

AMMINISTRAZIONE COMPETENTE

CITTA' DI  
VENEZIA



Ordinanza CDPC n° 851/2022

SOGGETTO ATTUATORE

CITTA' DI  
VENEZIA



AREA LAVORI PUBBLICI, MOBILITA' E TRASPORTI  
SETTORE VIABILITA' VENEZIA CENTRO STORICO E ISOLE ENERGIA e IMPIANTI  
SERVIZIO MANUTENZIONE VIABILITA' VENEZIA C.S.I.

14959-22

MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO MARGINAMENTO E RIPRISTINO  
PAVIMENTAZIONE DELLE FONDAMENTE NOVE PER GARANTIRE ACCESSO  
ALL'OSPEDALE CIVILE

CUP J77H21001580001

FASE		TAVOLA			
PROGETTO ESECUTIVO					
DISCIPLINA		SCALA	DATA	FILE	
			15/11/22	14959-22.P.E.RT	
DESCRIZIONE					
RELAZIONE TECNICA					
		RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO arch. cons. Cristian Tonetto		PROGETTISTA E D.LL. Ing. Marcello Scarpa	
		ASSISTENTE AL R.U.P. arch. Claudio Biscontin		CSP E CSE Ing. Giacomo Zorzato	
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
00	15/11/22	consegna progetto esecutivo	M.S.	M.S.	M.S.

Sommario:

<b>SOMMARIO:</b> .....	<b>1</b>
<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	<b>3</b>
<b>2. INQUADRAMENTO NORMATIVO</b> .....	<b>6</b>
<b>3. ELABORATI ED ALLEGATI</b> .....	<b>7</b>
<b>4. NASCITA E SVILUPPO DELL'AREA DELLE FONDAMENTE NOVE</b> .....	<b>8</b>
<b>5. STRUTTURE ESISTENTI</b> .....	<b>9</b>
<b>6. ATTIVITA', SOTTOSERVIZI ED INTERFERENZE</b> .....	<b>11</b>
<b>7. INDAGINI CONOSCITIVE ESEGUITE</b> .....	<b>14</b>
7.1. RILIEVO CON LASER SCANNER.....	14
7.2. INDAGINI SUBACQUEE .....	14
7.3. INDAGINI E SONDAGGI GEOTECNICI .....	16
<b>8. CONSISTENZE E INTERVENTI PASSATI</b> .....	<b>17</b>
<b>9. ANALISI DEL DISSESTO</b> .....	<b>18</b>
9.1. MURI DI SPONDA .....	18
9.2. PAVIMENTAZIONI E LISTOLINE .....	19
9.3. PONTE DEI MENDICANTI.....	20
9.4. PONTE DELLA CAVANA DELL'OSPEDALE.....	22
<b>10. VERIFICA DELLA STABILITA' DEL MURO</b> .....	<b>23</b>
<b>11. INTERVENTI DI PROGETTO</b> .....	<b>25</b>
11.1. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	25
11.1.1. Nuove strutture in c.a. ....	25
11.1.2. Acciaio per cemento armato tipo B450C.....	25
11.1.3. Strutture in carpenteria metallica.....	26
1.1.1. Intonaci, malte e leganti per murature.....	26
1.1.2. Sistemi di rinforzo con FRCC.....	27
1.2. INTERVENTI DI PROGETTO .....	27
1.2.1. Muri di sponda.....	27
1.2.2. Pavimentazioni.....	30
1.2.3. Ponte dei Mendicanti.....	31
1.2.4. Ponte della Cavana dell'Ospedale .....	33

## **PREMESSA**

Il sottoscritto ingegnere è stato incaricato dal Comune di Venezia, “Area lavori pubblici, mobilità e trasporti”, Settore Viabilità Venezia Centro Storico Isole – Energia e Impianti Servizio Manutenzione Viabilità Venezia Centro Storico e Isole, per la progettazione dell'intervento di “Messa in sicurezza, consolidamento marginamento e ripristino pavimentazione delle Fondamente Nove per garantire l'accesso all'Ospedale Civile”.

Gli uffici competenti del Comune di Venezia hanno individuato, nella zona oggetto di intervento, situazioni di danneggiamento e dissesto a causa anche dall'eccezionale alta marea avvenuta il 12/11/2019.

La presente relazione, assieme agli altri elaborati allegati, costituisce il progetto per il ripristino e consolidamento delle strutture danneggiate; in particolare in riferimento alla vigente normativa tecnica, NTC D.M. 17 gennaio 2018, gli interventi proposti sono da classificarsi come “Riparazione o intervento locale”, così come definito dalle NTC 2018 ai paragrafi 8.4 e 8.4.1.



Figura 0.1: Vista generale della città di Venezia con evidenziata l'estensione delle Fondamente Nove

## 1. INTRODUZIONE

Le Fondamente Nove si sviluppano nella parte più settentrionale di Venezia, affacciandosi direttamente sulla laguna verso le Isole di San Michele e di Murano; l'estensione è rilevante, avendo una lunghezza di circa un chilometro, ed interessando 4 insule disposte a nord-est nei sestieri di Cannaregio e Castello.

Lo sviluppo di questa parte della città di Venezia avviene a partire dalla fine del 1500, con la bonifica di zone paludose destinate a divenire aree edificabili o da adibire a depositi. Dovendo intervenire con bonifiche si dovevano prioritariamente costruire dei marginamenti di delimitazione tra laguna e nuove terre per lo sviluppo della città. Nascono probabilmente in questa fase i muri di sponda, che sicuramente saranno stati oggetto nei secoli di significative modifiche, trasformazioni ed interventi di consolidamento.

Probabilmente la costruzione delle Fondamente ha inizio in corrispondenza del convento di Santi Giovanni e Paolo, fino a raggiungere l'estensione odierna che, partendo dalla Sacca della Misericordia nel Sestiere di Cannaregio, arriva a lambire il Rio di Santa Giustina nel Sestiere di Castello, comprendendo nello sviluppo anche i ponti Donà, della Panada, dei Mendicanti e della Cavana dell'Ospedale.

Le Fondamente Nove hanno una larghezza media di circa 4.5/5m, delimitata dagli edifici prospicienti ed il muro di sponda; la struttura del muro di sponda è costituita da un paramento in bolognini e dietro muratura in mattoni, con una altezza del marginamento dal fondo del canale di circa 2.7 metri. Molti devono essere stati gli interventi che hanno interessato le pavimentazioni e le strutture del muro nei secoli passati, sicuramente la parte centrale delle Fondamente, tra Ponte Donà e Ponte dei Mendicanti, è stata oggetto di ingenti e rilevanti lavori di rialzo delle pavimentazioni, consolidamento ed impermeabilizzazione dei muri di sponda, da parte del Magistrato alle Acque nel primo decennio del XXI secolo.



Figura 1.1: Vista satellitare di porzione della città di Venezia, evidenziata in Rosso estensione delle F.te Nove, in Giallo la zona oggetto di intervento

L'amministrazione ha individuato un tratto in particolare delle Fondamente Nove, ove sono più evidenti ammaloramenti e dissesti successivi all'evento eccezionale del 12/11/2019; questo tratto si sviluppa per circa 350 metri, partendo dal Ponte dei Mendicanti compreso, sino alla fine della fondamenta in corrispondenza della Remiera Querini.

Il tratto delle Fondamente Nuove individuato, oltre a presentare dissesti che successivamente verranno specificatamente analizzati, ha una rilevante importanza sviluppandosi lungo il perimetro Nord dell'Ospedale Civile di Venezia SS. Giovanni e Paola, ed essendo quindi l'accesso diretto all'Ospedale di lavoratori ed utenti che vi giungono tramite i mezzi di trasporto pubblico; è infatti proprio su questo tratto di Fondamenta che è presente la fermata dell'Actv "Ospedale", posta sulla direttrice della linea circolare Piazzale Roma, Stazione FS, Lido, e quindi collegata a tutta la città e le isole della laguna.

L'individuazione del tratto oggetto di questo intervento deriva anche dal fatto che sulla parte che precede il Ponte dei Mendicanti il Magistrato alle Acque e il Consorzio Venezia Nuova sono già intervenuti in passato ripristinando le pavimentazioni ad una quota maggiore, e consolidando i muri di sponda con l'infissione di palancole anti-scalfamento; proprio questi ultimi interventi hanno protetto le strutture su cui si era intervenuti nell'occasione dell'ultimo grave evento eccezionale di marea, evitando quindi danni più gravi a questo tratto delle Fondamente Nuove.

Sul tratto oggetto di intervento si riscontra facilmente degrado delle parti più esposte alle maree, con listoline in pietra d'istria prive di allettamento nella parte sottostante, rivestimenti delle rive con blocchi rimossi e dissestati, elementi in pietra del ponte e listoline danneggiate da urti con imbarcazioni trasportate dalla violenza della marea del 12/11/2019.

Anche le pavimentazioni presentano sconnessioni ed avvallamenti, probabilmente legati allo scavo della marea in corrispondenza del piede del muro di sponda, fenomeno questo determinato dal notevole moto ondoso delle imbarcazioni, e aggravato dall'evento eccezionale del 12 novembre 2019.

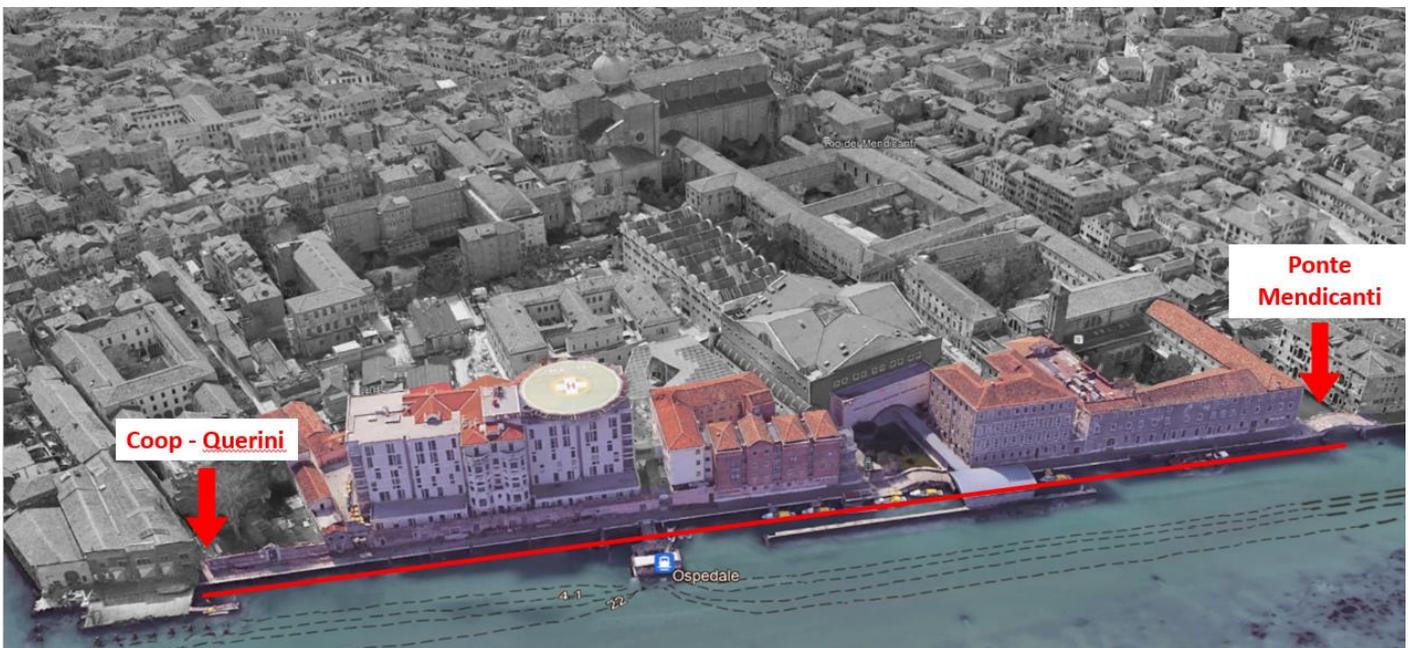


Figura 1.2: Vista del tratto di Fondamenta Nove oggetto dell'intervento dietro l'Ospedale SS Giovanni e Paolo, con individuazione dell'inizio e della fine dell'area di intervento

Alla base delle valutazioni che hanno portato alla definizione del progetto, c'è la campagna di rilievi ed indagini, prima finalizzata al rilievo di ponti, rive e pavimentazioni dell'area attraverso laser scanner, quindi con indagini subacquee per la verifica della consistenza geometrica e stato di conservazione delle strutture che costituiscono i muri di sponda, e per finire con indagini e sondaggi geotecnici per la definizione delle stratigrafie dei terreni e l'estensione geometrica dei manufatti entro terra.

Sono da segnalare fin da subito le difficoltà operative che si dovranno affrontare nell'esecuzione delle lavorazioni, e di cui si è dovuto tener conto sino dalle fasi della progettazione preliminare, anche limitando l'estensione di alcuni interventi. Infatti, il tratto di Fondamenta è interessato da innumerevoli attività, sottoservizi, funzioni pubbliche e servizi di emergenza. Oltre alla già citata fermata del servizio di trasporto pubblico veneziano, infatti, insistono sulla fondamenta la darsena delle idroambulanze del SUEM, collegate direttamente al pronto soccorso, l'imbarcadere del servizio trasporti sanitari (croce verde, sanitrans, ...), le rive di scarico e carico di tutte le forniture e servizi indirizzati all'ospedale, nonché sottoservizi e fornitura dell'ossigeno sanitario.



Figura 1.3: Vista del tratto di Fondamenta Nove oggetto dell'intervento con individuazione delle attività a servizio dell'Ospedale

## 2. **INQUADRAMENTO NORMATIVO**

Dal punto di vista normativo nella presente relazione si fa diffusamente riferimento al D.M. 17/01/2018, aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), e relativa Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 del C.S.LL.PP; altro importante riferimento, vista la presenza di vincolo paesaggistico, è il D.P.C.M. 9 febbraio 2011.

I riferimenti normativi utilizzati nella redazione del progetto strutturale sono di seguito riportati.

- D.M. 17 gennaio 2018, *“Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”*.
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, *“Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni”*
- Ordinanza del P.C.M. 3431 del 3 maggio 2005, Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo del 2003, recante *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”*.
- D.P.C.M. del 9 febbraio 2011, *“Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008”*.

### 3. ELABORATI ED ALLEGATI

Alla presente relazione, parte integrante del progetto definitivo di ripristino dei muri di sponda, sono allegati gli elaborati di seguito elencati:

ALLEGATO	FASE PROGETTUALE	TITOLO E DESCRIZIONE		NOTE
ALL. 1		<b>ELABORATI GRAFICI - TAVOLE</b>		
	RILIEVO	P.E.00	Planimetrie di inquadramento generale	A1 -
	RILIEVO	P.E.01	Stato di fatto – Pianta generale della fondamenta	A1 +
	RILIEVO	P.E.02	Stato di Fatto – Pianta stralcio 1 di 3	A1
	RILIEVO	P.E.03	Stato di Fatto – Pianta stralcio 2 di 3	A1
	RILIEVO	P.E.04	Stato di Fatto – Pianta stralcio 3 di 3	A1
	RILIEVO	P.E.05	Stato di Fatto - Ponte dei Mendicanti, Rilievo e Degrado	A1 +
	RILIEVO	P.E.06	Stato di Fatto - Ponte Cavana dell'Ospedale, Rilievo e Degrado	A1
	RILIEVO	P.E.07	Stato di Fatto - Soglie ed accessi – 1 di 2	A1
	RILIEVO	P.E.08	Stato di Fatto - Soglie ed accessi – 2 di 2	A1 -
	RILIEVO	P.E.09	Stato di Fatto - Sezioni tipo muro di sponda - S1 S2 S3	A1 +
	PROGETTO	P.E.10	Stato di Progetto - Pianta generale	A1 +
	PROGETTO	P.E.11	Stato di Progetto - Pianta stralcio 1 di 3	A1
	PROGETTO	P.E.12	Stato di Progetto - Pianta stralcio 2 di 3	A1
	PROGETTO	P.E.13	Stato di Progetto - Pianta stralcio 3 di 3	A1
	PROGETTO	P.E.14	Progetto -Intervento di consolidamento in umido	A1
	PROGETTO	P.E.15	Progetto - Intervento di consolidamento in asciutto	A1
	PROGETTO	P.E.16	Progetto - Ponte dei Mendicanti, pavimentazioni e rampe	A1 +
	PROGETTO	P.E.17	Progetto - Ponte dei Mendicanti, prospetto e parapetti	A1
	PROGETTO	P.E.18	Progetto - Ponte dei Mendicanti, consolidamento	A1 +
	PROGETTO	P.E.19	Progetto - Ponte Cavana Ospedale, pavimentazioni	A1
	PROGETTO	P.E.20	Progetto - Ponte Cavana Ospedale, consolidamento	A1
ALL. 2	RILIEVO	<b>Indagini conoscitive subacquee propedeutiche alla progettazione di interventi di manutenzione straordinaria del muro di marginamento – IDRA srl</b>		A3
ALL. 3	RILIEVO	<b>Relazione geologica Geotecnica per la messa in Sicurezza, consolidamento Marginamento e ripristino Pavimentazione Cantiere: Fondamenta Nove</b>		A4

Gli allegati qui riportati ed elencati fanno parte integrante del presente progetto.

#### **4. NASCITA E SVILUPPO DELL'AREA DELLE FONDAMENTE NOVE**

Già dalla metà del Quattrocento privati e conventi cominciano a interrare zone paludose ai margini della città dopo, aver chiesto e ottenuto, dall'Ufficio delle Acque, il permesso di "atterrare sopra il paludo" (per esempio Frati di San Francesco e Monache di Santa Giustina nella zona di Castello) Cristoforo Sabbadino, dal 1542 Proto e ingegnere alle Acque, rivale di Alvise Cornaro sostenitore di massicci interventi di bonifica, nel 1557 propone la creazione di aree edificabili attraverso il risanamento delle paludi circumurbane al fine di edificare nuove abitazioni per l'accresciuta popolazione senza però mettere in pericolo l'equilibrio della laguna. Dando forma alla città attraverso una cintura di fondamente Sabbadino mira a restaurare le forme originarie della laguna.

Nel 1590 Savi ed Esecutori Alle Acque confermano la decisione del Collegio del 9 febbraio 1589 (1588 more veneto) di procedere alla costruzione delle Fondamente Nove citando esplicitamente il Sabbadino del cui progetto viene realizzato solo uno stralcio.

Le decisioni del 1588 e 1590 hanno due diversi obiettivi: la salvaguardia dell'equilibrio lagunare e l'incremento di aree disponibili all'edificazione e alla speculazione privata. I sacrifici imposti ai privati con l'esproprio di terreni necessari al nuovo intervento vengono ricompensati con l'incentivazione del mercato fondiario; mentre lo Stato prevede di finanziare, almeno in parte, i lavori con la vendita dei terreni bonificati. L'urbanizzazione delle aree interne alle Fondamente Nuove viene presentata quindi come conseguenza necessaria dell'operazione principale che è il restauro lagunare.

Nel 1594 viene già progettata la lottizzazione dei nuovi terreni edificabili posti a ridosso del convento dei Santi Giovanni e Paolo. È in quest'area che, per decreto del Senato del 1595, viene costruito tra il 1601 e il 1631 l'ospedale di San Lazzaro dei Mendicanti in sostituzione dell'antico, ubicato nell'Isola di San Lazzaro. Inserita nell'ospedale viene edificata tra il 1601 e il 1630 la chiesa di San Lazzaro su progetto di Scamozzi, mentre la facciata prospiciente la fondamenta dei mendicanti è di Sardi.

Nel 1600 viene progettato il piano di lottizzazione dei nuovi terreni edificabili tra Calle della Testa e Rio dei Santi Apostoli, allora chiamato dei Crosecchieri.

Tra la fine del '500 e la metà del '600 c'è un forte incremento edilizio, specialmente nella contrada di San Canciano. Costruire in queste zone periferiche è considerato un buon investimento: lo dimostrano il Doge Andrea Gritti che nel 1525 costruisce il suo palazzo a San Francesco delle Vigna e il doge in carica Leonardo Donà che nel 1610 costruisce la sua dimora sulle Fondamente Nuove. Un tempo invece i patrizi preferivano le zone vicino alle piazze: San Marco e Rialto. Anche gli scoperti nella zona delle Fondamente Nuove erano particolarmente redditizi perché venivano adibiti a depositi di legname, dato che qui approdavano le zattere che trasportavano i tronchi provenienti dalle zone montuose.

Quest'area periferica, tradizionalmente ignorata dalla cartografia veneziana, assume dopo il 1590-94 nuova dignità, anche se all'insegna della mediocritas; è significativo il fatto che nel 1708 il Coronelli non disdegna di rappresentare le Fondamente Nuove in un'incisione dedicata alla "Laguna verso Murano agghiacciata". Già nel '600 veniva pubblicata, ad Amsterdam dal Mortier, una veduta fantastica del bordo settentrionale di Venezia intitolata "il palazzo del nunzio Pontificio a San Francesco della Vigna a Venezia" a dimostrazione della fama di cui godeva anche all'estero il rinnovamento rinascimentale di Venezia.

Strumenti e tecniche dell'intervento veneziano si spostano in Olanda vicina per istituzioni, attività mercantile ed economicamente legata alla Repubblica Veneta; nei nuovi quartieri di Amsterdam ci sono larghi canali fiancheggiati da ambo i lati da larghe fondamenta che, a detta di Tommaso Contarini nel 1610, rappresentano "il sito di Canareggio".

## 5. STRUTTURE ESISTENTI

Le strutture del tratto di Fondamente Nove, comprese tra il ponte di Mendicati e l'estremità est, risultano uniformi per tutto il loro sviluppo; dalle indagini eseguite risulta che i muri di sponda sono costituiti da un paramento in pietra d'istria ed una struttura in muratura di spessore sino a circa 2 metri, ed una altezza di circa 2,7 metri dal fondo del canale. Tramite alcuni scavi subacquei è stata inoltre individuata la quota di appoggio della fondazione del muro, che risulta inferiore di almeno un metro rispetto al fondo del canale, ed è composta da un doppio tavolato in appoggio su pali in legno.

Le pavimentazioni delle fondamente presentano una netta distinzione in corrispondenza del ponte della Cavana dell'Ospedale; nel tratto tra questo ponte ed il ponte dei Mendicanti infatti la pavimentazione è in masegni di trachite, mentre nel tratto più a est sono presenti lastre di porfido a spacco (opus incertum).

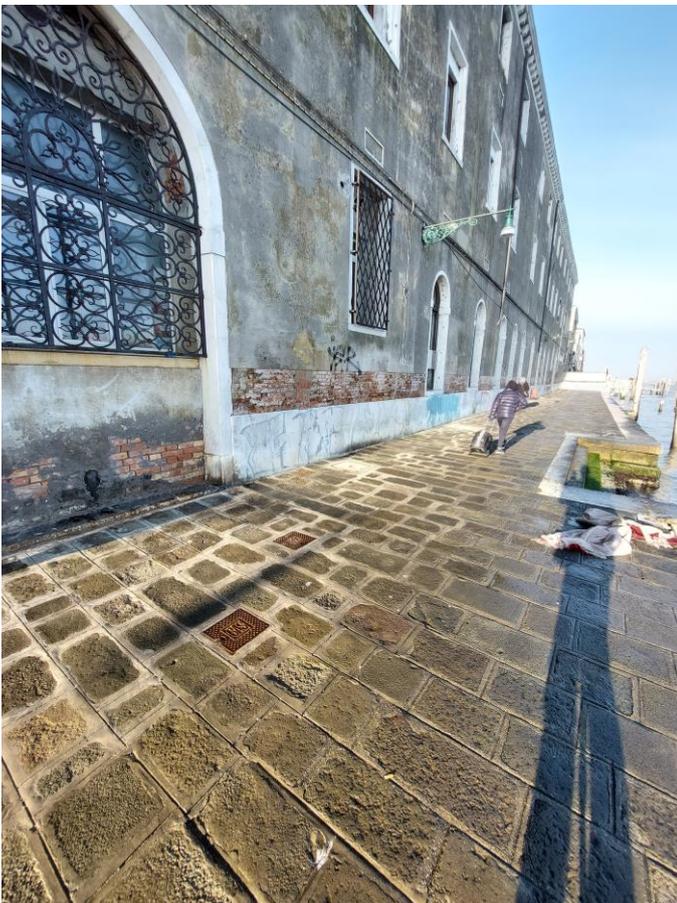


Figura 5.1: Pavimentazione di trachite prima del ponte della Cavana dell'Ospedale

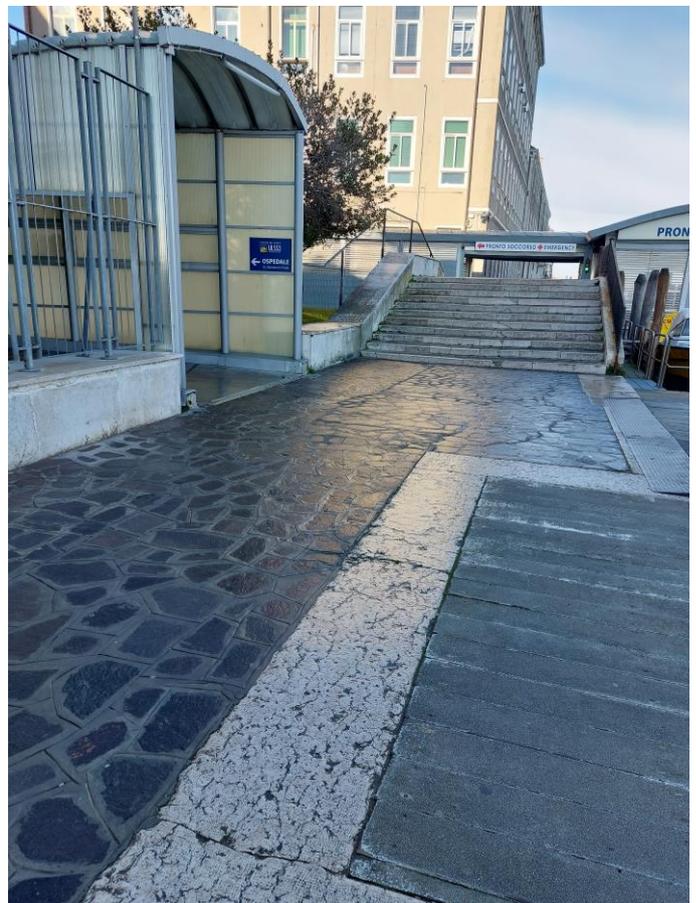


Figura 5.2 : Pavimentazione di porfido dopo il ponte della Cavana dell'Ospedale

Il Ponte dei Mendicanti ha una struttura di rilevanti dimensioni, posto sul medesimo rio, ha un arco policentrico di larghezza di circa 11 metri, mentre le scalinate, due per lato, appoggiano in buona parte sulle fondamente, per uno sviluppo complessivo di quasi 30 metri di lunghezza per 6 di larghezza. La struttura dell'arcata è costituita da armilla in conci di pietra d'istria e volta in mattoni, i rivestimenti sui fronti sono realizzati in lastre di pietra d'istria, mentre i parapetti sono realizzati da telai metallici in quadri pieni in acciaio, fissati alle estremità a colonnine in pietra d'istria.

Il ponte successivo, qui denominato della Cavana dell'Ospedale, risulta essere di dimensioni ridotte, con struttura della volta in mattoni ed armilla in pietra così come la cordonata sotto in parapetto in ferro e colonnine in ghisa; sui prospetti la muratura è finita con un intonaco di calce tradizionale.



Figura 5.3: Prospetto Nord del Ponte dei Mendicanti

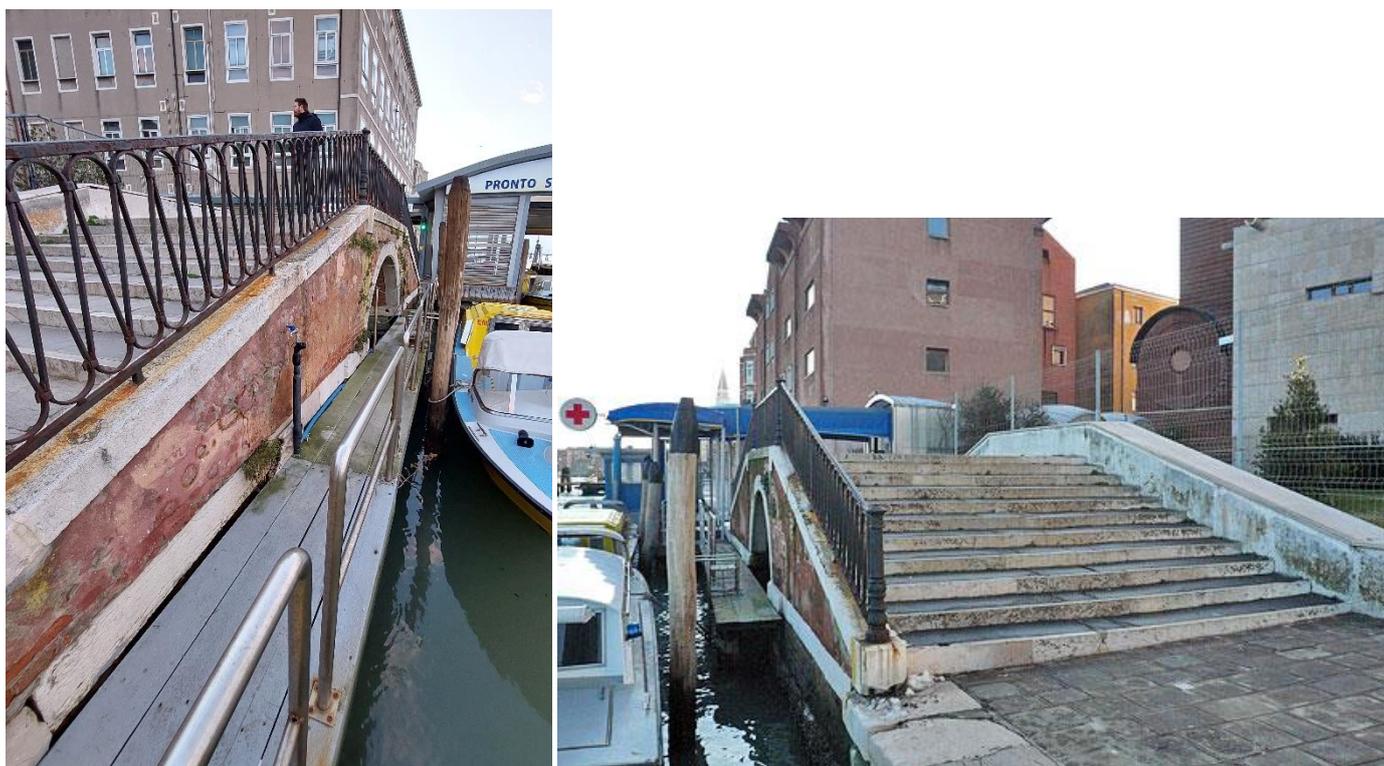


Figura 5.4 – 5.5: Scorcio del ponte della Cavana dell'Ospedale

## 6. ATTIVITA', SOTTOSERVIZI ED INTERFERENZE

Si è già in precedenza accennato al significativo numero di attività e di sottoservizi presenti nel tratto di fondamente prese in considerazione, che hanno influenzato l'intervento già dalle fasi di progettazione. Per fare un esempio si richiama qui la presenza della cavana del SUEM, ove le idroambulanze attraccano per gli interventi più urgenti, e che è connessa al pronto soccorso da una chiusura meccanizzata mobile delle pareti per il tratto di attraversamento della fondamenta, dalla cavana all'accesso dell'ospedale; parti della struttura della cavana e della chiusura meccanizzata sono disposte sopra la pavimentazione e le listoline di pietra, rendendo molto complesso un intervento di rialzo della pavimentazione.



Figura 6.1: Strutture della cavana delle Idroambulanze disposte sopra alla pavimentazione della fondamenta

Anche la presenza di altri pontili per il servizio di trasporto medico, ed il conseguente tombamento di rive, ha influenzato alcune scelte in fase progettuale, ma sicuramente tutte le attività e le strutture presenti influenzeranno le fasi operative dell'intervento, che dovranno essere attentamente organizzate e coordinate con tutti gli enti interessati.

Al fine di evidenziare la possibile presenza di problematiche si riporta di seguito un elenco, non esaustivo, delle varie attività e sottoservizi presenti nel tratto di viabilità pubblica interessata dai lavori.

- Viabilità pedonale ed attività presenti:
  - Accesso pubblico dalla fermata Actv;
  - Accesso ed uscita di utenti e personale dall'Ospedale;
  - Accesso al pronto soccorso del personale di primo soccorso con pazienti anche su barelle;
  - Accesso ad addetti per servizi all'ospedale, con scarico e carico della merce in prossimità dell'entrata di servizio;
- Viabilità acqua:
  - Mezzi di emergenza SUEM

- Mezzi di trasporto sanitario
- Mezzi di fornitura merci e servizi per l'ospedale, in prossimità dello scarico merci (entrata di servizio), tra cui:
  - Servizio smaltimento rifiuti Veritas;
  - Servizio smaltimento rifiuti speciali;
  - Servizi di espurgo fosse settiche;
  - Servizio di fornitura beni e merci;
- Mezzi per il rifornimento di Ossigeno medico sanitario, in corrispondenza della passerella adiacente alla fermata Actv;

• Sottoservizi:

per la presenza dei sottoservizi si rimanda alle indicazioni generali riportate negli elaborati da PD.01 a P.D.04, comunque si chiede di far riferimento alle indicazioni dei gestori dei sottoservizi stessi, e ad attente e frequenti verifiche durante le lavorazioni sullo stato di fatto; si ricordano comunque la presenza delle linee interrate:

- Condotte di fornitura del gas (2 presenti);
- Condotte della linea adduzione idrica antincendio;
- Linee Elettriche media tensione;
- Fornitura ossigeno sanitario (attraversamento trasversale del passaggio pedonale);

Sono altresì presenti in due punti della fondamenta degli arrivi di linee elettriche di media tensione dalla laguna (linee sul fondo del canale).

Inoltre è da segnalare che sulla fondamenta è presente l'accesso ad una centrale di media trasformazione elettrica a servizio dell'ospedale e l'accesso alla centrale termica, con rispettive entrate delle linee di fornitura.



Figura 6.2: Entrata cabina di trasformazione



Figura 6.3: Entrata della fornitura Gas per centrale termica



Figura 6.4: Adduzione fornitura ossigeno

Ulteriore criticità da mantenere monitorata e da coordinare per eventuali interventi con USL, presenta il muro di recinzione dell'ospedale, che, anche se in alcuni punti è munito di strutture metalliche di rinforzo, in altri appare con muratura particolarmente ammalorata e disgregata.



**Figura 6.5:** Muro di recinzione dell'ospedale dissestato

Si segnala fin d'ora che alcuni enti gestori dei sottoservizi hanno manifestato interesse nell'intervenire durante le lavorazioni dell'intervento in oggetto al fine di sostituire tratti di tubazioni esistenti; in particolare l'azienda Italgas risulta interessata alla sostituzione completa delle tubazioni pe de 315 presenti in corrispondenza dei due ponti interessati dalle lavorazioni. L'azienda Veritas invece verificherà la possibilità di intervenire durante le lavorazioni per collegare la linea anticendio che transita lungo la Fondamenta dei Mendicanti con quella che corre lungo le Fondamente Nove, nonché prolungare la stessa lungo calle della Cappuccine.

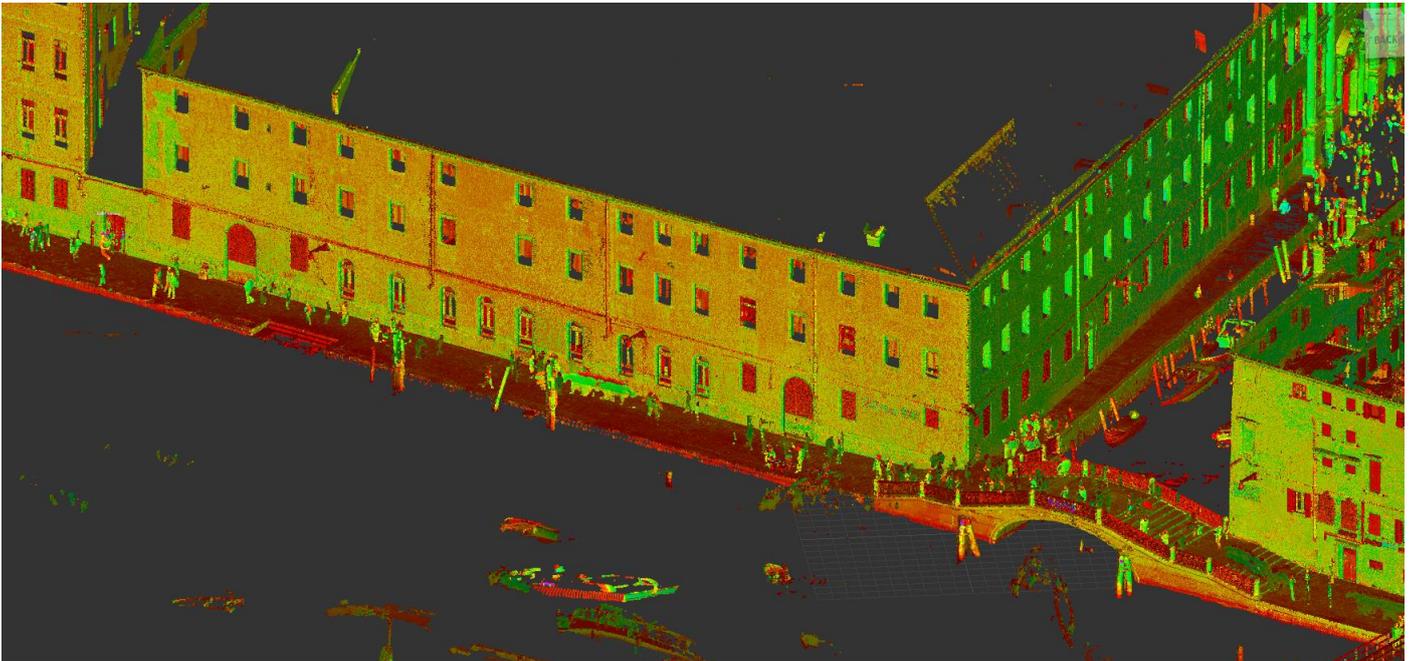
## **7. INDAGINI CONOSCITIVE ESEGUITE**

Per valutare lo stato di conservazione e consistenza degli elementi che costituiscono il tratto di Fondamente Nuove preso in considerazione, si è eseguita una serie di indagini che in questo paragrafo vengono descritte.

### **7.1. Rilievo con Laser Scanner**

Come prima attività è stato svolto un rilievo mediante l'utilizzo di laser scanner che ha reso possibile l'acquisizione di una nuvola di punti di tutte gli elementi visibili della fondamenta, a partire dal livello della marea; dalla nuvola di punti, tramite anche un rilievo topografico, è stato prodotto una rilievo geometrico quotato dello sviluppo della fondamenta e dei ponti, collegando le quote altimetriche sia ai caposaldi lasciati dalla società Insula, sia alla rete GPS. In questa maniera è stato possibile definire un andamento planimetrico facendo riferimento alla quota mare media di Punta della Salute.

Inoltre in base alla nuvola di punti sono state graficizzati anche prospetti, piante e sezioni dei due ponti. Tutti i dati rilevati dal rilievo sono stati utilizzati per la redazione delle tavole di rilievo allegate al presente progetto, e identificabili da P.D.01 a P.D.10.



**Figura 7.1:** Porzione della nuvola di punti del rilievo eseguito con laser scanner

### **7.2. Indagini subacquee**

Onde indagare le porzioni di struttura più importanti ma non visibili, sono state commissionate dal Comune di Venezia delle indagini subacquee alla ditta IDRA srl. Questo tipo di indagine è finalizzato a valutare lo stato di consistenza e conservazione del muro di sponda, verificando la presenza di eventuali dissesti non visibili e valutando, ove possibile, la tipologia di struttura presente; una prima valutazione speditiva diffusa su tutto il fronte della laguna del tratto individuato ha anche reso possibile il rilievo di un significativo numero di scarichi e la presenza di sottoservizi. Sono state individuate tre zone ove, dopo un'accurata pulizia, è stato compiuto un rilievo del paramento tale da poter definire il profilo del muro, anche tramite lo scavo del canale sino a raggiungere la base fondale del muro di sponda.

Si sono infine approfondite ulteriormente le indagini con l'esecuzione di carotaggi orizzontali, a partire dal paramento di rivestimento, per una profondità massima di circa 2 metri, al fine di verificare la consistenza e tipologia della struttura del muro.

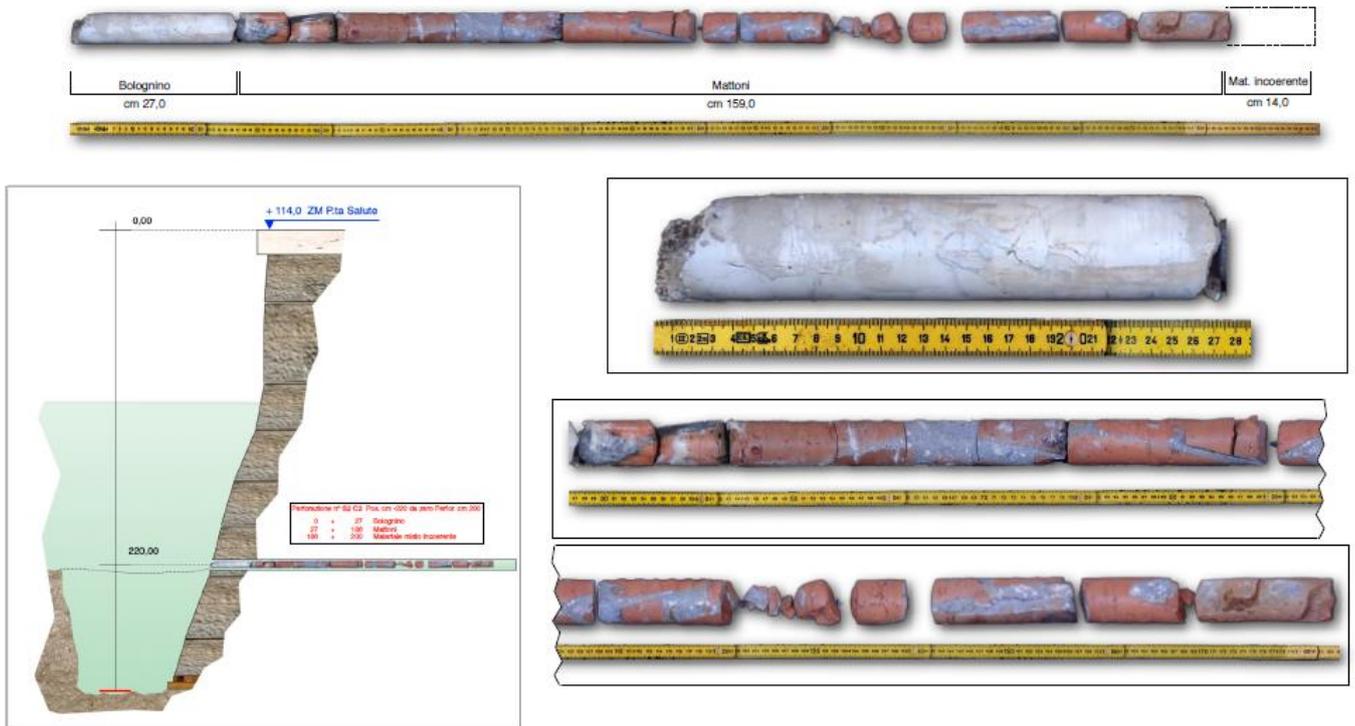


Figura 7.2: Sezione tipologica con dettagli delle carote orizzontali eseguite

Tutto quanto qui sopra illustrato è contenuto nell'elaborato denominato: "VENEZIA - sestiere di Cannaregio Fondamente Nove Ospedale Civile - Ponte dei Mendicanti - Indagini conoscitive subacquee propedeutiche alla progettazione di interventi di manutenzione Straordinaria del muro di marginamento", a cura della società IDRA srl; il presente elaborato, a cui si farà più volte riferimento nella presente relazione, viene allegato al progetto, di cui è parte integrante essendo alla base della definizione dello stato di consistenza e conservazione delle strutture.

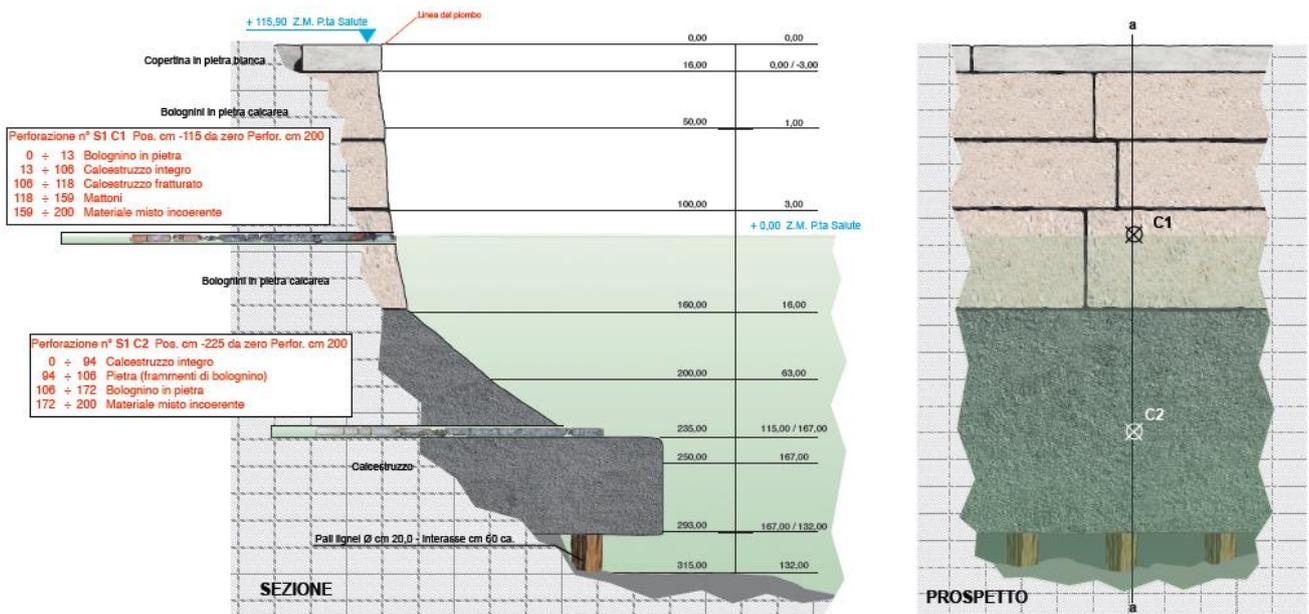


Figura 7.3: Rilievo di una sezione tipologica del muro di sponda con restituzione anche della tessitura del paramento di pietra

### 7.3. Indagini e sondaggi geotecnici

Nel mese di aprile '22 sono iniziati anche alcuni sondaggi geotecnici, finalizzati alla caratterizzazione stratigrafica e geologica del terreno e alla verifica della geometria dei muri di sponda tramite carotaggi verticali, da parte della ditta Geotecnica Veneta srl.

Al fine di indagare le caratteristiche geotecniche del sito e lo stato di consistenza delle murature, sono state eseguite le seguenti indagini:

- Esecuzione di n. 4 sondaggi a carotaggio continuo che ha raggiunto la profondità di 5m con carotiere semplice da  $\varnothing$  101mm, compreso rivestimento da  $\varnothing$  127mm ove necessario, l'estrazione e la conservazione dei depositi in cassette catalogatrici;
- Esecuzione di n. 1 prove penetrometrica CPTU che ha raggiunto la profondità di 8m;
- Esecuzione di n. 1 prospezioni sismiche di tipo attivo MASW;

I 4 sondaggi a carotaggio continuo sino alla profondità di 5 metri hanno avuto lo scopo di indagare geometria ed estensione del muro di sponda, in particolare incrociando le informazioni ottenute dai carotaggi orizzontali eseguiti sul parmento murario dalla ditta IDRA, è stato possibile ipotizzare un profilo geometrico del muro.

Le altre indagini invece sono finalizzate ad una caratterizzazione degli strati più profondi, anche se non sono previsti interventi geotecnici, in quanto anche le palancole previste dal progetto hanno unicamente la funzione di impedire l'erosione del fondo canale da sotto il batolo.



Figura 7.4: Cassetta di catalogazione del sondaggio S2C1 per la verifica della consistenza e geometria del muro di sponda

I risultati delle indagini svolte sono illustrati nel documento "Relazione geologica geotecnica per la messa in sicurezza, consolidamento marginamento e ripristino pavimentazione – Cantiere Fondamente Nove", a cura e firma della stessa Geotecnica Veneta srl.

## 8. CONSISTENZE E INTERVENTI PASSATI

Le indagini conoscitive eseguite hanno permesso di approfondire e valutare la consistenza delle strutture esistenti, soprattutto per quanto riguardare le porzioni non direttamente a vista, perché interrato e immerse.

In particolare, le indagini subacquee hanno rilevato come il muro di sponda, pur avendo subito modifiche e consolidamenti, è probabilmente quello originario in mattoni e pietra, in appoggio su un doppio tavolato e pali in legno, risultando privo di strutture più moderne come ad esempio palancolati antiscazzamento. È stato rilevato anche un importante batolo in c.a. al piede del muro, di dimensioni considerevoli, risulta in appoggio su pali in legno, posti ad una quota superiore di circa 1 metro rispetto al piano di posa del muro in mattoni originario; l'esecuzione di tale struttura è evidentemente un intervento di consolidamento più recente, sicuramente da far risalire al secolo scorso (XX secolo), che ha probabilmente interessato anche il muro di sponda in elevazione, con getti di cemento tra il paramento in pietra e la struttura muraria, come rilevato dalle carote prelevate.

Si segnala che il cordolo alla base del muro risulta interrotto e in alcuni tratti mancante; inoltre le indagini hanno rilevato erosione del fondale con scavernamenti diffusi.

Riconducibili agli interventi del secolo scorso, sono probabilmente anche quelli che hanno interessato parzialmente le pavimentazioni e soprattutto le listoline in pietra e i rivestimenti delle rive, che hanno una lavorazione di finitura simile e abbastanza recente.

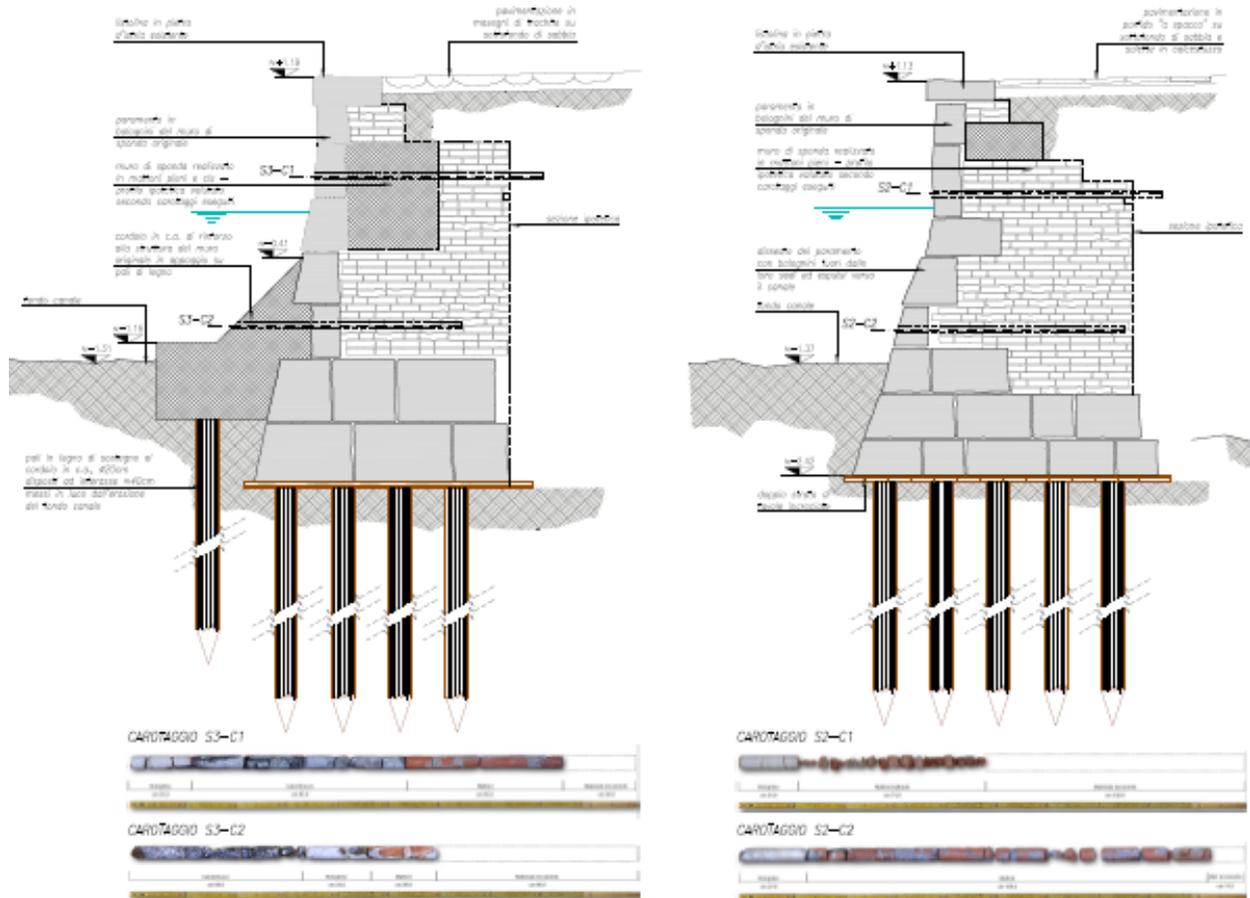


Figura 8.1: Sezioni tipologiche del muro di sponda, nelle due varianti con e senza batolo in c.a.

## 9. ANALISI DEL DISSESTO

Nel presente paragrafo si riporta quanto è stato individuato dalla campagna conoscitiva condotta sulle strutture esistenti dei manufatti del tratto di Fondamente Nove interessato dal progetto, evidenziando i dissesti e degradi più rilevanti che interessano le pavimentazioni, i muri di sponda ed i ponti compresi nell'intervento.

### 9.1. Muri di sponda

I muri di sponda sono stati indagati principalmente grazie alle indagini subacquee, che hanno permesso di valutare approfonditamente il paramento in tre specifiche zone. Dalla relazione di Idra è risultato in generale un discreto stato di conservazione del paramento in pietra, con localizzati rilevanti dissesti in corrispondenza della scalinata (vedi foto 9.9) della riva posta più a ovest e in un tratto adiacente al pontile per la fornitura dell'ossigeno; in questi casi sembra si sia manifestata la tendenza all'espulsione dei bolognini in pietra, con caduta di alcuni elementi lapidei.

In maniera diffusa viene segnalata invece l'erosione dell'allettamento in malta sotto le listoline in pietra, con ampi e profondi vuoti all'intradosso delle listoline.



Figura 9.1 – 9.2: Vista della riva con evidente erosione dell'allettamento in malta sotto alle listoline

Le indagini subacquee hanno evidenziato come il fondo del canale sia stato eroso con il passare del tempo, tanto da determinare lo scavamento diffuso alla base del batolo in c.a. eseguito durante uno degli ultimi interventi di consolidamento della riva; l'erosione sotto il cordolo in c.a. in molti punti è tale da rendere visibili ed esposti i pali in legno infissi per il sostegno del cordolo stesso.

Si rimanda alla relazione di Idra allegata al presente progetto, e precedentemente citata, per l'approfondimento sulla descrizione ed estensione dei dissesti descritti; si riporta di seguito immagine tratta dalla stessa relazione dove vengono riassunti graficamente i dissesti relativi allo scavamento sotto al cordolo.



Figura 9.3: Planimetria con indicata la presenza del batolo in c.a. e lo scavamento presente sotto al batolo

Il fenomeno dello scavernamento sopra descritto, con l'esposizione diretta dei pali in legno alla corrente della laguna, potrebbe a lungo andare risultare pericoloso per la conservazione delle teste dei pali stessi, in quanto, per l'esposizione all'ossigeno, potrebbero essere soggetti a marcescenze. C'è da considerare inoltre che il cordolo di rilevanti dimensioni sembra sia stato connesso al muro di sponda con alcune morse, situazione che determinerebbe sconessioni e cedimenti anche del muro di sponda, nel caso il batolo al piede del muro perdesse l'appoggio sui pali a causa del loro deterioramento.



Figura 9.4 – 9.5: Immagini subacquee dell'erosione presente sotto al batolo al piede del muro di sponda

Discorso a parte deve essere fatto sul paramento murario del marginamento in corrispondenza al Ponte e al primo tratto della fondamenta dei Mendicanti; qui le indagini subacquee di Idra non hanno rilevato dissesti sul fondale, ma sono visibili dal medesimo ponte alcune mancanze e vuoti apparenti dietro al rivestimento di pietra.

## 9.2. Pavimentazioni e listoline

Per quanto riguarda le pavimentazioni delle fondamenta si segnalano in generale dissesti relativi a frequenti avvallamenti dei masegni e evidenti disomogeneità della pavimentazione dovuta a successivi interventi sui sottoservizi.

Si evidenziano due situazioni leggermente differenti nelle due zone precedentemente individuate, ed in particolare: la zona compresa tra il Ponte dei Mendicanti e il Ponte della Cavana dell'Ospedale, con pavimentazione in masegni di trachite, e la zona compresa tra il ponte della Cavana dell'Ospedale e la fine delle Fondamenta Nove, con pavimentazione in porfido a spacco.



Figura 9.6 – 9.7: Stato di degrado delle listoline in pietra

Nel primo tratto sono presenti avvallamenti e dissesti dei masegni, ma soprattutto è visibile il deterioramento di parecchi elementi della pietra d'Istria, che risulta lesionata e mancante di porzione degli strati superficiali, a causa anche probabilmente degli urti di imbarcazioni alla deriva nell'evento eccezionale del 12/11/2019. Valutando le listoline dalla laguna si può notare però che molti elementi sono lesionati anche longitudinalmente (vedi foto. 9.6 e 9.8), probabilmente anche a causa della non ottima qualità della pietra.



Figura 9.8: Ammadoramento delle listoline in pietra



Figura 9.9: Dissesti della riva visibili anche sopra il livello della marea

Per quanto riguarda il secondo tratto, si nota più marcato il cedimento della pavimentazione, con continui avvallamenti e fasce di selciato ripreso e ricostruito a causa anche di frequenti manutenzioni ai sottoservizi. È inoltre da segnalare come abbia sicuramente contribuito al dissesto della pavimentazione il giornaliero attraversamento della fondamenta di carichi rilevanti, facenti parte dell'approvvigionamento giornaliero di merci e servizio dell'Ospedale Civile.

Inoltre in questo tratto di fondamenta, posto ad una quota altimetrica leggermente più bassa degli altri, sono presenti manomissioni del selciato, come è il caso del passaggio della condotta di carico dell'ossigeno, e deterioramento di alcuni elementi in pietra d'Istria della listolina.

### 9.3. *Ponte dei Mendicanti*

Il Ponte dei Mendicanti è soggetto ad alcuni dissesti che riguardano elementi strutturali ed elementi di rivestimento.

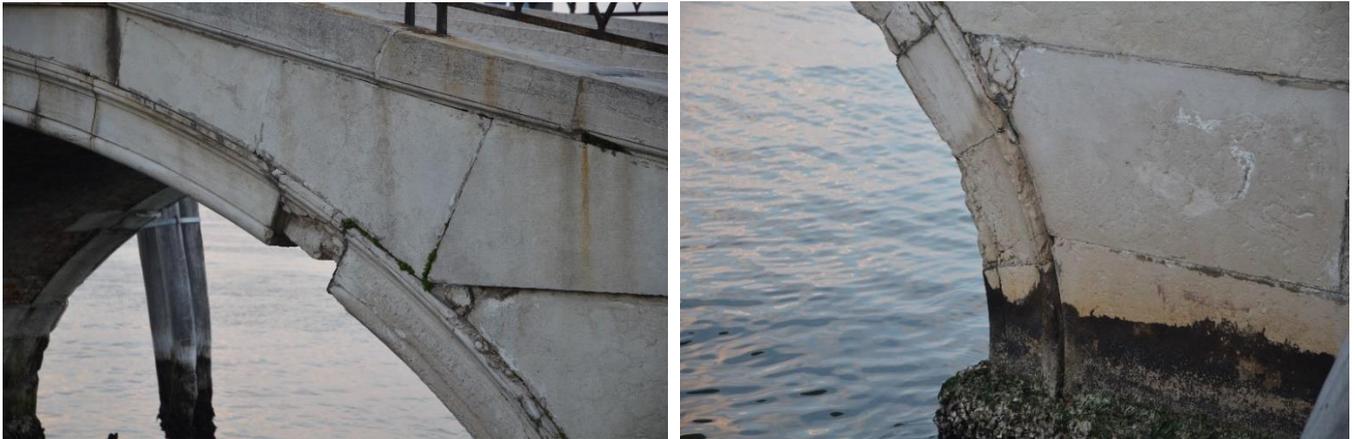
Per quanto riguarda i dissesti strutturali è da evidenziare innanzitutto la presenza di molte chiavi in pietra, di collegamento tra l'armilla e la volta in muratura, spezzate, soprattutto in corrispondenza del fronte sud. Le fessurazioni presenti sulle chiavi sono accompagnate dalla formazione di un giunto longitudinale tra l'armilla e la volta, rivelando un rilassamento della struttura del ponte in senso trasversale, con conseguente disaccoppiamento degli elementi strutturali, armilla-volta del ponte, originariamente strettamente connessi. In corrispondenza del prospetto nord, il giunto tra la volta e l'armilla è molto meno evidente, ma sono riscontrabili delle cuciture murarie che testimoniano interventi passati finalizzati a risarcire il fenomeno attualmente presente sull'altro fronte.



**Figura 9.10:** Lesioni delle chiavi e giunto tra armilla e volta in corrispondenza del fronte sud del ponte

Per quanto riguarda l'armilla in pietra d'istria, sempre sul fronte sud sono presenti chiavi lesionate, con porzioni mancanti ed esfoliazione degli elementi lapidei.

Dal punto di vista degli elementi lapidei di rivestimento, alcuni appaiono distaccati dal supporto murario; è presente la perdita della stuccatura dei giunti con erbe infestanti che hanno riempito i vuoti rimasti; alcuni elementi appaiono degradati, ed è diffusa la presenza di patine biologiche e di colature ed alterazioni cromatiche, spesso dovute all'ossidazione di elementi metallici.



**Figura 9.11:** Lesioni e degrado dell'armilla e dei rivestimenti lapidei

I parapetti del ponte sono realizzati con telai metallici, costituiti da profili quadri pieni, connessi con piombature alle colonnine in pietra: alcuni moduli di parapetto sono gravemente ossidati, con una rilevante riduzione delle sezioni ed indebolimento delle connessioni alle colonnine.



**Figura 9.12:** Esempio di parapetto metallico con ossidazione che ha compromesso la sezione dei profili

Le pavimentazioni del ponte sono deteriorate, con uno strato di finitura in asfalto fortemente compromesso dai diffusi rappezzi in cemento, testimonianza di importanti e molteplici interventi sui sottoservizi; anche le cordone in pietra dei gradini sono spezzate in più punti.



Figura 9.13: Pavimentazione del Ponte dei Mendicanti

#### 9.4. Ponte della Cavana dell'Ospedale

Il ponte presso la cavane dell'ospedale non presenta rilevanti problemi strutturali, vista anche la modesta luce dell'arcata; risulta piuttosto un diffuso degrado della pavimentazione, del parapetto e del prospetto sulla laguna.

Proprio il prospetto nord infatti mostra dei resti di intonaco fortemente deteriorato, la presenza di piante infestanti che hanno riempito le fughe tra i mattoni, e alcune lesioni passanti che sembrano interessare la struttura in elevazione del ponte, ma non l'arcata.

Il parapetto ha struttura metallica con colonnine in ghisa, il tutto fortemente intaccato dalla ruggine, mentre la pavimentazione si trova nelle medesime condizioni di quella del Ponte dei Mendicanti.



Figura 9.12: Pavimentazione del ponte della Cavana

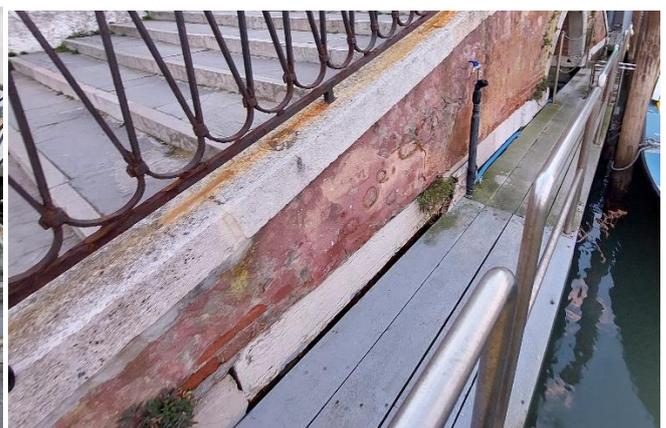


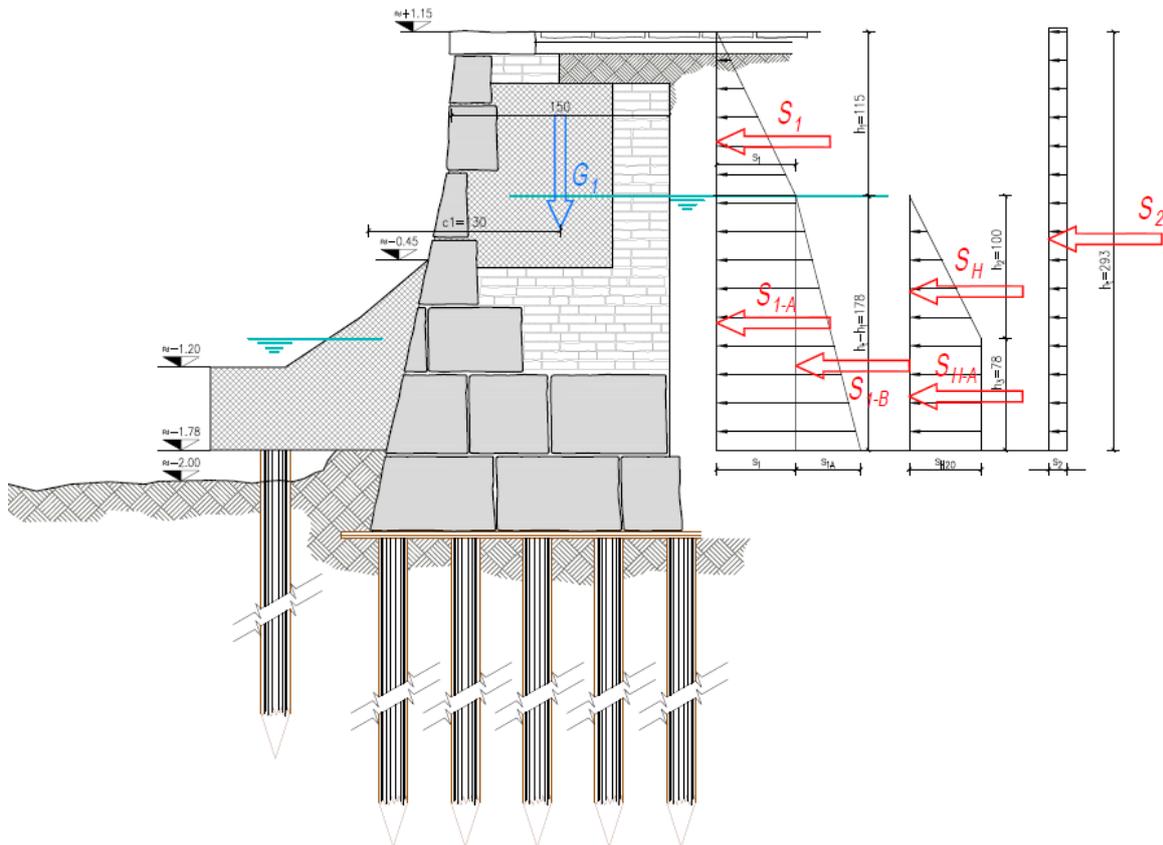
Figura 9.13: Prospetto Nord del ponte

## 10. VERIFICA DELLA STABILITA' DEL MURO

In base alla geometria ipotizzata dalle indagini, di seguito si riporta la verifica al ribaltamento del muro di sponda, nelle condizioni più gravose, tralasciando lo scorrimento che risulta bloccato dalla presenza del batolo in c.a. su pali.

Nella verifica a seguito riportata si è considerato un terreno di tipo Argillo-sabbioso, con coefficiente di attrito  $\varphi$  di  $20^\circ$ , adottando il metodo di calcolo secondo la teoria di Culomb, trascurando l'attrito terra-muro; da sottolineare che tale metodo opera con un discreto margine a favore di sicurezza.

Per quanto riguarda i carichi agenti, si considera anzitutto il peso specifico del terreno umido, pari a  $2000\text{kg/m}^3$ , un carico relativo a folla compatta di  $500\text{kg/mq}$  disposto nella condizione più sfavorevole. Lo schema di calcolo è riportato nel grafico seguente. Inoltre si considera una differenza di quota dell'acqua di circa 1 m, determinante una spinta instabilizzante sul muro.



I principali dati di calcolo sono i seguenti:

peso specifico del terreno:	$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$
angolo di attrito del terreno:	$\varphi = 20^\circ$
coefficiente di spinta attiva:	$K_a = tg^2 \left( \frac{90^\circ - \varphi}{2} \right) = 0,49$
carico variabile	$q = 5 \text{ kN/m}^2$

Le spinte ribaltanti agenti sul muro di sponda risultano quindi:

$$\begin{aligned} \text{pressione del terreno:} \quad s_1 &= \gamma_t \times h_1 \times K_a = 20 \times 1.15 \times 0,49 = 11,27 \text{ kN/m}^2 \\ s_{1A} &= (\gamma_t - \gamma_{H2O}) \times h_2 \times K_a = 10 \times 1.80 \times 0,49 = 8,82 \text{ kN/m}^2 \\ \text{pressione generata dal carico accidentale:} \quad s_2 &= q \times K_a = 5 \times 0,49 = 2,45 \text{ kN/m}^2 \\ \text{pressione generata dall'acqua:} \quad s_{H2O} &= 10 \times 1 = 10 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{spinta del terreno:} \quad S_1 &= s_1 \times \frac{h_1}{2} = 11,27 \times \frac{1.15}{2} = 6,5 \text{ kN} \\ S_{1A} &= s_1 \times (h_t - h_1) = 11,27 \times 1,78 = 20 \text{ kN} \\ S_{1B} &= s_{1A} \times \frac{h_t - h_1}{2} = 8,82 \times \frac{1,78}{2} = 7,85 \text{ kN} \\ \text{spinta generata dal carico accidentale:} \quad S_2 &= s_2 \times h_t = 2,45 \times 2,93 = 7,20 \text{ kN} \\ \text{spinta dell'acqua:} \quad S_{H2O} &= s_{H2O} \times \frac{h_2}{2} = 10 \times \frac{1}{2} = 5 \text{ kN} \\ S_{H2O-A} &= s_{H2O} \times h_3 = 10 \times 0,78 = 7,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

Il peso proprio del muro di sponda agisce come forza stabilizzante, e risulta pari a:

$$\text{peso } G_1: \quad G_1 = 18 \times 1,5 \times 3,00 = 81 \text{ kN}$$

Si procede ora con il calcolo dei momenti ribaltanti, originati dalle spinte sul muro di sponda, e dei momenti stabilizzanti, generati dal peso proprio; nel calcolo si considerano i coefficienti di combinazione parziali per quanto riguarda gli stati limite ultimi di equilibrio (EQU). Si hanno infatti i seguenti valori:

$$\begin{aligned} \text{Coefficiente parziale per carichi permanenti Favorevoli:} \quad \gamma_{G1} &= 0,9 \\ \text{Coefficiente parziale per carichi permanenti non strutturali Sfavorevoli:} \quad \gamma_{G2} &= 1,5 \\ \text{Coefficiente parziale per azioni variabili Q Sfavorevoli:} \quad \gamma_Q &= 1,5 \end{aligned}$$

Il momento ribaltante rispetto alla base del muro in combinazione SLU risulta quindi:

Momento ribaltante:

$$\begin{aligned} M_R &= S_1 \times \left( \frac{h_1}{3} + h_t - h_1 \right) \times \gamma_{G2} + S_{1-A} \times \frac{h_t - h_1}{2} \times \gamma_{G2} + S_{1-B} \times \frac{h_t - h_1}{3} \times \gamma_{G2} + S_{H2O} \times \left( \frac{h_2}{3} + h_3 \right) \times \gamma_{G2} + S_{H2O-A} \times \frac{h_3}{2} \times \gamma_{G2} + \\ &S_2 \times \frac{h_t}{2} \times \gamma_Q = 62,40 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\text{Momento stabilizzante:} \quad M_S = G_1 \times c_1 \times \gamma_{G1} = 81 \times 1,30 \times 0,9 = 95 \text{ Nm}$$

La verifica risulta soddisfatta risultando il momento stabilizzante superiore a quello ribaltante.

La geometria considerata nella verifica è quella relativa alla situazione post intervento, considerando condizioni comunque a favore di sicurezza.

## 11. INTERVENTI DI PROGETTO

In questo capitolo si riportano e descrivono i principali interventi definiti per il consolidamento, ripristino e miglioramento funzionale dei manufatti presenti nel lotto oggetto di intervento.

Gli interventi previsti dal progetto, che a seguire verranno approfonditamente descritti, trovano puntuale riferimento nei dissesti riscontrati e descritti precedentemente; in particolare non essendo stati riscontrati gravi problemi di consistenza e conservazione strutturale, il progetto mira a ripristinare le situazioni di dissesto segnalato, evitando così che i dissesti presenti possano aggravarsi minando la stabilità delle strutture.

Si rimanda alle fasi operative di cantiere, la verifica di quanto rilevato ed ipotizzato in base alle indagini eseguite; verrà data eventuale immediata informazione alla Stazione Appaltante nel caso vengano individuate situazioni difformi e dissesti più gravi di quanto descritto.

### 11.1. Caratteristiche dei materiali impiegati

Di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche dei principali materiali previsti per l'intervento.

#### 11.1.1. Nuove strutture in c.a.

Le strutture in c.a. gettato in opera saranno realizzate con calcestruzzo avente classe di resistenza C28/35. La classe di esposizione riferita alle azioni dell'ambiente per tali strutture è la XS2, ambiente con umidità moderata (vedi UNI 11104:2004 punto 3.1, UNI EN206-1 punto 4.1).

Si prescrive pertanto un calcestruzzo C35/45 con le seguenti caratteristiche:

Resistenza cilindrica .....	$f_{ck} =$	35	MPa
Resistenza cubica.....	$R_{ck} =$	45	MPa
Rapporto acqua-cemento massimo: .....	$A/C =$	0.45	
Classe di esposizione: .....		XS2	
Classe di consistenza: .....		S4	
Copriferro nominale: .....	$C_{nom} =$	45	mm
Diametro massimo degli aggregati .....		20	mm
resistenza di calcolo a compressione: .....	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	19.8	MPa
resistenza di calcolo a trazione: .....	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_s$	1.50	MPa
modulo elastico: .....	$E_{cm} =$	34077	Mpa

Prescrizioni integrative per calcestruzzo autocompattante:

Classe di Spandimento: .....	SF2
Classe di Viscosità:.....	VS2
Additivi per proprietà antilavanti: .....	

#### 11.1.2. Acciaio per cemento armato tipo B450C

Tensione caratteristica di snervamento: .....	$f_{yk} =$	450	MPa
Tensione caratteristica di rottura: .....	$f_{tk} =$	540	MPa
Resistenza di calcolo: .....	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	391	MPa
Modulo di elasticità: .....	$E_s =$	200000	Mpa

Acciaio inox tipo Aisi 316L per armature ed inghisaggi:

Tensione caratteristica di snervamento: .....  $f_{yk}$  220 MPa  
Modulo di elasticità: .....  $E_s =$  200000 Mpa

### 11.1.3. Strutture in carpenteria metallica

Per le nuove strutture in carpenteria metallica si prevede l'utilizzo di profili, piatti e tondi pieni in acciaio tipo S275JR, aventi le seguenti caratteristiche meccaniche:

Le strutture in carpenteria metallica, dove non indicato diversamente, si prevedono in acciaio tipo S275JR secondo UNI EN 10025 e 10027, ciclo di protezione con zincatura a caldo conforme a UNI-EN ISO 1461, mentre per i profili che costituiscono le palancole si prevede acciaio tipo S270GP

tensione caratteristica di snervamento: .....  $f_{yk} \geq$  ..... 275 MPa  
tensione caratteristica di rottura: .....  $f_{tk} \geq$  ..... 430 MPa  
modulo di elasticità: .....  $E =$  ..... 210000 MPa

### 1.1.1. Intonaci, malte e leganti per murature

Si prevede l'utilizzo delle seguenti malte prive di cemento e conformi alla norma UNI EN 998-2:

Per interventi di consolidamento delle murature esistenti con iniezioni si prevede malta a base di calce ad elevata fluidità, priva di cemento e a granulometria finissima:

Malta ..... prestazione garantita  
Uso previsto ..... usi strutturali  
Sistema di Valutazione e Verifica: ..... 2+  
Classe: .....  $\geq M10$   
Resistenza a compressione .....  $f_{cm} \geq$  10 MPa  
Tipo di marcatura: ..... CE

Malta a base di calce per murature esistenti, con interventi di ripristino e per lavorazioni a "scuci-cuci":

Malta ..... prestazione garantita  
Uso previsto ..... usi strutturali  
Sistema di Valutazione e Verifica: ..... 2+  
Classe: .....  $\geq M15$   
Resistenza a compressione .....  $f_{cm} \geq$  15 MPa  
Tipo di marcatura: ..... CE

Elementi artificiali per muratura in laterizi pieni, conformi alla UNI EN 771:

Resistenza caratteristica a compressione .....  $f_{cm} \geq$  20 MPa  
Categoria ..... categoria I  
Sistema di Valutazione e Verifica: ..... 2+

### 1.1.2. Sistemi di rinforzo con FRCM

Si prevede l'utilizzo di sistemi di rinforzo con tessuti e corde in fibra di basalto, applicate alla muratura con matrice organica a base di malta di calce; i sistemi devono essere in possesso del certificato di Valutazione Tecnica rilasciato dal STC, in conformità con il capitolo 11 delle NTC, DM 17/01/18.

Le caratteristiche del tessuto da applicare avranno caratteristiche simili a quelle di seguito riportate:

<i>Tipo di Fibre</i> .....	<i>Basalto</i>
<i>Grammatura (gr/mq)</i> .....	<i>250 gr/mq</i>
<i>Modulo Elastico (MPa):</i> .....	<i>89.000 MPa</i>
<i>Resistenza a trazione per unità di larghezza (kN/mq):</i> .....	<i>60 kN/mq</i>
<i>Area resistente per unità di larghezza (mmq/m)</i> .....	<i>38,91 mmq/m</i>
<i>Tipo di marcatura:</i> .....	<i>CE</i>

Il sistema di applicazione delle fibre si basa su una matrice a base di malta di calce idraulica:

<i>Resistenza a compressione della Malta</i> .....	<i>15 MPa</i>
<i>Adesione al supporto in muratura</i> .....	<i>&gt;0,8 MPa</i>

## 1.2. Interventi di progetto

Nel seguito di questo paragrafo si descriveranno gli interventi previsti per il consolidamento e la riparazione dei dissesti, così come riportato negli elaborati grafici di progetto da P.D.10 a P.D.20.

Al fine di descrivere in maniera più dettagliata tutte le tipologie di intervento, nella descrizione a seguire si esamineranno gli interventi in modo distinto per ciascun tipo di struttura o sovrastruttura interessata.

### 1.2.1. Muri di sponda

Per quanto riguarda le strutture che costituiscono il muro di sponda, il dissesto più evidente segnalato è il diffuso scavernamento sotto al batolo lungo il tratto considerato, con il rischio che con il passare del tempo, oltre all'aumento dell'erosione, si possa instaurare l'instabilità del cordolo in c.a., a causa anche alla marcescenza dei pali in legno esposti alla corrente. Al fine di fermare l'erosione e lo svuotamento del terreno posto alla base del muro, si prevede l'infissione di palancole antiscazzamento di modesta lunghezza ed inerzia, che, con un getto integrativo di calcestruzzo autocompattante di riempimento dei vuoti, proteggeranno le strutture alla base del paramento.

L'intervento verrà eseguito in umido, con ausilio di squadra di sommozzatori per le fasi di getto e tracciamento del palancolato, utilizzando calcestruzzi autocompattanti (SCC) e additivi per aumentarne le capacità anti-dilavanti, specifici per i getti subacquei marini. Nei tratti di intervento, ove risultasse interrotto il batolo, si provvederà ad un getto integrativo per dare continuità alla struttura già esistente.

Essendo il batolo già particolarmente esteso verso il canale, così da creare limitazioni all'attracco sulla riva di imbarcazioni, l'intervento dovrà limitare al massimo ulteriori allargamenti; si propone quindi l'utilizzo di palancole con minore profondità dell'onda possibile, tra quelle disponibili sul mercato.

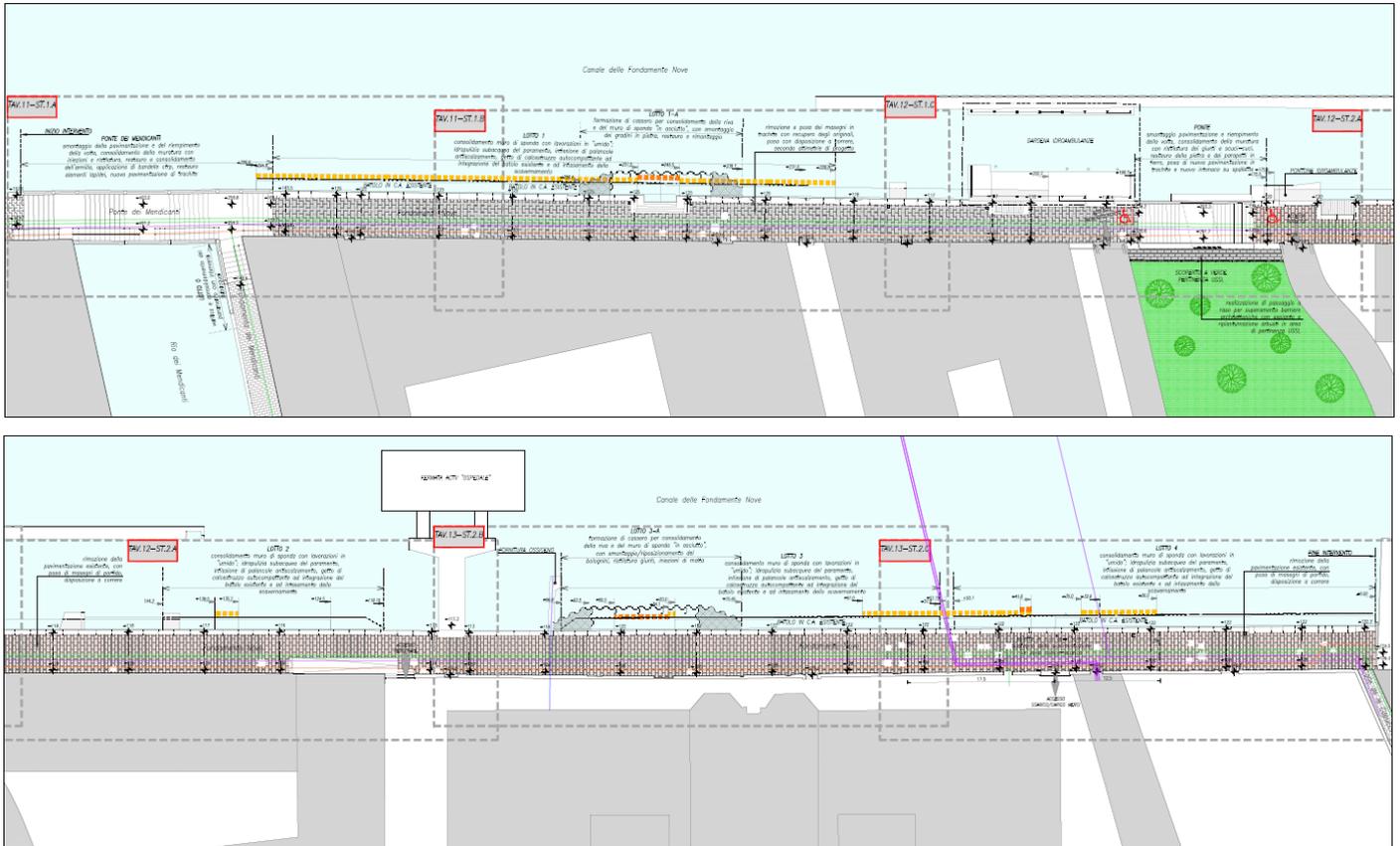


Figura 11.1: Planimetrie di progetto con individuazione lotti di lavorazione

Essendo lo sviluppo del tratto di fondamenta interessato da molteplici attività, l'intervento appena descritto è stato diviso su più lotti, ciascuno interrotto dalla presenza di sottoservizi o strutture relative ad attività pubbliche essenziali; si ha infatti il lotto 1, compreso tra Ponte Mendicanti e Cavana delle ambulanze, il Lotto 2, tra Cavana della ambulanze e fermata del trasporto pubblico, Lotto 3, tra fermata Actv e arrivo delle linee elettriche di media tensione, Lotto 4, tra l'arrivo delle linee di media tensione e la fine del tratto di intervento.

Mentre nei lotti sopra citati verranno eseguite le lavorazioni precedentemente indicate "in umido", nel Lotto 0, posto nel canale dei Mendicanti, in adiacenza all'omonimo Ponte, si prevede pulizia e consolidamento del paramento murario con lavorazioni subacquee; in particolare si prevede una idropulizia delle superfici, ristilatura dei giunti tra bolognini e consolidamento con iniezioni di malte. Tale diverso intervento è stato previsto in considerazione che le ispezioni subacquee non hanno rilevato dissesti alla base del muro, ma nella parte appena sopra la linea di marea, appaiono tratti con mancanza di stuccatura tra i bolognini leggermente dissestati.

Le lavorazioni qui descritte, sono riportate e localizzate negli elaborati da P.D.10 a P.D.13, con specifica evidenziazione delle fasi lavorative nella Tavola P.D.14.

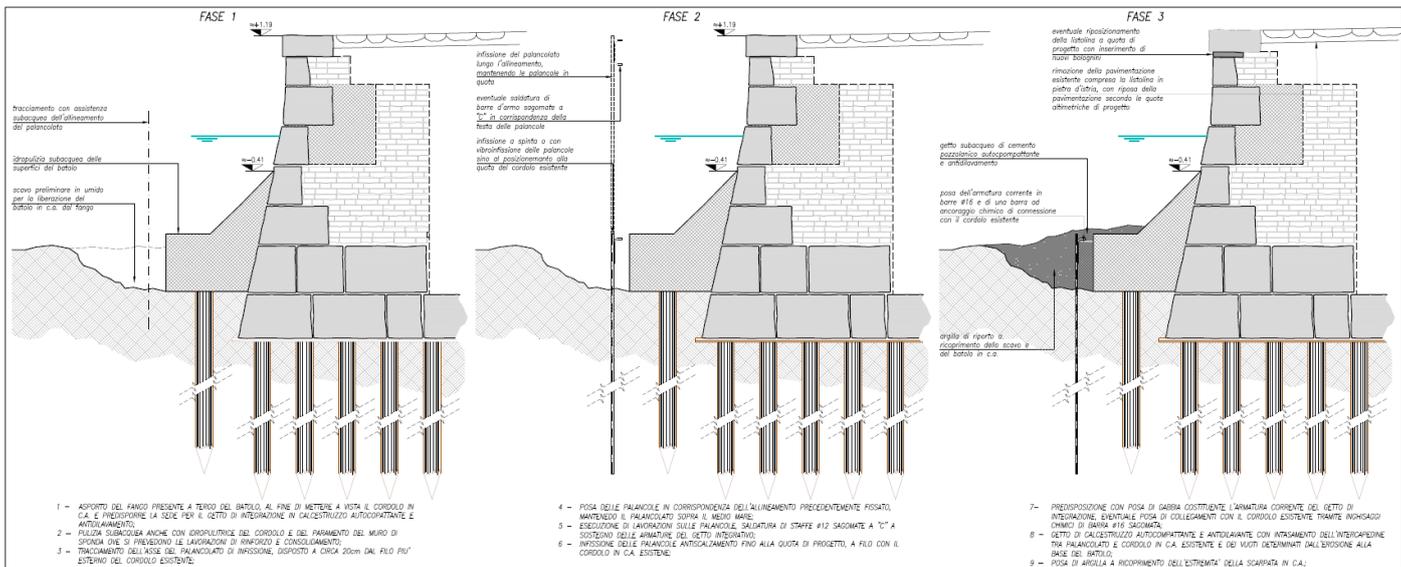


Figura 11.2: Fasi dell'intervento tipo con lavorazioni in umido

Sono state rilevate alcune situazioni di dissesto più rilevante, che interessano il paramento in bolognini, con elementi in pietra smossi o espulsi dalle loro sedi; in questi casi si prevede una tipologia di intervento più radicale, con la messa in asciutto del tratto dissestato attraverso formazione di cassero e mantelletti, attenta verifica dello stato di dissesto del paramento con eventuale smontaggio del paramento in pietra, consolidamento con lavorazione a scuci-cuci della muratura e ricostituzione del rivestimento lapideo con stilatura dei giunti ed eventuale iniezione di malta. In particolare gli interventi con lavorazione in asciutto sono riconducibili a due tratti limitati e localizzati, denominati Lotto 1-A e 3-A; il primo in corrispondenza della scalinata della riva posta più a ovest, il secondo in adiacenza al pontile con attacco per la fornitura dell'ossigeno all'ospedale.

Le indicazioni dettagliate dell'intervento tipo, sono riportate nella tavola P.D.15, dove vengono illustrate anche le lavorazioni per la ricostruzione ed il consolidamento delle scalinate in pietra d'istria della riva.

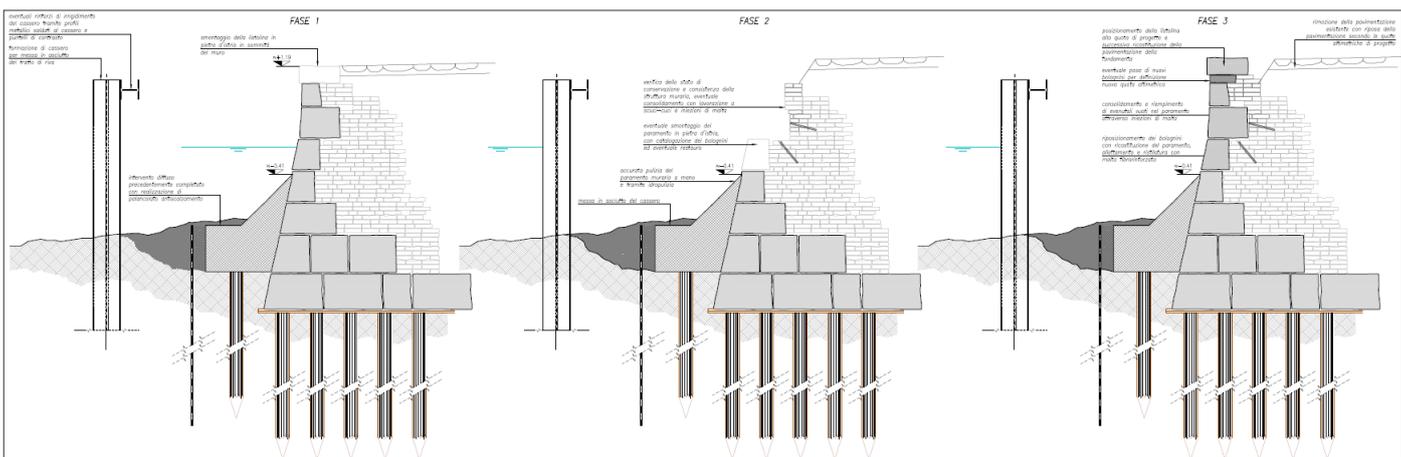


Figura 11.3 Fasi dell'intervento tipo con lavorazioni in asciutto



Anche in questo tratto di riva la nuova pavimentazione verrà posizionata a delle quote altimetriche comprese tra 122 e 128 cm, mantenendo invece le quote invariate nei tratti adiacenti agli approdi del servizio pubblico e del servizio di trasporto medico; in queste ultime zone solo in fase operativa si valuterà la fattibilità di aumentare la quota altimetrica di progetto uniformandola alla restante pavimentazione.

Gli elementi in pietra d'Istria che costituiscono le listolinee dovranno essere accuratamente rimosse per essere recuperate e restaurate, quindi riposte a ricostituire le pavimentazioni; gli elementi irrecuperabili, in quanto fortemente lesionati o soggetti ad esfoliazione (vedi foto 9.6, 9.7, 9.8), saranno sostituiti da nuovi elementi con finitura più omogenea possibile agli elementi originali riposizionati.

Visti i rilevanti e giornalieri carichi che transitano sul selciato pubblico della fondamenta in corrispondenza dello scarico merci dell'ospedale, carichi che hanno causato gli evidenti avvallamenti e cedimenti odierni, si prevede la realizzazione sotto la pavimentazione di una soletta armata dello spessore di circa 12 cm. Vista la realizzazione della soletta sotto la pavimentazione per uno sviluppo di circa 30m, si prevede la realizzazione di sfiati in corrispondenza delle due condotte del gas, con predisposizione anche di nuovi pozzetti per eventuali bypass dei sottoservizi esistenti.

### 1.2.3. Ponte dei Mendicanti

Per gli interventi di consolidamento del Ponte dei Mendicanti, si prevede anzitutto un accurato smontaggio di tutta la sovrastruttura con particolare attenzione agli elementi recuperabili: rimozione della pavimentazione in asfalto e cemento, comprese le cordonate in pietra, lo smontaggio dei parapetti metallici, delle colonnine in pietra e delle cordonate in pietra d'Istria sottostanti il parapetto. Tutte le porzioni di pietra prima di essere smontate dovranno essere numerate e catalogate, per una corretta riallocazione dopo le fasi di restauro fuori opera.

Una volta liberato il ponte dalle sovrastrutture, si opererà anzitutto sul consolidamento delle chiavi in pietra di collegamento tra armilla e volta, attraverso ricucitura degli elementi con barre inox Aisi 316 e resina epossidica, il tutto accuratamente stuccato per far risultare l'intervento "a scomparsa". Si potrà quindi procedere con il consolidamento dell'armilla in pietra, prima integrando gli elementi ammalorati attraverso tasselli o ricostruendoli attraverso microiniezioni di resine e polvere di marmo, poi mettendo in forza i conci dell'armilla attraverso ristilatura e borrhatura con malta a ritiro compensato.

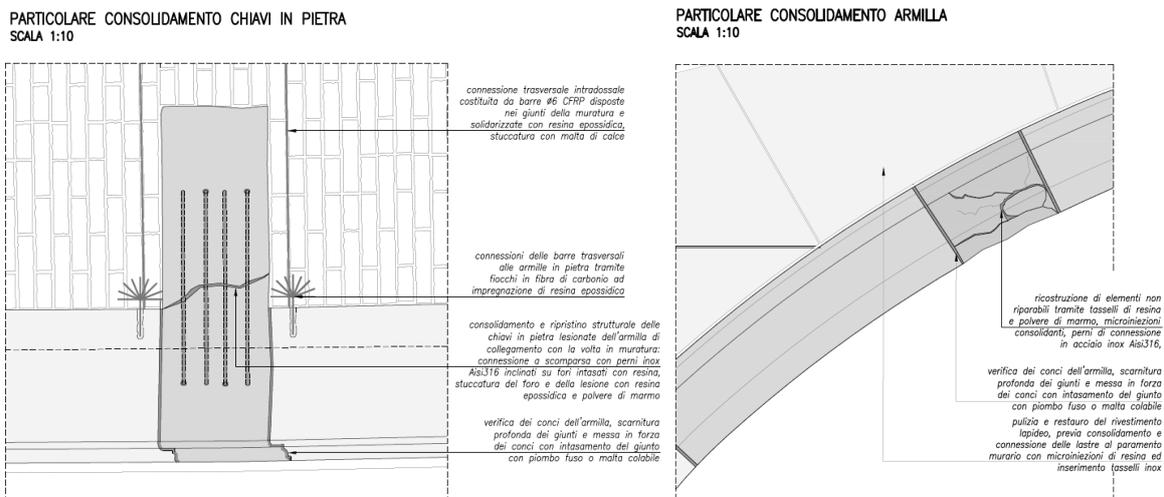


Figura 11.6 Interventi di consolidamento degli elementi lapidei dell'armilla

Ripristinate e consolidate le parti in pietra, si procederà al consolidamento della volta in muratura, prima pulendo accuratamente intradosso ed estradosso, quindi eseguendo risarciture di lesioni e giunti, e piccoli ricuciture di porzioni lesionate, provvedendo alla ristilatura profonda dei giunti di malta, e a seguire iniettando le strutture murarie con boiacche fluide a base di calce.

Consolidata la volta in muratura e struttura in pietra, si applicheranno all'intradosso della volta tessuti in compositi di fibra, in senso longitudinale e trasversale, mentre all'intradosso si posizioneranno delle corde in fibra di basalto di diametro limitato all'interno dei giunti, collegando sia all'intradosso che all'estradosso l'arco in muratura con le due armille, al fine di ripristinare la continuità di queste parti ed impedire la tendenza "all'aprirsi" trasversalmente del ponte.

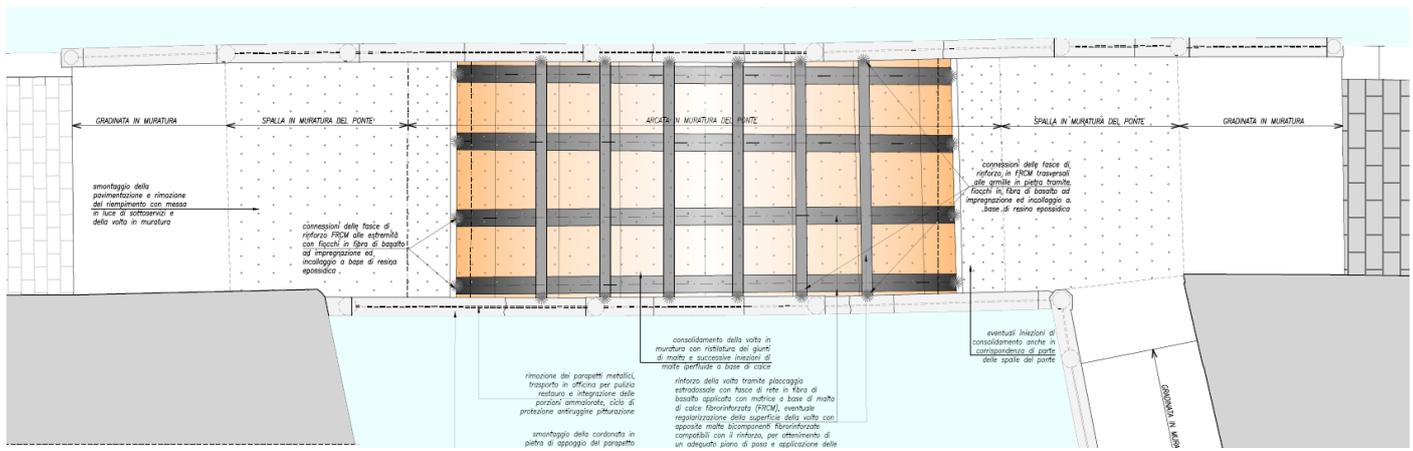


Figura 11.7 Pianta interventi di consolidamento dell'estradosso della volta del Ponte dei Mendicanti

Concluso il rinforzo delle parti strutturali del ponte, si potrà procedere all'accurata pulizia ed ai consolidamenti dei rivestimenti lapidei, sia in cantiere che in laboratori di restauro: le lastre completamente distaccate dal supporto murario dovranno essere rimosse e restaurate in laboratorio, quindi riposizionate e accuratamente riconnesse alla muratura retrostante, mentre quelle ancora connesse al supporto saranno fissate con microiniezioni riempitive e tasselli in inox, quindi pulite e sottoposte a trattamenti consolidanti e conservanti.

Tutte le fasi di smontaggio pulizia e restauro degli elementi di rivestimento lapideo saranno eseguite da operatori qualificati per i beni culturali ai sensi del Decreto 3 agosto 2000 n. 294 e s.m.i. .

Particolari degli interventi e lavorazioni previste sono descritte nella tavola P.D.18.

Una volta riposizionati tutti gli elementi e restaurate le sovrastrutture in pietra, potranno essere rimontati anche i parapetti metallici e le pavimentazioni: gli elementi metallici saranno accuratamente ripuliti e sabbiati in officina, integrate le porzioni compromesse dall'ossidazione con nuovi profili, ed infine trattate con protezione anti ruggine e verniciate. La pavimentazione sarà ricostituita con nuove lastre in trachite e nuove cordone in pietra d'istria bocciardata.

Nella ricostituzione della pavimentazione del ponte potranno essere realizzate delle rampe per il superamento della barriere architettoniche, formate da gradino agevolato e pedate con inclinazione massima pari al 14%.



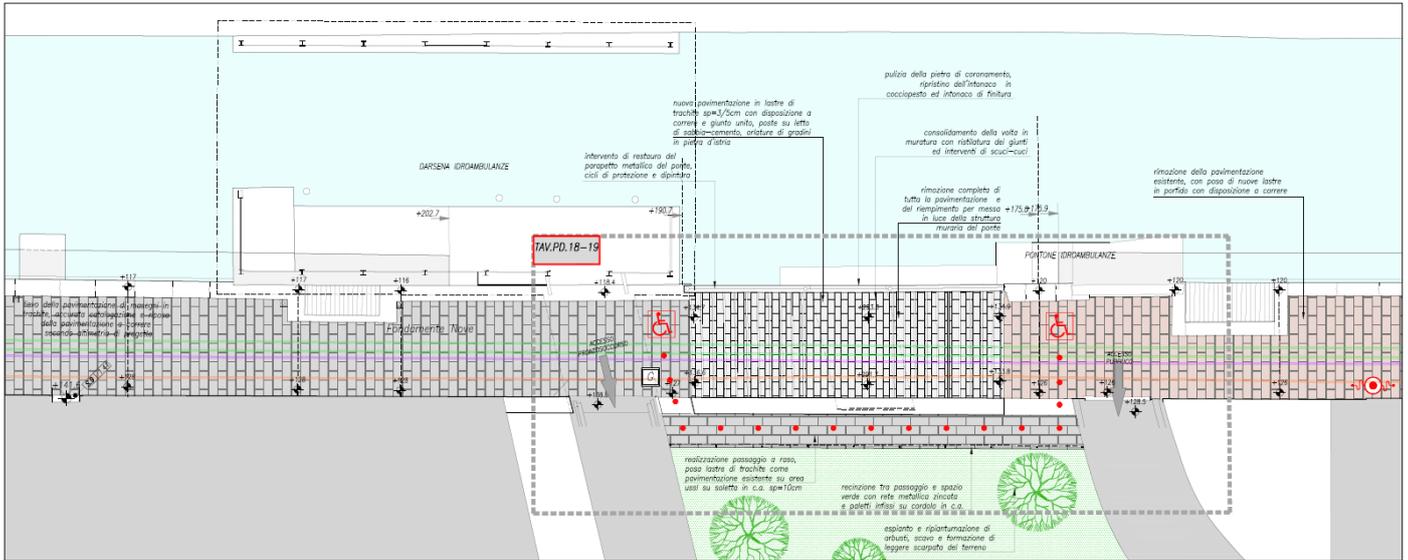


Figura 11.9: Planimetria di progetto con individuazione del Ponte della Cavana dell'Ospedale, e attigua area verde; evidenziato anche il nuovo percorso con nuovi varchi

Dovranno essere eseguiti sia la nuova pavimentazione, omogenea a quella già presente nello scoperto dell'USL, che i varchi di accesso prima e dopo il ponte per passaggio dalla pubblica via all'area oggi a verde, realizzati questi ultimi demolendo il muretto in mattoni di altezza 70 cm circa (vedi foto 11.13).

L'attuale recinzione metallica, realizzata con pannelli provvisori di rete, verrà smantellata, e verrà realizzata una nuova recinzione a filo della nuova pavimentazione per il passaggio dei diversamente abili, con una rete a maglia romboidale su paletti metallici zincati, con altezza uguale a quella esistente.

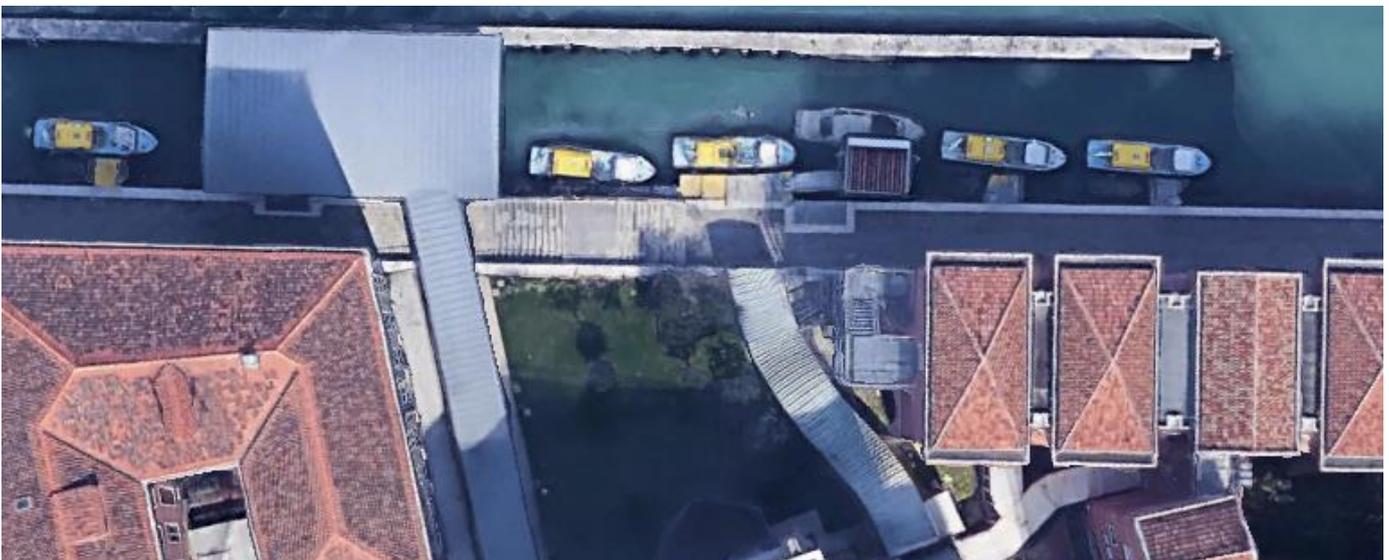


Figura 11.10: Planimetria del fotopiano dell'area attuale

Per la realizzazione di questo intervento sarà necessario spostare alcuni arbusti che sorgono nell'area verde adiacenti all'attuale recinzione, ripiantumandoli in area più arretrata, e scavare il terreno vegetale di qualche decina di centimetri per raggiungere la medesima quota della pavimentazione della pubblica via.

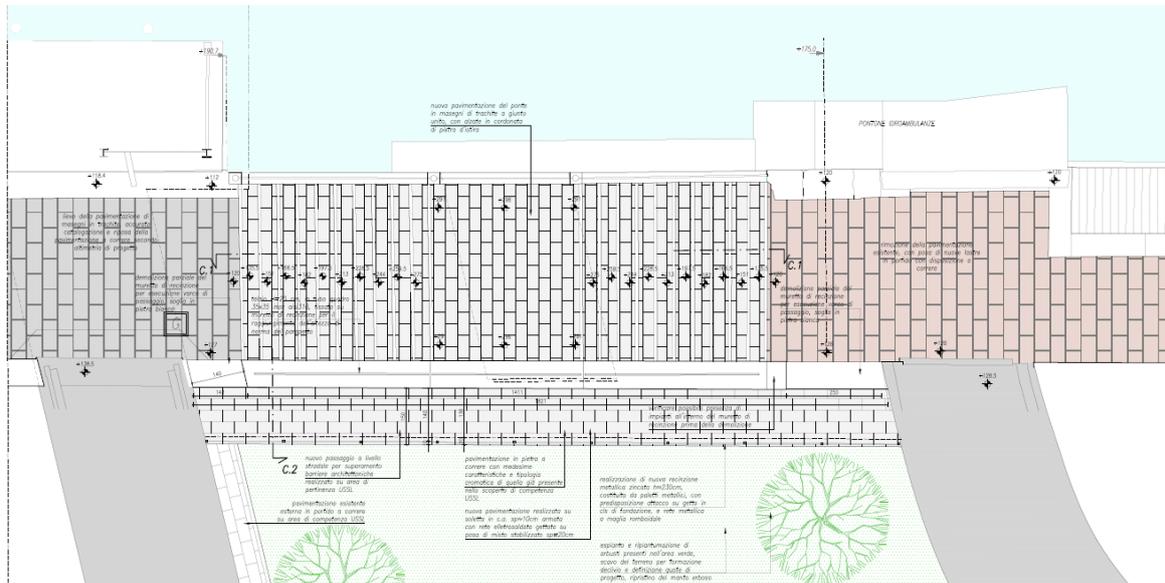
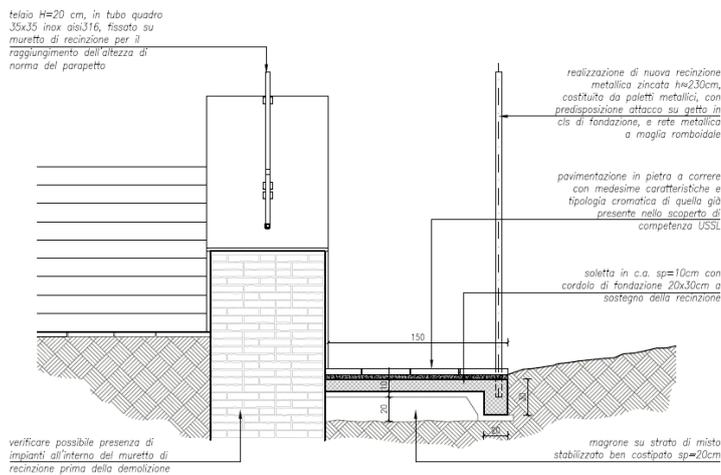


Figura 10.11: Particolari della planimetria di progetto



PONTE CAVANA OSPEDALE – SEZIONE C.2-C.2  
 SCALA 1:25

Figura 11.12: Particolare sezione eseguita in corrispondenza del nuovo passaggio

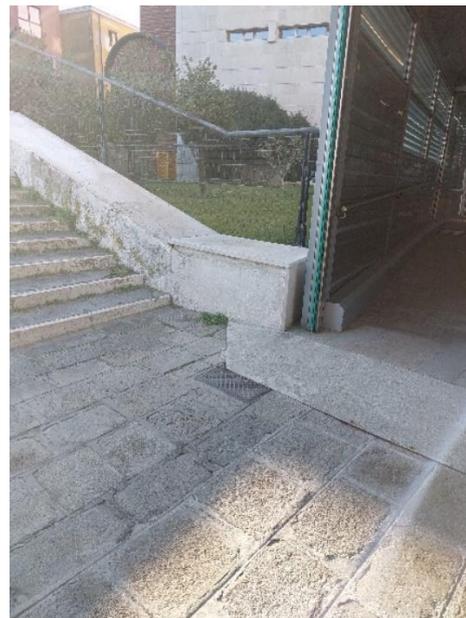


Figura 11.13: Muretto da demolire per realizzazione del varco di passaggio

Venezia, ottobre 2022

In fede

Ing. Marcello Scarpa



(Firmato digitalmente)

Allegati:

- Elaborati grafici: da Tav. P.E.01 a Tav. P.E.20
- Relazione sulle ispezioni subacquee della ditta IDRA srl
- Relazione geologica-geotecnica della Geotecnica Veneta srl

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

## Caratteristiche dei Materiali da costruzioni impiegati

Si riportano di seguito le caratteristiche dei materiali impiegati nell'intervento di progetto.

### Nuove strutture in c.a.

Le strutture in c.a. gettato in opera saranno realizzate con calcestruzzo avente classe di resistenza C28/35. La classe di esposizione riferita alle azioni dell'ambiente per tali strutture è la XS2, ambiente con umidità moderata (vedi UNI 11104:2004 punto 3.1, UNI EN206-1 punto 4.1).

Si prescrive pertanto un calcestruzzo C35/45 con le seguenti caratteristiche:

Resistenza cilindrica .....	$f_{ck} =$	35	MPa
Resistenza cubica.....	$R_{ck} =$	45	MPa
Rapporto acqua-cemento massimo: .....	$A/C =$	0.45	
Classe di esposizione: .....		XS2	
Classe di consistenza: .....		S4	
Copriferro nominale: .....	$C_{nom} =$	45	mm
Diametro massimo degli aggregati .....		20	mm
resistenza di calcolo a compressione: .....	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	19.8	MPa
resistenza di calcolo a trazione: .....	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.50	MPa
modulo elastico: .....	$E_{cm} =$	34077	Mpa

Prescrizioni integrative per calcestruzzo autocompattante:

Classe di Spandimento: .....	SF2
Classe di Viscosità:.....	VS2
Additivi per proprietà antidelavanti: .....	

### Acciaio per cemento armato tipo B450C

Tensione caratteristica di snervamento: .....	$f_{yk} =$	450	MPa
Tensione caratteristica di rottura: .....	$f_{tk} =$	540	MPa
Resistenza di calcolo: .....	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	391	MPa
Modulo di elasticità: .....	$E_s =$	200000	Mpa

Acciaio inox tipo Aisi 316L per armature ed inghisaggi:

Tensione caratteristica di snervamento: .....	$f_{yk} =$	220	MPa
Modulo di elasticità: .....	$E_s =$	200000	Mpa

### Strutture in carpenteria metallica

Per le nuove strutture in carpenteria metallica si prevede l'utilizzo di profili, piatti e tondi pieni in acciaio tipo S275JR, aventi le seguenti caratteristiche meccaniche:

Le strutture in carpenteria metallica, dove non indicato diversamente, si prevedono in acciaio tipo S275JR secondo UNI EN 10025 e 10027, ciclo di protezione con zincatura a caldo conforme a UNI-EN ISO 1461, mentre per i profili che costituiscono le palancole si prevede acciaio tipo S270GP

tensione caratteristica di snervamento: .....  $f_{yk} \geq$  ..... 275 MPa  
tensione caratteristica di rottura: .....  $f_{tk} \geq$  ..... 430 MPa  
modulo di elasticità: .....  $E =$  ..... 210000 MPa

### Intonaci, malte e leganti per murature

Si prevede l'utilizzo delle seguenti malte prive di cemento e conformi alla norma UNI EN 998-2:

Per interventi di consolidamento delle murature esistenti con iniezioni si prevede malta a base di calce ad elevata fluidità, priva di cemento e a granulometria finissima:

Malta ..... prestazione garantita  
Uso previsto ..... usi strutturali  
Sistema di Valutazione e Verifica: ..... 2+  
Classe: .....  $\geq M10$   
Resistenza a compressione .....  $f_{cm} \geq$  10 MPa  
Tipo di marcatura: ..... CE

Malta a base di calce per murature esistenti, con interventi di ripristino e per lavorazioni a "scuci-cuci":

Malta ..... prestazione garantita  
Uso previsto ..... usi strutturali  
Sistema di Valutazione e Verifica: ..... 2+  
Classe: .....  $\geq M15$   
Resistenza a compressione .....  $f_{cm} \geq$  15 MPa  
Tipo di marcatura: ..... CE

Elementi artificiali per muratura in laterizi pieni, conformi alla UNI EN 771:

Resistenza caratteristica a compressione .....  $f_{cm} \geq$  20 MPa  
Categoria ..... categoria I  
Sistema di Valutazione e Verifica: ..... 2+

### Sistemi di rinforzo con FRCM

Si prevede l'utilizzo di sistemi di rinforzo con tessuti e corde in fibra di basalto, applicate alla muratura con matrice organica a base di malta di calce; i sistemi devono essere in possesso del certificato di Valutazione Tecnica rilasciato dal STC, in conformità con il capitolo 11 delle NTC, DM 17/01/18.

Le caratteristiche del tessuto da applicare avranno caratteristiche simili a quelle di seguito riportate:

Tipo di Fibre ..... Basalto  
Grammatura (gr/mq) ..... 250 gr/mq

Modulo Elastico (MPa): ..... 89.000 MPa  
Resistenza a trazione per unità di larghezza (kN/mq): ..... 60 kN/mq  
Area resistente per unità di larghezza (mmq/m) ..... 38,91 mmq/m  
Tipo di marcatura: ..... CE

Il sistema di applicazione delle fibre si basa su una matrice a base di malta di calce idraulica:

Resistenza a compressione della Malta ..... 15 MPa  
Adesione al supporto in muratura ..... >0,8 MPa

Venezia, ottobre 2022

In fede

Ing. Marcello Scarpa



(Firmato digitalmente)