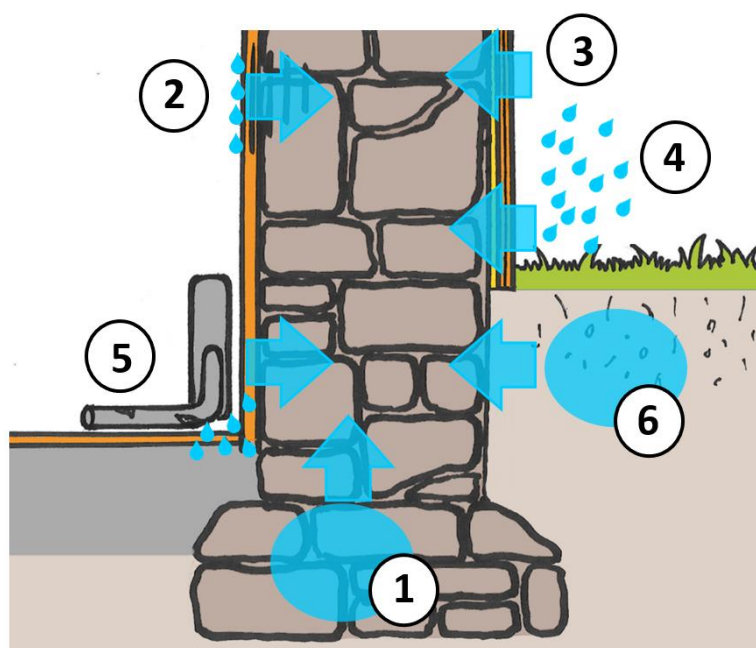




# RISANAMENTO TERMICO DI MURATURE UMIDE E DEGRADATE

MANUALE ANIT DI APPROFONDIMENTO TECNICO

SETTEMBRE 2021



*Tutti i diritti sono riservati.  
Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta*

## I MANUALI ANIT

ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, pubblica periodicamente **guide e manuali** sulle tematiche legate all'efficienza energetica e all'isolamento acustico degli edifici.

Gli argomenti trattati riguardano la legislazione, le norme tecniche di riferimento, le tecnologie costruttive, le indicazioni di posa e molto altro.

Le **guide** sono riservate ai Soci ANIT e analizzano leggi e norme del settore, i **manuali** sono scaricabili per tutti gratuitamente e affrontano con un taglio pratico temi sviluppati in collaborazione con le Aziende associate.



## STRUMENTI PER I SOCI

I soci ricevono



Costante **aggiornamento** sulle **norme in vigore** con le GUIDE



I software per calcolare **tutti i parametri** energetici, igrotermici e acustici degli edifici



Servizio di **chiarimento tecnico** da parte dello Staff ANIT



Abbonamento alla rivista specializzata **Neo-Eubios**

I servizi e la quota di iscrizione variano in base alla categoria di associato (Individuale, Azienda, Onorario). I Soci Individuali possono accedere alla qualifica "Socio Individuale Più" per ottenere servizi avanzati

**Il presente manuale è realizzato in collaborazione con:**



marchio di

# xella

### Tutti i diritti sono riservati

Questo documento è stato realizzato da Tep Srl.

Le informazioni riportate sono da ritenersi indicative ed è sempre necessario riferirsi a eventuali documenti ufficiali in vigore. I contenuti sono aggiornati alla data in copertina. Si raccomanda di verificare sul sito [www.anit.it](http://www.anit.it) l'eventuale presenza di versioni più aggiornate.

Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di Tep Srl.

# INDICE

<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>1 INQUADRAMENTO NORMATIVO .....</b>	<b>3</b>
1.1 <i>Introduzione e inquadramento normativo italiano .....</i>	3
1.2 <i>Linee guida WTA nella normativa internazionale .....</i>	4
<b>2 MURATURE DEGRADATE DA UMIDITÀ E DA SALI .....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Le possibili fonti di umidità.....</i>	5
2.2 <i>Efflorescenze .....</i>	7
<b>3 PROGETTAZIONE DI UN INTERVENTO DI RISANAMENTO .....</b>	<b>8</b>
3.1 <i>Controllo della condensazione interstiziale .....</i>	8
3.2 <i>Prevenire l'ingresso di umidità di risalita .....</i>	10
3.3 <i>Messa in opera di intonaci macroporosi senza risalita capillare.....</i>	11
3.4 <i>Uso di isolanti minerali a capillari attivi anche con risalita capillare .....</i>	12
<b>4 ESEMPIO DI CALCOLO .....</b>	<b>14</b>
4.1 <i>Inquadramento dell'intervento e requisiti di isolamento termico .....</i>	14
4.2 <i>Intervento sul lato interno della parete.....</i>	15
4.3 <i>Intervento sul lato esterno della parete .....</i>	18
<b>5 RISANAMENTO CON MULTIPOR EXSAL THERM .....</b>	<b>21</b>
5.1 <i>Risanamento e isolamento con pannello minerale a capillari attivi .....</i>	21
<b>CONTATTI .....</b>	<b>24</b>

## PREMESSA

Esistono numerose cause che possono portare alla presenza di umidità nelle murature sia degli edifici storici che di recente costruzione. Alcune sono più comuni, altre meno, ma in ogni caso frequenti, come ad esempio la risalita capillare, l'ingresso di acqua meteorica e la migrazione del vapore tra gli ambienti. La presenza di umidità nelle murature inoltre è spesso correlata a un secondo aspetto: l'alta concentrazione di sali disciolti nei materiali. E questo fenomeno può essere considerato uno dei principali responsabili del degrado delle murature esistenti.

Il presente manuale offre l'occasione per fare il punto sul risanamento di murature umide e degradate proponendo una sintesi sullo stato dell'arte dei sistemi di intervento tradizionali costituiti da intonaci macroporosi e un approfondimento sull'uso di materiali isolanti minerali permeabili al vapore e attivi per via capillare utili per il risanamento dall'umidità e l'isolamento termico.

Il lavoro è stato realizzato in collaborazione con l'azienda Xella Italia associata ad ANIT dal 2007.

Sperando di dare un contributo d'approfondimento teorico e pratico a tutti gli interessati, non ci resta che augurare buona lettura.

ANIT

# 1 INQUADRAMENTO NORMATIVO

## 1.1 Introduzione e inquadramento normativo italiano

La presenza di umidità nelle murature è un problema diffuso sia negli edifici storici che di recente realizzazione. L'infiltrazione di umidità è un fenomeno che crea danni sotto il profilo:

- estetico (presenza di macchie e formazioni saline),
- igienico (rischio di muffe, cattivo odore, umidità negli ambienti),
- architettonico (rischio di sfaldamento e degrado dei materiali),
- strutturale (rischio di fessurazione e rottura meccanica per congelamento).

La risoluzione di questo problema però non è facile e necessita di una strategia progettuale articolata su diversi aspetti. Ricordiamo che l'obiettivo della ristrutturazione oggi deve essere sia il risanamento che la riqualificazione energetica e, in alcuni casi, un isolamento esterno non è possibile, ad esempio quando la facciata è soggetta a vincoli di conservazioni o prospicienti spazi pubblici come marciapiedi e strade, o anche quando la distanza degli edifici adiacenti è insufficiente.

Stranamente ad oggi non esistono riferimenti legislativi e normativi italiani su questo tema: non esistono infatti regole ufficiali o procedure su come eseguire un'opera di risanamento di una muratura umida.

Dal punto di vista legislativo l'indicazione del DM 26 Giugno 2015 (Decreto Requisiti Minimi) è limitata al controllo del rischio igrotermico, ovvero del rischio di formazione di muffa e condensazione interstiziale.

Seppure questo sia un tema importante sul quale è doverosa (oltre che obbligatoria) un'analisi in fase di progettazione, come vedremo nelle prossime pagine, si tratta solo di uno dei possibili problemi legati alla presenza di umidità nelle strutture.

Ad esempio un problema grave presente nelle strutture umide è la concentrazione di sali: sono questi infatti in molti casi i responsabili di fenomeni del degrado estetico, architettonico e strutturale.

Esistono linee guida di altri Paesi europei o di alcuni soggetti privati che operano nel settore delle costruzioni che affrontano il tema del risanamento dell'umidità. Tra questi segnaliamo come riferimento tecnicamente valido e condiviso da più operatori le linee guida **rilasciate dall'istituto tedesco WTA**.



**Figura 1** Esempio di edificio storico da risanare per problemi di umidità con muratura perimetrale in mattoni pieni. Fonte: Xella

## 1.2 Linee guida WTA nella normativa internazionale

Il **WTA**, Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., ovvero Gruppo di lavoro tecnico-scientifico per la conservazione degli edifici e dei monumenti, è un istituto tedesco tecnico-scientifico riconosciuto a livello internazionale, che si occupa della conservazione dei beni monumentali e del risanamento edilizio. Esso emana direttive e concede certificazioni, che sono state spesso adottate come punto di riferimento prima di essere recepite in norme ufficiali. In particolare, la missione di questa associazione internazionale è la promozione della ricerca e il suo impiego pratico nelle discipline dell'edilizia e della conservazione dei monumenti. In questo contesto, uno dei compiti primari è implementare esperienze pratiche e renderle fruibili, con l'obiettivo di accelerare l'applicazione di nuove intuizioni e moderne tecnologie.

Nello specifico, nel fascicolo tecnico **WTA Merkblatt 2-9:2020-03 – Renovation plaster systems** vengono analizzati i sistemi di intonacatura di risanamento, riferimento tecnico attuale per problematiche di recupero di murature degradate. Le regole tecniche raccomandate dal WTA sui sistemi di risanamento sono oggi parte integrante della normativa austriaca sugli intonaci e sono l'unico riferimento disponibile a livello internazionale per la certificazione di tali sistemi, come fatto anche da alcuni produttori nazionali. Tali sistemi sono capaci di assorbire umidità e sali disciolti nella muratura e di farli evaporare, lasciando le superfici asciutte e prive di antiestetiche efflorescenze. L'effetto però dipende in larga misura dalla quantità di sale esistente nella muratura stessa: maggiore è il suo contenuto, maggiore sarà lo spessore totale del sistema di intonaco di ripristino. Quindi la determinazione della natura e della concentrazione dei sali esistenti diventano obbligatori, così come l'asciugatura della muratura, in quanto per una corretta applicazione è necessario che la struttura non sia satura d'acqua e siano quindi eliminate tutte le possibili fonti, rendendo tali interventi complessi ed economicamente onerosi.

Inoltre i sistemi di risanamento non permettono di apportare miglioramenti significativi al comfort termico degli edifici e ai livelli di risparmio energetico oggi attesi negli interventi di ristrutturazione.



**Figura 2** Esempio di edificio storico con evidenti forme di degrado sulla muratura. Fonte: Xella



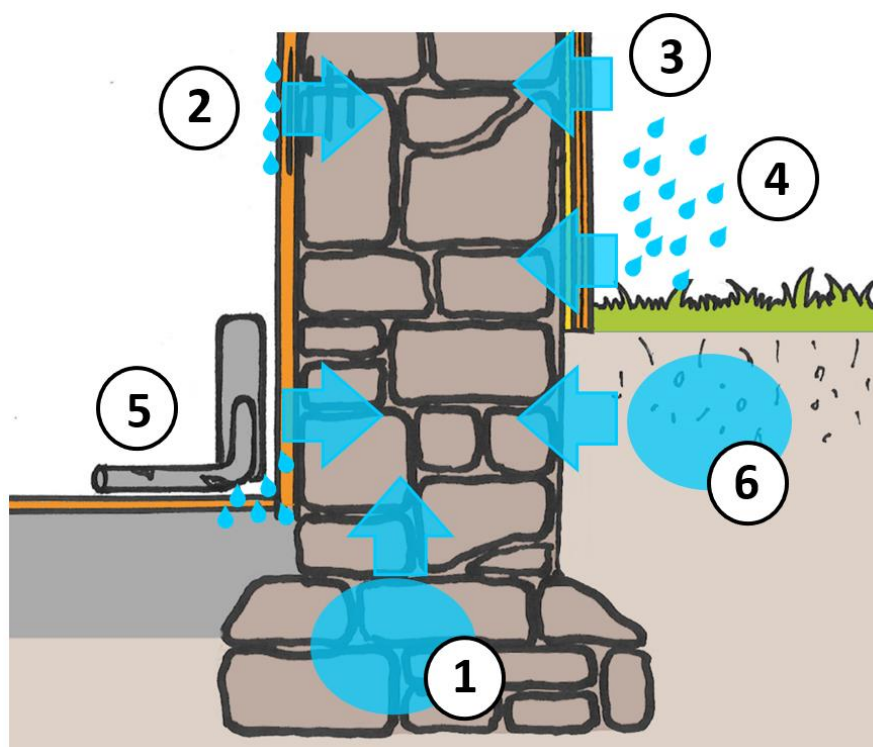
## 2 MURATURE DEGRADATE DA UMIDITÀ E DA SALI

### 2.1 Le possibili fonti di umidità

Per definire le tecniche e gli interventi di risanamento più opportuni, sia che si parli di edifici storici o esistenti sia che si parli di nuove costruzioni, è necessario individuare e studiare le cause che possono determinare la presenza di umidità nelle murature. È bene però precisare che non esiste una relazione univoca causa-effetto: a una stessa causa possono corrispondere manifestazioni diverse, così come una stessa manifestazione può derivare da diverse cause, e talvolta ovviamente si assiste anche a una sovrapposizione di più cause o effetti.

Per mettere ordine all'argomento possiamo identificare 6 differenti fonti di umidità potenzialmente dannose per gli elementi murari dell'edificio:

1. umidità da risalita capillare o ascendente;
2. umidità da condensazione superficiale o interstiziale;
3. umidità di cantiere;
4. umidità meteorica o di infiltrazione;
5. umidità accidentale;
6. umidità da terrapieno.



**Figura 3** *Principali cause di umidità nelle murature.*

**L'umidità di risalita capillare o ascendente** è la presenza di acqua nel terreno che può infiltrarsi nelle murature interrate oppure essere "attratta" nei muri per il fenomeno della capillarità o per via di forze elettro-osmotiche. La risalita dell'umidità dipende dalla forza di adesione tra l'acqua liquida e le cavità presenti nei materiali in grado di contrastare la forza di gravità.

Generalmente l'umidità di risalita si manifesta sotto forma di macchia continua presente al piede delle murature a contatto con il terreno e interessa sia edifici antichi che di recente costruzione se privi di adeguata impermeabilizzazione. Il degrado delle murature, degli intonaci e delle eventuali pitture o decorazioni è solitamente proprio causato dalla risalita capillare; oltre ai danni estetici, l'umidità ascendente aumenta la

dispersione del calore dall'interno verso l'esterno e favorisce inoltre l'aumento di umidità relativa interna, provocando anche problemi igienici ed ambientali.

È bene precisare che tutti i materiali da costruzione sono porosi: questo fa sì che infiltrazioni di risalita possano portare in superficie i sali contenuti nella muratura stessa oppure quelli che si trovano disciolti nel terreno.

**L'umidità da condensazione superficiale o interstiziale** è dovuta alla presenza di vapore acqueo nell'atmosfera che può condensare sulla superficie oppure all'interno della muratura: quando il vapore presente nell'aria entra in contatto con una superficie la cui temperatura è inferiore alla temperatura di rugiada, si crea condensa originando appunto un potenziale problema di umidità. La condensazione superficiale si manifesta con la formazione di goccioline di acqua visibili ad occhio nudo se la superficie risulta impermeabile, oppure con la formazione di macchie se la superficie è permeabile e quindi l'acqua viene assorbita dal materiale.

Ad oggi le prescrizioni di legge richiedono un controllo igrotermico in fase di progettazione di interventi sia di nuova costruzione che di risanamento di edifici esistenti. Su questo aspetto proponiamo un approfondimento nel capitolo 3 del manuale relativo all'uso di sistemi minerali di isolamento interno.

**L'umidità di cantiere** riguarda l'umidità assorbita dai materiali durante le fasi di trasporto, stoccaggio e messa in opera del manufatto. Un certo livello di umidità nei materiali è fisiologico in fase di realizzazione dell'intervento e solitamente viene smaltito nella prima stagione estiva a cui è sottoposto l'edificio. Un livello eccessivo di umidità di cantiere invece può restare imprigionato per anni nei materiali e portare alla formazione di macchie irregolari anche estese.

**L'umidità meteorica o di infiltrazione** è dovuta alla penetrazione diretta o indiretta dell'acqua all'interno degli edifici conseguentemente a precipitazioni atmosferiche. Tale fenomeno può riscontrarsi quando non vi è una corretta impermeabilizzazione di paramenti murari oppure quando l'involucro non è in grado di impedirne l'ingresso a causa della pressione esercitata dal vento: infatti, mentre con un comune acquazzone bastano pochi giorni per far ritornare le superfici asciutte, lo stesso fenomeno in presenza di vento può comportare problematiche importanti e ripercussioni di lungo periodo. Questo problema si manifesta con la formazione di condensazioni sulle superfici interne in corrispondenza dei punti di infiltrazione, creando le condizioni favorevoli per la proliferazione di muschi, funghi o licheni. Inoltre durante la fase di asciugatura della muratura si possono verificare trasmissioni saline sulle superfici con conseguenti ulteriori danni meccanici ed estetici.

**L'umidità accidentale** è causata da manifestazioni dovute a perdite d'acqua dipendenti da difetti costruttivi e di funzionamento di un impianto, da danni apportati alla costruzione per cause diverse e da mancanza di manutenzione, quali rotture o perdite di condutture, serbatoi e fognature. In particolare, sistemi a lastre e stratificati con o senza barriere o freni al vapore possono nascondere questi difetti, portando ad un rapido e maggiore degrado della muratura. Anche questo tipo di perdite contiene sali che possono diffondersi nel muro. In questo caso l'umidità si manifesta con una macchia nella zona in cui è avvenuto il guasto, tendente ad allargarsi se non si elimina il problema.

Infine, **l'umidità da terrapieno** è la conseguenza della percolazione dei terrapieni a contatto con i muri degli scantinati e dei seminterrati. Questo problema si verifica quando il livello della pavimentazione interna è inferiore a quello del piano di calpestio esterno in assenza di strati di impermeabilizzazione. In questo caso l'acqua penetra nella muratura dopo un lento passaggio attraverso la massa filtrante dei terreni portando con sé un eventuale presenza di sali.

## 2.2 Efflorescenze

Come visto l'acqua può penetrare in una muratura in vari modi ed essere presente sia in stato liquido che gassoso sottoforma di vapore – per semplicità possiamo riferirci a una generica presenza (alta o bassa) di umidità nella muratura.

Il rischio di un'alta concentrazione di umidità è dannoso anche perché è strettamente correlato al processo di soluzione e trasporto dei sali all'interno dei materiali.

Succede infatti che quando un elemento umido è sottoposto a un innalzamento della temperatura si manifesta un processo di evaporazione dell'umidità e contemporaneamente di cristallizzazione dei sali, le molecole d'acqua infatti lasciano la muratura sottoforma di vapore, mentre i sali restano fissati in superficie come cristalli. Inoltre essendo questi ultimi fortemente igroscopici una volta formati assorbono l'acqua contenuta nell'aria provocando un notevole aumento del loro volume e generando tensioni capaci di disgregare il materiale.



**Figura 4** Esempio di formazione di efflorescenze saline su una parete perimetrale. Fonte: Xella

Il fatto che i muri di un edificio si presentino umidi e carichi di sale, **si traduce in antiestetiche efflorescenze** sulle superfici. Le efflorescenze sono depositi di cristalli, macchie di colore chiaro, quasi bianco, dalla consistenza polverosa oppure appiccicosa, generate appunto dalla tras migrazione in superficie dei sali contenuti nella muratura. La loro deposizione dipende sia dal grado di solubilità propria di ogni composto, che dalla maggiore o minore quantità d'acqua necessaria per solubilizzarli. Qualitativamente il fenomeno è analogo per ogni sostanza salina, ma sono diversi i valori di temperatura, di umidità relativa e di concentrazione che determinano la solubilità propria di ogni sostanza. La frequenza di questo fenomeno dipende dalla porosità del materiale al variare delle condizioni che regolano l'evaporazione superficiale, oltre naturalmente dalla localizzazione del manufatto in zone più o meno umide e dalla qualità dell'isolamento rispetto al terreno.

È bene precisare che i sali possono anche annidarsi ed evaporare internamente alla parete, ovvero a qualche centimetro di profondità dalla superficie, generando così espansione distruttive per l'intero paramento murario: **in questo caso si parla di sub-florescenze.**

La forte azione meccanica demolitiva di queste formazioni è in grado negli anni di sgretolare, oltre agli intonaci di rivestimento, anche materiali da costruzione estremamente compatti come il mattone.

Si può dunque facilmente comprendere l'importanza di impedire che questi sali raggiungano le superfici esterne, e tenerli inerti, cioè disciolti, all'interno dei materiali da costruzioni lontano dal contatto con l'aria esterna, oppure di gestire l'espansione all'interno di materiali macroporosi (come alcuni intonaci di risanamento e pannelli isolanti minerali) in grado di accumulare sali senza un degrado critico nel breve e medio periodo.



### 3 PROGETTAZIONE DI UN INTERVENTO DI RISANAMENTO

La presenza di umidità in una muratura è un aspetto negativo che può portare a diversi problemi quali:

- uno scarso comfort termico dell'edificio dovuto alla diminuzione della resistenza termica dell'involucro;
- un peggioramento delle condizioni igieniche per la comparsa di muffe;
- un degrado estetico dei rivestimenti dovuto all'esfoliazione e ai distacchi superficiali per effetto del trasporto dei sali dal terreno o dal muro verso la superficie interna;
- una rottura dei materiali per effetto delle pressioni generate dal congelamento dell'acqua;
- un generale rischio di imputridimento dei materiali sensibili alla presenza di umidità;
- un rischio di diminuzione della resistenza meccanica della muratura bagnata.

Nel caso di murature umide esistenti, i problemi sopra elencati possono essere tutti o in parte già presenti nell'edificio. È bene quindi progettare correttamente un intervento di risanamento per evitare l'ingresso di nuova umidità, e se possibile favorire l'asciugatura degli strati esistenti.

Questo processo tocca solitamente i seguenti 3 aspetti:

- 1- il controllo puntuale del rischio di formazione di condensa interstiziale;
- 2- uno studio della possibilità di bloccare o limitare l'ingresso di umidità per risalita capillare;
- 3- una valutazione dell'effetto di materiali in grado di favorire il risanamento della struttura.

In questo ultimo caso possiamo distinguere tra:

- soluzioni che necessitano la risoluzione dei problemi di risalita capillare prima dell'intervento, come l'uso di intonaci macroporosi tradizionali;
- soluzioni che possono essere adottate anche in presenza di risalita capillare, come la posa di materiali isolanti minerali a capillari attivi.

Di seguito proponiamo un breve approfondimento dei suddetti temi.

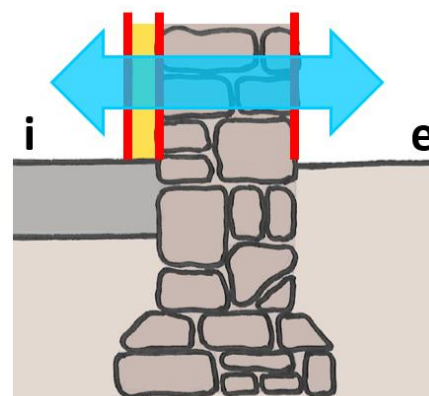
#### 3.1 Controllo della condensazione interstiziale

Una prima valutazione sul rischio di ingresso di umidità nella parete riguarda l'analisi igrotermica della stratigrafia. In altri termini si tratta di verificare se i fenomeni di migrazione del vapore che attraversano la struttura e che sono innescati dalle differenze climatiche tra l'ambiente interno e l'ambiente esterno sono una possibile causa di problemi oppure no.

Per questo tipo di analisi esistono due approcci: uno semplificato basato sulla norma UNI EN ISO 13788 e uno più sofisticato basato sulla norma UNI EN 15026.

Il primo metodo (detto anche "modello di Glaser") propone un calcolo stazionario facile da eseguire ma teoricamente cautelativo: siccome infatti analizza solo l'effetto della diffusione del vapore

(tralasciando gli altri fenomeni igroscopici), in alcuni casi succede che vengono segnalati dei rischi di condensazione anche laddove non sussistono. Il secondo approccio invece è in grado di leggere in modo più realistico il comportamento igrotermico della struttura, ma applicarlo richiede una grande mole di dati sui materiali e sulle condizioni al contorno (non sempre disponibili) e una grande capacità di analisi da parte di chi esegue le simulazioni. La figura 5 riporta uno schema su come integrare i due approcci in base al problema da studiare.



**Metodo stazionario: il modello di Glaser della UNI EN ISO 13788**

La trasmissione del vapore attraverso le strutture edilizie è un processo complesso che dipende da innumerevoli caratteristiche fisiche dei materiali e dalle condizioni al contorno. Il cosiddetto “modello di Glaser”, in accordo con la UNI EN ISO 13788:2013, si propone, fissate le condizioni termoigrometriche interne ed esterne, di verificare se una struttura piana, inizialmente asciutta, possa verificare condensazione di vapore.

Questo metodo, avendo come ipotesi le condizioni al contorno costanti, non considera i seguenti aspetti presenti nelle situazioni reali:

- capacità di assorbimento dei materiali, in quanto nel Modello di Glaser due materiali con un fattore di resistenza al passaggio di vapore  $\mu$  identico si comportano alla stessa maniera, quando è evidente invece che se a parità di  $\mu$  i materiali hanno capacità di assorbimento differenti, la migrazione di umidità nella struttura sarà differente;
- trasporto di umidità in forma liquida, in quanto è previsto un unico meccanismo di migrazione del vapore legato alla differenza di pressione parziale fra gli strati, quando in realtà vi è anche un meccanismo di migrazione per capillarità legato alla porosità dei materiali interessati;
- eventi meteorologici, quali sole, vento e pioggia sulle superfici, che possono accelerare e/o aumentare i meccanismi di migrazione del vapore, mentre con Glaser l'ambiente esterno si traduce solamente in un unico valore medio mensile della temperatura dell'aria, dell'umidità relativa e della pressione;
- oscillazione delle condizioni climatiche interne, il clima interno è caratterizzato da un unico valore medio mensile di temperatura, umidità e pressione, nonostante le possibili reali oscillazioni di questi parametri, che possono creare condizioni per la migrazione di vapore in continua mutazione.

Tenuto conto di questi limiti oggettivi, la stessa norma UNI EN ISO 13788 ricorda che:

*“[...] I metodi di calcolo utilizzati forniscono in genere risultati cautelativi e quindi, se una struttura non risulta idonea secondo questi in base ad un criterio di progettazione specificato, possono essere utilizzati metodi più accurati che ne dimostrino l'idoneità”.*

Il rischio di ottenere un falso allarme col modello di Glaser ad esempio compare quando si studia una stratigrafia muraria con isolamento termico sul lato interno eseguito con materiali a bassa resistenza al vapore (**come nel caso degli isolanti minerali attivi a livello capillare descritti in questo manuale**). Per superare questo problema dunque è necessaria un'analisi più sofisticata basata su metodi dinamici.

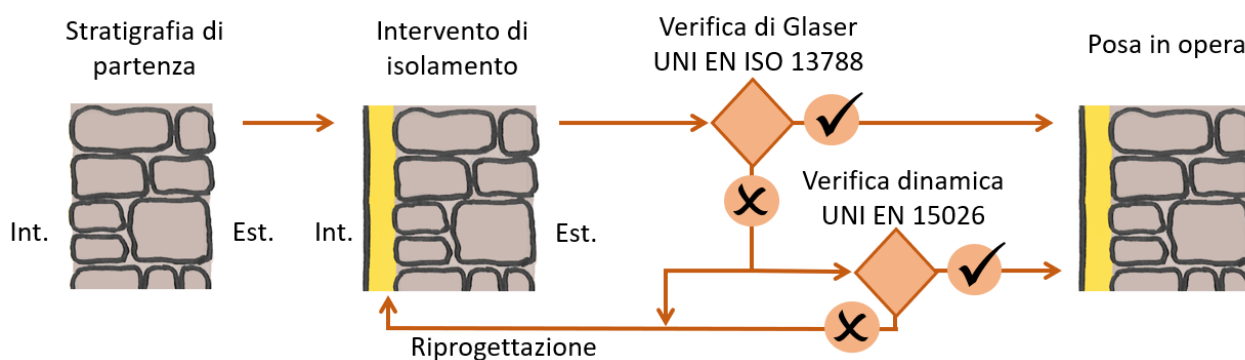
**Analisi igrotermica dinamica secondo UNI EN 15026**

Per superare i limiti del modello di Glaser è necessario studiare il fenomeno tramite simulazioni dinamiche, in accordo con la norma UNI EN 15026:2008. Questa infatti consente di analizzare anche:

- i fenomeni di condensazione interstiziale in regime variabile,
- l'influenza dell'irraggiamento sulla migrazione del vapore,
- l'influenza della pioggia sulla migrazione del vapore,
- i fenomeni legati all'asciugatura delle strutture,
- il comportamento dell'utenza.

Un'analisi dinamica permette quindi di valutare il fenomeno nella sua complessità anche a piccoli intervalli di tempo. È possibile realizzare simulazioni igrotermiche orarie con software specifici per valutare ora per ora la temperatura e il contenuto d'acqua nei vari strati della muratura, verificando che non vi sia nel tempo un aumento eccessivo dell'umidità.

È bene specificare che vista la complessità della simulazione dinamica rispetto alla verifica tradizionale, è consigliabile eseguire prima una verifica della stratigrafia di progetto con il metodo stazionario e poi, a seconda del risultato ottenuto, un'eventuale verifica dinamica. Se la verifica di Glaser dà come risultato l'assenza di rischio di condensazione, è possibile ritenere ragionevolmente conclusa l'analisi; in caso contrario può essere interessante studiare la stratigrafia con un'analisi dinamica per capire se la condensazione è effettivamente presente o è dovuta alle semplificazioni del primo metodo di calcolo.

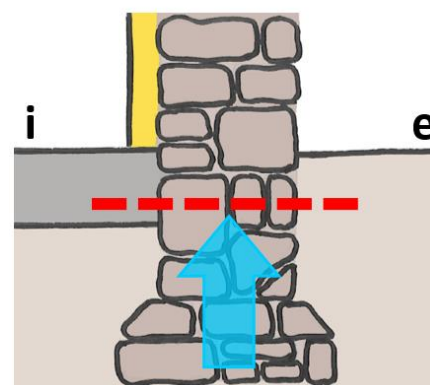


**Figura 5** Schema di riferimento per valutare l'integrazione della verifica di Glaser con UNI EN ISO 13788 e la verifica dinamica con UNI EN 15026 nel caso di intervento di isolamento dall'interno.

### 3.2 Prevenire l'ingresso di umidità di risalita

Per il risanamento di una muratura è bene valutare quali sono le possibili fonti di umidità tra le 6 tipologie commentate al capitolo 2. Una volta esclusi (o risolti) i possibili ingressi dovuti a fenomeni di condensazione, di infiltrazione meteorica, di umidità di cantiere e di perdite d'acqua per cause accidentali, restano da affrontare i problemi legati alla risalita capillare e alle infiltrazioni da terreno. Se però quest'ultima è teoricamente di facile risoluzione (ad esempio con un intervento di impermeabilizzazione tra parete e terreno), la prima, ovvero l'ingresso di umidità di risalita capillare, si presenta come un problema più complicato, a volte anche non risolvibile.

Questo è un tema ben noto, diffuso su ampia scala e che accompagna da sempre la realizzazione degli edifici.



Di seguito proponiamo l'elenco delle possibili strategie ad oggi disponibili per contrastare il fenomeno:

- Il taglio meccanico** consiste nell'eseguire un taglio nel muro alla base, poco sopra il livello al quale si prevede possa arrivare l'acqua esterna, orizzontalmente per tutto il suo spessore, e riempire lo strappo così creato con materiale impermeabile e capace di resistere al carico statico originale imposto dall'alto sulla muratura tagliata.  
Si tratta di un metodo molto invasivo e perciò poco gradito soprattutto nel caso degli edifici storici, poiché si possono verificare lesioni o assestamenti della struttura: è eseguito dunque solo in casi estremi, anche perché la sua efficacia è di durata variabile.
- Le barriere a iniezione** vengono effettuate interrompendo la salita dell'acqua introducendo per gravità o sotto pressione liquidi chimici – generalmente resine occludenti – alla base del muro. Essi funzionano su due principi o una combinazione dei due: fisicamente intasando i capillari oppure creando idrorepellenza al loro interno.  
L'efficacia dipende dalla percentuale di intasamento, dalle modalità di applicazione, dal tipo e dalla qualità del prodotto. Pertanto producono indubbiamente benefici da un punto di vista statico, ma difficilmente riescono a garantire una distribuzione omogenea all'interno della muratura per realizzare nella stessa uno strato impermeabile continuo e uniforme, che interrompa definitivamente la risalita capillare.
- Il taglio chimico** rappresenta una soluzione intermedia tra le due precedentemente elencate. Esso non comporta un vero e proprio taglio nel muro, ma una barriera chimica che evita la risalita dell'acqua per

capillarità formando chimicamente alla base del muro uno strato repellente l'acqua, tramite l'iniezione di un liquido idrofobizzante, ovvero in grado di non assorbire e non trattenere l'acqua al suo interno. Generalmente vengono utilizzati silicati, i quali però comportano alcuni inconvenienti in quanto sono altamente alcalini e necessitano di anidride carbonica per vetrificare (oltretutto in questo processo il gel si restringe permettendo di nuovo un rischio di risalita). I silicati inoltre causano anche la formazione di sali bicarbonati che si aggiungono agli altri sali già presenti nella muratura. Anche in questo caso, l'efficacia del sistema dipende dal tipo, dalla qualità e dalla quantità di prodotto impiegato, nonché dalla competenza con la quale viene eseguita l'installazione.

- d. **L'elettrosmosi attiva e passiva** è una tecnica per interrompere la risalita capillare nelle murature che sfrutta la differenza di potenziale elettrico che si instaura tra il sottosuolo e la struttura muraria al di sopra del terreno. Il sistema si basa sull'inversione del flusso elettrico responsabile della risalita dell'umidità: se il trasferimento di acqua comporta il passaggio di corrente elettrica, si parla di elettrosmosi attiva; viceversa se non è previsto il passaggio di alcun tipo di tensione, si parla di elettrosmosi passiva.

L'efficacia del sistema è variabile di caso in caso ed è da valutare attentamente per evitare addirittura un funzionamento al rovescio in presenza di un'alta quantità di sali.

- e. **L'aerazione preventiva** con vespai aerati sfrutta la presenza di questi ultimi, posizionati al di sotto del piano terra, per formare una "camera d'aria" tra il solaio e il terreno, dove disperdere l'umidità tramite aperture di comunicazione con l'aria esterna attraverso i muri perimetrali. In sostanza si presuppone che la sola aerazione creata sotto al solaio sia sufficiente per mantenere asciutti sia il solaio stesso che i muri, facendo evaporare tutta l'eventuale acqua in risalita, sia dal terreno che dalla muratura. Il sistema deve essere generalmente eseguito in fase di costruzione e per questo può essere considerato non idoneo per i risanamenti. Inoltre, il contatto della muratura stessa con il terreno rimane pressoché invariato e anzi, la maggiore evaporazione che si verifica sulle superfici murarie ad opera di tali dispositivi favorisce un maggior accumulo di sali sulle superfici stesse, accelerandone il più delle volte il degrado.

### 3.3 Messa in opera di intonaci macroporosi senza risalita capillare

Nel precedente capitolo sono stati elencati una serie di interventi in grado di impedire l'ingresso di nuova acqua con barriere di risalita di vario tipo, attività definite dal WTA come propedeutiche alla posa di intonaci deumidificanti macroporosi.

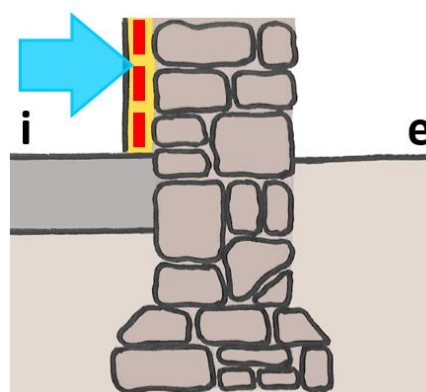
Parliamo di materiali in grado di "risanare" la parete semplicemente favorendo il trasferimento all'aria dell'umidità presente negli strati interni.

Gli intonaci macroporosi (come dice la parola) sono caratterizzati da una grande porosità ottenuta mediante l'uso di additivi aeranti. Questa caratteristica porta a due risultati positivi per il risanamento:

1. un incremento del trasporto d'acqua in fase liquida all'interno della parete verso l'intonaco esterno mediante l'effetto di una forte aspirazione capillare;
2. un aumento dei fenomeni di evaporazione per le molecole d'acqua che raggiungono i macropori dell'intonaco, con accumulo di sali al suo interno, evitando le efflorescenze superficiali.

Nel caso in cui non sia stato possibile eliminare l'umidità nella muratura, l'intonaco macroporoso diventa quindi un intonaco di "sacrificio", andando incontro a saturazione e disgregamento meccanico, in tempi più o meno rapidi in funzione del carico di umidità e sali della muratura.

Va segnalato che i tempi sia di realizzazione di un intervento di questo tipo che di messa a regime dell'effetto di risanamento sono piuttosto lunghi. Infatti si parla di una posa con tempi medi di un giorno per ogni millimetro



di spessore dell'intonaco con spessori da 25 a 60 mm (in base alla tipologia e concentrazione di sali – rif. WTA), ed effetti di asciugatura sulla parete visibili nell'arco di più stagioni. Anche la durabilità dell'intonaco stesso dipende dal grado di penetrazione dell'umidità e salinizzazione della muratura: essi durano generalmente da pochi mesi a pochi anni al massimo; non appena l'intonaco è saturo di sali deve essere rimosso dalla parete e sostituito.

In sintesi è bene precisare dunque che per l'impiego di intonaci macroporosi:

- l'ambiente interno deve possedere un elevato grado di aerazione, poiché l'umidità restituita potrebbe peggiorare le condizioni di salubrità interna in assenza di un corretto ricambio;
- nel caso in cui non sia stato possibile eliminare l'umidità di risalita e in presenza di sali, l'intonaco macroporoso diventa di fatto un intonaco di "sacrificio", andando incontro a saturazione e disgregazione meccanica in tempi più o meno rapidi, in funzione del carico di umidità e sali nella muratura;
- WTA prevede l'eliminazione dell'acqua e dell'umidità nella muratura prima dell'applicazione dell'intonaco di risanamento, al fine di garantirne la durabilità.

### 3.4 Uso di isolanti minerali a capillari attivi anche con risalita capillare

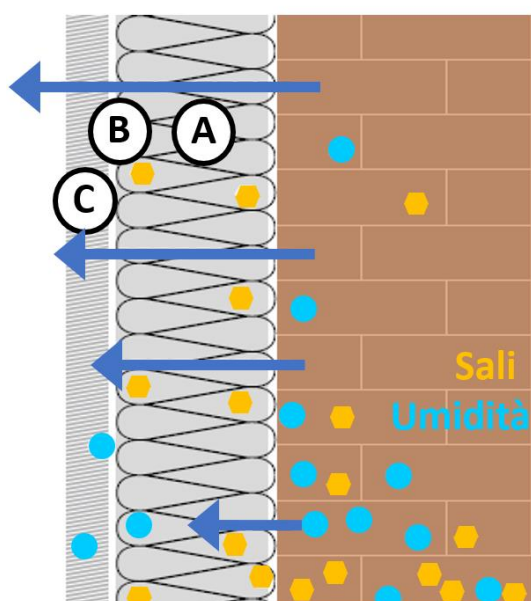
Gli isolanti minerali a capillari attivi sono un'alternativa agli intonaci macroporosi tradizionali valida anche in presenza di risalita capillare.

Anche in questo caso si tratta di una tecnologia in grado di favorire il trasporto di umidità verso la superficie della struttura attraverso il trasporto capillare e in grado di intrappolare i sali evitando la formazione di efflorescenze. A differenza degli intonaci macroporosi la tecnologia è adatta anche in presenza di problemi di risalita capillare ed è in grado di abbinare al contributo di risanamento dall'umidità anche un effetto di isolamento termico della struttura. Inoltre in questo caso il sistema garantisce bassi tempi di realizzazione e un'elevata durabilità nel tempo.

Un sistema di isolamento con pannelli minerali a capillari attivi prevede la posa di tre componenti:

- un pannello di desalinizzazione a base minerale che funge anche da pannello isolante;
- una malta leggera a base minerale che funge sia da malta adesiva che dà rinforzo;
- un intonaco di finitura anch'esso a base minerale.

Nei capitoli 4 e 5 del presente manuale sono presentati i risultati di alcuni esempi di calcolo condotti utilizzando un isolante minerale a capillari attivi e ulteriori approfondimenti tecnici su questo tipo di prodotto.



**Figura 6**

*Schema esemplificativo di applicazione di un pannello isolante a capillari attivi su una parete umida. Gli strati previsti sono: A) pannello isolante minerale, B) malta leggera, C) finitura in intonaco.*

*L'uso di un pannello isolante minerale a capillari attivi applicato sul lato interno di una parete umida favorisce la migrazione dell'umidità e dei sali disciolti dalla muratura. L'elevata capacità di assorbimento della malta leggera (grazie alla sua maggiore capacità capillare) fa sì che i sali vengano condotti dalla parete al pannello, dove si cristallizzano e vengono quindi rimossi dalla muratura risanandola - al contempo l'umidità assorbita dalla muratura viene ceduta all'aria interna e smaltita mediante una adeguata ventilazione dei locali. Fonte: Xella*





**Figura 7** Esempio di posa in opera di pannelli isolanti minerali a capillari attivi. In alto l'ambiente esistente con in evidenza la parete perimetrale in mattoni pieni degradata da umidità e sali; in basso una fase di posa in opera dei pannelli. Fonte: Xella

## 4 ESEMPIO DI CALCOLO

### 4.1 Inquadramento dell'intervento e requisiti di isolamento termico

Immaginiamo di dover risanare una muratura umida di un edificio esistente attraverso l'uso di un sistema di isolamento minerale a capillari attivi (nel caso specifico con sistema Multipor ExSal Therm).

La prima cosa da capire è come si inquadra l'intervento alla luce dei requisiti minimi di legge e quindi quali sono gli obblighi da rispettare. Per semplicità possiamo concentrare la nostra riflessione su due aspetti:

1. il controllo dei limiti di isolamento ( $H'_T$  e trasmittanza termica)
2. il controllo delle verifiche igrotermiche (rischio di formazione di muffa e condensa interstiziale).

Lo schema seguente sintetizza il quadro degli obblighi rispetto ai suddetti due punti in base al tipo di intervento previsto:

Inquadramento dell'intervento	Verifica del coefficiente $H'_T$	Verifica della trasmittanza termica	Verifica del rischio di formazione di muffa e condensa interstiziale.
Intervento su una struttura non disperdente (ad esempio pareti di una cantina non riscaldata)	<i>Non prevista</i>	<i>Non prevista</i>	<i>Non prevista</i>
Rifacimento di intonaco per una porzione inferiore al 10% della superficie disperdente	<i>Non prevista</i>	<i>Non prevista</i>	<i>Non prevista</i>
Intervento di risanamento di una muratura su una superficie disperdente <25% del totale	<i>Non prevista</i>	<i>Prevista</i> (se si isola sul lato interno o in intercapedine i limiti di trasmittanza sono incrementati del 30%)	<i>Prevista</i>
Intervento di risanamento di una muratura su una superficie disperdente >25% del totale	<i>Prevista</i>	<i>Prevista</i>	<i>Prevista</i>

**Il controllo dei suddetti parametri, se previsti, è parte integrante del processo di valutazione dell'intervento e deve essere documentato tramite la deposizione in Comune di una relazione tecnica** (Relazione ex Legge 10). A tal proposito segnaliamo che se l'edificio è soggetto a vincoli architettonici sulla parte esterna delle facciate, è necessario valutare l'intervento di isolamento sul lato interno delle strutture.

#### Detrazioni fiscali

Trattandosi di un intervento di isolamento dell'involucro edilizio, se applicato a una struttura disperdente e nel caso sia verificata la trasmittanza limite prevista dall'allegato E del Decreto interministeriale del 6 agosto 2020 (vd. tabella), è possibile portare l'intervento in detrazione attraverso uno degli strumenti ad oggi disponibili: il Bonus 110%, l'Ecobonus o il Bonus Facciate (se l'intervento è sul lato esterno della facciata).

Per approfondire questi temi rimandiamo alla lettura delle [Guide ANIT](#) dedicate, o alle informazioni messe a disposizione dell'[Agenzia delle Entrate](#) e da [ENEA](#).

Le tabelle che seguono mostrano i limiti di  $H'_T$  e trasmittanza previsti dai requisiti minimi (DM 26/6/2015) e i limiti di trasmittanza previsti per l'accesso alle detrazioni (All. E Decreto 6/8/2020).

Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico $H'_T$ W/m <sup>2</sup> K (DM 26/6/2015)						
N. riga	RAPPORTO DI FORMA (S/V)	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
1	$S/V \geq 0,7$	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
2	$0,7 > S/V \geq 0,4$	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
3	$0,4 > S/V$	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70
N. riga	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
4	Ampliamenti e Ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

Trasmittanza limite per le strutture opache verticali, valori in W/m <sup>2</sup> K					
Zona climatica:	A e B	C	D	E	F
Trasmittanza limite per i requisiti minimi (DM 26/6/2015)	0.40	0.36	0.32	0.28	0.26
Trasmittanza limite per i requisiti minimi incrementate del 30% per interventi dall'interno (DM 26/6/2015)	0,52	0,47	0,42	0,36	0,34
Trasmittanza limite per le detrazioni (All. E Decreto 6/8/2020)	0.38	0.30	0.26	0.23	0.22

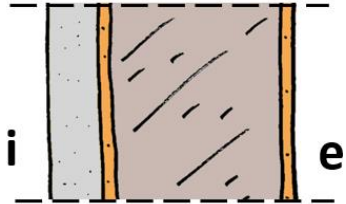
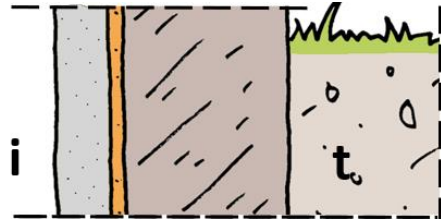
## 4.2 Intervento sul lato interno della parete

Abbiamo analizzato due situazioni tipiche di murature con problemi di umidità mettendo a confronto i dati prima e dopo l'intervento di risanamento con un sistema di isolamento minerale a capillari attivi.

I casi analizzati riguardano:

- A- una parete perimetrale in mattoni con problemi di risalita capillare;
- B- una parete perimetrale in mattoni con problemi di ingresso di umidità dal terreno.

Le simulazioni sono state condotte immaginando una muratura iniziale quasi in condizioni di saturazione e un sistema di isolamento minerale a capillari attivi con pannelli Multipor ExSal Therm.

<b>Casi analizzati:</b>	<b>Caso di studio A</b> Parete perimetrale esistente in mattoni e intervento di isolamento interno. Risalita capillare all'interno della struttura in mattoni pari a 1000 g/m <sup>2</sup> anno.	
	<b>Caso di studio B</b> Parete perimetrale esistente in mattoni a contatto con terreno. Umidità dal terreno, considerato con umidità costante e vicina alla saturazione (UR=99%).	

### Stratigrafia di partenza – parete perimetrale umida (1)

La stratigrafia della muratura umida dello stato di partenza, indicata con (1) nei grafici, si compone di una parete in mattoni con uno spessore di 50 cm e un rivestimento di intonaco sui due lati di 2 cm ciascuno. Nelle condizioni iniziali questa struttura ha un livello di isolamento molto scarso: la trasmittanza è pari a 0,95 W/m<sup>2</sup>K se calcolata in modo tradizionale secondo la norma UNI EN ISO 6946, e a circa 1,8 W/m<sup>2</sup>K considerando anche l'effetto dell'umidità (valutazione condotta con il software WUFI - Fonte 14).

Descrizione della stratigrafia (1) *		Spessore [m]	Conduttività [W/mK]	Fatt. res. vap. [-]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Calore specifico [J/kgK]
<b>Parete esistente</b>						
est	Intonaco di calce-cemento (esterno)	0.020	0.800	19	1900	850
	Muratura in mattoni	0.500	0.602	15	1900	850
int	Intonaco di calce-cemento	0.020	0.800	19	1900	850

### Intervento sul lato interno (2)

Abbiamo previsto un isolamento sul lato interno attraverso l'uso di pannelli isolanti minerali Multipor ExSal Therm. Come detto nel capitolo precedente: **lo spessore dello strato isolante deve essere attentamente valutato rispetto agli obblighi dei requisiti minimi ed eventualmente di accesso alle detrazioni.**

Nella nostra analisi abbiamo verificati diversi spessori di isolamento a seconda dei casi, per quello mostrato in queste pagine la trasmittanza della parete isolata valutata con UNI EN ISO 6946 è pari a 0.32 W/m<sup>2</sup>K.

Descrizione della stratigrafia (2) *		Spessore [m]	Conduttività [W/mK]	Fatt. res. vap. [-]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Calore specifico [J/kgK]
<b>Parete esistente con nuovo strato isolante sul lato interno</b>						
est	Intonaco di calce-cemento (esterno)	0.020	0.800	19	1900	850
	Muratura in mattoni	0.500	0.602	15	1900	850
	Intonaco di calce-cemento	0.020	0.800	19	1900	850
	Strato adesivo	0,005	0,155	15	833	850
	Sistema di isolamento minerale a capillari attivi Multipor ExSal Therm	0,100	0,050**	4	125	850
int	Strato di finitura (lato interno)	0,005	0,155	15	833	850

\* Essendo stata condotta una simulazione igrotermica dinamica, ogni materiale è stato caratterizzato da diverse curve parametriche e non da un singolo dato per ogni caratteristica elencata. I dati utilizzati sono stati presi dal database del software WUFI.

\*\* Nell'analisi dei requisiti minimi è consigliato un calcolo con conduttività pari a 0.050 W/mK per tener conto dell'effetto dell'umidità presente nel pannello dovuta alla muratura umida.

Tipo di materiale	Percentuale di acqua ponderale in peso M%				
	Perfettamente asciutto	Igienicamente asciutto	Tollerabile in certi casi	Umido	Umidissimo
Mattone	1%	3%	4%	3-9%	> 9 %
Pietrame leggero	Fino al 4%	6 %	7 %	6-15%	> 15 %
Legno	12%	14%	<20%	20%	>20%
Altro materiale naturale o artificiale	Da determinare caso per caso	Fino al 2% oltre umidità propria	Fino al 3% oltre umidità propria	-	-

**Tabella 1** Valutazione dello stato di umidità di un materiale in base al contenuto d'acqua M% valutato come rapporto in massa d'acqua rispetto alla massa complessiva dello strato. Una parete in mattoni con contenuto di umidità M%<1 può essere considerata "perfettamente asciutta" (Fonte 8).

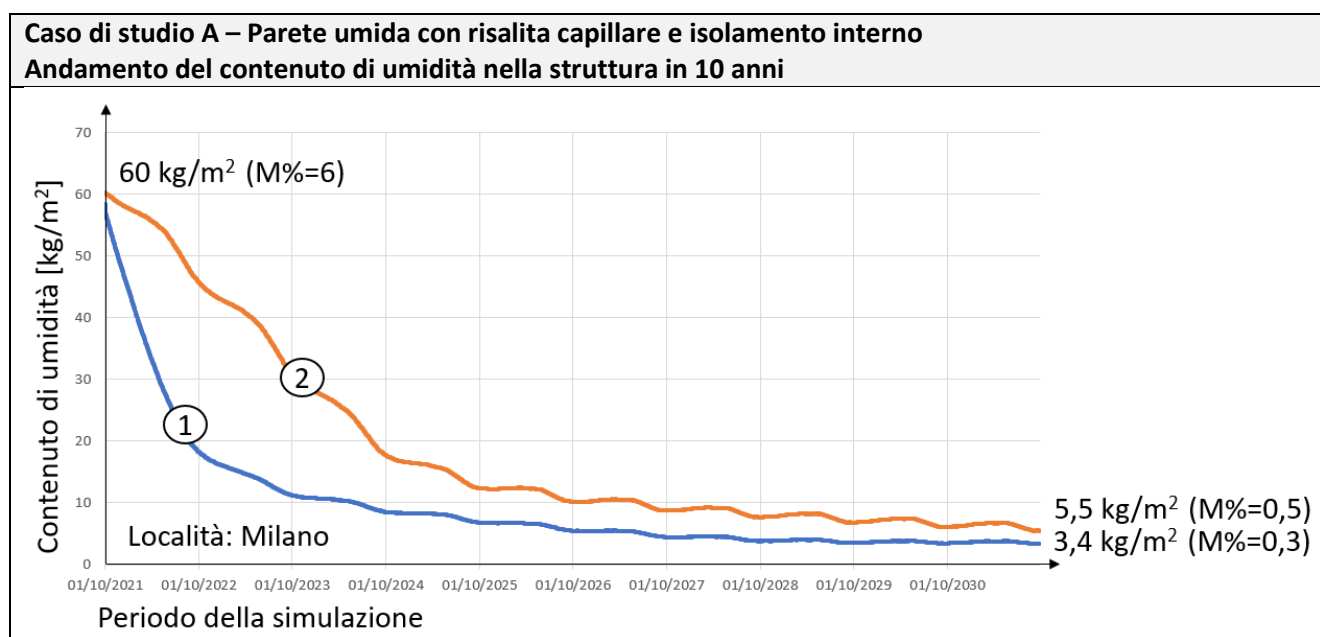
### La simulazione igrotermica dinamica e valore M%

Abbiamo analizzato i casi di studio attraverso una simulazione igrotermica dinamica condotta in accordo con la norma UNI EN 15026 per mezzo del software WUFI distribuito dal Fraunhofer IBP (Fonte 14). Sebbene si tratti di un'approssimazione della realtà, i risultati forniscono indizi per una buona valutazione delle tecnologie e dei materiali adottati a partire dall'andamento del contenuto di umidità complessivo e dal valore di M% all'interno dei singoli strati. Quest'ultimo dato è utile per commentare il livello di umidità presente alla luce di indicazioni disponibili in letteratura (vd. Tabella 1).

### Conclusioni

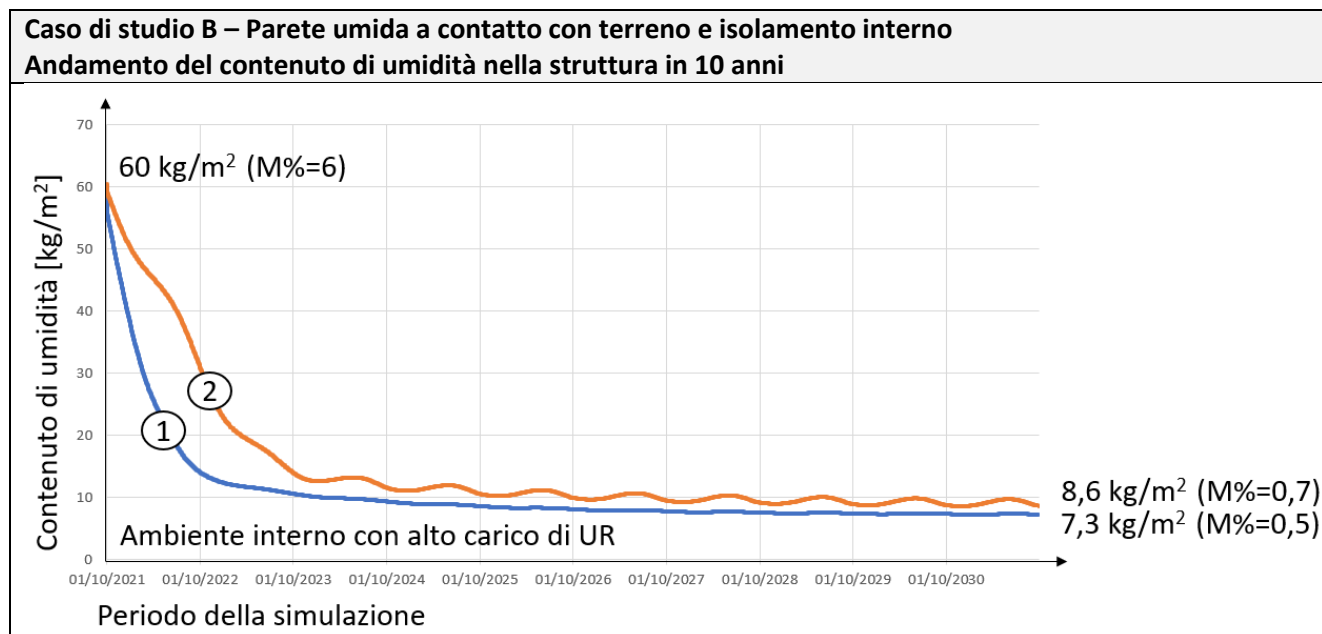
Il confronto tra la configurazione (1), ovvero la parete non isolata, e la configurazione (2), ovvero la parete isolata con un sistema di isolamento minerale a capillari attivi può essere commentato attraverso tre chiavi di lettura:

- 1- l'intervento porta a un miglioramento del livello di isolamento della parete esistente: la trasmittanza termica iniziale pari a  $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  raggiunge nel caso mostrato un valore di  $0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
- 2- il contenuto totale di umidità pur partendo da condizioni vicine alla saturazione, nell'arco di qualche anno si attesta su valori di umidità bassi sia nel caso di parete esistente non isolata che isolata. Questo significa che il sistema di isolamento minerale a capillari attivi non crea alcuna barriera per i meccanismi di scambio igrotermico utili allo smaltimento dell'umidità in eccesso;
- 3- il valore M% della parete in muratura, che può essere commentato con le indicazioni di letteratura riportate nella Tabella 1, evidenzia che pur partendo da una condizione "umida" ( $M\%=6$ ), a valle della simulazione si ottengono valori tipici di una condizione "perfettamente asciutta" ( $M\%<1$ ).



**Grafico 1** Confronto tra la struttura non isolata (1) e la struttura isolata internamente con sistema di isolamento minerale a capillari attivi (2) per il caso di parete umida con risalita capillare. Le curve rappresentano l'andamento del contenuto di umidità simulato in un periodo di 10 anni a partire da condizioni vicine alla saturazione. La linea blu e la linea arancione, dopo alcuni anni di assestamento convergono verso valori di umidità bassi rispettivamente pari a  $3,4$  e  $5,5 \text{ kg/m}^2$ . Il dato espresso come M% della parete in mattoni, ovvero come rapporto in massa d'acqua rispetto alla massa complessiva dello strato in mattoni, secondo le indicazioni della Tabella 1, parte da una condizione "umida" (6%) e raggiunge per entrambe le curve condizioni "perfettamente asciutte" (<1%). In sostanza la parete (2) isolata consente uno smaltimento dell'umidità in eccesso in maniera analoga alla situazione (1) non isolata.





**Grafico 2** Confronto tra la struttura non isolata (1) e la struttura isolata internamente con sistema di isolamento minerale a capillari attivi (2) per il caso di parete a contatto con terreno umido. Le curve rappresentano l'andamento del contenuto di umidità simulato in un periodo di 10 anni a partire da condizioni vicine alla saturazione. La linea blu e la linea arancione, dopo alcuni anni di assestamento convergono verso valori di umidità bassi rispettivamente pari a 7,3 e 8,6 kg/m<sup>2</sup>. Il dato espresso come M% della parete in mattoni, ovvero come rapporto in massa d'acqua rispetto alla massa complessiva dello strato in mattoni, secondo le indicazioni della Tabella 1, parte da una condizione "umida" (6%) e raggiunge per entrambe le curve condizioni "perfettamente asciutte" (<1%). In sostanza anche in questo caso la parete (2) isolata consente uno smaltimento dell'umidità in eccesso in maniera analoga alla situazione (1) non isolata.

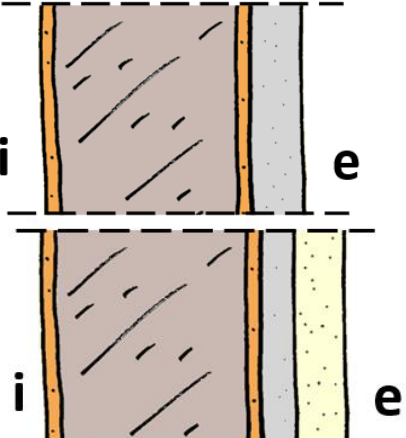
### 4.3 Intervento sul lato esterno della parete

Immaginiamo ora il caso di un edificio per il quale si preveda un intervento di isolamento sul lato esterno, ovvero un cosiddetto "cappotto termico". Statisticamente questo intervento rappresenta la configurazione più diffusa per gli edifici esistenti e non mancano soluzioni e tecnologie quando non si hanno problemi di umidità.

Ma se la struttura di partenza presenta problemi di risalita capillare (o più in generale di umidità soprattutto nella parte bassa della facciata), allora diventa interessante prevedere una zoccolatura del cappotto con pannelli minerali a capillari attivi come elemento "di sacrificio" per contenere e risanare tali problemi.

**Attenzione:** come specificato nel capitolo 4.1, nel caso di intervento su una superficie disperdente, la nuova stratigrafia deve rispettare i requisiti minimi. È necessario quindi partire da un'attenta analisi su spessori, materiali, scelte tecnologiche, studio dei ponti termici, ecc. per verificare i parametri richiesti dalla legge quali ad esempio la trasmittanza media, il coefficiente  $H_T$  e il rischio di formazione di muffe e condense interstiziali.

Per quanto riguarda il nostro esempio, abbiamo immaginato una parete perimetrale in mattoni con problemi di risalita capillare e due alternative di intervento per la zoccolatura della facciata: la prima con solo il pannello minerale a capillari attivi, la seconda con anche un secondo strato isolante esterno.

<b>Casi analizzati:</b>	<b>Caso di studio C</b> Parete perimetrale esistente in mattoni e intervento sul lato esterno con pannelli minerali a capillari attivi eventualmente abbinati a uno strato isolante aggiuntivo. Risalita capillare all'interno della struttura in mattoni pari a 1000 g/m <sup>2</sup> anno.	
-------------------------	---	--

### Stratigrafia di partenza – parete perimetrale umida (1)

La stratigrafia dello stato di partenza, è la stessa descritta nel capitolo 4.2 per i casi di studio A e B.

### Intervento sul lato esterno con solo pannello minerale (3) o con anche uno strato isolante esterno (4)

La struttura analizzata rappresenta la stratigrafia inferiore della facciata su cui si sta ipotizzando un intervento di isolamento termico. Abbiamo previsto due configurazioni: una zoccolatura composta solo dal pannello minerale a capillari attivi (3) oppure con l'aggiunta di uno strato isolante esterno minerale (4).

Come per i casi precedenti ricordiamo che **lo spessore dello strato isolante deve essere attentamente valutato rispetto agli obblighi dei requisiti minimi ed eventualmente di accesso alle detrazioni.**

Le strutture considerate hanno una trasmittanza termica valutata con UNI EN ISO 6946 pari a 0.32 W/m<sup>2</sup>K per la stratigrafia (3) e 0.24 W/m<sup>2</sup>K per la stratigrafia (4)

Descrizione della stratigrafia (3) *		Spessore [m]	Conduttività [W/mK]	Fatt. res. vap. [-]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Calore specifico [J/kgK]
<b>Parete esistente con nuovo pannello minerale sul lato esterno</b>						
est	Strato di finitura (lato esterno)	0,005	0,155	15	833	850
	Sistema di isolamento minerale a capillari attivi Multipor ExSal Therm	0,100	0,050**	4	125	850
	Strato adesivo	0,005	0,155	15	833	850
	Intonaco di calce-cemento	0.020	0.800	19	1900	850
	Muratura in mattoni	0.500	0.602	15	1900	850
int	Intonaco di calce-cemento (interno)	0.020	0.800	19	1900	850

Descrizione della stratigrafia (4) *		Spessore [m]	Conduttività [W/mK]	Fatt. res. vap. [-]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Calore specifico [J/kgK]
<b>Parete esistente con nuovo pannello minerale e strato isolante sul lato esterno</b>						
est	Strato di finitura (lato esterno)	0,006	0,155	15	833	850
	Pannello isolante minerale	0,060	0,043	4	115	1300
	Strato adesivo	0,005	0,155	15	833	850
	Sistema di isolamento minerale a capillari attivi Multipor ExSal Therm	0,080	0,050**	4	125	850
	Strato adesivo	0,005	0,155	15	833	850
	Intonaco di calce-cemento	0.020	0.800	19	1900	850
	Muratura in mattoni	0.500	0.602	15	1900	850
int	Intonaco di calce-cemento (interno)	0.020	0.800	19	1900	850

\* Essendo stata condotta una simulazione igrotermica dinamica, ogni materiale è stato caratterizzato da diverse curve parametriche e non da un singolo dato per ogni caratteristica elencata. I dati utilizzati sono stati presi dal database del software WUFI.

\*\* Nell'analisi dei requisiti minimi è consigliato un calcolo con conduttività pari a 0.050 W/mK per tener conto dell'effetto dell'umidità presente nel pannello dovuta alla muratura umida.



**Grafico 3** Confronto tra una parete esistente in mattoni con problemi di risalita capillare prima dell'intervento (1) e dopo l'intervento di isolamento sul lato esterno. Il caso (3) rappresenta la sezione della facciata considerando solo l'aggiunta del pannello minerale a capillari attivi, mentre il caso (4) rappresenta la struttura isolata con doppio strato minerale: pannello a capillari attivi e strato di isolamento esterno.

Le curve rappresentano l'andamento del contenuto di umidità simulato in un periodo di 10 anni a partire da condizioni vicine alla saturazione. Le tre linee, dopo alcuni anni di assestamento convergono verso valori di umidità bassi intorno a 3,3 kg/m<sup>2</sup>. Il dato espresso come M% della parete in mattoni, con riferimento a quanto riportato nella Tabella 1, parte da una condizione "umida" (6%) e raggiunge per tutti i casi condizioni "perfettamente asciutte" (<1%).

In altri termini le stratigrafie (3) e (4), rappresentative di due possibili configurazioni di "zoccolatura" di una parete esistente interessata da un intervento di isolamento termico dall'esterno, consentono un ottimale smaltimento dell'umidità in eccesso.

Segnaliamo infine che per le località dove è possibile registrare temperature esterne invernali inferiori a 0°C, oltre al controllo dell'andamento dell'umidità, è bene verificare anche il punto di ghiaccio, ovvero controllare se nella stratigrafia si verificano temperature inferiori a 0°C in presenza di un'alta concentrazione di umidità.

## 5 RISANAMENTO CON MULTIPOR EXSAL THERM

### 5.1 Risanamento e isolamento con pannello minerale a capillari attivi

Multipor ExSal Therm è un prodotto pensato per risanare le strutture affette da problemi di umidità: è in grado infatti di desalinizzare le murature esistenti e nel contempo isolarle termicamente.

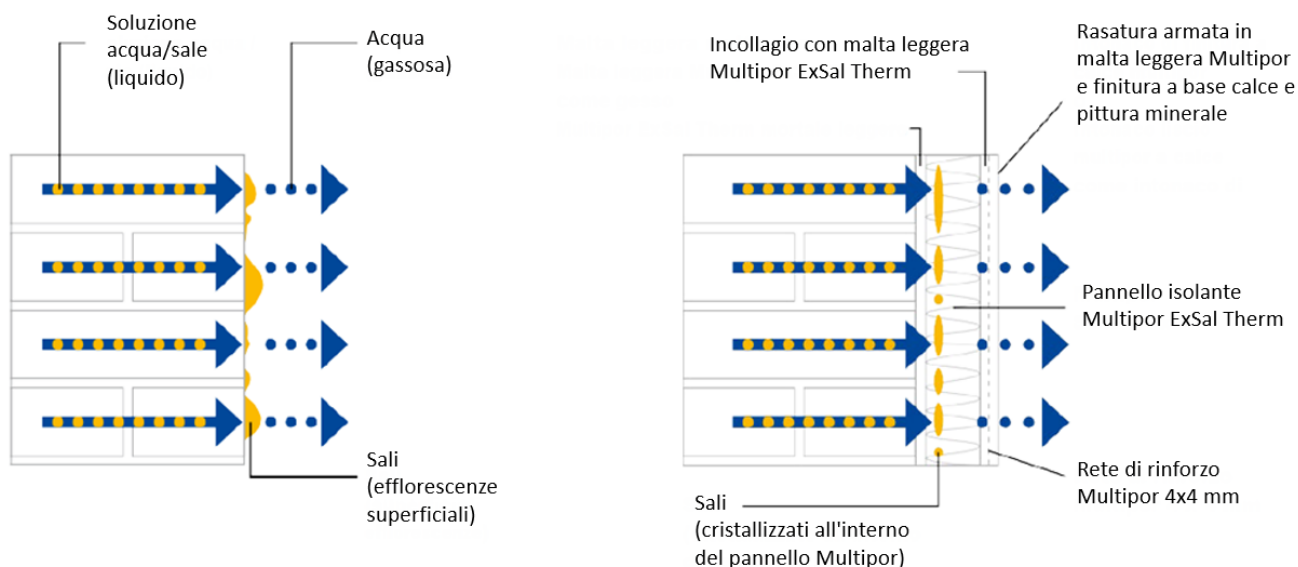
Il risanamento con questo sistema può essere direttamente applicato a parete, senza la necessità di lunghi periodi di essiccazione e intonacatura.

Si tratta di un prodotto a basso impatto ambientale, che utilizza materiali leggeri completamente riciclabili. Presenta un eccellente bilancio ecologico, validato da certificati quali EPD, Natureplus ed Eco-Institute; è privo di sostanze nocive e non rilascia emissioni dannose per la salute.

I pannelli minerali sono ottenuti da materie prime quali sabbia, calce, cemento e acqua e dispongono dell'omologazione edilizia generale dell'Istituto Tedesco per l'Edilizia (DIBt) Z-23.11 1501, nonché dell'Omologazione Tecnica Europea ETA - 05/0093 e sono innocui sotto il profilo bio-architettonico e microbiologico.

#### Il principio di funzionamento

Il sistema ExSal Therm funziona come illustrato in Figura 8: la malta adesiva presenta una conduttività dell'acqua allo stato liquido maggiore rispetto al pannello e, quindi, si discosta nettamente dalla malta leggera convenzionale Multipor. In questo modo, umidità e sali possono essere efficacemente assorbiti dalla parete esistente e successivamente convogliati nel pannello. I sali cristallizzano dove il trasporto capillare di soluzioni saline nel pannello è uguale al trasporto di vapore acqueo fuori dal pannello. Per evitare efflorescenze sulla superficie, la conduttività capillare del pannello ExSal Therm è limitata, mentre la permeabilità al vapore è mantenuta ad un livello elevato. Di conseguenza, la cristallizzazione avviene dove non è visibile.



**Figura 8** Schema di funzionamento del prodotto applicato su una parete: a sinistra lo schema di una parete senza isolamento, a destra una parete con isolamento. Fonte: Xella

**Le caratteristiche del prodotto:****DESALINIZZAZIONE DELLA MURATURA**

Il pannello Multipor ExSal Therm assorbe per capillarità l'umidità e i sali disciolti nella muratura. L'umidità evapora sulla superficie, i sali rimangono nel pannello tramite sedimenti presenti nei pori e nei relativi passaggi. Il sistema continua a funzionare per lungo tempo.

**ISOLAMENTO TERMICO**

Multipor ExSal Therm è altamente termoisolante e offre un isolamento termico ottimale anche in condizioni critiche su murature degradate e umide. Utilizzando il pannello, il fabbisogno energetico può essere sostanzialmente ridotto, il che consente, a lungo termine, un risparmio di energia e costi.

**TRASPIRABILITÀ E CAPILLARITÀ**

Multipor ExSal Therm è un materiale caratterizzato da elevata permeabilità al vapore e capillarità. L'umidità viene immagazzinata nel pannello e quindi rilasciata nell'aria dell'ambiente. In questo modo viene assicurato un passaggio continuo di umidità, senza che questa crei concentrazioni che possono portare alla formazione di muffe o a condense interstiziali.

**PROTEZIONE ANTINCENDIO**

Il sistema è classificato come materiale incombustibile. Anche alle temperature più elevate non vengono rilasciati vapori o fumi nocivi. Una proprietà di fondamentale importanza quando, in caso di necessità, si devono cercare vie di fuga e far intervenire i vigili del fuoco. Persone ed edifici sono protetti nel migliore dei modi.

**Caratteristiche del sistema Multipor ExSal Therm**

Il sistema di isolamento termico minerale e risanamento ExSal Therm, è parte dei sistemi Multipor. A differenza dei pannelli Multipor M4 normalmente utilizzati per l'isolamento interno, il pannello ExSal Therm presenta caratteristiche di resistenza meccanica maggiorate, al fine di resistere alla cristallizzazione dei sali al suo interno, e garantire la durabilità nel tempo del sistema. La malta ExSal Therm è costituita da leganti ad altissima resistenza ai sali, oltre ad avere un elevato assorbimento d'acqua rispetto alla formulazione standard Multipor FIX X700, ed è quindi specifica per l'applicazione da risanamento.

	<b>Pannello Multipor ExSal Therm M2</b>	<b>Pannello Multipor M4 TIP</b>	<b>Malta leggera Multipor ExSal Therm</b>	<b>Malta leggera Multipor FIX X700</b>
Omologazione /Regolamento	ETA-05/0093	ETA-05/0093	EN 998-1	EN 998-1
Peso specifico a secco	100-115 kg/m <sup>3</sup>	85-95 kg/m <sup>3</sup>	≤ 800 kg/m <sup>3</sup>	≤ 800 kg/m <sup>3</sup>
Classe di resistenza alla compressione	≥ 350 kPa	≥ 250 kPa	CSII (1,5-5,0 N/mm <sup>2</sup> )	CSII (1,5-5,0 N/mm <sup>2</sup> )
Resistenza ai sali	Proporzionale alla resistenza a compressione: ±50% ca.	Proporzionale alla resistenza a compressione	Elevata (formulata con leganti speciali)	Normale
Conduttività termica	0,050	0,040	0,18	0,18
Resistenza alla diffusione del vapore di acqua	3	2	10	10
Classe di reazione al fuoco	A1	A1	A2-S1,d0	A2-S1,d0
Classe di assorbimento d'acqua	conforme a ETA	conforme a ETA	W0	W2
Colore	-	-	Grigio	Bianco
Misure e formato del prodotto	600x390 mm sp. 60 e 80 mm	600x390 mm sp.da 60 a 200mm	Sacco da 20 kg	Sacco da 20 kg

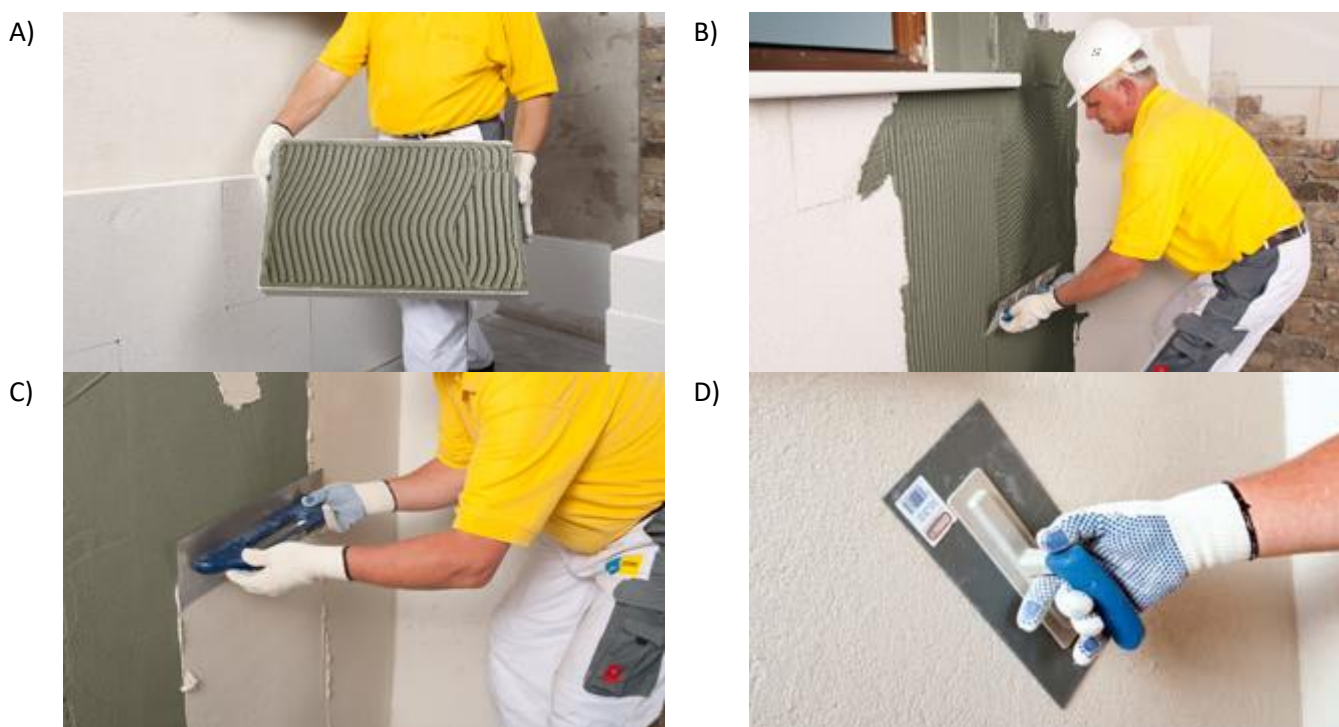


### Prove pratiche e simulazioni igrotermiche dinamiche

In assenza di una procedura di prova standardizzata per i sistemi di desalinizzazione è stata sviluppata una procedura aziendale in collaborazione con l'Università di Dresda in Germania. Su una muratura esistente è stata simulata la condizione di degrado per mezzo di infiltrazioni di acqua e soluzioni saline. L'uso del sistema isolante con pannelli minerali a capillari attivi ha evitato la formazione di efflorescenze, ha stabilizzato la migrazione della soluzione salina e ha ridotto il contenuto di umidità della struttura di partenza (per maggiori dettagli si rimanda al sito di Xella).

Nel caso di isolamento in pannelli Multipor la verifica dinamica viene fornita dal servizio tecnico Xella.

Al fine di poter determinare previsioni affidabili per il comportamento di asciugatura di un muro ristrutturato con ExSal Therm, è stato creato un dataset specifico da utilizzare per le simulazioni igrotermiche con software WUFI. Il dataset è disponibile per i consulenti energetici e specialisti in formato HTML.



**Figura 9** Messa in opera del sistema: A) il pannello è posato a parete per mezzo di un intonaco adesivo; B) viene messo in opera un secondo strato di intonaco sul lato interno; C) il sistema è rasato e D) rifinito. Fonte: Xella

## CONTATTI

- ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico  
<https://www.anit.it>  
[info@anit.it](mailto:info@anit.it)
- Xella Italia  
<https://www.ytong.it>  
[ytong-it@xella.com](mailto:ytong-it@xella.com)

## BIBLIOGRAFIA

- [1] AA.VV., *Risanamento, consolidamento, deumidificazione & recupero n° 5/2*, Ed. Tecnoed srl, 2013
- [2] ANIT, *Manuale tecnico: Isolamento termico dall'interno senza barriera al vapore*, settembre 2013
- [3] V. Cascione, *Valutazione igrotermica di soluzioni tecniche d'isolamento dell'involucro edilizio per il recupero energetico in Italia per mezzo di simulazioni dinamiche*, Tesi di Laurea Magistrale, anno accademico 2015-2016, Rel. Pietro Stefanizzi, Eleonora Marra, Daniel Zirkelbach, Politecnico di Bari
- [4] L. Coppola, *Umidità nelle costruzioni. Diagnosi e rimedi*, in "Presenza tecnica in edilizia", Ed. PEI Parma, 1996, pp. 79-86
- [5] M. Cosentino, R. Balconi, *Sistemi innovativi per l'isolamento termico interno di chiusure verticali opache in edifici esistenti: analisi del comportamento igrotermico nel tempo*, Tesi di Laurea Magistrale, anno accademico 2012-2013, Rel. Bruno Daniotti, Rosanna Galliano, Politecnico di Milano
- [6] R. Esposti, G. Galbusera, A. Panzeri, C. Salani, *Volume 4 – Muffa, condensa e ponti termici*, Ed. TEP srl, 2° ed. Gennaio 2014
- [7] E. Franzoni, *Rising damp removal from historical masonries: a still open challenge*, in "Construction and Building Materials", Vol. 269, Ed. Elsevier, 2013, pp. 123-136
- [8] E. P. Guerra, *Risanamento di murature umide degradate*, Ed. Dario Flaccovio Editore, 2011
- [9] O. Kreft, T. Schoch, *The Multipor ExSal Therm system: effective remediation of salt-burdened masonry*, multipor.com/exsaltherm
- [10] O. Kreft, T. Schoch, *Interior insulation with autoclaved aerated concrete*, in "AAC Worldwide 4", 2019, pp. 76-84
- [11] S. Lombardi, *Umidità nelle murature: diagnosi e recupero*, Tesi di Dottorato, Rel. Pietro Mazzei, Università degli Studi di Napoli, 2005
- [12] UNI EN ISO 13788:2013, *Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia – Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale – Metodi di calcolo*
- [13] UNI EN 15026:2008, *Prestazione termoigrometrica dei componenti e degli elementi di edificio – Valutazione del trasferimento di umidità mediante una simulazione numerica*
- [14] WUFI *Wärme und Feuchte Instationär*, software di simulazione igrotermica dinamica, sviluppato dal Fraunhofer IBP, [www.wufi.it](http://www.wufi.it)
- [15] WTA Merkblatt 2-9:2020-03, *Renovation plaster systems*



Associazione Nazionale per  
l'Isolamento Termico e acustico

**ANIT**, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, ha tra gli obiettivi generali la diffusione, la promozione e lo sviluppo dell'isolamento termico ed acustico nell'edilizia e nell'industria come mezzo per salvaguardare l'ambiente e il benessere delle persone.

#### **ANIT**

- diffonde la corretta informazione sull'isolamento termico e acustico degli edifici
- promuove la normativa legislativa e tecnica
- raccoglie, verifica e diffonde le informazioni scientifiche relative all'isolamento termico ed acustico
- promuove ricerche e studi di carattere tecnico, normativo, economico e di mercato.

I soci **ANIT** si dividono nelle categorie

- **SOCI INDIVIDUALI**: Professionisti e studi di progettazione
- **SOCI AZIENDA**: Produttori di materiali e sistemi per l'isolamento termico e acustico
- **SOCI ONORARI**: Enti pubblici e privati, Università e Scuole Edili, Ordini e Collegi professionali

---

## **STRUMENTI PER I SOCI**

I soci individuali ricevono



Costante aggiornamento  
sulle norme in vigore con  
le Guide



I software per calcolare  
tutti i parametri energetici,  
igrotermici e acustici degli  
edifici



Servizio di chiarimento  
tecnico da parte del  
nostro Staff



Abbonamento alla rivista  
specializzata Neo-Eubios

I servizi e la quota di iscrizione variano in base alla categoria di associato (Individuale, Azienda, Onorario).  
I Soci Individuali possono accedere alla qualifica "Socio Individuale Più" per ottenere servizi avanzati

**[www.anit.it](http://www.anit.it)**

**[info@anit.it](mailto:info@anit.it)**

**Tel. 0289415126**

ANIT - Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico  
Via Lanzone 31- 20123 – Milano