

Via Garibaldi 75 – 43121 PARMA

**(PR-E-1071) – LAVORI URGENTI DI MESSA IN SICUREZZA DEL
MANUFATTO LIMITATORE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DI MONTE DEL
FIUME ENZA NEI COMUNI DI MONTECCHIO EMILIA (RE) E
MONTECHIARUGOLO (PR)**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Ø	01/07/2020	Prima emissione	L. D'Antonio/ S. Pavone	A. De Paola	E. Baldovin
REV.	DATA	MODIFICHE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Ezio Baldovin

IL R.U.P.:

Dott. Ing. Mirella Vergnani



GEOTECNA PROGETTI
Milano - Roma

3	6	4	4	0	2	8	Ø
N. COMMESSA				PROGR.		REV.	

INDICE

1.	PREMESSA.....	1
2.	NORME DI RIFERIMENTO.....	3
3.	ELABORATI PROGETTUALI DI RIFERIMENTO	4
4.	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....	5
5.	DEGRADO DEI MATERIALI	6
5.1	CORROSIONE DA CARBONATAZIONE.....	7
5.2	DEGRADO DELLA MATRICE CEMENTIZIA DOVUTO A CICLI DI GELO-DISGELO	8
5.3	ABRASIONE/CAVITAZIONE/USURA SUPERFICIALE DEL CALCESTRUZZO	9
6.	MODALITÀ DI INTERVENTO.....	10
6.1	SISTEMI DI RIPRISTINO PER LA TRAVE LAMINATRICE.....	11
6.1.1	<i>Schema generale di intervento</i>	<i>11</i>
6.2	SISTEMI DI RIPARAZIONE PER LA VASCA.....	12
6.2.1	<i>Schema generale di intervento</i>	<i>12</i>
6.3	PREPARAZIONE DEL SUPPORTO	13
6.4	APPLICAZIONE IN OPERA DI PRODOTTI	14
6.4.1	<i>Aderenza.....</i>	<i>14</i>
6.4.2	<i>Rivestimento in calcestruzzo ad alta prestazione.....</i>	<i>16</i>
7.	MATERIALI – CALCESTRUZZO E ACCIAIO – CARATTERISTICHE	17
8.	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	19
8.1	. FONDAZIONE/VASCA	21
8.2	STRATO PROTETTIVO	21
8.3	TRAVE LAMINATRICE.....	23
9.	FASISTICA OPERATIVA DEGLI INTERVENTI.....	25
10.	VERIFICHE STATICHE - FASI TRANSITORIE	28
10.1	MODELLAZIONE STRUTTURALE	28
10.2	ANALISI DEI CARICHI.....	29
10.2.1	<i>Peso proprio.....</i>	<i>29</i>
10.2.2	<i>Carichi variabili antropici.....</i>	<i>29</i>
10.2.3	<i>Peso del mezzo meccanico.....</i>	<i>29</i>
10.2.4	<i>Spinta idraulica.....</i>	<i>29</i>
10.2.5	<i>Ritiro del calcestruzzo.....</i>	<i>30</i>
10.3	COMBINAZIONI DEI CARICHI	30
10.4	RISULTATI DELLE ANALISI.....	31
11.	MATERIALI IN ESUBERO	34
12.	COMPUTO METRICO ESTIMATIVO	35
13.	QUADRO ECONOMICO	43
	APPENDICE: OPERE PROVVISORIALI	44
14.	ANALISI IDROLOGICA E VERIFICHE IDRAULICHE	44
14.1	ANALISI IDROLOGICA	44

14.1.1	<i>Portate naturali del Torrente Enza</i>	44
14.1.2	<i>Portate di piena</i>	45
14.2	VERIFICHE IDRAULICHE.....	46
15.	INTERVENTI	49
15.1	GENERALITÀ E FASISTICA ESECUTIVA	49
15.2	LIVELLI IDRICI DI RIFERIMENTO.....	51
15.3	PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI IN ALVEO	51
15.4	CARATTERISTICHE E DIMENSIONAMENTO DELLE PALANCOLE METALLICHE	52
15.4.1	<i>Risultati delle analisi per il dimensionamento</i>	54
15.4.2	<i>Verifiche strutturali</i>	57
15.5	ARGINI.....	59
15.5.1	<i>Verifiche di filtrazione</i>	60
15.5.2	<i>Dimensionamento pompe</i>	63
15.6	OPERE DI CHIUSURA IN MASSI CEMENTATI	64
15.7	PROLUNGAMENTO TUBO DI SCARICO A VALLE DEL MANUFATTO	65
15.8	RAMPE DI ACCESSO ALLE AREE DI LAVORO	67

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1-1 – Manufatto Limitatore di Monte- Tratta in alveo	1
Figura 4-1 – Manufatto Limitatore di Monte-Armature scalzate del bordo vasca	5
Figura 4-2 – Manufatto Limitatore di Monte-Armature del fondo vasca scalzate.....	5
Figura 5-1 – Abrasione superficiale della vasca e segni di degrado sulla trave laminatrice.....	6
Figura 6-1 - Livelli di aggressione del calcestruzzo armato	10
Figura 6-2 – Dettagli del taglio del supporto.....	14
Figura 6-3 – Applicazione connettori meccanici.....	15
Figura 8-1 - Manufatto Limitatore di Monte – sezione trasversale della vasca	19
Figura 8-2- Manufatto Limitatore di Monte - Moduli	20
Figura 10-1–Disposizione dei diaframmi (taglioni)	28
Figura 10-2 –Modello FEM con vincoli.....	29
Figura 10-3 –Posizione del mezzo meccanico nelle combinazioni previste.	30
Figura 10-4 –Combinazioni dei carichi.....	31
Figura 10-5 –Tensioni direzione z nella combinazione più gravosa	31
Figura 10-6–Tensioni principali max nelle combinazioni previste	32
Figura 14-1 - Portate del Torrente Enza misurate alla stazione di Sorbolo	44
Figura 14-2 Portate di piena per il periodo Giugno – Ottobre (2004-2018)	45
Figura 14-3 Risultati delle simulazioni per la Stagione 1.....	47
Figura 14-4 Risultati delle simulazioni per la Stagione 2.....	47
Figura 15-1 – Opere Provvisionali - Stagione 1 - Planimetria	49
Figura 15-2 – Opere Provvisionali - Stagione 2 – Planimetria.....	50
Figura 15-3 – Sezione tipo – Stagione 1.....	52
Figura 15-4 – Sezione tipo – Stagione 2.....	53
Figura 15-5 – Palancole metalliche – Stagione 1, carico idraulico 2.6 m – Andamento delle pressioni orizzontali	54

Figura 15-6 – Palancole metalliche – Stagione 2, carico idraulico 1.7 m – Andamento delle pressioni orizzontali	55
Figura 15-7 – Palancole metalliche – Stagione 1 – Sollecitazioni – Momento.....	55
Figura 15-8 – Palancole metalliche – Stagione 2 – Sollecitazioni – Momento.....	56
Figura 15-9 – Palancole metalliche – Stagione 1 – Sollecitazioni – Taglio	56
Figura 15-10 – Palancole metalliche – Stagione 2 – Sollecitazioni – Taglio	56
Figura 15-11 – Palancole metalliche – Stagione 1 – Spostamenti	57
Figura 15-12 – Palancole metalliche – Stagione 2 – Spostamenti.....	57
Figura 15-13 – Palancole metalliche – Sezione tipo.....	58
Figura 15-14 – Argine - Stagione 1 – Sezione tipo.....	59
Figura 15-15 – Argine - Stagione 2 – Sezione tipo.....	59
Figura 15-16 – Argini - Aree da cui prelevare il materiale per la costruzione degli argini in terra.....	60
Figura 15-17 – Argini – Verifiche di filtrazione – Modello FEM.....	61
Figura 15-18 – Argini – Verifiche di filtrazione – Andamento delle pressioni neutre.....	61
Figura 15-19 – Argini – Verifiche di filtrazione – Gradiente idraulico	62
Figura 15-20 – Argini – Verifiche di filtrazione – Portate	62
Figura 15-21 – Opere di chiusura in massi cementati – Stagione 1-2 - Sezione tipo a monte del Manufatto	64
Figura 15-22 – Opere di chiusura in massi cementati –Stagione 1 – 2 - Sezione tipo a valle del Manufatto	65
Figura 15-23 – Opere di chiusura in massi cementati – Stagione 2 – Sezione tipo a monte del Manufatto	65
Figura 15-24 – Tubo di scarico a valle del manufatto – Stato di fatto	66
Figura 15-25 – Tubo di scarico a valle del manufatto – Planimetria di progetto	66

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Portate massime mensili ed annue del Torrente Enza misurate alla stazione di Sorbolo per il periodo 2004-2018	45
Tabella 2 – Portate di piena per il periodo Giugno – Ottobre (2004-2018)	46
Tabella 3 – Livelli idrici di riferimento.....	51
Tabella 4 – Parametri geotecnici di riferimento	52
Tabella 5 – Palancole metalliche – Tabella riassuntiva caratteristiche ...	53
Tabella 6 Risultati delle verifiche strutturali.....	58
Tabella 7– Palancole metalliche – Caratteristiche geometriche delle sezioni tipo.....	58

1. PREMESSA

La presente Relazione Tecnica è riferita ai lavori per il ripristino delle condizioni materiche e strutturali della vasca e della trave laminatrice del Manufatto Limitatore di Monte (tratta in alveo), facente parte della Cassa di espansione del Torrente Enza, ubicata nei Comuni di Montechiarugolo (PR) e Montecchio Emilia (RE).

Nell'estate del 2019 è stato appaltato il progetto *“PR-E-1059 - Interventi urgenti per il ripristino della condizione di sicurezza dei manufatti delle casse di espansione, di monte e di valle, del torrente Enza nei comuni di Montechiarugolo (PR) e Montecchio Emilia (RE)”*.

Durante l'esecuzione dei lavori, a seguito della messa in asciutto della vasca del Manufatto Limitatore, sono emerse condizioni impreviste, come dettagliato nel Capitolo 4, che hanno indotto la stazione appaltante a rescindere il contratto con l'impresa esecutrice ed a procedere ad un nuovo incarico di progettazione nel quale includere gli interventi necessari.

La tratta in alveo del Manufatto si sviluppa per una lunghezza di circa 100 m tra la spalla destra e la pila centrale.



Figura 1-1 – Manufatto Limitatore di Monte- Tratta in alveo

In effetti solo durante un sopralluogo in situ, effettuato nel mese di Ottobre 2019, si è potuto constatare il reale stato di consistenza del Manufatto. L'intervenuta pulizia e parziale messa in secca del settore in cui è ubicata l'opera, ha infatti permesso una visione più completa del Manufatto rispetto al mese di Aprile 2019. Ne è derivato il riscontro di uno stato di degrado delle opere ben più esteso e profondo di quello ipotizzato, che aveva condotto alla definizione degli interventi del Progetto Esecutivo di ripristino materico messo a punto nel mese di Luglio 2019. Conseguentemente è emersa

l'esigenza di procedere alla definizione di interventi di ripristino/riparazione che prendessero in considerazione lo stato dell'opera in funzione delle condizioni riscontrate.

A seguito del suddetto sopralluogo sono stati redatti specifici piani integrativi di indagine strutturale, geologica e geotecnica.

Successivamente si è proceduto alla progettazione preliminare di una nuova tipologia di interventi di ripristino e riparazione del Manufatto ed alla relativa quantificazione economica, eseguendo, tra l'altro, verifiche strutturali del Manufatto nella fase transitoria di esecuzione dei lavori al fine di accertare la fattibilità statica degli interventi proposti.

L'intervento illustrato nelle pagine seguenti, riguarda la trave laminatrice e la vasca del Manufatto Limitatore di monte per il tratto in alveo e sarà organizzato in due stagioni, compatibilmente con i tempi di esecuzione dei lavori e con i deflussi idraulici naturali. I lavori sono previsti nelle stagioni di minima portata idraulica del torrente Enza, previa realizzazione di idonee opere provvisorie (v. Appendice).

L'obiettivo finale è quello di riportare l'opera allo stato originale, ristabilendo le condizioni di sicurezza iniziali.

2. NORME DI RIFERIMENTO

Il progetto è concepito nell'osservanza di tutte le seguenti Leggi, Decreti, Norme e Direttive (comprese eventuali varianti, completamenti o integrazioni alle stesse) attualmente vigenti e precisamente:

- LEGGE 5 NOVEMBRE 1971 N. 1086 G.U. N. 321 DEL 21 DICEMBRE 1971
"Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- LEGGE 2 FEBBRAIO 1974, N. 64 G.U. N. 076 DEL 21/03/1974
"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. INFRASTRUTTURE TRASPORTI 17 GENNAIO 2018
"Norme Tecniche per le Costruzioni";
- CIRCOLARE MINISTERO INFRASTRUTTURE TRASPORTI 21 GENNAIO 2019, N. 7; "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008";
- UNI EN 206:2016;
"Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- UNI 11104:2016;
" Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206";
- UNI EN 1504
"Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo. Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione di conformità".
- CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI SERVIZIO TECNICO CENTRALE
"Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera". Sett. 2017

3. ELABORATI PROGETTUALI DI RIFERIMENTO

3644_0028	Relazione Tecnica Generale
3644_0029	Valutazione di pre-incidenza (opere provvisionali)
3644_0030	Relazione interpretativa dei risultati delle indagini strutturali
3644_0031	Relazione sui materiali
3644_0032	Fascicolo dei calcoli strutturali
3644_0033	Profilo Geotecnico
3644_0034	Opere Provvisionali - Stagione 1 - Pianta e Sezioni tipologiche
3644_0035	Opere Provvisionali - Stagione 2 - Pianta e Sezioni tipologiche
3644_0036	Interventi di ripristino - Pianta e Sezioni tipologiche - Tav 1 di 3
3644_0037	Interventi di ripristino - Pianta e Sezioni tipologiche - Tav 2 di 3
3644_0038	Interventi di ripristino - Pianta e Sezioni tipologiche - Tav 3 di 3
3644_0039	Piano della sicurezza
3644_0040	Cronoprogramma
3644_0041	Computo metrico estimativo
3644_0042	Capitolato speciale d'appalto
3644_0043	Quadro economico
3644_0044	Schema di contratto
3644_0045	Elenco prezzi unitari e analisi dei prezzi

4. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Come anticipato in premessa, nel mese di Ottobre 2019, è stato possibile constatare il reale stato di consistenza del settore fuori terra del Manufatto Limitatore di Monte (tratto in alveo). L'opera è risultata considerevolmente abrasa ed erosa nel settore di valle e a fondo vasca, con esposizione, pressoché costante, dei ferri di armatura, che in parecchi punti non sono apparsi confinati dal calcestruzzo, bensì completamente esterni al profilo teorico delle carpenterie ed in alcuni casi spezzati. Nel seguito è riportato il rilievo fotografico dove si evince lo stato di degrado avanzato.



Figura 4-1 – Manufatto Limitatore di Monte-Armature scalzate del bordo vasca



Figura 4-2 – Manufatto Limitatore di Monte-Armature del fondo vasca scalzate

5. DEGRADO DEI MATERIALI

Gli interventi progettuali previsti sono indirizzati al ripristino dei materiali degradati ed alla riparazione delle sezioni strutturali abrase come dettagliato nel capitolo successivo della presente relazione.

Per lo studio materico delle opere ed i nuovi materiali che saranno adottati si rimanda al documento 3644_031 *_Relazione Materiali_*.

Le principali cause di degrado, riscontrate sulle strutture oggetto di intervento, sono dovute a fenomeni di:

- carbonatazione e cicli di gelo e disgelo;
- abrasione/erosione/usura superficiale.

In effetti si riscontrano diversi livelli di degrado (Figura 5-1).

- La trave laminatrice risulta oggetto di aggressione per carbonatazione e cicli termici.
- La vasca del manufatto limitatore risulta abrasa e usurata con esposizione delle armature.



Figura 5-1 – Abrasione superficiale della vasca e segni di degrado sulla trave laminatrice.

Segue una trattazione sistematica dei fenomeni di degrado riscontrati.

5.1 Corrosione da carbonatazione

Se dall'ispezione visiva emerge la presenza di armature corrose ed in vista a causa dell'espulsione di porzioni di copriferro, è molto probabile la presenza del fenomeno di carbonatazione. In tal caso, è opportuno valutare, nelle diverse zone interessate dal degrado, la profondità di carbonatazione, ovvero quantificare lo spessore di copriferro interessato dal fenomeno. Per le strutture esterne che possono entrare in contatto con l'acqua, è sempre opportuno fare questa verifica, anche quando non si ha evidenza di corrosione in atto. La verifica consiste nel prelevare un campione di calcestruzzo (carota) nel punto nel quale si vuole valutare le profondità di carbonatazione ed applicare sulla sua superficie una sostanza nota come fenolftaleina. Altra tecnica è quella del Carbon Test nella quale la soluzione viene applicata alla polvere di cls ottenuta dalla perforazione e dalla raccolta in apposita provetta.

A seguito di questa applicazione, la carota o la polvere di calcestruzzo assumerà, nella zona non carbonatata, una colorazione violacea. Sarà possibile quindi misurare direttamente lo spessore carbonatato.

Come visto in generale, diverse casistiche possono presentarsi nel caso di carbonatazione del calcestruzzo:

- (a) il copriferro risulta integro e non carbonatato;
- (b) il copriferro risulta integro e carbonatato per uno spessore inferiore al copriferro;
- (c) il copriferro risulta integro e carbonatato per uno spessore superiore al copriferro e l'armatura risulta non corrosa;
- (d) il copriferro risulta carbonatato per uno spessore superiore al copriferro e a causa della corrosione dell'armatura risulta localmente distaccato.

Di seguito vengono analizzate le singole situazioni sopra enunciate:

- (a) le armature all'interno della struttura sono adeguatamente protette e non sono necessari interventi.
- (b) Lo spessore di carbonatazione non ha raggiunto l'armatura che quindi risulta "avvolta" da calcestruzzo sano con pH di circa 13. In queste condizioni l'armatura risulta ancora in stato "passivato" e quindi è adeguatamente protetta nei confronti dell'ossidazione. È possibile stimare il tempo necessario al fronte di carbonatazione per giungere a ridosso delle armature con la seguente formula:

$$t_{res} = t_{ind} * (c/d)^2 \quad [1]$$

dove:

t_{res} è il tempo residuo (in anni) prima della depassivazione delle armature e dell'innesco della corrosione;

t_{ind} è il numero di anni trascorso tra la realizzazione dell'opera e l'istante in cui è stato misurato lo spessore di carbonatazione (tempo di indagine);

c è lo spessore del copriferro, valutato o attraverso indagine diretta, o indirettamente, mediante una indagine pacometrica;

d è la misura dello spessore dello strato carbonatato al tempo t_{ind} .

La valutazione dell'intervento è subordinata al rapporto tra il tempo residuo t_{res} e la vita utile del manufatto decurtato dell'età (V_{nres} vita nominale residua). Posto

$$V_{nres} = V_n \cdot t_{ind}$$

si determina il coefficiente di sicurezza nei confronti della carbonatazione

$$\text{Coeff. sic.} = t_{res} / V_{nres}$$

Se il parametro **Coeff. sic.** risulta minore dell'unità è opportuno intervenire prima che la carbonatazione raggiunga le armature, in modo da evitare che il copriferro possa subire fessurazioni.

Ove il valore fosse lievemente maggiore, ma prossimo, all'unità è necessario prevedere uno screening periodico con tempi stretti per valutare l'andamento temporale del fenomeno anche dopo un intervento di protezione.

(c) Lo spessore di carbonatazione ha raggiunto l'armatura che quindi è certamente depassivata. Le armature non sono ossidate in quanto acqua ed ossigeno non hanno raggiunto la loro superficie ed innescato la corrosione. Si tratta di una condizione limite, poiché le armature sono del tutto vulnerabili alla corrosione. Se il copriferro risulta compatto e non fessurato si può ricorrere al Sistema di Protezione. Se invece il copriferro comincia a mostrare segni di degrado, come fessurazioni o suoni "a vuoto" che indicano un principio di distacco, sarà opportuno ricorrere al Sistema di Ripristino.

(d) Lo spessore di carbonatazione ha raggiunto l'armatura, depassivandola e, inoltre, acqua ed ossigeno hanno già innescato la corrosione. Gli ossidi di ferro formatosi a seguito della corrosione hanno determinato la fessurazione e l'espulsione del copriferro. Quest'ultimo non è più in grado di proteggere le armature e con molta probabilità l'elemento strutturale in questione ha raggiunto la fine della sua vita utile. Si tratta di una condizione intollerabile. Qualora il degrado fosse limitato al solo copriferro e le armature non abbiano subito sensibili riduzioni della sezione resistente è necessario adoperarsi per un Sistema di Riparazione.

Al contrario, se il degrado si fosse esteso anche al calcestruzzo in profondità, portando ad una rilevante ossidazione delle armature (principali e secondarie) con importanti riduzioni delle loro sezioni resistenti, si interviene con un Sistema di Ripristino.

Il fenomeno riguarda principalmente la trave laminatrice dove il copriferro risulta carbonatato per uno spessore inferiore al ricoprimento delle armature.

5.2 Degrado della matrice cementizia dovuto a cicli di gelo-disgelo

Le strutture esterne esposte al contatto con acqua tendono ad assorbirla per capillarità. Dove la temperatura scende periodicamente sotto 0 °C l'acqua assorbita dal conglomerato e presente nelle porosità capillari, si trasforma in ghiaccio aumentando di volume. A seguito di tale variazione dimensionale, nascono delle tensioni di trazione nel materiale che portano alla sua rottura. Il risultato di un certo numero di cicli di gelo-disgelo è quello di una completa disgregazione della parte corticale delle strutture.

Tali aggressioni sono evidenti nella parte inferiore della trave laminatrice che più frequentemente risulta a contatto con l'acqua a causa di schizzi e fenomeni di nebulizzazione (Figura 5-1).

5.3 Abrasione/cavitazione/usura superficiale del calcestruzzo

Le particelle in sospensione nella corrente fluviale esercitano, sulle superfici di contatto con i manufatti, azione abrasiva. Inoltre la corrente produce, con i vortici, azioni di depressione (cavitazione) sui calcestruzzi della vasca, che tendono a strappare parti microscopiche dei costituenti.

Questa tipologia di degrado, di natura fisica, rappresenta la principale causa di danno rilevato sulle opere in alveo.

La soluzione che può fronteggiare tale condizione con un buon compromesso tra prestazioni e costi è rappresentata da un calcestruzzo ad alta prestazione additivato.

6. MODALITÀ DI INTERVENTO

La profondità del degrado nello spessore del calcestruzzo e il conseguente eventuale attacco della corrosione alle armature sono fattori fondamentali per individuare la tecnica di intervento. La casistica generale può essere così riassunta (Figura 6-1):

- (a) Il calcestruzzo di copriferro risulta integro;
- (b) Il calcestruzzo di copriferro risulta compromesso per uno spessore inferiore all'altezza del copriferro;
- (c) Il calcestruzzo di copriferro risulta compromesso per uno spessore superiore all'altezza del copriferro dell'armatura e quest'ultima risulta non corrosa;
- (d) Il calcestruzzo di copriferro risulta compromesso per uno spessore superiore all'altezza del copriferro dell'armatura e quest'ultima risulta corrosa.

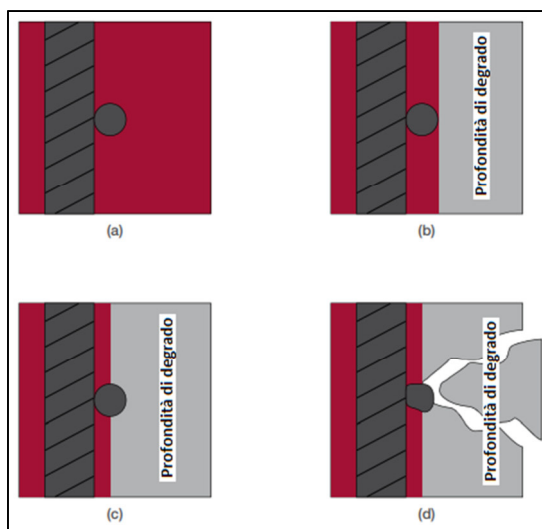


Figura 6-1 - Livelli di aggressione del calcestruzzo armato

Gli interventi sono conseguentemente programmati:

- (a) nessun intervento;
- (b) intervento con un sistema di protezione del copriferro;
- (c) intervento con un sistema di protezione delle armature e di ripristino del copriferro;
- (d) intervento riparazione delle armature e del copriferro.

Nel caso specifico, i lavori sono organizzati sui seguenti elementi strutturali:

- Trave laminatrice.
- Vasca.

Per la natura e l'entità dei danni rilevati si intende procedere a due tipologie di intervento:

- sistemi di ripristino per la trave laminatrice,
- sistemi di riparazione per la vasca.

6.1 Sistemi di ripristino per la trave laminatrice

Sono mirati a ripristinare la resistenza di una struttura nei confronti di una o più forme di aggressione. Nello specifico, si tratta di una struttura nella quale:

1. sono evidenti segni di degrado del copriferro: quest'ultimo si presenta distaccato in più punti o fessurato;
2. l'aggressione non ha colpito l'armatura, la quale non presenta riduzione della sezione resistente, ma semplicemente una ossidazione superficiale;
3. si esclude che le fessurazioni abbiano cause di carattere strutturale;
4. in questo caso nasce l'esigenza di ripristinare il copriferro prima che il degrado comporti compromissioni di carattere strutturale.

6.1.1 Schema generale di intervento

1. **Situazione iniziale di degrado.** Distacco e fessurazione del copriferro in più punti, armatura localmente a vista senza riduzione della sezione resistente. Calcestruzzo ammalorato solo superficialmente (copriferro).

2. **Preparazione del supporto.** Scarifica (manuale, meccanica) del copriferro ammalorato. Irruvimento della superficie e successiva pulizia, in maniera da garantire una adeguata adesione del prodotto al supporto originario. Ove necessario sarà opportuno trattare la superficie con soluzione acquosa a base di litio per arrestare le reazioni alcali-aggregato se rilevate. Conferimento del materiale di risulta in discarica.

3. **Pulizia e protezione delle armature metalliche.** Spazzolatura meccanica o sabbiatura delle armature portate a vista nella fase 2. Restituzione di un supporto metallico integro (superficie lucida), privo di ruggine o parti incoerenti. Applicazione del trattamento con inibitore di corrosione migratorio a protezione dell'interfaccia ferro-calcestruzzo delle strutture degradate.

4. **Ripristino del copriferro.** Preliminarmente è fondamentale eseguire, dopo che l'inibitore di corrosione sia completamente asciutto, la saturazione a rifiuto con acqua pulita di tutte le superfici da ripristinare, in modo da evitare l'assorbimento parziale dell'acqua della malta da parte del supporto e massimizzare l'adesione tra i due strati. Ricostruzione volumetrica del copriferro con malta tixotropica su supporto saturo a superficie asciutta. Per gli interventi di ripristino si procede con l'impiego di una delle seguenti malte di classe R3 o R4:

- Malta per rasatura (Classe R3).
- Malta tixotropica (Classe R4).
- Malta fluida (Classe R4).
- Betoncino fluido (Classe R4).

A seconda delle condizioni ambientali può risultare opportuno prevedere una adeguata stagionatura umida dei ripristini realizzati. Allo scopo, potranno essere utilizzati prodotti stagionanti antievaporanti a base acquosa o membrane antievaporanti. Nel caso di impiego di malte o betoncini fluidi all'interno di casseri, dovranno essere impiegati prodotti disarmati.

5. **Rasatura.** Impiego di malta tixotropica per la rasatura dell'intera superficie. Scopo della lavorazione è quello di ottenere una superficie finale fine ed omogenea capace di ricevere anche ulteriori strati di finitura.

6. **Finitura.** Applicazione di intonaco e pittura.

Le fasi 5) e 6) sono da considerare quando risulta necessario anche un ripristino "estetico" dei manufatti.

6.2 Sistemi di riparazione per la vasca

Forniscono gli strumenti utili a ricostruire la resistenza di una struttura, sia a livello di sezioni e/o spessori che di durabilità.

Nello specifico si tratta di una struttura nella quale:

1. vi sono evidenti segni di degrado del copriferro. Quest'ultimo si presenta notevolmente fessurato e/o distaccato e/o abraso in zone estese della struttura. Il calcestruzzo risulta degradato anche in profondità, con eventuale riduzione della sezione resistente dell'elemento strutturale;
2. l'aggressione ha colpito l'armatura, la quale presenta una riduzione più o meno sensibile della sua sezione resistente;

È evidente che si tratta di una condizione particolare dove certamente dovranno essere fatte considerazioni, anche di carattere strutturale. L'obiettivo è di riportare la struttura alle condizioni iniziali di progetto.

6.2.1 Schema generale di intervento

1. **Situazione iniziale di degrado.** Notevole fessurazione del copriferro con distacco diffuso. Armatura a vista con riduzione della sezione resistente. Calcestruzzo ammalorato superficialmente (copriferro) ed in profondità, con eventuale riduzione della sezione resistente dell'elemento
2. **Preparazione del supporto.** Dopo la eventuale messa in sicurezza dell'elemento, scarifica (manuale o con mezzo meccanico manuale) dello strato corticale degradato e dell'eventuale calcestruzzo in profondità delle armature esistenti. Irruvidimento della superficie e pulitura.
3. **Eventuale integrazione delle armature metalliche.** Sulla base delle indicazioni progettuali, verranno inserite le nuove armature che sostituiscono/integrano quelle esistenti. Utilizzare prodotti ancoranti chimici (Malte e/o resine per ancoraggio) o meccanici (tasselli in acciaio).
4. **Pulizia e protezione delle armature metalliche.** Spazzolatura meccanica o sabbiatura delle armature portate a vista se necessario.
5. **Ripristino del conglomerato.** In fase preliminare è fondamentale eseguire la saturazione a rifiuto con acqua pulita di tutte le superfici da ripristinare, in modo da evitare l'assorbimento di parte dell'acqua della malta da parte del supporto e massimizzare l'adesione tra i due strati. Ricostruzione volumetrica del copriferro con calcestruzzo ad alta prestazione, con caratteristiche riportate nel seguito, su supporto saturo a superficie asciutta. A seconda delle condizioni ambientali può risultare opportuno prevedere un'adeguata stagionatura umida dei ripristini realizzati. Allo scopo, potranno essere utilizzati prodotti stagionanti antievaporanti a base acquosa o

membrane antievaporanti. All'interno di casseri, dovranno essere impiegati prodotti disarmati.

Gli interventi analizzati prevedono fasi operative che devono essere scrupolosamente osservate.

6.3 Preparazione del supporto

Al fine di garantire un'adeguata applicazione dei prodotti e sistemi per la protezione, il ripristino e la riparazione di una struttura in calcestruzzo, deve essere garantita una preparazione del supporto di calcestruzzo idonea alle condizioni richieste e allo stato degli elementi.

La norma UNI EN 1504 – Parte 10 “Applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori” stabilisce i requisiti per la preparazione del supporto in funzione del metodo di riparazione e di protezione scelto.

In particolare, con riferimento all'impiego di malte per la protezione e riparazione di strutture in calcestruzzo, il processo di preparazione del supporto si articola nelle fasi di pulitura, irruvidimento o martellinatura e di rimozione del calcestruzzo.

In accordo ai Principi ed ai metodi di protezione e riparazione di cui alla norma UNI EN 1504 – Parte 9, devono essere rimossi gli strati di calcestruzzo debole, danneggiato e deteriorato, o dove necessario il calcestruzzo sano. L'eventuale presenza di micro-fessure o delaminazioni contribuisce infatti alla riduzione di ancoraggio ed integrità strutturale. A tal fine è suggerito di ispezionare visivamente e sottoporre a martellamento la superficie finita della struttura in calcestruzzo, per rilevare la presenza di materiale incoerente.

L'entità dell'intervento di rimozione del calcestruzzo, adeguato ai Principi e ai Metodi scelti, deve essere ridotta al minimo, non deve ridurre l'integrità strutturale oltre la capacità della struttura di svolgere la propria funzione e deve essere correlata ai valori di profondità di degrado.

Come rappresentato nell'immagine sottostante, nel caso di interventi locali è suggerita un'inclinazione del taglio secondo un angolo minimo di 90° (1 in Figura 6-2), per evitare sottosquadri e massimo di 135° (2 in Figura 6-2), per ridurre distacchi dalla superficie superiore del calcestruzzo sano adiacente. Le superfici di ripresa devono essere adeguatamente pulite e irruvidite al fine di garantire una sufficiente adesione tra materiale originario e prodotto di riparazione.

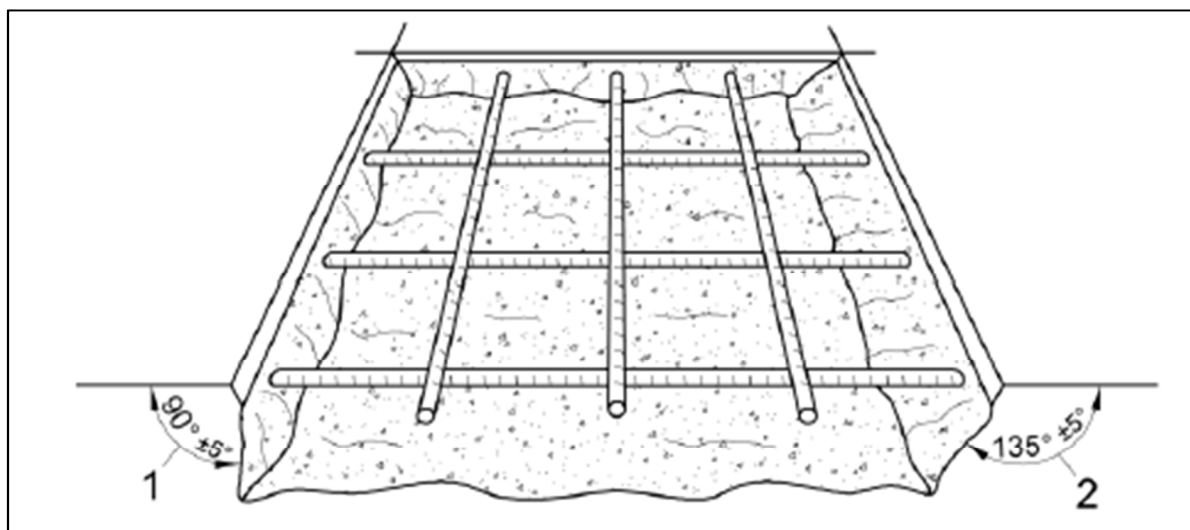


Figura 6-2 – Dettagli del taglio del supporto

La demolizione deve portare alla luce lo strato di calcestruzzo di buona qualità ed omogeneità ed eliminare ogni altro elemento che possa alterare la coesione dei successivi trattamenti e deve essere spinta fino ai valori di rimozione non eccedenti quanto stabilito nei disegni progettuali (da intendersi come valor medio sulla superficie interessata dal trattamento, come di seguito meglio esposto).

In seguito alla rimozione del calcestruzzo è fondamentale pulire le superfici da trattare, soprattutto se sub-orizzontali.

La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare macroscopicamente ruvida (asperità non inferiore a 5 mm di profondità) allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio materiale.

6.4 Applicazione in opera di prodotti

La preparazione e l'utilizzo dei prodotti deve avvenire in conformità e nel rispetto delle indicazioni contenute all'interno delle relative Schede Tecniche.

6.4.1 Aderenza

I requisiti di aderenza tra il vecchio calcestruzzo e la malta o il calcestruzzo da ripristino/riparazione devono essere specificati in accordo alla UNI EN 1504-3. Un profilo superficiale ruvido può essere ottenuto mediante la demolizione con mezzi meccanici.



Figura 6-3 – Applicazione connettori meccanici.

Se le malte o i nuovi calcestruzzi venissero applicate in assenza di contrasto (ruvidità del supporto, confinamento e armatura per spessori maggiori di 30 mm o 50 mm rispettivamente), sarebbero destinate inevitabilmente a perdere aderenza con il supporto durante l'asciugatura e l'espansione iniziale e ad avere fessure da ritiro igrometrico. È necessario quindi prevedere un'armatura di contrasto per spessori maggiori di 30 mm o 50 mm ad esempio con l'inserimento di connettori metallici.

Le armature di ancoraggio, per spessori di copriferro maggiori di 50 mm, si realizzeranno col posizionamento dei connettori con ancoraggi chimici o meccanici (tipo Tecnaria, v. Figura 6-3 o similari) nella misura di n. 9/mq e reti elettrosaldate con sovrapposizioni di almeno 2 maglie o con armature incrociate prevedendo sovrapposizioni di almeno 50 diametri.

Le malte polimeriche idrauliche possono andare in presa con uno strato superficiale liscio ad alto contenuto di polimeri che pregiudica l'aderenza del trattamento superficiale o degli strati successivi.

L'adesione tra la malta ed il supporto può essere valutata attraverso prove di pull-off eseguite in conformità alla UNI 1542. Possono essere ritenuti accettabili valori misurati in sito minori dei relativi valori richiesti per la classificazione della malta da ripristino. Per malte per uso strutturale di classe R3 e R4, possono essere accettati valori in sito compresi nell'intervallo tra 1.2 MPa e 1.5 MPa. Per malte per uso non strutturale, il valore minimo richiesto di aderenza in sito è pari a 0.7 MPa.

Anche per i calcestruzzi in riferimento al controllo del sistema di ripristino o rinforzo, si sottolinea l'importanza e la necessità di eseguire prove per la verifica dei valori di adesione tra materiale di riparazione o rinforzo ed il supporto e dei valori di resistenza a compressione.

Nel caso di utilizzo di malte o cls da ripristino/riparazione caratterizzati da implicazioni di tipo strutturale, quali a titolo di esempio interventi di ricostruzione degli strati di copriferro o di rinforzo strutturale, devono essere eseguite prove di resistenza a compressione in conformità al Decreto Ministeriale 17.01.2018. Le prove possono

eseguirsi su provini normalizzati di tipo cilindro, aventi diametro pari a 150 mm ed altezza 300 mm, oppure di tipo cubico di lato 150 mm.

L'insorgere delle fessure deve essere limitato attraverso il posizionamento dei giunti e l'uso di agenti anti ritiro nella miscela.

6.4.2 Rivestimento in calcestruzzo ad alta prestazione

Indipendentemente dal tipo di azione erosiva, i risultati delle prove di laboratorio e l'esperienza in opera indicano che la resistenza all'abrasione è funzione della resistenza della matrice legante, della compattezza e durezza dell'aggregato e della resistenza del legame pasta/aggregato. Sono perciò critici il rapporto a/c e la natura dell'aggregato. Tra i nuovi materiali cementizi va segnalato, il fumo di silice, un materiale pozzolanico la cui purezza composizionale e le cui caratteristiche di finezza lo rendono particolarmente efficace, in abbinamento con gli additivi superfluidificanti, per migliorare la durabilità del calcestruzzo. Una sua tipica applicazione riguarda gli interventi di ripristino/riparazione di danni dovuti a fenomeni di erosione sugli sfioratori in calcestruzzo. Le classi ambientali richieste sono XF3, XM3.

La resistenza del conglomerato dipende dal tipo di cemento e dal rapporto a/c.

Il calcestruzzo suggerito deve presentare buone proprietà di

- resistenza all'abrasione;
- resistenza agli urti;
- resistenza alla corrosione;
- resistenza alle variazioni termiche;
- resistenza ai cicli gelo/disgelo.

Inoltre è fondamentale curare le fasi di lavorazione.

I conglomerati, dopo la presa, devono essere sottoposti a cura subito bagnando regolarmente con acqua, mediante l'uso di sacchi umidi o con prodotti specifici.

Le fessurazioni da ritiro sono deleterie e devono essere evitate.

Le lavorazioni non devono essere svolte nei giorni caldi o ventosi.

Attenersi alle specifiche schede tecniche e prescrizioni dei prodotti.

Gli additivi e i prodotti necessari per il confezionamento devono essere a marchiatura CE.

7. MATERIALI – CALCESTRUZZO E ACCIAIO – CARATTERISTICHE

Dalle indagini materiche svolte, i cui esiti sono dettagliati nella Relazione sui Materiali, è stato accertato che il calcestruzzo della vasca è catalogabile come di classe C25/30, mentre le armature sono classificabili con come Feb 44 K c.s.

Per i nuovi materiali da adottare sono stati studiati mix design specifici per considerare le particolari condizioni ambientali. Nel seguito sono riportate le caratteristiche del calcestruzzo e dell'acciaio da utilizzare per il ripristino delle zone degradate del Manufatto.

Secondo quanto illustrato nel Capitolo precedente, il nuovo getto di calcestruzzo è previsto per tutta la lunghezza dello sfioratore e per uno spessore di 20 cm.

Allo scopo si dovrà impiegare un conglomerato cementizio a ritiro compensato, realizzato con impiego di almeno 3 classi granulometriche di aggregato resistente all'abrasione, preferibilmente di tipo siliceo con D_{max} 25 mm. Il calcestruzzo dovrà essere prodotto in accordo con quanto previsto nelle norme UNI EN206 e UNI 11104.

Tale calcestruzzo dovrà essere caratterizzato da una classe di **resistenza a compressione 45 MPa** valutata su provini cubici e determinata secondo quanto descritto nel Capitolo 11 delle Norme Tecniche sulle costruzioni NTC2018, da un rapporto acqua/cemento non superiore a 0,4 e da un contenuto di **cemento di classe 42,5N** del tipo IV/A o III/A, conforme alla norma UNI EN 197/1, **non inferiore a 350 kg/m³**. Il **diametro massimo dell'aggregato** impiegato nella confezione della miscela dovrà essere pari a **25 mm** mentre la lavorabilità al getto (cono di Abrams) dovrà essere compresa tra 50 e 90 mm (**classe di lavorabilità S2**). Per il raggiungimento delle caratteristiche sopra descritte, unitamente ad un adeguato mantenimento della lavorabilità, si dovrà prevedere l'utilizzo di un **additivo superfluidificante** riduttore d'acqua, a base di polycarbossilato etere, nella misura di **0,8-1,2 litri ogni 100 kg di legante**.

Per il controllo degli effetti negativi legati allo sviluppo del ritiro termico con possibili conseguenti fessurazioni, dovrà essere scelto un tipo di cemento a basso calore d'idratazione in accordo alla norma UNI EN 14216.

Al fine di garantire la resistenza all'abrasione si dovrà impiegare nella miscela, in aggiunta al cemento, un dosaggio di almeno **25 kg/m³ di silice fume** micronizzata in polvere.

Inoltre, per la **compensazione del ritiro** ed ottenere la massima adesione con il calcestruzzo esistente assicurando quindi la monoliticità della struttura finale completata, si dovrà impiegare un **agente espansivo in polvere nella misura di 25 kg/m³**. La compensazione del ritiro dovrà avvenire mediante contrasto all'espansione

attraverso la posa di una doppia rete elettrosaldata diametro 8 mm maglia 100x100 mm, in aggiunta all'eventuale armatura prevista dal calcolo strutturale.

Infine, allo scopo di garantire una corretta maturazione umida e per **ridurre ulteriormente il valore del ritiro** del calcestruzzo, si dovrà utilizzare un additivo **ritentore d'acqua** e riduttore di ritiro nella misura di **0,8 litri ogni 100 kg di legante** (cemento più aggiunte). Il valore massimo di ritiro standard, misurato in condizioni di laboratorio in accordo alla norma UNI 11307, non dovrà superare in nessun caso il valore di 400 micron per metro. In ogni caso la maturazione del getto di calcestruzzo dovrà avvenire secondo quanto descritto nel Capitolo 7 delle Linee Guida per la posa in opera del calcestruzzo strutturale (versione 2018), impiegando un prodotto filmogeno stagionante-antievaporante, emulsione acquosa di speciali resine di colore bianco, nella misura di 70-100 g/m².

Si ricapitolano nel seguito le suddette caratteristiche che dovrà presentare il calcestruzzo.

- *Classe di resistenza: C35/45.*
- *Classe di consistenza: S2.*
- *Contenuto in cloruri: <2%.*
- *Diametro massimo dell'inerte: 25 mm.*
- *Rapporto acqua/cemento: 0,4.*
- *Classe di esposizione: XM3-XF3.*
- *Tipo di cemento: 42,5N del tipo IV/A o III/A*
- *Quantità di cemento: ≥350 Kg/m³.*

Additivi:

- *superfluidificante: 0,8-1,2 litri ogni 100 kg di legante.*
- *silica fume: 25 kg/m³*
- *riduttore di ritiro: 0,8 litri ogni 100 kg di legante*
- *agente espansivo: 25 kg/m³*

Gli additivi ed i prodotti necessari per il confezionamento è necessario siano a marchiatura CE.

Le armature in barre e le reti elettrosaldate dovranno rispettivamente essere del tipo B450C e B450A.

Per i dettagli sui materiali si rimanda al documento 3644_031 _Relazione Materiali.

8. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il Manufatto Limitatore di Monte risulta costituita da due rami. Il primo, realizzato in alveo, è il manufatto limitatore vero e proprio, articolato con una fondazione, uno strato protettivo a contatto con l'acqua della corrente e una trave laminatrice, sul manufatto è stato realizzato un impalcato progettualmente previsto come ponte di II categoria.

Esso si sviluppa sull'opera sottostante elevandosi tramite delle pile sulle quali sono state realizzate travi precomprese prefabbricate e l'impalcato vero e proprio costituito da una soletta in c.a. gettata su cassero in lamiera grecata.

Il secondo ramo è rappresentato dallo sfioro di ingresso cassa

Ai lati sono presenti le spalle di contenimento.

Gli interventi progettuali riguardano la tratta in alveo e precisamente le seguenti sub strutture:

- **fondazione/vasca ;**
- **trave laminatrice.**

Gli elementi citati sono meglio definiti nella successiva figura.

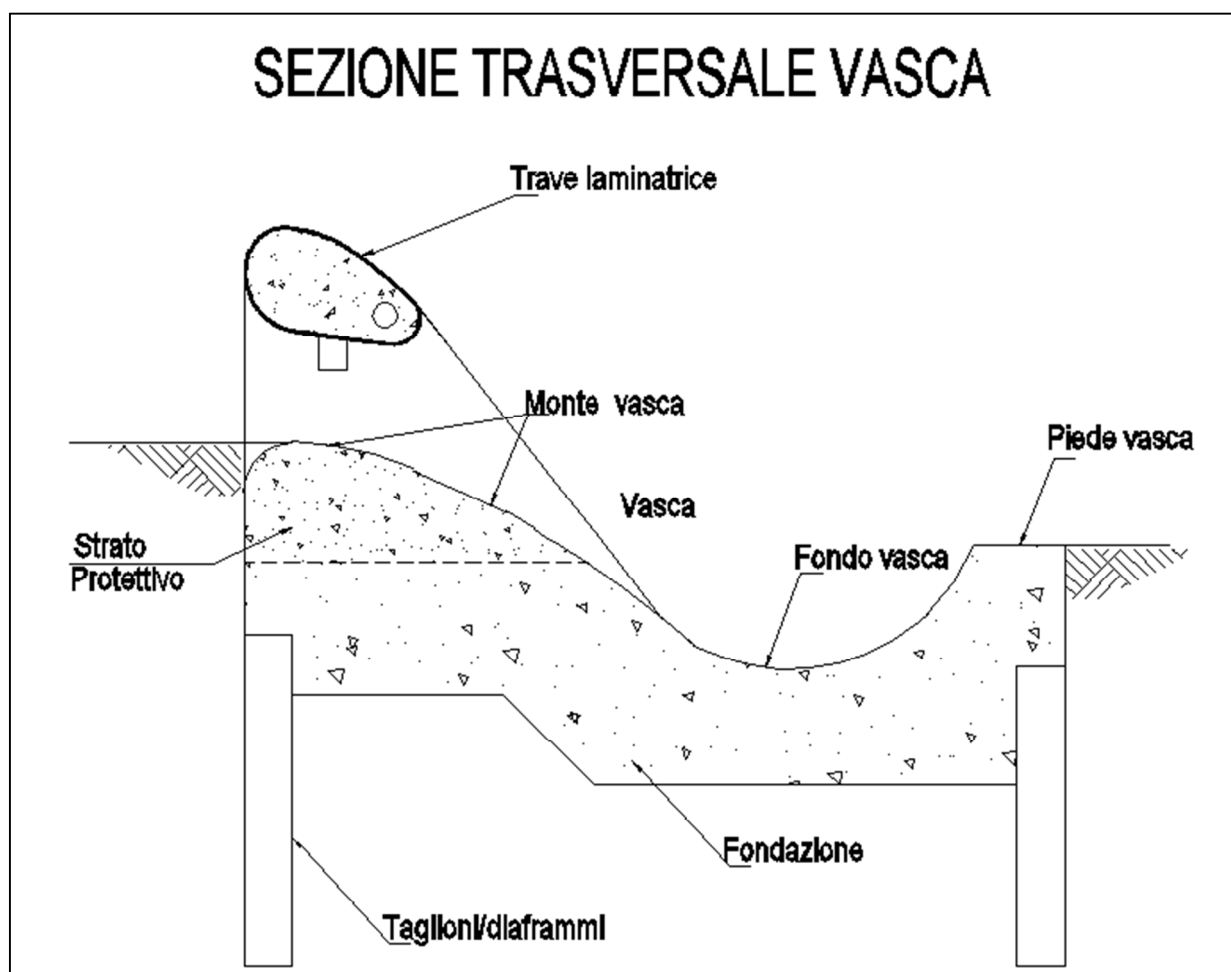


Figura 8-1 - Manufatto Limitatore di Monte – sezione trasversale della vasca

Il tratto in alveo risulta costituito da 5 moduli simmetrici di 20 m ciascuno (Figura 8-2).

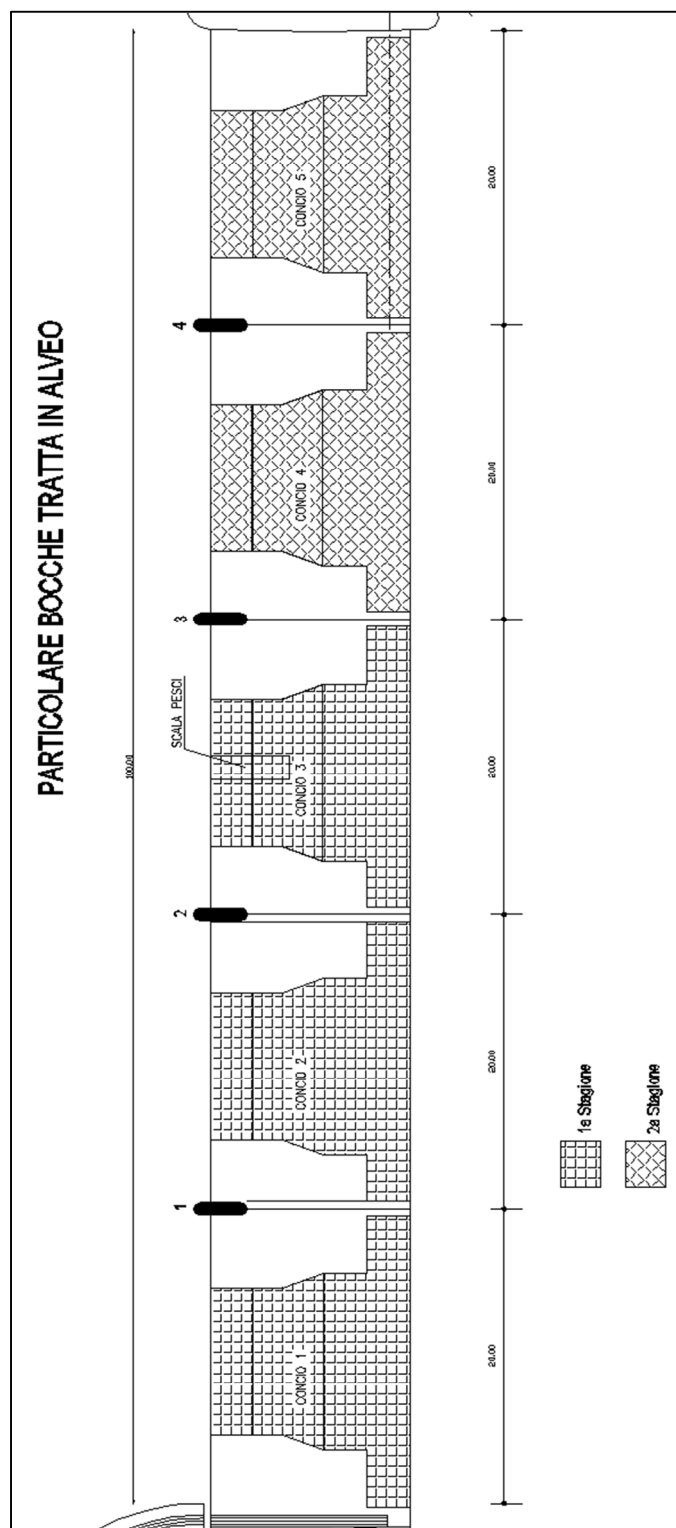


Figura 8-2- Manufatto Limitatore di Monte - Moduli

8.1. Fondazione/Vasca

La fondazione risulta costituita da calcestruzzo di classe C25/30 e acciaio Fe44k c.s.

La profondità di carbonatazione è pari a 20 mm con copriferri minimi rilevati pari a 98 mm prossimi a quelli di progetto (100 mm).

La classe ambientale della fondazione è assunta XC2.

Ai sensi delle UNI EN 206 per tali strutture sono previsti calcestruzzi con le seguenti caratteristiche minime:

- classe di resistenza C25/30,
- rapporto acqua / cemento = 0,6
- contenuto minimo di cemento = 280 Kg/mc
- copriferro minimo = 20 mm.

La classe di resistenza dei materiali esistenti risulta compatibile con quanto richiesto dalle UNI EN 206.

La profondità di carbonatazione ricade nella caso (b) riportato al par. 5.1.

Si procede alla valutazione della vita o tempo residuo con l'equazione [1].

In considerazione che la vetustà dell'opera al momento dell'indagine è di circa $t_{ind}=20$ anni è possibile determinare la vita residua in funzione del livello di carbonatazione attuale. Dalla relazione riportata si trova

$$t_{res}=20 * (98/20)^2 = 480 \text{ anni}$$

il coefficiente di sicurezza alla carbonatazione vale

$$coeff. \text{ sic.} = 480 / (100-20) = 6$$

Il valore del tempo di penetrazione della carbonatazione per raggiungere le armature risulta superiore alla vita nominale residua della struttura ($V_n \text{ res}=80$ anni).

In funzione della classe di esposizione l'opera risulta adeguata.

Il calcestruzzo risulta in linea con quello relativo al progetto strutturale (Rck 300).

Il degrado rilevato, prodotto dall'abrasione, ha implicato una riduzione delle sezioni in calcestruzzo e lo scalzamento delle armature strutturali che localmente risultano ridotte di sezione o addirittura spezzate.

In tal caso, il calcestruzzo compromesso va demolito e le armature sostituite prevedendo adeguate riprese, al fine di ripristinare le armature e gli spessori originari di progetto e la ricostruzione del profilo idraulico dello scivolo e della vasca.

8.2 Strato protettivo

Lo strato protettivo risulta costituito da calcestruzzo di classe C50/60 e armature Fe44k c.s. Nel tratto in Alveo, sullo strato del calcestruzzo additivato realizzato per proteggere le fondazioni, si rileva una profondità di carbonatazione inferiore ai 10 mm, mentre i copriferri, ove non sono stati misurati, saranno quelli previsti in progetto risultano di 50 mm. La scelta è dettata dalla buona corrispondenza tra i valori rilevati e quelli di progetto.

Le classi ambientali sono XC4, XF3, XM3.

Ai sensi delle UNI EN 206 per tali strutture sono previsti calcestruzzi con le seguenti caratteristiche minime:

- classe di resistenza C30/37,
- rapporto acqua / cemento = 0,5
- contenuto minimo di cemento = 320 Kg/mc
- copriferro minimo = 30 mm,
- contenuto d'aria 4% e aggregati resistenti al gelo/disgelo.

La classe di resistenza dei materiali esistenti risulta compatibile con quanto richiesto dalle UNI EN 206.

La profondità di carbonatazione ricade nel caso (b) riportato al par. 5.1.

Si procede alla valutazione della vita o tempo residuo con l'equazione [1].

In considerazione che la vetustà dell'opera al momento dell'indagine è di circa $t_{ind}=20$ anni è possibile determinare la vita residua in funzione del livello di carbonatazione attuale. Dalla relazione riportata si trova

$$t_{res}=20 * (50 / 10)^2 = 500 \text{ anni}$$

il coefficiente di sicurezza alla carbonatazione vale

$$\text{coeff. sic.} = 500 / (100-20) = 6$$

Il valore del tempo di penetrazione della carbonatazione per raggiungere le armature risulta superiore alla vita nominale residua della struttura ($V_n \text{ res}=80$ anni).

In funzione della classe di esposizione non sono necessari interventi nei confronti della carbonatazione.

Sul manufatto, si è riscontrato in maniera diffusa un intenso fenomeno di abrasione/usura. Il copriferro è stato abraso e le armature risultano non corrose, ma esposte all'atmosfera e/o all'acqua del torrente.

L'intervento prevede, l'asportazione del calcestruzzo superficiale tramite idrodemolizione, sino a portare a nudo le armature, il taglio e la rimozione delle stesse, l'idrodemolizione al di sotto dello strato delle armature fino a uno spessore complessivo di 20 cm rispetto al profilo idrico originario su tutta l'area della vasca, la pulitura delle superfici, l'irruvidimento o martellinatura secondo quanto disciplinato al paragrafo. 6.3 e, se necessaria, la passivazione delle armature esistenti utilizzati come ferri di ripresa. La ripresa del calcestruzzo sul supporto esistente va realizzata col posizionamento dei connettori meccanici (tipo Tecnaria v. Figura 6-3) o chimici nella misura di n. 9/mq sui quali verrà ubicata una rete elettrosaldata $\phi 12$ 25x25. Le armature esistenti devono essere sostituite dai nuovi ferri previo messa in opera con adeguato sistema di ripresa.

Il nuovo strato protettivo va realizzato con calcestruzzo ad alta prestazione con specifiche riportate nella Relazione sui Materiali. Il contenuto d'aria richiesto dalle EN206-1, per i cicli di gelo e disgelo, non è compatibile con i fenomeni abrasivi. Il prodotto previsto in progetto ha proprietà tali da garantire anche adeguata protezione nei confronti dei entrambi gli agenti di degrado.

Si segnala che, nel progetto originario, si fa riferimento ad un calcestruzzo di classe Rck300 additivato senza però specificarne le caratteristiche. In merito alle azioni meccaniche (urti) previste nel calcolo strutturale del progetto originario, all'abrasione registrata e in funzione della "buona regola d'arte" secondo gli standard attuali, si ritiene il **conglomerato non idoneo in quanto la resistenza meccanica, seppur elevata, rappresenta solo una caratteristica ma non l'unica**. A supporto dell'ipotesi assunta vi è il fatto che il calcestruzzo di protezione risulta abraso nel corso di un solo ventennio.

L'intervento proposto è in grado di recuperare il profilo idraulico e ottemperare alle attuali richieste per l'esposizione al degrado. L'intervento è stimato con uno spessore di 200 mm.

Le fasi operative dell'intervento, analizzate nel dettaglio, sono riportate nel seguito.

8.3 Trave laminatrice

La classe del calcestruzzo della trave laminatrice è riconducibile alla C40/50.

Le armature sono costituite da acciaio FeB44 k come sopra.

E' stata rilevata una profondità di carbonatazione massima di 12 mm, mentre i copriferri minimi risultano da progetto di 50 mm.

Le classi ambientali sono XC4, XF3.

Ai sensi delle UNI EN 206 per tali strutture sono previsti calcestruzzi con le seguenti caratteristiche minime:

- classe di resistenza C30/37,
- rapporto acqua/cemento = 0,5
- contenuto minimo di cemento = 320 Kg/mc
- copriferro minimo = 30 mm,
- contenuto d'aria 4% e aggregati resistenti al gelo/disgelo.

La classe di resistenza dei materiali esistenti risulta compatibile con quanto richiesto dalle UNI EN 206.

Si procede alla valutazione della vita o tempo residuo con l'equazione [1].

In considerazione del fatto che la vetustà dell'opera al momento dell'indagine è di circa $t_{ind}=20$ anni, è possibile determinare la vita residua in funzione del livello di carbonatazione attuale. Dalla relazione riportata si trova

$$t_{res}=20*(50/12)^2 = 347 \text{ anni}$$

ed il coefficiente di sicurezza alla carbonatazione vale

$$coeff. sic. = 347/(100-20) = 4,3$$

Il valore del tempo di penetrazione della carbonatazione per raggiungere le armature risulta superiore alla vita nominale residua della struttura ($V_{nres}=80$ anni).

Per i cicli di gelo e disgelo, si rileva che il danno alla matrice cementizia è superficiale e non si riscontra la presenza di distacco di copriferro e/o corrosione delle armature. In questo caso si intende utilizzare i sistemi di ripristino.

Si segnala che il calcestruzzo rilevato, pur con resistenza cubica (C40/50) conforme ai minimi previsti dalle norme per le opere in cemento armato ordinario, risulta di classe inferiore a quello del progetto originario.

Infatti il relativo fascicolo di calcolo strutturale (All.64-pag.1) mostra come i calcoli statici prevedono un calcestruzzo con resistenza (presumibilmente cubica) di 70 MPa.

Il p.to 11.2.6 della Circ.7/19 recita:

“Determinato il valore della resistenza caratteristica strutturale in opera, la norma stabilisce che è accettabile un valore della predetta resistenza caratteristica, non inferiore all’85% del valore della resistenza caratteristica assunta in fase di progetto.”

La norma implicitamente accetta l’idea che la “resistenza in opera” possa essere lievemente ridotta a causa di fattori aleatori.

In ogni caso, in virtù delle considerazioni proposte che consentono di ridurre la classe di progetto, si otterrebbe

$$R_{ck} = 70 \cdot 0,85 = 60 \text{ MPa}$$

Il valore di R_{ck} ridotto, associabile ad un calcestruzzo di classe C50/60, risulta comunque superiore a quello rilevato in situ.

Si conclude che originariamente le armature sono state calcolate con l’ipotesi di un calcestruzzo di resistenza maggiore di quello realmente rilevato dalle indagini svolte.

9. FASISTICA OPERATIVA DEGLI INTERVENTI

Gli interventi in progetto sono programmati in due stagioni successive, nei periodi di minima portata idrica del torrente Enza.

Dopo aver realizzato le opere provvisorie (v. Appendice) per consentire l'impiego di cantiere in sicurezza, sarà posizionato un gruppo elettrogeno per la produzione di corrente elettrica.

Nel seguito si riportano i dettagli degli interventi progettati. In particolare i lavori sono articolati in due stagioni e sono previste le seguenti fasi.

PRIMA STAGIONE

Interventi da realizzare sui primi tre moduli (bocche) in riferimento alla spalla destra.

1. Scavo a sezione obbligata per messa a nudo del profilo idrico di monte. Smontaggio scala per pesci; Le attuali quote del terreno coprono l'imbocco del profilo idraulico, sarà dunque necessario eseguire uno scavo per consentire le attività lavorative. E' previsto lo smontaggio degli elementi adottati per la costruzione della scala per il passaggio della fauna ittica. Essi verranno accantonati in loco e rimontati a fine lavori.
2. Montaggio ponteggio in quota e scarificazione corticale della trave laminatrice per uno spessore max di 40 mm. Trasporto e conferimento a discarica. La realizzazione del ponteggio è resa necessaria dalle lavorazioni in quota sulla trave laminatrice.
3. Ripristino dello strato corticale della trave laminatrice con malta tixotropica classe R4 previo pulitura e lavaggio delle superfici da trattare, per uno spessore di 40 mm. Trasporto e conferimento a discarica del materiale di risulta. Per il dettaglio delle operazioni di ripristino si fa riferimento al cap.5.1.
4. Smontaggio del ponteggio sulla trave laminatrice e montaggio del ponteggio nella vasca. Idrodemolizione meccanica della vasca per 20 cm. L'idrodemolizione sarà eseguita con mezzi meccanici robotizzati e prevede un impianto di cantiere col posizionamento di gruppo elettrogeno, macchine idrodemolitrici, serbatoi per l'approvvigionamento dell'acqua limpida di ingresso e vasche di decantazione per l'acqua di lavorazione. Dopo il trattamento di decantazione, le acque vengono pompate in alveo all'esterno del cantiere. I materiali di deposito sono trasportati e conferiti in discariche autorizzate.
5. Demolizione meccanica manuale (se necessaria) della vasca sotto la trave laminatrice per profondità di 20 cm. Trasporto e conferimento a discarica del materiale di risulta.

Data l'esigua altezza (123 cm) tra il profilo idraulico a monte della vasca e il profilo metallico regolatore sotto la trave laminatrice, si valuta la possibilità di poter operare con una demolizione meccanica manuale, tramite martello demolitore leggero, nel caso in cui ai mezzi di idrodemolizione fosse precluso il passaggio. In caso contrario questa fase non risulta necessaria. In questa fase saranno smontate anche le armature esistenti prevedendo se necessario il taglio delle stesse. Ove le armature risultano integre adeguatamente ancorate al calcestruzzo di supporto si possono lasciare le riprese delle nuove armature da inserire. Altrimenti devono essere

introdotti nuovi ferri di ripresa tramite iniezione di resina epossidica bicomponente in fori da realizzare sul supporto esistente.

6. Posizionamento connettori e armature fondo vasca. Montaggio ponteggio fondo vasca. Posizionamento connettori e armature parte alta della vasca. Realizzazione della casseratura.

Dopo la demolizione e la preparazione delle superfici di ripresa getto, saranno posizionati i connettori e la rete elettrosaldata $\phi 12$ maglia 25x25 disposta in testa ai pioli a 4-5 cm dal fondo di ripresa. Il ponteggio a fondo vasca dev'essere previsto per realizzare adeguati piano di lavoro. Le nuove armature devono rispettare distanze, copriferri, diametri e passi di quelle estratte. All'uopo si devono utilizzare appositi distanziatori da posizionare sul supporto di ripresa. La necessità di adottare due fasi per il getto impone la realizzazione di casseratura con il posizionamento dei ferri di ripresa tra le armature disposte in fasi successive. Per i dettagli si rimanda all'elaborato 3644_037 *Interventi di ripristino - Pianta e Sezioni tipologiche - Tav 2 di 3 fase 7 part. "A"*.

7. Getto calcestruzzo parte alta della vasca per uno spessore di 20 cm, previa stesura di prodotto adesivo epossidico bicomponente per la realizzazione di riprese di getto.

Il getto deve essere accuratamente preparato. La ricostruzione del profilo idraulico prevede la realizzazione di dime, maschere o sagome con le quali realizzare le fasce per il tiro delle stagge. Utilizzare livelle (laser) per riportare tutte le fasce alle medesime quote.

8. Smontaggio ponteggio fondo vasca. Getto calcestruzzo fondo vasca spessore 20 cm previo stesura di prodotto adesivo epossidico bicomponente per la realizzazione di riprese di getto. Sono assunte tutte le considerazioni del punto precedente.
9. Rinterro scavo lato monte della vasca e rimontaggio scala per pesci.

SECONDA STAGIONE

Interventi da realizzare sui restanti due moduli in prossimità della pila centrale.

Restano immutate le considerazioni relative alla prima stagione.

1. Scavo a sezione obbligata per messa a nudo del profilo idrico di monte.
2. Montaggio ponteggio in quota e scarificazione corticale della trave laminatrice per uno spessore max di 40 mm. Trasporto e conferimento a discarica.
3. Ripristino dello stato corticale con malta tixotropica classe R4 previo pulitura e lavaggio della superficie della trave laminatrice da trattare, per uno spessore di 40 mm. Trasporto e conferimento a discarica del materiale di risulta.
4. Smontaggio del ponteggio sulla trave laminatrice e montaggio del ponteggio nella vasca. Idrodemolizione meccanica della vasca per 20 cm. Trasporto e conferimento a discarica del materiale di risulta.
5. Demolizione meccanica manuale (se necessaria) della vasca sotto la trave laminatrice per 20 cm. Trasporto e conferimento a discarica del materiale di risulta. Trasporto e conferimento a discarica del materiale di risulta.

6. Posizionamento connettori e armature fondo vasca. Montaggio ponteggio fondo vasca. Posizionamento connettori e armature parte alte della vasca. Realizzazione della casseratura.
7. Getto calcestruzzo parte alta della vasca per uno spessore di 20 cm, previa stesura di prodotto adesivo epossidico bicomponente per la realizzazione di riprese di getto.
8. Smontaggio ponteggio fondo vasca. Getto calcestruzzo fondo vasca spessore 20 cm previo stesura di prodotto adesivo epossidico bicomponente per la realizzazione di riprese di getto.
9. Rinterro scavo lato monte della vasca.

A seguito alla idrodemolizione del calcestruzzo sarà necessario **pulire le superfici** da trattare. La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare regolare e macroscopicamente ruvida (asperità non inferiore a 5 mm di profondità), allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio getto.

Lo smontaggio e rimontaggio della scala dei pesci sarà programmato solo per la prima stagione, mentre tutte le altre fasi sono comuni ad entrambe le stagioni.

L'esecuzione delle opere prevede delle fasi transitorie, rispetto alle quali sono sviluppate nel Capitolo seguente verifiche strutturali transitorie. In particolare viene analizzato lo stato di sollecitazione sulla vasca durante le demolizioni quando le sezioni strutturali saranno ridotte.

10. VERIFICHE STATICHE - FASI TRANSITORIE

Le verifiche strutturali in fase transitoria sono state svolte con l'ausilio del codice di calcolo Straus7.

10.1 Modellazione strutturale

L'intervento di ripristino comporta una diminuzione delle sezioni resistenti del Manufatto durante le fasi lavorative transitori che prevedono delle demolizioni. Si rende, quindi, necessaria la verifica statica dell'opera considerando i carichi durante le fasi operative. L'asportazione del calcestruzzo superiore riduce la sezione resistente della vasca e porta a nudo i ferri superiori, limitando la capacità prestazionale.

Lo scopo delle analisi è di verificare che la resistenza a trazione del calcestruzzo sia maggiore delle tensioni di trazione indotte sulla parte superiore della piastra che costituisce la traversa.

Ai fini della verifica le resistenze medie del calcestruzzo sono divise per il fattore di confidenza associato al livello di conoscenza raggiunto. Le indagini svolte hanno consentito di accertare un calcestruzzo della fondazione di classe C25/30 (in linea con la classe dichiarata in progetto) e di raggiungere il livello di conoscenza LC2, a cui la norma associa un fattore di confidenza $FC=1,2$. Poiché le verifiche previste sono riconducibili ai collassi duttili di natura flessionale, nel rispetto della NTC2018, non è necessario utilizzare il coefficiente di sicurezza del materiale ovvero si pone $\gamma_{cls}=1$, pertanto i valori medi delle resistenze sono divisi per il fattore di confidenza FC .

Dai documenti disponibili relativi ai progetti originari dell'opera è stata ottenuta la geometria della vasca. L'opera presenta appoggi sui taglioni sia in senso longitudinale che trasversale, come risulta dal documento "*Lavori di Completamento delle Casse di Laminazione: progetto esecutivo all.31*" redatto dall'Ing. G.M. Susin in data 06/12/1996, del quale si riporta di seguito uno stralcio significativo.

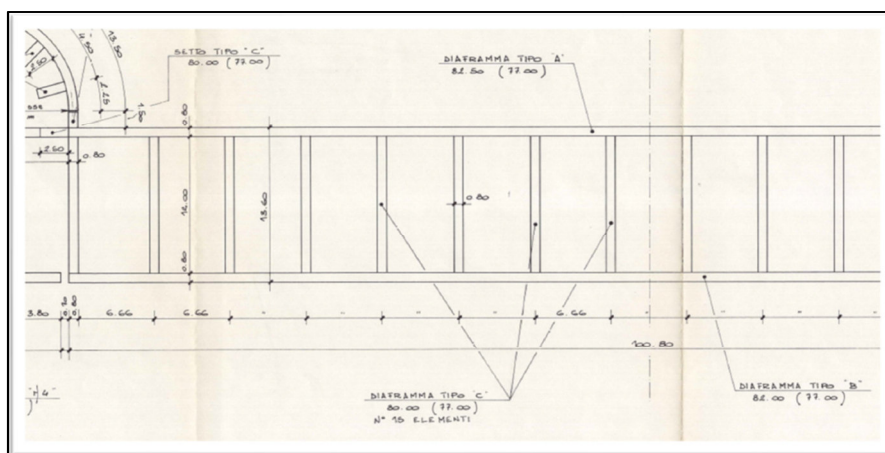


Figura 10-1-Disposizione dei diaframmi (taglianti)

Sulla base dei dati disponibili si è costruito un modello agli elementi finiti che prevede l'utilizzo di elementi "Brick" su appoggi posti nei punti ove sono presenti i taglioni. La simmetria consente di modellare metà struttura imponendo, ai nodi del piano di simmetria, un vincolo di glifo verticale. Sono stati applicati, oltre al suddetto peso proprio, carichi variabili antropici, il carico dei mezzi meccanici per l'idrodemolizione nelle posizioni più gravose.

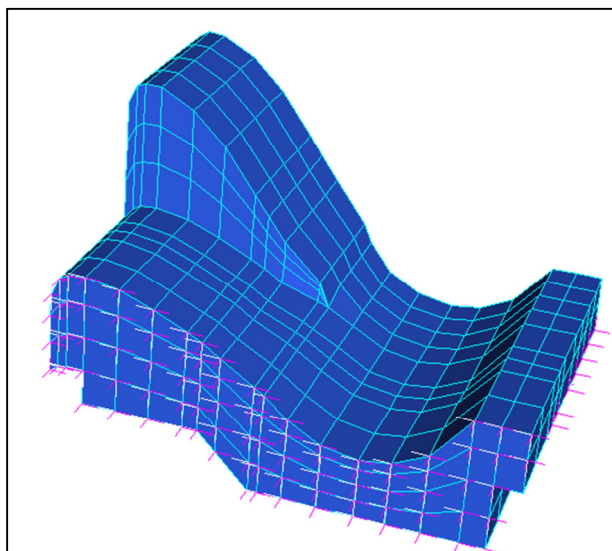


Figura 10-2 –Modello FEM con vincoli.

10.2 Analisi dei carichi

10.2.1 Peso proprio

Il peso proprio è determinato automaticamente dal programma di calcolo una volta assunto il peso specifico del calcestruzzo pari a $\gamma_{cls} = 2500 \text{ Kg/m}^3$.

10.2.2 Carichi variabili antropici

Sono i carichi indotti dagli operatori e dal personale presente comprese attrezzature ordinarie e ponteggi. Si pone pari a 500 Kg/m^2 . È un carico di superficie.

10.2.3 Peso del mezzo meccanico

Il mezzo meccanico (robot) necessario alla idrodemolizione viene considerato come di pressione verticale superficiale pari a 500 Kg/m^2 .

Esso viene applicato sulle facce degli elementi brick, nelle posizioni più gravose.

10.2.4 Spinta idraulica

È stata assunta una spinta idraulica a monte e a valle del manufatto considerando il livello dell'acqua a piano campagna. Il carico di pressione varia linearmente con la profondità in virtù del peso specifico assunto pari a 1000 Kg/m^3 .

La presenza di terreni poco permeabili su cui possono essere attestati i taglioni induce a trascurare, a vantaggio di sicurezza, la sottospinta idraulica, anche in considerazione della presenza di uno strato di terreno a bassa permeabilità attestato sotto la vasca.

10.2.5 Ritiro del calcestruzzo

Il mix design del nuovo calcestruzzo è stato appositamente analizzato anche per ridurre al minimo i fenomeni di ritiro. La scelta di cementi a basso calore di idratazione, l'adozione di additivi espansivi, il basso rapporto acqua cemento e le condizioni ambientali di elevata umidità, consentono di trascurarne l'effetto.

10.3 Combinazioni dei carichi

Dato che i lavori saranno svolti in tempi molto rapidi rispetto alla vita utile della struttura i coefficienti moltiplicativi dei carichi sono assunti unitari. Saranno trascurati anche le azioni sismiche in quanto la probabilità che esse si manifestino durante l'esecuzione dei lavori è irrilevante. Le combinazioni sono determinate dalle fasi lavorative. Tra tutte le fasi sarà analizzata quella più gravosa.

La combinazione di carico più gravosa si manifesta durante la fase in cui il calcestruzzo viene demolito con la presenza del mezzo meccanico, dei carichi antropici, e del peso proprio delle strutture.

Sono previste due combinazioni nelle quali il mezzo meccanico viene disposto lungo l'asse di simmetria della vasca.

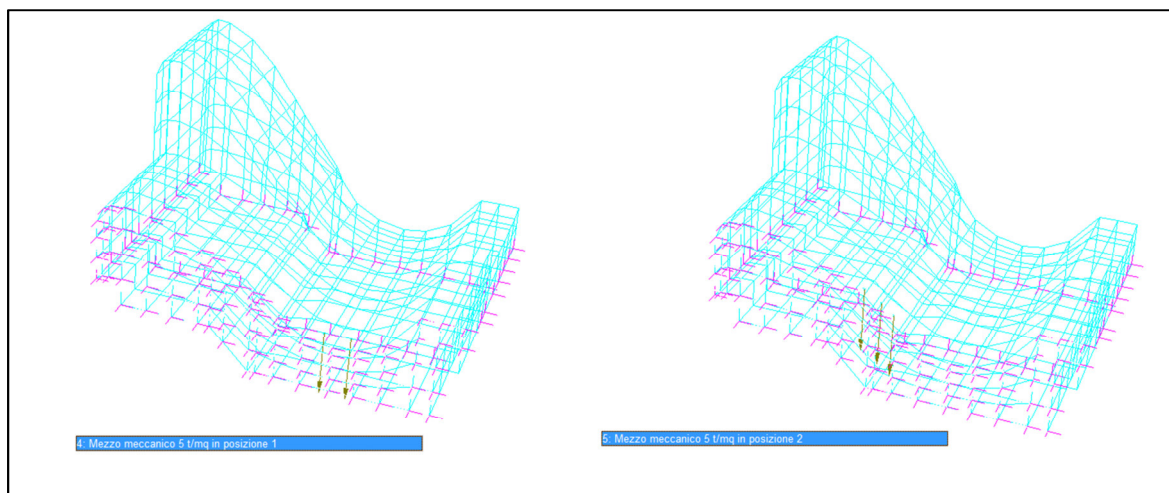


Figura 10-3 –Posizione del mezzo meccanico nelle combinazioni previste.

	Combination Case	
CASES	1	2
	Combination Case	Combination Case
1: peso proprio	$1,000000 \times 10^0$	$1,000000 \times 10^0$
2: carico antropico	$1,000000 \times 10^0$	$1,000000 \times 10^0$
3: spinta dell'acqua	$1,000000 \times 10^0$	$1,000000 \times 10^0$
4: Mezzo meccanico 5q/mq in posizione 1	$1,000000 \times 10^0$	$0,000000 \times 10^0$
5: Mezzo meccanico 5q/mq in posizione 2	$0,000000 \times 10^0$	$1,000000 \times 10^0$

Figura 10-4 –Combinazioni dei carichi

10.4 Risultati delle analisi

I Risultati delle analisi statiche sono dettagliati nel documento 3644_0032 “Fascicolo dei calcoli strutturali”. in via riepilogativa si riassumono i risultati ottenuti attraverso la rappresentazione grafica delle tensioni principali massime.

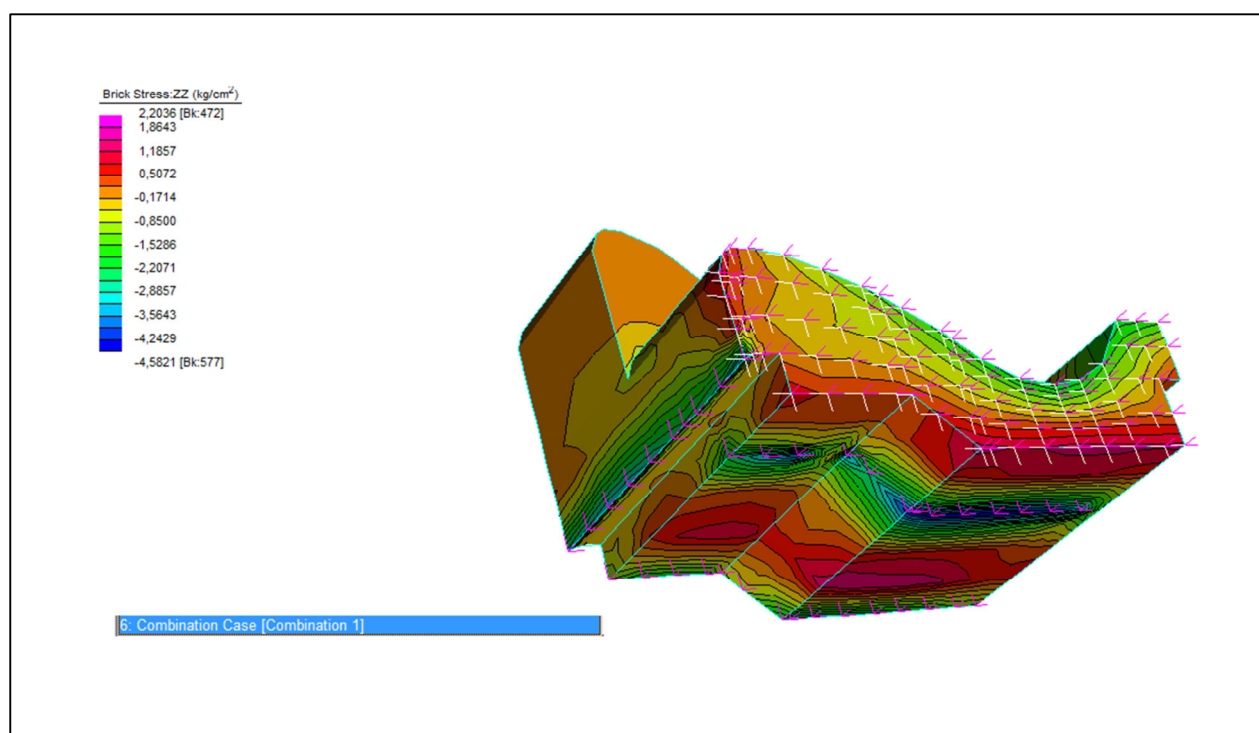


Figura 10-5 –Tensioni direzione z nella combinazione più gravosa

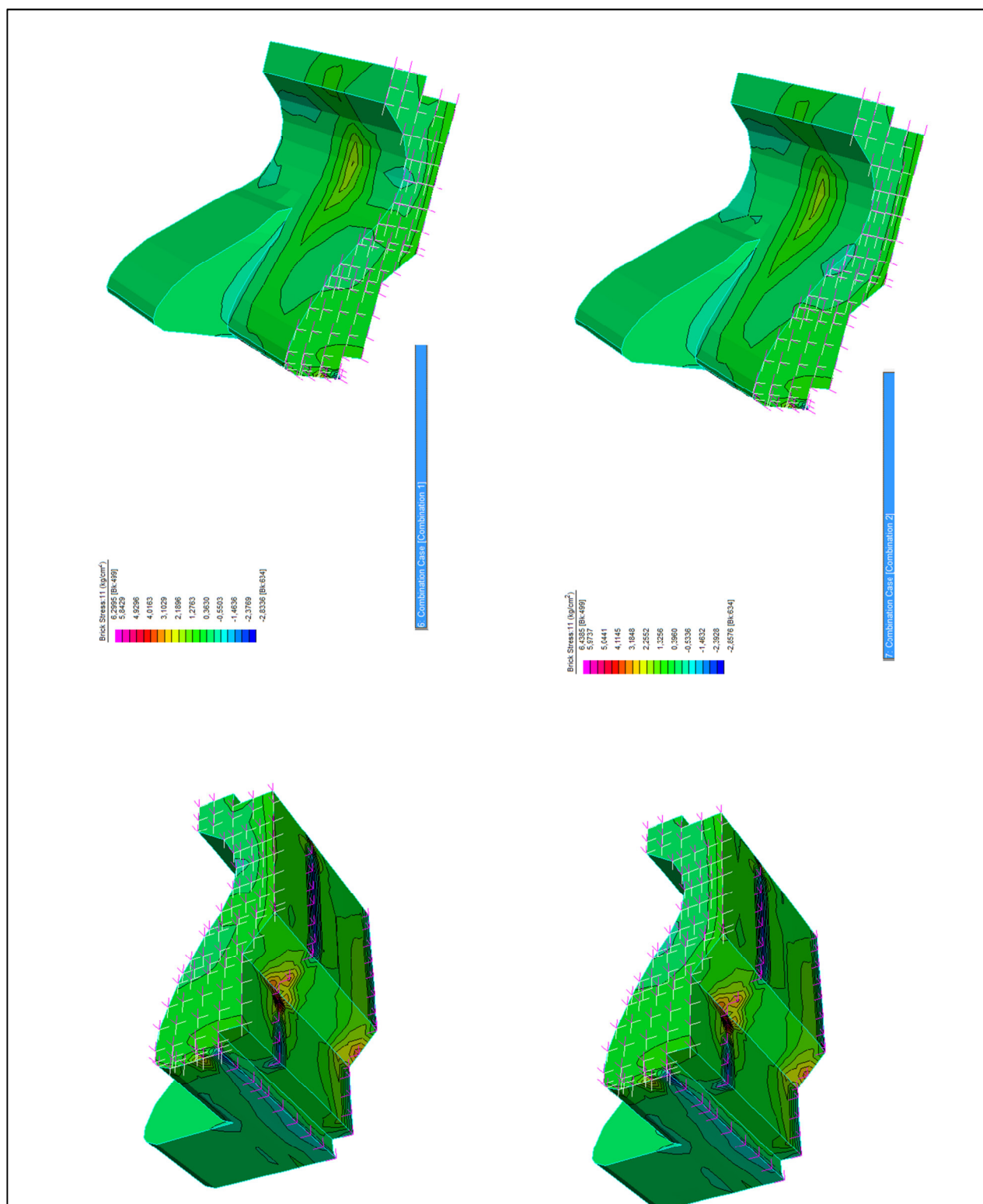


Figura 10-6–Tensioni principali max nelle combinazioni previste

Posto il calcestruzzo di classe Rck 300 (C25/30), come da elaborati di progetto originari, valore confermato dalle prove in situ, la resistenza media a trazione risulta secondo le NTC18 pari a:

$$f_{ctm} = 0,3 \times f_{ck}^{\frac{2}{3}} \text{ per classi } C \leq 50/60$$

$$f_{ctm} = 0,3 \times 25^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

Poiché si tratta di una struttura esistente con livello di conoscenza assunto pari a LC2 con conseguente fattore di confidenza che vale 1,2 si ottiene:

$$f_{ctd} = \frac{f_{cm}}{1,2} = \frac{2,56}{1,2} = 2,13 \text{ MPa}$$

I valori delle tensioni principali massime calcolate sul Manufatto sono risultati pari a 6,4 kg/cm² cioè 0,64 MPa. Dal confronto si determina l'esito della verifica.

$$0,64 \text{ MPa} < f_{ctd} = 2,13 \text{ MPa}.$$

Le verifiche in fase transitoria sono pertanto soddisfatte.

11. MATERIALI IN ESUBERO

Non sarà necessario allontanare materiale derivante da movimenti terra.

In effetti i materiali da avviare a smaltimento saranno composti da:

- tronchi, ramaglie e materiale vegetale proveniente dalla pulizia della briglia e delle sponde;
- prodotti di demolizione delle opere di chiusura in massi cementati e dei manufatti in c.a. esistenti.

Si richiama la Normativa nazionale in materia tramite l'articolo 184, comma 3, lettera b, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006. n. 152 "Norme in materia ambientale", come modificata dall'art. 11 del D.lgs. n. 205 del 2010, che classifica i rifiuti da demolizione e costruzione quali "rifiuti speciali", come quelli derivanti dalle attività di scavo nei cantieri edili. Tali rifiuti sono identificati al capitolo 17 del C.E.R. (Codice Europeo dei Rifiuti); si attribuiscono ai materiali i seguenti codici (pur in assenza di evidenze analitiche, le caratteristiche dell'area oggetto di intervento consentono, in questa fase, di escludere la presenza di contaminazione nei materiali):

Materiale	Codice CER
Prodotti di demolizione delle opere di chiusura in massi cementati e dei manufatti in c.a. esistenti	17.01.01: cemento
	17.04.05: ferro e acciaio
Materiale vegetale proveniente dalla pulizia della briglia e delle sponde	17.02.01: legno

Tali materiali dovranno essere conferiti ad un sito di recupero autorizzato ed in possesso dei requisiti tecnici e amministrativi necessari.

12. COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

Codice	Descrizione	U.M.	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
			par. ug.	lung.	larg./Area	H/Peso		unitario	TOTALE
da PSC NP01	Allestimento Cantiere	a corpo	2					€ 3,000.00	€ 6,000.00
NP09	Nolo di gruppo elettrogeno da impiegare per la fornitura di energia elettrica alle attività di cantiere, compreso consumo di carburante per ogni giorno di effettivo utilizzo. Potenza 10 kW.								
	-Per i giorni di lavoro previsti nella stagione 1	giorno	1				115.00		
	-Per i giorni di lavoro previsti nella stagione 2	giorno	1				93.00		
	sommano	giorno					208.00	€ 42.26	€ 8,790.08
C04.052.015	Formazione di difesa in pietrame con materiale presente in cantiere recuperato da difese esistenti da smontare o rinvenuto nel corso degli scavi di fondazione delle nuove opere o da recuperare nell'alveo del corso d'acqua nel raggio di 150 m dal punto di impiego. Il pietrame da recuperare e reimpiegare nella costruzione di nuove difese dovrà avere un volume minimo di 0,7 mc. Sono da ritenersi compensati i seguenti oneri: smontaggio di difesa esistente, recupero del pietrame presente in alveo, posa in opera del pietrame secondo la sagoma prevista nei disegni di progetto, intasamento degli interstizi fra masso e masso delle parti in elevazione con terreno vegetale e tutto quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte.								
	Smontaggio e rimontaggio scala per pesci	m³	1	28.00	10.00	2.00	560.00		
	sommano						560.00	€ 18.00	€ 10,080.00
A01.004.005	Scavo a sezione obbligata, fino alla profondità di 2 m, compresa l'estrazione e l'aggetto di eventuali acque nonché la rimozione di arbusti, ceppaie e trovanti di dimensione non superiore a 0,25 mc, fino ad un battente massimo di 20 cm, il carico su mezzi di trasporto e l'allontanamento del materiale scavato fino ad un massimo di 1.500 m:								
A01.004.005.a	in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili) per scavo a monte vasca	m³	5	12.00	1.27		76.20		
	sommano						76.20	€ 5.23	€ 398.53
*NP04	Idrodemolizione e asportazione del calcestruzzo incoerente o contaminato, mediante macchine idrodemolitrici capaci di getti d'acqua ad elevata pressione di 1000bar, 200 litri/minuti di portata, adottando tutte le precauzioni necessarie per evitare il danneggiamento delle strutture. La superficie del calcestruzzo di supporto, per essere ritenuta idonea a ricevere i materiali cementizi per il ripristino o l'aumento della sezione originaria della struttura, dovrà risultare macroscopicamente ruvida (asperità di circa 5 mm). Il prezzo comprende e compensa ogni onere per dare il lavoro finito a regola d'arte compresa un'eventuale scalpellatura mediante demolitori leggeri alimentati ad aria compressa per la rifinitura. Sono esclusi eventuali ponteggi o attrezzature mobili necessari per l'accesso al posto di lavoro e l'esecuzione, l'approvvigionamento e lo smaltimento delle acque, l'eventuale spazzolatura e/o sabbiatura ai ferri d'armatura e lo smaltimento dei calcestruzzi asportati.								
	per demolizione vasca	m² x cm	5		229.50	20.00	22950.00		
	sommano						22950.00	€ 7.69	€ 176,485.50
*NP05	Impianto e spianto cantiere per esecuzione di idrodemolizione e asportazione del calcestruzzo incoerente o contaminato, mediante trasporto A/R attrezzature dal magazzino al cantiere, piazzamento macchine idrodemolitrici capaci di getti d'acqua ad alta pressione, noleggio e piazzamento n. 2 serbatoi di accumulo per acqua in polietilene capacità litri 5000 installate su rimorchio, muniti di filtri per depurare l'acqua da prelevare dal fiume e quant'altro necessario per dare l'impianto perfettamente funzionante per l'intera durata della lavorazione e del cantiere.								
	allestimento e smontaggio attrezzature per idrodemolizione	a corpo							
	sommano						2.00	€ 22,871.85	€ 45,743.70

NP10	Nolo di gruppo elettrogeno da impiegare per la fornitura di energia elettrica alle attività di idrodemolizione, compreso fornitura di carburante per ogni giorno di effettivo utilizzo. Potenza 30 kW.								
	-Per i giorni di lavoro previsti nella stagione 1	giorno	1				36.00		
	-Per i giorni di lavoro previsti nella stagione 2	giorno	1				27.00		
	sommano	giorno					63.00	€ 129.30	€ 8,145.90
N04.028.005	Pompa ad aria compressa, azionata elettricamente o con motore a scoppio, per esaurimento di acque freatiche e aggettamenti in genere, idonea al passaggio di grossi corpi solidi, compresi accessori e tubazioni, carburante e materiale di consumo, per ogni ora di effettivo esercizio:								
N04.028.005 a	per pompa con bocca del diametro di 40 mm con portata non inferiore a 20 mc/ora e prevalenza non inferiore 10 m								
	per pompaggio acque di decantazione da idrodemolizione	ora					576.00		
	sommano						576.00	€ 6.60	€ 3,801.60
B01.004.025	Demolizione di struttura in calcestruzzo di qualsiasi forma o spessore, compreso il carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata del materiale di risulta:								
B01.004.025.b	armato, eseguita con l'ausilio di martello demolitore manuale								
	per demolizione sotto il profilato metallico regolatore della trave laminatrice	mc	5.00	10.00	1.00	0.20	10.00		
	sommano						10.00	€ 312.69	€ 3,126.90
B01.007	Taglio di superfici piane con macchine taglia giunti con motore elettrico o diesel (pavimentazioni e solette) in conglomerato bituminoso e cementizio anche armato per la creazione di giunti, tagli, canalette, cavidotti e demolizioni controllate di strade, aeroporti, pavimenti								
B01.007.010	su conglomerato cementizio:								
B01.007.010.a	profondità di taglio fino a 50 mm								
	per taglio ferri di armatura vasca	m	5	69.86			349.30		
	sommano						349.30	€ 4.18	€ 1,460.07
								Totale parz.	€ 264,032.28

								riporto	€ 264,032.28
Codice	Descrizione	U.M.	par. ug.	DIMENSIONI lung.	larg./Area	H/Peso	Quantità	IMPORTI unitario	TOTALE
B02.013.010	Ricostruzione di coprifermo in elementi strutturali in calcestruzzo armato mediante malta premiscelata antiritiro: - puntellamento eseguito secondo le modalità previste nel progetto esecutivo (da compensare a parte); - eliminazione del calcestruzzo di avvolgimento delle barre longitudinali, anche dalla parte interna per almeno 3-4 cm, e, se occorre, anche delle staffe; - asportazione di eventuali precedenti interventi di ripristino che non risultino perfettamente aderenti; - controllo non distruttivo della zona di calcestruzzo integro e spazzolatura meccanica delle superfici; - pulizia accurata con aria compressa e/o acqua in pressione; - eventuale integrazione di armature in acciaio (da compensare a parte); - protezione anticorrosiva delle armature in acciaio immediatamente dopo la pulizia della stessa e bagnatura a saturazione con acqua della superficie di attesa (attendere l'evaporazione dell'acqua in eccesso e utilizzare, se necessario, aria compressa o una spugna per facilitare l'eliminazione dell'acqua libera); - ricostruzione del calcestruzzo eliminato mediante applicazione a cazzuola o a spruzzo di malta o betoncino tixotropico a ritiro controllato o a base di legante espansivo; - nebulizzazione di acqua durante le prime 24 ore di indurimento								
	Ricostruzione Trave laminatrice per spessore 40 mm	m²	5	10.00	15.07		753.50		
	sommano						753.50	€ 33.14	€ 24,970.99
B01.061.005	Trasporto a discarica controllata secondo il DLgs 13 gennaio 2003, n. 36 dei materiali di risulta provenienti da demolizioni, previa caratterizzazione di base ai sensi del DM 27 settembre 2010 da computarsi a parte, con autocarro di portata fino a 50 q, compresi carico, viaggio di andata e ritorno e scarico con esclusione degli oneri di discarica								
	per idrodemolizione vasca con spessore 20 cm	m³	5		229.50	0.20	229.50		
	Ricostruzione Trave laminatrice per spessore 40 mm	m³	5	10.00	15.06	0.04	30.12		
	sommano						259.62	€ 47.85	€ 12,422.82
NP02	Oneri per il conferimento in impianti autorizzati : rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione (CER 170904) presso impianto di recupero autorizzato, secondo il giudizio di ammissibilità in discarica rilasciato dal laboratorio di analisi ai sensi del DM 27/09/2010	tonn			259.62	2.50	649.05		
	sommano						649.05	€ 12.00	€ 7,788.60
NP03	Fornitura e posa in opera di piolo connettore a vite e piastra dentata zincati per riprese di getto in calcestruzzo. Elemento composto da un gambo in acciaio temprato 10.9, Ø 14 mm, con rondella e testa esagonale 15 mm, corpo filettato Ø 12 mm avente una sezione tronco conica in corrispondenza dell'inizio della parte filettata che permette l'inserimento della piastra stabilizzatrice, con foro centrale di dimensioni 60 x 50 x 4 mm ripiegata su due lati.Quantità n.9 pioli al metro quadrato compreso foratura del calcestruzzo con trapano a rotopercolazione e/o altra tecnica di fissaggio del piolo alla struttura esistente,il tutto realizzato a perfetta regola d'arte e secondo le indicazioni fornite dalla D.L.								
	per ripresa di getto vasca su superficie pulita dopo la demolizione n.9/mq	m²	5		229.50		1147.50		
	sommano						1147.50	€ 26.51	€ 30,420.23
A03.013.005	Acciaio in barre per armature di conglomerato cementizio prelavato e pretagliato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legature, ecc., nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge incluso l'onere dei controlli in corso d'opera in conformità alle prescrizioni indicate nelle Norme Tecniche per le costruzioni; del tipo B450C prodotto da azienda in possesso di attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP., in barre:								
A03.013.005.e	di diametro 14 + 30 mm								
	ripresa/ sostituzione armature esistenti sfrido e sovrapposizione 10%	kg	5		252.45	39.44	49783.14		
	sommano						49783.14	€ 1.34	€ 66,709.41
A03.013.010	Rete elettrosaldata a maglia quadra in acciaio di qualità B450C, prodotto da azienda in possesso di attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP., per armature di conglomerati cementizi, prelavata e pretagliata a misura, posta in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legature, ecc. e l'onere dei controlli in corso d'opera in conformità alle prescrizioni indicate nelle Norme Tecniche per le costruzioni, dei seguenti diametri:								
A03.013.010.e	di diametro 12 mm								
	ripresa/sostituzione armature esistenti compresi sfrido e sovrapposizione 10%	kg	5		252.45	14.21	17936.57	€ 1.35	
	sommano								€ 24,214.37
								tot parz.	€ 430,558.69

								riporto	€ 430,558.69
Codice	Descrizione	DIMENSIONI					Quantità	IMPORTI	
		U.M.	par. ug.	lung.	larg./Area	H/Peso		unitario	TOTALE
A03.016.010	Adesivo epossidico bicomponente per la realizzazione di riprese di getto								
	per ripresa di getto vasca su superficie pulita dopo la demolizione	m²	5		229.50		1147.50		
	sommano						1147.50	€ 13.74	€ 15,766.65
B02.004.050	Fornitura e posa in opera di tassello e/o barra filettata con ancoraggio chimico o malta cementizia espansiva per fissaggi o simili, diametro minimo 12 mm, compresa la formazione del foro e sua pulizia, di lunghezza fino a 60 cm:								
B02.004.050.a	diametro fino a 16 mm								
	Per riprese di armature da sostituire	Cadauno	5		50.00		250.00		
	sommano						250.00	€ 22.77	€ 5,692.50
B02.004.050.b	diametro oltre i 16 mm								
	Per riprese di armature da sostituire	Cadauno	5		50.00		250.00		
	sommano						250.00	€ 25.30	€ 6,325.00
A03.010.005	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso armo, disamante, disarmo, opere di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio; eseguite a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo:								
	per getto calcestruzzo vasca	m²	5	71.00		0.20	71.00		
	sommano						71.00	€ 25.02	€ 1,776.42
NP06	Conglomerato cementizio per opere di fondazione, preconfezionato a resistenza caratteristica, dimensione massima degli inerti pari a 25 mm, classe di lavorabilità (slump) S2, gettato in opera, secondo le prescrizioni tecniche previste, compresa la fornitura del materiale in cantiere, il suo spargimento, la vibrazione, l'onere dei controlli in corso d'opera in conformità alle prescrizioni indicate nelle Norme Tecniche per le costruzioni e quant'altro necessario per dare un'opera realizzata a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, le casseforme e l'acciaio di armatura. Classe di resistenza C35/45; Classe di consistenza S2; Contenuto in cloruri <2%; Diametro massimo dell'inerte 25 mm; Rapporto acqua/cemento <=0,4; Classe di esposizione XM3-XF3; Tipo di cemento: 425; Quantità di cemento: 350 Kg/m³; Additivi: superfluidificante, silica fume, riduttore di ritiro, agente espansivo.								
	per getto vasca con sfido 10%	m³	5		229.50	0.20	252.45		
	sommano						252.45	€ 226.01	€ 57,056.22
A03.007.170	Sovrapprezzo per utilizzo di pompa per calcestruzzo (tempo di scarico 5 minuti/mc):								
A03.007.170.b	Sovrapprezzo per utilizzo di pompa per calcestruzzo (tempo di scarico 5 minuti/mc): quota fissa per montaggio e posizionamento, braccio da 36 a 42 m								
	posizionamento pompa per getto vasca per ogni giorno di getto	n	5				5.00		
	sommano						5.00	€ 427.30	€ 2,136.50
A03.007.170.c	per ogni mc pompato	m³	5		229.50	0.20	252.45		
	sommano						252.45	€ 12.21	€ 3,082.41
da PSC NP07	Smantellamento Cantiere	a corpo	2					€ 2,000.00	€ 4,000.00
								Totale parz.	€ 526,394.40

Opere provvisionali									
Codice	Descrizione	U.M.	D I M E N S I O N I			Quantità	I M P O R T I		
			par. ug.	lung.	larg.		H/Peso	unitario	TOTALE
Opere Provvisionali - Prima stagione									
C04.067	PALANCOLE								
C04.067.010	Palancole tipo Larsen o similare di vari profili, prese a noleggio per l'intero periodo di utilizzo, posate in opera con infissione e recupero con estrazione al termine dei lavori, anche in doppia fila e con eventuale terreno di sostegno prelevato in sito, della lunghezza massima di 13 m e peso massimo di 150 kg/mq, incernierate a mezzo gargame a scorrimento verticale e formazione di palancole di contenimento della zona di lavorazione, sia in profondità che in superficie, da realizzarsi nell'alveo del canale o fiume. Compreso: - accatastamento, carico e trasporto nel luogo d'impiego, infissione con battipalo di adeguata potenza, anche montato eventualmente su pontone; - tutte quelle opere provvisionali, nessuna esclusa, per dare il lavoro eseguito a perfetta regola d'arte; - l'eventuale asportazione di elementi in sasso e/o pennelli presenti sul fondo per l'infissione delle palancole e la successiva ricostruzione di tali formazioni in sasso, seguendo le prescrizioni del c.s.a. e le indicazioni della D.L.. Da computarsi solo per la superficie effettivamente infissa, per un periodo medio di impiego di 6 mesi								
	- Opere a monte del manufatto	kg		89.00	8.50	87.50	66193.75		
	Sommano	kg					66193.75	€ 0.40	€ 26,477.50
C04.016	CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER STRUTTURE SEMPLICI E ARMATE								
C04.016.010	Conglomerato cementizio ciclopico per opere di difesa del suolo costituito da 40% di massi e grossi ciottoli, con cemento e resistenza non inferiore a 30 N/mmq, per sottofondi, platee e chiusura e riempimento di cavità compreso ogni altro onere per dare il lavoro finito a regola d'arte								
	- Opere di chiusura in massi cementati a monte del manufatto	m³	7.20	8.00			57.60		
	- Opere di chiusura in massi cementati a valle del manufatto	m³	4.50	23.00			103.50		
	Sommano	m³					161.10	€ 106.60	€ 17,173.26
C04.004	SCAVI DI SBANCAMENTO								
C04.004.005	Scavo per la risagomatura di sezioni d'alveo di fiumi e torrenti, eseguito con mezzi meccanici, anche in presenza di acqua, in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compresi tutti gli oneri per dare il lavoro eseguito a regola d'arte:								
C04.004.005.a	con spostamento e sistemazione frontale del materiale di risulta								
	- Prelievo di materiale in alveo per la realizzazione della rampa di accesso all'area di cantiere a valle del manufatto	m³	12.60		5.0		63		
	- Prelievo di materiale in alveo per la realizzazione della rampa di accesso all'area di cantiere a monte del manufatto	m³	150.00		6.0		900		
	- Sistemazione del materiale proveniente dalla rimozione dell'argine a valle del manufatto in un area dedicata presente in prossima del cantiere	m³	8.00	60.00			480		
	Sommano	m³					1443	€ 2.00	€ 2,886.00
C04.004.005.b	con spostamento e sistemazione del materiale di risulta nell'ambito del cantiere								
	- Realizzazione piano di lavoro a monte del manufatto	m³	1.00	58.00	7.0		406		
	- Realizzazione piano di lavoro a valle del manufatto	m³	1.00	58.00	7.0		406		
	Sommano	m³					812	€ 3.30	€ 2,679.60
C04.004.005.c	con carico su autocarro, trasporto e scarico del materiale di risulta, fino a distanza di 1 km								
	- Prelievo di materiale da area in prossimità del cantiere per realizzazione dell'argine a valle del manufatto	m³	8.00	60.00			480		
	- Rimozione dell'argine a valle del manufatto	m³	8.00	60.00			480		
	Sommano	m³					960	€ 2.90	€ 2,784.00
C04.013	RILEVATI								
C04.013.010	Formazione di rilevato per costruzione di corpi arginali e ripresa di frane, con impiego di terra proveniente da scavi in alveo o da altre aree demaniali indicate dalla D.L. già fornita a piè d'opera, compreso ogni altro onere per dare il lavoro eseguito a regola d'arte:								
C04.013.010.c	costruzione di corpi arginali, briglie in terra e rampe								
	-Realizzazione argine a valle del manufatto	m³	8.00	60.00			480		
	-Realizzazione rampa di accesso a valle del manufatto	m³	12.60		5.00		63.00		
	-Realizzazione rampa di accesso a monte del manufatto	m³	150.00		6.00		900.00		
	Sommano	m³					1443	€ 2.00	€ 2,886.00

C02.016	TUBAZIONI PER FOGNATURE	-							
C02.016.020	Tubi in calcestruzzo vibrocompresso, a sezione circolare rispondente alla norma UNI EN 1916, armato con gabbia rigida in acciaio B450C con classe di resistenza a rottura kN/70 mm, costituiti da elementi prefabbricati di lunghezza 2 m con o senza base di appoggio piana, con innesto a bicchiere; autoportanti, forniti e posti in opera in scavo a trincea ristretta per profondità di interrimento variabili da 1 a 3 m calcolati all'estradosso superiore del tubo, prefabbricati in stabilimento specializzato con impianti automatici; controllati, collaudati e certificati secondo la normativa europea vigente; esclusi scavo, rinterro, rinfianco e massetto in cls:								
	di diametro 80 cm								
C02.016.020.e	- Prolungamento del tubo di scarico presente in sinistra idraulica fino a consentire l'inserimento in un pozzetto	m	1.00	2.00			2.00	€ 210.65	
	di diametro 100 cm								
C02.016.020.f	-Prolungamento del tubo di scarico presente in sinistra idraulica dal pozzetto fino a consentire un rilascio delle acque all'esterno dell'area di cantiere delimitata dall'argine a valle del manufatto.	m	10.00	2.00			20.00	€ 269.39	
	Sommano	m							€ 5,809.10
C02.019	POZZETTI, CHIUSINI E GRIGLIE								
C02.019.050	Pozzetti prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato, sottofondo e rinfianco in sabbia, completi di chiusini con botola, ciechi o a caditoia, con telaio di battuta per traffico pesante, forniti e posti in opera compresi sottofondo e rinfianco in sabbia dello spessore minimo di 10 cm, collegamento e sigillatura della condotta e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte:								
C02.019.050.g	dimensioni interne 120x120x120 cm								
	- Pozzetto per prolungamento tubo di scarico a valle del manufatto	n°	1.0				1.00		
	Sommano	n°	1.0				1.00	€ 663.00	€ 663.00
C02.019.050.h	dimensioni interne 150x150x150 cm								
	- Pozzetti per alloggiare pompe	n°	2.0				2.00		
	Sommano	n°	2.0				2.00	€ 973.70	€ 1,947.40
N04.028	NOLI DI POMPE								
N04.028.005	Pompa ad aria compressa, azionata elettricamente o con motore a scoppio, per esaurimento di acque freatiche e aggettamenti in genere, idonea al passaggio di grossi corpi solidi, compresi accessori e tubazioni, carburante e materiale di consumo, per ogni ora di effettivo esercizio:								
N04.028.005.a	per pompa con bocca del diametro di 40 mm con portata non inferiore a 20 mc/ora e prevalenza non inferiore 10 m								
	- Pompa da impiegare nell'area di cantiere a monte del manufatto durante la prima stagione	ora	1.0				60.00		
	Sommano	ora					60.00	€ 6.60	€ 396.00
N04.028.005.d	per pompa con bocca del diametro di 150 mm con portata non inferiore a 250 mc/ora e prevalenza non inferiore 20 m								
	- Pompa da impiegare nell'area di cantiere a valle del manufatto durante la prima stagione	ora	1.0				420.00		
	Sommano	ora					420.00	€ 10.90	€ 4,578.00

Opere Provvisionali -Seconda stagione									
C04.067	PALANCOLE								
C04.067.010	Palancole tipo Larsen o similare di vari profili, prese a noleggio per l'intero periodo di utilizzo, posate in opera con infissione e recupero con estrazione al termine dei lavori, anche in doppia fila e con eventuale terreno di sostegno prelevato in sito, della lunghezza massima di 13 m e peso massimo di 150 kg/mq, incemierate a mezzo gargame a scorrimento verticale e formazione di palancolata di contenimento della zona di lavorazione, sia in profondità che in superficie, da realizzarsi nell'alveo del canale o fiume. Compreso: - accatastamento, carico e trasporto nel luogo d'impiego, infissione con battipalo di adeguata potenza, anche montato eventualmente su pontone; - tutte quelle opere provvisionali, nessuna esclusa, per dare il lavoro eseguito a perfetta regola d'arte; - l'eventuale asportazione di elementi in sasso e/o pennelli presenti sul fondo per l'infissione delle palancole e la successiva ricostruzione di tali formazioni in sasso, seguendo le prescrizioni del c.s.a. e le indicazioni della D.L.. Da computarsi solo per la superficie effettivamente infissa, per un periodo medio di impiego di 6 mesi								
	- Opere a monte del manufatto	kg		55.00	5.50	44.00	13310.00		
	Sommano	kg					13310.00	€ 0.40	€ 5,324.00
C04.016	CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER STRUTTURE SEMPLICI E ARMATE								
C04.016.010	Conglomerato cementizio ciclopico per opere di difesa del suolo costituito da 40% di massi e grossi ciottoli, con cemento e resistenza non inferiore a 30 N/mm ² , per sottofondi, platee e chiusura e riempimento di cavità compreso ogni altro onere per dare il lavoro finito a regola d'arte								
	- Opere di chiusura in massi cementati a monte del manufatto	m ³	4.40	3.00			13.20		
	Sommano	m ³					13.20	€ 106.60	€ 1,407.12
C04.052	OPERE IN PIETREME								
C04.052.015	Formazione di difesa in pietrame con materiale presente in cantiere recuperato da difese esistenti da smontare o rinvenuto nel corso degli scavi di fondazione delle nuove opere o da recuperare nell'alveo del corso d'acqua nel raggio di 150 m dal punto di impiego. Il pietrame da recuperare e reimpiegare nella costruzione di nuove difese dovrà avere un volume minimo di 0,7 mc. Sono da ritenersi compensati i seguenti oneri: smontaggio di difesa esistente, recupero del pietrame presente in alveo, posa in opera del pietrame secondo la sagoma prevista nei disegni di progetto, intasamento degli interstizi fra masso e masso delle parti in elevazione con terreno vegetale e tutto quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte.								
	-Demolizione delle opere di chiusura in massi cementati messi in opera a monte del manufatto nella Stagione 1	m ³	7.20	8.00			57.60		
	-Demolizione delle opere di chiusura in massi cementati messi in opera a monte del manufatto nella Stagione 2	m ³	4.40	3.00			13.20		
	-Demolizione delle opere di chiusura in massi cementati messi in opera a valle del manufatto nella Stagione 1	m ³	4.50	23.00			103.50		
	Sommano	m ³					174.30	€ 18.00	€ 3,137.40
B01.061	MOVIMENTAZIONI E TRASPORTI								
B01.061.005	Trasporto a discarica controllata secondo il DLgs 13 gennaio 2003, n. 36 dei materiali di risulta provenienti da demolizioni, previa caratterizzazione di base ai sensi del DM 27 settembre 2010 da computarsi a parte, con autocarro di portata fino a 50 q, compresi carico, viaggio di andata e ritorno e scarico con esclusione degli oneri di discarica								
	- Materiale proveniente dalla demolizione delle opere di chiusura in massi cementati realizzate a monte del manufatto nella Stagione 1	m ³	4.32	8.00			34.56		
	- Materiale proveniente dalla demolizione delle opere di chiusura in massi cementati realizzate a monte del manufatto nella Stagione 2	m ³	2.64	3.00			7.92		
	- Materiale proveniente dalla demolizione delle opere di chiusura in massi cementati realizzate a valle del manufatto	m ³	2.70	23.00			62.10		
	Sommano	m ³					104.58	€ 47.85	€ 5,004.15
NP02	ONERI PER IL CONFERIMENTO IN IMPIANTI AUTORIZZATI DI RIFIUTI MISTI DELL'ATTIVITA DI COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE								
	Oneri per il conferimento in impianti autorizzati : rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione (CER 170904) presso impianto di recupero autorizzato, secondo il giudizio di ammissibilità in discarica rilasciato dal laboratorio di analisi ai sensi del DM 27/09/2010								
	- Materiale proveniente dalla demolizione delle opere di chiusura in massi cementati realizzate a monte del manufatto nella Stagione 1	tonn			34.56	2.5	86.40		
	- Materiale proveniente dalla demolizione delle opere di chiusura in massi cementati realizzate a monte del manufatto nella Stagione 2	tonn			7.92	2.5	19.80		
	- Materiale proveniente dalla demolizione delle opere di chiusura in massi cementati realizzate a valle del manufatto	tonn			62.10	2.5	155.25		
	Sommano	tonn					261.45	€ 12.00	€ 3,137.40

13. QUADRO ECONOMICO

QUADRO ECONOMICO							
art. 16 del DPR 207/2010 e ss.mm.ii.							
A) LAVORI:							
per lavori a base d'asta soggetti a ribasso					Euro	650,111.92	
per oneri di sicurezza (non soggetti a ribasso):					Euro	40,000.00	
					IMPORTO TOTALE	Euro	690,111.92
B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMM.NE:							
per rivalsa I.V.A. 22%					Euro	151,824.62	
per Incentivo funzioni tecniche art. 113 del dD.Lgs. 50/2016					Euro	11,041.79	
per incarichi esterni (CSPE) compreso oneri previdenziali e IVA					Euro	18,906.08	
per gestione della fauna ittica					Euro	5,000.00	
per prove in corso d'esecuzione					Euro	20,000.00	
per imprevisti e opere complementari					Euro	3,115.59	
					IMPORTO SOMME A DISPOSIZIONE	Euro	209,888.08
IMPORTO TOTALE DI PERIZIA:						900,000.00	

APPENDICE: OPERE PROVVISORIALI

14. ANALISI IDROLOGICA E VERIFICHE IDRAULICHE

Nel presente Capitolo vengono sintetizzate le analisi idrologiche ed idrauliche effettuate al fine di dimensionare le opere provvisionali in oggetto.

14.1 Analisi idrologica

14.1.1 Portate naturali del Torrente Enza

L'analisi idrologica è stata condotta a partire dai dati giornalieri desunti dagli Annali Idrologici pubblicati dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Regione Emilia Romagna per il periodo 2004 - 2018 e riferiti alla stazione di Sorbolo, localizzata poco a valle dell'area oggetto del presente intervento.

Nella seguente Figura 14-1 si illustrano le portate ricavate dagli Annali Idrologici.

L'anno 2010 risulta privo di misurazioni.

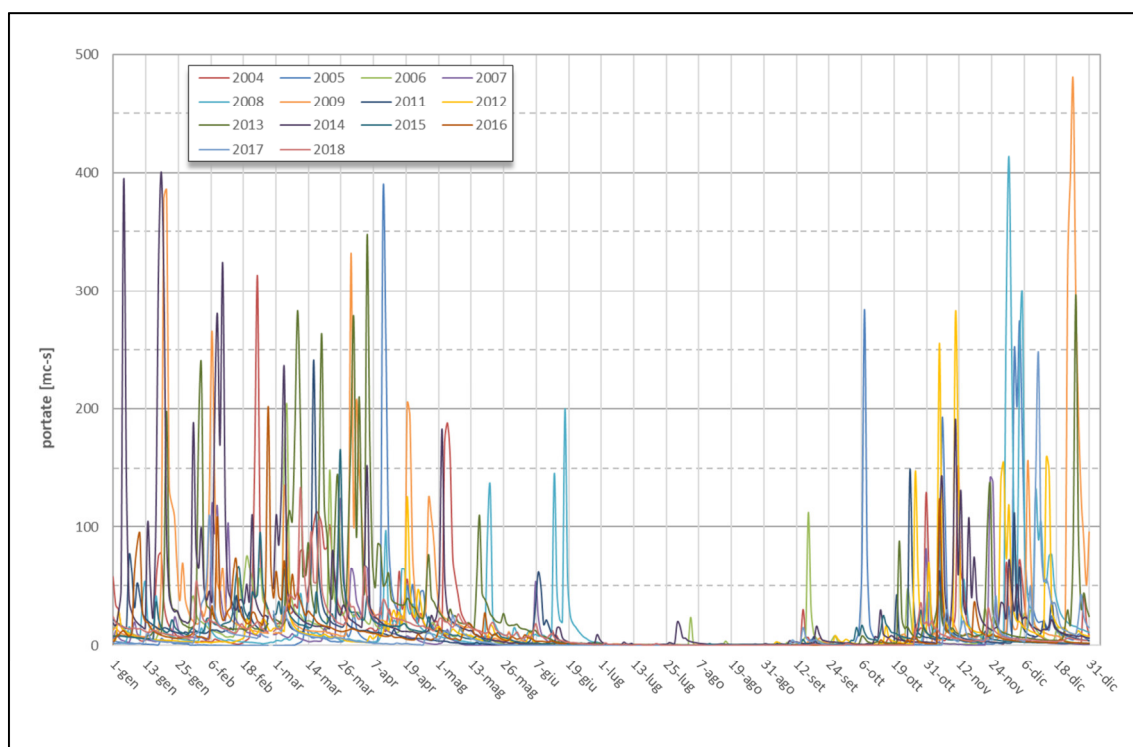


Figura 14-1 - Portate del Torrente Enza misurate alla stazione di Sorbolo

Dalla figura si può evincere che il Torrente Enza presenta le caratteristiche tipiche di un regime torrentizio appenninico, con eventi di piena nei periodi autunnali e primaverili e di quasi secca nel periodo estivo.

Nella seguente Tabella 1 vengono sintetizzate le portate massime per il periodo esaminato 2004 - 2018, suddivise sia per anno che per mese.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
gen	77.9	5.9	41.2	23.9	53.3	385.3		75.8	28.6	197.6	400.5	35.9	94.6	10.3	24.3
feb	312.8	0.7	75.5	118.4	20.8	265.5		41.4	22.3	237.3	323.6	95.3	201.8	110.0	52.6
mar	112.5	26.1	201.9	124.2	42.9	331.3		241.0	66.1	282.9	235.3	165.6	71.7	32.4	133.0
apr	61.8	382.7	27.4	66.9	97.1	206.6		13.3	125.5	345.4	152.0	40.7	13.0	10.8	66.8
mag	188.2	12.3	15.4	13.4	134.8	50.0		3.9	17.1	109.8	182.9	12.7	27.5	25.4	26.3
giu	12.5	0.0	0.5	53.4	199.7	4.0		61.2	11.8	14.9	14.8	2.5	9.1	0.4	18.3
lug	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	1.1		2.1	0.9	1.7	19.6	0.7	0.6	0.2	2.3
ago	0.0	1.1	23.4	0.0	0.2	0.7		0.3	0.8	0.8	6.7	1.4	0.5	0.0	0.6
set	29.9	5.0	112.1	1.0	0.2	5.8		7.5	8.3	1.7	16.0	4.8	0.5	14.8	1.2
ott	128.1	283.9	46.4	81.8	33.0	9.2		149.0	147.3	88.0	29.8	29.3	7.2	0.1	35.7
nov	152.3	188.7	30.6	141.9	283.5	23.5		62.1	278.5	135.0	191.0	11.4	123.3	41.2	30.8
dic	90.6	274.3	29.3	7.3	413.4	478.5		112.0	158.8	296.3	72.0	3.1	5.3	248.0	6.4
max	312.8	382.7	201.9	141.9	413.4	478.5		241.0	278.5	345.4	400.5	165.6	201.8	248.0	133.0

Tabella 1 – Portate massime mensili ed annue del Torrente Enza misurate alla stazione di Sorbolo per il periodo 2004-2018

14.1.2 Portate di piena

Nel presente paragrafo si illustra brevemente l'analisi condotta per la definizione delle portate di piena da utilizzare per il dimensionamento delle opere provvisionali.

Come noto, il periodo di intervento si colloca tra i mesi di Giugno ed Ottobre, in cui si prevedono i valori di portata con intensità minore (vedi Figura 14-1).

A partire dalle portate massime mensili dei mesi di riferimento è stata condotta un'analisi statistica applicando la distribuzione di Gumbel, calcolando le portate di piena associate a differenti tempi di ritorno.

Nella seguente Figura 14-2 e Tabella 2 si riassumono i risultati ottenuti.

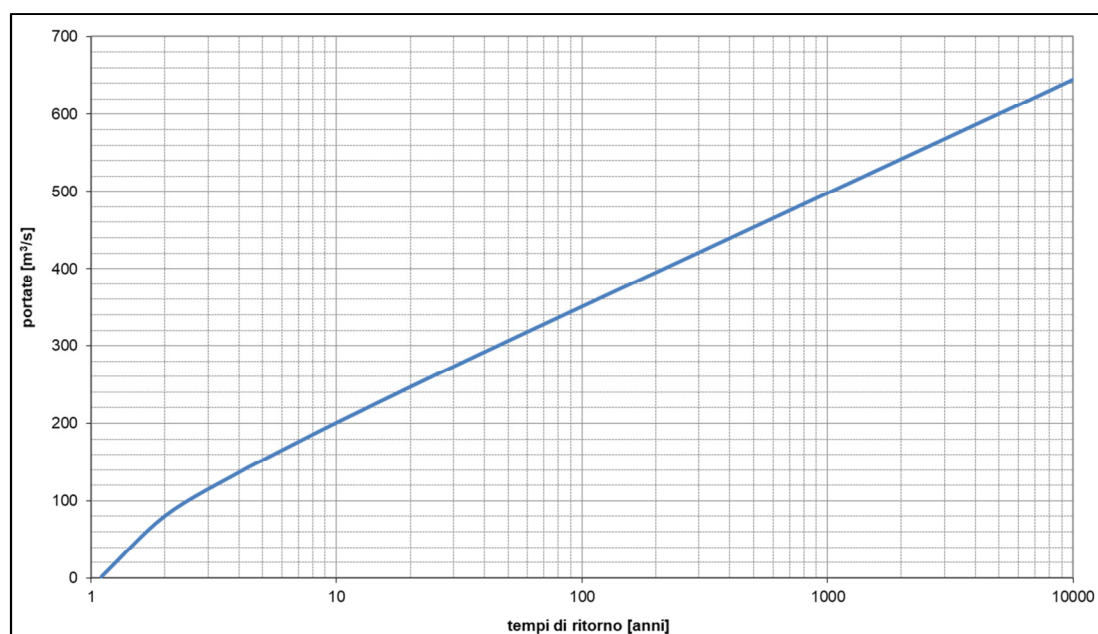


Figura 14-2 Portate di piena per il periodo Giugno – Ottobre (2004-2018)

<u>Massimi periodo Giugno - Ottobre</u>		<u>Portate di piena</u>	
Anno	Qmax [mc/s]	T.R.	Qmax [mc/s]
2004	128.1	1.1	1.5
2005	283.9	2	80.7
2006	112.1	4	136.8
2007	81.8	5	153.0
2008	199.7	8	185.7
2009	9.2	10	200.8
2010		20	246.8
2011	149.0	50	306.2
2012	147.3	100	350.7
2013	88.0	200	395.1
2014	29.8	500	453.6
2015	29.3	1000	497.9
2016	9.1	10000	644.8
2017	14.8		
2018	35.7		

Tabella 2 – Portate di piena per il periodo Giugno – Ottobre (2004-2018)

La portata dimensionante assunta per il sistema di deviazione provvisoria è quella con tempo di ritorno pari a 5 anni, 153.0 m³/s.

14.2 Verifiche idrauliche

Nel presente paragrafo si illustrano i risultati delle simulazioni idrauliche condotte sul tratto di Torrente Enza in prossimità del Manufatto limitatore oggetto dell'intervento.

Il modello di calcolo a base delle presenti verifiche è stato realizzato dall'ing. Paolo Polo di Hydro Nova Srl ed utilizzato da AIPo per varie verifiche idrauliche, tra cui la calibrazione dell'evento di piena sul Torrente Enza del Dicembre 2017.

Le presenti simulazioni sono state condotte in regime di moto permanente considerando una portata defluente pari a 153 m³/s ed esaminando i seguenti due scenari:

- Stagione 1: 3 luci di fondo del Manufatto limitatore occluse;
- Stagione 2: 2 luci di fondo del Manufatto limitatore occluse;

Nelle figure che seguono si riporta l'andamento del pelo libero nei due casi esaminati confrontandoli con la situazione senza l'occlusione delle luci (Configurazione Attuale). In prossimità del Manufatto limitatore l'effetto dell'occlusione parziale delle luci di fondo produce un incremento del livello idrico, che è più pronunciato nel caso di tre luci occluse.

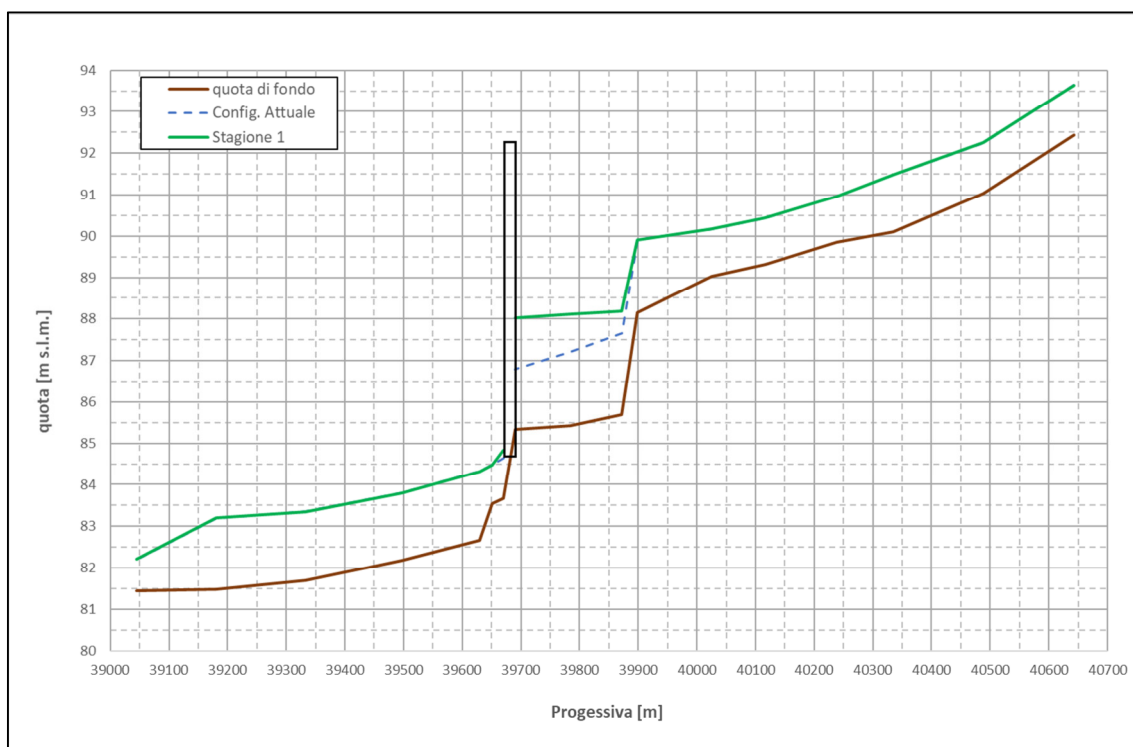


Figura 14-3 Risultati delle simulazioni per la Stagione 1

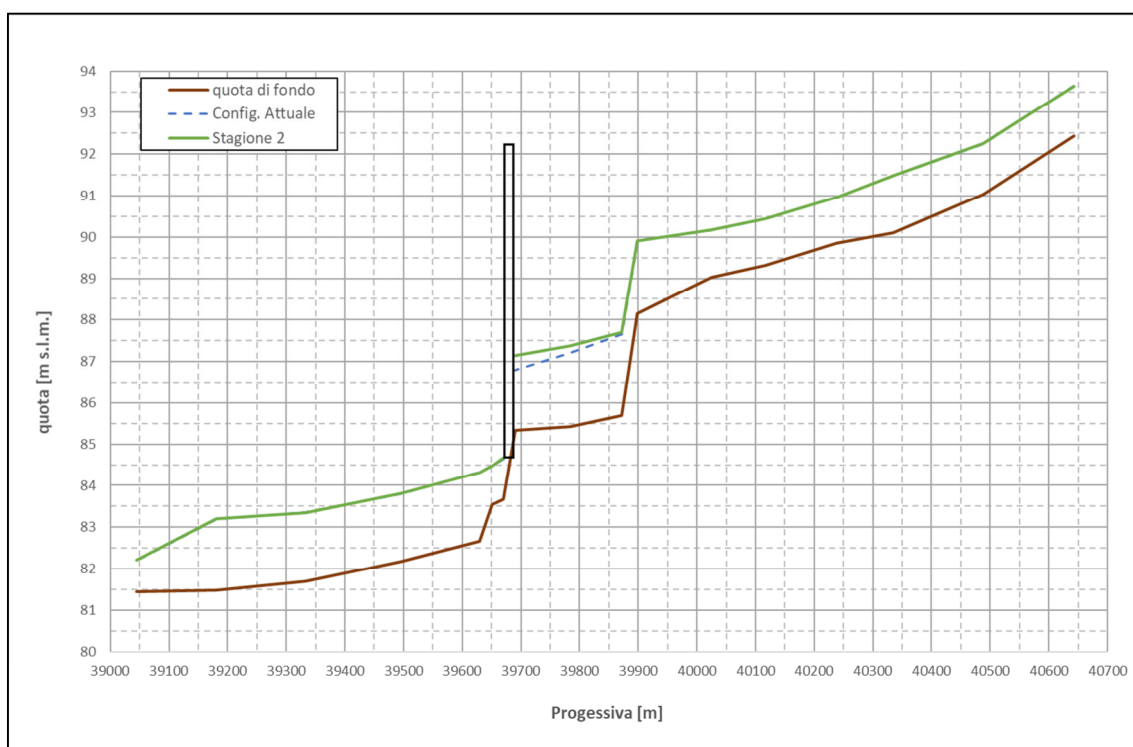


Figura 14-4 Risultati delle simulazioni per la Stagione 2

Dai risultati illustrati nelle figure precedenti si deduce che nella Stagione 1 a monte del Manufatto limitatore il livello idrico è pari a 88.02 m s.l.m., mentre a valle dello stesso risulta di 84.83 m s.l.m..

Nella Stagione 2 invece, a monte del Manufatto limitatore il livello idrico è pari a 87.14 m s.l.m. ed a valle ammonta a 84.67 m s.l.m..

Nel caso della Stagione 1 si produce un leggero sfioro nella adiacente Cassa di espansione (circa 4 m³/s), mentre nella Stagione 2 la portata transitante nel Torrente Enza defluisce attraverso il Manufatto limitatore senza interferire con l'opera laterale.

15. INTERVENTI

15.1 Generalità e fasistica esecutiva

Gli interventi di manutenzione straordinaria previsti in progetto saranno realizzati durante il periodo di magra del torrente Enza (tra i mesi di giugno e settembre) nel corso di due anni solari (denominati rispettivamente Stagione 1 e Stagione 2).

Durante la Stagione 1 saranno eseguiti i lavori sulla porzione di manufatto in destra idraulica che interessa i varchi 1, 2 e 3 , mentre durante la Stagione 2 saranno effettuati i ripristini sulla porzione di manufatto in sinistra idraulica che interessa i varchi 4 e 5.

La messa in asciutto delle aree di intervento, con conseguente deviazione del corso d'acqua nei varchi lasciati liberi nelle rispettive stagioni, sarà possibile grazie alla posa in opera di un sistema di elementi provvisionali costituito da palancole metalliche di tipo Larssen a monte del Manufatto e da argini in terra a valle dello stesso.

Nelle due figure seguenti è riportata la disposizione planimetrica delle suddette opere nelle due Stagioni.

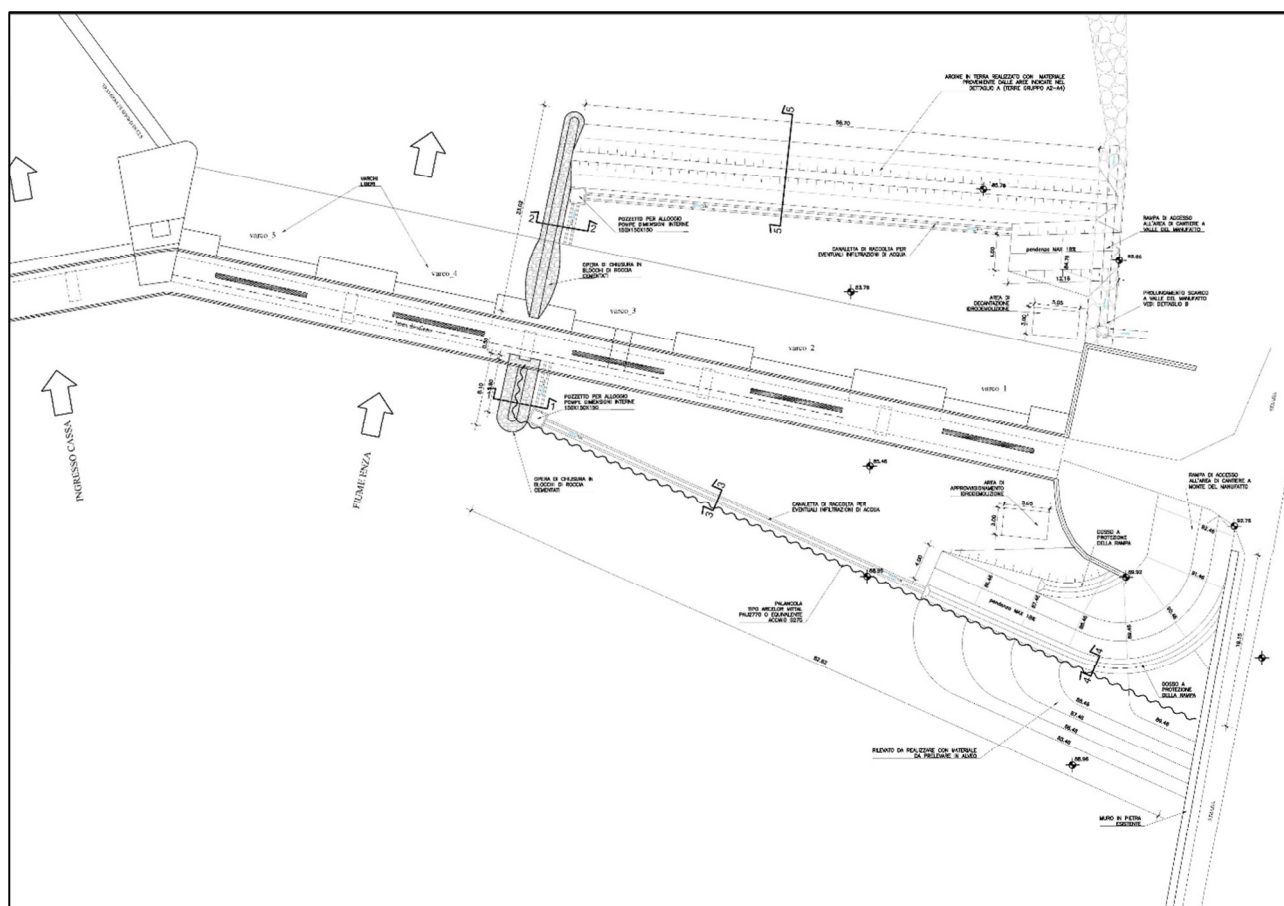


Figura 15-1 – Opere Provvisorie - Stagione 1 - Planimetria

Fasistica esecutiva delle Opere provvisionali previste nella Stagione 2:

1. Realizzazione piani di lavoro a monte (Q= 85.46 m s.l.m.) e a valle (Q= 83.76 m s.l.m.) del manufatto;
2. Realizzazione di rampe con materiale proveniente dall'alveo (terre gruppo A2) per consentire l'accesso alle aree di cantiere a monte e a valle del manufatto;
3. Messa in opera di palancole metalliche a monte del manufatto;
4. Realizzazione dell'argine a valle del manufatto con materiale (terre gruppo A2-A4) proveniente dall'area indicata in Figura 15-16;
5. Realizzazione dell'opera di chiusura in blocchi cementati tra le palancole metalliche e il manufatto di ingresso della cassa di espansione;
6. Messa in opera di n°2 pozzetti prefabbricati in calcestruzzo per l'alloggio delle pompe da impiegare per l'allontanamento di eventuali acque di infiltrazione;
7. Realizzazione delle canalette di raccolta di eventuali acque di infiltrazione;

15.2 Livelli idrici di riferimento

I livelli idrici di riferimento per il dimensionamento delle opere provvisionali da mettere in opera nelle due Stagioni in cui si eseguiranno gli interventi in progetto sono stati determinati sulla base delle considerazioni idrauliche riportate al Capitolo 14.

Stagione	Condizioni di funzionamento	Monte		Valle	
		Quota (m s.l.m.)	H _w (m)	Quota (m s.l.m.)	H _w (m)
1	Varchi 1, 2 e 3 chiusi	88.02	2.56	84.83	1.07
2	Varchi 4 e 5 chiusi	87.14	1.68	84.67	0.91

Tabella 3 – Livelli idrici di riferimento

15.3 Parametri geotecnici dei terreni in alveo

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite nell'area in prossimità dell'opera è stato possibile eseguire una caratterizzazione geotecnica dei terreni in alveo in prossimità del manufatto. I risultati di tale caratterizzazione sono rappresentati e riassunti nell'elaborato progettuale 3644_033_Profilo Geotecnico.

Nella tabella seguente sono riportati i parametri geotecnici di riferimento impiegati per il dimensionamento delle palancole metalliche previste in progetto.

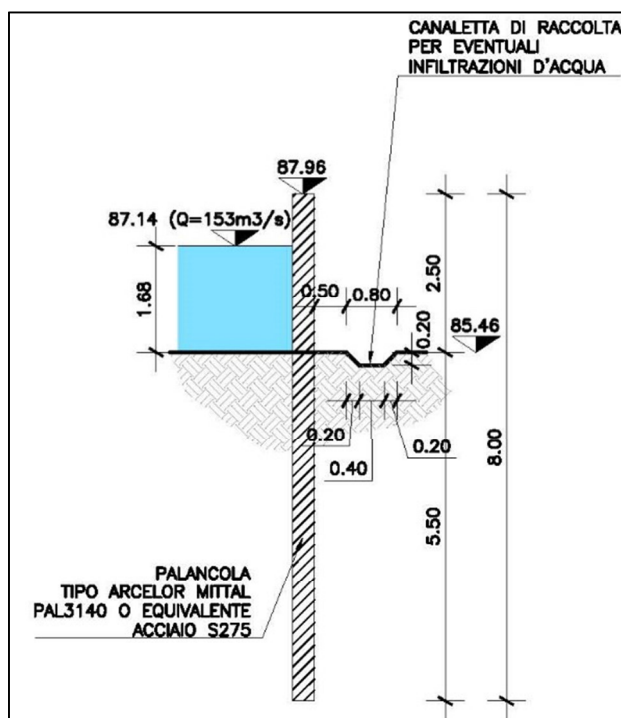


Figura 15-4 – Sezione tipo – Stagione 2

Nella tabella sottostante sono riassunte le principali caratteristiche geometriche delle palancole metalliche previste in progetto per le due stagioni.

Palancole			Stagione 1	Stagione 2
Quota fondo alveo	Qf	(m s.l.m.)	85.46	85.46
Quota acqua	Qw	(m s.l.m.)	88.02	87.14
Battente d'acqua	Hw	(m)	2.56	1.68
Quota testa palanca	Qp	(m s.l.m.)	88.96	87.96
Altezza palanca fuori terra	H _{pf}	(m)	3.5	2.5
Altezza palanca infissa	H _{pinf}	(m)	8.5	5.5
Altezza totale palanca	H _{ptot}	(m)	12	8
Sezione tipo			Arcelor Mittal PAU2770	Arcelor Mittal PAL3140

Tabella 5 – Palancole metalliche – Tabella riassuntiva caratteristiche

15.4.1 Risultati delle analisi per il dimensionamento

Sono state eseguite delle analisi con l'ausilio del software di calcolo Paratie Plus ver. 2020 per il dimensionamento delle palancole metalliche previste in progetto nelle 2 Stagioni. Trattandosi di opere provvisorie, le calcolazioni sono state condotte considerando valori unitari sia dei coefficienti amplificativi dei carichi che dei coefficienti riduttivi delle resistenze in accordo alle NTC 2018.

Nelle immagini seguenti sono riportati i risultati dalle analisi espressi in termini di tensioni efficaci agenti sulla palancola, ottenuti per la configurazione prevista rispettivamente nella Stagione 1 e nella Stagione 2.

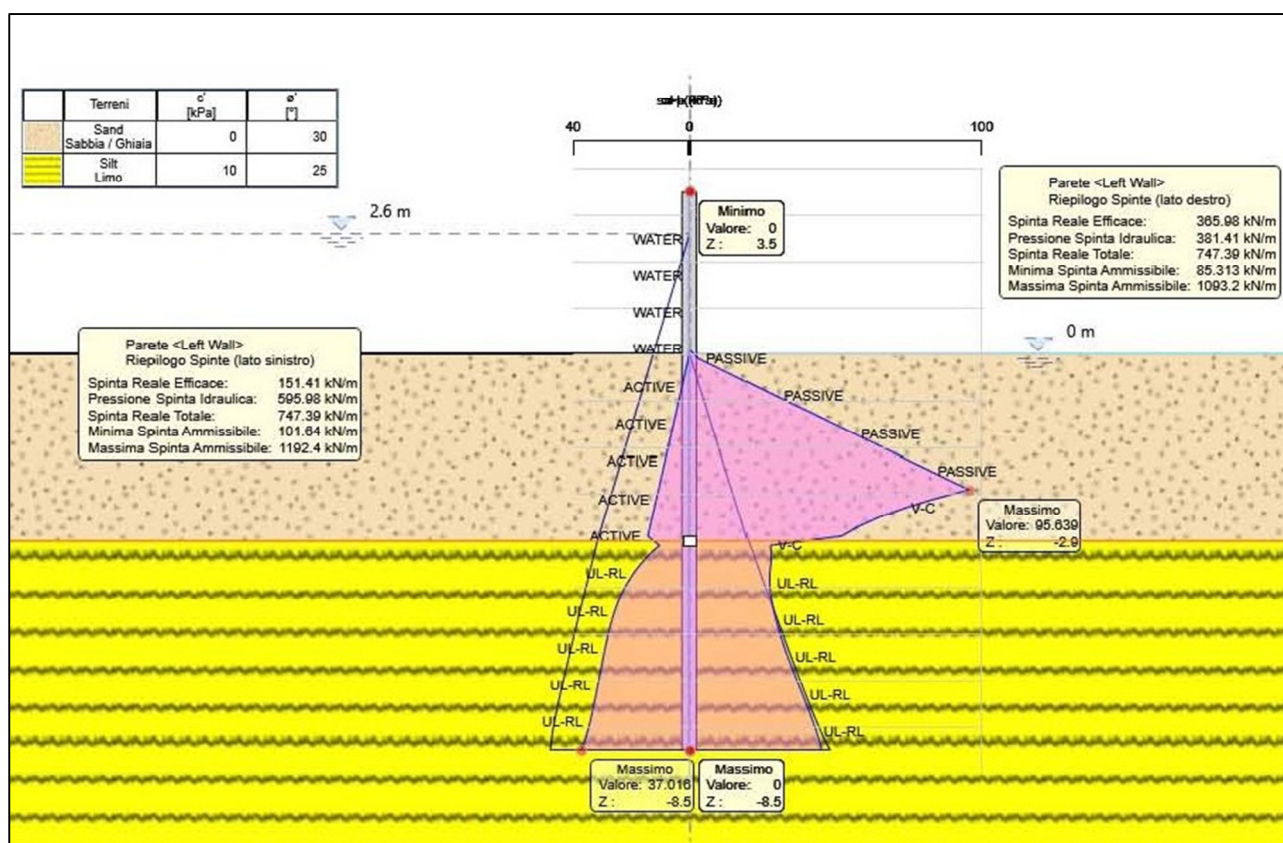


Figura 15-5 – Palancole metalliche – Stagione 1, carico idraulico 2.6 m – Andamento delle pressioni orizzontali

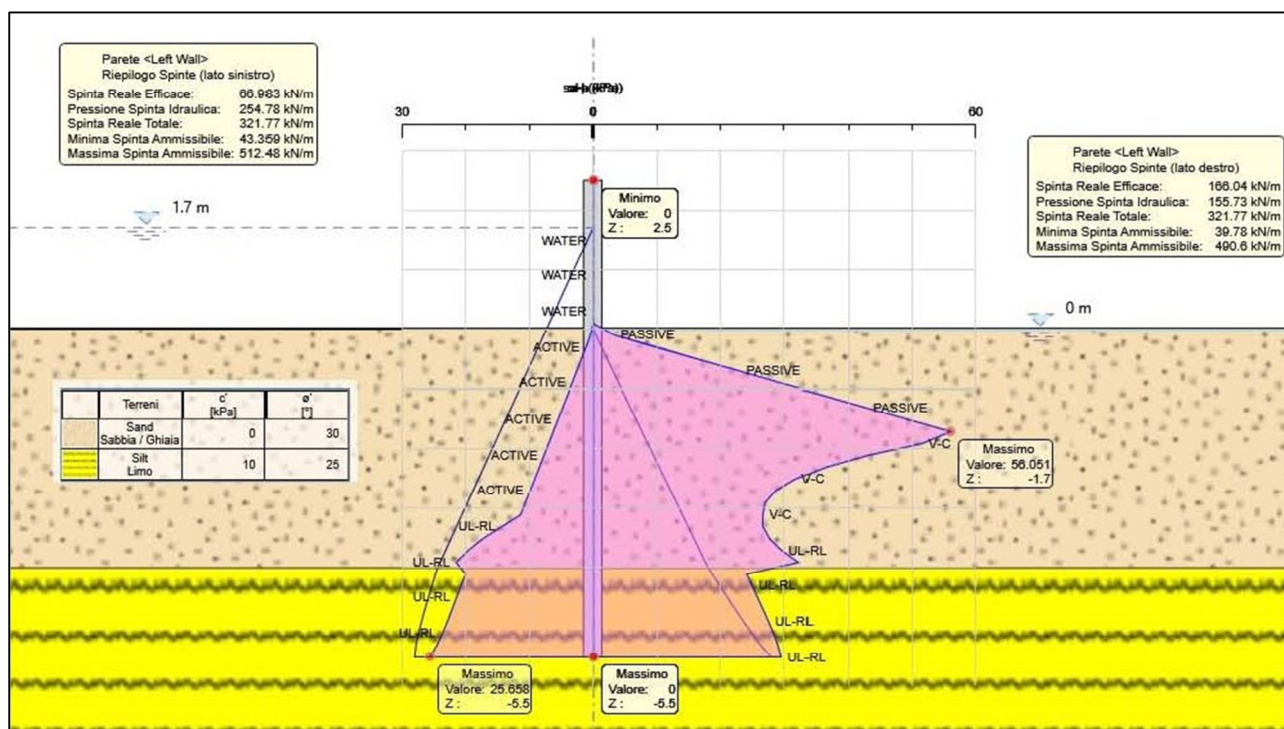


Figura 15-6 – Palancole metalliche – Stagione 2, carico idraulico 1.7 m – Andamento delle pressioni orizzontali

In entrambe le configurazioni previste è stato ottenuto un rapporto tra la massima spinta ammissibile e la spinta totale pari a circa 1.5.

Nelle seguenti immagini sono riportati i risultati ottenuti espressi in termini di sollecitazioni (Momento e Taglio) e spostamenti.

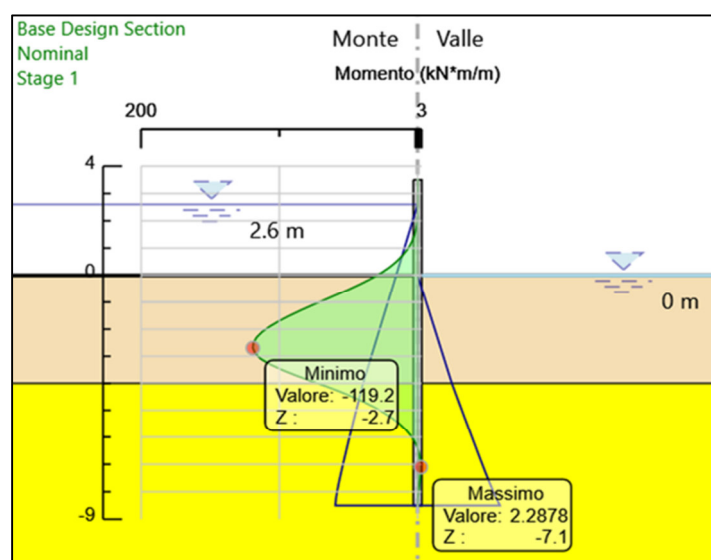


Figura 15-7 – Palancole metalliche – Stagione 1 – Sollecitazioni – Momento

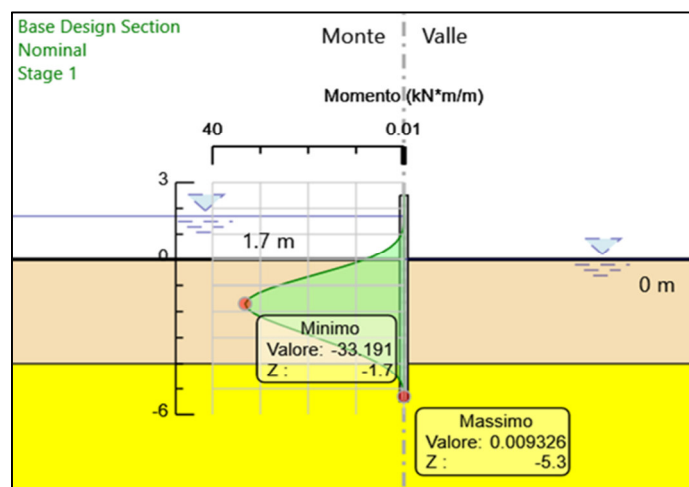


Figura 15-8 – Palancole metalliche – Stagione 2 – Sollecitazioni - Momento

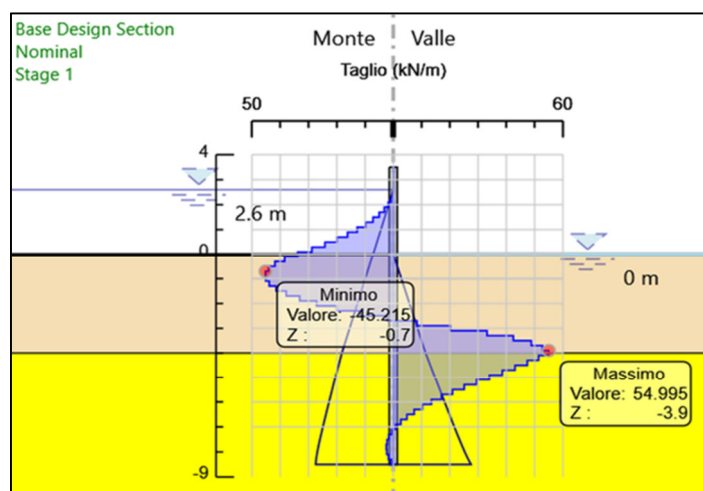


Figura 15-9 – Palancole metalliche – Stagione 1 – Sollecitazioni – Taglio

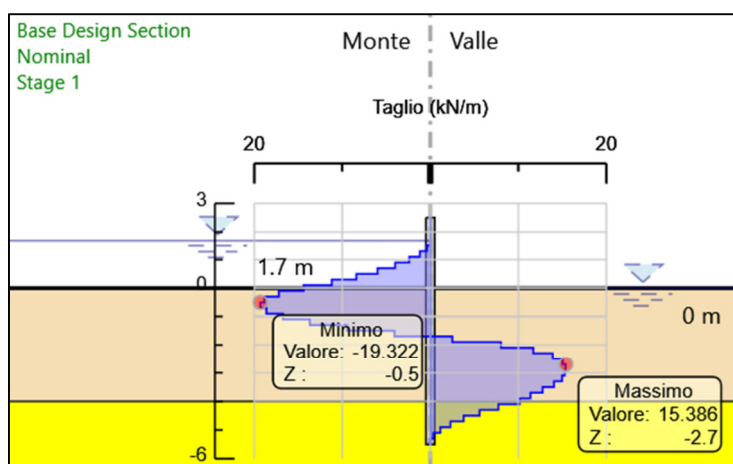


Figura 15-10 – Palancole metalliche – Stagione 2 – Sollecitazioni – Taglio

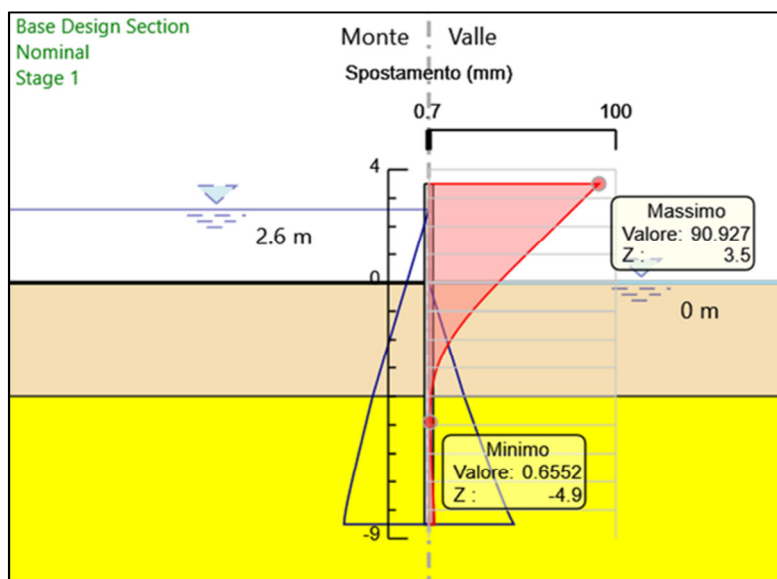


Figura 15-11 - Palancole metalliche - Stagione 1 - Spostamenti

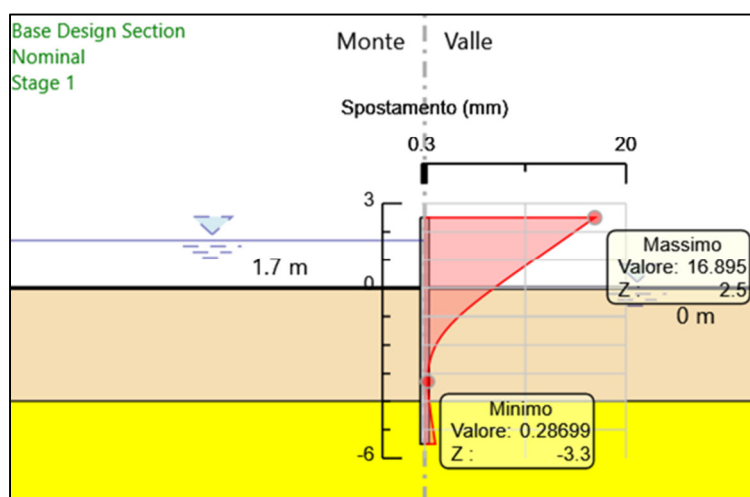


Figura 15-12 - Palancole metalliche - Stagione 2 - Spostamenti

Come è possibile notare dai risultati riportati in Figura 15-11 e in Figura 15-12 i massimi valori degli spostamenti ottenuti per le due configurazioni geometriche risultano dell'ordine di 9 cm per la Stagione 1 e di 2 cm per la Stagione 2. Tali valori risultano compatibili con la funzionalità delle opere.

15.4.2 Verifiche strutturali

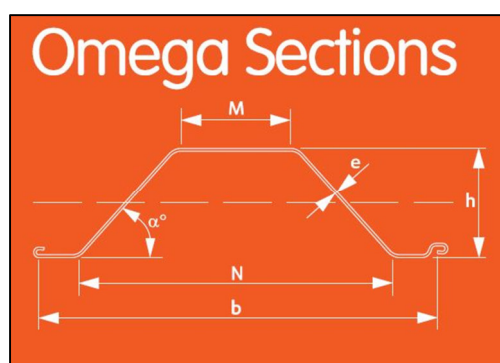
Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle verifiche strutturali eseguite per la sezione più sollecitata della palanca, nelle due configurazioni previste rispettivamente nella Stagione 1 e nella Stagione 2.

Per entrambe le Stagioni è stato ipotizzato che le palancole siano realizzate con acciaio tipo S275.

Stagione	Sezione tipo	Modulo di resistenza W	Momento sollecitante M	Tensione ideale σ_i	tensione di snervamento σ_y	Fattore di sicurezza
		m ³ /m	kNm/m	MPa	MPa	FS
1	Arcelor Mittal PAU2770	0.000934	120	128.5	275	2.1
2	Arcelor Mittal PAL3140	0.000261	33	126.4	275	2.2

Tabella 6 Risultati delle verifiche strutturali

Nelle immagini seguenti si riportano la tipologia e le caratteristiche geometriche delle sezioni tipo ipotizzate per le verifiche strutturali.

**Figura 15-13 – Palancole metalliche – Sezione tipo**

Section	Thickness (*)	Width	Height	Angle	Additional dimensions		Mass		Moment of inertia I cm ⁴ /m	Elastic section modulus W _e cm ³ /m	Static moment S cm ² /m	Sectional area A cm ² /m	Coating area (**)
					M mm	N mm	kg/m of single pile	kg/m ² of wall					
	e mm	b mm	h mm	α °									
PAL 3030	3.0	660	89	41	260	466	19.4	29.4	500	112	65	37.5	0.80
PAL 3040	4.0	660	90	41	260	466	25.8	39.2	666	147	85	49.9	0.80
PAL 3050	5.0	660	91	41	260	466	32.2	48.8	831	181	105	62.2	0.80
PAL 3130	3.0	711	125	79	350	419	23.5	33.1	1 244	199	110	42.2	0.97
Stagione 2 PAL 3140	4.0	711	126	79	350	419	31.3	44.0	1 655	261	145	56.1	0.97
PAL 3150	5.0	711	127	79	350	419	39.0	54.9	2 063	322	180	70.0	0.97
PAL 3260	6.0	700	149	61	299	471	46.2	66.0	3 096	413	245	84.1	0.92
PAL 3270	7.0	700	150	61	299	471	53.2	76.0	3 604	479	285	96.8	0.92
PAL 3280	8.0	700	151	61	299	471	61.6	88.0	4 109	545	325	112.1	0.92
PAL 3290	9.0	700	152	61	299	471	70.0	100.0	4 611	605	365	127.4	0.92
PAU 2240	4.0	921	252	48	252	725	39.0	42.3	5 101	404	240	53.9	1.22
PAU 2250	5.0	921	253	48	252	725	48.7	52.8	6 363	504	300	67.3	1.22
PAU 2260	6.0	921	254	48	252	725	58.3	63.3	7 620	600	360	80.7	1.22
PAU 2440	4.0	813	293	60	252	615	39.0	48.0	7 897	537	320	61.1	1.22
PAU 2450	5.0	813	294	60	252	615	48.7	59.9	9 858	669	395	76.3	1.22
PAU 2460	6.0	813	295	60	252	615	58.3	71.8	11 813	801	475	91.4	1.22
Stagione 1 PAL 2760	6.0	804	295	60	252	615	60.4	75.1	12 059	803	495	95.7	1.16
PAU 2770	7.0	804	296	60	252	615	70.4	87.5	14 030	934	575	111.4	1.16
PAU 2780	8.0	804	297	60	252	615	80.3	99.8	15 995	1 063	655	127.1	1.16

(*) Other thicknesses on request.

(**) One side, excluding inside of interlocks.

Tabella 7– Palancole metalliche – Caratteristiche geometriche delle sezioni tipo

15.5 Argini

A valle del manufatto, in entrambe le stagioni, sarà realizzato un argine con materiale (terre gruppo A2-A4) prelevato da aree prossime al cantiere, avente altezza pari a 2 m e larghezza in pianta di 7 m. Tale argine presenterà un coronamento di ampiezza pari a 1 m e entrambi i paramenti con pendenza di 3 su 2.

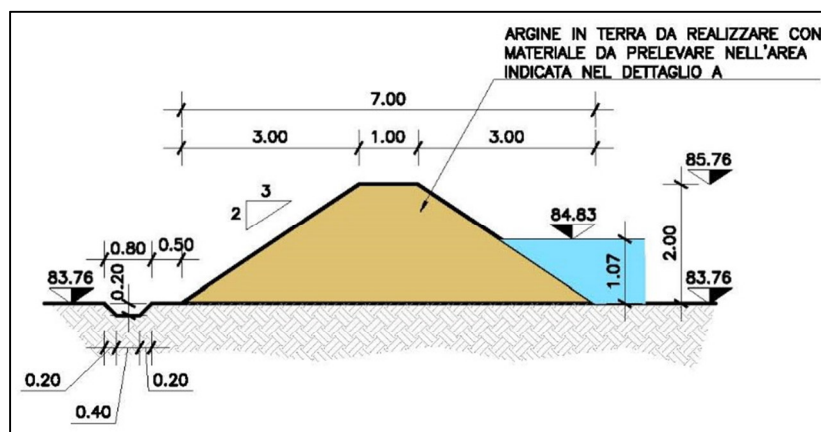


Figura 15-14 - Argine - Stagione 1 - Sezione tipo

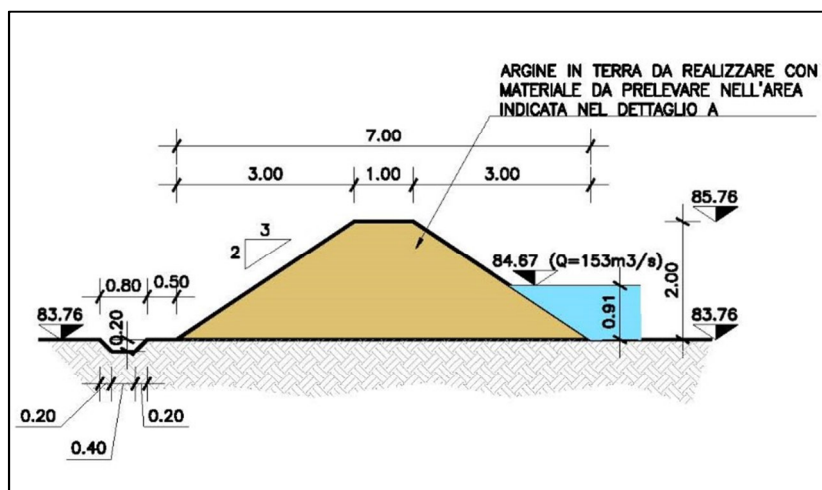


Figura 15-15 - Argine - Stagione 2 - Sezione tipo

Nella figura seguente sono raffigurate le aree in prossimità del cantiere dalle quali poter prelevare il terreno per la realizzazione degli argini. Il recupero del materiale deve avvenire attraverso l'asportazione dello strato superficiale con spessore massimo non superiore a 50 cm.

Al fine di assicurare che i materiali costituenti gli argini abbiano le caratteristiche definite in progetto si prevede l'esecuzione di prove per la loro classificazione in accordo alla norma CNR-UNI 10006/63.

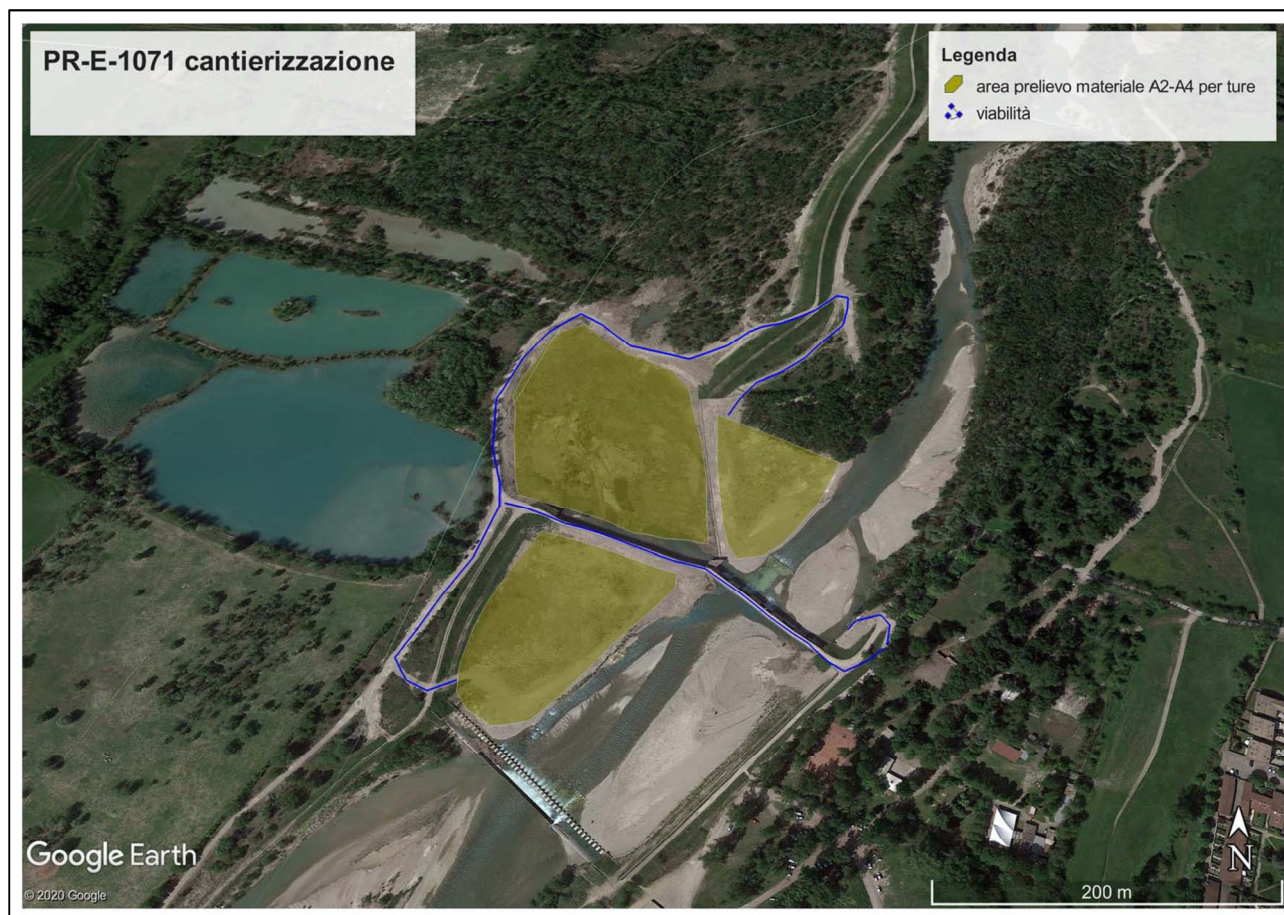


Figura 15-16 – Argini - Aree da cui prelevare il materiale per la costruzione degli argini in terra

15.5.1 Verifiche di filtrazione

Sono state eseguite delle analisi di filtrazione con l'ausilio del software di calcolo Slide (Rocscience) prendendo in considerazione la configurazione di opere provvisorie della Stagione 1 (varchi 1, 2 e 3 occlusi, lunghezza dell'argine a valle del Manufatto pari a circa 56 m) in quanto più gravosa in termini di battente idrico previsto a valle delle opere.

È stata analizzata la condizione di carico corrispondente ai livelli idrici attesi a monte e a valle delle opere in presenza della portata di piena pari $153 \text{ m}^3/\text{s}$ determinata al paragrafo 14.1.2.

Per i terreni coinvolti nell'analisi sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di permeabilità:

- Argine (terre gruppo A2-A4) – $k = 10^{-3} \text{ m/s}$
- UG.1 – $k = 10^{-3} \text{ m/s}$
- UG.2 – $k = 10^{-6} \text{ m/s}$

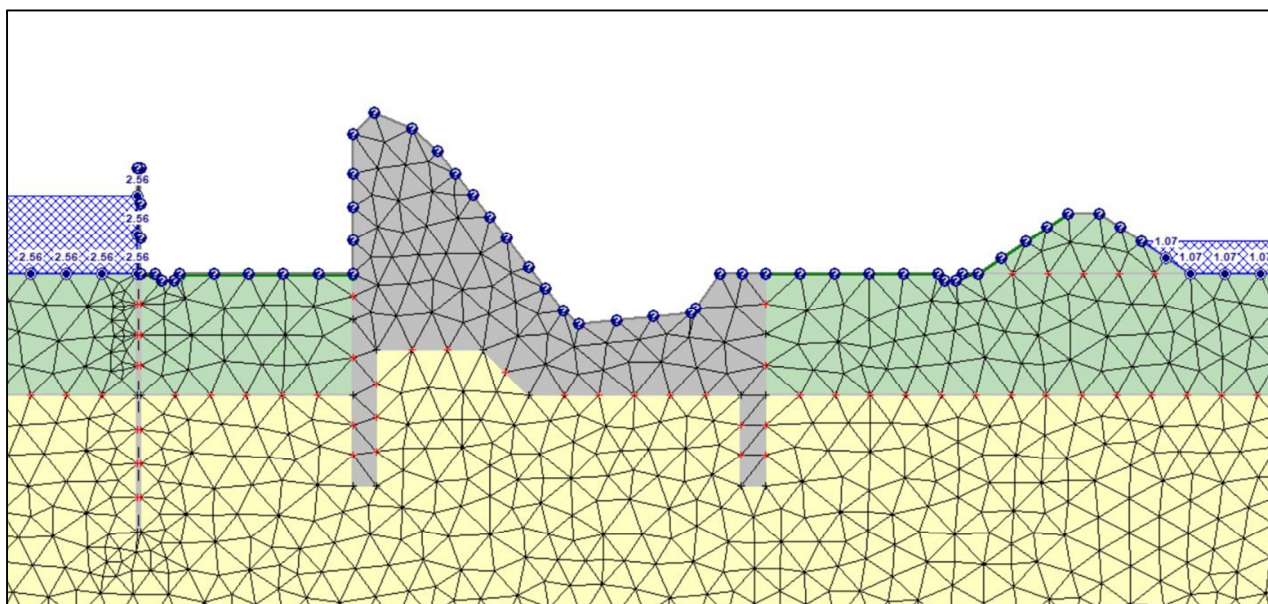


Figura 15-17 – Argini – Verifiche di filtrazione – Modello FEM

Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati ottenuti dalle analisi, espressi in termini di andamento delle pressioni neutre e del gradiente idraulico in corrispondenza dell'argine a valle del Manufatto.

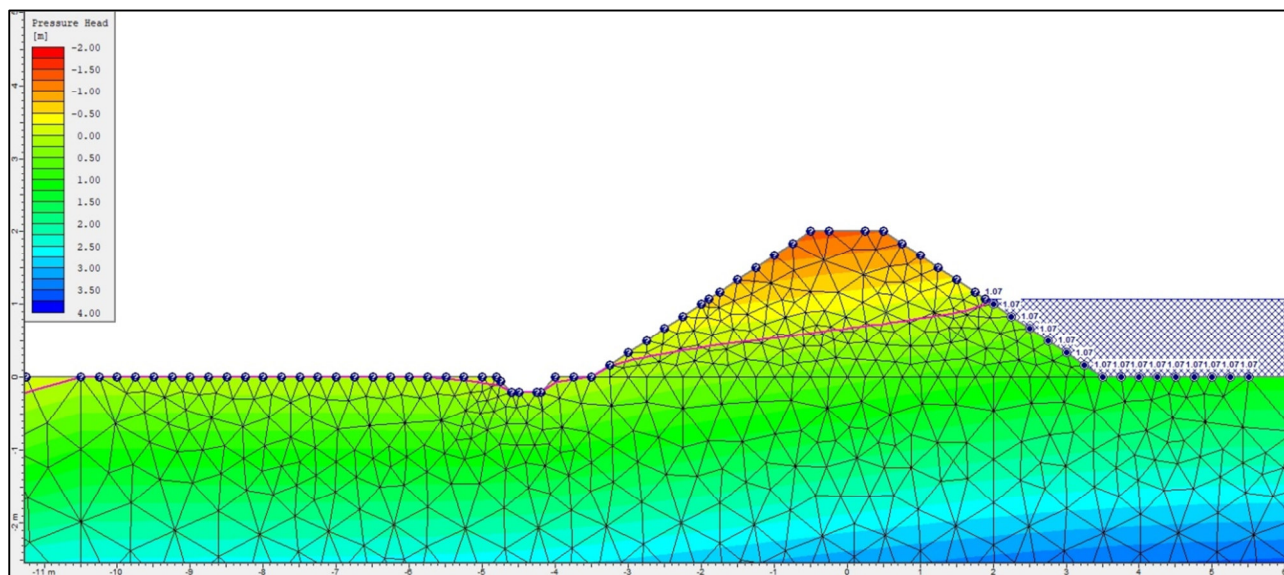


Figura 15-18 – Argini – Verifiche di filtrazione – Andamento delle pressioni neutre

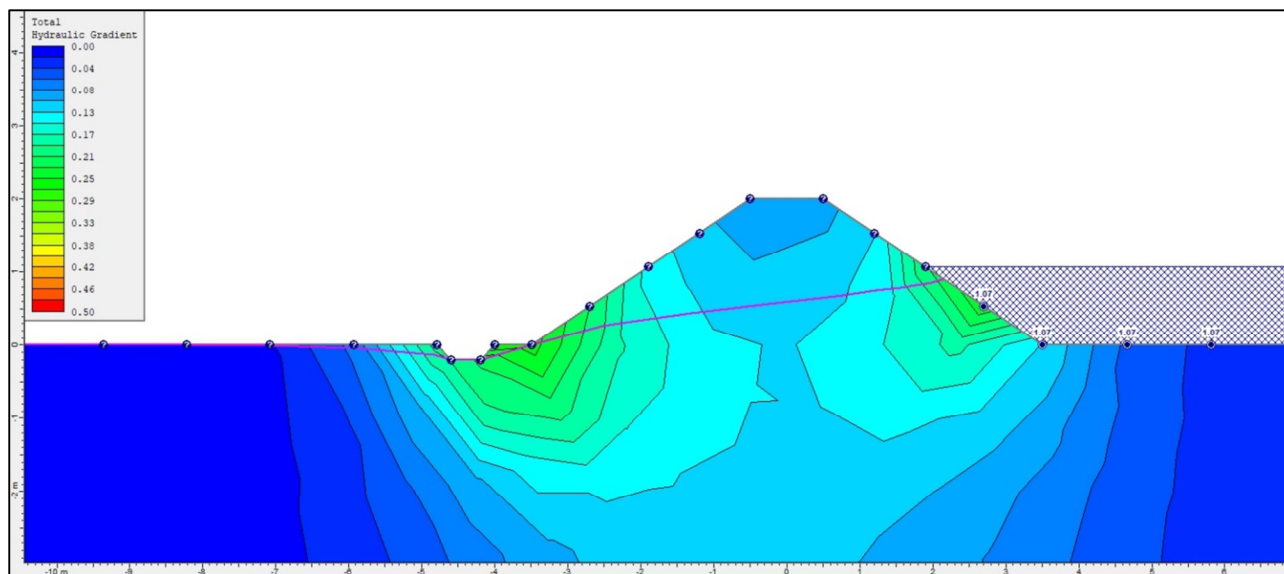


Figura 15-19 – Argini – Verifiche di filtrazione – Gradiente idraulico

Come è possibile evincere dai risultati illustrati in Figura 15-19, il rapporto tra il gradiente idraulico critico assunto pari a 1 e i valori del gradiente idraulico ottenuti dalle analisi risulta sempre maggiore di 2, scongiurando possibili fenomeni di sifonamento dell'argine.

Le analisi condotte hanno inoltre consentito di stimare un valore della portata d'acqua che potenzialmente potrebbe emergere all'interno dell'aere di lavoro delimitate dalle opere provvisorie a monte e a valle del Manufatto Limitatore.

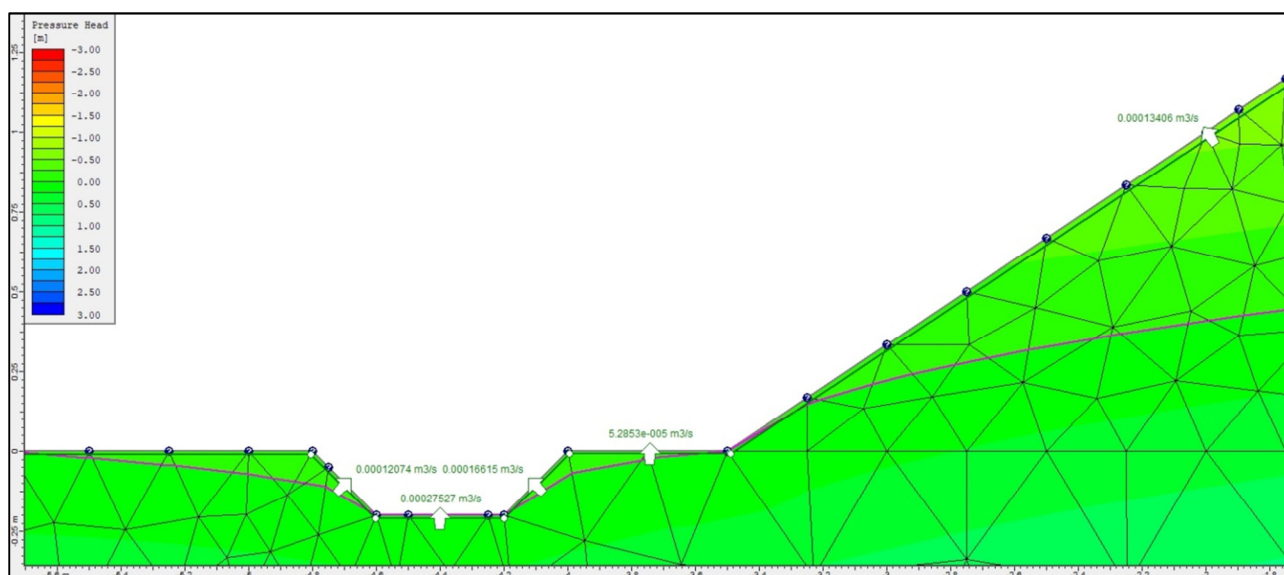


Figura 15-20 – Argini – Verifiche di filtrazione – Portate

Dalle analisi eseguite è stato possibile evincere che durante un potenziale evento di piena con portata pari a $153 \text{ m}^3/\text{s}$, il fenomeno di filtrazione a monte del Manufatto risulta irrilevante per via della tenuta idraulica delle palancole metalliche e l'infissione delle stesse all'interno dello strato di limo (Unità geotecnica UG.2).

A valle del Manufatto, considerando un'estensione dell'argine pari a circa 56 m, è stato invece stimato un potenziale valore di portata filtrante all'interno dell'area di lavoro pari a circa $0.036 \text{ m}^3/\text{s}$ corrispondente a circa $130 \text{ m}^3/\text{h}$.

Tale valore è stato preso come riferimento per il dimensionamento del sistema di pompe idrauliche previsto per l'allontanamento delle acque di infiltrazione.

Al fine di assicurare che i materiali costituenti gli argini abbiano le caratteristiche di permeabilità definite in progetto si prevede l'esecuzione di n° 4 prove di permeabilità in pozzetto da realizzare in sito in accordo alle raccomandazioni AGI 1977 (n° 2 prove nella stagione 1 e n° 2 prove nella Stagione 2).

Tali prove dovranno essere effettuate durante la costruzione degli argini, su piani a 1 m di elevazione dalla fondazione degli stessi.

Le cadenze indicate potranno essere modificate dalla DL, in relazione alle caratteristiche del terreno effettivamente movimentato in sito.

15.5.2 Dimensionamento pompe

Al fine di assicurare la messa in asciutto delle aree di lavoro a valle ed a monte del Manufatto è prevista la messa in opera di n°2 pompe per l'allontanamento di eventuali acque di infiltrazione. Tali pompe verranno alloggiare nei pozzetti di raccolta delle acque previsti in progetto a monte e a valle del Manufatto nelle due Stagioni.

Per quanto riguarda il funzionamento delle pompe da alloggiare nell'area di cantiere a valle del Manufatto sono stati ipotizzati due scenari:

- Scenario 1 (fenomeno di piena): portata filtrante Q_{f1} pari a $130 \text{ m}^3/\text{h}$ ($3120 \text{ m}^3/\text{gg}$)
- Scenario 2: funzionamento regolare - portata filtrante Q_{f2} pari a $13 \text{ m}^3/\text{h}$ ($312 \text{ m}^3/\text{gg}$);

$$Q_{f2} = 10\% Q_{f1}$$

Per quanto riguarda il funzionamento delle pompe da alloggiare nell'area di cantiere a monte del Manufatto è stato assunto il seguente scenario:

- Scenario 3: funzionamento regolare - portata filtrante Q_{f3} pari a $5 \text{ m}^3/\text{h}$ ($120 \text{ m}^3/\text{gg}$).

Al fine di allontanare i suddetti valori di portata filtrante dalle aree di cantiere è stato previsto che per ogni stagione siano disposte in cantiere n° 2 pompe aventi le seguenti caratteristiche:

- A valle del manufatto pompa con capacità non inferiore a $250 \text{ m}^3/\text{h}$
- A monte del manufatto pompe con capacità non inferiore a $20 \text{ m}^3/\text{h}$

Per stimare i costi per il noleggio delle pompe riportati nell'elaborato progettuale 3644_0041_Computo metrico estimativo è stato ipotizzato in via cautelativa che lo Scenario 1 si verifichi per 8 giorni a Stagione.

15.6 Opere di chiusura in massi cementati

Per garantire la tenuta idraulica tra le strutture in calcestruzzo esistenti (Manufatto Limitatore e manufatto di ingresso alla cassa di laminazione) e le palancole/argini provvisionali saranno realizzate delle opere di chiusura in massi cementati. Tali opere avranno a monte un'altezza pari a 3.5 m (altezza fuori terra delle palancole messe in opera durante la Stagione 1) e a valle un'altezza pari a 2 m (altezza dell'argine).

La porzione di tali opere a contatto con il Manufatto Limitatore oggetto degli interventi sarà realizzata agli inizi della Stagione 1 e verrà demolita al termine della Stagione 2 (resterà quindi in alveo durante il tempo di esecuzione degli interventi e nell'intervallo tra le due Stagioni).

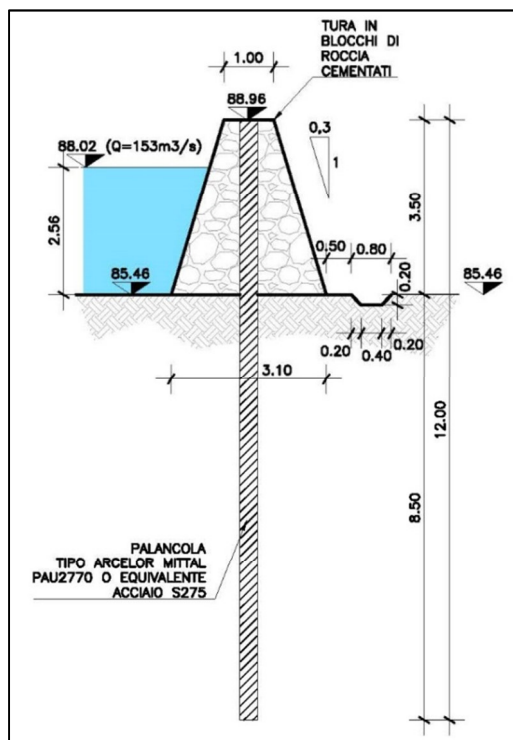


Figura 15-21 – Opere di chiusura in massi cementati – Stagione 1-2 - Sezione tipo a monte del Manufatto

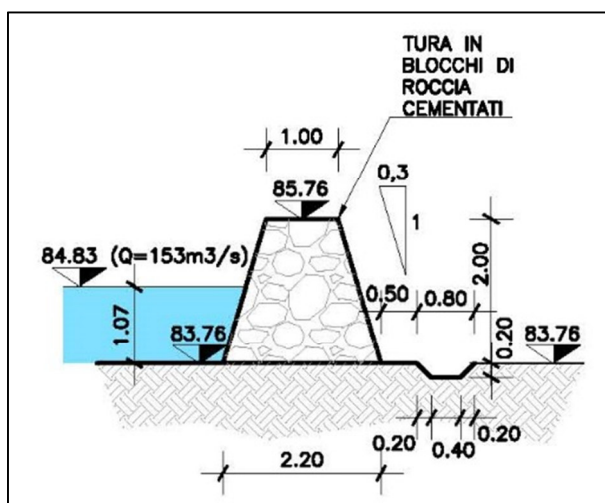


Figura 15-22 - Opere di chiusura in massi cementati - Stagione 1 - 2 - Sezione tipo a valle del Manufatto

Per garantire la tenuta idraulica tra le palancole metalliche messe in opera durante la Stagione 2 e il manufatto di ingresso alla cassa di espansione è prevista la realizzazione di una tura in massi cementati avente sezione tipo rappresentata nella figura sottostante.

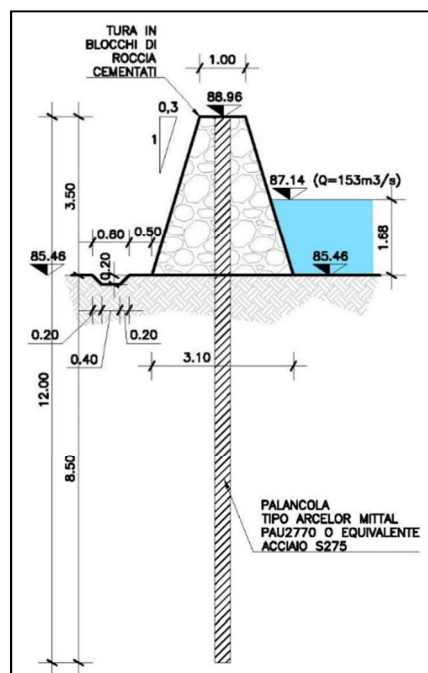


Figura 15-23 - Opere di chiusura in massi cementati - Stagione 2 - Sezione tipo a monte del Manufatto

15.7 Prolungamento tubo di scarico a valle del manufatto

A valle del Manufatto Limitatore oggetto degli interventi di ripristino previsti nel presente Progetto si trova lo scarico delle acque bianche del comune Borgo Enza (vedi Figura 15-24).



Figura 15-24 – Tubo di scarico a valle del manufatto – Stato di fatto

Durante la Stagione 1 (varchi 1,2 e 3 in sinistra idraulica occlusi) è prevista la messa in opera di un sistema di tubi prefabbricati in calcestruzzo per prolungare il suddetto scarico fino a raggiungere il Torrente Enza a valle dell'argine da realizzare a valle del Manufatto. Tale accorgimento eviterà che l'acqua dallo scarico possa confluire all'interno dell'area di lavoro durante lo svolgimento degli interventi.



Figura 15-25 – Tubo di scarico a valle del manufatto – Planimetria di progetto

15.8 Rampe di accesso alle aree di lavoro

La viabilità di cantiere prevede la realizzazione di n. 4 rampe di accesso in alveo per consentire l'ingresso alle aree di lavoro a valle ed a monte del Manufatto Laminatore. Due di queste saranno costruite in destra idraulica durante la Stagione 1 mentre le altre due saranno realizzate in sinistra idraulica durante la Stagione 2. Ogni rampa sarà rimossa al termine della stagione per la quale se ne prevede l'impiego.

Le rampe saranno realizzate con materiale ghiaioso (terre gruppo A2) da prelevare in alveo e presenteranno una pendenza massima del 18%. Ogni rampa avrà estensione in dipendenza del dislivello superato e garantirà una corsia di ampiezza minima pari a 4 m. Nelle tratte in cui il dislivello da annullare supera i 2 m sarà realizzato un dosso in terra a protezione dei mezzi di cantiere.

Di seguito sono riassunte le principali caratteristiche geometriche delle rampe da realizzare.

Stagione 1:

- Rampa di valle: estensione pari a circa 12 m – dislivello pari a circa 2 m
- Rampa di monte: estensione pari a circa 41 m – dislivello pari a circa 7 m

Stagione 2:

- Rampa di valle: estensione (salita + discesa) pari a circa 23 m (2x 11.5 m) – dislivello pari a 2 m
- Rampa di monte: estensione (salita + discesa) pari a circa 41 m (2x 20.5 m) – dislivello pari a circa 2.5 m