



# AIPO

Agenzia Interregionale per il fiume Po



COMUNE DI STAGNO LOMBARDO  
Provincia di Cremona

SETTORE POLITICHE ENERGETICHE PATRIMONIO AMBIENTE SERVIZI LAVORI PUBBLICI

Titolo del Progetto

**CR-E-815 Rifacimento chiavica del Fossadone sull'Argine Maestro sinistro del fiume Po  
in Comune di Stagno Lombardo (CR) - Cod OPERA 936 - CUP B53H19000290002 - CIG 82186558A7**

Livello di progettazione

## PROGETTO DEFINITIVO



©I.S.I. Ingegneria e Ambiente  
Ing. Gian Lorenzo Bernini - Ing. Rosaria Ragazzini  
Via Martiri della Liberazione, 36 - 43126 Vicofertile (PR)  
cod.fisc. e P.I. 02577010347  
Tel. 0521 941229 - info@isiingegneriaeambiente.it

Progettazione  
Ing. Gian Lorenzo Bernini  
Ing. Rosaria Ragazzini

Titolo

Relazione illustrativa dell'intervento

Numero

**2020-815-CR-RG01**

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
02	28.08.2020	Aut. Paesaggistica	RR	RR	FA
03	23.12.2020	Progetto Definitivo	RR	RR	FA

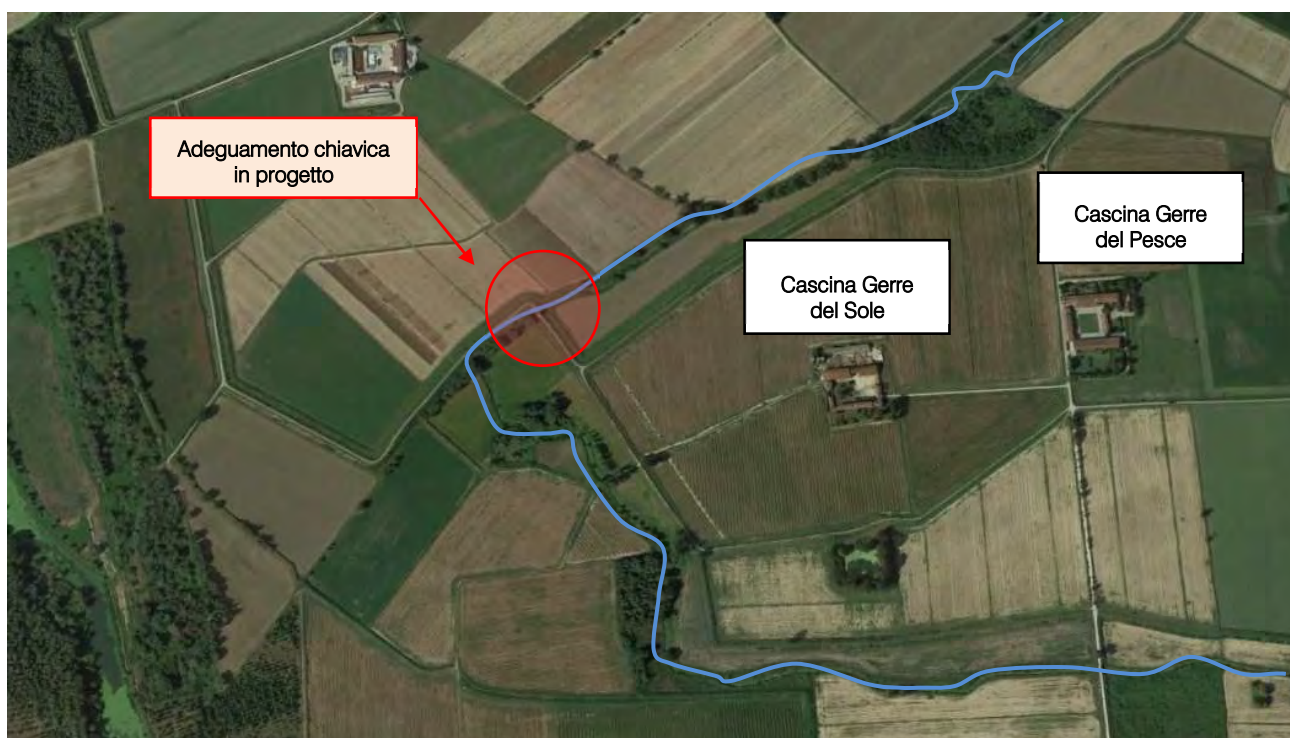
## Sommario

1	PREMESSA .....	2
2	CONSISTENZA DEL SERVIZIO DI INGEGNERIA .....	5
2.1.1.	Rilievo topografico (SF) .....	5
2.1.2.	Indagini geologiche e prove di laboratorio geotecnico (GEO) .....	6
2.1.3.	Caratterizzazione sismica dei suoli (GEO) .....	7
2.1.4.	Dimensionamento strutturale ed impiantistico .....	9
2.1.5.	Organizzazione degli elaborati progettuali .....	10
3	OBBIETTIVO DEL PROGETTO .....	11
3.1	Interventi previsti .....	12
3.2	Caratterizzazione geologica e geomorfologica del sito .....	12
3.3	Caratterizzazione idrogeologica e idraulica del sito .....	13
3.3.1.	Il fiume Po .....	13
3.3.2.	Reticolo idrico Fregalino-Fossadone .....	14
3.4	Soluzioni alternative valutate in fase di progettazione preliminare .....	14
3.5	OPERE STRUTTURALI .....	17
3.5.1.	Struttura di alloggiamento delle paratoie .....	18
3.5.2.	Vasca di adduzione delle pompe .....	19
3.5.3.	Manufatto a protezione delle tubazioni in sommità arginale .....	21
3.5.4.	Muro di sponda sinistra Fossadone a monte dell'impianto .....	21
3.5.5.	Manufatto di recapito di valle .....	21
3.5.6.	Predisposizione dei supporti per le tubazioni DN800 .....	22
3.5.7.	Fabbricato di alloggiamento gruppo elettrogeno .....	22
3.5.8.	Struttura idraulica esistente di compartimentazione e regolazione .....	24
3.5.9.	Normativa di riferimento .....	25
3.5.10.	Prescrizioni sui Materiali .....	26
4	IMPIANTI MECCANICI .....	28
4.1	Paratoie di compartimentazione .....	28
4.2	Impianto di sollevamento .....	28
4.3	Tubazioni di mandata .....	28
4.3.1.	Valvola di disadescamento sifone .....	29
4.3.2.	Tubo contenitore .....	29
4.4	Griglia selettiva a protezione del varco pompe .....	29
5	IMPIANTI ELETTRICI .....	30
6	TEMPO UTILE - CRONOPROGRAMMA .....	32
7	STIMA DEI LAVORI – QUADRO ECONOMICO .....	33

## 1 PREMESSA

I.S.I. Ingegneria e Ambiente ricevette da AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume PO) nel 2015 l'incarico per la redazione del progetto preliminare di "Adeguamento e potenziamento della chiavica Fossadone in Comune di Stagno Lombardo (CR). (CR E 292 M)". Con determina n.849 del 30/07/2020, a seguito di procedura negoziata di affidamento, è stato affidato ad I.S.I. Ingegneria e Ambiente il "Servizio di progettazione definitiva ed esecutiva (con esclusione delle attività relative all'integrazione delle indagini geologiche/geotecniche e alla revisione della relazione geologica/geotecnica) relativo ai lavori di rifacimento della chiavica del Fossadone sull'argine maestro sinistro del fiume Po in Comune di Stagno Lombardo (CR) – CR-E-815 " CUP B53H19000290002, CIG:82186558A7.

I lavori riguardano l'adeguamento dell'attuale sistema di compartimentazione dell'attraversamento del cavo Fossadone con l'argine maestro con un nuovo manufatto di regolazione e pompaggio a monte dell'esistente.



**Figura 1: Inquadramento della zona d'intervento.**

**L'intervento a progetto si configura come un adeguamento e potenziamento del sistema di regolazione esistente, tale da non apportare modifiche al regime idraulico dei reticoli idrici superficiali.**

In ragione di ciò, le opere oggetto di progettazione **non rientrano nel caso** di:

*"Opere di regolazione del corso dei fiumi e dei torrenti, canalizzazione ed altri simili destinati ad incidere sul regime delle acque, compresi quelli di estrazione di materiali litoidi dal demanio fluviale e lacuale ad eccezione di quelli previsti in piani e programmi di competenza regionale, escluso quanto specificato all'ALL.B.7.o, purché non ricadenti anche parzialmente in aree naturali protette"*

Per le quali è prevista l'attivazione della procedura di Verifica di Assoggettabilità a VIA, ai sensi L.R.5-2010 (All.B.7) e D.Lgs.152-2006 All.IV.7. Per il D.Lgs. 152-2006 risultano infatti escluse dalla procedura di VIA le difese spondali, le opere di stabilizzazione d'alveo nonché la manutenzione e l'adeguamento funzionale delle opere di contenimento dei livelli di piena.

In sede di valutazione del Progetto Preliminare, come per altro previsto dal Regolamento degli Appalti Pubblici (DPR 207/2010 e s.m.), vennero considerate tre soluzioni alternative (sinteticamente illustrate nei paragrafi) sviluppando quindi la soluzione condivisa con l'Ufficio Tecnico della S.A., oggetto ora di progettazione definitiva.

Il dimensionamento del sistema è stato condotto sia sotto l'aspetto idraulico sia strutturale con riferimento a:

- ⇒ **Verifica a sifonamento del corpo arginale** nello stato attuale e con il ringrosso indotto dalla presenza della nuova struttura;
- ⇒ **Verifica a sifonamento della nuova struttura**, considerando un solo ordine di paratoie (quello di progetto) attivate e un livello di Po pari alla quota idrometrica TR200 PAI sulla sezione 27B. Tale verifica di sifonamento è stata condotta considerando una fondazione a platea con dente di monte come pure una struttura di progetto organizzata su diaframature strutturali;
- ⇒ **Verifica a liquefazione del terreno di fondazione** della struttura con valore di Magnitudo pari a 5.5 PGA0.2 ed identificazione di strati soggetti a liquefazione, tali da direzionale la scelta progettuale fondale verso la soluzione con diaframature strutturali (in grado di “passare” gli orizzonti stratigrafici critici per liquefazione);
- ⇒ **Verifica strutturale con analisi sismica** secondo quanto previsto da DM 17/01/18 per:
  - Classe d'uso IV (edifici la cui funzionalità è fondamentale per la protezione civile)
  - Vita Nominale = 100 anni
  - Coefficiente d'uso  $C_u = 2$
  - Categoria del suolo di fondazione = C
  - Categoria Topografica = T1
  - Classe di duttilità = BASSA
  - Fattore di comportamento  $q = 1.0$  (per il manufatto principale di compartimentazione)
  - $T_b$  (SLV) = 0.164
  - $a_g$  (SLV) = 0.136

Il dimensionamento strutturale e la progettazione del nuovo impianto hanno tenuto conto delle esigenze espresse dalla Committenza e riferibili a:

- I. Installazione di un sistema di paratoie da inserire in parallelo alle esistenti (così da formare una doppia compartimentazione sulle tre luci di deflusso);
- II. Realizzazione di un sistema di sollevamento in grado di smaltire le portate del cavo Fossadone in caso di piena di Po, con portata di lavoro stimata in  $1,0 \text{ m}^3/\text{sec}$ , prevalenza 10 m (8 m geodetica + 2 m di perdite di carico) con predisposizione di doppia camera di aspirazione per una coppia di pompe sommergibili da  $1,0 \text{ m}^3/\text{sec}$  cadauna (ipotizzando la seconda con funzione di riserva in caso di guasto della prima);
- III. Alimentazione del sistema di sollevamento mediante gruppo elettrogeno con gestione delle utenze “ordinarie” di illuminazione, controllo e monitoraggio, regolazione delle paratoie mediante con allaccio BT analogo all'esistente;
- IV. Controllo da remoto dei livelli e delle regolazioni delle paratoie e azionamento dell'impianto di sollevamento.



**Figura 2: Struttura di regolazione – Stato di fatto: vista da monte**



**Figura 3: Struttura di regolazione – Stato di progetto: vista da monte**



**Figura 4: Struttura di regolazione – Stato di fatto: vista da valle**



**Figura 5: Struttura di regolazione – Stato di progetto: vista da valle**

## 2 Consistenza del servizio di ingegneria

Il contratto di affidamento comprende il servizio di progettazione definitiva ed esecutiva per l'adeguamento e potenziamento del sistema chiavicale del cavo Fossadone con l'argine maestro sinistro di Po e del relativo impianto di sollevamento, compreso il coordinamento per l'acquisizione e la implementazione delle informazioni necessarie alla elaborazione progettuale di tipo:

- Geognostiche
- Geofisiche
- Sismiche
- Strutturali
- Topografiche

La documentazione progettuale è quindi composta da elaborati relativi a:

- **SF:** Rilievo topografico dello stato di fatto
- **ESP:** Piano Particellare di esproprio delle aree oggetto di occupazione della nuova infrastruttura idraulica
- **GEO2:** Raccolta ed elaborazione delle indagini geognostiche
- **GEO1:** Implementazione delle indagini Sismiche con definizione della risposta sismica locale del sito
- **GEO2:** Valutazione della suscettibilità a liquefazione degli orizzonti stratigrafici del sito
- **GEO3:** Implementazione delle indagini di caratterizzazione meccanica dei fabbricati esistenti
- **STR5:** Relazioni di Verifica della sicurezza e vulnerabilità sismica del fabbricato idraulico esistente
- **STR3-4:** Relazioni di calcolo strutturale della nuova infrastruttura idraulica e dei suoi manufatti accessori

I paragrafi successivi illustreranno sinteticamente il processo di acquisizione ed elaborazione dei dati, rimandando agli elaborati grafici e alle relazioni specialistiche di Progetto Definitivo, per maggiori dettagli.

### 2.1.1. Rilievo topografico (SF)

Il rilievo topografico effettuato già in fase di elaborazione preliminare della soluzione progettuale, comprende sia le aree adiacenti il manufatto esistente. Nello specifico, si è provveduto ad effettuare rilievo architettonico dell'edificio esistente, con elaborazione di planimetrie e prospetti. Allo stesso modo si è proceduto alla rilevazione del manufatto di attraversamento esistente con definizione degli ingombri delle murature portanti dell'arco in muratura.

Il rilievo dell'area oggetto di intervento è stato sviluppato sia con riferimento al tracciato dell'arginatura maestra di Po, con rilevamento di un tratto di complessivi 300 m, centrati 230 m a sinistra e 70 m a destra della chiavica esistente, sia al tracciato del cavo Fossadone per un tratto di 130 m a monte della chiavica e 60 m a valle.

Il rilievo, eseguito con strumentazione satellitare GPS è stato inquadrato nella cartografia CTR e raccordato nelle quote altimetriche alla quota di caposaldo VR82 AIPO (monografia prodotta nell'ambito della restituzione di rilievo).

Nell'ambito del servizio, apposito Album Grafico (**ALBUM SF – RILIEVO STATO DI FATTO**) è dedicato alla restituzione dei dati di rilievo con produzione di:

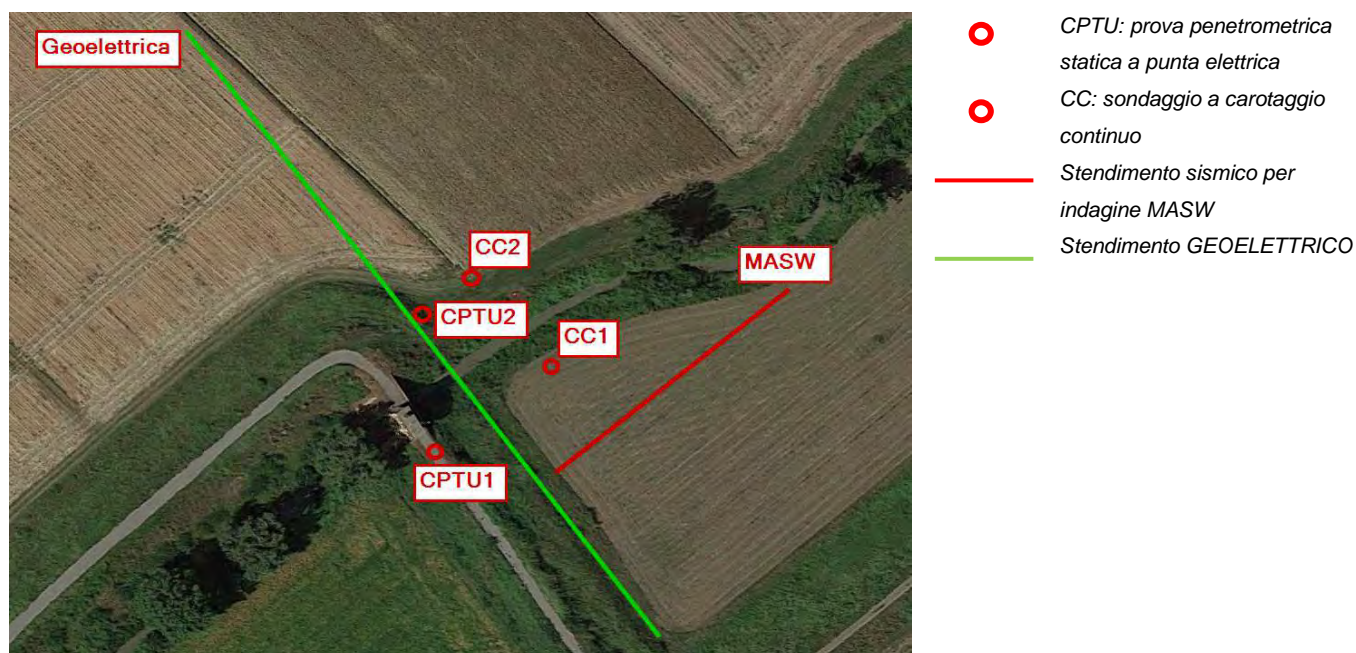
- Planimetrie di piano quotato
- Monografie di caposaldo
- Sezioni trasversali eseguite sull'arginatura maestra di Po
- Sezioni trasversali eseguite lungo il cavo Fossadone
- Profilo altimetrico della arginatura Maestra lungo il tratto di rilievo
- Profilo altimetrico del cavo Fossadone lungo il tratto di rilievo
- Planimetrie di inquadramento delle sezioni di rilievo e degli assi di profilo
- Planimetrie (fondazioni, piano di manovra, copertura) del manufatto chiavicale esistente
- Prospetti e sezioni del manufatto chiavicale esistente
- Planimetrie (alveo e piano arginale) del ponticello ad arco esistente
- Prospetti e sezioni del ponticello ad arco esistente.

### 2.1.2. Indagini geologiche e prove di laboratorio geotecnico (GEO)

L'elaborato progettuale 2020-815-CR-GEO2 riepiloga la campagna di indagini geognostiche di caratterizzazione litostratigrafica e sismica, organizzate nell'ambito dei livelli di progettazione "Preliminare" (ossia di Fattibilità tecnico-economica) e Definitiva-Esecutiva.

Tra il 2015 ed il 2016, al fine di indagare la natura dei terreni di fondazione per permettere il preliminare predimensionamento dell'opera e la conseguente pianificazione di approfondimenti geognostici nelle fasi successive di progettazione sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche in sito:

- n° 2 prove penetrometriche statiche a punta elettrica CPTU1 e CPTU2
- n° 1 indagine sismica tipo MASW per la determinazione della Vs30
- n° 1 prova geoelettrica
- n° 2 sondaggi a carotaggio continuo CC1 e CC2
- n°2 campioni indisturbati prelevati all'interno dei fori del sondaggio
- n.°8 Prove di dissipazione durante le prove CPTU.
- n.°1 Piezometro a tubo aperto da 2" installato nel sondaggio CC1



**Figura 6: Schema ubicazione indagini geognostiche eseguite su foto aerea satellitare.**

In sede di progettazione definitiva – esecutiva, pertanto, oltre ad approfondire la entità di alcune criticità evidenziate nel progetto preliminare, si è adeguata la campagna di indagini geognostiche e la caratterizzazione meccanica dei manufatti esistenti secondo quanto previsto da:

1. D.M. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni";
2. Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 21/01 2019 n°7 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme Tecniche per le Costruzioni";
3. DGR 11 Luglio 2014 n.x/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia;
4. DGR n.5001 del 30/03 2016, "linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica";
5. **Legge n. 156 del 12 dicembre 2019**, che apporta importanti modifiche alla disciplina delle **costruzioni in zone sismiche**, modificando l'art. 94-bis del D.P.R. n.380 del 2001, introdotto dal cosiddetto **Decreto Sblocca Cantieri**.

Con riferimento invece al nuovo quadro tecnico normativo "nazionale" (NTC 2018 e Circ. 7/19) le valutazioni progettuali sono quindi state aggiornate (come dimostrato dalle relazioni strutturali e geotecniche allegate al Progetto Definitivo):

- Alla nuova modalità di approccio alle verifiche nei confronti degli SLU idraulici (par. C6.2.4.2);
- Alla necessità di un monitoraggio del complesso opera-terreno (par. 6.26 NTC e par. C6.3.6);
- Alla caratterizzazione geotecnica ai fini sismici prevista da par. 7.11.2 NTC e C7.11.2;
- Alla valutazione della risposta sismica locale secondo quanto previsto da par. 7.11.3 e C7.11.3.1-2;

- Alla modalità ai approccio alle verifiche di stabilità per liquefazione secondo par. 7.11.3.4 e C7.11.3.4;
- Ai livelli di rilievo e di prova per strutture in c.a. esistenti previsti da Circolare Tab. C8.5.V;
- Ai livelli di confidenza da assumere in funzione della entità delle indagini di caratterizzazione meccanica delle strutture in muratura portante secondo quanto previsto da C8.5.4 e Tab. C8.5.I e C8.5.II.

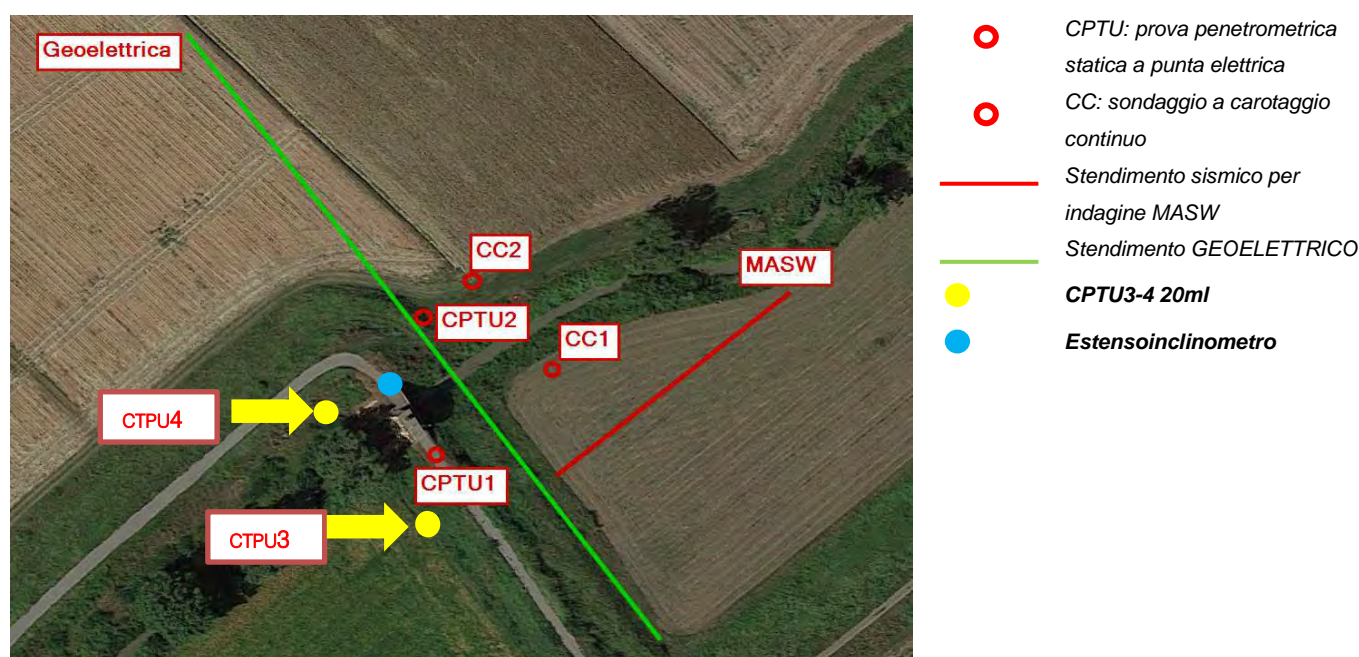
Oltre alla implementazione delle indagini geognostiche e meccaniche funzionali all'adeguamento normativo delle valutazioni progettuali sono state considerate ulteriori indagini di approfondimento di alcuni aspetti riscontrati come "critici" in fase di valutazione preliminare della struttura, con particolare riferimento a:

- **Fenomeni di liquefazione dei terreni**, con previsa identificazione dello spessore complessivo degli strati soggetti al fenomeno (e conseguente eventuale adeguamento della struttura di fondazione del fabbricato);
- **Caratterizzazione meccanica della struttura in c.a. di scarico del manufatto chiavicale attuale**, entro cui sono alloggiate le paratoie esistenti.

E' stato infine considerato **l'approntamento di un sistema di monitoraggio** che consenta di rilevare post-operam i cedimenti del fabbricato in progetto e gli spostamenti differenziali tra struttura di progetto, fabbricati esistenti, rilevato arginale, comparando i dati di rilievo con i valori di calcolo attesi.

Alla luce degli obiettivi esposti, la campagna di indagini 2020 ha considerato:

- **n. 2 CPTU spinte a 20 m con prove di dissipazione** in senso longitudinale al rialzo arginale previsto, denominate CPTU 03 (Cert. Prova 034E\_2020) e CPTU 04 (Cert. Prova 034E\_2020);
- **n.4 prove di dissipazione riferite alle CPTU3 e CPTU4** (comprese tra quota -4.10m e -14.76m da p.c.)
- **n. 1 perforazione in corrispondenza della nuova sommità arginale spinta a 15 m di profondità da attrezzare con estensoinclinometro per il monitoraggio della stabilità arginale sia verticale (subsidenza) che laterale (scivolamento)**



**Figura 7: Schema ubicazione indicativa delle indagini geognostiche integrative (in giallo e azzurro)**

### 2.1.3. Caratterizzazione sismica dei suoli (GEO)

Alla caratterizzazione litologica dei suoli è stata anche affiancata la caratterizzazione sismica del sito con elaborazione dei dati di MASW e di rilievo elettrico per la definizione della:

- ⇒ Tipologia di suolo (ai sensi DM 17/01/18) e relativa risposta sismica locale
- ⇒ Rischio di Liquefazione

Tali valutazioni, insieme con i risultati delle indagini, sono espone nell'ambito degli elaborati 2020-815-CR-GEO1, 2020-815-CR-GEO2, 2020-815-CR-STR6, allegate al presente Progetto Definitivo e rispettivamente dedicate a:

- Relazione geologica
- Campagna delle indagini geognostiche
- Relazione geotecnica

Nell'ambito della fase conoscitiva preliminare del sito è stata condotta una indagine sismica MASW mediante uno stendimento di 48m, posizionato sul lotto in esame come indicato dalla linea rossa riportata nella figura seguente.



**Figura 8: Ubicazione stendimento sismico MASW 2016 su foto aerea satellitare**

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software GeoMasw (PROGRAM GEO).

I dati MASW sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ).

In sede di progettazione definitiva-esecutiva la valutazione della risposta sismica locale è stata potenziata esulando dall'approccio semplificato, per altro non più ammesso dalla vigente normativa per strutture in classe d'uso IV. In considerazione di ciò sono state programmate ulteriori due MASW con giaciture come da immagini seguenti.

Le  $V_{s30}$  di riscontro hanno fornito valori pari a 198m/s e 201m/s, riferibili ad un terreno di tipo C.

I dati di entrambe le MASW sono proposte in allegato all'elaborato 2020-815-CR-GEO2 (elaborati denominati ALLEGATI 4.1 e 4.2 a firma di Subsoil s.r.l.)



**Figura 9: Elaborazioni MASW 1 e 2 - 2020**

Considerati infatti i valori di Vs30, la verifica di liquefazione, la classe d'uso (IV) dell'opera, il nuovo quadro normativo, in sede di progettazione definitiva-esecutiva si è quindi proceduto ad:

- ⇒ Effettuare la necessaria l'analisi di Risposta Sismica Locale valutando l'utilizzo dell'approccio non semplificato.
- ⇒ Approfondire le valutazioni circa la criticità alla liquefazione del substrato.

Tali valutazioni, sviluppate a cura del Dott. Geol Alberto Trivioli, sono tutte prodotte nell'ambito della Relazione Geologica di Progetto Definitivo-Esecutivo (Elab. 2020-815-CR-GEO1)

Considerata la prossimità del territorio comunale di Stagno Lombardo con zone sismogenetiche Nord (906-907), caratterizzate da una Magnitudo Massima Mw max pari a 6.60 e 6.14, si è provveduto ad elaborare una verifica alla liquefazione degli strati

Per la verifica alla liquefazione sono stati utilizzati i dati provenienti dalle prove CPTU eseguite nell'area, una Magnitudo pari a 5,50 Richter (valore ricavato mediante disaggregazione ricadendo all'esterno della zona sismogenetica ZS912), ed una accelerazione massima ( $ag_{max} = ag_{SsSt}$ ) in superficie pari a 0,204, essendo l'accelerazione attesa per la zona dalla classificazione nazionale pari a 0,138 g, il coefficiente d'amplificazione stratigrafica pari a 1,48 (Suolo C) e il coefficiente di amplificazione topografica pari a 1.

A conferma della adeguatezza della quota di imposta delle diaframature di fondazione, dalle elaborazioni prodotte negli elaborati progettuali 2020-815-CR-GEO1 e 2020-815-CR-GEO2, emerge come da quote pari a circa -15m da p.c., ossia +20m.s.l.m. l'indice LPI (potenziale di liquefazione) è inferiore a 5 ed il fattore di sicurezza superiore ad 1, considerando le quote "zero" delle CPTU rispettivamente riferite a (si veda elaborato grafico di rilievo dell'area 2020-815-CR-SF.2.1):

CPTU1	38.70 m.s.l.m.
CPTU2	36.20 m.s.l.m.
CPTU3	34.00 m.s.l.m.
CPTU4	33.80 m.s.l.m.

#### **2.1.4. Dimensionamento strutturale ed impiantistico**

Il dimensionamento strutturale e la progettazione del nuovo impianto ha tenuto conto delle esigenze espresse dalla Committenza e riferibili a:

- ⇒ Conservazione dell'impianto chiavicale esistente con funzione di doppio scudo di sicurezza
- ⇒ Conservare l'attraversamento su ponte ad arco, limitando tuttavia l'accesso ai soli addetti AIPO.

Tali esigenze hanno vincolato le scelte progettuali di definizione della proposta architettonica della nuova struttura ed hanno ampliato la campagna di rilievo e d'indagini geognostiche dello stato di fatto includendo anche alle attività di:

- ⇒ Rilievo architettonico dei manufatti esistenti
- ⇒ Caratterizzazione meccanica dei materiali (c.l.s. e barre d'armatura) del manufatto chiavicale
- ⇒ Caratterizzazione meccanica delle murature portanti del ponte ad arco
- ⇒ Valutazione prestazionale del ponte

Gli elaborati strutturali di progetto definitivo comprendono pertanto sia **relazioni di calcolo e dimensionamento delle strutture in progetto** (si vedano elaborati 2020-815-CR-STR3 e 2020-815-CR-STR4) che verifica della sicurezza e **vulnerabilità sismica di strutture esistenti** (2020-815-CR-STR5).

La soluzione progettuale oggetto di progettazione definitiva è stata ricavata dalla valutazione di proposte alternative elaborate nell'ambito del livello di progettazione Preliminare, come per altro previsto dal Regolamento degli Appalti Pubblici (DPR 207/2010 e s.m.).

Il **dimensionamento** del sistema è stato condotto sia sotto strutturale ed **idraulico**, per cui si rimanda agli elaborati progettuali 2020-815-CR-IDRR1 "**Relazione idraulica di dimensionamento e gestione dell'impianto di sollevamento**" e 2020-815-CR-IDRR2 "**Verifiche di sifonamento e filtrazione**"

In particolare, fatto salvo quanto indicato a Disciplinare con riferimento alla conformità normativa del progetto, si è dimensionato la struttura con riferimento a:

- Verifica a sifonamento del corpo arginale nello stato attuale e con il ringrosso indotto dalla presenza della nuova struttura;
- Verifica a sifonamento della nuova struttura, considerando un solo ordine di paratoie (quello di progetto) attivate e un livello di Po pari alla quota idrometrica TR200 PAI sulla sezione 27B. Tale verifica di sifonamento è stata condotta considerando una fondazione profonda organizzata su diaframature strutturali con quota di imposta pari a +20m.s.l.m.;
- Verifica a liquefazione del terreno di fondazione della struttura con valore di Magnitudo pari a 5.5 ed identificazione di strati soggetti a liquefazione, tali da direzionale la scelta progettuale fondale verso la soluzione con diaframature strutturali (in grado di "passare" gli orizzonti stratigrafici critici per liquefazione);
- Verifiche strutturali con analisi sismica secondo quanto previsto da DM 17/01/18

Le verifiche strutturali, condotta mediante modellazione f.e.m. (PROSAP Professional), si accompagnano ad una valutazione della "sostenibilità" delle pressioni fondali riscontrate in ambiti SLU, SLV e SLE (rare) sviluppata in apposita relazione geotecnica (elaborato 2020-815-CR-STR6)

La stessa **Relazione geotecnica** presenta le valutazioni di dimensionamento condotte per le diaframature strutturali poste ad intradosso platea e di sponda, nelle condizioni di lavoro di progetto e provvisori di apertura dello scavo.

Il dimensionamento impiantistico, sviluppato sulla base delle indicazioni della Committenza in merito alle **caratteristiche prestazionali dell'impianto elettrico di alimentazione e monitoraggio** è prodotto negli elaborati progettuali di serie 2020-815-CR-SPE

#### **2.1.5. Organizzazione degli elaborati progettuali**

Gli elaborati progettuali e di riscontro al servizio oggetto di affidamento sono stati organizzati per temi ed aree specialistiche, tra cui:

##### **DOCUMENTI E RELAZIONI SPECIALISTICHE**

2020-815-CR-RG	PARTE GENERALE
2020-815-CR-ECO	PARTE ECONOMICA
2020-815-CR-ESP	PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO
2020-815-CR-GEO	GEOLOGIA E PROVE SUI MATERIALI
2020-815-CR-IDRR	IDRAULICA
2020-815-CR-STR	STRUTTURE
2020-815-CR-SIC	SICUREZZA

##### **TAVOLE GRAFICHE**

2020-815-CR-SF	STATO DI FATTO – CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI
2020-815-CR-SPA	PROGETTO ARCHITETTONICO
2020-815-CR-IDR	PROGETTO STRADALE ED ARGINALE
2020-815-CR-SPS	PROGETTO STRUTTURALE
2020-815-CR-SPM	PROGETTO DEGLI IMPIANTI MECCANICI
2020-815-CR-SPE	PROGETTO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Si rimanda all'Elenco Elaborati di Progetto Definitivo (doc. 2020-815-CR-RG00) per maggiori dettagli.

### 3 OBIETTIVO DEL PROGETTO

Il cavo Fossadone raccoglie i contributi di altri corsi d'acqua tra cui alcuni colli (Fregalinetto, Paloschino, Gambara, Reale, Realino) e altri corsi d'acqua aventi anche funzione irrigua (Palosca, Canziana, Bissolina) oltre gli scarichi di troppo pieno di molte altre rogge che distribuiscono l'acqua per uso irriguo.

L'ultimo tratto (Fossadone) scorre prevalentemente sul sedime di vecchi meandri del fiume Po, oggi esterni all'argine maestro e scarica le proprie acque pochi chilometri più a sud, dopo aver oltrepassato il manufatto chiavicale antirigurgito oggetto dell'intervento di adeguamento.

Gli interventi oggetto del presente incarico, sono orientati alla risoluzione delle problematiche di rischio idraulico, con particolare riferimento all'abitato di Stagno Lombardo, delle cascine e degli agglomerati urbani sparsi nell'area sud del territorio comunale, in parte causate dal rigurgito o dal mancato scarico durante gli eventi di piena del Po.



**Figura 10: Chiavica esistente del Fossadone.**

Nell'assetto attuale lo scarico del Fossadone in Po, che sino a tal epoca avveniva liberamente, è regolato da una chiavica a tre luci, ognuna di 2,0 m di larghezza, presidiate da un semplice ordine di paratoie metalliche manuali.

La quota arginale in corrispondenza della chiavica è pari a circa 38,10 m s.l.m., inferiore di circa 1,0 m rispetto alla sommità arginale adiacente, e per tale motivo l'impostazione del piano del manufatto esistente risulta ad una quota arginale non adeguata agli eventi di piena registrati negli anni 1951-1994-2000.

Il sito d'intervento è posizionato in prossimità della sezione 27B del Catasto delle Arginature Maestre del Fiume Po con quota idrometrica di riferimento PAI per TR200 pari a 38,17 m s.l.m..

La sommità arginale adiacente al manufatto presenta, infatti, quota 39,20 m s.l.m. adeguata al livello idrometrico TR200 con 1,0 m di franco. Il progetto di adeguamento e potenziamento della struttura prevederà:

- L'adeguamento della sommità arginale anche nel tratto in corrispondenza del manufatto esistente;
- L'inserimento di una nuova struttura di contenimento dotata di tre luci di passaggio, in allineamento con le esistenti, regolate da tre paratoie installate con la possibilità di comando automatico da remoto;
- L'allestimento di un impianto di sollevamento per lo smaltimento delle portate del cavo Fossadone in caso di piena del Po (ed eliminazione del rischio di allagamento per rigurgito delle campagne a monte – come evidenziato dal PGT comunale nella perimetrazione delle aree di rischio idrico).
- La predisposizione di fabbricato di alloggiamento del gruppo elettrogeno di alimentazione del sistema o, in alternativa, di punto di consegna di fornitura MT e relativa trasformazione in BT.
- Il ringrosso e rialzo arginale funzionale all'inclusione della nuova struttura di regolazione con quota sommitale adeguata al livello idrometrico del PAI per TR200 con franco di 1,0 m.

### 3.1 Interventi previsti

Al fine di evitare fenomeni di sormonto o filtrazione arginale, oltre che di attivare la capacità di scarico meccanico nel Po, sono previsti interventi funzionali alla sicurezza dell'impianto e all'attivazione della capacità di scarico delle portate del Fossadone in condizioni di rigurgito.

PER MIGLIORARE LA SICUREZZA FUNZIONALE DEL NODO IDRAULICO e della chiavica esistente sono stati individuati i seguenti interventi:

- ✓ Realizzazione di un nuovo manufatto di monte per l'alloggiamento di ulteriori tre paratoie in linea con le esistenti, con movimentazione e regolazione a motore, anche da remoto, così da garantire un doppio scudo di compartimentazione sull'arginatura maestra. Il sistema di paratoie esistenti avrà così funzione di riserva per maggiore sicurezza del nodo idraulico del Fossadone.
- ✓ Inserimento di un impianto di sollevamento delle portate del cavo Fossadone con installazione di una coppia di pompe sommerse (1 + 1) da 1.000 l/s alloggiate in apposite camere di aspirazione posizionate in sponda sinistra del cavo Fossadone, e protette da griglie selettive inclinate;
- ✓ Formazione di un rilevato arginale di ringrosso e rialzo dell'esistente, in affiancamento a quest'ultimo, con deviazione della pista di sommità arginale in corrispondenza del nuovo impalcato carrabile di pertinenza della struttura in progetto;
- ✓ Allestimento di un impianto di monitoraggio dei livelli di Po e di Fossadone con installazione di misuratori di livello corredati da un impianto di trasmissione delle letture.

PER L'ATTIVAZIONE DELLA CAPACITÀ DI SCARICO sono previsti in linea generale:

- ✓ Realizzazione sulla banca sinistra del Fossadone di un edificio, annesso al nuovo manufatto chiavicale principale, con impianto di sollevamento per 2 pompe sommerse, ciascuna con portata di 1,0 m³/s, inserite in una camera di aspirazione protetta da griglia selettiva e con piano di manovra di sommità arginale;
- ✓ Allestimento di fabbricato di pertinenza del nuovo impianto per l'inserimento di cabina MT/BT oppure di gruppo elettrogeno di alimentazione del sistema.

Le nuove opere sono illustrate in dettaglio negli elaborati grafici di serie SP ed IDR, rispettivamente dedicati al progetto architettonico dei fabbricati e dei manufatti idraulici ed al progetto idraulico del solido arginale.

Si osserva che i lavori per la costruzione della nuova chiavica e dell'annesso impianto di sollevamento con relativo ringrosso arginale, interesseranno per la maggior parte aree di pertinenza privata e pertanto dovranno essere attuate le necessarie procedure espropriative. A tale riguardo è unito il piano particellare (Elaborati serie ESP) con l'individuazione delle ditte interessate e la stima preliminare delle indennità derivanti dalle occupazioni permanenti.

### 3.2 Caratterizzazione geologica e geomorfologica del sito

L'area si situa nella fascia di meandreggiamento olocenica del Po costituita da un sistema di terrazzi alluvionali.

Essenzialmente la stratigrafia dedotta dalle indagini in sito è correlabile alla presenza di sedimenti fini prevalentemente concentrati nella parte sommitale con depositi sabbiosi e localmente ghiaiosi sottostanti.

In particolare i depositi con sabbia grossolana prevalente e livelli ghiaiosi sono correlabili con ambienti di canale fluviale abbandonato; i depositi con sabbia medio-fine prevalente sono stati correlati ad un ambiente deposizionale di argine prossimale mentre i depositi con limo sabbioso prevalente sono correlabili ad un ambiente di argine distale. Infine i depositi con argilla limosa e argilla prevalente sono stati correlati ad un ambiente di piana inondabile.

Sono inoltre presenti delle argille con prevalente contenuto organico che sono state associate a un ambiente palustre. Questi depositi hanno uno spessore di circa 1,3-1,8 metri e com'è possibile notare dalle sezioni vanno in eteropia di facies con argille prevalenti di piana inondabile. Va sottolineato come a circa 14-15 metri di profondità vi sia una base netta di sabbie grossolane, con verso l'alto anche passate di livelli ghiaiosi, probabilmente correlabile con la base di un canale fluviale. Al di sotto sono ancora presenti depositi di argine prossimale e più raramente di argine distale.

Le indagini condotte hanno pertanto permesso di caratterizzare i parametri fisici e geomeccanici dei sedimenti attraversati per permettere un preliminare dimensionamento dell'opera in progetto.

### 3.3 Caratterizzazione idrogeologica e idraulica del sito

La situazione è quella tipica dell'Unità idrogeologica del fiume Po in cui si può riconoscere la presenza di un unico acquifero impostato nei depositi sabbiosi che sono disposti in lenti con caratteristiche granulometriche e di contenuto di matrice molto variabile. All'interno dello stesso acquifero si verificano, dunque, significative differenze di permeabilità con conseguenti riflessi sull'idrodinamica. Il limite superiore dell'acquifero è costituito dalla copertura limo-argillosa che aumenta di spessore all'aumentare della distanza dal fiume Po. Il letto dell'acquifero, invece, è posto a profondità di 40 - 50 m dal piano campagna. Nella fascia di meandreggiamento del Po l'acquifero è di tipo freatico, con sede nei depositi sabbiosi che si estendono pressoché indifferenziati in profondità fino a circa 40 m.

Il fiume Po influenza notevolmente il flusso sotterraneo, infatti, coincide con un asse di drenaggio. La situazione si capovolge in occasione dei periodi di piena, in cui il corso d'acqua ricarica la falda. Il fiume, infatti, costituisce, per il sistema acquifero ad esso collegato un limite a potenziale imposto; il livello idrometrico si deve sempre raccordare alla superficie piezometrica della falda. In sintesi, riguardo ai rapporti fiume falda si possono identificare 2 diverse fasi:

1. Fase di scarico (regime normale): in cui i livelli freatici sono costantemente ad una quota superiore ai livelli idrometrici, per cui si ha un flusso dalla falda al fiume. È la situazione più frequente in quanto coincide con i periodi di abbassamento e di stazionarietà prolungata delle quote idrometriche, durante i quali il corso d'acqua costituisce il livello di base della falda.
2. Fase di ricarica: in cui si assiste all'inversione del flusso idrico che assume direzione dal fiume alla falda. Tale fase si verifica durante l'arrivo dell'onda di piena quando all'innalzamento dei livelli idrometrici corrisponde una variazione più lenta dei livelli freatici, a causa della perdita di carico indotta dalla filtrazione nelle sabbie. Gli incrementi della quota della falda, risultano, in funzione della distanza dal corso d'acqua, di ampiezza minore e sfasati nel tempo, rispetto a quelli del fiume.

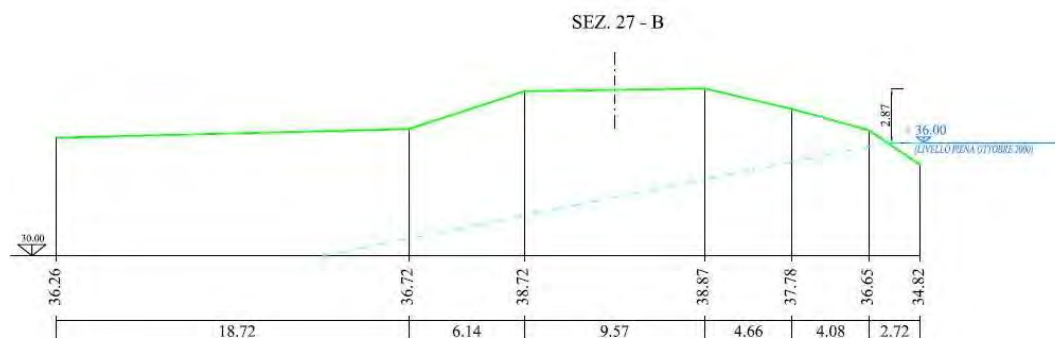
#### 3.3.1. Il fiume Po

Il tratto di fiume Po interessato è quello compreso tra la sezione 27 (monte) e 28 (valle) e per la definizione dei livelli idrometrici, in questa fase progettuale, si è utilizzata la sezione 27B.

Il posizionamento delle sezioni di riferimento e i livelli idrometrici corrispondenti sono tratti da "Aggiornamento catasto arginature maestre del fiume Po" dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.



**Figura 11: inquadramento sezioni fiume Po nell'area di interesse.**



**Figura 12: Sezione 27B.**

In particolare si riportano di seguito i livelli idrometrici alla sezione 27B:

- ⇒ 38,10 m s.l.m. (Studio SIMPO 82)
- ⇒ 38,17 m s.l.m. (PAI TR200)
- ⇒ 36,00 m s.l.m. (Piena ottobre 2000)

Le verifiche di filtrazione sono state realizzate utilizzando il livello della piena con TR200 anni definito nel PAI.

### 3.3.2. Reticolo idrico Fregalino-Fossadone

Nell'area del territorio cremonese orientale l'insieme dei corsi d'acqua si configura come una rete idrica collegata tramite innumerevoli opere di presa, scolmatori, confluenze, derivazioni, in buona parte gestiti dal Consorzio Dugali. Il corso d'acqua principale è rappresentato dal cavo Fregalino, che prosegue immettendosi nel cavo Bonetti e quindi nel **Fossadone** per scaricare, infine, le proprie acque nel fiume Po.

Il Fossadone scorre prevalentemente sul sedime di vecchi meandri del fiume Po, oggi esterni all'argine maestro, e scarica le proprie acque pochi chilometri più a sud, dopo aver oltrepassato il manufatto chiavicale antirigurgito oggetto di intervento.

Il cavo Fossadone raccoglie i contributi di altri corsi d'acqua tra cui alcuni colli (Fregalinetto, Paloschino, Gambara, Reale, Realino) e altri corsi d'acqua aventi anche funzione irrigua (Palosca, Canziana, Bissolina) oltre ovviamente agli scarichi di troppo pieno di molte altre rogge che distribuiscono l'acqua per l'irrigazione.

Il reticolo principale determina allo stato attuale condizioni di rischio idraulico per i territori attraversati, così come testimoniato dalle numerose esondazioni avvenute il 4-5 maggio e 15-16 giugno 2010 che hanno interessato la quasi totalità degli abitati della pianura cremonese orientale.

## 3.4 Soluzioni alternative valutate in fase di progettazione preliminare

Preso atto delle esigenze della Committenza, in fase di Progettazione Preliminare, vennero sviluppate, una volta acquisiti i dati di rilievo e di caratterizzazione Bozzolina del sito, tre soluzioni di allestimento impiantistico.

Nello specifico le tre soluzioni proposte prevedono:

**SOLUZIONE 1:** Chiavica a 3 luci in linea con l'esistente ed impianto di sollevamento frontale alla linea di flusso della corrente, in sponda destra e sinistra del cavo Fossadone, con alloggiamento di una pompa per sponda;

**SOLUZIONE 2:** Chiavica a 3 luci in linea con l'esistente ed impianto di sollevamento laterale in sponda sinistra del cavo Fossadone, con alloggiamento delle due pompe sommerse (1+1) frontalmente alla linea di flusso della corrente;

**SOLUZIONE 3:** Chiavica a 3 luci in linea con l'esistente ed impianto di sollevamento frontale in sponda sinistra del cavo Fossadone, con alloggiamento delle due pompe sommerse (1+1) lateralmente alla linea di flusso della corrente.

Tutte le soluzioni proposte prevedevano:

- L'inserimento del sistema di sollevamento entro un fabbricato;
- L'accorpamento dell'impianto di sollevamento all'interno del fabbricato chiavicale;
- La regolazione di paratoie e impianto di sollevamento dalla sommità arginale;

- L'affiancamento del nuovo impalcato, a quota arginale adeguata, all'esistente, con raccordo del dislivello di quota mediante muretto di compartimentazione;
- L'utilizzo dell'impalcato di attraversamento esistente su ponticello ad arco, con funzione di servizio per l'accesso di mezzi AIPO al manufatto chiavicale esistente;
- Il ringrosso e rialzo locale del corpo arginale in corrispondenza del nuovo manufatto chiavicale di adeguamento e regolarizzazione in quota del profilo arginale sul tratto di intervento (eliminazione corde molli).

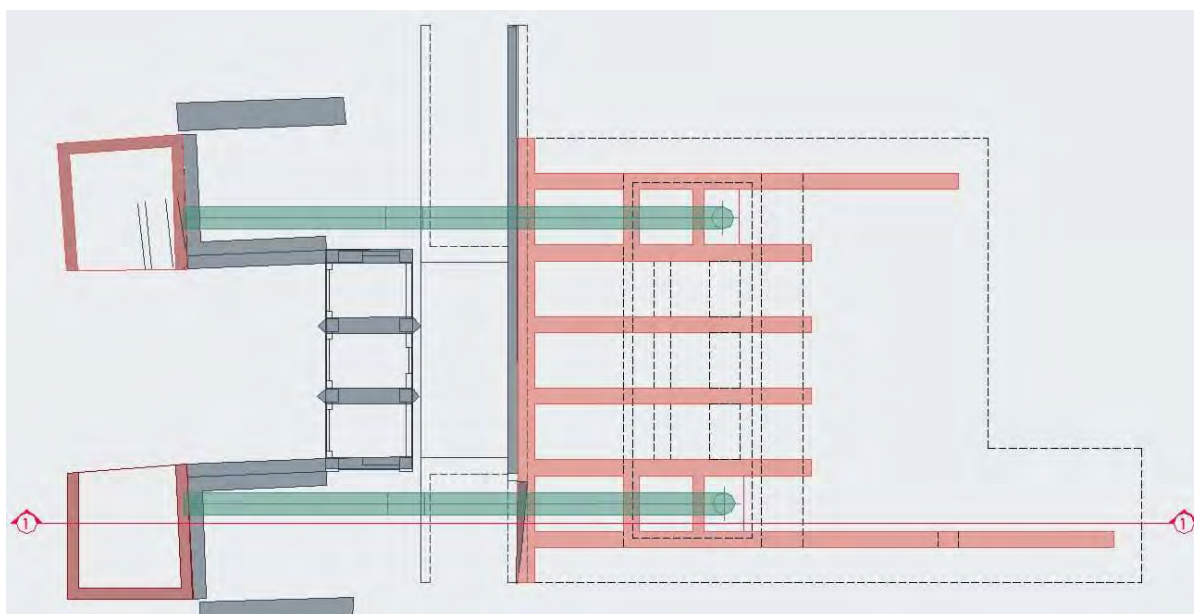
Nessuna delle tre soluzioni alternative prevedeva allestimenti "a cielo aperto" delle pompe di sollevamento (mediante protezione semplice grigliato delle camere di aspirazione) ed anche una possibile regolazione delle pompe di aspirazione da una quota inferiore alla sommità arginale maestra di Po.

In tutte le soluzioni venne, inoltre, prevista la realizzazione di un fabbricato "autonomo" destinato all'alloggiamento del sistema di alimentazione dell'impianto (sia esso mediante fornitura MT o con gruppo elettrogeno).

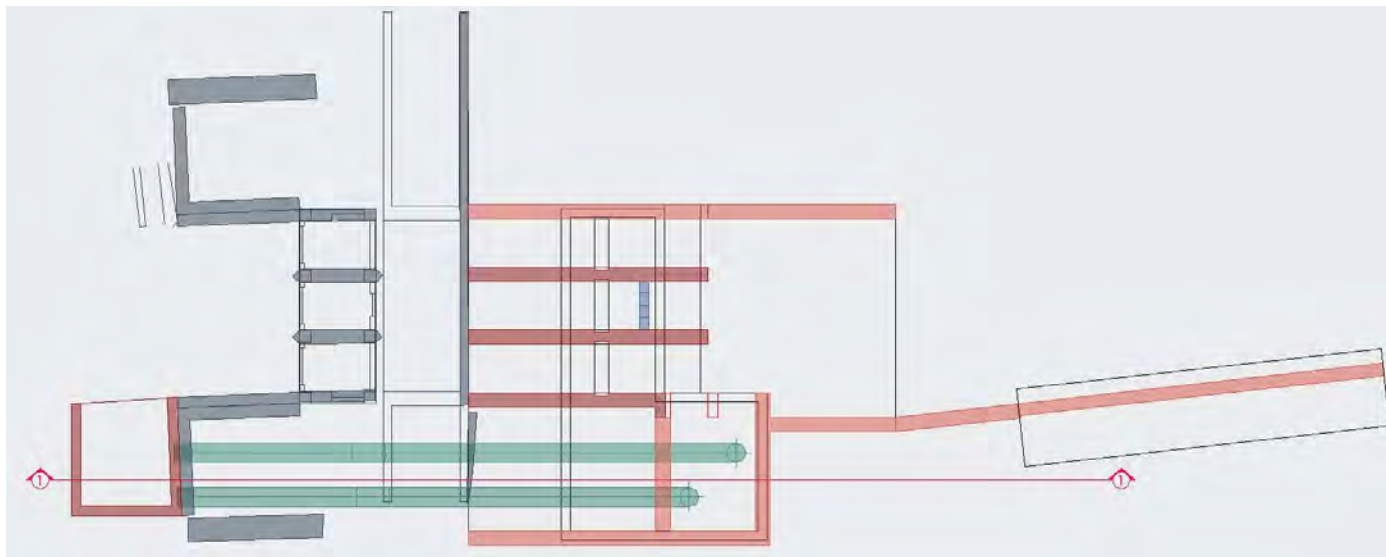
Le tubazioni di mandata dell'impianto di sollevamento, in attraversamento dell'arginatura esistente, furono previste incassate, con apposito manufatto, nel tratto di sommità arginale esistente ed alloggiate in apposita camera di attraversamento, nel tratto di impalcato relativo al manufatto di progetto. **La generatrice inferiore del tratto in sommità è stata posta alla quota 39,30 m s.l.m., e quindi superiore in ragione di circa 110 cm al livello di piena TR200 del PAI riscontrato sulla sezione Fossadone (27B).**

Il recapito di valle (lato fiume Po) del sollevamento avviene in apposito manufatto, allestito in sponda destra/sinistra Fossadone in ragione dello specifico allestimento impiantistico.

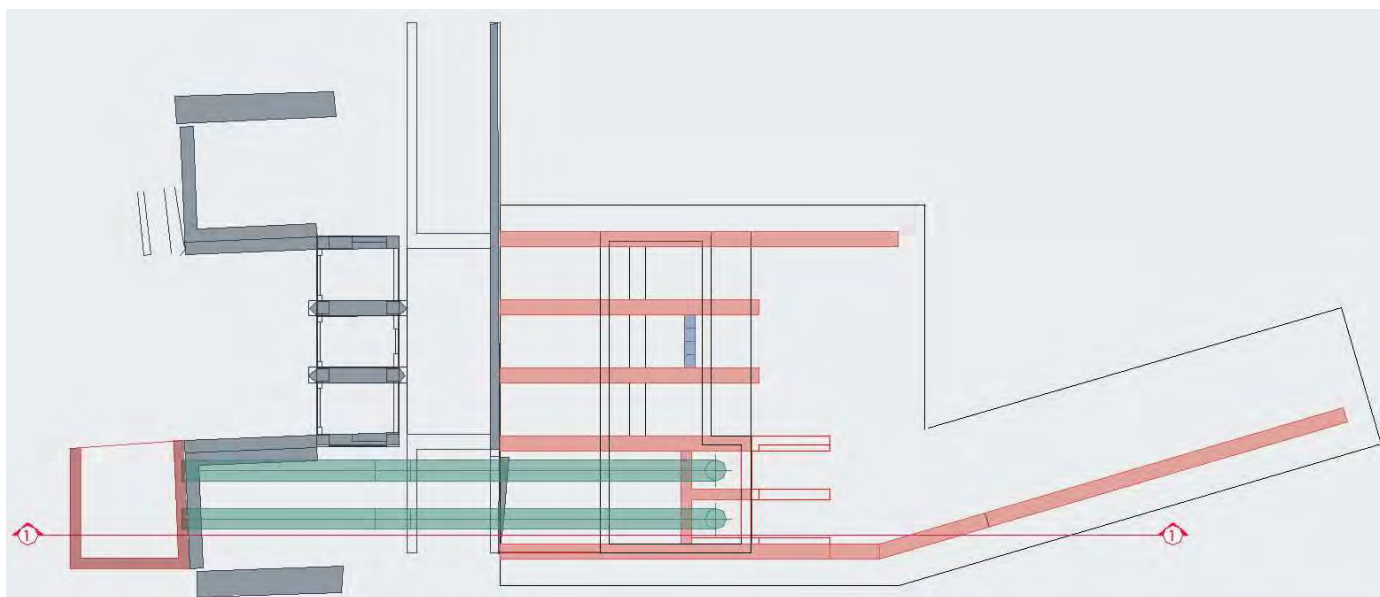
Nelle tre soluzioni, le tre nuove paratoie di compartimentazione hanno dimensioni pari a 2000x5000 mm con scorrimento verticale e tenuta su 4 lati. Sono costituite da uno scudo di tenuta monolitico, gargami di scorrimento e telaio in acciaio zincato a caldo; doppia vite di comando non saliente in acciaio inox AISI 304, bussola di bronzo, tenute riportate in bronzo sullo scudo, battuta rettificata. I movimenti delle paratoie sono guidati su ruote con assi in acciaio inox AISI 304, bulloneria in acciaio inox AISI 304.



**Figura 13: Soluzione progettuale numero 1**



**Figura 14: Soluzione progettuale numero 2**



**Figura 15: Soluzione progettuale numero 3**

La soluzione progettuale adottata in fase di Progetto Preliminare ed oggetto di successiva progettazione definitiva è la **numero 2**, con impianto di sollevamento laterale in sponda sinistra Fossadone.

Tale scelta, seppure non ottimale per quanto riguarda il livello prestazionale dell'impianto di sollevamento (con particolare riferimento al caso in cui entrambe le pompe lavorino contemporaneamente), è stata giustificata da:

- ⇒ La non attivazione contemporanea di entrambe le pompe;
- ⇒ Migliore gestione delle manutenzioni delle griglie selettive con giacitura laterale rispetto al posizionamento frontale;
- ⇒ Minore ingombro, sia in sezione Fossadone sia lungo l'arginatura maestra di Po, dell'assetto impiantistico.

La scelta progettuale, già espressa in sede di progettazione preliminare, di conservazione dei manufatti esistenti ha comportato un assetto progettuale della infrastrutturale di regolazione e sollevamento in cui:

- ✓ Il sistema di paratoie presenti nel manufatto di regolazione attuale serve da presidio di sicurezza in caso di avaria o manutenzione del sistema principale a progetto;
- ✓ L'attraversamento su ponte ad arco diventa elemento funzionale al percorso ciclo-pedonale di sommità arginale.

In ragione di ciò, le analisi strutturali di valutazione della sicurezza statica e vulnerabilità sismica della chiavica esistente e del ponte ad arco, considereranno:

- ⇒ Il declassamento della infrastruttura esistente da una classe d'uso IV (*"Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti..."*) ad una classe d'uso II (*"Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali"*)
- ⇒ Il declassamento del ponte ad arco da ponte stradale di 2° cat a ponte ciclo pedonale (con azione accidentale distribuita pari a 500 daN/mq)

I dati acquisiti sono quindi serviti da supporto, in sede di progettazione definitiva, per la valutazione della sicurezza e vulnerabilità sismica del fabbricato di regolazione esistente, in sede di progettazione esecutiva alla verifica di sicurezza e vulnerabilità sismica del ponte ad arco in muratura di attraversamento del Fossadone in corrispondenza della chiavica esistente.

### 3.5 OPERE STRUTTURALI

Le opere strutturali di progetto comprendono la realizzazione di elementi "in alveo", con quote comprese tra fondo Fossadone e piano campagna, ed elementi "fuori alveo" con quote da piano campagna sin oltre quota di sommità arginale di progetto (39,20 m s.l.m.).

Il **nuovo aggregato strutturale** comprende, un **"complesso" principale di alloggiamento del sistema di compartimentazione** (composto da tre paratoie) e **del sistema di sollevamento** con funzione anche in impalcato arginale carrabile. **"Accessori" alla struttura principale** sono, quindi, i manufatti di:

- Recapito di valle delle tubazioni di mandata;
- Attraversamento delle tubazioni di impianto;
- Contenimento spondale sinistra Fossadone a monte dell'impianto;
- Alloggiamento del gruppo elettrogeno o arrivo della fornitura MT.



**Figura 16: Indicazione delle opere strutturali del complesso principale e manufatti accessori**

L'aggregato strutturale principale di chiavica e dell'adiacente alloggiamento dell'impianto di sollevamento saranno fondati su un sistema di diaframmi strutturali con base a quota 20 m s.l.m. (-15 m da piano campagna), spessore 60-80 cm.

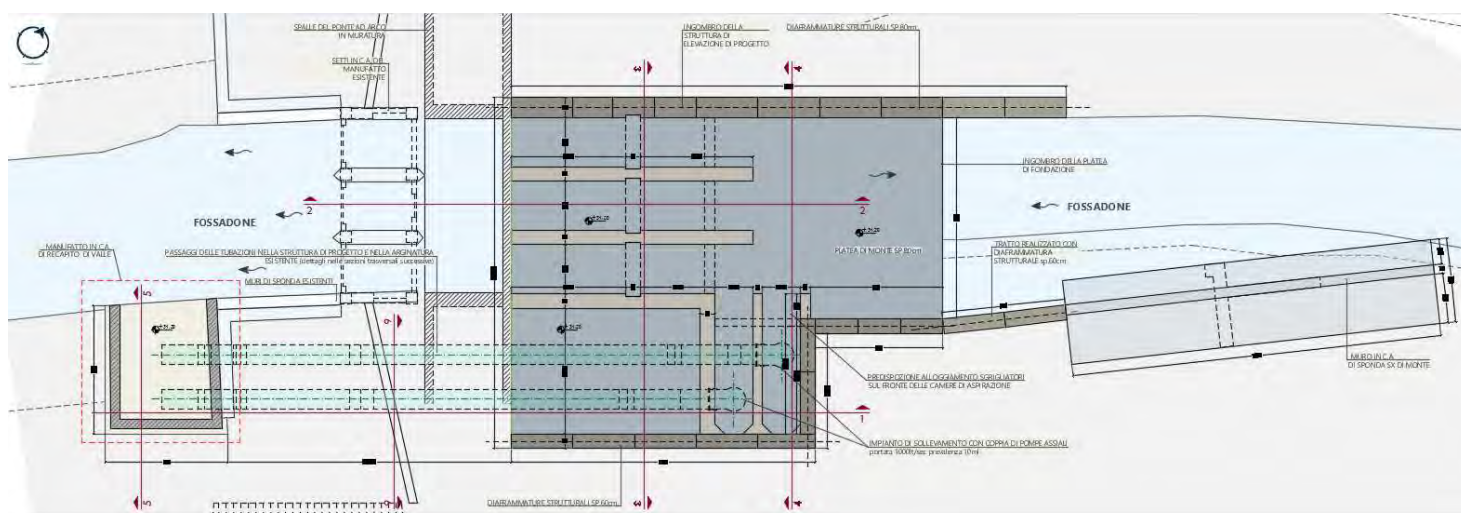
I setti strutturali seguiranno l'andamento dei muri di contenimento spondale e delimitazione delle canne di deflusso del manufatto chiavicale come pure dei setti di compartimentazione delle camere di aspirazione delle due pompe di impianto. La soluzione strutturale è stata dettata non tanto da esigenze di sicurezza nei riguardi dei processi di filtrazione, quanto piuttosto dalla necessità di superamento da parte della struttura fondale del fabbricato di orizzonti stratigrafici suscettibili a fenomeni di liquefazione in condizioni sismiche. Per la stessa ragione, si è preferito optare per una soluzione cautelativa di fondazioni profonde per il manufatto principale di alloggiamento impiantistico.

### 3.5.1. Struttura di alloggiamento delle paratoie

La struttura di alloggiamento delle paratoie di chiavica è fondata su diaframmi strutturali in conglomerato cementizio armato realizzati in opera con elementi modulari di spessore  $s=0,60-0,80$  m i quali, a partire da piano campagna (quota 34,40 m s.l.m. circa), si spingono fino a -11,20 m al di sotto della quota di fondo del cavo Fossadone (31,20 m s.l.m. circa) per una lunghezza di 15 m, con quota di imposta dei diaframmi pari a 20 m s.l.m..

Poiché tra le funzioni strutturali di tali elementi è anche quella di proteggere e migliorare la sicurezza e la stabilità delle arginature allo sbocco del Fossadone, verrà prestata la massima cura nella realizzazione delle giunzioni tra concio e concio, garantendo al meglio la tenuta idraulica del collegamento (ad es. secondo unioni tipo "maschio-femmina").

Tali diaframature saranno realizzate da un piano di lavoro provvisorio previsto alla quota del piano campagna di monte, con scavo a vuoto di circa 4 m sino alla formazione della diaframmatura dal piano della futura platea di fondo, caratterizzata da una quota di estradosso di 31,20 m s.l.m.



**Figura 17: Organizzazione delle strutture di elevazione**

Completata la realizzazione delle diaframature, si procederà alla formazione per conci (lavorando da sponda destra e da sponda sinistra del Fossadone) della platea di fondazione e dei setti di elevazione con banchinaggio delle travature trasversali d'irrigidimento e dei solai in quota. Questi ultimi potranno quindi essere convenientemente realizzati mediante posa di elementi prefabbricati autoportanti tra i setti di elevazione.

La realizzazione della struttura di alloggiamento delle nuove paratoie di regolazione, con contestuale formazione delle due camere di alloggiamento dell'impianto di sollevamento, comporterà la seguente sequenza costruttiva:

- Eliminazione dei rivestimenti spondali e scotico del terreno vegetale;
- Intubamento del cavo Fossadone mediante due tubazioni tipo Finsider (FD1 – area 2,13 m<sup>2</sup>/cad);
- Formazione del rilevato e piano di lavoro di quota pari a piano campagna (34 m s.l.m.);
- Scavo a vuoto da sommità arginale fino a sommità diaframmi (32,10 m s.l.m.);
- Realizzazione dei diaframmi;
- Asportazione del rilevato fino a intradosso platea;
- Formazione della platea di fondazione per conci (mediante deviazione del cavo in sponda destra e sinistra);
- Realizzazione delle pareti di elevazione per conci (modalità analoga alla platea);

- Realizzazione delle travi trasversali con relativi banchinaggi (realizzazione per conci);
- Asportazione del rilevato;
- Rimozione dell'intubamento del cavo Fossadone;
- Posa di elementi autoportanti funzionali al banchinaggio dei solai di impalcato.

L'operazione di intubamento del cavo sarà programmata in tempi contenuti ed in periodi non a rischio di piene del Po: tale operazione andrà rigorosamente coordinata con la Direzione Lavori. La formazione della platea, dei setti e delle travi di connessione "per conci", ossia procedendo con deviazione del cavo da una sponda all'altra potrà essere gestita più convenientemente in un'unica soluzione (ossia con realizzazione in sequenza della porzione di platea, setti e travi, quindi con spostamento delle opere provvisorie di deviazione del cavo e completamento con gli elementi strutturali adiacenti).

### **3.5.2. Vasca di adduzione delle pompe**

Il corpo di fabbrica dedicato all'allestimento dell'impianto di sollevamento, sarà adiacente al manufatto centrale di alloggiamento delle paratoie. Il nuovo impianto di sollevamento sarà realizzato in sponda sinistra del Fossadone in prossimità dell'argine del fiume e sarà dimensionato per ospitare 2 elettropompe del tipo sommergibile monoblocco, ognuna della portata di 1,0 m<sup>3</sup>/s. La vasca di adduzione verrà realizzata presso l'argine sinistro del Fossadone con piano di manovra posto in sommità arginale maestra Po (quota 39,20 m s.l.m.).

Tali dislivelli fanno sì che l'altezza massima del manufatto sia pari a 8,0 m (39,20 – 31,20 m s.l.m.) con formazione delle strutture di elevazione "entro" e "fuori" alveo Fossadone con modalità analoghe a quanto descritto per il corpo di fabbrica centrale di alloggiamento delle paratoie.

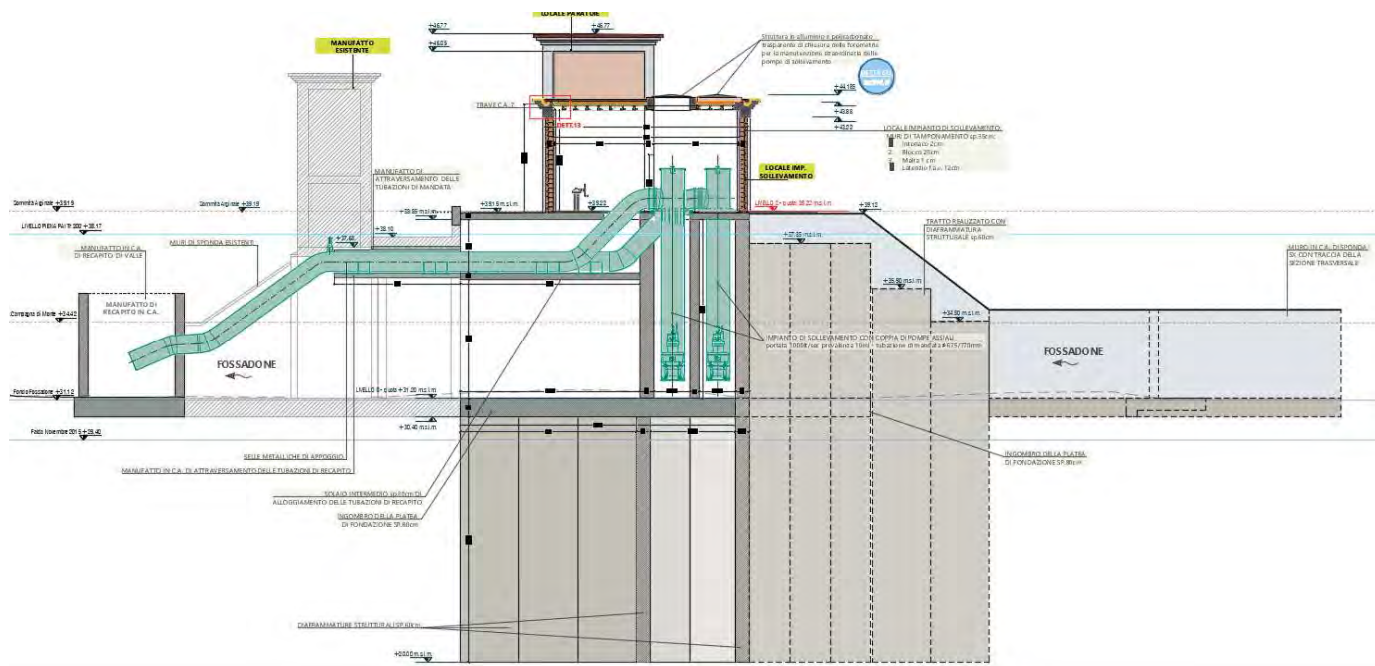
Il fabbricato adiacente verrà, infatti, anch'esso fondato su diaframature strutturali in c.a. dello spessore di 60 cm e di pari quota di fondo. Il diaframma esterno servirà inoltre, come per sponda destra, da contenimento di sponda nel primo tratto di elevazione compresa tra 8-5 m. Le pompe saranno collocate in un manufatto in conglomerato cementizio armato le cui caratteristiche d'insieme e di dettaglio sono evidenziate dai disegni allegati.

Il manufatto ha una configurazione a scatola, con ingresso laterale del flusso idrico, ed è suddiviso da un setto in calcestruzzo per la separazione delle celle di contenimento delle pompe. Le celle saranno convenientemente raccordate in corrispondenza della parete frontale, secondo profili da definire in accordo con il Costruttore delle pompe, al fine di evitare dannosi movimenti vorticosi e migliorare le condizioni di aspirazione.

Il manufatto sarà coperto da una soletta in c.a. che fornirà l'appoggio ai tubi di contenimento e sostegno delle pompe. La soletta d'impalcato a quota 39,20 m s.l.m. (estradosso), di spessore pari a 30 cm, è dimensionata per consentire il transito di carichi stradali di 1° Cat e di mezzi pesanti (9.000 daN/mq), lungo il tratto di impalcato interessato dalla viabilità arginale, e per azioni accidentali riferibili ad interventi di manutenzione interna il fabbricato di alloggiamento dell'impianto di sollevamento (500 daN/mq) atti alla pulizia meccanica della griglia di protezione posta all'imbocco del manufatto.

La condotta di mandata del nuovo gruppo (DN800) avrà la generatrice inferiore del tratto in sommità posta alla quota 39,30 m s.l.m., e quindi superiore in ragione di circa 110 cm al livello di piena dell'ottobre 2000.

La condotta, completa di valvola di disadescamento, sarà corredata per sicurezza da una valvola d'intercettazione del tipo a farfalla, completa di manovra manuale d'emergenza. Le tubazioni di mandata, innestate ai tubi contenitori delle pompe sommerse, alloggeranno in appoggio su selle metalliche, in un solaio intermedio "impiantistico" caratterizzato da una quota di estradosso pari a 36,55 m s.l.m. Tale quota permetterà il raccordo con il manufatto di attraversamento delle tubazioni lungo il tratto di arginatura esistente con modalità tale da consentire un efficace raccordo altimetrico con la viabilità di accesso al manufatto esistente.



**Figura 18: Sezione longitudinale dell'aggregato strutturale**

L'organizzazione delle strutture di elevazione del corpo di fabbrica adibito all'alloggiamento delle paratoie e di quello adiacente funzionale all'impianto di sollevamento, garantiranno la quota di sormonto arginale di 39.20 m s.l.m..

Il posizionamento delle tubazioni di mandata sul solaio intermedio di quota 36.55 m s.l.m. avverrà infatti mediante forometrie nel piano di manovra di sommità arginale ubicate a valle di setti trasversali di continuità e connessione con il solaio di piano arginale.

La modalità costruttiva e le fasi di lavoro sono analoghe con quanto esposto per il corpo di fabbrica "centrale" di alloggiamento delle tre paratoie. L'assenza di giunti di disconnessione strutturale tra i due corpi di fabbrica, inoltre, suggerisce un'esecuzione contestuale dei due aggregati. Come per il fabbricato di alloggiamento delle paratoie, realizzato il piano d'impalcato a quota arginale, le successive strutture di elevazione di definizione degli edifici di pertinenza della chiavica e dell'impianto di sollevamento sono, di fatto, equiparabili a qualsiasi costruzione civile ordinaria.



**Figura 19: Renderizzazione della proposta progettuale**

Nel caso specifico tuttavia, per migliorare l'inserimento architettonico e paesaggistico del nuovo manufatto, si è optato per la realizzazione "in stile" del fabbricato di alloggiamento delle paratoie (allineato con l'esistente ma a quote diverse) ed anche del fabbricato di alloggiamento dell'impianto di sollevamento.

La renderizzazione della proposta architettonica evidenzia, per il fabbricato di alloggiamento delle paratoie:

- Paramento di facciata in mattoni faccia vista con riquadri e cornici rifinite ad intonaco e tinteggiate;
- Cornicione di gronda in c.l.s. prefabbricato sagomato a disegno con modanatura analoga all'edificio esistente;
- Copertura piana con pendenza garantita da sottofondo alleggerito rivestito da doppia guaina bituminosa;
- Serramenti in ferro zincato e verniciato di disegno analogo a quanto installato nell'edificio adiacente.

Il risultato sarà ottenuto mediante una stratigrafia delle pareti di tamponamento caratterizzata da:

1. Intonaco 2,0 cm
2. Blocco 20 cm
3. Malta 1,0 cm
4. Laterizio f.a.v. 12 cm

Per uno spessore complessivo di 35 cm.

Gli elementi in c.a., dimensionati con spessori compresi tra 40-45-50 cm saranno finiti ad intonaco e per geometria, sporgendo dallo spessore delle pareti di tamponamento, garantiranno l'effetto di corniciatura, indicato a disegno e simile a quanto già presente nel fabbricato esistente. Il tamponamento del fabbricato di alloggiamento dell'impianto di sollevamento sarà realizzato con stratigrafia analoga. Anche il fabbricato di alloggiamento dell'impianto di sollevamento sarà a copertura piana con gronda perimetrale in c.a. prefabbricata a disegno privo di modanature

### **3.5.3. Manufatto a protezione delle tubazioni in sommità arginale**

La sommità arginale è prevista carrabile, consentendo il transito di traffico pesante. A protezione delle tubature che scavalcano l'argine verrà realizzato un manufatto scatolare in c.a. gettato in opera costituito da due canne (una per ciascuna tubatura). La soletta superiore del manufatto è prevista anch'essa in c.a. ma prefabbricata e removibile, in modo da consentire eventuali ispezioni alle tubazioni. Essa è dimensionata in modo tale da sostenere il traffico di ponti di II categoria. Considerato il posizionamento della struttura sul rilevato arginale adiacente "sostituito" ed adeguato per altimetria dal nuovo argine di affiancamento, oltre che le pressioni fondali trasmesse dalla stessa, si è previsto di fondare il manufatto di attraversamento su semplice platea senza ricorrere all'applicazione di strutture fondali profonde (come dimostrato in elaborato progettuale 2020-815-CR-STR6 "Relazione Geotecnica")

### **3.5.4. Muro di sponda sinistra Fossadone a monte dell'impianto**

Il raccordo tra la nuova sagomatura di sponda sinistra Fossadone a monte del tratto contenuto da diaframmatura strutturale verrà completato mediante la realizzazione di un muro di sponda di sviluppo pari a 15 m, tracciato come da elaborati grafici progettuali allegati ed altezza massima di 3.80 m (quota di sommità pari a 35 m s.l.m.).

Per il muro di sponda non è previsto alcun rivestimento delle pareti in c.l.s.a., che verranno realizzate con finitura fondo cassero, ma semplicemente una copertina in c.a. prefabbricata a cui fissare il parapetto metallico di sicurezza.

In relazione 2020-815-CR-STR4 di Dimensionamento strutturale, anche il muro di sponda è dimensionato in ragione della caratterizzazione sismica del sito e del relativo terreno di fondazione. Dalle verifiche strutturali si è definito un manufatto caratterizzato da:

- Larghezza di platea: 3.40 m
- Altezza di platea: 0.50 m
- Dente di valle: 0.5m (larghezza) x 0.3m (altezza oltre lo spessore di platea)
- Spessore parete di elevazione: 0.40 m

### **3.5.5. Manufatto di recapito di valle**

Lo scarico a valle delle tubazioni di recapito avverrà in apposito manufatto in c.a. di sbocco, posizionato in sponda sinistra Fossadone, a valle della chiavica.

Tale manufatto, interamente realizzato in c.a. in opera, affiancherà il muro di sponda esistente e servirà a contenere le turbolenze indotte dal flusso di mandata dell'impianto di sollevamento, evitando fenomeno erosivi di sponda o di fondo in prossimità della platea del manufatto chiavicale esistente.

Il manufatto avrà dimensioni interne di 4.70x3.70 m e dimensioni massime esterne di 5.00x4.50 m, altezza di 4.50 m dal piano di estradosso platea (a quota 31.20 m s.l.m.). Lo spessore di platea è stato valutato in 80 cm, mentre lo spessore delle pareti in 40 cm. La quota di arrivo delle tubazioni di mandata, posizionata a +1.80 m dal fondo garantirà il corretto funzionamento del sistema anche in caso di interrimento del fondo del manufatto, di cui, comunque, dovrà essere prevista una pulizia periodica.

Le fasi costruttive del manufatto comprenderanno:

- Formazione di rilevato provvisorio di compartimentazione di sponda;
- Demolizione delle sponde in c.a. rivestite di pietrame;
- Scotico del terreno vegetale;
- Scavo in sezione;
- Formazione di platea in c.a.;
- Realizzazione delle murature di elevazione con relative forometrie di innesto delle tubazioni di recapito;
- Rinterro;
- Rimozione del rilevato provvisorio di protezione dell'area di lavoro;
- Sistemazione dei rivestimenti spondali.

L'operazione di intubamento del cavo o formazione di tura, per la compartimentazione dell'area di intervento, andrà programmata in tempi contenuti ed in periodi non a rischio di piene del Po. Tale operazione andrà rigorosamente coordinata con la Direzione Lavori.

### **3.5.6. Predisposizione dei supporti per le tubazioni DN800**

I supporti delle tubazioni saranno costituiti da piastre e selle in carpenteria metallica fissati agli elementi strutturali in c.a. dell'aggregato principale e del manufatto di attraversamento. Le selle di appoggio garantiranno lo scorrimento delle tubazioni per meglio gestirne le dilatazioni differenziali. Il dimensionamento dei supporti e dei relativi fissaggi strutturali alle parti in c.a. è determinato dalle azioni statiche e dinamiche dell'acqua nei tubi (pressioni/depressione determinate dall'andamento altimetrico delle tubazioni stesse, particolarmente significativo presso il sifone, peso del tubo e dell'acqua, effetti dinamici connessi al moto dell'acqua, ecc), ed è rimandato al dettaglio dei livelli successivi di progettazione.

In questa sede, per il dimensionamento del manufatto di attraversamento ed, in particolare, del solaio intermedio di alloggiamento impiantistico dell'aggregato principale, sono state considerate le azioni trasmesse dalle condotte con "tubo pieno", ossia:

- Peso proprio della tubazione
- Il peso dell'acqua contenuta

Definiti in virtù della lunghezza di influenza rispetto alle selle di appoggio.

Oltre alle azioni verticali sul solaio intermedio sono state considerate le azioni orizzontali di spinta cinetica dell'acqua di scarico trasmesse dalle tubazioni alle selle di appoggio, quindi al solaio.

La spinta dinamica orizzontale dell'acqua (nella direzione del moto) è stata calcolata uguagliando l'energia potenziale con l'energia cinetica tenendo altresì in conto del lavoro fornito dalla pompa di sollevamento ( $V_p = 2,0$  m/s) ottenendo un valore pari a 340 kg per ciascuna condotta. Essendo il n° di selle sempre pari a 2 si applica al singolo appoggio la seguente azione:  $H_k = 340 / 2 = 140$  kg. Si rimanda all'Elaborato 2020-815-CR-STR4 "Relazione di calcolo delle strutture - Manufatti secondari", per maggiori dettagli.

### **3.5.7. Fabbricato di alloggiamento gruppo elettrogeno**

Il nuovo manufatto di alloggiamento del gruppo elettrogeno di alimentazione dell'impianto avrà ingombro esterno di 8,52x7,46 m così da potere essere utilizzato anche come cabina MT, qualora la Stazione Appaltante decidesse di modificare la modalità di alimentazione del sistema, e disporre di un locale ad uso ufficio/guardiania completo di servizio igienico. L'altezza dell'edificio sarà pari a 2,98 m (mentre l'adiacente edificio di alloggiamento dell'impianto di

sollevamento avrà altezza in copertura pari a 4,79m). Il fabbricato di guardiania e di alloggiamento delle dotazioni impiantistiche sarà posizionato in allineamento con gli edifici di alloggiamento delle paratoie e dell'impianto di sollevamento, a 4,80ml da quest'ultimo per consentire la manovra ed il piazzamento di mezzi pesanti necessari per le fasi di manutenzione e di assistenza. Il fabbricato, verrà fondato su platea in c.a. in opera, in sinistra al nuovo edificio di alloggiamento delle paratoie dell'impianto di sollevamento. Le strutture di elevazione saranno quindi finite con intonaco, come da dettagli grafici di tavole progettuali allegate e con lavorazioni descritte nell'ambito della stima di costo del relativo corpo d'opera, tra cui:

- Scavo
- Realizzazione della platea in c.a.
- Realizzazione delle strutture di elevazione
- Intonacatura interna ed esterna
- Tinteggio esterno
- Fornitura e posa di serramenti esterni e di grigliati di areazione
- Pavimento in battuto di cemento
- Posa di cornicione di gronda prefabbricato a disegno analogo al manufatto adiacente
- Impermeabilizzazione della copertura piana con doppia guaina bituminosa
- Tinteggio esterno
- Lattonerie

Il nuovo fabbricato, posto in sommità arginale a sinistra dell'attuale chiavica, sarà appoggiato su una platea di fondazione di spessore adeguato all'alloggiamento di eventuali cunicoli di impianto (nel caso in cui si decida per la fornitura MT). Considerate le modeste pressioni fondali trasmesse al rilevato arginale, e l'ampiezza di quest'ultimo sul tratto, non si prevede alcuna fondazione profonda ma unicamente la realizzazione di una platea.



**Figura 20: Renderizzazione con vista del fabbricato di alloggiamento del gruppo elettrogeno**

Il fabbricato sarà intonacato e finito esternamente come da dettagli grafici progettuali, verrà ubicato in sommità arginale e sarà fondato su una platea di fondazione di spessore adeguato all'alloggiamento di eventuali cunicoli d'impianto (nel caso in cui si decida per la fornitura MT).

### 3.5.8. *Struttura idraulica esistente di compartimentazione e regolazione*

L'edificio esistente, che ospita l'alloggiamento di numero tre paratoie, è impostato su fondazione a platea in cemento armato, con spessore stimato pari a circa 120 cm, da cui si elevano quattro setti verticali di spessore pari a 58 cm ciascuno. L'estradosso della platea è posto alla quota +31.20 m s.l.m..

L'altezza dei setti è compresa tra le quote di 31.20 e di 37.68 m s.l.m. quest'ultima coincidente con l'estradosso dell'impalcato formato da una soletta in cemento armato di spessore pari a 40 cm. L'orizzontamento concretizza di fatto il piano di manovra delle attuali paratoie. Sull'impronta dei setti sottostanti si eleva il fabbricato di alloggiamento delle paratoie costituito da un telaio in cemento armato composto da otto pilastri e orditure di travi perimetrali poste a due differenti livelli altimetrici. La copertura risulta essere costituita da una struttura in laterocemento.

Le specchiature perimetrali del telaio sono completate da tamponamenti costituiti in parte da laterizio pieno ed in parte da laterizio forato. Il manufatto in elevazione raggiunge una quota massima pari a +45.08 m.

In sede di analisi non si è tenuto in alcun conto della presenza di eventuali diaframature strutturali sia ad intradosso platea che ad immorsamento sponale, ritenendo, a favore di sicurezza, i nodi di connessione tra strutture profonde e strutture superficiali, compromessi. Le verifiche statiche e sismiche sono quindi state condotte sulla base di un progetto simulato delle armature, considerando un approccio alle tensioni ammissibili.

La struttura è stata quindi valutata considerando:

- Un'analisi in campo elastico lineare con fattore di comportamento pari a 1.5 (per meccanismi duttili e fragili)
- Una classe d'uso di tipo II
- Un livello di conoscenza di tipo LC1 (fattore di confidenza 1.35)

La limitata conoscenza della struttura ha infine indotto a ritenere in analisi:

- Non presenti strutture di fondazione di ammorsamento sia ad intradosso platea che nel rilevato arginale
- La considerazione della massa sismica indotta da eventuali strutture di ammorsamento (private tuttavia di ogni contributo alla resistenza del fabbricato)
- Un progetto simulato delle armature degli elementi in c.a., condotto con il metodo delle tensioni ammissibili in ambito statico.
- La non rigidità nel piano del solaio di copertura del fabbricato di alloggiamento delle paratoie.

I livelli prestazionali del fabbricato esistente in ambito statico e sismico, con riferimento:

- Alle prescrizioni normative da NTC;
- Alle condizioni sismiche del sito (definite mediante analisi di risposta sismica locale di 2° livello)

Alla struttura esistente è stato assegnato un **calcestruzzo C25/30 (Rcm 300 daN/cm<sup>2</sup>)**. Alle strutture sostanzialmente interrate, alle pareti e alla soletta di impalcato è stato assegnato un copriferro di 30 mm; per le strutture in elevazione quali pilastri e travi sono stati considerati copriferri di 20 mm. Per quanto concerne l'acciaio per cemento armato è stata considerata una tipologia **FeB32** cui corrisponde un valore medio di snervamento pari a:  $f_{ym} = 3200 \text{ kg/cm}^2$

In sede di elaborazione progettuale esecutiva verranno quindi attivate ulteriori indagini di verifica delle assunzioni progettuali ricavate dalla modellazione simulata, a conforto dei risultati prestazionali di analisi ricavati per le combinazioni statiche e dinamiche

Le analisi SLV del fabbricato (non sono state infatti condotte valutazioni agli SLD) hanno permesso di accertare che:

1. Le **Verifiche strutturali Statiche** risultano sostanzialmente positive (pur sussistendo alcune incertezze nella verifica di soletta dell'impalcato correlate all'applicazione della armatura da progetto simulato);
2. Le **Verifiche Geotecniche Statiche** risultano sostanzialmente soddisfatte a portanza verticale e scorrimento longitudinale, non risultano invece soddisfatte a scorrimento trasversale (ossia in asse Fossadone)  
In merito a tale verifica deve tuttavia essere tenuto in conto l'effetto stabilizzante indotto dal ponte in muratura adiacente oltre che dal nuovo manufatto idraulico in progetto.
3. Le **Verifiche Sismiche** sono condizionate dagli esiti delle travi del fabbricato che abbassano fino al 60% ag la capacità resistente della struttura, con particolare riferimento alle verifiche V/T lato acciaio ed in parte M/N (benché sempre in ambito elastico lineare)

4. Alla intensità sismica di 60% ag (per altro valore minimo di soglia per garantire le condizioni di sicurezza sismica di strutture strategiche) sono invece soddisfatte le verifiche dei pilastri, della platea e dei setti. Rimangono sempre le medesime incertezze sulla verifica soletta di impalcato, connesse con l'attribuzione della armatura degli elementi in c.a. da progetto simulato.
5. Le Verifiche Geotecniche Sismiche sono sostanzialmente soddisfatte a portanza verticale e scorrimento trasversale. Non risultano invece soddisfatte a scorrimento longitudinale. In merito a tale ultima verifica a scorrimento non favorevole in condizione sismica dovrà essere accertata in sito la presenza e natura di eventuali setti laterali di ammortamento. In caso di assenza o inadeguatezza di tali strutture, dovranno essere considerati interventi di ammortamento della platea di fondazione a strati profondi, tali da garantire maggiore resistenza a scorrimento trasversa

Dalle analisi effettuate, è possibile concludere che la capacità del fabbricato in elevazione è pari al 60% e per il medesimo si individua pertanto un indicatore di rischio  $\square_E = 0,60$ , tenuto conto di una classe d'uso II ed un livello "minimo" di conoscenza LC1.

In sede di progettazione esecutiva, si procederà quindi:

- Ad accertare la presenza e geometria di eventuali strutture profonde di ammortamento, con particolare riferimento a setti laterali di ammortamento arginale;
- Ad effettuare una valutazione di sicurezza e vulnerabilità sismica per l'adiacente ponte in muratura ad arco, considerando il suo declassamento a ponte ciclo-pedonale, in ragione della realizzazione in prossimità dell'impalcato carrabile della nuova struttura idraulica di regolazione sollevamento.

### **3.5.9. Normativa di riferimento**

Come da indicazioni di Disciplinare di affidamento di incarico, si è proceduto al predimensionamento strutturale secondo le normative vigenti, quali:

1. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
2. Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
3. D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
4. D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
5. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
6. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
7. Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.
8. Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
9. D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
10. Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
11. D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
12. D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
13. UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001
14. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.
15. UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
16. UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume,

pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.

17. UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
18. UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.
19. UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
20. UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.
21. UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
22. UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.
23. UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
24. UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.
25. UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
26. UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.
27. UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici.
28. UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.
29. UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.
30. UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.
31. UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
32. UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
33. UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.
34. UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

### **3.5.10. Prescrizioni sui Materiali**

A seguire una breve sintesi delle prescrizioni progettuali e delle assunzioni di analisi strutturale adottate, rispettivamente, nella progettazione dei nuovi elementi e nella verifica dei manufatti esistenti. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati progettuali 2020-815-CR-STR2 e 2020-815-CR-GEO3.

#### **3.5.10.1 Strutture in progetto**

Le strutture in progetto, relative sia al Manufatto principale di regolazione e sollevamento (diaframmi in c.a. inclusi), come pure per i manufatti secondari sono calcolate considerando i valori caratteristici e di design di un **calcestruzzo C30/37**.

Gli elaborati grafici progettuali (e con essi gli elaborati economici del progetto definitivo) prescrivono invece l'applicazione di un calcestruzzo **C35/45**. **Per le strutture di elevazione, conservando il C30/37 per le strutture profonde (diaframmi strutturali in c.a.)**. Tale scelta tiene conto sia delle particolari condizioni di getto (con getti massivi o di elevazione consistente) sia delle condizioni ambientali ed esposizione delle nuove strutture di elevazione.

Le verifiche SLU ed SLV dei fabbricati oggetto di realizzazione, verranno condotte utilizzando i valori caratteristici dei materiali, divisi per il coefficiente  $\gamma_m$  corrispondente.

**La necessità di una classe di esposizione XC4-XD3-XF3, adeguata all'ambiente di lavoro, comporterà quindi l'utilizzo di calcestruzzo C35/45. Il copriferro minimo sarà di 30mm per le strutture verticali in opera, di 40mm per le strutture orizzontali in opera e di fondazione**

Le parti in carpenteria metallica avranno le seguenti caratteristiche:

- Acciaio strutturale laminato a caldo (UNI EN 10025-2) di tipo **S275** ed **S235**

- Bulloneria ad alta resistenza per strutture metalliche con insiemi di tipo SB (Structural Bolting, non a serraggio controllato, secondo le norme UNI EN 15048-1:2007 e UNI EN 15048-2:2007) presentanti idonea marcatura, con caratteristiche di classe 8 (dado) e 8.8 (vite).
- Barre filettate D20-16-24mm
- Spessore dei cordoni di saldatura 10mm

### 3.5.10.2 Edificio esistente di regolazione e compartimentazione idraulica

In merito alla caratterizzazione meccanica delle strutture in c.a. del fabbricato esistente di regolazione idraulica, noti i risultati delle prove a compressione sui campionamenti di cls ed acciaio di armatura effettuati nell'ambito delle campagne di indagini diagnostiche 2015-2020, in considerazione delle indicazioni del capitolo 8 delle NTC18 e della Circolare 7-2019 per un Livello di Conoscenza LC1 (Fattore di Confidenza FC=1.35), **alla struttura esistente è stato assegnato un calcestruzzo C25/30 (Rcm 300 daN/cm<sup>2</sup>)**.

Alle strutture sostanzialmente interrate, alle pareti e alla soletta di impalcato è stato assegnato un copriferro di 30 mm; per le strutture in elevazione quali pilastri e travi sono stati considerati copriferri di 20 mm.

L'acciaio per cemento armato è stato considerato di tipo FeB32 cui corrisponde un valore medio di snervamento pari a:  $f_{ym} = 3200 \text{ kg/cm}^2$  **Per quanto riguarda il calcestruzzo delle strutture a telaio (sovrastutture appartenenti al fabbricato paratoie) è stato infine ritenuto opportuno considerare rigidzze fessurate al 50%. Per le strutture sottostanti invece è stato utilizzato un calcestruzzo con rigidzze integre**

### 3.5.10.3 Muratura portante del ponte ad arco

Delle prove con martinetto piatto (singolo e doppio) effettuate nell'ambito delle campagne di indagini 2015 e 2020 è stato possibile comparare la muratura di spalla, sul cui concio di indagine è stato stimato un valore del modulo elastico longitudinale E di 37.000 daN/cm<sup>2</sup>, ad una muratura di mattoni pieni con malta M2, caratterizzata dai seguenti valori "di letteratura":

Resistenza caratteristica a compressione verticale	$f_k$	34	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione orizzontale	$f_{hk}$	17	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a taglio in assenza di azione assiale	$f_{vko}$	2	daN/cm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità normale	E	34.000	daN/cm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità tangenziale	G	13.600	daN/cm <sup>2</sup>

La campagna di indagini 2020 sulle strutture in muratura del ponte ad arco, ha tenuto conto delle prescrizioni normative (Circ. n.7 21/01/19 tabb. C8.5.I-II-III) riferite ad una analisi della sicurezza e vulnerabilità sismica degli elementi strutturali condotta nell'ambito di un livello di conoscenza LC1, in cui si prevede:

- L'utilizzo di valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura come da indicazioni tabellari di tab. C8.5.I;
- L'applicazione dei valori minimi tabellari delle resistenze;
- L'applicazione dei valori medi degli intervalli tabellari per quanto concerne i Moduli elastici
- L'eventuale applicazione di fattori correttivi dei valori minimi e medi mediante indagini in sito di quantità adeguata.

Scelto di approcciare le analisi di sicurezza statica e vulnerabilità sismica in ambito LC1, la campagna di indagini 2020 è stata finalizzata a confermare la caratterizzazione tipologica della muratura/e costitutiva/e gli elementi strutturali del ponte in muratura così da potere correlare senza incertezze i valori tabellari previsti da circolare con il tipologico riscontrato in opera. In ragione di ciò, la campagna di indagini 2020 è stata completata da una sola ulteriore prova con martinetto doppio, di cui in allegato si produce certificato di prova.

## 4 IMPIANTI MECCANICI

La dotazione impiantistica meccanica-idraulica del nuovo manufatto chiavicale si riferisce principalmente all'installazione di tre paratoie di compartimentazione a scorrimento verticale e di due elettropompe del tipo sommergibile monoblocco, ognuna della portata di 1,0 m<sup>3</sup>/s complete di tubo contenitore, tubazioni di mandata, valvola di disadescamento sifone ed accessori come descritti in tavole grafiche di progetto (Tavv. Serie SPM), Capitolato Speciale di Appalto (Elab. RG04.3) e Relazione idraulica (IDRR1).

A seguire, si riepilogano gli interventi previsti nell'ambito del corpo d'opera relativo agli impianti meccanici, si procederà quindi con una breve descrizione dei componenti di impianto, rimandando per ulteriori dettagli alla documentazione progettuale sopra indicata.

### 4.1 Paratoie di compartimentazione

Le tre nuove paratoie di compartimentazione hanno dimensioni nette pari a 2000x7600 mm con scorrimento verticale e tenuta su 3 lati. Sono costituite da uno scudo di tenuta monolitico spessore 6 mm con telaio di irrigidimento in UPN200, gargami di scorrimento e telaio in acciaio zincato a caldo. Le paratoie avranno corsa utile di 4,0 m e sono regolate da doppia vite di manovra non saliente in acciaio inox AISI 303, dotate di riduttore e motorizzate. La tenuta laterale e di fondo su battuta rettificata è garantita da profili in teflon e guarnizioni a virgola in neoprene fissati con piatti e viti in acciaio inox AISI 420B. Il trattamento protettivo relativo alle parti non inossidabili mediante sarà tramite sabbiatura delle superfici fino al grado SA 2 secondo ISO 8101-1 e zincatura a caldo con prima mano di primer di interfaccia a base di resine epossidiche e due mani di vernice epossidica bicomponente applicata tramite metodo airless con spessore medio di 70 micron.

### 4.2 Impianto di sollevamento

Il nuovo impianto sarà realizzato sulla banca sinistra del Fossadone in allineamento con il sistema di compartimentazione delle paratoie e con piano di regolazione alla quota di sommità arginale dell'arginatura maestra di Po. Sarà dimensionato per ospitare 2 elettropompe del tipo sommergibile monoblocco, ognuna della portata di 1.0 m<sup>3</sup>/s.

Le pompe saranno collocate in un manufatto in conglomerato cementizio armato le cui caratteristiche d'insieme e di dettaglio sono evidenziate dai disegni allegati al progetto. Il manufatto ha una configurazione a scatola, con ingresso laterale del flusso idrico, ed è suddiviso, nella parte terminale, da un setto in calcestruzzo per la separazione delle celle di contenimento delle pompe.

La elettropompa sommergibile a flusso assiale ad elevato rendimento dovrà essere adatta per l'installazione in tubo contenitore. Dovrà essere fornita completa di unità elettronica di rilevamento anomalie, anello di accoppiamento autocentrante ed antirotazione, pressacavi e calze di sospensione.

Al fine di ottimizzare le prestazioni e limitare possibili problemi di ventilazione/cavitazione, i tubi di alloggiamento delle pompe andranno posizionati all'interno di celle di aspirazione in calcestruzzo con dimensioni ben precise.

Per le caratteristiche funzionali e dei materiali si rimanda alla relazione IDRR1.

### 4.3 Tubazioni di mandata

Le due condotte di mandata del nuovo gruppo di pompaggio complete di valvola di disadescamento, saranno corredate per sicurezza da una valvola d'intercettazione del tipo a farfalla, completa di manovra manuale d'emergenza. Le tubazioni di mandata, innestate ai tubi contenitori delle pompe sommerse, alloggeranno in appoggio su selle metalliche, in un solaio intermedio "impiantistico" caratterizzato da una quota di estradosso pari a 36.55 m s.l.m. Tale quota permetterà il raccordo con il manufatto di attraversamento delle tubazioni lungo il tratto di arginatura esistente con modalità tale da consentire un efficace raccordo altimetrico con la viabilità di accesso al manufatto esistente.

Le condotte saranno completate realizzare in acciaio normale in S235JRC (FE 360B), con le seguenti caratteristiche:

Diametro nominale:	800 mm
Flange piane da saldare in sovrapposizione UNI2227-67:	S235 o similari
Spessore minimo circa:	7/8 mm
Lunghezza circa:	27 metri

La tubazione è completa di staffaggi di supporto ed ammarri da fissare a pavimento con tasselli in AISI 304 ove necessario, curva a più spicchi ad ampio raggio di curvatura, flange di accoppiamento PN6, bulloneria in AISI 304 e quant'altro occorre per rendere il lavoro a regola d'arte. Protezione delle superfici esterna con verniciatura epossibituminosa previo sabbiatura SA 2,5.

La tubazione dovrà rispondere alle norme generali e particolari riportate nelle Norme Tecniche (NTC 2018) contenute nel Capitolato Speciale alla voce "acciaio per carpenteria".

La tubazione di mandata DN800 avrà andamento e sviluppo come da disegno allegato e sarà completa di:

- Curve a spicchi;
- Flange di accoppiamento PN6 alle pompe complete di giunti di smontaggio;
- Pezzi speciali, staffe;
- Attacco per valvola di disadescamento.

#### **4.3.1. Valvola di disadescamento sifone**

**Valvola disadescamento sifone**, di tipo meccanico di diametro adeguato, da installare sulla sommità del sifone. Il tutto pronto per il montaggio, completo di giunzioni, staffe di ancoraggio, **bulloneria e quant'altro necessario per dare il lavoro a regola d'arte, con le seguenti** caratteristiche tecnico-dimensionali

- Diametro utile di passaggio: 150-200mm
- Diaframma e fungo di chiusura: AISI316
- Complete di controflangia PN6, OR di tenuta e bulloni di fissaggio.

#### **4.3.2. Tubo contenitore**

Costruzione in acciaio normale realizzato in lamiera calandrata o tubo commerciale S235JR (Fe 360).

Diametro nominale:	800 mm
Spessore minimo circa:	7/8 mm
Lunghezza circa:	9.000 mm

Per dettagli si rimanda alla tavola grafica progettuale **SPM1**.

### **4.4 Griglia selettiva a protezione del varco pompe**

La griglia, in acciaio S355 zincato a caldo, sarà costituita da piatti di 100x10mm, con luce tra le barre di 40 mm, riuniti in pannelli affiancati facilmente rimovibili e completi di profilati di appoggio superiore ed inferiore. Nella parte al di sopra del piano di appoggio la griglia sarà conformata in modo tale da consentire in futuro l'operatività di un sistema automatizzato di pulizia. Il calcolo per il predimensionamento della griglia, di seguito illustrato, è stato condotto nell'ipotesi di un totale intasamento con carico massimo a monte di 5,0 m d'acqua e controcarico a valle trascurabile. La sollecitazione massima risultante corrisponde di fatto al valore ammissibile.

#### **Dati geometrici**

- Larghezza 2.0 m
- Altezza (sulla verticale) 3.5 m
- Altezza ostruzione monte 5.0 m
- Controcarico a valle 0 m
- Angolo griglia 18.43°
- Peso Specifico Acqua 1000 daN/m<sup>3</sup>

## 5 IMPIANTI ELETTRICI

Le opere elettriche si intendono relative alla realizzazione di impianti vari di potenza, di gestione e di telecontrollo per la messa in servizio di due nuove pompe di sollevamento acque (P1-P2) e di tre paratoie (P3-P4-P5). Le pompe di nuova fornitura saranno collocate in struttura predisposta ed atta a contenere le apparecchiature; inoltre sarà prevista l'alimentazione dei servizi ausiliari necessari al mantenimento del funzionamento in stand-by di tutta l'area, quali illuminazione, forza motrice, connettività, logiche di funzionamento e controlli, gestione allarmi e loro gestione da remoto.

Come evidenziato nei disegni planimetrici allegati ed in generale negli allegati progettuali, gli interventi previsti e relativi agli impianti elettrici si possono sommariamente indicare e distinguere nei seguenti:

- F.p.o. di Gruppo elettrogeno atto all'alimentazione delle due pompe di sollevamento ed all'alimentazione dell'intero impianto solo al mancare della tensione dell'ente fornitore.
- F.p.o. e allacciamento di linee elettriche da quadro elettrico bordo macchina GE a quadro elettrico generale QP1
- F.p.o. di nuovo punto di fornitura in bassa tensione (BT) tramite contatore ente erogatore;
- F.p.o. di avvanquadro (QP0) e di linea elettrica di collegamento dallo stesso a quadro elettrico generale QP1;
- F.p.o. e allacciamento di quadro elettrico generale QP1;
- F.p.o. e allacciamento di Inverter per gestione pompa P1 e P2
- F.p.o. e allacciamento di apparecchiature PLC per telegestione e telecontrollo, interfaccia supervisione dedicata all'automazione ed alla gestione degli allarmi;
- F.p.o. di realizzazione impianto di messa a terra e di coordinamento tra le masse e le masse estranee;
- F.p.o. di realizzazione di impianti elettrici di illuminazione di normale esercizio, illuminazione di emergenza e prese fm da realizzarsi all'interno del locale quadri elettrici di nuova realizzazione
- Stesura di certificazioni, dichiarazione di conformità, documentazione "as built" (schemi di collegamento e dei disegni planimetrici di posizionamento), manuali di conduzione e manutenzione, materiale fotografico a corredo delle certificazioni.

Gli impianti elettrici di potenza a servizio delle pompe di sollevamento acque saranno alimentati esclusivamente tramite gruppo elettrogeno, predisposto per una potenza tale da supportare le correnti di spunto di una pompa in caso di avaria inverter e funzionamento manuale (si è supposto che le pompe P1-P2 non possano essere avviate contemporaneamente).

Gli attuatori delle paratoie invece saranno alimentati dalla fornitura BT ed in caso di necessità potranno essere commutate verso la sezione alimentata dal gruppo elettrogeno.

I servizi ausiliari di logica, controllo e gestione allarmi, saranno alimentati per salvaguardare la continuità di servizio attraverso la fornitura BT supportata da gruppo di continuità UPS dotato di batterie autonome, commutabili comunque sotto gruppo elettrogeno.

Il PLC, fulcro delle logiche dell'impianto, sarà trattato per via dell'alimentazione come un servizio ausiliario di logica, ed il suo alimentatore sarà dotato di ulteriori pacchi batteria ad esso dedicati, questo garantirà una miglior continuità di servizio aggiuntiva.

L'area di intervento, come indicato in planimetria, si intende pertanto comprensiva del locale gruppo elettrogeno, del locale pompe chiavica (per installazione nuovo quadro elettrico di comando, alimentazione e gestione delle nuove pompe così come gli inverter e l'impiantistica correlata quali cavidotti, linee elettriche, ecc.).

Gli schemi elettrici relativi alla distribuzione di potenza, di gestione e di telecontrollo del sistema impiantistico in generale e delle pompe in particolare, per tutto quanto indicato nella presente documentazione di progetto, sono da considerarsi esemplificativi in merito allo scopo da raggiungere e prefissato dalla committenza.

Sulla base delle scelte tecniche e delle specifiche apparecchiature che si intendono installare, che possono differire da quanto considerato in fase progettuale (tipologia di pompe, inverter, ecc.), gli stessi schemi elettrici dovranno essere rivalutati dalla ditta appaltatrice la quale avrà l'obbligo di presentare, comunque, schemi costruttivi da sottoporre all'esame della committenza e della direzione lavori per approvazione.

La fornitura di energia all'impianto è da intendersi in Bassa Tensione tramite punto di fornitura ente erogatore 230/400V, il sistema è da classificarsi come TT nelle condizioni normali di utilizzo e TN-S quando alimentato da Gruppo elettrogeno, gli apparecchi utilizzatori si intendono alimentati in bassa tensione (400-230V).

## **6 TEMPO UTILE - CRONOPROGRAMMA**

Il tempo utile per dare ultimati tutti i lavori è stato valutato, in complessivi 12 mesi dalla consegna, come meglio descritto nel Programma Lavori allegato al progetto (Elab. 2020-815-CR-RG05)

Con riferimento al cronoprogramma, il tempo concesso è suddivisibile in 7 fasi operative che tengono conto di una parziale sovrapposibilità di alcune lavorazioni:

1. La prima parte dei lavori prevede realizzazione di un rilevato provvisorio di attraversamento del cavo Fossadone in adiacenza al ponte in muratura esistente, con quota sommitale pari al piano campagna di monte, funzionale alla realizzazione delle diaframature strutturali di contenimento e sostegno del nuovo impianto. Durante la stessa fase si procederà alla realizzazione del manufatto di recapito in c.a. di valle in sinistra Fossadone;
2. Seconda fase di realizzazione delle strutture di fondazione ed elevazione in c.a. sino a quota arginale. La costruzione delle parti strutturali verrà gestita mediante formazione di ture provvisorie di deviazione della portata del Fossadone. La progressiva smobilitazione del rilevato provvisorio di attraversamento del cavo Fossadone servirà alla formazione del rilevato di ringrosso e rialzo arginale lungo il tratto del nuovo impianto;
3. Completato il soletto pieno di impalcato a quota arginale, si procederà con la realizzazione delle strutture di elevazione dei due fabbricati di alloggiamento ed anche alla realizzazione del muro di sponda sinistra Fossadone a monte delle diaframature di sponda di pertinenza del sistema di sollevamento di progetto;
4. Ad ultimazione delle opere strutturali si procederà con le opere edili ed allestimenti impiantistici di pertinenza dei due fabbricati come pure con il completamento del rilevato arginale di rialzo e ringrosso per la formazione di un piano arginale adeguato alla successiva realizzazione del fabbricato di alloggiamento del Gruppo Elettrogeno;
5. L'allestimento impiantistico del sistema di sollevamento, ed in particolare delle tubazioni di mandata, comporterà la realizzazione del manufatto di attraversamento lungo il tratto di arginatura esistente. Parimenti, il completamento del rilevato arginale consentirà la costruzione del fabbricato di alloggiamento del gruppo elettrogeno;
6. Si procederà quindi con il completamento delle opere elettromeccaniche e con l'allestimento del fabbricato di alloggiamento del sistema di alimentazione;
7. Da ultimo si procederà con gli interventi complementari di rivestimento e di difesa, adeguamento della viabilità arginale, la predisposizione del nuovo sistema di alimentazione delle pompe esistenti nonché la messa a punto e le prove funzionali delle apparecchiature elettroidrauliche in genere.

## 7 STIMA DEI LAVORI – QUADRO ECONOMICO

Nell'ambito della Progettazione Definitiva di dimensionamento del sistema si è provveduto alla Elaborazione di un Quadro Economico di Spesa supportandolo con:

- Computazione analitica estimativa delle lavorazioni con esplicitazione delle quantità di progetto;
- Attribuzione di prezzi unitari alle lavorazioni con applicazione del Prezziario Regione Lombardia 2020
- Analisi nuovi prezzi per le lavorazioni non comprese a prezziario
- Valutazione della incidenza percentuale della manodopera sull'importo dei lavori

con suddivisione in corpi d'opera come da elenco seguente:

<b>CORPO 1</b>	<b>OPERE PROVVISORIALI - SCAVI E DIAFRAMMI</b>
<b>CORPO 2</b>	<b>FONDAZIONI</b>
<b>CORPO 3A</b>	<b>STRUTTURE IN C.A. - SINO A QUOTA ARGINALE</b>
<b>CORPO 3B</b>	<b>STRUTTURE IN C.A. - FABBRICATI</b>
<b>CORPO 4</b>	<b>OPERE EDILI</b>
<b>CORPO 5</b>	<b>OPERE ELETTROMECCANICHE</b>
<b>CORPO 6</b>	<b>RINGROSSO, RIALZO E VIABILITA' ARGINALE</b>
<b>CORPO 7</b>	<b>DIFESE SPONDALI - MANUFATTI DI RECAPITO ED ATTRAVERSAMENTO</b>
<b>CORPO 8</b>	<b>MANUFATTO DI ALLOGGIAMENTO GRUPPO ELETTROGENO ED IMPIANTI</b>

Gli elaborati **2020-815-CR-ECO2.1 ed ECO2.2** (Computi metrici estimativi delle opere edili-strutturali ed impiantistiche) propongono un dettaglio analitico degli importi dei lavori, sviluppato sulla base dei quantitativi rilevati in fase di Progettazione Definitiva (di dimensionamento strutturale ed impiantistico) con applicazione del prezziario Regione Lombardia 2020 e l'introduzione di nuovi prezzi, ove necessario.

L'elaborato **2020-815-CR-ECO1** propone il **Quadro Economico dei Lavori** con identificazione delle somme in disponibilità all'Amministrazione e necessarie per il finanziamento dell'opera.

Elaborati **2020-815-CR-ECO3 ed 2020-815-CR-ECO4** riferiscono, rispettivamente, al "Quadro della incidenza della Manodopera" ed all'"Elenco prezzi unitari ed Analisi nuovi prezzi".

		IMPORTI	IMPORTI (Arrotondati)
<b>A</b>	<b>Importi stimati per la esecuzione dei lavori</b>		
CORPO 1	OPERE PROVVISORIALI - SCAVI E DIAFRAMMI	€ 569.144,90	€ 569.000,00
CORPO 2	FONDAZIONI	€ 69.978,46	€ 70.000,00
CORPO 3A	STRUTTURE IN C.A. - SINO A QUOTA ARGINALE	€ 273.618,60	€ 274.000,00
CORPO 3B	STRUTTURE IN C.A. - FABBRICATI	€ 70.469,30	€ 70.000,00
CORPO 4	OPERE EDILI	€ 156.579,18	€ 157.000,00
CORPO 5	OPERE ELETTROMECCANICHE		
	Impianto meccanico	€ 404.542,23	€ 405.000,00
	Impianto elettrico e di telecontrollo	€ 212.777,16	€ 213.000,00
CORPO 6	RINGROSSO, RIALZO E VIABILITA' ARGINALE	€ 99.284,99	€ 99.000,00
CORPO 7	DIFESE SPONDALI - MANUFATTI DI RECAPITO ED ATTRAVERSAMENTO	€ 62.080,25	€ 62.000,00
CORPO 8	FABBRICATO DI ALLOGGIAMENTO GRUPPO ELETTROGENO	€ 94.496,99	€ 94.000,00
	<b>TOTALE IMPORTO ESECUZIONE LAVORI</b>	€ 2.012.972,05	€ 2.013.000,00
<b>A</b>	<b>Importo esecuzione lavorazioni</b>		€ 2.013.000,00
<b>B</b>	<b>Importo oneri sicurezza 5%</b>		€ 100.650,00
	<b>IMPORTO COMPLESSIVO PER LAVORI</b>		€ 2.113.650,00