

PROGETTO ESECUTIVO

OPERE DI CONTENIMENTO DEI LIVELLI DI PIENA IN SPONDA SINISTRA DEL FIUME ADDA IN COMUNE DI LODI (LO)

II FASE DI INTERVENTO FUNZIONALE

CIG - 82254808D2
CUP - B13H19000480002

DICEMBRE 2022

Studio HYDRA s.r.l.

Via Fermi 20 - 20057 ASSAGO (MI)
tel: (02) 23185801 - e-mail: studiohydrasrl@studiohydra.it

I PROGETTISTI:

Dott. Ing. SILVIO ROSSETTI
Dott. Ing. ALESSANDRA BERTOGLIO

REDAZIONE	Veronica Cornalba	Aspetti strutturali:	Aspetti ambientali e catastali:
VERIFICA	Alessandra Bertoglio	 STUDIO MALERBA STUDIO DI INGEGNERIA viale Abruzzi, 17 - 20131 MILANO - tel: (02) 29526561 fax: (02) 29526561 - e-mail: mail@studiomalerba.net	 GEOLAMBDA Engineering S.r.l. Sede operativa: via A. Diaz, 22 - 26845 Codogno (LO) tel: (+39) 0377.433021 fax (+39) 0377.402035 www.geolambda.eu - pec: geolambda@geolambda.viapec.it e-mail: laura.pezzoni@geolambda.it
APPROVAZIONE	Silvio Rossetti	Prof. Ing. PIER GIORGIO MALERBA	Dott. Ing. LAURA PEZZONI

REVISIONI	N.	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
	1					
	2					
	3					

TITOLO:

RELAZIONE GENERALE DESCRITTIVA

ELABORATO:

FASE

PE

TIPO

RG

COMMESSA

250-06

NUMERO

A.01.01

REV

00

INDICE

1. PREMESSA.....	1
1.1 RECEPIMENTO DELLE PRESCRIZIONI DI CONFERENZA DEI SERVIZI	6
2. INQUADRAMENTO GENERALE ED OBIETTIVI.....	10
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E ACCESSIBILITÀ	17
4. DATI ESISTENTI E CAMPAGNE DI INDAGINE ESEGUITE	19
4.1 INDAGINE TOPOGRAFICA INTEGRATIVA	19
4.2 INDAGINI DIAGNOSTICHE SULLA SPALLA SINISTRA DEL PONTE STORICO.....	23
4.3 INDAGINE GEOLOGICA	27
5. ALTERNATIVE ESAMINATE E CRITERI DI PROGETTAZIONE	32
5.1 GENERALITÀ	32
5.2 CAMPATA AGGIUNTIVA IN SINISTRA PONTE STORICO	37
6. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	41
7. INSERIMENTO AMBIENTALE E PAESAGGISTICO	46
8. ESPROPRI, SERVITÙ ED OCCUPAZIONI	48
9. TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	49
10. SUDDIVISIONE IN FASI D’INTERVENTO FUNZIONALI	50
11. SPESA PREVISTA	52
12. CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE	53

RELAZIONE GENERALE DESCRITTIVA

1. PREMESSA

Nel suo tratto cittadino di Lodi, il fiume Adda è classificato di III categoria idraulica, ai sensi del D.C.P.S. n. 261 del 21/04/1947 ed è caratterizzato dal ponte con n. 8 campate ad arco, realizzato a metà del XIX secolo poco più a monte (circa 15 m) rispetto al preesistente ponte in legno del periodo napoleonico, recentemente ristrutturato a livello della struttura dell'impalcato ed ancora più recentemente arricchito di passerelle laterali in acciaio costituenti passaggi ciclopeditoni voluti per assicurare maggior spazio al traffico veicolare.

Circa 150 m a valle del ponte, allo scopo di interrompere il fenomeno di progressivo abbassamento delle quote di fondo alveo per erosione regressiva causato dal salto di meandro e relativo disalveo del “Casellario” (1976), che comportò la riduzione della lunghezza dell'asta fluviale di circa 6,5 km (dal ponte cittadino di Lodi al Casellario), venne costruita, a metà degli anni '80 del secolo scorso, una briglia in calcestruzzo ciclopico, a protezione delle fondazioni delle pile del ponte stesso.

L'evento alluvionale del 26-27 novembre 2002, sicuramente molto severo, ha mostrato la fragilità, l'insufficienza e la necessità di adeguamento sia della cinta difensiva idraulica di Lodi, sia dei manufatti interferenti, sia dei sistemi di preannuncio delle piene, sebbene il tempo di trasferimento dell'onda di piena dalla stazione idrometrografica di Ponte Briolo, sul Brembo, sia limitato, ed ascenda solo a 10 ore circa.

Sulla base di quanto stabilito dalla Legge 24/11/1997 n° 41 “Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti”, l'Amministrazione comunale di Lodi si è dotata, fin dal luglio 2001, sia dello *Studio idrologico-idraulico del tratto del fiume Adda compreso nel territorio comunale*, redatto dal Dott. Ing. Silvio Rossetti, firmatario del presente Progetto, sia di *Studio geologico-idrogeologico e sismico*, redatto dal Dott. Geol. Giovanni Bassi.

Le attività di predisposizione dei due studi si svolsero in stretta correlazione con numerose verifiche e adeguamenti. In particolare, i risultati dello Studio idrologico-idraulico, in termini di aree di esondazione e di livelli idrici connessi con gli eventi di piena di riferimento, costituirono la base conoscitiva per la suddivisione del territorio comunale in zone omogenee di fattibilità geologica, ripresa nell'ambito dello Studio geologico-idrogeologico, e per la definizione delle norme tecniche di attuazione cui ci si deve attenere per la realizzazione dello strumento urbanistico.

Lo Studio del luglio 2001, oltre a verificare nel dettaglio il limite tra le fasce "A" e "B", tra le fasce "B" e "C" ed il limite esterno di fascia "C", ha permesso di valutare le condizioni di rischio delle aree del territorio comunale classificate come *"limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C"*, così come richiesto dalle Norme di PAI, e di avanzare la proposta di nuovi limiti di progetto tra la Fascia B e la Fascia C in relazione alle risultanze della simulazione idraulica. Nel Settembre 2001 lo studio venne approvato dal Consiglio Comunale di Lodi e valse quale documento tecnico allegato alla Variante di PRG.

Tale Studio, nell'ambito del quale venne individuato il *Quadro generale degli interventi* necessari per la difesa idraulica dell'abitato di Lodi, venne discusso con tutti gli Enti interessati ed, in particolare, con l'Autorità di Bacino del Po, l'Agenzia Interregionale per il Po (AIPO) e la Regione Lombardia, che lo condivisero completamente, ritenendolo compatibile con la pianificazione a scala di bacino.

A seguito del gravosissimo evento di piena del 26 – 27 novembre 2002, si è constatata tanto la sostanziale aderenza dei risultati dello Studio del 2001 con i reali allagamenti verificatisi, che hanno interessato estese porzioni dell'abitato cittadino e che hanno procurato danni molto ingenti a livello sia di edifici residenziali, produttivi e pubblici, sia infrastrutturale (viario, opere a rete, ecc.), quanto la necessità indifferibile di dar corso alla pianificazione e alla realizzazione delle opere previste dal predetto Quadro generale degli interventi individuati per la salvaguardia del territorio comunale.

Tale Quadro prevedeva, oltre ad interventi diffusi di difesa spondale in destra ed in sinistra idrografica, a monte e a valle del Ponte Storico, l'abbassamento della briglia esistente a valle dello stesso Ponte Storico (di circa 1 m nella porzione destra e di circa 1,6 m nella porzione sinistra), la ristrutturazione del corazzamento dell'esistente isolotto fluviale a valle del Ponte e l'adeguamento del Ponte Storico mediante la realizzazione di una campata aggiuntiva in sinistra

idraulica, con l'asportazione del materiale accumulatosi nei decenni in sinistra a monte del ponte finalizzata all'apertura di un canale di alimentazione delle campate in sinistra.

Allo stato attuale, tra le opere costituenti il Quadro generale degli interventi, sono stati realizzati e collaudati i seguenti lavori:

1. Le chiaviche sulle Rogge Gaetana e Gelata e le paratoie sulla Roggia Valentina (collaudo in data settembre 2005);
2. L'arginatura in sponda destra idraulica a valle del Ponte Storico (collaudo in data gennaio 2010);
3. Il primo lotto (tratto di valle) dell'arginatura in sponda sinistra idraulica a monte del Ponte Storico (area ex SICC) (collaudo in data giugno 2010);
4. Le opere di consolidamento delle fondazioni del Ponte Storico, di abbassamento della quota di coronamento dell'esistente briglia fluviale posta a valle dello stesso Ponte Storico e di consolidamento dell'esistente Isolotto fluviale "Achilli" (collaudo in data giugno 2013);
5. L'arginatura in sponda destra a monte del Ponte Storico (collaudo in data settembre 2017).

Attualmente, inoltre, sono in avanzata fase di esecuzione gli interventi riguardanti sia il secondo lotto (tratto di monte) dell'arginatura in sponda sinistra idraulica a monte del Ponte Storico. In particolare, di questo intervento sono state ultimate e collaudate le opere relative alla difesa idraulica (collaudo delle opere strutturali e idrauliche in data dicembre 2014), mentre è ancora da realizzare la variante stradale della S.P. n. 25.

A seguito della realizzazione di tali opere, è stato considerevolmente ridotto il grado di rischio idraulico a carico di porzioni consistenti del territorio comunale ed, in considerazione di ciò, è in avanzata fase di elaborazione l'aggiornamento dello Studio idraulico a supporto del PGT.

Infine, sono in avanzata fase di esecuzione gli interventi di realizzazione della chiavica sulla roggia Molina nella zona dell'esistente impianto di depurazione e di chiusura dei fornici del rilevato della Tangenziale di Lodi.

Per il completamento del Quadro generale degli interventi necessari per la difesa idraulica dell'abitato di Lodi dovranno essere realizzate le seguenti ulteriori opere:

- a) Arginatura in sponda sinistra a valle del Ponte Storico, il cui Progetto Esecutivo è stato redatto, per conto di AIPO, dagli scriventi professionisti nel novembre 2020 ed i cui lavori sono stati appaltati da AIPO e sono attualmente in corso di realizzazione;
- b) Adeguamento del Ponte Storico, mediante la realizzazione di una campata aggiuntiva in sinistra idraulica, a cui si riferisce la presente progettazione;
- c) Riattivazione di un vecchio ramo secondario del fiume Adda in sinistra idraulica, appena a monte del Ponte Storico, con l'asportazione del materiale accumulatosi nei decenni, finalizzata al miglioramento dell'alimentazione delle campate del ponte in sinistra. Il Progetto Esecutivo di questo intervento è attualmente in avanzata fase di predisposizione da parte dei sottoscritti Professionisti per conto di AIPO.

Allo scopo di ridurre il rischio idraulico di allagamento di tutta la zona denominata *Q.re Revellino – C.na Codignola* e di completare le opere previste dal Quadro generale degli interventi in sinistra idraulica, nel gennaio 2018 venne redatto dagli scriventi, per conto di AIPO, il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica degli interventi di cui alle precedenti lettere a), b) e c), nell'ambito del quale venne definita la possibilità di suddivisione delle opere previste nelle seguenti N.3 fasi di intervento funzionale:

1. I fase di intervento funzionale

Realizzazione delle opere di difesa dagli eventi alluvionali di riferimento ($T_{RIT} = 200$ anni) dell'area urbanizzata corrispondente al Q.re Revellino, alla zona di via N. Sauro e alla zona di C.na Codignola, consistenti, in sintesi, in un'arginatura di tipo misto (rilevato in terra e muratura arginale in c.a.) e ad alcune opere minori di completamento;

2. II fase di intervento funzionale

Realizzazione di una campata aggiuntiva in sinistra idraulica dell'esistente Ponte Storico, finalizzata all'incremento del deflusso idrico attraverso il ponte;

3. III fase di intervento funzionale

Riattivazione del preesistente ramo fluviale secondario, costituente la via d'acqua di alimentazione delle campate in sinistra del Ponte Storico, attualmente poco efficaci, per via delle dinamiche di deflusso nel tratto urbano del fiume Adda.

Come detto, il Progetto Esecutivo degli interventi di I fase di intervento funzionale (punto 1. di cui sopra) è stato redatto dagli scriventi professionisti nel novembre 2020; l'intervento è stato

appaltato da AIPO e si presume che i lavori, avviati nel dicembre 2021, si concludano a febbraio – marzo 2023.

La zona dell'abitato corrispondente al Q.re Revellino, alla zona di via N. Sauro e alla zona di C.na Codignola che sarà difesa dalla realizzazione delle opere previste nel Progetto Esecutivo di I fase di intervento funzionale è tutta quella indicata nella successiva Fig. 1.1, che riporta uno stralcio della Tav. D.26.00 allegata allo Studio idraulico a supporto del PGT, in cui sono evidenziati i limiti di progetto (linea continua blu puntinata) definiti dalla pianificazione.

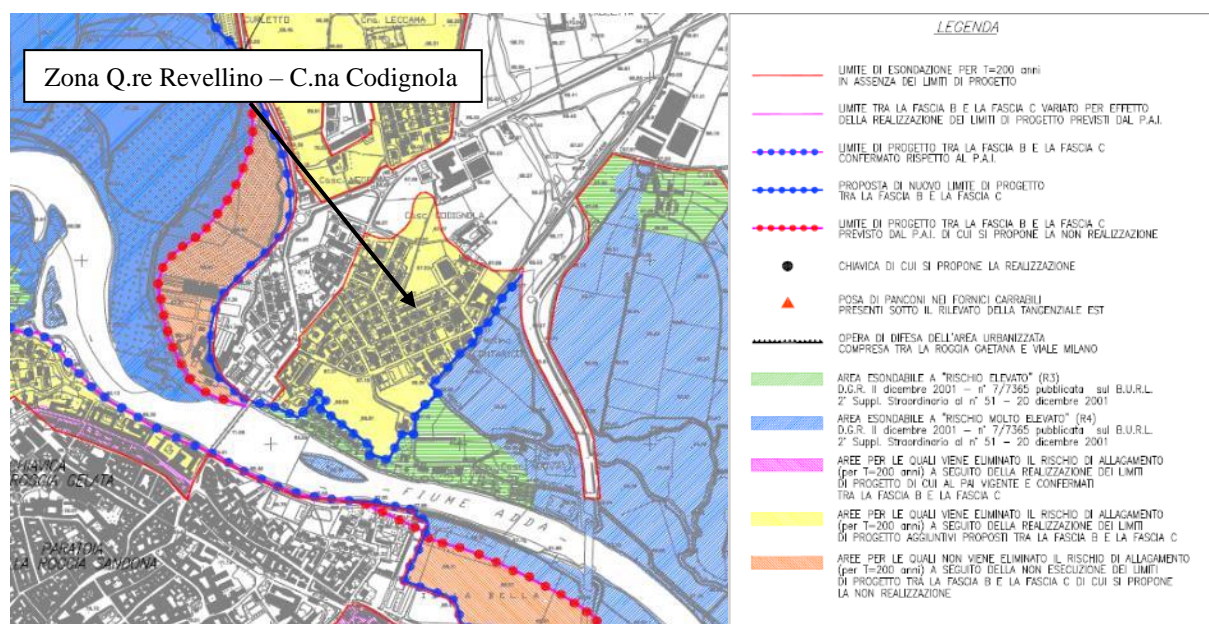


Fig. 1.1: Stralcio Tav. D.26.00, con indicazione della zona che sarà affrancata a seguito della realizzazione delle opere in progetto

I Progetti Definitivi dei lavori relativi alla II fase di intervento funzionale (punto 2. di cui sopra) ed alla III fase di intervento funzionale (punto 3. di cui sopra), che vennero rassegnati dagli scriventi nel dicembre 2021 e, rispettivamente, nel febbraio 2022, sono stati approvati da AIPO con Determina Dirigenziale n. 902 in data 02/09/2022, a seguito della positiva conclusione della Conferenza dei Servizi, nell'ambito della quale tutti gli Enti coinvolti hanno espresso parere favorevole, in alcuni casi con prescrizioni da recepire in fase di progettazione esecutiva.

In osservanza dell'art. 23 del D.Lgs. 18 aprile 2016, n. 50, il presente Progetto Esecutivo, che si riferisce ai lavori di II fase di intervento funzionale (campata aggiuntiva in sinistra idraulica del Ponte Storico), è redatto in conformità al Progetto Definitivo del dicembre 2021, determina in ogni dettaglio i lavori da realizzare, il relativo costo previsto, il cronoprogramma, è corredato da Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti in relazione al ciclo di vita ed è sviluppato

ad un livello di definizione tale da identificare ogni elemento in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo.

La realizzazione delle opere di II e III fase di intervento funzionale (punti 2. e 3. di cui sopra) consentirà il miglioramento delle condizioni di deflusso idrico attraverso il Ponte Storico, con la riduzione del rigurgito idraulico e dei livelli idrici di piena nella zona posta a monte del ponte.

1.1 RECEPIMENTO DELLE PRESCRIZIONI DI CONFERENZA DEI SERVIZI

Il Progetto Definitivo del dicembre 2021, unitamente al Progetto Definitivo delle opere di III Fase di intervento funzionale (redatto dai sottoscritti Professionisti nel febbraio 2022) è stato sottoposto a Conferenza dei Servizi, indetta con nota n. 7098 del 24/03/2022 dall'Amministrazione committente nella forma di Conferenza semplificata in modalità asincrona e conclusasi il giorno 20/05/2022 con l'approvazione dei Progetti Definitivi di II e di III Fase di intervento funzionale, come da Verbale in pari data.

Alla Conferenza sono stati invitati i seguenti Enti:

- Regione Lombardia – Giunta D.G. Territorio e Protezione Civile Difesa del suolo e gestione attività commissariali, Programmazione Interventi di difesa del suolo e Settore Programmazione Territoriale e Paesistica;
- Regione Lombardia – UTR Pavia e Lodi;
- Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po;
- Soprintendenza Archeologica Belle Arti e Paesaggio per le province di Cremona, Lodi e Mantova;
- Provincia di Lodi;
- Comune di Lodi;
- Parco Adda Sud.

Nei termini previsti, sono pervenuti i seguenti pareri:

- Provincia di Lodi – Area Tutela Ambientale (parere positivo con prescrizioni);
- Comune di Lodi – Direzione Organizzativa n.3 – Servizi Tecnici (parere positivo);
- Regione Lombardia – Direzione Generale Territorio E Protezione Civile Difesa Del Suolo e Gestione Attività Commissariali Programmazione Interventi di Difesa del Suolo (parere positivo con prescrizioni);

- Parco Adda Sud (parere positivo);
- Soprintendenza Archeologica Belle Arti e Paesaggio per le province di Cremona, Lodi e Mantova (parere positivo con prescrizioni).

Non sono pervenuti i pareri di:

- Regione Lombardia - Settore Programmazione Territoriale e Paesistica;
- Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po.

Nel seguito sono analizzate le prescrizioni contenute nei pareri favorevoli rilasciati, nonché le modalità di recepimento delle stesse nel presente Progetto Esecutivo.

Provincia di Lodi – Area Tutela Ambientale

È stato rilasciato parere favorevole, vincolato al recepimento delle seguenti prescrizioni:

1. *Dalle planimetrie in possesso dell'Amministrazione, si rileva che l'area di intervento parrebbe interessata da manufatti di scarico in gestione a SAL. Si ritiene pertanto opportuno che la Società venga coinvolta nella presente procedura al fine di verificare puntualmente eventuali interferenze.*
2. *Relativamente a quanto riportato, per entrambi gli stralci funzionali, negli elaborati denominati A.04.02 "RELAZIONE SULLA GESTIONE DELLE MATERIE", si segnala che le cave indicate come "Comune di Mairago – C2/g6/LO", "Comune di Graffignana – C7/g8/LO" e "Comune di Castiglione d'Adda – CE14/g/LO", rispettivamente riferibili agli ambiti territoriali estrattivi ATEg2, ATEg8 e ATEg3 di cui al Piano Cave provinciale approvato con D.C.R. 1131/04, non sono attualmente attive e non è possibile prevedere se saranno eventualmente attivate in tempo utile rispetto al programma degli interventi in oggetto.*

All'atto della progettazione definitiva, la consultazione dell'elenco delle cave attive sul Geoportale della Regione Lombardia, indicava i suddetti siti di cava attivi, così come risultano anche tuttora. In ogni caso, nella "Relazione sulla gestione delle materie" si sono indicati anche ulteriori siti di cava, che sono stati assunti a riferimento nel presente Progetto Esecutivo.

3. *Le analisi (test di cessione ex D.M. 05/02/98) effettuate sui n. 3 campioni prelevati dai sondaggi geognostici S1÷S3 appaiono insufficienti/inadeguate per valutare l'idoneità dei materiali al riutilizzo in sito o fuori sito, nonché per caratterizzarli come rifiuti.*

In considerazione del fatto che le opere in progetto prevedono la realizzazione di pali trivellati con uso di fango bentonitico, la caratterizzazione effettuata in fase progettuale

non sarebbe dirimente; per tale ragione, l'Amministrazione committente ha deciso di prevedere l'esecuzione della caratterizzazione delle terre e rocce da scavo in fase esecutiva, in modo da tener conto delle caratteristiche dei fanghi per l'attribuzione del corretto codice CER ed accertare l'effettiva possibilità di un loro riutilizzo in sito o fuori sito, ovvero caratterizzarle correttamente come rifiuti.

Regione Lombardia – Direzione Generale Territorio E Protezione Civile Difesa Del Suolo e Gestione Attività Commissariali Programmazione Interventi di Difesa del Suolo

È stato rilasciato parere favorevole, vincolato al recepimento delle seguenti prescrizioni:

1. *Si chiede di valutare la possibilità di aumentare l'importo degli oneri di sicurezza.*

Il presente Progetto Esecutivo è corredato di Piano di Sicurezza e Coordinamento, nell'ambito della cui predisposizione sono stati stimati analiticamente gli oneri di sicurezza mediante stima dettagliata ai sensi del Capitolo 4 dell'Allegato XV al D.Lgs. 81/2008 (Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro).

2. *Si chiede di definire con maggiore dettaglio le modalità di allontanamento del materiale derivante dalle demolizioni con riferimento al prezzario regionale.*

Come prescritto dai recenti disposti normativi, la stima economica allegata al presente Progetto Esecutivo è stata effettuata sulla base del Prezzario regionale del luglio 2022, in particolare prevedendo le voci prestazionali 1C.01.030.0020.a e 1C.01.030.0040.a per le demolizioni di murature in mattoni pieni e, rispettivamente, di strutture e murature in cemento armato, che recitano:

1C.01.030.0020.a – Demolizione di muratura in mattoni pieni, pietrame, miste, totale o parziale, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza, con relativi intonaci e rivestimenti, con l'impiego di attrezzature meccaniche adeguate alla dimensione della demolizione, compreso ogni intervento manuale, per tagli di murature, aperture vani porte e finestre, fori passanti, sottomurazioni e qualsiasi altro scopo. Compresa la movimentazione con qualsiasi mezzo manuale o meccanico nell'ambito del cantiere, il carico ed il trasporto alle discariche autorizzate. Esclusi gli oneri di smaltimento.

1C.01.030.0040.a – Demolizione di strutture e murature in cemento armato, compreso il taglio dei ferri di armatura, totale o parziale, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza, con relativi intonaci e rivestimenti, con l'impiego di attrezzature meccaniche adeguate alla dimensione della demolizione, compreso ogni intervento manuale, per tagli di murature, aperture vani porte e finestre, fori passanti, sottomurazioni e qualsiasi altro scopo. Compresa la movimentazione con qualsiasi mezzo manuale o meccanico nell'ambito del cantiere, il carico ed il trasporto alle discariche autorizzate. Esclusi gli oneri di smaltimento.

In sintesi, pertanto, il materiale proveniente dalle demolizioni, sarà caricato su autocarro e trasportato alle pubbliche discariche autorizzate.

Soprintendenza Archeologica Belle Arti e Paesaggio per le province di Cremona, Lodi e Mantova

1. *La parziale demolizione della spalla in muratura dovrà limitarsi alla porzione strettamente necessaria al raggiungimento delle dimensioni di progetto del nuovo fornice; inoltre tale operazione dovrà essere condotta adottando tutte le cautele del caso volte a impedire danneggiamenti al manufatto esistente.*

Dall'esame delle tavole grafiche allegate al presente Progetto, emerge come la porzione lato fiume dell'esistente spalla sinistra del Ponte Storico non sarà demolita. Inoltre, a salvaguardia del manufatto esistente, allo scopo di impedire danneggiamenti, è prevista la realizzazione dei n.3 ordini di berlinesi di pali di diametro pari a 240 mm (n.1 berinese di pali verticali accostati; n.1 ordine di pali verticali posti ad interasse 125 cm; n.1 ordine di pali inclinati di 22,5° sulla verticale posti ad interasse 125 cm).

2. *Gli elementi e i materiali di finitura siano preventivamente condivisi con questo Ufficio sulla base di campionature.*

Nelle tavole grafiche di progetto sono indicati gli elementi e i materiali di finitura, che sono stati previsti in omogeneità al muro d'argine esistente a monte del Ponte Storico. In particolare, lungo la parete verticale sinistra (lato terrapieno) del nuovo fornice è prevista la realizzazione, a sbalzo, della prosecuzione della pista ciclopedonale di monte; la parte superiore della parete rispetto alla pista sarà rivestita con elementi di mattoni paramano, mentre la parte inferiore sarà rivestita con lastre in granito, tipo bianco sardo.

Tali tipologie di rivestimento sono state condivise con gli Uffici della Soprintendenza.

3. *Gli scavi e i movimenti di terra previsti da progetto, ma ad eccezione di quelli in alveo, siano eseguiti con l'assistenza di operatori archeologi specializzati ai sensi dell'art. 9-bis del D. Lgs. n. 42/2004 ss.mm.ii. operanti sotto la direzione scientifica di questo Ufficio ai sensi dell'art. 88, co. 1 del medesimo Decreto.*

Nelle somme a disposizione dell'Amministrazione è stato inserito un importo per la sorveglianza archeologica in fase di scavo e movimenti terra.

2. INQUADRAMENTO GENERALE ED OBIETTIVI

Con Deliberazione n. 1 in data 11 maggio 1999 l'Autorità di Bacino del Fiume Po ha adottato il “*Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*” (PAI) – pubblicato sulla G.U. n. 175 del 28 luglio 1999 ed ha inviato ai Comuni interessati il Progetto di Piano per l'applicazione delle norme di salvaguardia.

Al termine di una complessa procedura di approvazione, con la pubblicazione del DPCM del 24/05/2001 sulla G.U. n. 183 dell' 8/8/2001, il PAI è entrato definitivamente in vigore, dispiegando tutti i suoi effetti normativi.

Il fiume Adda è inserito tra i principali corsi d'acqua per i quali il PAI individua tre Fasce di competenza fluviale (denominate “A”, “B” e “C”) a differente grado di pericolosità idraulica ed individua le aree urbanizzate che è necessario proteggere dalle esondazioni per gli eventi di piena di riferimento, contrassegnandole con l'apposito segno grafico “*Limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*”.

Le Norme PAI (art. 31, comma 5) stabiliscono che i Comuni “sensibili” nei quali ricadono aree classificate come “*Limite di progetto*”, sono tenuti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, a valutare le condizioni di rischio e ad applicare, anche parzialmente, fino all'avvenuta realizzazione e collaudo delle opere, gli articoli delle norme relative alla Fascia B. Il Comune di Lodi, in ordine a ciò, ha ridefinito lo scenario di rischio idraulico per tutto il territorio comunale nell'ambito della redazione del PGT (2010), cui è allegato lo Studio Idraulico (ultimo aggiornamento gennaio 2010) predisposto dal sottoscritto Dott. Ing. Silvio Rossetti, che ha rappresentato, di fatto, l'aggiornamento dei precedenti studi sviluppati nel 2001 e nel 2005 dallo stesso professionista quali documenti tecnici allegati alla Variante di PRG.

Sulla scorta di tale studio idraulico, fin dalla sua stesura originaria (2001), anche a seguito del gravosissimo evento di piena del 26-27 novembre 2002, sono state avviate dal Comune di Lodi le procedure per la realizzazione di una serie di opere idrauliche aventi la finalità di proteggere le aree urbanizzate a rischio di esondazione dagli eventi alluvionali dell'Adda.

Più precisamente, come detto, allo stato attuale sono stati realizzati e collaudati: le chiaviche sulle Rogge Gaetana e Gelata e le paratoie sulla Roggia Valentina; gli interventi di arginatura in sponda sinistra idraulica a monte del Ponte Storico ed in destra idraulica, sia a monte, che a valle del ponte; le opere di abbassamento della quota di coronamento dell'esistente briglia fluviale a valle del Ponte Storico.

A seguito della realizzazione delle opere citate è stato considerevolmente ridotto il grado di rischio idraulico a carico di porzioni consistenti del territorio comunale.

Attualmente, risultano ancora in condizioni di rischio idraulico tutto il Q.re “*Selvagreca*” (denominato anche “*Zona Laghi*”), situato in sponda destra del fiume Adda, a valle del Ponte Storico, nonché la zona denominata *Q.re Revellino – C.na Codignola*, situata in sponda sinistra di Adda, a valle del Ponte Storico.

Per la salvaguardia della zona corrispondente al Q.re “*Selvagreca*”, è stato previsto l’intervento di “*Realizzazione della chiavica sulla roggia Molina e delle opere complementari*”, progettato dai sottoscritti professionisti per conto dell’Amministrazione comunale di Lodi ed attualmente in avanzata fase di costruzione.

Per la difesa idraulica della zona denominata *Q.re Revellino – C.na Codignola*, è stata prevista la realizzazione delle opere di difesa spondale oggetto del Progetto Esecutivo redatto dai sottoscritti professionisti nel novembre 2020 per conto di AIPO, che costituisce la I fase di intervento funzionale del più ampio intervento previsto nel Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, redatto dagli stessi professionisti per conto di AIPO nel gennaio 2018.

Con la costruzione delle opere previste nel Progetto Esecutivo degli interventi di I Fase di intervento funzionale, redatto dagli scriventi professionisti nel novembre 2020, appaltato da AIPO nel 2021 ed attualmente in corso di realizzazione, sarà raggiunto l’obiettivo dell’affrancamento dal rischio di allagamento alluvionale di tutta la zona denominata *Q.re Revellino – C.na Codignola* del comune di Lodi.

Nel PFTE del gennaio 2018, oltre alle opere di difesa spondale a protezione dell’abitato corrispondente al *Q.re Revellino* e alla zona di *C.na Codignola*, si sono previste le seguenti opere, finalizzate alla riduzione dell’effetto di rigurgito provocato dalle pile dell’esistente Ponte Storico:

1. Apertura di una campata aggiuntiva in sinistra idraulica del Ponte Storico;
2. Pulizia d’alveo in sinistra idraulica immediatamente a monte del Ponte Storico e riapertura del preesistente ramo fluviale secondario.

In effetti, dall’analisi del gravosissimo evento di piena del novembre 2002 è risultato chiarissimo l’effetto della struttura del Ponte Storico sulle modalità e sulle caratteristiche di allagamento. La struttura del Ponte, infatti, la cui costruzione risale alla metà del XIX secolo, è costituita da N.9 campate, ciascuna di ampiezza pari a circa 16 m separate tra loro da N.8 pile

in alveo di larghezza pari a circa 3 m. Una simile struttura, unitamente all'importante restringimento, poco a valle, del corso dell'Adda culminante nella zona dell'Isola Bella (evidenziato anche dalle fasce di PAI), induce, per la sua stessa conformazione, un significativo fenomeno di rigurgito verso monte, tanto maggiore quanto maggiore è il valore della portata in transito. A questo proposito, dai riscontri visivi e topografici eseguiti nel corso dell'evento di piena del 2002 e nei giorni immediatamente successivi, è emerso che la differenza di quota tra i massimi livelli idrici verificatisi appena a monte e appena a valle del ponte è risultata pari a circa 130 cm (quota livello idrico di valle 68,00 m slm – quota livello idrico di monte 69,30 m slm). Tali riscontri si sono dimostrati in ottimo accordo con i risultati della modellazione idraulica 2D alla base dello Studio idraulico del 2001, dalla quale erano emerse con chiarezza le caratteristiche della dinamica del deflusso di piena nella zona del Ponte Storico.

In particolare, il Ponte Storico di Lodi è situato appena a valle di un'ampia curva verso sinistra del corso del fiume Adda e, per questa ragione, la corrente nella zona del ponte è concentrata in destra idraulica, con gran parte del deflusso che avviene attraverso le prime quattro campate. È significativo rilevare che tale caratteristica di deflusso si è accentuata dopo la costruzione, a metà degli anni '80 del secolo scorso, della briglia fluviale a valle del Ponte Storico, resasi necessaria allo scopo di stabilizzare il fondo alveo nella zona del ponte ed impedire che l'effetto dell'erosione regressiva innescata dalla rotta del "Casellario", con il salto del meandro di "Soltarico", si propagasse fino a minare le fondazioni delle pile. Tale briglia, infatti, essendo stata costruita con quota sommitale in sinistra idraulica maggiore di 65 cm rispetto alla destra, ha contribuito a concentrare il deflusso nella porzione destra dell'alveo.

La presenza della briglia, inoltre, ha comportato un significativo rallentamento della corrente nella zona del ponte, con l'instaurarsi di condizioni favorevoli al sovralluvionamento in sponda sinistra (sponda interna), che, negli anni, ha portato al progressivo interrimento del preesistente ramo fluviale secondario, di cui, ancora oggi, sono evidenti le tracce.

Più nello specifico, in passato, nel tratto posto immediatamente a monte del Ponte Storico, il corso del fiume Adda si separava in due rami, separati da un'isoletta: un ramo principale, ancora oggi attivo, ed un ramo secondario, che – a seguito del predetto fenomeno di sovralluvionamento – si è progressivamente ridotto, creando una lanca (Lanca SICC) di ampiezza via via sempre più contenuta.

Il ramo secondario preesistente risulta chiarissimo dall'esame della cartografia storica IGM, di cui si riporta uno stralcio in Fig. 2.1.

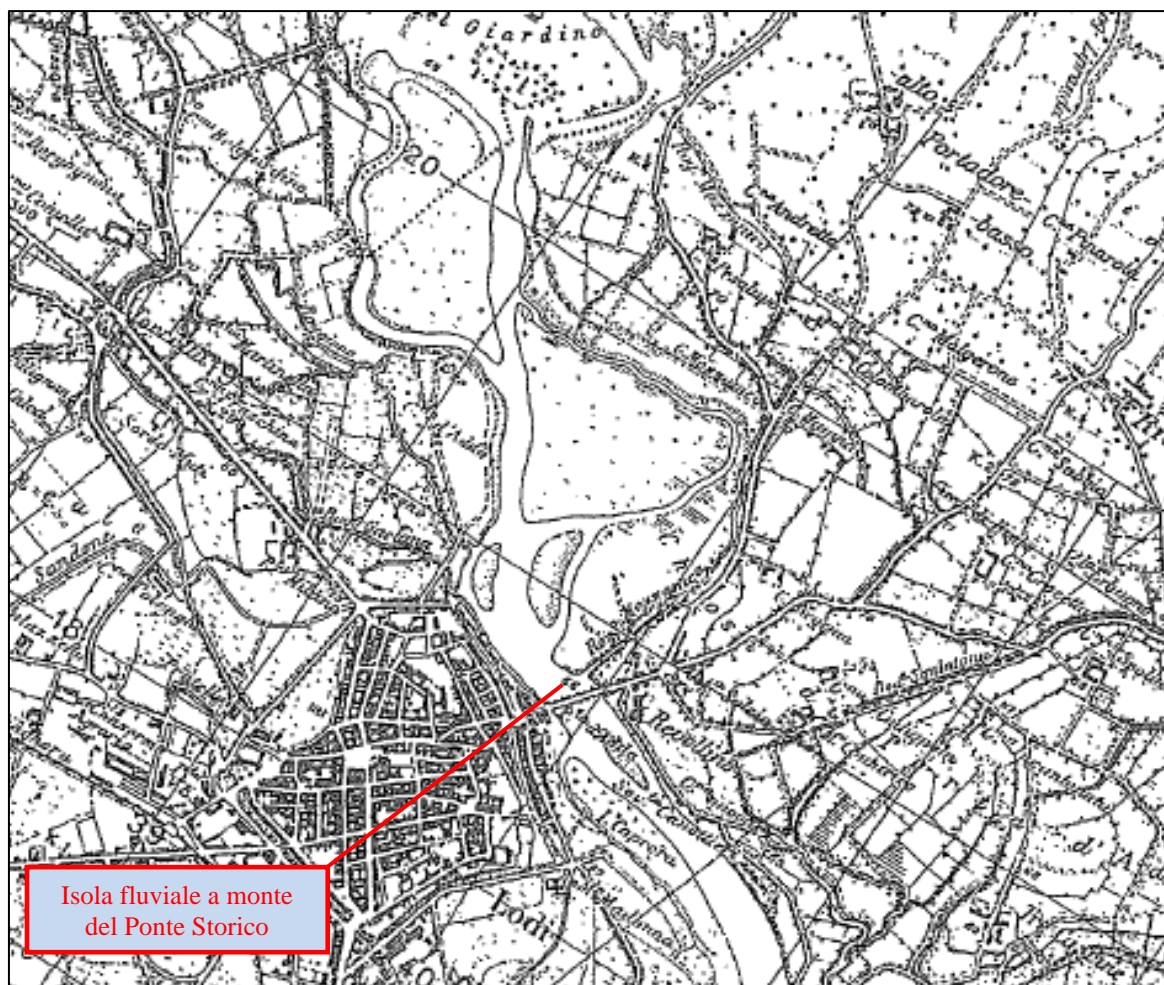


Fig. 2.1: Stralcio cartografia IGM anno 1889 – agg. 1921, 1959

Dalle foto aeree (Fig. 2.2) risultano evidenti la forma e le dimensioni dell'isola, sulla cui area la vegetazione risulta più datata, con la presenza di un vero e proprio bosco con alberature d'alto fusto. Evidenze che appaiono palesi sul posto, con chiare differenze di quota e con l'area dell'isola che si presenta a quote terreno più elevate rispetto a quelle della zona del vecchio ramo secondario.

Con il progressivo interrimento del ramo secondario, il deflusso si è sempre di più concentrato in sponda destra, tanto che oggi il contributo delle campate in sinistra idraulica risulta molto limitato. Dai riscontri eseguiti sul posto nell'ambito dei numerosi sopralluoghi effettuati in occasione di differenti regimi idraulici, è risultata evidente l'entità di tale contributo, la cui modestia è intuibile anche dal semplice esame della foto aerea (Fig. 2.3), da cui si evince la linearità della linea di deflusso in destra (linea blu) e, al contrario, la tortuosità di quella in sinistra (linea rossa).

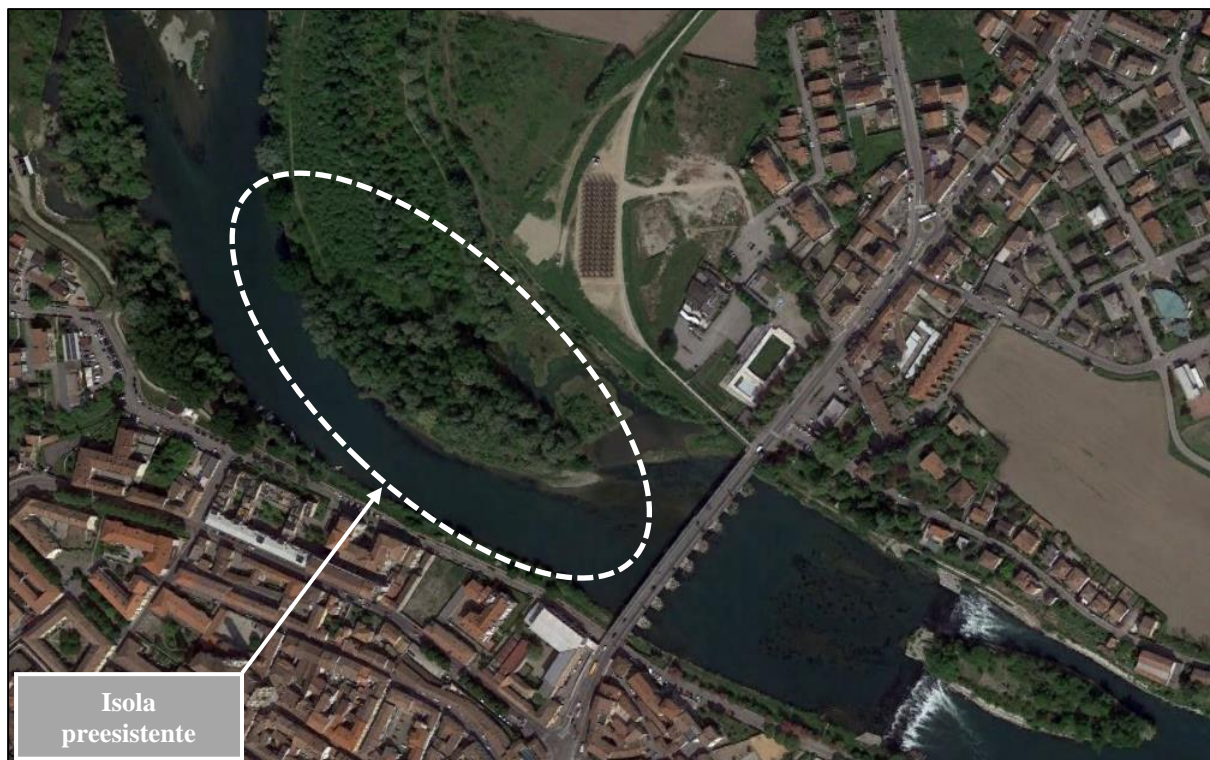


Fig. 2.2: Foto aerea della zona del Ponte Storico con l'indicazione dell'isola preesistente

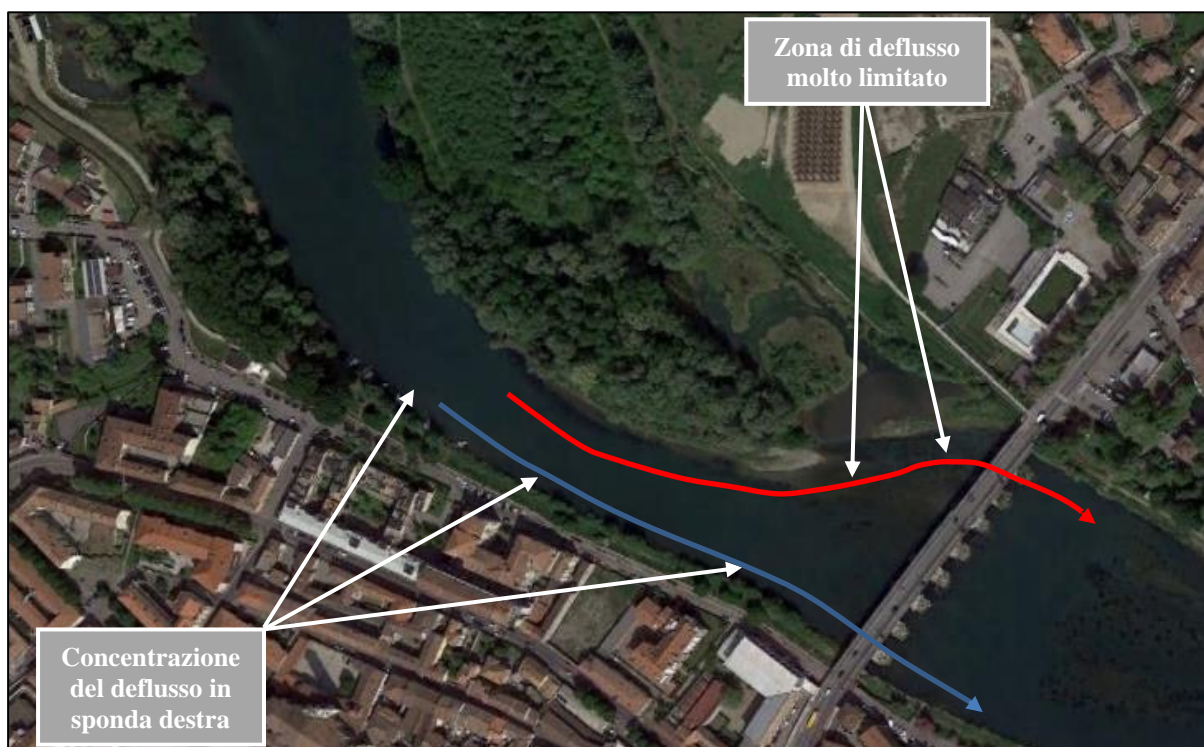


Fig. 2.3: Foto aerea della zona del Ponte Storico con l'indicazione delle linee di deflusso

Sulla base di tutte tali considerazioni e stante la scelta del mantenimento del Ponte Storico, in sede di pianificazione originaria si è deciso di perseguire l'**obiettivo della riduzione dell'effetto di rigurgito provocato dalle N.8 pile in alveo del Ponte Storico**, mediante l'incremento della capacità di deflusso in corrispondenza del ponte stesso, da ottenere parzialmente a seguito dei lavori di abbassamento della quota di coronamento dell'esistente briglia fluviale a valle del Ponte Storico (lavori già realizzati e collaudati nel 2013) e parzialmente mediante l'apertura di una campata aggiuntiva del ponte in sinistra idraulica.

Tuttavia, a causa dell'ubicazione del Ponte Storico in corrispondenza di un'importante curva verso sinistra del fiume Adda e dell'interrimento del preesistente ramo fluviale secondario, la sola apertura della campata aggiuntiva in sinistra idraulica risulterebbe di efficacia solo parziale in termini di contributo al deflusso idrico.

Per tale ragione, allo scopo sia di rendere più efficace l'apertura della campata aggiuntiva, sia di incrementare il deflusso attraverso le esistenti campate in sinistra, si è prevista la riapertura del preesistente ramo fluviale secondario, ricreando la vecchia via d'acqua, attraverso la quale si realizzi un flusso idrico direttamente indirizzato verso la parte sinistra del ponte (Fig. 2.4), in modo che quest'ultima venga alimentata con maggiore efficacia rispetto alle condizioni attuali.

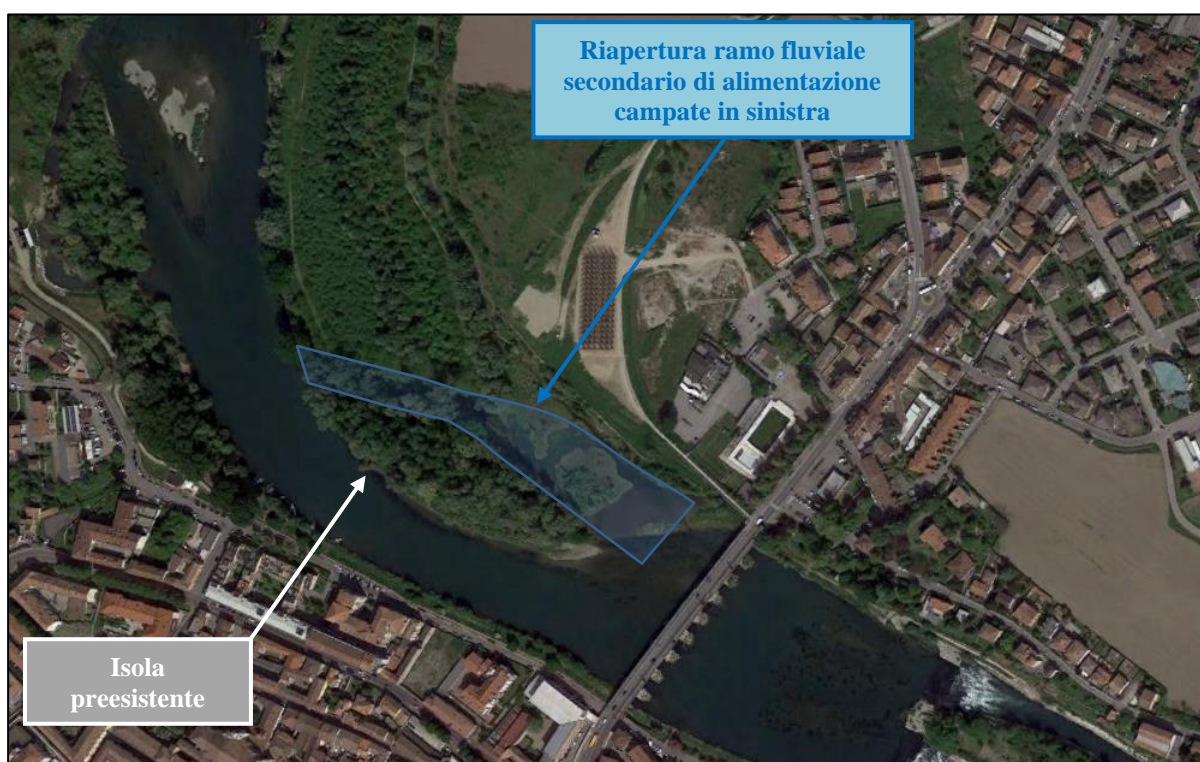


Fig. 2.4: Foto aerea zona Ponte Storico con indicazione del ramo fluviale di prevista riapertura

Con la modellazione 2D eseguita nell'ambito dello Studio idraulico condotto per conto dell'Amministrazione comunale di Lodi, si sono potuti verificare non solo gli effetti del complesso delle opere costituenti *Quadro generale degli interventi*, una volta ultimato, ma anche di ciascuna di tali opere, in termini sia di estensione delle aree poste in salvaguardia idraulica, sia di variazioni del massimo livello idrico di piena.

Ebbene, con riferimento al tratto di fiume Adda ricompreso nel territorio comunale di Lodi e posto a monte del Ponte Storico, si è verificato che:

- la riduzione del livello idrico al colmo di piena di riferimento ($T = 200$ anni) conseguente all'abbassamento della briglia fluviale a valle del Ponte Storico (opera già realizzata), all'apertura della campata aggiuntiva in sinistra idraulica del ponte e alla riapertura del preesistente ramo fluviale secondario di alimentazione della porzione sinistra del ponte stesso è pari a circa 20 cm;
- l'incremento di livello idrico al colmo di piena di riferimento ($T = 200$ anni) conseguente alla realizzazione delle difese spondali in destra e sinistra idraulica e, quindi, alla riduzione delle zone allagate, è pari a circa 10 – 15 cm.

Con la realizzazione delle opere previste nel presente Progetto Esecutivo delle opere di II Fase di intervento funzionale, unitamente a quelle oggetto di III Fase, attualmente in corso di progettazione esecutiva, pertanto, oltre all'importante miglioramento delle condizioni generali di deflusso nella zona del Ponte Storico di Lodi, si ottiene l'obiettivo di **compensare l'incremento del massimo livello idrico di piena** a monte del ponte stesso **conseguente alla realizzazione delle opere di difesa passiva** previste dalla pianificazione ed in larghissima parte già costruite.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E ACCESSIBILITÀ

L'area interessata dall'intero intervento previsto dal PFTE del gennaio 2018 e dal PD del novembre 2020 è ubicata nella zona settentrionale di Lodi, in sponda sinistra idrografica del fiume Adda e corrispondente (Fig. 3.1):

- a valle del Ponte Storico, alla porzione del *Quartiere Revellino*, di forma grosso modo triangolare, compresa tra il fiume Adda a sud, il rilevato della Tangenziale di Lodi ad est e la via F. Cavallotti ad ovest. È questa la zona interessata dalla realizzazione delle opere previste nel Progetto Esecutivo di I Fase di intervento funzionale (novembre 2020) ed attualmente in corso di realizzazione;
- alla zona di raccordo tra il Ponte Storico e via F. Cavallotti, interessata dalla realizzazione delle opere previste nel presente Progetto Esecutivo;
- a monte del Ponte Storico, a tutta l'area situata a lato fiume rispetto all'esistente arginatura realizzata circa 10 anni or sono in zona ex SICC. È questa la zona interessata dalla realizzazione delle opere previste nel Progetto Esecutivo di III Fase di intervento funzionale, attualmente in fase di avanzata elaborazione.

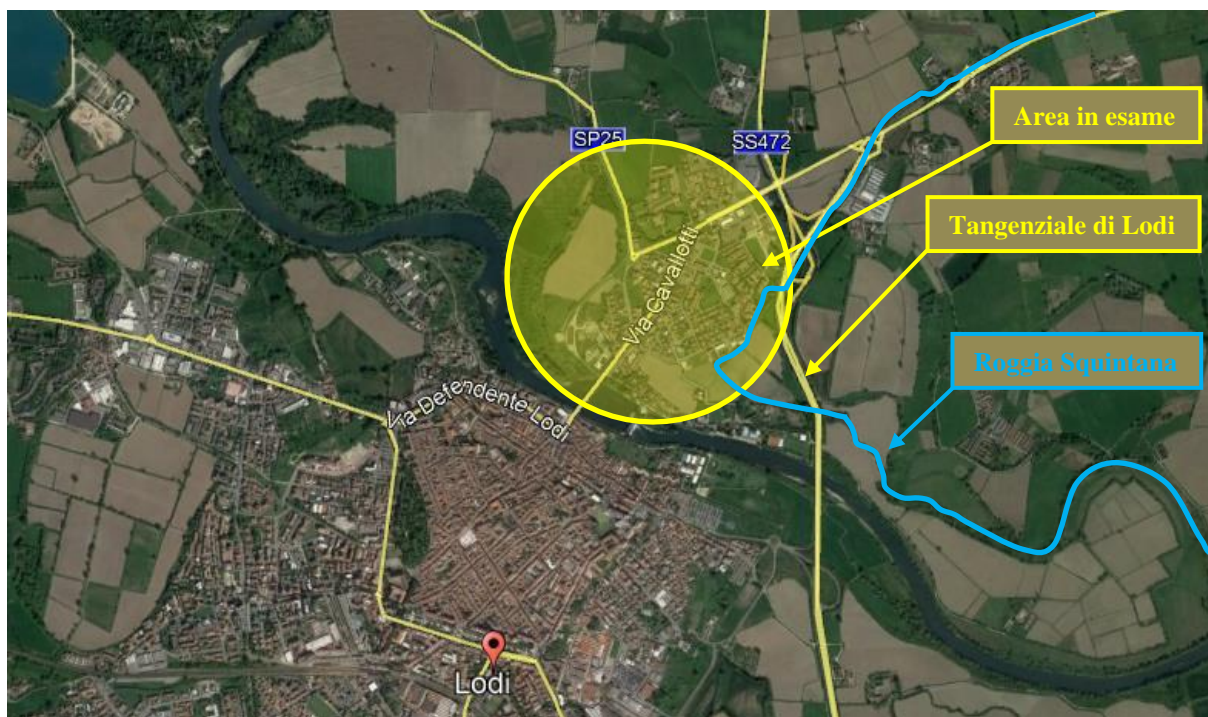


Fig. 3.1: Foto aerea dell'abitato di Lodi con l'indicazione dell'area in esame

Come detto, l'area a monte del Ponte Storico, corrispondente alla porzione d'alveo di Adda che, nel corso dei decenni successivi alla costruzione della briglia fluviale, realizzata allo scopo

di proteggere il Ponte stesso dal fenomeno di erosione e abbassamento del fondo alveo innescato dal salto del meandro di Soltarico in Loc. Casellario, è stata interessata da un consistente deposito di materiale, che si è tradotto nella progressiva occlusione del preesistente ramo sinistro del fiume, il cui tracciato è ancora ben evidente dalla foto aerea (in azzurrino nella Fig. 3.2).

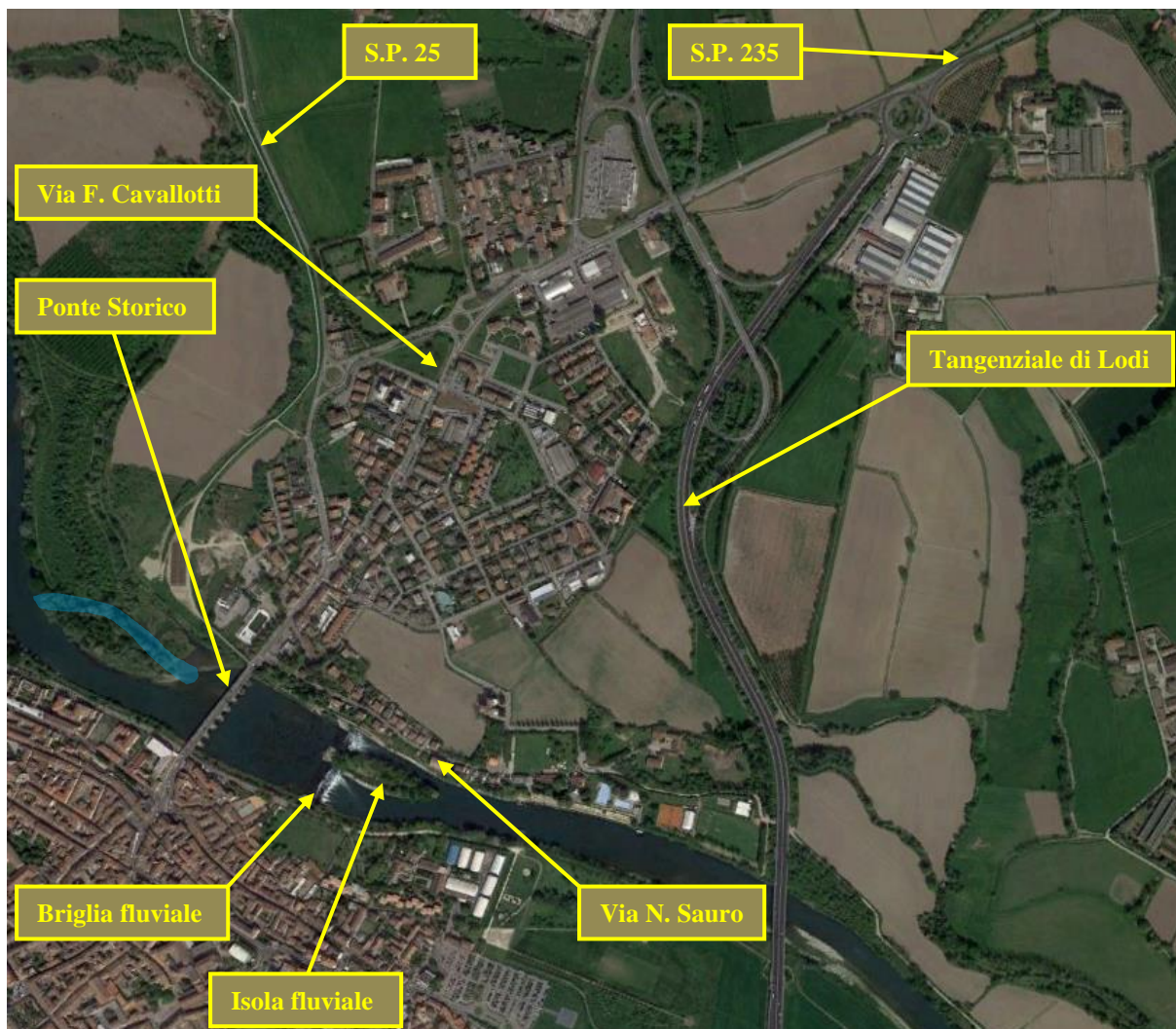


Fig. 3.2: Accessibilità alla zona in esame

La zona è accessibile, provenendo dall'esterno:

- dalla S.P. 235 – direzione Crema;
- dalla S.P. 25 – direzione Boffalora d'Adda;
- dalla tangenziale di Lodi.

Provenendo dall'interno della città, la zona è raggiungibile percorrendo il Ponte Storico (via F. Cavallotti).

4. DATI ESISTENTI E CAMPAGNE DI INDAGINE ESEGUITE

4.1 INDAGINE TOPOGRAFICA INTEGRATIVA

Allo scopo di caratterizzare nel dettaglio la morfologia e l'orografia del territorio nella zona in esame e di definire qualitativamente e quantitativamente le esigenze di difesa idraulica dagli eventi alluvionali, è stata eseguita una campagna di rilievo topografico di dettaglio interessante l'area posta a valle del Ponte Storico, che ha permesso di correlare i livelli di piena di riferimento attesi con l'andamento planoaltimetrico del terreno e delle infrastrutture e costruzioni esistenti, in modo da fornire gli elementi indispensabili per la definizione delle strategie di difesa e l'individuazione delle opere conseguenti. In particolare, è stato assunto un punto quale caposaldo di riferimento, a cui appoggiare tutte le battute topografiche, costituito dal caposaldo esistente sul coronamento dell'esistente muretto vincolato al lato di valle della spalla destra del Ponte Storico (Fig. 4.1), materializzato dall'Amministrazione comunale di Lodi per il monitoraggio nel tempo degli spostamenti delle strutture del Ponte Storico.



Fig. 4.1: Ubicazione caposaldo di riferimento – Quota assoluta 69,85 m s.l.m.

Tale caposaldo è quello al quale è stata riferita tutta la modellazione eseguita nell'ambito della simulazione mono e bi-dimensionale degli eventi di piena critici del fiume Adda a Lodi effettuata con lo *Studio idrologico-idraulico del tratto del fiume Adda compreso nel territorio comunale*.

Sono stati, inoltre, materializzati numerosi altri caposaldi di verifica in corrispondenza di punti ritenuti attendibili, in quanto riferiti a punti fissi non alterabili nel tempo a causa di lavori, o assestamenti. Il rilievo topografico è stato eseguito con la seguente strumentazione:

- Stazione Totale Leica FlexLine TS06plus (Art. No.: 796967) (S. No.: 1373084) (Equip. No.: 5762404), le cui caratteristiche sono riportate in Tab. 4.1;

- Smart antenna Leica Viva GS08plus, le cui caratteristiche sono riportate in Tab. 4.2;
- Controller CS10, le cui caratteristiche sono riportate in Tab. 4.3.

Misure Angolari (Hz, V)	
Precisione	1" (0.3 mgon) / 2" (0.6 mgon) 3" (1 mgon) / 5" (1.5 mgon) 7" (2 mgon)
Metodo	Assoluto, continuo, diametrico
Risoluzione display	0.1" / 0.1 mgon / 0.01 mil
Compensazione	Quadri-Assiale
Precisione Compensatore	0.5" / 0.5" / 1" / 1.5" / 2"
Misura della Distanza (Prisma)	
Portata con prisma Circolare (Leica GPR1)	3.500 m
Portata con nastro Riflettente (60 mm x 60 mm)	>500 m <1.000 m
Portata Prism-Long (Leica GRP1, R500/R1000)	>10.000 m
Precisione	Precisa +: 1.5 mm + 2 ppm Precisa Rapida: 2.0 mm + 2 ppm Tracciamento: 3.0 mm + 2 ppm
Tempo di Misura Tipico	1.0 s
Misura della Distanza (No-Prisma)	
Portata PinPoint R500/R1000	>500 m / >1.000 m
Precisione	2 mm + 2 ppm
Dimensione Spot Laser	A 30 m: ca. 7 x 10 mm / A 50 m: ca. 8 x 20 mm
Registrazione Dati / Comunicazioni	
Memoria Interna	Max.: 100.000 punti - Max.: 60.000 misure
Formato dati	GSI/DXF/LandXML/CSV/Formati ASCII definiti dall'utente
Guida Laser (EGL)	
Portata Operativa (condizioni atm medie)	5 m - 150 m
Precisione di posizionamento	5 cm a 100 m
Cannocchiale	
Ingrandimenti	3x
Risoluzione	3"
Campo Visivo	1° 30' (1.66 gon) 2.7 m a 100 m
Portata messa a fuoco	Da 1.7 m all'infinito
Reticolo	Illuminato, 10 livelli di luminosità
Tastiera e Display	
Tastiera e Display	Tastiera Alfanumerica Completa con display in Bianco/Nero ad alta risoluzione, Grafica, 160 x 288 pixel, display illuminazione, 5 livelli di luminosità
Posizione	Faccia I, Faccia II
Sistema Operativo	
Windows CE	Core 5.0
Piombo Laser	
Tipo	Laser, 5 livelli di luminosità
Precisione	Da 1.5 mm a 1.5 m
Alimentazione	
Tipo	Ioni di Litio
Durata operativa	Circa 30 ore
Peso	
Stazione Totale batteria e basamento inclusi	5.1 kg
Specifiche Ambientali	
Temperatura operativa	Da -20° C a +50° C
Polvere / Acqua (IEC 60529) Umidità	IP55, 95%, senza condensa

Tab. 4.1: Caratteristiche Stazione totale Leica Flex TS06plus

PRESTAZIONI GNSS

Tecnologia GNSS	Leica SmartTrack	Motore di misurazione avanzato
Leica SmartCheck	Controllo continuo della soluzione RTK	Affidabilità al 99,95%
Tracciamento del segnale		GPS (L1, L2, L2C), Glonass (L1, L2), SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN)
Numero di canali		120 (fino a 60 satelliti simultaneamente su due frequenze)

PRESTAZIONI E PRECISIONE DELLA MISURA¹

Tempo di inizializzazione		Tipicamente 6 s
Real-time cinematico (conforme allo standard ISO17123-8)	Base singola RTK Network	Orizz.: 10 mm + 1 ppm / Vert.: 20 mm + 1 ppm Orizz.: 10 mm + 0,5 ppm / Vert.: 20 mm + 0,5 ppm
Post elaborazione	Statico (fase), lunghe osservazioni Statico e Statico rapido (fase)	Orizz.: 3 mm + 0,5 ppm / Vert.: 6 mm + 0,5 ppm Orizz.: 5 mm + 0,5 ppm / Vert.: 10 mm + 0,5 ppm
Differenza di codice	DGPS / RTCM	Tipicamente 25 cm

COMUNICAZIONI

Porte di comunicazione	Lemo Bluetooth®	Collegamento USB e seriale RS232 Bluetooth® v2.00 + EDR, classe 2
Protocolli di comunicazione	Protocolli dati RTK Rete RTK	Leica, Leica 4G, CMR, CMR+, RTCM 2.2, 2.3, 3.0, 3.1, 3.2 MSM VRS, FKP, iMAX, MAC (RTCM SC 104)
Collegamenti dati integrati ²	3.75G GSM / UMTS / CDMA Modem 3.75G GSM / UMTS / CDMA Modem UHF modem telefono Modem UHF	Completamente integrata, antenna interna Completamente integrata, riceve e trasmette, antenna esterna 403 - 470 MHz, potenza di uscita 1 W
Comunicazione dati esterna		Modem GSM / GPRS / UMTS / CDMA Bluetooth

DATI GENERALI

Controller e software	Software Leica Captivate Software Leica SmartWorx Viva	Controller Leica CS20 Controller Leica CS10 e CS15
Interfaccia utente	Pulsanti e LED	Pulsante On / Off, 3 LED di stato
Registrazione dati	Memorizzazione ³ Tipo dati e velocità di registrazione	Scheda SD rimovibile (8 GB) Dati raw GNSS Leica e dati RINEX fino a 5 Hz
Alimentazione	Alimentazione interna Alimentazione esterna Durata ⁴	Batterie Li-Ion ricaricabili e rimovibili (2,6 Ah / 7,4 V) Nominale 12 V DC; intervallo ammesso 10,5 - 28 V DC 8 h GNSS 7 h ricezione dati RTK con modem CS
Peso e Dimensioni	Peso Diametro x Altezza	0,7 kg (GS08plus) / 2,70 kg configurazione rover RTK su palo 186 mm x 71 mm
Condizioni ambientali	Temperatura Caduta Protezione contro acqua, sabbia e polvere Vibrazioni Umidità Shock	da -40 a 65°C (Stoccaggio: da -40 a 80°C) Resistente a ribaltamenti da palina di 2.0 m su superfici dure IP68 (IEC60529 / MIL STD 810G 506.5 I / MIL STD 810G 510.5 I / MIL STD 810G 512.5 I) Resistente alle forti vibrazioni (ISO9022-36-05 / MIL STD 810G 514.6 Cat.24) 100% (ISO9022-13-06 / ISO9022-12-04 / MIL STD 810G 507.5 I) 40 g / dai 15 ai 23 ms (MIL STD 810G, metodo 516.6 I)

Tab. 4.2: Caratteristiche Smart Antenna Leica Viva GS08plus

SPECIFICHE HARDWARE		CS10
Palmare ergonomico senza fili		
Sistema operativo	Windows CE 6.0	✓
Display	8,9 cm (3,5 pollici) 640 x 480 pixel (VGA) a colori TFT, touch screen, display leggibile alla luce del sole con retroilluminazione a LED	Verticale
Input/Output	Slot SD (SDIO), connettore personalizzato 5-pin (USB) Modulo RS232: RS232, USB A Host, USB Mini AB OTG, connettore 7-pin, alimentazione Modulo Lemo: Lemo (USB e seriale), USB A, connettore 7-pin, alimentazione	✓ ○ ○
Interfaccia	Touch screen, palmare ergonomico senza fili con tastiera numerica/alfanumerica, tastiera virtuale	numerica 26 tasti
Processore	Freescale i.MX31 533 MHz ARM Core	✓
Memoria di sistema	512 MB DDR SDRAM	✓
Memoria Flash	1 GB (NAND Flash non volatile)	✓
Audio	Microfono e altoparlante integrati e sigillati Supporto audio Bluetooth®	✓ ✓
LED	Led di stato batteria e Bluetooth®	✓
Connettività wireless	Bluetooth® 2.0 Classe 2 Radio per stazione totale 2.4 GHz Modulo integrato GSM/UMTS 3.5G con antenna interna completamente integrata Wireless LAN 802.11b/g	✓ ✓
SOFTWARE		
Software applicativo	Il controller Viva ospita Leica SmartWorx Viva. Sono inoltre disponibili software onboard sviluppati per specifiche applicazioni locali. Per ulteriori informazioni sul software topografico, personalizzate in base alle vostre esigenze, contattate il vostro rappresentante Leica Geosystems di zona.	✓
Software standard	Internet Explorer Mobile, File Explorer, Word Mobile, Microsoft Windows Media™ Player, Online Help	✓
ALIMENTAZIONE		
Batteria removibile	GEB212 (7.4 V / 2600 mAh Ioni Litio ricaricabile)	✓
Ricarica batteria	2 ore	✓
Alimentazione	Nominale 12 V DC Input da 10.5 a 28 V DC	✓
Durata batterie	10 ore (varia in base ai dispositivi integrati utilizzati)	✓
DIMENSIONI E PESI		
Dimensioni	CS10: 200 mm / 102 mm / 45 mm (7.87 in / 4.01 in / 1.77 in) CS15: 245 mm / 125 mm / 45 mm (9.65 in / 4.92 in / 1.77 in)	✓
Pesi ¹	CS10: 0,54 kg (1,20 lbs) CS15: 0,68 kg (1,50 lbs)	✓
SPECIFICHE AMBIENTALI		
Temperatura operativa / di stoccaggio	Operativa Da -30 A 60° C (-22 a 140° F), Stoccaggio: Da -40 a 80° C (-40 a 176° F)	✓
Polvere e acqua / Umidità	IP67 (IEC 60529) / 100% senza condensa (MIL-STD-810F, Metodo 507.4-1)	✓
Cadute / Vibrazioni	1.2 m (4 ft) ² / MIL-STD-810F, Metodo 514.5 - Cat24	✓
ACCESSORI		
Alimentatore 100 - 240 V AC universale		✓
Penna stilo		✓
Protezione antiriflesso (x2)		✓
Scheda USB con documentazione		✓

Tab. 4.3: Caratteristiche Controller CS10

Sono stati battuti moltissimi punti, che sono stati collocati sulle planimetrie di progetto e assunti quale base di riferimento per l'intera progettazione e che hanno consentito, nella zona a monte del Ponte Storico, di realizzare un DTM di tutta l'area in sinistra idraulica, interessata dai citati

fenomeni deposizionali che hanno prodotto, nel tempo, l'interrimento progressivo del vecchio ramo fluviale secondario.

4.2 INDAGINI DIAGNOSTICHE SULLA SPALLA SINISTRA DEL PONTE STORICO

Per quanto riguarda la struttura del Ponte Storico, oltre ad un rilievo geometrico della prima campata in sinistra idraulica, allo scopo di caratterizzare lo stato dell'opera muraria e di accertare l'esatta geometria della spalla sinistra del manufatto, sono state eseguite una campagna di indagine diagnostica e una di indagine geognostica, da parte della Società *BEDUSCHI GEOTECNICA di Beduschi Giovanni S.r.l.* e, rispettivamente della Società *VICENZETTO S.r.l.*

La **campagna di indagine geognostica** ha riguardato l'esecuzione dei seguenti N.12 carotaggi continui, le cui tracce sono rappresentate in Fig.4.2:

- N. 3 sondaggi a carotaggio continuo inclinati di 20° sull'orizzontale verso il basso, a partire dal basamento di fondazione in calcestruzzo della spalla del ponte;
- N. 5 sondaggi a carotaggio continuo orizzontali a partire dal paramento verticale della spalla;
- N. 4 sondaggi a carotaggio continuo verticali, a partire dal piano stradale, nelle due zone di estremità della carreggiata.

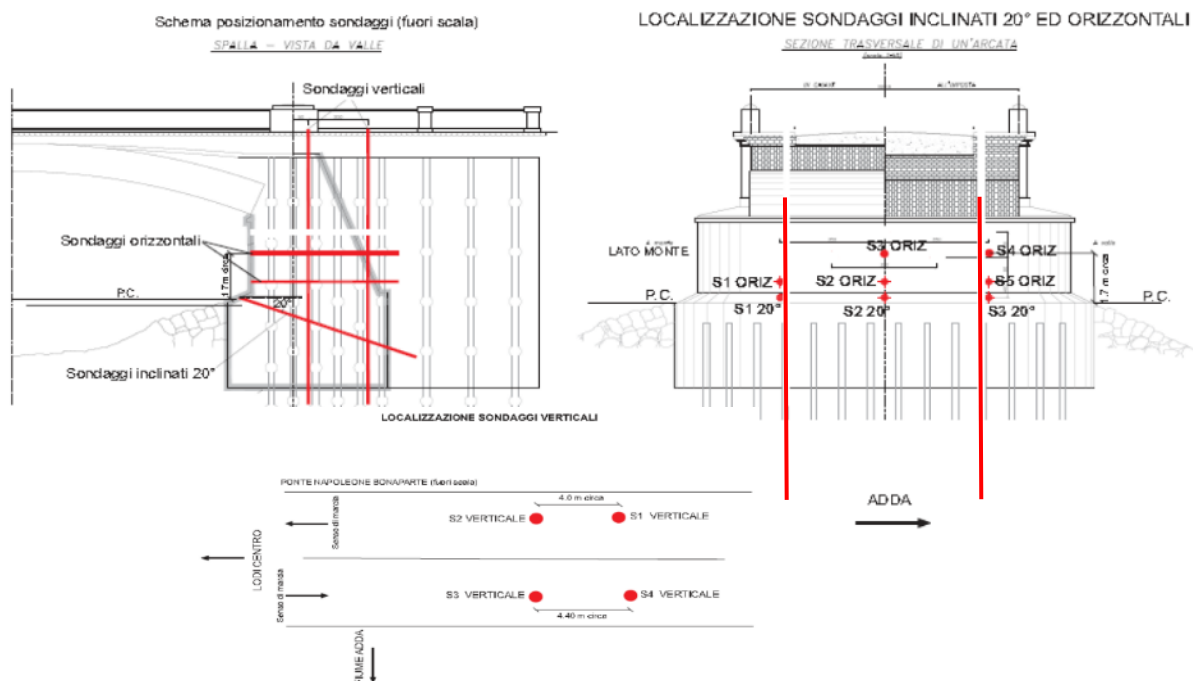


Fig. 4.2: Schema dei sondaggi a carotaggio continuo eseguiti a carico della spalla sinistra del ponte

Le fotografie riportate nelle seguenti Figg. 4.3, 4.4 e 4.5 documentano le attività di indagine.



Fig. 4.3: Esecuzione sondaggi a carotaggio continuo inclinati

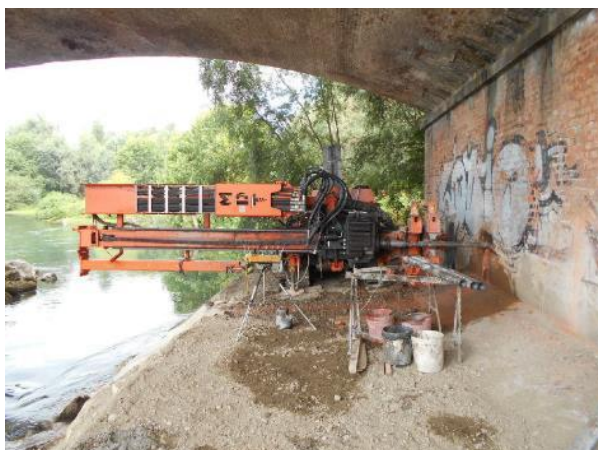


Fig. 4.4: Esecuzione sondaggi a carotaggio continuo orizzontali



Fig. 4.5: Esecuzione sondaggi a carotaggio continuo verticali

I risultati dell'indagine, riepilogati nella Relazione conclusiva dell'Impresa esecutrice, hanno consentito l'esatta definizione della geometria della spalla sinistra del Ponte Storico di Lodi,

che è stata posta alla base della progettazione degli interventi previsti dal presente Progetto.

Dall'indagine e più in particolare dall'esame delle carote, inoltre, è emersa una condizione di sostanziale integrità dei materiali costituenti la spalla: calcestruzzo per il basamento di fondazione e muratura di mattoni pieni per la parte sovrastante (Fig. 4.6).

Per il dettaglio delle indagini eseguite e dei risultati si rimanda alla *Relazione sulle indagini diagnostiche sulla spalla sinistra del Ponte Storico* (a cura di BEDUSCHI GEOTECNICA di Beduschi Giovanni S.r.l.) allegata al presente Progetto (Elaborato n. A.02.04).



Fig. 4.6: Carote di materiale estratte durante i sondaggi

La **campagna di indagine diagnostica** ha riguardato l'esecuzione delle seguenti prove:

- N.3 Prove su porzione muraria con martinetto piatto singolo (per la valutazione del carico in esercizio) e con martinetto piatto doppio (per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del paramento murario);
- N.8 Prove endoscopiche su muratura comprensiva di realizzazione di perforazione di piccolo diametro e successiva ripresa con endoscopio o videoendoscopio e restituzione stratigrafica;
- N.18 Prove con sclerometro su mattoni in laterizio;
- N.18 Prove penetrometriche su malta;
- N.1 Indagine termografica finalizzata all'esame del paramento murario.

Nella successiva Fig. 4.6 è rappresentato il piano delle indagini diagnostiche eseguite, con l'indicazione dei punti di prova.

Nelle Figg. 4.7, 4.8 e 4.9 sono documentate le attività di indagine.

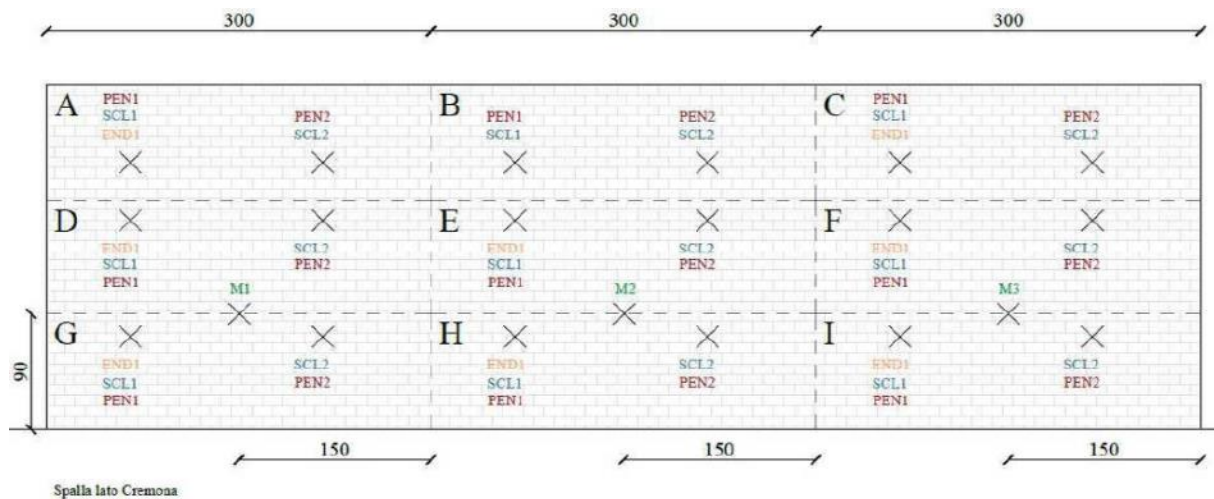


Fig. 4.6: Piano delle indagini diagnostiche a carico della spalla sinistra del Ponte Storico

PEN=Penetrometria su malta; SCL=Sclerometria su mattoni; END=Endoscopia; M=Martinetto (singolo e doppio)



Fig. 4.7: Prove con martinetti piatti



Fig. 4.8: Prove penetrometriche su malta



Fig. 4.9: Prove sclerometriche su mattoni

Dai risultati delle indagini eseguite, tutti riportati e commentati nella Relazione conclusiva redatta dalla Società esecutrice, emerge un ottimo stato di conservazione della muratura della spalla sinistra del ponte, con valori di resistenza sempre molto elevati.

Per il dettaglio delle indagini eseguite e dei risultati si rimanda alla *Relazione sulle indagini geognostiche sulla spalla sinistra del Ponte Storico* (a cura di VICENZETTO S.r.l.) allegata al presente Progetto (Elaborato n. A.02.03).

4.3 INDAGINE GEOLOGICA

Stante la nutrita documentazione a disposizione del RTP progettista dal punto di vista della caratterizzazione sismica, litologica e geotecnica dei terreni interessati dalle nuove opere di difesa, si è reputato non necessario procedere all'esecuzione di una campagna di indagine geognostica nell'ambito della Progettazione di Fattibilità Tecnica ed Economica del gennaio 2018.

In effetti, il sottoscritto progettista Ing. Silvio Rossetti e il Dott. Geol. Giovanni Bassi, estensore della componente geologica allegata al citato Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, hanno redatto, rispettivamente, lo “*Studio idrologico idraulico del tratto di fiume Adda appartenente al territorio comunale di Lodi*” e la “*Componente geologica idrogeologica e sismica*” allegati al Piano di Governo del Territorio (PGT) del comune di Lodi.

Inoltre, nel corso dell'ultimo quindicennio, il sottoscritto progettista, in collaborazione con il Dott. Bassi, ha redatto i progetti ed ha diretto i lavori di realizzazione di numerose delle opere

costituenti il *Quadro generale degli interventi* necessari per la difesa idraulica dell'abitato di Lodi dagli eventi alluvionali.

Nell'ambito di tali interventi sono state eseguite una serie di indagini geognostiche, dai cui risultati è possibile desumere le caratteristiche dei terreni di tutto l'areale corrispondente alla piana adduana nel tratto di Lodi. In particolare, sono stati seguiti personalmente dal sottoscritto progettista e dal Dott. Bassi i seguenti progetti / lavori:

1. Il Progetto e la Direzione dei Lavori delle due chiaviche sulle rogge Gaetana e Gelata e delle paratoie sulla roggia Valentina;
2. Il Progetto e la Direzione dei Lavori dell'arginatura in sponda sinistra idraulica a monte del Ponte Storico – tratto zona ex SICC;
3. La Direzione dei Lavori dell'arginatura in sponda sinistra idraulica a monte del Ponte Storico – tratto in affiancamento alla S.P. 25;
4. Il Progetto e la Direzione dei Lavori dell'arginatura in sponda destra idraulica a valle del Ponte Storico;
5. Il Progetto e la Direzione dei Lavori degli interventi di consolidamento delle pile del Ponte Storico, di abbassamento della quota di coronamento della briglia fluviale e del consolidamento dell'isolotto "Achilli";
6. Il Progetto Esecutivo dell'argine in sponda destra idraulica a monte del Ponte Storico;
7. Il Progetto e la Direzione dei Lavori della chiavica sulla roggia Molina e delle opere complementari.

Nello specifico, per la zona interessata dall'intervento oggetto della presente progettazione risultano estremamente significative le seguenti indagini:

- N. 2 prove penetrometriche dinamiche SCPT, eseguite il 04/08/2014 nell'area dell'*Associazione Sportiva Canottieri Adda 1891 Lodi*, all'altezza dell'incrocio tra le vie N. Sauro e Po;
- N. 1 prova penetrometrica dinamica e un sondaggio a carotaggio continuo, profondità 30 m, in sinistra Adda appena a valle del Ponte Storico, eseguita nel dicembre 2006 nell'ambito delle attività di indagine propedeutiche alla progettazione delle opere di consolidamento del ponte, al fine di caratterizzare il primo sottosuolo ed i terreni di fondazione del ponte stesso;
- N. 2 indagini geofisiche, e precisamente:
 - ✓ N. 1 Down-hole, eseguito nel gennaio 2007 sfruttando il preforo del sondaggio

geognostico del dicembre 2006 di cui più sopra;

- ✓ N. 1 Microtremore (ReMi), eseguito nel 2009 in corrispondenza del raccordo viario tra viale Piave e la S.P. 25, nell'ambito delle attività di indagine propedeutiche alla progettazione dell'arginatura in sinistra idraulica a monte del Ponte Storico – tratto zona ex SICC.

L'interpretazione di tali indagini è riportata nella Relazione geologica di fattibilità allegata al PFTE del gennaio 2018.

Sulla base delle valutazioni estratte dalla componente geologica, idrogeologica e sismica allegata al PGT di Lodi e dei dati di indagini pregresse disponibili, è stato definito un programma di indagini integrative di dettaglio da attuare a supporto delle successive fasi progettuali, che AIPO ha affidato alla Società Vicenzetto Srl di Villa Estense (PD). Relativamente alla II fase di intervento funzionale, oggetto del presente Progetto, l'integrazione di indagine ha riguardato:

- N.3 sondaggi verticali, eseguiti a carotaggio continuo, spinti sino a profondità di -35.00 m da p.c;
- N. 24 prove penetrometriche dinamiche in foro tipo SPT;
- prelievo di n.24 campioni di terreno rimaneggiato di tipo geotecnico, da sottoporre a prove di caratterizzazione fisica e meccanica di laboratorio;
- prove geotecniche di laboratorio su campioni prelevati.
- N.1 prove sismiche con metodo MASW.

Nella foto aerea di Fig. 4.10 è riportata l'esatta ubicazione delle prove eseguite.

Nelle tabelle a seguire è riportata la sintesi dei parametri geotecnici desunti dai sondaggi eseguiti.

Con riferimento all'indagine geofisica, è stato possibile stimare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio (V_s), permettendo il calcolo dei valori $V_{s,EQ}$, riferito ai primi 30 m a partire da p.c., che è risultato pari a 335 m/s; valore che consentono di definire la **categoria del litotipo equivalente C**.

Per i risultati delle prove e per la descrizione di dettaglio del programma di indagine integrativo si rimanda alla *Relazione geologica, geotecnica e sismica* (a cura di VICENZETTO S.r.l.) allegata al presente Progetto (Elaborato n. A.02.02).

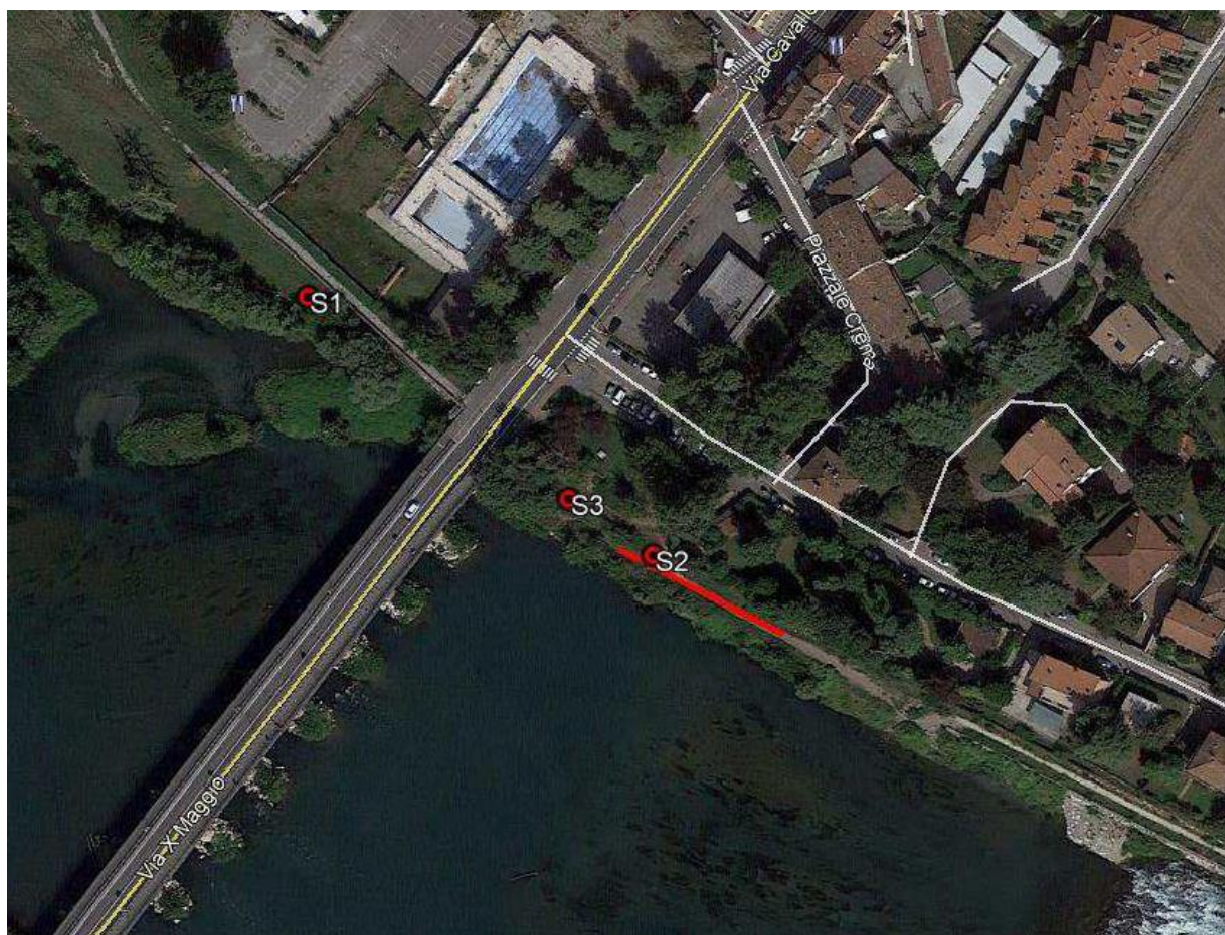


Fig. 4.10: Ubicazione prove geognostiche eseguite

PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVE SPT - SONDAGGIO S1																		
Prova SPT	Profondità di prova (m da p.c.)	N _{SPT}	NATURA GRANULARE										NATURA COESIVA					
			Dr (%)		φ (°)			E' (kg/cm ²)		E _{25'} (kg/cm ²)			c _u (kg/cm ²)				E _u (kg/cm ²)	
			(1)	(2)	(1)	(2.1)	(2.2)	(1)	(2)	(1.1)	(1.2)	(2)	(1.1)	(2.1)	(2.2)	(2.3)	(1)	(2)
SPT 1	4.50+4.95	31	72	72	36.1	34.8	39.9	366	234	210	721	210	1.72	1.66	1.32	1.83	99	137
SPT 2	9.00+9.45	26	64	63	34.5	34.1	39.1	364	209	215	789	207	1.70	1.64	1.31	1.81	98	136
SPT 3	13.50+13.95	35	69	70	35.5	35.4	40.4	422	255	283	992	278	2.28	2.21	1.76	2.43	125	163
SPT 4	18.00+18.45	54	81	83	38.1	37.3	42.3	525	352	414	1304	430	3.52	3.40	2.71	3.76	184	211
SPT 5	22.50+22.95	53	77	81	37.1	37.2	42.2	520	347	414	1362	422	3.46	3.34	2.66	3.69	180	209
SPT 6	27.00+27.45	53	74	79	36.5	37.2	42.2	520	347	420	1417	422	3.46	3.34	2.66	3.69	180	209
SPT 7	31.50+31.95	53	71	78	36.0	37.2	42.2	520	347	424	1462	422	3.46	3.34	2.66	3.69	180	209
SPT 8	35.00+35.45	65	77	85	37.2	38.1	43.1	575	408	507	1661	517	4.24	4.10	3.27	4.52	217	236
Formulazioni utilizzate:																		
-Dr: (1) Terzaghi & Peck (1967); (2) Yoshida & Kokusho (1988);																		
-φ: (1) Peck, Hansaon & Thornburn (1974); (2.1) Meyerhof (1956) sabbie fini e sabbie limose; (2.2) Meyerhof (1956) sabbie medie e grossolane;																		
-E': (1) Tornaghi et Al; (2) Bowles (1987);																		
-E' _{25'} : (1.1) Jamiolkowsky (1988) sabbie normal consolidate; (1.2) Jamiolkowsky (1988) sabbie sovra consolidate; (2) Stroud (1989);																		
-c _u : (1) Terzaghi & Peck (1948); (2.1) Sivrikay & Togol (2007) limi e argille limose; (2.2) Sivrikay & Togol (2007) argille bassa plasticità; (2.3) Sivrikay & Togol (2007) argille alta plasticità;																		
-E _u : (1) Bowles (1987); (2) Kulhawy & Mayne (1990).																		

Tab. 4.4: Sintesi dei parametri geotecnici desunti dal sondaggio S1

PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVE SPT - SONDAGGIO S2																	
Prova SPT	Profondità di prova (m da p.c.)	N _{SPT}	NATURA GRANULARE										NATURA COESIVA				
			Dr (%)		φ (°)			E' (kg/cm ²)		E _{25'} (kg/cm ²)			c _u (kg/cm ²)				E _u (kg/cm ²)
			(1)	(2)	(1)	(2.1)	(2.2)	(1)	(2)	(1.1)	(1.2)	(2)	(1.1)	(2.1)	(2.2)	(2.3)	(1)
SPT 1	4.50÷4.95	30	73	72	36.3	34.7	39.8	360	229	203	695	203	1.66	1.61	1.28	1.77	96
SPT 2	9.00÷9.45	24	63	62	34.2	33.7	38.8	350	199	200	743	191	1.57	1.51	1.21	1.67	92
SPT 3	13.50÷13.95	38	73	73	36.3	35.7	40.8	440	270	302	1025	302	2.48	2.39	1.91	2.64	135
SPT 4	18.00÷18.45	47	76	78	37.1	36.7	41.7	489	316	368	1211	374	3.07	2.96	2.36	3.27	162
SPT 5	22.50÷22.95	47	73	77	36.3	36.7	41.7	489	316	374	1271	374	3.07	2.96	2.36	3.27	162
SPT 6	27.00÷27.45	43	67	72	35.0	36.3	41.3	468	296	351	1252	342	2.81	2.71	2.16	2.99	150
SPT 7	31.50÷31.95	34	57	64	33.1	35.2	40.3	416	250	289	1102	270	2.22	2.14	1.71	2.36	122
SPT 8	35.00÷35.45	39	60	67	33.6	35.8	40.9	446	275	328	1229	310	2.55	2.46	1.96	2.71	138

Formulazioni utilizzate:
 -Dr: (1) Terzaghi & Peck (1967); (2) Yoshida & Kokusho (1988);
 -φ: (1) Peck, Hansaon & Thornburn (1974); (2.1) Meyerhof (1956) sabbie fini e sabbie limose; (2.2) Meyerhof (1956) sabbie medie e grossolane;
 -E': (1) Tornaghi et Al; (2) Bowles (1987);
 -E'₂₅: (1.1) Jamiolkowsky (1988) sabbie normal consolidate; (1.2) Jamiolkowsky (1988) sabbie sovra consolidate; (2) Stroud (1989);
 -c_u: (1) Terzaghi & Peck (1948); (2.1) Sivrikay & Togol (2007) limi e argille limose; (2.2) Sivrikay & Togol (2007) argille bassa plasticità; (2.3) Sivrikay & Togol (2007) argille alta plasticità;
 -E_u: (1) Bowles (1987); (2) Kulhawy & Mayne (1990).

Tab. 4.5: Sintesi dei parametri geotecnici desunti dal sondaggio S2

PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVE SPT - SONDAGGIO S3																	
Prova SPT	Profondità di prova (m da p.c.)	N _{SPT}	NATURA GRANULARE										NATURA COESIVA				
			Dr (%)		φ (°)			E' (kg/cm ²)		E _{25'} (kg/cm ²)			c _u (kg/cm ²)				E _u (kg/cm ²)
			(1)	(2)	(1)	(2.1)	(2.2)	(1)	(2)	(1.1)	(1.2)	(2)	(1.1)	(2.1)	(2.2)	(2.3)	(1)
SPT 1	3.00÷3.45	11	47	47	30.9	30.3	35.5	218	133	83	339	74	0.61	0.59	0.47	0.65	47
SPT 2	6.00÷6.45	24	66	64	34.8	33.7	38.8	341	199	189	688	181	1.49	1.44	1.15	1.59	88
SPT 3	9.00÷9.45	30	70	68	35.7	34.7	39.8	391	229	243	859	239	1.96	1.89	1.51	2.09	110
SPT 4	12.00÷12.45	36	73	72	36.3	35.5	40.5	428	260	287	980	286	2.35	2.27	1.81	2.50	128
SPT 5	15.00÷15.45	31	64	66	34.5	34.8	39.9	397	234	256	928	247	2.02	1.95	1.56	2.16	113
SPT 6	18.00÷18.45	48	77	79	37.3	36.8	41.8	495	321	374	1224	382	3.13	3.02	2.41	3.34	165
SPT 7	21.00÷21.45	51	77	80	37.2	37.0	42.0	510	336	398	1304	406	3.33	3.21	2.56	3.55	174
SPT 8	24.00÷24.45	48	72	77	36.2	36.8	41.8	495	321	382	1302	382	3.13	3.02	2.41	3.34	165

Formulazioni utilizzate:
 -Dr: (1) Terzaghi & Peck (1967); (2) Yoshida & Kokusho (1988);
 -φ: (1) Peck, Hansaon & Thornburn (1974); (2.1) Meyerhof (1956) sabbie fini e sabbie limose; (2.2) Meyerhof (1956) sabbie medie e grossolane;
 -E': (1) Tornaghi et Al; (2) Bowles (1987);
 -E'₂₅: (1.1) Jamiolkowsky (1988) sabbie normal consolidate; (1.2) Jamiolkowsky (1988) sabbie sovra consolidate; (2) Stroud (1989);
 -c_u: (1) Terzaghi & Peck (1948); (2.1) Sivrikay & Togol (2007) limi e argille limose; (2.2) Sivrikay & Togol (2007) argille bassa plasticità; (2.3) Sivrikay & Togol (2007) argille alta plasticità;
 -E_u: (1) Bowles (1987); (2) Kulhawy & Mayne (1990).

Tab. 4.6: Sintesi dei parametri geotecnici desunti dal sondaggio S3

SINTESI PROVE LEFRANC						
Sondaggio	Prova	Tipologia	Tasca di prova (m da p.c.)	Conducibilità idraulica		Note
				(m/s)	(cm/s)	
S1	LFV-01	a carico variabile	3.50÷4.00	6.80E-07	6.80E-05	-
	LFV-02	a carico variabile	6.50÷7.00	7.80E-07	7.80E-05	-
	LFV-03	a carico variabile	9.50÷10.00	6.10E-05	5.80E-03	-
S2	LFV-01	a carico variabile	3.50÷4.00	5.80E-05	6.10E-03	-
	LFV-02	a carico variabile	6.50÷7.00	1.20E-06	1.20E-04	-
	LFV-03	a carico variabile	9.50÷10.00	1.30E-06	1.30E-04	-

Tab. 4.6: Sintesi dei risultati delle prove Lefranc

5. ALTERNATIVE ESAMINATE E CRITERI DI PROGETTAZIONE

5.1 GENERALITÀ

Per la definizione del “*Quadro generale degli interventi*” necessari per la difesa idraulica dell’abitato di Lodi dagli eventi alluvionali del fiume Adda, la scelta fondamentale compiuta dagli Enti preposti a livello di pianificazione generale fu quella di prevedere opere di difesa passiva.

Nel caso di Lodi, infatti, interventi di difesa attiva, quali casse di espansione a monte, o diversivi idraulici non sono stati valutati idonei, per le motivazioni riportate in appresso.

Casse d’espansione

La realizzazione di volumi di espansione delle piene fluviali posti a monte delle zone da difendere costituisce, in generale e quando fattibile, una soluzione senz’altro molto apprezzabile, in quanto consente la riduzione delle portate e dei livelli idrici al colmo di piena, mediante lo stoccaggio temporaneo della parte del volume dell’onda di piena corrispondente alle massime portate in transito, senza intervenire con la realizzazione di opere estese lungo il corso d’acqua. In sostanza, al raggiungimento di un determinato livello idrico in alveo, la parte eccedente delle portate in transito rispetto al valore massimo accettabile a valle viene fatta fluire, secondo lo schema di Fig. 5.1, all’interno del bacino d’espansione, dove i volumi rimangono “intrappolati”, fino alla fase calante della piena, o comunque al termine della fase di emergenza.

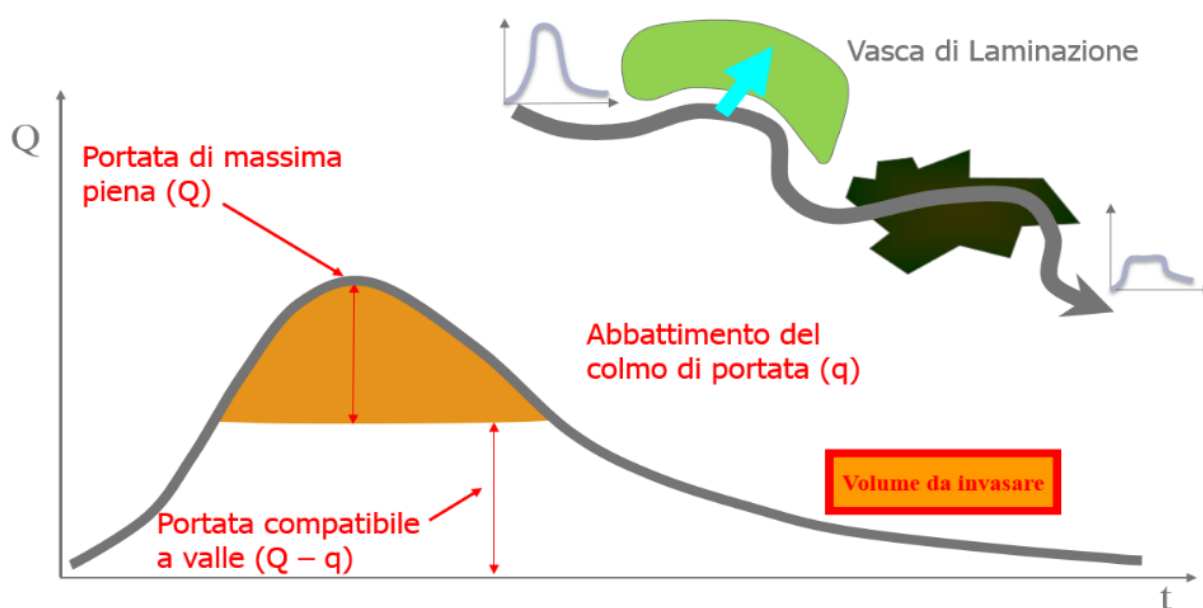


Fig. 5.1: Schema di funzionamento cassa d’espansione

Le difficoltà che solitamente si incontrano nella pianificazione di volumi di espansione sono legate alla disponibilità di aree allagabili destinate all'espansione controllata delle piene in posizione e di dimensioni idonee allo scopo ed agli elevati costi di esproprio e/o servitù delle aree stesse.

Tali difficoltà sono tanto più consistenti nel caso di un corso d'acqua come il fiume Adda a Lodi, poiché i volumi idrici da accumulare, corrispondenti alla parte eccedente le massime portate accettabili a valle, ossia al periodo di picco dell'onda di piena, sono molto cospicui.

A questo proposito, un calcolo di larghissima massima relativo alla situazione di Lodi, tenuto conto della massima portata idrica transitabile in assenza di fenomeni di allagamento e delle caratteristiche dell'onda di piena di riferimento (forma dell'onda e della fase di picco), conduce alla stima di un volume necessario dell'ordine di $15 - 20 \text{ Mm}^3$, che corrisponde, se si ipotizza un battente idrico medio all'interno della cassa d'espansione pari a $1,5 - 2 \text{ m}$, ad una superficie complessiva dell'ordine di 10 km^2 .

Tali aree, inoltre, dovrebbero essere collocate in un ambito estremamente contenuto, corrispondente al tratto fluviale compreso tra la confluenza Brembo – Adda, a monte, e la città di Lodi, a valle.

Infatti, l'evento di piena critico per la città di Lodi si verifica solo quando si sommano – in fase tra loro – due onde di piena: una, in arrivo dal Lario, con valore massimo pari a poco più di $900 \text{ m}^3/\text{s}$ (massima portata erogata nel corso dell'evento alluvionale della Valtellina in data 20/07/1987, $918 \text{ m}^3/\text{s}$), con forma molto allungata per via della regolazione del lago e con picco che si protrae anche per diversi giorni; un'altra, proveniente dal fiume Brembo, con valore massimo pari a oltre $1'100 \text{ m}^3/\text{s}$, avente caratteristiche tipicamente torrentizie, con rami di crescita e di esaurimento molto ripidi e fase di picco della durata di qualche ora.

Come varie volte dimostrato dagli eventi, nessuna di tali onde di piena, se non in fase con l'altra, è in grado di provocare danni all'abitato di Lodi, a carico del quale, con riferimento alla situazione antecedente la realizzazione delle opere di difesa, non si verificano allagamenti di sorta fino a portate in transito in Adda dell'ordine di $1'400 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondenti ad un tempo di ritorno valutabile in circa 20 anni.

Per tutto quanto sopra, la/e cassa/e d'espansione a protezione dell'abitato di Lodi dovrebbe/ro essere collocata/e a valle della confluenza Brembo/Adda, in modo da intercettare anche l'onda di piena proveniente dal Brembo. In alternativa, al di là di una riduzione di efficacia di un sistema di numerose vasche rispetto ad una sola vasca o a poche vasche, potrebbe funzionare

anche un sistema di casse collocate in parte lungo il Brembo e in parte a valle della confluenza Brembo/Adda.

In ogni caso, la soluzione della volanizzazione delle massime piena mediante accumulo temporaneo di volumi idrici all'interno di casse d'espansione è stato scartato per l'impossibilità di reperire – a costi ragionevoli – aree di estensione sufficiente ed aventi caratteristiche idonee allo scopo.

Canale diversivo

La riduzione delle portate al colmo di piena mediante la realizzazione di canali diversivi consiste nel deviare le portate eccedenti i massimi valori accettabili a valle in un canale con imbocco posto a monte della zona da proteggere (schema di Fig. 5.2).

È un sistema utilizzato spesso nelle zone costiere (marine, o lacustri), quando gli abitati sono attraversati da corsi d'acqua, che nel loro ultimo tratto prima della foce (a mare, o a lago), ossia nel tratto urbanizzato, presentano caratteristiche geometriche insufficienti a far defluire le massime portate di piena e l'orografia del territorio posto a monte delle zone urbanizzate non offrono la possibilità di realizzare casse d'espansione.

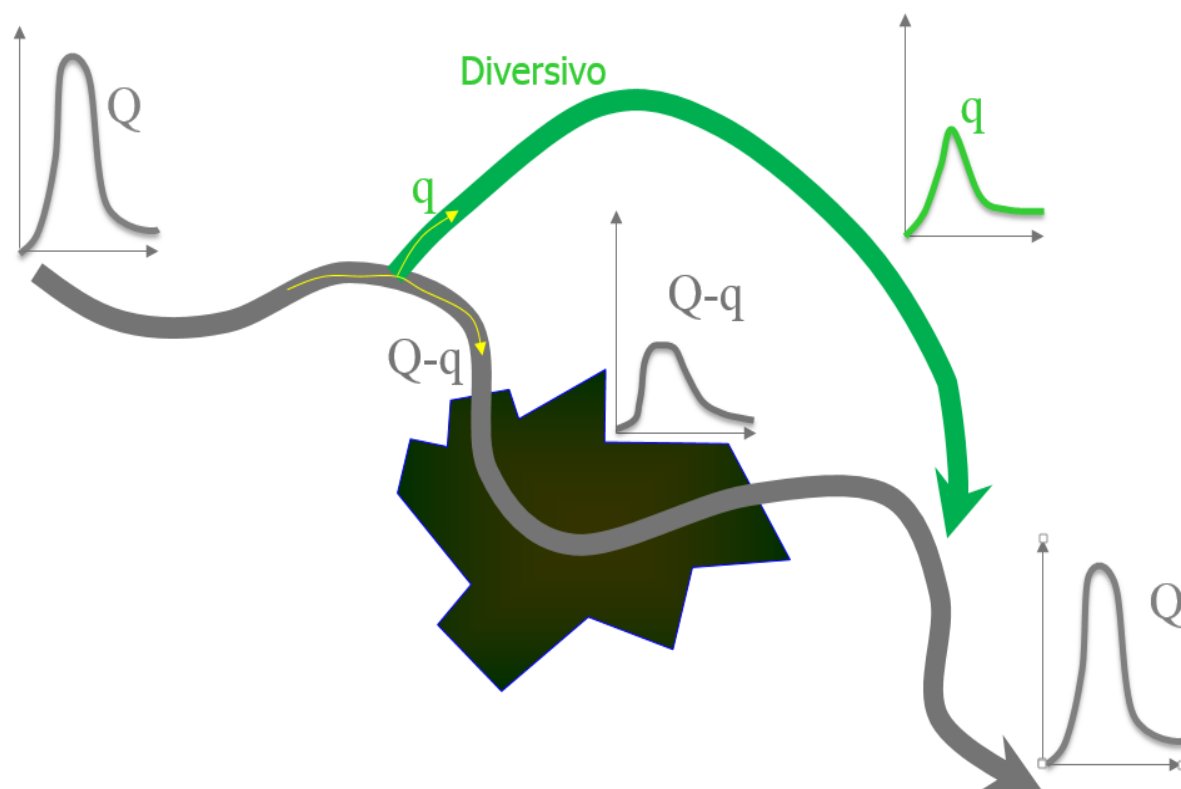


Fig. 5.2: Schema di funzionamento canale diversivo

Tipico è il caso di molti torrenti liguri, il cui alveo nei tratti urbanizzati è stato sempre più ristretto, spesso anche tominato, con il risultato che in occasione di eventi di piena anche non eccezionale si verificano pesantissimi fenomeni di allagamento, con danni ingentissimi a infrastrutture, beni pubblici e privati e persone.

Fin da subito la realizzazione di un diversivo utile alla riduzione dei picchi di portata di massima piena nel tratto cittadino del fiume Adda a Lodi è apparsa una soluzione inidonea, per più ragioni.

Innanzitutto, un diversivo rappresenterebbe niente più che un by-pass, che certamente alleggerirebbe idraulicamente il tratto urbanizzato dell'Adda a Lodi, ma inevitabilmente – al pari delle difese passive – non costituirebbe una soluzione per tutto il tratto di fiume posto a valle, che invece sarebbe garantita dalla realizzazione di opere di espansione a monte.

Inoltre, il canale diversivo dovrebbe essere dimensionato in modo da riuscire a convogliare una portata massima dell'ordine di $500 - 600 \text{ m}^3/\text{s}$ e, quindi, essere caratterizzato da una sezione utile per il deflusso molto importante, dell'ordine di $200 - 250 \text{ m}^2$, con larghezza d'alveo di non meno di 50 m. L'utilizzo di suolo per la sua realizzazione sarebbe, dunque, molto cospicua, tanto più se si considerano ulteriori due fattori: la necessità di definire un tracciato che sia rispettoso delle realtà esistenti in sponda sinistra (in sponda destra sarebbe impossibile la soluzione diversivo, per via dell'esistenza del terrazzo morfologico), quali cascine, piccoli centri urbanizzati (frazioni), ecc.; la necessità di prolungare adeguatamente verso valle il canale, in modo che l'effetto di rigurgito dovuto alla confluenza tra diversivo e fiume Adda non si ripercuota verso monte fino ad interessare la zona urbanizzata, vanificando così l'intervento.

Il tutto si tradurrebbe in un costo eccessivo dell'opera, ulteriormente aggravato dalla necessità di realizzare importanti opere d'arte in corrispondenza di attraversamenti di strade, canali, sottoservizi.

Nel caso specifico, si tratterebbe di progettare e realizzare un canale dell'estensione minima di 5 – 7 km, con imbocco all'altezza del meandro in località “*Col del prete*” e sbocco in corrispondenza del meandro in località “*S. Marcellino*” e con costi che non sarebbero giustificati dal beneficio atteso, soprattutto in considerazione di soluzioni differenti molto meno costose.

Per tutte tali ragioni, anche la soluzione del canale diversivo è stata scartata in sede di pianificazione originaria e si è deciso di affidare la difesa idraulica di Lodi dagli eventi alluvionali del fiume Adda a soluzioni di tipo passivo.

Nell'ambito della definizione del “*Quadro generale degli interventi*” necessari per la difesa idraulica dell'abitato di Lodi dagli eventi alluvionali del fiume Adda, sulla base delle risultanze della simulazione idraulica bidimensionale della piena frequente ($T_{RIT} = 50$ anni), di riferimento ($T_{RIT} = 200$ anni) e della piena catastrofica ($T_{RIT} = 500$ anni), il territorio venne idealmente suddiviso in quattro quadranti, intimamente collegati tra loro, ma a carico dei quali la dinamica di piena risulta differente, in termini sia di livelli idrici massimi attesi, sia delle velocità della corrente.

Più in particolare, in tema di modalità e caratteristiche di allagamento, risultano chiarissime le differenze tra le zone poste, rispettivamente, a monte e a valle del Ponte Storico.

Come detto, la struttura del Ponte Storico di Lodi, la cui costruzione risale alla metà del XIX secolo, è costituita da n. 9 campate, ciascuna di ampiezza pari a circa 16 m separate tra loro da n. 8 pile di larghezza pari a circa 3 m. Una simile struttura, unitamente all'inizio, poco a valle, di un importante restringimento del corso dell'Adda (Fig. 5.3), culminante nella zona dell'Isola Bella (evidenziato anche dalle fasce di PAI), induce, per la sua stessa conformazione, un significativo fenomeno di rigurgito verso monte. A questo proposito, in occasione dell'eccezionale evento alluvionale del novembre 2002, la differenza di quota tra i massimi livelli idrici verificatisi appena a monte e appena a valle del ponte è risultata pari a circa 130 cm.



Fig. 5.3: Restringimento d'alveo dell'Adda a valle del Ponte Storico di Lodi

Per questa ragione, la prima soluzione che venne esaminata fu quella che prevedeva la demolizione dell'esistente Ponte Storico e la sua sostituzione con un nuovo ponte, privo di pile

in alveo (ad esempio un ponte strallato), o al più con un paio di pile di tipo snello, in modo che l'effetto di rigurgito verso monte fosse quantitativamente modesto e circoscritto al solo intorno delle pile.

Tale soluzione venne scartata, in quanto in contrasto con la necessità di salvaguardia del Ponte Storico, bene sottoposto a vincolo della Soprintendenza per i beni ambientali e architettonici della Lombardia.

In definitiva, in sede di pianificazione originaria, gli Enti preposti compirono la scelta della previsione di difese di tipo passivo, costituite – essenzialmente – da arginature in destra e in sinistra idraulica, sia a monte che a valle del Ponte Storico, completate da un intervento di sistemazione dell'esistente briglia fluviale posta a valle del ponte stesso e dall'adeguamento del Ponte Storico, mediante la realizzazione di una campata aggiuntiva in sinistra idraulica.

5.2 CAMPATA AGGIUNTIVA IN SINISTRA PONTE STORICO

Nell'ambito del Progetto di fattibilità Tecnica ed Economica del gennaio 2018, a seguito dell'analisi di differenti alternative riguardanti sia le opere di difesa dalle acque di esondazione, sia le opere di miglioramento delle condizioni di deflusso della zona del Ponte Storico, venne definita la soluzione da assoggettare ai successivi livelli progettuali.

Come detto, tale soluzione prevede, oltre ad opere di contenimento dei livelli idrici a protezione di un'estesa zona urbanizzata corrispondente al Q.re Revellino, oggetto della I Fase di intervento funzionale attualmente in corso di realizzazione, interventi finalizzati al miglioramento delle condizioni di deflusso nella zona del Ponte Storico e alla riduzione dell'effetto di rigurgito verso monte provocato dalle strutture del ponte.

È previsto di raggiungere l'obiettivo dell'attenuazione dell'effetto di rigurgito verso monte e della conseguente riduzione dei livelli idrici mediante l'incremento della capacità di deflusso in corrispondenza del Ponte Storico. Incremento che la pianificazione originaria ha inteso ottenere parzialmente a seguito dei lavori di abbassamento della quota di coronamento dell'esistente briglia fluviale a valle del Ponte Ottocentesco (intervento completato e collaudato) e parzialmente mediante l'apertura di una campata aggiuntiva del Ponte in sinistra idraulica, oggetto del presente Progetto Esecutivo, e della riattivazione del preesistente ramo fluviale secondario appena a monte del Ponte, oggetto del Progetto delle opere di III Fase di intervento funzionale attualmente in corso di avanzata predisposizione.

Nel giugno 2010 sono state collaudate le opere relative al primo lotto dell'arginatura in sponda sinistra idraulica a monte del Ponte Storico, costituita, nel primo tratto di valle, a partire dal lato di monte della spalla sinistra del Ponte, da un muro arginale della lunghezza di circa 100 m (Fig. 5.4).

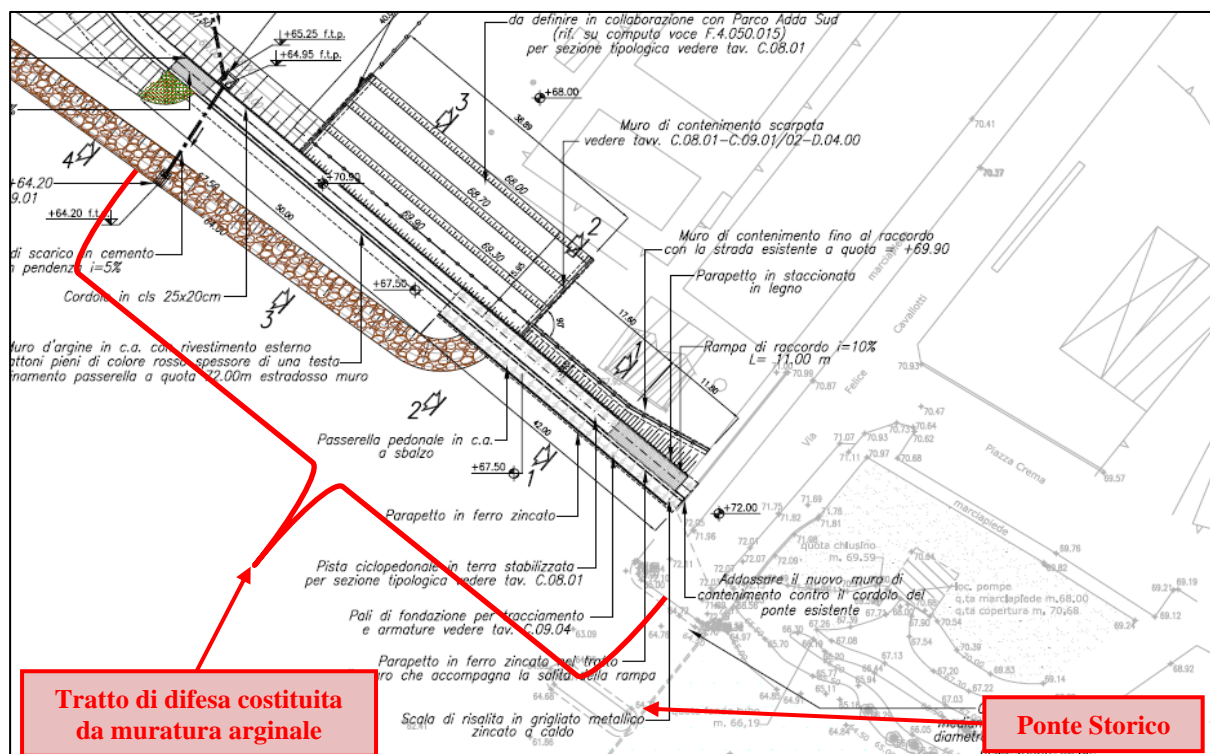


Fig. 5.4: Planimetria di progetto muro arginale in sponda sinistra a monte del Ponte Storico

Tale muratura arginale è stata progettata e costruita in posizione arretrata rispetto all'allineamento del lato fiume della spalla del ponte, in modo da rendere possibile la successiva apertura della campata aggiuntiva prevista dalla pianificazione e oggetto della presente progettazione esecutiva.

La situazione attuale è quella rappresentata dalla fotografia e dagli schemi grafici di Fig. 5.5. In fase progettuale, nell'impossibilità di eseguire scavi di prova a ridosso del ponte (trattandosi di bene vincolato) per verificare la consistenza e lo stato di conservazione del lato di monte della spalla sinistra, si è ipotizzata una situazione identica sia a quella del lato di valle (dove la spalla è stata scoperta all'epoca della realizzazione dell'impianto di sollevamento fognario), sia a quella della spalla in destra e, cioè, con un muro di consistente lunghezza, che prosegue fin quasi all'altezza dell'esistente bar della piscina comunale.

Viceversa, all'atto dell'esecuzione degli scavi in corrispondenza del ponte, si è verificato che il muro di monte della spalla sinistra si interrompe prima di quanto immaginato ed, in particolare,

prima della prevista intersezione col nuovo muro arginale. È risultato pertanto necessario riprogettare la zona di attacco muro-ponte tenendo conto della realtà emersa dagli scavi.

Più in particolare, si è prevista l'infissione di una paratia di palancole metalliche tipo Larssen. La zona retrostante le palancole, compresa tra le stesse e il ponte, è stata riempita di materiale terroso, in modo da impedire smottamenti, mentre i sottoservizi esistenti (acqua potabile e gas) sono stati ulteriormente sostenuti mediante puntelli fissati alle palancole. Il tutto per garantire stabilità alla zona.

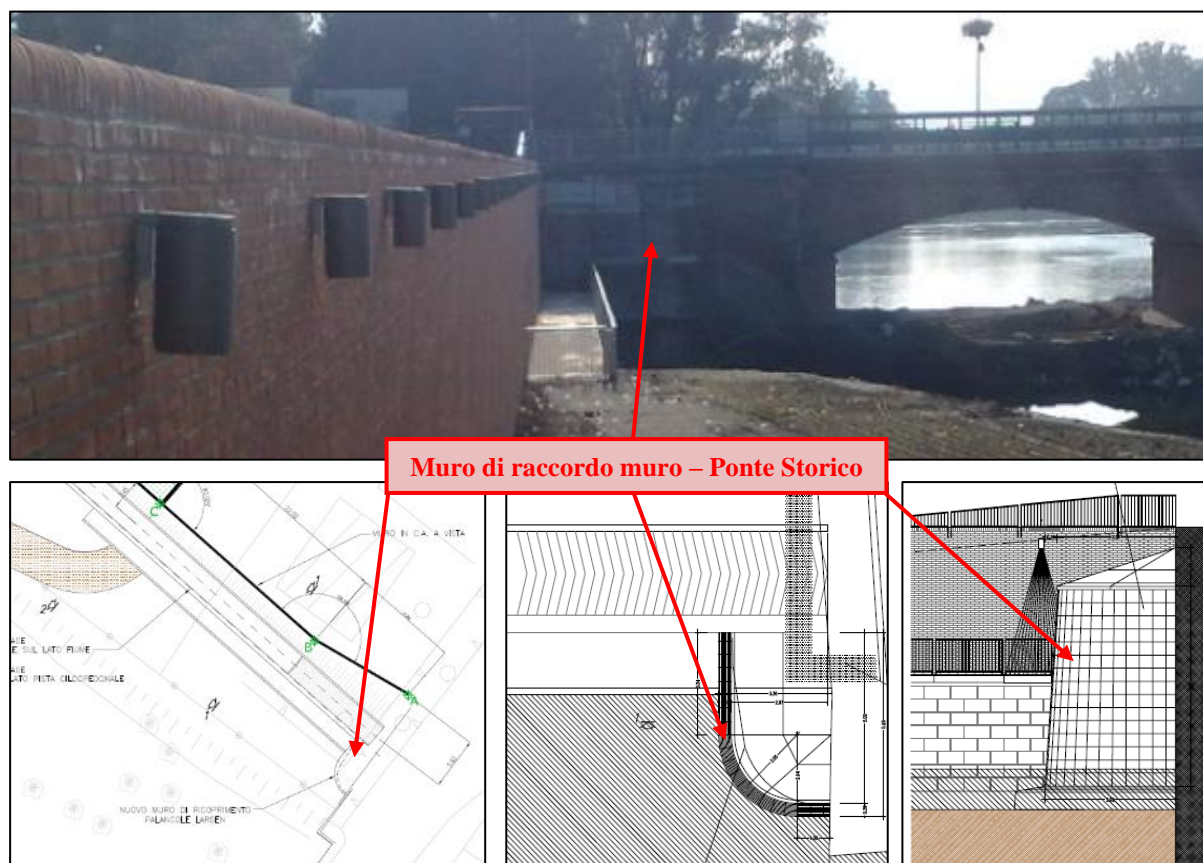


Fig. 5.5: Situazione attuale muro di raccordo nuovo muro – Ponte Storico

Il sostegno costituito dalle palancole non è stato rimosso; esse sono state utilizzate quale cassero a perdere per la realizzazione di un muro in c.a. secondo la geometria e le sagome rappresentate in Fig. 5.5.

Il rivestimento del muro di raccordo tra muro arginale e ponte è stato realizzato in lastre di granito bianco e costituisce una sorta di mezzo pilone aggiuntivo rispetto alle pile e alle spalle esistenti.

Stante la situazione appena descritta, non è possibile prevedere la realizzazione di una campata della stessa tipologia e delle stesse dimensioni delle n. 8 campate esistenti in alveo.

Viceversa, è possibile prevedere una campata aggiuntiva del tipo di quella realizzata a suo tempo in sponda destra per consentire il transito pedonale e veicolare tra via Mattei e il Lungo Adda Bonaparte (Fig. 5.6).

Naturalmente, la nuova campata in sinistra idraulica sarà approfondita fino ad una quota compatibile con il fondo alveo, in modo da favorire al massimo il deflusso delle acque.



Fig. 5.6: Campata aggiuntiva in sponda destra – viste da valle (a sinistra) e da monte (a destra)

6. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Come detto, attualmente, le condizioni di deflusso attraverso il Ponte Storico di Lodi sono tali da sollecitare molto più pesantemente le campate in destra idraulica, mentre quelle in sinistra contribuiscono solo in maniera molto parziale allo scorrimento della corrente.

Il Ponte Storico di Lodi, infatti, è ubicato subito a valle di un'importante curva verso sinistra del fiume Adda; per questa ragione, la dinamica di deflusso è tale per cui, nel tratto di fiume posto a cavallo del Ponte Storico, la corrente si concentra principalmente in destra idraulica.

Inoltre, tale caratteristica di deflusso si è accentuata dopo la costruzione, a metà degli anni '80 del secolo scorso, della briglia fluviale circa 150 m a valle del Ponte Storico, resasi necessaria allo scopo di stabilizzare il fondo alveo nella zona del ponte ed impedire che l'effetto dell'erosione regressiva innescata dalla rotta del "Casellario", con il salto del meandro di "Soltarico", si propagasse fino a minare, scalzandole, le fondazioni delle pile del ponte.

La presenza della briglia ha comportato un significativo rallentamento della corrente nella zona del ponte, con l'instaurarsi di condizioni favorevoli al sovralluvionamento in sponda sinistra (sponda interna), che, negli anni, ha portato al progressivo interrimento della porzione sinistra dell'alveo posta immediatamente a monte del ponte.

Allo scopo di equilibrare il deflusso idraulico attraverso il Ponte Storico, incrementando l'efficacia delle pile in sinistra idraulica, attualmente poco influenti, il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica del gennaio 2018 ha previsto la realizzazione delle seguenti due opere:

- a) Una campata aggiuntiva in sinistra idraulica del Ponte Storico, oggetto del presente Progetto Esecutivo delle opere di II Fase di intervento funzionale, finalizzata all'incremento della capacità di deflusso attraverso il ponte;
- b) La riattivazione del preesistente ramo fluviale secondario a monte del Ponte Storico, finalizzata al miglioramento dell'alimentazione delle campate in sinistra dello stesso ponte, oggetto del Progetto Esecutivo delle opere di III Fase di intervento funzionale, in corso di avanzata predisposizione da parte dei sottoscritti Professionisti per conto di AIPO.

Al fine di incrementare il deflusso idraulico attraverso il ponte ed, in particolare, attraverso le pile in sinistra idraulica, attualmente poco efficaci, il presente Progetto Esecutivo prevede la realizzazione di una campata aggiuntiva in sinistra; tale nuova campata è costituita da uno scatolare in c.a. realizzato oltre l'attuale spalla in muratura del Ponte Storico, in analogia a

quanto già fatto in passato in destra idraulica per conferire continuità al Lungo fiume tra le zone di monte e di valle rispetto al ponte.

Per massimizzare la luce netta della campata aggiuntiva, ed ottenere così la massima sezione idraulica possibile, lo scatolare è realizzato con una parziale demolizione del corpo in muratura della spalla esistente.

Lo scatolare ha larghezza interna netta pari a 8,16 m, è impostato a quota +61,60 m s.l.m. e presenta muri di spessore variabile per irrigidire la struttura in corrispondenza dei nodi tra pareti verticali e solette orizzontali.

La sezione trasversale dell'intervento in corrispondenza del Ponte è rappresentata nella tavola grafica D.05.04 allegata al presente Progetto, uno stralcio della quale è riportato in Fig. 6.1.

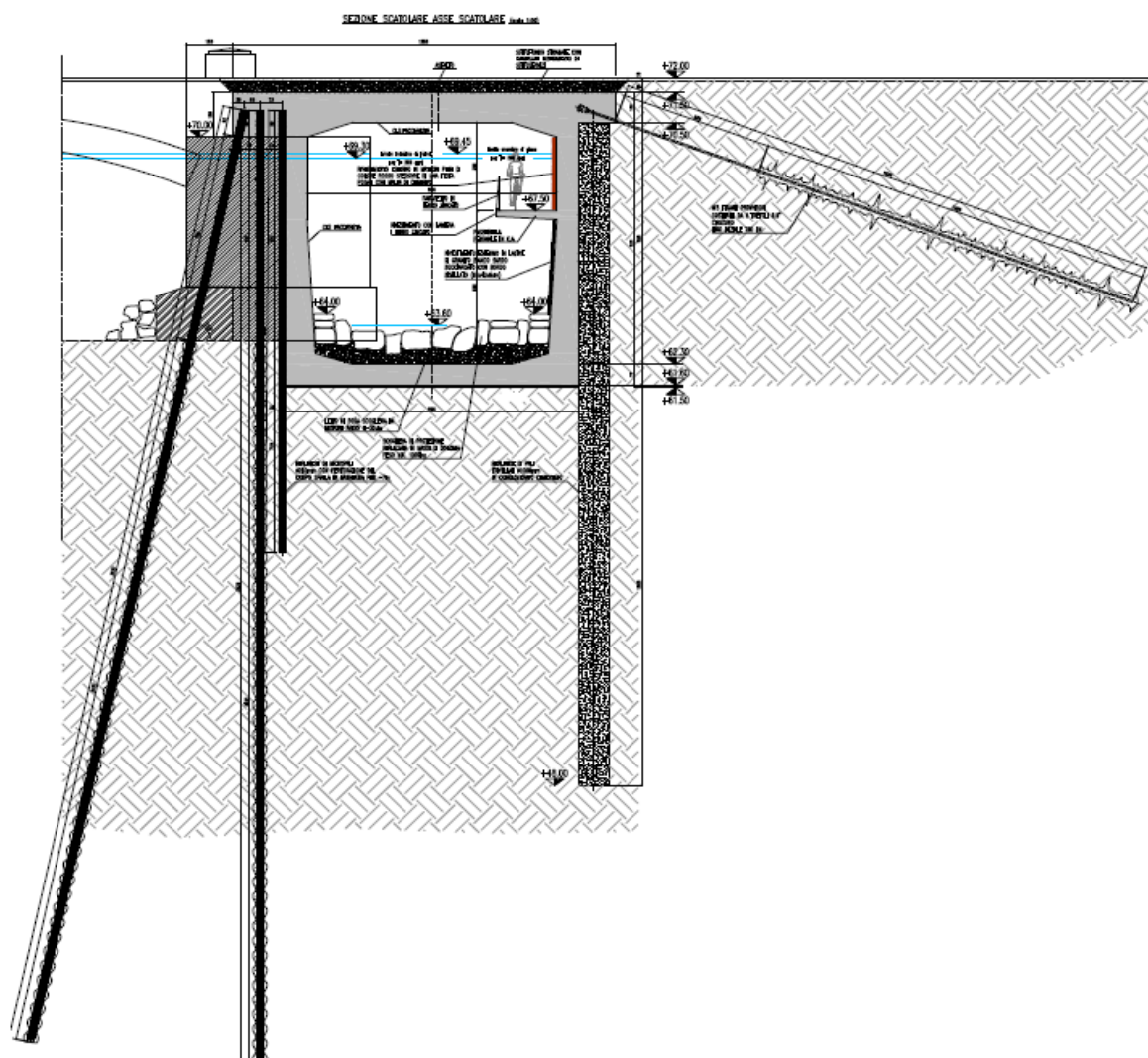


Fig. 6.1: Schema costruttivo nuova campata in sponda sinistra del Ponte Storico

La prima attività prevista consiste nella realizzazione di n.2 ordini di micropali di fondazione ad elevata capacità portante, verticali ed inclinati (n.1 ordine di pali verticali posti ad interasse 125 cm; n.1 ordine di pali inclinati di 22,5° sulla verticale posti ad interasse 125 cm), nella parte anteriore (lato fiume) del corpo della spalla, con diametro di perforazione da 240 mm e lunghezza pari a 32,40 m. Tale intervento è finalizzato a garantire la stabilità verticale della parte rimanente della spalla una volta avvenuta la demolizione della parte posteriore per permettere la costruzione dello scatolare.

Successivamente, prima di effettuare qualsiasi attività di scavo, per alterare il meno possibile lo stato tensionale del Ponte Storico, è prevista la realizzazione, lato terrapieno, di una berlinese di pali di grande diametro (100 cm) accostati, debitamente ancorata in sommità al terrapieno stesso mediante un ordine di n.5 tiranti provvisori, nonché di un'ulteriore berlinese di micropali verticali accostati di diametro pari a 240 mm e lunghezza 15,00 m nel corpo della spalla attuale ed, infine, il getto del solettone di sommità dello scatolare: le berlinesi di pali di piccolo diametro risultano quindi collegate in sommità tra loro attraverso il solettone, mentre la berlinese di pali di grosso diametro risulta ancorata nel terrapieno retrostante attraverso i tiranti. Solo a questo punto è previsto di procedere con la demolizione parziale del corpo in muratura della spalla e con lo scavo, protetto lungo i lati dalle due berlinesi ed effettuato al di sotto del solettone di sommità (lo scavo si configura quindi come una sorta di scavo in galleria).

Successivamente si procederà con la demolizione parziale del corpo in muratura della spalla e con lo scavo, protetto lungo i lati dalle due berlinesi ed effettuato al di sotto del solettone di sommità (lo scavo si configura quindi come uno scavo in galleria). Le attività di scavo e demolizione prevedono la messa in opera di un sistema di sbadacchi provvisori in acciaio, che mettono in contrasto tra loro le due berlinesi.

Al termine delle attività di scavo è previsto di eseguire i getti del solettone di base e dei muri laterali realizzati a contatto con le berlinesi per completare la struttura dello scatolare in c.a..

All'interno dello scatolare, lato terrapieno, è prevista la presenza di una passerella pedonale in c.a. a sbalzo che prosegue il percorso della passerella già realizzata sul muro d'argine a monte del Ponte Storico a quota +67.50 m s.l.m.; le finiture del muro lato terrapieno riprendono quelle del muro d'argine a monte: mattoni pieni rossi paramano nella porzione posta al di sopra della passerella, lastre di granito (tipo bianco sardo) nella porzione sottostante. Le restanti superfici dello scatolare, invece, sono previste in calcestruzzo a vista.

Per il primo tratto di 15 m di lunghezza a valle dello scatolare la berlinese è sormontata da un muro di sostegno in c.a. nel quale si innesta la passerella in c.a. a sbalzo a quota +67.50 m s.l.m., che continua il percorso pedonale proveniente dal ponte; al degradare del terreno, il muro si riduce in altezza da 4.0 m fino a raccordarsi con il cordolo stesso della berlinese.

Lato fiume, al piede della berlinese, è previsto il corazzamento di protezione del fondo alveo in massi ciclopici di pietrame. Anche lungo lo sviluppo della berlinese di valle le finiture prevedono mattoni pieni rossi paramano al di sopra della passerella pedonale e lastre di granito

(tipo bianco sardo) al di sotto (Fig. 6.3).

Perpendicolarmente alla berlinese di pali di grande diametro, ai lati di monte e di valle del terrapieno che costituisce la sede stradale di accesso al ponte, è prevista la realizzazione, quali opere provvisionali, di N.2 berlinesi di micropali (diametro 240 mm) di lunghezza pari a 5,5 m ciascuna per il sostegno del terreno nelle varie fasi di scavo in prossimità dello scatolare.

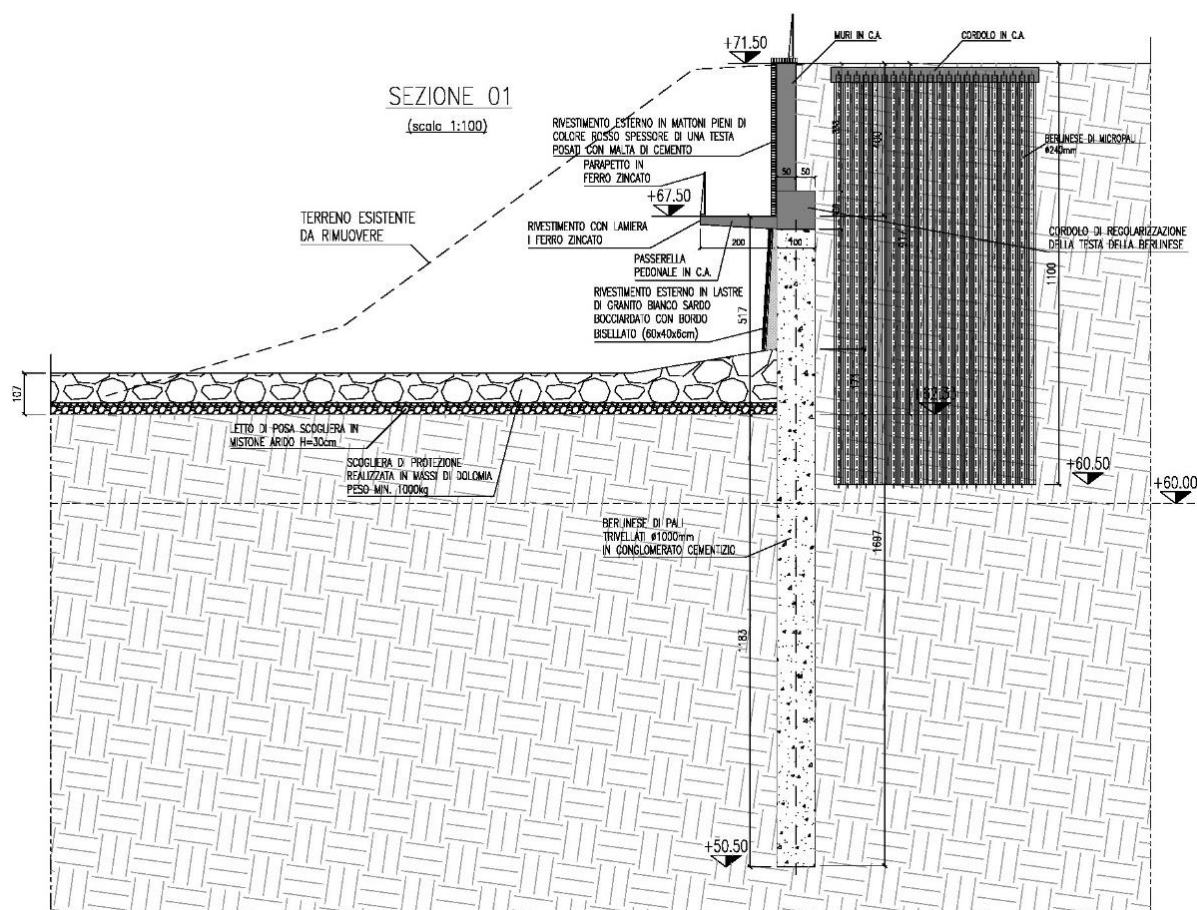


Fig. 6.3: Sezione trasversale tipo degli interventi a valle del Ponte Storico

Nel presente Progetto, infine, sono previste opere di riqualificazione naturalistica e ambientale, costituite dalla messa a dimora di elementi vegetali arbustivi in corrispondenza dell'area posta a tergo del nuovo muro di sostegno a valle della nuova campata, in configurazione libera, delle essenze indicate dal Parco Adda Sud e riportate nel Capitolato Speciale d'Appalto allegato al presente Progetto.

7. INSERIMENTO AMBIENTALE E PAESAGGISTICO

Al Progetto Definitivo del dicembre 2021 è stata allegata la *Relazione paesaggistica* (Elaborato A.04.01 di Progetto Definitivo), a cui si rimanda.

Nell'ambito del Progetto Definitivo si è verificato che, per quanto riguarda l'inserimento ambientale delle opere in progetto, tra le tipologie elencate nell'Allegato IV al D.Lgs. 152/06 s.m.i. che devono essere sottoposte a Verifica di assoggettabilità a Valutazione di Impatto Ambientale, non ve ne è alcuna a cui possa essere assimilato l'intervento previsto.

In detto elenco, infatti, l'unica tipologia riguardante interventi di carattere fluviale è quella di cui al punto 7 “*Progetti di infrastrutture*”, lettera o), riportante la dicitura “*Opere di regolazione del corso dei fiumi e dei torrenti, canalizzazioni e interventi di bonifica ed altri simili destinati ad incidere sul regime delle acque, compresi quelli di estrazione di materiali litoidi dal demanio fluviale e lacuale*”. La stessa definizione è ripresa anche al punto 7, lettera o) dell'Allegato B) della L.R. 5/2010.

Ebbene, l'intervento previsto in progetto non riguarda la realizzazione di argini, sbarramenti del corso d'acqua, diversivi, o comunque opere in grado di incidere sul regime delle acque.

Esso, infatti, è teso al miglioramento del deflusso attraverso il Ponte Storico di Lodi, riequilibrandone le condizioni, favorendo una più bilanciata distribuzione della portata tra le campate in destra e sinistra idraulica; in definitiva, riportandole alle condizioni di alcuni decenni or sono, prima che la briglia fluviale a valle del ponte, realizzata allo scopo di salvaguardare le fondazioni delle pile dello stesso e recentemente abbassata a seguito del consolidamento di queste ultime, innescasse il ben noto fenomeno di deposizione di materiale nella porzione sinistra dell'alveo e di progressivo interrimento del preesistente ramo fluviale secondario.

Per tali ragioni, si è ritenuto, in fase di progettazione definitiva, che **l'intervento previsto in progetto non ricada nelle tipologie di opere da assoggettare a Verifica di assoggettabilità a Valutazione di Impatto Ambientale.**

A tale conclusione si è pervenuti anche in ambito di Conferenza dei Servizi, che – infatti – ha approvato il Progetto Definitivo senza prescrivere che debba essere effettuata la procedura di Verifica di assoggettabilità a Valutazione di Impatto Ambientale.

Per quanto riguarda la previsione di **opere di compensazione ambientale**, pur non essendo in vigore di un obbligo in tal senso, in aggiunta alle opere previste per l'apertura di una campata aggiuntiva in sinistra idraulica del Ponte Storico di Lodi, il presente Progetto Esecutivo prevede

misure, che pur non essendo strettamente riferibili agli scopi di progetto, si ritiene opportuno adottare al fine di contenere l'impatto ambientale complessivo.

A questo scopo, a seguito di interlocuzioni con l'Amministrazione comunale di Lodi e con il Parco Regionale dell'Adda Sud, è stata individuata l'area che risulterà posta a tergo del nuovo muro di sostegno a valle della campata aggiuntiva, quale area destinata ad interventi di riqualificazione ambientale (Fig. 7.1).



Fig. 7.1: Area individuata per la realizzazione delle opere di rinaturalizzazione ambientale

Per la definizione delle caratteristiche di dettaglio delle opere di rinaturalizzazione ambientale è stato istituito un tavolo tecnico, con la partecipazione del comune di Lodi e del Parco Adda Sud, ad esito dei lavori del quale si è stabilito di procedere, a fine lavori, alla messa a dimora di N.40 elementi vegetali arbustivi, conformi all'Art. 50 del R.R. 20/07/2007, n.5. Gli elementi vegetali saranno posati in configurazione libera e saranno costituiti, secondo le indicazioni del Parco Adda Sud dalle seguenti essenze:

- N. 10 biancospino (*Crataegus monogyna*);
- N. 10 prugnolo (*Prunus spinosa*);
- N. 8 pallon di maggio (*Viburnum opulus*);
- N. 4 sambuco (*Sambucus nigra*);
- N. 8 lantana (*Viburnum lantana*).

8. ESPROPRI, SERVITÙ ED OCCUPAZIONI

Le opere corrispondenti alla realizzazione della nuova campata aggiuntiva in sinistra idrografica del Ponte Storico comportano l'occupazione di aree di proprietà dell'Amministrazione comunale di Lodi.

Oltre alle aree da assoggettare ad esproprio, si sono valutate quelle da sottoporre a servitù permanente, finalizzate all'ispezione periodica delle opere ed alla loro manutenzione, nonché quelle necessarie per le attività di cantiere, oggetto di servitù temporanea.

Al presente Progetto è allegato il Piano particellare di occupazione e di esproprio (Elaborato A.03.01), con tutte le valutazioni di cui sopra.

In sintesi, con riferimento all'intervento completo, gli oneri risultano i seguenti:

- | | |
|---|-------------------|
| • Espropri | € 50,00 |
| • Servitù permanenti | € 40,83 |
| • Occupazioni temporanee | € 199,38 |
| • Oneri per bonari accordi, atti notarili, ecc. | <u>€ 1.709,79</u> |

Totale € 2.000,00

9. TERRE E ROCCE DA SCAVO

La realizzazione delle opere previste in progetto comporta movimenti di terra e la necessità di conferire a smaltimento materiale in esubero generato dalle lavorazioni.

In sintesi, come dettagliatamente esposto nella *Relazione sulla gestione delle materie* (Elaborato A.04.02), sono previsti i seguenti volumi in uscita dal cantiere, smaltiti presso centri autorizzati secondo normativa vigente:

- Demolizioni: 388,80 m³;
- Asfalto fresato/demolito: 62,46 m³;
- Terre e rocce da scavo: 4.313,65 m³.

10. SUDDIVISIONE IN FASI D'INTERVENTO FUNZIONALI

L'insieme di tutti gli interventi previsti dal Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica del gennaio 2018 si divide nelle seguenti categorie principali di opere:

- a) Le opere previste dal Progetto Definitivo / Esecutivo dei lavori di I Fase di intervento funzionale del novembre 2020, costituite dalle difese dagli eventi alluvionali di riferimento ($T_{RIT} = 200$ anni) dell'area urbanizzata corrispondente al Q.re Revellino, alla zona di via N. Sauro e alla zona di C.na Codignola, consistenti, in sintesi, in un'arginatura di tipo misto (rilevato in terra e muratura arginale in c.a.) e ad alcune opere minori di completamento. Il progetto è stato recentemente appaltato da AIPO ed i lavori sono attualmente in corso;
- b) Le opere ricomprese nel presente Progetto Esecutivo dei lavori di II Fase di intervento funzionale, finalizzate all'incremento del deflusso idrico attraverso l'esistente Ponte Storico, consistenti, in sintesi, in una campata aggiuntiva in sinistra idraulica del ponte e nella prosecuzione verso valle del muro arginale esistente a monte (primo tratto della difesa arginale in zona ex SICC);
- c) Le opere ricomprese nel Progetto Esecutivo di III fase di intervento funzionale, attualmente in fase di avanzata predisposizione da parte dei sottoscritti Professionisti per conto di AIPO, anch'esse finalizzate all'incremento del deflusso idrico attraverso l'esistente Ponte Storico, consistenti, in sintesi, nella riattivazione del preesistente ramo fluviale secondario per l'alimentazione delle campate in sinistra dello stesso ponte, attualmente poco efficaci, per via delle dinamiche di deflusso nel tratto urbano del fiume Adda.

Per la loro natura, caratteristiche ed efficacia, fin dal PFTE del gennaio 2018 si è riconosciuto che, in caso di necessità di realizzazione frazionata, ciascuna di tali categorie di opere può costituire una fase di intervento funzionale dell'intervento complessivo, ma solo a patto che il primo intervento da realizzare sia quello relativo alle opere di cui al precedente punto a).

Infatti, in caso contrario, una volta ottenuto l'incremento del deflusso idrico attraverso il ponte, al miglioramento delle condizioni della zona posta a monte del ponte (riduzione dei livelli idrici di massima piena duecentennale pari a circa 10 cm, corrisponderebbe un peggioramento della situazione delle zone attualmente non protette di valle, per via della maggiore portata in transito e, dunque dei più elevati livelli idrici massimi, stimabili nell'ordine di una decina di centimetri.

Per tale ragione, si è stabilito che, in caso di realizzazione delle opere per fasi di intervento funzionale successive, si debba dapprima provvedere alla protezione delle zone urbanizzate situate in sinistra idraulica a valle del Ponte Storico e solo successivamente alla realizzazione delle opere finalizzate al miglioramento delle condizioni di deflusso idrico attraverso il ponte stesso.

In quest'ottica, le opere previste dal Progetto Definitivo / Esecutivo del novembre 2020, che costituisce la I Fase di intervento funzionale, sono proprio quelle finalizzate alla difesa dagli eventi alluvionali di riferimento dell'area urbanizzata corrispondente al Q.re Revellino, alla zona di via N. Sauro e alla zona di C.na Codignola. Come detto, tale progetto è stato appaltato da AIPO e le opere in esso previste sono in corso di realizzazione.

Le altre opere (quelle di categoria b e c) potranno essere realizzate dopo il raggiungimento della salvaguardia idraulica delle zone di Q.re Revellino, via N. Sauro e C.na Codignola.

In definitiva, il massimo frazionamento possibile è costituito dalle seguenti tre fasi di intervento funzionale, che devono essere attuate nel rigoroso rispetto della successione indicata:

- 1) Realizzazione delle opere di difesa dell'area urbanizzata corrispondente al Q.re Revellino, alla zona di via N. Sauro e al condominio di via Po (opere oggetto del Progetto Definitivo / Esecutivo di I Fase di intervento funzionale del novembre 2021, i cui lavori sono stati appaltati e avviati);
- 2) Realizzazione della campata aggiuntiva in sinistra idraulica del Ponte Storico (opere oggetto della presente progettazione esecutiva);
- 3) Realizzazione del canale di alimentazione delle campate di sinistra del Ponte Storico (opere oggetto del Progetto Esecutivo di II Fase di intervento funzionale).

Ciascuna di tali tre fasi di intervento funzionale non risulta ulteriormente frazionabile in interventi di minore entità da realizzare indipendentemente tra loro e secondo una qualche successione temporale.

11. SPESA PREVISTA

Come evidenziato nell'elaborato n. A.07.04 (Quadro economico) allegato al presente Progetto, la spesa complessiva prevista è pari a € **3.039.777,55**, di cui € 2.098.600,43 per sole opere e lavori (compresi oneri per l'attuazione dei piani di sicurezza, pari a € 39.986,92), a cui si aggiunge una spesa di € 941.177,12 per somme a disposizione dell'Amministrazione per indennità di esproprio e servitù, opere complementari non prevedibili in fase progettuale, indagini geologiche, geognostiche e di laboratorio, oneri per sorveglianza archeologica agli scavi e per opere di compensazione e/o mitigazione, oneri per fatturazioni Enti gestori di sottoservizi, spese tecniche di progettazione definitiva ed esecutiva, direzione dei lavori e coordinamento sicurezza, spese tecniche di collaudo, rivalsa IVA, incentivi per attività interne all'Amministrazione appaltante, spese tecniche per procedura espropriativa e spese d'appalto e pubblicità, accantonamento per eventuale revisione prezzi.

Per la definizione dell'importo di opere e lavori, si è fatto riferimento all'Elenco Prezzi Regione Lombardia del luglio 2022.

12. CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE

A seguito della consegna ad AIPO del presente Progetto Esecutivo, si prevede che gli interventi di progetto possano essere realizzati secondo la tempistica di seguito descritta.

Alla consegna del presente Progetto, seguirà l'avvio della procedura di Verifica progettuale, che si ritiene possa concludersi entro il mese di febbraio 2023 e che porterà alla validazione e all'approvazione del Progetto.

Si prevede che la gara d'appalto dei lavori di costruzione degli interventi possa essere indetta tra marzo e aprile 2023 e che l'aggiudicazione dei lavori avvenga entro tre mesi dall'indizione, ossia entro il mese di luglio 2023.

Essendo previsto un tempo pari a 500 giorni naturali e consecutivi per la realizzazione delle opere ed essendo fissato in ulteriori 180 giorni il tempo occorrente per il collaudo delle stesse, si può ipotizzare il completamento dei lavori entro il mese di dicembre 2024 e la conclusione delle attività di collaudo entro il mese di giugno 2025.

Assago, dicembre 2022

I PROGETTISTI

Dott. Ing. Silvio Rossetti

Dott. Ing. Alessandra Bertoglio