO TERMICO) | MATERIALI RILEVANTI | EFFETTI | |
|---|---|---|---------|---|
|  | Installazione, nel punto più a sud del tetto, di una struttura che ricorda il meccanismo della canna fumaria, deputata a catturare l'energia solare, collegata ad un pozzo di ventilazione e ad una serie di condotti per il flusso dell'aria calda |  | M | Reazione al fuoco |
| | | | B | Incolunità nell'evacuazione |
| | | | B | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | A | Costo totale |
| | | | 60% | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 40% | Incidenza materiale |

FASI DI REALIZZAZIONE

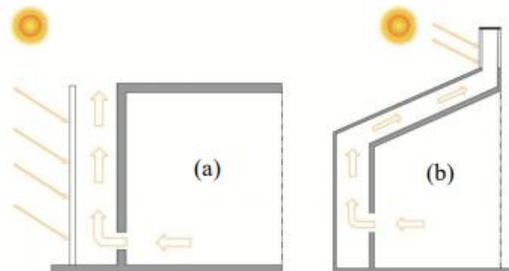
| |
|--|
| Realizzazione di un pozzo/canna fumaria all'interno del solaio di copertura adiacente alla parete maggiormente illuminata |
| Installazione di parete vetrata nella parte esterna della canna fumaria in grado di far filtrare la luce solare |
| Fissaggio e sigillatura di vetrata costituita da vetro piano autopulente, temprato (spessore minimo di 4 mm) |
| Montaggio di componenti in vernice nera nella parte interna della canna fumaria in grado di favorire l'assorbimento dei raggi solari, l'aria riscaldandosi sale nei pozzi d'estrazione per effetto camino |
| Realizzazione di un tunnel telescopico (strato di incollaggio, lega di argento e finiture in ossido di argento super riflettente e resistente a tagli e fori di viti) per consentire la risalita dell'aria calda |
| Realizzazione di prese d'aria, installate nella parte terminale del camino solare, dove l'aria calda viene espulsa |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI RISCHI

È stato dimostrato che, oltre a funzionare come efficace sistema passivo per la produzione di energia, il camino solare può fungere anche da sistema di ventilazione naturale dell'edificio. Questo comportamento sembra anche efficace come sistema di allontanamento del fumo in condizioni di incendio. Uno studio sperimentale ha dimostrato che le prestazioni il camino solare risultano ottimizzate in una configurazione che presenta una bocca di ingresso dell'aria di 50 cm, ed una profondità dell'intercapedine di 12,5 cm.



Riferimenti

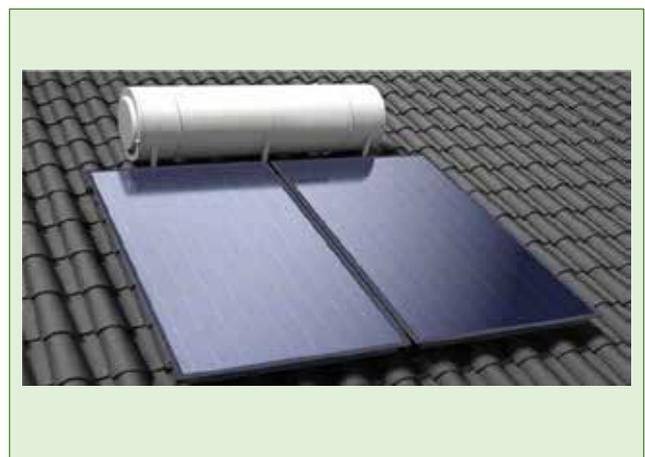
- Cheng, X., Dai, P., Yang, H., Li, J. (2018) *Study on optimizing design of solar chimney for natural ventilation and smoke exhaustion*. Energy & Buildings 170 145–156
- Zhang, G., Shi, L. (2018) *Improving the performance of solar chimney by addressing the designing factors*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 168

| TECNICA 30 | SOLARE TERMICO | MATERIALI RILEVANTI | | EFFETTI |
|---|--|---|-----|---|
|  | Installazione di un impianto costituito da un collettore piano ad acqua che serve a catturare l'energia solare e utilizzarla per produrre acqua calda ad una temperatura dell'ordine di 38 - 45°C. grazie al riscaldamento di un fluido termovettore. L'acqua calda prodotta ed accumulata in un apposito serbatoio potrà essere utilizzata confluyendo nel circuito sanitario dell'utenza |  | M | Reazione al fuoco |
| | | | N | Incolumità nell'evacuazione |
| | | | A | Operabilità dei soccorsi |
| | |  | A | Costo totale |
| | | | 25% | Incidenza sulla mano d'opera e attrezzatura |
| | | | 75% | Incidenza materiale |

FASI DI REALIZZAZIONE

| |
|--|
| Realizzazione di fori di copertura per fissaggio mediante tasselli dei supporti lineari metallici (in acciaio inox o zincato o in alluminio) |
| Applicazione di sigillante intorno ai fori per assicurare la tenuta stagna ed impedire all'umidità di penetrare |
| Montaggio dei binari di supporto metallici |
| Montaggio dei pannelli fotovoltaici (rialzati rispetto alla copertura) |
| Montaggio del serbatoio di accumulo e collegamento dello stesso ai pannelli fotovoltaici |

DETTAGLIO COSTRUTTIVO



EVENTUALI RISCHI

Gli impianti fotovoltaici possono innescare, alimentare e propagare un incendio per molte ragioni. Trattandosi di una installazione che funziona con energia elettrica, molti dei fattori di rischio sono connessi alla qualità e alla distribuzione dei cavi e al fatto che questi sono posizionati sulla copertura dell'edificio, esposti alla pioggia e alle elevate temperature dei raggi UV. L'allentamento delle connessioni dell'impianto può generare il cosiddetto arco elettrico, il quale ad impianto in funzione, può costituire innesco per il materiale sottostante, spesso combustibile, che lentamente si autoalimenta fino a sviluppare l'incendio, anche in ore notturne. La perdita di isolamento dei cavi elettrici, per il danneggiamento delle loro guaine protettive, inoltre, può produrre nei cavi scariche di perforazione che potrebbero innescare pericolosi archi in corrente continua in grado di rappresentare un innesco efficace per l'incendio dell'installazione e della struttura ove l'impianto è posizionato. Situazione simile può verificarsi quando l'acqua penetra nei quadri elettrici, i quali insieme all'inverter, può costituire causa di incendio, anche a causa del surriscaldamento per le alte temperature cui sono soggetti, essendo inseriti in involucri metallici posizionati sul tetto. Nel caso di un impianto FV che si incendi, i soccorritori si trovano a dover affrontare non solo i rischi di natura elettrica ma anche rischi all'apparato respiratorio, dovuti alle sostanze pericolose prodotte dalla combustione dei materiali, rischi di taglio per spaccature dei pannelli, oltre al rischio di caduta dall'alto e di crollo di componenti. La presenza inoltre di pannelli fotovoltaici sulle coperture può ostacolare l'accesso all'edificio dall'altro delle squadre di soccorso.

Riferimenti

- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (2006) *Green Guide, The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings*, BH Elsevier, Burlington
- Tidwell, J., Murphy, J.J. (2010) *Bridging the Gap-Fire Safety and Green Buildings*. USA: National Association for Fire Marshals
- European Agency for safety and Health at Work (2013) OSH and small-scale solar energy applications. E Facts 68

FONTI DELLE ILLUSTRAZIONI CONTENUTE NELLE SCHEDE

Tutti i particolari costruttivi sono stati disegnati ex novo o rielaborati da Laura Paradiso. Si specificano di seguito le fonti delle ulteriori immagini.

| | |
|-------------|--|
| Tecnica 3 | Parte 2 - Fonte foto: www.bricoportale.it/ristrutturare-casa/isolamento/intonaco-termoisolante/ |
| Tecnica 4 | Parte 2 - Fonte foto: www.insufflaggio.it/coibentazione-muri/ |
| Tecnica 6 | Parte 2 - Fonte foto: www.bricoportale.it/ristrutturare-casa/isolamento/intonaco-termoisolante/ |
| Tecnica 10a | Parte 1 - Fonte foto: https://archello.com/project/conservatoire-niedermeyer |
| | Parte 2 - Fonte foto: http://giardino-piante-fiori.lacasagiusta.it/pareti-verticali-vegetali-inverdimento-degli-edifici/2330/ |
| Tecnica 10b | Parte 1 - Fonte foto: https://www.thehindu.com/life-and-style/homes-and-gardens/green-walls-when-vertical-is-in-india/article20632373.ece |
| | Parte 2 - Fonte foto: http://www.ivsindia.com/blog/vertical-gardens-the-living-green-walls/ |
| Tecnica 11a | Parte 1 - Fonte foto: http://www.frea.it/facciate-continue/facciate-a-cellula/ |
| | Parte 2 - Fonte foto: https://openlab.citytech.cuny.edu/teammoma/glass-curtain-wall-stick-system/ |
| Tecnica 11b | Parte 1 - Fonte foto: https://faraone.it/prodotto-facciate/facciate-sospese-air-system/ |
| | Parte 2 - Fonte foto: http://www.syri.it/facciate-continue/vetro-con-fissaggio-puntuale-facciate/facciata-in-vetro-con-fissaggio-puntuale.html |
| Tecnica 11c | Parte 1 - Fonte foto: http://www.ilnuovocantiere.it/per-le-facciate-della-torre-insesa-sanpaolo-realizzato-un-sistema-integrato-con-gli-impianti/ |
| | Parte 2 - Fonte foto: http://www.bolimg.com/html/index.do?detail&id=402881ac668b4d6301668b54448c0004 |
| Tecnica 14a | Parte 2 - Fonte foto: https://www.slideshare.net/AndrewMyrthong/green-roofs-57239083 |
| Tecnica 15 | Parte 1 - Fonte foto: https://www.saperecasa.it/2018/03/29/tetto-cool-roof-come-difendersi-dal-calore-estivo/ |
| | Parte 2 - Fonte foto: https://www.saperecasa.it/2018/03/29/tetto-cool-roof-come-difendersi-dal-calore-estivo/ |
| Tecnica 18b | Parte 2 - Fonte foto: http://www.risparmiare-energia.com/quali-materiali-usare-per-isolamento-termico-della-casa/ |

| | |
|-------------|---|
| Tecnica 19 | <p>Parte 1</p> <p>- Fonte foto: https://www.costruzionisoranzio.com/ville-staranzano-via-corbato-villa-callagan-e-villa-damiani/</p> |
| Tecnica 21a | <p>Parte 2</p> <p>- Fonte foto: http://www.tavantiproject.it/Articolo/1/rif000006/1215/ISOLAMENTO-SOFFITTO--Efficientamento-energetico-con-pannelli-isolanti-e-cartongesso</p> |
| Tecnica 21b | <p>Parte 2</p> <p>- Fonte foto: (1) https://www.ilcommercioedile.it/loex-riscaldamento-radiante-per-uno-showroom-di-oltre-100-mq/02-loex-installazione-sostegno-controsoffitto/, (2) https://www.serenamaneesh.com/get-best-insurance-quote/</p> |
| Tecnica 23b | <p>Parte 1</p> <p>- Fonte foto: (1) https://it.wikipedia.org/wiki/Nanopolvere, (2) http://www.ordinearchitettico.it/wp-content/uploads/2013/08/06-feb-2013%20le%20polveri%20nei%20cantieri%20edili.pdf</p> |
| | <p>Parte 2</p> <p>- Fonte foto: http://www.ordinearchitettico.it/wp-content/uploads/2013/08/06-feb-2013%20le%20polveri%20nei%20cantieri%20edili.pdf</p> |
| Tecnica 24b | <p>Parte 2</p> <p>- Fonte dettaglio costruttivo: www.insufflaggio.it/coibentazione-muri/</p> |
| Tecnica 25 | <p>- Fonte foto dettaglio costruttivo: https://www.designboom.com/architecture/lcr-architectes-thales-buildings-toulouse-12-25-2016/</p> <p>- Fonte foto eventuali rischi: http://rastroalum.ru/solncezaschitnaya_sistem3</p> |
| Tecnica 26 | <p>- Fonte foto dettaglio costruttivo: https://www.corrieredelconero.it/rubriche/architettura-casa//una-serra-solare-in-casa/?p=8919/</p> <p>- Fonte foto eventuali rischi: (1) http://www.baltera.com/serramenti/serre-bioclimatiche/, (2) https://www.eudomia.com/serra-bioclimatica.aspx</p> |
| Tecnica 27 | <p>- Fonte foto dettaglio costruttivo: https://shop.roofexpert.ro/produs/tunel-solar-velux-twr-tub-rigid/</p> <p>- Fonte foto eventuali rischi: (1) https://www.infinitymotion.com/solatube/solatube-vs-concorrenza (2) https://www.solatube.it/ (3) http://litotex.info/wohndesign/</p> |
| Tecnica 28 | <p>- Fonte foto dettaglio costruttivo: http://proitaca.blogspot.com/2015/02/tutte-le-novita-introdotte-dal-protocollo-itaca-lazio-2014.html</p> <p>- Fonte foto eventuali rischi: Zhang, G., Shi, L. (2018) Improving the performance of solar chimney by addressing the designing factors. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 168</p> |
| Tecnica 29 | <p>- Fonte foto dettaglio costruttivo: http://www.miaenergia.net/#blogPage</p> <p>- Fonte foto eventuali rischi: (1) http://www.vigilfuoco.it/allegati/biblioteca/FotovoltaiicoBassa.pdf</p> |
| Tecnica 30 | <p>- Fonte foto dettaglio costruttivo: https://www.failacasagiusta.it/solare-termico/</p> |

5.1 Selezione delle principali norme tecniche inerenti al comportamento al fuoco dei materiali

Le norme UNI - EN rappresentano un riferimento legislativo importante da seguire in campo industriale, commerciale e terziario.

UNI è la sigla dell'ente nazionale italiano di unificazione, un'associazione privata che elabora e pubblica norme tecniche per tutti i settori industriali, commerciali e del terziario. Rappresenta l'Italia presso le organizzazioni di normazione europea (CEN) e mondiale (ISO). Caratterizza tutte le norme nazionali italiane e, se è l'unica sigla a precedere il numero della norma, significa che è stata elaborata dalle Commissioni UNI, o dagli Enti Federati.

EN è la sigla che identifica le norme elaborate dal CEN (Comité Européen de Normalisation), organismo di normazione Europea. I Paesi membri CEN devono obbligatoriamente recepire le norme EN (nel caso dell'Italia esse diventano UNI EN).

Queste norme servono ad uniformare la normativa tecnica in tutta Europa. Per questo, non è consentita l'esistenza a livello nazionale di norme che non siano in armonia con il loro contenuto.

Di seguito si presenta una breve sintesi di ciascuna delle norme da considerare per la caratterizzazione dei principali materiali isolanti utilizzati per l'efficientamento energetico degli edifici. Inoltre, nei punti che seguono, sono presentate, sempre in forma sintetica, le norme tecniche prevalentemente utilizzate nella prevenzione del rischio e una schedatura introduttiva delle principali strategie del Nuovo Codice di Prevenzione Incendi.

5

RASSEGNA TECNICO- NORMATIVA

| | |
|---|--|
| UNI-EN 1602 | Determinazione della massa volumica apparente |
| DEFINIZIONE | La norma fa parte di una serie di norme che definiscono i metodi di prova per la determinazione delle dimensioni e delle proprietà dei materiali e prodotti isolanti termici. Essa è di supporto a una serie di norme di prodotto per materiali e prodotti, isolanti termici, che derivano dalla Direttiva del Consiglio del 21 dicembre 1988 sul ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli stati membri relative ai prodotti per costruzione prendendone in considerazione requisiti di base. |
| SPECIFICHE | La norma specifica l'apparecchiatura ed i procedimenti per determinare la massa volumica apparente complessiva e la massa volumica apparente della parte interna in condizioni di riferimento. Essa si applica ad isolanti termici per edilizia nelle dimensioni di fornitura ed ai provini. |
| APPLICAZIONE | La massa volumica viene determinata come quoziente della massa e del volume del provino mediante una bilancia in grado di determinare la massa del provino con un'accuratezza dello 0,5%. I provini devono essere i prodotti nelle dimensioni di fornitura o parti di essi, o provini usati per altre prove e tagliati con metodi che non alterino la struttura originale del prodotto. |
| Direttiva 89/106/CEE sostituita dal Regolamento UE n. 305/2011. | |

| | |
|---|--|
| UNI EN 12939 | Prestazione termica dei materiali e dei prodotti per edilizia |
| DEFINIZIONE | La norma definisce le procedure per determinare la resistenza termica dei prodotti con spessore maggiore di quello massimo ammesso per misure con piastra calda ad anello di guardia o con termoflussimetro. |
| APPLICAZIONE | La maggior parte delle procedure descritte nella norma richiede un'apparecchiatura che permetta prove su campioni con spessore fino a 100 mm. |
| In conformità con i requisiti della EN 12667. | |

| | |
|---------------------|--|
| UNI EN 13162 | Isolanti termici per edilizia. Prodotti di lana minerale ottenuti in fabbrica |
| DEFINIZIONE | La norma specifica i requisiti per i prodotti di lana minerale ottenuti in fabbrica, con o senza rivestimenti, che sono utilizzati per l'isolamento termico degli edifici. Tali prodotti sono fabbricati in forma di rotoli, feltri o pannelli. |
| SPECIFICHE | La norma descrive le caratteristiche del prodotto e comprende procedimenti per le prove, la valutazione della conformità, la marcatura e l'etichettatura. Sebbene i prodotti considerati dalla norma siano spesso utilizzati in sistemi prefabbricati termicamente isolati e pannelli compositi, le prestazioni dei sistemi che incorporano questi prodotti non rientrano nella norma. La norma non specifica il livello richiesto per una specifica proprietà che il prodotto deve avere per dimostrare idoneità per una particolare applicazione. I livelli richiesti per una specifica applicazione devono essere ricercati nei regolamenti o in norme non contrastanti. |
| APPLICAZIONE | Le proprietà del prodotto devono essere tali da soddisfare i requisiti delle seguenti normative specifiche: <ul style="list-style-type: none"> • Resistenza termica e conduttività termica (EN12939) • Lunghezza e larghezza (EN822) • Spessore (EN823) • Ortogonalità (EN824) • Planarità (EN825) • Stabilità dimensionale (EN1604) • Resistenza a trazione parallela alle facce (EN1608) • Reazione al fuoco (EN13501-1) |

| | |
|---------------------|---|
| UNI EN 12086 | Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo |
| DEFINIZIONE | La norma specifica l'apparecchiatura ed il procedimento per la determinazione della velocità di trasmissione del vapore acqueo, della permeanza al vapore acqueo e della permeabilità al vapore acqueo di provini in condizioni di regime stazionario, in differenti insiemi di condizioni di prova specificate. |
| SPECIFICHE | Essa si applica agli isolanti termici omogenei, ovvero aventi massa volumica approssimativamente uguale in tutti i punti, e prossima alla massa volumica media, e per prodotti che possono contenere rivestimenti di materiale/i diverso/i. |
| APPLICAZIONE | L'obiettivo delle procedure è individuare la velocità di trasmissione del vapore acqueo, la permeanza, resistenza e la permeabilità al vapore acqueo, nonché i fattori di resistenza alla diffusione del vapore acqueo e lo spessore dello strato di aria equivalente alla diffusione del vapore acqueo. Si osserva che il metodo di prova non è generalmente utilizzato per la determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo di barriere al vapore (di elevata resistenza alla diffusione) singole o separate, quali film, fogli, membrane o strati prefabbricati a causa dell'elevata durata della prova. |

| | |
|---------------------|--|
| UNI EN 12087 | Determinazione dell'assorbimento d'acqua per immersione per lungo periodo |
| DEFINIZIONE | La norma specifica l'apparecchiatura ed il procedimento per la determinazione dell'assorbimento d'acqua per immersione per lungo periodo di provini. |
| SPECIFICHE | Si applica agli isolanti termici |
| APPLICAZIONE | Per l'applicazione si definiscono due metodi di misura: Metodo 1: che prevede l'assorbimento d'acqua per immersione parziale per lungo periodo, e intende simulare l'assorbimento d'acqua causato da esposizione all'acqua per lungo periodo. Metodo 2: che prevede l'assorbimento d'acqua per immersione totale per lungo periodo. Quest'ultimo non è direttamente correlato alle condizioni in loco ma è stato riconosciuto come una condizione di prova rilevante per alcuni prodotti in alcune applicazioni. |

| | |
|-----------------------|--|
| UNI EN 12354-1 | Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti |
| DEFINIZIONE | La norma descrive i modelli di calcolo per valutare l'isolamento dal rumore trasmesso per via aerea tra ambienti situati in edifici, utilizzando principalmente i dati misurati che caratterizzano la trasmissione laterale diretta o indiretta da parte degli elementi di edificio e i metodi di derivazione teorica riguardanti la propagazione sonora negli elementi strutturali. |
| SPECIFICHE | La norma descrive i principi dello schema di calcolo in bande di frequenza, elenca le grandezze relative e definisce le sue applicazioni e restrizioni. È destinato agli esperti di acustica e fornisce la struttura di base per lo sviluppo di documenti applicativi e strumenti per altri utilizzatori nel campo della costruzione di edifici, tenendo conto delle condizioni locali. |
| APPLICAZIONE | I modelli di calcolo descritti utilizzano un approccio quanto più generalizzato ai fini della progettazione, con un collegamento alle grandezze misurabili che determinano il rendimento degli elementi di edifici. La norma descrive le ben note limitazioni di questo tipo di modelli di calcolo. I modelli si basano sull'esperienza effettuata con le previsioni per edifici ad uso di abitazione, ma potrebbero essere utilizzati anche per altri tipi di edifici, purché i sistemi costruttivi e le dimensioni degli elementi non differiscano troppo da quelli delle abitazioni. |

| | |
|-----------------------|---|
| UNI EN 12354-2 | Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento acustico al calpestio tra ambienti |
| DEFINIZIONE | La norma definisce i modelli di calcolo per valutare l'isolamento acustico al calpestio tra ambienti sovrapposti, basandosi principalmente sui dati rilevati che caratterizzano la trasmissione diretta o laterale indiretta degli elementi di edificio interessati. Specifica inoltre i metodi teorici di valutazione della propagazione del suono negli elementi strutturali |
| SPECIFICHE | L'isolamento acustico al calpestio tra ambienti sovrapposti, in conformità alla EN ISO 140-7, può essere espresso mediante due grandezze correlate, determinate in bande di frequenza: - il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico; - il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione. |
| APPLICAZIONE | Per i modelli, le grandezze che esprimono le prestazioni in un elemento e fanno parte dei dati d'ingresso che consentono di valutare le prestazioni di un edificio e sono: - livello di pressione sonora di calpestio normalizzato; - attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio; - livello di pressione sonora di calpestio normalizzato laterale; - potere fonoisolante; - incremento del potere fonoisolante; - indice di riduzioni delle vibrazioni. Il modello descritto consente di calcolare il livello di pressione per bande di frequenza; a partire dai risultati dei calcoli può essere determinato l'indice di valutazione. Da questo primo modello è dedotto un modello semplificato con un campo di applicazione limitato, adatto a calcolare in modo diretto l'indice di valutazione a partire dagli indici di valutazione degli elementi. |

| | |
|---|--|
| UNI EN 12354-3 | Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea |
| DEFINIZIONE | La norma definisce un modello di calcolo per valutare l'isolamento acustico o la differenza di livello di pressione sonora di una facciata o di una diversa superficie esterna di un edificio. Il calcolo è basato sul potere fonoisolante dei diversi elementi che costituiscono la facciata e considera la trasmissione diretta e laterale. Il calcolo fornisce risultati che corrispondono approssimativamente a quelli ottenuti con misurazioni in opera*. |
| SPECIFICHE | I calcoli possono essere eseguiti per bande di frequenza o per indici di valutazione. I risultati del calcolo possono essere altresì utilizzati per determinare il livello di pressione sonora all'interno, per esempio dovuto al rumore del traffico stradale. I modelli sono basati sull'esperienza di previsione per edifici ad uso residenziale; tali modelli possono essere utilizzati anche per altri tipi di edifici a condizione che il sistema di costruzione e le dimensioni degli elementi non siano troppo diversi da quelli utilizzati per le abitazioni. |
| APPLICAZIONE | Ai fini del calcolo sono spesso richieste informazioni supplementari sulle costruzioni, e cioè la forma della facciata, il tipo e la qualità della tenuta a livello delle intercapedini e dei giunti e l'area totale della facciata. Per facciata si intende la totalità della superficie esterna di un ambiente, composta da diversi elementi (finestra, porta, parete, tetto, sistema di aerazione). La trasmissione sonora attraverso la facciata è dovuta alla trasmissione sonora di ciascuno di tali elementi. Si presuppone che la trasmissione di ogni elemento sia indipendente da quella degli altri elementi. I differenti tipi di campi sonori esterni per determinare le grandezze destinate ad esprimere le prestazioni di un edificio conducono a valori diversi. Tuttavia, è ragionevole supporre che la trasmissione per un campo sonoro incidente diffuso sia sufficientemente rappresentativa di questi diversi tipi di campi sonori esterni. |
| * In conformità a quanto indicato dalla EN ISO 140-5. | |

| | |
|-----------------------|--|
| UNI EN 12354-4 | Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Trasmissione del rumore interno all'esterno |
| DEFINIZIONE | La norma descrive un modello di calcolo per il livello di potenza sonora irradiato dall'involucro di un edificio a causa del rumore aereo all'interno di quell'edificio, primariamente per mezzo dei livelli di pressione sonora misurati all'interno dell'edificio e dei dati misurati che caratterizzano la trasmissione sonora degli elementi pertinenti e delle aperture dell'involucro dell'edificio |
| SPECIFICHE | Questi livelli di potenza sonora, assieme a quelli delle altre sorgenti sonore all'interno o di fronte all'involucro dell'edificio, formano la base del calcolo del livello di pressione sonora ad una distanza da un edificio, quale misura della prestazione acustica degli edifici. La previsione del livello di pressione sonora all'interno, a partire dalla conoscenza delle sorgenti sonore interne, non rientra nello scopo e campo di applicazione della norma. Anche la previsione della propagazione esterna del suono non rientra nello scopo e campo di applicazione della norma. |
| APPLICAZIONE | La norma è finalizzata alla determinazione delle principali grandezze che esprimono le prestazioni dell'edificio per rumori interni, ovvero: <ul style="list-style-type: none"> • il livello di potenza sonora attribuibile a una sorgente puntiforme equivalente; • la correzione di direttività, ovvero scarto fra il livello di pressione sonora di una sorgente sonora puntiforme verso una direzione specificata e il livello di una sorgente puntiforme omnidirezionale, in decibel, che produca lo stesso livello di potenza sonora. |

| | |
|------------------------------------|--|
| UNI EN 12354-6 | Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti |
| DEFINIZIONE | La norma descrive un modello di calcolo per valutare l'area totale di assorbimento equivalente o il tempo di riverberazione di ambiente chiuso di un edificio |
| SPECIFICHE | Il calcolo è basato principalmente sui valori misurati che caratterizzano l'assorbimento acustico dei materiali e degli oggetti. La norma descrive i principi del modello di calcolo elencando le grandezze pertinenti e definisce inoltre l'applicazione ed i limiti. |
| APPLICAZIONE | La norma è finalizzata alla determinazione delle principali grandezze che esprimono le prestazioni dell'edificio, ovvero: <ul style="list-style-type: none"> • assorbimento acustico negli ambienti chiusi che si può esprimere in termini di area di assorbimento equivalente o del tempo di riverberazione*; • area di assorbimento equivalente di un ambiente ovvero area ipotetica di una superficie totalmente assorbente senza effetti di diffrazione che, se fosse il solo elemento assorbente dell'ambiente, offrirebbe lo stesso tempo di riverberazione dell'ambiente in oggetto; • tempo di riverberazione, T, ovvero il tempo necessario affinché il livello di pressione sonora si riduca di 60 dB successivamente all'interruzione della sorgente sonora. |
| * in conformità al prEN ISO 3382-2 | |

| | |
|--|--|
| UNI EN 13501-1 | Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione. Parte 1: Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco. |
| DEFINIZIONE | La norma prevede la classificazione delle reazioni al fuoco dei materiali da costruzione in relazione alla loro finale applicazione. |
| SPECIFICHE | Ai fini della classificazione della reazione a fuoco i prodotti da costruzione sono distinti in tre categorie: <ul style="list-style-type: none"> • prodotti da costruzione, esclusi i pavimenti e prodotti isolanti termici a tubi lineari; • pavimentazioni; • prodotti isolanti termici a tubo lineare. |
| APPLICAZIONE | Per la classificazione dei sistemi di isolamento termico si effettuano prove di reazione al fuoco (chiaramente richiamati nella norma per i prodotti di cui sopra) e si assegna una classe di reazione al fuoco. Per i sistemi composti (ad esempio i sistemi a cappotto - ETICS), si determina sperimentalmente la classe di reazione al fuoco nella condizione più sfavorevole (i) di montaggio e fissaggio e (ii) del componente isolante*. |
| * A tal proposito la EN 15715 suggerisce di dichiarare una doppia classificazione del materiale isolante: nudo e nelle reali condizioni di utilizzo. | |

| | |
|---|--|
| UNI-EN 1602 | Determinazione della massa volumica apparente |
| DEFINIZIONE | La norma fa parte di una serie di norme che definiscono i metodi di prova per la determinazione delle dimensioni e delle proprietà dei materiali e prodotti isolanti termici. Essa è di supporto a una serie di norme di prodotto per materiali e prodotti, isolanti termici, che derivano dalla Direttiva del Consiglio del 21 dicembre 1988 sul ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli stati membri relative ai prodotti per costruzione prendendone in considerazione requisiti di base. |
| SPECIFICHE | La norma specifica l'apparecchiatura ed i procedimenti per determinare la massa volumica apparente complessiva e la massa volumica apparente della parte interna in condizioni di riferimento. Essa si applica ad isolanti termici per edilizia nelle dimensioni di fornitura ed ai provini. |
| APPLICAZIONE | La massa volumica viene determinata come quoziente della massa e del volume del provino mediante una bilancia in grado di determinare la massa del provino con un'accuratezza dello 0,5%. I provini devono essere i prodotti nelle dimensioni di fornitura o parti di essi, o provini usati per altre prove e tagliati con metodi che non alterino la struttura originale del prodotto. |
| Direttiva 89/106/CEE sostituita dal Regolamento UE n. 305/2011. | |

| | |
|---|--|
| UNI EN 12939 | Prestazione termica dei materiali e dei prodotti per edilizia |
| DEFINIZIONE | La norma definisce le procedure per determinare la resistenza termica dei prodotti con spessore maggiore di quello massimo ammesso per misure con piastra calda ad anello di guardia o con termoflussimetro. |
| APPLICAZIONE | La maggior parte delle procedure descritte nella norma richiede un'apparecchiatura che permetta prove su campioni con spessore fino a 100 mm. |
| In conformità con i requisiti della EN 12667. | |

| | |
|---------------------|--|
| UNI EN 13162 | Isolanti termici per edilizia. Prodotti di lana minerale ottenuti in fabbrica |
| DEFINIZIONE | La norma specifica i requisiti per i prodotti di lana minerale ottenuti in fabbrica, con o senza rivestimenti, che sono utilizzati per l'isolamento termico degli edifici. Tali prodotti sono fabbricati in forma di rotoli, feltri o pannelli. |
| SPECIFICHE | La norma descrive le caratteristiche del prodotto e comprende procedimenti per le prove, la valutazione della conformità, la marcatura e l'etichettatura. Sebbene i prodotti considerati dalla norma siano spesso utilizzati in sistemi prefabbricati termicamente isolati e pannelli compositi, le prestazioni dei sistemi che incorporano questi prodotti non rientrano nella norma. La norma non specifica il livello richiesto per una specifica proprietà che il prodotto deve avere per dimostrare idoneità per una particolare applicazione. I livelli richiesti per una specifica applicazione devono essere ricercati nei regolamenti o in norme non contrastanti. |
| APPLICAZIONE | Le proprietà del prodotto devono essere tali da soddisfare i requisiti delle seguenti normative specifiche: <ul style="list-style-type: none"> • Resistenza termica e conduttività termica (EN12939) • Lunghezza e larghezza (EN822) • Spessore (EN823) • Ortogonalità (EN824) • Planarità (EN825) • Stabilità dimensionale (EN1604) • Resistenza a trazione parallela alle facce (EN1608) • Reazione al fuoco (EN13501-1) |

5.2 Sintesi delle norme tecniche prevalentemente utilizzate nella prevenzione del rischio

| REAZIONE AL FUOCO | NORMA TECNICA | | ANNO |
|-------------------|---|--|------|
| | UNI EN ISO 1182 | Prove di reazione al fuoco dei prodotti - Prova di non combustibilità | 2010 |
| | Descrizione | <i>Al fine di verificare la non combustibilità del materiale si misura la temperatura del forno e contemporaneamente si registra l'eventuale formazione di fiamme e la perdita di massa.</i> | |
| | UNI EN ISO 1716 | Prove di reazione al fuoco dei prodotti - Determinazione del potere calorifico superiore. | 2010 |
| | Descrizione | <i>La norma descrive un metodo per la determinazione del potere calorifico superiore dei prodotti, a volume costante all'interno di una bomba calorimetrica.</i> | |
| | UNI CEN/TS 1187 | Metodi di prova per tetti esposti al fuoco dall'esterno. | 2012 |
| | Descrizione | <i>La specifica tecnica descrive i quattro metodi di prova per determinare le prestazioni dei tetti esposti al fuoco dall'esterno in 4 possibili condizioni (i) con fiamme, (ii) con fiamme e vento, (iii) con fiamme, vento e con calore radiante supplementare e (iv) con due fasi che incorporano fiamme, vento e calore radiante supplementare Le prove valutano la propagazione dell'incendio attraverso la superficie esterna del tetto, la propagazione dell'incendio all'interno del tetto (i, ii e iii), la penetrazione del fuoco (i, iii, e iv) e la produzione di gocce o detriti fiammeggianti provenienti dalla parte inferiore del tetto o dalla superficie esposta (i, iii, e iv).</i> | |
| | UNI EN 14135 | Rivestimenti - Determinazione della capacità di protezione al fuoco. | 2005 |
| | | <i>La norma specifica un metodo per determinare la capacità di un rivestimento di proteggere i prodotti sottostanti contro i danni durante una specifica esposizione al fuoco. Il rivestimento è fissato sul lato inferiore di un substrato orizzontale ed è esposto al calore dal basso in un forno in conformità con la EN 1363-1 per un tempo specificato in anticipo. Vengono registrati gli aumenti di temperatura nel campione di prova. Si osserva la copertura e registra il momento in cui si ha un danno, sia alla copertura che al substrato.</i> | |
| | UNI EN 13238 | Prove di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione - Procedimenti di condizionamento e regole generali per la scelta dei substrati. | 2010 |
| Descrizione | <i>La norma specifica i procedimenti di condizionamento e le regole per la scelta dei substrati per i campioni da sottoporre alle prove di reazione al fuoco.</i> | | |

MANUALE PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO INCENDIO
NEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI PER IL LAVORO

| | | | |
|-------------------------------------|----------------|---|------|
| CLASSIFICAZIONE DEI PRODOTTI | UNI EN 13501-1 | Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 1: Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco. | 2009 |
| | UNI EN 13501-2 | Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 2: Classificazione in base ai risultati delle prove di resistenza al fuoco, esclusi i sistemi di ventilazione. | 2016 |
| | UNI EN 13501-3 | Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 3: Classificazione in base ai risultati delle prove di resistenza al fuoco dei prodotti e degli elementi impiegati in impianti di fornitura servizi: condotte e serrande resistenti al fuoco. | 2009 |
| | UNI EN 13501-4 | Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 4: Classificazione in base ai risultati delle prove di resistenza al fuoco dei componenti dei sistemi di controllo del fumo. | 2016 |
| | UNI EN 13501-5 | Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 5: Classificazione in base ai risultati delle prove di esposizione dei tetti a un fuoco esterno. | 2016 |
| | UNI EN 13501-6 | Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 6: Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco sui cavi elettrici. | 2014 |

| | NORMA TECNICA | | ANNO |
|--|--------------------------------|---|--|
| | RESISTENZA ALL'INCENDIO | UNI EN 1363-1 | Prove di resistenza al fuoco - Requisiti generali. |
| | UNI EN 1363-2 | Prove di resistenza al fuoco - Procedure alternative e aggiuntive. | 2001 |
| | UNI ENV 1363-3 | Prove di resistenza al fuoco - Verifica della prestazione del forno. | 2000 |
| | UNI EN 1364-1 | Prove di resistenza al fuoco per elementi non portanti - Muri. | 2015 |
| | UNI EN 1364-2 | Prove di resistenza al fuoco per elementi non portanti - Soffitti. | 2002 |
| | UNI EN 1364-3 | Prove di resistenza al fuoco per elementi non portanti - Facciate continue - Configurazione in grandezza reale (assemblaggio completo). | 2014 |
| | UNI EN 1364-4 | Prove di resistenza al fuoco per elementi non portanti - Facciate continue - Configurazione parziale. | 2014 |
| | UNI EN 1365-1 | Prove di resistenza al fuoco per elementi portanti - Pareti. | 2012 |
| | UNI EN 1365-2 | Prove di resistenza al fuoco per elementi portanti - Solai e coperture. | 2014 |
| | UNI EN 1365-3 | Prove di resistenza al fuoco per elementi portanti - Travi. | 2002 |
| | UNI EN 1365-4 | Prove di resistenza al fuoco per elementi portanti - Pilastri. | 2002 |
| | UNI EN 1365-5 | Prove di resistenza al fuoco per elementi portanti - Balconi e passerelle. | 2005 |
| | UNI EN 1365-6 | Prove di resistenza al fuoco per elementi portanti - Scale. | 2005 |
| | UNI EN 1366-1 | Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi - Parte 1: Condotte di ventilazione. | 2014 |
| | UNI EN 1366-2 | Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi Parte 2: Serrande tagliafuoco | 2015 |
| | UNI EN 1366-3 | Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi Parte 3: Sigillanti per attraversamenti | 2009 |
| | UNI EN 1366-4 | Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi Parte 4: Sigillature dei giunti lineari | 2010 |
| | UNI EN 1366-5 | Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi Parte 5: Canalizzazioni di servizio e cavedi | 2010 |

| | | | |
|--|----------------|--|------|
| | UNI EN 1366-6 | Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi Parte 6: Pavimenti sopraelevati e pavimenti cavi | 2005 |
| | UNI EN 1366-7 | Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi Parte 7: Sistemi di chiusura per trasportatori a nastro. | 2005 |
| | UNI EN 1366-8 | Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi Parte 8: Condotte di estrazione fumo. | 2005 |
| | UNI EN 1366-9 | Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi Parte 9: Condotte di estrazione del fumo per singolo comparto | 2008 |
| | UNI EN 1366-10 | Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi Parte 10: Serrande di controllo dei fumi. | 2017 |
| | UNI EN 1366-11 | Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi Parte 11: Sistemi di protezione incendio per sistemi di cavi e componenti associati | 2018 |
| | UNI EN 1366-12 | Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi Parte 12: Barriere tagliafuoco non meccaniche per le condotte di ventilazione. | 2014 |
| | UNI EN 1634-1 | Prove di resistenza al fuoco e di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura, finestre apribili e loro accessori costruttivi - Parte 1: Prove di resistenza al fuoco per porte e sistemi di chiusura e finestre apribili. | 2014 |
| | UNI EN 1634-2 | Prove di resistenza al fuoco e di controllo della dispersione del fumo per porte, sistemi di chiusura, finestre apribili e loro componenti costruttivi - Parte 2: Prove di resistenza per componenti costruttivi. | 2009 |
| | UNI EN 1634-3 | Prove di resistenza al fuoco e di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura, finestre apribili e loro componenti costruttivi - Parte 3: Prove di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura. | 2009 |
| | UNI EN 15269-1 | Applicazione estesa dei risultati di prove di resistenza al fuoco e/o controllo della dispersione del fumo per porte, sistemi di chiusura e finestre apribili e loro componenti costruttivi - Parte 1: Requisiti generali. | 2010 |
| | UNI EN 15269-2 | Applicazione estesa dei risultati di prove di resistenza al fuoco e/o controllo della dispersione del fumo per porte, sistemi di chiusura e finestre apribili e loro componenti costruttivi - Parte 2: Resistenza al fuoco di porte in acciaio su cerniere o su perni. | 2012 |

| | | | |
|---|-------------|---|------|
| SERRAMENTI APRIBILI RESISTENTI AL FUOCO E A TENUTA DI FUMO | UNI 11473-1 | Porte e finestre apribili resistenti al fuoco e/o per il controllo della dispersione di fumo - Parte 1: Requisiti per l'erogazione del servizio di posa in opera e manutenzione | 2013 |
| | Descrizione | <i>La norma descrive le modalità di esecuzione dei servizi di posa in opera e manutenzione delle porte e finestre apribili resistenti al fuoco e/o per il controllo della dispersione di fumo. La norma definisce i processi che costituiscono il servizio di posa e/o manutenzione. I processi trattano le risorse umane e attrezzature, la definizione dei compiti degli operatori coinvolti, la programmazione del servizio e le registrazioni conseguenti.</i> | |
| | UNI 11473-2 | Porte e finestre apribili resistenti al fuoco e/o per il controllo della dispersione di fumo - Parte 2: Requisiti dell'organizzazione che eroga il servizio di posa in opera e manutenzione | 2014 |
| | Descrizione | <i>La norma descrive i requisiti dell'organizzazione che eroga il servizio di posa in opera e/o manutenzione periodica delle porte e finestre apribili resistenti al fuoco e/o per il controllo della dispersione di fumo. I requisiti dell'organizzazione sono riferiti alle procedure operative seguite dalla stessa prima durante e dopo l'erogazione del servizio nel luogo fisico in cui sono installate le porte. Le procedure sviluppano la descrizione del servizio da prestare iniziando dall'oggetto, i luoghi, la documentazione descrittiva dello stato delle porte, la documentazione di programmazione degli interventi e rilasciata a seguito degli stessi. A supporto delle procedure sono considerate le risorse strumentali e rilasciata a seguito degli stessi. Dei processi di cui sopra sono date indicazioni guida e per quanto possibile criteri operativi con esempi di documentazione da utilizzare.</i> | |
| | UNI 11473-3 | Porte e finestre apribili resistenti al fuoco e/o per il controllo della dispersione di fumo - Parte 3: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza dell'installatore e del manutentore | 2014 |
| | Descrizione | <i>La norma specifica i requisiti di conoscenza, abilità e competenza, relativi all'attività professionale dell'installatore e del manutentore di porte resistenti al fuoco e/o a controllo della dispersione del fumo. Detti requisiti sono specificati in termini di conoscenza, abilità e competenza in conformità al Quadro europeo delle qualifiche (European Qualifications Framework – EQF) e sono espressi in maniera tale da agevolare i processi di valutazione e convalida dei risultati dell'apprendimento.</i> | |

| | | | |
|--|--------------|--|------|
| ISOLANTI E ISOLAMENTO TERMICO | UNI EN 14303 | Isolanti termici per gli impianti degli edifici e per le installazioni industriali - Prodotti di lana minerale (MW) ottenuti in fabbrica | 2016 |
| | Descrizione | <p><i>La norma specifica i requisiti per i prodotti di lana minerale ottenuti in fabbrica, utilizzati per l'isolamento termico degli impianti di edifici e delle installazioni industriali, con una temperatura di esercizio compresa approssimativamente tra 0 °C e +800°C. La norma descrive le caratteristiche del prodotto e comprende procedimenti di prova, valutazione di conformità, marcatura e etichettatura.</i></p> <p><i>La norma non tratta i prodotti con una conduttività termica dichiarata maggiore di 0,065 W/(m x K) a 10 °C.</i></p> <p><i>La norma non tratta i prodotti realizzati in sito o utilizzati per l'isolamento delle strutture degli edifici.</i></p> | |
| | UNI EN 14307 | Isolanti termici per gli impianti degli edifici e per le installazioni industriali - Prodotti di polistirene espanso estruso (XPS) ottenuti in fabbrica – Specificazione: | 2016 |
| | Descrizione | <p><i>La norma specifica i requisiti per i prodotti di polistirene espanso estruso ottenuti in fabbrica utilizzati per l'isolamento termico degli impianti di edifici e delle installazioni industriali, con una temperatura di esercizio compresa approssimativamente tra -180 °C e +75 °C. La norma descrive le caratteristiche del prodotto e comprende procedimenti di prova, valutazione di conformità, marcatura ed etichettatura.</i></p> <p><i>La norma non tratta i prodotti con una conduttività termica dichiarata maggiore di 0,060 W/(m x K) a una temperatura media di 10 °C.</i></p> <p><i>La norma non tratta i prodotti utilizzati per l'isolamento delle strutture degli edifici né per l'isolamento acustico.</i></p> | |

| | | | |
|--|---|--|------|
| RESISTENZA ALL'INCENDIO DI ELEMENTI STRUTTURALI | UNI EN 13381-1 | Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali - Parte 1: Membrane di protezione orizzontali | 2014 |
| | Descrizione | <i>La norma specifica un metodo di prova per determinare la capacità di una membrana di protezione orizzontale, quando utilizzata come barriera resistente al fuoco, che contribuisce alla resistenza al fuoco di un elemento strutturale orizzontale di un edificio.</i> | |
| | UNI EN 13381-2 | Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali - Parte 2: Membrane di protezione verticali | 2014 |
| | Descrizione | <i>La norma specifica un metodo di prova per determinare la capacità di una membrana di protezione verticale, quando utilizzata come barriera resistente al fuoco, di contribuire alla resistenza al fuoco di elementi costruttivi strutturali verticali portanti realizzati in acciaio, calcestruzzo, materiali compositi acciaio/calcestruzzo o legno.</i> | |
| | UNI EN 13381-3 | Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali - Parte 3: Protezione applicata ad elementi di calcestruzzo | 2015 |
| | Descrizione | <i>La norma specifica un metodo di prova per la determinazione del contributo dei sistemi di protezione contro l'incendio alla resistenza al fuoco di elementi strutturali di calcestruzzo, per esempio solette, pavimenti, coperture e pareti e che possono includere travi e colonne. Il calcestruzzo può essere leggero, normale o pesante e di tutte le classi di resistenza. L'elemento deve contenere barre di armatura di acciaio.</i> <i>Il metodo di prova si applica a tutti i materiali di protezione contro l'incendio utilizzati per la protezione di elementi di calcestruzzo e comprende materiali a spruzzo, rivestimenti reattivi, sistemi di protezione di copertura e materiali di protezione contro l'incendio multistrato o compositi, con o senza spazio tra il materiale di protezione contro l'incendio e l'elemento di calcestruzzo. Le suddette prove determinano la capacità del materiale di protezione contro l'incendio di rimanere aderente e fissato al calcestruzzo.</i> | |
| | UNI EN 13381-4 | Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali - Parte 4: Protettivi passivi applicati ad elementi di acciaio | 2013 |
| | Descrizione | <i>La norma specifica un metodo di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di protettivi antincendio passivi, applicati ad elementi di acciaio utilizzabili come travi o pilastri.</i> <i>La metodologia di prova consente di raccogliere dati direttamente impiegabili per il calcolo della resistenza al fuoco di strutture metalliche in conformità alle procedure delle UNI EN 1993-1-2 e UNI EN 1994-1-2.</i> | |
| | UNI EN 13381-5 | Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali - Parte 5: Protezione applicata ad elementi compositi di calcestruzzo/lastre profilate di acciaio | 2014 |
| | Descrizione | <i>La norma specifica un metodo per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco della protezione applicata ad elementi compositi di calcestruzzo/lastre profilate di acciaio.</i> | |
| UNI EN 13381-6 | Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali - Parte 6: Protezione applicata a colonne cave di acciaio riempite con calcestruzzo | 2012 | |

| | | | |
|--|-----------------|--|------|
| | Descrizione | <i>La norma specifica un metodo per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco della protezione applicata a colonne cave di acciaio riempite con calcestruzzo</i> | |
| | UNI ENV 13381-7 | Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali - Protezione applicata ad elementi di legno | 2002 |
| | Descrizione | <i>La norma sperimentale specifica un metodo di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco della protezione applicata ad elementi di legno.</i> | |
| | UNI EN 13381-8 | Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali - Parte 8: Protettivi reattivi applicati ad elementi di acciaio | 2013 |
| | Descrizione | <i>La norma specifica un metodo di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di protettivi antincendio reattivi, applicati ad elementi di acciaio utilizzabili come travi o pilastri. La metodologia di prova consente di raccogliere dati direttamente impiegabili per il calcolo della resistenza al fuoco di strutture metalliche in conformità alle procedure delle UNI EN 1993-1-2 e UNI EN 1994-1-2.</i> | |
| | UNI EN 13381-9 | Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali - Parte 9: Sistemi di protezione al fuoco applicati a travi di acciaio con anima forata | 2016 |
| | Descrizione | <i>La norma specifica un metodo di prova e di valutazione per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di sistemi protettivi antincendio di elementi I e H di travi di acciaio strutturale nel piano orizzontale contenenti aperture nell'anima che possono influenzare la prestazione strutturale della trave.</i> | |

| REAZIONE AL FUOCO | NORMA TECNICA | | ANNO |
|----------------------|---|---|------|
| | UNI 8456 | Prodotti combustibili suscettibili di essere investiti dalla fiamma su entrambe le facce - Reazione al fuoco mediante applicazione di una piccola fiamma. | 2010 |
| | UNI 8457 | Prodotti combustibili suscettibili di essere investiti dalla fiamma su una sola faccia - Reazione al fuoco mediante applicazione di una piccola fiamma. | 2010 |
| | UNI 9174 | Reazione al fuoco dei prodotti sottoposti all'azione di una fiamma d'innesco in presenza di calore radiante. | 2010 |
| | UNI 9175 | Reazione al fuoco di manufatti imbottiti sottoposti all'azione di una piccola fiamma - Metodo di prova e classificazione. | 2010 |
| | UNI 9176 | Preparazione dei materiali per l'accertamento delle caratteristiche di reazione al fuoco. | 2010 |
| | UNI 9177 | Classificazione di reazione al fuoco dei prodotti combustibili. | 2008 |
| | UNI EN ISO 9239-1 | Prove di reazione al fuoco dei pavimenti - Parte 1: Valutazione del comportamento al fuoco utilizzando una sorgente di calore radiante. | 2010 |
| | UNI 9796 | Reazione al fuoco dei prodotti vernicianti ignifughi applicati su materiali legnosi - Metodo di prova ai fini della classificazione. | 2014 |
| UNI EN ISO 11925-2 | Prove di reazione al fuoco - Accendibilità dei prodotti sottoposti all'attacco diretto della fiamma - Parte 2: Prova con l'impiego di una singola fiamma. | 2010 | |

| | | | |
|----------------------|----------------------|---|------|
| REAZIONE AL FUOCO | UNI EN 13823 | Prove di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione - Prodotti da costruzione esclusi i pavimenti esposti ad un attacco termico prodotto da un singolo oggetto in combustione. | 2014 |
| | UNI CEI EN ISO 13943 | Sicurezza in caso di incendio – Vocabolario. | 2010 |
| | UNI EN 14390 | Prova al fuoco - Camera in grande scala: prova di riferimento relativa alla superficie dei prodotti. | 2007 |
| | UNI CEN/TS 15117 | Guida sull'applicazione diretta ed estesa | 2006 |
| | UNI CEN/TS 15447 | Montaggio e fissaggio nelle prove di reazione al fuoco nell'ambito della Direttiva "Prodotti da costruzione". | 2006 |
| | UNI EN 15725 | Rapporti di applicazione estesa delle prestazioni al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione. | 2010 |
| | UNI EN 16156 | Sigarette - Valutazione della propensione all'innesco - Requisiti di sicurezza. | 2011 |
| | UNI CEN/TS 16459 | Esposizione al fuoco dall'esterno dei tetti e delle coperture - Applicazione estesa dei risultati di prova ottenuti secondo la CEN/TS 1187. | 2014 |
| | UNI EN 16733 | Prove di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione - Determinazione della propensione di un prodotto da costruzione a essere sottoposto a fuoco covante continuo. | 2016 |

| | | | |
|-------------------------|--|--|------|
| RESISTENZA ALL'INCENDIO | UNI 9504:1 | Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di legno. | 1989 |
| | UNI 10898-1 | Sistemi protettivi antincendio - Modalità di controllo dell'applicazione - Parte 1: Sistemi intumescenti. | 2012 |
| | UNI 10898-3 | Sistemi protettivi antincendio - Modalità di controllo dell'applicazione - Parte 3: Sistemi isolanti spruzzati | 2007 |
| | UNI 11076 | Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendio. | 2003 |
| | UNI EN 15080-8 | Applicazione estesa dei risultati di prove di resistenza al fuoco - Parte 8: Travi. | 2009 |
| | UNI EN 15080-12 | Applicazione estesa dei risultati di prove da resistenza al fuoco - Parte 12: Pareti portanti in muratura. | 2011 |
| | UNI EN 15254-2 | Applicazione estesa dei risultati da prove di resistenza al fuoco - Pareti non portanti - Parte 2: Blocchi di gesso e muratura. | 2009 |
| | UNI EN 15254-4 | Applicazione estesa dei risultati da prove di resistenza al fuoco - Pareti non portanti - Parte 4: Costruzioni vetrate. | 2011 |
| | UNI EN 15254-5 | Applicazione estesa dei risultati da prove di resistenza al fuoco - Pareti non portanti - Parte 5: Costruzioni in pannelli sandwich metallici. | 2009 |
| | UNI EN 15254-6 | Applicazione estesa dei risultati da prove di resistenza al fuoco - Pareti non portanti - Parte 6: Facciate continue. | 2014 |
| UNI EN 15254-7 | Applicazione estesa dei risultati di prova di resistenza al fuoco - Soffitti non portanti - Parte 7: Costruzioni in pannelli sandwich metallici. | 2012 | |
| RESISTENZA ALL'INCENDIO | UNI EN 15882-1 | Applicazione estesa dei risultati di prova di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi - Parte 1: Condotte. | 2012 |
| | UNI EN 15882-2 | Applicazione estesa dei risultati di prova di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi - Parte 2: Serrande tagliafuoco. | 2015 |
| | UNI EN 15882-3: | Applicazione estesa dei risultati di prova di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi - Parte 3: Sigillanti per attraversamenti. | 2009 |
| | UNI EN 15882-4 | Applicazione estesa dei risultati di prova di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi - Parte 4: Sigillature di giunti lineari | 2012 |
| RESISTENZA ALL'INCENDIO | UNI EN 15269-3 | Applicazione estesa dei risultati di prove di resistenza al fuoco e/o controllo della dispersione del fumo per porte, sistemi di chiusura e finestre apribili e loro componenti costruttivi - Parte 3: Resistenza al fuoco di porte e finestre apribili in legno su cerniere o su perni. | 2012 |
| | UNI EN 15269-5 | Applicazione estesa dei risultati di prove di resistenza al fuoco e/o controllo della dispersione del fumo per porte, sistemi di chiusura e finestre apribili e loro componenti costruttivi-Parte 5: Resistenza al fuoco di porte vetrate intelaiate, incernierate su perni e finestre. | 2016 |
| | UNI EN 15269-7 | Applicazione estesa dei risultati di prove di resistenza al fuoco e/o controllo della dispersione del fumo per porte, sistemi di chiusura e finestre apribili e loro componenti costruttivi - Parte 7: Resistenza al fuoco di porte scorrevoli in acciaio. | 2009 |
| | UNI EN 15269-10 | Applicazione estesa dei risultati di prove di resistenza al fuoco e/o controllo della dispersione del fumo per porte, sistemi di chiusura e finestre apribili e loro componenti costruttivi - Parte 10: Resistenza al fuoco di chiusure avvolgibili in acciaio. | 2011 |

| | | | |
|--|-----------------|--|------|
| | UNI EN 15269-20 | Applicazione estesa dei risultati di prove di resistenza al fuoco e/o controllo della dispersione del fumo per porte, sistemi di chiusura e finestre apribili e loro componenti costruttivi - Parte 20: Controllo della dispersione del fumo per porte incernierate o su cardini, in acciaio o legno, con finestrate, con telaio in legno o metallico. | 2009 |
|--|-----------------|--|------|

| | | | |
|---|--|---|------|
| ISOLANTI E ISOLAMENTO – METODO DI CALCOLO E DI PROVA | UNI EN 1934 | Prestazione termica degli edifici - Determinazione della resistenza termica per mezzo del metodo della camera calda con termoflussimetro - Muratura | 2000 |
| | UNI EN 1946-1 | Prestazione termica di prodotti e componenti per edilizia - Criteri specifici per la valutazione dei laboratori che effettuano la misurazione delle proprietà di scambio termico - Criteri comuni | 2001 |
| | UNI EN 1946-2 | Prestazioni termiche di prodotti e componenti per l'edilizia - Criteri specifici per la valutazione di laboratori di misura delle proprietà di scambio termico - Misurazioni mediante l'apparecchiatura a piastra calda con anello di guardia. | 2001 |
| | UNI EN 1946-3 | Prestazioni termiche di prodotti e componenti per l'edilizia - Criteri specifici per la valutazione di laboratori di misura delle proprietà di scambio termico - Misurazioni mediante apparecchiatura a termoflussimetri. | 2004 |
| | UNI EN 1946-4 | Prestazioni termiche di prodotti e componenti per edilizia - Criteri specifici per la valutazione dei laboratori di misurazione delle proprietà di trasmissione del calore - Parte 4: Misurazioni mediante metodi della doppia camera. | 2005 |
| | UNI EN 1946-5 | Prestazioni termiche di prodotti e componenti per edilizia - Criteri specifici per la valutazione dei laboratori di misurazione delle proprietà di trasmissione del calore - Parte 5: Misurazioni mediante metodi per prove a simmetria cilindrica. | 2005 |
| | UNI EN ISO 6946 | Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo . | 2008 |
| | UNI EN ISO 7345 | Isolamento termico - Grandezze fisiche e definizioni. | 1999 |
| | UNI EN ISO 9288 | Isolamento termico - Scambio termico per radiazione - Grandezze fisiche e definizioni. | 2000 |
| | UNI EN ISO 9346 | Prestazione termoigrometrica degli edifici e dei materiali da costruzione - Grandezze fisiche per il trasferimento di massa – Vocabolario. | 2008 |
| | UNI EN ISO 9972 | Prestazione termica degli edifici - Determinazione della permeabilità all'aria degli edifici - Metodo di pressurizzazione mediante ventilatore. | 2015 |
| | UNI EN ISO 10077-1 | Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità. | 2007 |
| | UNI EN ISO 10077-2 | Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 2: Metodo numerico per i telai | 2012 |
| | UNI EN ISO 10211 | Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati. | 2008 |
| | UNI 10349-1 | Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata | 2016 |
| UNI 10349-2 | Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 2: Dati di progetto. | 2016 | |

| | | | |
|---|--------------------|---|------|
| | UNI 10349-3 | Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 3: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno) ed altri indici sintetici. | 2016 |
| | UNI 10351 | Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà termoigrometriche - Procedura per la scelta dei valori di progetto. | 2015 |
| | UNI 10375 | Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti. | 2011 |
| | UNI EN ISO 10456 | Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto. | 2008 |
| | UNI/TS 11300-1 | Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale. | 2014 |
| ISOLANTI E ISOLAMENTO – METODO DI CALCOLO E DI PROVA | UNI/TR 11552 | Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici. | 2014 |
| | UNI EN 12114 | Prestazione termica degli edifici - Permeabilità all'aria dei componenti e degli elementi per edilizia - Metodo di prova di laboratorio. | 2001 |
| | UNI EN ISO 12241 | Isolamento termico per gli impianti negli edifici e per le installazioni industriali - Metodi di calcolo. | 2009 |
| | UNI EN 12412-2 | Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Determinazione della trasmittanza termica con il metodo della camera calda – Telai. | 2004 |
| | UNI EN 12412-4 | Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Determinazione della trasmittanza termica con il metodo della camera calda - Cassonetti per le chiusure avvolgibili. | 2004 |
| | UNI EN ISO 12567-1 | Isolamento termico di finestre e porte - Determinazione della trasmittanza termica con il metodo della camera calda - Parte 1: Finestre e porte complete. | 2010 |
| | UNI EN ISO 12567-2 | Isolamento termico di finestre e di porte - Determinazione della trasmittanza termica con il metodo della camera calda - Parte 2: Finestre da tetto e altre finestre sporgenti. | 2006 |
| | UNI EN ISO 12569 | Prestazione termica degli edifici e dei materiali - Determinazione della portata d'aria specifica negli edifici - Metodo della diluizione del gas tracciante. | 2013 |
| | UNI EN ISO 12570 | Prestazione igrotermica dei materiali e dei prodotti per edilizia - Determinazione del contenuto di umidità mediante essiccamento ad alta temperatura. | 2013 |
| | UNI EN ISO 12571 | Prestazione igrotermica dei materiali e dei prodotti per edilizia - Determinazione delle proprietà di assorbimento igroscopico. | 2013 |
| | UNI EN ISO 12572 | Prestazione igrotermica dei materiali e dei prodotti per edilizia - Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore d'acqua - Metodo del recipiente di prova. | 2016 |
| | UNI EN ISO 12631 | Prestazione termica delle facciate continue - Calcolo della trasmittanza termica. | 2012 |
| | UNI EN 12865 | Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Determinazione della resistenza alla pioggia battente dei sistemi di pareti esterne sotto pressione di aria pulsante. | 2003 |
| | UNI EN 12939 | Prestazione termica dei materiali e dei prodotti per edilizia - Determinazione della resistenza termica per mezzo della piastra calda con anello di guardia e del metodo del termoflussimetro - Prodotti spessi con resistenza termica elevata e media. | 2002 |
| | UNI EN 13009 | Prestazioni termoigrometriche dei materiali e dei prodotti per l'edilizia - Determinazione del coefficiente di espansione idrica. | 2001 |

MANUALE PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO INCENDIO
NEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI PER IL LAVORO

| | | | |
|---|--------------------|---|------|
| | UNI EN 13187 | Prestazione termica degli edifici - Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi - Metodo all'infrarosso. | 2000 |
| | UNI EN 13363-1 | Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato. | 2008 |
| | UNI EN 13363-2 | Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato. | 2006 |
| | UNI EN ISO 13370 | Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo. | 2008 |
| | UNI EN ISO 13786 | Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo. | 2008 |
| | UNI EN ISO 13787 | Isolanti termici per gli impianti degli edifici e per le installazioni industriali - Determinazione della conduttività termica dichiarata. | 2004 |
| | UNI EN ISO 13788 | Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo | 2013 |
| ISOLANTI E ISOLAMENTO – METODO DI CALCOLO E DI PROVA | UNI EN ISO 13789 | Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo. | 2008 |
| | UNI EN ISO 13790 | Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento. | 2008 |
| | UNI EN ISO 13791 | Prestazione termica degli edifici - Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione - Criteri generali e procedure di validazione. | 2012 |
| | UNI EN ISO 13792 | Prestazione termica degli edifici - Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione - Metodi semplificati. | 2012 |
| | UNI EN ISO 13793 | Prestazione termica degli edifici - Progettazione termica delle fondazioni per evitare le spinte dovute al gelo. | 2006 |
| | UNI EN ISO 14683 | Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento. | 2008 |
| | UNI EN 15026 | Prestazione termoigrometrica dei componenti e degli elementi di edificio - Valutazione del trasferimento di umidità mediante una simulazione numerica. | 2008 |
| | UNI EN ISO 15148 | Prestazione igrotermica dei materiali e dei prodotti per edilizia - Determinazione del coefficiente di assorbimento d'acqua per immersione parziale. | 2016 |
| | UNI EN 15217 | Prestazione energetica degli edifici - Metodi per esprimere la prestazione energetica e per la certificazione energetica degli edifici. | 2007 |
| | UNI EN 15255 | Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del carico sensibile di raffrescamento di un ambiente - Criteri generali e procedimenti di validazione. | 2008 |
| | UNI EN 15265 | 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. | 2008 |
| | UNI CEN/TS 15548-1 | Isolanti termici per gli impianti degli edifici e le installazioni industriali - Determinazione della resistenza termica per mezzo della piastra calda con anello di guardia - Parte 1: Misurazioni a temperature elevate da 100 °C a 850 °C. | 2014 |
| | UNI EN ISO 15758 | Prestazioni igrotermiche degli impianti degli edifici e delle installazioni industriali - Calcolo della diffusione del vapore acqueo - Sistemi di isolamento per le tubazioni fredde. | 2016 |

| | | | |
|--|--------------------|---|------|
| | UNI EN ISO 15927-1 | Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Medie mensili dei singoli elementi meteorologici. | 2004 |
| | UNI EN ISO 15927-2 | Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Parte 2: Dati orari per il carico di raffrescamento di progetto. | 2009 |
| | UNI EN ISO 15927-3 | Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Parte 3: Calcolo di un indice di pioggia battente per superfici verticali a partire dai dati orari di vento e di pioggia. | 2009 |
| | UNI EN ISO 15927-4 | Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Parte 4: Dati orari per la valutazione del fabbisogno annuale di energia per il riscaldamento e il raffrescamento. | 2005 |
| | UNI EN ISO 15927-5 | Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Parte 5: Dati per il carico termico di progetto per il riscaldamento degli ambienti. | 2012 |
| | UNI EN ISO 15927-6 | Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Parte 6: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno). | 2008 |
| | UNI EN 16012 | Isolamento termico degli edifici - Isolanti riflettenti - Determinazione della prestazione termica dichiarata. | 2015 |
| | UNI EN ISO 23993 | Isolanti termici per gli impianti degli edifici e per le installazioni industriali - Determinazione della conduttività termica di progetto. | 2011 |

| | | | |
|---|------------------|---|------|
| DIRETTIVA EPBD (ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS DIRECTIVE) | UNI/TS 11300-5 | Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili. | 2016 |
| | UNI/TS 11300-6 | Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili. | 2016 |
| | UNI EN 15603 | Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica. | 2008 |
| | UNI CEN/TR 15615 | Spiegazione della relazione generale tra le varie norme europee e la direttiva sulla prestazione energetica degli edifici (EPBD) - Documento riassuntivo. | 2008 |
| | UNI CEN/TS 16628 | Prestazione energetica degli edifici - Principi base per la serie di norme EPB. | 2014 |
| | UNI CEN/TS 16629 | Prestazione energetica degli edifici - Regole tecniche dettagliate per la serie di norme EPB. | 2014 |

5.3 Codice di Prevenzione Incendi: schedatura introduttiva delle principali strategie

Le schede introducono il lettore alle definizioni del Codice, ai livelli di prestazione proposti ed alle principali strategie di mitigazione del rischio verso le quali il Codice indirizza, che si basano sulla compartimentazione degli ambienti, l'implementazione di sistemi di allarme, la gestione dell'incendio e il controllo di fumi e calori in assenza o presenza di specifici impianti tecnologici di servizio, tipici delle attività produttive, nonché la verifica della funzionalità delle vie di esodo.

| CODICE DI PREVENZIONE INCENDI D.M. 3 AGOSTO 2015 | |
|--|--|
| Valutazione del rischio di incendio per l'attività | TERMINI E DEFINIZIONI |
| | <p>R_{VITA}: profilo di rischio relativo alla salvaguardia della vita umana; Il profilo di rischio R_{VITA} è attribuito per compartimento in relazione ai seguenti fattori:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- δ_{occ}: caratteristiche prevalenti degli occupanti che si trovano nel compartimento antincendio; 2- δ_{α}: velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio riferita al tempo t_{α} in secondi, impiegato dalla potenza termica per raggiungere il valore di 1000 KW; |
| | <p>R_{BENI}: profilo di rischio relativo alla salvaguardia dei beni economici;</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- L'attribuzione del profilo di rischio R_{BENI} è effettuata per l'intera attività in funzione del carattere strategico dell'opera da costruzione e dell'eventuale valore storico, culturale, architettonico o artistico della stessa e dei beni in essa contenuti. 2- Ai fini dell'applicazione del presente documento: <ul style="list-style-type: none"> • Un'opera da costruzione si considera vincolata per arte o storia se essa stessa o i beni in essa contenuti sono tali a norma di legge; • Un'opera da costruzione risulta strategica se è tale a norma di legge o in considerazione di pianificazioni di soccorso pubblico e difesa civile o su indicazione del responsabile dell'attività; • TAB.G.3-6 guida al progettista nella determinazione del profilo di rischio R_{BENI}; |
| | <p>R_{AMBIENTE}: profilo di rischio relativo alla tutela dell'ambiente dagli effetti dell'incendio;</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Il rischio ambientale, se non diversamente indicato nel presente documento o determinato in esito a specifica valutazione del rischio, può ritenersi mitigato dall'applicazione di tutte le misure antincendio connesse ai profili di rischio R_{VITA} e R_{BENI}, che consentono, in genere, di considerare non significativo tale rischio; 2- Le operazioni di soccorso condotte dal Corpo nazionale dei Vigili del fuoco sono escluse dalla valutazione del rischio ambientale di cui al comma 1; |
| <p>Le tabelle G.3-1 e G.3-2 guidano il progettista nella selezione dei fattori δ_{occ} e δ_{α};</p> <p>Caratteristiche prevalenti degli occupanti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A: gli occupanti son in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio; - B: gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio; - C: gli occupanti possono essere addormentati: <ol style="list-style-type: none"> 1- C_i: in attività individuale di lunga durata; 2- C_{ii}: in attività gestita di lunga durata; 3- C_{iii}: in attività gestita di breve durata; - D: gli occupanti ricevono cure mediche; - E: occupanti in transito; <p>Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio t_{α} (s):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 600 lenta, materiali poco combustibili distribuiti in modo discontinuo o inseriti in contenitori non combustibili; - 300 media, scatole di cartone impilate, pallets di legno, libri ordinati su scaffali, mobilio in legno, automobili, materiali classificati per reazione al fuoco (cap.S1); - 150 rapida, materiali plastici impilati, prodotti tessili sintetici, apparecchiature elettroniche, materiali combustibili non classificati per reazione al fuoco; - 75 ultra-rapida, liquidi infiammabili, materiali plastici cellulari o espansi e schiume combustibili non classificati per la reazione al fuoco; | |

| CODICE DI PREVENZIONE INCENDI D.M. 3 AGOSTO 2015 | | |
|--|---|------|
| SEZIONE S CAP.S1 | REAZIONE AL FUOCO | |
| DEFINIZIONE | La reazione al fuoco è una misura antincendio di protezione passiva che esplica i suoi principali effetti nella fase di prima propagazione dell'incendio, con l'obiettivo di limitare l'innesco dei materiali e la propagazione stessa dell'incendio. Essa si riferisce al comportamento al fuoco dei materiali nelle effettive condizioni finali di applicazione, con particolare riguardo al grado di partecipazione all'incendio che essi manifestano in condizioni standardizzate di prova. | |
| LIVELLI DI PRESTAZIONE | Nessun requisito. | I° |
| | I materiali contribuiscono in modo non trascurabile all'incendio. | II° |
| | I materiali contribuiscono moderatamente all'incendio. | III° |
| | I materiali contribuiscono limitatamente all'incendio. | IV° |
| Per contributo all'incendio si intende l'energia rilasciata dai materiali che influenza la crescita e lo sviluppo dell'incendio in condizioni pre e post incendio generalizzato (flashover) secondo EN 13501-1 | | |

| | | |
|---|---|------|
| CRITERI DI ATTRIBUZIONE DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE | Vie di esodo dell'attività | |
| | Vie di esodo non ricomprese negli altri criteri di attribuzione. | I° |
| | Vie di esodo dei compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in B1. | II° |
| | Vie di esodo dei compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3. | III° |
| | Vie di esodo dei compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in D1, D2. | IV° |
| | Altri locali dell'attività | |
| | Locali non ricompresi negli altri criteri di attribuzione. | I° |
| | Locali di compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3. | II° |
| | Locali di compartimenti con profilo di rischi R_{vita} in D1, D2. | III° |
| | Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dall'autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza. | IV° |
| In relazione ai 4 livelli di prestazione per la reazione al fuoco stabiliti in Tabella S.1, considerato che per il livello I° non è previsto alcun requisito, sono definite le soluzioni conformi relative ai livelli II°, III°, IV°, con riferimento rispettivamente ai GM3,2,1. | | |

| | | |
|--|--|------|
| SOLUZIONI CONFORMI | Si considera soluzione conforme l'impiego di materiali compresi nel gruppo GM3 | II° |
| | Si considera soluzione conforme l'impiego di materiali compresi nel gruppo GM2 | III° |
| | Si considera soluzione conforme l'impiego di materiali compresi nel gruppo GM1 | IV° |
| Le classi di reazione al fuoco indicate sono riferite ai D.M. 26/6/1984, D.M. 10/3/2005 | | |
| <p>Il gruppo di materiali GM0 è costituito da tutti i materiali aventi classe 0 di reazione al fuoco italiana o classe A1di reazione al fuoco europea.</p> <p>Il gruppo di materiali GM1, GM2, GM3 è costituito da tutti i materiali aventi classe di reazione al fuoco riportate in Tab.S1-4, S1-5, S1-6, S1-7.</p> <p>Il gruppo di materiali GM4 è costituito da tutti i materiali non compresi nei gruppi GM0, GM1, GM3, GM4.</p> | | |

| CODICE DI PREVENZIONE INCENDI D.M. 3 AGOSTO 2015 | | |
|--|---|------|
| SEZIONE S CAP.S2 | RESISTENZA AL FUOCO | |
| DEFINIZIONE | La finalità della resistenza al fuoco è quella di garantire la capacità portante delle strutture in condizioni di incendio, nonché la capacità di compartimentazione, per un tempo minimo necessario al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza di prevenzione incendi. La misura antincendio "compartimentazione" è riferita all'organizzazione degli spazi dell'opera da costruzione finalizzata alla limitazione della propagazione dell'incendio all'interno della stessa e verso altre opere da costruzione. | |
| LIVELLI DI PRESTAZIONE | Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale. | I° |
| | Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione. | II° |
| | Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio. | III° |
| | Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione. | IV° |
| | Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa. | V° |

| | | |
|---|--|--------|
| CRITERI DI ATTRIBUZIONE DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE | Opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizi adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate tutte le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti e strutturalmente separate da esse e tali che nell'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre opere da costruzione; adibite ad attività afferenti ad un solo responsabile dell'attività e con i seguenti profili di rischio: <ol style="list-style-type: none"> R_{beni} pari a 1; $R_{ambiente}$ non significativo; non adibite ad attività che comportino la presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto; | I° |
| | Opere da costruzione o porzioni di esse, comprensive di eventuali manufatti di servizi adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate tutte le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione adiacenti; strutturalmente separate da altre opere e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse. adibite ad attività afferenti ad un solo responsabile dell'attività e con i seguenti profili di rischio: <ol style="list-style-type: none"> R_{vita} compresi in A1, A2, A3, A4; R_{beni} pari a 1; $R_{ambiente}$ non significativo; densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/m²; non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità; aventi piani situati a quota compresa tra -5m e 12m; | II° |
| | Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione. | III° |
| | Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dall'autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza. | IV° V° |

| | | |
|-------------------------------|---|-------------|
| SOLUZIONI CONFORMI | <p>1- Deve essere interposta una distanza di separazione di spazio a cielo libero verso le altre opere da costruzione. Il valore di tale distanza è ricavato secondo le procedure di cui al paragrafo S3.11 e non deve comunque risultare inferiore alla massima altezza della costruzione;</p> <p>2- Non è richiesta alle strutture alcuna prestazione minima di resistenza al fuoco:</p> | I° |
| | <p>1- Deve essere interposta una distanza di separazione di spazio a cielo libero verso le altre opere da costruzione come previsto per il livello 1;</p> <p>2- Devono essere verificate le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli incendi convenzionali di progetto come previsto al paragrafo S2.5;</p> <p>3- La classe minima di resistenza al fuoco deve essere pari almeno a 30 o inferiore, qualora consentita dal livello di prestazione III per il carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ del compartimento in esame;</p> | II° |
| | <p>1- Devono essere verificate le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli incendi convenzionali di progetto come previsto al paragrafo S.2-5;</p> <p>2- La classe minima di resistenza al fuoco è ricavata per compartimento in relazione al carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ come indicato in TabS.2-3;</p> | III° |
| | <p>1- Ai fini della verifica della capacità portante in condizioni di incendio si applicano le soluzioni conformi valide per il livello di prestazione III di cui al paragrafo S.2.4.3. Non possono essere impiegate le indicazioni dei paragrafi S.2.8.2 e S.2.8.3;</p> <p>2- Ai fini del controllo del danneggiamento di tutti gli elementi di compartimentazione sia orizzontali che verticali ad esclusione delle chiusure dei varchi appartenenti sia al compartimento di primo innesco che agli altri, vanno verificati i seguenti limiti di deformabilità nelle condizioni di carico termico e meccanico previste per le soluzioni conformi del livello III:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\delta_{v,max}/L = 1/100$ rapporto tra massima inflessione e la luce degli elementi caricati verticalmente come travi, solai; • $\delta_{v,max}/L = 1/100$ rapporto tra massima inflessione e la luce minima degli elementi a piastra; • $\delta_{v,max}/h = 1/100$ rapporto tra il massimo spostamento di interpiano e l'altezza di interpiano; <p>3- I giunti tra gli elementi di compartimentazione, se presenti, devono essere in grado di assecondare i movimenti previsti in condizioni di incendio. A tale fine è possibile impiegare giunti lineari testati in base alla norma EN 1366-4, caratterizzati dalla percentuale di movimento (M%) idonea;</p> <p>4- Ai fini della capacità di compartimentazione, gli elementi di chiusura dei vani di comunicazione fra compartimenti devono essere a tenuta di fumo (EI S₂₀₀) e le pareti devono essere dotate di resistenza meccanica (M) aggiuntiva, per una classe determinata come per il livello di prestazione III;</p> | VI° |
| | <p>1- Ai fini della verifica della capacità portante in condizioni di incendio, della deformabilità e della compartimentazione si applicano le prescrizioni valide per il livello di prestazione IV;</p> <p>2- Non si forniscono soluzioni conformi per la verifica degli impianti ritenuti significativi ai fini della funzionalità dell'opera;</p> <p>3- Ai fini del controllo del danneggiamento di tutti gli elementi strutturali vanno verificati i limiti di deformabilità imposti dalle NTC per le verifiche agli stati limite di esercizio. Dette verifiche vanno condotte nelle condizioni di carico termico e meccanico previste per le soluzioni conformi del livello di prestazione III;</p> | V° |

| | | |
|----------------------------------|--|---------------|
| SOLUZIONI ALTERNATIVE | <p>1- Sono ammesse soluzioni alternative costituite da:</p> <ul style="list-style-type: none"> • compartimentazione rispetto ad altre costruzioni; • assenza di danneggiamento ad altre costruzioni per effetto di collasso strutturale; <p>2- Ai fini della verifica della compartimentazione rispetto ad altre costruzioni, sono ritenute idonee le soluzioni conformi o alternative indicate per il livello di prestazione II della misura antincendio compartimentazione;</p> <p>3- Ai fini della verifica dell'assenza di danneggiamento ad altre costruzioni, devono essere adottate soluzioni atte a dimostrare che il meccanismo di collasso strutturale in condizioni di incendio non arrechi danni ad altre costruzioni. Dette verifiche devono essere condotte in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da curve naturali di incendio secondo il paragrafo S.2.6;</p> <p>4- Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6;</p> | I° |
| | <p>1- Sono ammesse soluzioni alternative costituite da:</p> <ul style="list-style-type: none"> • compartimentazione rispetto ad altre costruzioni; • assenza di danneggiamento ad altre costruzioni per effetto di collasso strutturale; • mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione. La capacità portante deve essere comunque tale da garantire un margine di sicurezza t_{marg} non inferiore a 100%RSET e comunque non inferiore a 30 minuti; <p>2- Per la verifica della compartimentazione e dell'assenza di danneggiamento in caso di collasso strutturale, si utilizzano le soluzioni alternative previste per il livello di prestazione I di resistenza al fuoco;</p> <p>3- Per la verifica del mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio, le soluzioni alternative si ottengono verificando le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da curve naturali di incendio secondo il paragrafo S.2.6;</p> <p>4- Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6;</p> | II° |
| | <p>1- Sono ammesse soluzioni alternative;</p> <p>2- Le soluzioni alternative per il livello di prestazione III si ottengono verificando le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da curve naturali di incendio secondo il paragrafo S.2.6;</p> <p>3- Per la verifica della capacità di compartimentazione all'interno dell'attività non si forniscono soluzioni alternative;</p> <p>4- Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6;</p> | III° |
| | <p>1- Sono ammesse soluzioni alternative;</p> <p>2- Le soluzioni alternative per i livelli IV e V, si ottengono verificando i parametri di danneggiamento e di funzionalità previsti dal progettista e dalla committenza, oltre alle verifiche di cui al paragrafo S.2.4.8. Le soluzioni dovranno essere comunque ricercate nel rispetto delle NTC;</p> <p>3- Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6;</p> | IV° V° |

| CODICE DI PREVENZIONE INCENDI D.M. 3 AGOSTO 2015 | | |
|---|---|------|
| SEZIONE S CAP.S3 | COMPARTIMENTAZIONE | |
| DEFINIZIONE | La finalità della compartimentazione è di limitare la propagazione dell'incendio e dei suoi effetti verso altre attività o all'interno della stessa attività. La compartimentazione riguarda l'organizzazione interna dell'opera da costruzione finalizzata alla limitazione della progressione dell'incendio all'interno della stessa e, novità, verso altre opere da costruzione. E' complementare alla misura resistenza al fuoco. | |
| LIVELLI DI PRESTAZIONE | Nessun requisito. | I° |
| | E' contrastata per un periodo congruo con la durata dell'incendio: <ul style="list-style-type: none"> • La propagazione dell'incendio verso altre attività; • La propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività; | II° |
| | E' contrastata per un periodo congruo con la durata dell'incendio: <ul style="list-style-type: none"> • La propagazione dell'incendio verso altre attività; • La propagazione dell'incendio e dei fumi freddi all'interno della stessa attività; | III° |
| CRITERI DI ATTRIBUZIONE DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE | Non ammesso nelle attività soggette; | I° |
| | Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione. | II° |
| | In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività. Si può applicare in particolare ove sono presenti compartimenti con profili di rischio R_{vita} compreso in D1, D2, Cii2, Cii3, Ciii2, Ciii3, per proteggere gli occupanti che dormono o che ricevono cure mediche; | III° |
| <p>Il livello I non è ammesso in quanto, anche in assenza di compartimentazioni interne, si deve verificare la compartimentazione verso altre opere da costruzione;</p> <p>Il livello II è solitamente accettato;</p> <p>Si ricorre al livello III esclusivamente a valle di specifica valutazione del rischio;</p> | | |
| SOLUZIONI CONFORMI | <p>1- Al fine di limitare la propagazione dell'incendio verso altre attività deve essere impiegata almeno una delle seguenti soluzioni conformi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inserire le diverse attività in compartimenti antincendio distinti, come descritto nei paragrafi S.3.5 e S.3.6, con le caratteristiche di cui al paragrafo S.3.7; • Interporre distanze di separazione su spazio a cielo libero tra le diverse attività contenute in opere da costruzione, come descritto al paragrafo S.3.8; <p>2- Al fine di limitare la propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività deve essere impiegata almeno una delle seguenti soluzioni conformi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suddividere la volumetria dell'opera da costruzione contenente l'attività, in compartimenti antincendio, come descritto nei paragrafi S.3.5 e S.3.6, con le caratteristiche di cui al paragrafo S.3.7; • Interporre distanze di separazione su spazio a cielo libero tra opere da costruzione che contengono l'attività, come descritto al paragrafo S.3.8; <p>3- L'ubicazione delle diverse attività presenti nella stessa opera da costruzione deve essere stabilita secondo i criteri di cui al paragrafo S.3.9;</p> <p>4- Sono ammesse comunicazioni tra le diverse attività presenti nella stessa opera da costruzione realizzate con le limitazioni e le modalità descritte al paragrafo S.3.10;</p> | II° |
| | 1- Si applicano le soluzioni conformi per il livello di prestazione II impiegando elementi a tenuta di fumo (S_a) per la chiusura dei vani di comunicazione fra compartimenti.; | III° |
| SOLUZIONI ALTERNATIVE | <p>1- Sono ammesse soluzioni alternative per tutti i livelli di prestazione;</p> <p>2- Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6;</p> | |

| CODICE DI PREVENZIONE INCENDI D.M. 3 AGOSTO 2015 | | |
|---|---|-----|
| SEZIONE S CAP.S4 | ESODO | |
| DEFINIZIONE | <p>La finalità del sistema di esodo è di assicurare che gli occupanti dell'attività possano raggiungere o permanere in un luogo sicuro, a prescindere dall'intervento dei vigili del fuoco. Le procedure ammesse per l'esodo sono tra le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esodo simultaneo: modalità di esodo che prevede lo spostamento contemporaneo degli occupanti fino a luogo sicuro. L'attivazione della procedura di esodo segue immediatamente la rilevazione dell'incendio oppure è differita dopo verifica da parte degli occupanti dell'effettivo innesco dell'incendio; • Esodo per fasi: modalità di esodo di una struttura organizzata con più compartimenti, in cui l'evacuazione degli occupanti fino a luogo sicuro avviene in successione dopo l'evacuazione del compartimento di primo innesco. Si attua con l'ausilio di misure antincendio di protezione attiva, passiva e gestionali; • Esodo orizzontale progressivo: modalità di esodo che prevede lo spostamento degli occupanti dal compartimento di primo innesco in un compartimento adiacente capace di contenerli e proteggerli fino a quando l'incendio non sia estinto, o fino a che non si proceda ad una successiva evacuazione verso luogo sicuro; • Protezione sul posto: modalità di esodo che prevede la protezione degli occupanti nel compartimento in cui si trovano; | |
| LIVELLI DI PRESTAZIONE | Esodo degli occupanti verso luogo sicuro. | I° |
| | Protezione degli occupanti sul posto. | II° |
| Luogo sicuro: spazio scoperto ovvero compartimento antincendio, separato da altri compartimenti mediante spazio scoperto o filtri a prova di fumo, avente caratteristiche idonee a ricevere e contenere un predeterminato numero di persone, ovvero a consentirne il movimento ordinato, D.M. 30/11/83. | | |
| CRITERI DI ATTRIBUZIONE DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE | Tutte le attività. | I° |
| | Compartimenti per i quali non sia possibile garantire il livello di prestazione I. | II° |
| SOLUZIONI CONFORMI | 1- Il sistema di esodo deve essere progettato nel rispetto di quanto previsto al paragrafo S.4.5 e successivi; 2- Possono essere eventualmente previste le misure antincendio aggiuntive di cui al paragrafo S.4.10; | I° |
| | 1- Non è indicata soluzione conforme; si deve ricorrere alle soluzioni alternative di cui al paragrafo S.4.4.3; | II° |
| SOLUZIONI ALTERNATIVE | 1- Sono ammesse soluzioni alternative per tutti i livelli di prestazione; 2- Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6; | |

| CODICE DI PREVENZIONE INCENDI D.M. 3 AGOSTO 2015 | | |
|---|---|------|
| SEZIONE S CAP.S5 | GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO | |
| DEFINIZIONE | <p>La gestione della sicurezza antincendio (GSA) rappresenta la misura antincendio organizzativa e gestionale atta a garantire, nel tempo, un adeguato livello di sicurezza dell'attività in caso di incendio. Una corretta GSA comprende:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La programmazione delle lavorazioni pericolose, in modo da impedire l'insorgenza di incendi; • Il monitoraggio continuo dei rischi di incendio e l'adozione di azioni per eliminare o ridurre tali rischi; • La presa di coscienza della tipologia di occupanti presenti nell'edificio in relazione ai rischi presenti; • L'assicurazione che le misure di sicurezza antincendio siano mantenute in stato di efficienza e le vie di fuga siano sempre fruibili; • L'addestramento del personale; • L'elaborazione e la verifica del piano di emergenza e, in particolare, del piano di evacuazione; • La gestione dell'emergenza, in caso di incendio, fino all'arrivo dei Vigili del Fuoco; | |
| LIVELLI DI PRESTAZIONE | Gestione della sicurezza antincendio di livello base. | I° |
| | Gestione della sicurezza antincendio di livello avanzato | II° |
| | Gestione della sicurezza antincendio di livello avanzato per attività complesse. | III° |
| CRITERI DI ATTRIBUZIONE DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE | <p>Attività ove siano verificate tutte le seguenti condizioni</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> 1- R_{vita} compresi in A1, A2, Ci1, Ci2, Ci3; 2- R_{beni} pari a 1; 3- $R_{ambiente}$ non significativo; • Non prevalentemente destinata ad occupanti con disabilità; • Tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -10m e 54m; • Carico di incendio specifico q_f non superiore a 1200MJ/m²; • Non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • Non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione; | I° |
| | Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione. | II° |
| | <p>Attività ove sia verificato almeno una delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profili di rischio R_{beni} compreso in 3, 4; • Elevato affollamento complessivo; • Numero complessivo di posti letto superiore a 100e profili di rischio R_{vita} compresi in D1, D2, Ciii1, Ciii2, Ciii3; • Si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative e affollamento complessivo superiore a 25 persone; <p>Si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione e affollamento complessivo superiore a 25 persone;</p> | III° |
| SOLUZIONI CONFORMI | <p>1- La gestione della sicurezza antincendio è un processo che si sviluppa per tutta la durata della vita dell'attività. La corretta progettazione iniziale dell'attività consente la successiva appropriata gestione della sicurezza antincendio.;</p> <p>2- Le soluzioni conformi sono riportate nelle tabelle S.5-4, S.5-5, S.5-6;</p> | |
| SOLUZIONI ALTERNATIVE | <p>1- Sono ammesse soluzioni alternative per tutti i livelli di prestazione;</p> <p>2- E' considerata soluzione alternativa per tutti i livelli di prestazione l'applicazione volontaria nell'attività di un sistema di gestione di sicurezza e salute sui luoghi di lavoro che comprenda gli aspetti di gestione della sicurezza antincendio e dell'emergenza, come dettagliati nel presente capitolo, nel rispetto dei livelli di prestazione;</p> <p>3- Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6;</p> | |

| CODICE DI PREVENZIONE INCENDI D.M. 3 AGOSTO 2015 | | |
|--|--|-------------|
| SEZIONE S CAP.S6 | CONTROLLO DELL'INCENDIO | |
| DEFINIZIONE | <p>1- La presente misura antincendio ha come scopo l'individuazione dei presidi antincendio da installare nell'attività per la sua protezione di base, attuata solo con estintori, e per la sua protezione manuale o protezione automatica finalizzata al controllo dell'incendio o anche, grazie a specifici impianti, alla sua estinzione;</p> <p>2- I presidi antincendio considerati sono gli estintori d'incendio e i seguenti impianti di protezione attiva contro l'incendio, di seguito denominati impianti : la rete di idranti, gli impianti manuali o automatici di controllo o di estinzione, ad acqua e ad altri agenti estinguenti;</p> <p>3- Gli estintori di incendio devono essere conformi alle vigenti disposizioni normative ed essere mantenuti a regola d'arte secondo quanto prescritto dalle specifiche regolamentazioni, dalle norme di buona tecnica e dalle istruzioni fornite dal fabbricante;</p> <p>4- Gli impianti devono essere progettati, realizzati e mantenuti a regola d'arte secondo quanto prescritto dalle specifiche regolamentazioni, dalle norme di buona tecnica e dalle istruzioni fornite dal fabbricante;</p> | |
| LIVELLI DI PRESTAZIONE | Nessun requisito. | I° |
| | Protezione di base. | II° |
| | Protezione di base e protezione manuale. | III° |
| | Protezione di base, protezione manuale e protezione automatica estesa a porzioni dell'attività. | IV° |
| | Protezione di base, protezione manuale e protezione automatica estesa a tutta l'attività. | V° |

| | | |
|---|--|-------------|
| CRITERI DI ATTRIBUZIONE DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE | Non ammesso nelle attività soggette | I° |
| | <p>Attività ove siano verificate almeno tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profili di rischio: <ol style="list-style-type: none"> 1- R_{vita} compresi in A1, A2, B1, Ci1, Ci2, Cii1, Cii2, Ciii1, Ciii2; 2- R_{beni} pari a 1,2; 3- $R_{ambiente}$ non significativo; • Densità di affollamento non superiore a 0,7 persone/m²; • Tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5m e 32m; • Carico di incendio specifico q_f non superiore a 600 MJ/m²; • Superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 4000 m²; • Non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • Non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio; | II° |
| | Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione; | III° |
| | In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività; | IV° |
| | Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dall'autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza, previsti da regola tecnica verticale; | V° |

| | | |
|---------------------------------|--|-------------|
| CLASSIFICA DEGLI INCENDI | Incendi di materiali solidi, usualmente di natura organica, che portano alla formazione di braci; | A |
| | Incendi di materiali liquidi o solidi liquefacibili, quali petrolio, paraffina, vernici, oli e grassi minerali, plastiche, ecc; | B |
| | Incendi di gas; | C |
| | Incendi di metalli; | D |
| | Incendi di oli e grassi vegetali o animali; | E |
| SOLUZIONI CONFORMI | <ol style="list-style-type: none"> 1- La protezione di base ha l'obiettivo di garantire l'utilizzo di un presidio antincendio che sia efficace su un principio d'incendio, prima che questo inizi a propagarsi nell'attività; 2- La protezione di base si attua attraverso l'impiego di estintori installati e gestiti in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme adottate dall'ente di normazione nazionale; 3- Gli estintori devono essere sempre disponibili per l'uso immediato e pertanto devono essere collocati in posizione facilmente visibile e raggiungibile, in prossimità delle uscite di piano e lungo i percorsi di esodo, in prossimità delle aree a rischio specifico; 4- Gli estintori che richiedono competenze particolari per il loro impiego devono essere posizionati e segnalati in modo da poter essere impiegati solo da personale specificatamente addestrato; 5- Laddove sia necessario installare estintori efficaci per più classi di incendio, si raccomanda di minimizzare il numero di tipi diversi di estintori nel rispetto delle massime distanze da percorrere; | II° |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1- Devono essere rispettate le prescrizioni del livello di prestazione II; 2- La protezione manuale si attua mediante l'installazione di una rete di idranti a protezione dell'intera attività o di singoli compartimenti; 3- E' considerata soluzione conforme la rete di idranti progettata, installata e gestita in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale; 4- I livelli di pericolosità, le tipologie di protezione e le caratteristiche dell'alimentazione idrica della rete di idranti sono stabiliti dal progettista sulla base della valutazione del rischio di incendio; 5- Per la protezione interna è preferibile l'installazione di naspi nelle attività civili, mentre per le altre attività è preferibile l'installazione di idranti a muro; 6- La protezione esterna, qualora prevista, e previa valutazione del Comando provinciale dei Vigili del Fuoco competente per territorio, può essere sostituita dalla rete pubblica se utilizzabile anche per il servizio antincendio, a condizione che la stessa sia rispondente alle seguenti indicazioni: <ul style="list-style-type: none"> • Gli idranti siano posti nelle immediate vicinanze dell'attività stessa; • La rete sia in grado di erogare la portata totale prevista per la protezione esterna specificata; 7- Nelle attività con livello di pericolosità 3, valutato secondo la norma UNI 10779, per le quali non sia prevista dal progettista alcuna protezione esterna, deve comunque essere garantito almeno il livello di prestazione III della strategia operatività antincendio; 8- Ai fini della determinazione della continuità dell'alimentazione idrica dell'impianto, la disponibilità può essere attestata mediante dati statistici relativi agli anni precedenti.; | III° |

| | | |
|--|---|------------|
| | <ol style="list-style-type: none"> 1- Devono essere rispettate le prescrizioni del livello di prestazione III; 2- Deve essere previsto un sistema automatico di controllo o estinzione dell'incendio a protezione di ambiti dell'attività, secondo le risultanze della valutazione del rischio; 3- La scelta della tipologia del sistema automatico di controllo o estinzione, in relazione a estinguente, efficacia della protezione e sicurezza degli occupanti, deve essere effettuata sulla base della valutazione del rischio incendio dell'attività; 4- E' considerata soluzione conforme il sistema automatico di controllo o estinzione degli incendi progettato, installato e gestito in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale; 5- L'alimentazione idrica degli impianti automatici di controllo o estinzione degli incendi deve essere conforme alla vigente regolamentazione e alle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale; 6- Se presente un IRAI, deve essere prevista una funzione di comunicazione per la segnalazione dello stato del sistema automatico di controllo o estinzione degli incendi; 7- Se non presente un IRAI, per la segnalazione dello stato del sistema, devono essere previste misure al fine della gestione dell'emergenza; | IV° |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1- Devono essere rispettate le prescrizioni del livello di prestazione IV e il sistema automatico di controllo o estinzione dell'incendio deve essere a protezione dell'intera attività;3 | V° |
| SOLUZIONI ALTERNATIVE | <ol style="list-style-type: none"> 1- Sono ammesse soluzioni alternative per tutti i livelli di prestazione; 2- Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6; | |
| <p>Per tutti i mezzi manuali, impianti manuali e sistemi automatici per il controllo dell'incendio si prevede, sempre, la possibilità di ricorrere a soluzioni alternative che dovranno dimostrare il raggiungimento del livello di prestazione atteso, utilizzando uno dei metodi previsti al paragrafo G.2.6 mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'impiego di documenti tecnici emanati da Organismi internazionali riconosciuti dal settore della sicurezza antincendi; - Il ricorso a prodotti o sistemi con tecnologia innovativa; - L'adozione delle metodologie dell'ingegneria della sicurezza antincendi; | | |

| CODICE DI PREVENZIONE INCENDI D.M. 3 AGOSTO 2015 | | |
|--|--|------|
| SEZIONE S CAP.S7 | RIVELAZIONE ED ALLARME | |
| DEFINIZIONE | 1- Gli impianti di rivelazione incendio e segnalazione allarme incendi (IRAI), di seguito denominati impianti, nascono con l'obiettivo principale di rivelare un incendio, quanto prima possibile e di lanciare l'allarme al fine di attivare le misure protettive e gestionali progettate e programmate in relazione all'incendio rivelato ed all'area ove tale principio di incendio si è sviluppato rispetto all'intera attività sorvegliata; | |
| | 2- Gli impianti devono essere progettati, realizzati e mantenuti a regola d'arte secondo quanto prescritto dalle specifiche regolamentazioni, dalle norme di buona tecnica e dalle istruzioni fornite dal fabbricante; | |
| LIVELLI DI PRESTAZIONE | La rivelazione e allarme incendio è demandata agli occupanti. | I° |
| | Segnalazione manuale e sistema di allarme esteso a tutta l'attività. | II° |
| | Rivelazione automatica estesa a porzioni dell'attività, sistema d'allarme, eventuale avvio automatico di sistemi di protezione attiva. | III° |
| | Rivelazione automatica estesa a tutta l'attività, sistema d'allarme, eventuale avvio automatico di sistemi di protezione attiva. | IV° |
| CRITERI DI ATTRIBUZIONE DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE | Attività ove siano verificate tutte le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • Profili di rischio: <ol style="list-style-type: none"> 1- R_{vita} compresi in A1, A2, Ci1, Ci2, Ci3; 2- R_{beni} pari a 1; 3- $R_{Ambiente}$ non significativo; • Attività non aperta al pubblico; • Densità di affollamento non superiore a 0,2 persone /m²; • Non prevalentemente destinata ad occupanti con disabilità; • Tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5m e 12m; • Superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 4000m²; • Carico di incendio specifico q_f non superiore a 600MJ/m²; • Non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • Non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio; | I° |
| | Attività ove siano verificate tutte le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • Profili di rischio: <ol style="list-style-type: none"> 1- R_{vita} compresi in A1, A2, B1, B2, Ci1, Ci2, Ci3; 2- R_{beni} pari a 1; 3- $R_{Ambiente}$ non significativo; • Densità di affollamento non superiore a 0,7 persone /m²; • Tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -10m e 54m; • Carico di incendio specifico q_f non superiore a 600MJ/m²; • Non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • Non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio; | II° |
| | Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione. | III° |
| | In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività | IV° |
| Per attività di civili abitazioni: carico di incendio specifico q_f non superiore a 900MJ/m ² . | | |

| | |
|----------------------------------|---|
| SOLUZIONI CONFORMI | <ol style="list-style-type: none">1- Per la rivelazione e allarme incendio demandata dagli occupanti di cui al livello di prestazione I, deve essere codificata, nelle procedure di emergenza previste dalla normativa vigente, idonea procedura finalizzata al rapido e sicuro allertamento degli occupanti.2- Sono considerate soluzioni conformi, per i livelli di prestazione II, III, IV, gli IRAI progettati, installati e gestiti in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale;3- Per la corretta progettazione, installazione ed esercizio di un IRAI deve essere prevista, in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme adottate dall'ente di normazione nazionale, la verifica della compatibilità e della corretta interconnessione dei componenti, compresa la specifica sequenza operativa delle funzioni da svolgere;4- Devono essere soddisfatte le prescrizioni tecniche aggiuntive indicate nella tabella S.7-5; Qualora i livelli di prestazione siano impiegati esclusivamente al fine della salvaguardia dei beni caratterizzati da presenze occasionali o di breve durata di personale addetto, possono essere omesse le prescrizioni della tabella S.7-5; |
| SOLUZIONI ALTERNATIVE | <ol style="list-style-type: none">1- Sono ammesse soluzioni alternative per i livelli di prestazione II, III, IV;2- Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6; |

| CODICE DI PREVENZIONE INCENDI D.M. 3 AGOSTO 2015 | | |
|---|--|------|
| SEZIONE S CAP.S8 | CONTROLLO DI FUMI E CALORE | |
| DEFINIZIONE | <p>1- La misura antincendio di controllo di fumo e calore ha come scopo l'individuazione dei presidi antincendio da installare nell'attività per consentire il controllo, l'evacuazione o lo smaltimento dei prodotti della combustione in caso di incendio;</p> <p>2- In generale, la misura antincendio di cui al presente capitolo si attua attraverso la realizzazione di :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aperture di smaltimento di fumi e calore d'emergenza per allontanare i prodotti della combustione durante le operazioni di estinzione dell'incendio da parte delle squadre di soccorso; • Sistemi per l'evacuazione di fumi e calore (SEFC) per l'evacuazione controllata dei prodotti della combustione durante tutte le fasi dell'incendio; <p>3- I sistemi per l'evacuazione di fumo e calore (SEFC), di seguito denominati impianti, devono essere progettati, realizzati e mantenuti a regola d'arte secondo quanto prescritto dalle specifiche regolamentazioni, dalle norme di buona tecnica e dalle istruzioni fornite dal fabbricante;</p> | |
| LIVELLI DI PRESTAZIONE | Gestione della sicurezza antincendio di livello base. | I° |
| | Gestione della sicurezza antincendio di livello avanzato. | II° |
| | Gestione della sicurezza antincendio di livello avanzato per attività complesse. | III° |
| CRITERI DI ATTRIBUZIONE DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE | <p>Attività ove siano verificate tutte le seguenti condizioni</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> 1- R_{vita} compresi in A1, A2, Ci1, Ci2, Ci3; 2- R_{beni} pari a 1; 3- $R_{ambiente}$ non significativo; • Non prevalentemente destinata ad occupanti con disabilità; • Tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -10m e 54 m; • Carico di incendio specifico q_f non superiore a 1200MJ/m²; • Non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • Non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione; | I° |
| | Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione. | II° |
| | <p>Attività ove sia verificato almeno una delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profili di rischio R_{beni} compreso in 3, 4; • Elevato affollamento complessivo; • Numero complessivo di posti letto superiore a 100e profili di rischio R_{vita} compresi in D1, D2, Ciii1, Ciii2, Ciii3; • Si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative e affollamento complessivo superiore a 25 persone; • Si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione e affollamento complessivo superiore a 25 persone; | III° |
| SOLUZIONI CONFORMI | <p>1- La gestione della sicurezza antincendio è un processo che si sviluppa per tutta la durata della vita dell'attività. La corretta progettazione iniziale dell'attività consente la successiva appropriata gestione della sicurezza antincendio.;</p> <p>2- Le soluzioni conformi sono riportate nelle tabelle S.5-4, S.5-5, S.5-6;</p> | |
| SOLUZIONI ALTERNATIVE | <p>1- Sono ammesse soluzioni alternative per tutti i livelli di prestazione;</p> <p>2- E' considerata soluzione alternativa per tutti i livelli di prestazione l'applicazione volontaria nell'attività di un sistema di gestione di sicurezza e salute sui luoghi di lavoro che comprenda gli aspetti di gestione della sicurezza antincendio e dell'emergenza, come dettagliati nel presente capitolo, nel rispetto dei livelli di prestazione;</p> <p>3- Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6;</p> | |

| CODICE DI PREVENZIONE INCENDI D.M. 3 AGOSTO 2015 | | |
|---|---|------|
| SEZIONE S CAP.S9 | OPERATIVITA' ANTINCENDIO | |
| DEFINIZIONE | L'operatività antincendio ha lo scopo di agevolare l'effettuazione di interventi di soccorso dei Vigili del fuoco in tutte le attività. Il requisito essenziale n°2 della Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106/CEE (ora regolamento UE n°305/2011), inerente la "Sicurezza in caso d'incendio" si pone, tra gli obiettivi generali, quello di "prendere in considerazione la sicurezza delle squadre di soccorso". Tale ultimo obiettivo contribuisce anch'esso alla salvaguardia delle persone ed alla tutela dei beni; nel corso di un incendio: infatti, le squadre di soccorso devono essere messe in condizioni di operare in maniera efficace e sicura al fine di effettuare, al meglio, le operazioni di salvataggio e di limitare la propagazione dell'incendio. | |
| LIVELLI DI PRESTAZIONE | Nessun requisito. | I° |
| | Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio. | II° |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio. • Pronta disponibilità di agenti estinguenti. | III° |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio. • Pronta disponibilità di agenti estinguenti. • Accessibilità protetta per Vigili del fuoco a tutti i locali dell'attività. | IV° |
| CRITERI DI ATTRIBUZIONE DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE | Non ammesso nelle attività soggette. | I° |
| | Attività ove sia verificate tutte le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • Profili di rischio: <ol style="list-style-type: none"> 1- R_{vita} compresi in A1, A2, B1, B2, Ci1, Ci2; 2- R_{beni} pari a 1; 3- $R_{ambiente}$ non significativo; • Densità di affollamento non superiore a 0,2 persone /m²; • Tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5m e 12m; • Superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 4000m²; • Carico di incendio specifico q_f non superiore a 600MJ/m²; • Non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • Non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione; | II° |
| | Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione. | III° |
| | Attività ove sia verificata almeno una delle seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • Profili di rischio R_{beni} compreso in 3, 4; • Elevato affollamento complessivo; • Numero totale di posti letto superiore a 100 e profili di rischio R_{vita} compresi in D1, D2, Ciii1, Ciii2, Ciii3; • Si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative e affollamento complessivo superiore a 25 persone; • Si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione e affollamento complessivo superiore a 25 persone; | IV° |

| | | |
|----------------------------------|--|-------------|
| SOLUZIONI CONFORMI | <ol style="list-style-type: none"> 1- Deve essere permanentemente assicurata la possibilità di avvicinare i mezzi di soccorso antincendio, adeguati al rischio d'incendio, agli accessi ai piani di riferimento dei compartimenti di ciascuna opera da costruzione dell'attività. Di norma, la distanza dei mezzi di soccorso dagli accessi non dovrebbe essere superiore a 50m; 2- In caso di attività progettata per i livelli di prestazione I e II di resistenza al fuoco previsti nel capitolo S.2, la distanza di cui al comma 1 non deve comunque essere inferiore alla massima altezza dell'opera da costruzione. Tale distanza deve essere segnalata mediante un cartello UNI EN ISO 7010-M001 o equivalente riportante il messaggio "Costruzione progettata per il livello di prestazione di resistenza al fuoco inferiore a III"; | II° |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1- Devono essere rispettate le prescrizioni previste per le soluzioni conformi del livello di prestazione II; 2- In assenza di protezione interna della rete idranti nelle attività a più piani fuori terra o interrati, deve essere prevista la colonna a secco di cui al paragrafo S.9.5; 3- In assenza di protezione esterna della rete idranti propria dell'attività, deve essere disponibile almeno un idrante, collegato alla rete pubblica, raggiungibile con un percorso massimo di 500 m dai confini dell'attività; tale idrante deve assicurare un'erogazione minima di 300 litri/minuto; | III° |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1- Devono essere rispettate le prescrizioni previste per le soluzioni conformi del livello di prestazione III; 2- Deve essere assicurata almeno una delle seguenti soluzioni per raggiungere tutti i piani dell'attività: <ul style="list-style-type: none"> • Accostabilità a tutti i piani dell'autoscala o mezzo equivalente dei Vigili del fuoco • Presenza di percorsi verticali protetti; • Presenza di percorsi esterni; 3- In funzione della geometria dell'attività, devono essere soddisfatte le prescrizioni di cui alla tabella S.9-3; | IV° |
| SOLUZIONI ALTERNATIVE | <ol style="list-style-type: none"> 1- Sono ammesse soluzioni alternative per tutti i livelli di prestazione; 2- Al fine di dimostrare il raggiungimento del livello di prestazione il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6; | |

| CODICE DI PREVENZIONE INCENDI D.M. 3 AGOSTO 2015 | | |
|---|---|----|
| SEZIONE S CAP.S10 | SICUREZZA DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI E DI SERVIZIO | |
| DEFINIZIONE | <p>1- Ai fini della sicurezza antincendio devono essere considerati almeno i seguenti impianti tecnologici e di servizio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione e di utilizzazione dell'energia elettrica; • Protezione contro le scariche atmosferiche; • Sollevamento/trasporto di cose e persone; • Deposito, trasporto, distribuzione e utilizzazione di solidi, liquidi e gas combustibili, infiammabili e comburenti; • Riscaldamento, climatizzazione, condizionamento e refrigerazione, comprese le opere di evacuazione dei prodotti della combustione, e di ventilazione ed aerazione dei locali; • Controllo delle esplosioni; <p>2- Per gli impianti tecnologici e di servizio inseriti nel processo produttivo dell'attività il progettista effettua la valutazione del rischio di incendio e di esplosione e prevede adeguate misure contro l'incendio o l'esplosione di tipo preventivo, protettivo e gestionale. Tali misure devono essere in accordo con gli obiettivi di sicurezza riportati al paragrafo S.10.5.</p> | |
| LIVELLI DI PRESTAZIONE | Impianti progettati, realizzati e gestiti secondo la regola d'arte, in conformità alla regolamentazione vigente, con requisiti di sicurezza antincendio specifici. | I° |
| CRITERI DI ATTRIBUZIONE DEI LIVELLI DI PRESTAZIONE | <p>1- Il livello di prestazione I deve essere attribuito a tutte le attività.</p> <p>L'individuazione di un unico livello di prestazione, porta necessariamente ad affermare il principio che, tutti gli impianti tecnologici e di servizio devono essere progettati, realizzati e gestiti secondo la regola dell'arte. Inoltre, tale livello di prestazione deve essere attribuito a tutte le attività.</p> | I° |
| SOLUZIONI CONFORMI | <p>1- Si ritengono conformi gli impianti tecnologici e di servizio progettati, installati, verificati, eserciti e mantenuti a regola d'arte, in conformità alla regolamentazione vigente, secondo le norme di buona tecnica applicabili;</p> <p>2- Tali impianti devono garantire gli obiettivi di sicurezza antincendio riportate al paragrafo S.10.6 per la specifica tipologia dell'impianto;</p> | |
| SOLUZIONI ALTERNATIVE | <p>1- Sono ammesse soluzioni alternative alle sole prescrizioni tecniche riportate al paragrafo S.10.6;</p> <p>2- Al fine del raggiungimento del livello di prestazione, il progettista deve dimostrare il soddisfacimento degli obiettivi di sicurezza di cui al paragrafo S.10.5, impiegando uno dei metodi ammessi al paragrafo G.2.6;</p> | |

- AA.VV. (2000) *Isolamento esterno a cappotto: sistema di rivestimento esterno con intonaco sottile su isolante*, BEMA, Milano
- AA.VV. (2013) *PU and Health - Indoor Air Quality and Polyurethane Insulation*, Factsheet n. 18, gennaio 2013
- AA.VV. (2015). Atti della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, *Le fibre artificiali vetrose (FAV): Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute*, Presidenza del Consiglio dei Ministri
- AIPE, Associazione Italiana Polistirene Espanso (2005) *Il fuoco nella direttiva europea CPD 89/106*.
- AIPE, Associazione Italiana Polistirene Espanso (2019) *Comportamento al fuoco: Sicurezza all'incendio di edifici realizzati con EPS*. Documento realizzato da EUMEPS, European Manufacturers of Expanded Polystyrene.
- Altomonte, S., (2004) *L'involucro architettonico come interfaccia dinamica: strumenti e criteri per una architettura sostenibile*, Alinea, Firenze
- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (2006), *Green Guide, The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings*, BH Elsevier, Burlington
- Annuario Statistico del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (2018) Periodo di riferimento: 01/01/2017 - 31/12/2017
- Attaianese, E. (2016) *Enhancing sustainability embodying human factors in building design*. In Soraes M., Rebelo F.(eds) *Ergonomics in Design: methods and techniques*, CRC Press; pp. 447-464
- Attaianese E., Bilotta, A., de Silva, D. (2017) *Side effects of green retrofitting on building fire risk*. In Nigro, E, Bilotta, A.(eds) *Papers book of the 2nd International Fire Safety Symposium IFireSS 2017* pp. 1025-1032 ISBN
- Bosia D., (2005) *Risanamento igienico edilizio. Effetti dell'umidità, degrado dei materiali da costruzione, criteri di scelta degli interventi, e tecniche di risanamento*, EPC Libri, Roma.
- Ceccherini Nelli L., D'Audino E. Trombadore A. (2005) *Schermature solari*, Alinea, Firenze

6

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Chow C.L., Chow W.K. and Lu Z.A. (2003) *Assessment of Smoke Toxicity of Building Materials*. International Association for Fire Safety Science
- Croce S., Poli, T., (2013) *Transparency. Facciate in vetro tra architettura e sperimentazione*. Gruppo 24 ore, Milano.
- Francese D., (2002), *Il benessere negli interventi di recupero edilizio*, Diade, Padova
- IAFSS (2018) *Research in support of fire resilient societies*. http://www.modernbuildingalliance.eu/wp-content/uploads/2018/12/fire_safety_-_findings_report_part_1.pdf
- Inail (2017), *Il rischio chimico e gli ambienti confinati in edilizia*
- Khoraskani, A.R. (2015) *Advanced Connection Systems for Architectural Glazing*. SpringerBriefs
- Lucchi E., (2014) *Riqualificazione energetica dell'involucro edilizio*, Dario Flaccovio Editore
- MISE (2018) Applicazione dell'articolo 7 della direttiva 2012/27/UE sui regimi obbligatori di efficienza energetica. Notifica del metodo. Aprile 2018
- MISE (2012) Piano d'Azione Nazionale per incrementare gli edifici ad energia quasi zero ALL 2
- Murano, G., Riva, G. (2014) *Individuazione delle innovazioni ai fini del contenimento dei consumi elettrici e in generale dei consumi energetici degli edifici e dei costi dei nZEB da parte della pubblica amministrazione*, ENEA, Ministero dello Sviluppo Economico
- Paolella, A., Cocci Grifoni, R. (2012) *L'uso del polistirene espanso in edilizia: riflessioni critiche su un materiale non ecologico*. WWF dossier. WWF Ricerche e progetti
- Regolamento UE N. 305/2011 9 Marzo 2011
- Rukavina M.J., Varević M., Pečur I., B., (2017) *Sicurezza antincendio delle facciate negli edifici*, Manuale per progettisti, architetti, ingegneri ed esperti di fuoco, Università di Zagabria, Facoltà di Ingegneria Civile
- Sasso U., (2003) *Isolanti si isolanti, no secondo bioarchitettura: indicazioni operative su come, perché, quando e dove e indicato usare gli isolanti termici in edilizia*, Alinea, Firenze
- Stec A.A., Hull T.R., (2011) *Assessment of the fire toxicity of building insulation materials*, Energy and Buildings n.43 (2-3): 498-506

- Tucci F., (2000) *Ecoefficienza dell'involucro architettonico: la pelle dell'edificio da barriera protettiva a complesso sistema-filtro selettivo e polivalente*, Editrice Librerie Dedalo
- Tucci, F., (2012) Involucro. Wikitecnica.com

Sitografia

- <https://firesafeeurope.eu/about-us>
- http://www.mondadorieducation.it/risorse/media/secondaria_secondo/costruzioni/koenig_schede/bioeco_schede_pdf/edf_02_bioeco.pdf
- http://www.mondadorieducation.it/risorse/media/secondaria_secondo/costruzioni/koenig_schede/bioeco_schede_pdf/edf_02_bioeco.pdf
- http://www.nextville.it/Involucro_degli_edifici/73/Materiali
- <http://www.wikitecnica.com/involucro/>
- <http://www.wikitecnica.com/tag/fabrizio-tucci/>
- <https://architizer.com/blog/inspiration/stories/the-architects-guide-to-the-grenfell-tower-disaster/>
- <https://architizer.com/blog/inspiration/stories/the-architects-guide-to-the-grenfell-tower-disaster/>
- <https://carolamoujan.net/Energy-efficiency-in-social-housing>
- <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>
- https://www.researchgate.net/publication/259579924_Facciate_e_coperture_ventilate

ISBN 978-88-99-594107



9 788899 594107