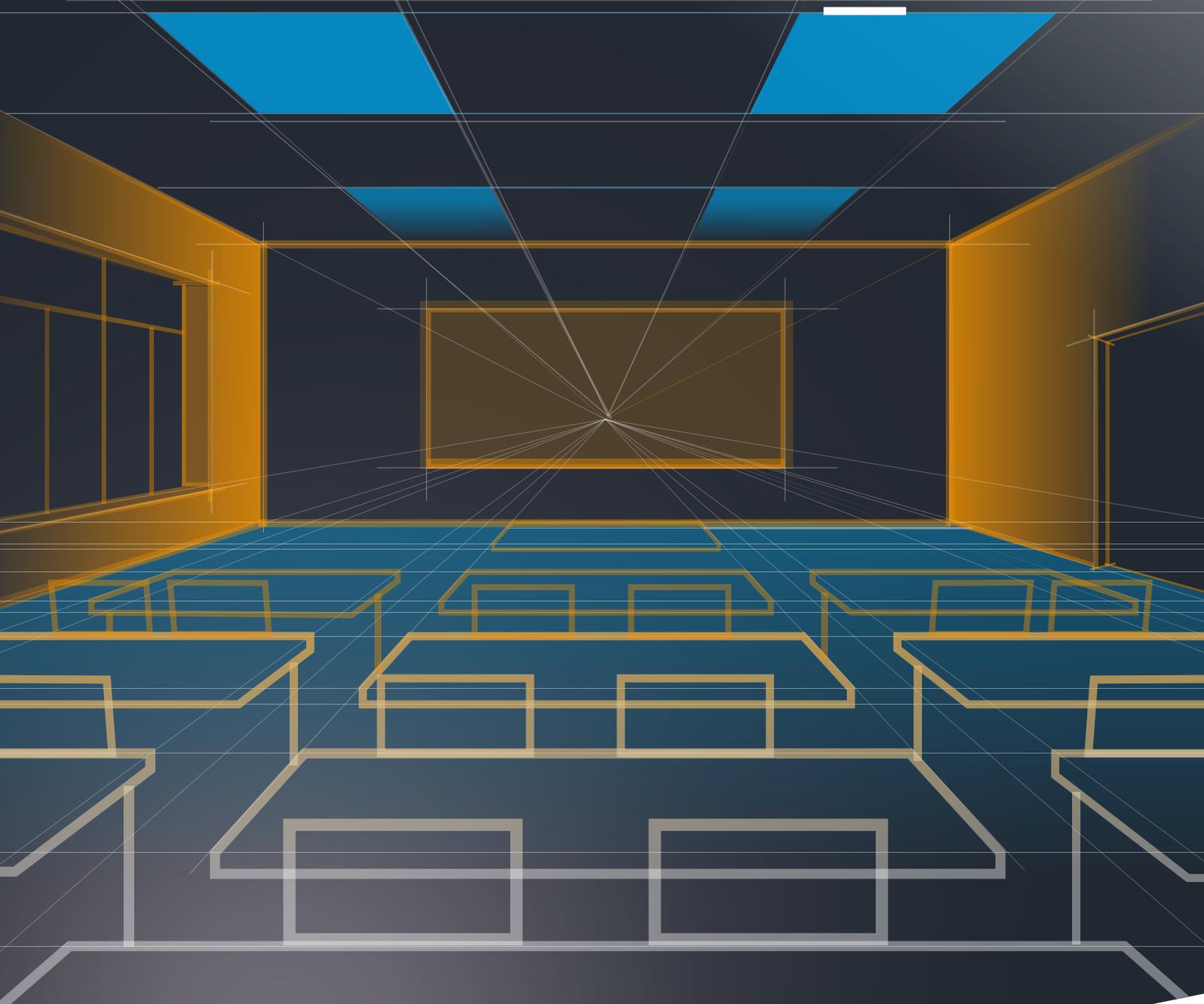


# Manuale Tecnico per l'Edilizia Scolastica

Progettare Sicurezza e Comfort  
con le soluzioni Saint-Gobain



# METTIAMO IL FUTURO IN COSTRUZIONE

## INNOVAZIONE

# 1 su 4

il 25% dei prodotti venduti oggi  
non esisteva 5 anni fa

- Comfort termico e acustico
- Risparmio energetico
- Sicurezza antisismica
- Protezione dal fuoco
- Estetica e qualità dell'aria
- Posa sicura, facile e veloce

## STORIA

# 350

anni di esperienza  
e continua evoluzione  
tecnologica

## SOSTENIBILITÀ

# 70%

dei prodotti è realizzato  
con materiale riciclato,  
fino all'80%

## RETE COMMERCIALE

# 250

professionisti presenti in  
maniera capillare sul  
territorio italiano

Tecnologie globali all'avanguardia, soluzioni multimateriali prodotte per il 90% in Italia, assistenza tecnica e formazione continua. **Saint-Gobain** ti offre tutto quello che serve per migliorare il benessere nei tuoi spazi di vita.



# INDICE

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2. PROTOCOLLI E STANDARD DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE .....</b>	<b>6</b>
2.1. Lo standard LEED .....	10
2.2. Il sistema BREEAM .....	11
2.3. Il protocollo WELL.....	12
2.4. Il decreto CAM .....	13
2.5. Lana di vetro: sfatiamo i falsi miti .....	14
<b>3. QUALITÀ DELL'ARIA E DEGLI AMBIENTI INTERNI .....</b>	<b>16</b>
<b>4. SICUREZZA: ELEMENTI SECONDARI.....</b>	<b>24</b>
4.1. Lo sfondellamento del solaio .....	24
4.1.1. Soluzioni a secco.....	25
4.1.2. Soluzioni tradizionali.....	30
4.2. Il ribaltamento delle tamponature.....	32
<b>5. SICUREZZA: SOLUZIONI PER LA SISMO-RESISTENZA .....</b>	<b>35</b>
5.1. Sistemi a secco.....	36
5.1.1. Pareti divisorie-pareti perimetrali.....	36
5.1.2. Controsoffitti.....	37
5.2. Consolidamento e rinforzo strutturale .....	38
5.2.1. Sistemi FRCM-CRM-CFRP .....	38
5.2.2 Linea guida di qualificazione e di progettazione.....	40
5.3. Impianti.....	41
<b>6. SICUREZZA: PREVENZIONE INCENDI.....</b>	<b>43</b>
6.1. Reazione al fuoco .....	44
6.2. Resistenza al fuoco.....	45
6.3. Incendi esterni delle coperture .....	46
<b>7. SICUREZZA: RESISTENZA MECCANICA E ATTREZZABILITÀ SISTEMI .....</b>	<b>47</b>
7.1. Portata dei carichi attrezzabilità dei sistemi .....	47
7.2. Resistenza agli urti.....	48
7.2.1. Sistemi a secco .....	48
7.2.2. Sistemi di isolamento a cappotto .....	49

7.2.3. Condotte di ventilazione .....	50
7.2.4. Involucro trasparente e vetri per interni .....	51
7.3. Resistenza alla grandine .....	52
7.3.1. Condotte di ventilazione.....	52
7.3.2. Sistemi di isolamento a cappotto .....	52
7.3.3. Membrane impermeabilizzanti.....	52
7.4. Resistenza al carico da neve.....	53
<b>8. ACUSTICA: ISOLAMENTO DAL RUMORE .....</b>	<b>54</b>
8.1. Rumori aerei - fonoisolamento.....	55
8.2. Protezione acustica rispetto al rumore esterno .....	56
8.3. Rumori d'urto - livello di rumore da calpestio.....	57
8.4. Condotte di ventilazione.....	58
8.4.1. Scelta della tipologia costruttiva delle condotte aerauliche.....	58
8.5. La progettazione acustica di ambienti didattici secondo la nuova norma UNI 11532-2:2020 .....	62
8.6. La normativa acustica sull'edilizia scolastica in Italia, la nuova UNI 11532-2 .....	63
8.7. Norma UNI 11532-2: requisiti e criteri di progettazione acustica .....	65
8.8. Casi di studio .....	78
<b>9. ISOLAMENTO TERMICO.....</b>	<b>99</b>
<b>10. SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER I TUOI PROGETTI .....</b>	<b>104</b>
<b>11. REFERENZE DI EDILIZIA SCOLASTICA .....</b>	<b>153</b>

# Manuale Tecnico per l'Edilizia Scolastica

Progettare Sicurezza e Comfort  
con le soluzioni Saint-Gobain Italia

---



# 1. INTRODUZIONE

I dati e le informazioni contenute nell'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica, presente sul portale del MIUR, Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, dimostrano la gravità della 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 trance 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

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.

## 2. PROTOCOLLI E STANDARD DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

# SAINT-GOBAIN DA OLTRE 350 ANNI ABITIAMO IL FUTURO



Fondati come Manufacture Royale de Glaces nel 1665 da Luigi XIV, il Re Sole, siamo una delle più antiche aziende manifatturiere del mondo. Oggi sviluppiamo materiali di nuova generazione e soluzioni integrate per il mondo dell'edilizia con un unico obiettivo: rendere più confortevoli e sostenibili gli "spazi dell'abitare" per contribuire al benessere delle persone e alla salvaguardia del pianeta.

SIAMO TRA LE PRIME  
**100 AZIENDE PIÙ  
SOSTENIBILI AL MONDO**  
SECONDO LA CLASSIFICA  
DEL WALL STREET JOURNAL

**70**

I PAESI IN  
CUI SIAMO  
PRESENTI



DIAMO SPAZIO ALL'INNOVAZIONE

PER IL DECIMO ANNO CONSECUTIVO SIAMO  
RICONOSCIUTI COME **UNA DELLE 100  
AZIENDE PIÙ INNOVATIVE DEL MONDO**



**8** I NOSTRI CENTRI DI RICERCA

**400** I BREVETTI

**450Mln €** GLI INVESTIMENTI IN RICERCA  
E SVILUPPO NELL'ULTIMO ANNO



*Saint-Gobain sviluppa,  
produce e distribuisce  
materiali e soluzioni pensati  
per il benessere di ciascuno  
e per il futuro di tutti.*

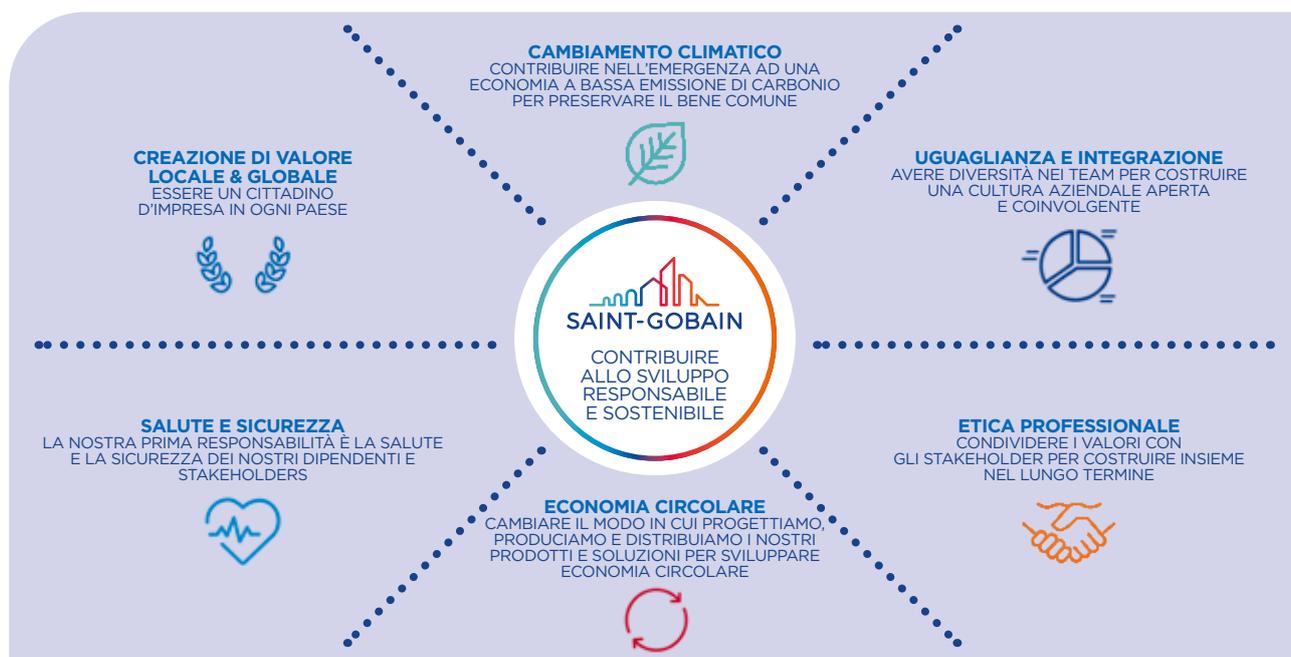


# I VALORI DEL GRUPPO SAINT-GOBAIN

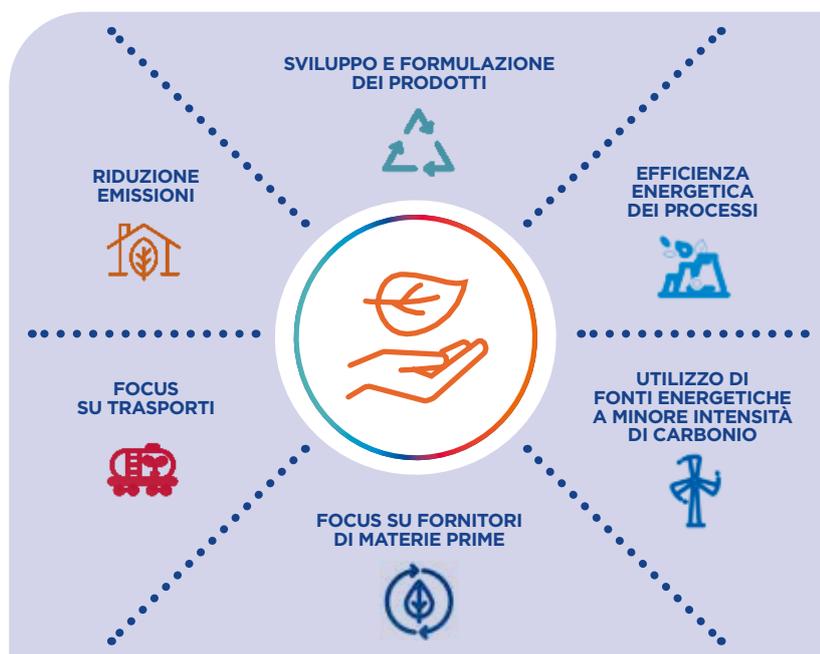
## ALLA BASE DI UN APPROCCIO RESPONSABILE



*Rispondere alle maggiori sfide sociali e ambientali*



*Contribuire nell'emergenza ad una economia a bassa emissione di carbonio per preservare il bene comune*



# LA SOSTENIBILITÀ DI SAINT-GOBAIN



I materiali e le soluzioni Saint-Gobain sono pensati per il benessere di ciascuno e per il futuro di tutti. Il Multicomfort Saint-Gobain prevede la costruzione o la ristrutturazione di edifici ponendo attenzione agli aspetti di sostenibilità, efficienza energetica e sicurezza, secondo i parametri di:

- COMFORT TERMICO
- COMFORT ACUSTICO
- COMFORT VISIVO
- QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA

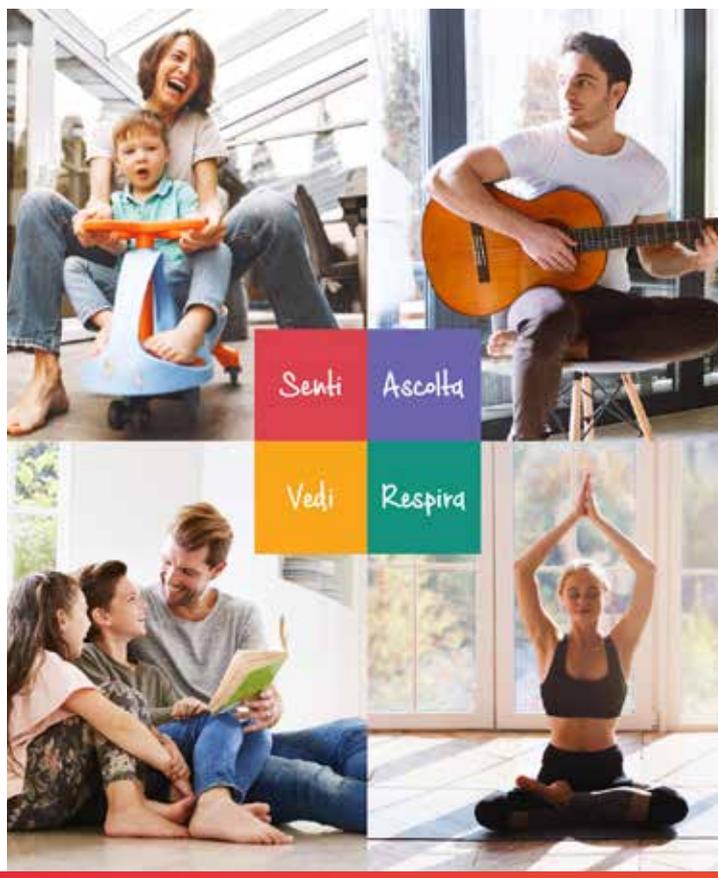
## IL NOSTRO IMPEGNO PER L'AMBIENTE



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.



# IL MULTICOMFORT SAINT-GOBAIN



## GLI STANDARD DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

In tantissimi progetti di edilizia scolastica viene richiesta l'applicazione di protocolli e standard di sostenibilità ambientale, per i quali i prodotti e le soluzioni Saint-Gobain sono conformi e contribuiscono ad accrescere il punteggio finale.

LEED	BREEAM	WELL	CAM
<p>Lo standard LEED V4.1 che si affianca a quello già esistente LEED v4, si basa su un sistema di prerequisiti e crediti</p>	<p>Il sistema BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) si basa sulla verifica della progettazione, costruzione e uso dell'immobile</p>	<p>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</p>	<p>Con l'entrata in vigore del nuovo Codice appalti, sono stati aggiornati CAM, con il decreto 11 ottobre 2017, per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.</p>

## 2.1. LO STANDARD LEED

Lo standard LEED® si basa su un sistema di prerequisiti e crediti, suddivisi in categorie o famiglie, in base all'area tematica di appartenenza; i prerequisiti sono obbligatori per l'ottenimento della certificazione; i crediti sono scelti in base agli obiettivi progettuali, e determinano il punteggio finale ottenuto dall'edificio, che a sua volta stabilisce il livello di certificazione raggiunto: Certified, Silver, Gold o Platinum.

Negli anni si sono succedute diverse versioni dello standard LEED; l'ultima in ordine temporale è la LEED® v4.1, introdotta il 2 Aprile 2019, che si affianca alla già esistente e ancora disponibile LEED v4.

La nuova versione nasce con l'intento di:

- affrontare le barriere del mercato e le lezioni apprese dai team di progetto sul protocollo LEED v4.
- aggiornare le soglie di prestazione e gli standard di riferimento per garantire che LEED rimanga lo standard di leadership globale per gli edifici ecologici.
- Espandere il mercato per LEED.
- Migliorare le prestazioni per tutta la vita degli edifici, premiare i leader in base alle loro prestazioni e incorporare i rapporti sulle prestazioni per consentire ai proprietari di edifici di monitorare i progressi verso gli obiettivi ambientali, sociali e di governance.



80+ punti



60-79 punti



50-59 punti



40-49 punti

I principali aggiornamenti introdotti dalla versione LEED v4.1 includono:

- metriche energetiche che includono sia i costi che le emissioni di gas serra (una novità per LEED);
- Eseguito l'upgrade a ASHRAE 90.1-2016;
- aggiornati i requisiti di gestione delle acque piovane con eventi di tempesta percentili minimi inferiori e una guida aggiuntiva per i progetti zero-lot-line;
- introdotto un nuovo credito per le energie rinnovabili che meglio affronta i diversi metodi di approvvigionamento delle energie rinnovabili e l'evoluzione dei mercati globali delle energie rinnovabili
- Ristrutturazione dei crediti per materiali e risorse che ora includono opzioni che riconoscono gli sforzi a vari livelli, colmando il divario da dove il mercato è attualmente agli obiettivi identificati in LEED v4 e portati in LEED v4.1

Gli standard LEED® v4 e v4.1 si dividono in 9 categorie: Integrative Process; Location & Transportation, Sustainable Sites, Water Efficiency, Energy & Atmosphere, Materials & Resources; Indoor Air Quality, Innovation in Design, Regional Priority.



INTEGRATIVE  
PROCESS



LOCATION &  
TRANSPORTATION



SUSTAINABLE  
SITES



WATER  
EFFICIENCY



ENERGY &  
ATMOSPHERE



MATERIALS &  
RESOURCES



INDOOR AIR  
QUALITY



INNOVATION



REGIONAL  
PRIORITY

## 2.2. IL SISTEMA BREEAM

Il sistema BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) utilizza metodi di valutazione riconosciuti e impostati secondo parametri di riferimento per verificare la progettazione, la costruzione e l'utilizzo dell'immobile. Il sistema si basa su criteri suddivisi in diverse categorie, dalla gestione delle risorse all'ecologia, e comprendono aspetti legati all'utilizzo dell'energia e dell'acqua, l'ambiente interno (salute e benessere), l'inquinamento, i trasporti, i materiali, i rifiuti, l'ecologia e i processi di gestione.



### BREEAM internazionalmente è suddiviso nei seguenti protocolli:

- BREEAM International New Construction
- BREEAM International Refurbishment and Fit-Out

Alla conclusione dell'iter di certificazione viene assegnato un livello di certificazione a seconda dei crediti ottenuti durante la progettazione e la realizzazione delle opere.

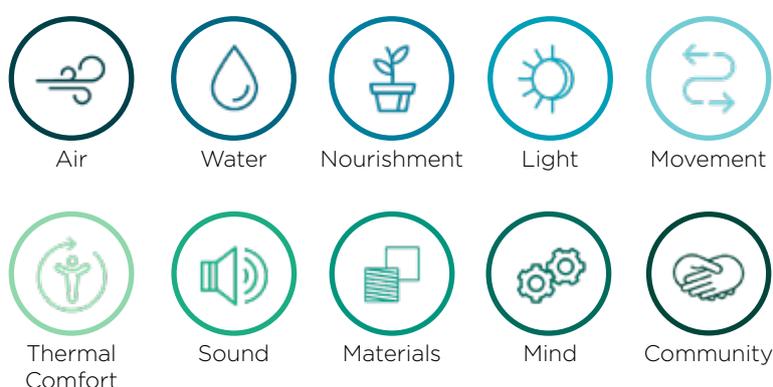
≥ 30%	PASS	★
≥ 45%	GOOD	★ ★
≥ 55%	VERY GOOD	★ ★ ★
≥ 70%	EXCELLENT	★ ★ ★ ★
≥ 85%	OUTSTANDING	★ ★ ★ ★ ★

## 2.3. IL PROTOCOLLO WELL

Il protocollo WELL è stato introdotto nel 2014 dall'International WELL Building Institute™ (IWBI) con lo scopo di integrare nelle fasi di progetto e costruzione degli edifici gli aspetti connessi alla salute ed il benessere delle persone.

Il sistema di certificazione si basa sulla determinazione di parametri prestazionali che misurano gli impatti che gli ambienti interni di un edificio esercitano sull'organismo umano. WELL coniuga le migliori pratiche nella progettazione e costruzione degli edifici con evidenze mediche e scientifiche con lo scopo di creare un'ambiente costruito che promuova il benessere e la salute delle persone che fruiscono tale spazio.

Le interazioni tra le persone e l'ambiente costruito sono organizzate in dieci categorie dette "concepts": Air, Water, Nourishment, Light, Movement, Thermal Comfort, Sound, Materials, Mind e Community, ciascuno dei quali si articola attraverso richieste puntuali ed indicazioni da implementare nella fase di progetto, di costruzione o di gestione dell'edificio, attraverso prerequisiti obbligatori ("Preconditions") e crediti che conferiscono punteggio ("Optimizations").



La certificazione WELL è applicabile a progetti Core & Shell, interi Edifici nuovi o esistenti o Spazi interni nuovi o esistenti di un edificio. Per tutti i progetti, sono disponibili i livelli di certificazione SILVER, GOLD, PLATINUM.



Il Protocollo WELL è stato studiato per essere affiancato alla Certificazione LEED degli edifici: LEED guida la progettazione e realizzazione sostenibile per l'ambiente, WELL la progettazione e la costruzione per la salute ed il benessere delle persone.

## 2.4. IL DECRETO CAM

Il Ministero dell'ambiente della tutela del territorio e del mare con il D.M. 11 ottobre 2017 definisce i CAM Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.

I Criteri Ambientali Minimi (CAM) sono i requisiti ambientali minimi volti a individuare il prodotto o la soluzione progettuale migliore sotto il profilo ambientale lungo il ciclo di vita.

### I CAM hanno come scopo:

- il miglioramento delle condizioni ambientali all'interno degli edifici (comfort termo-igrometrico, acustico, visivo);
- il rispetto dell'ambiente (riciclo e recupero dei materiali, inserimento naturalistico e paesaggistico, aree verdi);
- la salute delle persone (minori emissioni).



### I materiali Saint-Gobain rispettano i seguenti requisiti:

2 Criteri ambientali minimi per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici singoli o in gruppi							
2.2 Specifiche tecniche per gruppi di edifici	2.3 Specifiche tecniche dell'edificio	2.4 Specifiche tecniche dei componenti edilizi				2.5 Specifiche tecniche del cantiere	
2.2.6 Riduzione dell'impatto sul microclima e dell'inquinamento	2.3.5 Qualità ambientale interna	2.4.1 Criteri comuni a tutti i componenti edilizi		2.4.2 Criteri specifici per i componenti edilizi		2.5.1 Demolizioni e rimozione dei materiali	
Per le coperture deve essere privilegiato l'impiego di tetti verdi; in caso di coperture non verdi, i materiali impiegati devono garantire un indice SRI di almeno 29, nei casi di pendenza maggiore del 15%, e di almeno 76, per le coperture con pendenza minore o uguale al 15%.	2.3.5.5 Emissioni dei materiali  Ogni materiale elencato di seguito deve rispettare i limiti di emissione esposti nella successiva tabella: pitture e vernici; tessuti per pavimentazioni e rivestimenti; laminati per pavimenti e rivestimenti flessibili; pavimentazioni e rivestimenti in legno; altre pavimentazioni; adesivi e sigillanti; pannelli per rivestimenti interni.	2.4.1.1 Disassemblabilità	2.4.1.2 Materia recuperata o riciclata	2.4.1.3 Sostanze pericolose	2.4.2.8 Tramezzature e controsoffitti	2.4.2.9 Isolanti termici ed acustici	Allo scopo di ridurre l'impatto ambientale sulle risorse naturali, di aumentare l'uso di materiali riciclati aumentando così il recupero dei rifiuti, con particolare riguardo ai rifiuti da demolizione e costruzione, fermo restando il rispetto di tutte le norme vigenti e di quanto previsto dalle specifiche norme tecniche di prodotto, le demolizioni e le rimozioni dei materiali devono essere eseguite in modo da favorire, il trattamento e recupero delle varie frazioni di materiali.
		Almeno il 50% peso dei componenti edilizi e degli elementi prefabbricati, escludendo gli impianti, deve essere sottoponibile, a fine vita, a demolizione selettiva ed essere riciclabile o riutilizzabile	Il contenuto di materia recuperata o riciclata nei materiali, anche considerando diverse % per ogni materiale, deve essere pari ad almeno il 15% in peso valutato sul totale di tutti i materiali utilizzati.	Nei componenti, parti o materiali usati non devono essere aggiunti intenzionalmente	Le tramezzature e i controsoffitti, destinati alla posa in opera di sistemi a secco devono avere un contenuto di almeno il 5% in peso di materie riciclate e/o recuperate e/o di sottoprodotti.	Gli isolanti utilizzati non devono essere prodotti utilizzando ritardanti di fiamma vietati, non devono essere prodotti con agenti espandenti vietati, non devono essere prodotti o formulati utilizzando catalizzatori vietati ed essere costituiti da materiale riciclato e/o recuperato secondo le quantità minime indicate.	

## 2.5. LANA DI VETRO: SFATIAMO I FALSI MITI

### IN REALTÀ MENO DI QUELLO CHE POTREBBE SEMBRARE.

Per la sua particolare struttura cellulare, infatti, nel poliuretano si può verificare una graduale dispersione degli agenti espandenti contenuti all'interno di ogni cellula. Questo fenomeno può causare una sensibile perdita delle proprietà di isolamento termico del materiale stesso.

Tant'è che al decadimento delle prestazioni termiche del poliuretano si fa riferimento nella norma tecnica specifica di prodotto (UNI EN 13165) e nella norma UNI 10351 (presa a riferimento dal D.M. 26/06/2009) che prevede che il tecnico consideri un peggioramento nel tempo delle prestazioni termiche iniziali (EN12667) del poliuretano fino al 45%.

**La lana di vetro al contrario è caratterizzata da una struttura aperta, di conseguenza le sue caratteristiche di isolamento termico sono sostanzialmente costanti nel tempo, e infatti la norma UNI 10351 citata indica una correzione massima del 10%.**

“Le proprietà di isolamento termico di poliuretano e lana di vetro sono molto distanti tra loro”

### 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  $\lambda=0,031 \text{ W/m}^2\text{K}$  della lana di vetro.

“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 DM del 10 e 15 Marzo 2005.**

“È infiammabile”

“È ingombrante e non si può comprimere perché non riprende lo spessore”

“Posata in verticale si insacca”

“È attaccabile da muffe o insetti”

“Crea uno strano prurito”

#### 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.**

#### 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.

#### 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.

#### 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

### 3. QUALITÀ DELL'ARIA E 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%.

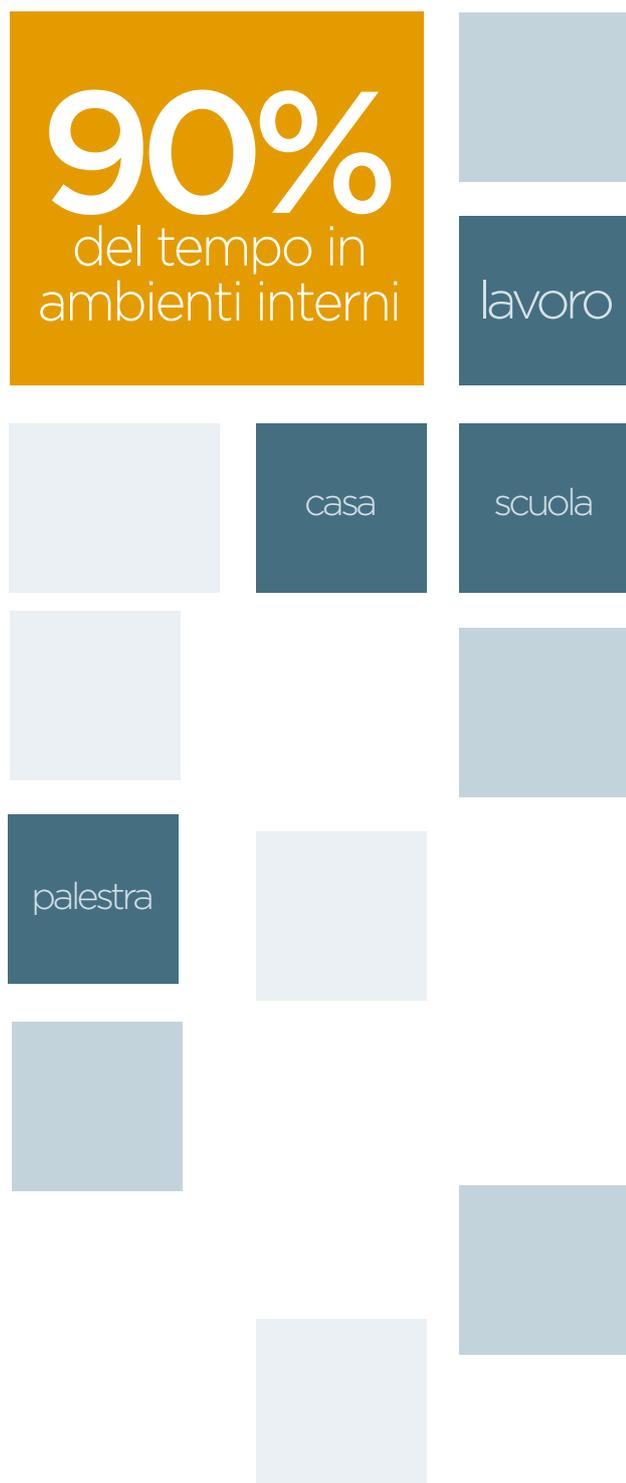
Per ogni aumento di 100ppm di CO<sub>2</sub> si stima un aumento di assenze da scuola di circa un giorno e mezzo all'anno.

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:



#### 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

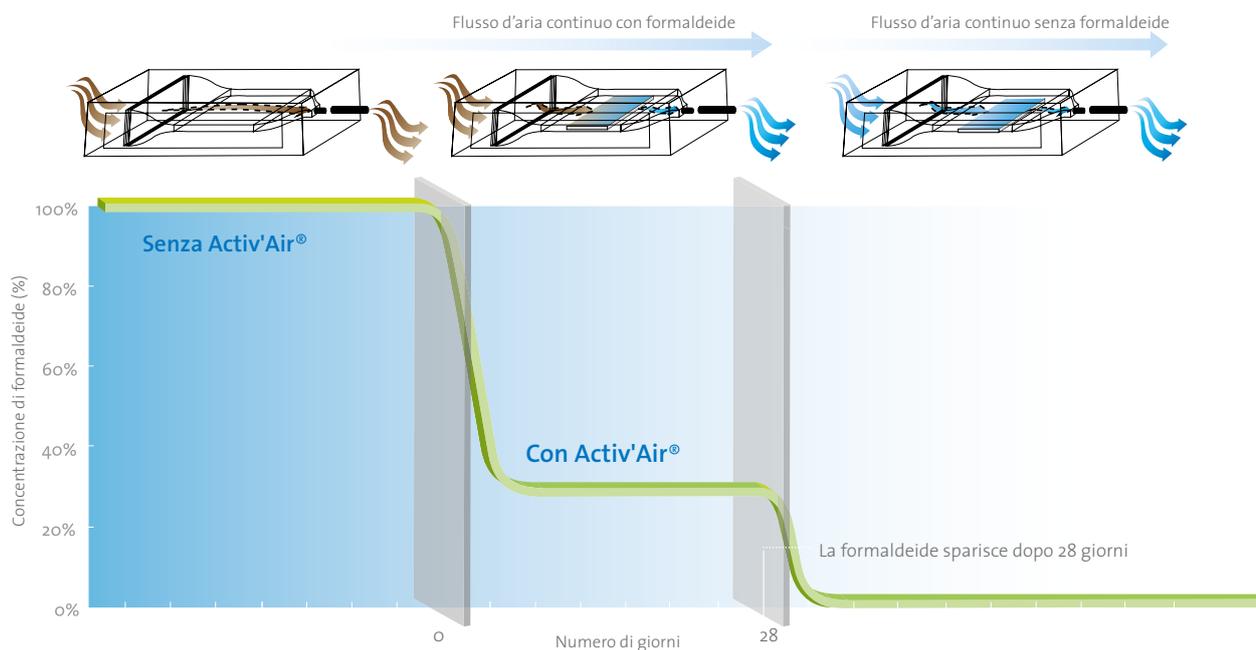
Il precedente requisito rappresenta una condizione necessaria ma non sufficiente al raggiungimento della qualità ambientale di un luogo confinato: per ottenere la sicurezza di ciò che respiriamo all'interno di un edificio è necessario che questo sia costruito con materiali che NON EMETTONO vapori chimici 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 Emissioncode).

#### Ruolo attivo

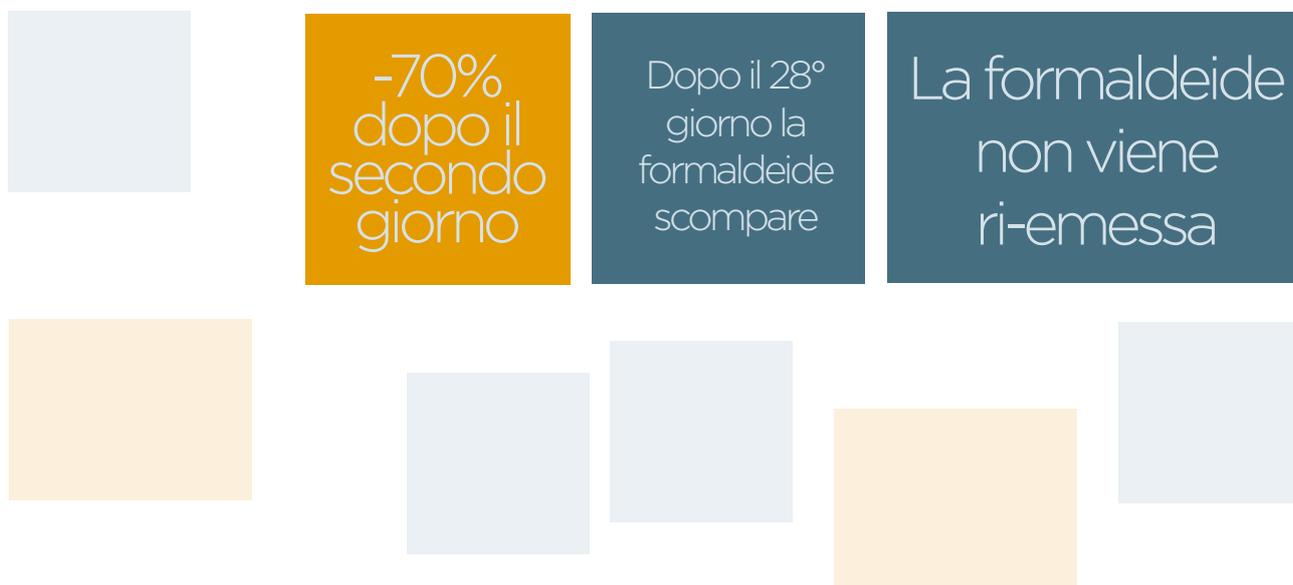
La caratteristica "attiva" di un materiale nel miglioramento della qualità dell'aria indoor è data dalla sua capacità di assorbire e rendere inerti le sostanze chimiche presenti nell'ambiente inibendone il successivo rilascio da parte del materiale stesso. Durante l'assorbimento i composti coinvolti 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.



## Assorbimento della formaldeide



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.

Tutti noi passiamo circa il 90% del nostro tempo in luoghi chiusi (scuola, casa, ufficio, palestra, ecc.), all'interno dei quali la qualità dell'aria lascia spesso a desiderare. Respiriamo quindi inconsapevolmente diverse sostanze inquinanti, prima fra tutte la formaldeide, che viene rilasciata da vari materiali come colle o resine utilizzate per la realizzazione di mobili, ma anche da vernici, detersivi, profumi e dal fumo di sigaretta. Queste sostanze nocive, invisibili ad occhio nudo, possono causare problemi per la nostra salute: mal di testa, irritazione agli occhi e senso di affaticamento.

## ■ LA TECNOLOGIA

Nella camera di prova viene immessa in modo costante la formaldeide, 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 l'immissione della formaldeide viene interrotta e si azzerata la presenza della stessa, rimanendo nulla in modo costante per il resto del 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.

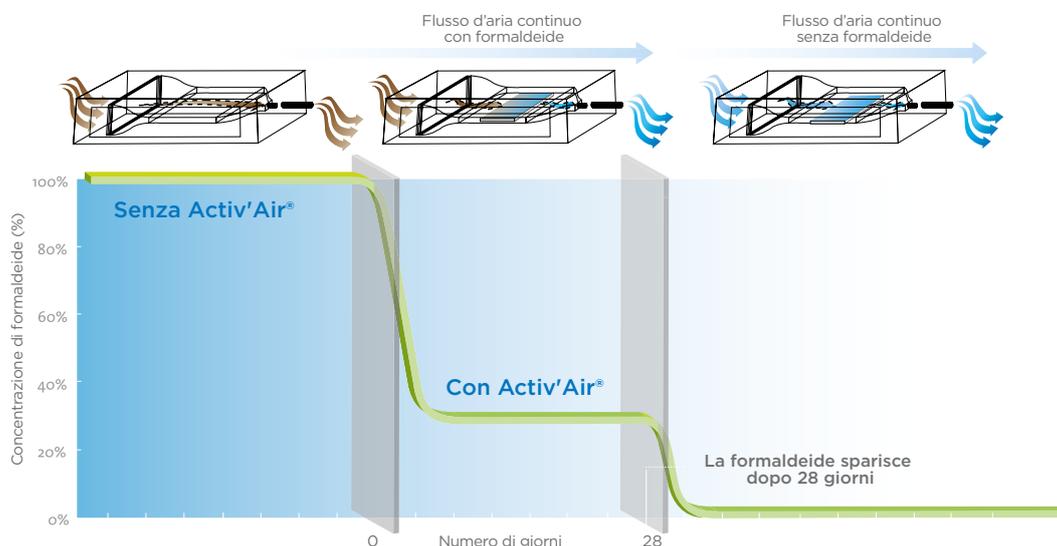
**PASSIAMO IL 90% DEL TEMPO IN AMBIENTI INTERNI**

**PALESTRA  
CASA  
SCUOLA  
LAVORO**

**-70% di formaldeide nell'aria**

**Efficace fino a 50 ANNI**

### ASSORBIMENTO DELLA FORMALDEIDE



Prova effettuata secondo norma ISO 16000-23 - Aria negli ambienti confinanti - Test per la valutazione della riduzione delle concentrazioni di formaldeide da parte di materiali costruttivi assorbenti.

## ■ LA TECNOLOGIA

**L'isolamento degli edifici si è evoluto grazie alla lana di vetro Isover 4+, prodotta in Italia.**

Nasce da sabbia e vetro riciclato, e il suo legante (brevettato da Saint-Gobain Italia) è a base di materie prime rinnovabili, per fornire ancor più benessere e sostenibilità, e gli conferisce il caratteristico colore avorio. È la soluzione ideale per l'isolamento degli interni: rispetta i più stringenti requisiti, di legge o volontari, in ambito europeo relativi alle emissioni di formaldeide e VOC nell'aria interna, migliorando così la qualità degli ambienti di vita. Performanti, certificati e integrati nei sistemi di isolamento, i prodotti Isover 4+ forniscono un comfort ottimale, isolando efficacemente a livello termo-acustico e garantendo protezione dal fuoco.

## ■ EMISSIONI DI VOC | COMPOSTI ORGANICI VOLATILI

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



La lana di vetro 4+ e la lana minerale Arena hanno ottenuto la prestigiosa certificazione **Eurofins Indoor Air Comfort Gold** (livello massimo), risultando conforme ai più severi standard europei ed internazionali in termini di ridottissime emissioni nell'aria di VOC, nell'ambito della qualità dell'aria interna (IAQ - Indoor Air Quality).

Le lane Isover superano i requisiti minimi ambientali imposti dalle normative nazionali nella valutazione della qualità dell'aria interna e del comfort abitativo, come ad esempio il nuovo decreto italiano sui **CAM** (D.M. 11 Ottobre 2017), la **classificazione francese sull'emissione di VOC** (Classe A+), i protocolli **Blue Angel** e **AgBB/AGB**, ed è la soluzione ideale per progetti **LEED, BREEAM, DGNB**.



La lana di vetro Saint-Gobain Isover è assolutamente innocua 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).



Le lastre Gyproc, i controsoffitti Eurocoustic e le pitture per interni 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 e rispondenza ai requisiti del D.M. 11 Ottobre 2017 sui CAM (determinate secondo EN ISO 16000- 9:2006).

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 prodotti 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 Saint-Gobain Italia sono conformi al D.M. DELL'11 OTTOBRE 2017 in tema di CRITERI AMBIENTALI MINIMI (CAM) per l'edilizia pubblica



I prodotti in lana minerale ULTIMATE™, 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.

## ■ MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI AERAILICI

Gli impianti di ventilazione 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.

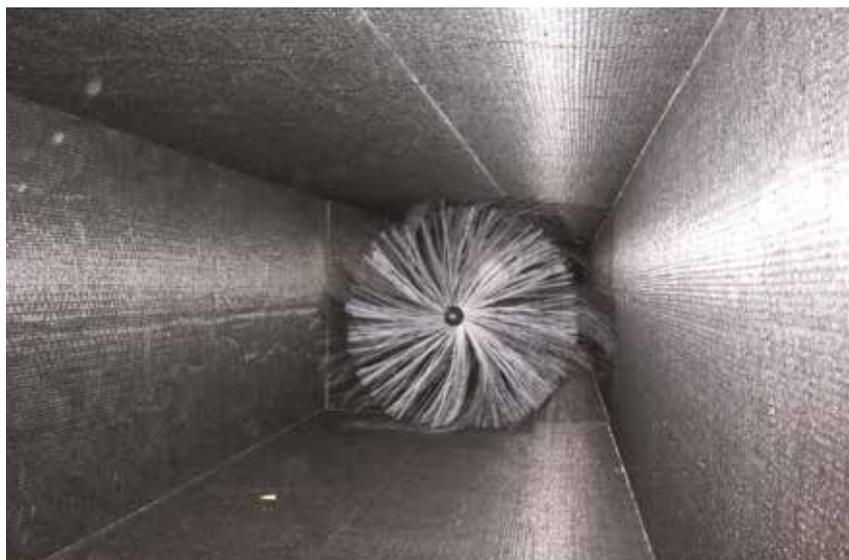
**I risultati**, riportati nella tabella, sono **10.000 volte inferiori ai valori limite di prova**.

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.



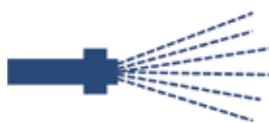
### PRINCIPALI METODI DI PULIZIA

**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**.



	Via di Marzia Spomero 148, 3 Tel. 06 52169817 - 06 52114763 Fax 06 52169888 www.firotek.it - info@firotek.it	 
SPETT.LE SAINT-GOBAIN ITALIA S.P.A. VIA ETTORE ROMAGNOLI, 6 20146 MILANO MI		
Roma, 06.02.2020 Prot. V.A/2020 GS-el		
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 (leggibilità e puliti) e sanificati tramite sistemi di pulizia meccanica opportunati (in accordo con quanto sancito dal D.L. n. 41 del 2008 e s.m.i.). Non si evidenziano alterazioni strutturali del prodotto.		
È definito ciò alla luce degli accertamenti che FIROTEK ha effettuato su impianti aeradici realizzati con prodotti ISOVER CLIMAVER®, nel rispetto delle procedure AISA 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 		
<small>WEB LEGALE: Via di Marzia Spomero 148/3 - 0652169817 - 0652114763 - 0652169888 - Via Spomero 148/3 - 0652169817 - 0652114763 - 0652169888</small>		



**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.**

## 4. 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, rendono 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. 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, 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.

Saint-Gobain Italia ha svolto severe prove sperimentali presso l'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.

### 4.1.1. SOLUZIONI A SECCO

Le prove sperimentali sono state condotte per verificare la tenuta e la resistenza di diverse tipologie di controsoffitti continui in lastre di gesso rivestito. Le caratteristiche principali di questi controsoffitti 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;
- 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);
- semplicità di soluzione (impiega sistemi "standard");
- velocità di esecuzione;
- integrazione impiantistica;
- 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 utilizzata;
- isolamento acustico e termico nel caso di lana di vetro nell'intercapedine d'aria;
- ottima finitura estetica.

Riportiamo a seguire i risultati ottenuti nelle prove sperimentali di resistenza al carico da caduta (antifondellamento) condotte presso l'Istituto Giordano su tre tipologie di controsoffitti continui in lastre di gesso rivestito e struttura metallica di sostegno. Gli impatti sono stati fatti utilizzando n. 6 elementi di caduta (tavole in laterizio), disposti su una matrice 3x2 e rilasciati da altezze diverse in corrispondenza di una porzione centrale del controsoffitto, superficie nominale 1,1 m<sup>2</sup>; 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 rispettivamente di 1440 e 2440 mm (distanza tra tavole e macerie).

Tutte le prove hanno dimostrato che i controsoffitti (in tutte le loro componenti) sono in grado di sostenere in sicurezza i carichi imposti senza cedimenti, rotture, perdita di materiale o passaggio di materiale attraverso il rivestimento in lastra.

## PROVA 1

### Controsoffitto continuo con intercapedine d'aria per garantire resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco e integrazione impiantistica.

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 al 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. 126.

Impatto	Carico statico presente*	Carico dinamico		Altezza di caduta del carico	Distanza tra tavelle e macerie	Freccia progressiva**	Osservazioni
		[kg]	[kg/m <sup>2</sup> ]				
[n.]	[kg]	[kg]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	
1	0	22	20	300	//	0,88	Nessun danno visibile
2	22	22	20	330	300	1,44	Nessun danno visibile
3	44	22	20	360	300	2,00	Nessun danno visibile
4	66	22	20	390	300	2,65	Nessun danno visibile
5	88	22	20	420	300	3,23	Nessun danno visibile
6	110	22	20	450	300	3,76	Nessun danno visibile
7	132	44	40	580	400	5,73	Nessun danno visibile
8	176	44	40	640	400	7,55	Lieve flessione dell'intradosso del controsoffitto (spanciamento)
9	230	44	40	700	400	8,67	Nessun danno visibile in aggiunta
10	274	44	40	760	400	10,43	Nessun danno visibile in aggiunta
11	318	66	60	1860	1440	20	Visibile flessione dell'intradosso e dei traversi del controsoffitto (spanciamento)
12	384	22	20	2450	1940	21	Nessun danno visibile in aggiunta
13	406	66	60	2980	2440	23	Evidente flessione dell'intradosso e formazione di crepe nei pannelli interessati dagli impatti

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

## PROVA 2

### Controsoffitto continuo in semi-aderenza per garantire resistenza allo sfondellamento, resistenza al fuoco e minimo ingombro.

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 al 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. 127.

Impatto	Carico statico presente*	Carico dinamico		Altezza di caduta del carico	Distanza tra tavelle e macerie	Freccia progressiva**	Osservazioni
		[kg]	[kg/m <sup>2</sup> ]				
[n.]	[kg]	[kg]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	
1	0	22	20	200	//	//	Nessun danno visibile
2	22	22	20	230	200	0,87	Nessun danno visibile
3	44	22	20	260	200	1,29	Nessun danno visibile
4	66	22	20	290	200	1,78	Nessun danno visibile
5	88	22	20	320	200	2,43	Nessun danno visibile
6	110	66	60	1350	1000	33,01	Visibile flessione dell'intradosso del controsoffitto (spanciamento) con formazione di crepe nei pannelli e sgancio di uno o due cavallotti ad incastro
7	176	22	20	410	200	37	Nessun danno visibile in aggiunta
8	198	22	20	440	200	38	Nessun danno visibile in aggiunta
9	220	22	20	470	200	40	Aumento della flessione dell'intradosso e delle crepe
10	242	22	20	500	200	43	Nessun danno visibile in aggiunta
11	264	66	60	1380	1050	61	Aumento della flessione dell'intradosso e delle crepe

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

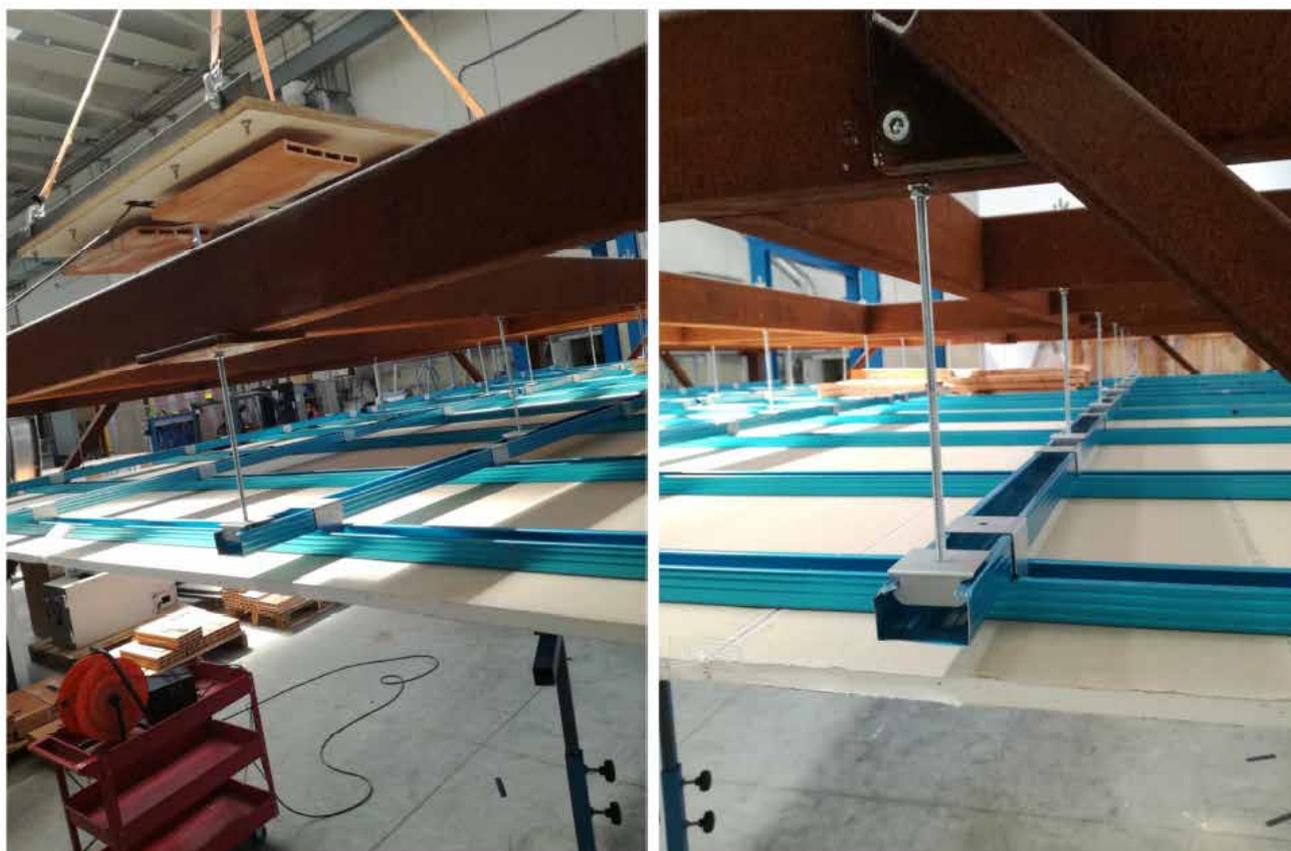
### PROVA 3

**Controsoffitto continuo con intercapedine d'aria per garantire resistenza allo sfondellamento, assorbimento acustico e integrazione impiantistica.**

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 al 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 - M2 - N1 - N5 - N6 - N7 di pag. 127.

Impatto	Carico statico presente*	Carico dinamico		Altezza di caduta del carico	Distanza tra tavelle e macerie	Freccia progressiva**	Osservazioni
		[kg]	[kg/m <sup>2</sup> ]				
[n.]	[kg]	[kg]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	
1	0	22	20	250	//	1,96	Nessun danno visibile
2	22	22	20	250	250	1,06	Nessun danno visibile
3	44	22	20	280	250	0,52	Nessun danno visibile
4	66	22	20	310	250	0,30	Nessun danno visibile
5	88	44	40	340	250	0,62	Nessun danno visibile
6	0	66	60	250	//	6,40	Visibile lesione in alcuni punti della stuccatura dei giunti tra le lastre e nel corpo della lastra

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





## 4.1.2. SOLUZIONI TRADIZIONALI

L'intervento tradizionale prevede l'applicazione, mediante sistemi di fissaggio, di un sistema composto da un elemento di rinforzo, tipicamente una rete d'acciaio o in fibra di vetro, con il compito di contenere gli elementi in distacco. Naturalmente, la rete viene fissata ai travetti in cemento armato 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 per creare l'effetto ponte e viene raccordata con le pareti verticali con appositi angolari. Installati gli elementi a secco, viene applicato un intonaco strutturale da decorare con rasanti e pitture.

### SPERIMENTAZIONE SUL PRESIDIO ANTISFONDELLAMENTO WEBERTEC

Il sistema di antisfondellamento di Saint Gobain Italia è stato sottoposto a prove di carico eseguite presso l'Istituto Giordano. Per eseguire il test è stato realizzato un solaio in latero-cemento in scala reale di dimensioni 2 m x 1,6 m, formato da n.4 travetti in calcestruzzo e pignatte in laterizio disposte a passo 50 cm.



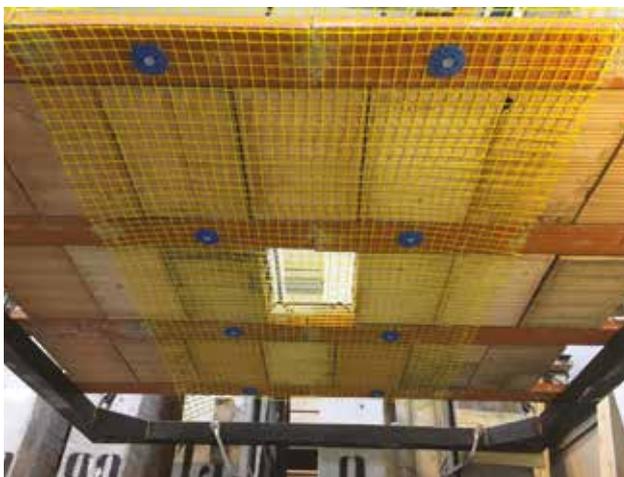
Strumentazione di prova



Strumentazione di prova

All'intradosso del solaio, è stato installato il sistema webertec, composto da una rete in fibra di vetro, il relativo sistema di fissaggio e una malta strutturale. Sono state testate due configurazioni, una con l'uso della sola rete in fibra di vetro e fissaggi, nel caso in cui le indicazioni architettoniche prevedessero l'uso di un controsoffitto, rendendo inutile l'applicazione della malta strutturale. L'altra configurazione incorporando la rete in un centimetro di malta strutturale da decorare in un secondo momento.

La prova è stata effettuata applicando un carico verticale mediante punzone di spinta. Il carico è stato applicato in modo continuo fino al cedimento del sistema.



Test con rete e tasselli



Test con rete e tasselli



Test con rete e tasselli



Test con intonaco, rete e tasselli



Test con intonaco, rete e tasselli



Test con intonaco, rete e tasselli

Nella prima configurazione (rete e fissaggi) il carico puntuale ha raggiunto un valore pari a 215 kg. Nella seconda configurazione (rete, fissaggi e malta strutturale), si è registrato un valore di 840 kg, anche grazie all'adesione della malta che ha aumentato la zona di distribuzione del carico.

Con riferimento a quanto già detto, mediamente un metro quadro di soffitto pesa circa 30 kg (con uno strato di intonaco di circa 10 mm), peso che può arrivare anche a 50/60 kg/m<sup>2</sup> nel caso di presenza di intonaco con spessore maggiore, appare evidente l'efficacia del **sistema webertec**, forse anche sovradimensionato, ma non può essere diversamente visto lo scopo di "salvavita" di questi sistemi e delle diverse variabili in gioco che portano al collasso.

## 4.2. 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.

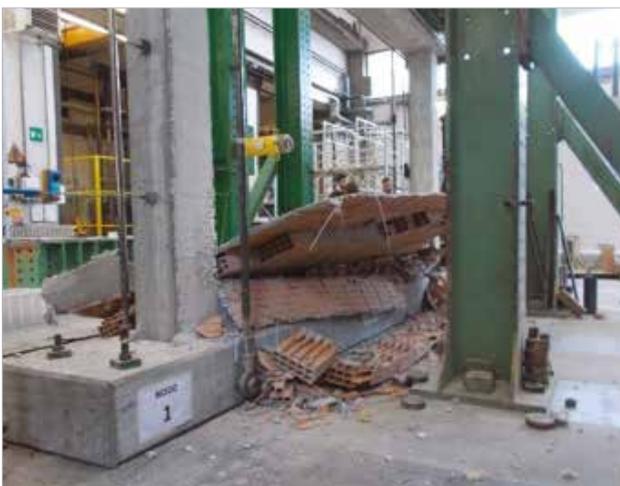
### SPERIMENTAZIONE SUL PRESIDIO ANTIRIBALTAMENTO WEBERTEC

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



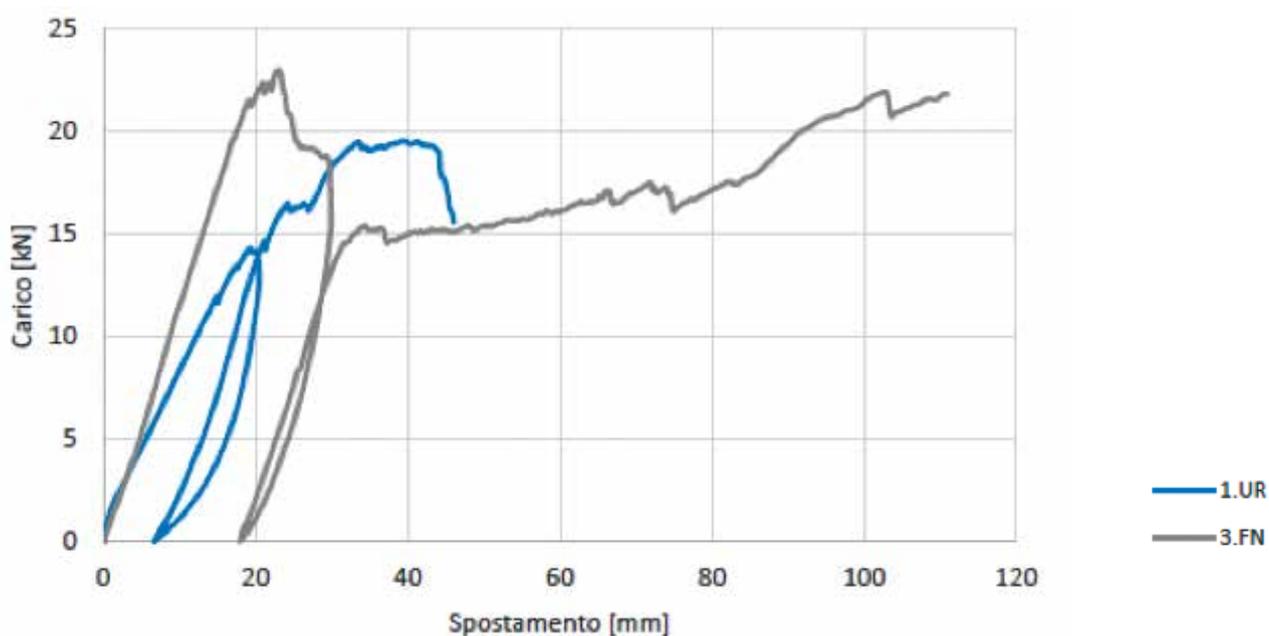
Fine prova a collasso della muratura non rinforzata



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

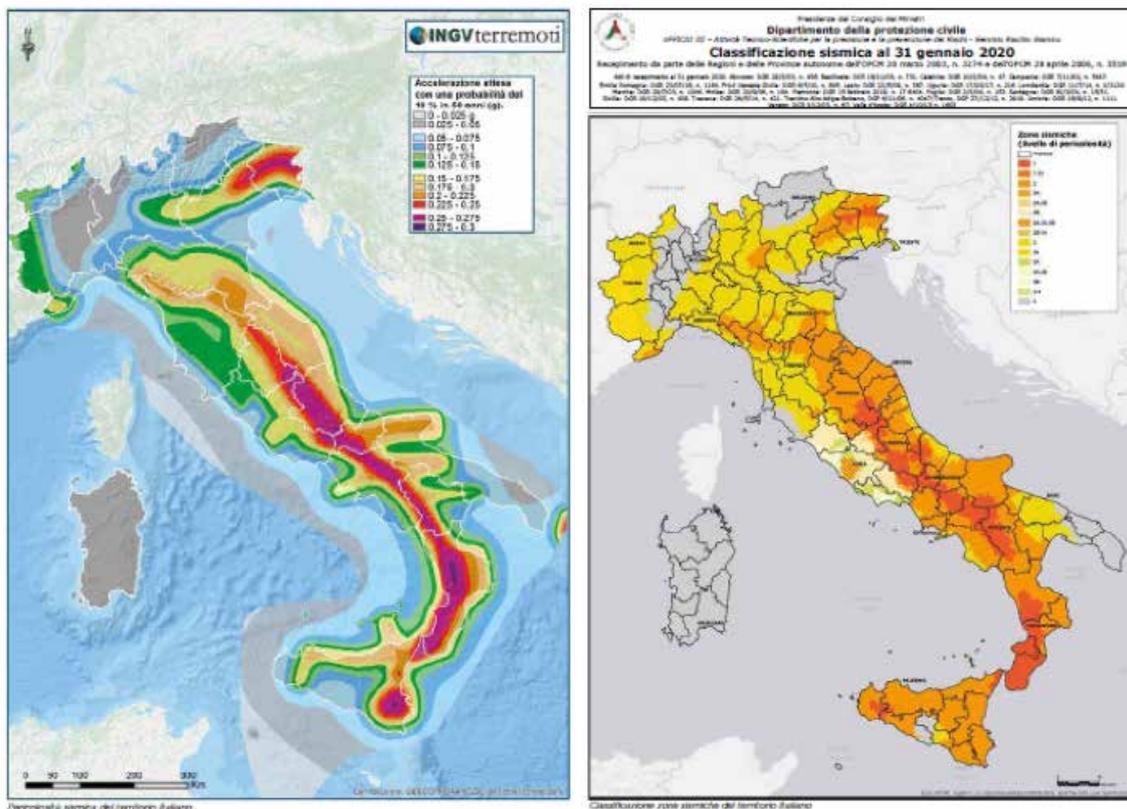
**Dal grafico si può notare la maggiore resistenza al carico fuori piano del sistema di tamponatura rinforzata 3.FN, il quale raggiunge un valore di carico massimo più elevato (+17%), del sistema non rinforzato 1.UR.**

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.

## 5. 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.

## 5.1. 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.

### 5.1.1. 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.



## 5.1.2. 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.



## 5.2. 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.

### 5.2.1. 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 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” 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, deputate 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....

## 5.2.2 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); esse 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**

*"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)."*

### 5.3. IMPIANTI

Le condotte per la distribuzione aria realizzate partendo da 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

## 6. 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 - 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 - 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

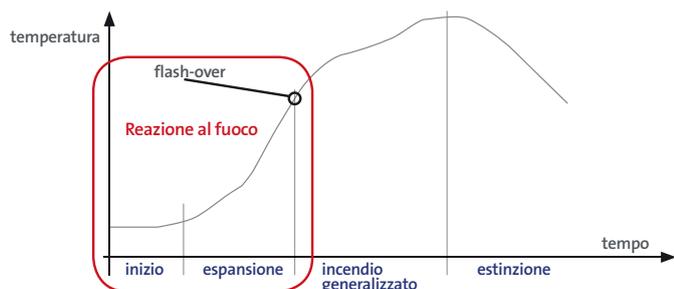
Le scuole con oltre 100 persone presenti e gli asili nido con oltre 30 persone costituiscono attività soggette ai controlli di prevenzione incendi del CNVVF.

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.

## 6.1. 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 **d1** = 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,</p> <p><b>Lana di vetro, lana minerale e lana di roccia per interni Isover:</b> versione senza rivestimento o con velo vetro</p> <p><b>Lana di vetro, lana minerale e lana di roccia per coperture Isover:</b> versione senza rivestimento o con velo vetro</p> <p><b>Controsoffitti Eurocoustic colore bianco</b></p> <p><b>Intonaci-stucchi-rasanti Gyproc-Weber</b></p> <p><b>Strutture metalliche Gyproc</b></p>
A2-s1,d0	<p><b>Lastre in gesso rivestito Gyproc</b></p> <p><b>Lastre accoppiate con lana di vetro Gyproc</b></p> <p><b>Lana di vetro per cappotto Isover Clima34 G3 / webertherm LV 034</b></p> <p><b>Lana di vetro per coperture Isover SuperBac N / Isover ClimaBac:</b> versione senza rivestimento</p> <p><b>Sistema per cappotto certificato ETA webertherm comfort G3</b></p> <p><b>Sistema per cappotto certificato ETA webertherm comfort robusto universal (nella configurazione con pannello isolante in lana minerale)</b></p> <p><b>Controsoffitti continui-modulari base gesso Gyproc</b></p> <p><b>Controsoffitti Eurocoustic colorati</b></p>
B-s1,d0	<p><b>Lastre accoppiate con materiale isolante Gyproc</b></p> <p><b>Controsoffitti continui Gyproc Gyptone® Big Curve Activ'Air®</b></p> <p><b>Controsoffitti modulari Gyproc Gyprex®</b></p> <p><b>Sistema per cappotto certificato ETA webertherm Plus Ultra</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>

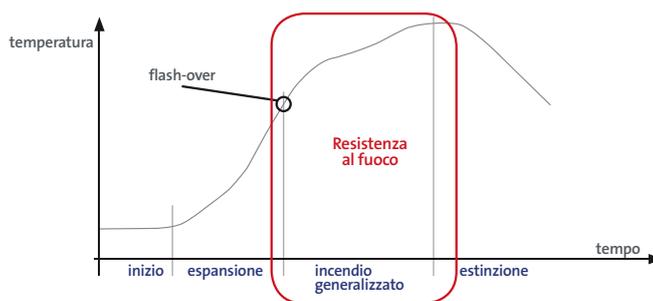
## 6.2. RESISTENZA AL FUOCO

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.



### 6.3. 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>t1</b>	<b>Germania, Spagna e Benelux</b>	<b>Metodo DIN</b>	<b>Tizzone ardente</b>
<b>t2</b>	<b>Paesi Scandinavi</b>	<b>Metodo Nord test</b>	<b>Tizzone+vento</b>
<b>t3</b>	<b>Francia</b>	<b>Metodo conforme DM</b>	<b>Tizzone+vento +fonte di calore esterna</b>
<b>t4</b>	<b>Gran Bretagna</b>	<b>Metodo BS 476</b>	<b>Metodo a due stadi: Tizzone+vento +fonte di calore esterna</b>

Le prestazioni vengono classificate con le lettere: dalla “BROOF”, che indica la massima possibile, alla “FROOF”, che equivale a “nessuna prestazione”. La classificazione BROOF (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 BROOF (t2) distinguiamo:

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

## 7. SICUREZZA: RESISTENZA MECCANICA E ATTREZZABILITA' 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.

### 7.1. PORTATA DEI CARICHI ATTREZZABILITÀ DEI SISTEMI

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.

TIPOLOGIA DI PROVA	TIPOLOGIA DI FISSAGGIO	NUMERO E TIPOLOGIA DI LASTRE							
		1 x HABITO® FORTE 13		1 x HABITO® FORTE HYDRO 15		1 x HABITO® FORTE 13 + 1 x WALLBOARD 13		2 x HABITO® FORTE 13	
		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>	110 kg	<b>35 kg</b>	100 kg	<b>33 kg</b>	160 kg	<b>53 kg</b>
	Tassello ad elevate prestazioni Gyproc FORTE Ø 10 mm x L = 60 mm 	230 kg	<b>75 kg</b>	260 kg	<b>85 kg</b>	300 kg	<b>100 kg</b>	360 kg	<b>120 kg</b>
	Tassello universale in nylon Gyproc XPOWER Ø 8 mm x L = 50 mm 	220 kg	<b>70 kg</b>	240 kg	<b>80 kg</b>	260 kg	<b>85 kg</b>	320 kg	<b>105 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.

TIPOLOGIA DI PROVA	TIPOLOGIA DI FISSAGGIO	NUMERO E TIPOLOGIA DI LASTRE							
		1 x HABITO® FORTE 13		1 x HABITO® FORTE HYDRO 15		1 x HABITO® FORTE 13 + 1 x WALLBOARD 13		2 x HABITO® FORTE 13	
		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>	110 kg	<b>35 kg</b>	200 kg	<b>65 kg</b>
	Tassello ad elevate prestazioni Gyproc FORTE Ø 10 mm x L = 60 mm 	280 kg	<b>90 kg</b>	290 kg	<b>95 kg</b>	310 kg	<b>100 kg</b>	420 kg	<b>140 kg</b>
	Tassello universale in nylon Gyproc XPOWER Ø 8 mm x L = 50 mm 	220 kg	<b>70 kg</b>	230 kg	<b>75 kg</b>	250 kg	<b>80 kg</b>	340 kg	<b>110 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.

## 7.2. RESISTENZA AGLI URTI

### 7.2.1. SISTEMI A SECCO

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:

#### 1. urto da corpo molle

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

#### 2. 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
	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

## 7.2.2. SISTEMI DI ISOLAMENTO A CAPPOTTO

La prova contenuta nella linea guida ETAG 004, 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	Render non penetrato (isolante intatto)	Nessun deterioramento (superficie intatta)	Nessun deterioramento (superficie intatta)
10 Joule	-	Render 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 ETAG 004				Valori determinati in accordo alla UNI EN 13497-2018	
	webertherm comfort G3	webertherm Plus Ultra	webertherm family white	webertherm family black	webertherm comfort G3 + webr 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

### 7.2.3. 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).

#### RESISTENZA ALL'IMPATTO 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.

#### RESISTENZA ALL'IMPATTO 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.



## 7.2.4. INVOLUCRO TRASPARENTE E VETRI PER INTERNI

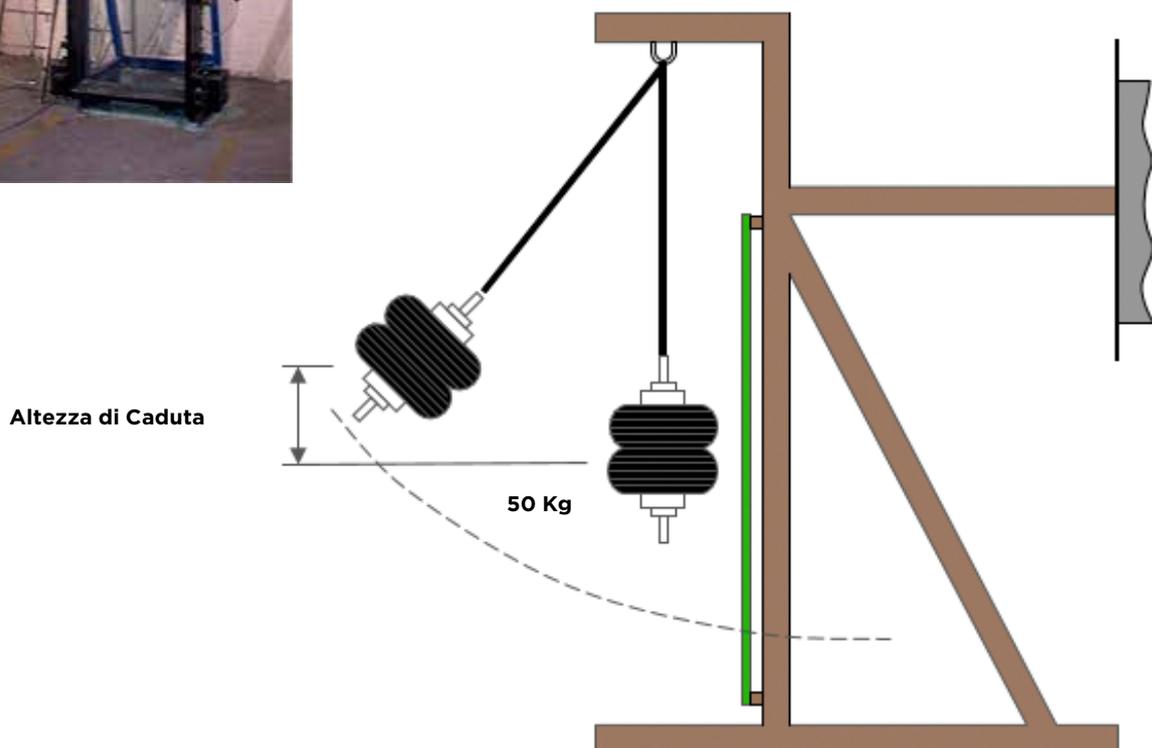
Il vetro stratificato di sicurezza definito dalla norma UNI EN 12543.2 è composto da due o più lastre di vetro unite tra loro, su tutta la superficie, mediante l'interposizione di uno o più fogli di un particolare materiale polimerico, il PVB (Polivinilbutirrale). Il PVB, al termine del processo di fabbricazione 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.



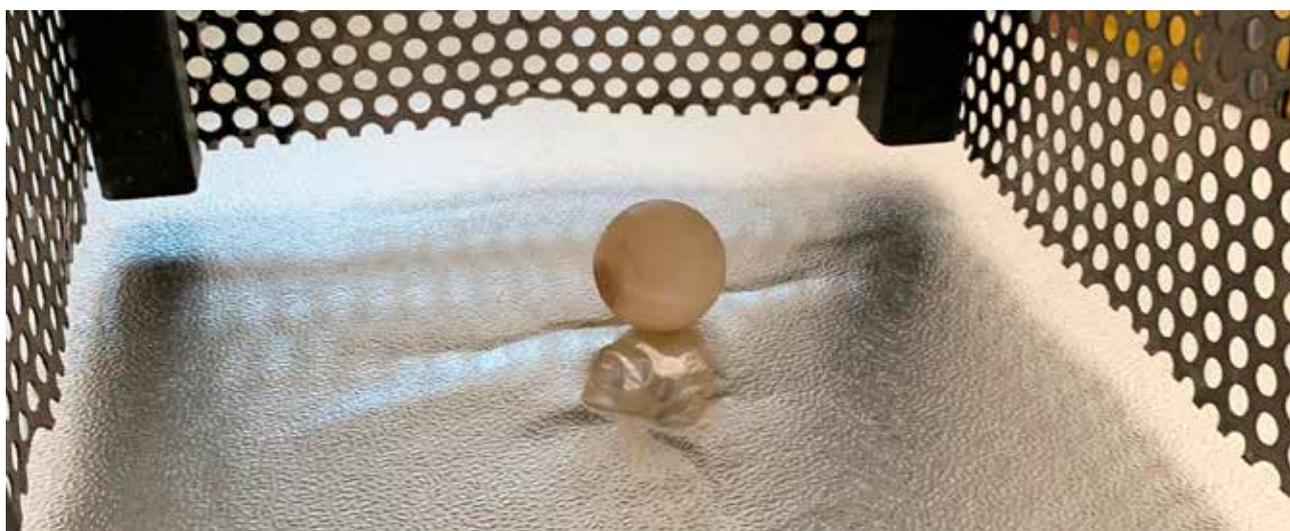
## 7.3. RESISTENZA ALLA GRANDINE

### 7.3.1. CONDOTTE DI VENTILAZIONE

Le condotte 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 Isover CLIMAVER® STAR ha un ottimo comportamento anche in caso di grandine.



### 7.3.2. 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 10890:20002 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.

### 7.3.3. 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

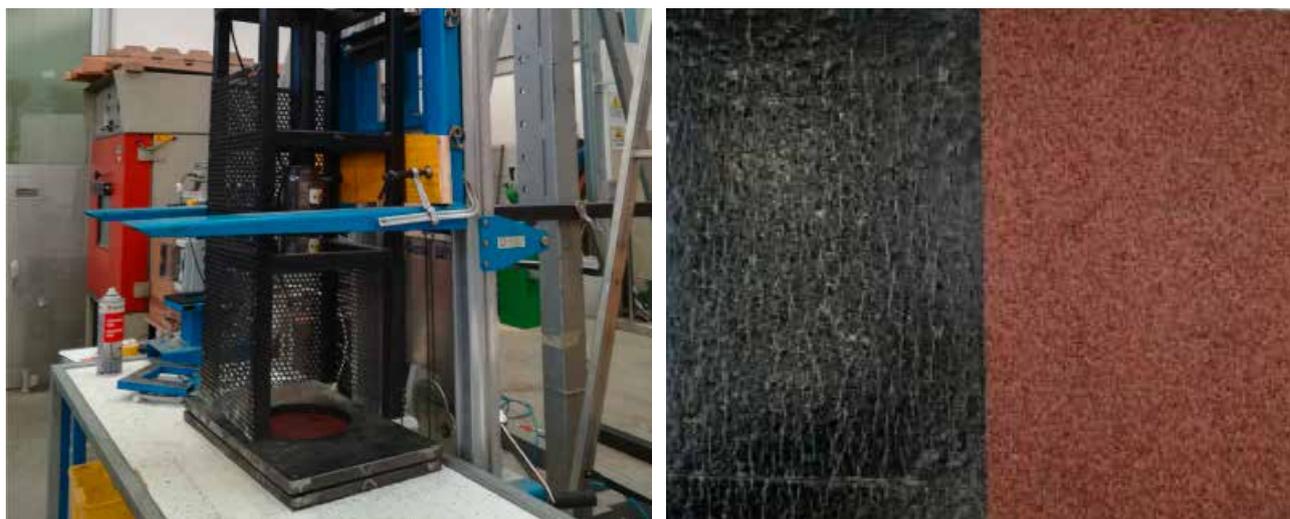
la presenza di solaio di copertura rigido sotto l'impermeabilizzazione).

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.

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



## 7.4. 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 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 Isover CLIMAVER® STAR, hanno elevata resistenza alla compressione e all'impatto garantendo un'ottima elasticità al sistema.

Grazie a queste caratteristiche, le condotte 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).



## 8. ACUSTICA: ISOLAMENTO DAL RUMORE

Il comfort acustico ha impatti diretti 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**



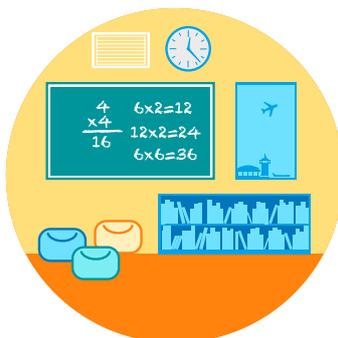
**Disturbi del sonno,  
affaticamento ed  
irritabilità**

### Sorgenti di rumore interne

#### Peggiori risultati scolastici.

Dati raccolti in Florida, confrontando studenti in scuole con sistemi di condizionamento0 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 energia a partire dalle fonti che la producono fino ai luoghi che devono essere protetti. Riguarda sia i rumori che si propagano attraverso l’aria (rumori aerei), sia quelli che si trasmettono attraverso percussioni, vibrazioni o trascinamento (rumori d’urto).”

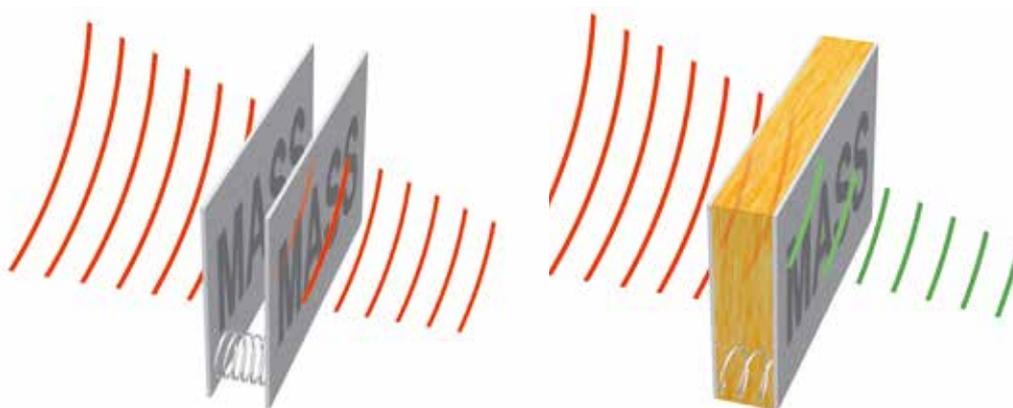
## 8.1. RUMORI AEREI - FONOIOLAMENTO

L’isolamento da rumori aerei, ad esempio tra diversi alloggi, locali divisi o sovrapposti, può essere realizzato secondo due tecniche differenti:

- Il sistema **massa**, per cui l’isolamento acustico è essenzialmente funzione della massa superficiale dell’elemento costruttivo.
- Il sistema **massa-molla-massa**, dove l’isolamento acustico dipende dalla massa superficiale e natura del sistema costruttivo, spessore e natura della molla, spessore e natura dell’ammortizzatore.

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

Gli isolanti in lana di vetro inseriti nell’intercapedine in funzione di ammortizzatore integrano la molla rappresentata dall’aria, aumentando in modo considerevole l’isolamento acustico. La verifica 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 superiore al **potere fonoisolante  $R_w$  [dB]** (misurato in laboratorio), in quanto tiene conto delle perdite dovute alle possibili trasmissioni laterali.



## 8.2. PROTEZIONE ACUSTICA RISPETTO AL RUMORE ESTERNO

Nel caso di sorgenti di rumore provenienti dall'esterno, l'**isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione**  $D_{2m,nT,w}$  dipende dal potere fonoisolante di tale facciata vista dall'interno, dall'influenza della forma esterna della facciata, come dalla 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'isolamento acustico di facciata totale  $D_{2m,nT,w}$  occorre quindi tenere presente:

- i singoli indici di potere fonoisolante  $R_w$  dei componenti opachi e trasparenti coinvolti nella trasmissione e la rispettiva percentuale rispetto alla superficie complessiva della superficie esterna, ricavando da essi un valore di indice del potere fonoisolante composto, denominato  $R'_w$ ;
- le caratteristiche geometriche dell'ambiente ricevente (volumi e superfici) e della forma della facciata;
- il tempo di riverbero  $T_0$ , pari a 0,5 s.

Per quanto riguarda le coperture, uno studio effettuato dall'Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC - CNR, Milano) ha dimostrato che, considerando una stratigrafia specifica di copertura in legno, il valore  $R_w$  è superiore al  $D_{2m,n,T,w}$  di circa 7-9 dB.

Questa enorme differenza dipende dal fatto che nelle prove in obliquo, 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 le valutazioni basate sui nostri certificati riguardanti l'isolamento acustico standardizzato di facciata ( $D_{2m,n,T,w}$ ):**

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 dell'isolante minerale Isover	+1 dB/cm	Per ogni cm in più di isolante, il valore $D_{2m,n,T,w}$ aumenta di +1 dB (per es. usando 4 cm in più di isolante minerale Isover, il valore di $D_{2m,n,T,w}$ può aumentare fino a 4 dB)
Posa dell'isolante 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 doppia listellatura incrociata, 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  $R_w$  invece 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.

### 8.3. RUMORI D'URTO - LIVELLO DI RUMORE DA CALPESTIO

I rumori d'urto sui pavimenti possono essere causati da percussione (caduta di oggetti, calpestio, ecc.), vibrazioni (macchinari), attrito (trascinamento di mobili).

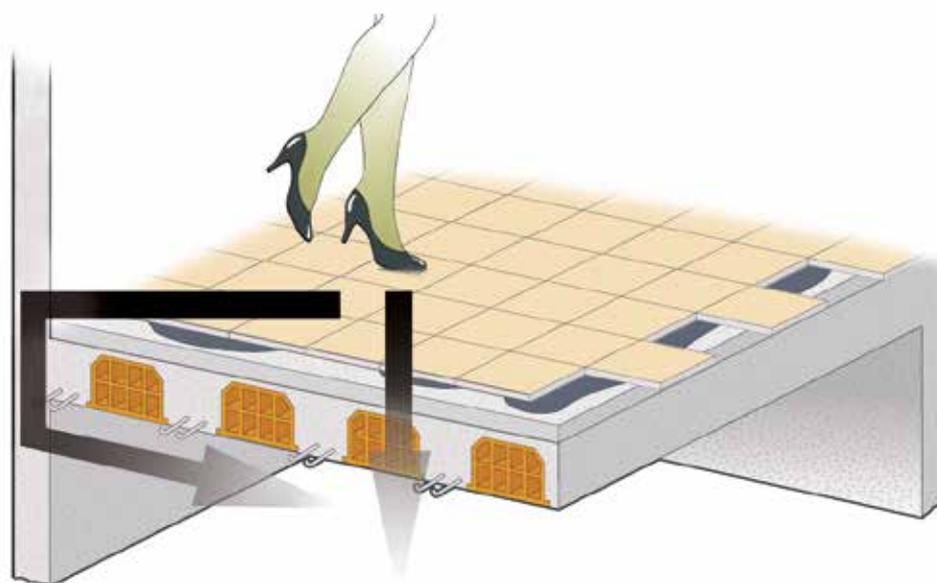
A causa della continuità rigida delle strutture, la trasmissione dei rumori d'urto raggiunge, al contrario dei rumori aerei, parti dell'edificio molto lontane dalla sorgente del rumore stesso.

Per isolarsi acusticamente dai rumori d'urto, la soluzione più efficace in termini di risultati ed efficiente in termini economici consiste nell'utilizzo del cosiddetto "pavimento 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 elastico tra la pavimentazione, i muri laterali e il solaio portante. Di grande importanza risulta la qualità di realizzazione del pavimento 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 il **livello di rumore di calpestio  $L_{nw}$**  [dB]:

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



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.

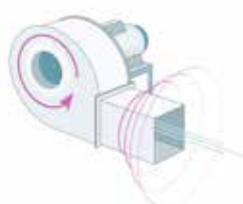
## 8.4. CONDOTTE DI VENTILAZIONE

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 dall'insieme di vibrazioni meccaniche dovute al funzionamento stesso dell'impianto e trasmesso negli ambienti attraverso i punti di appoggio e le giunzioni che lo ancorano alle strutture dell'edificio. Il rumore strutturale è altresì aggravato da componenti che si trasmettono per via puramente aerea. Sono presenti quasi sempre componenti tonali, sia a bassa frequenza (rumore rombante) sia ad alta frequenza (rumore sibilante) e sono presenti, nel caso di impianti a funzionamento discontinuo, componenti impulsive.

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

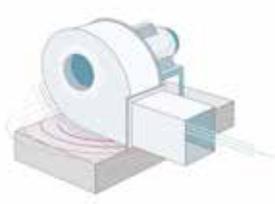
Per impostare correttamente la progettazione acustica di un impianto aeraulico occorre considerare tutte le modalità di generazione del rumore nei sistemi di trattamento e distribuzione dell'aria e valutare la trasmissione di energia vibroacustica per via solida e per via aerea.

### SISTEMA DI VENTILAZIONE



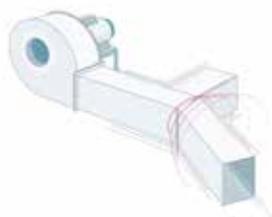
La sorgente primaria è costituita dal ventilatore: parte della potenza acustica prodotta è irradiata direttamente dalla cassa del ventilatore, parte è trasmessa alla rete aeraulica.

### VIBRAZIONE DELLA MACCHINA



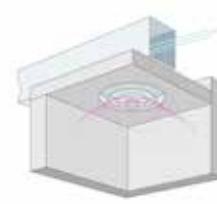
Il ventilatore, come tutte le macchine rotanti, genera nel funzionamento vibrazioni, che possono propagarsi alle strutture edilizie e alla rete aeraulica.

### CIRCOLAZIONE DELL'ARIA



Le sorgenti secondarie sono dovute principalmente al deflusso 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.

### 8.4.1. SCELTA DELLA TIPOLOGIA COSTRUTTIVA DELLE CONDOTTE AERAILICHE

La Figura sotto è riferita a un condotto rettangolare di sezione 300x400 mm, fornisce i 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.

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 acusticamente trasparente.



**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

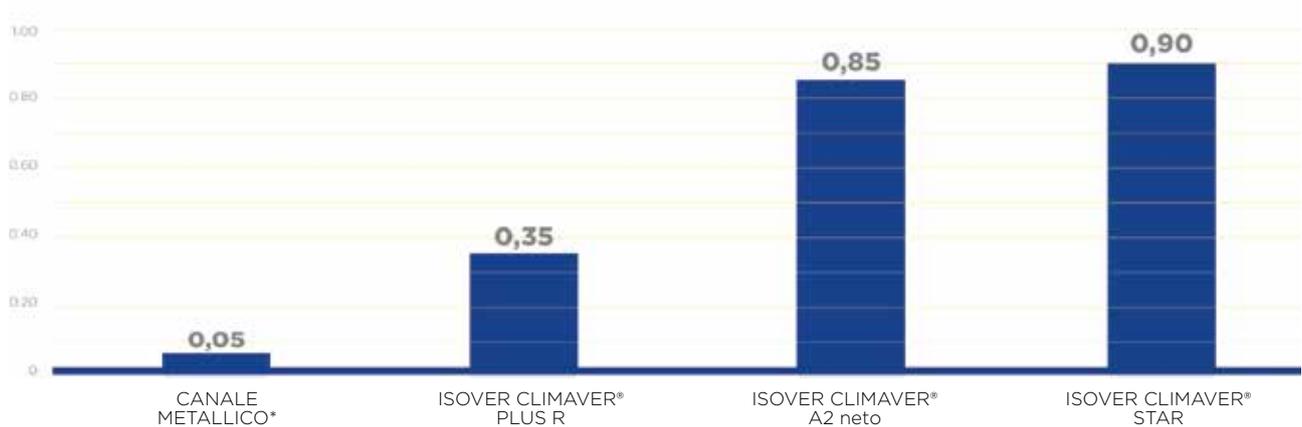


**Condotta autoportante Isover CLIMAVER® A2 neto**

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

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

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



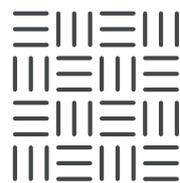
\* Risultati molto simili per materiali a celle chiuse

**Isover CLIMAVER® A2 neto**



Caratteristiche costruttive del condotto 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 alla **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.

## ■ RIFERIMENTI NORMATIVI

### 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>nw</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 non vi sono specifiche prescrizioni per le pareti tra aule scolastiche.

### D.M. DELL'11 OTTOBRE 2017 IN TEMA DI CRITERI AMBIENTALI MINIMI (CAM) PER L'EDILIZIA PUBBLICA

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.

Richiamando le normative tecniche più recenti, il D.M. dell'11/10/2017 sull'edilizia (G.U. Serie Generale n. 259 del 6/11/2017, “Affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici”) che introduce i CAM in ambito acustico fornisce indicazioni chiare sui requisiti acustici da garantire nel caso di nuova costruzione e ristrutturazione importante di primo livello di edifici pubblici.

Nello specifico, al paragrafo 2.3.5.6 sul “Comfort acustico” è indicato quanto segue:

- I valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della **Classe II** della 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.

L'approccio generale del decreto è quello di imporre, per gli appalti pubblici, limiti più restrittivi rispetto alla normativa in vigore. Nei casi che fanno eccezione, come ad esempio l'isolamento acustico di facciata delle scuole, restano prevalenti i limiti del D.P.C.M. 5/12/1997.

**UNI 11367: “CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DELLE UNITÀ IMMOBILIARI - PROCEDURA DI VALUTAZIONE E VERIFICA IN OPERA”**

Il D.M. 11 ottobre 2017 sui “Criteri Ambientali Minimi”, 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.

VALORI LIMITE CLASSI ACUSTICHE

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

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

Parametri	Prestazione di base	Prestazione superiore
Isolamento di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ )	≥ 38	≥ 43
Partizioni fra ambienti di differenti U.I. ( $R'_w$ )	≥ 50	≥ 56
Calpestio fra ambienti di differenti U.I. ( $L'_{n,w}$ )	≤ 63	≤ 53
Livello impianti a funzionamento continuo ( $L_{ic}$ ), ambienti diversi da quelli di installazione	≤ 32	≤ 28
Livello massimo impianti a funzionamento discontinuo, ( $L_{id}$ ) in ambienti diversi da quelli di installazione	≤ 39	≤ 34
Isolamento acustico di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa U.I. ( $D_{nT,w}$ )	≥ 50	≥ 55
Isolamento acustico di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa U.I. ( $D_{nT,w}$ )	≥ 45	≥ 50
Calpestio fra ambienti sovrapposti della stessa U.I. ( $L'_{n,w}$ )	≤ 63	≤ 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	≥ 34	≥ 40
Prestazione buona	≥ 30	≥ 36
Prestazione di base	≥ 27	≥ 32
Prestazione modesta	≥ 23	≥ 28

Appendice C - Valori consigliati per Tempo di Riverberazione, Speech Transmission Index (STI) e chiarezza ( $C_{50}$ )

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

## 8.5. 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. Essa 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).



$$STI \text{ PROPORZIONALE A } \frac{SPEECH LEVEL}{RUMORE DI FONDO}$$

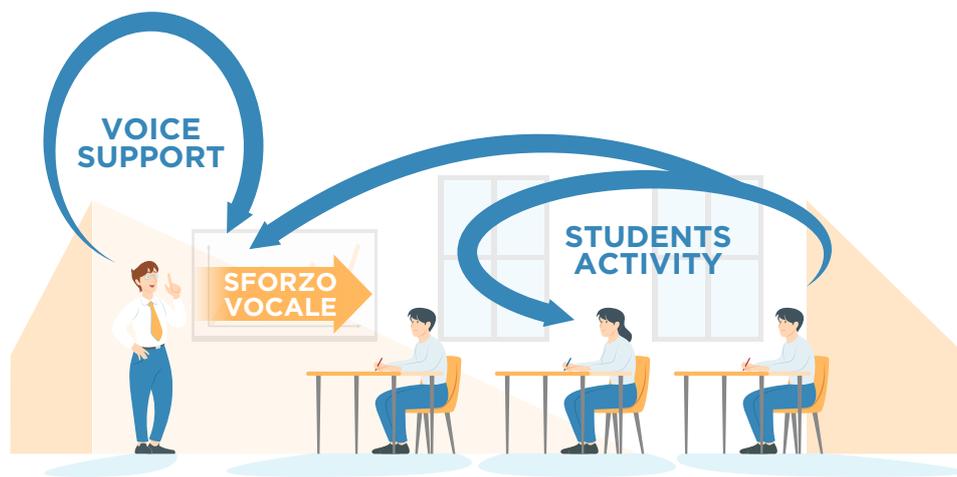
Il descrittore più complesso (e completo) per l'intelligibilità è lo **Speech Transmission Index (STI)** che, a differenza di altri parametri acustici (Tempo di riverberazione T, Chiarezza  $C_{50}$ , etc...), considera l'ambiente di ascolto (l'aula) nel suo funzionamento 'attivo', ed è quindi funzione 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 8.5, 8.6, 8.7 e 8.8 sono stati curati dall'Ing. Dario D'Orazio, del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Bologna, membro esperto del gruppo di lavoro "Comfort acustico degli ambienti confinati" della commissione UNI Acustica e Vibrazioni.



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 ed abbassando le interazioni fra di essi e lo sforzo vocale dell’insegnante.

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, 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.

## 8.6. 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 DPCM 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 collazione di valori limite per ambienti scolastici provenienti da norme tecniche locali.

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. dell’11 ottobre 2017 (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				

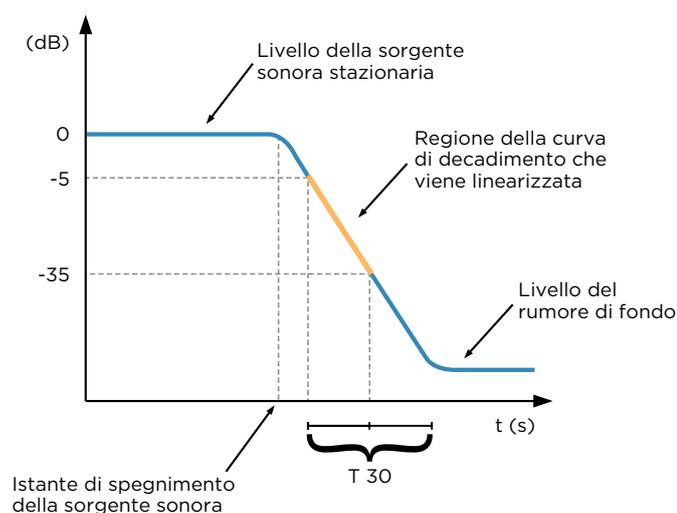
Categoria		Condizione di verifica (ambiente)	Requisito di riverberazione	Requisito di intelligibilità		
				V < 250 m <sup>3</sup>	V > 250 m <sup>3</sup>	
A1	aule musica	occupato	$T_{ott}=0,45\log V+0,07$	--		
A2	aule magne	occupato	$T_{ott}=0,37\log V-0,14$	$C_{50} > 2$ dB	STI > 0,55	STI > 0,6
A3	aule didattiche	occupato	$T_{ott}=0,32\log V-0,17$	$C_{50} > 2$ dB	STI > 0,55	STI > 0,6
A4	aule speciali	occupato	$T_{ott}=0,26\log V-0,14$	$C_{50} > 2$ dB	STI > 0,55	STI > 0,6
A5	palestre	non occupato	$T_{ott}=0,75\log V-1,00$	--	--	STI > 0,5
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.

## 8.7. 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.

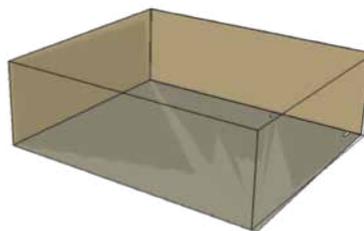
**Perché  $T$  riesca a descrivere univocamente il decadimento sonoro, inoltre, è necessario che venga misurato in condizioni di campo diffuso**, il che avviene dopo alcune riflessioni. Per entrambi questi motivi (che sono in realtà collegati fra loro), e per gli aspetti pratici inerenti la presenza 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 hanno la propria ragione di esistere proprio perché sono collegati ai primi 5 dB di decadimento (gli stessi trascurati dalla misura di  $T$ ).

Il tempo di riverberazione può essere anche valutato previsionalmente note alcune proprietà acustiche dei materiali che costituiscono le pareti e gli arredi dell'ambiente. 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 pareti (sommatoria  $\alpha \times S$ ) e l'assorbimento acustico del  $j$ -simo arredo (ad es. sedie):

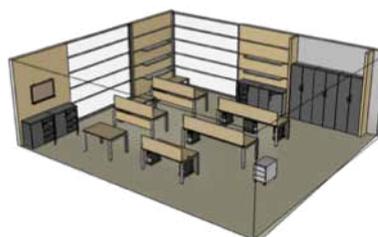
$$T = 0,161 \frac{V}{\sum_i \alpha_i S_i + \sum_j A_{obj,j}} \quad (s)$$

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:

- 0,8 N 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  $T_{ott}$

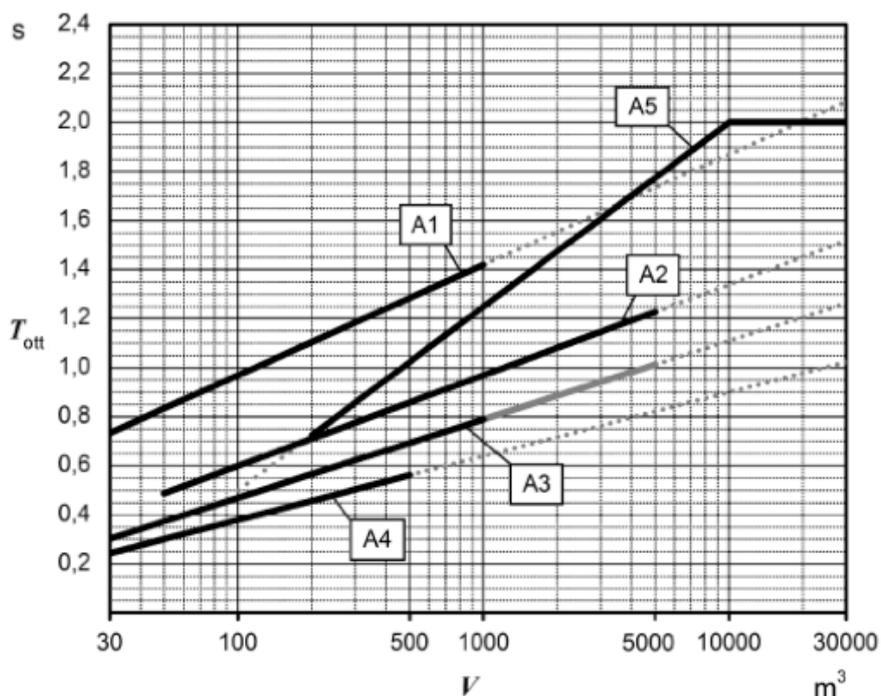
I casi più frequenti di aule didattiche rientrano nelle categorie A2 (es. aule magne) e A3 (es. aule didattiche tradizionali). Nel caso di ambiente appartenente alla categoria A2 il tempo di riverberazione ottimale è espresso dalla formula:

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

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

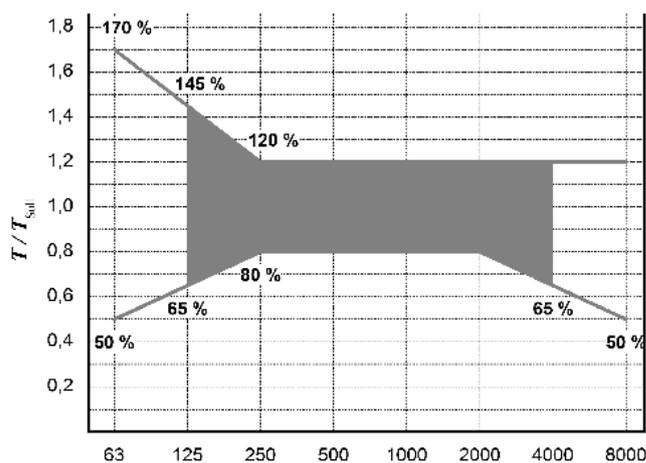
$$T_{ott} = 0,32 \log V - 0,17 \text{ (s)}$$

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:

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

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

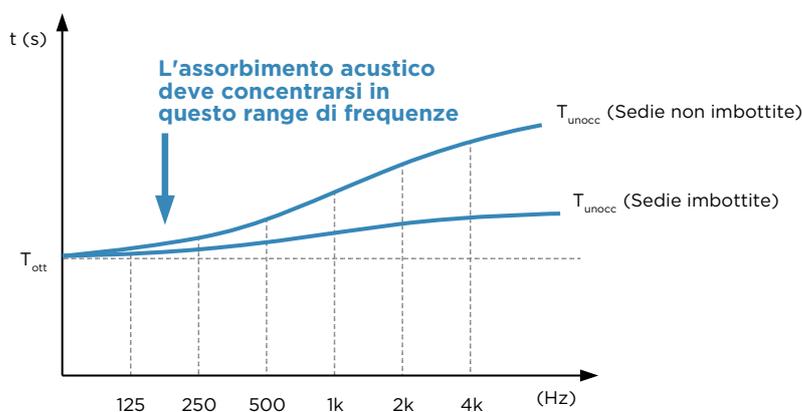
Incremento di area di assorbimento acustico relativo all'occupazione delle persone.  
Stralcio dal prospetto C1 della UNI 11532-2:2020

### 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, esempi che rappresentano i due estremi delle tipologie di aule didattiche e che 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.

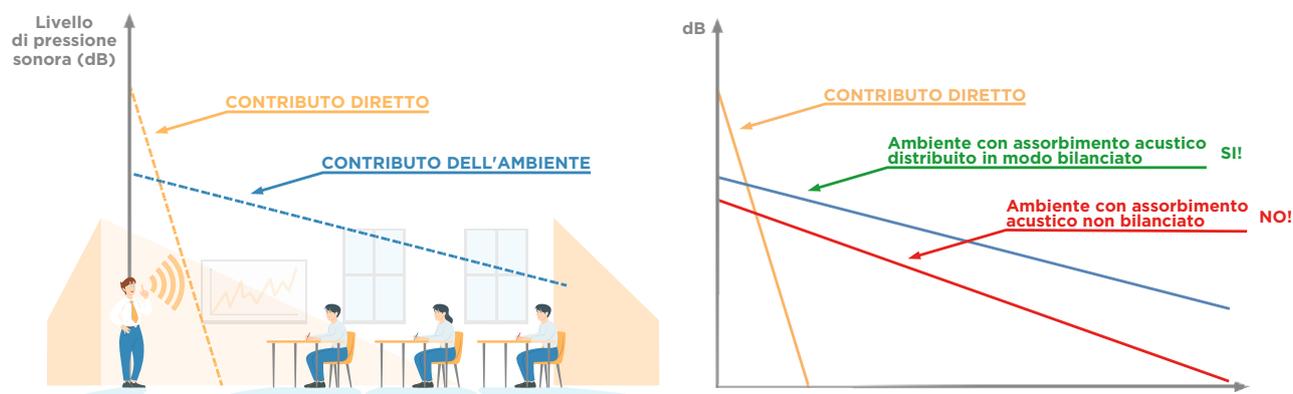
L'uso non accorto di materiale fibroso (il cui assorbimento acustico aumenta alle alte frequenze) porterebbe ad avere un eccessivo assorbimento alle alte frequenze (quale effetto della presenza di materiale fibroso e dell'occupazione degli studenti), con la conseguenza di avere un tempo di riverberazione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

**Sarà invece necessario avere un mix opportuno di materiali diversi di controllo 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.**

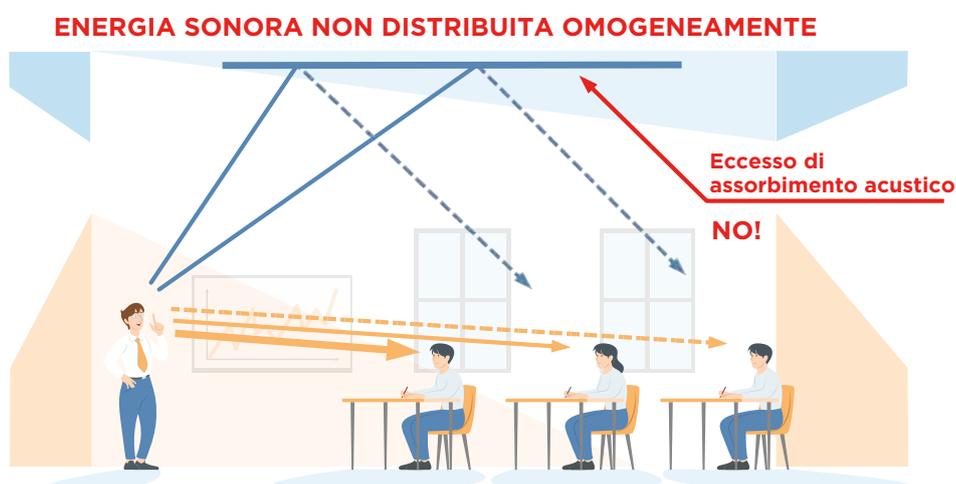
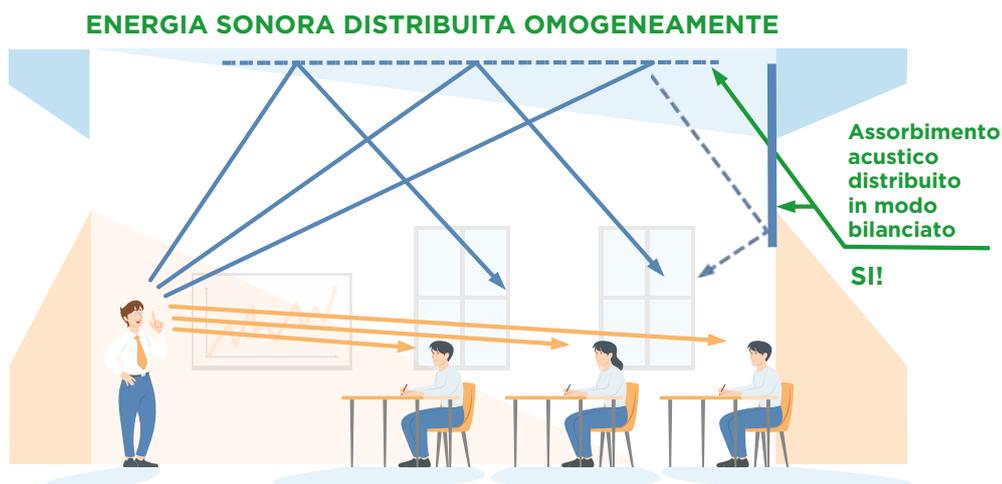
L'energia sonora (che, nel caso di un'aula didattica è alimentata dalla voce del docente, direttamente emessa in ambiente o amplificata) non ha un valore costante sulla superficie 'di ascolto' degli studenti. L'energia sonora ha due contributi: la **componente 'diretta'** proveniente dal docente o dall'impianto 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.



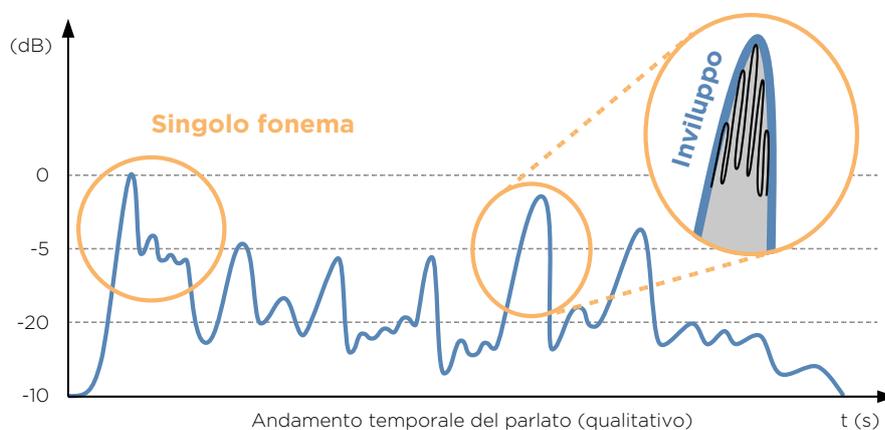
Dal punto di vista della progettazione, la corretta distribuzione dell'energia sonora si consegue in due passi:

- **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).

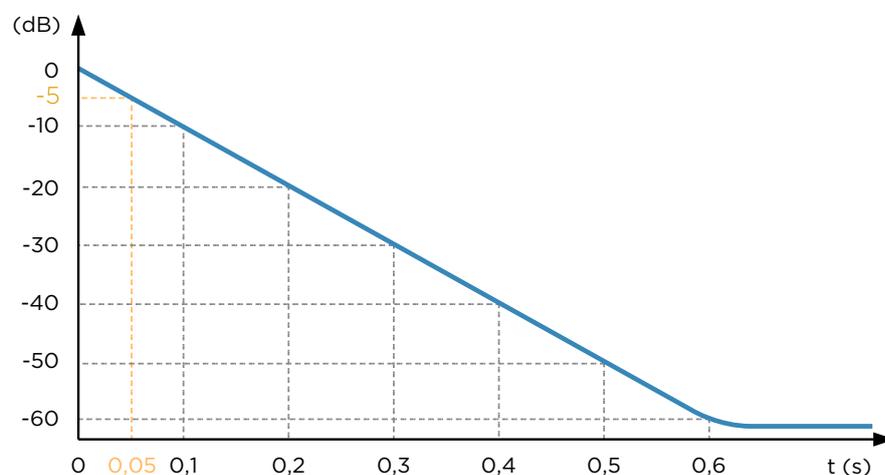
Il primo criterio è quindi quantitativo (quanti e quali materiali devo considerare per l'intervento): troppo materiale significa una pendenza troppo alta del decadimento spaziale di energia e una disuniformità di ascolto nell'ambiente. Il secondo criterio è qualitativo: devo sapere dove mettere i diversi 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, si è visto, 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.

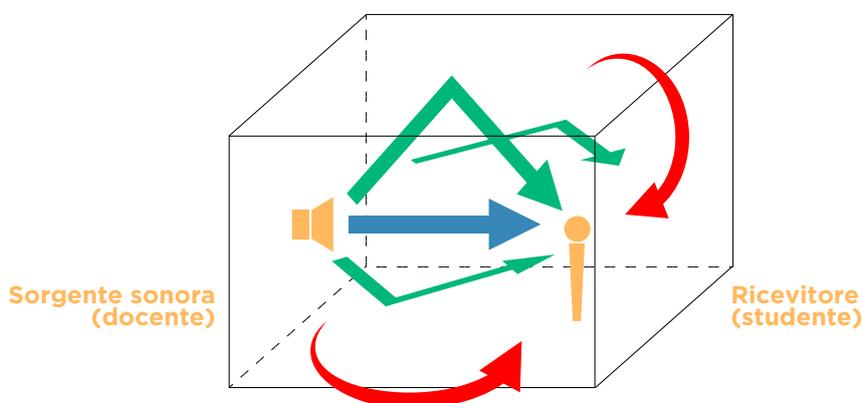
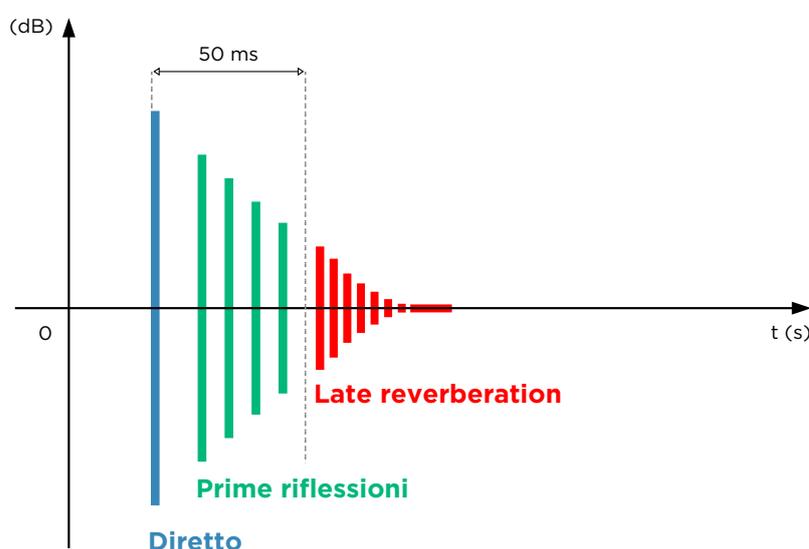
**E' quindi necessario introdurre descrittori acustici che tengano conto del primo decadimento dell'ambiente (Indice di Chiarezza  $C_{50}$ ) e della struttura temporale del parlato (STI=Speech Transmission Index).**

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)**:



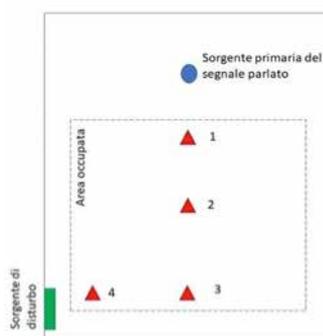
In fase previsionale bisogna fare qualche considerazione sulla natura del campo acustico, basandosi su alcune peculiarità del contesto dell'ambiente didattico introdotte nelle sezioni precedenti.

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:

$$C_{50} = 10 \log \frac{\frac{100}{r^2} + 31200 \frac{T}{V} e^{-0,04r/T} \cdot (1 - e^{0,691/T})}{31200 \frac{T}{V} e^{-0,04r/T} \cdot e^{0,691/T}}$$

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 Tunocc. 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.



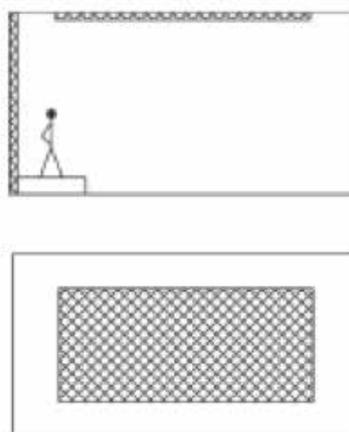
(stralcio delle Fig. 4 della norma UNI 11532-2:2020)

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.

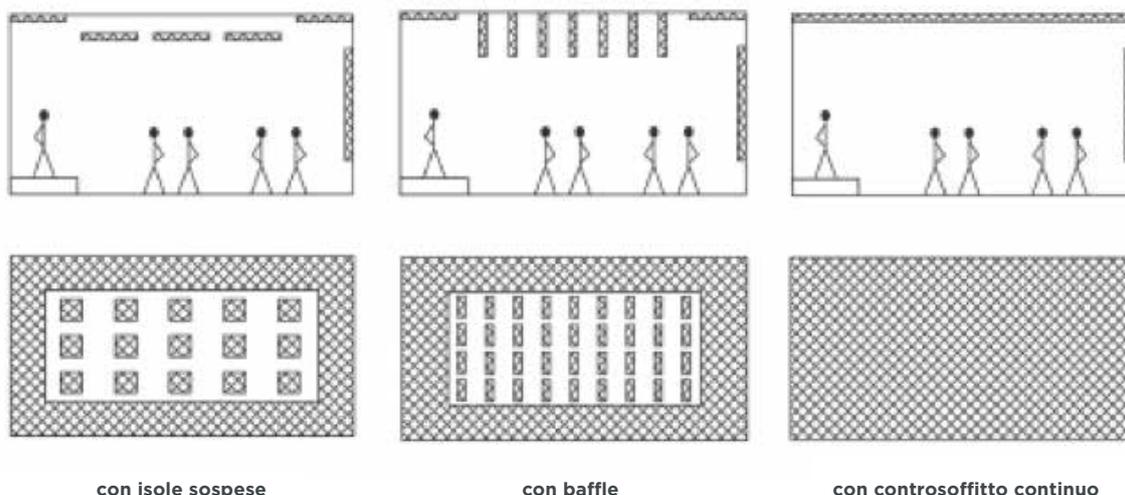
**1)** Il primo esempio (negativo) riguarda il posizionamento del materiale assorbente come da figura seguente:



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)** In caso di ambienti molto riverberanti (per volume e altezza) sono possibili le configurazioni seguenti:



con isole sospese

con baffle

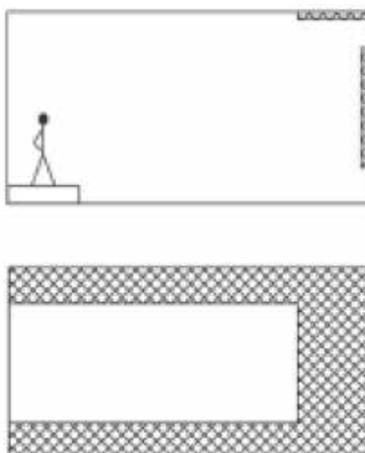
con controsoffitto continuo

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.

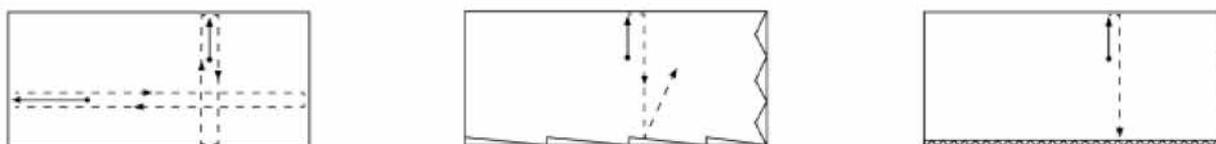
**3) La seguente configurazione è quella ottimale: prevede l'uso di materiale assorbente alle medio-alte frequenze (ad es. pannelli in lana minerale ad alta densità) nella sola regione perimetrale del controsoffitto. La regione centrale, a seconda dei requisiti richiesti dal tempo di riverberazione,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

## 8.8. 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 due 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).

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:

$$T_{ott} = 0,32 \log V - 0,17 = 0,57 \text{ (s)}$$

Per avere un riferimento dei tempi di riverberazione da verificare in fase di collaudo, per ogni k-sima banda di ottava i valori di  $T_{unocc}$ , in funzione del volume  $V=200$  e dell'incremento di assorbimento acustico degli occupanti:

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

dove l'incremento di assorbimento acustico dipende dal numero di occupanti  $N=30$ :

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

e l'incremento di assorbimento acustico per ciascuno studente dipende dalla tipologia di seduta prevista. L'aula prevede banchi e sedute non assorbenti, per cui dal prospetto C1 si legge:

	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

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

#### 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**:

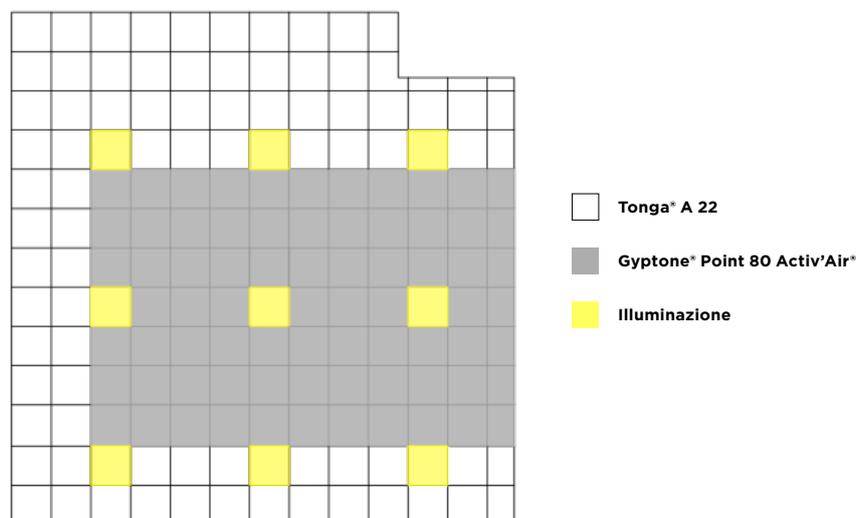
- Un materiale che assorba come risonatore intorno alla frequenza dei 250 Hz, ad es. un pannello modulare in gesso rivestito forato. Prevedere dal punto di vista teorico l'assorbimento acustico di questo materiale può essere piuttosto impegnativo. E' tuttavia possibile fare qualche considerazione utile 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 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 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:



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:

$$A_k = 0,16 \frac{V}{T_k} \quad (m^2)$$

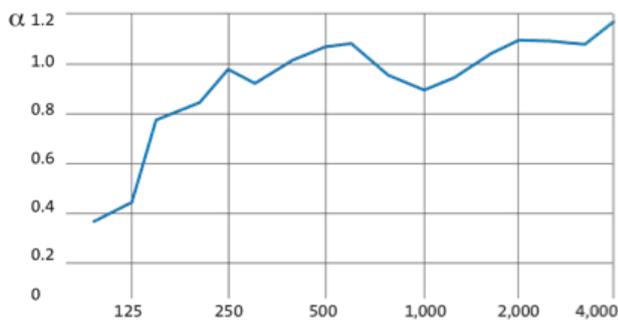
	$T_{occup}$ (s)		A ( $m^2$ )	
	min	MAX	MAX	min
125 Hz	0,37	0,82	86,9	39,0
250 Hz	0,45	0,68	70,6	47,1
500 Hz	0,45	0,68	70,6	47,1
1000 Hz	0,45	0,68	70,6	47,1
2000 Hz	0,45	0,68	70,6	47,1
4000 Hz	0,37	0,68	86,9	47,1

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.

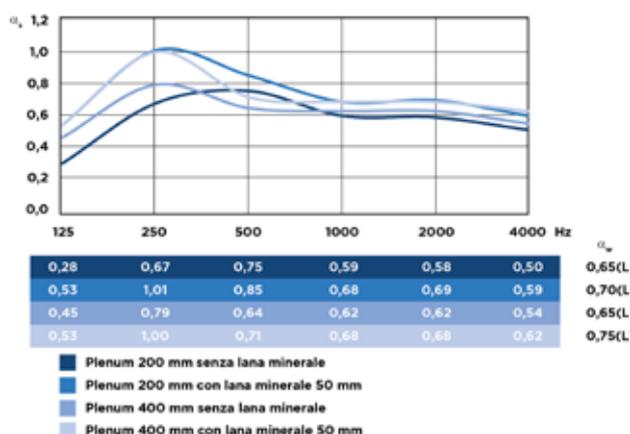
3. Per ciascuna banda di ottava valutare i contributi di assorbimento di ciascuna **finitura a parete, di ciascun arredo**, dell'intervento di correzione acustica a controsoffitto e l'incremento dovuto all'80% di occupazione

$$T_{occ} = 0,161 \frac{V}{\sum_i \alpha_{i,k} S_{i,k} + \sum_j A_{obj,j,k} + 0,8N \cdot \Delta A_{1persona,k}} \quad (s)$$

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 (Tonga® A 22 e Gyptone® Point 80 Activ'Air®)



Coefficiente di assorbimento acustico Tonga® A22



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	
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	0,6	0,5	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	0,2	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

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).

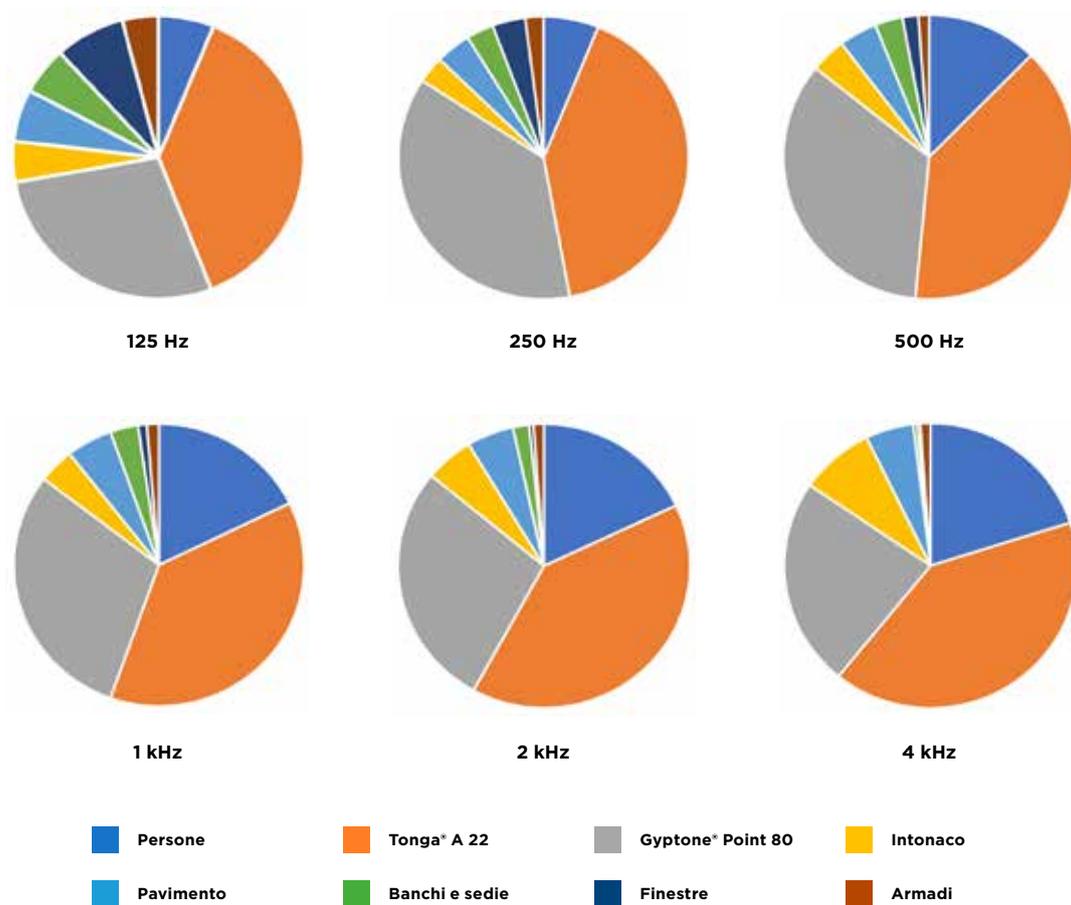
Queste valutazioni, inoltre, vanno corredate da una valutazione più generale sullo **spettro di emissione del parlato, che concentra la maggior parte dell'energia tra i 250 e i 2000 Hz** (per approfondimenti si veda la IEC 60268-16:2020). Il parlato femminile non ha componenti significative nella banda 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.

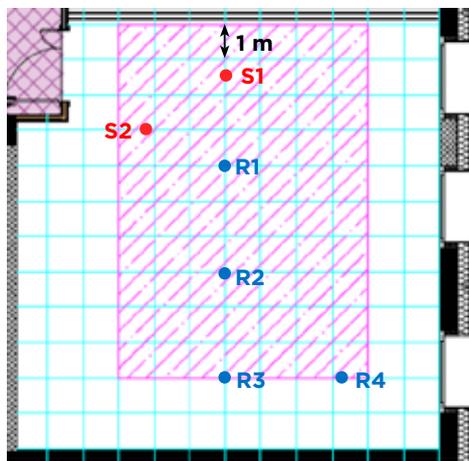
- Alle basse frequenze (125-250 Hz) il requisito di assorbimento è dovuto per circa 1/3 alla lana minerale ad alta densità installata in angolo Tonga® A 22 (in arancione), per circa 1/3 al comportamento risonante del Gyptone® Point 80 Activ'Air® (in grigio), e il restante terzo è suddiviso tra i restanti materiali.
- Alle medie frequenze (500-1000 Hz) il contributo dei materiali installati a controsoffitto (Tonga® A 22 e 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 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

Le superfici di Gyptone® Point 80 Activ'Air® e 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

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.

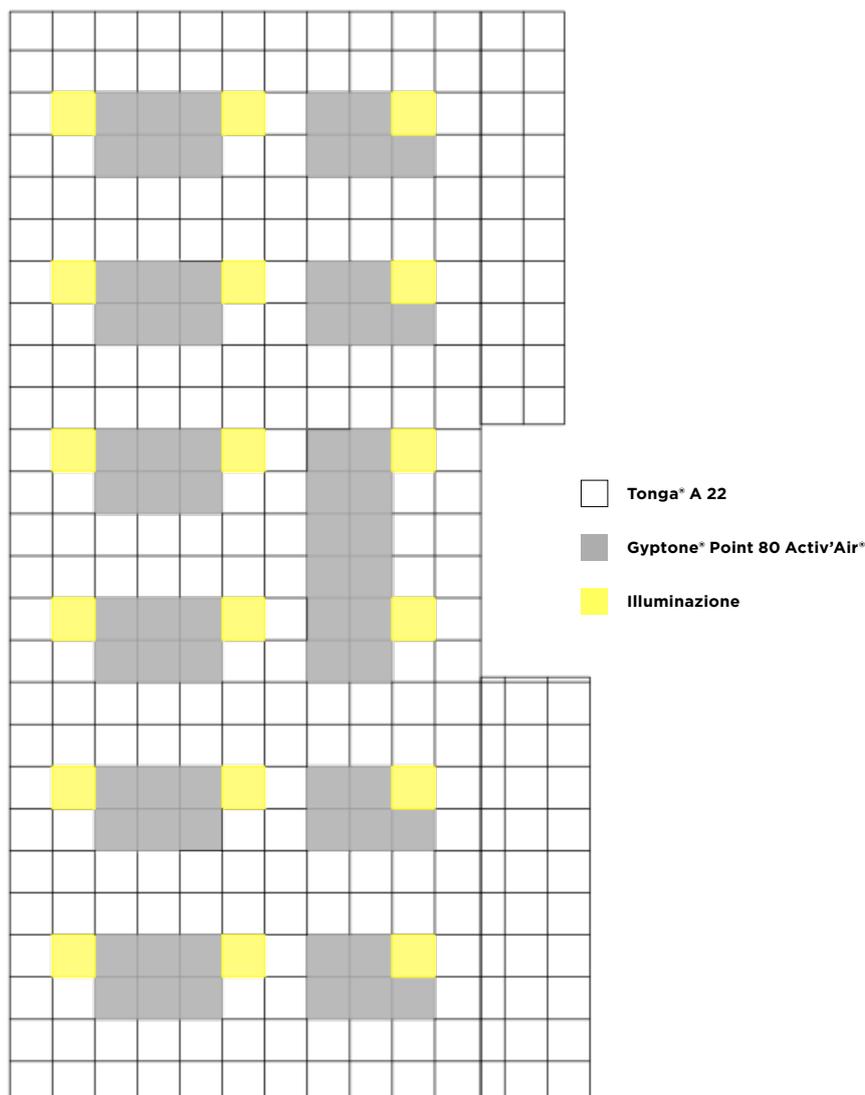
Per lo spazio in esame, il criterio di progettazione da seguire risulta essere il seguente:

$$A/V > 0,18$$

#### 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 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):



## 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
Scaffali	0,30	0,39	0,39	0,31	0,29	0,21	25,1

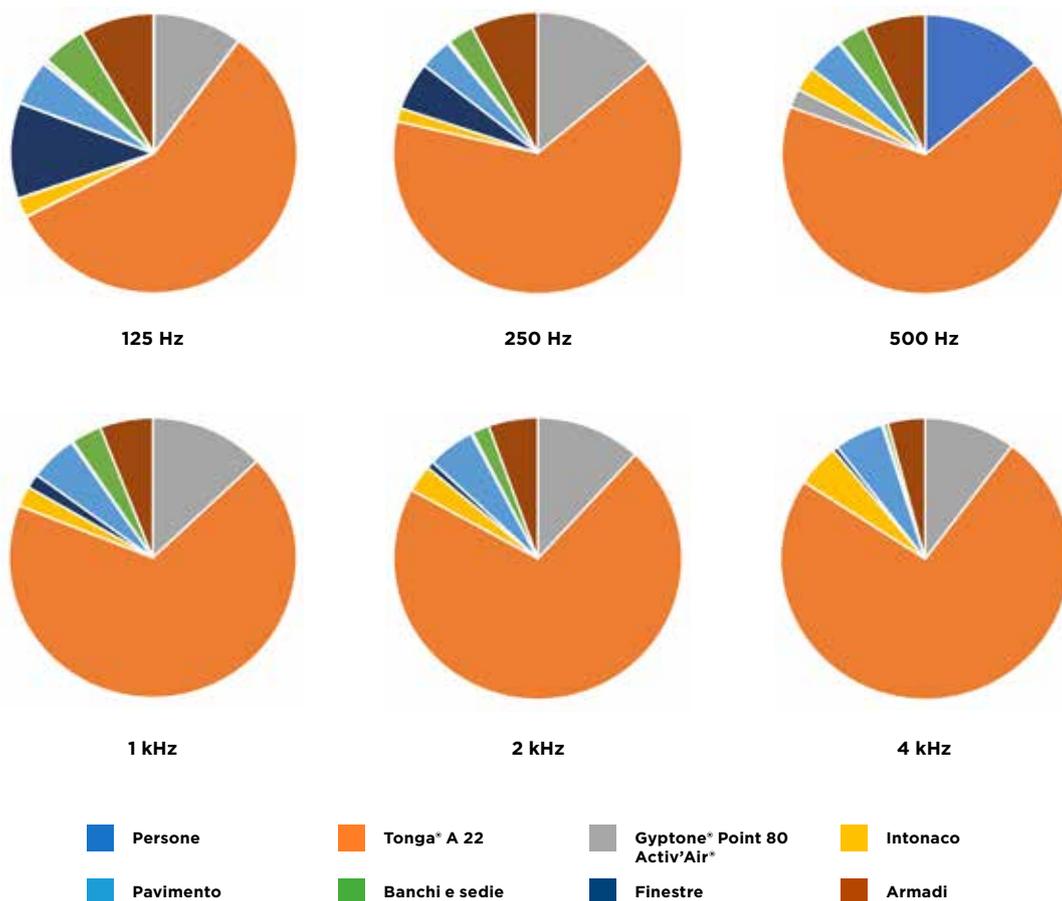
Per quanto riguarda il secondo e addendo (assorbimento degli arredi) i valori di progetto sono:

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

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>76,4</b>	<b>76,4</b>	<b>76,4</b>	<b>76,4</b>

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 Tonga® A 22 (vedi grafici a torta qui sotto). Il compito delle “isole” di 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

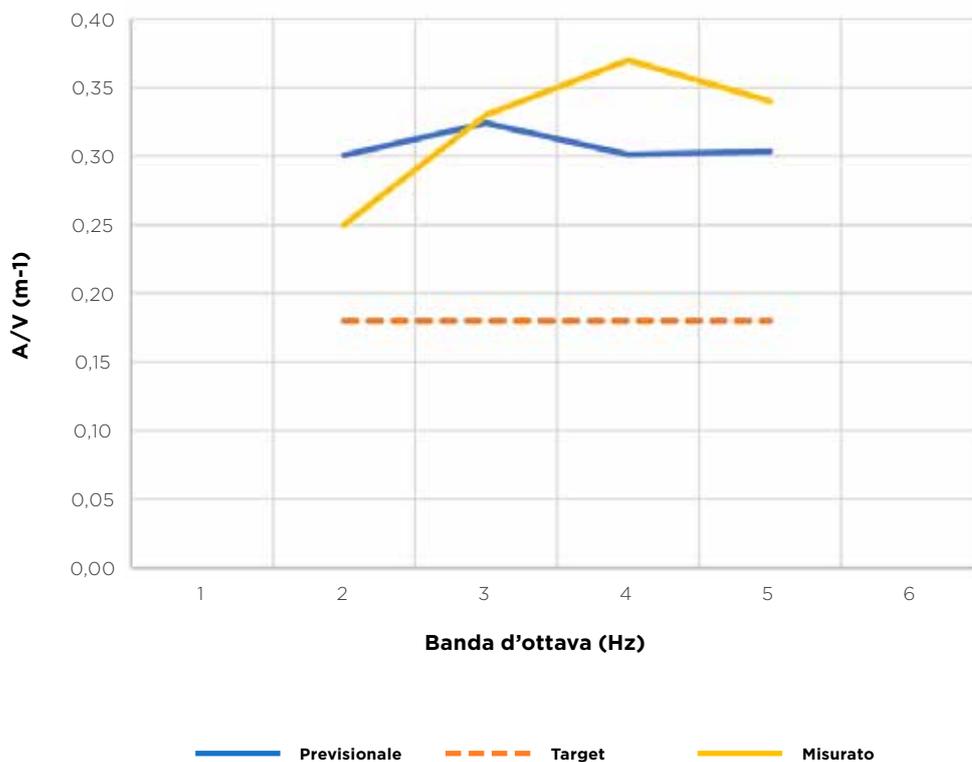
#### Collaudo post-operam.

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, riportate 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



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  $V=1200$  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

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

### Criteri 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.

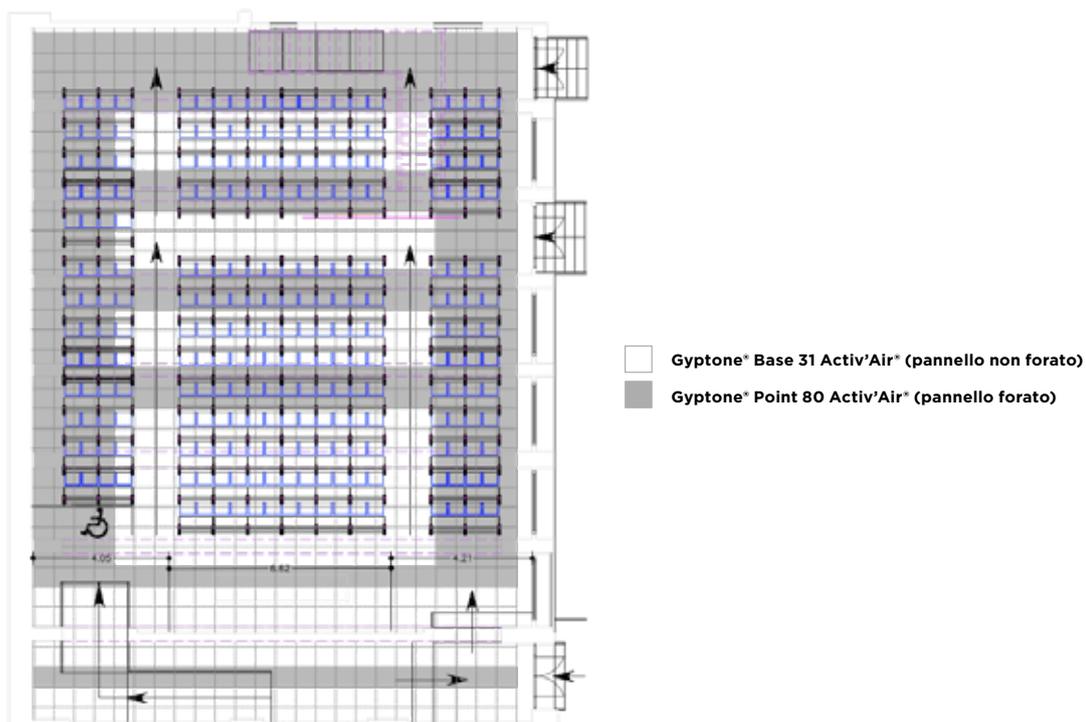
L'intervento di correzione acustica a controsoffitto può essere quindi all'assorbimento alle medio-basse frequenze, riducendo o in alcuni casi evitando di proposito l'intervento di correzione acustica con materiali in lana minerale.

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 Gyptone® Point 80 Activ'Air® e Gyptone® Base 31 Activ'Air®. I blocchi di 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 condizione 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

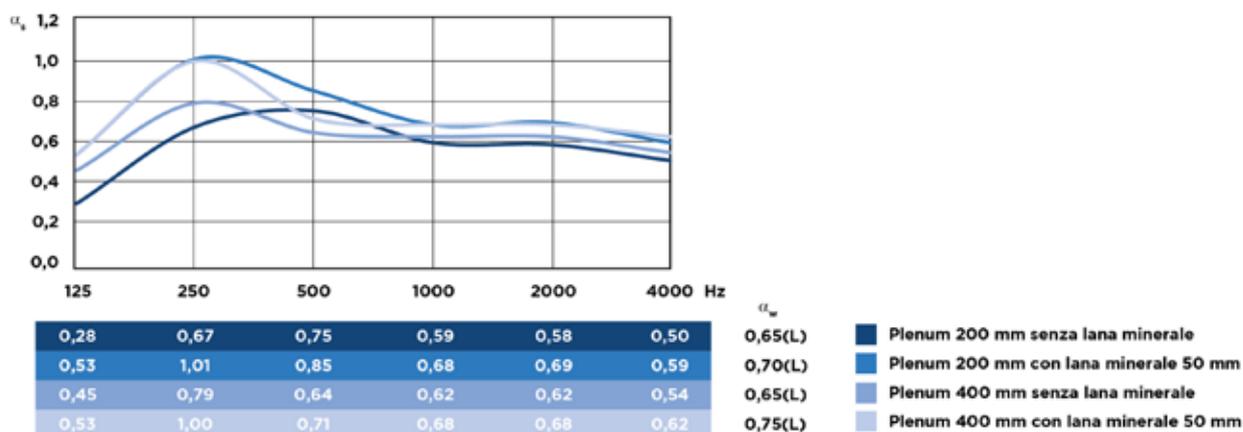
Si noti che il valore minimo della forchetta di tempo di riverberazione corrisponde al valore massimo di A. Infatti più è elevato il valore dell'area di assorbimento equivalente, più basso è il valore del tempo di riverberazione.

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 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 Gyptone® Base 31, non forniti in scheda tecnica, si è stimato un coefficiente di assorbimento acustico a 125 Hz dell'ordine di quello del 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	0,6	0,5	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	0,2	0,11	0,06	0,03	0,02	37

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

Questo tipo di intervento permette di soddisfare i requisiti normativi di A nella validazione preliminare:

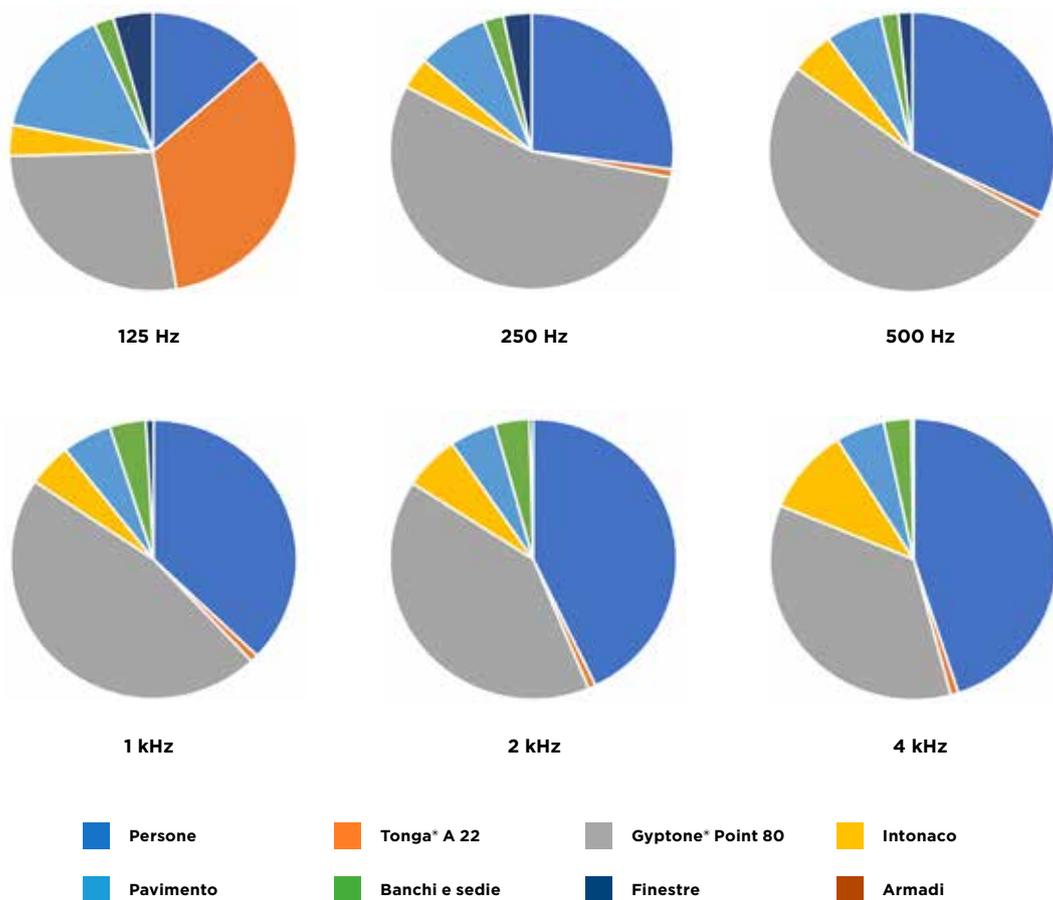
A (m <sup>2</sup> )	Frequenza					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
TOTALE	232,2	258,8	230,5	252,17	267,1	254,5
UNI 11532-2 min	162,7	162,7	162,7	162,7	162,7	162,7
UNI 11532-2 MAX	362,3	362,3	362,3	362,3	362,3	362,3

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 Gyptone® Base 31 Activ'Air® (in arancione), per circa 1/3 al comportamento risonante del Gyptone® Point 80 (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 (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.

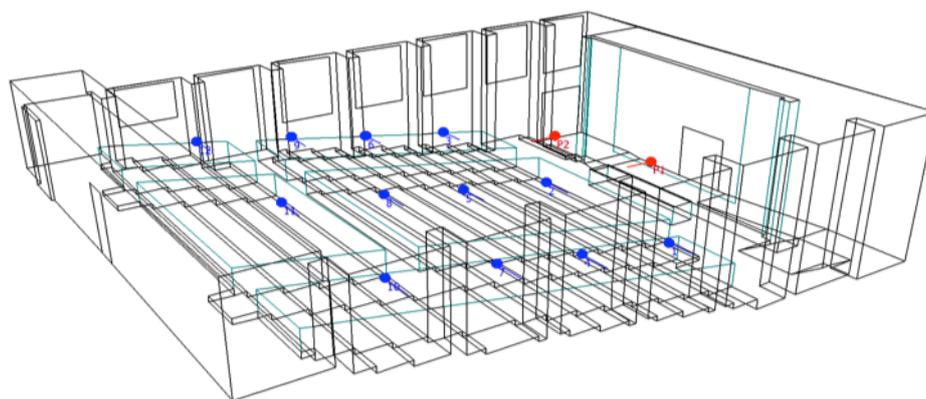


Percentuale, per materiali utilizzati, dell'assorbimento acustico equivalente necessario al raggiungimento del requisito della norma UNI 11532-2

#### 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.

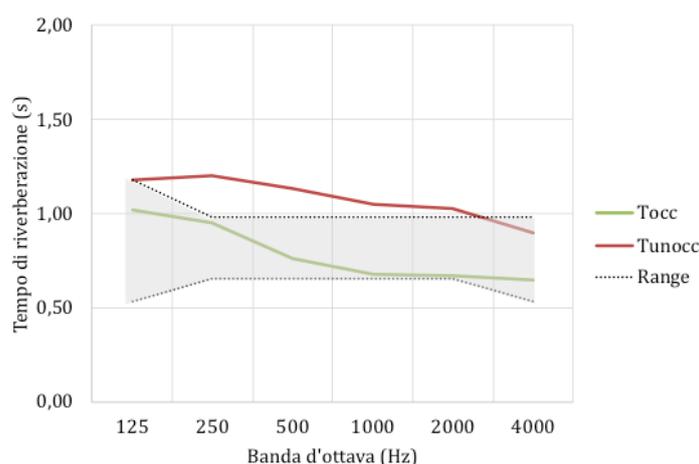
Sono state assegnate alle superfici del modello numerico gli stessi coefficienti di assorbimento utilizzati nella valutazione previsionale mediante formula di Sabine. I coefficienti di scattering (ovvero la percentuale di energia riflessa nell'ambiente in maniera diffusa) non contemplati esplicitamente 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.

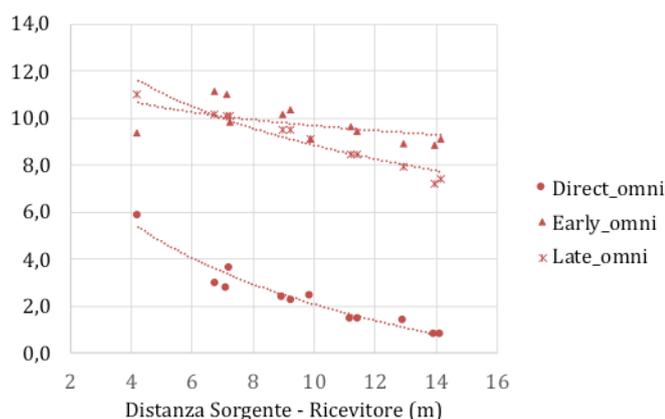
Materiale	$S_{707 \text{ Hz}}$
Intonaco	0.05
Vetri	0.01
Pavimento e sedute	0.70
Controsoffitto	0.05

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.



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.



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.

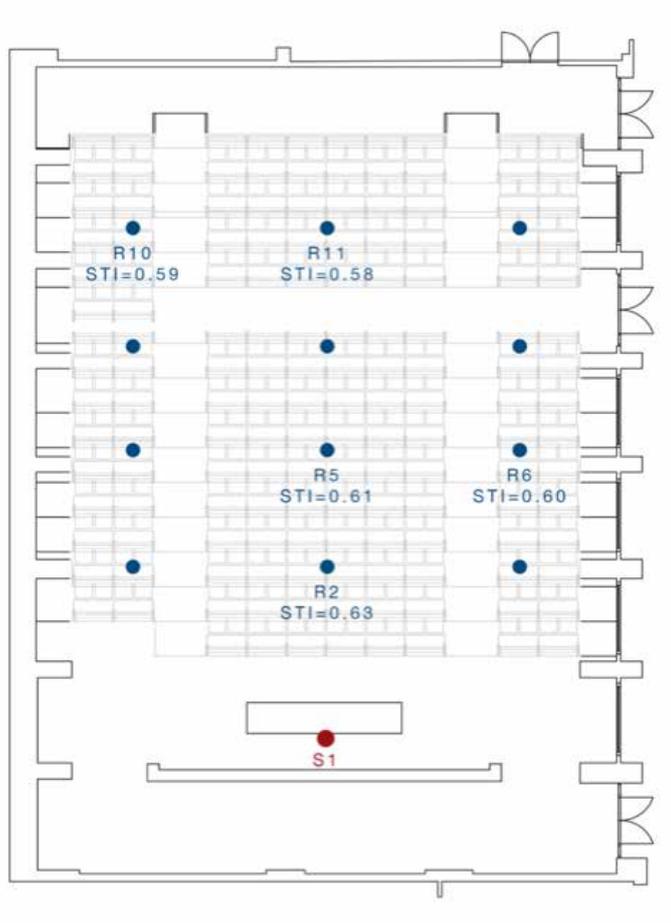
Inoltre i valori della simulazione confermano l'ipotesi sull'andamento spaziale del campo riverberante: il livello sonoro decresce con l'aumento della distanza sorgente-ricevitore. Un'adeguata progettazione permette di contenere la pendenza di questa curva, e si rileva una differenza di livello sonoro 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).

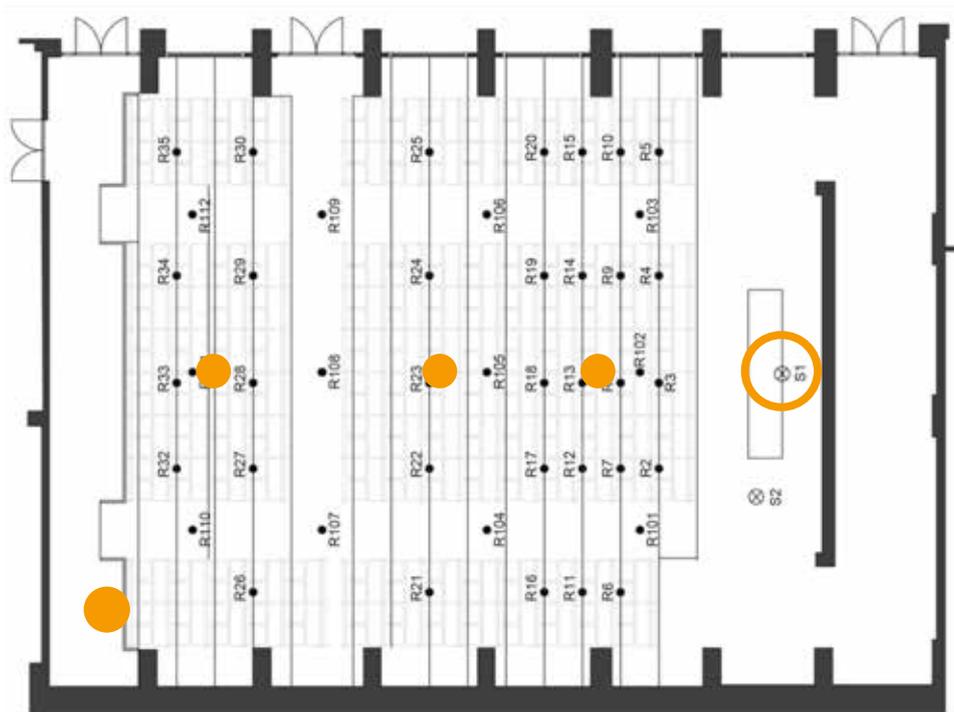
Su questa base è necessario, come accennato qualitativamente nelle pagine precedenti, innestare un corretto ragionamento per l'installazione dell'impianto di amplificazione: un limitato decadimento del campo sonoro infatti permette, ad es., l'installazione di un numero limitato di sorgenti sonore tipo 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).





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:

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

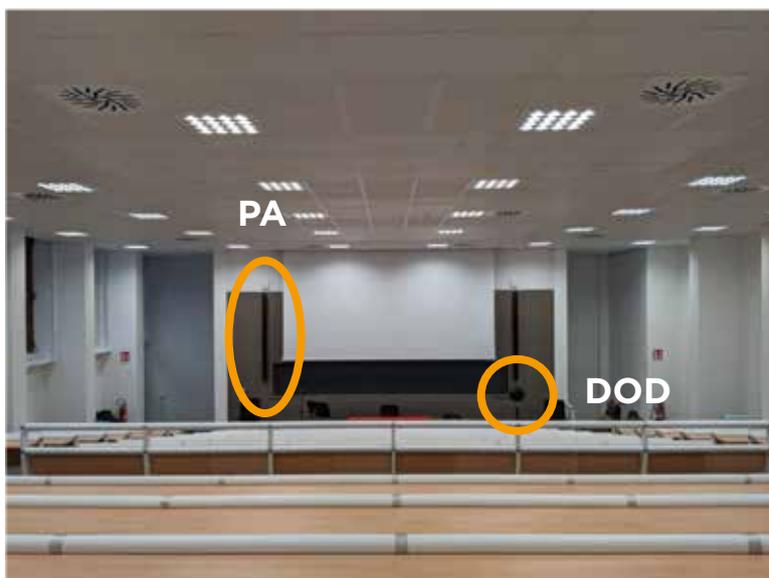
e i valori di incremento dell'assorbimento dato dall'occupazione (gli stessi utilizzati in fase previsionale).

	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

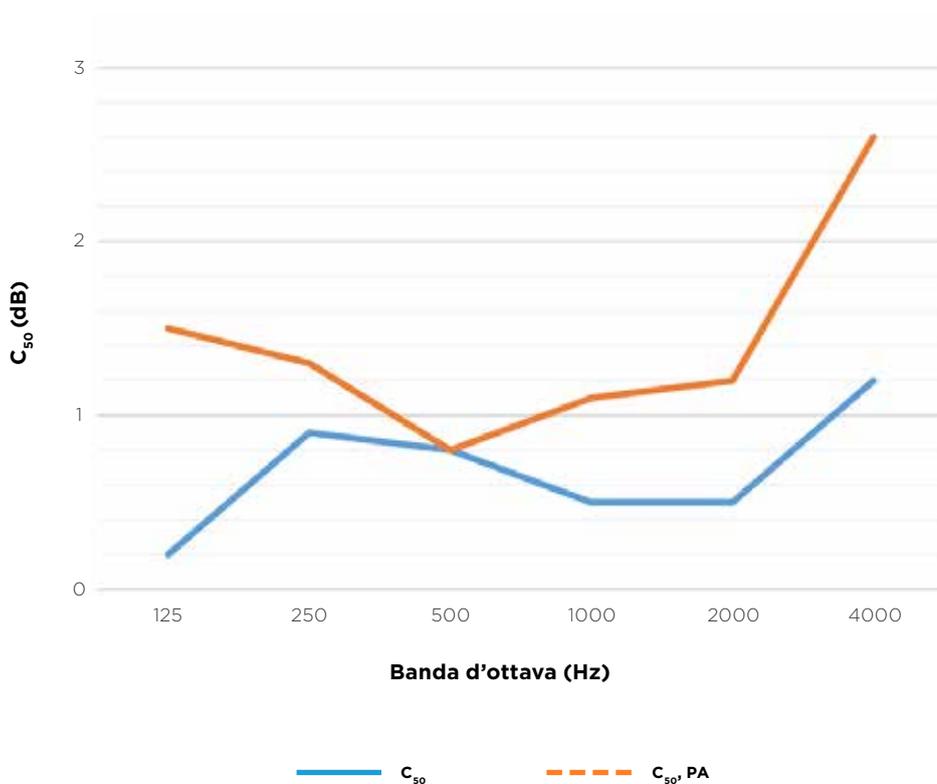
	Finestra UNI 11532		$T_{mis,unocc}$ (s)	$T_{mis,occ}$ (s)
	$T_{occ,min}$ (s)	$T_{occ,max}$ (s)		
125 Hz	0,53	1,18	0,97	0,84
250 Hz	0,65	0,98	1,06	0,79
500 Hz	0,65	0,98	1,19	0,79
1000 Hz	0,65	0,98	1,27	0,79
2000 Hz	0,65	0,98	1,24	0,71
4000 Hz	0,53	0,98	1,09	0,66

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.

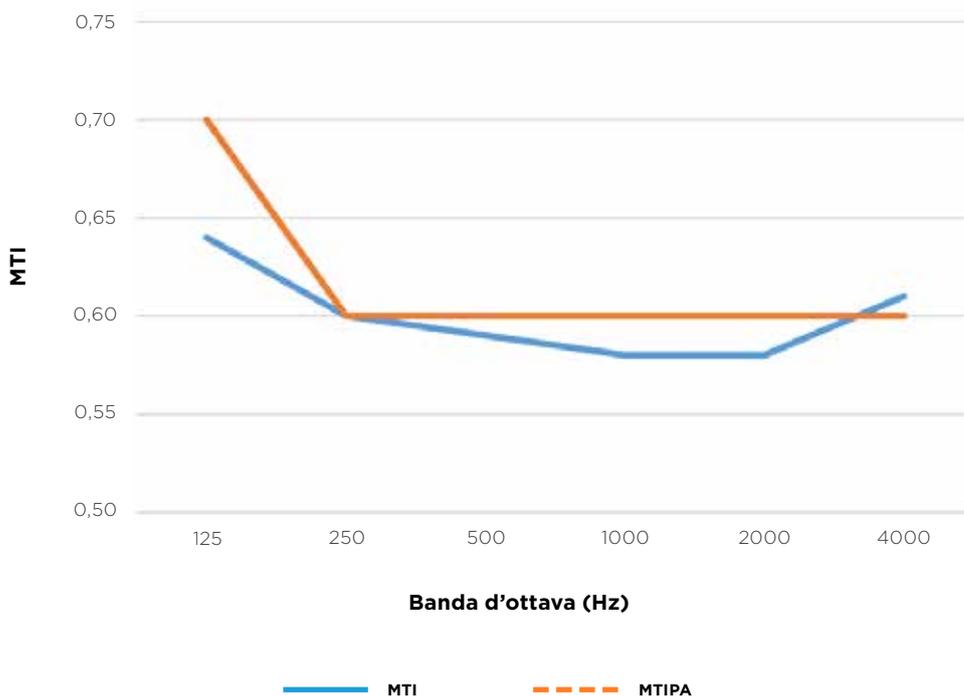
Si riportano, per completezza, i valori di intelligibilità medi misurati in fase di collaudo.



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).



Si riporta infine la misura di STI (per ulteriore dettaglio si riporta il dato non in forma di valore unico, ma 'scomposta' nelle bande di ottava). 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.



## Conclusioni.

**La norma UNI 11532-2:2020 introduce alcune sostanziali novità nella progettazione acustica degli ambienti didattici: la valutazione previsionale in condizioni occupate per molte categorie di ambienti, la verifica dei criteri di intelligibilità del parlato, la valutazione dei criteri di riverberazione per ciascuna banda di ottava e non più su una media, e altro. Inoltre, il decreto CAM - che di fatto rende cogente la norma - obbliga al collaudo post-operam dei parametri verificati previsionalmente.**

Il presente manuale cerca di analizzare quali effetti tali cambiamenti impongano al progettista acustico in termini di buone norme, di scelta e differenziazione dei materiali per il controllo acustico. Nella prima parte sono state sintetizzate le motivazioni (anche non esplicite) che stanno dietro alle scelte della norma e, più in generale, dietro al complesso scenario del comfort acustico negli spazi per la didattica.

Sono stati quindi trattati in dettaglio tre casi di studio: un'aula di scuola secondaria di piccole dimensioni, una biblioteca di scuola secondaria, un'aula universitaria di grandi dimensioni.

Nonostante le (volute) differenze tra gli ambienti, sussistono alcune necessità generali nei criteri di progettazione:

- **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;**
- **Differenziare i materiali per il controllo della riverberazione per garantire il raggiungimento dei requisiti in ciascuna banda di ottava**
- **Ottimizzare la disposizione dei materiali per assicurare un'adeguata intelligibilità del parlato**
- **Bilanciare l' omogeneità spaziale del livello del docente sull'area degli studenti per evitare patologie legate all'eccessivo sforzo vocale e assicurare un adeguato rapporto segnale-rumore anche nelle regioni meno favorevoli dell'aula**

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.

## 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-Normenausschuss 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. 11-10-2017, Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.
[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

## 9. ISOLAMENTO TERMICO

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" detta anche EPBD, in vigore dal 9 luglio 2010.

L'Italia introduce nel proprio regolamento nazionale le indicazioni delle due direttive attraverso il DLgs 192/05 (di recepimento della direttiva 2002/91) e il Decreto Legge 63/13 (di recepimento della direttiva 2010/31) convertito in legge il 3 agosto 2013 dalla Legge 90/13.

L'ultimo atto dell'evoluzione legislativa nazionale riguarda la pubblicazione a luglio 2015 del decreto attuativo della Legge 90/13 ovvero il Decreto Ministeriale del 26 giugno 2015.

CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI (SECONDO IL DPR 412/93)	
E1	Edifici adibiti a residenza e assimilabili: E.1 (1) continuative, E.1 (2) saltuarie, E.1 (3) alberghi.
E2	Edifici adibiti a ufficio e assimilabili pubblici o privati.
E3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cure e assimilabili
E4	Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili
E5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili
E6	Edifici adibiti ad attività sportive
E7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
E8	Edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e assimilabili

## REQUISITI ENERGETICI DEGLI EDIFICI

La legge 90/2013 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: il primo insieme di valori entra in vigore dal 1° ottobre 2015, mentre il secondo 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/m<sup>2</sup>k)

### 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/m <sup>2</sup> K)
	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/m <sup>2</sup> K)
	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/m <sup>2</sup> K)
	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

Il comportamento estivo dell'involucro edilizio per limitare il surriscaldamento dell'aria interna quindi per mantenere adeguate condizioni di comfort e ridotti fabbisogno energetici per il raffrescamento è stato storicamente affrontato per requisiti sui componenti (trasmissione termica periodica  $Y_{ie}$ , capacità termica periodica interna  $C_{ip}$  e riflettanza solare) e sul fabbisogno  $EP_{C,nd}$  in kWh. Recentemente è stato introdotto a livello legislativo, con i CAM, anche l'attenzione rispetto al comfort e alla temperatura operante. Aspetto già presente nei protocolli premianti o volontari tipo ITACA.

Ad esclusione della zona F per le località in cui il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione  $I_{m,s} \geq 290 \text{ W/m}^2$ , 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 attesti 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.

## CAM - D.M. 11 GENNAIO 2017 E S.M.

La norma UNI EN ISO 13786:2008 descrive i metodi di calcolo per il comportamento termico in regime dinamico dei componenti edilizi. Attraverso questi metodi è possibile simulare l'effetto di una sollecitazione climatica estiva su una struttura opaca e verificarne il comportamento. Si tratta di metodi basati sull'analisi di matrici di trasferimento composte da numeri complessi.

**La capacità termica areica** interna periodica è il rapporto tra la variazione di energia accumulata per unità di superficie in un componente nel periodo di tempo e la sollecitazione termica periodica su un lato, nell'ipotesi che la temperatura ambiente sull'altro lato del componente sia costante. Il parametro di "capacità termica interna"  $C_{ip}$  **non** è la "capacità termica" della struttura valutata come sommatoria delle capacità termiche di ogni singolo strato (nella tabella costante e pari a 222 kJ/m<sup>2</sup>K). La capacità termica descrive infatti quanta energia è necessaria per innalzare di un grado l'interna struttura.

La capacità termica interna periodica è invece un parametro funzionale alla descrizione di come i primi strati di materiale, che compongono una struttura, reagiscono a sollecitazioni energetiche sulla superficie (interna) presa in considerazione. Tale parametro caratterizza la capacità di una struttura di accumulare calore. Sottolineiamo che i CAM richiedono la verifica puntuale sulla singola partizione esterna, questo requisito non definisce il comfort estivo interno di un locale che dipende da tanti altri fattori tra cui la ventilazione, le prestazioni dei componenti finestrati, le schermature nonché il fatto di essere composto da tante strutture.

La temperatura operante è il parametro che traduce la percezione termica di una persona all'interno di un ambiente confinato. I CAM prevedono tale parametro in collegamento al modello europeo del comfort adattativo in base alla UNI EN 15251/2008. La UNI EN 15251:2008 "Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica", basata sul metodo ASHRAE, propone due formule: una per determinare la temperatura di comfort e una per determinare l'intervallo di accettabilità delle condizioni interne.

$$\theta_{co} = 18,8 + (0,33 \cdot \theta_{out})$$

$$\Delta\theta_{co} = \pm 2^{\circ}\text{C} \quad \text{Categoria I} \qquad \Delta\theta_{co} = \pm 3^{\circ}\text{C} \quad \text{Categoria II} \qquad \Delta\theta_{co} = \pm 4^{\circ}\text{C} \quad \text{Categoria III}$$

dove:

$\theta_{co}$  è la temperatura di comfort [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\theta_{out}$  è la temperatura esterna continua media giornaliera [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\Delta\theta_{co}$  è l'intervallo di accettabilità per diverse categorie di comfort [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Nel grafico sono visualizzati i confini delle categorie di comfort I, II e III secondo la norma UNI EN 15251. Le linee si discostano dal valore di  $\theta_{co}$  (linea tratteggiata) per intervalli rispettivamente di 2, 3 e 4 $^{\circ}\text{C}$ . Sull'asse orizzontale è rappresentata la temperatura esterna media mensile, sull'asse verticale la temperatura operante interna [ $^{\circ}\text{C}$ ]. La norma UNI 10375:2011 definisce **la temperatura operante** come:

*"temperatura uniforme di un ambiente nel quale un occupante scambierebbe per irraggiamento e convezione la stessa potenza termica scambiata nell'ambiente in esame termicamente non uniforme".*

Il valore della temperatura operante secondo la UNI 10375 si calcola per ogni ora come media del valore della temperatura dell'aria interna e della temperatura media radiante della stanza.

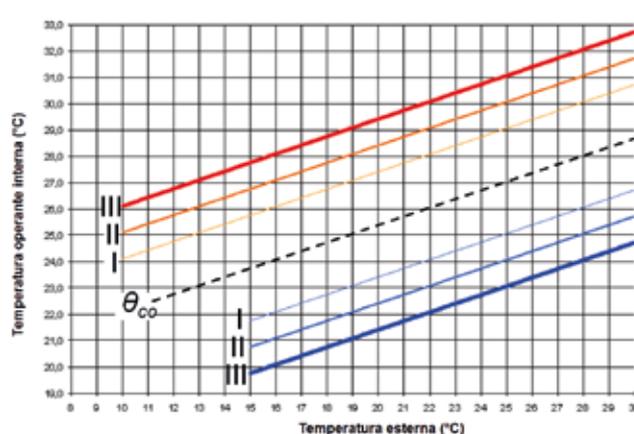
**Dove:**

$\theta_{op,t}$  è la temperatura operante all'ora t [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$\theta_{ai,t}$  è la temperatura dell'aria interna all'ora t [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$\theta_{mr,t}$  è la temperatura media radiante all'ora t [ $^{\circ}\text{C}$ ].

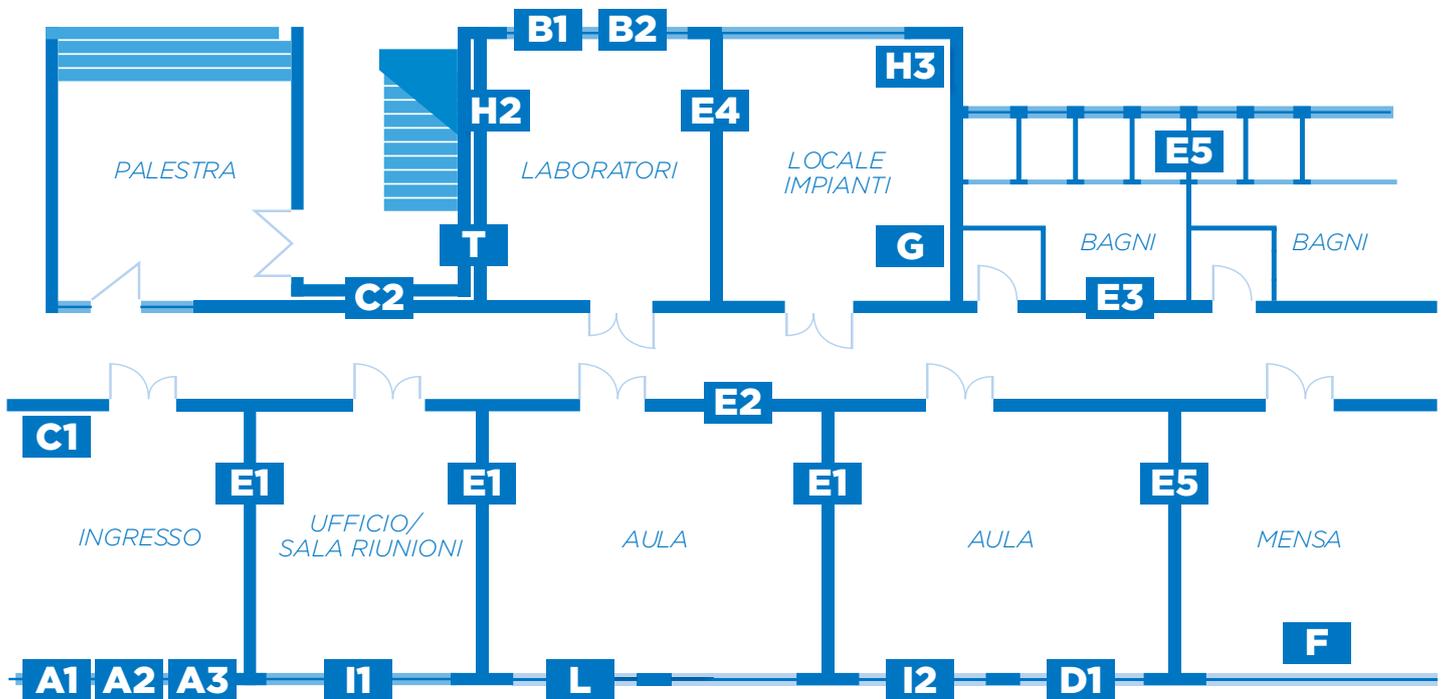
Il calcolo di queste grandezze si esegue in regime dinamico, con passo orario e in assenza di impianti.



## 10. SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER I TUOI PROGETTI

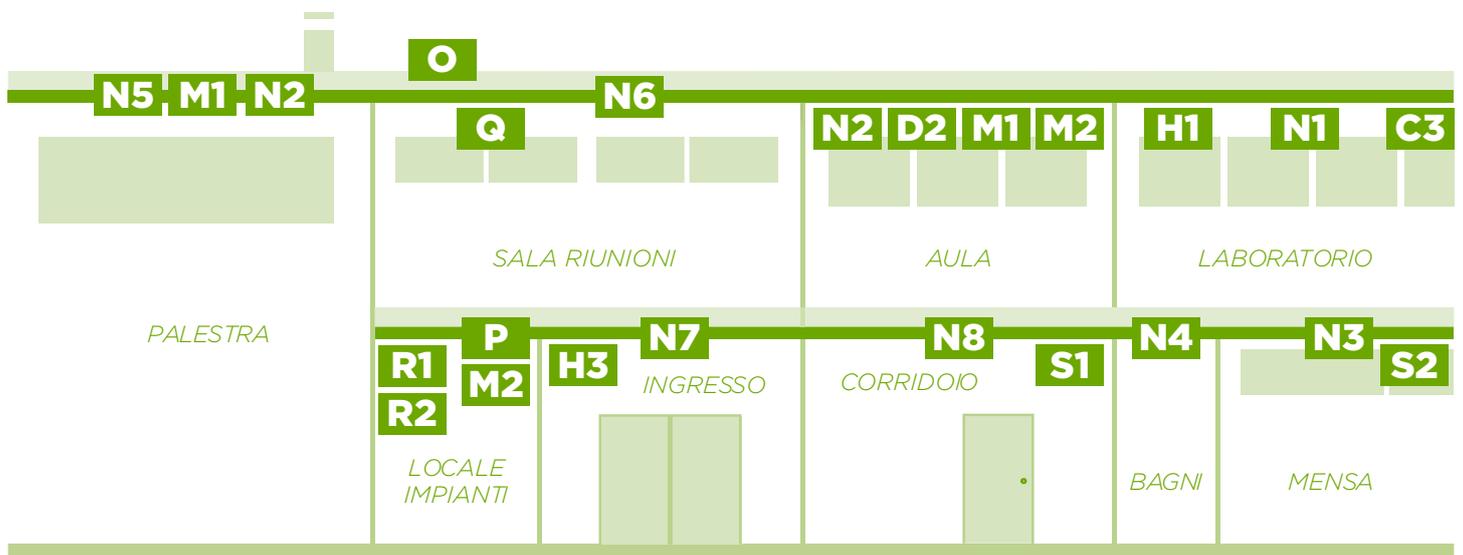
### SCUOLE **SOLUZIONI VERTICALI**

pareti, contropareti, setti autoportanti, protezione dal fuoco



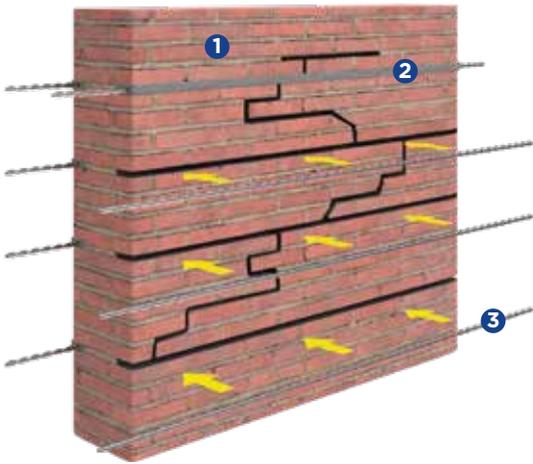
### SCUOLE **SOLUZIONI ORIZZONTALI**

controsoffitti continui e modulari ispezionabili, protezione dal fuoco, solai di interpiano, coperture esterne



Tipologia costruttiva	Soluzione	Pagina
<b>A1</b>	Intervento localizzato: ristilatura dei giunti armati	106
<b>A2</b>	Intervento localizzato: iniezioni di miscele leganti	106
<b>A3</b>	Intervento localizzato: "Scuci e cucì"	107
<b>B1</b>	Consolidamento strutturale: sistema a basso spessore FRCM	107
<b>B2</b>	Consolidamento strutturale: sistema a basso spessore CRM	108
<b>C1</b>	Rinforzo strutturale: elementi in cemento armato	108
<b>C2</b>	Rinforzo strutturale: murature	109
<b>C3</b>	Rinforzo strutturale: solaio in latero-cemento	109
<b>D1</b>	Messa in sicurezza elementi secondari: antiribaltamento	110
<b>D2</b>	Messa in sicurezza elementi secondari: antisfondellamento	110
<b>E1</b>	Parete divisoria interna tra aule / aule e sala riunioni	111-112-113-115
<b>E2</b>	Parete divisoria interna tra aule e corridoio	114
<b>E3</b>	Parete divisoria interna tra bagno e corridoio	112-114
<b>E4</b>	Parete divisoria interna tra ambienti tecnici	112-113-114-115
<b>E5</b>	Parete divisoria interna ambienti umidi	112-113-115
<b>F</b>	Controparete interna per isolamento termico e acustico	116-117-120
<b>G</b>	Cavedio tecnico	118-119
<b>H1</b>	Protezione dal fuoco di solai esistenti	126-127-129-138 139-140-142
<b>H2</b>	Protezione dal fuoco di pareti esistenti	117-118-119-120
<b>H3</b>	Protezione dal fuoco di strutture portanti	140-141-142
<b>I1</b>	Parete di tamponamento esterno (sistema a secco)	121-122
<b>I2</b>	Parete di tamponamento esterno (isolamento a cappotto)	123-124
<b>L</b>	Superfici vetrate	124-125-126-127
<b>M1</b>	Controsoffitto continuo antisfondellamento	127-133
<b>M2</b>	Controsoffitto continuo-modulare antisismico	127-128-130-131 132-133-137
<b>N1</b>	Controsoffitto continuo ambienti interni	127-129-133
<b>N2</b>	Controsoffitto continuo-modulare aule	131-132-133
<b>N3</b>	Controsoffitto continuo-modulare mensa	129-136
<b>N4</b>	Controsoffitto continuo-modulare bagno/cucina	136
<b>N5</b>	Controsoffitto continuo-modulare palestra	127-135
<b>N6</b>	Controsoffitto continuo-modulare sala riunioni/biblioteca-sala studio	127-131-132-133
<b>N7</b>	Controsoffitto continuo-modulare ingresso	127-129-131 132-133-137
<b>N8</b>	Controsoffitto continuo-modulare corridoi	134
<b>O</b>	Copertura	148-149-150-151-152
<b>P</b>	Solaio di interpiano	152
<b>Q</b>	Condotte di ventilazione	143
<b>R1</b>	Isolamento termico e acustico di condotte di ventilazione	146
<b>R2</b>	Isolamento termico e acustico di tubazioni	147
<b>S1</b>	Protezione dal fuoco di condotte	144-145
<b>S2</b>	Protezione dal fuoco di tubi combustibili	146
<b>T</b>	Isolamento termico e acustico in intercapedine	123

## 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**

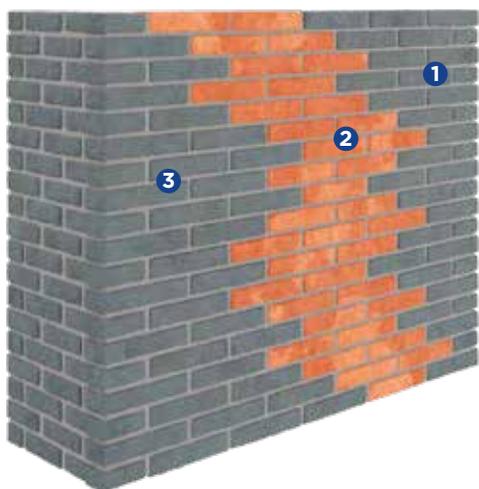


Resistenza all'azione sismica



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

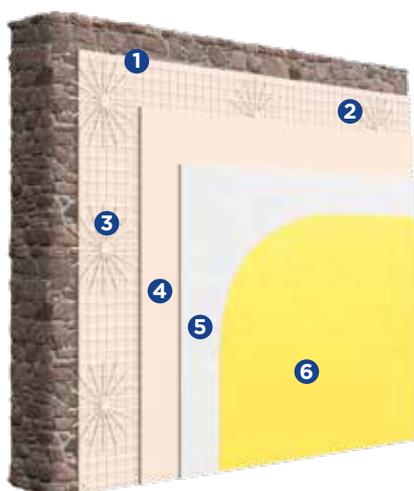


Resistenza all'azione sismica



Valorizzazione immobile

## 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**

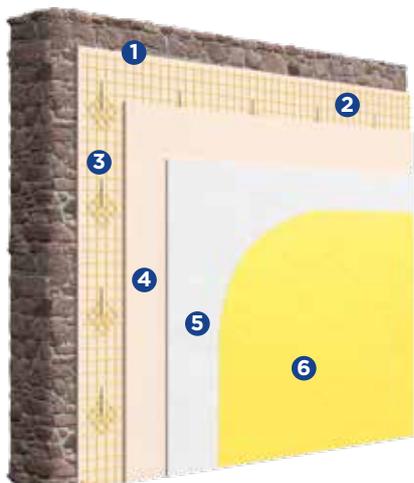


Resistenza all'azione sismica



Valorizzazione immobile

## 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**

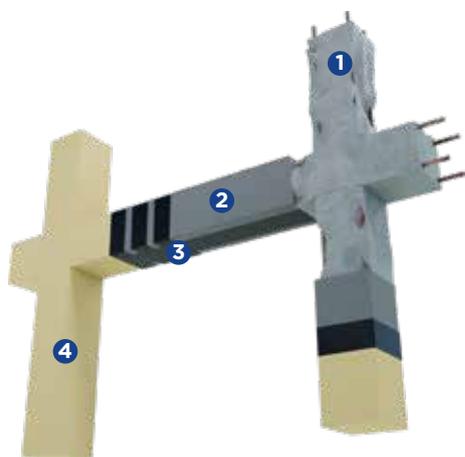


Resistenza all'azione sismica



Valorizzazione immobiliare

## 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 immobiliare

## SOL. C2 - RINFORZO STRUTTURALE: MURATURE



### COMPONENTI DEL SISTEMA

- 1 Volta in muratura
- 2 Strato di alloggiamento **webertec ripara20/webertec BTcalceF**
- 3 Sistema di rinforzo carbonio-epossidico **webertec CFRP**

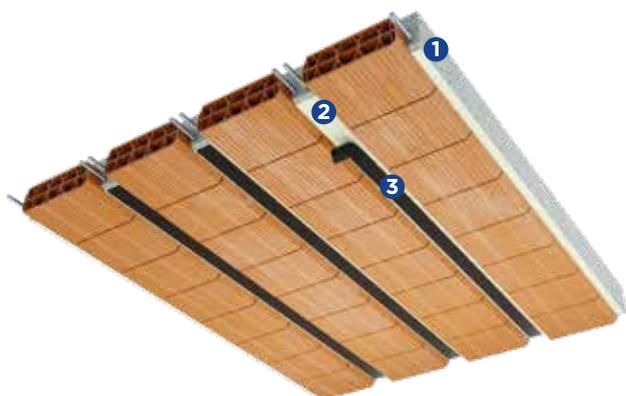


Resistenza all'azione sismica



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 **webertec 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  
**webertec mandrino**  
Mandrino spingibarre elicoidali
- 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 webertec rete250/A**  
Rete strutturale in fibra di vetro AR e apprettate con PVA
- 2 webertec tassello**  
Tassello universale in nylon con vite in acciaio zincato  
**webertec flangia**  
Flangia per il fissaggio di reti stutturali e non, al supporto
- 3 webertec angolare**  
Angolare in acciaio zincato per fissare la rete nel raccordo parete-soffitto
- 4 webertec BTcalceF o webertec BTcalceG**  
Malte strutturali con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria fine o grossa



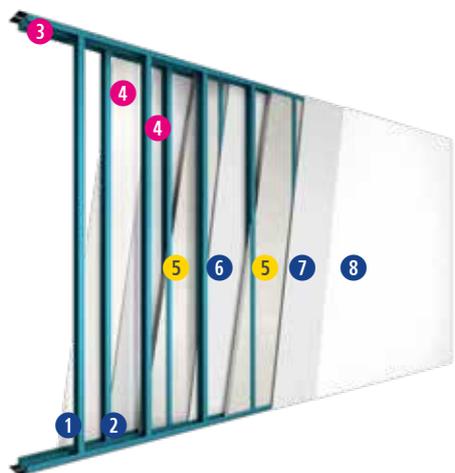
Resistenza all'azione sismica



Valorizzazione immobiliare

## SOL. E1 - PARETE DIVISORIA SAD5 163/50 L HF STD

Spessore: 162,5 mm | Peso: 57,00 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 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
- 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
- 2 x Guide a U Gyproc **GYPROFILE** (parallele affiancate)  
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 2 x Montanti a C Gyproc **GYPROFILE** (paralleli affiancati)  
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm, sfalsati
- 2 x Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+**  
sp. 45+45 mm, reaz. al fuoco A1
- 1 lastra Gyproc **WALLBOARD 13** (centrale)  
(tipo A, peso 9,2 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 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
- 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



**Resistenza al fuoco:**  
**EI 120** - Hmax = 4 m  
F.T. intercambiabilità lastre  
pareti doppia struttura



**Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 67 dB**  
Val. an. rif. Z LAB 142-2020-IAP



**Trasmittanza termica:**  
**U = 0,320 W/m<sup>2</sup>K**



**Portata ai carichi**



**Resistenza agli urti**



**Resistenza all'azione sismica:**  
Report Politecnico di Milano



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD**  
**CAM | EPD**



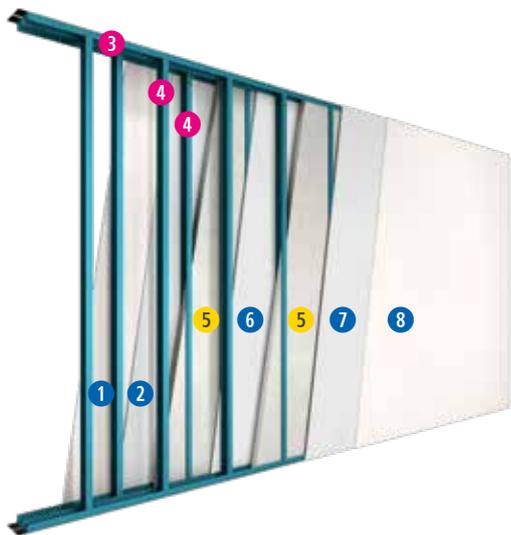
**Resa estetica:** il cartone bianco  
agevola le operazioni di finitura



**Ambienti umidi:**  
utilizzo di Habito\* Forte Hydro

## SOL. E1 - E3 - E5 - PARETE DIVISORIA SAD5 163/50 L DG STD

Spessore: 162,5 mm | Peso: 57,00 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 1 lastra Gyproc **DURAGYP 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 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 2 x Guide a U Gyproc **GYPROFILE** (parallele affiancate)  
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 4 2 x Montanti a C Gyproc **GYPROFILE** (paralleli affiancati)  
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 13** (centrale)  
(tipo A, peso 9,2 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 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
- 8 1 lastra Gyproc **DURAGYP 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

 <b>Resistenza al fuoco:</b> <b>EI 120</b> - Hmax = 4 m LAPI 173/C/15-256 FR	 <b>Fonoisolamento:</b> <b>PAR 4+: R<sub>w</sub> = 64 dB</b> Val. an. rif. I.G. 222355 <b>ARENA34: R<sub>w</sub> = 65 dB</b> Val. an. rif. I.G. 350665	 <b>Trasmittanza termica:</b> <b>PAR 4+: U = 0,320 W/m<sup>2</sup>K</b> <b>ARENA34: U = 0,294 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: Classe A+   Eurofins GOLD</b> <b>CAM   EPD   Activ'Air</b> <sup>®</sup>	 <b>Ambienti umidi:</b> idonea	 <b>Portata ai carichi</b>	 <b>Resistenza agli urti</b>

## SOL. E4 - PARETE DIVISORIA SAD 210/75 LA34 DG ECO

Spessore: 210 mm | Peso: 53,8 kg/m<sup>2</sup>



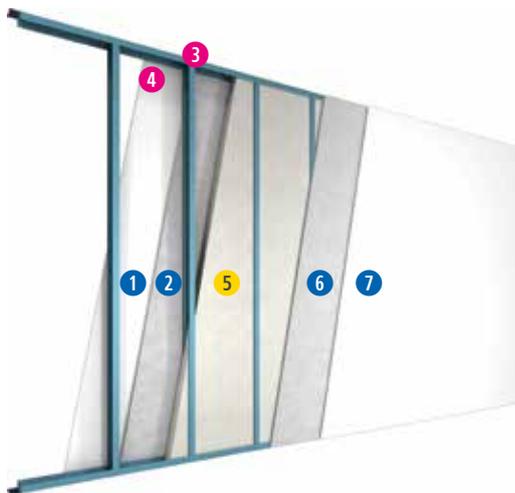
### PRODOTTI UTILIZZATI

- 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 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**<sup>®</sup>  
(tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

 <b>Resistenza al fuoco:</b> <b>EI 120</b> - Hmax = 4 m F.T. intercambiabilità lastre 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 = 0,288 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: Classe A+   Eurofins GOLD</b> <b>CAM   EPD   Activ'Air</b> <sup>®</sup>   Elevato contenuto di materiale riciclato			

## SOL. E1 - E4 - PARETE DIVISORIA HF 1.6 A - SA 125/75 L HF STD

Spessore: 125 mm | Peso: 45,95 kg/m<sup>2</sup>



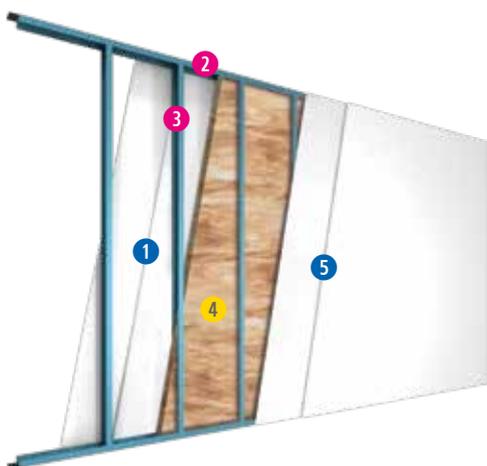
### PRODOTTI UTILIZZATI

- 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

 <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: Classe A+   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
			 <b>Resistenza agli urti</b>

## SOL. E4 - E5 - PARETE DIVISORIA SA 125/75 LA34 DG ECO

Spessore: 125 mm | Peso: 52,7 kg/m<sup>2</sup>



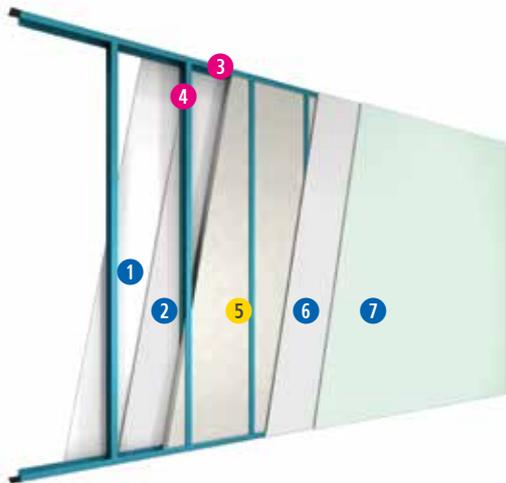
### PRODOTTI UTILIZZATI

- 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 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®**  
(tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

 <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: Classe A+   Eurofins GOLD CAM   EPD   Activ'Air®   Elevato contenuto di materiale riciclato</b>	 <b>Ambienti umidi:</b> idonea	 <b>Portata ai carichi</b>	 <b>Resistenza agli urti</b>

## SOL. E3 - PARETE DIVISORIA SA 125/75 L LISAPLAC HYDRO STD

Spessore: 125 mm | Peso: 40,55 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 1 lastra Gyproc **LISAPLAC 13**  
(tipo A, peso 9,4 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A1
- 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+**/  
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 9,8 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

**Resistenza al fuoco:**  
**EI 90** - Hmax = 5 m  
LAPI 61/C/11-109 FR

**Reazione al fuoco:**  
**A1 lato Lisaplac**

**Fonoisolamento:**  
**AcustiPAR 4+: R<sub>w</sub> = 56 dB**  
Val. an. rif. I.G. 350948  
**ARENA34: R<sub>w</sub> = 57 dB**  
Val. an. rif. 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**

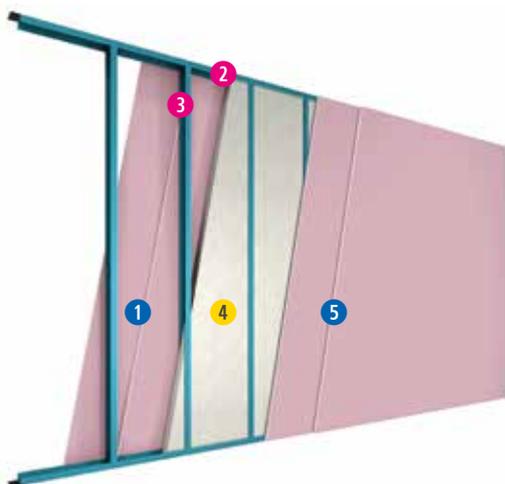
**Resistenza all'azione sismica:**  
Report Politecnico di Milano

**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD**  
**CAM | EPD**

**Ambienti umidi:**  
idonea lato Hydro

## SOL. E2 - E4 - PARETE DIVISORIA SA 125/75 L F

Spessore: 125 mm | Peso: 43,35 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

**Resistenza al fuoco:**  
**EI 120** - Hmax = 5 m  
LAPI 262/C/21-365 FR

**Fonoisolamento:**  
**AcustiPAR 4+: R<sub>w</sub> = 56 dB**  
Val. an. rif. I.G. 350948  
**ARENA34: R<sub>w</sub> = 57 dB**  
Val. an. rif. 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**

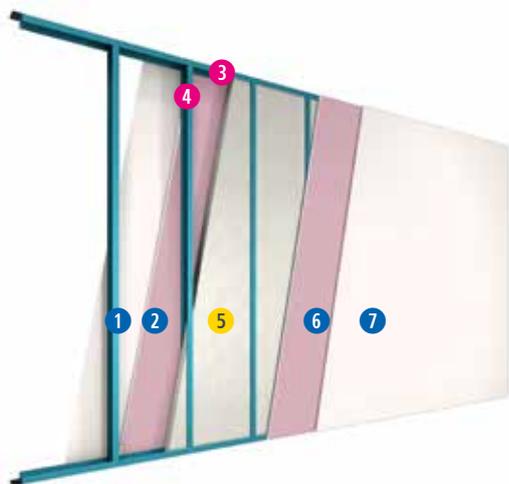
**Resistenza all'azione sismica:**  
Report Politecnico di Milano

**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD**  
**CAM | EPD**

NOTA: nel caso di richiesta di reazione al fuoco A1, fare riferimento al rapporto di prova I.G. 385511/4157 FR (Parete SA 125/75 L F LISAFILAM, con lastra a vista Gyproc LISAFILAM 13 lato esposto al fuoco, e restanti 3 lastre Gyproc FIRELINE 13).

## SOL. E1 - E4 - E5 - PARETE DIVISORIA SA 125/75 L DG F

Spessore: 125 mm | Peso: 47,75 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 1 lastra Gyproc **DURAGYP 13 Activ'Air**<sup>®</sup>  
(tipo DEFHIIIR, 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 DEFHIIIR, peso 12,3 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

**Resistenza al fuoco:**  
**EI 120** - Hmax = 5 m  
LAPI 96/C/12-155 FR

**Fonoisolamento:**  
**PAR 4+:**  $R_w = 56$  dB  
Val. an. rif. I.G. 239632  
**ARENA34:**  $R_w = 58$  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: Classe A+ | 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: 48,50 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

**Resistenza al fuoco:**  
**REI 120** - Hmax = 3 m  
CSI 2301 FR

**Carico applicato:**  
**18 kN/m**

**Fonoisolamento:**  
 $R_w = 51$  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: Classe A+ | Eurofins GOLD**  
CAM | EPD

**Resa estetica:** il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

**Ambienti umidi:**  
utilizzo di Habito<sup>®</sup> Forte Hydro

## SOL. F - CONTROPARETE HF 3.1 - CP.S 63/50 LA34 HF

Spessore: 62,5 mm | Peso: 15,15 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

**Fonoisolamento:**  
 $R_w = 66$  dB  
CTA 160017/AER-5

**Trasmittanza termica:**  
 $U = 0,485$  W/m<sup>2</sup>K

**Portata ai carichi**

**Resistenza agli urti**

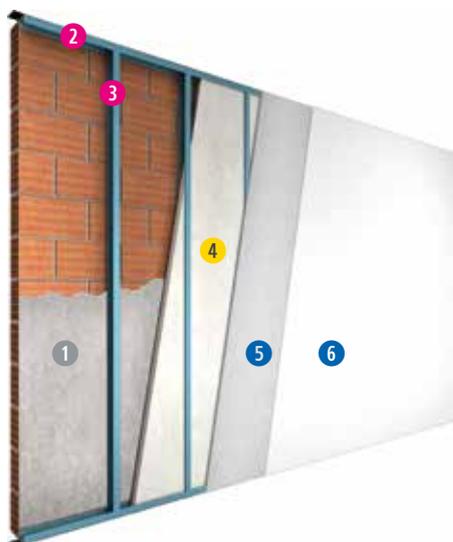
**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD  
CAM | EPD

**Resa estetica:** il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

**Ambienti umidi:**  
utilizzo di Habito\* Forte Hydro

## SOL. F - CONTROPARETE INTERNA CP.S 75/50 L DG STD

Spessore: 75 mm | Peso: 23,95 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 9,2 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

**Fonoisolamento:**  
 $R_w = 63$  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: Classe A+ | Eurofins GOLD  
CAM | EPD | Activ'Air\*

**Portata ai carichi**

**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
- 3 Gyproc **HABITO CLIMA Activ'Air® 13 + var.**  
reaz. al fuoco A2-s1,d0



#### Fonoisolamento:

Sp. 13+20:  $R_w = 56$  dB  
I.G. 322893  
Sp. 13+40:  $R_w = 60$  dB  
I.G. 322892



#### Trasmittanza termica:

Sp. 13+20:  $U = 0,801$  W/m<sup>2</sup>K  
Sp. 13+40:  $U = 0,528$  W/m<sup>2</sup>K



#### Ambienti umidi:

idonea



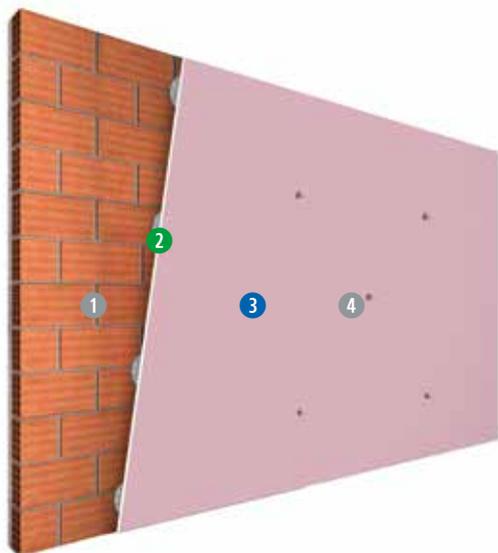
Sostenibilità/Qualità aria int.:  
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD  
CAM | EPD | Activ'Air®



**Resa estetica:** il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

## SOL. H2 - CONTROPARETE INTERNA CP.I 15 F

Spessore: circa 25 mm | Peso: 13,00 kg/m<sup>2</sup>



### 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 15**  
(tipo DF, peso 13 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 4 Vincolo meccanico con ancoretta metallica (3/m<sup>2</sup>)

NOTA: soluzione idonea anche per la protezione dal fuoco di pareti in blocchi di cls normale e alleggerito, fare riferimento al Fascicolo Tecnico.



#### Resistenza al fuoco:

**EI 120** - Hmax > 4 m  
LAPI 95/C/12-153 FR + Fasc.  
Tecnico



#### Fonoisolamento:

$R_w = 40$  dB  
Val. analitica

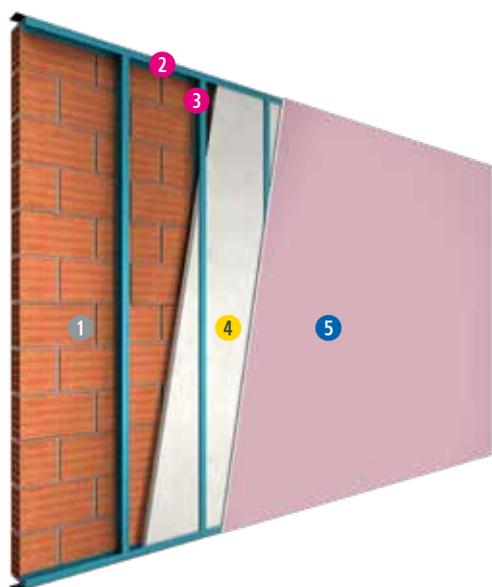


#### Sostenibilità/Qualità aria int.:

VOC: Classe A+  
CAM | EPD

## SOL. H2 - CONTROPARETE INTERNA CP.S 65/50 L F

Spessore: 65 mm | Peso: 15,45 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 13 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

NOTA: soluzione idonea anche per la protezione dal fuoco di pareti in blocchi di cls normale e alleggerito, fare riferimento al Fascicolo Tecnico.

 **Resistenza al fuoco:**  
**EI 120** - Hmax > 4 m  
LAPI 77/C/11-131 FR + Fasc.  
Tecnico

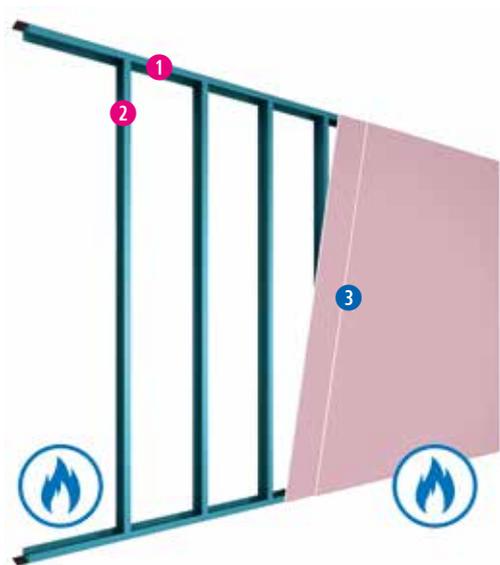
 **Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 63 dB**  
Val. an. rif. Z LAB 149-2020-IAP

 **Trasmittanza termica:**  
**U = 0,548 W/m<sup>2</sup>K**

 **Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+ | Eurofins**  
**GOLD | CAM | EPD**

## SOL. G - CAVEDIO TECNICO CT 80/50 F M

Spessore: 80 mm | Peso: 27,85 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 13 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

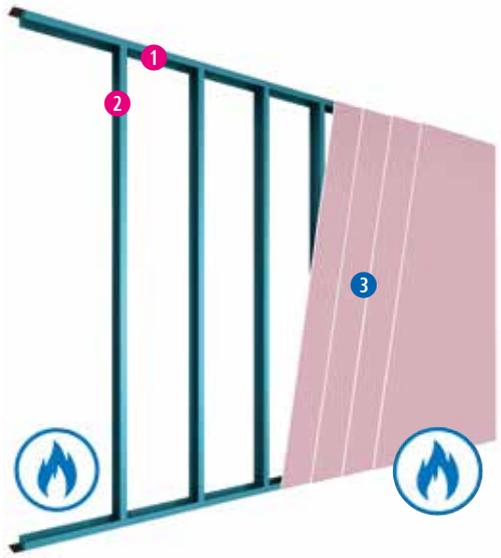
NOTA: resistenza al fuoco per esposizione al fuoco per entrambi i lati.

 **Resistenza al fuoco:**  
**EI 60** - Hmax = 4 m  
AFITI 9159/15-2

 **Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+**  
**CAM**

## SOL. G - CAVEDIO TECNICO CT 125/75 F M

Spessore: 125 mm | Peso: 43,25 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Guide a U Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 2 Montanti a C Gyproc **GYPROFILE**  
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 400 mm
- 3 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

NOTA: resistenza al fuoco per esposizione al fuoco per entrambi i lati.



#### Resistenza al fuoco:

**EI 120**

LAPI 172/C/15-252 FR  
Hmax = 4 m  
campo di diretta applicazione  
Hmax > 4 m  
(esp. fuoco lato lastre)  
F.T. estensione in altezza



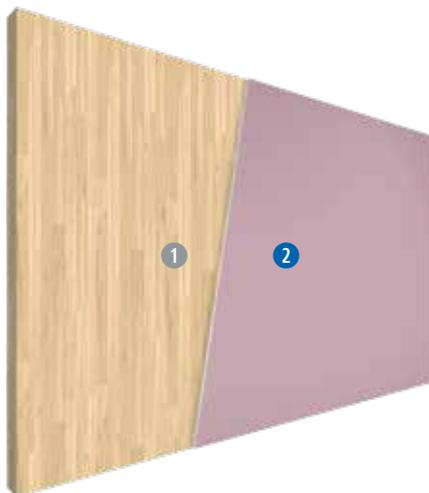
#### Sostenibilità/Qualità aria int.:

**VOC: Classe A+**

**CAM | EPD**

## SOL. H2 - CONTROPARETE INTERNA 1x15 F - XLAM

Spessore: 15 mm | Peso: 13,00 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 13 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



#### 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

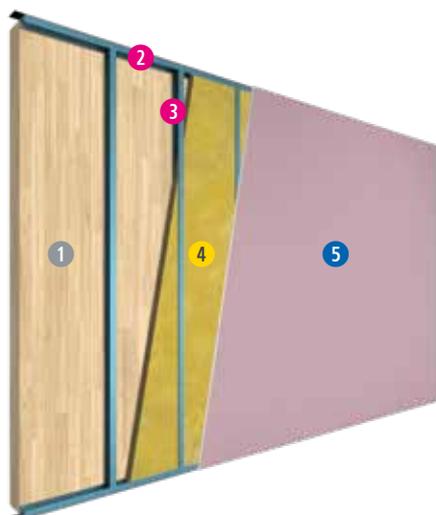


#### Sostenibilità/Qualità aria int.:

**VOC: Classe A+**  
**CAM**

## SOL. H2 - CONTROPARETE INTERNA CP.S 65/50 LR F - XLAM

Spessore: 65 mm | Peso: 16,45 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 13 kg/m<sup>2</sup>), sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

**Resistenza al fuoco:**  
**REI 120** - Hmax = 3 m  
CSI 2161 FR

**Carico applicato:**  
**42 kN/m**

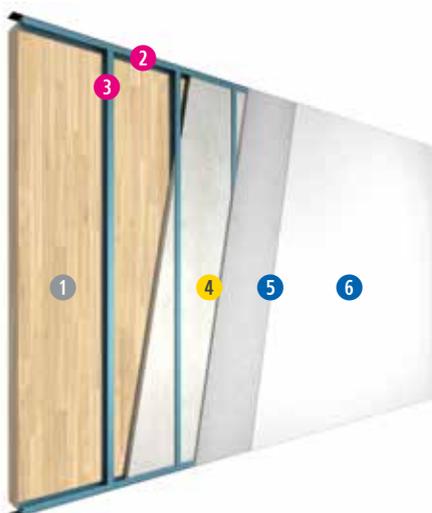
**Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 55 dB**  
Val. analitica

**Trasmittanza termica:**  
**U = 0,459 W/m<sup>2</sup>K**

**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+**  
CAM | EPD

## SOL. F - HF 3.3 - CP.S 75/50 L HF STD X-LAM

Spessore: 75 mm | Peso: 23,90 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

**Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 60 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: Classe A+ | 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 FORTE

Spessore: 231 mm | Peso: 60,85 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-FHIIIR, 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**  
con relativo primer **WEBERPRIM**



**Resistenza al fuoco:**  
**EI 120** - Hmax = 4 m  
I.G. 356327/3957 FR



**Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 68 dB**  
I.G. 355572 + Rel. tecnica



**Trasmittanza termica:**  
**U = 0,194 W/m<sup>2</sup>K**



**Resistenza all'effrazione:**  
**Classe 2** (int. mont. 400 mm)  
I.G. 355248 + Rel. tecnica



**Portata ai carichi**



**Resistenza agli urti**



**Resistenza all'azione sismica:**  
Report Politecnico di Milano



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD CAM | EPD**



**Resa estetica interna:**  
il cartone bianco agevola le operazioni di finitura



**Tenuta all'acqua:**  
**Classe RE1500**  
I.G. 355981



**Permeabilità all'aria parti fisse:**  
**Classe AE1500**  
I.G. 355981



**Tenuta al carico di vento:**  
**Positivo**  
I.G. 355981

# SOL. I1 - PARETE PERIMETRALE GX1 CLIMA - SAD4 291/100-75 L GX FORTE CLIMA

Spessore: 291 mm | Peso: 64,15 kg/m<sup>2</sup>

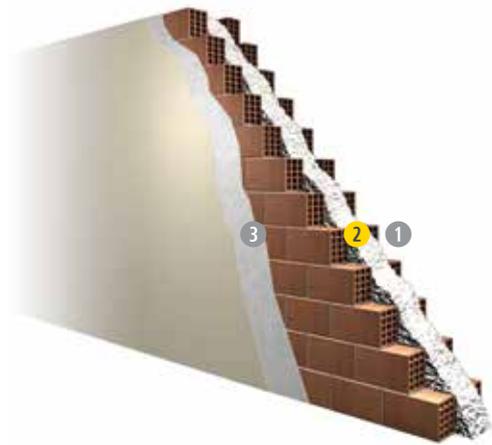
## PRODOTTI UTILIZZATI



- 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-FH1IR, 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**  
con relativo primer **WEBERPRIM**

<b>Resistenza al fuoco:</b> <b>EI 120</b> - Hmax = 4 m I.G. 356327/3957 FR	<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>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: Classe A+   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



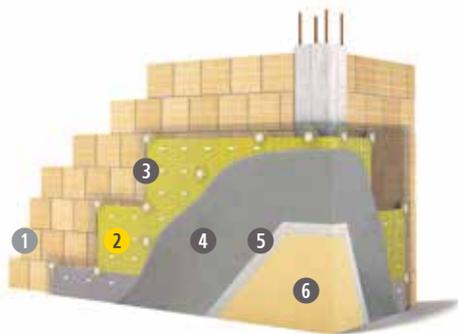
**Trasmittanza termica:**  
Isover InsulSafe33  
(sp. 60 mm)  
**U = 0,380 W/m²K**



**Sostenibilità /Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+**  
**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 **Clima34 - webertherm LV034**  
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**



**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



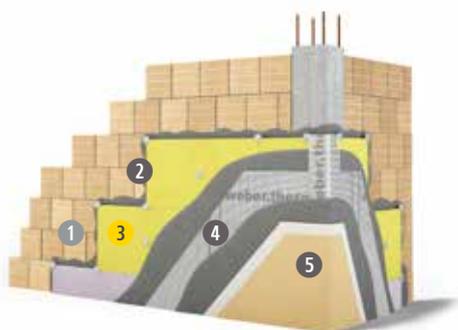
**Resistenza agli urti:**  
**20 J - Conforme**  
I.G. 377800



**Sostenibilità /Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+**  
**CAM | EPD**

## SOL. I2 - PARETI TAMPONAMENTO ISOLAMENTO A CAPPOTTO PER ISOLAMENTO A CAPPOTTO CON ISOVER CLIMA34 - WEBERTHERM LV034

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 **Klima34 - 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**



**Reazione al fuoco:**  
A2-s1,d0



**Fonoisolamento:**  
 $R_w = 60 \text{ dB}$   
I.G. 325047



**Traspirabilità:**  
Elevata traspirabilità,  
 $\mu = 1$  (pannello)



**Flessibilità:**  
Adatto a superfici difficili,  
irregolari e curve



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
VOC: Classe A+  
CAM | EPD



ETA 13/0329

## 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:**  
 $R_w = 48 \text{ dB}$   
IFT 16-003709-PR01 (PB-6.0-  
H01-04-DE-01)



**Trasmittanza termica:**  
 $U_g = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$   
EN 673



**Portata ai carichi:**  
45 l 45 Mpa (N/mm<sup>2</sup>)  
EN 572



**Trasmissione luminosa:**  
TL = 69%  
EN 410



**Riflessione luminosa esterna:**  
RLe = 14%  
EN 410



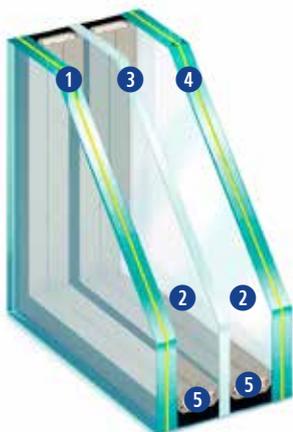
**Anti-infortunio:**  
2B2 l 2B2  
EN 12600



**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



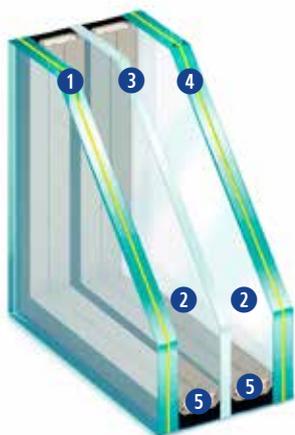
**Anti-effrazione:**  
P2A | NPD Mpa (N/mm<sup>2</sup>)  
EN 356



**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

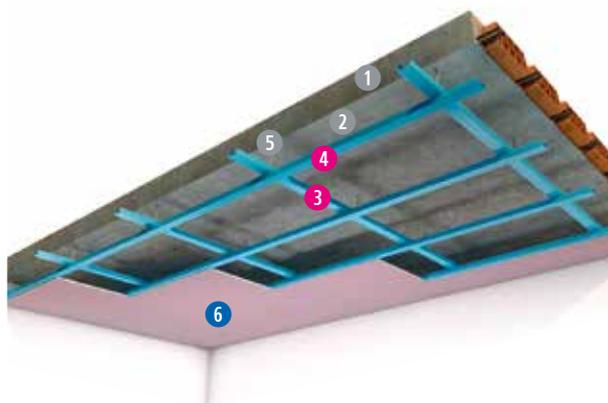
**Riflessione luminosa esterna:**  
RLe = 18%  
EN 410

**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 600 mm vincolate al solaio mediante opportuno tassello:
  - opzione 1: ancorante per CLS M6 8x3 Spit Grip;
  - opzione 2: viti per CLS 6x35 M8/M10 Spit Tapcon ROD con opportuno riduttore da M8 a M6
- 6 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  
NOTA: nel caso non sia necessario abbinare anche la resistenza al fuoco, ulteriore possibilità di sospensioni mediante staffe regolabili in acciaio, vincolate al solaio mediante:
  - opzione 1: ancorante a battuta Spit SDA 6x65/35;
  - opzione 2: viti per CLS Spit Tapcon HFL 6x50/6x80/6x100

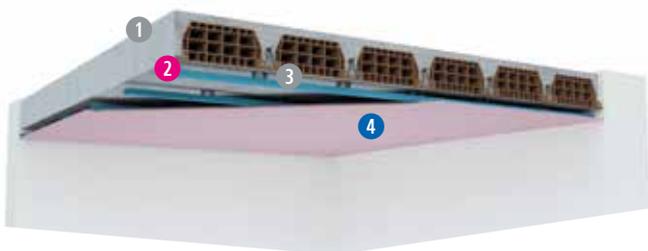
**Resistenza al carico da sfondamento**  
I.G. 384137 (vedi sol. pag. 26)

**Resistenza al fuoco:**  
REI 120  
I.G. 276593/3248 FR

**Sostenibilità:**  
VOC: Classe A+  
CAM

## 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>



NOTA: nel caso non sia necessario abbinare anche la resistenza al fuoco, ulteriore possibilità di sospensioni mediante staffe regolabili in acciaio, vincolate al solaio mediante:

- opzione 1: ancorante a battuta Spit SDA 6x65/35;
- opzione 2: vite per CLS Spit Tapcon HFL 6x50/6x80/6x100

### 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, int. 500 mm, vincolati al solaio mediante opportuno tassello:  
- opzione 1: ancorante a battuta Spit SDA 6x65/35;  
- opzione 2: vite per calcestruzzo Spit Tapcon HFL 6x50/6x80/6x100
- 4 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 carico da sfondellamento**  
I.G. 384138 (vedi sol. pag. 27)



**Resistenza al fuoco: REI 120**  
I.G. 309350/3591 FR



**Sostenibilità: VOC: Classe A+ CAM**

## SOL. M1 - M2 - N1 - N5 - N6 - N7 CONTROSOFFITTO CONTINUO ANTISFONDELLAMENTO + ASSORBIMENTO ACUSTICO CS.ASF 27/48 RIGITONE® ACTIV'AIR®

Spessore: variabile | Peso: variabile



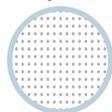
### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio 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 Ø 6 mm poste ad int. max 600 mm vincolate al solaio mediante opportuno tassello:  
- opzione 1: ancorante per CLS M6 8x3 Spit Grip;  
- opzione 2: vite per CLS 6x35 M8/M10 Spit Tapcon ROD con opportuno riduttore da M8 a M6
- 6 Lastre Gyproc **RIGITONE® Activ'Air®**  
(peso ca. 9 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

NOTA: possibilità di utilizzare lastre in gesso rivestito Gyproc Rigitone® Activ'Air® e Gyproc Gyptone® BIG Activ'Air® con percentuale di foratura inferiore rispetto a quella delle lastre sottoposte a prova.

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. 28)



**Resistenza all'urto da pallonate:**  
Classe 1A MPA 9036596000-1/Sgm



**Sostenibilità: VOC: Classe A+ CAM | EPD | Activ'Air®**



**Resa estetica:** Il prodotto deve essere decorato in opera, dopo la finitura (riempimento) dei giunti

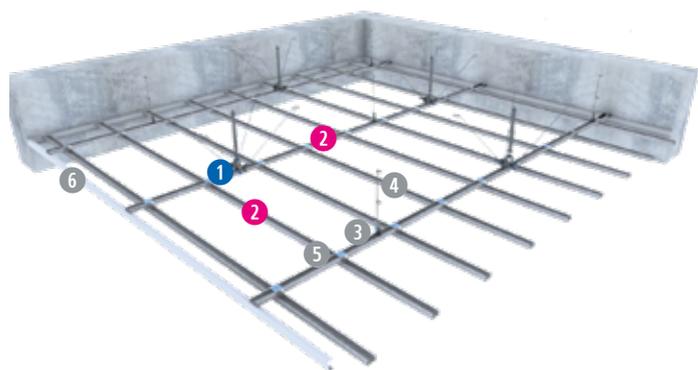


**Resistenza all'umidità: RH 70**



**Reazione al fuoco: A2-s1,d0**

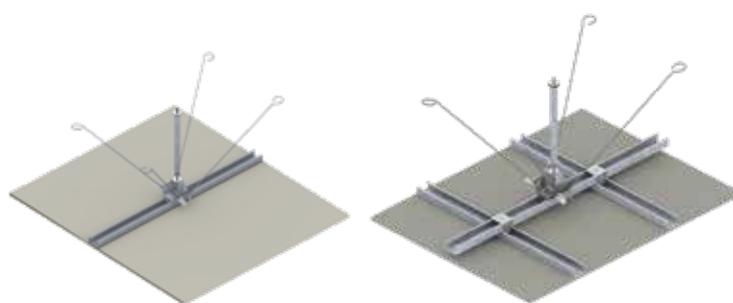
## SOL. M2 - SOLUZIONE ANTISISMICA GYSEISMIC TOP PER CONTROSOFFITTI CONTINUI



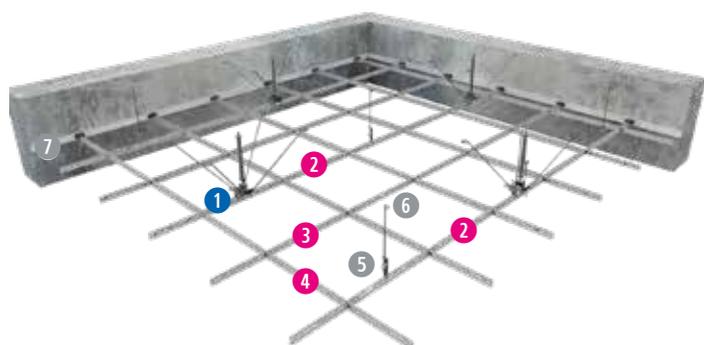
### PRODOTTI UTILIZZATI

- 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. M2 - SOLUZIONE ANTISISMICA GYSEISMIC TOP PER CONTROSOFFITTI MODULARI



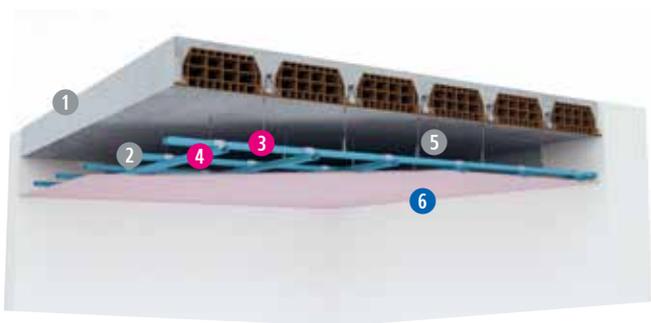
### PRODOTTI UTILIZZATI

- 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 Ø 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. H1 - CONTROSOFFITTO CONTINUO CS.AN 27/48 1x15 F

Spessore: variabile | Peso: 15 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

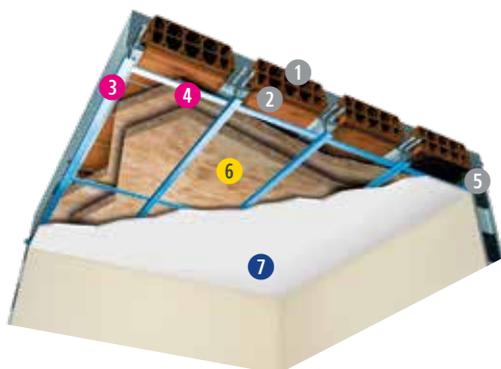
- 1 Solaio in latero cemento, sp. 160+40 mm, non intonacato
- 2 Intercapedine d'aria min. 200 mm
- 3 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 1200 mm
- 4 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 500 mm
- 5 Sospensioni mediante pendini in acciaio  $\varnothing$  4 mm,  
int. max 600 mm
- 6 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**  
I.G. 276593/3248 FR

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Classe A+**  
**CAM**

## SOL. N1 - N3 - N7 - 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 Isover **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

 **Fonoisolamento:**  
**R<sub>w</sub> = 67 dB**  
I.G. 372244 (ARENA34 sp. 45+45 mm)  
**R<sub>w</sub> = 64 dB**  
I.G. 372242 (ARENA34 sp. 45 mm)

 **Livello sonoro da calpestio:**  
**L<sub>n,w</sub> = 47 dB**  
I.G. 372244 (ARENA34 sp. 45+45 mm)  
**L<sub>n,w</sub> = 55 dB**  
I.G. 372242 (ARENA34 sp. 45 mm)

 **Trasmittanza termica:**  
**U = 0,294 W/m<sup>2</sup>K**  
(ARENA34 sp. 45+45 mm)

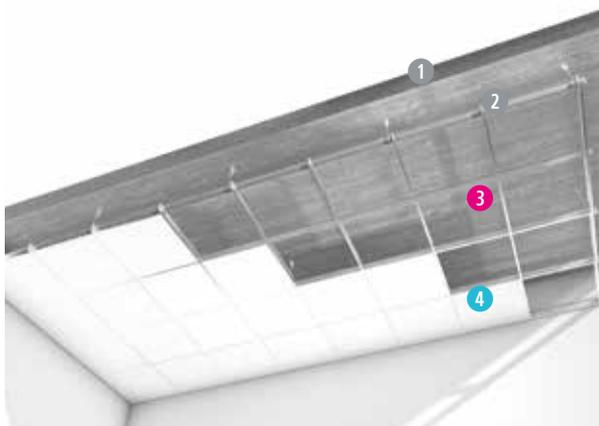
 **Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD**  
**CAM | EPD | Activ'Air®**

 **Resa estetica:** il cartone bianco  
agevola le operazioni di finitura

 **Ambienti umidi:**  
utilizzo di Habito Hydro Activ'Air®

## SOL. M2 - 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 Eurocoustic **MINERVAL®**  
sp. 12/15/22 mm, dimensioni 600x600 e 600x1200 mm, bordo A



**Resistenza al fuoco:**  
**REI 120 (12-15 mm)**  
**REI 180 (22 mm)**

Risultati validi per pannelli  
600x600 mm  
I.G. 308295/3567 FR, I.G.  
307589/3551 FR e Fascicolo  
Technico



**Reazione al fuoco:**  
**A1**



**Sostenibilità:**  
**VOC: - Classe A+**  
**CAM | EPD**



**Resistenza all'umidità:**  
**100%** - stabile a qualsiasi livello  
di umidità relativa dell'aria



**Assorbimento acustico**  
**medio  $\alpha_w$ :**  
- Bordo A sp. 12 mm -  $\alpha_w = 0,90$   
- Bordo A sp. 22 mm -  $\alpha_w = 1,00$



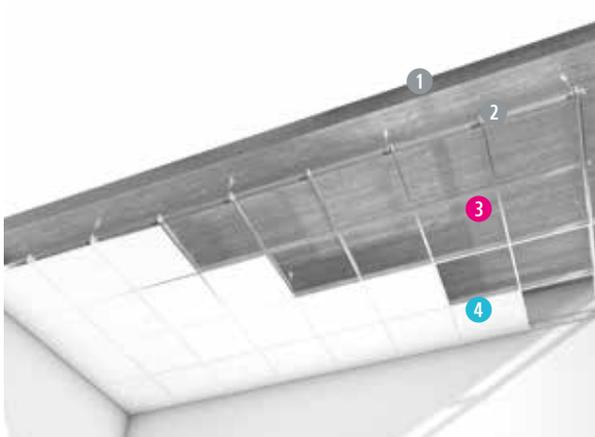
**Luminosità:**  
Riflessione: coefficiente = **86%**



**Resa estetica:**  
Velo vetro colore bianco  
- codice colore: 08

# SOL. M2 - N2 - N6 - N7 - CONTROSOFFITTO MODULARE EUROCOUSTIC TONGA®

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 Eurocoustic TONGA®**  
sp. 22/40 mm, dimensioni variabili, bordo A



Colori



Decor



### 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:

EuroColors e EuroDesign:

**A2-s1,d0**

Bianco: **A1**



### Sostenibilità:

**VOC: - Classe A+ CAM | EPD**



### 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%**

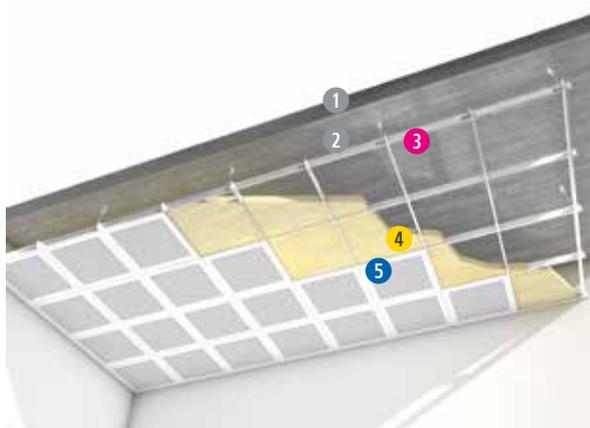
Bianco L = 94,8%

Brillantezza 0,75%

con angolo 85%

# SOL. M2 - N2 - N6 - N7 CONTROSOFFITTO MODULARE GYPTONE® ACTIV'AIR®

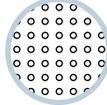
Spessore: variabile | Peso: variabile



## PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **LINETEC PLUS T24/T15**  
da 24/15 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 Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**  
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 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/EI5

## Disponibilità di varie tipologie di decori e fori, con assorbimento acustico medio:

<p><i>Line 4</i></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><i>Sixto 60</i></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><i>Quattro 20</i></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><i>Point 11</i></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><i>Quattro 70 (microforato)</i></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><i>Point 80</i></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>		



**Resistenza al fuoco:**  
Euroclasse **A2-s1,d0**



**Luminosità:**  
Coefficiente di riflessione della luce: **ca. 70%**

### Resistenza meccanica:

Carico concentrato massimo:  
1 kg/m<sup>2</sup>



**Resa estetica:**

- Finitura preverniciata in colore bianco satinato
- Codice colore: NCS 0500 = RAL 9010
- Gloss: da 5 a 9 secondo norma EN ISO 2813



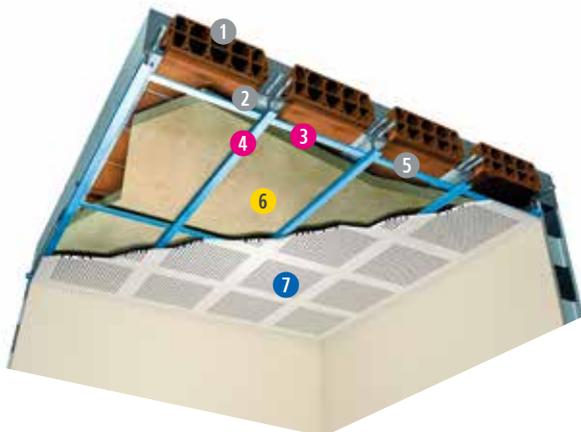
**Resistenza all'umidità:**  
**RH 70**



**Sostenibilità /Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+ | IndeKlima | M1 CAM | EPD | Activ'Air®**

# SOL. M1 - M2 - N1 - N2 - N6 - N7 - CONTROSOFFITTO CONTINUO GYPTONE® BIG ACTIV'AIR®

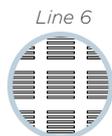
Spessore: variabile | Peso: variabile



## 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

## Disponibilità di varie tipologie di decori e fori, con assorbimento acustico medio:



*Line 6*  
 $\alpha_w = 0,55$  Plenum 100 mm  
con lana minerale  
sp. 50 mm  
 $\alpha_w = 0,50$  Plenum 200 mm  
senza lana minerale



*Sixto 63*  
 $\alpha_w = 0,65$  Plenum 200 mm  
con lana minerale sp. 50 mm  
 $\alpha_w = 0,60$  Plenum 200 mm  
senza lana minerale



*Quattro 41*  
 $\alpha_w = 0,70$  Plenum 200 mm  
con lana minerale sp.  
50 mm  
 $\alpha_w = 0,70$  (L) Plenum 200  
mm senza lana minerale



*Quattro 71 (microforato)*  
 $\alpha_w = 0,55$  Plenum 300 mm  
con lana minerale  
sp. 70 mm  
 $\alpha_w = 0,55$  Plenum 200 mm  
senza lana minerale

## Disponibile anche nella versione Gyptone® Big Curve Activ'Air®

*Gyptone® Big Curve*



Lastra spessore 6,5 mm  
per realizzare controsoffitti curvi



**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 deco-  
rato in opera, dopo la stucca-  
tura dei giunti

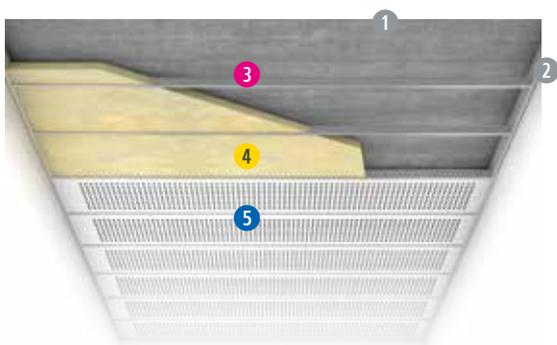


**Sostenibilità / Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+ | Indeklima | M1**  
**CAM | EPD | Activ'Air®**

Nota: possibilità di applicazione in verticale a controparete a rivestimento di pareti esistenti.

# SOL. N8 - CONTROSOFFITTO MODULARE IN DOGHE GYPTONE® ACTIV'AIR®

Spessore: variabile | Peso: variabile



Schema riferito al sistema per corridoi  
Il prodotto è utilizzabile anche per controsoffitti modulari

## PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc  
Doghe **Gyptone® Activ'Air®**  
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato, verniciato in colore bianco:  
- profilo autoportante T24 int. 300 mm  
- profilo perimetrale a doppia L Gyptone® Doghe
- 4 Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**  
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 Doghe Gyproc **Gyptone® Activ'Air®** (peso ca. 7 kg/m<sup>2</sup>)  
sp. 10 mm, dim. variabili mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0, bordo B / E24

Disponibilità di varie tipologie di decori e fori, con assorbimento acustico medio:

### Line 8



$\alpha_w = 0,65$  (LM)  
con Plenum 300 mm  
e lana 70 mm

### Point 15



$\alpha_w = 0,65$  (L)  
con Plenum 300 mm  
e lana 70 mm

### Quattro 55



$\alpha_w = 0,70$   
con Plenum 300 mm  
e lana 70 mm

### Quattro 75



$\alpha_w = 0,65$   
con Plenum 300 mm con lana  
minerale sp. 70 mm  
 $\alpha_w = 0,60$  (L)  
con Plenum 200 mm senza lana  
minerale



**Resistenza al fuoco:**  
Euroclasse **A2-s1,d0**



**Luminosità:**  
Coefficiente di riflessione della  
luce: **ca. 70%**



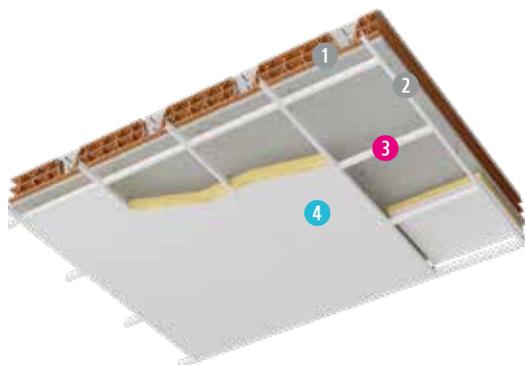
**Resa estetica:**  
▪ Finitura preverniciata  
in colore bianco satinato  
▪ Codice colore:  
NCS 0500 = RAL 9010



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+ | Indeklima | M1**  
**CAM | EPD | Activ'Air®**

# SOL. 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.
  - barre filettate di sospensione regolabili (distanza massima dalla parete 600 mm) int. max. 1200 mm
  - clip di fissaggio Euroclip e molla di fissaggio perimetrale
- 4 Pannelli in lana di roccia Eurocoustic **ACOUSTICHOC®**  
sp. 22/40 mm, dimensioni 600x600 e 600x1200 mm, bordo A.



### Reazione al fuoco:

- Euroclasse **A1** per le finiture colorate
- Euroclasse **A2-s1,d0** per il colore bianco



### 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
- Acoustichoc sp. 40 mm: classe 2A



### Resa estetica:

Velo vetro rinforzato da tessuto di vetro, disponibile in 6 colori.



### Resistenza al fuoco:

Risultati validi per pannelli sp. 22 mm 600x600 mm  
**REI 180-120** (secondo tipo di solaio)  
Norma: UNI EN 1365-2  
Certificato: Ist. Giardino e Fasc. Tecnico



### Sostenibilità /Qualità aria int.:

**VOC: Classe A+**  
**CAM | 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.:**  
**VOC: Classe A+ CAM | EPD**

# SOL. M2 - N7 - 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



**Resistenza al fuoco:**  
**REI 120** (solaio latero cemento 200+40 intonacato)  
I.G. 290877/3382 FR +  
Rel. tecnica I.G. 321752



**Reazione al fuoco:**  
GYQUADRO Activ'Air®:  
**A2-s1,d0**  
GYQUADRO A1: **A1**



**Sostenibilità/Qualità aria int.:**  
**VOC: Classe A+**  
**CAM | Activ'Air®**



**Controllo delle particelle nell'aria:**  
ISO 4 secondo la norma  
ISO 14644-1



**Riflessione della luce:**  
**80,5%**



**Resistenza all'umidità:**  
**90%**

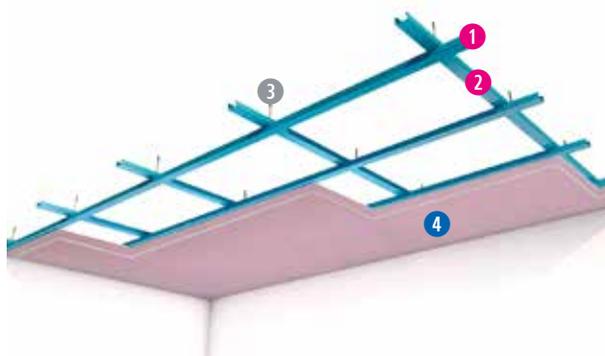


**Assorbimento acustico medio  $\alpha_w$ :**  
**0,10 (L)** plenum 200 mm senza lana minerale  
**0,15 (L)** plenum 200 mm con lana minerale sp. 50 mm

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

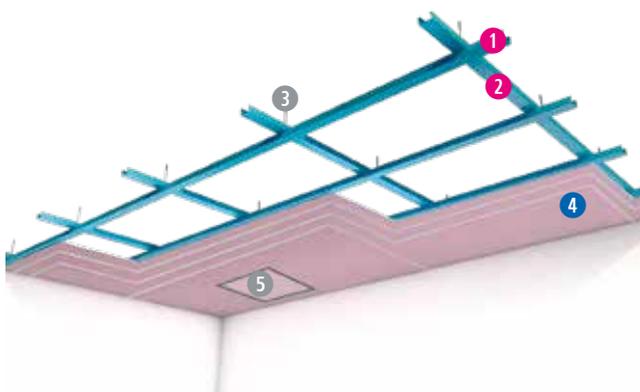
- 1 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 750 mm
- 2 Profili a C Gyproc **GYPROFILE 27/48**  
sp. 0,6 mm, int. max 400 mm
- 3 Sospensioni mediante pendini in acciaio  $\varnothing$  4 mm,  
int. max 750 mm
- 4 2 lastre Gyproc **FIRELINE 15**  
(tipo DF, peso 13 kg/m<sup>2</sup>) sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0,  
fissate con viti poste ad int. di 200 mm

 **Resistenza al fuoco:**  
**EI 60**  
I.G. 299524/3485 FR

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Classe A+**  
**CAM**

## 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  $\varnothing$  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

 **Resistenza al fuoco:**  
**EI 120**  
I.G. 345987/3878 FR

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Classe A+**  
**CAM**

## 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

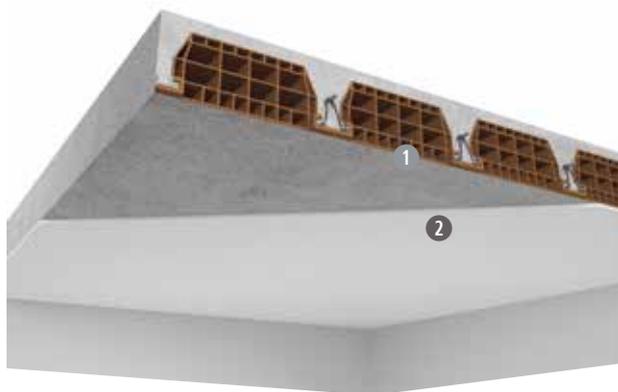
- 1 Solaio in pannelli in legno XLAM, sp. 160 mm
- 2 2 lastre Gyproc **FIRELINE 13**  
(tipo DF, peso 10,1 kg/m<sup>2</sup>), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0 avvitate direttamente al solaio mediante viti poste ad int. di 200 mm

 **Resistenza al fuoco:**  
**REI 120**  
CSI 2177 FR

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Classe A+**  
CAM | EPD

## SOL. H1 - PROTEZIONE DAL FUOCO DI SOLAIO IN LATERO CEMENTO CON INTONACO IGNIVER

Spessore: 10 mm | Peso: 4 kg/m<sup>2</sup>



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio in latero cemento sp. 160 + 40 mm
- 2 Intonaco protettivo antincendio leggero Gyproc **IGNIVER**  
sp. 10 mm, reaz. al fuoco A1

NOTA: Possibilità di utilizzo di rete portaintonaco tipo Pernervometal, protezione dal fuoco anche nel caso di solai sfondellati (vedi Fascicolo Tecnico).

 **Resistenza al fuoco:**  
**REI 180**  
LAPI 188/C/16-283 FR

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Classe A+**  
CAM

## 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: Classe A+**  
**CAM**

## SOL. H3 - PROTEZIONE DAL FUOCO DI STRUTTURE IN ACCIAIO CON LASTRE FIRELINE

Spessore: variabile | Peso: variabile



### PRODOTTI UTILIZZATI

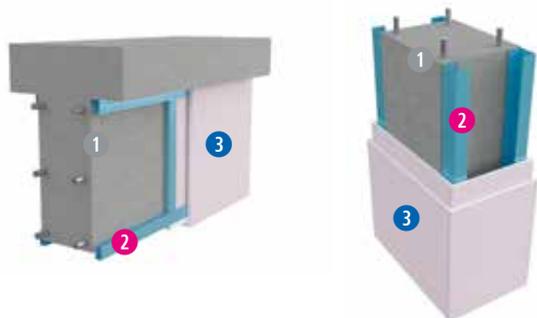
- 1 Travi e pilastri in acciaio, esp. al fuoco 3 e 4 lati
- 2 Struttura metallica:
  - **SOL. 1:** clip in acciaio
  - **SOL. 2:** montanti e guide Gyproc **GYPROFILE** da 50 mm
- 3 Lastre Gyproc **FIRELINE** (tipo DF), sp. 12,5 mm ÷ 40 mm (a seconda della resistenza al fuoco richiesta), reaz. al fuoco A2-s1,d0

 **Resistenza al fuoco:**  
**R 15 ÷ R 180**  
A.R. EFACTIS  
10 - U - 157 A  
10 - U - 157 B

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Classe A+**  
**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

### 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

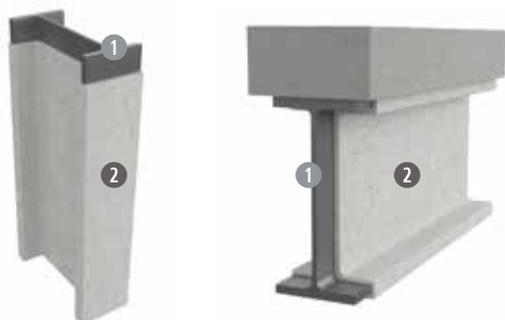
\* durata di esposizione non raggiunta

 **Resistenza al fuoco:**  
**R 30 ÷ R 180**  
A.R. EFFECTIS  
11 - U - 320

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Classe A+**  
**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. EFFECTIS  
09 - U - 097 A  
09 - U - 097 B

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Classe A+**  
**CAM**

## SOL. H3 - H1 - 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	*	7	15	13	*	*	*
	17	*	49	62	63	64	64	*
	55	*	24	68	74	99	119	138
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

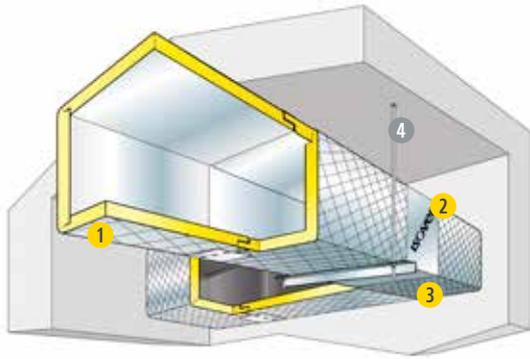
\* per entrambi gli agenti disarmanti \*\* durata di esposizione non raggiunta

 **Resistenza al fuoco:**  
**R 30 ÷ R 240**  
A.R. EFACTIS  
EFR - 16 - 004356

 **Sostenibilità:**  
**VOC: Classe A+**  
**CAM**

## 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 Isover **CLIMAVER®**
- 2 Isover **CLIMAVER®** nastro
- 3 Isover **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<sub>w</sub> = 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: Classe A+**

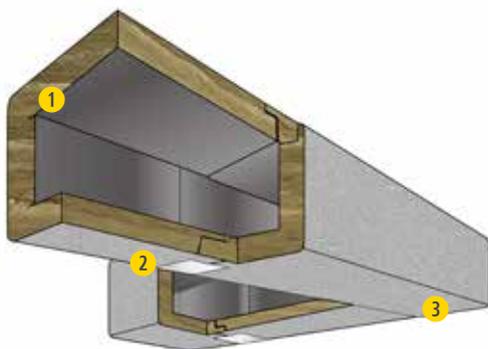


#### Soluzione per applicazione a vista:

Isover 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 Isover **CLIMAVER® STAR**
- 2 Isover **CLIMAVER®** nastro STAR
- 3 Isover **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

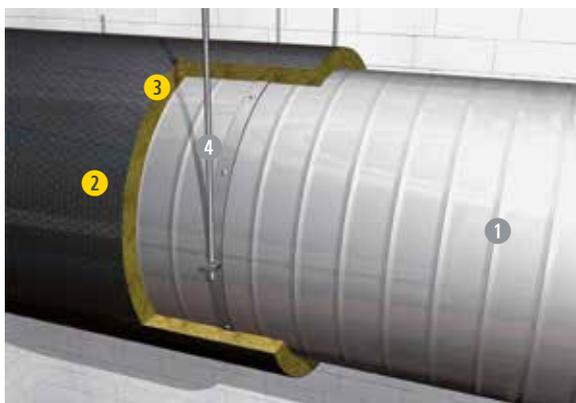


#### Resistenza agli urti:

I.G. 377869

# 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:**  
**Da EI 15 fino a 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 spirroidali
- 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:**  
**Da EI 15 fino a EI 120**  
Soluzioni secondo EN 1366-1/8  
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
$\lambda_p$ [W/(mk)]	0,032	0,037	0,043	0,052	0,062	0,074	0,089



Reazione al fuoco:  
**A2-s1,d0**



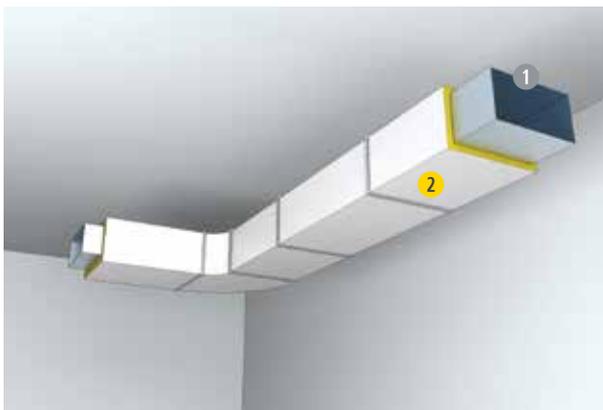
Resistenza al fuoco:  
**EI 120**  
Soluzioni secondo EN 1366-3  
Rapporto di prova: PCA10524A



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**

U Protect Pipe Section Alu2:

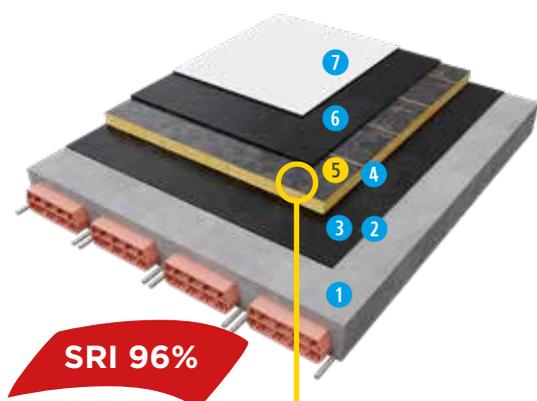
**A2-s1,d0**



#### Sostenibilità:

**VOC: M1**

## SOL. O - COPERTURA PIANA CON FOTOVOLTAICO AUTOPROTETTA ALLUMINIO AD ALTO SRI E RESISTENTE AL FUOCO ESTERNO



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Bituver **Ecoprimer**  
Primer bituminoso a base acqua
- 2 Bituver **Bitumat V10 Forato**  
(opzionale in base allo studio termoigrometrico)  
Membrana bituminosa forata
- 3 Bituver **Aluvapor Tender**  
Barriera al vapore impermeabile
- 4 Bituver **Bitumastic**  
Collante bituminoso per pannelli
- 5 Isover **Superbac Roofine® G3**  
Isolante termoacustico in lana di vetro ad alta densità
- 6 Bituver **S-30**  
Membrane impermeabilizzanti elastomeriche
- 7 Bituver **Megaver California**  
Membrana elastomerica ad alto SRI  
**Certificata B<sub>ROOF</sub>(t2)**

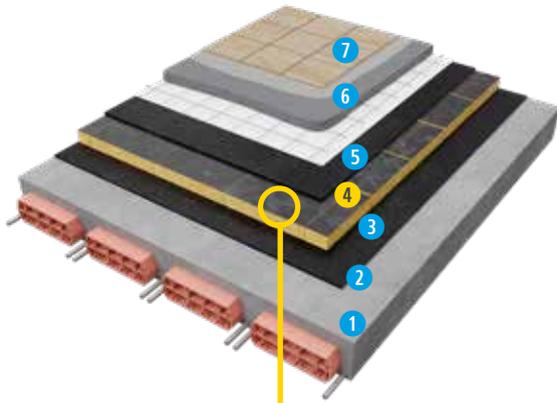
Spessore isolante	Trasmittanza stazionaria [W/m <sup>2</sup> K]	Trasmittanza periodica [W/m <sup>2</sup> K]	Potere fonoisolante R <sub>w</sub> (dB)
100 mm	0,31*	0,05*	56*
80+80 mm	0,20*	0,03*	59*

\*Valutazione analitica considerando solaio in latero cemento sp. 180+ 40 mm

 **Sostenibilità:**  
VOC: Classe A+  
CAM | EPD

 **Resistenza al fuoco da incendio esterno:**  
B<sub>ROOF</sub> (t2)

# SOL. O - COPERTURA PIANA PEDONABILE IN LATERO-CEMENTO CON FINITURA IN CLS GETTATO E PIASTRELLE



## PRODOTTI UTILIZZATI

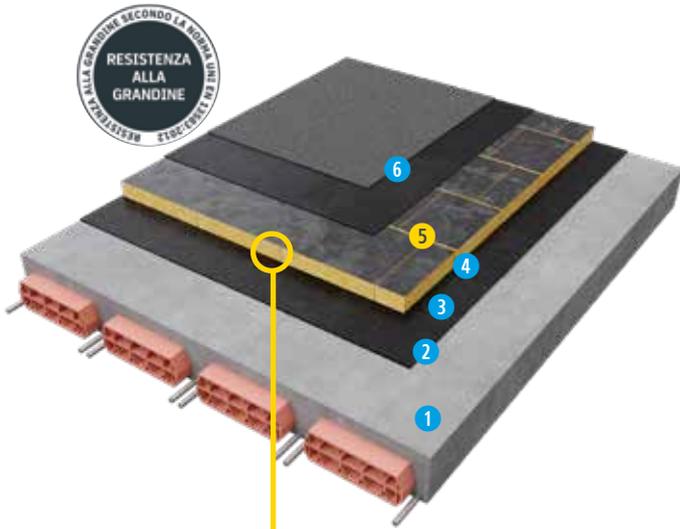
- 1 Bituver **Ecoprimer**  
Primer bituminoso a base acqua
- 2 Bituver **Bitumat V10 Forato**  
(opzionale in base allo studio termoigrometrico)  
Membrana bituminosa forata
- 3 Bituver **Aluvapor Tender**  
Barriera al vapore impermeabile
- 4 Isover **Superbac Roofine\* G3**  
Isolante termoacustico in lana di vetro ad alta densità
- 5 Bituver **S-30**  
Membrane impermeabilizzanti elastomeriche
- 6 Massetto cementizio ad alta resistenza meccanica **weberplan MR81 FORTE**  
impermeabilizzato con guaina elasto-cementizia monocomponente **weberdry elasto1 top**
- 7 Rivestimento ceramico, incollato mediante **webercol ProGres Top S1**  
adesivo cementizio a deformabilità migliorata, sigillatura delle fughe con **webercolor style**

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: Classe A+  
CAM | EPD

## SOL. O - COPERTURA PIANA IN LATERO-CEMENTO CON FINITURA ARDESIATA



### PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Bituver **EcoPrimer**  
Primer bituminoso a base acqua
- 2 Bituver **Bitumat V10 Forato**  
(opzionale in base allo studio termoigrometrico)  
Membrana bituminosa forata
- 3 Bituver **Aluvapor Tender**  
Barriera al vapore impermeabile
- 4 Bituver **Bitumastic**  
Collante bituminoso per pannelli
- 5 Isover **Superbac Roofine® G3**  
Isolante termoacustico in lana di vetro
- 6 Bituver **Fleximat Mineral 4 mm P**  
Membrane impermeabilizzanti elastomeriche

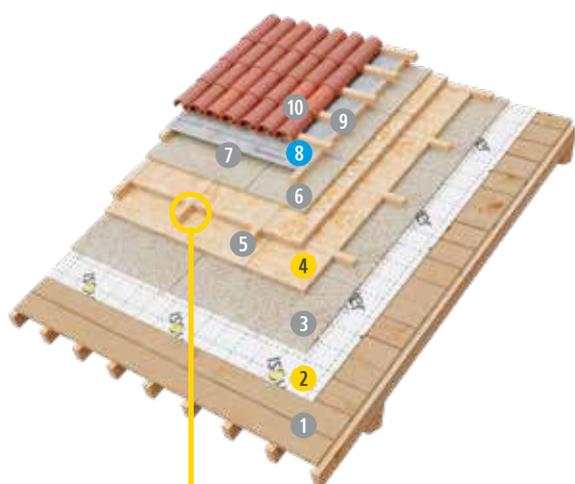
Spessore isolante	Trasmittanza stazionaria [W/m <sup>2</sup> K]	Trasmittanza periodica [W/m <sup>2</sup> K]	Potere fonoisolante R <sub>w</sub> (dB)
100 mm	0,31*	0,05*	56*
80+80 mm	0,20*	0,03*	59*

\*Valutazione analitica considerando solaio in latero cemento sp. 180+ 40 mm



Sostenibilità / Qualità aria int.:  
VOC: Classe A+  
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
- 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
- 7 Listelli di ventilazione in abete 40 x 50 mm
- 8 Bituver **Syntolight / Syntodefense**  
Telo sottotegola
- 9 Listelli portategole in abete 30 x 50 mm
- 10 Tegole di peso indicativo 20 Kg/m<sup>2</sup>

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)
<b>Isover T-70</b> (sp. 60+60 mm)	0,22**	0,12**	43*	51**	33***
<b>Isover T-70</b> (sp. 80+80 mm)	0,18**	0,10**	45**	53***	30***

\* Rapporto di prova ITC - CNR 5166

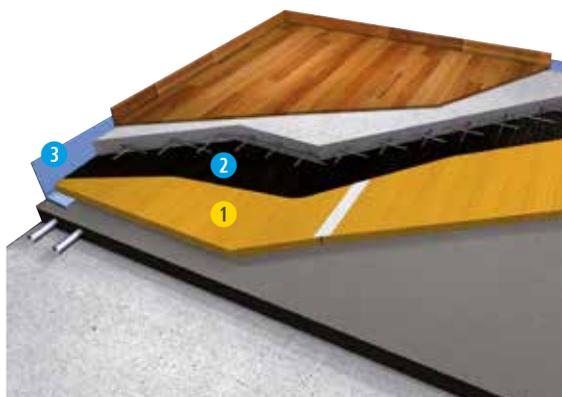
\*\* Valutazione analitica

\*\*\* Rapporto di prova I.G.

 **Sostenibilità:**  
VOC: Classe A+  
CAM | EPD

 **Reazione al fuoco:**  
Isover T-70: **A1**

## 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 cilindrato 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

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	Ekosol N 4+ sp. 20 mm	47
Latero cemento 20+5 cm	5 cm	Ekosol N 4+ sp. 20 mm	59

 Sostenibilità /Qualità aria int.:  
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD  
CAM | EPD

## 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

Struttura solaio	Spessore massetto	Soluzione	Misura in opera $L'_{nw}$ (dB)
Latero cemento 20+4 cm	5 cm	Fonas 31	57
Latero cemento 24+4 cm	7 cm	Fonas 31	59

## 11. REFERENZE DI EDILIZIA SCOLASTICA

Da qualche anno è in atto una vera e propria rivoluzione che coinvolge l'edilizia scolastica, sia nelle nuove costruzioni sia nella riqualificazione e nel recupero degli edifici esistenti. Progettisti, tecnici, amministrazioni pubbliche ed imprese pongono sempre maggiore attenzione agli aspetti 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 c'è il tema stringente della sicurezza, legato principalmente alle prestazioni antisismiche degli edifici, al fenomeno dell'antifondellamento dei solai ed alla prevenzione degli incendi, dall'altro, la necessità di raggiungere il massimo comfort abitativo, 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 si unisce a soluzioni capaci di personalizzare gli spazi interni e di migliorare la qualità dell'aria, nel pieno rispetto dell'ambiente, riducendo il fabbisogno energetico degli edifici e consentendo un reale contenimento dei consumi.

Saint-Gobain Italia, con i suoi sistemi e le sue soluzioni innovative contribuisce in maniera importante e risolutiva nel campo dell'edilizia scolastica.

Di seguito vengono presentate alcune tra le più recenti realizzazioni.

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.

### ISTITUTO TECNICO "SALVATOR RUJU", SASSARI





#### Soluzioni Saint-Gobain Italia utilizzate.

Sistema Saint-Gobain Italia per pareti perimetrali a secco costituito dai seguenti elementi: pannello in lana minerale altamente isolante Isover Arena32 applicato direttamente sui rivestimenti in legno del complesso, struttura metallica per esterni Gyproc External Profile Zn-Mg con un ulteriore pannello isolante Isover Arena32 inserito nell'intercapedine, lastra per esterni in gesso fibrorinforzato Gyproc Glasroc® X, finita con il rasante Gyproc Glasroc® X Skim e con il rivestimento colorato silossanico webercote siloxcover R, steso previa applicazione di primer weberprim RC14. In alcune zone dell'edificio, le pareti esterne sono protette da un rivestimento in listelli di legno che trasmette dinamismo ed eleganza a tutto il complesso.

Sistemi a secco Saint-Gobain Italia perfettamente integrati con gli elementi portanti in legno dell'edificio e basati sull'assemblaggio di strutture metalliche Gyproc Gyprofile, pannelli isolanti in lana minerale Isover Arena32 e diverse tipologie di lastre - Gyproc DuraGyp Activ'Air®, Gyproc Habito® Forte, Gyproc Habito Activ'Air®, Gyproc Hydro, Gyproc Lisaflam e Gyproc Fireline - abbinata tra loro per garantire comfort termo-acustico, compartimentazione al fuoco e qualità dell'aria. L'esclusiva tecnologia Activ'Air® assicura un miglioramento della qualità dell'aria grazie all'assorbimento e alla neutralizzazione della formaldeide presente negli ambienti interni.

Controsoffitti continui in lastre Gyproc Gyptone® Big Line 6 Activ'Air®, un sistema Saint-Gobain Italia ideale per progettare interni di prestigio perché in grado di abbinare estetica e funzionalità: il disegno dei decori è infatti studiato per garantire ottimi livelli di assorbimento acustico e, contemporaneamente, per diventare un elemento architettonico forte che personalizza gli spazi e ne aumenta la profondità. I quattro bordi assottigliati delle lastre permettono all'applicatore di ottenere un'accurata finitura dei giunti, che a lavoro finito risultano invisibili e perfettamente integrati nella superficie continua del controsoffitto.

## SCUOLA MATERNA "COLLODI", MONFALCONE (GO)



### Soluzioni Saint-Gobain Italia utilizzate.

Sistema di isolamento a cappotto webertherm prestige, applicato per garantire prestazioni termo-acustiche di altissimo livello, con grande facilità di posa e nel rispetto dell'ambiente. Il sistema sfrutta le proprietà dell'adesivo-rasante ad alte prestazioni webertherm AP60 TOP G, dei pannelli isolanti ad elevata traspirabilità webertherm RP20, della rete di armatura in fibra di vetro webertherm RE160 e del rivestimento colorato silossanico webercote siloxcover M, applicato previa idonea mano di preparazione con weberprim fondo. Nelle porzioni inclinate che caratterizzano la parte superiore delle facciate del complesso, l'isolamento a cappotto è integrato dal sistema a secco Gyproc Glasroc® X specifico per applicazioni in esterno.

Sistemi a secco Saint-Gobain Italia leggeri ed antisismici, specifici per l'edilizia scolastica ed in grado di assicurare elevatissimi livelli di isolamento acustico, resistenza meccanica e protezione antincendio. I tramezzi sono composti da strutture metalliche Gyproc Gyprofile, pannelli in lana minerale Isover Arena34 e lastre Gyproc DuraGyp Activ'Air®, sostituite da lastre Gyproc Fireline e Gyproc Lisaflam nelle zone in cui era richiesta l'adeguata protezione dal fuoco delle strutture in legno del complesso. L'esclusiva tecnologia Activ'Air® assicura un miglioramento della qualità dell'aria grazie all'assorbimento e alla neutralizzazione della formaldeide presente negli ambienti interni.

Negli spazi comuni della scuola, i controsoffitti ispezionabili in pannelli di lana di roccia Eurocoustic Tonga® garantiscono un forte assorbimento acustico, un'elevata tenuta all'umidità ed un ottimo risultato estetico. Posa di isole acustiche circolari Ecophon Solo™ Circle abbinata a lastre fonoassorbenti a parete Gyproc Rigitone® 12/25 Q Activ'Air®. Il sistema Ecophon Solo™ Circle è basato sull'applicazione di unità libere sospese senza telaio e offre diverse possibilità di design sia in termini di colore, sia in termini di installazione. Il sistema Gyproc Rigitone® 12/25 Q Activ'Air® sfrutta invece le proprietà di lastre in gesso rivestite con decori costituiti da forature quadrate che permettono di personalizzare gli ambienti interni e, nello stesso tempo, di ottenere il massimo di prestazioni acustiche.

## SCUOLA DELL'INFANZIA "SAN NICOLÒ", SELARGIUS (CA)



### Soluzioni Saint-Gobain Italia utilizzate.

Rivestimento delle facciate esterne con il sistema a cappotto webertherm comfort G3 ad alte prestazioni termoacustiche, composto da pannelli in lana di vetro webertherm LVO34 finiti con il rivestimento colorato ai silossani webercote siloxcover R. Sui volumi con copertura piana, posa dei pannelli isolanti in lana di vetro ad altissima densità Isover SUPERBAC Roofine® G3, incollati al supporto tramite mastice bituminoso Bituver Bitumastic e sovrastati da un manto impermeabile costituito dalle membrane Bituver Polimat Mineral TF.

Sui solai dei sottotetti delle coperture inclinate, applicazione di feltri in lana di vetro senza rivestimento Isover IBR N 4+. L'elevata resistenza al fuoco e l'alta traspirabilità fanno della lana di vetro un materiale sicuro, naturale e versatile.

Controsoffitti ispezionabili Eurocoustic Tonga® A22, costituiti da pannelli rigidi autoportanti in lana di roccia, resistenti agli urti e all'umidità, facili da montare e con un piacevole impatto visivo. I controsoffitti sono posati alternando pannelli di colore bianco e pannelli colorati che riprendono le diverse tonalità delle aree comuni e delle aule.

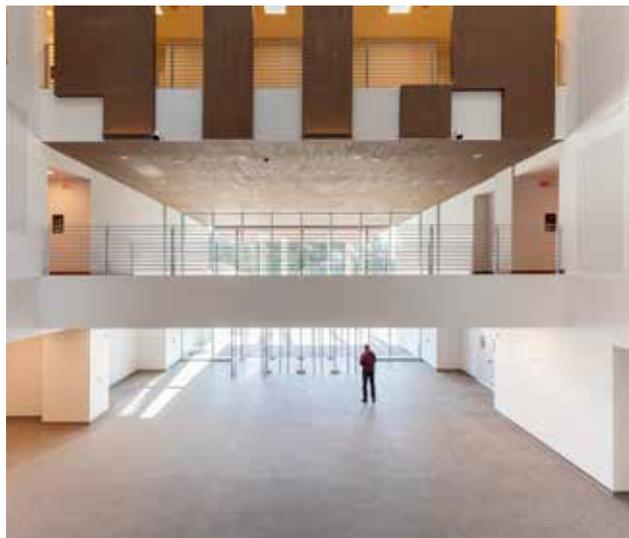
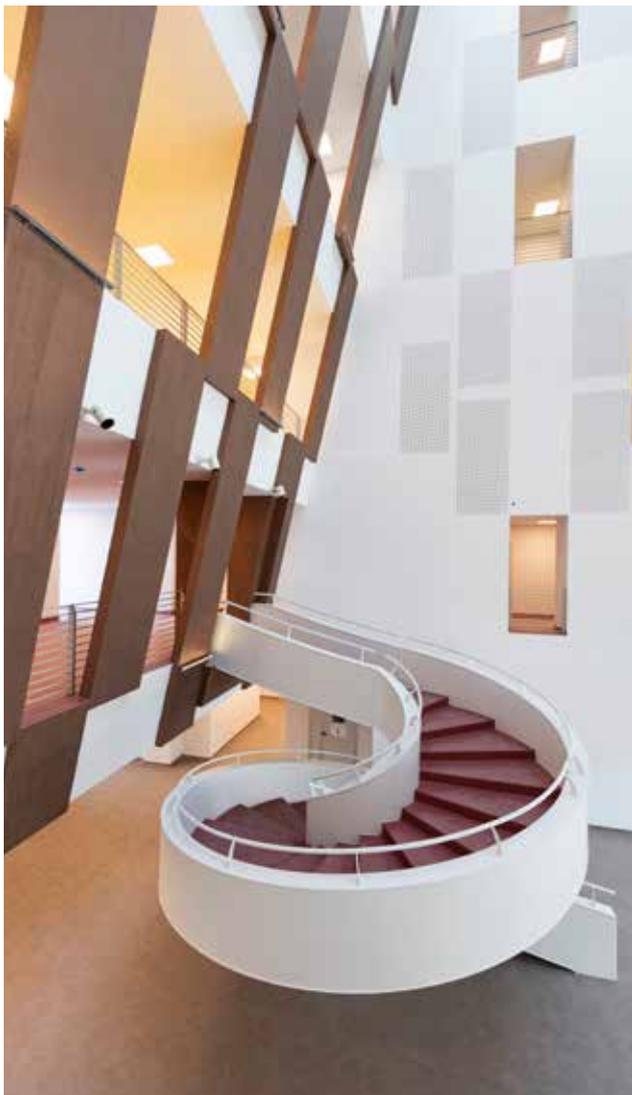


#### **Soluzioni Saint-Gobain Italia utilizzate.**

Sistema per tamponamenti esterni Gyproc Glasroc® X, composto da una parete esterna e da una controparete interna, tra loro affiancate e realizzate completamente a secco. La parete esterna è composta da una struttura metallica, da una lastra Gyproc Vapor e da una lastra Gyproc DuraGyp Activ'Air®. In alcuni punti, per assicurare una prestazione EI 60, le due lastre sono state sostituite da due Gyproc Fireline specifiche per l'antincendio.

La parete esterna è invece formata da una struttura metallica, da una lastra interna Gyproc Wallboard e da una lastra in gesso fibrorinforzato Gyproc Glasroc® X, posta verso l'esterno e rasata con idoneo ciclo di finitura.

All'interno di entrambe le strutture metalliche, è stato inserito un pannello in lana minerale Isover Arena34, in grado di garantire un elevatissimo isolamento termo-acustico.



**Soluzioni Saint-Gobain Italia utilizzate.**

Sistema per l'isolamento termo-acustico delle facciate Isover Clima34 G3, naturale e traspirante, costituito da pannelli in lana di vetro G3 ad alta densità, idrorepellenti, estremamente fonoassorbenti e durevoli nel tempo, con un'ottima reazione al fuoco ed una grande facilità di taglio.

I pannelli sono prodotti in Italia con almeno l'80% di vetro riciclato e sono trattati con una resina termoindurente a base di componenti organici e vegetali, in grado di minimizzare le emissioni nell'aria di sostanze inquinanti come la formaldeide ed altri composti organici volatili (VOC).

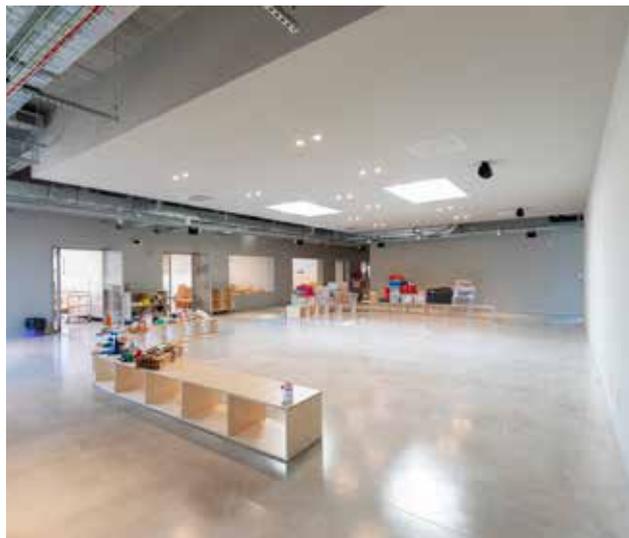


**Soluzioni Saint-Gobain Italia utilizzate.**

Controsoffitti acustici in lastre Gyproc Rigitone® 8-15-20 Super Activ'Air® e lastre Gyproc Gyptone® Big Quattro 42 Activ'Air®, entrambi con l'esclusiva tecnologia Activ'Air®, che assicura un miglioramento della qualità dell'aria grazie all'assorbimento e alla neutralizzazione della formaldeide presente negli ambienti interni.

Sia il sistema Gyproc Rigitone® 8-15-20 Super Activ'Air®, applicato nell'atrio di ingresso e nella biblioteca a piano terra, che il sistema Gyproc Gyptone® Big Quattro 42 Activ'Air®, realizzato nelle diverse aule e negli spazi comuni a tutti i piani, sono contraddistinti da eleganti decori che permettono di personalizzare al massimo gli ambienti interni e di realizzare soluzioni architettoniche di pregio, con elevatissimi livelli di assorbimento acustico.

## H-FARM CAMPUS, RONCADE (TV)



### Soluzioni Saint-Gobain Italia utilizzate.

Partizioni verticali Saint-Gobain Italia specifiche per l'edilizia scolastica, in grado di garantire elevatissimi livelli di fonoisolamento grazie all'abbinamento di pannelli isolanti Isover PAR 4+ e Isover Arena34 e lastre Gyproc Habito® Forte, Gyproc DuraGyp Activ'Air®, Gyproc Hydro, Gyproc Vapor e Gyproc Wallboard, scelte a seconda delle esigenze progettuali richieste.

Nelle aule e nel refettorio il comfort acustico è implementato dall'utilizzo di controsoffitti in lastre fonoassorbenti Gyproc Rigitone® ClimaTop 12/25 Activ'Air® abbinati al sistema di riscaldamento radiante a soffitto. Le lastre Gyproc Rigitone® ClimaTop 12/25 Activ'Air® sono contraddistinte da un'elegante foratura quadrata regolare che assicura massime prestazioni acustiche ed un ottimo risultato estetico. L'esclusiva tecnologia Activ'Air® assicura un miglioramento della qualità dell'aria grazie all'assorbimento e alla neutralizzazione della formaldeide presente negli ambienti interni.



**Soluzioni Saint-Gobain Italia utilizzate.**

Le vetrate isolanti a controllo solare CLIMAPLUS® SOLAR CONTROL con elevatissime prestazioni in termini di selettività, consentono un notevole risparmio di energia ed una riduzione dei costi per il riscaldamento invernale ed il condizionamento estivo, migliorano il comfort visivo attenuando la luce, garantiscono un ottimo comfort acustico ed assicurano alti valori di sicurezza.



**Soluzioni Saint-Gobain Italia utilizzate.**

Pareti divisorie Saint-Gobain Italia costituite da una doppia struttura metallica da 50 mm, doppio pannello isolante nelle intercapedini e due lastre per lato, una del tipo standard Gyproc Wallboard ed una ad elevate prestazioni Gyproc Habito® Forte, quest'ultima contraddistinta da un'imbattibile solidità e capacità di carico.

Nelle vie di fuga del complesso, la lastra Gyproc Habito® Forte è sostituita da una lastra Gyproc Duragyp A1 Activ'Air®, rivestita su entrambe le facce da una carta a bassissimo potere calorifico superiore, che le conferisce un comportamento di reazione al fuoco in Euroclasse A1.

Contropareti tecniche Saint-Gobain Italia dello spessore totale di 75 mm accostate alle murature in laterizio e costituite da una struttura metallica da 50 mm - con pannello isolante nell'intercapedine - e da due lastre, una standard Gyproc Wallboard ed una speciale Gyproc Habito® Forte. Tale stratigrafia permette di mascherare tutte le irregolarità dei muri, di incrementare le prestazioni meccaniche ed acustiche delle pareti e di contenere tutte le numerose parti impiantistiche tipiche di una nuova struttura scolastica.

## SCUOLA MATERNA "VITTORIO DONATI", CASEZ DI SANZENO (TN)



### **Soluzioni Saint-Gobain Italia utilizzate.**

Isolamento termo-acustico delle facciate, pareti divisorie a secco, feltri e pannelli in lana di vetro termoisolanti, lastre in gesso fibrato per applicazioni a massetto.

Gyproc Wallboard - Gyproc Rigidur H - Gyproc Rigidur E  
Isover Klima34 G3 - Isover IBR K 4+ - Isover PAR 4+  
webertherm comfort G3 - webercote siloxcover R



Le informazioni contenute nel presente Documento Tecnico sono indicative, hanno carattere generale, e in alcuni casi si riferiscono a prove eseguite in laboratorio in presenza di particolari condizioni. La responsabilità del calcolo e di ogni altra scelta di carattere progettuale resta del Progettista incaricato, come regolamentato dalla normativa vigente in materia. I dati riferiti ai prodotti si riferiscono alla data di pubblicazione del presente Documento Tecnico. Saint-Gobain Italia S.p.A. si riserva il diritto di apportare in ogni momento, e senza preavviso, modifiche di qualsivoglia natura a uno o più prodotti, nonché di cessarne la produzione e declina qualsivoglia responsabilità qualora l'utilizzazione e la posa in opera dei prodotti Saint-Gobain Italia S.p.A. non abbia luogo secondo quanto riportato nella specifica documentazione degli stessi. Resta pertanto esclusiva responsabilità dell'utilizzatore confrontare questa pubblicazione e la specifica documentazione dei singoli prodotti. I valori dei dati tecnici riportati in questo documento sono indicativi e relativi a valori medi di produzione. Per tutte le applicazioni e le modalità di posa in opera non descritte in questo Documento Tecnico si consiglia di consultare il nostro Ufficio Tecnico. L'aggiornamento di tutte le informazioni, ed in particolare di quelle relative ai dati sulla sicurezza dei prodotti, è sempre e direttamente consultabile sui siti internet aziendali [gyproc.it](http://gyproc.it), [isover.it](http://isover.it), [it.weber.it](http://it.weber.it), [it.saint-gobain-building-glass.com/it](http://it.saint-gobain-building-glass.com/it).



**Saint-Gobain Italia S.p.A.**

Via Bensi, 8 - 20152 Milano

[www.saint-gobain.it](http://www.saint-gobain.it)

[sg-italia@saint-gobain.com](mailto:sg-italia@saint-gobain.com)