

Soluzioni per l'involucro



SISTEMI IN
MURATURA

MANUALE
TECNICO

Porotherm





Indice

Chi siamo	7
wienerberger e la sostenibilità ambientale	8
Sistema Completo Porotherm	20
Risparmio energetico	32
Dettagli tecnici	42
Costruzioni in muratura	60
Muratura portante ordinaria	70
Muratura armata	88
Muratura di tamponamento	96
Resistenza al fuoco	102
Acustica	110
Dossier realizzazioni	118
Building Information Modelling (BIM)	52



Chi siamo

wienerberger, fondata a Vienna nel 1819, è una realtà di rilevanza mondiale nella produzione di materiali da costruzione, con una gamma di prodotti in costante evoluzione, che spazia dai blocchi in laterizio (portanti e da tamponamento, con soluzioni altamente performanti anche dal punto di vista sismico), fino alle infrastrutture per la gestione dell'acqua e dell'energia.

Soluzioni ad elevata tecnologia, orientate al risparmio energetico, all'isolamento termico, all'isolamento acustico e alla realizzazione di Edifici ad Energia quasi Zero (nZEB).

Oggi wienerberger, valorizzata nell'unione con Terreal, azienda internazionale con oltre 150 anni di storia e punto di riferimento nel mercato dei materiali di rivestimento in terracotta per coperture, facciate e living, si propone come partner unico in grado di offrire ai professionisti del settore un vasto range di soluzioni integrate per l'intero involucro edilizio, attraverso progetti di alto livello ed efficacia tecnologica.

Inoltre, grazie all'integrazione dei suoi quattro stabilimenti produttivi di Mordano (BO), Villabruna di Feltre (BL), Gattinara (VC) e Terni (TR) con quelli di Valenza (AL), Noale (VE) e Castiglion Fiorentino (AR), wienerberger è in grado di rispondere alle esigenze logistiche dei clienti in maniera ancora più tempestiva ed efficiente su tutto il territorio nazionale.

wienerberger, che con Terreal condivide un DNA comune di expertise, qualità, affidabilità e capacità di innovazione produttiva dei laterizi (nella loro doppia valenza strutturale ed estetica), amplia così la sua già qualificata offerta, proponendo sistemi completi per l'involucro edilizio per costruire edifici sempre più funzionali, performanti ed esteticamente ricercati, che migliorano la qualità della vita e rispettano l'ambiente, rispondendo alle sfide climatiche ed energetiche del futuro.

Dalla sinergia di brand storici come Porotherm, SanMarco e Pica, oggi riuniti sotto un'unica realtà, ma anche attraverso servizi strutturati e innovativi di consulenza progettuale e assistenza personalizzata, wienerberger è in grado di offrire al mercato una gamma completa e unica di soluzioni e risposte tecnologicamente evolute, che mettono al primo posto il benessere delle persone, l'armonia architettonica, la sostenibilità e la protezione dell'ambiente.

wienerberger e la sostenibilità ambientale

Adattarsi per sopravvivere, oggi, non è più soltanto una scelta evolutiva, ma anche e soprattutto una responsabilità etica e sociale. Il cambiamento globale causato dall'impatto delle attività umane sugli ecosistemi e sul clima, deve essere affrontato con impegno condiviso e consapevolezza comune da tutti gli esseri umani, sia come individui, sia come parte di una collettività. Il surriscaldamento globale, le difficoltà di approvvigionamento delle materie prime ed energia, le pandemie, impongono una profonda riflessione sul tema della sostenibilità: cittadini, istituzioni e organizzazioni devono fare i conti con modelli di consumo spesso impattanti sull'ambiente.

Per queste ragioni, wienerberger ha scelto di intraprendere un percorso di progressiva metamorfosi, in linea con i principi di transizione ecologica e sviluppo sostenibile, con la consapevolezza che l'adattamento e la mitigazione del proprio impatto ambientale costituiscano le principali risorse per adattarsi, sopravvivere e contrastare il cambiamento.

È ormai consolidato che lo sviluppo sostenibile dipenda sostanzialmente da tre pilastri saldamente interconnessi tra loro: economia, ambiente e società.

Le Nazioni Unite, quindi, hanno condiviso l'impegno di raggiungere entro l'anno 2030 alcuni obiettivi specifici e irrinunciabili, noti come i 17 Sustainable Development Goals (SDG), i quali si riferiscono a diversi ambiti dello sviluppo sociale, economico e ambientale, da considerarsi in maniera integrata, nonché ai processi che li possono accompagnare e favorire in maniera sostenibile.



wienerberger ha individuato come maggiormente rilevanti e pertinenti al suo raggio d'azione gli obiettivi di sviluppo: 8, 9 e 12

Obiettivo 8:

Promuovere una crescita economica duratura, inclusiva e sostenibile, una piena e produttiva occupazione e un lavoro dignitoso per tutti



Obiettivo 9:

Costruire infrastrutture resistenti, promuovere l'industrializzazione inclusiva e sostenibile e promuovere l'innovazione



Obiettivo 12:

Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili



I cambiamenti climatici e gli obiettivi di riduzione dei gas serra

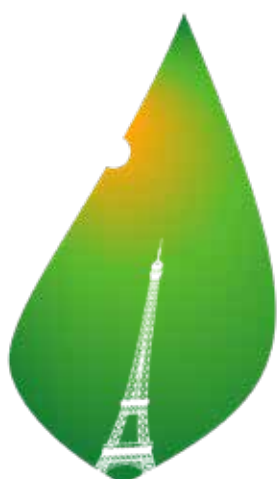
Lo scorso secolo ha visto l'esplosione della "civiltà del consumo", mossa spesso da modelli di produzione e gestione delle risorse poco attenti all'equilibrio ambientale, con conseguenze che si stanno accentuando soprattutto negli ultimi anni:

- Temperature estreme più frequenti, come le ondate di calore;
- Frequenti, gravi e prolungati episodi di siccità, associati a minore disponibilità di acqua dolce;
- Innalzamento del livello del mare e progressiva erosione di zone costiere;
- Maggiori rischi e frequenza di inondazioni, temporali violenti e incendi.

Questi fenomeni hanno determinato in molti paesi del Mondo una generale minor resilienza dell'ecosistema, con danni che non hanno impattato solo sulla flora e sulla fauna locali, ma anche sulle attività umane, dalla minor produttività all'instabilità sociale, fino a danni alle infrastrutture.

Questo significa che l'alterazione del clima sta dando origine già oggi a conseguenze visibili giorno dopo giorno, aprendo a scenari estremamente critici nel caso in cui le emissioni mondiali di gas serra continuassero a crescere con il ritmo attuale. Si stima infatti che entro pochi decenni, la temperatura media sul nostro pianeta potrebbe aumentare di oltre 4°C, provocando una serie di eventi atmosferici estremi e uno sconvolgimento nella geografia delle zone climatiche.

In relazione a questo contesto, è necessario considerare l'impatto che il cambiamento climatico avrà sulla vita delle persone e sul concetto stesso di "abitazione": **le case del futuro devono essere progettate oggi, premiando le idee e le tecnologie più efficienti.** Gli edifici saranno messi alla prova dalle condizioni mutate, rendendo potenzialmente più difficile garantire il comfort di chi li vivrà quotidianamente. Chi progetta e costruisce non può esimersi dal considerare variabili quali l'instabilità del clima, temperature profondamente diverse da quelle storicamente registrate e nuovi rischi meteorologici.



PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21·CMP11

Accordo di Parigi

Nel 2016 è entrato in vigore il cosiddetto Accordo di Parigi, un trattato internazionale legalmente vincolante sui cambiamenti climatici, con la finalità di contenere entro i 2°C l'aumento della temperatura globale per i prossimi decenni.

Con questo accordo, gli Stati membri dell'Unione Europea si sono impegnati congiuntamente a conseguire **l'obiettivo di neutralità climatica entro il 2050** (Green Deal Europeo), presentando una serie di proposte per **ridurre le emissioni nette del 55% entro il 2030** (Fit for 55). La transizione ecologica, ovvero il passaggio a un utilizzo virtuoso delle risorse e alla produzione di energia rinnovabile, è la chiave per raggiungere questi ambiziosi obiettivi.

Cambiare il corso degli eventi richiede un grande sforzo collettivo e contenere le emissioni richiederà una collaborazione senza precedenti tra le economie, i Paesi e le organizzazioni. In questo contesto, ciascuno Stato, organizzazione e individuo è chiamato a contribuire allo sviluppo sostenibile, wienerberger compresa.

La sostenibilità nel settore edile

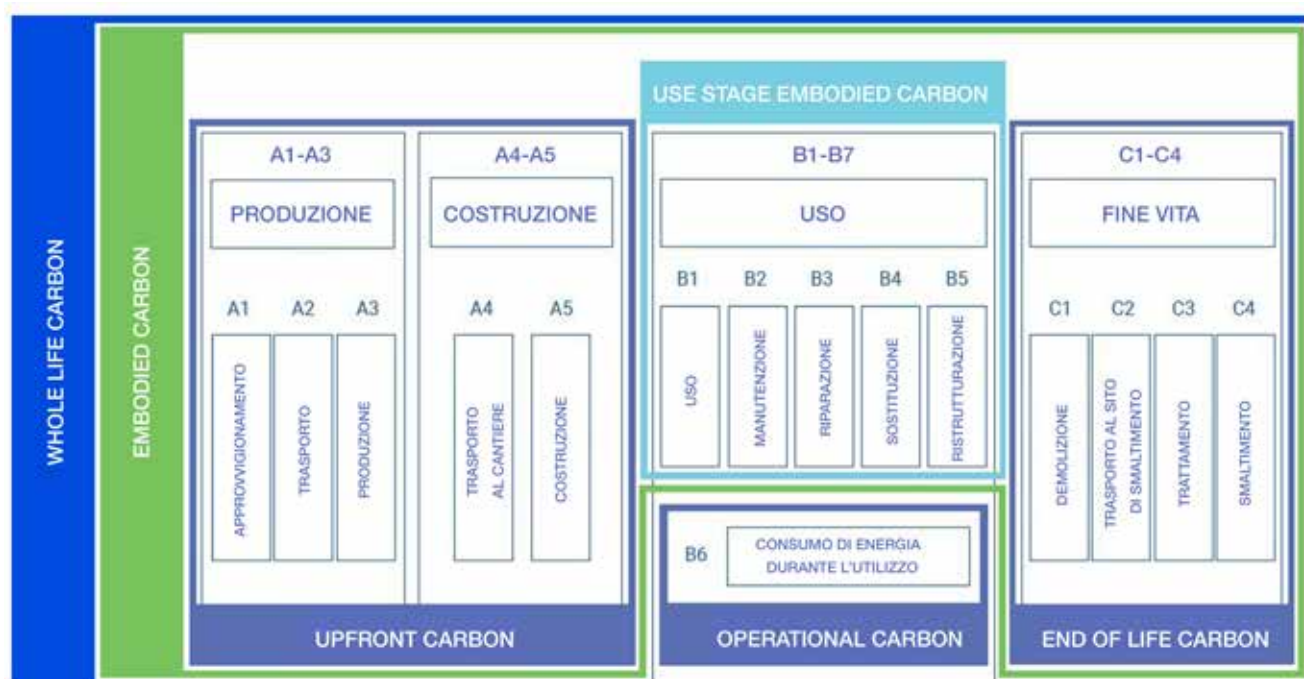
La Commissione Europea indica la **ristrutturazione del patrimonio edilizio** e la **costruzione di edifici ad alte prestazioni** come iniziative essenziali per ridurre le emissioni di gas serra, migliorare la qualità della vita degli abitanti e ridurre il fabbisogno energetico delle nostre città. Secondo ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), affinché l'Italia raggiunga i propri obiettivi di riduzione delle emissioni decisi a livello europeo per il 2030 è prioritario intervenire su climatizzazione degli edifici, industria e trasporti.

Il settore edile ricopre quindi un ruolo fondamentale nel fornire materiali e soluzioni che contribuiscano al miglioramento del profilo energetico e alla decarbonizzazione dell'intero Paese. Grazie alla scelta ponderata dei materiali, alla progettazione integrata e alle tecniche costruttive innovative e sostenibili, **è possibile migliorare l'isolamento e l'inerzia termica delle nuove costruzioni, fino ad azzerare i consumi energetici** degli edifici (si parla in questo senso di edifici nZEB e ZEB).

La sostenibilità di un edificio è **strettamente connessa a ogni fase del ciclo di vita dei materiali edili** impiegati. Per ridurre le emissioni degli edifici lungo tutto il ciclo di vita è necessario diminuire sia le emissioni che derivano dal consumo di energia dell'edificio (*operational carbon*) sia le emissioni che derivano dal processo costruttivo incluse la produzione e la fornitura del materiale (*embodied carbon*). Le costruzioni e gli edifici sono responsabili per il 36% dell'energia mondiale al consumo finale e per il 39% delle emissioni di CO₂ connesse all'energia, ovvero alla combustione fossile. Delle emissioni associate alle costruzioni e agli edifici, il 28% proviene dal cosiddetto *operational carbon* l'11% proviene dall'energia legata all'*embodied carbon*.



© Foto: Anrea Petrolideo



Dal prodotto “green” alla progettazione sistemica

Se fino a pochi anni fa si parlava di Ecodesign, più recentemente si parla di concetti come il design per la sostenibilità, design sistemico e design per l’innovazione e la transizione, che vanno oltre il concetto di “prodotto green” e si occupano di come (ri)pensare un prodotto o servizio includendo in un sistema complesso tematiche più ampie, quali la componente socio-etica, il ri-uso di risorse naturali, l’impatto sulla biodiversità. Oggi, la sostenibilità viene intesa non come proprietà di un oggetto ma piuttosto come **proprietà di un sistema**.

L’essere sostenibili non consiste nel rendere più efficiente un prodotto, ma nel concepire una nuova forma di business, caratterizzata da un **approccio sistemico**, in grado di soddisfare al meglio i bisogni dei consumatori a livello sociale, economico e ambientale. Un prodotto “sostenibile” nasce da un’azienda che ha operato **precise strategie a monte** e che si è occupata di sviluppare un percorso unitario considerando tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto stesso.

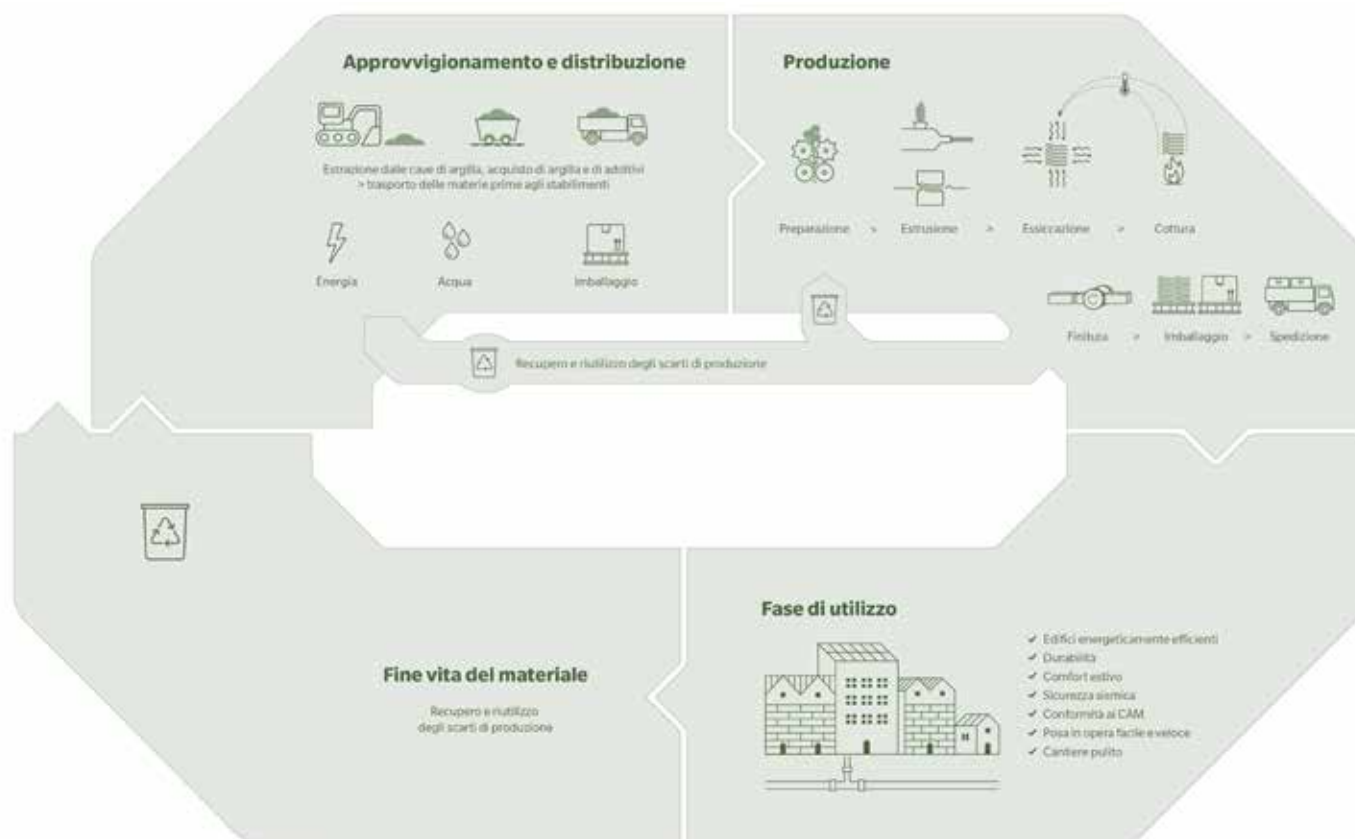
Il discorso è valido, a maggior ragione, in riferimento al settore edilizio:

- **Ottimizzare l’uso dei materiali da costruzione** in un progetto, selezionando quelli con altre prestazioni, durevoli e prodotti in maniera responsabile
- Utilizzare materiali e tecniche costruttive che rendano l’edificio **altamente prestazionale**
- Pianificare considerando la **circolarità** degli edifici, ovvero predisporre soluzioni, tecnologie e materiali che, nella fase di disassemblaggio e demolizione, possano essere facilmente smantellati per essere riciclati o smaltiti.

Costruire in laterizio

Se prodotto e impiegato correttamente, il laterizio rappresenta una scelta eccellente per la transizione ecologica ed energetica. Si tratta infatti di un materiale che **riesce a coniugare alta durabilità e riciclabilità**, contribuendo durante la sua lunga vita utile a mantenere un ambiente sano con prestazioni che non si alterano nel tempo.

Le soluzioni wienerberger sono studiate per **progettare e realizzare involucri altamente prestazionali** in tutte le fasi del ciclo di vita. L’impegno è offrire un laterizio a minimo impatto già durante le fasi di design, produzione e approvvigionamento delle materie prime, che garantisca alte prestazioni durante l’uso e che possa essere riciclato a fine vita. L’estrazione della materia prima e la sua lavorazione vengono continuamente ottimizzate con soluzioni a basse emissioni e impatto ambientale.



L'impegno concreto di wienerberger

Decarbonizzazione

Efficienza energetica e decarbonizzazione sono un focus centrale per tutte le aree operative di wienerberger.

Misure:

- Acquisto di 100% energia verde
- Studio di fattibilità di nuove tecnologie (biogas, idrogeno verde)
- L'utilizzo di fonti di energie rinnovabili quali biometano, idrogeno verde o syngas

Obiettivi raggiunti nel 2024:

- Riduzione delle nostre emissioni di CO₂ oltre del 15% rispetto al 2020 (Scope 1, Scope 2)
- L'ottimizzazione delle materie prime

Obiettivi al 2026:

- Riduzione delle nostre emissioni di CO₂ del 25% rispetto al 2020

Economia Circolare

Una costante attività di Ricerca & Sviluppo punta alla definizione di prodotti con ridotto consumo di risorse naturali, favorendo l'uso di materie prime riciclate o provenienti da altri cicli produttivi, in un'ottica di simbiosi industriale.

Inoltre, grazie alle prestazioni termiche ottenibili con i laterizi più innovativi della gamma Porotherm BIO PLAN, è possibile realizzare involucri massivi con un ridotto fabbisogno energetico, con conseguente diminuzione di CO₂ emessa dall'organismo architettonico durante il suo ciclo di vita. Quindi l'impegno dell'azienda nei confronti dell'economia circolare è doppio: attenzione ai processi produttivi, da un lato, e sviluppo di soluzioni costruttive sempre più performanti dall'altro.

Obiettivo raggiunto nel 2024:

- Installazione di un mulino per il riutilizzo dello scarto cotto in produzione





Biodiversità

wienerberger ha deciso di intraprendere una serie di azioni concrete che puntino allo sviluppo della biodiversità in prossimità dei propri stabilimenti produttivi definendo un vero e proprio piano denominato Biodiversity Action Plan (BAP), già avviato nel 2022.

Misure:

- Tutela delle specie animali protette
- Biodiversity Ambassador: una nuova figura responsabile dei progetti orientati alla biodiversità

Obiettivi raggiunto nel 2024:

- Effettuati tre rilevamenti annuali in ciascun sito produttivo per il monitoraggio delle specie presenti nei nostri siti
- Realizzazione del "Giardino della Biodiversità" nel sito produttivo di Gattinara (VC)
- Realizzazione di hotel per insetti e nidi artificiali nei nostri stabilimenti
- Piantumati oltre 1.000 alberi nei nostri siti produttivi



"Il nostro impegno verso la Sostenibilità Ambientale parte dal processo produttivo fino ad arrivare alla realizzazione dell'edificio. Questo impegno si riflette dal un lato, sul processo produttivo a basse emissioni di CO₂ e, dall'altro con l'offerta sul mercato di soluzioni in laterizio che si contraddistinguono per innovazione, qualità e durabilità. Dimostriamo quindi con i fatti e con le nostre strategie l'importanza della tutela dell'Ambiente e delle generazioni future."

Dott. Robert Lang, Amministratore Delegato di wienerberger Italia

Sostenibilità sociale ed economica

Per un impegno completo verso la sostenibilità wienerberger attua politiche di sostenibilità sociale ed economica.

La sostenibilità sociale e il sistema di governance di wienerberger includono:

- Certificazioni ISO 45001, ISO 50001, ISO 14001, ISO 9001 (in corso)
- Roadmap wienerberger sulla salute e sicurezza dei lavoratori
- Collaborazione con scuole e stakeholder per giornate di formazione e dimostrazione delle attività portate avanti in stabilimento
- Programma di sviluppo delle competenze, crescita e benessere per i dipendenti
- Coinvolgimento e sensibilizzazione degli stakeholders in iniziative legate allo sviluppo sostenibile.

Certificazione ISO 45001:2018

wienerberger crede nel lavoro e il lavoro è fatto dalle persone; con questa certificazione mettiamo per iscritto la nostra volontà a tutelare le persone all'interno dell'azienda. L'ISO 45001 è una certificazione volontaria che definisce i requisiti di un Sistema di Gestione della Sicurezza e della Salute dei Lavoratori (SSL), secondo quanto previsto dalle normative vigenti e in base ai pericoli ed ai rischi potenzialmente presenti sul posto di lavoro. Rappresenta l'evoluzione dello standard OHSAS 18001 ed è stata sviluppata per rispondere ad una precisa domanda del mercato che chiedeva con insistenza uno standard univoco per i Sistemi di Gestione della SSL.

L'ente certificatore scelto da wienerberger è *Bureau Veritas*, fra i leader a livello mondiale nella valutazione di conformità e certificazione di Qualità, Ambiente, Salute, Sicurezza e Responsabilità Sociale (QHSE).

Certificazione ISO 50001:2018

La norma ISO 50001 fornisce alle organizzazioni i requisiti per i sistemi di gestione di energia (SGEn). L'obiettivo di tale sistema è di consentire che un'organizzazione persegua, con un approccio sistematico, il miglioramento continuo della propria prestazione energetica comprendendo in questa l'efficienza energetica nonché il consumo e l'uso dell'energia.

wienerberger oggi ha raggiunto questo importante traguardo. Questo permette quindi una gestione dell'energia dei propri stabilimenti ancora più efficiente e performante. La norma ha come scopo quello di fornire alle organizzazioni un quadro di lavoro riconosciuto per l'integrazione dell'efficienza energetica nelle sue pratiche di gestione.



Certificazione ISO 14001:2015

L'attenzione che da sempre wienerberger dedica ai temi ambientali si traduce nella certificazione di conformità alla norma ISO 14001 che rappresenta un importante risultato in un'ottica di miglioramento continuo.

ISO 14001 fa parte di una serie di norme internazionali, che riguardano il Sistema di Gestione Ambientale, e in particolare fornisce un quadro sistematico per l'integrazione delle pratiche a protezione dell'ambiente, prevenendo l'inquinamento, riducendo l'entità dei rifiuti, il consumo di energia e dei materiali.

La Norma ISO 14001 è impostata sui principi di un sistema di gestione che prevede le fasi metodologiche di pianificazione, esecuzione, controllo e azioni di miglioramento "Plan-Do-Check-Act"; l'applicazione della norma ISO 14001 definisce i requisiti più importanti per individuare, controllare e monitorare gli aspetti ambientali di qualsiasi Organizzazione che abbia una politica ambientale. L'ente certificatore scelto da wienerberger è *Bureau Veritas Certification*, che è stato il primo Organismo di Certificazione al mondo ad essere accreditato per la certificazione ISO 14001.



Safety days

Investire nella sicurezza significa innanzitutto dotare i propri stabilimenti di tutte le protezioni possibili, dando massima importanza quindi alla salute dei propri lavoratori. Ma l'obiettivo di wienerberger è decisamente più ampio e punta a diffondere la **cultura della sicurezza**, mettendo in atto misure e azioni positive che permettano ai dipendenti di acquisire comportamenti sani e sicuri in tutte le fasi della propria attività e non solo.

Questo ha portato l'azienda ad organizzare una serie di giornate di formazione sulla cultura della sicurezza, che coinvolgano tutti i dipendenti. Per questo motivo, durante queste giornate, denominate **"Safety days"**, gli stabilimenti produttivi sono chiusi al pubblico, in modo da poter permettere a tutto il personale di concentrarsi esclusivamente sulle tematiche che vengono insegnate, in materia di salute e sicurezza sul lavoro.



"Per wienerberger la cultura della sicurezza è un valore fondamentale che deve permeare e caratterizzare tutte le attività che quotidianamente si svolgono. Lavorare in sicurezza è una priorità ed è per questo che abbiamo indetto i "Safety days" ovvero delle giornate dedicate alla cultura della sicurezza con un particolare focus sulla formazione, comportamento e addestramento in campo."

Ing. Lorenzo Metullio - Direttore di Produzione, Ricerca e Sviluppo wienerberger Italia.

Progetti del cuore

Progetti del Cuore si occupa di rendere possibili i servizi erogati da Comuni e Associazioni di volontariato alle fasce più deboli della popolazione.

Abbiamo supportato l'acquisto di un veicolo attrezzato per il trasporto disabili a Fondazione ANT ONLUS per la Comunità di Imola. Il progetto permette ai cittadini più svantaggiati del territorio di usufruire di un prezioso servizio di mobilità gratuita.



Welfare dei dipendenti

La sicurezza di tutti i dipendenti wienerberger è la priorità ed il pilastro su cui l'azienda fonda le sue strategie per il futuro. A tal fine, l'azienda ha messo a disposizione vari programmi per la prevenzione della salute dei propri dipendenti. In tutte le sedi è stato attivato dal 2022 un servizio di prevenzione medica Cardiovascolare e Oncologico, un check-up sanitario ad opera di una struttura di Medici Specializzati.

Inoltre, a Feltre (BL), l'azienda ha sostenuto l'evento "Mammografia ed Ecografia Gratuita". L'evento ha dato la possibilità di effettuare un esame diagnostico gratuito, completo di referto, per la prevenzione del tumore al seno.



Sostenibilità economica

Ottimizzazione dei processi produttivi

Alimentando la produzione con energia elettrica da fonti rinnovabili e effettuando tutti i recuperi termici tecnologicamente possibili si minimizza l'uso di combustibili fossili durante il ciclo produttivo del laterizio.

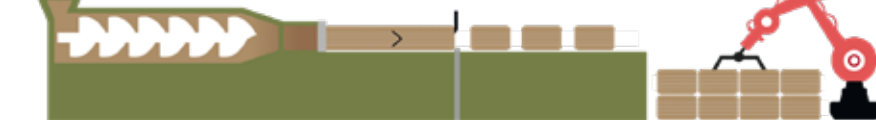
Escavazione e stoccaggio



Prelavorazione



Formatura



Essiccazione



Cottura



Imballaggio



Gli sfridi vengono reimmessi nel ciclo di produzione.



Il calore del forno di cottura viene recuperato ed utilizzato in fase di essiccazione.



Energia elettrica proveniente da:

- Fotovoltaico
- Impianto di cogenerazione ad alte prestazioni
- Acquisto energia elettrica green

Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD) e CAM

L'obiettivo dei Criteri Ambientali Minimi (CAM) è quello di incentivare la produzione di prodotti/servizi a ridotto impatto grazie all'inclusione di criteri ambientali nel processo di acquisto delle pubbliche amministrazioni.

La loro applicazione sistematica ed omogenea vuole portare ad una diffusione di tecnologie ambientali e di prodotti attenti alla sostenibilità, producendo un effetto leva sul mercato e inducendo tutti gli attori coinvolti nel processo edilizio ad adeguarsi alle nuove richieste della pubblica amministrazione.

In Italia, l'efficacia dei CAM è stata assicurata in primo luogo dall'art. 18 della L. 221/2015 e, successivamente, dall'art. 34, recante "Criteri di sostenibilità energetica e ambientale", contenuto nel D.lgs. 50/2016 "Codice degli appalti" (modificato dal D.lgs 56/2017). Viene così reso obbligatorio da parte delle stazioni appaltanti, nell'acquisto di beni, lavori e servizi che rientrino nelle categorie definite dal "Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi

della pubblica amministrazione" (PAN GPP), l'inserimento all'interno dei bandi delle specifiche tecniche e delle clausole individuate dai CAM, a prescindere dal valore dell'importo.

Per i componenti edilizi, le quote di materiali da riciclare, la gestione del cantiere e i criteri da seguire nelle demolizioni e negli scavi, si dovranno seguire le specifiche tecniche illustrate dal Ministero. Per quanto riguarda il laterizio, nel paragrafo 2.5.5., viene indicato il seguente criterio: "i laterizi usati per muratura e solai hanno un contenuto di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti (sul secco) di almeno il 15% sul peso del prodotto".

Per fornire una valutazione ed una verifica completa sugli impatti dei propri prodotti nell'ambito dei CAM, wienerberger ha deciso di effettuare l'analisi LCA (*Life Cycle Assessment*) dei propri processi, con l'obiettivo di ottenere la **Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD)***.

Questa Etichetta Ambientale di tipo III è una certificazione volontaria che contiene le informazioni relative alla prestazione ambientale dell'intero ciclo di vita dei laterizi wienerberger. Definita dalla **UNI EN ISO 14025**, fornisce dati oggettivi e comparabili sull'impatto ambientale del prodotto a 360°. Le attività di verifica e convalida vengono svolte da organismi terzi accreditati, per la massima trasparenza.



* Numero di certificato: ICMQ – 20117EPD, Numero di registrazione: EPDITALY0107, Data di rilascio: 21/05/2020, Valida fino al: 20/05/2025, UN CPC 37

Scarica il
certificato EPD



Sistemi a punteggio

Classificazione LEED® e requisiti

Il sistema statunitense di classificazione dell'efficienza energetica e dell'impronta ecologica degli edifici LEED® (*Leadership in Energy and Environmental Design*), sviluppato dallo U.S. Green Building Council (USGBC), fornisce un insieme di standard e di misure per valutare le costruzioni sostenibili dal punto di vista ambientale.

Esistono sette sezioni organizzate in prerequisiti e crediti. La somma dei punteggi dei crediti determina il livello di certificazione dell'edificio. Su 110 punti disponibili nel sistema di rating LEED®, almeno 40 devono essere ottenuti per il livello base di certificazione: 40-49 punti certificazione base, 50-59 Argento, 60-69 Oro, 70-79 Platino.

Il protocollo GBC Italia attualmente disponibile è LEED® 2009 Italia Nuove costruzioni e ristrutturazioni.



SOSTENIBILITA' DEI SITI

Prerequisito SS1: Prevenzione dell'inquinamento da attività da cantiere

L'utilizzo dei pezzi speciali a misura delle linee Porotherm riduce la necessità di eseguire tagli e scassi in cantiere e di conseguenza minimizza la dispersione di polveri durante le lavorazioni.



ENERGIA E ATMOSFERA

Prerequisito EA2: Prestazioni energetiche minime - **Credito EA 1:** ottimizzazione delle prestazioni energetiche

Le soluzioni wienerberger, grazie alla modalità costruttiva cosiddetta massiva, contribuiscono al contenimento dei consumi energetici per la climatizzazione invernale e per quella estiva, grazie all'elevata inerzia termica.



MATERIALI E RISORSE

Crediti MR 1.1 e MR 1.2: Riutilizzo degli edifici

Le soluzioni wienerberger si contraddistinguono per l'eccezionale durabilità dei componenti aumentando la vita utile degli edifici di cui fanno parte

Credito MR 4: Contenuto di riciclato

Grazie all'utilizzo di materiale riciclato di pre-consumo, wienerberger contribuisce a ridurre gli impatti derivanti dall'estrazione e dalla lavorazione di materiali vergini.

Credito MR 5: Materiali regionali

wienerberger promuove l'utilizzo di risorse locali per la produzione delle proprie soluzioni, in modo da ridurre l'impatto sull'ambiente.



QUALITA' AMBIENTALE INTERNA

Credito QI 3.1: Gestione della qualità dell'aria interna in fase costruttiva

I sistemi wienerberger sono pensati per minimizzare la produzione di polveri, garantendo un cantiere pulito e senza sprechi.



INNOVAZIONE NELLA PROGETTAZIONE

Prerequisito IEQ 3: Minimum Acoustical Performance

wienerberger propone soluzioni certificate in laboratorio e di cantiere per soddisfare i requisiti acustici definiti dalla normativa.

Protocollo ITACA e requisiti

Il Protocollo ITACA è uno strumento di valutazione a carattere nazionale, riconosciuto da tutte le Regioni italiane ed utilizzato sia nel contesto pubblico che in quello privato. Il Protocollo, sviluppato nell'ambito di ITACA dal Gruppo di lavoro interregionale per l'Edilizia Sostenibile, con il supporto tecnico scientifico di iisBE

Italia e ITC-CNR, è basato sullo strumento di valutazione internazionale *SBTool*, dal gruppo di ricerca *Green Building Challenge*.

Accanto alla versione nazionale nel corso degli anni sono stati sviluppati dalle Regioni diverse versioni di Protocolli ITACA che attuano specifiche politiche

regionali in materia.

Il Protocollo ITACA nazionale, aggiornato al 2011, prevede 5 categorie di edifici certificabili: residenziale, uffici, edifici commerciali, edifici scolastici, edifici industriali.

Articolazione dello strumento di valutazione

Esistono cinque aree di valutazione

1. Qualità del sito
2. Consumo di risorse
3. Carichi ambientali
4. Qualità ambientale indoor
5. Qualità del servizio

A loro volta suddivise in categorie composte da criteri. Ogni criterio viene valutato secondo una scala da -1 a +5.

1	Prestazione inferiore allo standard e alla pratica costruttiva corrente
0	Prestazione minima accettabile definita da leggi o regolamenti vigenti. Rappresenta la pratica costruttiva corrente
+1	Lieve miglioramento rispetto alla pratica costruttiva corrente
+2	Moderato miglioramento rispetto alla pratica costruttiva corrente
+3	Significativo miglioramento rispetto alla pratica costruttiva corrente
+4	Moderato incremento della migliore pratica costruttiva corrente
+5	Prestazione considerevolmente avanzata

La progettazione a regola d'arte unita ai prodotti wienerberger contribuisce ad ottenere elevati punteggi nei criteri di seguito riportati. Per un totale di 7 criteri che contribuiscono circa al **27% del punteggio totale**.

CONSUMO DI RISORSE

B.1.2	Energia primaria per il riscaldamento Ridurre il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento
B.6.2	Energia netta per il raffrescamento Ridurre il fabbisogno energetico ottimizzando le soluzioni costruttive e le scelte architettoniche in particolare relativamente all'involucro
B.6.3	Trasmittanza termica dell'involucro edilizio Ridurre lo scambio termico per trasmissione durante il periodo invernale
B.6	Trasmittanza termica dell'involucro edilizio Ridurre lo scambio termico per trasmissione durante il periodo invernale

QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR

D.3.2	Temperatura dell'aria nel periodo estivo Mantenere un livello soddisfacente di comfort termico durante il periodo estivo
D.5.6	Qualità acustica dell'edificio Protezione dai rumori esterni ed interni all'edificio

QUALITÀ DEL SERVIZIO

E.6.1	Mantenimento delle prestazioni dell'involucro edilizio Assicurare che attraverso il progetto di particolari e dettagli costruttivi sia ridotto al minimo il rischio di formazione e accumulo di condensa interstiziale dell'involucro.
-------	--

**Sistema Completo
Porotherm**

L'innovazione del laterizio

Il Sistema Completo Porotherm

Vantaggi del Sistema Completo Porotherm

Innovazione vs. tradizione: comparativa

Analisi termica

Intonaco: consigli per una corretta posa in opera

Posa in opera e dettagli tecnici

Il Sistema Completo Porotherm



Il laterizio è un materiale costruttivo antico, sostenibile e durevole, utilizzato in tutti i contesti e in tutte le epoche dell'abitare per la sua versatilità e la sua capacità di interpretare differenti stili architettonici. In ogni periodo storico, in diverse regioni del mondo e per differenti motivazioni, l'argilla è da sempre al centro del processo abitativo dell'essere umano, anche per la sua capacità di adattarsi ed evolversi di pari passo al mutare delle esigenze costruttive. Come si può migliorare ancora un modello costruttivo così longevo?

Uno dei temi centrali nella progettazione degli edifici del futuro, è senz'altro la questione ambientale. Non si tratta soltanto di scegliere il materiale più ecosostenibile per costruire, ma di accogliere e promuovere una cultura progettuale integrata, che riesca a coniugare in una sola missione **comfort abitativo, sostenibilità ambientale e risparmio energetico**.

Da questo approccio progettuale, nasce un sistema innovativo che consente di realizzare edifici ad alta efficienza energetica ed elevato comfort abitativo, senza ricorrere ad ulteriori interventi di isolamento: il **Sistema Completo Porotherm**, ottenuto dalla combinazione del laterizio rettificato Porotherm BIO PLAN con il pezzo prefabbricato Porotherm Thermal T (appositamente studiato per la risoluzione dei ponti termici in corrispondenza di travi e pilastri).

Cos'è un blocco rettificato?

Al termine del processo produttivo i blocchi della gamma Porotherm BIO PLAN sono sottoposti ad una lavorazione aggiuntiva rispetto agli altri prodotti: **la rettifica**.

I blocchi quindi hanno un trattamento sulle superfici di allettamento (superiore ed inferiore) tale da renderle planari e parallele.

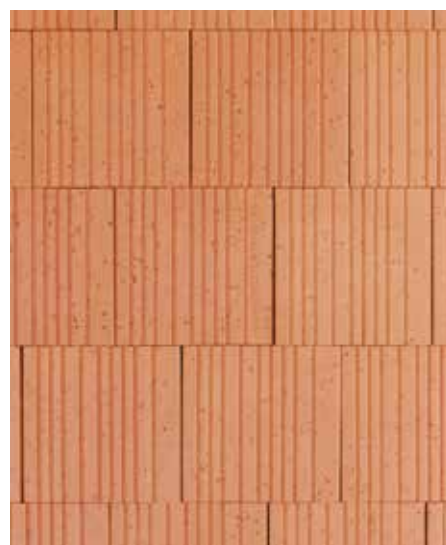
Tale condizione è necessaria per rendere possibile la posa dei blocchi con giunti orizzontali di malta di solo 1 mm di spessore.



< QUANTITÀ DELLA MALTA
NELLA MURATURA



> ISOLAMENTO TERMICO
DELLA PARETE



Per garantire la corretta funzionalità del Sistema Completo Porotherm, insieme ai blocchi rettificati si fornisce anche la **Malta Speciale Porotherm**, una malta cementizia premiscelata di classe M10 appositamente studiata per giunti sottili.

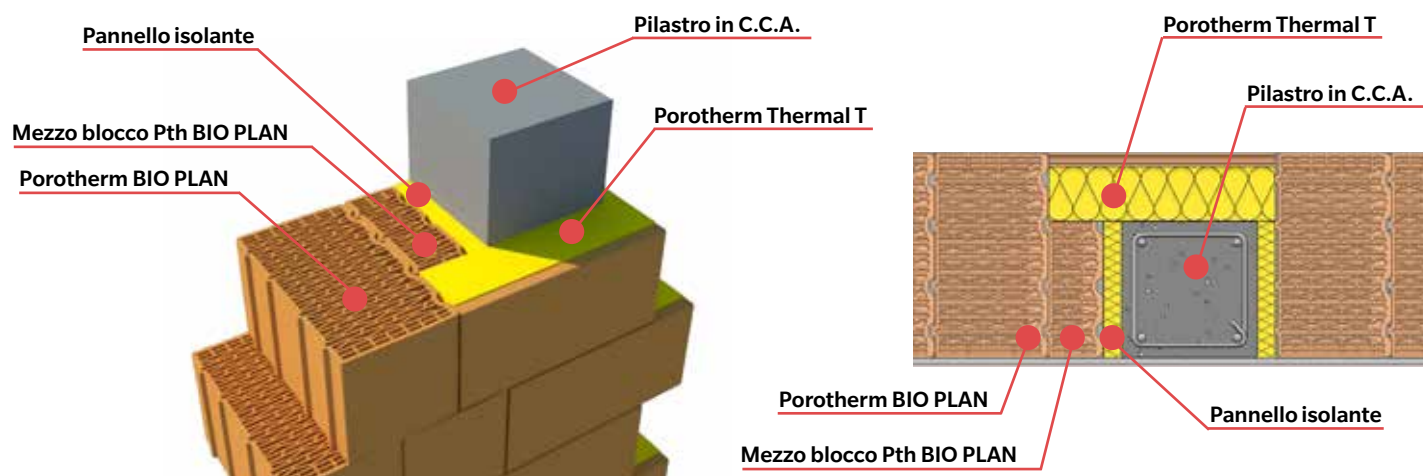
Supporto tecnico

Ogni progetto ha le sue specificità. Il sistema Porotherm è solo il punto di partenza per offrire a progettisti e imprese soluzioni su misura. Il nostro staff tecnico è a disposizione dei nostri clienti per:

- Approfondimenti tecnici e normativa
- Supporto tecnico sulla realizzazione della muratura
- Sopralluoghi in cantiere
- Indicazioni di posa in opera
- Analisi del materiale più adatto alle tue esigenze

Scrivici per una
consulenza
personalizzata





Blocchi rettificati Porotherm BIO PLAN

Blocco rettificato ad incastro porizzato posato con giunto orizzontale di malta di spessore pari a 1 mm e incastro verticale a secco. Il laterizio Porotherm BIO PLAN combina la tecnologia della rettifica a quella dei setti sottili. La superficie planare dei blocchi permette di realizzare giunti di malta di appena 1 mm, eliminando il ponte termico della malta tra un corso e l'altro a vantaggio delle performance energetiche, che riescono a raggiungere trasmittanze U fino a 0,19 W/m²K. Inoltre, la presenza di setti sottili incrementa le file dei fori, migliorando notevolmente le prestazioni di isolamento rispetto ad un normale laterizio.



Porotherm Thermal T

Pezzo speciale prefabbricato costituito da una tavella in laterizio abbinata ad un pannello isolante in EPS con grafite, da posizionare sulla faccia esterna della struttura in c.a. e di dimensioni tali da poter essere ammorsata con la tamponatura rettificata. Questo pezzo nasce come accessorio ideale del blocco rettificato Porotherm BIO PLAN. Abbinando Porotherm Thermal T al blocco rettificato Porotherm BIO PLAN otteniamo un'opera muraria dalle prestazioni termiche eccellenti, senza l'installazione di un cappotto termico e totalmente omogenea anche in corrispondenza dei pilastri in cemento armato. Il risultato è una posa in opera veloce e precisa, verso edifici massivi, altamente performanti e privi di ulteriori isolanti termici.



Mezzi Blocchi Porotherm BIO PLAN

Pezzo speciale abbinato al blocco rettificato da tamponatura. Consente di accelerare notevolmente le operazioni di posa delle murature garantendo, al contempo minori sfridi di lavorazione. Con i mezzi blocchi si ottengono due importanti risultati: da un lato il cantiere è più pulito e, dal punto di vista prestazionale, diventa molto più semplice posare una parete a regola d'arte.



Malta speciale Porother

La malta speciale Porotherm viene fornita insieme ai blocchi nella quantità necessaria a eseguire l'opera. Confezionata in sacchi, è facilmente mescolabile con acqua in un normale secchio, utilizzando un semplice trapano munito di mescolatore. Non è quindi necessario disporre di silos per lo stoccaggio della malta comune.



Vantaggi del Sistema Completo Porotherm

Trasmittanza termica:

Setti e giunti sottili garantiscono prestazioni elevate, con trasmittanze U che arrivano fino a $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ per il blocco di spessore 45 cm.

La posa in opera viene eseguita utilizzando l'apposito rullo stendimalta o tramite immersione del blocco nella vaschetta contenente la malta, previa realizzazione del massetto di livellamento in bolla per il primo corso dei blocchi.

Prestazione estiva:

L'elevata massa superficiale consente di ottenere uno sfasamento termico > 24 ore, il che comporta un notevole risparmio energetico in regime estivo grazie all'inerzia termica dei sistemi massivi che permette di mantenere, anche durante i picchi di surriscaldamento estivo, alti livelli di comfort indoor.

Nessun cappotto o isolante:

La parete monostrato realizzata con i laterizi rettificati consente di realizzare murature prestazionali senza dover realizzare un sistema a cappotto.

Durabilità:

Trattandosi di una parete monostrato, semplicemente intonacata, la manutenzione durante il ciclo di vita utile dell'edificio è minima. Le prestazioni termiche sono assolte esclusivamente dal laterizio, il quale mantiene inalterate le proprie prestazioni nel tempo, spingendo la durabilità dell'involucro potenzialmente oltre i 100 anni.

Elevata resistenza al fuoco (fino a EI 240):

Il blocco rettificato in laterizio in fase di produzione ha già superato la "prova del fuoco", con temperature in fase di cottura che sfiorano i 900° . Prendendo come punto di riferimento il D.M. 15/03/2005 (Classificazione di reazione al fuoco dei materiali), il laterizio ricade in Classe A1, ovvero nei materiali non combustibili.



Preparazione in cantiere della Malta Speciale Porotherm (fornita insieme ai blocchi rettificati in sacchi da 25 kg)



Posa in opera dei blocchi per immersione in una vaschetta, movimentazione agevolata dall'uso della maniglia



Posa in opera con realizzazione del giunto di malta sottile con l'apposito rullo stendi-malta



Posa in opera dei blocchi con l'aiuto del filo per mantenere l'allineamento verticale della muratura



Particolare del massetto di livellamento a bolla per la posa in opera del primo corso di blocchi



Particolare della parete realizzata con blocchi rettificati. Si noti l'allineamento dei giunti orizzontali di malta

Involucro monostrato in laterizio:

Poter contare su un **involucro realizzato con un unico materiale** (laterizio) significa offrire un substrato per l'intonaco omogeneo, con comportamento lineare sia rispetto alle caratteristiche fisico-meccaniche che alle variazioni di umidità e temperatura esterne.

Ammorsatura del Sistema Completo Porotherm:

Il pezzo speciale Thermal T e il blocco da tamponamento rettificato nascono per essere **facilmente accoppiati in cantiere** poiché hanno la stessa altezza, creando un modulo di 20 cm (incluso lo spessore pari a 1 mm di malta orizzontale).

L'**ammorsatura** consente una maggiore tenuta dei pezzi speciali Thermal T a protezione dei pilastri e una lavorazione più veloce, in quanto il Thermal T viene **posato contestualmente** alla posa dei blocchi di tamponamento; non devono quindi essere fatti tagli successivi sulla parete di tamponatura per posizionare l'eventuale isolante e la tavella di chiusura esterna. Inoltre, si limitano i tagli in cantiere, ottenendo **minori sfridi e maggiore pulizia**.

Schema di posa:

Solo con i blocchi rettificati si può "progettare" la posa in opera della parete. Ogni corso di blocchi ha infatti **sempre un'altezza pari a 20 cm** compresa la malta di 1 mm pertanto considerando l'altezza interpiano al grezzo (A), l'altezza del massetto di partenza (B), l'altezza dei corsi di blocchi interi (C) e l'altezza del solaio (h), si può prevedere l'altezza dell'ultimo corso sottotrave (D) e dello strato isolante (E), così come l'eventuale risoluzione del ponte termico del cordolo del solaio (F).

Particolari costruttivi personalizzati:

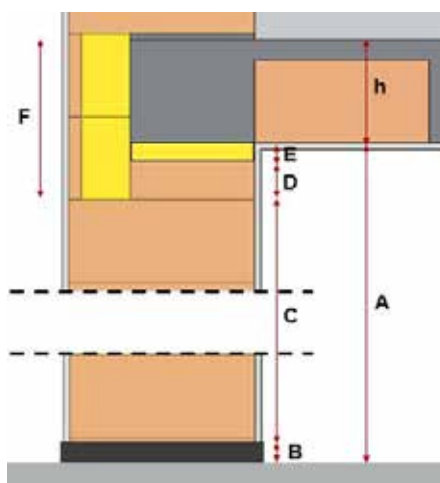
Contattando l'ufficio tecnico si possono avere particolari costruttivi di posa in opera del Thermal T In base alle dimensioni dei pilastri previsti nel progetto strutturale come esempio nell'immagine a lato.



Posa in opera del Porotherm Thermal T in combinazione con i blocchi rettificati



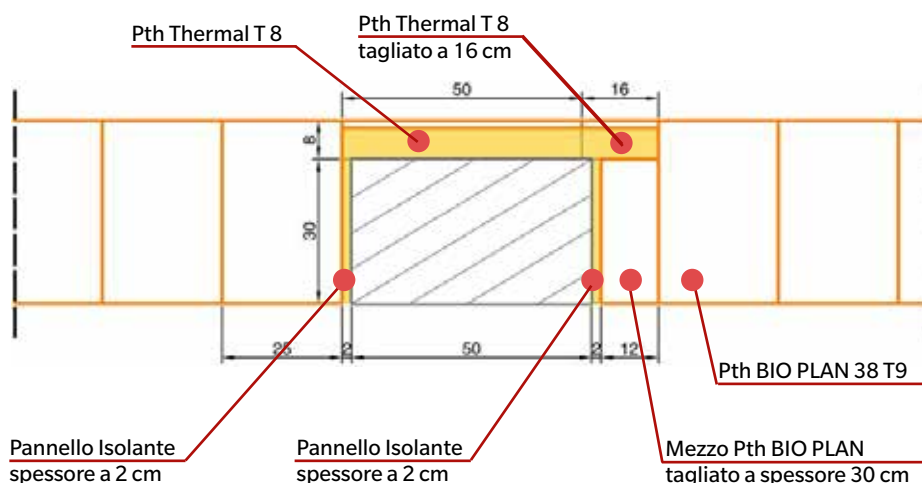
Posa in opera del Porotherm Thermal T nei pilastri d'angolo del telaio del c.c.a.



Schema di posa illustrativo per il montaggio del sistema rettificato



Posa in opera del Porotherm Thermal T sul cordolo esterno de solaio



Esempio di particolare costruttivo della posa in opera del Thermal T su pilastro centrale 30x50 cm

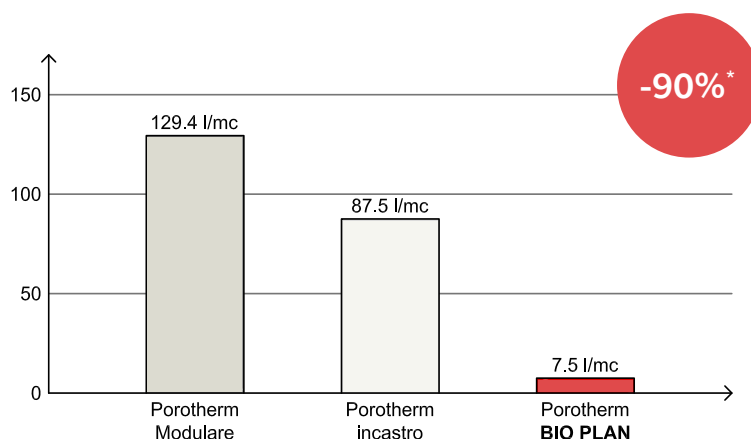
Innovazione vs. tradizione: comparativa

Il successo di questo sistema in laterizio è decretato dalla combinazione della tecnologia della rettifica a quella di setti sottili, oggetto di un approfondito lavoro di ricerca e sviluppo da parte di wienerberger. Grazie alla rettifica è possibile realizzare giunti di malta di appena 1 mm, andando ad eliminare completamente il ponte termico della malta e incrementando le performance energetiche. Parallelamente, i setti sottili permettono di aumentare le file dei fori e la percentuale di foratura, migliorando quindi le prestazioni energetiche rispetto ad un normale laterizio.

La famiglia PLAN, oltre a garantire vantaggi per la progettazione e per chi abiterà gli edifici, è una soluzione che fornisce benefici anche a chi le realizza.

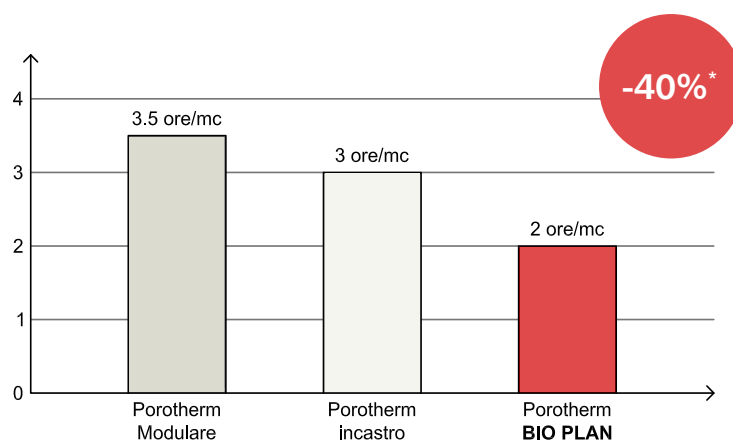
Consumo di malta

I giunti sottili (solo 1 mm di spessore) e l'assenza dei giunti verticali (sostituiti dagli incastri) consentono un considerevole risparmio di malta; il consumo si riduce del 90% circa, non ci sono sfridi e il cantiere risulta più pulito e sicuro. Inoltre, non dovendo più preparare malta con sistemi tradizionali, c'è un minore impegno di gru e betoniera e un più basso consumo di acqua ed energia elettrica.



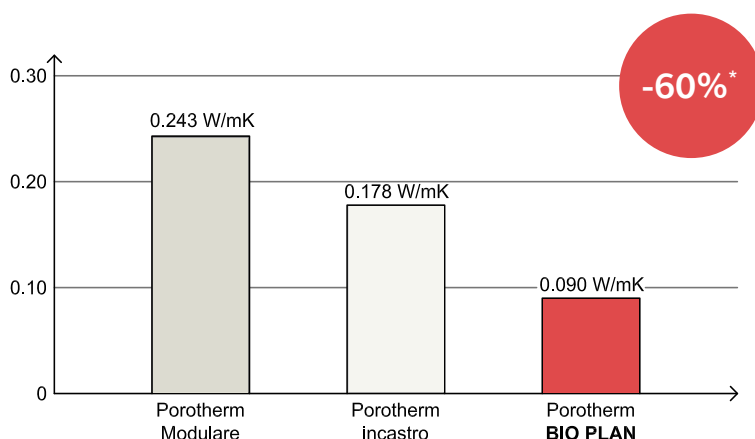
Tempi di posa

I metodi di applicazione della **Malta Speciale Porotherm** (a rullo o per immersione), la planarità dei blocchi, il giunto verticale a incastro e l'assenza dell'operazione di bagnatura rendono la posa estremamente semplice e rapida. La riduzione dei tempi di posa è veramente straordinaria: fino a 0,50 m³/ora di muratura per persona, oltre il 40% in meno rispetto alle normali murature eseguite con blocchi e malta tradizionali.



Isolamento termico

Oltre all'elevato isolamento termico assicurato dal laterizio microporizzato, si ha un ulteriore incremento della resistenza termica della parete grazie all'incidenza praticamente nulla dei ponti termici (giunti orizzontali di 1 mm di spessore e assenza di giunti verticali nel caso di tamponamenti). Lo scarso impiego di malta riduce al minimo la presenza di umidità, garantendo una conducibilità termica della muratura Porotherm PLAN inferiore sino al 50% rispetto ad una realizzata con blocchi modulari tradizionali e inferiore sino al 30% rispetto ad una parete realizzata con elementi simili ma con normali giunti di malta.



Per l'analisi sono stati utilizzati rispettivamente: Porotherm BIO MOD 30-25/19 (60%), Porotherm 30-25/19 T e Porotherm BIO PLAN 30-25/19,9 T9

* Risultati riferiti al confronto tra Porotherm BIO MOD 30-25/19 (60%) e Porotherm BIO PLAN 30-25/19,9 T9

Analisi termica

Materiale	Spessore	Conducibilità termica	Densità
	mm	W/mK	Kg/m ²
Intonaco base calce	15	0,54	1400
Porotherm Thermal T 15	150	0,033	110
Pilastro	300	1,9	2200
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	480		
Flusso termico (W/mK) in corrispondenza del pilastro			0,026

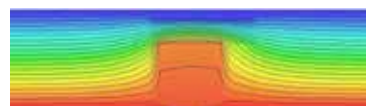
Materiale	Spessore	Conducibilità termica	Densità
	mm	W/mK	Kg/m ²
Intonaco base calce	15	0,54	1400
Porotherm Thermal T 8	80	0,035	190
Pilastro	300	1,9	2200
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	410		
Flusso termico (W/mK) in corrispondenza del pilastro			0,046

Dettaglio Thermal T 15

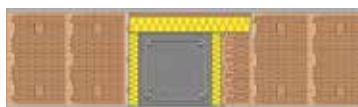


Analisi termica FEM

Test = 0°C

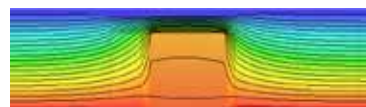


Dettaglio Thermal T 8



Analisi termica FEM

Test = 0°C



PILASTRO

Il ponte termico del pilastro viene corretto posizionando la tavola coibentata Thermal T sulla faccia esterna e inserendo due pannelli di EPS con grafite spessore 4 cm ai lati.

Thermal T 15

$\psi_e = 0,026 \text{ W/mK}$

verifica condensa

OK

verifica muffa

OK

Thermal T 8

$\psi_e = 0,046 \text{ W/mK}$

verifica condensa

OK

verifica muffa

OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro (Dartwin)*

Informazioni aggiuntive sulla posa del Porotherm Thermal T

Posa in opera

Il pezzo speciale Porotherm Thermal T viene posato sulla faccia esterna del pilastro in c.c.a. utilizzando una comune colla per cappotti e posizionandolo in modo da garantire l'ammorsatura alla muratura Porotherm BIO PLAN. Le dimensioni effettive del Porotherm Thermal T, composto da isolante in EPS con grafite e tavola in laterizio, tengono conto di eventuali tolleranze dimensionali del telaio in c.c.a. e sono:

- Porotherm Thermal T 15: spessore effettivo 14,8 cm
- Porotherm Thermal T 8: spessore effettivo 7,8 cm

Sistemi di fissaggio

Qualora non sia possibile realizzare l'ammorsatura tra il pezzo speciale Porotherm Thermal T e i blocchi da tamponamento rettificati, si consiglia di utilizzare dei tasselli per il fissaggio.

Una soluzione può essere l'utilizzo di **tasselli a fungo per pannelli isolanti in polipropilene** del tipo a battuta (in modo tale da annullare anche il ponte termico puntuale).



Particolare della posa in opera sulla faccia esterna del pilastro d'angolo del Porotherm Thermal T

Intonaco: consigli per una corretta posa in opera

Cos'è un intonaco e perché deve essere realizzato?

L'intonaco è un rivestimento murale costituito da un sistema di strati di malte atto ad assolvere, ad indurimento avvenuto, funzioni di protezione e di finitura superficiale (definizione riportata nella norma **UNI 10924**).

L'intonacatura esterna di murature in laterizio porizzato (monostrato, pluristrato, rettificato ed a posa tradizionale), richiede la scelta di prodotti compatibili ed una posa in opera a regola d'arte. Il ciclo di intonacatura tradizionale è diviso in tre fasi: **rinzafo**, **arriccio** (intonaco di fondo) e **stabilitura** (finitura).

Le caratteristiche principali di un intonaco realizzato a regola d'arte su laterizio sono:

- **Stabilità nel tempo:** l'intonaco deve proteggere per lungo tempo le murature, evitando la formazione di cavillature che, oltre ad essere un problema estetico, se consistenti possono causare infiltrazioni d'acqua;
- **Permeabilità al vapore acqueo:** soprattutto nel caso di murature monostrato in laterizio porizzato (rettificato o non) è necessario preservare la naturale permeabilità del laterizio evitando l'inserimento di strati poco permeabili;
- **Impermeabilità all'acqua:** lo stato superficiale (finitura) deve essere impermeabile, infatti la penetrazione di acqua allo stato liquido può causare degrado degli intonaci con conseguente formazione di cavillature e rischio di infiltrazioni.

Fasi dell'intonacatura a regola d'arte

Fase 1: Rinzafo

Il rinzafo è lo strato di **interfaccia** tra il laterizio e l'intonaco di fondo vero e proprio. Ha la funzione di rendere la superficie di posa ruvida ed omogenea, inoltre ha la possibilità di assorbire deformazioni ed evitare fessurazioni sull'intonaco. Questa prima fase è la base di partenza per un intonaco a regola d'arte, **fondamentale** per qualunque tipo di intonacatura su qualunque superficie.

Prodotti: prodotti per rinzafo premiscelati a base calce idraulica (meglio se naturale NHL 3.5) o lo stesso intonaco di fondo miscelato con una quantità d'acqua leggermente superiore a quella prevista, applicato con uno spessore mediamente di 5-6 mm, a seconda della regolarità della superficie.

Tempo tra fase 1 e fase 2 – 2 giorni

Fase 2: Arriccio (Intonaco di fondo)

Si tratta del **corpo dell'intonaco**. Ha la funzione di proteggere la muratura dagli agenti atmosferici per garantire la durabilità di materiali da non lasciare esposti. Nello strato superficiale dell'intonaco si deve procedere con l'incollaggio di una rete portaintonaco in corrispondenza di pilastri, travi e cordoli (sia all'interno che all'esterno) avendo l'accortezza di farla fuoriuscire dall'elemento strutturale di almeno 40 cm. Applicare la rete anche in corrispondenza degli spigoli delle aperture posizionando un quadrato a 45°.

Prodotti: intonaci di fondo premiscelati a base calce idraulica (NHL 3.5), fibrorinforzati, di spessore minimo 1.5 cm, da applicare in più mani se previsto di spessori superiori (per esempio intonaci termoisolanti)

Tempo tra fase 2 e fase 3 – 28 giorni

Fase 3: Stabilitura (Finitura)

Lo strato di finitura, detto anche stabilitura, è lo strato finale le cui funzioni principali sono la **protezione** dell'intonaco dagli eventi atmosferici e rendere lo stesso esteticamente gradevole. Deve quindi essere **impermeabile all'acqua**, garantendo al tempo stesso un buon livello di **permeabilità al vapore acqueo**.

Caso 1: Superficie esterna 100% laterizio. Pilastri, travi e cordoli rivestiti con materiale isolante + elemento superficiale in laterizio come tramezze porizzate, tavelle ecc...

- 1) Rasante premiscelato a secco, base calce (meglio se naturale NHL 3.5)
- 2) Pittura ai silicati o silossanica da applicare con relativo primer (se previsto) o intonachino ai silicati o silossanico colorato in pasta, granulometria > 0.7 mm, applicato previa preparazione del fondo con relativo primer

Caso 2: Superficie esterna con rivestimenti di pilastri, travi e cordoli in materiali diversi dal laterizio come XPS goffrato intonacabile, lana di legno mineralizzata ecc...

- 1) Rasante premiscelato a secco, base calce (meglio se naturale NHL 3.5) applicato in due mani con rete portaintonaco interposta
- 2) Intonachino ai silicati o silossanico colorato in pasta, granulometria > 0.7 mm, applicato previa preparazione del fondo con relativo primer

Prodotti: rasanti premiscelati a secco base calce (meglio se naturale NHL 3.5), pitture o intonachini ai silicati o silossanici.

Caso n.1



Caso n.2



L'intonacatura del Sistema Completo Porotherm

Come per un normale ciclo di intonacatura su classici laterizi, non ci sono particolari prescrizioni da adottare nel caso di blocchi rettificati. L'unica raccomandazione è quella di utilizzare intonaci a base calce idraulica (NHL), per non pregiudicare la traspirabilità della parete e per conferire maggiore elasticità al sistema.

In ultimo è consigliato, ma non obbligatorio, l'utilizzo di reti porta intonaco in corrispondenza del telaio ovvero delle tavelle coibentate Porotherm Thermal T, al fine di rendere più coesi eventuali punti di discontinuità.



Posa in opera e accessori



Realizzazione del massetto di livellamento (2 cm malta) perfettamente a bolla per la posa in opera del primo corso di blocchi.



Realizzazione del primo corso di blocchi con l'ausilio della livella e di un martello di gomma per controllare l'orizzontalità dei corsi.



Miscelazione della Malta Speciale Porotherm (fornita in sacchi da 25 kg) con 9-11 litri d'acqua per sacco.



Realizzazione del giunto di malta sottile con l'apposito rullo stendi malta.



Posa in opera dei blocchi per immersione, intingendo i blocchi all'interno di una bacinella.



Posa in opera dei blocchi con l'aiuto del filo per mantenere l'allineamento verticale della muratura.



Taglio dei blocchi e realizzazione di pezzi speciali direttamente in cantiere con sega a disco o sega a nastro.



Risoluzione del ponte termico di un setto di c.c.a. con la combinazione di più tavelle coibentate.



Per la gestione degli angoli, è sufficiente asportare in cantiere una parte dell'isolante per creare il perfetto incastro tra i due pezzi speciali.



Rullo stendi-malta

Consente la stesura della malta speciale sui corsi dei blocchi in maniera veloce e precisa.



Ancoraggi PLAN

Dispositivi metallici per una connessione rapida e semplice delle murature.



Maniglie

Leggere ed ergonomiche consentono una presa più agevole dei blocchi.



Murfor® Compact

Filo zincato creato per rinforzare le murature e assecondare le richieste del paragrafo 7.2.3 delle NTC 18.



Malta speciale Porotherm

Fornita insieme ai blocchi PLAN nelle quantità necessarie alla posa, consente la realizzazione di un giunto sottile di 1 mm.

Dettagli tecnici



Dettaglio del giunto di malta di 1 mm.



Posa in opera dei blocchi con l'aiuto della maniglia per una presa più agevole.



Murfor® Compact ideale per rinforzare la muratura.



Riempimento della tasca nei blocchi a incastro per muratura portante.



Ammorsamento dell'angolo per la muratura portante.



Isolamento del primo corso realizzando il riempimento dei blocchi in cantiere con perlite sfusa. Maggiori dettagli a pagina 58.



Mezzo blocco per la realizzazione dei corsi alternati con una posa più rapida e precisa.



Connessione del blocco rettificato al telaio in c.c.a. tramite ancoraggi.

Porotherm PLANA⁺

I blocchi in laterizio rettificato e riempiti di lana di roccia, assicurano valori eccellenti di isolamento termico per un risparmio energetico che dura tutto l'anno.

Ideali per l'isolamento del primo corso.





Risparmio energetico

Quadro normativo italiano sul risparmio energetico

Quadro normativo italiano sul risparmio energetico

Direttiva 2002/91/CE (EPBD)

Energy performance of Building Directive

Sul rendimento energetico nell'edilizia

D. Lgs. 192/2005

Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia (recepimento Direttiva 2002/91/CE)

D. Lgs. 311/2006

Disposizioni correttive e integrative al Decreto Legislativo 192/2005

D.P.R. 59/2009

Regolamento di attuazione dell'Articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del Decreto Legislativo 192/2005 concernente attuazione della Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia

D.M. 26/06/2009

Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici

Direttiva 2010/31/UE (EPBD recast)

Energy performance of Building Directive "recast"

Sulla prestazione energetica nell'edilizia

Direttiva 2012/27/UE

Sull'efficienza energetica

L. 03/08/2013 n. 90 (Legge 90)

Conversione in legge del Decreto 63/2013 (Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione Europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale)

UNI/TS 11300:2014 (1-2-3-4)

Prestazioni energetiche degli edifici

D.M. 26/06/2015 – Decreto Requisiti Minimi

Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici

Quadro generale e finalità dei provvedimenti

La Direttiva Europea 2002/91/CE, detta **EPBD** (*Energy Performance of Building Directive*), è stata emanata con l'obiettivo di migliorare le prestazioni energetiche del settore civile, da anni causa dei maggiori consumi negli usi finali di energia e delle maggiori emissioni di gas climalteranti a livello europeo e nazionale. Essa è stata recepita in Italia con il decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 (**D.Lgs. 192/2005**) che ha introdotto i requisiti energetici minimi per le nuove costruzioni e quelle sottoposte a ristrutturazioni.

La direttiva **2010/31/UE**, anche nota come **"EPBD recast"** o direttiva **"20-20-20"**, aggiorna i principi relativi al miglioramento della prestazione energetica degli edifici. Essa ha introdotto un meccanismo di

analisi comparativa con il proposito di determinare livelli ottimali di costo da utilizzare come metro per la formulazione di prescrizioni energetiche in ambito edilizio e impone infatti, agli Stati membri, che i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici o delle unità immobiliari siano definiti in un'ottica di raggiungimento dei livelli ottimali del rapporto tra costo e beneficio.

Le novità introdotte nel quadro normativo da tale direttiva, sono state apportate al D. Lgs. 192/2005 per mezzo del decreto legge 4 giugno 2013, n. 63, convertito con la legge 3 agosto 2013, n. 90 (**L. 90/2013**).

Per quanto concerne il miglioramento della prestazione energetica degli edifici nuovi,

viene introdotto il concetto di **edificio a energia quasi zero (nZEB)** che, oltre a premiare l'efficienza energetica, mette l'accento sul contributo delle energie rinnovabili nel calcolo del fabbisogno energetico.

Inoltre, con il **D.M. 26/06/2015**, vengono introdotti i requisiti minimi, ovvero i parametri da utilizzare per la progettazione dell'edificio di riferimento.

Il calcolo della prestazione energetica dell'edificio

La L. 90/2013 aggiorna il **calcolo della prestazione energetica degli edifici** determinata ora sulla base della quantità di energia necessaria annualmente per soddisfare le esigenze legate a un uso standard dell'edificio e corrisponde al

fabbisogno energetico annuale globale in energia primaria per il riscaldamento, il raffrescamento, per la ventilazione, per la produzione di acqua calda sanitaria e, nel settore non residenziale, per l'illuminazione e gli impianti ascensori e scale mobili.

I parametri energetici di riferimento in tal senso sono riassunti nella tabella che segue.

L. 90/2013 - Tabella 3 - Allegato 1 - Cap. 3 - Parametri e indici di prestazione energetica per il calcolo della prestazione energetica dell'edificio		
H'_T	W/m ² K	coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie
EP_H	kWh/m ²	indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale
EP_W	kWh/m ²	indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria
EP_V	kWh/m ²	indice di prestazione energetica per la ventilazione
EP_C	kWh/m ²	indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva
EP_L	kWh/m ²	indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale
EP_{gl}	kWh/m ²	indice di prestazione energetica globale dell'edificio

In particolare, devono risultare rispettate le seguenti verifiche

$$H'_T < H'_T \text{ limite} \\ (\text{vedi Tabella 10 - Appendice A})$$

con

$$H'_T = \frac{H_{tr,adj}}{\sum_k A_k} \quad [W/m^2K]$$

dove

$H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tener conto della differenza di temperatura interno - esterno, espresso in W/K

A_k è la k-esima area della zona considerata, espressa in m²

$EP_{gl} < EP_{gl} \text{ limite}$
(dell'edificio di riferimento - pag. 30 del presente manuale)

con

$$EP_{gl} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L$$

L. 90/2013 - Tabella 10 - Appendice A - Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'_T

Rapporto di forma (S/V)	Zona climatica				
	A e B	C	D	E	F
$S/V \geq 0,7$	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
$0,7 > S/V \geq 0,4^{(*)}$	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
$0,4 > S/V$	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70
<i>Ampliamenti e ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie</i>	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

(*) Nell'intervallo di S/V compreso tra 0,7 e 0,4 si procede per interpolazione lineare

Nella Tabella 10 viene quindi associato il valore limite di H'_T alla tipologia di forma dell'edificio in funzione della zona climatica di riferimento. Per **zona climatica** si intende una non precisata area di territorio nazionale all'interno della quale si stabilisce la quantità di riscaldamento che quest'area riceve durante l'anno solare. Ogni Comune del territorio nazionale è stato inserito in una corrispettiva zona climatica secondo il D.L. 26/08/93 n. 412. L'unità di misura utilizzata per l'individuazione della zona climatica di appartenenza di ciascun Comune è il **grado-giorno**, ovvero la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera.

Zone climatiche		Gradi giorno
	ZONA A	fino a 600
	ZONA B	da 600 a 900
	ZONA C	da 900 a 1400
	ZONA D	da 1400 a 2100
	ZONA E	da 2100 a 3000
	ZONA F	oltre 3000

Oltre a questo, per limitare i fabbisogni energetici per la **climatizzazione estiva** e contenere la temperatura interna degli ambienti, è necessario eseguire (a eccezione della zona climatica F e per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, sia maggiore o uguale a 290 W/m²) almeno una delle seguenti verifiche:

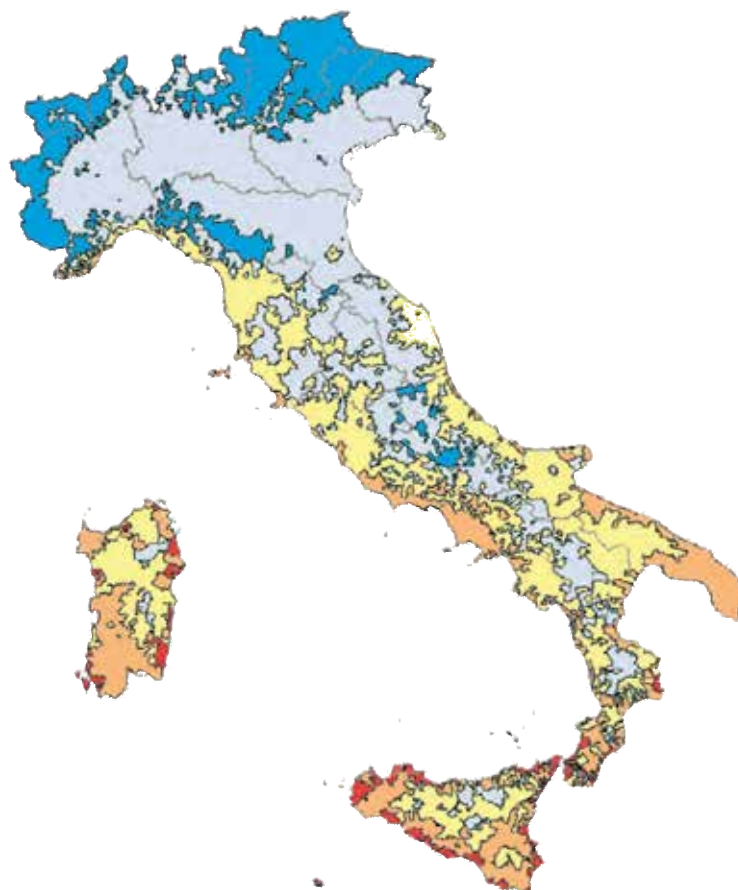
- Che il valore della massa superficiale **Ms** sia superiore a 230 Kg/m²

- Che la trasmittanza termica periodica **YIE** sia inferiore a 0,10 W/m²K

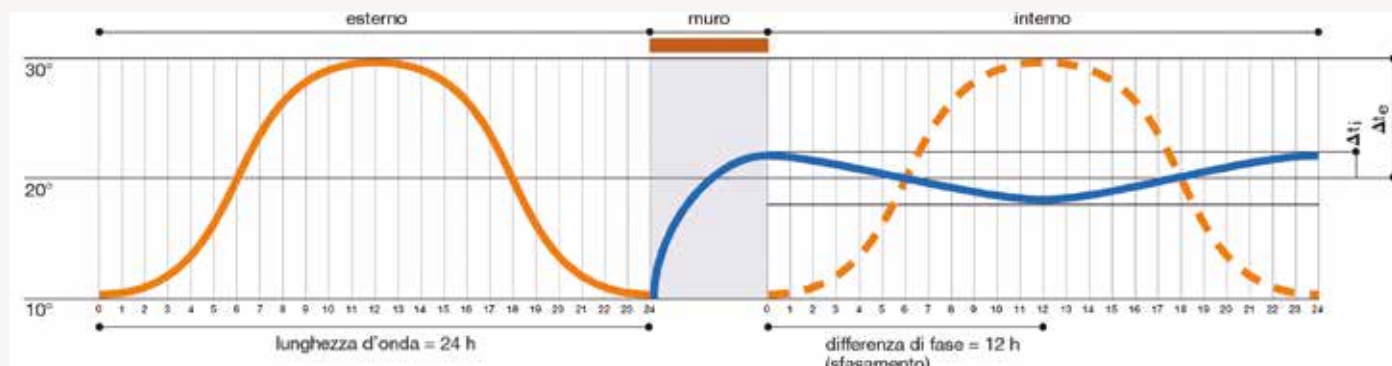
Queste verifiche, necessarie per garantire un'elevata **inerzia termica** all'involucro dell'edificio, accrescono i benefici sul comfort interno nelle stagioni più calde (gli ambienti interni risultano più freschi) e, in generale, durante tutto l'anno, in quanto gli ambienti interni tendono a mantenere le temperature invariate per più tempo. Viene in altre parole garantito un valore più elevato di **sfasamento (s)** dell'onda

termica e una maggiore **attenuazione (f_a)** della stessa dove, con il termine di "sfasamento" si indica, in regime estivo, il ritardo nella trasmissione di calore dall'esterno all'interno dell'abitazione, e con "attenuazione", di quanto viene smorzata l'onda termica, cioè il delta di temperatura tra esterno ed interno ($\Delta t_e - \Delta t_i$).

Si veda il "FOCUS: l'importanza dell'inerzia termica" pagina 28



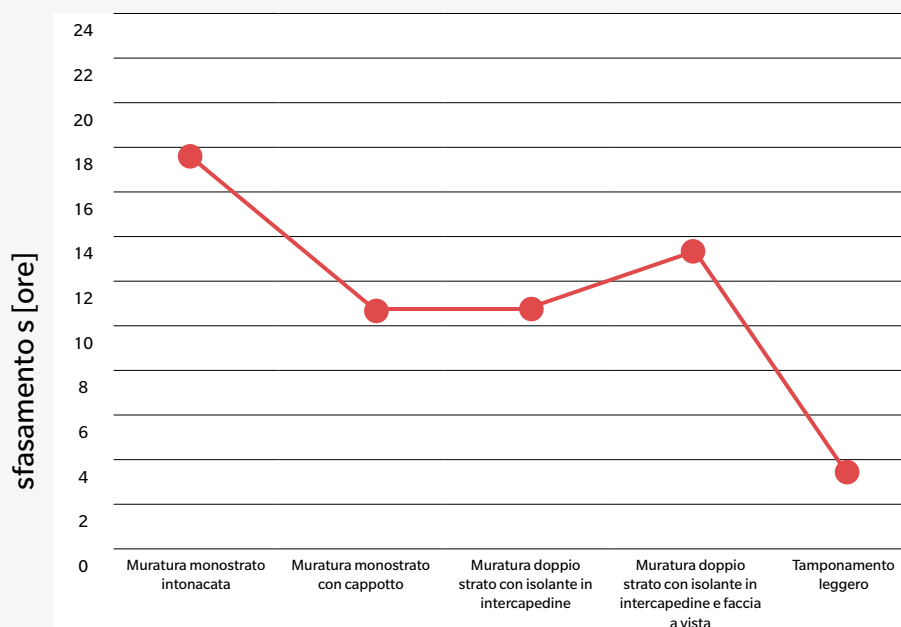
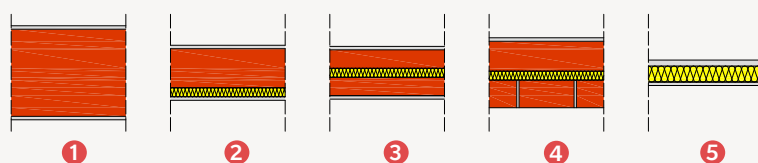
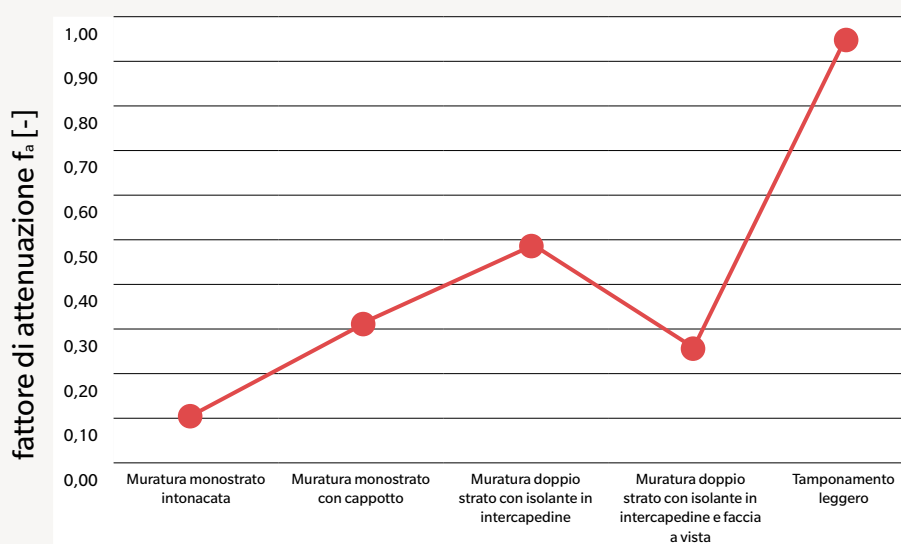
Focus: l'importanza dell'inerzia termica in regime estivo



Per dimostrare l'importanza della massa (e quindi dell'inerzia termica) come caratteristica peculiare della muratura per garantire un buon livello di comfort all'interno dei locali abitati, si riporta, a titolo di esempio, uno studio realizzato dal Politecnico di Milano e riportato sulla guida ANDIL "Raccomandazioni per la progettazione di edifici energeticamente efficienti" - Edizioni Laterservice. Nello studio, oltre ad analizzare i comportamenti termo-fisici di diversi materiali da costruzione, si esegue una valutazione approfondita sulle soluzioni murarie in laterizio dove si analizzano, secondo la UNI EN ISO 13786, i valori di sfasamento "s" (ritardo nel passaggio dell'onda termica all'interno della muratura) e di attenuazione "fa" (delta di temperatura tra interno ed esterno) dell'onda termica delle seguenti stratigrafie murarie:

1. Monostrato in blocchi forati
2. Muratura in blocchi forati con cappotto
3. Doppia muratura in blocchi forati con isolante in intercapedine
4. Doppia muratura in blocchi forati e faccia a vista con isolante in intercapedine
5. Soluzione leggera con solo isolante

Queste stratigrafie presentano lo stesso valore di trasmittanza termica, cioè hanno lo stesso comportamento termico in regime stazionario ma, avendo masse superficiali differenti, presentano differenti valori di sfasamento (12 ore sono generalmente considerate un valore ottimale) e attenuazione; in particolare, **murature più pesanti presentano caratteristiche dinamiche migliori rispetto al tamponamento leggero** o, in genere, alle murature che utilizzano molto isolante.



Focus: la prestazione termica della muratura

La **prestazione termica di una muratura** dipende dal tipo e dalla conducibilità termica " λ " dei materiali che la compongono. Prendendo in considerazione una muratura di blocchi in laterizio, occorre tenere presente che questa muratura sarà formata da laterizio e malta.

La conducibilità termica di un laterizio tradizionale è pari a circa 0,36 W/mK, mentre quella della malta comune utilizzata per l'incollaggio dei blocchi è circa 0,9 W/mK, e cioè circa 3 volte più alta rispetto a quella del laterizio.

Ciò significa che, **più malta c'è all'interno della muratura**, più questa conduce calore e, di contro, **meno è prestazionale termicamente**.

Può quindi capitare che, a parità di blocco, si possano ottenere sulla stessa parete prestazioni di conducibilità termica diversa a seconda che lo spessore del giunto di malta sia più o meno sottile (vedi approfondimento "*I giunti di malta nelle murature*" nel capitolo "Costruzioni in muratura - quadro normativo e progettazione" pagina 65).

Si definisce quindi la conducibilità in

$\lambda_{10, dry, unit}$ conducibilità a secco del solo blocco in laterizio

λ_{equ} conducibilità termica della muratura comprensiva dell'influenza dei giunti di malta.

Le schede tecniche wienerberger dei blocchi NON rettificati, mostrano valori di conducibilità della muratura (λ_{equ}) diversi per lo stesso tipo di blocco: viene considerato un giunto di malta tradizionale di 12 mm continuo, uno di 7 mm interrotto, e uno con malta termica sempre di 12 mm. E' sufficiente passare da un giunto di 12 mm a uno di 6 o 7 mm interrotto per migliorare sensibilmente la prestazione termica della muratura.

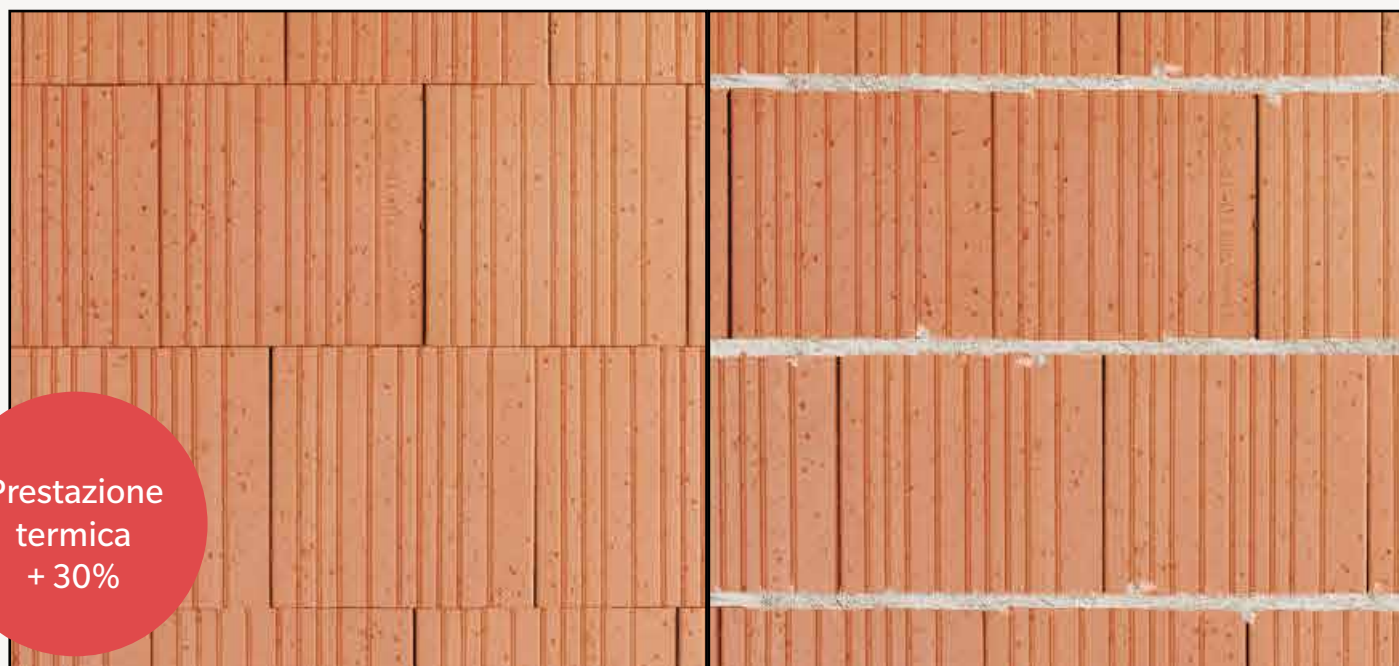
I blocchi rettificati della gamma Porotherm PLAN, invece, **vengono posati con un giunto di malta speciale di appena 1 mm di spessore**, per cui l'incidenza della malta sul peggioramento termico del valore di conducibilità della muratura è praticamente trascurabile. Grazie a questo, i blocchi Porotherm PLAN garantiscono una prestazione termica fino a un 30% superiore rispetto ai blocchi tradizionali posati a malta.

In merito all'utilizzo dei valori di conducibilità termica equivalenti di TUTTI i prodotti presenti in commercio, occorre

sottolineare che essi devono essere maggiorati in relazione all'incidenza dell'umidità sulle prestazioni termiche nelle condizioni di esercizio. Nella norma UNI EN 1745 si presuppone l'uso del valore $\lambda_{equ'}$ incrementato di una determinata percentuale definita dal progettista. Si prescrive un aumento del 6% per ogni punto percentuale di umidità di equilibrio della parete. A tale riguardo si fa riferimento all'UNI EN ISO 10456 che indica come valore di umidità di equilibrio del laterizio un 1,2%. Quindi, la maggiorazione da applicare è 6% x 1,2% cioè 7,2%.

E' bene però considerare che tale percentuale di maggiorazione è da adottare per murature **posate a regola d'arte**, cioè posate come da indicazioni dei certificati termici dei produttori. Se si considera il valore di conducibilità di una muratura realizzata con blocchi rettificati non sorgono problemi perché la posa risulta perfetta e i giunti di appena 1 mm; **per i blocchi NON rettificati**, invece, è **opportuno maggiorare i valori di conducibilità termica anche di un 30-40%** se ci si riferisce alla conducibilità termica ottenibile con un giunto di 6-7 mm, in quanto difficilmente realizzabile in cantiere.

Prestazione
termica
+ 30%



Differenza di giunto di malta nella versione Porotherm PLAN (a sinistra) e blocco a incastro NON rettificato (a destra)

L'edificio di riferimento

Per il calcolo della classificazione energetica del fabbricato si introduce il concetto di **edificio di riferimento**, con il quale si intende un edificio identico a quello che viene progettato in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti) ma con caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati conformemente ai valori energetici limite esplicitati sulla L. 90/2013 - Appendice A - Allegato 1.

In particolare, riguardo ai parametri riferiti alla muratura, si determinano i valori caratteristici della trasmittanza termica U comprensiva degli effetti dei ponti termici.

con

$$U = 1 / [(1 / h_i) + \sum_j (s_j / \lambda_j) + (1 / h_e)]$$

[W/m²K]

dove

s_j è lo spessore del j-esimo strato che compone la muratura, espresso in m

λ_j è la conducibilità termica del j-esimo strato che compone la muratura, espressa in W/mK

h_i, h_e sono i coefficienti degli strati liminari interno ed esterno

Vanno inoltre verificati i limiti del coefficiente globale di scambio termico H'_T che deve essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato sulla tabella 10 - Appendice A della L. 90/2013 descritto a pagina 27 del presente manuale.

L. 90/2013 - Tabella 1 - Appendice A - Valori limite di trasmittanza per le strutture opache verticali (murature) verso l'esterno, gli ambienti non riscaldati o contro terra

Zona climatica	U [W/m ² K]				
	Nuove costruzioni			Riqualificazione energetica	
	2010 ⁽¹⁾	2015 ⁽²⁾	2019 / 2021 ⁽³⁾	2015 ⁽²⁾	2019 / 2021 ⁽³⁾
A	0,62	0,45	0,43	0,45	0,40
B	0,48	0,45	0,43	0,45	0,40
C	0,40	0,38	0,34	0,40	0,36
D	0,36	0,34	0,29	0,36	0,32
E	0,34	0,30	0,26	0,30	0,28
F	0,33	0,28	0,24	0,28	0,26

si mantiene, secondo il D.P.R. 59/09, il limite $U = 0,8$ W/m²K per le pareti divisorie di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti

⁽¹⁾ Limiti di riferimento riferiti al D.Lgs. 192/2005

⁽²⁾ dal 1 ottobre 2015 per tutti gli edifici

⁽³⁾ dal 1 gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1 gennaio 2021 per tutti gli altri edifici

Ponti termici: cosa cambia con le UNI TS 11300

Per determinare il fabbisogno di energia dell'edificio è necessario andare a definire prima le caratteristiche del suo involucro, calcolando le dispersioni termiche verso l'esterno per trasmissione e ventilazione. Nei particolari riguardi della muratura, si parte calcolando le dispersioni termiche per trasmissione che, per il riscaldamento, si definiscono come

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

dove

H_D è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno, espresso in W/K

H_g è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno, espresso in W/K

H_U è il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati, espresso in W/K

H_A è il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone (interne o meno all'edificio) climatizzate a temperatura diversa, espresso in W/K

All'interno dei singoli coefficienti di scambio termico è necessario andare a considerare anche la presenza dei ponti termici (travi, cordoli, pilastri...)

e si procede quindi valutando i valori di trasmittanza dei singoli elementi componenti la muratura

$$H_D = \sum_i U_i A_i + \sum_k \psi_k \lambda_k$$

dove

U_i è la trasmittanza termica del i-esimo strato di involucro, espressa in W/m²K

A_i è l'area dell'i-esimo strato di muro, espressa in m²

ψ_k è la trasmittanza termica lineica del k-esimo ponte termico, espressa in W/mK

λ_k è la lunghezza del ponte termico k-esimo, espressa in m

Il D.Lgs. 192/05 consentiva una **semplificazione** del calcolo dei coefficienti di scambio termico per trasmissione H_D che consisteva nel valutare il ponte termico automaticamente corretto, se la trasmittanza termica in corrispondenza dello stesso risultava **non superiore al 15%** in più della trasmittanza della stratigrafia muraria; viceversa era sufficiente andare a calcolare la trasmittanza termica media

delle strutture opache verticali, in modo che la stessa risultasse inferiore al valore limite della tabella 2.1 dell'allegato C del D. Lgs. 311/06.

Con l'entrata in vigore delle UNI TS 11300 (parte 1 e 2) si modifica la valutazione dei ponti termici nel calcolo sulla dispersione energetica dell'edificio; dal 2 ottobre 2014 **i ponti termici devono essere valutati solamente attraverso i coefficienti lineici:**

si dice addio all'impiego dell'aliquota semplificata del 15% e all'utilizzo dell'abaco della norma UNI EN ISO 14683 e si utilizza la formula di calcolo estesa per ogni ponte termico.

I coefficienti lineici possono essere determinati mediante calcolo agli elementi finiti delle stratigrafie murarie o con atlanti dei ponti termici realizzati in accordo con la UNI EN ISO 14683.

Edifici a energia quasi zero "nZEB"

I Decreti Attuativi della L. 90/2013 specificano anche il concetto di "Edificio a Energia quasi Zero", il nuovo termine di riferimento per la progettazione degli edifici in Italia dal 2020 in poi. Sono considerati "Edifici a Energia Quasi Zero" tutti gli edifici, di nuova costruzione o esistenti, per cui sono contemporaneamente rispettati:

1. tutti i requisiti previsti dalla lettera b) del comma 2 par. 3.3 del decreto requisiti minimi e cioè

$$H'_T < H'_T \text{ limite}$$

(vedi Tabella 10 - Appendice A)

$$\frac{A_{\text{sol,est}}}{A_{\text{sup utile}}} < \frac{A_{\text{sol,est}}}{A_{\text{sup utile}}} \text{ limite}$$

(vedi Tabella 11 - Appendice A)

$$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}$$

$$EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$$

$$EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}$$

come specificato alla lettera l-novies del comma 1, dell'articolo 2 del D. Lgs. secondo i limiti delle tabelle del Capitolo 1, appendice A

$$\eta_H > \eta_{H,limite}$$

$$\eta_W > \eta_{W,limite}$$

$$\eta_C > \eta_{C,limite}$$

come definito alla lettera l-novies del comma 1, dell'articolo 2 del D. Lgs.

secondo i limiti delle tabelle 7 e 8 dell'appendice A.

2. gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'allegato 3, par. 1, lettera c del D.Lgs 3 Marzo 2011 n. 28, pari almeno al 50% del fabbisogno energetico globale.

Il calcolo della classe energetica il nuovo APE

Accanto alla L. 90/2013, riferita ai nuovi requisiti minimi degli edifici in ottica "EPBD recast", si inseriscono le "Linee Guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici" che, di fatto, rivoluzionano la metodologia di calcolo per la formulazione dell'APE (Attestato di Prestazione Energetica) degli edifici introducendo un nuovo strumento che sia un unico riferimento a livello nazionale.

Il nuovo APE riporta per ogni edificio (o unità immobiliare) le informazioni di seguito elencate:

- la prestazione energetica globale (energia primaria totale e energia primaria non rinnovabile)
- la classe energetica
- la qualità energetica del fabbricato riferita ai consumi energetici per il riscaldamento e il raffrescamento
- i valori dei requisiti minimi di riferimento
- le emissioni di CO_2
- l'energia prodotta
- le raccomandazioni per gli eventuali interventi di miglioramento energetico

Le Linee Guida per la compilazione del nuovo APE sono entrate in vigore il 1° Ottobre 2015 con indicazioni più dettagliate formulate da ENEA, entro 18 mesi dall'entrata in vigore del Decreto.

Con il nuovo APE, la prestazione energetica dell'edificio si determina sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio $EP_{gl,nr}$ (definito al par. 3.3 dell'Allegato 1 del decreto Requisiti Minimi), per mezzo del confronto con una scala di classi prefissate, ognuna delle quali rappresenta un intervallo di prestazione energetica ben definito dove, con la lettera A, si identifica il livello di prestazione energetica migliore a sua volta suddiviso in una scala da 1 (prestazione più bassa della classe A) a 4 (prestazione migliore in assoluto) - Tabella 2. Un apposito spazio sull'attestato identificherà se l'edificio è ad energia quasi zero come specificato nell'Allegato 1, par. 3.4 del decreto requisiti minimi.

La scala delle classi è definita a partire dal valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento $EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ calcolato secondo quanto previsto dall'allegato 1, capitolo 3 del decreto requisiti minimi, dotandolo delle tecnologie standard di impiantistica indicate in Tabella 1. Questo valore è il limite di separazione tra le classi A1 e B.

Si calcola quindi il valore $EP_{gl,nr}$ per l'edificio oggetto dell'attestazione e si individua la classe energetica da attribuire all'edificio in base alla tabella 2.

Si specifica che, l'edificio di riferimento si considera dotato degli stessi impianti di

produzione di energia dell'edificio reale, il che significa che l'edificio di riferimento sarà idealmente dotato degli impianti standard indicati nella Tabella 1 (Tecnologie standard dell'edificio di riferimento), previsti poi per l'edificio reale ad esclusione degli impianti per la climatizzazione invernale e per la produzione di a.c.s. che sono sempre considerati presenti nell'edificio di riferimento.

Diventa pertanto fondamentale, a prescindere dal tipo di impianto che si sceglie di utilizzare nell'edificio reale, la scelta di involucro prestazionale che rispetti i limiti indicati sul Decreto requisiti minimi.

Estratto linee guida nazionali - Tabella 2 - Scala di classificazione degli edifici sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile $EP_{gl,nr}$

	Classe A4	$\leq 0,40 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)}$
$0,40 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)} <$	Classe A3	$\leq 0,60 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)}$
$0,60 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)} <$	Classe A2	$\leq 0,80 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)}$
$0,80 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)} <$	Classe A1	$\leq 1,00 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)}$
$1,00 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)} <$	Classe B	$\leq 1,20 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)}$
$1,20 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)} <$	Classe C	$\leq 1,50 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)}$
$1,50 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)} <$	Classe D	$\leq 2,00 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)}$
$2,00 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)} <$	Classe E	$\leq 2,60 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)}$
$2,60 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)} <$	Classe F	$\leq 3,50 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)}$
	Classe G	$> 3,50 EP_{gl,nr,Lst (2019/21)}$

La prestazione dell'involucro sarà calcolata e analizzata in funzione del riscaldamento invernale e del raffrescamento estivo, al netto del rendimento degli impianti presenti, definendo la qualità della stessa secondo gli indicatori della Tabella 3 per l'inverno e della Tabella 4 per l'estate.

Estratto linee guida nazionali - Tabella 3 - Indicatore della prestazione energetica invernale dell'involucro, al netto dell'efficienza degli impianti presenti

Prestazione invernale dell'involucro	Qualità	Indicatore
$EP_{H,nd} \leq 1 \times EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	alta	
$EP_{H,nd,limite (2019/21)} \leq EP_{H,nd} \leq 1,7 \times EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	media	
$EP_{H,nd} > 1,7 \times EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	bassa	

Estratto linee guida nazionali - Tabella 4 - Indicatore della prestazione energetica estiva dell'involucro, al netto dell'efficienza degli impianti presenti

Prestazione estiva dell'involucro	Qualità	Indicatore
$A_{sol,est} / A_{sup utile} \leq 0,03$ $Y_{IE} \leq 0,14$	alta	
$A_{sol,est} / A_{sup utile} \leq 0,03$ $Y_{IE} > 0,14$ $A_{sol,est} / A_{sup utile} > 0,03$ $Y_{IE} \leq 0,14$	media	
$A_{sol,est} / A_{sup utile} > 0,03$ $Y_{IE} > 0,14$	bassa	

Logo Regione	ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI CODICE IDENTIFICATIVO: _____ VALIDO FINO AL: _____	
-----------------	--	--

DATI GENERALI

Destinazione d'uso ☐ Residenziale ☐ Non residenziale Classificazione D.P.R. 412/93: _____	Oggetto dell'attestato ☐ Intero edificio ☐ Unità immobiliare ☐ Gruppo di unità immobiliari Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: _____	☐ Nuova costruzione ☐ Passaggio di proprietà ☐ Locazione ☐ Ristrutturazione importante ☐ Riqualificazione energetica ☐ Altro: _____
---	---	--

Dati identificativi

FOTO EDIFICIO	Regione : _____ Comune : _____ Indirizzo : _____ Piano : _____ Interno : _____ Coordinate GIS : _____	Zona climatica : _____ Anno di costruzione : _____ Superficie utile riscaldata (m ²) : _____ Superficie utile raffrescata (m ²) : _____ Volume lordo riscaldato (m ³) : _____ Volume lordo raffrescato (m ³) : _____
--	--	---

Comune catastale	da	a	Sezione	da	a	Foglio	da	a	Particella	da	a
Subalterni											
Altri subalterni											

Servizi energetici presenti

☐ Climatizzazione invernale ☐ Climatizzazione estiva	☐ Ventilazione meccanica ☐ Prod. acqua calda sanitaria	☐ Illuminazione ☐ Trasporto di persone o cose
---	---	--

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

Prestazione energetica del fabbricato <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">INVERNO</th> <th style="width: 50%;">ESTATE</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;"> </td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;"> </td> </tr> </table>	INVERNO	ESTATE	 	 	Prestazione energetica globale EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO CLASSE ENERGETICA X EP_{gl,nren} kWh/m² anno	Riferimenti Gli immobili simili avrebbero in media la seguente classificazione: Se nuovi: Y (EP_{gl,nren}) Se esistenti: Z (EP_{gl,nren})
INVERNO	ESTATE					



Dettagli tecnici

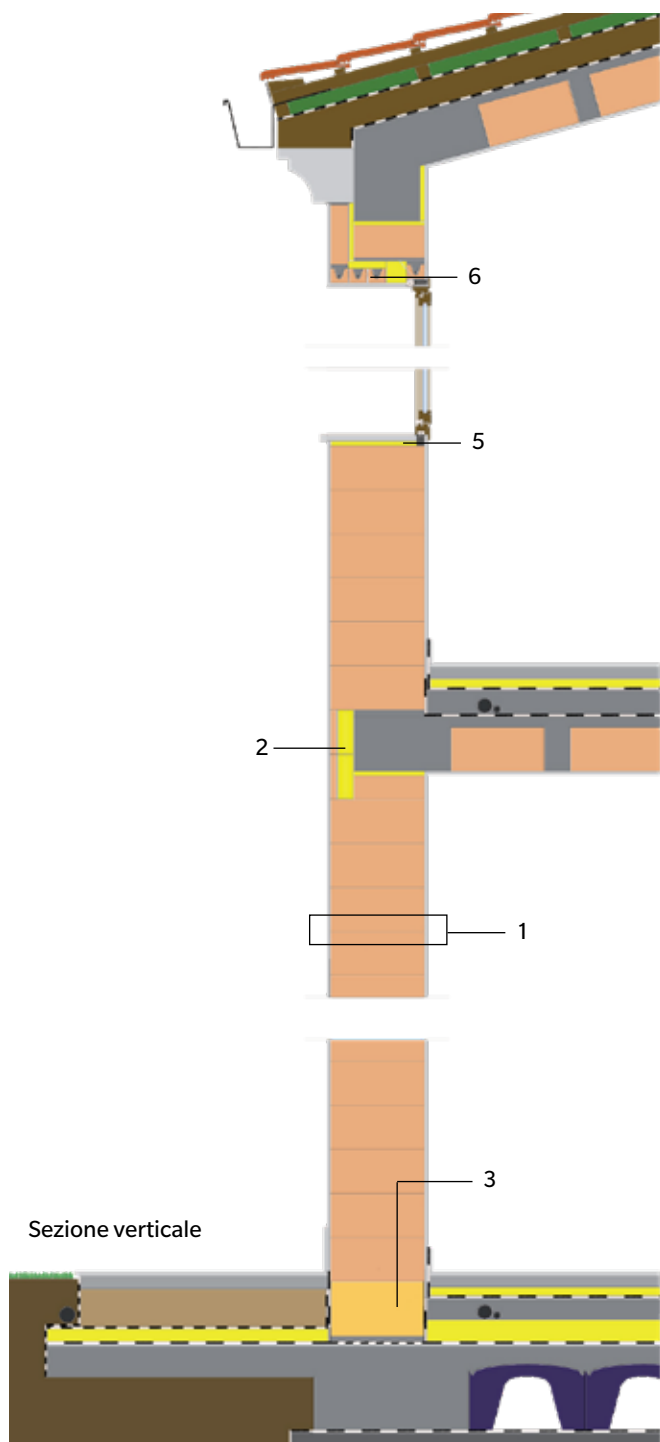
Nelle pagine che seguono vengono presentate alcune soluzioni wienerberger sulla realizzazione di murature portanti sismiche, armate e di tamponamento; monostrato, pluristrato e blocco + cappotto.

Si analizza anche la correzione dei ponti termici nelle varie configurazioni: in corrispondenza di pilastri, angoli e travi di bordo, con un approfondimento finale sugli attacchi a terra e sulla soluzione wienerberger per la riqualificazione degli edifici esistenti. Le stratigrafie presentate sono indicate per la realizzazione di edifici a forte risparmio energetico (classe A o nZEB).



Muratura monostrato

Tamponamento: Porotherm BIO PLAN 45 T9



Porotherm BIO PLAN 45 T9
 blocco rettificato a incastro
 foratura: 55% (tamponamento)
 dimensioni: 45x25x19,9 cm
 conducibilità: $\lambda = 0,090 \text{ W/mK}$
 massa superficiale: 396,3 Kg/m²



Porotherm Thermal T 15
 tavella coibentata con EPS
 additivato con grafite
 dimensioni: 15x50x19,9 cm
 conducibilità: $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$

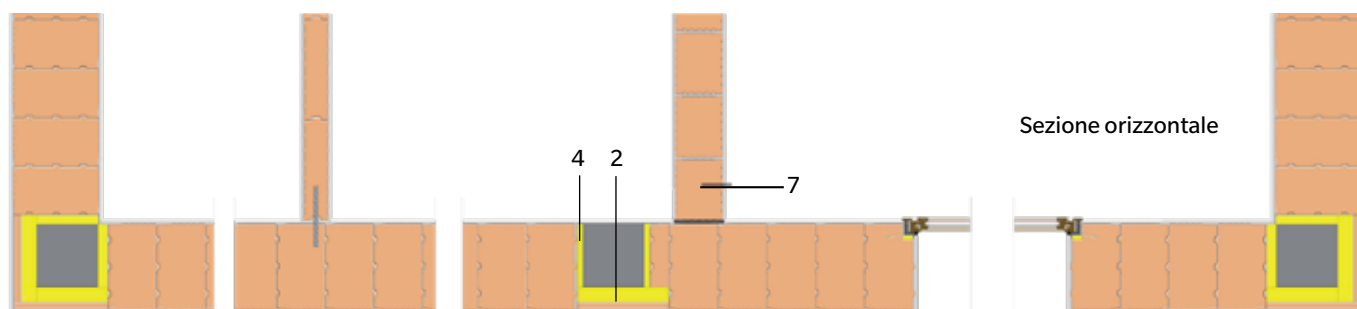


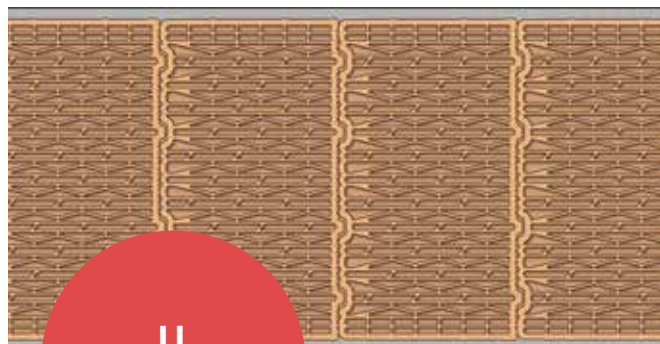
Porotherm Sonico
 blocco pesante acustico
 foratura: 35%
 dimensioni: 30-25/19 cm
 fonoassorbimento: 58 dB
 massa superficiale: 339/281 kg/m²

DETAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

- 1 - INTONACO ESTERNO BASE CALCE; PTH BIO PLAN 45 T9; INTONACO INTERNO A BASE CALCE
- 2 - ELEMENTO IN LATERIZIO DI FINITURA DAVANTI A TRAVI E PILASTRI E CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI PROPONE LA TAVELLA COIBENTATA PTH THERMAL T 15 PER UN AMMORSAMENTO IDEALE CON I BLOCCHI RETTIFICATI (VEDI IMMAGINE)
- 3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI UTILIZZANO GLI STESSI PTH BIO PLAN 45 T9 RIEMPITI DI PERLITE SFUSA CON LAMBDA 0,05 W/MK (FORNITA DA WIENERBERGER)
- 4 - PANNELLI ISOLANTI AI FIANCHI DEL PILASTRO PER GARANTIRE LA RISOLUZIONE DEL PONTE TERMICO CON LA CORRETTA POSA DEL PTH THERMAL T 15
- 5 - SOTTOBANCALE ISOLATO
- 6 - ARCHITRAVATURA REALIZZATA CON TRAVETTI IN LATEROCEMENTO OPPORTUNAMENTE COIBENTATI
- 7 - DIVISORIO ACUSTICO REALIZZATO CON IL SOLO BLOCCO PTH BIO MOD SONICO POSATO A SPESSORE 25 CM (58 dB) SEMPLICEMENTE INTONACATO

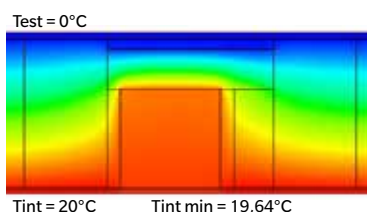
Sezione orizzontale





U
0,19 W/m²K

Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia			
Materiali	Spessore	Conducibilità termica	Densità
	mm	W/mK	Kg/m³
Intonaco base calce	15	0,54	1400
Porotherm BIO PLAN 45 T9	450	0,09	870
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	480		
Trasmittanza termica [W/m²K]			0,19
Massa superficiale [Kg/m²]			438,3
Sfasamento [ore]			>24
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			0,002



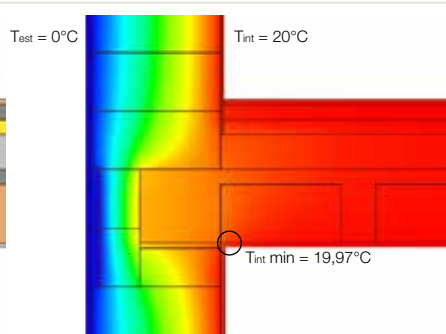
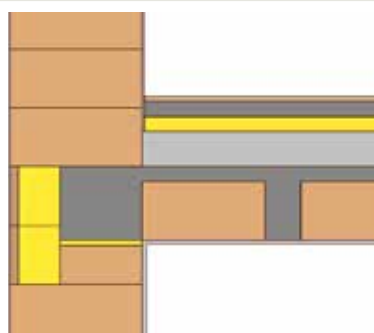
PILASTRO

Il ponte termico viene corretto inserendo materiale isolante sulle facce laterali del pilastro e utilizzando la tavella coibentata Thermal T 15.

$$\psi_e = 0,0268$$

verifica condensa OK

verifica muffa OK



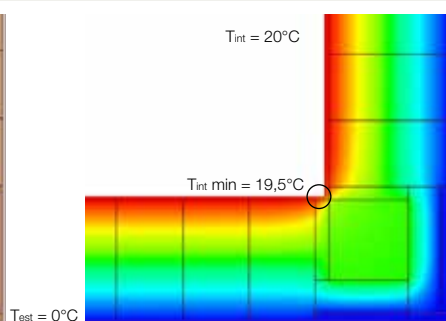
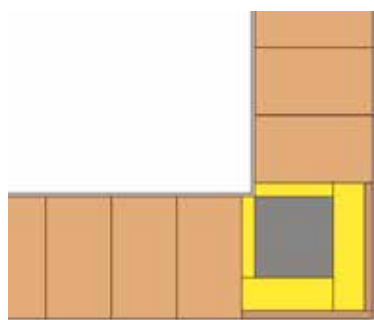
TRAVE DI BORDO

Il ponte termico viene corretto inserendo materiale isolante davanti al cordolo e all'ultimo corso di muro abbinato alla tavella coibentata Thermal T 15. Si sigilli lo spazio tra l'ultimo corso di muro e la trave con malta termica o schiuma poliuretanica.

$$\psi_e = 0,0186$$

verifica condensa OK

verifica muffa OK



ANGOLO

Il ponte termico viene corretto inserendo materiale isolante sulle facce laterali del pilastro e utilizzando la tavella coibentata Thermal T 15.

$$\psi_e = -0,1028$$

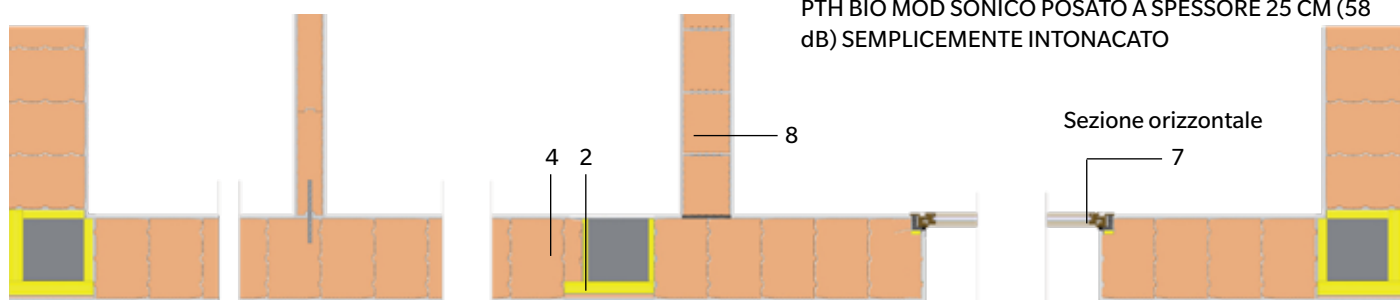
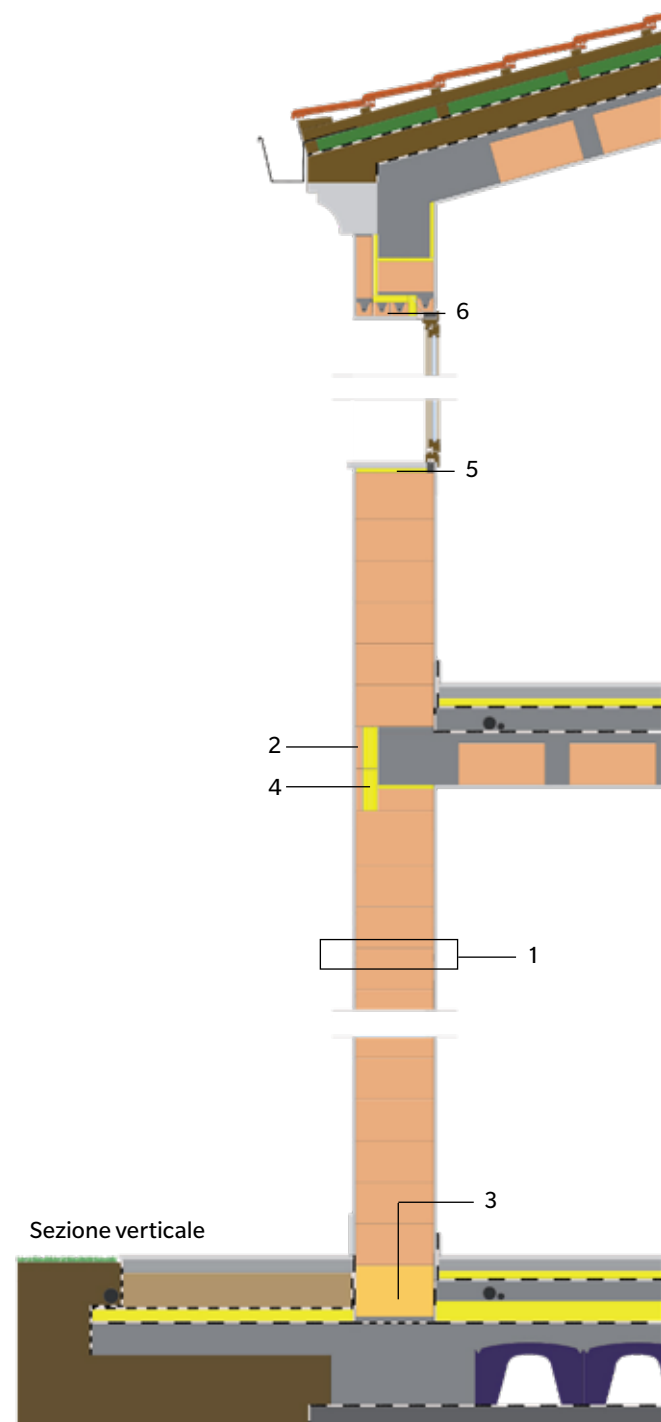
verifica condensa OK

verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro* (Dartwin)

Muratura monostrato

Tamponamento: Porotherm BIO PLAN 38 T9



Porotherm BIO PLAN 38 T9
 blocco rettificato a incastro
 foratura: 55% (tamponamento)
 dimensioni: 38x24x19,9 cm
 conducibilità: $\lambda = 0,09 \text{ W/mK}$
 massa superficiale: 337 Kg/m²



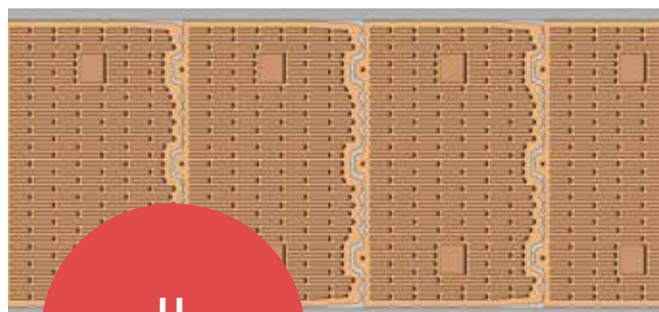
Porotherm Thermal T 8
 tavella coibentata con EPS additivato con grafite
 dimensioni: 8x50x19,9 cm
 conducibilità: $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$



Porotherm BIO MOD Sonico
 blocco pesante acustico
 foratura: 35%
 dimensioni: 30-25/19 cm
 fonoassorbimento: 58 dB
 massa superficiale: 339/281 kg/m²

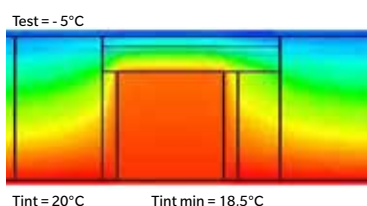
DETTAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

- 1 - INTONACO ESTERNO BASE CALCE; PTH BIO PLAN 38 T9; INTONACO INTERNO A BASE CALCE
- 2 - ELEMENTO IN LATERIZIO DI FINITURA DAVANTI A TRAVI E PILASTRI E CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI PROPONE LA TAVELLA COIBENTATA PTH THERMAL T 8 PER UN AMMORSAMENTO IDEALE CON I BLOCCHI RETTIFICATI (VEDI IMMAGINE)
- 3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI UTILIZZANO GLI STESSI PTH BIO PLAN 38 T9 RIEMPITI DI PERLITE SFUSA CON LAMBDA 0,05 W/MK (FORNITA DA WIENERBERGER)
- 4 - PANNELLI ISOLANTI AI FIANCHI DEL PILASTRO PER GARANTIRE LA RISOLUZIONE DEL PONTE TERMICO CON LA CORRETTA POSA DEL PTH THERMAL T 8
- 5 - SOTTOBANCALE ISOLATO
- 6 - ARCHITRAVATURA REALIZZATA CON TRAVETTI IN LATEROCEMENTO OPPORTUNAMENTE COIBENTATI
- 7 - BLOCCO TAGLIATO IN OPERA PER IL POSIZIONAMENTO DEL TELAIO DELL'INFISSO
- 8 - DIVISORIO ACUSTICO REALIZZATO CON IL SOLO BLOCCO PTH BIO MOD SONICO POSATO A SPESSORE 25 CM (58 dB) SEMPLICEMENTE INTONACATO



U
0,22 W/m²K

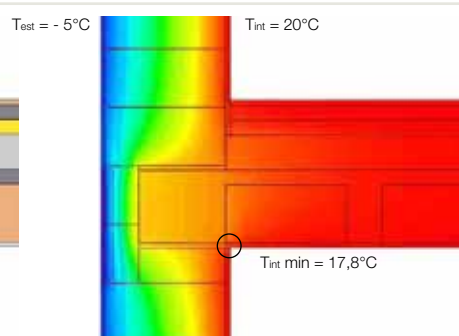
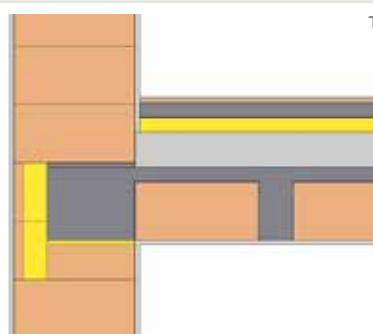
Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia			
Materiali	Spessore	Conducibilità termica	Densità
	mm	W/mK	Kg/m³
Intonaco base calce	15	0,54	1400
Porotherm BIO PLAN 38 T9	380	0,09	880
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	410		
Trasmittanza termica [W/m²K]			0,22
Massa superficiale [Kg/m²]			379
Sfasamento [ore]			>24
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			0,004



PILASTRO

Il ponte termico viene corretto inserendo materiale isolante sulle facce laterali del pilastro e utilizzando la tavella coibentata Thermal T 8.

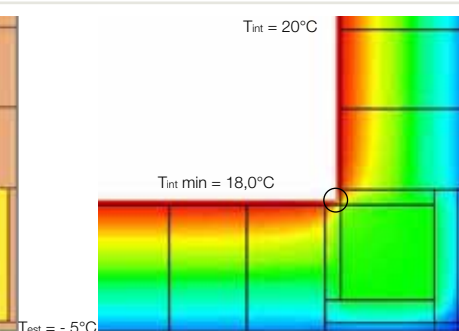
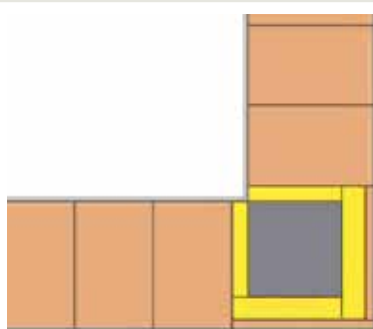
$\psi_e = 0,046$
verifica condensa OK
verifica muffa OK



TRAVE DI BORDO

Il ponte termico viene corretto inserendo materiale isolante davanti al cordolo e all'ultimo corso di muro abbinato alla tavella coibentata Thermal T 8. Si sigilli lo spazio tra l'ultimo corso di muro e la trave con malta termica o schiuma poliuretanica.

$\psi_e = -0,0325$
verifica condensa OK
verifica muffa OK



ANGOLO

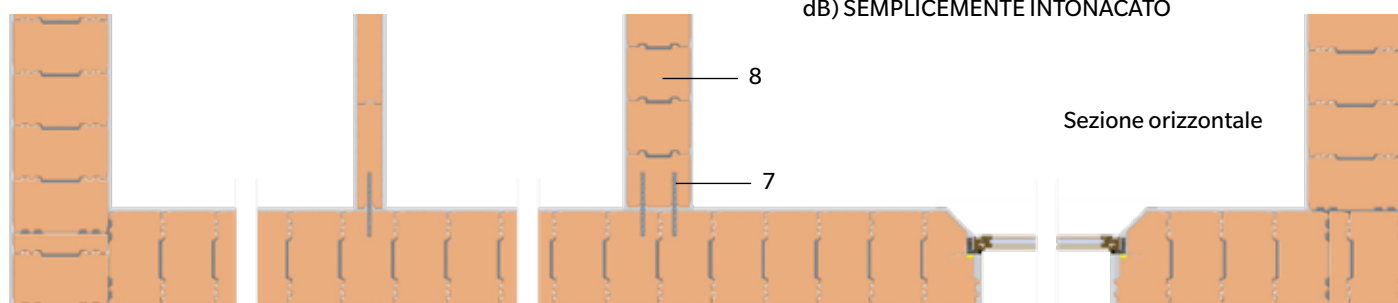
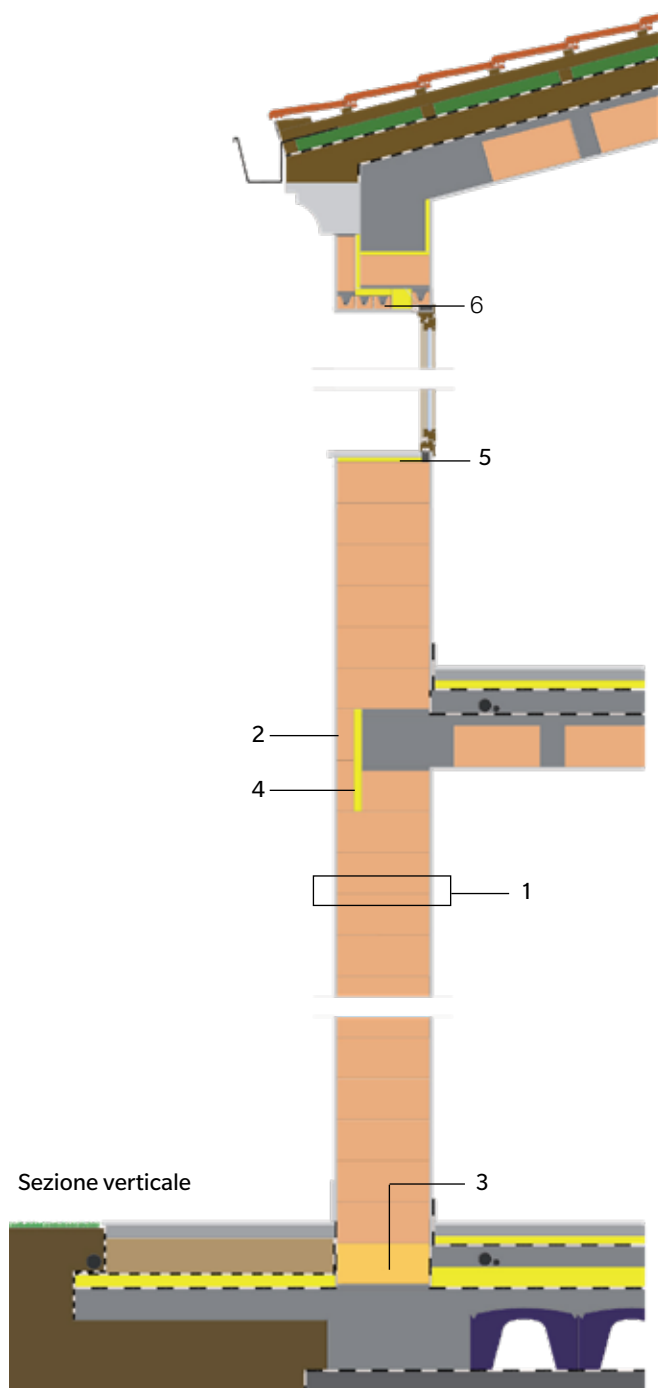
Il ponte termico viene corretto inserendo materiale isolante sulle facce laterali del pilastro e utilizzando la tavella coibentata Thermal T 8.

$\psi_e = -0,2491$
verifica condensa OK
verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro* (Dartwin)

Muratura monostrato

Muratura portante: Porotherm BIO PLAN 45 P



Porotherm BIO PLAN 45 P
 blocco rettificato a incastro
 foratura: 45% (portante sismico)
 dimensioni: 45x25x19,9 cm
 conducibilità: $\lambda = 0,10 \text{ W/mK}$
 massa superficiale: 438,3 Kg/m²



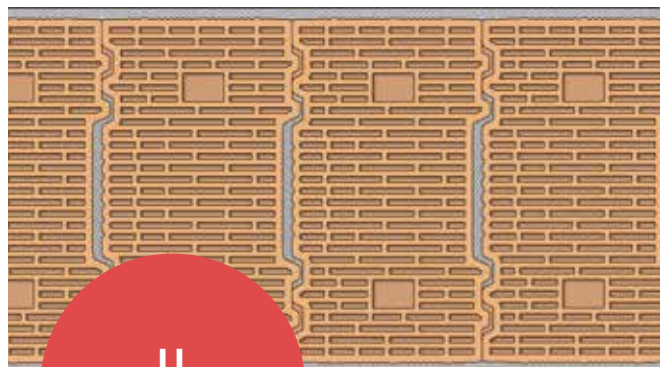
Porotherm BIO PLAN 8-50/19,9
 tramezza rettificata a incastro
 foratura: 45%
 dimensioni: 8x50x19,9 cm
 conducibilità: $\lambda = 0,19 \text{ W/mK}$
 massa superficiale: 80,5 Kg/m²



Perlite sfusa
 materiale per isolamento
 attacco a terra dei blocchi
 granulometria media:
 1-2 mm nominali
 conducibilità: $\lambda = 0,05 \text{ W/mK}$

DETAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

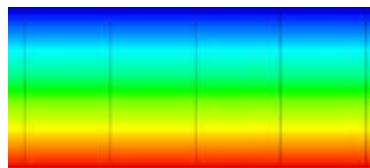
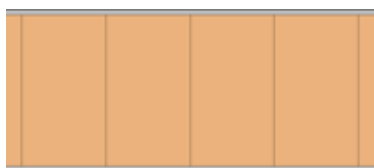
- 1 - INTONACO ESTERNO BASE CALCE; PTH BIO PLAN 45 P; INTONACO INTERNO A BASE CALCE
- 2 - ELEMENTO IN LATERIZIO DI FINITURA DAVANTI AI CORDOLI DI PIANO: SI PROPONE IL BLOCCO PTH BIO PLAN 8 PER UN AMMORSAMENTO IDEALE CON I BLOCCHI RETTIFICATI
- 3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI UTILIZZANO GLI STESSI PTH BIO PLAN 45 T9 RIEMPITI DI PERLITE SFUSA CON LAMBDA 0,05 W/MK (FORNITA DA WIENERBERGER)
- 4 - COIBENTAZIONE DEI CORDOLI DI PIANO DON PANNELLI ISOLANTI POSIZIONATI ANCHE DAVANTI ALL'ULTIMO CORSO DI MURATURA
- 5 - SOTTOBANCALE ISOLATO
- 6 - ARCHITRAVATURA REALIZZATA CON TRAVETTI IN LATEROCEMENTO OPPORTUNAMENTE COIBENTATI
- 7 - ANCORAGGIO DI COLLEGAMENTO DEI PARAMENTI MURARI ESTERNI CON LE TRAMEZZATURE INTERNE
- 8 - DIVISORIO ACUSTICO REALIZZATO CON IL SOLO BLOCCO PTH BIO MOD SONICO POSATO A SPESSORE 25 CM (58 dB) SEMPLICEMENTE INTONACATO



U
0,21 W/m²K

Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia			
Materiale	Spessore	Conducibilità termica	Densità
	mm	W/mK	Kg/m³
Intonaco base calce	15	0,54	1400
Porotherm BIO PLAN 45 P	450	0,10	960
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	480		
Trasmittanza termica [W/m²K]			0,21
Massa superficiale [Kg/m²]			486,3
Sfasamento [ore]			>24
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			0,003

Test = - 5°C



Tint = 19,4°C

Tint min = 19,4°C

PILASTRO

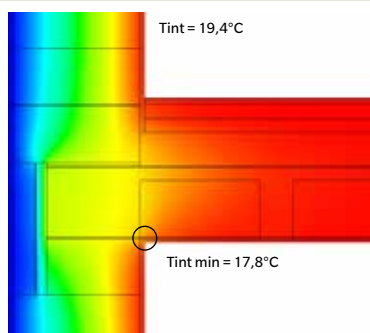
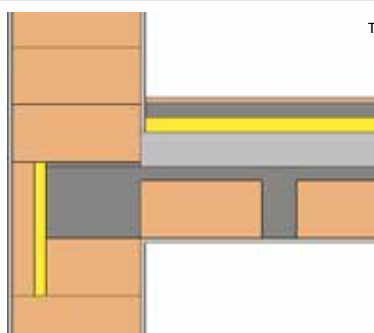
Per il caso specifico della muratura portante sismica non esistono problemi di ponti termici dovuti ai pilastri in quanto questi risultano assenti.

$\psi_e = 0,000$

verifica condensa **OK**

verifica muffa **OK**

Test = - 5°C



Tint = 19,4°C

Tint min = 17,8°C

CORDOLO DI PIANO

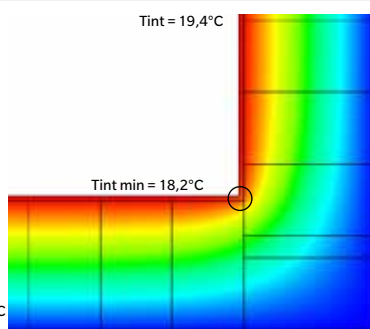
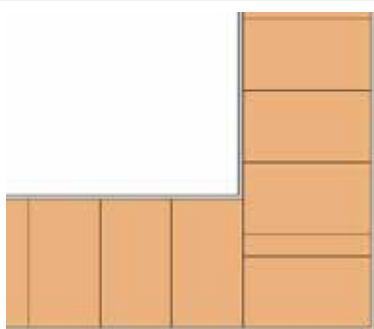
Il ponte termico viene corretto posizionando un pannello isolante davanti al cordolo e all'ultimo corso della muratura. Si sigilli l'ultimo corso della muratura con malta prima del getto.

$\psi_e = 0,052$

verifica condensa **OK**

verifica muffa **OK**

Tint = 19,4°C



Tint min = 18,2°C

Test = - 5°C

ANGOLO

L'ammorsamento tra di loro dei blocchi è di per sé sufficiente a correggere il ponte termico presente sull'angolo in quanto, anche in questo punto, non sono presenti pilastri.

$\psi_e = -0,176$

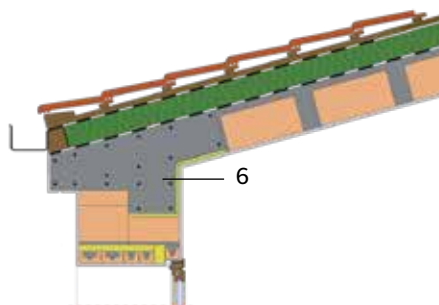
verifica condensa **OK**

verifica muffa **OK**

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro* (Dartwin)

Doppia muratura

Tamponamento: Pth BIO PLAN 30 T9 + Pth BIO PLAN 25 T9



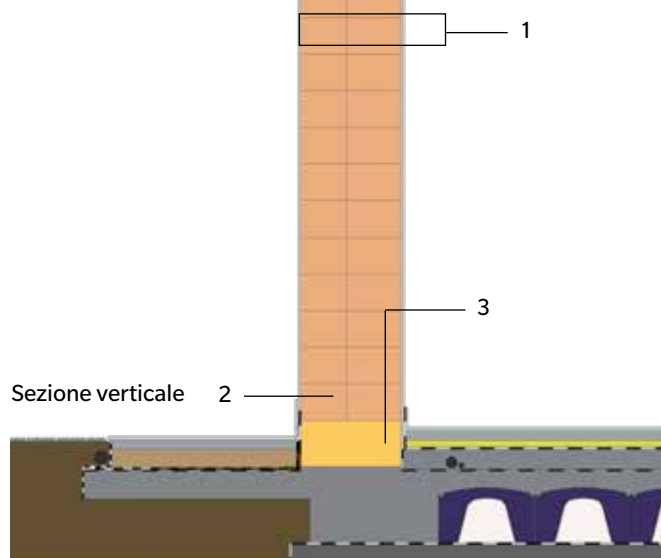
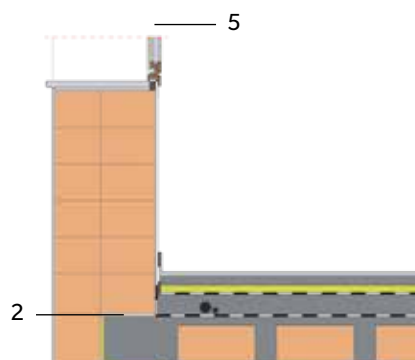
Porotherm BIO PLAN 30 T9
 blocco rettificato a incastro
 foratura: 55% (tamponamento)
 dimensioni: 30x25x19,9 cm
 conducibilità: $\lambda = 0,09 \text{ W/mK}$
 massa superficiale: 259,6 Kg/m²



Porotherm BIO PLAN 25 T9
 blocco rettificato a incastro
 foratura: 55% (tamponamento)
 dimensioni: 25x25x19,9 cm
 conducibilità: $\lambda = 0,09 \text{ W/mK}$
 massa superficiale: 222,6 Kg/m²



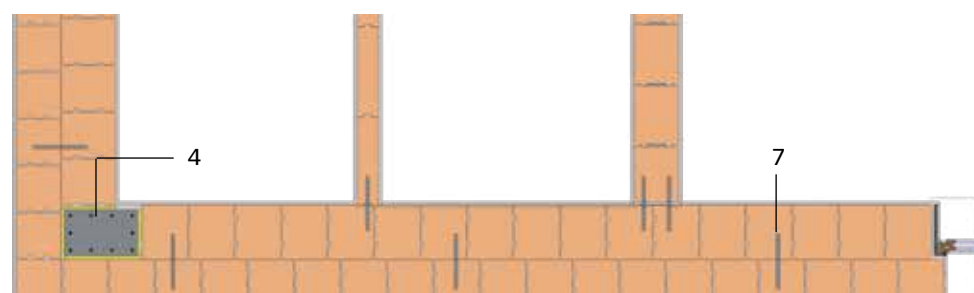
Perlite sfusa
 materiale per isolamento
 attacco a terra dei blocchi
 granulometria media:
 1-2 mm nominali
 conducibilità: $\lambda = 0,05 \text{ W/mK}$



Sezione verticale

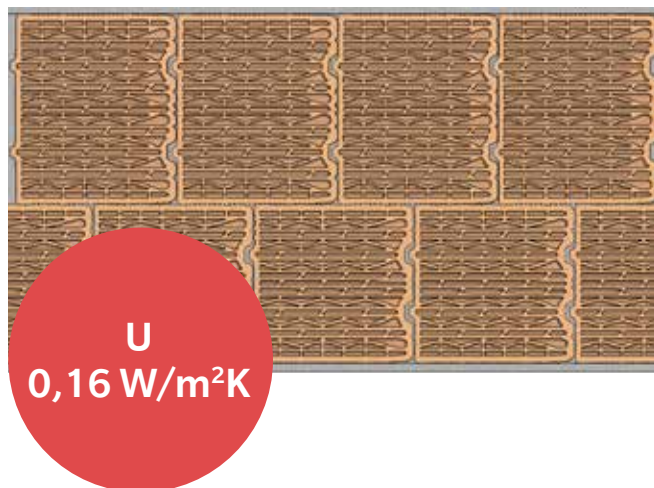
DETAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

- 1 - INTONACO ESTERNO BASE CALCE; PTH BIO PLAN 30 T9; PTH BIO PLAN 25 T9; INTONACO INTERNO A BASE CALCE
- 2 - CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI AGGIUNGONO PANNELLI ISOLANTI INTORNO ALLA TRAVE/CORDOLO DEL SOLAIO
- 3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI UTILIZZANO GLI STESSI PTH BIO PLAN 30 T9 E PTH BIO PLAN 25 T9 RIEMPITI DI PERLITE SFUSA CON LAMBDA 0,05 W/MK (FORNITA DA WIENERBERGER)
- 4 - CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI AGGIUNGONO PANNELLI ISOLANTI INTORNO AL PILASTRO
- 5 - SOTTOBANCALE ISOLATO
- 6 - ARCHITRAVATURA REALIZZATA CON TRAVETTI IN LATEROCEMENTO OPPORTUNAMENTE COIBENTATI
- 7 - ANCORAGGI METALLICI PER MURATURA BIO PLAN

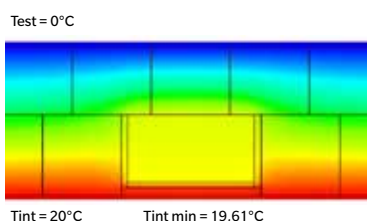
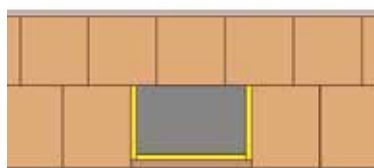


Sezione orizzontale





Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia			
Materiale	Spessore	Conducibilità termica	Densità
	mm	W/mK	Kg/m³
Intonaco base calce	15	0,54	1400
Porotherm BIO PLAN 30 T9	300	0,09	860
Porotherm BIO PLAN 25 T9	250	0,09	880
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	440		
Trasmittanza termica [W/m²K]			0,16
Massa superficiale [Kg/m²]			524,2
Sfasamento [ore]			>24
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			0,002



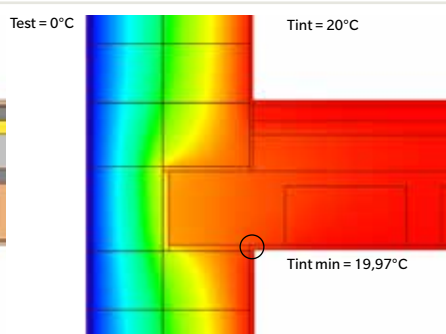
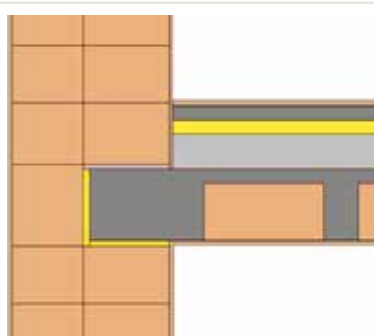
PILASTRO

Il ponte termico viene corretto inserendo materiale isolante sulla faccia rivolta verso l'esterno e su quelle laterali del pilastro e posando sul lato esterno il blocco Porotherm BIO PLAN 25 T9.

$$\psi_e = 0,0518$$

verifica condensa OK

verifica muffa OK



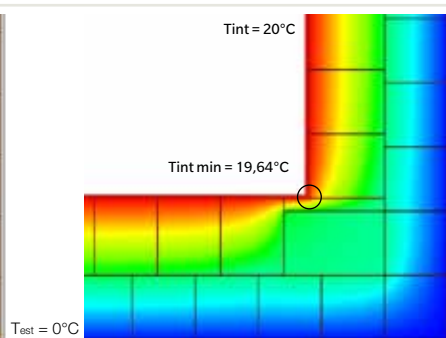
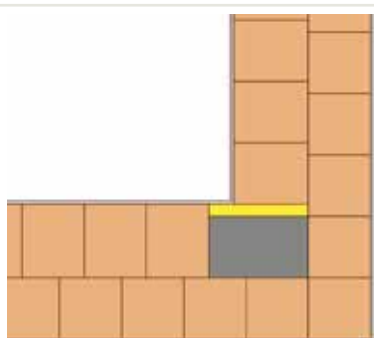
TRAVE DI BORDO

Il ponte termico viene corretto inserendo materiale isolante davanti al cordolo e risvoltato inferiormente sopra l'ultimo corso di muro posando sul lato esterno il blocco Porotherm BIO PLAN 25 T9.

$$\psi_e = 0,005$$

verifica condensa OK

verifica muffa OK



ANGOLO

Il ponte termico viene corretto inserendo materiale isolante sulle facce laterali del pilastro e posando sul lato esterno il blocco Porotherm BIO PLAN 25 T9.

$$\psi_e = -0,0966$$

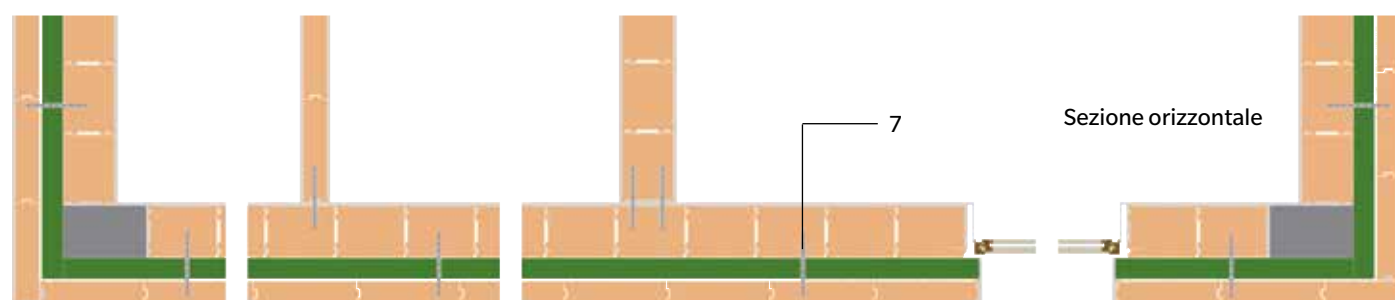
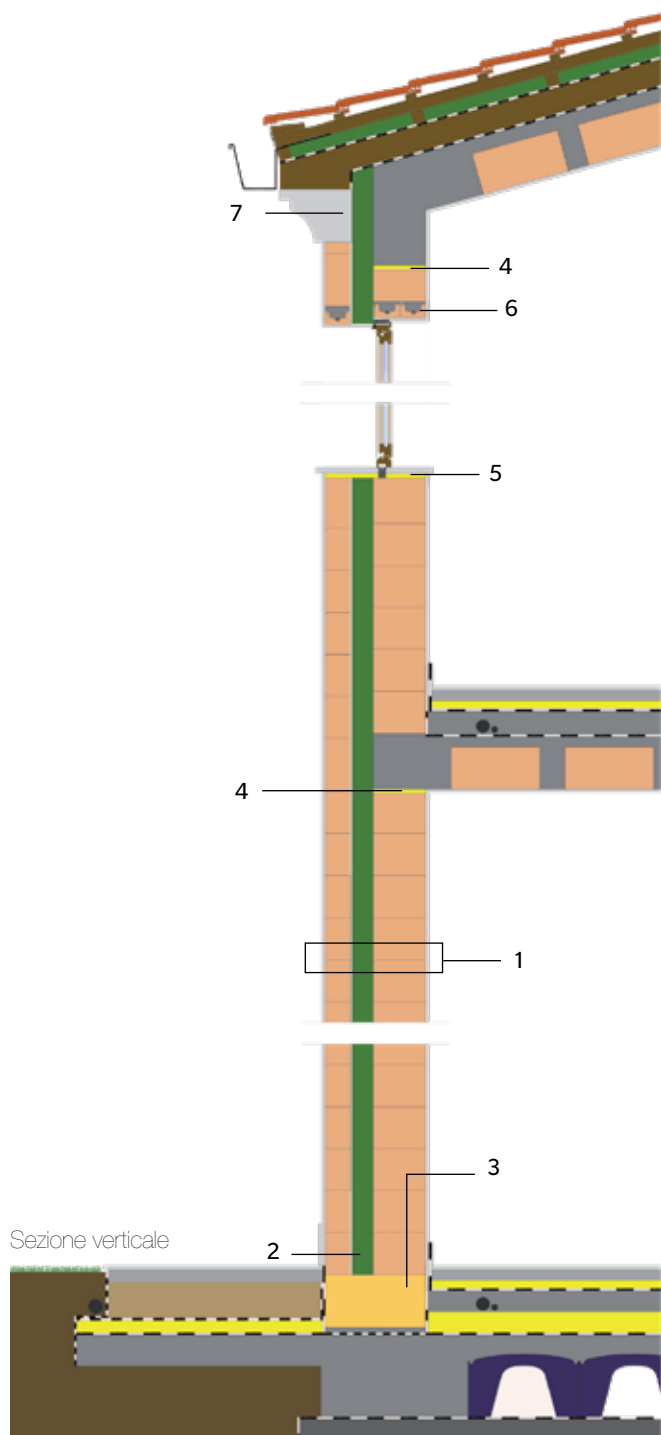
verifica condensa OK

verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro* (Dartwin)

Muratura pluristrato

Tamponamento: Pth BIO PLAN 25 P + Pth BIO PLAN 12



Pth BIO PLAN 25-30/19,9 P
 blocco rettificato a incastro
 foratura: 45% (portante sismico)
 dimensioni: 25x30x19,9 cm
 conducibilità: $\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$
 massa superficiale: $229,6 \text{ Kg/m}^2$



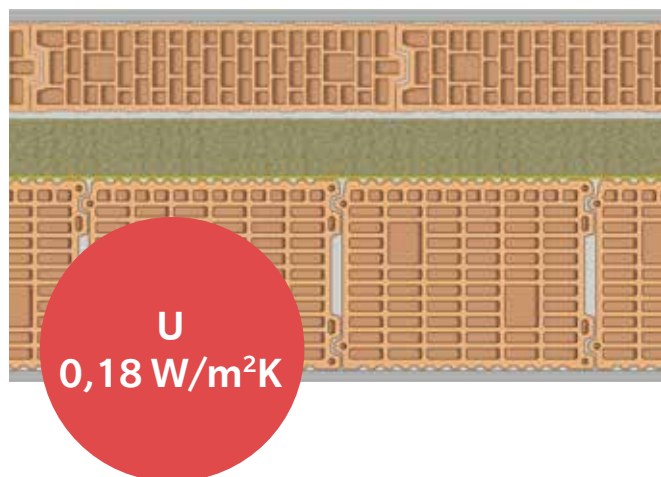
Pth BIO PLAN 12-50/19,9
 tramezza rettificata a incastro
 foratura: 45%
 dimensioni: 12x50x19,9 cm
 conducibilità: $\lambda = 0,18 \text{ W/mK}$
 massa superficiale: $112,2 \text{ Kg/m}^2$



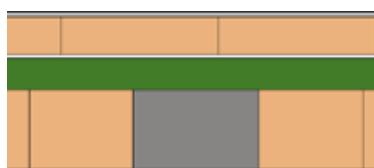
Pth BIO MOD Sonico
 blocco pesante acustico
 foratura: 35%
 dimensioni: 30-25/19 cm
 fonoassorbimento: 58 dB
 massa superficiale: $339/281 \text{ kg/m}^2$

DETAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

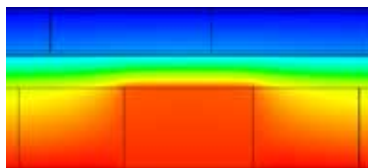
- 1 - INTONACO ESTERNO BASE CALCE; POROTHERM BIO PLAN 12; ARIA; PANNELLI IN LANA DI ROCCIA; BARRIERA AL VAPORE; POROTHERM BIO PLAN 25 P; INTONACO INTERNO BASE CALCE
- 2 - PANNELLO ISOLANTE IMPERMEABILE
- 3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI UTILIZZANO GLI STESSI POROTHERM BIO PLAN 25 P RIEMPITI DI PERLITE SFUSA CON LAMBDA 0,05 W/MK (FORNITA DA WIENERBERGER)
- 4 - SIGILLATURA DELL'ULTIMO CORSO DI MURATURA SOTTO LA TRAVE DA REALIZZARSI CON MALTA TERMICA O SCHIUMA POLIURETANICA AD ALTA DENSITA'
- 5 - SOTTOBANCALE ISOLATO
- 6 - ARCHITRAVATURA REALIZZATA CON TRAVETTI IN LATEROCEMENTO OPPORTUNAMENTE COIBENTATI
- 7 - ANCORAGGIO DI COLLEGAMENTO DEI PARAMENTI MURARI (QUANTITA' CONSIGLIATA: ALMENO 5 PZ/MQ)



Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia			
Materiale	Spessore	Conducibilità termica	Densità
	mm	W/mK	Kg/m³
Intonaco base calce	15	0,54	1400
Porotherm BIO PLAN 12	120	0,18	930
Aria	10	0,067	-
Pannello isolante lana di roccia	100	0,035	70
Porotherm BIO PLAN 25 P	250	0,09	910
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	510		
Trasmittanza termica [W/m²K]			0,18
Massa superficiale [Kg/m²]			405,8
Sfasamento [ore]			>24
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			0,003
* accoppiato con telo barriera a vapore			



Test = - 5°C



Tint = 20°C

Tint min = 19,1°C

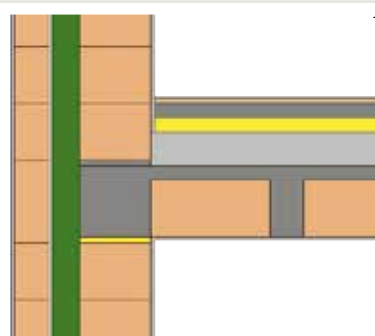
PILASTRO

Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell'isolante tra i due strati di muratura. Si consiglia di applicare la malta anche sui fianchi dei blocchi che sono affiancati ai pilastri e di collegare i due strati di muratura con gli appositi ancoraggi.

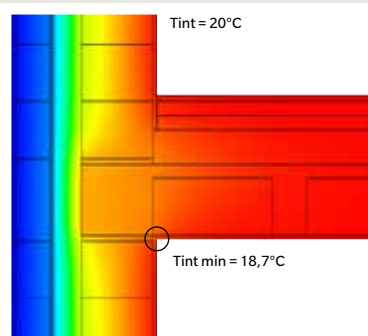
$$\psi_e = 0,039$$

verifica condensa OK

verifica muffa OK



Test = - 5°C



Tint = 20°C

Tint min = 18,7°C

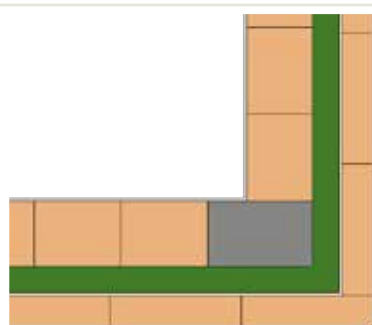
TRAVE DI BORDO

Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell'isolante tra i due strati di muratura. Si consiglia di sigillare lo spazio che rimane tra l'ultimo corso di blocchi e il cordolo con malta termica o schiuma poliuretanica ad alta densità.

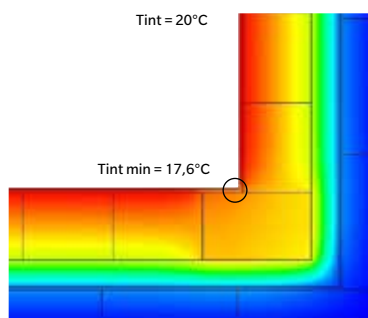
$$\psi_e = 0,018$$

verifica condensa OK

verifica muffa OK



Tint = 20°C



Tint min = 17,6°C

Test = - 5°C

ANGOLO

Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell'isolante tra i due strati di muratura. Si consiglia di applicare la malta anche sui fianchi dei blocchi che sono affiancati ai pilastri.

$$\psi_e = -0,051$$

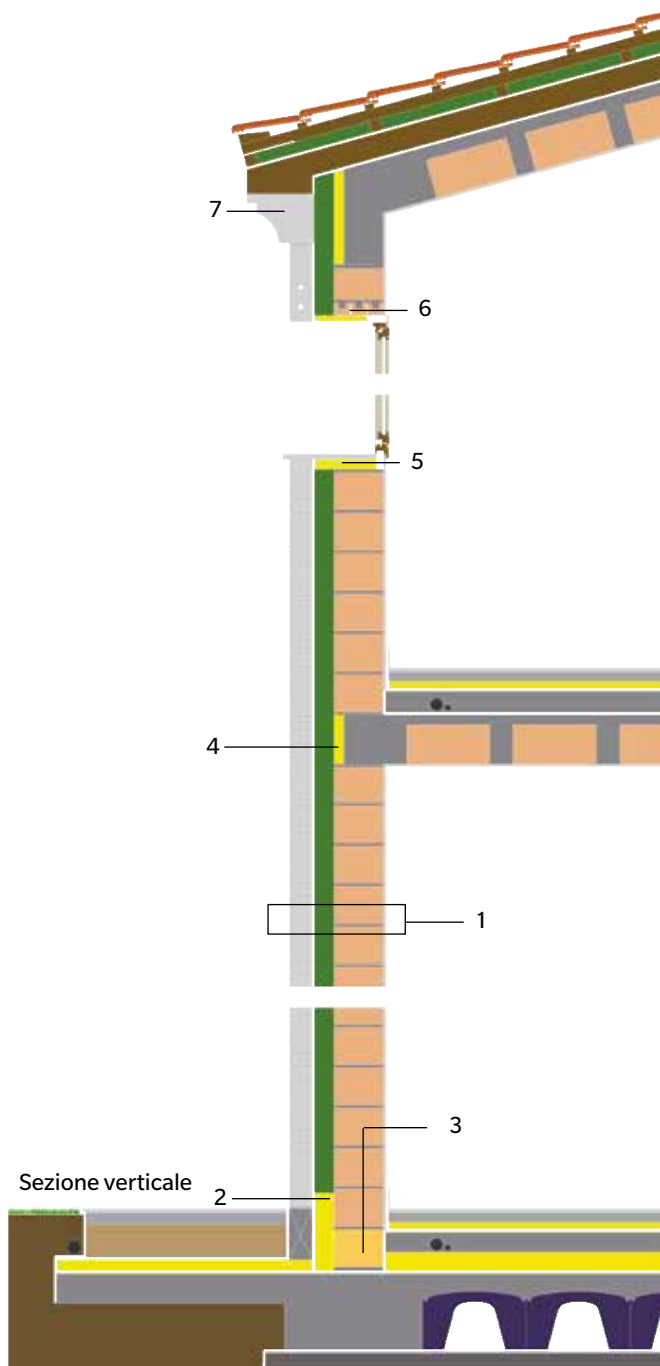
verifica condensa OK

verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro* (Dartwin)

Muratura pluristrato

Muratura armata: Pth BIO M.A. Evolution 25 + faccia a vista



Pth BIO M.A. Evolution 25
blocco per muratura armata
 foratura: 45% (portante sismico)
 dimensioni: 25x30x19 cm
 densità media: 860 Kg/m³
 massa superficiale: 252,9 Kg/m²



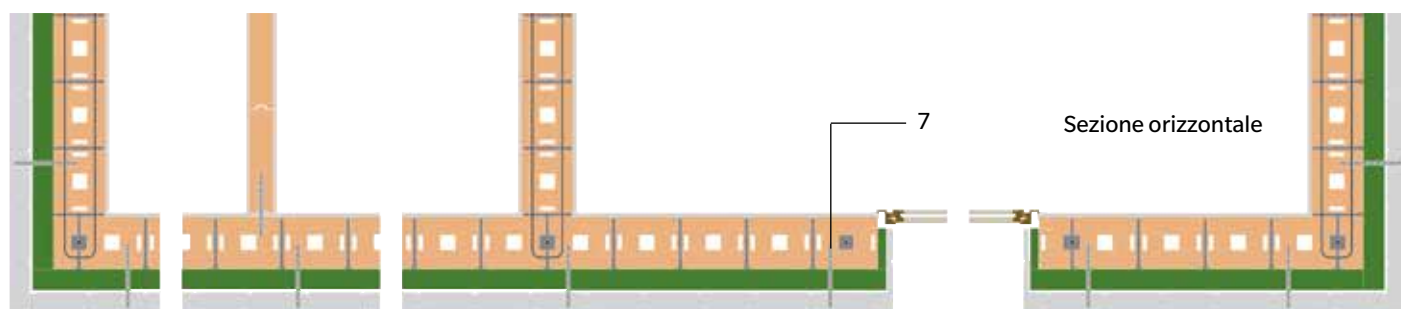
Pth BIO PLAN 12-50/19,9
tramezza rettificata a incastro
 foratura: 45%
 dimensioni: 12x50x19,9 cm
 conducibilità: $\lambda = 0,18 \text{ W/mK}$
 massa superficiale: 112,2 Kg/m²

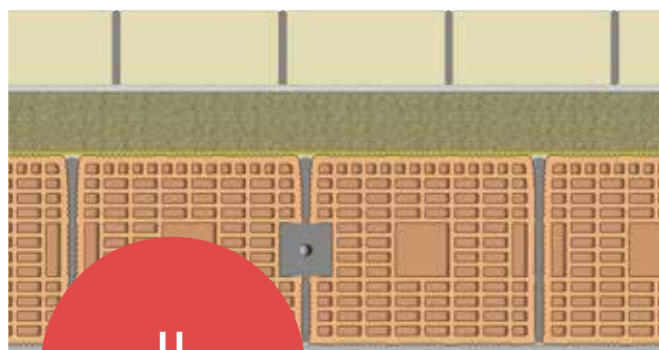


Mattone faccia a vista TERCA
fatto a mano
 porosità: < 8%
 dimensioni: 210x100x50/65 cm
 conducibilità: $\lambda = 1,61 \text{ W/mK}$

DETAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

- 1 - MATTONE FACCIA A VISTA; ARIA; PANNELLO ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA; BARRIERA AL VAPORE; POROTHERM BIO M.A. EVOLUTION 25; INTONACO INTERNO BASE CALCE
- 2 - PANNELLO ISOLANTE IMPERMEABILE POSIZIONATO IN PROSSIMITA' DEI PRIMI DUE CORSI DI MURATURA
- 3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI UTILIZZANO GLI STESSI PTH BIO EVOLUTION 25 RIEMPITI DI PERLITE SFUSA CON LAMBDA 0,05 W/MK (FORNITA DA WIENERBERGER)
- 4 - PANNELLO ISOLANTE POSIZIONATO DAVANTI AI CORDOLI DI PIANO PER MIGLIORARE LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO
- 5 - SOTTOBANCALE ISOLATO
- 6 - ARCHITRAVATURA CLASSICA REALIZZATA CON TRAVETTI IN LATEROCEMENTO OPPORTUNAMENTE COIBENTATI
- 7 - ANCORAGGIO DI COLLEGAMENTO DEI PARAMENTI MURARI (QTA' CONSIGLIATA: ALMENO 5 PZ/MQ)

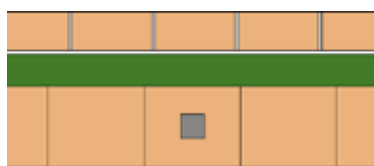




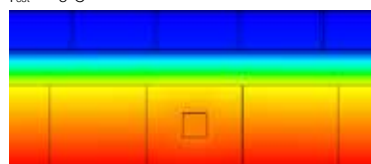
U
0,23 W/m²K

Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia

Materiale	Spessore	Conducibilità termica	Densità
	mm	W/mK	Kg/m³
Faccia a vista	120	0,7	1600
Aria	10	0,067	-
Pannello isolante lana di roccia	100	0,035	70
Pth BIO M.A. Evolution 25	250	0,233	900
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	495		
Trasmittanza termica [W/m²K]			0,225
Massa superficiale [Kg/m²]			457,7
Sfasamento [ore]			18,58
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			0,007
* accoppiato con telo barriera a vapore			
** senza considerare i ferri di armatura e i pilastri in c.a.			



T_{est} = - 5°C



Tint = 20°C Tint min = 19,4°C

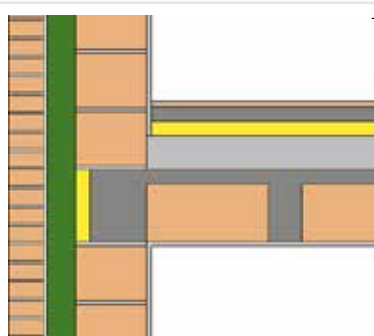
PILASTRO

Il ponte termico del “pilastrino” viene corretto con il solo passaggio dell’isolante tra i due strati di muratura.

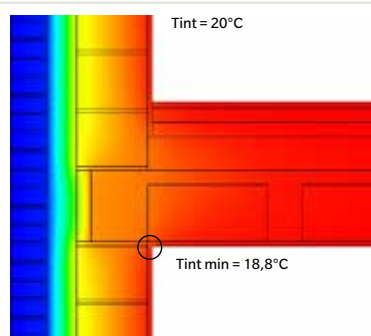
$\psi_e = 0,002$

verifica condensa OK

verifica muffa OK



Test = - 5°C



Tint min = 18,8°C

CORDOLO DI PIANO

Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell’isolante tra i due strati di muratura e con eventuale aggiunta di isolante quando possibile. Si sigilli l’ultimo corso della muratura con malta prima del getto del cordolo.

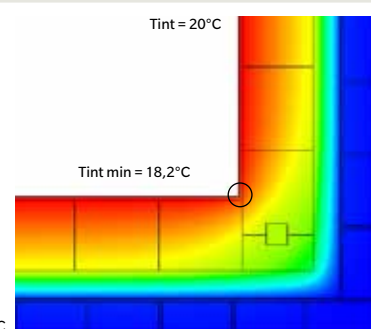
$\psi_e = 0,007$

verifica condensa OK

verifica muffa OK



Tint = 20°C



Tint min = 18,2°C

Test = - 5°C

ANGOLO

Il ponte termico del “pilastrino” d’angolo viene corretto con il solo passaggio dell’isolante tra i due strati di muratura.

$\psi_e = -0,144$

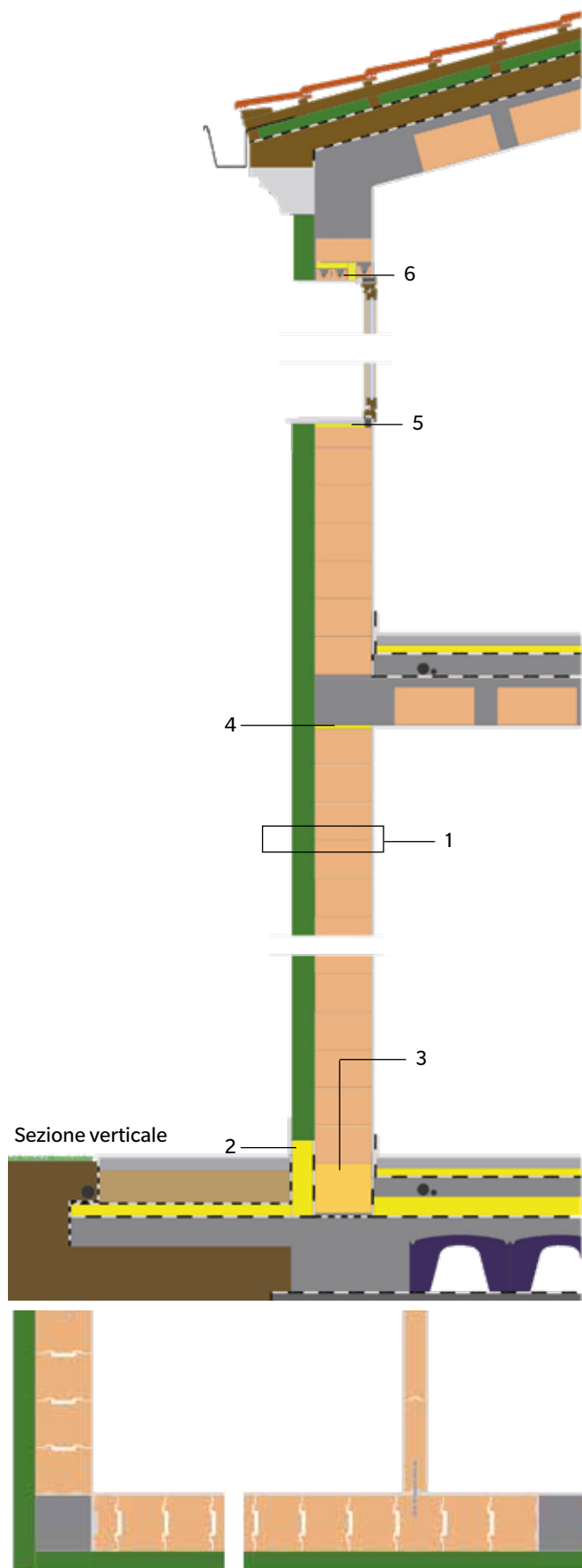
verifica condensa OK

verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro* (Dartwin)

Muratura blocco + cappotto

Tamponamento: Pth BIO PLAN 30 ETICS



Pth BIO PLAN 30 ETICS
rettificato a incastro per cappotti
 foratura: 45% (portante sismico)
 dimensioni: 30x25x19,9 cm
 conducibilità: $\lambda = 0,14 \text{ W/mK}$
 massa superficiale: 269,6 Kg/m²



Pth PLANA+ 30 - 0,08
blocco rettificato a incastro
per l'attacco a terra
 dimensioni: 30x24,8x24,9 cm
 conducibilità: $\lambda = 0,08 \text{ W/mK}$
 massa superficiale: 184,6 Kg/m²



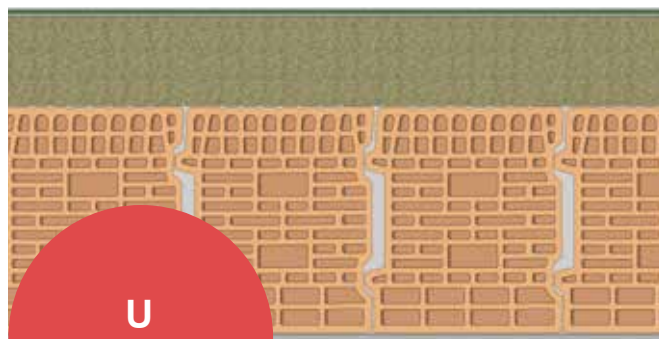
Architravi precompressi
pezzo speciale
 dimensioni: 12x7 cm
 lunghezza: da 1 a 3,5 m

DETAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

- 1 - FINITURA ESTERNA DEL CAPPOTTO COMPOSTA DA INTONACHINO, RASANTE, RETE, RASANTE; ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA; POROTHERM BIO PLAN 30 ETICS; INTONACO INTERNO A BASE CALCE
- 2 - PANNELLO ISOLANTE IMPERMEABILE POSIZIONATO IN PROSSIMITA' DEI PRIMI DUE CORSI DI MURATURA
- 3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA DELLA MURATURA: SI PROPONE L'UTILIZZO DEL BLOCCO RETTIFICATO RIEMPITO CON LANA DI ROCCIA PTH PLANA+ 30 - 0,08 PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO
- 4 - SIGILLATURA DELL'ULTIMO CORSO DI MURATURA SOTTO IL CORDOLO DA REALIZZARSI CON MALTA TERMICA O SCHIUMA POLIURETANICA AD ALTA DENSITA'
- 5 - SOTTOBANCALE ISOLATO
- 6 - ARCHITRAVATURA REALIZZATA CON TRAVETTI IN LATEROCEMENTO OPPORTUNAMENTE COIBENTATI
- 7 - ANCORAGGIO DI COLLEGAMENTO DEI PARAMENTI MURARI ESTERNI CON LE TRAMMEZZATURE INTERNE

Sezione orizzontale

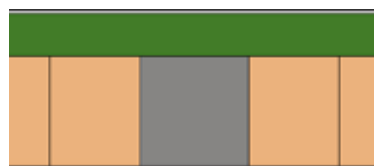




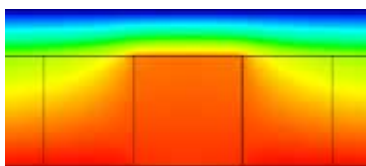
U
0,17 W/m²K

Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia

Materiale	Spessore	Conducibilità termica	Densità
	mm	W/mK	Kg/m³
Finitura silossanica cappotto	5	0,3	1500
Cappotto in lana di roccia	120	0,036	115
Pth BIO PLAN 30 ETICS	300	0,14	880
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	495		
Trasmittanza termica [W/m²K]			0,17
Massa superficiale [Kg/m²]			317,6
Sfasamento [ore]			19,03
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			0,038



Test = - 5°C



Tint = 20°C

Tint min = 19,0°C

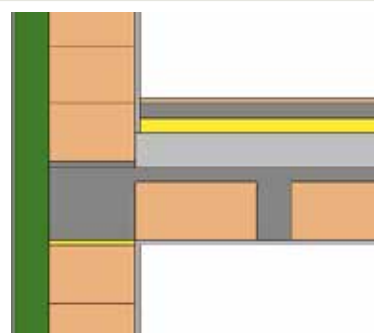
PILASTRO

Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell'isolante applicato "a cappotto". Si consiglia di applicare la malta anche sui fianchi dei blocchi che sono affiancati ai pilastri per una migliore prestazione acustica.

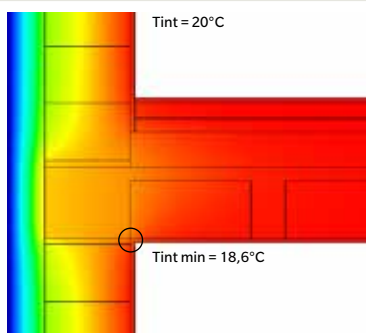
$\psi_e = 0,044$

verifica condensa OK

verifica muffa OK



Test = - 5°C



Tint = 20°C

Tint min = 18,6°C

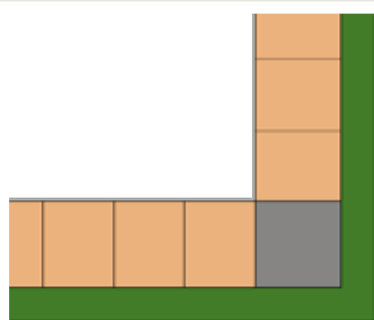
TRAVE DI BORDO

Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell'isolante applicato "a cappotto". Si consiglia di sigillare lo spazio che rimane tra l'ultimo corso di blocchi e il trave con malta termica o schiuma poliuretanica ad alta densità.

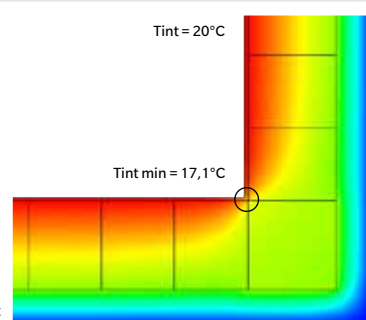
$\psi_e = 0,027$

verifica condensa OK

verifica muffa OK



Test = - 5°C



Tint = 20°C

Tint min = 17,1°C

ANGOLO

Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell'isolante applicato "a cappotto". Si consiglia di applicare la malta anche sui fianchi dei blocchi che sono affiancati ai pilastri

$\psi_e = -0,038$

verifica condensa OK

verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termogrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro* (Dartwin)

Ponte termico verticale: attacco a terra

Le fondazioni e le pareti contro terra devono essere isolate termicamente se il volume della zona interrata, seminterrata o a diretto contatto con il terreno non fa parte del volume riscaldato.

Fondazione a platea: generalmente si procede all'isolamento della platea sulla parte inferiore (è sempre bene isolare sul lato freddo dell'involucro). E' opportuno utilizzare materiale isolante ad alta resistenza meccanica (XPS o vetro cellulare) posizionato sopra uno strato di malta impermeabilizzante. In alternativa si possono utilizzare materiali isolanti sfusi (argilla espansa o granulato di vetro cellulare) posizionati sopra uno strato di ghiaia con l'inserimento di uno strato di tessuto-non-tessuto per evitare il contatto del materiale isolante con la terra; sopra questo strato isolante viene poi realizzato il getto della platea.

Fondazioni continue: nel caso di fondazioni continue si può utilizzare lo stesso sistema adottato per le fondazioni a platea con materiale isolante sfuso oppure

isolare termicamente al di sopra del solaio contro terra; in questo caso rimane però un ponte termico tra il solaio e la parete (vedi esempi).

Per correggere questo ponte termico si può isolare termicamente la parete del locale riscaldato, sul lato interno, oppure predisporre uno strato di materiale isolante tra il primo corso di blocchi e il solaio in modo da realizzare un taglio termico tra la parete e il solaio di fondazione. Anche in questo caso si utilizzerà materiale isolante ad alta resistenza meccanica (XPS o vetro cellulare).

L'ultima possibilità, in alternativa al taglio termico con un pannello isolante, è quella di utilizzare, come primo (ed eventualmente secondo) strato di blocchi che compongono la parete, dei blocchi coibentati o riempiti di materiale isolante all'interno dei fori (perlite o polistirolo in genere). L'operazione di riempimento dei fori viene fatta, a meno di non utilizzare blocchi già riempiti, direttamente in cantiere, ed è la soluzione consigliata nel caso di murature portanti sismiche o armate.

Nel caso poi di getti di solaio continui tra solaio contro terra e solaio del marciapiede esterno, è bene andare a coibentare anche lo stesso marciapiede per una lunghezza di almeno 1 m.

Di seguito vengono presentate alcune proposte per la correzione del ponte termico in corrispondenza degli attacchi a terra per le configurazioni di muratura portante e di tamponamento nelle soluzioni monostrato e con cappotto. Le soluzioni indicate, in particolare, si riferiscono alle stratigrafie già oggetto di studio nelle pagine precedenti:

[Pth BIO PLAN 38 T9;](#)

[Pth BIO Evolution 30 con cappotto.](#)

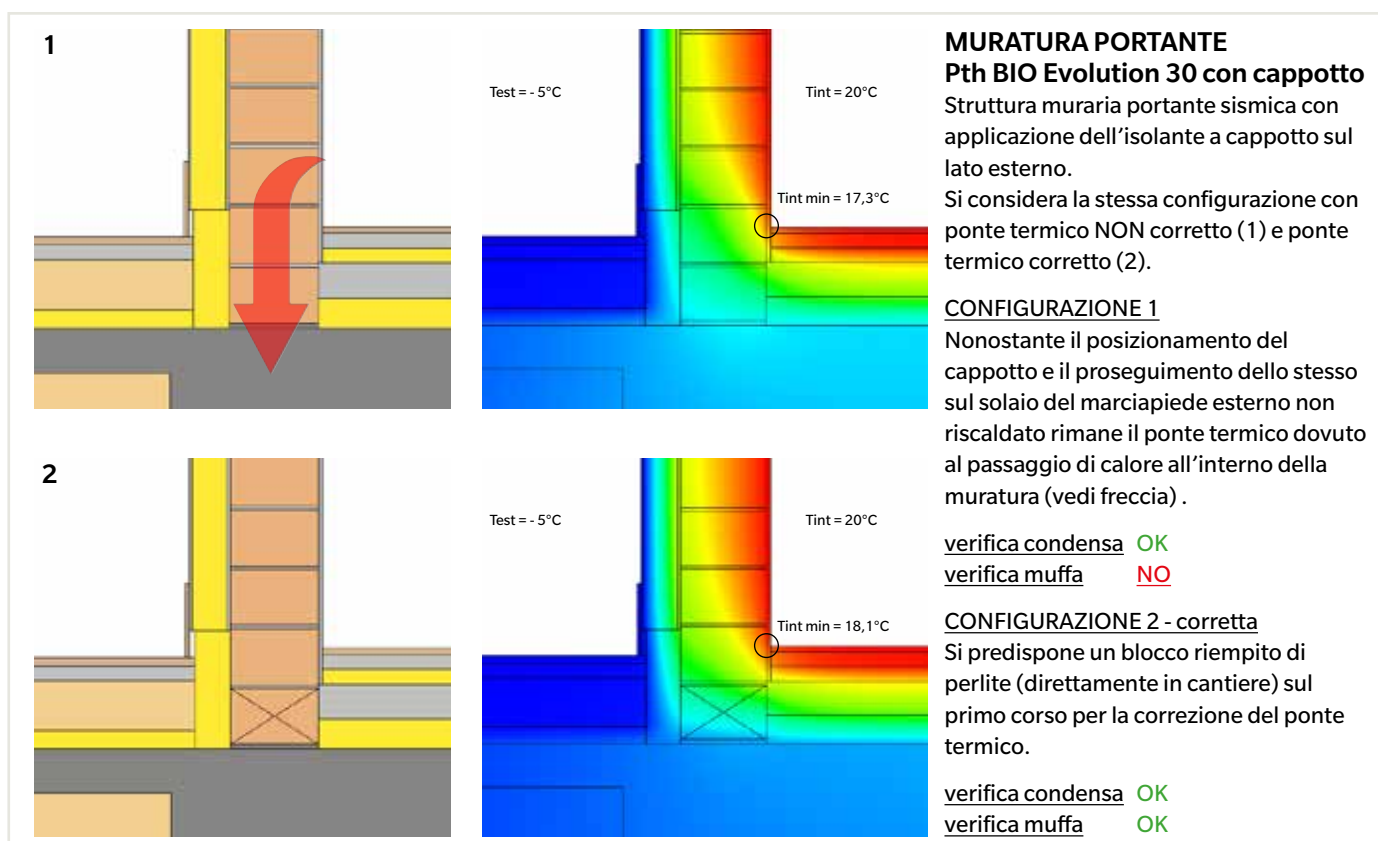
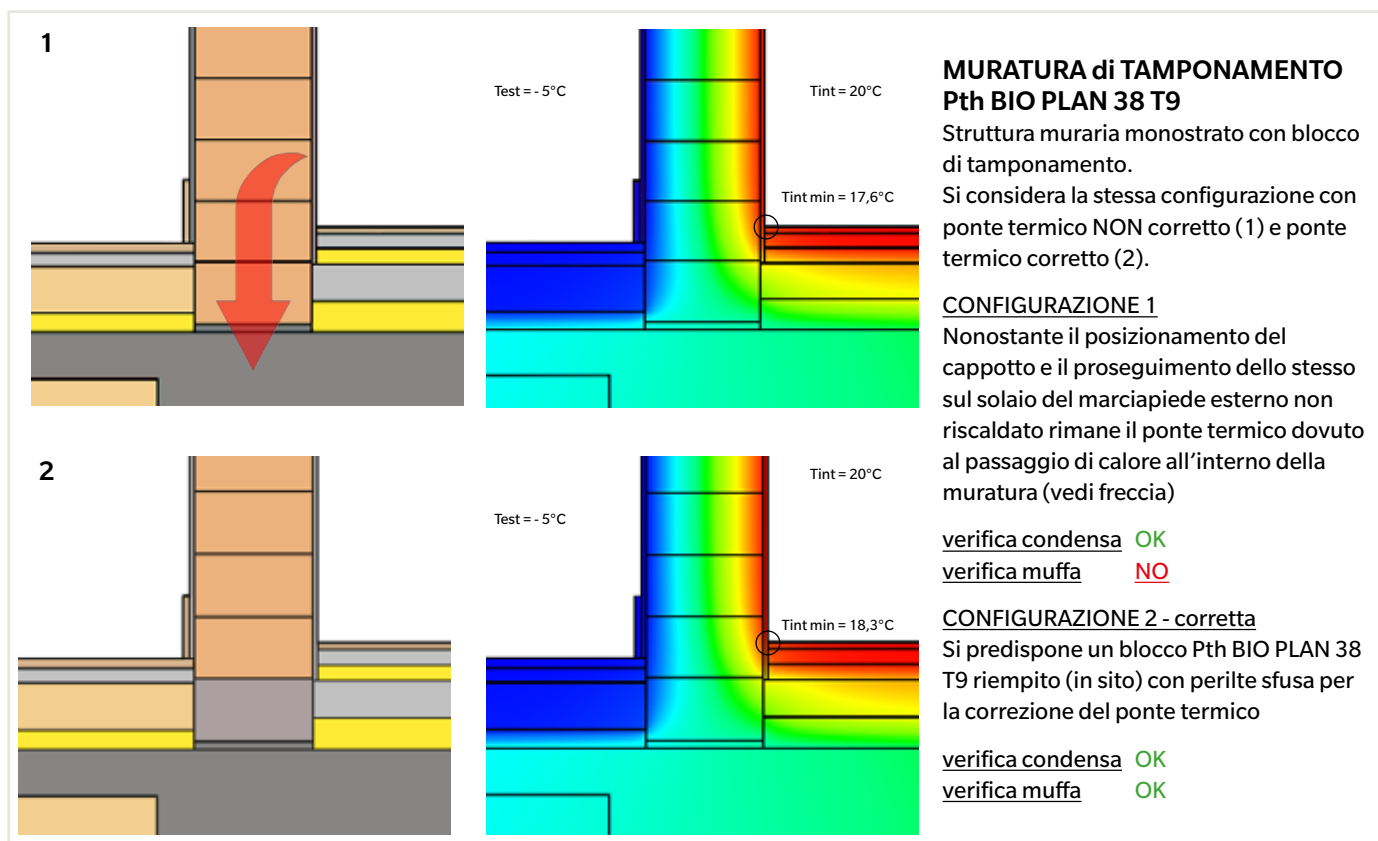
I risultati sono tuttavia esportabili ad altre configurazioni simili con prodotti diversi

NB: per l'attacco a terra delle murature doppie o pluristrato (con isolante in intercapedine), si procede nello stesso modo delle murature con cappotto.

Perlite sfusa

Perlite espansa a granulometria media (1 - 2 mm nominali), naturale, atossica, inerte, leggera, termoisolante, non combustibile, ottenuta con un processo di espansione termica di una varietà specifica di roccia vulcanica effusiva: viene utilizzata prevalentemente per isolamenti termici, in particolare come riempimento del primo corso della muratura per la risoluzione del ponte termico verticale all'attacco a terra.





I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro* (Dartwin)



Costruzioni in muratura

Quadro normativo e progettazione

Quadro normativo italiano sulle costruzioni

UNI EN 1996-1-1:2022 Parte 1-1 (Eurocodice 6)

Regole generali per strutture di muratura armata e non armata

UNI EN 1998-1-2013 Parte 1 (Eurocodice 8)

Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici

UNI EN 771-1:2015

Norma armonizzata per elementi per muratura - Parte 1: Elementi di laterizio per muratura

D.M. 31/07/2012

Appendici nazionali agli Eurocodici. Parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici

D.M. 17/01/2018

Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare 21/01/2019 n.7 C.S. LL. PP

Istruzioni per l'applicazione dell' Aggiornamento delle "Norme tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018

NTC 2018

In Italia è in vigore dal 22 Marzo 2018 il testo definitivo del **D.M. 17/01/2018: Norme Tecniche per le Costruzioni**, che racchiude tutte le precedenti normative in materia di costruzioni (es. D.M. 14/01/2008).

Le NTC 2018 disciplinano quindi, sia i materiali che le metodologie di calcolo da impiegare per realizzare costruzioni su tutto il territorio nazionale.

In dettaglio, per quanto attiene al laterizio, i capitoli da considerare sono:

- **Cap. 4.5** Caratteristiche e tipologie dei materiali;
- **Cap. 7.8** Modalità costruttive, criteri progettuali e requisiti geometrici degli organismi strutturali;
- **Cap. 11.10** Criteri di accettazione in cantiere e prove da effettuare sui prodotti ad uso strutturale.

Eurocodici e Appendici Nazionali

UNI EN 1996-1-1:2022 Parte 1-1 (Eurocodice 6, Regole generali per strutture di muratura armata e non armata) e l'UNI EN 1998-1:2013 Parte 1 (Eurocodice 8, Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici) con le relative Appendici Nazionali costituiscono indicazioni di comprovata validità e **forniscono il sistematico supporto applicativo delle NTC 2018.**



Classificazione dei blocchi in laterizio

Gli elementi in laterizio per strutture murarie vengono classificati in base alla percentuale di foratura φ , la quale coincide, nel caso dei blocchi in laterizio estrusi, con la percentuale in volume dei vuoti come definita dalla norma UNI EN 772-9:2007.

Vengono definiti elementi:

- **pieni** ($\varphi \leq 15\%$)
- **semipieni** ($15\% \leq \varphi \leq 45\%$)
- **forati** ($45\% \leq \varphi \leq 55\%$)

Gli elementi pieni e semipieni possono essere impiegati come portanti in ogni zona sismica, gli elementi forati possono assumere funzione portante solamente in siti ricadenti in zona a bassissima sismicità (caratterizzati da un valore dell'accelerazione di ancoraggio dello spettro elastico $a_g S \leq 0,075g$), mentre sono da escludere per scopi strutturali elementi con foratura maggiore del 55%, i quali possono assumere esclusivamente funzione di tamponamento all'interno di strutture portanti in cemento armato o in acciaio.

NTC 2018 - Tab. 4.5.1a Classificazione degli elementi in laterizio		
Elementi	Percentuale di foratura φ	Area f della sezione normale del foro
Pieni	$\varphi \leq 15\%$	$f \leq 9 \text{ cm}^2$
Semipieni	$15\% \leq \varphi \leq 45\%$	$f \leq 12 \text{ cm}^2$
Forati	$45\% \leq \varphi \leq 55\%$	$f \leq 15 \text{ cm}^2$



Mattone pieno $\varphi \leq 15\%$



Blocco semipieno $15\% \leq \varphi \leq 45\%$



Blocco forato $45\% \leq \varphi \leq 55\%$



Rischio sismico: pericolosità, esposizione e vulnerabilità sismica

La **sismicità** è una caratteristica intrinseca di un territorio e indica la frequenza e la forza con cui si manifestano i terremoti. Se conosciamo la frequenza e l'energia associate ai terremoti che caratterizzano un territorio, analizzando gli eventi in modo probabilistico, possiamo definirne la **pericolosità sismica**; questa sarà tanto più elevata quanto più probabile è il verificarsi di un terremoto di elevata magnitudo, a parità di intervallo di tempo considerato. Le conseguenze di un terremoto per un edificio dipendono anche dalle proprietà di risposta all'azione sismica da parte

delle strutture: la predisposizione di una costruzione ad essere danneggiata si definisce **vulnerabilità** ed è funzione della tipologia costruttiva, della progettazione e della qualità dei materiali utilizzati per la costruzione.

Infine, la maggiore o minore presenza di beni esposti al rischio, la possibilità cioè di subire un danno economico ai beni culturali e la possibile perdita di vite umane, è definita **esposizione**.

Il rischio sismico è determinato dalla combinazione di questi tre

fattori (pericolosità, vulnerabilità e dell'esposizione) e misura i danni attesi in un dato intervallo di tempo, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti).

L'Italia ha una pericolosità sismica medio-alta dovuta a frequenza ed intensità degli eventi sismici, una vulnerabilità molto elevata ed un'esposizione altissima, dovuta sia alla densità abitativa che al patrimonio storico ed artistico.

Pericolosità, esposizione e vulnerabilità: caratteristiche generali

Pericolosità sismica caratteristiche del terremoto	Esposizione caratteristiche del sito	Vulnerabilità caratteristiche strutturali
frequenza e forza del terremoto; PGA (accelerazione di picco); durata del moto; energia liberata; distanza dall'epicentro.	geologia dei terreni attraversati; caratteristiche del suolo al sito; densità di popolazione e importanza architettonica.	periodo di oscillazione e smorzamento della struttura; età e tecnologia costruttiva; dettagli costruttivi.

Pericolosità sismica in Italia: evoluzione normativa

Secondo l'ordinanza P.C.M. del 20 marzo 2003 n. 3274, i Comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali, in base al loro rischio sismico, calcolato in base al **PGA** (*Peak Ground Acceleration*: picco di accelerazione al suolo) e per frequenza ed intensità degli eventi. La classificazione dei Comuni è in continuo aggiornamento man mano che vengono effettuati nuovi studi in un determinato territorio.

Zona	sismicità	ag
1	alta	> 0,25g
2	media	fra 0,15g e 0,25g
3	bassa	fra 0,05g e 0,15g
4	molto bassa	< 0,05g

Tra esse la **zona 1** è quella di pericolosità più elevata, potendosi verificare eventi molto forti, anche di tipo catastrofico. A rischio risulta anche la **zona 2**, dove gli eventi sismici, seppur di intensità minore, possono creare gravissimi danni. La **zona 3** è caratterizzata da una bassa sismicità, che però in particolari contesti geologici può vedere amplificati i propri effetti. Infine,

la **zona 4** è quella che nell'intero territorio nazionale presenta il minor rischio sismico, essendo possibili sporadiche scosse che possono creare danni con bassissima probabilità.

Sparisce in tal modo la suddivisione del territorio italiano secondo la normativa precedente sulle costruzioni in zona sismica (D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996) che prevedeva, tra l'altro, una cospicua zona di territorio non classificata e considerata pertanto NON sismica.

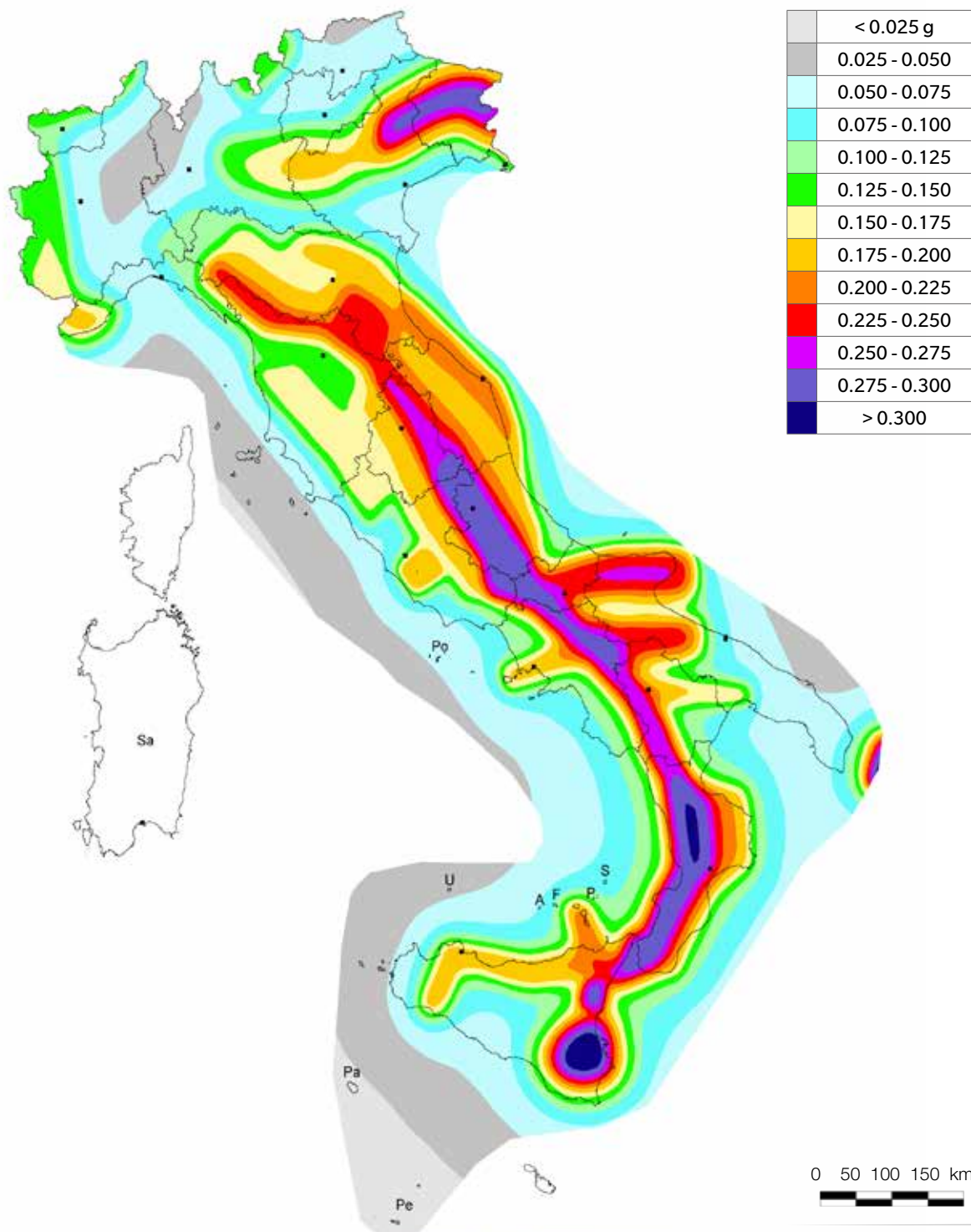
Il **D.M. 14 gennaio 2008** (Norme Tecniche per le Costruzioni) introduce una nuova metodologia per definire la pericolosità sismica di un sito e, conseguentemente, le azioni sismiche di progetto per le nuove costruzioni e per gli interventi sulle costruzioni esistenti. Il territorio nazionale è stato suddiviso mediante una maglia di punti notevoli, al passo di 10 km, per ognuno dei quali sono noti i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta per i diversi stati limite di riferimento (tra i quali, la già

citata ag). Mediante un procedimento di interpolazione tra i dati relativi ai quattro punti del reticolo più vicini al sito in esame, è possibile risalire alle caratteristiche spettrali specifici del sito stesso, necessari come dati di input per la progettazione strutturale.

In seguito alla nuova classificazione, tutte le regioni italiane (compresa la Sardegna) risultano a rischio sismico. In tutto il territorio nazionale vige quindi l'obbligo di progettare le nuove costruzioni e intervenire sulle esistenti con il metodo di calcolo semiprobabilistico agli stati limite e tenendo conto dell'azione sismica. Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni **D.M. 17/01/2018** (NTC 2018) eliminano completamente la divisione in zone sismiche. Di conseguenza il metodo agli Stati Limite sarà applicato in tutta Italia. Limitatamente alle zone caratterizzate da $agS < 0.075$ si semplifica la verifica sismica richiedendo la sola verifica allo Stato Limite di salvaguardia della vita (SLV) con una combinazione di carichi semplificata.

Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Gruppo di Lavoro MPS, 2004)

Espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi
(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)



Fonte: Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003.
Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

Dichiarazione di prestazione (DoP)

Dal 1 luglio 2013 è entrato in vigore il regolamento europeo 305/2011 sui prodotti da costruzione, che sostituisce la vecchia direttiva 89/106. Alla luce di questa nuova regolamentazione, per ogni prodotto da costruzione si rende obbligatoria la cosiddetta **DoP** (*Declaration of Performance*) o **Dichiarazione di Prestazione** che sostituisce la vecchia dichiarazione di conformità. Questa accompagna la **marcatrice CE** dei prodotti da costruzione. Oltre ad attestare la conformità del prodotto ad un certo processo di verifica, il produttore certifica che quel determinato prodotto, se utilizzato correttamente, soddisfa certe caratteristiche. Nelle NTC 2018 sono indicate due categorie di conformità dei prodotti da muro: **Categoria I** e **Categoria II**.

Categoria II: Controllo di produzione in fabbrica (FPC) e prove iniziali di tipo.

Categoria I: Controllo di produzione in fabbrica (FPC), prove iniziali di tipo e certificazione del sistema FPC da parte di un organismo esterno competente (TUV

nel caso di wienerberger) che, attraverso l'ispezione iniziale della fabbrica e una sorveglianza continua (1 volta l'anno), valuta e approva il sistema di controllo interno con particolare attenzione (nel caso dei laterizi da muratura) a resistenza a compressione e stabilità dimensionale.

La Categoria I è quindi sinonimo di un materiale da costruzione con prestazioni controllate e garantite con vantaggi sui coefficienti di sicurezza in fase di progettazione.

Gli elementi di Categoria I infatti hanno una resistenza alla compressione dichiarata, determinata tramite il valore medio o il valore caratteristico, e una probabilità di insuccesso nel raggiungerla non maggiore del 5%. Gli elementi di categoria II non soddisfano questo requisito.

L'uso di elementi per muratura portante di Categoria I e II è subordinato quindi all'adozione, nella valutazione della resistenza di progetto, del corrispondente coefficiente di sicurezza (Tab.4.5.II).

NTC 2018 - Tab. 11.10.I - Categorie di conformità

Specifica tecnica Europea di riferimento	Categoria	Sistema di Attestazione della Conformità
frequSpecifica per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata, pietra naturale UNI EN 771-1, 771-2, 771-3, 771-4, 771-5, 771-6.	CATEGORIA I	2+
	CATEGORIA II	4

NTC 2018 - Tab. 4.5.II - Coefficienti parziali di sicurezza del materiale

Materiale	Classe di esecuzione	
	1	2
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a prestazione garantita	2,0	2,5
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a composizione prescritta	2,2	2,7
Muratura con elementi resistenti di categoria II, ogni tipo di malta	2,5	3,0

wienerberger già da anni ha preso l'impegno di classificare i propri prodotti come **marcati CE in Categoria I**. Vengono quindi svolte rigide e severe prove di laboratorio interne su ogni lotto di produzione, per garantire elevati standard qualitativi e uniformità di prestazioni su

tutti i materiali prodotti.

Si è quindi deciso di cogliere l'introduzione dell'obbligo di allegare ai materiali da costruzione la **Dichiarazione di Prestazione (DoP)** quale occasione per fornire informazioni precise sulla qualità di

ogni lotto prodotto: una "carta d'identità" chiara e trasparente per ogni soluzione offerta da wienerberger, in accordo con la **Normativa di riferimento UNI EN 771-1:2015**.

Accettazione dei blocchi in cantiere

Nel capitolo 11.10.1.1 delle NTC 2018 si stabilisce che il Direttore dei Lavori è tenuto a far eseguire delle **prove di accettazione sugli elementi per muratura portante** pervenuti in cantiere. Queste prove sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, con lo scopo di accertare che gli elementi da mettere in opera abbiano le caratteristiche dichiarate dal produttore: nel caso specifico **testando la resistenza media f_{bm} o la resistenza caratteristica a compressione del blocco f_{bk}** .

Il controllo della f_{bm} o della f_{bk} deve essere fatto su almeno un campione per ogni 350 m³ di fornitura per elementi di Categoria II, e per ogni 650 m³ per elementi di Categoria I.

Controllo della resistenza media f_{bm}

Il campione sarà costituito da n elementi ($n \geq 6$) da sottoporre a prova di compressione. Per ogni campione siano $f_1, f_2, \dots, f_n$ le resistenze a compressione degli elementi con $f_1 < f_2 < \dots < f_n$; il controllo si considera positivo se risultano verificate entrambe le disuguaglianze:

$$(f_1 + f_2 + \dots + f_n) / n \geq f_{bm}$$

$$f_1 \geq 0,80 f_{bm}$$

dove f_{bm} è la resistenza media a compressione dichiarata dal fabbricante.

Controllo della resistenza caratteristica f_{bk}

Per ogni campione siano $f_1, f_2, \dots, f_6$ le resistenze a compressione dei sei elementi con $f_1 < f_2 < \dots < f_6$; il controllo si considera positivo se risulta verificata la seguente disuguaglianza: $f_1 \geq f_{bk}$, dove f_{bk} è la resistenza caratteristica a compressione dichiarata dal fabbricante.

Le modalità di prova sono riportate nella UNI EN 772-1:2015. Risulta quindi importante utilizzare prodotti che abbiano standard qualitativi costanti nel tempo. Per questo wienerberger adotta una procedura di controllo FPC dei prodotti particolarmente severa, con prove di laboratorio molto più frequenti rispetto ai minimi imposti dalla normativa di riferimento (UNI EN 771-1).

Tracciabilità di prodotto

Per rendere più chiari, leggibili e tracciabili i dati tecnici relativi ad ogni lotto di produzione, dal 1° luglio 2013 su tutti i bancali di laterizi wienerberger viene apposta un'etichetta che fornisce univocamente tutti i dati richiesti dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP). L'etichetta, oltre ai dati sintetici del singolo prodotto, contiene un **QR code** che reindirizza direttamente sul sito nella sezione dedicata alle sue caratteristiche tecniche [wienerberger.it/servizi/cartigli-ce-dop].



Determinazione della resistenza caratteristica

Si definisce **resistenza caratteristica** quella resistenza al di sotto della quale ci si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza. La **resistenza di rottura a compressione** di un singolo elemento è data dalla seguente espressione:

$$f_{bl} = N / A$$

dove N è il carico di rottura applicato in direzione ortogonale al piano di posa e A è l'area lorda della sezione normale alla direzione di carico.

Il valore della resistenza caratteristica dei blocchi nella direzione dei carichi verticali f_{bk} si ricava dalla formula seguente, applicata ad un numero minimo di **30 elementi**:

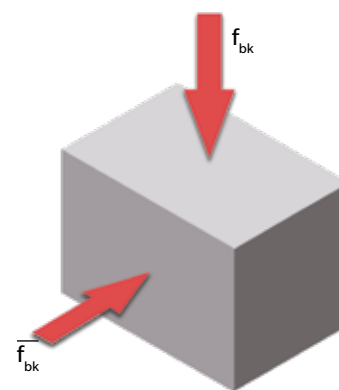
$$f_{bk} = f_{bm} (1 - 1,64 \delta)$$

dove f_{bm} è la media aritmetica della resistenza dei singoli elementi f_{bi} , $\delta = (s / f_{bm})$ è il coefficiente di variazione e s è la stima dello scarto quadratico medio (funzione degli n elementi provati).

Il valore di f_{bk} non è accettabile per $\delta > 0,2$. La resistenza caratteristica a compressione dei blocchi in direzione ortogonale ai carichi verticali e nel piano della muratura contraddistinta dal simbolo $\bar{f}_{bk}$ sarà dedotta da quella media $\bar{f}_{bm}$ mediante la relazione:

$$\bar{f}_{bk} = 0,7 \bar{f}_{bm}$$

in cui la resistenza media f_{bm} sarà ricavata da prove su almeno **6 campioni**.



Resistenze caratteristiche dei blocchi in laterizio in direzione base (f_{bk}) e testa 1 ($\bar{f}_{bk}$)

Qualità di prodotto

Marcatura CE - Gli elementi per murature in laterizio - Sistema FPC

Gli elementi in laterizio destinati all'utilizzo in costruzioni di muratura, come ad esempio mattoni, blocchi e forati, sono sottoposti a marcatura CE come disciplinato dal Regolamento UE "Prodotti da Costruzione" numero 305/2011.

In sintesi, il produttore deve preliminarmente implementare un Sistema di Controllo del Processo di Produzione di

Fabbrica (FPC, *Factory Production Control*) ed effettuare prove in conformità alla Norma Armonizzata in base alla tipologia e alla destinazione d'uso del prodotto.

Il sistema di attestazione della conformità scelto da wienerberger è il Sistema 2+, poiché è quello che tutela maggiormente i clienti. Infatti, è l'unico sistema che prevede l'intervento di un Organismo

Notificato, nel nostro caso il TÜV Italia, per effettuare la prima ispezione e la sorveglianza continua del nostro sistema FPC.

Inoltre, solamente adottando un Sistema 2+ è possibile dichiarare la resistenza a compressione dei prodotti in Categoria I.

Le norme armonizzate applicabili ai prodotti in laterizio di wienerberger in Italia sono:

- UNI EN 771-1:2015.

Specifica per elementi per muratura.

Parte 1: Elementi di laterizio per muratura.

- UNI EN 15037-3:2011.

Prodotti prefabbricati di calcestruzzo, solai a travetti e blocchi.

Parte 3: Blocchi di laterizio.

Si fa notare che categorie di prodotti non rientrano nel campo di applicazione del Regolamento Prodotti da Costruzione, come ad esempio i tavelloni ed alcune categorie di blocchi da solaio.



Requisiti per la conformità del prodotto

Gli elementi per muratura di laterizio sono classificati in relazione alla loro massa volumica e all'utilizzo.

Nel caso di wienerberger Italia sono prodotti solamente elementi LD (*Low Density* - Bassa Densità) ovvero elementi da impiegare in murature protette dalla penetrazione dell'acqua, con massa volumica a secco lorda $\leq 1.000 \text{ kg/m}^3$.

Il produttore, per garantire la conformità dei propri prodotti alla UNI EN 771-1, dovrà inoltre dichiarare le prestazioni di ogni singolo prodotto, quali ad esempio:

- Dimensioni e tolleranze
- Resistenza a compressione e relativa categoria
- Configurazione
- Massa volumica
- Proprietà termiche ecc.

Gli elementi dichiarati in Categoria I, come detto, richiedono necessariamente un sistema di attestazione della conformità del FPC di tipo 2+, inoltre deve essere tale da garantire che il valore medio di resistenza a compressione dichiarato dal fabbricante sia garantito con un livello di confidenza del 95%: si noti che per

gli elementi dichiarati in Categoria II non è richiesto il rispetto di tale livello di prestazioni.

Il simbolo della marcatura CE deve comparire sull'elemento in laterizio o, in alternativa, sull'etichetta presente sulla confezione o sui documenti commerciali di accompagnamento.

I prodotti marcati CE devono essere accompagnati dalle informazioni relative alle prestazioni tramite un apposito cartiglio o DoP (*Declaration of Performance*).

Documentazione per la conformità del prodotto

Il fabbricante deve dimostrare la conformità del proprio prodotto ai requisiti della norma europea di riferimento e ai valori dichiarati per le proprietà di prodotto, esibendo idonea documentazione in relazione:

- Alle prove iniziali di tipo del prodotto (ITT) che possono essere test fisici, calcoli, valori tabellari, o combinazioni di questi.
- Al Sistema di Controllo della Produzione in Fabbrica (FPC).

Prove iniziali di tipo (ITT)

Le ITT sono necessarie sia per poter immettere un nuovo prodotto sul mercato sia nel caso intervengano delle importanti modifiche nel dosaggio o nella natura

delle materie prime e/o sulla geometria dell'elemento prodotto. I risultati di tali prove indicano quali valori di performance sia possibile dichiarare.

Sistema di controllo della produzione in fabbrica (FPC)

Il *Factory Production Control System* consiste nella serie di procedimenti per il controllo interno della produzione atti a garantire che i prodotti successivamente immessi sul mercato siano conformi ai requisiti specificati nelle norme armonizzate di riferimento, nel caso di wienerberger la UNI EN 771-1 (elementi a bassa densità in laterizio) e UNI EN 15037-3 (blocchi in laterizio per solaio a travetti), e ad altri requisiti interni eventualmente definiti.

Il Controllo di Produzione in Fabbrica (FPC) può essere di varie tipologie: da procedure mirate al controllo dei parametri del processo di produzione, al solo prodotto finito o alla combinazione di entrambi. Devono inoltre essere stabiliti le responsabilità e i poteri di tutti coloro che gestiscono, seguono e verificano le attività che andranno a incidere sulle prestazioni dei prodotti.

Il gruppo wienerberger

wienerberger si impegna nel dichiarare in Categoria I i propri prodotti in laterizio ogni volta in cui viene dichiarata la resistenza meccanica, quindi applicando un sistema di attestazione della conformità di tipo 2+ con l'intervento del controllo e della certificazione da parte di un Organismo Notificato (come la società di certificazione

TÜV Italia), ponendosi quindi sempre nelle condizioni più restrittive e controllate riguardo le normative vigenti, al fine di garantire ai clienti l'affidabilità che da sempre la contraddistingue.





Muratura portante ordinaria

Gli edifici in muratura portante si realizzano con elementi resistenti artificiali, i blocchi in laterizio, collegati da malta. Un insieme di elementi resistenti è organizzato in un elemento strutturale definito muratura.

L'insieme dei muri portanti di un edificio costituisce la struttura resistente rispetto alle sollecitazioni verticali e orizzontali.

I muri sono disposti in genere secondo due direzioni ortogonali, con le intersezioni tali da garantire un adeguato vincolo tra i muri stessi. A livello di piano i muri sono collegati da impalcati rigidi orizzontali realizzati da cordoli di piano e solai; i cordoli di piano hanno la funzione di trasmettere i carichi verticali dai solai ai muri verticali.

Importanza fondamentale assume l'organizzazione strutturale, tale da concepire l'edificio in muratura portante come una struttura tridimensionale.



I blocchi per la muratura portante

La morfologia dei blocchi usati per realizzare strutture in muratura portante, senza cioè l'utilizzo di intelaiatura e/o pareti in cemento armato, si può suddividere in tre categorie in funzione della forma dei blocchi stessi:

- blocchi **modulari**,
con le superfici verticali lisce, utilizzabili nel doppio spessore;
- blocchi **ad incastro con tasca di malta**,
con la superficie verticale ortogonale all'asse della muratura dotata di maschiatura;
- blocchi **rettificati ad incastro con tasca di malta**,
con le superfici orizzontali rettificate, quindi perfettamente planari e parallele, e con la superficie verticale ortogonale all'asse della muratura dotata di maschiatura.

Gli elementi da costruzione per l'impiego nella muratura portante devono possedere i requisiti indicati nel **capitolo 4.5.2.2** delle NTC 2018:

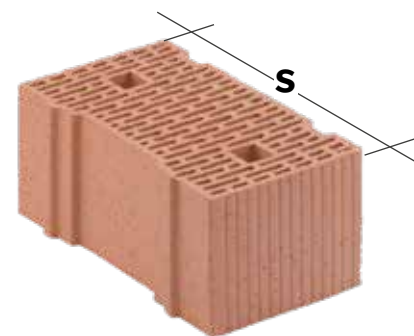
- foratura $\leq 55\%$;
- area massima di un foro pari a 15 cm^2 con esclusione dei fori di presa;
- possono essere rettificati sulla superficie di posa;
- spessore minimo dei setti interni (distanza minima tra due fori) 7 mm ;
- spessore minimo dei setti esterni (distanza minima dal bordo esterno al foro più vicino al netto dell'eventuale rigatura) 10 mm ;
- spessore del blocco $\geq 200 \text{ mm}$ (45% di foratura) o $\geq 240 \text{ mm}$ (55% di foratura);

Fatta eccezione per le costruzioni caratterizzate, allo SLV, da $a_g S \leq 0,075 \text{ g}$, gli elementi in laterizio devono inoltre rispettare le indicazioni del **capitolo 7.8.1.2** delle NTC 2018, da considerarsi integrative e non sostitutive:

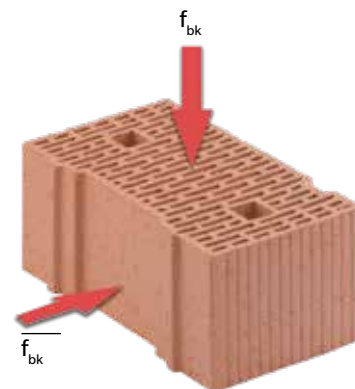
- foratura $\leq 45\%$, con setti paralleli al piano del muro continui e rettilinei;
- area massima di un foro pari a 12 cm^2 con esclusione dei fori di presa;
- resistenza caratteristica a compressione in direzione portante $f_{bk} \geq 5 \text{ MPa}$ o resistenza media normalizzata in direzione portante $f_b \geq 6 \text{ MPa}$;
- resistenza caratteristica a compressione nella direzione perpendicolare a quella portante $f_{bk} \geq 1,5 \text{ MPa}$;
- spessore del blocco $\geq 240 \text{ mm}$;

Riguardo la realizzazione della muratura è necessario poi soddisfare le seguenti ulteriori prescrizioni riferite alla **malta**:

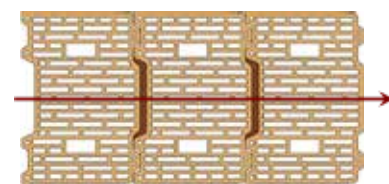
- malta di classe M5 o superiori;
- giunti orizzontali e verticali continui o con tasca



Spessori minimi s della muratura portante sismica: almeno 24 cm



Resistenze caratteristiche a compressione in direzione verticale (base - f_{bk}) e orizzontale (testa - f_{bk})



Muratura portante in zona sismica: soluzione con blocchi ad incastro. Si notano i setti rettilinei dei blocchi disposti parallelamente al piano del muro

In particolare:

i giunti verticali devono sempre avere uno spessore compreso tra 5 e 15 mm e possono essere realizzati anche con il riempimento della tasca di malta;

i giunti verticali possono essere ad incastro (non riempiti) esclusivamente per edifici caratterizzati, allo SLV, da $a_g S \leq 0,075 \text{ g}$, con due piani fuori terra e altezza massima di 7 m ;

la resistenza meccanica della muratura a compressione f_k ed a taglio f_{vk0} deve essere certificata da prove di laboratorio oppure può essere stimata dalle tabelle 11.10.VI e 11.10.VIII delle NTC 2018 se rispettate le condizioni richieste;

sono ammessi i blocchi rettificati con giunto orizzontale da 1 mm di spessore previa determinazione sperimentale della resistenza caratteristica a compressione della muratura e per edifici caratterizzati, allo SLV, da $a_g S \leq 0,15 \text{ g}$, con le seguenti limitazioni:

- altezza massima di interpiano pari a $3,5 \text{ m}$;
- altezza massima di $10,5 \text{ m}$ se $a_g S \leq 0,075 \text{ g}$ o di 7 m se $0,075 \text{ g} \leq a_g S \leq 0,15 \text{ g}$;
- numero di piani fuori terra ≤ 3 per $a_g S \leq 0,075 \text{ g}$ o ≤ 2 per $0,075 \text{ g} \leq a_g S \leq 0,15 \text{ g}$

I giunti di malta nella muratura portante

Le NTC 2018 indicano le caratteristiche della malta da impiegare nella muratura distinguendo in **malte a prestazione garantita** (Tab. 11.10.II e 11.10.III) e a **composizione prescritta** (Tab. 11.10.IV e 11.10.V).

In particolare, riguardo la muratura portante ordinaria, è necessario distinguere le malte anche in termini meccanici e in funzione della geometria dei giunti.

I **giunti orizzontali e verticali** devono essere **continui**, quindi ricoprire l'intera superficie del blocco, e compresi tra i 5 e i 15 mm; sono ammessi giunti diversi nel rispetto delle prescrizioni seguenti.

Caratteristiche meccaniche della malta e tipi di giunto

La malta di allettamento per murature portanti non deve avere resistenza media inferiore a **5 MPa** eccetto le zone caratterizzate da $a_g S \leq 0,075$ g.

Giunto orizzontale

Continuo

Copre l'intera superficie del blocco e deve essere compreso tra 5 e 15 mm; le caratteristiche meccaniche della muratura si stimano tramite la tabella 11.10.VI delle NTC 2018;

Interrotto

È realizzato mediante due strisce lungo le parti esterne della superficie del blocco non collegate tra loro; è ammesso solamente previa determinazione sperimentale delle caratteristiche meccaniche della muratura; se si vogliono eseguire giunti interrotti per migliorare le prestazioni termiche, la resistenza a compressione della muratura va opportunamente ridotta (Eurocodice 6; UNI EN 1996-1-1, paragrafi 3.6.1.3 e 3.6.2).

Continuo sottile

Hanno uno spessore compreso tra 0,5 e 3 mm e sono utilizzabili **SOLAMENTE** per la posa dei blocchi rettificati; sono ammessi per la muratura portante ordinaria (con le limitazioni sui blocchi rettificati indicate nella pagina precedente) previa determinazione sperimentale della resistenza caratteristica a compressione della muratura; nel sistema a blocchi rettificati vengono determinate in laboratorio le resistenze meccaniche di blocco, malta e muratura sia a compressione che a taglio.

Giunto verticale

Continuo

Come per il giunto orizzontale

Interrotto

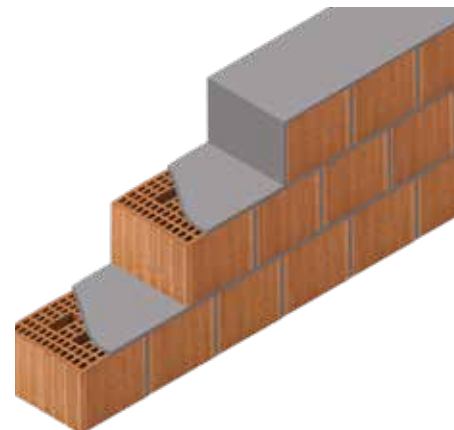
Come per il giunto orizzontale

Giunto ad incastro con tasca di malta

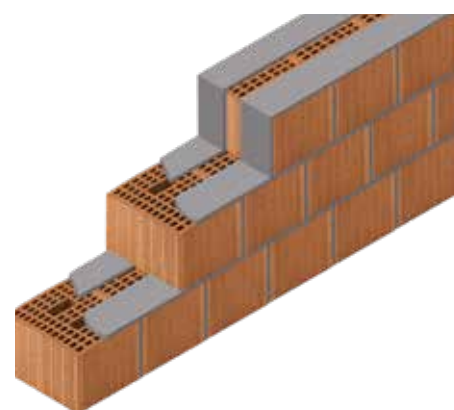
Il giunto verticale ad incastro con la presenza di una tasca da riempire con malta per uno spessore di almeno il 40% della larghezza del blocco è equivalente ad un giunto continuo (NTC 2018, capitolo 7.8.1.2).

Giunto ad incastro a secco

Cioè senza malta in verticale; è utilizzabile solo per edifici caratterizzati, allo SLV, da $a_g S \leq 0,075$ g, con due piani fuori terra e altezza massima di 7 m.



Giunto continuo



Giunto interrotto



Giunto sottile

Per quanto riguarda i blocchi rettificati per muratura portante, **wienerberger** propone una **malta cementizia speciale**, fornita assieme ai blocchi che appartiene alla **classe M 10** e presenta caratteristiche di resistenza a flessione e compressione media dopo 28 giorni pari a $R_m = 3,6$ MPa (Resistenza media a flessione) e $R_m = 13,8$ MPa (Resistenza media a compressione), denominata **Porotherm Malta Speciale**.

Caratteristiche meccaniche della muratura portante ordinaria

Le proprietà fondamentali per poter classificare una muratura portante e quindi poter descrivere il suo comportamento a livello meccanico e termico dipendono dalle caratteristiche dei materiali componenti, cioè i blocchi in laterizio e la malta dei giunti.

In dettaglio, le grandezze da considerare sono:

- Resistenza meccanica a compressione f_k ;
- Resistenza caratteristica a taglio in assenza di azione assiale f_{vk0} ;
- Modulo di elasticità normale secante E ;
- Modulo di elasticità tangenziale secante G .

Le resistenze caratteristiche si determinano per via tabellare o sperimentalmente in funzione del blocco e della malta impiegata.

Tipologie di muratura portante ordinaria

Nella tabella seguente si evidenziano le diverse soluzioni per realizzare una muratura portante, sia in zona sismica che non, utilizzando sia blocchi tradizionali modulari o ad incastro sia tecnologie innovative quali i blocchi rettificati. La muratura si differenzia per il tipo e lo spessore dei giunti di malta e per la determinazione dei suoi parametri meccanici.

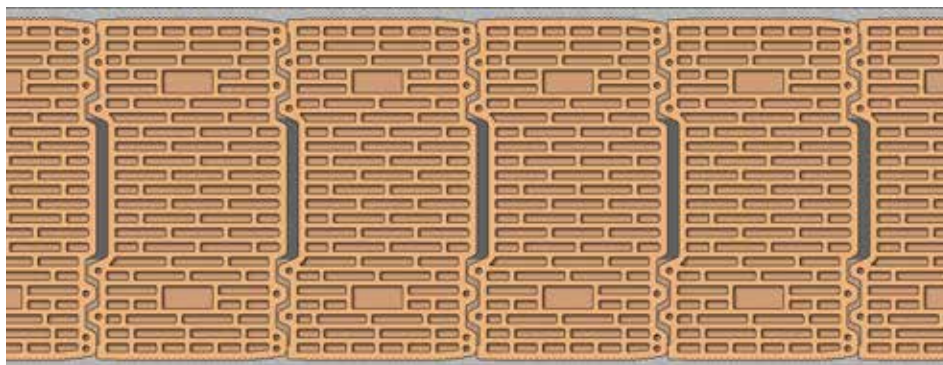


	Porotherm MODULARE	Porotherm BIO	Porotherm BIO PLAN
GIUNTI DI MALTA			
Giunto orizzontale	Continuo con spessore tra 5 e 15 mm	Continuo con spessore tra 5 e 15 mm	Giunto sottile di malta speciale di spessore 1 mm
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a composizione prescritta	Continuo con spessore tra i 5 ed i 15 mm	Riempimento della tasca di malta (*)	Con riempimento della tasca di malta (*)
RESISTENZE CARATTERISTICHE			
Resistenza caratteristica a compressione della muratura f_k	Derivabile dalla tabella 11.10.VI delle NTC 2018 in funzione della classe di malta e della resistenza caratteristica a compressione del blocco f_{bk}	Derivabile dalla tabella 11.10.VI delle NTC 2018 in funzione della classe di malta e della resistenza caratteristica a compressione del blocco f_{bk}	Determinata da prove sperimentali in laboratorio
Resistenza caratteristica a taglio della muratura f_{vk0}	Derivabile dalla tabella 11.10.VIII delle NTC 2018 in funzione della classe e del tipo di malta	Derivabile dalla tabella 11.10.VIII delle NTC 2018 in funzione della classe e del tipo di malta	Determinata da prove sperimentali in laboratorio o derivabile dalla tabella 11.10.VIII delle NTC 2018 in funzione della classe e del tipo di malta

Dettagli costruttivi

La tasca di malta

(*) Nell'immagine a fianco è possibile visualizzare il particolare esecutivo dell'utilizzo di **blocchi ad incastro in zona sismica**, sia rettificati che non: è consentito purché la posa avvenga in modo tale che i giunti verticali (tasche) risultino riempiti di malta di classe almeno M5. Il riempimento delle tasche verticali può essere evitato solo per gli edifici ricadenti in zone con, allo SLV, $a_g \leq 0,075 g$, con due piani fuori terra e altezza massima di 7 m.



Ammorsamenti d'angolo

Gli ammassamenti d'angolo per la muratura portante a incastro vengono realizzati in modo da garantire sempre uno sfalsamento dei giunti adeguato (vedi approfondimento "I giunti di malta nelle murature"). Pertanto, per i blocchi di spessore 38 e 35 cm, lo sfalsamento avviene senza la necessità dell'utilizzo dei mezzi blocchi; viceversa, i blocchi di spessore 30 o 45 cm devono essere sfalsati posizionando il mezzo blocco.



Ammorsamento d'angolo per blocchi di spessore 35, 38 e 40 cm



Ammorsamento d'angolo per blocchi di spessore 30, 42,5 e 45 cm

Ancoraggi metallici

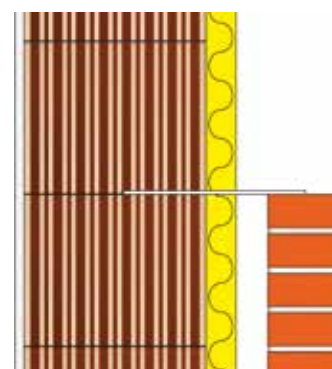
Gli ancoraggi metallici per la muratura devono essere opportunamente utilizzati in tutte le situazioni dove si richieda un collegamento più rigido all'interno della muratura. In particolare vengono utilizzati per vincolare i tamponamenti alle strutture portanti o alla pilastratura verticale. Vengono inoltre utilizzati come collegamento delle tramezzature interne alle murature perimetrali o ancora come collegamento delle contropareti (anche faccia a vista) alla muratura perimetrale principale, portante e non. Questi dispositivi nascono, in particolare, per l'utilizzo con i blocchi rettificati, per realizzare una connessione rapida e semplice delle murature perimetrali e di spina; sono disponibili nelle dimensioni 300x22x0,7 mm, e, grazie allo spessore ridotto, si inseriscono perfettamente all'interno dei giunti di malta sottile del sistema rettificato.

Sono utilizzabili anche per le murature montate a malta tradizionale.

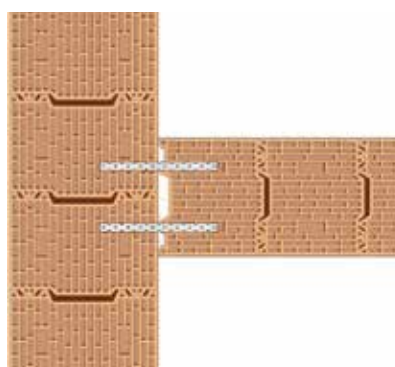
1



2



3



4



1. Ancoraggi per muratura (piatti e faccia a vista); 2. L'utilizzo dell'ancoraggio faccia a vista per il collegamento della cortina alla parete verticale; 3. L'utilizzo degli ancoraggi nelle murature di spina; 4. L'ancoraggio dei tramezzi interni alla muratura principale

Calcolo dei parametri meccanici della muratura portante ordinaria

I parametri meccanici della muratura si possono determinare per via sperimentale o mediante metodo tabellare (NTC 2018 Capitolo 11.10.3).

Se i giunti di malta ricadono nell'intervallo di spessore compreso tra 5 e 15 mm, la tabella delle NTC 2018 fornisce la resistenza caratteristica a compressione in funzione delle caratteristiche dei componenti (blocco e malta). Se invece il giunto di malta è sottile, cioè di spessore inferiore ai 5 mm, occorre eseguire una prova sperimentale, come nel caso dei blocchi rettificati.

Res. caratteristica a compressione: determinazione sperimentale (NTC 2018 11.10.3.1.1).

La resistenza caratteristica sperimentale a compressione si determina su n muretti ($n \geq 6$), che devono avere le stesse caratteristiche della muratura in esame e costituiti almeno da tre corsi di elementi resistenti, con le seguenti limitazioni:

- lunghezza (b) pari ad almeno due lunghezze di blocco;
- rapporto altezza/spessore (l/t) variabile tra 2.4 e 5.

Il provino, realizzato secondo le indicazioni delle NTC, viene posto fra i piatti della macchina di prova e, successivamente, caricato. Il carico deve essere applicato con una velocità di circa 0.5 MPa ogni 20 secondi. La resistenza caratteristica è data dalla relazione:

$$f_k = f_m - k s$$

con f_m resistenza media, s scarto quadratico medio e k coefficiente funzione del numero dei provini (vedi tabella).

n	6	8	10	12	20
k	2,33	2,19	2,1	2,05	1,93

La determinazione della resistenza caratteristica deve essere completata con la verifica dei materiali, da condursi come segue:

- malta: n . 3 provini prismatici 40x40x160 mm da sottoporre a flessione, e quindi a compressione sulle 6 metà risultanti, secondo la norma armonizzata UNI EN 1015-11:2019;
- elementi resistenti (blocchi): n . 10 elementi da sottoporre a compressione con direzione del carico normale al letto di posa, secondo la norma armonizzata UNI EN 772-1

Res. caratteristica a compressione: stima tramite tabelle

(NTC 2018 11.10.3.1.2).

Il valore di f_k può essere stimato dalla resistenza a compressione degli elementi e dalla classe di appartenenza della malta tramite la **Tabella 11.10.VI**. La validità di tale tabella è limitata a quelle murature a blocchi semipieni aventi giunti orizzontali e verticali riempiti di malta e di spessore compreso tra 5 e 15 mm. Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

NTC 2018 - Tab. 11.10.VI - Valori di f_k per murature

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento (N/mm ²)	Tipo di malta			
	M15	M10	M10	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	-

Res. caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali:

determinazione sperimentale

(NTC 2018 - cap. 11.10.3.2.1)

La resistenza caratteristica sperimentale a taglio si determina su n campioni ($n \geq 6$), seguendo sia, per la confezione che per la prova, le modalità indicate nella norma UNI EN 1052-3:2007 e, per quanto applicabile, UNI EN 1052-4:2001. In alternativa, la resistenza caratteristica a taglio può essere valutata con prove di compressione diagonale su n campioni di muratura ($n \geq 6$) seguendo, sia per la confezione che per la prova, le modalità indicate in normative di comprovata validità.

Res. caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali:

stima tramite tabelle

(NTC 2018 - cap. 11.10.3.2.2)

Il valore di f_{vk0} può essere dedotto, in funzione della resistenza a compressione degli elementi e del tipo e della classe di malta, tramite la Tabella 11.10.VIII. Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

NTC 2018 - Tab. 11.10.VIII - Resistenza caratteristica a taglio f_{vk0} (N/mm ²)			
Tipo di elemento resistente	Malta ordinaria di classe di resistenza data	Malta per strati sottili (giunto orizzontale $\geq 0,5$ mm e ≤ 3 mm)	Malta alleggetta
Laterizio pieno e semipieno	M10 - M20 0,30	0,30*	0,15
	M2,5 - M9 0,20		
	M1 - M2 0,10		

* valore valido per malte di classe almeno M10 e resistenza dei blocchi $f_{bk} \geq 5$ N/mm²

Resistenza caratteristica a taglio

(NTC 2018 - cap. 11.10.3.3)

In presenza di tensioni di compressione, la resistenza caratteristica a taglio della muratura, f_{vk} , è definita come resistenza all'effetto combinato delle forze orizzontali e dei carichi verticali agenti nel piano del muro e può essere ricavata tramite la relazione:

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \sigma_n$$

Moduli di elasticità secanti

(NTC 2018 - cap. 11.10.3.4)

Il modulo di elasticità normale secante della muratura è valutato sperimentalmente su n muretti ($n \geq 6$), seguendo sia per la confezione che per la prova le modalità indicate nella norma UNI EN 1052-1:2001. In sede di progetto, in mancanza di determinazione sperimentale, nei calcoli possono essere assunti i seguenti valori:

- modulo di elasticità normale secante

$$E = 1000 f_k$$

- modulo di elasticità tangenziale secante

$$G = 0,4 E$$

Resistenza a compressione e taglio della muratura portante: esempio di calcolo

Si riporta un esempio numerico che confronta i parametri meccanici ottenuti sulla muratura portante con blocchi tradizionali e con blocchi rettificati. Come si può notare dai risultati, la stima tabellare utilizzata per la muratura tradizionale è più cautelativa della prova sperimentale impiegata per la muratura rettificata.

Il metodo tabellare, infatti, è una stima e non una determinazione diretta come quella sperimentale, che fornisce maggiori garanzie in termini prestazionali e di sicurezza dei risultati.

Esempio: muratura portante di spessore 30 cm

Muratura portante ordinaria tradizionale

Blocco: Porotherm BIO MOD 30-25/19 (45%)

Resistenza caratteristica a compressione del blocco dichiarata

$$f_{bk} = 12 \text{ N/mm}^2$$

Malta tradizionale tipo M10

Giunto orizzontale continuo con spessore compreso tra i 5 ed i 15 mm

Giunto verticale continuo con spessore compreso tra i 5 ed i 15 mm

Resistenza caratteristica a compressione della muratura

$$f_k = 5,7 \text{ N/mm}^2$$

da interpolazione lineare della tabella 11.10.VI delle NTC 2018

Resistenza caratteristica a taglio della muratura in assenza di tensioni normali

$$f_{vk0} = 0,30 \text{ N/mm}^2$$

Stima dalla tabella 11.10.VIII delle NTC 2018.

Muratura portante ordinaria rettificata

Blocco: Porotherm BIO PLAN 30 ETICS

Resistenza caratteristica a compressione del blocco dichiarata

$$f_{bk} = 12 \text{ N/mm}^2$$

Malta speciale wienerberger tipo M10

Giunto orizzontale di 1 mm

Giunto verticale con riempimento della tasca di malta

Resistenza caratteristica a compressione della muratura

$$f_k = 7,2 \text{ N/mm}^2$$

Da prove di laboratorio in accordo con quanto richiesto dalle NTC 2018 - 11.10.3.1.1

Resistenza caratteristica a taglio della muratura in assenza di tensioni normali

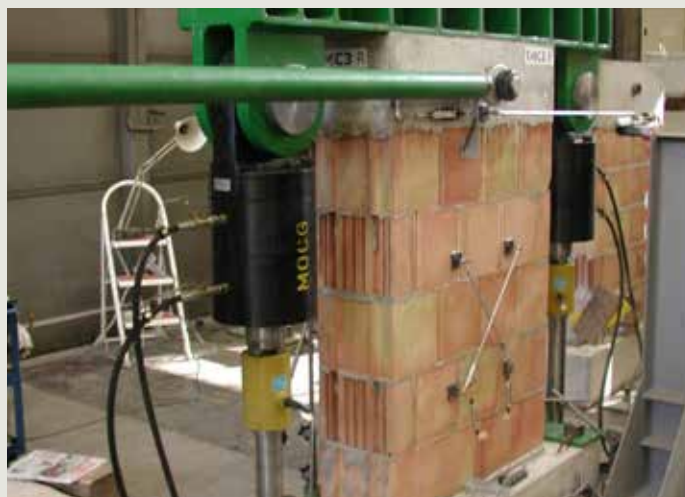
$$f_{vk0} = 0,40 \text{ N/mm}^2$$

Da prove di laboratorio in accordo con quanto richiesto dalle NTC 2018 - 11.10.3.2.1

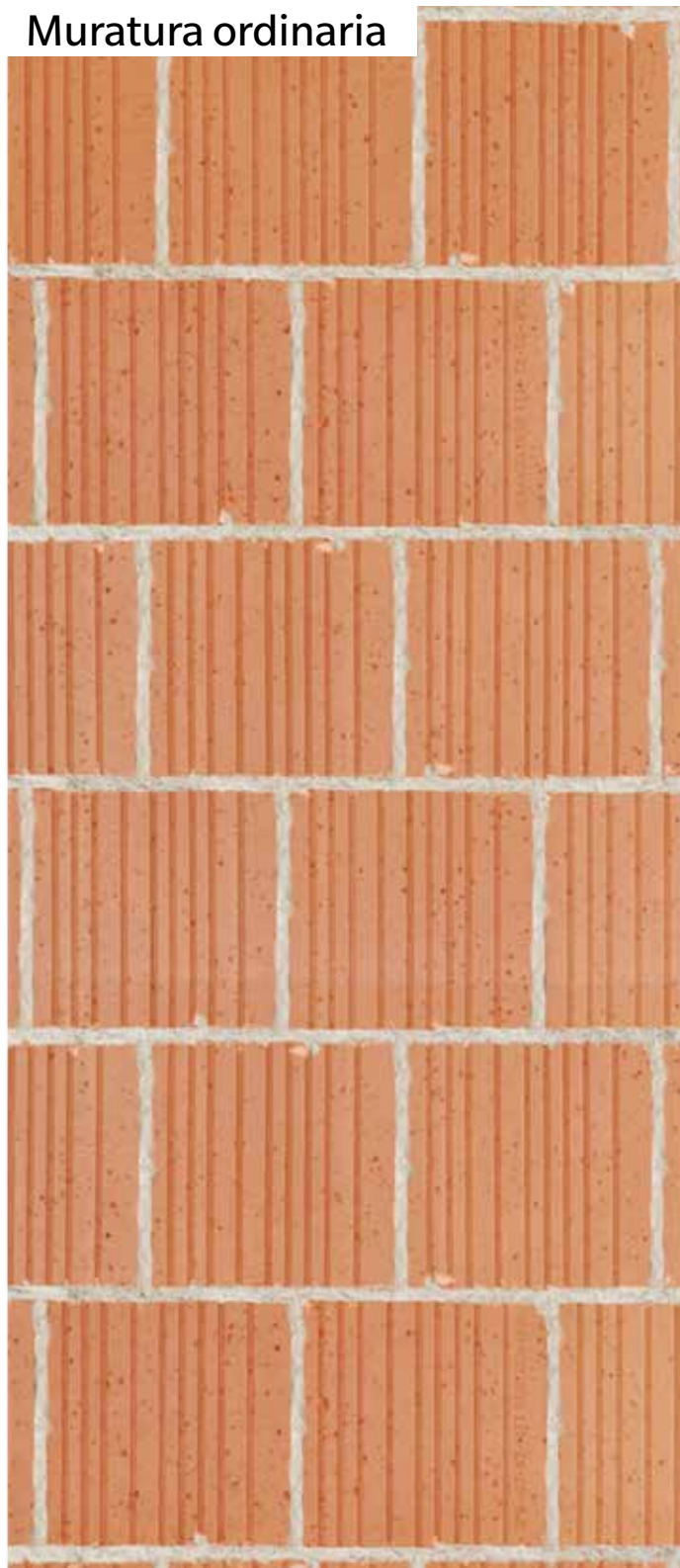
Confronto			
	Muratura tradizionale	Muratura rettificata	Incremento prestazionale rettificato su tradizionale
Resistenza a compressione	5,7	7,2	+26%
Resistenza a taglio	0,30	0,40	+100%

Le prove di laboratorio effettuate da wienerberger sui blocchi rettificati **Porotherm BIO PLAN portanti sismici** hanno fornito ottimi valori di resistenza: si garantiscono performance migliori rispetto a blocchi ad incastro non rettificati o a facce lisce (modulari) di analogo spessore posati con malta di analoghe caratteristiche meccaniche ma di spessore tradizionale.

wienerberger infatti ha testato sperimentalmente i blocchi rettificati portanti Porotherm BIO PLAN secondo quanto prescritto nelle NTC 2018 con scrupolose metodologie di prova. Come si può osservare dal confronto, si ottengono vantaggi prestazionali sia per la resistenza a compressione che per la resistenza a taglio della muratura, a cui si aggiunge il fatto di un sistema produttivo in categoria I che definisce dei valori di correzione meno cautelativi. I dati possono essere scaricati dal sito wienerberger.it/prodotti



Muratura ordinaria



Muratura rettificata

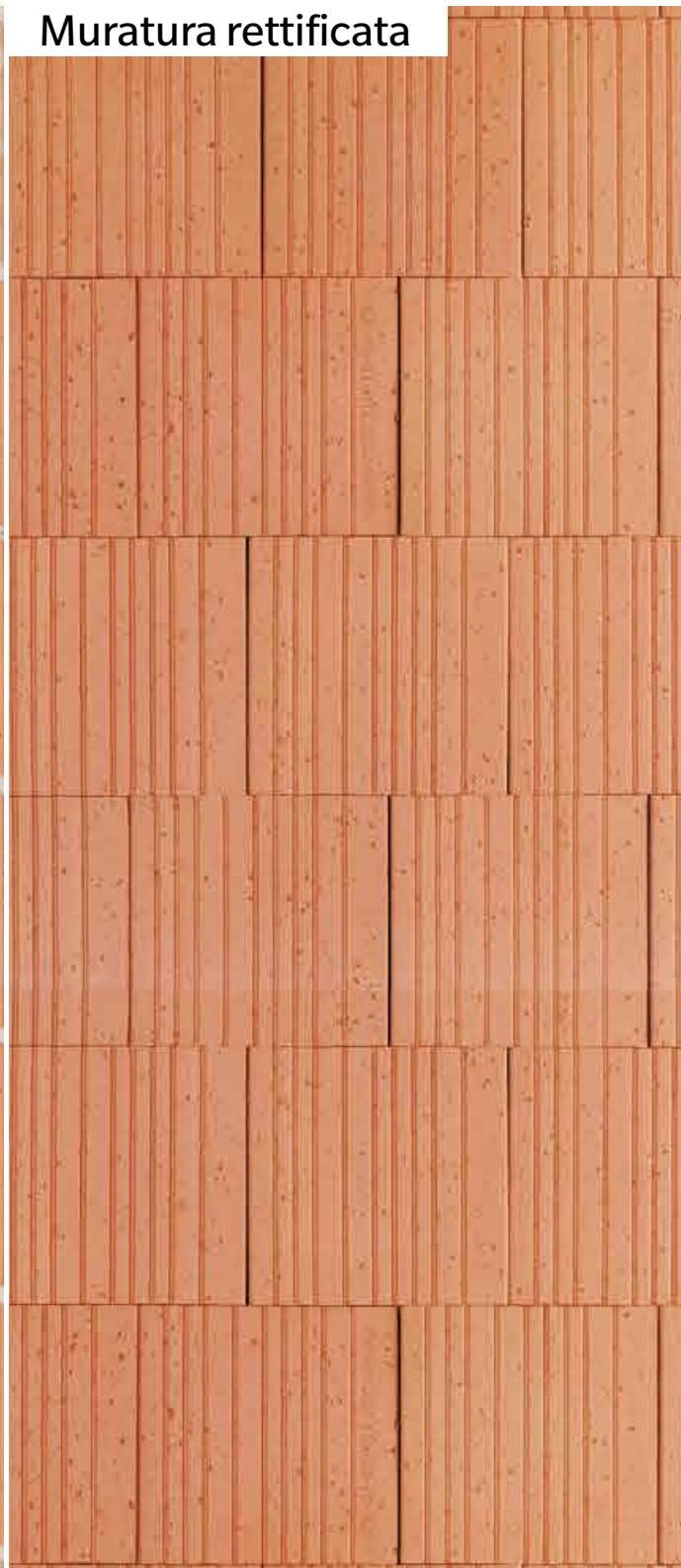


Immagine comparativa di murature realizzate con il sistema tradizionale (blocchi a facce lisce e giunti di malta sia in orizzontale che in verticale) e con il sistema rettificato (blocchi a incastro e giunto di malta sottile). Si veda anche l'approfondimento tecnico sulle prestazioni termiche nei due casi (pag. 37 del presente manuale)

Progettazione generale

Organizzazione strutturale

L'edificio in muratura portante deve essere concepito come una struttura tridimensionale. Pareti in muratura, solai e fondazioni devono essere collegati tra di loro in modo da resistere alle azioni verticali ed orizzontali. I pannelli murari sono considerati resistenti anche alle azioni orizzontali quando hanno una **lunghezza non inferiore a 0,3 volte l'altezza di interpiano**. I solai piani o con falde inclinate in copertura devono assicurare, per resistenza e rigidità, la ripartizione delle azioni orizzontali fra i muri di controventamento.

L'organizzazione dell'intera struttura deve essere tale da assicurare appropriata resistenza e stabilità ed un comportamento d'insieme "scatolare". Per garantire un comportamento scatolare, le pareti devono essere collegate al livello dei solai mediante cordoli di piano di calcestruzzo armato e, tra di loro, mediante ammorsamenti lungo le intersezioni verticali. Il collegamento fra la fondazione e la struttura in elevazione è generalmente realizzato mediante cordolo in calcestruzzo armato disposto alla base di tutte le murature verticali resistenti. È possibile realizzare la prima elevazione con pareti di calcestruzzo armato. Lo spessore dei muri portanti non può essere inferiore ai 20 cm nel caso di impiego di muratura in elementi in laterizio semipieni.

La **snellezza** convenzionale della parete, definita dal rapporto:

$$\lambda = h_0 / t$$

dove h_0 è la lunghezza libera di inflessione della parete valutata in base alle condizioni di vincolo ai bordi e t è lo spessore della parete, **non deve risultare superiore a 20**.

Analisi strutturale

La risposta strutturale è calcolata usando:

- analisi semplificate;
- analisi lineari, assumendo i valori secanti dei moduli di elasticità;
- analisi non lineari;

Per la valutazione di effetti locali è consentito l'impiego di modelli di calcolo relativi a parti isolate della struttura. Per il calcolo dei carichi trasmessi dai solai alle pareti e per la valutazione su queste ultime degli effetti delle azioni fuori dal piano, è consentito l'impiego di modelli semplificati.

Verifiche

Le verifiche sono condotte con le seguenti assunzioni:

- ipotesi di conservazione delle sezioni piane;
- la resistenza a trazione per flessione della muratura viene trascurata.

Le resistenze di progetto a compressione e taglio sono rispettivamente:

$$f_d = f_k / \gamma_M$$

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$$

con $f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \sigma_n$ essendo σ_n la tensione normale media dovuta ai carichi verticali sulla sezione di verifica.

Il coefficiente parziale di sicurezza γ_M è valutato in funzione della categoria dei blocchi e della classe di esecuzione, come già evidenziato.

Gli Stati Limite Ultimi da verificare sono:

- presso flessione per carichi laterali (resistenza e stabilità fuori dal piano);
- presso flessione nel piano del muro;
- taglio per azioni nel piano del muro;
- carichi concentrati;
- flessione e taglio di travi di accoppiamento.

Per la verifica a presso flessione per carichi laterali, la resistenza unitaria di progetto ridotta $f_{d,rid}$ riferita all'elemento strutturale si assume pari a

$$f_{d,rid} = \varphi f_d$$

in cui φ è il coefficiente di riduzione della resistenza del materiale in funzione della snellezza convenzionale λ e del coefficiente di eccentricità m .

NTC 2018 - Tab. 4.5.III - Valori del coefficiente φ					
Snellezza λ	Coefficiente di eccentricità $m = 6 e/t$				
	0	0,5	1,0	1,5	2,0
0	1,00	0,74	0,59	0,44	0,33
5	0,97	0,71	0,55	0,39	0,27
10	0,86	0,61	0,45	0,27	0,16
15	0,69	0,48	0,32	0,17	-
20	0,53	0,36	0,23	-	-

La lunghezza libera d'inflessione del muro h_0 è pari a:

$$h_0 = \rho h$$

in cui il fattore ρ tiene conto dell'efficacia del vincolo fornito dai muri ortogonali e h è l'altezza interna di piano; ρ assume il valore 1 per muro isolato, e i valori indicati nella tabella seguente quando il muro non ha aperture ed è irrigidito con efficace vincolo da due muri trasversali di spessore non inferiore a 200 mm, e di lunghezza l non inferiore a $0,3 h$, posti ad interasse a .

NTC 2018 - Tab. 4.5.IV - Valori del coefficiente ρ	
h/a	ρ
$h/a \leq 0,5$	1
$0,5 < h/a \leq 1,0$	$3/2 - h/a$
$1,0 < h/a$	$1/[1+(h/a)^2]$

Il coefficiente di eccentricità m è definito dalla relazione:

$$m = 6 e/t$$

essendo e l'eccentricità totale e t lo spessore del muro.

Le eccentricità dei carichi verticali sullo spessore della muratura sono dovute alle eccentricità totali dei carichi verticali, alle tolleranze di esecuzione ed alle azioni orizzontali.

Progettazione per azioni sismiche: criteri generali

Criteri generali di progettazione

Le costruzioni devono essere dotate di sistemi strutturali che garantiscano rigidità e resistenza nei confronti delle due componenti ortogonali orizzontali delle azioni sismiche, tenendo conto anche degli effetti torsionali derivanti dall'azione sismica stessa.

I solai orizzontali devono essere dotati di rigidità e resistenza tali da trasmettere le forze scambiate tra i diversi sistemi resistenti verticali.

Regolarità in pianta ed in altezza

Le costruzioni devono avere una struttura iperstatica caratterizzata da regolarità in pianta e in altezza; questo può essere anche conseguito suddividendo la struttura, mediante giunti, in unità tra loro dinamicamente indipendenti.

Per quanto riguarda gli edifici, una costruzione è **regolare in pianta** se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

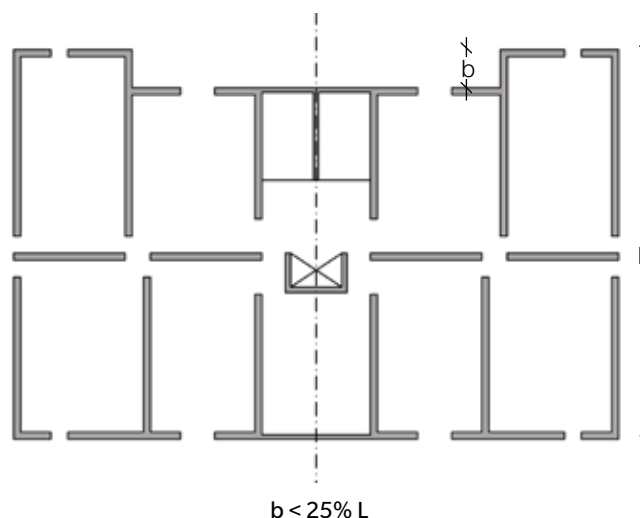
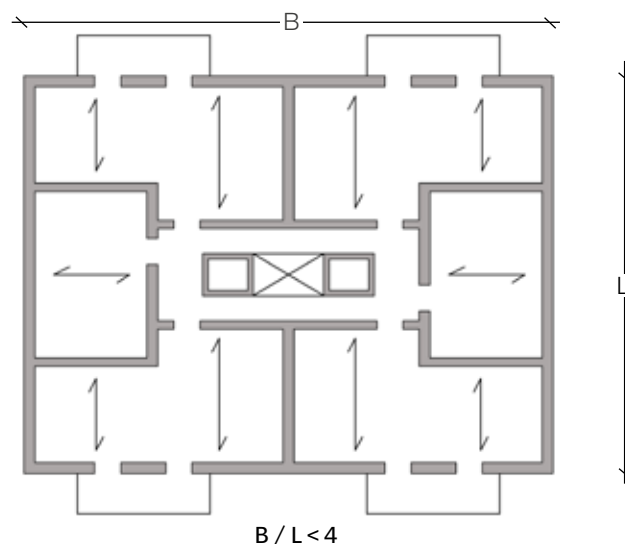
- simmetria di masse e rigidità rispetto a due direzioni ortogonali;
- rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4;
- nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze superiore al 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione;
- solai infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti.

Sempre riferendosi agli edifici, una costruzione è **regolare in altezza** se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

- sistemi resistenti verticali estesi per tutta l'altezza della costruzione;
- massa e rigidità costanti o variabili gradualmente dalla base alla sommità (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidità non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%);
- eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento sottostante.

Altezza massima dei nuovi edifici

Per costruzioni in muratura portante in **zona sismica 1** l'altezza massima è di due piani dal piano campagna. Il solaio di copertura del secondo piano non può essere calpestio di volume abitabile.



Criteri di progetto e requisiti geometrici

Le pareti strutturali, al lordo delle aperture, debbono avere continuità in elevazione fino alla fondazione (o interrato in c.a.). Solai e coperture non devono essere spingenti. I solai, inoltre, devono assolvere funzione di ripartizione delle azioni orizzontali tra le pareti strutturali, pertanto devono essere ben collegati ai muri e garantire un adeguato funzionamento a diaframma. La distanza massima tra due solai successivi non deve essere superiore a 5 m. La geometria delle pareti portanti resistenti al sisma deve rispettare i seguenti requisiti geometrici:

Muratura portante	$t_{\min}$	$(\lambda=h_0/t)_{\max}$	$(l/h')_{\min}$
$a_g S > 0,075 g$	240 mm	12	0,4
$a_g S \leq 0,075 g$	200 mm	20	0,3

in cui t indica lo spessore della parete al netto dell'intonaco, h_0 l'altezza di libera inflessione della parete, h' l'altezza massima delle aperture adiacenti alla parete ed l la lunghezza della parete.

Regole di dettaglio

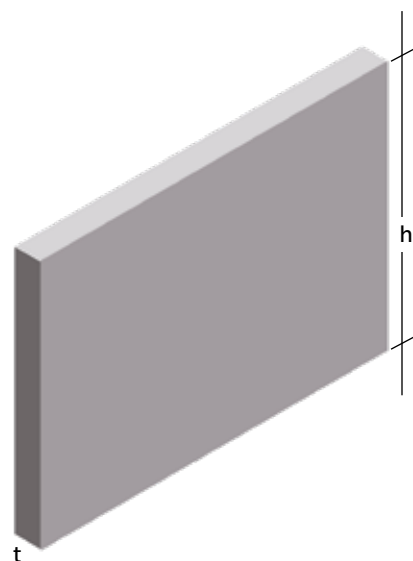
Ad ogni piano deve essere realizzato un **cordolo continuo** all'intersezione tra solai e pareti.

I cordoli devono avere altezza minima pari a quella del solaio e larghezza uguale a quella del muro; è **consentito un arretramento massimo non superiore a 6 cm e a 0,25 t (spessore del muro) dal filo esterno per murature di spessore fino a 30 cm. Per murature di spessore t superiore, l'arretramento può essere maggiore di 6 cm ma non superiore a 0,2 t .** L'armatura longitudinale non deve essere inferiore a **8 cm²**, le staffe devono avere diametro non inferiore a 6 mm e passo non superiore a 25 cm.

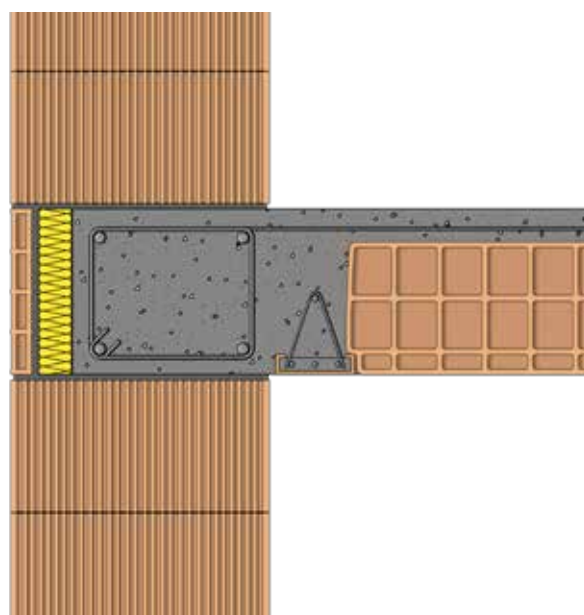
Travi metalliche o prefabbricate costituenti i solai devono essere prolungate nel cordolo per almeno la metà della sua larghezza e comunque per non meno di 12 cm ed adeguatamente ancorate ad esso.

In corrispondenza di **incroci d'angolo** tra due pareti perimetrali sono prescritte, su entrambe le pareti, zone di parete muraria di lunghezza non inferiore ad 1 m, compreso lo spessore del muro trasversale.

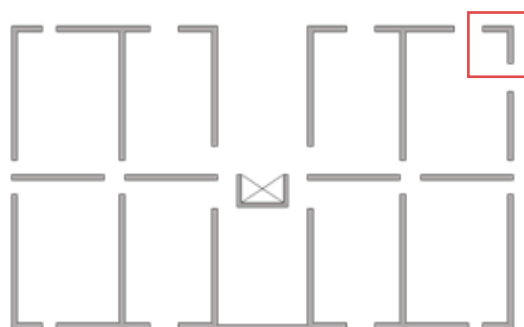
Al di sopra di ogni apertura deve essere realizzato un architrave resistente a flessione efficacemente ammortato alla muratura.



Snellezza della muratura: rapporto tra altezza e spessore



Arretramento del cordolo dal filo esterno della muratura: l'arretramento dal bordo esterno del muro portante deve garantire la correzione del ponte termico



Spallette laterali in corrispondenza degli angoli di almeno 1 m

Edificio semplice: regole generali e progettazione in zona sismica

Per edifici semplici è consentito eseguire le verifiche calcolando le resistenze dei materiali ponendo il coefficiente $\gamma_M = 4,2$ ed utilizzando il dimensionamento semplificato con le seguenti limitazioni:

- pareti strutturali continue dalle fondazioni alla sommità;
- nessuna altezza interpiano superiore a 3,5 m;
- numero di piani non superiore a 3 (entro e fuori terra);
- planimetria dell'edificio inscritta in un rettangolo con rapporti fra lato minore e lato maggiore non inferiore a 1/3;
- snellezza della muratura non superiore a 12;
- carico variabile per i solai non superiore a 3,00 kN/m²;
- devono essere rispettate le percentuali minime di sezione resistente delle pareti, calcolate nelle due direzioni ortogonali, indicate in Tab.7.8.II

La verifica si intende soddisfatta se risulta:

$$\sigma = N / (0,65 A) \leq f_k / \gamma_M$$

in cui N è il carico verticale totale alla base di ciascun piano dell'edificio corrispondente alla somma dei carichi permanenti e variabili (valutati ponendo $\gamma_G = \gamma_Q = 1$) della combinazione caratteristica e A è l'area totale dei muri portanti allo stesso piano.

Edificio semplice in zona sismica

Le costruzioni semplici in zona sismica sono quelle che rispettano, oltre alle condizioni per gli edifici semplici in muratura ordinaria, anche i criteri di progettazione quali la regolarità in pianta ed in altezza.

Più in dettaglio:

- In ciascuna delle due direzioni siano previsti almeno due sistemi di pareti portanti di lunghezza complessiva, al netto delle aperture, ciascuno non inferiore al 50% della dimensione della costruzione nella medesima direzione.
- La distanza tra questi due sistemi di pareti in direzione ortogonale al loro sviluppo longitudinale in pianta sia non inferiore al 75% della dimensione della costruzione nella medesima direzione (ortogonale alle pareti).
- Almeno il 75% dei carichi verticali sia portato da pareti che facciano parte del sistema resistente alle azioni orizzontali;
- L'interasse tra le murature portanti in ciascuna delle due direzioni non sia superiore a 7 m;
- Per ciascun piano il rapporto tra area della sezione resistente delle pareti e superficie lorda del piano non sia inferiore ai valori indicati nella tabella seguente, in funzione del numero di piani della costruzione e della sismicità del sito, per ciascuna delle due direzioni ortogonali;

NTC 2018 - Tab. 7.8.II - Area pareti resistenti

n. piani	≤ 0,07 g	≤ 0,10 g	≤ 0,15 g	≤ 0,20 g	≤ 0,25 g	≤ 0,30 g	≤ 0,35 g	≤ 0,40 g	≤ 0,45 g	≤ 0,50 g
1	3,5%	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,0%	6,0%	6,5%
2	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	6,5%	6,5%	7,0%
3	4,5%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%			

- Il numero massimo di piani sia pari a 3;

Deve inoltre risultare per ogni piano:

$$\sigma = N/A \leq 0,25 f_k / \gamma_M$$

in cui N è il carico verticale totale alla base di ciascun piano dell'edificio corrispondente alla somma dei carichi permanenti e variabili (valutati ponendo $\gamma_G = \gamma_Q = 1$) ed A è l'area totale dei muri portanti allo stesso piano.

Per le costruzioni semplici per cui, allo SLV, $a_g \leq 0,35 g$ non è obbligatorio effettuare alcuna analisi e verifica di sicurezza ulteriore.

Edificio semplice

pareti strutturali continue;

$h < 3,5 \text{ m}$;

numero di piani non superiore a 3;

$B/L < 1/3$;

$h/t < 12$;

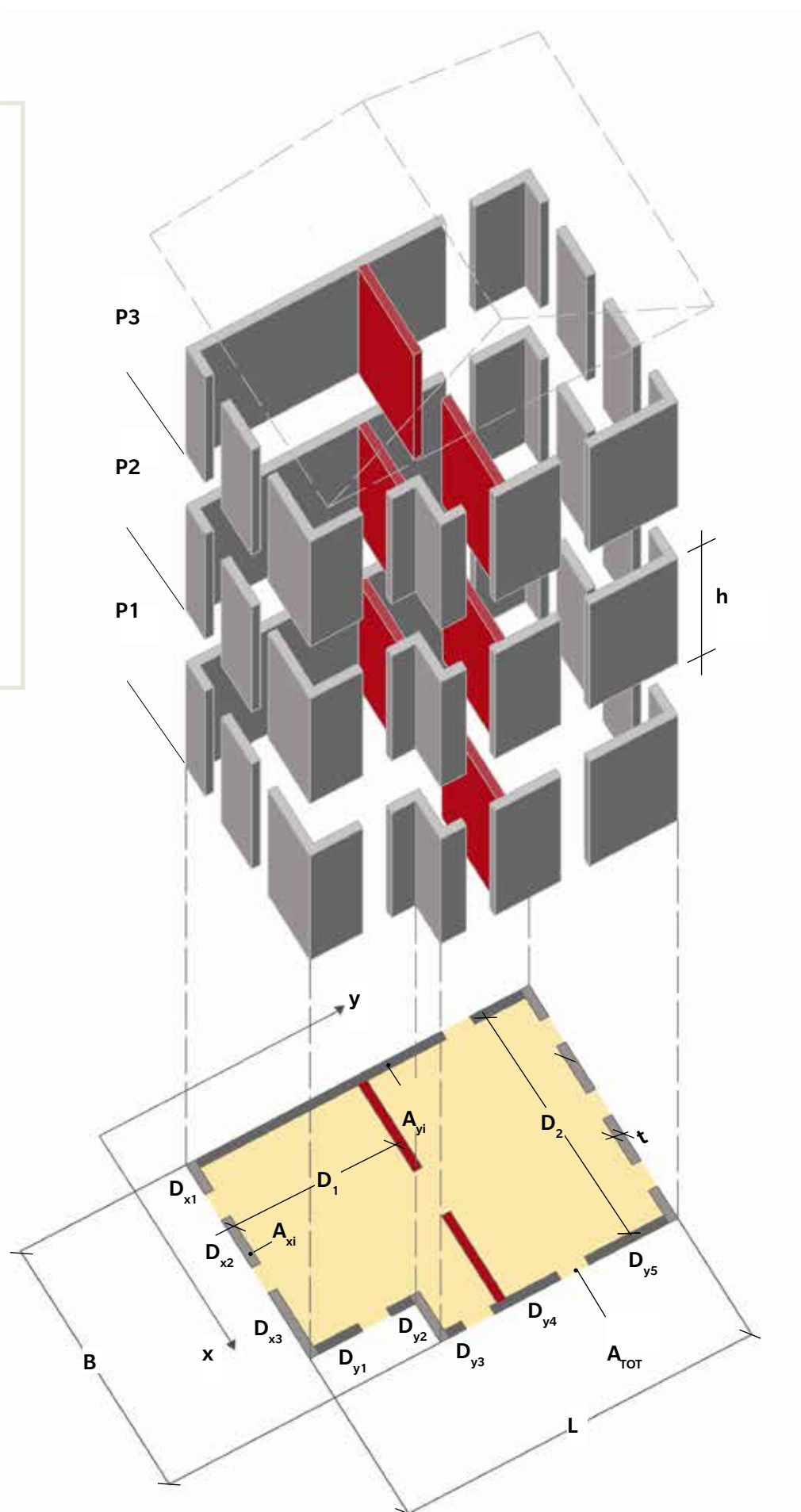
Edificio semplice in zona sismica

$\sum D_y > L/2$

$\sum D_x > B/2$

$D_1 < 7 \text{ m}$

$D_2 < 7 \text{ m}$



Accessori per la sicurezza sismica - Murfor® Compact: Il rinforzo strutturale nella murature

Introduzione

Gli eventi sismici che hanno attraversato il nostro Territorio nell'ultimo decennio hanno dimostrato quanto sia importante tener conto in fase di progettazione anche del comportamento delle tamponature. Per questo motivo il Normatore, prima con il paragrafo 7.2.3. delle NTC 2018, poi con il paragrafo §C7.3.6.2 della Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP, ha voluto mettere l'accento sui criteri di progettazione di elementi strutturali "secondari" ed elementi costruttivi non strutturali.

La prestazione che si deve ottenere, come indicato nella Circolare, consiste nell'evitare la possibile espulsione delle tamponature sotto l'azione della forza sismica orizzontale, ma con un distinguo decisamente interessante: la prestazione si ritiene conseguita anche senza la necessità di verifiche dirette di stabilità, con l'inserimento di elementi di armatura orizzontale nei letti di malta, a distanza non superiore a 500 mm.

Il rinforzo strutturale Murfor® Compact risponde pienamente alle prescrizioni di cui sopra: si tratta di una maglia composta da una rete di fili d'acciaio e roving in fibra di vetro intrecciato, da annegare a corsi alterni nei giunti di malta delle murature, per incrementarne il comportamento dissipativo.



Accessorio per il rinforzo strutturale

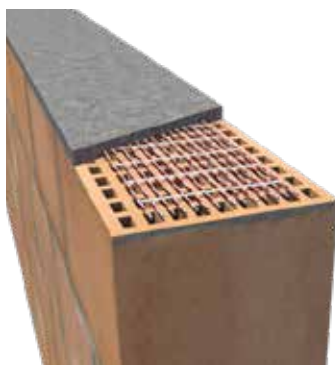
Murfor® Compact è fornito in rotoli di lunghezza 30 m e disponibile in due formati:

- **Murfor® Compact I-50**, rete formata da 7 cavi di acciaio, larghezza 50 mm
- **Murfor® Compact I-100**, rete formata di 14 cavi di acciaio, larghezza 100 mm



≤ 130 mm

Spessore della parete
≤ 130 mm
Murfor® Compact I-50



> 130 mm < 200 mm

Spessore della parete:
> 130 mm
< 200 mm
Murfor® Compact I-100



≥ 200 mm

Spessore della parete:
≥ 200 mm
2x Murfor® Compact I-50

Scheda Tecnica

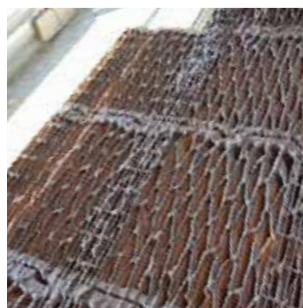
Descrizione	Dimensione			Passo			Peso		A ⁽¹⁾	Limite di snervamento	Modulo elastico	Allungamento omogeneo	Zinco
	Larghezza	Diametro	Lunghezza	Corto	Lungo	Filo trasversale	Rotolo	Filo lungo					
	mm	mm	m	mm	mm	mm	kg	mm ²	mm ²	MPa	GPa	%	g/m ²
Murfor® Compact I-50	50	1,7	30	7,5	10	33	1,40	0,69	4,83	> 1.770	180	> 2,20	40
Murfor® Compact I-100	100	1,7	30	7,5	10	33	2,77	0,69	9,66	> 1.770	180	> 2,20	40

(1) A = Sezione acciaio

Modalità di applicazione



Applicare Murfor® Compact sui blocchi



Applicare uno strato di malta



Sistemare i blocchi in posizione

Posa in opera

L'impiego di Murfor® Compact è molto agevole in cantiere grazie alla sua fornitura in rotoli **facilmente trasportabili**.

La rete viene posata **direttamente sui blocchi** in laterizio e viene ricoperta con la malta che la ingloba completamente nel giunto orizzontale. Per quanto riguarda le murature in laterizio, le normative raccomandano di utilizzare il Murfor® Compact a distanze non superiori a 50 cm. Considerando le dimensioni geometriche degli elementi in laterizio questa distanza corrisponde a due corsi di blocchi.

Si può comunque considerare di disporre il Murfor® Compact nel giunto orizzontale di ogni corso di blocchi per la fascia inferiore della parete nel caso in cui il progettista lo ritenesse necessario.

La dimensione dei fili che ne compongono la rete, rendono il Murfor® Compact adatto anche nel caso di murature costituite da blocchi rettificati (Porotherm PLAN) che vengono posati con giunti sottili.

Per posizionare il Murfor® Compact si opera il taglio a misura del rotolo che, oltre a semplificarne l'utilizzo, garantisce l'eliminazione di sfridi con risparmio economico e di tempo per l'impresa che se ne avvale.

Altri usi

Concentrazioni di sollecitazioni

È possibile assorbire le concentrazioni di sollecitazioni attorno alle aperture delle finestre applicando due strati di Murfor® Compact I sopra e sotto la finestra.

Carichi puntuali

In base al volume del carico, è possibile rinforzare da tre a cinque giunti sottostanti utilizzando Murfor® Compact I. Il rinforzo assicura una distribuzione uniforme del carico.

Muri divisorii soggetti a deformazione

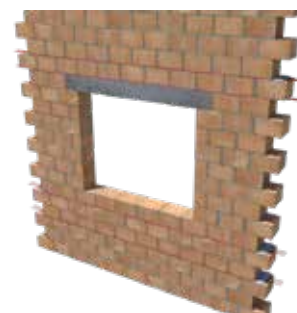
I muri divisorii posati su una soletta possono fessurarsi in vari punti a seguito di processi di assestamento di eccessiva entità. Per prevenire tale evenienza, è possibile rinforzare la parete ed isolarla dal supporto utilizzando Murfor® Compact I.

Murature a giunti allineati

Nelle murature a giunti allineati, i mattoni vengono collocati direttamente gli uni sugli altri e la presenza del rinforzo è pertanto essenziale per assicurare stabilità.

Giunzioni d'angolo e giunzioni a T

Per la finitura degli angoli realizzati con blocchi della larghezza di 140 mm dovrà essere impiegato Murfor® Compact I-100. Gli angoli realizzati con blocchi da 200 mm, invece, dovranno essere finiti applicando due strisce di Murfor® Compact I-50.





Muratura Armata

La normativa italiana cita per la prima volta la muratura armata nel D.M. 19/06/1984 "Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche". Le Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008 hanno poi reso la muratura armata un sistema costruttivo a tutti gli effetti, rendendolo utilizzabile senza necessità di idoneità tecnica da parte del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Lo stesso è stato confermato dal DM 17/01/2018, Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

wienerberger offre un'ampia gamma di blocchi in laterizio per muratura armata, raccolti nella famiglia **Porotherm BIO M.A.**
Evolution: l'evoluzione della muratura portante. Questi blocchi porizzati modulari, abbinati ai **tralicci Murfor**, consentono di realizzare murature portanti armate, con notevoli vantaggi dal punto di vista della flessibilità progettuale, rispetto ad una comune muratura ordinaria.



Il sistema costruttivo

La muratura armata è un sistema costruttivo che associa due materiali con proprietà molto diverse (**laterizio e acciaio**), riuscendo a sfruttare le qualità di entrambi. La muratura in laterizio è un sistema costruttivo molto resistente a compressione e quindi adatto a sopportare carichi verticali ma molto meno a taglio/trazione, qui entra in gioco l'acciaio con la sua **grande duttilità**. Le strutture in muratura armata risultano quindi molto resistenti e con ottima **capacità dissipativa** in caso di sisma, riuscendo a sfruttare la resistenza dei materiali anche in fase post-elastica.

Le murature armate sono principalmente di due tipi: ad **armatura concentrata** (muratura confinata), tipologia accennata nelle NTC 2018 ma attualmente non utilizzata nel territorio Italiano, o ad **armatura diffusa**, sistema caratterizzato da armatura orizzontale collocata nei giunti di malta diffusa per tutta l'altezza e lunghezza della muratura ed armatura verticale collocata in appositi fori all'interno dei blocchi, comunemente detti pilastrini.

Scarica la documentazione tecnica



Video di posa

Schede tecniche

Brochure

Certificati

Particolari costruttivi



Blocchi per muratura armata

Le caratteristiche dei blocchi utilizzabili per realizzare una muratura portante sismica sono di seguito riportate:

- Blocchi semipieni: foratura 45% o inferiore;
- Area sezione fori normale inferiore a 12 cm²;
- Due fori di presa dimensione massima 35 cm² o un foro per l'alloggiamento delle barre d'armatura di area massima 70 cm²;
- Il foro per l'alloggiamento per le barre d'armatura deve essere di dimensioni tali che risulti inscrivibile un cilindro di 6 cm di diametro;
- Setti disposti parallelamente al piano del muro continui e rettilinei con interruzioni ammesse per fori di presa e per alloggiamento delle barre;
- Resistenza caratteristica dei blocchi in direzione normale al piano di posa maggiore o uguale a 5 MPa;
- Resistenza caratteristica dei blocchi in direzione parallela al piano di posa maggiore o uguale a 1,5 MPa.

Malta per muratura armata

La malta utilizzata per realizzare muratura armata deve essere classe **M10** minimo (resistenza a compressione maggiore o uguale a 10 MPa).

Normalmente si utilizzano malte cementizie ma esistono anche malte bastarde (cemento e calce) con **resistenza meccanica superiore a 10 MPa**. Il problema principale dell'interazione tra armatura e malta è la corrosione dovuta alla carbonatazione delle malte che comporta l'abbassamento del pH con conseguente riduzione del film passivante delle armature e la loro corrosione. Questo fenomeno deve essere evitato garantendo un adeguato copriferro alle armature orizzontali ed utilizzando malte di buona qualità.

Ci sono due possibilità in cantiere:

- Malta premiscelata a prestazioni garantite classe M10;
- Malta a composizione prescritta confezionata in cantiere con rapporto sabbia/cemento 3 : 1 in volume e contenuto d'acqua inferiore al 20% come previsto da tab. 11.10.V delle NTC 2018.

Acciaio per muratura armata

Anche l'acciaio per le armature deve essere opportunamente distinto in:

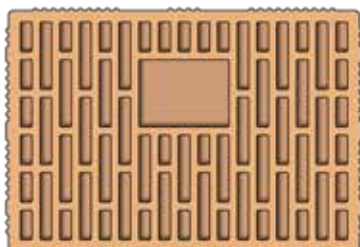
- **Armatura verticale:** barre d'acciaio ad aderenza migliorata, d'acciaio inossidabile o con rivestimento speciale conformi a quanto indicato al par. 11.3 delle NTC 2018. In condizioni normali viene utilizzato acciaio per cemento armato B450C;
- **Armatura orizzontale:** barre piegate per cemento armato B450C (o quant'altro indicato per l'armatura verticale) oppure armature a traliccio elettrosaldato.

I blocchi **Porotherm BIO M.A. Evolution** rispettano tutte le prescrizioni previste dalla norme tecniche NTC 2018, inoltre: Sono certificati in Categoria I

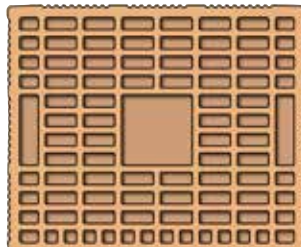
$f_{bk} = 12 \text{ MPa}$ corrispondente a **240%** in più rispetto al minimo normativo

$f_{bk} = 2 \text{ MPa}$ corrispondente al **33%** in più rispetto al minimo normativo

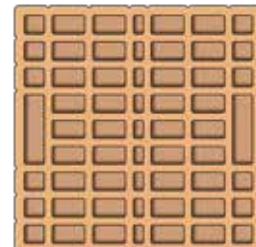
Porotherm BIO M.A. Evolution 30/35



Porotherm BIO M.A. Evolution 25-30



Porotherm BIO M.A. Evolution 25-25



Progettazione e posa in opera

Giunti di malta orizzontali

La muratura armata richiede giunti orizzontali **completamente riempiti di malta**. Non sono quindi ammessi giunti interrotti con fasce di isolante o aria.

Lo spessore è sempre compreso tra 12 e 15 mm in quanto l'alloggiamento di armature orizzontali di diametro 5 o 6 mm non permette di realizzare giunti più sottili.

Giunti di malta verticali

I giunti di malta verticali devono essere riempiti di malta, non sono quindi ammessi giunti verticali interrotti con fasce di isolante o aria. Lo spessore deve essere compreso tra 5 e 15 mm con giunto continuo e passante.

Armatura orizzontale

L'armatura orizzontale ha funzione di incrementare la resistenza nel piano (ossia a taglio) della muratura e contemporaneamente aumentare la duttilità.

Il diametro minimo è:

- $\Phi 5$ se si utilizzano tralicci elettrosaldati;
- $\Phi 6$ se si utilizzano barre d'acciaio ad aderenza migliorata.

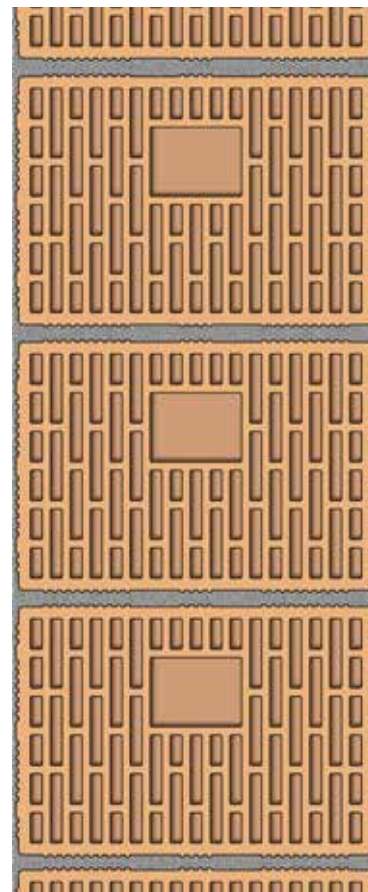
Nel caso di interruzioni la sovrapposizione minima è di 60 diametri.

L'interasse tra un'armatura e la successiva non può superare i 60 cm.

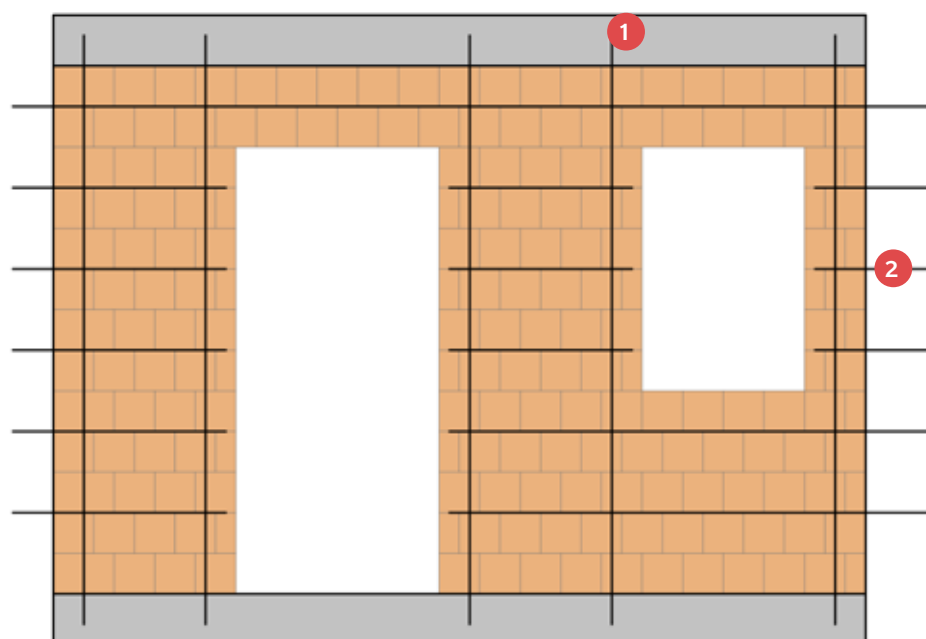
L'ancoraggio deve essere realizzato mediante piegature o forcelle in corrispondenza dei pilastri in modo da garantire duttilità al sistema.

La percentuale di armatura deve essere compresa tra 0,04% e 0,5%.

Il copriferro consigliato (seppur non specificato dalla normativa) è di 5 cm da filo interno ed esterno, in questo modo si garantisce un'adeguato copriferro e contemporaneamente si permette di realizzare tracce per gli impianti (elettrico o aspirazione) senza danneggiare l'armatura. A seconda della quantità di tracce lo strutturista può decidere di ridurre la sezione resistente di muratura.



Blocco per muratura armata
con giunto verticale riempito continuo



Disposizione delle armature verticali ed orizzontali in prospetto

- Armatura verticale min 1 $\Phi 16$
passo max 4 mt (1)
- Armatura orizzontale min 2 $\Phi 5$
passo ≤ 60 cm (2)
- Sovrapposizione armature min 60Φ

Armatura verticale

L'armatura verticale deve essere collocata all'interno degli appositi pilastri che verranno riempiti con malta minimo M10.

I fori per alloggiamento delle barre senza armatura non vanno riempiti di malta.

Il diametro minimo delle barre di armatura è 16 mm.

La percentuale di armatura deve essere compresa tra 0,05% e 1,0%.

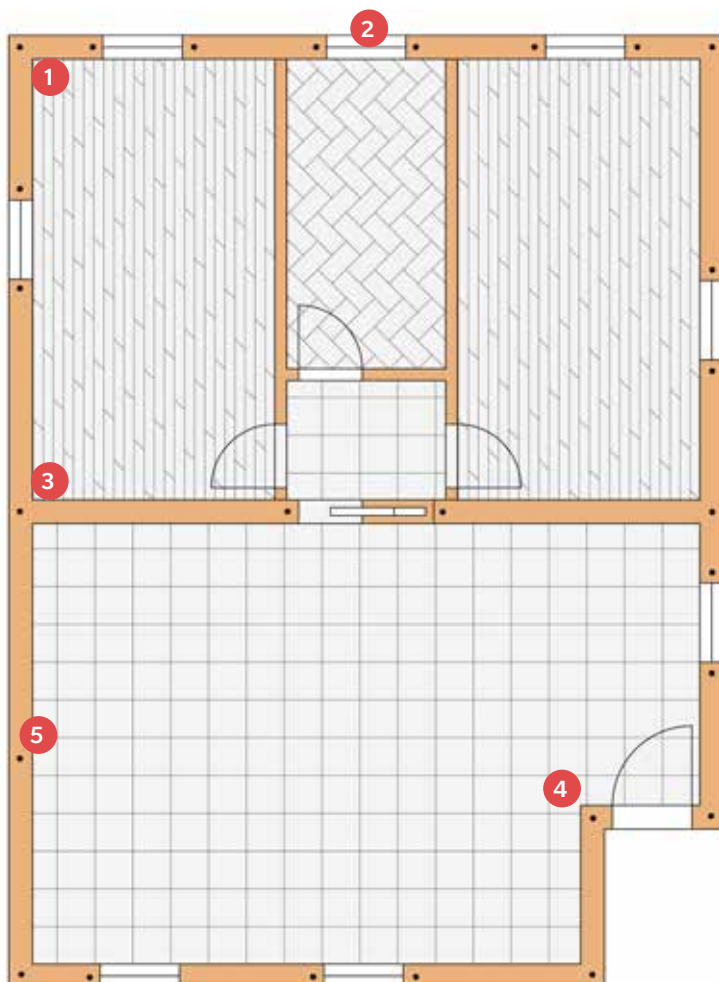
Il posizionamento delle barre deve essere necessariamente in corrispondenza di ogni (come indicato in figura):

- Angolo;
- Spalletta di porte e finestre;
- Intersezione tra murature portanti;
- Estremo libero;
- Su pareti cieche con interasse non superiore a 4 m.

Il posizionamento nei punti obbligatori dovrà poi essere confrontato con la % minima verificando se si necessita di armatura integrativa.

L'ancoraggio con il cordolo inferiore viene realizzato con opportuni ancoranti chimici (resine epossidiche o in vinilestere). La profondità di ancoraggio viene fornita dalla ditta produttrice della resina. In alternativa può essere lasciata un'armatura di ripresa dal cordolo di fondazione (questa metodologia risulta il più delle volte scomoda e poco funzionale all'impresa, complica le operazioni di getto e poco flessibile in caso di errori).

L'ancoraggio con il cordolo superiore viene realizzato mediante piegatura della barra all'interno del cordolo per almeno 20 cm.



Disposizione delle armature verticali in pianta

Sono indicate le 5 posizioni obbligatorie prescritte dalle NTC 2018 par. 4.5.7.

- Angolo (1)
- Spalletta di porte e finestre (2)
- Intersezione tra murature portanti (3)
- Estremo libero (4)
- Su pareti cieche con interasse non superiore a 4 m (5)

Progettazione e posa in opera

Organizzazione strutturale

L'edificio in muratura armata deve essere concepito come una struttura **tridimensionale**.

- Tutte le pareti murarie devono essere efficacemente connesse da solai tali da costituire **diaframmi rigidi**, ciò comporta che l'azione sismica venga ripartita in funzione della rigidezza nel piano di ogni singolo pannello murario e non in modo uniforme: i maschi murari più resistenti subiranno un'azione maggiore di quelli meno resistenti;
- L'insieme strutturale deve essere in grado di reagire alle azioni orizzontali sismiche con un comportamento di tipo **globale**, al quale contribuisce soltanto la resistenza delle pareti nel loro piano;
- Per garantire il comportamento globale, pareti ed orizzontamenti devono essere collegati tra loro mediante **cordoli in calcestruzzo armato**;
- Il collegamento tra **fondazione** e la struttura in elevazione avviene mediante la realizzazione di un cordolo in calcestruzzo armato alla base;
- Un pannello murario è considerato resistente alle azioni orizzontali quando ha una lunghezza maggiore o uguale a **0,3 volte l'altezza di interpiano**; La struttura dovrà garantire un **comportamento di tipo scatolare globale**.

Requisiti geometrici

La muratura armata deve rispettare i seguenti requisiti geometrici:

- Spessore minimo della muratura: $t_{\min} \geq 240 \text{ mm}$
- Snellezza massima della muratura: $\lambda = h_0/t \leq 15$
- Rapporto tra lunghezza del muro e altezza delle aperture adiacenti: $l/h' = \text{qualsiasi}$

La snellezza deve essere valutata in funzione della lunghezza libera di inflessione del muro h_0 dipendente dall'altezza del pannello murario h e dall'efficacia del vincolo fornito dalle murature portanti ortogonali ρ :

$$h_0 = \rho h$$

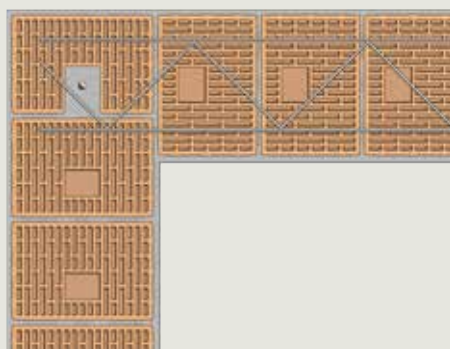
Il fattore laterale di vincolo può essere assunto sempre in favore di sicurezza pari a 1

Regole specifiche per muratura armata

- **Architravi**: gli architravi soprastanti le aperture possono essere realizzati in muratura armata;
- **NO metro d'angolo**: agli incroci tra pareti perimetrali è possibile derogare dal requisito di avere su entrambe le pareti zone di parete muraria di lunghezza non inferiore a 1 m.

Particolari costruttivi

Angolo
Corso 1



Corso 2



Non è necessario avere pezzi speciali per l'angolo, infatti basta girare il blocco a corsi alterni e, grazie alla perfetta modularità (30x21 e 35x25) e al foro sfalsato asimmetrico, si avrà l'allineamento del pilastro e l'ammorsamento dei blocchi. I pilastri nelle posizioni successive possono essere realizzati in tutte le direzioni con un preciso modulo di 21 cm per lo spessore 30 (25 cm di modulo nel caso di muratura spessore 35).

Spalletta
Corso 1



Corso 2



La spalletta necessita del mezzo blocco a corsi alterni.

La perfetta modularità dei blocchi permette di evitare tagli di qualunque tipo per le posizioni di armatura successive alla prima

Dettagli costruttivi

La muratura armata Evolution si differenzia da altri sistemi per la particolare modularità dei blocchi (30x21 e 35x25), grazie a questo modulo è possibile sempre realizzare tutti i particolari costruttivi **senza pezzi speciali** per angoli ed intersezioni, **evitando sfridi**, e **problematiche di computo metrico**.

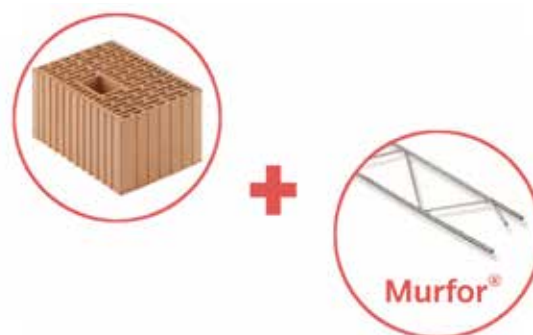
Per tutti i particolari (angoli, spallette, intersezioni a T e ad X) viene rispettata una perfetta modularità di 21 cm (per lo spessore 30 cm) e di 25 cm (per lo spessore 35 cm), riuscendo a realizzare i pilastri successivi al principale evitando tagli di blocchi e pezzi speciali. Nelle immagini sottostanti sono indicati i pilastri principali (colore grigio) ed i pilastri secondari facoltativi dipendenti dal progetto esecutivo (colore verde) per lo spessore 30 cm. La modularità permette di realizzare un pilastro ogni 21 cm (nelle figure viene indicato quello in seconda posizione ossia a 42 cm dal principale).

Tutti i blocchi **devono essere girati a corsi alterni** come indicato dalle frecce in figura, in questo modo si avrà la perfetta corrispondenza del pilastro e contemporaneamente i blocchi ammorsati.

wienerberger e Murfor® per la muratura armata

Allo scopo di ottenere i migliori risultati in termini di resistenza meccanica e sismica, consigliamo di utilizzare il traliccio in acciaio zincato **Murfor®** prodotto da **Bekaert**. I vantaggi sono:

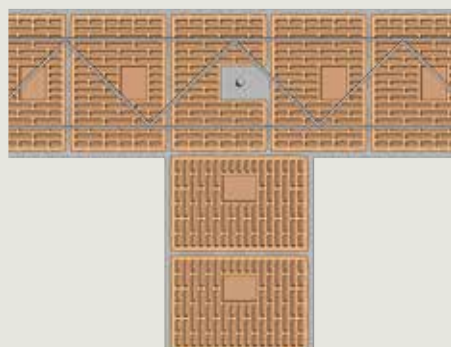
- La muratura armata con Murfor® **riduce il rischio di fessurazioni ed aumenta la resistenza strutturale**, evitando collassi fragili.
- **Risultati certificati e prestazioni garantite** grazie all'utilizzo di prodotti di elevata qualità.
- **Aumentare significativamente la resistenza meccanica degli edifici**. Murfor® è una soluzione efficiente per proteggere gli edifici contro terremoti ed in generale contro le sollecitazioni strutturali esterne.



Particolari costruttivi

Intersezione a T

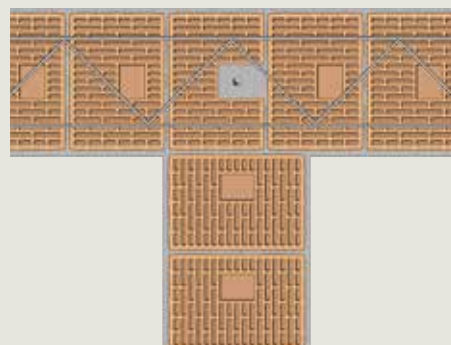
Corso 1



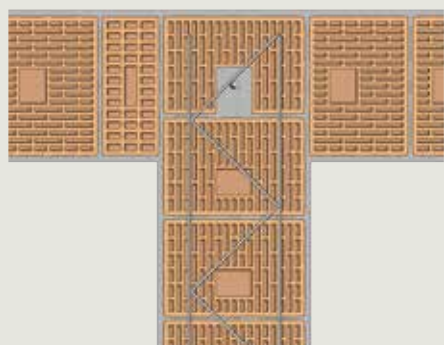
Corso 2



Corso 3



Corso 4



Le intersezioni tra murature portanti sono realizzate su quattro corsi per riuscire ad avere ammorsamento dei blocchi e corrispondenza dei fori per i pilastri. Anche in questo caso non occorrono pezzi speciali ma semplicemente il mezzo blocco. Esiste anche la possibilità di realizzare le intersezioni in modo tradizionale ossia tagliando i blocchi per andare a creare le nicchie di ammorsamento.



Muratura di tamponamento

La muratura di tamponamento è una muratura che non assolve ad alcuna funzione strutturale in quanto viene utilizzata per la sola chiusura di specchiature di edifici a struttura intelaiata (calcestruzzo armato, acciaio,...). Il suo unico scopo è quello di costituire separazione tra l'ambiente esterno e quello abitato e ha l'unico obbligo di sorreggere il suo stesso carico. Le NTC 2018 ne delineano come unica caratteristica progettuale quella di essere verificate in funzione di eventuali ribaltamenti che possano provocare danni a persone.

wienerberger propone un vasto numero di soluzioni per tamponamento tra le quali, quelle più interessanti, sono costituite dai blocchi rettificati di grande spessore a setti sottili o riempiti Porotherm PLAN, con prestazioni termiche eccezionali.

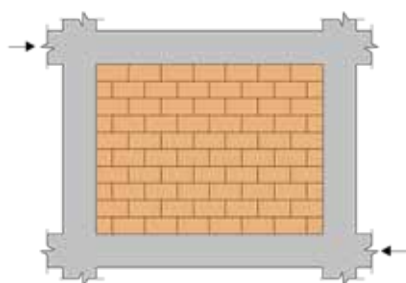
Tamponamenti: verifica nel piano

Con gli attuali metodi di calcolo FEM delle strutture vengono svolte analisi dettagliate per il telaio o i setti in cemento armato considerando le diverse combinazioni e disposizioni di carico, trascurando spesso la verifica degli elementi secondari, cioè tutti gli elementi costruttivi senza funzione strutturale, il cui danneggiamento può provocare danni a persone.

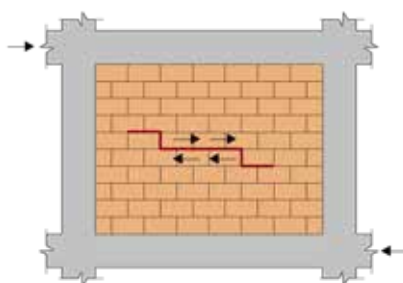
Gli elementi non strutturali più rilevanti sono infatti i tamponamenti: questi, nelle condizioni non sismiche, svolgono un ruolo statico generalmente modesto non comportando conseguenze rilevanti se lo stesso viene trascurato; nel caso invece delle sollecitazioni orizzontali, quali ovviamente l'azione sismica, assumono una rilevanza sostanziale nel determinare il comportamento globale dell'edificio. Il telaio e la tamponatura, infatti, hanno rigidzze significativamente diverse tra loro e conseguentemente un diverso comportamento di risposta alle azioni orizzontali nel piano del pannello murario: il telaio è maggiormente deformabile e giunge al collasso con comportamento duttile mediante la formazione di cerniere plastiche agli estremi di travi e pilastri, mentre la tamponatura è più rigida nel proprio piano ed arriva al collasso con comportamento fragile, caratterizzato da forze più elevate e spostamenti minori. Nel complesso, analizzando la struttura composta telaio - pannello murario alle azioni orizzontali nel piano della tamponatura, la stessa lavora in modo efficace fin dall'inizio reagendo ad un'aliquota significativa dell'azione orizzontale; il telaio entra in gioco con il suo effetto di contenimento migliorando la capacità di resistenza della parete quando iniziano a manifestarsi fenomeni di fessurazione. Per piccole deformazioni si può assumere un comportamento elastico del sistema composto. All'aumentare delle deformazioni si verifica il distacco della tamponatura dai pilastri nelle zone in cui l'interazione richiederebbe tensioni di trazione, non esplicabili dal pannello. Si genera in questo modo una tensione di compressione lungo la diagonale della parete, tra uno spigolo e l'altro del telaio in cemento armato.

- Rottura per scorrimento orizzontale, dovuta alle tensioni tangenziali agenti nella zona centrale della tamponatura, al raggiungimento della resistenza al taglio ultima;
- Rottura della diagonale per trazione, dovuta alle tensioni di trazione inclinate agenti nella zona centrale della tamponatura;
- Rottura per schiacciamento locale degli spigoli del pannello murario, dovuta alla concentrazione delle forze orizzontali di interazione trasmesse dal telaio in cemento armato.

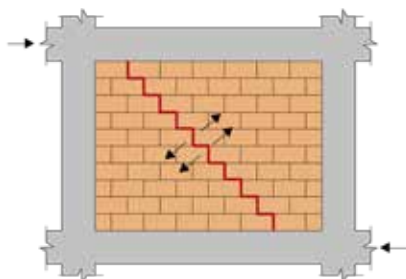
Configurazione iniziale



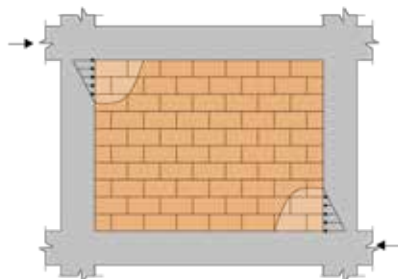
Rottura per scorrimento



Rottura diagonale per trazione



Schiacciamento della muratura



Tamponamenti: verifica fuori piano

Le NTC 2018 al punto 7.2.3 definiscono gli elementi costruttivi non strutturali quelli con rigidezza, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale e quelli che, pur non influenzando la risposta strutturale, sono ugualmente significativi ai fini della sicurezza e/o dell'incolumità delle persone.

La capacità degli elementi non strutturali, compresi gli eventuali elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, deve essere maggiore della domanda sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite da considerare. Quando l'elemento non strutturale è costruito in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda e progettare la capacità in accordo a formulazioni di comprovata validità ed è compito del direttore dei lavori verificarne la corretta esecuzione; quando invece l'elemento non strutturale è assemblato in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda, è compito del fornitore e/o dell'installatore fornire elementi e sistemi di collegamento di capacità adeguata ed è compito del direttore dei lavori verificarne il corretto assemblaggio.

Si riportano i passi da seguire per calcolare la domanda sismica e la relativa risposta dei tamponamenti in laterizio.

Caratteristiche del tamponamento

Per effettuare la verifica si parte, come primo passo, dallo studio delle caratteristiche geometriche e meccaniche della muratura, in particolare:

- spessore t , altezza l e larghezza b del tamponamento;
- densità della muratura (blocchi più malta);
- resistenza caratteristica a compressione del blocco f_{bk} ;
- tipo di malta utilizzata;
- resistenza caratteristica a compressione della muratura f_k , stimata tramite tabella per i blocchi tradizionali o mediante prova sperimentale per i blocchi rettificati;
- resistenza di progetto a compressione della muratura $f_d = f_k / \gamma_M$;
- modulo elastico E ;
- spessore e densità dell'intonaco;
- peso totale del tamponamento W_a .

Caratteristiche del sito

Occorre considerare anche le caratteristiche del sito attraverso l'individuazione del coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

$$S = S_s \times S_T$$

desumibile dalle tabelle seguenti (dove a_g è l'accelerazione massima del terreno e F_0 l'amplificazione massima dello spettro orizzontale):

NTC 2018 - Tab. 3.2.IV - Coefficiente S_s	
Categoria	Coefficiente S_s
A	1,0
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g / g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g / g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g / g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g / g \leq 1,60$

NTC 2018 - Tab. 3.2.V - Coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria	Ubicazione dell'opera	Coefficiente S_T
T1	-	1,0
T2	Sommità del pendio	1,2
T3	Cresta del rilievo	1,2
T4	Cresta del rilievo	1,4

Caratteristiche della struttura e calcolo del periodo di vibrazione

Si passa a questo punto a valutare le caratteristiche della struttura in termini di periodo fondamentale di vibrazione e del rapporto che i vari tamponamenti alle diverse quote di piano hanno con la struttura globale.

Le grandezze da considerare sono:

- altezza della costruzione dal piano di fondazione H ;
- quota del baricentro del tamponamento dal piano di fondazione Z (pari a 0 in presenza di isolatori sismici);
- periodo fondamentale della struttura T_1 , valutabile dall'analisi modale o tramite l'espressione semplificata dell'analisi statica lineare (per edifici con altezza inferiore a 40 m):

$$T_1 = C_1 H^{3/4}$$

con C_1 funzione del tipo di struttura (0,085 per telai in acciaio, 0,075 per telai in c.a. e 0,05 per gli altri).

Calcolo del periodo di vibrazione del tamponamento

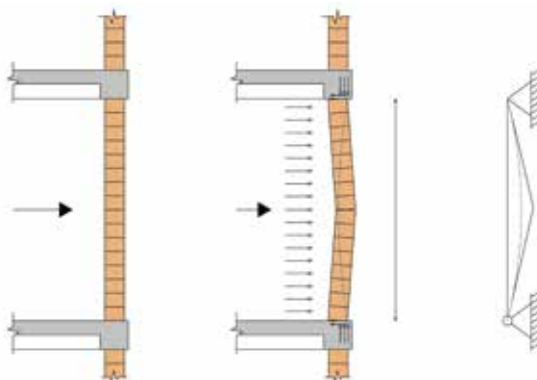
Il periodo proprio di vibrazione del tamponamento in laterizio T_a dipende da diversi fattori legati alla geometria della parete, alle caratteristiche del materiale e dallo schema statico; in dettaglio:

- altezza l e spessore t ;
- modulo elastico E e peso per unità di volume γ .

L'espressione del periodo di vibrazione assume la seguente forma, subordinata al tipo di schema statico e quindi dei vincoli ipotizzati in fase di progettazione:

Appoggio - appoggio
tamponamento aderente alla trave

$$T_a = 2.202 \frac{l^2}{t} \sqrt{\frac{\gamma}{Eg}}$$



Calcolo dell'accelerazione massima S_a

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[\frac{3 \cdot (1 + Z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0,5 \right]$$

Calcolo della forza sismica orizzontale agente sul tamponamento

La forza sismica orizzontale agente sulla tamponatura, con effetto di ribaltamento, si valuta con l'espressione seguente:

$$F_a = S_a \cdot W_a / q_a$$

dove q_a è il fattore di struttura dell'elemento, pari a 2 per le tamponature in laterizio.

La forza agente distribuita sulla superficie del muro è quindi uguale a:

$$\frac{F_a}{b \cdot l}$$

Calcolo della resistenza fuori piano del tamponamento

La resistenza fuori piano del tamponamento si può valutare considerando l'effetto ad arco che si sviluppa lungo lo spessore del muro, quando sono presenti travi in c.a. capaci di resistere alla spinta orizzontale dell'arco e con un vincolo trave-tamponamento in grado di impedire movimenti fuori piano del pannello stesso.

Si forma quindi uno schema isostatico ad arco a tre cerniere, una in mezzera e le altre in prossimità delle travi: quando le tre cerniere si allineano lo schema diventa labile, con conseguente cinematismo o crisi per compressione della muratura e plasticizzazione delle cerniere.

Dato che nelle NTC 2018 non sono presenti esplicite indicazioni circa la formula da impiegare per il calcolo della resistenza fuori piano degli elementi non strutturali, è possibile riferirsi all'Eurocodice 6, che è considerato dalle NTC 2018 stesse un riferimento tecnico coerente con le norme italiane. Seguendo le indicazioni dell'Eurocodice 6, quindi, si può calcolare la resistenza laterale del tamponamento come:

dove

$$q_{latd} = f_d \cdot \left(\frac{t}{l} \right)^2$$

q_{latd} è la resistenza laterale del tamponamento per unità di superficie;

f_d è la resistenza a compressione di progetto della muratura nella direzione della spinta dell'arco;

t è lo spessore del muro;

l è l'altezza del muro in grado di resistere alla spinta dell'arco.

Verifica al ribaltamento della tamponatura

Se $q_{latd} > \frac{F_a}{b \cdot l}$ la verifica è soddisfatta

Si controlla cioè che la resistenza laterale di progetto risulti maggiore della forza agente distribuita sulla superficie del muro.



Resistenza al fuoco

Normativo di riferimento e prestazione

D.M. 30/11/1983

Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi

D.M. 10/03/2005

Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio

D.M. 15/03/2005

Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo

UNI EN 13501-1

Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione Parte 1:
Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco

D.M. 07/08/2012

Disposizioni relative alle modalità di presentazione delle istanze concernenti i procedimenti di prevenzione incendi

D.M. 16/02/2007

Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione

D.M. 09/03/2007

Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco

Circ. M.I. VV.F. 15/02/2008, prot. 1968

Pareti di muratura portanti resistenti al fuoco

UNI EN 1364-1

Prove di resistenza al fuoco per elementi non portanti - Muri

UNI EN 13501-2:2009

Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 2:
Classificazione in base ai risultati delle prove di resistenza al fuoco, esclusi i sistemi di ventilazione

D.M. 03/08/2015

Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139

Reazione e resistenza al fuoco

Il comportamento di un materiale nei confronti del fuoco comprende quell'insieme di trasformazioni fisico-chimiche conseguenti all'esposizione all'azione del fuoco. La definizione generale di comportamento al fuoco comprende poi due concetti fondamentali, ben definiti e distinti dalla normativa italiana attualmente vigente: la **reazione al fuoco** e la **resistenza al fuoco**.

Nel caso del laterizio, questi due aspetti sono tra loro concettualmente ed operativamente diversi: la reazione al fuoco riguarda la classificazione del materiale mentre la resistenza al fuoco ricopre un aspetto propriamente progettuale.

Reazione al fuoco: definizione, legislazione vigente, classificazione

La reazione al fuoco rappresenta il grado di partecipazione di un materiale al fuoco al quale è sottoposto ed è definita dal **D.M. 30.11.1983** "Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi".

La reazione al fuoco di un materiale è una proprietà complessa, definita da un insieme di parametri, i principali sono:

- **infiammabilità**, intesa come capacità del materiale di entrare e permanere in stato di combustione, con emissione di fiamme;
- **post-incandescenza o persistenza della combustione**, riferita al permanere di zone incandescenti dopo lo spegnimento della fiamma, che potrebbero innescare nuovamente il fuoco;
- **sviluppo di calore** nell'unità di tempo;
- **velocità di propagazione** della fiamma;
- **produzione di sostanze nocive**, intesa come capacità di emettere gas e vapori tossici durante la combustione.

La classificazione, in allegato al **D.M. 15 marzo 2005**, con modifiche apportate dal **D.M. 16 febbraio 2007**, derivata dalla **direttiva 89/106/CEE**, divide i materiali da costruzione (eccetto i pavimenti) in sette classi, inserendo al primo posto materiali incombustibili e all'ultimo materiali combustibili estremamente infiammabili: **A1, A2, B, C, D, E, F**.

I valori per la classificazione sono ottenuti esclusivamente da prove di laboratorio. La classe di reazione al fuoco fornisce quindi un giudizio sull'attitudine del materiale a contribuire o meno al carico di incendio. A livello normativo quindi la reazione al fuoco è definita dai seguenti decreti:

- **D.M. 10.3.2005** "Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio";
- **D.M. 15.3.2005** "Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo".

Per gli elementi di laterizio per muratura, essendo vigente fin dal 2006 la specifica norma tecnica armonizzata (**EN 771-1, marcatura CE**), si applica integralmente la classificazione prevista dal D.M. 10.3.2005 e, come previsto dalla stessa norma armonizzata, **i prodotti in laterizio vengono classificati ai fini della reazione al fuoco in "Euroclasse A1"**.

Questa classe prevede che i materiali in essa inclusi non debbano essere sottoposti a prova. Il laterizio infatti, essendo un materiale che ha già affrontato il fuoco durante la fase di cottura, è incombustibile e non fornisce quindi alcun contributo all'incendio.

Vincolo per appartenere alla classe A1, inoltre, è la non presenza di più dell'1% in peso o volume (in base a quello che produce l'effetto più restrittivo) di materiale organico.

Resistenza al fuoco: definizione, legislazione vigente, classificazione

La resistenza al fuoco rappresenta la capacità dei prodotti e delle opere da costruzione di conservare determinate caratteristiche meccaniche per un certo tempo durante un incendio. Non si deve confondere la reazione al fuoco, che è una proprietà del materiale, con la resistenza al fuoco, che è invece la prestazione fornita da un elemento costruttivo in caso di incendio. Quest'ultima, indicativa del comportamento in opera dell'elemento, è

D.M. 15/03/2005 - Classificazione di reazione al fuoco dei materiali secondo

Classe	Descrizione
A1	Il materiale non è combustibile (es.: laterizio, lana di roccia, perlite,...)
A2	Il materiale non contribuisce in maniera significativa alla propagazione dell'incendio
B	Il materiale è debolmente combustibile
C	Il materiale è combustibile (es: polistirolo, polistirene, legno, fibra di legno,...)
D	
E	
F	Non classificato

misurata dal tempo in cui l'elemento stesso perde la sua efficienza per azione della fiamma.

I decreti riguardanti la resistenza al fuoco dei materiali da costruzione che disciplinano attualmente la materia sono il **D.M. 16 febbraio 2007** "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione" e il **D.M. 9 marzo 2007** "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco", che hanno abrogato e sostituito la Circ. 14 Settembre 1961 n. 91 "Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati in acciaio destinati ad uso civile". Questi due decreti, emanati nel 2007, hanno modificato in modo significativo la legislazione previgente, recependo il sistema europeo di classificazione della resistenza al fuoco dei prodotti e delle opere da costruzione. L'ultimo aggiornamento normativo è rappresentato dalla pubblicazione del D.M. 3.8.2015 e s.m.i. conosciuto come Codice di prevenzione incendi, che raccoglie in un unico testo i contenuti di diverse disposizioni legislative (tra cui anche il D.M. 16.2.2007 e D.M. 9.3.2007, non ancora abrogati), mantenendo sostanzialmente invariati i criteri di valutazione e verifica della classificazione di resistenza al fuoco degli elementi costruttivi. Entrambi i riferimenti normativi sono applicabili.

Il D.M. 9.3.2007 stabilisce i criteri per determinare le prestazioni di resistenza al fuoco che devono avere le costruzioni nelle attività soggette al controllo dei Vigili del fuoco prive di specifiche regole tecniche di prevenzione incendi. Con quest'ultimo decreto viene abrogata la precedente Circolare del Ministero dell'Interno n. 91 "Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati a struttura in acciaio destinati ad uso civile", la cui applicazione era stata estesa anche ai fabbricati in calcestruzzo armato e/o precompresso, in legno, a struttura mista, in muratura, ecc., di destinazione anche diversa da quella di uso civile.

La "resistenza al fuoco" era definita dal **D.M. 30.11.1983** come l'attitudine di un elemento costruttivo, sia esso componente o struttura, a conservare, secondo un programma termico prestabilito e per un certo periodo di tempo, la stabilità (R), la tenuta (E) e l'isolamento termico (I).

Queste tre grandezze a loro volta sono definite come:

- **stabilità R** è l'attitudine di un elemento da costruzione a conservare la propria resistenza meccanica sotto l'azione dell'incendio;
- **tenuta E** è la capacità di un elemento da costruzione di non lasciar passare fiamme, vapori o gas caldi dal lato esposto a quello non esposto;
- **isolamento I** è l'attitudine di un elemento costruttivo a ridurre, entro determinati limiti, la trasmissione del calore.

Il D.M. 9.3.2007 ha apportato alcuni aggiornamenti alla definizione di resistenza al fuoco, sostanzialmente mantenuti dal D.M. 3.8.2015 e s.m.i., c, come la **capacità di compartimentazione in caso d'incendio** (attitudine di un elemento costruttivo a conservare sotto l'azione del fuoco un sufficiente isolamento termico ed una sufficiente tenuta ai fumi ed ai gas caldi della combustione) e la **resistenza al fuoco** intesa come una delle fondamentali strategie di protezione da perseguire per garantire un adeguato livello di sicurezza della costruzione in condizioni di incendio, sia nei riguardi della capacità portante degli elementi strutturali che quella di compartimentazione di elementi sia strutturali che non (ad esempio tamponamenti, porte o tramezzature).

La **classe di resistenza al fuoco** viene di conseguenza definita come "intervallo di tempo, espresso in minuti, definito in base al carico di incendio specifico di progetto, durante il quale il compartimento antincendio garantisce la capacità di compartimentazione".

Le **classi di resistenza al fuoco** previste dal D.M. 16.2.2007 e D.M. 3.8.2015 e s.m.i sono le seguenti: **15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360** (espresse in minuti). Esse rappresentano il tempo, in minuti, al di sotto del quale l'elemento costruttivo è in grado di mantenere e garantire le funzioni richieste in relazione allo specifico campo di impiego (in generale la classe di resistenza al fuoco è determinata dal più basso valore di uno dei parametri richiesti per il caso in esame).

Resistenza al fuoco: metodo tabellare

Resistenza al fuoco delle murature in laterizio - Allegati al D.M. 16.02.2007 e D.M. 3.8.2015 e s.m.i.

I D.M. 16.2.2007 e D.M. 3.8.2015 e s.m.i. distinguono, ai fini della classificazione al fuoco, le murature in portanti e non portanti (ad esempio tamponamenti).

Vengono indicati:

Nell'Allegato A vengono indicati:

- **elementi portanti** (muri) con funzione di compartimento antincendio (D.M. 16.2.2007, All. A, Tab. A.2.1 e D.M. 3.8.2015 e s.m.i., All. 1, Tab. S.2-14): prestazione e classe di resistenza al fuoco REI;
- **elementi non portanti** di separazione (pareti divisorie e di tamponatura) (D.M. 16.2.2007, All. A, Tab. A.4.1 e D.M. 3.8.2015 e s.m.i., All. 1, Tab. S.2-18): prestazione e classe di resistenza al fuoco EI.

Per una parete non avente funzione portante la vecchia Classe "REI" è assolutamente equivalente alla nuova Classe "EI" (Si tratta esclusivamente di una differente simbologia rispetto alla normativa precedente).

I D.M. 16.2.2007 e D.M. 3.8.2015 e s.m.i. precisano inoltre che, precisa inoltre che, in generale, le modalità con cui si può procedere alla determinazione delle prestazioni di resistenza al fuoco di un elemento costruttivo sono le seguenti:

- **prove**, da svolgersi presso laboratori autorizzati dal Ministero dell'Interno (metodo sperimentale);
- **calcoli** (metodo analitico);
- **confronti con tabelle** (metodo tabellare).

Per quanto riguarda il metodo analitico, l'unico riferimento per eseguire i calcoli è rappresentato dall'Eurocodice 6 e relativa Appendice Nazionale (UNI EN 1996-1-2 "Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"). Tuttavia il calcolo è limitato alle pareti portanti, ed è inoltre necessario validare il modello analitico con idonea sperimentazione attraverso prove standard (in pratica il metodo analitico è inapplicabile senza prove sperimentali).

Ne consegue che, per gli elementi costruttivi in muratura, è necessario ricorrere a criteri di valutazione esclusivamente secondo le modalità delle prove di laboratorio o del confronto tabellare.



Metodo tabellare per murature non portanti - D.M. 16.02.2007 e D.M. 3.8.2015 e s.m.i.

I parametri per la valutazione tabellare della resistenza al fuoco per murature non portanti sono indicati nelle Tabb. D.4.1 (D.M. 16.2.2007, All. D) e S.2-40 (D.M. 3.8.2015 e s.m.i, All. 1), che riportano gli spessori minimi dei blocchi, espressi in mm (escluso l'intonaco) necessari per ottenere la classe EI/EI-M in funzione della percentuale di foratura dei blocchi e del tipo di intonaco impiegato. Si considera l'esposizione al fuoco di un lato del muro che deve rispettare le seguenti limitazioni:

- $h^* \leq 4$ m
- per i requisiti EI, presenza di 10 mm di intonaco su entrambe le facce ovvero 20 mm sulla sola faccia esposta al fuoco.
- per i requisiti EI-M, presenza di 10 mm di intonaco su ambedue le facce

Tab. D.4.1 (D.M. 16.2.2007) e Tab. S.2-40 (D.M. 3.8.2015 e s.m.i.) - Murature non portanti in blocchi di laterizio (spessori minimi in mm)

Classe	foratura $\leq 55\%$	foratura $> 55\%$	foratura $\leq 55\%$	foratura $> 55\%$
	Intonaco normale		Intonaco protettivo antincendio	
EI 30	100	120	80	80
EI 60	120	150	80	100
EI 90	150	180	100	120
EI 120	180	200	120	150
EI 180	200	250	150	180
EI 240	250	300	180	200
EI 120-M**	200	200	-	200
EI 180-M**	200	250	-	200
EI 240-M**	250	300	-	200

Intonaco normale: intonaco tipo sabbia e cemento, sabbia cemento e calce, sabbia calce e gesso e simili caratterizzato da una massa volumica compresa tra 1000 e 1400 kg/m³

Intonaco protettivo antincendio : intonaco tipo gesso, vermiculite o argilla espansa e cemento o gesso perlite o gesso e simili caratterizzato da una massa volumica compresa tra 600 e 1000 kg/m³

** Integrazioni apportate dal D.M. 3.8.2015 e s.m.i. rispetto alla tab. del D.M. 16.2.2007

Metodo tabellare per murature portanti - Circolare VVF 1968 del 15.02.2008 e D.M. 3.8.2015 e s.m.i.

Il Dipartimento dei Vigili del fuoco del Ministero dell'Interno ha emanato una Circolare che va ad integrare l'Allegato D del D.M. 16.2.2007 con una specifica tabella di riferimento valida per le murature portanti resistenti al fuoco.

La tabella viene riportata, con opportune integrazioni, anche all'interno del D.M. 3.8.2015 e s.m.i. e indica i valori minimi (mm) dello spessore s di murature portanti in blocchi (normali o porizzati, esclusi gli intonaci) esposte su un lato, sufficienti a garantire i requisiti REI/REI-M per le classi indicate, con le seguenti limitazioni che dovranno comunque essere rispettate:

- rapporto $h^*/s \leq 20$
- $h^* \leq 8$ m (per i requisiti REI); $h^* \leq 4$ m (per i requisiti REI-M)
- per i requisiti REI-M, presenza di 10 mm di intonaco su ambedue le facce.

Circolare VVF 1968 e Tab. S.2-44 (D.M. 3.8.2015 e s.m.i.) - Murature portanti in blocchi di laterizio (spessori minimi in mm)		
Classe	Pieno (foratura $\leq 15\%$)	Semipieno e forato ($15\% < \text{foratura} < 55\%$)*
REI 30	120	170
REI 60	150	170
REI 90	170	200
REI 120	200	240
REI 180	240	280
REI 240	300	300
REI 90-M**	200	240
REI 120-M**	200	240
REI 180-M**	240	280
REI 240-M**	300	330
Presenza di 10 mm di intonaco su ambedue le facce ovvero di 20 mm sulla sola faccia esposta al fuoco		
* Altezza della parete tra due solai		
** Integrazioni apportate dal D.M. 3.8.2015 e s.m.i. rispetto alla tab. della Circ. VVF 1968		

Nella tabella sono contemplati anche spessori inferiori rispetto ai minimi normativi delle NTC 2008 per muratura portante in zona sismica e non; questo perché si deve tener conto anche degli edifici esistenti, costruiti in epoche diverse, e per i quali è possibile che siano presenti murature portanti con spessori anche inferiori ai limiti attualmente consentiti.

Resistenza al fuoco: prove di laboratorio

Prove sperimentali di resistenza al fuoco

Si illustrano i risultati di prove di resistenza al fuoco effettuate in laboratorio, svolte su tramezze in laterizio seguendo la metodologia indicata nella **UNI EN 1364-1** (Prove di resistenza al fuoco per elementi non portanti - Muri) e la classificazione EI in accordo alla **UNI EN 13501-2:2009** (Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 2: Classificazione in base ai risultati delle prove di resistenza al fuoco, esclusi i sistemi di ventilazione).

NB: le prove di laboratorio vengono in genere realizzate per le sole partizioni di spessore ridotto, in quanto le murature di grande spessore sono già opportunamente certificabili con alti valori di resistenza al fuoco grazie al metodo tabellare

Pareti certificate

Di seguito vengono riportate le indicazioni con cui si procede alle prove di laboratorio per pareti non portanti in tramezze di laterizio.

Le tramezze sono posate opportunamente sfalsate, con dimensioni del pannello murario di 3,2 m x 3,2 m. I giunti orizzontali e verticali sono in malta di tipo M5 spessore 10 mm. Nel caso delle tramezze Pth BIO inc e BIO PLAN, i giunti verticali sono ad incastro e la muratura è intonacata su ambo i lati. Nel caso del Pth BIO MOD 30-12/19, la parete non è intonacata. I tre bordi vincolati perimetrali della parete a contatto con l'intelaiatura di prova sono fissati con malta M5 secondo UNI EN 998-2 per uno spessore di 10 mm; la parete è rifinita con intonaco tipo M5 spessore 15 mm per lato. Le condizioni di esposizione sono le seguenti:

- Curva temperatura/tempo: standard (le condizioni di riscaldamento e l'ambiente del forno rispondono a quanto indicato nella EN 1363-1, punti 5.1.1, 5.1.2 e 5.2.1);
- Direzione di esposizione: campione simmetrico (lato esposto al fuoco corrispondente ad uno dei due lati della parete);
- Numero di superfici esposte: 1.



Porotherm BIO inc 12-50/19 - EI 180



Porotherm BIO PLAN 12-50/19,9 - EI 120
posato con malta speciale



Porotherm BIO inc 8-50/19 - EI 120



Porotherm BIO MOD 30-12/19 (45%) -
EI 120 posato senza intonaco



Acustica

Quadro normativo e progettazione

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

Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici in GU n. 297 del
22/12/97

Norma UNI 11367

Acustica in edilizia, classificazione acustica delle unità immobiliari, procedura
di valutazione e verifica in opera

UNI EN ISO 12354-1

Acustica in edilizia, stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle
prestazioni dei componenti

UNI EN ISO 140-3

Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di
edificio - Parte 3: misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via
aerea di elementi di edificio

Resistenza al fuoco: prove di laboratorio

Il **DPCM 5/12/97** è il documento di riferimento normativo italiano per l'acustica in edilizia. Definisce i valori (minimi o massimi) di rumore riscontrabili all'interno degli edifici riguardanti:

- rumore tra differenti unità immobiliari;
- rumore esterno;
- rumore da calpestio;
- rumore di impianti a funzionamento continuo o discontinuo.

Il decreto classifica in 7 categorie gli ambienti abitati, per ognuna delle quali fissa i livelli di isolamento acustico relativamente a determinate prestazioni dei singoli componenti dell'edificio.

Il 22 luglio 2010 è stata pubblicata la norma tecnica **UNI 11367** – “Acustica in edilizia, classificazione acustica delle unità immobiliari, procedura di valutazione e verifica in opera” – che permette di determinare, in modo simile all'attestato di prestazione energetica (APE), una classificazione acustica dell'edificio esistente in base ad opportune misure fonometriche da realizzarsi in opera.

La norma prevede quattro differenti classi di efficienza e classificazione acustica ma, ad oggi (Marzo 2015), non è richiamata in alcun documento legislativo. Pertanto l'applicazione delle classi acustiche è volontaria. Il rispetto di una specifica classe acustica diventa obbligatorio se previsto dalle condizioni contrattuali.

D.P.C.M. 05/12/97 - Allegato A - Tabella A
Classificazione degli ambienti abitativi (Art. 2)

Categoria	Ambienti
A	Residenze o assimilabili
B	Uffici o assimilabili
C	Alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	Ospedali, cliniche, case di cure e assimilabili
E	Scuola a tutti i livelli e assimilabili
F	Edifici per attività ricreative, di culto o assimilabili
G	Edifici per attività commerciali o assimilabili



I requisiti del D.C.P.M. 05/12/97

Di seguito la tabella riassuntiva dei limiti acustici secondo il D.P.C. M. 05/12/97.

Nei particolari riguardi della muratura, i valori a cui fare riferimento sono R'_w e $D_{2m,n,Tw}$.

D.P.C.M. 05/12/97 - Allegato A - Tabella B					
Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici					
Categoria	R'_w [dB]	$D_{2m,n,Tw}$ [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	L_{ASmax} [dB]	L_{Aeq} [dB]
A	50	40	63	35	35
B	50	42	55	35	35
C	55	40	63	35	35
D	50	45	58	35	35
E	50	48	58	35	25
F	50	42	55	35	35
G	50	42	55	35	35

R'_w	ndice del potere fonoisolante apparente riferito a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari
$D_{2m,n,Tw}$	indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata
$L'_{n,w}$	indice del livello del rumore di calpestio
L_{ASmax}	livello massimo della pressione sonora con costante di tempo slow per servizi a funzionamento discontinuo
L_{Aeq}	livello continuo equivalente di pressione sonora per servizi a funzionamento continuo

I requisiti della norma UNI 11367

In riferimento alla norma UNI 11367 si riporta una tabella riassuntiva nella quale si rilevano i valori limite da rispettare nei riguardi della classificazione acustica. La classificazione, come detto, definisce la qualità acustica degli edifici oggetto di

studio: alla classe I corrisponde una qualità di fonoisolamento migliore; viceversa, alla classe IV corrisponde una qualità acustica di fonoisolamento scadente. In particolare si rilevano limiti diversi per diverse tipologie edilizie, dove quelle

destinate alla ricezione (alberghi) risultano più restrittive. Gli ospedali, le case di cura e le scuole (a tutti i livelli) non sono soggette a classificazione.

UNI 11367 - Tabella 1							
Valori limite per le varie classi acustiche							
Classe acustica	Indici di valutazione / Livelli globali					Ricettiva	
	<i>Residenziale; Direzionale ed ufficio; Ricettiva; Ricreativa; Di culto; Commerciale</i>						
	$D_{2m,n,Tw}$ [dB]	R'_w [dB]	L'_{nw} [dB]	L'_{ic} [dB]	L'_{id} [dB]	$D_{n,Tw}$ [dB]	L'_{nw} [dB]
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30	≥ 56	≤ 53
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33	≥ 53	≤ 58
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37	≥ 50	≤ 63
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42	≥ 45	≤ 68

Nel caso vengano rilevate in opera prestazioni peggiori rispetto alla classe IV, il requisito risulta non classificabile e viene identificato con l'acronimo NC.

Nel caso un descrittore non sia significativo per l'unità immobiliare in esame, ad esempio un appartamento non soggetto a rumori da impianti a funzionamento continuo, si adotta la sigla NP, cioè "non pertinente".

I limiti della tabelle sono validi per tutte le destinazioni d'uso ad eccezione di ospedali e scuole. Per queste tipologie di edifici la norma propone, nell'Appendice A, alcuni valori di riferimento per definire costruzioni con prestazioni acustiche "di base" o "superiori".

NB: i valori indicati si riferiscono esclusivamente ad una classificazione acustica volontaria; è tuttavia presumibile che, nel futuro D.P.C.M. che recepirà la norma in questione, questi valori siano presi come riferimento come nuovi valori limite, considerando come valori di base quelli riferiti alla classe III.

Potere fonoisolante: metodologie di calcolo

Le misure di potere fonoisolante effettuate sugli edifici reali tengono conto di tutte le forme di trasmissione dell'energia sonora dall'ambiente emittente a quello ricevente (trasmissione diretta, trasmissione laterale aerea e laterale strutturale): si parla quindi di potere fonoisolante apparente R' (che tiene in considerazione di tutte le forme di trasmissione dell'onda sonora) per distinguerlo da quello "puro" R riferito alla sola componente diretta. Il metodo di calcolo del potere fonoisolante apparente è relativamente complesso e richiede la conoscenza di tutte le stratigrafie murarie analizzati, anche quelle laterali alle pareti oggetto di studio. Il metodo è dettagliato nella norma UNI EN ISO 12354-1, ma può essere semplificato nei riguardi dei componenti opachi verticali (murature) con la cosiddetta "Legge della massa".

Poiché i limiti normativi dell'isolamento acustico impongono valori minimi più alti per i divisori tra alloggi rispetto a quelli delle murature perimetrali di facciata ($R'_{w, \min} = 50$ dB contro $D_{2m,n,T,w, \min} = 40$ dB), risulta più difficile garantire un buon isolamento acustico nei divisori tra alloggi piuttosto che nelle murature perimetrali. Le murature che compongono l'involucro sono in genere murature di grande spessore (oltre i 30 cm), i cui punti deboli a cui prestare attenzione, sono le aperture (finestre, porte e cassonetti), in quanto le murature di grande spessore garantiscono da sole un potere fonoisolante attorno ai 50 dB.

Per quanto riguarda le pareti divisorie tra alloggi, invece, è necessario garantire un potere fonoisolante maggiore per cautelarsi nei confronti di errori di posa e realizzazione delle tracce per gli impianti.

La legge della massa

Nel valutare la prestazione di fonoisolamento di una parete, è possibile fare riferimento a prove di laboratorio realizzate su precise stratigrafie murarie oppure a una valutazione basata sulla massa superficiale degli elementi che compongono la parete.

Sulla base di un'analisi su un consistente numero di prove di laboratorio effettuate dall'Università di Padova e dall'Istituto Giordano in collaborazione con il Consorzio Alveolater, si è scoperto che esiste una corrispondenza diretta tra la massa di una

parete e il potere fonoisolante che la stessa può garantire: più la massa della parete è elevata, più essa isola dai rumori, secondo una proporzione logaritmica.

E' quindi consigliabile, per ottenere elevati valori di potere fonoisolante, progettare e realizzare edifici con murature pesanti di grande spessore.

In alternativa è possibile scegliere stratigrafie murarie più complesse, che siano costituite cioè da più strati murari per realizzare il cosiddetto sistema "massa - molla - massa", dove le "masse" sono rappresentate dalla muratura e la "molla" è costituita dagli strati all'interno del muro generalmente realizzati con pannelli isolanti fonoassorbenti.

A seconda della stratigrafia muraria, la legge della massa cambia proprio per tenere in considerazione le possibili diverse configurazioni delle murature.

Pareti monostrato

Tali formule permettono quindi la stima semplificata del potere fonoisolante a partire dal solo valore della massa superficiale di queste.

In ambito nazionale si considera, per pareti in laterizio normale o alleggerito di massa superficiale tra 50 e 400 Kg/m² la relazione

$$R_w = 20 \log M$$

eventualmente modificabile in

$$R_w = 20,5 \log M$$

per intervalli di massa superficiale complessiva tra 230 < M < 400 Kg/m²

Pareti doppie

Diverso è il discorso relativo alle pareti doppie. Per sfruttare al meglio le proprietà fonoisolanti delle pareti doppie in laterizio a intercapedine vuota, occorre che l'intercapedine sia almeno 10 cm per modulare meglio le frequenze sonore, con la relazione:

$$R_w = 20 \log M + 20 \log (d-10)$$

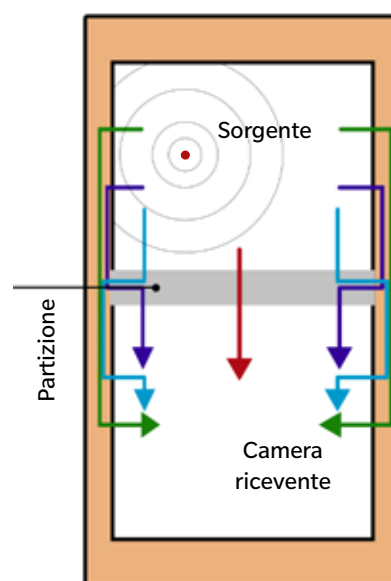
dove d è lo spessore dell'intercapedine espresso in cm.

Per valutazioni di murature doppie con pannelli fonoassorbenti interposti, in un ambito di massa superficiale complessivo

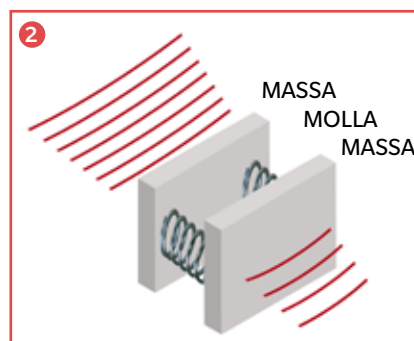
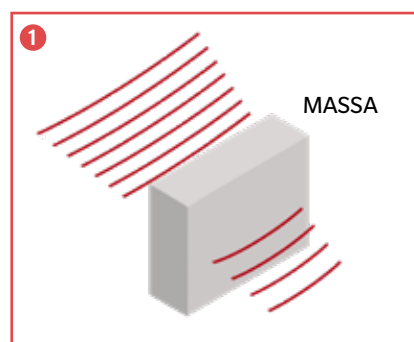
compreso tra 230 < M < 400 Kg/m², la relazione diventa

$$R_w = 22,3 \log M$$

Tale relazione è però molto a favore di sicurezza; i dati sperimentali, in particolare sulle murature doppie certificano valori di fonoisolamento generalmente superiori.



La trasmissione del rumore attraverso la partizione verticale (parete) distinta in diretta (freccia rossa) e laterale (altre frecce)



Il sistema di partizione verticale massivo (1) e il sistema massa-molla-massa (2)

Potere fonoisolante: suggerimenti per la progettazione

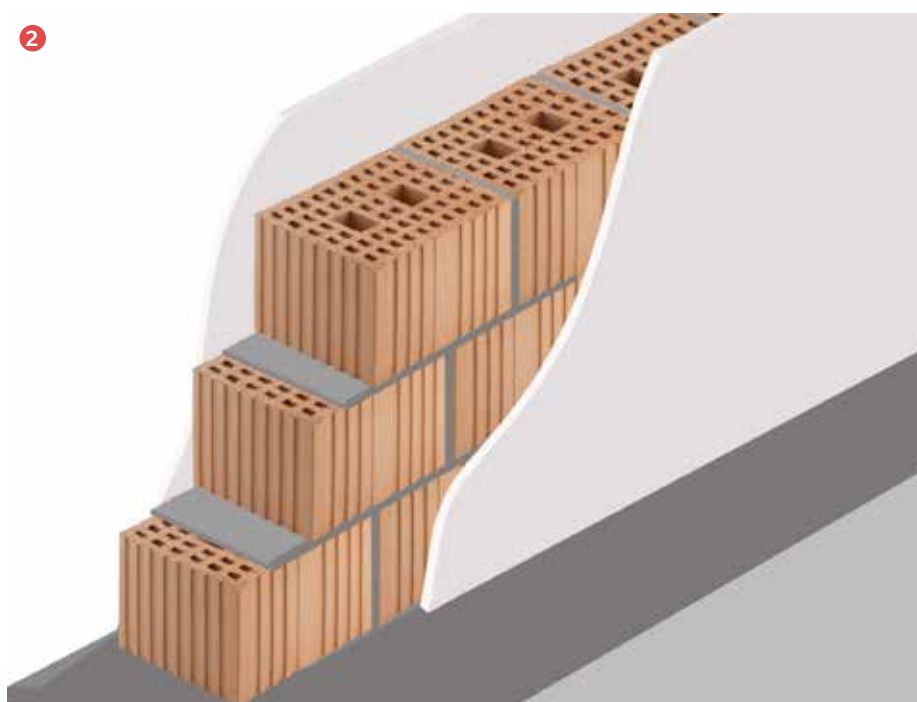
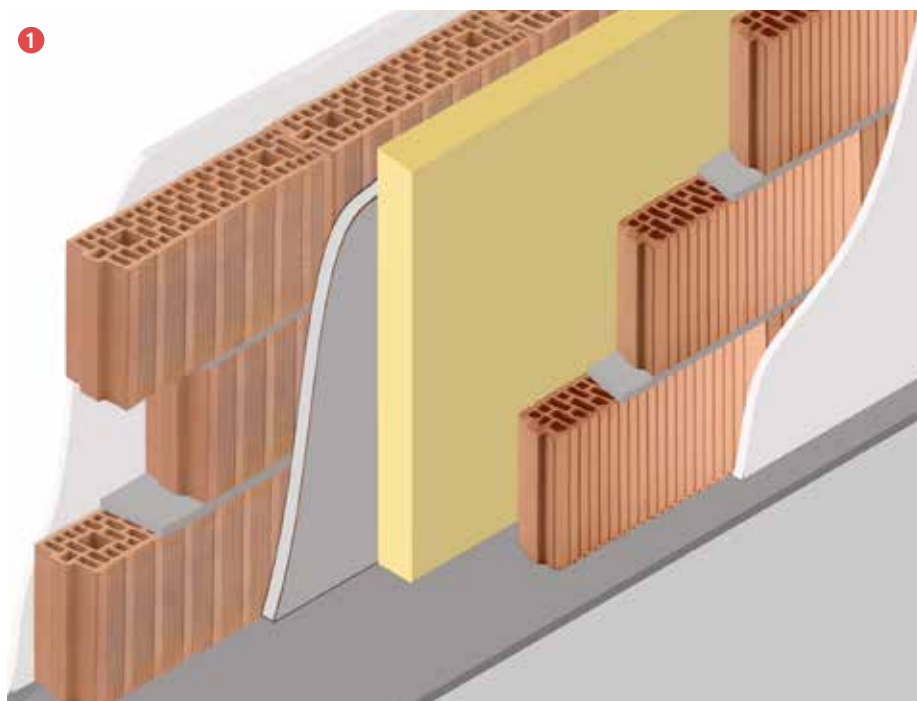
Esistono una serie di principi generali da osservare, per il controllo del rumore, ed alcuni accorgimenti da adottare per evitare problemi costruttivi dovuti a una non attenta progettazione. Parallelamente, è necessario che la posa in opera, nei riguardi dell'acustica, sia la più precisa possibile. Per quanto riguarda il controllo dei rumori aerei, si osservi innanzitutto che, se i divisori tra unità immobiliari devono rispettare almeno 50 dB (limite normativo), essi dovranno essere realizzati con pareti certificate in laboratorio (o calcolate con la legge della massa) con valori di R_w di almeno 53/55 dB. Questo perché una riduzione di 3/5 dB è tipica per le pareti realizzate in opera a causa di una posa non a perfetta regola d'arte dei blocchi e della malta e all'eventuale realizzazione di tracce per impianti su queste pareti.

Nelle pareti doppie è bene utilizzare materiali diversi oppure uguali ma di spessore differente, in maniera da realizzare una muratura asimmetrica; questo favorisce la formazione di una barriera acustica efficace su una gamma maggiore di frequenze.

E' sempre consigliabile, nelle murature divisorie tra alloggi, abbondare nelle quantità di malta utilizzata in maniera da aumentare la pesantezza dei comparti murari e, possibilmente, inserire uno strato di rinzafo all'interno delle intercapedini (fig. 1).

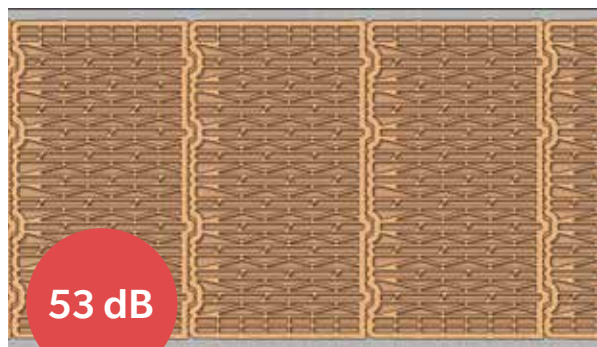
Anche aumentare lo spessore degli intonaci aiuta a migliorare la prestazione acustica poiché si appesantisce lo strato murario. L'alternativa alla doppia muratura è quella di utilizzare una parete molto massiva che assolve alle stesse prestazioni di fonoisolamento grazie all'elevato peso della stessa; in questo caso si può procedere intonacando semplicemente la parete (fig. 2: parete massiva **Porotherm BIO MOD Sonico**) in grado di raggiungere un potere isolante R_w di 58 dB già su 25 cm di spessore.

Per i rumori impattivi la massa è poco importante: è bene procedere a una desolidarizzazione della parete utilizzando opportune membrane bituminose tra il solaio e il primo corso di blocchi al fine di limitare il più possibile la trasmissione laterale del rumore; le stesse membrane possono essere predisposte sui fianchi della muratura purché non venga meno il rischio di ribaltamento delle stesse.



Soluzioni progettuali

Muratura monostrato BIO PLAN

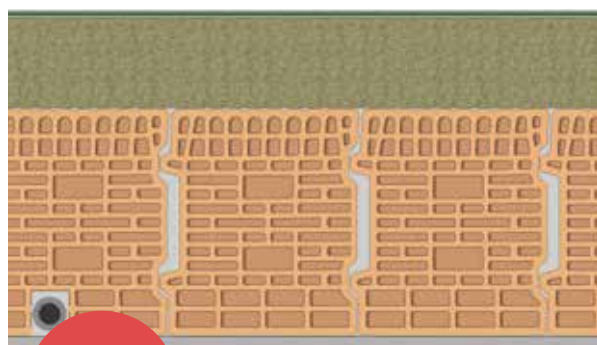


Caratteristiche della stratigrafia				
Materiale	Peso specifico	Massa superficiale	Conducibilità termica	Spessore
			λ_{equ}	
	Kg/m^3	Kg/m^2	W/mK	cm
Intonaco base calce	1500	22,5	0,54	1,5
Pth BIO PLAN 45 T9	870	396,3	0,09	45
Intonaco base calce	1500	22,5	0,54	1,5

Caratteristiche tecniche		Caratteristiche termico - acustiche			
Spessore della parete intonacata	Massa superficiale (compresi gli intonaci)	Trasmittanza termica	Sfasamento	Trasmittanza termica periodica	Potere fonoisolante
		U	s	Y_{IE}	R_w
cm	Kg/m^3	$\text{W/m}^2\text{K}$	ore	$\text{W/m}^2\text{K}$	dB
48	438,3	0,19	>24	0,002	54

I valori del potere fonoisolante sono dedotti dalla legge della massa $R_w = 19,9 \log (M)$

Muratura BIO PLAN + cappotto

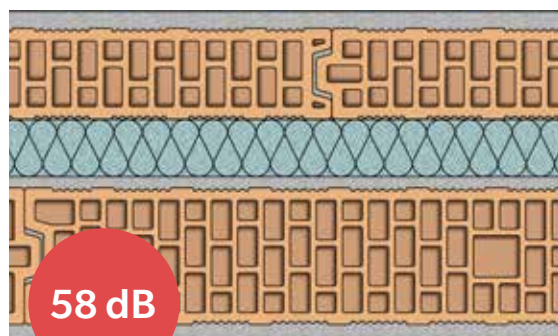


Caratteristiche della stratigrafia				
Materiale	Peso specifico	Massa superficiale	Conducibilità termica	Spessore
			λ_{equ}	
	Kg/m^3	Kg/m^2	W/mK	cm
Intonaco silossanico per cappotto	1500	7,5	0,3	0,5
Cappotto in lana di roccia	40	4,8	0,035	12
Pth BIO PLAN 30 ETICS	880	269	0,14	30
Intonaco base calce	1500	22,5	0,54	1,5

Caratteristiche tecniche		Caratteristiche termico - acustiche			
Spessore della parete intonacata	Massa superficiale (compresi gli intonaci)	Trasmittanza termica	Sfasamento	Trasmittanza termica periodica	Potere fonoisolante
		U	s	Y_{IE}	R_w
cm	Kg/m^3	$\text{W/m}^2\text{K}$	ore	$\text{W/m}^2\text{K}$	dB
44	317,6	0,17	19,03	0,038	55

I valori del potere fonoisolante sono dedotti da prove sperimentali condotte in laboratorio

Doppia muratura BIO PLAN

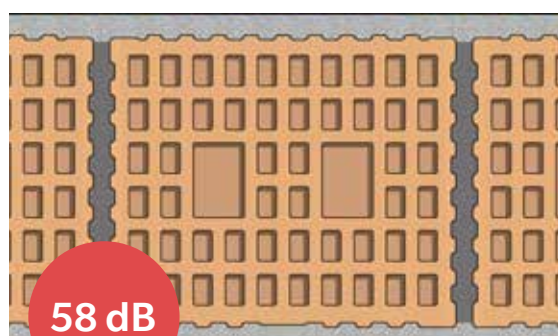


Caratteristiche della stratigrafia				
Materiale	Peso specifico	Massa superficiale	Conducibilità termica	Spessore
			λ_{equ}	
	Kg/m ³	Kg/m ²	W/mK	cm
Intonaco tradizionale	1800	27	0,9	1,5
Pth BIO PLAN 8	1000	80,5	0,19	8
Pannello fono-assorbente in fibra	40	2	0,035	5
RInzafo	1800	18	0,9	1
Pth BIO PLAN 12	930	112,2	0,18	12
Intonaco base calce	1800	27	0,9	1,5

Caratteristiche tecniche		Caratteristiche termico - acustiche			
Spessore della parete intonacata	Massa superficiale (compresi gli intonaci)	Trasmittanza termica	Sfasamento	Trasmittanza termica periodica	Potere fonoisolante
		U	s	Y_{IE}	R_w
cm	Kg/m ³	W/m ² K	ore	W/m ² K	dB
29	266,7	0,37	12,55	0,077	58 ^(*)

(*) I valori del potere fonoisolante sono dedotti da prove sperimentali condotte in laboratorio

Muratura monostrato Porotherm BIO MOD Sonico



Caratteristiche della stratigrafia				
Materiale	Peso specifico	Massa superficiale	Conducibilità termica	Spessore
			λ_{equ}	
	Kg/m ³	Kg/m ²	W/mK	cm
Intonaco base calce	1500	22,5	0,54	1,5
Pth BIO MOD Sonico	1050	281,1	0,24	25
Intonaco base calce	1500	22,5	0,54	1,5

Caratteristiche tecniche		Caratteristiche termico - acustiche			
Spessore della parete intonacata	Massa superficiale (compresi gli intonaci)	Trasmittanza termica	Sfasamento	Trasmittanza termica periodica	Potere fonoisolante
		U	s	Y_{IE}	R_w
cm	Kg/m ³	W/m ² K	ore	W/m ² K	dB
28	281,1	0,79	11,11	0,231	58 ^(**)

(**) I valori del potere fonoisolante sono dedotti da prove sperimentali condotte in laboratorio (Rapporto di prova N. 351283)



**Dossier realizzazioni
wienerberger**

Casi studio

Edifici ad uso residenziale

Ca' delle Alzaie, Treviso

Il Giardino delle Arti, Pieve di Cento

Borgo Quattro Passi, Treviso

Casa sul Rio dei Molini, Bolzano

Edifici ad uso non residenziale

Edificio 2226, Austria

Scuola a San Vito di Cadore, Belluno

Focus sicurezza sismica

Santa Maria Paganica, L'Aquila

Villetta di Campi di Norcia, Perugia

Ca' delle Alzaie

Esempio di rigenerazione urbana e sostenibilità ambientale



© Foto: Andrea Baroldo

Questo intervento, fortemente voluto dalla storica impresa veneta Cazzaro Costruzioni, vede la firma dello studio **Stefano Boeri** architetti per un intervento di **recupero e rigenerazione urbana** volto a trasformare un'area industriale dismessa, in un contesto quindi di degrado, in un interessante complesso abitativo a vocazione residenziale.

L'intervento di Ca' delle Alzaie si muove nel percorso di ricerca e sviluppo di "Forestatione Urbana" diventato ormai tratto caratteristico dell'architetto Boeri, che descrive così questo intervento: *"Al posto di una fabbrica abbandonata, tre piccoli edifici sulla riva del fiume ospitano sulle loro facciate 120 alberi e 400 arbusti, che da soli sono in grado di produrre più di 2,7 tonnellate di ossigeno all'anno. Una presenza discreta che ricomponе il rapporto tra la città di Treviso, a due passi dalle antiche mura, e il fiume Sile"*.

L'impegno progettuale è stato evidente fino dai primi passi di questo intervento, con una campagna di monitoraggio sulla temperatura e umidità, durata un anno intero, che ha valutato l'impatto del

fiume Sile, prospiciente al lotto, sul nuovo organismo edilizio che sarebbe andato a sostituire l'area dismessa.

L'equilibrio tra l'architettura dei tre nuovi edifici residenziali e la natura del contesto circostante è stato perseguito attraverso un'attenta progettazione e un'accurata scelta dei materiali che hanno permesso il conseguimento della più alta classificazione energetica. I laterizi wienerberger sono stati scelti per questo intervento per vari motivi, **dal comportamento termoigrometrico alla massa superficiale, con una particolare attenzione alla sostenibilità e alla durabilità dei materiali utilizzati.**

Ca' delle Alzaie rappresenta un vero e proprio **esempio di architettura che si fonde con la natura**. Tutto ciò è stato reso possibile dall'unione di due importanti realtà nel mondo dell'edilizia: Cazzaro Costruzioni srl e Stefano Boeri Architetti. Le due aziende si sono unite per realizzare un vero e proprio esempio di architettura sostenibile, questo è stato possibile grazie anche ad una attenta scelta dei materiali utilizzati.





Materiali utilizzati: Porotherm BIO inc 25

La famiglia Porotherm offre un'ampia gamma di soluzioni, dalle tramezze interne alle murature monostrato, per edifici massivi in laterizio. Essendo cotti a circa 900°C sono insensibili al fuoco e rientrano quindi nell'EUROCLASS A1, offrendo quindi elevata sicurezza a chi vivrà edifici realizzati in laterizio.

Nel progetto Ca' delle Alzaie la soluzione in laterizio scelta è stata il blocco a incastro da 25 cm di spessore.

Le microporosità del blocco vengono ottenute dalle farine di legno vergini o da miscele di fibre vegetali, che garantiscono un isolamento termico sano e confortevole per gli abitanti.

In più, i laterizi wienerberger hanno una durabilità nel tempo praticamente illimitata e favoriscono una riduzione dei consumi di energia sia per il riscaldamento invernale che per il raffrescamento estivo, con conseguente risparmio sui consumi e un minore impatto ambientale.

Il blocco Porotherm BIO inc 25 abbinato ad un'attenta progettazione e posa in opera a regola d'arte, garantisce benessere abitativo e tutela dell'ambiente circostante.



"Soluzione, secondo noi, irrinunciabile per le sue prestazioni acustiche, termiche, di tenuta all'aria e igroscopiche." – Cazzaro Costruzioni srl



© Foto: Andrea Petroldeo



© Foto: Andrea Petroldeo

INFO

UBICAZIONE: Treviso (TV)

PROGETTISTA: Stefano Boeri Architetti

COMMITTENTE: Cazzaro Costruzioni srl

DIMENSIONI: Area di progetto 10.750 mq,
SLP 9.000 mq

SOLUZIONE wienerberger:
Porotherm BIO inc 25



II Giardino delle Arti

Un quartiere residenziale nel cuore di Pieve di Cento

Un vero e proprio quartiere dell'arte che contribuirà alla **trasformazione del piccolo borgo medievale di Pieve di Cento (BO) in un museo a cielo aperto**: a pochi passi dal centro storico del comune bolognese è stato realizzato un nuovo quartiere residenziale, il Giardino delle Arti, fortemente voluto dall'imprenditore e mecenate Giulio Bargellini.

Già fondatore nel 2000 del Museo Magi '900, l'imprenditore di Pieve di Cento ha voluto condividere ancora una volta la sua passione per l'arte con i propri concittadini, attraverso lo sviluppo di un complesso residenziale che si affaccia proprio sul giardino delle sculture del museo, e che incornicerà la piazza che si verrà così a creare.

E proprio la piazza rappresenta il cuore e l'elemento cardine attorno a cui ruota il progetto affidato al team di progettisti, formato dagli ingegneri Luca Venturi, Fabio Paoletti e Fabrizio Campanini, che consegnerà alla cittadina 17 unità residenziali, realizzate secondo il modello delle case a schiera in un unico corpo di

fabbrica costituito da due volumi, uniti da un sovrappasso, che delimitano i lati sud ed est del giardino delle sculture, su cui si affacciano anche i portici collocati al piano terra destinati all'uso pubblico.

Un nuovo punto di ritrovo per tutta la cittadinanza del borgo bolognese, un luogo che, nel solco della tradizione, torni a diventare il centro nevralgico della comunità, come auspicato da Giulio Bargellini. Il Giardino delle Arti, secondo la visione di Bargellini, diventerà *"un centro davvero originale e unico nel suo genere, dal momento che in Italia non esiste un posto come quello che stiamo creando qui a Pieve di Cento. Non esiste nessun altro paese che sia allo stesso tempo un museo, un paese-museo e un museo-paese, che fa dell'arte e del territorio un tutt'uno"*.

Un nuovo spazio dedicato all'arte, concepito per entrare in contatto con il pubblico in ogni momento del vivere quotidiano, attraverso una corte ispirata all'architettura storica tradizionale, che riprende il calore dei portici e dei materiali tipici dell'architettura emiliana. Proprio

per questo, tra i materiali protagonisti del progetto, vi sono i laterizi wienerberger: *"Gli edifici - dichiara l'Ing. Campanini - devono durare nel tempo ed essere realizzati con materiali longevi e di qualità. Quando abbiamo iniziato a pensare al borgo, l'idea di utilizzare il laterizio ci è sembrata la scelta più ovvia. Ci piace pensare al laterizio come a un materiale oltre la moda, un materiale che ben coniuga l'idea di tradizione con quella di innovazione. I laterizi di wienerberger, che abbiamo scelto per il progetto, rispondono in maniera convincente e soddisfacente a tutti questi dettami"*.

Un materiale tradizionale, il laterizio, fortemente legato alle costruzioni del passato che, grazie a wienerberger e al suo processo di ricerca e sviluppo, riesce ancora oggi a garantire elevate prestazioni termiche, strutturali e di durabilità e, al tempo stesso, a rinnovarsi. Un recupero in chiave innovativa di antiche pratiche, tradizioni e modi di agire che rinascono per delineare soluzioni idonee a risolvere le necessità più attuali.



Materiale utilizzato: Porotherm BIO PLAN 38 T9

Nello sviluppo di questo comparto residenziale, fin dalle prime fasi di analisi, la scelta progettuale è ricaduta su una **soluzione massiva** che, semplicemente intonacata, potesse raggiungere elevate prestazioni a livello energetico.



Si è quindi optato per un **sistema rettificato**, il **Porotherm BIO PLAN 38 T9** che, con una trasmittanza $U=0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$, potesse garantire una prestazione dell'involucro decisamente migliorativa rispetto ai requisiti normativi. Oltre alle elevate prestazioni termiche, il laterizio rettificato, garantisce una posa in opera facile e veloce senza l'utilizzo di isolanti aggiuntivi alla muratura.

Il successo di questo sistema è decretato dalla combinazione della tecnologia della rettifica a quella dei setti sottili, oggetto di un approfondito lavoro di ricerca e sviluppo da parte di wienerberger. Da un lato la rettifica, ovvero l'ottima planarità delle facce superiori ed inferiori dei blocchi, permette di realizzare giunti di malta di appena 1 mm eliminando completamente il ponte termico della malta tra un corso e l'altro a vantaggio delle performance energetiche, migliorate

ulteriormente dalla presenza di setti sottili che incrementano le file dei fori e la percentuale di foratura, migliorando quindi le prestazioni di isolamento rispetto ad un normale laterizio.



© Foto: Ing. Luca Venturi

INFO

UBICAZIONE: Pieve di Cento (BO)

PROGETTISTA: Ing. L. Venturi, Ing. F. Campanini e Ing. F. Paoletti

COMMITTENTE: IAM Srl - Iniziative D'Arte e Musei

DIMENSIONI: 3.007 mq Superficie Utile, 446 mq Sale Espositive Museali, 2560 mq Unità Residenziali, 7 piani fuori terra + 2 piani interrati

IMPRESA REALIZZATRICE: Global Services Srl

SOLUZIONE wienerberger:
Porotherm BIO PLAN 38 T9
Porotherm PLANA⁺



© Foto: Ing. Luca Venturi



© Foto: Ing. Luca Venturi

Quattro passi

Il Co-Housing che unisce
eccellenza e ricerca



© Foto: Andrea Avezzù

Il **Co-Housing** rappresenta un nuovo modo di intendere gli spazi abitativi e il concetto stesso di abitare. Alla base del concetto di Co-Housing c'è il **valore della condivisione**, dove un piccolo numero di famiglie sceglie di abitare secondo una visione comune e regole condivise, modellando e costruendo spazi pensati per i loro bisogni. Nel Co-Housing si affiancano agli alloggi privati, progettati a misura di ogni famiglia, anche una serie di spazi di utilizzo comune.

Grazie al Co-Housing è possibile realizzare case su misura progettate secondo i più elevati standard costruttivi, a costi che spesso l'edilizia standardizzata non può garantire. Il potere contrattuale dei gruppi ha permesso di ottenere importanti economie nel rispetto degli ambiziosi obiettivi perseguiti: **classe energetica A**, utilizzo di materiali conformi ai parametri della bioedilizia, impianti a energie rinnovabili e uso di biomasse.

Questi principi, applicati ad un percorso virtuoso di ricerca mirata che unisce eccellenza e innovazione, hanno

portato alla realizzazione di un **"eco-quartiere"** denominato **"Quattro Passi"** (a Villorba, in provincia di Treviso), un progetto promosso dalla Cooperativa Pace e Sviluppo insieme allo Studio di progettazione **Tamassociati**, un team di architetti che si occupa di design sociale.

Si è trattato di un'iniziativa innovativa e originale che ha coinvolto 8 famiglie e altrettante unità abitative, e un edificio comune di 230 m² circa, per una superficie costruita complessiva di circa 650 m². Il borgo sorge fra centro abitato e aperta campagna su un lotto di ampie dimensioni e caratterizzato da vegetazione rigogliosa, caratteristiche che lo rendono una sorta di **isola protetta**. L'intervento **preserva questa qualità di naturalità**: tutte le abitazioni sono posizionate in modo da mantenere un cuore verde, una grande **"aia"** comune su cui affacciarsi.

La qualità e la tranquillità degli spazi verdi sono inoltre garantite dall'assenza di automobili: queste sono concentrate in un'area di parcheggio posta ai limiti del complesso, garantendo al parco la

ciclopeditonalità totale. La **casa comune**, collocata in prossimità dell'accesso a nord, è un edificio polifunzionale dotato di una grande sala collegata ad una cucina attrezzata (ideale per feste, riunioni, luogo di ritrovo e studio dei ragazzi), un portico per le attività in esterno, un'officina per il bricolage, una stanza per gli ospiti e un magazzino alimentare per gli acquisti di gruppo. Negli spazi esterni sono stati realizzati un giardino attrezzato con giochi per i bambini e ragazzi e un orto collettivo.

La casa comune, inoltre, ospita gli impianti centralizzati che alimentano tutto il borgo: le case sono riscaldate da una centrale termica a biomassa, coadiuvata dal solare termico per l'acqua calda sanitaria e dal fotovoltaico per l'alimentazione degli impianti stessi e della casa comune. Questa avanzata soluzione impiantistica è stata combinata con un involucro edilizio ad alte prestazioni energetiche, per la cui realizzazione sono stati scelti ed impiegati i blocchi in laterizio rettificato per muratura portante **Porotherm BIO PLAN 30-25/19,9 P di wienerberger**.



Materiale utilizzato: Porotherm BIO PLAN 30

I criteri base che hanno guidato la scelta della muratura in fase progettuale sono stati l'ecocompatibilità dei materiali, l'ecosemplicità del sistema costruttivo, la robustezza e durabilità nel tempo. Stessa prioritaria attenzione è stata data alle prestazioni energetiche e alle performance di isolamento acustico, alle proprietà di traspirabilità e inerzia termica che garantissero un eccellente comfort abitativo.



In base a questi criteri, la scelta progettuale è ricaduta sulla tipologia di muratura in blocchi di laterizio di grosso spessore. Si tratta di una doppia parete di spessore totale di 55 cm costituita da un primo strato in blocchi di laterizio Wienerberger Porotherm BIO PLAN 30-25/19,9 P di 30 cm di spessore, un secondo strato in blocchi di laterizio di 17 cm di spessore, con interposta intercapedine d'aria di 4 cm. Infine le facciate esterne e le pareti interne sono rivestite con intonaco.

La tecnologia costruttiva della muratura portante che è stata qui adottata, consente di realizzare fabbricati privi di strutture in c.a. ad eccezione del cordolo posto alla base della copertura a falde. La muratura portante in laterizio risponde a tutti i requisiti strutturali e di resistenza sismica. Rappresenta inoltre un chiaro richiamo alla tipologia tradizionale degli

edifici rurali veneti interamente costruiti laterizio. Le pareti del borgo Quattro Passi sono realizzate interamente in laterizio, materiale tradizionale e altamente performante, senza materiali isolanti aggiuntivi. L'elevata massa dei blocchi wienerberger garantisce alti valori di resistenza termica, inerzia e accumulo termico, con prestazioni che hanno consentito di raggiungere la Classe energetica A.



© Foto: Tamassociati

INFO

UBICAZIONE: Villorba (TV)

PROGETTISTA: Studio Tamassociati

PROGETTAZIONE STRUTTURALE:
Ing. Steffinlongo, INGECO srl

PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA:
Climosfera srl

COMMITTENTE: Privato

PATROCINIO E PROMOZIONE:
Cooperativa Pace e Sviluppo

SUPERFICIE: 6.678 mq

SOLUZIONE wienerberger:
Porotherm BIO PLAN 30-25/19,9 P



© Foto: Andrea Avezzi

Casa sul Rio dei Molini

Quando l'eleganza incontra l'efficienza

© Foto: Gustav Williet

La **Casa sul Rio dei Molini** è un edificio monofamiliare che sorge sulla riva del Rio Selva dei Molini, nel comune di Campo Tures (BZ) in Val di Tures, a nord di Brunico. L'opera è caratterizzata da **un'architettura rigorosa, monolitica e compatta**, in cui predomina l'essenzialità di forme geometriche pure e del colore bianco dei rivestimenti.

L'edificio, strutturato in tre piani fuori terra e un seminterrato, si connota per una peculiare pianta pentagonale che movimentata gli spazi interni, mentre la copertura a due falde asimmetriche intacca con un oggetto minimo l'estrema linearità delle superfici delle facciate.

Il carattere monolitico dell'involucro trova un'estrema coerenza cromatica fra la finitura esterna composta da sabbie locali, calce e cemento, in cui la tonalità chiara è resa dinamica da un effetto spugnato, che cattura le sfumature della luce, e il rivestimento della copertura realizzata in losse di pietra colorate di bianco.

L'involucro, relativamente piccolo nel volume ma dominante nell'aspetto, trae la sua imponenza dalla muratura da tamponamento realizzata con il sistema **Porotherm PLAN 50 T di wienerberger**. Le facciate, contraddistinte da piani inclinati e profonde aperture disposte in maniera irregolare, si offrono alla vista in modo essenziale, prive di qualunque decorazione o oggetto significativo, lasciando che l'uniformità e la linearità delle superfici trasmettano il senso di profonda appartenenza e armonia con il paesaggio montano e la natura incontaminata che circonda il costruito.

L'estremo rigore dell'esterno e la **fedeltà alla naturalità dei materiali impiegati** guida anche le scelte compiute per la **modellazione degli spazi interni**, dove domina l'utilizzo di materie prime locali come il legno di quercia, il bronzo e le lastre di Gneiss della Passiria, lavorate artigianalmente da maestranze locali per manufatti realizzati su misura come gli arredi, gli infissi, le porte, i punti luce e i pavimenti.

I quattro livelli, articolati con dei sapienti mezzi piani, distribuiscono in maniera funzionale gli spazi abitativi della famiglia: nel piano interrato si trovano i locali di servizio e il garage, al piano terra è ubicata la zona giorno, al primo piano le camere e infine l'attico è dedicato a un soggiorno che offre una vista panoramica sulle montagne.

La scelta della soluzione in muratura da tamponamento realizzata con **Porotherm PLAN 50 T - 0,09 di wienerberger**, blocco rettificato di 50 cm di spessore, è stata adottata per la garanzia di elevate **prestazioni in termini di efficienza energetica, con un $\lambda=0,09$ W/mK**, proprietà che hanno permesso di raggiungere, come da progetto, la certificazione energetica **CasaClima B**, ovvero un consumo energetico inferiore a 50 kWh/m²a (la cosiddetta Casa da 5 Litri).



Materiale utilizzato: Porotherm PLAN 50 T

Porotherm PLAN 50 T è la soluzione in laterizio rettificato studiato per la realizzazione di involucri in muratura da tamponamento caratterizzati da un'elevata resistenza meccanica, resistenza al fuoco, con un ottimo potere di isolamento termico ed acustico ed una **elevata traspirabilità**, qualità che contribuiscono in maniera fondamentale a creare un elevato comfort abitativo costante nel tempo.

Il successo di questo sistema in laterizio è decretato dalla combinazione della tecnologia della **rettifica** a quella dei **setti sottili**, oggetto di un approfondito lavoro di ricerca e sviluppo da parte di wienerberger.

Da un lato la rettifica, ovvero l'ottima planarità delle facce, superiori ed inferiori dei blocchi, permettendo di realizzare giunti di malta di appena 1 mm. Ciò consente di eliminare completamente il ponte termico della malta a vantaggio delle performance energetiche, migliorate ulteriormente dalla presenza di setti sottili che incrementano le file dei fori e la percentuale di foratura, migliorando quindi le prestazioni di isolamento rispetto ad un normale laterizio.

Inoltre il perfetto incastro dei blocchi e l'impiego della malta speciale Porotherm BIO PLAN che è facilmente mescolabile

con acqua all'interno di un normale secchio, permettono di ridurre i tempi di posa fino al 50%, generando notevoli economie.



© Foto: Gustav Willeit

INFO

UBICAZIONE: Campo Tures (BZ)

PROGETTISTA: Pedevilla Architects

COMMITTENTE: Privato

SUPERFICIE: 1.060 mq

SOLUZIONE wienerberger:
Porotherm PLAN 50 T - 0,09



© Foto: Gustav Willeit

Domus 2020

Vivere ad energia
quasi zero

© Foto: Arch. Angelo Zanti

Un edificio a energia quasi zero alle porte del centro storico della cittadina medievale di Formigine: a una decina di chilometri a sud di Modena sorge **Domus 2020**, casa monofamiliare firmata dall'architetto Angelo Zanti, frutto di un progetto di recupero edilizio.

“Una dimostrazione tangibile di come edifici a energia quasi zero, climatizzati solo ad aria, possano essere realizzati utilizzando tecnologie tradizionali evolute e massive come il laterizio, ottenendo risultati di altissima efficienza energetica e comfort, coniugati a contenuti costi di costruzione e gestione”. Così l'**architetto Angelo Zanti** descrive il progetto Domus 2020, un'abitazione ecosostenibile frutto di un recupero urbano, realizzata a Formigine (alle porte di Modena), che ha visto in prima fila le soluzioni wienerberger.

L'immobile, la cui realizzazione è terminata nel 2016, si contraddistingue per la sua elevata efficienza energetica, in linea con i parametri europei in termini di contenimento dei consumi, grazie a un attento equilibrio tra involucro, impiantistica e produzione di energia

da fonti rinnovabili. Un'architettura sostenibile e durevole nel tempo, basata su un linguaggio e una filosofia progettuale e costruttiva fatta di razionalizzazione degli usi e forme pure, tecnologie con bassi costi di gestione e grande attenzione all'ecosostenibilità.

La struttura di Domus 2020 è stata realizzata con intelaiatura in cemento armato e tamponamenti in laterizio pesante, rivestiti con termointonaco in sughero e calce. Un edificio esternamente solido e internamente flessibile, con i componenti interni e i sistemi impiantistici completamente riciclabili, smontabili e riconponibili.

In aggiunta, le soluzioni utilizzate per l'involucro, caratterizzate da elevate performance di isolamento termoacustico, hanno consentito di installare un innovativo apparato impiantistico di climatizzazione integrato **“only air”**, costituito esclusivamente da pompa di calore e ventilazione meccanica controllata, ideale per gli edifici residenziali intelaiati a tamponamenti pesanti in laterizio come Domus 2020.

La piattaforma tecnologica è completata da un sistema domotico che ne permette la gestione anche da remoto. L'immobile progettato dall'architetto Zanti è un **edificio sostenibile** che rinuncia ai combustibili fossili, recupera le acque meteoriche e utilizza l'energia rinnovabile del sole anche in termini di mobilità, grazie alla predisposizione di sistemi di accumulo e ricarica per i mezzi di trasporto elettrici. Tutti questi elementi si collocano in un percorso di indipendenza dalle reti di distribuzione energetica, per ottenere una riduzione dei costi diretti e un miglioramento dell'ecosistema globale.

Anche da questo punto di vista la combinazione di cemento armato e laterizi massivi risulta essere performante, grazie all'**elevato potere isolante dei laterizi** la cui inerzia termica permette di smorzare i picchi della temperatura esterna (come dimostra il monitoraggio condotto dall'architetto su Domus 2020 nella torrida estate del 2017, che **ha rilevato come a una temperatura esterna di 40,5°C corrispondesse una temperatura interna di 26°C**).



Materiale utilizzato: Porotherm BIO PLAN 38 T9

Per quanto riguarda il progetto di Formigine, i progettisti hanno scelto di utilizzare per la muratura da tamponamento **Porotherm BIO PLAN 38 T9**, blocco rettificato che, grazie alle sue elevate prestazioni in termini di isolamento termico, isolamento acustico, traspirabilità e resistenza meccanica al fuoco, garantisce una trasmittanza U pari a $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$, oltre a una **conducibilità λ di appena $0,09 \text{ W/mK}$** .



Proprietà ed elementi strategici per il contenimento dei consumi energetici che hanno permesso di raggiungere l'obiettivo finale di un consumo energetico allineato ai $10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (la cosiddetta Casa da 1 Litro).

Una soluzione eccellente adottata dai progettisti, non solo per gli ottimi valori di trasmittanza, ma anche per le brillanti prestazioni di sfasamento dell'onda termica conferite dalla cospicua massa superficiale del blocco, la cui inerzia permette di smorzare i picchi della temperatura esterna, mantenendo all'interno dell'edificio temperature costanti per il massimo comfort.

A tutto ciò si aggiunge che, grazie al suo elevato spessore (380 mm), Porotherm BIO PLAN 38 T9 consente di **risolvere il problema dei ponti termici**, preservando così l'edificio da eventuali perdite di calore

e dall'abbassamento della temperatura superficiale interna.

"Fin da subito sono emersi gli enormi vantaggi dei blocchi Porotherm BIO PLAN rispetto ad altri tipi di murature, ovvero la grande velocità di esecuzione e lavorazione e la pressoché assenza di scarti di lavorazione e di oneri di smaltimento, con riduzione ulteriore di costi legati ai trasporti", conferma l'architetto Angelo Zanti.



© Foto: Arch. Angelo Zanti

Prestazioni termiche certificate

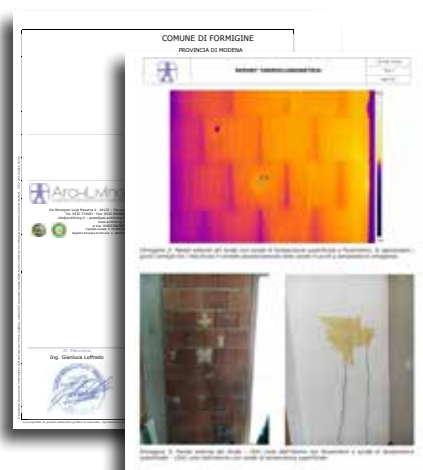


L'obiettivo di wienerberger è quello di offrire soluzioni costruttive accompagnate da **certificazioni chiare e trasparenti**. Per questo motivo è stato richiesto allo studio Archiving di Ferrara di eseguire sul Domus 2020 un'indagine **flussimetrica** per verificare la corrispondenza tra conducibilità dichiarata e prestazione reale in opera del **Porotherm BIO PLAN** utilizzato. La stratigrafia della parete misurata è molto semplice: al laterizio rettificato spessore 38 cm, sono abbinati solo 2 cm di intonaco termico lato esterno, mentre la parete interna non è intonacata. Il risultato è del tutto conforme alle aspettative. **Ecco le conclusioni estratte dal documento redatto da Archiving**, scaricabile sul sito www.wienerberger.it.

La parete esaminata è caratterizzata da **trasmittanza termica di $0,218 \text{ W/m}^2\text{K}$** . Le schede tecniche di prodotto indicano per

una muratura di questo tipo un valore di trasmittanza termica di $0,225 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tale valore risulta quindi in accordo con la scheda tecnica e da ritenersi relativo alle condizioni ambientali (temperatura, umidità, flusso ambientale, stratigrafia) ed alla ubicazione delle sonde utilizzate durante la misura.



INFO

UBICAZIONE: Formigine (MO)

PROGETTISTA: Arch. Angelo Zanti

COMMITTENTE: Privato

SUPERFICIE: 550 mq

SOLUZIONE wienerberger:
Porotherm BIO PLAN 38 T9



Edificio 2226

Comfort e risparmio energetico
a impiantistica zero

*“Fare le cose nel modo più semplice possibile”, questo è stato il leitmotiv che ha guidato l’architetto Dietmar Eberle durante la progettazione di un nuovo edificio su cinque piani unico nel suo genere, realizzato a Lustenau, nella regione austriaca del Vorarlberg: **garantire una temperatura interna costante compresa tra i 22 ed i 26°C** (da qui il nome “2226”), senza alcun apporto fornito da impianti di ventilazione meccanica, riscaldamento o raffrescamento. L’ambizioso progetto vuol essere una dichiarazione d’intenti contro l’abuso di tecnologie sempre più sofisticate nel comparto edilizio che, se da un lato nascono dal nobile intento di abbattere i consumi e realizzare edifici ambientalmente sostenibili, rendono dall’altro lato alcuni organismi architettonici contemporanei delle “macchine” delicate e di difficile gestione.*

L’**Edificio 2226** rappresenta invece il manifesto del “low-tech”, realizzato per dimostrare che si può realizzare un ambiente sano e confortevole senza alcun apporto impiantistico.

Un ruolo chiave per garantire il successo di quest’idea rivoluzionaria è ovviamente giocato **dal disegno dell’involucro di straordinaria architettura**, realizzato con un perfetto equilibrio tra strutture vetrate e opache che si ripetono sulle quattro facce di un monolitico parallelepipedo, in cui forma e dimensione degli infissi sono state attentamente progettate per assicurare il corretto apporto solare, 365 giorni all’anno.

Si è così riusciti a creare un edificio compatto, poco disperdente, in grado di offrire il giusto apporto solare nell’arco della giornata. La facciata è composta da un’imponente **struttura monolitica**, costruita come un’intercapedine in laterizio wienerberger, con uno spessore totale di 76 cm e intonacata sia esternamente che internamente a grassello di calce. La stratigrafia prevede una doppia fodera di laterizi a incastro, a setti sottili, della linea Porotherm con spessore 38 cm. L’elevata massa offerta dal laterizio consente, quindi, di bilanciare la differenza di temperatura tra l’ambiente interno ed esterno, mantenendo nel tempo questo equilibrio.

Gli infissi, per aumentare la superficie illuminante, sono a tutta altezza, e sono realizzati con vetri tripli basso emissivi, con standard da **casa passiva**. Ma le similitudini con le case passive finiscono qui. Al contrario della complessità tecnologica dello standard passivo, infatti, questo edificio propone un sistema semplicissimo per mantenere le temperature interne nel range prefissato: un software registra temperatura interna, umidità relativa e CO₂, **mantenendo il comfort ottimale** con la semplice gestione degli infissi, la cui apertura e chiusura viene gestita in maniera centralizzata. Ed il riscaldamento? Sono sufficienti gli apporti gratuiti: il calore umano (ogni persona produce 80 watt), i pc, le fotocopiatrici e addirittura le macchine del caffè.

In questo caso la tecnologia viene utilizzata solo per ottimizzare soluzioni passive, ovvero calibrando la ventilazione naturale, diurna in regime invernale, notturna durante l’estate. *“E questo è tutto quello che c’è in termini di dispositivi tecnologici”,* riassume l’architetto Eberle.



Materiale utilizzato: Porotherm 38 T

Le pareti realizzate con le soluzioni Porotherm, con spessori che vanno dagli 8 ai 44 cm per garantire una gamma completa di soluzioni, non isolano solo dal freddo. L'elevata massa superficiale dei blocchi in laterizio, dell'ordine di 300 Kg/m² per una parete di spessore 38 cm, offre infatti un'eccellente protezione anche in fase estiva.



Gli edifici massivi agiscono d'estate come una "barriera" nei confronti del calore, dall'esterno all'interno dell'edificio, garantendo, anche durante i picchi di surriscaldamento estivo un maggiore benessere abitativo. Questa capacità di accumulare calore e agire da volano termico è il punto principale che ha decretato il successo del progetto 2226, permettendo di assorbire il calore dagli apporti gratuiti interni e rilasciarlo gradualmente, mantenendo al contempo all'esterno il freddo grazie alla bassa conducibilità.

La gamma Porotherm nasce con l'intento di unire tradizione e innovazione, ottimizzando e migliorando la posa in opera dei blocchi in laterizio grazie all'incastro verticale che, se da un lato permette una posa più precisa, dall'altro dimezza la quantità di malta necessaria per realizzare l'involucro.

Nel progetto 2226 è stata utilizzata una doppia fodera: quella interna, per realizzare la struttura portante (l'edificio, conformemente alla normativa austriaca, non ha telaio in C.A.), mentre a quella esterna è stato affidato il compito di isolare dal freddo. Le due pelli in laterizio offrono una massa superficiale inedita per una costruzione contemporanea, mantenendo allo stesso tempo un'elevata traspirabilità.



© Foto: wienerberger

INFO

UBICAZIONE: Lustenau, Austria

PROGETTISTA: Baumschlager Eberle

COMMITTENTE: AD Vermietung, Lustenau, Austria

PROGETTO STRUTTURALE: Mader & Flats Ziviltechniker GmbH, Bregenz, Austria

SUPERFICIE: 4.037 mq

SOLUZIONE wienerberger:
Porotherm 38-25/19 T



© Foto: Norbert Prommer

San Vito di Cadore

Una scuola tra le Alpi
in Classe A

© Foto: Architetto Stella Valentino

La costruzione della **scuola d'infanzia** rappresenta il risultato del percorso che la comunità residente a **San Vito di Cadore (BL)** ha intrapreso cinque anni fa, allo scopo di stabilire come prioritaria la costruzione di un nuovo centro per la prima infanzia. *"Gli amministratori di San Vito di Cadore individuano nel concorso di progettazione lo strumento per selezionare il progetto. Il progetto della scuola corrisponde alle scelte preliminari compiute in fase di concorso: nelle fasi successive sono state precisate le corrispondenze fra lo spazio architettonico e gli obiettivi del progetto psicopedagogico"*. Così l'Arch. Stella Valentino illustra l'intervento progettato per la costruzione della scuola d'infanzia e asilo nido con scuola di musica annessa.

"La progettazione architettonica è stata sviluppata considerando le relazioni fra la scuola, la comunità e il territorio" - continua l'Arch. Stella - *"Quest'ultimo è apparso da subito come un'istanza fondamentale: infatti l'identità socioculturale della popolazione residente ha nel rapporto con il territorio montano uno dei suoi tratti distintivi. Lo spazio aperto e la prossimità a vaste aree*

naturali qui sono una dimensione pervasiva, intimamente connessa alle attività dei residenti".

Uno degli aspetti interessanti del progetto risiede nel **basso consumo energetico dell'edificio, dovuto all'elevata coibentazione della struttura**. Il fabbricato, infatti, in base alla forma ed all'orientamento, permette di captare la radiazione solare invernale, garantendo sistemi di produzione, accumulo e distribuzione energetica improntati all'uso di energie alternative. Inoltre, permette il recupero di calore a bassa temperatura, che porta ad avere un sistema strutturale che richiede una ridotta quantità di energia per funzionare e per avere all'interno migliori condizioni termoisometriche di vivibilità e comfort nelle differenti stagioni. Pertanto, dal punto di vista architettonico, il complesso scolastico è stato concepito per contenere le **dispersioni termiche**, orientato ad offrire vantaggi con lo sfruttamento passivo dell'energia solare in inverno, con superfici vetrate prevalentemente a sud-est e sud-ovest, dotate di schermatura estiva. Le strutture che costituiscono

l'involucro dell'edificio sono caratterizzate da elevate prestazioni di isolamento termico, grazie all'**utilizzo dei laterizi wienerberger**.

Infine, è stato previsto un sistema di ricambio dell'aria con recupero energetico. Il ricambio forzato dell'aria interviene a sua volta nel ciclo energetico, contribuendo alla climatizzazione, essendo dotato di un sistema di recupero del calore di tipo statico, per innalzare i valori energetici dell'aria immessa, prelevando l'energia termica dall'aria di espulsione e trasferendola all'aria di rinnovo con una efficienza del 81%. Durante la stagione invernale, l'integrazione richiesta per il riscaldamento dell'aria di rinnovo sarà fornita dal sistema di produzione di calore, con caldaie a condensazione collegate in batteria; questa energia viene prodotta ad alto rendimento, con basse emissioni in atmosfera. Gli elementi adottati e le scelte operate inquadrano l'edificio nella **classe energetica A+**, con una prestazione energetica globale di 6,6 kWh/m³ anno.



Materiale utilizzato: Porotherm BIO PLAN 35 T

Di seguito una breve intervista dell'Arch. Stella sul materiale utilizzato:

Come ha analizzato la scelta della tipologia di materiale da utilizzare?

“La destinazione d’uso della costruzione mi ha indotto a prescrivere l’utilizzo di materiali con standard qualitativi di fascia alta.

A tale scopo è stata particolarmente impegnativa la fase progettuale, in quanto ho verificato con estrema attenzione il rispetto della soglia di spesa, mantenendo il livello prestazionale che mi ero imposto per i materiali in opera.”

Per quanto riguarda l’involucro esterno, come mai ha scelto i blocchi wienerberger?

“Grazie al sistema di rettifica dei laterizi wienerberger della gamma BIO PLAN, è stato possibile realizzare una muratura omogenea con giunti di malta di appena 1 mm. Inoltre, in fase di cantiere ho avuto modo di notare la facilità di posa di questi blocchi con l’utilizzo della malta speciale Porotherm BIO PLAN. Ho quindi scelto il blocco portante Porotherm BIO PLAN 35-25/24,9, che completo dello strato isolante esterno (18 cm di lana di roccia), ci ha permesso di raggiungere i requisiti di

isolamento, inerzia termica e traspirabilità prescritti dagli obiettivi di efficienza energetica della costruzione (classe A+). Oltre a questo, abbiamo anche ottenuto il livello di isolamento acustico di progetto. Il vantaggio dei laterizi wienerberger ritengo risieda soprattutto nella possibilità di avere risultati certificati e garantiti.”



INFO

UBICAZIONE: San Vito di Cadore, Belluno

PROGETTISTA: Arch. Stella Valentino

COMMITTENTE: Comune di San Vito di Cadore

IMPRESA: Limana Costruzioni s.r.l.

SUPERFICIE: 5.700 mq

SOLUZIONE wienerberger:
Porotherm BIO PLAN 35-25/24,9 T

L'Aquila

Riqualificazione in laterizio,
edificio direzionale
e residenziale

© Foto: 2Studio

L'edificio direzionale e residenziale, progettato dallo studio di ingegneria **2Studio**, rappresenta un intervento interessante da raccontare, soprattutto per come si inserisce all'interno del centro storico de L'Aquila, martoriato dal devastante terremoto del 2009. L'edificio rappresenta uno dei primi esempi del capoluogo abruzzese d'inserimento del nuovo in un contesto storico consolidato.

Posto nella centrale **piazza di Santa Maria Paganica a L'Aquila**, a due passi da Corso Vittorio Emanuele, l'edificio si colloca al lato dello storico Palazzo Ardinghelli, fronteggiando lungo il lato sud la Chiesa di Santa Maria Paganica. Il progetto fissa da subito il forte legame con il Palazzo Ardinghelli che, con l'antistante Piazza, tende a stabilire un rapporto con il luogo nella sua dimensione storica, materica e dimensionale.

All'interno della logica generativa del centro storico, l'edificio progettato si propone quindi come il prolungamento contemporaneo del Palazzo Ardinghelli, futura sede distaccata del MAXXI di Roma (il Museo delle arti del XXI secolo

di Roma), riprendendo come matrici generative delle facciate le stesse linee architettoniche, e rispettandone l'elegante proporzione di vuoti e pieni: la composizione delle bucatore, lo svuotamento del volume a ridosso della piazza in corrispondenza dell'angolo sommitale del prospetto sud richiamano formalmente i marcapiani di palazzo Ardinghelli, contrapponendo alle austere modanature settecentesche la geometrica trama dei pannelli di facciata.

Nella complessa **interpretazione del rapporto tra nuovo ed esistente all'interno dei centri storici consolidati**, il progetto proposto si allontana con decisione dall'uso della mimetica storicistica, alla ricerca di un dialogo con le preesistenze che sia capace di rispettarne l'intrinseco valore, senza tuttavia negare la propria contemporaneità e il proprio rapporto con lo spazio pubblico.

La scrupolosa cura della scala dell'intervento e della dipendenza compositiva tra le parti non trascura gli aspetti cromatici e materici. L'edificio

è composto da sette livelli di cui due interrati a destinazione deposito e garage: il piano terra e primo piano hanno una destinazione d'uso direzionale, i tre livelli sovrastanti sono residenziali.

La composizione dell'involucro edilizio pone una profonda attenzione allo studio degli aspetti energetici: il sistema di tamponatura è composto da blocchi termici a cui viene sovrapposta sui lati sud ed ovest dell'edificio una facciata ventilata con pannelli in fibrocemento.

Lo studio di progettazione ha scelto quindi i nostri laterizi per rispettare i più alti livelli di efficienza energetica dell'edificio. In particolare, sono stati scelti i laterizi rettificati **Porotherm BIO PLAN 38 T9**, che rappresentano una soluzione da tamponamento monostrato in grado di raggiungere **una trasmittanza termica U di 0,23 W/m²K ed una conducibilità termica U di 0,09**, per garantire eccellenti livelli di prestazione energetica.



Materiale utilizzato: Porotherm BIO PLAN 38 T9

La soluzione in laterizio da tamponamento scelta da **2Studio** consente di ottenere non solo ottimi valori di trasmittanza ma anche **brillanti prestazioni di sfasamento dell'onda termica** conferite dalla cospicua massa superficiale del blocco, la cui inerzia permette di smorzare i picchi della temperatura esterna, mantenendo all'interno dell'edificio temperature



costanti per il massimo comfort. La massa superficiale del blocco garantisce inoltre un eccellente comportamento in zona sismica.

A tutto ciò si aggiunge che, grazie al suo elevato spessore, pari a 380 mm, **Porotherm BIO PLAN 38 T9** consente di risolvere il problema dei ponti termici, preservando così l'edificio da eventuali perdite di calore e abbassamento della temperatura superficiale interna.

L'innovazione adottata da questo blocco in laterizio deriva dalla combinazione della tecnologia della **rettifica** con quella dei setti sottili: grazie alla rettifica è infatti possibile realizzare giunti di malta di appena 1 mm, andando a **eliminare completamente il ponte termico** della malta e incrementando le performance energetiche, mentre i **setti sottili** permettono di aumentare le file dei fori

e la percentuale di foratura, migliorando così le prestazioni energetiche rispetto a un normale laterizio. La tecnica della rettifica inoltre permette di ridurre i tempi di posa fino al 50% grazie al perfetto incastro dei blocchi con vantaggi anche in termini economici.



INFO

UBICAZIONE: L'Aquila (TV)

PROGETTISTA: 2Studio

PROGETTAZIONE STRUTTURALE:
ing. F. Giancola – 2Studio, Prof. ing. A. Salvatori

PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA:
Ing. F. Giancola - 2Studio, Ing. A. Rossi – 2Studio

COMMITTENTE: Privato - Pubblico

COLLABORATORI: ing. D. Fracassi, ing. A. Tanfoni

SOLUZIONE wienerberger:
Porotherm BIO PLAN 38 T9



© Foto: 2Studio

Campi di Norcia

La villetta che
ha resistito al sisma



© Foto: Geom. Michele Leopardi

Il laterizio è il materiale che più di ogni altro fa parte della tradizione costruttiva del nostro Territorio. Gli eventi sismici che hanno attraversato il nostro Paese negli ultimi anni hanno mostrato quanto questo materiale, abbinato ad una buona progettazione e ad una posa in opera a regola d'arte, possa contribuire alla realizzazione di involucri sicuri anche in zone ad elevata sismicità.

Questa qualità intrinseca del laterizio è oggi ancora più evidente nei sistemi innovativi sviluppati da wienerberger, come ben dimostra l'esempio di una villetta unifamiliare di **Campi di Norcia (PG)** costruita con le soluzioni rettificcate Porotherm BIO PLAN.

Il piccolo borgo medievale, frazione del comune di Norcia, è stato pesantemente colpito dalla violenza del sisma di magnitudo 6,5 del 30 Ottobre 2016, che ha distrutto buona parte degli edifici storici, vecchie costruzioni realizzate in pietra, tra cui l'antica chiesa di San Salvatore, divenuta uno degli edifici simbolo di questa tragedia.

A due chilometri dall'epicentro, l'abitazione in muratura portante della famiglia Bertotti, costruita tra il 2012 e il 2014 utilizzando le innovative soluzioni firmate wienerberger, **ha invece resistito alle sollecitazioni del sisma**, senza essere in alcun modo danneggiata.

L'unità abitativa, realizzata seguendo i criteri e le normative antisismiche, si contraddistingue per la sua pianta rettangolare e per la presenza di una torre, preesistente all'edificazione del nuovo fabbricato, al quale è stata giuntata dopo un intervento di ristrutturazione. Una struttura regolare con fondazioni in calcestruzzo armato a trave continua, tetto in legno e muratura portante realizzata con il laterizio rettificcato **Porotherm BIO PLAN 38 P**.

La scelta delle soluzioni wienerberger è stata determinata, come spiega il geometra Michele Leopardi, progettista dell'intervento, *"dalle eccellenti caratteristiche del blocco rettificcato, che vanta un'ottima resistenza meccanica e ottime prestazioni sia antisismiche sia*

termiche, che di fatto lo rendono il prodotto migliore per la struttura dell'abitazione".

L'applicazione dell'innovativo sistema rettificcato di wienerberger è stata fortemente voluta dalla committenza: *"Mi sono documentato personalmente"* - afferma Guido Bertotti, proprietario dell'immobile - *"sulle soluzioni in grado di coniugare in un unico prodotto elevate prestazioni di isolamento termico e garanzie antisismiche, e la scelta è ricaduta su Wienerberger, azienda molto apprezzata nel nostro territorio per l'innovazione e l'affidabilità della sua gamma di laterizi. Una scelta di cui siamo molto soddisfatti e che ci permette di vivere in tranquillità la nostra casa. Nonostante l'immobile si trovasse nell'immediata vicinanza dell'epicentro dello sciame sismico, non ha riportato alcun danno, se non qualche segno superficiale, confermando ancor più la nostra esperienza positiva con le soluzioni wienerberger"*.



Materiale utilizzato: Porotherm BIO PLAN 38 P

Il blocco in laterizio portante Porotherm BIO PLAN 38 di wienerberger, testimonia come la best practice di Campi di Norcia rappresenti una soluzione ottimale in grado di resistere alle sollecitazioni sismiche, che oltre alle eccellenti proprietà di resistenza meccanica contribuisce a migliorare il comfort e il benessere abitativo grazie alle



sue brillanti prestazioni in termini di isolamento termico e acustico, traspirabilità e resistenza al fuoco che garantiscono una **conducibilità termica λ di appena 0,14 W/mK**, a cui si aggiungono eccellenti prestazioni di sfasamento dell'onda termica conferite dalla cospicua massa superficiale del blocco, la cui inerzia permette di smorzare i picchi della temperatura esterna, mantenendo all'interno dell'edificio temperature costanti per il massimo comfort anche in regime estivo.

Vantaggi in termini di comfort abitativo determinati dalla combinazione della tecnologia della rettifica con quella dei setti sottili. La tecnica della rettifica grazie al perfetto incastro dei blocchi, consente di ridurre i tempi di posa fino al 50%, come testimonia **Silvio Sabbatini** dell'omonima impresa di costruzioni di Norcia che ha realizzato l'abitazione della famiglia Bertotti: *"La tecnologia della rettifica che*

contraddistingue le soluzioni wienerberger ha fatto sì che la realizzazione della struttura in muratura dell'abitazione, per la quale è stata utilizzata anche la Malta Speciale Porotherm, sia avvenuta in tempi decisamente rapidi, ottenendo un risultato eccellente".



© Foto: Geom. Michele Leopardi



© Foto: Geom. Michele Leopardi

INFO

UBICAZIONE: Campi di Norcia (PG)

PROGETTISTA: Geom. Michele Leopardi

IMPRESA: Impresa di costruzioni Silvio Sabbatini

COMMITTENTE: Sig. Guido Bertotti

SOLUZIONE wienerberger:
Porotherm BIO PLAN 38-25/19,9 P

BIM e digitalizzazione del settore delle costruzioni

Il **BIM** o **Building Information Modelling** non è solamente uno strumento di progettazione o di visualizzazione, ma è un processo che permette la creazione di un **modello di dati condiviso**. Utilizza elementi 3D arricchiti di informazioni attraverso un processo di lavoro collaborativo, al fine di eliminare le inefficienze e **migliorare la qualità delle informazioni fornite** durante l'intero ciclo di vita dell'edificio.

Quali sono i vantaggi?

Questo modello è disponibile a tutti gli attori coinvolti: dai professionisti, come progettisti ed imprese di costruzione, ai quali fornisce informazioni accurate sui componenti fisici e funzionali di un modello, facilitando la realizzazione di processi di pianificazione, progettazione e costruzione **più efficienti, più rapidi e più sostenibili**, fino ai proprietari e gestori dell'immobile con informazioni relative al ciclo di vita dell'edificio e ai suoi requisiti di manutenzione. Ulteriori campi di utilizzo del modello sono rappresentati ad esempio dalle informazioni relative alla pianificazione temporale, la stima dei costi e la sostenibilità.



wienerberger e BIM

Abbracciando l'innovazione in tutte le aree della sua attività, nelle sue molteplici forme, wienerberger è in grado di migliorare costantemente ciò che può offrire ai propri clienti, oltre a consolidare la sua posizione di leader del settore. Per wienerberger il BIM significa avere processi definiti per i propri progetti ed essere in grado di fornire dati accurati e strutturati dei propri prodotti. wienerberger è allineata a tutte le migliori pratiche per il BIM, garantendo ai propri clienti la certezza di seguire i processi e gli standard giusti.

BIMobject

Per sviluppare la libreria BIM, wienerberger ha deciso di collaborare con la società BIMobject, piattaforma globale leader nel settore delle costruzioni. I file sono disponibili nei formati RVT per il software Revit e AAT e GSM per il software Archicad. Data la natura dei prodotti, gli oggetti possiedono un unico "Livello di Dettaglio (LOD)", ma i loro attributi possono essere utilizzati in qualsiasi geometria, con qualsiasi LOD.

bimobject[®]



Prodotti a marcatura CE Categoria I

Ad esclusione dei prodotti non soggetti a Marcatura CE; sono dichiarati in Categoria I solamente i prodotti per murature di spessore ≥ 10 cm, per i quali viene dichiarata la resistenza a compressione.

I dati e le immagini contenute nel presente catalogo sono indicative. wienerberger si riserva il diritto di apportare qualsiasi modifica senza preavviso.

Data di stampa: gennaio 2025

Via Ringhiera 1, 40027 Mordano fraz. Bubano

T +39 0542 56811, E italia@wienerberger.com, wienerberger.it