



Commessa:

**PR-E-1087 Lavori urgenti di messa in sicurezza
della briglia selettiva a funzione del manufatto limitatore
della cassa di espansione di monte del torrente Enza
CUP B77H22000180001**



**PROGETTO ESECUTIVO - 1° STRALCIO
PARTE GENERALE**

**RELAZIONE TECNICA SULLO STATO
DI CONSISTENZA DELL'OPERA
DA RISTRUTTURARE**

Scala: -

2022-1087-PR-RG02

Tav.

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	14.11.2022	Emissione	RR	RR	RR

I PROGETTISTI



Monica Larocca
Dott. Ing. Monica Larocca

IL RUP

1 PREMESSA

I.S.I. Ingegneria e Ambiente ricevette da AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume PO) in data 15.09.2022 (PG 00021447/2022) comunicazione pec di conferma di affidamento effettuato con Determina del Dirigente della DTI Emilia Occidentale n.888 del 23/08/2022, di servizi per la redazione dello studio di fattibilità, progettazione definitiva ed esecutiva oltre a coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione di "Lavori urgenti di messa in sicurezza della briglia selettiva a funzione del manufatto limitatore della cassa di espansione di monte del torrente Enza – PR-E-1087" Codice gara: G00162 - CIG: 9257889BAD



Figura 1: Inquadramento della zona d'intervento.

L'intervento a progetto si configura come UNA MANUTENZIONE STRAORDINARIA di un manufatto idraulico esistente, tale da non apportare modifiche al regime idraulico dei reticoli idrici superficiali.

In ragione di ciò, le opere oggetto di progettazione **rientrano nel caso** di (rif. Allegato D del DGR79/2018):

"Interventi di manutenzione della vegetazione ripariale, dei canali, delle opere idrauliche e delle opere di difesa della costa, a condizione che siano rispettate le modalità di intervento definite nel Disciplinary tecnico per la manutenzione ordinaria dei corsi d'acqua naturali ed artificiali e delle opere di difesa della costa nei siti della Rete Natura 2000 (SIC e ZPS)" (DGR n. 667/09) e s.m.i., e, contestualmente, le regolamentazioni definite nelle Misure Generali e Specifiche di Conservazione e nei Piani di Gestione."

Per le quali NON è prevista l'attivazione della procedura di Verifica di Assoggettabilità a VIA, ai sensi DGR 79/2018 (All.D) e D.Lgs.152-2006 All.IV.7. Per il D.Lgs. 152-2006 risultano infatti escluse dalla procedura di VIA le difese spondali, le opere di stabilizzazione d'alveo nonché la manutenzione e l'adeguamento funzionale delle opere di contenimento dei livelli di piena. Regione Emilia Romagna ha infine pubblicato un *"Elenco delle tipologie dei piani, dei programmi, dei progetti, degli interventi e delle attività di modesta entità ritenuti non incidenti negativamente sulle specie animali e vegetali e sugli habitat di interesse comunitario presenti nei siti della rete Natura 2000 dell'Emilia-Romagna e oggetto di pre-valutazione di incidenza regionale"* tra cui rientra l'intervento a progetto in quanto: "Manutenzione dei manufatti e delle opere di difesa del suolo e di gestione della risorsa idrica presenti nei corsi d'acqua". In apposito paragrafo della presente relazione verranno precisati i termini e le modalità per cui l'intervento a progetto possa presentare caratteristiche tali da non incidere negativamente sul sito di interesse comunitario.

2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA IDRAULICA ESISTENTE

Il manufatto di briglia attuale è l'esito di due interventi successivi che hanno generato due differenti tipologici di sezione trasversale, entrambi oggetto di verifica strutturale.

Con i lavori del 1996, infatti una struttura esistente è stata prolungata, o meglio spostata verso la sponda sx di 45ml.

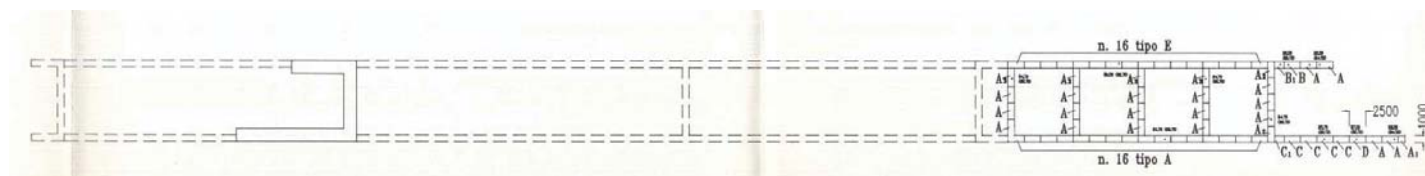


Figura 2: Planimetria delle diaframature di fondazione da progetto 1996 – Tavola 46

Durante i lavori venne quindi decisa la realizzazione di una diafammatura di ammortamento di monte lungo il tratto di 99ml occupato dalla traversa esistente, generando la sezione tipologica di figura seguente. Il tratto di prolungamento (spostamento) della traversa venne infine definito in 41ml. Di seguito si riporta la planimetria delle diaframature come realizzate in corso d'opera.

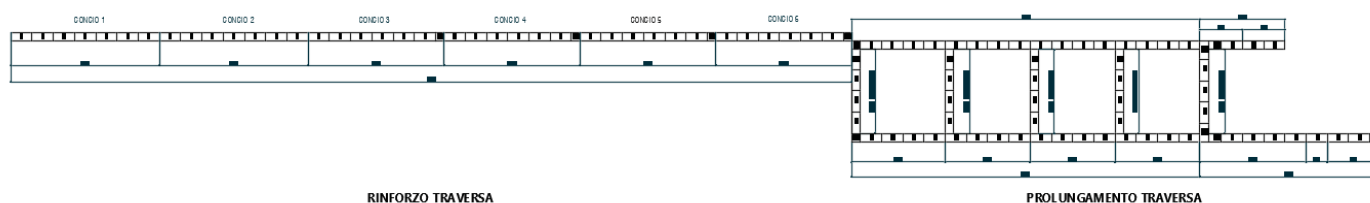


Figura 3: Planimetria delle diaframature come realizzate (Libretto misure SAL 10)

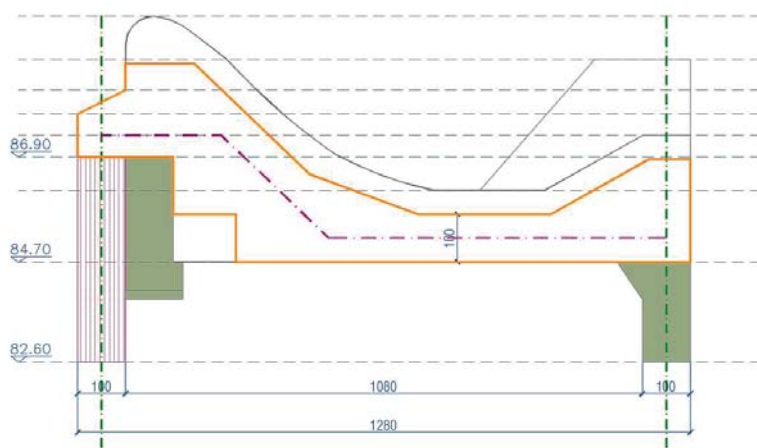


Figura 4: Sezione trasversale briglia "rinforzata"

In dettaglio, l'intervento di rinforzo sulla sezione di briglia esistente è consistito nella realizzazione di una diafammatura di monte di spessore pari a 100cm, altezza di 4.3m con quota di sommità del pannello pari a 86.90m.s.l.m..

La struttura in c.a. della briglia venne quindi rinforzata ed adattata secondo i criteri schematizzati in figura seguente.

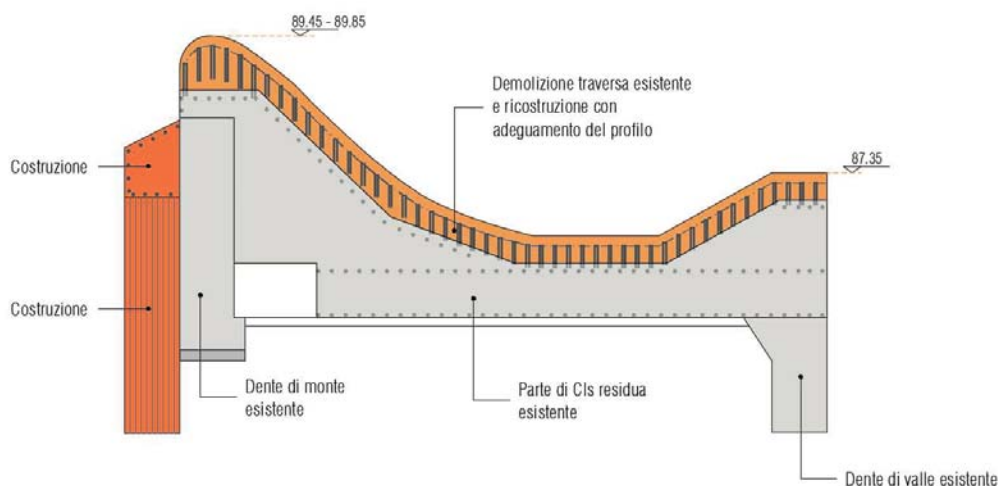


Figura 5: Interventi di adeguamento e rinforzo della briglia esistente

Il tratto di prolungamento presenta invece la sezione tipologica seguente:

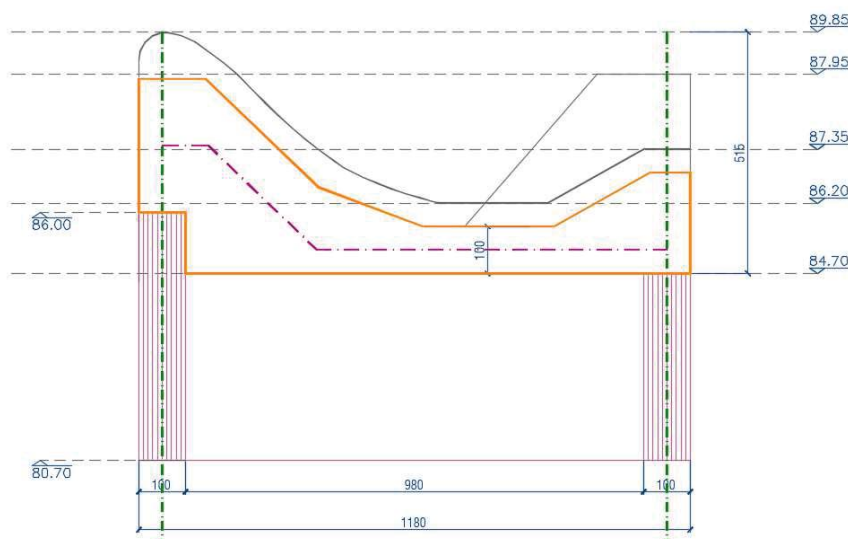


Figura 6: Sezione trasversale del tratto di briglia in prolungamento

Con diaframmiature di monte e di valle di spessore pari a 100cm e quota di imposta pari a 80.70m.s.l.m.. Entrambe le sezioni presentano denti di valle di ampiezza pari a 160cm posti ad interasse di 320cm.

2.1 Condizioni attuali (settembre 2022) del manufatto

Il manufatto si presenta sensibilmente compromesso dalla azione idrodinamica del torrente e dagli effetti di trasporto solido, come dimostrato dal rilievo fotografico allegato al presente progetto (rif. Elab. 2022-1087-PR-SF.02, 2022-1087-PR-SF.07.1-2-3)

Lo stesso manufatto venne rinforzato e prolungato nell'ambito dei lavori di "Sistemazione del Torrente Enza dal ponte della strada di Traversetolo-S.Polo al ponte dell'Autostrada Milano-Bologna – RIF.PS45 MA-3-PR-024" realizzati negli anni 1996-1997 dalla Associazione di imprese Consorzio Cooperative Produzione Lavoro ed Impresa Pizzarotti & C. S.p.A.. A seguito di tali interventi di prolungamento e rinforzo della briglia la struttura oggi risulta composta da due sezioni tipologiche caratterizzate, entrambe, da omogenee:

- soglia di sfioro posta a quota 89.95m.s.l.m.
- vasca di dissipazione con quota di fondo posta a 86.20m.s.l.m. e lunghezza di 8ml

ma differenti diaframmiature di ammortamento di monte, impostate a quote:

- +82,60m.s.l.m. nel caso del tratto preesistente e rinforzato con gli interventi del 1996
- +80,70m.s.l.m. nel caso del tratto di prolungamento realizzato nell'ambito dell'appalto lavori datato 1996

Per valutare l'entità del degrado e la conseguente entità dell'intervento di messa in sicurezza e ripristino, nell'ambito della attività Preliminare delle fasi di Progettazione si è provveduto ad accertare l'assenza di spostamenti relativi tra i conci della struttura mediante rilievo topografico del manufatto.

I riscontri prodotti in Elaborati tecnici 2022-1087-PR-SF.05.1-2-3 hanno dimostrato la sostanziale stabilità del manufatto e l'assenza di spostamenti relativi o cedimenti altimetrici dei conci.

Il rilievo topografico è stato inoltre affiancato da una mappatura fotografica effettuata da drone e finalizzata al rilevamento di eventuali stati fessurativi della struttura in c.a. della soglia di sfioro e della vasca di dissipazione.

Tale circostanza è stata anch'essa esclusa dai rilievi effettuati in sito.

Di contro, la mappatura del degrado ha evidenziato condizioni di ammaloramento di differenti gravità, tra cui:

- **Abrasione contenuta allo spessore del copriferro, ossia limitata ai primi 40mm del manufatto;**
- **Erosione estesa ad uno spessore prossimo ai 70mm e tale da esporre le armature di estradosso;**
- **Distacchi di parti in c.a., di spessori maggiori i 70mm, con parzializzazione della sezione.**

L'abrasione è particolarmente presente lungo la porzione della soglia di sfioro, l'erosione è stata evidenziata lungo il perimetro dei denti di dissipazione mentre i distacchi sono stati riscontrati nella zona centrale del manufatto occupata dalla vasca di dissipazione.

Sia il rilievo topografico che la mappatura con immagini aeree hanno invece confermato:

- **Il sostanziale interrimento a monte della briglia (tale da raggiungere la soglia di sfioro);**
- **L'interrimento dell'intero manufatto per un tratto di circa 70ml in sponda sx sia a monte che a valle;**
- **La erosione a valle della struttura con asportazione della mantellata in massi allestita durante i lavori del 1996.**

I riscontri acquisiti in sede di Valutazione di Fattibilità e Progettazione Preliminare hanno pertanto supportato una strategia di intervento finalizzata al ripristino della sezione in c.a. nelle parti distaccate oltre che ad un generale ripristino della struttura corticale del manufatto in c.a..

L'esclusione di eventuali interventi di rinforzo sezionale o fondale sul manufatto è sancita dalla verifica della sicurezza della struttura condotta in conformità con le indicazioni normative del DM 17/01/2018 e relativa Circolare n.7 del 21/01/2019 oltre che del DM 26/06/2014 (benché si parli di "briglia selettiva" e non di "traversa fluviale"), effettuata nell'ambito della attività di progettazione Definitiva ed Esecutiva.

La valutazione della sicurezza del manufatto esistente è stata quindi approcciata mediante analisi della documentazione tecnica fornita dalla S.A. oltre che dal coordinamento ed analisi delle campagne di indagini geognostiche e diagnostiche sui materiali commissionate dalla SA negli anni 2019-2020.

La elaborazione progettuale Definitiva ed Esecutiva dedica appositi elaborati tecnici (2022-1087-PR-GEO2, 2022-1087-PR-GEO3, 2022-1087-PR-STR2) alla presentazione di tali campagne di indagini ed alla modalità di estrapolazione dei dati e dei parametri utilizzati per le verifiche.

Le analisi non hanno compreso, in quanto escluso dal servizio di ingegneria:

- l'analisi idraulica dell'intero sistema;
- lo studio del trasporto solido sul tratto;
- le verifiche geotecniche di stabilità spondale e/o arginale

Limitando quindi le verifiche all'ambito strutturale con verifiche SLU ed SLV condotte sulla sola struttura della briglia caratterizzata da:

- Classe d'uso II
- Vita Nominale = 50 anni
- Categoria del suolo di fondazione = C
- Categoria Topografica = T1
- Classe di duttilità = NON DISSIPATIVA
- α_g (SLV) = 0.1519

2.2 Rilievo topografico (SF)

Il rilievo topografico effettuato già in fase di elaborazione preliminare della soluzione progettuale, comprende sia le aree adiacenti il manufatto esistente. Nello specifico, si è provveduto ad effettuare rilievo del manufatto esistente, con elaborazione di planimetria di rilievo, sezioni trasversali di monte e di valle. Allo stesso modo si è proceduto alla rilevazione dei manufatti di spalla esistenti.

I dati di rilievo sono stati quindi comparati con la documentazione progettuale datata 1996 oltre che con gli elaborati grafici as-built allegati alla contabilità lavori dell'appalto 1996.

La elaborazione critica dei dati topografici e storici, oltre che delle informazioni acquisite dai saggi effettuati nell'ambito delle campagne di indagini diagnostiche e geognostiche, ha consentito la completa definizione delle sezioni tipologiche del manufatto, come riportate in elaborati grafici 2022-1087-PR-SF.06.1-2-3, rispettivamente dedicati a:

- Rappresentazione delle diaframature di fondazione;
- Definizione della sezione tipologica ottenuta dall'intervento di rinforzo del 1996
- Descrizione della sezione tipologica realizzata ex novo nel 1996 a prolungamento della struttura esistente.

Il rilievo dell'area oggetto di intervento è stato inquadrato nell'ambito di un tratto d'alveo sviluppato da sponda sx a dx per una lunghezza monte-valle di 40ml. E. stato eseguito con strumentazione satellitare GPSed è stato inquadrato nella cartografia CTR raccordandolo nelle quote altimetriche alla quota dei caposaldi CS1-CS2-CS3 appositamente localizzati presso la briglia di monte e il manufatto limitatore di valle (monografie prodotta nell'ambito della restituzione di rilievo in Elab. 2022-1087-PR-SF.05.3).

Nell'ambito del servizio, apposita serie di elaborati grafici (**identificati con la sigla SF –STATO DI FATTO**) è dedicata alla restituzione dei dati di rilievo con produzione di:

- 2022-1087-PR-SF.05.1: Planimetria di piano quotato;
- 2022-1087-PR-SF.05.2: Sezioni trasversali a monte e a valle della briglia (A-A, B-B);
- 2022-1087-PR-SF.05.1-2: Sezioni longitudinali (C-C, D-D);
- 2022-1087-PR-SF.05.3: Monografie dei caposaldo;

Una ulteriore serie di Elaborati descrive il manufatto anche nelle parti “non a vista” mediante coordinamento tra dati di rilievo, di progetto e come costruito:

- 2022-1087-PR-SF.06.1: Planimetria delle diaframature di fondazione (con armatura dei pannelli);
- 2022-1087-PR-SF.06.2: Casseratura ed armatura dei conci 2-3-4-5-6 oggetto di rinforzo nel 1996;
- 2022-1087-PR-SF.06.3: Casseratura ed armatura dei conci di prolungamento realizzati ex novo nel 1996;

Completa la caratterizzazione dello stato di fatto la mappatura dello stato del degrado effettuata mediante volo aereo con drone e rendicontata negli elaborati grafici di serie 2020-1087-PR-SF.07.1-2-3.

E' stato infine **approntato di un sistema di monitoraggio topografico** (illustrato in elaborati grafici **2022-1087-PR-S05**) che consenta di rilevare gli spostamenti dei conci e delle spalle della traversa di monte come pure gli spostamenti differenziali degli elementi comparando i dati di rilievo “0” datato agosto 2022.

2.3 Verifica della sicurezza e valutazione di vulnerabilità sismica

La verifica della sicurezza e valutazione di vulnerabilità sismica del manufatto è stata condotta considerando:

- Il valore della azione sismica da DM 26.06.2014 § C.7.7.1 e DM 17.01.2018 § 7.11.6
- Le combinazioni in SLU ed SLV come da §2.5.3 NTC 2018 e §C.8 DM 26.06.2014
- La definizione delle sollecitazioni di domanda e resistenza come da indicazioni di NTC 2018
- Il livello di conoscenza pari ad LC3 (FC=1) in ragione della disponibilità dei disegni progettuali ed as-built oltre che della campagna di indagini diagnostiche coerente con le indicazioni di Tabb. C8.5.IV e C8.5.V

Gli elaborati strutturali di progetto Definitivo-Esecutivo comprendono pertanto la verifica della sicurezza e **vulnerabilità sismica di strutture esistenti** con:

- 2022-1087-PR-STR1 Relazione di caratterizzazione sismica del sito
- 2022-1087-PR-STR2 Relazione di caratterizzazione dei materiali

- 2022-1087-PR-STR3 Analisi storico-critica e verifica di vulnerabilità sismica delle strutture esistenti
- 2022-1087-PR-STR4 Relazione geotecnica

Le verifiche strutturali, si accompagnano ad una valutazione della "sostenibilità" delle sollecitazioni fondali riscontrate in ambiti SLU, SLV e trasmesse alle diaframature di monte e valle, sviluppata in apposita relazione geotecnica.

2.4 Incidenza ambientale degli interventi a progetto sul sito SIC-ZPS di intervento

Le opere oggetto di progettazione in quanto INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA su di un manufatto IDRAULICO ESISTENTE **rientrano nel caso** di (rif. Allegato D del DGR79/2018):

"Interventi di manutenzione della vegetazione ripariale, dei canali, delle opere idrauliche e delle opere di difesa della costa, a condizione che siano rispettate le modalità di intervento definite nel Disciplinare tecnico per la manutenzione ordinaria dei corsi d'acqua naturali ed artificiali e delle opere di difesa della costa nei siti della Rete Natura 2000 (SIC e ZPS)" (DGR n. 667/09) e s.m.i., e, contestualmente, le regolamentazioni definite nelle Misure Generali e Specifiche di Conservazione e nei Piani di Gestione."

Per le quali NON è prevista l'attivazione della procedura di Verifica di Assoggettabilità a VIA, ai sensi DGR 79/2018 (All.D) e D.Lgs152-2006 All.IV.7.

Per il D.Lgs. 152-2006 risultano infatti escluse dalla procedura di VIA le difese spondali, le opere di stabilizzazione d'alveo nonché la manutenzione e l'adeguamento funzionale delle opere di contenimento dei livelli di piena.

Regione Emilia Romagna ha infine pubblicato un *"Elenco delle tipologie dei piani, dei programmi, dei progetti, degli interventi e delle attività di modesta entità ritenuti non incidenti negativamente sulle specie animali e vegetali e sugli habitat di interesse comunitario presenti nei siti della rete Natura 2000 dell'Emilia-Romagna e oggetto di pre-valutazione di incidenza regionale"* tra cui rientra l'intervento a progetto in quanto: "Manutenzione dei manufatti e delle opere di difesa del suolo e di gestione della risorsa idrica presenti nei corsi d'acqua".

Di seguito verranno precisati i termini e le modalità per cui l'intervento a progetto possa presentare caratteristiche tali da non incidere negativamente sul sito di interesse comunitario.

Le tipologie dei manufatti e delle opere di difesa del suolo e di gestione della risorsa idrica presenti nei corsi d'acqua, naturali o artificiali, sono le seguenti:

- Opere di regimazione idraulica:
dighe, briglie, rampe, soglie, traverse, casse di espansione ed altri manufatti simili.
- Opere di difesa spondale:
scogliere, pennelli, repellenti, gabbionate e muri ed altri manufatti simili.
- Manufatti idraulici:
impianti idrovori, chiaviche, paratoie, sfioratoi, botti-sifone, postazioni di pompaggio, scolmatori, opere di presa, opere di scarico, ricolli, appostamenti idraulici, cabine, manufatti di servizio ed altri manufatti simili.
- Infrastrutture viarie:
ponti, guadi, passerelle ed altri manufatti simili.

L'intervento di sostituzione o manutenzione, ordinaria e straordinaria, delle opere, dei manufatti e delle infrastrutture viarie presenti nei corsi d'acqua, naturali o artificiali, è possibile a condizione che:

- ✓ si tratti di **interventi di restauro, ripristino**, risanamento conservativo **o pulizia delle opere e dei manufatti**.
- ✓ l'eventuale taglio raso della vegetazione arborea e arbustiva finalizzato all'accesso all'area di cantiere sia limitato al minimo indispensabile.
- ✓ in corrispondenza di opere, manufatti e infrastrutture viarie quali: ponti, guadi, passerelle, briglie, soglie, rampe, traverse, imbocchi delle casse di espansione, opere di presa o di scarico, è ammesso il taglio raso della vegetazione ripariale arborea e arbustiva al massimo per un tratto di 50 m a monte e a valle delle opere;
- ✓ siano adottati gli accorgimenti per tutelare la fauna ittica, provvedendo al suo eventuale spostamento in luoghi idonei, per ridurre al minimo l'intorbidamento delle acque e per evitare lo sversamento di sostanze inquinanti ed il prosciugamento del corso d'acqua.

- ✓ in caso di lavori che interessino la **modifica del fondo del corso d'acqua** i lavori devono essere eseguiti in modo tale che il fondo presenti caratteristiche morfologiche seminaturali (irregolarità, presenza di materiale litoide di varie dimensioni, presenza di buche, ecc.), al fine di non determinare una banalizzazione dell'ambiente fluviale.

Non rientrano in questa casistica il rifacimento totale con o senza incremento delle dimensioni o le costruzioni ex-novo delle opere e dei manufatti di difesa del suolo e di gestione della risorsa idrica **o la movimentazione di materiale dell'alveo** di qualsiasi genere e scopo, in quanto questi interventi sono soggetti alla procedura di Screening.

L'intervento di ricarico arginale con terreno di riporto o il rifacimento totale di un argine per una lunghezza massima di 500 m sono sempre possibili. Non rientrano in questa casistica il rifacimento totale di lunghezza maggiore di 500 m o le costruzioni ex-novo degli argini in quanto gli interventi sono soggetti alla procedura di Screening.

L'intervento previsto a progetto si conforma ai criteri indicati da RER nel Documento *"Elenco delle tipologie dei piani, dei programmi, dei progetti, degli interventi e delle attività di modesta entità ritenuti non incidenti negativamente sulle specie animali e vegetali e sugli habitat di interesse comunitario presenti nei siti della rete Natura 2000 dell'Emilia-Romagna e oggetto di pre-valutazione di incidenza regionale"* in quanto relativo a lavorazioni di ripristino e pulizia con sagomatura d'alveo senza che sia prevista alcuna movimentazione di materiale dell'alveo.

La realizzazione degli interventi sarà conformata al *"Disciplinare tecnico per la manutenzione ordinaria di corsi d'acqua naturali ed artificiali e delle opere di difesa della costa nei siti della rete Natura 2000"* redatto da Regione Emilia Romagna.

3 OBIETTIVI DEL PROGETTO

Il progetto consiste nel ripristino della sezione c.a. e dello strato corticale del manufatto idraulico della briglia selettiva di monte. L'intervento di ripristino sarà preceduto da lavorazioni di pulizia del manufatto con rimozione dei detriti arborei e del materiale inerte accumulatosi per una ampiezza di circa 70ml in sponda sx, ossia pari al 50% della ampiezza della briglia. La sistemazione del presidio idraulico verrà quindi completata dalla sistemazione della mantellata in massi posta a valle della briglia di dissipazione, attualmente disconnessa e rimossa dal consistente fenomeno erosivo innescatosi a valle della briglia.

Il completo ripristino della briglia selettiva richiede ovviamente un intervento esteso su tutta l'ampiezza della traversa che verrà organizzato in due stralci funzionali di intervento.

Le attività a primo stralcio funzionale comprenderanno quindi:

- La pulizia del fronte occluso ed interrato in sponda sx (70ml);
- Il ripristino della sezione in c.a. e corticale delle parti della briglia in sponda dx (70ml);
- La sistemazione della mantellata in massi non cementati dei tratti caratterizzati da maggiore erosione

Il secondo Stralcio vedrà quindi il completamento:

- Delle attività di ripristino della sezione in c.a. e corticale della briglia in sponda sx
- Della sistemazione della mantellata in massi non cementati lungo l'intero fronte della briglia.

La programmazione a secondo stralcio funzionale delle lavorazioni di ripristino sezionale e corticale dello sviluppo di briglia attualmente interrato e non ispezionabile, consentirà di affinare la meglio la consistenza delle diverse tipologie di intervento sulle parti di manufatto oggi non visibili.

L'intervento NON modifica lo schema statico e non altera le condizioni di carico del manufatto esistente in quanto sia la struttura in c.a. della briglia, cautelativamente verificata con lo schema statico di trave a sezione variabile su doppio appoggio, che delle diaframature in c.a. di ammassamento di monte e di valle sono state verificate idonee con riferimento alle combinazioni statiche SLU e sismiche SLV.

In particolare, le combinazioni SLU hanno considerato:

- Bacino vuoto e sole spinte (a riposto) del terreno di monte considerando la briglia interrata a monte sino alla soglia di sfioro e completamente erosa a valle sino alla quota di intradosso platea;
- Massime condizioni idrometriche con spinta idrostatica ed idrodinamica non compensata pari alla altezza del paramento di monte e sottospinta pari alla medesima differenza di battente idrometrico. Spinta efficace delle terre di monte con configurazione analoga alle ipotesi di bacino vuoto

Le verifiche SLU sono state quindi condotte valutando:

- la spinta delle terre di monte con applicazione di un coefficiente di spinta a riposo piuttosto che di spinta attiva;
- l'assenza di spinta passiva del terreno di valle, ipotizzando il completo scalzamento a valle (circostanza non ancora concretizzata in sito).

Le verifiche SLV sono state condotte valutando:

- Bacino vuoto con spinta (a riposo) delle terre di monte con massimo interrimento (pari alla quota della soglia di sfioro) ed incremento in condizioni sismiche delle terre di monte (mediante applicazione della formulazione di Mononobe Okabe), assenza di spinta passiva da parte del terreno di valle, azione sismica applicata con metodo pseudo-statico (ammesso per questo genere di manufatti) in direzione orizzontale verso valle ed in direzione verticale ad incremento delle azioni assiali sui diaframmi
- Bacino pieno con spinta efficace (a riposo) delle terre di monte con massimo interrimento (pari alla quota della soglia di sfioro) ed incremento in condizioni sismiche delle terre di monte (mediante applicazione della formulazione di Mononobe Okabe), assenza di spinta passiva da parte del terreno di valle, azione sismica applicata con metodo pseudo-statico (ammesso per questo genere di manufatti) in direzione orizzontale verso valle ed in direzione verticale ad incremento delle azioni assiali sui diaframmi. Massimo battente idrometrico non compensato pari alla altezza del paramento di monte con relative spinte idrostatica, idrodinamica, sottospinta. Concomitanza al 30% della azione sismica con relative componenti verticali ed orizzontali oltre ad incremento sismico della spinta dei terreni di monte
- Bacino pieno concomitante al 30% con spinta efficace (a riposo) delle terre di monte con massimo interrimento (pari alla quota della soglia di sfioro) ed incremento in condizioni sismiche delle terre di monte (mediante applicazione della formulazione di Mononobe Okabe), assenza di spinta passiva da parte del terreno di valle, azione sismica applicata con metodo pseudo-statico (ammesso per questo genere di manufatti) in direzione orizzontale verso valle ed in direzione verticale ad incremento delle azioni assiali sui diaframmi. Massimo battente idrometrico non compensato pari alla altezza del paramento di monte con relative spinte idrostatica, idrodinamica, sottospinta. Concomitanza al 100% della azione sismica con relative componenti verticali ed orizzontali oltre ad incremento sismico della spinta dei terreni di monte

Per maggiori dettagli si rimanda alla Verifica di Sicurezza e di vulnerabilità sismica della struttura esistente di Elaborato 2022-1087-CR-STR3.

L'assenza di spostamenti o cedimenti differenziali tra i conci, accertata dal rilievo topografico acquisito in fase preliminare, ha confermato la stabilità del manufatto idraulico.

3.1 Interventi previsti

Come già esposto in relazione, la mappatura dello stato del degrado ha evidenziato condizioni di ammaloramento di differenti gravità, come graficamente illustrate in elaborati grafici 2022-1087-PR-SF07.1-2-3, tra cui:

- **Abrasione contenuta allo spessore del copriferro, ossia limitata ai primi 40mm del manufatto;**
- **Erosione estesa ad uno spessore prossimo ai 70mm e tale da esporre le armature di estradosso;**
- **Distacchi di parti in c.a., di spessori maggiori i 70mm, con parzializzazione della sezione.**

Per i quali sono stati definiti specifici protocolli di intervento, come di seguito illustrati.

3.1.1. TIPO 1 – ABRASIONE SUPERFICIALE

Degrado materico con perdita di materiale superficiale per uno spessore variabile da 10 a 40 mm per il quale si prevede il seguente protocollo di ripristino:

1. Preparazione del supporto

- Asportazione di tutte le parti incoerenti, eseguita mediante **idroscarifica e/o idrodemolizione** con sistema robotizzato ad avanzamento automatico atto ad asportare tutte le parti ammalorate e/o in fase di distacco anche di precedenti interventi, fino ad ottenere una superficie meccanicamente resistente e con ruvidità omogenea su tutta la superficie di almeno 5 mm.

- **Lavaggio** accurato di tutta la superficie, con acqua ad alta pressione ≥ 300 bar, in modo da allontanare dal supporto ogni residuo di sporco lasciato dalla precedente lavorazione
- 2. **Passivazione dei ferri di armatura eventualmente affioranti (preventivamente puliti dalla ruggine)**
mediante applicazione di malta cementizia anticorrosiva. La stesura del prodotto sarà effettuata a pennello, in due mani, per uno spessore totale non inferiore a 2 mm. Il prodotto passivante utilizzato dovrà rispondere ai principi definiti nella norma EN 1504-9 ("Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo: definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità. Principi generali per l'uso dei prodotti e sistemi") ed ai requisiti minimi richiesti dalla norma EN 1504-7 ("Protezione contro la corrosione delle armature").
- 3. **Saturazione del sottofondo**
Saturazione del sottofondo bagnando con acqua in pressione, al fine di evitare la sottrazione di acqua alla malta da applicare, con conseguente perdita delle caratteristiche espansive. Prima di applicare la malta si dovrà attendere l'evaporazione dell'acqua in eccesso. Per facilitare quest'operazione si potrà, se necessario, utilizzare aria compressa.
- 4. **Ricostruzione delle sezioni in calcestruzzo**
Con malta di classe R4 monocomponente a consistenza plastica (tissotropica), a ritiro compensato, resistente ai solfati, fibrorinforzata con fibre polimeriche strutturali, a comportamento incrudente, specifica per il ripristino di strutture in calcestruzzo. Al momento del confezionamento la malta dovrà essere miscelata con l'aggiunta dello 0,25% di additivo liquido stagionante in grado di ridurre il ritiro idraulico e l'insorgere di microfessurazioni. I prodotti dovranno rispondere ai principi definiti nella EN 1504-9 ("Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo: definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità. Principi generali per l'uso dei prodotti e sistemi") e ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-3 ("Riparazione strutturale e non strutturale") per le malte strutturali di classe R4. **Singolo strato di ripristino** dello spessore massimo di 30-40mm per il quale non è necessaria applicazione di rete elettrosaldata di contrasto.
- 5. **Rasatura complessiva della superficie**
Effettuata con malta cementizia monocomponente resistente ai solfati, per la finitura del calcestruzzo. Caratterizzata da elevata adesione al sottofondo e elevata resistenza all'abrasione. **Singola mano di stesa di spessore massimo pari a 3mm..**

3.1.2. TIPO 2 – ABRASIONE PROFONDA (EROSIONE)

Degrado materico con perdita di materiale superficiale per uno spessore variabile da 40mm a 70mm per il quale si prevede il seguente protocollo di ripristino:

1. **Preparazione del supporto**
 - Asportazione di tutte le parti incoerenti, eseguita mediante **idroscarifica e/o idrodemolizione** con sistema robotizzato ad avanzamento automatico atto ad asportare tutte le parti ammalorate e/o in fase di distacco anche di precedenti interventi, fino ad ottenere una superficie meccanicamente resistente e con ruvidità omogenea su tutta la superficie di almeno 5 mm.
 - **Lavaggio** accurato di tutta la superficie, con acqua ad alta pressione ≥ 300 bar, in modo da allontanare dal supporto ogni residuo di sporco lasciato dalla precedente lavorazione
2. **Passivazione dei ferri di armatura eventualmente affioranti (preventivamente puliti dalla ruggine)**
mediante applicazione di malta cementizia anticorrosiva. La stesura del prodotto sarà effettuata a pennello, in due mani, per uno spessore totale non inferiore a 2 mm. Il prodotto passivante utilizzato dovrà rispondere ai principi definiti nella norma EN 1504-9 ("Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo: definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità. Principi generali per l'uso dei prodotti e sistemi") ed ai requisiti minimi richiesti dalla norma EN 1504-7 ("Protezione contro la corrosione delle armature").
3. **Integrazione delle armature con inghisaggi effettuati mediante utilizzo di fissaggio chimico a matrice epossidica**

Per sfruttare al massimo l'azione di contrasto della rete stessa nei confronti dell'espansione della malta, l'armatura deve essere applicata distanziata da sottofondo e fissata con connettori, in modo da garantire un copriferro di almeno 20 mm.

4. Saturazione del sottofondo

Saturazione del sottofondo bagnando con acqua in pressione, al fine di evitare la sottrazione di acqua alla malta da applicare, con conseguente perdita delle caratteristiche espansive. Prima di applicare la malta si dovrà attendere l'evaporazione dell'acqua in eccesso. Per facilitare quest'operazione si potrà, se necessario, utilizzare aria compressa.

5. Ricostruzione delle sezioni in calcestruzzo

Con malta di classe R4 monocomponente a consistenza plastica (tissotropica), a ritiro compensato, resistente ai solfati, fibrorinforzata con fibre polimeriche strutturali, a comportamento incrudente, specifica per il ripristino di strutture in calcestruzzo. Al momento del confezionamento la malta dovrà essere miscelata con l'aggiunta dello 0,25% di additivo liquido stagionante in grado di ridurre il ritiro idraulico e l'insorgere di microfessurazioni. I prodotti dovranno rispondere ai principi definiti nella EN 1504-9 ("Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo: definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità. Principi generali per l'uso dei prodotti e sistemi") e ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-3 ("Riparazione strutturale e non strutturale") per le malte strutturali di classe R4. **Doppio strato di ripristino** dello spessore massimo di 60-70mm da eseguire per singoli strati di 30-40mm.

6. Rasatura complessiva della superficie

Effettuata con malta cementizia monocomponente resistente ai solfati, per la finitura del calcestruzzo. Caratterizzata da elevata adesione al sottofondo e elevata resistenza all'abrasione. **Singola mano di stesa di spessore massimo pari a 3mm.**

3.1.3. TIPO 3 – DISTACCO

Riduzione della sezione in c.a. con distacchi di spessore maggiore di 70mm per il quale si prevede il seguente protocollo di ripristino:

1. Preparazione del supporto

- Asportazione di tutte le parti incoerenti, eseguita mediante **idroscarifica e/o idrodemolizione** con sistema robotizzato ad avanzamento automatico atto ad asportare tutte le parti ammalorate e/o in fase di distacco anche di precedenti interventi, fino ad ottenere una superficie meccanicamente resistente e con ruvidità omogenea su tutta la superficie di almeno 5 mm.
- **Lavaggio** accurato di tutta la superficie, con acqua ad alta pressione ≥ 300 bar, in modo da allontanare dal supporto ogni residuo di sporco lasciato dalla precedente lavorazione

2. Passivazione dei ferri di armatura eventualmente affioranti (preventivamente puliti dalla ruggine)

mediante applicazione di malta cementizia anticorrosiva. La stesura del prodotto sarà effettuata a pennello, in due mani, per uno spessore totale non inferiore a 2 mm. Il prodotto passivante utilizzato dovrà rispondere ai principi definiti nella norma EN 1504-9 ("Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo: definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità. Principi generali per l'uso dei prodotti e sistemi") ed ai requisiti minimi richiesti dalla norma EN 1504-7 ("Protezione contro la corrosione delle armature").

3. Integrazione delle armature con inghisaggi effettuati mediante utilizzo di fissaggio chimico a matrice epossidica

Per sfruttare al massimo l'azione di contrasto della rete stessa nei confronti dell'espansione della malta, l'armatura deve essere applicata distanziata da sottofondo e fissata con connettori, in modo da garantire un copriferro di almeno 20 mm.

4. Saturazione del sottofondo

Saturazione del sottofondo bagnando con acqua in pressione, al fine di evitare la sottrazione di acqua alla malta da applicare, con conseguente perdita delle caratteristiche espansive. Prima di applicare la malta si dovrà attendere l'evaporazione dell'acqua in eccesso. Per facilitare quest'operazione si potrà, se necessario, utilizzare aria compressa.

5. Ricostruzione delle sezioni in calcestruzzo

Con malta di classe R4 monocomponente a consistenza plastica (tissotropica), a ritiro compensato, resistente ai solfati, fibrorinforzata con fibre polimeriche strutturali, a comportamento incrudente, specifica per il ripristino di strutture in calcestruzzo. Al momento del confezionamento la malta dovrà essere miscelata con l'aggiunta dello 0,25% di additivo liquido stagionante in grado di ridurre il ritiro idraulico e l'insorgere di microfessurazioni. I prodotti dovranno rispondere ai principi definiti nella EN 1504-9 ("Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo: definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità. Principi generali per l'uso dei prodotti e sistemi") e ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-3 ("Riparazione strutturale e non strutturale") per le malte strutturali di classe R4. **Doppio o triplo strato di ripristino** dello spessore massimo di 70-120mm da eseguire per singoli strati di 40-50mm.

6. Rasatura complessiva della superficie

Effettuata con malta cementizia monocomponente resistente ai solfati, per la finitura del calcestruzzo. Caratterizzata da elevata adesione al sottofondo e elevata resistenza all'abrasione. **Singola mano di stesa di spessore massimo pari a 3mm.**

3.2 Organizzazione dei lavori su due stralci funzionali

La disponibilità economica non permette l'attivazione di un unico intervento di ripristino la cui consistenza resta, per altro, condizionata dalla assenza di informazioni circa lo stato di degrado della porzione di briglia attualmente (settembre 2022) interrata e ingombra di detriti lignei.

Per tale ragione si è considerata la programmazione degli interventi in due stralci funzionali di cui il primo, oggetto del presente progetto esecutivo, relativo al ripristino della sezione in c.a. del manufatto di briglia per una ampiezza di 70ml (ossia pari al 50% della ampiezza complessiva) in adiacenza alla sponda destra idraulica.

Per quanto invece riguarda la sponda sinistra a primo stralcio funzionale si prevede un intervento di pulizia con rimozione dei detriti lignei oltre che dei materiali inerti di interrimento in briglia e a valle di essa.

Tali lavorazioni, oltre a ripristinare l'officiosità idraulica del manufatto, permetteranno una più accurata valutazione dello stato del degrado della porzione di briglia di sponda sinistra con relativa quantificazione della consistenza degli interventi da prevedere in secondo stralcio funzionale.

In questa sede, oltre alla computazione degli interventi previsti a primo stralcio funzionale, si è provveduto ad elaborare una quantificazione degli interventi da prevedere a completamento ipotizzando un livello di degrado della porzione di briglia interrata che dovrà essere verificata al termine dei lavori di primo stralcio funzionale.

3.3 Consistenza degli interventi a 1° e 2° Stralcio

Preso atto dei protocolli di intervento previsti per le condizioni di degrado riferibili ad ABRASIONE- EROSIONE-DISTACCO, ossia della attivazione della sequenza di lavorazioni relative a:

- Idrodemolizione superficiale sino ad uno spessore di 40mm;
- Idrodemolizione profonda per spessori maggiori di 40mm;
- Passivazione dei ferri armatura;
- Installazione di connettori in acciaio B450C con inghisaggio mediante fissaggio chimico a matrice epossidica;
- Posa di rete elettrosaldata;
- Ricostruzione profonda della sezione in c.a. con malta classe R4 monocomponente a consistenza plastica (tissotropica), a ritiro compensato;
- Ricostruzione superficiale della sezione in c.a. con malta classe R4 monocomponente a consistenza plastica (tissotropica), a ritiro compensato;
- Rasatura finale sp.3mm con malta cementizia monocomponente resistente ai solfati;

3.3.1. Idrodemolizione superficiale sino ad uno spessore di 40mm**PRIMO STRALCIO**

Trattamento esteso a tutto lo sviluppo della superficie esposta per l'ampiezza di briglia di 70ml di cui 41ml rappresentati dal prolungamento realizzato nel 1996 (sezione tipologica in figura 6) e 29ml dalla sezione preesistente con adattamento realizzato nel 1969 per la inclusione della diaframmatura di monte (sezione tipologica in figura 5).

La idrodemolizione superficiale è prevista anche per l'intera superficie esposta dei denti di valle di ampiezza pari a 160cm ed interasse di 320cm.

La superficie complessiva oggetto di trattamento, al netto dei 10ml occupati dalla scala di risalita della fauna ittica e rivestiti in massi, è pari a **1.754mq**

SECONDO STRALCIO

Con medesima modalità prevista a primo stralcio si estende la idrodemolizione corticale (40mm) per il tratto ulteriore di 70ml di briglia per complessivi **1.962mq**

3.3.2. Idrodemolizione profonda per spessori maggiori di 40mm

PRIMO STRALCIO

Visionato lo stato del degrado, si prevede idrodemolizione profonda per ulteriori 60mm lungo tutta l'ampiezza di 7.50ml (nel caso della sezione tipologica di prolungamento del 1996) e 7.20ml (per il tipologico preesistente) della vasca di dissipazione.

Per quanto riguarda i denti di dissipazione si considera la demolizione profonda di ulteriori 2cm lungo il fronte inclinato di monte e le pareti laterali per una altezza pari ad un quarto della altezza del dente.

La superficie complessiva degli strati di spessore 10cm ulteriormente demoliti è pari a **1.961mqcm**.

SECONDO STRALCIO

Si considera in questa fase l'ampiezza di briglia (70ml) adiacente alla sponda sinistra parzialmente erosa in considerazione dello stato di interrimento attuale del manufatto.

In ragione di ciò si è ipotizzato di dovere intervenire unicamente sulla ampiezza della vasca di dissipazione (7.20ml) per uno spessore ulteriore di 2cm, per complessivi **725mqcm**.

3.3.3. Passivazione dei ferri armatura

PRIMO STRALCIO

La passivazione dei ferri d'armatura è stata considerata sulla intera superficie esposta per complessivi **1.754mq**.

SECONDO STRALCIO

Analogo criterio è stato applicato al tratto di completamento di 2° stralcio per complessivi **1.962mq**

3.3.4. Installazione di connettori in acciaio B450C con inghisaggio mediante fissaggio chimico a matrice epossidica

PRIMO STRALCIO

Sulle superfici oggetto di idrodemolizione profonda è stata prevista la installazione di connettori in barre di acciaio per c.a. B450C del diametro di 16mm con profondità di inghisaggio di 10cm ed incidenza di 6 connettori a mq. Lo sviluppo complessivo dei connettori è quindi pari a **691ml**.

SECONDO STRALCIO

Analogo criterio è stato considerato per l'ampiezza di completamento per complessivi **816ml**.

3.3.5. Posa di rete elettrosaldata

PRIMO STRALCIO

Rete elettrosaldata D8 10x10 è considerata applicata alla zona della vasca di dissipazione (ampiezza pari a 7.50ml e 7.20ml) per complessivi **2.162kg**.

SECONDO STRALCIO

Con analoga modalità procedurale di primo stralcio funzionale si è considerata la fornitura e posa di rete elettrosaldata D8 10x10 applicata alla zona della vasca di dissipazione (ampiezza pari a 7.20ml) per complessivi **4.108kg**. L'ipotesi è particolarmente severa in quanto considera la zona della vasca di dissipazione completamente erosa e distaccata come riscontrato nella porzione di sponda dx di stralcio primo.

3.3.6. Ricostruzione profonda della sezione in c.a. con malta classe R4 monocomponente a consistenza plastica (tissotropica), a ritiro compensato

PRIMO STRALCIO

La ricostruzione profonda è stata valutata per le stesse superfici oggetto di idrodemolizione profonda per complessivi **432mq**.

SECONDO STRALCIO

La ricostruzione profonda (da 50mm a 100mm) è stata valutata per l'intero sviluppo della vasca di dissipazione (70mlx7.2ml) al netto dell'ingombro in pianta dei denti di valle, per complessivi **363mq**.

Non è stata prevista ricostruzione profonda della superficie di elevazione dei denti di dissipazione di valle.

3.3.7. Ricostruzione superficiale della sezione in c.a. con malta classe R4 monocomponente a consistenza plastica (tissotropica), a ritiro compensato

PRIMO STRALCIO

La ricostruzione superficiale (fino a 50mm) è considerata per l'intera superficie esposta per complessivi **1.754mq**.

SECONDO STRALCIO

La ricostruzione superficiale (fino a 50mm) è considerata per l'intera superficie esposta per complessivi **1.962mq**.

3.3.8. Rasatura finale sp.3mm con malta cementizia monocomponente resistente ai solfati

PRIMO STRALCIO

Rasatura finale di 3mm applicata alla intera superficie esposta per complessivi **1.754mq**

SECONDO STRALCIO

Rasatura finale di 3mm applicata alla intera superficie esposta per complessivi **1.962mq**

4 CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

4.1 Materiali esistenti

A seguire una breve sintesi delle prescrizioni progettuali e delle assunzioni di analisi strutturale adottate nella verifica dei manufatti esistenti. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati progettuali 2022-1087-PR-STR2 e 2022-1087-PR-GEO3.

La caratterizzazione del calcestruzzo e dell'acciaio per c.a. della traversa di dissipazione di monte è sviluppata in considerazione della campagna di indagini diagnostiche commissionate negli anni 2019 e 2020 dalla Stazione Appaltante ed illustrate in elaborato tecnico 2022-1087-PR-GEO3.

In considerazione delle caratteristiche di ripetitività della struttura nonché dell'acquisizione degli elaborati progettuali originari e della numerosità di prove dirette effettuate, si è ritenuto conforme alle indicazioni di Circolare 2019 l'applicazione di un livello di conoscenza pari a LC3 (con FC=1) per la valutazione della platea e della struttura di elevazione della traversa. I diaframmi strutturali, in quanto non indagati e di difficile indagine diretta, saranno invece valutati con LC2.

La verifica della struttura esistente è stata quindi sviluppata considerato calcestruzzo di classe:

- C32/40 per le strutture di elevazione con FC=1
- C20/25 per le strutture di fondazione con FC=1
- Come dichiarato a progetto, ossia C25/30, con FC=1.20 per le diaframature di fondazione

L'acciaio per armature è assunto di tipo B450C.

I materiali sono stati mantenuti in campo elastico in considerazione della natura monolitica degli elementi strutturali che compongono la briglia. Il calcestruzzo in opera è stato caratterizzato in ragione delle 15 prove a rottura delle rispettive carote prelevate in occasione della campagna di indagini 2019. Durante la campagne di indagini diagnostiche sono state estratte 3+3 campioni di barre. I valori medi sui 6 campioni delle tensioni di snervamento e rottura sono rispettivamente pari a **539 MPa e 662MPa**, ossia comparabili con i livelli prestazionali di un acciaio di tipo B450C (a progetto 1996 l'acciaio d'armatura è dichiarato essere di tipo Feb44k).

4.2 Prodotti utilizzati per il ripristino

4.2.1. Malta cementizia anticorrosiva per la passivazione dei ferri d'armatura

Malta cementizia anticorrosiva, monocomponente, a base di leganti cementizi, polimeri in polvere e inibitori di corrosione. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto a doppia mano, asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido e successiva rimozione dai ferri d'armatura della ruggine presente, mediante idrosabbatura o spazzolatura meccanica (da computarsi a parte) avendo cura di portare la superficie a metallo bianco (grado SA 2½).

Il prodotto, adatto per il trattamento protettivo ricalcinizzante dei ferri d'armatura, dovrà possedere un pH superiore a 12, livello minimo per garantire la passivazione del ferro ed essere applicato a pennello in due mani avendo cura di coprire totalmente ed in modo omogeneo la superficie del ferro per uno spessore totale delle due mani non inferiore ai 2 mm. L'applicazione della prima mano dovrà essere eseguita fino a raggiungere uno spessore di 1 mm per tutta la lunghezza della barra, la seconda mano potrà essere applicata, in condizioni ambientali normali, dopo circa 2 ore dall'applicazione della prima mano o il giorno successivo, preferibilmente entro le 24 ore, in funzione dell'organizzazione del cantiere. Durante l'operazione si sporcherà inevitabilmente anche il calcestruzzo circostante i ferri di armatura, ciò non deve pregiudicare e alterare l'aderenza delle malte da ripristino che saranno utilizzate successivamente.

Il tempo di attesa prima della applicazione della malta da ripristino è pari a 6-24ore (temperatura media +20°C)

Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti minimi richiesti dalla UNI EN 1504-7 e avere le seguenti caratteristiche prestazionali

CARATTERISTICA PRESTAZIONALE	METODO DI PROVA	REQUISITI IN ACCORDO EN1504-7	PRESTAZIONE PRODOTTO
Adesione su cls (supporto tipo MC0,40 rapporto a/c=0.4 EN 1766 (MPa)	EN 1542	Non richiesto	≥ 2,0
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio carico relativo ad uno spostamento di 0,1mm	EN 15184	Carico pari almeno all'80% del carico determinato su armatura non rivestita	Specificata superata
Resistenza alla corrosione -10 cicli di condensazione in acqua -10 cicli di anidride solforosa secondo EN ISO 6988 -5gg in nebbia salina secondo EN 60068-2-11	EN 15183	Dopo la serie dei cicli le barre d'acciaio rivestite devono essere esenti da corrosione. La penetrazione della ruggine all'estremità della piastra d'acciaio priva di rivestimento deve essere < 1	Specificata superata

4.2.2. Fissaggio chimico a matrice epossidica dei ferri d'armatura

Fissaggio chimico a base di resina epossidica pura per carichi strutturali. Certificato per barre filettate, ferri di ripresa, fori carotati, carichi sismici C2 con le seguenti caratteristiche prestazionali:

CARATTERISTICA PRESTAZIONALE	METODO DI PROVA	PRESTAZIONE PRODOTTO
Resistenza a compressione	EN 196-1	120 N/mm ²
Resistenza a flessione	EN 196-1	42 N/mm ²
Modulo Elastico	EN 196-1	10.080 N/mm ²
Resistenza agli UV		Buona
Resistenza chimica		Eccellente
Resistenza all'acqua	EN 12390-8	Eccellente
Temperatura di esercizio		da -40°C a +72°C
Isolamento elettrico	IEC 93	1.2x10 ¹² Ω m
Conducibilità termica		0,47 W/mk
Durezza Shore D		85

Parametri d'installazione barre d'armatura														
Barra ad aderenza migliorata			Ø8	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø20	Ø25	Ø28	Ø32	Ø36	Ø40	
Diametro della barra d'armatura	d	mm	8	10	12	14	16	20	25	28	32	36	40	
Diametro del foro nel calcestruzzo	d ₀	mm	12	14	16	18	20	24	32	35	40	46	50	
Distanza minima dal bordo	c _{min}	mm	40	50	60	70	80	100	125	140	160	180	200	
Interasse minimo tra le barre	s _{min}	mm	40	50	60	70	80	100	125	140	160	180	200	
Profondità d'ancoraggio minima e massima della barra d'armatura	h _{ef}	h _{ef,min}	mm	60	60	70	75	80	90	100	112	128	340	360
		h _{ef,max}	mm	96	120	144	168	192	240	300	336	384	340	360
Spessore minimo dell'elemento di calcestruzzo	h _{min}	mm	h _{ef} + 30 mm (≥ 100 mm)			h _{ef} + 2 d ₀								

Figura 7: Specifiche di inghissaggio delle barre d'armatura

4.2.3. Malta di classe R4 monocomponente a consistenza plastica (tissotropica), a ritiro compensato, resistente ai solfati, fibrorinforzata con fibre polimeriche strutturali, a comportamento incrudente, specifica per il ripristino di strutture in calcestruzzo

Malta tissotropica monocomponente, a ritiro compensato e a presa normale, di classe R4, resistente ai solfati, rinforzata con fibre polimeriche strutturali, a comportamento incrudente, per spessori da 1 a 5 cm per strato.

Fornitura e posa in opera di malta tissotropica monocomponente, a ritiro compensato e a presa normale, a comportamento incrudente, composta da cementi ad alta resistenza ai solfati, aggregati selezionati, fibre polimeriche strutturali e speciali additivi per la ricostruzione di strutture degradate in calcestruzzo dove é richiesta un'elevata duttilità. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido.

Pulizia dei ferri di armatura a metallo bianco e successivo trattamento passivante mediante applicazione a pennello di doppia mano di malta cementizia anticorrosiva bicomponente. Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua, a spruzzo con pompa intonacatrice, **in uno spessore compreso tra 1 e 5 cm per strato**. Per migliorare l'espansione all'aria durante i primi giorni di stagionatura, il prodotto dovrà essere miscelato con l'aggiunta di uno speciale additivo stagionante in grado di ridurre sia il ritiro plastico che il ritiro idraulico in un dosaggio pari allo 0,25% in peso sul peso della malta. Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-3 per le malte strutturali di classe R4 e avere le seguenti caratteristiche prestazionali (acqua di impasto 17%):

CARATTERISTICA PRESTAZIONALE	METODO DI PROVA	REQUISITI IN ACCORDO EN 1504-3 malte R4	PRESTAZIONE PRODOTTO
Massa volumica	EN 1015-16		2.100 kg/m ³
Resistenza a compressione (MPa)	EN 12190	≥ 45 (dopo 28 gg)	>20 (dopo 1g) >50 (dopo 7g) >65 (dopo 28g)
Resistenza a compressione caratteristica (MPa) su provini 40x40x160mm Rck	EN 12190	Non richiesto	≥ 60 (dopo 28 g)

CARATTERISTICA PRESTAZIONALE	METODO DI PROVA	REQUISITI IN ACCORDO EN 1504-3 malte R4	PRESTAZIONE PRODOTTO
Resistenza a flessione (MPa)	EN 196/1	Non richiesto	8 (dopo 1g) 9 (dopo 7g) 13 (dopo 28g)
Modulo elastico a compressione (GPa)	EN 13412	≥ 20 (dopo 28 g)	27 (dopo 28g)
Adesione su calcestruzzo EN 1766 (MPa) Supporto tipo MC 0,40 – Rapporto a/c=0.40	EN 1542	≥ 2 (dopo 28g)	> 2 dopo (dopo 28 gg)
Espansione contrastata (µm/mm)	UNI 8147 met.A	Non richiesto	400 dopo 1 g
Resistenza alla carbonatazione accelerata	EN 13295	Profondità di carbonatazione ≤ del calcestruzzo di riferimento (tipo MC 0,45 rapporto a/c=0,45) secondo UNI 1766	Specifica superata
Assorbimento capillare (kg/m ² h ^{0.5})	EN 13057	≤ 0,5	< 0,08
Impermeabilità all'acqua (mm) Profondità di penetrazione	EN 12390/8	Non richiesto	< 5
Compatibilità termica Misurata come adesione secondo EN 1542 (MPa) -cicli gelo/disgelo con Sali disgelanti -cicli termopraleschi -cicli termici a secco	EN13687/1 EN13687/2 EN13687/4	≥2 (dopo 50 cicli) ≥2 (dopo 30 cicli) ≥2 (dopo 30 cicli)	>2 >2 >2
Classe di esposizione	EN 206/1	Non richiesto	X0, XC1, XC2, XC3, XC4 XD1,XD2,XD3,XS1,XS2,XS3 XF1,XF2,XF3,XF4,XA1
Resistenza di prima fessurazione (MPa) f_{fr}	UNI 11039/2	Non richiesto	5,1
Indice di duttilità D_1 (0,6-3,0mm)	UNI 11039/2	Non richiesto	≥1,1 Classe D_{H0}
Limite di proporzionalità (LOP) (MPa)	EN 14651	Non richiesto	$f_{ct,L}$ 5,4
Resistenza a flessione residua (MPa) CMOD1= 500 µm CMOD2=1.500 µm CMOD3=2.500 µm CMOD4=3.500 µm	EN 14651	Non richiesto	f_{R1} 4,0 f_{R2} 6,4 f_{R3} 6,7 f_{R4} 6,0
Reazione al fuoco	EN 13501-1	Euroclasse	A1

4.2.4. Additivo liquido stagionante in grado di ridurre il ritiro idraulico e l'insorgere di microfessurazioni

Additivo stagionante per malte cementizie e calcestruzzi, in grado di ridurre il ritiro idraulico e la formazione di microfessurazioni.

Additivo stagionante liquido esente da cloruri, per il confezionamento di calcestruzzi ordinari e autocompattanti e/o betoncini, in grado di consentire a tali prodotti di espandere all'aria anche durante i primi giorni di stagionatura, riducendo la comparsa di microfessurazioni oltre a ottenere un ritiro idraulico finale molto contenuto. L'additivo deve essere compatibile con tutti gli additivi superfluidificanti tradizionali a base di naftalensolfonato, i nuovi additivi acrilici di ultima generazione e con tutti i cementi previsti dalla normativa UNI EN 197/1.

Consumo:

- per malte: 0,25-0,5% sul peso del premiscelato
- per calcestruzzi e betoncini: 5-8 l/m³

4.2.5. Malta cementizia monocomponente resistente ai solfati, per la finitura del calcestruzzo. Caratterizzata da elevata adesione al sottofondo e elevata resistenza all'abrasione

Malta cementizia monocomponente resistente ai solfati, per il ripristino, la rasatura e la protezione del calcestruzzo soggetto a forte abrasione. Fornitura e posa in opera di malta monocomponente, resistente ai solfati e ad alta resistenza all'abrasione a base di cementi ad alta resistenza, aggregati a grana fine, additivi speciali e polimeri sintetici in polvere idonea per la regolarizzazione e protezione di tutte le superfici in calcestruzzo. Il prodotto deve rispondere ai requisiti

minimi richiesti dalla EN 1504-3 per le malte strutturali di classe R4 e ai requisiti minimi della EN 1504-2 rivestimento (C), secondo i principi MC, PR e IR, per la protezione del calcestruzzo. Il prodotto dovrà essere applicato nello spessore massimo, per strato, di circa 2-3 mm e successivamente rifinito con frattazzo di spugna. Il prodotto dovrà avere le seguenti caratteristiche prestazionali: Caratteristiche meccaniche impiegando il 16% di acqua, spessore 2,5mm.

CARATTERISTICA PRESTAZIONALE	METODO DI PROVA	REQUISITI IN ACCORDO EN 1504-3 malte R4	PRESTAZIONE PRODOTTO
Massa volumica	EN 1015-16		2.100 kg/m ³
Resistenza a compressione (MPa)	EN 12190	≥ 45 (dopo 28 gg)	>15 (dopo 1g) >40 (dopo 7g) >50 (dopo 28g)
Resistenza a flessione (MPa)	EN 196/1	Non richiesto	4 (dopo 1g) 7 (dopo 7g) 8 (dopo 28g)
Modulo elastico a compressione (GPa)	EN 13412	≥ 20 (dopo 28gg)	≥ 20 (dopo 28g)
Adesione su calcestruzzo EN 1766 (MPa) Supporto tipo MC 0,40 Per sistemi rigidi senza traffico ≥ 2,0	EN 1542	≥ 2 (dopo 28gg)	≥ 2 dopo (28 gg)
Compatibilità termica misurata come adesione EN 1542 (MPa) Cicli gelo-disgelo con Sali disgelanti	EN 13687/1	≥ 2 (dopo 50 cicli)	≥ 2
Resistenza alla carbonatazione accelerata	EN 13295	Profondità di carbonatazione ≤ del calcestruzzo di riferimento (tipo MC 0,45 rapporto a/c=0,45) secondo UNI 1766	Specificata superata
Assorbimento capillare (kg/m² h^{0,5})	EN 13057	≤ 0,5	< 0.5
Impermeabilità espressa come coefficiente di permeabilità all'acqua libera (kg/m ² h ^{0,5})	EN 1062-3	Non richiesto	W<0.1 Classe III (bassa permeabilità all'acqua) EN 1062-1
Permeabilità al vapor acqueo Spessore aria equivalente S _D (m)	EN ISO 7783-1	Classe I S _D (m) < 5m Classe II 5m ≤ S _D (m) ≤ 50m Classe III S _D (m) > 50m	Classe I S _D (m) < 5m permeabile al vapore acqueo
Resistenza all'abrasione (mg)	ISO 5470-1	Perdita di peso < 3000mg con mole H22 dopo 1000 cicli / carico 1000g	< 1000
Resistenza all'abrasione Secondo metodo di Böhme	EN 13892-3	Non richiesto	Classe A6
Resistenza all'urto Dopo il carico nessuna fessura e delaminazione Classe I ≥ 4Nm Classe II ≥ 10Nm Classe III ≥ 20Nm	EN ISO 6272-1	Non richiesto	Classe III (nessuna fessura e delaminazione)
Reazione al fuoco	EN 13501-1	Euroclasse	E

5 SOMMARIO

1	PREMESSA	1
2	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA IDRAULICA ESISTENTE	2
2.1	Condizioni attuali (settembre 2022) del manufatto	3
2.2	Rilievo topografico (SF)	5
2.3	Verifica della sicurezza e valutazione di vulnerabilità sismica	5
2.4	Incidenza ambientale degli interventi a progetto sul sito SIC-ZPS di intervento.....	6
3	OBIETTIVI DEL PROGETTO	7
3.1	Interventi previsti	8
3.1.1.	TIPO 1 – ABRASIONE SUPERFICIALE	8
3.1.2.	TIPO 2 – ABRASIONE PROFONDA (EROSIONE)	9
3.1.3.	TIPO 3 – DISTACCO	10
3.2	Organizzazione dei lavori su due stralci funzionali	11
3.3	Consistenza degli interventi a 1° e 2° Stralcio	11
3.3.1.	Idrodemolizione superficiale sino ad uno spessore di 40mm	11
3.3.2.	Idrodemolizione profonda per spessori maggiori di 40mm	12
3.3.3.	Passivazione dei ferri armatura	12
3.3.4.	Installazione di connettori in acciaio B450C con inghisaggio mediante fissaggio chimico a matrice epossidica	12
3.3.5.	Posa di rete elettrosaldata	13
3.3.6.	Ricostruzione profonda della sezione in c.a. con malta classe R4 monocomponente a consistenza plastica (tissotropica), a ritiro compensato	13
3.3.7.	Ricostruzione superficiale della sezione in c.a. con malta classe R4 monocomponente a consistenza plastica (tissotropica), a ritiro compensato	13
3.3.8.	Rasatura finale sp.3mm con malta cementizia monocomponente resistente ai solfati.....	13
4	CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI	13
4.1	Materiali esistenti	13
4.2	Prodotti utilizzati per il ripristino	14
4.2.1.	Malta cementizia anticorrosiva per la passivazione dei ferri d'armatura	14
4.2.2.	Fissaggio chimico a matrice epossidica dei ferri d'armatura.....	15
4.2.3.	Malta di classe R4 monocomponente a consistenza plastica (tissotropica), a ritiro compensato, resistente ai solfati, fibrorinforzata con fibre polimeriche strutturali, a comportamento incrudente, specifica per il ripristino di strutture in calcestruzzo.....	15
4.2.4.	Additivo liquido stagionante in grado di ridurre il ritiro idraulico e l'insorgere di microfessurazioni	16
4.2.5.	Malta cementizia monocomponente resistente ai solfati, per la finitura del calcestruzzo. Caratterizzata da elevata adesione al sottofondo e elevata resistenza all'abrasione.....	16
5	SOMMARIO	18