

Tecniche e materiali per il recupero ed il consolidamento dell'edilizia moderna vincolata

Relatore

Ing. Stefano Agnetti

Responsabile Ufficio Tecnico Kimia



APPROCCIO AL RECUPERO



RICONOSCERE

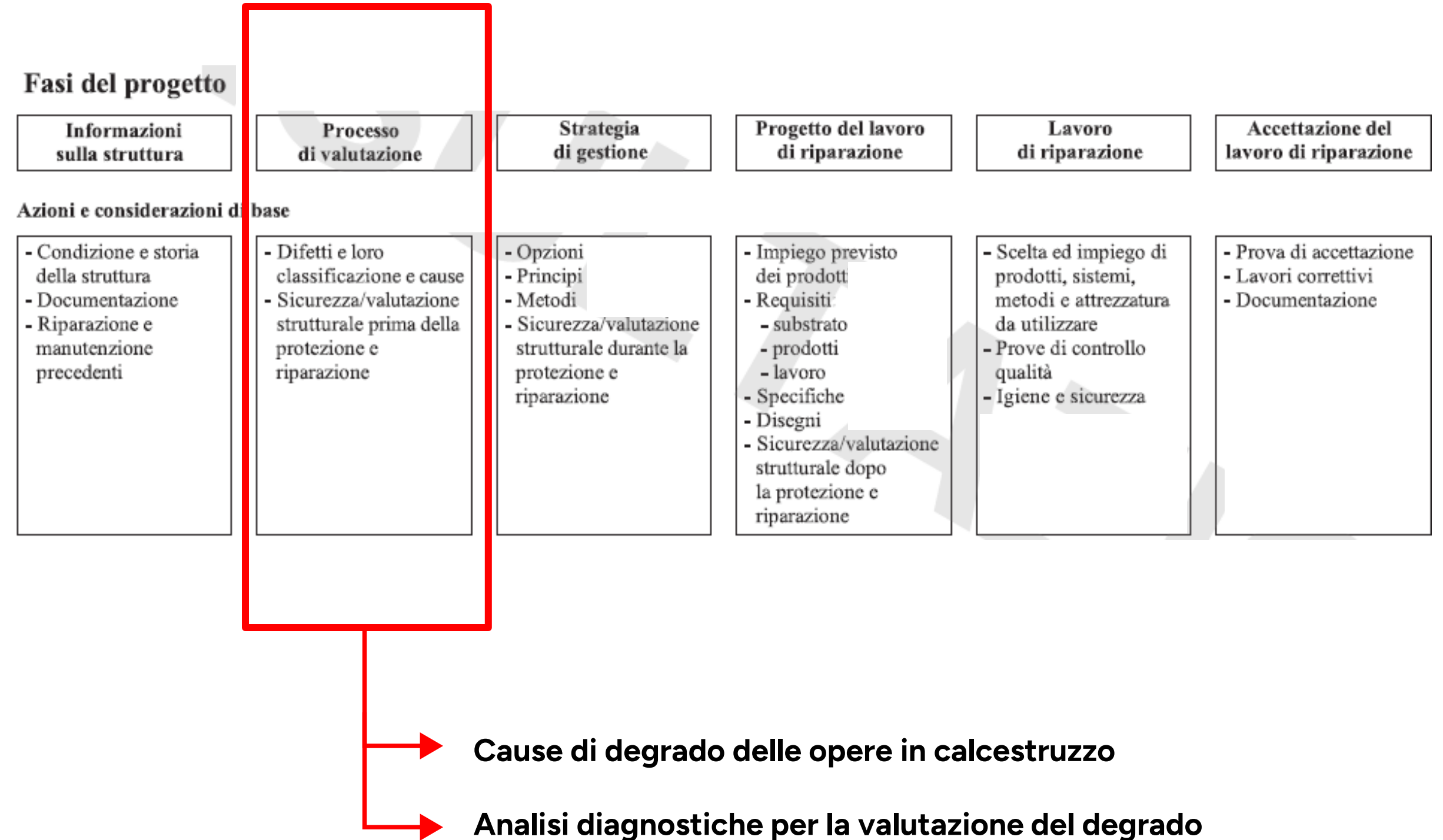
*Dal latino > **recognōscere**, comp. di re- e cognōscere*

- rivedere, riesaminare
- ispezionare, passare in rassegna

Anche secondo le norme...

UNI EN 1504 - Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità

Parte 9: Principi generali per l'utilizzo dei prodotti e dei sistemi



CAUSE DEL DEGRADO



MECCANICHE

erosione/abrasione
vibrazioni - carichi
urto - assestamenti - sisma



FISICHE

gelo e disgelo
escursioni termiche
alte temperature
ritiro e fessurazione



CHIMICHE

attacco solfatico
carbonatazione
cloruri
acque a bassa durezza
correnti vaganti



DIFETTI

posa - materiali
verifiche incomplete



CAUSE MECCANICHE



Erosione
Abrasione



Urto



Sisma



CAUSE FISICHE



Gelo e disgelo



Alte temperature



Ritiro e fessurazione



CAUSE CHIMICHE

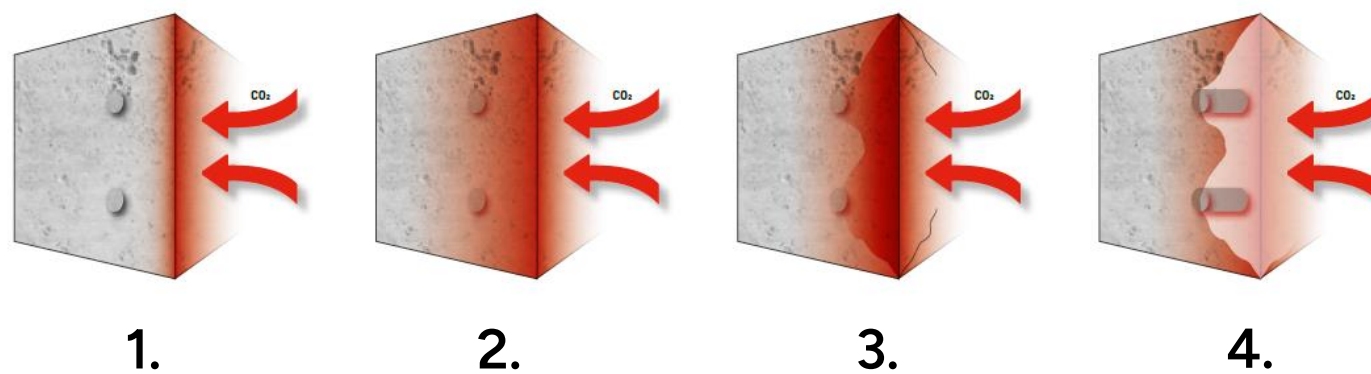


Carbonatazione



Cloruri

Il processo →

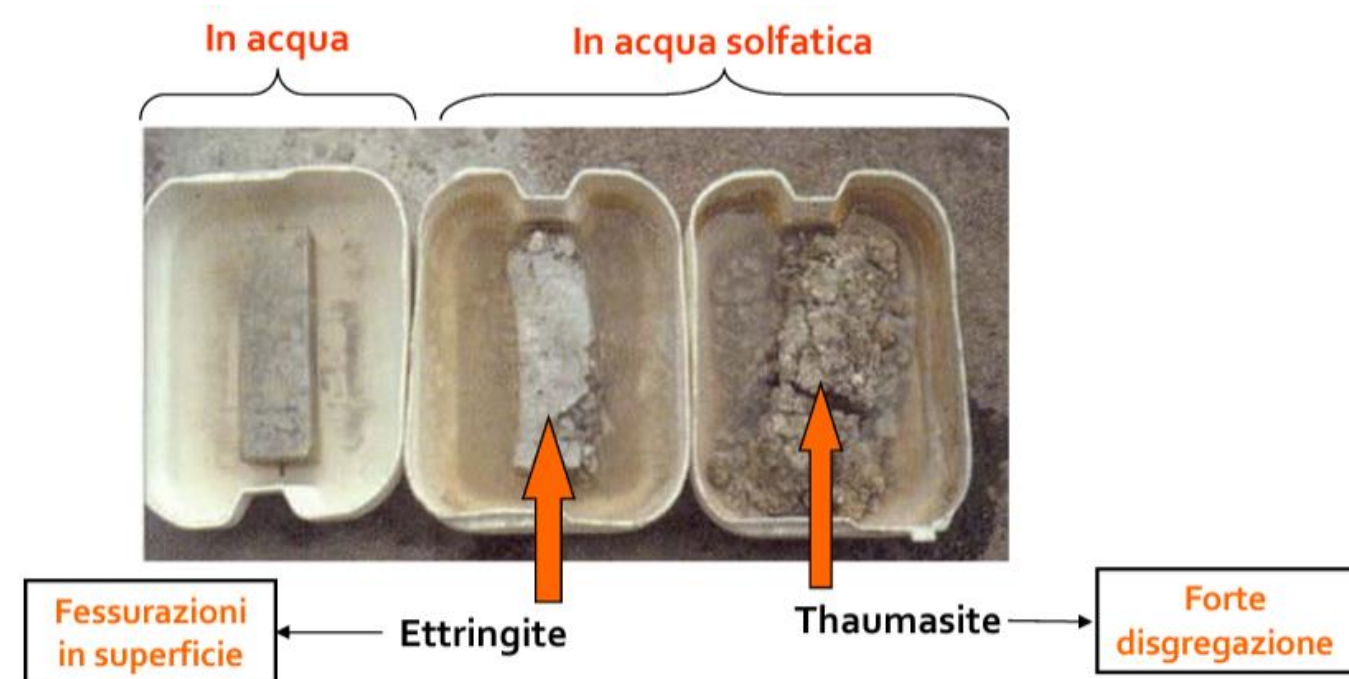




CAUSE CHIMICHE

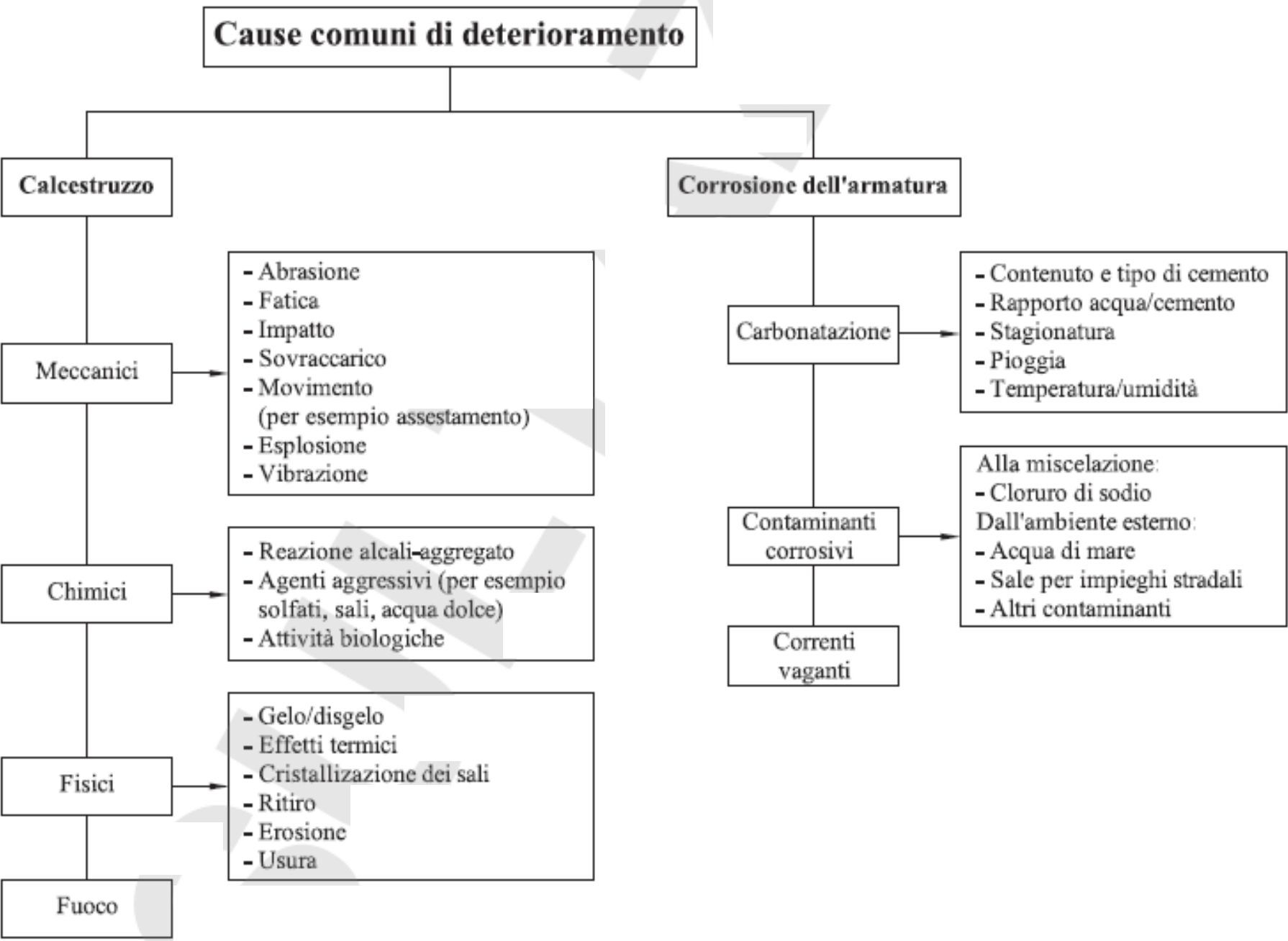


Attacco solfatico



Acque dilavanti

In sintesi...



...nella realtà

Degrado = Insieme di processi

Cause	Descrizione	N. Strutture	Tot.	%
Tecnologiche	Cls di qualità scadente	31	58	41,73%
	Attacco chimico del cls	12		
	Copriferro inadeguato	9		
	Materiali di base non idonei	6		
Costruttive	Scarso controllo della messa in opera	19	31	22,30%
	Non curanza delle tecniche costruttive	12		
Strutturali	Calcolo strutturale incompleto o errato	28	28	20,40%
Sovraccarichi	Variazione della destinazione d'uso	11	11	7,91%
Accidentali	Incendio	6	6	4,32%
Combinare	Risultante di almeno due condizioni delle precedenti	5	5	3,60%
Tot. Complessivo			139	

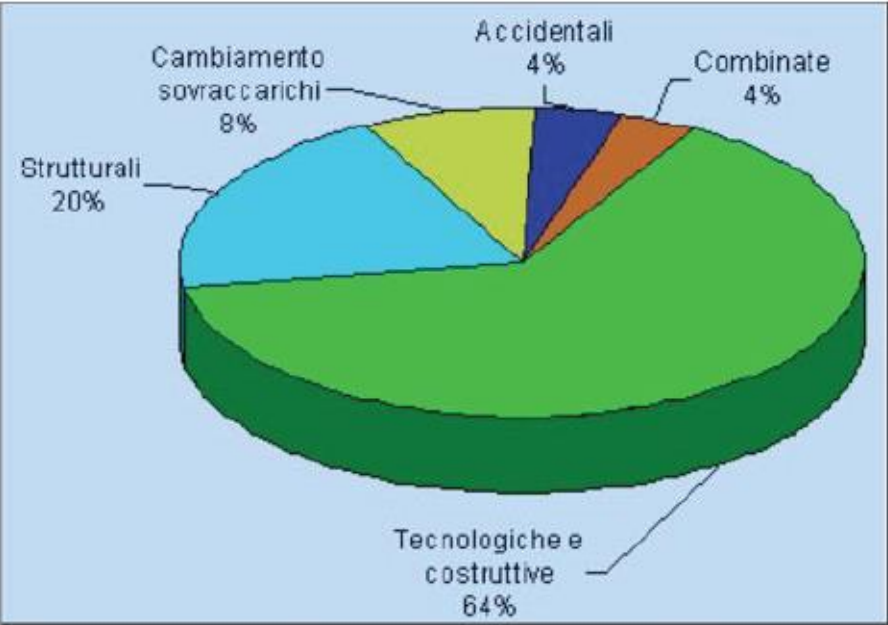


Fig. 1 – Grafico relativo ai dati riportati in tabella 1



Fonti: Coppola L., Buoso A., *Il restauro dell'architettura moderna in cemento armato*

INDAGINI DIAGNOSTICHE



→ Prove su *calcestruzzo*

→ Prove su *acciaio*

→ Prove per *individuazione geometrie
e dettagli costruttivi*

Prove su calcestruzzo

Dalle NTC 2018

“Il rilievo deve individuare l’organismo resistente della costruzione, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi”

“Per conseguire un’adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà su documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali. Le indagini dovranno essere motivate, per tipo e quantità, dal loro effettivo uso nelle verifiche; nel caso di beni culturali e nel recupero di centri storici, dovrà esserne considerato l’impatto in termini di conservazione del bene”.

- **Prove dirette invasive**

Estrazione provini con carotaggio
Prova di pull out

- **Prove indirette non invasive**

Prova sclerometrica
Prova con ultrasuoni
Metodo Sonreb

- **Prove chimiche su campioni prelevati**

Determinazione fronte di carbonatazione
Determinazione penetrazione ioni cloruro

Prove dirette



Carotaggi



- Diametro > 100 mm
- No ferri
- Almeno 3 carote
- Rapporto $h/d = 1$ o 2
- Superfici della carota planari (molatura o cappatura)

→ Fattore di disturbo



Pull out

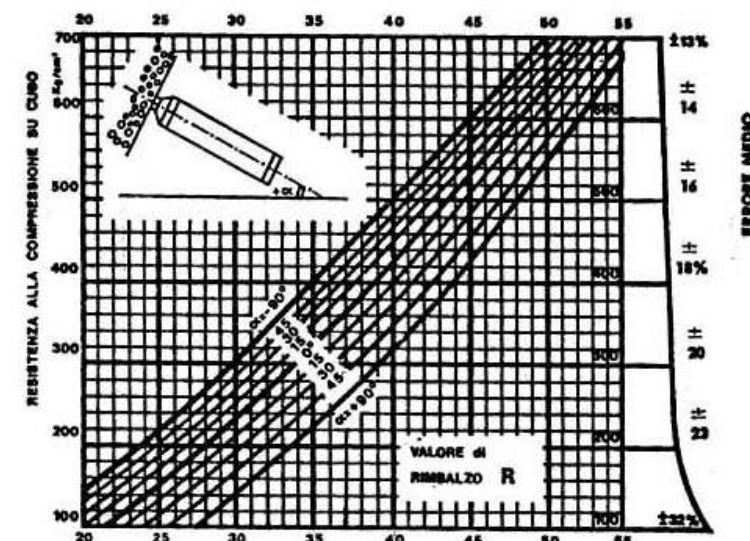
Corrispondenza esistente tra :

- carico di rottura a compressione del calcestruzzo
- forza necessaria ad estrarre un inserto metallico standardizzato post inserito nel calcestruzzo indurito

Prove indirette



Sclerometro



Ultrasuoni



METODO SONREB

$$R_c = a \cdot IR^b \cdot V^c$$

Prove chimiche



Carbonatazione



Ioni cloruro

Prove su acciaio

Dalle NTC 2018

“Il rilievo deve individuare l’organismo resistente della costruzione, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi”

“Per conseguire un’adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà su documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali. Le indagini dovranno essere motivate, per tipo e quantità, dal loro effettivo uso nelle verifiche; nel caso di beni culturali e nel recupero di centri storici, dovrà esserne considerato l’impatto in termini di conservazione del bene”.

- **Prove dirette invasive**

Prelievo di armatura e
prova di trazione

- **Prove indirette non invasive**

Prova di durezza di Brinell
Mappatura del potenziale
di corrosione

Prove dirette e indirette



Prelievo di barra

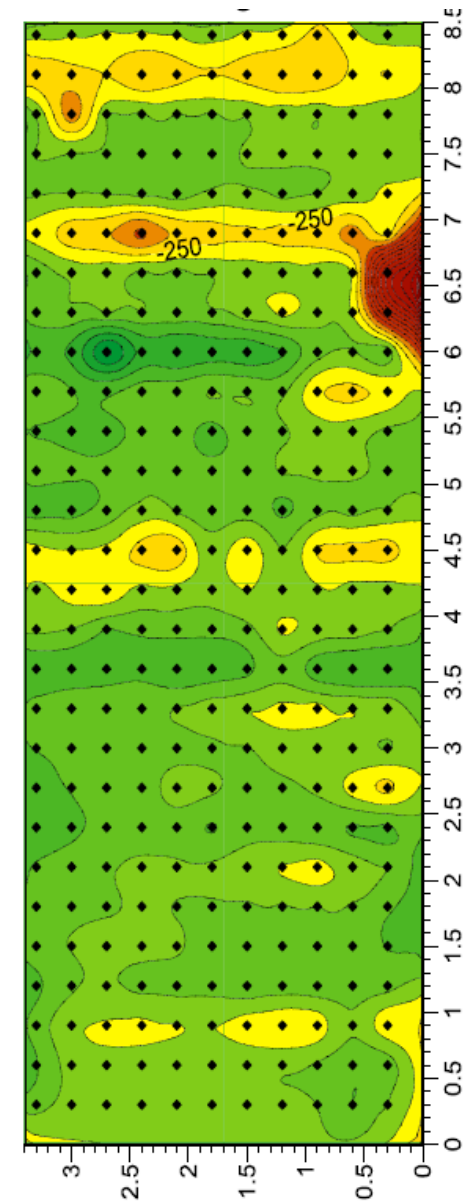


Durezza di Brinell

Prove dirette e indirette



Mappatura del potenziale di corrosione



VALORE DEL POTENZIALE	< - 0.35 V	[- 0.35 V; - 0.20 V]	> - 0.20 V
CORROSIONE	Probabilità maggiore del 90 % che la corrosione sia in atto.	Probabilità incerta che la corrosione sia in atto.	Probabilità maggiore del 90 % che la corrosione non sia in atto.

Prove per dettagli costruttivi e geometrie



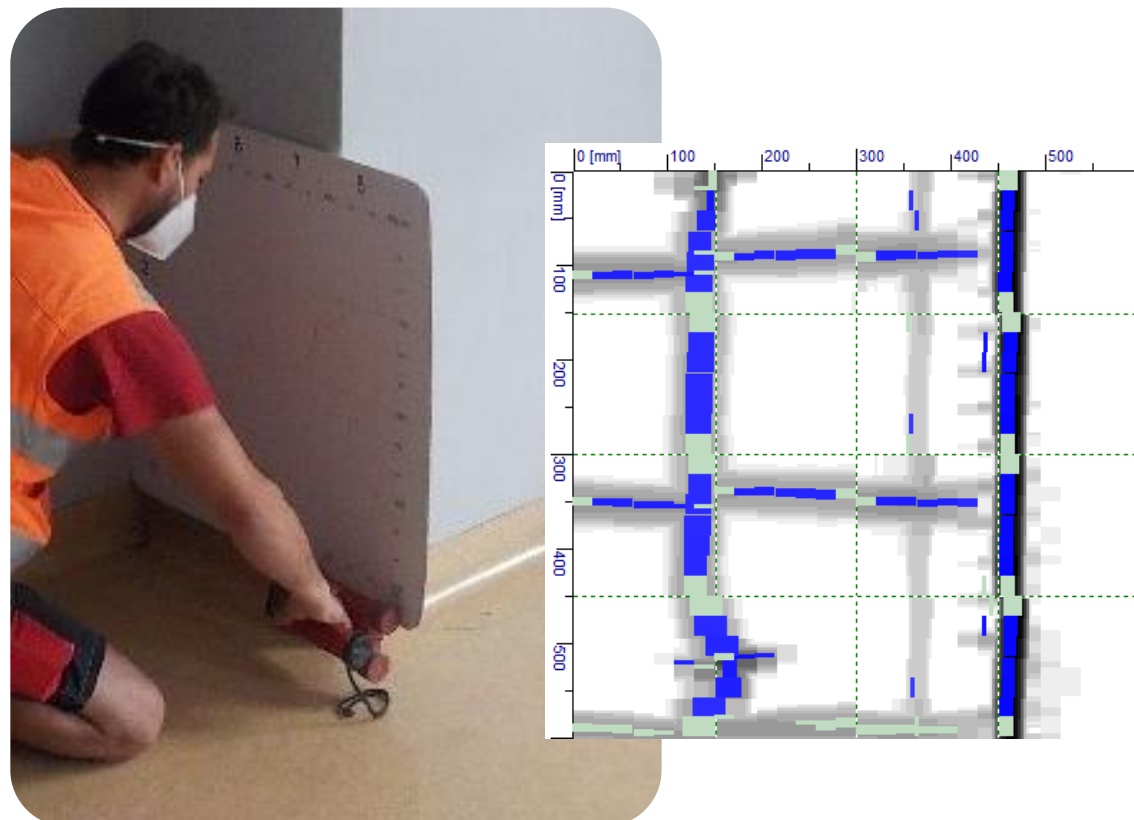
Indagini videoendoscopiche

Puntuale, permette individuazione elementi e geometrie



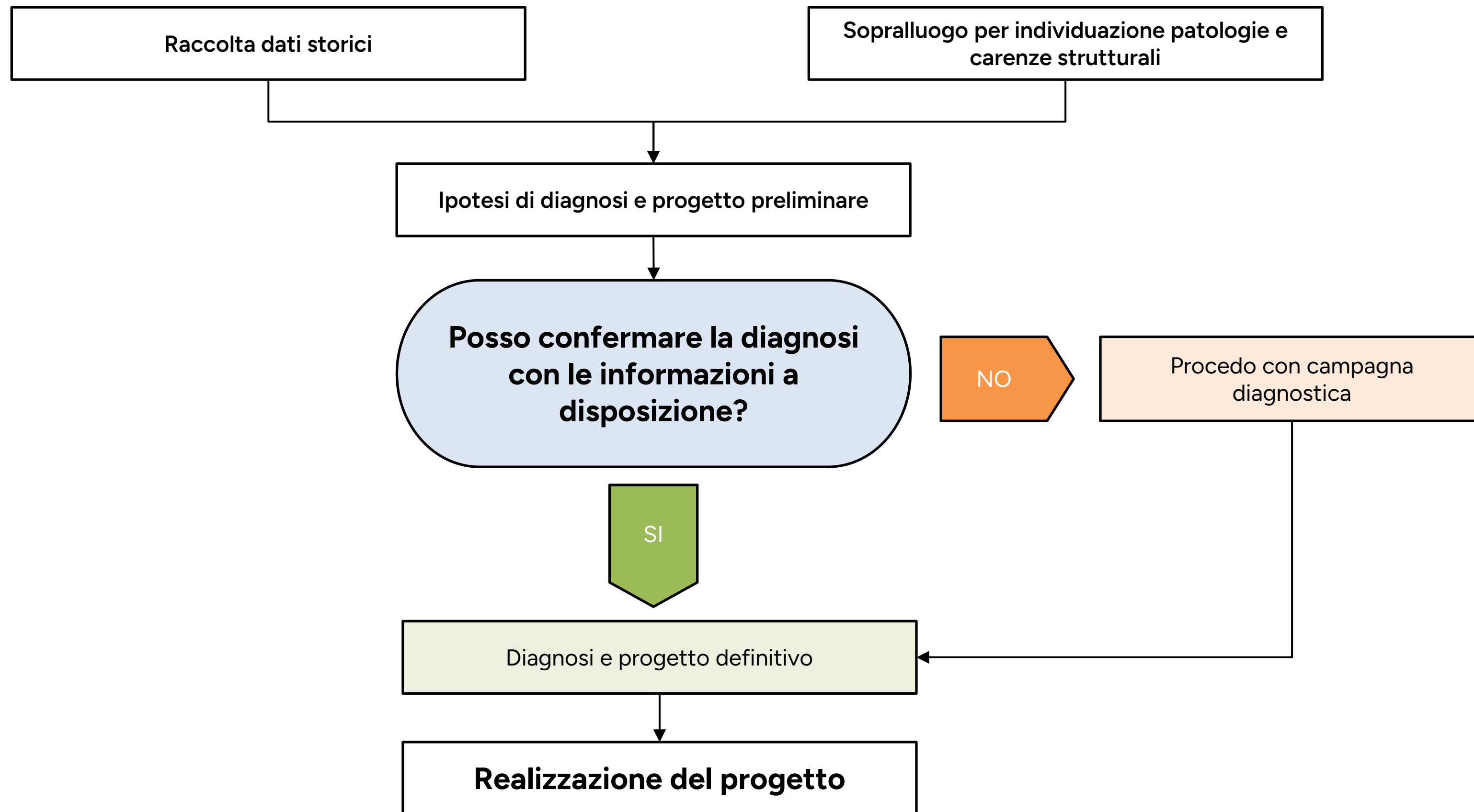
Indagini termografiche

Estesa, permette individuazione elementi e geometrie



Indagine pacometrica o magnetometrica

Individuazione e quantificazione delle armature



Fonti: Coppola L., Buoso A., Il restauro dell'architettura moderna in cemento armato

Interventi di **RIPRISTINO**

=

SOSTITUZIONE DEL
CLS DANNEGGIATO

+

RIPRISTINO DI
INTEGRITA'
e
DURABILITA'
STRUTTURALE

Come si puo' intervenire?
E con quali materiali?

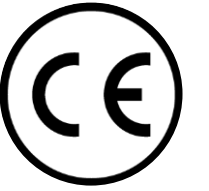
Normativa di riferimento:

EN 1504

*Prodotti e sistemi per la protezione e la
riparazione delle strutture di calcestruzzo*



UNI EN 1504



Definisce le procedure e le caratteristiche dei prodotti da utilizzare per la riparazione, manutenzione e protezione delle strutture in cls

→ PROGETTISTA

Prescrive i materiali conformi alla norma EN 1504 con Marcatura CE secondo il Regolamento (UE) 2024/3110

→ IMPRESA ESECUTRICE

è obbligata ad utilizzare solo materiali provvisti di Marcatura CE in accordo alla EN 1504

→ DIREZIONE LAVORI

è obbligata ad accettare (ed autorizzare) per l'esecuzione degli interventi di ripristino e consolidamento soltanto materiali provvisti di Marcatura CE in accordo alla EN 1504

EN 1504-1 DEFINIZIONI

- ➡ **EN 1504-2** SISTEMI DI PROTEZIONE DELLA SUPERFICIE DI CALCESTRUZZO
- ➡ **EN 1504-3** RIPARAZIONE STRUTTURALE E NON STRUTTURALE
- EN 1504-4** INCOLLAGGIO STRUTTURALE
- EN 1504-5** INIEZIONE DEL CALCESTRUZZO
- EN 1504-6** ANCORAGGIO DELL'ARMATURA D'ACCIAIO
- ➡ **EN 1504-7** PROTEZIONE CONTRO LA CORROSIONE DELLE ARMATURE

PRODOTTI

EN 1504-8 CONTROLLO DI QUALITA'E VALUTAZIONE DELLA CONFORMITA'

- ➡ **EN 1504-9** PRINCIPI GENERALI PER L'UTILIZZO DEI PRODOTTI E DEI SISTEMI
- EN 1504-10** APPLICAZIONE IN OPERA DI PRODOTTI E SISTEMI E CONTROLLO DI QUALITA'

**PRINCIPI E
APPLICAZIONI**

EN 1504-3 RIPARAZIONE STRUTTURALE E NON STRUTTURALE

Specifica i requisiti per l'identificazione, le prestazioni (inclusa la durabilità) e la sicurezza dei prodotti e dei sistemi da utilizzare per la riparazione strutturale e non strutturale delle strutture in calcestruzzo. Riguarda malte e calcestruzzi da riparazione, eventualmente utilizzati in combinazione con altri prodotti e sistemi, destinati a **ripristinare e/o sostituire il calcestruzzo difettoso** e a **proteggere le armature**, al fine di prolungare la vita utile di una struttura in calcestruzzo che presenti segni di deterioramento.

Punto n°	Caratteristica prestazionale	Substrato di riferimento (EN 1766)	Metodo di prova	Requisito			
				Strutturale		Non strutturale	
				Classe R4	Classe R3	Classe R2	Classe R1
1	Resistenza a compressione	Nessuno	EN 12190	≥ 45 MPa	≥ 25 MPa	≥ 15 MPa	≥ 10 MPa

STRUTTURALE

Malte che, oltre a ripristinare l'aspetto geometrico di opere in cls armato, devono garantire la durabilità, specie delle armature (punto debole delle strutture in c.a.)

NON STRUTTURALE

Malte che ripristinano esclusivamente l'aspetto geometrico di opere in **cls non armato** (non garantendo la durabilità dei ferri)

EN 1504-3 RIPARAZIONE STRUTTURALE E NON STRUTTURALE

Punto n°	Caratteristica prestazionale	Substrato di riferimento (EN 1766)	Metodo di prova	Requisito			
				Strutturale		Non strutturale	
				Classe R4	Classe R3	Classe R2	Classe R1
1	Resistenza a compressione	Nessuno	EN 12190	≥ 45 MPa	≥ 25 MPa	≥ 15 MPa	≥ 10 MPa
2	Contenuto ioni cloruro	Nessuno	EN 1015-17	≥ 0,05%		≥ 0,05%	
3	Legame di aderenza	MC(0,40)	EN 1542	≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa ^{a)}	
4	Ritiro/espansione impediti ^{b) c)}	MC(0,40)	EN 12617-4	Forza di legame dopo la prova ≥ 2,0 MPa ^{a)} ≥ 1,5 MPa ^{a)}		≥ 0,8 MPa ^{a)}	Nessun requisito
5	Resistenza alla carbonatazione ^{f)}	Nessuno	EN 13295	$d_k \leq$ calcestruzzo di controllo [MC(0,45)]		Nessun requisito ^{g)}	

NON STRUTTURALE

Malte che ripristinano esclusivamente l'aspetto geometrico di opere in **cls non armato** (non garantendo la durabilità dei ferri)

EN 1504-7 PROTEZIONE CONTRO LA CORROSIONE DELLE ARMATURE

La norma specifica i requisiti per l'identificazione e la prestazione (inclusi gli aspetti di durabilità) dei prodotti e sistemi per i rivestimenti attivi o di barriera per la protezione dell'armatura di acciaio esistente non rivestita ed annegata nelle strutture di calcestruzzo da riparare.

RIVESTIMENTI ATTIVI

Rivestimenti che contengono pigmenti elettrochimicamente attivi che possono fungere da inibitori o che possono fornire protezione catodica localizzata.

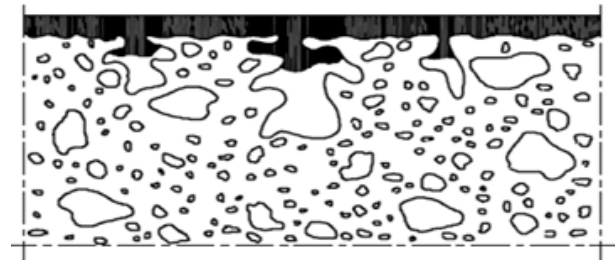
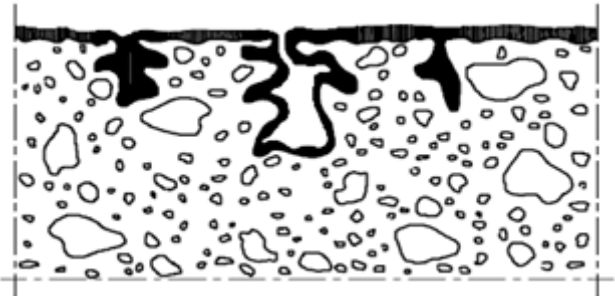
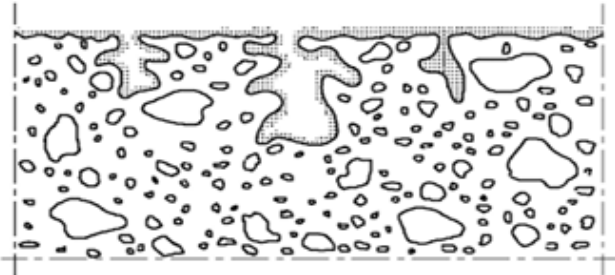
RIVESTIMENTI BARRIERA

Rivestimenti che isolano l'armatura dall'acqua contenuta nei pori nella matrice cementizia circostante

EN 1504-2 SISTEMI DI PROTEZIONE DELLA SUPERFICIE DI CALCESTRUZZO

Prodotti applicati sulla superficie del calcestruzzo per migliorare la durabilità dell'elemento strutturale mediante una riduzione del grado di assorbimento di acqua e/o rallentamento della penetrazione delle sostanze aggressive ambientali

CATEGORIA	NORMA DI RIFERIMENTO	PRODOTTI	TIPOLOGIA
Protettivi da applicare sulla superficie del calcestruzzo	EN 1504-2	1) IDROREPELLENTI (H)	1) Liquido pronto all'uso (Silossani)
		2) IMPREGNANTI (I)	2) Liquido pronto all'uso (Siliconati, resine acriliche)
		3) RIVESTIMENTI (C)	3) Liquidi pronto all'uso, resine acriliche in emulsione o malte polimero/cemento mono (polvere) o bicomponente (polvere/liquido)



EN 1504-9 PRINCIPI GENERALI PER L'UTILIZZO DEI PRODOTTI E DEI SISTEMI

Principi e metodi correlati ai difetti del calcestruzzo

Principio N°	Principio e sua definizione	Metodi basati sul principio
Principio 1 [PI]	Protezione contro l'ingresso Riduzione o prevenzione dell'ingresso di agenti aggressivi, per esempio acqua, altri liquidi, vapore, gas, agenti chimici e biologici.	1.1 Impregnazione Applicazione di prodotti liquidi che penetrano nel calcestruzzo e chiudono il sistema di pori. 1.2 Rivestimento superficiale con la capacità o meno di fare da ponte sulle fessure 1.3 Fasciatura locale delle fessure¹⁾ 1.4 Riempimento delle fessure 1.5 Trasformare le fessure in giunti¹⁾ 1.6 Costruzione di pannelli esterni¹⁾²⁾ 1.7 Applicazione di membrane¹⁾
Principio 2 [MC]	Controllo dell'umidità Regolazione e mantenimento del contenuto dell'umidità del calcestruzzo entro un campo di valori specificato.	2.1 Impregnazione idrofobica 2.2 Rivestimento della superficie 2.3 Protezione o rivestimento¹⁾²⁾ 2.4 Trattamento elettrochimico¹⁾²⁾ Applicazione di una differenza di potenziale tra le parti del calcestruzzo per favorire oppure ostacolare il passaggio di acqua attraverso il calcestruzzo (non per il calcestruzzo armato senza valutazione del rischio di corrosione indotta).
Principio 3 [CR]	Ripristino del calcestruzzo Ripristino del calcestruzzo originale di un elemento della struttura nella forma ed alla funzione specificate originariamente. Ripristino della struttura di calcestruzzo mediante sostituzione di una parte.	3.1 Applicazione della malta a mano 3.2 Nuovo getto di calcestruzzo 3.3 Spruzzo di calcestruzzo o malta 3.4 Sostituzione degli elementi
Principio 4 [SS]	Rafforzamento strutturale Aumento o ripristino della capacità di carico strutturale di un elemento della struttura di calcestruzzo.	4.1 Aggiunta o sostituzione delle barre di armatura di acciaio interne o esterne 4.2 Installazione di barre annegate in fori preformati o realizzati al trapano nel calcestruzzo 4.3 Collegamento mediante piastre 4.4 Aggiunta di malta o calcestruzzo 4.5 Iniezione nelle fessure, nei vuoti o negli interstizi 4.6 Riempimento delle fessure, dei vuoti o degli interstizi 4.7 Precompressione (post-tensionamento)¹⁾
Principio 5 [PR]	Resistenza fisica Aumento della resistenza agli attacchi fisici o meccanici.	5.1 Strati esterni o rivestimenti 5.2 Impregnazione
Principio 6 [RC]	Resistenza ai prodotti chimici Aumento della resistenza della superficie di calcestruzzo nei confronti del deterioramento da attacco chimico.	6.1 Strati esterni 6.2 Impregnazione

Principi e metodi correlati alla corrosione dell'armatura

Principio N°	Principio e sua definizione	Alcuni esempi di metodi basati sul principio
Principio 7 [RP]	Conservazione e ripristino della passività Creazione delle condizioni chimiche in cui la superficie dell'armatura viene mantenuta o riportata ad una condizione di passività.	7.1 Aumento del copriferro con aggiunta di malta di cemento o calcestruzzo 7.2 Sostituzione del calcestruzzo contaminato o carbonatato 7.3 Rialcalinizzazione elettrochimica del calcestruzzo carbonatato¹⁾ 7.4 Rialcalinizzazione del calcestruzzo o carbonatato mediante diffusione 7.5 Estrazione elettrochimica dei cloruri¹⁾
Principio 8 [IR]	Aumento della resistività Aumento della resistività elettrica del calcestruzzo.	8.1 Limitazione del contenuto di umidità mediante trattamenti di superficie, rivestimenti o ripari
Principio 9 [CC]	Controllo catodico Creazione delle condizioni in cui le aree potenzialmente catodiche dell'armatura sono impossibilitate ad una reazione anodica.	9.1 Limitazione del contenuto di ossigeno (al catodo) mediante saturazione o rivestimento della superficie²⁾
Principio 10 [CP]	Protezione catodica	10.1 Applicazione di un potenziale elettrico¹⁾
Principio 11 [CA]	Controllo delle aree anodiche Creazione delle condizioni in cui le aree potenzialmente anodiche dell'armatura sono impossibilitate a prendere parte alla reazione di corrosione.	11.1 Verniciatura dell'armatura con rivestimenti contenenti pigmenti attivi 11.2 Verniciatura dell'armatura con rivestimenti di barriera 11.3 Applicazione di inibitori al calcestruzzo¹⁾²⁾

RIPRISTINO DEL CALCESTRUZZO



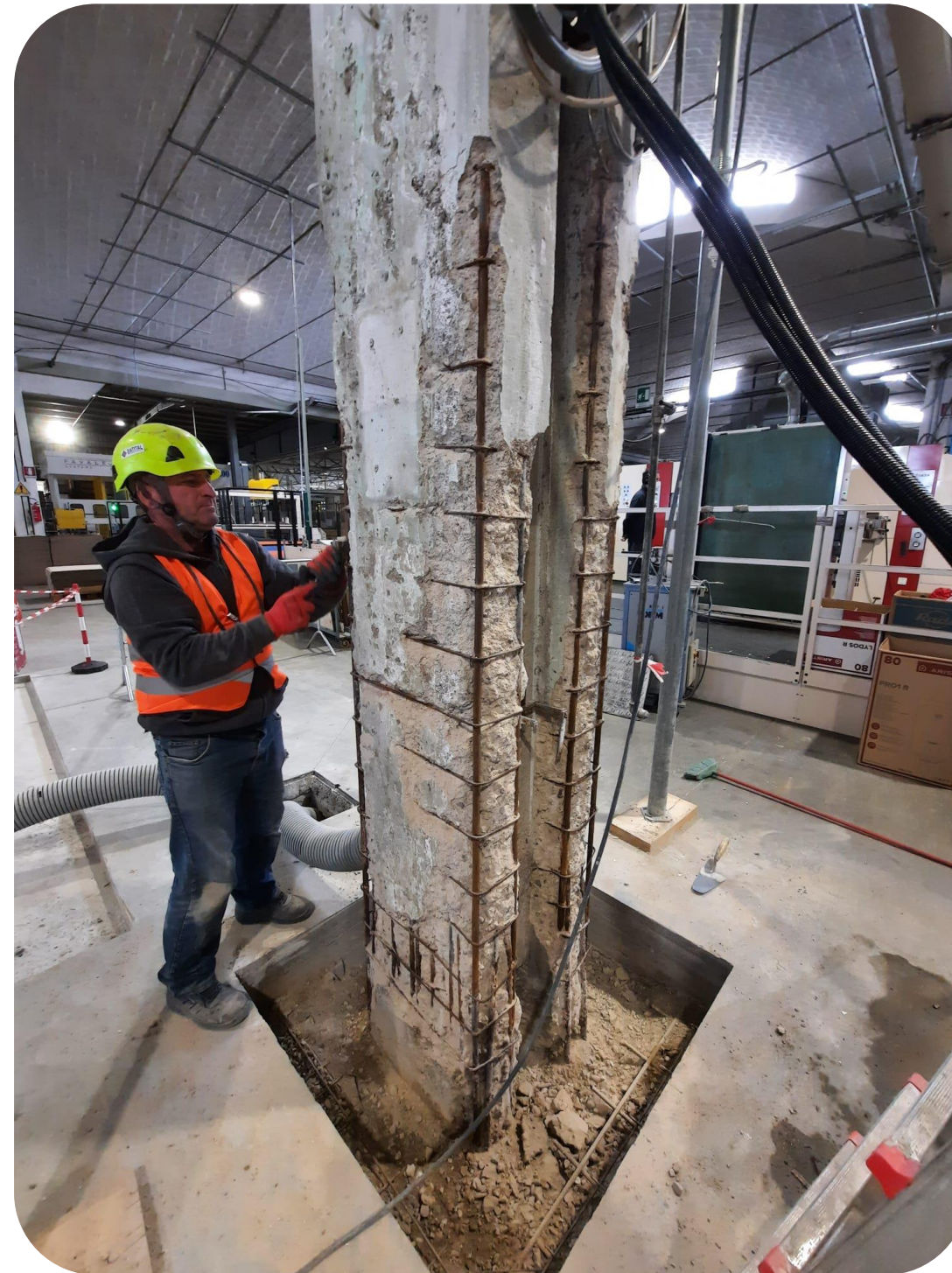
FASI D'INTERVENTO

- 1) Sostituzione del cls danneggiato
- 2) Ripristino dell'integrità' strutturale
- 3) Durabilità'

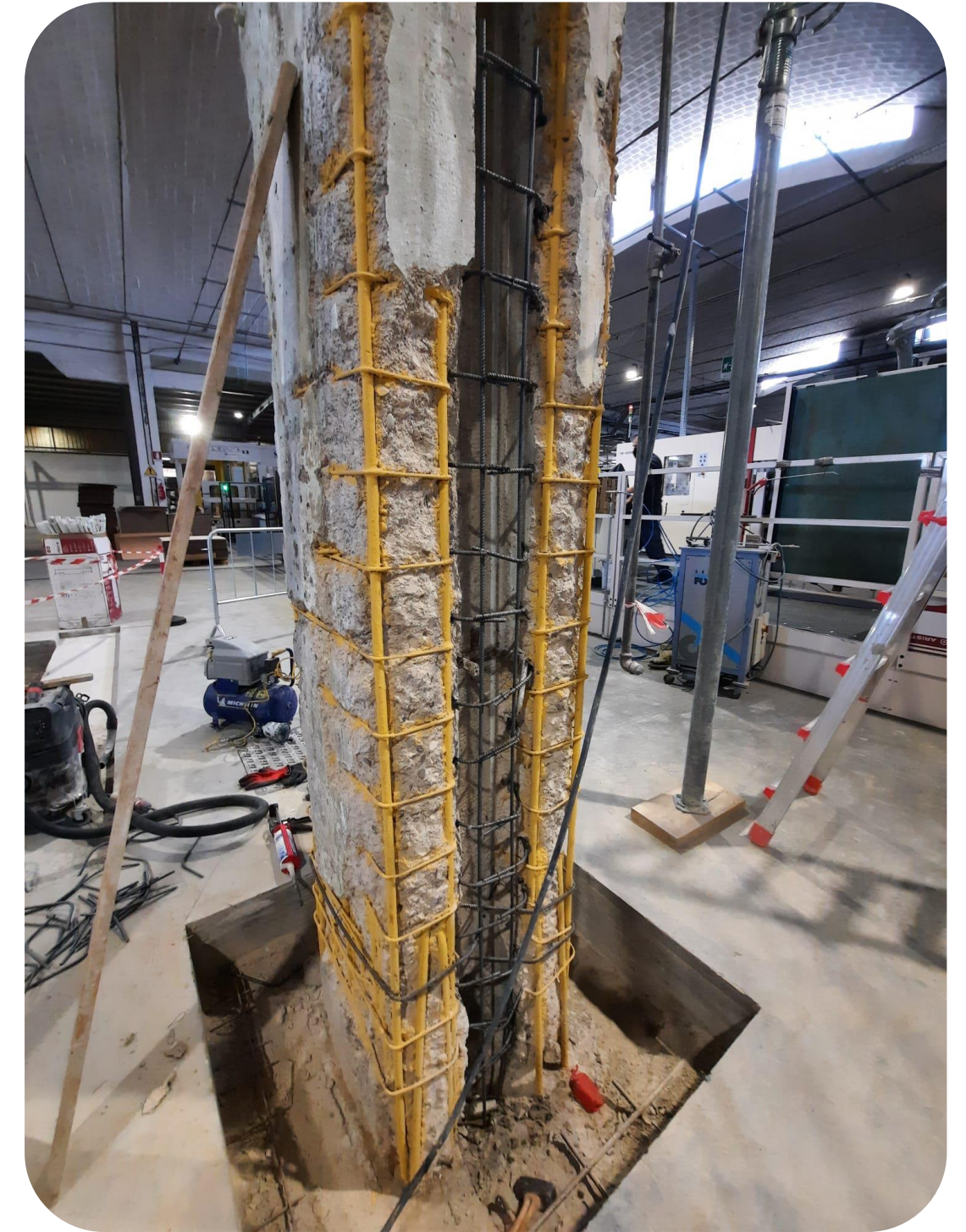
1. PREPARAZIONE DEL SUPPORTO



Rimozione cls degradato



Trattamento dei ferri



Protezione ferri

2. RIPRISTINO CON MALTE STRUTTURALI



Applicazione malta tissotropica



armatura aggiuntiva



casseratura

Getto con malta colabile

3. RASATURA E VERNICIATURA



Rasatura



Verniciatura protettiva

4. RIPRISTINO CORTICALE E RASATURA CON MALTE 3 IN 1



Applicazione malta e
realizzazione finitura



Verniciatura protettiva



Protezione ferri



Ripristino corticale e rasatura
Con malta polifunzionale





EFFETTO → CAUSA → SOLUZIONE (l'ordine è importante!)



FRC

Fiber Reinforced Concrete

MATRICE CEMENTIZIA

CLS O MALTA DI
ELEVATA RESISTENZA A COMPRESSIONE



FIBRE CORTE DISCONTINUE

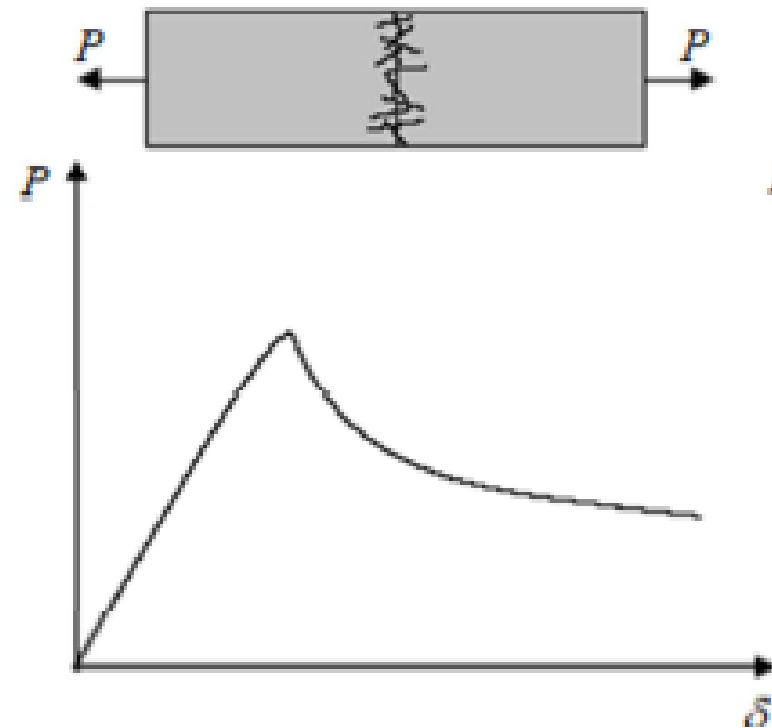
ACCIAIO, POLIMERICHE



Comportamento a trazione FRC

Gli FRC possono mostrare due diversi comportamenti:

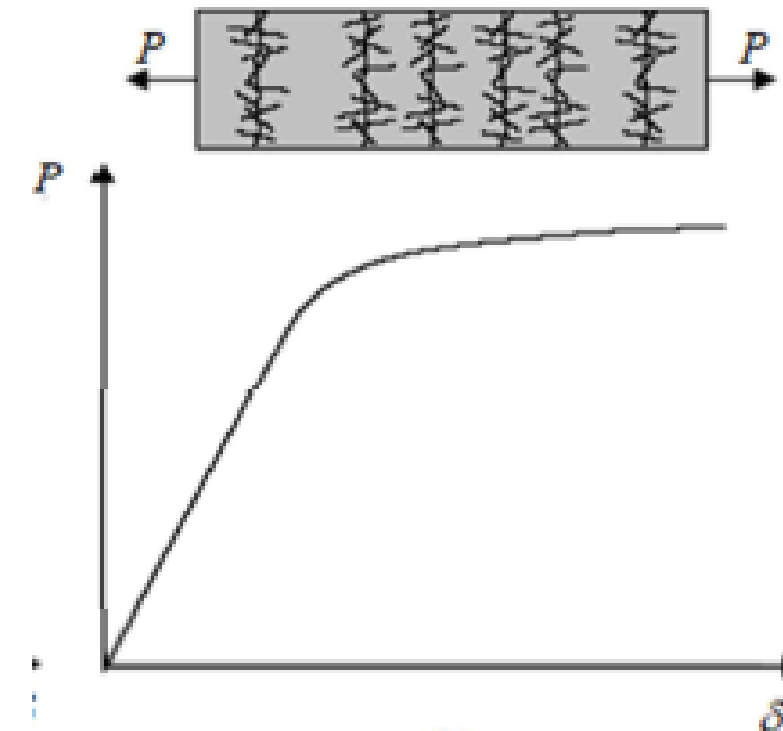
DEGRADANTE



Ramo DISCENDENTE

Tratto elastico fino al valore di prima fessurazione, poi il **carico scende** progressivamente. Si hanno **poche lesioni che aumentano di ampiezza**.

INCRUDENTE



Ramo INCRUDENTE

Tratto elastico fino al valore di prima fessurazione, **si aprono più lesioni** mentre il **carico continua a salire** fino a un massimo.

Impieghi

RINGROSSO ELEMENTI IN C.A.



CONSOLIDAMENTO SOLAI



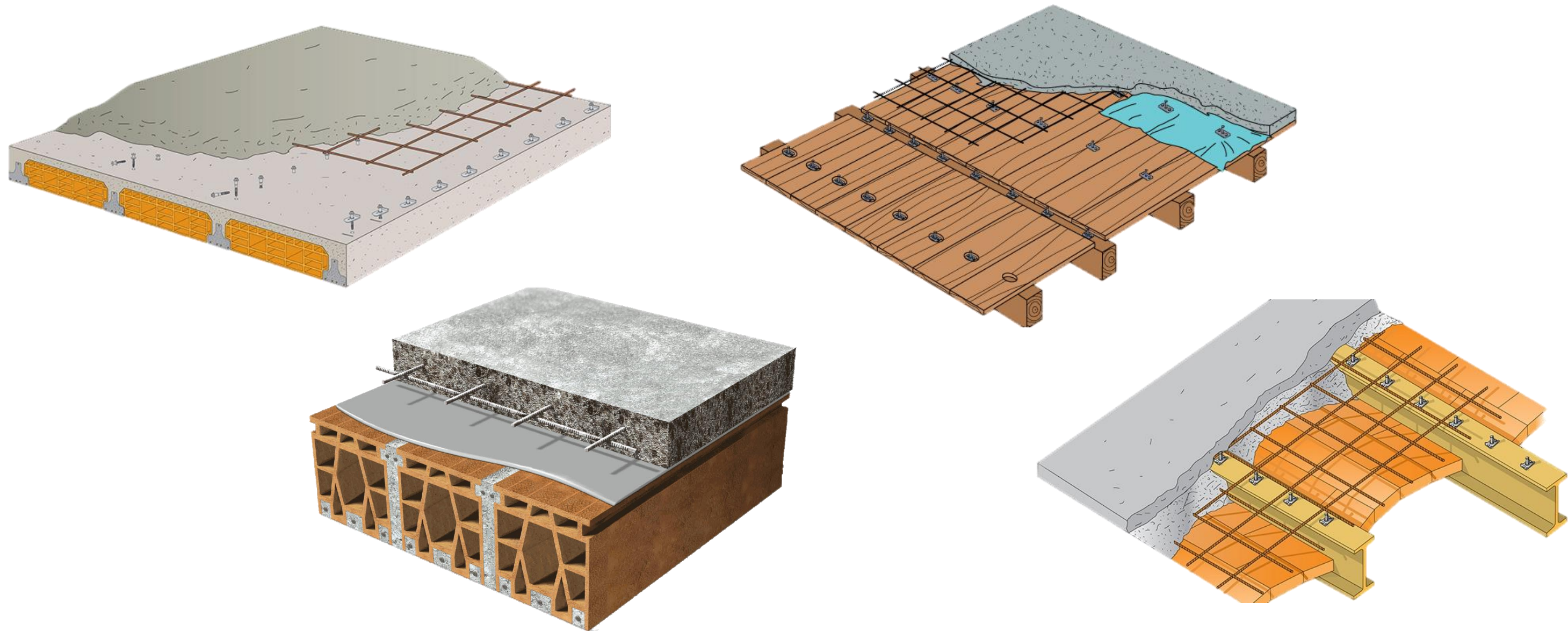
INFRASTRUTTURE STRADALI



- **RINGROSSI** di elementi in c.a.
- **RINFORZO DI SOLAI** all'estradosso (cappe collaboranti)
- **INFRASTRUTTURE STRADALI**: elementi prefabbricati (conci gallerie, new jersey resistenti agli urti, pozzetti)

RINFORZO DI SOLAI

- Utile per l'**IRRIGIDIMENTO DEI SOLAI** (laterocemento, lignei, misti) anche in spessori ridotti (2 – 4 cm)





APPROFONDIMENTO SUI SISTEMI IMPERMEABILIZZANTI

Pt 1. INTRODUZIONE

- Importanza e funzione dell'impermeabilizzazione nella durabilità delle strutture
- Principali cause di infiltrazioni e danni da umidità
- Panoramica normative di riferimento (UNI – responsabilità legali e assicurative – certificazioni)

Pt 2. TIPOLOGIE DI SISTEMI IMPERMEABILIZZANTI

- Membrane bituminose e sintetiche
- Prodotti cementizi, polimerici, liquidi
- Criteri di scelta in base a destinazione d'uso e stato di fatto

Pt 3. TECNICHE APPLICATIVE E DETTAGLI

- Procedure di applicazione standard per tipologia di prodotto
- Regole base da rispettare (analisi stato di fatto – preparazione sottofondo – trattamento punti singolari – attesa tempi corretti)
- Dettagli di posa (giunti – scarichi – angoli)

Pt 4. DIAGNOSTICA E MANUTENZIONE

- Tecniche di diagnosi delle infiltrazioni (prove di invasione, gas detector, prove igrometriche)
- Strategie di manutenzione preventiva e correttiva

Perché impermeabilizzare?

Protezione

Evitare degrado di cls,
armature, finiture

Durabilità

Prolungare vita utile
dell'opera

Efficienza energetica

Umidità riduce
prestazioni degli
isolamenti termici

Salubrità

Prevenzione muffe,
efflorescenze, condense

Danni causati da infiltrazioni e umidità



Distacco di intonaci



Corrosione delle
armature



Formazione di muffe



Ponti termici



Cedimenti strutturali

Dove intervenire

Coperture piane
e inclinate

Terrazze, balconi

Fondazioni,
pareti interrato



Opere speciali:
ponti, viadotti,
parcheggi
multipiano

Locali interni
umidi

Piscine

Riferimenti normativi

UNI EN 13970:2007

Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Strati bituminosi per il controllo del vapore d'acqua –
Definizioni e caratteristiche

UNI EN 14967:2006

Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose per muratura destinate ad impedire la risalita di umidità –

Definizioni e caratteristiche

UNI EN 13969:2007

Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose destinate a impedire la risalita di umidità dal suolo -
Definizioni e caratteristiche

UNI EN 1504-2:2005

Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità –

Parte 2: Sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo

UNI EN 14891:2017

Prodotti impermeabilizzanti applicati liquidi da utilizzare sotto le piastrellature di ceramica incollate con adesivi –

Requisiti, metodi di prova, valutazione e verifica della costanza della prestazione, classificazione e marcatura



Marcatura CE dei materiali

Riferimenti normativi

UNI 8178 – Impermeabilizzazione coperture

UNI EN 13967 – Impermeabilizzazione interrata

UNI 11470 – Impermeabilizzazione ambienti umidi

UNI 11333

Posatori di membrane flessibili per impermeabilizzazione
> > > riconosciuto come premiante CAM

UNI 11333-2:2010

Posa di membrane flessibili per impermeabilizzazione -
Formazione e qualificazione degli addetti - Parte 2: Prova
di abilitazione alla posa di membrane bituminose

UNI 11333-3:2010

Posa di membrane flessibili per impermeabilizzazione -
Formazione e qualificazione degli addetti - Parte 3: Prova
di abilitazione alla posa di membrane sintetiche di PVC o
TPO



Progettazione e realizzazione



Certificazione posatori

Responsabilità

Progettista

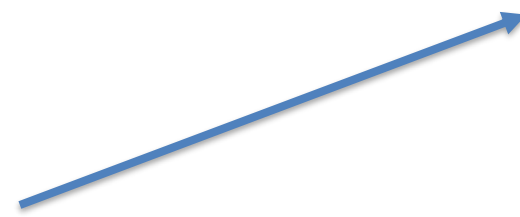


Errori di progettazione

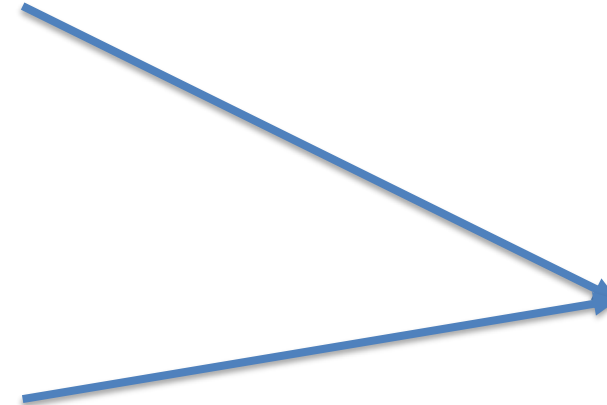
Ad esempio:

- intervento su una superficie molto ampia e irregolare senza prevedere giunti,
- mancata progettazione dei risvolti su punti singolari)
- dimensionamento errato dei sistemi di smaltimento delle acque

Direzione lavori



Applicatore



Errori di esecuzione

Ad esempio:

- trattamento errato di giunti
- non realizzazione dei risvolti
- non posizionamento di bandelle su risvolti, giunti, pozzetti, bocchette...
- preparazione inadeguata dei supporti
- non rispetto delle tempistiche indicate dal produttore

Pt 2. TIPOLOGIE DI SISTEMI IMPERMEABILIZZANTI

MEMBRANE

- Bituminose
- Sintetiche

GUAINE

- Cementizie
- A base di resine

SPECIALI

- Bentoniti
- Vasca bianca (cls impermeabili)

Pt 2. TIPOLOGIE DI SISTEMI IMPERMEABILIZZANTI

Membrane Bituminose

- **Descrizione:** realizzate con bitume modificato (es. APP, SBS).
- **Formati:** rotoli da applicare a caldo (fiamma) o a freddo (autoadesive).
- **Utilizzi:** coperture piane, fondazioni, muri controterra.
- **Vantaggi:** alta resistenza meccanica e durabilità.
- **Svantaggi:** peso elevato, applicazione complessa, sensibili ai raggi UV se non protette.



Membrane Sintetiche (PVC, FPO/TPO, EPDM)

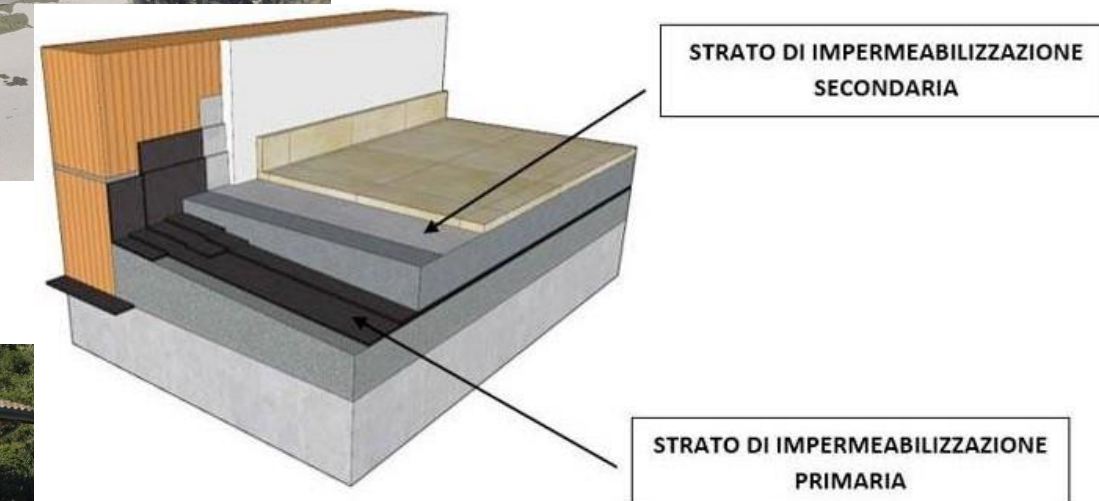
- **Descrizione:** materiali plastici o elastomerici saldabili ad aria calda.
- **Utilizzi:** tetti piani, coperture industriali, bacini, piscine.
- **Vantaggi:** leggerezza, rapidità di posa, ottima resistenza ai raggi UV e agenti chimici.
- **Svantaggi:** maggiore attenzione al supporto (piano di posa perfetto), costo superiore.



Pt 2. TIPOLOGIE DI SISTEMI IMPERMEABILIZZANTI

Guaine cementizie

- **Descrizione:** miscele a base cementizia modificata con polimeri.
- **Utilizzi:** balconi, terrazzi di superfici medie o con molti giunti (Cementizi osmotici) piscine, muri controterra, vasche.
- **Vantaggi:** ottima adesione al supporto minerale, resistenza alla spinta negativa (acqua contro).
- **Svantaggi:** meno elastici rispetto ad altri sistemi (richiedono armatura in rete) e non possono rimanere a vista



Guaine liquide a base di resine

- **Descrizione:** impermeabilizzanti liquidi monocomponenti o bicomponenti, elastici.
- **Utilizzi:** terrazzi, balconi, coperture complesse (con molti dettagli).
- **Vantaggi:** continuità perfetta, adattabilità a geometrie complesse, possono rimanere a vista
- **Svantaggi:** sensibilità all'umidità ambientale durante la posa, tempi di polimerizzazione.



Pt 2. TIPOLOGIE DI SISTEMI IMPERMEABILIZZANTI

Sistemi Bentonite

- **Descrizione:** teli impregnati di bentonite sodica, che si espande a contatto con l'acqua.
- **Utilizzi:** fondazioni profonde, opere controterra.
- **Vantaggi:** autoriparanti, si attivano in presenza di acqua.
- **Svantaggi:** sensibilità ai cicli gelo-disgelo e a sali presenti nell'acqua.



Impermeabilizzazione "Vasca Bianca"

- **Descrizione:** strutture in calcestruzzo impermeabile abbinato a giunti speciali sigillanti.
- **Utilizzi:** garage interrati, vasche, cisterne.
- **Vantaggi:** sistema integrato nella struttura portante.
- **Svantaggi:** elevata precisione progettuale ed esecutiva richiesta.



PRODOTTI KIMIA

PRODOTTI A BASE CEMENTIZIA

monocomponente
bicomponente
"ibrida" (cementizio-polimerica)

PRODOTTI A BASE DI RESINE

acriliche elastomeriche
poliuretatiche
base acqua
base solvente

PRODOTTI OSMOTICI

cementizi mono o bicomponenti

Pt 2. TIPOLOGIE DI SISTEMI IMPERMEABILIZZANTI

CRITERI DI SCELTA DEL SISTEMA

TIPOLOGIA DI STRUTTURA

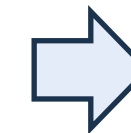
Balconi, terrazzi
Coperture piane o a falde
Vasche, ambienti interrati

FUNZIONE EDIFICIO

Edificio privato, pubblico, scolastico, industria
alimentare, industria meccanica

ESTENSIONE SUPERFICIE

Piccole superfici
Medie e grandi superfici



L'estensione della superficie
può essere considerata in
funzione della presenza e
della distanza dei giunti!

FINITURA SUPERFICIALE

Utilizzo, esposizione, contatto con
agenti atmosferici

CONDIZIONE SOTTOFONDO

Pavimentazioni, massetti, guaine

VINCOLI ESECUTIVI

Vincoli di tempo di esecuzione
Condizioni ambientali in fase di esecuzione

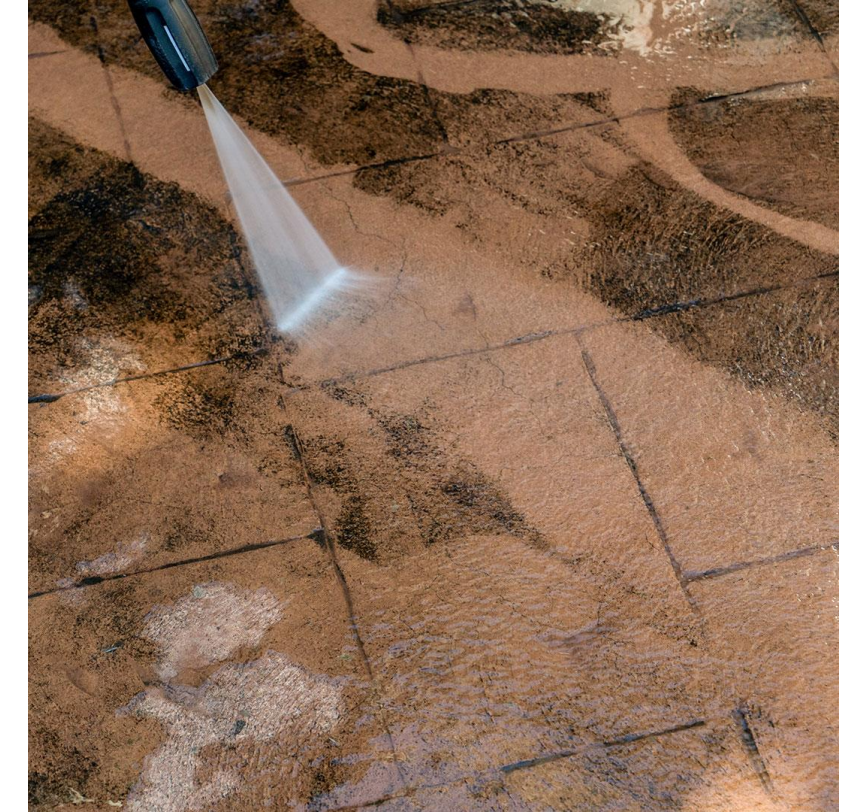
Pt 3. TECNICHE APPLICATIVE E DETTAGLI

FASI PREPARATORIE

PULIZIA DEL SUPPORTO

Le operazioni di pulizia sono volte a:

- eliminazione totale di parti inconsistenti, in distacco e non dotate di sufficienti caratteristiche meccaniche,
- polvere, grasso, ruggine, disarmanti,
- vernici e pitture, lattime di cemento
- ogni altra sostanza o materiale che possa pregiudicare l'adesione dei successivi rivestimenti.



CONTROLLI PRELIMINARI

Nel caso di **superfici già piastrelate**:

- rimuovere il battiscopa;
- verificare l'adesione al fondo delle piastrelle;
- riparare eventuali irregolarità del sottofondo;
- eseguire il lavaggio della superficie con tecnica adeguata manuale o meccanizzata.



Pt 3. TECNICHE APPLICATIVE E DETTAGLI

FASI PREPARATORIE

CONTROLLI PRELIMINARI

Nel caso di strutture come balconi, terrazzi e coperture, è fondamentale verificare:

- la correttezza delle pendenze;
- la presenza ed adeguatezza dei sistemi di raccolta delle acque a pavimento (provvisi di adeguati sistemi parafoglie)
- l'idoneità dei presidi atti a garantire lo smaltimento delle acque;
- l'assenza di elementi che possano ostacolare la continuità della successiva impermeabilizzazione (che andrà risolta sulle pareti e/o muretti perimetrali), procedendo con la rimozione e/o sollevamento da terra di ogni macchinario ed elemento non strutturale.



Pt 3. TECNICHE APPLICATIVE E DETTAGLI

FASI PREPARATORIE

CONTROLLI PRELIMINARI

Nel caso di supporti in CLS:

- assicurarsi che siano adeguatamente maturati e strutturalmente sani (la resistenza a trazione "pull off" del calcestruzzo dovrà essere $> 1,5$ MPa);
- ripristinare adeguatamente eventuali degradi corticali;
- eventuali irregolarità profonde ed estese devono essere preventivamente rasate;
- in caso di impermeabilizzazione di massetti di nuova realizzazione, tra le 8 e le 24 ore precedenti l'inizio dell'impermeabilizzazione, procedere alla primerizzazione.



Pt 3. TECNICHE APPLICATIVE E DETTAGLI

FASI PREPARATORIE

CONTROLLI PRELIMINARI

In presenza di guaina bituminosa si dovrà valutare di volta in volta se procedere con l'asportazione della guaina o con il ripristino localizzato della guaina.

- Nel caso si decida di asportare la guaina:
 1. effettuare una pulizia accurata del supporto volta all'eliminazione di polvere, grasso, primer bituminoso, parti inconsistenti e in distacco.
 2. sanare eventuali irregolarità profonde ed estese con idonea malta.
- Nel caso si decida di lasciare la guaina è fondamentale verificare:
 1. la corretta adesione della guaina, solidarizzare le parti in distacco non degradate tramite trattamento termico;
 2. rimuovere eventuali porzioni eccessivamente deteriorate e posizionare una nuova guaina a sarcire le parti mancanti/ asportate;
 3. eventuali vernici protettive saranno rimosse con opportune tecniche;
 4. eseguire un lavaggio accurato di tutta la superficie.



Pt 3. TECNICHE APPLICATIVE E DETTAGLI

FASI PREPARATORIE

CONTROLLO E TRATTAMENTO DI GIUNTI, RACCORDI, SCARICHI

Qualora, in fase di realizzazione della struttura, sia stato previsto un adeguato reticolo di giunti artificiali statici e dinamici, correttamente riportati negli eventuali rivestimenti soprastanti (massetti, pavimentazioni), procedere al ripristino dei bordi e/o alla sostituzione degli eventuali dispositivi preformati già applicati in corrispondenza dei giunti.

In caso di giunti naturali, formati a causa di un errato dimensionamento/non realizzazione di giunti, se essi hanno andamento rettilineo o pseudo-rettilineo, aprirli con flex per garantire una larghezza di almeno 5 mm.

Nel caso di supporti piastrellati privi di giunti aventi dimensioni tali da necessitarne, sarà opportuno ricreare i giunti (effettuando con frullino un'incisione in corrispondenza delle fughe):

- studiando attentamente le eventuali lesioni a carico del rivestimento;
- realizzandoli sulle zone che, sulla base della orditura del solaio, potrebbero tendere a comportarsi come giunti dinamici.



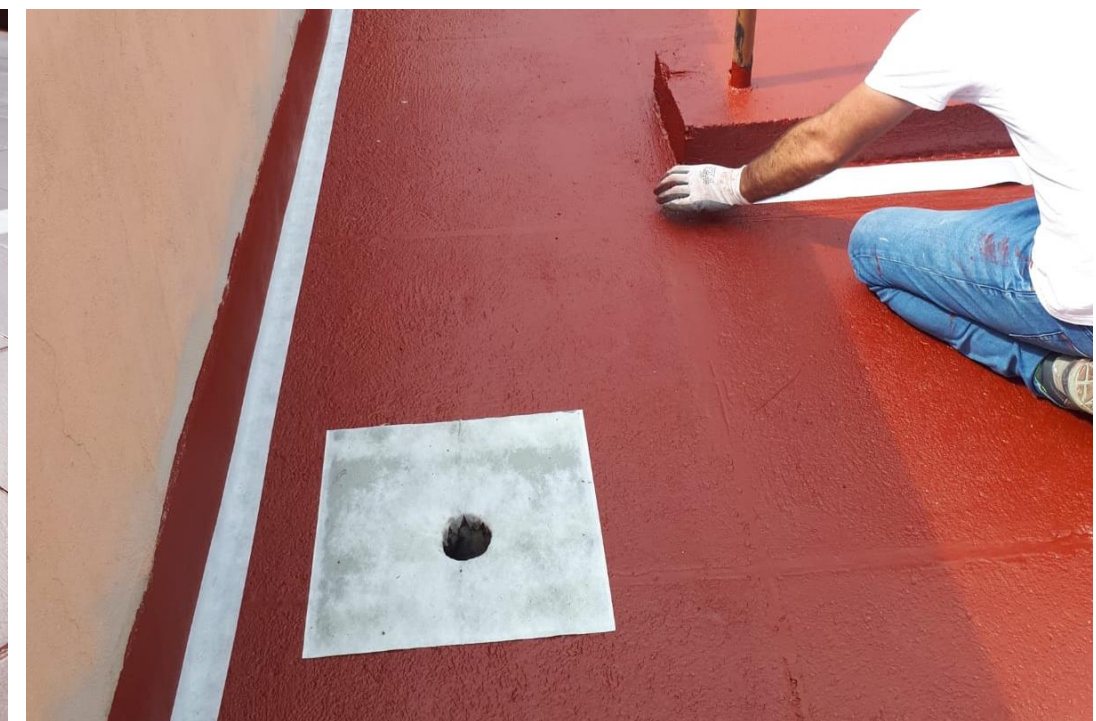
Pt 3. TECNICHE APPLICATIVE E DETTAGLI

FASI PREPARATORIE

CONTROLLO E TRATTAMENTO DI GIUNTI, RACCORDI, SCARICHI

L'impermeabilizzazione dei giunti sarà effettuata mediante:

- posizionamento del supporto in polietilene a cellule chiuse quale fondogiunto per il sigillante poliuretanico nel caso di giunti di larghezza superiore a 5 mm (che dovranno esser lasciati stagionare almeno 24 h prima della posa della bandella elastica);
- Applicazione su tutta la superficie di primer
- Applicazione di bandella autoadesiva sul giunto e stesura di rete di armatura da saturare con prodotto impermeabilizzante.
- I punti di contatto tra massetto e pozzetti di raccolta andranno trattati mediante applicazione di bandella, risvoltato all'interno dello scarico. Sulla membrana autoadesiva si procederà con la stesura della rete di armatura da saturare con prodotto impermeabilizzante.
- I raccordi tra parete e pavimento saranno impermeabilizzati mediante applicazione di bandella ed applicazione di prodotto impermeabilizzante armato con rete.



Pt 3. TECNICHE APPLICATIVE E DETTAGLI

FASI PREPARATORIE

PRIMERIZZAZIONE

Tra le 8 e le 24 ore antecedenti l'inizio delle operazioni, alcune superfici vanno trattate con una mano di primer.

Il primer fa parte del sistema di impermeabilizzazione e in funzione della superficie del supporto ha la funzione di:

- migliorare l'adesione del prodotto impermeabilizzante in caso di supporti piastrellati, uniformando inoltre l'assorbimento tra piastrelle e fuga
- migliorare l'adesione su guaine bituminose
- ostacolare la risalita di sostanze alcaline nei massetti di nuova realizzazione, poco stagionati, evitando le problematiche di degrado dell'impermeabilizzante, dovute al fenomeno della "saponificazione"



Pt 3. TECNICHE APPLICATIVE E DETTAGLI

APPLICAZIONE IMPERMEABILIZZANTI CEMENTIZI

1. Sulla superficie **adeguatamente preparata**, applicare il primer.
2. Applicare prima mano a spatola o a rullo di prodotto come da consumi da scheda tecnica.
3. Stesura di rete annegandola nella prima mano di malta.
4. Ad indurimento avvenuto della prima mano di malta, comunque non prima di 24 ore, applicare seconda mano di prodotto
5. Dopo minimo 7 giorni si procederà all'incollaggio del rivestimento, da realizzarsi mediante utilizzo di adesivo in polvere per piastrelle.



ATTENZIONE!

Nel caso in cui l'applicazione venga effettuata in condizioni di bassa umidità relativa, ventosità e sole è consigliabile proteggere le superfici trattate con teli protettivi.

Le superfici trattate devono essere protette dalla pioggia, dalla nebbia o dal contatto con acqua almeno per le prime 24 ore dalla posa.

Pt 3. TECNICHE APPLICATIVE E DETTAGLI

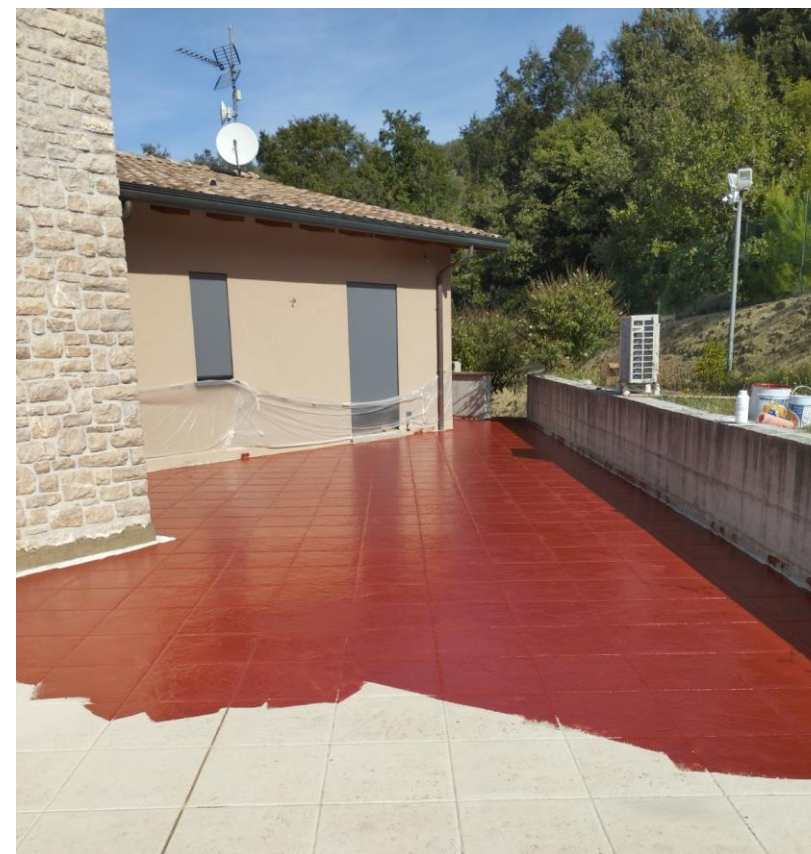
APPLICAZIONE IMPERMEABILIZZANTI A BASE RESINE

1. Sulla superficie **adeguatamente preparata**, applicare il primer.
2. In caso di supporti regolari e perfettamente planari, il prodotto si può applicare senza rete di armatura, altrimenti dove il prodotto potrebbe risultare applicato in spessori non uniformi, impiegare la rete, impregnata nel primo strato di prodotto finché fresco.
3. A distanza di 12 ore, applicazione con pennello, rullo o spruzzo di una seconda mano di prodotto, applicare seconda mano di prodotto

ATTENZIONE!

Il tempo di polimerizzazione è estremamente influenzato dalle condizioni termo-igrometriche.

Le superfici trattate devono essere protette dalla pioggia, dalla nebbia o dal contatto con acqua almeno per le prime 10 ore dalla posa.



Pt 3. TECNICHE APPLICATIVE E DETTAGLI

ERRORI FREQUENTI

1. Errata preparazione delle superfici:

1. **Problema:** Se la superficie non è preparata correttamente (ad esempio, non pulita da polvere, grasso, umidità o altre impurità), l'impermeabilizzazione non aderisce correttamente e potrebbe sollevarsi o separarsi nel tempo.
2. **Soluzione:** Assicurarsi che le superfici siano pulite, asciutte e prive di contaminanti. In alcuni casi, potrebbe essere necessario un primer o un trattamento preliminare della superficie per migliorare l'adesione.

2. Applicazione in condizioni climatiche inappropriate:

1. **Problema:** Se l'impermeabilizzante viene applicato in condizioni di umidità troppo elevata o con temperature troppo basse o alte, la sua adesione e la sua capacità di formare una barriera continua potrebbero essere compromesse.
2. **Soluzione:** Verificare sempre le condizioni climatiche raccomandate dal produttore del materiale. Evitare di applicare impermeabilizzanti durante la pioggia, in condizioni di gelo o con alte temperature.

3. Impermeabilizzazione non continua:

1. **Problema:** Un errore comune è quello di non garantire una continuità del sistema impermeabilizzante, lasciando spazi non coperti, soprattutto in corrispondenza di giunti, angoli e raccordi.
2. **Soluzione:** Prestare particolare attenzione ai dettagli e alle giunzioni. Utilizzare prodotti specifici per sigillare correttamente giunti, angoli e raccordi (es. nastri, guarnizioni, mastici).

4. Sovrapposizione non corretta dei tessuti di armatura:

1. **Problema:** Una sovrapposizione non corretta delle giunture dei tessuti di armatura può compromettere il corretto funzionamento del sistema.
2. **Soluzione:** Seguire attentamente le istruzioni di sovrapposizione, assicurandosi che ci sia una sigillatura completa tra i tessuti per evitare spazi vuoti.

5. Non considerare il drenaggio:

1. **Problema:** Nei tetti piani o nei balconi, non installare un sistema di drenaggio adeguato può causare l'accumulo di acqua e compromettere l'efficacia dell'impermeabilizzazione.
2. **Soluzione:** Assicurarsi che esista un sistema di drenaggio funzionante per permettere all'acqua di defluire correttamente.

PUNTI CHIAVE

1.Importanza della scelta del materiale:

La scelta del giusto impermeabilizzante dipende da numerosi fattori, come il tipo di superficie, la zona climatica e l'uso dell'edificio. Non esiste un'unica soluzione che vada bene per tutti i casi.

2.Dettagli costruttivi:

Prestare attenzione a giunti, raccordi, angoli e transizioni tra materiali è fondamentale per garantire una protezione duratura e prevenire infiltrazioni d'acqua.

3.Controllo della qualità e manutenzione:

Il controllo della qualità durante l'applicazione e una manutenzione regolare sono essenziali per garantire l'efficacia del sistema impermeabilizzante nel tempo.

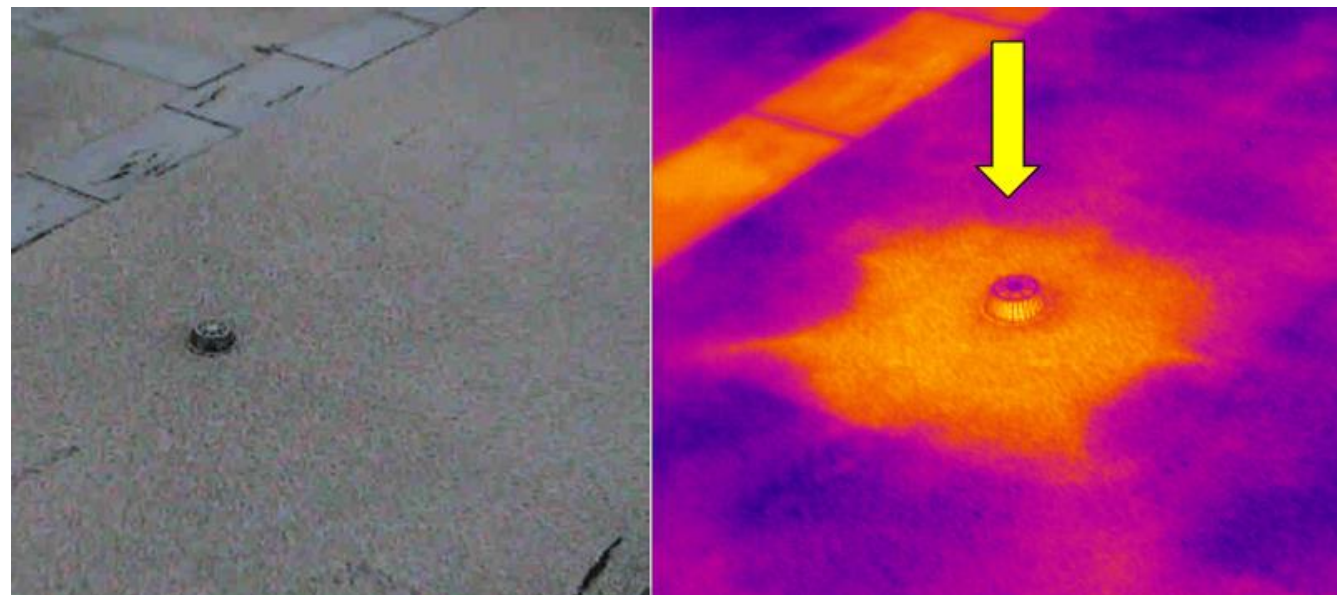
4.Errorì comuni:

Conoscere gli errori più frequenti e come evitarli può fare la differenza tra un lavoro ben fatto e uno che avrà problemi a breve termine.

METODI DI DIAGNOSI per individuazione dell'origine e del percorso delle infiltrazioni

Ricerca con termografia

La termografia utilizza una termocamera per rilevare differenze di temperatura sulla superficie di un edificio, evidenziando aree umide o con infiltrazioni. È particolarmente utile per individuare le infiltrazioni d'acqua, poiché l'acqua ha una diversa capacità termica rispetto al materiale di costruzione.



Ricerca con igrometro mobile ad impedenza

La ricerca di perdite d'acqua sui manti impermeabili, può essere eseguita anche con l'impiego di un igrometro ad impedenza, su ruote o manuale. Tale tecnica non distruttiva trova applicazione sfruttando la conduttanza dell'acqua che a causa di un rottura/scollamento si è infiltrata al di sotto del manto impermeabile.

L'igrometro ad impedenza, fatto scorrere sopra al manto impermeabile, segnala visivamente ed acusticamente i punti ove al di sotto è presente acqua, permettendo in questo modo di individuare il punto di penetrazione d'acqua.



Pt 4. DIAGNOSTICA E MANUTENZIONE

Ricerca con gas tracciante

Tale tecnica di ricerca di perdita, leggermente invasiva viene eseguita, praticando un foro nell'impermeabilizzazione ed applicando un apposito connettore idoneo per permettere l'insufflaggio al di sotto dell'impermeabilizzazione di un gas inerte (95% azoto e 5% idrogeno), non tossico, né infiammabile, né corrosivo o pericoloso. Il gas immesso al di sotto del manto impermeabile fuoriesce dal punto di rottura per poi risalire in superficie. Con il rilevatore "sniffer elettronico" del Gas Tracciante in dotazione, si individua il punto esatto di fuoriuscita del gas, localizzando in questo modo la posizione esatta della perdita. La localizzazione è molto precisa, grazie soprattutto alla composizione gas tracciante, che, avendo molecole molto piccole, riesce a filtrare attraverso le porosità e le lesioni dei materiali, permettendo in questo modo di individuare anche le perdite piccolissime ed invisibili alle indagini comuni.



Ricerca con fumogeno

Tale tecnica trova applicazione in particolari situazioni di ricerca dei punti rottura di manti impermeabili bituminosi o sintetici, a vista o zavorrati, è particolarmente utilizzata per ricercare perdite su grandi superfici impermeabilizzate e su pacchetti stratigrafici coibentati con lastre termoisolanti. La tecnica di ricerca con fumogeno, viene eseguita mediante l'impiego di una specifica apparecchiatura di produzione di fumo, che a mezzo di un apposito connettore viene insufflato al di sotto del manto impermeabile, in modo da creare una pressione positiva sotto il manto, quindi il fumo insufflato si sposterà nei punti di rottura o sconnessione, arrivando quindi in superficie per essere visualizzata.



Pt 4. DIAGNOSTICA E MANUTENZIONE

Ricerca elettronica ad impulsi di corrente

Con questa tecnica di ricerca, viene posta sotto tensione la superficie impermeabile da controllare, installando una linea circolare con polo negativo sulla superficie dell'impermeabilizzazione e un cavo di messa a terra con polo positivo sulla parte inferiore dell'impermeabilizzazione. Utilizzando l'umidità superficiale da avere sulla guaina mediante bagnatura, come conduttore per la corrente elettrica trasmessa tramite generatore ad impulsi, con l'impiego di apposite aste di misurazione e visualizzazione sul ricevitore a impulsi della direzione di flusso della corrente elettrica verso la posizione della perdita, si è in grado di individuare in modo preciso il punto di perdita.



Prove di allagamento controllato

Ha una duplice funzione, la prima di verificare se vi siano perdite, la seconda di verificare se l'acqua viene convogliata correttamente e defluita in tempi rapidi.

Si realizza seguendo questo iter:

- Ostruzione delle bocche di scarico utilizzando tappi di gomma o strumenti appositi per chiudere temporaneamente gli scarichi (pluviali o bocchettoni).
- Allagamento della superficie da testare fino a raggiungere un livello uniforme di circa 2-3 cm. È possibile utilizzare liquidi colorati per rendere più evidente la copertura di tutta la superficie.
- Controllo per almeno 24 ore che non ci siano infiltrazioni nei locali sottostanti. Verificare che l'acqua non ristagni in zone dove dovrebbe defluire. Controllare la pendenza del terrazzo: l'acqua dovrebbe scorrere verso i punti di scarico senza ostacoli.
- Rimozione dei tappi per osservare il deflusso, l'acqua dovrebbe defluire rapidamente. Se il deflusso è lento o resta acqua stagnante, potrebbe esserci un problema di scarichi ostruiti o pendenza insufficiente.



MANUTENZIONE PREVENTIVA E CORRETTIVA

Manutenzione elementi di smaltimento delle acque

La manutenzione ordinaria deve prevedere la pulizia regolare delle superfici impermeabilizzate (rimozione di detriti, foglie e sporco), consentendo il mantenimento dell'efficacia del sistema.

Eseguendo una pulizia costante di tutti gli elementi che compongono i sistemi di smaltimento delle acque ci si assicura che non vi siano punti di ristagno che a lungo andare potrebbero usurare l'impermeabilizzazione. Anche controllare regolarmente la presenza di crepe o danni superficiali è di fondamentale importanza.

Impermeabilizzazioni a vista

Prevedere nel piano di manutenzione ordinaria una sopraverniciatura dell'intervento con lo stesso prodotto, previa adeguata pulizia, e rimozione della patina superficiale mediante abrasione, permette di prolungare la vita utile dell'intervento.

Riparazioni locali

Nel caso di sbollature, distacchi o degradi localizzati, è essenziale intervenire tempestivamente per riparare le fessure o sostituire sezioni danneggiate.

Si parlerà quindi di manutenzione straordinaria ed è possibile prevedere la rimozione mediante abrasione della parte danneggiata, l'applicazione di primer, la sovrapposizione di tessuto di armatura e l'applicazione di almeno due mani di prodotto impermeabilizzante.

In questi interventi è di fondamentale importanza cercare di ripristinare la continuità della guaina onde evitare di creare dei punti di potenziale infiltrazione.

Grazie per l'attenzione!

