



# RIPRISTINO E PROTEZIONE SISTEMI SIKA® PER RESTAURO DELLE OPERE IN MURATURA

BUILDING TRUST





# INDICE

## **1. Introduzione** **05**

---

## **2. Situazioni ed indagini tipiche** **06**

2.1 Problematiche dell'umidità di risalita	6
2.2 Caduta dell'intonaco	7
2.3 Erosione del giunto di malta	7
2.4 Lacune nei paramenti murari	8
2.5 Cedimenti fondazionali	8
2.6 Fessurazioni orizzontali, diagonali, sconessioni e schiacciamenti dei pannelli murari	8
2.7 Fessurazioni e rischi di crolli localizzati di archi e volte	9
2.8 Effetti delle variazioni termiche	9
2.9 Necessità di miglioramento sismico	10
2.10 Sopraelevazioni	10

---

## **3. Tecniche di intervento e requisiti dei materiali** **11**

3.1 Il rifacimento di intonaci	13
3.2 Ristilatura del giunto di malta, scuci e cucì, rabboccatura e allettamento	16
3.3 Ringrosso fondazioni mediante interventi di sottomurazione o sottofondazione	17
3.4 Incremento di resistenza e duttilità mediante iniezione (anche armata)	19
3.5 Incremento resistenza e rigidità mediante lastra armata e cappa armata	21
3.6 Incremento resistenza e duttilità mediante giunti di malta armati (repointing)	23
3.7 Incremento resistenza a taglio flessione nel piano e fuori dal piano mediante placcaggio esterno con FRP	25
3.8 Fasciature di confinamento in FRP	27
3.9 Rinforzo a flessione di archi e volte	28
3.10 Catenature anche in FRP	32
3.11 Ringrosso dei solai e cordonature	33
3.12 Incamiciatura di pilastri	35
3.13 Recupero e consolidamento di cannucciati	39



# 1. INTRODUZIONE

Il restauro delle opere in muratura, sia si tratti di normali edifici di abitazione, sia di costruzioni d'interesse storico o artistico, pone sempre problemi di scelta delle tecniche e materiali, per il conseguimento degli obiettivi di:

- riduzione dell'umidità e dei suoi effetti negativi;
- riconoscimento delle cause dei dissesti strutturali;
- riconoscimento della natura di eventuali fenomeni;
- chimico-fisici di degrado o dissesto;
- recupero delle capacità strutturali;
- recupero finitura estetica;
- affidabilità e durabilità dell'intervento;

Già da questa sintesi appare chiara la natura interdisciplinare di un restauro e la necessità di coinvolgere competenze diverse, tra cui quella dell'ingegnere, dell'architetto, eventualmente dello storico dell'arte, del chimico e dell'esperto di materiali.

Nel settore del cemento armato il CEN (l'Ente Normativo Europeo) ha messo a punto e pubblicato la Serie delle Norme EN 1504, che costituisce un'utile guida per i progettisti e i tecnici coinvolti; un analogo progetto ha portato alla nascita della normativa UNI EN 998 relativa alle murature.

Proseguendo la sua tradizione di fornire un supporto tecnico agli operatori oltre che una guida ai prodotti, Sika con il presente quaderno intende fornire una guida semplice all'intervento di restauro, articolata nelle seguenti fasi:

- riconoscimento delle situazioni tipiche che si incontrano nelle costruzioni in muratura;
- indagini da prevedere per il riconoscimento dei fenomeni sviluppatisi, la natura e la qualità dei materiali esistenti, inclusa la presenza e la concentrazione di sostanze nocive;
- scelta delle tecniche di intervento;
- scelta dei materiali idonei per l'attuazione delle tecniche previste;
- definizione dei requisiti dei materiali prescelti;
- specifiche prestazionali che garantiscano il possesso dei requisiti previsti, con l'indicazione dei metodi di prova per la caratterizzazione dei materiali.

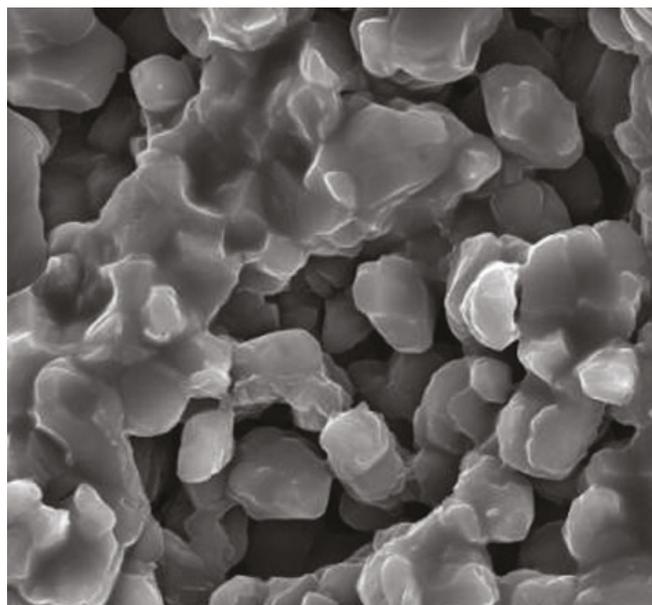
All'interno di questo progetto, nella continuità della tradizione millenaria della nostra terra, Sika presenta inoltre i prodotti della linea SikaEmaco® basati sui seguenti leganti, comprendenti:

- la calce idraulica naturale per gli intonaci;
- la calce idrata per le rasature;
- le aggiunte pozzolaniche per le malte strutturali e per le boiacche da iniezione.

La calce possiede molte proprietà che ne fanno un prodotto da costruzione sostenibile, che rispetta tutti i sistemi di certificazioni ambientale oggi richiesti perché è un materiale naturale, prodotto attraverso il solo riscaldamento di pietra calcarea, non contiene nè rilascia sostanze tossiche o dannose; il più delle volte, reagisce con queste, 'sottraendole' di fatto all'ambiente, ha un basso costo di produzione e un basso impatto ambientale.

Inoltre nelle operazioni di restauro l'uso della calce:

- garantisce traspirabilità alle murature;
- assicura agli ambienti comfort e salubrità grazie alle sue caratteristiche di igroscopicità e di antisetticità;
- assicura la buona riuscita dell'intervento, in virtù del basso modulo elastico;
- ha un'ottima capacità di adesione;
- ha un'ottima lavorabilità;
- rende durevoli le malte contro le aggressioni esterne, come ad esempio l'azione dei sali e la reazione alcali-silice;
- contribuisce ad incrementare la capacità termica delle murature, agendo da materiale coibente capace di immagazzinare il calore e rilasciarlo in maniera lenta.



Macropori presenti nella calce alla base delle prestazioni peculiari di questo legante

## 2. SITUAZIONI ED INDAGINI TIPICHE

È possibile, seppur con un certo grado di approssimazione, sintetizzare le tipiche problematiche riscontrabili nelle strutture murarie in:

- presenza umidità di risalita;
- caduta dell'intonaco;
- erosione del giunto di malta;
- lacune nei paramenti murari;
- cedimenti fondazionali;
- fessurazioni orizzontali, diagonali, sconnessioni;
- schiacciamenti dei pannelli murari;
- fessurazioni e rischi di crolli localizzati di archi e volte;
- effetti da variazioni termiche;
- necessità di miglioramento sismico;
- sopraelevazioni.

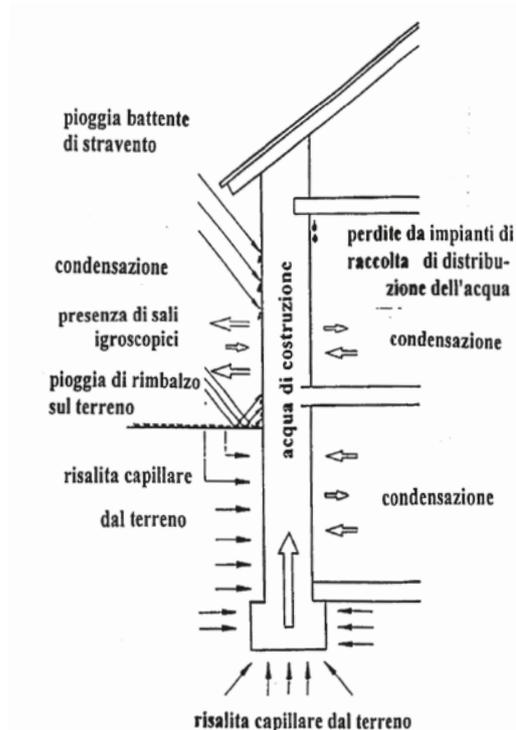
### 2.1 PROBLEMATICHE DELL'UMIDITA' DI RISALITA

Esistono caratteristiche chimiche e fisiche per le quali i materiali da costruzione possono avere una tendenza più o meno marcata ad assorbire acqua dall'ambiente ed accumularla assieme alle sostanze in essa disciolte. Le comuni malte, il calcestruzzo, i laterizi e la maggior parte dei prodotti per la muratura, sia tradizionali che moderni, hanno proprietà specifiche per cui tale tendenza è molto accentuata. Questi materiali sono in grado di assorbire notevoli quantità d'acqua in tempi e modi che dipendono dalla loro natura chimica, dalla porosità, vuoti e dall'ambiente esterno. Una muratura in laterizio può assorbire anche 100 litri d'acqua per metro

quadro. Quando le condizioni ambientali portano ad un accumulo di umidità si verificano una serie di problemi: dal semplice danno estetico fino a quello strutturale con perdita di elementi della struttura muraria. L'acqua assorbita nella muratura può avere molteplici origini. Di conseguenza anche i danni ad essa associati sono di tipo diverso.



CAUSE	EFFETTI
<b>RISALITA CAPILLARE</b> È sicuramente la più comune e dannosa causa di umidità delle murature. Ad essa è solitamente associata la presenza di sali che nel tempo provocano gravi danni estetici e strutturali.	Macchie ed efflorescenze Distacchi Disgregazione superficiale Disgregazione dell'intonaco Degrado della muratura
<b>CONDENSA SUPERFICIALE</b> In assenza di un sufficiente isolamento termico l'umidità dell'ambiente si condensa sulle superfici più fredde.	Macchie e muffe Ambiente poco salubre
<b>CONDENSA INTERNA</b> In assenza di un sufficiente smaltimento dell'umidità verso l'esterno si può realizzare un accumulo di umidità nella porosità del materiale.	Perdita d'isolamento Macchie e muffe Accumulo di sostanze aggressive Aumento della risalita capillare
Problemi generalmente di tipo progettuale	Ristagni di acqua piovana, acqua di falda o perdite



## 2.2 CADUTA DELL'INTONACO

L'acqua nella sua risalita capillare attraverso le murature trasporta dei sali disciolti che possono venire dal terreno, dai leganti o dai laterizi. La migrazione dei sali si sviluppa essenzialmente verso la superficie di estradosso dell'intonaco dove, a seguito dell'evaporazione, i sali si depositano sotto forma di cristalli, sia dentro i pori del materiale, sia sulla superficie esterna, formando una patina bianca detta efflorescenza. Poiché i cristalli che si formano si accrescono secondo direzioni preferenziali, si sviluppa la cosiddetta pressione di cristallizzazione che porta alla disgregazione dell'intonaco e dei laterizi.

Le possibili indagini da condurre sono rappresentate da:

- analisi visiva;
- ricerca dei sali solfatici: diffrattometria a raggi x e termoanalisi;
- igrometria: si individua il contenuto di umidità del campione e la massima quantità d'acqua che il campione stesso riesce a sopportare in immersione;
- presenza di sali: attraverso le caratteristiche dielettriche (Conduttività Elettrica), si valuta l'effetto della presenza di sali quali cloruri, nitrati, solfati, ecc;
- tipologia del sale: i metodi della Solubilizzazione dei Sali e la Cromatografia Ionica consentono di individuare con precisione il tipo e la quantità di sali presenti.

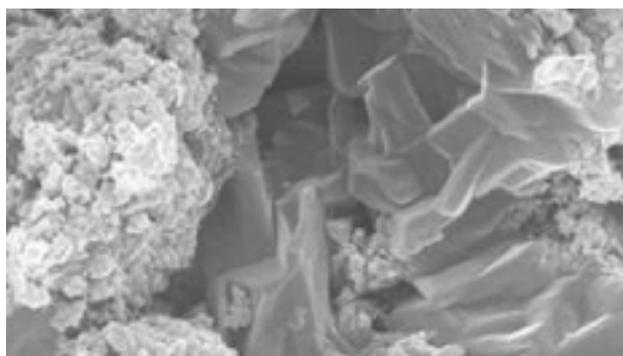
## 2.3 EROSIONE DEL GIUNTO DI MALTA

Spesso, in una muratura faccia a vista, i punti più vulnerabili sono i giunti di malta ed il danno si evidenzia attraverso la parziale mancanza di malta d'allettamento. Le fessurazioni nei giunti spesso dovute al ritiro della malta impiegata, o a problemi strutturali o alla cattiva esecuzione, rappresentano le vie preferenziali per l'inizio delle patologie di degrado. È da qui infatti che l'acqua piovana comincia il proprio viaggio verso gli strati più interni della muratura.

La disgregazione di porzioni di materiale avviene per effetto di:

- cicli di gelo e disgelo;
- dilavamento e caduta del legante come effetto delle piogge acide;
- cristallizzazione dei sali causata dall'umidità ascendente.

Le indagini da effettuare sono le medesime di quelle indicate per i casi di disgregazione o cadute di intonaci.



## 2.4 LACUNE NEI PARAMENTI MURARI

Le cause delle mancanze sono generalmente imputate a ragioni strutturali o a fenomeni di degrado chimico fisico o alla loro combinazione. L'analisi visiva diretta consente di determinarne l'entità ma possono anche impiegarsi tecniche di endoscopia, soniche e carotaggi.

## 2.5 CEDIMENTI FONDAZIONALI

Le fondazioni in muratura possono essere classificate in continue (a nastro) o a plinto (isolate o a pozzo).

La prima classe è tipica di strutture regolari, con terreni apparentemente consistenti e a poca profondità; la seconda è tipica di terreni in cui lo strato portante si presenta a discreta profondità, in queste situazioni, soprattutto nel passato, si eseguivano scavi isolati profondi (i pozzi), si riempivano gli scavi con misto di laterizi - pietra e malta e si collegavano i pozzi tra loro con archi a tutto sesto.

Le cause che portano alla formazione di cedimenti sono molteplici:

- interpretazione errata della portanza del terreno;
- modifica nel corso del tempo delle caratteristiche del terreno;
- influenza di vibrazioni da traffico;
- incremento dei carichi trasmessi in fondazione (ad es. sopraelevazioni);
- costruzione di fondazioni in adiacenza.

La comparsa di cedimenti fondazionali produce la modifica della distribuzione degli sforzi in tutta la struttura soprastante, con conseguente comparsa di fessurazioni verticali, movimenti o rotazioni relative, ecc.

La fase di indagine è essenziale per individuare le cause e le posizioni in cui si sono manifestati i cedimenti. In una prima fase occorre recuperare il rilievo delle dimensioni geometriche, della verticalità delle strutture, dell'entità delle fessurazioni, l'individuazione degli impianti e dell'evoluzione storica del fabbricato: variazioni, sopraelevazioni, aggiunte, rimozioni ecc. ed il prelievo di alcune carote di muratura per la determinazione della resistenza a compressione. Da questi primi dati si può discernere quali possono essere le cause e le zone interessate dal dissesto.

In una seconda fase occorrono indagini specifiche che portino alla identificazione delle cause del cedimento fondazionale. Se, ad esempio, si hanno timori sulle modifiche di "portanza" del terreno si dovranno eseguire sondaggi e stratigrafie; nei riguardi del traffico, invece, si possono eseguire rilievi vibrazionali, nei riguardi delle sopraelevazioni si possono eseguire dei rilievi del carico presente con martinetti piatti.



## 2.6 FESSURAZIONI ORIZZONTALI, DIAGONALI, SCONNESSIONI E SCHIACCIAMENTI DEI PANNELLI MURARI

Le pareti murarie sono soggette a sforzi di compressione eccentriche e ad eventuali azioni sismiche orizzontali. Ne risulta uno stato di sollecitazione per presso-flessione e taglio che deve essere opportunamente valutato per la ridottissima resistenza a trazione della muratura.

In aggiunta alla cause di tipo strutturale, molteplici possono essere le manifestazioni di degrado quali ad esempio la presenza di discontinuità di costruzione, dovute ai continui rimaneggiamenti e aggiunte effettuate in diverse epoche o di cavità, vuoti murari, come nell'opus cementicium, incertum e mixtum.

Le murature a secco in pietra e laterizio multistrato caratterizzano le costruzioni storiche sia nell'edilizia monumentale che in quella abitativa comune.

Tali murature presentano molto spesso problemi strutturali dovuti all'utilizzo di materiali con scarse caratteristiche meccaniche, all'irregolarità morfologica della muratura e alla presenza di vuoti, spesso concentrati in un nucleo interno. In tutti questi casi la crisi del setto murario può avvenire per:

- superamento della resistenza a compressione (frattura del mattone e/o sbriciolamento della malta di giunto);
- formazione di fessure orizzontali dovute alla presenza di flessioni fuori dal piano per eccentricità dei carichi verticali e carichi orizzontali sismici.

L'indagine conoscitiva iniziale deve fornire allo strutturista il rilievo preciso della situazione attuale: lo stato delle murature, l'eccentricità in gioco, i carichi esistenti, la resistenza a compressione della muratura, mediante prelievo di carote

da saggiare in compressione. Dopo una analisi a tavolino si identificano i setti da rinforzare e le tecniche possibili. A compimento della fase di indagine occorrerà capire quali possono essere i materiali più compatibili mediante un'analisi chimica e meccanica dei costituenti.



## 2.7 FESSURAZIONI E RISCHI DI CROLLI LOCALIZZATI DI ARCHI E VOLTE

In generale le strutture in muratura sono particolarmente fragili nei riguardi degli stati di trazione. Queste sollecitazioni sono abbastanza elevate su strutture verticali o orizzontali, meno significative nelle strutture curve, seppur ugualmente presenti. Quando però ci si trova di fronte a carichi non simmetrici, cedimenti differenziali, azioni sismiche, le sollecitazioni di trazione nelle volte diventano significative e le fessure si formano immediatamente nella direzione ortogonale alla direzione di trazione principale. La perdita di continuità può generare crolli improvvisi di porzioni di volta o

dell'intera struttura, qualora le fessurazioni si riconducano ad uno schema labile a più cerniere.

Molto pericolosi sono i movimenti e le rotazioni relative degli appoggi, o un'insufficiente curvatura. Quest'ultimo caso è conseguenza di deformazioni permanenti accumulate durante la vita della struttura, magari accentuate dalla scelta di ribassare fortemente la volta. In questi casi la componente dell'azione sismica normale alla superficie produce sforzi di taglio e di trazione incompatibili con la resistenza del materiale. Un'altra causa di crisi degli archi e delle volte è dovuta all'eccessivo riempimento in corrispondenza delle imposte, specie se si tratta di materiale incoerente. Dopo aver rilevato la configurazione geometrica ed i carichi presenti sulla volta, occorre esaminare il livello residuo di sicurezza, anche in relazione con le successive lavorazioni, per stabilire quando sia necessario porre un ponteggio di sostegno provvisorio e l'ordine delle lavorazioni di pulitura e rimozione dei rinfianchi superiori.

Completano la fase di indagine le seguenti prove:

- rilievo visivo dello stato fessurativo e degli effetti del degrado chimico-fisico;
- mappatura ultrasonica per l'accertamento della consistenza della muratura;
- eventuali prove chimiche per accertare il contenuto di solfati ed altri agenti di degrado.

## 2.8 EFFETTI DELLE VARIAZIONI TERMICHE

Le variazioni termiche giornaliere e quelle stagionali tipiche del nostro territorio non producono sostanziali problemi sulle strutture murarie, tranne nel caso delle ciminiere. Quando, però, la struttura muraria si trova in contatto, o in coazione, con elementi metallici o elementi in calcestruzzo, la differenza nel coefficiente di espansione termica dei due materiali può generare fessurazioni e fratture nella muratura.



## 2.9 NECESSITÀ DI MIGLIORAMENTO SISMICO

L'azione prevalente orizzontale dovuta al sisma è molto impegnativa per le costruzioni in muratura. Le principali ragioni sono due: bassissima resistenza a trazione e ridotta duttilità dei materiali costituenti. La muratura, perciò, tende a fessurarsi immediatamente. Fortunatamente l'alto grado di iperstaticità del sistema murario consente, dopo la fessurazione, la formazione di altre configurazioni equilibrate. La normativa italiana consente di valutare gli effetti sismici mediante una "analisi statica equivalente", purchè la struttura portante abbia uno schema semplice e non presenti elementi spingenti di luce notevole.

Per il patrimonio edilizio esistente edificato all'interno delle "zone a rischio sismico", si distingue tra "interventi di adeguamento" ed "interventi di miglioramento" sismico. "L'adeguamento sismico" è obbligatorio quando si intervenga pesantemente su un edificio, in altri termini è obbligatorio procedere alla realizzazione di opere di assorbimento dell'azione sismica tutte le volte in cui si preveda di eseguire: sopraelevazioni, modifiche strutturali, ampliamenti, ecc. In tutti gli altri casi si dovrà provvedere all'esecuzione di opere che aumentino il grado di sicurezza strutturale nei riguardi delle azioni sismiche.

## 2.10 SOPRAELEVAZIONI

La sopraelevazione può produrre incrementi eccessivi di compressione nelle murature portanti e cedimenti delle fondazioni. Restando nell'ambito del primo caso, si ricorda che il superamento delle resistenze a compressione della malta di giunto può portare a cedimenti degli elementi verticali, talvolta si formano rigonfiamenti leggeri e microfessure parallele all'asse dello sforzo.

Purtroppo questi fenomeni sono poco vistosi ed avvengono quando si è in prossimità del collasso vero e proprio. Questo fenomeno si può anche manifestare per l'imperfetto collegamento fra i muri (mancanza di redistribuzione dei carichi), per aperture di porte o finestre o per semplice degrado della malta di giunto nel corso del tempo. L'indagine preventiva della struttura del fabbricato, ed alcune prove di compressione con martinetto piatto sono essenziali per avere una chiara idea della situazione iniziale e del margine di sicurezza ancora disponibile.



# 3. TECNICHE DI INTERVENTO E REQUISITI DEI MATERIALI

Un requisito fondamentale per la buona riuscita dell'intervento di riparazione e rinforzo è la scelta di materiali "compatibili" con quelli esistenti.

La compatibilità è legata essenzialmente ai seguenti fattori:

- compatibilità chimica;
- miglior adesione possibile;
- stabilità dimensionale nel tempo;
- simili comportamenti termici ed elastici;
- compatibilità meccanica mediante impiego di materiali dal modulo elastico simile.

L'esigenza di salvaguardare l'immenso patrimonio storico del nostro Paese ha spinto la ricerca ad approfondire tantissimi aspetti fisico-chimici e a mettere a punto materiali e metodi d'intervento che fossero il più compatibili ed il meno invasivi rispetto alla struttura da riparare.

Il lavoro costante dei dipartimenti Ricerca & Sviluppo ed Assistenza Tecnica di Sika Italia ha permesso

la creazione di prodotti in linea con quanto sopra, fra i quali meritano una citazione:

- malte a base calce, prive di cemento, ad alta resistenza;
- boiacche per iniezione a base calce, prive di cemento, ad altissima fluidità e basso rapporto acqua/legante;
- intonaci deumidificanti ad alta porosità e basso assorbimento capillare.

Inoltre in linea con quanto disposto dalla normativa sulle costruzioni nelle norme tecniche del 2018 si è studiato e testato per il rinforzo e il ripristino di strutture in muratura anche l'impiego delle seguenti tecniche:

- materiali compositi fibrosi in matrice organica FRP;
- materiali compositi e fibrosi in matrice inorganica FRCM;
- materiali fibrinofrazati duttili;
- tecniche d'intervento innovative come per esempio il CRM.



Si riportano di seguito alcune delle lavorazioni più diffuse e comuni:

ELEMENTO	DEGRADI E DISSESTI	TECNICHE DI INTERVENTO	MATERIALI
Intonaco	Degrado intonaco con presenza di poca umidità e/o ai piani alti	Rifacimento Intonaco	Sika® R-I-Z+
		Finitura intonaco	SikaMur® Finish
	Degrado intonaco con presenza di elevata umidità e di sali	Deumidificazione	SikaMur® Dry
		Finitura intonaco	SikaMur® Finish
Malta di allettamento	Erosione del giunto di malta	Ristilatura giunti	SikaEmaco® S 285 TIX SikaEmaco® S 280 TIX
	Lacune nei paramenti murari	Scuci e cuci	SikaEmaco® S 285 TIX SikaEmaco® S 280 TIX
Laterizio/pietra	Erosione dell'elemento	Idrofobizzazione per impregnazione	Sikagard® H 303
	Lacune nei paramenti murari	Scuci e cuci	SikaEmaco® S 285 TIX
Murature a vista	Presenza di efflorescenze su paramento	Idrofobizzazione per impregnazione	Sikagard® H 321
Fondazioni	Cedimenti fondazionali	Sottofondazione	SikaEmaco® S 285 TIX + aggregati SikaEmaco® S 280 TIX
		Sottofondazione	SikaEmaco® S 280 TIX
		Iniezione armata o non armata	SikaMur®-222 IT + Sika® CarboDur® BAR
Pannelli murari	Presenza localizzata di vuoti e sconnessioni, fenomeni locali di schiacciamento e fessurazioni	Scuci e cuci	SikaEmaco® S 285 TIX
		Incremento di resistenza e duttilità mediante iniezione (anche armata)	SikaMur®-222 IT Sika® CarboDur® BAR
		Incremento di resistenza e duttilità mediante inserimento di armatura nella malta di giunto (repointing)	SikaEmaco® S 286 FR Sika® CarboDur® BAR
		Incremento di resistenza e rigidità mediante lastra armata anche con barre in fibra di vetro	SikaEmaco® S 285 TIX SikaEmaco® S 280 TIX SikaWrap® NET 240 CF
		Incremento di resistenza e duttilità mediante Placcaggio Esterno	SikaEmaco® S 286 FR
Colonne-Pilastrì	Incremento e/o ripristino di carico verticale	Scuci e cuci	SikaEmaco® S 285 TIX SikaEmaco® S 280 TIX
		Iniezioni di consolidamento anche armate	SikaMur®-222 IT Sika® CarboDur® BAR
		Incamicatura di pilastrì	SikaEmaco® S 286 FR
		Incremento di resistenza e duttilità con fasciatura in fibra di carbonio o vetro	Sistema SikaWrap® FIB
Solai	Adeguamento statico dei solai	Ringrosso della soletta	SikaEmaco® S 285 TIX + aggregati SikaEmaco® S 280 TIX
		Cordolature di distribuzione degli sforzi	SikaEmaco® S 285 TIX + aggregati SikaEmaco® S 280 TIX
Archi-Volte	Fessurazioni e rischi di crolli localizzati dovuti a carichi non simmetrici, cedimenti differenziali, azioni sismiche e/o riqualifica strutturale	Scuci e cuci	SikaEmaco® S 285 TIX SikaEmaco® S 280 TIX
		Iniezione armata	SikaMur®-222 IT + Sika® CarboDur® BAR
		Incremento di resistenza e rigidità mediante Cappa Armata	SikaEmaco® S 286 FR
		Incremento della resistenza e duttilità mediante Placcaggio Esterno con FRP	SikaEmaco® S 286 FR
		Cordolatura	SikaEmaco® S 285 TIX + aggregati SikaEmaco® S 280 TIX
	Chiusura orizzontale di archi e volte	Incatenatura anche con barre in fibra di vetro o di carbonio	Sika® CarboDur® BAR

### 3.1 IL RIFACIMENTO DI INTONACI

Intonaci classici: pur nella grande varietà di tecniche, l'intonaco viene generalmente applicato in tre fasi successive:

- rinzaffo: strato millimetrico che consente all'intonaco successivo di aggrapparsi al fondo;
- intonaco di spessore > di 1 cm;

- rasatura o stabilitura: strato millimetrico che consente di uniformare lo strato di intonaco applicato e fungere da fondo per le finiture successive.

Classificazione della malta da INTONACO in base alle caratteristiche secondo la normativa europea UNI EN 998/1.

PROPRIETÀ	CATEGORIE	VALORI
Intervallo di resistenza a compressione a 28 giorni	CS I	da 0,4 a 2,5 N/mm <sup>2</sup>
	CS II	da 1,5 a 5,0 N/mm <sup>2</sup>
	CS III	da 3,5 a 7,5 N/mm <sup>2</sup>
	CS IV	≥ 6 N/mm <sup>2</sup>
Assorbimento d'acqua per capillarità	W 0	non specificato
	W 1	$c \leq 0,40 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$
	W 2	$c \leq 0,20 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$
Conducibilità termica	T1	$\leq 0,1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
	T2	$\leq 0,2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

L'intonaco classico deve possedere le seguenti caratteristiche:

- buona adesione al supporto (UNI EN 1015-12);
- elevata traspirabilità (coefficiente di diffusione del vapore  $\mu$ , UNI EN 1015-19);
- basso rilascio di sali idrosolubili (NorMaL 13-83);
- elevata resistenza alla formazione di efflorescenze (NorMaL M33/87);
- impermeabilità all'acqua (assorbimento capillare, UNI EN 1015/18);
- adeguate caratteristiche meccaniche non dovendo svolgere alcuna funzione strutturale (pr EN 998/1).



**Intonaci deumidificanti:** la tecnica della deumidificazione con l'utilizzo di intonaci Sika macroroprosi consiste nel sostituire il vecchio intonaco ammalorato con malte traspiranti che consentono di avere un eccellente scambio igrometrico con l'ambiente e, ai sali migranti per risalita capillare dal terreno, di essere accolti nei microvuoti dell'intonaco stesso contrastando la formazione di efflorescenze saline e il conseguente distacco dell'intonaco.

I requisiti fondamentali sono rappresentati da:

- buona adesione al supporto (UNI EN 1015-12);
- elevata capacità di "assorbire l'acqua di risalita capillare", consentendo l'accumulo dei sali e contemporaneamente lo scambio di umidità con l'ambiente esterno.

Tale propensione si può valutare attraverso l'armoniosa combinazione:

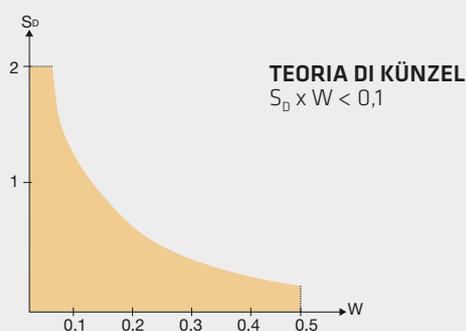
- dell'assorbimento capillare a 24 ore e della relativa profondità di penetrazione dell'acqua (EN 1015/18);
- della quantità di vuoti di aerazione (UNI EN 1015-7) e della

porosità totale (NorMaL 4/80);

- del coefficiente di diffusione del vapore  $\mu$  (UNI EN 1015-19);
- della elevata resistenza alla formazione di efflorescenze (WTA);
- della resistenza meccanica, capaci di contrastare gli stati di coazione che si innescano per l'azione espansiva dei sali che si accumulano al suo interno (UNI EN 998/1).

In taluni casi diventa requisito fondamentale anche la capacità termoisolante che contiene la dispersione di calore al fine di poter ridurre il fenomeno di condensa superficiale (coefficiente di conducibilità termica, UNI EN 1745).

## ASSORBIMENTO D'ACQUA E PERMEABILITÀ AL VAPORE



### Permeabilità al vapore

rappresentato da  $\mu$  (adimensionale)  
Indica la resistenza alla trasmissione del vapore attraverso quel dato materiale.

$$S_D = \mu \times \text{spessore applicato (m)}$$

Teoria di Künzel: materiale permeabile al vapore se  $D_s < 2$  m

$$S_D < 0,1 \text{ m}$$

$$0,1 < S_D < 0,5 \text{ m}$$

$$S_D > 0,5 \text{ m}$$

**ALTA PERMEABILITÀ**  $W > 0,5$

**MEDIA PERMEABILITÀ**  $0,1 < W < 0,5$

**BASSA PERMEABILITÀ**  $W < 0,1$

### Assorbimento d'acqua per capillarità

rappresentato da  $W$  ( $\text{kg}/\text{m}^2 \times \text{h}^{0,5}$ )  
Indica la tendenza di un materiale ad assorbire l'acqua che si deposita sulla sua superficie.

**ALTO ASSORBIMENTO**

**MEDIO ASSORBIMENTO**

**BASSO ASSORBIMENTO**

## RIFACIMENTO DI INTONACO

### Sika® R-I-Z +



Malta, esente da cemento, per realizzare rinzaffo, intonaco e zoccolatura in un'unica soluzione, su murature portanti e di tamponamento.

Resistenza a compressione	EN 1015-11	Classe CSII
Adesione per trazione	EN 1015-12	~ 0,2 MPa (FP:B)
Reazione al fuoco	EN 13501-1	Euroclasse A1
Permeabilità al vapore acqueo	EN 1015-19	$\mu \leq 15$
Assorbimento capillare	EN 1015-18	~ 1,90 kg/m <sup>2</sup>
Penetrazione d'acqua dopo assorbimento capillare	EN 1015-18	~ 4,0 mm
Conduttività termica	EN 1745	~ 0,42 W/mK

## INTERVENTO DI DEUMIDIFICAZIONE

### SikaMur® Dry



Intonaco macroporoso ad alta traspirabilità per il risanamento delle murature umide e danneggiate dai sali. Contiene speciali agenti porogeni, inerti e leganti selezionati per il trattamento di murature soggette all'umidità di risalita.

Resistenza a compressione	EN 998-1 EN 1015-11	CS II (EN 998-1) ≥ 3.0 MPa
Resistenza a flessione	EN 1015-11	~1.23 MPa
Adesione per trazione	EN 1015-12	≥ 0.3 MPa rottura coesiva della malta
Resistenza ai cicli gelo-disgelo	EN 1015-21	Conforme
Reazione al fuoco	EN 13501-1	Euroclasse A1
Permeabilità al vapore acqueo	EN 1015-19	$\mu \leq 15$
Assorbimento capillare	EN 1015-18	~ 0.95 kg/m <sup>2</sup>
Penetrazione d'acqua dopo assorbimento capillare	EN 1015-18	~3 mm
Resistenza ai Sali	WTA 2-9-04/D	Conforme
Conduttività termica	EN 1745:2002 Tabella A.12	~0.67 W/mK

## FINTURA INTONACO

### SikaMur® Finish



Rasatura superficiale a basso spessore per intonaci traspiranti premiscelata a secco, esente da cemento, a base di leganti di calce e inerti silicei.

Adesione per trazione	EN 1015-12	> 0.2 MPa rottura della malta
Reazione al fuoco	EN 13501-1 EN 998-1	Classe A1
Permeabilità al vapore acqueo	EN 1015-19	$\mu \leq 15$
Conduttività termica	EN 1745:2002 Tabella A.12	0.27 W/mK

### 3.2 RISTILATURA DEL GIUNTO DI MALTA, SCUCI E CUCI, RABBOCCATURA E ALLETTAMENTO

Per costruire una nuova muratura o per ripristinare parti si possono impiegare vari tipi di malta: dal punto di vista meccanico la nuova normativa europea UNI EN 998/2 prevede diverse possibilità.

#### Classificazione della malte da muratura (allettamento ed intonaci strutturali) secondo UNI EN 998/2.

CLASSE	M 1	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione N/mm <sup>2</sup>	1	2,5	5	10	15	20	d

d è una resistenza a compressione dichiarata dal produttore maggiore di 25 N/mm<sup>2</sup>

A tali malte deve essere richiesto principalmente:

- buona lavorabilità (UNI 7044);
- ridotto contenuto di cloruri (UNI EN 1015/17);
- buona adesione al supporto (UNI EN 1015-12);
- caratteristiche strutturali in linea con quanto prescritto dalla UNI EN 998/2;
- elevata traspirabilità (coefficiente di diffusione del vapore  $\mu$ , UNI EN 1015-19);
- basso rilascio di sali idrosolubili (NorMaL 13-83);
- elevata resistenza alla formazione di efflorescenze (NorMaL M33/87);
- caratteristiche di impermeabilità all'acqua (assorbimento capillare, UNI EN 1015/18).

#### INTERVENTO CON MALTA A BASE CALCE

##### SikaEmaco® S 280 TIX



Malta per muratura tixotropica a base di calce NHL 3.5, ad alta resistenza (M15) e traspirabilità per interventi di rinforzo su murature esistenti

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$\mu < 35$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,2 \text{ kg m}^{-2} \text{ min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/11	>15 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa Rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,93 W/mK

## INTERVENTO CON MALTA COMPLETAMENTE PRIVA DI CEMENTO

### SikaEmaco® S 285 TIX



Malta per muratura tixotropica a base di calce e pozzolana, priva di cemento, ad alta resistenza (M15) e traspirabilità per interventi di rinforzo su murature esistenti.

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$\mu < 14$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/11	>15 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa, rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Adesione al supporto (per taglio)	UNI EN 1052/3	$t_0 > 0,72 \text{ MPa}$
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,83 W/mK
Contenuto sali idrosolubili (malta indurita)	UNI 11087	Conducibilità elettrica specifica < 80 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ $\text{SO}_4 = < 0,1 \%$ $\text{Na}^+ < 0,05 \%$ $\text{K}^+ < 0,05 \%$

### 3.3 RINGROSSO FONDAZIONI MEDIANTE INTERVENTI DI SOTTOMURAZIONE O SOTTOFONDAZIONE

Per aumentare la capacità portante della fondazione è possibile intervenire mediante l'allargamento con gradonature. Tale tecnica trova le sue migliori applicazioni in presenza di uno strato di terreno compatto e non molto profondo. Particolare attenzione deve essere posta nel realizzare la continuità tra sottofondazione e struttura esistente. Ove la muratura sia di spessore considerevole è opportuno operare su entrambi i lati. Con questo intervento si ripristina o si migliora la funzione della fondazione che è quella di trasmettere omogeneamente al terreno i carichi del sistema edilizio, anche in funzione di dover soddisfare a nuove condizioni di carico previste dal progetto di intervento complessivo sull'edificio. La malta da muratura deve necessariamente rispettare i requisiti di:

- facilità di posa in opera;
- durabilità, indicate nella UNI EN 206-1, con particolare riguardo alle azione potenzialmente aggressive dei solfati contenuti nelle acque del terreno o nella muratura;
- elevata resistenza alla fessurazione, legata principalmente alle caratteristiche espansive così come previsto dalla UNI 8148.



## INTERVENTO CON MALTA A BASE CALCE

### SikaEmaco® S 280 TIX



Malta per muratura tixotropica a base di calce NHL 3.5, ad alta resistenza (M15) e traspirabilità per interventi di rinforzo su murature esistenti

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$\mu < 35$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/11	>15 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa, rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,93 W/mK

## INTERVENTO CON MALTA DUTTILE COMPLETAMENTE PRIVA DI CEMENTO

### SikaEmaco® S 286 FR



Malta da muratura di calce e pozzolana priva di cemento, fibrorinforzata con fibre HPF per garantire elevate resistenze e duttilità per interventi di rinforzo su murature

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$15 \leq \mu \leq 35$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,2 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/11	>18 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	> 4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa, rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Adesione al supporto (per taglio)	UNI EN 1052/3	$t_0 > 0,80 \text{ MPa}$
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,83 W/mK
Contenuto sali idrosolubili (malta indurita)	UNI 11087	Conduttività elettrica specifica < 80 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ $\text{SO}_4 = < 0,1 \%$ $\text{Na}^+ < 0,05 \%$ $\text{K}^+ < 0,05 \%$
Classe di tenacità	LINEE GUIDA PER FRC	Classe 2a
Metodo di prova per calcestruzzo con fibre metalliche - Misurazione della resistenza a trazione per flessione [limite di proporzionalità (LOP), resistenza residua]	requisiti minimi secondo EN 14651	$f_{fcf}, L_k = 3,43 \text{ MPa}$ $f_{R,1k} = 2,00 \text{ MPa}$ $f_{R,2k} = 1,14 \text{ MPa}$ $f_{R,3k} = 1,01 \text{ MPa}$ $f_{R,4k} = 0,74 \text{ MPa}$

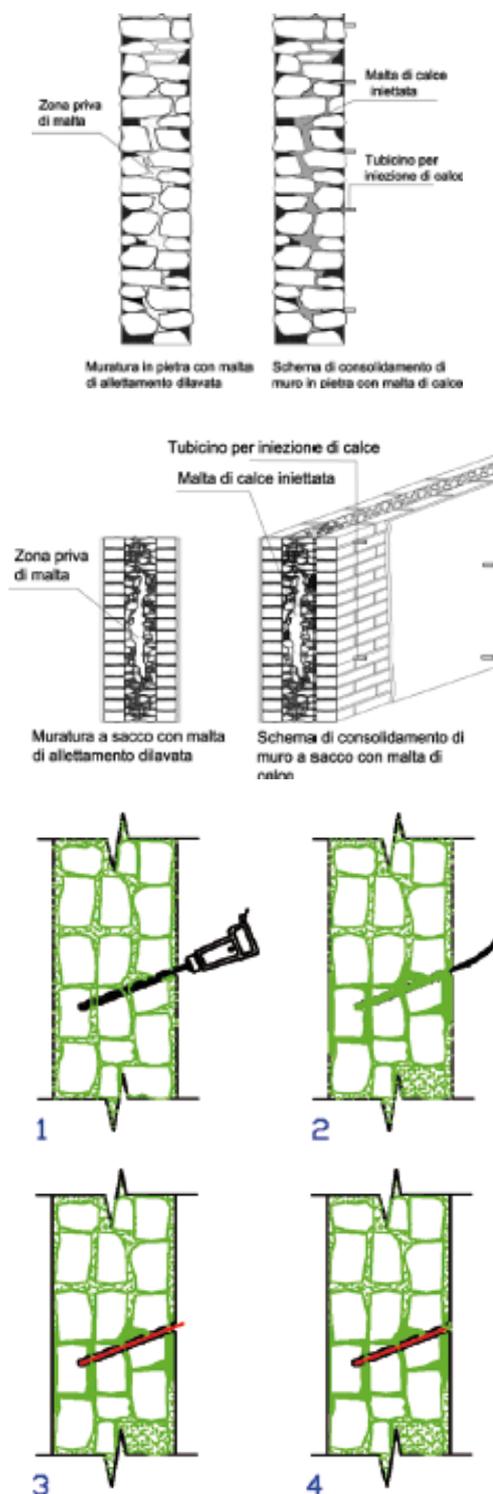
### 3.4 INCREMENTO DI RESISTENZA E DUTTILITÀ MEDIANTE INIEZIONE (ANCHE ARMATA)

La tecnica delle iniezioni consiste nell'immettere all'interno della muratura un materiale fluido con precise caratteristiche chimiche-fisiche meccaniche, con lo scopo di consolidare i paramenti murari ripristinandone le originali caratteristiche meccaniche. I paramenti murari presenti sul territorio nazionale sono molto eterogenei, non molto resistenti, deformabili, e non tutti si prestano a ricevere le iniezioni o meglio non sempre le iniezioni risultano essere così efficaci e migliorative rispetto ai paramenti non consolidati. Le iniezioni in murature a sacco a più paramenti (in pietra o mista) costituiscono l'intervento di consolidamento che dovrà prevedere dettagli tecnici realizzativi studiati ad hoc. Nel caso invece di muratura piena ad unico paramento (in pietra o mista) l'intervento di consolidamento è il meno efficace per incrementare la resistenza ultima a compressione e per migliorare il comportamento fragile della muratura non consolidata. Una boiacca da iniezione eseguita su una muratura ad unico paramento ha un assorbimento variabile ma molto vicino all'1% rispetto al volume dell'intera struttura mentre, se fosse a sacco e quindi a più paramenti, l'assorbimento rispetto al volume sarebbe attorno al 20%. Nel caso di muratura a blocchi compatti l'iniezione non trova efficacia in quanto la muratura non consente un significativo riempimento. Gli effetti migliori di questo tipo di consolidamento si hanno ove la muratura è costituita da materiale lapideo di buona resistenza ma collegato con poca malta e quindi con alta percentuale di vuoti. I requisiti principali per la corretta iniezione possono essere dettagliati in:

- elevatissima fluidità accompagnata da un eccellente mantenimento della lavorabilità ed in totale assenza di bleeding (Cono di Marsh);
- bassa temperatura di idratazione (Camera Adiabatica);
- basso rilascio di sali idrosolubili (NorMaL 13-83);
- elevata resistenza ai solfati (ASTM C 1012);
- elevata traspirabilità ossia basso coefficiente di diffusione del vapore  $\mu$  (UNI EN 1015-19);
- caratteristiche strutturali (in linea con quanto prescritto dalla UNI EN 998/2);

L'iniezione armata associa all'aumento di resistenza della muratura, prodotto dalla idratazione della boiacca, la presenza di armatura, resistente a trazione e alla corrosione. Nei fori praticati nelle murature s'inseriscono barre che, a seguito dell'iniezione, vengono ad esser solidarizzate con la muratura, costituendo un elemento di cucitura in grado di sopportare sforzi di trazione (operazione nota anche come chiodatura). L'utilizzo di boiacche cementizie caratterizzate da eccessivamente elevate resistenze meccaniche, considerevoli quantità di sali solubili (solfati, cloruri, nitrati, ecc), bassa

traspirabilità ed elevata temperatura di idratazione si contrappongono in modo antitetico rispetto ai requisiti fondamentali sopradescritti.



### SikaMur®-222 IT



SikaMur®-222 IT è una boiaccia premiscelata a base di calce idraulica naturale, esente da cemento, a granulometria finissima, ad elevata fluidità ed eccellente lavorabilità. È anche espansiva in fase plastica, per garantire anche il riempimento dei vuoti più piccoli.

Resistenza a compressione	EN 1015-11	Classe M10 >10 MPa
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza alla diffusione del vapore acqueo	EN 1015-19	$\mu < 15/35$ (valore tabulato)
Assorbimento capillare	EN 1015-18	$0.5 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-0.5}$
Contenuto di cloruri		$\leq 0.08\%$
Conduktività termica	EN 1745	0.83 W/mK (valore tabulato)
Adesione per taglio	EN1015-13	0.15 N/mm <sup>2</sup> (valore tabulato)

### 3.5 INCREMENTO RESISTENZA E RIGIDEZZA MEDIANTE LASTRA ARMATA E CAPP A ARMATA

La tecnica di consolidamento mediante lastra armata consiste nel realizzare in aderenza alla superficie muraria, da un solo lato o da entrambi i lati, delle lastre di malta preferibilmente di calce ad alta resistenza con l'ausilio di rete elettrosaldata come armatura metallica. Oggi, questa tecnica, definita anche intonaco armato, ha visto ridurre la sua valenza a vantaggio di una nuova tecnica denominata CRM, in cui la rete elettrosaldata viene sostituita da una rete in fibra di carbonio o di vetro per aumentando le prestazioni del sistema e scongiurando rischi connessi alla corrosione delle armature. Tale tipo d'intervento consolidativo risulta molto efficace nei casi in cui la muratura sia particolarmente degradata e la ricostruzione a scuci e cucii appaia sconsigliabile. Si ottengono anche ottimi risultati nel risanamento di lesioni isolate. La tecnica della cappa armata non si discosta molto dalla precedente con la sola differenza che l'intervento viene fatto solitamente all'estradosso della volta. La cappa armata potrebbe essere preceduta, qualora il supporto murario presentasse delle fessurazioni o fratture, a interventi di risarcitura con boiacche da iniezione. La malta destinata a questo tipo di intervento deve preferibilmente rispondere ai seguenti requisiti:

- elevata tixotropia per consentire l'applicazione a mano o a spruzzo (UNI 7044);
- ridotto contenuto di cloruri (UNI EN 1015/17);
- caratteristiche strutturali (classi più elevate della UNI EN 998/2 o anche superiori);

- buona adesione alle armature d'acciaio o alle barre in fibra di carbonio o fibra di vetro (RILEM /CEB /FIP RC6);
- elevata traspirabilità ossia basso coefficiente di diffusione del vapore  $\mu$  (UNI EN 1015-19);
- basso rilascio di sali idrosolubili (NorMaL 13-83);
- elevata resistenza alla formazione di efflorescenze (NorMaL M33/87);
- caratteristiche di impermeabilità all'acqua (assorbimento capillare, UNI EN 1015/18).



### SikaEmaco® S 286 FR



Malta da muratura di calce e pozzolana priva di cemento, fibrinforzata con fibre HPF per garantire elevate resistenze e duttilità per interventi di rinforzo su murature

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$15 \leq \mu \leq 35$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/11	> 18 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	> 4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa, rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Adesione al supporto (per taglio)	UNI EN 1052/3	$t_0 > 0,80 \text{ MPa}$
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,83 W/mK
Contenuto sali idrosolubili (malta indurita)	UNI 11087	Conducibilità elettrica specifica < $80 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ $\text{SO}_4 = < 0,1 \%$ $\text{Na}^+ < 0,05 \%$ $\text{K}^+ < 0,05 \%$
Classe di tenacità	LINEE GUIDA PER FRC	Classe 2a
Metodo di prova per calcestruzzo con fibre metalliche - Misurazione della resistenza a trazione per flessione [limite di proporzionalità (LOP), resistenza residua]	requisiti minimi secondo EN 14651	$f_{fcf}, L_k = 3,43 \text{ MPa}$ $f_{R,1k} = 2,00 \text{ MPa}$ $f_{R,2k} = 1,14 \text{ MPa}$ $f_{R,3k} = 1,01 \text{ MPa}$ $f_{R,4k} = 0,74 \text{ MPa}$

### Sika®Drain- 100 NET



Rete in acciaio con trattamento di zincatura a caldo per adeguamenti sismici, applicazioni in galleria e interventi antisfondellamento

Modulo elastico	230 GPa	230 GPa
Resistenza a trazione	> 600 MPa	>600 MPa
	5/5	10/5
Maglia	50x50 mm	100x50 mm
Diametro	3 mm	3 mm
Formato	1000x2000 mm	1000 x 2000 mm
Peso	4,61 kg/pann.	3,50 kg/pann.
N. di fili per unità di lunghezza trasversali N. di fili per unità di	41	21
N. di fili per unità di lunghezza longitudinali	21	21

### Sika®Drain- 100 CON

Connettore con trattamento anticorrosione per adeguamenti sismici, applicazioni in galleria e interventi antisfondellamento	Diametro	5,8 mm
	Formato	20x5

### 3.6 INCREMENTO RESISTENZA E DUTTILITÀ MEDIANTE GIUNTI DI MALTA ARMATI (REPOINTING)

Spesso la muratura esistente presenta giunti di malta di modestissima consistenza. Accompagnata alla ristilatura del giunto può aggiungersi il rinforzo a taglio nel piano semplicemente inserendo piccole barre Sika® CarboDur® BAR

di fibra di carbonio nei giunti oggetto di ristilatura. Le barre in carbonio o vetro consentono di innovare profondamente questa tecnica grazie alla ridottissima sezione, alle elevate prestazioni meccaniche, alla elevata adesione alla malta di calce o di resina ottenibile in virtù della particolare geometria e del rivestimento di sabbia di quarzo.

#### INTERVENTO CON MALTA A BASE CALCE

##### SikaEmaco® S 280 TIX



Malta per muratura tixotropica a base di calce NHL 3.5, ad alta resistenza (M15) e traspirabilità per interventi di rinforzo su murature esistenti

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$\mu < 35$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/11	>15 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa, rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,93 W/mK

##### Sika® CarboDur® BAR

Barre pultruse in fibra di carbonio o di vetro, alta temperatura di transizione vetrosa e aderenza migliorata per il rinforzo strutturale di elementi in c.a. e muratura

	Sika® CarboDur® BAR 8 CFS	Sika® CarboDur® BAR 8 CFH	Sika® CarboDur® BAR 8 GF
Materiale	Carbonio	Carbonio	Vetro
Sezione nominale	50 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>
Diametro nominale	8 mm	8 mm	8 mm
Resistenza a trazione caratteristica ftk, ASTM D3039	1.800 MPa	1.800 MPa	800 MPa
Modulo elastico medio, ASTM D3039	160.000 MPa	200.000 MPa	45.000 MPa
Deformazione ultima media, ASTM D3039	1,8 %	1,1 %	3,0 %
Temperatura di transizione vetrosa, ASTM E1356 o ASTM E1640	> 190°C	> 190°C	> 190°C

**INTERVENTO CON MALTA COMPLETAMENTE PRIVA DI CEMENTO**

**SikaEmaco® S 285 TIX**



Malta per muratura tixotropica a base di calce e pozzolana, priva di cemento, ad alta resistenza (M15) e traspirabilità per interventi di rinforzo su murature esistenti

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$\mu < 14$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/110.	>15 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa, rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Adesione al supporto (per taglio)	UNI EN 1015/3	$t_0 > 0,72 \text{ MPa}$
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,83 W/mK
Contenuto sali idrosolubili (malta indurita)	UNI 11087	Conduttività elettrica specifica < 80 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ SO4= < 0,1 % Na+ < 0,05 % K+ < 0,05 %

**Sika® CarboDur® BAR**

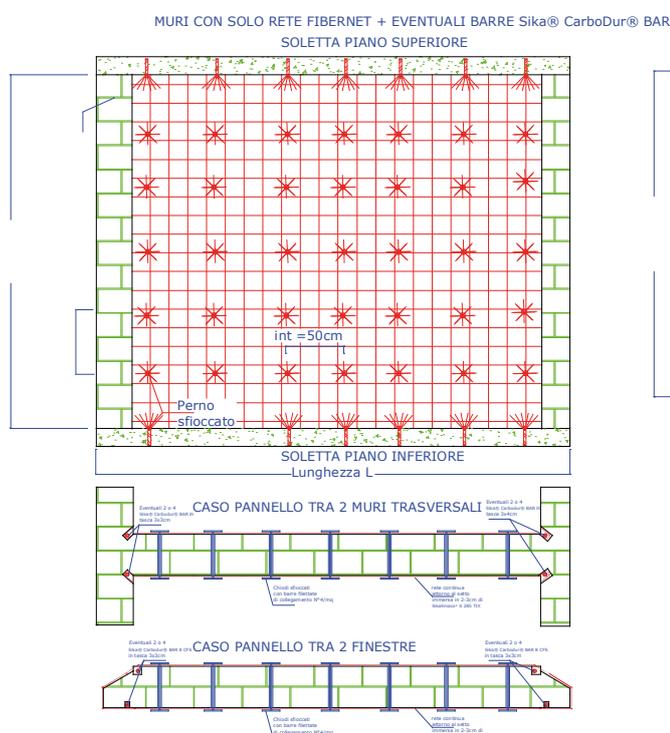
Barre pultruse in fibra di carbonio o di vetro, alta temperatura di transizione vetrosa e aderenza migliorata per il rinforzo strutturale di elementi in c.a. e muratura

	Sika® CarboDur® BAR 8 CFS	Sika® CarboDur® BAR 8 CFH	Sika® CarboDur® BAR 8 GF
Materiale	Carbonio	Carbonio	Vetro
Sezione nominale	50 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>
Diametro nominale	8 mm	8 mm	8 mm
Resistenza a trazione caratteristica ftk, ASTM D3039	1.800 MPa	1.800 MPa	800 MPa
Modulo elastico medio, ASTM D3039	160.000 MPa	200.000 MPa	45.000 MPa
Deformazione ultima media, ASTM D3039	1,8 %	1,1 %	3,0 %
Temperatura di transizione vetrosa, ASTM E1356 o ASTM E1640	> 190°C	> 190°C	> 190°C

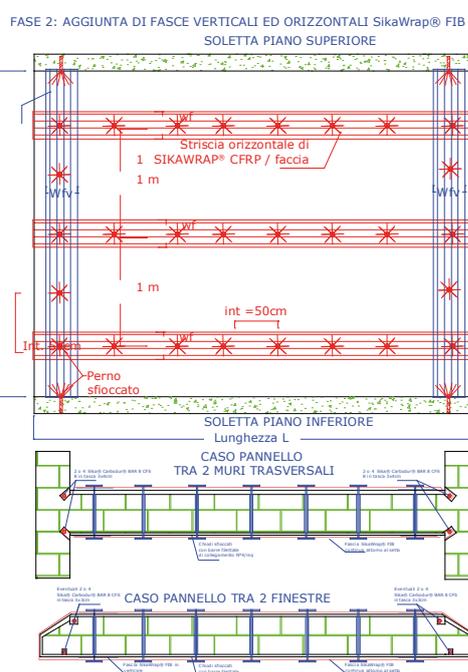
### 3.7 INCREMENTO RESISTENZA A TAGLIO FLESSIONE NEL PIANO E FUORI DAL PIANO MEDIANTE PLACCAGGIO ESTERNO CON FRP

Analogamente a quanto avviene per il rinforzo delle strutture in c.a, anche per i paramenti murari e per le strutture a volta è possibile adottare la stessa tecnica. Particolare attenzione

deve essere rivolta alla preparazione del supporto. Dopo aver praticato una rasatura per la pareggiatura della superficie, si applicano in direzione verticale ed orizzontale delle reti o dei tessuti in fibra di carbonio SikaWrap® per aumentare la resistenza a trazione e a flessione del setto murario. Gli schemi di intervento sono rappresentati nei disegni qui di seguito.



Schema di riferimento per il paramento che necessita solo della rete



Schema di riferimento per il pannello che necessita sia della rete che del tessuto (IN ROSSO LE FASCE A TAGLIO, IN BLU LE FASCE A FLESSIONE)

SikaWrap®NET 240/100 GF			
Modulo elastico caratteristico a trazione	ASTM D3039		65 GPa
Deformazione ultima	ASTM D3039		2,50%
Spessore equivalente per ciascuna delle due direzioni			0,036 mm
Resistenza caratteristica a trazione	ASTM D3039		1.600 MPa
Resistenza a trazione del filato			3.200 MPa
Carico massimo per unità di larghezza (riferito alla resistenza caratteristica a trazione della rete)			55 kN/m
Resistività elettrica			Non conduttivo

### SikaEmaco® S 285 TIX



Malta per muratura tixotropica a base di calce e pozzolana, priva di cemento, ad alta resistenza (M15) e traspirabilità per interventi di rinforzo su murature esistenti

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$\mu < 14$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/110	>15 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa, rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Adesione al supporto (per taglio)	UNI EN 1015/3	$t_0 > 0,72 \text{ MPa}$
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,83 W/mK
Contenuto sali idrosolubili (malta indurita)	UNI 11087	Conducibilità elettrica specifica <math> < 80 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}</math> $\text{SO}_4 = < 0,1\%</math>\text{Na}^+ < 0,05\%</math>\text{K}^+ < 0,05\%</math>$

### SikaEmaco® S 280 TIX



Malta per muratura tixotropica a base di calce NHL 3.5, ad alta resistenza (M15) e traspirabilità per interventi di rinforzo su murature esistenti

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$\mu < 35$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/11	>15 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa, rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,93 W/mK

### 3.8 FASCIATURE DI CONFINAMENTO IN FRP

In questo caso il materiale composito viene avvolto attorno alla superficie della colonna o del pilastro, dopo aver smussato gli spigoli, esso esercita una benefica azione di confinamento che aumenta in modo significativo la resistenza a compressione ed in modo molto evidente la duttilità dell'elemento rinforzato. Tutto questo beneficio è compiuto senza alcuna modifica sulle dimensioni esterne del solido e, se necessario, senza alcuna solidarizzazione al supporto. La cintura infatti, può essere anche leggermente pretesata e non incollata al supporto, al fine di garantirne la rimozione qualora si rendesse necessario.



Sikadur® P 3500			
 Primer a base epossipoliamicca del sistema SikaWrap® FRP (Fiber Reinforced Polymer).	Aderenza al calcestruzzo a 7 gg	UNI EN 1542 (calcestruzzo tipo TCO,40)	> 3,5 MPa (rottura supporto)
	Caratteristiche a trazione diretta a 7 gg - Resistenza - Modulo elastico	ASTM D638	> 20 MPa 1200 MPa
	Resistenza a trazione per flessione a 7 gg	ASTM D790	> 35 MPa
	Caratteristiche a compressione a 7 gg - Resistenza - Modulo elastico	ASTM D695	> 40 MPa 1900 MPa
	Temperatura transizione vetrosa	ISO 11357-2:2019	56,3 °C
	Coefficiente di dilatazione termica lineare a 7 gg	ASTM D696	$6,21 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Sikadur® SAT 4500			
 Adesivo epossidico per l'impregnazione dei tessuti della linea SikaWrap® FIB.	Modulo di elasticità in flessione	EN ISO 178	2.200 MPa
	Resistenza al taglio	EN 12188	95 MPa
	Tempo aperto	EN 12189	60 min
	Tempo di lavorabilità	EN ISO 9514	70 min
	Resistenza a compressione		90 MPa
	Modulo di elasticità in compressione	EN 13412	$\geq 2000 \text{ N/mm}^2$
	Temperatura di transizione vetrosa	ISO 11357-2:2019	$\geq 40$
	Coefficiente di espansione termica	EN 1770	$\leq 100 \times 10^{-6} \text{ per K } ^\circ\text{C}$
	Ritiro totale per agenti adesivi strutturali	EN 12617-1	0,09%
	Aderenza	EN 12188	a 50° > 50 N/mm <sup>2</sup> a 60° > 60 N/mm <sup>2</sup> a 70° > 70 N/mm <sup>2</sup>
	Durabilità con cicli termici: Cls fresco - Cls indurito Cls indurito - Cls indurito	EN 13733:2002	4,80 MPa 4,90 MPa
	Durabilità con cicli umidi: Cls fresco - Cls indurito Cls indurito - Cls indurito	EN 13733:2002	4,60 MPa 5,10 MPa
	Adesione per trazione	UNI EN 1542	3,5 MPa
Adesione cls-cls	UNI EN 12636	12 MPa	
Adesione acciaio-acciaio	UNI EN 12188	17 MPa	
Adesione acciaio-cls	UNI EN 12188	5,5 MPa	

## SikaWrap® FIB 300 CFS



Rinforzo fibroso a base di tessuti unidirezionali in fibra di carbonio del sistema SikaWrap® FRP (Fiber Reinforced Polymer). Approvato con C.V.T. (Certificato di Valutazione Tecnica).

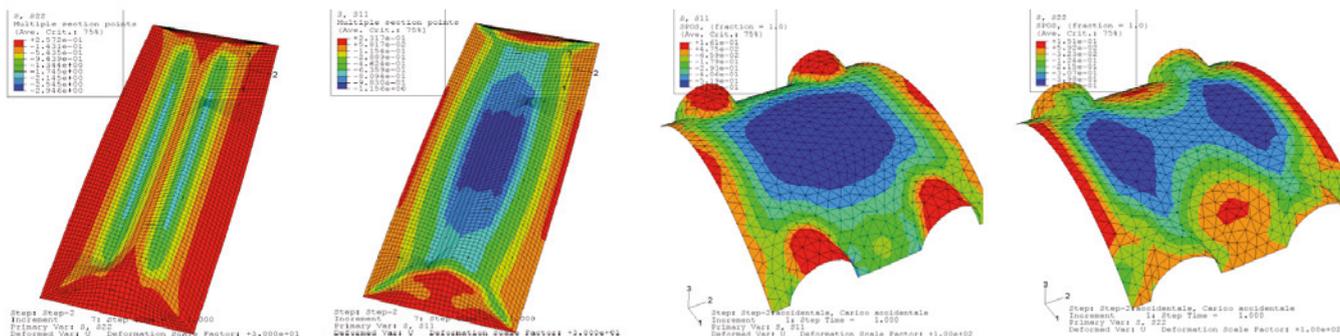
Caratteristiche geometriche e fisiche come da CVT R.322 del 29-08-2024		
Densità delle fibre, $\rho_{fib}$	ISO 10119	1,82 g/cm <sup>3</sup>
Massa del tessuto per unità di area, $\rho_x$	ISO 3374	300 g/m <sup>2</sup>
Densità della resina, $\rho_m$	ISO 1675	1,04 g/cm <sup>3</sup>
Area equivalente $A_{rt}$	UNI EN 2561	165 mm <sup>2</sup> /m
Spessore equivalente $t_{eq}$	UNI EN 2561	0,165 mm
Frazione in peso delle fibre nel composito	ASTM D2734	45%
Frazione in volume delle fibre nel composito	ISO 1172	35%
Temperatura di transizione vetrosa	primer (opzionale)	EN 12614:2004
	resina di impregnazione	
Reazione al fuoco	EN 13501-1:2007	Classe F
Resistenza al fuoco	EN 13501-2:2007	PND
Proprietà meccaniche come da CVT R.322 del 29-08-2024		
Modulo elastico del laminato riferita all'area netta fibre, $E_f$	UNI EN 2561	n°1 strato: 269 GPa n°3 strati: 270 GPa
Resistenza del laminato riferita all'area netta fibre, $f_{fb}$ Valore medio	UNI EN 2561	n°1 strato: 3938 MPa n°3 strati: 3774 MPa
Resistenza del laminato riferita all'area netta fibre, $f_{fb}$ Valore caratteristico	UNI EN 2561	n°1 strato: 3312 MPa n°3 strati: 3375 GPa
Deformazione a rottura, $\epsilon_{fb}$	UNI EN 2561	n°1 strato: 1,4% n°3 strati: 1,4%

### 3.9 RINFORZO A FLESSIONE DI ARCHI E VOLTE

L'utilizzo di rinforzi FRP su strutture in muratura rappresenta una diffusa modalità di consolidamento ed adeguamento che deve essere progettata ed eseguita con opportuni accorgimenti.

Ad esempio l'applicazione del rinforzo in FRP deve essere effettuata su elementi strutturali di adeguate proprietà

meccaniche, ecco quindi l'importanza di disporre di rasatura a base calce di elevata resistenza, questo permette lo sfruttamento completo della resistenza offerta dalla fibra di carbonio. Nel caso in cui la muratura si presenti danneggiata o disomogenea, inoltre, prima dell'applicazione del rinforzo si dovrà prevedere un preconsolidamento sempre eseguito con materiali compatibili e di elevata resistenza (cuci-scuci, iniezioni, ristilatura dei giunti, ecc.).



### Sikadur® P 3500



Primer a base epossipoliamicca del sistema SikaWrap® FRP (Fiber Reinforced Polymer).

Aderenza al calcestruzzo a 7 gg	UNI EN 1542	> 3,5 MPa (rottura supporto)
Caratteristiche a trazione diretta a 7 gg - Resistenza - Modulo elastico	ASTM D638	> 20 MPa 1200 MPa
Resistenza a trazione per flessione a 7 gg	ASTM D790	> 35 MPa
Caratteristiche a compressione a 7 gg - Resistenza - Modulo elastico	ASTM D695	> 40 MPa 1900 MPa
Temperatura transizione vetrosa	ISO 11357-2:2019	56,3 °C
Coefficiente di dilatazione termica lineare a 7 gg	ASTM D696	$6,21 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

### Sikadur® SAT 4500



Adesivo epossidico per l'impregnazione dei tessuti della linea SikaWrap® FIB.

Modulo di elasticità in flessione	EN ISO 178	2.200 MPa
Resistenza al taglio	EN 12188	95 MPa
Tempo aperto	EN 12189	60 min
Tempo di lavorabilità	EN ISO 9514	70 min
Resistenza a compressione		90 MPa
Modulo di elasticità in compressione	EN 13412	$\geq 2000 \text{ N/mm}^2$
Temperatura di transizione vetrosa	ISO 11357-2:2019	$\geq 40$
Coefficiente di espansione termica	EN 1770	$0,675 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}$
Ritiro totale per agenti adesivi strutturali	EN 12617-1	0,09%
Aderenza	EN 12188	a 50° > 50 N/mm <sup>2</sup> a 60° > 60 N/mm <sup>2</sup> a 70° > 70 N/mm <sup>2</sup>
Durabilità con cicli termici: Cls fresco - Cls indurito Cls indurito - Cls indurito	EN 13733:2002	4,80 MPa 4,90 MPa
Durabilità con cicli umidi: Cls fresco - Cls indurito Cls indurito - Cls indurito	EN 13733:2002	4,60 MPa 5,10 MPa
Adesione per trazione	UNI EN 1542	3,5 MPa
Adesione cls-cls	UNI EN 12636	12 MPa
Adesione acciaio-acciaio	UNI EN 12188	17 MPa
Adesione acciaio-cls	UNI EN 12188	5,5 MPa

### SikaWrap® FIB 300 CFS



Rinforzo fibroso a base di tessuti unidirezionali in fibra di carbonio del sistema SikaWrap® FRP (Fiber Reinforced Polymer). Approvato con C.V.T. (Certificato di Valutazione Tecnica).

Caratteristiche geometriche e fisiche come da CVT R.322 del 29-08-2024

Densità delle fibre, $\rho_{fb}$	ISO 10119	1,82 g/cm <sup>3</sup>
Massa del tessuto per unità di area, $\rho_x$	ISO 3374	300 g/m <sup>2</sup>
Densità della resina, $\rho_m$	ISO 1675	1,04 g/cm <sup>3</sup>
Area equivalente $A_{rt}$	UNI EN 2561	165 mm <sup>2</sup> /m
Spessore equivalente $t_{eq}$	UNI EN 2561	0,165 mm
Frazione in peso delle fibre nel composito	ASTM D2734	45%
Frazione in volume delle fibre nel composito	ISO 1172	35%
Temperatura di transizione vetrosa	primer (opzionale)	+56,3°C
	resina di impregnazione	+56,4°C
Reazione al fuoco	EN 13501-1:2007	Classe F
Resistenza al fuoco	EN 13501-2:2007	PND
Proprietà meccaniche come da CVT R.322 del 29-08-2024		
Modulo elastico del laminato riferita all'area netta fibre, $E_f$	UNI EN 2561	n°1 strato: 269 GPa n°3 strati: 270 GPa
Resistenza del laminato riferita all'area netta fibre, $f_{fi}$ Valore medio	UNI EN 2561	n°1 strato: 3938 MPa n°3 strati: 3774 MPa
Resistenza del laminato riferita all'area netta fibre, $f_{fb}$ Valore caratteristico	UNI EN 2561	n°1 strato: 3312 MPa n°3 strati: 3375 GPa
Deformazione a rottura, $\epsilon_{fib}$	UNI EN 2561	n°1 strato: 1,4% n°3 strati: 1,4%

Sika ha in gamma altre grammature di tessuti SikaWrap® FIB approvati con C.V.T. (Certificato di Valutazione Tecnica). Si riportano sopra le caratteristiche geometriche, fisiche e le proprietà meccaniche del tessuto SikaWrap® FIB 300 CFS.

**RINFORZO A FLESSIONE DI ARCHI E VOLTE CON MALTA DUTTILE**
**SikaEmaco® S 286 FR**


Malta da muratura di calce e pozzolana priva di cemento, fibrorinforzata con fibre HPF per garantire elevate resistenze e duttilità per interventi di rinforzo su murature

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$15 \leq \mu \leq 35$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/11	> 18 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	> 4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa, rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Adesione al supporto (per taglio)	UNI EN 1052/3	$t_0 > 0,80 \text{ MPa}$
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,83 W/mK
Contenuto sali idrosolubili (malta indurita)	UNI 11087	Conducibilità elettrica specifica < $80 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ $\text{SO}_4 = < 0,1 \%$ $\text{Na}^+ < 0,05 \%$ $\text{K}^+ < 0,05 \%$
Classe di tenacità	LINEE GUIDA PER FRC	Classe 2a
Metodo di prova per calcestruzzo con fibre metalliche - Misurazione della resistenza a trazione per flessione [limite di proporzionalità (LOP), resistenza residua]	requisiti minimi secondo EN 14651	$f_{fcf}, L_k = 3,43 \text{ MPa}$ $f_{R,1k} = 2,00 \text{ MPa}$ $f_{R,2k} = 1,14 \text{ MPa}$ $f_{R,3k} = 1,01 \text{ MPa}$ $f_{R,4k} = 0,74 \text{ MPa}$

### 3.10 CATENATURE ANCHE IN FRP

Le barre ed i piatti in fibra di carbonio, possono essere messi in tensione attraverso un sistema specifico di pretensione ed opportuna piastra di ripartizione. Questi prodotti sono progettati specificatamente per gli interventi di incatenatura di archi, volte o cupole in muratura, e consentono di espletare

in modo eccellente la funzione di contrasto alla spinta di apertura tipica delle strutture a volta. Rispetto alle tradizionali catene in acciaio, la fibra di carbonio riduce drasticamente i problemi legati alla corrosione essendo esse stesse non soggette a tale fenomeno. I tiranti sono forniti in rotoli, molto leggeri e facili da manovrare.

Sika® CarboDur® BAR				
		Sika® CarboDur® BAR 8 CFS	Sika® CarboDur® BAR 8 CFH	Sika® CarboDur® BAR 8 GF
Barre pultruse in fibra di carbonio e di vetro, alta temperatura di transizione vetrosa e aderenza migliorata per il rinforzo strutturale di elementi in c.a. e muratura	Materiale	Carbonio	Carbonio	Vetro
	Sezione nominale	50 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>
	Diametro nominale	8 mm	8 mm	8 mm
	Resistenza a trazione caratteristica ftk, ASTM D3039	1.800 MPa	1.800 MPa	800 MPa
	Modulo elastico medio, ASTM D3039	160.000 MPa	200.000 MPa	45.000 MPa
	Deformazione ultima media, ASTM D3039	1,8 %	1,1 %	3,0 %
	Temperatura di transazione vetrosa, ASTM E1356 o ASTM E1640	>190°C	>190°C	>190°C

### 3.11 RINGROSSO DEI SOLAI E CORDOLATURE

Per adeguare solai esistenti in legno o in latero cemento a nuovi carichi verticali si realizzano getti di 3-5 cm di malta e con opportuni connettori alle travi principali, in grado di ottenere la piena collaborazione alla flessione. L'interasse tra i connettori, generalmente costituiti da spezzoni o tasselli di acciaio, è ottenuto dalla verifica delle tensioni tangenziali di interfaccia.

Qualora le murature portanti siano prive di cordoli armati in corrispondenza degli orizzontamenti è buona norma

procedere alla realizzazione di cordolature con getto o colaggio di malta o betoncino a ritiro compensato previa posa in opera di armatura metallica. Il cordolo di interpiano dovrebbe essere:

- continuo su tutto il perimetro del fabbricato;
- di altezza circa pari a quella del solaio;
- adeguatamente ammorzato nella muratura esistente, per far ciò si predispongano delle tasche nella muratura a forma di coda di rondine, ad interasse di circa 3 m;
- dotato di almeno 4 barre  $\varnothing 16$  e staffe  $\varnothing 6/25$  cm.



Malta da muratura di calce e pozzolana priva di cemento, fibrorinforzata con fibre HPF per garantire elevate resistenze e duttilità per interventi di rinforzo su murature

#### SikaEmaco® S 286 FR

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$15 \leq \mu \leq 35$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/11	> 18 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	> 4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa, rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Adesione al supporto (per taglio)	UNI EN 1052/3	$t_0 > 0,80 \text{ MPa}$
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,83 W/mK
Contenuto sali idrosolubili (malta indurita)	UNI 11087	Conducibilità elettrica specifica < 80 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ $\text{SO}_4 = < 0,1 \%$ $\text{Na}^+ < 0,05 \%$ $\text{K}^+ < 0,05 \%$
Classe di tenacità	LINEE GUIDA PER FRC	Classe 2a
Metodo di prova per calcestruzzo con fibre metalliche - Misurazione della resistenza a trazione per flessione [limite di proporzionalità (LOP), resistenza residua]	requisiti minimi secondo EN 14651	$f_{fcf}, L_k = 3,43 \text{ MPa}$ $f_{R,1k} = 2,00 \text{ MPa}$ $f_{R,2k} = 1,14 \text{ MPa}$ $f_{R,3k} = 1,01 \text{ MPa}$ $f_{R,4k} = 0,74 \text{ MPa}$

## RINFORZO DEL SOLAIO E DELLE CORDOLATURE IN FRP

### Sikadur® ADH 4000



Adesivo tixotropico per incollaggi strutturali su calcestruzzo, pietra naturale, legno e muratura ed indicato per gli incollaggi strutturali del sistema Sika® CarboDur® LAM

Modulo elastico a compressione	UNI EN 13412	3653 MPa
Modulo elastico a flessione	UNI-EN ISO 178	2519 MPa
Adesione acciaio-acciaio per taglio obliquo	UNI EN 12188	50°: > 59,4 MPa 60°: > 68,9 MPa 70°: > 77,9 MPa
Ritiro lineare	UNI EN 12617-1	0,02 %
Coefficiente di dilatazione termica lineare a 7 gg	UNI EN 1770	44 µm/m °C
Temperatura transizione vetrosa	ISO 11357-2:2019	≥ 40 °C
Durabilità con cicli termici: Cls fresco - Cls indurito Cls indurito - Cls indurito	EN 13733:2002	> 7,43 MPa > 7,90 MPa
Durabilità con cicli umidi: Cls fresco - Cls indurito Cls indurito - Cls indurito	EN 13733:2002	> 7,69 MPa > 6,42 MPa
Durabilità Acciaio - Acciaio: cicli termici Acciaio - Acciaio: cicli termici	EN 13733:2002	Nessuna rottura Nessuna rottura

### Sika® CarboDur® LAM



Lamine pultruse in fibra di carbonio del sistema Sika® CarboDur® LAM (Fiber Reinforced Polymer) indicate per il rinforzo di elementi in calcestruzzo, legno ed acciaio.

Approvato con C.V.T. (Certificato di Valutazione Tecnica).

	Sika® CarboDur® LAM CFS	Sika® CarboDur® LAM CFH
Spessore nominale lamina	1,4 mm	1,4 mm
Larghezza	50-60-80-100-120-150 mm	50-60-80-100-120-150 mm
Classe secondo Certificato di Valutazione Tecnica	C150/2300	C200/1800
Modulo elastico, $E_f$	153 GPa	201 GPa
Resistenza a trazione, $f_{fb}$ Valore medio	3198 MPa	3080 Mpa
Resistenza a trazione, $f_{fb}$ Valore caratteristico	3042 MPa	2769 MPa
Deformazione a rottura, $\epsilon_{fi}$	1,9 %	1,3 %

### 3.12 INCAMICIATURA DI PILASTRI

La tecnica è simile a quella che si utilizza nelle strutture in c.a. Il pilastro in muratura, dopo la sua puntellazione laterale, è pulito dall'intonaco e reso ruvido asportando tutto ciò che non è più coerente. Si pone una armatura verticale ed una staffatura di passo ridotto. L'armatura può essere realizzata in acciaio, in acciaio inox ma anche in barre Sika® CarboDur® BAR realizzando quindi ringrossi in

betoncino di calce senza armatura metallica all'interno. In queste situazioni si opera per collaggio dopo aver pulito e saturato con acqua il supporto.

La differenza tra i moduli elastici della muratura e del materiale di incamiciatura rende conto della redistribuzione delle pressioni (ovviamente per la quota parte di carico esterno non presente al momento del rinforzo). Il ringrosso dei pilastri in muratura può essere talvolta associato con il confinamento di tessuti unidirezionali in FRP.

#### INTERVENTO CON MALTA A BASE CALCE

##### SikaEmaco® S 280 TIX



Malta per muratura tixotropica a base di calce NHL 3.5, ad alta resistenza (M15) e traspirabilità per interventi di rinforzo su murature esistenti

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$\mu < 35$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,2 \text{ kg m}^{-2} \text{ min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/11	>15 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa Rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,93 W/mK

## INTERVENTO CON MALTA A BASE CALCE

### Sika® CarboDur® BAR



Barre pultruse in fibra di carbonio e di vetro, alta temperatura di transizione vetrosa e aderenza migliorata per il rinforzo strutturale di elementi in c.a. e muratura

	Sika® CarboDur® BAR 8 CFS	Sika® CarboDur® BAR 8 CFH	Sika® CarboDur® BAR 8 GF
Materiale	Carbonio	Carbonio	Vetro
Sezione nominale	50 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>
Diametro nominale	8 mm	8 mm	8 mm
Resistenza a trazione caratteristica f <sub>tk</sub> , ASTM D3039	1.800 MPa	1.800 MPa	800 MPa
Modulo elastico medio, ASTM D3039	160.000 MPa	200.000 MPa	45.000 MPa
Deformazione ultima media, ASTM D3039	1,8 %	1,1 %	3,0 %
Temperatura di transazione vetrosa, ASTM E1356 o ASTM E1640	>190°C	>190°C	>190°C

**INTERVENTO CON MALTA COMPLETAMENTE PRIVA DI CEMENTO**

**SikaEmaco® S 285 TIX**



Malta per muratura tixotropica a base di calce e pozzolana, priva di cemento, ad alta resistenza (M15) e traspirabilità per interventi di rinforzo su murature esistenti

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$\mu < 14$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/110.	>15 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Adesione al supporto (per taglio)	UNI EN 1015/3	$t_0 > 0,72 \text{ MPa}$
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,83 W/mK
Contenuto sali idrosolubili (malta indurita)	UNI 11087	Conducibilità elettrica specifica < $80 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ $\text{SO}_4 = < 0,1 \%$ $\text{Na}^+ < 0,05 \%$ $\text{K}^+ < 0,05 \%$

**Sika® CarboDur® BAR**

Barre pultruse in fibra di carbonio e di vetro, alta temperatura di transizione vetrosa e aderenza migliorata per il rinforzo strutturale di elementi in c.a. e muratura

	Sika® CarboDur® BAR 8 CFS	Sika® CarboDur® BAR 8 CFH	Sika® CarboDur® BAR 8 GF
Materiale	Carbonio	Carbonio	Vetro
Sezione nominale	50 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>
Diametro nominale	8 mm	8 mm	8 mm
Resistenza a trazione caratteristica ftk, ASTM D3039	1.800 MPa	1.800 MPa	800 MPa
Modulo elastico medio, ASTM D3039	160.000 MPa	200.000 MPa	45.000 MPa
Deformazione ultima media, ASTM D3039	1,8 %	1,1 %	3,0 %
Temperatura di transizione vetrosa, ASTM E1356 o ASTM E1640	>190°C	>190°C	>190°C

## INCAMICIATURA DI PILASTRI CON MALTA DUTTILE

### SikaEmaco® S 286 FR



Malta da muratura di calce e pozzolana priva di cemento, fibrorinforzata con fibre HPF per garantire elevate resistenze e duttilità per interventi di rinforzo su murature

Coefficiente di diffusione del vapore	UNI EN 1015/19	$15 \leq \mu \leq 35$
Assorbimento capillare e penetrazione d'acqua della malta indurita	UNI EN 1015-18	$0,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-0,5}$
Reazione al fuoco	EN 13501	Euroclasse A1
Resistenza a compressione	UNI EN 1015/11	>18 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	UNI EN 1015/11	> 4 MPa
Adesione al supporto (trazione diretta)	UNI EN 1015/12	> 1,0 MPa, rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
Adesione al supporto (per taglio)	UNI EN 1052/3	$t_0 > 0,80 \text{ MPa}$
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea Sika® CarboDur® BAR	RILEM-CEB-FIP RC6-78	> 6 MPa
Modulo elastico statico	UNI EN 13412	16.000 MPa
Conducibilità termica	UNI EN 1745	0,83 W/mK
Contenuto sali idrosolubili (malta indurita)	UNI 11087	Conducibilità elettrica specifica < $80 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ $\text{SO}_4 = < 0,1 \%$ $\text{Na}^+ < 0,05 \%$ $\text{K}^+ < 0,05 \%$
Classe di tenacità	LINEE GUIDA PER FRC	Classe 2a
Metodo di prova per calcestruzzo con fibre metalliche - Misurazione della resistenza a trazione per flessione [limite di proporzionalità (LOP), resistenza residua]	requisiti minimi secondo EN 14651	$f_{fcf}, L_k = 3,43 \text{ MPa}$ $f_{R,1k} = 2,00 \text{ MPa}$ $f_{R,2k} = 1,14 \text{ MPa}$ $f_{R,3k} = 1,01 \text{ MPa}$ $f_{R,4k} = 0,74 \text{ MPa}$

## PROTEZIONE

### Sikagard® H 321



Impregnante e idrorepellente a base di silani/silossani in acqua per la protezione delle superfici in muratura e degli intonaci minerali

Assorbimento d'acqua	ASTM C-642	riduzione del 95% rispetto a campione non trattato
Ingredienti attivi		$\pm 7\%$ (in peso)
Effetto goccia immediato	indicazioni TNO	entro 1 ora dall'applicazione

### 3.13 RECUPERO E CONSOLIDAMENTO DI CANNUCCIATI

I solai in cannucciato non svolgono una funzione portante, sono costituiti da un telaio di travi in legno, all'intradosso di quest'ultimi sono poste le cannuccie immerse in uno strato di malta di calce. Questo genere di volte soffre l'azione del tempo: ruggine nei chiodi, sfilamento del cannuccio dai travicelli, muffe e fessurazioni nelle travature di legno e questo insieme di problematiche genera degli abbassamenti, dei locali distacchi e fessurazioni di vario orientamento.

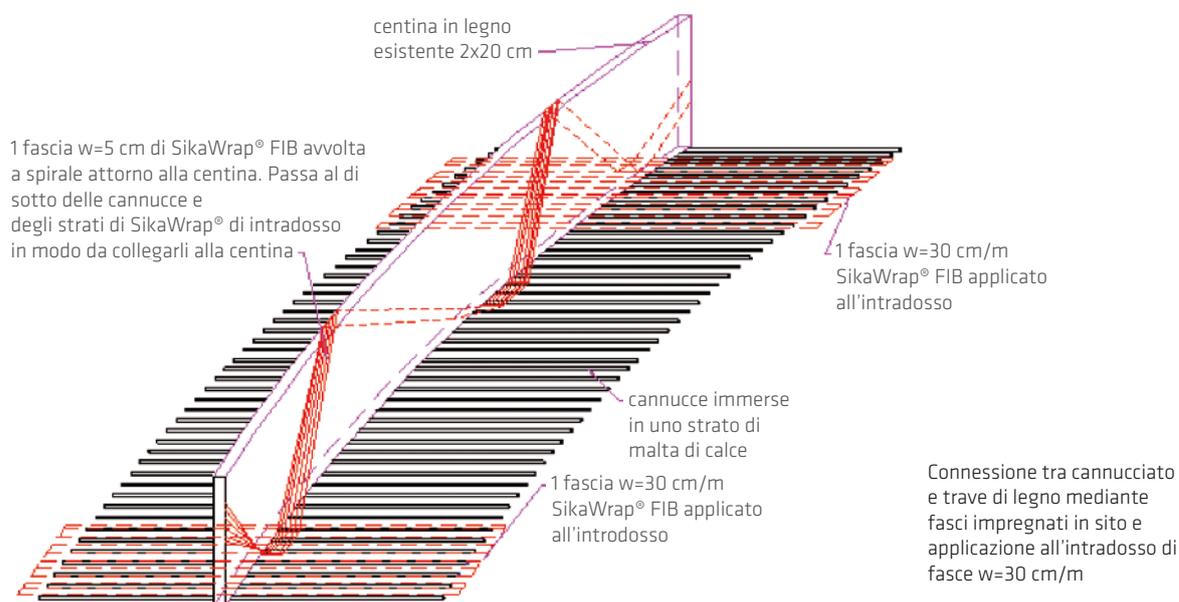
L'abbassamento del cannuccio è spesso dovuto al cedimento e/o allo sfilamento dei chiodi che collegano il cannuccio stesso al telaio di legno superiore, o semplicemente il distacco del cannuccio dai connettori. Sono due le azioni che servono:

- collegare le cannuccie tra loro, questo si può fare o incollando strisce di SikaWrap® FIB di piccola larghezza all'intradosso o all'estradosso delle cannuccie nella direzione ortogonale al fasciame;
- collegare le cannuccie al fasciame e risollevarle le parti staccate, questa operazione si può svolgere con legature a spirale di tessuto SikaWrap® FIB di pochi centimetri di larghezza. La spirale delle legature avrà un passo di circa 50 cm, da infittire nelle zone ribassate o dove si ha già avuto un distacco. Queste legature "agganciano", oltre alle cannuccie, anche le fasce di tessuto applicate all'intradosso in modo da legare il più possibile il cannucciato senza alcun incremento di peso e dimensioni.

L'intervento si completa con l'iniezione e la ricostruzione di quelle parti del fasciame che possono essere degradate e con la richiodatura delle parti lignee staccate.



Situazione di estradosso



# SIKA: LEADER MONDIALE DI PRODOTTI CHIMICI PER L'EDILIZIA



PER MAGGIORI INFORMAZIONI  
SULLE TECNOLOGIE SIKA®:



## SIKA SIAMO NOI

Sika è un'azienda attiva in tutto il mondo nella chimica integrata applicata all'edilizia e all'industria, leader nei processi di produzione di materiali per sigillatura, incollaggio, isolamento, impermeabilizzazione, rinforzo e protezione di strutture.

Sika produce additivi per calcestruzzo di elevata qualità, malte speciali, sigillanti e adesivi, prodotti per l'isolamento, l'insonorizzazione e il rinforzo strutturale, pavimentazioni industriali e prodotti impermeabilizzanti. La presenza locale in tutto il mondo, con filiali in 103 Paesi ed oltre 30.000 collaboratori, assicura il contatto diretto con Sika dei nostri Clienti.

Si applicano le condizioni generali di vendita in vigore. Prima dell'uso, consultare la Scheda Tecnica di Prodotto più recente disponibile.



## SIKA ITALIA S.P.A.

Via Luigi Einaudi, 6  
20068 - Peschiera Borromeo (MI)  
Italia

## Contatti

Tel. +39 02 54778 111  
Fax +39 0254778 119  
www.sika.it

**BUILDING TRUST**

