



Chapelle Saint Nicodème - Pluméliau (Francia)

Edifici Storici o di Pregio

L'IMPORTANZA DELLA TUTELA, CONSERVAZIONE E VALORIZZAZIONE
DEL PATRIMONIO ARTISTICO DEL NOSTRO PAESE.



Intervista al direttore generale FAI
Angelo Maramai per GEOACTION di Urettek®:
tutelare i beni culturali del nostro paese
Il FAI nasce grazie alla passione, all'entusiasmo e all'ambizione...

PAG. **2**



Case History Chapelle Saint Nicodème -
Pluméliau (Francia):
come far risplendere un gioiello architettonico
Un intervento non invasivo, senza scavi o lavori in muratura...

PAG. **4**



Case History "Palatium Vetus" Alessandria:
restauro del più antico palazzo di Alessandria
Il progetto di ristrutturazione e restauro conservativo dell'immobile, prevedeva
un rilevante aumento dei carichi sulle fondazioni esistenti...

PAG. **6**



Approfondimento scientifico
Palazzo di Punta della Dogana:
la "Dogana De Mar" è di nuovo sicura
Si è scelto d'intervenire nel volume immediatamente sottostante le fondazioni...

PAG. **10**

Tutelare i Beni Culturali del Nostro Paese

Intervista al direttore generale FAI Angelo Maramai per GEOACTION di Urettek®.



Penso che tutti sappiano cos'è il FAI. Per coloro che ne hanno solo un'idea approssimativa, vuole riassumerci quali sono gli scopi dell'Associazione e le ragioni della sua fondazione?

Il FAI FONDO AMBIENTE ITALIANO, fondazione nazionale senza scopo di lucro, nasce quasi 40 anni fa, nel lontano 1975, grazie alla passione, all'entusiasmo e all'ambizione di "quattro grandi saggi", visionari e concreti al tempo stesso: Giulia Maria Crespi, Renato Bazzoni, Alberto Predieri e Franco Russoli. Sull'esempio del National Trust inglese, l'obiettivo dei fondatori era quello di contribuire fattivamente alla tutela, conservazione e valorizzazione del patrimonio d'arte, storia, natura del nostro Paese.

Da allora, ogni giorno, siamo impegnati a perseguire con fedeltà e determinazione la nostra missione, missione che nel tempo siamo andati declinando in tre grandi aree di intervento. Innanzitutto c'è l'attività di restauro e restituzione al pubblico di monumenti e luoghi di natura del nostro Paese, che ci vengono affidati per donazione da privati o in concessione da enti pubblici.

Gli esiti concreti di questo nostro lavoro sono nei 47 Beni, disseminati in tutto il territorio

italiano, che tuteliamo e gestiamo: castelli e complessi monastici, giardini e aree naturali, importanti dimore e piccoli gioielli incastonati nel territorio, luoghi molto diversi tra loro ma accomunati dal fatto di essere ognuno una testimonianza originale e imperdibile della nostra storia e della nostra identità che, senza l'intervento del FAI, sarebbe stata condannata all'incuria e al danneggiamento.

Operiamo poi, attraverso importanti campagne di comunicazione - come la Giornata FAI di Primavera o il censimento dei Luoghi del Cuore - e progetti specifici dedicati agli studenti e alle scuole, per educare e sensibilizzare la collettività alla conoscenza e alla cura dell'arte e del paesaggio, affinché tutti, fin da piccoli, impariamo a riconoscere e amare la bellezza che ci circonda e da questa base di conoscenza e amore, ci impegniamo in prima persona a rispettarla e difenderla. Infine, e con un coinvolgimento decisamente in crescita negli ultimi anni, ci attiviamo per vigilare e intervenire sul territorio facendoci portavoce degli interessi e delle istanze della società civile.

L'uomo non può vivere senza un ambiente adeguato sia per quanto riguarda la sopravvivenza fisica sia per ciò che attiene ad un rapporto armonico più ampio e profondo. Nella sua esperienza, pur in questo periodo di crisi economica, ritiene che questi valori irrinunciabili siano ancora presenti nelle aspirazioni delle persone?

Certamente, anzi credo proprio che se ci sarà un lascito positivo di questa terribile crisi economica, sarà proprio quello di averci in qualche modo obbligati a riconsiderare le nostre esistenze e i nostri valori. In quest'ottica tutti i temi per la cui difesa e promozione il FAI è nato e lavora, diventeranno, e stanno già diventando, sempre più centrali. L'equilibrio tra l'uomo e la natura, la conservazione del paesaggio per un futuro sostenibile, il senso

di appartenenza alle proprie tradizioni e alla propria cultura, il benessere come risultato più dell'"essere" che dell'"avere"....

Quando, per esempio, apriamo al pubblico i Beni restaurati, invitiamo a visitarli e li animiamo con un'iniziativa culturale o una manifestazione per le famiglie, lo facciamo proprio per questo: per offrire a noi tutti il senso e il piacere di vivere un'esperienza di conoscenza, condivisione e bellezza in un luogo, di natura o arte, che ci restituisca il significato più profondo del nostro essere uomini.

Gli interventi di Urettek®, rivolti ad arrestare o prevenire i cedimenti che possono verificarsi in una struttura civile o industriale e commerciale, sono in qualche modo in linea con le attività del FAI nel senso che l'obiettivo finale è quello di recuperare e valorizzare l'esistente. Cosa ne pensa?

In effetti Urettek® e il FAI operano entrambi nell'ambito della conservazione degli edifici storici e dei monumenti. E so - sulla base

“ La tecnologia proposta da Urettek®, per la soluzione dei problemi di cedimento dei terreni ad esempio, può rispondere in maniera corretta all'esigenza di realizzare interventi di restauro che garantiscano la tutela e conservazione dei materiali e delle tecniche costruttive tradizionali e al tempo stesso riducano il più possibile il rilascio di prodotti inquinanti nell'ambiente circostante. ”

dell'esperienza dei colleghi, ingegneri e architetti, dell'Ufficio Tecnico della Fondazione - che la tecnologia proposta da Uretex®, per la soluzione dei problemi di cedimento dei terreni ad esempio, può rispondere in maniera corretta all'esigenza di realizzare interventi di restauro che garantiscano la tutela e conservazione dei materiali e delle tecniche costruttive tradizionali e al tempo stesso riducano il più possibile il rilascio di prodotti inquinanti nell'ambiente circostante.

A partire da questi presupposti, la Fondazione in passato si è avvalsa dell'intervento di Uretex® nell'ambito dei lavori di restauro della Chiesa di S. Maria al Castello presso il Castello della Manta, nel cuneese, dove i gravi problemi strutturali, dovuti al cedimento delle fondazioni della tardo-cinquecentesca Cappella di Michelantonio, sono stati risolti con l'impiego di tecnologie Uretex®.

Tra le attività del FAI ci sono degli aspetti poco conosciuti che vorrebbe portare all'attenzione dei nostri lettori?

Credo che la Fondazione sia soprattutto nota per la sua attività di restauro e apertura al pubblico di Beni monumentali e naturali, mentre meno conosciuto è l'ambito della vigilanza e degli interventi sul territorio, in difesa del paesaggio e dei beni culturali. In concreto, ogni mese valutiamo decine di segnalazioni e richieste d'aiuto che ci giungono da cittadini, associazioni locali, amministratori ed enti pubblici, relative a siti culturali in degrado o a minacce di progetti di trasformazione a forte impatto ambientale. Di molte di queste segnalazioni diventiamo concretamente portavoce, raccogliendo e producendo tutta la documentazione informativa e presentando le relative istanze agli enti deputati. E in molti casi, l'intervento del FAI si è rivelato determinante per arrivare a una soluzione positiva. Si tratta di un lavoro molto impegnativo, e in continua crescita, che possiamo sostenere soprattutto grazie al coinvolgimento attivo della nostra rete di Delegazioni locali che, arrivate a quota 112, sono presenti in tutte le regioni italiane. Alle delegazioni, interamente formate da volontari appassionati e competenti, alla loro presenza capillare e al ruolo di "guardiani" del

patrimonio naturale e artistico dei loro territori, dobbiamo la capacità di diffondere i valori che ci guidano e di incidere concretamente nelle multiformi e variegate realtà che costituiscono il tessuto storico e sociale italiano.

Quali sono gli obiettivi del FAI per il futuro prossimo e remoto e qual è l'appello che più di ogni altro vorrebbe fare al pubblico?

Nell'ambito dell'attività di restauro, il futuro ci vedrà soprattutto impegnati in tre importanti interventi. Il primo, a cui abbiamo già iniziato a lavorare, è il progetto di restauro conservativo e rifunzionalizzazione di Palazzo e Torre Campatelli, originale testimonianza medievale della storia urbanistica e sociale di San Gimignano, uno dei borghi più belli e rappresentativi d'Italia, insignito del riconoscimento Unesco di "Patrimonio mondiale dell'umanità".



Spostandoci a sud, in Puglia, a seguito della vittoria del bando pubblico della Provincia di Lecce, abbiamo ricevuto in concessione trentennale l'Abbazia di S. Maria di Cerrate.



Saremo dunque impegnati nell'attività di restauro, e poi di gestione e valorizzazione, di questo splendido monumento fondato dai normanni nel XII secolo, primo Bene FAI in Puglia. Si tratta di una straordinaria opportu-

“ Il nostro impegno sarà dunque sempre più rivolto ad allargare il territorio di quanti credono che la tutela e la valorizzazione del patrimonio culturale sia un valore fondante per la nostra identità di cittadini. ”

nità per far conoscere un altro pezzo del nostro importante patrimonio agli italiani e agli stranieri che frequentano il nostro Sud e una grande possibilità di ampliare la presenza del FAI sul territorio. Infine il FAI ha deciso di intervenire offrendo il proprio contributo al servizio della ricostruzione, dopo il terribile terremoto che ha colpito l'Emilia Romagna.

Nel concreto abbiamo deciso di mobilitarci per il restauro di un Bene fortemente simbolico, il Municipio di Finale Emilia, nobile edificio settecentesco sovrastato, prima del terremoto, da un piccolo campanile che scandiva la vita della cittadina e rappresentava da sempre il cuore della comunità.

Ma per fare tutto questo - e realizzare anche tutti gli altri progetti in ambito educativo e di sensibilizzazione e vigilanza sul territorio - per assicurare continuità, ampiezza di confini e incisività alla nostra missione, abbiamo davvero bisogno del concreto sostegno e della partecipazione di tutti: aziende, istituzioni, privati cittadini.

Lavoreremo perché cresca sensibilmente il numero degli iscritti al FAI - oggi "appena" 90.000, domani dovranno essere almeno il doppio - dei volontari, dei donatori e dei partner aziendali.

Il nostro impegno sarà dunque sempre più rivolto ad allargare il territorio di quanti credono che la tutela e la valorizzazione del patrimonio culturale sia un valore fondante per la nostra identità di cittadini e una base imprescindibile per il rilancio economico, e morale, del nostro paese. E, di conseguenza, decidono di "scendere in campo" in prima persona.

Come far risplendere un gioiello architettonico

Chapelle Saint Nicodème - XVI secolo - Pluméliau (Francia)

Un intervento non invasivo, senza scavi o lavori in muratura, con l'utilizzo di resina URETEK GEOPLUS®.



L'EDIFICIO

La Chapelle Saint Nicodème, ubicata nel canton de Baud, un territorio ricco di testimonianze archeologiche, è considerata da molti come uno degli edifici più belli della Bretagna.

Le prime pietre di questo gioiello architettonico furono posate all'incirca nel 1520 e la costruzione, ad opera dell'architetto J. Le Layec, durò fino al 1539.

IL PROBLEMA

Vi sono testimonianze datate 1914 che denunciano fessurazioni del campanile dovute a problemi in fondazione.

Un sondaggio geognostico realizzato nel 1926 pone all'origine dei dissesti la natura del terreno di fondazione costituito da scisti friabili e molto sensibili all'umidità. Nel 1972 si rilevava un'inclinazione della cappella verso il lato Sud.

Nonostante le attenzioni che l'edificio ha ricevuto anche nel corso del XX secolo, i lavori realizzati non sono mai stati risolutivi.

LA SOLUZIONE

Considerando che i precedenti interventi con iniezioni cementizie si erano rivelati insufficienti, la criticità della situazione ha reso improrogabile un intervento di consolidamento sia

del terreno di fondazione che della fondazione stessa. L'intervento di compattazione del terreno di fondazione è stato realizzato con la tecnologia Uretek Deep Injections® mentre le iniezioni volte a riempire i vuoti nei giunti tra i blocchi lapidei, ripristinando il legante ammalorato o mancante, sono state eseguite utilizzando il metodo Uretek Walls Restoring®.

L'intervento è stato realizzato in due fasi: la prima nei mesi di aprile e maggio 2009 e la seconda tra il 6 ed il 9 ottobre 2009.

Da un punto di vista architettonico la cappella forma una croce latina (vedi immagine) con



una navata di 31 m di lunghezza e 7 m di larghezza ed appartiene ad un periodo di transizione stilistica: la struttura generale resta d'ispirazione medioevale mentre le decorazioni sono più ascrivibili al repertorio rinascimentale.



le. La torre principale, oggetto dell'intervento, raggiunge un'altezza di 50 m e poggia su una base rettangolare di 11 per 20 m.

Il piano d'imposta della fondazione è stato rilevato alla profondità di -1,0 m dal p.c.

Il livello di falda ha una profondità di -1.4 m dal p.c.

Le fondazioni della chiesa sono impostate a -3,0 m dal p.c. ed il suolo è prevalentemente costituito da micascisti alterati con presenza di fessure.

Tra gli anni 1927 e 1930 si sono realizzate delle iniezioni di cemento a bassa pressione per consolidare il terreno di fondazione.

Durante i sopralluoghi che hanno preceduto l'ultimo restauro sono state individuate importanti fessure imputabili all'umidità ambientale e alla non corretta regimazione delle acque di scorrimento superficiali.

L'INTERVENTO

Si sono iniettate nel terreno e all'interno del corpo murario della fondazione due tipi di resine espandenti caratterizzate da pressioni di rigonfiamento molto diverse tra loro.

Per riempire i vuoti presenti nei giunti dei blocchi si è utilizzata la resina IDRO CP 200 che possiede caratteristiche meccaniche paragonabili a quelle delle normali malte di allettamento mentre in corrispondenza dell'interfaccia terreno/fondazione è stata iniettata la resina URETEK GEOPLUS® caratterizzata da rapida espansione e alta pressione di rigonfiamento. Una successiva fase d'iniezione ha permesso di incrementare il modulo elastico del sedime maggiormente interessato dalle tensioni indotte dal carico della struttura, riducendone la sensibilità ai cedimenti.

L'intera durata dei lavori è stata controllata da uno studio esterno, preposto al controllo della qualità dell'intervento, che ha provveduto a realizzare prove pressiometriche comparative e carotaggi con prelievo di campioni sia del terreno che della fondazione.

I risultati dell'intervento sono stati molto soddisfacenti e potranno essere apprezzati a pieno col trascorrere del tempo. Già oggi, comunque, sono stati moltissimi gli apprezzamenti ricevuti al momento della restituzione dell'opera alla comunità locale.



Restauro del più antico palazzo di Alessandria

Palatium Vetus - XII secolo - Alessandria

Questo restauro ha richiesto la compattazione del terreno a vari livelli di profondità.



L'EDIFICIO

"Palatium Vetus" è il più antico palazzo storico della città di Alessandria. Il complesso immobiliare, edificato nel cuore della città intorno al 1170, è costituito da vari corpi di fabbrica annessi e da cortili interni.

Nei secoli, il palazzo ha subito diversi interventi di ristrutturazione e ampliamento che hanno modificato la configurazione della struttura e di conseguenza la storia tensionale del terreno sottostante.

Oggi la struttura si presenta costituita da un corpo unico, su due livelli fuori terra, con varie tipologie di fondazione.

IL PROBLEMA

Il progetto di ristrutturazione e restauro conservativo dell'immobile, prevedeva un rilevante aumento dei carichi sulle fondazioni esistenti. La capacità portante del sedime d'imposta doveva essere aumentata, preventivamente, per adeguarsi al nuovo stato tensionale.

STUDIO DI FATTIBILITÀ

In fase preliminare, l'ufficio tecnico Uretex ha

condotto uno studio di fattibilità dell'intervento valutando due aspetti fondamentali del terreno: lo stato tensionale e lo stato deformativo.

Il primo è stato studiato attraverso l'utilizzo del software Uretex S.I.M.S. 1.0, con cui si è calcolato lo stato di tensione nel terreno in seguito al trattamento, il grado di espansione della resina iniettata e il valore dei parametri geotecnici del terreno migliorato. Il secondo è stato analizzato mediante un software agli elementi finiti (PLAXIS ver. 8.2), che ha permesso di visualizzare i quadri deformativi del terreno nelle diverse configurazioni e di stimare il GDS (grado di sicurezza) nelle diverse ipotesi di calcolo. I risultati ottenuti con la modellazione, hanno evidenziato il beneficio offerto al terreno dal trattamento d'iniezione in termini di riduzione delle deformazioni e d'incremento del GDS.

LA SOLUZIONE

Il progetto originale prevedeva una sottofondazione con micropali disposti a cavalletto. In variante, i progettisti hanno scelto una tecnologia caratterizzata da bassa invasività e tempi d'esecuzione rapidi: Uretex Deep Injections® con iniezioni di resina espandente Uretex Geoplus®.

L'intervento ha avuto luogo in due fasi:

1ª - Compattazione superficiale: iniezioni ese-

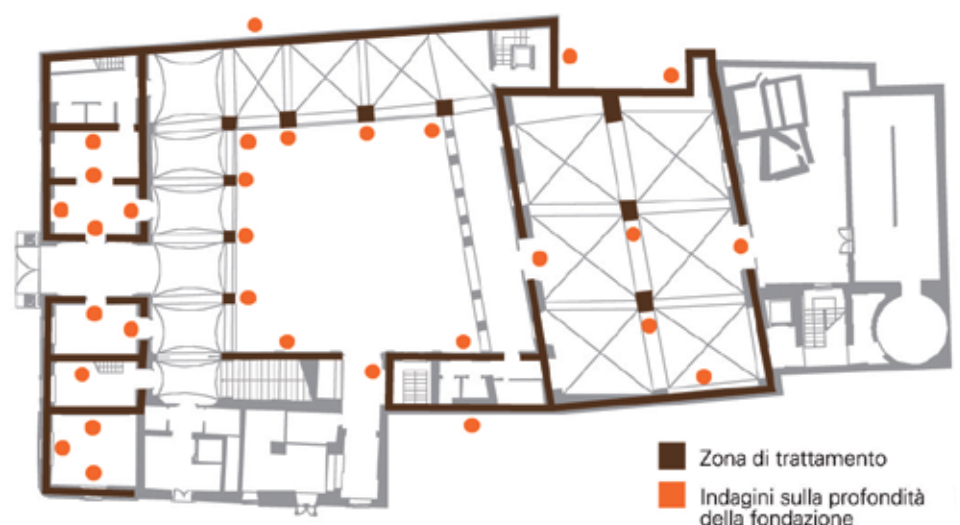
guite nell'intradosso delle fondazioni allo scopo di migliorare le caratteristiche geomeccaniche del terreno e riempire i vuoti macroscopici presenti nell'interfaccia fondazione-terreno.

2ª - Consolidamento in profondità: oltre alle precedenti, si sono eseguite iniezioni su 4 livelli di profondità, nel volume di terreno maggiormente interessato dai carichi sovrastanti. La riuscita dell'intervento è stata verificata tramite monitoraggio laser durante le iniezioni e mediante l'esecuzione di prove penetrometriche, sia prima sia dopo l'intervento.

Sono stati trattati 214 m lineari di fondazioni nastriformi, 14 colonne del portico e 3 plinti interni. L'intera operazione, comprendente il monitoraggio e le verifiche penetrometriche comparative, ha richiesto 25 giorni lavorativi.

OSSERVAZIONI:

La bassa invasività e la versatilità della tecnologia, hanno consentito di realizzare i lavori in spazi ristretti senza ricorrere a scavi o altre lavorazioni complementari e in tempi molto ra-



pidi. Le indagini preliminari all'intervento, hanno evidenziato l'importanza di una campagna geognostica completa, volta a determinare sia i parametri geotecnici del terreno che la geometria delle fondazioni. Infine, l'approfondita fase di progettazione, il monitoraggio e il collaudo conclusivo, operati dall'ufficio tecnico di Uretek, hanno soddisfatto pienamente le più recenti prescrizioni delle norme tecniche (DM 14/01/2008).

LE INDAGINI

Nella relazione tecnica di progetto, l'incremento dei carichi dovuto al restauro variava da un minimo di 9% a un massimo del 50% (mediamente del 20%). Per determinare la quota del piano d'imposta e la larghezza delle fondazioni, sono state eseguite delle perforazioni, sia a ridosso della muratura sia a distanza crescente dalla stessa, per individuare l'eventuale presenza di allargamenti o travi di collegamento fra i plinti. Si è così appurato che le murature sono state realizzate in mattone pieno e legante. In taluni casi, alla base della fondazione, si è rilevata la presenza di materiale lapideo di elevata consistenza. I sondaggi hanno verificato che la profondità della fondazione, varia da un minimo di 0,5 m a un massimo di 3,2 m. Per definire la litologia del terreno si sono realizzate indagini geologiche quali: sondaggi a rotazione con carotaggio continuo, prove penetrometriche SPT in foro, prelievo di campioni

indisturbati per le prove di laboratorio, prove penetrometriche dinamiche SCPT eseguite con penetrometro superpesante tipo Pagani. Da tali indagini si è rilevata la presenza di uno strato superficiale di riporto, seguito da uno strato di argilla debolmente limosa; a quota inferiore si è trovato limo sabbioso con rari ciottoli e infine ghiaie in matrice sabbiosa-argillosa e in sabbia grossolana.

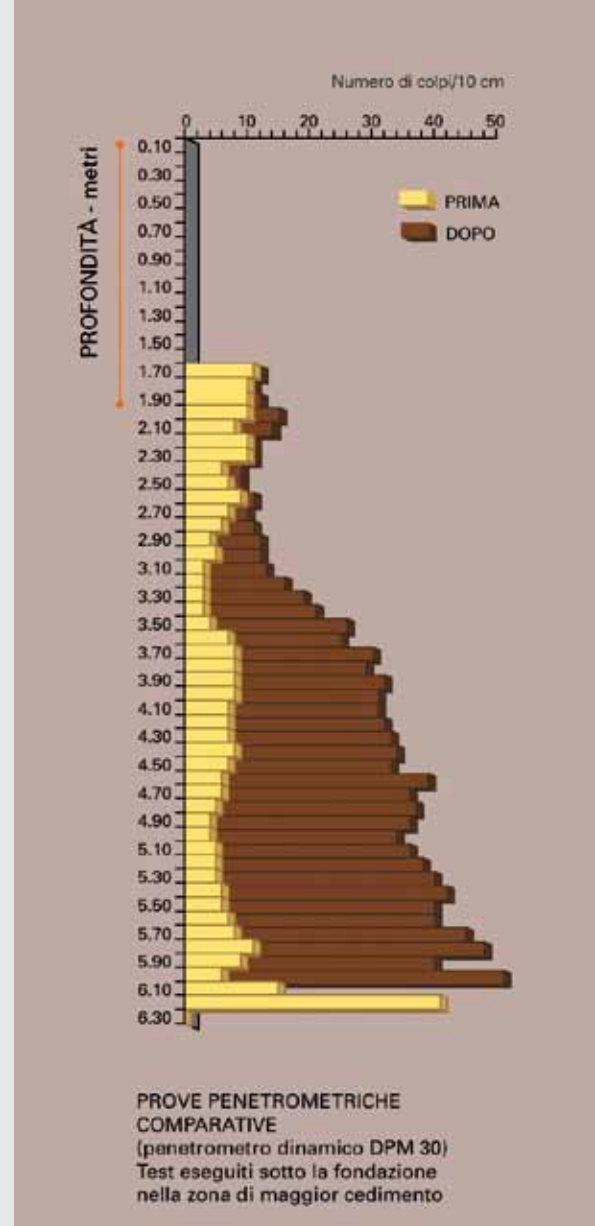
L'INTERVENTO

Le iniezioni hanno interessato il volume di terreno presente nei primi 3,50 m partendo dal piano d'imposta della fondazione.

Il metodo di consolidamento Uretek Deep Injections® utilizza iniezioni di una speciale resina espandente, Uretek Geopius®, che compatta il terreno in profondità. Questa resina, che nel corso della sua espansione esercita un'elevata pressione di rigonfiamento, ha tempi di polimerizzazione molto rapidi: in questo modo, la miscela iniettata resta confinata all'interno del bulbo di terreno maggiormente interessato dalle tensioni indotte dai carichi in superficie senza disperdersi inutilmente.

LE VERIFICHE

Al termine della fase d'iniezione, per collaudare l'intervento, si è fatto riferimento ai risultati di 14 prove penetrometriche comparative, eseguite prima e dopo le iniezioni. L'obiettivo prefissato consisteva nel raggiungimento di un



numero di colpi medio $N_{10} \geq 14$ nei volumi di terreno consolidato. I valori misurati hanno evidenziato che l'obiettivo era stato raggiunto e superato in tutti i punti indagati.

“ Al termine della fase d'iniezione, per collaudare l'intervento, si è fatto riferimento ai risultati di 14 prove penetrometriche comparative, eseguite prima e dopo le iniezioni. ”



Nel cuore dei Fori Imperiali

Basilica SS. Cosma e Damiano - Roma

APPLICAZIONE COMBINATA DI DUE TECNOLOGIE: tecnologia Uretex Walls Restoring® per rinforzare la muratura ricostituendone l'integrità e riempiendo i vuoti in essa presenti e tecnologia Uretex Deep Injections® per il miglioramento delle caratteristiche meccaniche ed idrauliche del terreno di fondazione sottostante la muratura.



Fori Imperiali - Roma



L'EDIFICIO

Dedicata ai due fratelli greci, dottori, martiri e santi Cosma e Damiano, questa importante chiesa di Roma è situata nel Foro di Vespasiano (Foro della Pace) a circa 300 m dal Colosseo. Il muro che costituisce il fianco sinistro della rampa di accesso alla Basilica e che delimita lo scavo sul Foro Romano è stato consolidato dall'intervento descritto di seguito.

IL PROBLEMA

Gli assestamenti del muro verificatisi nel tempo, avevano causato, tra l'altro, l'espulsione di parte della foderia esterna in conci di tufo mettendo a giorno il nucleo della muratura costituito da pietrame posato a secco. Prima dell'intervento di rinforzo della muratura, la foderia esterna è stata ripristinata nelle zone in cui mancava.

LA SOLUZIONE

Dovendo rinforzare la muratura in elevazione e consolidare il terreno di fondazione del muro stesso, il committente si è rivolto ad Uretex, titolare delle tecnologie Walls Restoring® e Deep Injections®.

LA STRUTTURA

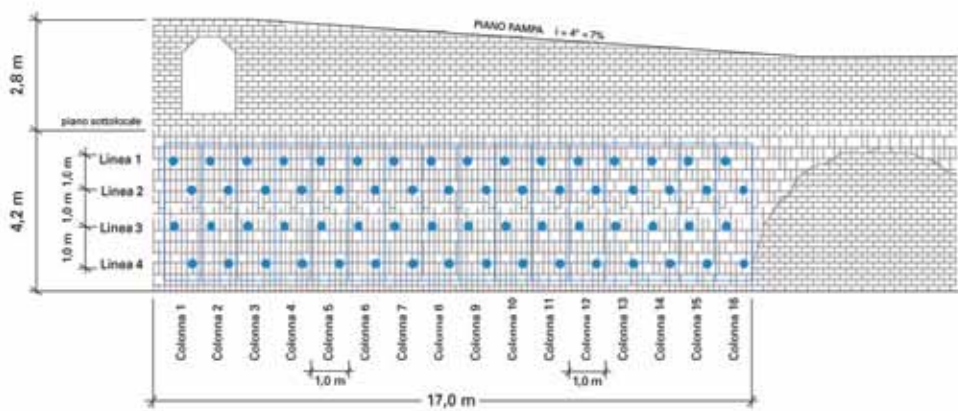
Il fianco sinistro della rampa di accesso alla Basilica dei SS. Cosma e Damiano, in via dei Fori Imperiali a Roma, è costituito da un muro

composito che delimita lo scavo sul Foro Romano. La parte superiore di tale muro è in laterizio, mentre la parte inferiore è "una macera", con nucleo in blocchi lapidei privi di legante e paramento esterno in conci di tufo, parzialmente rimosso in passato.

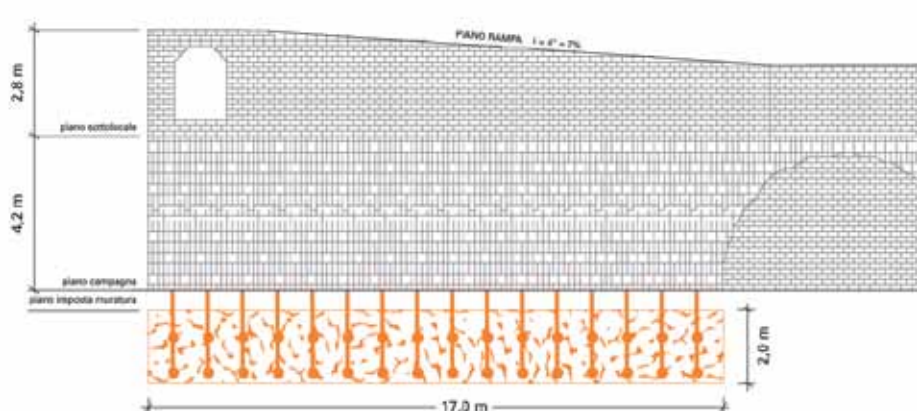
LE INDAGINI

Preliminarmente all'esecuzione degli interventi Deep Injections® e Walls Restoring® i tecnici Uretex hanno eseguito n°3 perforazioni verticali





Disposizione delle perforazioni nella muratura



Terreno di fondazione oggetto d'intervento Uretex Deep Injections®

attraverso la fondazione del muro stesso per verificare la sua profondità d'iposta e la tipologia di terreno ad essa sottostante. Tali fori hanno rilevato la presenza di una fondazione 'recente' impostata alla quota di m 0,30-0,40 dal piano di calpestio, un successivo strato di terreno ed una fondazione più antica a partire dalla profondità di m 1,60-2,40 dal piano di calpestio. I tecnici Uretex hanno eseguito anche una serie di perforazioni orizzontali allo scopo di verificare lo spessore del paramento murario e valutare l'entità dei vuoti presenti al suo interno. Il paramento murario è risultato spesso m 0,40-0,50 seguito da uno strato di pietrame 'a secco' di m 2,00-2,70.

INTERVENTO WALLS RESTORING®

L'intervento sulla muratura ha avuto lo scopo di riparare, rinforzare e ricostituire l'integrità strutturale di m³ 178,5 di paramento murario (m 17,0 di lunghezza, m 4,2 di altezza e m 2,5 di spessore), riempiendo i vuoti in esso presenti. Le perforazioni, di diametro pari a 26 mm, sono state eseguite in orizzontale attraverso la muratura, secondo una maglia a quinconce con interassi orizzontale e verticale pari a m 1,00, per una profondità massima di m 2,30 dalla superficie esterna del muro. All'interno di ogni foro sono state posizionate tre cannule d'iniezione (vedi foto 3), che hanno raggiunto le distanze di m 0,80, m 1,80 e m 2,30 dalla superficie esterna del muro. Al termine delle perforazioni sono stati posti in opera i condotti d'iniezione e quindi è stata iniettata la speciale resina Uretex Hydro CP200, impermeabile, con caratteristiche meccaniche paragonabili alle normali malte di allettamento. Per localizzare l'intervento e

controllare eventuali deformazioni del muro le iniezioni, sono state eseguite per punti, orizzontalmente al piano di calpestio, partendo dalla linea più bassa della muratura. La resina, espandendosi, ha potuto raggiungere le cavità prossime al punto di iniezione e di conseguenza saturare i vuoti della muratura e ricostituire la sua struttura.

INTERVENTO DEEP INJECTIONS®

L'intervento ha avuto lo scopo di migliorare le caratteristiche meccaniche ed idrauliche del terreno di fondazione sottostante ml 17,0 di muratura. Le perforazioni, di diametro pari a 26 mm, sono state eseguite attraverso la muratura ed estese per una profondità massima di 1,10 m oltre il piano di posa della stessa, per poter in tal modo raggiungere con precisione il terreno da trattare e localizzare accuratamente l'effetto delle iniezioni. Posti in opera i condotti d'iniezione mediante percussori elettrici, è stata iniettata la resina Uretex Geoplus® alle quote di m 0,10 e m 1,10 dal piano di posa della muratura; il materiale è stato messo in opera dapprima nel livello più superficiale e di seguito in quello più profondo.

Prove di controllo

Durante le operazioni di iniezione della resina, per avere un riscontro del comportamento della struttura nei riguardi degli spostamenti verticali, si è fatto uso di strumentazione laser con precisione di +/- 0,5 mm. Oltre a ciò, l'esito positivo dell'intervento è stato così verificato:

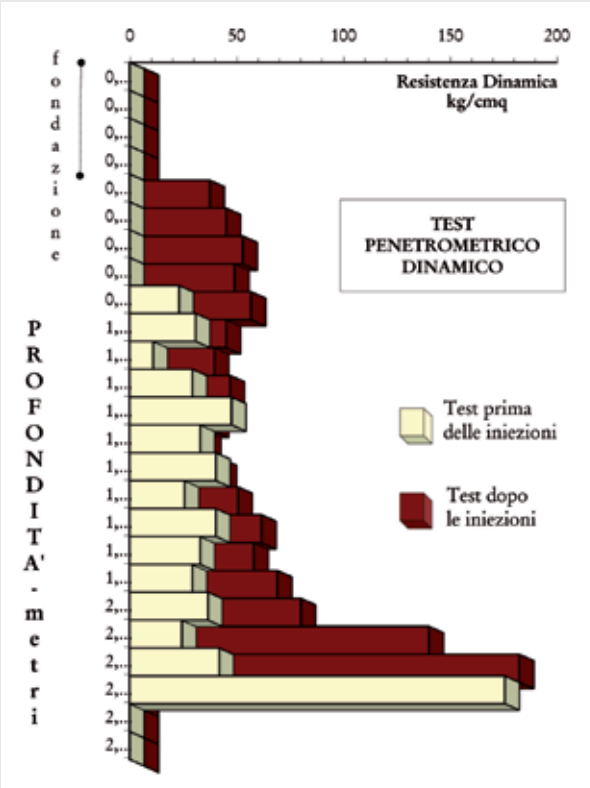
- sulla muratura in elevazione mediante prove di permeabilità pre e post-iniezione in punti prossimi tra loro. Adottando un conte-



nitore graduato si è potuto verificare che, a parità di battente d'acqua, il tempo di svuotamento del contenitore è passato da 30 sec / 2 min prima dell'intervento, all'ordine delle ore dopo l'intervento.

- sul terreno di fondazione del muro eseguendo n°3 prove penetrometriche dinamiche (2 pre-iniezione ed 1 post-iniezione) che hanno permesso di apprezzare l'incremento dei parametri meccanici nei volumi di terreno trattati con le iniezioni.

L'intervento complessivo si è svolto nell'arco di 6 giorni lavorativi.



La “Dogana De Mar” è di nuovo sicura

Palazzo di Punta della Dogana - Venezia

Consolidamento del terreno di fondazione realizzato con iniezioni di resina poliuretanica attraverso la procedura di consolidamento Uretek Deep Injections®.



Estratto della memoria scientifica pubblicata negli atti del XXIV Convegno Nazionale di Geotecnica – Napoli 22 – 24 giugno 2011

Gabassi M., Pasquetto A., Vinco G. (Uretek S.r.l.)
Masella A. (Studio Geotecnico Italiano S.r.l.)

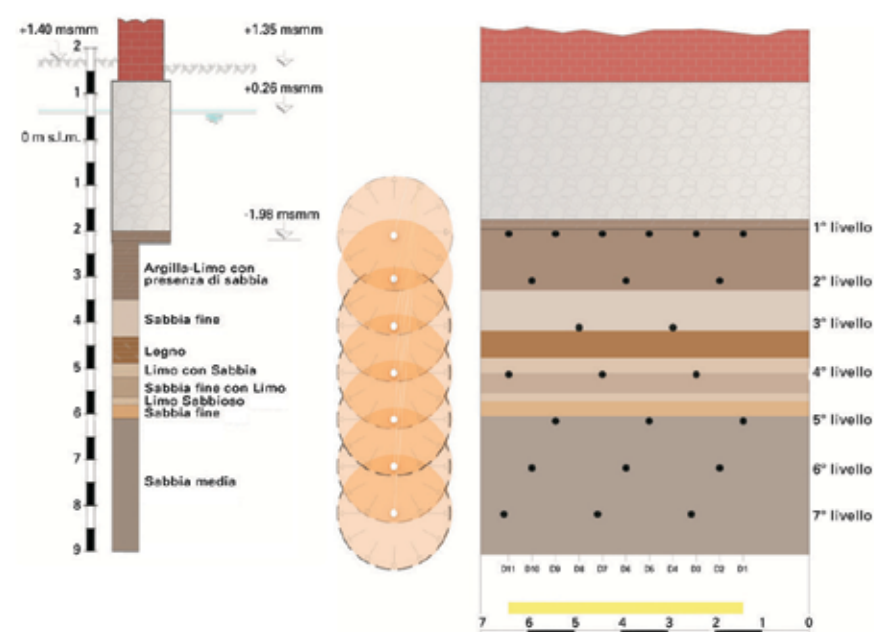
INQUADRAMENTO STORICO

Punta delle Dogana o ‘Dogana de Mar’ rappresenta il luogo storicamente deputato allo scambio, al deposito e allo smistamento delle merci in entrata e uscita dalla città di Venezia. La struttura, edificata a partire dal 1677, costituisce un punto panoramico per eccellenza, di divisione tra il bacino S. Marco, il Canale della Giudecca ed il Canal Grande.

GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

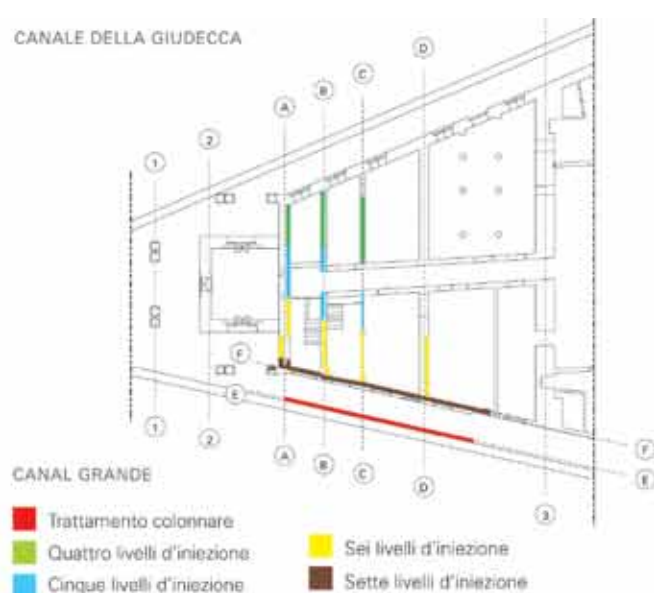
Il corpo di fabbrica principale ha una larghezza che varia da circa 16 m a tergo del locale di testata, fino a circa 75 m all'altezza della facciata verso il campo della Salute. Le strutture di fondazione sono costituite da murature in mattoni e pietra lavorata, legati con malta di calce; le condizioni d'appoggio sono sostanzialmente di quattro diverse tipologie: diretta sul terreno, su un robusto assito posato sul terreno, su un assito posato su pali di legno di costipamento del terreno e sulle fondazioni di una preesistente torre. **A seguito di una corposa campagna d'indagini geognosti-**

che, comprensiva d'indagini in situ e di laboratorio, è stato possibile definire la successione degli strati a partire dal piano di posa del muro di sponda impostato a quota -3.44 m s.l.m.



LESIONI NELLE STRUTTURE

Nei primi giorni di Maggio 2003, mentre erano in corso i lavori per il risanamento della riva lungo Canal Grande, si sono manifestati improvvisi cedimenti del muro di sponda e del retrostante edificio monumentale di Punta della Dogana. Lo Studio Geotecnico Italiano, su incarico del Consorzio Venezia Nuova, ha appurato quali fossero le cause ed il meccanismo dei dissesti. Dall'esame dettagliato di tutte le risultanze delle indagini e del monitoraggio, appariva evidente che il dissesto era stato originato da un episodio di sifonamento avvenuto mentre si stava aggettando lo scavo per mettere all'asciutto il piede del muro di sponda e gettare la trave di coronamento dei micropali. Si è scelto d'intervenire nel volume immediatamente sottostante le fondazioni, unicamente attraverso la procedura di consolidamento Uretek Deep Injections®, utilizzando una resina poliuretanica capace di esercitare un'elevata pressione di rigonfiamento nel corso della sua espansione, secondo la planimetria riportata di seguito.



Le iniezioni sono state localizzate nei volumi di terreno influenzati dai fenomeni di sifonamento su un numero di livelli di profondità da un minimo di quattro ad un massimo di sette. Le condizioni iniziali relative alla presenza di un terreno significativamente disturbato, la tipologia costruttiva dell'edificio, la presenza di differenti tipologie di fondazione ed il regime idraulico influenzato in modo sensibile dalle maree, hanno imposto una progettazione notevolmente mirata ed una altrettanto accurata realizzazione dell'intervento

di consolidamento. **La versatilità del metodo Uretek Deep Injections® ha permesso altresì di modificare l'intervento in corso d'opera.**

In accordo con quanto previsto dal progetto geotecnico curato dallo Studio Geotecnico Italiano, le iniezioni sono state realizzate in più fasi, allo scopo di permettere la completa dissipazione delle sovrappressioni neutrali indotte dalle iniezioni (Gabassi et al., 2010).

La prima fase di intervento della durata di circa un mese a partire da novembre 2004, ha interessato un'estensione di circa 70,00 ml di fondazione continua in muratura, due plinti di fondazione del colonnato anteriore ed una fascia di terreno, a tergo del muro di sponda lato Canal Grande, della lunghezza di circa 17,50 ml. Le iniezioni eseguite su quest'ultimo tratto hanno avuto lo scopo di saturare i vuoti presenti a ridosso del muro di sponda e di realizzare un "contenimento" per le successive iniezioni realizzate sotto la fondazione della facciata lato Canal Grande. La metodologia impiegata per quest'ultimo tipo di iniezioni è stata a colonna, ovvero sfilando il tubo di iniezione dal foro con velocità controllata durante l'erogazione continua di resina, nell'intervallo di profondità compreso fra -8,50 e -3,00 m s.l.m. L'interasse fra le iniezioni è stato di circa 0,50 m. Al di sotto delle murature di fondazione, invece, sono state eseguite iniezioni di tipo puntuale distribuite spazialmente secondo uno schema regolare. La seconda fase di intervento iniziata il 29/03/2005 si è conclusa il 18/04/2005.

Come previsto in progetto l'estensione dell'intervento è stata ridotta a complessivi 47,60 ml. Il numero di livelli è stato ridotto anche in base ai dati emersi dalle prove penetrometriche comparative, operando al massimo fino a 5,00 m a partire dal piano di posa della fondazione nel caso delle murature di facciata maggiormente dissestate, e a 4,00 e 3,00 m nel caso delle murature degli allineamenti interni. La terza ed ultima fase di intervento è stata realizzata, consequenzialmente alla seconda, esclusivamente sulla fondazione della facciata prospiciente Canal Grande, per complessivi 18,10 ml. Anche per questa



fase di lavoro, conclusasi in data 28/04/2005, la profondità massima di intervento è stata di 5,00 m a partire dal piano di posa della fondazione.

Risultati ottenuti

Durante tutte le attività di cantiere, e nel lasso temporale trascorso tra le fasi, si è monitorato il comportamento della struttura affiancando ai sistemi di monitoraggio già in essere il rilievo altimetrico di mire rigidamente collegate alle murature, utilizzando livelli ottici di precisione. I positivi effetti indotti dalle iniezioni nel terreno sono stati rilevati anche mediante prove penetrometriche dinamiche comparative durante e tra le fasi. Oltre a tali prove sono stati eseguiti dei sondaggi volti all'individuazione del materiale iniettato e al prelievo dello stesso per la determinazione delle proprietà meccaniche.

Conclusioni

L'intervento di consolidamento del terreno di fondazione realizzato con resine espandenti presso l'edificio storico di Punta della Dogana a Venezia, ha permesso di arrestare il cedimento residuo delle murature, ha prodotto un notevole incremento della resistenza delle unità stratigrafiche maggiormente compressibili arrestando il cedimento residuo delle murature oltre ad un parziale recupero dei cedimenti precedentemente subiti dalle strutture.

LA VERSIONE COMPLETA DELLA MEMORIA È DISPONIBILE SU RICHIESTA.

Uretek® e il Fondo Ambiente Italiano

“Corporate Golden Donor”

Siamo orgogliosi di essere
“Corporate Golden Donor” del FAI,
il Fondo Ambiente Italiano.

Uretek® contribuisce in questo modo alla salvaguardia del patrimonio naturale,
artistico e paesaggistico italiano.



Corporate Golden Donor FAI
NOI SOSTENIAMO IL FAI - FONDO AMBIENTE ITALIANO

Uretek® sarà presente al:

2° Simposio Internazionale di
Ingegneria Geotecnica per la
Conservazione dei
Monumenti e Siti Storici.

*Napoli - Italia
dal 30 Maggio 2013 al
31 Maggio 2013*



Visita il sito GEOACTION
direttamente dal tuo
smartphone fotografando
il QR CODE a lato

