
COMMITTENTE

CITTA' DI
VENEZIA



CITTA' DI VENEZIA
DIREZIONE LAVORI PUBBLICI

IL RESP. DEL PROCEDIMENTO
Arch. Alberto Chinellato

PROGETTISTA



DUEBARRADUE

— STUDI ASSOCIATI DI PROGETTAZIONE —

Sede legale - Marcon (VE) via delle industrie 2|2
Sede operativa VENEZIA: via delle industrie 9 c/o VEGA, Venezia (VE)
Sede operativa PADOVA: via Vittorio Emanuele II 2/a, Conselve (PD)
T.0415101422 e-mail info@duebarradue.com P.I. 03831070275

COPYRIGHT STUDIO DUEBARRADUE. Tutti i diritti sono riservati a norma di legge.

ARCHITETTO EDOARDO GAMBA
ARCHITETTO DAVIDE PESAVENTO
INGEGNERE FILIPPO VOLTAN

PROGETTO

PROGETTO ESECUTIVO

**RIPRISTINO STRUTTURALE DEL PONTE LONGO
A MURANO (C.I.14626).**

TITOLO

RELAZIONE DESCRITTIVA DEGRADO E INTERVENTI

TAVOLA N.

A.E.01.R.RD

Scala: -
Data: 03/2023
Disegnato da: F.B.
Plottato in data: -
Commessa n. 1311/ 2022
Nome File:A.E.01.R.RD.pdf

REVISIONI

REV.	DATA	OGGETTO
00	03/2023	PRIMA EMISSIONE
-	-- / ----	-----
-	-- / ----	-----

Sommarrio

1	PREMESSA	2
1.1	NQUADRAMENTO DELL'AREA D'INTERVENTO	2
2	ANALISI DOCUMENTI ESISTENTI	4
3	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	6
3.1	INDAGINI ESEGUITE	7
3.2	ANALISI DEL DEGRADO	9
3.3	STRUTTURE DI FONDAZIONE E TERRENO	13
3.4	SOTTOSERVIZI ESISTENTI	14
3.5	MESSA IN SICUREZZA TEMPORANEA (ANNO 2021)	15
4	DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI INTERVENTI	17
4.1	RESTAURO STRUTTURE ESISTENTI DEL PONTE	17
4.2	CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEL PONTE	19
4.3	CONSOLIDAMENTO DELLE OPERE DI FONDAZIONE	20
4.4	OPERE DI FINITURA	21

1 PREMESSA

La relazione evidenzia lo stato di degrado delle strutture esistenti e fornisce la descrizione dei materiali e della tecnologia di intervento dal punto di vista qualitativo, della durabilità e dalla manutenibilità. In questo documento si darà maggiore rilevanza agli interventi di restauro da eseguire sulle strutture metalliche esistenti.

Si precisa che l'obiettivo principale del progetto è quello di mantenere sostanzialmente inalterati i prospetti laterali del ponte esistente mediante interventi che consolidano le travi esistenti, di bordo e interne e introducendo nuovi elementi portanti da inserire tra le travi esistenti.

1.1 NQUADRAMENTO DELL'AREA D'INTERVENTO

L'area di progetto è situata nel Comune di Venezia nell'isola di Murano.



Figura 1: Immagine da google earth ® vista prospettica



Figura 2: Immagine da google earth ® vista da ovest

Il ponte Longo insiste sul Canal Grande di Murano e collega le fondamenta Da Mula e dei Vetrai poste a sud, con le fondamenta Venier e Cavour a nord, e detiene un ruolo fondamentale nel sistema viario di Murano, in quanto unico collegamento tra le due maggiori isole.

Con riferimento al piano quotato Ramses prodotto da Insula SpA, la quota media di Fondamenta da Mula e Fondamenta Venier è di 110 cm ed è riferita allo zero mareografico di Punta Salute.

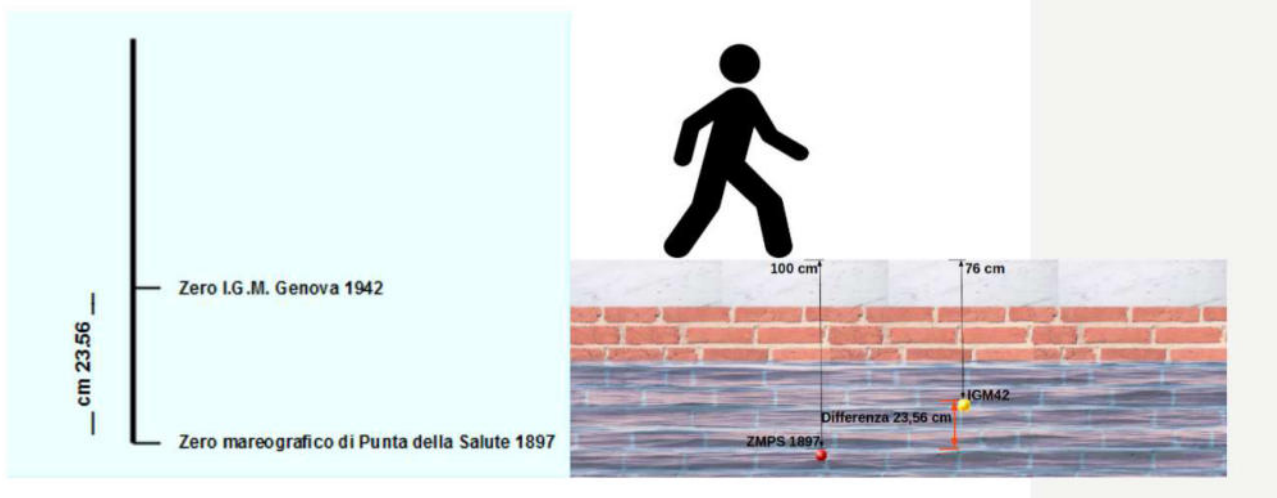


Figura 3: Immagine correlazione tra sistemi di riferimento IGM 1942 e ZMPS 1897

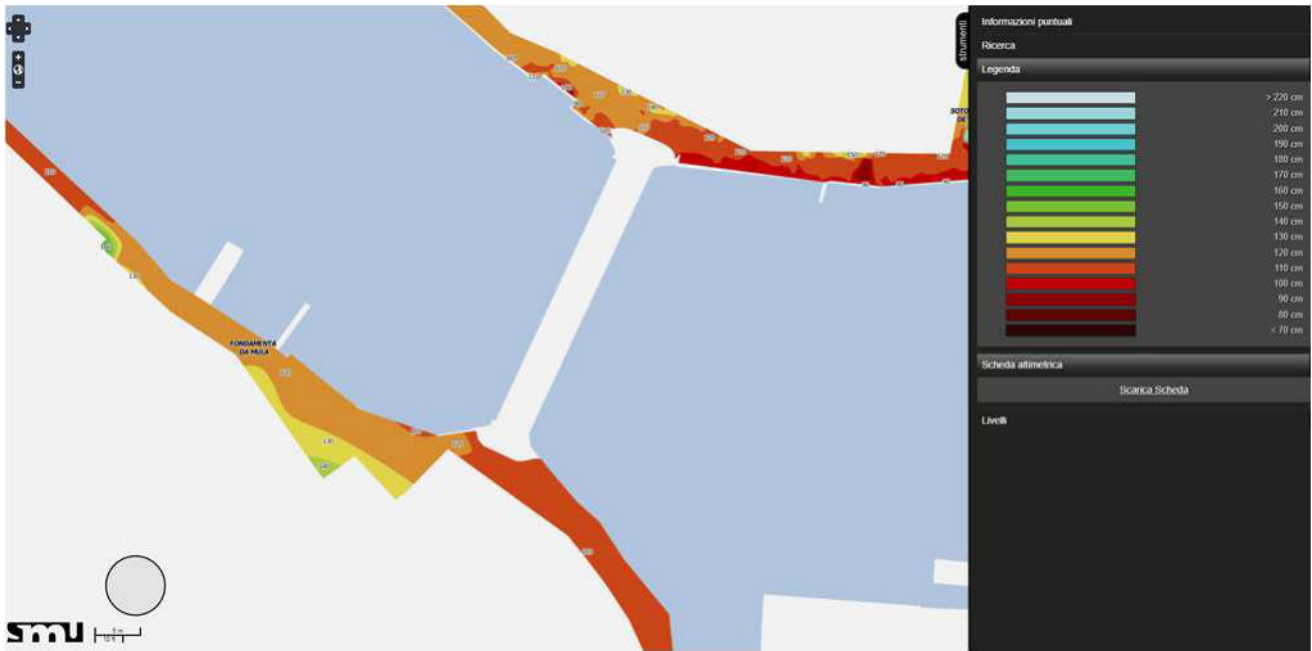


Figura 4 Mappa piano quotato estratta da Ramses

2 ANALISI DOCUMENTI ESISTENTI

L'Amministrazione e il progetto definitivo hanno fornito dei dati storici di cui riportiamo alcuni estratti che aiutano a comprendere la natura del Ponte Longo di Murano.

Il metodo di costruzione con arcate di acciaio e piano di calpestio in legno, rimanda ai metodi impiegati a Venezia nell'Ottocento: esso risulta realizzato ad arcata unica a sesto ribassato di luce pari a 32 m, con una freccia di 3,56 m che determina un rapporto di ribassamento dell'arco pari a 1/8,9.

La struttura del ponte è lunga complessivamente 38,6 m, comprese le gradinate in trachite. La parte aggettante sul canale è lunga circa 32.6 m e larga 3,92 m ed è pavimentata in tavole di legno. Le due rampe di accesso in muratura poste sulle fondamenta con pianta trapezoidale di larghezza compresa tra 5,15 m e 3,92 m presentano pavimentate in trachite e pietra bianca.

Dalla relazione di ricerca storica prodotta dallo Studio Associato Arcomai del dott. Davide Busato, redatta nel mese di ottobre 2022, è stato possibile determinare ulteriori informazioni in merito alle fondazioni su pali del ponte. In particolare, come si legge nella citata relazione sono stati infissi a ridosso della mura della fondamenta n° 6 pali di lunghezza 5.20 m, alla base della fondazione furono infissi i seguenti pali di rovere numero 19 di metri 3 di coronella (lungo il perimetro), n° 12 di lunghezza 3 m, n° 12 di lunghezza 2.4 m e n° 15 di lunghezza 1.60 m per un totale di 58 pali. I pali di legno hanno diametro compreso tra 20 e 25 cm.

Nei primi anni ottanta del secolo scorso il ponte è stato oggetto di un intervento di rialzo finalizzato a consentire il transito dei mezzi di navigazione pubblica lungo il Canal Grande . Tale intervento lo ha portato all’attuale aspetto architettonico e sono ancora ben visibili sulle spalle in pietra del ponte i vecchi appoggi in ferro.

L’intervento avviato da Insula nel corso del 1999, aveva invece come obiettivo il completo restauro del manufatto in quanto sia le componenti strutturali che le sovrastrutture in acciaio a sostegno della pavimentazione lignea, manifestavano un degrado diffuso dovuto al ristagno dell’acqua e dell’umidità, degrado che si manifestava con fenomeni di corrosione lungo tutti i punti di giunzione delle varie componenti metalliche. Oltre ai segni di ossidazione presenti sull’intera struttura, si sono potute rilevare vaste aree interessate da esfoliazione con la conseguente riduzione delle sezioni originali ed estesi fenomeni di vaiolatura di dimensioni rilevanti, particolarmente accentuati – a seguito dell’aggressione marina – alle estremità dei quattro arconi, formanti la parte strutturale del ponte, in corrispondenza degli appoggi. L’intervento di restauro ha comportato la sostituzione di piatti e profili in acciaio per una quantità di circa 4.062 kg, il rinforzo strutturale delle parti terminali degli arconi realizzato con l’impiego di elementi in acciaio inox AISI 316L, la idropulitura, spazzolatura meccanica e dipintura di tutte le superfici metalliche per una superficie complessiva pari a 625 mq e la sostituzione delle vecchie tavole in legno formanti il piano di calpestio, con delle nuove in legno di larice impregnate di lunghezza pari alla metà della sezione del ponte, al fine di consentire eventuali interventi di manutenzione ai sottoservizi o alla struttura del ponte e nel contempo garantire la viabilità pedonale.

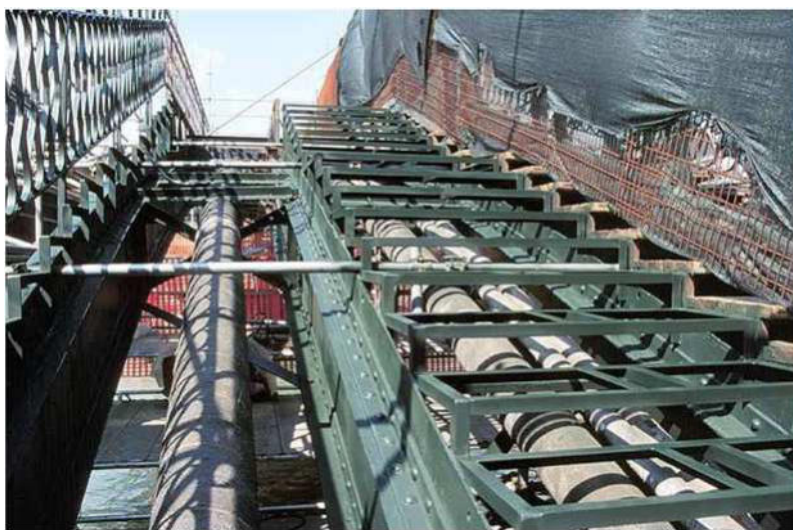


Figura 5 Foto intervento 1999 tratta dai Quaderni di Insula relativo all’intervento del 1999.

3 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Nei mesi di aprile e maggio 2020 è stata condotta una campagna di indagini conoscitive sullo stato di conservazione delle strutture del ponte dalla ditta specializzata Geo-Controlli s.a.s.. nell’ambito di tali indagini sono stati eseguiti anche dei rilievi geometrici degli elementi strutturali del ponte.

La struttura portante è costituita da quattro archi ribassati di acciaio di sezione composta a doppio T, formata da un’anima in piatto di acciaio alto circa 90 cm e spesso 12 mm su cui sono fissati, mediante chiodi ribattuti a caldo e bulloni (in sostituzione di chiodi ammalorati), dei profili L 100x12 e 120x12 mm.

L’anima delle arcate si prolunga di 20 cm oltre i profili ad L per consentire il collegamento, mediante saldatura della sovrastruttura in profili di acciaio a L e a U, di appoggio al piano di calpestio.

Ogni arcata è costituita da 6 o 7 elementi uniti mediante chiodatura a caldo da piastre e profili angolari di acciaio. Alcune delle chiodature di unione, divenute inefficaci nel tempo per il degrado da ossidazione, sono state sostituite con bullonature, parte delle quali pure manifestano lo stesso spinto degrado.

Sono stati pure sostituiti gli originari elementi di estremità delle arcate, collegati alle spalle d’imposta in calcestruzzo rivestito in elementi in pietra d’Istria, con altri in acciaio inox.

Sono poi presenti delle strutture di irrigidimento trasversali formate da croci in profilo L80x10 e dei piatti di controventamento inferiori in profilo piatto.

Sulla struttura principale è saldata la struttura secondaria in profili L 40x3 sulla quale poggia il piano di calpestio in tavole di legno di larice spessore 50 mm.

Le strutture di fondazione sono a plinto su pali, le indagini hanno permesso di determinare le dimensioni del plinto e la profondità dei pali però non hanno permesso di identificare la tipologia e la maglia dei pali di fondazione. I pali si intestano su un banco a profondità di circa 11 m dal piano delle fondamenta. La profondità dei pali rilevata con le indagini risulta differente dai dati storici recuperati e pertanto in fase di lavori sarà oggetto di ulteriori indagini di approfondimento come meglio descritto negli elaborati tecnici del progetto esecutivo.

3.1 INDAGINI ESEGUITE

Oltre al rilievo topografico strumentale del ponte e alla determinazione della geometria dei profili che lo costituiscono, la ditta Geo-Controlli ha condotto le seguenti indagini:

- *prove vibrazionali per la determinazione della tipologia delle strutture fondazionali; le prove, eseguite in più punti della fondazione hanno permesso di definire con buona attendibilità le dimensioni del plinto di fondazione che si estende in profondità per circa 2 m e in orizzontale per circa 3.5 metri; è stato, inoltre, rilevato che la lunghezza dei pali di fondazione è di circa 11 metri;*
- *indagine dinamica sulla struttura ad arco del ponte allo scopo di rilevarne la frequenza fondamentale di vibrazione; tale prova ha consentito di verificare l'attendibilità del modello di calcolo adottato per le verifiche di sicurezza del ponte; il ponte alle sollecitazioni imposte presenta una frequenza fondamentale di 4,1 Hz con uno smorzamento pari a 0,03 e si segnala che sono state rilevate altri due picchi di frequenza a 7,6 e 12,1 Hz, le frequenze rilevate potranno essere confrontate in un eventuale risposta dinamica simulata con modello ad elementi finti;*
- *prelievo di carote sulle strutture in calcestruzzo delle fondazioni;*
- *prelievo di campioni dalla struttura in acciaio del ponte; le successive prove di laboratorio sui campioni prelevati hanno evidenziato una buona resistenza dell'acciaio con resistenza a rottura pari a circa 360 MPa;*
- *indagini geognostiche per la determinazione della stratigrafia dei terreni di fondazione; è stata definita la presenza di una lente di sabbia-limosa alla profondità di circa – 11 m, pertanto i pali sono correttamente intestati in tale strato portante;*
- *indagine sismica passiva per la determinazione le caratteristiche sismiche e stratigrafiche dell'area.*

Di seguito si riportano alcune immagini dello stato di fatto e dei rilievi eseguiti.

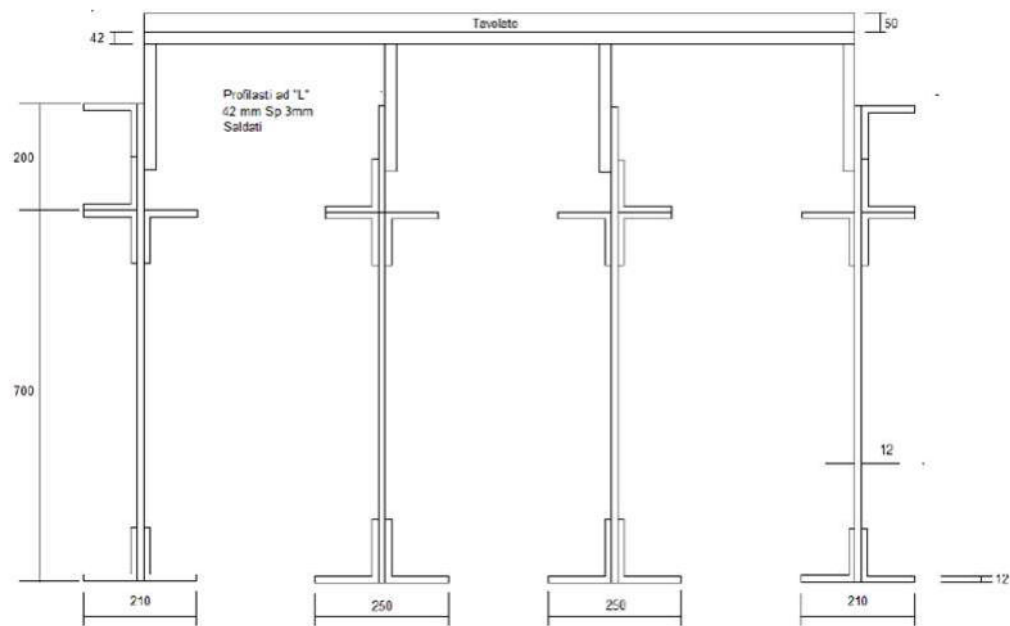


Figura 6 Rilievo geometrico estratto da elaborato Geo-Controlli

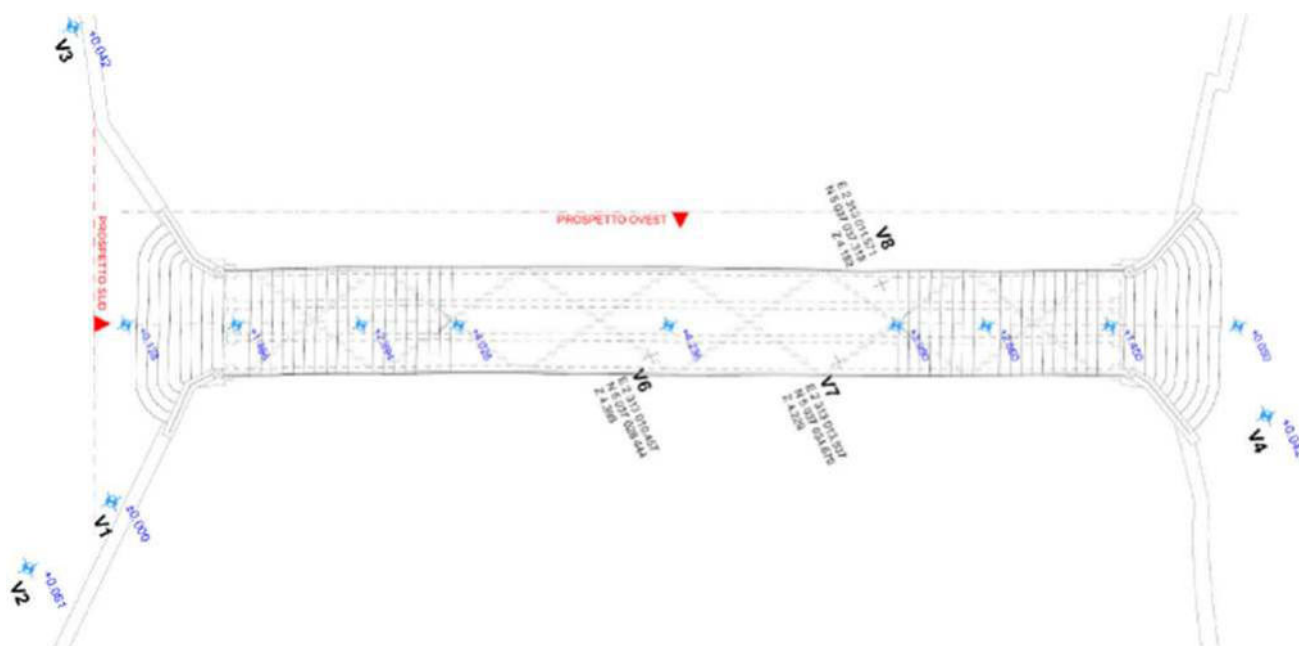


Figura 7 Planimetria del ponte



C'è anche da considerare che l'accoppiamento di elementi in acciaio, effettuato in epoche diverse, oppure di partite di differente fornitura sono caratterizzati da differenti percentuali di contenuti di carbonio, che hanno portato alla formazione di correnti galvaniche con la conseguente perdita di materiale per ossidazione da parte degli elementi di acciaio meno nobile. Si nota infatti che i profili di sostegno dei gradini e i nuovi bulloni inseriti in sostituzione di chiodi più vecchi sono forse gli elementi più attraccati e peggio conservati.

Si riporta della documentazione fotografica a corredo dell’ispezione eseguita e dello stato attuale del ponte con immagini prodotte dallo scrivente durante un sopralluogo dello scorso settembre 2022.



Figura 9 Croce di irrigidimento trasversale e croce di controventamento all’intradosso del ponte



Figura 10 Dettagli dello stato di ossidazione delle parti metalliche delle strutture secondarie a supporto dei gradini



Figura 11 Dettagli dell'appoggio delle travi principali



Figura 12 Dettagli delle travi principali



Figura 13 Dettagli dei giunti delle travi principali



Figura 14 Dettagli esfoliazione profili e corrosione bulloni di recente fattura

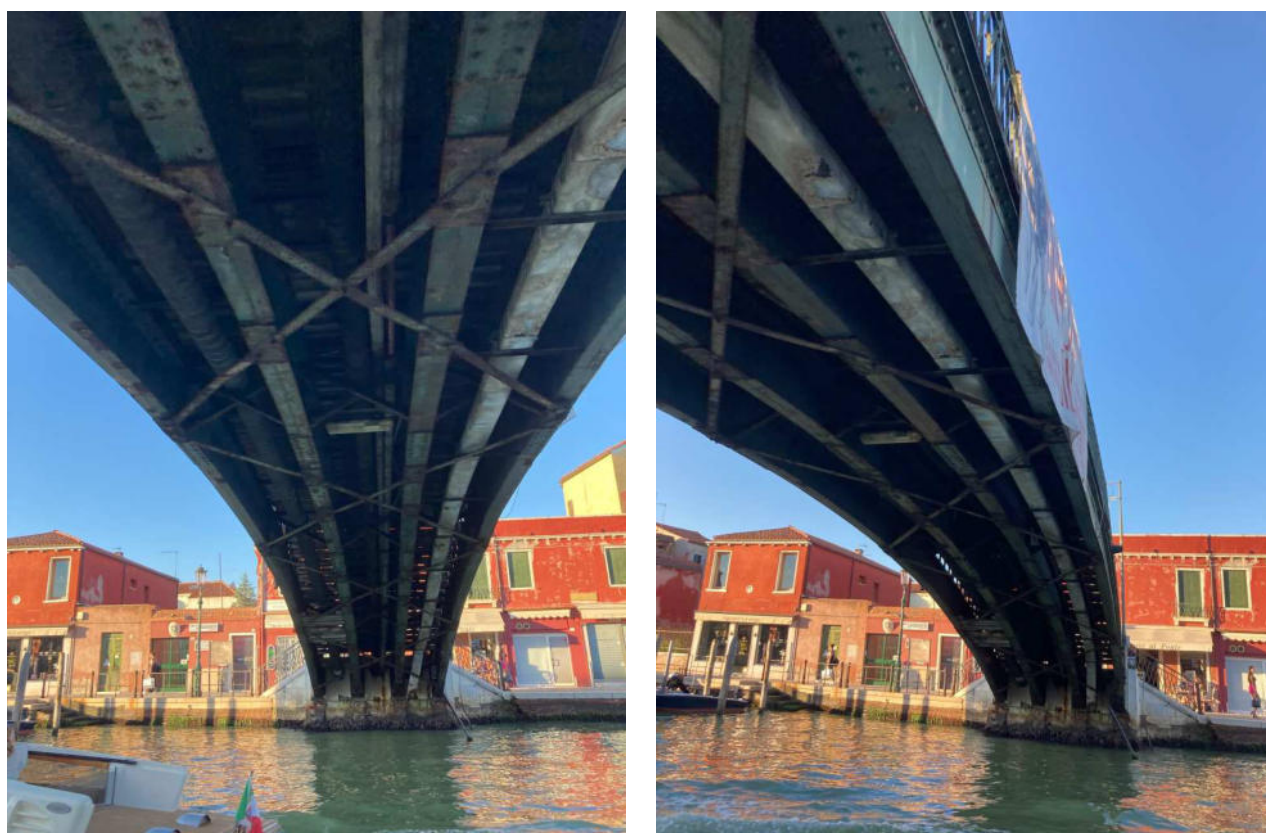


Figura 15 vista generale da sotto il ponte

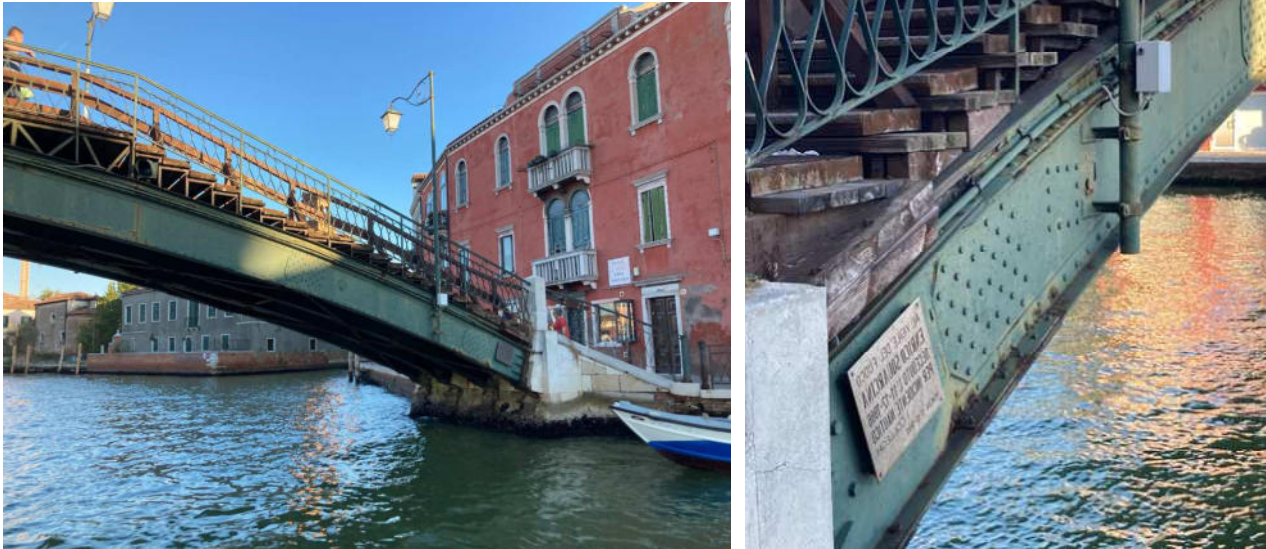


Figura 16 vista arcata esterna lato ovest lato Fondamenta Da Mula

3.3 STRUTTURE DI FONDAZIONE E TERRENO

Come si evince dalla relazione della ditta Geo-Controlli la geometria delle fondazioni ed in particolare le dimensioni del plinto di fondazione è stata eseguita con la tecnica di indagine puntuale impact-echo che per le sue caratteristiche intrinseche una permette una elevata penetrazione risoluzione del mezzo da indagare.

Le prove sono state eseguite in più punti sopra fondazione ed hanno permesso di definire con buona attendibilità le dimensioni del plinto. Il plinto di fondazione si estende in profondità per circa 2 m, in corrispondenza dell'attacco delle travi metalliche, e per circa 1 m nella zona più interna sulla Fondamenta. La larghezza complessiva è circa 4,60 m mentre l'estensione del plinto dal punto di appoggio delle travi è di circa 3.5 m.

L'indagine dinamica è stata eseguita in più punti permettendo di definire la lunghezza delle fondazioni profonde che si estendono sino a una profondità massima di 11 m dal piano zero di riferimento corrispondente alla quota del piano viabile delle fondamenta. Nella citata relazione è altresì riportato che non è stato possibile definire esattamente il numero dei pali presente sotto la fondazione superficiale e neppure la maglia dei pali stessi. La profondità dei pali rilevata con le indagini risulta differente dai dati storici recuperati e pertanto in fase di lavori sarà oggetto di

ulteriori indagini di approfondimento come meglio descritto negli elaborati tecnici del progetto esecutivo.

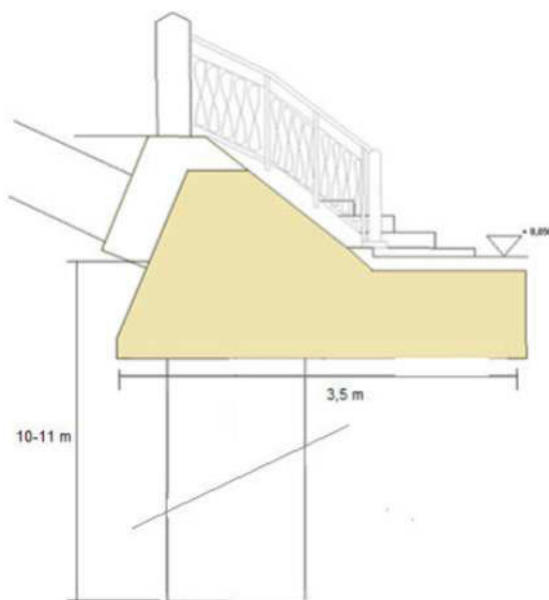


Figura 17 Rappresentazione schematica della fondazione di calcestruzzo tratto da relazione Geo-Controlli

Un altro dato interessante evinto dalla redazione di Geo-Controlli è legato alla velocità di propagazione delle onde acustiche, generate dalla tecnica ad impatto, nell'elemento di fondazione. In dettaglio in fase di elaborazione la velocità di propagazione nel mezzo è stata calcolata pari a 4000 m/s corrispondente ad una eccellente qualità del calcestruzzo. Si porta a tal proposito la tabella in cui è riportata la classificazione della qualità del materiale attraversato in relazione ai valori della velocità di propagazione nel mezzo.

QUALITA' CLS	VALORI MEDI DI VELOCITA'
ECCELLENTE	4000 m/s < Velocità rilevata > 4500 m/s
BUONA	3500 m/s < Velocità rilevata < 4000 m/s
DISCUTIBILE	3000 m/s < Velocità rilevata < 3500 m/s
SCADENTE	2000 m/s < Velocità rilevata < 3000 m/s
MOLTO SCADENTE	Velocità rilevata < 2000 m/s

3.4 SOTTOSERVIZI ESISTENTI

Il ponte è attraversato dai seguenti sottoservizi:

- -n. 2 tubazioni Ø 200 dell'adduzione idrica gestita dalla società Veritas;

- -n. 1 tubazione $\varnothing 250$ della distribuzione del gas di città gestita da Italgas (lato ovest);
- n. 2 tubazioni $\varnothing 120$ e una cassetta mm 250x130 di guida delle linee elettriche e telefoniche.

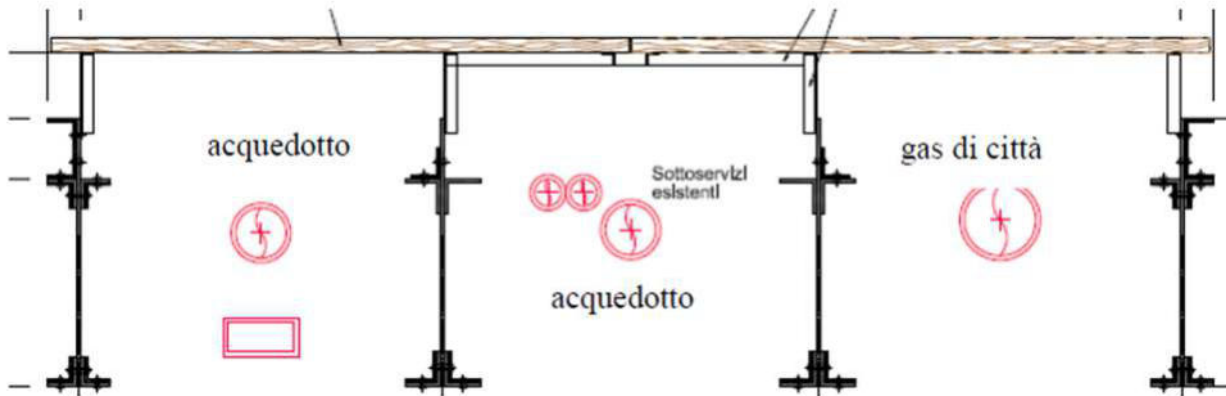


Figura 18 individuazione sottoservizi esistenti

3.5 MESSA IN SICUREZZA TEMPORANEA (ANNO 2021)

Attualmente la larghezza utile del ponte è stata ridotta inserendo un nuovo tavolato di pavimentazione e due nuovi parapetti di legno secondo lo schema seguente.

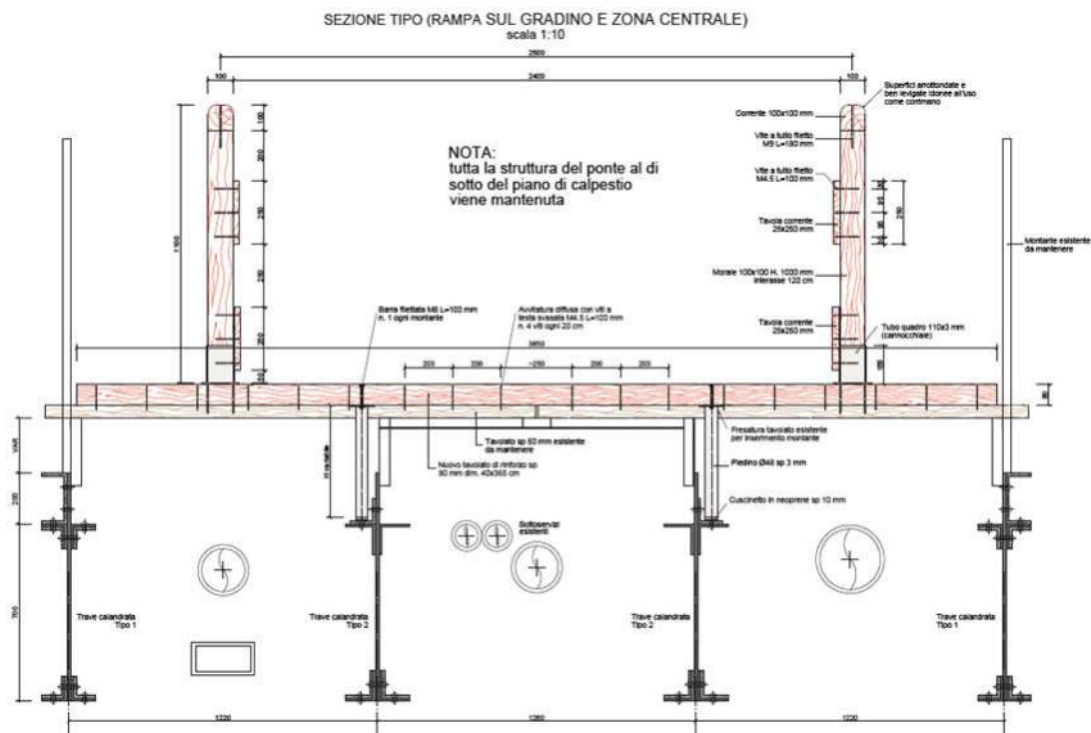


Figura 19 Parapetto e nuova pavimentazione per la messa in sicurezza temporanea

Il pessimo stato di conservazione della sovrastruttura, sopra descritto, ha reso necessario un intervento urgente di messa in sicurezza provvisorio, realizzato fra la fine dicembre del 2020 e gli inizi di gennaio del 2021.

L'intervento ha consentito di mantenere la viabilità pedonale sul ponte in condizioni di sicurezza fino ai successivi lavori di consolidamento statico dell'intera struttura. E' stato posto in opera un nuovo camminamento costituito da elementi lignei di abete di sezione di cm 40x8 e lunghezza di m 3.65, in appoggio, ciascuno, su quattro supporti in tubolare di acciaio Ø 50 mm, direttamente sostenuti dalle due arcate centrali del ponte.

Il nuovo camminamento, per l'elevata inerzia sezionale, grava in maniera non significativa sul tavolato esistente in precarie condizioni conservative; inoltre, nel caso di un eventuale collasso del preesistente piano di camminamento, i nuovi elementi lignei sono in grado di sostenere, in maniera autonoma, l'intero carico pedonale previsto dalla vigente normativa.

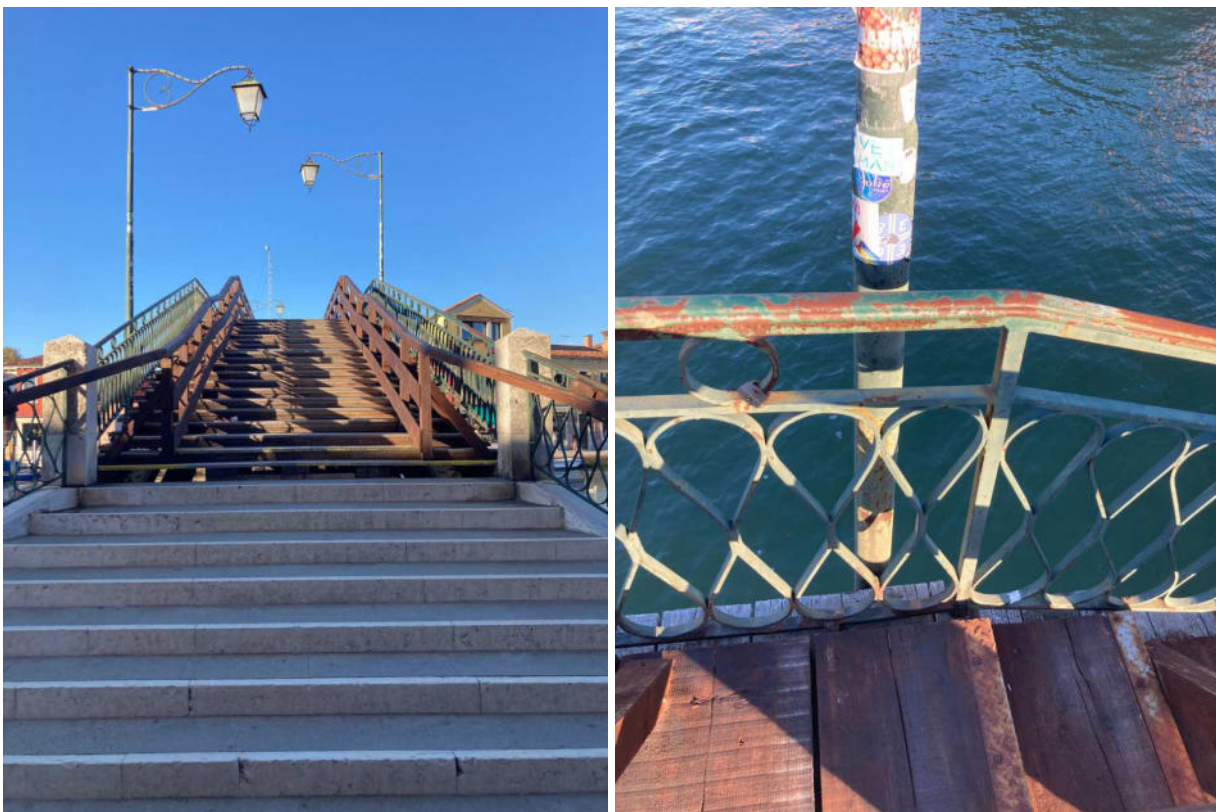


Figura 20 Parapetto e pavimentazione nuove.

4 DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI INTERVENTI

I principali interventi di restauro e consolidamento strutturale del ponte si possono suddividere nelle seguenti tre macro aree:

- *Restauro strutture esistenti di acciaio del ponte.*
- *Consolidamento delle strutture di acciaio del ponte mediante inserimento di nuovi profili ad arco portanti.*
- *Consolidamento delle opere di fondazione.*

Nei prossimi paragrafi saranno brevemente illustrate le fasi lavorative e le metodologie di restauro e consolidamento che si prevede di impiegare.

Le macro lavorazioni sopra individuate potranno essere messe in atto dopo l'esecuzione di un bypass per gli impianti in modo da non generare disservizi prolungati e la predisposizioni di pontili e di un ponte di barche per mantenere attivo l'attraversamento pedonale.

4.1 RESTAURO STRUTTURE ESISTENTI DEL PONTE

Il punto fondamentale del progetto prevede il recupero delle quattro travi metalliche esistenti e le fasi di intervento principali sono le seguenti:

- Allestimento del ponteggio di servizio;
- rimozione pavimentazione esistente e sottostrutture metalliche di sostegno dei gradini;
- sabbiatura delle travi esistenti principali verifica dello stato di consistenza;
- rimozione delle porzioni di trave di irrimediabilmente corrose e sostituzione con nuove porzioni di piatti saldati alle parti che rimangono in opera (il criterio è quello di eliminare le porzioni di struttura esistente che presenta uno spessore inferiore a 9 mm);
- rinforzo dei parapetti metallici mediante accoppiamento con saldatura ai tubolari esistenti di nuovi profili tubolari 40x30x5 mm;
- completamento del trattamento di sabbiatura
- esecuzione del trattamento di metallizzazione
- esecuzione del trattamento di verniciatura
- rimozione del ponteggio

I dettagli e le specifiche degli interventi sulle travi esistenti possono essere così riepilogati:

1) Ripristino delle porzioni di trave principale fortemente ossidate:

La lavorazione prevede la rimozione della lamiera costituente l'anima delle arcate o di parte delle ali dei profili ad L chiodate alle anime ed il successivo ripristino mediante le seguenti fasi di lavorazione:

- esecuzione di taglio di profilati d'acciaio mediante utilizzo di torcia al plasma.
- Abbassamento e accatastamento in cantiere del materiale di risulta il successivo trasporto in discarica.
- Fornitura, lavorazione e posa in opera di laminati piani o ad L in acciaio per il ripristino e la riparazione degli elementi in acciaio della struttura resistente del ponte.

Tale lavorazione dovrà essere svolta dopo la pulizia, la rimozione delle strutture secondarie a supporto dei gradini e dopo la sabbiatura per poter verificare lo spessore dei piatti punto tale intervento deve essere previsto per spessori residui dell'anima e dei profili ad L inferiori a 9 mm corrispondente ad una perdita del 25% dello spessore originale.

Il ripristino può essere di tipo esteso per fasce di diversa lunghezza o anche puntuale. Le porzioni maggiormente degradare sono le anime ed i profili ad L nella parte superiore e i punti di contatto con le strutture di irrigidimento trasversale e con i controventi di piano presenti sotto il ponte.

2) Sostituzione di chiodi e bulloni ossidati

- Rimozione meccanica di elementi metallici ossidati rimovibili quali i chiodi ribattuti a caldo e bulloni che per condizioni ed ossidazione sono privi di resistenza meccanica o risultano causa certa di degrado la superficie circostanti.
- Sostituzione dei chiodi con bottone di saldatura in rilievo.
- Sostituzione dei bulloni nuovi bulloni con dado cieco arrotondato.
- Eliminazione dei bulloni installati in interventi precedenti in sostituzione dei chiodi originali e sostituzione con bottone di saldatura in rilievo.

3) Intervento di metallizzazione e di verniciatura in sito.

Il trattamento completo prevede la sabbiatura, la metallizzazione con Lega zinco-alluminio e il ciclo di verniciatura in tre mani secondo le seguenti fasi applicative:

- Esecuzione di sabbiatura delle travi in acciaio esistenti mediante trattamento al grado SA 3 secondo ISO 8501- 1.
- Esecuzione di metallizzazione con filo di zinco-alluminio 85 / 15% per uno spessore di 120 micron.
- Esecuzione di intervento di rifinitura tipo touch up in corrispondenza delle zone saldate tra i profili e delle zone di contatto tra L e anima delle travi esistenti. L'intervento ha lo scopo di sigillare le naturali fessure presenti nei punti di contatto dei profili al fine di bloccare il processo di corrosione.
- Trattamento di verniciatura su acciaio già metallizzato secondo le seguenti tre fasi:
 - applicazione di primer epossidico sealer, per uno spessore di 40 micron;
 - applicazione di strato intermedio epossipoliammidico spessore 150 micron;
 - applicazione di finitura poliuretanica spessore 60 micron;

4.2 CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEL PONTE

Il recupero delle quattro travi metalliche esistenti è reso possibile solo mediante l'introduzione di tre nuovi travi in profilo HEA 450 e HEB 450 in corrispondenza dell'appoggio sulle spalle del ponte. Alle tre nuove travi verranno affidati quasi completamente i carichi permanenti e variabili del ponte, infatti, le strutture di sostegno dei gradini saranno vincolate alle tre nuove travi e alle due travi esistenti di bordo che tuttavia saranno assoggettate ad un'aliquota di carico decisamente inferiore rispetto allo stato di fatto.

Le tre nuove travi saranno anche irrigidite trasversalmente mediante l'introduzione di 8 profili HEA 320. Tali profili di irrigidimento trasversale saranno incastrati in corrispondenza delle nuove travi mentre saranno incernierati in corrispondenza delle travi esistenti e avranno anche per queste ultime una funzione di stabilizzazione laterale.

All'intradosso delle tre nuove travi strutturali principali saranno saldate e bullonate anche delle staffe a supporto delle tubazioni dei sottoservizi. Tali nuove staffe saranno realizzate in corrispondenza delle travi trasversali e saranno pertanto 8 per ciascuna trave. Le staffe dei sottoservizi sono apribili dal basso e garantiscono pertanto interventi di manutenzione sulle tubazioni dei sottoservizi dal basso senza rimozione della pavimentazione del ponte come accadeva in precedenza.

Anche per tutte le strutture metalliche nuove sono previsti interventi di protezione mediante metallizzazione e verniciatura da eseguire in stabilimento.

Nel dettaglio l'intervento prevede inizialmente la sabbiatura di pulizia del metallo, la successiva metallizzazione con una lega in zinco alluminio per uno spessore di 120 micron (sempre lega Zn/AL 85/15) seguita dal ciclo di verniciatura sull'acciaio già metallizzato realizzata con le seguenti tre mani: applicazione di un primer epossidico sigillante per uno spessore di 40 micron, l'applicazione di uno strato intermedio epossipoliamidico per uno spessore di 150 micron e l'applicazione mano a finire poliuretanica per uno spessore di 60 micron. Complessivamente tutti i trattamenti di metallizzazione e verniciatura dovranno garantire il raggiungimento di uno spessore di 370 micron.

4.3 CONSOLIDAMENTO DELLE OPERE DI FONDAZIONE

Anche le fondazioni esistenti hanno evidenziato la necessità di un consolidamento statico e sismico. In sede di progetto esecutivo è stato scelto di integrare i pali di fondazione esistenti con nuovi micropali spinti fino a una profondità di 20 m (lunghezza netta sotto plinto 18 m) in numero di 14 per ciascun plinto di fondazione.

In ogni caso essendo la profondità dei pali esistenti, rilevata con le indagini eseguite dalla ditta Geocontrolli, differente dai dati storici recuperati, in fase di lavori dovranno essere eseguite delle indagini ecometriche dopo la rimozione della finitura dei gradini al fine di determinare con maggiore precisione maglia e lunghezza dei pali di fondazione e nel caso adattare i nuovi pali di fondazione ai dati più esaustivi raccolti in corso d'opera.

La realizzazione dei micropali di fondazione sarà preceduta dalla accurata rimozione della pavimentazione dei gradini e dallo scavo fino alla sommità del plinto esistente.

Dopo la realizzazione dei micropali saranno eseguite delle demolizioni per l'abbassamento dei sottoservizi che saranno, come detto precedentemente, appesi alle tre nuove travi metalliche.

Per migliorare gli interventi di futura manutenzione degli impianti, saranno predisposte delle camicie in PVC all'interno del plinto che permetteranno lo sfilamento dei tubi dei sottoservizi senza nuove demolizioni dei plinti.

Dopo la posa delle camicie per i sottoservizi saranno eseguiti i getti di completamento del plinto che ingloberanno i nuovi micropali e irrigidiranno la parte posteriore del plinto. La connessione tra il plinto esistente e le nuove porzioni di plinto sarà formata da inghisaggio di barre di armatura con resina epossidica.

Le principali fasi dell'intervento di consolidamento delle opere di fondazione possono essere così riepilogate:

- rimozione della pavimentazione in pietra dei gradini;
- scavo fino all'estradosso del plinto esistente;
- esecuzione di nuove prove ecometriche per la determinazione della maglia e della profondità dei pali esistenti;
- esecuzione dei nuovi micropali;
- demolizione in breccia per inserimento camicie per i sottoservizi;
- posa camicie per i sottoservizi;
- ripristino del getto del plinto;
- risagomatura del plinto con nuovo getto integrativo;
- posa della pavimentazione dei gradini con recupero del materiale esistente e integrazione delle lastre danneggiate.

4.4 OPERE DI FINITURA

Le opere di finitura riguardano prevalentemente la pavimentazione di legno dei gradini e dell'impalcato del ponte che sarà completamente sostituita con tavole di legno essenza Ipé o Azobé che garantiscono una maggiore durabilità.

Le tavole avranno uno spessore di 50 mm e saranno fissate alla sottostruttura metallica con bulloni. La larghezza delle doghe sarà 120-160 mm mentre la lunghezza sarà 4 m come il ponte. La posa prevede delle fughe tra le doghe di 5-6 mm per favorire l'aerazione ed eliminare i ristagni di acqua. Nella parte superiore le doghe saranno lavorate con la zigrinatura che permette una migliore resistenza allo scivolamento.

I gradini saranno completati nella parte frontale da un profilo ad L in lamiera mandorlata di alluminio che ha funzione di protezione dello spigolo e di antiscivolo.

I gradini di collegamento tra le Fondamenta e il ponte hanno finitura in trachite e pietra bianca che viene rimossa prima del consolidamento delle opere di fondazione e riposata al termine di detti lavori. La posa in opera prevede anche la sostituzione di eventuali pezzi deteriorati o danneggiati.

Infine i lampioni e l'insegna dei Carabinieri installati sul ponte saranno rimossi, protetti con lo

stesso ciclo di restauro delle travi esistenti del ponte e successivamente reinstallati nelle medesime posizioni.

L'impianto di distribuzione per servire i lampioni sarà completamente rimosso e rifatto all'interno delle travi di bordo a partire dai pozzetti presenti ai piedi delle due gradinate di accesso.