

L'intervento integrato dell'Insula dei Frari: scavo dei rii e risanamento delle sponde

di Paolo Ardizzon

L'insula dei Frari, assieme a quelle di S. Maria Zobenigo, del Ghetto, di S. Maria Formosa e di Murano-Navagero, costituisce il primo blocco di interventi integrati per il risanamento igienico ed edilizio della città di Venezia previsto dal Piano programma comunale emesso nell'ottobre del 1994. L'"insula dei Frari" in realtà comprende due *insulae* contigue, di cui la più vasta ed importante è quella delimitata dai seguenti rii: de la Frescada, de le Muneghette, di S. Giovanni Evangelista, di S. Giacomo dell'Orio, di S. Agostin, di S. Stin, dei Frari e di S. Tomà. Una seconda *insula* più piccola è compresa tra i rii di: S. Tomà, Frari, S. Stin e S. Polo Est. L'area d'intervento comprende anche il Rio Marin fiancheggiato da fondamente in quasi tutta la sua lunghezza, il rio di S. Polo Nord, un tratto del Rio di S. Antonio e il breve Rio Priuli (rio morto). La mappa riportata nelle due pagine centrali seguenti evidenzia l'intera area dell'intervento denominata "Insula dei Frari".

Sotto il profilo storico-urbanistico, tale area è caratterizzata dalla presenza di più distinte aggregazioni edilizie, sorte in tempi diversi e originariamente condizionate dalla presenza di canali e piscine, di aree paludose e coltivate. Come è già stato accennato, l'etimo "Frari" è stato attribuito fin dall'inizio del XIII secolo a quell'area, allorché i frati Minori Francescani dell'Ordine conventuale, edificarono il convento e la chiesa primigenia. Tale area include la parte monumentale dell'*insula*, vale a dire la chiesa dei Frari ad impianto cistercense a tre navate, iniziata nel 1340 ed ultimata dopo circa un secolo, il suo campanile che è fra i più alti della città, costruito fra il 1361 e il 1396 e il complesso conventuale, la "Cà Granda", formato da due chiostri di antica origine, più volte ristrutturati. Inoltre, senza soluzione di continuità monumentale, si trovano la Scuola Grande di S. Rocco e la Chiesa omonima.

Le altre aggregazioni, come è nella storia e nella tradizione veneziana, sono sorte e si identificano, o si identificavano con altrettante chiese: quella di S. Stin, di S. Tomà, di San Rocco ecc. La Chiesa di S. Stin (S. Stefano prete), demolita in età napoleonica (1810), si trovava nell'attuale campo, pressoché al centro di una densa edificazione che comprendeva anche il complesso della Chiesa e della Scuola Grande di S. Giovanni Evangelista nell'area paludosa (lago), posseduta dalla famiglia Badoer e della quale forse rimase traccia nella

trasformazione in rio e successivamente in rio terà di S. Tomà. La Chiesa di S. Giovanni Evangelista, di origine antica, veniva ricostruita nel XV sec. e ristrutturata più volte fra il XVII e il XVIII sec., mentre la Scuola, già presente nel Trecento, ora rappresenta la sintesi di interventi diversi, a partire dal XIV fino al XVIII sec., mentre il prezioso Campiello di S. Giovanni Evangelista veniva realizzato da Pietro Lombardo fra il 1478 e il 1481. La Chiesa di S. Tomà (Tommaso), centro della terza aggregazione, risalente al IX sec. subiva ricostruzioni e trasformazioni fino al XVIII sec. Dalla parte opposta del campo omonimo, l'antica Scuola della corporazione dei Calegheri è della seconda metà del XV sec. La parte a nord-ovest dell'*insula*, urbanisticamente la più recente, è occupata da un'area caratterizzata da edifici seriali dei primi decenni del Novecento.

Molti sono gli edifici di pregio con facciate sui rii che perimetrano l'*insula* dei "Frari", unitari nella loro espressione figurativa, oppure caratterizzati da un linguaggio architettonico variato dalle trasformazioni subite nel tempo (v. pagina 34).

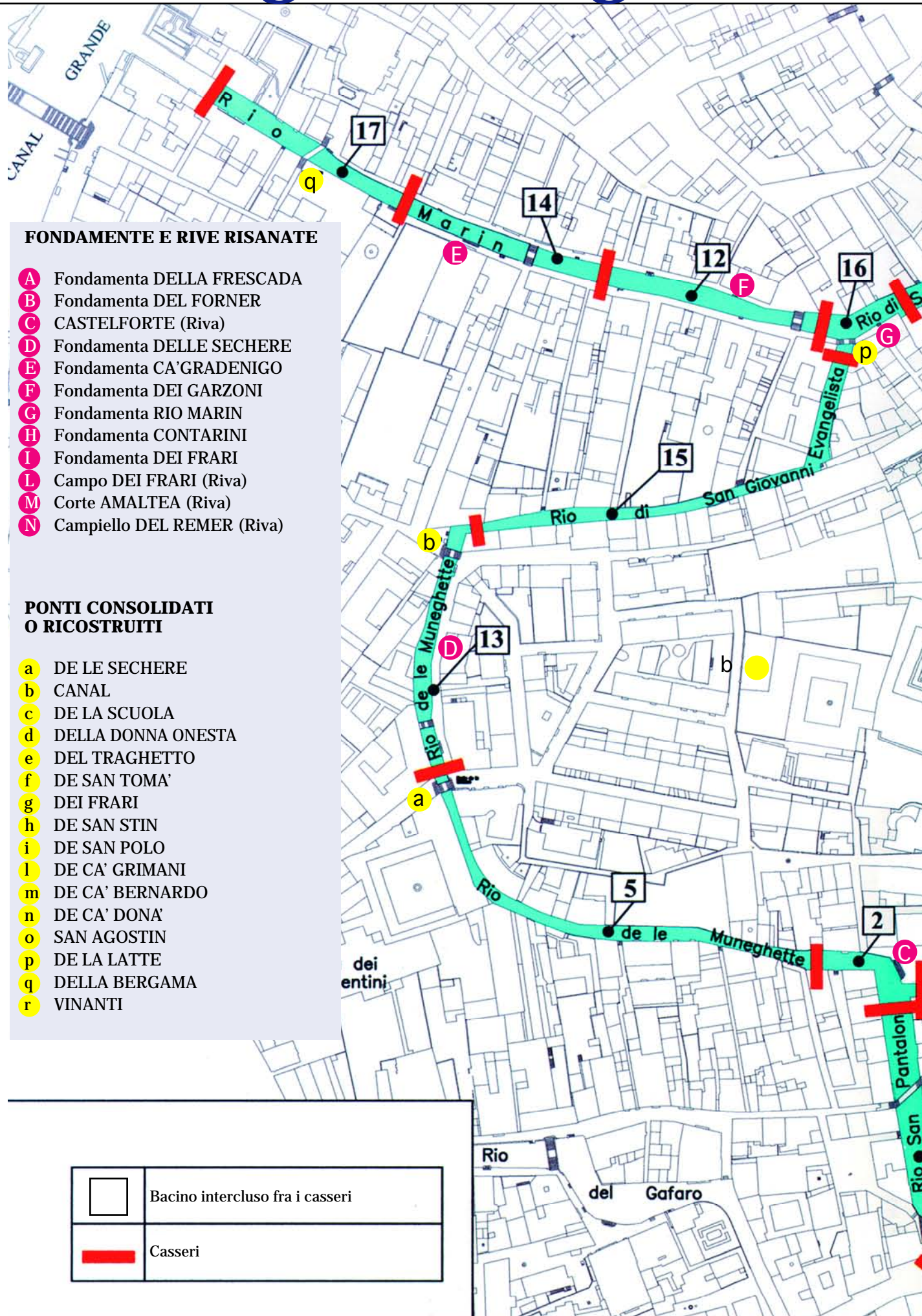
Il progetto

La progettazione dei lotti esecutivi riguardanti le cinque *insulae* di primo intervento citate all'inizio, è stata svolta contestualmente a cavallo degli anni 1994 - 95 con il coordinamento dei Proff. Arch. Mario Dalla Costa e Ing. Luciano Jogna. Tale coordinamento si è posto l'obiettivo prioritario di rendere omogenee ed uniformi le scelte progettuali, con particolare riferimento alle modalità di intervento, ai materiali di costruzione, alle indagini preliminari, alle prescrizioni di Capitolato speciale ed alla tipologia degli elaborati.

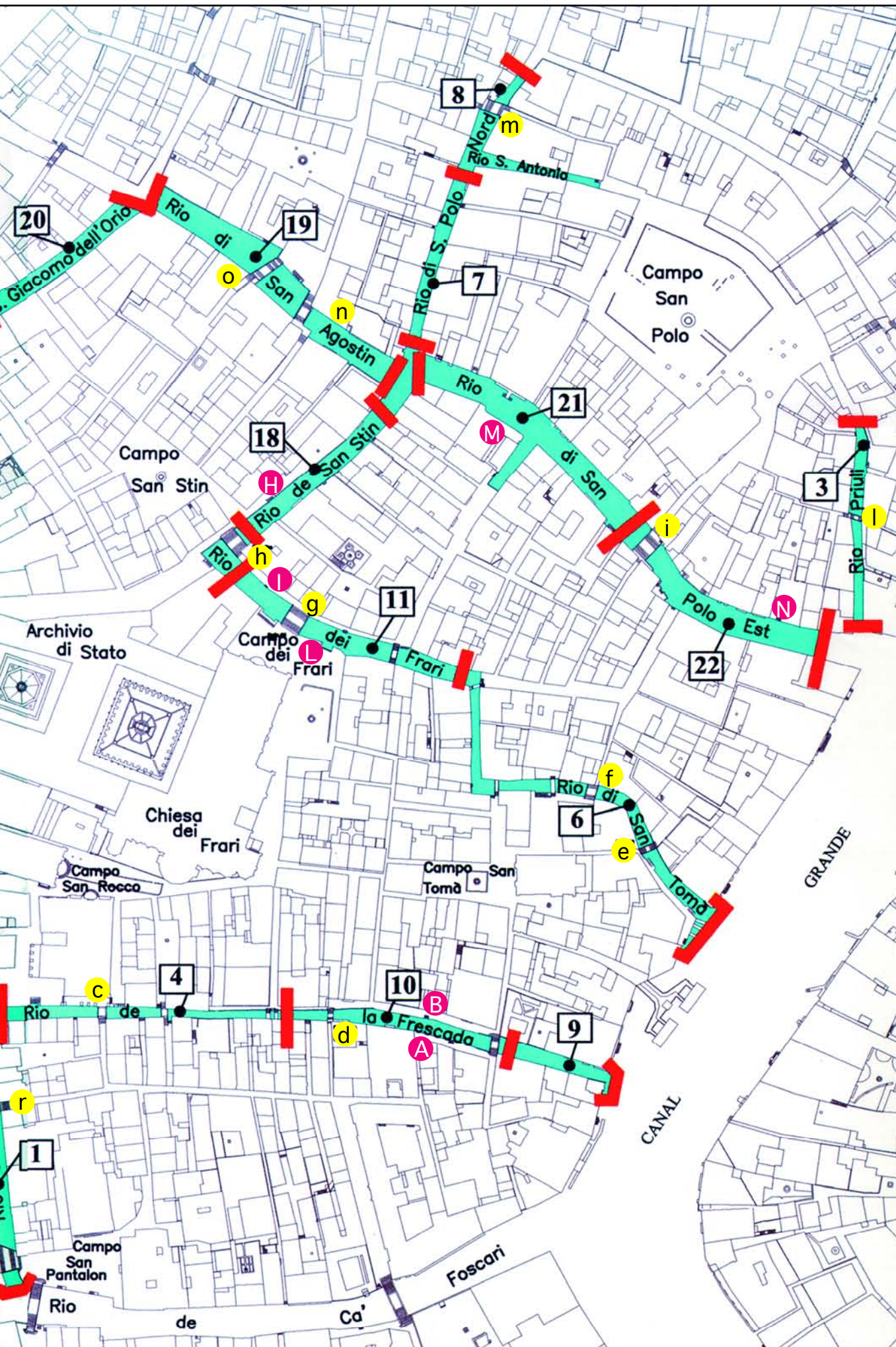
La necessità di confronto fra i tecnici incaricati della progettazione delle quattro *insulae*, va letta anche considerando l'assenza di esperienze recenti relative allo scavo dei fanghi nei rii ed agli interventi di manutenzione di quella parte del patrimonio edilizio pubblico e privato il cui paramento fondazionale forma la sponda dei canali del centro storico.

Di fatto, lo scavo dei fanghi e l'ordinaria manutenzione dei muri di sponda, praticamente sospesi a partire dal 1965, sono stati ripresi in maniera sistematica nell'anno 1994 con l'intervento integrato dell'*insula* di S. Maria Zobenigo, che diveniva l'unico cantiere disponibile per assumere

Progetto integrato rii



Insula dei Frari





Rio Marin, Fondamenta Gradenigo: chiavi e collegamenti mediante "arpesi" in acciaio inox del rivestimento in pietra al corpo di sponda in muratura

dati relativi ai materiali impiegati, alle modalità di intervento, alle tecnologie utilizzate ed alle interferenze

derivanti dai sottoservizi e dalle attività esterne al cantiere.

Nella relazione del 31 gennaio 1994, presentata all'Amministrazione Comunale dal "*Gruppo professionale di consulenza e definizione delle modalità attuative per lo scavo dei rii*"¹, veniva segnalata l'opportunità di prevedere in sede di progetto di restauro e manutenzione e nell'esecuzione delle opere conseguenti, l'indispensabile mantenimento dei caratteri propri delle peculiarità ambientali di Venezia. Ai fini di conservare tali peculiarità, veniva indicato non solo l'impiego dei materiali più diffusi nella tradizione costruttiva della città, quali la pietra naturale calcarea ed in particolare la pietra d'Istria, il mattone in laterizio avente caratteristiche più prossime a quelle dei mattoni in opera, ma anche l'opportunità di conservare la concezione statico-strutturale e tecnologica del costruito.

La natura dell'approccio progettuale conservativo adottato nella definizione degli interventi relativi alle *insulae* dei Frari, di Santa Maria Formosa e del Ghetto, è stata ben rappresentata nell'ambito di un recente convegno sulla manutenzione dei rii, organizzato da Insula e UNESCO, laddove il relatore Prof. Claudio Modena ha sintetizzato con chiarezza il contesto nel quale si trova ad operare il progettista².

In particolare, il tecnico strutturista, una volta accettati i criteri operativi fondati sulla conservazione in opera degli elementi edilizi che costituiscono il sistema spondale dei rii del centro storico, ha dovuto abbandonare il consolidato approccio di verifica ed eventuale adeguamento

delle parti strutturali alle condizioni di sicurezza previste dalla vigente normativa ed aggiornare le scelte progettuali con interventi di miglioramento della funzionalità statica del patrimonio edilizio-storico esistente.

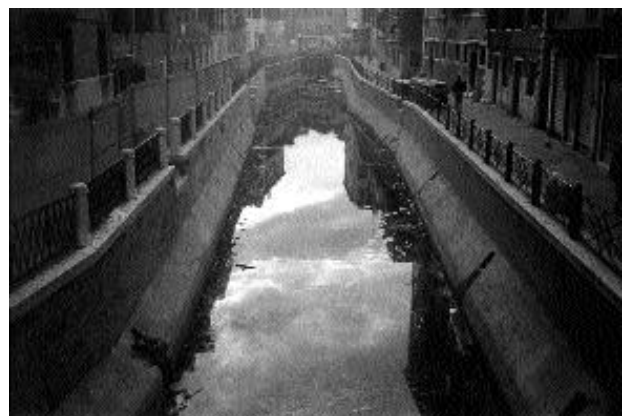
Significativa, pertanto, è la considerazione relativa all'ammissibilità degli interventi di miglioramento degli elementi strutturali esistenti, in sostituzione di quelli di adeguamento, nei casi in cui la loro attuazione interferisca con l'approccio conservativo dato alla progettazione.

Gli interventi di miglioramento strutturale e funzionale, non possono essere classificati in senso assoluto, in quanto ciascuno di essi è mirato a risolvere puntualmente le particolari patologie riscontrate nei muri di sponda e nei ponti.

Al fine di ottimizzare gli adeguamenti da apportare alle sponde, in sede di progetto, si è cercato di integrare le consolidate ed efficaci metodiche di manutenzione proprie della tradizione costruttiva veneziana, con le tecnologie ed i materiali dei giorni nostri.

Tale aspetto progettuale fa assumere al cantiere anche una valenza sperimentale, in quanto in corso d'opera è stata verificata l'efficacia delle nuove tecnologie adottate e dei nuovi materiali impiegati, come correttivi delle inefficienze accertate del sistema spondale.

Le tipologie di intervento più adeguate alle patologie accertate nei muri di sponda, sono state determinate, in fase di progetto, mediante le informazioni assunte dalle indagini condotte preliminarmente nelle varie aree di intervento in cui è stata suddivisa l'*insula* e considerando



Rio Marin: è visibile l'intervento di protezione delle sponde eseguito dal Magistrato alle Acque negli anni '60

l'attuale uso dei rii che tali sponde delimitano. La campagna di indagini preliminari comprendeva verifiche di natura batimetrica, geognostica,

¹ Tale gruppo era composto dai due coordinatori sopra citati e da quattro professionisti locali: gli Ingg. Gianfranco Baldan, Fausto Frezza, Diego Semenzato e Paolo Ardizzon.

² *Il sistema delle sponde* di Claudio Modena, in Atti del Convegno "La manutenzione urbana: i rii di Venezia", Insula Quaderni n°2, febbraio 2000.

Tab. 1 Rio Marin: aree e settori d'intervento

Area di intervento	Settore unitario	Lunghezza (m)	Tipologia di intervento
27 Fondamenta Rio Marin	27R1	1,80	Manutenzione e consolidamento
	27F1	54,49	Manutenzione e consolidamento
	27R2	1,80	Manutenzione e consolidamento
	27F2	16,75	Manutenzione e consolidamento
	27F3	49,70	Manutenzione e consolidamento
28 Fondamenta Gradenigo	27F4	7,50	Manutenzione e consolidamento
	28R1	1,75	Consolidamento
	28F	45,02	Rifacimento
29 Ponte della Bergama	28R2	8,14	Consolidamento
	29P		Rifacimento struttura
30 Campo Santo Fondamenta Rio Marin	30R1	2,68	Manutenzione e consolidamento
	30F1	52,17	Manutenzione e consolidamento
	30R2	1,80	Manutenzione e consolidamento
	30R3	1,80	Manutenzione e consolidamento
	30F2	39,10	Manutenzione e consolidamento
	30R4	1,80	Manutenzione e consolidamento
	30R5	2,90	Manutenzione e consolidamento
31 Fondamenta Rio Marin Campiello del Cristo	30F3	66,48	Manutenzione e consolidamento
	31R	2,15	Manutenzione e consolidamento
	31 F1	41,90	Manutenzione e consolidamento
LUNGHEZZA TOTALE		406,45	

R = Riva
F = Fondamenta
P = Ponte



Fig. 1 - Individuazione dell'area di intervento "Fondamenta Rio Marin" e dei settori unitari

topografica, altimetrica e storica; è stato inoltre accertato lo stato di consistenza degli edifici prospicienti ai rii ed eseguito il rilievo critico dei sottoservizi presenti nel sottosuolo.

Il cantiere generale dell' *insula* dei Frari comprendeva 14 rii; ciascuno di essi è stato poi segmentato in tratti corrispondenti ad altrettante aree di intervento, costituite dalle fondamenta e dalle rive pubbliche e private che lo delimitano e dai ponti che lo attraversano. A sua volta in ciascuna di tali aree sono stati individuati i cosiddetti "settori unitari" costituiti da tratti di muri di sponda con omogenee manifestazioni di degrado e di dissesto.

La progettazione è stata articolata, pertanto, definendo per ciascun settore la combinazione degli interventi più idonea a risolvere le patologie riscontrate attraverso le indagini preliminari sopra elencate, coniugando il rispetto dei criteri di conservazione adottati con la funzionalità strutturale che comunque il sistema spondale deve assicurare. La Tab. 1 riporta, a titolo di esempio, il caso di Rio Marin, che è stato suddiviso in 5 aree di intervento e 21 settori unitari con l'identificazione della tipologia degli interventi e la codifica alfanumerica assunta per l'intera *insula*. La stessa codifica viene mantenuta nell'elaborato planimetrico di individuazione dei settori (Fig. 1).

La manutenzione dei rii: fasi operative

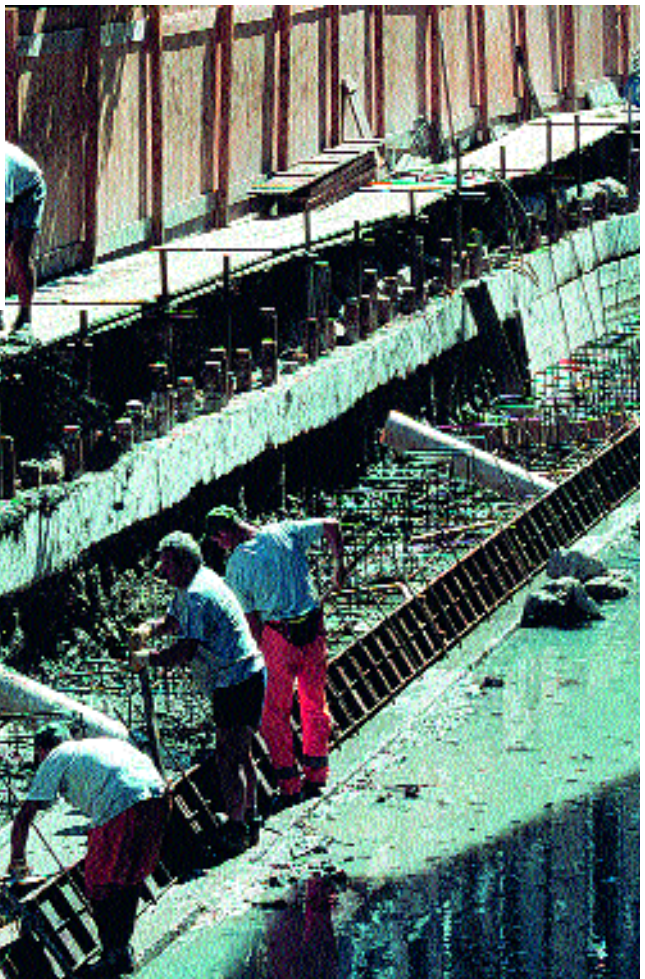


5

- 1 Casseratura
- 2 Messa in asciutto e scavo del fango
- 3 Idropulitura
- 4 Stilatura
- 5 Iniezione di malte colloidali
- 6 Scuci-cuci
- 7 Rifacimento delle banchine



6



7

Tab. 2 Dati fisici dell'area di intervento

	Lunghezza rio (m)	Rive pubbliche (m)	Sponde fabbricati (m)	Scavo in presenza d'acqua (m ³)	Scavo in asciutto (m ³)
Rio de la Frescada	266	214	318		925
Rio di S. Pantalon	115	38	192		1.078
Rio de le Muneghette	350	119	581		2.213
Rio di S. G. Evangelista	225	16	434		1.135
Rio Marin	317	406	167	156	821
Rio di S. G. de l'Orio	131	14	249		343
Rio di S. Agostin	131	36	226		812
Rio di S. Polo	388	74	701		1.377
Rio di S. Antonio	50	3	97		190
Rio di S. Stin	102	47	156	288	280
Rio dei Frari	178	132	224		1.222
Rio Priuli	91	24	158		333
Rio di S. Tomà	126	73	180		686
TOTALI	2.470	1.196	3.683	444	11.415

Le scelte progettuali adottate come ottimali per i singoli settori unitari di intervento, sono state poi verificate in corso d'opera con l'acquisizione del completo stato di consistenza dei muri di sponda messi completamente in luce, una volta che il rio è stato posto in asciutto ed è stato asportato il fango che ne ricopriva le parti fondazionali.

In alcuni casi, la conoscenza della reale condizione di efficienza statico-funzionale delle strutture di sponda ha richiesto l'impiego di ulteriori indagini non distruttive e mirate.

Nei casi di verifica settoriale negativa, questa metodica ha consentito di adeguare la combinazione degli interventi di progetto, determinati sulla scorta delle informazioni preliminari, al reale stato di conservazione ed efficienza strutturale accertato in cantiere.

Il cantiere

I lavori iniziati nel settembre del 1997 sono in via di conclusione (maggio 2000), con l'esecuzione dell'ultimo intervento di manutenzione delle sponde pubbliche e private comprese nel tratto intercluso di rio di San Polo Est, prossimo al Canal Grande. Gli ultimi interventi di carattere pubblico riguardano il consolidamento delle imposte del ponte di S. Polo, delle due rive di testa a Ramo Moro Lin e a corte del LugaNegher, delle sponde in prossimità di Rio Terà dei Nomboli e del Campiello del Remer per una lunghezza complessiva di m 35. Gli interventi di manutenzione e consolidamento delle sponde di competenza privata ancora da eseguire hanno uno sviluppo totale di m 215. Complessivamente la lunghezza della sponda

pubblica (rive e fondamenti) interessata dall'intervento è stata di 1.196 metri lineari, escludendo i tratti relativi alle spalle dei ponti, ma includendo una parte porticata in corrispondenza del *Sotoportego della Scuola* a Castelforte presso S. Rocco.

Sono stati eseguiti la manutenzione ed il risanamento delle parti fondazionali dei fabbricati prospicienti i rii (di natura privata e pubblica) fino alla quota dei piani terra, per uno sviluppo totale di muro di sponda di 3.683 metri lineari.

La manutenzione ed il restauro statico ha coinvolto 15 dei 21 ponti che attraversano i rii dell'*insula*. Il ponte Vinanti, anch'esso facente parte dell'*insula* dei Frari, è stato oggetto di un intervento specifico, con finanziamento *ad hoc*, che ha portato alla completa ricostruzione del ponte stesso (v. avanti pag 71.).

Il fango complessivamente asportato dal fondo dei canali è stato pari a 11.859 m³ di cui 444 m³ sono stati dragati in presenza d'acqua ed i rimanenti 11.415 m³ asportati con i rii messi in asciutto (vedi Tab. 2).

Per la maggior parte dei rii l'ultimo scavo in asciutto risale agli anni '50: più precisamente al 1953 e al 1955.

La lunghezza dei bacini interclusi fra i casseri realizzati con palancole Larssen disposte con direttrice trasversale ai rii, è stata contenuta al di sotto dei 100 m al fine di contenere i tempi di permanenza in asciutto dei singoli tratti, compatibilmente con le necessità operative del cantiere. Hanno fatto eccezione i due interventi sul rio di S. Giovanni Evangelista e sul rio de le Muneghette, dove la lunghezza dei bacini è risultata



Cantiere in Campo dei Frari

di circa 200 m a causa delle particolarità ambientali e dimensionali dei due rii.

La mappa dell'area d'intervento riportata nelle pagine centrali (38-39) evidenzia i 22 bacini messi in asciutto durante i lavori e le fondamenta e le rive coinvolte nei lavori di manutenzione. L'andamento temporale dell'intervento nei 22 bacini è stato programmato con i vari enti interessati al fine di contenere i disagi arrecati dalla interrotta navigabilità dei rii oggetto di manutenzione.

La particolare configurazione dei rii dell'*insula* dei Frari ha consentito di limitare localmente le ripercussioni derivanti dai citati disagi.

In particolare modo, la collaborazione con l'Ufficio Viabilità Acqua del Comune di Venezia e con il Comando dei Vigili del Fuoco ha garantito l'accessibilità alle varie zone dell'*insula* innanzitutto alle imbarcazioni di soccorso e di pronto intervento, e quindi anche ai mezzi di trasporto privati e pubblici.

Interventi di manutenzione delle sponde

Con il sistema spondale messo completamente in luce dalle operazioni di scavo dei fanghi nei rii in asciutto, si è potuto accertare la presenza diffusa delle manifestazioni di degrado e di dissesto tipiche dei muri di sponda del centro storico. Ovviamente l'intensità di tali manifestazioni varia da rio a rio e, per uno stesso rio, da tratto a tratto.

Tra le suddette manifestazioni vanno ricordate: la perdita dei letti di malta fra i corsi di mattoni o di pietra, il dilavamento del terreno posto a tergo del corpo murario, il deterioramento e la perdita fisica dei materiali che costituiscono il paramento di sponda, la presenza di vuoti nel corpo murario, l'alterazione degli allineamenti verticali ed orizzontali della sponda, la traslazione del piede della fondazione.

Tra le cause di tali patologie, oltre alla non specificità di alcuni materiali impiegati come la calce aerea utilizzata come legante nelle malte, il naturale invecchiamento dei materiali e l'aggressività ambientale, si devono anche considerare gli effetti del moto ondoso prodotto dai natanti a motore in navigazione e in manovra nei canali.

Sebbene attualmente non si disponga di parametri significativi, desunti da ricerche sistematiche, che correlino l'intensità delle onde generate dalle imbarcazioni in transito e soprattutto in manovra, con le manifestazioni di degrado e di dissesto delle sponde, è stato constatato empiricamente nell'*insula* dei Frari, che tali manifestazioni sono amplificate nei rii a maggior intensità di traffico, e per uno stesso rio, nei tratti dove i natanti a motore eseguono manovre, inversioni di marcia ed accosti. Le scelte di intervento sono state pertanto condizionate oltre che dallo stato di conservazione delle sponde, anche dalle previsioni circa l'uso dei rii come vie d'acqua, dettato dall'evolversi delle



COOP. S. MARTINO
COTONARCA (UD)

condizioni ambientali e dello stile di vita.

Tecniche tradizionali di manutenzione

In generale i lavori eseguiti sulle sponde, articolati nella combinazione idonea a porre rimedio alle varie patologie riscontrate in cantiere, possono sicuramente essere classificati di straordinaria manutenzione, trattandosi essenzialmente di interventi di consolidamento, di ricucitura, di integrazione delle parti mancanti, di sigillatura e protezione del paramento esterno, di salvaguardia delle fondazioni dallo scalzamento del piede e dal sifonamento.

Gli interventi eseguiti sono stati finalizzati a migliorare ed adeguare le sponde alle attuali condizioni ambientali e d'uso dei rii del centro storico.

Esse sono viste come un sistema composto dall'aggregazione di tre parti funzionali: il paramento esterno, il corpo murario e la fondazione. I correttivi effettuati sul paramento esterno, che ha la funzione di proteggere il retrostante corpo murario dalle azioni del moto ondoso, combinate con quelle degli inquinanti disciolti in acqua, hanno riguardato l'eliminazione delle soluzioni della continuità fisica del rivestimento di sponda, causate dalle azioni combinate suddette.

I difetti di continuità del paramento sono da ricercare nel deterioramento dei materiali che costituiscono la sponda e che si manifesta con i fenomeni di disgregazione e/o perdita dei laterizi e, in maniera più spinta e diffusa, di dilavamento delle malte lungo le connessioni tra i corsi di mattoni o di pietra.

L'analisi del degrado del rivestimento di sponda, ha dato risultati variabili lungo l'altezza del muro, con manifestazioni più intense nella zona interessata dall'escursione di marea (fascia intertidale).

Le operazioni eseguite sul rivestimento di sponda, successive agli interventi di pulizia e preparazione delle superfici condotti con le usuali metodiche, sono state essenzialmente di ricucitura per l'integrazione degli elementi mancanti e di ristilatura dei giunti di malta.

Le integrazioni e gli interventi di ricucitura sono stati effettuati con mattoni simili per forma, dimensioni e caratteristiche fisico-chimiche a quelli in opera, con l'obiettivo di conservare inalterate le caratteristiche ambientali delle sponde esistenti. I mattoni utilizzati sono stati quelli derivati dalla selezione di elementi derivati dalla demolizione di fabbricati dell'area veneta ed in particolare modo dell'entroterra veneziano, con l'esclusione di edifici sedi di attività industriali.

Il dilavamento delle malte ha interessato non solo i mattoni di paramento a diretto contatto con l'acqua, ma anche gli elementi che formano i corsi più interni del corpo murario. La perdita dei letti di

malta interni è stato riscontrato sia nelle sponde con rivestimento in mattoni che in elementi di pietra calcarea. La conservazione degli allineamenti mantenuta dai bolognini in molti casi mascherava situazioni di spinto degrado, con la tessitura della muratura costituita dai soli mattoni.

La degenerazione e il successivo dilavamento delle malte, il conseguente scollamento dei mattoni e dei bolognini in molti casi trovati disposti a "secco", la parziale fuoriuscita degli elementi murari o addirittura la loro perdita, hanno determinato forti disomogeneità nel corpo murario con conseguente diminuzione dell'efficienza strutturale originaria. Il miglioramento della stabilità del corpo murario è stato conseguito accoppiando ai tradizionali interventi di ricucitura e di integrazione degli elementi mancanti o non più recuperabili, le tecniche di consolidamento mediante iniezione di miscele inorganiche compatibili con la tipologia dei muri di sponda del centro storico.

Consolidamento mediante iniezioni di leganti

Questa tecnica, da tempo largamente adottata per le murature in elevazione, consiste nell'iniettare nella massa muraria, ad una pressione variabile secondo il caso, una malta antiritiro, che, riempiendo le fratture ed i vuoti, consolida la muratura sostituendosi alla malta originaria degradata.

Una tale metodica è innovativa nel caso della manutenzione dei muri di sponda del centro storico. Pertanto, le tecniche esecutive e le miscele disponibili sul mercato nel momento dell'avvio del cantiere, derivano da studi e verifiche sperimentali effettuati su elementi strutturali in condizioni ambientali completamente diverse da quelle delle strutture di sponda costantemente immerse nell'acqua, per di più salmastra.

Altro fattore che differenzia le due tipologie strutturali è l'ampio volume dei vuoti presente nella massa muraria di sponda, con valori medi percentuali molto elevati, non comparabili con quelli relativi alle murature in elevazione.

Mentre le ridotte sezioni dei vuoti presenti nelle murature in elevazione ostacolano la penetrazione e la diffusione del materiale, nelle strutture di sponda vi è la difficoltà di contenere all'interno della massa muraria le miscele iniettate, che tendono a disperdersi attraverso le macrocavità che si sono formate nella struttura ed i cunicoli fognari che attraversano la sponda.

La presenza del fango che nel tempo ha riempito i vuoti che si sono creati fra i mattoni, limita l'adesione delle miscele iniettate ai laterizi. Poiché la validità del metodo è legata alla conoscenza dei materiali che costituiscono la muratura e alla tessitura della struttura, i cantieri sono stati messi a disposizione delle industrie produttrici, che hanno potuto eseguire indagini e



Rio di San Tomà: intonacatura di protezione, con malta fibro-armata, sulla fascia di paramento murario più esposta ai vortici delle eliche. Si notino nella parte superiore le evidenti manifestazioni di degrado del paramento

prelevare campioni di muratura per studiarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche al fine di pervenire alla formulazione di miscele più idonee all'iniezione di consolidamento delle strutture di sponda. Considerato che i carichi sulle sponde del centro storico non sono sostanzialmente variati nel tempo, le prestazioni richieste al consolidamento mediante iniezioni, non sono tanto quelle di aumentare la capacità di resistenza della struttura, bensì di omogeneizzare la massa muraria mediante la saturazione dei vuoti in essa presenti. La saturazione dei vuoti mediante formulati compatibili con i materiali in opera, permette di uniformare la distribuzione di tensioni e deformazioni all'interno della struttura. La compatibilità meccanica con l'esistente, soprattutto in presenza di spinti volumi di vuoti, è garantita con formulati che a maturazione avvenuta, realizzino valori di resistenza meccanica paragonabili a quelli delle malte dei letti in opera, così pure il modulo elastico dovrà avvicinarsi a quello della malta esistente, mentre il valore del coefficiente di dilatazione termica dovrà essere prossimo a quello della muratura. Le miscele dovranno inoltre resistere all'azione di dilavamento e all'aggressione chimica delle acque soprattutto in prossimità del paramento che costituisce barriera all'azione disgregante, garantire la compatibilità chimica con i solfati presenti nelle murature e possedere stabili

caratteristiche igroscopiche. Recentemente a seguito delle sperimentazioni e delle prove eseguite dalle case produttrici nei cantieri in corso nelle *insulae* in manutenzione, sono state messe in commercio delle miscele di iniezione che tendono a dare soluzione alla difficoltà di contenere all'interno del corpo murario i prodotti formulati per le murature in elevazione. I bassi valori di viscosità e l'elevata fluidità dei formulati che garantiscono la penetrazione e la diffusione attraverso le ridotte sezioni dei vuoti presenti in tali murature, hanno costituito un limite nell'impiego per il consolidamento delle sponde, in quanto parte del materiale veniva disperso attraverso gli ampi vuoti nel terreno retrostante o lungo i cunicoli fognari.

Sulla base delle recenti esperienze maturate nei cantieri veneziani, la composizione dei prodotti disponibili all'avvio dei lavori è stata oggetto, da parte dei produttori, di una taratura finalizzata a dare risposta alle specifiche problematiche del consolidamento dei muri di sponda del centro storico. Recentemente sono disponibili in commercio impasti coesivi sotto forma di *gel*, dei quali si sta testando la possibilità di applicazione, che oltre alle proprietà ricordate per i prodotti iniettati nel consolidamento delle strutture in elevazione, presentano spiccate caratteristiche tixotropiche.



Rio Marin: iniezioni e ricuciture murarie sulla sponda

In letteratura ancora non sono riportate tecniche di esecuzione universalmente riconosciute, mentre i riscontri sperimentali tendono a limitare le pressioni di pompaggio a valori che non superino 1.532 atmosfere. Per quanto riguarda il numero dei fori, la loro disposizione e profondità, i direttori dei lavori si sono basati sulle esperienze personali, adeguando alle sponde i reticoli di iniezione e le indicazioni riportate nelle schede tecniche dei prodotti in commercio. In generale, negli interventi di consolidamento delle sponde dell'*insula* dei Frari, l'iniezione è stata eseguita in due fasi successive con il duplice obiettivo di contenere la dispersione del materiale iniettato e di diffondere

uniformemente il prodotto all'interno della massa muraria. Il reticolo di iniezione è stato realizzato con maglia mediamente di lato variabile da 40350 cm, i fori del diametro compreso fra 18325 mm sono stati spinti a profondità variabili di circa 1/3 e 2/3 dello spessore della muratura.

L'iniezione è stata condotta, in entrambe le fasi, dal basso verso l'alto per altezze successive non superiori a cm 50. Nella prima fase, gli iniettori sono stati spinti per tutta la profondità del foro di iniezione e la miscela è stata impiegata con caratteristiche di bassa fluidità ed elevata viscosità per localizzare il prodotto nella zona di diffusione, con l'obiettivo di creare una barriera verticale in corrispondenza della schiena della muratura alla miscela di seconda fase. Analogamente, variando la profondità degli iniettori della sola fila prossima al fondo del canale, si è cercato di creare un fondo impermeabile alla seconda miscela.

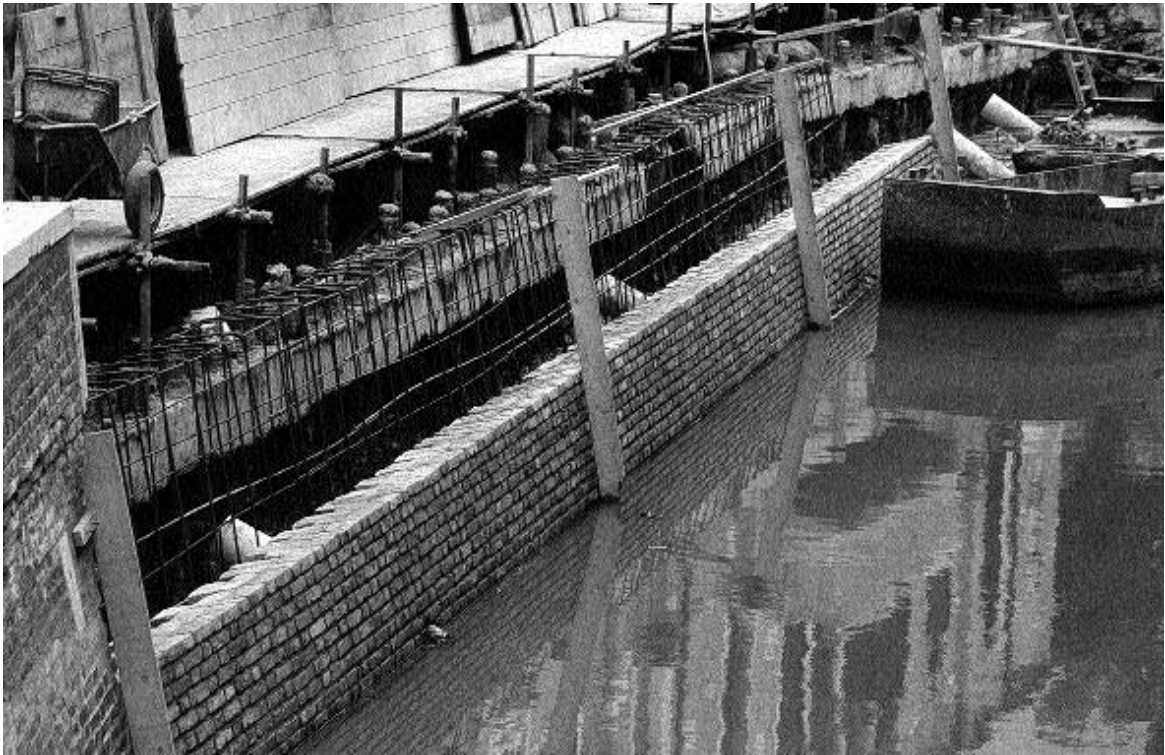
Nella seconda fase gli iniettori sono stati posti ad una profondità di 20330 cm dal filo esterno del paramento ed è stata impiegata una miscela molto fluida e coesiva.

Alcuni accorgimenti sono stati poi adottati, rispetto alle fasi descritte che si riferiscono a sponde con paramento in mattoni, nei casi di rivestimenti in pietra (bolognini) o di tipo misto (bolognini e mattoni).

Gli interventi sulla parte fondazionale sono stati quelli atti a: a) contrastare traslazioni in atto del



Rio di San Stin: preparazione del paramento murario per le fasi di iniezione, mediante l'inserimento di tubetti in PVC



Rio di San Stin, Fondamenta Contarini: rifacimento in mattoni del muro di sponda

piede; *b*) porre in atto una difesa contro l'erosione del terreno in prossimità della base; *c*) creare uno scudo fisico all'azione aggressiva delle acque del paramento esterno. Il contenimento dei movimenti del piede di fondazione e le difese atte a contrastare i dissesti per sifonamento sono stati ottenuti mediante l'infissione di pali lignei lungo il bordo della base della fondazione sui quali è stato impostato un cordolo in cemento armato a volte realizzato a guisa di "unghia".

Lo scudo esterno è stato ottenuto con intonaci dello spessore medio di 5-6 cm composti da malte fibroarmate a ritiro controllato con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche idonee per l'impiego in ambiente marino. Gli intonaci sono stati resi solidali al supporto da schermare, mediante leggere reti vincolate al paramento con l'impiego di connettori in acciaio inox.

Nei casi di diffuso degrado e nell'impossibilità di realizzare efficienti interventi di integrazione e ricucitura, l'intonaco protettivo è stato esteso anche al paramento della sponda, rispettando la quota massima di intervento stabilita a - 0.6 m s.l.m. raggiunta solamente in caso di basse maree caratterizzate da accettabili tempi di ritorno.

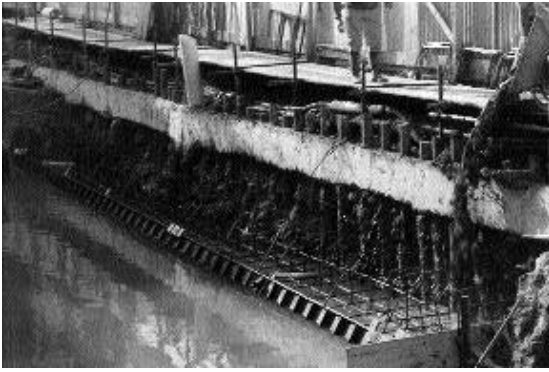
Dagli interventi sopra descritti sono stati esclusi limitati tratti di rio dove l'irreversibile inefficienza strutturale, a volte combinata con l'intensità del traffico acqueo, non ne ha consentito la conservazione attraverso i suddetti correttivi. Si tratta in particolare di tratti compresi nei

seguenti rii: rio de la Frescada, rio dei Frari, rio Marin e rio di S. Agostin. Gli interventi effettuati sui tratti di sponda in questione si diversificano sia per tipologia che per impiego dei materiali.

Un intervento radicale: il caso del rio de la Frescada

L'elevato stato di degrado di entrambe le sponde pubbliche comprese fra i ponti della Donna Onesta e de la Frescada ha dissuaso ad operare un intervento di manutenzione dei paramenti murari con le tecniche sopra descritte che non avrebbero garantito un risanamento efficace e duraturo. Ciò anche per le forti sollecitazioni sulle banchine provocate dall'intenso traffico di imbarcazioni da trasporto in manovra su tale tratto di rio.

A causa del restringimento del canale in prossimità del ponte della Donna Onesta e per la limitata altezza dell'intradosso del ponte dal pelo libero del rio, i natanti una volta ultimato lo scarico/carico delle merci, non potendo proseguire, escono dal canale in retromarcia innescando violenti turbini dovuti alle repentine variazioni della velocità di rotazione delle eliche. Infatti, una volta posto in asciutto il rio e terminate le operazioni di scavo dei fanghi nel tratto tra il ponte della Donna Onesta e quello de la Frescada, si è potuto accertare che lo stato di conservazione delle fondamente pubbliche era notevolmente peggiorato rispetto a quello riscontrato nell'anno 1994, nel corso della



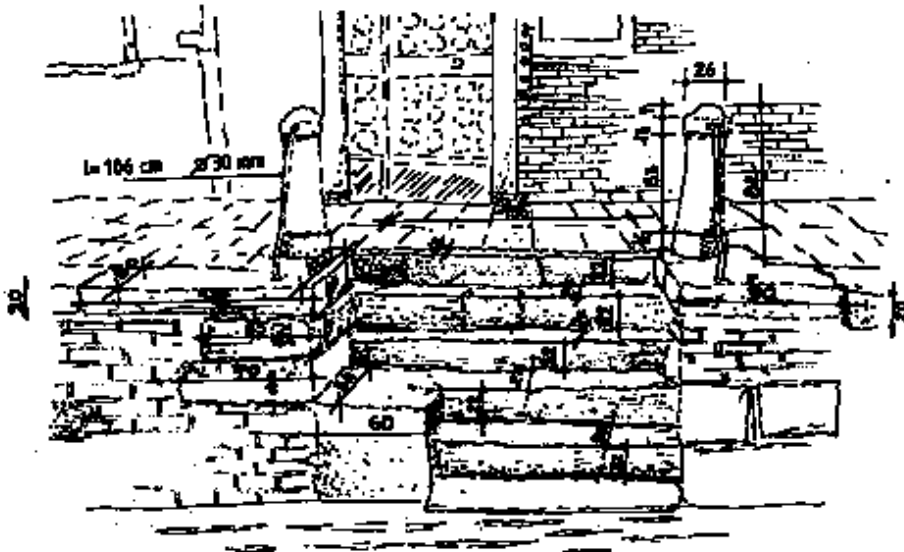
Rio de la Frescada. Berlinese di micropali a sostegno delle fonti di scavo, armatura del corpo in c.a.



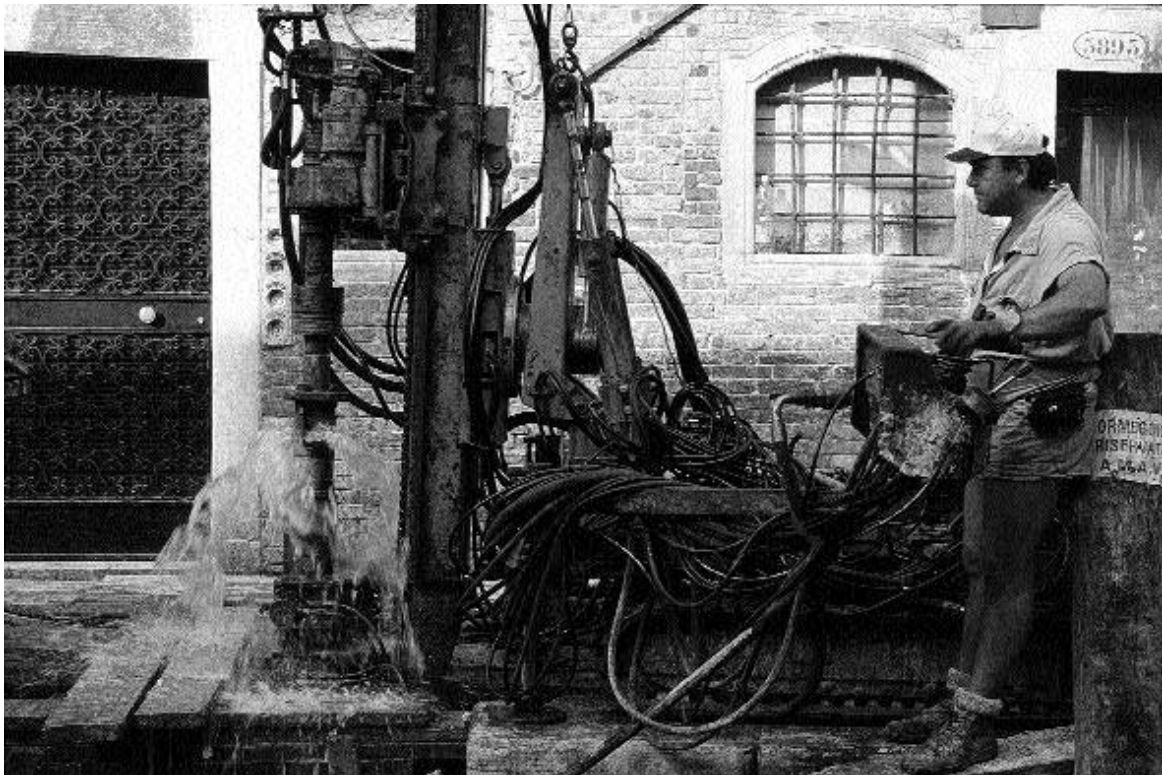
Rio de la Frescada. Rifacimento delle banchine

redazione del progetto esecutivo generale. I risultati delle indagini non distruttive, eseguite nel 1998 sui muri di sponda in mattoni pieni che costituivano il banchinamento delle fondamenta del Forner e de la Frescada, segnalavano la necessità di estendere, ad entrambe le fondamenta, l'intervento di completo rifacimento previsto dal progetto originario, solo per una limitata porzione della Fondamenta del Forner, prossima al ponte de la Frescada, già allora fortemente degradata. Il progetto prevedeva il corpo della sponda costituito da una struttura in cemento armato impostata sulla fondazione della banchina da demolire e un paramento esterno in mattoni di vecchia fattura, con l'obiettivo di conservare la tipologia dei materiali originari. Le tomografie soniche confermavano per il solo tratto di Fondamenta del Forner prossimo al Ponte della Donna Onesta, il previsto intervento di manutenzione.

L'estensione dell'intervento di rifacimento, considerate sia l'importanza delle due fondamenta come banchine per l'interscambio delle merci fra terra ed acqua e la presenza nella zona di numerose attività commerciali ed artigianali, inibiva la fattibilità del rifacimento per limitati settori, come previsto dal progetto originario. La demolizione ed il successivo rifacimento per tratti dell'esistente muro di sponda, che presentava il vantaggio di richiedere modeste opere provvisorie per il contenimento del terreno in corrispondenza delle fronti di intervento, imponeva tempi di esecuzione incompatibili con la necessità di utilizzo delle banchine e le attività commerciali della zona. Il contenimento dei tempi di esecuzione, con la conseguente estensione della lunghezza dei campi di intervento rispetto alle previsioni progettuali, ha imposto l'esecuzione di un'opera di presidio per evitare che possibili franamenti del terreno verso il canale, durante le fasi di demolizione della



Rilievo della riva di Fondamenta de la Frescada



Esecuzione di micropali in Fondamenta de la Frescada

banchina preesistente, potessero causare indesiderate interferenze con il sistema fondazionale dei fabbricati su di essa prospettanti. Il presidio del terreno è stato conseguito mediante l'esecuzione di micropali del diametro di 170 mm e della lunghezza di 7 m, disposti a guisa di "berlinese", immediatamente a tergo della banchina da demolire.

Il dimensionamento dei micropali è stato condotto sulla base dei risultati delle indagini geognostiche fatte eseguire in corrispondenza di entrambe le banchine. I micropali sono stati eseguiti tramite circolazione di acqua interna, con perforazione a rotazione di doppia tubazione in avanzamento graduale a numero di giri controllati. Le due tubazioni coassiali sono munite alla punta di un attrezzo di perforazione con innesti speciali per l'avanzamento indisturbato. La circolazione dell'acqua interna alle tubazioni, lasciando praticamente indisturbato il terreno, ha permesso di evitare eventuali interferenze con le fondazioni dei fabbricati posti in prossimità, consentendo di operare con un margine di sicurezza che i sistemi tradizionali non sempre riescono a garantire.

La soluzione strutturale adottata di muro in cemento armato poggiate sulla fondazione della banchina preesistente e su pali lignei anteriori in numero di tre per metro lungo il bordo dell'originaria fondazione, è tra quelle più diffusamente utilizzate a partire dagli anni Ottanta, nel recupero e nel rinforzo strutturale all'interno

del Centro Storico veneziano, in quanto risulta in grado di offrire buone garanzie statiche e funzionali con interventi di modesta entità.

L'unghia anteriore impostata sui pali lignei di costipamento del terreno, esplica la duplice funzione di salvaguardare da eventuali sifonamenti la porzione di banchina mantenuta in opera e sulla quale è stato impostato il muro in calcestruzzo di nuova realizzazione, e di aumentare la stabilità della struttura. La spinta orizzontale sulla struttura della sponda è assorbita con il concorso sia dei nuovi pali che di quelli esistenti sotto al muro originario, in quanto l'attrito tra le superfici orizzontali di contatto tra vecchio e nuovo paramento coinvolge la struttura originaria in un omogeneo comportamento *deformativo* con quella di nuova realizzazione.

La variazione del progetto originario ha significato l'allungamento dei tempi di esecuzione dell'opera di manutenzione di quel tratto di rio, che non ha mancato di creare purtroppo disagi e relative proteste da parte degli operatori economici di quella zona (v. oltre, pag. 60).

Cenni ad altri interventi particolari

Anche per la riva monumentale e le sponde ad essa laterali a sud del ponte dei Frari, sul rio omonimo, la reale conoscenza avvenuta solamente con il rio in asciutto ad operazioni di scavo ultimate, non ha confermato le previsioni progettuali di

conservazione mediante consolidamento. La tessitura del paramento della sponda, costituita da un'alternanza di elementi in pietra d'Istria di dimensioni variabili e di mattoni a diversa cromia, indicava che la sponda era stata oggetto di successivi interventi di manutenzione, ricorrendo alla pratica, una volta usuale, tendente al massimo recupero e riutilizzo dei materiali da costruzione. Il degrado generale dei materiali in opera, gli incerti collegamenti degli apporti materici successivi con il corpo murario originario, i difetti di allineamento della sponda verso il canale, non hanno consentito di applicare le tecniche di consolidamento atte a garantire un accettabile miglioramento prestazionale della sponda. Il limitato traffico acqueo attraverso il tratto di rio delimitato dal muro di sponda, ne ha autorizzato il rifacimento, con l'impiego di mattoni simili, per caratteristiche chimico-fisico-meccaniche e formali, a quelli preesistenti e riutilizzando tutti gli elementi in pietra, anche quelli ritrovati sul fondo del canale. L'intervento è stato eseguito per brevi tratti funzionali, preceduto dalla numerazione e dal rilievo degli elementi in pietra. Sul rio di San Stin è stata mantenuta e consolidata con iniezioni la porzione sommersa della sponda pubblica e ricostruita la rimanente parte mediante un setto interno in cemento armato rivestito esternamente con un paramento di mattoni a due teste. La parte sommersa è stata protetta



Ponte del Traghetto (o Centani): consolidamento dell'arco in muratura mediante ricuciture murarie ed iniezioni mediante leganti colloidali; parapetti eseguiti mediante canale in acciaio inox, nuova sede dei sottoservizi rimossi dall'arco del ponte per consentirne il recupero strutturale

dall'aggressione delle acque con la realizzazione di un intonaco armato dello spessore di cm 6. Il rinforzo interno in conglomerato cementizio della sponda, è giustificato dalla frequenza degli accosti da parte delle imbarcazioni da trasporto che utilizzano intensamente la banchina, in tale tratto di rio, per lo scarico e carico delle merci. Nel caso di Rio Marin, infine, non è stato possibile eseguire le previsioni progettuali di consolidamento



Ponte della Bergama: ricollocazione dei sottoservizi





Rio Marin. Varo del nuovo sifone in acciaio dell'Aspiv

e di restauro della Fondamenta Gradenigo a causa del degrado con significative manifestazioni di dissesto rilevate nel corpo murario retrostante il rivestimento in pietra e delle diffuse discontinuità fra quest'ultimo e lo stesso corpo in muratura. Si è dovuto pertanto demolire completamente e ricostruire sia il muro di sponda che la riva monumentale, con l'accortezza di salvaguardare l'integrità e la disposizione originaria dei bolognini costituenti il rivestimento.

Cenno agli interventi sulle sponde degli edifici

Le operazioni di scavo dei fanghi all'interno dei 22 bacini messi in asciutto fra i casseri di interclusione, in cui è stato suddiviso funzionalmente l'intero sviluppo acqueo dell'*insula* dei Frari, ha consentito di accertare anche lo stato di conservazione di quelle parti di fondazioni dei fabbricati che costituiscono sponda ai rii. La lunghezza di tali sponde è risultata complessivamente pari a m 3.683.

Le patologie riscontrate nelle murature di fondazione messe in luce dalle operazioni di scavo dei fanghi, sono riconducibili alle tipologie già descritte per le sponde pubbliche. Si segnala il diffusissimo degrado del paramento esterno dovuto alla perdita dei letti di malta fra i corsi di mattoni o di pietra, la presenza di spinti volumi di vuoti nel corpo murario interno, spancamenti localizzati della muratura, traslazione del piede della fondazione, erosioni localizzate del terreno, elevata quota d'imposta dello zatterone ligneo con messa in luce della palificata di fondazione. La quasi totalità degli interventi eseguiti è stata di manutenzione e di consolidamento delle strutture murarie, secondo le modalità già descritte per le sponde pubbliche.

Gli interventi sulle reti tecnologiche

Gli interventi sulle sponde e sui ponti hanno consentito, con modalità programmate, agli enti gestori Aspiv, Enel, Italgas e Telecom, la verifica e il rinnovo delle proprie reti presenti nel sottosuolo e nei ponti. Il coordinamento fra gli enti, con l'obiettivo di pervenire ad una contemporanea attività di adeguamento delle reti esistenti, messe allo scoperto dagli interventi sulle sponde e sui ponti, ha richiesto un consistente sforzo gestionale per sincronizzare temporalmente i piani di intervento e di investimento pluriennali, che generalmente ciascun ente gestiva autonomamente.

Nell'ambito del progetto di installazione della rete antincendio, Aspiv ed Insula hanno programmato, in concomitanza con i

lavori e prima della messa in asciutto dei rii prossimi alle aree da presidiare, l'installazione di idranti collegati alla rete idrica e la posa di sifoni. La messa in asciutto dei rii ha consentito in particolare all'Aspiv, di varare due sifoni della rete antincendio, uno nel rio de la Frescada e l'altro nel rio dei Frari e di sperimentare un'intervento di *relining* del sifone della rete dell'acquedotto, presente sotto il fondo di un tratto del rio di S. Polo.

Relativamente alla distribuzione idrica, è stato posto un nuovo sifone in acciaio che ha sostituito quello esistente in ghisa sul fondo del rio Marin, in prossimità di ponte Cappello.

Per evitare la demolizione della banchina per tutta la sua altezza, nei tratti opposti interessati all'inserimento delle tubazioni, il sifone è stato assemblato in opera mediante la saldatura del tratto orizzontale di condotta con i due elementi verticali. La conformazione della banchina esistente e la presenza di manufatti e trovanti nel sottosuolo, non ha consentito l'affondamento delle prolunghe di pozzetti stradali, previste in fase di progetto per l'inserimento degli elementi verticali del sifone. Le opere provvisorie eseguite hanno comunque consentito di raggiungere la quota di - 2.95 m dal l.m.m. che ha garantito l'inserimento del tratto orizzontale del sifone al di sotto dello zatterone di fondazione del muro di sponda. Il sifone è stato alloggiato su quattro appoggi realizzati da coppie di pali lignei collegati con traversi ad essi chiodati. I fronti di scavo per la posa della condotta, sono stati sostenuti da due pareti provvisorie di tavole chiodate su pali. Per agevolare le operazioni di saldatura dell'elemento orizzontale con quelli verticali, è stata eseguita la demolizione in breccia di due piccole porzioni di muratura spondale, ricucite a intervento ultimato.

COOPERATIVA SAN MARTINO

s.r.l.



La Cooperativa San Martino Srl opera da oltre un trentennio nel campo del trasporto e dei lavori marittimi per scopi industriali, commerciali, turistici ed ambientali quali:

- costruzione di dighe, porti, porticcioli, pontili, banchine;
- realizzazione e rafforzamento di scogliere;
- escavazione di canali e di trincee per posa di metanodotti;
- escavo dei rii nel Centro Storico di Venezia;
- dragaggi;
- palificazione, arginature ed infissione di palancole Larssen;
- recupero di relitti subacquei;
- movimenti terra.



Per le proprie attività dispone di mezzi navali di varie dimensioni, di un completo parco macchine ed attrezzature e vanta un organico altamente qualificato e specializzato.

Opera per conto di Amministrazioni pubbliche e private, nazionali, regionali, provinciali e comunali, nonché per le Autorità Portuali sull'intero territorio nazionale.

È consorziata del Consorzio Venezia Nuova, nonché dei Consorzi: CO.VE.CO - Marghera, CONSORZIO RAVENNATE - Ravenna, CONSORZIO COOPERATIVE COSTRUZIONI (C.C.C.) - Bologna

Sede legale: CHIOGGIA (Ve) - Via Veneto, 19 - Tel. 041.921722