



DESTINAZIONI D'USO

# EDILIZIA SCOLASTICA

Prodotti e soluzioni Saint-Gobain Italia

# I cataloghi delle soluzioni Saint-Gobain Italia



Nella sezione “Documentazione” del sito Saint-Gobain Italia puoi trovare tutti i cataloghi dei sistemi integrati per l’edilizia. Scansiona il QRcode.



## WALL & CEILINGS

- Controsoffitti continui e modulari
- Isolamento termo-acustico interno ed esterno
- Involucro esterno
- Pareti divisorie e contropareti interne
- Protezione passiva dal fuoco
- Sistemi per HVAC



## ROOFING

- Isolamento acustico dei pavimenti
- Isolamento e impermeabilizzazione delle coperture



## MANUALE DEL VETRO

- Design e decorazione
- Infissi esterni
- Lavori in metallo, vetrine per esposizione e pareti divisorie
- Porte interne, docce e vasche
- Vetri di sicurezza e antincendio



## GUIDA WEBER

- Intonaci, malte e prodotti alla calce
- Impermeabilizzazione
- Isolamento termo-acustico
- Malte per ripristino del cls, consolidamento e rinforzo strutturale
- Pitture e rivestimenti per esterni ed interni
- Rasanti, intonaci e finiture per il risanamento
- Sottofondi, colle e sigillanti

# SOMMARIO

---

■ 1. IL GRUPPO SAINT-GOBAIN	2
■ 2. L'EDILIZIA SCOLASTICA IN ITALIA	4
■ 3. SOSTENIBILITÀ	7
■ 4. SICUREZZA	18
■ 5. ACUSTICA	74
■ 6. TERMICA	134
■ 7. QUALITÀ DELL'ARIA DEGLI AMBIENTI INTERNI	143
■ 8. FOCUS LANA DI VETRO	151
■ 9. SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER I TUOI PROGETTI	155
■ 10. REFERENZE DI EDILIZIA SCOLASTICA	213



## 1. IL GRUPPO SAINT-GOBAIN

# SAINT-GOBAIN

progetta, produce e distribuisce materiali per la sicurezza e il comfort abitativo, che si trovano in tutti gli spazi di vita: edifici, trasporti, infrastrutture e molte applicazioni industriali.



80 Paesi

100 TOP 100 società più innovative al mondo

161 mila dipendenti

400 brevetti registrati ogni anno

46,6 miliardi € fatturato totale 2024

450 milioni € investimenti R&S ultimo anno

Con i suoi 360 anni di storia, il Gruppo offre materiali di nuova generazione e soluzioni integrate con l'obiettivo di rendere più confortevoli e sostenibili gli "spazi dell'abitare", per contribuire al benessere delle persone e alla salvaguardia del pianeta, ponendosi come punto di riferimento globale nell'utilizzo efficiente delle risorse naturali, nel rispetto dell'ambiente.



In **Italia**, Saint-Gobain è presente nei settori dei materiali da costruzione, dei trasporti e dell'industria.

Circa 2.100 dipendenti

1,1 miliardi € fatturato 2024

42 siti



### COSTRUZIONE

Nuove generazioni di materiali, prodotti per il 90% nel nostro Paese, pensati per realizzare spazi abitativi d'eccellenza e migliorare la qualità della vita quotidiana, grazie a soluzioni progettate per costruire edifici più efficienti dal punto di vista energetico e per ridurre consumi ed emissioni inquinanti.



### TRASPORTI

Produzione e distribuzione in tutto il mondo di vetri per i settori automotive, aerospaziale, ferroviario, navale e dei veicoli industriali.



### INDUSTRIA

Un'ampia varietà di soluzioni: prodotti abrasivi, prodotti ceramici per il mercato dei forni da vetro e della siderurgia, nastri adesivi tecnici che costituiscono una gamma unica ad alte prestazioni, prodotti chimici e speciali per l'edilizia.

In Italia, Saint-Gobain offre il più ampio portafoglio per la **COSTRUZIONE MODERNA**, materiali prodotti per il 90% nel nostro Paese e progettati per migliorare la qualità della vita di tutti noi e degli spazi in cui viviamo, in termini di comfort, alte prestazioni e sicurezza, rispondendo alle sfide dell'edilizia sostenibile, della gestione efficace delle risorse e dei cambiamenti climatici.

Tutte le soluzioni multimateriali proposte sono pensate per costruire **edifici più efficienti**

**dal punto di vista energetico**, per **ridurre consumi ed emissioni inquinanti**, grazie ad un approccio innovativo allo sviluppo dei prodotti, all'efficienza dei processi, ad un'attenzione particolare ai fornitori di materie prime e ai trasporti, sempre con un occhio di riguardo verso un uso efficiente delle risorse naturali, nel rispetto dell'ambiente.

**Tutto ciò proietta il Gruppo verso l'ambizioso obiettivo di raggiungere la neutralità delle emissioni di carbonio entro il 2050.**



- Vetri per finestre e facciate ad alte prestazioni
- Specchi ecologici e vetri extra chiari per il design
- Vetri di sicurezza anti ferita e anti infortuni
- Vetri per arredo, elettrodomestici e applicazioni speciali



- Sistemi a secco in cartongesso
- Controsoffitti in gesso rivestito
- Controsoffitti in lana di roccia a marchio Eurocoustic
- Intonaci e rasanti a base gesso



- Isolanti per l'edilizia
- Gamma di impermeabilizzanti Bituver
- Isolamento tecnico e industriale



- Sistemi a cappotto e soluzioni per la facciata
- Intonaci e rasanti a base cemento, pitture per interno
- Impermeabilizzanti, massetti, colle e sigillanti per piastrelle



- Parapetti e pensiline
- Sistemi doccia
- Sistemi scorrevoli per vetro
- Accessori metallici per vetro

**... e molto altro ancora**

## 2. L'EDILIZIA SCOLASTICA IN ITALIA

---

I dati e le informazioni contenute nell'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica, accessibile tramite il portale del MIUR, (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca), dimostrano una grave situazione dello stato di salute degli edifici scolastici presenti sul territorio italiano.

Dei circa 40.150 edifici scolastici attivi in Italia e facenti capo agli Enti locali, il 42% risultano essere costruiti prima del 1971; il 30% tra il 1971 ed il 1983 ed il 28% dal 1984 in poi. Solo il 53,2% degli edifici possiede il certificato di collaudo statico (ricordiamo che la prima norma che introduce in Italia l'obbligo del certificato di collaudo statico è la legge 5 novembre 1971, n. 1086); il 22,3% degli edifici senza certificato di collaudo statico è stato costruito prima del 1970. Le dolenti note non finiscono qui: il 59,5% delle scuole italiane non ha il certificato di prevenzione incendi; il 53,8% non ha il certificato di agibilità/abitabilità; il 43% si trova in zone zona 1 e 2 (ad elevato rischio sismico) mentre il restante 57% in zona rischio 3 e 4.

Nell'anno 2018-19 sono stati registrati 70 crolli a carico di strutture scolastiche, uno ogni 3 giorni di scuola, di cui 29 in regioni del Nord Italia (6 Piemonte, 16 Lombardia, 4 Emilia Romagna, 2 Veneto, 1 Trentino Alto Adige), 17 nel Centro Italia (5 Toscana, 10 Lazio, 1 Umbria) e 24 nelle regioni del Sud e Isole (8 Campania, 6 Puglia, 2 Calabria, 7 Sicilia, 1 Umbria, 1 Marche). Le persone ferite tra studenti e personale sono state solo 17 in quanto, fortunatamente, tali episodi si sono verificati nelle ore notturne o nei week-end o in periodi di chiusura delle scuole. Dal 2013 ad oggi, si sono registrati ben 276 episodi di questo genere, avvalorando ulteriormente il perpetrarsi dello stato di emergenza dell'edilizia scolastica. Un ulteriore problema è il riadattamento degli istituti. In Italia, circa il 77% degli edifici scolastici è nato con questa funzione, mentre ben il 23% è stato realizzato con un'altra destinazione d'uso. E solo dopo è stato riadattato per diventare istituto.

“Mettere in sicurezza gli istituti scolastici con un piano pluriennale di investimenti. Potenziare e supportare la capacità di progettazione degli enti locali. Adottare ulteriori misure per la semplificazione delle procedure e per la verifica della sicurezza degli edifici scolastici. Programmare e attuare un piano triennale di interventi di messa in sicurezza degli istituti, delle palestre e delle strutture scolastiche sportive. Saranno questi gli obiettivi del MIUR nell'ambito dell'edilizia scolastica. Oltre a una prosecuzione dell'azione di semplificazione burocratica e di trasparenza avviata già nei mesi scorsi.”

Riportiamo i principali provvedimenti intrapresi-previsti da parte del Governo e del MIUR per l'edilizia scolastica:

■ **Asili nido, Scuole dell'infanzia e Centri Polifunzionali**  
**€ 700.000.000,00**

Articolo 1, comma 59, della Legge 27 dicembre 2019, n. 160

■ **Fondi edilizia scolastica per avvio anno scolastico 2020-2021**  
**€ 30.000.000 + € 70.000.000**

Articolo 232 del D.L. 19 maggio 2020, n. 34, convertito, con modificazioni, dalla Legge 17 luglio 2020, n. 77, e articolo 32 del D.L. 10 agosto 2020, n. 104

■ **Finanziamenti Province e Città metropolitane**  
**€ 855.000.000,00 dal 2020 al 2024 | € 225.000.000 dal 2025 al 2034**

Articolo 1, commi 63 e 64, della Legge 27 dicembre 2019, n. 160

■ **Piano 2019**  
**1° piano € 510.000.000 | 2° piano € 320.000.000**

Articolo 1, comma 1072, della Legge 27 dicembre 2017, n. 205 e articolo 1, comma 95, della Legge 30 dicembre 2018, n. 145

Intervento: risorse per finanziare interventi di edilizia scolastica rientranti nella programmazione triennale

■ **Sisma 120 Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria**  
**€ 120.000.000**

Decreto del Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca n. 427 del 21 maggio 2019

Intervento: messa in sicurezza, all'adeguamento antisismico e/o alla nuova costruzione di edifici scolastici

■ **Piano palestre**  
**€ 50.000.000**

Articolo 1, comma 1072, della Legge 27 dicembre 2017, n. 205

Intervento: risorse per la messa in sicurezza e/o nuova costruzione di edifici da destinare a strutture scolastiche sportive

■ **Piano Antincendio**  
**1° piano € 114.160.000 | 2° piano € 98.000.000**

Fondi di cui all'articolo 1, comma 1072, della Legge 27 dicembre 2017, n. 205 e all'articolo 4-bis del D.L. 28 giugno 2019, n. 59, convertito, con modificazioni, dalla Legge 8 agosto 2019, n. 81

Intervento: risorse per l'antincendio

### ■ Indagini diagnostiche

**€ 40.000.000**

D.M. n. 784 del 2019

Intervento: piano straordinario per le verifiche sui solai e sui controsoffitti degli edifici pubblici adibiti ad uso scolastico

### ■ Mutui BEI

**€ 905.000.000**

Art. 10 D.L. 104 del 2013

Intervento: Messa in sicurezza, manutenzione, ristrutturazione e nuove costruzioni

### ■ Programmazione nazionale

**€ 3,7 miliardi**

Art. 10 D.L. n. 104 del 2013

Intervento: messa in sicurezza, manutenzione e ristrutturazione

### ■ Scuole sicure

**€ 400.000.000**

Delibera Cipe, Decreto del fare, D.M. 906/2013

Intervento: messa in sicurezza, manutenzione, ristrutturazione

### ■ Scuole belle

**€ 130.000.000 (prima tranche 2015)**

Legge di Stabilità 2015

Intervento: piccola manutenzione, decoro e ripristino funzionale

### ■ Scuole antisismiche

**€ 40.000.000**

Legge n. 107 del 2015

Intervento: adeguamento infrastrutturale e antisismico degli edifici del sistema scolastico

### ■ Scuole nuove

**Sblocco del Patto di Stabilità € 122.000.000 (2014) | € 122.000.000 (2015)**

Art. 48 D.L. n. 66 del 2014

Intervento: nuove costruzioni e ristrutturazioni complete

### ■ Verifiche Vulnerabilità Sismica

**€ 100.000.000**

Legge n. 107 del 2015

### ■ Progettazione di interventi di messa in sicurezza di edifici scolastici

**€ 50.000.000**

Art. 42 del D.L. del 28 settembre 2018, n. 109, convertito, con modificazioni, dalla legge 16 novembre 2018, n. 130

### ■ Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)

**€ 936.000.000 circa**

Il Ministero dell'Istruzione ha pubblicato il 15 marzo 2023 l'elenco di 399 interventi di edilizia scolastica indicati dalle Regioni a seguito dello stanziamento di risorse aggiuntive avvenuto con Decreto del Ministro del 7 dicembre 2022 nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), che Comuni e Province potranno immediatamente attuare. Il 40% dei finanziamenti è stato riservato al Mezzogiorno. Gli interventi sono dedicati a messa in sicurezza degli istituti, riqualificazione, adeguamento sismico e antincendio, eliminazione delle barriere architettoniche e sono stati individuati nei Piani presentati dalle Regioni entro lo scorso 17 febbraio 2023. I Comuni e le Province possono avviare subito la definizione delle progettazioni e le procedure per l'appalto dei lavori. Con successivo decreto verranno autorizzati alcuni ulteriori interventi, utilizzando i residui della programmazione.

Saint-Gobain Italia è in prima linea per supportare tutti gli interlocutori della filiera edile, uffici tecnici dei comuni-province-regioni, progettisti, direzioni lavori, imprese di costruzioni, installatori, per il rinnovo, la messa in sicurezza, in particolare nell'ambito sismico e antincendio, l'efficientamento energetico e acustico (isolamento e comfort degli ambienti interni) degli edifici scolastici esistenti, e per la progettazione e costruzione di nuovi, offrendo specifica consulenza tecnica, prodotti e sistemi sicuri, certificati, sostenibili, per tutte le esigenze.

# 3. SOSTENIBILITÀ

---

# LA SOSTENIBILITÀ PER SAINT-GOBAIN: UNA STRATEGIA DI GRUPPO

Nel 2020, il Gruppo Saint-Gobain ha dichiarato la sua ragion d'essere: **"Making the world a better home"**. L'ambizione è quella di migliorare la vita di tutti rendendo il pianeta un luogo di vita più equo e sostenibile, aperto ed inclusivo. Insieme ai nostri clienti, e per loro, **progettiamo materiali e soluzioni che garantiscono benessere, comfort abitativo e sicurezza, prendendoci cura al tempo stesso di rispettare il pianeta.**

La nostra ragion d'essere è un invito all'azione, una strategia orientata al futuro che ci chiede di innovare rispettando il connubio tra umanità e natura.

Saint-Gobain **ha l'ambizione di essere riconosciuta come leader mondiale dell'edilizia sostenibile**, migliorando la vita quotidiana di tutti i fruitori delle proprie soluzioni. **Questo impegno non riguarda solamente le nostre operazioni e i nostri processi, ma prevede anche di portare sul mercato soluzioni che contribuiscano attivamente al raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione del settore.**

Essere leader significa promuovere una trasformazione sistemica abbracciando valori, impegni e azioni che guidino il cambiamento, diventando un punto di riferimento per tutti gli stakeholder.

L'organizzazione geografica del Gruppo permette di offrire soluzioni su misura per le specifiche esigenze dei mercati locali, in termini di metodi o stili di costruzione, di sistemi di edifici, di caratteristiche climatiche distintive, sia per la ristrutturazione di edifici esistenti sia per le nuove costruzioni.

**MAKING  
THE WORLD  
A BETTER  
HOME**

## BETTER FOR THE PEOPLE, BETTER FOR THE PLANET

Come Saint-Gobain abbracciamo la nostra responsabilità sociale e ambientale come un'opportunità per creare valore insieme ai nostri stakeholder. Attraverso la creazione di relazioni di fiducia reciproca, infatti, crediamo di poter accrescere la consapevolezza sui temi della sostenibilità e di poter creare circoli virtuosi per il percorso di lungo periodo del business.



### BETTER FOR THE PEOPLE

Per dipendenti, collaboratori, fornitori, partner significa accrescere la "cultura aziendale" attraverso una solida governance, **l'attenzione per la salute e la sicurezza, la formazione costante e la creazione di un ambiente di lavoro inclusivo.**

Per le comunità locali ci impegniamo a sostenere **iniziative di solidarietà attraverso la Fondazione Saint-Gobain** e ai giovani talenti diamo supporto anche promuovendo l'**Architecture Student Contest**, un concorso annuale dedicato agli studenti delle facoltà di Architettura e Ingegneria Edile di tutto il mondo.



### BETTER FOR THE PLANET

L'edilizia è uno dei settori che più di altri può influenzare il futuro del pianeta pertanto **costruzioni e sostenibilità rappresentano un binomio inscindibile.**

Le nostre produzioni hanno un impatto sull'ambiente in termini di emissioni, di consumi energetici, di acqua prelevata e di risorse naturali impiegate. La proposta di valore del Gruppo si compone di **prodotti e metodi di costruzione sostenibili ed efficienti, progettati per minimizzare l'impatto sull'ambiente** nei processi di fabbricazione e ingegnerizzate per **massimizzare le performance** durante l'intero ciclo di vita degli edifici, contribuendo significativamente agli obiettivi di decarbonizzazione e circolarità del settore. Saint-Gobain Italia è certificata ISO 14001:2015 e ISO 9001:2015.

# IL NOSTRO IMPEGNO PER L'AMBIENTE

Contributi che i nostri materiali possono apportare alle diverse certificazioni di sostenibilità.



**La riduzione dei consumi energetici e delle emissioni inquinanti** è uno degli obiettivi prioritari di Saint-Gobain, che sviluppa, produce e distribuisce soluzioni innovative per realizzare edifici più efficienti dal punto di vista energetico. La realizzazione di un **involucro passivo**, che contribuisce a non disperdere energia, risulta la soluzione economicamente più sostenibile per efficientare gli edifici.



**Grande importanza è data all'Analisi del Ciclo di Vita del prodotto (LCA - Life Cycle Assessment):**

questo studio valuta i flussi di materia ed energia associati alle diverse fasi della vita di un prodotto (estrazione delle materie prime, produzione, utilizzo, smaltimento finale). Obiettivo dell'analisi è valutare gli impatti ambientali associati alle diverse fasi del ciclo di vita del prodotto, al fine di ottimizzare i processi produttivi dal punto di vista della sostenibilità ambientale.



**La presenza capillare di Saint-Gobain sul territorio nazionale**, con unità produttive e centri logistici in tutta Italia, limita il trasporto su strada e di conseguenza le emissioni inquinanti, favorendo la diffusione di **materiali a km zero**.



**Numerosi dei nostri prodotti contengono al loro interno materiale riciclato:** ci impegnamo costantemente ad incrementarne il contenuto, contribuendo così a ridurre il consumo di materie prime e gli impatti ambientali legati al loro ciclo di vita.



**Strettamente connesso all'Analisi del Ciclo di Vita è l'ottenimento della Certificazione EPD®** (Environmental Product Declaration). Scopo della Dichiarazione Ambientale di Prodotto è comunicare le informazioni ambientali derivanti dallo studio LCA, in un formato e sulla base di regole comuni e predefinite, le PCR (Product Category Rules). Molti prodotti del Gruppo Saint-Gobain sono in possesso di tale Certificazione.



**La certificazione EUROFINS Indoor Air Comfort GOLD si basa su un protocollo che verifica e certifica le basse emissioni di VOC dei prodotti per garantire la qualità dell'aria indoor.** Viene concessa solo dopo rigorosi test di laboratorio che verificano il rispetto dei limiti di emissione più restrittivi a livello nazionale ed internazionale. Questa certificazione è particolarmente importante per i materiali da costruzione e i prodotti per interni, in quanto garantisce un contributo positivo alla qualità dell'aria negli ambienti chiusi.



**Il Gruppo Saint-Gobain ha sviluppato diversi progetti** che hanno l'obiettivo di **valorizzare i rifiuti**, diminuire i consumi energetici, utilizzare minori quantità di materie prime.



**Il Cradle to Cradle Certified® Product Standard è un programma di certificazione di prodotti sostenibili.**

Questa certificazione valuta i prodotti in base al loro impatto ambientale e sociale durante l'intero ciclo di vita. Garantisce che i materiali soddisfino rigorosi standard di sostenibilità per ridurre il loro impatto ambientale. Il programma offre un quadro completo per la valutazione di materiali e prodotti in base a cinque categorie essenziali di sostenibilità.



*Saint-Gobain, nel suo promuovere un atteggiamento responsabile e sensibile nei confronti dell'ambiente, ha deciso di aderire all'associazione GBC Italia in qualità di socio ordinario.*

## GLI STANDARD DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE



Lo standard **LEED v4.1** che si affianca a quello già esistente LEED v4, si basa su un sistema di requisiti e crediti per la progettazione, la costruzione e la gestione di edifici ed aree sostenibili.



Il sistema **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) si basa sulla verifica della progettazione, costruzione e uso dell'immobile.



Il protocollo **WELL v2** ha lo scopo di integrare nelle fasi di progetto e costruzione degli edifici gli aspetti connessi alla salute e al benessere delle persone.



Con l'entrata in vigore del nuovo Codice appalti, sono stati aggiornati i **CAM**, con il D.M. 23 giugno 2022, per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.

## VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA LCA

L'analisi del Ciclo di Vita è lo strumento migliore per la **valutazione su basi scientifiche dell'impatto ambientale di prodotti** ed edifici. In accordo con gli standard internazionali (ISO 14044), un LCA calcola in maniera rigorosa e scientifica l'utilizzo di energia, acqua e risorse naturali, le emissioni nocive nell'aria, nel suolo e nell'acqua, e la gestione degli scarti. **Ciascun elemento viene analizzato in ogni fase del ciclo di vita dell'edificio:**

### FASE 1

**Prodotto:** le materie prime vengono estratte e lavorate e tutti i materiali vengono trasportati presso lo stabilimento di produzione dei prodotti.

### FASE 2

**Costruzione:** i prodotti da costruzione vengono trasportati dallo stabilimento ai distributori e infine presso il cantiere dove vengono installati.

### FASE 3

**Utilizzo:** terminata l'edificazione, comincia l'utilizzo vero e proprio dell'edificio, comprensivo di manutenzione, riparazione e sostituzione dei prodotti installati.

### FASE 4

**Fine di vita:** smantellamento o demolizione dell'edificio comprensivo di riuso, riciclo o conferimento in discarica dei prodotti installati.

I nostri prodotti rispettano l'ambiente circostante in tutto il loro ciclo di vita, dall'estrazione delle materie prime, alla produzione, sino al riciclo finale.

### MATERIE PRIME

Il gesso, una risorsa naturale estratta in maniera sostenibile dalle cave, ma anche un sottoprodotto delle centrali elettriche e materiale di scarto riciclato dei cantieri.

La lana di vetro è realizzata con il 95% di materie prime naturali e riciclate (sabbia e 80% di vetro riciclato).

### PRODUZIONE

I nostri stabilimenti sono certificati secondo la ISO 14001, che identifica i requisiti di un sistema di gestione ambientale.

Il gesso prevede un processo di lavorazione a basse temperature, con bassi livelli di emissioni e consumi d'acqua contenuti.

Il 98% degli scarti di produzione della lana di vetro vengono valorizzati grazie a diverse forme di riciclo.

### RICICLO

I nostri prodotti sono riciclabili al 100%.

### ANALISI DEL CICLO DI VITA DEL GESSO E DELLA LANA DI VETRO

### TRASPORTO

La produzione in Italia dei nostri prodotti favorisce un minor impatto ambientale legato al trasporto.

Inoltre, la comprimibilità della lana di vetro, permette di ridurre l'ingombro di circa 10 volte.

### FINE VITA

I sistemi sono facili da demolire e sono riciclabili.

### INSTALLAZIONE

Soluzioni flessibili e leggere. Ridotta produzione di materiale di scarto sui cantieri.

### USO

Le nostre soluzioni sono comode, efficienti, robuste e permettono di risparmiare fino al 90% dell'energia utilizzata per il riscaldamento e per il raffrescamento dell'edificio in cui sono posate.

## GESTIONE DEL RIFIUTO

Secondo quanto stabilito dal Decreto Legislativo n. 152/2006 e s.m.i., gli oneri relativi alla corretta gestione e smaltimento dei rifiuti sono a carico del produttore. Il produttore deve procedere alla classificazione del rifiuto sulla base della concentrazione delle eventuali sostanze pericolose in esso contenute (cfr. Decisione 2000/532/CE e s.m.i.):

**CER 17.06.03 (rifiuto speciale pericoloso)**

**CER 17.06.04 (rifiuto speciale non pericoloso)**

I criteri da utilizzare per attribuire il corretto codice CER sono contenuti nel Regolamento UE n. 1357/2015 e coincidono con quelli del Regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP) e s.m.i. relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele. Lo smaltimento dei rifiuti costituiti da fibre minerali artificiali, indipendentemente dalla loro classificazione (pericolosi o non pericolosi), può avvenire direttamente all'interno della discarica in celle dedicate, realizzate con gli stessi criteri adottati per i rifiuti inerti, ed effettuato in modo tale da evitare la frantumazione dei materiali (cfr. art. 6 del D.M. 27/09/2010 "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005").

## LA SOSTENIBILITÀ È CERTIFICATA

### EMISSIONI DI VOC | COMPOSTI ORGANICI VOLATILI

I prodotti Saint-Gobain Italia possiedono delle certificazioni specifiche riguardanti l'emissione di sostanze e particelle.



#### **Eurofins INDOOR AIR COMFORT GOLD** (livello massimo)

Ridottissime emissioni nell'aria di VOC, nell'ambito della qualità dell'aria interna (IAQ - Indoor Air Quality) per i prodotti Saint-Gobain:

- lana di vetro Isover 4+;
- lana di vetro in fiocchi Isover Insulsafe33;
- lana minerale Isover Arena;
- controsoffitti modulari Eurocoustic Minerval® e Tonga®;
- lastre in gesso rivestito/accoppiate Gyproc - prodotti in polvere base gesso Gyproc
- pitture da interno weberpaint
- colla webercol ProGres Top S
- rasanti weber LZ e MZ
- conformità ai più severi standard nazionali e internazionali, come CAM, LEED, WEEL, BREEAM, Blue Angel, AgBB/AGB, DGNB, ecc.).



Il vetro, per sua natura, è un materiale inerte che non rilascia e non si fa penetrare da sostanze nocive. Lo specchio MIRALITE® PURE e il vetro laccato PLANILAQUE® EVOLUTION del marchio Glass, prodotti di trasformazione, vengono realizzati utilizzando vernici ad acqua conformi ai requisiti AgBB, per lo specchio, e vernici a basso contenuto di piombo (< di 50 ppm) per il vetro laccato; per questi prodotti vengono fornite dichiarazioni REACH e ROHS.



I prodotti in lana minerale Isover ULTIMATE™ e Isover CLIMAVER® A2 neto, insieme ad altre soluzioni per l'applicazione HVAC, sono conformi al protocollo volontario finlandese M1 riguardo le emissioni di sostanze inquinanti. Il sistema di certificazione è sviluppato dalla fondazione The Building Information Foundation RTS e da Finnish Indoor Air Association e interessa prodotti a bassissima emissione VOC.



I prodotti weber quali alcune malte, intonaci, sottofondi, collanti sono classificati EC1 PLUS a bassissime emissioni in conformità a quanto previsto dallo Statuto e dalle Direttive del Comitato Tecnico della GEV (associazione registrata per i materiali da posa ad emissione controllata).



I prodotti a base calce weber e alcune pitture per interno weber non contengono formaldeide e altre sostanze dannose per la salute, perché adottano i più alti standard europei nella regolamentazione del livello di emissione di composti organici volatili - classificazione A+ secondo classificazione francese sull'emissione di VOC.



I controsoffitti Gyproc Rigitone® Edge Activ'Air® e Gyproc Gyptone® Activ'Air® sono conformi a quanto richiesto dagli standard LEED v4.1 e CAM in termini di emissioni di VOC.

## SICUREZZA E SALUTE LANA MINERALE, DI VETRO E DI ROCCIA



La lana minerale, di vetro e di roccia Isover sono assolutamente innocue e sicure per la salute. Le lane minerali sono infatti escluse dalla classificazione cancerogena, in base ai criteri espressi dalla nota Q della direttiva della Commissione Europea 97/69/CE. Per certificare la propria conformità alla nota Q, la lana minerale Saint-Gobain ISOVER si avvale del certificato **EUCEB** (European Certification Board for Mineral Wool Product).

### EPD | DICHIARAZIONE AMBIENTALE DI PRODOTTO



La Dichiarazione ambientale di prodotto EPD (dall'inglese Environmental Product Declaration) è un documento redatto in conformità alle norme UNI EN 15804 e ISO 14025, creato su base volontaria, che comunica informazioni trasparenti legate agli impatti ambientali generati dalla produzione di una specifica quantità di prodotto, con riferimento all'analisi del suo intero ciclo di vita. Il marchio EPD VERIFIED attesta che la dichiarazione ambientale è stata analizzata e verificata da un ente terzo indipendente che ne ha attestato la veridicità.



#### C2C | CRADLE TO CRADLE

La certificazione Cradle to Cradle® (C2C), è un'etichetta sviluppata a diversi livelli a requisiti crescenti che valuta cinque categorie di sostenibilità: circolarità dei prodotti, aria pulita e protezione del clima, gestione dell'acqua e del suolo, equità sociale e salute dei materiali. I prodotti Eurocoustic e Glass hanno ottenuto il livello di certificazione d'ingresso BRONZE (versione 4.0).

### DICHIARAZIONI AMBIENTALI DI PRODOTTO (EPD) PRODOTTI SAINT-GOBAIN

#### Gyproc

**Lastre in gesso rivestito:** Wallboard, Fireline, Hydro, Duragyp Activ'Air®, X-Ray Protection,

**Lastre in cemento alleggerito:** Aquaroc

**Controsoffitti continui in lastre di gesso rivestito forato:** Rigitone® Edge Activ'Air®, Gyptone® BIG Activ'Air®

**Controsoffitti modulari in lastre di gesso rivestito liscio/forato:** Gyptone® Activ'Air® Gyprex® Aseptia, Gyprex® Alba

**Intonaci base gesso:** Igniver

#### Eurocoustic

**Controsoffitti modulari in lana di roccia:** Minerval®, Tonga®, Acoustichoc®, Alizè®, Acoustipan®, Tonga® Therm, Acoustished®

#### Isover

**Lana di vetro 4+:** PAR 4+, PAR GOLD 4+, Mupan33 4+, Mupan33 K 4+, Extrawall 4+, Extrawall VV 4+, EVO 4+, IBR N 4+, IBR K 4+, EKOSOL N 4+, Rollo N 4+, Rollo K 4+

**Lana di vetro in fiocchi:** Insulsafe33

**Lana di vetro CLIMAVER®:** CLIMAVER® PLUS R, CLIMAVER® A2 PLUS, CLIMAVER® A2 neto, CLIMAVER® A2 deco, CLIMAVER® STAR

**Lana minerale:** Arena34, Arena32 (anche versioni K e Alu), Arena31 (anche versioni K e Alu), T-70, T-100

**Lana minerale ULTIMATE®:** U Protect

**Lana di vetro G3:** Climcover Roll Alu2, Climcover Roll AluB, Clima34 G3, X60 VN G3, Superbac N Roofine® G3, Superbac Roofine® G3, Climabac G3

**Lana di roccia:** UNI, Acustilaine 75, Acustilaine 100, R, S, T

**Membrane con funzione di freno a vapore e tenuta all'aria:** Vario® XTRA, Vario® KM Duplex UV

**Weber**

**Lana di vetro G3:** webertherm LV034

**Lana di roccia:** webertherm RP20

**Rasanti alla calce:** webercalce rasatura, webercalce rasatura L

**Intonaci alla calce:** webercalce into F

**Malte cementizie:** weber MP910, weber MP920

**Malte strutturali alla calce:** webertec BTcalceG, webertec BTcalceF

**Massetti:** weberplan MR81

**Guaine impermeabilizzanti:** weberdry elastol top

**Intonaci alla calce-cemento:** weber IP610 extra

**Intonaci cementizi:** webercem RS350, webercem RK355, webercem RN360, webercem RA30 START, webercem RP370

**Adesivi cementizi grigi:** webercol ProGres Evo, webercol ProGres Top S1, webercol UltraGres 400, webercol UltraGres Fast

**Adesivi cementizi bianchi:** webercol ProGres Evo, webercol ProGres Top S1, webercol UltraGres 400

**Massetti autolivellanti:** weberfloor alfa 300

**Malte per il ripristino del calcestruzzo:** webertec ripara60, webertec ripara60+

**Rasanti cementizi:** webertherm AP60 START, webertherm AP60 ULTRA, webertherm AP60 TOP

**Glass**

**Glass ORAE®** vetro float chiaro a basso contenuto di carbonio sp. 4 mm

**PLANICLEAR®** vetro float chiaro sp. 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 19 mm

**DIAMANT®** vetro float extra chiaro sp. 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 19 mm

**PLANITHERM®-PLANISTAR® SUN-COOL-LITE®-TIMELESS®-BIOCLEAR®**

**MIRASTAR®-ECLAZ® on PLANICLEAR®** (float chiaro) sp. 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 mm

**PLANITHERM®-COOL-LITE®-TIMELESS®-semi VISION-LITE®-BIOCLEAR®-ECLAZ® on DIAMANT®** (float extra chiaro) sp. 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 mm

**STADIP®-STADIP® PROTECT-STADIP SILENCE® on PLANICLEAR®** (float chiaro) 22.1,

22.2 **PLANITHERM®XN**, 33.1, 33.1**PLANITHERM® XN**, 44.1, 44.1**STADIP SILENCE®**, 33.2, 44.2, 44.2**STADIP**

**SILENCE®**, 44.2**PLANITHERM® XN**, 44.4, 44.4**PLANITHERM® XN**, 44.6, 44.6**PLANITHERM® XN**, 55.2,

66.2, 88.2, 1010.2**SATINOVO® MATE®** on **PLANICLEAR®** sp. 3, 4, 5, 8mm

## GLI STANDARD DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE



Lo standard **LEED v4.1** che si affianca a quello già esistente LEED v4, si basa su un sistema di prerequisiti e crediti per la progettazione, la costruzione e la gestione di edifici ed aree sostenibili.

### BREEAM®

Il sistema **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) si basa sulla verifica della progettazione, costruzione e uso dell'immobile.



Il protocollo **WELL** ha lo scopo di integrare nelle fasi di progetto e costruzione degli edifici gli aspetti connessi alla salute e al benessere delle persone.



Con l'entrata in vigore del nuovo Codice appalti, sono stati aggiornati i **CAM**, con il D.M. 23 giugno 2022, per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.



Scansiona o clicca sul QR code per accedere alla libreria.



Il documento **[Protocolli e Standard di Sostenibilità Ambientale](#)** descrive i principali requisiti, applicabili ai materiali da costruzione, richiesti dalle certificazioni LEED v4.1, BREEAM, WELL v2 e dai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



Scansiona o clicca sul QR code per accedere alla libreria.



Per il dettaglio di tutti i contributi che i materiali Saint-Gobain possono apportare ai protocolli di sostenibilità, fare riferimento al documento **[Report di Sostenibilità, il nostro impegno in campo ambientale e sociale](#)**.



Scansiona o clicca sul QR code per accedere alla libreria.



**[Green Library](#)** è la libreria materiali che ti permette di semplificare la ricerca dei prodotti Saint-Gobain per rispondere alle esigenze dei protocolli e standard ambientali sopra citati.

# REPORT DI SOSTENIBILITÀ



**È ORA DISPONIBILE  
LA SECONDA EDIZIONE.**

Il documento racconta il nostro impegno  
in campo ambientale e sociale.



**SCARICA IL REPORT  
DAL SITO SAINT-GOBAIN.IT**

**SAINT-GOBAIN**



# MOLTO PIÙ DI UNA PIATTAFORMA DIGITALE

sg-myplanner.it

Uno strumento unico per essere sempre a supporto di progettisti ed applicatori.

Attraverso specifici percorsi di progettazione, MyPlanner identifica le migliori soluzioni Saint-Gobain con l'obiettivo di guidare il professionista nella sua attività quotidiana.

Le soluzioni mettono in luce i punti di forza dell'offerta tecnica Saint-Gobain con l'obiettivo di presentarsi al mercato come fornitori di sistemi integrati a 360°.

## 13 CONFIGURATORI

Una guida che ti aiuta nella selezione dei sistemi attraverso **13 configuratori personalizzati** e suddivisi per **elementi** ed **interventi**

## TOOL DI CALCOLO TERMICO

Il software per l'**analisi dei parametri invernali, estivi e igrometrici delle strutture opache**

## GREEN LIBRARY

La prima libreria materiali che permette di **semplificare la ricerca dei prodotti Saint-Gobain** sulla base delle certificazioni di prodotto e dei criteri ambientali volontari e obbligatori

## LIBRERIA BIM

Ampia raccolta di materiali Saint-Gobain

## ACADEMY

La sezione incentrata sulla **formazione professionale**, tramite la quale è possibile scoprire tutti i corsi, sia online che in presenza, rivolti ai progettisti e agli installatori

**ACADEMY**  
SAINT-GOBAIN

**UN PERCORSO  
DI FORMAZIONE  
COSTRUITO  
INTORNO A TE**

[sg-myplanner.it/academy](http://sg-myplanner.it/academy)

Scopri tutti i corsi professionali dedicati ai progettisti e agli installatori, online o dal vivo.

I nostri corsi sono pensati e progettati per essere un percorso di formazione, un vero e proprio viaggio, da percorrere insieme.

Se cerchi la possibilità di ottenere i crediti formativi CFP, attraverso i comodi filtri, potrai trovare quelli più vicini a te.

Impegno per promuovere e divulgare un'edilizia innovativa e sostenibile

Ricerca di soluzioni e sistemi dalle elevate prestazioni tecniche, secondo l'approccio multi-materiale



Formazione sempre accessibile e **aggiornamento continuo** attraverso un'esperienza di apprendimento basata su un approccio integrato e trasversale

**I NOSTRI CORSI:**

TEORICI ACCREDITATI  
TEORICI DIMOSTRATIVI  
DI POSA  
ON DEMAND

**I NOSTRI NUMERI:**

- più di **700 corsi** diversi per temi e tipologia
- più di **50.000 partecipanti** tra professionisti e applicatori
- più di **2.500 ore** di formazione
- **12 sedi** Academy
- oltre **2.000 m<sup>2</sup> di showroom**

# 4. SICUREZZA

---

4.1 SICUREZZA: ELEMENTI SECONDARI	19
4.2 SICUREZZA: SOLUZIONI PER LA SISMO-RESISTENZA	49
4.3 SICUREZZA: PREVENZIONE INCENDI	57
4.4 SICUREZZA: RESISTENZA MECCANICA E ATTREZZABILITA' SISTEMI	60

## 4.1 SICUREZZA: ELEMENTI SECONDARI

Quando un tecnico è chiamato a determinare la vulnerabilità sismica di un edificio esistente e quindi anche di un edificio scolastico, deve tenere conto anche delle valutazioni e verifiche degli elementi non strutturali quali: comignoli, cornicioni, impianti ed in particolar modo lo sfondellamento del solaio e il ribaltamento delle tamponature interne ed esterne. In caso di sisma, la rottura e il relativo distacco integrale o parziale, può mettere a rischio la vita delle persone.

Un assurdo molte volte ricorrente è che le verifiche delle strutture portanti, cioè degli elementi principali quali travi, pilastri, fondazioni, siano positive, ma l'aver trascurato l'analisi degli elementi secondari rende l'edificio tutt'altro che sicuro. Si pensi ad esempio ai sopralluoghi di agibilità post-sismica che giudicano inagibili, edifici con struttura portante assolutamente priva di danneggiamenti, ma impraticabili a causa dei rischi connessi a potenziali sfondellamenti o ribaltamenti.



Meccanismo di collasso, per azioni fuori dal piano - SLU



Le ultime Norme Tecniche per le Costruzioni hanno sottolineato la necessità di verificare anche i rischi legati ai cosiddetti **elementi secondari**, che durante la scossa di terremoto possono creare situazioni di pericolo anche se non strutturali, ma dotati di masse significative per l'incolumità delle persone.

### 4.1.1 LO SFONDELLAMENTO DEL SOLAIO

Con il termine **“sfondellamento del solaio”** si indica il possibile distacco delle cartelle di intradosso (fondelli) delle pignatte utilizzate nei solai in latero-cemento, con la conseguente caduta di porzioni di laterizio e intonaco. Questo fenomeno non costituisce necessariamente un rischio alla stabilità complessiva del solaio ma tali elementi di alleggerimento, se cedono, possono costituire un grave pericolo per le persone che vivono gli ambienti, e provocare inoltre danno alle cose.

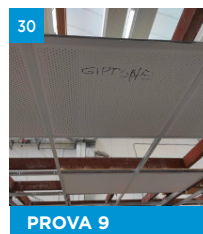
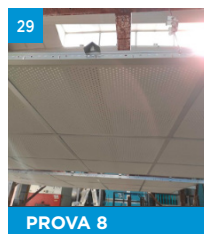
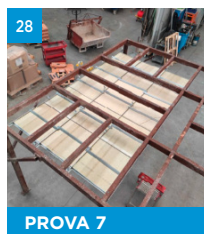
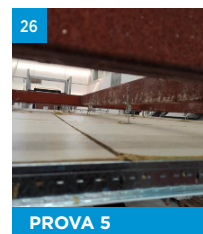
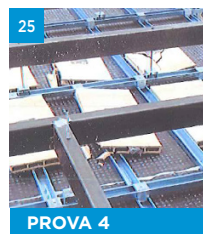
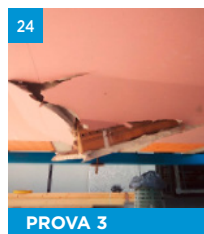
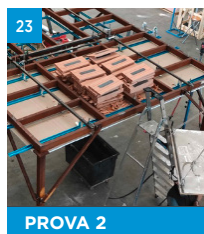
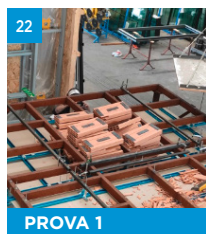
Il fenomeno dello sfondellamento dei solai può essere causato da diversi fattori, caratteristiche intrinseche degli elementi costruttivi, da errori nella progettazione strutturale, da errori nella posa e realizzazione del solaio, in particolare dei travetti, da cause esterne, come ad esempio infiltrazioni, ma anche dalla scarsa manutenzione. Gli edifici scolastici sono ambienti particolarmente predisposti a questo fenomeno, considerando prima di tutto la vetustà degli edifici e il periodo di edificazione, nella maggior parte a cavallo degli anni '80, avendo poi solitamente ambienti-aule di grandi dimensioni con conseguente grande luce dei travetti tra gli appoggi, condizioni ambientali sfavorevoli (ad esempio escursione termica importante tra giorno e notte).

Se pensiamo che mediamente un metro quadro di soffitto pesa circa 30 kg (con uno strato di intonaco di circa 10 mm), ci rendiamo subito conto della pericolosità dello sfondellamento dei solai. Peso che può arrivare anche a 50/60 kg/m<sup>2</sup> nel caso di presenza di intonaco con spessore maggiore.

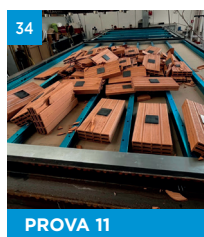
## RIEPILOGO PROVE SPERIMENTALI ANTIFONDELLAMENTO

Saint-Gobain Italia ha svolto severe prove sperimentali presso il laboratorio Istituto Giordano per la verifica della resistenza e della tenuta dei sistemi alla possibile caduta di porzioni di solai (fondelli delle pignatte in laterizio e porzioni di intonaco), che possono provocare grave danno alle persone che vivono gli ambienti e alle cose presenti negli stessi:

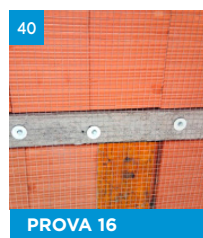
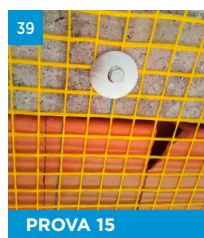
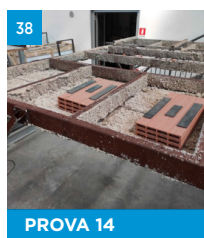
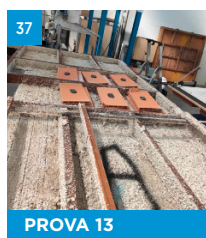
### A - CONTROSOFFITTI CONTINUI E MODULARI



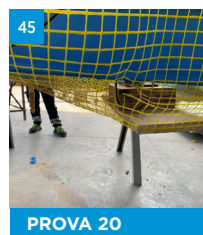
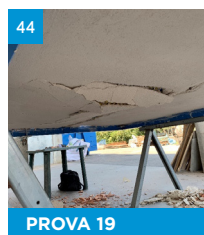
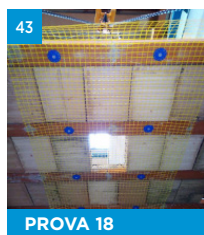
### B - CONTROSOFFITTI CONTINUI AUTOPORTANTI



### C - PRESIDIO ANTIFONDELLAMENTO E ANTINCENDIO GYPROC IGNIVER



### D - SOLUZIONI IN ADERENZA CON RETE DI RINFORZO STRUTTURALE CON O SENZA INTONACO



## 4.1.1 - A: ANTISFONDELLAMENTO - SOLUZIONI A SECCO - CONTROSOFFITTI CONTINUI E MODULARI

I controsoffitti sono elementi secondari non strutturali installati all'intradosso dei solai, al fine di incrementarne le prestazioni e la funzionalità, dalla resistenza al fuoco all'isolamento acustico e termico, alla finitura estetica, ecc.

Riguardo la sicurezza in caso di possibile sfondellamento dei solai, sono state sottoposte a prova sperimentale diverse tipologie di controsoffitti continui in lastre di gesso rivestito e di controsoffitti modulari in pannelli di lana di roccia/gesso rivestito. Le caratteristiche principali di questi sistemi sono:

- soluzioni certificate in laboratori specifici e autorizzati (accreditati);
- elevata tenuta ai carichi di caduta – carichi complessivi (contributo statico e dinamico) fino a oltre 400 kg/m<sup>2</sup> (controsoffitti continui) / 250 kg/m<sup>2</sup> (controsoffitti modulari) - vedi dettaglio risultati a seguire;
- possibilità di realizzare soluzioni sia in aderenza all'intradosso dei solai (minimo ingombro) che con intercapedine d'aria tra l'intradosso del solaio e l'estradosso del controsoffitto (prove svolte con altezza di caduta fino a oltre 2 m nel caso dei controsoffitti continui e di 400 mm nel caso dei controsoffitti modulari);
- semplicità di soluzione (impiega sistemi "standard");
- velocità di posa;
- integrazione impiantistica e ispezionabilità (nel caso dei controsoffitti modulari);
- economicità della soluzione;
- ridotto disagio per gli occupanti gli ambienti;
- soluzione interamente a secco;
- protezione dal fuoco e assorbimento acustico a seconda della tipologia di lastra/pannello utilizzati;
- isolamento acustico e termico nel caso di isolante in lana minerale nell'intercapedine d'aria;
- miglioramento della qualità dell'aria negli ambienti interni - riduzione fino al 70% della formaldeide;
- elevata finitura estetica.

Riportiamo a seguire i risultati ottenuti nelle prove sperimentali di resistenza al carico da caduta (antisfondellamento) condotte presso il laboratorio Istituto Giordano su diverse tipologie di controsoffitti continui in lastre di gesso rivestito e struttura metallica di sostegno e controsoffitti modulari con struttura metallica di sostegno a vista. Gli impatti sono stati fatti utilizzando elementi di caduta (tavole in laterizio), rilasciati da altezze diverse in corrispondenza di varie porzioni dei controsoffitti, le altezze di caduta sono definite come la distanza tra l'intradosso della tavola in laterizio e l'estradosso del controsoffitto. Durante la prova per ciascun impatto è stata registrata la freccia progressiva sotto carico al centro dell'area soggetta all'impatto stesso.

Le prove sono state eseguite con incremento progressivo del carico impattante. Inoltre sono state eseguite ulteriori prove di sicurezza, imponendo un carico elevato di caduta pari a 60 kg/m<sup>2</sup> in un unico impatto, con altezze di caduta incrementate (distanza tra tavole e macerie).

**Tutte le prove sperimentali svolte, e in seguito dettagliate, hanno dimostrato che i controsoffitti hanno una elevata resistenza e tenuta nei confronti dei carichi da caduta, garantendo funzionalità e sicurezza (assenza cedimenti, rotture, perdita o passaggio di materiale) per carichi elevati.**

## PROVA 1 - CONTROSOFFITTO CONTINUO CON INTERCAPEDINE D'ARIA

### Resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco e integrazione impiantistica - Rapporto di prova I.G. n° 384137

Lastre in gesso rivestito Gyproc Fireline 15 (lastra di tipo antincendio, in modo da poter abbinare alla resistenza allo sfondellamento anche la protezione dal fuoco del solaio), doppia struttura metallica Gyproc Gyprofile, vincolata ai travetti del solaio mediante barre filettate/staffe regolabili in acciaio, intercapedine d'aria, che corrisponde all'altezza di caduta dei carichi, variabile, fino ad un massimo di oltre 2 m. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione M1 - H1 di pag. 183.

#### RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 384137

**CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO** = 160 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO CONCENTRATO DI SICUREZZA** =

60 kg/m<sup>2</sup> (280 kg/m<sup>2</sup> di carico statico già presenti) con altezza di caduta 1440 mm

60 kg/m<sup>2</sup> (360 kg/m<sup>2</sup> di carico statico già presenti) con altezza di caduta 2440 mm

**CARICO LIMITE SOSTENUTO (TERMINE PROVA)** = 420 kg/m<sup>2</sup>

*Prestazioni valide con plenum di altezza media circa 400 mm dall'estradosso del pannello.*

AREA DI CARICO: 1,1 m <sup>2</sup>					
Impatto [n.]	Carico statico presente* [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico massimo sostenuto [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	20	20	300	nessun danno visibile
2	20	20	40	300**	nessun danno visibile
3	40	20	60	300**	nessun danno visibile
4	60	20	80	300**	nessun danno visibile
5	80	20	100	300**	nessun danno visibile
6	100	20	120	300**	nessun danno visibile
<b>7</b>	<b>120</b>	<b>40</b>	<b>160</b>	<b>400**</b>	<b>nessun danno visibile</b>
8	160	40	200	400**	lieve flessione dell'intradosso del controsoffitto (spanciamento)
9	200	40	240	400**	nessun danno visibile in aggiunta
10	240	40	280	400**	nessun danno visibile in aggiunta
11	280	60	340	1440**	visibile flessione dell'intradosso e dei traversi del controsoffitto (spanciamento)
12	340	20	360	1940**	nessun danno visibile in aggiunta
<b>13</b>	<b>360</b>	<b>60</b>	<b>420</b>	<b>2440**</b>	<b>evidente flessione dell'intradosso e formazione di crepe nei pannelli interessati dagli impatti</b>

Al termine dei carichi dinamici sono state rimosse le macerie e l'analisi visiva della struttura non ha evidenziato distacchi o rotture

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alle macerie accumulate sull'estradosso del controsoffitto.



## PROVA 2 - CONTROSOFFITTO CONTINUO IN SEMI-ADERENZA

### Resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco, integrazione impiantistica e minimo ingombro - Rapporto di prova I.G. n° 384138

Lastre in gesso rivestito Gyproc Fireline 15 (lastra di tipo antincendio, in modo da poter abbinare alla resistenza allo sfondellamento anche la protezione dal fuoco del solaio), singola struttura metallica Gyproc Gyprofile, vincolata ai travetti del solaio mediante ganci/staffe regolabili in acciaio, intercapedine d'aria fino ad un massimo di 200 mm. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione M1 - H1 di pag. 183.

#### RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 384138

■ CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO = 100 kg/m<sup>2</sup>

□ CARICO CONCENTRATO DI SICUREZZA =

60 kg/m<sup>2</sup> (100 kg/m<sup>2</sup> di carico statico già presenti) con altezza di caduta 1000 mm

60 kg/m<sup>2</sup> (240 kg/m<sup>2</sup> di carico statico già presenti) con altezza di caduta 1050 mm

■ CARICO LIMITE SOSTENUTO (TERMINE PROVA) = 300 kg/m<sup>2</sup>

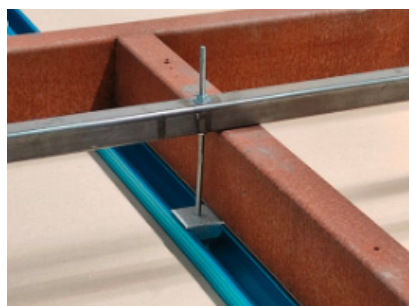
*Prestazioni valide con plenum di altezza media circa 200 mm dall'estradosso del pannello.*

AREA DI CARICO: 1,1 m <sup>2</sup>					
Impatto [n.]	Carico statico presente* [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico massimo sostenuto [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	20	20	200	nessun danno visibile
2	20	20	40	200**	nessun danno visibile
3	40	20	60	200**	nessun danno visibile
4	60	20	80	200**	nessun danno visibile
5	80	20	100	200**	nessun danno visibile
6	100	60	160	1000**	visibile flessione dell'intradosso del controsoffitto (spanciamento) con formazione di crepe nei pannelli e sgancio di uno o due cavallotti ad incastro
7	160	20	180	200**	nessun danno visibile in aggiunta
8	180	20	200	200**	nessun danno visibile in aggiunta
9	200	20	220	200**	aumento della flessione dell'intradosso e delle crepe
10	220	20	240	200**	nessun danno visibile in aggiunta
11	240	60	300	1050**	aumento della flessione dell'intradosso e delle crepe

Al termine dei carichi dinamici sono state rimosse le macerie e l'analisi visiva della struttura non ha evidenziato distacchi o rotture, solamente n°2 ganci ad incastro sganciati.

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alle macerie accumulate sull'estradosso del controsoffitto.



## PROVA 3 - CONTROSOFFITTO CONTINUO IN ADERENZA

### Resistenza allo sfondellamento e minimo ingombro - Rapporto di prova I.G. n° 403453

Lastre in gesso rivestito Gyproc Fireline 15 (lastra di tipo antincendio) vincolata in aderenza ai travetti del solaio mediante tasselli metallici con rondella in acciaio. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione M1 - H1 di pag. 184.

#### RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO

- Rapporto di prova Istituto Giordano n° 403453:

■ CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO < 230 kg applicati su un'impronta di carico di 230x350 mm

■ CARICO DI COLLASSO = 235 kg applicati su un'impronta di carico

IMPRONTA DI CARICO: 230 x 350 mm	
Carico applicato [kg]	Osservazioni
230	rifollamento della lastra in corrispondenza di una flangia
235	rottura della lastra



## PROVA 4 - CONTROSOFFITTO CONTINUO CON LASTRA FORATA CON INTERCAPEDINE D'ARIA

**Resistenza allo sfondellamento, assorbimento acustico, miglioramento della qualità dell'aria interna agli ambienti, elevata finitura estetica e integrazione impiantistica - Rapporto di prova I.G. n° 289790**

Lastre in gesso rivestito forate Gyproc Rigitone® Activ'Air® / Gyproc Gyptone® BIG Activ'Air® (lastre forate disponibili in vari decori, in modo da poter abbinare alla resistenza allo sfondellamento anche l'assorbimento acustico), doppia struttura metallica Gyproc Gyprofile, vincolata ai travetti del solaio mediante barre filettate, intercapedine d'aria, che corrisponde all'altezza di caduta dei carichi, variabile, fino ad un massimo di 250 mm. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione M1 - N1 - N5 - N6 - N7 - N8 di pag. 186.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 289790

■ CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO = 120 kg/m<sup>2</sup>

■ CARICO CONCENTRATO DI SICUREZZA ≤ 60 kg/m<sup>2</sup>

*Prestazioni valide con plenum di altezza media circa 250 mm dall'estradosso del pannello.*

AREA DI CARICO A: 1,1 m <sup>2</sup>					
Impatto [n.]	Carico statico presente* [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico massimo sostenuto [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	20	20	250	nessun danno visibile
2	20	20	40	250**	nessun danno visibile
3	40	20	60	250**	nessun danno visibile
4	60	20	80	250**	nessun danno visibile
5	80	40	120	250**	nessun danno visibile

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alle macerie accumulate sull'estradosso del controsoffitto.

AREA DI CARICO B: 1,1 m <sup>2</sup>				
Impatto [n.]	Carico statico presente [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	60	250	visibile lesione in alcuni punti della stuccatura di giunti tra le lastre e nel corpo della lastra



## PROVA 5 - CONTROSOFFITTO MODULARE CON PANNELLO IN LANA DI ROCCIA CON INTERCAPEDINE D'ARIA

**Resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco, assorbimento acustico, elevata finitura estetica, ispezionabilità e integrazione impiantistica - Rapporto di prova I.G. n° 397095**

Pannello in lana di roccia Eurocoustic Tonga® A 40, struttura metallica a vista Gyproc Linetec Plus T24, vincolata ai travetti del solaio mediante pendini in acciaio, intercapedine d'aria, che corrisponde all'altezza di caduta dei carichi, variabile, fino ad un massimo di circa 300 mm. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione H1 - M2 - N2 - N6 - N7 - N8 di pag. 189.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 397095

**CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO** = 40 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO LIMITE SOSTENUTO** = 160 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO DI COLLASSO** = 200 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO CONCENTRATO DI SICUREZZA** ≤ 60 kg/m<sup>2</sup>

*Prestazioni valide con plenum di altezza media circa 250 mm dall'estradosso del pannello.*

AREA DI CARICO B: 1,1 m <sup>2</sup> (4 pannelli)					
Impatto [n.]	Carico statico presente* [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico massimo sostenuto [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	20	20	200	nessun danno visibile
2	20	20	40	250**	nessun danno visibile
3	40	20	60	250**	comparsa di danno: lieve flessione dell'intradosso
4	60	20	80	250**	flessione dell'intradosso con torsione della struttura
5	80	40	120	250**	vistoso aumento della flessione e sfilamento del pendino centrale
6	120	40	160	200**	aumento della flessione con aperture per distanziamento nei giunti, senza caduta di materiali
7	160	40	200	200**	crollo

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alle macerie accumulate sull'estradosso del controsoffitto.

AREA DI CARICO A: 1,1 m <sup>2</sup> (4 pannelli)				
Impatto [n.]	Carico statico presente [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	60	300	lieve flessione con parziale sfilamento del pannello



## PROVA 6 - CONTROSOFFITTO MODULARE CON PANNELLO IN LANA DI ROCCIA E ISOLANTE CON INTERCAPEDINE D'ARIA

**Resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco, assorbimento acustico, elevata finitura estetica, isolamento termico e acustico, ispezionabilità e integrazione impiantistica - Rapporto di prova I.G. n° 397097**

Pannello in lana di roccia Eurocoustic Tonga® A 40, struttura metallica a vista Gyproc Linetec Plus T24, vincolata ai travetti del solaio mediante pendini in acciaio, intercapedine d'aria, che corrisponde all'altezza di caduta dei carichi, variabile, fino ad un massimo di circa 300 mm, con isolante in lana minerale Isover Arena32 dello spessore di 45 mm posto all'estradosso dei pannelli. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione H1 - M2 - N2 - N6 - N7 - N8 di pag. 189.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 397097

■ CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO = 60 kg/m<sup>2</sup>

■ CARICO LIMITE SOSTENUTO = 260 kg/m<sup>2</sup>

■ CARICO DI COLLASSO = 300 kg/m<sup>2</sup>

■ CARICO CONCENTRATO DI SICUREZZA ≤ 60 kg/m<sup>2</sup>

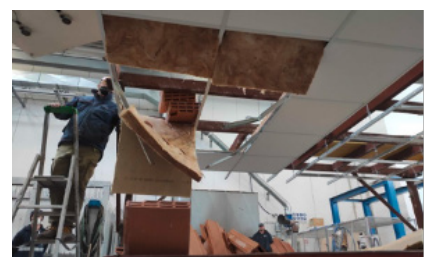
Prestazioni valide con plenum di altezza media circa 250 mm dall'estradosso del pannello.

AREA DI CARICO A: 1,1 m <sup>2</sup> (4 pannelli)					
Impatto [n.]	Carico statico presente* [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico massimo sostenuto [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	20	20	200	nessun danno visibile
2	20	20	40	250**	nessun danno visibile
3	40	20	60	250**	nessun danno visibile
4	60	20	80	250**	comparsa del danno: lieve flessione dell'intradosso
5	80	40	120	250**	vistoso aumento della flessione e sfilamento del pendino centrale
6	120	40	160	200**	aumento della flessione dell'intradosso
7	160	40	200	200**	aumento della flessione dell'intradosso
8	200	20	220	200**	aumento della flessione dell'intradosso
9	220	40	260	200**	aumento della flessione dell'intradosso
10	260	40	300	200**	crollo

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alle macerie accumulate sull'estradosso del controsoffitto.

AREA DI CARICO B: 1,1 m <sup>2</sup> (4 pannelli)				
Impatto [n.]	Carico statico presente [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	60	300	parziale sfilamento di un pannello



## PROVA 7 - CONTROSOFFITTO MODULARE CON PANNELLO IN LANA DI ROCCIA E PROFILO DISTANZIALE CON INTERCAPEDINE D'ARIA

**Resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco, assorbimento acustico, elevata finitura estetica, ispezionabilità e integrazione impiantistica - Rapporto di prova I.G. n° 397093**

Pannello in lana di roccia Eurocoustic Tonga® A 22, struttura metallica a vista Gyproc Linetec Plus T24, vincolata ai travetti del solaio mediante pendini in acciaio, profilo distanziale in acciaio posto all'estradosso dei pannelli a collegamento dei profili portanti della struttura metallica, intercapedine d'aria, che corrisponde all'altezza di caduta dei carichi, variabile, fino ad un massimo di circa 300 mm. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione H1 - M2 - N2 - N6 - N7 - N8 di pag. 189.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 397093

**CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO** = 40 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO LIMITE SOSTENUTO** = 140 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO DI COLLASSO** = 180 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO CONCENTRATO DI SICUREZZA** ≤ 60 kg/m<sup>2</sup>

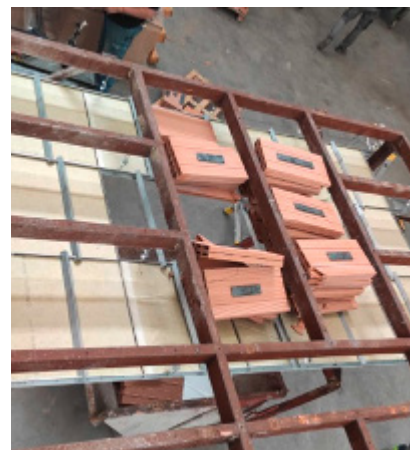
*Prestazioni valide con plenum di altezza media circa 250 mm dall'estradosso del pannello.*

AREA DI CARICO A: 1,1 m <sup>2</sup> (4 pannelli)					
Impatto [n.]	Carico statico presente* [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico massimo sostenuto [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	20	20	250	nessun danno visibile
2	20	20	40	200**	nessun danno visibile
3	40	20	60	200**	comparsa di danno: svergolamento dei traversi e della struttura
4	60	40	100	200**	flessione dell'intradosso con evidente deformazione della struttura
5	100	40	140	200**	aumento della flessione dell'intradosso
6	140	40	180	250**	crollo

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alle macerie accumulate sull'estradosso del controsoffitto.

AREA DI CARICO B: 1,1 m <sup>2</sup> (4 pannelli)					
Impatto [n.]	Carico statico presente [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni	
1	0	60	300	crollo	



## PROVA 8 - CONTROSOFFITTO MODULARE CON PANNELLI IN LASTRE FORATE E PROFILO DISTANZIALE CON INTERCAPEDINE D'ARIA

**Resistenza allo sfondellamento, assorbimento acustico, miglioramento della qualità dell'aria interna agli ambienti, elevata finitura estetica, ispezionabilità e integrazione impiantistica - Rapporto di prova I.G. n° 397092**

Pannello in lastra di gesso rivestito Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®, struttura metallica a vista Gyproc Linetec Plus T24, vincolata ai travetti del solaio mediante pendini in acciaio, profilo distanziale in acciaio posto all'estradosso dei pannelli a collegamento dei profili portanti della struttura metallica, intercapedine d'aria, che corrisponde all'altezza di caduta dei carichi, variabile, fino ad un massimo di circa 500 mm. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione M2 - N2 - N6 - N7 - N8 di pag. 190.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 397092

■ CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO =

AREA DI CARICO A: 60 kg/m<sup>2</sup>

■ CARICO LIMITE SOSTENUTO =

AREA DI CARICO A: 280 kg/m<sup>2</sup>

AREA DI CARICO B: 180 kg/m<sup>2</sup>

■ CARICO DI COLLASSO =

AREA DI CARICO A: 340 kg/m<sup>2</sup>

AREA DI CARICO B: 240 kg/m<sup>2</sup>

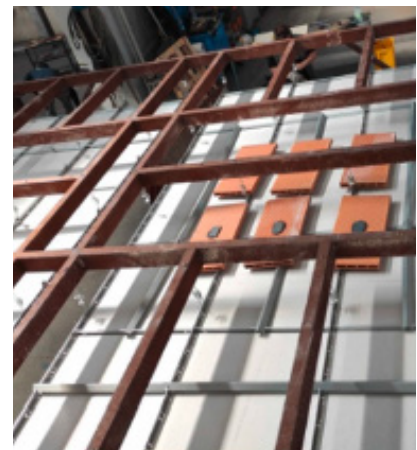
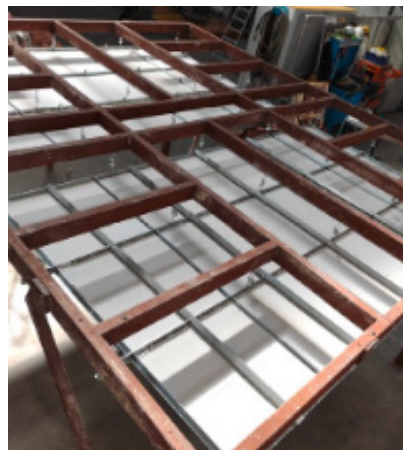
■ CARICO CONCENTRATO DI SICUREZZA ≤ 60 kg/m<sup>2</sup>

*Prestazioni valide con plenum di altezza media circa 250 mm dall'estradosso del pannello.*

AREA DI CARICO A: 0,36 m <sup>2</sup> (1 pannello)					
Impatto [n.]	Carico statico presente* [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico massimo sostenuto [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	20	20	250	nessun danno visibile
2	20	20	40	250**	nessun danno visibile
<b>3</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>60</b>	<b>250**</b>	<b>nessun danno visibile</b>
4	60	40	100	250**	lieve inflessione dell'intradosso con formazione di crepa di 100 mm
5	100	40	140	250**	aumento della flessione dell'intradosso e della crepa
6	140	40	180	250**	aumento della flessione dell'intradosso e della crepa
7	180	40	220	250**	aumento della flessione dell'intradosso e della crepa
<b>8</b>	<b>220</b>	<b>60</b>	<b>280</b>	<b>250**</b>	<b>aumento della flessione dell'intradosso e della crepa</b>
<b>9</b>	<b>280</b>	<b>60</b>	<b>340</b>	<b>500**</b>	<b>crollò</b>

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alle macerie accumulate sull'estradosso del controsoffitto.



AREA DI CARICO B: 1,1 m <sup>2</sup> (4 pannelli)					
Impatto [n.]	Carico statico presente* [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico massimo sostenuto [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	20	20	230	visibile flessione dei traversi
2	20	20	40	200**	aumento della flessione dei traversi
3	40	20	60	200**	aumento della flessione dei traversi
4	60	40	100	200**	aumento della flessione dei traversi e flessione dell'intradosso
5	100	40	140	200**	aumento della flessione dei traversi e flessione dell'intradosso
6	140	40	180	300**	<b>aumento della flessione dei traversi e flessione dell'intradosso</b>
7	180	60	240	300**	<b>crollo</b>

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alle macerie accumulate sull'estradosso del controsoffitto.

AREA DI CARICO C: 1,1 m <sup>2</sup> (4 pannelli)				
Impatto [n.]	Carico statico presente [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	60	300	<b>apertura del controsoffitto per parziale sgancio dei componenti, senza caduta di materiale</b>

## PROVA 9 - CONTROSOFFITTO MODULARE CON PANNELLI IN LASTRE FORATE CON INTERCAPEDINE D'ARIA

**Resistenza allo sfondellamento, assorbimento acustico, miglioramento della qualità dell'aria interna agli ambienti, elevata finitura estetica, ispezionabilità e integrazione impiantistica - Rapporto di prova I.G. n° 397091**

Pannello in lastra di gesso rivestito Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®, struttura metallica a vista Gyproc Linetec Plus T24, vincolata ai travetti del solaio mediante pendini in acciaio, intercapedine d'aria, che corrisponde all'altezza di caduta dei carichi, variabile, fino ad un massimo di circa 250 mm. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione M2 - N2 - N6 - N7 - N8 di pag. 190.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 397091

**CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO** = 40 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO LIMITE SOSTENUTO** = 180 kg/m<sup>2</sup>

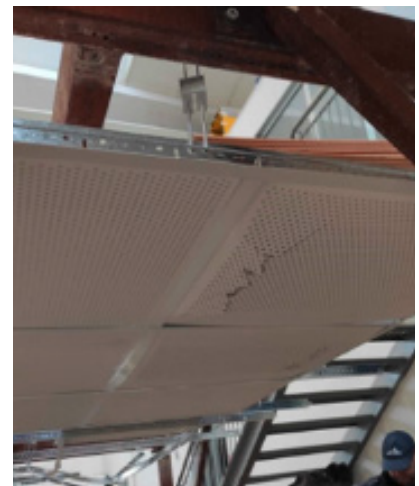
**CARICO DI COLLASSO** = 220 kg/m<sup>2</sup>

*Prestazioni valide con plenum di altezza media circa 250 mm dall'estradosso del pannello.*

AREA DI CARICO: 0,36 m <sup>2</sup> (1 pannello)					
Impatto [n.]	Carico statico presente* [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico massimo sostenuto [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	20	20	250	nessun danno visibile
2	20	20	40	250**	nessun danno visibile
3	40	20	60	250**	formazione di crepa di 20 mm
4	60	40	100	250**	aumento della flessione dell'intradosso e della crepa
5	100	40	140	250**	aumento della flessione dell'intradosso e della crepa
6	140	40	180	250**	aumento della flessione dell'intradosso e della crepa
7	180	40	220	250**	crollo

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alle macerie accumulate sull'estradosso del controsoffitto.



## 4.1.1 - B: ANTIFONDELLAMENTO - SOLUZIONI A SECCO - CONTROSOFFITTI CONTINUI AUTOPORTANTI

I controsoffitti autoportanti sono elementi secondari non strutturali installati all'intradosso dei solai, al fine di incrementarne le prestazioni e la funzionalità; la struttura metallica del controsoffitto autoportante non è fissata al solaio ma alle pareti perimetrali attraverso dei profili guida perimetrali.

Riguardo la sicurezza in caso di possibile sfondellamento dei solai, sono state sottoposte a prova sperimentale tre tipologie di controsoffitto continuo autoportante in lastre di gesso rivestito, con luce massima di 4 m, 6 m e 8 m. Le caratteristiche principali di questi sistemi sono:

- soluzioni certificate in laboratori specifici e autorizzati (accreditati);
- elevata tenuta ai carichi di caduta - carichi complessivi (contributo statico e dinamico) fino a oltre 200 kg/m<sup>2</sup> - vedi dettaglio risultati a seguire;
- possibilità di realizzare controsoffitti nel caso in cui non è possibile ancorarsi al solaio;
- semplicità di soluzione (impiega sistemi "standard");
- velocità di posa;
- integrazione impiantistica;
- economicità della soluzione;
- ridotto disagio per gli occupanti gli ambienti;
- soluzione interamente a secco;
- protezione dal fuoco;
- elevata finitura estetica.

Riportiamo a seguire i risultati ottenuti nelle prove sperimentali di resistenza al carico da caduta (antifondellamento) condotte presso il laboratorio Istituto Giordano su tre tipologie di controsoffitti continui in lastre di gesso rivestito e struttura metallica di sostegno. Gli impatti sono stati fatti utilizzando elementi di caduta (tavole in laterizio), rilasciati da altezze diverse in corrispondenza di varie porzioni dei controsoffitti, le altezze di caduta sono definite come la distanza tra l'intradosso della tavola in laterizio e l'estradosso del controsoffitto. Durante la prova per ciascun impatto è stata registrata la freccia progressiva sotto carico al centro dell'area soggetta all'impatto stesso. Le prove sono state eseguite con incremento progressivo del carico impattante.

**Tutte le prove sperimentali svolte, e in seguito dettagliate, hanno dimostrato che i controsoffitti hanno una elevata resistenza e tenuta nei confronti dei carichi da caduta, garantendo funzionalità e sicurezza (assenza cedimenti, rotture, perdita o passaggio di materiale) per carichi elevati.**

## PROVA 10 - CONTROSOFFITTO CONTINUO AUTOPORTANTE - LUCE MASSIMA FINO A 4 m

### Resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco e integrazione impiantistica- Rapporto di prova I.G. n° 419561

Lastre in gesso rivestito Gyproc Fireline 15 (lastra di tipo antincendio, in modo da poter abbinare alla resistenza allo sfondellamento anche la protezione dal fuoco del solaio), struttura metallica Gyproc Gyprofile, costituita da guide orizzontali ad U da 90x75x90 mm, spessore 1 mm e montanti orizzontali a C da 75 mm solidarizzati dorso a dorso e posti ad interasse massimo di 400 mm. Luce massima fino a 4 m. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione M1 - H1 di pag. 184.

### RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 419561

#### LUCE MAX fino a 4 m

**CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO** = 80 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO CONCENTRATO DI SICUREZZA** =

- 20 kg/m<sup>2</sup> (80 kg/m<sup>2</sup> di carico statico già presenti) con altezza di caduta 600 mm

- 60 kg/m<sup>2</sup> (200 kg/m<sup>2</sup> di carico statico già presenti) con altezza di caduta 1750 mm

**CARICO LIMITE SOSTENUTO (TERMINE PROVA)** = 260 kg/m<sup>2</sup>

Impatto	Area di carico	Carico statico presente*	Carico dinamico	Carico massimo sostenuto	Altezza di caduta del carico	Tipologia di caduta	Osservazioni
[n.]	[m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[mm]		
1	2,34	0	20	20	250	Centro	nessun danno visibile
2	2,34	20	20	40	250**	Centro	nessun danno visibile
3	2,34	40	20	60	350**	Centro	nessun danno visibile
4	2,34	60	20	80	350**	Centro	nessun danno visibile
5	2,34	80	20	100	600**	Centro	lieve flessione dell'intradosso del controsoffitto (spanciamento)
6	2,34	100	20	120	650**	Centro	formazione di fessura su un giunto e flessione dell'intradosso
7	0,96	120	60	180	350**	Laterale	formazione di crepa su una lastra e fessura su giunto e su lastra
8	2,34	180	20	200	750**	Laterale	evidente flessione dell'intradosso del controsoffitto (spanciamento)
9	1,52	200	60	260	1750**	Laterale	evidente flessione dell'intradosso (spanciamento) e formazione di crepe nei giunti

Al termine dei carichi dinamici sono state rimosse le macerie e l'analisi visiva della struttura non ha evidenziato distacchi o rotture

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alla struttura metallica del controsoffitto.



## PROVA 11 - CONTROSOFFITTO CONTINUO AUTOPORTANTE - LUCE MASSIMA FINO A 6 m

### Resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco e integrazione impiantistica- Rapporto di prova I.G. n° 419562

Lastre in gesso rivestito Gyproc Fireline 15 (lastra di tipo antincendio, in modo da poter abbinare alla resistenza allo sfondellamento anche la protezione dal fuoco del solaio), struttura metallica Gyproc Gyprofile, costituita da guide orizzontali ad U da 90x100x90 mm, spessore 1 mm e montanti orizzontali a C da 100 mm solidarizzati a creare un profilo scatolare e posti ad interasse massimo di 300 mm. Luce massima fino a 6 m. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione M1 - H1 di pag. 185.

### RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 419562

#### LUCE MAX fino a 6 m

**CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO** = 60 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO CONCENTRATO DI SICUREZZA** =

- 20 kg/m<sup>2</sup> (60 kg/m<sup>2</sup> di carico statico già presenti) con altezza di caduta 350 mm

- 60 kg/m<sup>2</sup> (200 kg/m<sup>2</sup> di carico statico già presenti) con altezza di caduta 1750 mm

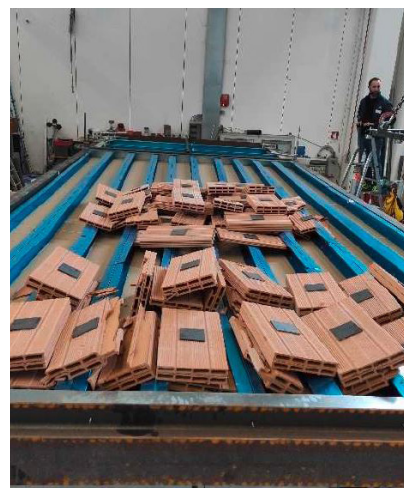
**CARICO LIMITE SOSTENUTO (TERMINE PROVA)** = 260 kg/m<sup>2</sup>

Impatto	Area di carico	Carico statico presente*	Carico dinamico	Carico massimo sostenuto	Altezza di caduta del carico	Tipologia di caduta	Osservazioni
[n.]	[m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[mm]		
1	2,34	0	20	20	250	Centro	nessun danno visibile
2	2,34	20	20	40	250**	Centro	nessun danno visibile
3	2,34	40	20	60	350**	Centro	nessun danno visibile
4	2,34	60	20	80	350**	Centro	lieve flessione dell'intradosso del controsoffitto (spanciamento) e formazione di crepa su un giunto
5	1,52	80	40	120	500**	Centro	evidente flessione dell'intradosso del controsoffitto (spanciamento)
6	2,34	120	40	160	500**	Laterale	evidente flessione dell'intradosso del controsoffitto (spanciamento)
7	2,34	160	40	200	500**	Laterale	evidente flessione dell'intradosso del controsoffitto (spanciamento)
8	1,52	200	60	260	1750**	Centro	formazione di fessure sui giunti trasversali

Al termine dei carichi dinamici sono state rimosse le macerie e l'analisi visiva della struttura non ha evidenziato distacchi o rotture

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alla struttura metallica del controsoffitto.



## PROVA 12 - CONTROSOFFITTO CONTINUO AUTOPORTANTE - LUCE MASSIMA FINO A 8 m

### Resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco e integrazione impiantistica- Rapporto di prova I.G. n° 419563

Lastre in gesso rivestito Gyproc Fireline 15 (lastra di tipo antincendio, in modo da poter abbinare alla resistenza allo sfondellamento anche la protezione dal fuoco del solaio), struttura metallica Gyproc Gyprofile, costituita da guide orizzontali ad U da 90x150x90 mm, spessore 1 mm e montanti orizzontali a C da 150 mm solidarizzati dorso a dorso e posti ad interasse massimo di 300 mm. Luce massima fino a 8 m. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione M1 - H1 di pag. 185.

### RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 419563 LUCE MAX fino a 8 m

**CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO** = 60 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO CONCENTRATO DI SICUREZZA** =

- 40 kg/m<sup>2</sup> (60 kg/m<sup>2</sup> di carico statico già presenti) con altezza di caduta 350 mm

- 40 kg/m<sup>2</sup> (140 kg/m<sup>2</sup> di carico statico già presenti) con altezza di caduta 500 mm

**CARICO LIMITE SOSTENUTO** = 180 kg/m<sup>2</sup>

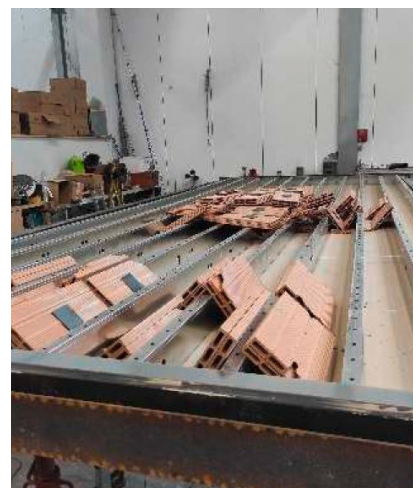
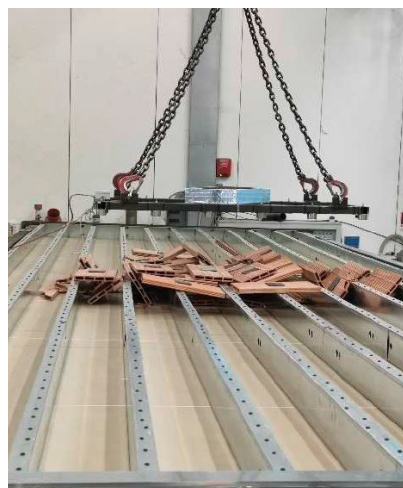
**CARICO DI COLLASSO** = 220 kg/m<sup>2</sup>

Impatto	Area di carico	Carico statico presente*	Carico dinamico	Carico massimo sostenuto	Altezza di caduta del carico	Tipologia di caduta	Osservazioni
[n.]	[m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[mm]		
1	2,34	0	20	20	250	Centro	nessun danno visibile
2	2,34	20	20	40	250**	Centro	nessun danno visibile
3	2,34	40	20	60	350**	Centro	nessun danno visibile
4	2,34	60	40	100	350**	Centro	lieve flessione dell'intradosso del controsoffitto (spanciamento) e cavillature nel giunto
5	1,52	100	40	140	600**	Centro	visibile flessione dell'intradosso del controsoffitto (spanciamento)
6	2,34	140	40	180	500**	Laterale	evidente flessione dell'intradosso del controsoffitto e crepe nei pannelli e alle viti
7	2,34	180	40	220	500**	Laterale	piegatura / crollo

Al termine dei carichi dinamici sono state rimosse le macerie e l'analisi visiva della struttura non ha evidenziato distacchi o rotture

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alla struttura metallica del controsoffitto.



#### 4.1.1 - C: PRESIDIO ANTISFONDELLAMENTO E ANTINCENDIO GYPROC IGNIVER

L'intonaco leggero antincendio Gyproc Igniver, a base di gesso e vermiculite, è specifico per la protezione passiva dal fuoco degli elementi strutturali, compresi i solai. Riguardo la sicurezza in caso di possibile sfondellamento dei solai, sono state sottoposte a prova sperimentale diverse tipologie di sistemi che combinano uno strato di intonaco con interposta una rete di rinforzo, in acciaio o in fibra di vetro. Le caratteristiche principali di questi sistemi sono:

- soluzioni certificate in laboratori specifici e autorizzati (accreditati);
- elevata tenuta ai carichi di caduta – carichi complessivi (contributo statico e dinamico) superiori a 400 kg;
- elevata resistenza al fuoco, fino alla classificazione REI 240, anche nel caso di solai già sfondellati;
- leggerezza (ridottissimo aggravio di peso nei confronti dei solai, che essendo ammalorati potrebbero aver compromessa anche la capacità portante);
- ingombri ridotti;
- velocità di posa;
- integrazione impiantistica e con altri sistemi, come i controsoffitti.

Riportiamo a seguire i risultati ottenuti nelle prove sperimentali di resistenza al carico da caduta (antisfondellamento) condotte presso il laboratorio Istituto Giordano su vari sistemi composti da intonaco Gyproc Igniver e rete di rinforzo.

Prove condotte sia valutando l'impatto con un carico dinamico, riprendendo le modalità già descritte nel precedente paragrafo (elementi di caduta costituiti da tavelle che impattato a diverse altezze sull'estradosso del sistema di tenuta), sia applicando mediante un puntone di spinta un carico statico verticale continuo fino al cedimento del sistema o di una componente.

**Tutte le prove sperimentali svolte, e in seguito dettagliate, hanno dimostrato che i sistemi hanno una elevata resistenza e tenuta nei confronti dei carichi da caduta (dinamici) e statici, garantendo funzionalità e sicurezza (assenza cedimenti, rotture, perdita o passaggio di materiale) per carichi elevati.**

## PROVA 13 - SISTEMA IN ADERENZA CON INTONACO GYPROC IGNIVER E RETE IN ACCIAIO NERVATA

**Resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco, assorbimento acustico, integrazione impiantistica, minimo ingombro, compatibilità con controsoffitti - Rapporto di prova I.G. n° 395111**

Rete porta intonaco in acciaio nervato tipo Pernervometal, installata all'intradosso del solaio, vincolata ai travi dello stesso mediante tasselli metallici e rondella in acciaio, con strato di intonaco protettivo antincendio Gyproc Igniver ad inglobamento completo della stessa. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione H1 - M3 pag. 197.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 395111

**CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO** = 40 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO LIMITE SOSTENUTO** = 180 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO DI COLLASSO** = 220 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO CONCENTRATO DI SICUREZZA** ≤ 60 kg/m<sup>2</sup>

Prestazioni valide con plenum di altezza media circa 250 mm dall'estradosso del pannello.

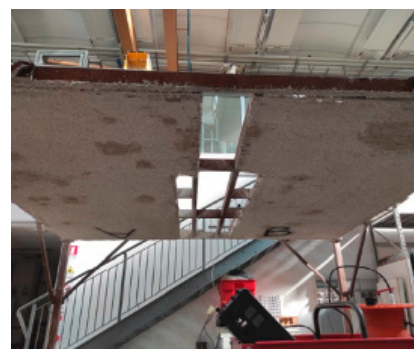
AREA DI CARICO A: 1,1 m <sup>2</sup>					
Impatto [n.]	Carico statico presente* [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico massimo sostenuto [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	20	20	200	nessun danno visibile
2	20	20	40	200**	nessun danno visibile
3	40	20	60	200**	formazione di crepe
4	60	40	100	200**	aumento della formazione di crepe
5	100	40	140	200**	aumento della formazione di crepe e visibile flessione dell'intradosso
6	140	40	180	300**	aumento della formazione di crepe e visibile flessione dell'intradosso
7	180	40	220	300**	crollo

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alle macerie accumulate sull'estradosso del controsoffitto.

AREA DI CARICO B: 0,36 m <sup>2</sup>					
Impatto [n.]	Carico statico presente [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico massimo sostenuto [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1***	0	60	60	300	formazione di crepe molto evidenti e visibile flessione dell'intradosso

(\*\*\*) su richiesta del cliente l'impatto è stato eseguito non al centro del provino ma in posizione eccentrica, vicina ad un lato.



## PROVA 14 - SISTEMA CON INTERCAPEDINE CON INTONACO GYPROC IGNIVER E RETE IN ACCIAIO NERVATA

**Resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco, assorbimento acustico, integrazione impiantistica - Rapporto di prova I.G. n° 395111**

Rete porta intonaco in acciaio nervato tipo Pernervometal, installata all'intradosso del solaio, sospesa e vincolata ai travetti dello stesso mediante tasselli metallici e rondella in acciaio e pendini in acciaio, intercapedine d'aria, che corrisponde all'altezza di caduta dei carichi, variabile, fino ad un massimo di circa 400 mm, con strato di intonaco protettivo antincendio Gyproc Igniver ad inglobamento completo della stessa. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione H1 - M3 pag. 197.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 395111

**CARICO LIMITE SOSTENUTO** = 100 kg/m<sup>2</sup>

**CARICO DI COLLASSO** = 140 kg/m<sup>2</sup>

Prestazioni valide con plenum di altezza media circa 300 mm dall'estradosso del pannello.

AREA DI CARICO A1: 0,36 m <sup>2</sup>					
Impatto [n.]	Carico statico presente* [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico dinamico [kg/m <sup>2</sup> ]	Carico massimo sostenuto [kg/m <sup>2</sup> ]	Altezza di caduta del carico [mm]	Osservazioni
1	0	60	60	300	formazione di crepe molto evidenti e visibile flessione dell'intradosso
2	60	40	100	300**	formazione di crepe molto evidenti e visibile flessione dell'intradosso
3	100	40	140	400**	crollo

(\*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.

(\*\*) distanza dall'intradosso della tavella in laterizio alle macerie accumulate sull'estradosso del controsoffitto.



## PROVA 15 - SISTEMA IN ADERENZA CON INTONACO GYPROC IGNIVER E RETE IN FIBRA DI VETRO webertec rete 250/A

**Resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco, assorbimento acustico, integrazione impiantistica, minimo ingombro, compatibilità con controsoffitti - Rapporto di prova I.G. n° 403451**

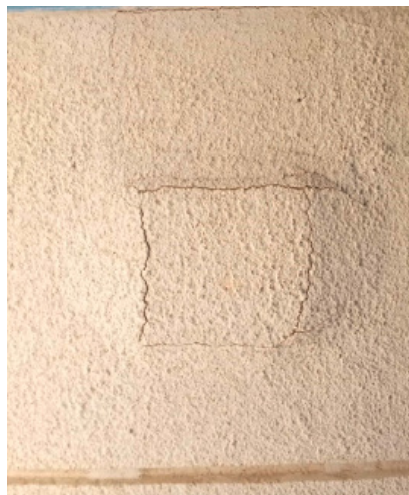
Rete di rinforzo strutturale in fibra di vetro alcali resistente e protetta con PVA webertec rete 250/A, installata all'intradosso del solaio, vincolata ai travetti dello stesso mediante tasselli metallici e rondella in acciaio, con strato di intonaco protettivo antincendio Gyproc Igniver ad inglobamento completo della stessa. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione H1 - M3 pag. 197.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 403451

■ CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO < 360 kg applicati su un'impronta di carico di 230x350 mm

■ CARICO DI COLLASSO = 550 kg applicati su un'impronta di carico di 230x350 mm

IMPRONTA DI CARICO: 230 x 350 mm	
Carico applicato [kg]	Osservazioni
360	cavillature dell'intonaco
450	rottura localizzata della rete
480	crolli di porzioni di intonaco
550	collasso del sistema / termine prova



## PROVA 16 - SISTEMA IN ADERENZA CON INTONACO GYPROC IGNIVER E RETE IN MAGLIA DI ACCIAIO

**Resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco, assorbimento acustico, integrazione impiantistica, minimo ingombro, compatibilità con controsoffitti - Rapporto di prova I.G. n° 403452**

Rete di rinforzo Gyproc, in acciaio zincato filo  $\varnothing$  1 mm, maglia 19 mm  $\times$  19 mm, installata all'intradosso del solaio, vincolata ai travetti dello stesso mediante tasselli metallici e rondella in acciaio, con strato di intonaco protettivo antincendio Gyproc Igniver ad inglobamento completo della stessa. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione H1 - M3 pag. 197.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 403452

■ **CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO** < 700 kg applicati su un'impronta di carico di 230x350 mm

■ **CARICO DI COLLASSO** = 950 kg applicati su un'impronta di carico di 230x350 mm

IMPRONTA DI CARICO: 230 x 350 mm	
Carico applicato [kg]	Osservazioni
700	cavillature dell'intonaco
950	rottura localizzata della rete con perdita di porzioni di intonaco



#### 4.1.1 - D: SOLUZIONI IN ADERENZA CON RETE DI RINFORZO STRUTTURALE CON O SENZA INTONACO

L'intervento in completa aderenza prevede l'applicazione, mediante sistemi di fissaggio, di un elemento di rinforzo, tipicamente una rete in fibra di vetro, che ha il compito di contenere gli elementi in distacco. Naturalmente, la rete viene fissata ai travetti in cemento armato o alle travi/longarine in acciaio mediante sistemi di fissaggio, che a loro volta devono trattenere dal collasso della rete verso il basso.

Solitamente, la rete viene srotolata ortogonalmente ai travetti /travi/longarine per creare l'effetto ponte e viene raccordata con le pareti verticali con appositi angolari in acciaio. Installati gli elementi a secco, a seconda delle esigenze può essere applicato un intonaco strutturale da decorare con rasanti e pitture.

Il sistema antisfondellamento webbertec è stato sottoposto a prove sperimentali di carico eseguite presso il laboratorio Istituto Giordano. Prove realizzate su due diverse tipologie di solai in scala reale:

- latero-cemento, dimensioni 2 x 1,6 m, costituito da n° 4 travetti in c.a. posti ad interasse di 500 mm e relative pignatte in laterizio;
- travi/longarine in acciaio, dimensioni 2x2 m, costituito da n° 2 IPE 200 poste ad interasse di 1000 mm e relative tavelle in laterizio.

Le prove sono state effettuate applicando un carico verticale mediante un punzone di spinta. Il carico è stato applicato in modo continuo fino al cedimento del sistema.

**Tutte le prove sperimentali svolte, e in seguito dettagliate, hanno dimostrato che i sistemi hanno una elevata resistenza e tenuta nei confronti dei carichi imposti, garantendo funzionalità e sicurezza (assenza cedimenti, rotture, perdita o passaggio di materiale) per carichi elevati.**



Solaio in latero-cemento - Strumentazione di prova



Solaio in latero-cemento - Strumentazione di prova

## PROVA 17 - SOLAIO IN LATERO-CEMENTO - SISTEMA IN ADERENZA CON MALTA webertec BTcalceF E RETE IN FIBRA DI VETRO webertec rete 250/A

**Resistenza allo sfondellamento, resistenza meccanica, consolidamento, integrazione impiantistica, minimo ingombro, compatibilità con controsoffitti – Rapporto di prova I.G. n° 360409**

Rete di rinforzo strutturale in fibra di vetro alcali resistente e protetta con PVA webertec rete 250/A, installata all'intradosso del solaio, vincolata ai travetti dello stesso mediante webertec tassello e webertec flangia, con strato di malta strutturale fibrorinforzata a base di calce idraulica naturale NHL5 webertec BTcalceF ad inglobamento completo della stessa. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione D2 di pag. 162.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 360409

■ CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO < 500 kg applicati su un'impronta di carico di 230x350 mm

■ CARICO DI COLLASSO = 840 kg applicati su un'impronta di carico di 230x350 mm

IMPRONTA DI CARICO: 230 x 350 mm	
Carico applicato [kg]	Osservazioni
500	lesione a carico dell'intonaco
600	distacco frammenti di intonaco
840	cedimento della rete in prossimità della zona di carico



## PROVA 18 - SOLAIO IN LATERO-CEMENTO - SISTEMA IN ADERENZA CON RETE IN FIBRA DI VETRO webertec rete 250/A

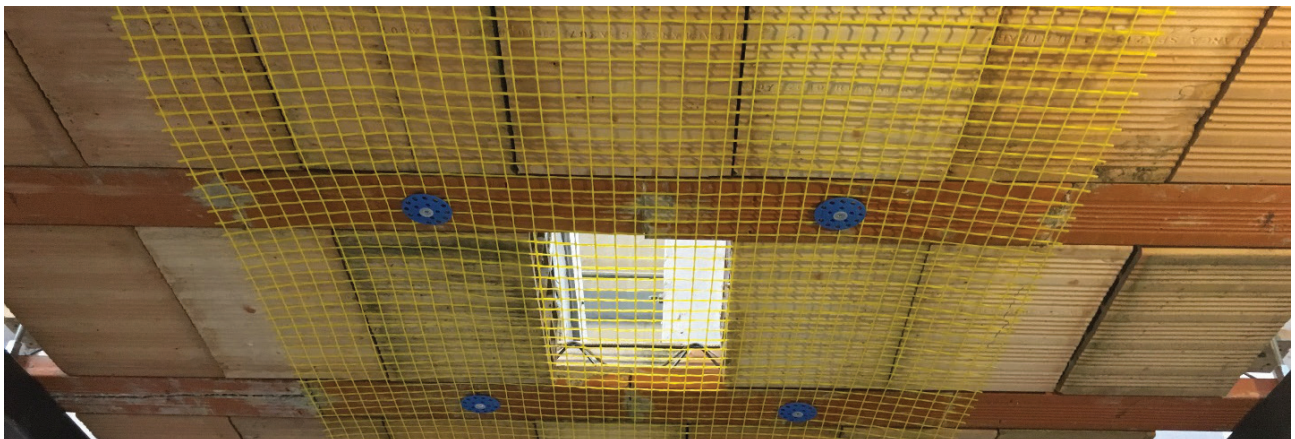
**Resistenza allo sfondellamento, integrazione impiantistica, minimo ingombro, compatibilità con controsoffitti - Rapporto di prova I.G. n° 360409**

Rete di rinforzo strutturale in fibra di vetro alcali resistente e protetta con PVA webertec rete 250/A, installata all'intradosso del solaio, vincolata ai travetti dello stesso mediante webertec tassello e webertec flangia. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione D2 di pag. 163.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 360409

■ CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO < 215 kg applicati su un'impronta di carico di 230x350 mm

IMPRONTA DI CARICO: 230 x 350 mm	
Carico applicato [kg]	Osservazioni
215	cedimento della rete in prossimità di una flangia di fissaggio



## PROVA 19 - SOLAIO IN TRAVI/LONGARINE IN ACCIAIO E TAVELLONI IN LATERIZIO - SISTEMA IN ADERENZA CON MALTA webertec BTcalceF E RETE IN FIBRA DI VETRO webertec rete 250/A

**Resistenza allo sfondellamento, resistenza meccanica, consolidamento, integrazione impiantistica, minimo ingombro, compatibilità con controsoffitti – Rapporto di prova I.G. n° 403448**

Rete di rinforzo strutturale in fibra di vetro alcali resistente e protetta con PVA webertec rete 250/A, installata all'intradosso del solaio, vincolata alle travi/longarine in acciaio dello stesso mediante chiodi in acciaio con relativa rondella (mediante spara chiodi) e webertec flangia, con strato di malta strutturale fibrorinforzata a base di calce idraulica naturale NHL5 webertec BTcalceF ad inglobamento completo della stessa. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione D2 di pag. 164.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 403448

■ CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO < 620 kg applicati su un'impronta di carico di 230x750 mm

■ CARICO DI COLLASSO = 705 kg applicati su un'impronta di carico di 230x750 mm

IMPRONTA DI CARICO: 230 x 750 mm	
Carico applicato [kg]	Osservazioni
620	cavillatura dell'intonaco
705	collasso del sistema / termine prova



## PROVA 20 - SOLAIO IN TRAVI/LONGARINE IN ACCIAIO E TAVELLONI IN LATERIZIO - SISTEMA IN ADERENZA CON RETE IN FIBRA DI VETRO webertec rete 250/A

**Resistenza allo sfondellamento, integrazione impiantistica, minimo ingombro, compatibilità con controsoffitti - Rapporto di prova I.G. n° 403448**

Rete di rinforzo strutturale in fibra di vetro alcali resistente e protetta con PVA webertec rete 250/A, installata all'intradosso del solaio, vincolata alle travi/longarine in acciaio dello stesso mediante chiodi in acciaio con relativa rondella (mediante spara chiodi) e webertec flangia. Per ulteriori dettagli relativi alla stratigrafia fare riferimento alla soluzione D2 di pag. 163.

**RESISTENZA ALLO SFONDELLAMENTO** - Rapporto di prova Istituto Giordano n° 403448

■ **CARICO LIMITE SENZA NESSUN DANNO** < 153 kg applicati su un'impronta di carico di 230x750 mm (pari a 887 kg/m<sup>2</sup>)

■ **CARICO DI COLLASSO** = 171 kg applicati su un'impronta di carico di 230x750 mm (pari a 991 kg/m<sup>2</sup>)

IMPRONTA DI CARICO: 230 x 750 mm	
Carico applicato [kg]	Osservazioni
153	rottura della rete in prossimità di un chiodo di acciaio
171	collasso del sistema / termine prova



## 4.1.2 IL RIBALTAMENTO DELLE TAMPONATURE

Spesso, a seguito di eventi sismici, ci capita di vedere edifici con telaio in c.a. dove le tamponature perimetrali sono state parzialmente e/o totalmente espulse dai telai che le delimitano. In pratica, le onde sismiche provocano uno "scuotimento" dell'edificio tale da far ribaltare le tamponature, effetto favorito dal cattivo o inesistente ammorsamento delle stesse alle strutture di contorno. Questo fenomeno, può determinarsi anche nel caso in cui le strutture portanti non subiscano danni significativi.

Par. 7.2.6 delle NTC2018: Nella definizione del modello, gli elementi non strutturali non appositamente progettati come collaboranti – quali tamponature e tramezzi – possono essere rappresentati unicamente in termini di massa; il loro contributo al comportamento del sistema strutturale in termini di rigidità e resistenza sarà considerato solo qualora abbia effetti negativi ai fini della sicurezza.

In sostanza, la normativa riconosce alla tamponatura o al tramezzo, un contributo resistente quando interno al telaio (biella diagonale compressa), anche se non viene considerato ai fini progettuali ritenendolo una riserva prestazionale in caso di necessità. Tutt'altro discorso quando si parla di sicurezza. Il ribaltamento è un fenomeno da tenere fortemente in considerazione ai fini di valutazione sismica e dell'incolumità delle persone all'interno dell'edificio ma anche all'esterno, capita purtroppo che la tamponatura schiacci le persone che in quel momento stanno evacuando l'edificio.

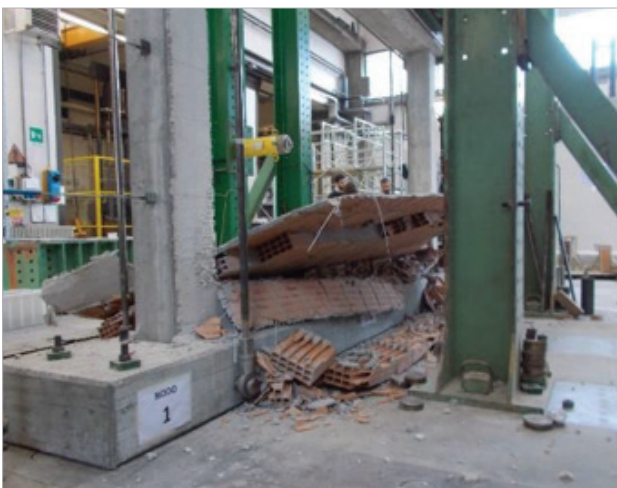
### SPERIMENTAZIONE SUL PRESIDIO ANTIRIBALTAMENTO WEBERTEC

I campioni sperimentali sono portali in c.a. in scala reale 3,00 x 5,00 mt, tamponati con muratura in laterizio da 40 cm, alcuni, rinforzati con il **sistema antiribaltamento webertec** e altri senza il sistema, con lo scopo di un effettuare il confronto. Il telaio ha le funzioni di riprodurre le condizioni vincolari reali per la tamponatura e di garantire resistenza sufficiente nei confronti delle azioni derivanti dalla tamponatura stessa.





Particolare del sistema per l'applicazione del carico



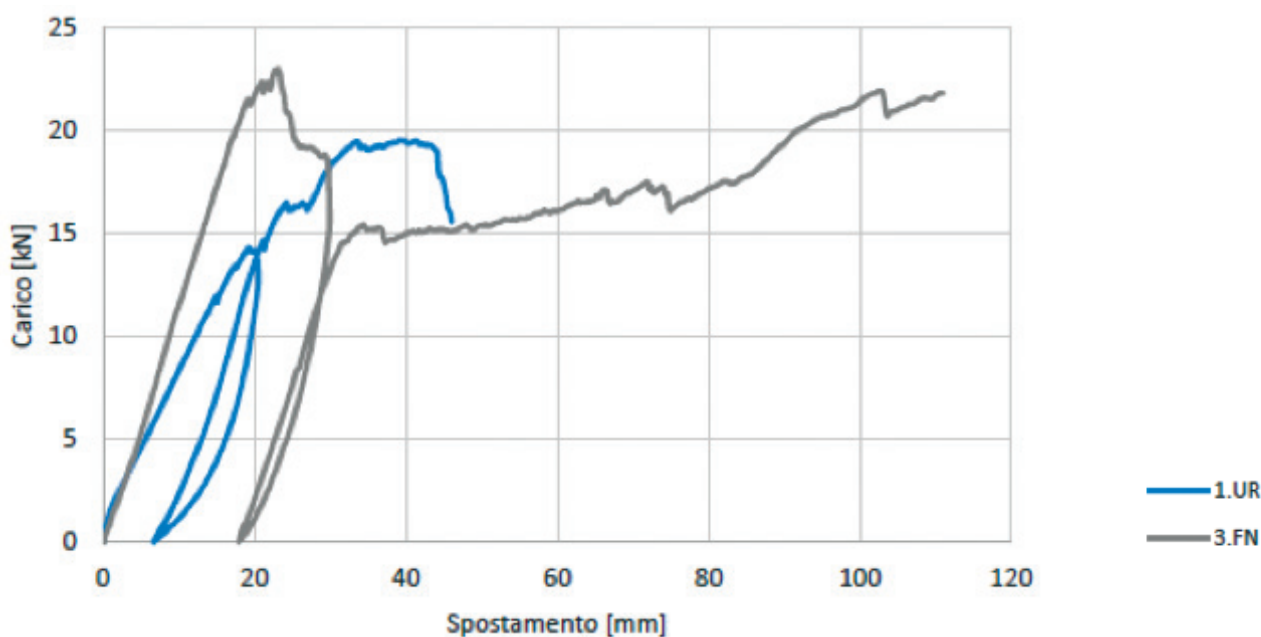
Fine prova a collasso della muratura non rinforzata



Fine prova della muratura rinforzata

Nei test fuori piano sono state applicate 8 forze puntuali, di uguale intensità, ad ogni terzo della larghezza e ad ogni quinto dell'altezza del pannello murario. Tale configurazione è simile (anche se non uguale) a quella di una tamponatura sottoposta ad azione sismica in direzione ortogonale al proprio piano, nella quale si può assumere un carico uniformemente distribuito, legato alle forze d'inerzia proporzionali alle masse della parete. Il diagramma dei momenti imposto è comunque più gravoso di quello reale e si opera quindi in favore di sicurezza. I carichi sono stati applicati con un martinetto idraulico da 100 t in modalità monotona fino al raggiungimento del limite di collasso del pannello murario.

Di seguito sono riportati i risultati delle prove fuori piano, le quali si suddividono in due step: il primo step, rappresenta il comportamento della tamponatura senza il sistema di antiribaltamento (indicato con la sigla 1.UR) dove la prova viene interrotta a causa del forte danneggiamento; il secondo step, con la tamponatura su cui è stato applicato il sistema antiribaltamento webertec (indicato con la sigla 3.FN).



Confronto curve carico-spostamento fuori piano tra campione non rinforzato e campione rinforzato

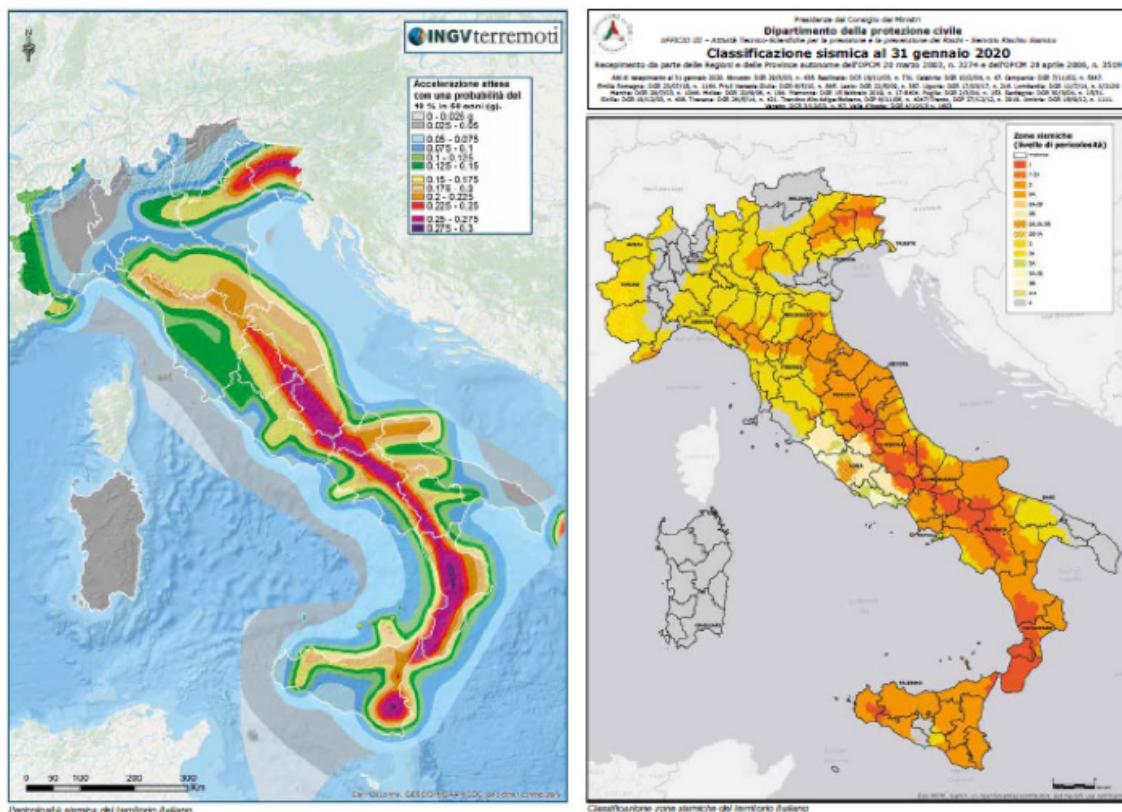
**Dal grafico si può notare la maggiore resistenza al carico fuori piano del sistema di tamponatura rinforzata 3.FN, il quale raggiunge un valore di carico massimo più elevato (+17%), del sistema non rinforzato 1.UR.**

La tamponatura non rinforzata 1.UR ha collassato per ribaltamento della porzione superiore del muro in maniera repentina e quindi con modalità molto fragile. La tamponatura 3.FN ha avuto un comportamento più duttile, deformandosi senza collassare per ribaltamento, anche con carichi maggiori.

## 4.2 SICUREZZA: SOLUZIONI PER LA SIMO-RESISTENZA

L'Italia è un Paese ad elevato rischio sismico. Negli ultimi anni, terremoti di intensità anche severa si sono succeduti ad intervalli di tempo ravvicinati, evidenziando la vulnerabilità del patrimonio edilizio. A seguito dei recenti eventi catastrofici, l'adeguamento antisismico delle costruzioni è ancora una volta tema di notevole attualità e importanza, poiché gran parte degli edifici esistenti, pur essendo situati in aree pericolose dal punto di vista sismico, risultano non idonei a resistere agli effetti. Si rende pertanto sempre più necessaria una risposta concreta ed efficace, sia in termini legislativi, sia in termini di tecnologia costruttiva.

L'intero territorio nazionale, per vari gradi di rischio, è da considerarsi sismico. Il 45% della superficie nazionale ricade in zone ad alta sismicità, interessando circa il 37% dei Comuni in cui risiedono oltre 22 milioni di persone. Le aree con il rischio più elevato sono l'Italia Nord-Orientale, la Liguria Occidentale, l'Appennino Settentrionale, e soprattutto tutto l'Appennino Centrale e Meridionale, Calabria e Sicilia Orientale.



Oltre alla pericolosità sismica, va poi aggiunta la componente suolo, ovvero le condizioni di degrado a cui il territorio nazionale è sottoposto a causa di disboscamenti, costruzioni inadatte a contenere fenomeni franosi, dissesti idrogeologici, incendi, assenza di manutenzione dei corsi d'acqua, ecc.

**La tutela della popolazione, il risanamento del territorio e la messa in sicurezza del patrimonio edilizio sono questioni prioritarie per il Paese.**

La pericolosità degli eventi sismici è senza dubbio amplificata dalla elevata vulnerabilità del patrimonio edilizio italiano: oltre il 60% degli edifici (circa 7 milioni) è stato costruito prima dell'entrata in vigore della prima normativa antisismica per nuove costruzioni (1974). Di questi, oltre 2,5 milioni risultano in pessimo o mediocre stato di conservazione. Anche le costruzioni realizzate dopo il 1974, se non adeguatamente mantenute e monitorate, non rappresentano una maggiore sicurezza in presenza di eventi sismici di una certa rilevanza. Come anticipato nell'introduzione, anche il patrimonio edilizio scolastico risulta assolutamente vetusto e non conforme alle stringenti necessità in termini di sicurezza sismica.

**Saint-Gobain Italia è in prima linea nel proporre diverse tipologie di soluzioni e sistemi costruttivi performanti e tecnologicamente all'avanguardia, promuovendo studi di ricerca e prove sperimentali al fine di garantire la sicurezza degli occupanti gli edifici.**

## 4.2.1 SISTEMI A SECCO

I sistemi a secco, largamente utilizzati nell'edilizia scolastica, per la realizzazione di pareti divisorie, controsoffitti, ecc., presentano nei confronti dell'azione sismica due peculiarità che li rendono più sicuri e idonei rispetto alle soluzioni tradizionali:

- peso ridotto: l'effetto dell'azione sismica dipende dalla massa e dal peso del manufatto su cui agisce. Una parete realizzata con sistemi a secco pesa mediamente un terzo rispetto ad un sistema tradizionale di uguale spessore. Questo consente di ridurre considerevolmente il peso gravante sulle strutture portanti, riducendo quindi l'azione sismica che sollecita l'intero edificio. Il tutto a vantaggio sia della sicurezza delle persone che vivono gli ambienti sia dei costi.
- elevata capacità deformativa: la combinazione di struttura metallica in acciaio e rivestimento con lastre consente di assorbire in maniera ottimale gli sforzi di trazione e taglio generati durante un sisma, aumentando la capacità deformativa del sistema. Ciò consente di evitare anche le rotture di tipo fragile tipiche dei sistemi tradizionali.

Le pareti divisorie, le pareti di tamponamento esterno, le contropareti a rivestimento di pareti esistenti, i controsoffitti, ecc., che non svolgono funzione portante, vengono definiti dal "D.M. 17/01/2018 Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni" elementi secondari non strutturali.

### PARETI DIVISORIE-PARETI PERIMETRALI

Le soluzioni Saint-Gobain Gyproc sono state sottoposte a numerose prove sperimentali presso il Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Strutturale e laboratorio di prova, al fine di verificarne la resistenza all'azione sismica.

Le prove hanno interessato sia i singoli componenti/materiali, sia i sistemi costruttivi assemblati. Le prove svolte hanno dimostrato l'efficacia dei sistemi nei confronti dell'azione sismica, rispettando le prescrizioni previste dal "D.M. 17/01/2018 Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni":

- assenza di collasso fragile ed espulsione di materiale, per il rispetto dello stato limite di salvaguardia della vita
- sistemi in grado di assorbire eventuali spostamenti di interpiano senza danneggiarsi
- vincoli delle pareti alle strutture portanti in grado di resistere all'azione sollecitante.

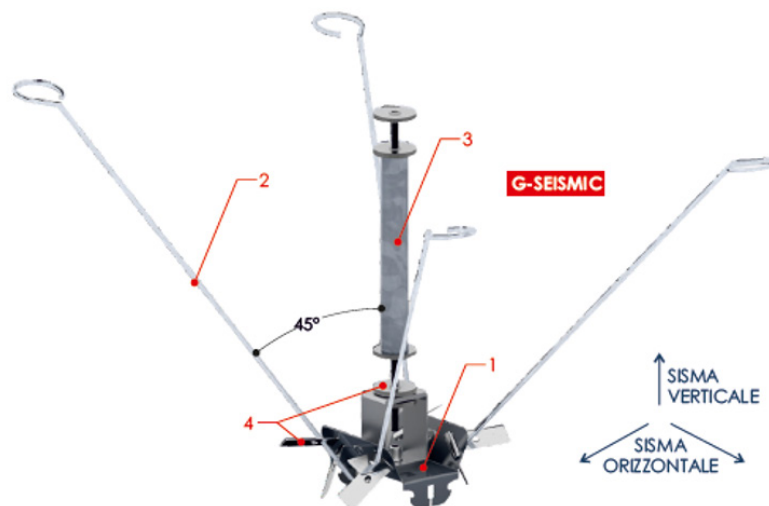
Per ulteriori approfondimenti, fare riferimento alla specifica documentazione tecnica Saint-Gobain Gyproc relativa alla resistenza all'azione sismica.



## CONTROSOFFITTI

Altro elemento secondario presente all'interno degli edifici sono i controsoffitti che, oltre a svolgere una funzione di contenimento degli impianti, di finitura estetica, di miglioramento dell'isolamento termico e acustico dei solai, rivestono un importante ruolo per la sicurezza delle persone che occupano gli ambienti. In caso di evento sismico, devono essere in grado di assorbire l'azione sismica e assecondare gli eventuali spostamenti della struttura portante dell'edificio a cui sono vincolati, garantire tenuta e resistenza in caso di crolli o cedimenti di porzioni di solai, senza subire danni di tipo fragile ed evitando espulsione di materiale (vedi riferimento pareti).

Il servizio tecnico Saint-Gobain Italia, sulla base di valutazioni analitiche in accordo al D.M. 17/01/2018, è in grado di progettare e dimensionare la struttura metallica per il sostegno dei controsoffitti (modulari e continui) idonea per resistere ad azioni sismiche sia verticali sia orizzontali.



**G-SEISMIC** è un kit universale, valido per tutte le tipologie di controsoffitto, si applica sempre sul profilo portante e, con l'ausilio degli accessori perimetrali, risponde alle sollecitazioni del sisma verticale ed orizzontale. È composto da un elemento centrale (1), dai tiranti in diagonale (2) con una inclinazione a 45°, e da un puntone centrale (3) che, unitamente agli elementi di raccordo, come le rondelle e le molle di regolazione, permettono una semplice posa in opera ed una regolazione millimetrica del sistema.

**G-SEISMIC**, per ogni tipologia di controsoffitto agisce integrando le normali sospensioni, deve essere montato in opera sempre sul profilo portante/primario e cioè quel profilo che viene direttamente sospeso al solaio, e non può essere installato su supporti fragili, come le pignatte per comuni solai in latero/cemento.

## 4.2.2 CONSOLIDAMENTO E RINFORZO STRUTTURALE

Il riferimento principale per la verifica di vulnerabilità sismica è la Normativa Tecnica per le Costruzioni 2018, che naturalmente richiamano Linee Guida o documenti tecnici di comprovata validità come la ReLuis. Il capitolo 8 è dedicato al settore delle costruzioni esistenti.

Il capitolo introduce la distinzione fondamentale dei tre diversi tipi di intervento che possono essere effettuati su una costruzione esistente:

- riparazioni o interventi locali, che interessino elementi isolati e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.
- interventi di miglioramento, atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle NTC;
- interventi di adeguamento, atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle NTC.

### SISTEMI FRCM-CRM-CFRP

E' evidente come negli ultimi decenni, l'uso di materiali "innovativi" per scopi di rinforzo strutturale, sia notevolmente aumentato. Tra i più usati e che maggiormente hanno goduto del consenso presso progettisti ed imprese, vi sono i sistemi indicati con i seguenti acronimi:

**FRP (Fiber Reinforced Polymer)**, tecnica di rinforzo che utilizza l'applicazione di tessuti e lamine in fibra di vetro, carbonio e aramide attraverso resine epossidiche

**FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix)**, che prevede l'utilizzo di tessuti o reti in fibre di varia natura applicate attraverso matrici inorganiche (malte)

**CRM (Composite Reinforced Mortar)**, tecnica di intervento che richiama il tradizionale intervento di "intonaco armato".

Tutti questi sistemi, benché profondamente diversi tra loro per modalità progettuali, di performance, di applicazione, di destinazione d'uso e anche di costi, sono idonei per interventi di miglioramento o adeguamento sismico.

Saint-Gobain Italia, oltre a proporre una serie di soluzioni presenti nella **gamma webertec** per gli interventi localizzati, propone sistemi innovativi per eseguire il consolidamento e il rinforzo strutturale degli edifici esistenti. I sistemi **webertec FRCM**, con marcatura CE e relativa DOP, ottenuta sulla base del rilascio di una certificazione ETA, sono composti da una matrice inorganica a base di calce idraulica naturale e da un elemento di rinforzo costituito da una rete in fibra di vetro A.R.

I sistemi **webertec CRM**, con certificato CVT, sono intonaci armati composti da malta, una rete preformata in fibra di vetro impregnata con una resina termo-indurente, angolari preformati della stessa tipologia della rete, connettori preformati in fibra di vetro e ancorante chimico per la loro solidarizzazione al supporto.



I sistemi sono indicati principalmente per il rinforzo strutturale di elementi in muratura, in particolare possono essere utilizzati per:

- rinforzo a flessione e taglio di paramenti murari e colonne in muratura;
- confinamento di colonne in muratura;
- rinforzo di archi e volte in muratura;
- rinforzo di elementi secondari, quali scale, tamponamenti, ecc...;
- rinforzo di pareti sollecitate nel loro piano;
- rinforzo di pareti sollecitate fuori dal piano;
- realizzazione di cordoli sommitali;
- rinforzo di strutture a semplice o doppia curvatura;
- confinamento di colonne;

I sistemi di rinforzo **webertec CFRP**, con certificato CVT, si compongono di due fasi, la fase “resina”, costituita da resine di tipo epossidico bicomponente, dove il componente “A” è la resina e il componente “B” è l'indurente. Mediante l'utilizzo delle resine si esegue l'applicazione per impregnazione e la diretta laminazione dei tessuti sulla superficie da rinforzare. La fase “rinforzo” è costituita da tessuti in fibre di carbonio unidirezionali e quadriassiali, caratterizzati da elevate resistenze meccaniche, elevate resistenze agli agenti chimici ed elevate resistenze alle alte temperature, che sono deputati all'assorbimento delle sollecitazioni.



Rinforzo di maschio murario per azioni nel piano con sistema CFRP



Rinforzo di maschio murario per azioni nel piano con sistema CFRP

I sistemi **webertec CFRP** sono indicati per il rinforzo di strutture: in muratura e in cemento armato.

Gli interventi di rinforzo di strutture in muratura si distinguono in:

- rinforzo a flessione e taglio di paramenti murari;
- rinforzo a flessione e taglio di colonne in muratura;
- confinamento di colonne in muratura;
- rinforzo di archi e volte in muratura;
- cerchiature di piano;
- rinforzo di architravi in muratura.

Interventi di rinforzo di strutture in c.a. si distinguono in:

- rinforzo a flessione e taglio di setti in c.a.;
- rinforzo a flessione e taglio di pilastri e travi in c.a.;
- confinamento di pilastri in c.a.;
- rinforzo e confinamento di nodi trave-pilastro;
- rinforzo di solai in latero-cemento;
- rinforzo di solai in c.a.;
- rinforzo di archi e volte in c.a.;
- rinforzo di elementi secondari, quali scale, tamponamenti, ecc....

## LINEA GUIDA DI QUALIFICAZIONE E DI PROGETTAZIONE

L'utilizzo dei suddetti materiali non tradizionali e compositi fibrorinforzati è previsto dalle NTC 2018 (punto 8.6); al cap.11 le stesse prevedono che tutti i materiali da costruzione, se impiegati per uso strutturale, devono essere:

- identificabili
- in possesso di specifica qualificazione all'uso previsto
- oggetto di controllo in fase di accettazione da parte del direttore dei lavori.

Questi, dovranno essere in possesso di **marcatura CE (da ETA)** (ai sensi del Regolamento UE n. 305/2011) o dovranno essere in possesso di un **CVT (Certificato di Valutazione Tecnica)** rilasciato dal presidente del CSLPP, Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

A tal riguardo il Presidente CSLPP ha approvato con:

### **decreto n.293 del 29.05.2019 (ex n.220 del 9 luglio 2015)**

*"Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti".*

Per quanto non trattato nella presente Linea Guida è possibile utilizzare il documento CNRDT 200R1/2013: *"Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati. Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie."*

### **decreto n. 1 dell'8 gennaio 2019 (Aggiornamento Febbraio 2022)**

*"Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti".*

Per quanto non trattato nella presente Linea Guida è possibile utilizzare il documento CNRDT 215/2018: *"Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica".*

### **decreto n. 292 del 29 maggio 2019**

*"Linea Guida per la identificazione, la qualificazione e il controllo di accettazione dei sistemi a rete preformata in materiali compositi fibrorinforzati a matrice polimerica da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti con la tecnica dell'intonaco armato CRM (Composite Reinforced Mortar)."*

### 4.2.3 CONDOTTE PER LA DISTRIBUZIONE ARIA

Le condotte per la distribuzione aria realizzate con pannelli Isover CLIMAVER® sono una soluzione particolarmente efficace in risposta all'azione sismica. Infatti, grazie alla loro **massa ridotta**, alla loro **leggerezza** e flessibilità, non solo **richiedono un minor numero di controventature** rispetto a condotte metalliche, ma hanno un comportamento migliore in termini di tenuta e resistenza.

Se si considera che il sistema Isover CLIMAVER® non prevede l'utilizzo di profili o giunti metallici, unita al fatto che le ottime prestazioni acustiche diminuiscono e talvolta evitano completamente la necessità di silenziatori, è facile comprenderne i vantaggi sulla progettazione antisismica complessiva. Infatti **le strutture portanti non vengono appesantite**. In più, il ridotto numero di controventature non grava sui costi complessivi dell'impianto e incentiva a scegliere una progettazione consapevole per la sicurezza degli occupanti.

Su richiesta, l'Ufficio Tecnico di Saint-Gobain Italia può rilasciare una relazione tecnica dettagliata sul sistema proposto per uno specifico progetto, basata sui risultati forniti dal software di calcolo appositamente sviluppato.



## RIFERIMENTI NORMATIVI

Le normative di riferimento per le costruzioni in zona sismica sono:

- D.M. 17 gennaio 2018: “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- Circolare Esplicativa n° 7 del 21/01/2019: “Norme Tecniche per le Costruzioni – Circolare esplicativa”.
- D.M. n. 58 del 28/02/2017 “Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni nonché le modalità per l’attestazione, da parte di professionisti abilitati, dell’efficacia degli interventi effettuati, e disposizioni attuative del Sismabonus”
- D.M. n. 329 del 06/08/2020 - Modifica al D.M. 28 febbraio 2017, n. 58: “Sisma Bonus - Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni nonché le modalità per l’attestazione, da parte di professionisti abilitati, dell’efficacia degli interventi effettuati’ (Superbonus 110%)”
- Ordinanza n. 44 del 15 dicembre 2017: “Criteri di indirizzo per la progettazione e la realizzazione degli interventi di riparazione e di rafforzamento locale degli edifici che, in conseguenza degli eventi sismici verificatesi a far data dal 24 agosto 2016, hanno subito danni lievi”
- DECRETO n. 10 del 25/01/2016: “Protocollo di progettazione per gli interventi di ricostruzione post-sisma edifici privati in muratura”
- Circolare MIBACT n. 15 03/04/15: “Disposizioni in materia di tutela del patrimonio architettonico e di mitigazione del rischio sismico”.
- DIR.P.C.M. 12 OTTOBRE 2007: “Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.”
- D.P.C.S.LL.PP. n. 293 del 29.5.2019: “Linee Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti”.
- D.P.C.S.LL.PP. n. 1 del 08/01/2019: “Linee Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti”
- D.P.C.S.LL.PP. n. 292 del 29.05.2019: “Linea Guida per la identificazione, la qualificazione e il controllo di accettazione dei sistemi a rete preformata in materiali compositi fibrorinforzati a matrice polimerica da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti con la tecnica dell’intonaco armato CRM (Composite Reinforced Mortar)”
- EAD 340275-00-0104 - Luglio 2020 “Externally-bonded composite system with inorganic matrix for strengthening of concrete and masonry structures”.
- CNR-DT 200 R1/2013 “Istruzioni per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l’utilizzo di Compositi Fibrorinforzati - Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie “- 15 maggio 2014.
- CNR-DT 215/2018 “Istruzioni per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l’utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica”
- D.M. 627 del 3 dicembre 2019 “La Linea Guida per la progettazione, l’esecuzione e la manutenzione di interventi di consolidamento strutturale mediante l’utilizzo di sistemi di rinforzo”.
- ReLUI e Dipartimento Protezione Civile: “Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni”.
- Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
- Norme regionali

## 4.3 SICUREZZA: PREVENZIONE INCENDI

La **prevenzione incendi** è la disciplina che studia e attua provvedimenti, accorgimenti e modi di azione intesi a prevenire, segnalare e ridurre la probabilità di insorgenza di un incendio e comunque a limitarne le conseguenze per le persone e per l'ambiente.

Nell'ambito dell'edilizia scolastica, i riferimenti normativi in vigore sono:

**D.M. 26 agosto 1992** - Norme di prevenzioni incendi per l'edilizia scolastica

**D.P.R. n. 151/2011** - Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4 -quater, del D.L. 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla Legge 30 luglio 2010, n. 122

**D.M. 3 agosto 2015** - Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139

**D.M. 7 agosto 2017** - Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi per le attività scolastiche, ai sensi dell'art. 15 del D.L. 8 marzo 2006, n. 139 - REGOLE TECNICHE VERTICALI - RTV Capitolo V.7 Attività scolastiche

**D.M. 14/2/2020** - Aggiornamento della sezione V dell'allegato 1 al decreto 3 agosto 2015, concernente l'approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi - REGOLE TECNICHE VERTICALI - RTV Capitolo V.7 Attività scolastiche

**D.M. 6/4/2020** - Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi per gli asili nido, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139 e modifiche alla sezione V dell'allegato 1 al decreto del Ministro dell'interno del 3 agosto 2015 - REGOLE TECNICHE VERTICALI - Capitolo V.9 Asili nido

**D.M. 30/03/2022** - Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi per le chiusure d'ambito degli edifici civili, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139 - REGOLE TECNICHE VERTICALI - RTV Capitolo V.13 Chiusure d'ambito degli edifici civili

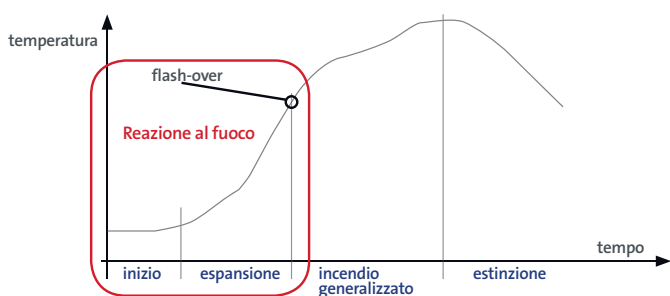
Le scuole con oltre 100 persone presenti e gli asili nido con oltre 30 persone costituiscono attività soggette ai controlli di prevenzione incendi del CNVVF.

Saint-Gobain Italia opera nell'ambito della protezione dal fuoco passiva (reazione al fuoco e resistenza al fuoco), attraverso prodotti e sistemi costruttivi certificati:

- compartimentazioni (pareti divisorie, rivestimento di pareti, controsoffitti, attraversamenti tecnici di impianti);
- setti autoportanti, controsoffitti a membrana e protezione dal fuoco di impianti tecnici;
- protezione dal fuoco di strutture portanti (travi, pilastri, solai, pareti, ecc.) di diverse tipologie di materiale (latero-cemento, acciaio, c.a. - c.a.p., legno, ecc.);
- protezione dal fuoco di condotte di ventilazione metalliche;
- condotte di ventilazione autoportanti incombustibili;
- idonei materiali che permettono di rispettare le richieste delle normative vigenti in termini di reazione al fuoco a seconda della destinazione d'uso (ad esempio, prodotti incombustibili per le vie d'esodo);
- protezione dal fuoco esterno di coperture ( $B_{ROOF}(t2)$ , anche per impianti fotovoltaici).

## REAZIONE AL FUOCO

È il grado di partecipazione di un materiale al fuoco a cui viene sottoposto; in altre parole è la capacità che ha un materiale (o un manufatto composito) di contribuire ad alimentare un incendio. Nell'ambito della marcatura CE di un materiale è prevista la certificazione ai fini della reazione al fuoco, con i metodi di prova definiti dalla norma EN 13501-1, recepiti dal D.M. 10/03/2005 (applicazioni delle Euroclassi).



### CRITERI DI CLASSIFICAZIONE:

#### 1. Contributo all'incendio

Da **A** = materiale non combustibile  
a **F** = materiale molto combustibile



#### 2. Produzione di fumi (s sta per "smoke")

Da **s1** = materiale a scarsa emissione di fumo  
a **s3** = materiale a forte emissione di fumo



#### 3. Caduta di gocce incendiate e/o particelle incandescenti (d sta per "droplet")

Da **d0** = materiale con nessuna produzione di gocce  
a **d2** = materiale con forte produzione di gocce



REAZIONE AL FUOCO	PRODOTTI SAINT-GOBAIN ITALIA
A1	<p><b>Lastre in gesso rivestito speciali Gyproc:</b> Lisaplac, Lisaflam, Duragyp A1 Activ'Air®, Glasroc® X,  <b>Lana di vetro, lana minerale e lana di roccia per interni Isover:</b> versione senza rivestimento o con velo vetro  <b>Lana di vetro, lana minerale e lana di roccia per coperture Isover:</b> versione senza rivestimento o con velo vetro  <b>Controsoffitti Eurocoustic colore bianco</b>  <b>Intonaci-stucchi-rasanti Gyproc-Weber</b>  <b>Strutture metalliche Gyproc</b></p>
A2-s1,d0	<p><b>Lastre in gesso rivestito Gyproc</b>  <b>Lastre accoppiate con lana di vetro Gyproc</b>  <b>Lana di vetro per cappotto Isover Clima34 G3 / webertherm LV 034</b>  <b>Lana di vetro per coperture Isover SuperBac N / Isover ClimaBac:</b> versione senza rivestimento  <b>Sistema per cappotto certificato ETA webertherm comfort G3</b>  <b>Sistema per cappotto certificato ETA webertherm comfort robusto universal (nella configurazione con pannello isolante in lana minerale)</b>  <b>Controsoffitti continui-modulari base gesso Gyproc</b>  <b>Controsoffitti Eurocoustic colorati</b></p>
B-s1,d0	<p><b>Lastre accoppiate con materiale isolante Gyproc (EPS, EPS con grafite, XPS)</b>  <b>Controsoffitti continui Gyproc Gyptone® Big Curve Activ'Air®</b>  <b>Controsoffitti modulari Gyproc Gyprex®</b>  <b>Sistema a cappotto certificato ETA webertherm family black (sp. pannello max 160 mm) e decorato webercote ACSilcover R previo weberprim fondo</b></p>
B-s2,d0	<p><b>Sistema per cappotto certificato ETA webertherm family white / black</b></p>
NPD	<p><b>Lana di vetro per coperture Isover SuperBac con rivestimento bitumato</b></p>

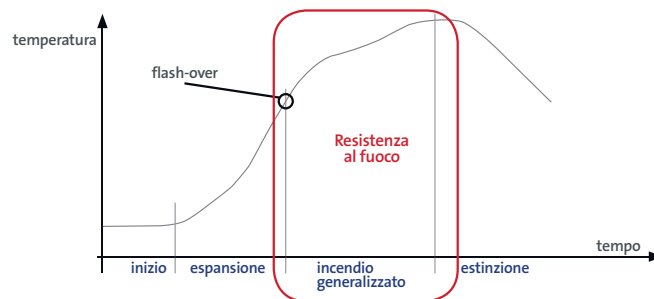
## RESISTENZA AL FUOCO

Si definisce resistenza al fuoco l'attitudine di un elemento da costruzione a conservare per un determinato tempo la stabilità (capacità portante), la tenuta a fiamme e gas caldi e l'isolamento termico, qualora sottoposto ad un programma termico definito.

**Le principali caratteristiche di resistenza al fuoco sono:**

- **Stabilità R:** attitudine di un elemento da costruzione a conservare la capacità portante sotto l'azione del fuoco.
- **Tenuta al fuoco E:** attitudine di un elemento da costruzione a non lasciar passare né produrre, se sottoposto all'azione del fuoco su un lato, fiamme, vapori o gas caldi sul lato non esposto.
- **Isolamento termico I:** attitudine di un elemento da costruzione a ridurre, entro un dato limite, la trasmissione del calore.

La normativa di riferimento per la resistenza al fuoco di un elemento costruttivo è il D.M. 16/02/2007. In particolare, l'allegato B prevede la classificazione di prodotti ed elementi costruttivi in base ai risultati di prova di resistenza al fuoco e di tenuta al fumo. Prove sperimentali da condurre presso un laboratorio autorizzato dal Ministero dell'Interno ai sensi del D.M. 26/03/1985 o notificato dalla Commissione Europea ai sensi della Direttiva 89/106.



## INCENDI ESTERNI DELLE COPERTURE

La resistenza agli incendi esterni delle coperture e le relative prove sperimentali sono regolate da norme europee (UNI CEN/TS 1187, già UNI ENV 1187:2007). Riportiamo le 4 tipologie di prova, t1, t2, t3, t4:

<b>B<sub>ROOF</sub> (t1)</b>	<b>Tizzoni ardenti</b>	<b>Variabile (15° o 45°)</b>
<b>B<sub>ROOF</sub> (t2)</b>	<b>Tizzoni ardenti</b>	<b>Fissa (30°)</b>
<b>B<sub>ROOF</sub> (t3)</b>	<b>Tizzoni ardenti, vento e pannello radiante</b>	<b>Variabile (5° o 30°)</b>
<b>B<sub>ROOF</sub> (t4)</b>	<b>Tizzoni ardenti, vento e pannello radiante in due sessioni</b>	<b>Variabile (0° o 45°)</b>

Le prestazioni vengono classificate con le lettere: dalla "B<sub>ROOF</sub>", che indica la massima possibile, alla "F<sub>ROOF</sub>", che equivale a "nessuna prestazione". La classificazione B<sub>ROOF</sub> (t2) è quella che prevede le regole di estensione più ampie del campo di applicazione del prodotto testato su diversi piani di posa, mentre le altre classificazioni (t1), (t3) e (t4) valgono solo sulla stratigrafia testata nel rilascio del certificato, ad esclusione di estensioni molto limitanti. Variazioni in spessore, densità e tipologia dell'isolante e in altre componenti del sottostrato fanno decadere la certificazione.

Per quanto riguarda le prove B<sub>ROOF</sub> (t2) distinguiamo:

- su superfici incombustibili (provata su un massetto in cls);
- su superfici combustibili (provata su EPS o su truciolo in legno).

Nel primo caso, la certificazione varrà solo per prodotti applicati su superfici incombustibili mentre, nel secondo, varrà per l'uso su substrati sia combustibili sia incombustibili.

## 4.4 SICUREZZA: RESISTENZA MECCANICA E ATTREZZABILITÀ SISTEMI

Altro aspetto fondamentale da tenere in considerazione in ambito scolastico è la resistenza meccanica dei sistemi-soluzioni previsti, in termini di attrezzabilità (ad esempio appendere ad una parete una lavagna, un pensile, ecc.) e di resistenza agli impatti-durezza superficiale (ad esempio urti provocati dall'impatto di un bambino o di una sedia con una parete, ecc.), sistemi in grado di resistere alle sollecitazioni con danni nulli o molto limitati per assicurare la massima sicurezza e ridotte operazioni di ripristino. Le numerose prove sperimentali condotte presso rinomati laboratori di prova come l'Istituto Giordano dimostrano l'efficacia dei sistemi Saint-Gobain Italia anche nei confronti dei temi della resistenza meccanica.

### 4.4.1 PORTATA AI CARICHI E ATTREZZABILITÀ DEI SISTEMI A SECCO

La norma UNI EN 8326 stabilisce le modalità per verificare sperimentalmente la portata ai carichi nelle partizioni interne. Riportiamo le tabelle riassuntive dei risultati ottenuti nelle prove sperimentali svolte presso l'Istituto Giordano. Calcolare il n° minimo di fissaggi a seconda del peso da applicare (> di 2 nel caso di carichi distribuiti). L'interasse consigliato tra fissaggi contigui è di min. 200 mm.







**CARICO ECCENTRICO - Prove di carico su mensola - UNI 8326 e ETAG 003**

Rapporti di prova centro ricerche Saint-Gobain e Istituto Giordano.

I valori riportati per Gyproc Habito® Forte 13 sono validi anche per Gyproc Habito® Forte Hydro 13.

I valori riportati per Gyproc Duragyp 13 Activ'Air® sono validi anche per Gyproc Duragyp ECO 13 Activ'Air®.

TIPOLOGIA DI PROVA	TIPOLOGIA DI FISSAGGIO	NUMERO E TIPOLOGIA DI LASTRE											
		1 x HABITO® FORTE 13		1 X HABITO® FORTE 13 + 1 X WALLBOARD 13		1 X DURAGYP 13 ACTIV'AIR®		1 X DURAGYP 13 ACTIV'AIR® + 1 X WALLBOARD 13		2 X DURAGYP 13 ACTIV'AIR®		2 X WALLBOARD 13	
		VALORI MEDI	VALORI CONSIGLIATI	VALORI MEDI	VALORI CONSIGLIATI	VALORI MEDI	VALORI CONSIGLIATI	VALORI MEDI	VALORI CONSIGLIATI	VALORI MEDI	VALORI CONSIGLIATI	VALORI MEDI	VALORI CONSIGLIATI
Carico su mensola 	Vite da legno truciolare Ø 6 mm x L = 50 mm 	100 kg	<b>33 kg</b>	100 kg	<b>33 kg</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tassello metallico con vite a filettatura metrica ed alette ad espansione Ø 6 mm x L = 52 mm (singola lastra) Ø 6 mm x L = 65 mm (doppia lastra) 	230 kg	<b>75 kg</b>	300 kg	<b>100 kg</b>	180 kg	<b>60 kg</b>	250 kg	<b>80 kg</b>	310 kg	<b>100 kg</b>	150 kg	<b>50 kg</b>
	Tassello in nylon universale con vite truciolare ed alette ad espansione Ø 8 mm x L = 40 mm (singola lastra) Ø 8 mm x L = 50 mm (doppia lastra) 	220 kg	<b>70 kg</b>	260 kg	<b>85 kg</b>	170 kg	<b>55 kg</b>	200 kg	<b>65 kg</b>	270 kg	<b>90 kg</b>	120 kg	<b>40 kg</b>

NOTA: la mensola è supportata da n° 4 fissaggi, due per parte; l'area di carico ha dimensioni L = 300 mm x H = 500 mm.





I valori medi fanno riferimento ai risultati ottenuti in prova. I valori consigliati tengono conto di un coefficiente di sicurezza pari a 3.

**RESISTENZA AL TAGLIO - Prove di estrazione del fissaggio nel piano verticale parallelo alle lastre - UNI 8326 e ETAG 003**

Rapporti di prova centro ricerche Saint-Gobain e Istituto Giordano.

I valori riportati per Gyproc Habito® Forte 13 sono validi anche per Gyproc Habito® Forte Hydro 13.

I valori riportati per Gyproc Duragyp 13 Activ'Air® sono validi anche per Gyproc Duragyp ECO 13 Activ'Air®.

TIPOLOGIA DI PROVA	TIPOLOGIA DI FISSAGGIO	NUMERO E TIPOLOGIA DI LASTRE											
		1 x HABITO® FORTE 13		1 X HABITO® FORTE 13 + 1 X WALLBOARD 13		1 X DURAGYP 13 ACTIV'AIR		1 X DURAGYP 13 ACTIV'AIR® + 1 X WALLBOARD 13		2 X DURAGYP 13 ACTIV'AIR®		2 X WALLBOARD 13	
		VALORI MEDI	VALORI CONSIGLIATI	VALORI MEDI	VALORI CONSIGLIATI	VALORI MEDI	VALORI CONSIGLIATI	VALORI MEDI	VALORI CONSIGLIATI	VALORI MEDI	VALORI CONSIGLIATI	VALORI MEDI	VALORI CONSIGLIATI
Prove di estrazione del fissaggio nel piano parallelo alle lastre (verticale) 	Vite da legno truciolare Ø 6 mm x L = 50 mm 	80 kg	<b>25 kg</b>	110 kg	<b>35 kg</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tassello metallico con vite a filettatura metrica ed alette ad espansione Ø 6 mm x L = 52 mm (singola lastra) Ø 6 mm x L = 65 mm (doppia lastra) 	280 kg	<b>90 kg</b>	310 kg	<b>100 kg</b>	170 kg	<b>55 kg</b>	240 kg	<b>80 kg</b>	370 kg	<b>120 kg</b>	160 kg	<b>50 kg</b>
	Tassello in nylon universale con vite truciolare ed alette ad espansione Ø 8 mm x L = 40 mm (singola lastra) Ø 8 mm x L = 50 mm (doppia lastra) 	220 kg	<b>70 kg</b>	250 kg	<b>80 kg</b>	120 kg	<b>40 kg</b>	200 kg	<b>65 kg</b>	290 kg	<b>95 kg</b>	130 kg	<b>40 kg</b>

NOTA: i valori medi fanno riferimento ai risultati ottenuti in prova. I valori consigliati tengono conto di un coefficiente di sicurezza pari a 3.

## 4.4.2 RESISTENZA AGLI URTI

### A - SISTEMI A SECCO - PARETI DIVISORIE INTERNE

La norma UNI 8201 e l'ETAG 003 indicano le modalità di prova per verificare la tenuta e la resistenza agli urti delle partizioni interne, e definiscono le seguenti due tipologie di urti:

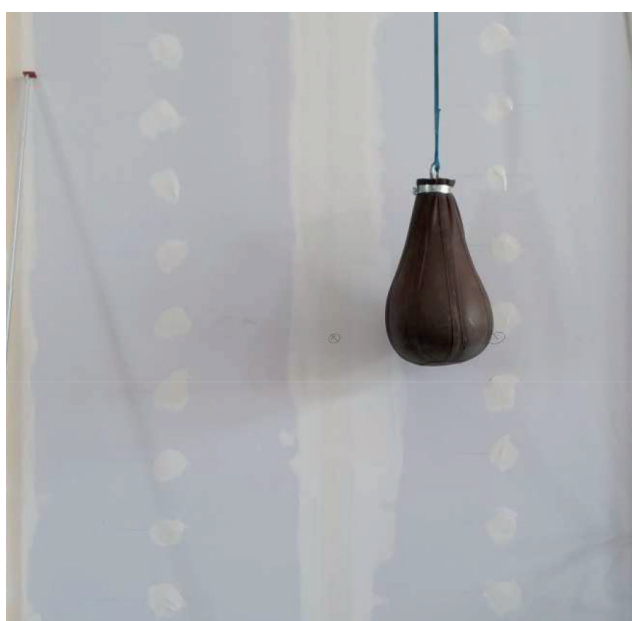
#### Urto da corpo molle

Realizzato mediante un sacco sferoconico da 50 kg, assimilabile ad esempio all'impatto di una persona, o altri oggetti deformabili;

#### Urto da corpo duro


Realizzato mediante una sfera in acciaio del peso di 1 kg, assimilabile ad esempio all'urto di una pietra lanciata dall'esterno, dello spigolo di un mobile contro una parete, ecc.

Per il superamento delle prove, secondo quanto indicato dalla norma sopra citata e dalle tabelle 8-9 dell'ETAG 003, le pareti non dovranno subire nessuna penetrazione successivamente agli urti.



CARICO APPLICATO (Nm)	POSIZIONE URTO	TIPOLOGIA COSTRUTTIVA DI PARETE - N° E TIPOLOGIA DI LASTRE						
		1 x HABITO® FORTE 13 Montante 75 mm int. 600 mm 1 x HABITO® FORTE 13 Rapp. di prova I.G. n° 328438			2 x HABITO® FORTE 13 Montante 75 mm int. 600 mm 2 x HABITO® FORTE 13 Rapp. di prova I.G. n° 328427			
		FRECCIA Istantanea	FRECCIA Residua	ESITO PROVA	FRECCIA Istantanea	FRECCIA Residua	ESITO PROVA	
 <b>900*</b> (Altezza di caduta 1,80 m)	Sulla lastra al centro tra i montanti	-	-	Nessun attraversamento o collasso - fessurazione del giunto lastra	-	-	Nessun attraversamento o collasso - leggera fessurazione del giunto lastra	
	<b>150**</b> (Altezza di caduta 0,30 m)	Sulla lastra al centro tra i montanti	27 mm	0 mm	Nessuna lesione	15 mm	1 mm	Nessuna lesione
		Sul montante	25 mm	1 mm	Nessuna lesione	11 mm	1 mm	Nessuna lesione
		Sul giunto tra 2 lastre	27 mm	1 mm	Nessuna lesione	11 mm	0 mm	Nessuna lesione

\* ETAG 003 - prova di sicurezza \*\* Norma UNI 8201

CARICO APPLICATO (Nm)		TIPOLOGIA COSTRUTTIVA DI PARETE - N° E TIPOLOGIA DI LASTRE					
		1 x HABITO® FORTE 13 Montante 75 mm int. 600 mm 1 x HABITO® FORTE 13 Rapp. di prova I.G. n° 328438			2 x HABITO® FORTE 13 Montante 75 mm int. 600 mm 2 x HABITO® FORTE 13 Rapp. di prova I.G. n° 328427		
		DIAMETRO IMPRONTA	PROFONDITÀ IMPRONTA	ESITO PROVA	DIAMETRO IMPRONTA	PROFONDITÀ IMPRONTA	ESITO PROVA
	<b>20*</b> (Altezza di caduta 2,00 m)	16 mm	2,5 mm	Frattura senza penetrazione o lesione pericolosa	19 mm	0,8 mm	Nessuna penetrazione o lesione pericolosa
	<b>2**</b> (Altezza di caduta 0,20 m)	10,7 mm	0,13 mm	Nessuna lesione	6,3 mm	0,15 mm	Nessuna lesione

\* ETAG 003 - prova di sicurezza \*\* Norma UNI 8201

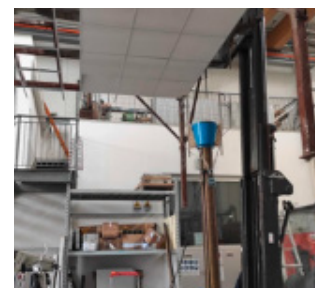
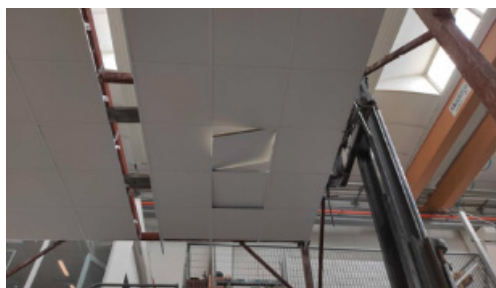
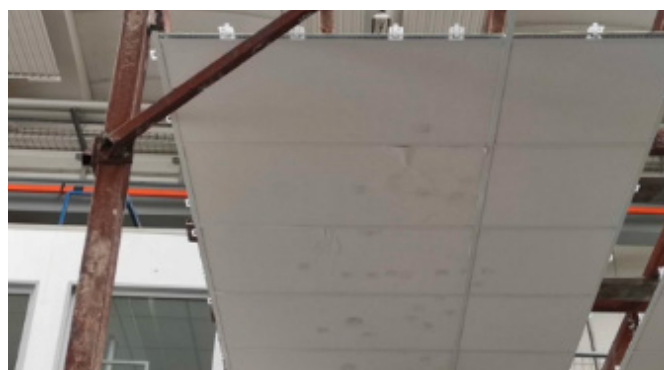
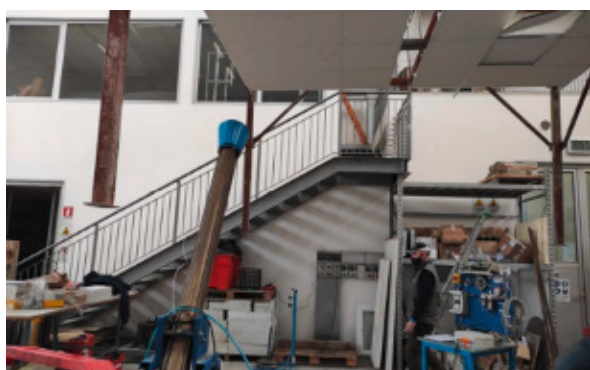
## B - RESISTENZA AGLI URTI DI PALLONATE - APPLICAZIONE A SOFFITTO

La norma **UNI EN 13964:2014 - Appendice D** definisce la modalità di prova della resistenza all'impatto di pallonate dei controsoffitti per palestre, che possono essere soggetti ad impatti di palloni da basket, da football, da pallamano, da pallavolo oppure di palle mediche o palline da tennis.

La prova è eseguita con una palla a mano di massa, diametro e pressione interna definita da norma ed un lanciapalle regolabile per ottenere diversi angoli di impatto e velocità della palla, disposto ad una distanza compresa tra 1,5 m e 6 m dalla superficie di prova. La palla a mano è lanciata contro il controsoffitto n° 12 volte verticalmente e n° 12 volte ciascuna da due diverse direzioni con angolo di 60°; il prodotto è classificato da 1A a 3A a seconda della velocità di impatto.

L'esame visivo stabilirà il superamento della prova se il controsoffitto e la relativa struttura di supporto non subiranno un cambiamento permanente rilevante tale da pregiudicarne la resistenza, la funzione, la sicurezza e l'aspetto.

Palle da impatto	Palla a mano	Velocità da impatto
Classi	1A	(16,5±0,8) m/s
	2A	(8,0±0,5) m/s
	3A	(4,0±0,5) m/s



**Sistemi di controsoffitti modulari Saint-Gobain Gyproc certificati**

Saint-Gobain Gyproc ha sottoposto i seguenti sistemi di controsoffitti modulari a prove di resistenza agli urti di pallonate:

Norma di riferimento	Sistema	Risultato	Note
EN 13964 - Appendice D	<b>Rapporto di prova I.G. n° 397100:</b> Controsoffitto ispezionabile in pannelli modulari in lana minerale Eurocoustic Acoustichoc A 40, sp. 40 mm, dim. 600x1200 mm, su struttura metallica Gyproc Linetec Plus T24 a vista con 6 clip antisollevamento/pannello	Classe 2A (velocità urti 30 km/h)	Pannello disponibile su richiesta anche nel formato 600x600 mm
	<b>Rapporto di prova I.G. n° 397099:</b> Controsoffitto ispezionabile in pannelli modulari in lana minerale Eurocoustic Acoustichoc A 22, sp. 22 mm, dim. 600x600 mm, su struttura metallica Gyproc Linetec Plus T24 a vista con 4 clip antisollevamento/pannello	Classe 3A (velocità urti 15 km/h)	
	<b>Rapporto di prova I.G. n° 397102:</b> Controsoffitto ispezionabile in pannelli modulari in gesso rivestito forato Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®, sp. 10 mm, dim. 600x600 mm, su struttura metallica Gyproc Linetec Plus T24 a vista con 8 clip antisollevamento/pannello	Classe 2A (velocità urti 30 km/h)	Risultati validi anche per gli altri pannelli forati della gamma Gyptone® Activ'Air®: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quattro 20</li> <li>• Sixto 60</li> <li>• Line 4</li> </ul>
	<b>Rapporto di prova I.G. n° 397103:</b> Controsoffitto ispezionabile in pannelli modulari in gesso rivestito forato Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®, spess. 10 mm, dim. 600x600 mm, su struttura metallica Gyproc Linetec Plus T24 a vista con 4 clip antisollevamento	Classe 3A (velocità urti 15 km/h)	

**Sistemi di controsoffitti continui Saint-Gobain Gyproc certificati**

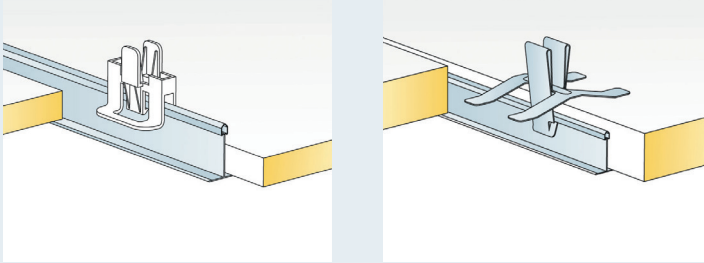
Saint-Gobain Gyproc ha sottoposto i seguenti sistemi di controsoffitti continui a prove di resistenza agli urti di pallonate:

Norma di riferimento	Sistema	Risultato	Note
EN 13964 Appendice D e DIN 18032-3	<b>Rapporti di prova MPA n° 903 6596 000-1 / n° 903 0797 000-2 / n° 903 1701 000:</b> Controsoffitto continuo in lastre in gesso rivestito forato Gyproc Rigitone® Edge Activ'Air® sp. 12,5 mm, su struttura metallica doppia Gyproc Gyprofile C 27/48 con profili primari int. max 1000 mm, profili secondari int. max 200 mm, sospensioni medinate pendini in acciaio int. max 850 mm	Classe 1A (velocità urti 60 km/h)	Risultati validi per i seguenti prodotti con foratura circolare: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8/18 (regolare)</li> <li>• 8-15-20 (sparsa)</li> <li>• 8-15-20 Super (sparsa)</li> </ul>
	<b>Rapporto di prova I.G. n° 397101:</b> Controsoffitto continuo in lastre di gesso rivestito Gyproc Fireline sp. 15 mm, su struttura metallica doppia Gyproc Gyprofile C 27/48 con profili primari int. max 1000 mm, profili secondari int. max 500 mm, sospensioni medinate pendini in acciaio int. max 1000 mm	Classe 1A (velocità urti 60 km/h)	

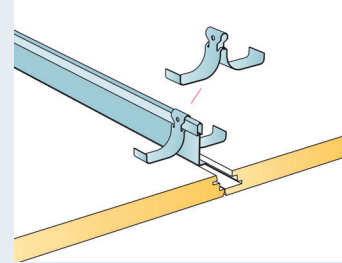
### Clip antisollevamento per controsoffitti ispezionabili

Nei sistemi di controsoffitti resistenti agli urti è possibile utilizzare in alternativa due differenti tipi di clip, ottenendo gli stessi valori di resistenza agli urti:

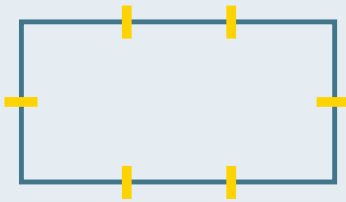
in plastica (Ecophon Connect)



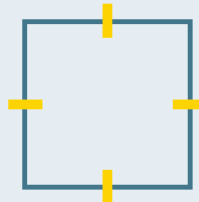
in metallo



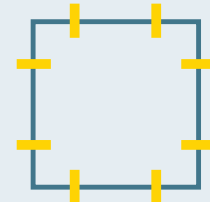
Gli schemi di montaggio delle clip sono i seguenti:



Formato 600x1200 mm  
n° 6 clip / pannello



Formato 600x600 mm  
n° 4 clip / pannello



Formato 600x600 mm  
n° 8 clip / pannello

## C - RESISTENZA AGLI URTI DI PALLONATE - APPLICAZIONE A PARETE

La norma **DIN 18032-3:2018** definisce la modalità di prova della resistenza all'impatto di pallonate di sistemi applicati a parete e soffitto in palazzetti dello sport e locali e spazi ad uso sportivo e polivalente, che possono essere soggetti ad impatti di palloni da basket, da football, da pallamano, da pallavolo oppure di palle mediche o palline da tennis.

Le prove sono eseguite con una palla a mano e una palla da hockey di massa, diametro e pressione interna definita da norma ed un cannone lanciapalle regolabile per ottenere diversi angoli di impatto e velocità della palla. La palla a mano è lanciata contro la superficie di impatto n° 30 volte con angolo di 90° e n° 12 volte ciascuna da due diverse direzioni con angolo di 45°, con velocità pari a 23,5 m/s, successivamente la palla da hockey è lanciata contro la superficie di impatto n° 4 volte con angolo di 90° e n° 4 volte ciascuna da due diverse direzioni con angolo di 45°, con velocità pari a 18 m/s.

L'esame visivo stabilirà il superamento della prova se la parete e la relativa struttura di supporto non subiranno un cambiamento permanente rilevante tale da pregiudicarne la resistenza, la funzione, la sicurezza e l'aspetto.

### Sistemi a parete Saint-Gobain Gyproc certificati

Saint-Gobain Gyproc ha sottoposto i seguenti sistemi di contropareti con lastre in gesso rivestito a prove di resistenza agli urti di pallonate:

Norma di riferimento	Sistema	Configurazione	Risultato
DIN 18032-3	<b>Rapporto di prova I.G. n° 398250:</b> Controparete in lastre in gesso rivestito fibrato Gyproc DuraGyp 13 Activ'Air®, profili metallici Gyproc Gyprofile da 50 mm	• Interasse montanti 300 mm	<b>Prova passata</b>
	<b>Rapporto di prova I.G. n° 398251:</b> Controparete in lastre in gesso rivestito Gyproc Fireline 15, profili metallici Gyproc Gyprofile da 50 mm	• Interasse montanti 300 mm	<b>Prova passata</b>
	<b>Rapporto di prova I.G. n° 398252:</b> Controparete in lastre in gesso rivestito Gyproc Fireline 15, profili metallici Gyproc Gyprofile da 50 mm	• Interasse montanti 600 mm • Rinforzi in corrispondenza dei giunti orizzontali mediante guide ad U Gyproc Gyprofile	<b>Prova passata</b>

Saint-Gobain Gyproc ha sottoposto la controparete con lastre in gesso rivestito forato a prove di resistenza agli urti di pallonate, con diverse configurazioni:

Norma di riferimento	Sistema	Risultato	Note
DIN 18032-3 (con modifiche*)	<b>Rapporto di prova I.G. 398253:</b> Controparete in lastre in gesso rivestito forato Gyproc Rigitone® Edge Activ'Air® 8/18, profili metallici Gyproc Gyprofile da 50 mm.  <b>Configurazioni:</b> • interasse montanti 300 / 600 mm. • con / senza lana minerale nell'intercapedine	<b>Prova passata</b> (* velocità limite di resistenza variabile, secondo la configurazione, vedi tabella sotto)	<b>Risultati applicabili anche alle seguenti lastre forate:</b> • Gyproc Rigitone® Edge Activ'Air®8-15-20 e 8-15-20 Super • Gyproc Gyptone® Big Activ'Air® Sixto 63, Line 6, Quattro 42 - 46 - 47 - 71

Interasse tra i montanti	Lana minerale in intercapedine	Velocità limite di resistenza agli urti
600 mm	no	15 m/s = 54 km/h
300 mm		17 m/s = 61 km/h
600 mm	si	17 m/s = 61 km/h
300 mm		19 m/s = 68 km/h



**FOCUS - Trattamento acustico di palestre e spazi adibiti ad attività sportive**

Secondo la norma UNI 11532-2 sull'acustica nell'edilizia scolastica le palestre e gli spazi sportivi sono classificati nella categoria A5. La norma prevede le seguenti formule per la determinazione del tempo di riverberazione ottimale:

$$T_{ott} = 0,75 \times \log V - 1,00 \quad [s] \quad \text{per } 200 \text{ m}^3 < V < 10.000 \text{ m}^3$$

$$T_{ott} = 2,00 \text{ s} \quad \text{per } V \geq 10.000 \text{ m}^3$$

in cui V è il volume dell'ambiente.

Il  $T_{ott}$  deve essere raggiunto a tutte le frequenze comprese tra 250 e 2.000 Hz.

Considerando che gli ambienti adibiti ad attività sportive sono tipicamente di grande volume (ad esempio per le palestre regolamentari tipo B1, prescritte nel caso di scuole medie e superiori, è richiesta una superficie di 600 m<sup>2</sup> ed un'altezza minima di 7,50 m), i requisiti in termini di tempo di riverberazione sono piuttosto severi ed in generale difficili da rispettare.

Di conseguenza può accadere che per ottenere i tempi richiesti non sia sufficiente intervenire solo sul controsoffitto, ma si debba aumentare la quantità di assorbimento acustico applicando materiali assorbenti anche sulle pareti.

Per questa specifica applicazione Saint-Gobain Gyproc propone delle **contropareti fonoassorbenti realizzate con lastre in gesso rivestito forate**, appartenenti alle gamme Gyproc Rigitone® Edge Activ'Air® e Gyproc Gypstone® Big Activ'Air®.

Tali prodotti - utilizzati primariamente per realizzare controsoffitti continui dall'aspetto estetico monolitico - se applicati a parete sono caratterizzati da una buona resistenza agli urti, abbinata ad elevate prestazioni di assorbimento acustico e a un aspetto estetico gradevole.

Ai fini del trattamento acustico si può far riferimento a questi valori dei coefficienti di assorbimento acustico pratico  $\alpha_p$  alle diverse frequenze:

Lastre Gyproc Gypstone® Big Activ'Air®	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Sixto 63	0,40	0,60	0,70	0,70	0,60	0,60
Line 6	0,35	0,65	0,75	0,65	0,45	0,40
Quattro 42	0,40	0,65	0,70	0,60	0,45	0,40
Quattro 46	0,40	0,70	0,65	0,55	0,45	0,40
Quattro 47	0,50	0,55	0,50	0,40	0,30	0,30
Quattro 71	0,40	0,55	0,60	0,55	0,50	0,50

Lastre Gyproc Rigitone® Edge	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
8/18	0,45	0,75	0,75	0,75	0,70	0,75
8-15-20	0,45	0,65	0,45	0,40	0,30	0,30
8-15-20 Super	0,45	0,60	0,60	0,60	0,45	0,55

Valori validi nel caso di intercapedine di 50 mm, con isolante in lana minerale da 45 mm di spessore (es. Isover PAR 4+)

## Raccomandazioni per l'installazione a parete degli elementi fonoassorbenti

- Sino ad un'altezza di minimo 1,20 m dal pavimento è obbligatorio utilizzare per la controparete lastre non forate (ad es. Gyproc Duragyp 13 in monostrato, o in doppio strato in combinazione con altre lastre come Gyproc Wallboard 13 poste nello strato interno), in modo tale da garantire un'adeguata resistenza della parte maggiormente soggetta ad urti.
- Valutare l'idoneità del sistema confrontando le velocità limite di resistenza agli urti riportate in tabella con quelle correlate all'attività sportiva nell'ambiente.
- Se nell'ambiente si praticano sport che comportano un elevato rischio di urti di pallonate (ad es. calcetto o pallamano) non installare mai le lastre forate nelle zone dietro alle porte, oppure predisporre un'adeguata protezione metallica della controparete.
- Si raccomanda di utilizzare le lastre forate nella parte superiore delle pareti, in prossimità del controsoffitto, dove il rischio di urti di pallonate ad elevata velocità è meno elevato, coprendo la superficie minima indispensabile per raggiungere il target di tempo di riverberazione.

## D - SISTEMI DI ISOLAMENTO A CAPPOTTO

La prova contenuta nella linea guida EAD 040083-00-0404, denominata "Impact Test", consiste nell'effettuazione di un impatto con corpo rigido sulla superficie del cappotto eseguito con sfere d'acciaio di pesi e dimensioni differenti e consente di verificare il tipo di danno arrecato al sistema da due ordini di grandezza di energia: 3 e 10 joule. A seguito dell'urto, in base al tipo di danno rilevato sulla superficie del sistema ETICS, viene attribuita una categoria di resistenza: I, II o III. La categoria si attribuisce al raggiungimento di entrambe le condizioni riportate nella tabella 2.5.1.

Energia di impatto	Categoria III	Categoria II	Categoria I
3 Joule	Rivestimento non penetrato (isolante intatto)	Nessun deterioramento (superficie intatta)	Nessun deterioramento (superficie intatta)
10 Joule	-	Rivestimento non penetrato (isolante intatto)	Nessun deterioramento (superficie intatta)

Impatti di energia maggiore rispetto ai valori sopra esposti possono danneggiare il cappotto anche sotto la superficie. Per tale ragione potrebbe risultare conveniente aumentare la resistenza del sistema - anche solo in alcune zone statisticamente più esposte a rischio di ricevere urti - tramite l'applicazione di specifici cicli di rasatura armata e finitura.

SISTEMA	Valori determinati secondo Secondo EAD 040083-00-0404				Vaori determinati in accordo alla UNI EN 13497-2018	
	webertherm comfort G3	webertherm Plus Ultra	webertherm family white	webertherm family black	webertherm comfort G3 + weber L50 TOP	webertherm robusto universal
Categoria	I <sup>1</sup> II <sup>2</sup>	II	II	II	20 Joule	20 Joule

<sup>1</sup> nella sola configurazione con rivestimento webercote siloxcover M

<sup>2</sup> nelle restanti configurazioni

## E - CONDOTTE DI VENTILAZIONE

Le condotte aria per applicazione in esterno sono soggette a particolari condizioni ambientali e quindi sono maggiormente esposte a rischio di danneggiamento. Le condotte devono garantire il corretto funzionamento e la tenuta anche quando sottoposte a urti, impatti o eventi atmosferici quali pioggia, grandine o neve (vedi ulteriori approfondimenti nei punti a seguire).

Per il progettista è fondamentale conoscere il comportamento della condotta in queste situazioni e deve essere in possesso di dati concreti per progettare in modo corretto.

Le condotte Isover CLIMAVER® STAR sono state sottoposte alla prova di resistenza all'impatto da corpo duro e da corpo molle presso l'Istituto Giordano, in accordo all' ETAG 034-1 "Linee guida per l'approvazione tecnica europea dei kit per rivestimenti di pareti esterne - Parte I: Kit di rivestimenti ventilati Compresi componenti di rivestimento e fissaggi associati" e alla UNI ISO 7892:1990 «Prove di resistenza agli urti.

Corpi per urti e metodi di prova» dato che non esiste un riferimento normativo specifico per le condotte di ventilazione. La prova consiste nel sottoporre i campioni, riproducendo le condizioni effettive di utilizzo, alla seguente sequenza di impatti:

- urto da corpo duro di 0,50 kg per la prova di avaria all'esercizio (altezza di caduta 1200 mm);
- urto da corpo molle di 50 kg per la prova di avaria di esercizio (altezza di caduta 240 mm);
- urto da corpo duro di 1 kg per la prova di sicurezza (altezza di caduta 1000 mm);
- urto da corpo molle di 50 kg per la prova di sicurezza (altezza di caduta 1000 mm).

### Urto da corpo duro

La prova vuole simulare l'urto di un oggetto come un sasso, una pigna o, più in generale, materiale trasportato da volatili o dal vento. L'impatto viene effettuato con masse aventi queste caratteristiche:

- corpo duro costituito da una sfera di acciaio, massa di 0,50 kg, conforme ai requisiti della norma UNI ISO 7892:1990
- corpo duro costituito da una sfera di acciaio, massa 1 kg, conforme ai requisiti della norma UNI ISO 7892:1990.

Similarmente a quanto rilevato durante la prova di resistenza all'impatto da grandine, la prova viene superata con ottimi risultati. La superficie sottoposta all'impatto non ha subito danneggiamenti che possono compromettere la tenuta del sistema, non ci sono segni di rottura, lesione o lacerazione della lamina di alluminio superficiale.

### Urto da corpo molle

La prova vuole simulare il possibile urto di una persona, come potrebbe essere il caso di un manutentore che opera in copertura, oppure la caduta di un oggetto trasportato dal vento di peso e dimensioni elevate, ad esempio durante un temporale o in una situazione di una raffica di vento.

L'impatto viene effettuato con corpo molle costituito da una sacca speciale in pelle, del diametro di 400 mm e altezza 600 mm, riempita con perle di vetro indurito, diametro 3 mm, fino a raggiungere una massa totale di 50 kg, rispondente ai requisiti della norma UNI ISO 7892:1990.

La condotta, essendo costituita da materiale elastico, dopo il colpo riprende la sua forma e non riporta nessuna lesione né sulla superficie piana né sui giunti. Si evidenziano dei segni sulla superficie esterna ma nessuna rottura o danno che abbia compromesso la tenuta o la stabilità della condotta.



## F - INVOLUCRO TRASPARENTE E VETRI PER INTERNI

Il vetro stratificato di sicurezza definito dalla norma UNI EN 12543.2 è composto da due o più lastre di vetro unite tra loro, su tutta la superficie, mediante l'interposizione di uno o più fogli di un particolare materiale polimerico, il PVB (Polivinilbutirrale). Il PVB, al termine del processo di fabbricazione unisce solidamente le lastre ed ha caratteristiche di trasparenza, elasticità ed adesione stabile nel tempo.

Queste proprietà consentono al vetro stratificato di sicurezza, in caso di rottura, di non rilasciare frammenti di vetro pericolosi e di rimanere in opera fino alla sostituzione. La gamma dei vetri stratificati Saint-Gobain GLASS è stata contraddistinta con gli storici nomi VISARM e BLINDOVIS che, con l'armonizzazione a livello mondiale del nome dei prodotti, sono stati rinominati STADIP®, STADIP® PROTECT e STADIP® SILENCE.

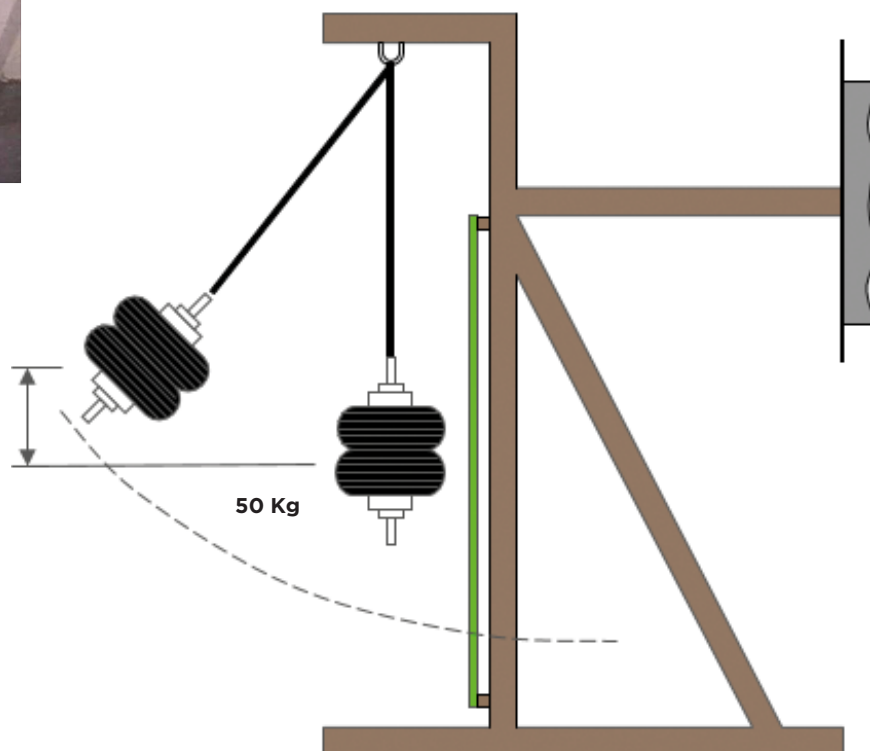
La vasta gamma STADIP® comprende differenti composizioni studiate per ottimizzare il prodotto in funzione delle prestazioni, sempre soddisfacendo i requisiti di durabilità richieste dalle norme:

- UNI EN 12543/1/2/3/4/5/6
- UNI EN 12600 - Resistenza all'impatto da corpo molle
- UNI EN 356 - Resistenza contro l'attacco intenzionale manuale
- UNI EN 1063 - Resistenza ai proiettili

In materia di sicurezza la norma UNI 7697 prescrive le tipologie vetrarie da utilizzare qualora la rottura del vetro possa arrecare danni a persone e/o a cose e nel prospetto due per le scuole viene indicato di utilizzare vetro stratificato di sicurezza in classe 2B2, secondo norma UNI EN 12600, se la funzione è solo di anti-ferita e in classe 1B1, secondo norma UNI EN 12600, se la funzione è di anti-ferita e caduta nel vuoto.



Altezza di Caduta



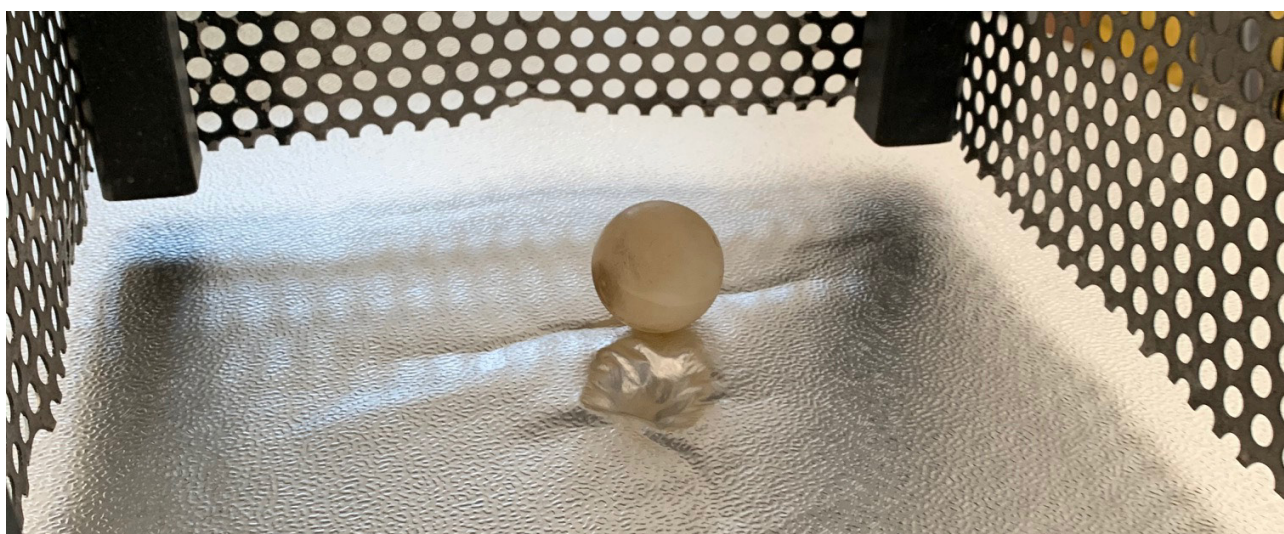
## 4.4.3 RESISTENZA ALLA GRANDINE

### A - CONDOTTE DI DISTRIBUZIONE ARIA

Le condotte di distribuzione aria Isover CLIMAVER® STAR sono state sottoposte alla prova di resistenza all'impatto da grandine presso l'Istituto Giordano in accordo alla norma UNI 10890:2000 "Elementi complementari di copertura - Cupole e lucernari continui di materiale plastico - Determinazione della resistenza alla grandine e limiti di accettazione" non esistendo un riferimento normativo specifico per le condotte di ventilazione.

I campioni subiscono diversi urti, a diverse e progressive velocità, sia in prossimità dei rinforzi sia sulla superficie centrale della condotta. La lana di vetro con cui sono realizzati i pannelli è un materiale elastico ma resistente alla compressione e all'impatto, in grado di dissipare l'urto senza rotture di tipo fragile. Infatti, la prova viene superata con eccellenti prestazioni, la superficie sottoposta all'impatto della grandine non ha subito danneggiamenti che possono compromettere la tenuta del sistema (in particolare la lesione della lamina di alluminio superficiale) per una velocità massima di impatto di 37 m/s equivalente a 133 km/h.

Si stima che la velocità media di impatto da grandine sia tipicamente inferiore e pari a 100/110 km/h, quindi una condotta di distribuzione aria Isover CLIMAVER® STAR ha un ottimo comportamento anche in caso di grandine.



### B - SISTEMI DI ISOLAMENTO A CAPPOTTO

Gli impatti della grandine sulle facciate degli edifici coibentati con i sistemi ETICS possono talvolta causare rilevanti danni agli strati di cui il cappotto è costituito; al fine di valutare il comportamento di questi eccezionali eventi meteorici su tali superfici, sono state eseguite delle prove in conformità alla norma UNI 10890:2000 destinata agli elementi orizzontali di copertura: tale norma, seppur non destinata alla caratterizzazione dei sistemi a cappotto, può comunque essere considerata significativa anche per gli ETICS, sebbene più gravosa in considerazione del fatto che l'intensità degli impatti sulle superfici orizzontali è maggiore rispetto a quella agente sulle superfici verticali. La prova effettuata consiste nella determinazione del danno rilevato su superficie orizzontale causato dal lancio ad aria compressa in un tubo verticale di sfere in poliammide di diametro 40 mm e massa 38,5 g. Come danno è stata considerata la formazione di cavillature superficiali che tipicamente pregiudicano la funzionalità di un sistema a cappotto. Con tali prove è stata misurata la massima velocità della sfera (grandine) alla quale è imputata la creazione del danno, ovvero la formazione di cavillature superficiali. Il sistema **webertherm comfort G3**, nella configurazione che prevede la rasatura armata eseguita con **webertherm AP60 TOP F** impastato con lo speciale componente liquido **weber L50 TOP**, ha fatto registrare una velocità limite di danno (oltre la quale si è avuta la formazione della prima cavillatura) pari a circa 85 km/h con un incremento superiore al 40% rispetto ai tradizionali cappotti con pannello in EPS. Tale risultato è stato raggiunto grazie alle proprietà elastiche del pannello in lana di vetro che, a differenza di pannelli rigidi, è in grado di assorbire gli urti senza danneggiarsi, unitamente al contributo della rasatura bicomponente armata, più resistente e flessibile.

### C - MEMBRANE IMPERMEABILIZZANTI

Resistenza alla grandine secondo la norma UNI EN 13583:2012 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e gomma per impermeabilizzazione di coperture - Determinazione della resistenza alla grandine. Prove condotte presso l'Istituto Giordano, sia nel caso di supporto morbido (simulando quindi la presenza di un materiale isolante sotto l'impermeabilizzazione) che di supporto rigido (simulando quindi

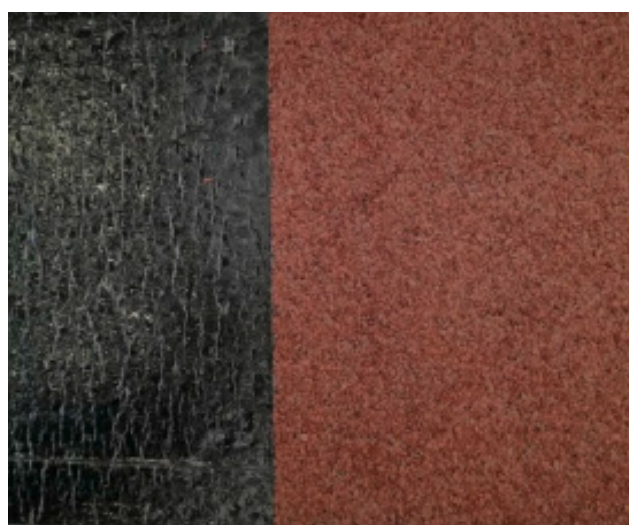
la presenza di solaio di copertura rigido sotto l'impermeabilizzazione).

Secondo la norma la resistenza alla grandine è espressa come la velocità di danneggiamento " $v_d$ " della sfera in m/s, arrotondata all'intero più prossimo, che ha causato la perforazione in massimo uno su cinque lanci.

Saint-Gobain Italia ha sottoposto a prova con eccellenti risultati in termini di tenuta e sicurezza le membrane bitume-polimero:

- Bituver Fleximat Mineral 4 mm P;
- Bituver Renover Mineral 4 mm P;
- Bituver Monoplus Mineral 4 mm P;
- Bituver Monoplus Mineral TF;
- Bituver M-25 Mineral TF;
- Bituver Renover Xtra Mineral TF.

Prodotto	Rapporto di prova Istituto Giordano	Resistenza alla grandine secondo la norma UNI 13583:2012	
		Tipo di supporto	Velocità di danneggiamento " $v_d$ "
Bituver Fleximat Mineral 4 mm P	n° 371152	Morbido	33 m/s
Bituver Fleximat Mineral 4 mm P	n° 371151	Rigido	53 m/s
Bituver Renover Mineral 4 mm P	n° 369685	Morbido	34 m/s
Bituver Renover Mineral 4 mm P	n° 369684	Rigido	44 m/s
Bituver Monoplus Mineral 4 mm P	n° 369683	Morbido	19 m/s
Bituver Monoplus Mineral 4 mm P	n° 369682	Rigido	24 m/s
Bituver Monoplus Mineral TF (certificata per la resistenza al fuoco esterno - B <sub>ROOF</sub> (t2))	n°414995	Rigido	47 m/s
		Morbido	20 m/s
Bituver M-25 Mineral TF (certificata per la resistenza al fuoco esterno - B <sub>ROOF</sub> (t2))	n°IG 414994	Rigido	42 m/s
		Morbido	25 m/s
Bituver Renover Xtra Mineral TF (certificata per la resistenza al fuoco esterno - B <sub>ROOF</sub> (t2))	n°IG 417629	Rigido	37 m/s
		Morbido	27 m/s



#### 4.4.4 RESISTENZA AL CARICO DA NEVE

La neve depositata su una condotta posta in copertura potrebbe raggiungere un elevato peso prolungato nel tempo tanto da comprometterne la tenuta e la stabilità con conseguente interruzione del funzionamento dell'impianto. In fase progettuale il peso della neve che potrebbe depositarsi su una condotta è quindi un fattore da non sottovalutare.

Le condotte di distribuzione aria Isover CLIMAVER® STAR sono state sottoposte a prova di resistenza al carico uniformemente distribuito sulla superficie piana presso l'Istituto Giordano con la finalità di simulare il carico da neve altrimenti difficilmente ipotizzabile.

Le prove hanno permesso di verificare l'effettiva tenuta e deformazione della condotta, con il carico applicato sulla superficie a vista della stessa negli spazi liberi tra un supporto metallico e l'altro. Inoltre, è stata verificata la tenuta del giunto tra due tratti di condotta successivi, principale punto di criticità.

I pannelli in lana di vetro ad elevata densità che costituiscono le condotte di distribuzione aria Isover CLIMAVER® STAR, hanno elevata resistenza alla compressione e all'impatto garantendo un'ottima elasticità al sistema.

Grazie a queste caratteristiche, le condotte di distribuzione aria Isover CLIMAVER® STAR hanno superato le prove sperimentali con eccellenti prestazioni:

- circa 335 kg/m<sup>2</sup> come carico massimo ammissibile (sezione condotta 1600x900 mm - interasse supporti 0,40 m)
- circa 385 kg/m<sup>2</sup> come carico massimo ammissibile (sezione condotta 600x600 mm - interasse supporti 1,20 m)
- circa 200 kg/m<sup>2</sup> di carico massimo prolungato nel tempo - oltre 60 ore - per simulare al meglio una reale condizione (sezione condotta 600x600 mm - interasse supporti 1,20 m).



# 5. ACUSTICA

---

5.2 RUMORI AEREI - FONOISOLAMENTO	80
5.3 PROTEZIONE ACUSTICA RISPETTO AL RUMORE ESTERNO	81
5.4 RUMORI IMPATTIVI - LIVELLO DI RUMORE DA CALPESTIO	82
5.5 CONDOTTE DI DISTRIBUZIONE DELL'ARIA	83
5.6 LA PROGETTAZIONE ACUSTICA DI AMBIENTI DIDATTICI SECONDO LA NUOVA NORMA UNI 11532-2:2020*	85
5.7 LA NORMATIVA ACUSTICA SULL'EDILIZIA SCOLASTICA IN ITALIA, LA NUOVA UNI 11532-2	86
5.8 NORMA UNI 11532-2: REQUISITI E CRITERI DI PROGETTAZIONE ACUSTICA	88
5.9 CASI DI STUDIO	101

## 5. ACUSTICA

Il comfort acustico ha conseguenze dirette sulla salute, il comportamento e l'apprendimento degli studenti.



Perdita dell'udito



Variazione della frequenza cardiaca



Aumento della pressione sanguigna



Riduzione del benessere e peggioramento della reazione allo stress



ADHD (Attention Deficit Hyperactive Disorder) ed aggressività



Disturbi del sonno, affaticamento ed irritabilità

### LA QUALITÀ DELL' ACUSTICA INFLUISCE SULL' APPRENDIMENTO SCOLASTICO

#### Sorgenti di rumore interne

##### Peggiori risultati scolastici.

Dati raccolti in Florida, confrontando studenti in scuole con sistemi di condizionamento più rumorosi e studenti in aule più silenziose.

Per ogni aumento di 10-12 dB di rumore i voti in lingua e matematica degli studenti francesi diminuivano di 5,5 punti.



#### Sorgenti di rumore esterne

Gli studenti di una scuola inglese situata lungo una rotta aerea non comprendevano **1 parola su 4**, con effetti negativi sull'apprendimento della lingua.

**Peggiori capacità di lettura** sono state rilevate in studenti di scuole vicine ad un aeroporto di New York e Londra Heathrow, rispetto a quelli in luoghi più silenziosi.

“L'isolamento acustico è l'insieme delle misure prese per ridurre la trasmissione di suoni o rumori a partire dalle sorgenti che li generano fino ai luoghi che devono essere protetti. Riguarda sia i rumori che si propagano attraverso l'aria (rumori aerei), sia quelli che si trasmettono per via strutturale (rumori impattivi, vibrazioni e trascinarsi di oggetti).”

## 5.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

### D.P.C.M. del 05/12/97

Il D.P.C.M. 5/12/1997 è un decreto attuativo dell'art. 3 comma 1 lettera e) della Legge 447 del 1995 (Legge quadro sull'inquinamento acustico) e riguarda la determinazione di:

- requisiti acustici di sorgenti sonore interne agli edifici;
- requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera.

Il Decreto è stato emanato per *“fissare criteri e metodologie per il contenimento dell'inquinamento da rumore all'interno degli ambienti abitativi”* con il fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

Di seguito i valori limite da rispettare in opera. Regolamenti locali possono imporre valori più restrittivi.

Tabella A - Classificazione degli ambienti abitativi		Tabella B - Requisiti acustici passivi degli edifici					
Cat. A	Edifici adibiti a residenza o assimilabili	Cat. (Tab. A)	Parametri (dB)				
Cat. B	Edifici adibiti a uffici e assimilabili		R' <sub>w</sub>	D <sub>2m,nT,w</sub>	L' <sub>n,w</sub>	L <sub>ASmax</sub>	L <sub>Aeq</sub>
Cat. C	Edifici adibiti a alberghi, pensioni ed attività assimilabili	D	55	45	58	35	25
Cat. D	Edifici adibiti a ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	A, C	50	40	63	35	35
Cat. E	Edifici adibiti a attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	E	50	48	58	35	25
Cat. F	Edifici adibiti a attività ricreative o di culto e assimilabili	B, F, G	50	42	55	35	35
Cat. G	Edifici adibiti a attività commerciali o assimilabili						

I limiti di R'<sub>w</sub> sono valori minimi consentiti e riguardano solo **“elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari”**. Pertanto nel D.P.C.M 5/12/97 non vi sono specifiche prescrizioni per le pareti tra aule scolastiche.

### D.M. n. 256 del 23 GIUGNO 2022

#### “AFFIDAMENTO DI SERVIZI DI PROGETTAZIONE E AFFIDAMENTO DI LAVORI PER INTERVENTI EDILIZI”

Con l'emanazione dei Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'edilizia pubblica, che nascono con l'obiettivo di ridurre gli impatti ambientali e promuovere modelli di produzione e consumo più sostenibili, è stato compiuto un importante avanzamento in termini legislativi dal punto di vista dell'acustica edilizia.

I Criteri Ambientali Minimi (CAM) sono i requisiti ambientali definiti per le varie fasi del processo di acquisto, volti a individuare la soluzione progettuale, il prodotto o il servizio migliore sotto il profilo ambientale lungo il ciclo di vita, tenuto conto della disponibilità di mercato.

In Italia, l'efficacia dei CAM è stata assicurata grazie all'art. 18 della L. 221/2015 e, successivamente, all'art. 34 recante “Criteri di sostenibilità energetica e ambientale” del D.Lgs. 50/2016 “Codice degli appalti” (modificato dal D.Lgs 56/2017), che ne hanno reso obbligatoria l'applicazione da parte di tutte le stazioni appaltanti.

Richiamando le normative tecniche più recenti, anche l'ultima versione dei CAM per l'edilizia “Affidamento di servizi di progettazione e affidamento di lavori per interventi edilizi” (approvato con D.M. 23 giugno 2022 n. 256, GURI n. 183 del 8 agosto 2022 - in vigore dal 4 dicembre 2022) che sostituisce il D.M. dell'11/10/2017, fornisce indicazioni chiare sui requisiti acustici da garantire nel caso di nuova costruzione e ristrutturazione di edifici pubblici, tra cui gli edifici scolastici.

Nello specifico, al paragrafo 2.4.11 “Prestazioni e comfort acustici” è indicato quanto segue:

- I valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della **Classe II** del prospetto 1 norma UNI 11367.
- I requisiti acustici passivi di ospedali, case di cura e scuole devono soddisfare il livello di “prestazione superiore” riportato nell'Appendice A della UNI 11367.
- L'isolamento acustico tra ambienti di uso comune ed ambienti abitativi deve rispettare almeno i valori caratterizzati come **“prestazione buona”** nell'Appendice B della UNI 11367.
- Gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori di tempo di riverberazione (T) e intelligibilità del parlato (STI) indicati nella norma UNI 11532-2.

L'approccio generale del decreto è quello di imporre, per gli appalti pubblici, limiti e quantitativi sempre aggiornati con la normativa tecnica in materia. Infatti, le norme tecniche in acustica sono richiamate senza che ne venga indicato l'anno quindi si deve fare riferimento sempre alla versione più aggiornata. Nel caso di

decreti o regolamenti che indichino dei valori differenti da quelli richiamanti dai CAM i valori da conseguire sono quelli che prevedano le prestazioni più restrittive, come ad esempio per l'isolamento acustico di facciata delle scuole, restano prevalenti i limiti del D.P.C.M. 5/12/1997.

Nel caso di interventi su edifici esistenti, si applicano le prescrizioni indicate nelle UNI 11367 se l'intervento riguarda la ristrutturazione totale degli elementi edilizi di separazione tra ambienti interni ed ambienti esterni o tra unità immobiliari differenti e contempi, la realizzazione di nuove partizioni o di nuovi impianti. Per gli altri interventi su edifici esistenti va assicurato comunque il miglioramento dei requisiti acustici passivi preesistenti se non rispettano già quelli indicati dai CAM.

Anche l'ultima versione dei CAM prevede, in fase di progetto, una relazione acustica di calcolo previsionale e in fase di verifica finale della conformità una relazione di collaudo basata su misure acustiche in opera, entrambi gli elaborati devono essere redatti da un tecnico competente in acustica.

## UNI 11367: "CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DELLE UNITÀ IMMOBILIARI - PROCEDURA DI VALUTAZIONE E VERIFICA IN OPERA"

Il D.M. n. 256 del 23 giugno 2022 "Affidamento di servizi di progettazione e affidamento di lavori per interventi edilizi", citato in precedenza, ha imposto, per le gare di appalto degli edifici pubblici, il raggiungimento della Classe II e di altri parametri descritti nella UNI 11367 quali il comfort in ospedali e scuole, la qualità acustica interna degli ambienti e l'isolamento delle stanze rispetto alle parti comuni. La norma UNI 11367 aggiornata nel marzo 2023 è stata armonizzata con le norme della serie UNI 11532.

### VALORI LIMITE CLASSI ACUSTICHE

Classe Acustica	Indici di valutazione				
	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	$R'_w$ [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	$L_{ic}$ [dB]	$L_{id}$ [dB]
I	$\geq 43$	$\geq 56$	$\leq 53$	$\leq 25$	$\leq 30$
II	$\geq 40$	$\geq 53$	$\leq 58$	$\leq 28$	$\leq 33$
III	$\geq 37$	$\geq 50$	$\leq 63$	$\leq 32$	$\leq 37$
IV	$\geq 32$	$\geq 45$	$\leq 68$	$\leq 37$	$\leq 42$

## APPENDICI

### Appendice A - Prospetto A1 - Requisiti acustici di ospedali, case di cura e scuole

Parametri	Prestazione di base	Prestazione superiore
Isolamento di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ )	$\geq 38$	$\geq 43$
Partizioni fra ambienti di differenti U.I. ( $R'_w$ )	$\geq 50$	$\geq 56$
Calpestio fra ambienti di differenti U.I. ( $L'_{n,w}$ )	$\leq 63$	$\leq 53$
Livello impianti a funzionamento continuo ( $L_{ic}$ ), ambienti diversi da quelli di installazione	$\leq 32$	$\leq 28$
Livello massimo impianti a funzionamento discontinuo, ( $L_{id}$ ) in ambienti diversi da quelli di installazione	$\leq 39$	$\leq 34$
Isolamento acustico di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa U.I. ( $D_{nT,w}$ )	$\geq 50$	$\geq 55$
Isolamento acustico di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa U.I. ( $D_{nT,w}$ )	$\geq 45$	$\geq 50$
Calpestio fra ambienti sovrapposti della stessa U.I. ( $L'_{n,w}$ )	$\leq 63$	$\leq 53$

## Appendice B - Prospetto B1 - Isolamento acustico tra ambienti di uso comune e ambienti abitativi

Livello prestazionale	Isolamento acustico normalizzato tra ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{nt,w}$ [dB]	
	Ospedali e scuole	Altre destinazioni d'uso
Prestazione ottima	$\geq 34$	$\geq 40$
Prestazione buona	$\geq 30$	$\geq 36$
Prestazione di base	$\geq 27$	$\geq 32$
Prestazione modesta	$\geq 23$	$\geq 28$

Per tutte le destinazioni d'uso non comprese nelle UNI 11532 parte 1 e 2 è possibile fare riferimento alle prestazioni di Chiarezza C50 e STI riportate nella norma UNI 11367.

Valori consigliati	T	C <sub>50</sub>	STI
Ambienti adibiti al parlato	$T_{ott} = 0,32\log(V) + 0,03$ [s]	$\geq 0$	$\geq 0,6$
Ambienti adibiti ad attività sportive	$T_{ott} = 1,27\log(V) - 2,49$ [s]	$\geq -2$	$\geq 0,5$

Il Decreto CAM prevede che: “Le scuole soddisfano almeno i valori di riferimento di requisiti acustici passivi e comfort acustico interno indicati nella UNI 11532-2.

Gli ambienti interni che ancora non trovano collocazione nelle norme UNI 11532 parte 1 e 2 devono rispettare le indicazioni della norma UNI 11367.

### Prospetto riepilogativo delle verifiche previste in un progetto acustico

Grandezza	Descrizione	Destinazione d'uso	Ambiente
$D_{2m,nT,w}$ (dB)	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata	Edificio pubblico ad uso uffici, scolastico, ospitalità, ospedaliero...	Ogni ambiente destinato all'uso e alla permanenza di persone
$R'_w$ (dB)	Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari	Edificio pubblico ad uso uffici, scolastico, ospitalità, ospedaliero...	Ogni ambiente destinato all'uso e alla permanenza di persone
$L'_{n,w}$ (dB)	Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliare	Edificio pubblico ad uso uffici, scolastico, ospitalità, ospedaliero...	Ogni ambiente destinato all'uso e alla permanenza di persone
$L_{ic}$ (dB(A))	Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo in ambienti diversi da quelli di installazione	Edificio pubblico ad uso uffici, scolastico, ospitalità, ospedaliero...	Ogni ambiente destinato all'uso e alla permanenza di persone
$L_{id}$ (dB(A))	Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo in ambienti diversi da quelli di installazione	Edificio pubblico ad uso uffici, scolastico, ospitalità, ospedaliero...	Ogni ambiente destinato all'uso e alla permanenza di persone
$D_{nT,w}$ (dB)	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare	Edificio pubblico ad uso scolastico, ospedaliero...	Aule, camere di degenza, studi medici, biblioteche
$D_{nT,w}$ (dB)	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni i fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare	Edificio pubblico ad uso scolastico, ospedaliero...	Aule, camere di degenza, studi medici, biblioteche
$L'_{n,w}$ (dB)	Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare	Edificio pubblico ad uso scolastico, ospedaliero...	Aule, camere di degenza, studi medici, biblioteche
$D_{nT,w}$ (dB)	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi	Edificio pubblico ad uso scolastico, ospedaliero...	Aule, camere di degenza, studi medici
STI	Speech transmission index	Edificio pubblico ad uso scolastico	Aule con e senza impianto di amplificazione ( $V > 250m^3$ )
$T_{30}$	Tempo di riverberazione	Edificio pubblico ad uso scolastico	Aule, palestre, biblioteche*
$C_{50}$	Chiarezza	Edificio pubblico ad uso scolastico	Aule

	STI	Tempo di riverberazione	Potere fonisolante apparente $R'_w$	$D_{nT,w}$	$D_{2m,nT,w}$	Categorie UNI 11532-2
Aula didattica	Prospetto 4 della UNI 11532-2	Prospetto 6 della UNI 11532-2	Appendice A UNI 11367	Appendice A UNI 11367	DPCM in deroga a UNI 11367	A3
Mensa	-	Prospetto 7 della UNI 11532-2 Sono indicati i valori di A/V per la categoria A6, tra cui mense e corridoi, da cui si può ricavare il Tempo di riverberazione.	Solo se confinante con altre unità immobiliari			A6.4
Corridoi	-			Appendice B UNI 11367		A6.3

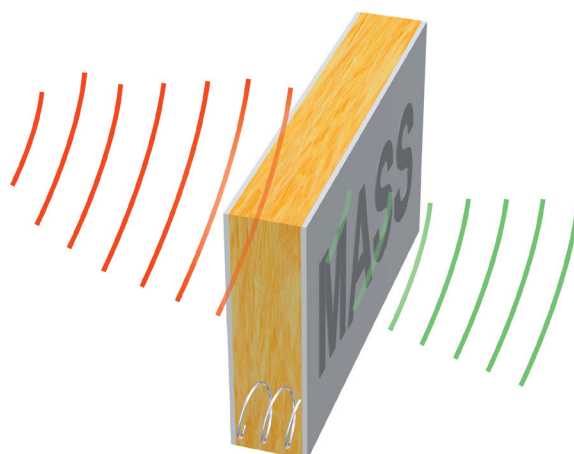
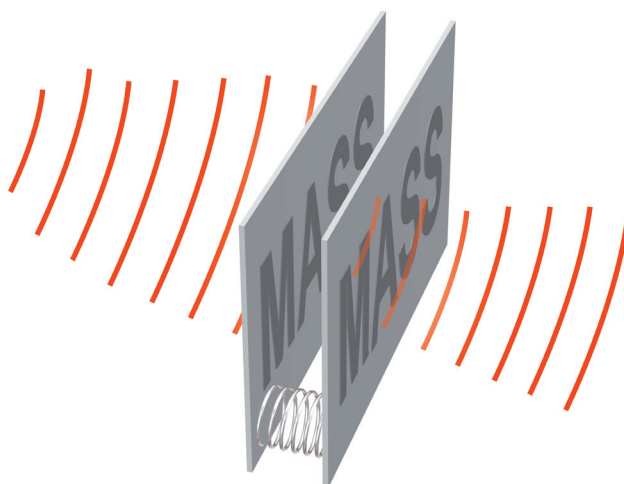
## 5.2 RUMORI AEREI - FONOIOLAMENTO

L'isolamento da rumori aerei, ad esempio tra diversi ambienti, locali adiacenti o sovrapposti, può essere ottenuto sfruttando differenti soluzioni tecniche:

- Soluzioni isolanti basate sulla **massa**, per cui l'isolamento acustico è essenzialmente funzione della massa superficiale dell'elemento costruttivo.
- Soluzioni isolanti basate sul sistema **massa-molla-massa**, dove l'isolamento acustico dipende dalla massa superficiale dei due paramenti costituenti la partizione e dal materiale interno all'intercapedine che svolge la funzione di molla.

Il sistema *massa-molla-massa* è il principio di base dei sistemi a secco (la massa è costituita dalle lastre in gesso rivestito, mentre la molla è costituita dall'aria o dal materiale fonoassorbente presente nell'intercapedine), ed è la soluzione ideale per l'isolamento acustico dai rumori aerei, consentendo di abbinare inoltre velocità di posa e leggerezza.

I prodotti in lana di minerale, vetro e roccia inseriti nell'intercapedine riducono i fenomeni di risonanza delle cavità, aumentando in modo considerevole l'isolamento acustico. La quantificazione dell'isolamento acustico dai rumori aerei avviene mediante la determinazione dell'**indice di potere fonoisolante apparente  $R'_w$**  (dB) (misurato in opera) che differisce ed è sempre inferiore al **potere fonoisolante  $R_w$**  (dB) (misurato in laboratorio), in quanto il primo tiene conto degli incrementi di trasmissione di rumore dovuto ai percorsi laterali presenti in opera.



### 5.3 PROTEZIONE ACUSTICA RISPETTO AL RUMORE ESTERNO

Nel caso di sorgenti di rumore provenienti dall'esterno, si valuta l'**isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione  $D_{2m,nT}$**  che dipende dal potere fonoisolante della facciata, dall'influenza della forma esterna della facciata, come la presenza di elementi di discontinuità (balconi, aggetti, ecc.) e dalle dimensioni degli ambienti.

Per facciata si intendono sia le superfici esterne verticali (pareti) sia le superfici esterne piane o inclinate (coperture).

Al fine di determinare l'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata  $D_{2m,nT,w}$  occorre quindi tenere presente:

- i singoli indici di potere fonoisolante  $R_w$  dei componenti opachi e trasparenti coinvolti nella trasmissione diretta del rumore e la rispettiva percentuale rispetto alla superficie complessiva della superficie interna della facciata, ricavando da quali, con l'aggiunta della trasmissione laterale l'indice del potere fonoisolante composto in opera, denominato  $R'_w$ ;
- le caratteristiche geometriche dell'ambiente ricevente (volumi e superfici) e la forma della facciata;
- il tempo di riverberazione di riferimento  $T_0$ , pari a 0,5 s.

Per quanto riguarda le coperture, uno studio effettuato dall'Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC - CNR, Milano) ha misurato che, considerando una stratigrafia specifica di copertura in legno, il valore  $R_w$  è superiore al  $D_{2m,nT,w}$  di circa 7-9 dB.

Questa enorme differenza dipende dal fatto che nelle prove con superficie inclinata, rispetto alle prove in verticale, subentra una componente dovuta alla forza peso che contribuisce negativamente all'isolamento acustico determinando una perdita di isolamento alle frequenze medio basse. I risultati ottenuti nel presente studio forniscono un utile strumento per la scelta del pacchetto da utilizzare per la realizzazione di un tetto in legno. Da quanto sopra analizzato si evince che, come del resto per altri elementi edilizi, non è tanto il comportamento del singolo materiale bensì la combinazione e l'ordine dei diversi elementi che, nel loro insieme, forniscono valori più o meno elevati di isolamento acustico.

**Di seguito ulteriori valutazioni riguardanti l'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ):**

Componente	Variazione delle prestazioni	Note
Aggiunta del primo strato di OSB sp. 19 mm sopra l'assito in legno	+2/+4 dB	Il primo strato di OSB aumenta la massa di base della copertura, migliorando l'isolamento acustico
Spessore lana minerale Isover	+1 dB/cm	Per ogni cm in più di isolante, il valore $D_{2m,nT,w}$ aumenta di +1 dB (per es. usando 4 cm in più di isolante minerale Isover, il valore di $D_{2m,nT,w}$ può aumentare fino a 4 dB)
Posa della lana minerale Isover tra i listelli rispetto all'isolante minerale Isover posato in continuo sotto il secondo strato di OSB	+3/+4 dB	Grazie alla presenza della lana minerale e all'incremento dell'intercapedine, la struttura del tetto diventa più rigida, migliorando così l'isolamento acustico
Assenza del secondo strato di OSB sp. 19 mm posato sopra l'isolante minerale Isover	-3/-4 dB	Il secondo strato di OSB è molto importante ai fini acustici perché costituisce la seconda massa del sistema "massa-molla-massa"

**Le nostre valutazioni e i calcoli sui valori di  $R_w$  indicano che:**

- guadagno 1 dB al cm aumentando lo spessore dei pannelli Isover su coperture a falda con struttura in legno;
- guadagno 0,5 dB al cm aumentando lo spessore dei pannelli Isover su coperture in latero-cemento.

## 5.4 RUMORI IMPATTIVI - LIVELLO DI RUMORE DA CALPESTIO

I rumori impattivi sui solai possono essere causati da impatti, urti (caduta di oggetti, calpestio, ecc.), e vibrazioni (macchinari, trascinamento di mobili).

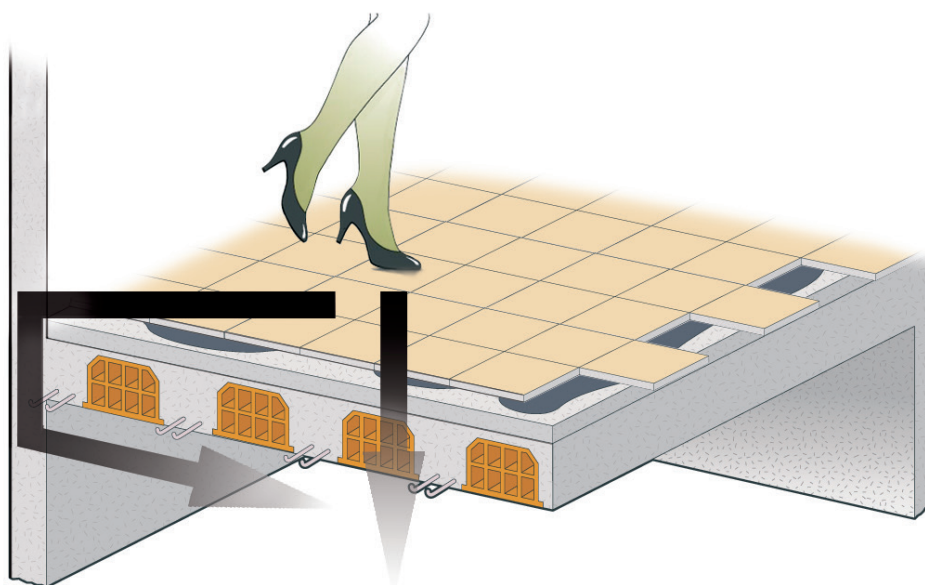
A causa dei collegamenti rigidi delle strutture, la trasmissione dei rumori impattivi raggiunge, al contrario dei rumori aerei, parti dell'edificio molto distanti dalla sorgente del rumore stesso.

Per isolarsi acusticamente dai rumori impattivi, la soluzione più efficace in termini di risultati ed efficiente in termini economici consiste nell'utilizzo del cosiddetto "massetto galleggiante", il cui scopo è quello di ottenere una pavimentazione priva di collegamenti rigidi con le altre strutture.

Questa totale desolidarizzazione è ottenuta interponendo un idoneo materiale resiliente tra la pavimentazione e il solaio portante. La separazione della pavimentazione deve essere mantenuta anche nei confronti dei muri laterali. Di grande importanza risulta la qualità di realizzazione del massetto galleggiante poiché anche piccoli collegamenti rigidi riducono sensibilmente le prestazioni di isolamento acustico del sistema.

Il requisito acustico che caratterizza il comportamento di questi componenti edilizi nei confronti dei rumori impattivi è **l'indice di valutazione del rumore di calpestio in opera  $L'_{n,w}$  [dB]**:

- $L'_{n,w}$  indice di valutazione del livello di rumore da calpestio (misurato in laboratorio).
- $L'_{n,w}$  indice di valutazione del livello di rumore da calpestio normalizzato (misurato in opera).



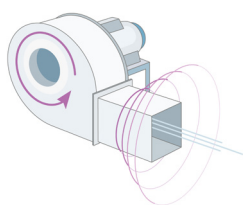
## 5.5 CONDOTTE DI DISTRIBUZIONE DELL'ARIA

I sistemi di condizionamento dell'aria sono una delle principali cause di disturbo uditivo e su tali impianti vanno concentrati gli sforzi e la ricerca per la riduzione e l'abbattimento delle emissioni sonore. Il rumore generato dal funzionamento degli impianti all'interno degli edifici è dovuto ad una complessa combinazione ed interazione di processi di trasmissione e radiazione sonora per via aerea, per via strutturale e all'interno dei condotti e delle tubazioni. Il rumore percepito è principalmente causato dalla propagazione del rumore aereo all'interno dei condotti e dall'insieme di vibrazioni meccaniche dovute al funzionamento stesso dell'impianto, queste sono trasmesse negli ambienti attraverso i punti di appoggio e le giunzioni che lo ancorano alle strutture dell'edificio. Il rumore aereo è altresì aggravato da componenti che si trasmettono per via puramente strutturale. Sono presenti quasi sempre componenti tonali, sia a bassa frequenza (rumore rombante) sia ad alta frequenza (rumore sibilante).

Occorre sottolineare l'importanza del coordinamento fra progettazione impiantistica e progettazione architettonica e acustica che andrebbero sviluppate congiuntamente per garantire i migliori risultati, anche dal punto del benessere acustico.

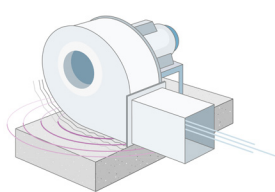
Per impostare correttamente la progettazione acustica di un impianto aeraulico occorre considerare tutte le modalità di generazione del rumore nei sistemi di trattamento e distribuzione dell'aria e valutare la trasmissione di energia vibroacustica per via solida e per via aerea.

### SISTEMA DI VENTILAZIONE



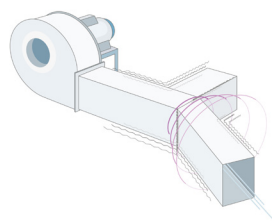
La sorgente primaria è costituita dal ventilatore: parte della potenza acustica prodotta è irradiata direttamente dalla carcassa del ventilatore, parte è trasmessa alla rete aeraulica.

### VIBRAZIONE DELLA MACCHINA



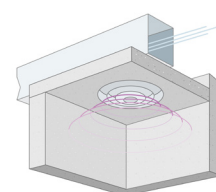
Il ventilatore, come tutte le macchine rotanti, genera nel funzionamento vibrazioni, che possono propagarsi alle strutture edilizie e alla rete aeraulica.

### CIRCOLAZIONE DELL'ARIA



Le sorgenti secondarie sono dovute principalmente al moto turbolento dell'aria nei condotti e, in misura minore, alla trasmissione sonora attraverso le pareti dei condotti.

### BOCCHETTE E DIFFUSORI



Per ultimo, la generazione e trasmissione del rumore può avvenire attraverso le bocchette di aerazione.

### Scelta della tipologia costruttiva delle condotte aerauliche

Riportiamo a seguire il confronto dei valori di coefficiente di assorbimento acustico e di attenuazione (dB/5 m) nelle bande di ottava comprese fra 125 Hz e 2 kHz per le soluzioni di condotte tradizionali e condotte Isover CLIMAVER®, a parità di condotto rettangolare di sezione 300x400 mm.

Si noti come il valore di attenuazione ottenuto con la soluzione Isover CLIMAVER® A2 neto sia confrontabile con quello offerto da un silenziatore classico dissipativo, con il vantaggio di evitare perdite di pressione dell'ordine di svariate decine di pascal. Tale risultato è dovuto alla struttura costruttiva del prodotto, in cui l'assorbimento acustico è realizzato con uno strato in lana di vetro rivestito sulla faccia interna da tessuto fibroso a struttura porosa o fonotrasparente.



**Canale metallico isolato esternamente**

[Hz]	125	250	500	1000	2000
Assorbimento acustico ( $\alpha$ )	0,03	0,03	0,05	0,05	0,03
$\Delta L$ (dB/5m)	0,5	0,5	1	1	0,5



**Condotta autoportante PUR**

[Hz]	125	250	500	1000	2000
Assorbimento acustico ( $\alpha$ )	0,02	0,01	0,02	0,13	0,19
$\Delta L$ (dB/5m)	0,5	0,5	1	1	0,5

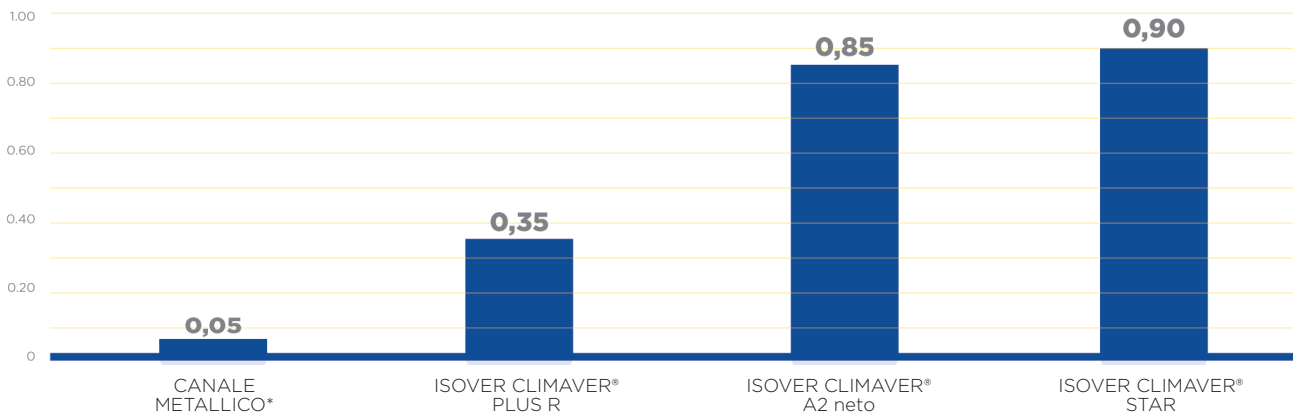


**Condotta autoportante Isover CLIMAVER® A2 neto**

[Hz]	125	250	500	1000	2000
Assorbimento acustico ( $\alpha$ )	0,025	0,6	0,65	0,95	1
$\Delta L$ (dB/5m)	8,8	29	33	57	61

Principali proprietà acustiche delle tipologie di condotti di cui alla Figura sotto

**ASSORBIMENTO ACUSTICO ( $\alpha_w$ )**



\* Risultati molto simili per materiali a celle chiuse

**Isover CLIMAVER® A2 neto**



Caratteristiche costruttive del condotto Isover CLIMAVER® A2 neto.

**Rivestimento interno: tessuto acustico "neto"**



In un canale Isover **CLIMAVER® A2 neto** l'assorbimento acustico è massimizzato grazie alla **POROSITÀ** del tessuto acustico neto posto sulla faccia interna del pannello.

**Core: lana di vetro**

In un canale Isover **CLIMAVER®** l'assorbimento acustico avviene grazie alle **CARATTERISTICHE INTRINSECHE** del materiale costituente: la lana di vetro. Come tutti i prodotti a **celle aperte**, la lana di vetro contribuisce ad assorbire il rumore. Al contrario, **tutti i materiali a celle chiuse non contribuiscono** ma anzi ostacolano questo importante fenomeno.

## 5.6 LA PROGETTAZIONE ACUSTICA DI AMBIENTI DIDATTICI SECONDO LA NUOVA NORMA UNI 11532-2:2020\*

La qualità acustica degli ambienti chiusi riguarda il controllo della propagazione delle onde sonore all'interno di spazi in base al loro utilizzo. Questo è un aspetto del più generale concetto di comfort e, di conseguenza, è uno dei fattori che bisogna prendere in considerazione al fine di migliorare la qualità della vita e dello svolgimento delle attività in determinati spazi. Nelle aule scolastiche bisogna focalizzarsi sull'**intelligibilità del parlato**. Incrementare l'intelligibilità vuol dire incrementare la comunicazione di informazioni tra docenti e studenti; numerosi studi indicano che, al di là degli aspetti acustici, una buona intelligibilità aumenta la capacità di concentrazione degli studenti e diminuisce l'insorgere di patologie professionali degli insegnanti, dovute a eccessivo sforzo vocale prolungato nel tempo.

Dal punto di vista acustico l'intelligibilità del parlato è determinata dalle caratteristiche geometriche e dalle caratteristiche dei materiali dello spazio all'interno del quale avviene la comunicazione. Su questo tipo di grandezze il progettista acustico ha un controllo diretto, scegliendo posizione e tipologia dei materiali per il controllo acustico. La presente guida alla progettazione avrà quindi come obiettivo la definizione delle buone regole per la scelta e la differenziazione dei materiali per il controllo della qualità acustica.

L'intelligibilità è inoltre influenzata dal rapporto segnale-rumore (SNR) alla posizione di ascolto, ovvero la differenza fra il livello sonoro del segnale utile (voce del docente) ricevuto ed il livello sonoro del rumore di fondo. Quest'ultimo, a sua volta, è la somma dal contributo del rumore proveniente dagli impianti e/o dal rumore delle infrastrutture adiacenti e dal brusio degli studenti (Student Activity, SA).



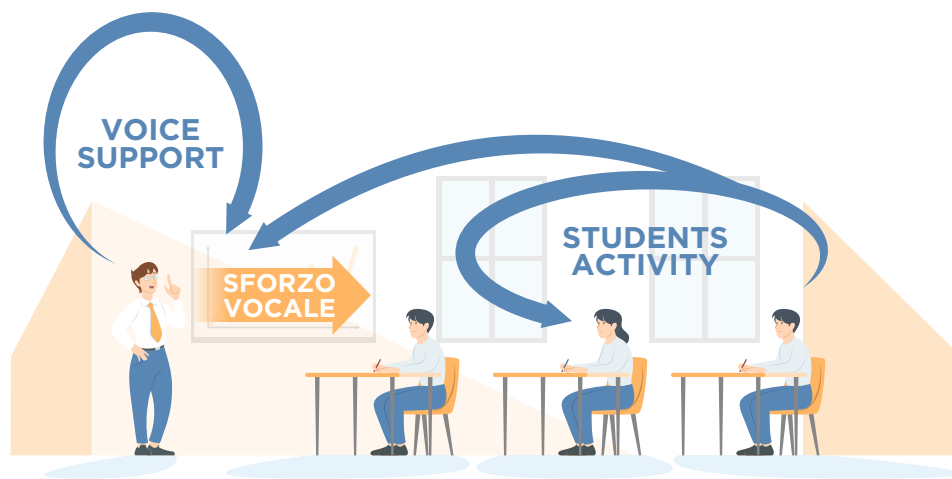
Il descrittore più complesso (e completo) per l'intelligibilità è lo **Speech Transmission Index (STI)** che, a differenza di altri parametri acustici (Tempo di riverberazione T, Chiarezza  $C_{50}$ , etc...), considera l'ambiente di ascolto (l'aula) nel suo funzionamento 'attivo', ed è quindi funzione del citato SNR, ovvero la differenza (in dB) o il rapporto (se consideriamo le energie) già definito in precedenza.

Su questi fattori il progettista acustico non ha un controllo diretto, ma indirettamente ne è responsabile, poiché tali fenomeni dipendono da un corretto comfort acustico, che è spesso in relazione con aspetti non acustici (abitudini di docenti/studenti, contenuti della lezione, aspetti termoigrometrici e illuminotecnici, ...).

Una bassa intelligibilità comporta infatti un affaticamento nella comprensione delle informazioni che arrivano agli studenti e dunque un abbassamento della loro concentrazione, di conseguenza aumenta la possibilità che gli studenti interagiscano fra di loro aumentando il livello di rumore di fondo.

D'altro canto, l'incremento del rumore di fondo spinge il docente ad alzare inconsapevolmente il tono di voce (il cosiddetto effetto Lombard) incrementando lo sforzo vocale. L'effetto Lombard è determinato, oltre che dall'incremento del rumore di fondo, dalle caratteristiche acustiche dell'ambiente. Si parla in questo caso di **Voice Support**, ovvero il meccanismo di feedback acustico alle orecchie dell'oratore che definisce il grado di amplificazione della voce. Un ambiente che ha un buon Voice Support è un ambiente in cui il docente ascolta bene la sua voce; un ambiente con uno scarso Voice Support è un ambiente in cui il docente ha la percezione di non ascoltarsi bene, e istintivamente quindi tende ad alzare il proprio livello di voce. Un buon supporto dell'ambiente permette quindi al docente di mantenere un corretto livello di emissione senza sforzare inutilmente (e pericolosamente) la voce.

\*I paragrafi 5.5, 5.6, 5.7 e 5.8 sono stati curati dal Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Bologna, dal Prof. Ing. Dario D'Orazio, docente e membro esperto della commissione UNI "Acustica e Vibrazioni - GdL Comfort acustico degli ambienti confinati", e dal suo gruppo di lavoro.



In conseguenza di questo, un ambiente con un tempo di riverberazione ridotto, nonostante ‘sembri’ assicurare un’ottima intelligibilità del parlato in condizioni di collaudo, può indurre l’oratore a sforzare la propria voce poiché risulterebbe bassa la percezione che quest’ultimo ha di ciò che sta enunciando e inoltre può portare indirettamente ad aumentare il rumore di fondo dell’ambiente ‘attivo’, dovuto alla Student Activity.

Una buona intelligibilità, al contrario, innesca un meccanismo virtuoso. Da una parte facilita la concentrazione degli studenti rendendo l’ambiente più silenzioso, tendono a diminuire le interazioni tra loro e lo sforzo vocale del docente.

Alla luce di questo scenario, una corretta progettazione di un ambiente per la didattica impone di bilanciare diversi fattori: la corretta riverberazione (né troppo alta né troppo bassa), la distribuzione dell’energia sonora della voce del docente (che deve essere omogenea nello spazio occupato dagli allievi) e le riflessioni date dalla disposizione delle superfici riflettenti e assorbenti (che devono incrementare l’intelligibilità del parlato).

La normativa acustica italiana UNI 11532-2:2020 (ultima correzione maggio 2023), nel definire in modo esplicito e non ambiguo i requisiti di progettazione e di collaudo acustico, tiene conto del meccanismo legato alla comunicazione e all’intelligibilità negli ambienti per la didattica.

## 5.7 LA NORMATIVA ACUSTICA SULL’EDILIZIA SCOLASTICA IN ITALIA, LA NUOVA UNI 11532-2

La correzione acustica delle aule scolastiche ha interessato la normativa tecnica e ministeriale Italiana fin dagli anni ‘60. Le prime prescrizioni progettuali sono state fornite dalla Circ. Min. n. 3150 22/5/1967 [1], che forniva un limite assoluto di tempo di riverberazione, e dal D.M. 18/12/1975 [2], che modulava tale limite in funzione del volume dell’ambiente.

Il valore limite definito nella Circ. Min. del 1967 (1.2 s, mediato tra i 250-2000 Hz), in particolare, è stato richiamato nel D.P.C.M. 5/12/1997.

Più recentemente, la norma sulla classificazione acustica degli edifici UNI 11367 [3] ha reintrodotta il limite in funzione del volume dell’ambiente e, la UNI 11532:2014 [4] ha proposto una collezione di valori limite per ambienti scolastici provenienti da norme tecniche europee.

Le due ultime norme tecniche citate sono state rese cogenti dal collegato ambientale alla legge di stabilità L. 221/28.12.2015 (Green public procurement) [5] e dal D.M. del 23 giugno 2022 (Decreto CAM) [15].

In questo scenario si introduce il nuovo pacchetto di norme UNI 11532 “Qualità acustica in ambienti confinati” (che sostituisce in toto la precedente versione 2014), al quale si fa riferimento diffuso in questa piccola guida alla progettazione. Al momento attuale sono state rilasciate la parte 1 (criteri generali e metodi previsionali) e la parte 2 (riguardante le raccomandazioni per gli ambienti scolastici). E’ in stesura la parte 3, riguardante gli ambienti del settore terziario (uffici, ecc...).

Allargando lo sguardo sullo scenario europeo delle norme sull’acustica degli ambienti scolastici, prescrizioni e indicazioni progettuali sono fornite, tra le altre, dalle NF S31-080 francese [6], dalla BB93 inglese [7] e dalla tedesca DIN 18041 [8]. Proprio quest’ultima è stata la base di partenza per la definizione delle categorie in cui suddividere gli ambienti scolastici. In particolare, sono definiti valori di riferimento per le seguenti categorie:

- A1 Aule destinate alla musica
- A2 Aule magne / aule multi-funzione (parlato/lezione con un unico oratore)
- A3 Aule didattiche (“insegnamento/comunicazione” con più oratori contemporaneamente)
- A4 Aule didattiche destinate a persone con particolari necessità (aule speciali), aule videoconferenza.
- A5 Ambienti per la pratica sportiva (palestre, piscine e similari)
- A6.1 Spazi senza permanenza (vani scala)
- A6.2 Spazi con permanenza ridotta (spogliatoi e similari)
- A6.3 Ambienti per la permanenza di lungo termine (laboratori, biblioteche, etc...)
- A6.4 Ambienti con necessità di riduzione del rumore (area desk, mense, etc...)
- A6.5 Ambienti con particolare necessità di comfort (ambienti scuole materne e nido)

L'approccio seguito nel definire le categorie tiene quindi conto di molteplici criteri, nella necessità di inquadrare funzioni diverse all'interno dello spazio scolastico:

- Funzione (musica, comunicazione verbale, pratica sportiva, ...)
- Modalità di comunicazione verbale (unico oratore nel caso di un'aula magna ad es., più oratori nel caso di un'aula didattica)
- Tempo di permanenza (permanenza nulla / ridotta / permanenza di lungo termine)
- Necessità di riduzione del rumore (mense)

Le seguenti tabelle riassumono i **requisiti normativi per le categorie precedentemente indicate**. Nelle tabelle A è il valore, in metri quadri, di assorbimento acustico equivalente dell'ambiente, V il volume (in metri cubi), h è l'altezza dell'ambiente, in metri; infine, P.A. è l'acronimo di Public Address ovvero impianto di amplificazione sonora. Per quanto riguarda i requisiti di intelligibilità, ricordiamo che  $C_{50}$  è la chiarezza e STI è lo Speech Transmission Index.

Categoria		Requisito di riverberazione			Requisito di intelligibilità			
		Condizione di verifica (ambiente)	Param.	Range di rispetto	V < 250 m <sup>3</sup>		V > 250 m <sup>3</sup>	
					Param.	Range di rispetto	Param.	Range di rispetto
A1	aule musica	occupato	T	125-4000 Hz	--			
A2	aule magne	occupato	T	125-4000 Hz	$C_{50}$	500-2000 Hz	STI	125-8000 Hz
A3	aule didattiche	occupato	T	125-4000 Hz	$C_{50}$	500-2000 Hz	STI	125-8000 Hz
A4	aule speciali	occupato	T	125-4000 Hz	$C_{50}$	500-2000 Hz	STI	125-8000 Hz
A5	palestre	non occupato	T	250-2000 Hz	--			
A6.1	vani scala	non occupato	--		--			
A6.2	spogliatoi	non occupato	A/V	250-2000 Hz				
A6.3	biblioteche	non occupato	A/V	250-2000 Hz				
A6.4	mense	non occupato	A/V	250-2000 Hz				
A6.5	scuole materne	non occupato	A/V	250-2000 Hz				

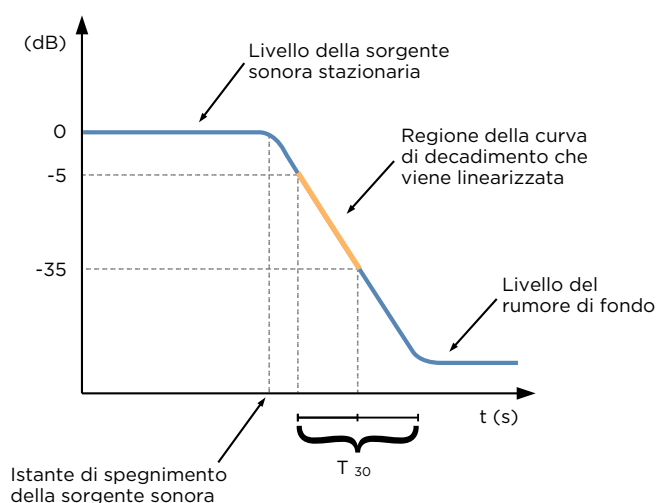
Categoria		Condizione di verifica (ambiente)	Requisito di riverberazione	Requisito di intelligibilità		
				V < 250 m <sup>3</sup>	V > 250 m <sup>3</sup>	
						P.A.*
A1	aule musica	occupato	$T_{\text{ott}}=0,45\log V+0,07$	--		
A2	aule magne	occupato	$T_{\text{ott}}=0,37\log V-0,14$	$C_{50} > 2 \text{ dB}$	STI > 0,50	STI > 0,6
A3	aule didattiche	occupato	$T_{\text{ott}}=0,32\log V-0,17$	$C_{50} > 2 \text{ dB}$	STI > 0,55	STI > 0,6
A4	aule speciali	occupato	$T_{\text{ott}}=0,26\log V-0,14$	$C_{50} > 2 \text{ dB}$	STI > 0,55	STI > 0,6
A5	palestre	non occupato	$T_{\text{ott}}=0,75\log V-1,00$	--	--	--
A6.1	vani scala	non occupato	--	--		
A6.2	spogliatoi	non occupato	$A/V > (4,80+4,69 \log h)^{(1)}$			
A6.3	biblioteche	non occupato	$A/V > (3,13+4,69 \log h)^{(1)}$			
A6.4	mense	non occupato	$A/V > (2,13+4,69 \log h)^{(1)}$			
A6.5	scuole materne	non occupato	$A/V > (1,47+4,69 \log h)^{(1)}$			

Le definizioni, i metodi previsionali e i metodi di verifica dei descrittori acustici citati ( $T$ ,  $C_{50}$ ,  $STI$ ) saranno trattati in dettaglio nei paragrafi seguenti.

## 5.8 NORMA UNI 11532-2: REQUISITI E CRITERI DI PROGETTAZIONE ACUSTICA

Il parametro più significativo legato al decadimento temporale dell'energia sonora è il **tempo di riverberazione  $T$** , il primo parametro ad essere definito - in ordine cronologico - ai primi del '900, ed ancora adesso il più usato. L'utilizzo di questo parametro nella UNI 11532-2:2020 ha alcune peculiarità, quindi può essere utile approfondirlo.

Dal punto di vista della misura (e quindi del collaudo)  $T$  è il tempo necessario affinché il livello di pressione sonora in un punto decada di 60 dB dopo lo spegnimento di una sorgente sonora in regime stazionario. Data la difficoltà tecnica nell'avere un decadimento utile di 60 dB usualmente si riconosce come tempo di riverberazione il valore ottenuto estrapolando il decadimento da -5 a -25 dB o da -5 a -35 dB, indicandolo rispettivamente con  $T_{20}$  o  $T_{30}$ .



I primi 5 dB del decadimento sono quindi non considerati nella valutazione strumentale di  $T$ . Questa regione della curva di decadimento è influenzata dalle prime riflessioni (early reflections), il cui peso varia in funzione della mutua posizione di sorgente sonora e ricevitori. Il tempo di riverberazione invece è, per sua natura, proprietà estensiva dell'ambiente, e quindi deve avere un valore idealmente univoco, indipendente dalle posizioni di sorgenti sonore e ricevitori.

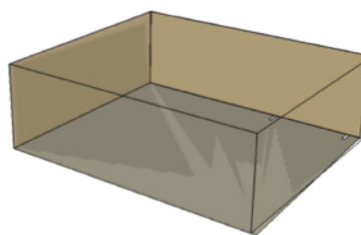
**Perché  $T$  riesca a descrivere univocamente il decadimento sonoro, inoltre, è necessario che venga misurato in condizioni di campo diffuso**, il che avviene dopo alcune riflessioni. Per entrambi questi motivi (che sono in realtà collegati fra loro), e per gli aspetti pratici inerenti la presenza di rumore di fondo residuo nelle misure, il tempo di riverberazione viene misurato come descritto ma risulterà necessario aggiungere altri parametri per quantificare la qualità acustica del parlato. Tali parametri, a differenza del Tempo di riverberazione, considerano l'intero fenomeno sonoro, non trascurando i primi 5 dB di decadimento.

Il tempo di riverberazione può essere anche valutato previsionalmente note le proprietà acustiche dei materiali. La relazione, che prende il nome di **formula di Sabine**, prevede che il valore previsionale di  $T$  sia proporzionale al volume dell'ambiente  $V$  e inversamente proporzionale all'assorbimento acustico dell'ambiente, a sua volta scomponibile nell'assorbimento acustico delle superfici che caratterizzano l'ambiente (sommatoria  $\alpha \times S$ ) e l'assorbimento acustico del  $j$ -simo arredo (ad es. sedie):

$$T = 0,161 \frac{V}{\sum_i \alpha_i S_i + \sum_j A_{obj,j}} \quad (s)$$

dove  $S_i$  è la superficie i-esima delle superfici dell'involucro,  $\alpha_i$  il coefficiente di assorbimento acustico della superficie i-esima e  $A_{obj,j}$  è la j-esima area di assorbimento equivalente degli elementi di arredo dell'ambiente.

$$T = 0,161 \frac{V}{\sum_i \alpha_i S_i} \quad (s)$$



$$T = 0,161 \frac{V}{\sum_i \alpha_i S_i + \sum_j A_{obj,j}} \quad (s)$$



La valutazione previsionale dell'assorbimento acustico degli arredi è una delle principali innovazioni della UNI 11532-2:2020 e si rende necessaria per due motivi:

- **Il collaudo deve avvenire in condizioni di ambiente arredato (per garantire le condizioni di campo diffuso)**
- L'assorbimento acustico degli arredi può essere significativo per il rispetto dei requisiti in alcune bande, o in particolari condizioni (aule con rapporto metri cubi/studente ridotto), in modo da decrementare la richiesta di assorbimento acustico del solo controsoffitto e distribuire l'assorbimento acustico all'interno dell'ambiente

La formula precedente inoltre permette di considerare come oggetto assorbente all'interno delle aule gli stessi studenti, e quindi deve essere previsto (a meno degli ambienti delle categorie A5 e A6) il **contributo di assorbimento  $\Delta A_{persone}$ , definito come l'incremento di assorbimento acustico equivalente corrispondente alla presenza degli occupanti.**

L'area di assorbimento acustico aggiuntivo delle persone  $\Delta A_{persone}$  dipende da molti fattori quali la densità di occupazione, le misurazioni dell'età o del corpo delle persone e le caratteristiche acustiche delle sedie. In modo semplificato, l'assorbimento sonoro aggiuntivo da parte delle persone può essere calcolato come segue utilizzando l'area di assorbimento acustico per persona  $\Delta A_{1persona}$ :

$$\Delta A_{persone} = 0,8N \cdot \Delta A_{1persona} \quad (m^2)$$

dove:

- $0,8N$  è il numero di persone, si considera infatti l'80 % dell'occupazione massima  $N$ ;
- $\Delta A_{1persona}$  è l'area di assorbimento acustico aggiuntiva per persona (in metri quadrati) secondo il prospetto C1 della UNI 11532-2:2020.

La relazione trovata permette di invertire il calcolo e ad es. valutare il tempo di riverberazione in condizione occupate a partire dallo stesso valore in condizioni non occupate. Questa relazione risulta utile in caso di collaudo post-operam, ovvero quando le misurazioni sono effettuate in stato arredato e non occupato. In questo caso occorre tener conto dell'assorbimento acustico solo delle persone per le ottave con frequenze centrali tra 125 Hz e 4000 Hz come segue:

$$T_{occ} = \frac{T_{unocc}}{1 + \frac{T_{unocc} \Delta A_{persone}}{0,16V}} \quad (s)$$

dove:

- $T_{occ}$  è il tempo di riverberazione dell'ambiente occupato, espresso in secondi;
- $T_{unocc}$  è il tempo di riverberazione dell'ambiente non occupato (risultato della misurazione), in secondi;
- $V$  è il volume dell'ambiente, in metri cubi;
- $\Delta A_{persone}$  è la superficie aggiuntiva equivalente di assorbimento acustico delle persone, in metri quadrati.

Requisiti in termini di tempo di riverberazione ottimale  $T_{ott}$

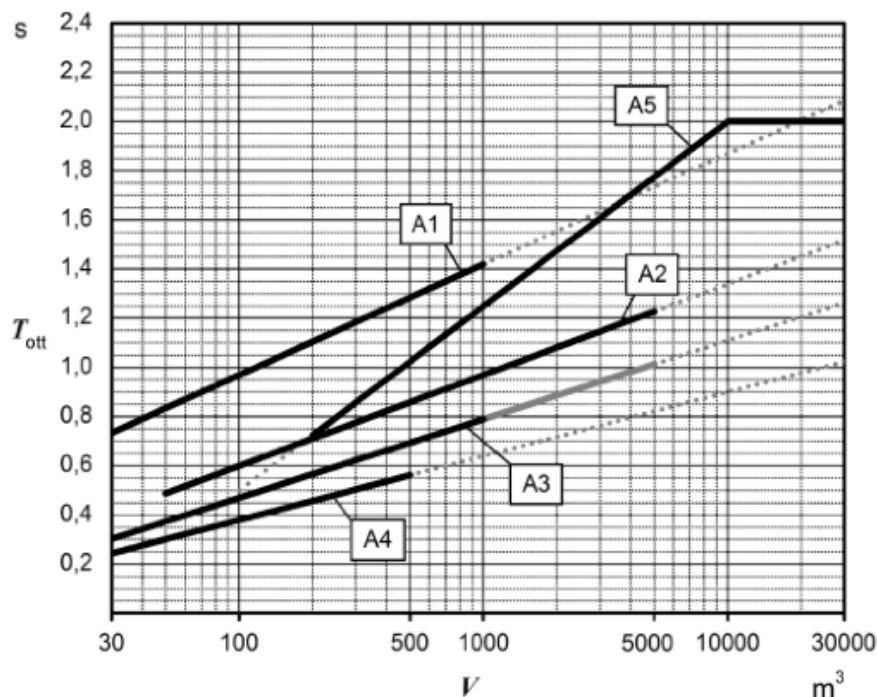
I casi più frequenti di aule didattiche rientrano nelle categorie A2 (es. aule magne) e A3 (es. aule didattiche tradizionali). Nel caso di ambiente appartenente alla categoria A2 il tempo di riverberazione ottimale è espresso dalla formula:

$$T_{ott} = 0,37 \log V - 0,14 \quad (s)$$

mentre nel caso di ambiente appartenente alla categoria A3 il tempo di riverberazione ottimale è espresso dalla formula:

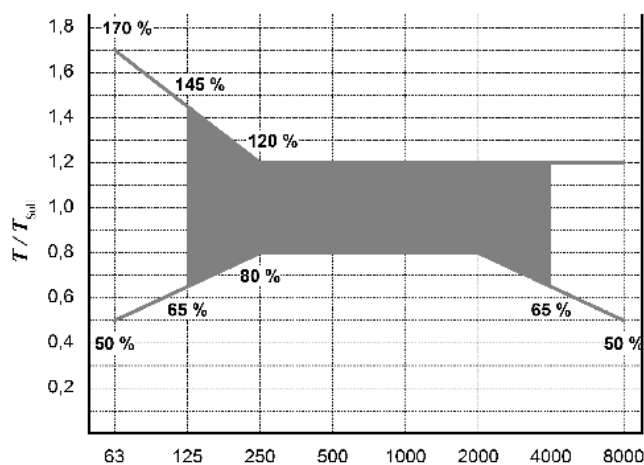
$$T_{ott} = 0,32 \log V - 0,17 \quad (s)$$

dove, in entrambe le formulazioni,  $V$  è il volume dell'aula. I requisiti per il tempo di riverberazione si riferiscono allo stato di aula arredata e occupata, con un tasso di occupazione pari all'80% dell'occupazione massima.



Valore ottimale del tempo di riverberazione in funzione del volume  $V$  della sala. Le curve si riferiscono a differenti destinazioni d'uso (A1: musica, A2: parlato/conferenze, A3: lezione/comunicazione, A4: parlato in caso di deficit comunicativi, A5: sport).

Rispetto al valore  $T_{ott}$  di riferimento, la norma prevede che per ciascuna banda di ottava i valori previsionali cadano all'interno di una finestra di pertinenza, rispettivamente dall'80% al 120% del valore  $T_{ott}$  per ciascuna delle bande di ottava da 250 Hz a 2000 Hz e con un margine di tolleranza più ampio nelle bande alle estremità (vedi diagramma qui sotto):



Range di tolleranza per ogni banda d'ottava dei valori di tempo di riverberazione di progetto rispetto al valore ottimale  $T_{ott}$

**Non è quindi definito, a differenza delle norme tecniche precedenti, un valore di tempo di riverberazione in condizioni non occupate.**

L'idea, mutuata dalla norma tedesca DIN 18041, è che il requisito di riverberazione vada valutato nelle condizioni di reale utilizzo dell'aula didattica. In tali condizioni il contributo di assorbimento acustico degli occupanti è spesso rilevante e contribuisce al raggiungimento del target. Viceversa, il non tener conto dell'assorbimento delle persone porterebbe a un tempo di riverberazione in condizioni di uso troppo basso (e questo è il motivo del valore limite inferiore nella figura precedente), **che porterebbe a una non omogenea distribuzione dell'energia nell'ambiente e a un eccessivo sforzo vocale del docente** (vedi sezione seguente).

Il valore del tempo di riverberazione in condizioni non occupate dipenderà quindi dall'occupazione dell'aula  $N$  e dalla tipologia di studenti (uno studente adulto avrà un assorbimento acustico superiore a uno studente delle scuole primarie). Per ciascuna banda di ottava è possibile ricavare tale valore mediante la formula inversa:

$$T_{unocc} = \frac{0,16V}{\frac{0,16V}{T_{ott}} - \Delta A_{pers}} = \frac{T_{ott}}{1 - \frac{\Delta A_{persone}}{0,16V}} \quad (s)$$

Da questa formula è evidente che il tempo di riverberazione per ciascun ambiente dipende:

- dal volume  $V$
- dalla destinazione d'uso (categorie A2, A3, ... definiscono differenti valori di  $T_{ott}$ )
- dal numero di studenti  $N$ , dalla tipologia di tali studenti (come già detto, uno studente delle scuole primarie ha una superficie e quindi un assorbimento acustico inferiore a quello di uno studente universitario)
- dalla tipologia di sedute su cui siedono gli studenti. Si tratta infatti di un incremento di assorbimento e quindi uno studente che siede su una seduta non assorbente acusticamente (ad es. in plastica o in legno) avrà un incremento di assorbimento acustico maggiore di uno studente che siede su una seduta assorbente (imbottita).

L'ultimo punto richiede qualche chiarimento. Il principio generale è che il sistema seduta+occupante abbia un assorbimento acustico equivalente circa costante per gli studenti adulti, poiché il maggior contributo è dato proprio dalla superficie assorbente del corpo umano. La seduta non occupata può variare sensibilmente il suo assorbimento acustico: una seduta in tessuto e imbottita avrà infatti un assorbimento acustico crescente con la frequenza, dovuto all'effetto di assorbimento dei tessuti e della porosità e massa dell'imbottitura. Una sedia in legno o plastica non presenta un assorbimento significativo alle frequenze medio-alte. Quando uno studente è seduto, inibisce gran parte dell'assorbimento acustico della seduta (se presente) perché scherma le superfici assorbenti con il suo corpo.

Di conseguenza il valore di assorbimento sarà più elevato per studenti adulti rispetto a alunni delle scuole primarie, e sarà più elevato quando lo studente siede su una seduta non assorbente (legno o plastica).

Si riporta uno stralcio della tabella presente nella norma, in bande di ottava.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Persona seduta su sedia non imbottita	0,15	0,30	0,40	0,45	0,55	0,55
Persona seduta su sedia altamente imbottita	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15
Alunno della scuola primaria (fino a 11 anni) seduto al tavolo	0,05	0,10	0,20	0,35	0,40	0,45
Alunno della scuola secondaria seduto al tavolo	0,10	0,15	0,35	0,50	0,50	0,55

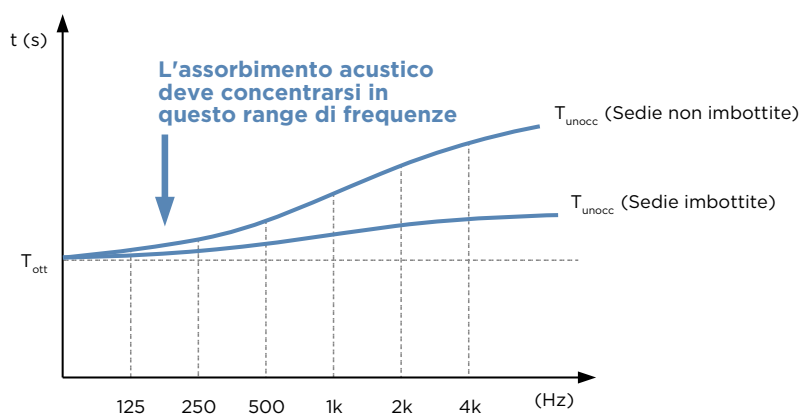
Incremento di area di assorbimento acustico relativo all'occupazione delle persone.  
Stralcio dal prospetto C1 della UNI 11532-2:2020

### Esempi di calcolo del tempo di riverberazione

Si riportano di seguito, per confronto, gli esempi di due tipologie di aule: la prima, di piccole dimensioni (200 metri cubi) e destinata a 30 studenti; la seconda, di grandi dimensioni (1200 metri cubi) e destinata a 260 studenti.

Categ.	Descrizione	$T_{ott}$ (s)	$T_{unocc}$ (s)					
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
AULA PICCOLE DIMENSIONI (N=30, V=200 m <sup>3</sup> )								
A3	Aula scuola primaria (banchi e sedie)	0,57	0,58	0,59	0,62	0,67	0,68	0,71
A3	Aula scuola secondaria (banchi e sedie)	0,57	0,60	0,61	0,67	0,72	0,72	0,72
A3	Aula universitaria (sedie legno)	0,57	0,61	0,65	0,69	0,71	0,75	0,75
AULA GRANDI DIMENSIONI (N=260, V=1200 m <sup>3</sup> )								
A3	Aula universitaria (sedie legno)	0,82	0,95	1,12	1,27	1,37	1,60	1,60
A3	Aula universitaria (sedie imbottite)	0,82	0,85	0,85	0,85	0,90	0,90	0,95

Questi valori ottimali di  $T_{unocc}$  diventano dei range ottimali secondo le relative percentuali di tolleranza. Nel primo caso si valutano tre tipologie di studenti: alunni di scuola primaria e di scuola secondaria (con banchi) e studenti universitari (senza banchi, con sedute in legno). Per tutti e tre questi casi il valore di  $T_{ott}$  è lo stesso (0,57 s) perché il volume  $V=200$  m<sup>3</sup> e la tipologia di utilizzo (categoria A3) sono comuni per tutti i casi. Nel secondo caso si tratta di studenti universitari, valutando la differenza tra sedute in legno e sedute imbottite. Per entrambi il valore di  $T_{ott}$  è di 0,82 s, perché il volume  $V$  e la tipologia di utilizzo (categoria A3) sono comuni. Nel caso delle sedute in legno il valore di  $T_{unocc}$  è crescente con la frequenza, similmente al caso delle aule di piccole dimensioni. Nel caso delle sedute assorbenti il valore di  $T_{unocc}$  richiesto dalla normativa è più costante in frequenza, poiché tiene conto dell'assorbimento a medio alta frequenza degli arredi (sedute).



**IMPORTANTE:** Gli aspetti rilevati in questi esempi, che rappresentano i due estremi delle tipologie di aule didattiche e quindi possono essere estesi a tutte le tipologie intermedie, hanno conseguenze molto significative sulla scelta dei trattamenti acustici in fase di progetto.

Il grafico qualitativo riportato, che come vedremo anche in dettaglio è valido per tutto il range di dimensioni/occupazioni di aule, richiede di essere commentato in modo più approfondito. **La nuova norma UNI 11532-2 richiede che sia rispettato il requisito di tempo di riverberazione in ciascuna banda di ottava in condizioni occupate.** Poiché l'assorbimento acustico degli studenti cresce all'aumentare della frequenza, ci sarà una minore necessità di assorbimento acustico dei materiali di controllo (ad es. del controsoffitto) alle frequenze alte.

Alle frequenze medio-basse (la banda di ottave dei 250 Hz e le bande adiacenti) l'assorbimento acustico degli studenti è limitato, e in generale anche l'assorbimento acustico degli arredi è scarso in quel range di frequenze.

Ecco quindi che sarà necessario posizionare (ad es. nel controsoffitto) materiale che abbia un assorbimento acustico rilevante alle frequenze medio basse e trascurabile alle alte frequenze (ad es. gesso rivestito), in modo da avere un assorbimento adeguato alle medio-basse e non avere un eccessivo assorbimento alle alte frequenze, in altri termini realizzare un assorbimento acustico totale (pareti, arredi e occupanti) più o meno costante in frequenza.

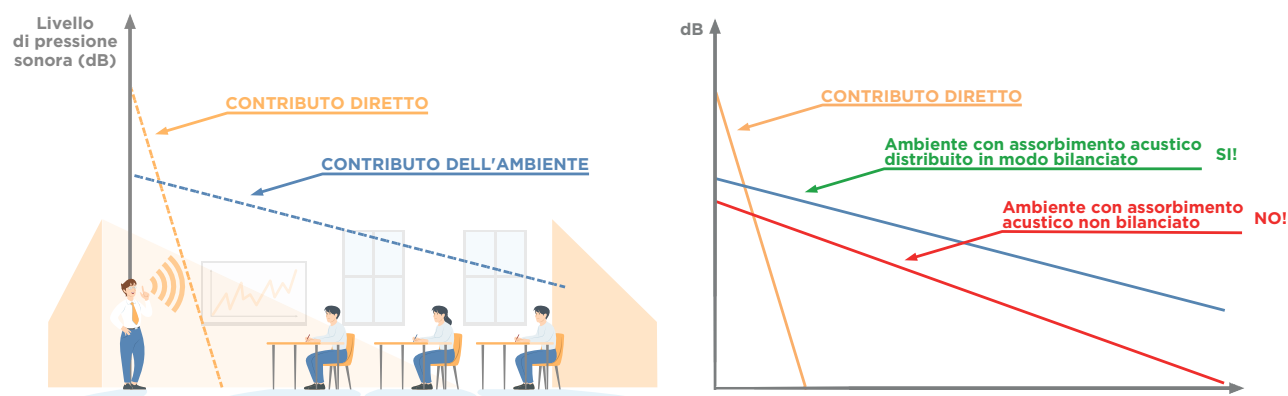
L'uso non accorto di materiale fibroso (il cui assorbimento acustico aumenta alle alte frequenze) porterebbe ad avere un eccessivo assorbimento alle alte frequenze (quale effetto della presenza di materiale fibroso e dell'occupazione degli studenti), con la conseguenza di avere un tempo di riverberazione più basso del minimo tollerato alle alte frequenze.

**Sarà invece necessario avere un mix opportuno di materiali con diverse proprietà di assorbimento acustico (ad es. gesso rivestito forato e materiale fibroso) al fine di bilanciare in frequenza l'assorbimento acustico, e di conseguenza il tempo di riverberazione. E' questo, infine, il motivo per il quale nella norma non si considera il valore ponderato  $\alpha_w$  dei materiali, in quanto non significativo per le modalità di progettazione.**

La ricerca di equilibrio nel progetto acustico: la distribuzione spaziale dell'energia sonora

Pur non essendo (ad oggi) esplicitamente richiamata come requisito nella normativa di riferimento (ISO 3382-2:2009, UNI 11532-2:2020) **una buona distribuzione dell'energia sonora nell'ambiente è necessaria per conseguire un corretto equilibrio dei fattori che contribuiscono a una corretta comunicazione in ambiente didattico.**

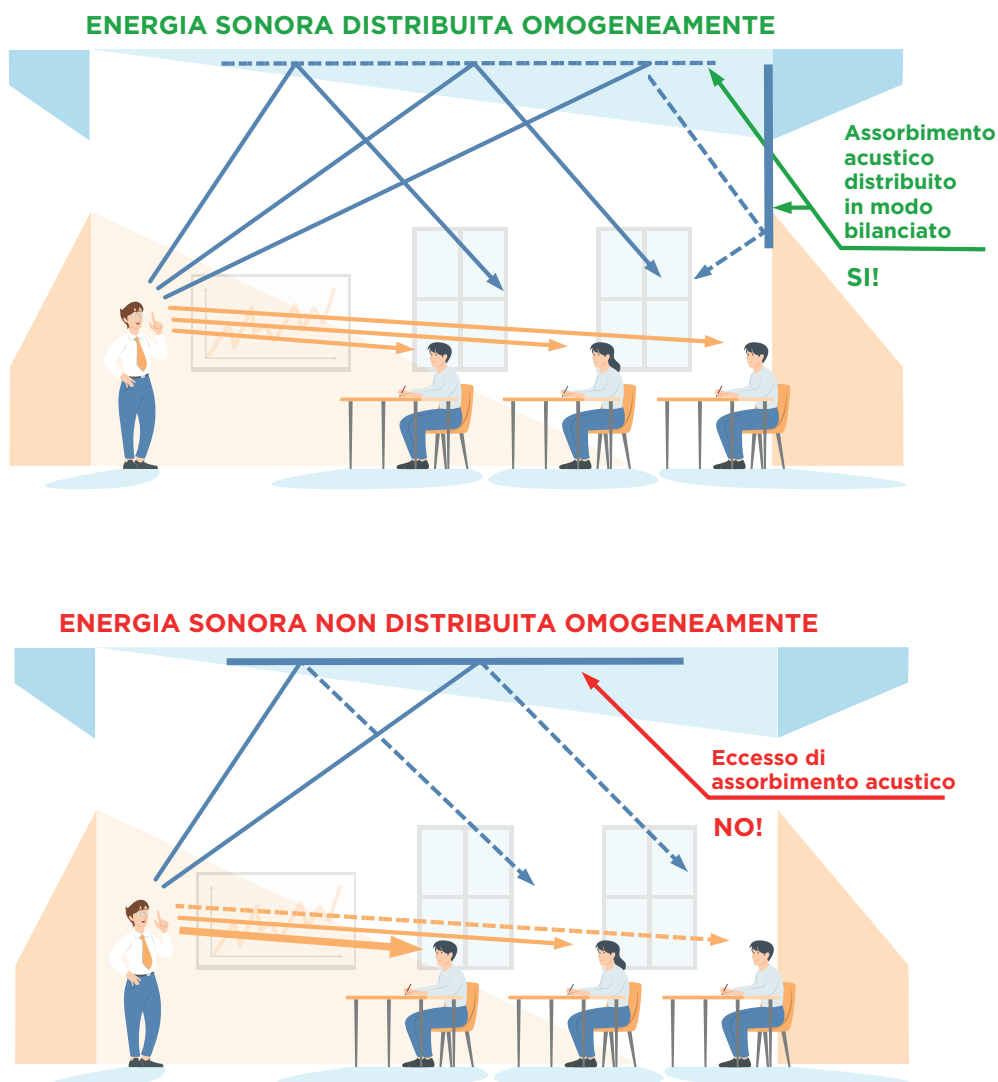
L'energia sonora (nel caso di un'aula didattica è alimentata dalla voce del docente, direttamente emessa in ambiente o amplificata) non ha un valore costante sulla superficie 'di ascolto' degli studenti. L'energia sonora ha due contributi: la **componente 'diretta'** proveniente dal docente o dall'impianto di amplificazione e la **componente proveniente dalle riflessioni** dell'ambiente che si sommano all'interno del fenomeno che genericamente viene chiamato **'riverberazione'**.



Entrambe le componenti (contributo diretto e contributo dell'ambiente nella figura in alto) decadono spazialmente all'allontanarsi dalla sorgente sonora. La componente diretta decade molto rapidamente mentre la componente riverberata decade più dolcemente. Il punto di intersezione tra le due rette (che prende spesso il nome di **raggio critico**) è il punto in cui le due energie hanno lo stesso contributo.

In generale questo punto è in prossimità del docente, o nei primissimi banchi, per cui nella pratica per quasi tutti gli studenti l'energia acustica della voce del docente è solo 'indiretta' e dipende quindi dalle riflessioni dell'ambiente.

Una corretta progettazione acustica ha per prima cosa la finalità di garantire un'omogenea diffusione dell'energia sonora nello spazio occupato dagli studenti. Se il materiale assorbente è correttamente dimensionato, posizionato, e differenziato per tipologia di assorbimento, verrà garantita a tutti gli studenti una copertura omogenea (figura precedente, in alto). Se, viceversa, l'ambiente è troppo assorbente (e il materiale assorbente è posizionato in modo non corretto) la distribuzione dell'energia sonora sarà non omogenea, privilegiando l'ascolto di alcune aree di studenti (quelli delle prime file) e penalizzando gli studenti nelle altre posizioni.



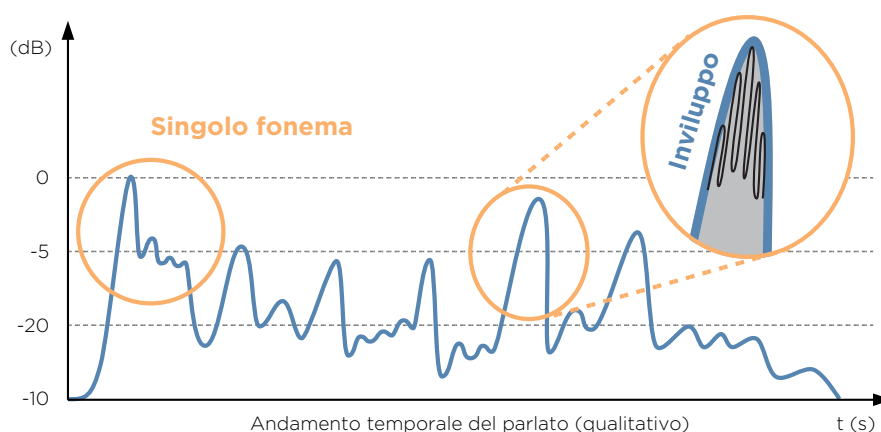
Dal punto di vista della progettazione, la corretta distribuzione dell'energia sonora si consegue in due passi:

- **un corretto dimensionamento e differenziazione dei materiali per il controllo acustico.** Questo dimensionamento è conseguenza del rispetto del range ottimale del tempo di riverberazione in condizioni occupate (visto in precedenza). Come vedremo nei casi di studio, questo si traduce nella scelta di materiali di controllo acustico differenziati e nella valutazione del contributo di arredi e studenti.
- **un corretto posizionamento di tali materiali,** seguendo linee guida di installazione e posa in opera, descritte nella norma UNI 11532-2:2020 per il conseguimento di valori adeguati di intelligibilità del parlato (vedi sezione 1.4 della norma e seguenti).

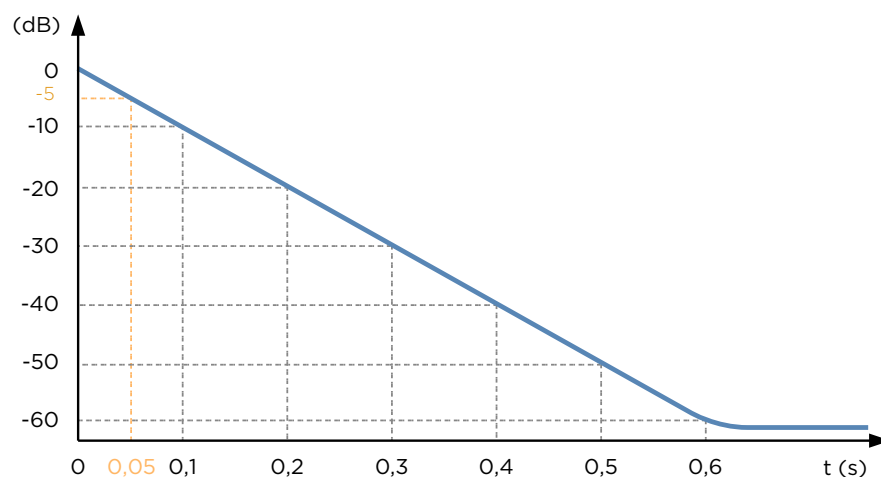
Il primo criterio è quindi quantitativo (quanti e quali materiali devo considerare per l'intervento): troppo materiale significa una pendenza troppo alta del decadimento spaziale di energia e una disuniformità di ascolto nell'ambiente. Il secondo criterio è qualitativo: devo sapere dove mettere i diversi materiali, in caso di installazione a controsoffitto posso sfruttare differenti materiali e disporli in modo costruttivo. Viceversa, un cattivo posizionamento rende vano il progetto e crea problemi sia agli studenti che ai docenti: questi ultimi, infatti, saranno costretti a incrementare il livello della voce per essere ascoltati dagli studenti più lontani o, in caso di scarso voice support, per ascoltare la propria voce. In un meccanismo di feedback negativo, gli studenti in presenza di un livello più alto del docente saranno portati a aumentare il livello della student activity (il brusio tra i banchi) a tutto svantaggio della prestazione di apprendimento e dello sforzo di attenzione.

#### La necessità di ulteriori descrittori acustici per l'intelligibilità del parlato

Il tempo di riverberazione, come riportato precedentemente è un parametro che fa riferimento al comportamento 'stazionario' del campo acustico all'interno dell'ambiente didattico. Il linguaggio è codificato tramite una successione temporale di fonemi. **Il parlato è quindi, per sua natura, variabile nel tempo e quindi non stazionario.** Se analizziamo l'andamento temporale del livello di pressione sonora del parlato vedremo variazioni che si susseguono nell'ordine delle decine di millisecondi, con un range dinamico piuttosto ridotto (dell'ordine dei 5, massimo 10 dB).



Poiché il sistema di riflessioni acustiche dell'ambiente percepito da uno studente segue l'andamento temporale del segnale emesso dal docente, già dopo qualche decina di millisecondi il campo sonoro generato dalle riflessioni relativo al primo fonema sarà mascherato dall'arrivo del campo diretto del fonema successivo, su cui si concentrerà l'attenzione. Sarà solo il primo decadimento dell'energia sonora a essere percepito: se un ambiente ha  $T=0,6$  s (definito come il decadimento dell'energia sonora di 60 dB), allora il decadimento in un periodo di 50 ms (che si può assumere come il tempo tra due fonemi) corrisponderà a circa 5 dB:



La pendenza della curva di decadimento energetico è descritta dal tempo di riverberazione, ma quest'ultimo - come è già stato fatto notare - non considera i primi 5 dB del decadimento che sono proprio i più ricchi di informazioni per capire quanto l'aula enfatizzi o penalizzi il parlato del docente.

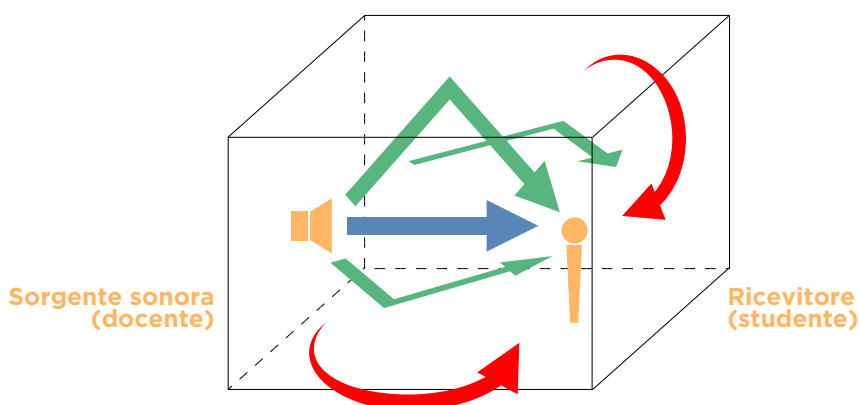
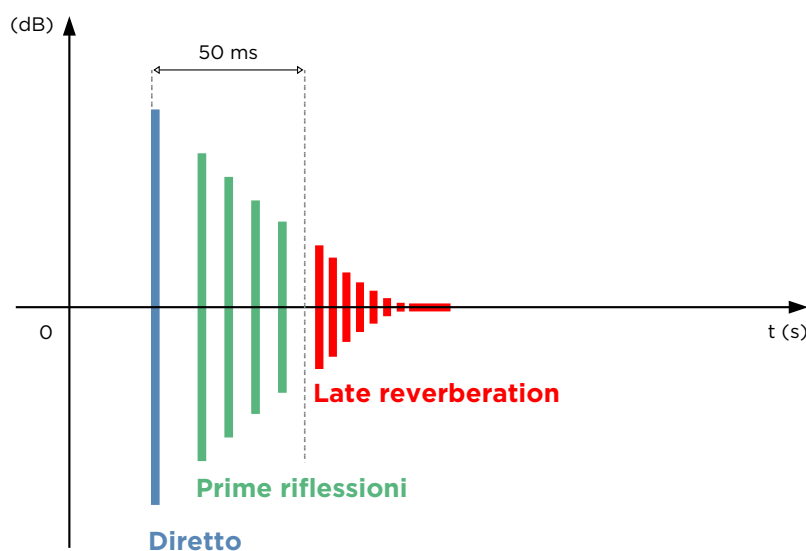
**E' quindi necessario introdurre descrittori acustici che tengano conto del primo decadimento dell'ambiente (Indice di Chiarezza  $C_{50}$ ) e della struttura temporale del parlato (STI=Speech Transmission Index).**

E' stato dimostrato in letteratura scientifica che tali parametri sono strettamente correlati, per cui ha senso parlarne all'interno dello stesso discorso. La norma UNI 11532-2:2020 prevede l'utilizzo della prima nelle aule di piccole dimensioni (volume inferiore ai 250 m<sup>3</sup>) e della seconda nelle aule di grandi dimensioni (volume superiore a 250 m<sup>3</sup>).

#### L'Indice di Chiarezza $C_{50}$ e i criteri di posizionamento dei materiali assorbenti

La risposta acustica di un ambiente chiuso in seguito all'emissione di un segnale sonoro è, come si è visto, composta da numerosi contributi, il primo dei quali rappresenta il suono diretto mentre gli altri le riflessioni successive.

Il suono diretto è quello che percorre la minima distanza possibile tra sorgente e ricevitore e che, perciò, non subisce l'influenza dell'ambiente. I fronti d'onda successivi, al contrario, sono dovuti al complesso delle interazioni dell'onda sonora con le superfici delimitanti l'ambiente o gli oggetti in esso contenuti. È prassi differenziare le **prime riflessioni (early reflections)** e il seguente **campo riverberato (late reverberation)**:



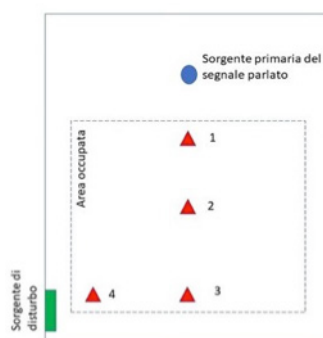
In fase previsionale bisogna fare qualche considerazione sulla natura del campo acustico, basandosi su alcune peculiarità del contesto dell'ambiente didattico introdotte nelle sezioni precedenti.

Il campo riverberato è di norma descritto con parametri non dipendenti dalla posizione di sorgente e ricevitore poiché si assume che l'energia sonora provenga con uguale probabilità dalle varie direzioni.

Di conseguenza, il tempo di riverberazione viene valutato tramite un valore unico  $T$ , mentre la chiarezza  $C_{50}$  deve essere valutata previsionale considerando la distanza tra sorgente (docente) e una linea di ricevitori (allievi), mediante una formula previsionale che tiene appunto conto del decadimento spaziale dell'energia:

$$C_{50} = 10 \log \frac{\frac{100}{r^2} + 31200 \frac{T}{V} e^{-0,04r/T} \cdot (1 - e^{-0,69V/T})}{31200 \frac{T}{V} e^{-0,04r/T} \cdot e^{-0,69V/T}}$$

Dove  $r$  è, appunto, la distanza (in metri), tra docente (sorgente) e ciascun allievo (ricevitore),  $V$  è il volume dell'aula e  $T$  è il tempo di riverberazione valutato in condizioni non occupate  $T_{unocc}$ . La griglia sorgenti/ricevitori deve essere predisposta come nella figura seguente, sia in fase previsionale che in fase di collaudo. Per aule di piccole dimensioni o aule particolari il numero e la posizione dei ricevitori può essere ridotto/incrementato.



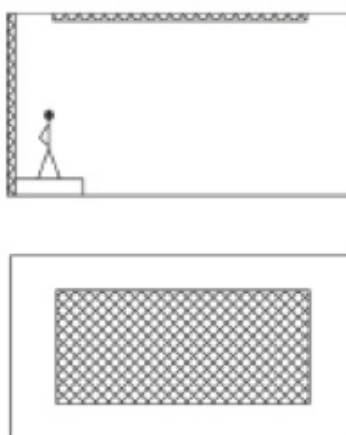
(stralcio delle Fig. 4 della norma UNI 11532-2:2020)

Il parametro  $C_{50}$ , nel contesto normativo in cui viene inserito, ha quindi due funzioni:

- permette di verificare in fase previsionale le condizioni di qualità del parlato anche nelle condizioni più critiche (ambiente non occupato) e può essere visto come un criterio cautelativo;
- permette di verificare in fase di collaudo il corretto posizionamento degli elementi di correzione acustica.

Riguardo questo ultimo punto, la norma UNI 11532-2:2020 viene in aiuto, mutuando una serie di **esempi di posizionamento degli elementi** dalla norma tedesca DIN 18041.

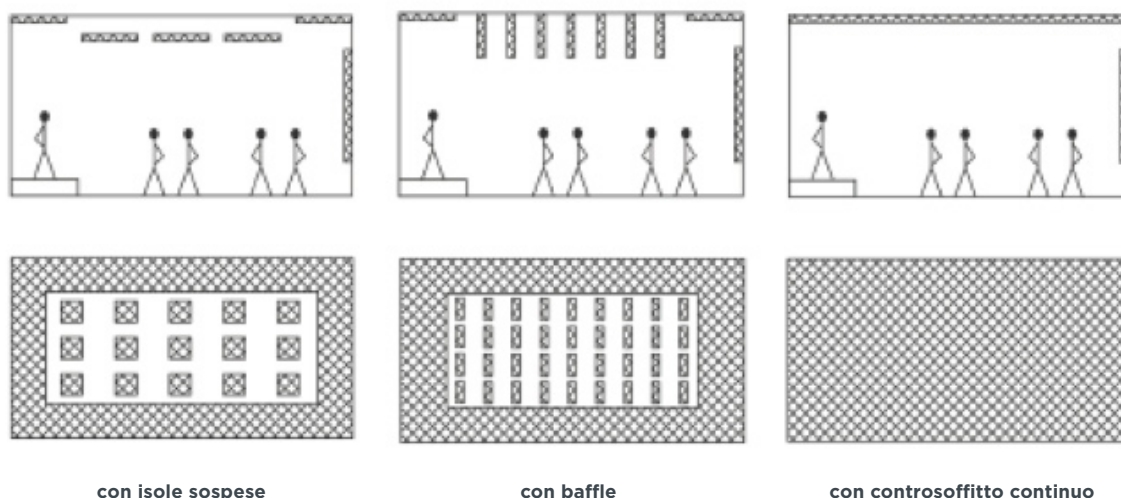
**1)** Il primo esempio (negativo) riguarda il posizionamento del materiale assorbente come da figura seguente:



Tale disposizione è da evitare, perché l'intervento assorbente a controsoffitto assorbe le prime riflessioni sull'area studenti, soprattutto in un'aula di altezza limitata (3-4 m). L'assorbimento dell'energia delle prime riflessioni decrementa l'intelligibilità del parlato  $C_{50}$ , e in caso di intervento con materiale fibroso ad alta densità

ha l'effetto di aumentare la pendenza del decadimento spaziale alle frequenze medio-alte, penalizzando il livello di ascolto di molti studenti nell'aula. Infine, la presenza di materiale assorbente intorno al docente decrementa significativamente il voice support, costringendo il docente ad aumentare il livello vocale.

**2)** Solo in caso di ambienti molto riverberanti (per volume e altezza) sono consigliabili le configurazioni seguenti:



con isole sospese

con baffle

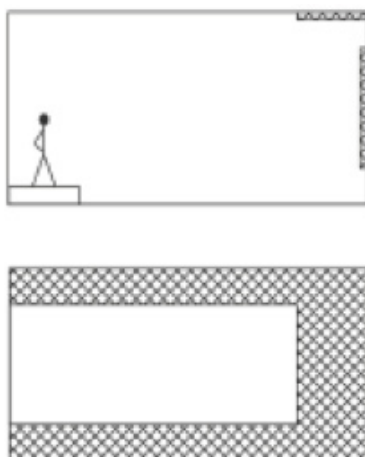
con controsoffitto continuo

Le prime due soluzioni utilizzano isole o baffle nella regione centrale ed impegnano il materiale assorbente in coperta nella regione perimetrale del soffitto.

La terza soluzione (valida ad es. in caso di un limitato numero di occupanti oppure di categorie A5, A6) prevede l'intera copertura assorbente.

Il colore giallo, scelto per questo tipo di soluzioni, indica che bisogna fare particolare attenzione alla progettazione di questi elementi: l'assorbimento dei baffle, ad es., dipende in modo non lineare dal passo di installazione e dal rapporto tra la distanza dal soffitto e l'altezza dell'ambiente. In questo contesto si possono inserire soluzioni quali le isole sospese Ecophon Solo™ e i pannelli parete Ecophon Akusto™ Wall.

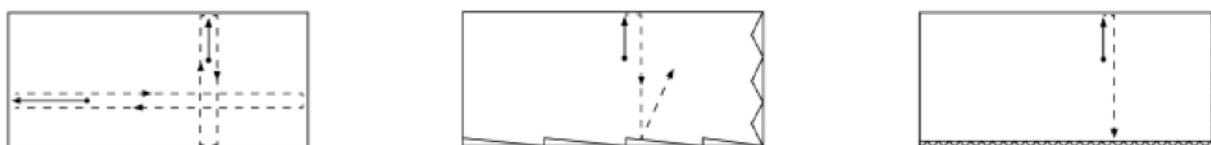
**3) La seguente configurazione è quella ottimale: prevede l'uso di materiale assorbente alle medio-alte frequenze (ad es. pannelli in lana minerale ad alta densità) nella sola regione perimetrale del controsoffitto. La regione centrale, a seconda dei requisiti richiesti dal tempo di riverberazione, può essere formata da superfici riflettenti o eventualmente risonatori alle frequenze medio-basse (ad es. pannelli o lastre in gesso rivestito forato come Gyproc Gyptone® Activ'Air® o Gyproc Rigitone® Edge Activ'Air®) per raggiungere i requisiti di assorbimento nella regione dei 250 Hz.**



### Assorbitori acustici a parete

Tutti i casi precedenti prevedono l'installazione a parete di materiale assorbente sulla parete opposta a quella occupata dal docente.

Questa soluzione serve a limitare l'insorgenza di fenomeni - detti di **echo flutter** - che derivano dalla mutua riflessione su superfici parallele e isolanti (figura sotto, a destra). Quando presenti, questi fenomeni tendono a incrementare significativamente il tempo di riverberazione in opera e a rendere tale valore molto più alto rispetto a quello calcolato in fase previsionale. Si rimedia con un'opportuna disposizione degli arredi, con l'inserimento di superfici diffondenti (quando possibile) o mediante l'inserimento di superfici assorbenti su una delle pareti giustapposte:



La stessa UNI 11532-2:2020 riporta una nota a tal riguardo: "Negli ambienti con geometrie rettangolari e superfici lisce (per esempio palestre e piscine), nel caso di distribuzione svantaggiosa di superfici fonoassorbenti, si possono verificare tempi di riverberazione molto lunghi rispetto a quanto previsto con i metodi di calcolo indicati in UNI 11532-1. Al fine di prevenire questo effetto, devono essere utilizzate combinazioni di materiali fonoassorbenti e diffondenti **su almeno una parete.**"

### Speech Transmission Index STI

Se la chiarezza  $C_{50}$  propone un parametro di qualità basato sulla somma energetica delle prime riflessioni, lo Speech Transmission Index arriva allo stesso risultato (quantificare l'intelligibilità del parlato) con un approccio più strutturato e molto robusto.

Nel contesto normativo della UNI 11532-2:2020 il parametro STI entra in gioco in caso di ambienti di grande volume (sopra i 250 m<sup>3</sup>) dove in molti casi è presente un impianto di amplificazione del parlato (PA, Public Address).

**Lo STI, definito nella norma IEC 60268-16 [12], quantifica l'effetto combinato dell'interferenza del rumore di fondo e della riverberazione sulla riduzione di intelligibilità del parlato.**

Tale parametro dipende, nell'approccio previsionale semplificato (descritto in dettaglio nella parte 1 della norma - UNI 11532-1:2018), dal tempo di riverberazione dell'ambiente, dal livello di pressione sonora e dal livello di rumore di impianti. I valori di STI variano da 0 a 1, dove il valore 0 indica nessuna intelligibilità ed il valore 1 un'intelligibilità ideale. La norma IEC qualifica come "good" un valore di STI compreso tra 0,6 e 0,75, "excellent" un valore maggiore di 0,75.

Valore di STI	Indice di qualità	Percentuale di sillabe correttamente comprese (%)	Percentuale di parole correttamente comprese (%)
0 - 0,3	bad	0 - 34	0 - 67
0,3 - 0,45	poor	34 - 48	67 - 78
0,45 - 0,6	fair	48 - 67	78 - 87
0,6 - 0,75	good	67 - 90	87 - 94
0,75 - 1	excellent	90 - 96	94 - 96

Valori di STI collegati all'intelligibilità secondo IEC 60268-16 e alla percentuale di comprensione di sillabe e parole.

Il requisito prescritto dalla UNI 11532-2:2020 è quello di raggiungere un valore minimo di 0,55 (con una tolleranza permessa di 0,05) per la progettazione con metodo semplificato e un valore minimo di 0,6 per la progettazione con metodi numerici dell'impianto di amplificazione. Gli stessi limiti vanno poi rispettati in fase di collaudo post-operam.

Requisito di intelligibilità		
V < 250 m <sup>3</sup>	V > 250 m <sup>3</sup>	
		P.A.*
--		
C <sub>50</sub> > 2 dB	STI > 0,50*	STI > 0,60

\* con una tolleranza ammessa di 0,05

Nel paragrafo seguente parleremo dei casi di studio sull'ottimizzazione dei materiali per la verifica dei requisiti di riverberazione con buone norme di progettazione, considerando che quanto detto finora sul rispetto dei requisiti di intelligibilità - vedi tabella riassuntiva - può essere interpretato come segue:

**Ambienti di piccole dimensioni** Il requisito di chiarezza - verificato agevolmente in fase preliminare - impone al progettista e/o al consulente acustico una corretta disposizione dei materiali per il controllo acustico in ambiente. Infatti, se questi ultimi sono disposti in modo non corretto, la misura di collaudo può non verificare le condizioni minime.

**Ambienti di grandi dimensioni** Il requisito STI > 0,55 (con una tolleranza di 0,05) permette di verificare un requisito di qualità acustica minimo dell'ambiente anche in condizioni di aula parzialmente occupata poiché, lo ricordiamo, deve essere verificato in ambiente non occupato. Nel caso di amplificazione, inoltre, impone al progettista un'accurata configurazione dell'impianto audio, creando di fatto un ponte di progettazione integrata con gli impiantisti elettrici e gli installatori audio/video. Sebbene questo punto esuli dalla trattazione del presente manuale, è un punto che va rimarcato, anche alla luce delle recenti normative tecniche sul versante audio/video UNI 11799:2020 "Servizi di integrazione dei sistemi Audio Video e Controllo (AVC) - Requisiti di progettazione, installazione, configurazione, regolazione, programmazione e verifica tecnica del sistema integrato."

## 5.9 CASI DI STUDIO

Nelle pagine seguenti sarà affrontata in dettaglio la progettazione acustica di un campione significativo di ambienti scolastici, in relazione alle categorie definite dalla UNI 11532-2:2020 e agli aspetti emersi dalla trattazione fin qui esposta.

Si è quindi scelto di trattare in dettaglio ambienti di categoria A3 (aule didattiche) in cui il peso dell'assorbimento acustico degli occupanti è, rispettivamente, minimo (aula di scuola secondaria di piccole dimensioni per 30 alunni) e massimo (aula universitaria di grande dimensione per 260 studenti), un ambiente di categoria A6.3 (biblioteche) e un ambiente di categoria A6.4 (mense).

In ciascuno degli ambienti tipo sarà proposto un mix di materiali per il trattamento acustico e saranno descritte e commentate le valutazioni previsionali e i risultati di collaudo. Vengono di seguito riassunte le procedure per la definizione dei valori limite, poi si passerà ai criteri di progettazione e infine alle procedure di collaudo post-operam.

### 1) Aula didattica di scuola secondaria (< 250 m<sup>3</sup>)

Il primo caso di studio che viene presentato è un'aula di scuola secondaria, di dimensioni ordinarie per la tipologia italiana: volume  $V = 200 \text{ m}^3$ ,  $N = 30$  occupanti.

#### Definizione dei valori limite.

La tipologia di aula (aula didattica con contemporanea presenza di più oratori - docenti e studenti) indica di seguire le raccomandazioni della categoria A3. Il tempo di riverberazione ottimale (in condizioni occupate) è espresso dalla formula:

$$T_{ott} = 0,32 \log V - 0,17 = 0,57 \quad (s)$$

Per avere un riferimento dei tempi di riverberazione da verificare in fase di collaudo, per ogni k-sima banda di ottava i valori di  $T_{unocc,k}$ , in funzione del volume  $V = 200 \text{ m}^3$  e dell'incremento di assorbimento acustico degli occupanti:

$$T_{unocc,k} = \frac{T_{ott}}{1 - \frac{T_{ott} \Delta A_{persone,k}}{0,16V}} \quad (s)$$

$$\Delta A_{persone,k} = 0,8N\Delta A_{1persone,k} \quad (m^2)$$

dove l'incremento di assorbimento acustico dipende dal numero di occupanti  $N=30$ :

e l'incremento di assorbimento acustico per ciascuno studente dipende dalla tipologia di seduta prevista.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Alunno della scuola secondaria seduto al tavolo	0,10	0,15	0,35	0,50	0,50	0,55

Superficie aggiuntiva di assorbimento acustico equivalente delle persone espressa in m<sup>2</sup> (Rif. 7 prospetto C1 UNI 11532-2)

Di conseguenza il target di tempo di riverberazione in condizioni non occupate, è:

Categoria	Descrizione	T <sub>ott</sub> (s)	T <sub>unocc</sub> (s)					
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
A3	Aula scuola secondaria (banchi e sedie)	0,57	0,60	0,61	0,67	0,72	0,72	0,72

Valori di tempo di riverberazione ottimale (in condizioni occupate) a sinistra, e valori di tempo di riverberazione in condizioni non occupate a destra

L'aula prevede banchi e sedute non assorbenti, per cui dal prospetto C1 si legge:

#### Criteri di progettazione

La richiesta di correzione acustica riguarda un'aula di piccole dimensioni, 30 alunni e relativi banchi, con un limitato numero di arredi (un armadio), una superficie vetrata laterale e un controsoffitto con pannelli 600x600 mm installato con un plenum di circa 20 cm. I valori presentati nella tabella precedente 'traducono' il requisito

della UNI 11532-2:2020 in un requisito più esplicito di tempo di riverberazione in condizioni non occupate.

Tali valori indicano la **necessità di avere un assorbimento in tutte le bande di ottava, e in particolare alle frequenze medio-basse** (un requisito inferiore di tempo di riverberazione corrisponde a un maggior assorbimento acustico in quel range di frequenze). Inoltre, il requisito di assorbimento resta consistente, seppur più blando, alle alte frequenze. Questo si traduce nelle necessità di avere a soffitto **un mix di due materiali di controllo acustico**:

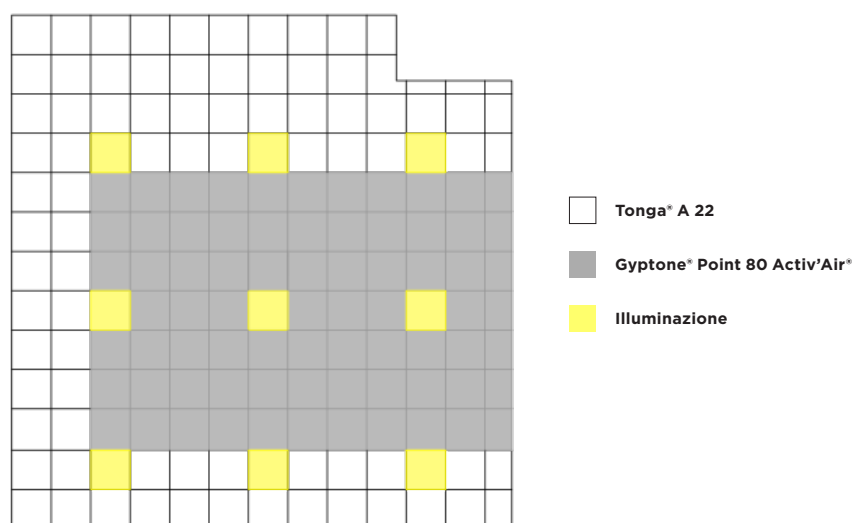
- Un materiale che assorba come risonatore intorno alla frequenza dei 250 Hz, ad es. un pannello modulare in gesso rivestito forato. Prevedere dal punto di vista teorico l'assorbimento acustico di questo materiale può essere piuttosto impegnativo. E' tuttavia possibile fare qualche considerazione utile a delle valutazioni preliminari. Un pannello forato si comporta infatti come un risonatore multiplo solo quando la percentuale di foratura è bassa (indicativamente sotto il 20%, come avviene per i pannelli Gyproc Gyptone® Activ'Air®). Sopra questa soglia non c'è più l'effetto risonatore e, in questo caso, il pannello ha la semplice funzione di occludere parte della superficie assorbente disposta tra soletta e pannello. La curva di assorbimento è a forma di campana, e sul picco di assorbimento in frequenza influiscono la sezione dei fori e la geometria con cui i fori sono disposti sulla superficie del prodotto. Tuttavia la conoscenza di questi aspetti geometrici non è sufficiente, perché un pannello rigido forato presenta anche un assorbimento a bassa frequenza dovuto al comportamento del pannello vibrante (effetto membrana), che dipende dall'altezza del plenum del controsoffitto e dall'impedenza acustica di quello che c'è dentro il plenum stesso, ad es. un mix di aria ed isolante in lana minerale a bassa densità.
- Un materiale che assorba per porosità alle medie alte frequenze senza avere un eccessivo incremento di assorbimento al crescere della frequenza. Questo risultato si raggiunge in genere con una fibra molto densa e molto pressata, la cui permeabilità al flusso (e di conseguenza l'assorbimento acustico) alle alte frequenze sia limitata dalla compressione delle fibre.

Le prestazioni richieste possono essere raggiunte ad es. con il pannello Eurocoustic Tonga® A 22 (in lana minerale ad alta densità) ed il pannello Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air® (pannello forato in gesso rivestito che lavora da risonatore). **La disposizione ottimale di posa è la seguente, a ferro di cavallo:**



In questo modo si ha una superficie centrale del controsoffitto riflettente alle frequenze medio-alte, in modo da incrementare il valore di  $C_{50}$  (vedi relativo paragrafo). L'installazione del materiale ad alta densità negli spigoli ha anche l'effetto di aumentare l'assorbimento generale alle basse frequenze (banda dei 125 Hz), poiché è presumibile che la lana minerale ad alta densità, posta negli spigoli, intercetti alcuni modi di risonanza dell'ambiente, legati alle onde stazionarie che si creano nelle tre direzioni tra pareti parallele.

Nella figura sotto è mostrata la disposizione dei pannelli (e dei dispositivi di illuminazione) nel controsoffitto dell'aula:



Disposizione del mix di materiali (Eurocoustic Tonga® A22 e Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®) a controsoffitto

Tale disposizione, insieme a una corretta diffusione acustica rappresentata dagli arredi, permette di avere una distribuzione dell'energia sonora bilanciata. **In presenza di un'adeguata diffusione acustica, infine, il valore previsionale di T dovrebbe convergere con il valore misurato in sede di collaudo.**

#### Dimensionamento e diversificazione degli interventi di mitigazione acustica.

A questo punto il dimensionamento dell'intervento di progettazione è riassumibile nei seguenti passaggi:

1. Dal valore di  $T_{ott}$  (= 0,57 s, vedi sopra) si può determinare la forchetta di valori permessi per  $T_{occup}$  in ciascuna banda di ottava da 125 Hz a 4000 Hz.
2. Per ciascuna k-sima banda di ottava, i valori di  $T_{occ,max,k}$  e  $T_{occ,min,k}$  possono essere tradotti nel corrispondente valore di area di assorbimento, rispettivamente  $A_{min,k}$  e  $A_{max,k}$  equivalente tramite la forma inversa della formula di Sabine:

$$A_k = 0,16 \frac{V}{T_k} \quad (m^2)$$

	$T_{occup}$ (s)		A ( $m^2$ )	
	min	MAX	MAX	min
125 Hz	0,37	0,82	86,9	39,0
250 Hz	0,45	0,68	70,6	47,1
500 Hz	0,45	0,68	70,6	47,1
1000 Hz	0,45	0,68	70,6	47,1
2000 Hz	0,45	0,68	70,6	47,1
4000 Hz	0,37	0,68	86,9	47,1

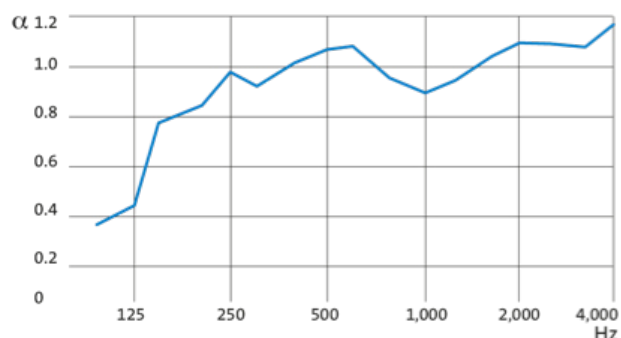
Valori massimi e minimi del tempo di riverberazione in condizione ottimale per la definizione del target UNI 11532-2 (a sinistra) e relativa area di assorbimento equivalente (a destra)

Si noti che il valore minimo della forchetta di tempo di riverberazione corrisponde al valore massimo di A. Infatti più è elevato il valore dell'area di assorbimento equivalente, più è basso il valore del tempo di riverberazione.

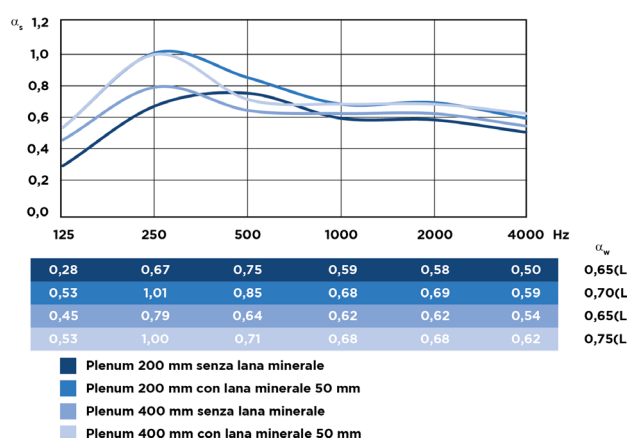
3. Per ciascuna banda di ottava valutare i contributi di assorbimento di ciascuna **finitura a parete, di ciascun arredo**, dell'intervento di correzione acustica a controsoffitto e l'incremento dovuto all'80% di occupazione

$$T_{occ} = 0,161 \frac{V}{\sum_i \alpha_{i,k} S_{i,k} + \sum_j A_{obj,j,k} + 0,8N \cdot \Delta A_{1,persona,k}} \quad (s)$$

Per quanto riguarda il primo addendo del denominatore (l'assorbimento delle superfici perimetrali) i valori di assorbimento acustico sono dati dal prodotto per il coefficiente di assorbimento alfa, e la superficie del materiale i-simo  $S_i$ . I coefficienti di assorbimento sono presi dai prospetti C2 della norma UNI 11532-2 e dalle schede tecniche dei materiali (Eurocoustic Tonga® A 22 e Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®)



Coefficiente di assorbimento acustico Eurocoustic Tonga® A22



Coefficiente di assorbimento acustico Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®

Materiale	Coefficiente di assorbimento acustico $\alpha$						Superficie (m <sup>2</sup> )
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	
Tonga® A 22	0,55*	0,90	1,00	0,95	1,00	1,00	26,7
Gyptone® Point 80 Activ'Air®	0,35	0,70	0,75	0,65	0,60	0,50	31,1
Intonaco liscio (C2.3)	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	90,1
Pavimento (C2.11)	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	57,8
Finestre	0,28	0,20	0,11	0,06	0,03	0,02	10,8

\*Qui il valore è stato incrementato da 0,45 a 0,55 rispetto alla misura ISO 354 della scheda tecnica in modo da tener conto del maggior assorbimento alle basse frequenze dato dal posizionamento nello spigolo (vedi sopra).

Per quanto riguarda il secondo e terzo addendo del denominatore (assorbimento degli arredi e occupazione) i valori di progetto sono:

Tipologia arredo	Assorbimento (m <sup>2</sup> )						n. unità
	125	250	500	1k	2k	4k	
Banchi	0,07	0,06	0,07	0,07	0,04	0,01	30
Armadio	1,55	1,19	0,82	0,91	0,76	0,74	1
Alunno della scuola secondaria seduto al tavolo	0,10	0,15	0,35	0,50	0,50	0,55	0,8 x 30 = 24

Valori di assorbimento acustico degli arredi e delle persone in frequenza

Questo tipo di intervento permette di soddisfare i requisiti normativi di A nella validazione preliminare (vedi tabella seguente).

La stima previsionale del requisito a 125 Hz può essere ritenuta accettabile per una serie di valutazioni accessorie che vale la pena formulare:

1. L' **equazione di Sabine, usata nella formulazione previsionale, prevede implicitamente che il campo sia diffuso.** Questa condizione si verifica molto al di sopra del limite chiamato frequenza di Schroeder:

$$f_s = 2000\sqrt{T/V} \text{ (Hz)}$$

Per l'ambiente in esame tale soglia vale

$$f_s = 2000\sqrt{0,6/300} = 90 \text{ (Hz)}$$

In genere si può assumere la condizione di campo diffuso a partire da  $2 f_s$  (la transizione è legata a molti fattori e non può essere generalizzata), e questo indica che **negli ambienti di piccole dimensioni la banda di ottava dei 125 Hz non verifica la condizione di campo diffuso. In altre parole, non ci sono tutte le condizioni fisiche affinché la valutazione previsionale corrisponda ai valori misurati in fase di collaudo.**

2. Alle basse frequenze possono sussistere, per particolari materiali e per alcune condizioni di posa in opera, fenomeni di assorbimento per risonanza di cavità, di cui il coefficiente assorbimento acustico  $\alpha$  può non tenere conto. Una soluzione possibile, legata all'esperienza del progettista acustico e alla disponibilità di schede tecniche complete, è quella di correggere il valore in bassa frequenza per tener conto di questa modalità di assorbimento acustico (vedi caso di studio successivo).

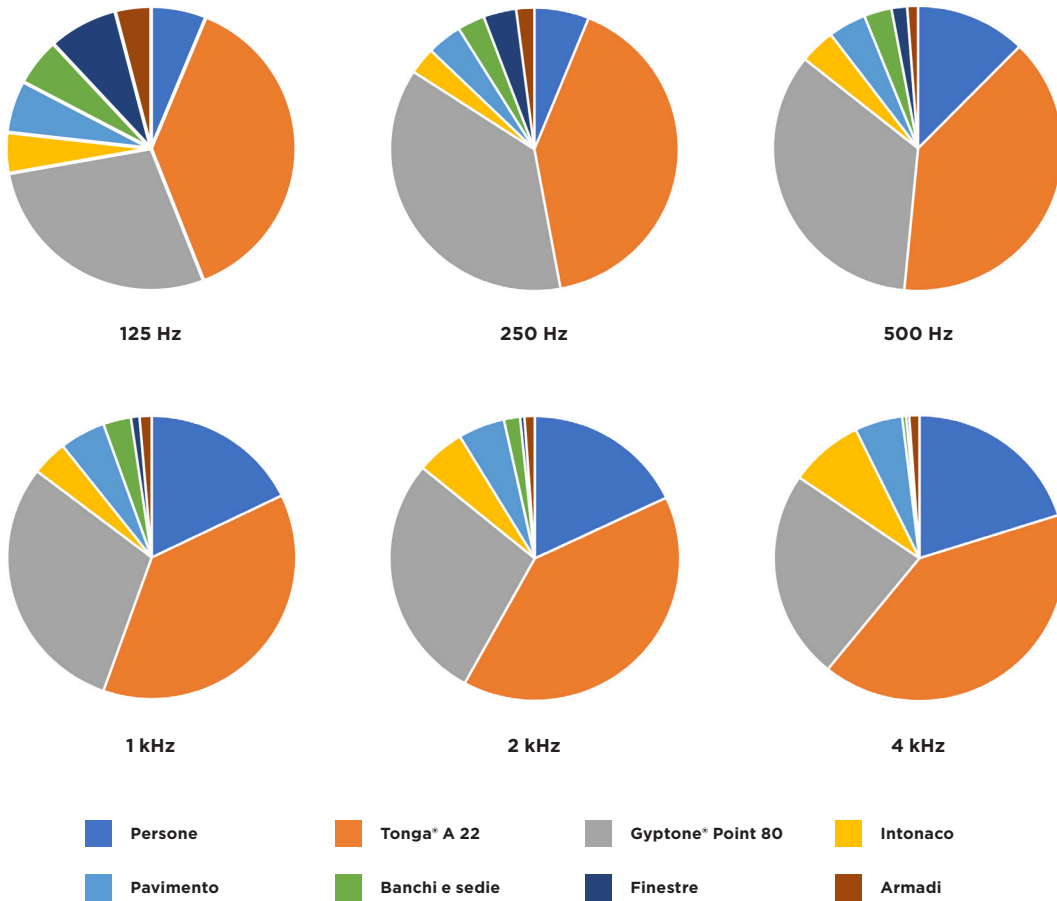
Queste valutazioni, inoltre, vanno corredate da una valutazione più generale sullo **spettro di emissione del parlato, che concentra la maggior parte dell'energia tra i 250 e i 2000 Hz** (per approfondimenti si veda la IEC 60268-16:2020). Il parlato femminile non ha componenti significative nella banda dei 125 Hz. Di conseguenza, possibili sforamenti verso l'alto non sono da ritenersi critici per il comfort e per l'apprendimento degli studenti. Viceversa, l'estremo superiore (banda dei 4000 Hz) è estremamente significativa per le formanti e per il riconoscimento del timbro, ed è una banda di ottava che deve essere tenuta nella giusta considerazione (evitando, ad es. che il tempo di riverberazione in condizioni occupate sia inferiore al limite normativo).

	Area di assorbimento acustico equivalente A (m <sup>2</sup> )					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
TOTALE	38,8	58,7	68,1	67,4	66,7	65,6
UNI 11532-2 min	39,0	47,1	47,1	47,1	47,1	47,1
UNI 11532-2 max	86,9	70,6	70,6	70,6	70,6	86,9

Area di assorbimento acustico equivalente A alle frequenze centrali

La rappresentazione dei requisiti di assorbimento tramite metri quadri di area di assorbimento equivalente permette inoltre di analizzare quale sia il contributo di ciascun materiale per il raggiungimento dell'area di assorbimento acustico totale.

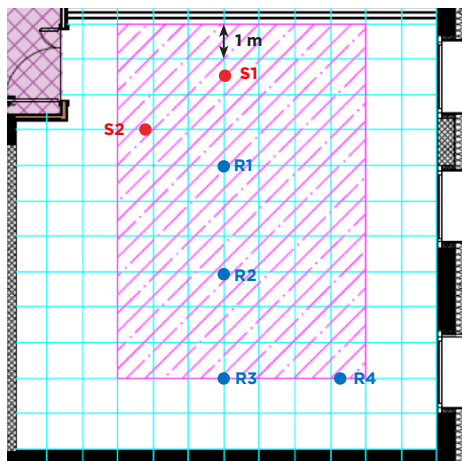
- Alle basse frequenze (125-250 Hz) il requisito di assorbimento è dovuto per circa 1/3 alla lana minerale ad alta densità installata in angolo Eurocoustic Tonga® A 22 (in arancione), per circa 1/3 al comportamento risonante del pannello Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air® (in grigio), e il restante terzo è suddiviso tra i restanti materiali.
- Alle medie frequenze (500-1000 Hz) il contributo dei materiali installati a controsoffitto (Eurocoustic Tonga® A 22 e Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®) copre circa il 75% del requisito di assorbimento, e l'assorbimento degli occupanti (in blu) inizia a diventare significativo (15-20% del requisito).
- Ad alta frequenza diventa predominante il ruolo del Eurocoustic Tonga® A 22, ma il suo 'peso' non raggiunge che il 40-45% del requisito. Questo permette di avere quel minimo di distribuzione dell'assorbimento acustico su differenti layer, che è uno dei requisiti per un'adeguata diffusione acustica, condizione necessaria perché in fase di collaudo si possano verificare i valori verificati in fase previsionale.



Percentuale, per materiali utilizzati, dell'assorbimento acustico equivalente necessario al raggiungimento del requisito della norma UNI 11532-2

Collaudo post-operam

Le misure di collaudo si sono svolte seguendo le prescrizioni della UNI 11532-1:2018. E' stata individuata una sorgente primaria del segnale parlato (S1 nella pianta qui sotto) ed è stata tracciata una linea di ricevitori (R1, R2, R3) nell'area occupata dagli studenti, alla quale è stato aggiunto un ulteriore ricevitore R4 individuato come punto più sfavorevole. Per soddisfare i requisiti della ISO 3382-2:2009 è stata aggiunta un'ulteriore posizione di sorgente (S2), anche se non richiesto in modo stringente dalla UNI 11532-1:2018.



Disposizione delle sorgenti e dei ricevitori nell'ambiente

Per ciascuna coppia sorgente-ricevitore è stata misurata una risposta all'impulso  $p(t)$  con tecnica exponential sine sweep, ESS, sequenza lunga circa 10 s. I segnali registrati con tecnica ESS sono stati deconvoluti tramite software Dirac e successivamente analizzati in bande di ottava.

E' stata utilizzata una sorgente dodecaedrica posizionata a 1,5 m, e ricevitori posizionati a 1,2 m di altezza. La sorgente è stata settata con un adeguato livello sonoro, che ha permesso - insieme al setup delle sequenze ESS - di ottenere un rapporto segnale rumore  $> 45$  dB per ogni banda d'ottava della risposta all'impulso  $p(t)$ , come richiesto da UNI EN ISO 3382-2.

Si riportano di seguito i risultati delle misure effettuate  $T_{mis, unocc}$  per i diversi parametri descritti ai paragrafi precedenti. Per ogni grandezza, i valori presenti nei grafici sotto riportati costituiscono la media dei valori misurati in ogni posizione di misura.

Per confronto con i requisiti normativi, che sono valutati come si è detto in condizioni non occupate, si è corretto il valore  $T_{mis, unocc}$  con la formula:

$$T_{mis, occ} = \frac{T_{mis, unocc}}{1 + \frac{T_{mis, unocc} \Delta A_{persone}}{0,16V}} \quad (s)$$

e i valori di incremento dell'assorbimento dato dall'occupazione già utilizzato in fase previsionale (vedi sezione precedente):

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Alunno della scuola secondaria seduto al tavolo	0,10	0,15	0,35	0,50	0,50	0,55

	Finestra UNI 11532		$T_{mis, unocc}$ (s)	$T_{mis, occ}$ (s)
	$T_{occ, min}$ (s)	$T_{occ, max}$ (s)		
125 Hz	0,37	0,82	0,88	0,82
250 Hz	0,45	0,68	0,73	0,67
500 Hz	0,45	0,68	0,72	0,60
1000 Hz	0,45	0,68	0,53	0,44
2000 Hz	0,45	0,68	0,57	0,47
4000 Hz	0,37	0,68	0,61	0,48

Valori di tempo di riverberazione misurati in condizioni non occupate e occupate (a destra) a confronto con i valori target di tempo di riverberazione in condizioni occupate definiti secondo UNI 11532-2

Le superfici di Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air® e Eurocoustic Tonga® A 22 sono state dimensionate in un rapporto 55%-45% circa. **Prove in opera hanno dimostrato che piccole variazioni di proporzioni non incidono significativamente sulla prestazione finale.**

## 2) Biblioteca scolastica

Il secondo caso di studio è la biblioteca di una scuola secondaria, di pianta rettangolare, con un volume  $V = 434 \text{ m}^3$ . Il progetto prevede pareti intonacate e arredi (scaffali, tavoli, sedie). Il trattamento acustico è previsto sul solo controsoffitto.

### Definizione dei valori limite

La famiglia di categoria A6 della norma UNI 11532 raccoglie tipologie di ambienti accessorie all'insegnamento. Non essendo ambienti funzionali a veicolare il linguaggio, le richieste nei criteri acustici sono di conseguenza più semplici e includono il solo rispetto di criteri di riverberazione.

Tale requisito è espresso sotto forma di un rapporto  $A/V$ , che quindi ha una dimensione inversa rispetto al tempo di riverberazione (che è proporzionale al rapporto  $V/A$ ). Di conseguenza, **per contenere la riverberazione sotto una certa soglia, bisognerà - al contrario - avere un rapporto  $A/V$  superiore al limite dato.**

Inoltre, poiché in questo tipo di ambienti (fatta eccezione per la categoria A6.5) non è prevista la presenza di un docente, non c'è la necessità di contenere lo sforzo vocale e quindi non c'è un limite inferiore di riverberazione (e quindi un limite superiore del rapporto  $A/V$ ). Non essendo fissata un'occupazione standard, il dimensionamento dei criteri e la relativa verifica previsionale non deve tener conto del contributo di assorbimento acustico fornito dall'occupazione di persone.

Categoria	Descrizione	Condizione di verifica	Criterio di riverberazione	Range di rispetto	Requisito di riverberazione
A6.1	Vani scala	non occupato	--		--
A6.2	Spogliatoi	non occupato	A/V	250-2000 Hz	$A/V > (4,80+4,69 \log h)^{(-1)}$
A6.3	Biblioteche	non occupato	A/V	250-2000 Hz	$A/V > (3,13+4,69 \log h)^{(-1)}$
A6.4	Mense	non occupato	A/V	250-2000 Hz	$A/V > (2,13+4,69 \log h)^{(-1)}$

Nelle formule **h** è l'altezza del locale

Requisiti di riverberazione per le famiglie di ambienti in categoria A6 secondo UNI 11532-2

I requisiti devono essere garantiti per ciascuna ottava, su un range limitato alle componenti più energetiche del parlato (250 Hz - 2000 Hz): questo perché la finalità dell'intervento di progettazione è quella di contenere il rumore antropico.

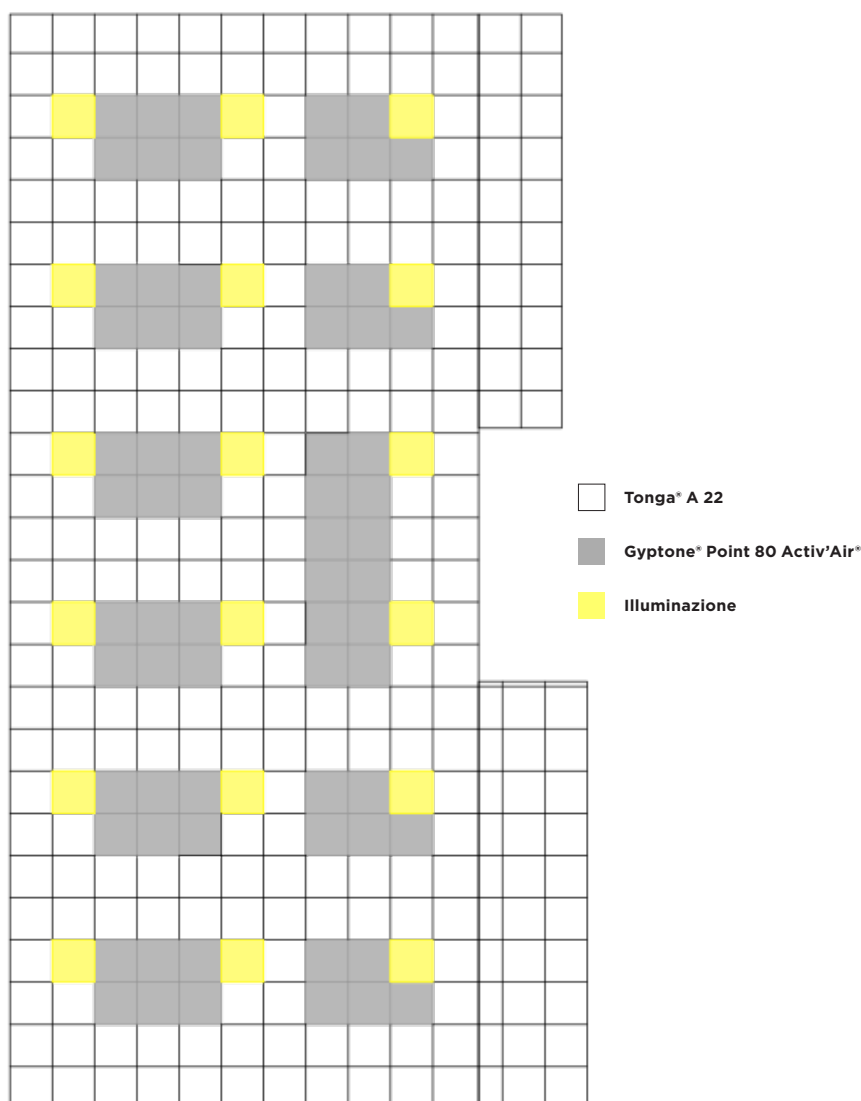
Per lo spazio in esame, il criterio di progettazione da seguire risulta essere il seguente:

$$A/V > 0,18$$

#### Criteri di progettazione

Uno scenario di questo tipo richiede ugualmente una progettazione accurata del posizionamento e del mix di materiali per il controllo acustico.

Si ripropone, come nel caso 1) precedente, una soluzione a controsoffitto che alterna 'isole' di Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air® (pannello in gesso forato che lavora da risonatore) a fasce perimetrali con Eurocoustic Tonga® A 22 (pannello in lana minerale ad alta densità):



Disposizione del mix di materiali (Eurocoustic Tonga® A22 e Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®) a controsoffitto

### Dimensionamento e diversificazione degli interventi di mitigazione acustica.

A questo punto il dimensionamento dell'intervento di progettazione è riassumibile come segue:

1. Dal valore di  $A/V = 0,18$  si può determinare il valore minimo di  $A$  da raggiungere ( $V = 434 \text{ m}^3$ ) in ciascuna banda di ottava, da 250 Hz a 2000 Hz.

$$A_k = 0,18 V = 0,18 \cdot 434 = 76,4 \quad (\text{m}^2)$$

dove

$$A = \sum_i \alpha_{i,k} S_{i,k} + \sum_j A_{obj,j,k} \quad (\text{s})$$

Per quanto riguarda il primo addendo del denominatore (l'assorbimento delle superfici perimetrali) i valori di assorbimento acustico sono dati dal prodotto per il coefficiente di assorbimento alfa, e la superficie del materiale  $i$ -simo  $S_i$ . I coefficienti di assorbimento sono presi dai prospetti C2 della UNI 11532-2 e dalle schede tecniche dei materiali.

Materiale	Coefficiente di assorbimento acustico $\alpha$						Superficie (m <sup>2</sup> )
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	
Tonga® A 22	0,55	0,90	1,00	0,95	1,00	1,00	93,8
Gyptone® Point 80 Activ'Air®	0,35	0,70	0,75	0,65	0,60	0,50	25,9
Intonaco liscio (C2.3)	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	102,1
Pavimento (C2.11)	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	Pavimento C2.11
Finestre (C2.10)	0,28	0,20	0,11	0,06	0,03	0,02	35,7
Porte	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	5,0
Scaffali	0,30	0,39	0,39	0,31	0,29	0,21	25,1

Valori dei coefficienti di assorbimento dei materiali da schede tecniche e da prospetti della norma UNI 11532-2

Per quanto riguarda il secondo e addendo (assorbimento degli arredi) i valori di progetto sono:

Tipologia arredo	A (m <sup>2</sup> )						n.unità
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	
Banchi	0,07	0,06	0,07	0,07	0,04	0,01	64

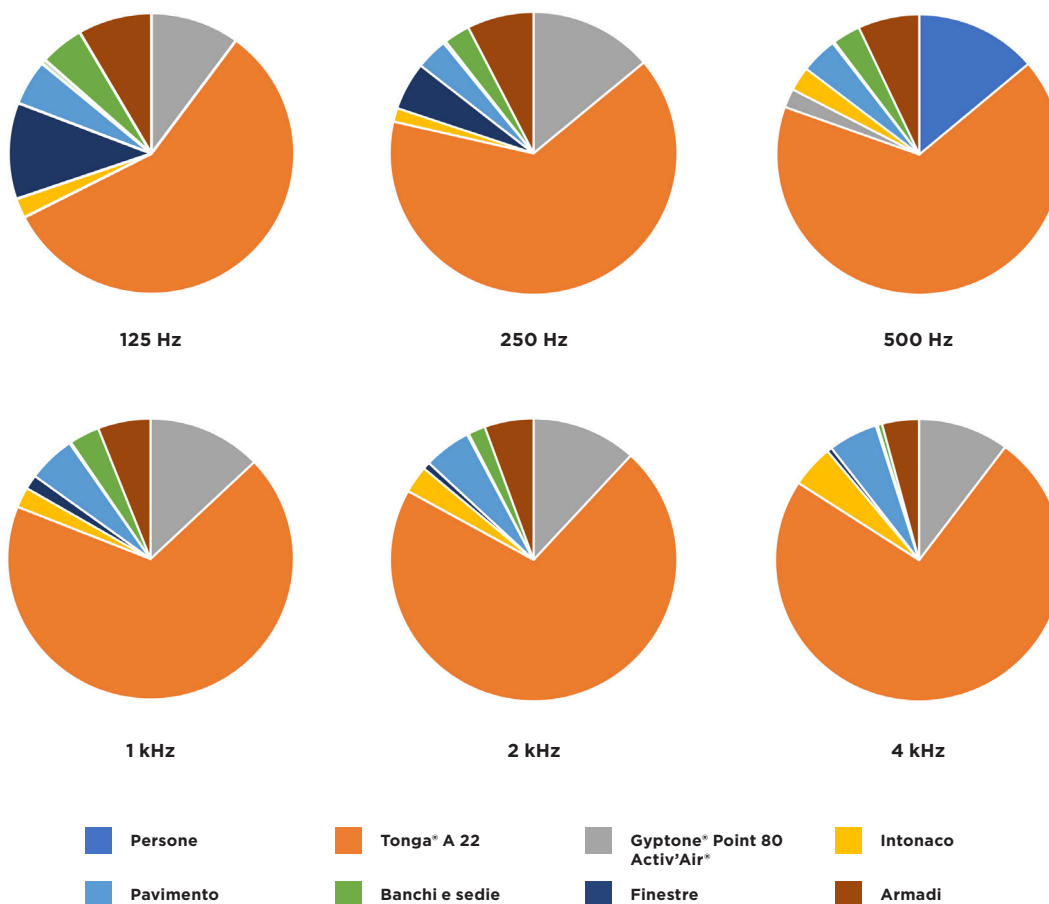
Valori in frequenza dell'area di assorbimento equivalente dell'arredo

Questo tipo di intervento permette di soddisfare i requisiti normativi di  $A$  nella validazione preliminare.

	Area di assorbimento acustico equivalente A (m <sup>2</sup> )			
	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz
Gyptone® Point 80 Activ'Air®	18,13	19,43	16,84	15,54
Tonga® A 22	84,42	93,80	89,11	93,80
Intonaco	2,04	3,06	3,06	4,08
Finestre	7,14	3,93	2,14	1,07
Pavimento	4,69	5,86	7,03	7,03
Porte	0,40	0,30	0,25	0,25
Banchi	3,84	4,48	4,48	2,56
Scaffali	9,79	9,79	7,78	7,28
<b>TOTALE</b>	<b>130,45</b>	<b>140,64</b>	<b>130,69</b>	<b>131,62</b>
<b>Target</b>	<b>76,40</b>	<b>76,40</b>	<b>76,40</b>	<b>76,40</b>

Validazione preliminare dei requisiti di  $A$  in fase di progetto a confronto con quelli target definiti secondo UNI 11532-2

In questo caso però, a differenza del precedente, la funzione progettuale dei due materiali è differente. Il compito di assorbimento acustico sullo spettro 250-2000 Hz è in gran parte svolto dalla lana minerale del pannello Eurocoustic Tonga® A 22 (vedi grafici a torta qui sotto). Il compito delle “isole” di Gyproc Gyptone® Point 80 Activ’Air® non è quello di garantire l’assorbimento nella regione dei 250 Hz perché l’occupazione di persone è trascurabile e di conseguenza non c’è bisogno di ‘bilanciare’ ai 250 Hz l’assorbimento delle persone alle alte frequenze. Il compito dei pannelli in gesso forato, in questo caso, è quello di garantire un’adeguata diffusione del campo sonoro in modo che vi siano le condizioni fisiche affinché in fase di collaudo i valori misurati siano aderenti a quelli stimati in fase di validazione preliminare. Inoltre, la presenza di arredi garantisce che, per ciascuna banda di ottava, almeno un terzo dell’area di assorbimento acustico sia distribuita.



Percentuale, per materiali utilizzati, dell’assorbimento acustico equivalente necessario al raggiungimento del requisito della norma UNI 11532-2

### Collaudo post-operam

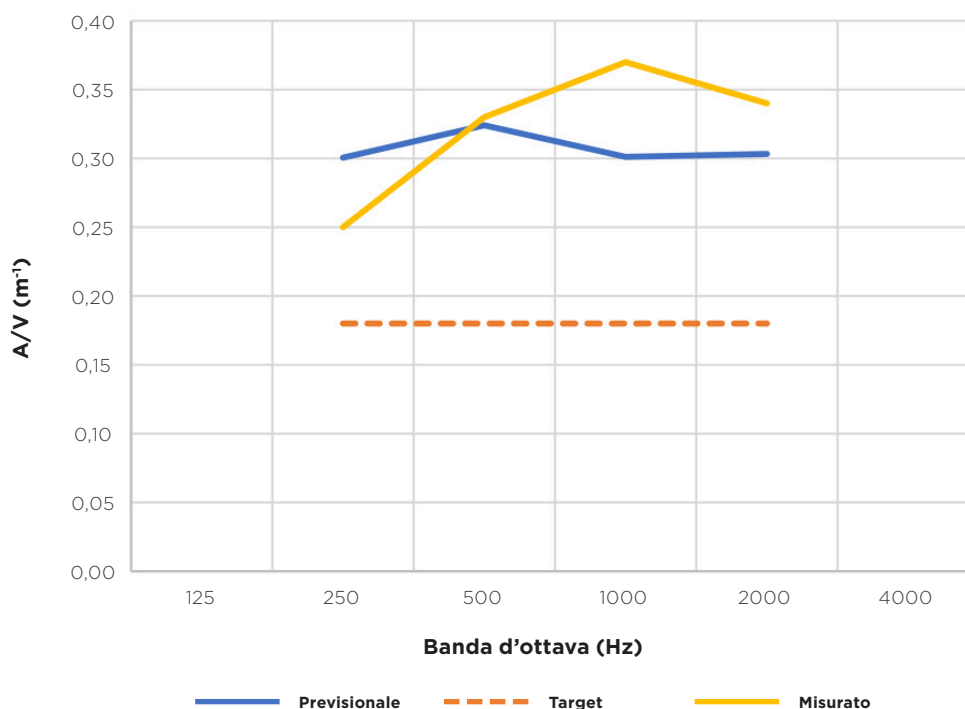
Le misure di collaudo si sono svolte misurando 12 coppie-ricevitori (2 sorgenti, 6 ricevitori, standard “Precision” della norma tecnica UNI-EN-ISO 3382-2).

La misura è stata effettuata seguendo la stessa metodologia indicata nel caso 1). Si riportano di seguito i risultati delle misure di tempo di riverberazione, in funzione del parametro A/V:

$$A/V = 0,16 / T_{unocc, mis}$$

	Finestra UNI 11532	
	A/V min	A/V misurato (s)
250 Hz	0,18	0,25
500 Hz	0,18	0,33
1000 Hz	0,18	0,37
2000 Hz	0,18	0,34

Valori di A/V misurati in frequenza (a destra) a confronto con i valori target da normativa (a sinistra)



Confronto tra valori di A/V previsionale e misurato in relazione al target definito da normativa UNI 11532-2

Il collaudo risulta quindi verificato.

### 3) Aula universitaria (> 250 m<sup>3</sup>)

Il terzo caso di studio è un'aula di grandi dimensioni, di pianta rettangolare, con un volume  $V = 1200 \text{ m}^3$ ,  $N = 260$ . Il progetto prevede pareti rigide intonacate e sedute in legno su gradoni. Il trattamento acustico è previsto sul solo controsoffitto.

#### Definizione dei valori limite.

La tipologia di aula (aula didattica con contemporanea presenza di più oratori - docenti e studenti) richiede di seguire le raccomandazioni della categoria A3. Il tempo di riverberazione ottimale (in condizioni occupate) è espresso dalla formula:

$$T_{ott} = 0,32 \log V - 0,17 = 0,82 \text{ (s)}$$

Per avere un riferimento dei tempi di riverberazione da verificare in fase di collaudo, per ogni k-sima banda di ottava i valori di  $T_{unocc,k}$ , in funzione del volume  $V = 1200 \text{ m}^3$  e dell'incremento di assorbimento acustico degli occupanti si utilizza la formula seguente:

$$T_{unocc,k} = \frac{T_{ott}}{1 - \frac{T_{ott} \Delta A_{persone,k}}{0,16V}} \text{ (s)}$$

dove l'incremento di assorbimento acustico dipende dal numero di occupanti  $N=30$ :

$$\Delta A_{persone,k} = 0,8N\Delta A_{1persone,k} \text{ (m}^2\text{)}$$

e l'incremento di assorbimento acustico per ciascuno studente dipende dalla tipologia di seduta prevista. L'aula prevede studenti su sedute, per cui dal prospetto C1 della norma si legge:

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Persona seduta su sedia non imbottita	0,15	0,30	0,40	0,45	0,55	0,55

superficie aggiuntiva di assorbimento acustico equivalente delle persone espressa in m<sup>2</sup> (Rif. 2 prospetto C1 UNI 11532-2)

Di conseguenza il target di tempo di riverberazione in condizioni non occupate, è:

Categ.	Descrizione	T <sub>ott</sub> (s)	Tempo di riverberazione T <sub>unocc</sub> (s)					
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
A3	Aula universitaria (sedie legno)	0,82	0,95	1,12	1,27	1,37	1,60	1,60

Valori di tempo di riverberazione ottimale (in condizioni occupate) a sinistra, e valori di tempo di riverberazione in condizioni non occupate a destra

### Criteria di progettazione

Come sottolineato in precedenza, **una delle conseguenze della nuova UNI 11532-2:2020 è che, in ambienti ad alta occupazione di persone, l'assorbimento acustico delle persone può essere in molti casi sufficiente a soddisfare i requisiti di assorbimento alle alte frequenze.**

Nelle grandi aule universitarie può essere utile, come stima di massima, valutare il rapporto volume per occupante. Nel caso in esame, in condizioni di occupazione completa (260 occupanti) tale rapporto è circa 4,6 m<sup>3</sup>/persona, valore che sale a circa 5,76 m<sup>3</sup>/persona nel caso di occupazione all'80%. In forma molto semplificata si può stimare che sotto i 6 m<sup>3</sup>/persone di densità il requisito alle frequenze medio-alte sia realizzato in gran parte mediante l'assorbimento degli occupanti.

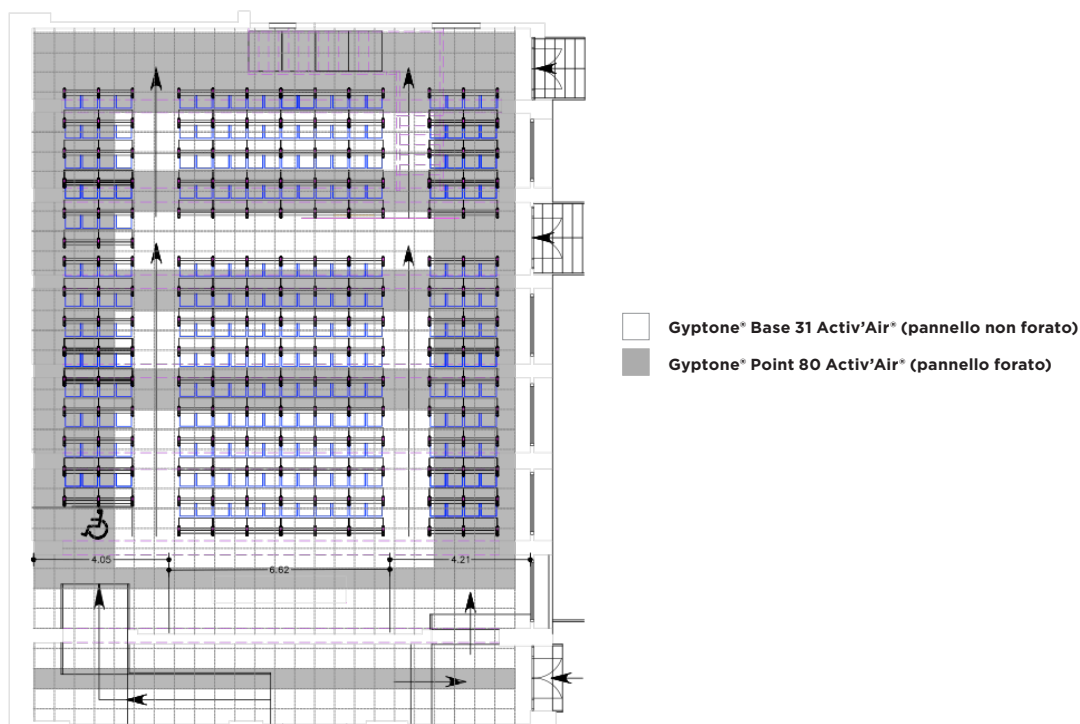
L'intervento di correzione acustica a controsoffitto può essere quindi all'assorbimento alle medio-basse frequenze, riducendo o in alcuni casi evitando di proposito l'intervento di correzione acustica con materiali in lana minerale.

Il requisito di assorbimento acustico richiesto al controsoffitto può essere realizzato quindi con soluzioni in gesso rivestito forato che, considerando opportunamente l'intercapedine (plenum del controsoffitto), abbiano un massimo di assorbimento nella banda di ottava dei 250 Hz.

Inoltre, l'esigenza di assorbimento è limitata anche nella banda di ottava dei 250 Hz, e in generale - come poi discusso - è buona regola alternare blocchi di materiali diversi nelle installazioni a controsoffitto.

Il progetto prevede quindi l'utilizzo combinato di pannelli Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air® e Gyproc Gyptone® Base 31 Activ'Air®. I blocchi di Gyproc Gyptone® Base 31 Activ'Air® (non forato) sono disposti in forma di isole al centro dell'ambiente, in modo da incrementare le riflessioni su queste superfici.

Questo tipo di soluzione permette di garantire il requisito di diffusività del campo acustico all'interno dell'ambiente, diffusività che non viene garantita in generale quando a controsoffitto è installato solo un materiale assorbente fibroso. Un'adeguata diffusione del campo sonoro, lo ricordiamo, è una delle condizioni per cui i valori misurati in collaudo di tempi di riverberazione possano essere ragionevolmente aderenti a quelli calcolati mediante formula previsionale.



Disposizione dei materiali nel controsoffitto

## Dimensionamento e diversificazione degli interventi di mitigazione acustica

A questo punto il dimensionamento dell'intervento di progettazione è riassumibile nei seguenti passaggi:

1. Dal valore di  $T_{ott}$  corrispondente al volume dell'ambiente (0,82 s, vedi sopra) si può determinare la forchetta di valori permessi per  $T_{occup}$  in ciascuna banda di ottava da 125 Hz a 4000 Hz.
2. Per ciascuna k-sima banda di ottava, i valori di  $T_{occ,max,k}$  e  $T_{occ,min,k}$  possono essere tradotti nel corrispondente valore di area di assorbimento, rispettivamente  $A_{min,k}$  e  $A_{max,k}$  equivalente tramite la forma inversa della formula di Sabine:

$$A_k = 0,16 \frac{V}{T_k} \quad (m^2)$$

Frequenza	$T_{occup}$ (s)		A (m <sup>2</sup> )	
	min	MAX	MAX	min
125 Hz	0,53	1,18	362,3	162,7
250 Hz	0,65	0,98	295,4	195,9
500 Hz	0,65	0,98	295,4	195,9
1000 Hz	0,65	0,98	295,4	195,9
2000 Hz	0,65	0,98	295,4	195,9
4000 Hz	0,53	0,98	362,3	195,9

Valori massimi e minimi del tempo di riverberazione in condizione ottimale per la definizione del target UNI 11532-2 (a sinistra) e relativa area di assorbimento equivalente (a destra)

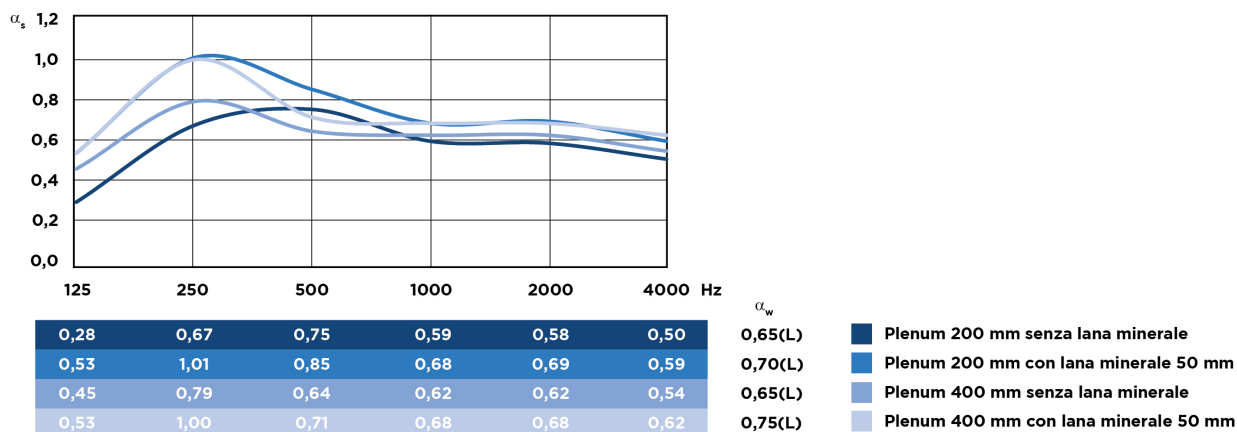
Si noti che il valore minimo della forchetta di tempo di riverberazione corrisponde al valore massimo di A. Infatti più è elevato il valore dell'area di assorbimento equivalente, più basso è il valore del tempo di riverberazione.

3. Per ciascuna banda di ottava valutare i contributi di assorbimento di ciascuna finitura a parete, di ciascun arredo, dell'intervento di correzione acustica a controsoffitto e l'incremento dovuto all'80% di occupazione

$$T_{occ} = 0,161 \frac{V}{\sum_i \alpha_{i,k} S_{i,k} + \sum_j A_{obj,j,k} + 0,8N \cdot \Delta A_{1person,k}} \quad (s)$$

Per quanto riguarda il primo addendo del denominatore (l'assorbimento delle superfici perimetrali) i valori di assorbimento acustico sono dati dal prodotto per il coefficiente di assorbimento  $\alpha$ , e la superficie del materiale i-simo  $S_i$ . I coefficienti di assorbimento sono presi dai prospetti C2 della UNI 11532-2 e dalle schede tecniche dei materiali per il Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®. (la scheda tecnica fornisce i coefficienti  $\alpha_s$  in funzione dell'intercapedine data dalla posa in opera).

Per stimare i coefficienti di assorbimento acustici del Gyproc Gyptone® Base 31 Activ'Air®, non forniti in scheda tecnica, si è stimato un coefficiente di assorbimento acustico a 125 Hz dell'ordine di quello del Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air® (ipotizzando una massa confrontabile si può ipotizzare lo stesso comportamento di assorbimento per risonanza di pannello tra i due materiali) e nelle altre bande, cautelativamente, è stato assegnato un valore molto basso di assorbimento (0,01).



Coefficiente di assorbimento acustico Gyptone® Point 80 Activ'Air®

Materiale	Coefficiente di assorbimento acustico $\alpha$						Superficie (m <sup>2</sup> )
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	
Gyptone® Base 31 Activ'Air®	0,35	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	225
Gyptone® Point 80 Activ'Air®	0,35	0,70	0,75	0,65	0,60	0,50	180
Intonaco liscio (C2.3)	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	420
Pavimento (C2.13)	0,15	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	235
Finestre (C2.10)	0,28	0,20	0,11	0,06	0,03	0,02	37

Valori dei coefficienti di assorbimento dei materiali da schede tecniche e da prospetti della norma UNI 11532-2

Per quanto riguarda il secondo e terzo addendo del denominatore (assorbimento degli arredi e occupazione) i valori di progetto sono:

Tipologia arredo	A (m <sup>2</sup> )						n. unità
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	
Banchi	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	260
Persona seduta su sedia non imbottita	0,15	0,30	0,40	0,45	0,55	0,55	0,8 x 260 = 208

Valori in frequenza dell'area di assorbimento equivalente per gli arredi (banchi) e per l'occupazione (persona seduta su sedia non imbottita)

Questo tipo di intervento permette di soddisfare i requisiti normativi di A nella validazione preliminare:

A (m <sup>2</sup> )	Frequenza					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
TOTALE	232,2	258,8	230,5	252,17	267,1	254,5
UNI 11532-2 min	162,7	162,7	162,7	162,7	162,7	162,7
UNI 11532-2 MAX	362,3	362,3	362,3	362,3	362,3	362,3

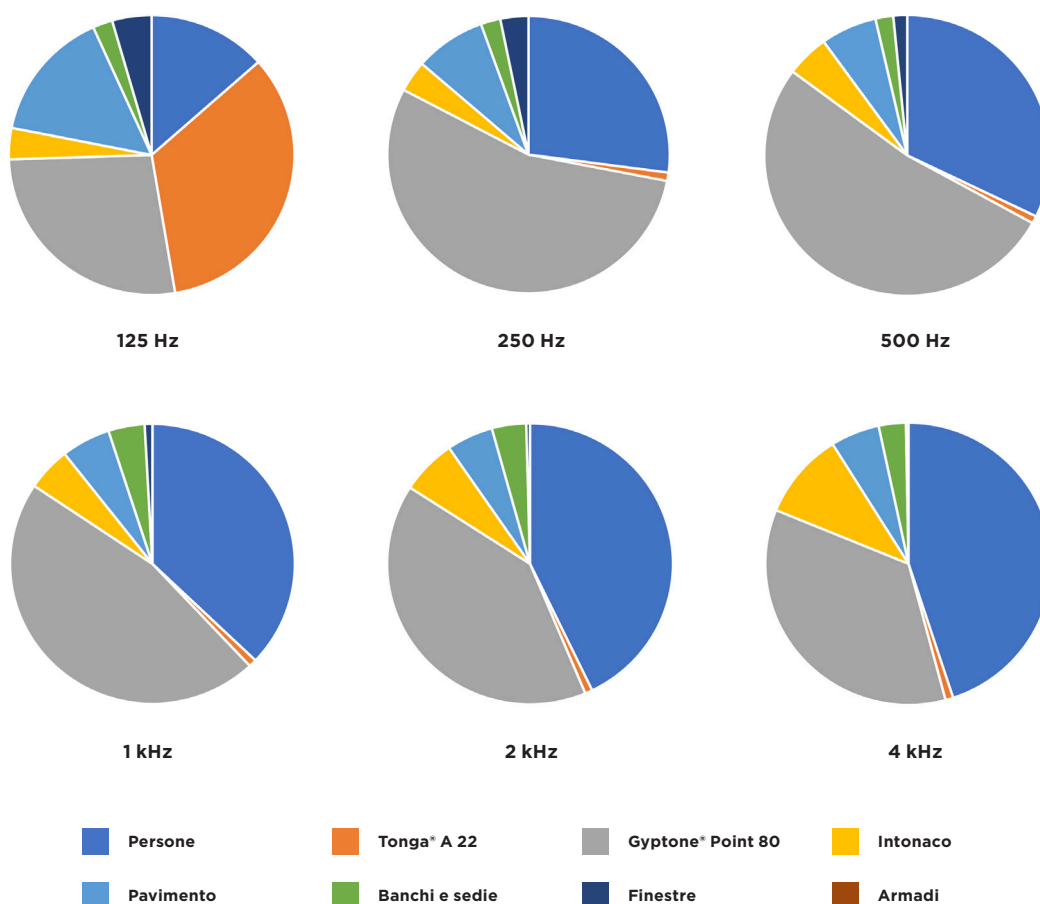
Area di assorbimento totale di progetto a confronto con i valori target secondo UNI 11532-2

La rappresentazione dei requisiti di assorbimento tramite metri quadri di area di assorbimento equivalente permette inoltre di analizzare quale sia il contributo di ciascun materiale per il raggiungimento dell'area di assorbimento acustico totale.

Alle bassissime frequenze (125 Hz) il requisito di assorbimento è dovuto per circa 1/3 al Gyproc Gyptone® Base 31 Activ'Air® (in arancione), per circa 1/3 al comportamento risonante del Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air® (in grigio), e il restante terzo è suddiviso tra i restanti materiali.

Salendo in frequenza (dai 250 ai 1000 Hz) il contributo della parte assorbente dei materiali installati a controsoffitto (Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®) copre circa il 59% del requisito di assorbimento, e l'assorbimento degli occupanti (in blu) inizia a diventare significativo (30% del requisito).

Ad alta frequenza (2000-4000 Hz) il peso della parte assorbente del controsoffitto raggiunge il 40% del requisito. La stessa percentuale di assorbimento è garantita dagli occupanti. In questo caso, la diffusione del campo acustico - condizione necessaria perché in fase di collaudo si possano verificare i valori verificati in fase previsionale - viene garantita dall'alternanza di pattern di materiali differenti sul controsoffitto.

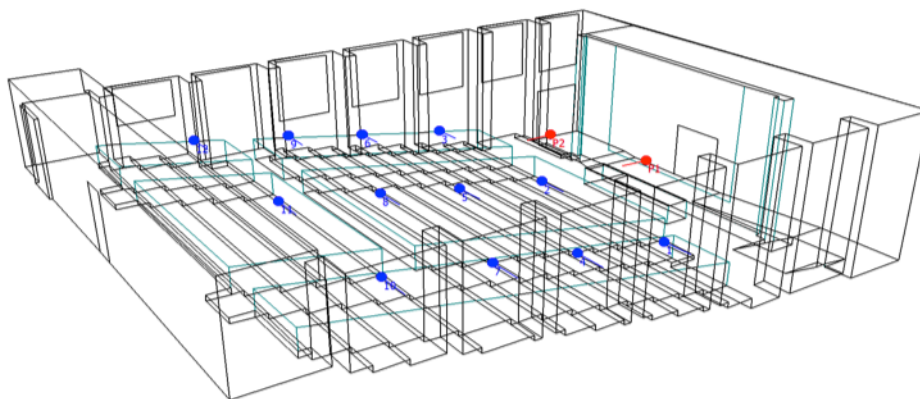


Percentuale, per materiali utilizzati, dell'assorbimento acustico equivalente necessario al raggiungimento del requisito della norma UNI 11532-2

#### APPROFONDIMENTO: valutazione previsionale mediante simulazione numerica

Al fine di valutare il rispetto dei requisiti di intelligibilità del parlato mediante impianto di amplificazione è stato redatto un modello numerico utilizzando il software di simulazione acustica Odeon Room Acoustics v.15, che rappresenta lo stato dell'arte delle tecniche di simulazione di questo tipo di ambienti. Un modello virtuale tridimensionale è stato realizzato - come da prassi tecnica - mediante software di modellazione (SketchUp 2017), sulla base di piante e sezioni.

All'interno del modello virtuale importato in Odeon Room Acoustics v.15 sono stati inserite le sorgenti sonore e i ricevitori, secondo lo standard 'precision' della norma tecnica ISO 3382 [10] (un numero di coppie sorgenti-ricevitori più alto del requisito della UNI 11532-2:2020). Nel modello numerico, sono state posizionate due sorgenti ad altezza 1.5 m e dodici ricevitori ad altezza 1,2 m, altezza di riferimento corrispondente alla posizione dell'orecchio di una persona seduta.



Vista tridimensionale del modello numerico utilizzato per le simulazioni. È possibile notare il posizionamento delle 2 sorgenti sonore, indicate in rosso, e delle 12 posizioni riceventi, indicate in blu.

Sono state assegnate alle superfici del modello numerico gli stessi coefficienti di assorbimento utilizzati nella valutazione previsionale mediante formula di Sabine. I coefficienti di scattering (ovvero la percentuale di energia riflessa nell'ambiente in maniera diffusa) non contemplati esplicitamente nella legge di Sabine ma necessari per una corretta simulazione numerica, sono stati presi dalla libreria dei materiali del software Odeon. Essi sono relativi a data set scientificamente riconosciuti dalla letteratura in merito.

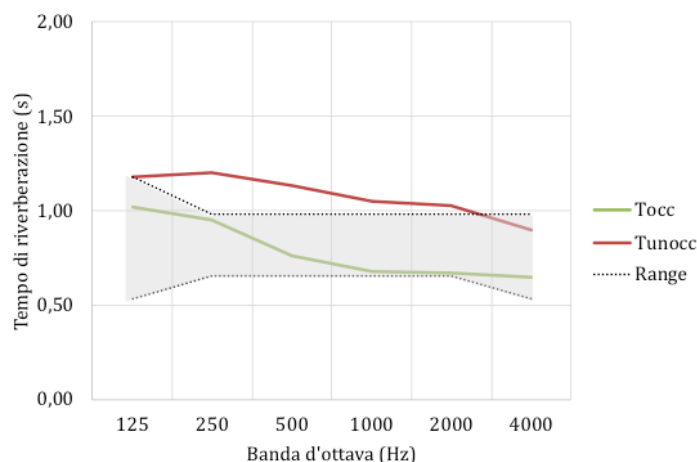
Valori di assorbimento acustico ( $\alpha$ ) e di scattering ( $s$ ) applicati ai materiali del modello numerico durante le simulazioni. Si noti che i valori di assorbimento sono forniti in funzione della banda d'ottava mentre i valori di scattering sono relativi ad una frequenza media di 707 Hz, secondo le linee guida del software Odeon.

Materiale	$s_{707 \text{ Hz}}$
Intonaco	0.05
Vetri	0.01
Pavimento e sedute	0.70
Controsoffitto	0.05

Valori di scattering dei materiali utilizzati in fase di simulazione numerica su software ray-tracing

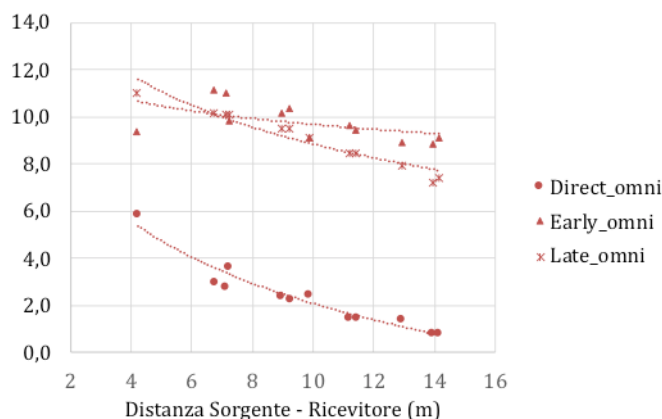
Dalla simulazione sono stati dunque estratti i parametri di tempo di riverberazione  $T$ , di distribuzione dell'energia sonora, di intelligibilità del parlato STI.

Di seguito viene riportato il grafico dei risultati delle simulazioni effettuate dei tempi di riverberazione in banda d'ottava (in condizioni non occupate e occupate), riportate sulla finestra di pertinenza richiesta dalla normativa UNI 11532-2:2020.



Tempo di riverberazione in condizioni occupate e non occupate in relazione al range definito da normativa UNI 11532-2

Di seguito vengono riportati i risultati delle simulazioni di decadimento dell'energia sonora (valutata tramite parametro Sound Strength  $G$ ) nelle sue tre componenti: direct, early e late descritte precedentemente per una sorgente sonora omnidirezionale (indice di direttività = 0). I valori riportati sono la media nelle bande di ottava 500, 1000 Hz. Sebbene un'analisi approfondita di queste curve esuli dalle pertinenze di questo manuale tecnico, è possibile trarre alcune considerazioni utili dalla figura seguente.



Decadimento dell'energia sonora in funzione della distanza sorgente-ricevitore

Si nota in fatti come il peso del campo diretto, già a 4m di distanza tra sorgente e ricevitore, sia trascurabile rispetto al livello del campo riverberato. Quest'ultimo, a sua volta, può essere diviso in un contributo dato dalle prime riflessioni (early), utili a trasmettere informazioni legate alla parola, e un contributo dovuto alla riverberazione (late), che ha invece un ruolo deleterio.

Una corretta progettazione del controsoffitto permette di mantenere il livello "early" più alto rispetto al "late": questo implicitamente permette di avere un valore di  $C_{50} > 0$  dB che permette, anche in ambienti di grandi dimensioni, di ottenere un'adeguata intelligibilità del parlato.

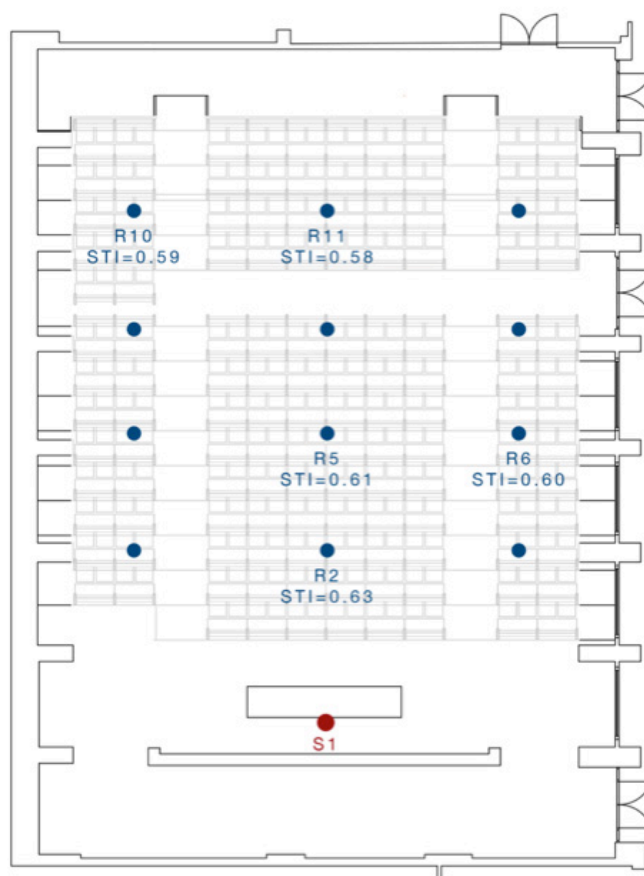
Inoltre i valori della simulazione confermano l'ipotesi sull'andamento spaziale del campo riverberante: il livello sonoro decresce con l'aumento della distanza sorgente-ricevitore. Un'adeguata progettazione permette di contenere la pendenza di questa curva, e si rileva una differenza di livello sonoro molto limitata (circa 3 dB) tra gli studenti delle prime file (posti a 4m) e quelli delle ultime (posti a 14 m di distanza dalla sorgente).

Su questa base è necessario, come accennato qualitativamente nelle pagine precedenti, innestare un corretto ragionamento per l'installazione dell'impianto di amplificazione: un limitato decadimento del campo sonoro infatti permette, ad es., l'installazione di un numero limitato di sorgenti sonore tipo line-array e allo stesso tempo un'adeguata copertura di tutto lo spazio occupato dagli studenti.

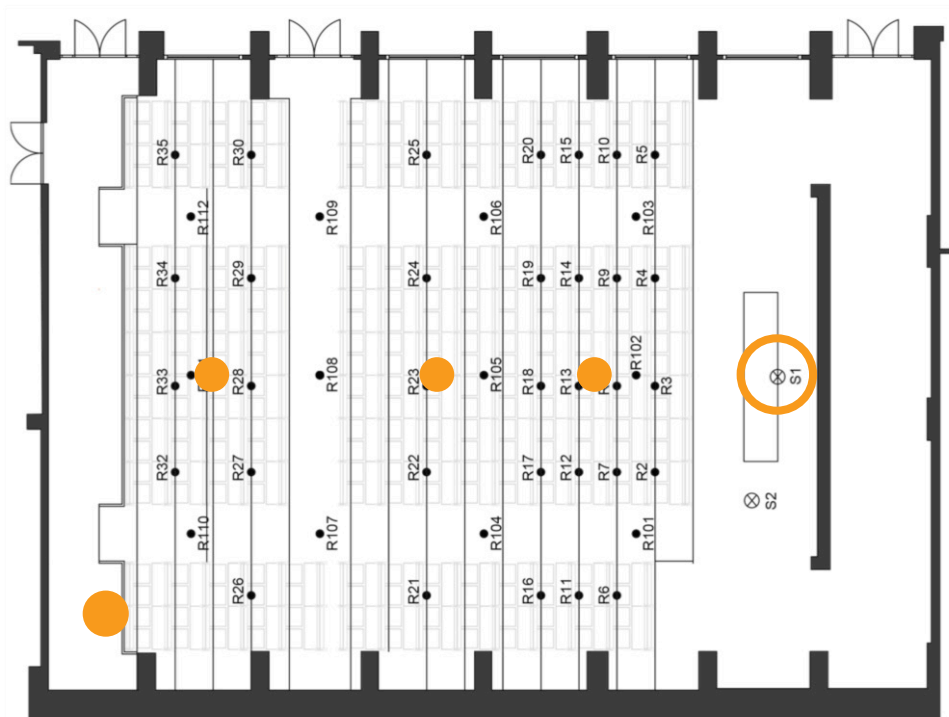
Vengono infine riportati i risultati delle simulazioni effettuate del parametro di intelligibilità Speech Transmission Index STI su una griglia di ricevitori per sorgente omnidirezionale. Il requisito di validazione è quindi che il valore di STI sia superiore a 0,55 (con una tolleranza di 0,05).

#### Collaudo post operam

Le misure di collaudo si sono svolte analogamente al caso dell'ambiente di minori dimensioni, seguendo le prescrizioni della UNI 11532-1:2018. Individuata una sorgente primaria del segnale parlato (S1 in pianta), è stata tracciata una linea di ricevitori (R2, R5, R11) nell'area occupata dagli studenti, alla quale sono stati aggiunti due ulteriori ricevitori R6, R10 individuati come punto più sfavorevole. Per ragioni di completezza sono stati misurati un numero maggiore di coppie sorgenti di coppie-ricevitori (2 sorgenti, 35 ricevitori, per un totale di 70 punti di misura).



Disposizione in pianta di sorgente (S1) e ricevitori (R2, 5, 6, 10, 11) e relativi valori di STI misurati in fase di collaudo



Disposizione in pianta di sorgenti e ricevitori. In arancione sono evidenziati la sorgente e i ricevitori interessati in fase di collaudo

Si riportano di seguito i risultati delle misure effettuate  $T_{mis,unocc}$  per i diversi parametri descritti ai paragrafi precedenti. Per ogni grandezza, i valori presenti nei grafici sotto riportati costituiscono la media dei valori misurati in ogni posizione di misura.

Per confronto con i requisiti normativi, che sono valutati come si è detto in condizioni non occupate, si è corretto il valore  $T_{mis,unocc}$  con la formula già vista:

$$T_{mis,occ} = \frac{T_{mis,unocc}}{1 + \frac{T_{mis,unocc} \Delta A_{persone}}{0,16V}} \quad (s)$$

e i valori di incremento dell'assorbimento dato dall'occupazione (gli stessi utilizzati in fase previsionale).

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Persona seduta su sedia non imbottita	0,15	0,30	0,40	0,45	0,55	0,55

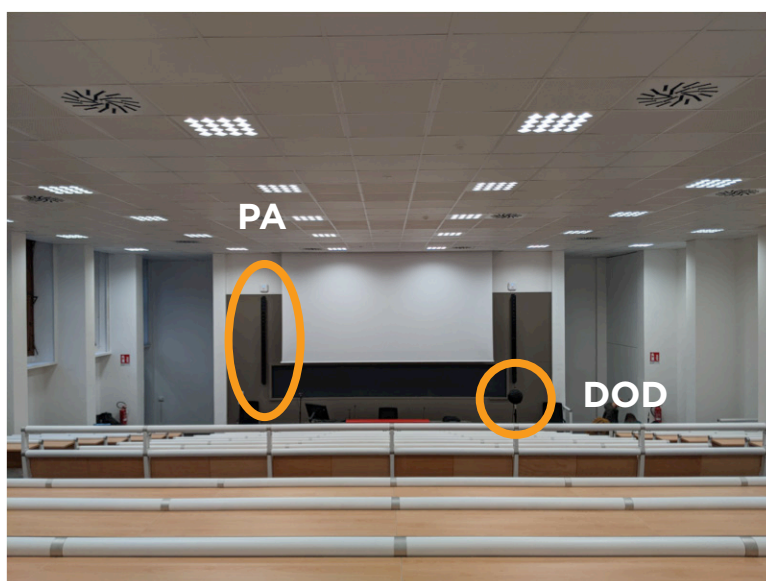
superficie aggiuntiva di assorbimento acustico equivalente delle persone espressa in m<sup>2</sup> (Rif. 2 prospetto C1 UNI 11532-2)

	Finestra UNI 11532		$T_{mis,unocc}$ (s)	$T_{mis,occ}$ (s)
	$T_{occ,min}$ (s)	$T_{occ,max}$ (s)		
125 Hz	0,53	1,18	0,97	0,84
250 Hz	0,65	0,98	1,06	0,79
500 Hz	0,65	0,98	1,19	0,79
1000 Hz	0,65	0,98	1,27	0,79
2000 Hz	0,65	0,98	1,24	0,71
4000 Hz	0,53	0,98	1,09	0,66

Valori di tempo di riverberazione misurati in condizioni non occupate e corretti con l'occupazione (a destra) a confronto con i valori target massimi e minimi definiti da normativa UNI 11532-2

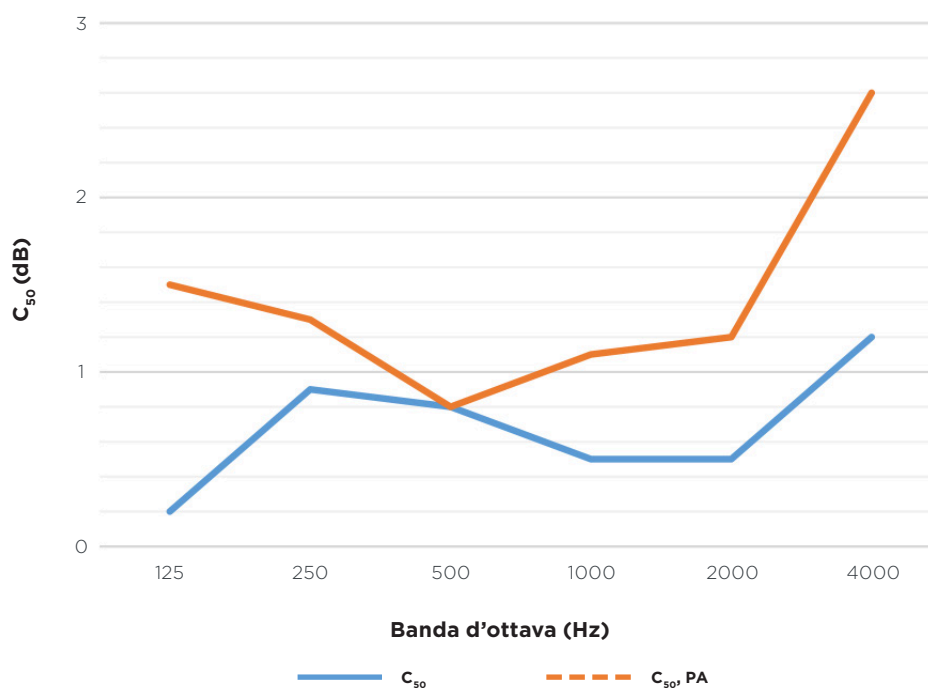
I valori di tempo di riverberazione misurati in condizioni non occupate ( $T_{mis,unocc}$ ), corretti con l'occupazione (vedi equazione precedente), rientrano nella finestra della UNI 11532.

Si riportano, per completezza, i valori di intelligibilità medi misurati in fase di collaudo.



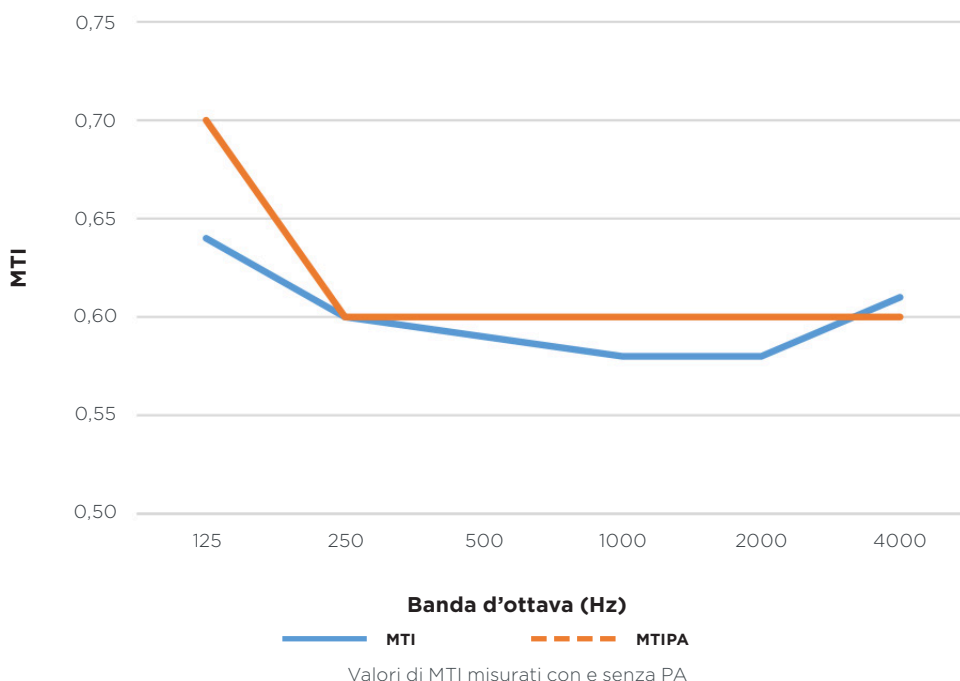
Posizione dei line array (PA) e della sorgente dodecaedrica (DOD)

I valori di  $C_{50}$  misurati, in ottava, sono riportati nella figura seguente, e confermano la tendenza stimata in fase previsionale mediante modellazione numerica. Si riportano i valori medi su tutti i ricevitori, utilizzando come sorgente le sorgenti dodecaedriche ( $C_{50}$ ) e l'impianto di amplificazione tramite line array ( $C_{50}$ , PA vedi fotografia).



Valori in frequenza di Chiarezza  $C_{50}$  misurati con e senza PA

Si riporta inoltre la misura di Modulation Transfer Index (MTI), media non ponderata degli indici di trasmissione su tutte le frequenze di modulazione all'interno di una determinata banda d'ottava. Il dato in forma di valore unico è lo Speech Transmission Index (STI). I valori misurati con sorgente line-array sono superiori al limite di 0,6 in tutte le bande, i valori misurati con sorgente dodecaedrica sono superiori al limite di 0,55 in tutte le bande.



#### 4) Mensa scolastica

Le categorie A6.3-A6.4-A6.5 della UNI 11532-2:2020 sono destinate agli ambienti in cui non è presente attività didattica, ma allo stesso tempo è necessario assicurare un adeguato comfort per ragioni di concentrazione, di comunicazione verbale e di contenimento all'esposizione al rumore. In particolare, le mense e gli altri ambienti compresi nella categoria A6.4 sono definiti come "ambienti con necessità (crescente) di riduzione del rumore e di comfort dell'ambiente".

La categoria è destinata quindi a quegli ambienti in cui gran parte degli occupanti si trova a parlare contemporaneamente, con la conseguenza di aumentare il rumore ambientale, penalizzare la comunicazione e, in casi frequenti nelle mense scolastiche, esporre i lavoratori a livelli di rumorosità estremamente elevati. In questo tipo di ambienti, pertanto, la progettazione e l'installazione del trattamento acustico sono orientati al contenimento del rumore ambientale.

Il rumore ambientale è dovuto, nelle mense, alla somma dei contributi del parlato di tutti i soggetti presenti all'interno dell'ambiente, che possono trovarsi a parlare in piccoli gruppi. Si tratta, in genere, di ambienti all'interno dei quali non c'è una didattica tradizionale, né una disposizione preferenziale degli arredi. Poiché il livello sonoro in ambiente dipende dall'area di assorbimento equivalente presente in ambiente, la norma UNI 11532-2:2020 prevede una quantità di assorbimento equivalente minimo, normalizzata rispetto al volume dell'ambiente e con un fattore di correzione legato all'altezza.

Cerchiamo ora di capire perché, all'aumentare delle persone che parlano contemporaneamente all'interno di un ambiente, c'è la necessità di avere una maggiore quantità di materiale assorbente. In particolare, vedremo perché negli ambienti in cui la sorgente di rumore è rappresentata dalla voce delle persone, si innescano effetti per cui il rumore ambientale cresce 4 volte al raddoppiare del numero degli occupanti.

Partiamo allora dall'espressione del rumore ambientale  $L_{N,A}$  in un ambiente chiuso:

$$L_{N,A} = L_{W,A} + 10 \log N_s - 10 \log (A/4)$$

dove:

$N_s$  è il numero di parlatori "attivi", tipicamente una frazione del numero  $N$  di occupanti;

$A$  è l'area di assorbimento equivalente dell'ambiente, principalmente riconducibile all'assorbimento acustico del controsoffitto, di baffle, etc...

$L_{W,A}$  è il livello di potenza di ciascun parlatore attivo, esprimibile a sua volta, nelle ipotesi di campo riverberante, come:

$$L_{W,A} = L_{S,A,1m} + 10\log(4\pi) - 10\log Q$$

Nella precedente equazione  $L_{S,A,1m}$  è il livello di pressione sonora di un parlatore e  $Q$  è la direttività di un parlatore (si può assumere, alle medie frequenze,  $Q=2$ ). Si può quindi riscrivere l'espressione precedente come:

$$L_{W,A} = L_{S,A,1m} + 11 - 3 = L_{S,A,1m} + 8$$

Il livello di pressione a 1 m dal parlatore  $L_{S,A,1m}$ , a causa del cosiddetto effetto Lombard, dipende dal livello di rumore ambientale  $L_{N,A}$ :

$$L_{S,A,1m} = 55 + c(L_{N,A} - 45)$$

come codificato nella ISO 9921. In altre parole, in presenza di rumore ambientale, le persone tendono a incrementare il livello della propria voce in modo incontrollato, con un incremento proporzionale al superamento della soglia di attivazione di 45 dB.

La proporzionalità (il cosiddetto *Lombard-slope*) è regolata tramite la costante  $c$  dell'eq. precedente, il cui valore è tipicamente  $c = 0.5$  per i casi in esame. Fino ai 55 dB di rumore ambientale, quindi, il livello di pressione sonora a 1m dalla bocca di un parlatore è di circa  $55 + 0,5(55 - 45) = 60$  dB (sforzo vocale *normal*). Di conseguenza, il rapporto segnale rumore (SNR Signal-to-Noise-Ratio), ovvero la differenza tra livello di pressione sonora a 1m dalla bocca del parlatore e livello di rumore ambientale, è di circa 5 dB ( $L_{S,A,1m} - L_{N,A} = 60 - 55 = 5$  dB).

Con l'aumentare del livello di rumore ambientale i parlatori incrementano lo sforzo vocale in modo inconscio. Ad es., in presenza di 70 dB di rumore ambientale il livello di pressione sonora a 1m dalla bocca di un parlatore è di circa  $55 + 0,5(70 - 45) = 67,5$  dB (sforzo normale *raised*). Di conseguenza, il rapporto segnale rumore SNR è di circa -2,5 dB ( $L_{S,A,1m} - L_{N,A} = 70 - 67,5 = -2,5$  dB).

Nel provare a definire un modello previsionale per il rumore ambientale dei ristoranti, bisogna quindi valutare il meccanismo ricorsivo per il quale i parlatori aumentano il livello di emissione vocale in funzione del livello di rumore ambientale, ma lo stesso livello di rumore ambientale in un ambiente tipo mensa o nido è dovuto principalmente alla somma delle voci.

Tale effetto ricorsivo diventa evidente raccogliendo le equazioni precedenti, ricordando che  $10\log 4 = 6$  dB, e infine, riformulando, si ha:

$$L_{N,A} = 1/(1-c) [69 - 45c + 10\log N_s - 10\log A]$$

che, per un valore di Lombard-slope  $c = 0.5$ , diventa:

$$L_{N,A} = 2(46,5 + 10\log N_s - 10\log A)$$

L'espressione precedente (per approfondimenti si veda Rindel, Applied Acoustics, 2010), pur essendo ancora espressa in una forma generale, ha alcune conseguenze notevoli. Per prima cosa: **in presenza di effetto Lombard, al raddoppiare del numero di parlatori 'attivi'  $N_s$  il livello ambientale si incrementa di 6 dB.** In presenza di sorgenti sonore (ovvero in assenza di effetto Lombard) tale incremento è di 3 dB al raddoppio. La ragione è proprio nell'effetto Lombard e nell'incremento di sforzo vocale che, in modo incontrollato, coinvolge i parlatori. Ora, specialmente per le mense (categoria 6.4) e per i nidi (categoria 6.5) questo ha delle conseguenze cruciali sul livello ambientale che si può raggiungere in alcune situazioni e sull'esposizione dei lavoratori. Nelle mense universitarie e nei ristoranti frequentati da adulti (per approfondimenti, Bottalico et al., Scientific Reports, 2022), infatti, la crescita del livello ambientale in funzione delle persone sembra fermarsi intorno ai 70 dB (Astolfi et al, FA2023). Questo è dovuto al fatto che le persone adulte sembrano smettere inconsciamente di parlare quando il livello ambientale raggiunge i 70 dB.

Come seconda conseguenza, come abbiamo già anticipato: in un ambiente con rumore ambiente dovuto a persone che parlano, gli interventi di correzione acustica hanno un'efficacia 'virtuale' doppia. Risulta quindi necessario che siano verificate delle condizioni minime, i.e. sia installata una quantità minima di materiale assorbente, ovvero quella indicata dalla norma. Inoltre, a differenza degli ambienti per didattica visti nelle sezioni precedenti per cui c'era un valore massimo di assorbimento acustico per ciascun tipo di ambiente, più assorbimento acustico è presente e migliori sono le condizioni di comfort ambientale.

Ora, la UNI 11532-2:2020 stabilisce, per le tipologie di ambienti in cui sono presenti contemporaneamente parlatori, il rispetto del seguente requisito:

$$A/V > (2,13+4,69\log h)^{-1}$$

Inserendo il requisito dell'area di assorbimento minima richiesta dalle categorie A6.4 nella formula generale, si possono ottenere, conoscendo la geometria dell'ambiente (ovvero il volume  $V$ ), i livelli sonori massimi in ambiente in funzione del numero di parlatori attivi  $N_s$ :

$$L_{N,A} = 2[46,5+10\log N_s - 10\log(V/(2,13+4,69\log h))]$$

Si può quindi dimensionare il numero massimo di occupazione  $N$ , ipotizzando che, in funzione della tipologia di spazio:

$$N_s = N/g$$

dove  $g$  è il cosiddetto group-size, il cui valore può essere approssimativamente fissato  $g = 4$  (ovvero, sono parlatori 'attivi' contemporaneamente un quarto degli occupanti). All'interno di mense per l'infanzia, pur in assenza di letteratura al riguardo, questo valore può essere fatto scendere fino a  $g = 2,5$  (ovvero, sono parlatori 'attivi' contemporaneamente quasi la metà degli occupanti). Inoltre, per un'altezza di 2,70 m si ha che:

$$2,13+4,69\log h = 4,17$$

Fissando il group size  $g = 4$  (valore tipico in letteratura, per mense) nell'eq. generale del rumore ambientale si può, a questo punto, stimare previsionalmente i livelli di rumore ambientale cui corrispondono gli obblighi normativi seguano l'andamento:

$$L_{N,A} = 81+20\log(N)-20\log(V/4,17)$$

Si noti come ultima formula sia valida per  $h = 2,70$  m. Nel caso di altezze  $h$  differenti il coefficiente 4,17 va sostituito con  $2,13+4,69\log h$ .

### Progettazione degli interventi di correzione acustica nelle mense

Il compito del progettista acustico è quello di progettare un intervento di correzione acustica introducendo area di assorbimento equivalente all'interno dell'ambiente. Il limite massimo di rumore ambientale perché l'ambiente si possa considerare sufficientemente confortevole è usualmente fissato a 70 dB. È quindi possibile dimensionare, in fase di progettazione, i materiali assorbenti acustici in funzione del numero di occupanti dell'ambiente.

$$L_{N,A} = 81+20\log(N)-20\log(A) < 70$$

La formula precedente permette quindi di dimensionare l'intervento di correzione acustica, in funzione del volume e dell'occupazione massima della mensa. Si vedrà nella sezione successiva come il limite normativo imposto dalla UNI 11532-2:2020 categoria A6.4 possa essere generalmente soddisfatto introducendo un controsoffitto dall'assorbimento acustico medio  $\alpha_w = 0,7$  circa.

Sono di seguito valutati, sulla base di dati geometrici e occupazioni di due casi studio di mense di nidi e scuole primarie (Martellotta et al., FA2023), i limiti minimi previsti dalla UNI 11532-2:2020 categoria A6.4 e il dimensionamento dei materiali assorbenti acustici (installati a controsoffitto o a baffle) per assicurare un adeguato comfort in condizioni di ambiente occupato. A titolo di esempio, si considerano tre tipologie di intervento di progettazione acustica:

- controsoffitto con 'medie' prestazioni di assorbimento alle medie frequenze (si consideri, a titolo puramente indicativo, un valore di assorbimento acustico medio pesato in frequenza di 0,7)
- controsoffitto con 'alte' prestazioni di assorbimento alle medie frequenze (si consideri, a titolo puramente indicativo, un valore di assorbimento acustico medio pesato in frequenza di 0,9)
- un sistema di baffle, con opportuno passo di montaggio in funzione della dimensione del baffle.

Controsoffitto di medie prestazioni (valore di assorbimento acustico medio pesato in frequenza di 0,7)	Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®
Controsoffitto con alte prestazioni (valore di assorbimento acustico medio pesato in frequenza di 0,9)	Eurocoustic Tonga® A 22
Baffle	Ecophon Solo™ Baffle

Prodotti utilizzati in fase di progettazione

Per ciascuna tipologia si valuterà:

- il rispetto del requisito della categoria A6.4 della UNI 11532-2; una stima del numero massimo di occupanti  $N_0$  (considerando un group size  $g = 4$  e un Lombard slope  $c = 0,5$ ) che permetta di avere un ambiente confortevole ( $SNR > -3$  dB, condizione che viene verificata per  $L_{N,A} < 70$  dB), mediante eq. previsionale del rumore ambientale.
- Per ciascuna scheda sono riportate, per comodità di lettura, la superficie totale di area di assorbimento equivalente corrispondente a ciascuna tipologia progettuale e la percentuale di occupazione che garantisce il rispetto di un adeguato comfort ( $SNR > -3$  dB ovvero  $L_{N,A} < 70$  dB).

#### CASO 4.A | MENSA DI UNA SCUOLA PER L'INFANZIA

Volume  $V = 212 \text{ m}^3$

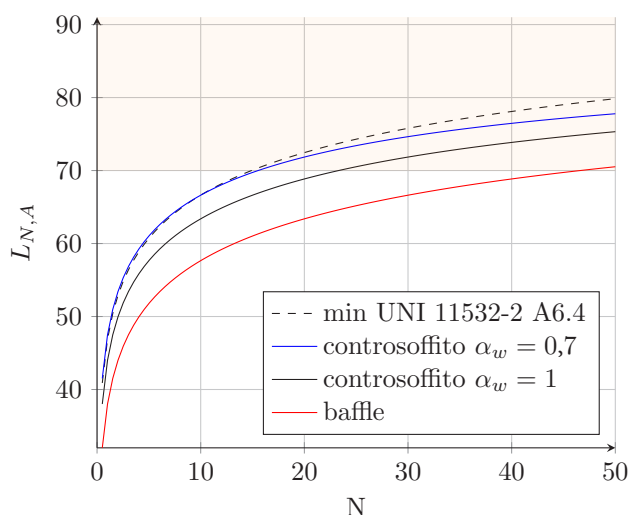
Altezza  $h = 2,7 \text{ m}$

Numero sedute  $N = 50$

Superficie lorda del controsoffitto  $S_{\text{floor}} = 78,5 \text{ m}^2$

Tipologia di progettazione	Superficie di assorbimento acustico dei materiali A (m <sup>2</sup> )	$N_0$ per cui $L_{A,N} < 70$ dB	% totale
Prescrizione UNI 11532-2 A6.4	$> 212/4,17 = 51$		
Controsoffitto medie prestazioni	47	15	30%
Controsoffitto alte prestazioni	70	23	46%
Baffle	141	47	94%

Tipologia di progettazione, A, numero di occupanti affinché il limite massimo di rumore ambientale perché l'ambiente si possa considerare sufficientemente confortevole è usualmente fissato a 70 dB, e la % totale



Rumore ambientale in funzione dell'occupazione e dell'assorbimento acustico dei diversi materiali

## CASO 4.B | MENSA DI SCUOLA PRIMARIA

Volume  $V = 656 \text{ m}^3$

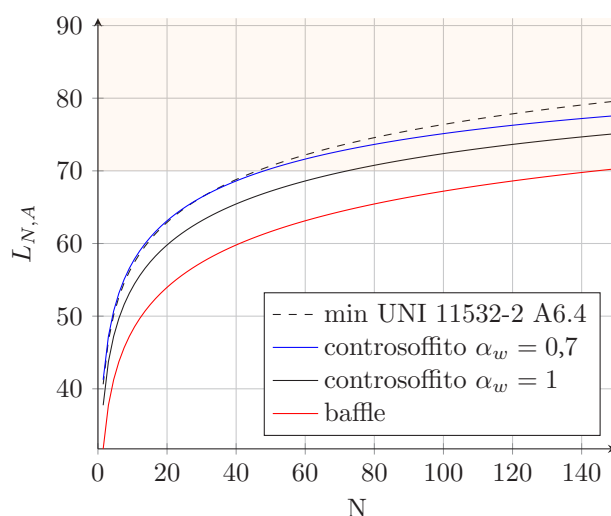
Altezza  $h = 2,7 \text{ m}$

Numero sedute  $N = 150$

Superficie lorda del controsoffitto  $S_{\text{floor}} = 243 \text{ m}^2$

Tipologia di progettazione	Superficie di assorbimento acustico dei materiali A (m <sup>2</sup> )	$N_0$ per cui $L_{A,N} < 70 \text{ dB}$	% totale
Prescrizione UNI 11532-2 A6.4	$> 656/4,17 = 157$		
Controsoffitto medie prestazioni	145	46	30%
Controsoffitto alte prestazioni	218	71	47%
Baffle	437	143	95%

Tipologia di progettazione, A, numero di occupanti affinché il limite massimo di rumore ambientale perché l'ambiente si possa considerare sufficientemente confortevole è usualmente fissato a 70 dB, e la % totale



Rumore ambientale in funzione dell'occupazione e dell'assorbimento acustico dei diversi materiali

I due casi in esame evidenziano come il requisito della UNI 11532-2 categoria A6.4 sia piuttosto blando. Il requisito minimo della normativa, infatti, è verificato con una soluzione a controsoffitto dalle medie caratteristiche di assorbimento.

Perché il livello di rumore ambientale permetta una buona comunicazione tra persone sedute allo stesso tavolo diventa critica può essere necessario – e si consiglia – un intervento con materiale dalle alte prestazioni assorbenti o, soluzione spesso ottimale, un intervento a baffle.

La percentuale di persone che possono coesistere all'interno di un ambiente con un buon comfort (acoustic capacity) cresce in modo significativo in presenza di un controsoffitto dalle buone prestazioni acustiche ( $\alpha_w > 0,90$ ). È tuttavia l'installazione a baffle a permettere di ottenere buoni valori di comunicazione verbale anche in presenza di ambiente occupato per intero.

## 5) Aula Multimediale

Il quinto caso è un'aula multimediale "avanzata". Per questo tipo di ambiente, la norma UNI 11532-2 prevede la categoria A4, ambienti per video conferenze e aule speciali per persone con deficit uditivi o non madrelingua oppure con differenze linguistiche. Come per le altre categorie A2 e A3, la norma prevede un target di progetto il tempo di riverberazione ottimale (da valutarsi in funzione del volume e in condizioni occupate all'80%) e la relativa finestra di compatibilità. Sono stati valutati i requisiti di intelligibilità  $C_{50}$  e STI. L'indice di chiarezza ( $C_{50}$ ) è stato valutato nonostante la volumetria dell'aula non lo richiedesse (perché maggiore di 250 m<sup>3</sup>), perché il volume dell'ambiente è a cavallo tra le due dimensioni indicate dalla norma (la Speech Clarity  $C_{50}$  è il descrittore di intelligibilità da valutare per ambienti il cui volume sia sotto i 250 m<sup>3</sup>, lo Speech Transmission Index STI è il descrittore da valutare per ambienti il cui volume sia sopra la soglia dei 250 m<sup>3</sup>)

Categoria		Condizione di verifica	Requisito di riverberazione (range di rispetto)	Requisito di intelligibilità		
				V < 250m <sup>3</sup> (range di rispetto)	V > 250 m <sup>3</sup>	
					Senza P.A.*	P.A.*
A4	Aule speciali	Occupato	Tott = 0,26 logV - 0,14 (125-4000 Hz)	C50 > 2 dB (500-2000 Hz)	STI > 0.50	STI > 0.6

Requisiti per la categoria A4 aule speciali secondo UNI 11532-2

\*P.A. = Public Address, i.e. impianto di amplificazione per parlato e/o contenuti multimediali

### Descrizione delle Soluzioni progettuali

Il caso di studio rappresenta una situazione piuttosto comune, ovvero la trasformazione di un'aula didattica tradizionale (categoria A3, nello stato di fatto) in un'aula con funzioni multimediali 'avanzate'.

L'aula presentava già un controsoffitto modulare con intercapedine d'aria posto all'intradosso della copertura.

Per la verifica sono state utilizzate, come da raccomandazione UNI 11532-1:2018 (che a sua volta richiama i metodi delle EN 12354-6), le formule previsionali per la valutazione previsionale del Tempo di riverberazione nelle due categorie di ambienti (rispettivamente aula per didattica frontale e aula multimediale), per avere una stima quantitativa del materiale assorbente da inserire nell'ambiente.

Il trattamento acustico per il raggiungimento della categoria A4 ha previsto la rimozione dei pannelli già presenti nel controsoffitto modulare (confermando l'intercapedine d'aria), con la successiva installazione nella regione perimetrale del controsoffitto modulare di pannelli di lana di roccia ad alta densità Eurocoustic Tonga® A 22; mentre nella regione centrale del controsoffitto modulare: pannelli in lastre forate riflettenti Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®.

Inoltre, è stata realizzato il trattamento acustico rivestendo una parete con la costruzione di una controparete con lastre in gesso rivestito forate Gyproc Gyptone® Big Quattro 41 Activ'Air® posizionate nella porzione superiore, a 2 m di altezza dal pavimento, in modo da evitare il possibile deterioramento del materiale stesso a causa di urti, ecc.

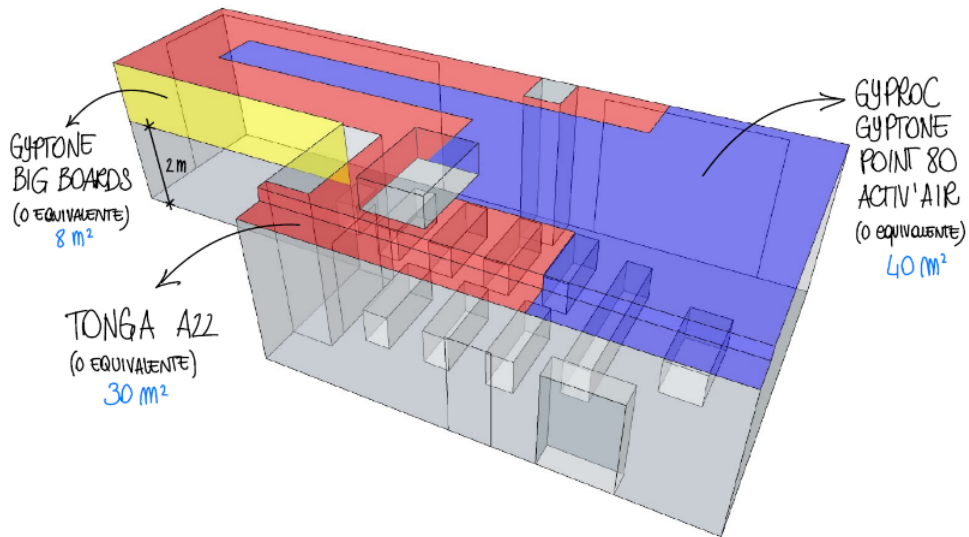
Nota: per il raggiungimento della categoria A3 sarebbe stato sufficiente sostituire i pannelli del controsoffitto modulare procedendo con l'installazione, come sopra descritto, nella regione perimetrale del controsoffitto modulare di pannelli di lana di roccia ad alta densità Eurocoustic Tonga® A 22, combinata all'installazione nella regione centrale del controsoffitto modulare di pannelli in lastre forate riflettenti Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®. Questo tipo di trattamento acustico è in analogia con gli interventi del caso di studio dell'aula di piccole dimensioni già presentato in precedenza.

Si propongono due possibili trattamenti della parete laterale del volume di ingresso. Questo intervento ha la finalità di mitigare la doppia pendenza del decadimento sonoro imputabile al volume accoppiato dell'ingresso e bilanciare in frequenza l'assorbimento acustico, incrementando l'area di assorbimento acustico nella regione dei 250 Hz.

Materiale	Tipologia di trattamento	Quantità
Pannelli Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®	Controsoffitto modulare	40 m <sup>2</sup>
Pannelli Eurocoustic Tonga® A 22	Controsoffitto modulare	30 m <sup>2</sup>
Lastre Gyproc Gyptone® Big Quattro 41 Activ'Air®	Controparete	8 m <sup>2</sup>

- Quantità e tipologia di materiali installati nel controsoffitto modulare e a controparete

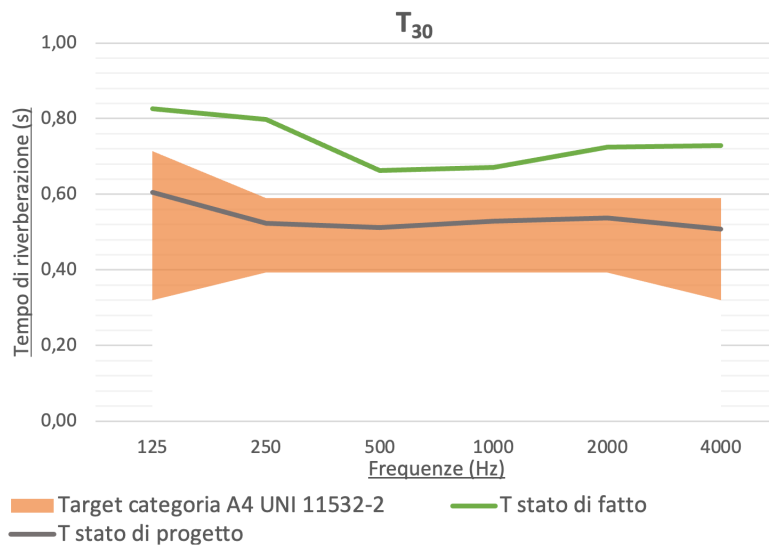
La figura a seguire mostra il posizionamento del materiale nel controsoffitto modulare e nella controparete.



Schema di posizionamento del materiale fonoassorbente a controsoffitto e il raggiungimento della categoria A4 secondo UNI 11532-2.

Si riportano di seguito i grafici del tempo di riverberazione di progetto all'interno del range ottimale della categoria A4 della UNI 11532-2:2020

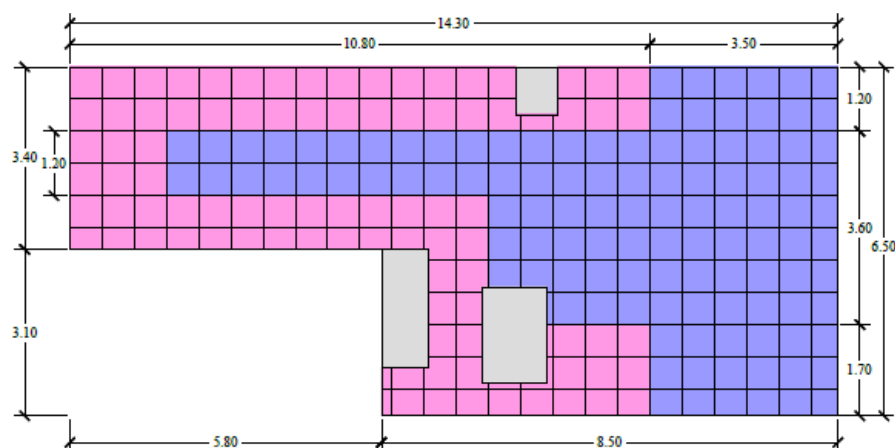
Grafico del Tempo di riverberazione simulato previsionalmente



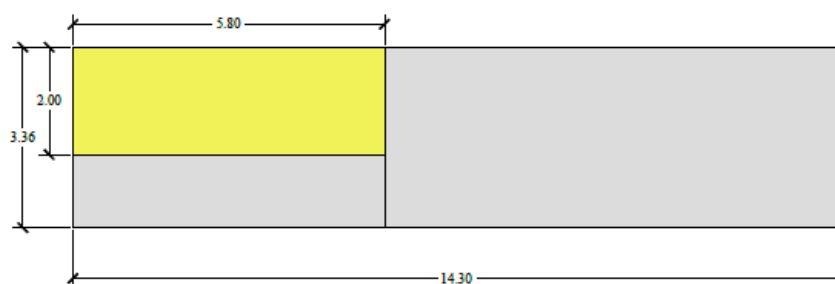
Nella tabella seguente sono riportate le aree di assorbimento equivalente necessarie (indicate rispettivamente come A1 e A2) per il raggiungimento dei requisiti minimi da normativa, a confronto con l'area di assorbimento dell'ambiente (AO) ricavata dalle misure dell'ambiente nello stato di fatto. Tali valori sono utili, come evidenziato nei diagrammi a torta delle sezioni precedenti, per lo studio di fattibilità degli interventi.

	Categoria UNI 11532-2	A (m <sup>2</sup> Sabine)
A0 (Stato di fatto con controsoffitto generico)	-	63,5
A1 (trattamento acustico del solo controsoffitto)	Sufficiente per validare l'aula come categoria A3	77,1
A2 (trattamento controsoffitto + parete posteriore)	Raggiunge i livelli della categoria A4	83,4

Confronto incremento Area di assorbimento equivalente (a 1 kHz) tra lo stato di fatto e lo stato di progetto nelle due soluzioni 1 e 2 per il raggiungimento delle categorie da normativa.



Pianta disposizione materiale a controsoffitto



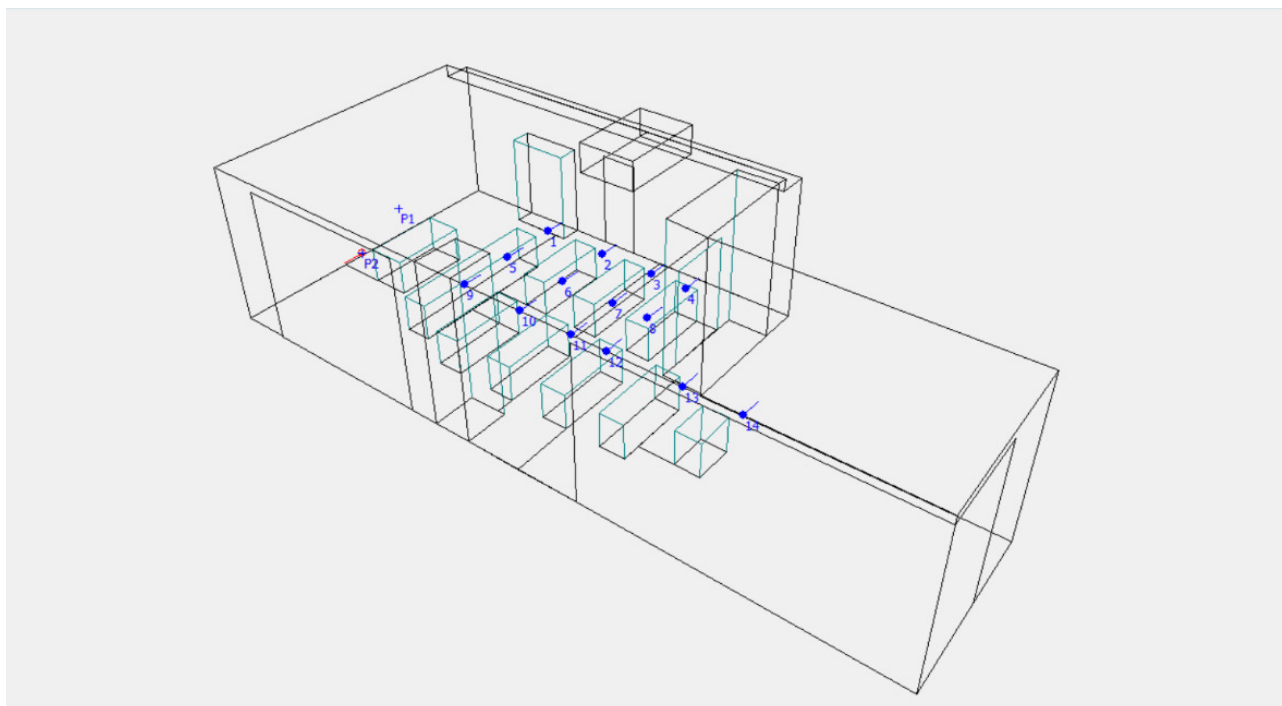
Vista laterale disposizione materiale a parete

- Gyproc Gyptone® Point 80 ActivAir®
- Tonga® A 22
- Gyptone® BIG boards

Indicazioni di posizionamento del materiale fonoassorbente a controsoffitto per il raggiungimento delle categorie A3 e A4 secondo UNI 11532-2.

## APPROFONDIMENTO SU PROGETTAZIONE ACUSTICA MEDIANTE SOFTWARE DI RAY TRACING

Vista la particolarità del tipo di ambiente si è ritenuto opportuno verificare la progettazione mediante modello numerico, simulato con sorgente sonora speech. In questo modo è possibile, oltre che verificare i T nelle bande di ottave da 125 Hz a 4000 Hz, avere un risultato puntuale dei descrittori legati al livello di pressione sonora del docente all'interno dell'aula e all' intelligibilità del parlato.



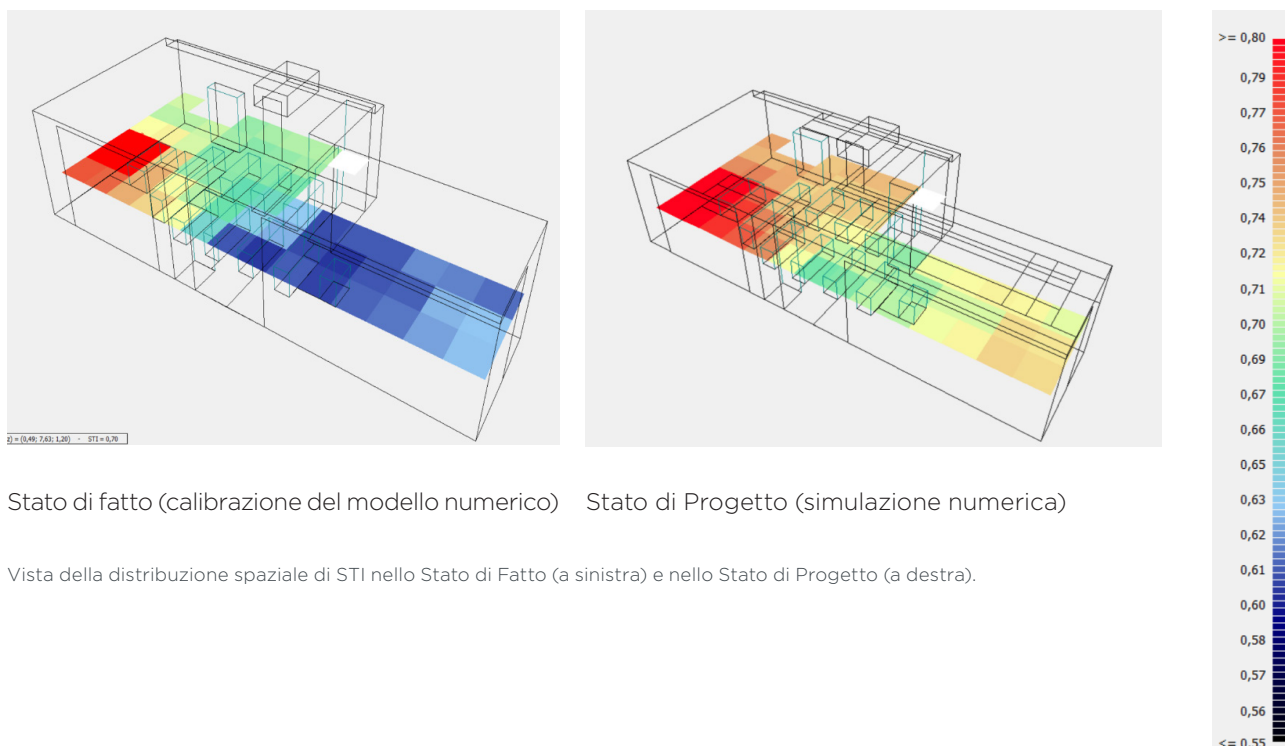
Schema del modello numerico con software ray-tracing.

Analizziamo il confronto della distribuzione spaziale del livello di pressione sonora nell'aula pre-trattamento acustico (modello calibrato dello stato di fatto) e di progetto: è percepibile un miglioramento del decadimento spaziale nelle file di banchi e intorno alla cattedra. Questo incremento di SPL(A) nell'area vicino al docente fa sì che l'ambiente supporti la voce del docente, ovvero l'ambiente si comporta da "monitoring" in termini di room gain, così da non incorrere nella problematica di sforzo vocale per il docente. Tutte le simulazioni sono state eseguite con una sorgente speech direttiva con  $L_{p,A,S,1m}$  pari a 70 dBA pari a uno sforzo vocale raised secondo ISO 9921:2003.

Nella figura nella pagina a seguire invece, è ben apprezzabile l'incremento dell'indice di qualità di trasmissione del parlato STI che nello stato di progetto diventa uniforme nello spazio e con un valore definito come "good", secondo normativa IEC 60268-16.

Valori di Speech Transmission Index collegati all'intelligibilità secondo IEC 60268-16 alla percentuale di comprensione di sillabe e parole.

Valore di STI	Indice di qualità	Percentuale di sillabe correttamente comprese (%)	Percentuale di parole correttamente comprese (%)
0 - 0,3	insufficiente	0 - 34	0 - 67
0,3 - 0,45	scarsa	34 - 48	67 - 78
0,45 - 0,6	chiara	48 - 67	78 - 87
0,6 - 0,75	buona	67 - 90	87 - 94
0,75 - 1	eccellente	90 - 96	94 - 96



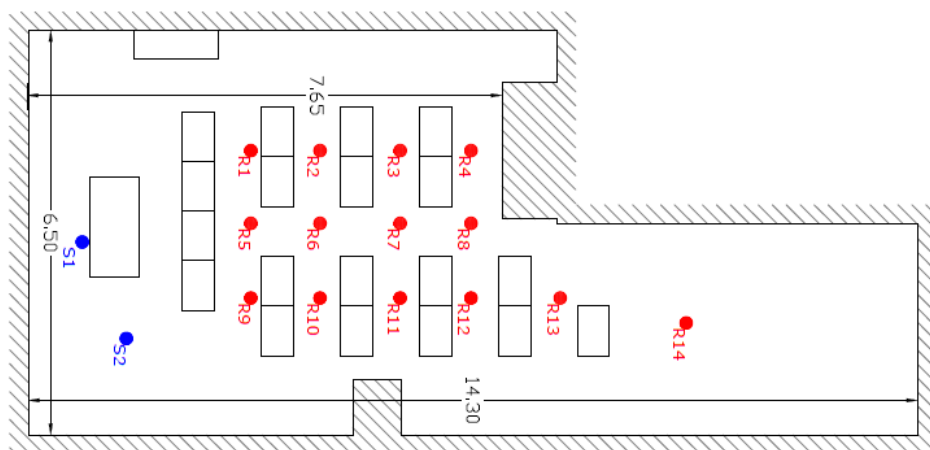
Stato di fatto (calibrazione del modello numerico) Stato di Progetto (simulazione numerica)

Vista della distribuzione spaziale di STI nello Stato di Fatto (a sinistra) e nello Stato di Progetto (a destra).

## APPROFONDIMENTO SU COLLAUDO ACUSTICO

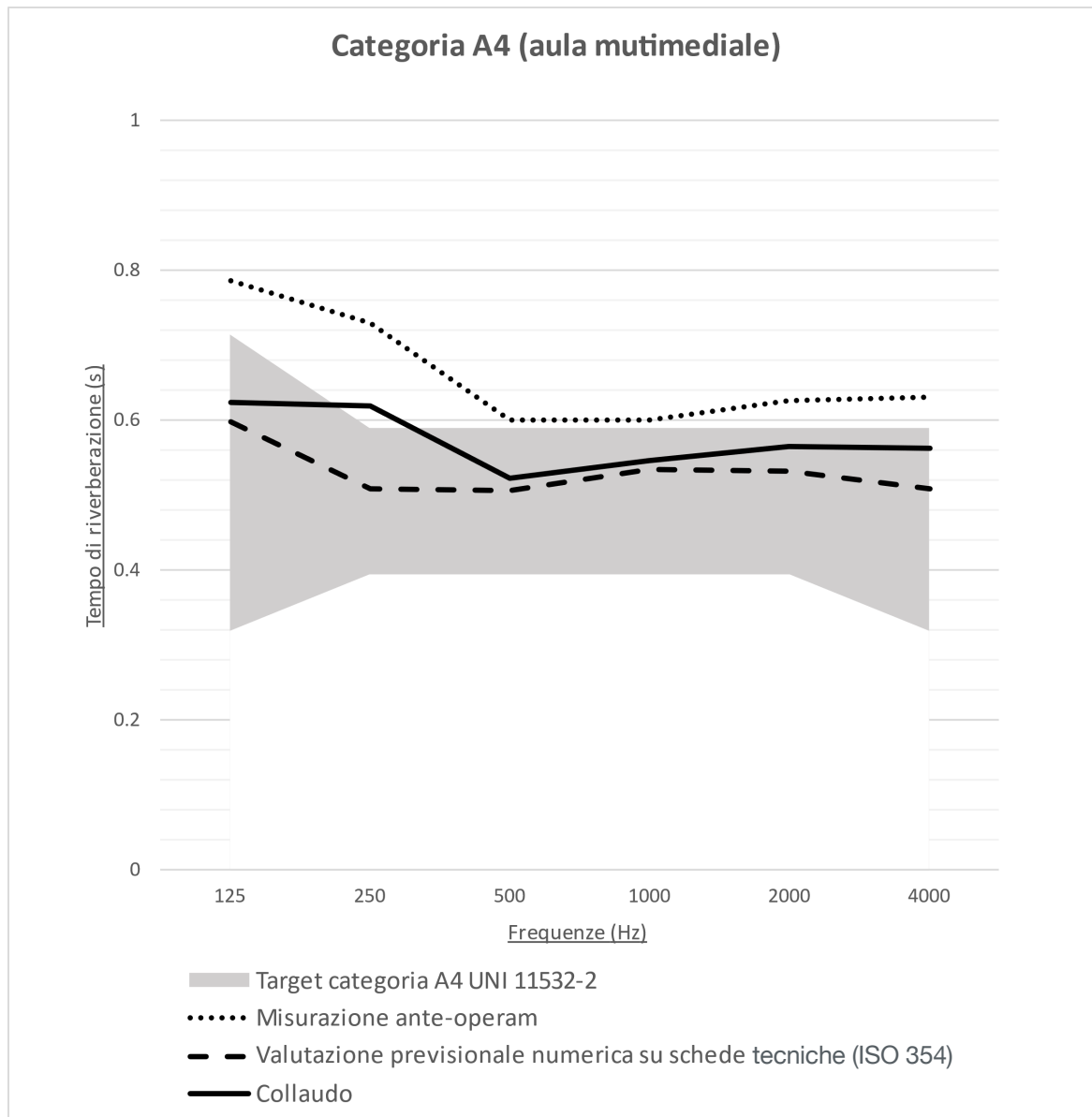
Il collaudo è stato effettuato in condizioni di aula arredata e non occupata, secondo la normativa UNI 11532-2:2020. In particolare, sono state svolte due serie di misure, una per ogni sorgente, disposta in modo che simulasse la posizione del docente in corrispondenza della cattedra (S1) e della lavagna multimediale (S2). I ricevitori sono invece stati disposti in 14 posizioni, in corrispondenza di ogni fila di banchi, per un totale nelle due serie di misurazioni di 28 ricevitori. Per ciascuna coppia sorgente-ricevitore è stata misurata una risposta all'impulso  $p(t)$  con tecnica exponential sine sweep (ESS) sequenza lunga circa 10 s. I segnali registrati con tecnica ESS sono stati elaborati tramite software Dirac e successivamente analizzati in bande di ottava. È stata utilizzata una sorgente dodecaedrica posizionata a 1,5 m, e ricevitori posizionati a 1,2 m di altezza. La sorgente è stata settata con un adeguato livello sonoro, che ha permesso - insieme al setup delle sequenze ESS - di ottenere un rapporto segnale rumore maggiore di 45 dB per ogni banda d'ottava della risposta all'impulso  $p(t)$ , come richiesto da UNI EN ISO 3382-2 "La sorgente deve essere in grado di produrre un livello di pressione sonora sufficiente a garantire una curva di decadimento che sia almeno 35 dB al di sopra del rumore di fondo nella frequenza corrispondente banda. Se si deve misurare  $T_{30}$ , è necessario creare un livello almeno 45 dB sopra il livello di fondo."

I parametri misurati sono il Tempo di riverberazione ( $T_{30}$ ) lo Speech Transmission Index (STI) e il Sound Pressure Level (SPL).



Schema della disposizione dei punti di sorgenti (S1 e S2) e ricevitori (1-14) utilizzati per il collaudo dell'aula di categoria A4.

Si riporta di seguito il grafico dell'analisi dei valori di  $T_{30}$  misurati e mediati sulle posizioni di misura nelle configurazioni ante-operam, post-operam e di progetto, considerando l'occupazione all'80% come da normativa UNI 11532-2 per la categoria A4 (aula multimediale). La minima discrepanza nella banda dei 250 Hz si può ritenere trascurabile in un contesto operativo dell'ambiente.



$T_{30}$  misurato in condizioni di occupazione all'80% in confronto al range di tolleranza della categoria A4 (aule multimediali) dell'normativa UNI 11532-2. La linea tratteggiata corrisponde alla valutazione previsionale con metodi EN 12354-6 (eq. di Sabine).

Inoltre, è stata utilizzata una sorgente direttiva (calibrata sul livello di potenza sonora della voce umana e sulla direttività della bocca), posizionata a 1,5 m da terra e impostata con emissione sonora di segnale per misurazione STIPA (somma di noise con involucri a diverse frequenze), con livello di sforzo vocale raised (ISO 9921:2003) come prescritto da UNI 11532-1:2018 per ambienti di questo volume. Sono stati misurati, su una maglia di ricevitori più fitta di quanto prescritto dalla norma UNI (14 punti invece dei 4-5 richiesti dalla norma), per avere un dettaglio maggiore sulle grandezze oggetto di indagine:

- il decadimento spaziale dell'energia sonora (ovvero la differenza tra il livello di pressione sonora della voce del docente misurata in prima fila e poi, progressivamente, fino alle posizioni in ultima fila)
- il decadimento spaziale dell'intelligibilità del parlato (come nel punto precedente, tale valore decresce tra un punto massimo e un punto presumibilmente minimo in fondo all'aula).

Tali parametri sono da considerarsi una metrica di qualità dell'aula, di inclusività (il valore inferiore ci fornisce la cifra della qualità minima dell'ambiente), e di equità (un ambiente correttamente progettato deve fornire differenze limitate sia nei livelli sonori sia nell'intelligibilità, per permettere a tutti gli studenti di accedere a contenuti e informazioni).



Schema del posizionamento dei punti per la caratterizzazione qualitativa della distribuzione sonora nell'ambiente: nella foto a sinistra 14 punti di SPL in dBA, nella foto a destra 14 punti di STIPA.

Nonostante gli stretti vincoli di progettazione della categoria A4, che impongono un consistente trattamento acustico, la differenza del livello di pressione sonora tra prima e quarta fila di banchi varia di circa 3 dB (appena percettibile). Questo significa che l'energia all'interno dello spazio è omogenea, ovvero che l'ambiente supporta la voce del docente, e allo stesso tempo il trattamento acustico proposto garantisce un notevole abbassamento del Tempo di riverberazione con conseguente aumento dei parametri di intelligibilità  $C_{50}$  e STI.

La media del parametro  $C_{50}$ , misurata è pari a 5,1 dB, valore estremamente elevato, a conferma di elevato valore di chiarezza rilevata per contenuti multimediali e voce del docente.

Riguardo lo STI, La norma tecnica IEC 60268-16 indica come "chiaro" ("fair") un valore di STI compreso tra 0,45 e 0,6, "buono" ("good") un valore di STI compreso tra 0,6 e 0,75, "eccellente" ("excellent") un valore sopra lo 0,75, come riportato in Le misure effettuate hanno confermato quanto previsto in validazione previsionale. In particolare, l'introduzione del mix di materiali a controsoffitto e a parete ha permesso di ottenere il valore target del parametro STI in ogni posizione del ricevitore, altrimenti difficilmente raggiungibile. Tale parametro risulta essere verificato in ogni punto e in media con il valore di 0,75 rientra in "eccellente" secondo la IEC 60268-16.

## PREMESSA

La norma UNI 11532-2:2020 ha introdotto alcune sostanziali novità nella progettazione acustica degli ambienti didattici:

- La distinzione di categorie diverse, individuate per funzione e per necessità di controllo
  - la valutazione previsionale dei parametri acustici in condizioni occupate per gli ambienti dedicati alla didattica
  - l'obbligo di verifica dei criteri di intelligibilità del parlato, sempre nelle stesse categorie di ambienti
  - la valutazione dei criteri di riverberazione per ciascuna banda di ottava (e non più su una media o su un unico valore ponderato in frequenza).
- Infine, il Decreto CAM - che rende cogente la norma - obbliga al collaudo post-operam dei parametri verificati previsionalmente.

## CONCLUSIONI

Nel capitolo si è cercato di analizzare come cambiamenti imponessero al progettista acustico in termini di buone norme, di scelta e differenziazione dei materiali per il controllo acustico. Nella prima parte sono state approfondite le motivazioni (anche quelle non esplicite) che stanno dietro alle scelte della norma con accenni al complesso scenario del comfort acustico negli spazi per la didattica.

Sono stati quindi trattati in dettaglio diversi casi di studio (tra parentesi la categoria di riferimento della norma tecnica UNI 11532-2:2020):

- un'aula di scuola secondaria di piccole dimensioni (categoria A3,  $V < 250 \text{ m}^3$ )
- una biblioteca di scuola secondaria (categoria A6.3)
- un'aula universitaria di grandi dimensioni (categoria A3,  $V > 250 \text{ m}^3$ )
- due mense scolastiche (categoria A6.4)
- un'aula innovativa per didattica aumentata (categoria A4)

Ciascun caso di studio è stato commentato per analizzare le modalità con le quali sono assicurati i punti precedenti. Sono stati inoltre riportati i calcoli previsionali ed il confronto con i risultati di collaudo.

Nonostante le (volute) differenze nei requisiti normativi degli ambienti, sussistono alcune necessità generali nei criteri di progettazione.

Una corretta progettazione deve permettere di raggiungere un'adeguata diffusione del campo acustico all'interno dell'ambiente, con la doppia finalità di incrementare il comfort di ascolto e di garantire l'aderenza tra i risultati delle formule previsionali e le misure in fase di collaudo.

## BUONE REGOLE DI PROGETTAZIONE

**Differenziare i materiali per il controllo della riverberazione per garantire il raggiungimento dei requisiti in uno spettro di frequenze più ampio rispetto a quello previsto dalla normativa precedente. Nel caso di ambienti didattici con un alto rapporto tra occupazione e volume (aule universitarie) l'assorbimento acustico ad alte frequenze è garantito dagli occupanti stessi e il trattamento acustico (ad es. a controsoffitto) dovrà prevedere gesso rivestito con bassa percentuale di foratura (<17%); negli altri casi di aule didattiche, è necessario bilanciare opportunamente materiale poroso e gesso rivestito. Per quanto riguarda gli ambienti non destinati al parlato (categorie A6.x) si può, nel caso di ambienti di dimensione limitata, ricorrere a una sola tipologia di materiale ad ampio spettro di assorbimento (fibra ad alta densità) mentre invece per gli ambienti di grandi dimensioni è necessario prevedere un mix di materiali**

**Ottimizzare la scelta dei materiali per assicurare un'adeguata intelligibilità del parlato. L'utilizzo e l'alternanza di materiali differenti (ad es. gesso rivestito forato - fibra ad alta densità, oppure gesso rivestito forato - gesso rivestito liscio) in un'installazione a controsoffitto si è dimostrata una soluzione efficace per incrementare la diffusione acustica all'interno dell'ambiente, a beneficio dell'intelligibilità del parlato.**

**Ottimizzare la disposizione dei materiali per bilanciare l'omogeneità spaziale del livello di energia sonora (corretta scelta di dove-posizionare-cosa). La strategia di posizionamento dipende in questo caso dalla funzione dell'ambiente; ad es. in un'aula per didattica frontale si deve aver cura di posizionare sul docente materiale riflettente/non assorbente alle medio-alte frequenze. Questo approccio permette di prevenire possibili patologie legate all'eccessivo sforzo vocale. Un corretto posizionamento dei materiali di controllo acustico assicura inoltre un adeguato rapporto segnale-rumore anche nelle regioni meno favorevoli dell'aula (file di banchi più lontane dal docente).**

## Riferimenti bibliografici

[1]	Circ. Min. n. 3. 22/5/1967, Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici.
[2]	D.M. 18/12/1975, Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica nella esecuzione di opere di edilizia scolastica.
[3]	UNI 11367:2010, Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari. procedura di valutazione e verifica in opera. Milano: Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
[4]	UNI 11532: Acustica in edilizia - Caratterizzazione acustiche interne di ambienti confinati. 2014 (abrogata e sostituita dalle UNI 11532-1:2018 e UNI 11532-2:2020)
[5]	Legge 28 dicembre 2015, Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali, Collegato ambientale alla legge di stabilità 2016.
[6]	N. S31-080:2006, Acousticque-Bureaux et espaces associes-Niveaux et criteres de performances acoustiques par type d'espace.
[7]	B.B. 93, Acoustic design of schools - Performance standards.
[8]	DIN 18041:2016, Acoustic quality in rooms-Specifications and instructions for the room acoustic design, DIN-Normenaussehuss Bauwesen (in Tedesco).
[9]	A. Astolfi e M. Garai, «Linee guida per una corretta progettazione acustica di ambienti scolastici,» in Associazione Italiana di Acustica, 2017.
[10]	ISO 3382-2:2008, Acoustics-Measurement of room acoustic parameters - Part2: Reverberation time in ordinary rooms, Geneva: International Organization for Standardization.
[11]	ISO 3382-1:2009, Acoustics-Measurement of room acoustic parameters - Part1: Performance spaces.
[12]	IEC 60268-16:2020, Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index.
[13]	ISO 3741:2010, Acoustics-Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Precision methods for reverberation test rooms.
[14]	ISO 9921:2003, Ergonomics - Assessment of speech communication.
[15]	D.M. n. 256 del 23 giugno 2022, Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'affidamento di servizi di progettazione e affidamento di lavori per interventi edilizi.
[17]	Astolfi, A., Parati, L., D'Orazio, D., Garai, M. (2019). The new Italian standard UNI 11532 on acoustics for schools. In 23rd International Congress on Acoustics, Aachen, 2019

# 6. TERMICA

---

**A partire dalla Legge n. 10 del 09/01/1991, si sono poi succedute numerose disposizioni per un uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.**

In materia di efficienza energetica la Comunità Europea ha indicato ai Paesi membri la strada da percorrere con la Direttiva 2002/91/CE "Rendimento energetico nell'edilizia" (EPBD, Energy Performance Buildings Directive), successivamente aggiornata con la Direttiva 2010/31/UE (EPBD2) e Direttiva 2018/844/UE.

L'Italia recepisce le indicazioni EPBD attraverso il DLgs 192/2005, il Decreto Legge 63/2013 (convertito dalla Legge 90/2013), il Decreto Ministeriale del 26 giugno 2015 e il DLgs 48/2020. Ad oggi siamo in attesa dei decreti attuativi del DLgs 48/2020 così come indicato nell'Art. 4 del DLgs 192 modificato, riguardanti i seguenti temi:

- l'applicazione dei differenti metodi di calcolo delle prestazioni energetiche e dell'utilizzo delle fonti rinnovabili (Art. 4 comma 1,a);
- l'aggiornamento dei requisiti minimi (Art. 4 comma 1,b);
- gli obblighi di integrazione dei punti di ricarica delle vetture elettriche (Art. 4 comma 1-bis e 1-ter);
- i requisiti professionali e i criteri di accreditamento per i certificatori energetici (Art. 4 comma 1-quater);
- l'aggiornamento sulle ispezioni degli impianti (Art. 4 comma 1-quinquies);
- i requisiti degli operatori che provvedono all'installazione degli elementi edilizi e dei sistemi tecnici per l'edilizia (Art. 4-ter comma 1-bis);
- il Portale Nazionale sulla prestazione energetica degli edifici (Art. 4-quater).

#### CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI (SECONDO IL DPR 412/93)

<b>E1</b>	Edifici adibiti a residenza e assimilabili: E.1 (1) continuative, E.1 (2) saltuarie, E.1 (3) alberghi.
<b>E2</b>	Edifici adibiti a ufficio e assimilabili pubblici o privati.
<b>E3</b>	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cure e assimilabili
<b>E4</b>	Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili
<b>E5</b>	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili
<b>E6</b>	Edifici adibiti ad attività sportive
<b>E7</b>	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
<b>E8</b>	Edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e assimilabili

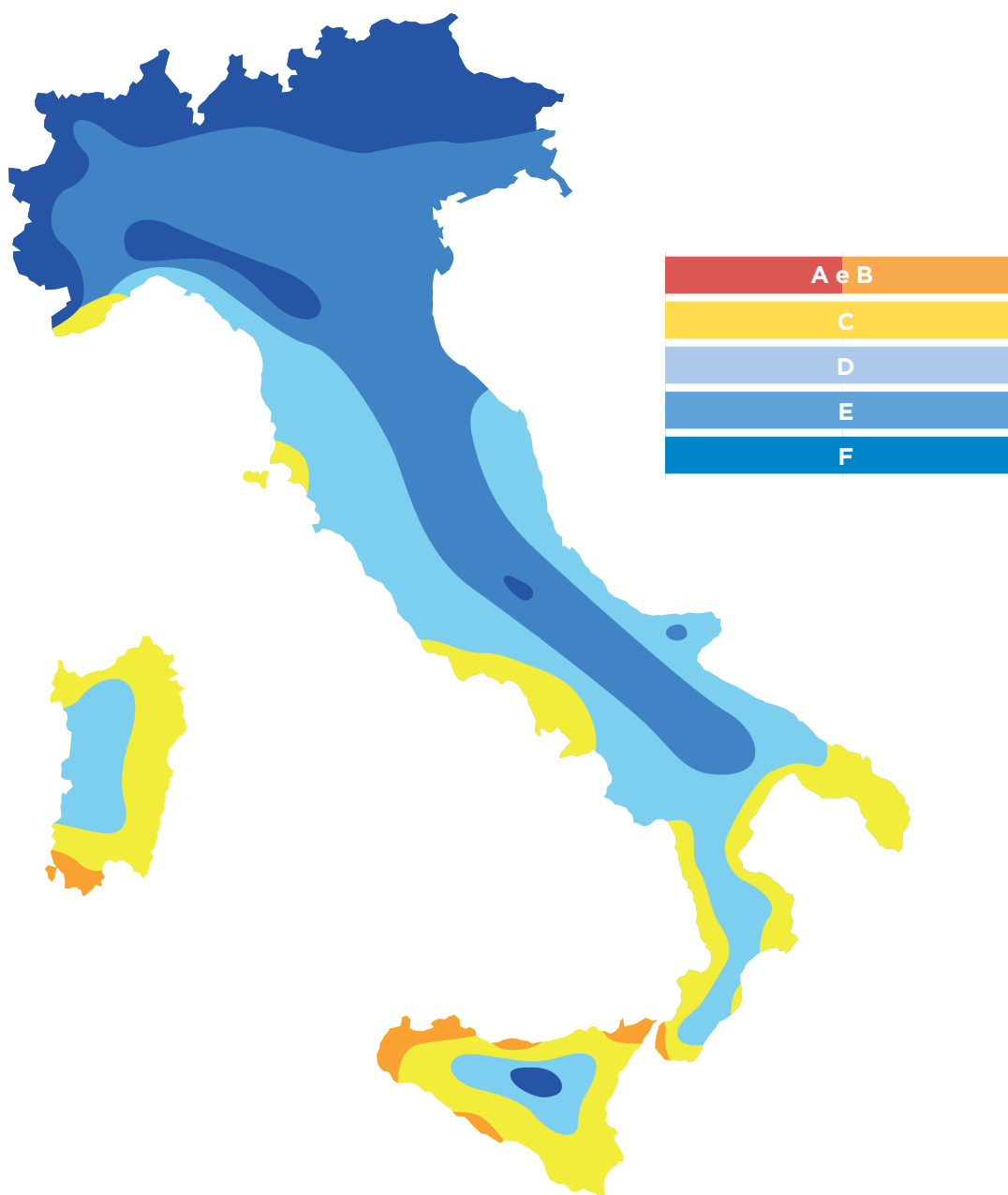
## REQUISITI ENERGETICI DEGLI EDIFICI

La legge 90/2013, completata con la pubblicazione dei decreti attuativi contenuti nel D.M. 26/06/2015 riguardanti:

- D.M. Requisiti Minimi: prescrizioni e requisiti da rispettare nonché definizione dell'edificio ad energia quasi zero;
- Linee Guida Nazionali per la certificazione energetica: modalità di classificazione e nuovo modello di attestato di certificazione energetica;
- Nuovi modelli per la relazione tecnica;

riporta le prescrizioni da applicare sia agli edifici di nuova costruzione sia alle ristrutturazioni e alle riqualificazioni energetiche.

Nel caso di intervento riguardante le strutture opache delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno, occorre verificare l'assenza di condense interstiziali ed evitare il rischio di formazione di muffe, ponendo inoltre particolare attenzione alla correzione dei ponti termici negli edifici di nuova costruzione.



### PARAMETRI DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO

Con "edificio di riferimento" si intende un edificio **identico a quello in esame** in termini di geometria, orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso, situazione al contorno; **e con caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati** (cfr. App. A dell'All. 1 del DM 26/6/15). Per tutti i dati di input e i parametri non definiti si utilizzano i valori dell'edificio reale. L'analisi dell'edificio di riferimento è necessaria per verificare gli indici di prestazione energetica:  $EP_{H,nd}$ ,  $EP_{C,nd}$ ,  $EP_{gl,tot}$ .

### PARAMETRI DELL'INVOLUCRO

Le seguenti tabelle riportano i valori delle **trasmissioni di riferimento** delle strutture (comprehensive di incidenza del ponte termico) da utilizzare nel calcolo degli indici di prestazione energetica (EP) limite, divise per data di entrata in vigore: dal 1° gennaio 2019 (per gli edifici pubblici) e dal 1° gennaio 2021 (per tutti gli altri edifici).

## NUOVA COSTRUZIONE | Valori limite di Trasmittanza Termica U (W/m²k)

### TABELLA 1 (APPENDICE A)

TRASMITTANZA TERMICA U DELLE STRUTTURE OPACHE VERTICALI, VERSO L'ESTERNO, GLI AMBIENTI NON CLIMATIZZATI O CONTRO TERRA

ZONA CLIMATICA	U (W/m²K)
	2019/2021
A e B	0,43
C	0,34
D	0,33
E	0,26
F	0,24

### TABELLA 2 (APPENDICE A)

TRASMITTANZA TERMICA U DELLE STRUTTURE OPACHE ORIZZONTALI O INCLINATE DI COPERTURA, VERSO L'ESTERNO E GLI AMBIENTI NON RISCALDATI

ZONA CLIMATICA	U (W/m²K)
	2019/2021
A e B	0,35
C	0,33
D	0,26
E	0,22
F	0,20

### TABELLA 3 (APPENDICE A)

TRASMITTANZA TERMICA U DELLE STRUTTURE OPACHE ORIZZONTALI DI PAVIMENTO VERSO L'ESTERNO, GLI AMBIENTI NON RISCALDATI O CONTRO TERRA

ZONA CLIMATICA	U (W/m²K)
	2019/2021
A e B	0,44
C	0,38
D	0,29
E	0,26
F	0,24

**TABELLA 5 (APPENDICE A)**

TRASMITTANZA TERMICA U DELLE STRUTTURE OPACHE VERTICALI E ORIZZONTALI DI SEPARAZIONE TRA EDIFICI O UNITÀ IMMOBILIARI CONFINANTI

ZONA CLIMATICA	U (W/m <sup>2</sup> K)
	2019/2021
Tutte le zone	0,80

## RISTRUTTURAZIONI E RIQUALIFICAZIONI ENERGETICHE DI EDIFICI ESISTENTI | Valori limite di Trasmittanza Termica U (W/m<sup>2</sup>k)

**TABELLA 1 (APPENDICE B)**

TRASMITTANZA TERMICA U DELLE STRUTTURE OPACHE VERTICALI, VERSO L'ESTERNO, GLI AMBIENTI NON CLIMATIZZATI O CONTRO TERRA

ZONA CLIMATICA	U (W/m <sup>2</sup> K)
	2019/2021
A e B	0,40
C	0,36
D	0,32
E	0,28
F	0,26

**TABELLA 2 (APPENDICE B)**

TRASMITTANZA TERMICA U DELLE STRUTTURE OPACHE ORIZZONTALI O INCLINATE DI COPERTURA, VERSO L'ESTERNO E GLI AMBIENTI NON RISCALDATI

ZONA CLIMATICA	U (W/m <sup>2</sup> K)
	2019/2021
A e B	0,32
C	0,32
D	0,26
E	0,24
F	0,22

**TABELLA 3 (APPENDICE B)**

TRASMITTANZA TERMICA U DELLE STRUTTURE OPACHE ORIZZONTALI DI PAVIMENTO VERSO L'ESTERNO, GLI AMBIENTI NON RISCALDATI O CONTRO TERRA

ZONA CLIMATICA	U (W/m <sup>2</sup> K)
	2019/2021
A e B	0,42
C	0,38
D	0,32
E	0,29
F	0,28

## PARAMETRI ESTIVI E COMFORT

L'Allegato 1 Art. 3.3 comma 4 b, c "Inerzia involucro opaco" del D.M. 26 giugno 2015, ad esclusione della zona F per le località in cui il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione  $I_{m,s} \geq 290 \text{ W/m}^2$ , prevede di verificare che:

- per le pareti opache verticali (ad eccezione di quelle nel quadrante Nordovest/Nord/Nord-Est) sia rispettata almeno una delle seguenti condizioni:

$$M_s > 230 \text{ kg/m}^2$$

$$Y_{ie} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- per tutte le pareti opache orizzontali e inclinate, che:

$$Y_{ie} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### Dove:

$M_s$ : rappresenta la massa superficiale della parete opaca compresa la malta dei giunti ed esclusi gli intonaci [ $\text{kg/m}^2$ ];

$Y_{ie}$ : rappresenta la trasmittanza termica periodica valutata in accordo con UNI EN ISO 13786:2008 e successivi aggiornamenti [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ].

### Note:

- gli effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale o trasmittanza termica periodica delle pareti opache, possono essere raggiunti, in alternativa, con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, ovvero coperture a verde, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'irraggiamento solare. In tale caso deve essere prodotta una adeguata documentazione e certificazione delle tecnologie e dei materiali che ne attestino l'equivalenza con le predette disposizioni;

- Il valore di  $I_{m,s}$  si ricava in accordo con UNI 10349 a partire dai dati climatici delle due province più vicine alla località in esame.

## D.M. 23 GIUGNO 2022 - CAM (CRITERI AMBIENTALI MINIMI)

Fermo restando quanto previsto all'Allegato 1 del decreto interministeriale 26 giugno 2015 "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici" (vedi quanto sopra citato) e le definizioni ivi contenute e fatte salve le norme o regolamenti locali (ad esempio i regolamenti regionali, ed i regolamenti urbanistici e edilizi comunali), qualora più restrittivi, i progetti degli interventi di nuova costruzione, di demolizione e ricostruzione e di ristrutturazione importante di primo livello, garantiscono adeguate condizioni di comfort termico negli ambienti interni tramite una delle seguenti opzioni:

- a) verifica che la massa superficiale di cui al comma 29 dell'Allegato A del decreto legislativo 19 agosto 2005 n. 192, riferita ad ogni singola struttura opaca verticale dell'involucro esterno sia di almeno 250 kg/m<sup>2</sup>;
- b) verifica che la trasmittanza termica periodica  $Y_{ie}$  riferita ad ogni singola struttura opaca dell'involucro esterno, calcolata secondo la UNI EN ISO 13786, risulti inferiore al valore di 0,09 W/m<sup>2</sup>K per le pareti opache verticali (ad eccezione di quelle nel quadrante Nordovest/Nord/Nord-Est) ed inferiore al valore di 0,16 W/m<sup>2</sup>K per le pareti opache orizzontali e inclinate;
- c) verifica che il numero di ore di occupazione del locale, in cui la differenza in valore assoluto tra la temperatura operante (in assenza di impianto di raffrescamento) e la temperatura di riferimento è inferiore a 4°C, risulti superiore all'85% delle ore di occupazione del locale tra il 20 giugno e il 21 settembre.

Nel caso di edifici storici si applicano le "Linee guida per migliorare la prestazione energetica degli edifici storici", di cui alla norma UNI EN 16883. Oltre agli edifici di nuova costruzione anche gli edifici oggetto di ristrutturazioni importanti di primo livello devono essere edifici ad energia quasi zero. I progetti degli interventi di ristrutturazione importante di secondo livello, riqualificazione energetica e ampliamenti volumetrici non devono peggiorare i requisiti di comfort estivo. La verifica può essere svolta tramite calcoli dinamici o valutazioni sulle singole strutture oggetto di intervento.

La Relazione CAM, oltre a quanto chiesto nel criterio "2.2.1-Relazione CAM", include la relazione tecnica di cui al D.M. 26 giugno 2015 prima citato e la relazione tecnica e relativi elaborati di applicazione CAM, nella quale sia evidenziato lo stato ante operam, gli interventi previsti, i conseguenti risultati raggiungibili e lo stato post operam. Per gli edifici storici, la conformità al criterio è verificata tramite gli elaborati indicati nella norma UNI citata. Per la verifica dinamica oraria del comfort termico estivo la temperatura operante estiva ( $\theta_{o,t}$ ) si calcola secondo la procedura descritta dalla UNI EN ISO 52016-1, con riferimento alla stagione estiva (20 giugno - 21 settembre) in tutti gli ambienti principali.

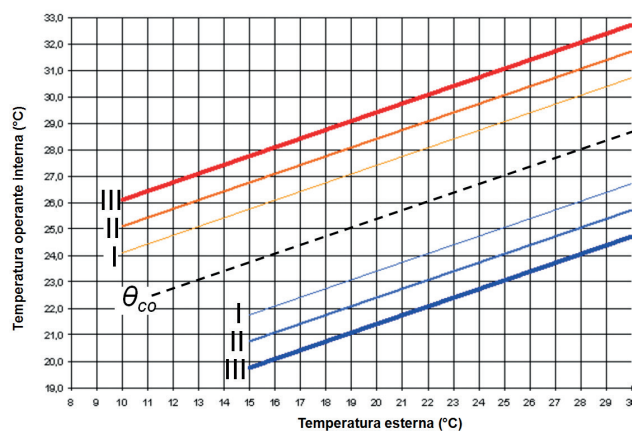
La verifica garantisce quanto segue:

$$|\theta_{o,t} - \theta_{rif}| < 4^{\circ}\text{C} \text{ con un numero di ore di comfort} > 85\%$$

$$\text{dove: } \theta_{rif} = (0,33 \theta_{rm}) + 18,8$$

dove:

$\theta_{rm}$  = temperatura esterna media mobile giornaliera secondo UNI EN 16798-1.



## COOL ROOF E COPERTURE AD ALTO SRI

La California è stato uno dei primi luoghi nel mondo a scoprire l'importanza delle superfici riflettenti e ad alta emissività, soprattutto nelle coperture. Il concetto, chiamato «COOL ROOF», è stato sin da subito considerato un importante strumento ambientale, sia come risposta all'effetto «ISOLA DI CALORE», sia come veicolo per il risparmio energetico.

### IL PROBLEMA COLLETTIVO: L'ISOLA DI CALORE

È il fenomeno dell'innalzamento della temperatura delle aree urbane rispetto a quella di cui si gode nelle aree rurali, misurato tra 1° e 6°C. Questo crea un circolo vizioso di condizionamento e di riscaldamento dell'ambiente circostante che innalza il rischio di black-out, aumenta i consumi e l'inquinamento atmosferico.

### IL PROBLEMA INDIVIDUALE: IL CONSUMO ENERGETICO

I tetti scuri riflettono una piccolissima parte del calore ricevuto dal sole e, quindi, lo trasmettono all'ambiente interno sottostante, con costi di condizionamento elevati e scarso comfort abitativo. Maggiore è l'incidenza della superficie di copertura rispetto alla superficie totale dell'involucro, più elevato diventa l'impatto di tale fenomeno. È evidente l'importanza del problema per le coperture di centri commerciali, supermercati, ipermercati, ma anche per edifici ad uso abitativo.

### I CONCETTI CHIAVE

#### SRI - Solar Reflectance Index

L'SRI, o Indice di Riflessione Solare, è il parametro principale che coniuga i valori di Riflettanza e Emissività, ed esprime la capacità di un materiale di respingere il calore solare.

#### Riflettanza solare

La riflettanza (di solito indicata con  $\rho$ ) indica la proporzione di luce incidente che una data superficie è in grado di riflettere. Può assumere valori da 0 a 1. Più il valore è alto, più è alta la riflettanza della copertura.

#### Emissività nell'infrarosso

L'emissività di un materiale (di solito indicata con  $\epsilon$ ) è la frazione di energia irradiata da quel materiale rispetto all'energia irradiata da un corpo nero che sia alla stessa temperatura.

È una misura della capacità di un materiale di irraggiare energia. Un vero corpo nero avrebbe  $\epsilon = 1$ , mentre qualunque oggetto reale ha  $0 < \epsilon < 1$  (corpo grigio). Più il valore è alto, più è alta l'emissività della copertura.

### IN ITALIA

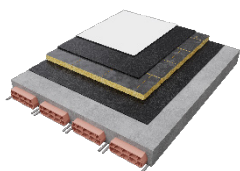
La normativa e i protocolli volontari prevedono il rispetto dei valori indicati nelle tabelle sottostanti.

Il protocollo LEED - CREDITO SS - RIDUZIONE DELL'EFFETTO ISOLA DI CALORE - prevede in prima battuta di rispettare i valori di SRI testati **dopo 3 anni di invecchiamento** e solo qualora non disponibili rifarsi ai valori di SRI iniziali. Saint-Gobain offre al mercato l'unica soluzione impermeabilizzante per coperture con valori di SRI, certificati da ente terzo, sia a nuovo che sottoposti ad invecchiamento: **Bituver Megaver California**.

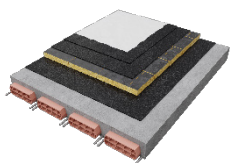
### STRATIGRAFIE COPERTURE COOL ROOF

I sistemi di seguito con membrane bitume-polimero sono provvisti di conformità tecnica Bureau Veritas Italia rispetto alla norma UNI 8178/2:2019 - indicazioni progettuali coperture continue.

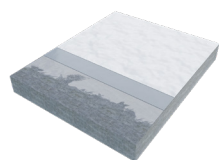
I valori di SRI sono certificati da EELab Energy Efficiency Laboratory (Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" dell'Università di Modena e Reggio Emilia).



Cool Roof con isolante minerale e membrana impermeabilizzante ad elevato SRI testato con invecchiamento a tre anni



Cool Roof con isolante minerale e membrana in doppio strato con pittura elastoplastica ad alto SRI



Impermeabilizzazione con membrana poliuretana liquida per coperture Smart Roof

### COOL ROOF - REQUISITI NORMATIVI E CERTIFICAZIONI VOLONTARIE

Limiti previsti dal protocollo LEED v4			
Tipo di copertura	Pendenza	SRI	SRI a tre anni
A bassa pendenza	≤ 15%	82	64
A pendenza elevata	> 15%	39	32

Limiti previsti dai CAM - Criteri Ambientali Minimi		
Tipo di copertura	Pendenza	SRI
A bassa pendenza	≤ 15%	76
A pendenza elevata	> 15%	29

Limiti previsti dal DM 26/06/2015	
Tipo di copertura	Riflettanza
Coperture piane	0,65
A pendenza elevata	0,30

# 7. QUALITÀ DELL'ARIA DEGLI AMBIENTI INTERNI

---

L'inquinamento indoor è:

“la presenza nell'aria di ambienti confinati di contaminanti fisici, chimici e biologici non presenti naturalmente nell'aria esterna di sistemi ecologici di elevata qualità”

[Ministero dell'Ambiente 1991]

È ben noto quanto la qualità dell'aria che respiriamo all'interno di un edificio abbia un impatto diretto sulla qualità di vita e la salute degli occupanti, in particolare sulle popolazioni a rischio come ad esempio i bambini, maggiormente esposti a malattie croniche e allergie.

La scarsa qualità dell'aria interna (IAQ - indoor air quality) delle scuole può avere effetti negativi sulla salute degli occupanti, soprattutto dei bambini, sulla capacità di apprendimento e sui risultati accademici. Una progettazione scolastica attenta può quindi migliorare la qualità dell'aria interna e migliorare la salute degli studenti.

### Cos'è la qualità dell'aria?

La qualità dell'aria interna (IAQ) è definita dalla concentrazione di vari inquinanti, tra cui:

- biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>)
- composti organici volatili (VOC)
- muffe
- polveri
- funghi

Le concentrazioni specifiche di questi inquinanti sono state collegate alla sindrome dell'edificio malato - sick building syndrome (SBS). La sindrome da edificio malato è caratterizzata da una serie di sintomi, tra cui: apatia, mal di testa, naso chiuso, pelle secca e prurito, mal di gola, secchezza, dolore e prurito agli occhi.

I bambini sono più sensibili a questa tematica perché inalano più inquinanti per peso corporeo rispetto agli adulti, a causa di tassi di respirazione più elevati.

## LA QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA INFLUISCE SULL' APPRENDIMENTO SCOLASTICO

### Esempi di effetti positivi

Uno studio condotto su 100 classi elementari americane ha rilevato un aumento del 2,9% e del 2,7%, rispettivamente in matematica e nella lettura, all'aumentare della ventilazione nell'aula ogni litro al secondo per persona.

Un frequente ricambio dell'aria viene associato ad un apprendimento più veloce e più accurato dei colori e un miglioramento della memoria.



### Esempi di effetti negativi

L'aumento di 1000 parti per milione (ppm) di CO<sub>2</sub> è associato all'aumento di assenze scolastiche del 10-20%.

Per ogni aumento di 100ppm di CO<sub>2</sub> si stima un aumento di assenze da scuola di circa un giorno e mezzo all'anno.

Un edificio scolastico progettato in modo sostenibile è caratterizzato da una buona qualità dell'aria interna e basse emissioni di carbonio. Questo si può raggiungere attraverso:

- **ventilazione naturale** per rinfrescare l'ambiente interno senza aumento del consumo di energia, ma ciò richiede una buona qualità dell'aria esterna. Molto spesso questo non è possibile e il progettista dovrà prevedere un impianto di ventilazione con le migliori caratteristiche termo - acustiche e che consenta di avere le minori perdite d'aria.
- **ventilazione meccanica**, con adeguati sistemi di filtrazione, che possono essere alimentati utilizzando energia rinnovabile in loco e/o esterna al sito per ridurre le emissioni globali di carbonio
- **materiali per la costruzione e arredi a basse o zero emissioni**, che possono aiutare a migliorare i livelli IAQ di base.

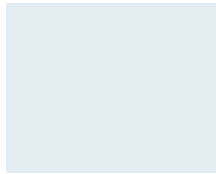
Passiamo il 90% del nostro tempo al chiuso: casa, lavoro, scuola, palestra. Nei luoghi confinati la qualità dell'aria lascia spesso a desiderare e, senza rendercene conto, respiriamo grandi quantità di sostanze inquinanti; tale problema può essere definitivamente risolto attraverso la scelta di opportuni materiali e l'impiego di accorgimenti tecnici e/o procedurali durante la fase di costruzione/ristrutturazione/utilizzo di un ambiente confinato.

Il primo passo nel perseguire il miglioramento delle condizioni abitative indoor consiste nell'avvicinarsi ad una cultura della qualità dell'aria interna definendo le caratteristiche di un ambiente sano; tali caratteristiche si basano su tre principi prestazionali legati ai materiali da costruzione:

**90%**  
del tempo in  
ambienti interni

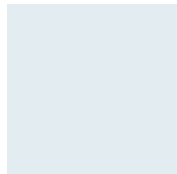


lavoro

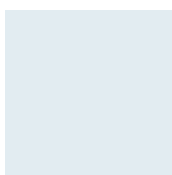
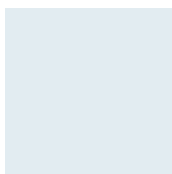


casa

scuola



palestra



**Assenza di contenuto**

Un luogo salubre è costruito innanzitutto con materiali che NON CONTENGONO sostanze chimiche dannose (VOC e soprattutto formaldeide); la garanzia sui contenuti dei prodotti commercializzati in Europa (soprattutto tinte e vernici) è determinata dall'osservanza della Direttiva 42/2004 e della Decisione UE 312/2014.

**Assenza di emissione**

Il precedente requisito rappresenta una condizione necessaria ma non sufficiente al raggiungimento della qualità ambientale di un luogo confinato: per ottenere la sicurezza di ciò che respiriamo all'interno di un edificio è necessario che questo sia costruito con materiali che NON EMETTONO vapori chimici pericolosi; in Europa il controllo sulle emissioni dei prodotti da costruzione viene affidato a regolamenti nazionali cogenti (Francia, Italia, Finlandia, Belgio) e ad una serie di enti certificatori dotati di protocolli d'analisi su base volontaria (Der Blaue Angel, GEV Emicode), vedi approfondimento a seguire.

**Ruolo attivo**

La caratteristica "attiva" di un materiale nel miglioramento della qualità dell'aria indoor è data dalla sua capacità di assorbire e rendere inerti le sostanze chimiche presenti nell'ambiente inibendone il successivo rilascio da parte del materiale stesso. Durante l'assorbimento i composti coinvolti nella trasformazione vengono legati indissolubilmente ad alcuni costituenti del materiale "purificante" e privati della loro capacità reattiva nei confronti dell'ambiente circostante: vengono appunto resi inerti. L'assunzione di un ruolo attivo da parte di un materiale da costruzione nella purificazione dell'aria interna rappresenta un'importante svolta interpretativa nel mondo dell'edilizia; questo nuovo punto di vista permette infatti al materiale di essere paragonato ad un sistema impiantistico di filtraggio sgravato però dai relativi costi di gestione.



## RIDUZIONE FORMALDEIDE NEGLI AMBIENTI INTERNI



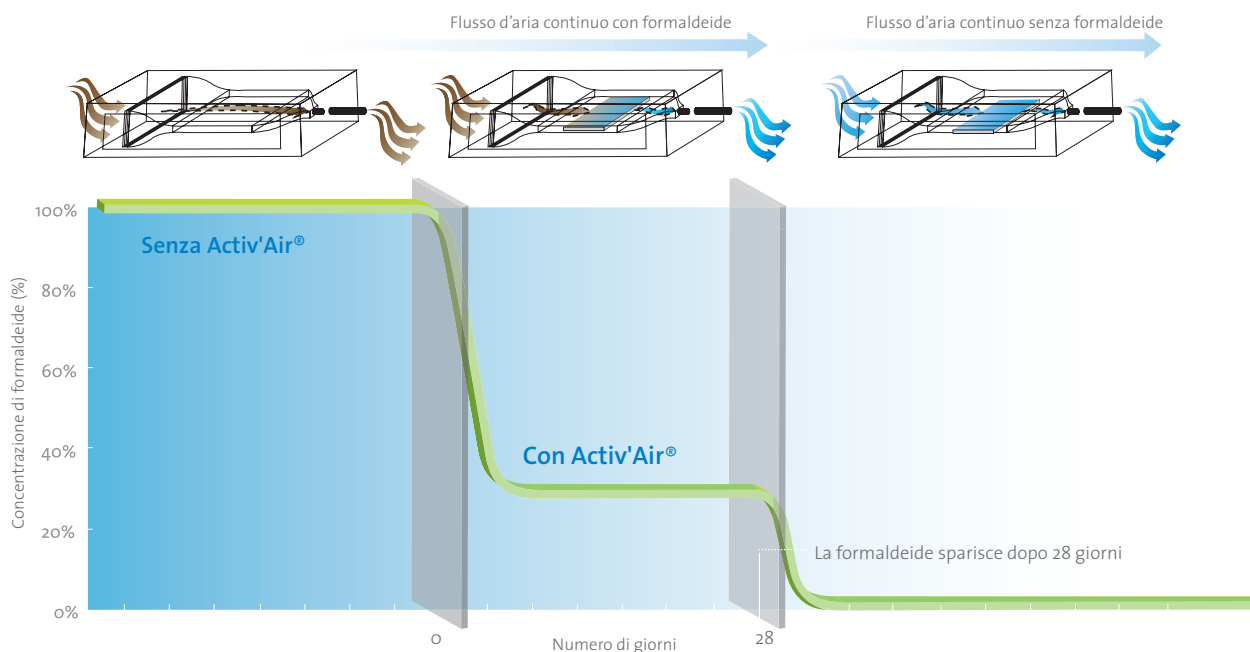
La tecnologia brevettata **Activ'Air®** svolge un ruolo attivo, permette ai prodotti Saint-Gobain di assorbire e neutralizzare fino al 70% della formaldeide presente negli ambienti interni.

Activ'Air® utilizza un componente specifico privo di impatto sull'ambiente, capace di innescare una reazione chimica che trasforma la formaldeide in sostanza inerte, senza rimetterla nell'ambiente.

L'insieme delle prestazioni di Activ'Air® è stato convalidato da prove sperimentali effettuate presso i laboratori internazionali CSTB ed Eurofins. Le simulazioni svolte dal reparto di ricerca e sviluppo di Saint-Gobain, in collaborazione con i laboratori sopra citati, dimostrano che Activ'Air® rimane efficace fino a 50 anni.

I prodotti Saint-Gobain dotati di tecnologia Activ'Air® sono:

- lastre in gesso rivestito/accoppiate Gyproc Habito®/Habito® Clima/Habito® Silence
- lastre in gesso rivestito Gyproc DuraGyp
- lastre in gesso rivestito forate Gyproc Gyptone® BIG e Gyproc Rigitone®
- pannelli in lastre di gesso lisci/forati Gyproc GyQuadro e Gyproc Gyptone®
- rasante a base gesso Gyproc Rasocote 5



Prova effettuata secondo norma ISO 16000-23 - Aria negli ambienti confinati - Test per la valutazione della riduzione delle concentrazioni di formaldeide da parte di materiali costruttivi assorbenti.

La formaldeide viene immessa in modo costante nella camera di prova, monitorando la differenza di concentrazione della stessa tra l'ingresso e l'uscita dalla camera. Inserendo all'interno della camera un campione di lastra con tecnologia Activ'Air® (giorno 0 - all'interno della camera di prova continua ad esserci immissione di formaldeide), la percentuale di formaldeide che fluisce attraverso la camera si riduce fino al 70% già dopo il secondo giorno, rimanendo poi costante fino al giorno 28. Al termine del 28° giorno viene interrotta l'immissione di formaldeide. A partire da questo momento la concentrazione di formaldeide si riduce a zero e rimane tale per il successivo periodo di monitoraggio.

Questo significa che, ad interruzione del flusso inquinante, il campione di lastra trattiene la formaldeide al suo interno e non la rilascia nell'ambiente.

## COMPATIBILITÀ TRA LA PITTURA WEBERPAINT GYPSUM E LE LASTRE GYPROC CON TECNOLOGIA ACTIV'AIR®



**weberpaint gypsum** è la nuova idropittura per interni specifica per lastre in gesso rivestito, ad adesione diretta, con ottimo ancoraggio anche senza preventiva applicazione del fissativo. È caratterizzata da elevata copertura, da effetto uniformante con significativo mascheramento dei punti di giunzione e consente di realizzare finiture molto opache con bianco luminoso.

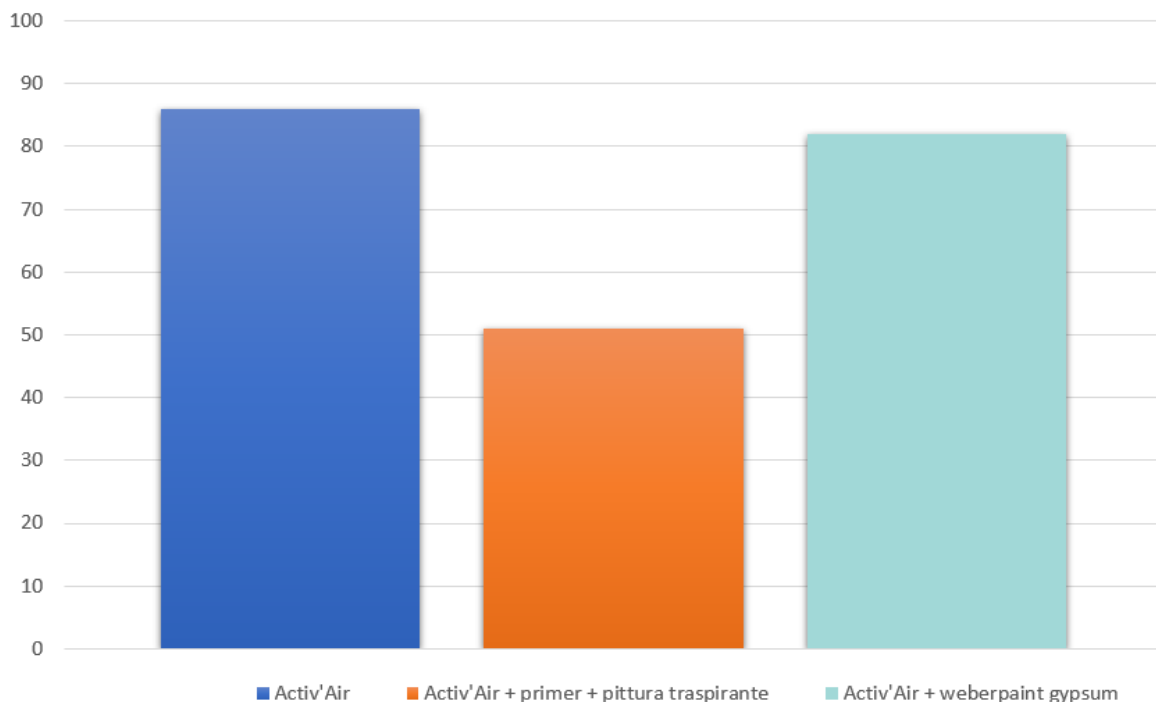
**weberpaint gypsum è ideale per applicazioni su lastre con tecnologia Activ'Air®, poiché rispetto alle ordinarie idropitture non ne inficia il principio di riduzione della formaldeide.**

È stato effettuato uno studio di compatibilità all'interno dei laboratori Saint-Gobain mirato a testare l'efficacia della pittura weberpaint gypsum su lastre in cartongesso additate con la tecnologia Activ'Air®.

È stato messo a confronto l'abbattimento della formaldeide dopo 24 ore studiando le seguenti configurazioni:

- Lastra in gesso rivestito **Gyproc** con tecnologia **Activ'Air®**
- Lastra in gesso rivestito **Gyproc** con tecnologia **Activ'Air®** + ciclo di finitura tradizionale con primer e pittura traspirante
- Lastra in gesso rivestito **Gyproc** con tecnologia **Activ'Air®** + ciclo di finitura con weberpaint gypsum

### Abbattimento della formaldeide dopo 24 h (%)



Dalla comparativa è emerso che la finitura realizzata mediante applicazione di pittura traspirante da interno, previa applicazione del relativo primer, inibisce parecchio l'abbattimento della formaldeide rispetto alla lastra nuda; l'applicazione sulla lastra del nuovo weberpaint gypsum, che per sua natura presenta un'alta compatibilità con le lastre in gesso rivestito e non necessita di un primer, garantisce un risultato finale decisamente migliore e quasi comparabile con la lastra in gesso rivestito con principio **Activ'Air®** nuda, non inibendo l'abbattimento della formaldeide.

## MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI AERAILICI

Gli impianti di ventilazione e distribuzione aria hanno un ruolo fondamentale per garantire un'ottima qualità dell'aria interna. Infatti, oltre a dover essere realizzati con materiali sostenibili e possedere certificazioni specifiche, devono essere facilmente ispezionabili e pulibili.

**Isover CLIMAVER®** è stato testato secondo la norma EN 13403 (*Ventilation for buildings. Non metallic ducts. Ductwork made from insulation ductboards*) ed emerge chiaramente che **Isover CLIMAVER®** non può essere utilizzato come alimento da parte di microrganismi e può essere considerato **INERTE AI BATTERI e FUNGISTATICO**. Infatti, la lana di vetro è un materiale inorganico, per natura inattaccabile da qualsiasi organismo vegetale o animale.

### EROSIONE ED EMISSIONE DELLE PARTICELLE

Il test viene effettuato sul canale Isover **CLIMAVER® A2 neto** (tessuto sulla faccia interna), ad una velocità dell'aria pari a 18,2 m/s come richiesto dalla norma EN 13403.

**I risultati**, riportati nella tabella, sono **10.000 volte inferiori ai valori limite di prova**.

Test di erosione ed emissione delle particelle Velocità dell'aria = 18,2 m/s		
Dimensione particelle	Requisiti	Risultati Isover CLIMAVER® A2 neto
Particelle < 0,5 µm	< 60 µg/m <sup>3</sup>	0,006 µg/m <sup>3</sup>
Particelle > 5,0 µm	< 4,0 µg/m <sup>3</sup>	0,003 µg/m <sup>3</sup>

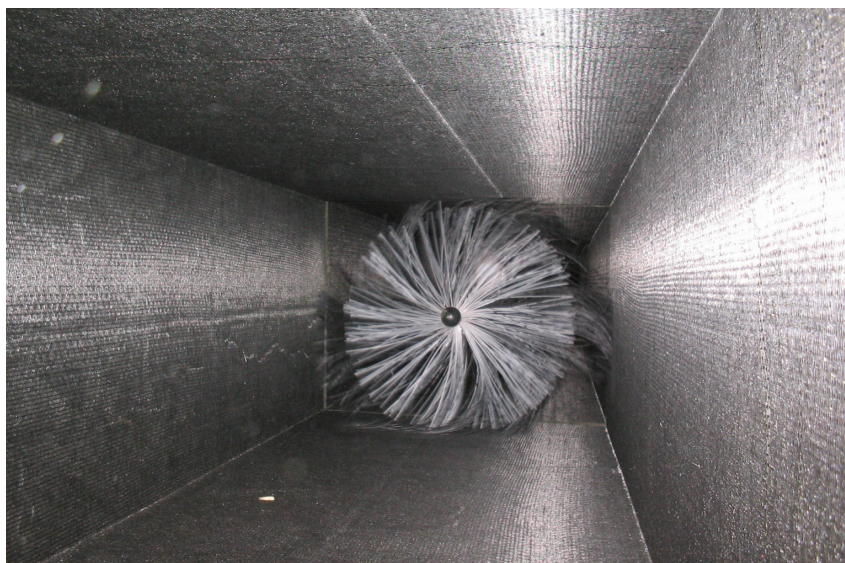
**NB.** La norma richiede che il test venga effettuato ad una velocità dell'aria molto superiore alle velocità tipiche di impianti in edifici ad uso civile. V=18,2 m/s. Solitamente, la velocità dell'aria si aggira intorno ai 4-8 m/s.

### FACILE MANUTENZIONE E PULIZIA

La norma EN 13403 stabilisce che i condotti debbano resistere alle operazioni di pulizia equivalenti all'intero ciclo vita di 20 anni (un'operazione di pulizia all'anno) senza riportare nessun danno. Il canale **Isover CLIMAVER®**, dopo essere stato sottoposto a 20 cicli di pulizia, non ha riportato nessun segno di deterioramento. Nel caso di **Isover CLIMAVER® A2 neto**, il tessuto acustico ha resistito perfettamente alle spazzole senza rovinarsi o strapparsi.

Tutta la gamma Isover

**CLIMAVER®** è facilmente pulibile.



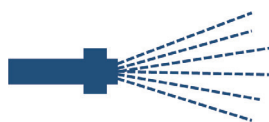
### PRINCIPALI METODI DI PULIZIA

**Non esiste un canale o un trattamento che eviti totalmente le operazioni di manutenzione e pulizia degli impianti aerailici e garantisca a priori una buona qualità dell'aria interna.**

Infatti, carica batterica e/o conta-minazione micotica, per esempio, sono informazioni non rilevabili dall'occhio umano e necessitano sempre di analisi di laboratorio. Tutti i componenti dell'impianto, dall'UTA alle bocchette di uscita dell'aria, influiscono sulle sue condizioni di igiene. Le operazioni di monitoraggio quindi non interessano solo i canali ma l'impianto nella sua interezza. Di seguito vengono riportati i principali metodi di pulizia.



SPAZZOLA MECCANICA



ARIA COMPRESSA



ASPIRAZIONE DIRETTA

L'impianto distribuzione aria della nuova area Academy dello stabilimento **Saint-Gobain Isover** di Vidalengo (BG) è realizzato con pannelli **Isover CLIMAVER® A2 deco**.

L'impianto è in funzione da circa 5 anni e sono state eseguite le normali operazioni di manutenzione da parte di una società abilitata esterna.

**ISPEZIONE VISIVA**

L'ispezione visiva è stata eseguita da tecnici abilitati, anche attraverso riprese video e raccolta immagini. Questa fase ha interessato tutta la **rete di mandata e di ripresa** e si è soffermata sui punti critici come ad esempio in prossimità di curve e stacchi.

**ISPEZIONE TECNICA**

Sono state effettuate le seguenti prove:

- Tamponi microbiologici,
- Verifica qualità dell'aria,
- Verifica presenza FAV.

Gli operatori hanno apprezzato il prodotto e, rispetto ad altri tipi di canali, hanno evidenziato la **facilità e velocità nel realizzare botole di ispezione**. Questo ha velocizzato e semplificato il lavoro. Dall'ispezione e dalle analisi, **l'impianto è in buono stato**.



	<p>Via di Maschia Soprana 149, h Tel. 06.52169091 - 06.52319765 Fax 06.52169088 www.firotek.it - info@firotek.it</p>	
--	--	--

SPETT.LE  
**SAINT-GOBAIN ITALIA S.P.A.**  
VIA ETTORE ROMAGNOLI, 6  
20146 MILANO MI

Roma, 06.02.2020  
Prot. V.4/2020 GS-ed

Oggetto: Certificazione ISOVER CLIMAVER® - ispezione e bonifica impianti

Con il presente documento, FIROTEK SRL dichiara che i prodotti ISOVER CLIMAVER® per impianti HVAC sono adatti ad essere ispezionati mediante introduzione di robot filoguidato e puliti e sanificati tramite sistemi di pulizia meccanica opportuni (in accordo con quanto sancito dal D.L. n. 81 del 2008 e s.m.i.). Non si evidenziano alterazioni strutturali del prodotto.

E' definito ciò alla luce degli accertamenti che FIROTEK ha effettuato su impianti aeraulici realizzati con prodotti ISOVER CLIMAVER®, nel rispetto delle procedura AIISA e NADCA.

Tutto ciò fatto salvo la realizzazione dei suddetti impianti secondo procedure corrette di installazione, previste dal protocollo per i prodotti ISOVER CLIMAVER®.

Si rilascia il presente per gli usi consentiti dalla legge.

FIROTEK SRL

SEDE LEGALE: Via di Maschia Soprana, 140/9 00125 Roma - P.IVA/C.F. 04153061006 - Reg. Imprese di Roma N° 04150401006 - C.C.I.A.A. 738211

**Non esiste una tipologia di condotta oppure un trattamento che eviti totalmente le operazioni di manutenzione e pulizia degli impianti e garantisca a priori una buona qualità dell'aria interna.**

SAN LAZZARO DI SAVENA



**SCOPRI IL PROGETTO**  
Campus KID San Lazzaro  
Su GalleryLive

# 8. FOCUS LANA DI VETRO

---

**PENSATE CHE BELLO SAREBBE PAGARE PANE O PROSCIUTTO NON PER QUANTO PESANO, MA PER QUANTO SONO BUONI!**

Con la lana di vetro funziona già così!

**Il peso o la densità non sono sinonimo di qualità in termini di performance** del materiale isolante, sia per la termica che per l'acustica. Quindi provate a pensare a una nuova unità di misura: **€/performance e non €/kg** e vedrete che la lana di vetro ha tutte le armi per giocarsela (e vincere) contro ogni altro materiale!

Sapevate che:

- Per ottenere la stessa resistività al flusso ( $r$ ) occorre una densità quasi tripla per i prodotti in lana di roccia rispetto ai prodotti Isover in lana di vetro.
- La lana di roccia richiede da 2 a 5 volte materiale in più rispetto alla lana di vetro Isover per avere la stessa capacità di isolamento termico. Inoltre, la lana di roccia non riesce a raggiungere il valore di  $\lambda$  0,031 che la lana di vetro raggiunge.

“Non pesa abbastanza”

**FORSE PERCHÉ NON È CHIARO IL SIGNIFICATO DI QUESTI AGGETTIVI.**

La lana di vetro è:

- Prodotta con oltre il 95% di materie prime inorganiche (sabbia silicica), che risultano reperibili in natura in quantità praticamente infinite
- Di questo 95%, fino all'80% è costituito da materiali di riciclo (vetro)
- La quantità di energia necessaria a produrla è nettamente inferiore a quella richiesta a molti altri materiali isolanti (rapporto di almeno 1 a 4)
- La lana di vetro Isover è interamente prodotta in Italia a Vidalengo di Caravaggio e permette di soddisfare il concetto di edilizia a km 0 per un'ampia parte di territorio nazionale.

“Non è bio, naturale, verde, ecocompatibile”

**SBAGLIATO!**

La lana di vetro è composta da materie prime minerali inerti come vetro e silice (la comune sabbia): è quindi incombustibile e non dà nessun contributo allo sviluppo di un eventuale incendio.

**Tutti i prodotti in lana di vetro senza rivestimenti sono in Euroclasse A1 o A2-s1,d0, le classi migliori secondo i D.M. del 10 e 15 Marzo 2005.**

“È infiammabile”

“È ingombrante e non si può comprimere perché non riprende lo spessore”

#### NULLA DI PIÙ FALSO ...

Grazie alle loro proprietà elastiche, i prodotti in lana di vetro possono essere compressi fino a 10 volte il loro ingombro durante la fase di imballaggio e pallettizzazione.

**Questo processo brevettato riduce l'impatto ambientale dovuto al trasporto, migliora la movimentazione e ottimizza la logistica. La ripresa dello spessore una volta aperto l'imballo garantisce le prestazioni termiche e acustiche dichiarate.**

“Posata in verticale si insacca”

#### FORSE PERCHÉ CHI VE L'HA DETTO HA POSATO IN VERTICALE UN FELTRO CHE VA UTILIZZATO DISTESO?

**La gamma prodotti Isover in lana di vetro si compone di feltri, pannelli e pannelli arrotolati.** Ognuno di essi viene prodotto con una densità e con prestazioni meccaniche specifiche, tali da renderlo perfettamente idoneo al tipo di applicazione per cui è stato progettato. Ad esempio alcuni prodotti vengono srotolati su superfici orizzontali; altri, diversi, resteranno per tutta la loro vita in piedi all'interno di un'intercapedine di mattoni o in una parete di cartongesso.

“È attaccabile da muffe o insetti”

#### AVETE MAI VISTO UN INSETTO CHE MANGIA DEL VETRO O DELLA SABBIA?

Queste sono le materie prime di cui è composta la lana di vetro, **si tratta di materiali inorganici, pertanto inattaccabili da qualsiasi organismo vegetale o animale.**

Tutto questo a differenza di altri materiali isolanti quali fibra di legno o di cellulosa.

“Crea uno strano prurito”

#### IL FATTO CHE A VOLTE QUALCUNO POSSA PROVARE UN PO' DI FASTIDIO SFREGANDOSI CON LA LANA È SEMPLICEMENTE UNA QUESTIONE MECCANICA!

Un po' come prendere tra le mani delle spighe di grano e sfregarsele sulla pelle.

**Basta sciacquarsi le mani et voilà!**

## ■ LEGGERA, SEMPLICE, SALUBRE

Le più recenti indicazioni del Ministero della Salute hanno ribadito che le lane di vetro sono esenti da ogni classificazione di pericolosità e sono prodotti sicuri da utilizzare se rispondono alle caratteristiche indicate nella nota R o nella nota Q del regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP) in materia di classificazione, etichettatura ed imballaggio delle sostanze, confermando i criteri già indicati dalla Direttiva 97/69/CE.

**Tutte le lane di vetro prodotte da Saint-Gobain Italia sono in grado di garantire il rispetto di questi parametri.**

### Poche e semplici regole di cautela nella posa

La lana di vetro è leggera, flessibile, semplice da installare e atossica.

Per evitare l'eventuale inalazione di fibre e la possibile e temporanea sensazione di prurito è sufficiente rispettare alcune semplici norme di comportamento.

**Ovviamente le regole di sicurezza sono necessarie nelle fasi di manipolazione (produzione e installazione) e non quando gli isolanti sono già installati nelle intercapedini dei muri o nelle strutture dei tetti.**



Indossare occhiali protettivi



Coprirsi con indumenti da lavoro e con gli idonei dispositivi di protezione individuale (DPI)



Pulire l'ambiente di lavoro con aspiratore



Ventilare gli ambienti di lavoro



Sciacquarsi con acqua fresca



Procedere alla raccolta dei rifiuti secondo le norme vigenti

BAGNI DI LUCCA



**SCOPRI IL PROGETTO**  
Nuova scuola di Scesta  
Su GalleryLive

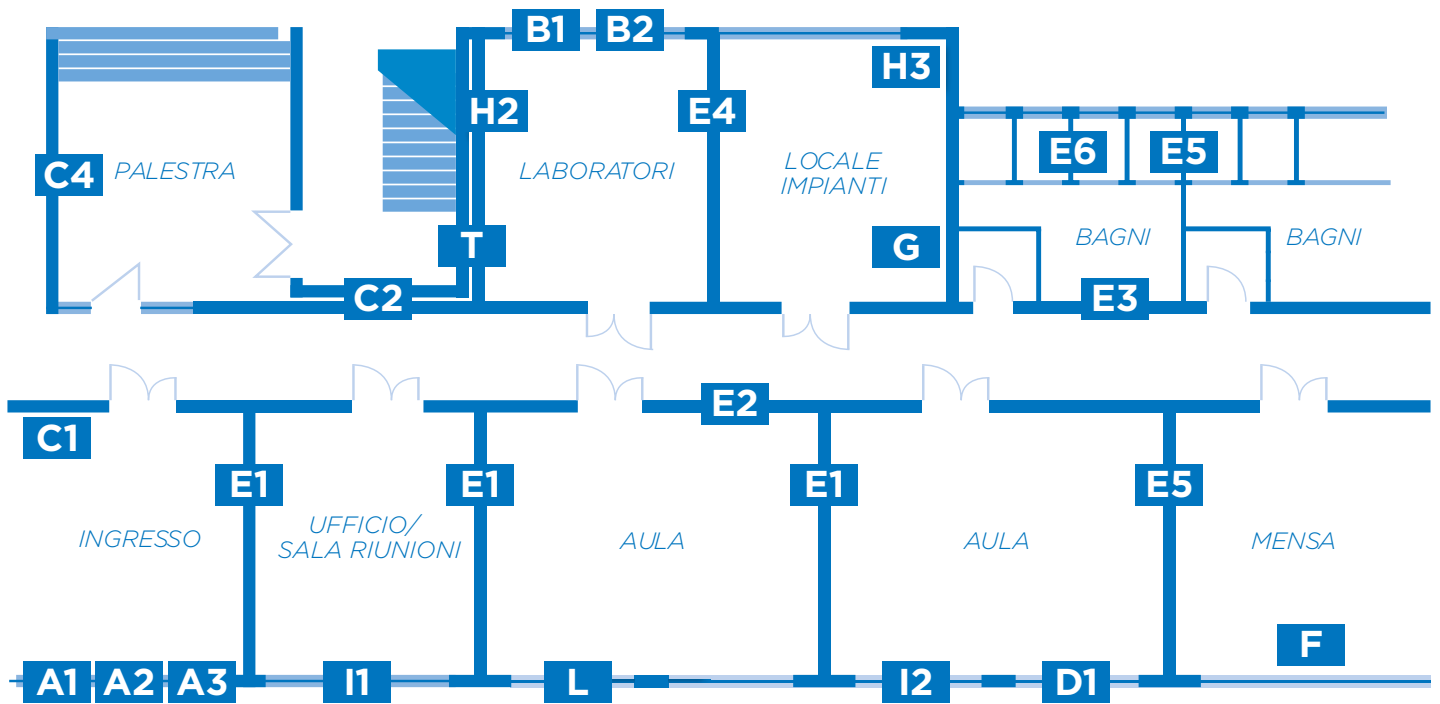
# 9. SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER I TUOI PROGETTI

---

## 9. SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER I TUOI PROGETTI

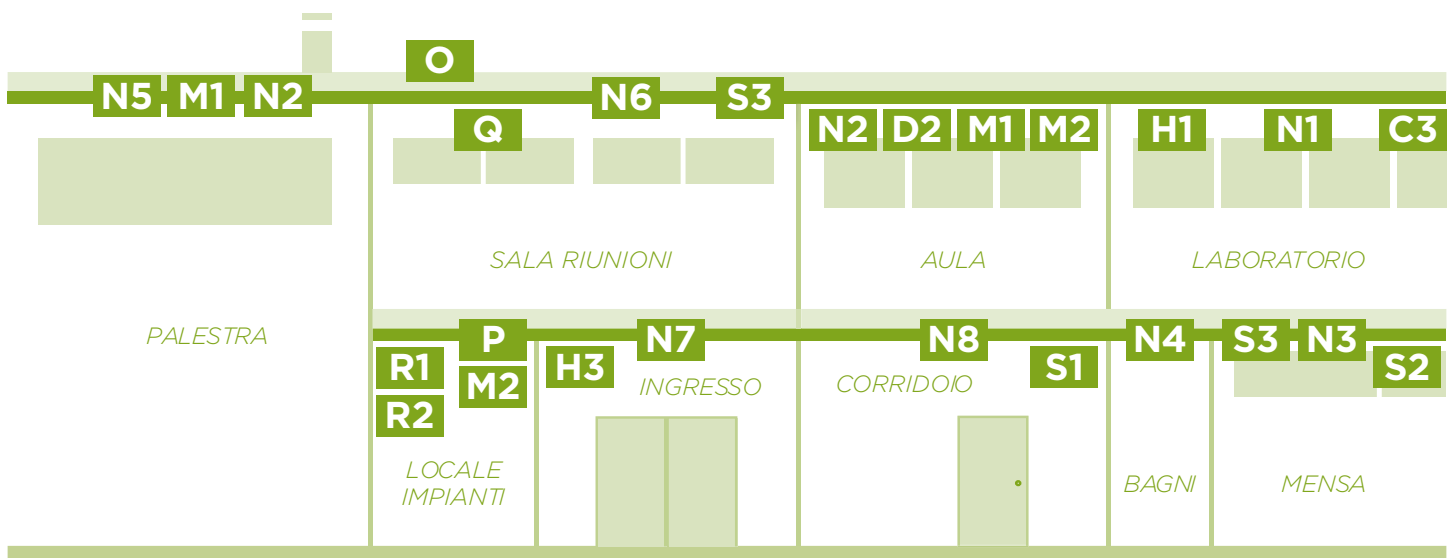
### SCUOLE **SOLUZIONI VERTICALI**

pareti, contropareti, setti autoportanti, protezione dal fuoco



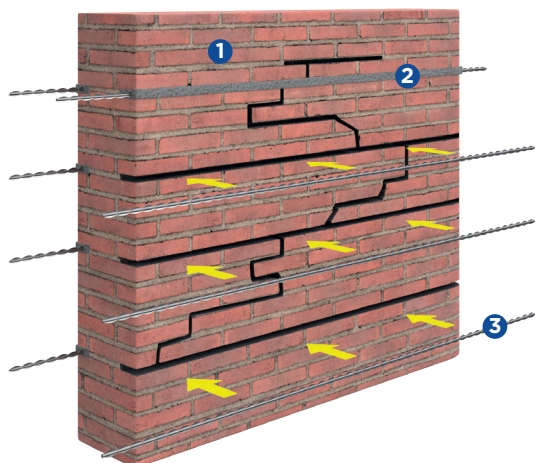
### SCUOLE **SOLUZIONI ORIZZONTALI**

controsoffitti continui e modulari ispezionabili, protezione dal fuoco, solai di interpiano, coperture esterne



Tipologia costruttiva	Soluzione	Pagina
A1	Intervento localizzato: ristilatura dei giunti armati	158
A2	Intervento localizzato: iniezioni di miscele leganti	158
A3	Intervento localizzato: "Scuci e cucì"	159
B1	Consolidamento strutturale murature: sistema FRCM	159
B2	Consolidamento strutturale murature: sistema CRM	160
C1	Rinforzo strutturale cemento armato: sistema CFRP	160
C2	Rinforzo strutturale murature: sistema CFRP	161
C3	Rinforzo strutturale: solaio in latero-cemento	161
C4	Controparete interna resistente agli urti	173
D1	Messa in sicurezza elementi secondari: antiribaltamento	162
D2	Messa in sicurezza elementi secondari: antisfondellamento - rete webertec con o senza intonaco	162-163-164
E1	Parete divisoria interna tra aule / aule e sala riunioni	164-165-167-170
E2	Parete divisoria interna tra aule e corridoio	169
E3	Parete divisoria interna tra bagno e corridoio	164-167-169
E4	Parete divisoria interna tra ambienti tecnici	165-166-169-170
E5	Parete divisoria interna ambienti umidi	164-166-167-170
E6	Parete divisoria tra bagni	168
F	Controparete interna per isolamento termico e acustico	171-172-176
G	Cavedio tecnico	174-175
H1	Protezione dal fuoco di solai esistenti	183-184-185-187-188-189-192-194-195-196-197-198-200
H2	Protezione dal fuoco di pareti esistenti	172-173-174-175-176
H3	Protezione dal fuoco di strutture portanti	198-199-200
I1	Parete di tamponamento esterno (sistema a secco)	177-178
I2	Parete di tamponamento esterno (isolamento a cappotto)	179-180
L	Superfici vetrate	181-182
M1	Controsoffitto continuo-autoportante antisfondellamento	183-184-185-186
M2	Controsoffitto modulare antisfondellamento	189-190
M3	Protezione dal fuoco e antisfondellamento con intonaco	197
M4	Controsoffitto continuo-modulare antisismico	186-187
N1	Controsoffitto continuo ambienti interni	186-188-191-194
N2	Controsoffitto continuo-modulare aule	188-189-190-191
N3	Controsoffitto continuo-modulare mensa	188-193
N4	Controsoffitto continuo-modulare bagno/cucina	193
N5	Controsoffitto continuo-modulare palestra	186-192
N6	Controsoffitto continuo-modulare sala riunioni/biblioteca-sala studio	186-188-189-190-191
N7	Controsoffitto continuo-modulare ingresso	186-188-189-190-191
N8	Controsoffitto continuo-modulare corridoi	186-188-189-190-191-194
O	Copertura	206-207-208-209-210
P	Solaio di interpiano	211-212
Q	Condotte di ventilazione	201
R1	Isolamento termico e acustico di condotte di ventilazione	204
R2	Isolamento termico e acustico di tubazioni	205
S1	Protezione dal fuoco di condotte	202-203
S2	Protezione dal fuoco di tubi combustibili	204
S3	Protezione dal fuoco impianti tecnologici (elettrico, idraulico, ecc.)	200
T	Isolamento termico e acustico in intercapedine	179

## SOL. A1 - INTERVENTO LOCALIZZATO: RISTILATURA DEI GIUNTI ARMATI



### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 Muratura mista o in mattoni pieni
- 2 **webertec BTcalceF** o **webertec BTcalceG**  
Malte strutturali con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria fine o grossa
- 3 **webertec elicafixA6**  
Barra a forma elicoidale in acciaio AISI 316 da 6 mm



Resistenza all'azione sismica



Valorizzazione immobiliare

## SOL. A2 - INTERVENTO LOCALIZZATO: INIEZIONI DI MISCELE LEGANTI



### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 Muratura mista
- 2 Tubicini in plastica per iniezione (**webertec presarapida** legante rapido pronto all'uso)
- 3 **webertec iniezione15**  
Malta superfluida con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale NHL5
- 4 Intonaco gamma **weber**

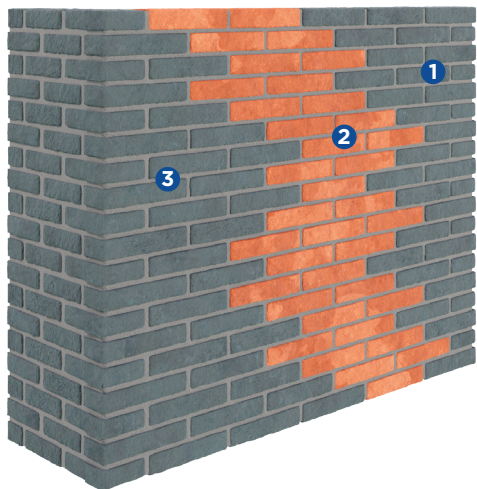


Resistenza all'azione sismica



Valorizzazione immobiliare

## SOL. A3 - INTERVENTO LOCALIZZATO: "SCUCI E CUCI"



### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 Conci in pietra e/o mattoni
- 2 Nuovi elementi da murare: mattoni pieni o altri elementi compatibili
- 3 **webertec BTcalceF** o **webertec BTcalceG**  
Malte strutturali con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria fine o grossa

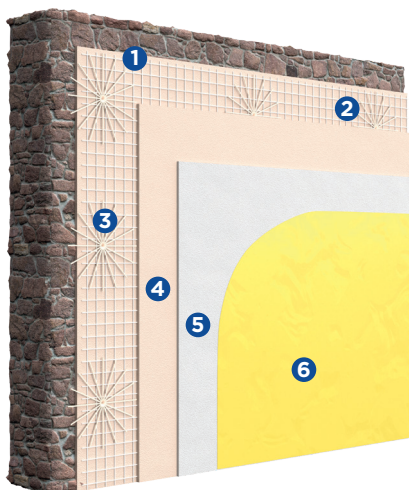


Resistenza all'azione sismica



Valorizzazione immobiliare

## SOL. B1 - CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE: SISTEMA A BASSO SPESSORE FRCM



### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 **webertec BTcalceF**  
Intonaco strutturale 15MPa
- 2 **webertec rete AR50/AR115**  
Rete in fibra di vetro A.R.  
Trazione 50-115 KN/m
- 3 **webertec connettoreV10**  
Connettore in vetro-resina
- 4 **webertec BTcalceF**  
Intonaco strutturale 15MPa
- 5 Rasatura gamma **webercem**
- 6 Decorazione gamma **webercote**

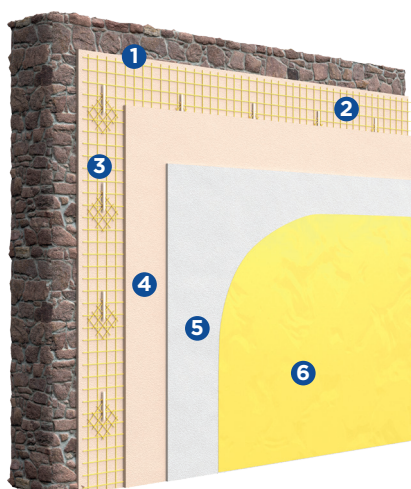


Resistenza all'azione sismica



Valorizzazione immobiliare

## SOL. B2 - CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE: SISTEMA AD ALTO SPESSORE CRM



### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 **webertec BTcalceG**  
Intonaco strutturale 15MPa
- 2 **webertec rete AR75**  
Rete in fibra di vetro A.R.  
Trazione 75 KN/m
- 3 **webertec connettore VR**  
Connettore in vetro-resina
- 4 **webertec BTcalceG**  
Intonaco strutturale 15MPa
- 5 Rasatura gamma **webercem**
- 6 Decorazione gamma **webercote**

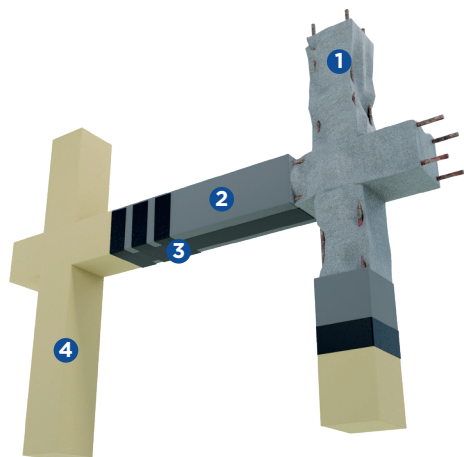


Resistenza all'azione sismica



Valorizzazione immobile

## SOL. C1 - RINFORZO STRUTTURALE: ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO



### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 Struttura in c.a.
- 2 Eventuale ripristino con malte **webertec**
- 3 Sistema di rinforzo carbonio-epossidico **webertec CFRP**
- 4 Strato di finitura



Resistenza all'azione sismica



Valorizzazione immobile

## SOL. C2 - RINFORZO STRUTTURALE: MURATURE



### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 Volta in muratura
- 2 Strato di alloggiamento **webbertec ripara20/webbertec BTcalceF**
- 3 Sistema di rinforzo carbonio-epossidico **webbertec CFRP**

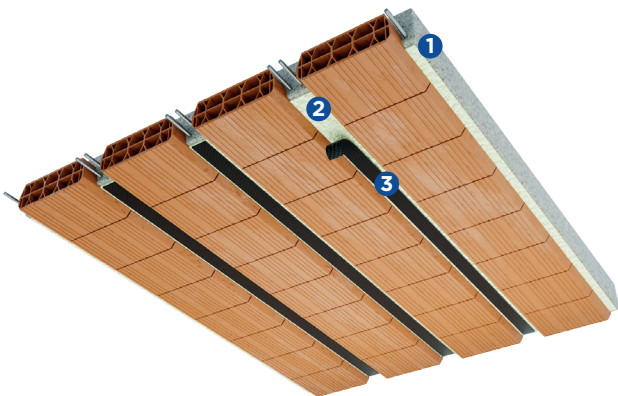


Resistenza all'azione sismica



Valorizzazione immobile

## SOL. C3 - RINFORZO STRUTTURALE: SOLAIO IN LATERO-CEMENTO



### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 Solaio in latero-cemento
- 2 Travetto in c.a.
- 3 Sistema di rinforzo unidirezionale **webbertec CFRP**

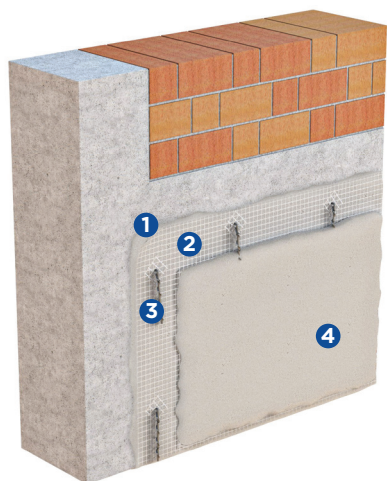


Resistenza all'azione sismica



Valorizzazione immobile

## SOL. D1 - MESSA IN SICUREZZA ELEMENTI SECONDARI: ANTIRIBALTAMENTO



### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 **webertec BTcalceF**  
Malta strutturale con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria fine
- 2 **webertec rete250**  
Rete strutturale in fibra di vetro AR e apprettate
- 3 **webertec elicafixA10**  
Barra a forma elicoidale in acciaio AISI 316 da 10 mm
- 4 **webertec BTcalceF**  
Malta strutturale con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria fine

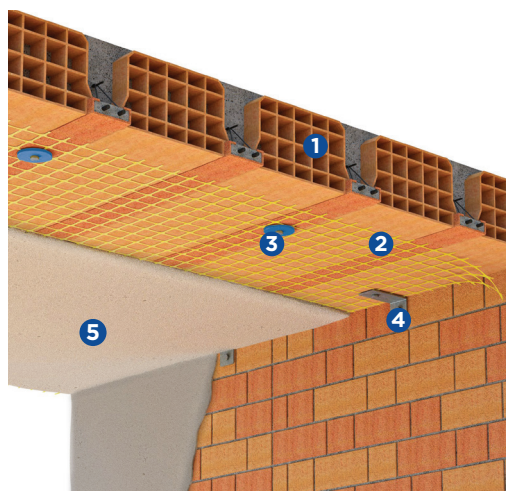


Resistenza all'azione sismica



Valorizzazione immobiliare

## SOL. D2 - MESSA IN SICUREZZA ELEMENTI SECONDARI: ANTISFONDELLAMENTO



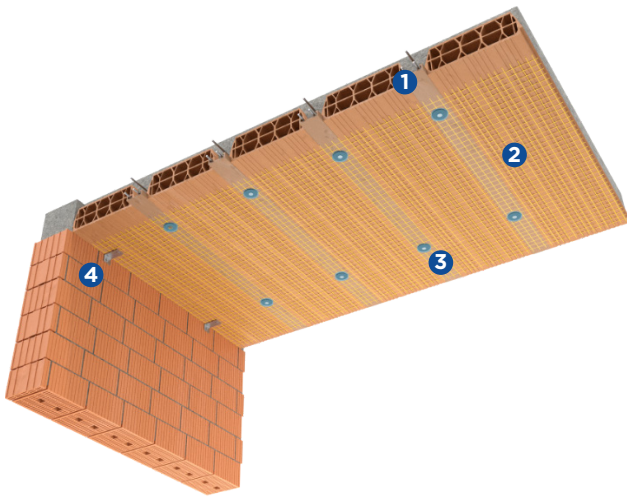
### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 **Solaio esistente in laterocemento**
- 2 **webertec rete250/A**  
Rete strutturale in fibra di vetro AR e apprettate con PVA
- 3 **webertec tassello**  
Tassello universale in nylon con vite in acciaio zincato  
**webertec flangia**  
Flangia per il fissaggio di reti strutturali e non, al supporto
- 4 **webertec angolare**  
Angolare in acciaio zincato per fissare la rete nel raccordo parete-soffitto
- 5 **webertec BTcalceF** o **webertec BTcalceG**  
Malte strutturali con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria fine o grossa

Resistenza al carico da sfondellamento  
I.G. 360409 (vedi sol. pag.42)

Valorizzazione immobiliare

## SOL.D2 - MESSA IN SICUREZZA ELEMENTI SECONDARI: ANTISFONDELLAMENTO



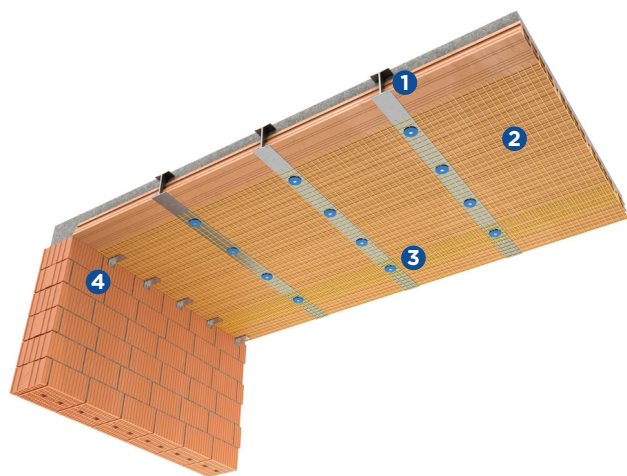
### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 **Solaio esistente in laterocemento**
- 2 **webertec rete 250/A**  
Rete strutturale in fibra di vetro AR e apprettate con PVA
- 3 **webertec tassello**  
Tassello universale in nylon con vite in acciaio zincato
- webertec flangia**  
Flangia per il fissaggio di reti strutturali e non, al supporto
- 4 **webertec angolare**  
Angolare in acciaio zincato per fissare la rete nel raccordo parete-soffitto

 **Resistenza al carico da sfondellamento**  
I.G. 360409 (vedi sol. pag. 43)

 **Valorizzazione immobiliare**

## SOL.D2 - MESSA IN SICUREZZA ELEMENTI SECONDARI: ANTISFONDELLAMENTO



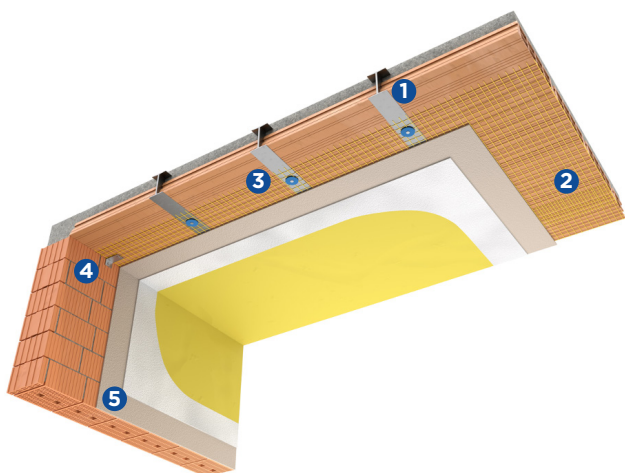
### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 **Solaio esistente in acciaio (tavelloni e profilati metallici)**
- 2 **webertec rete 250/A**  
Rete strutturale in fibra di vetro AR e apprettate con PVA
- 3 **Chiodi in acciaio**  
+ rondellina in acciaio per sparachiodi
- webertec flangia**  
Flangia per il fissaggio di reti strutturali e non, al supporto
- 4 **webertec angolare**  
Angolare in acciaio zincato per fissare la rete nel raccordo parete-soffitto

 **Resistenza al carico da sfondellamento**  
I.G. 403448 (vedi sol. pag. 45)

 **Valorizzazione immobiliare**

## SOL.D2 - MESSA IN SICUREZZA ELEMENTI SECONDARI: ANTISFONDELLAMENTO



### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 Solaio esistente in acciaio (tavelloni e profilati metallici)**  
**webertec rete 250/A**  
Rete strutturale in fibra di vetro AR e apprettate con PVA
- 2 Chiodi in acciaio**  
+ rondellina in acciaio per sparachiodi
- webertec flangia**  
Flangia per il fissaggio di reti strutturali e non, al supporto
- 4 webertec angolare**  
Angolare in acciaio zincato per fissare la rete nel raccordo parete-soffitto
- 5 webertec BTcalceF o webertec BTcalceG**  
Malte strutturali con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria fine o grossa



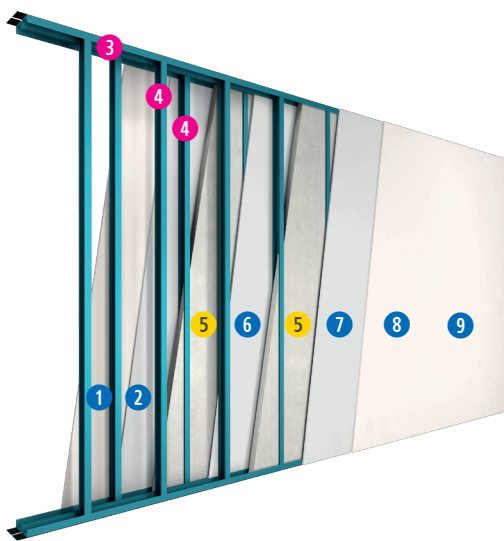
**Resistenza al carico da sfondellamento**  
I.G. 403448 (vedi sol. pag. 44)



**Valorizzazione immobile**

## SOL. E1 - E3 - E5 - PARETE DIVISORIA SAD5 163/50 L DG ECO FLY

Spessore: 162,5 mm | Peso: 54 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1** 1 lastra Gyproc **DURAGYP ECO 13 Activ'Air®**  
(tipo DEFH11R, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 2** 1 lastra Gyproc **WALLBOARD FLY**  
(tipo A, peso 7,9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 3** 2 x Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 4** 2 x Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm, sfalsati
- 5** 2 x Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+/  
lana minerale Isover ARENA34**  
sp. 45+45 mm, reaz. al fuoco A1
- 6** 1 lastra Gyproc **WALLBOARD FLY** (centrale)  
(tipo A, peso 7,9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7** 1 lastra Gyproc **WALLBOARD FLY**  
(tipo A, peso 7,9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 8** 1 lastra Gyproc **DURAGYP ECO 13 Activ'Air®**  
(tipo DEFH11R, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 9** **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta



**Resistenza al fuoco:**  
**EI 120** - Hmax = 4 m  
F.T. LAPI Pareti doppia struttura



**Fonoisolamento:**  
**PAR 4+: R<sub>w</sub> = 66 dB**  
Val. an. rif. Z LAB 142-2020-IAP  
**ARENA34: R<sub>w</sub> = 68 dB**  
Val. an. rif. Z LAB 142-2020-IAP



**Trasmittanza termica:**  
**PAR 4+: U = 0,320 W/m<sup>2</sup>K**  
**ARENA34: U = 0,294 W/m<sup>2</sup>K**



**Resistenza all'azione sismica:**  
Report Politecnico di Milano



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD | Activ'Air®**



**Ambienti umidi:**  
idonea



**Portata ai carichi**



**Resistenza agli urti**



**Elevato contenuto di riciclato:**  
**Lastra Gyproc DURAGYP ECO 13 Activ'Air®: 35%**  
**Lastra Gyproc WALLBOARD FLY: 8%**

## SOL. E4 - PARETE DIVISORIA SAD 210/75 LA34 DG ECO

Spessore: 210 mm | Peso: 56 kg/m<sup>2</sup>



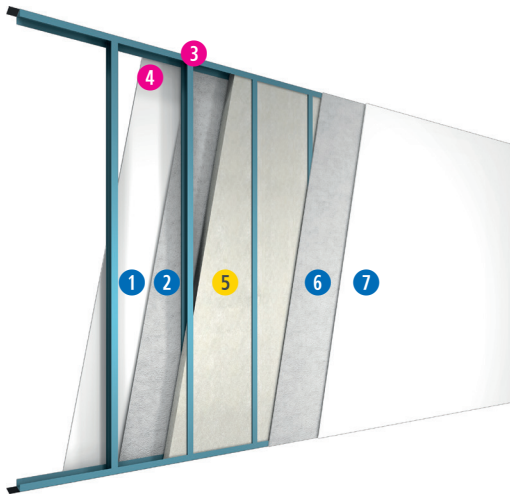
### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 2 lastre Gyproc **DURAGYP ECO 13 Activ'Air®**  
(tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 2 2 x Guide a U Gyproc **GYPROFILE** (parallele affiancate)  
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 3 2 x Montanti a C Gyproc **GYPROFILE** (paralleli affiancati)  
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 4 2 x Isolante in lana minerale Isover **ARENA34**  
sp. 70+70 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 Intercapedine d'aria, sp. 10 mm
- 6 2 lastre Gyproc **DURAGYP ECO 13 Activ'Air®**  
(tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

<b>Resistenza al fuoco:</b> <b>EI 120</b> - Hmax = 4 m F.T. LAPI Pareti doppia struttura	<b>Fonoisolamento:</b> <b>R<sub>w</sub> = 69 dB</b> Z LAB 045-2021-IAP	<b>Trasmittanza termica:</b> <b>U = 0,202 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>Resistenza all'azione sismica:</b> Report Politecnico di Milano
<b>Sostenibilità/Qualità aria int.:</b> <b>VOC: Eurofins GOLD   CAM   EPD   Activ'Air®</b>	<b>Elevato contenuto di riciclato:</b> <b>Lastra Gyproc DURAGYP ECO 13 Activ'Air®: 35%</b>	<b>Portata ai carichi</b>	<b>Resistenza agli urti</b>

## SOL. E1 - E4 - PARETE DIVISORIA HF 1.6 A - SA 125/75 L HF STD

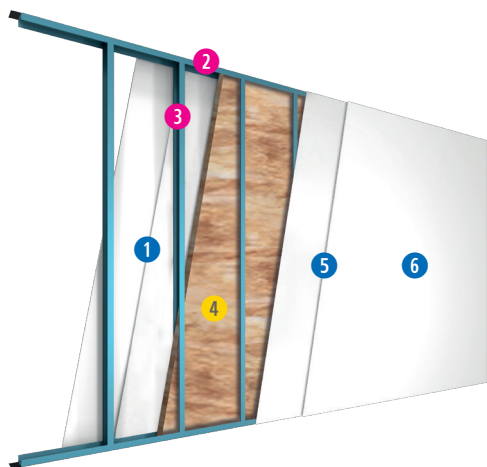
Spessore: 125 mm | Peso: 46 kg/m<sup>2</sup>












### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 1 lastra Gyproc **HABITO® FORTE 13**  
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 2 1 lastra Gyproc **WALLBOARD 13**  
(tipo A, peso 9,2 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 3 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 4 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 5 Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+**  
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 6 1 lastra Gyproc **WALLBOARD 13**  
(tipo A, peso 9,2 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 1 lastra Gyproc **HABITO® FORTE 13**  
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 8 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

<b>Resistenza al fuoco:</b> <b>EI 90</b> - Hmax = 5 m I.G. 326184/3731 FR	<b>Fonoisolamento:</b> <b>R<sub>w</sub> = 59 dB</b> Z LAB 143-2020-IAP	<b>Trasmittanza termica:</b> <b>U = 0,412 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>Portata ai carichi</b>
<b>Resistenza all'azione sismica:</b> Report Politecnico di Milano	<b>Sostenibilità/Qualità aria int.:</b> <b>VOC: Eurofins GOLD   CAM   EPD</b>	<b>Resa estetica:</b> il cartone bianco agevola le operazioni di finitura	<b>Ambienti umidi:</b> utilizzo di Habito® Forte Hydro

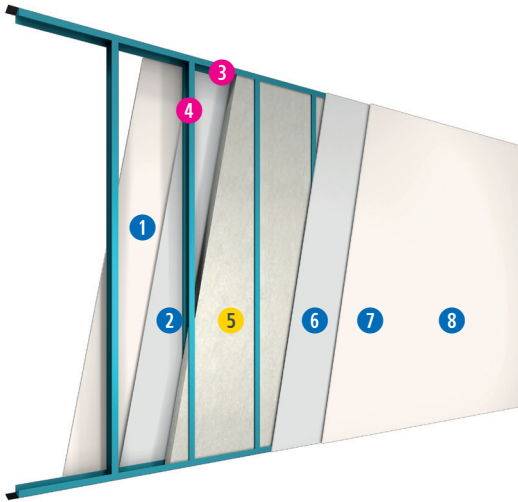
**SOL. E4 - E5 - PARETE DIVISORIA SA 125/75 LA34 DG ECO**Spessore: 125 mm | Peso: 53 kg/m<sup>2</sup>**PRODOTTI UTILIZZATI**

- 1** 2 lastre Gyproc **DURAGYP ECO 13 Activ'Air**<sup>®</sup>  
(tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 2** Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 3** Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 4** Isolante in lana minerale Isover **ARENA34**  
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 5** 2 lastre Gyproc **DURAGYP ECO 13 Activ'Air**<sup>®</sup>  
(tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 6** **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

 <b>Resistenza al fuoco:</b> <b>EI 120</b> - Hmax = 5 m I.G. 385271/4148 FR	 <b>Fonoisolamento:</b> <b>R<sub>w</sub> = 60 dB</b> Z LAB 044-2021-IAP	 <b>Trasmittanza termica:</b> <b>U = 0,381 W/m<sup>2</sup>K</b>	 <b>Resistenza all'azione sismica:</b> Report Politecnico di Milano
 <b>Sostenibilità/Qualità aria int.:</b> <b>VOC: Eurofins GOLD   CAM   EPD   Activ'Air</b> <sup>®</sup>	 <b>Ambienti umidi:</b> idonea	 <b>Portata ai carichi</b>	 <b>Resistenza agli urti</b>
 <b>Elevato contenuto di riciclato:</b> <b>Lastra Gyproc DURAGYP ECO 13 Activ'Air</b> <sup>®</sup> : 35%			










## SOL. E1-E3-E5 PARETE DIVISORIA SA 125/75 L DG ECO FLY

Spessore: 125 mm | Peso: 43 kg/m<sup>2</sup>



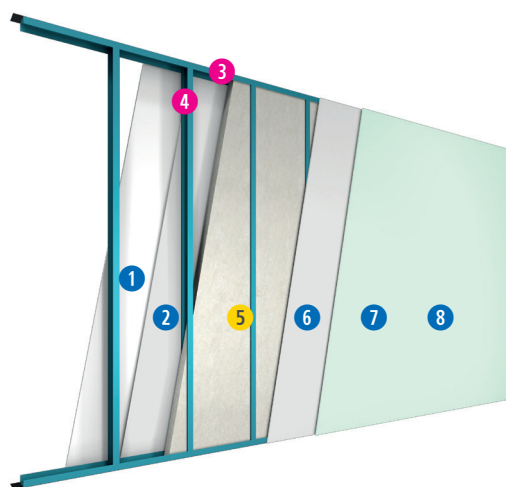
### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 1 lastra Gyproc **DURAGYP ECO 13 Activ'Air®**  
(tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 2 1 lastra Gyproc **WALLBOARD FLY**  
(tipo A, peso 7,9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 3 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 4 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 5 Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**  
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 6 1 lastra Gyproc **WALLBOARD FLY**  
(tipo A, peso 7,9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 1 lastra Gyproc **DURAGYP ECO 13 Activ'Air®**  
(tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 8 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

 <b>Resistenza al fuoco:</b> EI 90 - H <sub>max</sub> = 5 m LAPI 292/C/23-397 FR	 <b>Fonoisolamento:</b> R <sub>w</sub> = 58 dB ZLAB 053-2023/IAP	 <b>Trasmittanza termica:</b> U = 0,428 W/m <sup>2</sup> K	 <b>Resistenza all'azione sismica:</b> Report Politecnico di Milano
 <b>Sostenibilità/Qualità aria int.:</b> VOC: Eurofins GOLD   CAM   EPD   Activ'Air®	 <b>Ambienti umidi:</b> idonea	 <b>Portata ai carichi</b>	 <b>Resistenza agli urti</b>
 <b>Elevato contenuto di riciclato:</b> Lastra Gyproc DURAGYP ECO 13 Activ'Air®: 35% Lastra Gyproc WALLBOARD FLY: 8%			

## SOL. E6 PARETE DIVISORIA SA 125/75 L HYDRO STD


Spessore: 125 mm | Peso: 41 kg/m<sup>2</sup>




### PRODOTTI UTILIZZATI


- 1 1 lastra Gyproc **HYDRO 13**  
(tipo H2, peso 9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 2 1 lastra Gyproc **WALLBOARD 13**  
(tipo A, peso 9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 3 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 4 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 5 Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+ / ARENA34**  
lana minerale Isover **ARENA34**  
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 6 1 lastra Gyproc **WALLBOARD 13**  
(tipo A, peso 9,2 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 1 lastra Gyproc **HYDRO 13**  
(tipo H2, peso 9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 8 **weberpaint defense**  
Idropittura traspirante ad alta copertura, resistente alle muffe, con relativo primer weberprim

 **Resistenza al fuoco:**  
**EI 90** - Hmax = 5 m  
I.G. 379129/4085 FR

 **Fonoisolamento:**  
**AcustiPAR 4+:** R<sub>w</sub> = 56 dB  
I.G. 350948  
**ARENA34:** R<sub>w</sub> = 57 dB  
I.G. 350664

 **Trasmittanza termica:**  
**AcustiPAR 4+:**  
**U = 0,408 W/m<sup>2</sup>K**  
**ARENA34:**  
**U = 0,375 W/m<sup>2</sup>K**

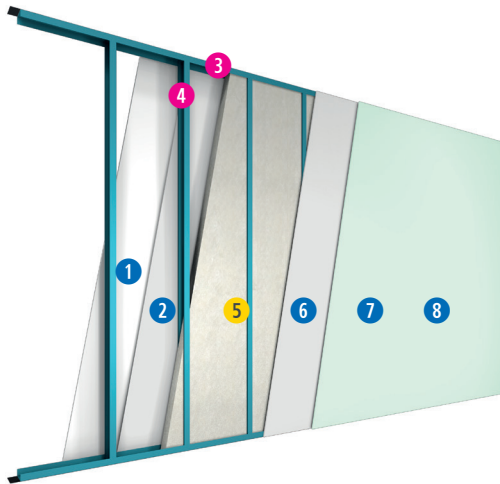
 **Resistenza all'azione sismica:**  
Report Politecnico di Milano

 **Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

 **Ambienti umidi:**  
idonea lato Hydro

## SOL. E3 - PARETE DIVISORIA SA 125/75 L LISAPLAC HYDRO STD

Spessore: 125 mm | Peso: 41 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1** 1 lastra Gyproc **LISAPLAC 13**  
(tipo A, peso 9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A1
- 2** 1 lastra Gyproc **WALLBOARD 13**  
(tipo A, peso 9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 3** Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 4** Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 5** Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+**/  
lana minerale Isover **ARENA34**  
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 6** 1 lastra Gyproc **WALLBOARD 13**  
(tipo A, peso 9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7** 1 lastra Gyproc **HYDRO 13**  
(tipo H2, peso 9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 8** **weberpaint defense**  
Idropittura traspirante ad alta copertura, resistente alle muffe, con relativo primer weberprim

**Resistenza al fuoco:**  
**EI 90** - Hmax = 5 m  
LAPI 61/C/11-109 FR

**Reazione al fuoco:**  
**A1 lato Lisaplac**

**Fonoisolamento:**  
**AcustiPAR 4+:**  $R_w = 56$  dB  
Val. an. rif. I.G. 350948  
**ARENA34:**  $R_w = 57$  dB  
I.G. 350664

**Trasmittanza termica:**  
**AcustiPAR 4+:**  $U = 0,408$  W/m<sup>2</sup>K  
**ARENA34:**  $U = 0,375$  W/m<sup>2</sup>K

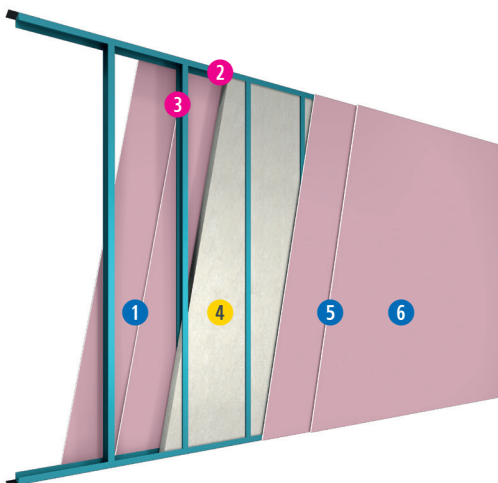
**Resistenza all'azione sismica:**  
Report Politecnico di Milano

**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

**Ambienti umidi:**  
idonea lato Hydro

## SOL. E2 - E4 - PARETE DIVISORIA SA 125/75 L F

Spessore: 125 mm | Peso: 44 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1** 2 lastre Gyproc **FIRELINE 13**  
(tipo DF, peso 10,1 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 2** Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 3** Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 4** Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+**/  
lana minerale Isover **ARENA34**  
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 5** 2 lastre Gyproc **FIRELINE 13**  
(tipo DF, peso 10,1 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 6** **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

**Resistenza al fuoco:**  
**EI 120** - Hmax = 5 m  
LAPI 262/C/21-365 FR

**Fonoisolamento:**  
**AcustiPAR 4+:**  $R_w = 56$  dB  
I.G. 350948  
**ARENA34:**  $R_w = 57$  dB  
I.G. 350664

**Trasmittanza termica:**  
**AcustiPAR 4+:**  $U = 0,408$  W/m<sup>2</sup>K  
**ARENA34:**  $U = 0,375$  W/m<sup>2</sup>K

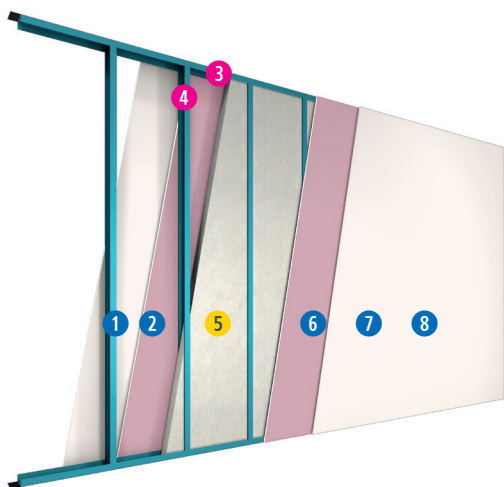
**Resistenza all'azione sismica:**  
Report Politecnico di Milano

**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

**NOTA:** nel caso di richiesta di reazione al fuoco A1, sostituire le lastre a vista Gyproc FIRELINE 13 con le lastre Gyproc LISAFLAM 13

## SOL. E1 - E4 - E5 - PARETE DIVISORIA SA 125/75 L DG F

Spessore: 125 mm | Peso: 48 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 1 lastra Gyproc **DURAGYP 13 Activ'Air**<sup>®</sup>  
(tipo DEFH11R, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 2 1 lastra Gyproc **FIRELINE 13**  
(tipo DF, peso 10,1 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 3 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 4 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 5 Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**/  
lana minerale Isover **ARENA34**  
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 6 1 lastra Gyproc **FIRELINE 13**  
(tipo DF, peso 10,1 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 1 lastra Gyproc **DURAGYP 13 Activ'Air**<sup>®</sup>  
(tipo DEFH11R, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 8 **weberpint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

**Resistenza al fuoco:**  
**EI 120** - Hmax = 5 m  
LAPI 96/C/12-155 FR

**Fonoisolamento:**  
**PAR 4+: R<sub>w</sub> = 56 dB**  
Val. an. rif. I.G. 239632  
**ARENA34: R<sub>w</sub> = 58 dB**  
Val. an. rif. I.G. 356952

**Trasmittanza termica:**  
**PAR 4+: U = 0,428 W/m<sup>2</sup>K**  
**ARENA34: U = 0,378 W/m<sup>2</sup>K**

**Resistenza all'azione sismica:**  
Report Politecnico di Milano

**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD | Activ'Air<sup>®</sup>**

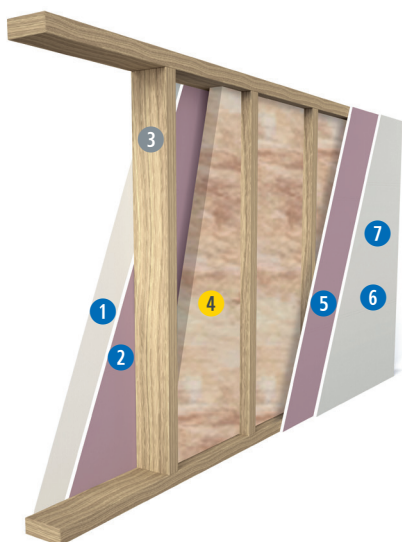
**Ambienti umidi:**  
idonea

**Portata ai carichi**

**Resistenza agli urti**

## SOL. E1 - E4 - PARETE DIVISORIA HF 4.2 PARETE LEGNO 2x13 HF F LA34 100-60

Spessore: 150 mm | Peso: 49 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 1 lastra Gyproc **HABITO<sup>®</sup> FORTE 13** (largh. 1250 mm)  
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 2 1 lastra Gyproc **FIRELINE 13** (largh. 1250 mm)  
(tipo DF, peso 10,1 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 3 Morali in legno, sezione 100x60 mm, interasse max 600 mm
- 4 Isolante in lana minerale Isover **ARENA34**  
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 1 lastra Gyproc **FIRELINE 13** (largh. 1250 mm)  
(tipo DF, peso 10,1 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 6 1 lastra Gyproc **HABITO<sup>®</sup> FORTE 13** (largh. 1250 mm)  
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 **weberpint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

**Resistenza al fuoco:**  
**REI 120** - Hmax = 3 m  
CSI 2301 FR

**Carico applicato:**  
**18 kN/m**

**Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 51 dB**  
Val. an. rif. I.G. 336177

**Trasmittanza termica:**  
**U = 0,518 W/m<sup>2</sup>K**

**Portata ai carichi**

**Resistenza agli urti**

**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

**Resa estetica:** il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

**Ambienti umidi:**  
utilizzo di Habito<sup>®</sup> Forte Hydro

**Contributo strutturale:**  
**ETA n° 20/0909**

## SOL. F - CONTROPARETE INTERNA HF 3.1 - CP.S 63/50 LA34 HF

Spessore: 62,5 mm | Peso: 15 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato sp. 120 mm con strato di intonaco tradizionale su un lato sp. 15 mm
- 2 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 3 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 4 Isolante in lana minerale Isover **ARENA34**  
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 1 lastra Gyproc **HABITO® FORTE 13**  
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 6 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

**NOTA:** Resistenza urti pallonate I.G. 398250 (Int. montanti max 300 mm o prevedere supporto orizzontale nel giunto)



**Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 66 dB**  
CTA 160017/AER-5



**Trasmittanza termica:**  
**U = 0,485 W/m<sup>2</sup>K**



**Portata ai carichi**



**Resistenza agli urti**



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**



**Resa estetica:** il cartone bianco agevola le operazioni di finitura



**Ambienti umidi:**  
utilizzo di Habito® Forte Hydro



**Resistenza urti pallonate:**  
I.G. 398250  
(Int. montanti max 300 mm o prevedere supporto orizzontale nel giunto)

## SOL. F - CONTROPARETE INTERNA CP.S 75/50 L DG STD

Spessore: 75 mm | Peso: 24 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato sp. 80 mm con strato di intonaco tradizionale su entrambi i lati sp. 10+10 mm
- 2 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 3 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 4 Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**  
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 1 lastra Gyproc **WALLBOARD 13**  
(tipo A, peso 9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 6 1 lastra Gyproc **DURAGYP 13 Activ'Air®**  
(tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

**NOTA:** Resistenza urti pallonate I.G. 398250 (Int. montanti max 300 mm o prevedere supporto orizzontale nel giunto)



**Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 63 dB**  
Val. an. rif. I.G. 222358



**Trasmittanza termica:**  
**U = 0,533 W/m<sup>2</sup>K**



**Ambienti umidi:**  
idonea



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD | Activ'Air®**



**Portata ai carichi**



**Resistenza urti pallonate:**  
I.G. 398250  
(Int. montanti max 300 mm o prevedere supporto orizzontale nel giunto)



**Resistenza agli urti**

**SOL. F - CONTROPARETE INTERNA CP.I HAB CLIMA ACTIV'AIR®**

Spessore: variabile | Peso: variabile

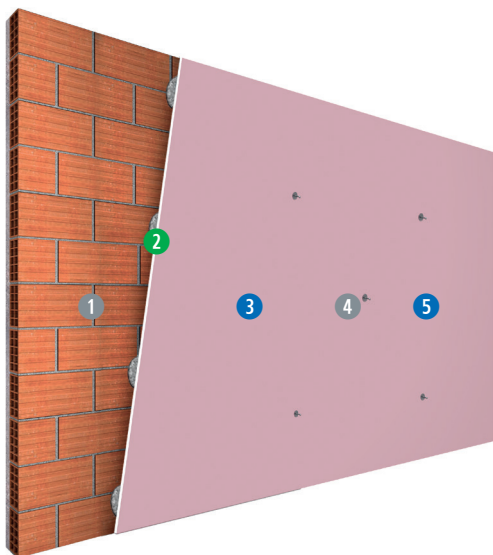
**PRODOTTI UTILIZZATI**

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato sp. 80 mm con strato di intonaco tradizionale su entrambi i lati sp. 15+15 mm
- 2 Plotte di collante a base gesso Gyproc **MAP3** La Nuova Malta Adesiva (con eventuale ulteriore vincolo meccanico aggiuntivo)
- 3 Gyproc **HABITO® CLIMA Activ'Air® 13 + var.** reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 4 **weberpaint gysum** Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

<p><b>Fonoisolamento:</b> Sp. 13+20: <b>R<sub>w</sub> = 56 dB</b> I.G. 322893 Sp. 13+40: <b>R<sub>w</sub> = 60 dB</b> I.G. 322892</p>	<p><b>Trasmittanza termica:</b> Sp. 13+20: <b>U = 0,801 W/m²K</b> Sp. 13+40: <b>U = 0,528 W/m²K</b></p>	<p><b>Ambienti umidi:</b> idonea</p>	<p><b>Sostenibilità/Qualità aria int.:</b> <b>VOC: Eurofins GOLD   CAM   EPD   Activ'Air®</b></p>
<p><b>Resa estetica:</b> il cartone bianco agevola le operazioni di finitura</p>			

**SOL. H2 - CONTROPARETE INTERNA CP.I 13 F**

Spessore: circa 25 mm | Peso: circa 11 kg/m²

**PRODOTTI UTILIZZATI**

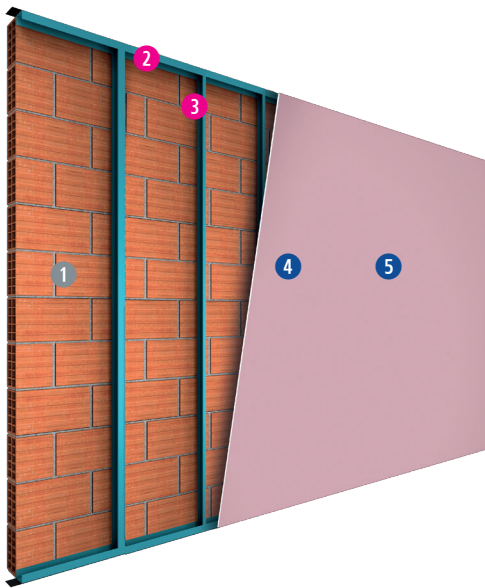
- 1 Parete in blocchi di laterizio forato sp. 80 mm con strato di intonaco tradizionale sul lato non esposto al fuoco sp. 10 mm
- 2 Plotte di collante a base gesso Gyproc **MAP3** La Nuova Malta Adesiva
- 3 1 lastra Gyproc **FIRELINE 13** (tipo DF, peso 10,1 kg/m², sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0)
- 4 Vincolo meccanico con ancoretta metallica (3/m²)
- 5 **weberpaint gysum** Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

**NOTA:** soluzione idonea anche per la protezione dal fuoco di pareti in blocchi di laterizio pieno, blocchi di cls normale, blocchi di cls alleggerito e blocchi di pietra squadrata, fare riferimento al Fascicolo Tecnico.

<p><b>Resistenza al fuoco:</b> <b>EI 120</b> - H<sub>max</sub> &gt; 4 m LAPI 294/C/23-401 FR + F.T. LAPI Contropareti</p>	<p><b>Fonoisolamento:</b> <b>R<sub>w</sub> = 40 dB</b> Val. analitica</p>	<p><b>Sostenibilità/Qualità aria int.:</b> <b>VOC: Eurofins GOLD   CAM   EPD</b></p>
---	---	--

## SOL. H2 CONTROPARETE INTERNA - CP.S 63/50 F

Spessore: 62,5 mm | Peso: 12 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato sp. 80 mm con strato di intonaco tradizionale su un lato sp. 10 mm
- 2 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 3 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm (+ squadrette)
- 4 1 lastra Gyproc **FIRELINE 13**  
(tipo DF, peso 10,1 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 5 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta



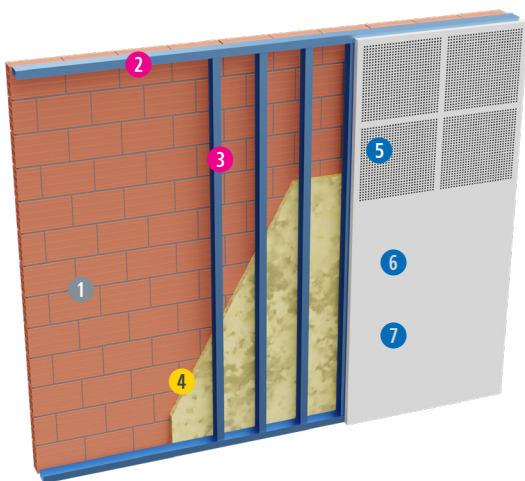
**Resistenza al fuoco:**  
**EI 120** - Hmax > 4 m  
LAPI 291/C/23-399 FR+ F.T.  
LAPI Contropareti



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

## SOL. C4 - CONTROPARETE INTERNA ANTIPALLONATA-FONOASSORBENTE CP.S RIGITONE® EDGE ACTIV'AIR® / GYPTONE® BIGACTIV'AIR®

Spessore: 75 mm | Peso: 11 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

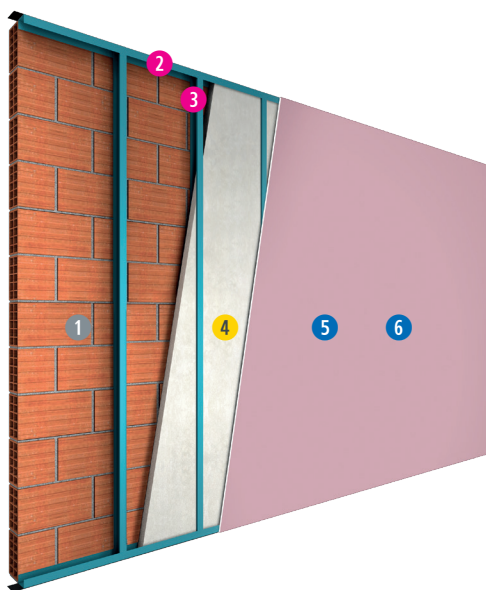
- 1 Parete esistente
- 2 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 3 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. 300 o 600 mm
- 4 Isolante in lana minerale Isover **ARENA34**  
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 1 lastra forata Gyproc **RIGITONE® Edge Activ'Air®** o Gyproc **GYPTONE® BIG Activ'Air®** (disponibili in vari decori)  
(tipo A, peso var.), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 6 1 lastra Gyproc **DURAGYP 13 Activ'Air®**  
(tipo DEFH11R, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta  
(applicazione ad airless per lastre Gyproc **RIGITONE® Edge Activ'Air®** o Gyproc **GYPTONE® BIG Activ'Air®**)



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: CAM | EPD | FDES | Activ'Air®**



**Resistenza agli urti da pallonate:**  
**Velocità limite di resistenza 19 m/s**  
I.G. 398253

**SOL. H2 - CONTROPARETE INTERNA CP.S 65/50 L F**Spessore: 65 mm | Peso: 16 kg/m<sup>2</sup>**PRODOTTI UTILIZZATI**

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato sp. 80 mm non intonacati
- 2 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 3 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 4 Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+** /  
lana minerale Isover **ARENA34**  
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 1 lastra Gyproc **FIRELINE 15**  
(tipo DF, peso 12,7 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 6 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

**NOTA:** soluzione idonea anche per la protezione dal fuoco di pareti in blocchi di laterizio pieno, blocchi di cls normale, blocchi di cls alleggerito e blocchi di pietra squadrata, fare riferimento al Fascicolo Tecnico.

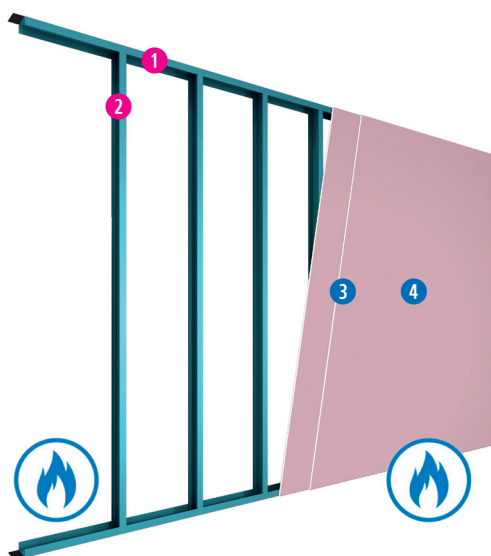
**Resistenza al fuoco:**  
**EI 120** - Hmax > 4 m  
LAPI 77/C/11-131 FR + F.T. LAPI  
Contropareti

**Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 63 dB**  
Val. an. rif. Z LAB 149-2020-  
IAP

**Trasmittanza termica:**  
**U = 0,548 W/m<sup>2</sup>K**

**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM  
| EPD**

**Resistenza urti pallonate:**  
I.G. 398251 - I.G. 398252  
(Int. montanti max 300 mm o  
prevedere supporto orizzon-  
tale nel giunto)

**SOL. G - CAVEDIO TECNICO CT 80/50 F M**Spessore: 80 mm | Peso: 28 kg/m<sup>2</sup>**PRODOTTI UTILIZZATI**

- 1 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 2 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 3 2 lastre Gyproc **FIRELINE 15**  
(tipo DF, peso 12,7 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 4 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione di-  
retta

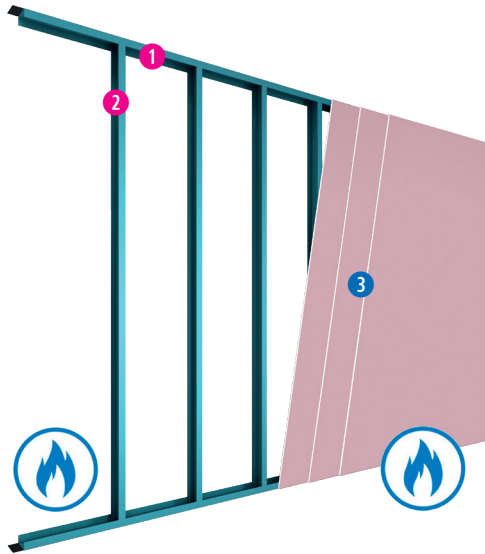
**Resistenza al fuoco:**  
**EI 60** - AFITI 9159/15-2  
Hmax = 4 m  
campo di diretta applicazione  
(esp. fuoco lato strutture)  
Hmax > 4 m  
(esp. fuoco lato lastre)  
F.T. LAPI Cavedi tecnici

**Sostenibilità/Qualità aria  
int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM  
| EPD**

**Resistenza urti pallonate:**  
I.G. 398251 - I.G. 398252  
(Int. montanti max 300 mm o  
prevedere supporto orizzon-  
tale nel giunto)

## SOL. G - CAVEDIO TECNICO CT 95/50 F M

Spessore: 95 mm | Peso: 41 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 2 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 3 3 lastre Gyproc **FIRELINE 15**  
(tipo DF, peso 12,7 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

**NOTA:** Possibilità di sostituire le 3 lastre Gyproc FIRELINE 15 con 4 lastre Gyproc FIRELINE 13, mantenendo le stesse caratteristiche di resistenza al fuoco.



#### Resistenza al fuoco:

**EI 120**  
LAPI 298/C/24-405 FR  
Hmax = 4 m  
campo di diretta applicazione  
(esp. fuoco lato strutture)  
Hmax > 4 m  
(esp. fuoco lato lastre)  
F.T. LAPI Cavedi tecnici

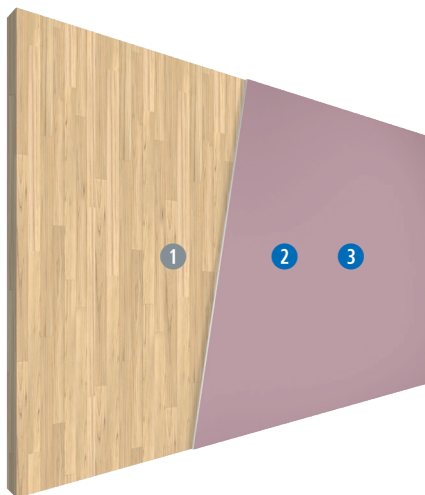


#### Sostenibilità/Qualità aria

int.:  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM**  
**| EPD**

## SOL. H2 - CONTROPARETE INTERNA 1x15 F - XLAM

Spessore: 15 mm | Peso: 12,7 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete caricata in pannelli di legno XLAM, sp. 100 mm
- 2 1 lastra Gyproc **FIRELINE 15** (avvitata)  
(tipo DF, peso 12,7 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 3 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta



**Resistenza al fuoco:**  
**REI 120** - Hmax = 3 m  
CSI 2159 FR



**Carico applicato:**  
**42 kN/m**



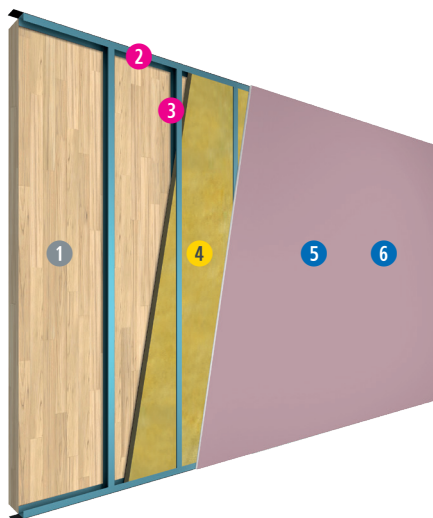
**Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 38 dB**  
Val. analitica



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM**  
**| EPD**

## SOL. H2 - CONTROPARETE INTERNA CP.S 65/50 LR F - XLAM

Spessore: 65 mm | Peso: 16 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete caricata in pannelli di legno XLAM, sp. 100 mm
- 2 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 3 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 4 Isolante in lana di roccia Isover **UNI**  
sp. 40 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 1 lastra Gyproc **FIRELINE 15**  
(tipo DF, peso 12,7 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 6 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta



**Resistenza al fuoco:**  
**REI 120** - Hmax = 3 m  
CSI 2161 FR



**Carico applicato:**  
**42 kN/m**



**Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 55 dB**  
Val. analitica



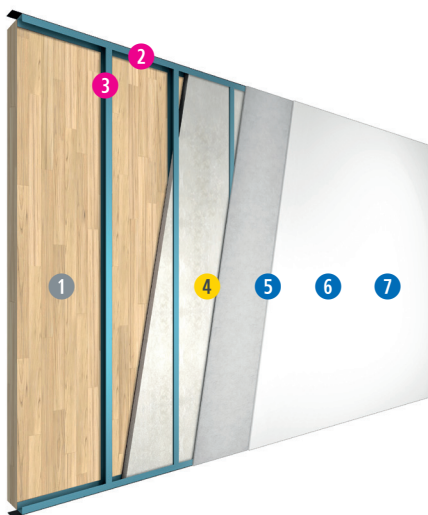
**Trasmittanza termica:**  
**U = 0,459 W/m<sup>2</sup>K**



**Sostenibilità/Qualità aria**  
int.:  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM**  
**| EPD**

## SOL. F - HF 3.3 - CP.S 75/50 L HF STD X-LAM

Spessore: 75 mm | Peso: 25 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in pannelli di legno XLAM, sp. 80 mm
- 2 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 3 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 4 Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**/  
lana minerale Isover **ARENA34**  
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 1 lastra Gyproc **WALLBOARD 13**  
(tipo A, peso 9,2 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 6 1 lastra Gyproc **HABITO® FORTE 13**  
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta



**Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 61 dB**  
Va. an. rif. I.G. 322859



**Trasmittanza termica:**  
**U = 0,457 W/m<sup>2</sup>K**



**Portata ai carichi**



**Resistenza agli urti**



**Sostenibilità/Qualità aria**  
int.:  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM**  
**| EPD**



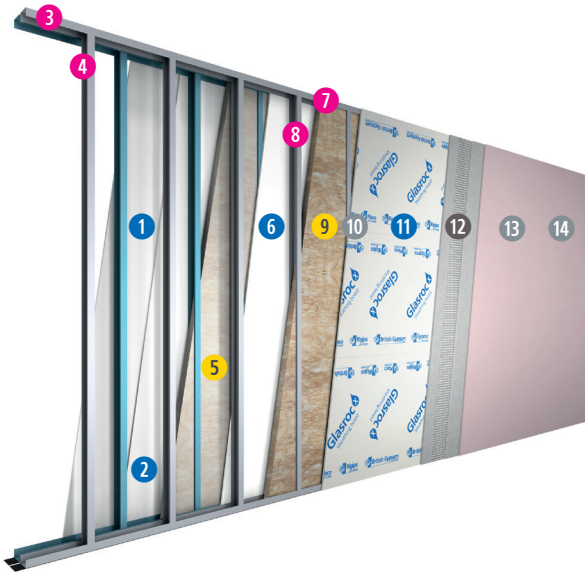
**Resa estetica:** il cartone bianco agevola le operazioni di finitura



**Ambienti umidi:**  
utilizzo di Habito® Forte Hydro

## SOL. I1 - PARETE PERIMETRALE GX1 - SAD4 231/100-75 L GX HF

Spessore: 231 mm | Peso: 61 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

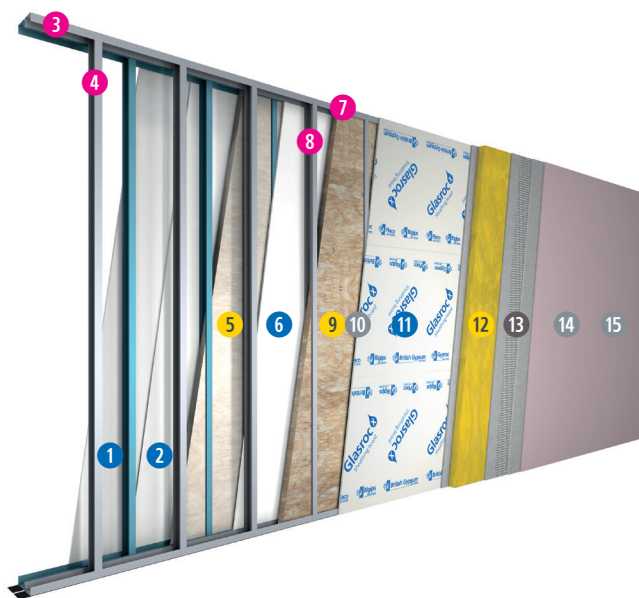
- 1 1 lastra Gyproc **HABITO® FORTE 13**  
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 2 1 lastra Gyproc **VAPOR 13**  
(tipo A, peso 9,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 3 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 4 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 5 Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**  
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 6 1 lastra Gyproc **HABITO® FORTE 13**  
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 Guide a U Gyproc **EXTERNAL PROFILE ZN-MG** da 100 mm  
sp. 0,8 mm
- 8 Montanti a C Gyproc **EXTERNAL PROFILE ZN-MG** da 100 mm  
sp. 0,8 mm, int. max 600 mm
- 9 Isolante in lana minerale Isover **ARENA34**  
sp. 95 mm, reaz. al fuoco A1
- 10 Tessuto idrorepellente traspirante tipo **TYVEK** (eventuale)
- 11 1 lastra Gyproc **GLASROC® X**  
(tipo GM-FH11R, peso 12 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A1
- 12 Adesivo rasante Gyproc **GLASROC® X SKIM/ webertherm AP60 TOP F grigio**  
sp. 6 mm, reaz. al fuoco A1
- 13 Rivestimento a spessore della gamma **webercote acrylcover/ acsilcover/siloxcover** con relativo primer **weberprim**
- 14 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

<b>Resistenza al fuoco:</b> <b>EI 120</b> - Hmax = 4 m I.G. 356327/3957 FR *Nel caso di assenza di Tyvek	<b>Reazione al fuoco sistema assemblato:</b> <b>A2-s1,d0</b> - in caso di assenza di Tyvek <b>B-s1,d0</b> - in caso di presenza di Tyvek	<b>Fonoisolamento:</b> <b>R<sub>w</sub> = 68 dB</b> I.G. 355572 + Rel. tecnica	<b>Trasmittanza termica:</b> <b>U = 0,194 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>Prevenzione incendi - Facciata:</b> Soluzione conforme alla <b>RTV V.13</b> - Non necessita di fasce di separazione	<b>Resistenza all'effrazione:</b> <b>Classe 2</b> (int. mont. 400 mm) I.G. 355248 + Rel. tecnica	<b>Portata ai carichi</b>	<b>Resistenza agli urti</b>
<b>Resistenza all'azione sismica:</b> Report Politecnico di Milano	<b>Sostenibilità/Qualità aria int.:</b> <b>VOC: Eurofins GOLD   CAM   EPD</b>	<b>Resa estetica interna:</b> il cartone bianco agevola le operazioni di finitura	<b>Tenuta all'acqua:</b> <b>Classe RE1500</b> I.G. 355981
<b>Permeabilità all'atria parti fisse:</b> <b>Classe AE1500</b> I.G. 355981	<b>Tenuta al carico di vento:</b> <b>Positivo</b> I.G. 355981		

## SOL. I1 - PARETE PERIMETRALE GX1 CLIMA - SAD4 291/100-75 L GX HF CLIMA

Spessore: 291 mm | Peso: 64 kg/m<sup>2</sup>

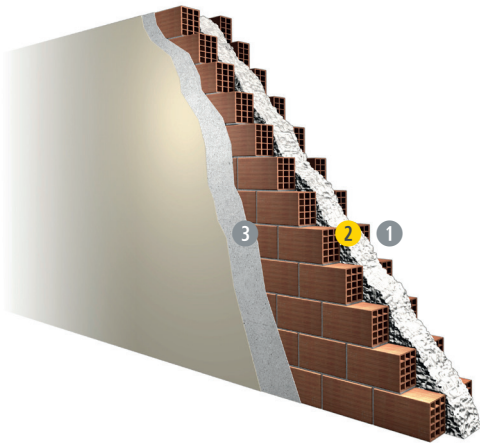
### PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 1 lastra Gyproc **HABITO® FORTE 13**  
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 2 1 lastra Gyproc **VAPOR 13**  
(tipo A, peso 9,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 3 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 4 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 5 Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**  
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 6 1 lastra Gyproc **HABITO® FORTE 13**  
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 Guide a U Gyproc **EXTERNAL PROFILE ZN-MG** da 100 mm  
sp. 0,8 mm
- 8 Montanti a C Gyproc **EXTERNAL PROFILE ZN-MG** da 100 mm  
sp. 0,8 mm, int. max 600 mm
- 9 Isolante in lana minerale Isover **ARENA34**  
sp. 95 mm, reaz. al fuoco A1
- 10 Tessuto idrorepellente traspirante tipo **TYVEK**
- 11 1 lastra Gyproc **GLASROC® X**  
(tipo GM-FH11R, peso 12 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A1
- 12 Pannello per cappotto in lana di vetro Isover **CLIMA34 G3**  
sp. 60 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 13 Adesivo Rasante Gyproc **GLASROC® X SKIM/**  
**webertherm AP60 TOP F grigio**  
sp. 6 mm, reaz. al fuoco A1
- 14 Rivestimento a spessore della gamma **webercote acrylcover/**  
**acsilcover/siloxcover**  
con relativo primer **weberprim**
- 15 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

<b>Resistenza al fuoco:</b> <b>EI 120</b> - Hmax = 4 m I.G. 356327/3957 FR *Nel caso di assenza di Tyvek	<b>Fonoisolamento:</b> <b>R<sub>w</sub> = 70 dB</b> Val. an. rif. I.G. 355572	<b>Trasmittanza termica:</b> <b>U = 0,144 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>Resistenza all'effrazione:</b> <b>Classe 2</b> (int. mont. 400 mm) I.G. 355248 + Rel. tecnica
<b>Prevenzione incendi - Facciata:</b> Soluzione conforme alla <b>RTV V.13</b> - Non necessita di fasce di separazione	<b>Portata ai carichi</b>	<b>Resistenza agli urti</b>	<b>Resistenza all'azione sismica:</b> Report Politecnico di Milano
<b>Sostenibilità/Qualità aria int.:</b> <b>VOC: Eurofins GOLD   CAM   EPD</b>	<b>Resa estetica interna:</b> il cartone bianco agevola le operazioni di finitura	<b>Tenuta all'acqua:</b> <b>Classe RE1500</b> I.G. 355981	<b>Permeabilità all'aria parti fisse:</b> <b>Classe AE1500</b> I.G. 355981
<b>Tenuta al carico di vento:</b> <b>Positivo</b> I.G. 355981			

## SOL. T - ISOLAMENTO IN INTERCAPEDINE CON INSULSAFE33



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato, sp. 120 mm, con strato di intonaco tradizionale sp. 15+15 mm
- 2 Isolante in fiocchi di lana di vetro Isover **InsulSafe33**  
sp. variabile, reaz. al fuoco A1
- 3 Parete in blocchi di laterizio forato, sp. 80 mm, con strato di intonaco tradizionale sp. 15 mm



**Fonoisolamento:**  
Isover InsulSafe33  
(sp. 60 mm)  
**R<sub>w</sub> = 55 dB**  
I.G. n° 325479



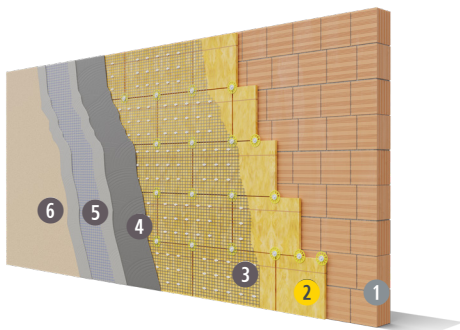
**Trasmittanza termica:**  
Isover InsulSafe33  
(sp. 60 mm)  
**U = 0,380 W/m²K**



**Sostenibilità/Qualità aria**  
int.:  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

## SOL. I2 - PARETI TAMPONAMENTO ISOLAMENTO A CAPPOTTO PER ISOLAMENTO A CAPPOTTO CON WEBERTHERM ROBUSTO UNIVERSAL

Spessore: variabile | Peso: variabile



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato  
sp. 80+120 mm, con strato di intonaco tradizionale sp. 15+10+15 mm, con intercapedine d'aria sp. 60 mm
- 2 Isolante in lana di vetro Isover **Klima34 - webertherm LVO34**  
sp. 80 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 3 Rete in acciaio **webertherm RE1000**
- 4 Intonaco cementizio **webertherm Into**, sp. 20 mm
- 5 Rasatura con rasante cementizio **webertherm Into Finitura**  
con interposta rete in fibra di vetro alcali resistente webertherm RE160
- 6 Rivestimento colorato **webercote siloxcover R** con relativo primer **weberprim**



**Reazione al fuoco:**  
A2-s1,d0



**Prevenzione incendi - Facciate:**  
Soluzione conforme alla **RTV V.13** - Non necessita di fasce di separazione



**Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 57 dB**  
I.G. 325049



**Traspirabilità:**  
Elevata traspirabilità,  
**μ = 1 (pannello)**



**Portata ai carichi (rivestimento in facciata):**  
**70 Kg/m²**  
I.G. 365753



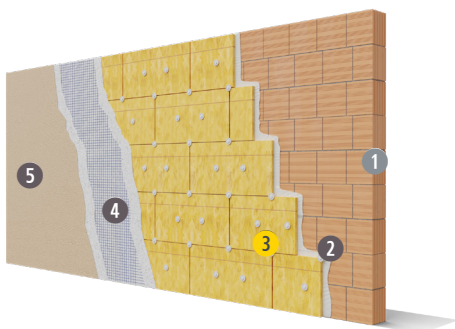
**Resistenza agli urti:**  
**20 J - Conforme**  
I.G. 377800



**Sostenibilità/Qualità aria**  
int.:  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

## SOL. I2 - PARETI TAMPONAMENTO ISOLAMENTO A CAPPOTTO IN LANA DI VETRO CON SISTEMA WEBERTHERM COMFORT G3

Spessore: variabile | Peso: variabile



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato  
sp. 250 mm, con strato di intonaco tradizionale sp. 15+15 mm
- 2 Adesivo-rasante cementizio **webertherm AP60 Top F Grigio**
- 3 Isolante in lana di vetro Isover **webertherm LV034**  
sp. 80 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 4 Rasatura con adesivo-rasante cementizio **webertherm AP60 Top F Grigio**  
con interposta rete in fibra di vetro alcali resistente **webertherm RE160**
- 5 Rivestimento colorato **webercote siloxcover R** con relativo primer **weberprim**



**Reazione al fuoco:**  
A2-s1,d0 - KIT - ETA 21/0908  
A2-s1,d0 - Pannello isolante



**Prevenzione incendi - Facciata:**  
Soluzione conforme alla **RTV V.13** - Non necessita di fasce di separazione



**Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 60 dB**  
I.G. 325047



**Traspirabilità:**  
Elevata traspirabilità,  
**μ = 1 (pannello)**



**Flessibilità:**  
Adatto a superfici difficili,  
irregolari e curve



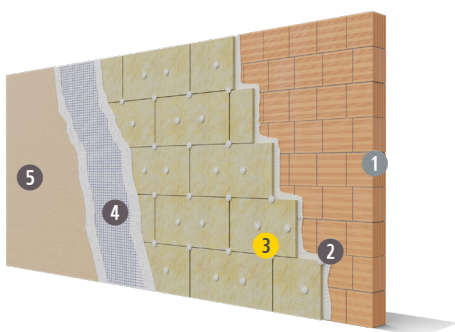
**Sostenibilità /Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**



ETA 21/0908  
Sistema dotato di certificazione ETA secondo EAD 040083-00-0404

## SOL. I2 - PARETI TAMPONAMENTO ISOLAMENTO A CAPPOTTO IN LANA DI ROCCIA CON SISTEMA WEBERTHERM PRESTIGE

Spessore: variabile | Peso: variabile



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Supporto in muratura
- 2 Adesivo-rasante cementizio **webertherm AP60 Top F Grigio**
- 3 Isolante in lana di roccia **webertherm RP20**  
reaz. al fuoco A1
- 4 Rasatura con adesivo-rasante cementizio **webertherm AP60 Top F Grigio**  
con interposta rete in fibra di vetro alcali resistente **webertherm RE160**
- 5 Rivestimento colorato **webercote siloxcover TRAMA 1.2** con relativo primer **weberprim RC14**



**Reazione al fuoco:**  
A2-s1,d0 - KIT  
A1 - Pannello isolante



**Prevenzione incendi - Facciata:**  
Soluzione conforme alla **RTV V.13** - Non necessita di fasce di separazione



**Traspirabilità:**  
Elevata traspirabilità,  
**μ = 1 (pannello)**



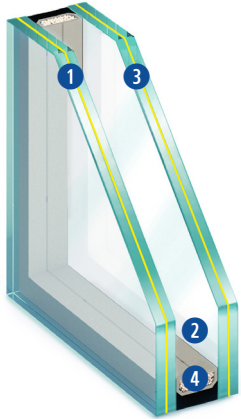
**Sostenibilità /Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**



**Flessibilità:**  
Adatto a superfici difficili,  
irregolari e curve

## SOL. L - VETRATA ISOLANTE PER INVOLUCRO ESTERNO CLIMAPLUS SILENCE® INFINITY 37/48

Spessore: 37,00 mm | Peso: 48 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 STADIP SILENCE® 64.1 con deposito PLANITHERM® INFINITY in faccia 2
- 2 Intercapedine spessore 18 mm con gas argon al 90%
- 3 STADIP SILENCE® 44.1
- 4 Intercalare Warm-Edge SWISSPACER®

Possibili varianti:

- Vetrata più neutra (Maggiore TL)
- Solo controllo della trasmittanza termica  $U_g$
- Maggiore performance di fattore solare g
- Resistenza all'effrazione (EN 356)
- Resistenza anti-proiettile



**Fonoisolamento:**  
 **$R_w = 48$  dB**  
IFT 16-003709-PRO1 (PB-6.0-H01-04-DE-01)



**Trasmittanza termica:**  
 **$U_g = 1,0$  W/m<sup>2</sup>K**  
EN 673



**Portata ai carichi:**  
**45 | 45 Mpa (N/mm<sup>2</sup>)**  
EN 572



**Trasmissione luminosa:**  
**TL = 69%**  
EN 410



**Riflessione luminosa esterna:**  
**RLe = 14%**  
EN 410



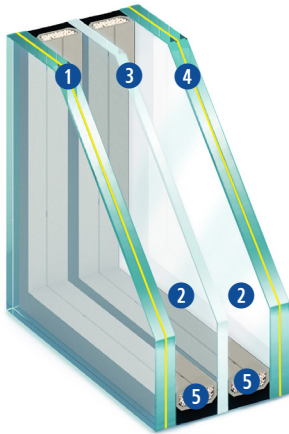
**Anti-infortunio:**  
**2B2 | 2B2**  
EN 12600



**Fattore solare:**  
**g = 0,36**  
EN 410

## SOL. L - VETRATA ISOLANTE PER INVOLUCRO ESTERNO CLIMATOP SILENCE® INFINITY 51/49

Spessore: 51,00 mm | Peso: 59 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 STADIP SILENCE® 64.1 con deposito PLANITHERM® INFINITY in faccia 2
- 2 Intercapedine spessore 14 mm con gas argon al 90%
- 3 DIAMANT® spessore 4 mm
- 4 STADIP SILENCE® 44.1 con deposito PLANITHERM® INOX in faccia 5
- 5 Intercalare Warm-Edge SWISSPACER®

Possibili varianti:

- Vetrata più neutra (Maggiore TL)
- Maggiore performance della trasmittanza termica  $U_g$
- Maggiore performance di fattore solare g
- Resistenza all'effrazione (EN 356)
- Resistenza anti-proiettile



**Fonoisolamento:**  
 **$R_w = 49$  dB**  
IFT 14-003256-PRO2 (PB-16-H01-04-DE-01)



**Trasmittanza termica:**  
 **$U_g = 0,6$  W/m<sup>2</sup>K**  
EN 673



**Portata ai carichi:**  
**45 | 45 | 45 Mpa (N/mm<sup>2</sup>)**  
EN 572



**Trasmissione luminosa:**  
**TL = 62%**  
EN 410



**Riflessione luminosa esterna:**  
**RLe = 16%**  
EN 410



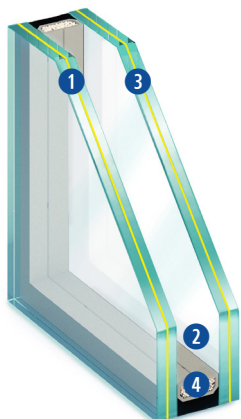
**Anti-infortunio:**  
**2B2 | NPD | 2B2**  
EN 12600



**Fattore solare:**  
**g = 0,33**  
EN 410

## SOL. L - VETRATA ISOLANTE PER INVOLUCRO ESTERNO CLIMAPLUS SILENCE® XTREME 47/51

Spessore: 47,26 mm | Peso: 58 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 STADIP SILENCE® 88.2 con deposito COOL-LITE® XTREME 70/33 in faccia 2
- 2 Intercapedine spessore 20 mm con gas argon al 90%
- 3 STADIP SILENCE® 55.1
- 4 Intercalare Warm-Edge SWISSPACER®

Possibili varianti:

- Vetrata più neutra (Maggiore TL)
- Solo controllo della trasmittanza termica  $U_g$
- Maggiore performance di fattore solare g
- Resistenza all'effrazione (EN 356)
- Resistenza anti-proiettile



**Fonoisolamento:**  
 $R_w = 51$  dB  
I.G. 237754-2791-CPD



**Trasmittanza termica:**  
 $U_g = 1,0$  W/m<sup>2</sup>K  
EN 673



**Portata ai carichi:**  
45 | 45 Mpa (N/mm<sup>2</sup>)  
EN 572



**Trasmissione luminosa:**  
TL = 66%  
EN 410



**Riflessione luminosa esterna:**  
RLe = 10%  
EN 410



**Anti-infortunio:**  
1B1 | 2B2  
EN 12600



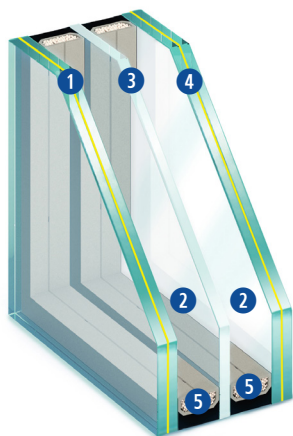
**Anti-effrazione:**  
P2A | NPD Mpa (N/mm<sup>2</sup>)  
EN 356



**Fattore solare:**  
g = 0,31  
EN 410

## SOL. L - VETRATA ISOLANTE PER INVOLUCRO ESTERNO CLIMATOP SILENCE® INFINITY 53/51

Spessore: 53 mm | Peso: 59 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 STADIP SILENCE® 66.1 con deposito PLANITHERM® INFINITY in faccia 2
- 2 Intercapedine spessore 14 mm con gas argon al 90%
- 3 DIAMANT® spessore 4 mm
- 4 STADIP SILENCE® 44.1 con deposito PLANITHERM® INOX in faccia 5
- 5 Intercalare Warm-Edge SWISSPACER®

Possibili varianti:

- Vetrata più neutra (Maggiore TL)
- Maggiore performance della trasmittanza termica  $U_g$
- Maggiore performance di fattore solare g
- Resistenza all'effrazione (EN 356)
- Resistenza anti-proiettile



**Fonoisolamento:**  
 $R_w = 51$  dB  
IFT - 12-002463-PRO1 (PB-1-H01-04-DE-01)



**Trasmittanza termica:**  
 $U_g = 0,6$  W/m<sup>2</sup>K  
EN 673



**Portata ai carichi:**  
45 | 45 | 45 Mpa (N/mm<sup>2</sup>)  
EN 572



**Trasmissione luminosa:**  
TL = 56%  
EN 410



**Riflessione luminosa esterna:**  
RLe = 18%  
EN 410



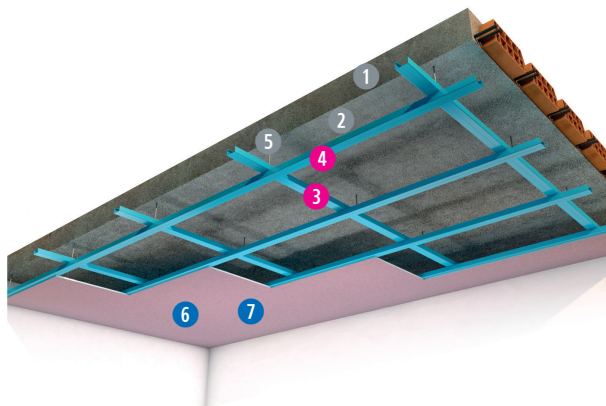
**Anti-infortunio:**  
2B2 | NPD | 2B2  
EN 12600



**Fattore solare:**  
g = 0,31  
EN 410

## SOL. M1 - H1 - CONTROSOFFITTO CONTINUO ANTISFONDELLAMENTO + RESISTENZA AL FUOCO CON INTERCAPEDINE CS.P.ASF 27/48 F

Spessore: variabile | Peso: 16 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 800 mm
- 4 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 500 mm
- 5 Sospensioni mediante barre filettate in acciaio M6 Ø 6 mm poste ad int. max 1000 mm vincolate al solaio mediante:  
**SUPPORTO:** travetto in C.A. / C.A.P.  
- opzione 1: ancorante per CLS M6  
- opzione 2: vite / tassello a vite per CLS con testa multifilettata internamente M6 ( con eventuale riduttore)  
**SUPPORTO:** trave in acciaio  
- morsetto per trave in acciaio con filettatura M6 oppure:  
Sospensioni mediante staffe regolabili in acciaio poste ad int. max 1000 mm vincolate al solaio mediante:  
**SUPPORTO:** travetto in C.A. / C.A.P.  
- opzione 1: ancorante a battuta  
- opzione 2: vite / tassello a vite per CLS  
**SUPPORTO:** trave in acciaio  
- vite in acciaio autoforante punta trapano, diametro minimo 6 mm, e rondella in acciaio
- 6 1 lastra Gyproc **FIRELINE 15**  
(tipo DF, peso 12,7 kg/m<sup>2</sup>) sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0, fissate con viti poste ad int. di 200 mm
- 7 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta



**Resistenza al carico da sfondellamento**  
I.G. 384137 (vedi sol. pag. 22)



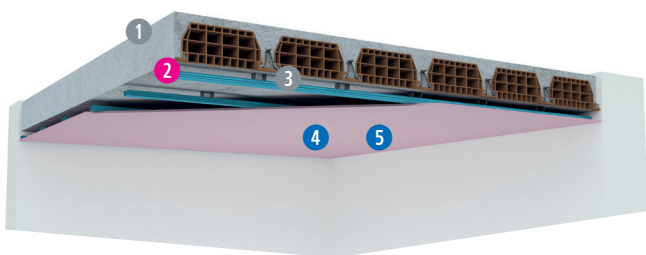
**Resistenza al fuoco: REI 120**  
I.G. 276593/3248 FR



**Sostenibilità:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

## SOL. M1 - H1 - CONTROSOFFITTO CONTINUO ANTISFONDELLAMENTO + RESISTENZA AL FUOCO IN SEMI-ADERENZA CS.AD.ASF 27-48 F

Spessore: circa 50 mm | Peso: 15 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 3 Cav. per profilo a C 27/48 oppure staffe regolabili in acciaio, int. 500 mm, vincolati al solaio mediante:  
**SUPPORTO:** travetto in C.A. / C.A.P.  
- opzione 1: ancorante a battuta  
- opzione 2: vite / tassello a vite per CLS  
**SUPPORTO:** trave in acciaio  
- vite in acciaio autoforante punta trapano, diametro minimo 6 mm, e rondella in acciaio
- 4 1 lastra Gyproc **FIRELINE 15**  
(tipo DF, peso 12,7 kg/m<sup>2</sup>) sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0, fissate con viti poste ad int. di 200 mm
- 5 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta



**Resistenza al carico da sfondellamento**  
I.G. 384138 (vedi sol. pag. 23)



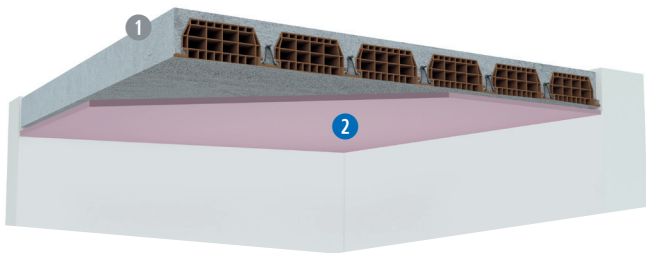
**Resistenza al fuoco: REI 120**  
I.G. 309350/3591 FR



**Sostenibilità:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

## SOL. M1 - H1 - CONTROSOFFITTO CONTINUO ANTISFONDELLAMENTO + RESISTENZA AL FUOCO IN ADERENZA CS.AD.AN.ASF 15 F - CS.AD.AN 15 F

Spessore: circa 15 mm | Peso: 12,7 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 1 lastra Gyproc **FIRELINE 15**  
(tipo DF, peso 13 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0, fissata mediante:
  - SUPPORTO:** travetto in C.A. / C.A.P.
  - ancorante in acciaio ad espansione con rondella e vite testa svasata a calotta con impronta combinata
  - SUPPORTO:** trave in acciaio
  - vite in acciaio autoforante punta trapano testa svasata, diametro minimo 6 mm e rondella in acciaio
 nel numero di:
  - 8/m<sup>2</sup>, nel caso di soluzione CS.AD.AN.ASF 15 F (antifondellamento + REI 120);
  - 6/m<sup>2</sup>, nel caso di soluzione CS.AD.AN 15 F (REI 120).



**Resistenza al fuoco:**  
**REI 120**  
I.G. 411309/4354 FR



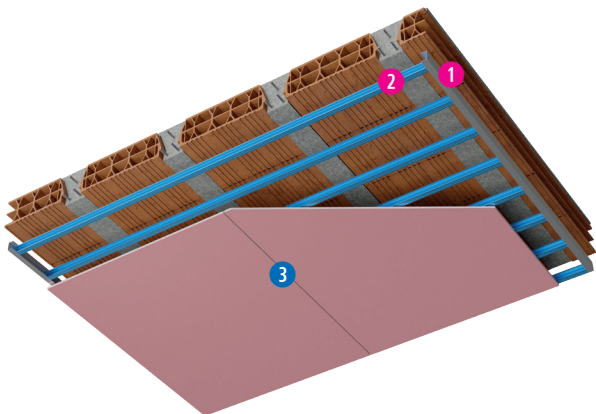
**Resistenza al carico da sfondellamento:**  
I.G. 403453 (vedi sol. pag. 24)



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

## SOL. M1 - H1 - CONTROSOFFITTO CONTINUO ANTISFONDELLAMENTO + RESISTENZA AL FUOCO AUTOPORTANTE CS.AUT.ASF 90/75 F

Spessore: 90 mm | Peso: 18 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Guide a U Gyproc **GYPROFILE** da 90x75x90 mm, sp. 1 mm vincolate con tasselli metallici int. max 500 mm
- 2 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE** da 75 mm
  - Opzione a) solidarizzati dorso a dorso, int. max 400 mm
  - Opzione b) solidarizzati a creare un profilo scatolare, int. max 400 mm
- 3 1 lastra Gyproc **FIRELINE 15**  
(tipo DF, peso 13 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0 fissate con viti poste ad int. di 200 mm



**Resistenza al fuoco:**  
**REI 120**

L<sub>max</sub> ≤ 4,40 m  
campo di diretta applicazione  
+ dimensionamento statico\*

I.G. 416643/4387 FR

F.T. I.G. CS continui protezione dal fuoco di solai

\*verifica dimensioni e sollecitazioni minime del solaio rispetto a quello testato



**Resistenza al carico da sfondellamento**

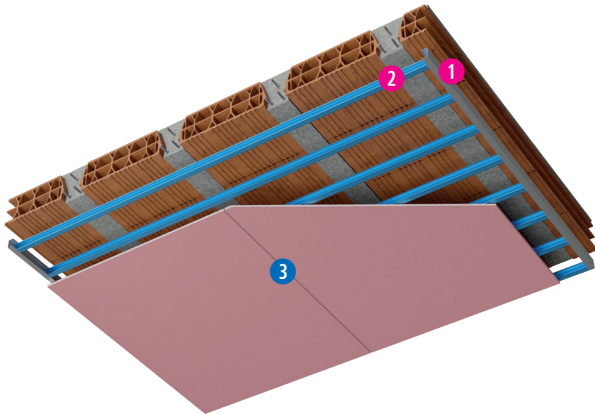
Luce max = 4 m  
I.G. 419561 (vedi sol. pag. 33)



**Sostenibilità:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

## SOL. M1 - H1 - CONTROSOFFITTO CONTINUO ANTISFONDELLAMENTO + RESISTENZA AL FUOCO AUTOPORTANTE CS.AUT.ASF 115/100 F

Spessore: 115 mm | Peso: 20 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Guide a U Gyproc **GYPROFILE** da 90x100x90 mm, sp. 1 mm vincolate con tasselli metallici int. max 500 mm
- 2 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE** da 100 mm
  - Opzione a) solidarizzati dorso a dorso, int. max 300 mm
  - Opzione b) solidarizzati a creare un profilo scatolare, int. max 300 mm
- 3 1 lastra Gyproc **FIRELINE 15** (tipo DF, peso 13 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0 fissate con viti poste ad int. di 200 mm



#### Resistenza al fuoco: REI 120

L<sub>max</sub> > 4,40 m  
Opzione 1)  
vincolo al solaio ogni 4,40 m  
Opzione 2)  
dimensionamento statico\*

I.G. 416643/4387 FR

F.T. I.G. CS continui protezione dal fuoco di solai

\*verifica dimensioni e sollecitazioni minime del solaio rispetto a quello testato



#### Resistenza al carico da sfondellamento

Luce max = 6 m  
I.G. 419562 (vedi sol. pag. 34)

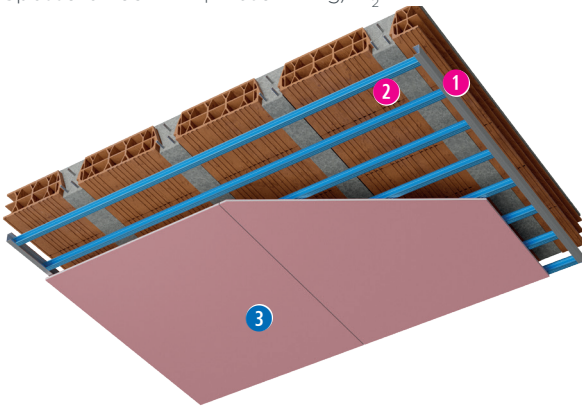


#### Sostenibilità:

VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD

## SOL. M1 - H1 - CONTROSOFFITTO CONTINUO ANTISFONDELLAMENTO + RESISTENZA AL FUOCO AUTOPORTANTE CS.AUT.ASF 165/150 F

Spessore: 165 mm | Peso: 22 kg/m<sub>2</sub>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Guide a U Gyproc **GYPROFILE** da 90x150x90 mm, sp. 1 mm vincolate con tasselli metallici int. max 500 mm
- 2 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE** da 150 mm
  - Opzione a) solidarizzati dorso a dorso, int. max 300 mm
  - Opzione b) solidarizzati a creare un profilo scatolare, int. max 300 mm
- 3 1 lastra Gyproc **FIRELINE 15** (tipo DF, peso 13 kg/m<sup>2</sup>), sp.15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0 fissate con viti poste ad int. di 200 mm



#### Resistenza al fuoco: REI 120

L<sub>max</sub> > 4,40 m  
Opzione 1)  
vincolo al solaio ogni 4,40 m  
Opzione 2)  
dimensionamento statico\*

I.G. 416643/4387 FR

F.T. I.G. CS continui protezione dal fuoco di solai

\*verifica dimensioni e sollecitazioni minime del solaio rispetto a quello testato



#### Resistenza al carico da sfondellamento

Luce max = 8 m  
I.G. 419563 (vedi sol. pag. 35)

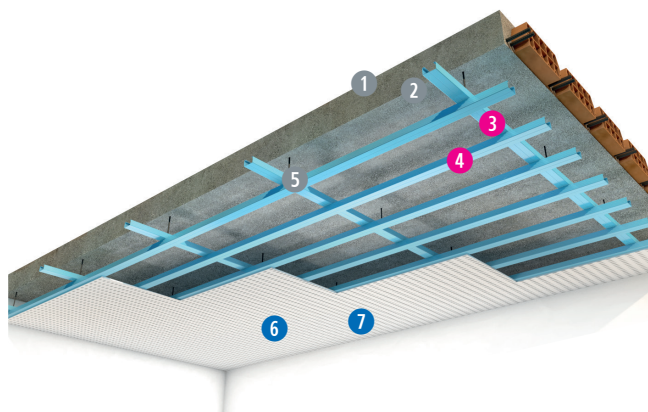


#### Sostenibilità:

VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD

## SOL. M1 - N1 - N5 - N6 - N7 - N8 CONTROSOFFITTO CONTINUO ANTISFONDELLAMENTO + ASSORBIMENTO ACUSTICO CS.ASF 27/48 RIGITONE® EDGE ACTIV'AIR®

Spessore: variabile | Peso: variabile



**NOTA:** possibilità di utilizzare lastre in gesso rivestito Gyproc RIGITONE® EDGE Activ'Air® e Gyproc GYPTONE® BIG Activ'Air® con percentuale di foratura inferiore rispetto a quella delle lastre sottoposte a prova.

### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaiο esistente
- 2 Intercapedine d'aria max 250 mm
- 3 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 800 mm
- 4 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 300 mm
- 5 Sospensioni mediante barre filettate in acciaio M6  $\varnothing$  6 mm poste ad int. max 600 mm vincolate al solaio mediante:  
SUPPORTO: travetto in C.A. / C.A.P.  
- opzione 1: ancorante per CLS M6  
- opzione 2: vite / tassello a vite per CLS con testa multifilettata internamente M6 (con eventuale riduttore)  
SUPPORTO: trave in acciaio  
- morsetto per trave in acciaio con filettatura M6
- 6 Lastre Gyproc **RIGITONE® EDGE Activ'Air®**  
(peso ca. 9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

Disponibilità di varie tipologie di decori e fori, con assorbimento acustico medio:

8/18



$\alpha_w = 0,75$  (L) Plenum 200 mm con lana minerale sp. 60 mm  
 $\alpha_w = 0,65$  (L) Plenum 200 mm senza lana minerale

12-20/66



$\alpha_w = 0,75$  (L) Plenum 200 mm con lana minerale sp. 60 mm  
 $\alpha_w = 0,65$  (L) Plenum 200 mm senza lana minerale

8-15-20 Super



$\alpha_w = 0,50$  (L) Plenum 200 mm con lana minerale sp. 60 mm  
 $\alpha_w = 0,50$  (LM) Plenum 200 mm senza lana minerale



**Resistenza al carico da sfondellamento:**  
I.G. 289790 (vedi pag. 25)



**Resistenza all'urto da pallonate:**  
Classe 1A MPA 9036596000-1/Sgm



**Sostenibilità:**  
VOC: LEED | CAM | EPD | Activ'Air®



**Resa estetica:** Il prodotto deve essere decorato in opera, dopo la finitura (riempimento) dei giunti

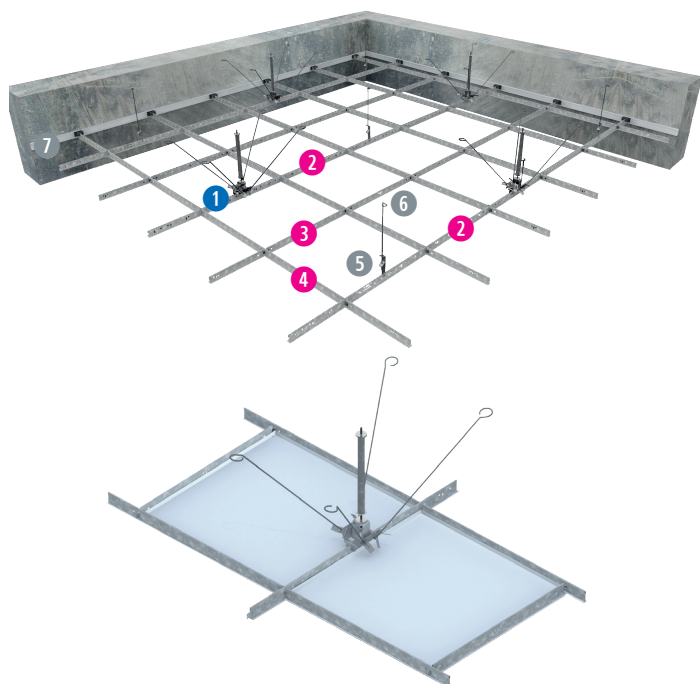


**Resistenza all'umidità:**  
RH 70



**Reazione al fuoco:**  
A2-s1,d0

## SOL. M4 - SOLUZIONE ANTISISMICA GYSEISMIC TOP PER CONTROSOFFITTI MODULARI

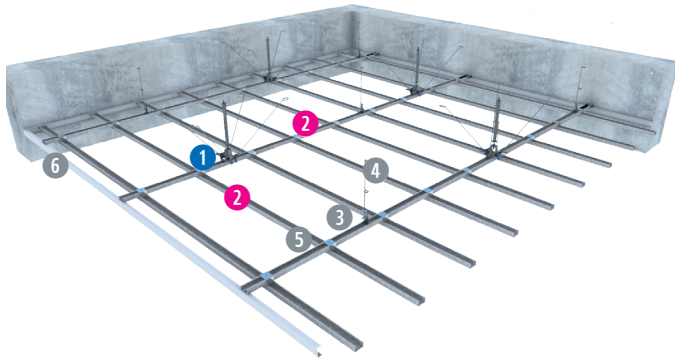


### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Kit sospensione antisismica **GYSEISMIC TOP**
- 2 Portante **T LINETEC PLUS 3700**
- 3 Trasversale **T LINETEC PLUS 600**
- 4 Trasversale **T LINETEC PLUS 1200**
- 5 Gancio rapido con molla
- 6 Pendino  $\varnothing$  4 mm
- 7 Accessorio di bloccaggio perimetrale

Sulla base di valutazioni analitiche in accordo al D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni", determinazione del numero e della posizione dei kit antisismici in aggiunta alla struttura metallica del controsoffitto (sia modulare sia continuo) - consultare il servizio tecnico Gyproc.

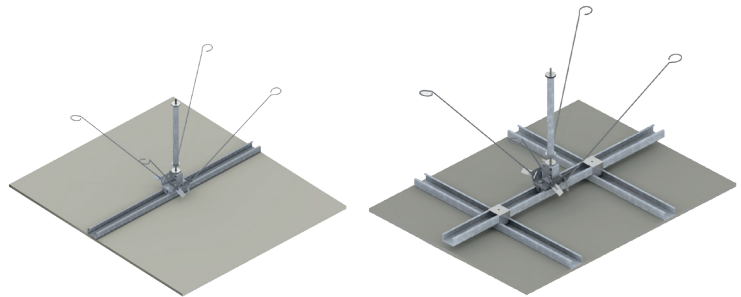
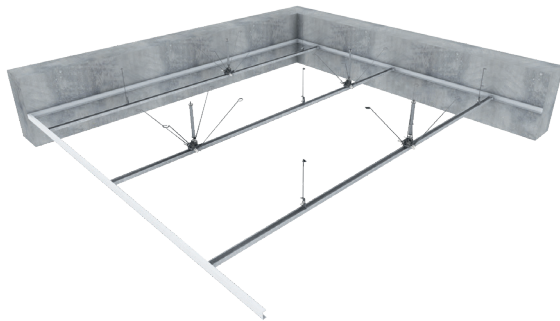
## SOL. M4 - SOLUZIONE ANTISISMICA GYSEISMIC TOP PER CONTROSOFFITTI CONTINUI



### PRODOTTI UTILIZZATI

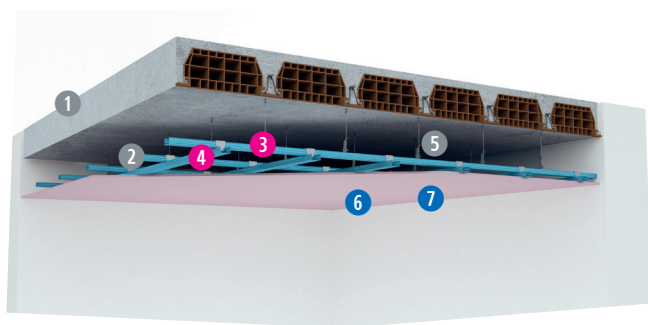
- 1 Kit sospensione antisismica **GYSEISMIC TOP**
- 2 Profilo a C Gyproc **GYPROFILE C 27/48**
- 3 Molla regolazione
- 4 Pendino Ø 4 mm
- 5 Cavaliere di raccordo
- 6 Accessorio di bloccaggio perimetrale

Sulla base di valutazioni analitiche in accordo al D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni", determinazione del numero e della posizione dei kit antisismici in aggiunta alla struttura metallica del controsoffitto (sia modulare sia continuo) - consultare il servizio tecnico Gyproc.




## SOL. H1 - CONTROSOFFITTO CONTINUO CS.AN 27/48 1x15 F


Spessore: variabile | Peso: 15 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

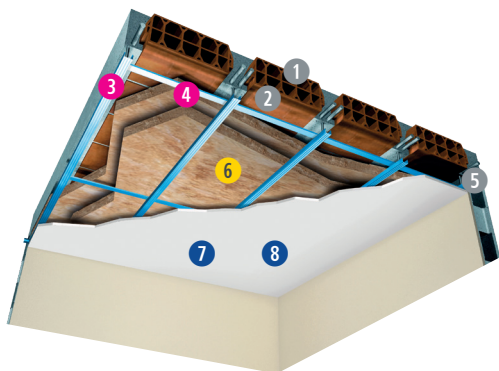
- 1 Solaio in latero cemento, sp. 160+40 mm, non intonacato
- 2 Intercapedine d'aria min. 200 mm
- 3 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 1200 mm
- 4 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 500 mm
- 5 Sospensioni mediante pendini in acciaio Ø 4 mm, int. max 600 mm
- 6 1 lastra Gyproc **FIRELINE 15**  
(tipo DF, peso 12,7 kg/m<sup>2</sup>) sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0, fissate con viti poste ad int. di 200 mm
- 7 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

 **Resistenza al fuoco:**  
**REI 120**  
I.G. 276593/3248 FR

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM**  
**| EPD**

**SOL. N1 - N3 - N7 - N8 - CONTROSOFFITTO CONTINUO CS.P 27/48 LA34 HAB**

Spessore: variabile | Peso: variabile

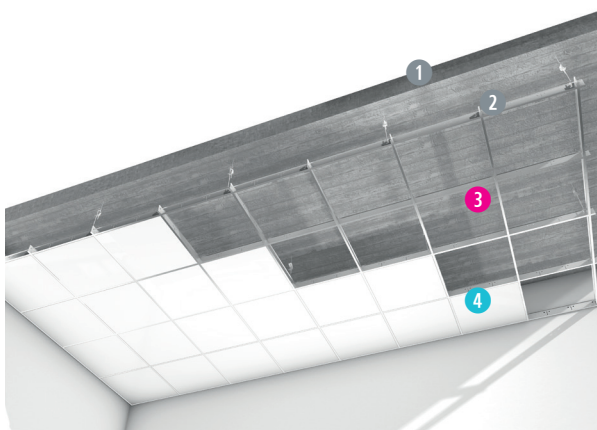
**PRODOTTI UTILIZZATI**

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 1000 mm
- 4 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 500 mm
- 5 Sospensioni mediante pendini in acciaio antivibranti  $\varnothing$  4 mm, int. max 1000 mm
- 6 Isolante in lana minerale Iover **ARENA34**  
reaz. al fuoco A1
- 7 1 lastra Gyproc **HABITO® 13 Activ'Air®**  
(tipo DI, peso 10,2 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 8 **weberpains gypsum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

<p><b>Fonoisolamento:</b> <b>R<sub>w</sub> = 67 dB</b> I.G. 372244 (ARENA34 sp. 45+45 mm) <b>R<sub>w</sub> = 64 dB</b> I.G. 372242 (ARENA34 sp. 45 mm)</p>	<p><b>Livello sonoro da calpestio:</b> <b>L<sub>n,w</sub> = 47 dB</b> I.G. 372244 (ARENA34 sp. 45+45 mm) <b>L<sub>n,w</sub> = 55 dB</b> I.G. 372242 (ARENA34 sp. 45 mm)</p>	<p><b>Trasmittanza termica:</b> <b>U = 0,294 W/m<sup>2</sup>K</b> (ARENA34 sp. 45+45 mm)</p>	<p><b>Sostenibilità/Qualità aria int.:</b> <b>VOC: Eurofins GOLD   CAM   EPD   Activ'Air®</b></p>
<p><b>Resa estetica:</b> il cartone bianco agevola le operazioni di finitura</p>	<p><b>Ambienti umidi:</b> utilizzo di Habito Hydro Activ'Air®</p>		

**SOL. H1 - N2 - N6 - N7 - N8 - CONTROSOFFITTO MODULARE EUROCOUSTIC MINERVAL®**

Spessore: variabile | Peso: variabile

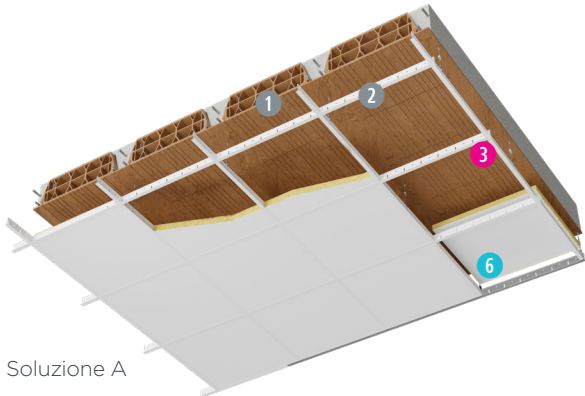
**PRODOTTI UTILIZZATI**

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **LINETEC PLUS T24**  
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:
  - profilo portante int. max 1200 mm
  - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
  - profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 1200 mm
  - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- 4 Pannelli in lana di roccia Eurocooustic **MINERVAL®**  
sp. 12/15/22 mm, dimensioni 600x600 e 600x1200 mm, bordo A

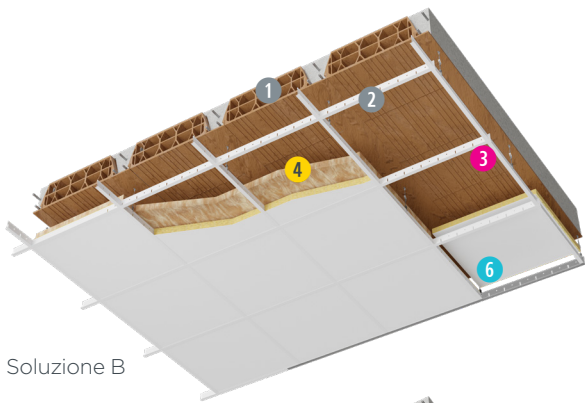
<p><b>Resistenza al fuoco:</b> <b>REI 120 (12-15 mm)</b> <b>REI 180 (22 mm)</b> Risultati validi per pannelli 600x600 mm I.G. 308295/3567 FR, I.G. 307589/3551 FR e Fascicolo Tecnico</p>	<p><b>Reazione al fuoco:</b> <b>A1</b></p>	<p><b>Sostenibilità:</b> <b>VOC: Eurofins GOLD   CAM   EPD</b></p>	<p><b>Resistenza all'umidità:</b> <b>100%</b> - stabile a qualsiasi livello di umidità relativa dell'aria</p>
<p><b>Assorbimento acustico medio <math>\alpha_w</math>:</b> - Bordo A sp. 12 mm - <math>\alpha_w = 0,90</math> - Bordo A sp. 22 mm - <math>\alpha_w = 1,00</math></p>	<p><b>Luminosità:</b> Riflessione: coefficiente = <b>86%</b></p>	<p><b>Resa estetica:</b> Velo vetro colore bianco - codice colore: 08</p>	

# SOL. H1 - M2 - N2 - N6 - N7 - N8 - CONTROSOFFITTO MODULARE EUROCOUSTIC TONGA® A40, TONGA® A22, TONGA® A40 + LA32 STANDARD/ANTISFONDELLAMENTO

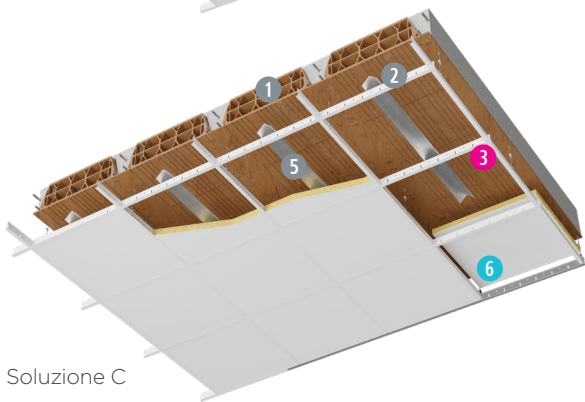
Spessore: variabile | Peso: variabile



Soluzione A



Soluzione B



Soluzione C

## PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **LINETEC PLUS T24** da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:

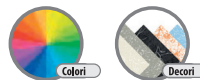
### SOLUZIONE STANDARD:

- profilo portante int. max 1200 mm
- profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
- profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 1200 mm
- ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm

### SOLUZIONE ANTISFONDELLAMENTO:

- profilo portante int. max 600 mm
- profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo portante, int. 600 mm
- ganci di sospensione regolabili int. max. 800 mm

- 4 Isolante in lana minerale Isover **ARENA32** sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 Gyproc **PROFILO DISTANZIALE 600 mm** per portante a T, posto perpendicolarmente ai portanti in mezzeria di ogni pannello
- 6 Pannelli in lana di roccia Eurocoustic **TONGA®** sp. 22/40 mm, dimensioni variabili, bordo A



**Resistenza al fuoco:**  
Risultati validi per pannelli 600x600 mm e reazione al fuoco A1:  
**REI da 20 a 45** (solo pannello)  
Norma: UNI EN 13381-1 | Certificato: A.R. Efectis  
**REI da 60 a 120** (pannello + Isover UNI sp. 80+80 mm)  
Norma: UNI EN 13381-1 | Certificato: A.R. Efectis  
**REI 180-120** (secondo tipo di solaio)  
Norma: UNI EN 1365-2 | Certificato: Ist. Giordano e Fasc. Tecnico

**Reazione al fuoco:**  
Bianco: **A1**  
EuroColors (eccetto Silver): **A1**  
EuroColors Silver: **A2-s1,d0**  
EuroDesign: **A2-s1,d0**

**Sostenibilità:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**  
**Cradle to cradle: Bronze**

**Resistenza all'umidità:**  
**100%** - stabile a qualsiasi livello di umidità relativa dell'aria

**Assorbimento acustico medio  $\alpha_w$ :**  
Bordo A sp. 22 mm -  $\alpha_w = 1,00$   
Bordo A sp. 40 mm -  $\alpha_w = 1,00$

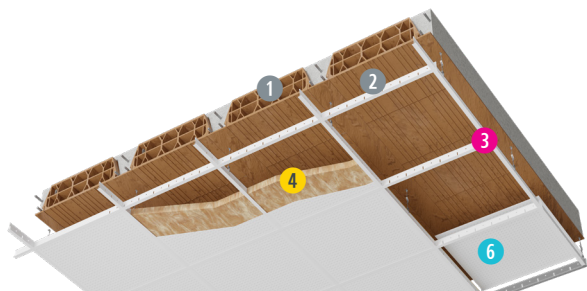
**Resa estetica:**  
Velo vetro colore bianco - codice colore: 09  
Eurocolors | Eurodesign

**Luminosità:**  
(colore bianco)  
Riflessione: coefficiente **> 87%**  
Bianco L = 94,8%  
Brillantezza 0,75%  
con angolo 85%

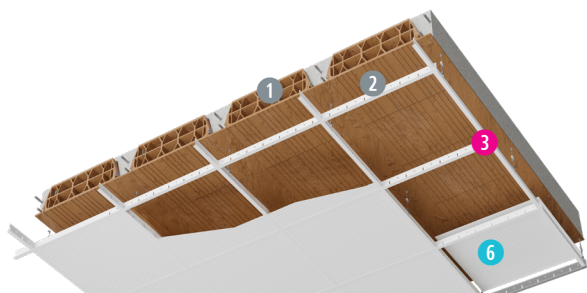
**Resistenza al carico da sfondellamento**  
I.G. 397095 (Soluzione A - vedi pag. 26)  
I.G. 397097 (Soluzione B - vedi pag. 27)  
I.G. 397093 (Soluzione C - vedi pag. 28)

# SOL. M2 - N2 - N6 - N7 - N8 - CONTROSOFFITTO MODULARE GYPTONE® ACTIV'AIR®

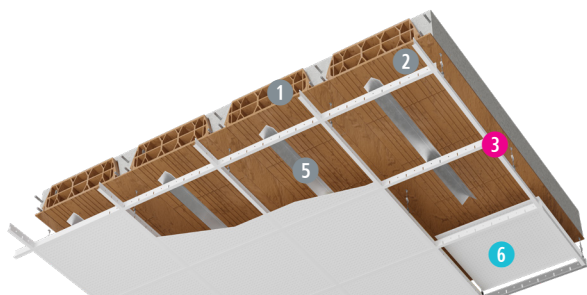
Spessore: variabile | Peso: variabile



Soluzione A



Soluzione B



Soluzione C

## PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 **Struttura metallica di sostegno Gyproc LINETEC PLUS T24**  
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:
  - SOLUZIONE STANDARD:**
    - profilo portante int. max 1200 mm
    - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
    - profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 1200 mm
    - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
  - SOLUZIONE ANTISFONDELLAMENTO:**
    - profilo portante int. max 600 mm
    - profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo portante, int. 600 mm
    - ganci di sospensione regolabili int. max. 800 mm
- 4 **Isolante in lana di vetro Isover PAR 4+**  
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 **Gyproc PROFILO DISTANZIALE 600 mm**  
per portante a T, posto perpendicolarmente ai portanti in mezzzeria di ogni pannello
- 6 **Pannello Gyproc Gypstone® Activ'Air®** (peso ca. 7 kg/m<sup>2</sup>)  
sp. 10 mm, dim. 600x600 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0, bordo A / E15

**NOTA:** possibilità di utilizzare pannelli Gyproc Gypstone® Activ'Air® con percentuale di foratura inferiore rispetto a quella dei pannelli sottoposti a prova.

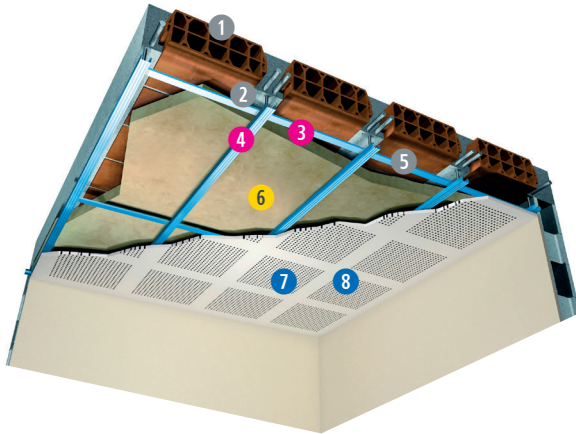
## Disponibilità di varie tipologie di decori e fori, con assorbimento acustico medio:

<p><b>Line 4</b></p>  <p><math>\alpha_w = 0,70</math> Plenum 300 mm con lana minerale sp. 70 mm <math>\alpha_w = 0,65</math> (L) Plenum 200 mm senza lana minerale</p>	<p><b>Sixto 60</b></p>  <p><math>\alpha_w = 0,80</math> Plenum 200 mm con lana minerale 75 mm <math>\alpha_w = 0,75</math> (L) Plenum 200 mm senza lana minerale</p>	<p><b>Quattro 20</b></p>  <p><math>\alpha_w = 0,80</math> Plenum 200 mm con lana minerale sp. 50 mm <math>\alpha_w = 0,75</math> Plenum 200 mm senza lana minerale</p>	<p><b>Point 11</b></p>  <p><math>\alpha_w = 0,75</math> Plenum 300 mm con lana minerale sp. 70 mm <math>\alpha_w = 0,65</math> (L) Plenum 200 mm senza lana minerale</p>
<p><b>Quattro 70 (microforato)</b></p>  <p><math>\alpha_w = 0,65</math> Plenum 300 mm con lana minerale sp. 70 mm <math>\alpha_w = 0,65</math> Plenum 200 mm senza lana minerale</p>	<p><b>Point 80</b></p>  <p><math>\alpha_w = 0,75</math> (L) Plenum 400 mm con lana minerale sp. 50 mm <math>\alpha_w = 0,65</math> (L) Plenum 200 mm senza lana minerale</p>		

 <p><b>Reazione al fuoco:</b> Euroclasse <b>A2-s1,d0</b></p>	 <p><b>Luminosità:</b> Coefficiente di riflessione della luce: <b>ca. 70%</b></p>	 <p><b>Resistenza meccanica:</b> Carico concentrato massimo: 1 kg/m<sup>2</sup></p>	 <p><b>Resa estetica:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Finitura preverniciata in colore bianco satinato</li> <li>■ Codice colore: NCS 0500 = RAL 9010</li> <li>■ Gloss: da 5 a 9 secondo norma EN ISO 2813</li> </ul>
 <p><b>Resistenza all'umidità:</b> <b>RH 70</b></p>	 <p><b>Sostenibilità/Qualità aria int.:</b> <b>VOC: Eurofins GOLD   CAM   EPD   Activ'Air®</b></p>	 <p><b>Resistenza al carico da sfondellamento</b> Pannello Gyptone® Point 80 A Activ'Air® I.G. 397091 (Soluzione B - vedi pag. 31) I.G. 397092 (Soluzione C - vedi pag. 29)</p>	 <p><b>Resistenza urti pallonate:</b> con Gyptone® Point 80 A Activ'Air® Classe 2A: 8 clip per pannello (2 per lato) I.G. 397102 (vedi pag. 64) Classe 3A: 4 clip per pannello (1 per lato) I.G. 397103 (vedi pag. 64)</p>

# SOL. N1 - N2 - N6 - N7 - N8 - CONTROSOFFITTO CONTINUO GYPTONE® BIG ACTIV'AIR®

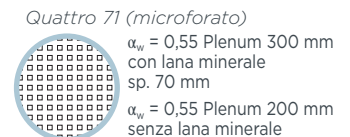
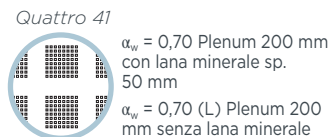
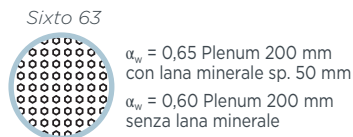
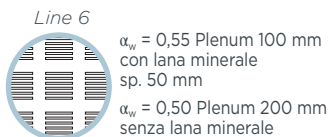
Spessore: variabile | Peso: variabile



## PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 1200 mm
- 4 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 5 Sospensioni mediante pendini in acciaio  $\varnothing$  4 mm, int. max 1200 mm
- 6 Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**  
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 7 Lastre Gyproc **GYPTONE® BIG Activ'Air®**  
(peso ca. 7,5 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 8 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta (airless)

Disponibilità di varie tipologie di decori e fori, con assorbimento acustico medio:



Disponibile anche nella versione Gyptone® Big Curve Activ'Air®

*Gyptone® Big Curve*



**Reazione al fuoco:**  
Euroclasse **A2-s1,d0**



**Luminosità:**  
Coefficiente di riflessione della luce: **ca. 70%**



**Resistenza all'umidità:**  
**RH 70**



**Resa estetica:**  
Il prodotto deve essere decorato in opera, dopo la stuccatura dei giunti

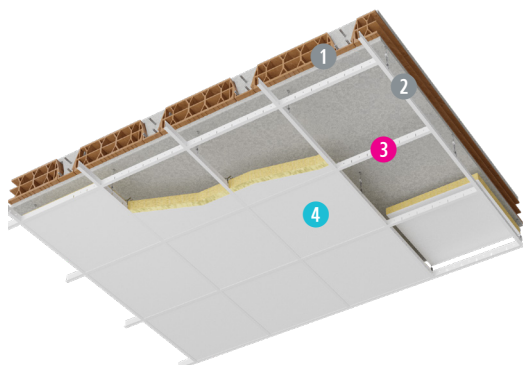


**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+ | LEED | Indeklima | M1 | CAM | EPD | Activ'Air®**

**NOTA:** possibilità di applicazione in verticale a controparete a rivestimento di pareti esistenti.

## SOL. H1 - N5 - CONTROSOFFITTO MODULARE EUROCOUSTIC ACOUSTICHOC® IMPACT 15/30

Spessore: variabile | Peso: variabile



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **LINETEC PLUS T24** (caso di pannelli 600x600 mm)
  - da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:
    - profilo portante int. max 1200 mm
    - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. max 600 mm
    - profilo trasversale da 600 mm parallelo al profilo primario e perpendicolare al profilo trasversale da 1200.
    - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 800 mm
    - per Eurocoustic Acoustichoc® Impact 15: Gyproc Clip antisollevamento Connect 20 o Gyproc Clip per fissaggio pannelli bordo a vista (4 per pannello, 1 per lato)
    - per Eurocoustic Acoustichoc® Impact 30: Gyproc Clip antisollevamento Connect 40 (6 per pannello, 1 per lato corto e 2 per lato lungo)
- 4 Pannelli in lana di roccia Eurocoustic **ACOUSTICHOC®** sp. 22/40 mm, dimensioni 600x600 e 600x1200 mm, bordo A.



**Reazione al fuoco:**  
Euroclasse **A2-s1,d0**



**Resistenza all'umidità:**  
**100%** - stabile a qualsiasi livello di umidità relativo dell'aria



**Resistenza agli urti:**  
Secondo il metodo del ball test (norma EN 13964 - app. D), certificata da MFPA Leipzig GmbH

- Acoustichoc sp. 22 mm: classe 3A - I.G. 397099 (vedi pag. 64)
- Acoustichoc sp. 40 mm: classe 2A - I.G. 397100 (vedi pag.64)



**Resa estetica:**  
Velo vetro rinforzato da tessuto di vetro, colore bianco.



**Reazione al fuoco:**  
da **REI 20 a 45** (senza isolamento) da **REI 60 a 120** (nel plenum lana minerale Isover densità 40 kg/m<sup>3</sup>, spess. 160 mm, reaz. al fuoco A1) rif. UNI EN 13381-1 con Assessment Report Efectis + Fascicolo Tecnico I.G.  
**REI 120 -180\*** (in funzione della tipologia di solaio) rif. UNI EN 1365-2 con Rapporto di prova Ist.Giordano e Fasc. Tecnico

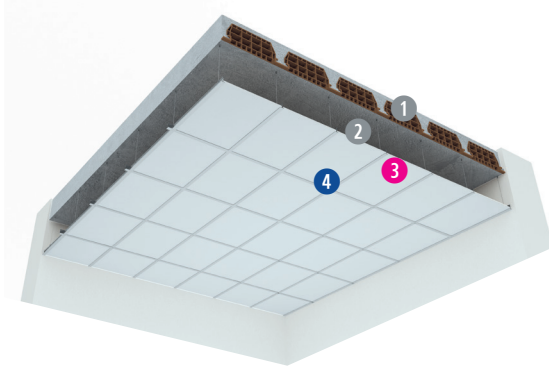
\*solo pannello spess. 22mm



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+ | EPD**

## SOL. N3 - N4 - CONTROSOFFITTO MODULARE IN GESSO RIVESTITO NON FORATO (ATTENUAZIONE LATERALE) PER CONTROSOFFITTO MODULARE GYPREX® ALBA

Spessore: 8 mm | Peso: 6 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **LINETEC PLUS T24** da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:
  - profilo portante int. 1200 mm
  - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
  - profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 1200 mm
  - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- 4 Pannelli Gyproc **GYPREX® ALBA** dimensioni 600x600 mm, reaz. al fuoco B-s1,d0, (bordo A, peso 6 Kg/m<sup>2</sup>)



**Reazione al fuoco:**  
Euroclasse **B-s1,d0**



**Luminosità:**  
Coefficiente di riflessione della luce: **80%**



**Controllo delle particelle nell'aria:**  
ISO 4 secondo la norma ISO 14644-1



**Riflessione della luce:**  
**80%**



**Resa estetica:**

- Faccia a vista rivestita con pellicola in PVC di colore bianco, finitura completamente liscia
- Gloss: da 5 a 7 secondo DIN 67530



**Resistenza all'umidità:**  
**RH 90**, adatto ad ambienti in classe A-B-C secondo norma EN 13964 parte 4.8.4



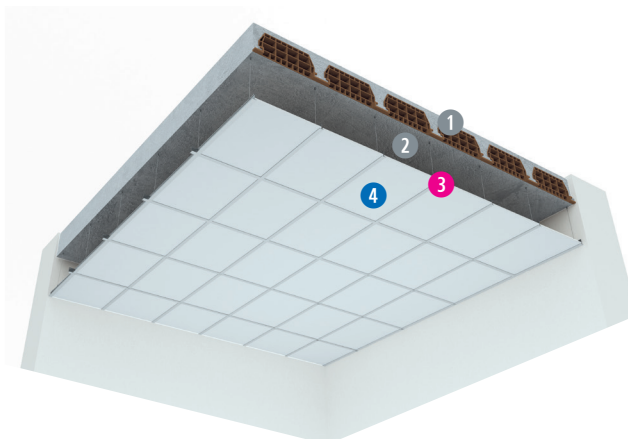
**Assorbimento acustico medio  $\alpha_w$ :**  
**0,10 (L)** plenum 200 mm senza lana minerale  
**0,15 (L)** plenum 200 mm con lana minerale sp. 50 mm



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**EPD**







## SOL. H1 - N1 - N8 - CONTROSOFFITTO MODULARE GYQUADRO ACTIV'AIR® / GYQUADRO A1

Spessore: variabile | Peso: 7,5 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

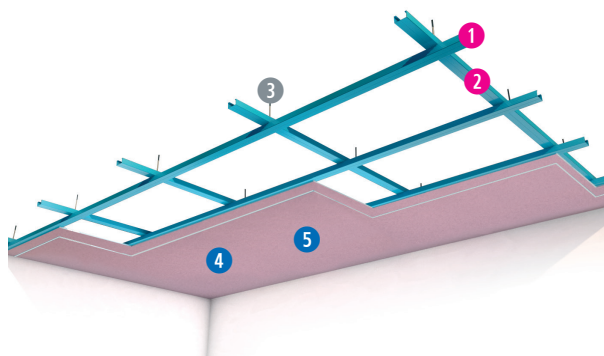
- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **LINETEC PLUS T24** da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:
  - profilo portante int. 1200 mm
  - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
  - profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 1200 mm
  - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- 4 Pannello Gyproc **GYQUADRO Activ'Air® / GYQUADRO A1** (bordo A, peso 7,5 kg/m<sup>2</sup>)
  - sp. 9,5 mm, dimensioni 600x600 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

<p> <b>Resistenza al fuoco:</b> <b>REI 120</b> (solaio latero cemento 200+40 intonacato) I.G. 290877/3382 FR + Rel. tecnica I.G. 321752</p>	<p> <b>Reazione al fuoco:</b> GYQUADRO Activ'Air®: <b>A2-s1,d0</b> GYQUADRO A1: <b>A1</b></p>	<p> <b>Sostenibilità/Qualità aria int.:</b> <b>VOC: Eurofins GOLD   CAM   EPD   Activ'Air®</b></p>	<p> <b>Controllo delle particelle nell'aria:</b> ISO 4 secondo la norma ISO 14644-1</p>
<p> <b>Riflessione della luce:</b> <b>80,5%</b></p>	<p> <b>Resistenza all'umidità:</b> <b>90%</b></p>	<p> <b>Assorbimento acustico medio <math>\alpha_w</math>:</b> <b>0,10 (L)</b> plenum 200 mm senza lana minerale <b>0,15 (L)</b> plenum 200 mm con lana minerale sp. 50 mm</p>	

**NOTA:** utilizzabile in ambienti di classe A-B (umidità relativa superiore al 90% e rischio di condensa secondo norma EN 13964).


## SOL. H1 - CONTROSOFFITTO CONTINUO A MEMBRANA 2x15 F


Spessore: variabile | Peso: 29 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

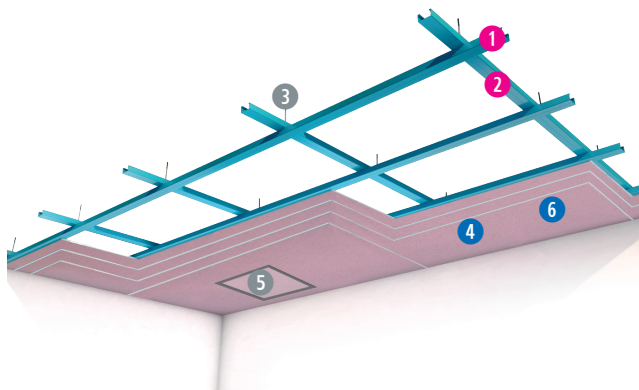
- 1 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 750 mm
- 2 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 400 mm
- 3 Sospensioni mediante pendini in acciaio Ø 4 mm,  
int. max 750 mm
- 4 2 lastre Gyproc **FIRELINE 15**  
(tipo DF, peso 12,7 kg/m<sup>2</sup>) sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0,  
fissate con viti poste ad int. di 200 mm
- 5 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

 **Resistenza al fuoco:**  
**EI 60**  
I.G. 299524/3485 FR

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM**  
**| EPD**


## SOL. H1 - CONTROSOFFITTO CONTINUO A MEMBRANA 4x13 F CON BOTOLA DI ISPEZIONE


Spessore: variabile | Peso: 43 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

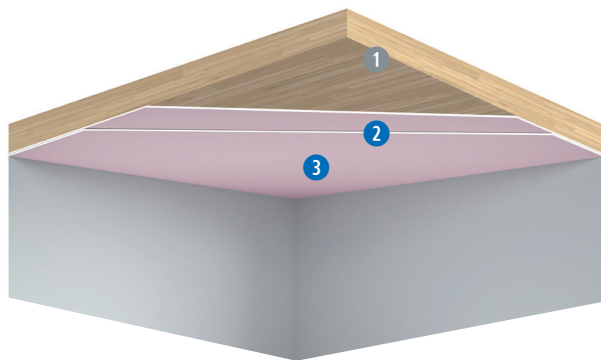
- 1 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 750 mm
- 2 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 400 mm
- 3 Sospensioni mediante pendini in acciaio Ø 4 mm,  
int. max 600 mm
- 4 4 lastre Gyproc **FIRELINE 13**  
(tipo DF, peso 10,1 kg/m<sup>2</sup>) sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0,  
fissate con viti poste ad int. di 200 mm
- 5 Botola di ispezione dimensioni max 400x700 mm
- 6 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

 **Resistenza al fuoco:**  
**EI 120**  
I.G. 345987/3878 FR

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM**  
**| EPD**

## SOL. H1 - CONTROSOFFITTO CONTINUO A PROTEZIONE DI SOLAIO IN XLAM CS.AN 2x13 F - XLAM

Spessore: 25 mm | Peso: 20,5 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- ① Solaio in pannelli in legno XLAM, sp. 160 mm
- ② 2 lastre Gyproc **FIRELINE 13**  
(tipo DF, peso 10,1 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0 avvitate direttamente al solaio mediante viti poste ad int. di 200 mm
- ③ **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta



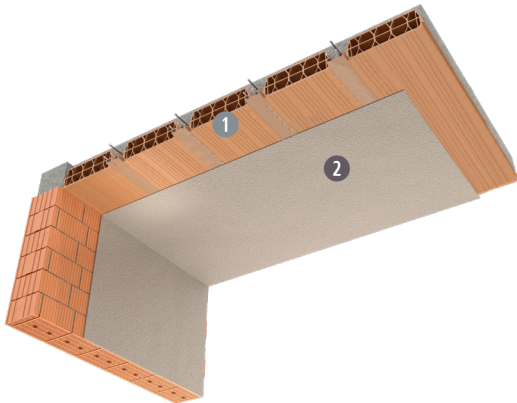
Resistenza al fuoco:  
**REI 120**  
CSI 2177 FR



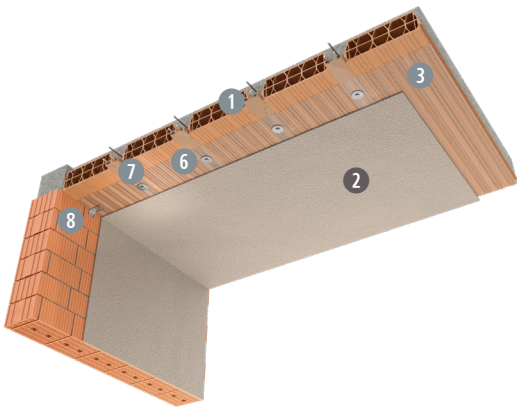
Sostenibilità:  
**VOC: Eurofins GOLD |**  
**CAM | EPD**

## SOL. H1 - M3 - PROTEZIONE DAL FUOCO / ANTISFONDELLAMENTO DI SOLAIO IN LATERO CEMENTO CON INTONACO IGNIVER

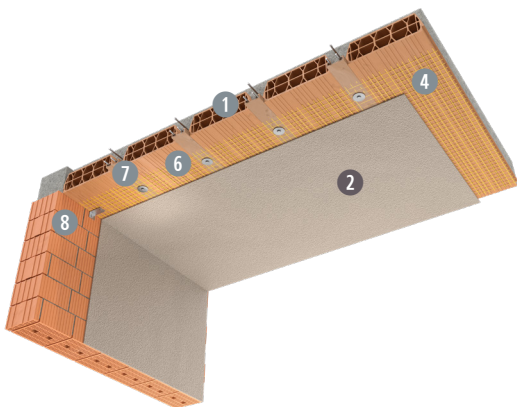
Spessore: 10 mm / 15 mm | Peso: 4 kg/m<sup>2</sup>



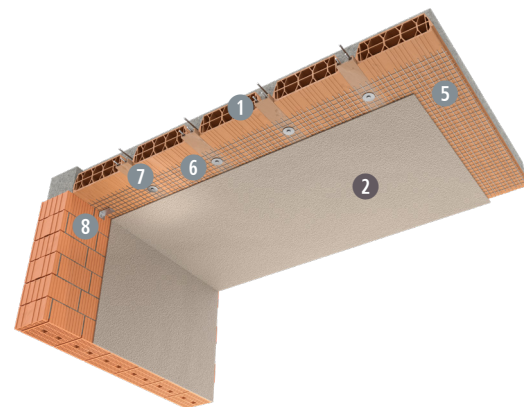
Soluzione A



Soluzione B



Soluzione C



Soluzione D

### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio in latero cemento sp. 160 + 40 mm
- 2 Intonaco protettivo antincendio leggero Gyproc **IGNIVER**, reaz. al fuoco A1
  - sp. 10 mm (REI 180)
  - sp. 15 mm (REI 240)
- 3 Rete portaintonaco in acciaio nervato (Soluzione B) tipo Pernervometal, vincolata in corrispondenza dei travetti (possibilità di pendinatura)
- 4 **webertec** rete250/A (Soluzione C) Rete strutturale in fibra di vetro AR e appretate con PVA, vincolata in corrispondenza dei travetti
- 5 **Gyproc** rete di rinforzo in acciaio (Soluzione D) Rete in filo di acciaio zincato  $\varnothing$  1 mm, maglia 19x19 mm, vincolata in corrispondenza dei travetti
- 6 Tassello in acciaio zincato
- 7 Rondella-flangia in acciaio zincato
- 8 **webertec** angolare Angolare in acciaio zincato per fissare la rete nel raccordo parete-soffitto



**Resistenza al fuoco:**  
Prestazione valida con Soluzioni A - B - C - D  
**REI 180 (sp. 10 mm)**  
LAPI 188/C/16-283 FR  
**REI 240 (sp. 240 mm)**  
I.G. 352504 + F.T. I.G. Igniver



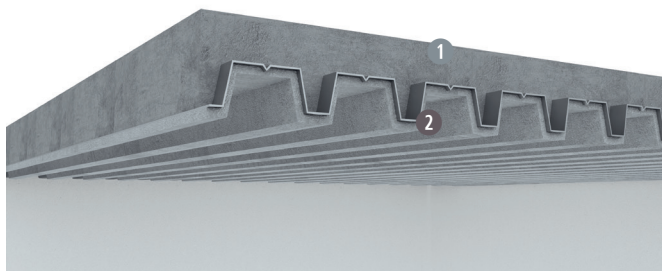
**Sostenibilità:**  
**VOC: Classe A+ | LEED | CAM**  
**| EPD**



**Resistenza al carico da sfondellamento**  
Igniver sp. 15 mm  
I.G. 395111 (Soluzione B - vedi pag. 37-38)  
I.G. 403451 (Soluzione C - vedi pag. 39)  
I.G. 403452 (Soluzione D - vedi pag. 40)

## SOL. H1 - PROTEZIONE DAL FUOCO DI SOLAIO IN LAMIERA GRECATA E SOLETTA COLLABORANTE CON INTONACO IGNIVER

Spessore: variabile | Peso: variabile



### PRODOTTI UTILIZZATI

- ① Solai in lamiera grecata sp. min. 100 mm, esp. al fuoco su 1 lato
- ② Intonaco protettivo antincendio leggero Gyproc **IGNIVER** sp. 11 mm ÷ 24 mm (a seconda della resistenza al fuoco richiesta), reaz. al fuoco A1

NOTA: Possibilità di utilizzo di rete portaintonaco tipo Pernervometal (vedi Fascicolo Tecnico).

Spessori totali della soletta composita (H1+H2) (mm)	Spessore minimo di IGNIVER da applicare (mm) Classificazione REI raggiunta			
	REI 30	REI 60	REI 90	REI 120
100 ÷ 280	11	15	19	24



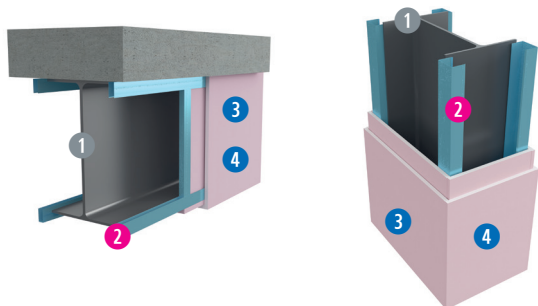
**Resistenza al fuoco:**  
**REI 30 ÷ REI 120**  
A.R. EFACTIS 10-U-042



**Sostenibilità:**  
**VOC: LEED | CAM | EPD**

## SOL. H3 - PROTEZIONE DAL FUOCO DI STRUTTURE IN ACCIAIO CON LASTRE FIRELINE

Spessore: variabile | Peso: variabile



### PRODOTTI UTILIZZATI

- ① Travi e pilastri in acciaio, esp. al fuoco 3 e 4 lati
- ② Struttura metallica:
  - **SOL. 1:** clip in acciaio
  - **SOL. 2:** montanti e guide Gyproc **GYPROFILE** da 50 mm
- ③ Lastre Gyproc **FIRELINE** (tipo DF), sp. 12,5 mm ÷ 40 mm (a seconda della resistenza al fuoco richiesta), reaz. al fuoco A2-s1,d0
- ④ **weberpaint gypsum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta



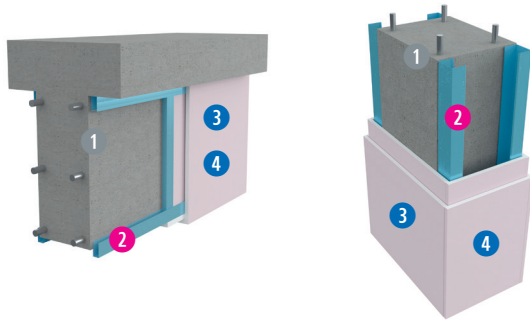
**Resistenza al fuoco:**  
**R 15 ÷ R 180**  
A.R. EFACTIS  
10 - U - 157 A  
10 - U - 157 B



**Sostenibilità:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

## SOL. H3 - PROTEZIONE DAL FUOCO DI STRUTTURE IN C.A. - C.A.P. CON LASTRE FIRELINE

Spessore: variabile | Peso: variabile




### PRODOTTI UTILIZZATI


- 1 Travi e pilastri c.a.-c.a.p., esp. al fuoco 3 e 4 lati
- 2 Struttura metallica: montanti e guide Gyproc **GYPROFILE** della serie 27/48 o da 50 mm
- 3 Lastre Gyproc **FIRELINE** (tipo DF), sp. 12,5 mm ÷ 45 mm (a seconda della resistenza al fuoco richiesta), reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 4 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

### Spessore equivalente di calcestruzzo - lastre FIRELINE

Tipo di struttura in calcestruzzo	Spessore FIRELINE (mm)	Spessore equivalente di calcestruzzo (mm)				
		Durata di esposizione alla curva EN 1363-1 (min)				
		30	60	90	120	180
Travi/Pilastri	1 x 12,5	19	41	53	52	*
	1 x 15	19	44	56	57	*
	2 x 12,5	21	54	66	79	*
	12,5 + 15	21	57	68	84	*
	2 x 15	21	59	71	90	*
	3 x 12,5	22	67	78	106	*
	3 x 15	23	75	86	122	117

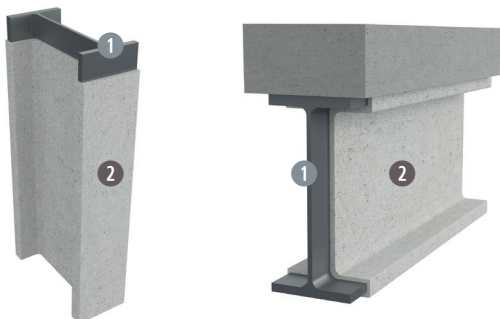
\* durata di esposizione non raggiunta

 **Resistenza al fuoco:**  
**R 30 ÷ R 180**  
A.R. EFECTIS  
11 - U - 320

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

## SOL. H3 - PROTEZIONE DAL FUOCO DI STRUTTURE IN ACCIAIO CON INTONACO IGNIVER


Spessore: variabile | Peso: variabile



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Travi e pilastri in acciaio, esp. al fuoco 3 e 4 lati
- 2 Intonaco protettivo antincendio leggero Gyproc **IGNIVER** sp. 10 mm ÷ 90 mm (a seconda della resistenza al fuoco richiesta), reaz. al fuoco A1

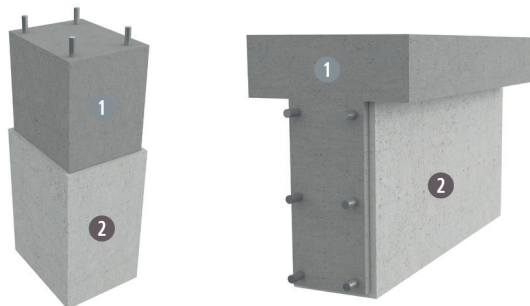
NOTA: Possibilità di utilizzo di rete portaintonaco tipo Pernervometal (vedi Fascicolo Tecnico).

 **Resistenza al fuoco:**  
**R 15 ÷ R 240**  
A.R. EFECTIS  
09 - U - 097 A  
09 - U - 097 B

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Classe A+ | LEED | CAM | EPD**

## SOL. H1 - H3 - PROTEZIONE DAL FUOCO DI STRUTTURE IN C.A. - C.A.P. CON INTONACO IGNIVER

Spessore: variabile | Peso: variabile



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Travi e pilastri in c.a.-c.a.p., esp. al fuoco 3 e 4 lati e solai in c.a.-c.a.p., esp. al fuoco 1 lato
- 2 Intonaco protettivo antincendio leggero Gyproc **IGNIVER**  
sp. 8 mm ÷ 55 mm (a seconda della resistenza al fuoco richiesta), reaz. al fuoco A1

NOTA: Possibilità di utilizzo di rete portaintonaco tipo Pernervometal (vedi Fascicolo Tecnico).

### Spessore equivalente di calcestruzzo - intonaco IGNIVER

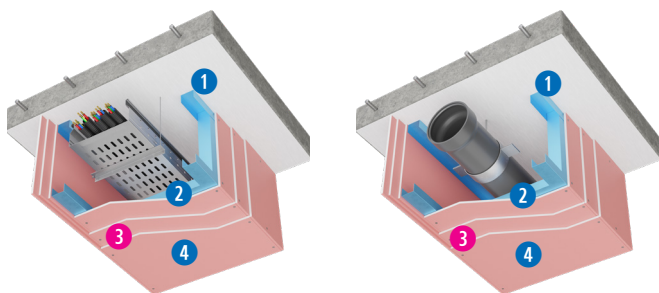
Tipo di struttura in calcestruzzo	Spessore IGNIVER (mm)	Tipo di agente disarmante	Spessore equivalente di calcestruzzo (mm)					
			Durata di esposizione alla curva EN 1363-1 (min)					
			30	60	90	120	180	240
Travi/Pilastri	8	*	32	32	32	*	*	*
	17	*	49	62	63	64	64	*
	55	*	86	104	120	137	158	165
Soletta	7	Olio minerale	28	33	**	**	**	**
		Emulsione	30	37	39	40	**	**
	20	Olio minerale	44	59	66	71	74	74
		Emulsione	49	63	72	78	84	86

\* per entrambi gli agenti disarmanti \*\* durata di esposizione non raggiunta

**Resistenza al fuoco:**  
**R 30 ÷ R 240**  
A.R. EFECTIS  
EFR-16-004356

**Sostenibilità:**  
**VOC: Classe A+ | LEED | CAM**  
**| EPD**

## SOL. S3 - PROTEZIONE DAL FUOCO DI IMPIANTI TECNOLOGICI



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48** avvitati alle guide  
sp. 0,6 mm, int. max 1000 mm VERTICALE
- 2 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48** avvitati alle guide  
sp. 0,6 mm, int. max 1000 mm ORIZZONTALE
- 3 3 lastre Gyproc **FIRELINE 15**  
(tipo DF, peso 12,7 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 4 **weberpaint gysum**  
Idropittura specifica per lastre in gesso rivestito ad applicazione diretta

NOTA: gli spigoli delle rivestimento scatolare sono rinforzati mediante profilo ad angolo in acciaio denominato Gyproc Paraspigoli dimensioni 30x30 mm.

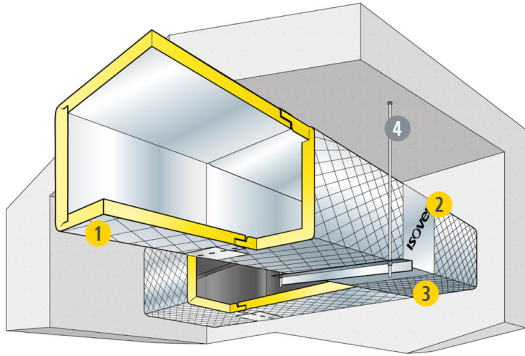
**Resistenza al fuoco:**  
**EI 120** - I.G. 402916/4294 FR

**Tipo di impianti da proteggere:**  
- tubazione in PVC  
- canalina in acciaio con cavi elettrici

**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD**

## SOL. Q - CONDOTTE ARIA PREISOLATE AUTOPORTANTI PER INTERNO ISOVER CLIMAVER®

Spessore: 25 mm | Peso: circa 1,8 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Isovex **CLIMAVER®**
- 2 Isovex **CLIMAVER®** nastro
- 3 Isovex **CLIMAVER®** colla
- 4 Pendinatura classica e disponibilità pendinatura antisismica



### Conduttività termica:

T [°C]	10	20	40	60
$\lambda_D$ [W/(mk)]	0,032	0,033	0,036	0,38



**Reazione al fuoco:**  
Plus R: **B-s1,d0**  
A2 Plus, A2 neto, A2 deco:  
**A2-s1,d0**



**Fonoisolamento:**  
CLIMAVER® A2 neto:  **$R_w = 16$**   
**dB**  
I.G. 351084



**Assorbimento acustico:**  
Plus R, A2 Plus:  **$\alpha_w = 0,35$**   
A2 neto, A2 deco:  **$\alpha_w = 0,85$**



**Resistenza all'azione sismica:**  
Pendinatura antisismica



**Tenuta all'aria:**  
**Classe D** secondo EN 12237



**Resistenza alla pressione:**  
800 Pa



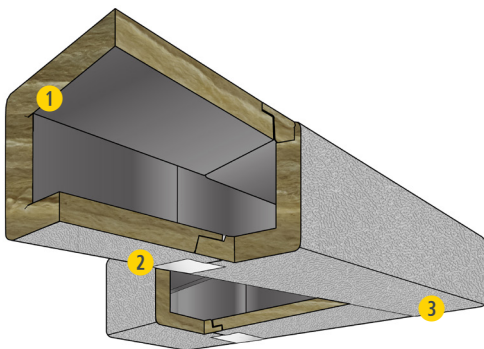
**Sostenibilità:**  
**VOC: Eurofins GOLD (Neto) | CAM | EPD**



**Soluzione per applicazione a vista:**  
Isovex CLIMAVER® A2 deco è disponibile in 5 colori diversi

## SOL. Q - CONDOTTE ARIA PREISOLATE AUTOPORTANTI PER ESTERNO ISOVER CLIMAVER® STAR

Spessore: 40 mm | Peso: circa 2,2 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Isovex **CLIMAVER® STAR**
- 2 Isovex **CLIMAVER®** nastro STAR
- 3 Isovex **CLIMAVER®** colla STAR



**Reazione al fuoco:**  
**B-s1; d0**



**Resistenza ai raggi UV, agenti atmosferici**



**Assorbimento acustico:**  
 **$\alpha_w = 0,90$**



**Tenuta all'aria:**  
**Classe D** secondo EN 12237



**Resistenza alla pressione:**  
800 Pa



**Resistenza alla grandine:**  
I.G. 377868



**Resistenza ai carichi da neve:**  
I.G. 377867



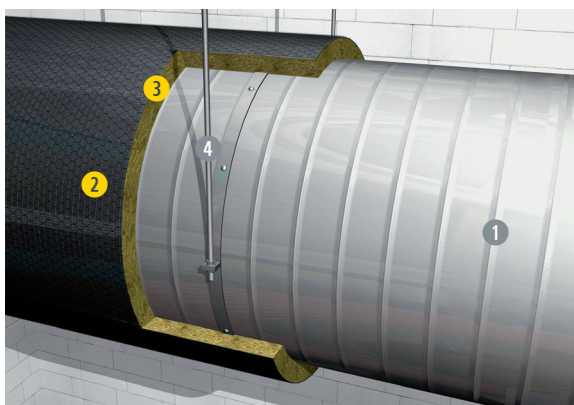
**Resistenza agli urti:**  
I.G. 377869



**Sostenibilità:**  
**VOC: CAM | EPD**

## SOL. S1 - PROTEZIONE DAL FUOCO DI CONDOTTE METALLICHE CIRCOLARI ISOVER U PROTECT WIRED MAT 4.0 ALU1 BLACK

Spessore: variabile | Peso: variabile



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Condotta metallica con spessore minimo della lamiera di 0,7 mm e classe di tenuta all'aria B o superiore
- 2 Isover **U Protect Wired Mat 4.0 Alu1 Black**
- 3 Isover **Protect black** nastro
- 4 Elementi di sospensione

Solo se presenti attraversamenti:

- Isover **Protect BSF**
- Isover **Protect BSK**

Per ulteriori dettagli consultare il manuale di montaggio **U Protect**.

Soluzione completa, valida per condotte di ventilazione ed estrazione fumi, verticali, orizzontali e per la gestione dei relativi attraversamenti.



### Conduttività termica:

T [°C]	10	50	100	150	200	300	400
$\lambda_p$ [W/(mk)]	0,031	0,035	0,040	0,047	0,054	0,072	0,096

Diametro del canale	Classe antincendio				
	EI 15	EI 30	EI 60	EI 90	EI 120
Orizzontale	40	50	75 (80)	100	120 (125*)
Verticale	40	50	75	100	120

I numeri in parentesi indicano lo spessore in mm da usare in caso di strutture leggere. \* In due strati



**Reazione al fuoco:**  
**A1**



**Leggerezza:**  
3 volte più leggero  
delle soluzioni tradizionali



**Sostenibilità:**  
**VOC: M1**



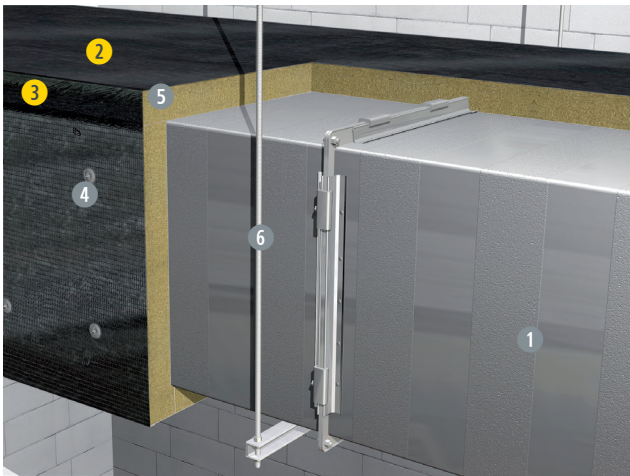
**Resa estetica:**  
Tessuto nero per una finitura  
precisa e gradevole da vedere.  
Nessuna pittura necessaria



**Resistenza al fuoco:**  
**EI 15 ÷ EI 120**  
Soluzioni secondo EN 1366-  
1/8  
Rapp. di prova: ETA 18/0690  
- A.R. PHA10683B

## SOL. S1 - PROTEZIONE DAL FUOCO DI CONDOTTE METALLICHE RETTANGOLARI ISOVER U PROTECT SLAB 4.0 ALU1 BLACK

Spessore: variabile | Peso: variabile



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Condotta metallica con spessore minimo della lamiera di 0,7 mm e classe di tenuta B o superiore
- 2 Isover **U Protect Slab 4.0 Alu1 Black**
- 3 Isover **Protect black** nastro
- 4 Arpioni
- 5 Viti spiriodali
- 6 Elementi di sospensione

Solo se presenti attraversamenti:

- Isover **Protect BSF**
- Isover **Protect BSK**

Per ulteriori dettagli consultare il manuale di montaggio **U Protect**.

Soluzione completa, valida per condotte di ventilazione ed estrazione fumi, verticali, orizzontali e per la gestione dei relativi attraversamenti.



### Conduttività termica:

T [°C]	10	50	100	150	200	300	400
$\lambda_b$ [W/(mk)]	0,031	0,035	0,040	0,047	0,054	0,072	0,096

Diametro del canale	Classe antincendio				
	EI 15	EI 30	EI 60	EI 90	EI 120
Orizzontale	30	40	60 (70)	70 (80)	80 (90)
Verticale	40	50	80	90	100

I numeri in parentesi indicano lo spessore in mm da usare in caso di strutture leggere.



**Reazione al fuoco:**  
**A1**



**Leggerezza:**  
3 volte più leggero  
delle soluzioni tradizionali



**Resa estetica:**  
Tessuto nero per una finitura  
precisa e gradevole da vedere.  
Nessuna pittura necessaria



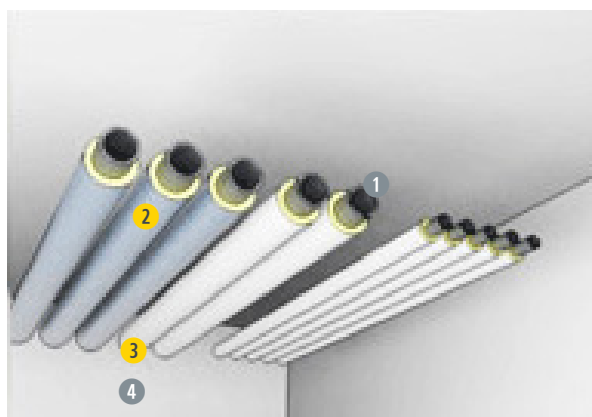
**Sostenibilità:**  
**VOC: M1**



**Resistenza al fuoco:**  
**EI 15 ÷ EI 120**  
Soluzioni secondo EN 1366-  
1/3  
Rapp. di prova: ETA 18/0691 -  
A.R. PHA10683A

## SOL. S2 - PROTEZIONE DAL FUOCO DI TUBI COMBUSTIBILI E NON COMBUSTIBILI ISOVER U PROTECT PIPE SECTION ALU2

Spessore: variabile | Peso: variabile



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Tubo del diametro da 14 mm fino a 110 mm
- 2 Isover **U Protect Pipe Section Alu2**
- 3 Isover **Protect BSK**
- 4 Parete rigida / solaio

Per ulteriori dettagli consultare i rapporti di prova.

### Conduttività termica:

T [°C]	10	50	100	150	200	300	400
$\lambda_D$ [W/(mk)]	0,032	0,037	0,043	0,052	0,062	0,074	0,089

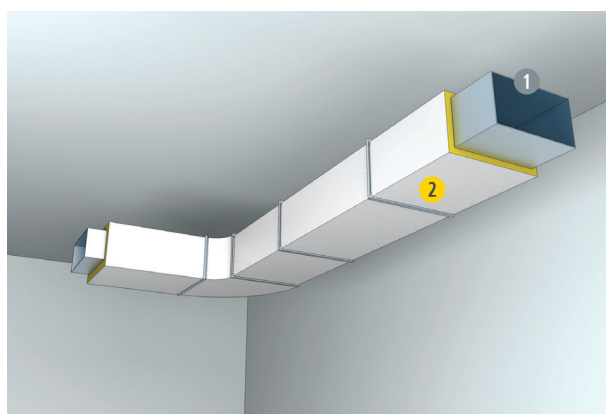
**Reazione al fuoco:**  
**A2<sub>s</sub>-s1,d0**

**Resistenza al fuoco:**  
**EI 120**  
Soluzioni secondo EN 1366-3  
Rapporto di prova: PCA10524A

**Sostenibilità:**  
**VOC: M1**

## SOL. R1 - ISOLAMENTO TERMO-ACUSTICO DI CONDOTTE ISOVER CLIMCOVER ROLL ALU2/B

Spessore: variabile | Peso: variabile



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Condotta aria / acqua
- 2 Isover **Climcover Roll Alu1/2/B**

### CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

- ✓ Efficace barriera al vapore del rivestimento esterno
- ✓ Riduzione delle vibrazioni della struttura metallica
- ✓ Isolamento acustico
- ✓ Isolamento termico

### Conduttività termica:

	T 10°C	T 40°C	T 100°C
Climover Roll Alu1	0,032	0,037	0,049
Climover Roll Alu2	0,035	0,040	0,053
Climover Roll AluB	0,039	0,046	0,064

**Reazione al fuoco:**  
Climcover Roll Alu1: **A1**  
Climcover Roll Alu2: **A2-s1,d0**  
Climcover Roll AluB: **B-s1,d0**

**Sostenibilità:**  
**VOC: M1**

## SOL. R2 - ISOLAMENTO TERMO-ACUSTICO DI TUBAZIONI ISOVER U TECH PIPE SECTION MT 4.0/U PROTECT PIPE SECTION ALU2



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Isover U Tech Pipe Section MT 4.0/  
U Protect Pipe Section Alu2

### CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

- ✓ Efficace barriera al vapore del rivestimento esterno del prodotto rivestito
- ✓ Isolamento acustico
- ✓ Isolamento termico
- ✓ Installazione facile e veloce



#### Conduttività termica:

T [°C]	10	50	100	150	200	250	300
$\lambda_p$ [W/(mk)]	0,032	0,037	0,043	0,052	0,062	0,074	0,089



#### Reazione al fuoco:

U tech Pipe Section MT4.0:

**A1<sub>L</sub>**

U Protect Pipe Section Alu2:

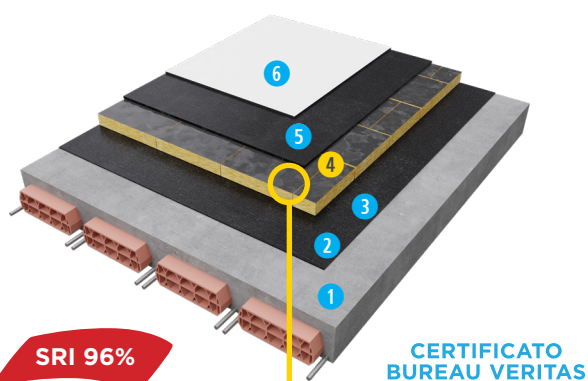
**A2<sub>L</sub>-s1,d0**



#### Sostenibilità:

**VOC: M1**

## SOL. O - SAINT-GOBAIN ROOF SYSTEM CALIFORNIA BT2 COPERTURA PIANA AD ELEVATO SRI E RESISTENTE AL FUOCO ESTERNO



Elevato SRI |  $B_{ROOF}(t2)$

SRI | Post  
invecchiamento 78%

### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 **Bituver EcoPriver**  
Primer bituminoso a base acqua
- 2 **Bituver Aluvapor Tender PA 2 kg / 3 mm**  
Barriera al vapore impermeabile  
(opzionale in base allo studio termoigrometrico)  
**Bituver Bitumat V10 Forato**  
Membrana bituminosa forata
- 3 **Bituver Bitumastic**  
Collante bituminoso per pannelli
- 4 **Isover Superbac Roofine® G3**  
Isolante termoacustico in lana di vetro ad alta densità
- 5 **Bituver S-30 4 mm P**  
Membrana impermeabilizzante elastomerica  
Oppure, come scelta alternativa:  
**Bituver Fleximat 4 mm P**  
Membrana impermeabilizzante elastomerica
- 6 **Bituver Megaver California**  
Membrana impermeabilizzante elastomerica ad alto SRI  
**Certificata  $B_{ROOF}(t2)$**

**Bureau Veritas** Italia ha effettuato un'attestazione tecnica di conformità del sistema impermeabile Saint-Gobain Italia Roof System Mineral Defense T02 alla norma UNI 8178/1:2019 (indicazioni progettuali coperture discontinue)

Spessore isolante

100 mm

80+80 mm

Trasmittanza  
stazionaria  
[W/m<sup>2</sup>K]


Trasmittanza  
periodica  
[W/m<sup>2</sup>K]

Potere  
fonoisolante  
 $R_w$  (dB)

	0,31*	0,05*		56*
	0,20*	0,03*		59*

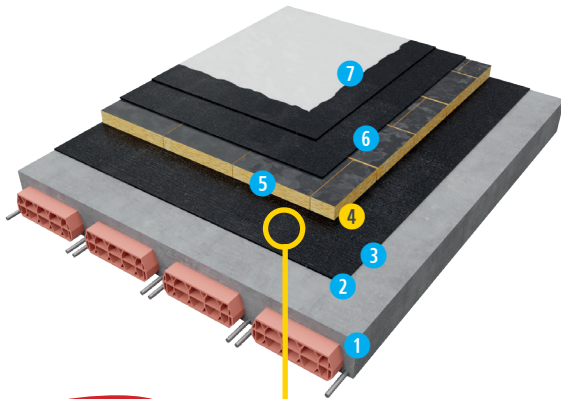
\*Valutazione analitica considerando solaio in latero cemento sp. 180+ 40 mm

 **Sostenibilità:**  
VOC: LEED | CAM | EPD

 **Resistenza al fuoco da  
incendio esterno:**  
 $B_{ROOF}(t2)$

**SRI (indice di riflessione  
solare):**  
**96% (valore conforme al  
decreto CAM e ai protocolli  
volontari)**

## SOL. O - SAINT-GOBAIN ROOF SYSTEM CALIFORNIA WHITE-P COPERTURA PIANA CON RIVESTIMENTO ELASTOPLASTICO AD ELEVATO SRI



SRI 104%

Elevato SRI

CERTIFICATO  
 BUREAU VERITAS

### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 **Bituver EcoPriver**  
Primer bituminoso a base acqua
- 2 **Bituver Aluvapor Tender PA 2 kg / 3 mm**  
Barriera al vapore impermeabile  
(opzionale in base allo studio termoigrometrico)  
**Bituver Bitumat V10 Forato**  
Membrana bituminosa forata
- 3 **Bituver Bitumastic**  
Collante bituminoso per pannelli
- 4 **Isover Superbac Roofline® G3**  
Isolante termoacustico in lana di vetro ad alta densità
- 5 **Bituver M-25 4 mm P**  
Membrana impermeabilizzante elastomerica  
Oppure, come scelta alternativa:  
**Bituver Monoplus 4 mm P**  
Membrana impermeabilizzante elastoplastomerica
- 6 **Bituver M-25 Tex 4 mm P**  
Membrana impermeabilizzante elastoplastomerica  
(opzionale in base allo studio termoigrometrico)  
**Bituver Monoplus Tex 4 mm P**  
Membrana impermeabilizzante elastoplastomerica
- 7 **Bituver California - P**  
Pittura ceramizzata ad altissima riflettanza

**Bureau Veritas** Italia ha effettuato un'attestazione tecnica di conformità del sistema impermeabile Saint-Gobain Italia Roof System Mineral Defense T02 alla norma UNI 8178/1:2019 (indicazioni progettuali coperture discontinue)

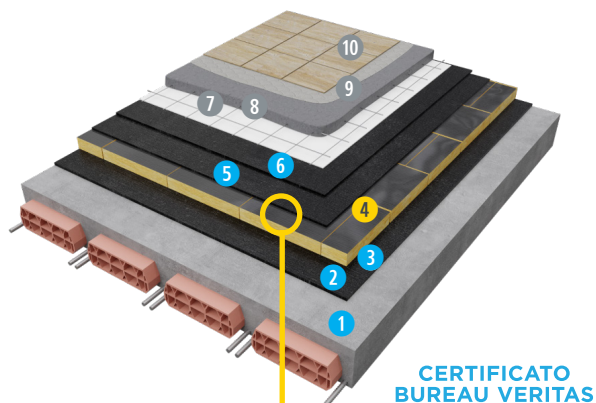
Spessore isolante	Trasmittanza stazionaria [W/m <sup>2</sup> K]	Trasmittanza periodica [W/m <sup>2</sup> K]	Potere fonoisolante R <sub>w</sub> (dB)
100 mm	0,30*	0,05*	56*
80+80 mm	0,20*	0,03*	59*

\*Valutazione analitica considerando solaio in latero cemento sp. 180+ 40 mm

Sostenibilità:  
 VOC: LEED | CAM | EPD

SRI (indice di riflessione solare):  
**104%** (valore conforme al decreto CAM e ai protocolli volontari)

## SOL. O - SAINT-GOBAIN ROOF SYSTEM S-30 FORTE COPERTURA PIANA PEDONABILE AD ELEVATE RESISTENZE MECCANICHE



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Bituver EcoPriver**  
Primer bituminoso a base acqua
- 2 Bituver Aluvapor Tender PA 2 kg / 3 mm**  
Barriera al vapore impermeabile  
(opzionale in base allo studio termoigrometrico)  
**Bituver Bitumat V10 Forato**  
Membrana bituminosa forata
- 3 Bituver Bitumastic**  
Collante bituminoso per pannelli
- 4 Isover Superbac Roofline® G3**  
Isolante termoacustico in lana di vetro ad alta densità
- 5 Bituver S-30 4 mm P**  
Membrana impermeabilizzante elastomerica  
Oppure, come scelta alternativa:  
**Bituver Fleximat 4 mm P**  
Membrana impermeabilizzante elastoplastomerica
- 6 Bituver S-30 4 mm P**  
Membrana impermeabilizzante elastoplastomerica  
(Oppure, come scelta alternativa)  
**Bituver Fleximat 4 mm P**  
Membrana impermeabilizzante elastoplastomerica
- 7 weberplan MR81**  
Sottofondo cementizio premiscelato
- 8 weberdry elasto 1 top**  
Guaina impermeabilizzante elasto-cementizia
- 9 PAVIMENTAZIONE IN PIASTRELLE DI GRES posata su uno strato di webercol UltraGres 400**  
Adesivo cementizio deformabile ad elevata capacità bagnante  
(Oppure, come scelta alternativa)  
**webercol ProGres Top S1**  
Adesivo cementizio a deformabilità migliorata e resistente all'immersione
- 10 webercolor premium**  
Stucco decorativo cementizio colorato ad alte prestazioni, idrorepellente, anti-macchia

**Bureau Veritas** Italia ha effettuato un'attestazione tecnica di conformità del sistema impermeabile Saint-Gobain Italia Roof System Mineral Defense T02 alla norma UNI 8178/1:2019 (indicazioni progettuali coperture discontinue)

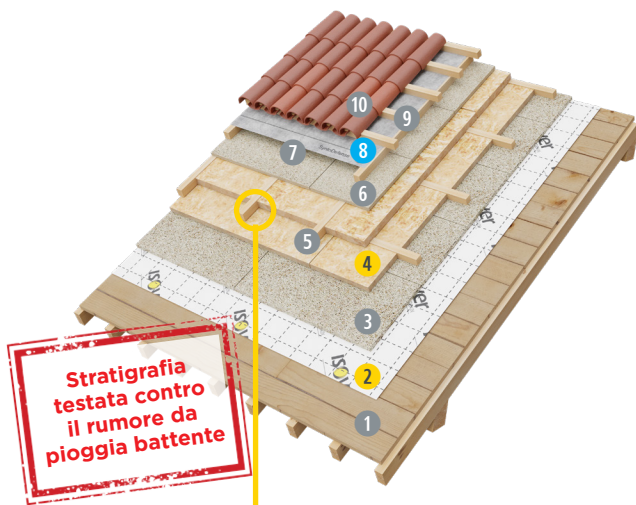
Spessore isolante	Trasmittanza stazionaria [W/m <sup>2</sup> K]	Trasmittanza periodica [W/m <sup>2</sup> K]	Potere fonoisolante R <sub>w</sub> (dB)
100 mm	0,31*	0,05*	56*
80+80 mm	0,20*	0,03*	59*

\*Valutazione analitica considerando solaio in latero cemento sp. 180+ 40 mm



Sostenibilità /Qualità aria  
int.:  
VOC: LEED | CAM | EPD

## SOL. O - COPERTURA A FALDA VENTILATA: STRUTTURA IN LEGNO, DOPPIO STRATO DI ISOLANTE $\lambda$ 32 (DOPPIO OSB)



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Assito in legno in perline di abete sp. 20 mm
- 2 Isover **VARIO® Xtra**  
Freno al vapore e telo di tenuta all'aria
- 3 Pannelli OSB sp. 19 mm (opzionale)
- 4 Isover **T-70**  
Isolante termo-acustico in lana minerale
- 5 Listelli di contenimento del materiale isolante 50 x 60/80 mm
- 6 Pannelli OSB sp. 19 mm (opzionale)
- 7 Listelli di ventilazione in abete 40 x 50 mm
- 8 Isover **Syntolight 170**  
Telo sottotegola
- 9 Listelli portategole in abete 30 x 50 mm
- 10 Tegole di peso indicativo 20 Kg/m<sup>2</sup>

**Bureau Veritas** Italia ha effettuato un'attestazione tecnica di conformità del sistema impermeabile Saint-Gobain Italia Roof System Mineral Defense T02 alla norma UNI 8178/1:2019 (indicazioni progettuali coperture discontinue)

Spessore isolante	Trasmittanza stazionaria [W/m <sup>2</sup> K]	Trasmittanza periodica [W/m <sup>2</sup> K]	Isolamento acustico di facciata D <sub>2m,n,T,w</sub> (dB)	Potere fonoisolante R <sub>w</sub> (dB)	Rumorosità da pioggia pesante L <sub>i</sub> (dB)
Isover <b>T-70</b> (sp. 60+60 mm)	0,22**	0,12**	43*	51**	33***
Isover <b>T-70</b> (sp. 80+80 mm)	0,18**	0,10**	45**	53***	30***

\* Rapporto di prova ITC - CNR 5166

\*\* Valutazione analitica

\*\*\* Rapporto di prova I.G.

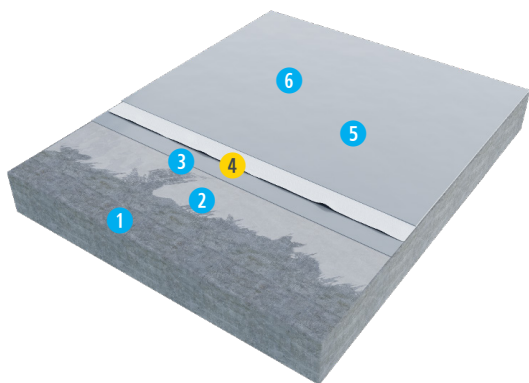


Sostenibilità:  
VOC: Eurofins GOLD | CAM | EPD



Reazione al fuoco:  
Isover T-70: A1

## SOL. O - WEBERDRY PUR SYSTEM PROTECTION T4 IMPERMEABILIZZAZIONE CON MEMBRANA POLIURETANICA LIQUIDA AD ALTO SRI PER COPERTURE B<sub>ROOF</sub> (t4)



### PRODOTTI UTILIZZATI

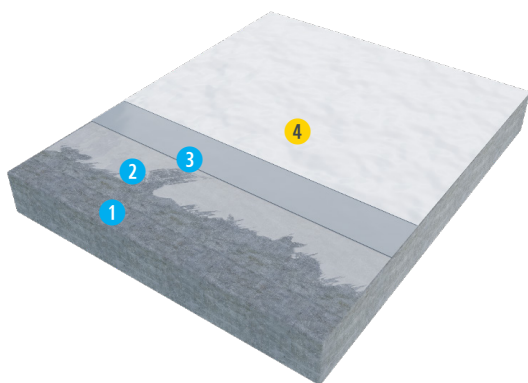
- 1 Substrato
- 2 **weberprim EP 2K**  
Primer bicomponente epossidico a base acqua
- 3 **weberdry PUR seal**  
Membrana monocomponente altamente elastica
- 4 **weberdry fabric**  
Tessuto-non-tessuto di rinforzo
- 5 **weberdry PUR seal**  
Membrana monocomponente altamente elastica
- 6 **weberdry PUR coat**  
Rivestimento monocomponente, elastico, alifatico, colorato (facoltativo)

Sostenibilità:  
CAM

Resistenza al fuoco da  
incendio esterno:  
B<sub>ROOF</sub> (t4) (senza Top Coat)

SRI (indice di riflessione solare):  
107% (valore conforme al decreto  
CAM e ai protocolli volontari)

## SOL. O - WEBERDRY PUR SYSTEM SMART ROOF IMPERMEABILIZZAZIONE CON MEMBRANA POLIURETANICA LIQUIDA AD ALTO SRI PER COPERTURE PEDONALI



### PRODOTTI UTILIZZATI

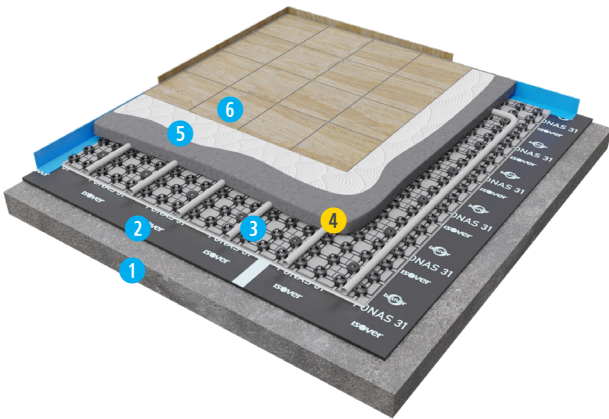
- 1 Substrato
- 2 **weberprim EP 2K**  
Primer bicomponente epossidico a base acqua
- 3 **weberdry PUR seal**  
Membrana monocomponente altamente elastica
- 4 **weberdry PUR coat**  
Rivestimento monocomponente, elastico, alifatico, colorato

Sostenibilità:  
CAM

SRI (indice di riflessione solare):  
107% (valore conforme al decreto  
CAM e ai protocolli volontari)

Alta pedonalità

## SOL. P - SOLAIO INTERPIANO CON IMPIANTO RADIANTE A BASSO SPESSORE PER GRES



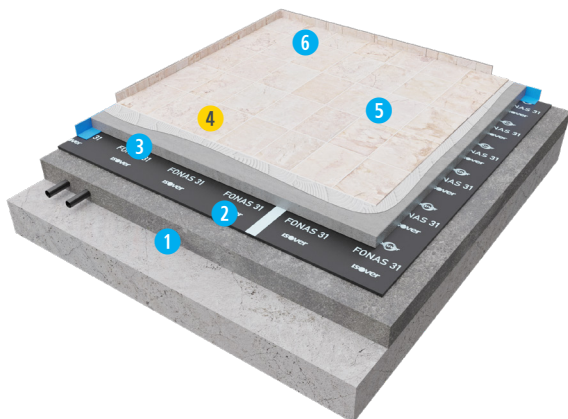
### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Substrato
- 2 Bituver **Fonas 31**  
Feltro in fibre di poliestere accoppiato ad una membrana bituminosa munita di cimosa con banda autoadesiva per sigillatura delle giunzioni
- 3 Impianto radiante a basso spessore
- 4 **weberfloor alfa 300**  
Massetto fluido autolivellante a base di gesso alfa naturale, ad altissime prestazioni
- 5 PAVIMENTAZIONE IN PIASTRELLE DI GRES posata su uno strato di **webercol UltraGres 400**  
Adesivo cementizio deformabile ad elevata capacità bagnante
- 6 **webercolor premium**  
Stucco decorativo cementizio colorato ad alte prestazioni, idrorepellente, anti-macchia



Sostenibilità:  
EPD per weberplan MR81  
CAM per UltraGres 400  
VOC: Eurofins Gold

## SOL. P - SOLAIO INTERPIANO - PAVIMENTO AD ELEVATO ISOLAMENTO TERMO-ACUSTICO



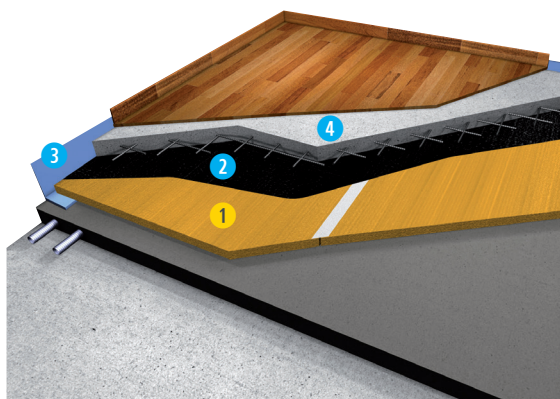
### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 **weberplan IsoLight250**  
Sottofondo da riempimento alleggerito e termoisolante
- 2 Bituver **Fonas 31**  
Feltro in fibre di poliestere accoppiato ad una membrana bituminosa munita di cimosa con banda autoadesiva per sigillatura delle giunzioni  
Oppure, come scelta alternativa:  
**Isover Ekosol N 4+**  
Isolante termoacustico in lana di vetro per rumori da calpestio
- 3 **weberplan MR81**  
Sottofondo cementizio premiscelato ad alta resistenza meccanica
- 4 PAVIMENTAZIONE IN PIASTRELLE DI GRES posata su uno strato di **webercol UltraGres 400**  
Adesivo cementizio deformabile ad elevata capacità bagnante  
Oppure, come scelta alternativa:
- 5 **webercol ProGres Top S1**  
Adesivo cementizio a deformabilità migliorata e resistente all'immersione
- 6 **webercolor premium**  
Stucco decorativo cementizio colorato ad alte prestazioni, idrorepellente, anti-macchia



Sostenibilità:  
EPD per weberplan MR81  
CAM per UltraGres 400  
VOC: Eurofins Gold

## SOL. P - SOLAIO INTERPIANO - PAVIMENTO GALLEGGIANTE AD ELEVATO ISOLAMENTO TERMO-ACUSTICO



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Isover **Ekosol N 4+**  
Pannello in lana di vetro senza rivestimenti
- 2 Bituver **Bitulan**  
Cartonfeltro bitumato cilindrico o ricoperto, costituito da carta feltro impregnata con bitume distillato
- 3 Bituver **Perisol L**  
Accessori di desolidarizzazione fondamentali, autoadesivi in polietilene espanso a celle chiuse
- 4 Massetto **weberplan MR81**

Trasmittanza stazionaria  $U < 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Struttura solaio	Spessore massetto	Soluzione	Misura in opera $L'_{nw}$ (dB)
Latero cemento 20+4 cm	3 cm	Isover Ekosol N 4+ sp. 20 mm	47
Latero cemento 20+5 cm	5 cm	Isover Ekosol N 4+ sp. 20 mm	59

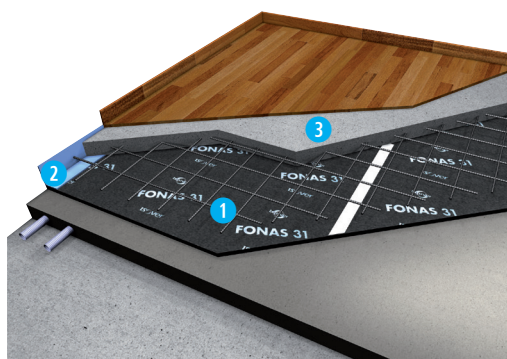


Sostenibilità/Qualità aria int.:  
VOC: Eurofins GOLD  
CAM | EPD



Reazione al fuoco:  
A2<sub>FL</sub>-s1 (Isover Ekosol N 4+)

## SOL. P - SOLAIO INTERPIANO - PAVIMENTO GALLEGGIANTE AD ELEVATO ISOLAMENTO ACUSTICO



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Bituver **Fonas 31**  
Feltro in fibre di poliestere accoppiato ad una membrana bituminosa munita di cimosa con banda autoadesiva per sigillatura della giunzioni
- 2 Bituver **Perisol L**  
Accessori di desolidarizzazione fondamentali, autoadesivi in polietilene espanso a celle chiuse
- 3 Massetto **weberplan MR81**

Struttura solaio	Spessore massetto	Soluzione	Misura in opera $L'_{nw}$ (dB)
Latero cemento 20+4 cm	5 cm	Bituver Fonas 31	57
Latero cemento 24+4 cm	7 cm	Bituver Fonas 31	59

# 10. REFERENZE DI EDILIZIA SCOLASTICA

Da qualche anno è in atto una vera e propria rivoluzione che coinvolge l'edilizia scolastica, sia nelle nuove costruzioni che nella riqualificazione e nel recupero degli edifici esistenti.

Progettisti, tecnici, amministrazioni pubbliche ed imprese pongono sempre maggiore attenzione ad aspetti precedentemente ignorati o sottovalutati, come quelli legati alla sostenibilità ambientale, al risparmio energetico, alla sicurezza, al benessere indoor e alla qualità dell'aria interna.

Oggi progettare una scuola significa confrontarsi con un nuovo modo di costruire, finalizzato ad assicurare elevate performance nel rispetto del territorio e delle sempre più stringenti normative.

Da un lato il tema della **sicurezza**, legato principalmente alle **prestazioni antisismiche** degli edifici, al pericoloso fenomeno dell'**antisfondellamento** dei solai ed alla **prevenzione degli incendi**. Dall'altro la necessità di raggiungere il massimo **comfort abitativo**, ormai divenuto un aspetto centrale in questo settore e direttamente collegato al corretto **isolamento termico** degli involucri edilizi, alle elevate **prestazioni acustiche** di pareti e controsoffitti e al **controllo della luce naturale**, da filtrare adeguatamente tramite superfici vetrate isolanti ed altamente selettive.

Il tutto con soluzioni specifiche capaci di personalizzare gli spazi interni e di migliorare la **qualità dell'aria**, senza incidere negativamente sull'ambiente ed in grado di ridurre il fabbisogno energetico degli edifici, consentendo un reale contenimento dei consumi.

Anche in questo speciale, come in quelli precedentemente pubblicati, vengono presentate alcune recenti realizzazioni eseguite con il fondamentale contributo offerto da Saint-Gobain Italia che, grazie all'accorpamento di diversi marchi noti nel mercato delle costruzioni, oggi può affermarsi come azienda leader anche nel campo dell'edilizia scolastica.

**Gli interventi esposti si contraddistinguono per l'ampio ventaglio di tecniche costruttive e scelte architettoniche adottate** e sono differenti per tipologia di intervento, area geografica e dimensione: dalle riqualificazioni energetiche di complessi esistenti a nuovi edifici scolastici costruiti in aree sismiche, dalle ristrutturazioni di istituti situati in grandi palazzi storici a piccoli ma fondamentali progetti di correzione acustica.

Scansiona o clicca  
sul QR Code per  
visualizzare lo speciale  
di edilizia scolastica



## SCUOLA PRIMARIA “TINA ANSELMI” MARCON (VE)



### Prodotti Saint-Gobain Italia utilizzati:

#### Controsoffitti:

Ecophon Gedina™ A - Ecophon Super G™ B -  
Ecophon Advantage™ A T24 - Ecophon Akutex T™  
- Ecophon Akutex FT™

#### Isolamento termo-acustico:

Isover AcustiPAR 4+

#### Pareti e contropareti a secco:

Gyproc Gyprofile - Gyproc Wallboard - Gyproc  
Hydro - Gyproc Lisaplaq - Gyproc Duragyp Activ'Air®

#### Sistemi fonoassorbenti a parete:

Ecophon Akusto™ Wall A

#### Sistemi fonoassorbenti indipendenti:

Ecophon Solo™ Circle - Ecophon Solo™ Baffle

L'edificio che ospita la scuola primaria “Tina Anselmi” di Marcon, situato in prossimità dell'esistente scuola dell'infanzia con l'obiettivo di realizzare un nuovo civic center che contribuisca allo sviluppo del tessuto urbano circostante, è progettato per accogliere fino a 540 alunni ed è composto da 20 aule e da diversi spazi complementari dedicati ad attività scolastiche e parascolastiche, quali biblioteca, refettorio, palestra e varie classi interciclo.

[Consulta la scheda completa dell'intervento su GalleryLive.it](https://www.gallerylive.it)



## SCUOLA DELL'INFANZIA, QUARTIERE SAN PAOLO CUNEO (CN)



**Prodotti Saint-Gobain Italia utilizzati:**

**Controsoffitti:**

Gyproc Gyptone Big Line 6 Activ'Air®

**Intonaci, rasanti e malte adesive:**

Gyproc Glasroc® X Skim

**Isolamento termo-acustico:**

Isover Arena32

**Pareti e contropareti a secco:**

Gyproc Gyprofile – Gyproc External Profile Zn-Mg – Gyproc DuraGyp Activ'Air® – Gyproc Habito® Forte – Gyproc Habito Activ'Air® – Gyproc Hydro – Gyproc Lisafiam – Gyproc Fireline

**Pitture e rivestimenti:**

webercote siloxcover R – weberprim RC14

**Sistemi a secco per esterno:**

Gyproc Glasroc® X

Costruito in sostituzione del vecchio complesso scolastico "Fillia" – ritenuto ormai inadatto alle esigenze didattiche sia per dimensioni che per caratteristiche architettoniche – il nuovo edificio che ospita la scuola dell'infanzia nel quartiere San Paolo di Cuneo si sviluppa su una superficie di quasi mille metri quadrati, distribuiti su un unico piano.

[Consulta la scheda completa dell'intervento su GalleryLive.it](https://www.gallerylive.it)



## SCUOLA DELL'INFANZIA "SAN NICOLÒ" SELARGIUS (CA)



### Prodotti Saint-Gobain Italia utilizzati:

#### Controsoffitti:

Eurocoustic Tonga A22

#### Impermeabilizzanti:

Bituver Polimat Mineral TF

#### Isolamento termo-acustico:

Isover SUPERBAC Roofine® G3 - Isover IBR N 4+ -  
webertherm comfort G3 - webertherm LV034

#### Mastice bituminoso

Bituver Bitumastic

#### Pitture e rivestimenti:

webercote siloxcover R

Una serie di interventi di retrofitting realizzati presso la scuola di Via Canova a Selargius hanno permesso di correggere acusticamente gli spazi interni e di riqualificare energeticamente l'involucro edilizio esistente, risalente agli anni '80 del secolo scorso.

[Consulta la scheda completa dell'intervento su GalleryLive.it](#)



## H-FARM CAMPUS RONCADE (TV)



**Prodotti Saint-Gobain Italia utilizzati:**

**Pareti e contropareti a secco:**

Gyproc DuraGyp Activ'Air® - Gyproc Habito® Forte  
- Gyproc Hydro - Gyproc Rigitone® ClimaTop 12/25  
Activ'Air® - Gyproc Vapor - Gyproc Wallboard -

**Isolamento termo-acustico:**

Isover PAR 4+ - Isover Arena34

Con l'apertura del nuovo H-FARM Campus prende forma il grande progetto di ampliamento del quartier generale a Ca' Tron, che diventa così il più grande ed importante polo di innovazione a livello europeo, nato per supportare la creazione di nuovi modelli d'impresa e la formazione, in un'ottica digitale, delle aziende e dei giovani.

[Consulta la scheda completa dell'intervento su GalleryLive.it](https://www.gallerylive.it)





# METTIAMO IL FUTURO IN COSTRUZIONE

**70%**

di prodotti realizzati  
con materiali riciclati  
fino al 70%

Rete tecnico-commerciale

**250**

professionisti  
presenti in maniera  
capillare sul territorio  
italiano

**1 prodotto su 4**

non esisteva 5 anni fa

Obiettivo

**carbon  
neutrality**

entro il 2050

**90%**

dei materiali prodotti  
in Italia

- Design e innovazione
- Risparmio energetico
- Comfort termico e acustico
- Protezione dal fuoco
- Sicurezza e antisismica

Saint-Gobain, da oltre 360 anni leader nella produzione di soluzioni per l'edilizia, offre un'ampia scelta di materiali a basso impatto ambientale realizzati per migliorare la qualità della vita, rispettando il pianeta.





**SAINT-GOBAIN ITALIA S.P.A.**

Via Giovanni Bensi, 8  
20152 Milano  
[www.saint-gobain.it](http://www.saint-gobain.it)  
[sg-italia@saint-gobain.com](mailto:sg-italia@saint-gobain.com)