



SOGGETTO ATTUATORE:



PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
 come da Protocollo d'Intesa tra la Provincia di Reggio Emilia
 e la Provincia di Mantova sottoscritto il 09/03/2020

MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL PONTE SUL FIUME PO TRA GUASTALLA (RE) E DOSOLO (MN)

CUP: C67H20000290001

PROGETTO ESECUTIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

CAPOGRUPPO R.T.P.



ITS srl
 Corte delle Caneve,11
 31053 Pieve di Soligo (TV)
 Tel.0438 82082 email: info@its-engineering.com



Ing. MICHELE TITTON
 Ing. ANDREA DE PIN
 Ing. MATTEO TANCON
 Ing. MIRKO LORENZON
 Ing. ELOISA TORRESINI
 Ing. MASSIMO DE NARDI
 Geom. FABIO LUCCHETTA

MANDANTE:

MALERBA INGEGNERIA STRUTTURALE
 Prof. Ing. PIER GIORGIO MALERBA
 Viale Abruzzi, 17 - 20131 Milano (MI) - Tel. 02 29526561

Prof. Ing. PIER GIORGIO MALERBA
 Ing. PAOLO GALLI

ELABORATO:

PARTE GENERALE

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA GENERALE

PROGETTISTA:
 Ing. MICHELE TITTON

RESP. UNICO DEL PROCEDIMENTO:
 Ing. GIUSEPPE TUMMINO

IL DIRIGENTE:
 Ing. VALERIO BUSSEI

CODICE PROGETTO

NOME FILE 2021_022 PE GEN RE 01_C_Rel. tecnic

REVISIONE

SCALA

PROGETTO

STR. FASE

CODICE ELAB

2	0	2	2	-	P	E
---	---	---	---	---	---	---

G	E	N	R	E	0	1
---	---	---	---	---	---	---

C

-

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
C	REVISIONE PER APPALTO	ADP	ADP	MT	21.06.2022
B	REVISIONE PER VALIDAZIONE	ADP	ADP	MT	07.12.2021
A	PRIMA EMISSIONE	ADP	ADP	MT	19.11.2021

Indice

1	PREMESSA	1
1.1	FINALITÀ DELLA PROGETTAZIONE.....	1
2	ANALISI STORICA-DOCUMENTALE.....	3
2.1	LIVELLO DI CONOSCENZA.....	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
4	INQUADRAMENTO GENERALE.....	8
4.1	PAESAGGIO	8
4.2	AMBIENTE.....	9
4.3	GEOLOGIA	9
4.4	SISMICA.....	10
4.5	IDRAULICA	11
5	RILIEVI E INDAGINI.....	13
5.1	RILIEVI TOPOGRAFICO E BATIMETRICO	13
5.2	INDAGINI SUBACQUE.....	15
5.3	INDAGINI GEOGNOSTICHE	16
5.4	INDAGINI SUI MATERIALI.....	17
5.5	PROVE DI CARICO E DINAMICHE	17
5.6	PROVE ECOMETRICHE	18
5.7	VERIFICHE TRACCIATO CAVI.....	20
5.8	PROVE DI RILASCIO TENSIONALE.....	23
5.9	CONSIDERAZIONI SULLO STATO DELL'OPERA	24
6	SOTTOSERVIZI E RETI	25
7	STATO DI FATTO	27
7.1	TRATTO MANTOVANO.....	27
7.2	TRATTO REGGIANO	29
8	INTERVENTI IN CORSO DI ESECUZIONE	30
8.1	LIVELLI DI SICUREZZA RAGGIUNTI	30
8.2	VARIANTI IN CORSO	31
9	INTERVENTI DI PROGETTO	32
9.1	MIGLIORAMENTO SISMICO	33
9.2	CONSOLIDAMENTO PILE IN ALVEO	34
9.3	STABILIZZAZIONE FONDO ALVEO	36
9.4	RINFORZO IMPALCATO PRECOMPRESSO – TRATTO MANTOVANO	38

9.5	RINFORZO SELLE GERBER	41
9.6	SOSTITUZIONE APPOGGI.....	42
9.7	RISANAMENTO CORTICALE E TRATTAMENTI PROTETTIVI	43
9.8	RIFACIMENTO PAVIMENTAZIONE ED IMPERMEABILIZZAZIONE	45
9.9	RIMOZIONE IDROMETRO	45
9.10	SOSTITUZIONE BARRIERE DI SICUREZZA E PARAPETTI	45
10	FABBISOGNI E MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI	47
11	CANTIERIZZAZIONE	47
12	CRONOPROGRAMMA	51
13	OCCUPAZIONI TEMPORANEE	51
14	ELENCO PREZZI.....	52
15	FINANZIAMENTO DELL'OPERA.....	52

1 PREMESSA

L'Amministrazione provinciale di Reggio Emilia ha affidato al Raggruppamento Temporaneo di Professionisti ITS Srl (capogruppo), Prof. Ing. Pier Giorgio Malerba (mandante), l'incarico per la "PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA, DEFINITIVA ED ESECUTIVA, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE DEGLI "MESSA IN SICUREZZA DEI PONTI ESISTENTI E REALIZZAZIONE DI NUOVI PONTI IN SOSTITUZIONE DI QUELLI ESISTENTI CON PROBLEMI STRUTTURALI DI SICUREZZA NEL BACINO DEL PO, - INTERVENTI SUL MANUFATTO POSTO AL CONFINE TRA LA PROVINCIA DI REGGIO EMILIA E LA PROVINCIA DI MANTOVA: "PONTE SUL FIUME PO TRA GUASTALLA (RE) E DOSOLO (MN) – 2° lotto d'intervento CIG: 8557517E6A - CUP: C67H20000290001".

1.1 FINALITÀ DELLA PROGETTAZIONE

L'intervento oggetto di progettazione si pone in continuità e a completamento di un primo lotto di opere di manutenzione straordinaria riguardanti "INTERVENTI DI EMERGENZA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI PROVINCIALI DI CONNESSIONE INSISTENTI SUL FIUME PO - PONTE TRA DOSOLO E GUASTALLA AL CONFINE TRA LA PROVINCIA DI REGGIO EMILIA E LA PROVINCIA DI MANTOVA", attualmente in corso di realizzazione sullo stesso ponte e finanziate dal precedente Decreto n. 27 dell'1 febbraio 2018 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, per un importo di € 3.785.635,00.

Lo scopo dei lavori in corso consiste nel ripristinare la funzionalità delle componenti strutturali del manufatto attraverso la realizzazione dei seguenti interventi ritenuti prioritari:

- rinforzo strutturale delle selle Gerber, attraverso l'installazione di una nuova mensola in acciaio, compreso il risanamento degli elementi strutturali esistenti, passivazione/integrazione/sostituzione delle armature affioranti e successivo ripristino del copriferro;
- risanamento corticale delle strutture in c.a., ovvero ripristino delle parti ammalorate e protezione delle parti ancora in discreto stato, per garantirne la durabilità nel tempo, l'impermeabilizzazione e la protezione all'anidride carbonica;
- sostituzione dei giunti di dilatazione deteriorati e ripristino del sistema di regimazione delle acque meteoriche;
- rifacimento parziale della pavimentazione stradale, consistente nella scarifica degli strati bituminosi, impermeabilizzazione dell'estradosso dell'impalcato nelle zone maggiormente degradate e rifacimento parziale del binder e completo rifacimento del tappeto d'usura;
- ripristino dell'integrità delle testate dei pali di fondazione previa effettuazione di indagini integrative subacquee dello stato di degrado delle pile in acqua.

Il ponte sul fiume Po tra Dosolo e Guastalla ricade nella competenza di 2 Province (Reggio Emilia e Mantova) ed è pertanto stato sottoscritto, come prevede il decreto ministeriale, un protocollo d'intesa nel quale vengono formalizzati i rispettivi impegni ed obblighi, tra i quali l'individuazione del soggetto attuatore nella Provincia di Reggio Emilia e gli impegni di spesa.

Nell'ambito del secondo lotto d'intervento, oggetto della presente progettazione, il *DOCUMENTO PRELIMINARE ALLA PROGETTAZIONE* definisce, in via del tutto orientativa ed in ordine di priorità, gli interventi necessari a dare continuità con i lavori in corso d'appalto:

1. Completamento interventi di rinforzo delle selle Gerber;

2. **Completamento degli interventi di risanamento e ripristino corticale degli ammaloramenti strutturali e non** - in linea generale dovrà essere prevista la scarifica e idrodemolizione localizzata delle superfici in calcestruzzo ammalorate, passivazione e integrazione delle armature, ripristino del copriferro mediante malta tixotropica.
3. **Consolidamento delle pile in alveo** - estendere a tutte le pile e fondazioni in alveo le opere di risanamento previsto nell'appalto in corso, individuare e progettare gli interventi necessari a garantire la stabilità strutturale, anche prevedendo interventi di potenziamento del sistema fondazionale e opere atte a limitare lo scalzamento delle fondazioni delle pile e delle spalle in fase di piena e a resistere agli urti ed abrasioni provocate dalla corrente sulle pile in alveo.
4. **Rifacimento della pavimentazione stradale** - mediante scarifica del conglomerato bituminoso realizzazione di impermeabilizzazione all'estradosso della soletta e ripristino degli strati in conglomerato bituminoso, previo risanamento delle lastre che costituiscono la soletta dell'impalcato, con ripristino e passivazione delle armature e ripristino del copriferro mediante malta tixotropica.
5. **Sostituzione delle barriere sicurezza** adeguandole alla normativa vigente.
6. **Interventi di adeguamento/miglioramento sismico**, e se necessario sollevamento degli impalcati al fine della sostituzione dei vincoli di appoggio degradati.

A seguire l'esecuzione delle indagini geognostiche e batimetriche eseguite tra maggio e giugno 2021, nonché le ispezioni visive subacquee sui pali di fondazione in alveo; considerato l'intervento di rinforzo strutturale previsto, come variante migliorativa, nell'ambito dell'appalto in corso esecuzione, tale da migliorare la resistenza ai carichi previsti dallo Stato limite di Operativà (SLO – LLGG MIT 2020); di comune accordo con la stazione committente, in occasione dell'incontro del 7 luglio 2021, sono state riviste le priorità di intervento, come meglio descritte nei successivi capitoli della presente relazione.

Il 09/03/2020 è stato sottoscritto tra la Provincia di Reggio Emilia e la Provincia di Mantova il Protocollo d'Intesa per la messa in sicurezza del ponte sul Po tra Guastalla e Dosolo, al confine tra la Provincia di Reggio Emilia e la Provincia di Mantova, nel quale è stato sia individuato il soggetto attuatore, nella figura della Provincia di Reggio Emilia, che definiti i rispettivi impegni.

Il Progetto di fattibilità tecnico economica è stato approvato con DECRETO DEL PRESIDENTE n. 125 DEL 10/08/2021.

Il Progetto definitivo è stato approvato con determinazione dirigenziale n. 853 DEL 26/10/2021.

Il Progetto esecutivo è stato approvato con determinazione dirigenziale n. 1108 DEL 16/12/2021.

Il Bando di gara a procedura aperta, per i lavori prot. n. 35706/1/2020 del 21 dicembre 2021, è stato pubblicato nelle forme di legge ed è stato fissato, come termine di scadenza per la collocazione delle offerte su SATER, il giorno 26 gennaio 2022, alle ore 12,00. Con atto amministrativo n. 33 del 26/01/2022 è stata dichiarata deserta la gara per l'affidamento dei lavori di "Manutenzione straordinaria del ponte sul fiume Po tra Dosolo (MN) e Guastalla (RE)" - CIG: 9026605E14 - CUP: C67H20000290001, in quanto entro la scadenza fissata non è pervenuta alcuna offerta

Con determinazione dirigenziale n. 111 dell'11/02/2022, è stato stabilito di procedere, per l'affidamento dei lavori relativi alla "Manutenzione straordinaria del ponte sul fiume Po tra Dosolo (MN) e Guastalla (RE)", ai sensi dell'art. 63, comma 2, lett. a), del D.Lgs. 50/2016, con procedura negoziata, senza previa pubblicazione di un bando di gara, individuando gli operatori economici ai sensi del comma 6, del medesimo articolo;

RTP: ITS srl (capogruppo), Prof. Ing. Pier Giorgio Malerba

Con la lettera Prot. n. 4313/1/2020 del 18 febbraio 2022, inviata tramite piattaforma SATER, sono stati invitati n. 10 operatori economici a presentare offerta, apponendo come termine di scadenza per la presentazione delle offerte stesse le h. 12,00 del giorno 18/03/2022 ed entro tale data non è stata collocata su SATER alcuna offerta, pertanto con atto amministrativo n. 104 del 21/03/2022 è stata dichiarata deserta la gara per l'affidamento dei lavori di “Manutenzione straordinaria del ponte sul fiume Po tra Dosolo (MN) e Guastalla (RE)” - CIG: 9026605E14 - CUP: C67H20000290001;

A seguire l'andamento anomalo dei prezzi di mercato nel primo semestre 2022 e la pubblicazione in Gazzetta Ufficiale del Decreto Legge 17 maggio 2022, n. 50 recante "Misure urgenti in materia di politiche energetiche nazionali, produttività delle imprese e attrazione degli investimenti, nonché in materia di politiche sociali e di crisi ucraina", sono stati aggiornati i prezzi unitari con prezzari 2022.

Per compensare i maggiori costi derivanti dall'aggiornamento prezzi, di concerto con la stazione appaltante, si è deciso di ridurre l'intervento alle opere di primaria urgenza, ovvero in estrema sintesi:

- Rinforzo sistema fondazionale pila 9;
- Stabilizzazione alveo presso la pila 9;
- Miglioramento statico degli impalcati a mensola su pila.

2 ANALISI STORICA-DOCUMENTALE

Il manufatto, realizzato dalla Società Appalti Lavori Carpenterie (S.A.L.C.) nella seconda metà degli anni 60 del secolo scorso, è stato sottoposto ad una serie di interventi di manutenzione tra il 1995 e i primi anni 2000, ed infine gli interventi di messa in sicurezza attualmente in corso.

La progettazione originaria dell'opera è stata inevitabilmente condotta secondo norme e criteri di progetto differenti da quelli attuali; ovvero la Circolare Ministeriale n.1547 del 17 maggio 1965.

La figura che segue, sempre tratta da foto d'epoca, documenta una fase costruttiva e la relativa attrezzatura di varo.



Figura 2.1: – Fase costruttiva (da foto d'epoca).

Dall'analisi storico documentale condotta, si elencano le documentazioni raccolte e disponibili ai fini della progettazione:

- a. Progetto Ponte sul fiume Po fra Guastalla e Dosolo – 1966 – Impresa S.A.L.C. Padova. (principali elaborati costruttivi della ditta SALC esecutrice dell'opera);
- b. Progetto Esecutivo “Lavori di manutenzione straordinaria conseguenti agli eventi alluvionali del

- novembre 1994 – 1° stralcio” – Provincia di Mantova;
- c. Analisi delle condizioni statiche delle fondazioni e dell’impalcato, 1995 – Ing. Pier Paolo Rossi;
 - d. Rilievo dello stato di degrado delle strutture, 1995 - Ing. Pier Paolo Rossi;
 - e. Indagine diagnostica per l’analisi delle caratteristiche dei materiali e dei terreni di fondazione, 1995 - Ing. Pier Paolo Rossi;
 - f. Progetto Esecutivo “Lavori di ripristino e consolidamento del viadotto in cemento armato sul ponte Po” 2001 – Provincia di Reggio Emilia (interventi di ripristino dei giunti sul tratto golenale in Provincia di Reggio Emilia);
 - g. Progetto Esecutivo “Messa in sicurezza del Ponte sulla S.P. 35 sul fiume Po in Comune di Guastalla” 2008 – Provincia di Reggio Emilia (interventi di ripristino sul tratto golenale in Provincia di Reggio Emilia);
 - h. Progetto Esecutivo “Messa in sicurezza del Ponte sulla S.P. 35 sul fiume Po in Comune di Guastalla – secondo lotto” 2009 – Provincia di Reggio Emilia;
 - i. Indagini diagnostiche integrative, prove dinamiche e di carico eseguite tra i mesi di gennaio e aprile 2019 da ITS Srl;
 - j. Progetto Esecutivo Interventi di Emergenza per la Messa in Sicurezza Infrastrutture Stradali Provinciali di Connessione Insistenti sul Fiume Po – Ponte tra Dosolo e Guastalla al Confine tra la Provincia di Reggio Emilia e la Provincia di Mantova – Approvato in data 19 novembre 2019 – I relativi lavori sono in corso di realizzazione a seguito della consegna degli stessi avvenuta in data 23 settembre 2020.

Dall’analisi storico documentale condotta, emerge la mancanza di relazioni di calcolo, collaudo e disegni esecutivi riguardanti il tratto di ponte del territorio Mantovano, ponte costituito da un impalcato con schema Gerber realizzato con travi precomprese con cavi post-tesi.

Per il tratto di viadotto in provincia di Reggio Emilia, costituito da pile e impalcato in c.a. ordinario, sono disponibili gli elaborati storici esecutivi delle strutture, escluse relazioni di calcolo e certificati di collaudo.

2.1 LIVELLO DI CONOSCENZA

Con specifico riferimento alla normativa vigente, appartenendo il viadotto alla categoria "costruzioni in calcestruzzo armato", con riferimento alle indicazioni del cap. 8.5.4 delle NTC e dei cap. C8A.1.B della circolare, si riporta integralmente la tabella C8A.1.2, che definisce i livelli di conoscenza in funzione delle informazioni disponibili ed i conseguenti valori dei fattori di confidenza per le costruzioni in cemento armato.

Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza, richiamati in C8.7.2.1, si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti:

- LC1: Conoscenza Limitata;
- LC2: Conoscenza Adeguata;
- LC3: Conoscenza Accurata.

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- geometria, ossia le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali,

- *dettagli strutturali, ossia la quantità e disposizione delle armature, compreso il passo delle staffe e la loro chiusura, per il c.a., i collegamenti per l'acciaio, i collegamenti tra elementi strutturali diversi, la consistenza degli elementi non strutturali collaboranti,*
- *materiali, ossia le proprietà meccaniche dei materiali.*

Il livello di conoscenza acquisito determina il metodo di analisi e i fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali. Le procedure per ottenere i dati richiesti sulla base dei disegni di progetto e/o di prove in-situ sono descritte nel seguito.

La relazione tra livelli di conoscenza, metodi di analisi e fattori di confidenza è illustrata nella Tabella C8A.1.2

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

Figura 2.2: –Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione

Nello specifico, per i ponti e viadotti esistenti, possiamo prendere a riferimento, oltre alle NTC 2018 e LLGG MIT 2020, le LINEE GUIDA E MANUALE APPLICATIVO PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA E IL CONSOLIDAMENTO DEI PONTI ESISTENTI IN C.A. (Reluiss – 2009), nelle quali si riporta:

Per le opere da ponte si deve in generale acquisire un livello di conoscenza accurata (LC3), salvo casi eccezionali per i quali, su indicazione della Committenza, è ammesso acquisire un livello di conoscenza adeguato (LC2). La richiesta del livello di conoscenza accurato è giustificata in primo luogo dall'importanza strategica delle opere da ponte, e in secondo luogo in considerazione dell'assenza di elementi non strutturali che limitino l'accessibilità delle strutture. Le verifiche in-situ limitate servono per verificare la corrispondenza tra le armature o le caratteristiche dei collegamenti effettivamente presenti e quelle riportate nei disegni costruttivi, oppure ottenute mediante il progetto simulato. Le verifiche in-situ estese servono quando non sono disponibili i disegni costruttivi originali come alternativa al progetto simulato seguito da verifiche limitate, oppure quando i disegni costruttivi originali sono incompleti. Le verifiche in-situ esaustive: servono quando non

sono disponibili i disegni costruttivi originali e si desidera un livello di conoscenza accurata. Le prove in-situ limitate servono a completare le informazioni sulle proprietà dei materiali ottenute o dalle normative in vigore all'epoca della costruzione, o dalle caratteristiche nominali riportate sui disegni costruttivi, o da certificati originali di prova. Le prove in-situ estese servono per ottenere informazioni in mancanza sia dei disegni costruttivi, che dei certificati originali di prova, oppure quando i valori ottenuti dalle prove limitate risultano inferiori a quelli riportati nei disegni o certificati originali. Le prove in-situ esaustive: servono per ottenere informazioni in mancanza sia dei disegni costruttivi, che dei certificati originali di prova, oppure quando i valori ottenuti dalle prove limitate risultano inferiori a quelli riportati nei disegni o certificati originali, e si desidera un livello di conoscenza accurata (LC3).

La definizione dei requisiti quantitativi per il raggiungimento di ogni livello di rilievo e prove è riportata in Tabella 2.7. Nel controllo del raggiungimento della percentuale di elementi indagati si può tener conto delle eventuali condizioni di ripetitività.

Tabella 2.7 Requisiti quantitativi relativi ai rilievi e alle prove sui materiali.

	Rilievo (dei dettagli costruttivi)	Prove (sui materiali)
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 20% delle pile (ma non meno di 2 pile)	1 provino di cls. e 1 campione di armatura per almeno il 20% delle pile (ma non meno di 2 pile)
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 40% delle pile (ma non meno di 3 pile)	1 provino di cls. e 1 campione di armatura per almeno il 40% delle pile (ma non meno di 3 pile)
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 60% delle pile (ma non meno di 4 pile)	1 provino di cls. e 1 campione di armatura per almeno il 60% delle pile (ma non meno di 4 pile)

Figura 2.3: – requisiti quantitativi relativi ai rilievi e alle prove sui materiali

Il ponte oggetto d'intervento e la strada SP 35 non sono opere classificate fra quelle strategiche in priorità 1 nel piano provinciale rischio sismico approvato nel 2013, tuttavia, viste le caratteristiche costruttive del ponte, nonché la sua rilevanza di collegamento viario è opportuno mirare, come meglio esplicitato ai capitoli seguenti, **ad acquisire un livello di conoscenza accurata LC3**.

Tuttavia, non avendo a disposizione, per il tratto di Mantova, i disegni storici dell'epoca, in particolare dei cavi di precompressione e relative relazioni di calcolo, il livello di conoscenza sarà limitato al LC2.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la definizione progettuale delle opere in oggetto il progettista dichiara di operare in conformità a tutte le norme vigenti ed in particolare alle seguenti:

- D.L. n. 285 del 30.05.92 – “Nuovo codice della strada”;
- D.P.R. n. 495 del 16.12.92 – “Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada”;
- D.M.LL.PP. n. 145 del 19.04.2000 – “Regolamento recante il capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 3, comma 5, della legge 11 febbraio 1994, n. 109 e s.m.i.”, *solo gli articoli 1-2-3-4-6-8-16-17-18-19-27-35-36*;
- D.P.R. n. 380 del 06.06.2001 e s.m.i. – “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”, in particolare art. 93-94 richiamanti:
 - L. n. 1086 del 05.11.1971 – “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
 - L. n. 64 del 02.02.1974 – “Norme tecniche sulla costruzione in zone sismiche” e decreti di applicazione relativi;
- D.M. 5.11.2001 - “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- D.M.19.04.2006 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali” ;
- D. Lgs n. 302 del 2003 in vigore dal 30.06.2003 – “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità”;
- D.M. 21.06.2004 – “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale”. (pubblicato in G.U. 5.08.2004 nr. 84);
- D. Lgs n. 152 del 03.04.2006 e s.m.i. – “Norme in materia ambientale”;
- D.M. 17.01.2018 – “Norme tecniche per le costruzioni”;
- D. Lgs n. 81 del 09.04.2008 e s.m.i. – “Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro”;
- Piano di Tutela delle Acque Lombardia approvato con d.g.r. n. 6990 del 31 luglio 2017;
- D.P.R. n. 207 del 05.10.2010 – “Regolamento di esecuzione e attuazione del D.Lgs 163/2006”;
- D. Lgs 50/2016 - Nuovo codice appalti 2016, coordinato con il D. lgs 56/2017 (correttivo appalti).
- D.P.R. n.120 del 13.06.2017 – “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'art. 8 del D. lgs 12.09.2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11.11.2014m n. 164.
- L.R. Regione Lombardia 4 maggio 2001, n. 9 “Programmazione e sviluppo della rete viaria di interesse regionale”
- Regolamento Regionale 24 aprile 2006, N. 7 “Norme tecniche per la costruzione delle strade”
- D.G.R. Regione Lombardia n. VIII/3219 del 27 settembre 2006 “Norme per la progettazione di zone di intersezione e assi stradali”
- Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti, 2020.

4 INQUADRAMENTO GENERALE

Il ponte oggetto d'intervento, ricade a cavallo dei territori comunali di Dosolo (MN) e Guastalla (RE), al confine tra la Provincia di Reggio Emilia (S.P. 35 Guastalla - Ponte Po) e la Provincia di Mantova (S.P. 93), su un'arteria viaria di connessione importante per le due provincie.

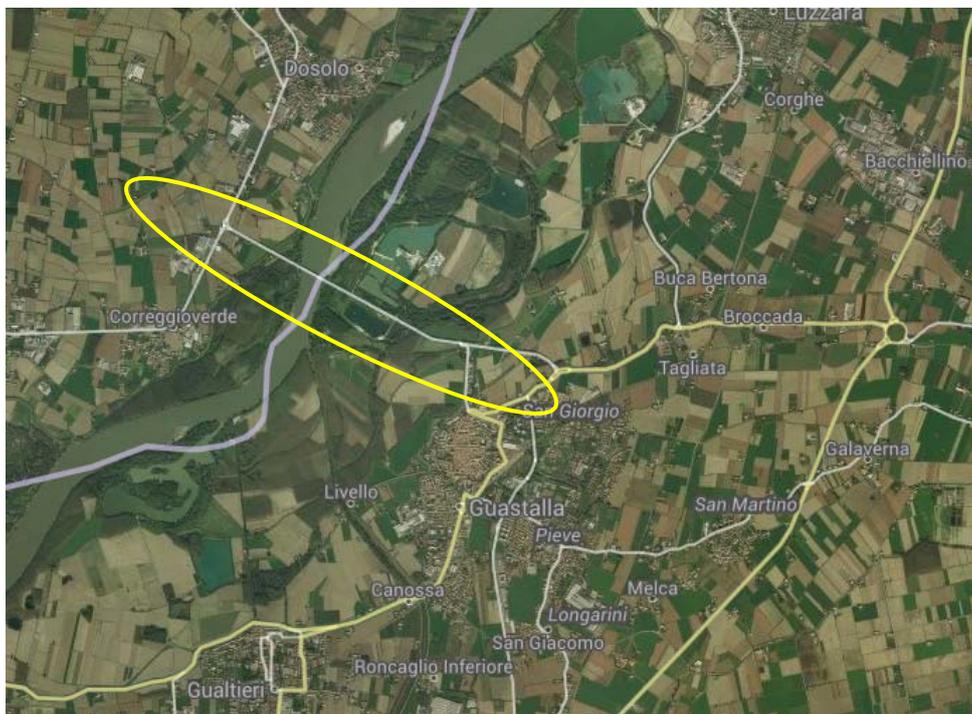


Figura 4.1: – Localizzazione del Manufatto

4.1 PAESAGGIO

L'infrastruttura oggetto d'intervento interessa un'area sottoposta a vincolo paesaggistico. Ai sensi dell'art. 142, comma c), del D. Lgs. 42/2004 (Codice Urbani), sono assoggettati per legge a vincolo paesaggistico "i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna".

Ai sensi dell'art. 149 del medesimo decreto, non è necessario richiedere l'autorizzazione paesaggistica nel caso in cui: [...] *gli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, di consolidamento statico e di restauro conservativo che non alterino lo stato dei luoghi e l'aspetto esteriore degli edifici.*

Ai sensi del DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 13 febbraio 2017, n. 31 Regolamento recante individuazione degli interventi esclusi dall'autorizzazione paesaggistica o sottoposti a procedura autorizzatoria semplificata. (17G00042), l'intervento può assimilarsi a quelli previsti all'Allegato A (di cui all'art. 2, comma 1) Interventi ed opere in aree vincolate esclusi dall'autorizzazione paesaggistica, nello specifico:

A.3. interventi che abbiano finalità di consolidamento statico degli edifici, ivi compresi gli interventi che si rendano necessari per il miglioramento o l'adeguamento ai fini antisismici, purché non comportanti modifiche alle caratteristiche morfotipologiche, ai materiali di

finitura o di rivestimento, o alla volumetria e all'altezza dell'edificio;

4.2 AMBIENTE

In ambito ambientale, e nello specifico riguardante la rete Natura 2000, il ponte ricade in:

- ZPS IT20B0501. "Viadana, Portiolo, San Benedetto Po e Ostiglia – Provincia di Mantova
- SIC-ZPS IT4030020 – "Golena del Po di Gualtieri, Guastalla e Luzzara" – Provincia di Reggio Emilia



Figura 4.2: – inquadramento su cartografia Rete Natura 2000.

Si esclude la necessità di procedura di valutazione d'incidenza, in quanto l'intervento è assimilabile a **“TIPOLOGIE DI INTERVENTI E ATTIVITA’ DI MODESTA ENTITA’”**, ai sensi dell'allegato D della **DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 22 GENNAIO 2018, n. 79 “Approvazione delle misure generali di conservazione, delle misure specifiche di conservazione e dei piani di gestione dei Siti Natura 2000, nonché della proposta di designazione delle ZSC e delle modifiche alle delibere n. 1191/07 e n. 667/09”**.

Per le lavorazioni in alveo, si rimanda inoltre alle prescrizioni riportate nell'**Allegato E, DISCIPLINARE TECNICO PER LA MANUTENZIONE ORDINARIA DEI CORSI D'ACQUA NATURALI ED ARTIFICIALI E DELLE OPERE DI DIFESA DELLA COSTA NEI SITI DELLA RETE NATURA 2000 (SIC E ZPS)**, per quanto concerne le attività in alveo.

4.3 GEOLOGIA

L'area d'intervento è ubicata nel settore meridionale della pianura padana lombarda, a circa 25 km a sud dalla Città di Mantova, ed altrettanti km a nord dalla città di Reggio Emilia, all'interno del settore di pertinenza della *Bassa Pianura Lombardo-Emiliana*.

Dal punto di vista stratigrafico, nell'area oggetto d'intervento si rinvengono.

- Argille e limi soffici dell'olocene con spessore compreso tra un minimo di 2.0 m ed un massimo di 14 metri, per un valore medio pari a 8 metri;
- Sabbie medio-fini, sabbie limose e limi sabbiosi prevalenti con spessore medio pari a 7 metri;
- Sabbie medie e grossolane prevalenti con spessore medio di 35 metri;
- Argille e limi compatti a profondità elevata di almeno 45 metri da p.c.

RTP: ITS srl (capogruppo), Prof. Ing. Pier Giorgio Malerba

Tale situazione è la conseguenza dell'azione di deposito e di erosione svolta, a partire dal Pleistocene, dai sistemi fluviali locali, ovvero il sistema Po e il Torrente Crostolo.

Il trend evolutivo del corso d'acqua può quindi essere considerato sostanzialmente stabile. Anche l'abbassamento dei fondali indotto dalle attività pregresse (interventi estrattivi e per la navigazione fluviale), appare, come verificato dalle ultime rilevazioni, in netta attenuazione e in alcuni casi sono manifesti fenomeni di parziale innalzamento.

Dall'analisi dei risultati ottenuti dei sondaggi eseguiti nel 1995 e 2021 nei pressi delle Pile 5, 7 e 10 del Ponte in esame (Si veda, "Relazione sulle indagini geognostiche" Relazione Geotecnica" all'interno del presente progetto), si può concludere che il modello geologico-tecnico sintetico per la zona d'interesse sia:

Strato	Profondità (m)	Litologia	Cu [KPa]	Phi [°]	Peso di Volume [KN/m3]
1	entro i 4/10 m da p.c.	terreni limosi-argillosi	20	26-29	19.5 – 20.0
2	tra i 4/10 m e -45 m circa dal p.c.	terreni sabbiosi	0	31-32	19.0
3	tra -45 e -58 m dal p.c	strato argilloso	30	26-27	19.3 – 2.1
4	Oltre 58 m da p.c.	Strato sabbioso	0	32-33	19.5

Tabella 4.3: – modello stratigrafico per la zona d'interesse da sondaggi eseguiti nel 1995 e 2021.

4.4 SISMICA

La nuova normativa in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e il recepimento a livello regionale (D.g.r. Lombardia n. 5830 del 2016 e DGR Emilia Romagna nr. 1164 del 23/07/2018) includono i Comuni di Dsolo (MN) e Guastalla (RE) nella zona 3 (Figure 1-2), a sismicità bassa ($0.050 \leq ag \leq 0.150$).

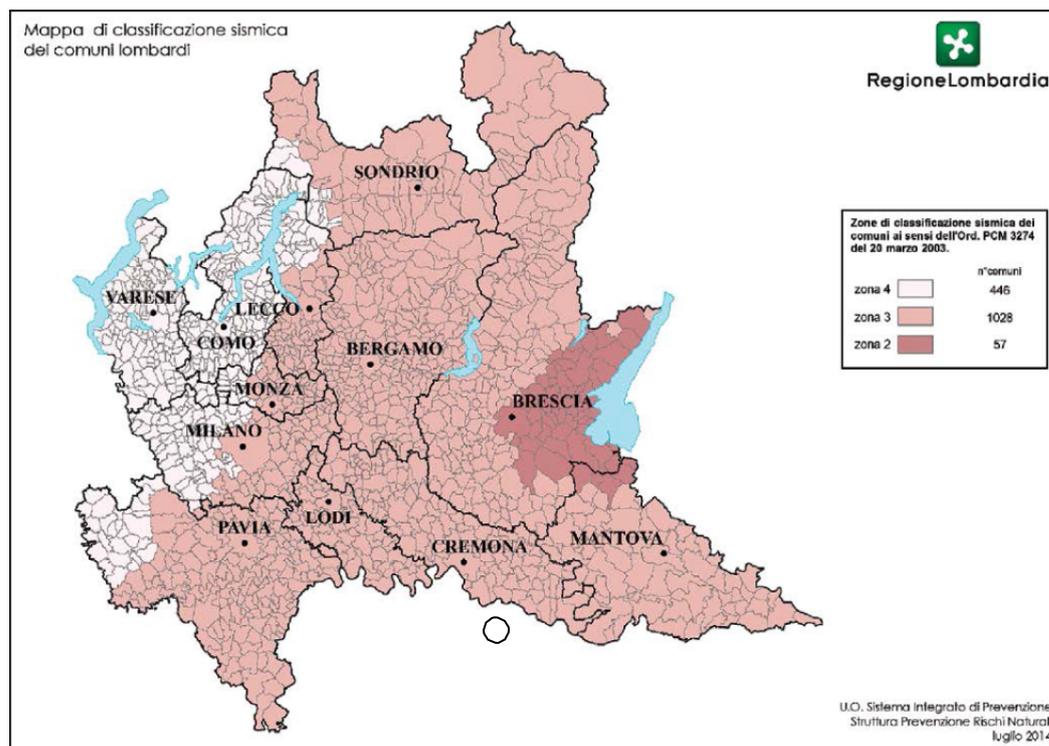


Figura 4.4: – Mappa di classificazione sismica della Regione Lombardia

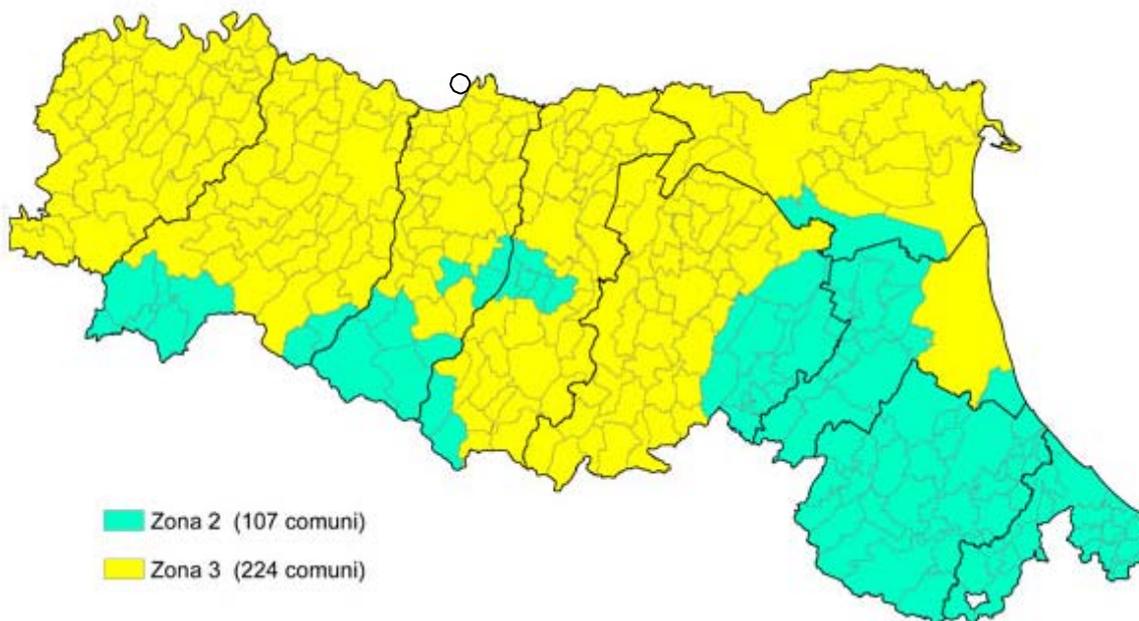


Figura 4.5: – Mappa di classificazione sismica della Regione Emilia Romagna

Ai fini della progettazione degli interventi, si assume una **classe d'uso III**, ovvero:

Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. [...] e di Vita nominale pari a 50 anni, come definiti dalle NTC 2018.

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

4.5 IDRAULICA

L'infrastruttura ricade all'interno delle Fasce A e B individuate dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Nell'ambito della progettazione in corso, è stata eseguita la verifica delle condizioni di sicurezza idraulica del ponte si deve fare riferimento alla "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico", in particolare al paragrafo 3.3 relativo ai ponti esistenti.

RTP: ITS srl (capogruppo), Prof. Ing. Pier Giorgio Malerba

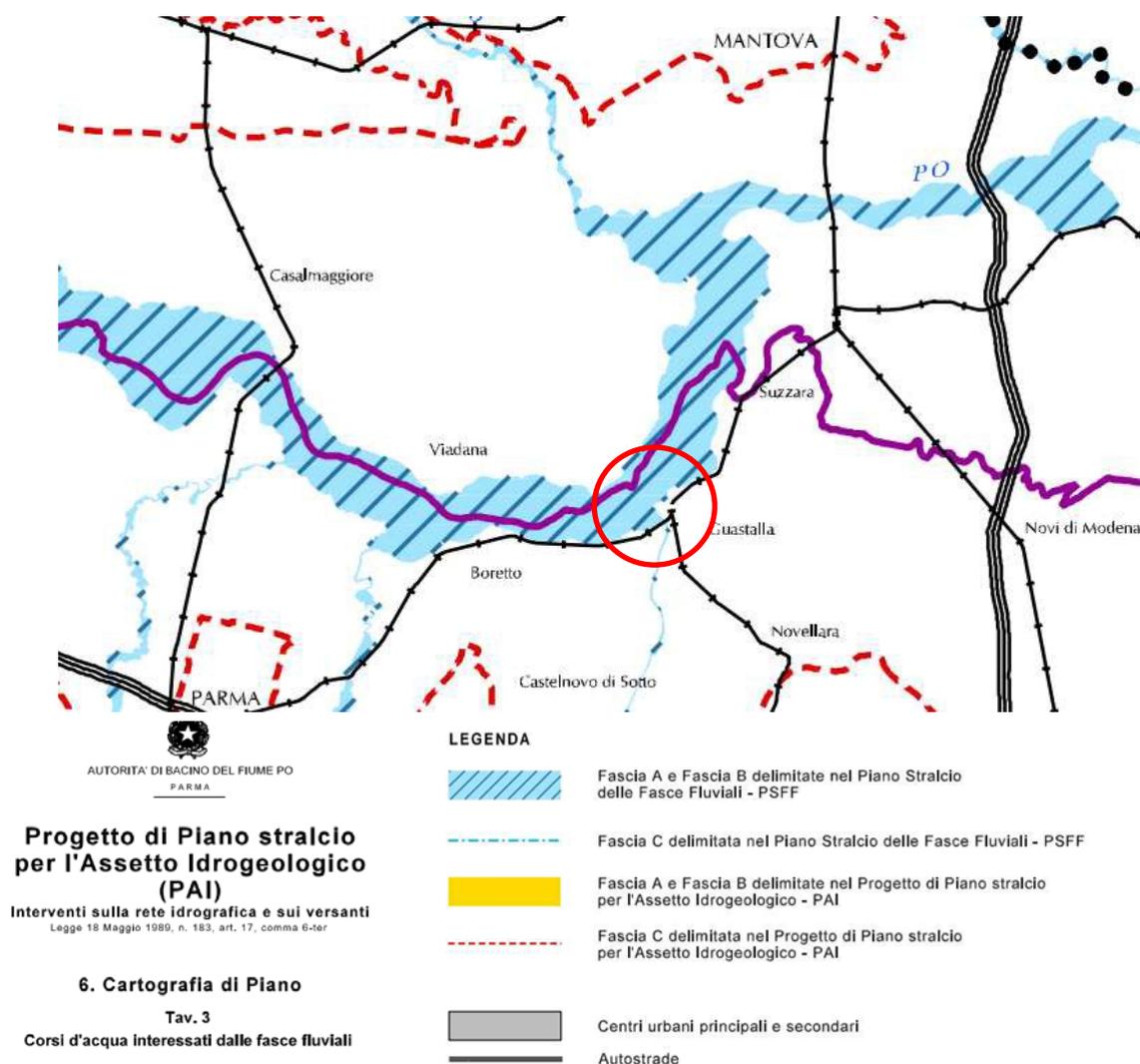


Figura 4.6: – estratto cartografia PAI

Dal punto di vista procedurale, con PEC del 25.08.2021 inviata all'A.I.Po - Agenzia Interregionale per il fiume Po, la Provincia di Reggio Emilia ha richiesto parere in merito alla compatibilità degli interventi previsti nel progetto di fattibilità tecnica ed economica, con il regime idraulico del Fiume Po e di parere preliminare sulla cantierizzazione. Ad oggi non c'è stato riscontro da parte dell'ente.

5 RILIEVI E INDAGINI

5.1 RILIEVI TOPOGRAFICO E BATIMETRICO

Nel maggio 2021, la provincia di Reggio Emilia, in collaborazione dell'AIPO, ha eseguito il rilievo batimetrico dell'alveo di magra, per un tratto di circa 500m a cavallo del ponte oggetto d'intervento.

Lo scopo del rilievo è quello di verificare direttamente fenomeni di trasporto solido e di scalzamento in prossimità delle pile, nonchè valutare l'evoluzione morfologica del fondo alveo negli ultimi decenni.



Figura 5.1: – estratto cartografia PAI

Da un confronto con le batimetrie disponibili, fornite da AdB Po (2004) e di pregressi rilievi eseguiti per indagare nello specifico le condizioni di sicurezza del ponte (batimetria del 1995), si rileva come il talweg dell'alveo è stabile in prossimità della sponda destra, in prossimità della pila 9. Pila che è sottoposta alle più significative correnti in caso di piena, e presso la quale si manifestano accumuli di materiale in sospensione e trasportato dalla corrente.



Figura 5.2: – pila 9 con accumulo di materiale in sospensione

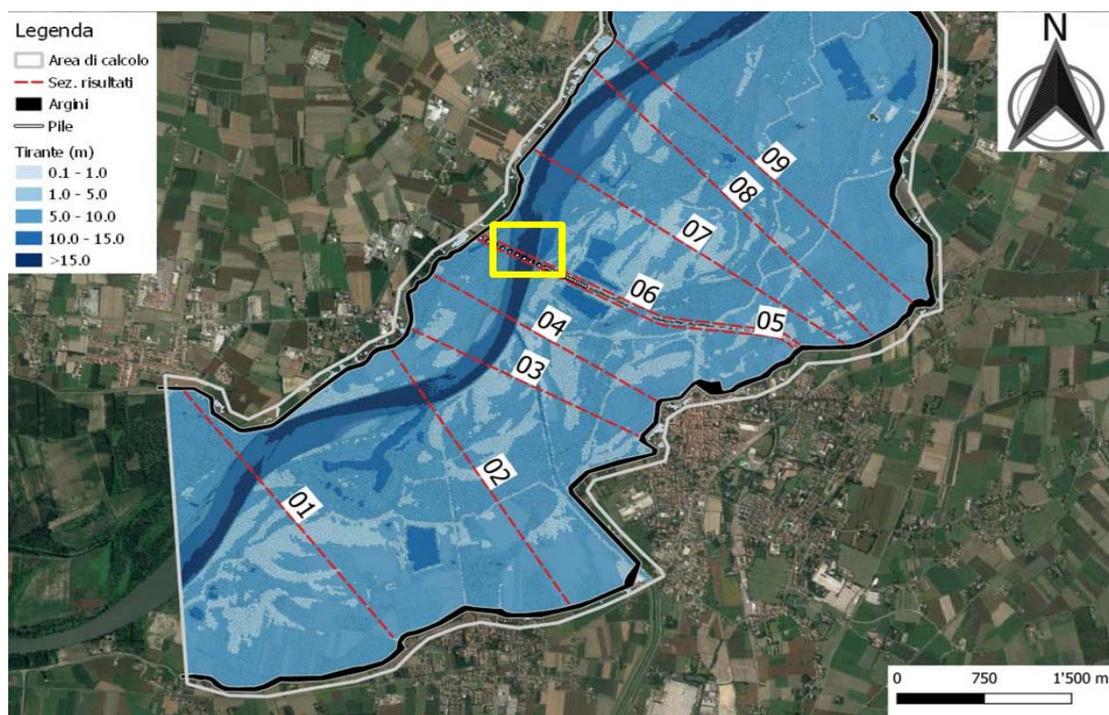


Figura 5.3: – planimetria del modello 2D, tiranti relativi alla piena di progetto.
Evidenziato il tratto in cui si concentra la corrente

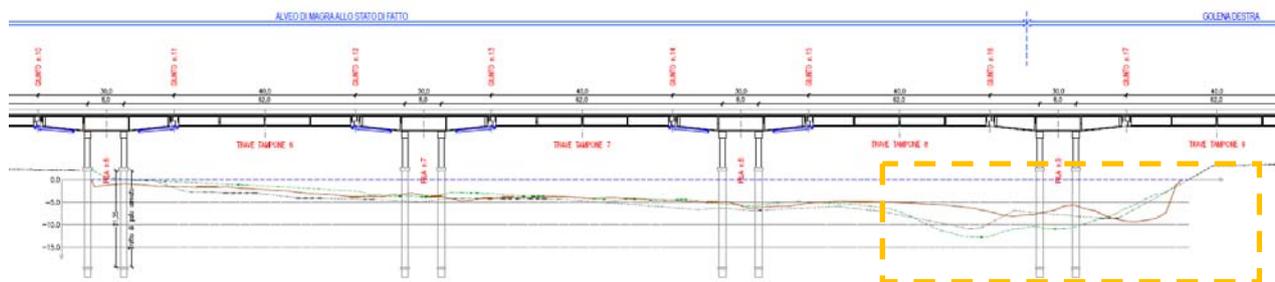


Figura 5.4: – evoluzione del profilo batimetrico da metà anni '90. Talweg stabilizzato in prossimità pila 9

Oltre al rilievo batimetrico, nell'ambito dell'incarico di progettazione, di cui al presente progetto, nel giugno 2021 è stato eseguito un rilievo planoaltimetrico del ponte, al fine di meglio verificare l'andamento del terreno ai piedi del ponte ed integrare il rilievo batimetrico.

Sono state inoltre verificate le quote dell'intradosso del ponte e delle sommità arginali.

Le profondità del rilievo batimetrico sono state inoltre confermate in occasione dell'ispezione visiva subacquea condotta in data 14 giugno 2021, da parte della ditta FERSI SUB, di cui al seguente sottocapitolo.

Si allega alla presente relazione il parere AIPo del 22.11.2021 - classifica 6.10.20 fascicolo 877/2015°/A, 172.

Il parere riguarda elaborati progettuali del Progetto di fattibilità Tecnica Economica. Il Progetto Esecutivo è stato revisionato accogliendo le prescrizioni del parere.

RTP: ITS srl (capogruppo), Prof. Ing. Pier Giorgio Malerba

5.2 INDAGINI SUBACQUE

In data 14 luglio 2021, sono state eseguite delle ispezioni visive da parte della ditta FERSI SUB SRL (C.F. 01372450294), con sede legale in Porto Tolle (RO), Via G. Matteotti n. 511 con assistenza da parte della Ditta FLUMAR S.R.L. (C.F. e P. IVA 02457030357), con sede legale in Boretto (RE), Via Argine n. 17.

L'immersione è avvenuta con qualche complicazione causata da corrente e turbolenze presenti presso i pali di fondazione, che non hanno permesso una dettagliata ispezione su tutti i pali delle pile in alveo, tuttavia gli esiti sono stati utili per valutare le condizioni di degrado e stabilità delle strutture immerse.

Si riporta di seguito il commento all'ispezione da parte dei sub:

Nel lato destra Po sono presenti due file di cinque pali, la corrente impediva la visione a 360 gradi del palo e di conseguenza la visione con telecamera, per quello che abbiamo visto i pali hanno la forma abbastanza regolare, pulendo con raschietto un palo per prova abbiamo notato che la camicia con le correntine galvaniche e usura del tempo in vari punti è molto consumata, passando con il raschietto la camicia si rompeva, in qualche punto si notava la sagoma dei ferri di armatura sottostanti presenza di legname sul fondo della pila come da video.

Nel lato centrale sono presenti due file di tre pali, la corrente impediva qualsiasi video, ma abbiamo fatto la ispezione subacquea visiva dove risulta la situazione simile come sul lato destro.

Nel lato sinistro sono presenti due fila di tre pali, le camicie non sono presenti e risulta su tutta la lunghezza del palo ferri di armatura esposti e forma del palo irregolare, sul fondo presenza di legna.

A seguire l'ispezione, le informazioni utili ai fini della progettazione sono le seguenti:

- i pali di fondazione delle pile 7, 8 e 9 sono realizzati mediante camicia in lamierino. Il rivestimento è corrosivo e presenta sfogliamento nel tratto sommitale di bagna asciuga. Nel tratto immerso è comunque corrosivo e nasconde armature esposte e senza copriferro.
- I pali della pila 6 sono realizzati senza camicia in lamierino, probabilmente grazie alla realizzazione di una tura provvisoria. Di conseguenza la sezione del palo presenta irregolarità dovute alla trivellazione nel terreno.
- Presenza diffusa di armatura esposta, similmente a quanto visibile al di sopra del pelo dell'acqua in condizioni di magra.



Figura 5.5: – alcuni screenshot dei video registrati il 14.06.2021

Per ulteriori dettagli si rimanda all'elaborato *PE ISP RE 02 Indagini subacque su pile* e alle registrazioni video fornite.

5.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il terreno di fondazione è stato indagato dapprima nel 1995, mediante l'esecuzione di due carotaggi in corrispondenza della pila 7.

Il primo concentrico rispetto al fusto e palo di fondazione, ha permesso di verificare l'integrità della stessa oltre che l'effettiva lunghezza. Il secondo invece, eseguito fuori fusto, ha permesso di ricavare la stratigrafia del terreno fino ad una profondità di circa 60m.

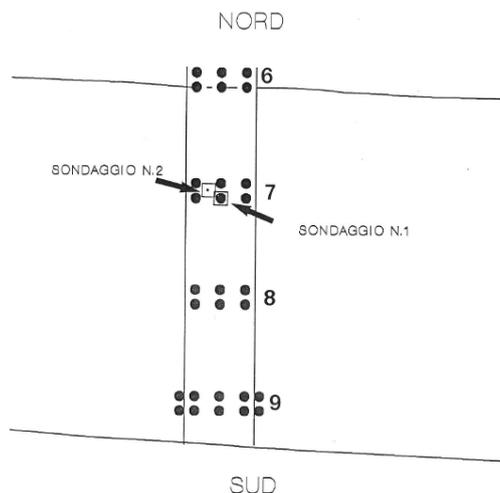


Figura 5.6: – posizione dei carotaggi eseguiti nel 1995

Nel giugno 2021, su incarico diretto da parte dell'amministrazione provinciale, sono state eseguite ulteriori indagini da parte della ditta GEODIS Srl con sede in via L. Negrelli, 17/i in comune di Spinea (VE).

Per completare la caratterizzazione del terreno in corrispondenza dell'intero sviluppo del ponte, sono state eseguite le seguenti indagini:

- n.2 carotaggi continui per una profondità di circa 60 metri, in prossimità della pila 5 e pila 10;
- n.4 prove penetrometriche CPTU, della profondità di circa 30 metri, disposte lungo le golene per dare continuità alla caratterizzazione geologica del sito.

oltre alle prove in foro e di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione.

Le indagini eseguite, sia storiche che recenti, sono raccolte in uno specifico allegato al presente progetto.



Figura 5.7: – foto delle prove penetrometriche eseguite nel giugno 2021

5.4 INDAGINI SUI MATERIALI

Vi sono inoltre indagini sui materiali e prospezioni geologiche risalenti al 1995, integrate con una campagna di indagini svolta nel 2019, condotta alla luce di quanto indicato nelle “LINEE GUIDA E MANUALE APPLICATIVO PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA E IL CONSOLIDAMENTO DEI PONTI ESISTENTI IN C.A.” (Reluiss 2009) al capitolo 2 - “Proposta di linee guida per la valutazione dei ponti esistenti”. Tali indagini hanno compreso:

Per il tratto di ponte in territorio Mantovano non è stato possibile raggiungere un livello di conoscenza LC3, per questo infatti non sono disponibili disegni esecutivi dell’impalcato, ed in particolare delle armature delle selle gerber e dei cavi di precompressione.

Nello specifico, nei disegni a disposizione (certamente appartenenti ad una versione non definitiva del progetto), la quantità di cavi di precompressione e la geometria degli stessi, fa riferimento ad un impalcato a cinque travi, anziché quattro. Si suppone quindi che le travi poste in opera abbiano una quantità di armatura di precompressione maggiore. Il livello conoscitivo raggiunto può essere pari a LC2.

Nell’ambito del presente progetto, è stato ritenuto opportuno approfondire l’indagine e verifica dei pali di fondazione, sia in alveo che golena, al fine di confermare le profondità rappresentate nei disegni storici disponibili. Le indagini sono state eseguite mediante prove ecometriche. La prova ecometrica è un’indagine che si basa sull’analisi della propagazione di un’onda elastica nel palo al fine di determinare la presenza di riflessioni anomale dovute a variazioni di geometria, inclusioni terrose o parti di calcestruzzo di qualità scadente. Queste variazioni delle caratteristiche fisiche, meccaniche e geometriche comportano una variazione dell’impedenza meccanica con conseguente parziale riflessione delle onde elastiche.

Altro elemento da indagare più nel dettaglio, sono le travi in precompresso con post-tensione. Nello specifico è stato necessario verificare numero e tracciato dei cavi di post tensione, nonché lo stato tensionale residuo del calcestruzzo, al fine di verificare l’effettiva precompressione residua. Allo scopo sono state eseguite prove di rilascio di un prisma o cilindro di cls, strumentato con strain gauge.

Infine per avere un campione più ampio di valori di resistenza del calcestruzzo che costituisce le travi in precompresso post-teso, sono state eseguite ulteriori 3 prelievi di cls, i quali hanno di fatto confermato le caratteristiche meccaniche delle indagini eseguite nel 2019.

5.5 PROVE DI CARICO E DINAMICHE

Nell’ambito dell’incarico di progettazione degli Interventi di Emergenza per la Messa in Sicurezza Infrastrutture Stradali Provinciali di Connessione Insistenti sul Fiume Po – Ponte tra Dosolo e Guastalla al Confine tra la Provincia di Reggio Emilia e la Provincia di Mantova – Approvato in data 19 novembre 2019, sono state eseguite delle prove di carico a schema variabile, per caratterizzare la struttura in condizioni di esercizio.

Sono state inoltre eseguite delle prove dinamiche al fine di caratterizzare la risposta dinamica del ponte, sia del tratto Mantovano che Reggiano. Queste seconde sono molto utili per calibrare il modello sismico del ponte.

Gli esiti di entrambi le tipologie di prove sono disponibili tra gli allegati del predetto progetto.

5.6 PROVE ECOMETRICHE

Le prove ecometriche rappresentano una metodologia di indagine che rientra nella famiglia dei controlli non distruttivi (non destructive testing) utilizzati per valutare l'integrità dei pali di fondazione.

Per la sua facilità di realizzo la prova ecometrica è considerata uno dei metodi di diagnostica più economici e veloci. La prova ecometrica, conosciuta anche come prova sonica (Sonic Integrity Testing o Pile Integrity Test), è un metodo inizialmente nato per testare i pali battuti prefabbricati. Successivamente ha trovato impiego anche nei controlli non distruttivi dei pali gettati in opera.

Nell'ambito della progettazione in oggetto, tra la documentazione messa a disposizione dalla stazione appaltante, si rileva l'avvenuta esecuzione di un carotaggio continuo in corrispondenza di uno dei pali di fondazione della pila 7. Da tali indagini emerge che la lunghezza del palo, dal traverso inferiore della pila ha lunghezza di circa 56 metri, dei quali i primi 21 armati con 4+4 Ø 24 e 2+2 Ø 16.

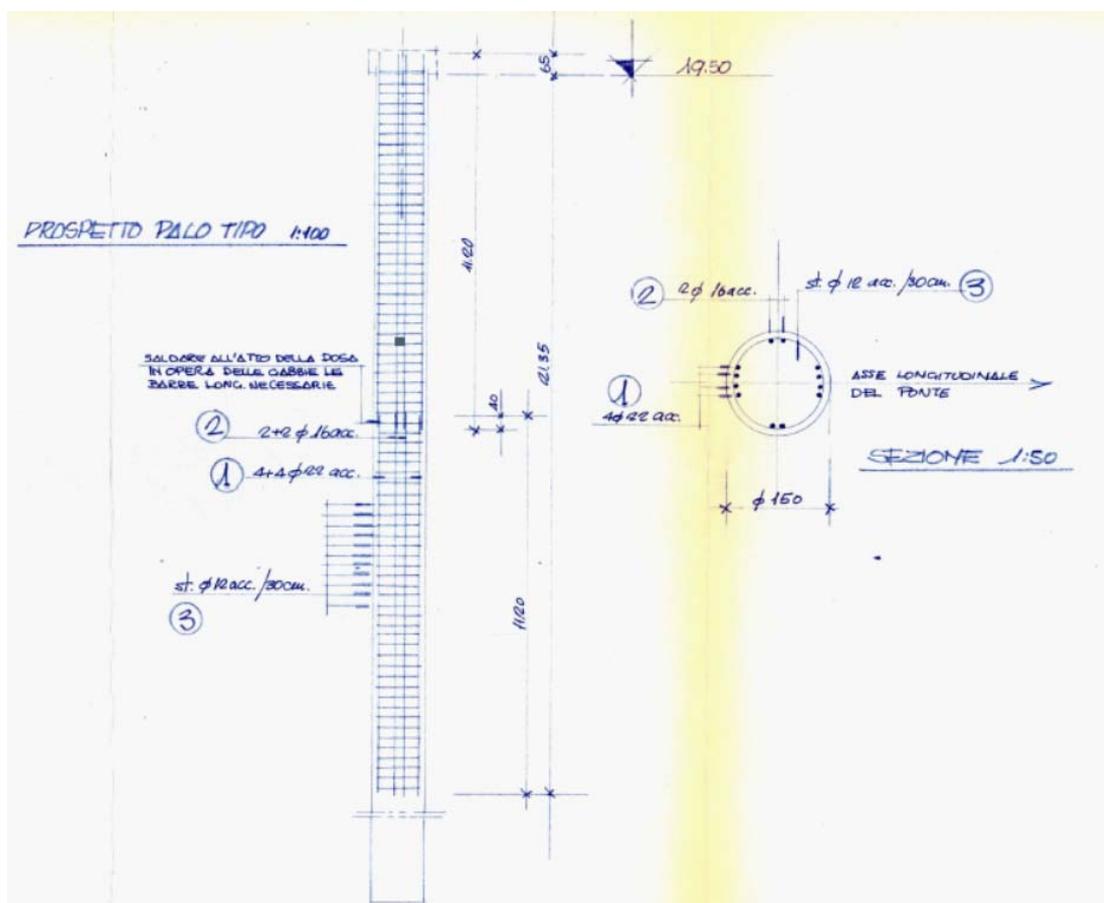


Figura 5.8: –foto delle pile in alveo. In primo piano la pila 9, a seguire la 8, 7 e 6

Su incarico diretto della stazione appaltante, nel mese di settembre 2021, la ditta EXPERIMENTATIONS S.r.l. di Corciano (PG) ha eseguito 8 prove ecometriche su complessivi 8 pali di fondazione, distribuiti su un totale di 6 pile, di cui la 6,7 e 9 del tratto nella provincia di Mantova (tratto post teso), e 12, 20, 27 del tratto in provincia di Reggio Emilia ad armatura lenta.

Si riporta di seguito le considerazioni sulle prove eseguite da parte della ditta esecutrice:

Nella tabella sottostante vengono riportate le stime delle lunghezze dei pali in funzione della velocità di trasmissione delle onde ultrasoniche nel calcestruzzo, tenendo conto del fatto che si

tratta di pali realizzati da più di cinquanta anni i valori di velocità sono stati stimati tra i 2500 ed i 3500 m/s dall'esperienza di campagne di indagini eseguite su pali simili, resta inteso che la misura diretta su campioni verticali prelevati in situ dagli elementi indagati consentirebbe di limitare molte incertezze di valutazione sul tipo di calcestruzzo.

I segnali ottenuti dalle prove eseguite sono stati analizzati sia nel dominio del tempo che delle frequenze nel documento sono riportati entrambi i diagrammi ottenuti dai diversi metodi di analisi, mentre nella tabella i valori stimati di lunghezza sono ricavati dall'analisi dei segnali eseguita nel dominio delle frequenze.

L'analisi dei risultati ottenuti deve tenere conto anche del fatto che le prove sono state eseguite su nicchie laterali ricavate sui pali in opera e che la lunghezza ipotizzata di alcuni di essi è superiore a quella massima consigliata per l'affidabilità di questo tipo di test indiretto pari a 30 metri.

Pila	STIMA DELLA LUNGHEZZA PROFONDITÀ MEDIA DEL RIFLESSO DI BASE		
	Velocità 2500 m/s	Velocità 3000 m/s	Velocità 3500 m/s
6 palo A	31,0 m	37,2 m	43,5 m
6 palo B	31,5 m	37,9 m	44,2 m
12	22,9 m	27,5 m	32,1 m
20	21,8 m	26,1 m	30,5 m
27	22,3 m	26,8 m	31,2 m
7	34,0 m	40,8 m	47,5 m
9 palo A	34,4 m	41,3 m	48,2 m
9 palo B	34,6 m	41,6 m	48,5 m

Figura 5.9: – tabella riepilogativa con la lunghezza stimata dei pali di fondazione

La posizione delle indagini eseguite e l'esito delle stesse è riportato negli elaborati:

- PE ISP PI 01 A Inquadramento posizione indagini integrative - 2021
- PE ISP RE 01 A Indagini integrative 2021



Figura 5.10: – preparazione nicchia per esecuzione prova ecometrica su un palo della pila 6



Figura 5.11: – preparazione nicchia per esecuzione prova ecometrica su un palo di una pila in golena reggiana

5.7 VERIFICHE TRACCIATO CAVI

Tra la documentazione storica disponibile, risulta presente una tavola grafica con al definizione del tracciato e numero dei cavi. Tuttavia tale elaborato prevede una sezione tipologica con medesime luci e lunghezze delle campate rispetto all'esistente, però con un impalcato costituito da 5 travi, invece che le 4 effettivamente realizzate.

In considerazione di ciò è stato necessario verificare l'effettivo tracciato e numero dei cavi, al fine di poter migliorare il livello di conoscenza delle travi precomprese post-tese.

Nel totale sono state indagate, nel mese di agosto-settembre da parte di EXPERIMENTATIONS S.r.l. di Corciano (PG), una trave di bordo ed una centrale per un totale di 10 verifiche di tracciato, distribuite su 5 impalcati, tra i quali l'impalcato a cassone presso la spalla sinistra in provincia di Mantova.

Parallelamente è stata eseguita una scarifica di alcune tasche/sedi delle testate di partenza dei cavi nelle travi su pila, al fine di verificare numero e tipologia di fili.



Figura 5.12: – teste di partenza dei cavi di precompressione, rilevate presso le travi su pila

Per incompatibilità con i lavori in corsi nell'ambito del primo lotto d'intervento non è stato possibile eseguire delle demolizioni nell'estradosso dell'impalcato, per la verifica della tipologia di testate dei cavi e numero dei fili. Eventualmente questa indagine potrà essere eseguita preventivamente all'avvio dei lavori previsti dal progetto del presente lotto d'intervento, lotto 2.

Sebbene di testa alla sella portante, impalcato su pila, sia evidente un getto integrativo che sembra una nicchia di partenza di un cavo di precompressione, dalle verifiche di tracciato eseguite, non è stato rilevato nessun cavo. Per le travi su pila, invece degli ipotizzati 4 cavi per trave, sono stati in realtà rilevati solamente 3 cavi, e nessuno all'interno della sella. Da questo probabilmente deriva anche il fenomeno di fessurazione a 45° rilevato sulle selle portanti, fenomeno che non si manifesta sulle selle portate, le quali hanno al loro interno probabilmente un cavo di precompressione.

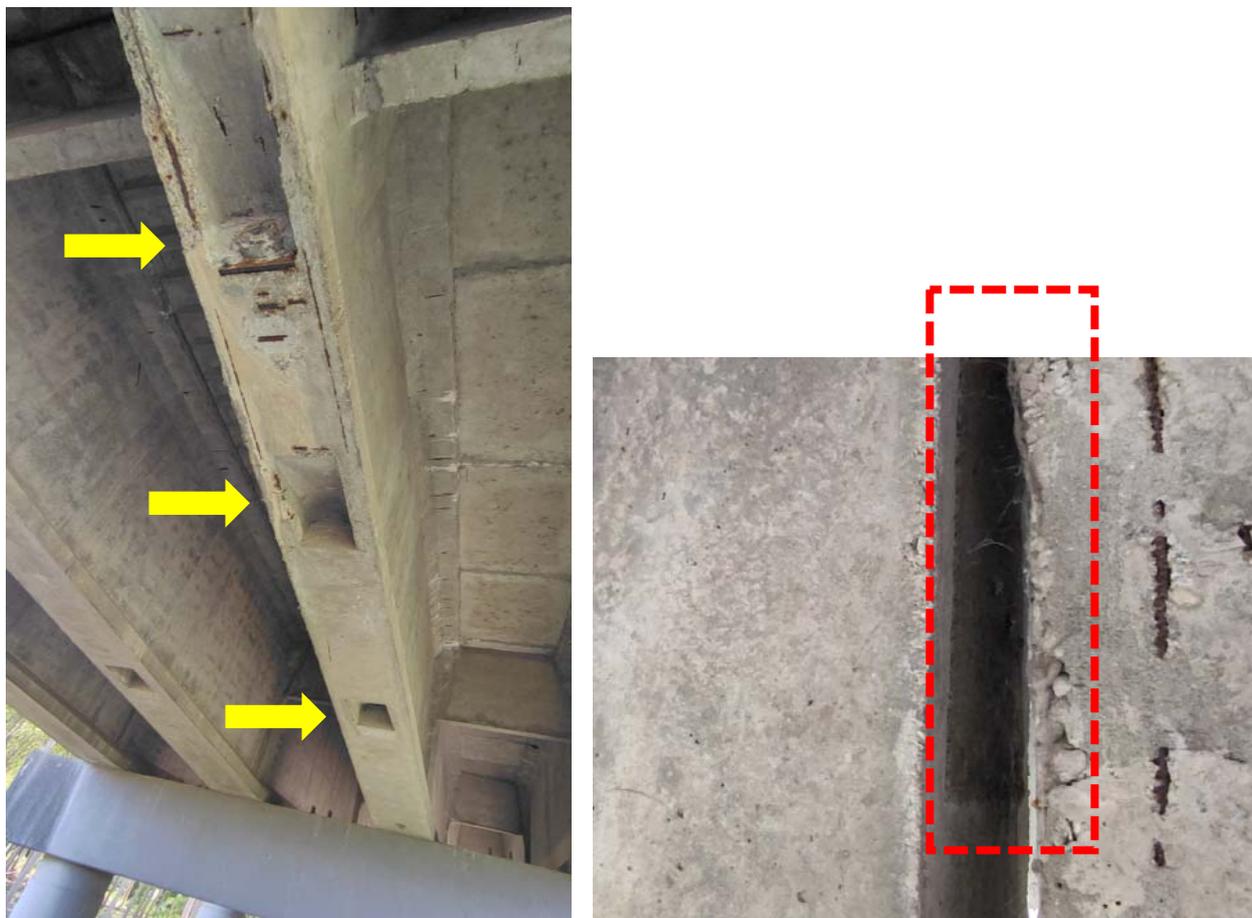


Figura 5.13: – teste di partenza dei cavi di precompressione, rilevate presso le travi su pila

Ulteriore particolarità rilevata, la campata presso la spalla sinistra, costituita da una sezione a cassone realizzata in opera, avente lunghezza di 50m, invece che dei 40 metri delle altre travi tampone, contiene 5 cavi di precompressione invece che 7 come le travi tampone.

Non sono inoltre state rilevate differenze sostanziali tra le travi di bordo e quelle centrali.

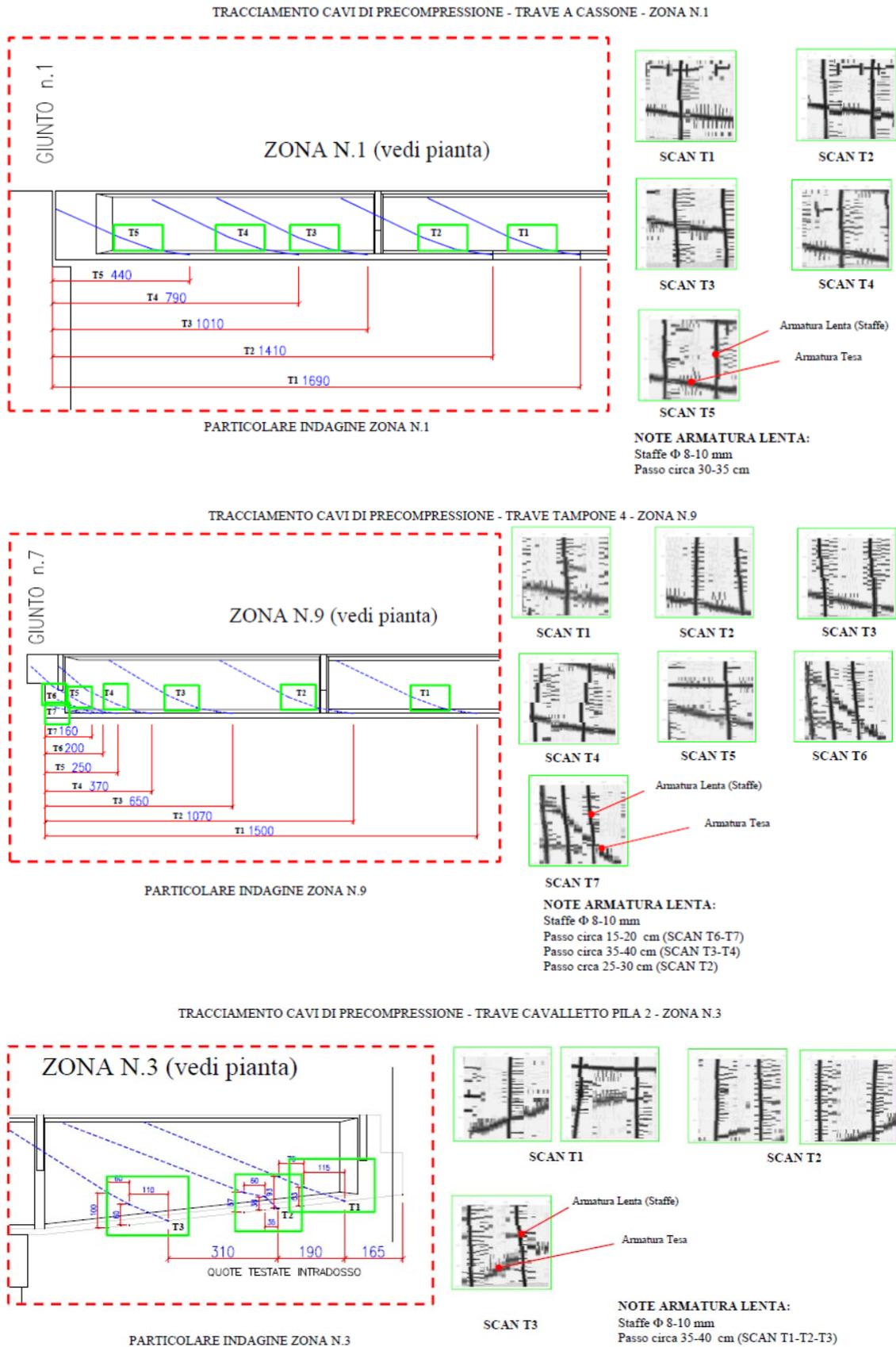


Figura 5.14: – estratti dei rilievi di tracciato eseguiti

5.8 PROVE DI RILASCIO TENSIONALE

Le prove di rilascio tensionale del cls, eseguite a fine agosto 2021 dalla ditta EXPERIMENTATIONS S.r.l. di Corciano (PG), hanno determinato lo stato tensionale del cls delle travi sottoposte ai soli carichi permanenti. Le prove sono state infatti eseguite con il ponte chiuso al traffico.

La prova consiste nel verificare la tensione in esercizio nel calcestruzzo di parti dell'elemento in prova ritenute significative. Una volta individuata la zona di indagine è necessario:

- individuare la posizione dell'armatura presente (per evitare di eseguirne la prova in prossimità);
- selezionare in punti sui quali eseguire i tagli;
- pulire la superficie;
- applicare il filler per i piccoli vuoti superficiali;
- incollare e proteggere uno o più estensimetri lineari con asse di lettura posto parallelamente all'asse su cui individuare le tensioni;
- calibrare ed azzerare la lettura dell'estensimetro;

Si eseguono quindi i tagli nell'intorno degli estensimetri (isolando un tronco di cono) a distanza tale da evitare disturbi e fenomeni di bordo. Dalle misure di deformazione effettuate fino al completo rilascio tensionale, una volta stimato o misurato il valore del modulo elastico del calcestruzzo, è possibile valutare i livelli di tensione nel calcestruzzo secondo la direzione di ogni estensimetro applicato.

Sono state eseguite un totale di 14 prove di rilascio tensionale.



Figura 5.15: – estratti dei rilievi di tracciato eseguiti

Non tutte le prove hanno dato risultati omogenei e attesi, per ulteriori approfondimenti si rimanda allo specifico allegato delle indagini integrative:

- PE ISP PI 01 A Inquadramento posizione indagini integrative - 2021
- PE ISP RE 01 A Indagini integrative 2021

5.9 CONSIDERAZIONI SULLO STATO DELL'OPERA

Visto l'esito delle indagini condotte nel tratto di Mantova, nel suo complesso l'impalcato realizzato con travi precomprese mediante cavi post tesi e resi aderenti mediante iniezione, fatto salvo lo stato fessurativo presente sulle selle portanti, non presenta condizioni con difettosità di elevata entità che richiedano analisi accurate e provvedimenti immediati.

Dal punto di vista meccanico **il calcestruzzo che costituisce le travi dell'impalcato, ha caratteristiche di resistenza tali da permettere un intervento di ulteriore precompressione, e quindi resistere allo sforzo assiale aggiuntato dai cavi esterni.** Tale aspetto è condizione necessaria per l'applicazione di interventi come quello proposto, fondamentale per l'intervento con cavi esterni descritto ai successivi capitoli.

Le ispezioni visive eseguite sulle testate di partenza e dei cavi e lungo il tracciato di questi ultimi, nonché ulteriori scarifiche sulle testate e video endoscopie delle guaine iniettate, non evidenziano condizioni con difettosità di elevata entità che richiedano provvedimenti immediati, rispetto all'errata esecuzione della post tensione (ad esempio mancanza di iniezione) o riduzione della sezione dei cavi (ossidazione).

Tuttavia, seppure non ci sia l'evidenza, oltre lo stato fessurativo delle selle Gerber, di fenomeni che possano precludere la sicurezza del ponte, si ritiene segnalare che, come previsto dalle LLGG MIT 20202 – "LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO, LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI", **i ponti e viadotti di calcestruzzo armato precompresso a cavi post-tesi sono strutture particolarmente critiche, che vanno costantemente monitorati e ispezionati, in quanto né le tecniche di indagine convenzionali e ancor meno le ispezioni visive consentono di fornire un quadro conoscitivo adeguato sulle loro reali condizioni di degrado, in particolare dei cavi.**

Non avendo a disposizione le relazioni di calcolo del progetto storico e del collaudo dell'opera, non è stato possibile fare delle considerazioni puntuali sul rilascio tensionale a lungo termine avuto dai cavi. La soluzione di progetto proposta, con 2 coppie di cavi esterni aggiuntivi, è stata comunque pensata per coprire anche eventuali incertezze sull'effettivo stato tensionale ante operam. Nello specifico le sollecitazioni di progetto sono state amplificate del 20%.

Dalla verifica del tracciato dei cavi di precompressione originaria, è stata rilevata l'assenza di un cavo in corrispondenza della sella portante delle travi su pila. Questa assenza, potrebbe essere la causa della presenza delle fessure a 45° presenti in corrispondenza delle selle. Infatti il dente portato, della trave tampone, al cui interno sono presenti cavi di precompressione, non manifesta lo stesso fenomeno fessurativo. L'intervento di progetto è stato pensato per dare un ulteriore precompressione al dente portante della sella, e quindi compensare l'attuale carenza strutturale.

Si rammenta che nel 1° lotto di intervento attualmente in corso, sono in esecuzione degli interventi di risanamento delle estremità delle travi, più nello specifico delle superfici in corrispondenza e prossimità delle selle Gerber. Inoltre sono in corso gli interventi di sostituzione dei giunti di dilatazione, dispositivo che se non correttamente mantenuto, è causa dei più diffusi fenomeni di degrado derivanti da percolazione d'acqua. Non essendo ancora completato l'appalto del 1° lotto, non è ancora possibile avere l'effettivo quadro dei lavori eseguiti. Qualora sopraggiungano, a seguire l'approvazione del presente livello di progettazione, ulteriori fattori o fenomeni che possano ricondizionare le considerazioni fatte al presente capitolo, sarà necessario prenderne in considerazione nello sviluppo dei lavori.

6 SOTTOSERVIZI E RETI

Dai sopralluoghi eseguiti e dalle indagini fatte si rileva la presenza dei seguenti sottoservizi, interferenti con le lavorazioni di rifacimento del cordolo della barriera di sicurezza.

- GAS METANO – 2i Reti Gas SpA

Si rileva la presenza di una condotta di gas metano lungo il lato di monte del ponte, condotta posizionata al disotto dello sbalzo del marciapiede.

Non essendo previsto in questo appalto il rifacimento del cordolo e della barriera, non si ritiene ci possano essere significative interferenze con la condotta.



Figura 6.1: – condotta gas metano lato di monte (foto sx), giunto didilatazione della condotta (foto dx)

La linea di metano potrebbe risultare interferente con eventuali interventi di precompressione mediante cavi esterni non aderenti, e relativi elementi di ancoraggio.

- LINEE B.T. e IMPIANTI ELETTRICI

In prossimità della spalla di Dosolo, si rileva la presenza di una linea aerea BT entrante nel marciapiede lungo il lato di monte. Il cavo alimenta gli impianti presenti lungo il ponte, ed in particolare i corpi illuminanti in corrispondenza dell'idrometro.



Figura 6.2: – palo con linea aerea BT (foto sx), cavo linea BT entrante nel cordolo lato di monte (foto dx)



Figura 6.3: – impianti ed apparecchiature elettriche presenti sul ponte in prossimità del centro dell'alveo di magra

- IDROMETRO AIPO

Sul lato di valle, in posizione centrale rispetto all'alveo di magra, si rileva la presenza dell'idrometro di AIPO. Prima dell'inizio dei lavori, il dispositivo dovrà essere rimosso, in quanto attualmente non in funzione.



Figura 6.4: – idrometro AIPO presente sul lato di valle del ponte, al centro dell'alveo di magra

7 STATO DI FATTO

Il ponte è costituito da un tratto in alveo, della lunghezza di ml. 680,30, e da un tratto in golena in destra del fiume, di ml. 421,80, la larghezza complessiva dell'impalcato è di ml. 10,00, mentre quella della carreggiata è pari a ml. 7,50. Il tratto in alveo di morbida ricade esclusivamente nel territorio mantovano.

Il ponte ha lunghezza complessiva di circa 1100m.



Figura 7.1: – Foto aerea non ortogonale

7.1 TRATTO MANTOVANO

Le strutture in alveo (tratto mantovano) sono formate da dieci campate di ml. 62,00 tra gli assi, ad eccezione della prima di ml. 61,00 e la decima di ml. 51,30. Le travi sopra le pile sono di ml. 30,00 mentre quelle interposte sono di ml. 40,00 (la prima di ml. 50,00 e la decima di ml. 40,00).



Figura 7.2: – Foto aerea non ortogonale

Le travi sopra le pile, in conglomerato cementizio precompresso, sono dotate di 4 nervature dell'altezza alle estremità di ml. 2,50 e nella parte centrale di ml. 3,55. I collegamenti delle nervature sono costituiti da traversoni dello spessore di cm. 20.

Le travi tra le mensole sono pure in conglomerato cementizio armato, alte ml. 2,45, dello spessore di cm. 18, rinforzato da traversoni.



Figura 7.3: – ingrandimento su impalcato precompresso - tratto in provincia di Mantova

L'impalcato è costituito da soletta in c.a. prefabbricata, dello spessore di cm. 10. I marciapiedi di sicurezza laterali, sopraelevati rispetto alla soletta, sono larghi m 1.25. La spalla in sinistra è costituita da una parete in conglomerato cementizio dello spessore di cm. 50, alto ml. 10.40 e larga ml. 8.40, con pareti laterali di ml. 11.20 e con soletta superiore rafforzata da nervature alte ml. 1.28.

La spalla in destra è costituita da una pila con due stilate di colonne del diametro di ml. 1,30, rafforzata da una trave superiore m. 2,00x1,80x10,60.

Le pile intermedie sono costituite da una doppia stilata di colonne del diametro di ml. 1,20 sorreggenti la trave di collegamento di ml. 1,50 x 1,20 x 10,60. La distanza tra gli assi delle stilate è di ml. 8.

Le fondazioni principali in alveo sono costituite da pali del diametro di ml. 1,50, armato, spinti fino alla profondità di ml. 15 sotto la magra ordinaria.

La lunghezza media dei pali, a partire dal traverso inferiore di collegamento a quota è di ml. 51,50.

Le teste dei pali sono collegati all'altezza della magra ordinaria, da travi di collegamento armate di ml. 2,00 x 0,70 x 9,30.

Per i dettagli si rimanda agli elaborati grafici di stato di fatto e doc fotografica.

7.2 TRATTO REGGIANO

Le strutture in golena sono costituite da 17 campate di ml. 25 (tra gli assi delle pile) ad eccezione della prima, di ml. 21,80.

Il sottostante impalcato è composto da una soletta che poggia su quattro file di travi in c.a. poste ad interasse di 2.50 mt. che presentano ringrossi in corrispondenza dei traversi. Il sistema di collegamento delle travi è quello Gerber.



Figura 7.4: – viadotto in golena - tratto in provincia di Reggio Emilia

Le caratteristiche della soletta dell'impalcato sono analoghe a quella del tratto in alveo. La spalla in sinistra, connessa a quella di destra del tratto in alveo, è costituita da due setti di m. 2,10 x 0,80 con trave superiore di collegamento m. 1,20 x 1,20 x 10,60.

La spalla in destra risulta costituita da una parete alta m. 9,50, lunga m. 8,50, con pareti laterali lunghe m. 11,20, sostenente la soletta rinforzata da nervature alte m. 1,28.

Le 16 pile di sostegno sono costituite da due setti collegati superiormente e inferiormente da travi. Le

Le geometrie delle pile esistenti sono rappresentate negli elaborati dello stato di fatto:

- PE SDF DI 01 Trave tipo su pila - lato Mantova
- PE SDF DI 02 Trave tampone tipo - lato Mantova
- PE SDF DI 03 Trave tipo su pila - lato Reggio Emilia
- PE SDF DI 04 Trave tampone tipo - lato Reggio Emilia
- PE SDF ST 01 Sezioni tipo impalcato - lato Mantova
- PE SDF ST 02 Sezioni tipo impalcato - lato Reggio Emilia

8 INTERVENTI IN CORSO DI ESECUZIONE

L'appalto attualmente in corso di esecuzione, riguardante gli "INTERVENTI DI EMERGENZA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI PROVINCIALI DI CONNESSIONE INSISTENTI SUL FIUME PO – PONTE TRA DOSOLO E GUASTALLA AL CONFINE TRA LA PROVINCIA DI REGGIO EMILIA E LA PROVINCIA DI MANTOVA" finanziato con decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 27 dell'1/02/2018, registrato in data 14 marzo 2018, prevede da contratto di appalto i seguenti interventi:

- Risanamento corticale con ripristino
- Rinforzo selle Gerber mediante applicazione di carpenteria metallica
- Rifacimento caditoie e pluviali
- Sostituzione giunti di dilatazione

L'intervento di rinforzo delle selle gerber è previsto prioritariamente per il tratto di impalcato sull'alveo di magra, nello specifico per $8 \times 4 = 32$ selle, sul totale di $18 \times 4 = 72$.

8.1 LIVELLI DI SICUREZZA RAGGIUNTI

Nell'ambito della progettazione di cui al presente capitolo, per le analisi finalizzate ad individuare i livelli di sicurezza dell'impalcato soggetto ai carichi di traffico, non essendo ancora uscite le LLGG MIT del 2020, sono stati utilizzati:

- **i disegni originali disponibili**; essi tuttavia non sono completi, e ciò rende necessario effettuare alcune ipotesi
- **le normative vigenti all'epoca**, ed in particolare la Circolare Min. LL.PP. del 14 febbraio 1962: "Norme relative ai carichi per il calcolo dei ponti stradali", che definisce i carichi che con ogni probabilità sono stati utilizzati dal progettista originale
- **le risultanze di una campagna di indagini integrative sulla resistenza dei materiali**.

Le analisi con i carichi "reali" definiti dalle Normative vigenti sono state precedute dalla determinazione del più probabile stato di sollecitazione sulle strutture indotto dai carichi del progetto originale (progetto simulato). Queste analisi hanno consentito da una parte di controllare i livelli di sicurezza utilizzando, dove disponibili, le informazioni sulle armature esistenti (tratto Mantovano), e dall'altro di ipotizzare la disposizione delle armature lente e di precompressione quando non siano disponibili tali informazioni.

Per le analisi con i carichi di Normativa vigente, si è ritenuto non significativa l'analisi coi carichi convenzionali attualmente previsti; infatti, il carico più significativo (lo schema 1 da 600 kN, con 300 kN/asse) è irrealistico e non corrisponde ad alcun carico effettivamente transitante.

Sono state quindi condotte una serie di analisi con i cosiddetti "carichi reali" previsti dalle normative vigenti all'epoca (NTC 2018, cap. 5.1.4.3), e più in particolare con un carico a 3 assi da 360 kN ed un carico a 5 assi da 630 kN, disposti in vari assetti sull'impalcato.

Le risultanze di tali analisi sono le seguenti:

- **impalcato lato Mantova**

il carico circolante liberamente sull'impalcato deve essere limitato a camion a 3 assi, di massa non superiore a 36ton. Il transito di carichi di entità maggiore, e comunque non superiore a 63t, secondo le analisi condotte, è ammesso solo in condizioni limitative:

RTP: ITS srl (capogruppo), Prof. Ing. Pier Giorgio Malerba

- senza altri carichi pesanti nello stesso tratto di impalcato,
- viaggiando a velocità contenuta ($v \leq 50\text{km/h}$)
- in posizione centrale rispetto alla propria carreggiata (cioè non con la massima eccentricità).

- **impalcato lato Reggio Emilia**

tutte le condizioni di carico attuale considerate sono verificate. Tuttavia nel caso della trave a sbalzo interna, per la flessione positiva, nella combinazione SLU 4 (carico da 63t su entrambe le corsie) il coefficiente di sicurezza è pari a 1.095 e quindi minore del fattore di confidenza $FC = 1.2$, inizialmente prefissato. Si ritiene quindi prudente considerare anche per l'impalcato lato Reggio Emilia quei provvedimenti limitativi già illustrati per l'impalcato lato Mantova.

In senso longitudinale, dovranno essere prescritte le seguenti configurazioni:

- 1) Carico da 63t in posizione centrale rispetto alla propria corsia: **interasse longitudinale di qualsiasi altro carico >70m**
- 2) Carico da 36t su entrambe le corsie: **interasse longitudinale >50m**
- 3) Carico da 63t sulla corsia più eccentrica e da 36t sulla corsia interna: **non consentito**
- 4) Carico da 63t su entrambe le corsie: **non consentito**

- **solette (effetti locali)**

Per quanto riguarda gli effetti locali in soletta, si è verificato che la sua capacità portante è compatibile con il carico di assi da 120 kN (12ton), che è il massimo valore consentito senza limitazioni dal Codice della Strada vigente (art. 62).

- **Selle Gerber**

Per quanto riguarda le selle gerber, è stato possibile sottoporre a specifica verifica di adeguatezza strutturale solamente quelle lato Reggio Emilia, e tale verifica è positiva.

Dal lato Mantova, non si dispone di informazioni sufficienti per eseguire le verifiche; per le mensole ammalorate, che presentano evidenti fessurazioni, si è progettato un intervento di rinforzo, cautelativamente dimensionato per reggere tutti i carichi, permanenti e accidentali ammessi sull'impalcato, e verificato con le metodologie consentite dalle NTC 2018, considerando quindi cautelativamente la totale inefficienza delle mensole attuali. Le mensole sono dimensionate per resistere alla massima sollecitazione tra quelle derivanti da tutti gli schemi di carico considerati.

8.2 VARIANTI IN CORSO

Attualmente è in corso la redazione di una variante al progetto appaltato, che prevede il ripristino e rinforzo della sezione resistente dell'impalcato del viadotto in territorio Reggiano mediante l'applicazione di FRP (Fiber Reinforced Polymers). Tale soluzione permette di eliminare la limitazione al traffico determinata nel progetto, e conseguentemente realizzare un intervento che garantisca l'operatività riferendosi allo Stato Limite di Operatività – SLO, secondo quanto stabilito nelle LLGG20, per un tempo di riferimento di 30 anni.

Gli interventi previsti nell'ambito del presente progetto dovranno garantire omogeneità del livello di operatività per l'intero sviluppo del ponte.

9 INTERVENTI DI PROGETTO

Come anticipato in precedenza, a seguire l'esecuzione delle indagini geognostiche e batimetriche eseguite tra maggio e giugno 2021, nonché le ispezioni visive subacquee sui pali di fondazione in alveo, e le indagini integrative eseguite nei mesi di agosto e settembre 2021; considerato l'intervento di rinforzo strutturale previsto, come variante migliorativa, nell'ambito dell'appalto in corso esecuzione, tale da migliorare la resistenza ai carichi previsti dallo Stato limite di Operatività (SLO – LLGG MIT 2020); di comune accordo con la stazione committente, in occasione dell'incontro del 7 luglio 2021, sono state riviste le priorità di intervento.

Tale scelta deriva dal fine di garantire la medesima portata, derivanti da mezzi fino a 44 tonnellate, sull'intero sviluppo del ponte. Per raggiungere tale obiettivo sono stati dapprima considerati gli schemi di carico previsti da LLGG2020 per la verifica di transitabilità a 44 ton. Tuttavia tale configurazione non risulta applicabile per interventi di miglioramento statico. Si è ritenuto quindi di confrontare le sollecitazioni prodotte da tale configurazione di carico con quelle prodotte dallo SLO delle LLGG2020, verificando che queste ultime erano superiori rispetto alle prime.

La combinazione di carico scelta è quella prescritta dalle NTC18 per *schema di carico 1*. Tali combinazioni di carico viene tuttavia amplificata da coefficienti di sicurezza definiti per lo *Stato Limite di Operatività – SLO* che definisce un tempo di riferimento delle azioni pari a 30 anni secondo quanto stabilito al 6.3.2.2. *Azioni variabili da traffico – LLGG2020*.

OPERATIVITA'	Valutazione del livello di sicurezza strutturale con t_{ref} ridotto e fattori parziali ridotti	Schemi da NTC 2018, con fattori parziali ridotti	30 anni
TRANSITABILITA' NTC 2018 (Immediata transitabilità 1)	Valutazione del livello di sicurezza strutturale con t_{ref} ulteriormente ridotto imponendo restrizioni all'uso del ponte e fattori parziali ridotti	Schemi da NTC 2018, con restrizioni di uso e fattori parziali ridotti	5 anni
TRANSITABILITA' CdS <ul style="list-style-type: none"> • PESANTE • INTERMEDIA • LEGGERA • AUTOVEICOLI (Immediata transitabilità 2)	Valutazione del livello di sicurezza strutturale con t_{ref} ulteriormente ridotto, imponendo limitazione dei carichi secondo CdS e con relativi fattori parziali ridotti	Schemi da CdS con relativi fattori parziali ridotti	5 anni

Figura 9.1: –Prospetto livelli di analisi stabiliti dalle LLGG2020

I carichi elencati sono combinati secondo quanto stabilito dalle linee guida, nel particolare, per verifiche allo SLO, si applicano i seguenti fattori amplificativi.

- Carichi permanenti G: $F_G = 1.26$;

CLASSE DI CONSEGUENZA	(1) CONDIZIONI STANDARD	(2) CON ACCURATO CONTROLLO STATISTICO DI MATERIALI E GEOMETRIA E COV<0,05	(3) COME (2) E CON ABBATTIMENTO INCERTEZZE DI MODELLO (§ 6.3.3.5)
CC3	1.26	1.16	1.10

Figura 9.2: –Fattori parziali di sicurezza per i carichi permanenti, per verifiche di transitabilità ed operatività

- Carichi da Codice della Strada: Per lo stato limite considerato, i carichi devono essere amplificati di $\gamma_E = 1.20$;

La combinazione totale risulta dunque

$$1.26G_1 + 1.26G_2 + 1.20Q_k$$

9.1 MIGLIORAMENTO SISMICO

Si riassume quanto svolto relativamente alla verifica della struttura post operam, rispetto alle azioni sismiche di progetto previste da NTC2018.:

1. È stato ricavato lo Spettro di Progetto elastico secondo quanto descritto nella Relazione sismica attraverso il foglio di calcolo degli spettri fornito dal MIT.
2. E' stata verificata la struttura allo stato di fatto nel rispetto dello spettro di progetto. Le verifiche, tuttavia, non sono state soddisfatte. E' stato quindi calcolato l'indice di rischio sismico della struttura allo stato di fatto. Tale fattore è risultato pari a 0.3.
3. Considerati gli interventi di progetto, descritti ai successivi sottocapitoli, e nello specifico l'intervento di progetto programmato per la messa in sicurezza dei fusti in alveo, si è voluto valutare se tale intervento potesse in qualche modo migliorare la risposta sismica del ponte. L'analisi è stata condotta in prima istanza assumendo uno spettro di calcolo pari al 60% di quello di progetto. Le verifiche condotte sono state soddisfatte solo dai fusti in alveo ringrossati e non dai restanti elementi delle sottostrutture.
4. Attraverso una procedura iterativa di scalatura si è cercato lo spettro elastico ridotto per il quale le pile soddisfacevano le verifiche di resistenza. Queste ultime sono state soddisfatte considerando il 35% dello spettro di progetto elastico definito dalle NTC18.
5. Per tanto l'indice di rischio sismico finale risultante è 0.35.
6. Si riportano infine le considerazioni del geol. Saviane rispetto all'accelerogramma registrato in occasione del sisma dell'Emilia Romagna del 2012. In occasione di tale evento il ponte è stato sottoposto ad una PGA simile a quella dello spettro di progetto. Si rimanda alla specifica relazione per la trattazione dettagliata.

In conclusione, l'intervento di progetto non porta a significativi benefici, dal punto sismico, rispetto allo stato di fatto. Ai sensi di quanto riportato al paragrafo 8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO delle NTC2018, **l'intervento di progetto non si può ritenere intervento di miglioramento sismico, in quando il valore di ζ_E , non viene incrementato di un valore almeno pari a 0.1.**

9.2 CONSOLIDAMENTO PILE IN ALVEO

Tra gli obiettivi principali del documento preliminare alla progettazione, è previsto il consolidamento delle pile in alveo, mediante realizzazione di pali aggiuntivi da collegare strutturalmente ai fusti esistenti, replicando in linea di principio quanto già realizzato (in concomitanza con la realizzazione del ponte) per la pila 9. Da fonti locali, si è scoperto, che, nel corso della realizzazione dell'opera, causa un urto con un'imbarcazione, la pila 9 è stata da subito rinforzata con pali aggiuntivi ed un setto in c.a. di irrigidimento.



Figura 9.3: –foto delle pile in alveo. In primo piano la pila 9, a seguire la 8, 7 e 6

Considerati gli esiti dei rilievi batimetrici, confrontati con le misurazioni disponibili, ed le ispezioni visive subacquee, si riscontra che nel corso degli ultimi 25 anni, l'evoluzione del fondo alveo è di fatto stazionaria. Come rappresentato nelle tavole dello stato di fatto allegate, è evidente che il thalweg è stabile presso la pila 9, quella soggetta anche ai maggiori flussi di corrente idraulica (come meglio rappresentato nella modellazione bidimensionale propedeutica alla verifica di compatibilità idraulica).

Dai disegni storici disponibili e dai carotaggi continui eseguiti presso la pila 7 nel 1995 dalla ditta SO.GE.TEC, si evince che il palo indagato è lungo circa 56 metri, di cui i primi 21 metri armati con 4+4 \varnothing 22 e 2+2 \varnothing 16mm.

Dalle verifiche strutturali condotte, e riportate nella relazione di verifica di vulnerabilità sismica eseguita, si rileva che la sezione originaria dei pali di fondazione risulta comunque adeguata alla spinta idrodinamica. L'intervento di rinforzo ha l'obiettivo di fermare l'attuale degrado in atto e migliorare sismicamente il sistema fondazionale.

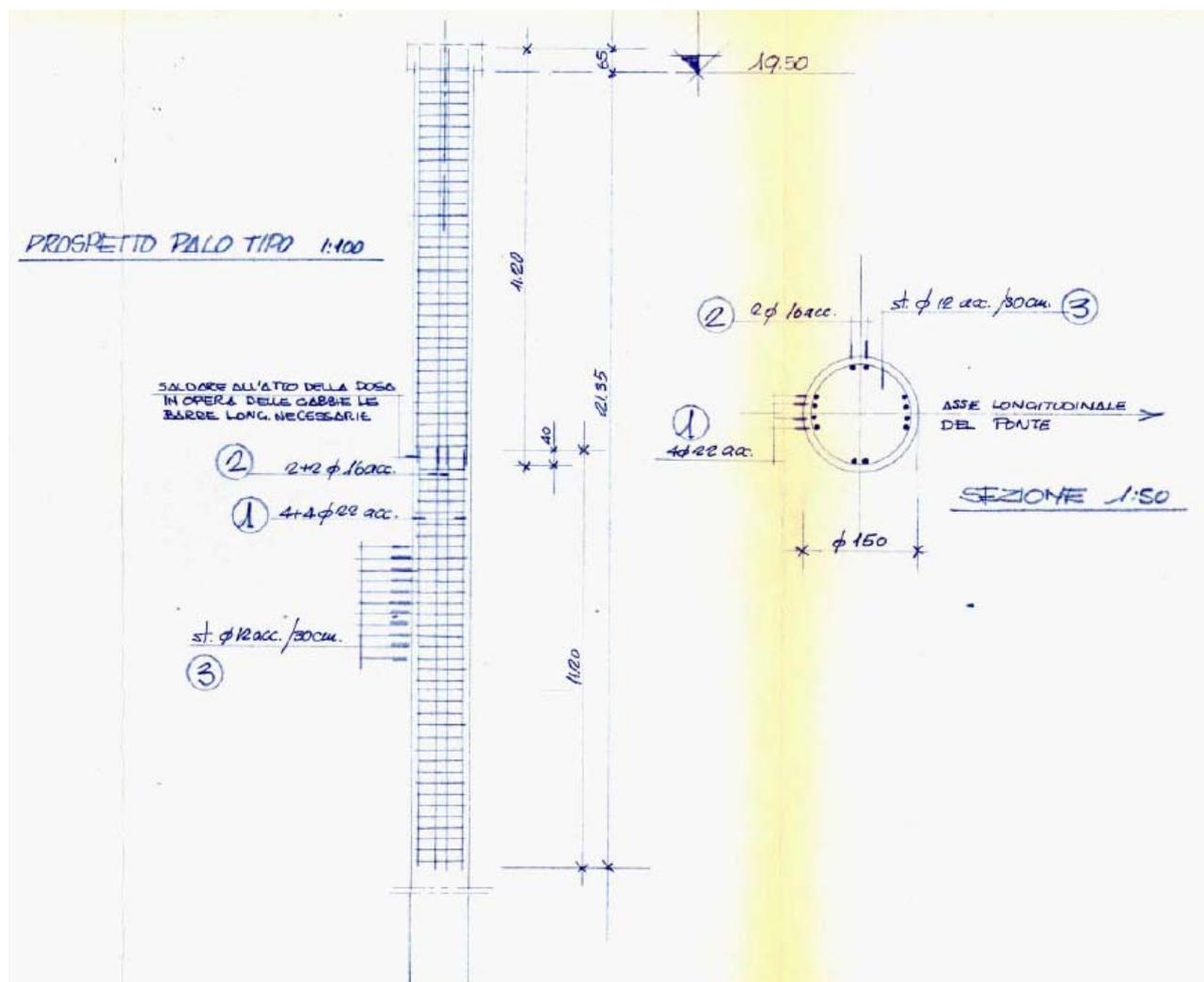


Figura 9.4: –foto delle pile in alveo. In primo piano la pila 9, a seguire la 8, 7 e 6

In considerazione di quanto premesso, si prevede di eseguire un intervento di risanamento ed ingrossamento, del tutto simile a quanto eseguito recentemente per i pali di fondazione della ponte di Boretto, nell'ambito degli "INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STATICO DELLE STRUTTURE DEL PONTE SUL FIUME PO TRA VIADANA (MN) E BORETTO (RE) SULLA EX S.P. 358R DI CASTELNUOVO AL KM 20+150" II STRALCIO 2° LOTTO (Pile 5-6 -7).

L'intervento consiste nella ristaffatura ed incamicatura del tratto di pali sommersi, ovvero da traverso della pila fino a fondo alveo. Nello specifico è previsto la realizzazione di un cassero a perdere con lamiera in acciaio, tale da garantire un ingrossamento della pila di circa 20 cm rispetto al raggio. L'ingrossamento sarà armato con armatura longitudinale e staffatura di confinamento trasversale.

Considerato che non è precisamente valutabile l'entità dell'incastro tra palo e traverso, si prevede la realizzazione di un rialzo di quest'ultimo al fine di migliorare il collegamento tra i due elementi strutturali. L'armatura longitudinale del ristaffaggio dovrà essere prolungata attraverso il traverso e collegata a quest'ultimo.

L'appalto prevede di intervenire esclusivamente sulla pila 9. Le pile 6, 7, e 8 saranno oggetto di rinforzo con successivo lotto d'intervento.



Figura 9.5: esempio di intervento di incamiciatura eseguito presso il ponte di Boretto (2017)

9.3 STABILIZZAZIONE FONDO ALVEO

Nell'intorno della pila 9, quella maggiormente sottoposta ai fenomeni erosivi e di trasporto solido delle correnti, si prevede la realizzazione di una stabilizzazione dell'alveo mediante realizzazione di uno strato di massi lapidei e burghe gabbioni cilindrici contenenti pietrisco di varia pezzatura.

Sulla base dei rilievi batimetrici condotti, è stato possibile ricostruire l'andamento del fondo alveo, e quindi quantificare correttamente i volumi di materiale da impiegare.

Per confinare maggiormente il materiale nell'intorno delle pile, si prevede la posa di massi di prima categoria legati tra loro mediante funi di acciaio collegate ai massi mediante golfari.

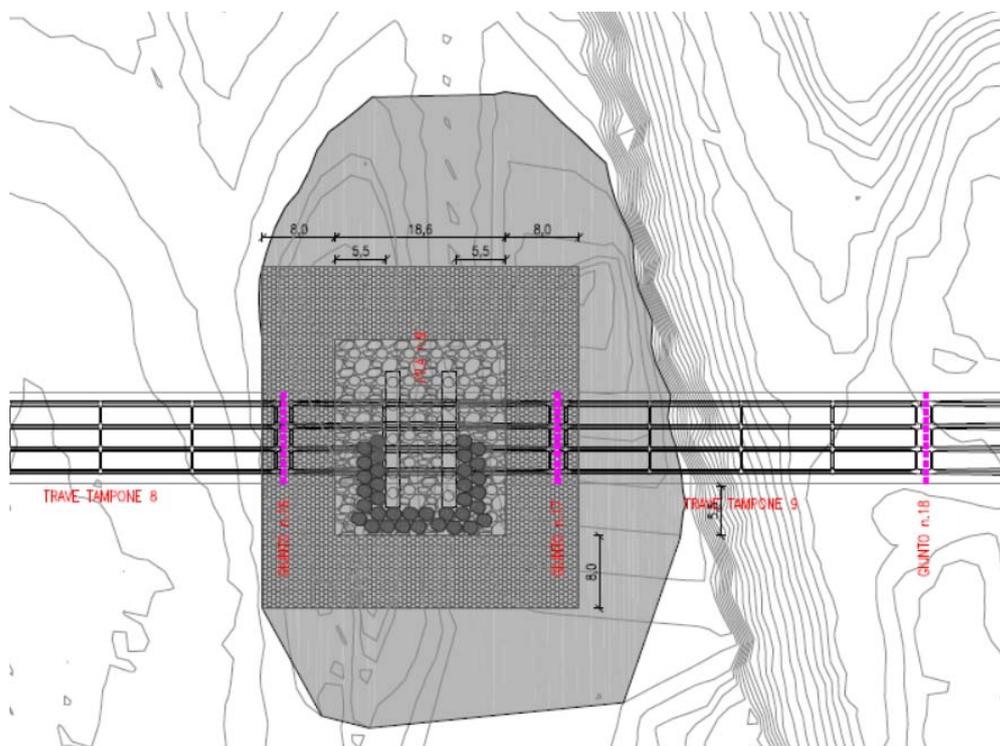


Figura 9.6: estratto planimetrico dell'intervento nell'intorno della pila 9

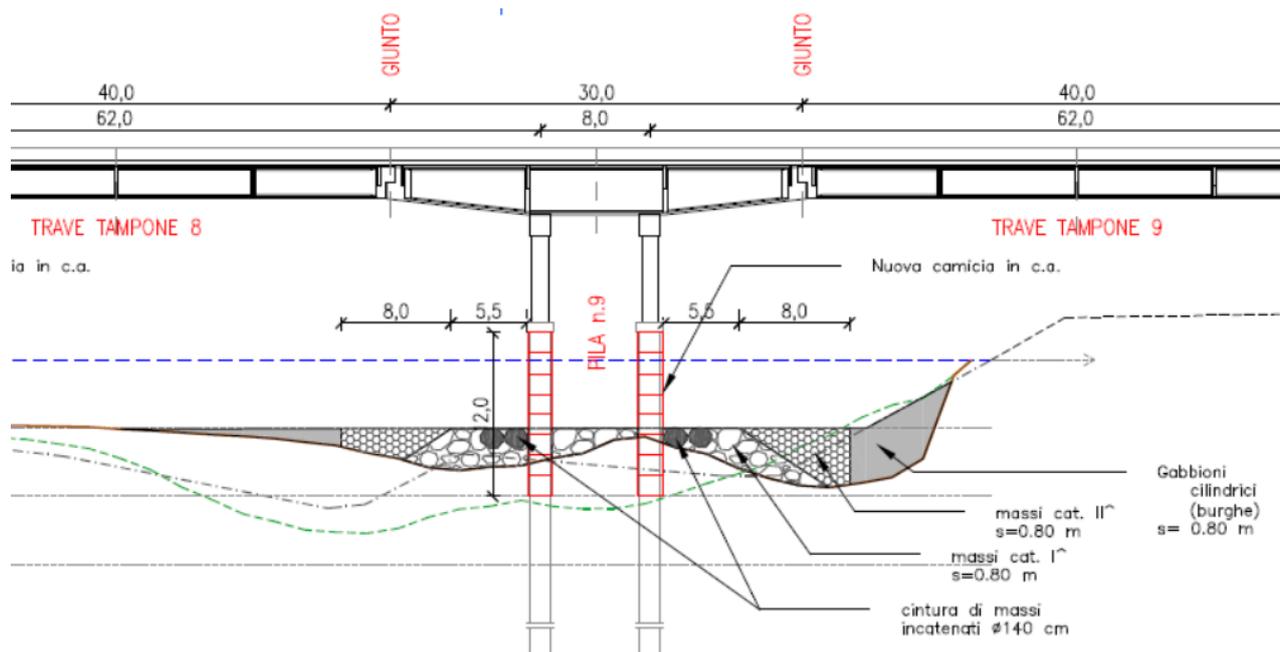


Figura 9.7: estratto del profilo dell'intervento nell'intorno della pila 9

Gli interventi di consolidamento delle pile e stabilizzazione del fondo dell'alveo sono rappresentati negli elaborati:

PE STR CA 01 B Carpenterie e tipologici rinforzo pila 9

PE STR CA 03 B Interventi consolidamento pali – pila 9 - fasi

PE STR CA 04 C Interventi consolidamento pali – pila 9 - armature camicie

PE IDR DI 01 A Interventi di stabilizzazione alveo - planimetria e profilo

PE IDR DI 02 B Interventi di stabilizzazione alveo - palancole provvisionali



Figura 9.8: esempio di varo delle burghe da pontone

9.4 RINFORZO IMPALCATO PRECOMPRESSO – TRATTO MANTOVANO

Attualmente, nell'ambito dell'appalto in corso del 1° lotto, si prevede la realizzazione di un intervento di rinforzo strutturale dell'impalcato del tratto di ponte ad armatura lenta in territorio Reggiano mediante FRP. **Tale intervento è finalizzato a garantire l'operatività allo Stato limite di Operatività (SLO) previsto dalle Linee Guida del MIT del 2020, per un tempo di riferimento di 30 anni.**

In considerazione di ciò, il presente progetto prevede di intervenire anche sul tratto di ponte in territorio Mantovano, per migliorare dal punto di vista statico la struttura e rendere omogenee le prestazioni sull'intera infrastruttura.

Come già esposto ai capitoli precedenti, la principale differenza tra i due tratti di ponte, riguarda la tecnica costruttiva, seppur entrambe adottino lo schema gerber, il ponte nel tratto mantovano è costituito da un impalcato precompresso a cavi post-tesi. Al contrario, nel tratto reggiano, l'impalcato è costituito da travi in c.a. ordinario.

Per migliorare staticamente l'impalcato si prevede **l'esecuzione di un intervento di precompressione esterna mediante cavi non aderenti. Tale tecnica permette di applicare un'ulteriore aliquota di precompressione alla sezione resistente delle travi, migliorandone le performance strutturali.**

Un notevole vantaggio della precompressione esterna è che essa, prevedendo l'impiego di cavi disposti al di fuori della sezione resistente di calcestruzzo, richiede interventi limitati sulla struttura in esercizio talché spesso è possibile non chiudere totalmente il ponte al traffico.

L'aggiunta dei cavi esterni può rendersi necessaria per migliorare il comportamento della struttura nei confronti degli stati limite ovvero (o in aggiunta) per aumentarne la durabilità e le prestazioni in esercizio.

Nel primo caso, il più frequente, si tratta di far crescere la sicurezza a rottura per flessione o per taglio di strutture in cui questa sicurezza non è adeguatamente garantita. Una tale deficienza può derivare da molteplici cause quali errori iniziali di progettazione, aumento dei carichi, riduzione della sezione delle armature preesistenti per ossidazione o rottura di alcuni fili etc.

In questi casi l'entità della forza di precompressione aggiuntiva, necessaria per raggiungere lo scopo, non può superare la soglia fissata dalla resistenza a compressione del calcestruzzo per definire la quale è indispensabile conoscere:

- a. La forza di precompressione residua nei cavi preesistenti;
- b. L'effettiva resistenza a compressione del calcestruzzo.

Va comunque osservato che questi interventi vengono generalmente effettuati su strutture molto "anziane" in cui la precompressione aggiuntiva deriva spesso più da questioni di ingombro che da criteri di resistenza.

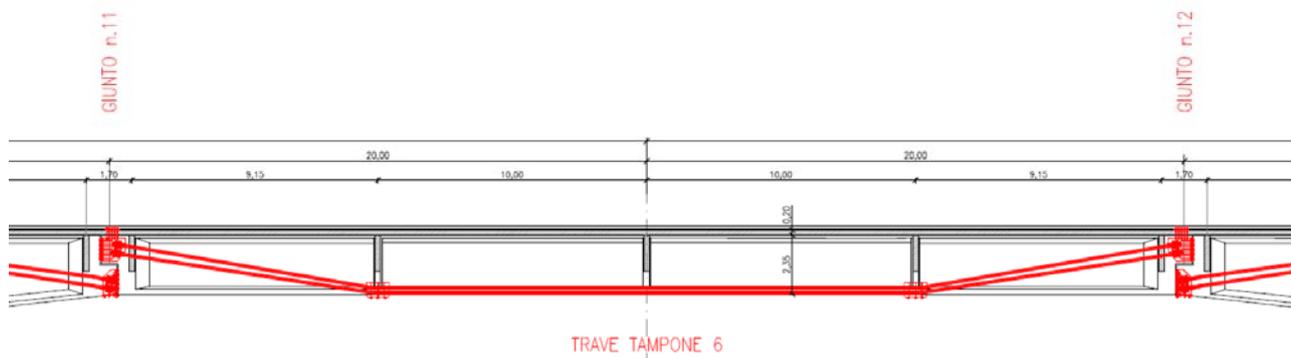


Figura 9.9: – estratto degli elaborati grafici del tracciato dei cavi pre la trave tampone (sopra)
NON OGGETTO D'APPALTO

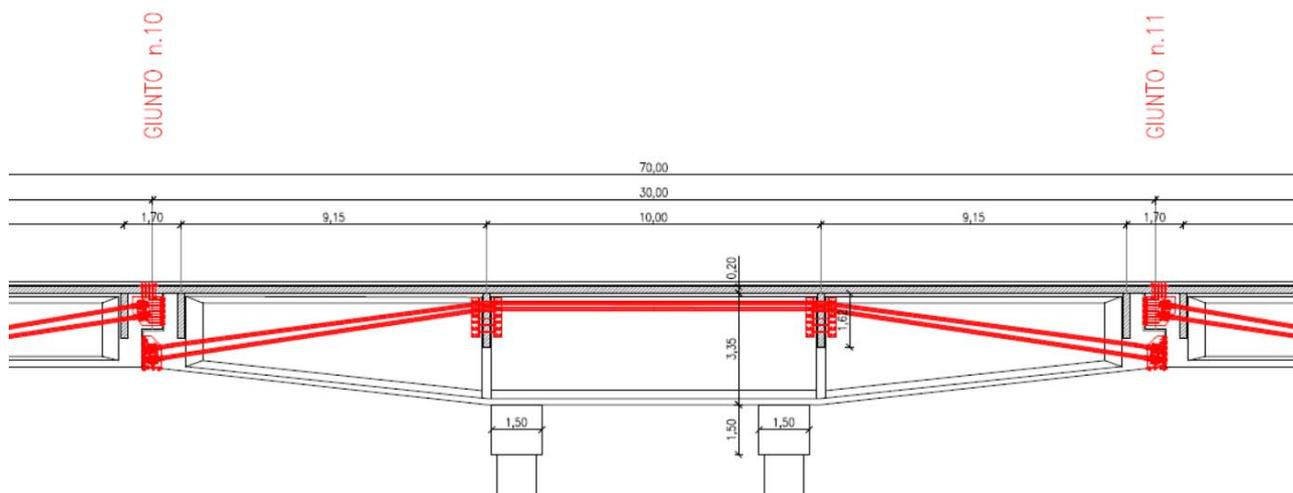


Figura 9.10: – estratto degli elaborati grafici del tracciato dei cavi pre la trave tampone (sopra) e trave su pila (sotto)

La maggiore criticità, per interventi di questa natura, riguarda il trasferimento delle azioni tra cavi e trave, mediante la realizzazione di carpenterie metalliche adeguatamente dimensionate ed ancorate alla struttura della trave.



Figura 9.11: – Cavi di Post Tensione esterna per manutenzione viadotti – tesatura con martinetto monotrefolo

In via del tutto preliminare, da confermare nelle seguenti fasi di progettazione, si prevede la tesatura con trefolo in acciaio armonico a 7 fili viplato e in-grassato, con le seguenti caratteristiche:

diametro nominale T15S (15.7 mm);

- area nominale 150 mm²;
- tensione di rottura (f_{ptk}) 1'860MPa
- tensione all'1% di allungamento (f_{p(1)k}) 1'670MPa.

Per procedere con la progettazione di tali interventi, è stato necessario procedere con delle indagini e rilievi per la determinazione del tracciato dei cavi di precompressione esistenti, nonché lo stato tensionale residuo nella sezione di cls. Si ricorda infatti che dell'impalcato precompresso non sono disponibili disegni storici esecutivi o del costruito. L'unica tavola a disposizione riguarda probabilmente una soluzione poi non realizzata, che prevedeva un impalcato a 5 travi con interasse tra pile di circa 70 metri; contro un impalcato realizzato a 4 travi e medesimo interasse tra le pile.

Si segnala che, almeno per le travi dell'impalcato a mensola su pila, sono visibili le sedi che contengono la testa dei cavi. Lo stesso non è visibile per le travi tampone, le cui teste dei cavi sono nascoste all'interno della soletta o in testata alla trave.



Figura 9.12: – sedi delle testate dei cavi di precompressione

Nell'ambito delle indagini sui materiali eseguite nel 2019 sono state eseguite anche delle prove di detensionamento dei cavi di precompressione.

Le indagini integrative eseguite, descritte ai precedenti capitoli, hanno un duplice scopo: la determinazione in termini di numero e tracciato dei cavi di precompressione; oltre alla determinazione dello stato di tensione all'interno della trave.

L'intervento di precompressione esterna con cavi non aderenti, limitatamente agli impalcati a mensola su pila, è rappresentato nelle tavole:

PE STR DI 13 Impalcato su pila - ancoraggio cavi di post tensione

PE STR CP 14 Impalcato su pila - ancoraggio cavi di post tensione - particolari carpenterie

PE STR DI 14 Impalcato su pila - blocchi di deviazione a 4 cavi

PE STR CP 15 Impalcato su pila - blocchi di deviazione a 4 cavi (trave di bordo) - particolari carpenterie

PE STR CP 16 Impalcato su pila - blocchi di deviazione a 4 cavi (trave centrale) - particolari carpenterie

PE STR DI 15 Impalcato su pila - intervento di rinforzo a taglio

RTP: ITS srl (capogruppo), Prof. Ing. Pier Giorgio Malerba

PE STR DI 16 Particolari costruttivi cavi

Nella definizione delle carpenterie di ancoraggio dei cavi esterni, sono stati considerati e opportunamente valutati gli spazi necessari per l'impiego dei martinetti monotrefolo.

E' prevista la realizzazione delle carpenterie con elementi semplici da unire in opera con bulloni, in modo da limitare i pesi delle singole parti e facilitarne movimentazione, sollevamento e messa in opera.

Per migliorare la durabilità di tali elementi, in particolare in corrispondenza dei giunti di dilatazione (elemento sempre critico per la durabilità delle strutture) si prevede la protezione delle carpenterie mediante zincatura a caldo. Nel progetto esecutivo saranno inoltre sviluppati i dettagli costruttivi delle predette carpenterie in modo che eliminare possibili accumuli d'acqua all'interno delle nervature di rinforzo, che potrebbero con il tempo ridurre la durabilità dell'elemento.

E' prevista in appalto la realizzazione dell'intervento di precompressione a cavi esterni non aderenti esclusivamente per gli impalcati a mensola su pila, come rappresentato nell'elaborato:

PE STR PI 01 Impalcato su pila - Inquadramento interventi di progetto - pianta e prospetto

9.5 RINFORZO SELLE GERBER

Tra gli obiettivi previsti nel documento preliminare all progettazione, è previsto il completamento del rinforzo delle selle gerber nel tratto mantovano, andando ad estendere l'intervento con applicazione di mensola in acciaio già prevista dal primo lotto d'intervento ed attualmente in corso di esecuzione.

Conseguentemente alla decisione di procedere ad un miglioramento statico dell'impalcato, mediante applicazione di cavi di precompressione esterna non aderenti, si ritiene di rivedere la soluzione di rinforzo delle selle Gerber, sostituendo l'elemento di carpenteria in acciaio aggiuntivo (previsto da primo lotto di intervento), con un elemento di contrasto che possa contemporaneamente: confinare il dente della sella e fornire adeguato contrasto al tiro dei cavi esterni aggiunti, dandogli un precompressione aggiuntiva.

Si riporta di seguito la soluzione prevista per la messa in opera dei cavi esterni in corrispondenza delle selle. Il blocco di ancoraggio dei cavi, oltre a trasmettere il tiro dei cavi alla trave, applica un confinamento e compressione proprio in corrispondenza della sella, portata e portante, soluzione che andrà a risolvere lo stato fessurativo riscontrato nella progettazione del primo lotto d'intervento.

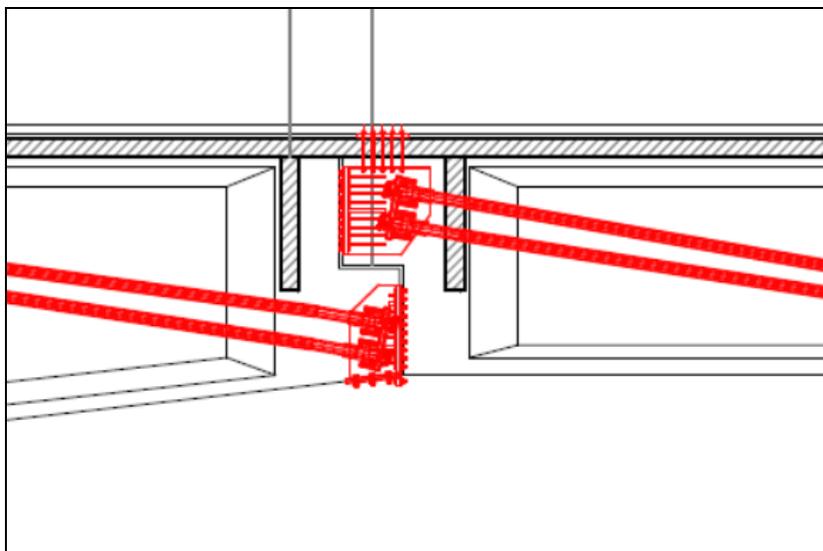


Figura 9.13: – Rinforzo con carpenteria metallica delle selle gerber – tratto mantovano

Non sono previsti interventi di rinforzo sulle selle Gerber nel tratto Reggiano, in quanto nella progettazione del primo lotto e successiva variante è stata verificata l'adeguatezza strutturale delle stesse, rispetto alle sollecitazioni prodotte dallo SLO.

I dettagli delle carpenterie di partenza dei cavi in corrispondenza delle selle sono rappresentati negli elaborati:

PE STR DI 16 Particolari costruttivi cavi

Relativamente alle selle già oggetto di rinforzo nel primo lotto d'intervento, mediante carpenteria d'acciaio aggiuntiva, tale dispositivo sarà comunque utile per scaricare la sella durante la messa in opera dei cavi di precompressione esterna e relative carpenterie di ancoraggio e contrasto.

Il progetto prevede la completa rimozione e conferimento a centro di recupero delle carpenterie installate nel primo lotto.

La rimozione delle carpenterie al di sopra dell'alveo di magra potrà avvenire mediante pontone e mezzo di sollevamento dotato di forche, allo stesso modo di come è stato prevista la loro messa in opera.

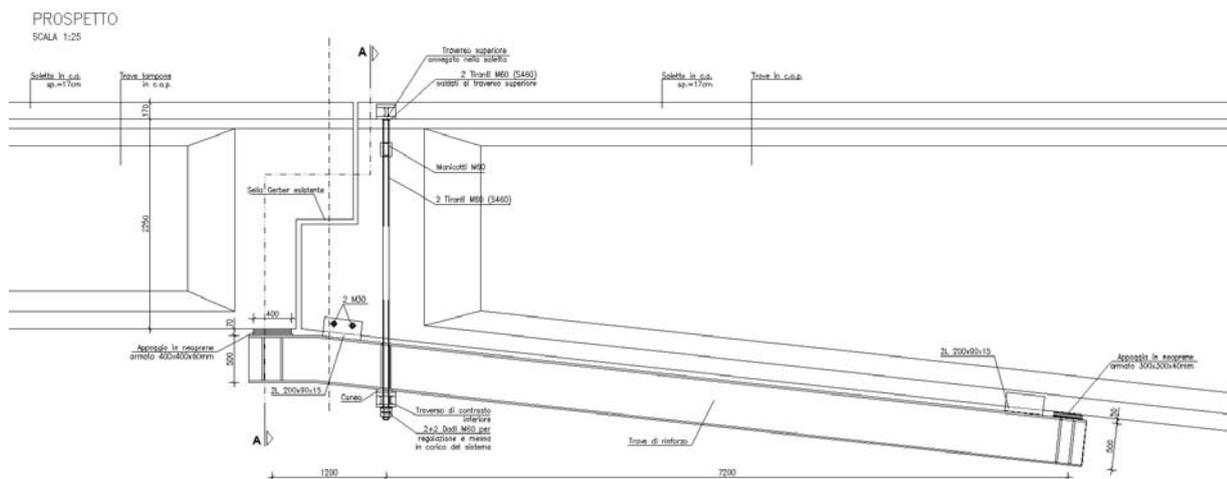


Figura 9.14: – Rinforzo con carpenteria metallica delle selle gerber – tratto mantovano

9.6 SOSTITUZIONE APPOGGI

Relativamente al sistema di vincolo, e nello specifico dei sistemi di appoggio, il presente progetto non prevede interventi che possano avere efficacia dal punto di vista sismico, ovvero tramite variazione dello schema di vincolo o introduzione di altri dispositivi di dissipazione e vincolo.

Attualmente il sistema di vincolo è costituito da semplici appoggi in gomma armata, posizionati, principalmente in corrispondenza delle selle Gerber.

Dalle verifiche condotte anche in sede di esecuzione dei lavori del primo lotto, si rileva l'assenza di degradi e fenomeni che comportino la necessità della sostituzione degli attuali dispositivi.

Il progetto prevede tuttavia tra le lavorazioni previste la possibilità di sostituire quelli in corrispondenza della pila 11 e spalla sinistra, non tanto per particolari problemi di degrado, ma per necessità di messa in opera dei delle carpenterie di testata dei cavi di precompressione esterni.

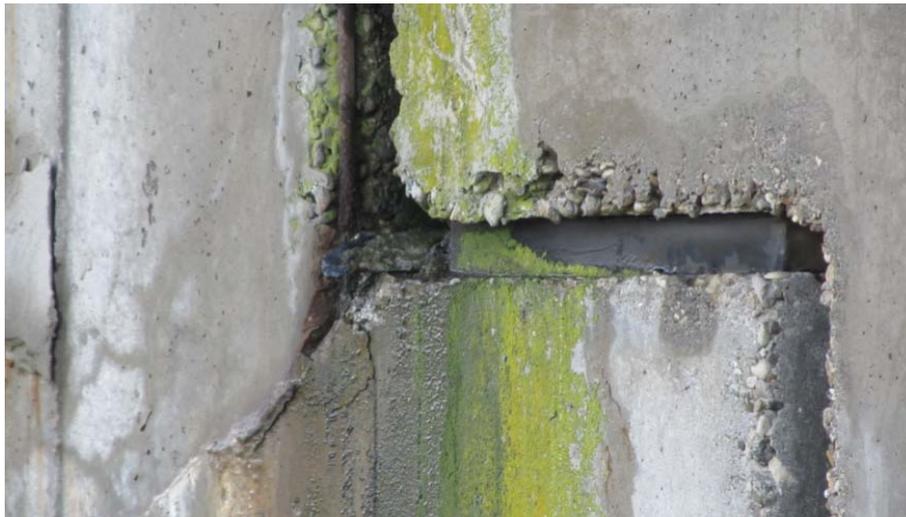


Figura 9.15: – foto di un appoggio presente sul tratto in alveo

9.7 RISANAMENTO CORTICALE E TRATTAMENTI PROTETTIVI

Parallelamente all'esecuzione dei precedenti interventi descritti, saranno completati gli interventi di risanamento corticale delle parti degradate che non potranno essere eseguite nell'appalto in corso.

Le cause del degrado superficiale riscontrato sono da ritrovare principalmente nelle seguenti cause:

- **cicli di gelo e disgelo**, che determinano un distacco degli strati superficiali del conglomerato cementizio per effetto dell'aumento del volume d'acqua passando dallo stato liquido a quello solido. Tale condizione, dopo numerosi cicli, determina lo scrostamento superficiale del calcestruzzo e la successiva corrosione delle armature ad opera dell'anidride carbonica.
- **Presenza di sostanze aggressive nell'aria**, come ad esempio le sostanze acide, solfati e alcali, presenti nelle piogge che danneggiano il cls provocando fenomeni di rigonfiamento e successiva espulsione del materiale, fenomeno che si amplifica nel caso di copriferro ridotto.
- **Il dilavamento dovuto all'azione dell'acqua** di ruscellamento non irreggimentata nei giunti di dilatazione porta agli ammaloramenti già descritti.

L'intervento ha come scopo il **risanamento corticale delle strutture in c.a.**, ovvero il **ripristino delle parti ammalorate e la protezione per le parti ancora in discreto stato per garantirne la durabilità nel tempo, l'impermeabilizzazione e protezione all'anidride carbonica.**

Di seguito riportiamo alcune foto esemplificative dei fenomeni riscontrati durante i sopralluoghi e rilievi della mappatura del degrado, ai cui elaborati si rimanda per una più completa ed estesa caratterizzazione dei fenomeni in atto.

Per il ripristino delle zone ammalorate delle superfici in calcestruzzo si provvederà alla preliminare rimozione del materiale incoerente o in fase di distacco, al successivo trattamento passivante dei ferri d'armatura esposti, all'eventuale sostituzione delle barre non più efficienti e alla ricostruzione finale dello strato copriferro. Al termine dell'intervento tutte le strutture in c.a. saranno protette contro la carbonatazione mediante l'applicazione di un apposito prodotto filmogeno.

A seconda dell'estensione e della gravità del degrado rilevato gli interventi saranno condotti secondo una delle due metodologie operative di seguito rappresentate:

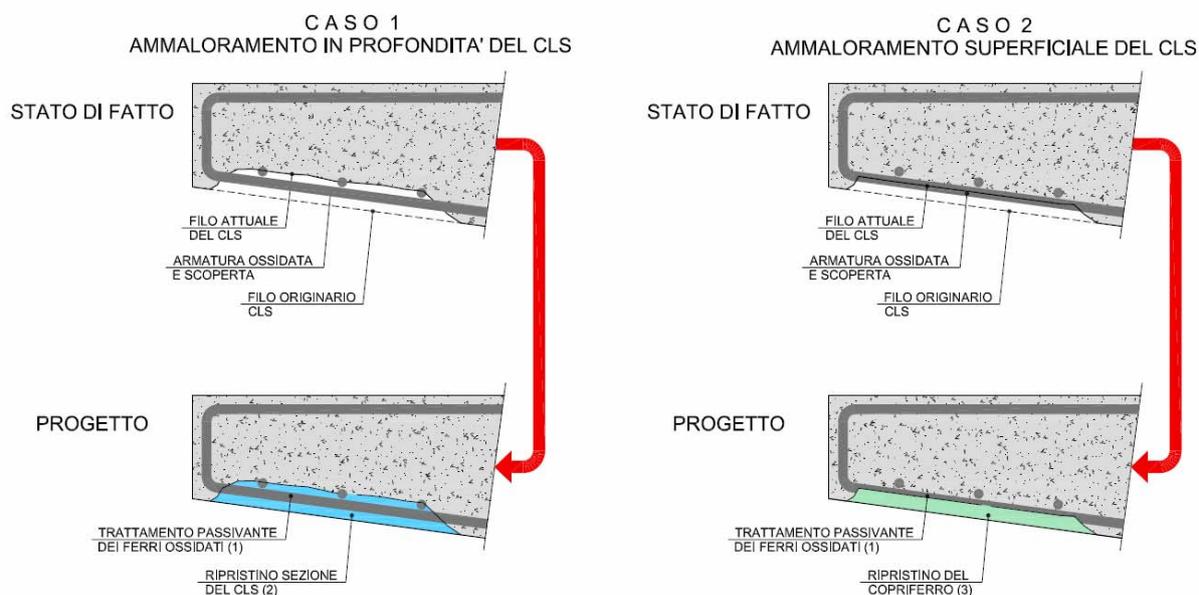


Figura 9.16: – esempi di interventi di ripristino corticale

Attualmente, ottobre 2021, sono in corso l'ultimazione di tali lavorazioni nella gola sinistra, e nello specifico per il risanamento di un tratto di due metri in corrispondenza delle selle Gerber.

Nel presente progetto è prevista l'applicazione di un protettivo sulle superfici già risanate nell'appalto in corso (1° lotto), a titolo esemplificativo possono riguardare:

- Porzioni esterne dei pulvini, maggiormente sottoposte agli agenti atmosferici
- Superfici esterne laterali ed intradosso delle travi laterali degli impalcati, in particolare del tratto reggiano, per il quale è prevista l'applicazione di rinforzi con FRP.

Nello specifico è previsto un trattamento con pittura poliuretanica fluorurata bicomponente. Tale trattamento potrà aumentare significativamente la durabilità dei risanamenti eseguiti nel corso del primo lotto d'intervento, contenendo e mitigando gli effetti prodotti dagli agenti atmosferici.

9.8 RIFACIMENTO PAVIMENTAZIONE ED IMPERMEABILIZZAZIONE

L'attuale appalto in corso di esecuzione prevede il completo rifacimento del tappeto d'usura, previo scarifica dell'esistente e stesa di collegamento con emulsione bituminosa. Oltre al rifacimento dell'impermeabilizzazione e risanamento corticali di alcune minime porzioni di soletta particolarmente degradate all'intradosso.

Questa tipologia di interventi, nell'ambito del progetto di cui alla presente relazione, potrà subire delle ricalibrature in funzioni delle effettive lavorazioni eseguite nell'appalto in corso, oppure al sopraggiungere di cause impreviste o imprevedibili.

Il ripristino degli asfalti sarà sicuramente previsto per le porzioni riguardanti la posa dei contrasti e dei cavi di precompressione esterna delle travi tampone (non oggetto del presente appalto), comunque interventi di ripristino legati agli interventi locali previsti in prossimità dei giunti di dilatazione.

Il progetto prevede il rifacimento dei giunti di dilatazione presso la spalla sinistra e presso la pila 11, in quanto si presuppone la necessità di calare le carpenterie dei blocchi di partenza dei cavi dall'alto attraverso lo spazio del giunto.

9.9 RIMOZIONE IDROMETRO

Tra gli interventi previsti da progetto, rientra la dismissione e completa rimozione dell'idrometro (fuori uso) presente lungo il lato di valle del ponte.

L'idrometro sarà smontato mediante l'ausilio di mezzo di sollevamento posizionato sopra l'impalcato, e piattaforma elevatrice posizionata su pontone per l'accesso in quota da parte del personale impiegato nella lavorazione.



Figura 9.17: – idrometro AIPO presente sul lato di valle del ponte, al centro dell'alveo di magra

9.10 SOSTITUZIONE BARRIERE DI SICUREZZA E PARAPETTI

Attualmente lungo il ponte si rilevano due tipologie di barriere di sicurezza installate, una per il tratto in provincia di Reggio Emilia ed una per il tratto in provincia di Mantova. Quest'ultima tipologia è quella che andrà sostituita al fine di adeguarla alla normativa odierna e alla tipologia installata nel restante tratto di ponte.

I criteri di scelta delle barriere di sicurezza seguono quanto stabilito dall'art. 6 – tabella A del del D.M. 21 giugno 2004, tenendo conto della posizione della barriera (bordo ponte), del tipo di strada e del tipo di traffico.

La strada oggetto di intervento è classificata come “Extraurbana secondaria” - tipo C2; mentre i dati di traffico forniti dalla provincia di Mantova la classificano di tipo per la il traffico è di tipo II (percentuale di mezzi pesanti compresa fra il 5% e il 15% del totale).

Progr. km	Località / Comune	TGM complessivo		
		TGM	TGM leggero	TGM pesante
0+200	rampa ponte sul Po a Dosolo	7 829	7 095	734

Tabella 1 – Dati del traffico fornita dalla provincia di Mantova

Tipo di traffico	TGM	% Veicoli con massa >3,5 t
I	≤1000	Qualsiasi
I	>1000	≤ 5
II	>1000	5 < n ≤ 15
III	>1000	> 15

Per il TGM si intende il Traffico Giornaliero Medio annuale nei due sensi.



Figura 9.18: – foto del cambio di tipologia di barriera stradale

Si decide pertanto di adottare **barriere longitudinali bordo ponte di classe H2**, assieme alla più opportuna larghezza operativa W, e che permetta di mantenere il marciapiede per eventuali interventi di manutenzione.

Tabella A – Barriere longitudinali

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte ⁽¹⁾
Autostrade (A) e strade extraurbane principali(B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 ⁽²⁾	H2-H3 ⁽²⁾	H3-H4 ⁽²⁾
Strade extraurbane	I	H1	N2	H2
secondarie(C) e Strade urbane di scorrimento (D)	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali(F).	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

(1) Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale

(2) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista

Considerate le priorità di intervento e i limiti di spesa finanziati, di comune accordo con la Stazione Committente, si è ritenuto di rimandare l'adeguamento delle barriere ad eventuali ulteriori finanziamenti.

10 FABBISOGNI E MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI

L'intervento, per i limitati quantitativi di calcestruzzo da porre in opera, non prevede l'installazione di un cantiere di betonaggio. Tutte le opere in cemento armato saranno realizzate con calcestruzzo prodotto in stabilimento, che sarà approvvigionato e gettato in opera mediante autobetoniera, oppure preconfezionato. E' presente un impianto di betonaggio della ditta ACERBI CALCESTRUZZI CAMPAGNOLA Srl, presso il comune di Campagnola Emilia, in via Fabbrico 19/B.

Si prevede che il materiale di demolizione, prevalentemente calcestruzzi, e il fresato d'asfalto saranno conferiti presso l'impianto di SCARAVELLI CARLO di SCARAVELLI LINDO, ubicato in via Ferruccio Parri in comune di Luzzara (RE).

11 CANTIERIZZAZIONE

L'approccio tenuto per la cantierizzazione dei lavori, distingue gli interventi sopra l'impalcato da quelli al di sotto o all'intradosso. Per la posa delle carpenterie di sostegno dei cavi di precompressione, e dei cavi completi di guaina, è prevista la presenza di mezzi e persone all'estradosso dell'impalcato, con conseguente necessaria occupazione della sede stradale. Tali attività è previsto avvengano con parzializzazione della carreggiata e attivazione di un senso unico alternato regolato da impianto semaforico. Questo al fine di garantire sempre il collegamento viario tra le sponde del fiume Po.



Figura 11.1: – foto carreggiata da sponda sinistra - Mantova

L'occupazione della corsia dovrà avvenire per lotti operativi di lunghezza massima pari a 150 metri, al fine di contenere il tratto di senso unico alternato e quindi il disagio per gli utenti della strada. Il restringimento di carreggiata dovrà avvenire secondo lo schema segnaletico n°66 del DM 10 luglio 2002.

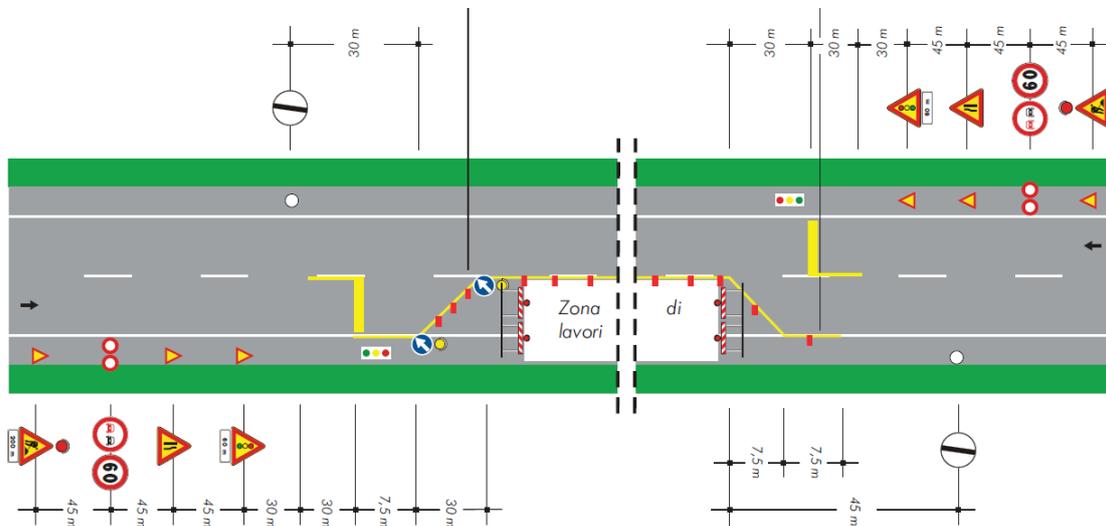


Figura 11.2: – tavola n° 66 DM 10 luglio 2002

Ulteriore fase critica che necessita di una chiusura completa del traffico sul ponte è quella riguardante la tesatura finale dei cavi alle tensioni di progetto. Tale attività deve essere eseguita necessariamente con il ponte scarico. Per questo motivo si prevede l'esecuzione di tale attività di notte. Indicativamente l'attività di tesatura avrà una durata di circa di quattro mesi uomo. Tale attività dovrà avvenire contemporaneamente su più impalcati, con più squadre, al fine di ridurre il periodo di interruzione del traffico sul ponte, possibilmente prevedendo tale limitazione per periodi non continuativi superiori alle 15 notti.

Per gli interventi che dovessero necessariamente prevedere la completa chiusura la traffico del ponte, vedi ad esempio sollevamento dell'impalcato per sostituzione appoggi, si prevede che gli stessi avvengano in orario notturno e comunque per un tempo limitato. In questi casi il traffico del ponte sarà deviato sul ponte sul Po posto lungo la SP 111, circa 14 km più a monte.

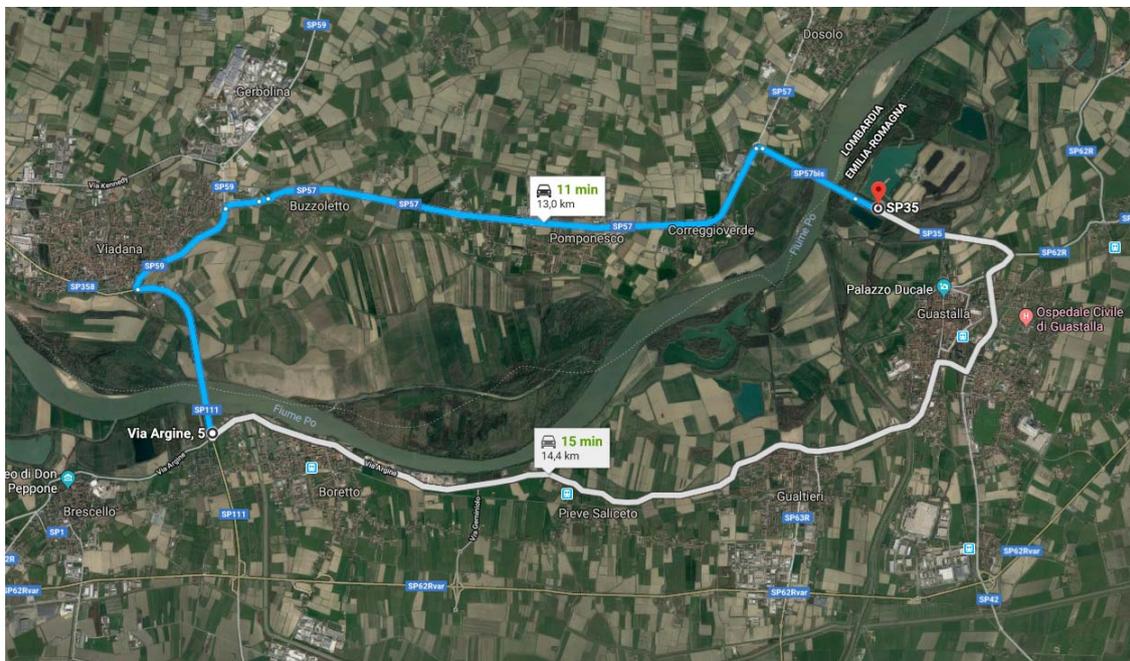


Figura 11.3: – percorso alternativo in caso di chiusura del ponte sul Po tra Dosolo e Guastalla

Altro tipo di considerazioni possono essere fatte per gli interventi all'intradosso dell'impalcato e sulle pile. Per queste lavorazioni, l'interferenza con il traffico sul ponte è nulla (eccetto per la sostituzione degli appoggi, come descritto in precedenza). I lavori possono essere eseguiti indipendentemente dalla deviazione al traffico.



Figura 11.4: – foto delle aree sottovia – lato Reggio Emilia



Figura 11.5: – foto delle aree sottovia – lato Reggio Emilia

L'accesso alle aree al disotto dell'infrastruttura avviene attraverso percorsi e piste sterrate già esistenti, come indicato nel piano particellare allegato al progetto. Gli interventi al di sotto dell'impalcato, con occupazione temporanea delle golene, avverranno attraverso l'impiego di opere provvisorie o mezzi di sollevamento (piattaforme elevatrici) e non in contemporanea sull'intero sviluppo del ponte, al fine di non ridurre la sezione idraulica libera dell'alveo. Si evidenzia tuttavia che il tempo con cui si sviluppa l'onda di piena del Po è tale da garantire, in caso di emergenza idraulica, il completo sgombero delle golene e dell'alveo, e quindi permettere il normale transito dell'onda di piena.

Per il tratto di viadotto sovrastante l'alveo di magra, gli interventi dal basso dovranno avvenire attraverso pontoni semoventi su cui caricare mezzi d'opera e attrezzature per raggiungere le aree di lavorazione in quota.



Figura 11.6: – foto con esempio di impiego di pontoni in ambito fluviale per intervento su ponte esistente

Dal punto di vista ambientale, ed in particolar modo per quanto riguarda le emissioni, si evidenzia che le uniche lavorazioni che possono essere fonte di dispersione di materiale nell'ambiente sono le attività di demolizioni dei calcestruzzi e la movimentazione e messa in opera dei materiali, massi ciclopici e burghe, per la stabilizzazione del fondo alveo.

Per mitigare l'impatto delle demolizioni, le stesse saranno eseguite manualmente, per parti, allontanamento man mano le macerie e le porzioni rimosse, evitando la dispersione nell'alveo.

Si evidenzia tuttavia che sia i prodotti delle demolizioni, sia i materiali previsti per la stabilizzazione del fondo alveo, sono entrambi da considerarsi materiali inerti non inquinanti.

Per le lavorazioni in alveo, le attività dovranno essere eseguite nel rispetto di quanto previsto nel capitolato Speciale d'Appalto – PARTE TECNICA.

12 CRONOPROGRAMMA

Il cronoprogramma dei lavori prevede l'esecuzione dell'appalto in 340 giorni naturali consecutivi, ovvero circa 11 mesi. Tale scelta deriva da fatto di considerare eventuali stagionalità avverse dal punto di vista idrometrico e meteorologico. Eventuali piene del Po nel periodo autunnale potrebbero portare ad inagibilità delle golene e quindi interruzione delle lavorazioni da tali aree.

La maggior parte delle lavorazioni è previsto avvenga dal basso, al fine di limitare al minimo gli impatti sulla viabilità. Sarà tuttavia necessario eseguire la tesatura finale dei cavi in orario notturno, con completa chiusura al traffico del ponte. Nel progetto esecutivo saranno definiti nel dettaglio tali periodi di lavoro notturno.

Nell'intervallo temporale di 340gg è previsto un periodo di inagibilità per condizioni avverse delle golene di 120gg.

13 OCCUPAZIONI TEMPORANEE

Tutte le opere ricadono sul sedime esistenti dell'infrastruttura, senza necessità di espropri per l'esecuzione degli interventi.

Ai fini della cantierizzazione, tuttavia, si rende necessaria l'occupazione temporanea di due fasce laterali alla proiezione dell'impalcato, per una larghezza pari a 5 metri per ciascun lato, in modo tale da permettere l'accessibilità ai piedi delle pile lungo tutto lo sviluppo, ad anche il transito e la manovra dei mezzi.

L'individuazione delle aree interessate dall'occupazione e l'elenco delle ditte interessate sono riportate negli elaborati specifici allegati al presente progetto.

Oltre alle occupazioni temporanee necessarie per l'accessibilità alla base delle pile, sono previste occupazioni per aree logistiche di cantiere da realizzarsi secondo quanto previsto dal piano particellare e PSC allegati.

14 ELENCO PREZZI E STIMA DEI LAVORI

La stima economica delle opere previste da progetto è stata eseguita utilizzando il Prezzario regionale Regione Emilia-Romagna delle Opere Pubbliche e di Difesa del Suolo 2022, approvato con Deliberazione di Giunta Regionale n. 602 del 21 aprile 2022.

Per le lavorazioni specialistiche non presenti sul predetto prezzario, o che comunque non rappresentavano compiutamente la lavorazione prevista, è stato impiegato il Prezzario di ANAS SpA 2022 r02 ed eseguite specifiche indagini di mercato.

Gli interventi previsti da progetto esecutivo è previsto vengano appaltati in parte a corpo e in parte a misura, come meglio definito nel capitolato speciale d'appalto – PARTE AMMINISTRATIVA, secondo gli importi quantificati negli elaborati estimativi.

La parte liquidabile a misura riguarda le lavorazioni per le quali in sede di progettazione risulta eccessivamente oneroso individuare in maniera certa e definita le rispettive quantità. Tali lavorazioni sono indicate nel provvedimento di approvazione della progettazione esecutiva con puntuale motivazione di carattere tecnico e con l'indicazione dell'importo sommario del loro valore presunto e della relativa incidenza sul valore complessivo assunto a base d'asta, ai sensi dell'art. 49 c.9 del DPR 207/2010.

15 FINANZIAMENTO DELL'OPERA

Dal punto di vista economico, l'intervento di manutenzione straordinaria del ponte sul fiume Po tra Guastalla (RE) e Dosolo (MN), al confine tra la Provincia di Reggio Emilia e la Provincia di Mantova, risulta finanziato per € 6.500.000,00 nell'ambito del Piano delle assegnazioni del Decreto n.1 del 3 gennaio 2020 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti di concerto con il Ministero dell'Economia e delle Finanze.

Il quadro economico, e relativa suddivisione delle somme è riportata nello specifico elaborato di progetto.

Pieve di Soligo, 21/06/2022

IL PROGETTISTA

Ing. MICHELE TITTON



Allegato:

parere AIPo - del 22.11.2021 - classifica 6.10.20 fascicolo 877/2015°/A, 172