

IL “SELF HEALING DI PENETRON[®]” NELLA RIQUALIFICAZIONE DI STRUTTURE ESISTENTI – LA PROTEZIONE SUPERFICIALE PER CRISTALLIZZAZIONE DIVENTA IMPERMEABILIZZAZIONE INTEGRALE

Affinché una struttura in calcestruzzo armato sia in grado di garantire le prestazioni per cui è stata progettata durante tutta la sua vita nominale, non si può prescindere dallo studio dell’ambiente e dalle condizioni di esercizio in cui si troverà la struttura stessa una volta realizzata. Il risultato di tali analisi permette di individuare le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare, nonché il valore del copriferro idoneo a frontere eventuali fenomeni di degradazione, garantendo così anche la **durabilità** dell’opera.

Quando nella vita utile delle strutture intervengono tali fenomeni di degrado, questo può essere determinato da concause derivanti dall’utilizzo (condizioni di esercizio e destinazione d’uso) e dalla loro ubicazione (condizioni climatiche e ambientali); la risoluzione rappresenta da sempre una sfida complicata ma allo stesso tempo interessante.

Esempio tipico sono le strutture idrauliche che devono convivere solitamente per esercizio, ma spesso anche per ubicazione, con attacchi chimico-fisici, in severe condizioni climatiche e in contesti di controspinta idraulica diffusa.

Gli interventi di risanamento tradizionali prevedono l’utilizzo di malte cementizie e anticorrosivi polimerici, le prime per ripristinare ed eventualmente regolarizzare il supporto e le seconde per la realizzazione di pellicole protettive continue in adesione.

Funzione dei rivestimenti resinosi finali è esclusivamente quella di isolare la struttura dal contatto con le sostanze aggressive presenti e non possono prescindere dalla perfetta regolarità e continuità superficiale del calcestruzzo. Inoltre, la loro efficacia dipende dall’adesione e dalla continuità nel tempo, che oltre ad essere determinata da una applicazione senza difetti, è subordinata alla presenza o meno di retrospinta di umidità.

In condizione di spinta negativa (frequente, in quanto si tratta sovente di strutture interrato), la preparazione anti-umidità (barriera al vapore) del supporto sottostante è imprescindibile e va prevista l’applicazione di rasanti e primer capaci di aderire e indurire su superfici umide, resistendo alle contropressioni capillari, rendendo il fondo asciutto e atto a ricevere i rivestimenti resinosi.

L'omissione della stesura di tali materiali denominati "Fondi Umidi", per mancata attenzione alla sopracitata problematica, darà luogo nel tempo ai tipici fenomeni di degrado quali fessure, rigonfiamenti e conseguenti distacchi del rivestimento, manomettendone l'integrità e quindi l'efficacia.

Il sistema polimerico descritto, benché rappresenti una valida soluzione se correttamente applicato in tutti i suoi strati, presenta dunque alcuni limiti derivanti sia dalla sensibilità alle condizioni climatiche e dei supporti, sia dai tempi di attesa fra le varie passate.

La gamma **Penetron® a cristallizzazione** comprende invece materiali idonei per la manutenzione di opere idrauliche e/o interrate sottoposte a significative aggressioni chimico-fisiche e a severe condizioni ambientali, anche in condizione di spinte idrostatiche negative, non presupponendo l'adesione su supporti perfettamente asciutti, ma prediligendo anzi la presenza di fondi umidi.

La natura idrofila della tecnologia rende dunque questi materiali adatti al risanamento e alla bonifica di manufatti underground e idraulici: gli additivi idrofili cristallini utilizzano infatti l'acqua residua o in contropinta per reagire con i sottoprodotti dell'idratazione, l'idrossido di calcio, formando cristalli insolubili di idro-silicati di calcio che densificano nelle porosità e capillarità, aumentando la resistenza del conglomerato alla permeazione dell'acqua, anche sotto spinte significative.

Materiale principale della tecnologia per il risanamento è il **PENETRON® STANDARD**, una miscela in polvere di microcementi e agenti reattivi da omogeneizzare con acqua, utilizzata in forma di boiacca nella manutenzione o bonifica di strutture degradate esistenti sia come protettivo funzionale che come impermeabilizzante massivo.

Tale effetto si concretizza in un trattamento superficiale rispetto alla spinta positiva, al contatto con qualunque sostanza mediamente aggressiva (pH3-11 in immersione continua) e in una progressiva impermeabilizzazione massiva e profonda della matrice cementizia.

La crescita dei cristalli sia in superficie che in matrice cicatrizza anche le microlesioni fino a 0.4 mm, ripristinando le caratteristiche meccaniche originali (fenomeno del *self healing*) ripristinando la continuità superficiale e strutturale nel tempo aumentandone la durabilità.

APPLICAZIONI TIPICHE NELLA MANUTENZIONE

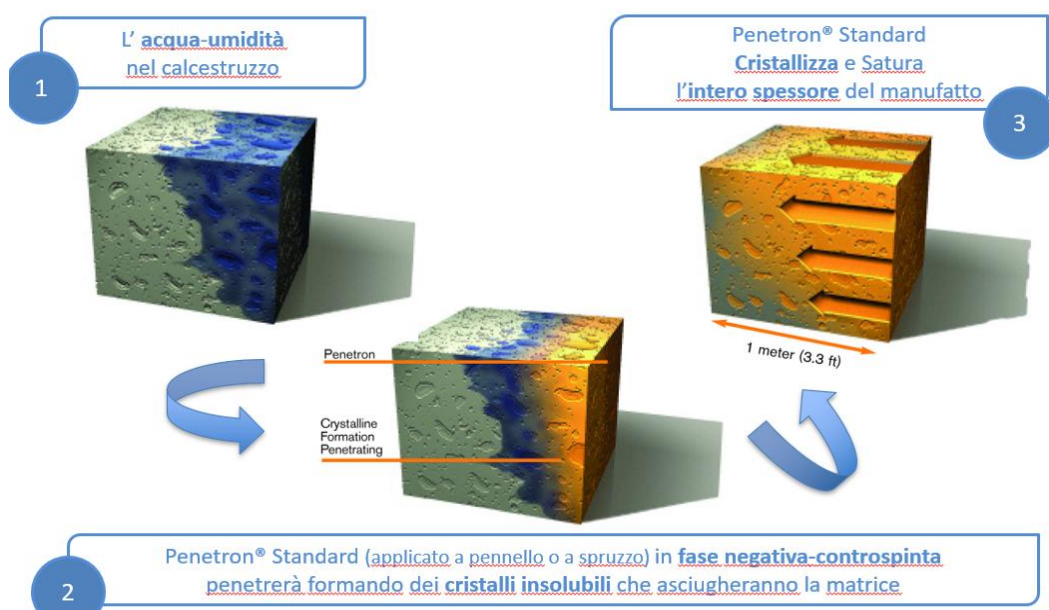
L'utilizzo dell'additivo cristallizzante in polvere **PENETRON® STANDARD** applicato in boiacca su supporti in calcestruzzo si concretizza nelle seguenti applicazioni tipiche di interventi manutentivi:

1) **protezione anticorrosiva superficiale** dal contatto con acqua di mare e acque solfatiche, fanghi, reflui urbani e industriali, cloruri e idrocarburi (aggressivi il cui pH sia compreso tra 3 e 11);

- 2) **protezione funzionale preventiva** rispetto alla proliferazione di muschi e licheni e consolidamento superficiale con incremento di resistenza all'abrasione;
- 3) **impermeabilizzazione massiva integrale** dei getti trattati superficialmente aumentandone la durabilità (in presenza di controspinta capillare);
- 4) **promotore di adesione e di diffusione cristallina profonda** fra supporto e riporti cementizi generalizzati (intonaci e/o spritz beton) o fra gli strati stessi di regolarizzazione mediante stesura fresco su fresco;
- 5) **passivazione delle armature** nelle operazioni di ripristino previa accurata pulizia con mezzi meccanici a metallo quasi bianco;
- 6) **coadiuvante nelle operazioni di risanamento e bloccaggio di infiltrazioni** dove la sua applicazione a sandwich (boiaccia-malta-boiaccia) favorisce adesione, fusione e rapidità d'intervento grazie alla diffusione della reazione cristallina fra supporto e gli strati cementizi.

UTILIZZO DEL SISTEMA PENETRON® PER IL RISANAMENTO, PROTEZIONE E IMPERMEABILIZZAZIONE INTEGRALE DI STRUTTURE IN CALCESTRUZZO INTERRATE E CONTENENTI LIQUIDI

Per la risoluzione dei tipici fenomeni di degrado delle strutture interrate in calcestruzzo in edilizia civile – industriale, il Sistema PENETRON® prevede l'utilizzo di due materiali principali: malta **MORTAR TIX CRYSTAL** e boiaccia **PENETRON STANDARD**, già miscelati con additivi idrofili autorigeneranti a cristallizzazione integrale-capillare capaci di risanare, proteggere e impermeabilizzare superfici e i calcestruzzi in massa, al fine di preservare e migliorare la durabilità dei manufatti.



Prerogativa dei materiali a cristallizzazione è l'adesione diretta sul supporto in calcestruzzo con poro aperto pulito e bagnato, per cui NON è richiesto (come invece detto nei trattamenti resinosi) uno strato sacrificale denominato "Fondi Umidi" che si interponga fra la struttura e la successiva impermeabilizzazione: tale caratteristica rappresenta un notevole vantaggio sia in tempi di applicazione che in possibili non conformità di posa dei materiali stessi.

Addentrando nel dettaglio dell'intervento di manutenzione, esso consta primariamente nel ripristino delle discontinuità puntuali quali nidi di ghiaia, fessure statiche e riprese di getto (per la natura cementizia del sistema, eventuali discontinuità dinamiche devono essere trattate con sistemi elastici); successivamente si procede all'applicazione superficiale della boiacca **PENETRON® STANDARD**.

Il trattamento sopracitato non ha finalità estetiche, in quanto il colore finale varia in relazione alla reattività superficiale innescata dalla presenza o meno di acqua in contropinta; tuttavia, qualora sia richiesta una finitura gradevole senza prescindere dalle proprietà degli additivi Penetron®, è possibile procedere con l'applicazione finale del **PENETRON® STANDARD WHITE**

E' da osservare come la boiacca **PENETRON® STANDARD** e le malte ad effetto cristallizzante, a causa della citata reattività cristallina superficiale, non sono compatibili con primer e finiture sintetiche, comprese eventuali pitturazioni.

Importante infine notare come i trattamenti cristallizzanti, data la loro traspirabilità, non rappresentano una barriera al vapore.

CASO PRATICO: VASCA ACQUA POTABILE

Il caso che prendiamo in oggetto è costituito da una vasca di nuova realizzazione in provincia di Imperia utilizzata come accumulo per acqua potabile, di dimensioni in pianta di circa 400 mq e pareti di altezza 5 metri, strutturalmente composta da:

- platea di spessore 40 cm, gettata in unica soluzione, classe di esposizione prevista XC4;
- pareti perimetrali di spessore 30 cm e altezza 5 m, gettate in unica soluzione in doppio cassero con pannelli in legno, classe di esposizione prevista XC4.

L'utilizzo della tecnologia Penetron® a cristallizzazione NON era stata prevista in fase di appalto, bensì era preventivato un calcestruzzo tradizionale NON additivato, sottoposto ad una successiva impermeabilizzazione interna resinosa, da eseguirsi previo ripristino di eventuali non conformità del calcestruzzo, stuccatura di tutti gli attraversamenti delle lamelle di ritenzione dei casseri ed applicazione di successivo strato regolarizzante e anti - umido.

Durante la fase realizzativa, varie problematiche dovute alla logistica ed alle alte temperature, hanno causato notevoli e diffuse zone di non conformità nel getto, per cui gli interventi di ripristino localizzato si configuravano come estesi rispetto ai getti eseguiti. Inoltre, vista la necessità di applicazione sulle riparazioni del successivo riporto di rasante per la finale applicazione dello strato di resina impermeabile, il ciclo proposto avrebbe apportato un notevole dispendio sia in termini di materiale che di tempistica.

La tecnologia Penetron® è stata dunque impiegata quale sistema alternativo in grado di adeguarsi simultaneamente alla necessità di conferire **IMPERMEABILITA', DURABILITA' e PROTEZIONE** della struttura in un'unica soluzione, senza prevedere alcun ulteriore rivestimento interno protettivo del calcestruzzo e permettendo così il collaudo a tenuta idraulica dell'opera in tempi ridotti.

Il ripristino delle non conformità del getto eseguito con *tecnologia Penetron®* si configura infatti già come impermeabile sia in spinta positiva che negativa, ed il trattamento superficiale eseguito con la boiacca **PENETRON® STANDARD**, applicata a pennellessa in spessore ridotto di circa 1 mm, oltre a svolgere la funzione di agente protettivo superficiale, si concretizza quale impermeabilizzante massivo di un calcestruzzo NON additivato all'origine.

Il Ciclo Penetron® ha pertanto permesso non solo la velocizzazione delle tempistiche, la riduzione degli strati applicativi, ma ha anche conferito impermeabilità e durabilità ad un calcestruzzo tradizionale.

Le fasi del ripristino sono state così approntate:

- preparazione delle superfici mediante idrolavaggio eseguito a 300 Bar di pressione, demolizione e apertura delle discontinuità quali fessure statiche (in parete), riprese di getto ammalorate (in platea e parete) ed elementi passanti (lamelle di ritenzione dei casseri in legno delle pareti)
- Trattamento ancorante ad azione cristallina diffusiva e trattamento passivante delle armature mediante stesura di boiacca **PENETRON® STANDARD** applicato a pennellessa
- ripristino volumetrico a profilo originale delle porzioni di calcestruzzo demolite mediante utilizzo di malta ad azione cristallizzante **MORTAR TIX CRYSTAL**
- trattamento generalizzato superficiale ed impermeabilizzante della matrice cementizia eseguito all'interno della struttura, mediante stesura di boiacca **PENETRON® STANDARD** applicata a pennellessa in spessore di circa 1mm.



Foto 1: vasca appena realizzata, con evidenti non conformità di getto



Foto 2: apertura delle disomogeneità del calcestruzzo



Foto 3: ripristino delle non conformità col ciclo boiacca – malta – boiacca

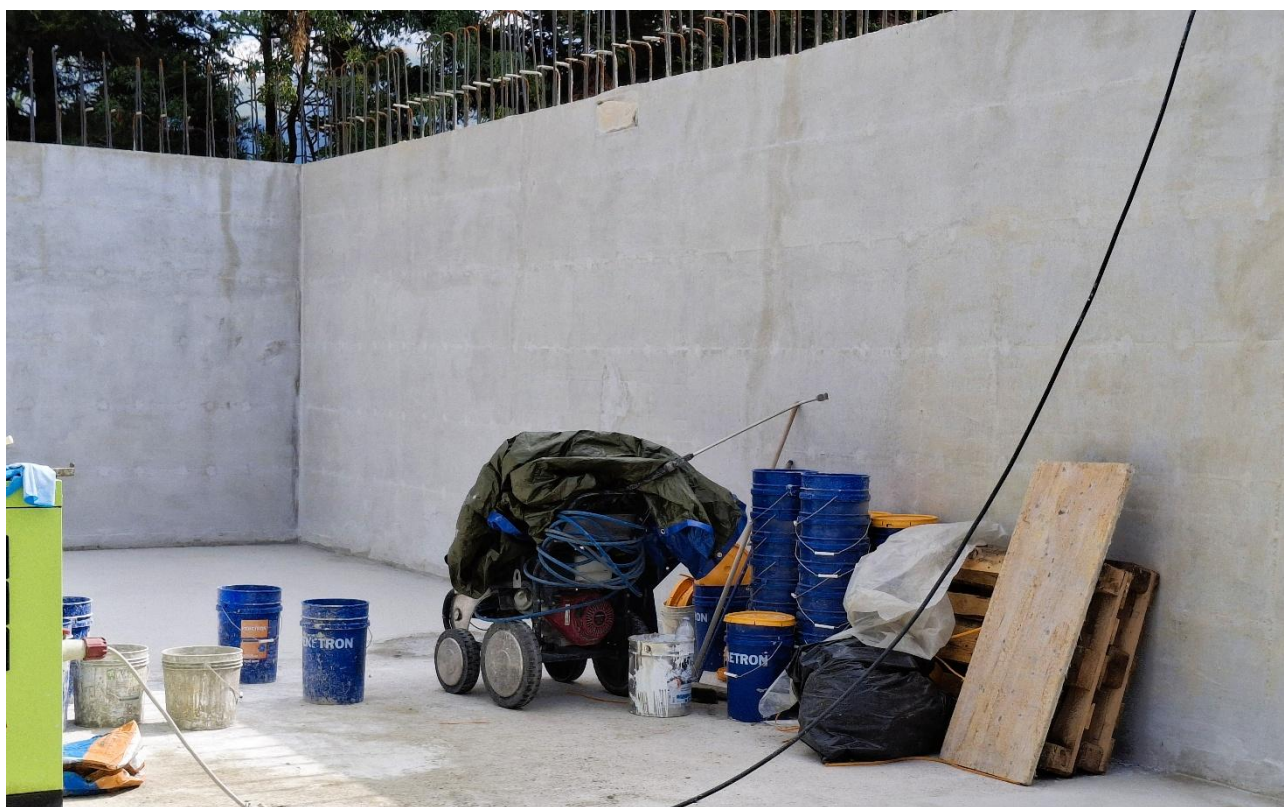


Foto 4: trattamento finale con PENETRON® STANDARD

Il *collaudo idraulico* viene successivamente realizzato riempiendo la vasca parzialmente internamente, prima del suo reinterro, potendo così visionare tutte le superfici delle pareti dall'esterno per un controllo della tenuta.



Foto 5: collaudo idraulico della vasca

Nota: per le vasche destinate ad utilizzo per acqua potabile, occorre provvedere alla passivazione del PENETRON® STANDARD tramite lavaggio con acido acetico, al fine di inibire la crescita cristallina superficiale ed il conseguente innalzamento del pH.

Di seguito elencate in dettaglio le diverse fasi tipiche nella tecnologia del ripristino.

PROCEDURE DI PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI E MODALITA' ESECUTIVE DEGLI INTERVENTI

PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI MEDIANTE PULIZIA, DEMOLIZIONE E APERTURA DELLE DISCONTINUITA'

- a) Rimozione totale di strati intermedi (intonaci, rasature e rivestimenti di qualsiasi natura) al fine di intervenire direttamente sul supporto in calcestruzzo.
- b) Demolizione delle porzioni corticali di calcestruzzo ammalorato e/o in via distacco, compreso l'approfondimento dei nidi di ghiaia fino al raggiungimento del supporto sano e consistente, liberando il più possibile eventuali armature in vista.
- c) Apertura di fessure statiche e riprese di getto ammalorate mediante scasso di sezione minima 3x3 cm; qualora le discontinuità siano perpendenti acqua è consigliabile creare scassi antiespulsivi aumentandone anche la profondità.
- e) Le armature eventualmente messe a nudo devono essere pulite al raggiungimento di metallo quasi bianco.
- f) Accurata pulizia con idrogetto o con idrosabbatura (se la superficie risulta molto dura e chiusa) al fine di rimuovere dalla superficie ogni tipo di sostanza inquinante, polverulenza, parti decoese e incrostazioni.

- PRESIDI PER IL BLOCCAGGIO PROVVISORIO DI VENUTE D'ACQUA ANCHE IN PRESSIONE PER CONSENTIRE LE OPERAZIONI DI RIPRISTINO

- a) Tamponamento mediante stuccatura con cemento alluminoso **WATER PLUG ALLU** a presa istantanea nei punti di trasudamento al fine di facilitare o consentire il proseguo dei lavori.
- b) Eventuale iniezione di opportune resine poliuretaniche monocomponenti idroespansive nei punti di copiose e violente fuoriuscite d'acqua in pressione, mediante installazione di idonei packer per l'iniezione.

- RIPRISTINO VOLUMETRICO A PROFILO ORIGINALE DELLE PORZIONI DI CALCESTRUZZO MANCANTI O DEMOLITE

- a) Trattamento ancorante ad azione cristallina diffusiva tra vecchio supporto e nuovo riporto di malta e trattamento passivante delle armature mediante stesura su superfici bagnate a rifiuto di boiacca cristallizzante di **PENETRON STANDARD**, applicato in una o due mani a pennellessa in ragione circa di kg/mq 1,00 di polvere
- b) Ricostruzione a profilo originale dei volumi mancanti o demoliti mediante utilizzo di malta reoplastica, fibrorinforzata, monocomponente, a ritiro controllato ad azione cristallizzante **MORTAR TIX CRYSTAL**, applicata in spessori da mm 10 a 30 per passata fresco su fresco sul **PENETRON STANDARD**.
- c) Finitura delle riparazioni eseguite mediante stesura sulla malta ancora umida di una mano di boiacca cristallizzante di **PENETRON STANDARD** a pennellessa in ragione di kg/mq 1 di polvere.

- TRATTAMENTO GENERALIZZATO SUPERFICIALE E IMPERMEABILIZZANTE DELLA MATRICE CEMENTIZIA ESEGUITO ALL'INTERNO DELLA STRUTTURA, ANCHE IN CONTROSPINTA

Bonifica integrale di strutture in calcestruzzo mediante trattamento impermeabilizzante a penetrazione cristallina capillare eseguita sul supporto in calcestruzzo ripristinato, esente da rivestimenti e bagnato a rifiuto, mediante stesura di boiacca cementizia ad azione cristallizzante **PENETRON STANDARD** data a pennello, spruzzo o spazzolone (superfici orizzontali) con un consumo di polvere di 1,1-1,5 Kg/mq (in funzione dell'irregolarità del supporto) in una o due mani.

Il **PENETRON STANDARD** è fornibile nella versione **WHITE**.

CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEL PRODOTTO **PENETRON STANDARD/WHITE**

- Penetron Standard è "integrale", forma un corpo unico con la struttura in calcestruzzo, non deve essere confuso con un rivestimento superficiale
- Può essere applicato sia in fase positiva che in fase negativa (controspinta, situazione ideale)
- Penetron Standard è un materiale certificato *CE* secondo la 1504-2, 1504-3 e 1504-7. Il prodotto è supportato inoltre da certificazione EPD (dichiarazione ambientale prodotto), e certificazione GREEN GUARD GOLD (bassa emissione chimica) utile per la certificazione LEED.
- L'impermeabilità e la protezione chimica rimangono anche a rivestimento rimosso (test *UNI EN 12390-8, GB 18445-2001*)
- Agisce in profondità in presenza continua d'acqua (*circa 30 cm. dopo 60 giorni di maturazione, esame al microscopio ASTM C457 e spettroscopia a infrarossi PEM 990-9647*), chiude la porosità e la capillarità del calcestruzzo, si riattiva ogni qualvolta vi sia presenza di umidità
- Sigilla con la sua crescita cristallina fessurazioni di ampiezza fino a 0,4 mm (test *UNI EN 12390-8*)
- Resiste in presenza di forti pressioni idrostatiche, testato per opporsi a 16 bar di spinta (test *CRD-C-48-73*)
- Prova di distacco mediante pull-off dopo maturazione in acqua (*UNI EN 1542*): $> 3,0 \text{ N/mm}^2$
- Supera i 50 cicli di gelo e disgelo (test *ASTM C-672-76*), resiste agli agenti atmosferici e alle acque contenente carbonati, cloruri, solfati o nitrati
- Resiste alle concentrazioni chimiche per contatto continuo con pH da 3 a 11 (test *ASTM C-267-77*) e ad attacchi chimici severi (test *UNI EN 13529*) compreso carburanti per aviazione (soluzione al 50% - 50% in volume di TOLUENE + TRIMETILPENTANO)
- Resiste alle radiazioni gamma (test *ASTM N69-1967, ISO 7031*)
- Può essere utilizzato come passivante delle armature (test *UNI EN 60068-2-11, UNI EN 15183:2007, UNI EN ISO 6988.1998*), mantiene l'ambiente alcalino necessario per la protezione dei ferri di armatura dalla corrosione, stabilizza la calce libera solubile.
- Diminuisce "sensibilmente" il coefficiente di diffusione della carbonatazione rispetto al calcestruzzo "non trattato" di una classe superiore (test *SIA 262/1*)
- E' facile nell'applicazione: come "boiacca cementizia" a pennello o a spruzzo (rivestimento cementizio a penetrazione capillare attiva) su superfici inumidite a rifiuto
- E' permeabile al vapore acqueo e permette alla struttura di respirare
- Non è tossico ed è compatibile con acqua potabile (*conforme D.M. 174/2004, NSF/ANSI 61*).