

AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO
UFFICIO OPERATIVO DI MANTOVA
Fiume PO
Comuni di Serravalle a Po e Ostiglia (MN)

classifica A.I.Po : MN-E-1200 - Perizia n.5444 del 28/02/2022

**ADEGUAMENTO IN QUOTA DELLA SAGOMA DELL'ARGINATURA MAESTRA
DEL FIUME PO NEI COMUNI DI SERRAVALLE A PO ED OSTIGLIA (MN)**

D.G.R. 542 del 17 settembre 2018 - Interventi PGRA

PROGRAMMA di interventi strutturali idraulici ed idrogeologici in aree individuate a rischio significativo nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)(di concerto con l'assessore Rolfi)

CUP: B72H18000710002

PROGETTO ESECUTIVO
IMPORTO COMPLESSIVO PROGETTO: Euro 4.750.000,00
progettazione esecutiva (ai sensi dell'art. 33 del D.P.R. 05/10/2010, n. 207 e s.mm.ii.)

elaborato D.01	titolo elaborato RELAZIONE GENERALE DI PROGETTO ESECUTIVO	data Febbraio 2022
		scala elaborato

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE
A	03/2022	Recepimento osservazioni validatori
B	07/2022	Revisione aggiornamento prezzi Luglio 2022
C

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Ing. Gaetano La Montagna COORDINATORE DELLA PROGETTAZIONE F.E.T. Arch. Lorella Togliani TECNICO COLLABORATORE: Geom. Elisabetta Barba	PROGETTAZIONE  Binini Partners S.r.l. via Gazzata, 4 42121 Reggio Emilia tel. +39.0522.580.578 tel. +39.0522.580.586
--	--

Sommario

1. PREMESSA	2
2. CARATTERISTICHE DELLE ARGINATURE MAESTRE DI PO	4
3. AGGIORNAMENTO SULLE CONDIZIONI DI SICUREZZA IDRAULICA DELLE ARGINATURE DEL FIUME PO	14
3.1. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLE ARGINATURE DI PO E CONDIZIONI DI SICUREZZA IDRAULICA ATTUALI	14
3.2. NUOVE VERIFICHE DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA IDRAULICA DELLE ARGINATURE DEL FIUME PO	18
3.2.1. Sicurezza idraulica nello stato attuale del fiume	21
4. DESCRIZIONE INTERVENTO DI PROGETTO	23
4.1. PREMESSA	23
4.2. STATO DI FATTO	25
4.2.1. Rilievo topografico	27
4.2.2. Aspetti geologici	28
4.2.3. Interferenze	29
4.3. ANALISI DELLE CONDIZIONI DI CRITICITÀ	31
4.4. INTERVENTO IN PROGETTO	34
4.4.1. Rialzo e ringrosso arginale	37
4.4.2. Ripristino sede stradale sommitale	40
4.4.3. Posa del muro di sostegno in gabbioni	41
4.4.4. Impermeabilizzazione del paramento lato fiume	45
4.4.5. Procedure espropriative	48
5. SUDDIVISIONE IN LOTTI FUNZIONALI	52
6. REPERIMENTO MATERIALE PER REALIZZAZIONE RINGROSSI ARGINALI	54
7. TEMPI DI REALIZZAZIONE	55
8. QUADRO ECONOMICO	58
9. ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE	59
10. ITER PROCEDURALE DI PROGETTAZIONE	61
10.1. CONFERENZA DEI SERVIZI	61
10.1.1. Parere regione Lombardia – Direzione Generale Territorio e Protezione Civile – Difesa del Suolo e Gestione Attività Commissariali	62
10.1.2. Parere Consorzio di bonifica dei Territori del Mincio	62
10.1.3. Parere Provincia Mantova – Servizio Energia Parchi e natura VIA e VAS	62
10.1.4. Parere Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio	63
10.2. PROCEDURA DI VALIDAZIONE	63
11. BIBLIOGRAFIA	66

1. PREMESSA

Nella presente relazione verranno descritte le opere e gli interventi che AIPO intende attuare per la messa in sicurezza degli argini maestri del fiume Po nel tratto lombardo di sponda sinistra compreso fra l'abitato di Libiola e il confine con la Regione Veneto a valle dell'abitato di Ostiglia. Le analisi e gli studi recenti sui livelli e sulle quote del sistema delle arginature maestre di Po hanno evidenziato la presenza di vari tratti con quote altimetriche che non rispettano il franco di sicurezza richiesto secondo le indicazioni contenute nella Direttiva n.2 del PAI *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica"*.

Come emerso nel corso della redazione dello studio di fattibilità condotto da AIPO denominato Po365, "Sistema idroviario del Po 365 – progetto preliminare per migliorare la navigabilità dal porto di Cremona al mare Adriatico", di seguito denominato Progetto AIPO PO365, le verifiche delle condizioni di sicurezza delle arginature maestre di Po in relazione alle massime piene di riferimento definite dall'Autorità di bacino del fiume Po, hanno evidenziato, in vari tratti, carenze nelle quote e nei franchi di sicurezza che richiedono interventi urgenti di adeguamento delle sommità arginali. Con un successivo studio denominato "Il fiume Po in rapporto ai requisiti di sicurezza idraulica – Catasto delle criticità degli argini maestri del fiume Po per possibili sormonti e priorità dei conseguenti interventi di adeguamento delle sommità arginali", AIPO ha individuato le principali criticità suddividendo per tratti lo sviluppo dell'argine maestro e assegnando a ciascuno un livello di criticità secondo la classificazione seguente:

	CRITICITA' ASSENTE • franco $\geq 1,00$ m
	CRITICITA' BASSA • $1,00 \text{ m} > \text{franco} > 0,70 \text{ m}$
	CRITICITA' MEDIA • $0,70 \text{ m} > \text{franco} > 0,30 \text{ m}$
	CRITICITA' ELEVATA • franco $\leq 0,30 \text{ m}$ o negativo per sormonto

In base a questa classificazione sono stati individuati, lungo il tratto arginale in oggetto, tratti a criticità differente per i quali nel presente progetto saranno valutati gli interventi più idonei alla sistemazione dell'argine.

In generale si provvederà a rialzare l'argine maestro fino a garantire il necessario franco di sicurezza di 1 metro rispetto ai livelli idrometrici di riferimento e contemporaneamente si provvederà ad allargare il rilevato al fine di garantire la larghezza sufficiente a raggiungere la quota sommitale prevista in progetto.

2. CARATTERISTICHE DELLE ARGINATURE MAESTRE DI PO

L'asta del fiume Po nel suo tratto mediano e inferiore, è caratterizzata dalla presenza di un importante sistema di arginature maestre che estendendosi fino al mare proteggono i territori rivieraschi da possibili fenomeni di esondazione.

Il sistema arginale ha un'estensione complessiva pari a circa 860 km lungo l'asta principale a cui vanno aggiunti circa 154 km di arginature lungo i rami del delta.

Questo imponente sistema arginale difende un territorio di pianura altamente abitato e ricco di attività economiche, commerciali, ricreative ecc. che si estende, al contorno del fiume per circa 7.000 km².

Tale sistema di difesa è stato realizzato nel corso dei secoli a partire dal 1400, quando l'uomo, attraverso la realizzazione di rilevati in terra, ha iniziato a rafforzare e consolidare le piccole aree destinate all'agricoltura sparse nella vasta palude padana fino all'attuale assetto difensivo costituito da un organico sistema arginale che si sviluppa per oltre 1500 km dalla Becca al mare risalendo, per rigurgito, gli affluenti alpini ed appenninici.

È solo però dalla metà del secolo scorso che le piene del fiume si possono considerare contenute all'interno di un sistema regolare e pressoché continuo che, con argini maestri, chiaviche di interclusione dei colatori, argini di rigurgito degli affluenti, delimita le zone lasciate all'espansione delle acque da quelle definitivamente estromesse.

Tale sistema ha avuto nel XX secolo fasi significative di rialzo e ringrosso oltreché di estensione verso monte in corrispondenza degli affluenti principali, fasi che si sono in particolare intensificate in seguito agli eventi di piena più rilevanti del 1929, 1951, 1994 e 2000.

Gli ultimi eventi di piena, in particolare quello del 1994 e quello del 2000, pur rimanendo contenuti all'interno del sistema di difesa, hanno sollecitato in modo particolare l'intero apparato arginale mettendo in evidenza, in vari tratti del suo sviluppo, franchi di sicurezza rispetto alle quote di sommità arginali a volte particolarmente ridotti.

Il continuo intervento di rialzo e ringrosso arginale sviluppato in particolare nel corso del secolo scorso a seguito degli eventi di piena che si sono succeduti lungo l'asta fluviale del Po, ha portato all'attuale configurazione delle arginature maestre che vede la presenza, soprattutto nel tratto inferiore del fiume, di vere e proprie dighe in terra pensili rispetto alla campagna circostante.

L'asta medio inferiore del fiume Po, a valle della confluenza del Ticino, può essere, in linea generale, suddivisa in quattro tronchi omogenei per caratteristiche morfologiche dell'alveo inciso e dell'alveo di piena.

Nel tratto confluenza Ticino - confluenza Trebbia il primo tronco, fino a Monticelli Pavese, lungo circa 21 km, è sub-rettilineo, caratterizzato da depositi di barra laterale; la sinuosità diminuisce progressivamente e il carattere di canale rettificato è riscontrabile in particolare a valle di S. Cipriano Po; il tronco è stato interessato, fino alla fine del secolo scorso, da numerosi tagli artificiali di curve ed è ora sede di processi erosivi spondali di notevole intensità, che interessano una lunghezza di sponde di circa 8,9 km (il 15,4% della lunghezza dell'alveo di magra). Tale tendenza erosiva del canale di magra può essere interpretata come propensione a ristabilire la situazione pregressa.

A valle di Monticelli Pavese, si sviluppa invece un classico modello a meandri, che è rimasto pressoché immutato nel tempo e non è interessato da significativi fenomeni di erosione spondale. L'intero tratto, con caratteristiche di moderata pluricursalità in passato, negli ultimi decenni tende ad assumere un carattere più marcatamente monocursale. Alla diminuzione dei rami secondari si accompagna un lieve aumento degli ambienti di lanca, che rappresentano morfologie ereditate recenti.

Le difese di sponda nel tratto a meandri hanno funzione prevalente di protezione dei rilevati arginali dai fenomeni erosivi. Le arginature non sono continue, in particolare non è arginato in destra il tronco in corrispondenza degli abitati di Port'Albera e Arena Po; le stesse arginature delimitano complessivamente una superficie golenale allagabile di dimensioni significative.

In relazione ai fenomeni di abbassamento di fondo alveo, dopo un lungo periodo di continua erosione (1954-1984), si rileva una leggera tendenza al deposito; il fondo medio attuale risulta tuttavia 1,0-1,5 m inferiore rispetto alle quote riferibili all'anno 1954.

Le principali caratteristiche geometriche del tronco sono di seguito indicate.

- lunghezza in asse 57,9 km,
- distanza media tra le arginature 1.700 m,
- altezza media arginature su piano golenale 5÷6 m,
- larghezza media alveo di magra 200÷250 m,
- profondità media alveo inciso 7÷8 m,
- superficie alveo inciso per km di asta fluviale 0,49 km²/km,
- superficie golena aperta per km di asta fluviale 1,28 km²/km,
- sviluppo complessivo difese spondali 55,48 km,
- sviluppo difese sponda sx rispetto a lunghezza tratto 46,6%,
- sviluppo difese sponda dx rispetto a lunghezza tratto 49,9%,
- indice di sinuosità 1,52.

Nel tratto confluenza Trebbia - confluenza Adda l'alveo presenta un andamento prevalentemente sinuoso, a ridosso delle arginature maestre in tutti i tratti in curva; la larghezza tra le sponde è continuamente variabile e si hanno isole stabili di dimensioni rilevanti in fase di ricollegamento con una delle due sponde.

Vi è la quasi generalizzata assenza di fenomeni erosivi significativi a carico delle sponde; si osserva invece una lieve ma generalizzata tendenza al deposito, a cui è corrisposto un modesto innalzamento del fondo alveo nell'ultimo decennio. Tale tendenza si manifesta presumibilmente per effetto del rigurgito dello sbarramento idroelettrico di Isola Serafini.

A conferma dell'assetto indicato, nel periodo 1954-88 si è avuta l'assenza di variazioni significative dell'alveo di magra (se si esclude la zona di Isola Serafini), con sostanziale stabilità dell'asse dei meandri. Non vi è presenza di lanche e paleoalvei recenti, se non in forma di rami di divagazione dell'alveo per livelli idrici elevati. I pochissimi ambienti di lanca presenti nel 1954 (inferiori a 1/20

della lunghezza dell'alveo inciso), hanno subito un più o meno totale interrimento, in particolare nel periodo 1966-88.

Le arginature sono continue e racchiudono ampie zone golenali, alternativamente in sinistra e in destra; è presente una sola golenale chiusa di grandi dimensioni, in prossimità di Piacenza.

Per due situazioni particolari, le curve di Mezzano Passone e di Roncarolo, si rilevano condizioni di deflusso fortemente irregolari e perturbate per regimi di piena significativi.

Le difese di sponda svolgono generalmente una funzione di contenimento dell'alveo inciso e di protezione dei rilevati arginali nei tratti in curva.

In ordine all'abbassamento di fondo alveo, dopo un periodo di continua erosione (1969-1979), si rileva una leggera e generalizzata tendenza al deposito; il fondo medio attuale risulta tuttavia inferiore alle quote riferibili all'anno 1954.

Le principali caratteristiche geometriche del tronco sono di seguito indicate:

- lunghezza in asse 28,45 km,
- distanza media tra le arginature 1.450 m,
- altezza media arginature su piano golenale 6÷6,5 m,
- larghezza media alveo di magra 200÷300 m,
- profondità media alveo inciso 7,5÷8 m,
- superficie alveo inciso per km di asta fluviale 0,41 km²/km,
- superficie golenale aperta per km di asta fluviale 0,89 km²/km,
- superficie golenale chiusa per km di asta fluviale 0,15 km²/km,
- sviluppo complessivo difese spondali 31,91 km,
- sviluppo difese sponda sx rispetto a lunghezza tratto 55,2%,
- sviluppo difese sponda dx rispetto a lunghezza tratto 56,9%,
- indice di sinuosità 2.10.

Nel tratto confluenza Adda - confluenza Mincio l'assetto dell'alveo è fortemente influenzato dalle opere longitudinali per la navigazione, che determinano una struttura monocursale, correlabile con i marcati abbassamenti di fondo che interessano l'intero tronco. La trasformazione in unicursale ha

determinato la formazione di lanche e ambienti lentici e palustri in corrispondenza dei rami abbandonati; la successiva evoluzione si è avuta nel senso di una rapida occlusione e interrimento delle lanche stesse. Nel periodo 1954-1988 gli ambienti di lanca diminuiscono infatti sia in senso assoluto (da 58 a 53 km circa), sia come rapporto tra lunghezza totale delle lanche e lunghezza dell'alveo inciso.

In alveo si ha una diffusa presenza di isole stabili, che stanno progressivamente collegandosi all'area golenale, in conseguenza dell'interrimento di uno dei due rami, dovuto sia all'abbassamento di fondo, sia alla presenza di opere di sponda. In prossimità delle curve di navigazione si hanno zone di attiva sedimentazione, in conseguenza della creazione artificiale di settori d'alveo a bassa energia (a tergo di pennelli in alveo).

L'alveo di magra è oggi pressoché interamente sistemato per la navigazione e caratterizzato da un assetto sufficientemente stabile o comunque tendente a stabilizzarsi (sezione unica di larghezza regolare); solo nel tratto sotteso dalla centrale e dal canale di scarico di Isola Serafini si ha un alveo ancora notevolmente irregolare e instabile.

All'interno dell'alveo di piena, compreso fra le arginature maestre continue, sono presenti su tutto il tratto ampie golene, sia aperte che chiuse da argini secondari: il tronco dispone complessivamente di rilevanti volumi di golena invasabili in piena, con rilevanti effetti di laminazione.

I maggiori problemi di stabilità delle opere si localizzano nei tratti con difese spondali parallele (presenti su entrambe le sponde); diventa rilevante la presenza delle arginature in froldo, localizzate nei tratti già critici per velocità e livelli idrometrici.

Su tutto il tratto, nel periodo 1954-1991, l'alveo inciso ha subito un rilevante abbassamento di fondo che ha direttamente interessato la stabilità e la funzionalità delle opere di difesa: attualmente tale fenomeno è in fase di attenuazione.

Le principali caratteristiche geometriche del tronco sono di seguito indicate:

- lunghezza in asse 130,33 km,
- distanza media tra le arginature 2.600 m,
- altezza media arginature su piano golenale 6÷8 m,

- larghezza media alveo di magra 250 m,
- profondità media alveo inciso $8 \div 8,5$ m,
- superficie alveo inciso per km di asta fluviale 0,44 km²/km,
- superficie golena aperta per km di asta fluviale 1,36 km²/km,
- superficie golena chiusa per km di asta fluviale 0,83 km²/km,
- sviluppo complessivo difese spondali 202,19 km,
- sviluppo difese sponda sx rispetto a lunghezza tratto 77,2%,
- sviluppo difese sponda dx rispetto a lunghezza tratto 77,9%,
- indice di sinuosità 1.32.

Nel tratto confluenza Mincio - incile del Delta l'alveo di magra ha tendenza all'unicursalità, in particolare nella parte media e terminale, caratterizzato da arginature parallele che limitano l'estensione della golena. Si nota la presenza di pochi e grandi paleoalvei, di origine molto antica, totalmente sopra falda e sganciati dal sistema fluviale attuale (il più delle volte al di fuori delle arginature). L'evoluzione morfologica dell'alveo inciso risulta estremamente lenta e di modesta entità; non si osservano modificazioni significative nel periodo recente, a partire dal 1954; i fenomeni erosivi di sponda sono localizzati e di entità molto modesta.

L'alveo di piena tende a essere canalizzato, soprattutto nel tratto terminale, per la presenza di arginature prossime e parallele alle sponde, in alcuni punti con distanza molto ridotta (soprattutto in corrispondenza di Revere, Ficarolo, Pontelagoscuro, Polesella). Sono presenti alcune golene chiuse di dimensioni relativamente modeste, che si estendono fino in prossimità dell'alveo inciso. L'alveo inciso non ha raggiunto ovunque un assetto stabile e in alcuni tratti ha problemi di ordine idraulico, soprattutto in corrispondenza delle curve di Revere-Ostiglia, Bergantino e Pontelagoscuro dove fenomeni di instabilità di sponda tendono a interessare le arginature maestre. La stabilità delle sponde incise assume in tutto il tratto particolare importanza per le conseguenze indotte sugli argini.

Il tracciato arginale presenta bruschi cambiamenti di direzione e restringimenti locali accentuati, con corrispondenti velocità di deflusso in piena molto elevate, che rappresentano punti critici per la stabilità degli argini stessi.

Su tutto il tratto, nel periodo 1954-1991, l'alveo inciso ha subito un rilevante abbassamento di fondo che ha direttamente interessato la stabilità delle opere di difesa esistenti; tale fenomeno appare in fase di attenuazione sulla base degli ultimi rilievi disponibili.

Le principali caratteristiche geometriche del tronco sono di seguito indicate:

- lunghezza in asse 109,15 km,
- distanza media tra le arginature 900 m,
- altezza media arginature su piano golenale $9 \div 9,5$ m,
- larghezza media alveo di magra $350 \div 400$ m,
- profondità media alveo inciso $8 \div 8,5$ m,
- superficie alveo inciso per km di asta fluviale $0,48 \text{ km}^2/\text{km}$,
- superficie golena aperta per km di asta fluviale $0,28 \text{ km}^2/\text{km}$,
- superficie golena chiusa per km di asta fluviale $0,15 \text{ km}^2/\text{km}$,
- sviluppo complessivo difese spondali 103,9 km,
- sviluppo difese sponda sx rispetto a lunghezza tratto 48,3%,
- sviluppo difese sponda dx rispetto a lunghezza tratto 46,9%,
- indice di sinuosità 1.23.

Le ultime tre direttive di riferimento per la realizzazione e l'adeguamento delle arginature di Po sono quelle riepilogate di seguito:

- Direttiva n. 3651/2200 del 12 febbraio 1873 emanata dal Ministero dei lavori Pubblici in seguito alla piena del 1872;
- Direttiva del 25 luglio 1952 emanata dal Circolo Superiore di Ispezione per il Po in seguito alla piena del 1951;
- Direttiva del 12 agosto 1998 emanata dal Magistrato per il Po in seguito alla piena del 1994;

La sagoma tipo degli argini antecedente il nov. 1951 era nella maggior parte di tipo semplice come può evincersi dalla rappresentazione di alcune sezioni tipo di seguito riportate, mentre nel corso inferiore era già presente almeno una banca; successivamente al nov. 1951 gli argini vennero in più riprese rinforzati in modo rilevante, come può desumersi dalle citate sezioni tipo.

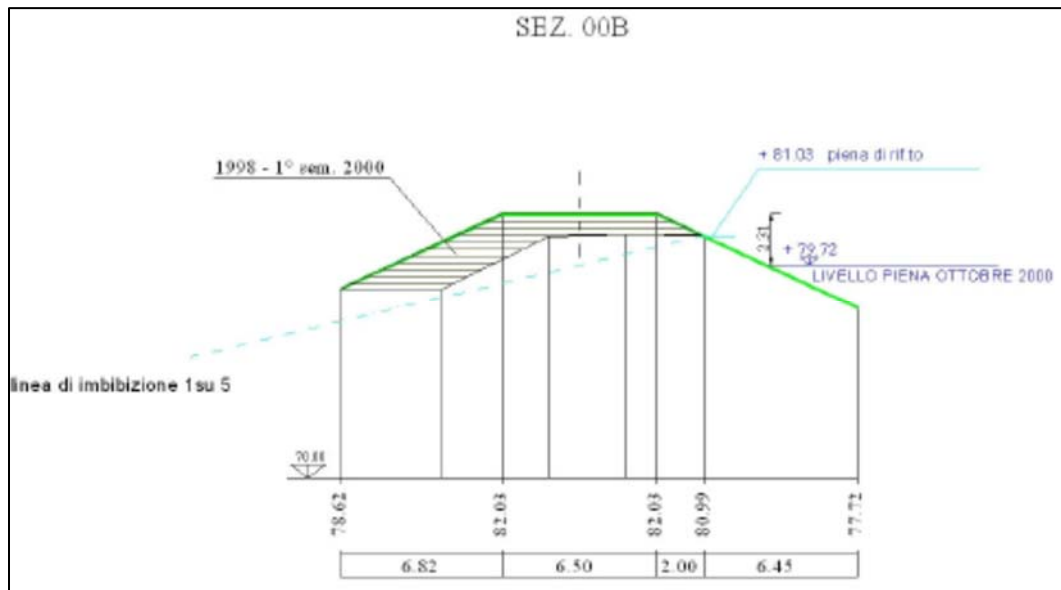


Figura 2-1 - Sviluppo del sistema arginale del Po nel suo tratto superiore.

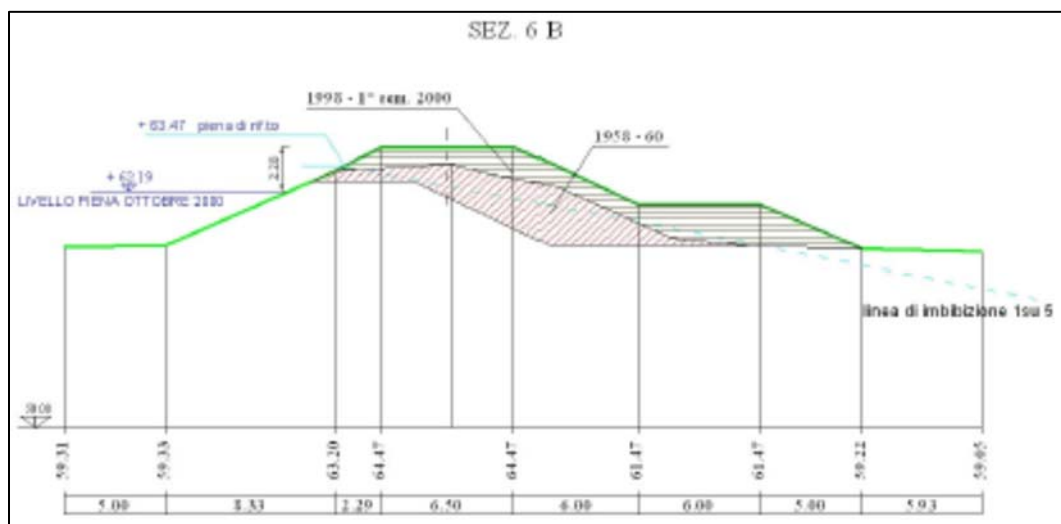


Figura 2-2 - Sviluppo del sistema arginale del Po nel suo tratto medio superiore.

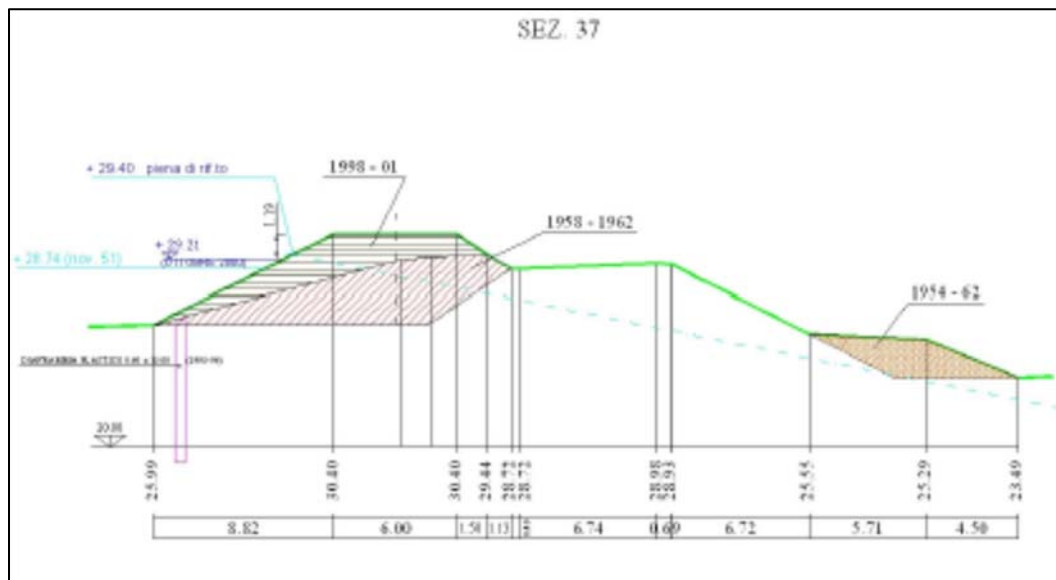


Figura 2-3 - Sviluppo del sistema arginale del Po nel suo tratto medio.

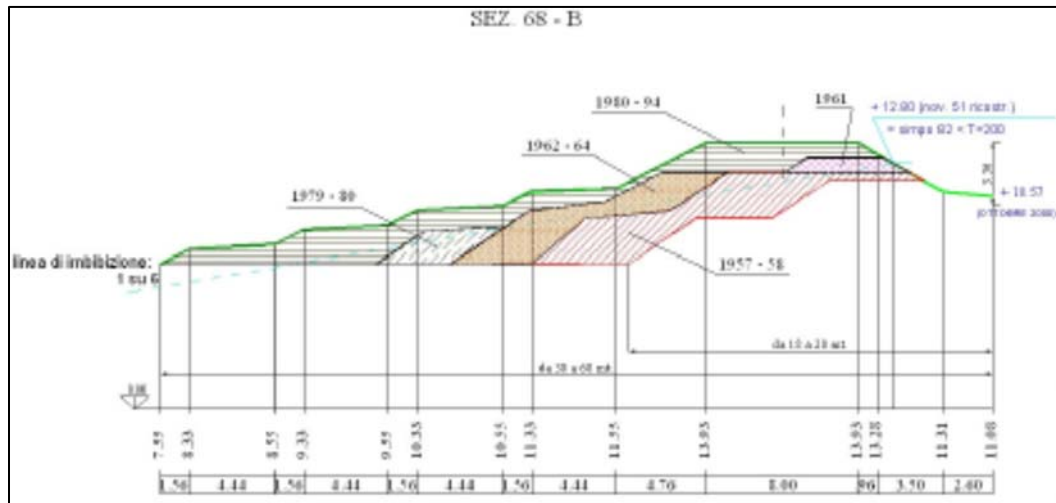


Figura 2-4 - Sviluppo del sistema arginale del Po nel suo tratto inferiore.

A seguito dell'evento di piena del 1994 sono stati realizzati diversi interventi di adeguamento in sagoma e in quota delle arginature secondo le indicazioni contenute nel piano stralcio PS45,

interventi che sono stati ulteriormente potenziati a seguito del successivo evento di piena dell'ottobre del 2000.

Gli interventi di potenziamento delle arginature maestre di Po sono stati condotti in generale con riferimento alla cosiddetta piena di progetto SIMPO82, mentre per pochi tratti, concentrati in corrispondenza ai centri abitati, si è fatto riferimento al profilo di piena definito nel Piano Stralcio PAI con tempo di ritorno duecentennale.

Gli interventi attuati lungo le arginature maestre del Po hanno seguito alcune prescrizioni di carattere tecnico che possono essere riassunte come di seguito specificato:

1. Sagoma arginale con linea piezometrica teorica (linea di imbibizione) contenuta entro un metro dal paramento esterno e comunque non meno di 50 centimetri; pendenza della piezometrica teorica pari a 1 su 5 (altezza su base) da foce Tanaro fino ai confini MN-RO in sinistra e MN-FE in destra; piezometrica 1 su 6 (altezza su base) nei tratti compresi nei territori di Rovigo e Ferrara;
2. Larghezza sommitale dell'argine pari a 6,5 metri nel tratto fra foce Tanaro e Piacenza, 7 metri da Piacenza a foce Oglio e 8 metri da foce Oglio a valle;
3. Scarpate arginali con pendenze non superiori a 1 su 1,5 metri lato fiume e 1 su 2 metri lato campagna;
4. Larghezza delle banche variabile da un minimo di 3,0 metri ad un massimo di 6,0 metri con alcune eccezioni di larghezze superiori in alcune situazioni particolari.

3. AGGIORNAMENTO SULLE CONDIZIONI DI SICUREZZA IDRAULICA DELLE ARGINATURE DEL FIUME PO

3.1. Principali caratteristiche delle arginature di Po e condizioni di sicurezza idraulica attuali

Come illustrato anche precedentemente, l'asta medio inferiore del fiume Po è caratterizzata da un importante sistema difensivo costituito da un sistema continuo di rilevati arginali che ne caratterizza il tracciato fino al delta sul mare adriatico, per uno sviluppo complessivo pari a circa 860 km lungo l'asta principale e circa 154 km lungo i rami del delta.

Questo sistema di difesa, costituito da argini in terra, diventa sempre più imponente a mano a mano che si scende verso valle dove l'attuale configurazione degli argini può essere paragonata a vere e proprie dighe in terra pensili rispetto al piano della campagna esterna da cui si ergono di diversi metri di altezza.

Tale sistema di difesa ha subito negli anni recenti una importante sollecitazione in termini di livelli idraulici in occasione delle due piene del 1994 e del 2000, che seppur contenute all'interno delle arginature maestre del fiume, hanno raggiunto valori estremamente elevati tali da richiedere un aggiornamento della valutazione dei livelli di sicurezza idraulica del sistema difensivo.

Il primo tratto di fiume, compreso fra Adda e Mincio, è caratterizzato da un alveo di piena, compreso fra le arginature maestre, molto ampio e dell'ordine anche di alcuni chilometri con la presenza di ampie golene sia aperte che chiuse da arginature golenali secondarie che in occasione delle piene maggiori si invasano contribuendo in modo significativo alla laminazione dell'onda di piena verso valle.

Lungo questo tratto inoltre, si esauriscono i principali apporti ai deflussi di piena con gli ultimi affluenti alpini ed appenninici ed i soli Secchia e Panaro in sponda destra che entrano in Po a valle di foce Mincio.

Il tratto successivo, a valle di foce Mincio, è caratterizzato da un alveo che si riduce progressivamente in larghezza, con argini molto più ravvicinati e paralleli all'alveo attivo del fiume

e che in alcuni punti presenta larghezza di poche centinaia di metri come in corrispondenza di Revere, Ficarolo, Pontelagoscuro, Polesella.

Anche in questo tratto sono presenti aree golenali chiuse, ma di estensione modesta e che si estendono fino in prossimità dell'alveo inciso, mentre l'alveo presenta bruschi cambiamenti di direzione e restringimenti accentuati dove aumentano le velocità di deflusso in piena creando sollecitazioni particolarmente critiche sul sistema di difesa arginale.

Le portate di piena da utilizzare ai fini delle verifiche idrauliche fanno riferimento ai valori individuati dal PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico) di cui di seguito è riportato uno stralcio della tabella contenuta nella Direttiva n.2 *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"*.

Come si osserva dalla tabella successiva, la portata di piena duecentennale per questo tratto di fiume è compresa fra 14.300 e 13.000 m³/s, con valore che decresce verso valle per effetto della laminazione determinata delle aree golenali presenti lungo il percorso del fiume.

Sezione		Superficie (km ²)	Q20 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Progr.(km)	Denominazione					
367,640	Cremona	50726	10090	13000	14300	15870
428,545	Boretto	55183	9380	12060	13700	14720
457,560	Borgoforte	62450	9600	12260	13100	14890
548,805	Pontelagoscuro	70091	9470	12070	13000	14650

Tabella 1: portate di piena per assegnato tempo di ritorno lungo l'asta del fiume Po secondo la Direttiva "Piena di progetto" allegata al PAI (tabb. 2 e 3)

Come noto, il profilo di piena adottato dal PAI, come piena di progetto per il fiume Po, deriva dalla simulazione idraulica di un modello numerico monodimensionale a fondo fisso applicato ad una piena teorica ottenuta dalla combinazione dell'evento del 1994 a cui sono stati aggiunti gli apporti dei principali affluenti che si sono verificati nel 1951 (massima onda piemontese + massima onda nel tratto medio-basso).

La piena teorica così individuata è risultata molto prossima a quella derivata dalle elaborazioni statistiche sulle serie storiche per il tempo di ritorno di 200 anni e di conseguenza adeguata a

rappresentare la portata di progetto per le verifiche idrauliche di sicurezza lungo l'asta fluviale del Po che, come indicato dal PAI, devono essere effettuate con riferimento a tempi di ritorno di quella grandezza, essendo $T=200$ il tempo di ritorno fissato convenzionalmente come quello che determina gli eventi idrologici più gravosi rispetto ai quali dimensionare le opere di difesa idraulica. Oltre agli studi del PAI sono stati condotti in epoca successiva nuovi approfondimenti rispetto ai profili di piena per le condizioni di progetto che tengono conto di nuovi aggiornamenti della geometria dell'alveo, ma anche dei miglioramenti introdotti nelle simulazioni numeriche e nella taratura dei modelli matematici in particolare alla luce dell'evento di piena del 2000.

Dal punto di vista generale, le indicazioni del PAI rispetto alle condizioni di sicurezza del sistema difensivo arginale del Po, prevedono che rispetto alla piena di progetto PAI T_{200} le condizioni che possono creare condizioni di pericolo possono essere ricondotte agli eventi riepilogati di seguito:

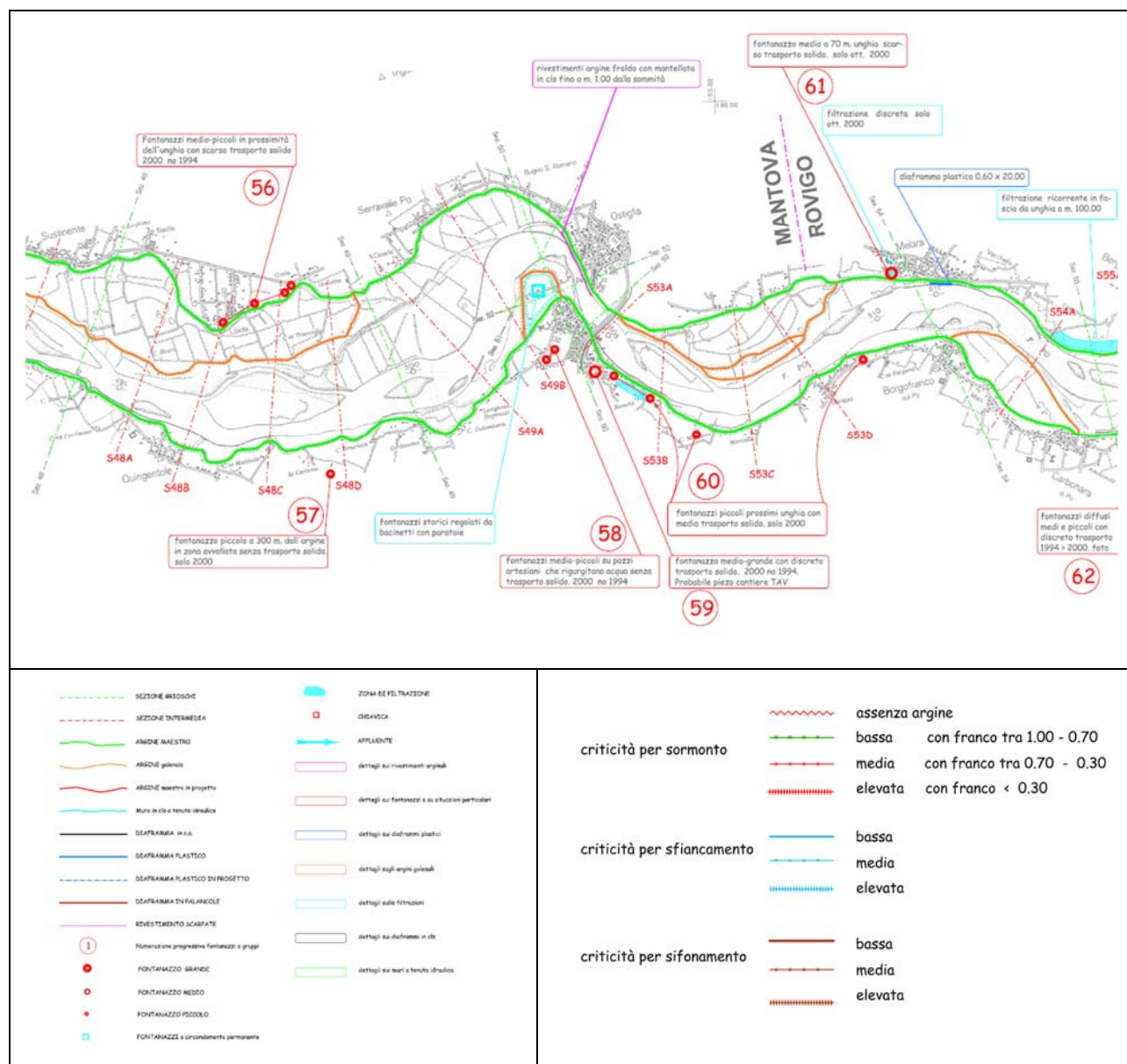
- Quota di sommità arginale inadeguata rispetto al profilo di piena di riferimento con rischio di sormonto e cedimento del rilevato per tracimazione;
- Inadeguatezza strutturale del corpo arginale rispetto a fenomeni di filtrazione nel rilevato o a livello fondazionale con rischio di rottura dell'argine per sifonamento;
- Possibile cedimento arginale a causa delle sollecitazioni e agli effetti dinamici indotti della corrente con possibili fenomeni di erosione spondale, del piede del rilevato o di sollecitazione diretta della corrente sul rilevato.

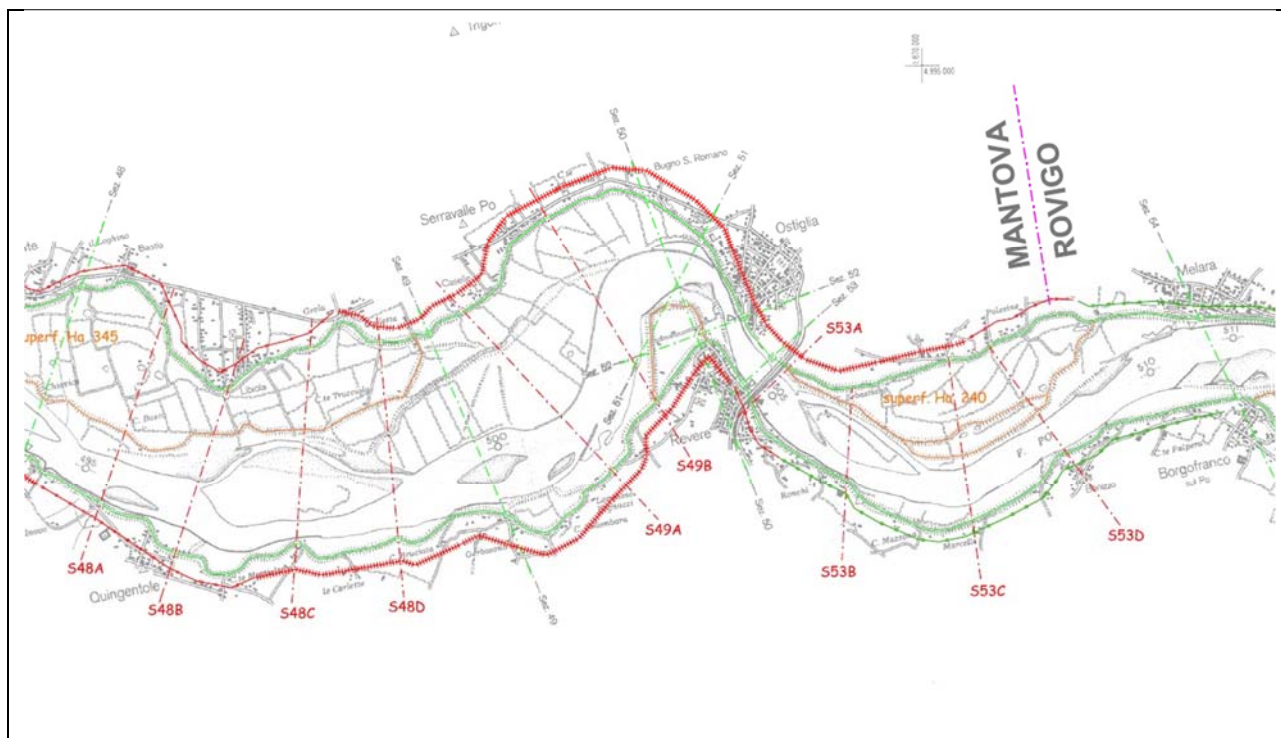
A seguito della piena del 2000 si è provveduto ad aggiornare il livello di conoscenza del sistema di difesa, sia per quanto riguarda il catasto delle arginature, che i profili di piena, i franchi idraulici e il censimento dei fenomeni di filtrazione ecc., oltre ad approfondimenti in relazione al rischio residuale conseguente a fenomeni di tracimazione e rottura arginale¹.

Nelle figure successive è possibile osservare alcune immagini tratte dai documenti dell'Autorità di Bacino relativi agli atlanti cartografici per la zona di interesse (vedi <https://pianoalluvioni.adbpo.it/atlanti->

¹ Progetto strategico per il miglioramento delle condizioni di sicurezza idraulica dei territori di pianura lungo l'asta medio-inferiore del fiume Po – Comitato tecnico dell'Autorità di bacino del 28 settembre 2005

del-po/), con l'individuazione delle principali problematiche di carattere geologico, geotecnico ed idraulico e l'evidenziazione dei tratti particolarmente critici per quanto riguarda il possibile sormonto dell'argine per livelli idrici elevati.





Come si può osservare dall'ultima figura tutto il tratto dell'argine maestro in sinistra idraulica a monte e a valle di Ostiglia è classificato come critico per sormonto arginale con franchi inferiori ai 30 cm rispetto al livello della piena di progetto.

Il catasto delle opere è stato ulteriormente aggiornato nel 2007 con lo studio dell'Autorità di Bacino del fiume Po denominato "Rappresentazione delle condizioni di rischio residuale lungo l'asta del fiume Po da Torino al mare: sintesi delle conoscenze e report descrittivi".

3.2. Nuove verifiche delle condizioni di sicurezza idraulica delle arginature del fiume Po

Nell'ambito delle attività svolte per il *Progetto AIPO PO365*, sono stati condotti una serie di approfondimenti che hanno riguardato la verifica del comportamento delle arginature maestre del Po in concomitanza della piena di riferimento PAI T200, facendo uso dei più approfonditi strumenti modellistici.

Gli approfondimenti, svolti in collaborazione fra i diversi studi che hanno partecipato al progetto, attraverso una complessa procedura composta da successive tappe di calcolo modellistico hanno permesso di ricostruire i livelli idrometrici riferiti alla piena di riferimento PAI T200 attraverso l'implementazione di un modello bidimensionale a fondo fisso con cui è stato possibile confrontare i risultati ottenuti con gli analoghi livelli ottenuti dai precedenti studi dell'Autorità di bacino del Po ed effettuare valutazioni in merito ai franchi arginali.

Le attività precedenti, per necessità di calcolo, sono state svolte suddividendo il corso del fiume in 11 sotto tratti successivi, come riepilogato nella tabella successiva:

Tratto	Descrizione		Progressiva (Km)		Sezione	
	da	a	da	a	monte	valle
Tratto 1	Cremona	Zibello (PR)	374,748	394,616	S25B	S28A
Tratto 2	Zibello (PR)	Torricella (PR)	394,616	409,769	S28A	S33
Tratto 3	Torricella (PR)	Casalmaggiore (RE)	409,769	423,940	S33	S35
Tratto 4	Casalmaggiore (RE)	Boretto (RE)	423,940	440,405	S35	S37B
Tratto 5	Boretto (RE)	Dosolo (MN)	440,405	451,941	S37B	S39A
Tratto 6	Dosolo (MN)	Borgoforte (MN)	451,941	472,385	S39A	S42B
Tratto 7	Borgoforte (MN)	Correggio Micheli (MN)	472,385	492,104	S42B	S46
Tratto 8	Correggio Micheli (MN)	Ostiglia (MN)	492,104	510,294	S46	S53A
Tratto 9	Ostiglia (MN)	Gaiba (RO)	510,294	549,813	S53A	S62
Tratto 10	Gaiba (RO)	Pontelagoscuro (FE)	549,813	561,339	S62	S65A
Tratto 11	Pontelagoscuro (FE)	Goro (FE)	561,339	600,580	S65A	S73A

Tabella 2: suddivisione in sotto tratti del tratto di fiume Po di interesse compreso fra Cremona ed il Po di Goro

Il modello matematico è stato tarato simulando l'evento di piena del novembre del 2000 (uno degli eventi che ha raggiunto le massime quote idrometriche), confrontando i livelli ottenuti dalla simulazione matematica con i massimi livelli idrici raggiunti nella piena lungo gli argini maestri in sponda destra e sinistra rilevati direttamente in sito in occasione dell'evento di piena da parte delle autorità di vigilanza.

Successivamente il modello è stato utilizzato per simulare la piena di riferimento PAI T200 al fine di confrontarli con i corrispondenti livelli di piena assegnati tratto per tratto dall'Autorità di bacino del Po sulla base degli studi precedenti.

La modellazione, essendo questo tratto di fiume in corrente lenta, si è sviluppata partendo da valle ed è stata condotta in moto permanente imponendo come condizione al contorno di monte il valore della portata in ingresso sui singoli tratti e come condizione al contorno di valle il livello

idrometrico noto come ricavato dalle modellazioni sui singoli tratti e successivamente utilizzati via via per quello immediatamente più a monte.

La condizione di valle di partenza è stata assunta rispettivamente corrispondente a:

- Livello idrometrico misurato nella piena del 2000, ai fini della taratura del modello;
- Livello idrometrico indicato dall'Autorità di bacino ai fini della ricostruzione della piena PAI T200.

Per quanto riguarda la condizione al contorno di monte, nella tabella successiva sono riassunti i valori di portata della piena del 2000 e della portata di riferimento PAI T200 in corrispondenza dei singoli tratti in cui è stata suddiviso, per comodità di elaborazione, il tratto di fiume interessato dalle simulazioni e che va da Cremona al Po di Goro.

Tratto	Portata piena 2000 (m ³ /s)			Portata piena PAI T200 (m ³ /s)		
	Definita da Autorità di bacino del fiume Po		Adottata nel modello	Definita da Autorità di bacino del fiume Po		Adottata nel modello
	monte	valle		monte	valle	
Tratto 1	12'240	11'850	11'850	13'000	14'300	14'300
Tratto 2	11'850	11'850	11'850	14'300	14'300	14'300
Tratto 3	11'850	11'850	11'850	14'300	14'300	14'300
Tratto 4	11'850	11'900	11'900	14'300	13'700	13'700
Tratto 5	11'900	11'900	11'900	13'700	13'700	13'700
Tratto 6	11'900	11'800	11'800	13'700	13'100	13'100
Tratto 7	11'800	11'800	11'800	13'100	13'100	13'100
Tratto 8	11'800	9'750	10'450	13'100	13'100	13'100
Tratto 9	11'800	9'750	10'450	13'100	13'100	13'100
Tratto 10	9'750	9'750	9'750	13'000	13'000	13'000
Tratto 11	9'750	9'750	9'750	13'000	13'000	13'000

Tabella 3: valori delle portate di riferimento nei singoli tratti per la piena del 2000 e la piena di riferimento PAI T200

La taratura dei modelli bidimensionali degli 11 tratti considerati è stata ottenuta facendo riferimento ai livelli idrometrici registrati durante la piena del 2000 e andando a determinare, per successive iterazioni, i valori di scabrezza da assegnare alle porzioni d'alveo, l'alveo principale e alle zone golenali che permettessero di simulare nel miglior modo possibile il fenomeno di piena.

Nella tabella successiva vengono sinteticamente evidenziate le differenze fra i livelli idrici ottenuti dal modello bidimensionale e i corrispondenti livelli registrati durante l'evento di piena del 2000.

Come si osserva dalla tabella, i valori medi delle differenze in valore assoluto tra valori misurati e valori ricostruiti dal modello, risultano estremamente contenuti, e permettono di ritenere pienamente soddisfacente la taratura del modello.

Tratto			Medie delle differenze di livello in valore assoluto (m)		Scarti q. m. delle differenze di livello in valore assoluto (m)	
n.	da	a	SPSX	SPDX	SPSX	SPDX
1	Cremona (S25B)	Zibello (S28A)	0,43	0,26	0,31	0,14
2	Zibello (S28A)	Torricella (S33)	0,14	0,06	0,20	0,03
3	Torricella (S33)	Casalmaggiore (S35)	0,02	0,04	0,02	0,03
4	Casalmaggiore (S35)	Boretto (S37B)	0,08	0,09	0,06	0,07
5	Boretto (S37B)	Dosolo (S39A)	0,06	0,05	0,08	0,03
6	Dosolo (S39A)	Borgoforte (S42B)	0,07	0,10	0,07	0,10
7	Borgoforte (S42B)	Correggio Micheli (S46)	0,07	0,08	0,07	0,09
8	Correggio Micheli (S46)	Ostiglia (S53A)	0,17	0,16	0,21	0,17
9	Ostiglia (S53A)	Gaiba (S62)	0,10	0,10	0,12	0,09
10	Gaiba (S62)	Pontelagoscuro (S65A)	0,06	0,06	0,06	0,05
11	Pontelagoscuro (S65A)	Po di Goro (S73A)	0,07	0,06	0,05	0,06

Tabella 4: medie e scarti q.m. delle differenze di livello in valore assoluto (in m) fra quelli ottenuti in occasione della piena del 2000 e quelli ottenuti dal modello bidimensionale

Il modello così tarato è poi servito a simulare la piena di riferimento PAI T200 per verificare eventuali differenze con i livelli di piena ufficiali riportati nel PAI.

3.2.1. Sicurezza idraulica nello stato attuale del fiume

Il confronto fra i risultati ottenuti da queste analisi con la simulazione delle piene di riferimento PAI T200 e le quote di coronamento delle arginature maestre di Po lungo il tratto in oggetto, ha permesso di aggiornare i franchi arginali rispetto a quelli riportati nello studio del 2007 dell'Autorità di Bacino del fiume Po dal titolo "Rappresentazione delle condizioni di rischio residuale lungo l'asta del fiume Po da Torino al mare: sintesi delle conoscenze e report descrittivi", dove i franchi arginali sono definiti come differenza fra le quote di coronamento degli argini maestri rilevati in occasione della campagna topografica del 2004/2005 e i livelli idrici della piena PAI T200 ricostruiti con modello monodimensionale.

I valori dei franchi sono quindi stati aggiornati sulla base delle nuove modellazioni bidimensionali della medesima piena di riferimento PAI T200 e sulla base di questo aggiornamento sono stati individuati tratti omogenei di arginatura che presentano classi di criticità via via crescenti secondo lo schema successivo, già utilizzato all'interno del catasto delle arginature del 2007 dell'AdBPo:

- Criticità assente franco $\geq 1,00$ m;
- Criticità bassa $1,00 \leq \text{franco} \leq 0,70$ m;
- Criticità media $0,70 \leq \text{franco} \leq 0,30$ m;

- Criticità elevata franco $\leq 0,30$ m o negativo per sormonto;

Come meglio descritto nel seguito, l'analisi così condotta, ha portato a valutare, per la parte arginale a monte e valle di Ostiglia, condizioni generali di criticità media a monte e a valle di Ostiglia, mentre il tratto di arginatura in corrispondenza dell'abitato risulta sostanzialmente adeguato con franchi superiori al metro richiesto.

4. DESCRIZIONE INTERVENTO DI PROGETTO

4.1. Premessa

L'intervento in progetto prevede l'adeguamento in quota del rilevato arginale maestro in sponda sinistra del fiume Po situato tra i comuni di Serravalle a Po, Sustinente e Ostiglia, in provincia di Mantova.

Il tratto oggetto di intervento è compreso fra gli stanti n. 315 e 326 del presidio idrografico sinistra Po lombardo della Lombardia, in corrispondenza delle progressive chilometriche di riferimento Adbpo e AIPO n. 510 e 514, ed è posto immediatamente a valle dell'abitato di Ostiglia e del ponte stradale e ferroviario che attraversano il Po nella parte a sud-est dell'abitato.

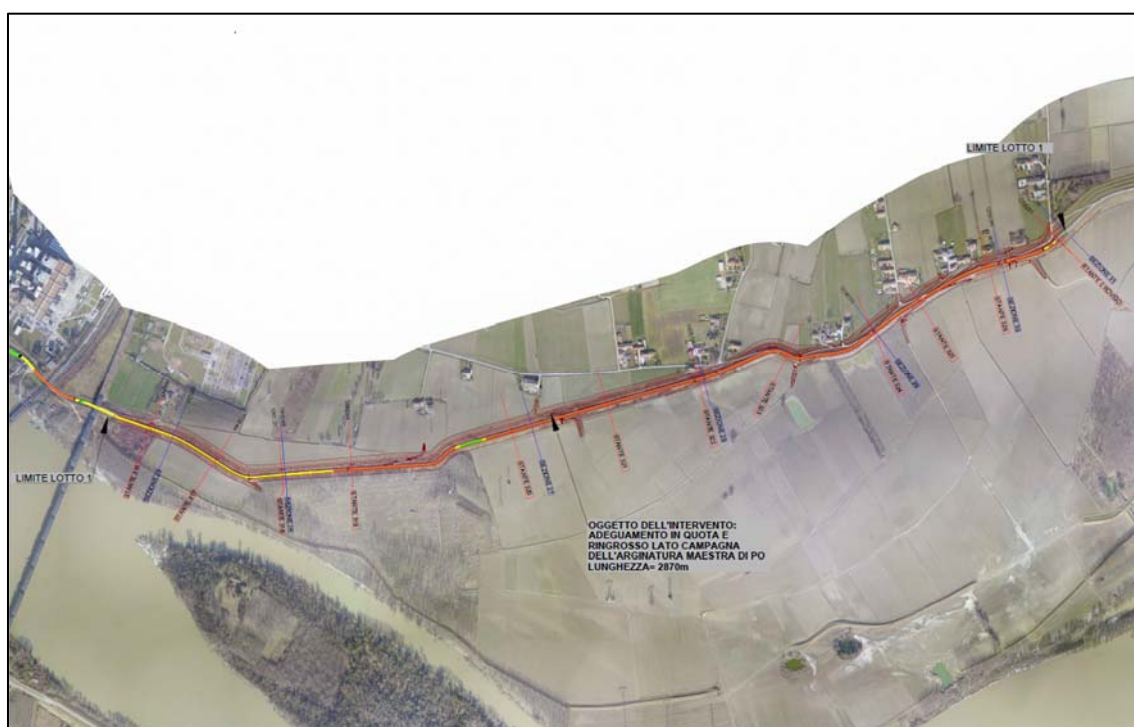


Figura 4-1 tratto arginale oggetto di intervento a valle dell'abitato di Ostiglia

Il progetto permetterà di adeguare l'altezza arginale nel tratto interessato dai lavori e portarla ad una quota sufficiente a garantire un franco di almeno 1 metro rispetto al livello della piena di riferimento.

I profili di piena di riferimento per la verifica dei franchi arginali e per l'individuazione delle necessità di intervento sono definiti nella pianificazione di bacino vigente e aggiornati da ultimo nel PGRA.

I profili generalmente utilizzati per la verifica e l'adeguamento dei franchi arginali sono la SIMPO '82 e il profilo PAI 94+51.

Il profilo di piena SIMPO '82 è stato ricavato attraverso la modellazione numerica (per una condizione di moto non stazionario) con un aumento medio del 10% delle portate al colmo registrate durante la piena del 1951, mentre il profilo PAI 94+51 è ottenuto mediante modellazioni numeriche che sommano il contributo della piena del 1994 ai contributi della piena del 1951.

Nell'ambito dell'intervento di ringrosso e adeguamento arginale in progetto, si considera come piena di riferimento il profilo SIMPO del 1982.

Con la Direttiva "Linee guida per l'esecuzione degli interventi di adeguamento delle arginature di Po sia in corso di esecuzione che di progettazione (12 agosto 1998)" il Magistrato per il Po ha disposto che per il completamento degli adeguamenti in quota delle arginature resosi necessario dopo la piena del 1994 molto gravosa per l'intera asta fluviale, si continuasse ad utilizzare il profilo SIMPO82, verificando, in corrispondenza dei centri abitati, la possibilità di conseguire anche un franco minimo di 50 cm rispetto al profilo PAI.

Al verificarsi infatti di tale evento alluvionale, erano già in corso i lavori di rialzo per l'adeguamento al profilo SIMPO.

In seguito ad una valutazione tecnica ed economica di costi e benefici, si è convenuto con il RUP che era opportuno per il tratto in esame proseguire tenendo a riferimento il profilo SIMPO, nel rispetto dei principi di omogeneità e coerenza tra monte e valle.

Le lavorazioni principali riguarderanno, in primo luogo, l'adeguamento in sagoma e altezza del rilevato arginale esistente e, in secondo luogo, la realizzazione della sede stradale in sommità al rilevato arginale.

L'intervento prevede inoltre la realizzazione delle rampe di raccordo per la salita e la discesa dal rilevato arginale con il collegamento alla viabilità ordinaria.

Come meglio descritto nel capitolo 6 della presente relazione e nella *"Relazione sulle terre e rocce da scavo"*, il materiale argilloso mancante (in eccesso a quello recuperato dalle risagomature dell'arginatura esistente) necessario ai rialzi arginali verrà recuperato nei pressi del tracciato del Canalbiano, canale facente parte dell'idrovia Fissero-Tartaro-Canalbiano che passa qualche chilometro a nord di Ostiglia, dove sono presenti aree di riporto formate con le terre provenienti dagli scavi realizzati in occasione della costruzione del canale navigabile.

4.2. Stato di fatto

Il tratto si trova a valle della confluenza del fiume Mincio col fiume Po ed è caratterizzato, nel suo tratto centrale dalla curva di Ostiglia dove, in corrispondenza dell'abitato, il fiume compie una curva di quasi 180 gradi, con un alveo che si stringe a poche centinaia di metri determinando una condizione morfologica particolarmente delicata, con il fiume che sollecita particolarmente la sponda sinistra in corrispondenza del centro abitato.

Il tratto in oggetto è caratterizzato anche dalla presenza, sia a monte che a valle dell'abitato di Ostiglia, di due ampie aree golenali in sinistra idraulica aventi rispettivamente superfici pari a 345 Ha quella a monte di Ostiglia e 240 Ha quella a valle dell'abitato, come visibile nell'immagine successiva tratta dall'atlante cartografico del *"Catasto delle arginature del fiume Po"* dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.



Figura 4-2: la curva in corrispondenza dell'abitato di Ostiglia

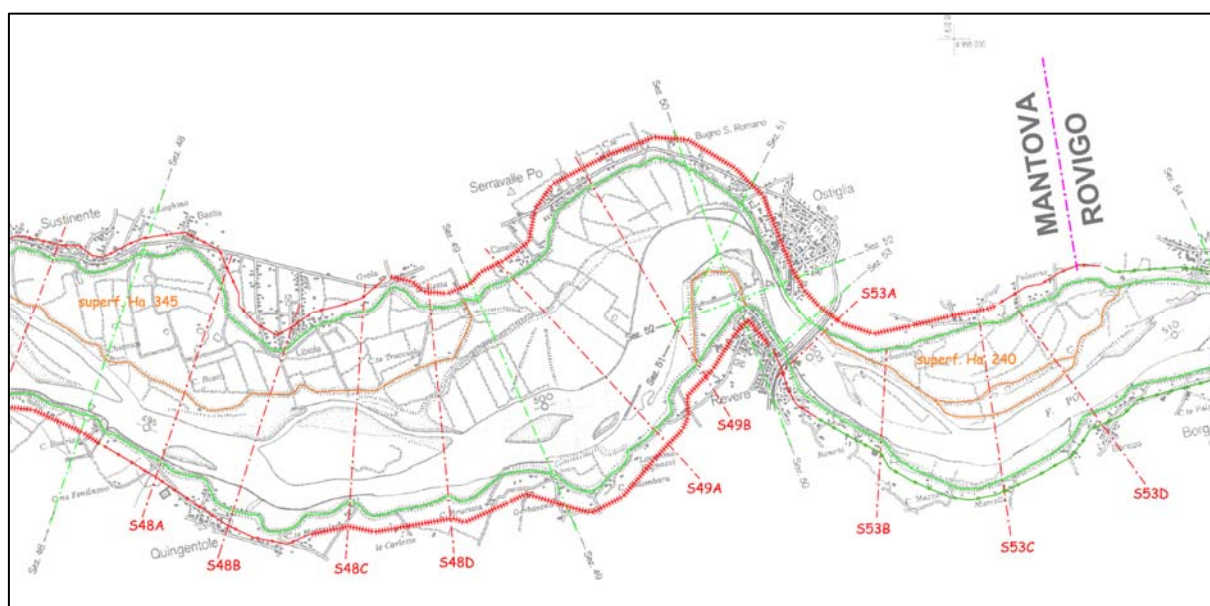


Figura 4-3: mappa tratta dal catasto delle arginature dell'AdBPo dove sono evidenziati il rilevato arginale maestro (in verde) e le arginature golenali (in arancione) nonché la condizione di rischio dell'argine maestro rispetto al franco di sicurezza

Dal punto di vista della sicurezza idraulica, lungo il rilevato arginale maestro oggetto di intervento esistono tratti con diversi livelli di criticità che sono stati determinati secondo le modalità descritte in precedenza.

4.2.1. Rilievo topografico

La descrizione plano-altimetrica dei luoghi oggetto di intervento è stata condotta dalla società Geogrà, con sede in Comune di Sermide e Felonica in provincia di Mantova, appositamente incaricata da AIPO di svolgere tale attività.

Come si evince dalla relazione descrittiva delle operazioni di rilievo redatta dalla società incaricata, i rilievi eseguiti hanno compreso il rilievo plano-altimetrico delle arginature oltre a quello planimetrico degli edifici presenti sulla mappa di impianto, al fine di ottenere una rete di fabbricati con i quali è stato possibile sovrapporre fra di loro le mappe informatizzate al fine di inquadrare correttamente i limiti demaniali rispetto a quelli privati.

Per quanto riguarda il rilievo dei profili arginali sono state eseguite, nel tratto arginale a monte e a valle dell'abitato di Ostiglia, un totale di 31 sezioni arginali a filo di ferro con ausilio di GPS per materializzare sul terreno la traccia della sezione preventivamente individuata cartograficamente. Il rilievo delle sezioni ha origine in corrispondenza dello stante 270 e ha permesso di individuare planimetricamente il posizionamento progressivo delle sezioni e degli stanti ritrovati in loco.

Contemporaneamente al rilievo per il posizionamento dei fogli catastali, sono stati battuti la sommità arginale e il piede arginale delle scarpate sia lato campagna che lato fiume, oltre alle rampe presenti, sempre con l'ausilio del GPS, con passo 50 metri nei tratti rettilinei e 10 metri in quelli curvilinei.

Tutti i rilievi sono stati eseguiti con GPS Leica GS18 e GS14 con dati in formato WGS84-ETRF2000 e riferimento la rete Leica ITALPOS. Successivamente le coordinate sono state trasformate in Gauss_Boaga e le quote da ellissoidiche a ortometriche con il programma VERTO dell'Istituto Geografico Militare, facendo riferimento al grigliato 166.GK2 per la trasformazione. L'intero tratto arginale è stato rilevato nel periodo Febbraio-Aprile 2019 con la strumentazione su menzionata.

Alla relazione redatta a cura dello studio topografico incaricato dei rilievi sono allegate le monografie dei capisaldi utilizzati per il corretto orientamento plano-altimetrico del rilievo.

Si tratta in particolare di 12 capisaldi materializzati sul terreno mediante chiodi topografici.

Nella tabella successiva si riportano descrizione e coordinate topografiche dei capisaldi utilizzati per il rilievo plano-altimetrico.

Caposaldo	Descrizione	Coordinata Nord	Coordinata Est	Quota altimetrica
CS1	Chiodo topografico	4.992.160,800	1.671.172,481	12,740
CS2	Chiodo topografico	4.991.826,855	1.669.930,453	12,440
CS3	Chiodo topografico	4.991.507,605	1.668.676,915	13,410
CS4	Chiodo topografico	4.991.867,956	1.668.123,558	21,940
CS5	Chiodo topografico	4.993.063,978	1.667.505,836	14,110
CS6	Chiodo topografico	4.993.473,978	1.665.886,483	14,200
CS7	Chiodo topografico	4.992.525,865	1.664.932,277	13,700
CS8	Chiodo topografico	4.991.812,977	1.664.229,130	19,810
CS9	Chiodo topografico	4.992.310,170	1.663.294,455	13,470
CS10	Chiodo topografico	4.991.622,439	1.662.402,258	15,810
CS11	Chiodo topografico	4.991.752,979	1.661.762,238	14,320
CS12	Chiodo topografico	4.992.616,358	1.660.824,536	14,650

In sede di progettazione esecutiva, è stata considerata la porzione di rilievo ricadente all'interno del tratto da monte dell'abitato di Ostiglia fino al confine regionale fra Lombardia e Veneto, poiché il tratto interessato dalle operazioni di adeguamento comprende solamente il tratto arginale a valle del centro abitato. Pertanto, all'interno del suddetto progetto si considerano le sezioni a valle del passaggio ferroviario.

4.2.2. Aspetti geologici

Come meglio descritto nella "Relazione geologica", allegata al progetto, si riassumono di seguito le principali evidenze che è stato possibile riscontrare a seguito delle indagini geognostiche effettuate in corrispondenza dell'arginatura maestra di Po.

Dal punto di vista delle indagini sono state effettuate 29 prove penetrometriche statiche con punta meccanica e 3 sondaggi a carotaggio continuo in corrispondenza della sommità arginale attrezzati con tubo in PVC per ospitare le prove sismiche Down-Hole con una profondità pari a 38 m. Durante

la realizzazione dei sondaggi sono anche stati effettuati dei campionamenti con prelievo complessivamente di 10 campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio.

Sui campioni sono state effettuate le analisi di peso di volume e contenuto d'acqua, la classificazione delle terre e la prova di compressione edometrica, mentre su 4 campioni sono state eseguite anche delle prove di compressione triassiale sia in tensioni totali che in tensioni efficaci.

Infine sono state eseguite 3 prove Down-Hole per verificare le caratteristiche sismiche dei terreni sottostanti il rilevato arginale dalle quali è emerso che il suolo su cui poggia il rilevato arginale è di tipo C.

Dal punto di vista della caratterizzazione litostratimetrica, è emerso che gli argini sono costituiti quasi interamente da argille e limi fatto salvo alcune lenti di sabbia limosa evidenziando una certa eterogeneità nella costituzione dei rilevati.

Si rimanda alla citata relazione per tutti i risultati di dettaglio.

4.2.3. Interferenze

Il tratto di arginatura interessata dai lavori interferisce parzialmente con alcune infrastrutture presenti sul territorio che riguardano linee elettriche, acquedottistiche, telefoniche, illuminazione pubblica oltre ad un oleodotto a servizio della centrale di Ostiglia (oggi inutilizzato ma non dismissibile) che attraversa l'argine nel suo tratto centrale determinando un sovrizzo locale che garantisce il passaggio della condotta al di sopra del franco idraulico precedentemente individuato.

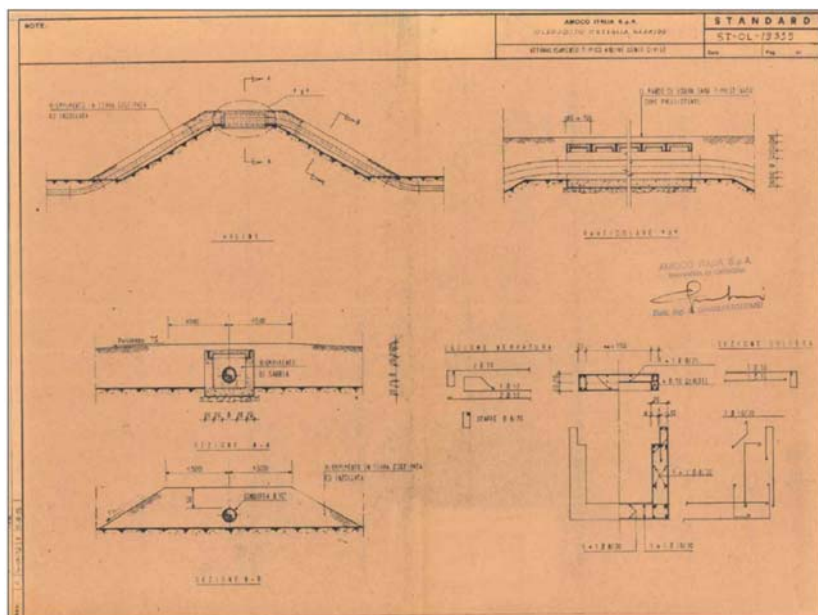


Figura 4-4 Tavola di progetto di attraversamento dell'oleodotto a servizio della centrale di Ostiglia

Per quel che riguarda le linee elettriche di bassa tensione di ENEL, nei tratti in cui alcuni sostegni della linea risultano ai piedi del nuovo argine di progetto e interferenti con il medesimo, questi andranno spostati per garantire il rispetto di almeno 4 metri di distanza dal nuovo piede arginale. Stessa condiziona andrà garantita per le linee telefoniche, mentre per quel che riguarda l'illuminazione pubblica presente in corrispondenza delle rampe di salita e discesa all'argine, i diversi punti luce presenti andranno riposizionati in funzione delle nuove condizioni planimetriche di progetto.

Per quel che riguarda l'oleodotto che attraversa l'argine nel tratto di monte (vedi immagine successiva), occorrerà definire con l'ente concessionario le modalità di risoluzione dell'interferenza. Si segnala, infine, poco a monte della zona dove è presente l'oleodotto, la presenza di linee aeree di alta tensione che, provenendo dalla vicina sottostazione elettrica di Ostiglia, sovrappassano il rilevato arginale in direzione sud-est ad altezza comunque compatibile con la realizzazione dei lavori previsti in progetto.

Per quanto riguarda la descrizione più nel dettaglio della gestione delle interferenze e dei sottoservizi interessati, si rimanda all'elaborato D.o8 del presente Progetto esecutivo.



Figura 4-5 Vista del dosso di attraversamento dell'oleodotto e linee elettriche di alta tensione

4.3. Analisi delle condizioni di criticità

Confrontando le quote arginali con i livelli idrometrici ottenuti dalle simulazioni idrauliche, la linea arginale è stata suddivisa in tratti a criticità omogenea secondo le quattro classi di criticità indicate di seguito:

Tabella 5 - Criticità arginali per sormonto con individuazione del codice colore.

Criticità arginali per sormonto		
Tipologia di criticità		Valore del franco di sicurezza F
	Assente	$F > 1 \text{ m}$
	Bassa	$0.7 \text{ m} < F < 1 \text{ m}$
	Media	$0.3 \text{ m} < F < 0.7 \text{ m}$
	Alta	$F < 0.3 \text{ m}$

Nelle figure successive viene rappresentata, secondo la scala di colore indicata in precedenza, la condizione di sicurezza arginale esistente lungo l'argine maestro nel tratto considerato.

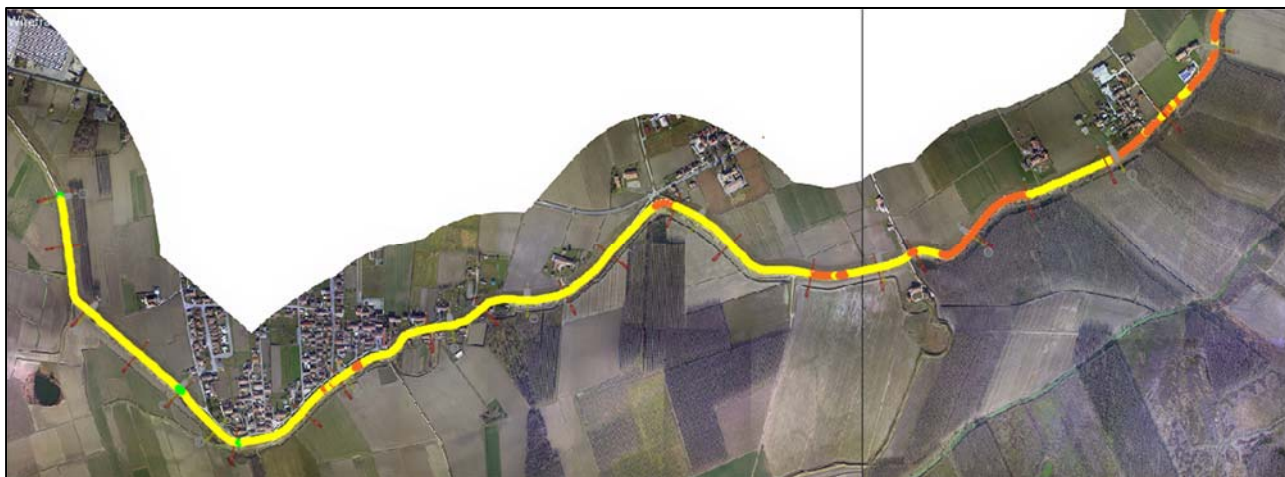


Figura 4-6 - Individuazione dei tratti di criticità nel tratto compreso dallo stante 270 allo stante 292 di AIPo.

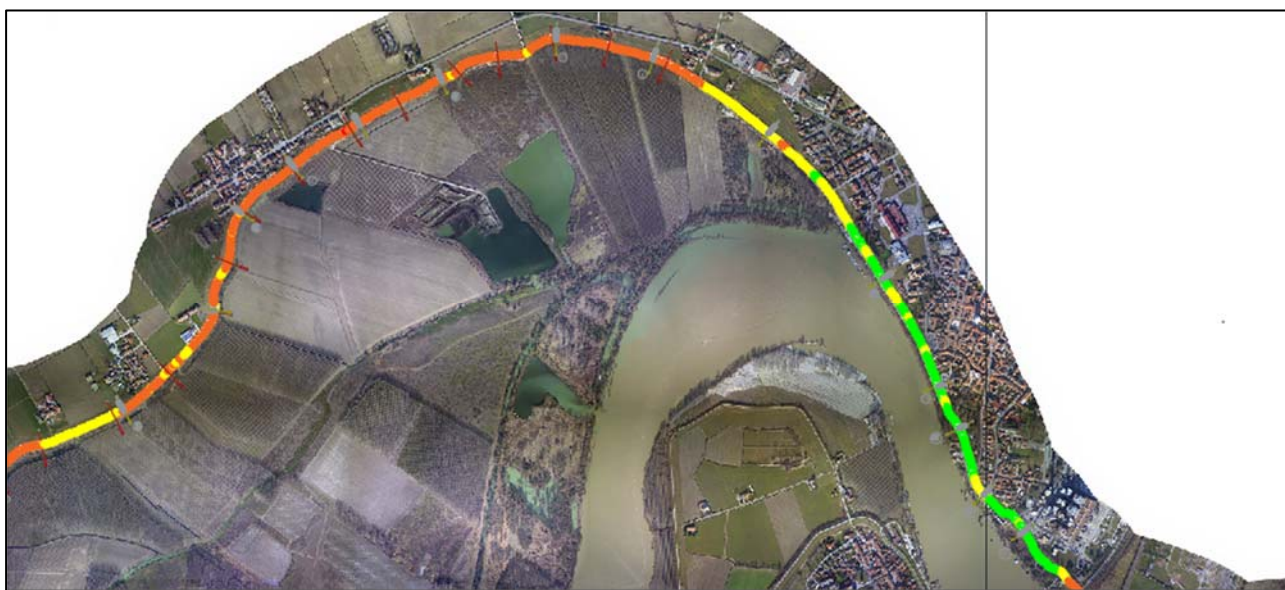


Figura 4-7 - Individuazione dei tratti di criticità nel tratto compreso dallo stante 290 di AIPo fino all'abitato di Ostiglia.

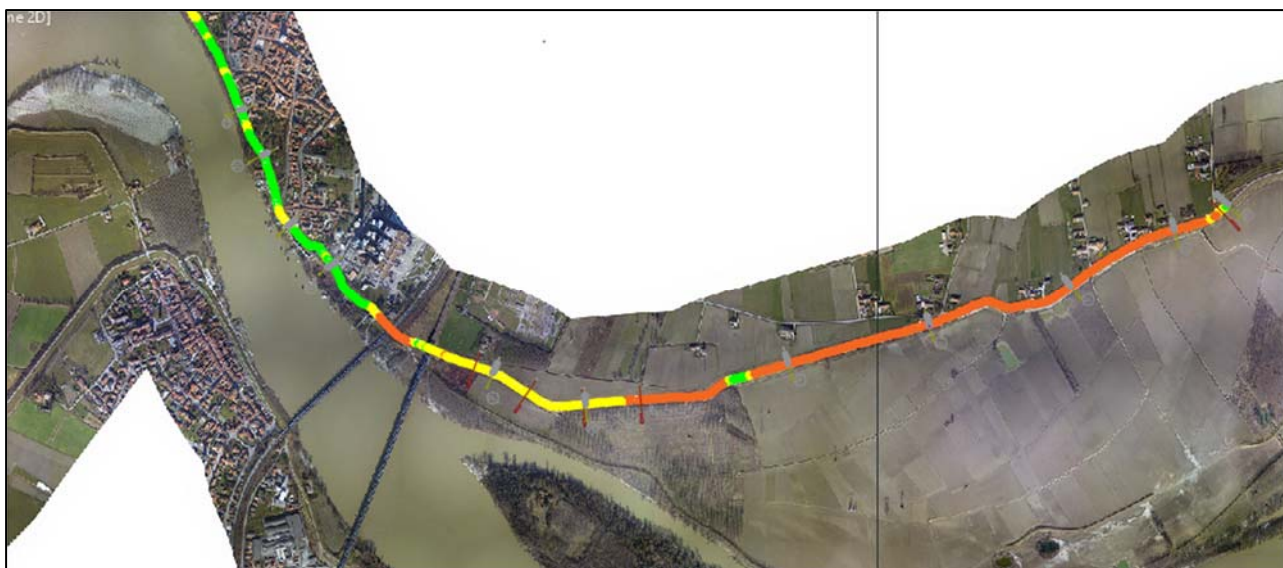


Figura 4-8 - Individuazione dei tratti di criticità nel tratto compreso fra il paese di Ostiglia e lo stante 0 di Rovigo.

Come si può osservare dalle immagini, ad eccezione del tratto arginale posto in corrispondenza del centro abitato di Ostiglia, che si trova in condizioni di franco sostanzialmente adeguato, i tratti immediatamente a monte (fra lo stante 290 e lo stante 302) e valle (fra lo stante 316 e il confine con Rovigo) di Ostiglia, presentano, per larga parte, condizioni di media criticità.

Il tratto iniziale a monte di Ostiglia si presenta invece con livelli mediamente di bassa criticità.

Dal punto di vista morfologico, il rilevato arginale in questo tratto presenta una conformazione differenziata fra la sponda lato fiume e quella lato campagna.

Il paramento lato fiume si presenta con un andamento lineare uniforme con pendenza media pari a circa 2 su 3 dalla sommità arginale alla quota golenale.

Il paramento lato campagna presenta un andamento molto esteso, con una banca intermedia non adibita al passaggio di mezzi operativi ed una pendenza media all'incirca pari a 1 su 3.

Nell'immagine successiva è possibile osservare una sezione tipica di questo tratto di rilevato arginale in cui sulla sinistra abbiamo la campagna e a destra l'area golenale del fiume.



Come detto in precedenza, come piena di riferimento è stato considerato il profilo SIMPO '82, secondo quanto previsto nella Direttiva "Linee guida per l'esecuzione degli interventi di adeguamento delle arginature di Po sia in corso di esecuzione che di progettazione" (12 agosto 1998)" dell'allora Magistrato per il Po (ora AIPo).

Il lavoro di adeguamento dell'argine sarà utilizzato anche per adeguare in larghezza la piattaforma stradale di sommità portandola ad una dimensione pari ad 8 metri, al fine di aumentare la sicurezza dei mezzi in transito sull'argine e semplificare le operazioni di manutenzione ed ispezione del rilevato realizzando anche, a questo scopo, una banca intermedia a metà della scarpata lato campagna.

Nella progettazione dell'intervento si è inoltre tenuto conto del fatto che la pista arginale di sommità è utilizzata come sede viaria dell'infrastruttura viabilistica comunale, con la necessità di realizzare un piano viario adeguato a tale esigenza.

L'intervento prevede di non modificare il paramento arginale lato fiume per non alterare la condizione spondale esistente che si è consolidata nel tempo e che vede anche la presenza di elementi in cemento di impermeabilizzazione della sponda.

Nell'immagine successiva è possibile vedere un dettaglio planimetrico della futura sistemazione arginale con l'individuazione delle scarpate e delle banche orizzontali.

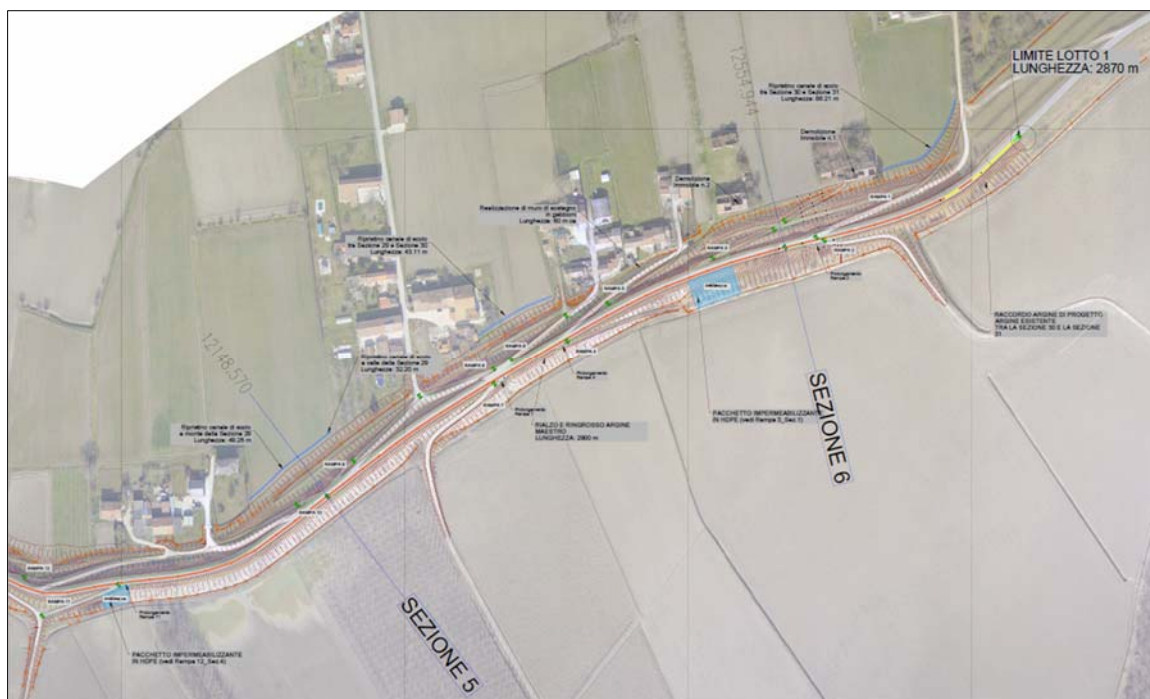


Figura 4-10 – Esempio di dettaglio planimetrico del rilevato arginale di progetto.

Ove sono presenti, lungo il rilevato, rampe di collegamento fra la sommità arginale e il piano campagna ai piedi del rilevato, si è provveduto a predisporre gli opportuni adattamenti progettuali per rendere fruibili le rampe di salita e discesa.

L'andamento planimetrico del nuovo rilevato arginale è riportato nelle Tavole P.10 e P.11 degli elaborati di progetto.

Di seguito è riportata la sezione tipologica di progetto tipica, dove è possibile apprezzare il rialzo e la risagomatura dell'intero tratto interessato dai lavori di adeguamento, con la nuova sommità arginale che presenta una larghezza complessiva di 8 m all'interno della quale troverà sede una nuova sede stradale asfaltata di larghezza pari a 6 m, e la scarpata lato campagna con la banca intermedia di larghezza pari a 4 m.

Per alcune situazioni più particolari si rimanda alle sezioni tipologiche riportate nella tavola P.13.

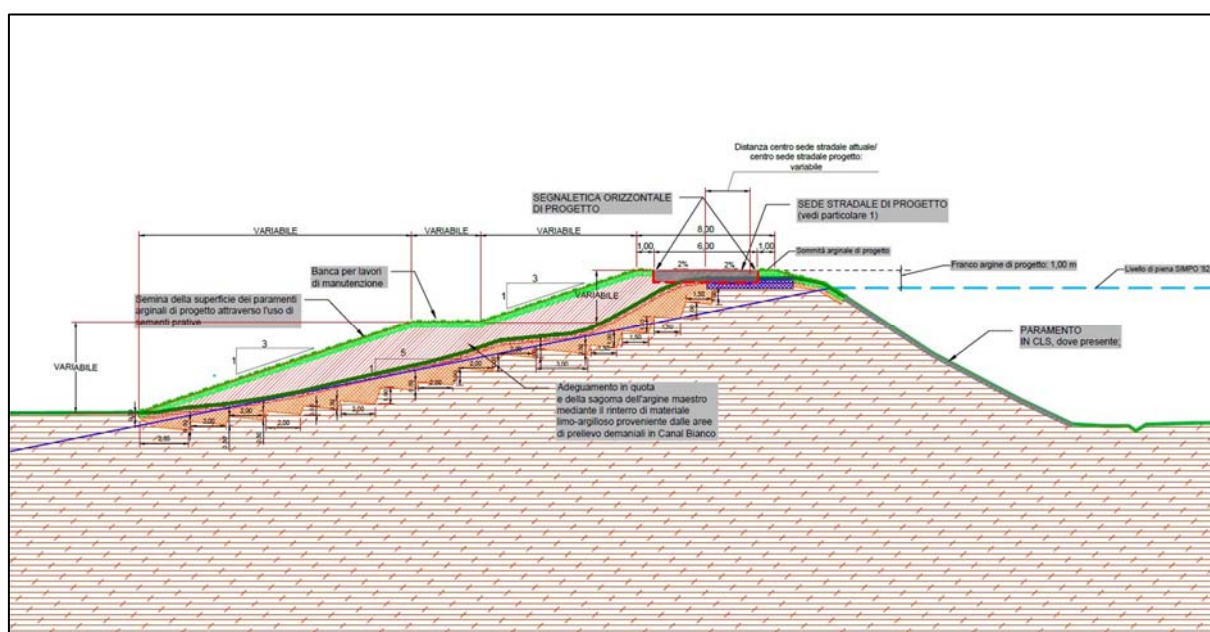


Figura 4-11 – Esempio di sezione tipologica d'intervento.

Data la particolarità geomorfologica ed idraulica della curva e della zona di Ostiglia, che già in passato ha portato all'inserimento sulla scarpata arginale lato fiume di protezioni realizzate con lastre in cls (si veda foto successiva), si è scelto di realizzare l'intervento di adeguamento in quota e risagomatura del rilevato arginale sul paramento lato campagna in modo da non alterare l'attuale

situazione di stabilità e di costipazione dei paramenti spondali lato fiume che sono andati consolidandosi nel tempo garantendo un adeguato livello di impermeabilizzazione della sponda fluviale.

In corrispondenza dei tratti ove sono presenti abitazioni e risulta necessario prevedere la realizzazione di muri di contenimento in gabbioni si prevede di aggiungere, sul paramento lato fiume, un telo impermeabilizzante in HDPE nel caso in cui non sia già presente la lastra di calcestruzzo.



Figura 4-12: esempio di rivestimento in lastre in cls sul paramento lato fiume lungo il tratto oggetto di intervento

4.4.1. Rialzo e ringrosso arginale

Dal punto di vista operativo, l'intervento prevede inizialmente l'asportazione di circa 30 cm di cotico erboso della porzione di rilevato arginale soggetta a riprofilatura e la demolizione della sede stradale attuale che percorre l'intero tratto di arginatura maestra oggetto di intervento, insieme ai tratti stradali di collegamento lato campagna e lato golena.

Sia lo scotico che l'eventuale sottofondo posto al di sotto del piano viario asfaltato verranno recuperati e successivamente riutilizzati per la formazione del nuovo rilevato stradale e per la fase di riprofilatura finale del rilevato nella sua nuova conformazione geometrica.

Inoltre, i materiali derivanti dallo scavo di sbancamento dell'argine esistente e quelli di risulta dalla demolizione della sede stradale dovranno essere depositati e stoccati separatamente all'interno dell'area di cantiere.

Successivamente alla prima fase di asportazione dello scotico superficiale, si procederà alla realizzazione di uno scavo a gradoni secondo gli schemi di progetto al fine di migliorare l'ancoraggio della parte di rilevato aggiuntiva a quello esistente, conformemente alle quote e alle sezioni di progetto.

La fase finale dell'intervento prevede l'operazione di profilatura definitiva del rilevato arginale fino al raggiungimento della quota di progetto, al fine di ripristinare le condizioni di sicurezza previste dalla normativa vigente.

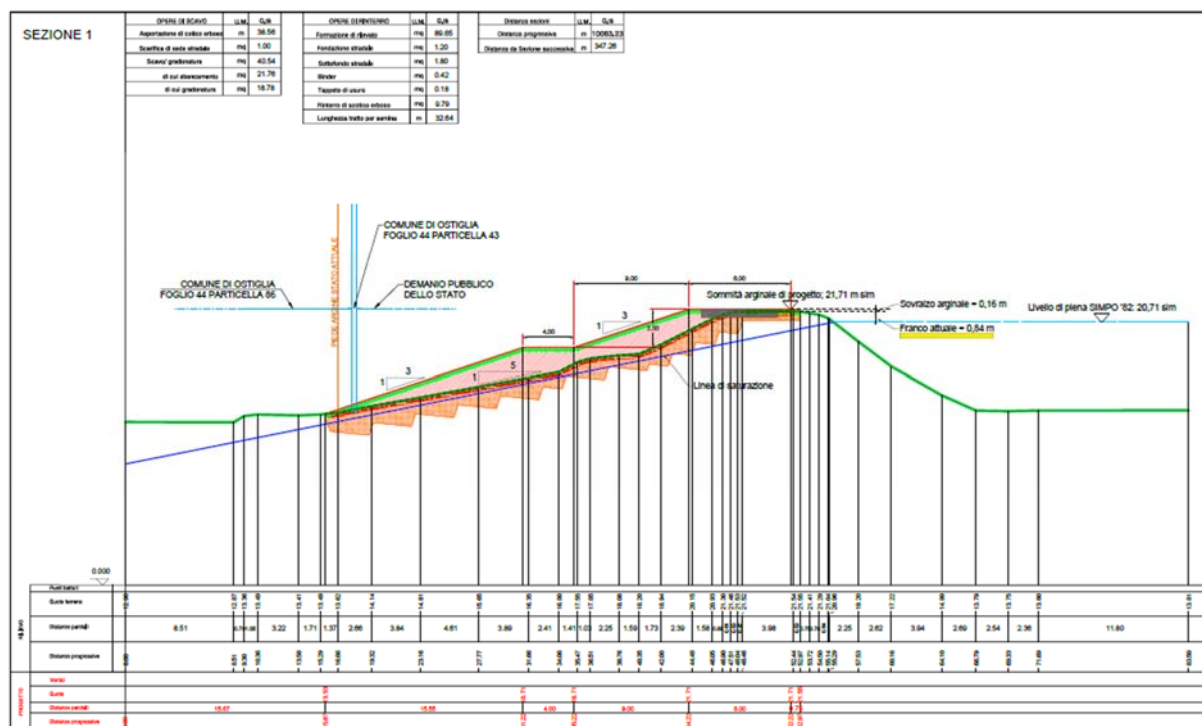


Figura 4-13 esempio di sezione di progetto

Il materiale necessario al rialzo e alla risagomatura del rilevato arginale ammonta complessivamente a circa 233.000 m³.

Di questo volume una quota parte pari a circa 95.000 m³ verrà recuperata dagli scavi sull'argine esistente realizzati in preparazione delle lavorazioni di progetto, mentre la restante parte, pari a circa 138.000 m³, verrà recuperata da aree esterne.

A questo scopo sono state individuate alcune aree prossime al tracciato del Canal Bianco, poste a nord ad una distanza pari a circa 8-10 km dall'area di progetto, potenzialmente adatte al recupero del materiale argilloso necessario.

AIPO ha quindi proceduto ad affidare a società terze due studi per valutare, rispettivamente, le caratteristiche geomeccaniche ed ambientali dei terreni presenti nelle aree individuate e la possibilità di utilizzarle nella realizzazione del ringrosso e del rialzo arginale lungo il tratto oggetto del presente progetto.

Dalle indagini svolte risulta che il materiale presente lungo il Canalbiano nelle aree individuate per il prelievo dei quantitativi necessari alla realizzazione delle opere previste, risulta idoneo sia dal punto di vista geomeccanico che di quello ambientale.

La documentazione inerente agli approfondimenti relativi alle terre reperibili lungo il Canalbiano è allegata al presente progetto:

- per quel che riguarda la caratterizzazione ambientale, essi sono integrati nella relazione sulle terre e rocce da scavo;
- per quel riguarda la classificazione geotecnica e geologica dei terreni, essi sono contenuti all'interno della relazione geotecnica.

Si rimanda a questi documenti per tutti gli aspetti di dettaglio a tale riguardo.

Il materiale argilloso proveniente dalle aree individuate in prossimità del Canalbiano e quello recuperato dagli scavi iniziali del rilevato esistente, andranno opportunamente miscelati e rimescolati in cantiere con idonei mezzi meccanici prima di essere riposizionati in opera per formare la sagoma arginale finale, al fine di ottenere un materiale il più possibile omogeneo e uniforme.

Lo stoccaggio temporaneo e le operazioni di miscelazione dei terreni saranno eseguite in corrispondenza delle 3 aree di cantiere previste da progetto.

Inoltre, i depositi temporanei di materiale potranno essere realizzati anche in prossimità dell'argine, poiché per tutto lo sviluppo dell'intervento si prevedrà l'occupazione temporanea di una fascia di 4 m di larghezza rispetto al piede dell'argine di progetto, quindi risulterà presente una fascia con una superficie sufficientemente ampia da permettere lo stoccaggio e la lavorazione del materiale terroso in prossimità dei tratti arginali oggetto di intervento.

4.4.2. Ripristino sede stradale sommitale

L'intervento in progetto si completa con il ripristino della sede stradale in sommità al rilevato arginale che verrà allargata rispetto a quella esistente, dai 4 m attuali ai 6 m previsti in progetto, in modo da aumentare la sicurezza dei mezzi e delle persone che la percorrono e facilitare le operazioni di manutenzione e ispezione in occasione degli eventi di piena.

Il progetto prevede la realizzazione di due tipologie di pacchetto stradale, di cui il primo riguarda la strada in sommità arginale (avente larghezza pari a 6 m) e i relativi allacciamenti, mentre il secondo riguarda principalmente le strade di tipo sterrato.

Si riportano di seguito gli spessori previsti per i due tipi di pavimentazione.

Tabella 6 – Composizione del pacchetto stradale per l'arginatura maestra.

Sezione Tipo I Strade asfaltate (argine maestro e collegamenti)	
Tipologia	Spessore [mm]
Binder	10
Misto stabilizzato	20
Sottofondo stradale	30

Tabella 7 – Composizione del pacchetto stradale per le strade sterrate.

Sezione Tipo II strade bianche	
Tipologia	Spessore [mm]
Misto stabilizzato	20
Sottofondo stradale	30

Nell'immagine successiva è riportata la schematizzazione tipologica dei due pacchetti previsti a progetto.

Lo strato di asfalto che compone il pacchetto stradale previsto a progetto sarà opportunamente trattato con emulsione bituminosa.

Essendo la strada sommitale utilizzata come viabilità comunale, in progetto è prevista la realizzazione della segnaletica orizzontale.

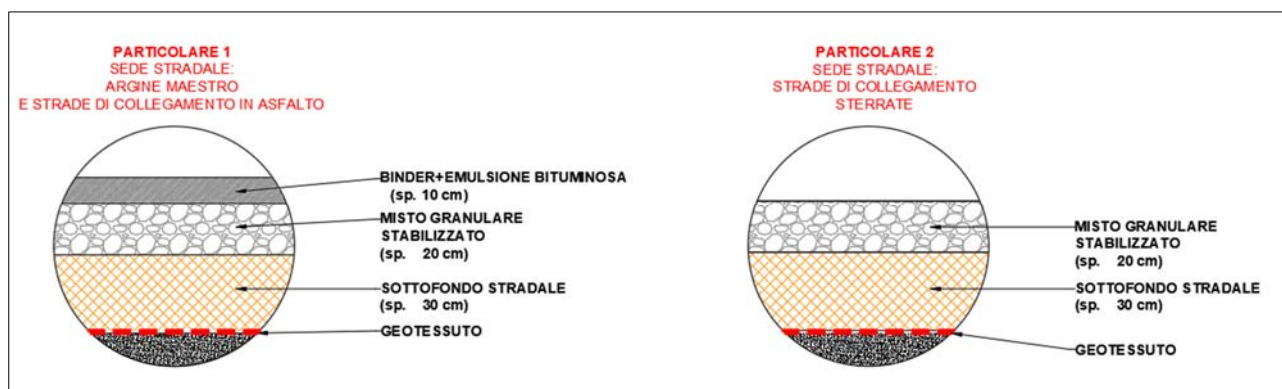


Figura 4-14 - Rappresentazione stratigrafica dei pacchetti stradali.

4.4.3. Posa del muro di sostegno in gabbioni

In prossimità del gruppo di abitazioni situate immediatamente a monte del confine regionale, un ulteriore ampliamento del rilevato arginale verso la campagna è di fatto impedito a causa della presenza dei fabbricati, che allo stato attuale si trovano immediatamente al piede dell'argine.



Figura 4-15 - Tratto arginale a ridosso delle abitazioni, fra la sezione 5 e 6.

In questo tratto è inoltre presente una strada di collegamento tra la sommità arginale e le abitazioni (negli elaborati grafici di progetto viene indicata come Rampa 5), che dovrà essere ripristinata al termine dei lavori.



Figura 4-16 - Vista da monte dell'assetto arginale nel tratto interessato.

Per contenere la nuova sagoma arginale, si è previsto in questo tratto di realizzare al piede del rilevato arginale un muro di sostegno in gabbioni, in modo tale da garantire una fascia di rispetto

di 3 m fra il piede del gabbione e il confine delle abitazioni, come rappresentato nella Tavola 15.1 di progetto Esecutivo e, in modo più dettagliato, nella Tavola 15.2.

I gabbioni sono costituiti da elementi affiancati e sovrapposti atti a formare una struttura modulare e in forma di parallelepipedo, assimilabili a "scatole" in rete di acciaio a doppia torsione e zincata. Tali scatole metalliche, prefabbricate, dovranno essere riempite di pietrame di dimensioni superiori a quelle della maglia della rete.

Il pietrame di riempimento deve essere sistemato in modo da lasciare il minor numero di vuoti possibile. Questa tipologia di opere è deformabile e quindi in grado di adattarsi alla particolare conformazione dei luoghi.

Si prevede la realizzazione di un muro costituito da diversi ordini di gabbioni, che segue lo sviluppo della rampa di collegamento (come mostrato in figura seguente):

- Il primo tratto, di lunghezza pari a 38 m, vedrà la posa di 3 ordini di gabbioni. Saranno posate 3 file alla base, 2 file al di sopra e 1 fila in sommità, in modo tale da formare una struttura a gradoni rivolti verso l'esterno. La struttura nel complesso raggiungerà un'altezza di 3 m.
- Il secondo tratto, avente una lunghezza di 16,00 m, prevede una gabbionata costituita da due file alla base e una sola fila in sommità, raggiungendo un'altezza di 2 m.
- Il terzo e ultimo tratto lungo circa 6 m prevede la stesa di una sola fila di gabbioni al piede dell'argine fino al raccordo della rampa con il piano campagna.



Figura 4-17 - Sviluppo planimetrico del muro in gabbioni.

In particolare, i gabbioni avranno funzione di contenimento del terreno e saranno posati con un'inclinazione verso monte di 6° rispetto all'orizzontale e posati ad una profondità di 30 cm dal piano campagna.

Per la realizzazione del basamento in gabbioni metallici si seguirà la seguente procedura:

- posa del singolo elemento modulare in rete metallica e formazione della scatola attraverso la cucitura dei quattro spigoli;
- assemblaggio del diaframma da interporre all'interno del gabbione;
- riempimento con pietrame e legatura del coperchio del gabbione;
- posa del successivo ordine di gabbionate.

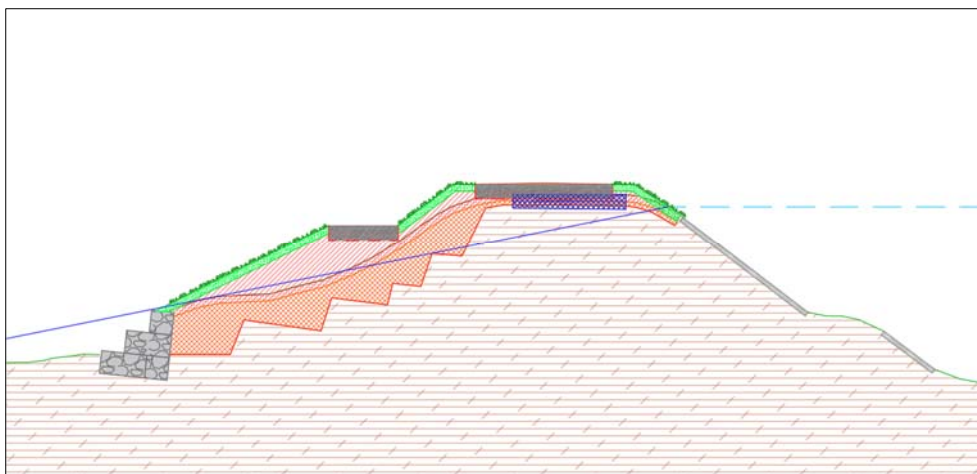


Figura 4-18 - Sezione tipo di progetto in seguito alla posa dei gabbioni.

4.4.4. Impermeabilizzazione del paramento lato fiume

In alcuni tratti del rilevato oggetto di intervento si riscontra uno sviluppo ridotto della sagoma dell'argine verso campagna, causato essenzialmente dalla presenza di abitazioni e di tratti di viabilità che ne impediscono l'estensione.

A causa di questa condizione non risulta verificata la regola teorica secondo cui la linea di imbibizione (generata a partire dal punto di contatto tra il livello di piena fluviale ricavato dal profilo SIMPO82 con il profilo arginale e avente una pendenza pari a 1 su 5) dovrebbe risultare ricoperta dal rilevato arginale.

Questa condizione risulta essere preponderante per buona parte del tratto più a valle tra quelli oggetto di intervento, poiché l'arginatura si trova qui a ridosso delle abitazioni.

Tale problematica era stata in parte risolta in passato con la posa, sul paramento lato fiume dell'argine, di pannelli in calcestruzzo volti a limitare i processi di filtrazione nelle aree soggette a questo rischio (come visualizzato nella Figura 4-20):



Figura 4-19 - Pannelli in cls congiunti con materiale bituminoso.



Figura 4-20 - Vista da ortofoto del tratto di valle del profilo oggetto di intervento. Si può notare come, a partire dall'incrocio delle Strade Argine e Cascine, il paramento lato fiume del corpo arginale risulta quasi ininterrottamente rivestito dai pannelli in cls. Le cerchiature in rosso individuano i punti critici oggetto di intervento.

Contestualmente alle operazioni di adeguamento della sommità e della sagoma del rilevato, si è previsto di eseguire in alcuni punti critici (ovvero in corrispondenza dei tratti non coperti dai paramenti di cls e in cui si verifica la fuoriuscita della linea teorica di imbibizione) la stesa di un sistema impermeabilizzante, costituito da 3 diverse tipologie di tessuti. Il pacchetto è composto da una geomembrana in HDPE, la quale garantisce un'assoluta impermeabilizzazione del paramento rivolto a fiume. La geomembrana sarà rivestita e protetta da due fogli di geotessile non tessuto.

Ad ulteriore protezione del pacchetto vi è una geostuoia con funzione antierosiva del terreno e a protezione da eventuali danneggiamenti da parte degli animali.

L'operazione di impermeabilizzazione vedrà inizialmente l'asportazione del cotico erboso (almeno 30 cm), poi la posa del pacchetto. Infine avverrà la rideposizione del cotico precedentemente asportato al di sopra dello strato impermeabile.

Al fine di stabilizzare il sistema impermeabilizzante, il telo sarà fissato alla sommità arginale attraverso un sistema di ancoraggio (rappresentato in dettaglio nell'immagine successiva e nell'elaborato 13 di Progetto esecutivo):

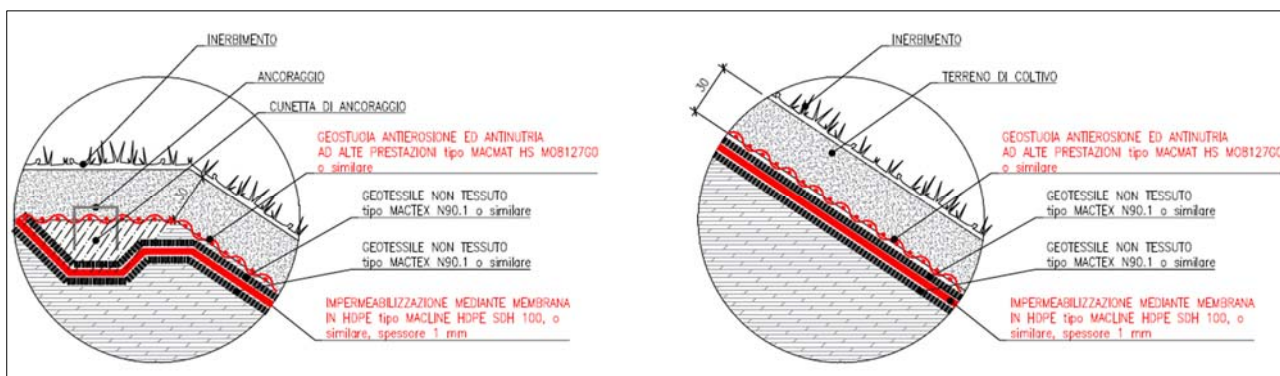


Figura 4-21 - Particolare del sistema di impermeabilizzazione del rilevato lato fiume.

Per assicurare la continuità dell'impermeabilizzazione lato fiume, nei punti di contatto tra i paramenti in calcestruzzo esistenti e il nuovo pacchetto impermeabilizzante è prevista la realizzazione di un massetto in calcestruzzo.

4.4.5. Procedure espropriative

Le lavorazioni previste nel presente progetto definitivo, che riguardano il rialzo e il ringrosso dell'arginatura maestra di Po, permetteranno l'adeguamento in quota ed in sagoma dell'arginatura medesima garantendo il franco minimo di 1 metro rispetto alla piena di riferimento lungo l'intero tratto arginale interessato dai lavori.

L'adeguamento sarà contestualmente utilizzato per adeguare in larghezza la pista sommitale di servizio che verrà portata ad 8 metri complessivi comprendendo le due banchine laterali di 1 metro. Tali attività comportano un allargamento delle dimensioni di base dell'arginatura maestra lato campagna, con l'interessamento di particelle catastali private che dovranno essere espropriate e indennizzate secondo le procedure espropriative ordinarie, trattandosi di lavori di adeguamento di strutture esistenti e conformi agli standard urbanistici vigenti.

A tal fine si renderà necessario l'apposizione del vincolo preordinato di esproprio, propedeutico alla dichiarazione di pubblica utilità, essendo l'opera compresa fra quelle di difesa del suolo da realizzarsi entro i limiti previsti dall'art. 96, comma 1, lettera f) del regio decreto 25 luglio 1904, n. 523 (Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie).

Per tutti gli aspetti di dettaglio si rimanda alla "Relazione giustificativa delle indennità d'esproprio e visure catastali" redatta dai tecnici AIPO e allagata alla documentazione di progetto.

Di seguito sono riassunti, estrapolati dalla relazione menzionata, i dati principali relativi ai terreni interessati:

- N. 6 fogli catastali in Comune di Ostiglia (31-44-51-52-46-48);
- N. 62 particelle da occupare parzialmente di cui:
 - N. 44 particelle classificate aree agricole;
 - N. 18 particelle classificate Ente urbano;
- N. 41 ditte proprietarie catastali;
- N. 60 soggetti proprietari.

Unitamente alle operazioni di esproprio, all'interno di questo progetto si prevede la demolizione di alcuni edifici, in particolare due corti rurali e un immobile.



Figura 4-22 – Immobile 1 oggetto di demolizione, individuato dalle particelle 80-81-82-83 del Foglio 48 del Comune di Ostiglia.



Figura 4-23 - Immobile 2 oggetto di demolizione, individuato dai mappali 179-74-75-76-77 del Foglio 48 del Comune di Ostiglia.

Le due corti rurali, in stato di abbandono, sono situate immediatamente a valle dello Stante 326 e presentano evidenti danni e crolli.

Il terzo immobile è situato tra la Strada Vignale e il piede dell'argine maestro.

Anche questo edificio risulta abbandonato e presenta parti crollate.



Figura 4-24 - Immobile 3 oggetto di demolizione, individuato dal mappale 2 del Foglio 52 relativo al Comune di Ostiglia

In merito alle operazioni di sistemazione previste da progetto, gli interni dei suddetti edifici sono stati oggetti di più attente analisi progettuali. In primo luogo sono state valutate due soluzioni, ovvero il mantenimento degli edifici, (attraverso il contenimento dello sviluppo arginale mediante la posa di muri di sostegno in gabbioni) o, in alternativa, l'abbattimento e la demolizione delle unità individuate per permettere lo sviluppo completo dell'argine a campagna.

Fra queste soluzioni individuate, si è optato di procedere con l'ipotesi progettuale che prevede lo smantellamento degli edifici, per le seguenti motivazioni:

- dal punto di vista operativo, le lavorazioni di adeguamento arginale (principalmente le operazioni di scavo e rinterro), prevedranno il passaggio dei mezzi e del personale addetto al cantiere sia in sommità arginale che al piede (dove è stata individuata una fascia di rispetto di 4 m che percorre quasi tutto il rilevato di cui in oggetto) per cui, per motivi di sicurezza, sia in fase di cantiere che in fase post lavori e di manutenzione, la presenza di immobili a rischio di crollo e decadenti a ridosso dell'argine comprometterebbe la salvaguardia e la sicurezza dei lavoratori;

- anche dal punto di vista dei costi, è risultato più conveniente prevedere l'abbattimento degli immobili rispetto alla realizzazione di gabbionate metalliche per tratti molto estesi di arginatura.

5. SUDDIVISIONE IN LOTTI FUNZIONALI

L'intervento in progetto verrà suddiviso in due lotti funzionali in funzione della disponibilità finanziaria e dell'importo dei lavori previsti a progetto.

In particolare il tratto arginale complessivo che va indicativamente dall'abitato di Libiola a monte di Ostiglia fino al confine con la regione Veneto, è stato diviso in due parti.

- Il Lotto 1, che comprende il tratto arginale a valle dell'abitato di Ostiglia, dal raccordo fra il ponte ferroviario e lo stante AIPO 316 fino alla sezione n.7 al confine con la Regione Veneto, per una lunghezza complessiva pari a 2870 metri;
- Il lotto 2, a monte di Ostiglia, comprende il tratto di rilevato arginale che va dall'abitato di Libiola, fino poco a monte dell'abitato di Ostiglia, per una lunghezza complessiva pari a circa 7.900 metri;

Di seguito il riepilogo delle lunghezze complessive dei due tratti relativi ai due lotti funzionali individuati.

Lotto 1	<ul style="list-style-type: none">• Posizione planimetrica: tratto a valle di Ostiglia• Lunghezza: 2.870 m
Lotto 2	<ul style="list-style-type: none">• Posizione planimetrica: tratto a monte di Ostiglia• Lunghezza: 7.900 m

A seguito revisione prezzi nei contratti pubblici (D.L. 17 maggio 2022, n. 68) il lotto 1 è stato a sua volta suddiviso in due lotti, in quanto in base alle somme disponibili l'intervento è stato ridotto come di seguito specificato

Lotto 1.a	<ul style="list-style-type: none">• Posizione planimetrica: tratto a monte di Ostiglia• Lunghezza: 2.417 m
Lotto 1.b	<ul style="list-style-type: none">• Posizione planimetrica: tratto a monte di Ostiglia• Lunghezza: 453m

Graficamente la delimitazione del lotto 1.a è individuata nella tavola progettuale P.20.

Nell'immagine successiva si riporta un estratto della tavola che identifica il Lotto 1.a previsto da progetto, e il lotto 1.b non oggetto del presente appalto.

Il Lotto 1.b e il lotto 2 saranno realizzati quando sarà disponibile il finanziamento necessario.



Figura 5-1: identificazione primo lotto progettuale 1.a nel tratto a valle di Ostiglia

6. REPERIMENTO MATERIALE PER REALIZZAZIONE RINGROSSI ARGINALI

Per la realizzazione e il completamento delle opere in progetto, in particolare per il ringrosso e il rialzo arginale, è previsto un fabbisogno di materiale argilloso equivalente a circa 233.000,00 m³.

Il materiale richiesto per la realizzazione dei rilevati arginali verrà parzialmente soddisfatto attraverso il riutilizzo del materiale proveniente dalle operazioni di scavo per la realizzazione delle gradonature dei rilevati.

La restante parte di materiale necessario verrà recuperata da aree di prestito esterne all'area di cantiere e appositamente individuate a tale scopo in vicinanza al tracciato del Canalbianco (via navigabile che collega la città di Mantova al mare Adriatico) che passa qualche chilometro a nord di Ostiglia e del tracciato dell'arginatura maestra oggetto di intervento.

Le aree individuate per il prestito delle terre sono state oggetto di una campagna di indagini necessaria a caratterizzarne le caratteristiche meccaniche ed ambientali e valutarne l'idoneità all'impiego previsto.

Le indagini e i rilievi effettuati hanno permesso di verificare l'idoneità del materiale presente presso il Canalbianco sia dal punto di vista della caratterizzazione ambientale, che dal punto di vista delle caratteristiche geomeccaniche e può quindi essere utilizzato per la realizzazione dei rialzi e ringrossi arginali previsti.

La documentazione relativa alle indagini svolte è allegata al presente progetto esecutivo.

Per quanto riguarda invece il terreno da coltivo necessario alla finitura finale della superficie delle scarpate di nuova realizzazione, la richiesta di tale materiale verrà interamente soddisfatta attraverso l'utilizzo del materiale di risulta dall'operazione di scotico erboso sulle arginature esistenti. Tale materiale, infatti a seguito dell'asportazione, verrà accantonato temporaneamente nelle cantiere dedicate, per poi essere nuovamente steso, dopo le operazioni di rinterro.

Al medesimo scopo si potrà utilizzare il terreno proveniente dallo scavo (ottenuto dalle demolizioni della sede stradale precedente) per la formazione del cassonetto stradale da realizzare in sommità all'argine.

7. TEMPI DI REALIZZAZIONE

Per la realizzazione delle opere in progetto si prevede una durata complessiva dei lavori pari a **365 giorni** naturali e consecutivi.

La corretta organizzazione delle fasi e la suddivisione degli ambienti di lavoro, oltre a garantire il corretto svolgimento delle attività, risultano di fondamentale importanza per la sicurezza dei lavoratori impegnati nelle opere.

In sede di progetto esecutivo, l'intervento di adeguamento arginale è stato suddiviso in più fasi di cantierizzazione, in modo da non interessare contemporaneamente tutto il tratto durante l'esecuzione dei lavori e garantendo così la mobilità e la viabilità dei residenti nella zona.

L'intero tratto è stato suddiviso in 6 fasi; la prima fase di cantierizzazione è prevista a partire da est, in corrispondenza del confine regionale, per poi procedere progressivamente per tratti di lunghezza pari a circa 150 m verso ovest.

Per ogni tratto si dovrà garantire il transito e la circolazione dei residenti, per cui, nei tratti corrispondenti alle fasi 2,3 e 5 di cantiere è prevista la realizzazione di rampe provvisorie che collegheranno le abitazioni alla sommità arginale.

Terminata la 5^a fase di cantiere, si proseguirà con la 6^a e ultima fase, che andrà ad interessare più di 2/3 del tratto previsto a progetto, poiché l'intera area risulta poco interferente con le abitazioni limitrofe e perché risulta accessibile direttamente dalla Strada Vignale, all'incrocio con la Strada Cascine.

Tale fase terminerà in corrispondenza del punto di raccordo a monte, al di fuori della fascia di rispetto della linea ferroviaria Bologna-Verona.

Per ogni fase di cantierizzazione, oltre all'allestimento del cantiere (predisposizione dei baraccamenti e della viabilità di cantiere in sommità arginale e, ove presente, lungo la pista al piede argine) sono previste le lavorazioni di demolizione delle sedi stradali interessate, seguite dalle operazioni di scoticamento e infine dai movimenti terra previsti per l'adeguamento della sagoma del rilevato.

In seguito alle operazioni di rinterro sono previsti il riposizionamento del cotico erboso e il rifacimento della pavimentazione stradale. Infine, si prevedrà lo smobilizzo del cantiere e il passaggio alla fase di cantierizzazione successiva.

I tempi di realizzazione dell'intervento sono stati stimati in 365 giorni, come indicato anche dal cronoprogramma (riportato nella figura seguente) che tiene conto delle successive fasi di cantierizzazione.

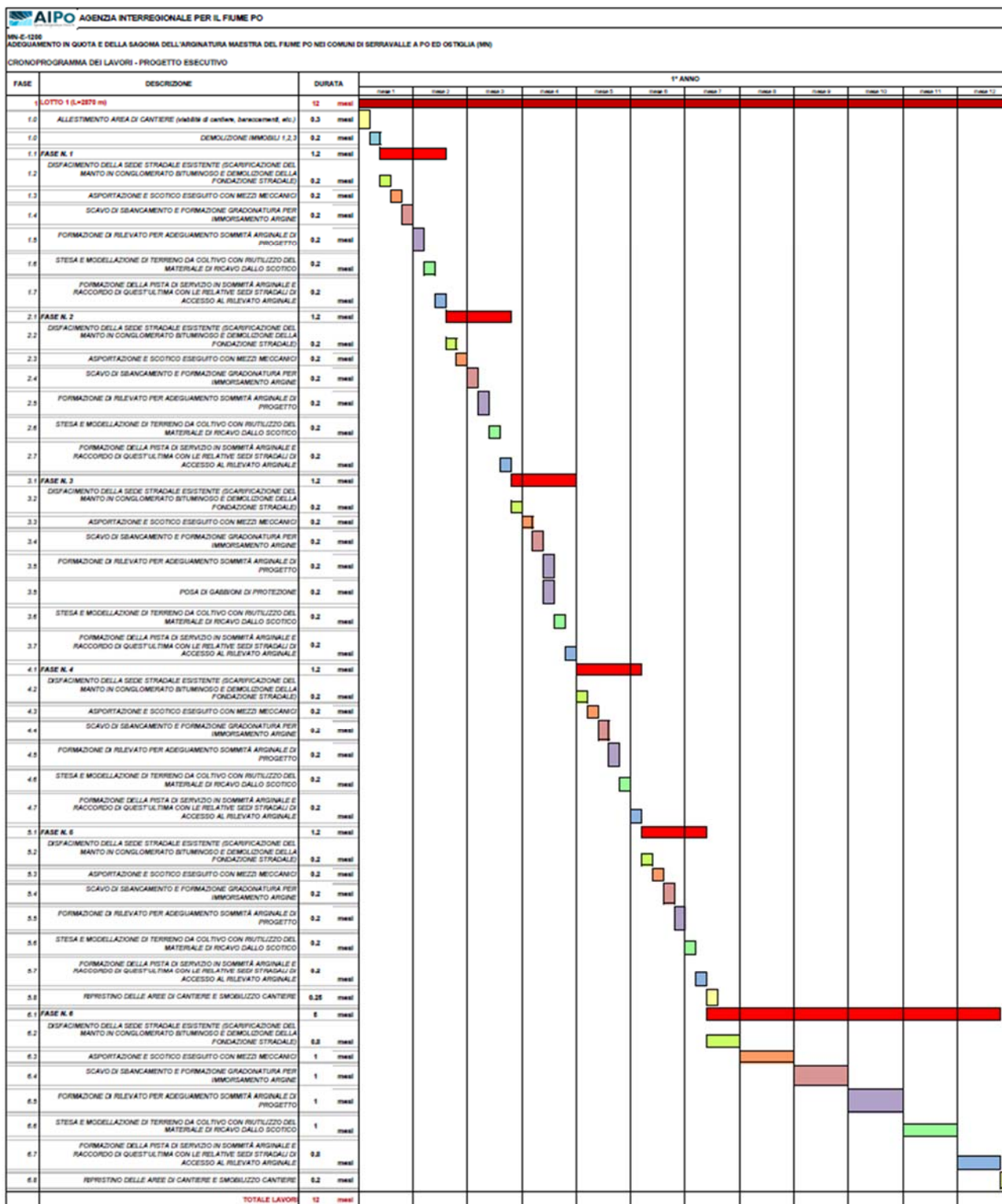


Figura 7-1 - Cronoprogramma dei Lavori.

8. QUADRO ECONOMICO

L'importo totale dei lavori ammonta ad € 3.322.375,80, di cui € 73.303,95 per oneri della sicurezza non soggetti a ribasso. Il totale del finanziamento necessario è pari ad € 4.750.000,00 come si evince dal quadro economico riportato nel seguito.

QUADRO ECONOMICO DELL'INTERVENTO		
Importo complessivo del progetto: € 4.750.000,00		
A	IMPORTO DEI LAVORI	
		NETTO
A1	Importo per l'esecuzione dei lavori	3.322.375,80 €
A2	Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso	73.303,95 €
	Totale a base d'appalto (A1+A2)	3.395.679,75 €
B	SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE PER:	
		NETTO
B1	Lavori in economia esclusi dall'appalto	0,00 €
B2	Accertamenti ed indagini preliminari	
B2.1	Rilievi topografici preliminari	8.299,80 €
B2.2	Servizi catastali per frazionamento e pratiche espropriative	19.988,50 €
B2.3	Rilievo plano-altimetrico area di prelievo terreno demaniale prospiciente il Canal Bianco nei Comuni di Serravalle a Po e Ostiglia	7.500,00 €
B2.4	Indagini geologico-geotecniche, sismiche e caratterizzazione chimica delle terre + prove area di prelievo	30.643,92 €
B2.5	Indagini archeologiche	1.521,68 €
B2.6	Relazione geologica, geotecnica, sismica	7.470,00 €
B2.7	Indagini tecniche preliminari, pratiche catastali, frazionamenti	8.300,00 €
B2.8	Caratterizzazione ambientale terre e rocce da scavo	23.800,00 €
B2.9	Valutazione preliminare rischio bellico	9.500,00 €
B3	Eventuali allacciamenti a pubblici servizi	
B4	Spese per la risoluzione delle interferenze	15.000,00 €
B5	Acquisizione aree o immobili, servitù, occupazioni	156.000,00 €
	Assistenza archeologica	11.200,00 €
B6	Compenso incentivante alla progettazione	67.913,60 €
B7	Spese tecniche	
B7.1	Copertura assicurativa dei Progettisti	750,00 €
B7.3	Contributo ANAC	600,00 €
B8	Spese tecniche Professionisti esterni	
B8.1	Spese tecniche di progettazione	39.456,26 €
B8.2	Attività tecniche accessorie, Verifica progetto	24.250,00 €
B8.3	Spese tecniche direzione lavori	24.275,57 €
B8.4	Spese tecniche coordinamento sicurezza in fase di Esecuzione dei Lavori - Direttore Operativo e Ispettore di cantiere	36.659,95 €
B9	Spese per commissioni giudicatrici	4.000,00 €
B10	Spese per pubblicità	1.500,00 €
B11	Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche di CSA, collaudi	
B11.1	Collaudo statico e amministrativo	8.000,00 €
B12	Imprevisti (IVA esclusa)	28.400,00 €
B13	Arrotondamenti	58,79 €
	Totale somme a disposizione dell'Amministrazione (B)	535.088,07 €
C	I.V.A.	
C1	I.V.A. su Lavori all'aliquota del 22% (A1+A2)	747.049,55 €
C2	I.V.A. su spese di consulenza, indagini, ecc. [B1-B2.(1-2-3-4-5-6-8-9)-B4-B8.(1-2-3-4)-B11-B12]	72.182,64 €
	Totale IVA e oneri contributivi (C1+C2)	819.232,18 €
	Totale (B+C)	1.354.320,25 €
	Totale (A+B+C)	4.750.000,00 €

9. ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE

Come meglio e più estesamente descritto nel Piano di Sicurezza e Coordinamento redatto in sede di progettazione esecutiva, l'organizzazione di cantiere verrà suddivisa secondo le fasi di realizzazione dell'intervento.

In particolare, le aree logistiche (necessarie per i baraccamenti e per le operazioni di stoccaggio e deposito temporaneo del materiale) saranno situate in punti strategici, ossia in vicinanza delle strade e delle vie di comunicazione principali della zona, come ad esempio Strada Cascine o Via Pagana. Inoltre, tali aree non dovranno rappresentare un'interferenza per le attività pubbliche e dei privati, in modo da garantire il minor disagio possibile ai residenti.

Le ubicazioni delle 3 aree di cantiere sono rappresentate nell'immagine seguente:

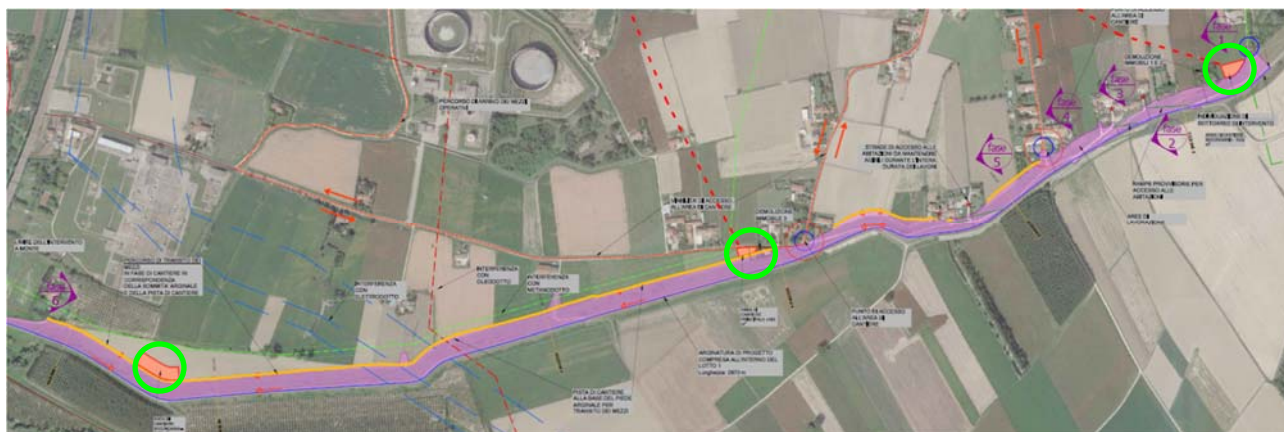


Figura 9-1 - Individuazione delle aree di cantiere (cerchi verdi) e dei punti di accesso al cantiere (cerchi rossi e blu).

Oltre alla predisposizione delle aree di cantiere e della viabilità principale all'interno di esso, (costituita dalla strada di sommità arginale e dalla pista di cantiere posta al piede del rilevato a lato campagna), si dovranno regolamentare, per tutte le fasi di lavoro, gli orari di ingresso e transito dei mezzi all'interno del cantiere, in modo da evitare interferenze e per coordinare lo svolgimento dei lavori con le attività dei privati e dei residenti nell'area di intervento.

Un ulteriore elemento da tenere in considerazione nell'organizzazione del cantiere è il coordinamento con i mezzi adibiti al trasporto del materiale di rinterro prelevato dalle aree in Canal

Bianco. I percorsi e gli accessi al cantiere dei suddetti mezzi sono individuati all'interno delle tavole di cantiere e l'accesso dei mezzi all'area di cantiere dovrà essere coordinato e autorizzato dall'impresa appaltatrice.

Per quanto riguarda lo smaltimento e la gestione dei rifiuti prodotti delle lavorazioni, l'impresa appaltatrice dovrà rispettare le modalità di smaltimento secondo la normativa vigente, sulla base del tipo di rifiuto prodotto ed evitare il formarsi di ingombranti depositi, provvedendo ad organizzare un sistema di smaltimento e conferimento a discarica autorizzata dei rifiuti prodotti. Si rimanda al PSC per maggiori dettagli rispetto alla cantierizzazione e alle tematiche descritte nel presente paragrafo.

10. ITER PROCEDURALE DI PROGETTAZIONE

All'interno del presente capitolo sono descritte le principali fasi dell'iter progettuale e di controllo che hanno caratterizzato il presente progetto, dalla progettazione definitiva fino al presente progetto esecutivo.

10.1. Conferenza dei servizi

Il progetto definitivo, consegnato inizialmente nel mese di febbraio 2021, è stato sottoposto successivamente ad apposita Conferenza dei servizi, dove si sono espressi i seguenti Enti ed Amministrazioni:

- Regione Lombardia;
- Consorzio di Bonifica dei Territori del Mincio;
- Provincia di Mantova;
- Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Cremona, Lodi e Mantova.

Unitamente alle principali autorità, in Conferenza dei Servizi hanno partecipato ulteriori Enti, vista la presenza di sotto-servizi o interferenze ricadenti nel tratto interessato:

- Telecom;
- TEA;
- SNAM;
- Rete Ferroviaria Italiana (RFI);
- Gruppo TERNA;
- EP Produzione;
- E-distribuzione.

10.1.1. Parere regione Lombardia – Direzione Generale Territorio e Protezione Civile – Difesa del Suolo e Gestione Attività Commissariali

La Regione Lombardia, rispetto alle previsioni di progetto definitivo, ha espresso parere favorevole.

10.1.2. Parere Consorzio di bonifica dei Territori del Mincio

Il Consorzio di Bonifica ha espresso parere favorevole, poiché non sono presenti all'interno dei luoghi interessati, canali di competenza della Bonifica nel raggio di 200 m.

10.1.3. Parere Provincia Mantova – Servizio Energia Parchi e natura VIA e VAS

Il Servizio Parchi e natura della Provincia di Mantova, in merito alle lavorazioni di cui in oggetto, ha espresso il seguente parere:

"[...]omissis...] le caratteristiche progettuali, descritte negli elaborati, risultano compatibili con i fini conservazionisti della ZPS, ed in particolare:

- a) la risagomatura del rilevato arginale interesserà unicamente il lato campagna al fine di non alterare la situazione di stabilità della scarpata arginale lato fiume e determinerà l'assenza di interventi in zona golenale (ove è ubicata la ZPS in questione), pertanto le azioni di disturbo diretto agli habitat e alle specie presenti nella ZPS verranno evitate;*
- b) le operazioni di movimento terra, effettuate sul lato campagna dell'argine, saranno schermate dall'argine stesso, pertanto i rumori, le vibrazioni e le polveri conseguenti a tali attività saranno potenzialmente contenuti;*
- c) le aree logistiche principali e secondarie del cantiere saranno collocate preferibilmente su aree demaniali o in aree in cui non sono presenti infrastrutture attive, in prossimità di vie di comunicazione principali e/o secondarie o comunque raggiungibili attraverso vie alzaie, lungo strade bianche esistenti onde evitare il più possibile l'apertura di nuove strade bianche o movimentazione di materiale in aree golenali. Se ne deduce che la circolazione dei mezzi e la movimentazione di materiale terroso in ambito golenale sarà evitato e non saranno generati*

rumori, vibrazioni e polveri che rappresenterebbero una fonte di disturbo per gli habitat e le specie presenti all'interno della ZPS;

- d) le "aree di stoccaggio temporaneo" dei materiali terrosi impiegati nelle operazioni di adeguamento dell'argine saranno collocate nelle zone più vicino al tratto da realizzare e l'occupazione delle aree sarà limitata al tempo indispensabile per la messa in opera del materiale necessario alla realizzazione delle opere. Anche in tal caso si evince che l'organizzazione del cantiere è finalizzata alla minimizzazione degli impatti conseguenti alla movimentazione dei materiali terrosi (rumori, vibrazioni e polveri);*
- e) l'emissione di polveri sarà limitata mediante umidificazione dei depositi temporanei delle terre e delle piste di accesso delle aree di cantiere. Garantendo tali buone pratiche di gestione del cantiere sarà possibile evitare l'imbrattamento della Proposta n. 86/ 2021/6o vegetazione in ambito golenale e limitare il disturbo agli habitat e alle specie presenti all'interno della ZPS.*

[...omissis...]"

10.1.4. Parere Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio

In merito ai lavori in progetto, la Soprintendenza ha prescritto che durante le operazioni di scavo sia richiesta la presenza di operatori archeologi, data l'area interessata e i considerevoli movimenti terra da effettuare.

10.2. Procedura di validazione

Il progetto definitivo è stato inoltre soggetto ad una procedura di validazione, con lo scopo di verificare e accertare la conformità delle soluzioni progettuali prescelte alle specifiche disposizioni funzionali, prestazionali, normative e tecniche dettate dal Committente e dagli obiettivi del progetto.

L'iter di validazione del progetto definitivo si è concluso positivamente. I principali rilievi di carattere generale al progetto sono elencati e descritti di seguito:

- Richiesta di approfondimenti e indagini integrative sugli argomenti inerenti al prelievo di terre da aree adibite a prelievo e sul trasporto di queste ultime in area di cantiere;

- Approfondimenti relativi alla fase di cantiere e alla suddivisione del cantiere in tratti funzionali del rilevato arginale;
- Approfondimenti e chiarimenti in merito agli aspetti idrologici e idraulici considerati in sede di progetto definitivo, in merito alla scelta del profilo SIMPO82 per l'intervento di adeguamento arginale e alle mancate considerazioni sulla criticità idraulica in destra idrografica;
- L'analisi e lo studio integrativo di eventuali interferenze e sotto-servizi;
- Approfondimenti e studi di dettaglio delle sezioni di progetto delle rampe di collegamento alla strada di sommità arginale, insieme a chiarimenti sul livello di dettaglio del rilievo del tratto allo stato attuale;
- Perfezionamento del piano particellare di esproprio;
- Approfondimenti e chiarimenti in merito all'esclusione del procedimento di VIA del suddetto progetto.

Ciascuno di questi aspetti è stato approfondito ed esaminato, integrando la documentazione del progetto definitivo:

- In merito alle indagini in Canal Bianco, sono state effettuate analisi relative alle caratteristiche geotecniche e geologiche dei terreni situati nelle aree individuate per il prelievo di materiale, unitamente ad indagini di caratterizzazione ambientale volte a valutare l'idoneità delle stesse dal punto di vista chimico fisico. È stato effettuato anche un rilievo di dettaglio delle aree interessate. Le analisi condotte hanno confermato l'idoneità all'utilizzo dei terreni studiati per le operazioni di adeguamento degli argini di Po;
- Gli elaborati grafici relativi all'area di cantiere e i percorsi di accesso sono stati aggiornati e maggiormente dettagliati. Sono stati prodotti due elaborati grafici relativi alla fase di cantiere; una relativa allo studio dei percorsi di approvvigionamento dei terreni dalle aree di prelievo all'area di cantiere, mentre in una seconda tavola sono stati esaminati i punti di accesso all'area di cantiere, l'individuazione della fascia di rispetto a piede argine per il passaggio dei mezzi e la suddivisione dell'intero tratto secondo le fasi di lavorazione, per permettere il transito e il passaggio dei residenti;

- Sono state chiarite e descritte le scelte e le motivazioni in merito agli aspetti idraulici e idrologici, precisando i motivi della scelta del profilo SIMPO82 sulla base della scelta da parte della Committenza e della normativa vigente, così come è stata chiarita la non necessità dello studio relativo alla sponda destra di Po nel medesimo tratto;
- Sono stati aggiunti ulteriori elaborati inerenti allo studio e alla valutazione di eventuali interferenze presenti nel tratto di studio in progetto, in seguito ai contatti con gli enti gestori dei principali servizi presenti nell'area (Telecom, E-distribuzione, EP Produzione, SNAM, Gruppo TERNA, ecc.), sia aeree che interrato. Sulla base delle informazioni fornite è stata redatta una relazione dettagliata sull'analisi e risoluzione delle interferenze e una relativa tavola di progetto;
- In merito all'approfondimento del rilievo fornito dalla Committenza, esso è stato integrato con il Modello Digitale del Terreno (DTM) eseguito da AIPO nel 2015. Il maggior dettaglio del DTM ha permesso di approfondire lo studio e la progettazione del rilevato arginale in progetto nei punti più critici, da cui poi sono state estrapolate le sezioni dello stato di fatto e successivamente elaborate le sezioni dello stato di progetto;
- Il piano particellare è stato dettagliato e definito in modo più particolareggiato, secondo le indicazioni emerse in sede di validazione, e sono state considerate inoltre le aree di occupazione temporanea;
- Per quanto riguarda l'esclusione del progetto al procedimento di VIA, è stato chiarito che, secondo la normativa vigente, il presente progetto è escluso sia da una valutazione preliminare che dallo studio di fattibilità ambientale.

A seguito della chiusura del processo di validazione, il Progetto Definitivo è stato approvato con Determina Dirigenziale n. 1700 del 28/12/2021, con cui è stata inoltre dichiarata la pubblica utilità ai sensi dell'art. 12 DPR 327/2001.

11. BIBLIOGRAFIA

Addendum 1 – alla relazione tecnica del Progetto esecutivo delle attività per la redazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione – Scenari di rischio residuale ADBPo – Febbraio 2012.

PGRA 2015-2021 Piano di gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto del fiume Po – Area a rischio significativo (ars) del fiume Po da Torino al mare.

Progetto strategico per il miglioramento delle condizioni di sicurezza idraulica dei territori di pianura lungo l'asta medio-inferiore del fiume Po, ADBPo Comitato Tecnico Seduta del 28 settembre 2005.