

Autovia Padana

MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER IL MIGLIORAMENTO DELLA DURABILITA' E DEL COMPORTAMENTO SISMICO DEL PONTE PO : INTERVENTO DI SOSTITUZIONE DELL'IMPALCATO E ADEGUAMENTO SISMICO PROGETTO ESECUTIVO

PARTE GENERALE RELAZIONE GENERALE

Progettista Responsabile
Integrazione Prestazioni
Specialistiche:

S.I.N.A. S.p.A.
Ing. Giuseppe Pasqualato
Ord. Ing. Provincia di Milano
n. 19116



Impresa



ITINERA



IM05	07E	00	02	GE	01	00	00	RG	01	1
CODICE COMMESSA	LOTTO	MACRO OPERA	OPERA	PARTE	TIPO	REV				

CUP F49J12000040007

Scala: -

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
0	EMISSIONE	D. Romano	G. Massone	G. Pasqualato	Novembre 2022
1	Revisione	G. Massone	G. Massone	G. Pasqualato	Gennaio 2023

AUTOVIA PADANA S.p.A
Direttore Tecnico
Dott. Ing. Daniele Buselli

AUTOVIA PADANA S.p.A
Amministratore Delegato
Dott. Stefano Della Gatta

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO DELL'OPERA	4
2.1 IMPALCATO	5
2.2 PILE	6
2.3 SPALLE	10
2.4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TECNICO, SISMICO E TOPOGRAFICO	11
3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	11
4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	12
4.1 CRITERI DI INTERVENTO	12
4.2 FASI DI REALIZZAZIONE	15
4.3 SOSTITUZIONE DELL'IMPALCATO	21
4.4 APPOGGI E GIUNTI	24
4.5 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO	26
4.6 INTERVENTI SU PILE	28
4.7 INTERVENTI SULLE SPALLE	30
4.8 DEMOLIZIONE DELL'IMPALCATO	31
4.9 INTERVENTO DI ALLARGAMENTO DEI RILEVATI AUTOSTRADALI E PAVIMENTAZIONI	31
4.9.1 <i>Considerazioni sulla scelta della pavimentazione</i>	33
4.9.1.1 <i>PREMESSA</i>	33
4.9.1.2 <i>METODO DI CALCOLO</i>	34
4.9.1.3 <i>PROCEDURA DI CALCOLO</i>	40
4.9.1.3.1 <i>Calcolo di $N_{8,2}$</i>	40
4.9.1.3.2 <i>Calcolo Di $W_{8,2}$</i>	41
4.9.1.4 <i>CONCLUSIONI</i>	43
4.10 MONITORAGGIO STRUTTURALE DEL VIADOTTO	43
5. CANTIERIZZAZIONE	44
5.1 AREA DI CANTIERE LATO PIACENZA	45
5.2 AREA DI CANTIERE LATO CREMONA	47
5.3 AREA DI CANTIERE IN AUTOSTRADA	49
6. INTERFERENZE	50
7. PREZZIARIO	51
8. CRONOPROGRAMMA	51

9.	ESPROPRI	51
10.	GESTIONE DEI MATERIALI	51
10.1	MATERIALI DA DEMOLIZIONE DI OPERE D'ARTE	54
10.2	MATERIALI DA DEMOLIZIONE DI VIABILITÀ	55
10.3	MATERIALI DA SCAVO	56
11.	VINCOLI E TUTELE	59
11.1	VINCOLO IDROGEOLOGICO	59
11.2	BENI CULTURALI E PAESAGGISTICI.....	60
11.3	AREE PROTETTE	62
12.	PRECAUZIONI AMBIENTALI DI PROGETTO	64
12.1	MISURE AMBIENTALI DURANTE LE LAVORAZIONI:	65
12.1.1	<i>Misure di contenimento dell'inquinamento potenziale delle acque e del suolo.....</i>	<i>65</i>
12.1.2	<i>Misure di contenimento della movimentazione di polveri.....</i>	<i>69</i>
12.1.3	<i>Misure di salvaguardia delle unità vegetazionali esistenti.....</i>	<i>70</i>
12.1.4	<i>Misure di contenimento delle specie vegetali esotiche</i>	<i>72</i>
12.1.5	<i>Misure di contenimento delle interferenze con la fauna.....</i>	<i>73</i>
12.1.6	<i>Misure di salvaguardia dei percorsi di fruizione esistenti.....</i>	<i>77</i>
12.2	MISURE DI RIPRISTINO E MIGLIORAMENTO AMBIENTALE:	78
12.2.1	<i>Realizzazione di nuove unità vegetazionali.....</i>	<i>78</i>
12.2.2	<i>Realizzazione di rifugi artificiali per la fauna</i>	<i>83</i>

1. PREMESSA

La presente relazione illustra l'intervento di sostituzione dell'impalcato esistente in c.a.p. del Viadotto Fiume Po posto lungo l'autostrada A21 Piacenza – Brescia tra le progressive km 187+348 e km 189+022, all'altezza del Comune di Castelvetro Piacentino (PC), con un nuovo impalcato a sezione mista acciaio - calcestruzzo.

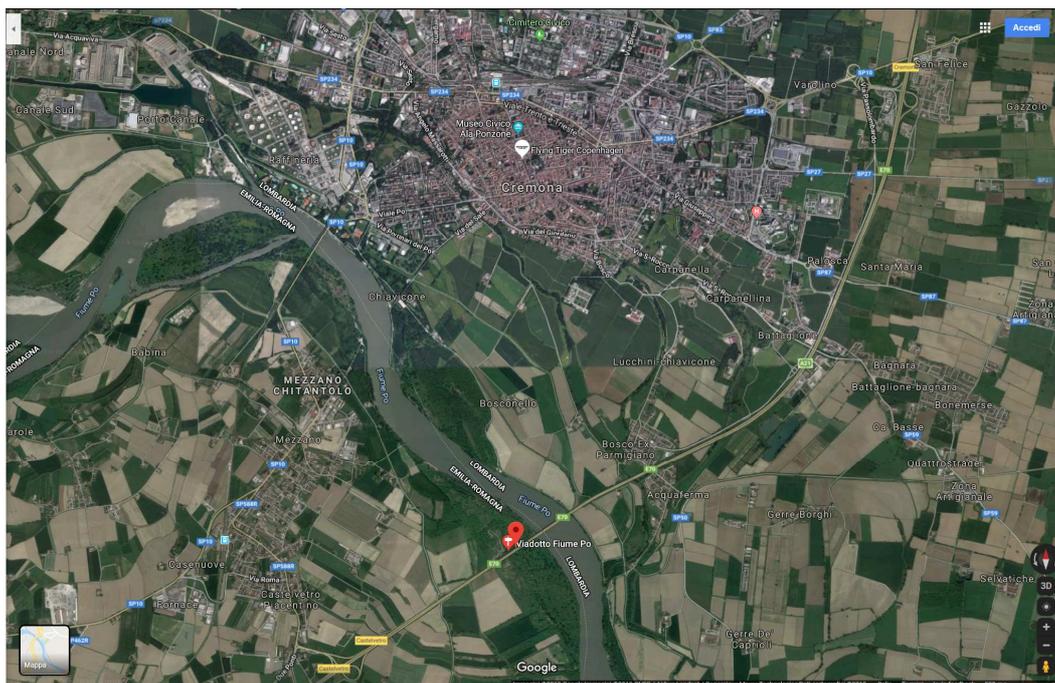


Figura 1: Inquadramento opera oggetto d'intervento

L'intervento previsto si inquadra tra gli interventi di adeguamento volti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente delle opere, come indicato al paragrafo 8.4 delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

Il viadotto viene quindi adeguato rispetto alle azioni sismiche previste dalla normativa in vigore, mediante anche l'inserimento di dispositivi di isolamento sismico dell'impalcato.

Si ritiene infatti necessario ed opportuno rappresentare che il ponte in argomento rappresenta un'opera di fondamentale e strategica importanza per l'intero quadrante geografico di riferimento, condizionando in misura determinante l'intero collegamento trasversale tra le principali direttrici autostradali nazionali: la A1 Milano – Bologna – Roma (direttrice nord-sud) e la A4 Torino – Milano – Trieste (direttrice est-ovest, asse portante del corridoio 5 Lisbona-Kiev).

Gli interventi previsti rientrano in una "Manutenzione straordinaria" finalizzata al conseguimento del completo adeguamento alle NTC 2018 dell'opera con l'ottenimento di una vita nominale di 100 anni.

La proposta progettuale prevede l'allargamento della sezione stradale attuale della autostrada a tre corsie, più corsia di emergenza, ai fini di non precludere l'eventuale estensione dell'adeguamento a tre corsie realizzato nella tratta Manerbio – Brescia Centro, sino alla diramazione per Fiorenzuola d'Arda.

2. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO DELL'OPERA

Il viadotto fiume Po ha una lunghezza complessiva di 1674 m ed è costituito da 41 campate con diverse luci tra le pile: 2 campate da 28,00 m, 26 campate da 33,00 m, 2 campate da 41,50 m e 11 campate da 61.50 m.

L'impalcato ha una larghezza di 24,00 m e ospita due corsie da 3,75 m e una corsia di emergenza da 3,00 m per ciascuna direzione di marcia.

Il viadotto in oggetto è stato progettato nel 1968 e negli anni ha subito interventi di riqualifica su diversi elementi strutturali.

Sono state condotte delle indagini di approfondimento (descritte nell'elaborato "Indagini sulle strutture esistenti" allegato al presente progetto) mirate al controllo:

- dei pali di fondazioni, che per le pile in alveo attivo presentano degli scalzamenti, verificandone integrità e lunghezza mediante indagini geognostiche;
- campionamento di materiali e prove in sito lungo le campate e le pile ritenute più significative;
- ispezionate mirate alle selle Gerber e alle guaine dei cavi di precompressione delle travi di impalcato.

L'opera è stata oggetto di un'analisi nei riguardi delle azioni sismiche (vedi scheda DPC di Livello 2 contenuta nel documento "Relazione sullo stato di fatto e analisi di vulnerabilità sismica dell'opera").

Da queste analisi è emerso che, sebbene non emergano criticità relative alla sicurezza dell'opera, le caratteristiche intrinseche originali del manufatto fanno sì che questo risulti non adeguato sismicamente alle previsioni NTC 2018.

Permangono comunque dei limiti di inefficienza nei riguardi della durabilità, riferibili alla concezione strutturale ed alla presenza di punti singolari particolarmente vulnerabili, quali le selle Gerber e le campate tampone ad esse collegate.

Per quanto anche di seguito rappresentato si sono pertanto identificati necessari importanti interventi finalizzati all'integrale adeguamento del ponte alle NTC2018, sia in ordine ai carichi da traffico che alle azioni sismiche e d'incrementarne sostanzialmente la durabilità andando, altresì a

rivederne complessivamente lo schema statico ed eliminando componenti originali, quali le selle Gerber, usualmente elementi di debolezza nei manufatti in ordine ai temi della conservazione e durabilità.

Le problematiche sopraindicate di scalzamento per i pali di fondazioni delle pile in alveo attivo hanno visto lo sviluppo di una progettazione esecutiva dedicata e i lavori sono in corso di esecuzione, prevedendone il termine prima dell'avvio degli interventi illustrati nel presente progetto definitivo.

2.1 IMPALCATO

L'impalcato è stato realizzato con travi in calcestruzzo armato precompresso, prefabbricate con una porzione sia della soletta che dei traversi di collegamento e completate successivamente in opera.

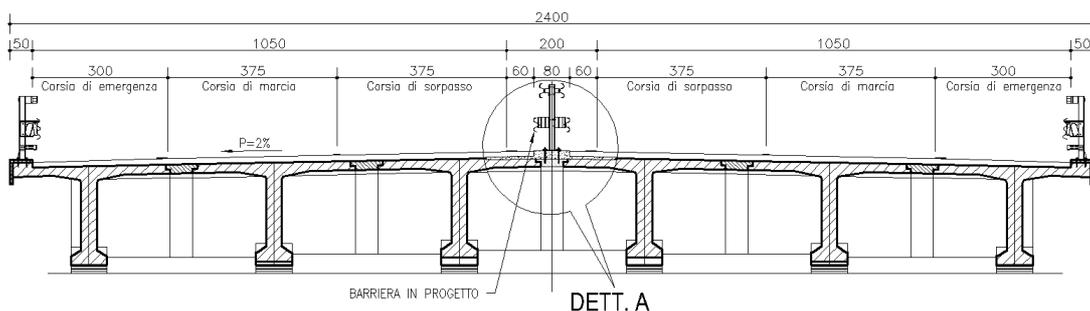


Figura 2: Sezione trasversale dell'impalcato esistente

Le travi prefabbricate, precomprese con cavi post-tesi, sono essenzialmente di due tipi:

- A. Travi semplicemente appoggiate sulle pile con due sbalzi alle estremità aventi le seguenti dimensioni:
- per le campate da 61.50 m: $L=10.75+61.50+10.75$
 - per le campate da 33.00 m: $L=5.00+33.00+5.00$
 - per le campate di raccordo: $L=13.50+61.50+10.75$
- B. travi semplicemente appoggiate tramite selle gerber sugli sbalzi delle travi tipo A aventi le seguenti dimensioni:
- per le campate da m 61.50: $L=40.00$

- per le campate da m 33.00, 28.00 e 41.50: L=23.00

La soletta, avente uno spessore variabile fra i 20 e i 30 cm, ha una larghezza complessiva di 24 m comprendente i due cordoli laterali di larghezza 50 cm su cui sono installate le barriere di sicurezza bordo ponte. In asse al viadotto è presente un cordolo di larghezza 80 cm su cui è collegata la barriera metallica spartitraffico.

La soletta è sostenuta da 6 travi con interasse di 4.10 m avente degli sbalzi laterali di 1.75 m.

I traversi di testata sono 2 o 4 a seconda se la trave è di tipo A o B; quelli di mezzera sono in numero variabile ma disposti in modo tale da creare per la soletta sovrastante degli appoggi aventi la forma più prossima possibile ad un quadrato, infatti la soletta viene dimensionata come una piastra semi incastrata alle estremità.

In spartitraffico è stato recentemente rimosso il new jersey in calcestruzzo del tipo “Autostrade monofilare rinforzato A.1.2” del 1992 e sostituito con barriera metallica spartitraffico di tipo SINA Spartitraffico bifacciale classe H4b mod. BSCH4P. L’installazione delle nuove barriere spartitraffico ha previsto la realizzazione di un nuovo cordolo in asse al viadotto e il rifacimento della pavimentazione nel tratto interessato dai lavori.

2.2 PILE

Le pile si differenziano in due tipi:

- le pile in alveo, che sostengono le campate da 61.50 m, sono realizzate con una struttura monolitica in c.a. a lama cava, larghezza in sommità 23 m e alla base 31 m con altezza totale di 13.10 m, incastrata alla base con 12 pali di fondazione trivellati di diametro 1.50 m e lunghezza pari a 40 m;
- le pile in golena, che sostengono le campate da 33.00 m, sono costituite invece da 6 pilastri in c.a. collegati in sommità ed alla base da travi di collegamento, per un'altezza complessiva di 12.45 m con una fondazione di 22.50x3.00 m, poggiante su una palificata realizzata con pali trivellati di diametro 1.20 m e lunghezza pari a 27 m.

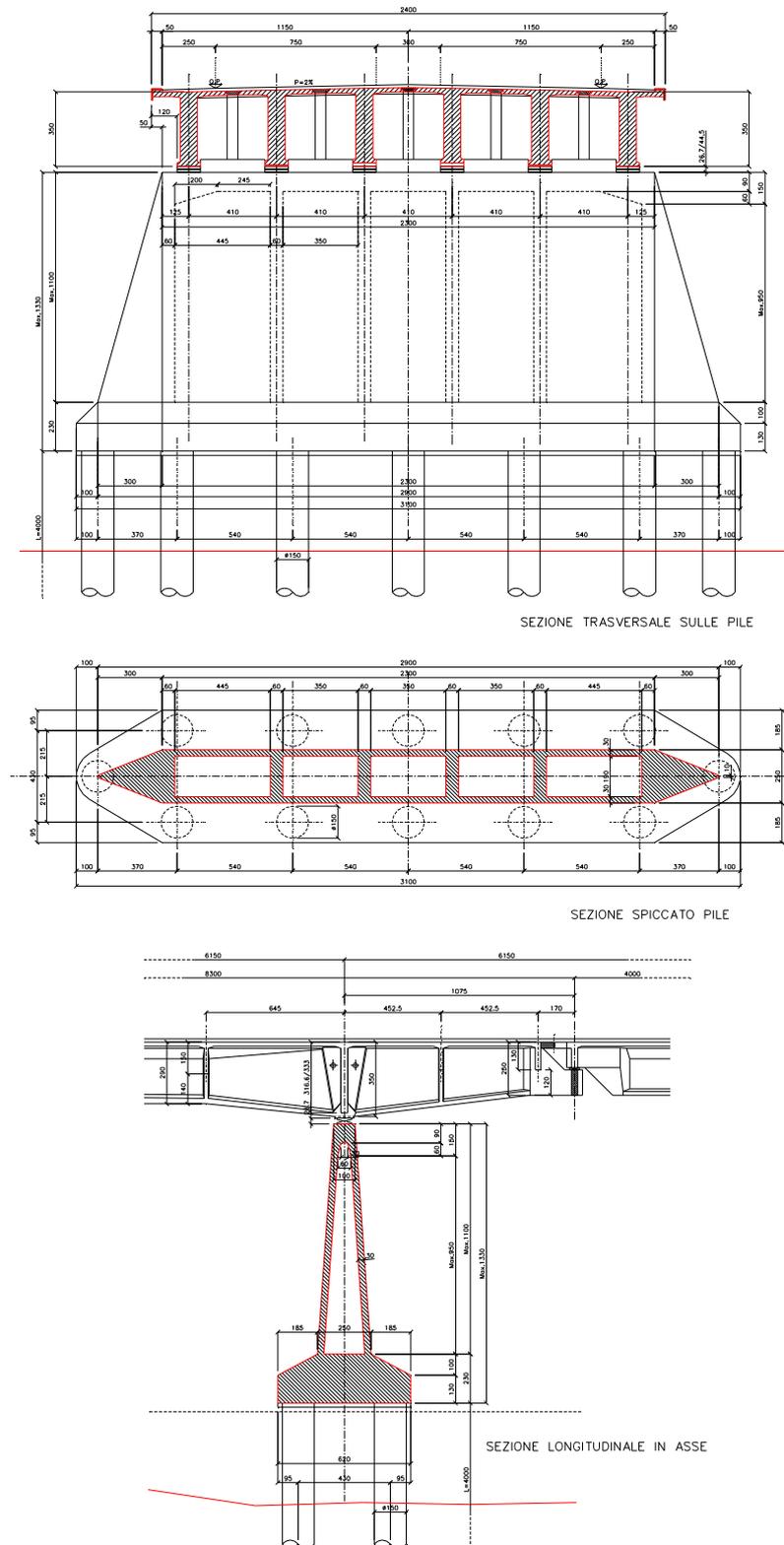
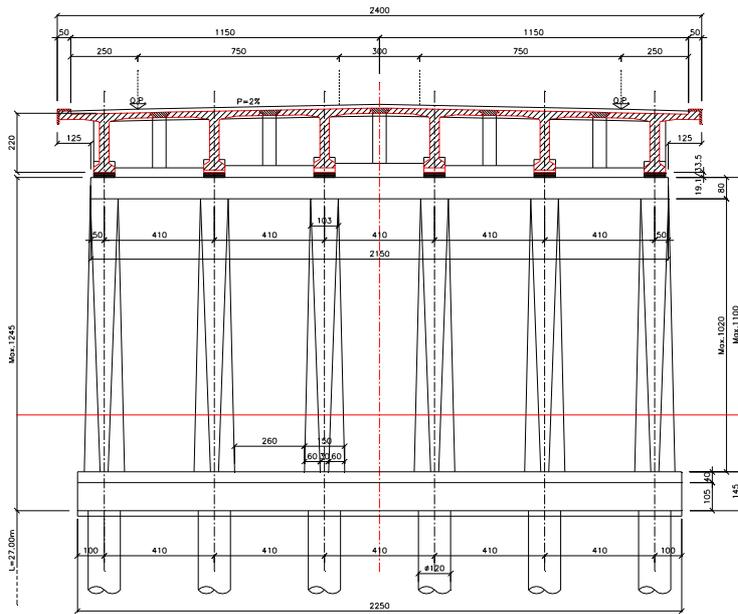
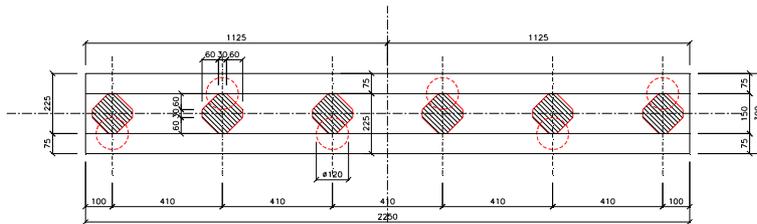


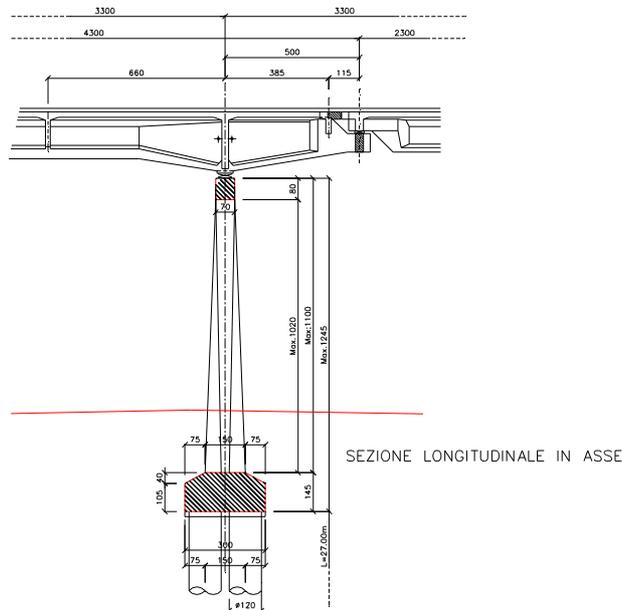
Figura 3: Prospetto e sezioni delle pile - campate da 61,50 m



SEZIONE TRASVERSALE SULLE PILE



SEZIONE SPICCATO PILE



SEZIONE LONGITUDINALE IN ASSE

Figura 4: Prospetto e sezioni delle pile - campate da 33,00 m

Per le pile in alveo dalla pila 36 (in adiacenza alla sponda sinistra) alla pila 29 in golena destra, per un numero complessivo di n. 8 pile del viadotto autostradale, sono stati previsti interventi di protezione delle fondazioni, oggetto di altro appalto in corso di esecuzione.

L'intervento di protezione consiste essenzialmente nella realizzazione di un palancoleto metallico perimetrale al plinto di fondazione, a distanza di 0,6 m circa dallo stesso, a partire da quota 29,46 m s.m.; lo sviluppo complessivo della paratia in asse è di circa 70 m per ciascuna pila del gruppo 29-30-31-32 e di circa 72 m per ciascuna delle pile del gruppo 33-34-35-36.

L'altezza della paratia di palancole è di 21 m in modo da fondarsi a quota 8,46 m s.m. e garantire un adeguato ammassamento anche in previsione che si manifesti l'intero scalzamento calcolato sino a quota 11.20 m s.m.; in ragione della ridotta altezza disponibile al di sotto dell'impalcato esistente, è prevista l'infissione successiva di n.3 elementi metallici da 7 m, saldati testa a testa tra loro.

La sommità degli elementi di palancole verrà solidarizzata superiormente per mezzo di un profilato metallico di collegamento e collegata reciprocamente da tiranti in barre tipo dywidag poste in direzione trasversale al di sotto del plinto per minimizzare le sollecitazioni e deformazioni. All'interno della paratia, una volta realizzato il completamento perimetrale, verrà infatti effettuato il riempimento in calcestruzzo, sino alla quota coincidente all'intradosso del plinto di fondazione esistente.

A completamento della protezione è prevista la realizzazione di una trave di collegamento in c.a. per solidarizzare tutti gli elementi metallici della paratia di palancole.



Figura 5 - Pile interessate da interventi di protezione da scalzamento

2.3 SPALLE

Le spalle sono in c.a. del tipo a costoloni fondate su 12 pali trivellati di diametro 1.20 m.

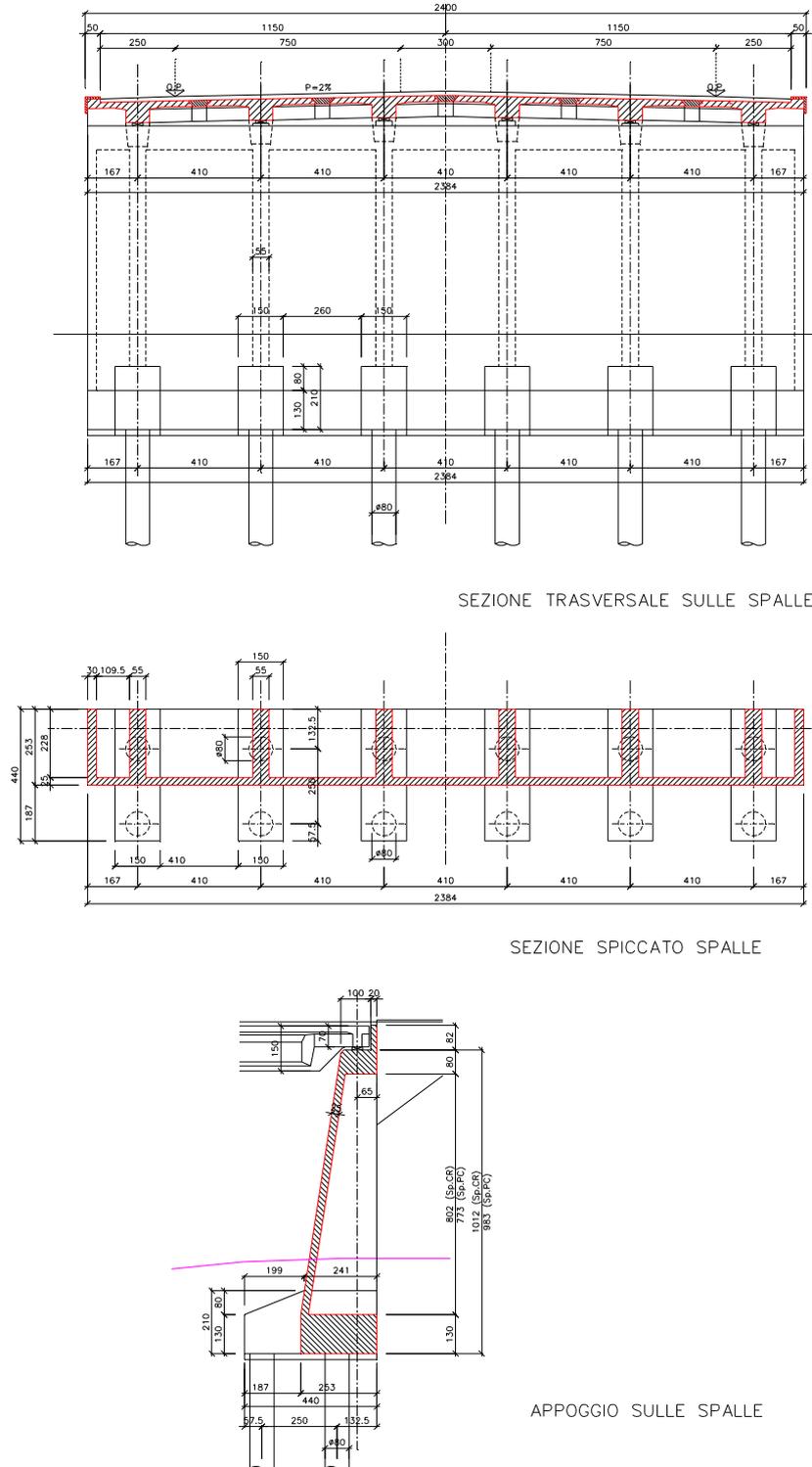


Figura 6: Prospetto e sezioni delle spalle

2.4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TECNICO, SISMICO E TOPOGRAFICO

Il Viadotto Po con i suoi 1674 m. di lunghezza dalla spalla Piacenza alla spalla Cremona e le sue 40 pile interessa dalla pila n. 25 alla n. 36, nei metri più superficiali le alluvioni sabbio-limose attuali del fiume Po che vengono spostate, sedimentate, riprese e rielaborate continuamente dal corso d'acqua nel largo solco del suo alveo, e i depositi sabbioso-argillosi a volte con livelli ghiaiosi, costituenti terrazzi di poco sollevati dagli alvei attuali, di epoca olocenica medio-recente. Le fondazioni delle spalle Piacenza e Cremona e le pile dalla n. 1 alla n. 24 e dalla n. 37 alla n. 40 affondano completamente in questa formazione così come il tratto medio e profondo delle fondazioni delle pile dalla n. 25 alla n. 36 sono interessate dai depositi sabbiosi argillosi.

Secondo la classificazione sismica dei territori delle Regione Emilia Romagna e Lombardia, i territori comunali di Castelvetro Piacentino e Gerre De' Caprioli ricadono nella zona 3 a pericolosità sismica bassa, e possono essere soggetti a scuotimenti modesti.

Il viadotto si colloca in un contesto pianeggiante.

Maggiori dettagli sono riportati nelle relazioni specialistiche facenti parte del progetto.

3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento delle opere in progetto è condotto in riferimento alle attuali normative e di seguito elencate.

- D.M. del 17/01/2018 - “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018”;
- Circolare 11/02/2019 – “Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17/01/2018”.
- Legge 1086 del 5 novembre 1971 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- UNI EN 1992-1-1 - EUROCODICE 2 Parte 1-1 - “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1992-2 - EUROCODICE 2 Parte 2 - “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi”;
- UNI EN 1993-1-1 - EUROCODICE 3 Parte 1-1 - “Progettazione delle strutture di acciaio - Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1993-1-5 - EUROCODICE 3 Parte 1-5 - “Progettazione delle strutture di acciaio – Elementi strutturali a lastra”;

- UNI EN 1993-1-8 - EUROCODICE 3 Parte 1-8 - “Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione dei collegamenti”;
- UNI EN 1993-1-9 - EUROCODICE 3 Parte 1-9 - “Progettazione delle strutture di acciaio - Fatica”;
- UNI EN 1993-1-10 - EUROCODICE 3 Parte 1-10 - “Progettazione delle strutture di acciaio - Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore”;
- UNI EN 1993-2 - EUROCODICE 3 Parte 2 - “Progettazione delle strutture in acciaio - Ponti di acciaio”;
- UNI EN 1994-2 - EUROCODICE 4 parte 2 - “Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Regole generali e regole per i ponti”;
- UNI EN 1997-1 – EUROCODICE 7 parte 1 - “Progettazione geotecnica - Regole generali”;
- UNI EN 1998-2 - EUROCODICE 8 parte 2 - "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Ponti”;
- UNI EN 1998-5 - EUROCODICE 8 parte 5 - "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

4.1 CRITERI DI INTERVENTO

La scelta progettuale è volta, da un lato, all’adeguamento statico e sismico dell’opera secondo le direttive delle attuali Norme Tecniche, e dall’altro, alla riqualifica degli elementi strutturali interessati da maggior degrado.

Per quanto riguarda la statica dell’opera, le analisi hanno evidenziato alcune carenze sugli impalcati e sui fusti delle pile in particolare le seguenti criticità:

1. lievi carenze a flessione e taglio sulle pile dei portali a 33m di luce in corrispondenza dei vincoli fissi;
2. lievi carenze a pressoflessione a negativo delle travi
3. lievi carenze a taglio
4. lievi carenze in corrispondenza delle selle gerber per i portali da 33m
5. significative carenze a flessione nelle solette di impalcato

Come evidenziato nella relazione di calcolo dello stato di fatto in termini di sicurezza statica l’opera si trova in condizioni di Operatività come descritte nelle “Linee Guida per la classificazione e

gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti” approvate dall’Assemblea generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in data 17.04.2020.

Le valutazioni condotte circa la capacità portante del viadotto in condizioni sismiche, invece, operate mediante analisi strutturali di tipo lineare e verifiche sezionali in accordo al Metodo Semi-probabilistico agli stati limite, nel formato prescritto dalle attuali Norme NTC 2018, hanno permesso di evidenziare situazioni critiche richiedenti operazioni di adeguamento sismico. Precisamente si riscontrano le seguenti insufficienze:

1. carenze dei fusti pila generalizzate molto marcate
2. carenze sui pali delle pile fisse dei portali di luce 33m
3. gravi carenze sui plinti delle pile fisse dei portali di luce 33m
4. modeste carenze a pressoflessione dei paramenti verticali e carenze di armatura nei pali delle spalle

Ne deriva che, allo scopo di adeguare il manufatto alle condizioni di servizio, senza restrizioni, occorrerebbe intervenire con opere di consolidamento su: travi, traversi, soletta, appoggi, pile e fondazioni, con grandi difficoltà in particolare nella realizzazione dei giunti per evitare martellamenti fra le varie parti costituenti l’opera e nella determinazione degli spazi necessari all’interno delle selle gerber per una eventuale sostituzione degli appoggi in corrispondenza delle stesse.

Si è pertanto ritenuto che la scelta operativamente ed funzionalmente migliore nel lungo termine, considerando quindi anche i costi di manutenzione futura, consista in una sostituzione dell’opera con una nuova struttura realizzata in continuità sulle pile in modo da eliminare i giunti di dilatazione intermedi, possibile fonte di ammaloramenti, degradi e conseguenti manutenzioni.

La progettazione della nuova opera ha dovuto tenere conto delle seguenti condizioni al contorno:

- Mantenere durante le ore diurne infrasettimanale sempre 2 corsie di marcia per entrambe le direzioni;
- Evitare di interferire con mezzi pesanti di trasporto con la viabilità comunale dei centri urbani
- Assecondare le possibili variazioni stagionali e non del livello idrico del fiume Po

L’intervento di sostituzione dell’impalcato poteva essere previsto secondo due possibili opzioni caratterizzate dalla gradualità nella realizzazione del numero di corsie (2 corsie con possibile ampliamento strutturale temporalmente successivo) ossia nel potenziamento della capacità di deflusso a 3 corsie, al fine dell’adeguamento integrale dell’infrastruttura alla norma NTC 2018 sia in ordine ai carichi verticali antropici sia alle azioni sismiche.

Esaminando anche il contesto di sostituzione dell’impalcato del ponte rispetto all’eventuale potenziamento a 3 corsie della tratta autostradale Brescia – Manerbio – diramazione di

Fiorenzuola d'Arda, il progetto si è orientato all'ottenimento fin da subito di 3 corsie per carreggiata. La scelta infatti di sostituire il viadotto con 3 corsie già funzionalmente predisposte permette di:

- garantire il mantenimento di 2 corsie per senso di marcia durante tutte le fasi di lavoro in orario diurno infrasettimanale;
- evitare che l'utenza subisca la condizione di circolazione con cantieri che si avvicendano a breve tempo sulla medesima tratta autostradale;
- facilitare nell'esecuzione dell'ammodernamento della suddetta tratta (intervento di relativa ridotta complessità esecutiva, visto lo spazio libero esistente tra le due carreggiate) laddove fosse già realizzato il Ponte del Po e non si attivasse una seconda specifica fase di cantiere sul medesimo.

Per quanto sopraesposto si è sviluppato un progetto di adeguamento complessivo dell'opera, nel quale si prevede:

- la sostituzione dell'intero impalcato esistente (oggi discontinuo e in cemento armato precompresso con selle Gerber) con un nuovo impalcato continuo a struttura mista acciaio calcestruzzo costituito da 8 travi in acciaio e soletta collaborante in c.a. con caratteristiche sia funzionali che di peso migliorative. Sei delle nuove travi sono posizionate replicando, sostanzialmente la disposizione delle travi storiche, si aggiungono quindi due nuove travi che diventano le travi di bordo della nuova opera, previa la realizzazione di un intervento sui pulvini di tutte le pile, nonché su entrambe le spalle, per consentire la realizzazione dei loro appoggi.
- l'impiego di idonei dispositivi di appoggio tipo isolatori al fine di evitare aggravio di sollecitazione alle pile ed alle fondazioni;
- il rinforzo mediante incamiciatura sulle pile a telaio e la riqualifica delle pile a setto;
- il consolidamento del terreno mediante jet grouting in corrispondenza delle fondazioni delle pile da P25 a P28 e da P37 a P40 oltre che della spalla lato Cremona;
- la realizzazione di nuovi pulvini;
- l'adeguamento delle spalle;
- l'allargamento dei rilevati autostradali in approccio con adeguamento delle barriere di sicurezza laterali e spartitraffico e il conseguente prolungamento dei sottopassi interferenti.

Nel seguito vengono descritti puntualmente i vari interventi e la loro conseguente cantierizzazione, considerato il fatto che le varie attività saranno realizzate per fasi garantendo sempre 2 corsie di traffico per senso di marcia. Il progetto assume come Vita Nominale $V_N = 100$ anni e la Classe d'uso IV $C_U = 2,0$.

4.2 FASI DI REALIZZAZIONE

L'intervento di sostituzione dell'impalcato è stato progettato per riutilizzare le sottostrutture esistenti e garantire sempre 2 corsie per senso di marcia ad eccezione dei fine settimane e/o alle ore notturne.

Per la rimozione delle travi esistenti generalmente si può operare con le seguenti differenti modalità:

1. demolizione meccanica con pinza e martellone;
2. abbattimento con esplosivo;
3. rimozione con mezzo sollevatore.

Le prime due ipotesi, considerata la particolare sequenza tra campate di continuità e tampone, la particolare geometria delle pile che sono condivise per le due carreggiate, la presenza del fiume Po, la vicinanza con l'area di interesse ambientale europeo, sono state escluse.

La soluzione di rimozione e varo delle travi con mezzo sollevatore è stata approfondita differenziandola in funzione della posizione della trave rispetto sia all'alveo inciso sia alla carreggiata autostradale.

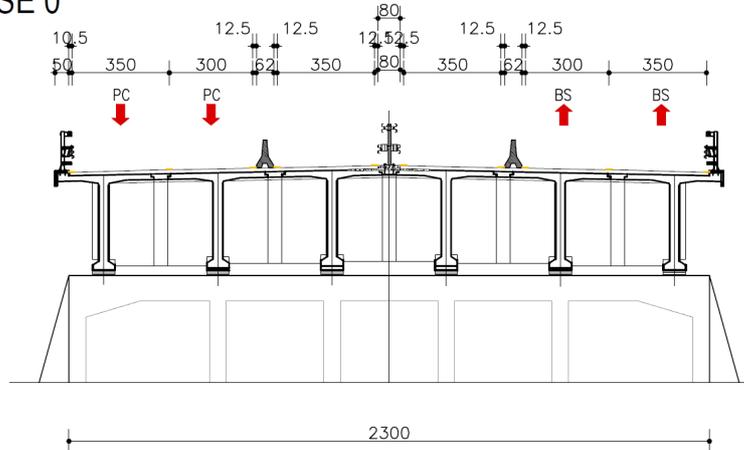
Nel progetto esecutivo si è quindi scelto di prevedere per le sole travi di bordo delle campate non direttamente interessate dall'alveo inciso (campate 1-29 e 38-41) la modalità di rimozione e varo mediante mezzo sollevatore da terra. Le travi svarate dovranno poi essere subito dopo ridotte in loco mediante escavatore con martellone/pinza in elementi minori di circa 6-8m di lunghezza, caricati su autocarri in aree non esondabili oltre gli argini per la frantumazione e deferrizzazione.

Per tutte le altre travi esistenti (quelle delle campate in alveo inciso e le travi interne delle altre campate) si è approfondita una soluzione di rimozione mediante sollevamento con utilizzo di portali fissi e mobili posti superiormente all'impalcato. Tale soluzione inoltre è utilizzabile anche per il varo del nuovo impalcato rendendo così industrializzato un processo edile di sostituzione.

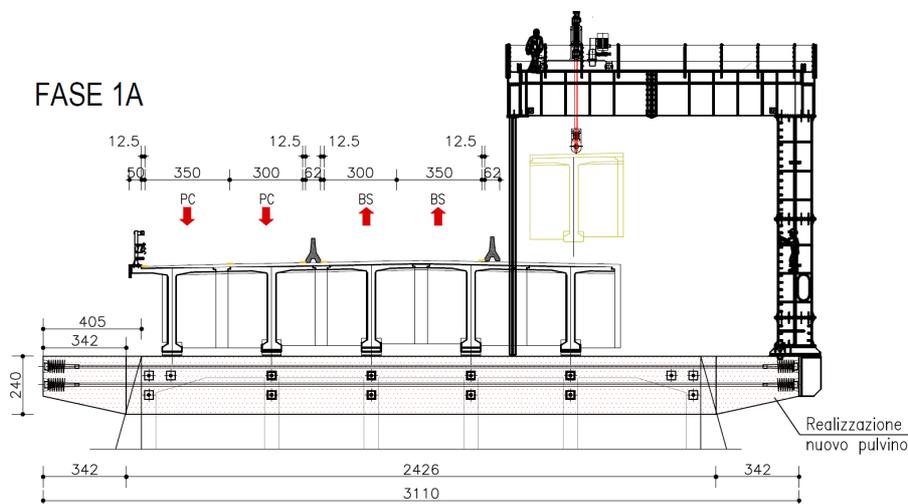
Si descrivono le fasi principali durante le quali è possibile mantenere sempre due corsie di marcia e garantire la continuità del piano stradale mediante le monte costruttive e i raccordi di pavimentazione in binder provvisorio. Le immagini sono riferite alle campate in alveo, che prevedono la presenza di portali fissi per lo svaro/varo delle travi di bordo:

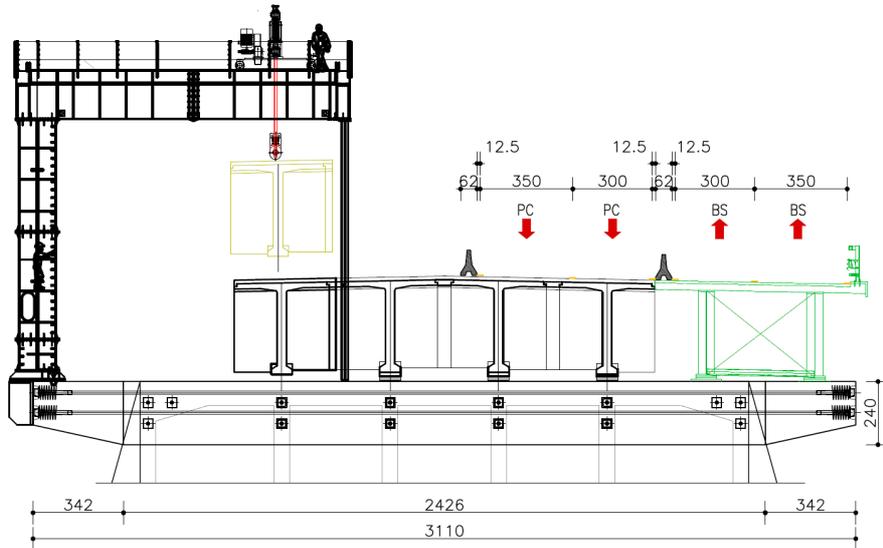
- FASE 0 : il traffico di entrambi i sensi di marcia viene avvicinato alle barriere laterali in modo da liberare la zona in spartitraffico e poter effettuare la rimozione della

barriera spartitraffico, la demolizione del relativo cordolo ed il ripristino della pavimentazione;

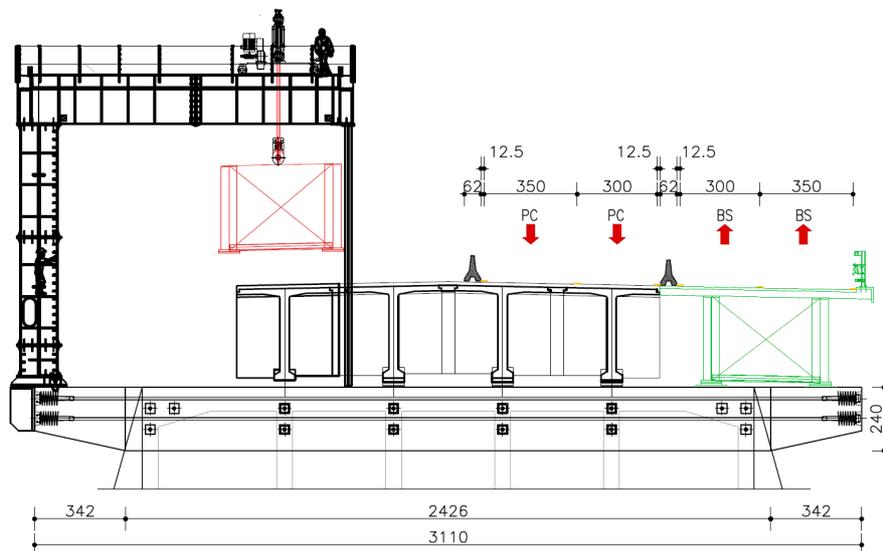
FASE 0


- **FASE 1A-1B** : Il traffico direzione Brescia viene deviato verso la direzione Piacenza in modo da liberare per il cantiere la porzione di impalcato lato Brescia. In fase 1A vengono dapprima realizzate le piste di cantiere utili per raggiungere dall'autostrada le aree di cantiere sottostanti, a seguire vengono effettuati gli interventi su pile e pulvini nella loro interezza, oltre all'ampliamento delle spalle e dei rilevati lato corsia Brescia. Si procede quindi con la rimozione della trave di bordo mediante l'utilizzo di portali fissi installati sui pulvini per le travate in appoggio sulle pile, mentre per le travi tampone si utilizzano sistemi idraulici installati su carrelli spmt che mediante l'utilizzo di "becchi" in carpenteria metallica consentono il sollevamento delle travi e la successiva movimentazione;

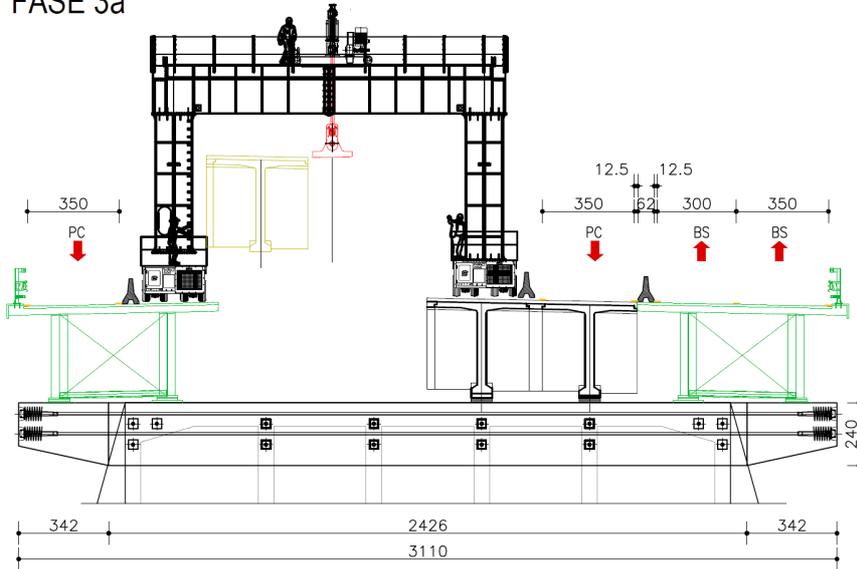
FASE 1A


FASE 2a


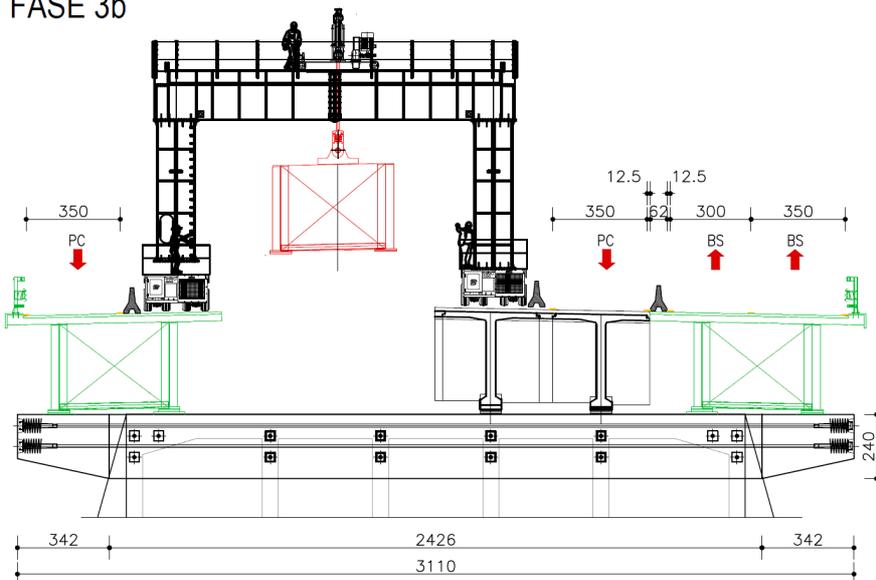
Dopo l'esecuzione dei baggioli, in fase 2B si ha la posa in opera delle due travi laterali del nuovo impalcato (travi 7 e 8), comprensive di traversi, e la realizzazione del campo di soletta trasversale di loro competenza;

FASE 2b


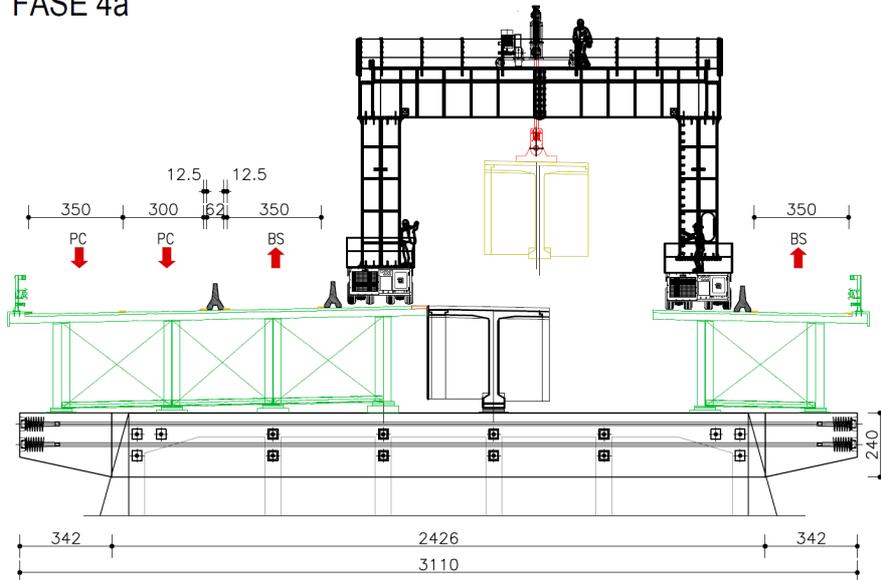
- FASE 3A-3B : Rispetto alla fase precedente una corsia direzione Piacenza viene deviata sulle due travi del nuovo impalcato realizzate in fase 2B. Si procede alla rimozione di due travi esistenti mediante l'utilizzo di portali mobili.

FASE 3a


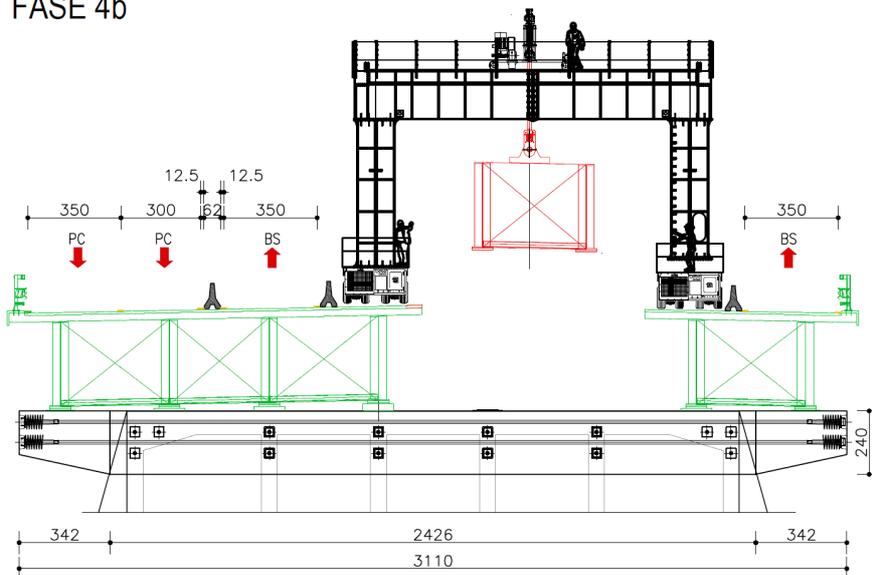
Dopo l'esecuzione dei baggioli, in fase 3B si ha la posa in opera delle due travi interne del nuovo impalcato (travi 5 e 6), comprensive di traversi, e la realizzazione del campo di soletta trasversale di loro competenza;

FASE 3b


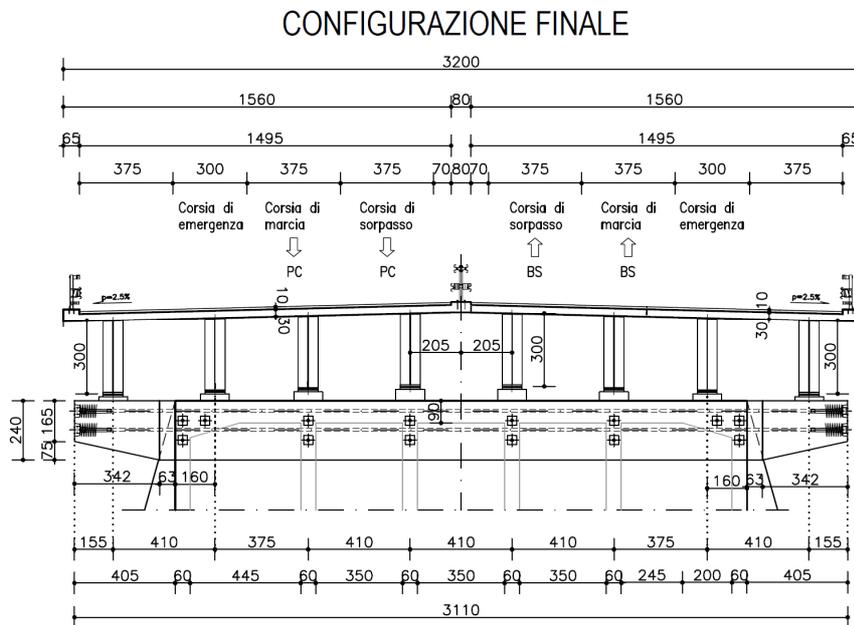
- FASE 4A-4B : Il traffico viene deviato sul nuovo impalcato in modo da consentire la rimozione delle ultime due travi esistenti mediante l'utilizzo di portali mobili.

FASE 4a


Dopo l'esecuzione dei baggioli, in fase 4B si ha la posa in opera delle due travi interne del nuovo impalcato (travi 3 e 4), comprensive di traversi, e la realizzazione del campo di soletta trasversale di loro competenza;

FASE 4b


- FASE FINALE : Riapertura al traffico.



4.3 SOSTITUZIONE DELL'IMPALCATO

L'intervento di sostituzione dell'impalcato prevede la demolizione del vecchio impalcato in c.a.p. e la realizzazione di un nuovo impalcato con sezione mista acciaio – calcestruzzo che sarà installato su isolatori sismici al fine di limitare i carichi agenti sulle sottostrutture e quindi conservare le strutture esistenti. Si rimanda alla relazione di calcolo per il riepilogo dei risultati delle analisi.

L'impalcato sarà sostituito secondo quattro diverse fasi in modo da garantire sempre l'esercizio di due corsie per ciascuna direzione di marcia. Ciascuna fase comprende la demolizione di una o due travi in c.a.p. con i corrispondenti campi di soletta, il varo di due travi in acciaio con la successiva esecuzione della soletta in c.a. e la stesa della pavimentazione stradale.

Il nuovo impalcato sarà largo 32 m e sarà costituito da due corsie da 3.75 m, una corsia di emergenza da 3.00 m per ciascun senso di marcia e una area zebra da 3.75 m a disposizione per la futura terza corsia dell'intero tratto autostradale, a cui aggiungere i due cordoli laterali da 65 cm, il cordolo spartitraffico da 80 cm e i due franchi psicotecnici da 70 cm ciascuno.

Per la soluzione proposta è previsto l'impiego di una sezione di trave ad altezza variabile che ripercorre l'andamento della geometria esistente differenziata in corrispondenza delle aree golenali e dell'area di alveo attivo del fiume Po, la cui variazione viene gestita all'interno delle campate singolari, di luce 41.50 m, che costituiscono il passaggio tra le campate di luce 33.0 m e quelle di luce 61.50 m.

La soluzione proposta si pone come obiettivo la conservazione delle sottostrutture attuali, adeguandosi in modo ottimale allo stato di fatto delle opere e rispettando il franco idraulico minimo richiesto dalle NTC2018 pari a 1.50 m.

Il nuovo impalcato è realizzato con otto travi longitudinali in acciaio, di altezza variabile a seconda delle luci e con un incremento di altezza in corrispondenza degli appoggi. La soletta è realizzata in c.a. ha spessore costante di 0.30 m e risulta essere piolata sia alle travi longitudinali che ai traversi.

In particolare nelle campate da 61.5 m l'impalcato ha altezza complessiva di 2.40 m in campata e 3.30 m sugli appoggi (e quindi l'altezza degli elementi metallici risulta variare tra 2.10 e 3.00 m). Nelle altre campate l'altezza varia, del tutto analogamente, tra 1.50 e 2.00 m (quindi con spessori dei soli elementi metallici variabili tra 1.20 e 1.70 m).

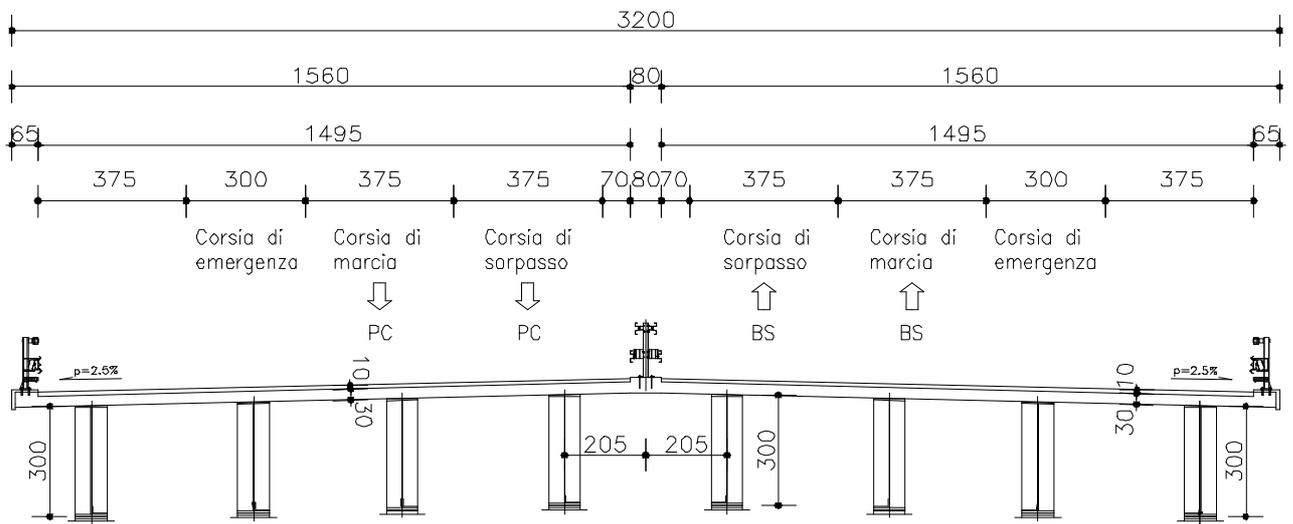


Figura 7 - Sezione trasversale dell'impalcato in corrispondenza delle pile P25÷P36

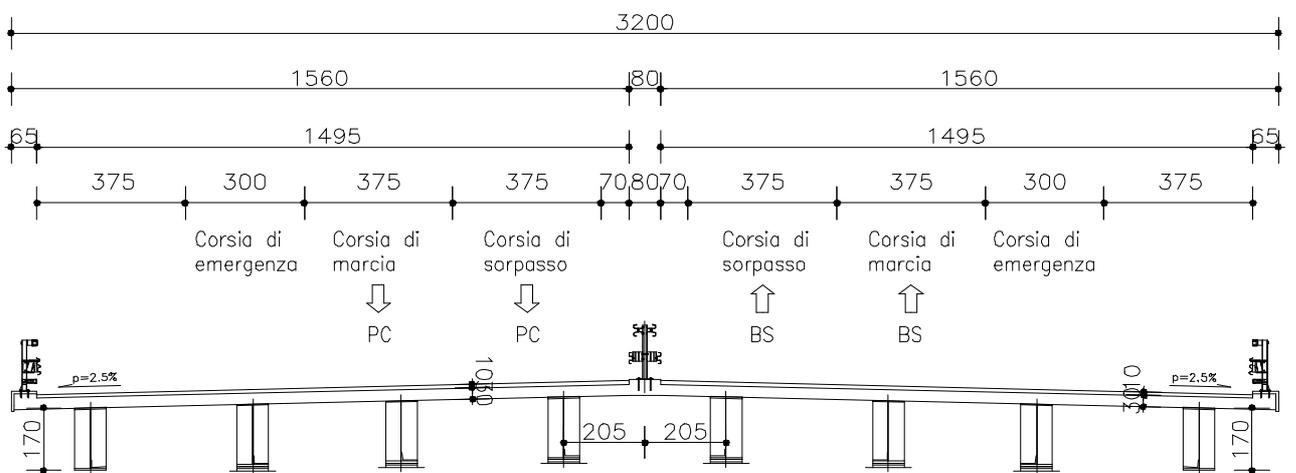


Figura 8 - Sezione trasversale dell'impalcato in corrispondenza delle pile P01÷P24-P37÷P40

Lo schema statico è quello di trave continua su 42 campate di luce variabile, in particolare si distinguono luci di 28.0 m (le campate di riva), 33.0 m, 61.5 m ed infine 41.5 m (due campate di transizione tra quelle da 33.0 m e quelle da 61.5 m).

E' prevista la sostituzione delle barriere laterali esistenti con nuove barriere bordo ponte metalliche con livello di contenimento H4b. Mentre per quanto riguarda la barriera spartitraffico, recentemente installata, tale barriera potrà essere smontata e reinstallata al termine della sostituzione dell'impalcato.

In corrispondenza delle campate 30-37 per le fasi 1 e 2 le operazioni di svaro e varo saranno effettuate mediante portali fissi installati sui pulvini per le travi di bordo delle campate in appoggio sulle pile, mentre per le travi tampone si utilizzano sistemi idraulici installati su carrelli spmt che mediante l'utilizzo di "becchi" in carpenteria metallica consentono il sollevamento delle travi e la successiva movimentazione.

In corrispondenza delle campate 1-29 e 38-41 per le fasi 1 e 2 le operazioni di svaro e varo saranno effettuate mediante utilizzo di autogru piazzate al piano campagna.

Per le fasi 3 e 4 le operazioni di svaro e varo saranno effettuate per tutte le campate mediante portali mobili.

Le travi rimosse saranno trasportate intere o in tre pezzi per le travi delle campate n°30, 32, 34 e 36 fino alle aree di cantiere dove saranno frantumate e sarà effettuata la separazione dell'acciaio dal calcestruzzo.

Le nuove travi in acciaio, assemblate a coppie nelle aree di cantiere poste oltre gli argini, saranno movimentate mediante l'uso di carrelli spmt. A tale scopo le piste di cantiere che conducono in autostrada sono state pensate con una pendenza massima del 4%.

Per le fasi 1, 3 e 4 i sollevamenti delle travi (vecchie e nuove) con portali fissi o mobili e le movimentazioni con carrelli spmt saranno effettuate in orario notturno in quanto richiedono la chiusura della corsia di traffico adiacente sia per ragioni di vicinanza con il traffico, sia, dove sono utilizzati i portali, per ragioni statiche che riguardano l'impalcato esistente (fasi 1 e 3), sia per interferenza tra traffico e rampe di accesso alle aree di cantiere extra-golenali (fasi 3 e 4).

Mentre per la fase 2 tali operazioni potranno essere effettuate in orario diurno in quanto il traffico è sufficientemente distante dai portali e non c'è interferenza con le rampe di accesso alle aree di cantiere poste oltre gli argini.

4.4 APPOGGI E GIUNTI

L'isolamento sismico è previsto mediante l'utilizzo di isolatori sismici a scorrimento a doppia superficie curva (FrictionPendulum System), caratterizzati da un coefficiente di attrito minimo nominale pari al 2.5% (basso coefficiente di attrito).

Il funzionamento di tali isolatori è riconducibile a quello di un pendolo semplice, in cui il periodo di oscillazione non dipende dalla massa ma solo dalla lunghezza del pendolo stesso. Il periodo proprio di vibrazione di una struttura sismicamente isolata con isolatori a scorrimento a superficie curva dipende principalmente dal raggio di curvatura della superficie di scorrimento, ed è invece quasi indipendente dalla massa della struttura. La dissipazione di energia è fornita dall'attrito che si sviluppa durante lo scorrimento, e la capacità di ricentraggio è fornita dalla curvatura della superficie di scorrimento.

Complessivamente, coerentemente col variare delle portate verticali, in funzione delle luci delle campate, e delle esigenze di spostamento complessivo cui fare fronte, si prevede l'impiego combinato, in corrispondenza di ciascun allineamento di appoggi, di dispositivi di isolamento sismico a doppia superficie curva (friction pendulum) e di isolamento sismico a doppia superficie curva (friction pendulum) con superfici lubrificate in modo da renderli simili a dispositivi multidirezionali.

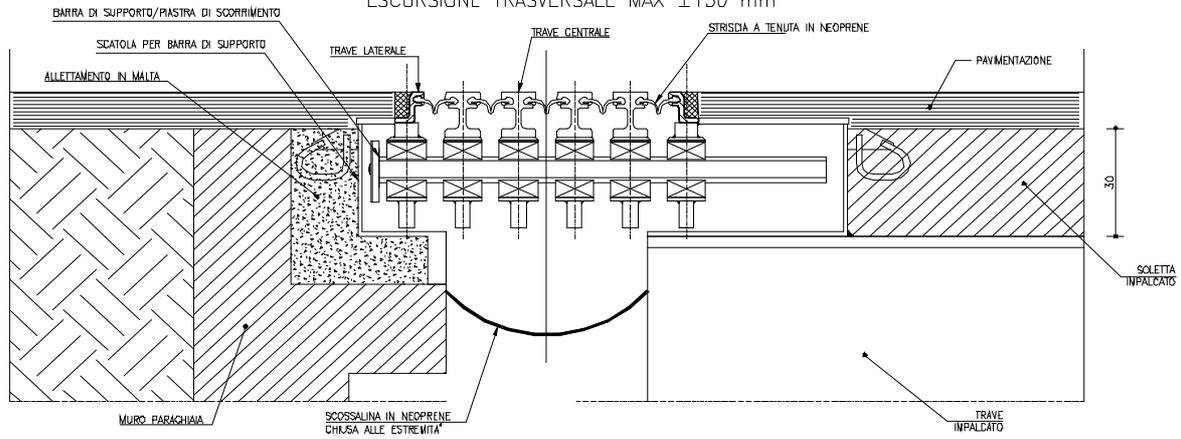
La distribuzione trasversale dei dispositivi è stata studiata in modo da realizzare un vincolo longitudinale efficace anche per le fasi realizzative transitorie, mentre per quanto attiene il vincolo orizzontale nella stessa fase è prevista la realizzazione di appositi ritegni unidirezionali (guide scorrevoli) idonei a riprendere l'azione trasversale generata dal vento sull'impalcato.

Le relazioni specialistiche approfondiscono il sistema complesso dell'isolamento in considerazione anche della tipologia di appoggi e della continuità dell'opera.

In corrispondenza di entrambe le spalle sono previsti giunti di scorrimento a grande escursione a lamelle.

GIUNTO DI DILATAZIONE A LAMELLE SEZIONE LONGITUDINALE
Scala 1:10

 ESCURSIONE LONGITUDINALE MAX ± 350 mm

 ESCURSIONE TRASVERSALE MAX ± 150 mm

Figura 9 - Giunti di dilatazione a lamelle

4.5 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO

Le indagini effettuate nei riguardi della verifica a liquefazione, di cui alla relazione “IM05-07E-0001-GL01-0000-RC02-0 - Viadotto sul fiume Po – Autostrada Padana A21 – Relazione geotecnica”, hanno evidenziato che per alcune pile sussiste un apprezzabile rischio di liquefazione del terreno di fondazione in presenza di sisma di elevata intensità.

Le zone individuate come critiche sono quelle in corrispondenza dei sondaggi S8, S10, S13 e S14 con effetti segnatamente alle pile da P25 a P40, nonché alla spalla lato Cremona. Per le pile da P29 a P36, in precedente appalto, è prevista la realizzazione di un sistema chiuso di palancole intorno alla fondazione delle pile avente lo scopo di risanare lo scalzamento dei pali che si è manifestato nel corso degli anni. Tale intervento illustrato negli elaborati da “IM05-07E-0001-HY01-0000-PT01-0” a “IM05-07E-0001-HY01-0000-PT08-0” del progetto di *Intervento di protezione delle fondazioni in alveo*, è sufficiente a proteggere le fondazioni delle pile interessate dal rischio di liquefazione del terreno circostante, in quanto il consolidamento delle fondazioni supera e comprende lo strato di terreno suscettibile di liquefazione. Il progetto prevede infatti, in fase preliminare agli interventi di sostituzione dell'impalcato e di adeguamento del ponte, l'installazione di un sistema di palancole estese fino alla profondità di 21.00 m dal piano di fondazione ed il successivo riempimento del volume da esse delimitato con magrone, al fine di proteggere e conferire adeguata capacità portante alle fondazioni profonde.

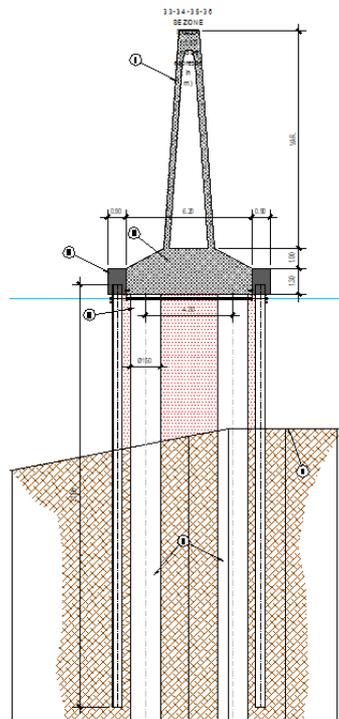


Figura 10: Intervento di protezione delle fondazioni già appaltato

Rimangono pertanto da proteggere le fondazioni delle pile da P25 a P28 e da P37 a P40 oltre che la spalla lato Cremona, per le quali il progetto prevede la realizzazione di una doppia colonna perimetrale di iniezioni lungo la periferia del plinto, portate alla profondità di 18.0 m dal piano di fondazione, tali da realizzare un blocco cementato al di sotto del plinto stesso.

In definitiva le iniezioni di consolidamento e cementazione dello strato di terreno interessato da possibili fenomeni di liquefazione forniscono garanzia di sicurezza nei riguardi del rischio di perdita della resistenza a taglio del terreno in presenza di azioni sismiche di elevata intensità (Magnitudo > 5.5) agenti su terreni sabbioso/limosi in presenza di falda.

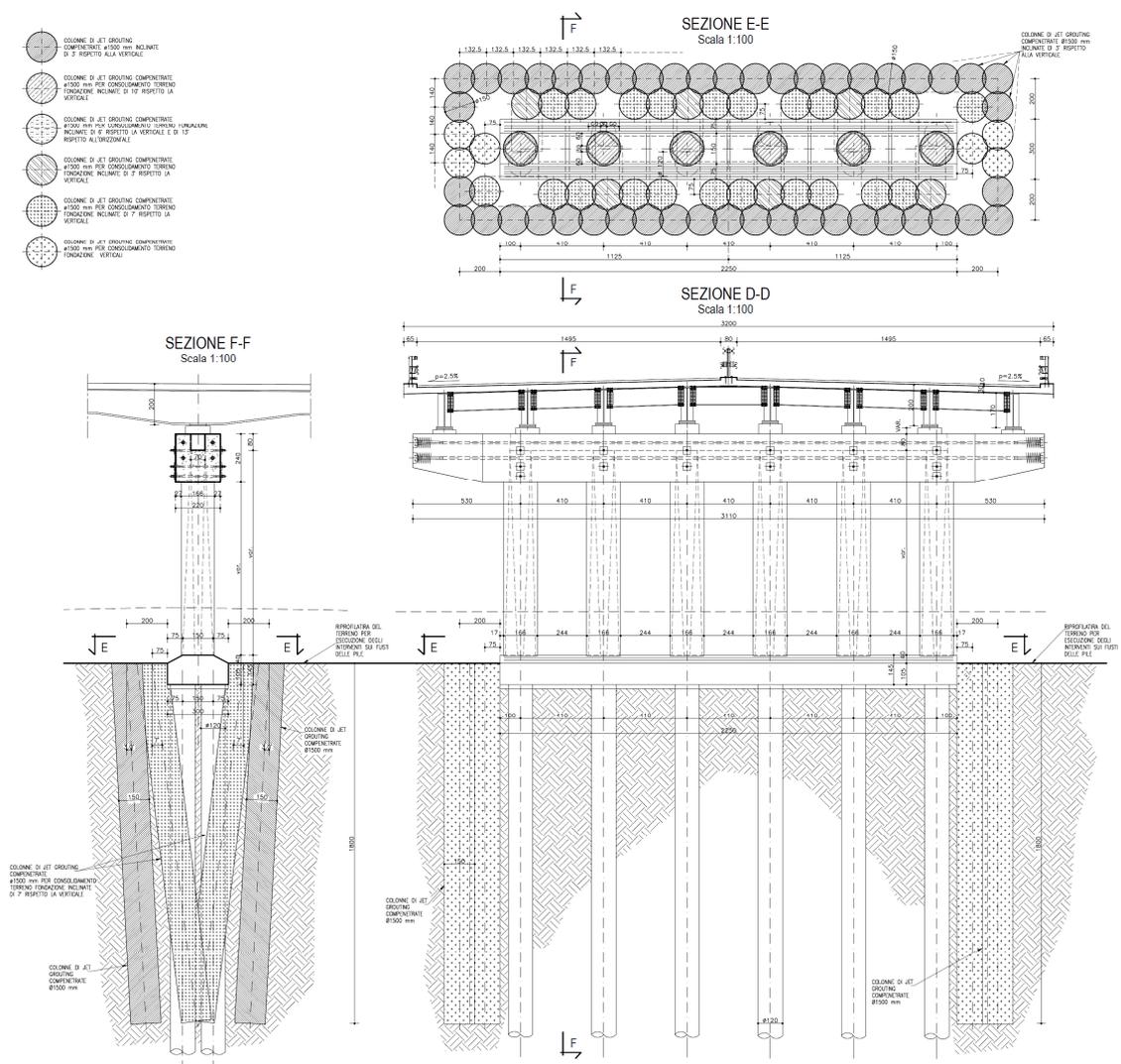


Figura 11: Tipologico intervento di consolidamento del terreno

4.6 INTERVENTI SU PILE

Sulle pile sono previste due distinte tipologie di interventi. Innanzitutto, si interviene sui pulvini di entrambe le tipologie di pile esistenti. Sia su quelle a portale multiplo (pile P01÷P24, P37÷P40), sia su quelle a sezione scatolare (P25÷P36), per la realizzazione dell'intervento sui pulvini atto a consentire l'appoggio delle due travi aggiuntive del nuovo impalcato.

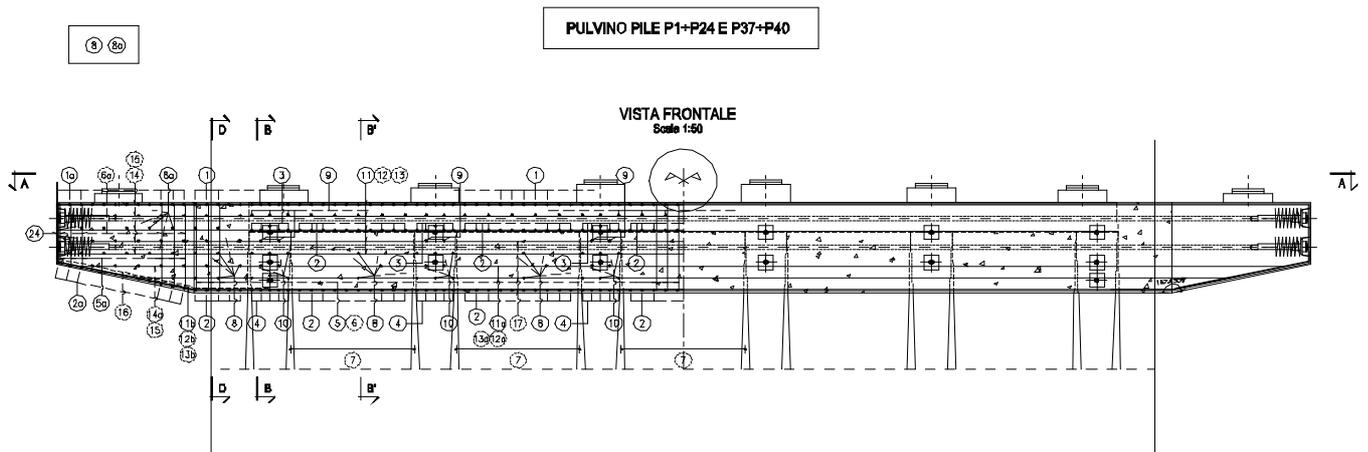


Figura 12 - Nuovi pulvini sulle pile P01÷P24-P37÷P40

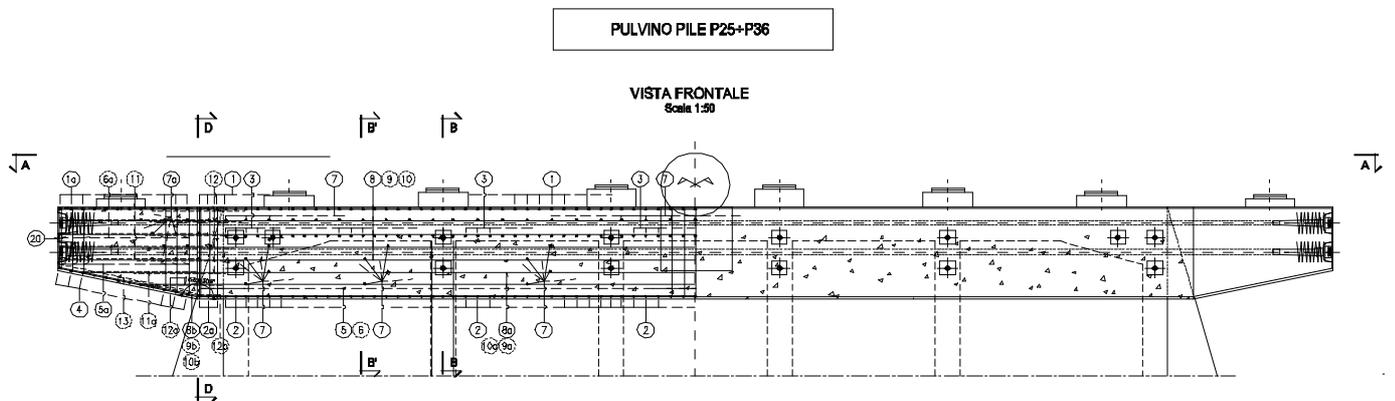


Figura 13 - Nuovi pulvini sulle pile P25÷P36

Per tutte le pile a portale multiplo (pile P01÷P24, P37÷P40) è quindi prevista la realizzazione di una incamicatura dei fusti esistenti per incrementarne le capacità resistenti.

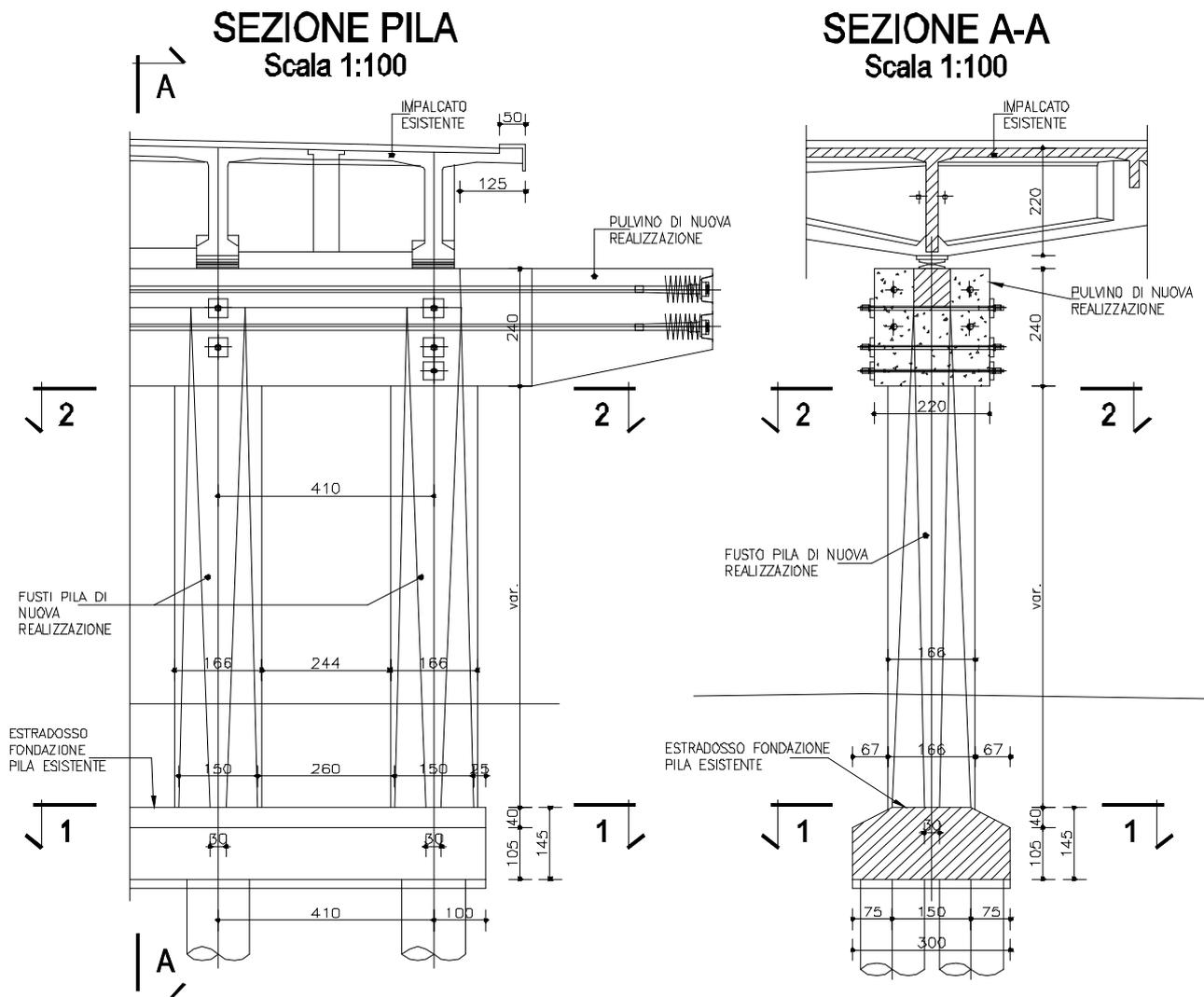


Figura 14 - Intervento sui fusti delle pile P01÷P24-P37÷P40

Facendo riferimento ai report di ispezione riportati in progetto (cfr. allegato B all'elaborato IM05-07E-0001-GE01-0000-RC01-2), per le pile a setto si evidenzia uno stato di ammaloramento diffuso con dilavamenti, rigonfiamenti, distacchi del calcestruzzo e una profondità di carbonatazione spesso superiore al copri ferro esistente (cfr. dati sperimentali). I report di ispezione visiva riportano una estensione di ammaloramento stimata pari a circa il 20% del totale. In considerazione della presenza di tali ammaloramenti che coinvolgono la superficie di copriferro si prevede in progetto un intervento di scarifica superficiale per una superficie stimata di circa il 50% sul totale, in modo da poter tenere in conto eventuali difetti non rilevabili, e di ricostruzione dello strato corticale, con eventuale integrazione dell'armatura ove risultasse danneggiata. Per garantire la durabilità dell'opera si prevede l'esecuzione della verniciatura protettiva su tutta la superficie delle pile.

Il ciclo di riqualifica consiste nelle seguenti operazioni:

1. asportazione del calcestruzzo di copriferro degradato (sp. medio 3 cm) mediante idroscarifica;
2. ripristino con malta tixotropica fibrorinforzata applicata a spruzzo;
3. verniciatura protettiva.

4.7 INTERVENTI SULLE SPALLE

Anche sulle spalle, come accade per le pile, si realizza un allargamento delle strutture esistenti su entrambi i lati in modo da consentire la realizzazione degli appoggi per le nuove travi aggiunte sull'impalcato in progetto rispetto all'opera esistente.

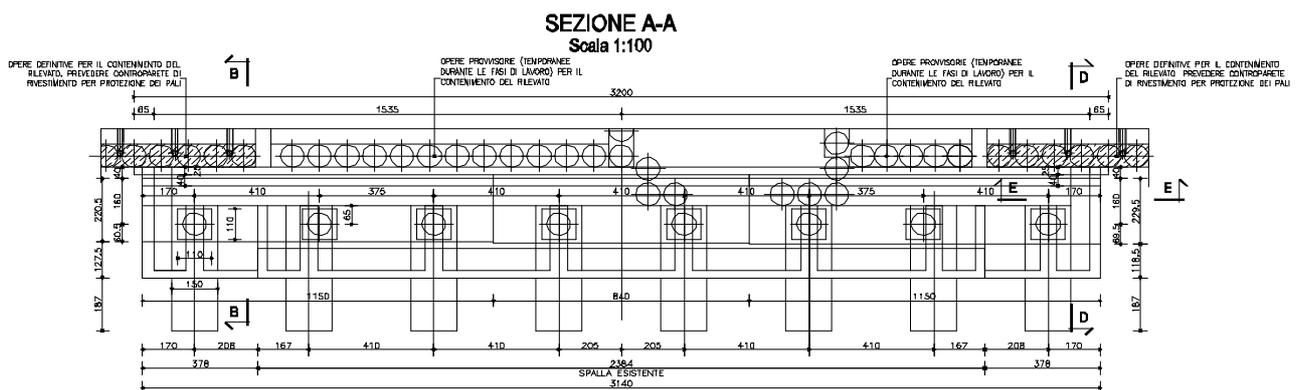


Figura 15 - Realizzazione intervento su spalla (spalla lato BS)

L'adeguamento delle spalle richiede inoltre il rifacimento del muro paraghiaia per permettere di accogliere le deformazioni longitudinali dell'impalcato per le azioni termiche e sismiche e per il posizionamento dei nuovi giunti stradali. Gli interventi di adeguamento delle spalle devono necessariamente seguire la sequenza delle fasi del traffico e richiedono quindi la realizzazione di opere di sostegno dello scavo.

Come per le pile a setto, si evidenzia uno stato di ammaloramento diffuso con dilavamenti, rigonfiamenti, distacchi del calcestruzzo e una profondità di carbonatazione spesso superiore al copri ferro esistente (cfr. dati sperimentali). I report di ispezione visiva riportano una estensione di ammaloramento stimata pari a circa il 20% del totale. In considerazione della presenza di tali ammaloramenti che coinvolgono la superficie di copriferro si prevede in progetto un intervento di

scarifica superficiale per una superficie stimata di circa il 50% sul totale, in modo da poter tenere in conto eventuali difetti non rilevabili, e di ricostruzione dello strato corticale, con eventuale integrazione dell'armatura ove risultasse danneggiata. Per garantire la durabilità dell'opera si prevede l'esecuzione della verniciatura protettiva su tutta la superficie delle pile.

4.8 DEMOLIZIONE DELL'IMPALCATO

Si prevede di realizzare la demolizione degli impalcati effettuando dei tagli longitudinali in asse degli specchi di soletta e tagli trasversali sui traversi in modo da rimuovere le travi e la parte di soletta di pertinenza nella stessa sequenza con cui sono state installate. Vista la tipologia di schema statico esistente prima è necessario rimuovere le campate tampone e successivamente le travi in appoggio sulle pile. Una volta eseguiti i tagli, le travi con la parte di soletta e dei traversi di competenza dovranno essere sollevate mediante autogru ovvero portali fissi e mobili come descritto nelle fasi di realizzazione e trasportate mediante autocarri (per travi di bordo in golena) o carrelli spmt nelle aree di cantiere dove avverrà la frantumazione per la separazione di acciaio e della matrice di cemento e il successivo smaltimento.

Le travi delle campate n° 30, 32, 34 e 36, che presentano lunghezza 85,75 e 83,00 m a seconda delle campate, saranno sollevate e posizionate al di sopra delle travi adiacenti in modo da non gravare sulle stesse ma direttamente sugli appoggi. Successivamente saranno sezionate in tre pezzi per il trasporto all'area di cantiere mediante carrelloni spmt.

Le travi delle restanti campate saranno trasportate intere alle aree di cantiere.

4.9 INTERVENTO DI ALLARGAMENTO DEI RILEVATI AUTOSTRADALI E PAVIMENTAZIONI

Il progetto prevede l'adeguamento dei tratti di approccio dei rilevati e delle opere minori presenti nei tratti interessati in modo da accogliere l'allargamento della piattaforma autostradale in accordo con le fasi esecutive.

Per la fascia di allargamento e la corsia di emergenza esistente si è prevista una sovrastruttura stradale di spessore pari a 74 cm, costituita dai seguenti strati:

- Strato di usura drenante in conglomerato bituminoso: 4 cm
- Strato di collegamento (binder) in conglomerato bituminoso: 5 cm
- Strato di base in conglomerato bituminoso: 20 cm
- Strato di fondazione in misto cementato: 25 cm
- Strato di sottofondazione in misto stabilizzato: 20 cm

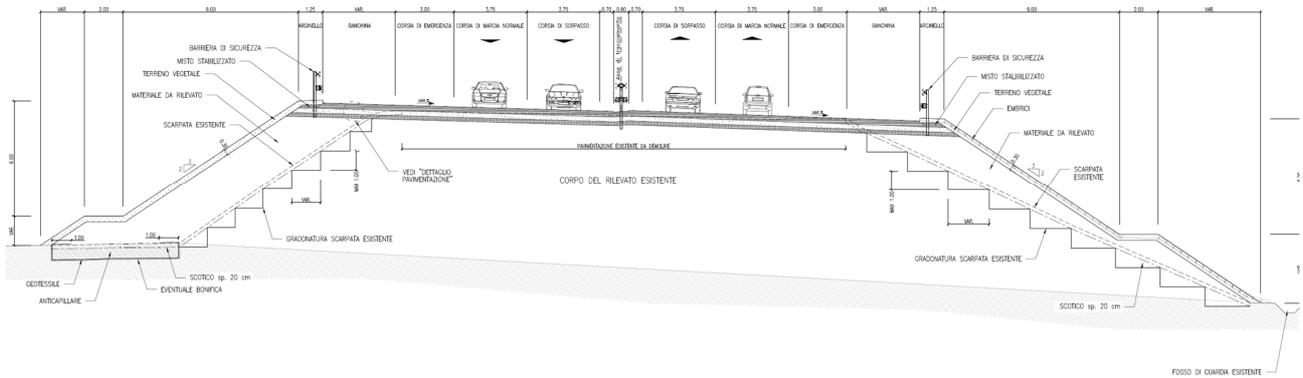


Figura 17: Sezione tipo rilevato lato Cremona

L'allargamento dei rilevati di approccio al viadotto richiede il prolungamento dei manufatti scatolari in cemento armato ordinario, per i quali è prevista la demolizione puntuale dei tratti terminali e la ricostruzione in continuità per la massima larghezza prevista per il rilevati.

4.9.1 CONSIDERAZIONI SULLA SCELTA DELLA PAVIMENTAZIONE

4.9.1.1 PREMESSA

La pavimentazione stradale (o sovrastruttura) è la struttura direttamente soggetta alle azioni dei veicoli. Le sue funzioni fondamentali sono:

1. garantire una superficie di rotolamento regolare e poco deformabile;
2. ripartire sul terreno sottostante le azioni dei veicoli, in misura tale che non si abbiano deformazioni del piano viabile pericolose per il traffico;
3. proteggere il terreno sottostante dagli agenti atmosferici.

Le scelte effettuate per il pacchetto di pavimentazione in sede di dimensionamento, influenzano anche le modalità d'esercizio dell'intera infrastruttura che può essere soggetta ad interventi di manutenzione più o meno radi durante la vita utile della pavimentazione stessa.

Quanto detto vuole richiamare l'attenzione sulla particolare importanza che assume la progettazione della sovrastruttura stradale in termini di eventuali disagi arrecati all'utenza ed al gestore della tratta stradale, nel caso di un errato dimensionamento.

Il dimensionamento della sovrastruttura e le caratteristiche dei materiali sono stati adottati sulla base dei calcoli descritti nel seguito.

Sulla base di tali calcoli e con riferimento ai più moderni criteri di progettazione stradale, è stato adottato lo schema di pavimentazione descritto al paragrafo precedente.

L'organizzazione a strati di questa pavimentazione assicura la distribuzione dei carichi fino al terreno sottostante e fa sì che la sovrastruttura, anziché assorbire gli sforzi mediante resistenze flessionali, reagisca con la sua adattabilità deformativa alle azioni trasmesse dai carichi veicolari e alle reazioni del terreno sottostante.

Gli strati superficiali sono direttamente esposti alle azioni del traffico e degli agenti atmosferici, mentre la struttura portante ha la funzione di mantenere inalterata la configurazione del soprastante manto, sopportando e distribuendo sul sottofondo le sollecitazioni dovute al traffico. Lo strato superficiale è quello che costituisce il piano viabile destinato a far fronte alle azioni verticali e tangenziali indotte dai veicoli e a trasmetterle con intensità attenuata agli strati sottostanti. Viene realizzato con conglomerato bituminoso caratterizzato da notevole resistenza al taglio e suddiviso in:

- usura, posta a contatto con i pneumatici dei veicoli, deve garantire delle ottime condizioni di aderenza ed assicurare adeguate caratteristiche di regolarità;
- binder (strato di collegamento) destinato a integrare le funzioni portanti dello strato superiore e ad assicurare la collaborazione con gli strati sottostanti.

Lo strato di base ha la funzione principale di ripartire i carichi sul sottostante strato di fondazione e deve possedere un'elevata resistenza ai fenomeni di fatica e all'ormaiamento.

Gli strati di fondazione e sottofondazione sono la parte più vicina al sottofondo e hanno la funzione di ripartire i carichi e rendere la sollecitazione compatibile con il sottostante strato, ma hanno anche la funzione di rendere la superficie regolare per stendere lo strato superiore di base.

4.9.1.2 METODO DI CALCOLO

Il metodo di calcolo utilizzato per il dimensionamento della sovrastruttura stradale ripercorre le indicazioni del Metodo della AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Il metodo è empirico-statistico, basato cioè su osservazioni sperimentali dei parametri in gioco, i quali sono opportunamente correlati da funzioni di regressione in modo che i legami funzionali siano fisicamente corretti.

Esso consiste nel determinare il numero di assi standard (l'asse standard è l'asse singolo con ruote gemelle da 18kips = 80kN = 8,2t) che la pavimentazione può sopportare, indicato con $W_{8,2t}$, raggiungendo un fissato grado di ammaloramento finale (PSI_f). Tale valore è funzione di vari parametri, quali caratteristiche meccaniche dei materiali, spessori degli strati, portanza del sottofondo, grado di ammaloramento finale che, per questioni di comfort e sicurezza, la pavimentazione può raggiungere, coefficiente di sicurezza (fissato attraverso l'affidabilità, ovvero la probabilità che la pavimentazione resista al traffico che transita durante la sua vita utile).

Tali assi devono essere confrontati con il traffico commerciale (veicoli con carico per asse o set di assi superiore a 10 kN) che si stima passerà durante la vita utile della pavimentazione sulla corsia più carica (si dimensiona la corsia più carica, non essendo il traffico pesante equiripartito tra le corsie). Poiché il traffico commerciale che transita su strada è costituito da veicoli che si differenziano per numero di assi, carico per asse e tipologia di asse (singolo, tandem e tridem), è necessario determinare il numero di assi standard equivalenti, ovvero il numero di assi standard che determinano lo stesso danno alla pavimentazione provocato dai veicoli reali, o meglio dagli assi dei veicoli reali. Per determinare il numero di assi standard che transiteranno, indicato con $N_{8,2t}$, è necessario stabilire preliminarmente i coefficienti di equivalenza tra ciascun asse reale e quello standard. Tali coefficienti sono funzione di alcuni parametri, quali caratteristiche meccaniche dei materiali, spessori degli strati, grado di ammaloramento finale (per quanto riguarda la pavimentazione), carico per asse e tipologia di asse (per quanto riguarda gli assi stessi). Noti i coefficienti di equivalenza di ciascun asse dei veicoli che compongono il traffico reale, bisogna determinare il coefficiente di equivalenza medio, che è funzione della composizione del traffico sulla strada in esame (ovvero dello spettro di traffico, cioè della frequenza relativa dei vari tipi di veicoli).

Infine, per determinare il numero di assi equivalenti che transiteranno sulla corsia più carica basta moltiplicare il coefficiente di equivalenza medio per il numero di veicoli commerciali che si stima transiteranno durante la vita utile della pavimentazione sulla corsia più carica.

In sintesi, la metodologia di dimensionamento proposta dall'AASHTO Guide Design of Pavement Structures si basa sulla quantificazione della capacità strutturale della pavimentazione attraverso il Numero di Struttura (SN, Structural Number) e si fonda su quattro diversi fattori:

1. Traffico di progetto, numero di passaggi sopportabili ($W_{8,2t}$),
2. Grado di Affidabilità del procedimento di dimensionamento,
3. Caratteristiche degli strati, attraverso lo Structural Number (SN),
4. Decadimento limite ammissibile della sovrastruttura.

La relazione fondamentale di dimensionamento vede il termine $W_{8,2t}$ legato a vari parametri attraverso la seguente funzione di regressione:

$$\log(W_{8,2t}) = Z_r \cdot S_o + 9,36 \cdot \log((SN / 2,54) + 1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{PSI_i - PSI_f}{4,2 - 1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{((SN / 2,54) + 1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log(Mr^*) - 3,056$$

Nello specifico i parametri suddetti risultano essere:

Z_r = parametro tabellato in funzione dell'**Affidabilità R (%)** Reliability, a sua volta tabellata in funzione del tipo di strada (in base alla classificazione secondo il D.M. 5/11/2001).

I valori di Z_R in funzione dell'affidabilità R sono riportati nella tabella seguente:

R[%]	50	60	70	75	80	85	90	92	95	98	99	99.9
ZR	0.000	-0.253	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.645	-2.054	-2.327	-3.090

Tabella 4.9.1: Valori del parametro ZR in funzione dell'Affidabilità R (%) Reliability

I valori dell'affidabilità da assumere dipendono dal tipo di strada e dalla sua ubicazione: i valori più alti si adottano per le autostrade urbane e per le corsie preferenziali affinché sia minimo il rischio di interventi di rafforzamento prima del termine della vita utile della pavimentazione con conseguenti gravi intralci alla circolazione. I valori più bassi si adottano per le strade extraurbane a traffico modesto.

Si possono assumere i seguenti valori consigliati dal catalogo delle pavimentazioni stradali:

- 80% per Strade extraurbane secondarie – turistiche;
- 85% per Strade extraurbane secondarie – ordinarie;
- 90% per Autostrade extraurbane, Strade extraurbane principali e secondarie a forte traffico, Strade urbane di quartiere e locali;
- 95% Autostrade urbane e corsie preferenziali.

S_0 = parametro che assume valori compresi nell'intervallo 0.40÷0.5.

$$SN = a_1 \cdot s_1 + a_2 \cdot s_2 + a_3 \cdot s_3 + m_4 \cdot a_4 \cdot s_4$$

SN [cm] = Structural Number, dove

- s_i sono gli *spessori* [cm] ipotizzati per gli strati che compongono il pacchetto di pavimentazione,
- a_i sono i *coefficienti strutturali* i cui valori dipendono dalle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti i vari strati,
- m_4 è il *coefficiente di drenaggio* degli strati non legati

I coefficienti strutturali a_1 , a_3 e a_4 si ricavano direttamente dai nomogrammi presenti sull'AASHTO GUIDE, mentre il valore del coefficiente a_2 (relativo allo strato di collegamento) si ricava per interpolazione lineare dei parametri a_1 ed a_3 (ricavati sempre dall'AASHTO GUIDE però con i valori caratteristici relativi allo strato di collegamento).

PSI_i = *Indici di Servizio Iniziale* (Initial Present Serviceability Index), rappresenta una misura del grado di ammaloramento iniziale della sovrastruttura, in termini di sicurezza e comfort (in quanto è una valutazione data alla pavimentazione in funzione del comfort e della sicurezza che l'utente percepisce). È un numero che varia tra 0 e 5. Per tener conto delle inevitabili imperfezioni costruttive si assume 4.8.

PSI_f = *Indici di Servizio Finale* (Final Present Serviceability Index), rappresenta una misura del grado di ammaloramento finale della sovrastruttura, in termini di sicurezza e comfort (in quanto è una valutazione data alla pavimentazione in funzione del comfort e della sicurezza che l'utente percepisce). È un numero che varia tra 0 e 5. Per le strade caratterizzate da elevate velocità di progetto, quali le autostrade, si richiedono alti valori per assicurare sempre elevati standard prestazionali; i valori minimi consigliati sono i seguenti:

- $PSI_f = 2.5$ per le strade di media importanza (strade extraurbane, urbane di scorrimento e corsie preferenziali),
- $PSI_f = 3$ per le strade di grande comunicazione (autostrade).

M_r^* [MPa] = *Modulo Resiliente* del Sottofondo, ottenuto, in mancanza di misure dirette, dalla relazione M_r [Mpa] = $10 \cdot CBR[\%]$, dove CBR (Californian Bearing Ratio) è l'*Indice di Portanza del Sottofondo*.

Da sottolineare che il valore di $W_{8,2t}$ aumenta al crescere dei valori di **SN** e **M_r** .

Una volta determinato il valore di $W_{8,2t}$, occorre calcolare il valore dei passaggi previsti, vale a dire il termine $N_{8,2t}$. Questo termine deriva dall'Analisi del traffico e viene stimato sulla base di svariati elementi, tra i quali, per esempio:

- I dati di traffico
- La percentuale di veicoli commerciali prevedibile sulla strada in oggetto
- Il numero medio degli assi di un generico veicolo commerciale
- Il tipo di strada in base alla classificazione del D.M. 5/11/2001 ed il conseguente Spettro dei Veicoli Commerciali che si prevede vi possano transitare sul tipo di strada in oggetto
- Il numero di anni di Vita Utile da assegnare alla pavimentazione in oggetto
- Il tasso di incremento annuo di motorizzazione prevedibile per la strada in oggetto durante la sua Vita Utile.

Nello specifico, stimato il numero di veicoli commerciali che transiteranno durante la Vita Utile, è necessario calcolare quali siano i tipi di Veicoli Commerciali previsti in base al cosiddetto Spettro dei Veicoli Commerciali che dipende dal tipo di strada in oggetto, come rilevabile dalla seguente tabella estratta dalla Normativa:

TIPO DI STRADA	TIPO DI VEICOLO															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Autostrada extraurbana	12.2	-	24.4	14.6	2.4	12.2	2.4	4.9	2.4	4.9	2.4	4.9	0.10	-	-	12.2
2. Autostrada urbana	18.2	18.2	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	18.2	27.3	-
3. Strade extr. principali e secondarie a forte traffico	-	13.1	39.5	10.5	7.9	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	0.5	-	-	10.5
4. Strade extr. secondarie ordinarie	-	-	58.8	29.4	-	5.9	-	2.8	-	-	-	-	0.2	-	-	2.9
5. Strade extr. secondarie ruristiche	24.5	-	40.8	16.3	-	4.15	-	2	-	-	-	-	0.05	-	-	12.2
6. Strade urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	18.2	27.3	-
7. Strade urbane di quartiere e locali	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-
8. Corsie Preferenziali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	53	-

Tabella 4.9.2: Spettro dei Veicoli Commerciali

In base allo spettro dei veicoli commerciali è possibile suddividere il numero totale di passaggi previsti di veicoli pesanti in base alle diverse percentuali di incidenza di ciascuna tipologia di veicolo commerciale stesso.

Per quanto riguarda il numero e il relativo peso degli assi di ciascuno dei 16 tipi di veicoli commerciali ci si deve basare sulla seguente tabella estratta dalla Normativa:

Tipo di veicolo	N° Assi			Carichi per asse o set di assi			
	S	T	Td				
1) AUTOCARRI LEGGERI	2			↓ 10	↓ 20		
2) " "	2			↓ 15	↓ 30		
3) AUTOCARRI MEDI E PESANTI	2			↓ 40	↓ 80		
4) " "	2			↓ 50	↓ 110		
5) AUTOCARRI PESANTI	1			↓ 40	↓ ↓ 80+80		
6) " "	1			↓ 60	↓ ↓ 100+100		
7) AUTOTRENI E AUTOARTICOLATI	4			↓ 40	↓ 90	↓ 80	↓ 80
8) " "	4			↓ 60	↓ 100	↓ 100	↓ 100
9) " "	1	2		↓ 40	↓ ↓ 80+80	↓ ↓ 80-80	
10) " "	1	2		↓ 60	↓ ↓ 90+90	↓ ↓ 100+100	
11) " "	2		1	↓ 50	↓ 100	↓ ↓ ↓ 80+80+80	
12) " "	2		1	↓ 60	↓ 110	↓ ↓ ↓ 90+90+90	
13) MEZZI D'OPERA	2		1	↓ 50	↓ 130	↓ ↓ ↓ 130+130+130	
14) AUTOBUS	2			↓ 40	↓ 80		
15) " "	2			↓ 60	↓ 100		
16) " "	2			↓ 50	↓ 80		

Tabella 4.9.3: Numero e relativo peso degli assi di ciascuno dei 16 tipi di veicoli commerciali

Per convertire il peso di ciascun asse da $X[t]$ al peso standard di $8,2[t]$ si considerano i seguenti coefficienti di equivalenza ottenuti attraverso l'espressione di Yoder:

1 [t]	0,0204
1,5 [t]	0,0267
2 [t]	0,0350
3 [t]	0,0601
4 [t]	0,1032
5 [t]	0,1773
6 [t]	0,3044
8 [t]	0,8975
9 [t]	1,5411
10 [t]	2,6463
11 [t]	4,5441
12 [t]	7,8028
13 [t]	13,3985

Tabella 4.9.4: Coefficienti di equivalenza ottenuti attraverso l'espressione di Yoder

In seguito, occorre compilare una tabella dove per ogni tipo di veicolo si indicano il numero di assi presenti in base al relativo peso. Effettuando il prodotto matriciale tra quest'ultima tabella descritta

(matrice 13x16) e la tabella relativa al numero di passaggi per ogni tipo di veicolo commerciale (matrice 16x1), si ricava il numero di passaggi previsti per ogni “classe” di peso d’asse; moltiplicando poi ciascun valore ottenuto per il corrispondente coefficiente d’equivalenza di Yoder si ricava il numero di passaggi previsti per l’Asse Standard da 8,2 [t], indicato con $N_{8,2}$.

4.9.1.3 PROCEDURA DI CALCOLO

Nel nostro caso specifico, la tipologia di strada considerata è una Autostrada extraurbana.

4.9.1.3.1 Calcolo di $N_{8,2}$

Il dimensionamento di una qualsiasi struttura richiede la previsione dei carichi che questa dovrà sopportare durante la sua vita utile.

Nel caso stradale, è necessario determinare un parametro in evoluzione, quale è il traffico veicolare, ed in particolare, il traffico pesante che maggiormente grava sulla struttura.

La base per la procedura AASHTO risulta quindi essere uno studio del traffico veicolare al fine di ottenere il numero dei veicoli pesanti transitanti sulla pavimentazione nell’arco della sua vita utile.

La tratta autostradale oggetto di intervento è compresa tra i Caselli di Cremona e Castelvetro Piacentino, e il traffico che la impegna è desumibile dalle rilevazioni fornite direttamente dalla concessionaria Autovia Padana S.p.A..

I dati rilevati forniscono i conteggi suddivisi per classe di veicoli leggeri e veicoli pesanti, intendendo per tali i veicoli con massa totale pari o superiore a 3,5 t come previsto dalla norma.

Per il tratto tra Castelvetro e Cremona, il traffico rilevato tra il 01/03/2018 ed il 31/12/2018 è pari a 5'068'555 veicoli in direzione Castelvetro (direzione principale: Piacenza) e a 5'054'579 veicoli in direzione Cremona (direzione principale: Brescia).

Il numero di veicoli pesanti conteggiati nel medesimo periodo, ricavato dalle informazioni disponibili con i criteri prima indicati, è pari a 1'913'972 veicoli in direzione Castelvetro e a 1'934'075 veicoli in direzione Cremona.

Sulla base delle rilevazioni sopra riportate si desume un TGM pari a 16'564 veicoli di cui 6'255 veicoli pesanti in direzione Castelvetro e a 16'518 veicoli di cui 6'321 veicoli pesanti in direzione Cremona.

La percentuale massima di veicoli pesanti accertata è pertanto pari a circa il 38 % per entrambe le direzioni (in dettaglio, 37,76% in direzione Castelvetro e 38,26% in direzione Cremona).

Considerando quindi:

• Pc (percentuale di veicoli pesanti)	0.38
• Psm (percentuale di traffico per senso di marcia)	1
• Pcorsia (percentuale di veicoli pesanti transitanti sulla corsia lenta)	0.90
• Dispersione traiettoria	0.8
• Vita utile	20
• Tasso di incremento annuo	0.035
• TGM	16'600

il dato di ingresso per il calcolo della pavimentazione risulta 46'880'428 veicoli commerciali.

Noti la categoria di strada e il traffico di progetto si è ricavato, con il metodo descritto al paragrafo 4.9.1.2, il Numero di passaggi di Assi standard da 8.2[t] **previsti** nei 20 anni di vita utile della pavimentazione:

$$N_{8,2t} = 161'411'877 \text{ passaggi di Assi standard previsti}$$

4.9.1.3.2 Calcolo Di $W_{8,2}$

Per quanto riguarda il Numero di passaggi di Assi standard da 8.2[t] **sopportabili** nei 20 anni di vita utile della pavimentazione proposta, si è tenuto conto della categoria di strada e quindi dei seguenti parametri:

Z_R	-1.282
S₀	0.45
SN	15.64 cm
PSI i	4.8
PSI f	3
M_R	90 MPa
CBR	9 %*

Tabella 4.9.5: Parametri per il calcolo di $W_{8,2}$

	a_i	s_i (cm)	m_i
Strato di usura drenante	0.30	4	1
Strato di binder	0.40	5	1
Strato di base	0.28	20	1
Strato di fondazione in misto cementato e sottofondazione in misto stabilizzato	0,16**	45	0.95

Tabella 4.9.6: Parametri relativi alla pavimentazione di progetto per il calcolo dello Structural Number (SN)

* La portanza, o capacità portante, ossia il carico massimo sopportabile, in determinate condizioni, che realizza un prestabilito cedimento. Il piano di posa della sovrastruttura stradale dovrà garantire un valore minimo della portanza del sottofondo, individuato attraverso il California Bearing Ratio, C.B.R. = 9%.

** Nel caso in esame la sovrastruttura non è formata da 4 strati differenti ma da 5; infatti si prevede l'inserimento sia di una fondazione in misto cementato che di una sottofondazione in misto granulare stabilizzato. Vista l'impossibilità di utilizzare il modello con l'inserimento di un quinto strato, si è proceduto nel caratterizzare uno strato determinato da una media pesata dei due. In particolare:

Misto cementato spessore 25 cm $a_i = 0,20$

Misto granulare spessore 20 cm $a_i = 0,12$

Facendo una media pesata sugli spessori dei coefficienti strutturali a_i , si ottiene un coefficiente a_4 che descrive l'intero spessore pari a 0,16 così ottenuto:

$$a_4 = \{ [(0.20 \times 25) + (0.12 \times 20)] / 2 \} / [(20 + 25) / 2]$$

Tale determinazione del parametro strutturale scaturisce da considerazioni matematiche ma viene suffragata da considerazioni anche empiriche. Infatti, 0,16 è il parametro che solitamente si assegna ad uno strato di fondazione di misto granulare con buone caratteristiche meccaniche. Si ritiene quindi di schematizzare la piattaforma in progetto con ottimi margini di sicurezza se si caratterizzano in tale maniera i due strati di fondazione.

Il Numero di passaggi di Assi standard da 8,2[t] **sopportabili** nei 20 anni di vita utile, stimato con il metodo descritto al paragrafo 4.9.1.2, risulta essere

$$W_{8,2t} = 200'148'981 \text{ passaggi di Assi standard sopportabili}$$

4.9.1.4 CONCLUSIONI

In virtù di quanto illustrato nel paragrafo precedente, la sovrastruttura proposta in fase di Progetto risulta essere idonea a sopportare il traffico pesante previsto nei 20 anni di vita utile con un fattore di sicurezza pari a **1.24**.

4.10 MONITORAGGIO STRUTTURALE DEL VIADOTTO

Al fine di mantenere sotto controllo il comportamento statico e cinematico dell'impalcato si prevede al termine dei lavori l'installazione di un sistema di monitoraggio tramite sensori inclinometrici in sostituzione di quello attualmente in opera e l'introduzione di una pesa dinamica di controllo degli effettivi pesi transitanti sul viadotto.

Tale attività prevista dalla concessionaria è inserita all'interno delle somme a disposizione del progetto.

L'impresa dovrà tenere conto della presenza e dei possibili interventi di imprese esterne incaricate dalla Committente per lo spostamento provvisorio, la manutenzione e il ravviamento dei sensori e dei cavi di segnalamento e alimentazione nella propria organizzazione e programmazione operativa.

Considerato che al termine dei lavori il viadotto potrà essere oggetto di un collaudo dinamico, la disposizione dei sensori in questa fase può essere pensata in modo da limitare il numero di sensori sull'intero viadotto. Ovvero cercando di strumentare 3 campate per ciascuna delle due luci di riferimento (33m e 61,5 m) in maniera dettagliata e le restanti in misura minore, ovvero andando a misurare le accelerazioni soltanto in punti strategici con un numero di accelerometri ridotto a campata.

In questo modo è possibile, attraverso la replica del sistema di acquisizione che potrà essere impiegato per il collaudo dinamico, introdurre un monitoraggio del comportamento dinamico della struttura continuo a valle del collaudo dinamico.

5. CANTIERIZZAZIONE

La realizzazione degli interventi di sostituzione dell'impalcato richiede una regolamentazione dei flussi di traffico autostradali, differenziata a seconda delle fasi previste.

Considerata la presenza del fiume, l'estensione lineare dell'area di intervento e le quantità e dimensioni dei materiali da approvvigionare e da asportare a seguito delle demolizioni, il progetto prevede l'utilizzo dell'autostrada stessa come percorso di accesso alle aree logistiche.

Per garantire presidi logistici con adeguata fruibilità da parte degli addetti ai lavori, nonché per la conduzione di attività a servizio dei lavori (stoccaggio materiali, pre-assemblaggio parti d'opera, aree di deposito temporaneo, installazione impianti a servizio del cantiere, ecc.), il progetto prevede l'allestimento di quattro aree di cantiere, due su sponda sinistra e due su sponda destra del fiume Po, posizionate oltre gli argini maestri.

Le lavorazioni sottoimpalcato che riguardano il rinforzo delle pile a telaio, la riqualifica del calcestruzzo corticale delle pile a setto e la realizzazione dei nuovi pulvini saranno effettuate allestendo i ponteggi dal piano campagna per quanto riguarda le pile in golena, mentre per le pile a setto in alveo si prevede l'utilizzo di pile su pontone per gli interventi di riqualifica e un piano di lavoro ancorato in sommità alle pile per la realizzazione dei nuovi pulvini al di sopra del livello dell'acqua.

5.1 AREA DI CANTIERE LATO PIACENZA

L'accesso alle due aree in sponda destra (sponda Piacenza), poste oltre l'argine maestro, avverrà tramite due rampe di accesso dall'autostrada a monte e valle da attivare in base alla fase realizzativa. Tali rampe presentano una pendenza massima del 4% necessaria per permettere il transito dei carrelli spmt che trasportano le travi rimosse dell'impalcato esistente e le coppie di travi in acciaio del nuovo impalcato.

Le due aree di cantiere saranno impiegate per allestire il campo base con i baraccamenti, per effettuare la frantumazione dell'impalcato esistente, le attività di assemblaggio delle carpenterie metalliche e lo stoccaggio dei materiali. Tali aree sono comunque collegate alle piste presenti sottoimpalcato mediante rampe che scavalcano l'argine, in parte già esistenti.

Inoltre, è presente una terza rampa lato direzione Brescia utile per discendere nelle aree sottoimpalcato direttamente dall'autostrada.

L'area di cantiere base, le piste di accesso da autostrada e le rampe di scavalco dell'argine saranno pavimentate con uno spessore di conglomerato bituminoso (binder) di 7 cm, previo scotico di terreno vegetale per una profondità di 20 cm, rullatura e posa di materiale stabilizzato granulare di 20 cm.

L'utilizzo di percorsi esistenti (argine maestro) sarà previsto solo per mezzi leggeri di servizio e delle maestranze.

La viabilità ciclopedonale e degli autoveicoli di servizio degli enti autorizzati sull'argine maestro non sarà interrotta, ma è prevista una pista provvisoria che garantisca la continuità del percorso esistente.



Figura 18: Aree di cantiere lato Piacenza

In adiacenza al viadotto sia lato valle che lato monte sono previste due piste di cantiere in allargamento alle piste esistenti per una larghezza finale di 10 m dal filo esterno delle pile esistenti. In adiacenza alle piste di cantiere in corrispondenza delle campate 1-29 è prevista la preparazione di aree di 10 m di larghezza e sviluppo pari a quello delle campate per accogliere l'ingombro dei mezzi di sollevamento delle travi di bordo nelle prime 2 fasi di lavoro.

Le piste di cantiere in area golenale saranno realizzate mediante scotico di terreno vegetale per una profondità di 20 cm, rullatura e riporto di materiale stabilizzato granulare di spessore 20 cm per rendere la pista fruibile ai mezzi di cantiere.

Per le lavorazioni in prossimità alle pile 30, 31 e 32 direttamente poste in vicinanza all'alveo inciso, per garantire una adeguata sicurezza dal possibile innalzamento del livello idrico del fiume, si prevede di realizzare un piano di lavoro alla quota di 29 m s.m., maggiore rispetto all'esistente.

In base alla correlazione tra i livelli della sezione idrometrica di Cremona e quelli in corrispondenza del ponte autostradale è stata valutata la corrispondenza tra i valori soglia di riferimento per il cantiere e i corrispondenti livelli della stazione idrometrica: con un livello di allarme di 27,60 m s.m. corrisponde il livello idrometrico di 28,33 m s.m..

Per il progetto si è stabilita la soglia di attenzione (attivazione delle procedure per la predisposizione all'evacuazione del cantiere e per la messa in sicurezza di infrastrutture e mezzi, intensificazione della sorveglianza idrometrica) di 27,2 m s.m. e la soglia di allarme (evacuazione del cantiere) di 27,6 m s.m..

Le piste di lavoro in prossimità delle pile 30, 31 e 32 potranno essere eseguite in base alle fasi realizzative tramite movimentazione di sedimenti d'alveo presenti appena a sud del viadotto e riallocazione nella originaria posizione al termine dei lavori.

In caso di asportazione del materiale movimentato per fenomeni di piena, i volumi spostati verrebbero riposizionati in sito originale senza alterazione quantitativa del sedimento d'alveo.

5.2 AREA DI CANTIERE LATO CREMONA

L'accesso alle due aree in sponda sinistra (sponda Cremona), poste oltre l'argine maestro, avverrà tramite due rampe di accesso dall'autostrada a monte e valle da attivare in base alla fase realizzativa. Tali rampe presentano una pendenza massima del 4% necessaria per permettere il transito dei carrelli s.p.m.t. che trasportano le travi rimosse dell'impalcato esistente e le coppie di travi in acciaio del nuovo impalcato.

Le due aree di cantiere saranno impiegate per collocare i baraccamenti, per effettuare la frantumazione dell'impalcato esistente, le attività di assemblaggio delle carpenterie metalliche e lo

stoccaggio dei materiali. Tali aree sono comunque collegate alle piste presenti sottoimpalcato mediante rampe che scavalcano l'argine, in parte già esistenti.

Le piste di accesso da autostrada e le rampe di scavalco dell'argine saranno pavimentate con uno spessore di conglomerato bituminoso (binder) di 7 cm, previo scotico di terreno vegetale per una profondità di 20 cm, rullatura e posa di materiale stabilizzato granulare di 20 cm.

L'utilizzo di percorsi esistenti (via Landi, argine maestro e via alzaia) sarà previsto solo per mezzi leggeri di servizio e delle maestranze.

La viabilità ciclopedonale e degli autoveicoli di servizio degli enti autorizzati sull'argine maestro non sarà interrotta, ma è prevista una pista provvisoria che garantisca la continuità del percorso esistente.

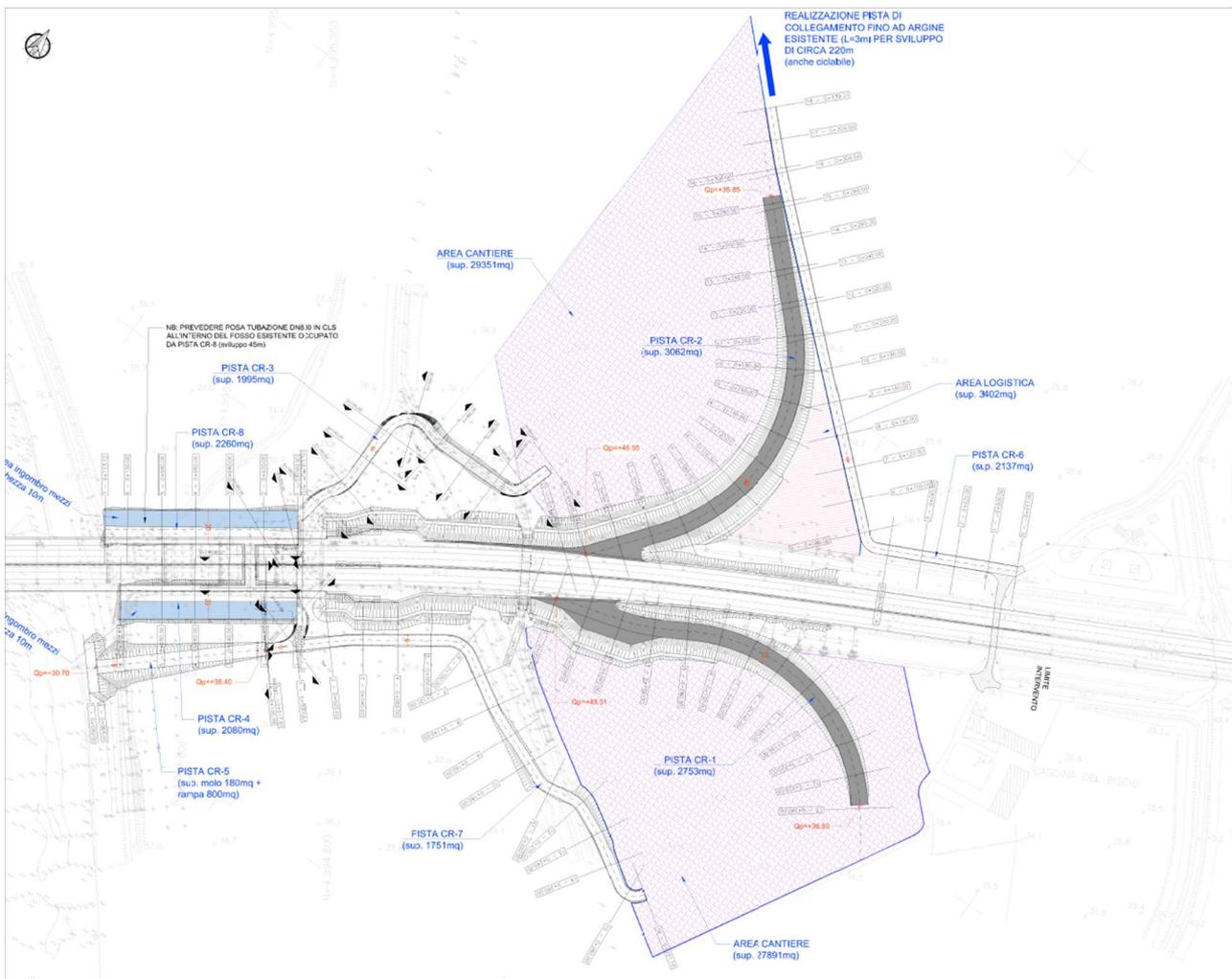


Figura 19: Aree di cantiere lato Cremona

Lungo la sponda sinistra, a valle del viadotto, è prevista realizzazione di una banchina per l'ormeggio del pontone di servizio alle attività in alveo quali il ripristino corticale delle pile e l'esecuzione dei nuovi pulvini.

La banchina è prevista con uno sbarco a quota 30,7 m s.m. e risulta collegata alle due aree di cantiere in zona extra-golenale tramite piste e rampe che scavalcano l'argine.

Le banchine saranno realizzate da un allineamento di palancole metalliche per una lunghezza di 58 m e un allineamento di pali trivellati di diametro 600mm, interasse 1,2m per una lunghezza di circa 30 m arretrato rispetto alle palancole di 3,0m.

Le palancole permettono l'esecuzione di una riprofilatura della sponda mediante dragaggio e il posizionamento di fender di protezione per permettere l'accostamento del pontone, mentre i pali supportano la piastra di raccordo tra pontone e banchina per lo sbarco dei mezzi.

Al termine dei lavori la sponda dovrà essere ripristinata e parte della piastra di banchina dovrà essere demolita.

Completa la viabilità di cantiere una pista di larghezza 10 m posta a valle del viadotto utile per gli interventi sottoimpalcato sulle pile da 37 a 40.

In adiacenza alle piste di cantiere in corrispondenza delle campate 38-41 è prevista la preparazione di aree di 10 m di larghezza e sviluppo pari a quello delle campate per accogliere l'ingombro dei mezzi di sollevamento delle travi di bordo nelle prime 2 fasi di lavoro.

Le piste di cantiere in area golenale saranno realizzate mediante scotico di terreno vegetale per una profondità di 20 cm, rullatura e riporto di materiale stabilizzato granulare di spessore 20 cm per rendere la pista fruibile ai mezzi di cantiere.

5.3 AREA DI CANTIERE IN AUTOSTRADA

Il traffico veicolare è deviato di volta in volta sulla porzione di impalcato non interessata dai lavori, in modo da garantire in ogni fase una corsia da 3,50 m ed una corsia da 3,00 m per entrambe le direzioni di marcia.

E' previsto l'utilizzo di barriere new jersey in calcestruzzo per l'intera lunghezza del viadotto per delimitare la porzione di impalcato aperta al traffico e per separare le due carreggiate.

Gli elementi new jersey saranno movimentati al termine di ciascuna fase in modo da spostare la viabilità sulle aree non interessate dai lavori.

A seconda delle situazioni le barriere new jersey potranno essere vincolate alla soletta previa realizzazione di cordoli provvisori al fine di ridurre la larghezza di deformazione.

La carreggiata stradale sarà attrezzata con la segnaletica provvisoria di cantiere.

6. INTERFERENZE

Di seguito si riporta l'elenco dei sottoservizi presenti lungo l'impalcato del ponte Po:

CARREGGIATA NORD (direzione Brescia)

- N. 2 tritubi infrastruttura TIM
- Pali antenna GPS
- Indicatore assistenza alla navigazione (circa 100m dalla spalla Cremona)

CARREGGIATA SUD (direzione Piacenza)

- Canalizzazione staffata cavo 7bicoppie
- Armadio attrezzato spalla lato Cremona
- Palo telecamere spalla lato Cremona
- Stazione meteo spalla lato Cremona con sensori pavimentazione in campata 36 (credo, la prima in alveo)
- Canalizzazione staffata dorsali EE e coassiali per Telecamera sita a 750m dalla spalla lato Cremona
- Palo fotovoltaico sensore idrografico a circa 100m dalla spalla lato Cremona
- Quadri EE sistema di monitoraggio SACERTIS (n. 3 quadri EE)
- Pali antenna GPS
- Indicatore assistenza alla navigazione (circa 100m dalla spalla Cremona)

SPARTITRAFFICO

- sistema antinebbia presente lungo la barriera spartitraffico

È presente inoltre una dorsale in fibra a servizio di vecchi sensori di monitoraggio, in dismissione.

Con riferimento alle fasi esecutive per consentire i lavori sarà necessario provvedere prima dell'inizio dei lavori alla predisposizione di 2 tritubi provvisori ancorati al cordolo carreggiata sud per lo spostamento della infrastruttura TIM e il successivo riposizionamento delle suddette attrezzature una volta realizzato il nuovo cordolo.

Gli altri servizi potranno essere dismessi per effettuare le operazioni di demolizione e successivamente riposizionati.

La relativa quantificazione economica per la risoluzione di dette interferenze è indicata nelle somme a disposizione e sarà cura della Committente attivare le attività in accordo con i singoli Enti gestori.

7. PREZZIARIO

Il prezziario di riferimento adottato per la determinazione dell'importo dei lavori è quello edito dall'Anas per l'anno 2022.

8. CRONOPROGRAMMA

La durata complessiva dei lavori è stimata in 1720 giorni naturali e consecutivi, valutata per la soluzione a due corsie più emergenza per senso di marcia. Il programma è stato sviluppato prevedendo le attività di consolidamento delle pile e di realizzazione dei pulvini necessariamente antecedenti e senza sovrapposizione alle attività di sostituzione dell'impalcato.

Durante le fasi 1, 2, 3 e 4 per i sollevamenti delle travi (vecchie e nuove) con portali fissi o mobili e le movimentazioni con carrelli spmt sono previste le chiusure della corsia di traffico adiacente all'area di cantiere, definiti in accordo con l'ufficio esercizio della Concessionaria. Si stimano in questa fase un numero di chiusure simile alla durata dei lavori di ciascuna fase.

	N° chiusure (gg)
Fase 1	261
Fase 2	250
Fase 3	305
Fase 4	375

9. ESPROPRI

L'intervento non ricade interamente in pertinenza della Concessionaria Autovia Padana S.p.A. per cui sono necessari espropri. Per le piste di cantiere e le aree logistiche sono previste occupazioni temporanee in aree al di fuori della pertinenza autostradale.

10. GESTIONE DEI MATERIALI

Il presente capitolo contiene le informazioni relative alla gestione dei materiali prevedibilmente derivanti dalle lavorazioni da eseguirsi nel cantiere in oggetto.

Si precisa che quanto riportato nel seguito è da considerarsi, soprattutto per le tipologie di rifiuti, indicativo e non esaustivo.

Resta invece inteso che, ciascuna tipologia di materiale, di qualunque natura (fisica e/o giuridica), dovrà essere gestita nel pieno rispetto delle normative specifiche vigenti.

In generale, si ritiene opportuno, procedere comunque con le buone pratiche di cantiere e, laddove possibile, prevedere il riutilizzo dei materiali e/o ottimizzare le risorse al fine di ridurre l'impatto del cantiere sull'ambiente circostante e, in senso lato, sul territorio in cui si inserisce.

Ai fine dell'applicazione dei principi dell'economia circolare e della sostenibilità delle opere, si auspica un recupero del 70% dei rifiuti (in particolare per quanto riguarda i cosiddetti "rifiuti da costruzione e demolizione").

In sintesi:

- è da prevedersi una demolizione selettiva;
- sono da preferirsi i carichi diretti dei materiali e comunque si ritiene consigliabile ridurre gli spostamenti al minimo;
- nel caso di realizzazione di cumuli temporanei di materiali, è opportuno mantenere separati i materiali stessi in base alle caratteristiche merceologiche e alla loro genesi, evitare commistioni e attivare tutte le misure necessarie per non favorire la dispersione di polveri e/o di acque;
- massimizzare il riutilizzo, laddove previsto e possibile, dei materiali derivanti dalle lavorazioni;
- mantenere suddivisi i materiali di proprietà demaniale secondo le eventuali specifiche fornite dall'Ente gestore.

I materiali di risulta (considerati quali rifiuti) provenienti dai lavori potranno rientrare (a titolo indicativo e non esaustivo) nelle categorie di cui ai seguenti codici CER:

17 03 02 – miscele bituminose, fresato d'asfalto

17 05 03 – terra e rocce contenenti sostanze pericolose

17 05 04 – terra e rocce diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03

17 09 03 – altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione (compresi rifiuti misti) contenenti sostanze pericolose

17 09 04 – rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03

17 04 05 - ferro e acciaio

Da una analisi dei siti autorizzati reperiti sul Geoportale ufficiale della Regione Lombardia e sul portale "Ispra Catasto rifiuti Sezione Nazionale" si è riscontrato come i recuperatori/discariche

esistenti e disponibili - per capacità di riferimento elevata - siano distribuiti ad una distanza media di circa 105 km dall'area di intervento, che si utilizza come riferimento per questa fase progettuale. Si riportano di seguito i siti autorizzati considerati e reperiti sul Geoportale ufficiale della Regione Lombardia e sul portale "Ispra Catasto rifiuti Sezione Nazionale":

ELENCO DISCARICHE LOMBARDIA					
N.	RAG. SOCIALE	INDIRIZZO	POTENZIALE		DISTANZA (km)
			ton/gg	ton/anno	
1	VITER srl	Via Grieg 71 21047 SARONNO (VA)	990	180.000	133
2	ECOMAS srl	Strada Barzelle MARCARIA (MN)		1.152.000	65
3	ECOCENTRO	Via Dell'Arginotto Santa CURTATONE (MN)	133	20.000	88
4	PADANA TRASPORTI CONSORZIO FRA AUTOTRASPORTATORI ARTIGIANI	Via Strada Virgiliana c.m. SAN GIOVANNI DEL DOSSO (MN)		921.600	106
5	VALLI GESTIONI AMBIENTALI	Via Alcide De Gasperi 5/7 24060 GORLAGO (BG)	264	80.000	91
6	R.R. RECUPERO RICICLO	Via Salvo D'Acquisto 11 LISCATE (MI)		28.150	111
7	SANTAMBROGIO S.R.L.	Via Cascina Dei Prati 7 MILANO (MI)	245	30.000	124
8	ECODERO SRL	Strada San Cipriano SNC 27043 BRONI (PV)		280.000	83
9	BETON SERVICE SPA	Via Marconi 20 27017 PIEVE PORTO MORONE (PV)		60.000	65
10	CAVA DI GRUMELLO CREMONESE	Località Cascina Angiolina 26023 GRUMELLO CREMONESE ED UNITI (CR)		162.000	38
11	MALCISI RECUPERO	Via Croce 30 REDONDESCO (MN)		23.000	68
12	VEZZOLA SPA	Via Mantova 39 25017 LONATO DEL GARDA (BS)		372.000	75
13	EREDI DI BELLASIO EUGENIO DI BELLASIO ENRICO & C.	Cascina Madonnina PREGNANA MILANESE (MI)	100	24.000	153
14	S.A.I.M.P.	Via Beccaria 3 21049 TRADATE (VA)	900	130.000	151
15	FERRANDI FULVIO	Via G.B. Moroni 90 BREMBATE (BG)	85	25.500	131
MEDIA DELLE DISTANZE					99

ELENCO DISCARICHE EMILIA ROMAGNA					
N.	RAG. SOCIALE	INDIRIZZO	POTENZIALE		DISTANZA (km)
			ton/gg	ton/anno	
1	GEOCAVE S.R.L.	VERNASCIA - LOCALITA' Ca di Terra, snc - 29020 PC		51.000	65
	BOCCENTI GIOVANNI & FIGLI S.P.A.	GRAGNANO TREBBIENSE - Strada per Agazzano, 1 - 29010 PC		44.000	50
3	RAVAZZINI S.R.L.	CASALGRANDE - VIA V. CANALETTA, - 42013 RE		64.500	122
4	CHIMIN SPA	CORREGGIO - VIA V. DELLA PACE, 12 - 42015 RE		31.200	122
5	BITUMATI EMILIANI	SAN POLO D'ENZA - VIA V. F.LLI CERVI, 107/a - 42020 RE		80.000	85
6	CALCESTRUZZI CORRADINI SPA	CASALGRANDE - VIA V. SMONTO BRUGNOLA, 14 RE		20.750	110
7	BETTELLI RECUPERI S.R.L.	FORMIGINE - VIA V. QUATTRO PASSI, 72 RE		32.950	120
8	ECOINERTI S.R.L.	FERRARA - VIA STR. PORRETTANA LOC BUTTIFREDO FE		40.000	179
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
MEDIA DELLE DISTANZE					107

Le informazioni sopra fornite, devono essere considerate puramente indicative, e finalizzate a definire una previsione di cantierizzazione e a dimostrare la possibilità di realizzare l'opera.

L'appaltatore potrà rivolgersi a ditte differenti da quelle qui riportate, entro i limiti definiti dalla normativa. Prima dell'avvio dei lavori si consiglia che lo stesso appaltatore svolga un'ulteriore ricognizione al fine di aggiornare gli elenchi, con particolare riferimento alle disponibilità e alla validità delle autorizzazioni.

10.1 MATERIALI DA DEMOLIZIONE DI OPERE D'ARTE

I materiali derivanti dalle demolizioni in generale e in particolare dallo smantellamento di opere d'arte, edifici o altri manufatti preesistenti, per definizione normativa, sono da gestire secondo la disciplina ai sensi della Parte Quarta del D. Lgs. 152/2006 salvo l'applicazione di nuove normative (entro i modi e i tempi stabiliti dalle stesse).

Secondo la Parte Quarta del D. Lgs. 152/2006, tali materiali sono pertanto rifiuti (derivanti anche a scopi organizzati e/o ambientali) da demolizioni e/o lavorazioni selettive che possono essere sottoposti, a seconda delle caratteristiche e delle necessità, a processi di recupero.

Si rimanda naturalmente al rispetto della normativa specifica ricordando che tali materiali possono (preferibilmente nell'ordine riportato al fine di massimizzarne il recupero arrivando a una percentuale del 70%):

- essere sottoposti a processi di recupero interni al cantiere in aree specifiche (con verifica ed ottenimento delle autorizzazioni eventualmente necessarie);
- essere trasportati all'esterno del cantiere presso siti di recupero autorizzati;
- essere trasportati all'esterno del cantiere presso siti di smaltimento/discariche autorizzati.

Dell'elenco precedente, al fine di ridurre l'impatto sull'ambiente e stante la possibilità di trasformare tali materiali in nuovi prodotti, l'ultimo punto è da considerarsi quale possibilità estrema una volta analizzate e valutate tutte le altre.

Si rammenta che, qualora necessario, i materiali una volta lavorati e rispondenti alle caratteristiche delle normative in vigore, potranno essere nuovamente reimpiegati per eventuali necessità di cantiere.

Nel caso specifico si rammenta la possibilità di applicazione – nei modi stabiliti dallo stesso - del D.M. 27 settembre 2022, n. 152 “*Regolamento che disciplina la cessazione della qualifica di rifiuto dei rifiuti inerti da costruzione e demolizione e di altri rifiuti inerti di origine minerale, ai sensi dell'articolo 184-ter, comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152*” a cui si rimanda per tutti i dettagli e in vigore dal 4 novembre 2022.

In ogni caso, nell'ambito del cantiere, qualora non si provveda al carico diretto, si rammenta quanto previsto dall'art. 183 del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. in merito al “*deposito temporaneo*” che dovrà essere effettuato per categorie omogenee di rifiuti e nel rispetto delle relative norme tecniche, nonché - per i rifiuti pericolosi - nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in essi contenute. Il trasferimento ad attività di recupero dovrà essere avviato secondo una delle modalità alternative previste ovvero con cadenza temporale (almeno trimestrale indipendentemente dalla quantità stoccata) o secondo il criterio quantitativo (ovvero quando il

deposito raggiunga 30 mc di cui 10 di pericolosi). In ogni caso il deposito non può superare un anno.

Si rammenta che i rifiuti devono essere mantenuti separati per tipologia - e quindi codice CER (o EER) – e ciascun cumulo individuato con apposito cartello identificativo. Si raccomanda che ciascun cumulo risulti stabile, secondo l'angolo di natural declivio, al fine di evitare franamenti e/o altri pericoli per gli operatori e la disposizione dovrà garantire il passaggio di mezzi e/o persone. Si dovrà inoltre aver cura che il deposito avvenga in modo da evitare ruscellamenti e/o accumuli di acque che siano venute a contatto coi rifiuti (e nel caso convogliate e opportunamente trattate) nonché il contatto diretto con il suolo. In caso di materiali pulverulenti o in grado di creare polvere in occasione di giornate ventose, i cumuli dovranno essere coperti al fine di evitarne lo spolvero (soprattutto se posizionati nei pressi di ricettori abitativi e/o sensibili e strade in uso).

Nel caso di edifici e opere d'arte in generale è da preferirsi la cosiddetta demolizione selettiva al fine di favorire quanto più possibile la separazione evitando quindi operazioni successive.

In ogni caso, prima dell'avvio a recupero/discarda dei rifiuti dovranno essere effettuate tutte le prove analitiche necessarie e richieste dalla normativa, anche da quella più strettamente specifica.

In linea generale:

- verifica della non pericolosità (o pericolosità) del rifiuto e definizione ufficiale del codice CER;
- verifica visiva delle caratteristiche dei materiali (per valutare l'assenza di elementi non conformi e l'effettiva appartenenza al CER individuato);
- esecuzione del test di cessione secondo il D.M. 5 febbraio 1998 e ss.mm.ii., per la verifica della recuperabilità del rifiuto;
- esecuzione delle prove per l'individuazione e l'accettabilità in discarica (nel caso di tale destinazione finale, solo se necessaria).

Le prove dovranno comunque essere aderenti alla normativa in vigore al momento dei lavori.

Si rimanda infine all'attuale necessità di rispettare quanto previsto dal punto di vista documentale sia in termini di trasporto che di registrazione sul luogo di produzione e di destinazione.

Si precisa infine che, nel caso di campagne interne al cantiere con l'ausilio, in particolare, di frantoi mobili, restano valide le indicazioni fornite dalla normativa in materia.

10.2 MATERIALI DA DEMOLIZIONE DI VIABILITÀ

I materiali derivanti dalle demolizioni in generale e in particolare dallo smantellamento di opere d'arte, edifici o altri manufatti preesistenti, per definizione normativa, rientrano nella gestione

prevista dalla disciplina ai sensi della Parte Quarta del D. Lgs. 152/2006 e/o altre normative più recenti che si rendessero disponibili.

Nel caso di demolizione di viabilità, per la parte superiore, corrispondente ai materiali asfaltici e ai conglomerati bituminosi, è previsto il trasporto ad impianto esterno.

Tali materiali, al momento, sono da considerarsi quali rifiuti, generalmente non pericolosi e quindi avviabili a recupero.

Per le modalità di stoccaggio si ritiene applicabile quanto riportato nel paragrafo precedente, con una particolare attenzione al deposito che dovrà avvenire non direttamente a contatto con il suolo. Lo stesso dicasi per trasporti e verifiche analitiche.

Nel caso specifico per tali materiali si rammenta la possibilità di applicazione del D.M. 28 marzo 2018, n. 69 “Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di conglomerato bituminoso ai sensi dell'articolo 184-ter, comma 2 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152” a cui si rimanda per tutti i dettagli.

10.3 MATERIALI DA SCAVO

Rientrano in questa tipologia tutti i materiali (in termini predominanti, terreni) derivanti dagli scavi necessari per la realizzazione dell'opera.

In generale tali materiali (comunemente definiti “terre e rocce da scavo”) sono annoverati quali rifiuti (con codice CER 170504 se non pericolosi) e possono pertanto essere trattati secondo quanto previsto dalla Parte Quarta del D. Lgs. 152/2006 a cui si rimanda e secondo le modalità riassunte nei paragrafi precedenti per altre tipologie di rifiuti.

Nei casi specifici per la realizzazione di infrastrutture, l'annovero delle terre da scavo tra i rifiuti, deriva prevalentemente da caratteristiche geotecniche che non rendono i materiali in altro modo reimpiegabili (anche se sottoposti a pratiche che possano determinare un miglioramento prestazionale).

Pertanto, qualora non sia possibile alcun impiego nell'opera (o in altre opere esterne al cantiere), i materiali sono a tutti gli effetti rifiuti e come tali devono essere trattati (dalla produzione al trasporto) rammentando che, anche in questo caso è da preferirsi una soluzione volta al recupero autorizzato piuttosto che al deposito definitivo presso un sito di smaltimento/discarica.

Tuttavia, il legislatore italiano ha fornito la possibilità di escludere tali materiali dalla disciplina sui rifiuti e, al momento della stesura della presente relazione, il riferimento è il D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120 “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”.

Si precisa che, il regolamento sopra indicato (seguito dalle Linee Guida ISPRA n. 22/2019), indica all'art. 23 le disposizioni per le terre e rocce da scavo qualificate come rifiuti. In breve resta valido quanto previsto per il deposito temporaneo di cui all'art. 183, comma 1, lettera bb) del D. Lgs. 152/2006 che deve essere effettuato attraverso il raggruppamento e il deposito preliminare presso il sito di produzione secondo le disposizioni elencate al citato art. 23. In particolare *“le terre e rocce da scavo sono raccolte e avviate a operazioni di recupero o di smaltimento secondo una delle seguenti modalità alternative: 1) con cadenza almeno trimestrale, indipendentemente dalle quantità in deposito; 2) quando il quantitativo in deposito raggiunga complessivamente i 4000 metri cubi, di cui non oltre 800 metri cubi di rifiuti classificati come pericolosi. In ogni caso il deposito temporaneo non può avere durata superiore ad un anno”*.

Anche in questo caso, come per tutti i rifiuti, è comunque da preferirsi il carico diretto. Oltre a quanto specificato dall'art. 23 del D.P.R. 120/2017 valgono tutte le considerazioni riportate più sopra per altri tipi di rifiuti.

Tuttavia, nel rispetto dell'intento del D.P.R. 120/2017 nonché delle buone pratiche, è possibile, in presenza di determinate condizioni, escludere le terre e rocce da scavo dal regime dei rifiuti e farle ricadere nelle seguenti tipologie:

- terre e rocce da scavo che soddisfano la definizione di sottoprodotto (artt. da 4 a 22);
- terre e rocce da scavo escluse dall'ambito di applicazione della disciplina sui rifiuti (art. 24).

Le metodologie di verifica relative all'eventuale contaminazione, nonché la documentazione necessaria nel caso di applicazione delle casistiche di cui all'elenco precedente sono contenuti negli allegati al D.P.R..

Le attività destinate ad attestare la qualità ambientale dei terreni soggetti a scavo (e pertanto la relativa documentazione), come previsto dalla normativa, dovranno essere effettuate prima dell'avvio degli scavi (o durante gli scavi salvo precisi e motivati casi come indicato nel D.P.R. di riferimento) e secondo le modalità stabilite in particolare negli Allegati 1, 2, 4, 9 e 10 al D.P.R. stesso.

Si pone particolare attenzione sulla questione “riporti” in quanto, in ragione delle caratteristiche del progetto, potrebbero essere presenti. A meno che i materiali da scavo, come ampiamente illustrato, non siano considerati direttamente rifiuti, nel caso in cui venga applicato il D.P.R. 120/2017 si dovrà aver cura di effettuare tutte le valutazioni necessarie al fine di stabilire innanzitutto se i materiali rinvenuti siano effettivamente riconducibili a riporti (come definito dal comma 1 dell'art. 3 del D.L. 2/2010) e, quindi, se compatibili dal punto di vista ambientale con un riutilizzo e/o con le matrici ambientali presenti.

Nel caso specifico si rammenta che i materiali di scavo di proprietà demaniale dovranno (e potranno) essere movimentati nel rispetto di eventuali piani e/o specifiche e/o regolamenti dettati dall'Ente; gli stessi materiali – salvo diversa indicazione e/o accordo e/o situazione ad oggi non prevedibile, permarranno nella medesima proprietà.

11. VINCOLI E TUTELE

Il Viadotto Po di A21 Autovia Padana ricade in parte in Regione Lombardia nel Comune di Gerre de' Caprioli (CR) e in parte in Regione Emilia Romagna nel Comune di Castelvetro Piacentino (PC). L'analisi della vincolistica è stata pertanto condotta con riferimento a entrambe le Regioni.

I risultati, approfonditi nelle sezioni a seguire, sono riassunti in Tabella 1:

Vincolo idrogeologico		Beni culturali e paesaggistici		Aree protette	
<i>Lombardia</i>	<i>Emilia Romagna</i>	<i>Lombardia</i>	<i>Emilia Romagna</i>	<i>Lombardia</i>	<i>Emilia Romagna</i>
No	No	Sì	Sì	Sì	Sì

Tabella 1 - Riassunto risultati analisi vincolistica e aree protette

11.1 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Si riporta nella figura seguente stralcio della cartografia tratta dal Geoportale di Regione Lombardia –*Carta delle aree soggette a Vincolo Idrogeologico* da cui emerge che il Viadotto Po non ricade in area soggetta a vincolo idrogeologico:



Carta delle aree soggette a vincolo idrogeologico

Aree a vincolo idrogeologico: ricognizione 2013



Figura 20 – Viadotto Po su Carta delle aree soggette a Vincolo Idrogeologico del Geoportale di Regione Lombardia.

Non è ad oggi reperibile cartografia del Vincolo Idrogeologico in Regione Emilia Romagna. Tuttavia, con riferimento alla Deliberazione della Giunta Regionale 11 luglio 2000, n. 1117 Allegato 1 - Comuni con presenza di vincolo idrogeologico esterni alle comunità montane non si annovera il Comune di Castelvetro Piacentino, dove è ubicato il Viadotto di A21, e pertanto si esclude la presenza di aree vincolate interferenti.

11.2 BENI CULTURALI E PAESAGGISTICI

Si riporta nella figura seguente stralcio della cartografia tratta dal SITAP - Sistema Informativo Territoriale Ambientale e Paesaggistico del Ministero per i beni e le attività culturali e per il turismo da cui emerge che il Viadotto Po ricade in area tutelata per legge D.Lgs. 42/2004 art.142 c.d. "ope legis" art. 142 c. 1, esc. lett. E, H, M., in particolare:

- *Let. c): Fiumi, torrenti (Allegato L), corsi d'acqua (Allegato E):* in particolare il corso d'acqua interferito da entrambi i viadotti è il Fiume Po, iscritto negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 m ciascuna;

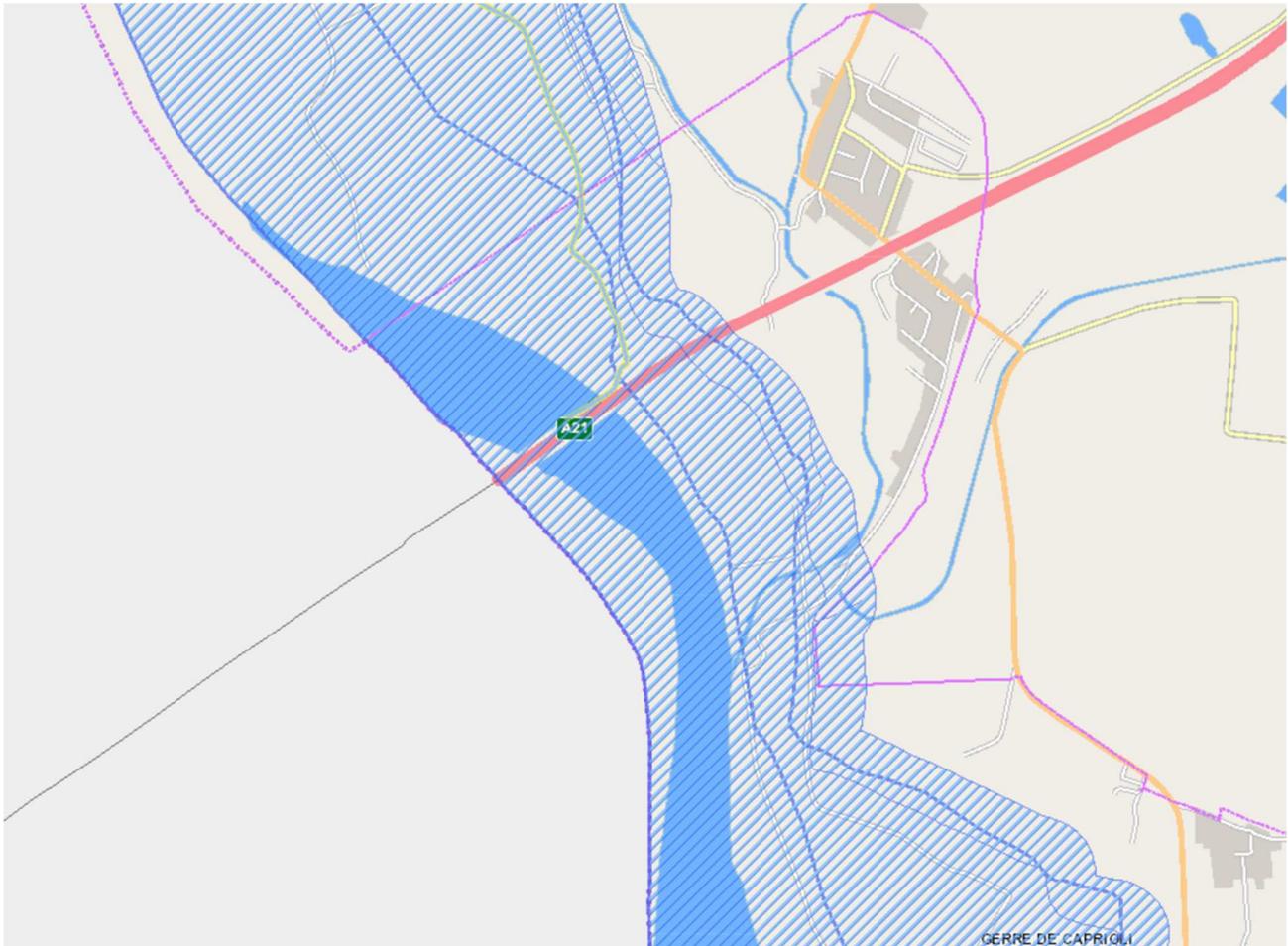


Figura 21 – Viadotto Po su cartografia SITAP Beni culturali e paesaggistici D.Lgs. 42/2004 art.142: in blu Lett.c) Fiumi, torrenti (Allegato L), corsi d'acqua (Allegato E).

Si evidenzia inoltre che in conformità al Piano Paesaggistico Regionale (PPR) di Regione Lombardia l'area ricade sotto tutela quale Ambito di specifica tutela paesaggistica del fiume Po - [art. 20, comma 8] e Ambito di tutela paesaggistica del sistema vallivo del fiume Po - [art.20, comma 9], come si evince da cartografia tratta da Geoportale di Regione Lombardia (Figura 22).

Infine, sempre con riferimento al Piano paesaggistico regionale di Regione Lombardia si evidenzia la presenza di *Principali Navigli storici e canali art.21-c5 - Naviglio Civico Di Cremona*, segnato in verde sulla medesima cartografia di cui sopra (Figura 22).

Con riferimento al PGT del Comune di Gerre dè Caprioli (Provincia di Cremona) una viabilità potenzialmente interessata dalla cantierizzazione risulta soggetta all'art. 136 del DLgs. 42/2004.



Principali Navigli storici e canali art.21-c5



Ambito di specifica tutela paesaggistica del fiume Po - [art. 20, comma 8]



Ambito di tutela paesaggistica del sistema vallivo del fiume Po - [art.20, comma 9]

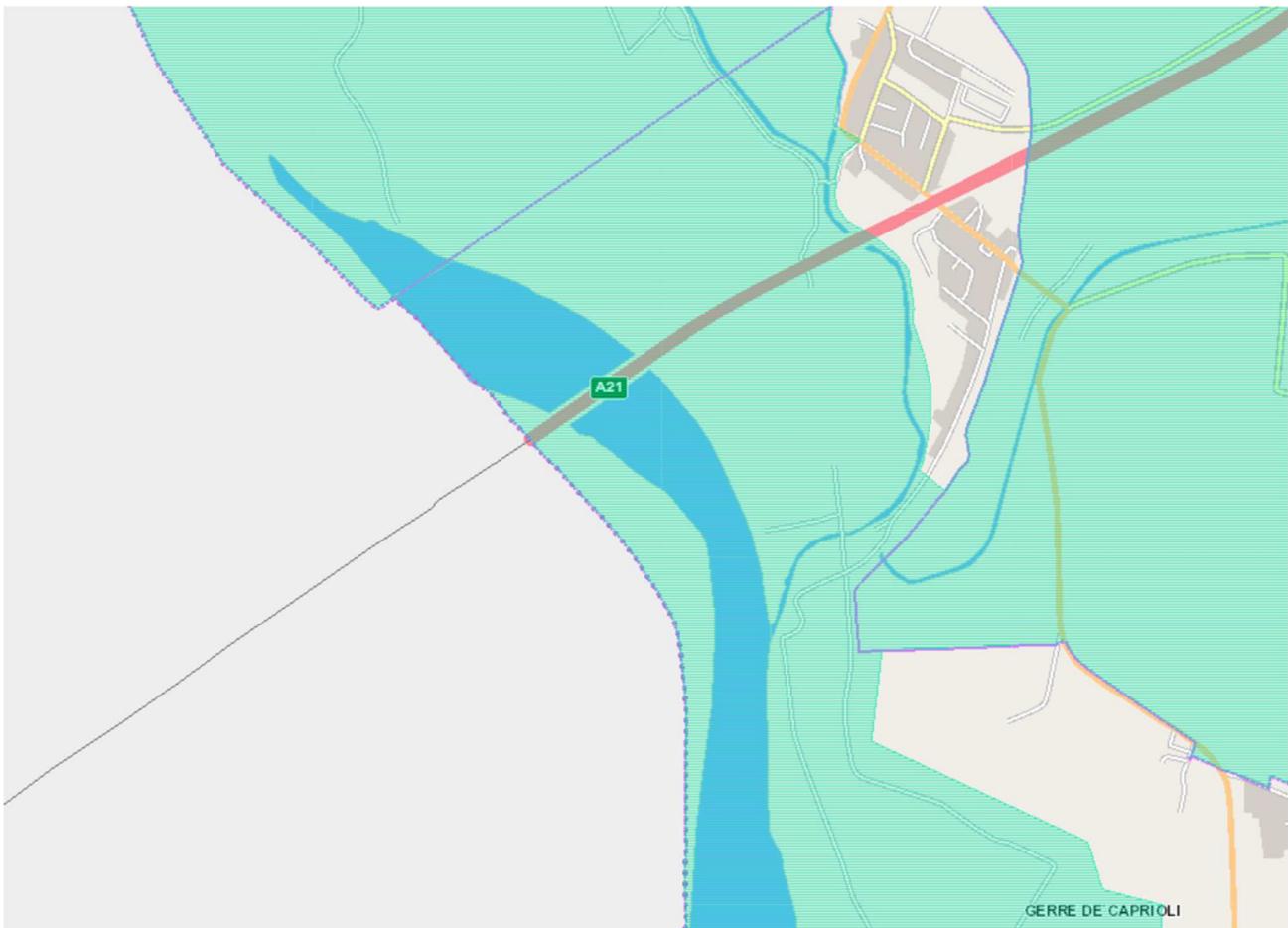


Figura 22 – Viadotto Po su cartografia Piano paesaggistico regionale di Regione Lombardia del Geoportale di Regione Lombardia.

*In tratteggio celeste Ambito di specifica tutela paesaggistica del fiume Po - [art. 20, comma 8] e in poligonale celeste Ambito di tutela paesaggistica del sistema vallivo del fiume Po - [art.20, comma 9].
In poligonale verde Principali Navigli storici e canali art.21-c5 - Naviglio Civico Di Cremona.*

11.3 AREE PROTETTE

Si riporta in Figura 23 stralcio della cartografia tratta dal Geoportale di Regione Lombardia – *Aree protette* da cui emerge che il Viadotto Po ricade in area censita con atto di riconoscimento D.g.r. n.6/44588 come *Parchi locali di interesse sovracomunale – n. 1906 Parco del Po e del Morbasco*:



Parchi locali di interesse sovracomunale



*Figura 23 - Viadotto Po su cartografia Aree protette del Geoportale di Regione Lombardia.
In tratteggio verde Parchi locali di interesse sovracomunale – n. 1906 Parco del Po e del Morbasco.*

Si riporta in Figura 24 stralcio della cartografia Rete Natura 2000 – Habitat di SIC e ZPS tratta dal Geoportale di Regione Emilia Romagna da cui emerge che, in conformità a Determinazione regionale n. 13910, in prossimità del Viadotto Po siano presenti siti Natura 2000 di tipologia ZSC - ZPS, in particolare:

- ZSC – ZPS Codice IT4010018 FIUME PO DA RIO BORIACCO A BOSCO OSPIZIO
 - Habitat principale: 3130 - *Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei Littorelletea uniflorae e/o degli Isoeto-Nanojuncetea*;
 - Habitat principale: 92A0 - *Foreste a galleria di Salix alba e Populus alba*.



Figura 24- Viadotto Po su cartografia cartografia Rete Natura 2000 – Habitat di SIC e ZPS dal Geoportale di Regione Emilia Romagna.

In azzurro ZSC – ZPS Codice IT4010018 Habitat 3130 e in verde ZSC – ZPS Codice IT4010018 Habitat 92A0.

12. PRECAUZIONI AMBIENTALI DI PROGETTO

Gli interventi di progetto sono previsti in un ambito fluviale caratterizzato da diverse tutele paesaggistiche e naturalistiche:

- il fiume Po e la relativa golena (in destra e sinistra idrografica) sono aree tutelate ai sensi dell'art. 142, comma 1, let. c), del D.lgs. n. 42/2004 e s.m.i. recante Codice dei beni culturali e del paesaggio;
- la sponda in destra idrografica e l'alzaia attigua in Comune di Gerre de' Caprioli sono tutelate ai sensi dell'art. 136, comma 1, let. d), del D.lgs. n. 42/2004 e s.m.i., quale componenti dell'area dichiarata di notevole interesse pubblico con Decreto Ministeriale 30 ottobre 1956;
- tutta la porzione golenale in Comune di Gerre de' Caprioli (e ulteriori ambiti esterni nei comuni contigui) è inserita nel Parco Locale di Interesse Sovracomunale (PLIS) denominato "Parco del Po e del Morbasco", istituito ai sensi della LR n. 86/1983 e s.m.i. e riconosciuto per il territorio comunale suddetto con Deliberazione della Giunta Regionale n. 6/44588 del 30 luglio 1999;
- parte della porzione golenale in destra idrografica, ricadente nel Comune di Castelvetro Piacentino, è inserita nel Sito Natura 2000 ZSC e ZPS IT4010018 denominato "Fiume Po da Rio Boriacco a Bosco Ospizio".

Tali elementi di attenzione hanno richiesto l'attivazione di approfondimenti analitici finalizzati a definire le migliori risposte progettuali possibili nel rapporto con le sensibilità paesaggistiche e naturalistiche segnalate.

In relazione a ciò, il progetto ha integrato al suo interno le seguenti specifiche misure precauzionali atte a limitare i potenziali conflitti con gli elementi di sensibilità rinvenuti.

Dato l'interessamento di aree inserite nel Sito Natura 2000 ZSC e ZPS IT4010018 Fiume Po da Rio Boriacco a Bosco Ospizio, il progetto ha previsto la riduzione delle attività di cantiere a terra e, al contempo, ha introdotto specifiche misure di compatibilità finalizzate a ridurre le interferenze con gli elementi ecosistemici presenti, nonché a realizzare nuovi habitat al termine di tutte le lavorazioni funzionali all'impalcato.

Nello specifico il progetto prevede:

1. Misure ambientali durante le lavorazioni:
 - a) misure di contenimento dell'inquinamento potenziale delle acque e del suolo;
 - b) misure di contenimento della movimentazione di polveri;
 - c) misure di salvaguardia delle unità vegetazionali esistenti;

- d) misure di contenimento delle specie vegetali esotiche;
 - e) misure di contenimento delle interferenze con la fauna;
 - f) misure di salvaguardia dei percorsi di fruizione esistenti;
2. Misure di ripristino e miglioramento ambientale:
- a) realizzazione di nuove unità vegetazionali;
 - b) realizzazione di rifugi artificiali per la fauna.

12.1 MISURE AMBIENTALI DURANTE LE LAVORAZIONI:

12.1.1 MISURE DI CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO POTENZIALE DELLE ACQUE E DEL SUOLO

I campi base saranno dotati di impianti di raccolta e trattamento delle acque nere e grigie, più vasche di raccolta delle acque di prima pioggia.

Al fine di evitare la caduta di detriti da demolizione e altri materiali nel fiume Po durante le lavorazioni di rimozione delle travi e di riqualificazione delle parti ammalorate delle superfici delle pile, nonché di tutte le altre lavorazioni sottoimpalcato, il progetto prevede l'installazione di diverse opere provvisorie di contenimento, costituite da teli impermeabili, piani di contenimento e ponteggi in cima e alla base delle pile in alveo. I liquidi di scarto delle attività di idrodemolizione delle superfici esposte delle pile saranno captati con pompe autoadescanti, raccolti ed allontanati tramite autobotte per il conferimento a discarica.

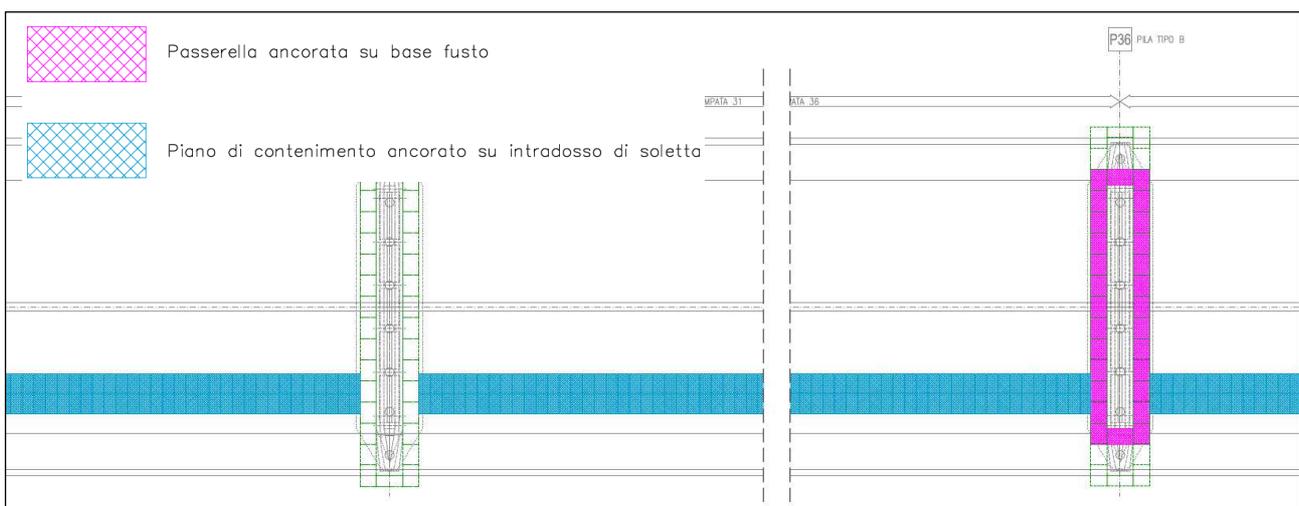


Figura 12.1: Planimetria illustrativa delle fasi di taglio dell'impalcato esistente, con indicazione delle opere provvisorie di contenimento per i tratti in alveo

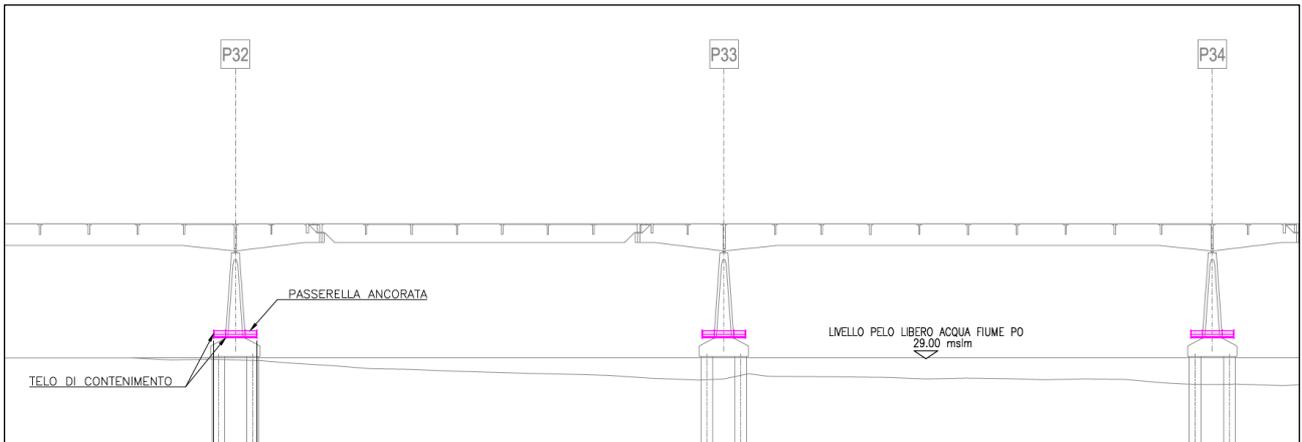


Figura 12.2: Passerelle ancorate alla base delle pile, con telo impermeabile di contenimento per i tratti in alveo

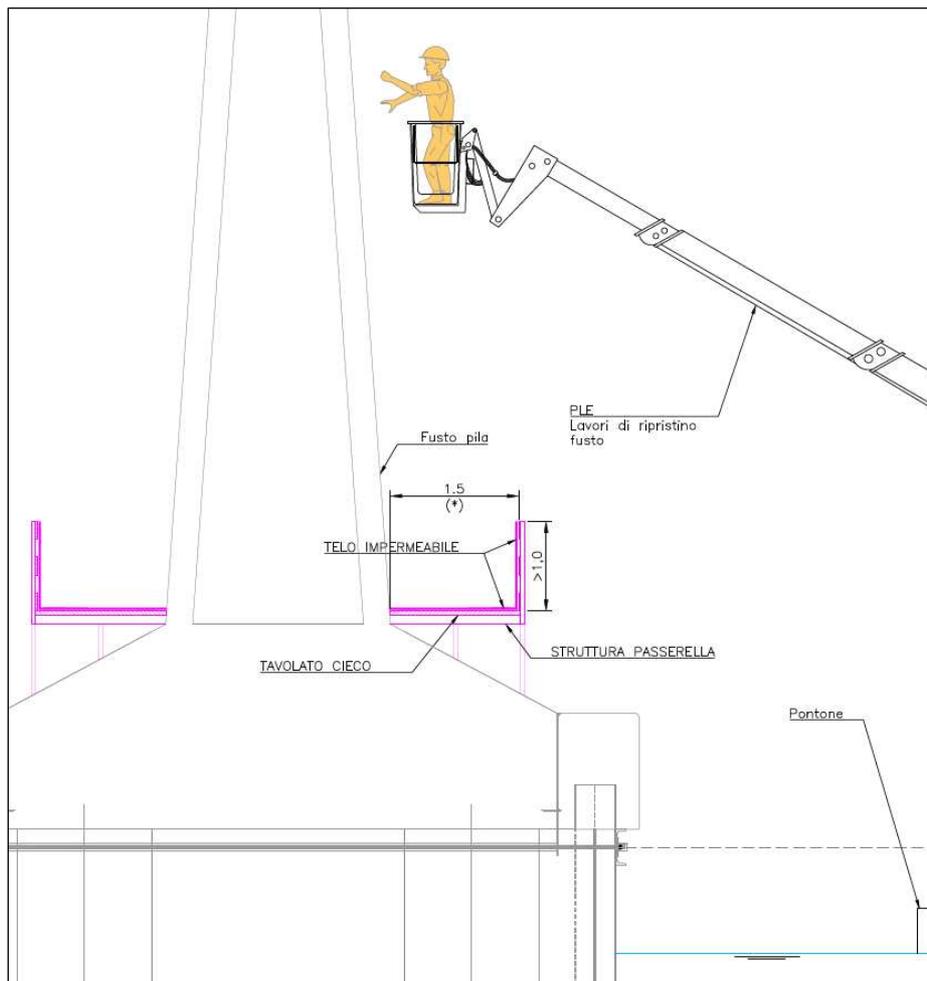


Figura 12.3: Dettagli delle passerelle ancorate alla base delle pile per il contenimento dell'eventuale caduta di detriti in alveo (le lavorazioni di riqualificazione delle parti ammalorate saranno eseguite da pontone)

Per la realizzazione dei nuovi pulvini sono previsti piani di lavoro ancorati in sommità alle pile, anch'essi dotati di piani di contenimento e teli impermeabili.

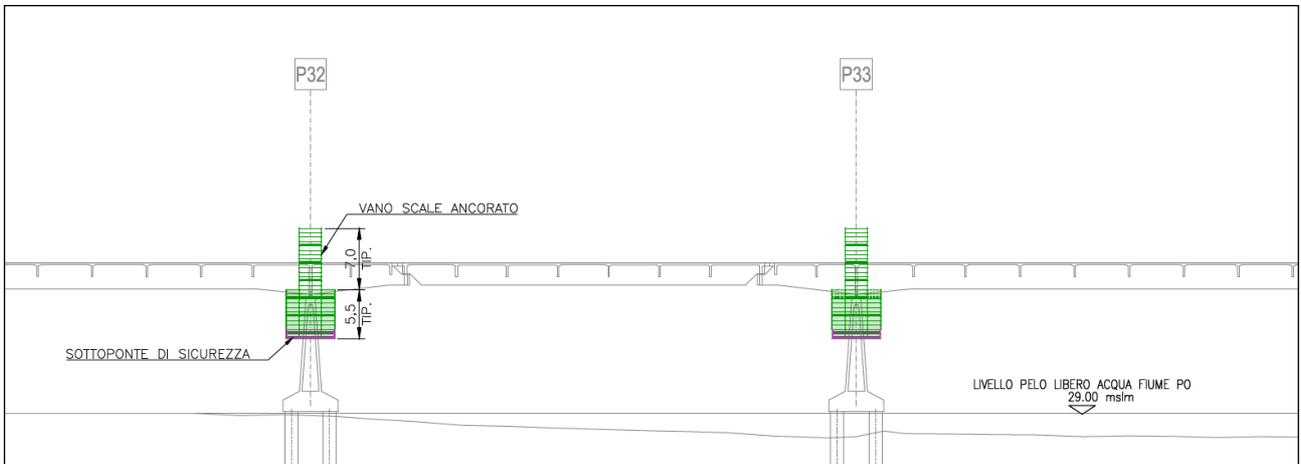
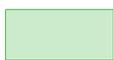
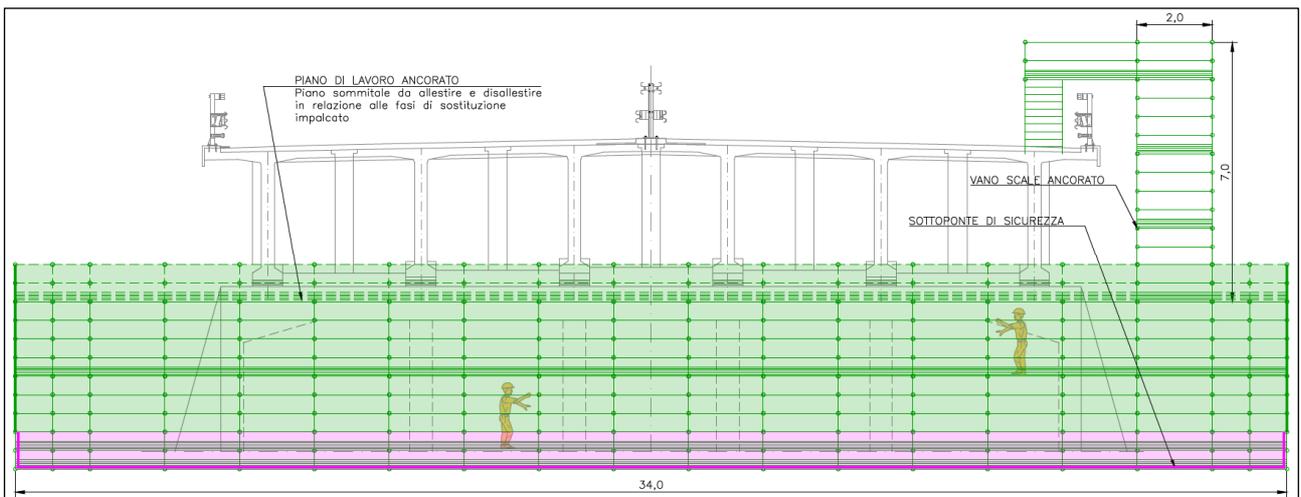


Figura 12.4: Ponteggi previsti per le lavorazioni in corrispondenza delle pile in alveo



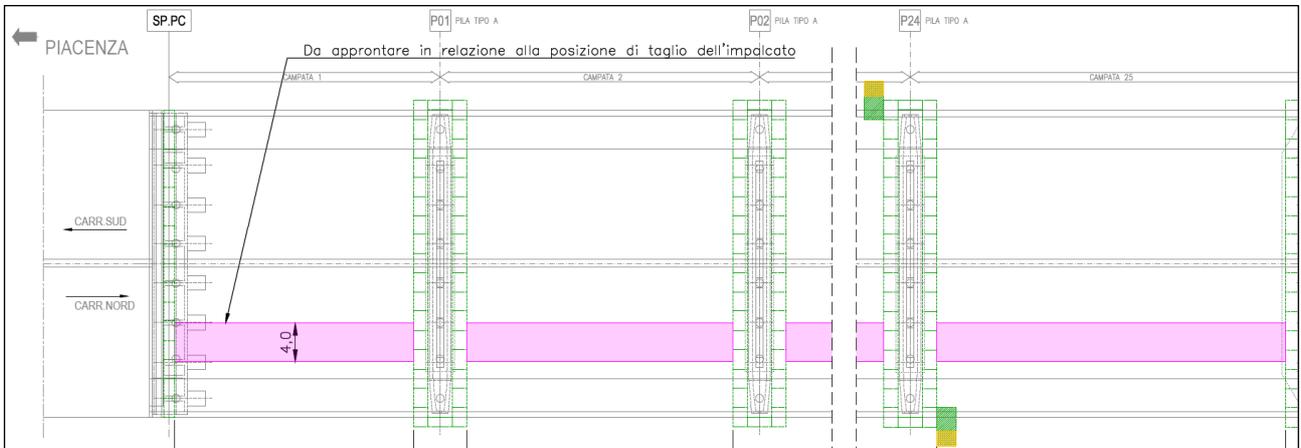
Rete di contenimento



Telo di contenimento impermeabile ai liquidi (da posizionare all'interno del perimetro dell'apprestamento)

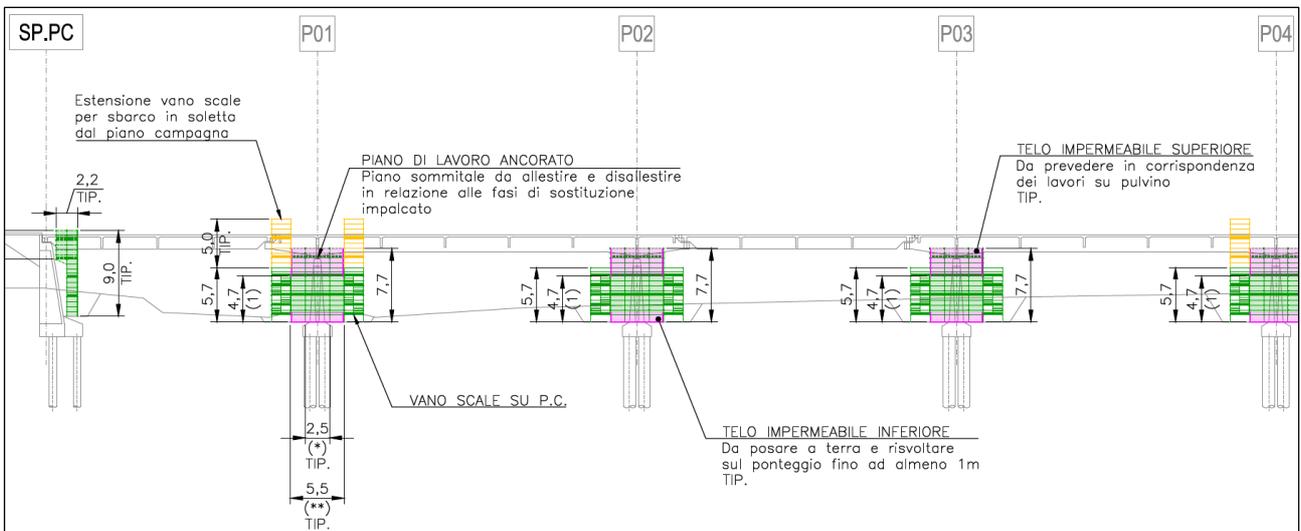
Figura 12.5: Ponteggi previsti per le lavorazioni in corrispondenza delle pile esistenti

Le medesime soluzioni sono state previste anche per i tratti di viadotto e per le pile in gola, in modo tale da evitare ricadute di detriti al suolo.



Telo di contenimento posizionato a terra impermeabile ai liquidi

Figura 12.6: Planimetria illustrativa delle fasi di taglio dell'impalcato esistente, con indicazione delle opere provvisionali di contenimento dei detriti da demolizione



Rete di contenimento

Telo di contenimento impermeabile ai liquidi (da posizionare all'interno del perimetro dell'apprestamento)

Vano scale ancorato con accesso da piano campagna

Estensione vano scale per sbarco in soletta dal piano campagna

Figura 12.7: Ponteggi previsti per le lavorazioni in corrispondenza delle pile in gola e delle spalle del viadotto

12.1.2 MISURE DI CONTENIMENTO DELLA MOVIMENTAZIONE DI POLVERI

Per il contenimento della movimentazione di polveri durante le lavorazioni, il progetto prevede le seguenti misure:

- bagnatura preventiva durante la fase di scotico di tutti i suoli oggetto di occupazione di cantiere (aree e piste);
- bagnatura delle superfici di cantiere non pavimentate oggetto di spostamento dei mezzi;
- bagnatura delle terre utilizzate per la realizzazione dei rilevati di cantiere nella fase di disposizione;
- bagnatura delle travi durante la demolizione nelle aree di cantiere extra-golenali (il taglio con disco e filo diamantato delle travi è eseguito già di base con l'impiego di acqua).

L'attività di bagnatura preliminare delle superfici oggetto di scotico/scavo verrà effettuata attraverso nebulizzatore; tale strumentazione sarà utilizzata anche per la fase di accumulo delle terre per la realizzazione dei rilevati.

L'attività di bagnatura delle superfici non bitumate oggetto di passaggio dei mezzi verrà effettuata attraverso autobotte attrezzata.

L'autobotte prevista dovrà essere in grado di garantire la bagnatura uniforme delle superficie con quantitativi di acqua definibili e controllabili dall'operatore.

La bagnatura sarà effettuata con barra distributrice con ugelli correttamente spazati in posizione frontale o posteriore. L'impiego di ugelli correttamente spazati consente di effettuare una bagnatura uniforme della superficie e limitata all'area di interesse.

Dato lo spostamento non significativi dei mezzi lungo le piste, utilizzate solo per accedere alle lavorazioni sulle pile in golena, al fine di evitare sprechi di risorsa idrica, le irrorazioni saranno realizzate in stretto coordinamento con le attività effettivamente previste secondo cronoprogramma e su indicazione della Direzione Lavori.

L'attività di bagnatura dovrà essere sospesa in assenza di passaggi, in presenza di precipitazioni o qualora le piste risultassero visibilmente umide.



Figura 12.8: Immagini esemplificative dei metodi di bagnatura con autobotte con barra distributrice con ugelli correttamente spaziatati in posizione posteriore e frontale

Relativamente al contenimento delle polveri durante le fasi di riduzione dimensionale delle travi di bordo in ambito golenale e di demolizione di tutte le travi nelle aree dedicate in ambito extra-golenale, il progetto prevede la bagnatura del materiale tramite ugelli irroratori. La posizione degli ugelli consente sia di bagnare il punto di sollecitazione del materiale da parte dell'utensile, sia di creare una nube di acqua nebulizzata intorno all'area in cui si determina l'emissione. E' fondamentale, per non compromettere l'efficacia della mitigazione, che i nebulizzatori vengano attivati con un minimo di anticipo rispetto l'azione dell'utensile.



Figura 12.9: Esempi di corone di ugelli montate sugli utensili demolitori

12.1.3 MISURE DI SALVAGUARDIA DELLE UNITÀ VEGETAZIONALI ESISTENTI

Nel corso dei rilievi di campo propedeutici al Progetto sono state individuate ed analizzate le unità vegetazionali presenti nelle aree di cantiere e al loro contorno.

Da tale rilievo è emersa la presenza di individui arborei di pregio ecologico e paesaggistico al margine interno ed esterno delle aree e delle piste di cantiere, per i quali sono state previste azioni di salvaguardia.

Al fine di evitare il danneggiamento delle piante o alterare le attuali condizioni di stabilità, tutti gli individui nel seguito elencati saranno segnalati con apposizione di recinzione di cantiere a distanza di almeno 2 m dal tronco.

Eventuali interventi di riduzione della chioma saranno realizzati esclusivamente tramite potature conservative, di rimonda o selettive.

Non saranno attuate potature di riduzione o altre modalità che comportino la perdita della forma originale della chioma esistente allo stato antecedente all'avvio delle attività di cantiere.

Non saranno attuati scotici, né accantonamenti/coperture di materiale di cantiere in corrispondenza della proiezione a terra della chioma, misurata allo stato antecedente all'avvio delle attività di cantiere.

In sponda piacentina sono stati indentificati gli individui arborei di pregio ecologico e paesaggistico presenti al margine delle aree di cantiere, per i quali è possibile attuare azioni di conservazione.



Figura 12.10: Localizzazione degli individui arborei al margine delle aree di cantiere oggetto di salvaguardia specifica; Sa Salix alba, Px Populus nigra cfr. x canadensis; il numero associato ai singoli individui indica la circonferenza misurata (base immagine: Google Satellite, giugno 2021)

Tale ricerca e salvaguardia è stata applicata anche alle aree di cantiere in territorio di Gerre de' Caprioli.



Figura 12.11: Localizzazione degli individui arborei al margine delle aree di cantiere oggetto di salvaguardia specifica; Qr Quercus robur, Px Populus nigra cfr. x canadensis; il numero associato ai singoli individui indica la circonferenza misurata (base immagine: Google Satellite, giugno 2021)

12.1.4 MISURE DI CONTENIMENTO DELLE SPECIE VEGETALI ESOTICHE

La movimentazione di terre e la generazione di superfici scoperte in fase di cantiere può comportare l'ingressione di specie vegetali esotiche, soprattutto in contesti già caratterizzati dalla presenza di tali entità.

In relazione all'avvenuta osservazione di elevate coperture di specie esotiche nelle aree di futura cantierizzazione e al contorno, il progetto prevede l'attuazione di misure atte ad evitare l'ulteriore sviluppo di tale vegetazione nelle aree di cantiere e lungo i relativi margini.

Nei giorni antecedenti l'approntamento del cantiere, in ogni caso prima che avvenga qualsiasi attività, è previsto un rilevamento delle unità vegetazionali a dominanza di specie esotiche nelle aree di previsto cantiere e la successiva attività di estirpazione degli individui.

In caso di *Reynoutria* spp. l'intervento di rimozione sarà attuato manualmente, con raccolta immediata di tutto il materiale vegetale in appositi contenitori a chiusura e conferimento in discarica; non dovrà essere disperso nell'ambiente e non dovranno essere lasciate in sede porzioni del materiale vegetale estirpato.

Con frequenza di n. 2 volte all'anno (a luglio/agosto e a settembre) saranno indagate tutte le superfici oggetto di cantiere, compresi percorsi e qualsiasi cumulo di terra realizzato, anche se di piccole dimensioni (es. cumuli scotici lato piste) e mappate e qualificate le eventuali presenze di specie vegetali esotiche.

L'indagine dovrà essere eseguita anche ai margini esterni delle aree e dei cumuli di cantiere, nonché in tutte le aree anche solo parzialmente interessate.

In caso di rilevamento, le segnalazioni saranno trasferite alla Direzione Lavori per l'attuazione immediata di interventi di sfalcio o di totale eradicazione (in caso, ad esempio, di *Reynoutria* spp.).

Tutto il materiale vegetale derivante dagli interventi di contenimento sarà necessariamente smaltito presso centri di raccolta deputati.

12.1.5 MISURE DI CONTENIMENTO DELLE INTERFERENZE CON LA FAUNA

In riferimento alla componenti faunistica, il progetto prevede le seguenti misure precauzionali e di controllo:

- A. contenimento delle possibili interferenze con le biocenosi acquatiche;
- B. contenimento delle possibili interferenze con le specie ornitiche di greto;
- C. contenimento delle possibili interferenze con la fauna in ambito golenale;
- D. monitoraggio dell'ornitofauna e della chiropterofauna.

A - Contenimento delle possibili interferenze con le biocenosi acquatiche

In fase di approntamento delle due piste in greto funzionali all'accessibilità per le lavorazioni sulle pile 30-32, sarà verificata l'eventuale presenza nelle aree di prevista occupazione di buche idraulicamente isolate e la presenza in esse di fauna ittica, che, ove osservata, dovrà essere spostata in alveo attivo, previo accordo con l'Ente gestore del Sito IT4010018.

Il progetto prevede nelle fasi iniziali del cantiere l'attuazione di interventi di dragaggio lungo il piede della sponda idrografica sinistra del Fiume Po (sponda cremonese), ove è previsto l'approdo del pontone e al contorno della pila 33 in alveo attivo, con estensione sino in prossimità alla pila 32. Le

aree sono poste all'esterno del Sito Natura 2000, ma per evitare eventuali problematiche di tipo ambientale derivanti dal carico torbido generabile dalle lavorazioni, il progetto prevede che le suddette attività di dragaggio saranno attuate non in condizioni di deflusso di magra accentuata, ossia solo ed esclusivamente con portate registrate superiori a 500 mc/s. Dalle analisi idrologiche ed idrauliche condotte per il progetto è, infatti, emerso come la portata di magra ordinaria sia poco inferiore a 500 mc/s.

B - Contenimento delle possibili interferenze con le specie ornitiche di greto

Il monitoraggio dell'avifauna condotto in relazione all'intervento di consolidamento delle fondazioni delle pile in alveo del viadotto ha confermato la presenza di specie ornitiche di rilievo conservazionistico (es. *Burhinus oedicnemus*) nell'ambito di greto fluviale al contorno del viadotto.

In relazione a tali osservazioni, nonché al possibile utilizzo delle aree di greto per la nidificazione e/o il foraggiamento anche di altre specie di rilievo conservazionistico e naturalistico (quali *Sterna hirundo*, *Sternula albifrons*, nonché Caradridi limicoli), il progetto prevede la realizzazione in greto delle due piste di servizio alle lavorazioni di sistemazioni delle pile 30-32 al di fuori del periodo di massima sensibilità per la riproduzione, esteso indicativamente tra la prima metà di marzo e la fine di agosto.

In caso di eventi alluvionali che richiedano la ricostruzione delle piste in greto eventualmente danneggiate dalla piena, prima del trasporto in loco dei materiali per la ricostruzione dei rilevati, sarà attuato un controllo di dettaglio di tutta l'area che verrà interessata e del suo adeguato contorno al fine di escludere eventuali presenze di individui e/o di nidi delle specie di greto segnalate, o, in caso di presenza rinvenuta, fornire indicazioni alla Direzione Lavori di adeguamento relativo, in accordo con l'Ente Gestore del Sito IT4010018.

C - Contenimento delle possibili interferenze con la fauna in ambito golenale

Il Progetto non prevede l'installazione di reti perimetrali lungo le piste di cantiere nelle aree di golenale interessate e in greto.

Tale scelta permette di garantire il passaggio di fauna terricola trasversalmente sotto il viadotto.

D - Monitoraggio faunistico

Il Progetto prevede l'attuazione di un monitoraggio della fauna ornitica e della chiropterofauna.

Per quanto attiene all'avifauna, il monitoraggio prevede attività di controllo finalizzate a verificare il possibile disturbo indotto dai cantieri alle comunità ornitiche presenti nell'ambito di greto fluviale e nell'ecosistema golenale del Sito IT4010018 interessato, nonché porre le necessarie misure di contenimento in caso di eventuali condizioni di problematicità emerse.

Le attività di controllo saranno eseguite con le stesse modalità (“punti di ascolto”, con individuazione specie e conteggio individui) e negli stessi punti di osservazione del monitoraggio condotto per l'intervento di manutenzione delle pile in alveo del viadotto.

I punti di osservazione del monitoraggio in corso (illustrati nell'immagine seguente) saranno integrati con i seguenti ulteriori punti:

- un ulteriore punto localizzato a circa 200-250 m a nord del punto AVI-01, nel medesimo ambito eco-strutturale;
- un ulteriore punto nell'ambito ecosistemico posto a sud del viadotto, in posizione opposta alla stazione AVI-01, anche se all'esterno del Sito IT4010018;
- un ulteriore punto a circa 200-250 m a nord del punto AVI-02, nel medesimo ambito ecosistemico boschivo di golena, scegliendo la localizzazione in base alle migliori condizioni eco-strutturali presenti;
- un ulteriore punto di controllo più a sud della stazione AVI-05 in base alle migliori condizioni eco-strutturali presenti.

La localizzazione precisa delle nuove stazioni aggiuntive dovrà essere attuata evitando siti nei quali possano avvenire doppi conteggi (assumere pertanto almeno 200-250 m di distanza tra le stazioni, a seconda delle condizioni ecostrutturali specifiche).

Le attività di controllo saranno attuate con cadenza mensile da inizio aprile a fine settembre, con restituzione dei dati al termine di ogni singola campagna.

I controlli dovranno essere avviati in fase di ante operam, condotti nel corso dell'intera durata dei cantieri e svolti nell'anno successivo alla conclusione di tutte le lavorazioni previste in zona.

Il monitoraggio dovrà verificare il grado di disturbo indotto dal cantiere, attraverso il controllo degli eventuali spostamenti degli individui ad aree più distanti ed il riavvicinamento possibile a seguito della conclusione di tutte le lavorazioni.

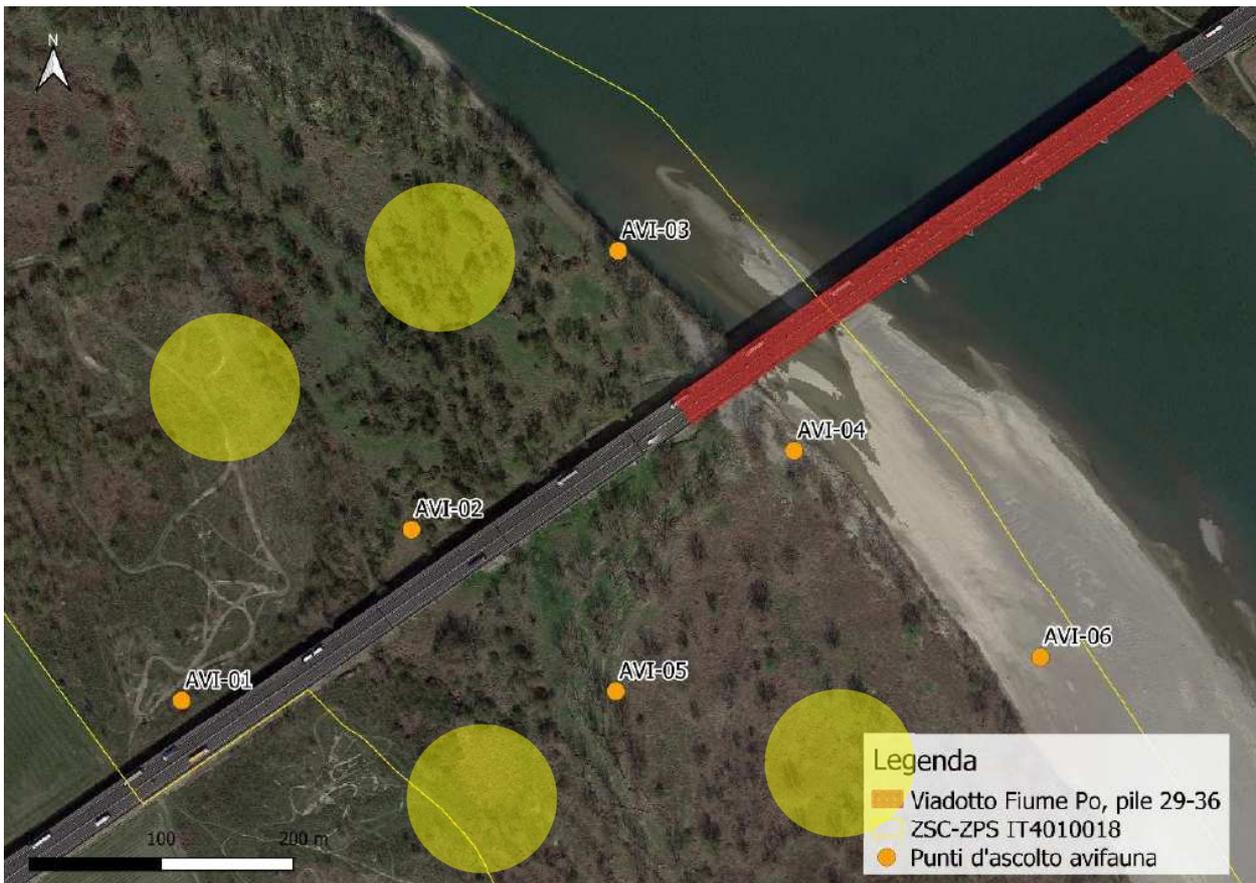


Figura 12.12: Estratto della cartografia dei punti di controllo del monitoraggio ornitico associato all'intervento di manutenzione delle pile in alveo, da confermare per il caso in oggetto e con indicazione localizzativa (cerchi gialli) degli ambiti ecosistemici da integrare nei controlli

Per quanto attiene ai Chiroteri, è prevista una fase di controllo in ante operam della presenza di potenziali roost (siti di rifugio) nelle strutture sottoimpalcato lungo l'intera estensione del viadotto (da spalla lato Piacenza a spalla lato Cremona) e in corrispondenza delle aree laterali all'interno del Sito IT4010018 ove sono previste le piste di cantiere.

La ricerca sarà eseguita con termocamera o telecamere ad alta sensibilità abbinate a fonte di luce infrarossa.

L'attività dovrà essere svolta anteriormente all'avvio dei cantieri e ripetuta in più passaggi, e in tempi utili a porre in atto specifiche risposte in caso di eventuale rinvenimento, da concordare con l'Ente Gestore del Sito IT4010018.

12.1.6 MISURE DI SALVAGUARDIA DEI PERCORSI DI FRUIZIONE ESISTENTI

Gli argini maestri sono utilizzati dalla popolazione per la fruizione del paesaggio locale, sia a Castelvetro Piacentino, sia a Gerre de' Caprioli.

I percorsi ciclo-pedonali lungo i due argini maestro non saranno interrotti, ma saranno previste piste provvisionali che garantiranno la continuità dei percorsi esistenti.

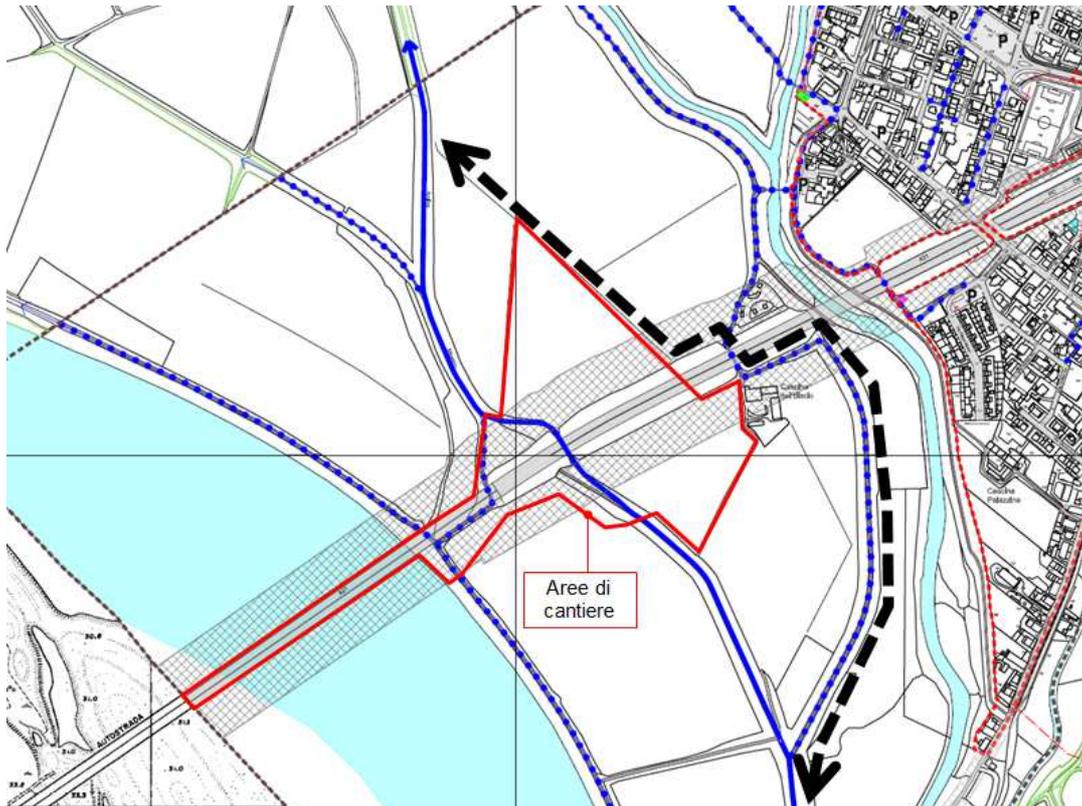


Figura 12.13: Indicazione del percorso alternativo (in nero) previsto a Gerre de' Caprioli per garantire la continuità dei percorsi di fruizioni trasversali al tracciato autostradale (in blu)

12.2 MISURE DI RIPRISTINO E MIGLIORAMENTO AMBIENTALE:

12.2.1 REALIZZAZIONE DI NUOVE UNITÀ VEGETAZIONALI

Al termine delle lavorazioni, tutte le aree temporaneamente occupate saranno liberate e saranno ripristinate allo stato strutturale e morfologico antecedente al momento di avvio dei cantieri.

I rilevati autostradali ed arginali interessati dalle lavorazioni saranno inerbiti al termine del cantiere.

Per entrambi i territori comunali interessati, le trasformazioni temporanee di superfici forestali individuate ai sensi del D.lgs. n. 34/2018 saranno comunque compensate ai sensi della normativa regionale e provinciale settoriale di riferimento.

All'interno del Sito Natura 2000 ZSC-ZPS IT4010018, le aree golenali interessate dalle due piste di cantiere previste dal progetto sono risultate dai rilievi di campo fortemente degradate da un punto di vista ecosistemico, in quanto invase in modo significativo da vegetazione esotica.

In corrispondenza di tali aree il progetto prevede specifici interventi di miglioramento delle attuali condizioni strutturali.

Al termine delle attività di cantiere le aree di ingombro delle piste e delle aree di lavorazione a margine saranno liberate ed in corrispondenza di esse sarà realizzata una piantagione di diverse unità vegetazionali, previa preparazione del terreno tramite intervento di aratura e di erpicatura.

Le scelte di intervento ecosistemico sono correlate alle condizioni pedologiche e vegetazionali attuali, nonché ai possibili eventi alluvionali del fiume Po.

Nello specifico, il progetto prevede le seguenti unità vegetazionali nel Sito IT4010018:

- UVP1 (4.011 mq) e UVP2 (3.494 mq): impianto con sesto 2x2, con distribuzione casuale delle seguenti specie:
 - astoni di piante legnose a portamento arboreo: *Salix alba*;
 - piantine forestali di piante legnose a portamento cespuglioso: *Salix purpurea*, *S. eleagnos*, *S. triandra*, *S. cinerea*;
- UVP3 (1.845 mq) e UVP4 (1.597 mq): impianto con sesto 2x2, con distribuzione casuale delle seguenti specie:
 - piantine forestali di piante legnose a portamento arboreo: *Ulmus minor*, *Salix alba*;
 - piantine forestali di piante legnose a portamento cespuglioso: *Corylus avellana*, *Euonymus europaeus*;

- UVP5 (3.115 mq) e UVP6 (2.581 mq): impianto con sesto 2x2, con distribuzione casuale delle seguenti specie:
 - piantine forestali di piante legnose a portamento arboreo: *Acer campestre*, *Quercus robur*;
 - piantine forestali di piante legnose a portamento cespuglioso: *Crataegus laevigata*, *Prunus spinosa*, *Ligustrum vulgare*, *Cornus sanguinea*.

La superficie totale di miglioramento ecostrutturale all'interno del Sito IT4010018 ed in prossimità (vd. UVP5) è pari a circa 16.643 mq.

Sono, inoltre, assunte le prescrizioni della Valutazione di Incidenza del Progetto definitivo:

- sarà utilizzato postime forestale con certificazione della provenienza;
- ogni pianta sarà munita di tutore (cannette di materiale naturale), protezione antiroditore (*shelter*) e materiale pacciamante fissato al suolo (paglia appesantita con terra o disco in fibra di cocco fissato);
- per contenere lo sviluppo di specie alloctone invasive e garantire lo sviluppo delle nuove unità vegetazionali saranno svolti 4 interventi/anno di sfalcio (aprile, giugno, agosto, settembre);
- ai fini dell'attecchimento delle nuove unità vegetazionali saranno garantite adeguate cure colturali (riposizionamento/rinnovo tutori, protezioni e pacciamatura), incluso la fornitura d'acqua nei periodi siccitosi e la sostituzione delle fallanze, per almeno tre anni solari successivi a quello d'impianto.



Figura 12.14: Unità vegetazionali di progetto in ambito golenale piacentino, nel Sito Natura 2000 (indicato con linea rossa) e in prossimità (base immagine: Google Satellite)

In territorio di Gerre de' Caprioli saranno attuati interventi di ripristino e di miglioramento vegetazionale in corrispondenza delle aree interessate dai cantieri e a margine.

Nell'immagine seguente sono indicate le unità vegetazionali di progetto.

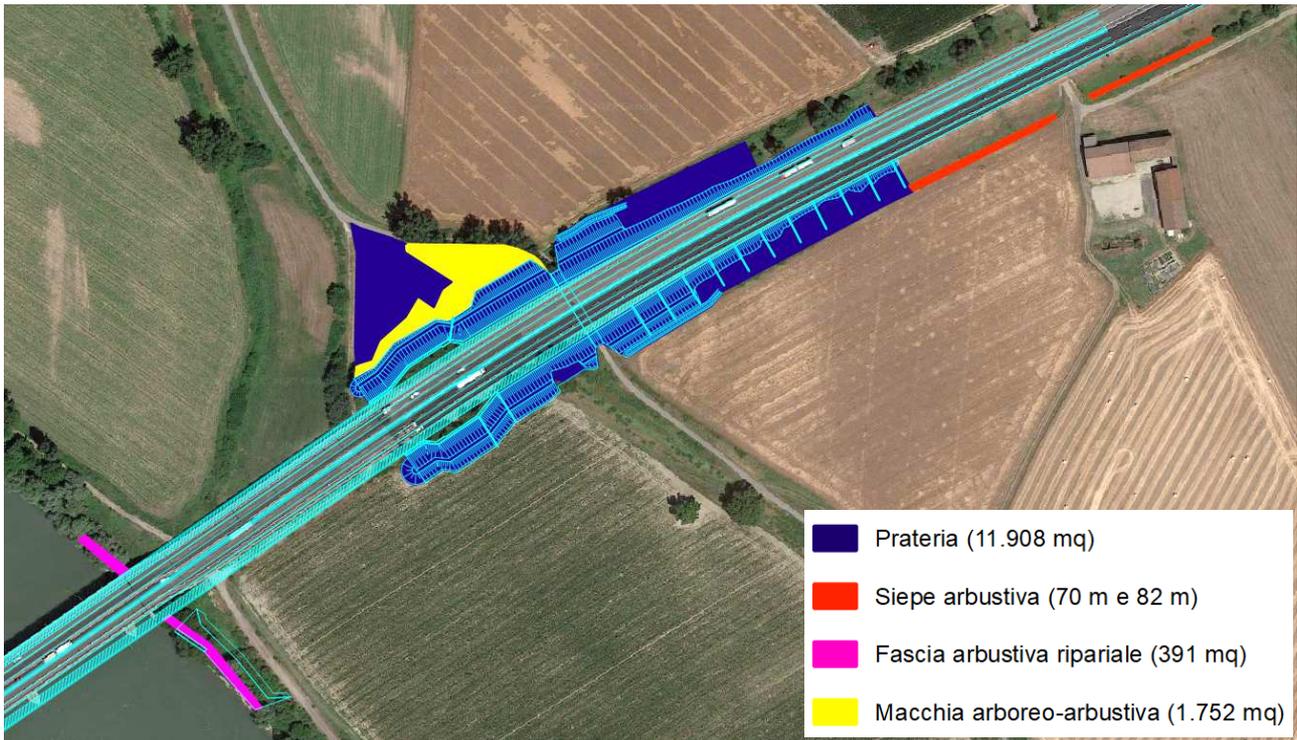


Figura 12.15: Unità vegetazionali di ripristino e miglioramento vegetazionale in territorio di Gerre de' Caprioli (base immagine: Google Satellite)

Nella porzione a nord del rilevato autostradale sarà realizzata una unità arboreo-arbustiva costituita da individui delle specie *Acer campestre* (20%), *Populus alba* (20%), *Corylus avellana* (30%) e *Euonymus europaeus* (30%), in luogo dell'attuale struttura a dominanza di *Robinia pseudoacacia* con alcuni individui di *Populus x canadensis*.

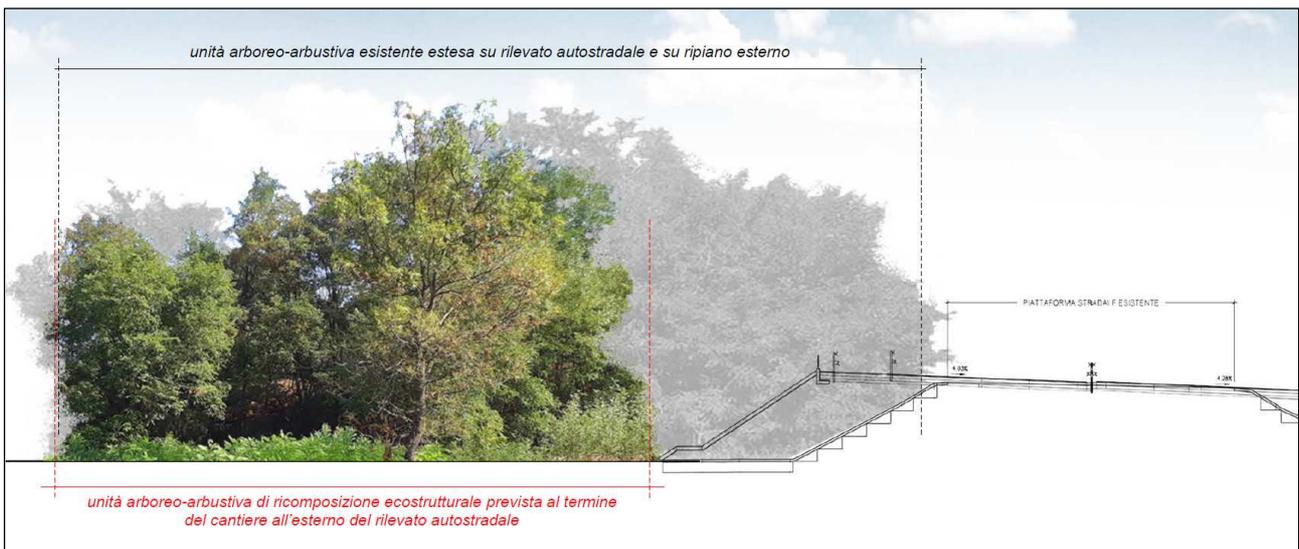


Figura 12.16: Ripristino previsto lungo il fronte nord del rilevato autostradale

Il Progetto prevede inoltre la realizzazione di una fascia arbustiva ripariale in corrispondenza della porzione basale del consolidamento spondale in massi.

L'unità sarà realizzata con talee delle specie *Salix purpurea* e *Salix eleagnos* inserite negli interstizi dei massi posizionati.

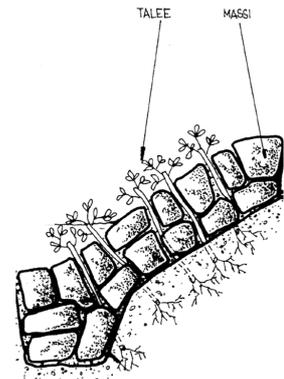
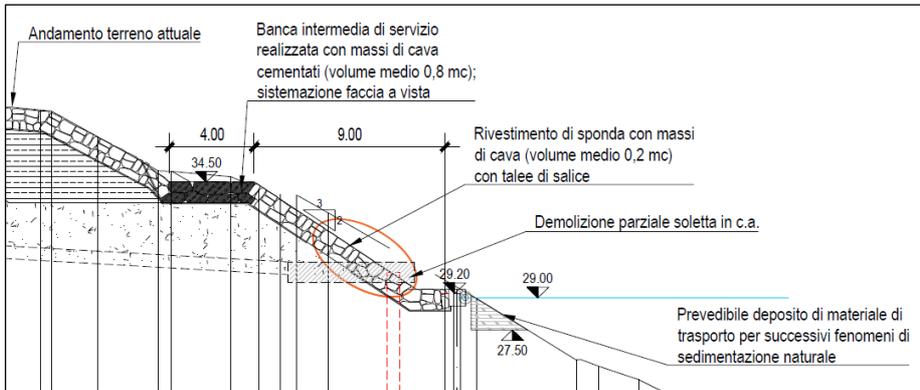


Figura 12.17: Localizzazione e schema di impianto

Inoltre, al piede del rilevato della carreggiata direzione Cremona di un tratto autostradale non interessato dal cantiere, è prevista la realizzazione di due unità arbustive lineari (composte da *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa* e *Sambucus nigra*) ad integrazione delle cenosi arboreo-arbustive esistenti.

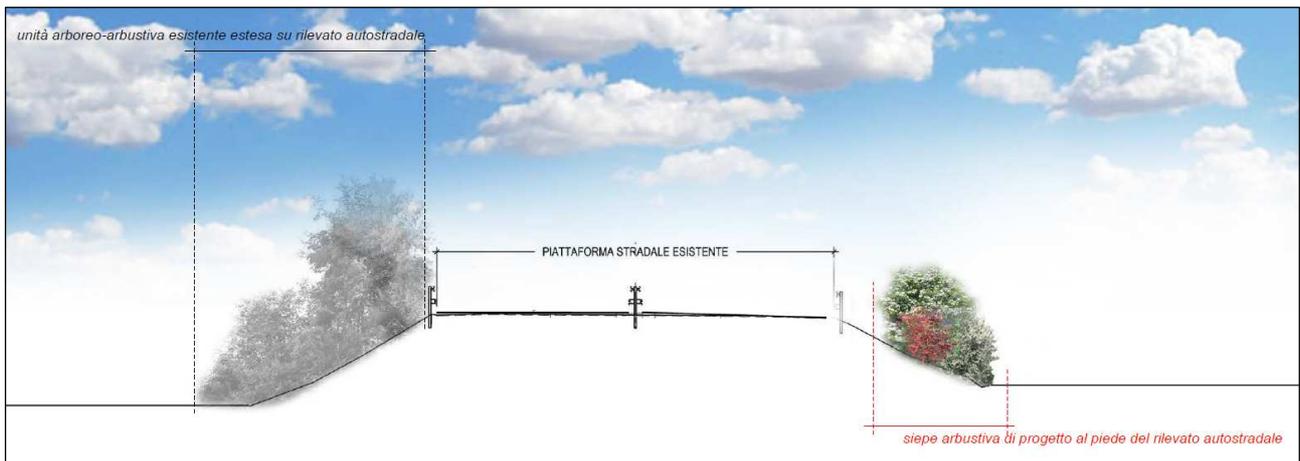


Figura 12.18: Sezione ambientale schematica dell'intervento di ecostrutturazione del piede del rilevato autostradale

12.2.2 REALIZZAZIONE DI RIFUGI ARTIFICIALI PER LA FAUNA

In risposta alle specifiche richieste avanzate dall'Ente Gestore del Sito IT4010018 e come prescritto dalla VInCA del Progetto definitivo, il progetto prevede due interventi di miglioramento ambientale specificamente dedicati alla chiroterofauna e alla fauna ornitica.

Per i chiroteri è prevista l'installazione di *bat box* sulle strutture sottoimpalcato come richiesto dall'Ente Gestore del Sito Natura 2000 interessato.

E' previsto l'utilizzo di cassette autopulenti, con sportello frontale di ispezione. Il modello scelto è dotato internamente di pannelli in legno in grado di compensare le eventuali escursioni termiche; nel dettaglio è presente un pannello in legno grezzo ed uno in legno-cemento, che offrono differenti supporti a seconda delle esigenze climatiche specie-specifiche.

La fessura di ingresso posta nella porzione inferiore è dimensionata per impedire l'eccessiva luce incidente e le correnti d'aria.



Figura 12.19: Modello di bat box previsto dal progetto (L 27x A 43x P 14 cm, con staffa di sospensione in acciaio zincato)

Le cassette saranno installate sulle facce delle pile rivolte a sud-ovest. E' stato scelto tale lato in quanto la fascia a sud del viadotto presenta una minor copertura arborea rispetto al fronte nord e quindi una minor presenza di ostacoli per lo spostamento degli animali.

Le cassette saranno installate all'altezza di almeno 4 m dal piano campagna.

La localizzazione sotto l'impalcato delle cassette permette di non esporle agli eventuali eventi meteorici intensi.

E' prevista l'installazione di n. 4 cassette per le pile a pilastro n. 17-24 (per totali n. 32 cassette) e n. 3 cassette per le pile a setto n. 26-29 (per totali n. 12 cassette) tutte poste in gola all'interno e in prossimità del Sito Natura 2000. Nel complesso è prevista l'installazione di n. 44 *bat box*.

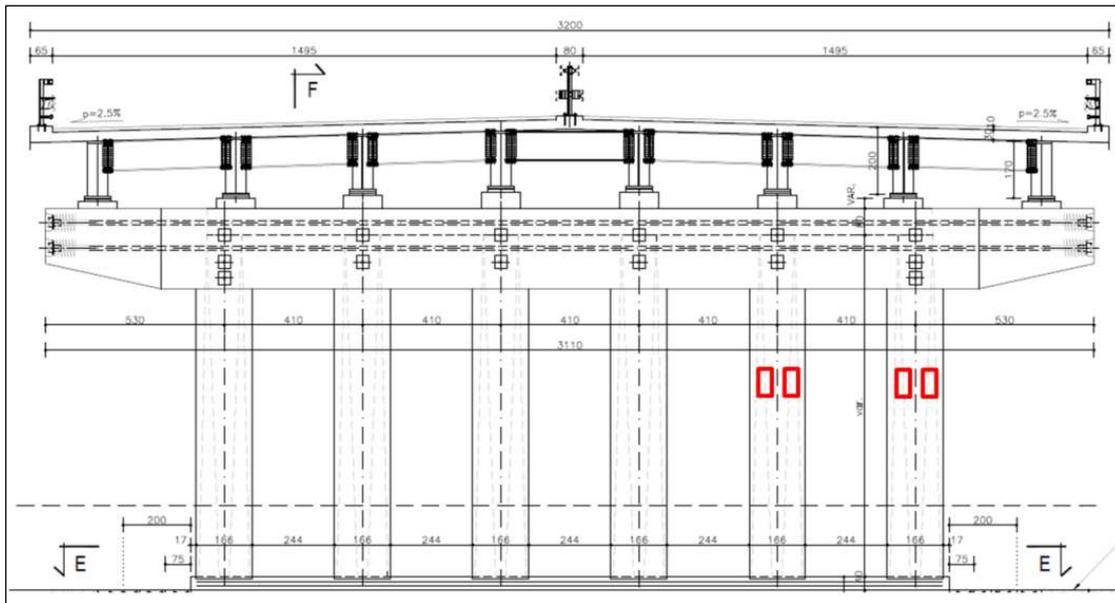


Figura 12.20: Localizzazione indicativa delle bat box (in rosso) sulle pile a pilastro, lato sud viadotto

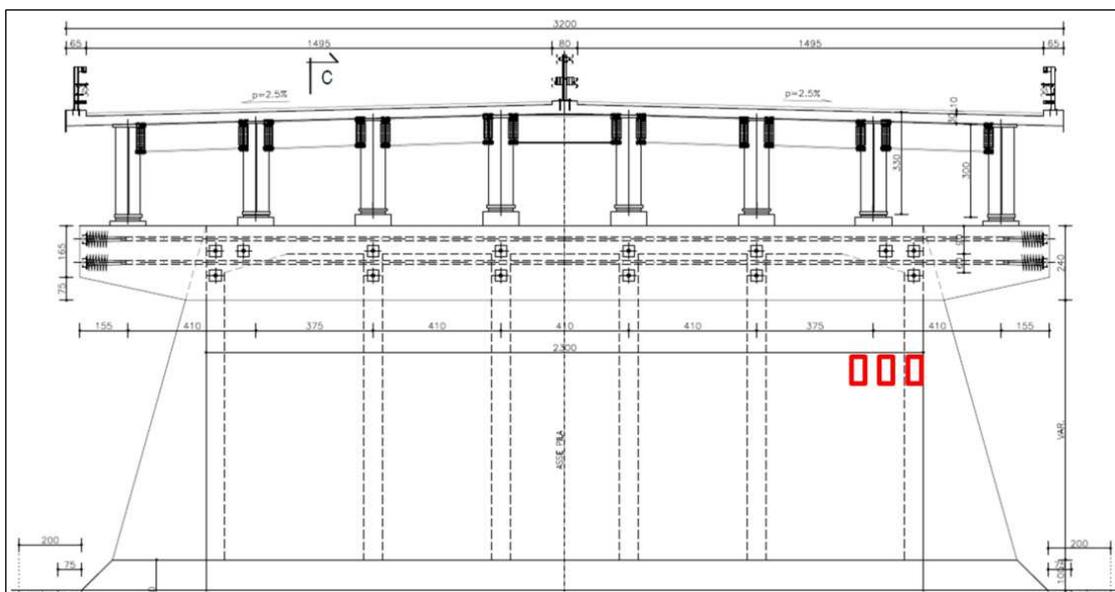


Figura 12.21: Localizzazione indicativa delle bat box (in rosso) sulle pile a setto, lato sud viadotto

Nell'area interna al Sito IT4010018 posta a nord del viadotto, ove sono stati osservati segni di continuo passaggio non regolamentato di mezzi motorizzati, sono stati rilevati, in corrispondenza di una porzione sabbiosa, nidi a terra presumibilmente utilizzati da individui di *Merops apiaster* (gruccione).

Al fine di tentare di fornire rifugi maggiormente stabili agli individui osservati, è prevista in risposta a specifica richiesta dell'Ente Gestore la realizzazione di una struttura artificiale contenente più nidi costituiti da corridoio e camera di covata.

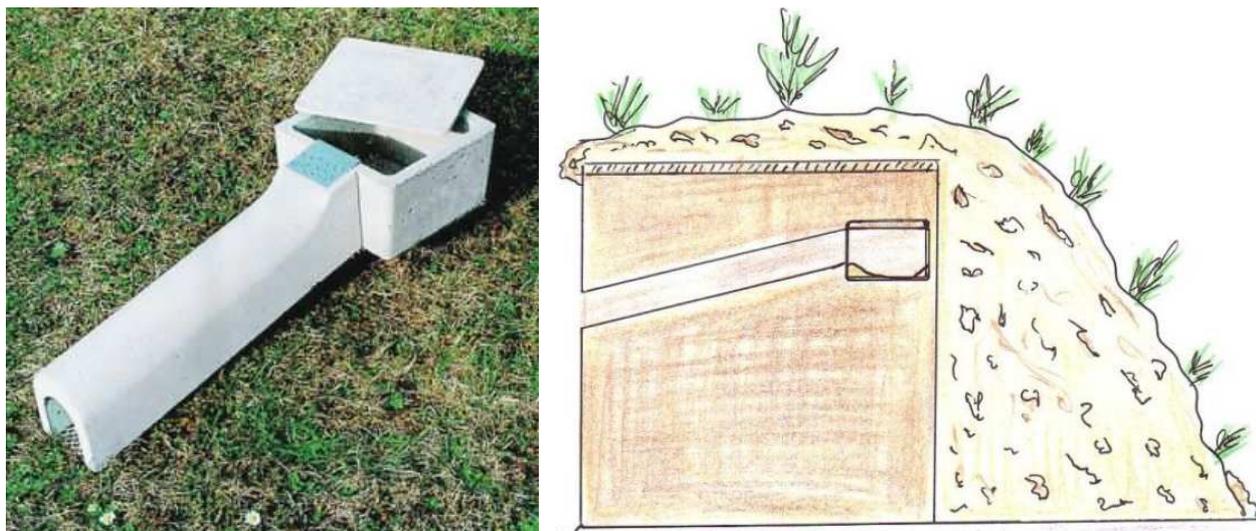


Figura 12.22: Componenti del nido artificiale (modello Schwegler) e sezione esemplificativa della struttura complessiva (<https://www.naturschutzberater.de/>)



Figura 12.23: Localizzazione indicativa della struttura da realizzare (in giallo) in prossimità dell'area in cui sono stati rilevati i nidi a terra (in azzurro) interferiti dal passaggio di mezzi motorizzati