

RIPRISTINO DELL'OFFICIOSITÀ IDRAULICA DEL TRATTO D'ASTA DI FIUME TARO ABBANDONATO PER EFFETTO DEL TAGLIO DI MEANDRO SVILUPPATOSI IN CORRISPONDENZA DELLA CONFLUENZA DEL CANALE RIGOSA NUOVA NEI COMUNI DI SISSA TRECASALI E ROCCABIANCA - 1° LOTTO FUNZIONALE

CIG B532F6A9BC - CUP B78H23015700006



PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO - ECONOMICA

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE GENERALE

N° ELABORATO

PFTE.B

SCALA

-

PROGETTAZIONE GENERALE



Studio Telo
May Fly
Ingegneria Idraulica e Ambientale

Largo 24 Agosto 1942, 33/A - Parma
Tel. 0521-292795 - studiotelo@studiotelo.it

GEOLOGIA

Dott. Geol. CARLO CALEFFI
Dott. Geol. FRANCESCO CERUTTI



EN GEO S.r.l.
ENGINEERING GEOLOGY

VIA ADORNI SUOR, SAN ANNA MARIA, n°2 -
43121 - Parma

IL RESPONSABILE DEL PROGETTO

Ing. Riccardo Telò



IL RESPONSABILE DEL PROGETTO

Ing. Gianluca Zanichelli

AGGIORNAMENTI:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLL.	APPROV.
0	Febbraio 2026	EMISSIONE	Ing. Bertuzzi	Ing. Bertuzzi	Ing. Telò
1	Giugno 2026	AGGIORNAMENTO	Ing. Bertuzzi	Ing. Bertuzzi	Ing. Telò

INDICE

1. FINANZIAMENTO	3
2. PREMESSA.....	4
3. ARTICOLAZIONE DELLE ATTIVITÀ	5
4. CAUSE E DINAMICHE DEL SALTO DEL MEANDRO	7
4.1. EVOLUZIONE PLANIMETRICA DELLA CONFLUENZA TARO – PO	7
4.2. EVOLUZIONE ALTIMETRICA F. PO.....	9
4.2.1. Altezza relativa di erosione o ripascimento	15
4.2.2. Velocità di erosione o ripascimento.....	16
4.2.3. Involuppo del fenomeno di erosione o ripascimento	16
4.3. EVOLUZIONE ALTRIMETRICA F. TARO	20
4.3.1. Analisi delle cause ed effetti del salto del meandro	22
4.3.2. Perdita di capacità laminativa del f. Taro	24
5. DEFINIZIONE DEL QUADRO CONOSCITIVO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	26
5.1. INQUADRAMENTO DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO	26
5.2. VINCOLI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI	27
6. INDIVIDUAZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALI	29
7. OBIETTIVI ATTESI	32
8. SCENARIO DI PROGETTO DA €4ML.....	33
8.1. OPERA 1: ARRETRAMENTO ARGINE MAESTRO	35
8.2. OPERA 2: SCORONAMENTO SPONDA SINISTRA E RIVESTIMENTO IN MASSI.....	37
8.3. OPERA 3: RIPRISTINO DELL'AREA DI TAGLIO DEL MEANDRO.....	39
8.4. OPERA 4: RIATTIVAZIONE DEL CAPPIO ABBANDONATO.....	42
8.5. OPERA 5: PROTEZIONE SPONDALE CAPPIO.....	43
8.6. OPERA 6: PROLUNGAMENTO DIFESA ESISTENTE IN MASSI	44
8.7. OPERA 7: PROLUNGAMENTO DIFESA ESISTENTE IN TERRA	45
8.8. OPERE 8 E 9: RISARCIMENTO DIFESE ESISTENTI IN BURGHE	46
8.9. OPERA 10: SISTEMAZIONE AMBIENTALE.....	47
9. SCENARIO E OPERE DI PROGETTO DA €1.5ML.....	50

10. ANALISI IDRAULICHE	51
10.1. RISULTATI SCENARIO STATO DI FATTO	51
10.2. RISULTATI SCENARIO DI PROGETTO	52
11. ANALISI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE	55
12. PIANO DI CANTIERIZZAZIONE	58
13. CRONOPROGRAMMA	59

1. FINANZIAMENTO

L'intervento di seguito illustrato "Ripristino dell'efficienza idraulica del tratto d'asta di fiume Taro abbandonato per effetto del taglio di meandro sviluppatosi in corrispondenza della confluenza del Canale Rigosa Nuova nei comuni di Sissa Trecasali e Roccabianca. 1° Lotto funzionale", è stato approvato, in quanto ammissibile e finanziabile, tra le opere di cui alla Delibera di Giunta Regionale Emilia-Romagna n. 2071 del 27/11/2023 avente ad oggetto "PR FESR 2021-2027 - AZIONE 2.4.2: INTERVENTI PER CONTRASTARE IL DISSESTO IDROGEOLOGICO SECONDO UN APPROCCIO ECOSISTEMICO E PRIVILEGIANDO APPROCCI E TECNOLOGIE NATURE BASED SOLUTION (NBS) - APPROVAZIONE PROPOSTE PROGETTUALI PRESENTATE DAI SOGGETTI INDIVIDUATI CON DGR 657/2023 E APPROVAZIONE DELLO SCHEMA DI CONVENZIONE".

Stante la complessità dell'intervento e sulla base del finanziamento disponibile, l'importo chiesto a finanziamento ed ottenuto è funzionale alla realizzazione di un 1° lotto funzionale, per un importo stimato di € 1,5 mln.

2. PREMESSA

Il presente documento rappresenta la relazione generale del Progetto di Fattibilità Tecnico ed Economico delle opere per ripristinare l'officiosità idraulica del tratto d'asta di fiume Taro abbandonato per effetto del taglio di meandro. L'incarico alla società scrivente è stato affidato da AIPO per la esecuzione del PFTE per l'importo complessivo di 4ML necessario per la realizzazione di tutte le opere e la esecuzione del PE delle sole opere di 1° Lotto funzionale da 1,5ML a disposizione e già finanziato.

La Valutazione di Impatto Ambientale viene svolta per l'intero PFTE da €4ML.

Le opere previste nel presente PFTE nascono dalla conclusione del Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali (DOCFAP) che ha permesso di analizzare e confrontare quattro distinti scenari di progetto mediante l'applicazione di una analisi multicriteriale. Le analisi condotte venivano poi sottoposte, attraverso tavoli di lavoro, sotto la regia di AIPO, ai tecnici dei diversi Enti preposti al governo ed alla pianificazione del territorio.

Al termine di una serie di valutazioni, considerando congiuntamente gli aspetti idraulico-morfologici, le soluzioni tecniche e le tecnologie dei materiali, gli impatti ambientali e paesaggistici, le modalità di cantierizzazione e, infine, le valutazioni di carattere economico, risultava vincente la soluzione che sviluppa in modo organico e unitario l'insieme di tutte le opere previste nello scenario di progetto individuato, garantendo la coerenza funzionale e tecnica dell'intervento complessivo. Tuttavia, e su richiesta della Committenza, ed in considerazione dell'attuale quadro finanziario, che prevede la disponibilità di risorse pari a € 1.500.000,00, corrispondenti a una quota parziale dell'investimento complessivo di 4,00ML, il progetto è stato strutturato prevedendo pertanto una suddivisione interna delle opere in lotti funzionali (Lotto 1° e Lotto 2°).

Tale articolazione consente di assicurare, già con la realizzazione del Lotto 1, il conseguimento degli obiettivi prioritari in termini di riduzione del rischio idraulico e di mitigazione dei fenomeni erosivi, mantenendo al contempo la piena coerenza tecnica, progettuale e funzionale con le opere previste nel Lotto 2°, la cui attuazione resta subordinata al reperimento di ulteriori risorse finanziarie. L'impostazione per lotti è stata definita in modo da garantire l'autonomia funzionale e la cantierabilità di ciascun intervento, evitando soluzioni parziali o non completabili e assicurando la progressiva attuazione dello scenario progettuale complessivo.

3. ARTICOLAZIONE DELLE ATTIVITÀ

Attività 1: Definizione del quadro conoscitivo di riferimento morfologico

Questa attività ha riguardato un'analisi dettagliata dell'evoluzione morfologica plani-altimetrica dei fiumi Po e Taro, finalizzata alla comprensione delle dinamiche di causa-effetto concernenti il fenomeno del salto del meandro.

In particolare, per quanto riguarda l'evoluzione planimetrica, sono state visionate le ortofoto storiche dal 1954 ad oggi e sono state tracciate le linee di sponda degli alvei dei due fiumi; mentre per quella altimetrica si sono confrontati i diversi rilievi topografici e batimetrici eseguiti da AIPO delle sezioni trasversali di interesse di Po e Taro. Inoltre, sono state vagliate le cause e gli effetti del fenomeno del salto del meandro.

Attività 2: Definizione del quadro conoscitivo di riferimento ambientale

Uno dei criteri utilizzati per la valutazione della migliore alternativa progettuale è il criterio ambientale. L'analisi degli impatti generati dai diversi scenari di progetto sulla componente ecosistemica ha richiesto un attento inquadramento del contesto d'intervento.

Per poter definire un inquadramento adeguato è stata svolta un'attenta consultazione delle cartografie regionali di classificazione di Uso e Consumo del Suolo e degli Habitat presenti all'interno del SIC-ZPS IT4020022, denominato "Basso Taro". In aggiunta all'analisi della documentazione disponibile è stato effettuato uno specifico sopralluogo, finalizzato alla definizione dell'effettiva condizione allo stato di fatto ed all'ottenimento di informazioni e dati utili alla corretta impostazione dell'analisi multicriteria.

La ricostruzione del quadro ambientale è fondamentale per tradurre gli effetti di realizzazione dell'opera in termini quali-quantitativi.

Attività 3: Scenario di progetto

Come già illustrato in premessa, il presente Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE) discende dal percorso di analisi e confronto di quattro distinte alternative progettuali, approfondite e valutate nel corso della precedente fase progettuale. All'esito di tale processo comparativo è stato individuato lo scenario progettuale ritenuto più idoneo, che costituisce l'oggetto del presente livello di progettazione.

Nel presente PFTE vengono pertanto descritte in maniera organica e dettagliata tutte le opere previste nello scenario prescelto, articolate complessivamente in n. 10 interventi di progetto, ciascuno dei quali concorre al raggiungimento degli obiettivi funzionali, ambientali e di sicurezza dell'intervento nel suo complesso

Attività 4: Analisi idrauliche

In questa attività è stato studiato il comportamento idraulico del f. Taro, nel tratto compreso tra Fontanelle e la confluenza in Po. Le configurazioni di stato di fatto e di progetto sono in moto vario. Tale attività è risultata

funzionali alla comprensione dei principali parametri idraulici (h e v) che si instaurano in condizioni di magra e in occasione del passaggio di un'onda di piena con TR pari a circa 10 anni.

Attività 5: Stima Economica

La stima economica dello scenario è stata fatta utilizzando i prezzi di AIPO e della Regione Emilia-Romagna 2025.

4. CAUSE E DINAMICHE DEL SALTO DEL MEANDRO

Al fine di comprendere le cause che hanno innescato le dinamiche relative al salto del meandro del F. Taro, è opportuno rifarsi alla comprensione del processo di evoluzione morfologica del tratto del F. Po e quindi del F. Taro sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico.

Per quanto riguarda l'evoluzione planimetrica sono state visionate le ortofoto storiche dal 1954 ad oggi e sono state tracciate le linee di sponda degli alvei dei due fiumi.

L'evoluzione altimetrica ha riguardato invece la messa a confronto di diversi rilievi topografici eseguiti da AIPO negli anni compreso tutte le indagini batimetriche e di cui le ultime eseguite nel 2025.

4.1. EVOLUZIONE PLANIMETRICA DELLA CONFLUENZA TARO – PO

L'evoluzione morfologica planimetrica del fiume Po nel tratto in corrispondenza della confluenza con il fiume Taro ha subito trasformazioni significative nel corso degli ultimi settant'anni.



Figura 4.1: Confronto ortofoto storiche del 1954 (a sinistra) e del 2024 (a destra)

Nel 1954, l'area si caratterizzava per una configurazione fluviale di tipo pluricorsuale, con la presenza di più rami attivi e ampie zone di golena dinamica che definivano idrodinamismo morfologico (e di conseguenza idraulico, ambientale ed ecologico) tipico dei grandi fiumi di pianura non rigidamente regolati. Tuttavia, soprattutto a partire dagli anni '60 e '70, l'assetto fluviale ha subito un progressivo processo di semplificazione morfologica: a causa degli interventi strutturali finalizzati alla regolazione del corso d'acqua per scopi legati alla navigazione commerciale, si è notevolmente ridotta la variabilità planimetrica del Po. Il risultato di questi interventi è stato un progressivo abbandono dei rami secondari e una canalizzazione sempre più marcata del

flusso, che ha condotto, nel corso dei decenni, alla transizione da un assetto pluricorsuale a uno marcatamente monocorsuale.

Questo processo ha determinato non solo una semplificazione del tracciato planimetrico del fiume, ma anche una modificazione degli equilibri idraulici e sedimentologici alla confluenza con il Taro, influenzando dinamiche erosive, processi di incanalamento e lo stesso sviluppo delle golene.

Dal punto di vista ecologico il processo di inalveamento del Po ha comportato un progressivo disseccamento delle lanche, alterando gli equilibri che permettevano il mantenimento di habitat d'interesse comunitario quali: *Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei Littorelletea uniflorae e/o degli Isoëto-Nanojuncetea* oppure *Fiumi con argini melmosi con vegetazione del Chenopodium rubri p.p. e Bidens p.p.* Questa dinamica si è ripercossa sullo stato di conservazione della flora e della fauna legata e caratteristica di questi habitat, comportando una riduzione dei livelli di biodiversità e della capacità di erogazione dei servizi ecosistemici tipici di questi ambienti.

Il fiume Taro è rimasto planimetricamente stabile dal 1954 agli anni 2000, dopodiché, in occasione della piena del Natale 2008 il fiume ha scavalcato direttamente il collo del meandro, accentuando in maniera esponenziale fenomeni di erosione probabilmente già in corso e determinando così il salto del meandro per tracimazione. Ne è conseguito un abbandono di circa 4km di fiume che ha innescato, assieme all'abbassamento del fondo medio del f. Po descritto nel seguente capitolo), un importante fenomeno di erosione del thalweg che, ad oggi, si è riverberato sino a circa 12km a monte del salto del meandro, in corrispondenza del ponte di S. Secondo.

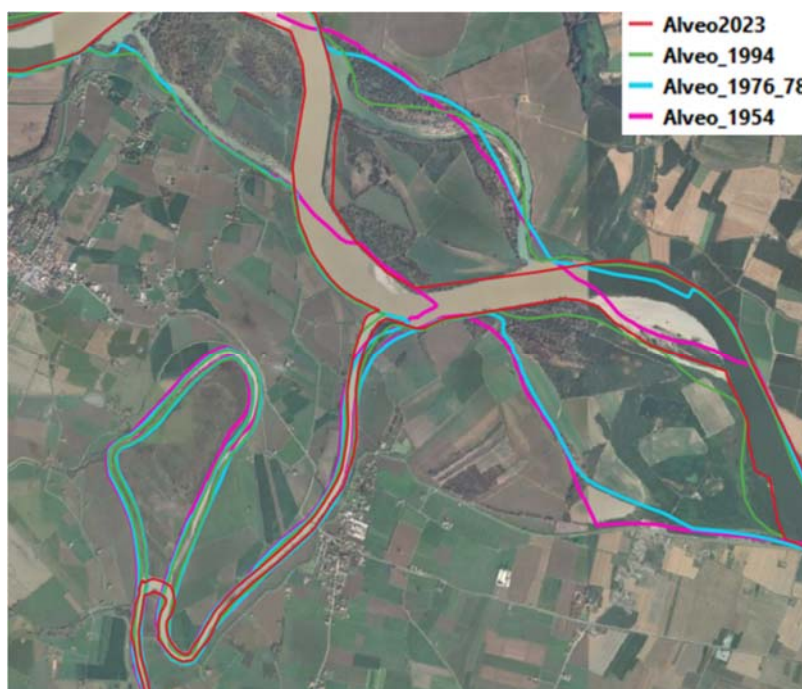


Figura 4.2: Ortofoto 2024 con tracciamento degli alvei storici dei fiumi Po e Taro

4.2. EVOLUZIONE ALTIMETRICA F. PO

Come precedentemente annunciato, al fine di comprendere le cause del fenomeno abbassamento del fondo lungo il tratto vallivo F. Taro, si è indagata l'evoluzione altimetrica del F. Po, considerando un tratto di fiume a cavallo della confluenza lungo circa 20 km.

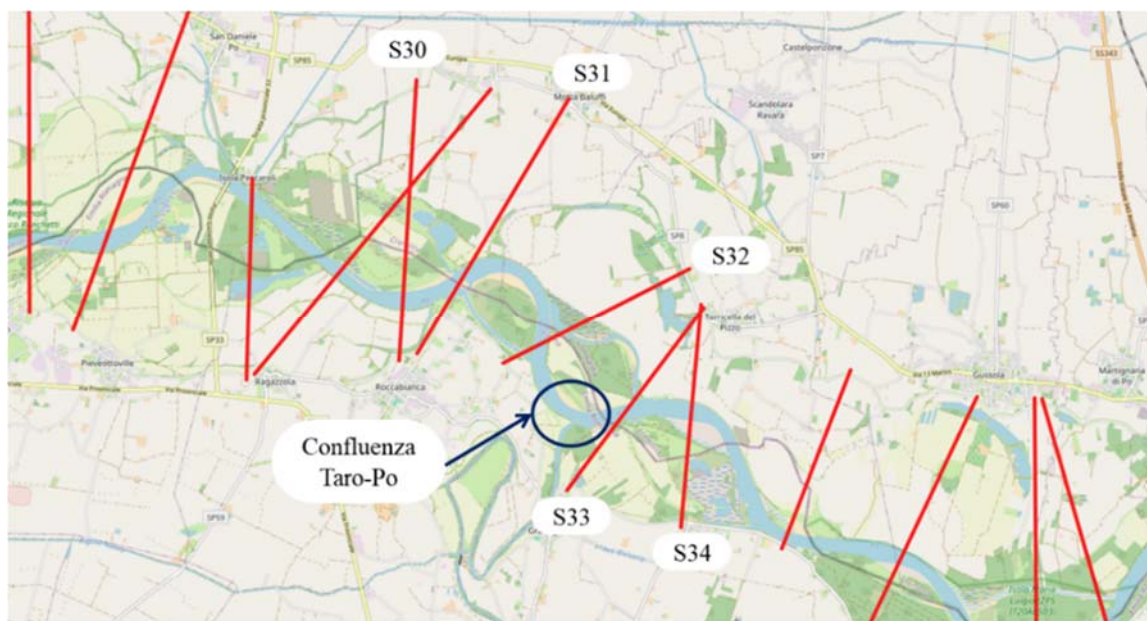


Figura 4.3: Ubicazione delle sezioni S30, S32, S33 e S34 sul F. Po

Sono state quindi considerate le sezioni S30, S32, S33 e S34, ubicate tra le località di Stagno e Torricella. La confluenza con il fiume Taro si localizza a circa 1,5 km a valle della sezione S32 e a circa 2 km a monte della sezione S33.

Questo tratto del fiume Po è stato oggetto di uno studio approfondito basato sull'analisi storica dei rilievi topografici eseguiti da AIPO nel corso di un ampio arco temporale, compreso tra il 1954 e il 2024. I rilievi disponibili riguardano le campagne topografiche effettuate negli anni 1954, 1968, 1973, 1979, 1984, 1991, 2000, 2005 e più recentemente nel 2024.

L'elaborazione e il confronto di questi dati hanno consentito di ricostruire in modo dettagliato l'evoluzione morfologica del fondo alveo e delle golene lungo le sezioni fluviali considerate. In particolare, l'analisi comparativa delle sezioni nel tempo ha permesso di individuare e descrivere le variazioni del fondo medio, mettendo in evidenza i processi di erosione e di ripascimento che hanno interessato questo specifico tratto del Po nel corso degli ultimi settant'anni.

L'analisi delle sezioni trasversali si è concentrata su tre aspetti principali:

- la **variazione dell'altezza relativa** del fondo medio e delle golene, utile per comprendere l'entità dell'erosione o dell'accumulo di sedimenti;

- la **velocità** con cui tali processi si sono verificati, elemento fondamentale per valutare la dinamicità del corso d'acqua nel tempo;
- l'**involuppo complessivo dei fenomeni di erosione e ripascimento**, ovvero l'analisi combinata delle massime escursioni morfologiche registrate, al fine di delineare un quadro sintetico ma completo dell'evoluzione fluviale nel tratto analizzato dal 1954 al 2024.

Di seguito, per ogni sezione, si riportano:

- Grafico contenente le sezioni trasversali rilevate nei vari anni,
- Grafico contenente solo i rilievi eseguiti nel 1954 e 2024 per una miglior visualizzazione di come sono cambiate le sezioni trasversali del F. Po negli ultimi 70 anni;
- Tabella contenente i valori del fondo medio in ogni anno rilevato.

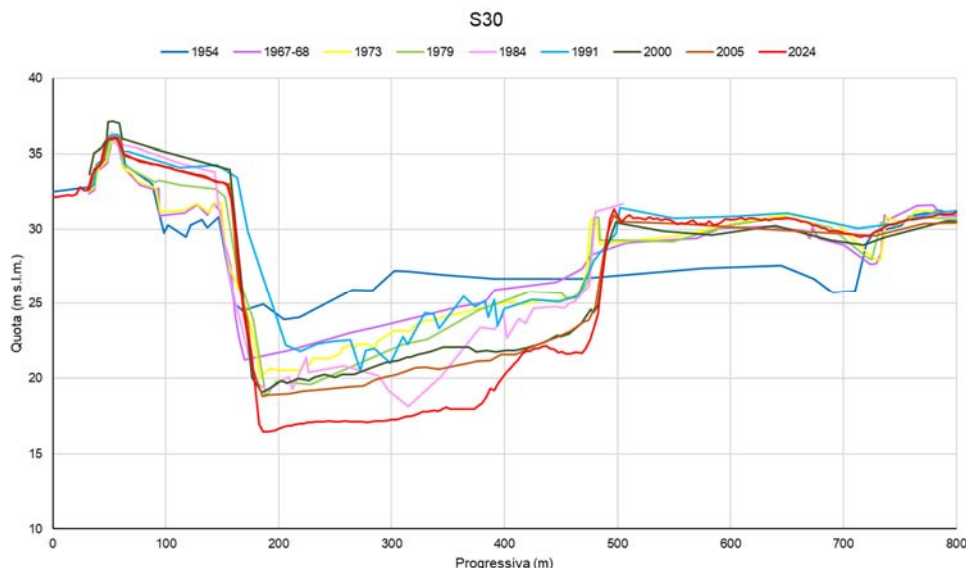


Figura 4.4: Rilievi topografici della sezione S30 (8.4 km a monte della confluenza Po-Taro) dal 1954 al 2024

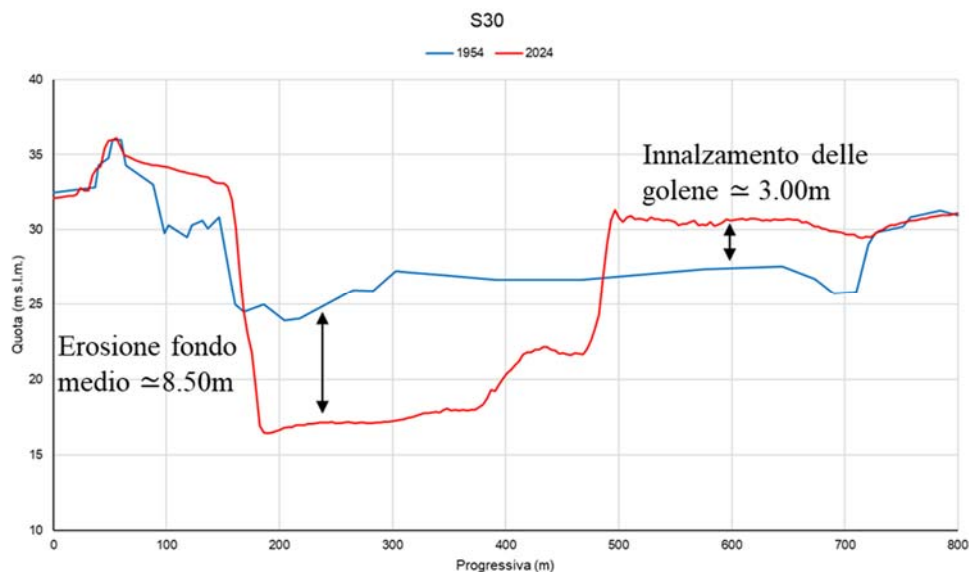


Figura 4.5: Rilievi topografici della sezione S30 (8.4 km a monte della confluenza Po-Taro) del 1954 e del 2024

Tabella 4-1: Fondo medio della sezione S30 dal 1954 al 2024

Anno	1954	1968	1973	1979	1984	1991	2000	2005	2024
S30									
thalweg (m s.l.m.)	26.30	22.46	21.97	21.16	20.10	22.81	20.72	20.09	17.46

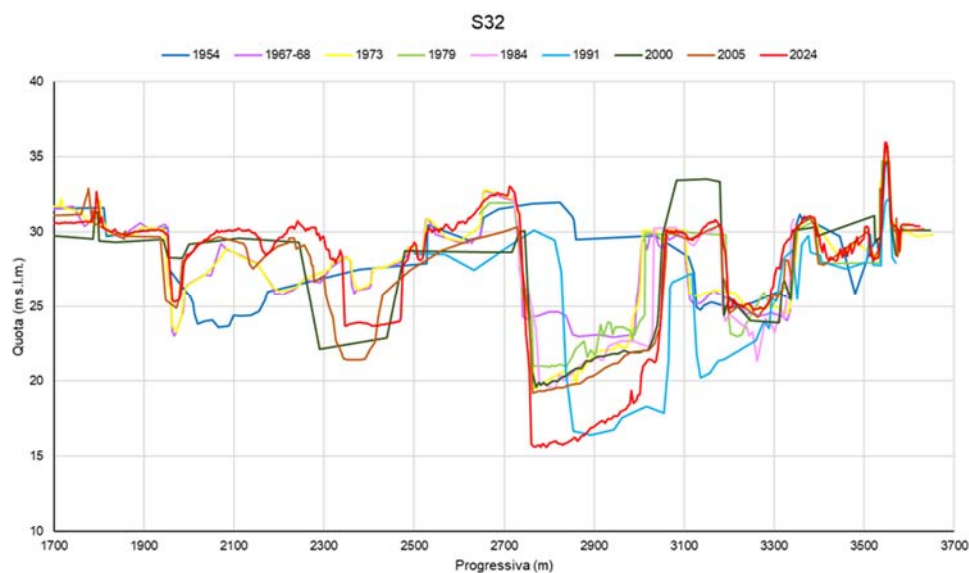


Figura 4.6: Rilievi topografici della sezione S32 (1.5 km a monte della confluenza Po-Taro) dal 1954 al 2024

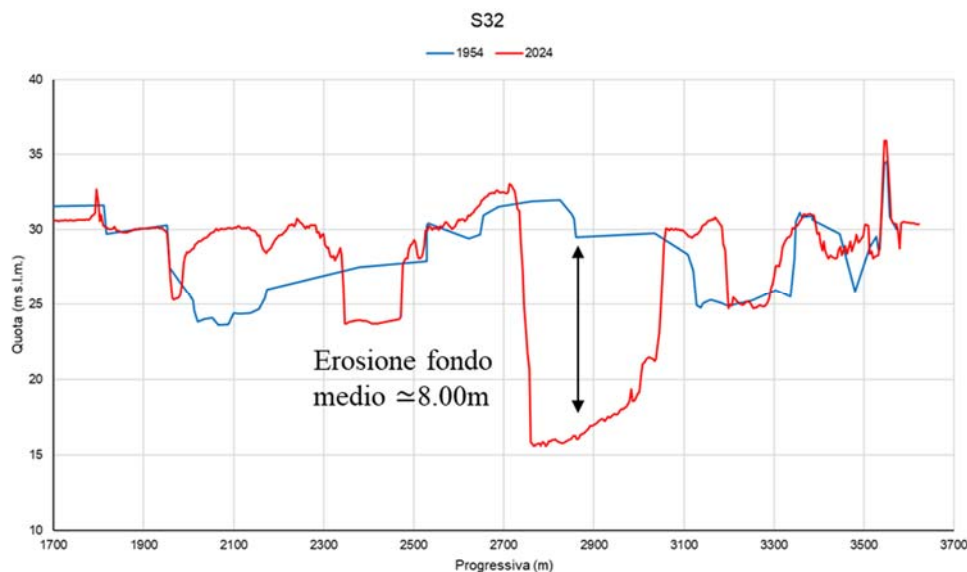


Figura 4.7: Rilievi topografici della sezione S32 (1.5 km a monte della confluenza Po-Taro) del 1954 e del 2024

Tabella 4-2: Fondo medio della sezione S32 dal 1954 al 2024

Anno	1954	1968	1973	1979	1984	1991	2000	2005	2024
S32									
thalweg (m s.l.m.)	24.82	24.70	20.57	21.16	20.70	17.37	20.87	20.51	16.82

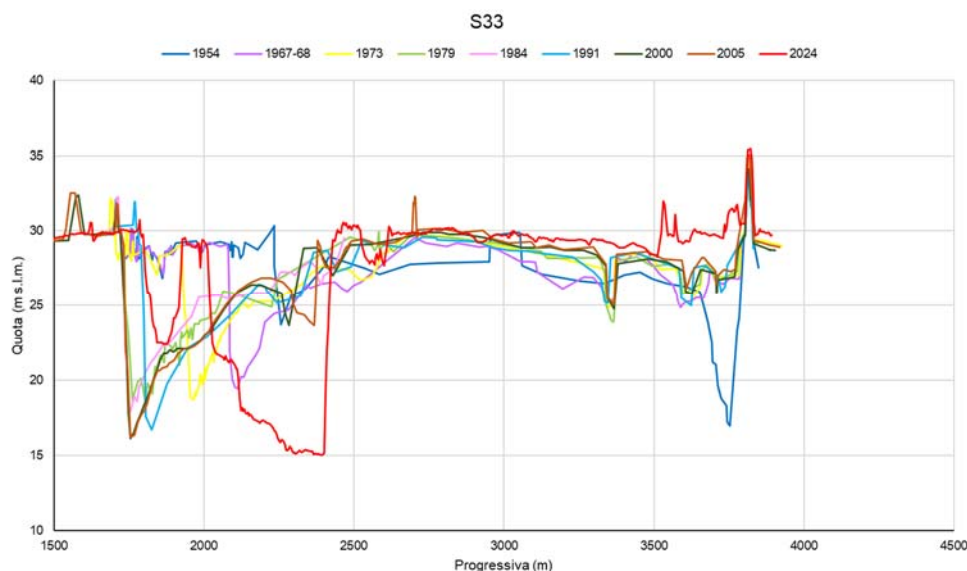


Figura 4.8: Rilievi topografici della sezione S33 (2 km a valle della confluenza Po-Taro) dal 1954 al 2024

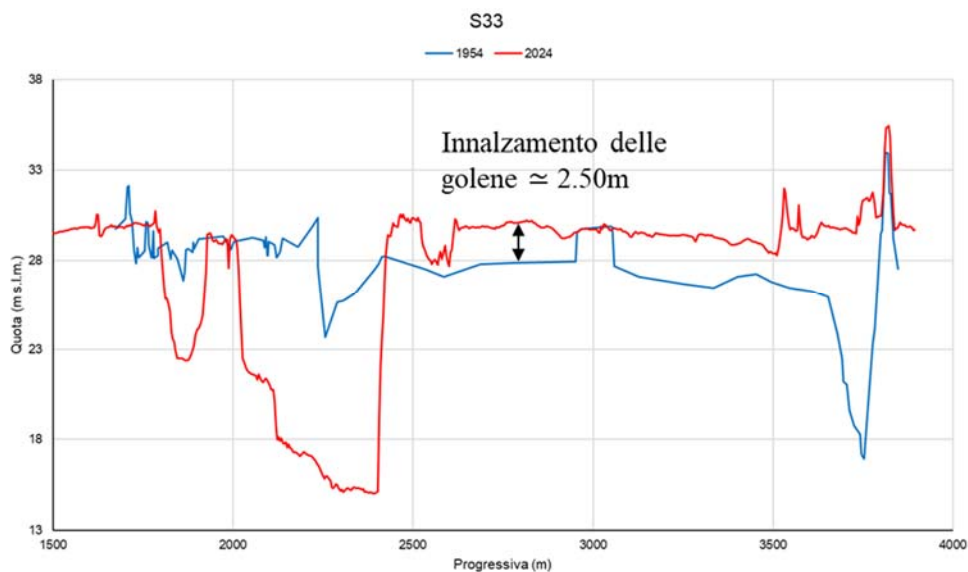


Figura 4.9: Rilievi topografici della sezione S33 del 1954 e del 2024

Tabella 4-3: Fondo medio della sezione S33 dal 1954 al 2024

Anno	1954	1968	1973	1979	1984	1991	2000	2005	2024
S33 thalweg (m s.l.m.)	17.81	20.49	20.17	20.29	19.66	18.00	17.70	17.58	16.17

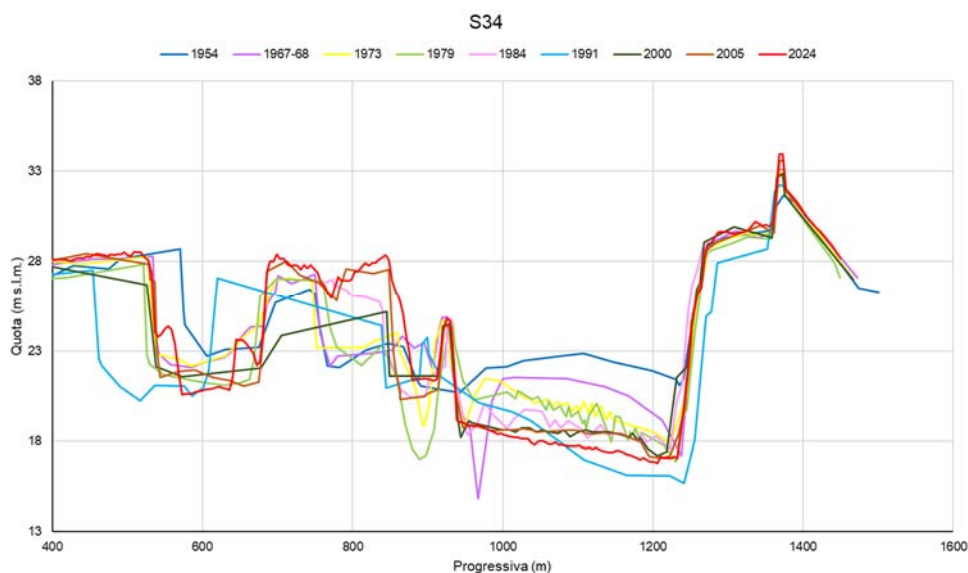


Figura 4.10: Rilievi topografici della sezione S34 (12 km a valle della confluenza Po-Taro) dal 1954 al 2024

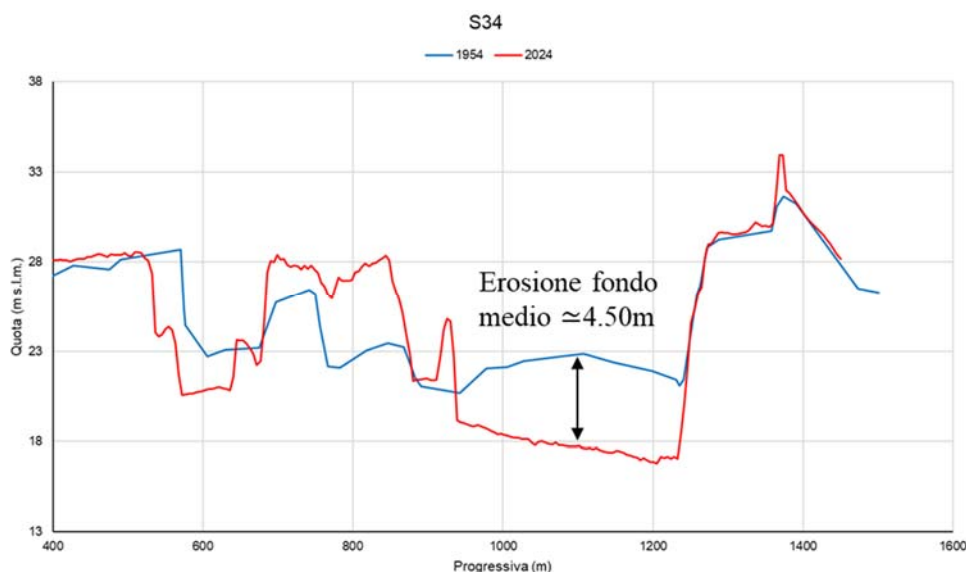


Figura 4.11: Rilievi topografici della sezione S34 (12 km a valle della confluenza Po-Taro) del 1954 e del 2024

Tabella 4-4: Fondo medio della sezione S34 dal 1954 al 2024

Anno	1954	1968	1973	1979	1984	1991	2000	2005	2024
S34 thalweg (m s.l.m.)	22.22	17.83	20.47	19.80	19.85	16.60	18.44	18.41	17.84

In generale, per le 4 sezioni studiate, si osserva una marcata tendenza all'incisione dell'alveo attivo, con contestuale innalzamento delle golene. La simultaneità di questi due processi morfodinamici determina una condizione per cui le portate di magra e di morbida si concentrano e si propagano stabilmente all'interno sezioni attive di deflusso, con un conseguente incremento localizzato dei gradienti di velocità che accentua ulteriormente l'erosione del fondo, rendendo di conseguenza la sezione attiva sempre più incisa.

Parallelamente, l'incisione delle sezioni di deflusso riduce drasticamente la frequenza e la capacità di esondazione verso le golene. Nei rari eventi in cui si verifica il superamento della soglia morfologica di tracimazione, le velocità ridotte nelle aree golenali favoriscono la deposizione del carico solido in sospensione, innescando un processo di sedimentazione delle golene e dunque amplificando il fenomeno di disconnessione morfologica tra alveo attivo e pianura inondabile. Tale dinamica comporta quindi la perdita della funzionalità idraulica di laminazione delle golene, con implicazioni significative per la gestione del rischio idraulico e la conservazione dell'equilibrio morfologico del sistema fluviale.

4.2.1. Altezza relativa di erosione o ripascimento

Di seguito si riporta, sia in forma grafica che tabellare, la variazione nel tempo dell'altezza relativa di erosione o ripascimento del fondo medio, calcolata come differenza tra le quote del fondo di due rilievi topografici successivi. Il 1954 è considerato come "anno 0".

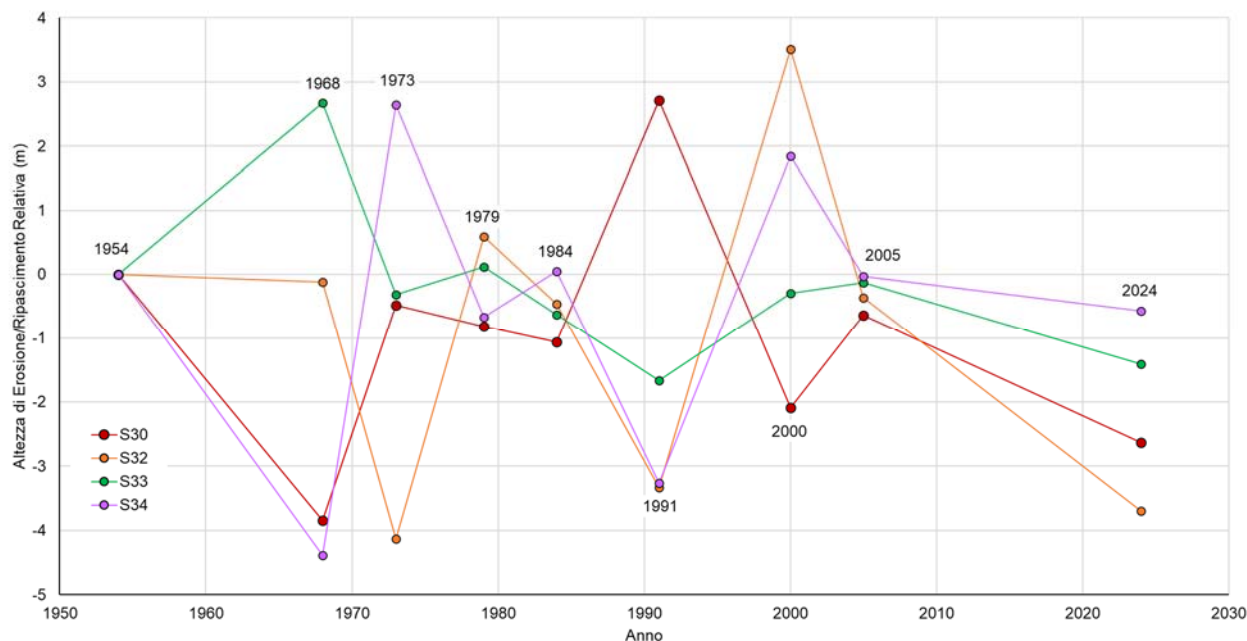


Figura 4.12: Altezza relativa di erosione o ripascimento del fondo medio nel tempo per le 4 sezioni studiate

Tabella 4-5: Altezza relativa di erosione o ripascimento del fondo medio nel tempo per le 4 sezioni studiate

Anno	1954	1968	1973	1979	1984	1991	2000	2005	2024
Sezione	Erosione/Ripascimento del fondo medio (m)								
S30	-	-3.84	-0.49	-0.82	-1.06	2.71	-2.09	-0.63	-2.63
S32	-	-0.11	-4.13	0.59	-0.46	-3.33	3.51	-0.36	-3.69
S33	-	2.68	-0.31	0.11	-0.63	-1.66	-0.3	-0.12	-1.41
S34	-	-4.39	2.64	-0.67	0.05	-3.26	1.85	-0.03	-0.57

Considerando, ad esempio la sezione S30, questa presenta un fortissimo abbassamento del fondo medio tra gli anni 1954 e 1968 (-3.84m), che perdura, anche se in maniera più attenuata, sino al 1984; dopodiché si ha un'inversione del fenomeno tra il 1984 e il 1991 e infine si ristabilisce l'erosione del fondo.

Per tutte le sezioni considerate si osserva come il fenomeno di erosione del thalweg sia preponderante rispetto a quello di ripascimento: di fatto, non solo le altezze di erosione (riportate in rosso in tabella) sono maggiori in termini di valore assoluto rispetto a quelle di ripascimento (in verde), ma lo sono anche in termini di numerosità. Dunque già da questa prima analisi dei dati è possibile affermare che il tratto del F. Po oggetto di questo studio presenta un fenomeno di abbassamento generalizzato del fondo alveo che va ben oltre alle normali oscillazioni di quota dovute all'idrodinamismo del corso d'acqua. Inoltre, tutte le sezioni risultano essere in erosione dal 2000 ad oggi.

4.2.2. Velocità di erosione o ripascimento

Successivamente è stata calcolata la velocità relativa di erosione o ripascimento come il rapporto tra l'altezza relativa e la finestra temporale tra un rilievo e quello successivo. Esattamente come nell'analisi precedente, le velocità di erosione sono maggiori di quelle di ripascimento.

Tabella 4-6: Velocità relativa di erosione o ripascimento del fondo medio per le 4 sezioni studiate

Anno	1954	1968	1973	1979	1984	1991	2000	2005	2024
Sezione	Velocità di Erosione/Ripascimento (m/anno)								
S30	-	-0.27	-0.10	-0.14	-0.21	0.39	-0.23	-0.13	-0.14
S32	-	-0.01	-0.83	0.10	-0.09	-0.48	0.39	-0.07	-0.19
S33	-	0.19	-0.06	0.02	-0.13	-0.24	-0.03	-0.02	-0.07
S34	-	-0.31	0.53	-0.11	0.01	-0.47	0.21	-0.01	-0.03

4.2.3. Involuppo del fenomeno di erosione o ripascimento

Di seguito si riporta, sia in forma grafica che tabellare, l'involuppo nel tempo dell'altezza di erosione o ripascimento del fondo medio, calcolata considerando il 1954 come "anno 0".

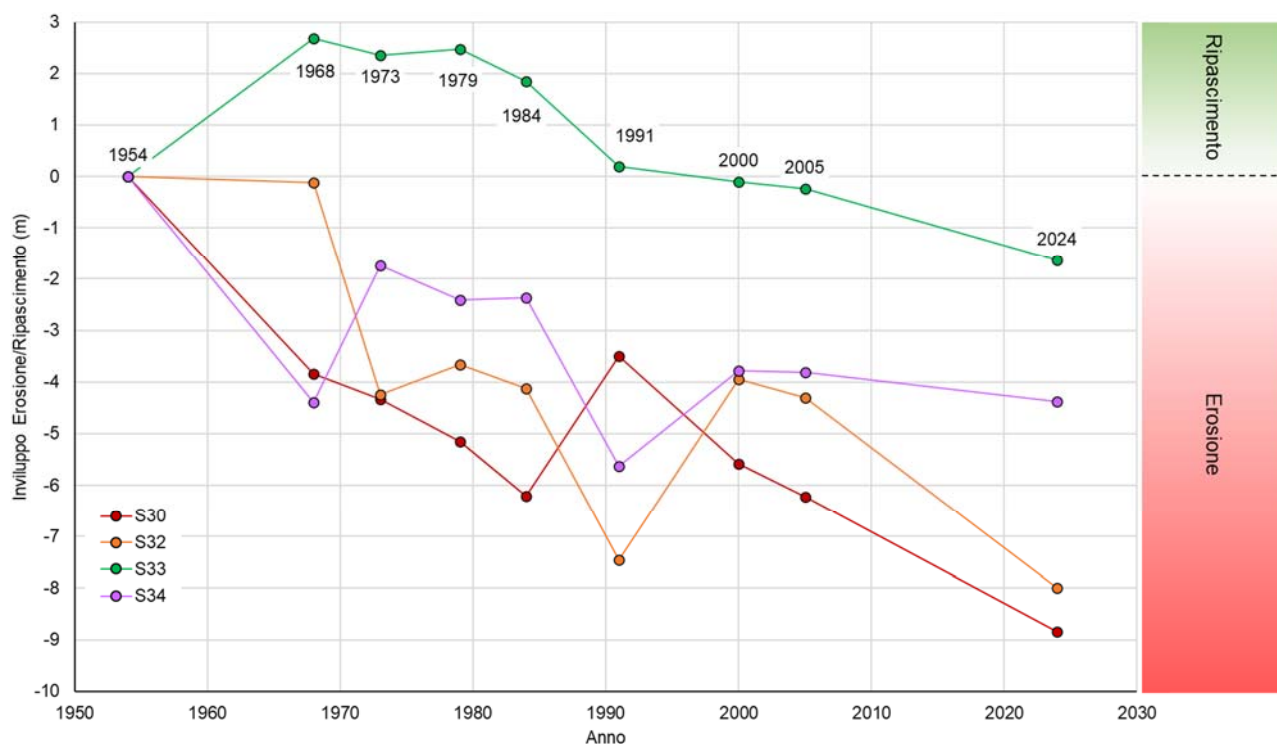


Figura 4.13: Involuppo del fenomeno di erosione (o ripascimento) per le 4 sezioni trasversali studiate

Tabella 4-7: Altezza relativa di erosione o ripascimento del fondo medio nel tempo per le 4 sezioni studiate

Anno	1954	1968	1973	1979	1984	1991	2000	2005	2024
Sezione	Involuppo Erosione/Ripascimento (m)								
S30	-	-3.84	-4.33	-5.15	-6.20	-3.49	-5.58	-6.22	-8.84
S32	-	-0.11	-4.24	-3.65	-4.12	-7.45	-3.95	-4.31	-8.00
S33	-	2.68	2.36	2.48	1.85	0.19	-0.11	-0.23	-1.64
S34	-	-4.39	-1.75	-2.41	-2.36	-5.62	-3.78	-3.81	-4.38

Le altezze riportate nel grafico e in tabella sono espresse in termini relativi rispetto al fondo medio rilevato nel 1954, assumendo questo anno come riferimento iniziale. Valori negativi dell'involuppo indicano fenomeni di erosione, mentre valori positivi segnalano fenomeni di ripascimento.

Dall'analisi delle curve emerge un chiaro trend erosivo generalizzato lungo il tratto indagato. Le sezioni S30, S32 e S34 mostrano una progressiva e significativa perdita di quota del fondo medio, con abbassamenti che, nel 2024, raggiungono valori compresi tra -8m e -9m rispetto alla quota del 1954. Queste evidenze confermano

la presenza di processi erosivi intensi e persistenti, verosimilmente riconducibili a interventi antropici e alla riduzione dell'apporto solido degli affluenti nel corso principale del Po.

In controtendenza rispetto a questo comportamento, la sezione S33 presenta un'evoluzione morfologica più stabile: dopo una fase iniziale di ripascimento tra il 1954 e il 1979, si osserva un moderato abbassamento del fondo medio, che al 2024 si attesta attorno a -1,5 metri. Questa dinamica anomala può essere attribuita alla posizione della sezione, situata immediatamente a valle della confluenza con il fiume Taro. L'apporto solido proveniente da quest'ultimo, in particolare durante eventi di piena, potrebbe aver contribuito a rallentare il processo erosivo, svolgendo un effetto compensativo che ha limitato la perdita di quota rispetto alle sezioni a monte e a valle. Tuttavia, anche questa sezione è in stato di erosione a partire dagli anni 2000.

Si riportano i grafici delle singole sezioni per una miglior consultazione.

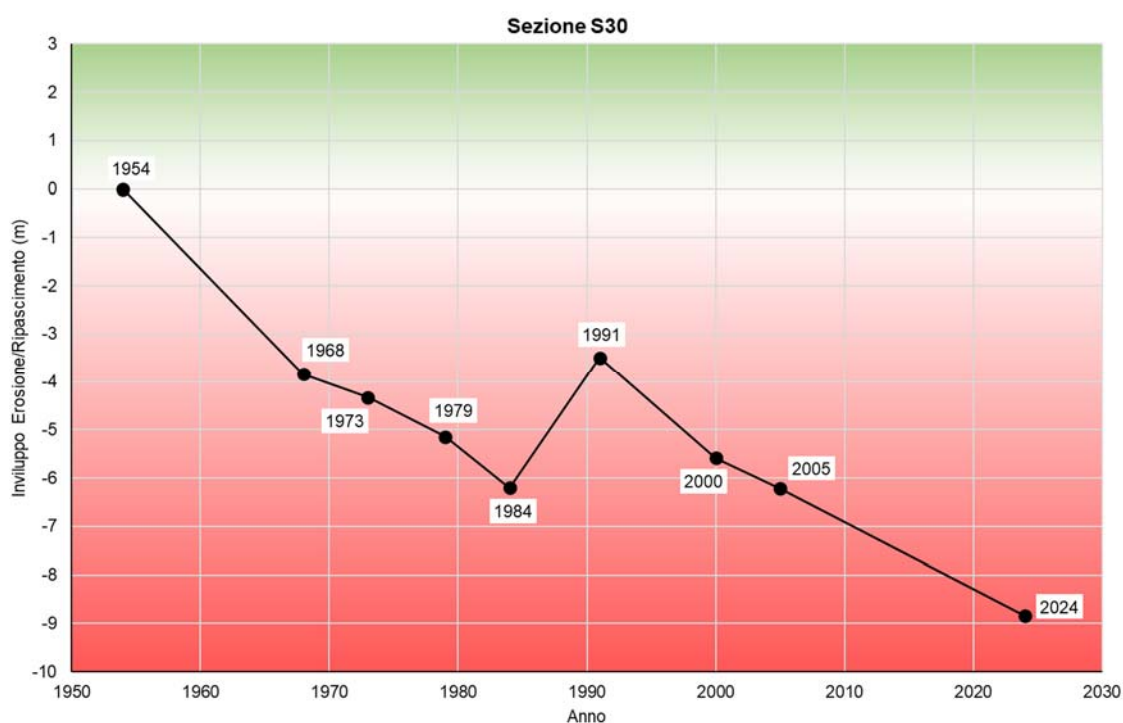


Figura 4.14: Inviluppo dei fenomeni di erosione e ripascimento per la sezione S30 dal 1954 al 2024

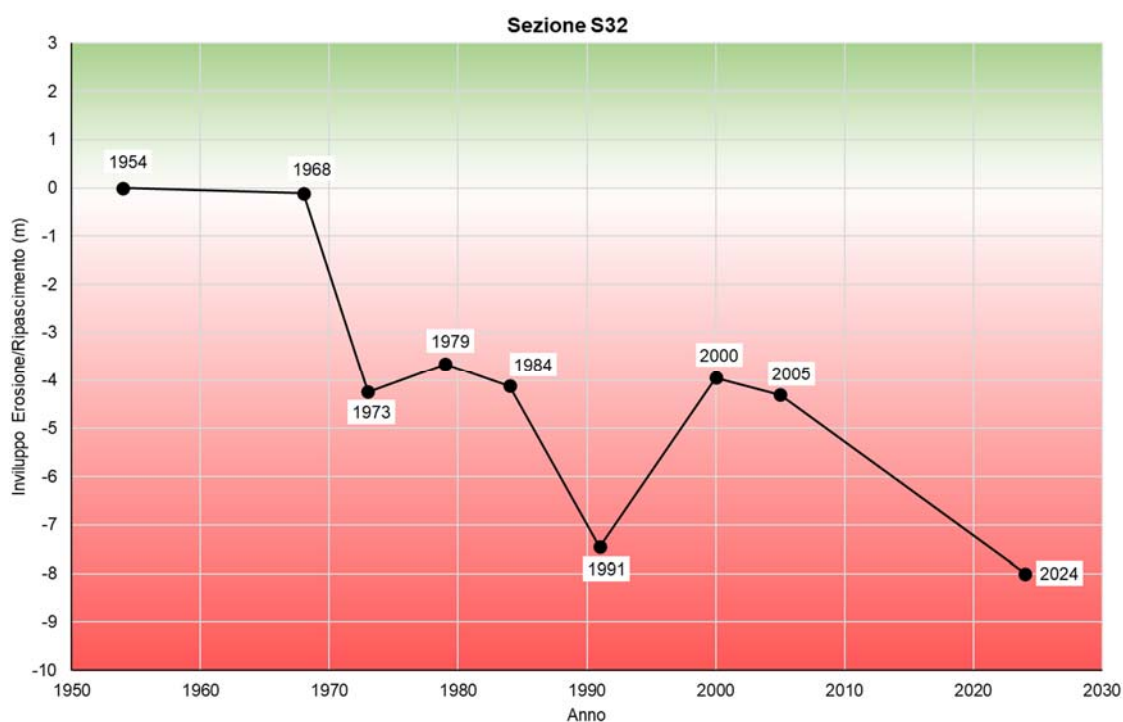


Figura 4.15: Inviluppo dei fenomeni di erosione e ripascimento per la sezione S32 dal 1954 al 2024

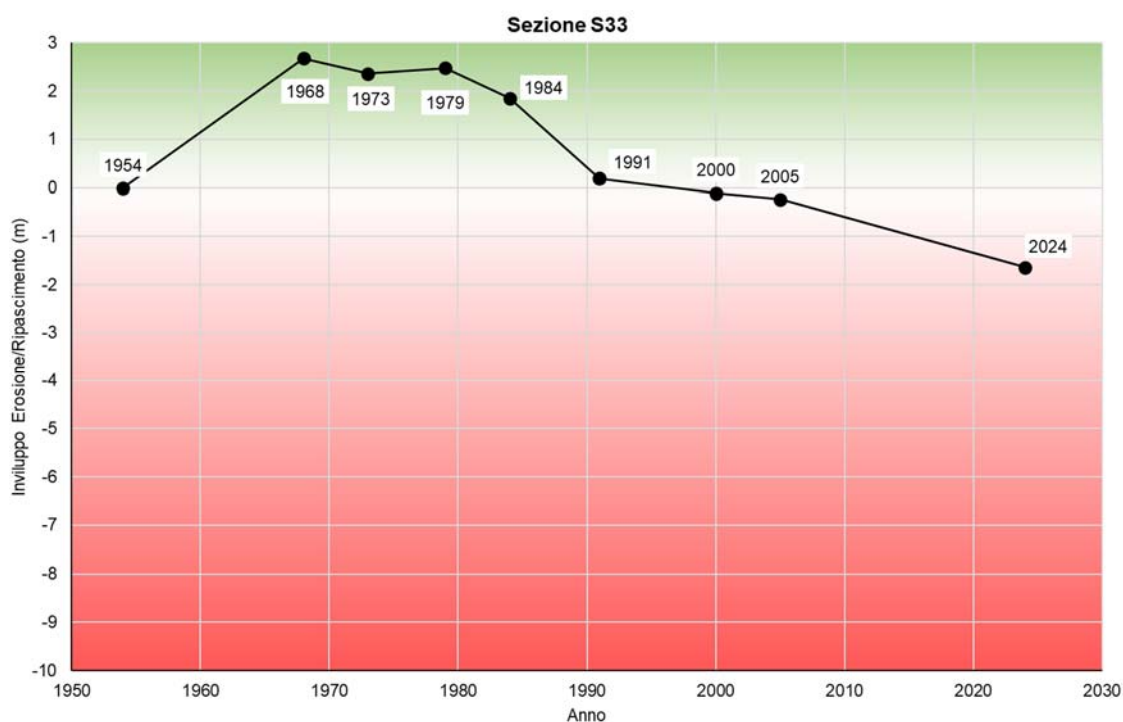


Figura 4.16: Inviluppo dei fenomeni di erosione e ripascimento per la sezione S33 dal 1954 al 2024

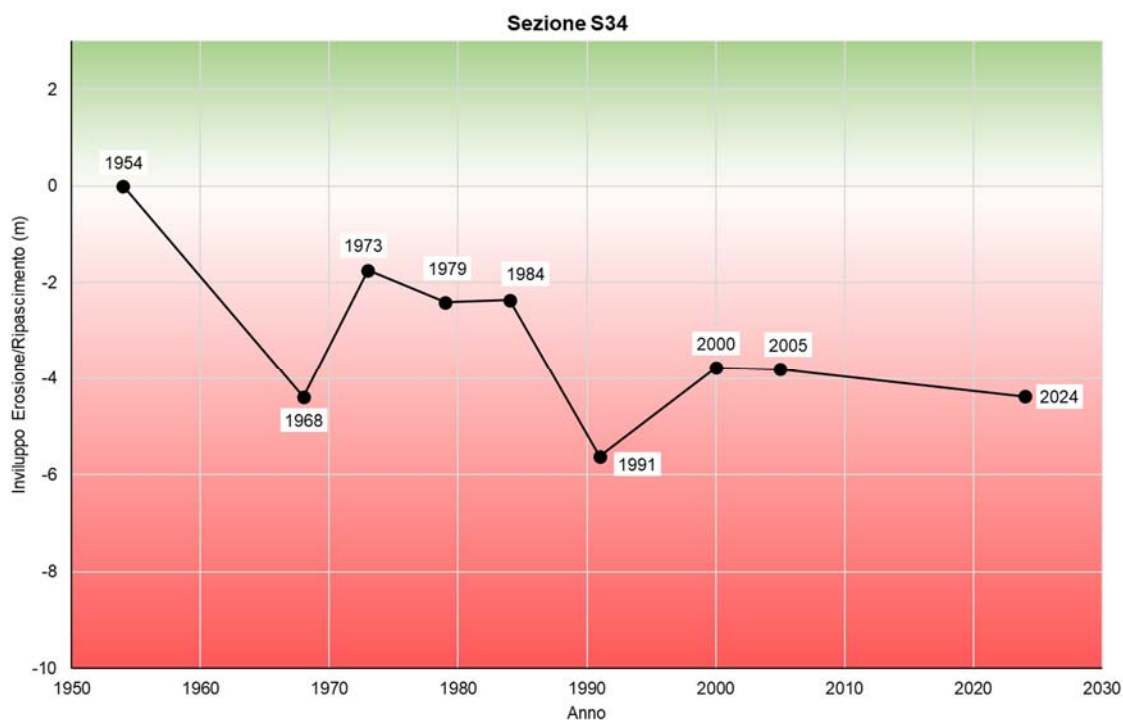


Figura 4.17: Inviluppo dei fenomeni di erosione e ripascimento per la sezione S34 dal 1954 al 2024

4.3. EVOLUZIONE ALTRIMETRICA F. TARO

Per avere un inquadramento a scala globale del corso d'acqua, è stata condotta un'analisi altimetrica del fiume Taro dalla sezione 60 (situata circa a 2.5km a valle del ponte dell'Autostrada A1 e della linea ferroviaria TAV) sino alla confluenza in Po, confrontando le quote del fondo rilevate nel 1973 - 1981 - 2000 - 2019 - 2025.

Mettendo a confronto i profili de fondo del fiume Taro (profilo ottenuto collegando i baricentri dei punti più bassi rilevati per singola sezione batimetrica trasversale), si osserva che:

- 1) da Fornovo al ponte della Via Emilia (nel tratto di competenza dell'Ente Parco Regionale) negli ultimi 30 anni il profilo è abbastanza stabile anche se rispetto a quello del 1973 è ancora leggermente in erosione;
- 2) dal ponte della Via Emilia al ponte della TAV -TIBRE (progressiva 25km), il profilo è influenzato dalle briglie di monte (ponte FFSS MI-BO) e di valle sotto il ponte dell'A1, oltre anche dalla presenza del CEPIM che ha occupato una porzione importante del letto del Fiume.

Di seguito si riporta il grafico rappresentante il profilo di fondo del f. Taro negli anni con una suddivisione in tre segmenti principali, ciascuno caratterizzato da dinamiche geomorfologiche e idrauliche specifiche.

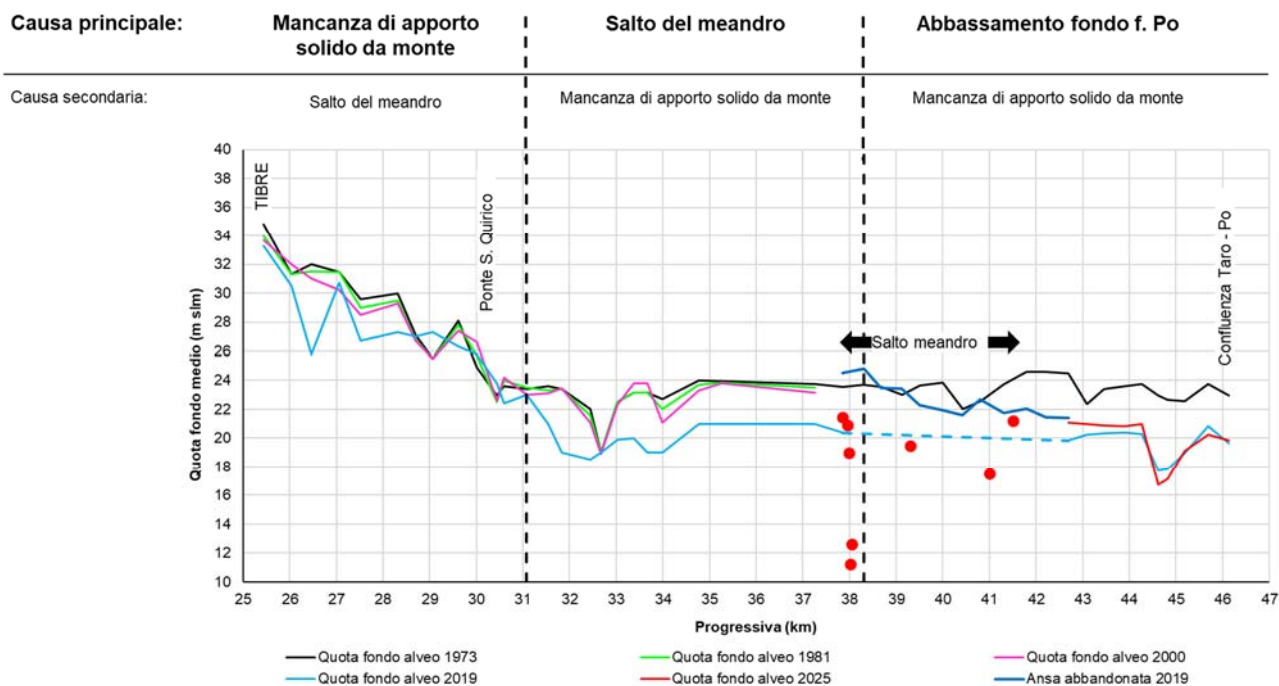


Figura 4.18: Confronto profilo di fondo del f. Taro per gli anni 1973, 1981, 2000, 2019 e 2025

Concentrando l'attenzione nel tratto di maggiore analisi ovvero subito a valle del Viadotto del TIBRE progressiva 25km (vedi Fig 3.18), si osserva che:

- nel primo tratto, che si estende dalla progressiva 25 alla 31 km, il profilo del fondo mostra un abbassamento generalizzato di circa un metro nel corso dei decenni analizzati. Questo arretramento del fondo ha come causa principale con ogni probabilità la mancanza di apporto solido proveniente dai settori montani del bacino.
- il secondo tratto, compreso tra la **progressiva 31 (poco a valle del ponte di San Quirico) e la 38 km (poco a monte del Salto del meandro)**, presenta invece un comportamento molto più dinamico e problematico: qui, il profilo mostra un abbassamento ancora più marcato, dell'ordine di 2,5–3 metri rispetto ai livelli del 1973, riconducibile con ogni probabilità dal processo di erosione regressiva del tratto di valle ed in minima parte di nuovo alla mancanza di apporto solido da monte,
- infine, il tratto terminale del fiume Taro, dalla progressiva 38 fino alla foce, è fortemente condizionato dall'abbassamento del fondo del fiume Po: quest'ultimo, nel punto di confluenza, presenta infatti un thalweg che ha raggiunto una quota più bassa di circa 8 metri s.l.m rispetto al 1954, fungendo da nuovo livello di base per il Taro. Questa incisione ha innescato un fenomeno di adattamento morfologico tale per cui il Taro si è progressivamente inciso per adeguarsi alla nuova quota imposta dal fiume recettore e a sua volta ha innescato un processo di erosione regressiva che si è propagato verso monte. Anche in questo caso, la carenza di apporto solido ha aggravato il fenomeno, impedendo la formazione di depositi che potessero contrastare lo scavo del fondo. Come conseguenza si rimarcano i vistosi processi erosivi spondali che stanno minando i paramenti delle arginature ormai in

frodo e che a loro volta stanno comportando sia protezione delle pile dei ponti (ponte di Gramignazzo) che la necessità di arretrare diversi tratti di arginature ¹.

Le aree di colore verde e blu presenti in Figura 4.19 (rilievo febbraio 2025) mostrano la presenza di un fondone in corrispondenza del salto del meandro, il quale determina una differenza di quota tra il fondo del Taro e l'imbocco dell'ansa abbandonata di circa 15m, che rende ancora più ostica l'entrata di un apporto d'acqua all'interno dell'ansa abbandonata se non per livelli di piena quasi eccezionali. Di fatto, l'ansa si riempie occasionalmente a partire dal suo sbocco e per il solo fenomeno di rigurgito.

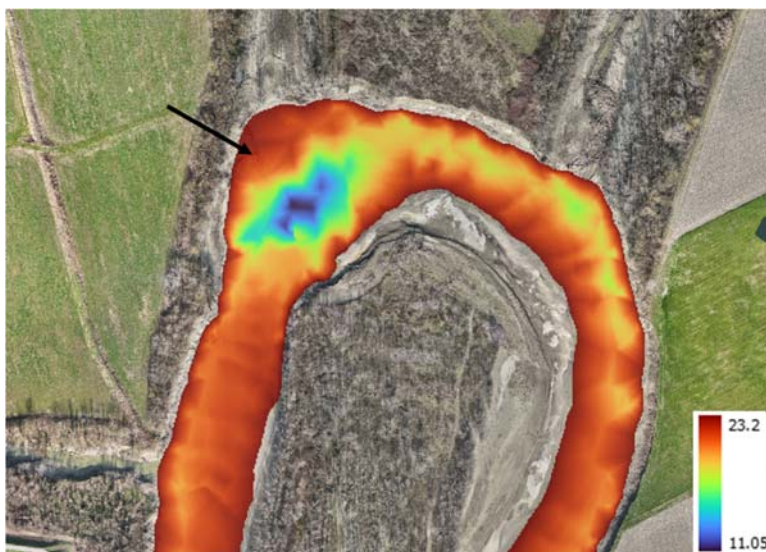


Figura 4.19: Rilievo batimetrico f. Taro rilevato il 19/02/2025. La freccia indica il fondone

4.3.1. Analisi delle cause ed effetti del salto del meandro

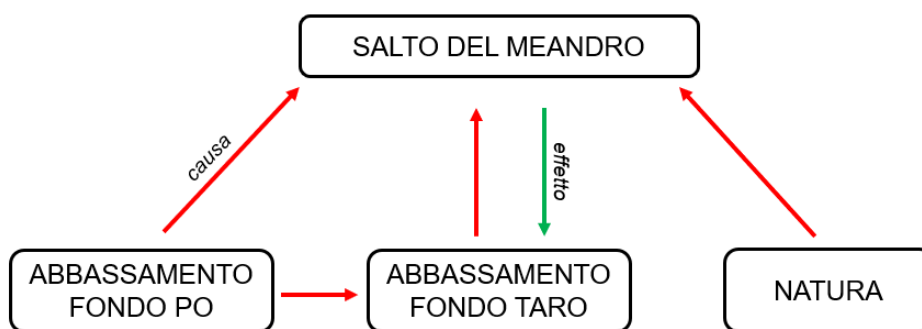


Figura 4.20: Cause ed effetti del salto del meandro

Come è possibile osservare dall'immagine, la causa preponderante del salto del meandro sono le erosioni di fondo dei due fiumi studiati. In particolare, l'abbassamento progressivo del fondo del fiume Po, causato dalla

¹ "Definizione dell'assetto idrologico e idraulico del torrente Taro da Santa Maria del Taro alla confluenza in Po" ADBPO 2022

rettificazione dell'alveo di magra per consentire la navigazione commerciale, che in corrispondenza della confluenza con il fiume Taro, rappresenta un fattore determinante nell'aver innescato il fenomeno di abbassamento del fondo alveo del Taro stesso. Il marcato incavo del fondo del Po ha generato un dislivello a valle della confluenza, creando un vero e proprio "effetto risucchio" dei sedimenti del Taro verso il fiume principale. Tale situazione ha alterato l'equilibrio morfologico del Taro: inducendo una maggiore pendenza dell'alveo nel tratto terminale, con conseguente incremento della velocità del flusso, si è intensificata la capacità erosiva del fiume Taro e quindi il suo potere di trascinamento dei materiali solidi (ghiaie, sabbie e limo). Questo, anche in assenza di un sufficiente apporto di nuovi sedimenti a monte, ha comportato un abbassamento generalizzato del fondo alveo lungo tutto il tratto terminale del Taro, aggravando nel tempo il processo di incisione e contribuendo a una perdita di stabilità sia idraulica che strutturale del sistema fluviale. Una volta formatosi, il salto del meandro ha iniziato ad agire come nuovo fattore destabilizzante: di fatto, l'abbandono di circa 4km sviluppo longitudinale ha intensificato l'erosione a monte e accelerato il processo di incisione del Taro. Di conseguenza, **l'abbassamento del fondo del Taro non è più solo una causa primaria, ma diventa anche un effetto secondario del salto stesso.**

Questo ciclo - in cui l'abbassamento del fondo genera un salto, e il salto induce ulteriore abbassamento - rappresenta una delle criticità più rilevanti dal punto di vista della gestione idraulica e della progettazione di interventi di stabilizzazione dell'idrodinamismo fluviale.

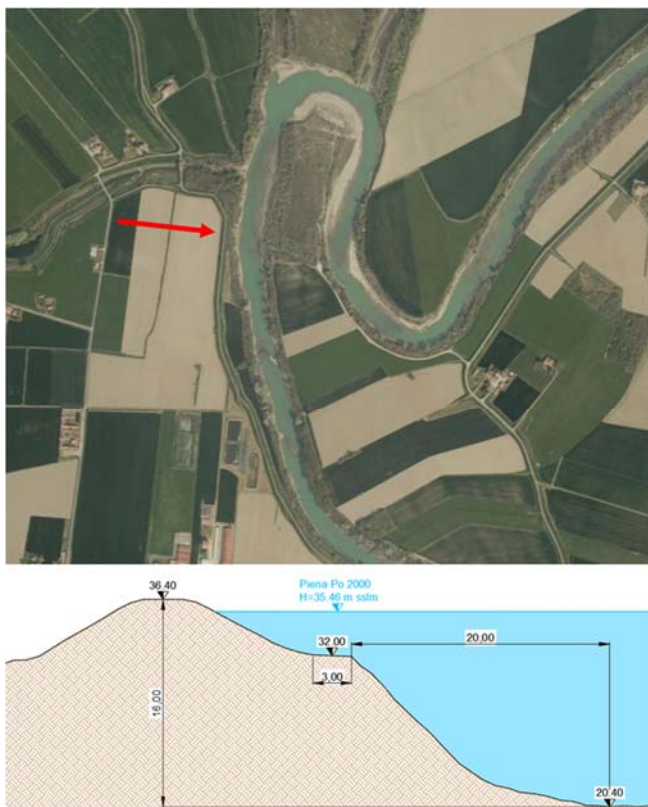


Figura 4.21: Condizione di argine in froldo rilevata nel 2025

A livello locale, questa condizione di continuo abbassamento del fondo alveo del fiume Taro ha determinato un significativo aumento della differenza altimetrica tra il letto del fiume e le sommità arginali. In alcune aree particolarmente vulnerabili, dove gli argini sono in froldo (freccia rossa), il dislivello tra l'alveo attuale e la sommità dell'argine ha raggiunto valori estremi, arrivando fino a 16 metri.

Una tale condizione morfologica rende estremamente complessa, l'attuazione di interventi tradizionali di consolidamento e salvaguardia degli argini esistenti. In questo contesto, l'unica soluzione tecnicamente sostenibile e compatibile con la sicurezza idraulica risulta essere l'arretramento degli argini stessi.

E' doveroso ricordare che i salti dei meandri fanno parte integrante dell'evoluzione geomorfologica naturale dei fiumi, per cui sarebbe un fenomeno del tutto naturale che interessa specialmente quei corsi d'acqua meandrici. Di fatto, a dimostrazione della naturalità e della ciclicità dei comportamenti fluviali, la carta storica del 1828 dimostra che già a quell'epoca fosse presente un paleoalveo, proprio laddove oggi sorge l'ansa abbandonata. Tuttavia in questo caso, preoccupante è l'accelerazione del fenomeno innescato da fattori antropici per cui l'abbassamento del letto del F. Po ha attivato proprio quel processo erosivo causa primaria del salto in questione e conseguentemente l'avvio di un processo erosivo regressivo che si è spinto fino al Ponte di San Secondo. In questo tratto che storicamente ha sempre rappresentato un'area di spagliamento e laminazione delle piene del fiume Taro, oggi viceversa non funziona più, se non marginalmente. Fino al 2000 piene di $3.000\text{m}^3/\text{sec}$ registrate alla stazione di Fornovo entravano nel F. Po laminate e decapitate fino a valori di $1.500\text{-}1.700\text{ m}^3/\text{sec}$. Oggi invece le stesse piene arrivano a foce Po con idrogrammi il cui picco è sui $2.500\text{-}2.700\text{m}^3/\text{sec}^2$.



Figura 4.22: Mappa storica dell'anno 1828 della confluenza Po-Taro

4.3.2. Perdita di capacità laminativa del f. Taro

Le golene rappresentano un elemento morfologico e idraulico di importanza strategica nella gestione del deflusso fluviale, poiché il loro ruolo fondamentale risiede nella laminazione delle onde di piena, ovvero nella capacità di modulare e ridurre la portata di picco trasferita verso valle.

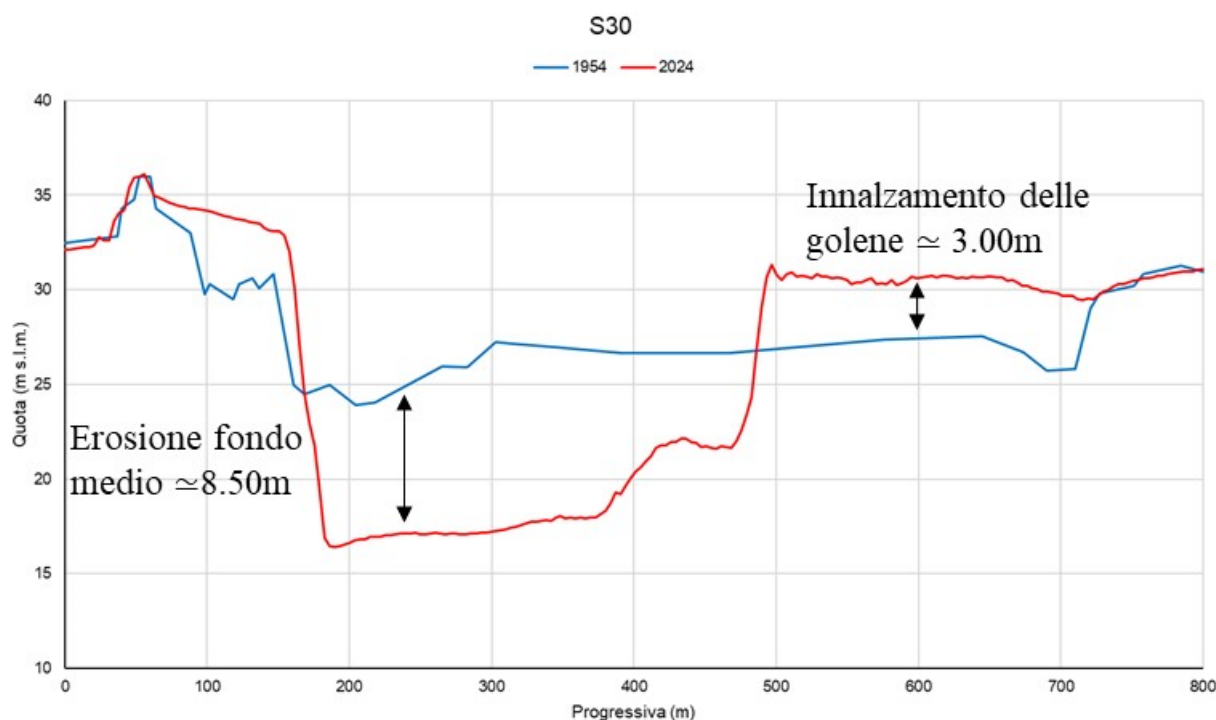
Durante un evento di piena, il fiume, raggiungendo livelli superiori a quelli ordinari, può espandersi lateralmente, occupando le golene e distribuendo parte del volume d'acqua fuori dal canale principale. Questo meccanismo ha due effetti principali: da un lato, riduce la velocità e l'energia del flusso, rallentando la

² "Definizione dell'assetto idrologico e idraulico del torrente Taro da Santa Maria del Taro alla confluenza in Po" ADBPO 2022

propagazione dell'onda di piena; dall'altro, diminuisce l'altezza del colmo di piena, grazie all'immagazzinamento temporaneo dell'acqua in eccesso. Le golene funzionano quindi come vasche di espansione naturali, contribuendo in maniera significativa alla mitigazione del rischio idraulico a valle e alla protezione degli insediamenti umani e delle infrastrutture.

Questo effetto benefico delle aree golenali, però, viene meno quando il fondo del fiume si scava profondamente, separandosi fisicamente e funzionalmente dalle golene stesse. Quando questo disaccoppiamento morfologico si verifica, la piena rimane confinata nell'alveo inciso, e questo genera un incremento della velocità del flusso e una **diminuzione del tempo di corrivazione**. In assenza dell'effetto laminante delle golene, il fiume perde la sua capacità naturale di autoregolazione, diventando più vulnerabile a eventi estremi e più pericoloso per le aree a valle. Inoltre, l'abbassamento del letto del fiume e quindi il confinamento della portata di piena nell'alveo inciso, oltre alla perdita laminativa, comporta anche il ripascimento delle golene stesse in quanto in esse, riducendosi la velocità di propagazione dell'onda di piena, è facilitata la sedimentazione del materiale litoideo (generalmente fine) e quindi l'innalzamento del piano di campagna.

La sezione S30 sotto-riportata rappresenta la sezione del F. Po poco a monte della confluenza del F. Taro.



5. DEFINIZIONE DEL QUADRO CONOSCITIVO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

5.1. INQUADRAMENTO DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO

L'area oggetto dell'intervento ricade interamente all'interno del SIC denominato "Basso Taro", codice IT4020022, localizzato a Nord della città di Parma, a pochi chilometri dall'immissione del F. Taro in Po, nella bassa pianura parmense.

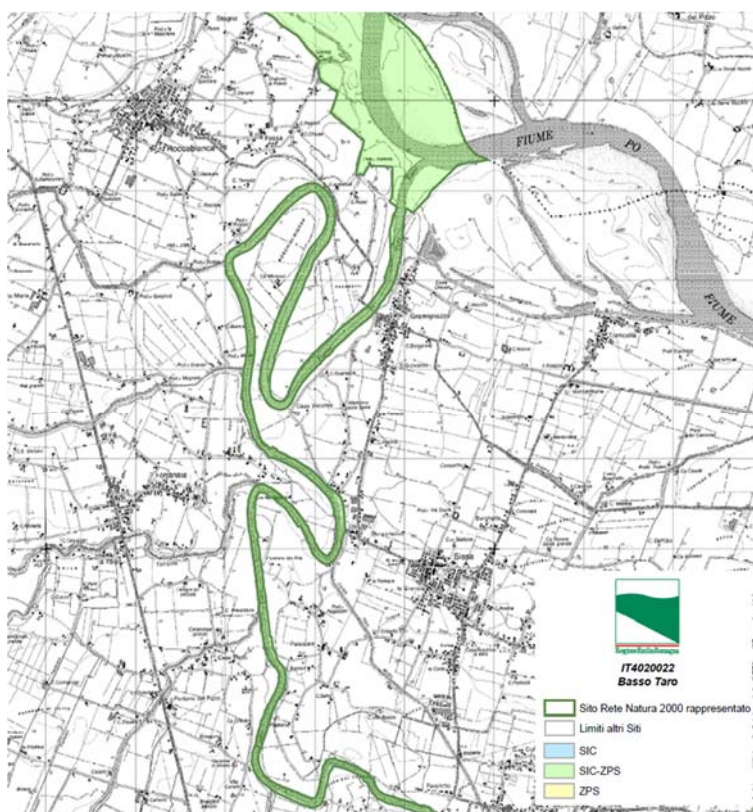


Figura 5.1 Cartografia di dettaglio del SIC-ZPS IT4020022 Basso Taro

Secondo la classificazione di uso e copertura del suolo l'area fluviale in analisi si configura come un corridoio ecologico, contestualizzato all'interno di un'area agricola storicamente antropizzata e rimaneggiata, con coltivi ed insediamenti agro-zootecnici che ne influenzano l'estensione e lo stato di conservazione.

In accordo con le cartografie messe a disposizione dalla Rete Ecologica Regionale si possono distinguere tre classi di habitat presenti nel sito, caratterizzanti gli ambienti di alveo e gli ambienti spondali. Gli habitat maggiormente rappresentati risultano essere Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei Littorelletea uniflorae e/o degli Isoëto-Nanojuncetea (Cod. 3130); Fiumi con argini melmosi con vegetazione

del *Chenopodium rubri* p.p. e *Bidentium* p.p. (Cod. 3270) e Foreste a galleria di *Salix alba* e *Populus alba* (Cod. 92A0).

Sulla base dei rilevamenti fitosociologici, delle caratteristiche geomorfologiche e delle principali colture agrarie del sito, è possibile distinguere nell'ambito in analisi due unità di paesaggio:

- *Il paesaggio tipico della pianura emiliana occidentale* - caratterizzato dalla prevalenza di superfici agrarie; si tratta di seminativi semplici, prevalentemente investiti a cereali vernini, mais, erba medica. Le uniche formazioni vegetali semi-naturali di tale ambito sono rappresentate da alcune siepi.
- *Il paesaggio del basso corso del Fiume Taro* - sviluppato nelle immediate vicinanze del corso d'acqua e comprende il greto del fiume la stretta fascia di boschi ripariali che si sviluppano ai suoi margini; l'ampiezza è molto ristretta a causa dell'intenso sfruttamento agricolo delle aree poste all'interno degli argini del Taro.

Le fitocenosi che differenziano tale ambito sono:

- o vegetazione erbacea di greto;
- o vegetazione boschiva ripariale;

Nel sito mancano esempi di autentica vegetazione idrofitica.

La copertura forestale è comunque ridotta al contesto ripario-golenale, e costituita da boschi di pioppo bianco, nero e salice bianco, con sporadici ontano nero, farnia e olmo campestre. Nelle zone più distali dal letto del corso d'acqua vi è la possibilità di evoluzione dei saliceti e dei pioppeti verso querceto-carpineti planiziali, anche in condizioni di ripetute e prolungate siccità.

Si evidenzia in aggiunta la formazione di nuovi habitat in corrispondenza dell'alveo asciutto a seguito del taglio del meandro e ridotta affluenza idrica. Tra i nuovi habitat rinvenibili vi sono aree umide, generate dalla confluenza di canali che genera ristagno idrico, e formazioni di salici bianchi e pioppi in crescita, i quali hanno trovato un substrato di crescita semi saturo d'acqua a seguito dell'abbandono del ramo da parte dell'alveo principale.

5.2. VINCOLI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI

Allo scopo di verificare la compatibilità degli interventi in progetto con la pianificazione vigente a livello locale, sono state consultate le cartografie interattive disponibili sul sito di Regione Emilia-Romagna.

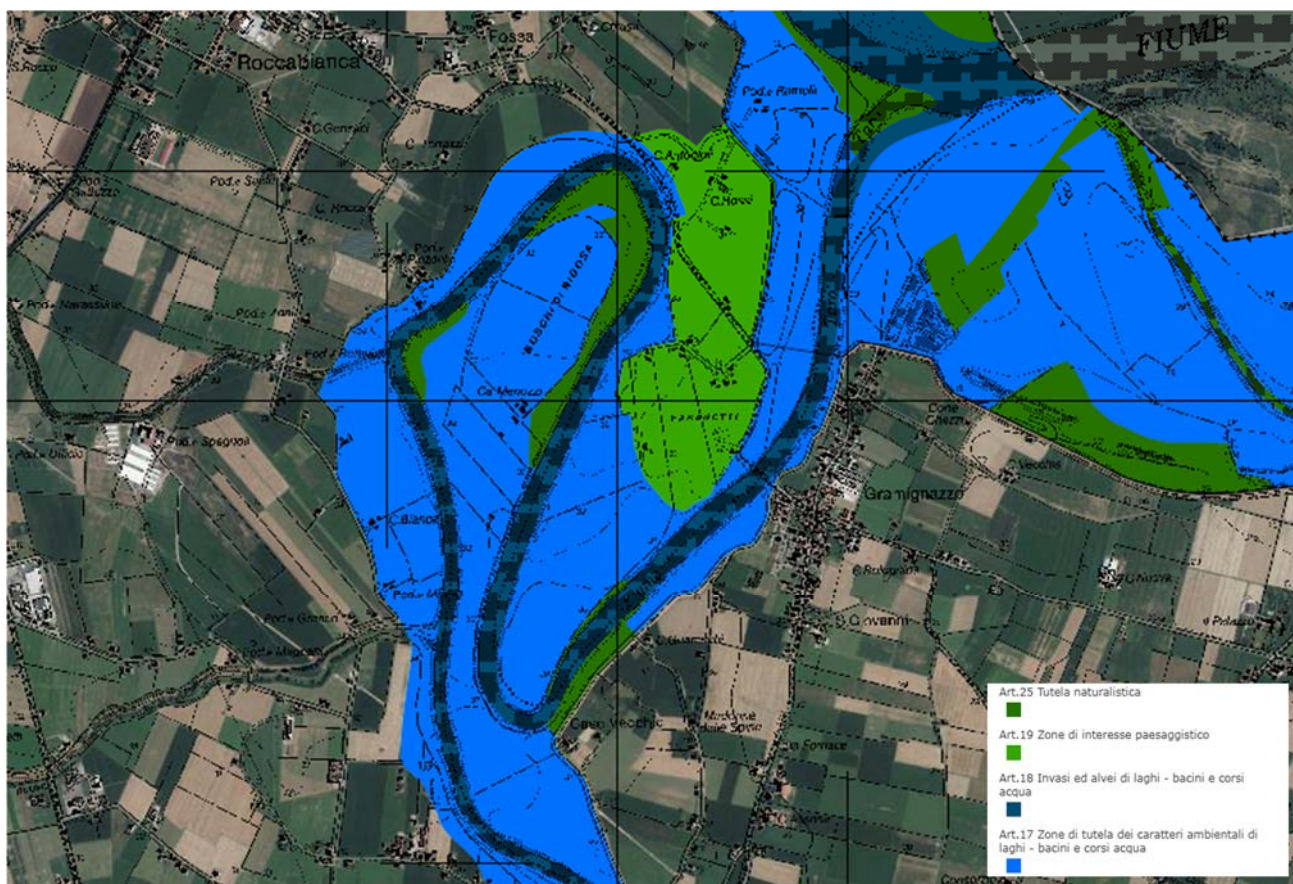


Figura 5.2 Inquadramento vincolistico dell'area d'intervento – Tavola Tutele Paesaggistiche PTPR 1993

Come evidenziato dalla Tavola delle Tutele Paesaggistiche, definita da Piano Territoriale Paesaggistico Regionale, le aree interessate dagli interventi, o immediatamente limitrofe ad essi, risultano essere tutelate ai sensi dell'Art.25 Zone di Tutela Naturalistica, Art.18 Invasi ed alvei di laghi - bacini e corsi d'acqua e Art.17 Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi - bacini e corsi d'acqua.

In aggiunta a quanto appena riportato, ai sensi dell'art. 142, comma c), del D. Lgs. 42/2004 (Codice Urbani), sono assoggettati per legge a vincolo paesaggistico "i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna". Il fiume Taro, in quanto corso d'acqua incluso nelle categorie di beni vincolati per legge e in relazione agli articoli 17-18 e 25 del PTPR vigente, necessita che le eventuali trasformazioni territoriali relative allo stesso, o alle relative fasce di tutela rientranti negli elenchi redatti ai sensi del citato Regio decreto n. 1775/1933, siano subordinate all'applicazione della procedura di rilascio dell'autorizzazione paesaggistica.

In aggiunta ai vincoli di natura paesaggistica è necessario garantire la compatibilità delle opere di progetto con le misure specifiche di conservazione del sito d'interesse comunitario in cui si colloca il progetto, allo scopo di adeguare gli impatti agli obiettivi di conservazione dello stato di qualità del sito.

6. INDIVIDUAZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALI

Come anticipato in premessa preliminarmente è stato sviluppato il Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali (DOCFAP) la cui metodologia valutativa si basa su un insieme strutturato di elaborazioni concettuali e di calcoli quantitativi, finalizzati a confrontare in modo integrato le prestazioni complessive delle alternative progettuali rispetto a criteri di natura eterogenea, sia qualitativi che quantitativi, non direttamente confrontabili tra loro. L'analisi è stata condotta considerando congiuntamente gli aspetti idraulico-morfologici, le soluzioni tecniche e le tecnologie dei materiali, gli impatti ambientali e paesaggistici, le modalità di cantierizzazione e, infine, le valutazioni di carattere economico.

Tutti gli scenari analizzati prevedevano opere e lavorazioni aventi quale obiettivo primario la difesa delle sponde del fiume Taro, al fine di contrastare i fenomeni di erosione spondale e garantire la salvaguardia dei presidi arginali e delle scarpate. In particolare, lo Scenario 1 si limitava alla realizzazione di difese longitudinali tradizionali, finalizzate esclusivamente alla protezione delle sponde dall'azione erosiva della corrente. Al contrario, gli Scenari 2, 3 e 4 introducevano soluzioni più articolate, integrando alle opere di difesa spondale anche sistemi di riattivazione dell'ansa abbandonata e interventi mirati al rallentamento dei processi erosivi del fondo alveo, con l'obiettivo di ristabilire condizioni di maggiore equilibrio morfologico del corso d'acqua.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa degli interventi previsti in ogni scenario

.

Tabella 6-1: Riepilogo delle opere di difesa previste nei diversi scenari presentati nell'ambito del DOCFAP

	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4
Formazione di nuovo argine maestro	x	x	x	
Scoronamento scarpata	x	x	x	x
Rivestimento della sponda scoronata in massi		x	x	x
Risarcimento difesa esistente con burghe 1	x	x	x	
Ripascimento con materiale da scavo	x	x	x	x
Difesa in massi	x	x	x	
Risarcimento difesa esistente con burghe 2	x	x		
Soglia di monte con palancole		x	x	
Soglia di valle con palancole		x		
Soglia di monte con burghe				x
Soglia di valle con burghe			x	x
Stabilizzazione della soglia in massi		x	x	x
Difesa spondale in massi in corrispondenza del ramo di monte del cappio abbandonato		x	x	x
Scavo canale cappio abbandonato		x	x	x
Bosco latifoglie	x	x	x	x

All'esito dell'analisi multicriteriale, lo Scenario 4 è risultato complessivamente il più performante in relazione ai criteri considerati, evidenziando una migliore efficacia idraulica, una maggiore coerenza morfologica, un minore impatto ambientale e una più favorevole sostenibilità tecnico-economica nel medio-lungo periodo.

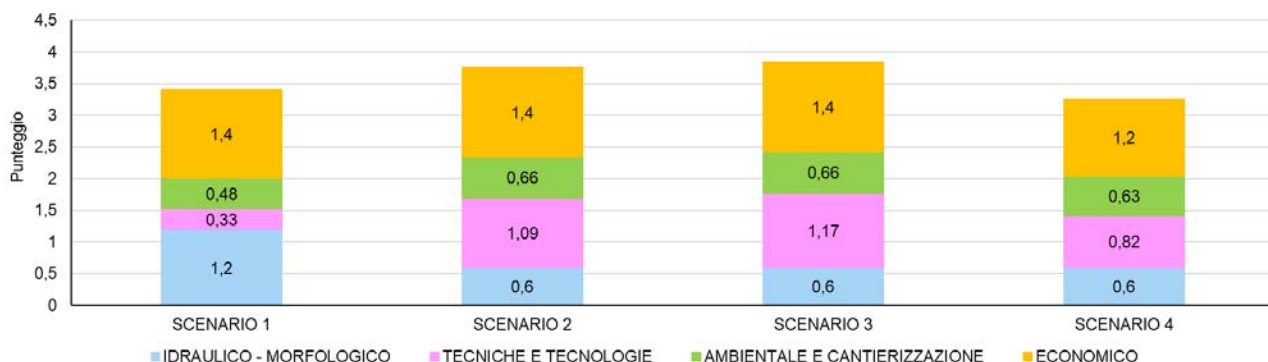


Figura 6.1: Punteggi ottenuti dai singoli scenari per i vari aspetti

Tabella 6-2: Punteggi ottenuti dai singoli scenari per i vari aspetti

ASPETTO	SCENARIO 1	SCENARIO 2	SCENARIO 3	SCENARIO 4
Idraulico - Morfologico	1.2	0.6	0.6	0.6
Tecniche - Tecnologie	0.33	1.09	1.17	0.82
Ambientale E Cantierizzazione	0.48	0.66	0.66	0.63
Economico	1.4	1.4	1.4	1.2
TOT	3.41	3.75	3.83	3.25

In ragione di tali valutazioni, e grazie al contributo del tavolo tecnico, veniva individuata lo Scenario 4 quale soluzione progettuale “vincente” ed esso costituisce pertanto la base di riferimento per lo sviluppo del presente Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE).

7. OBIETTIVI ATTESI

Come analizzato e verificato il salto del meandro ancorché causato da un processo comunque naturale è in questo caso stato accelerato principalmente dall'abbassamento del thlaweg del Fiume Po.

Le opere previste prevedono la realizzazione di 10 opere (descritte poi nel seguito) e che riguardano l'arretramento di un tronco arginale in sponda sx in comune di Roccabianca, la riattivazione idrodinamica di circa 4 km di cappio fluviale attualmente abbandonato.

Sono previste anche altre opere collaterali sempre volte a ripristinare la funzionalità morfologica e idraulica dell'alveo, migliorando la continuità del deflusso e favorendo il recupero delle dinamiche fluviali naturali. Nel complesso, le opere sono concepite come un sistema integrato di interventi idraulici ed ambientali, orientati all'aumento della sicurezza idraulica e alla riqualificazione del corso d'acqua

Grazie alla realizzazione delle opere previste si potrebbero ottenere i seguenti benefici:

- 1) L'arretramento dell'argine maestro allontanerebbe il pericolo di crollo di quello attuale ormai in frodo. Infatti il petto che lo separa dal fiume è di 3 metri, per cui esiste il concreto rischio di cedimento. Nel caso di collasso si allagherebbe buona parte del Comune di Roccabianca.
- 2) Il potenziamento delle protezioni al piede delle difese esistenti comporterebbe un rallentamento del processo erosivo delle sponde ormai prossime ai presidi arginali che proteggono i Comuni di Gramignazzo, Sissa e Trecasali.
- 3) La realizzazione delle due ture in burghe rallenterebbe il processo erosivo in testa al cappio che oggi ha raggiunto valori impressionanti: circa 20 metri di profondità dalla golena e circa 25m dalla sommità arginale.
- 4) Sempre la realizzazione delle due ture in burghe e massi associata alla riattivazione del cappio consentirebbe di ridurre la pendenza con il potenziale recupero di circa 4m di altezza in considerazione che la pendenza del thlaweg è del 0.1% e conseguentemente ridurre le velocità della corrente.
- 5) Il conseguente ripascimento del thlaweg del fiume Taro verso monte consentirebbe una maggiore capacità laminativa delle golene e che oggi vengono allagate sempre meno e che piano piano si stanno interrando riducendone ulteriormente la stessa capacità laminativa.
- 6) Sempre il conseguente ripascimento del thlaweg verso monte rallenterebbe il processo erosivo delle sponde con vistosi cedimenti spondali (vedi ad esempio lo sbocco del tor. Stirone poco a monte) che comportano importanti costi per la realizzazione di opere di potenziamento risarcimento delle stesse difese ormai sofferenti.
- 7) Anche da un punto di ambientale i benefici attesi sarebbero amplificati in quanto le opere previste aumenterebbe l'areale di allagamento con maggiore area bagnata e quindi colonizzabile dalle numerose specie ittiche ed ornitiche che prediligono proprio questi ecosistemi acquatici a bassa profondità ma estesi: oggi viceversa il fiume Taro è un canale costretto da due ripide sponde.

8. SCENARIO DI PROGETTO DA €4ML

Lo scenario di progetto generale da € 4 ML prevede la realizzazione delle seguenti dieci opere:

Tabella 8-1: Riepilogo opere di progetto

OPERA 1	<i>Arretramento arginale</i>
OPERA 2	<i>Scoronamento spondale e rivestimento in massi</i>
OPERA 3	<i>Ripristino dell'area di taglio del meandro</i>
OPERA 4	<i>Scavo cappio abbandonato</i>
OPERA 5	<i>Protezione spondale cappio</i>
OPERA 6	<i>Prolungamento difesa esistente in massi</i>
OPERA 7	<i>Prolungamento difesa esistente in terra</i>
OPERA 8	<i>Risarcimento difesa esistente 1</i>
OPERA 9	<i>Risarcimento difesa esistente 2</i>
OPERA 10	<i>Sistemazione ambientale</i>

(Riferimento Tavole PFTE.9 Master Plan Scenario di Progetto)

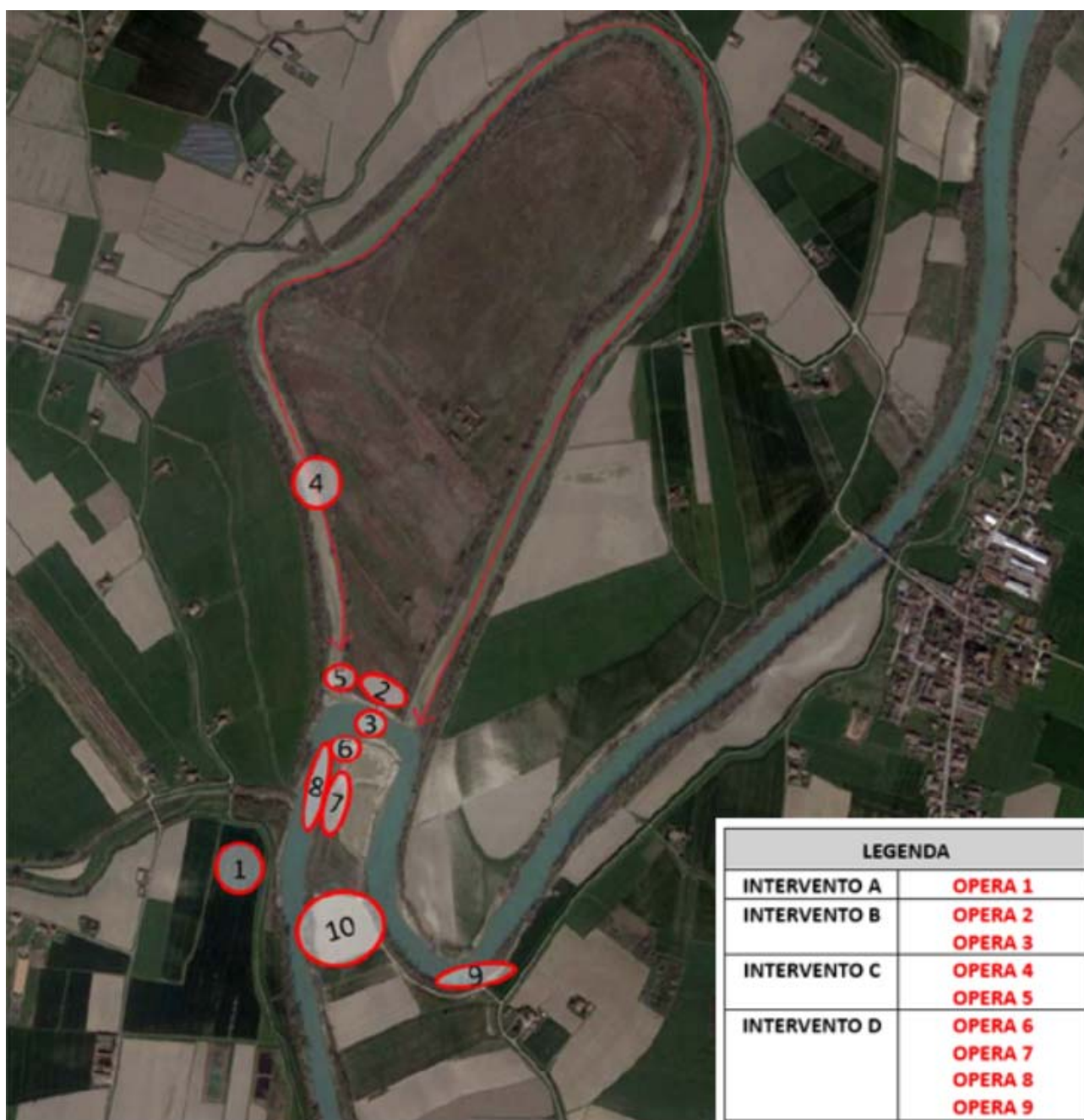


Figura 8.1: Planimetria Scenario di progetto con ubicazione indicativa delle difese

Nei seguenti paragrafi vengono meglio descritte le opere di progetto.

8.1. OPERA 1: ARRETRAMENTO ARGINE MAESTRO

(Rif. Tav. PFTE.10 e PFTE.11)

L'Opera 1 prevede l'arretramento di un tratto di circa 255 m dell'argine maestro sinistro del fiume Taro, attualmente in frodo, in località Fontanelle, a monte della confluenza con il collettore Rigosa Nuova. Il nuovo tracciato arginale si sviluppa longitudinalmente per una lunghezza complessiva di circa 255 m e mantiene le quote sommitali dell'argine esistente, garantendo la continuità delle condizioni di sicurezza idraulica del tratto.



Figura 8.2: Estratto Tav.PFTE.10 – Planimetria arretramento argine maestro 2024

Il materiale necessario alla formazione del nuovo presidio arginale sarà reperito mediante lo smantellamento di un tratto di argine esistente ubicato in prossimità del centro abitato di San Secondo, dove nei primi anni 2000 è stato realizzato un nuovo argine più esterno, anch'esso finalizzato alla messa in sicurezza di un tratto precedentemente in frodo. Tale scelta consente di ridurre il ricorso a materiali di cava, in coerenza con i principi di sostenibilità ambientale ed economia circolare.



Figura 8.3: Estratto Tav.PFTE.10 – Planimetria smantellamento argine S. Secondo

Su entrambi i tratti arginali sono state eseguite indagini geotecniche finalizzate alla caratterizzazione dei materiali. In particolare:

- per l'argine esistente oggetto di smantellamento, le indagini sono state condotte al fine di verificare che il terreno disponibile presenti caratteristiche geotecniche e granulometriche idonee al reimpiego per la realizzazione di nuovi argini, in conformità alla normativa tecnica vigente;
- per il nuovo argine esistente in prossimità di San Secondo, le indagini hanno avuto lo scopo di verificare l'idoneità strutturale e geotecnica del presidio, assicurando la sua adeguatezza alle condizioni di esercizio e di sicurezza idraulica previste

I risultati delle indagini sono riportati nella relazione *PFTE.D Relazione geologica, geotecnica e sismica*.

Nella fattispecie, l'intervento prevede lo smantellamento di un tratto di circa 350 m di argine in località San Secondo, con successiva sistemazione superficiale del sedime mediante semina, al fine di ripristinare condizioni di stabilità e di integrazione ambientale dell'area. Il materiale terroso derivante dallo smantellamento sarà trasportato al cantiere di realizzazione del nuovo argine e riutilizzato quale materiale di riporto.

Per la formazione del nuovo presidio arginale è previsto uno scoronamento preliminare del piano di posa per uno spessore di circa 50 cm, finalizzato all'imbasamento del rilevato. Successivamente si procederà alla realizzazione del rilevato arginale mediante la stesa di strati orizzontali di materiale di spessore massimo pari a 30 cm, opportunamente rullati e compattati al fine di garantire le caratteristiche geotecniche richieste in termini di stabilità e durabilità.

A completamento dell'opera, sarà realizzata una massicciata stradale in sommità dell'argine, in modo da rendere il presidio carrabile e idoneo alle attività di ispezione e manutenzione. Le scarpate arginali saranno infine oggetto di rinverdimento mediante stesa di terreno vegetale e idrosemina, assicurando la protezione superficiale dall'erosione e l'inserimento paesaggistico dell'opera nel contesto fluviale.

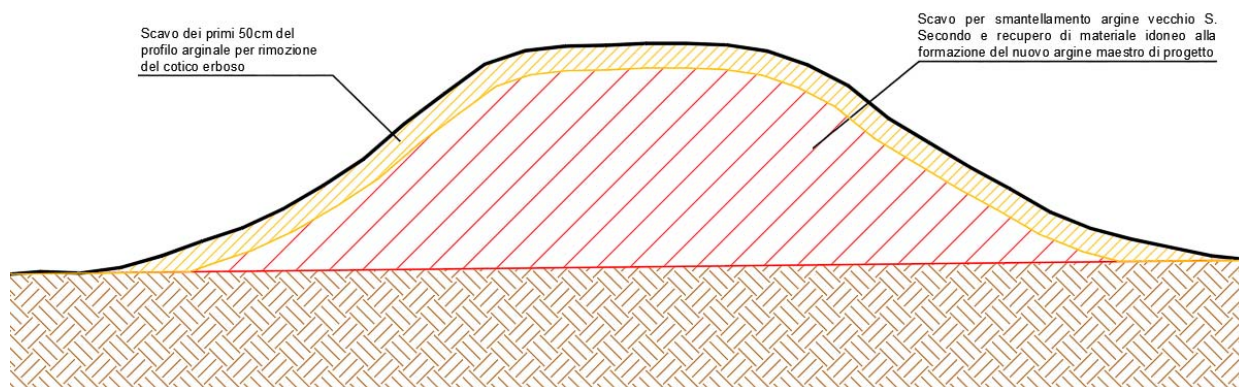


Figura 8.4: Opera 1 - Estratto Tav.PFTE.11 - Sezione Tipologica smantellamento argine vecchio S. Secondo

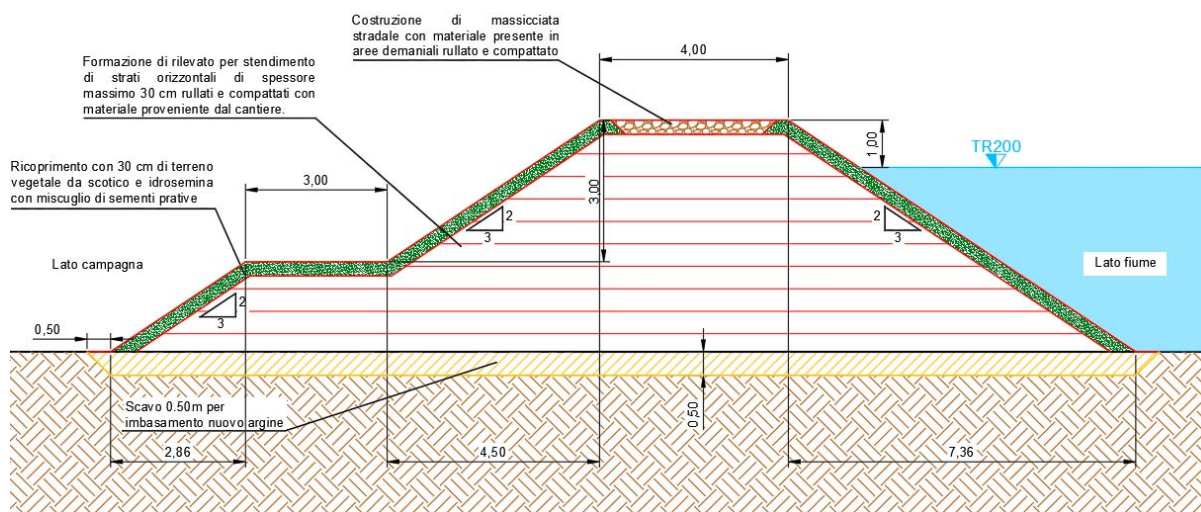


Figura 8.5: Opera 1 - Estratto Tav.PFTE.11 - Sezione Tipologica formazione nuovo argine

8.2. OPERA 2: SCORONAMENTO SPONDA SINISTRA E RIVESTIMENTO IN MASSI

(Rif. Tav. PFTE.12 e PFTE.13)

Premesso che l'opera sarà realizzata in 2 stralci, è stata prevista l'esecuzione di una difesa in massi sulla sponda sinistra del salto del meandro per mitigare eventuali fenomeni di erosione della sponda e di

scalzamento dell'opera di riempimento del salto (Opera3). La realizzazione effettiva di tale opera sarà valutata in corso di esecuzione dei lavori del 1° stralcio sulla base dell'effettivo stato dei luoghi e delle opere realizzate.

Per la presente opera è previsto lo scoronamento della scarpata in sponda sinistra in corrispondenza del salto di meandro, mediante modellazione con pendenza pari a 1:5, al fine di addolcire il profilo spondale e ridurre i fenomeni di erosione laterale. Il materiale derivante dallo scoronamento sarà parzialmente riutilizzato per il riempimento dell'Opera 3 e, per la quota restante, destinato alla realizzazione dell'Opera 7, in un'ottica di ottimizzazione delle risorse e riduzione dei materiali di conferimento.

È inoltre previsto il rivestimento della scarpata rimodellata nel tratto compreso tra la quota 24.00 m s.l.m. e la quota 25.50 m s.l.m., mediante posa di massi di pezzatura compresa tra 300 kg/cad e 1.000kg/cad, finalizzato all'incremento della resistenza all'erosione indotta dalla corrente.

A integrazione dell'opera di difesa, e al fine di rafforzare ulteriormente la stabilità spondale e favorire la rinaturalizzazione dell'intervento, è prevista la messa a dimora di una copertura vegetale diffusa mediante astoni di salice, da realizzarsi lungo l'intero sviluppo longitudinale del rivestimento in massi e per una larghezza trasversale pari a circa 4 m, contribuendo sia alla protezione superficiale della scarpata sia al miglior inserimento paesaggistico dell'opera.

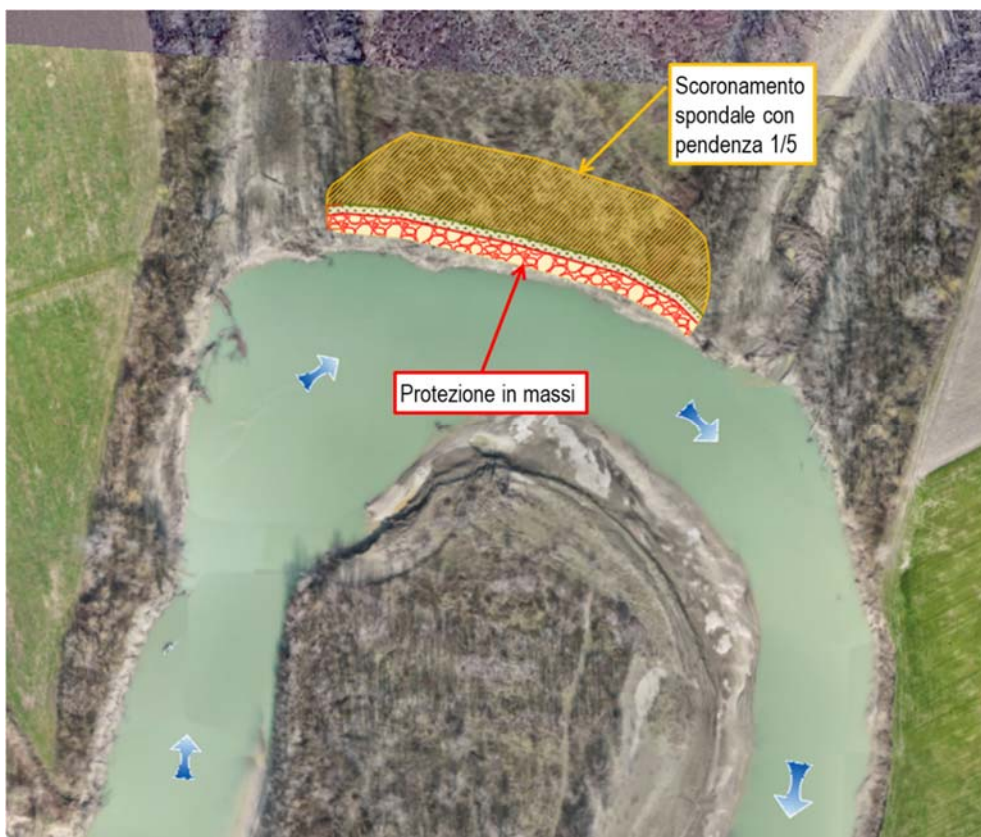


Figura 8.6: Estratto Tav.PFTE.12 – Planimetria Opera 2

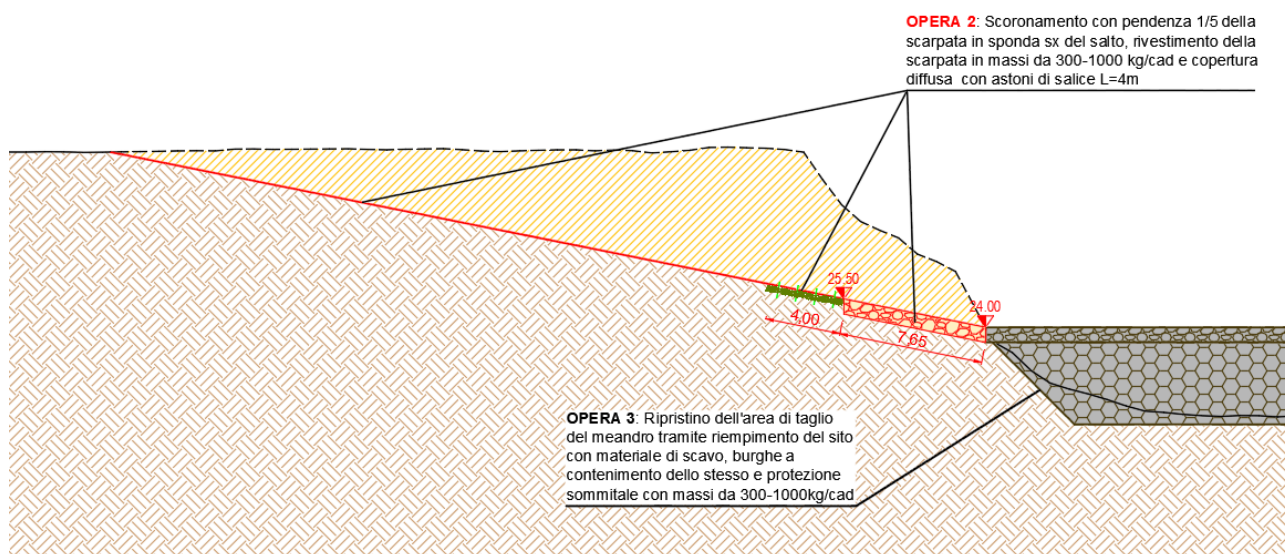


Figura 8.7: Opera 2 - Estratto Tav. PFTE.13 - Sezione Tipologica

8.3. OPERA 3: RIPRISTINO DELL'AREA DI TAGLIO DEL MEANDRO

(Rif. Tav. PFTE.14 e PFTE.15)

Questa è una delle opere cardine dello scenario di progetto: il mantenimento dell'apertura in corrispondenza del salto di meandro, evitando quindi la sua chiusura e il ripristino delle quote del piano golenale antecedente all'insorgere del fenomeno, consente, in particolare in condizioni di magra e in combinazione con l'Opera 4 di scavo del cappio abbandonato, di perseguire molteplici obiettivi funzionali.

In primo luogo, l'intervento permette la riattivazione idraulica di circa 4 km di cappio fluviale, che allo stato attuale risultano completamente esclusi dalle portate di magra e di morbida del fiume Taro; contestualmente, la permanenza dell'apertura contribuisce alla dissipazione dell'energia della corrente, determinando un rallentamento del flusso e una più equilibrata ripartizione delle portate tra i rami fluviali.

Tale configurazione progettuale consente di ridurre in modo significativo il dislivello tra i peli liberi del ramo di monte e di valle del fiume Taro, dislivello che rappresenta una delle principali cause dell'insorgere del salto di meandro. In particolare, mentre nelle condizioni antecedenti al salto il salto di quota tra i peli liberi risultava pari a circa 1.8–2.0 m in occasione di portate di magra–morbida ($Q=60 \text{ m}^3/\text{s}$), nelle condizioni di progetto, a parità di portata, esso si riduce a circa 0.90 m. Al superamento di tale assetto, si attiva il lembo di separazione dei due rami ripristinato, determinando la messa in comunicazione idraulica dei due rami e la conseguente eguaglianza dei livelli idrici, con un evidente miglioramento della stabilità morfologica del tratto fluviale riducendone la capacità erosiva.

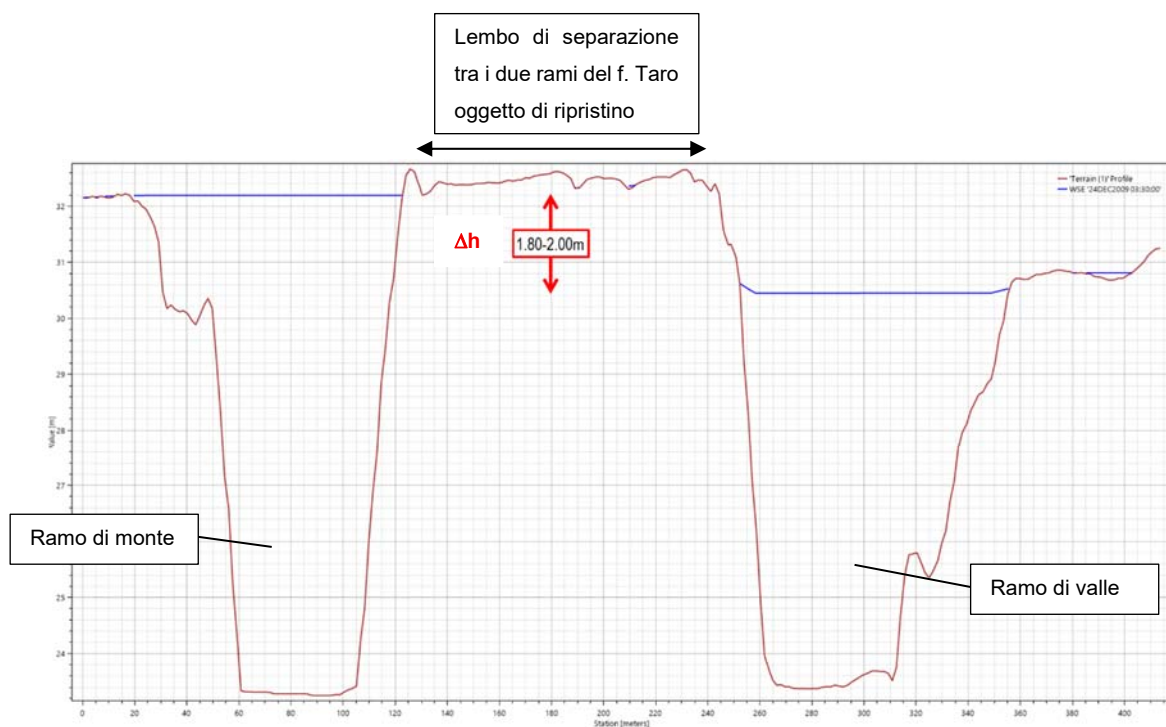


Figura 8.8: Dislivello dei peli liberi in condizioni antecedenti al salto del meandro

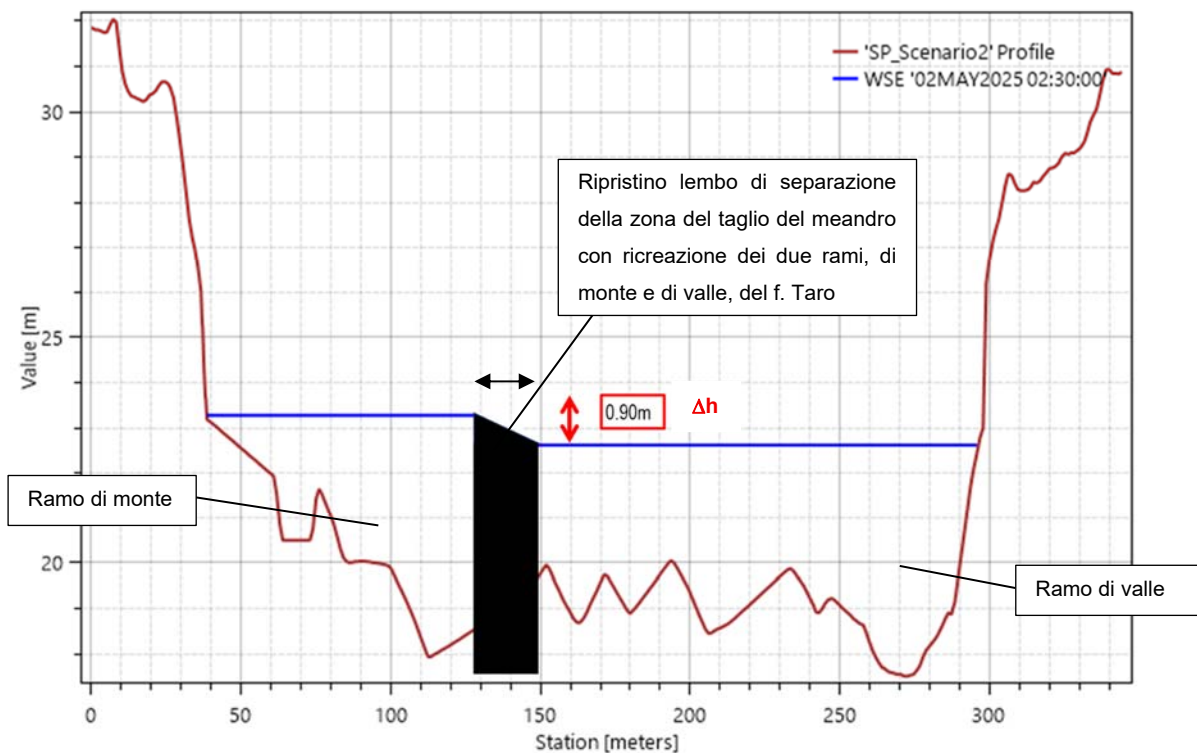


Figura 8.9: Dislivello dei peli liberi a seguito degli interventi di progetto

Inoltre, il ripristino del lembo di separazione dei due rami contribuisce in modo significativo a favorire la sedimentazione delle particelle solide e il ripascimento del letto del corso d'acqua, grazie alla riduzione locale

dell'energia della corrente: il rallentamento del flusso della corrente riduce la capacità di trasporto solido, inducendo la progressiva decantazione dei sedimenti sul fondo e favorendo la ricostituzione del profilo altimetrico del letto fluviale.

L'intervento prevede dunque la realizzazione di due ture, che fungeranno da contenimento del terreno, costituite da burghe in rete metallica a doppia torsione con maglia tipo 8×10mm, di lunghezza 2.00 m e diametro equivalente $d = 0.65$ m. Le burghe sono disposte in modo da costituire manufatti con sviluppo trasversale ortogonale alla direzione della corrente e presentano una geometria trapezoidale, con base minore in sommità pari a 6.00 m.

I paramenti sono impostati con pendenza 1/1 (45°) per entrambe le ture, ad eccezione del paramento di valle della tura di valle, per il quale è adottata una pendenza più dolce, 1/3. Tale accorgimento progettuale è finalizzato ad addolcire la vena di scolmo, così da ridurre la formazione di turbolenze locali e limitare i fenomeni di erosione di fondo in corrispondenza del piede di valle e nel tratto immediatamente a tergo della struttura. Le quote delle sommità delle due ture sono differenziate (23.50 m s.l.m. la tura di monte e 23.30 m s.l.m. quella di valle) per garantire un graduale abbassamento del fondo e un controllo idraulico della corrente. Successivamente alla realizzazione dei due corpi in burghe si provvederà al riempimento dell'area compresa con terreno reperito dal cantiere.

Infine, si completa l'opera rivestendo la sommità con massi da 300-1000kg/cad sino a quota 23.50m s.l.m. in corrispondenza della tura di monte e 23.30m s.l.m. per quella di valle, con l'obiettivo di stabilizzare ulteriormente l'opera e per dare uniformità con le opere di progetto contigue alla stessa

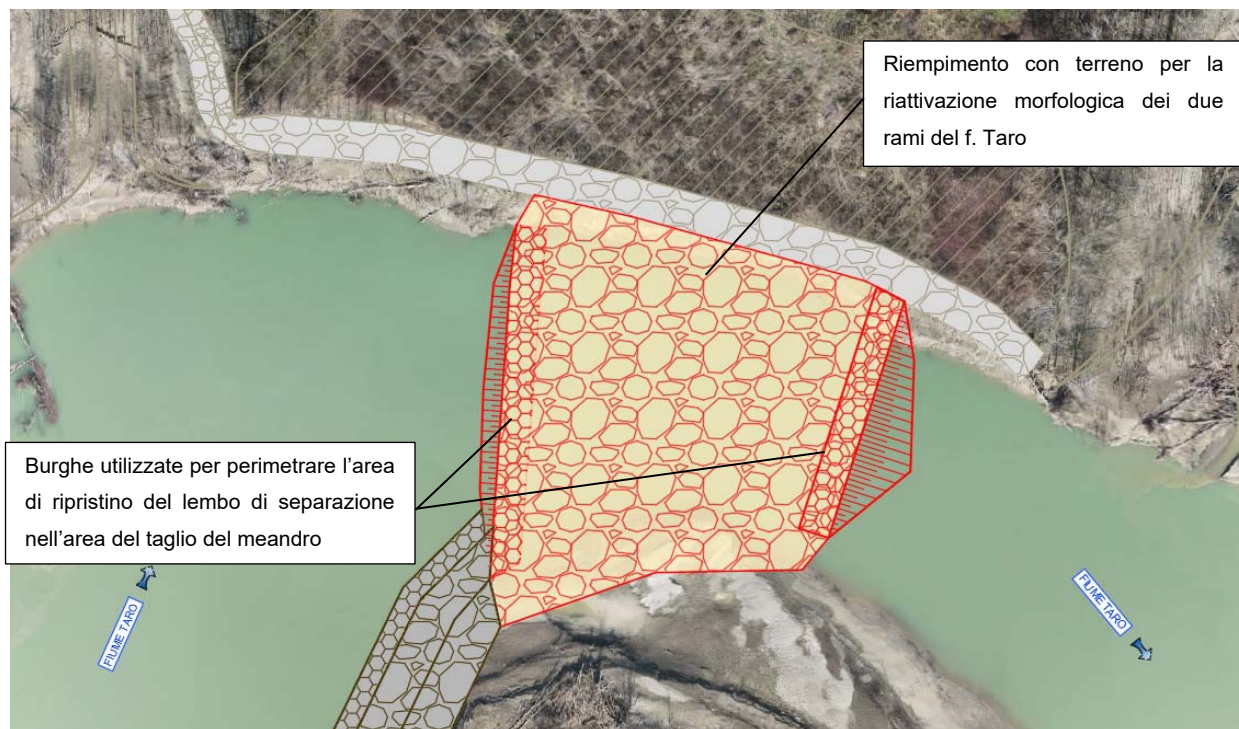


Figura 8.10: Estratto Tav.PFTE.14 – Planimetria Opera 3

8.4. OPERA 4: RIATTIVAZIONE DEL CAPPIO ABBANDONATO

(Rif. Tav. PFTE.16 e PFTE.17)



Un'ulteriore opera finalizzata al rallentamento dei fenomeni di erosione del fondo del fiume Taro consiste nella riattivazione idrodinamica di circa 4 km di alveo fluviale attualmente abbandonato. L'intervento prevede lo scavo di circa 3.7 km del ramo dismesso, mediante la realizzazione di una sezione di deflusso a geometria trapezoidale. In particolare, è previsto lo scavo dei primi 1000 m a partire dall'imbocco del cappio fino all'immissione del Cavo Rigosa Vecchia; segue un tratto di circa 300 m di alveo già impostato alla quota di progetto, oltre il quale lo scavo riprende fino allo sbocco del cappio. Affinché il ramo possa riattivarsi correttamente, anche in sinergia con l'Opera 3, la quota di imbocco del cappio è fissata a 20.50 m s.l.m.

La pendenza longitudinale del ramo è pari a circa lo 0,1%.

Figura 8.11: Estratto Tav.PFTE.16 – Planimetria Opera 4

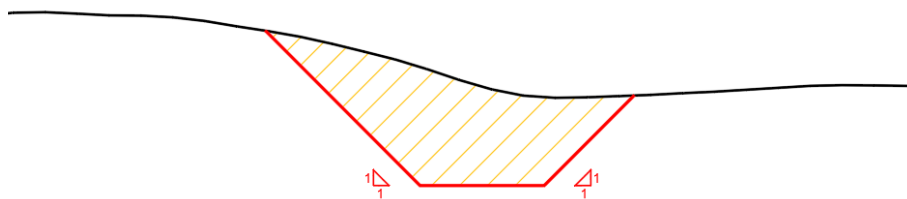


Figura 8.12: Opera 4 - Estratto Tav. PFTE.17 - Sezione Tipologica

8.5. OPERA 5: PROTEZIONE SPONDALE CAPPIO

(Rif. Tav. PFTE.18 e PFTE.19)

Al fine di evitare che la corrente in ingresso dal ramo di monte, a seguito della sua riattivazione, determini fenomeni di erosione della sponda destra con possibile innesco di un nuovo salto di meandro, si prevede la realizzazione di un'opera di protezione spondale mediante difesa in massi di pezzatura compresa tra 300 e 1000 kg, completata da una berma di piede costituita da massi ciclopici di peso unitario superiore a 1000 kg, appoggiata su una fila di burghe in rete metallica a doppia torsione ($L=2$ m, $d=0.65$ m, maglia tipo 8x10) per stabilizzazione e consolidamento del piano di posa della difesa in massi.

Infine, come per l'Opera2, al fine di rafforzare ulteriormente la stabilità spondale e favorire la rinaturalizzazione dell'intervento, è prevista la messa a dimora di una copertura vegetale diffusa mediante astoni di salice, da realizzarsi lungo l'intero sviluppo longitudinale di 50m e per una larghezza trasversale pari a circa 4 m.

La difesa si dovrà raccordare con i massi e la copertura diffusa dell'Opera 2.



Figura 8.13: Estratto Tav.PFTE.18 – Planimetria Opera 5

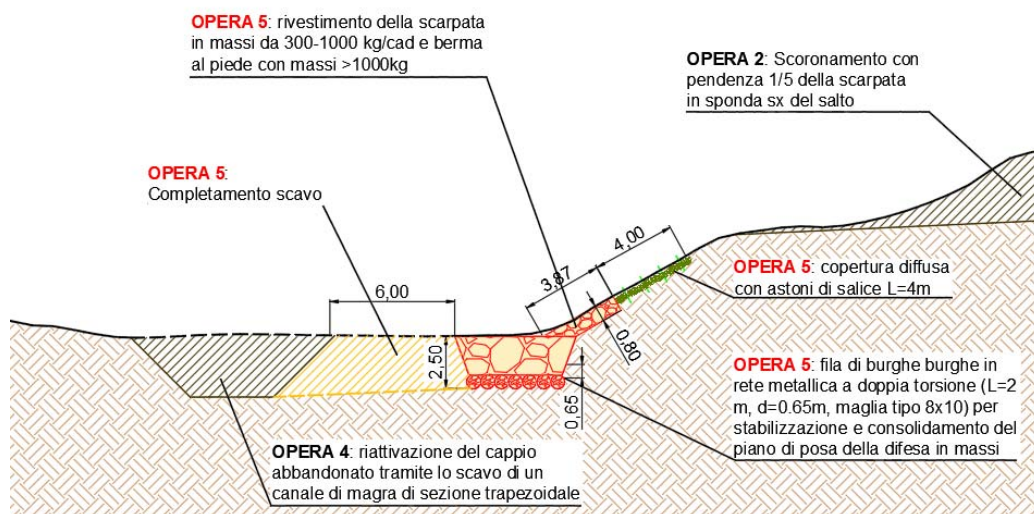


Figura 8.14: Opera 5 - Estratto Tav. PFTE.19 - Sezione Tipologica

8.6. OPERA 6: PROLUNGAMENTO DIFESA ESISTENTE IN MASSI

(Rif. Tav. PFTE.20 e PFTE.21)

L'obiettivo di questa opera è il prolungamento di una difesa esistente in massi e il raccordo della stessa con i massi di rivestimento dell'Opera3, così da avere la totalità della sponda destra protetta contro l'erosione.



Figura 8.15: Estratto Tav. PFTE.20 - Planimetria Opera 6

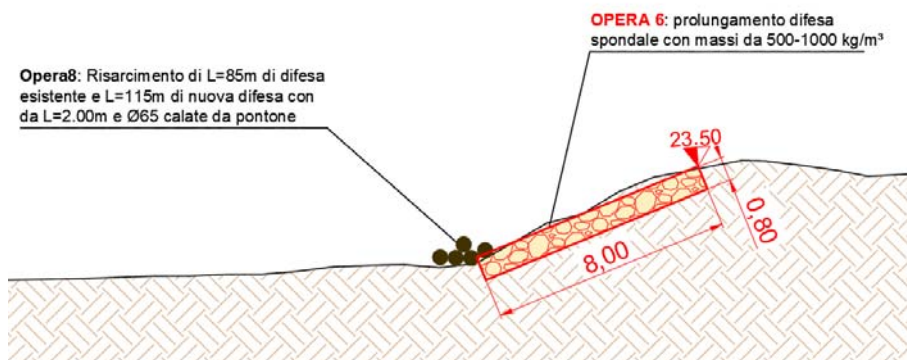


Figura 8.16: Opera 6 - Estratto Tav. PFTE.21 - Sezione Tipologica

8.7. OPERA 7: PROLUNGAMENTO DIFESA ESISTENTE IN TERRA

(Rif. Tav. PFTE.22 e PFTE.23)

Le lavorazioni previste nell'ambito della presente opera sono finalizzate al prolungamento della difesa in terra esistente, realizzata nei primi anni successivi al primo salto di meandro verificatosi nel 2008. L'intervento consiste nel prolungamento del rilevato in terra fino alla quota di 32 m s.l.m., con una larghezza della sommità pari a 10 m.

I materiali terrosi necessari alla realizzazione dell'opera derivano dagli scavi e dagli interventi di scoronamento previsti nell'ambito delle Opere 2 e 4 e risultano pertanto integralmente riutilizzati all'interno del cantiere.

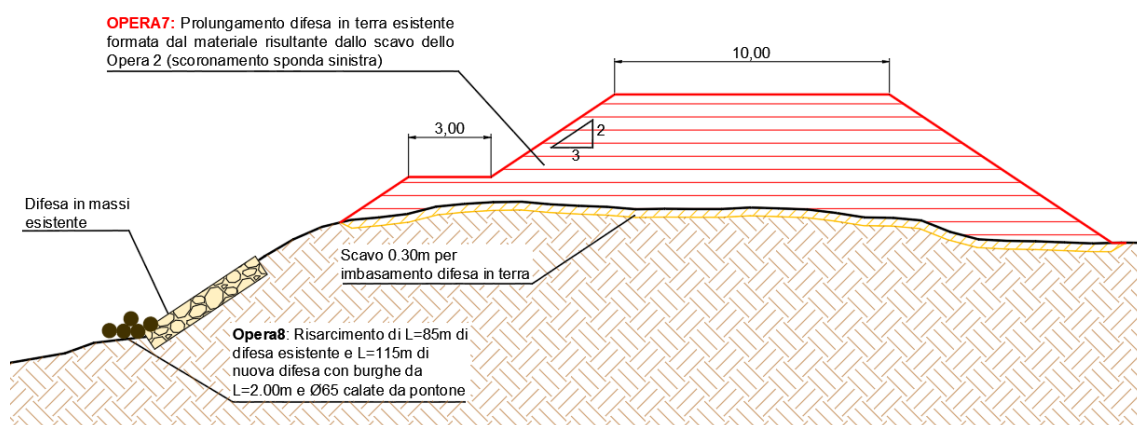


Figura 8.17: Opera 7 - Estratto Tav. PFTE.23 - Sezione Tipologica

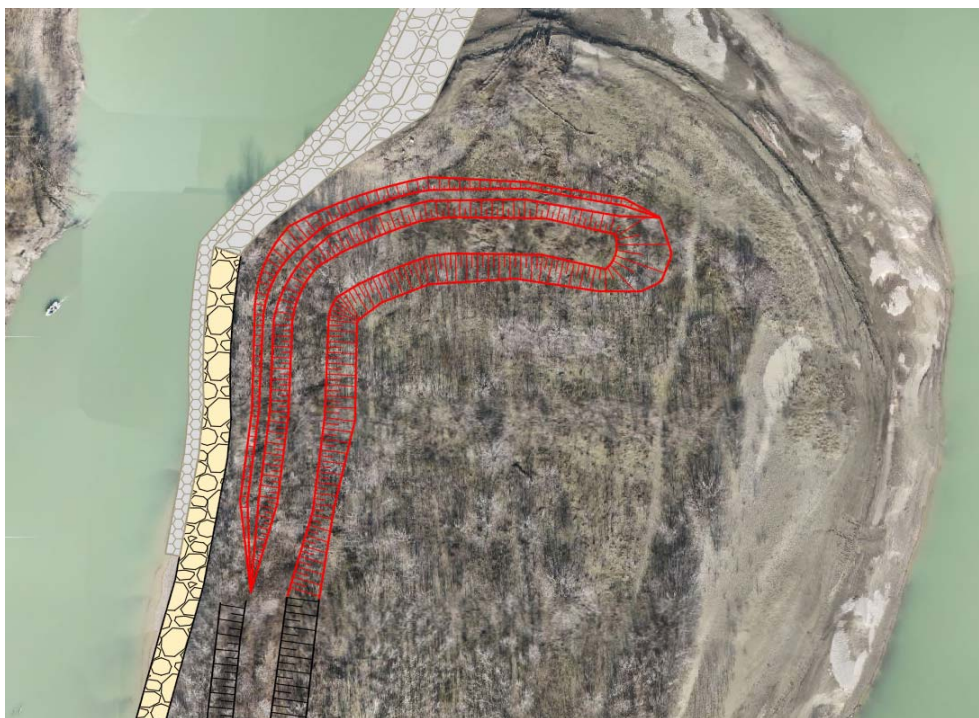


Figura 8.18: Estratto Tav.PFTE.22 – Planimetria Opera 7

8.8. OPERE 8 E 9: RISARCIMENTO DIFESE ESISTENTI IN BURGHE

(Rif. Tav. PFTE.24)

La presente opera si rende necessaria al fine di ripristinare e risarcire due opere esistenti in massi. Le burghe impiegate, posate mediante calata da pontone, sono finalizzate a incrementare la stabilità del piede delle opere in massi, contrastando fenomeni di scalzamento e migliorando il comportamento strutturale complessivo dell'intervento



Figura 8.19: Opera 8 - Estratto Tav. PFTE.24 - Sezione Tipologica

8.9. OPERA 10: SISTEMAZIONE AMBIENTALE

A compensazione degli impatti, seppur necessari, generati in fase di realizzazione delle opere, sono stati definiti interventi di sistemazione ambientale che favoriscano una rapida ripresa degli ecosistemi interferiti, a compensazione degli impatti residui non completamente mitigabili.

Le opere di sistemazione ambientale presentano contribuiscono a compensare gli effetti complessivi, generati dai disboscamenti necessari al transito dei mezzi e la realizzazione delle opere spondali, anche attraverso la sostituzione di risorse ambientali depauperate con risorse di valenza ecologica compatibile con il contesto del SIC.

Gli interventi possono essere riassunti e schematizzati come di seguito:

- **Ripristino delle aree interferite nel SIC**
 - o Decompattazione e inerbimento delle aree e piste su sedime erboso;
 - o Ripiantumazione delle aree e piste in ambiti ripariali finalizzate al ripristino delle condizioni **ante operam**, mediante utilizzo di specie autoctone previste dagli strumenti di pianificazione del SIC, con miglioramento dello stato ambientale attuale.

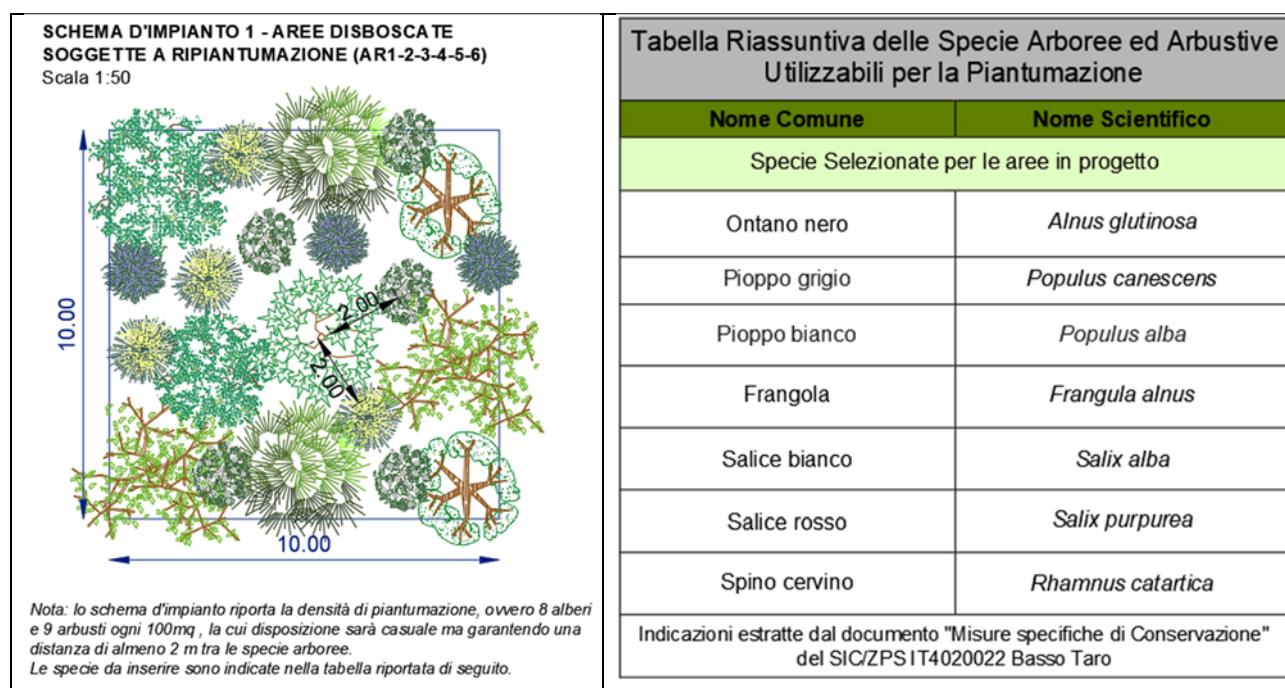


Tabella 8-2 Schema d'impianto delle aree di cantiere da ripiantumare - estratto Tav. PFTE.25 Planimetria di Progetto Opera 10: Sistemazione ambientale

- **Realizzazione di area vegetata compensativa**
 - o Superficie indicativa: **circa 2 ha**;

- o Inserimento di specie arboree e arbustive autoctone, realizzazione di un boschetto con strutturazione e composizione tipiche della pianura padana, alterato a radure ed elementi arborei lineari a diversificazione del contesto ambientale e beneficio sulla biodiversità locale;
- o Strutturazione dell'area definita in coerenza con il documento "Misure Specifiche di Conservazione".



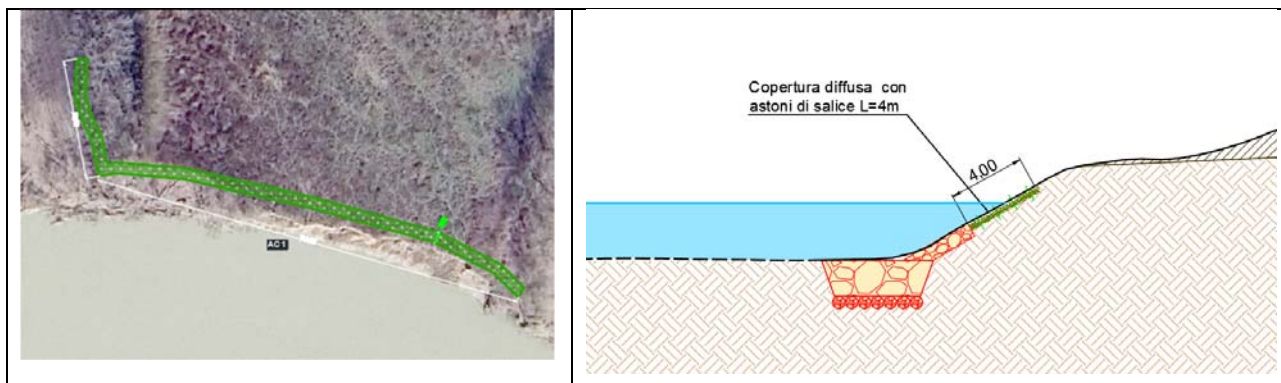
Tabella 8-3 Strutturazione dell'area di sistemazione ambientale - estratto Tav. PFTE.25 Planimetria di Progetto
Opera 10: Sistemazione ambientale

- **Copertura diffusa con astoni di salice**

Questo intervento è finalizzato al rinverdimento delle scarpate, posizionate al di sopra delle difese in massi, e riduzione dell'impatto visivo di queste strutture e consolidamento della pendenza spondale, formata da materiale sabbioso e limoso suscettibile ad erosione superficiale, ruscellamento e frane dovute a fenomeni meteorici intensi. La posa di rami di salice di lunghezza minima pari ad 1.5m, in grado di propagazione vegetativa, avverrà con una densità di 4 astoni per m². Quest'operazione vedrà l'inserimento degli astoni per una profondità minima di 30cm nel terreno i filari paralleli distanti circa 0.7m tra loro. Importante sarà inoltre posizionare in modo sfasato gli astoni tra le diverse file, in modo da evitare la creazione di disposizioni schematiche, le quali risulterebbero incoerenti rispetto al contesto ambientale. Verrà prediletto l'utilizzo di salici

prevalentemente arbustivi, quali *Salix purpurea*, *Salix triandra* con aggiunta di *Salix alba* a miglioramento della struttura verticale della formazione vegetale una volta accresciuta.

Tabella 8-4 Inquadramento spaziale e sezione tipologica della copertura diffusa di salici



Interventi integrativi di miglioramento ambientale del SIC

In ottemperanza alle Misure Specifiche di Conservazione del sito, ed in aggiunta a alle opere ambientali sopra descritte, sono previsti ulteriori interventi finalizzati a favorire e accelerare il miglioramento delle condizioni ambientali:

- **Gestione della necromassa legnosa**
 - o Rimozione esclusiva dall'alveo abbandonato per il ripristino della funzionalità idraulica;
 - o Conservazione della necromassa nelle aree ripariali;
 - o Accatastamento laterale della necromassa nelle aree di cantiere, quale supporto per la fauna saproxilica.
- **Controllo delle specie vegetali alloctone invasive**
 - o Monitoraggio semestrale dell'insediamento o dell'espansione di specie invasive nelle aree ripiantumate;
 - o Eradicazione mirata degli esemplari individuati, con modalità atte a prevenire la dispersione di semi o propaguli.

Quanto riassunto all'interno del presente paragrafo trova riscontro, attraverso una trattazione di dettaglio, all'interno del documento di progetto *PFTE.N Studio di Impatto Ambientale*, e dell'elaborato grafico *PFTE.25 Planimetria di Progetto Opera 10: Sistemazione ambientale*.

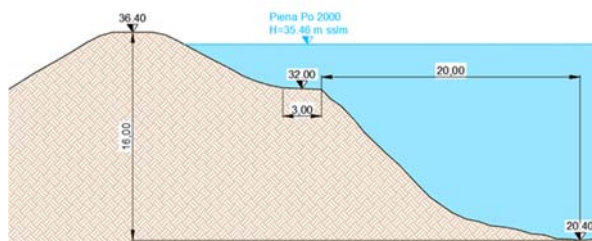
9. SCENARIO E OPERE DI PROGETTO DA €1.5ML

Le opere previste che si realizzeranno nel progetto del 1° LOTTO da € 1,5 ML sono le seguenti:

OPERA 1	<i>Arretramento arginale</i>
OPERA 2	<i>Scoronamento spondale e rivestimento in massi</i>
OPERA 3	<i>Ripristino dell'area di taglio del meandro (parziale) : tura di valle composta da burghie e massi</i>
OPERA 4	<i>Scavo del cappio abbandonato da imbocco cappio fino al Canale Rigosa e ultimo tratto del cappio</i>

Grazie alla realizzazione di queste prime opere si ottengono i seguenti benefici:

- 1) L'arretramento dell'argine maestro allontana il pericolo di crollo di quello attuale ormai in frodo. Infatti il petto che lo separa dal fiume è di 3 metri, per cui esiste il concreto rischio di cedimento.



- 2) Lo scoronamento spondale, la realizzazione della tura di valle compreso lo scavo del cappio abbandonato consentono nel breve periodo di.
 - a) Rigurgitare il risalto idraulico delle piene del F.Taro limitando il rischio di cedimento della sponda sx del cappio e quindi l'approfondimento della voragine che si è venuta a creare in testa cappio stesso,
 - b) La riattivazione del cappio ancorché limitata al solo scavo del thalweg per una sezione di 15-18m consente di far defluire le acque di morbida e di piena con TR< 5-10 anni all'interno del cappio, prolungando quindi il percorso del fiume di circa 4km
 - c) La riduzione della pendenza con il potenziale recupero di circa 4m di altezza in considerazione che la pendenza del thalweg è del 0.1% consentirebbe di rialzarne il fondo e conseguentemente ridurre le velocità della corrente.

Certamente si tratta di opere che ancorché funzionali dovranno essere completate con i lavori complessivi che si spera siano coperti da finanziamento nel più breve tempo possibile.

10. ANALISI IDRAULICHE

Le analisi idrauliche hanno lo scopo di definire i principali parametri idraulici che si stabiliscono in occasione del transito di un'onda di piena nel f. Taro.

I risultati dell'indagine sono destinati a tradursi nella determinazione dei gradienti idrometrici e della velocità della corrente.

10.1. RISULTATI SCENARIO STATO DI FATTO

Nello scenario dello stato di fatto, sino ad una portata di circa $60 \text{ m}^3/\text{s}$, l'acqua transita nel solo alveo attivo, lasciando del tutto asciutta l'ansa abbandonata. Le velocità sono modestissime (al di sotto di 1 m/s) in quasi tutto il tratto, ma dall'immagine sotto riportata è già possibile notare come, specialmente a valle del salto in sponda destra, siano presenti degli incrementi locali, causa dell'erosione spondale tutt'oggi in atto.

Dopodiché il cappio comincia a riempirsi per rigurgito da valle verso monte sino al completo riempimento. Nell'istante del passaggio del picco, le velocità sono intorno ai 2 m/s lungo lo sviluppo dell'alveo principale del Taro.

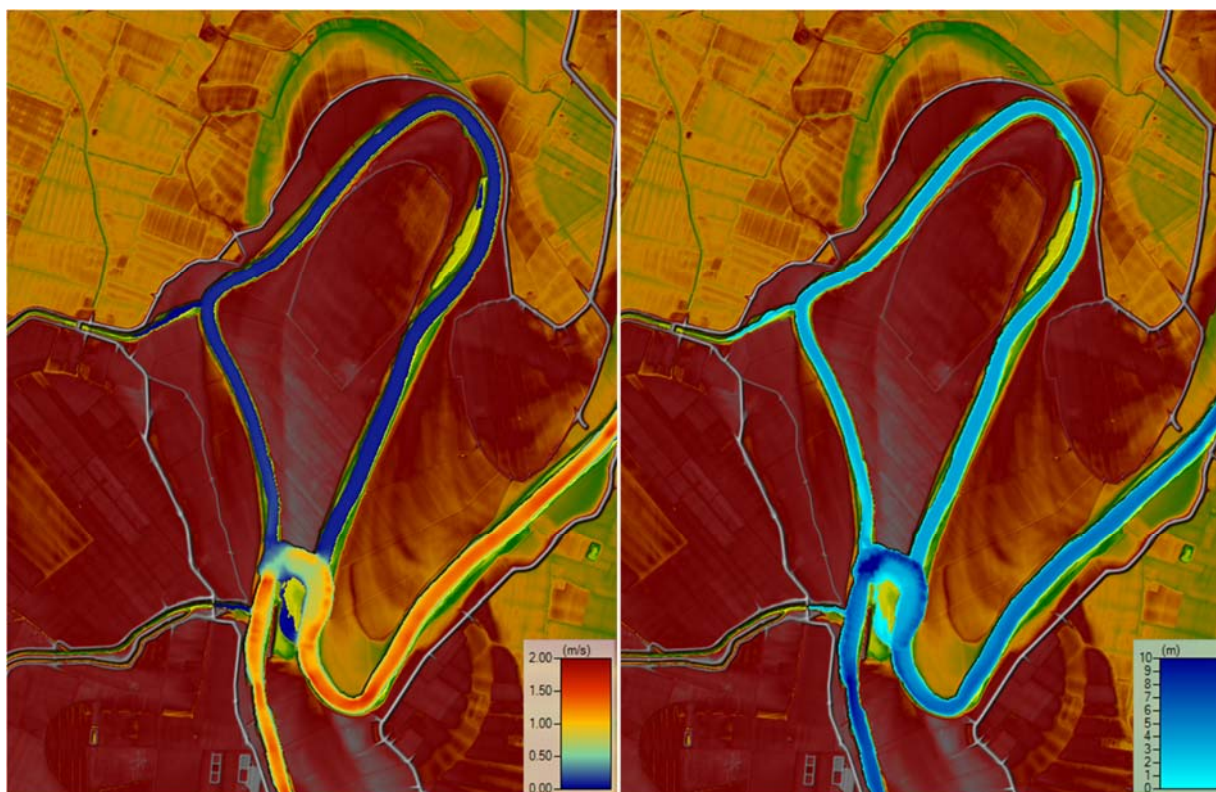


Figura 10.1: Mappa delle velocità (a sinistra) e dei tiranti idrici (a destra) che si instaurano al passaggio del picco dell'onda di piena TR10 anni

10.2. RISULTATI SCENARIO DI PROGETTO

In condizioni di magra, cioè quando il livello a monte del lembo di suddivisione dei due rami del f. Taro ripristinato è al di sotto della quota di sfioro di 23.50 m s.l.m., la corrente entra nel cappio scavato (imbocco a quota 20.50 m s.l.m.) e lo percorre con una velocità di circa 0.30m/s.

Nella condizione di incipiente sfioro ($Q=15$ m/s), cioè quando il livello a monte è pari alla quota di sfioro, il dislivello tra il pelo libero di monte e quello di valle è di circa 0.90m.

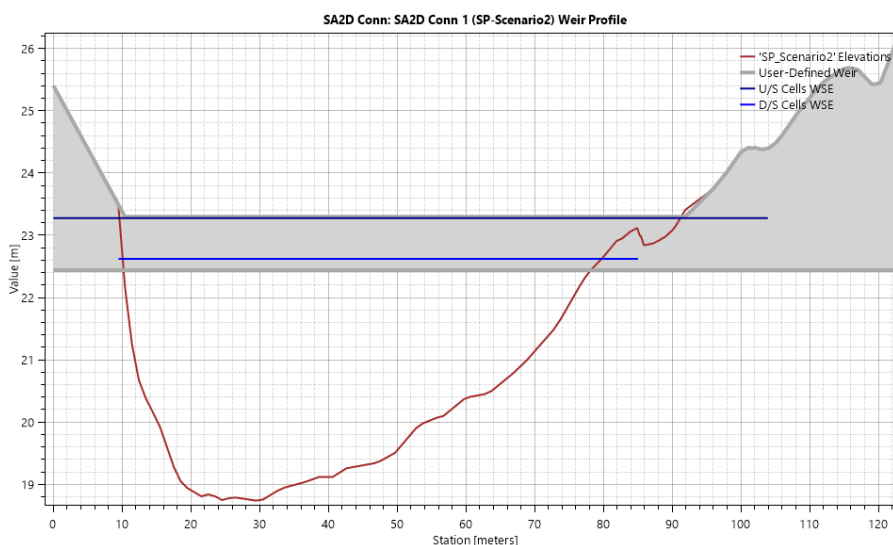


Figura 10.2: Lembo di suddivisione dei due rami – sezione longitudinale

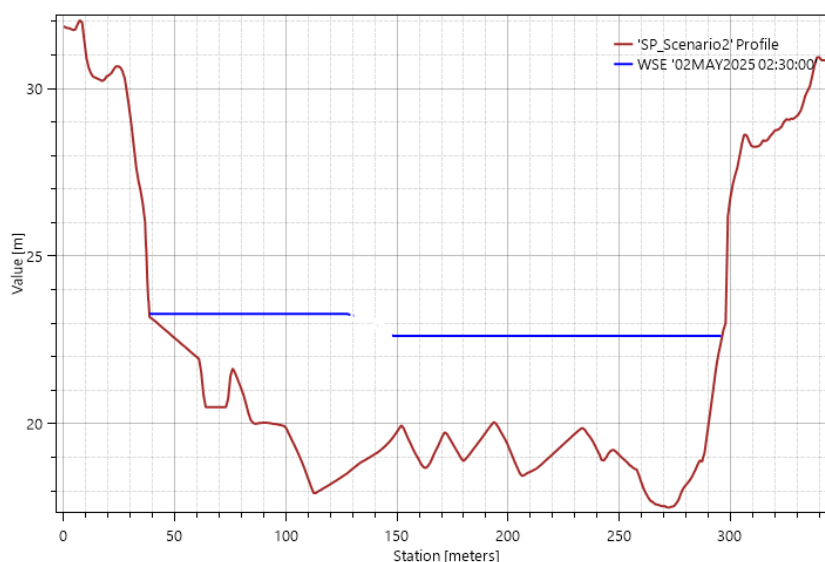


Figura 10.3: Lembo di suddivisione dei due rami – sezione trasversale

Dopodiché l'acqua scolma il lembo ricostruito e i livelli a valle cominciano ad alzarsi, diminuendo il dislivello tra i peli liberi.

Confrontando la distribuzione della velocità della corrente nello stato di progetto (Figura 10.5) con quello di fatto (Figura 10.4) nell'istante con portata pari a $60\text{m}^3/\text{s}$, si osserva una significativa riduzione delle velocità. Questo effetto è appunto attribuibile alla presenza del lembo di separazione, che funge da elemento di regolazione idraulica.

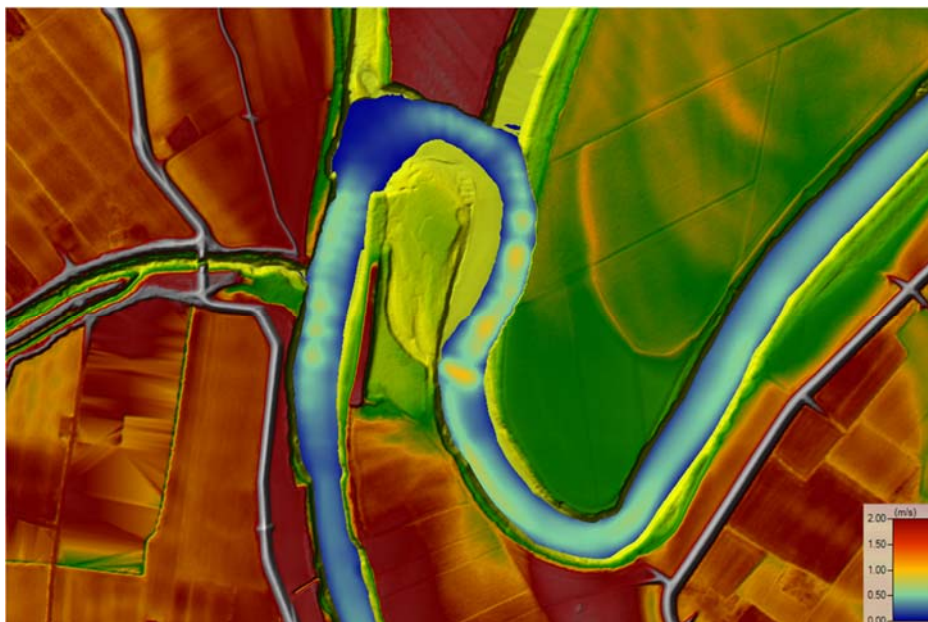


Figura 10.4: Velocità nello stato di fatto per $Q=60\text{m}^3/\text{s}$

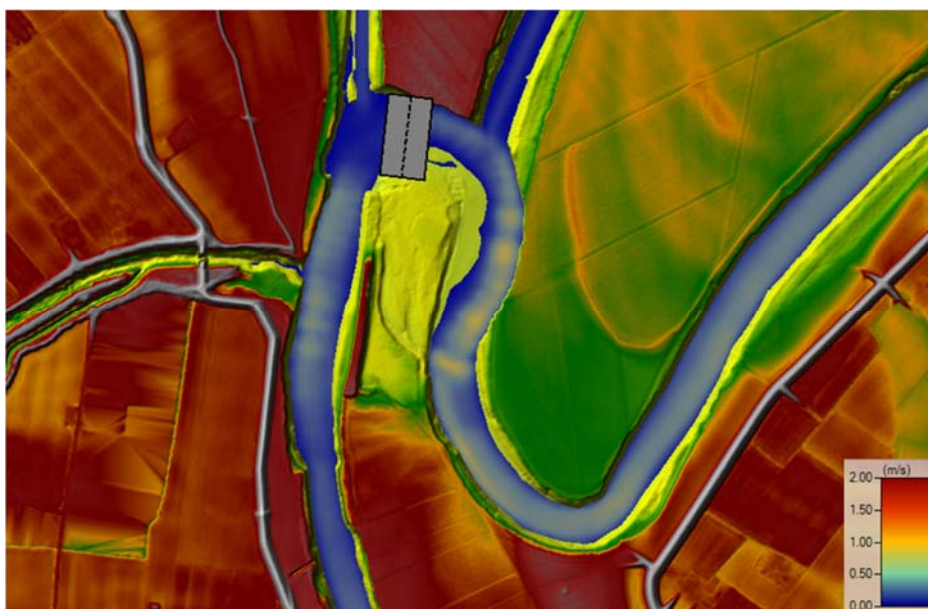


Figura 10.5: Velocità nello stato di progetto per $Q=60\text{m}^3/\text{s}$

Nell'istante del passaggio del picco dell'onda di piena, le velocità sono pressoché identiche allo stato di fatto. Di fatto, il lembo di separazione dei rami del fiume svolge un ruolo fondamentale nella regolazione delle velocità fluviali, soprattutto in condizioni di magra: in queste situazioni, caratterizzate da portate ridotte, l'opera

contribuisce a dissipare energia e agisce rallentando sensibilmente il flusso, limitando i fenomeni erosivi e a migliorando la stabilità del fondo e delle sponde del canale. In condizioni di piena, invece, quando il livello dell'acqua supera la quota sommitale, l'effetto di rallentamento viene meno man mano che il livello sale e di conseguenza il flusso si sviluppa in modo pressoché indisturbato e le velocità non risentano dell'opera.

11. ANALISI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Le indagini geologiche sono state affidate allo Studio Engeo srl nel 2025 ed eseguite con l'obiettivo di caratterizzare in modo approfondito i terreni interessati dall'Opera 1 (Lotto1), finalizzata alla dismissione mediante smantellamento dell'argine esistente in località S. Secondo ed alla realizzazione del nuovo argine in località Fontanelle, nonché di verificare l'idoneità e la compatibilità dei materiali da riutilizzare all'interno dell'area di cantiere. Si rimanda alla specifica relazione (PFTE. D) una trattazione completa delle indagini eseguite. Di seguito una breve sintesi dei risultati raggiunti.

Sul sedime del nuovo argine sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU, spinte fino alla profondità di 15 m dal piano campagna o a rifiuto, al fine di definire le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni di fondazione; inoltre è stata condotta una prova HVSR per la caratterizzazione sismica locale del sito.

In sponda sinistra del fiume Taro, nel Comune di San Secondo, sono stati realizzati n. 2 sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità di 10 m dal piano campagna, uno in corrispondenza dell'argine esistente in frodo e uno sull'argine più recente realizzato nei primi anni 2000; all'interno di entrambi i fori sono state eseguite n. 2 prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile, a una profondità di circa 4 m dalla sommità arginale, al fine di valutare le caratteristiche idrauliche dei rilevati e validarne le condizioni di stabilità e corretta messa in opera. Dall'argine in frodo, destinato alla dismissione, sono stati inoltre prelevati due campioni rimaneggiati rappresentativi dei terreni costituenti il rilevato, sottoposti alle medesime prove geotecniche di laboratorio, con l'obiettivo di valutare la possibilità di riutilizzo dei materiali. Infine, sono state eseguite ulteriori n. 4 prove penetrometriche CPTU fino a 10 m di profondità sui due argini di S. Secondo, al fine di affinare la ricostruzione litostratigrafica e il modello geotecnico complessivo dell'area di intervento.

A completamento del quadro conoscitivo, sono stati prelevati n. 3 campioni di terreno in sponda destra del cappio abbandonato, successivamente sottoposti a prove di laboratorio comprendenti classificazioni granulometriche secondo CNR-UNI 10006, determinazione degli indici di plasticità, prove di costipamento AASHTO (Proctor) standard e prove di compressione triassiale UU e CIU su provini compattati al 95% AASHTO standard; sui medesimi campioni sono state inoltre eseguite analisi chimiche per la determinazione delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) ai sensi del D.Lgs. 152/2006, con set analitico comprendente 10 metalli e idrocarburi C>12, al fine di verificare l'assenza di contaminazioni e la compatibilità ambientale dei materiali.

Nello specifico sono state effettuate le seguenti indagini:

- n° 3 prove penetrometriche CPTU approfondite fino a 15 m da p.c. o a rifiuto su sedime del nuovo argine;
- n° 1 prova HVSR su sedime del nuovo argine per la caratterizzazione sismica del territorio in esame;

- n° 1 prova HVSR su sedime del nuovo argine per la caratterizzazione sismica del territorio in esame
- n° 2 sondaggi a carotaggio continuo, fino alla profondità di 10 m da p.c., da eseguire, in sponda sinistra del Taro in Comune di San secondo, uno sull'argine vecchio, in froldo, e uno su quello nuovo, realizzato nei primi anni 2000;
- n° 2 prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile, all'interno di entrambi i fori dei sondaggi di cui al punto precedente, a una profondità di circa 4 m dalla sommità arginale (considerato che i rilevati hanno un'altezza rispetto alla campagna circostante di 7÷8 m);
- prelievo di due campioni rimaneggiati, rappresentativi dei terreni costituenti l'argine in froldo, da dismettere, su sono state effettuate le seguenti analisi di laboratorio, ovvero:
 - o n° 2 classificazioni CNR-UNI 10006, mediante analisi granulometriche e determinazioni degli indici di plasticità;
 - o n°2 prova di costipamento AASHTO (Proctor) standard;
 - o n° 1 prova di compressione triassiale UU eseguita su tre provini compattati al 95% AASHTO standard;
 - o n° 1 prova di compressione triassiale CIU eseguita su tre provini compattati al 95% AASHTO standard;
- n° 4 prove penetrometriche con punta elettrica e piezocono CPTU, fino alla profondità di 10 m da p.c., sui due argini di S. Secondo, per indagarne meglio le caratteristiche litostratimetriche e geotecniche;
- prelievo di 3 campioni per la caratterizzazione dei terreni in sponda destra del cappio abbandonato su cui sono state effettuate le seguenti analisi di laboratorio, ovvero:
 - o n° 2 classificazioni CNR-UNI 10006, mediante analisi granulometriche e determinazioni degli indici di plasticità;
 - o n° 2 prove di costipamento AASHTO (Proctor) standard;
 - o n° 1 prova di compressione triassiale UU eseguita su tre provini compattati al 95% AASHTO standard;
 - o n° 1 prova di compressione triassiale CIU eseguita su tre provini compattati al 95% AASHTO standard;
 - o n° 2 analisi chimiche per la determinazione delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) ai sensi del D.Lgs. 152/2006, con set comprendente 10 metalli + C>12.

Sulla base dei risultati delle indagini di laboratorio e delle prove in sito eseguite, è emerso che il materiale costituente l'argine esistente di San Secondo risulta idoneo al riutilizzo per la formazione del nuovo argine in progetto. In particolare, le analisi di classificazione eseguite secondo la normativa CNR-UNI 10006 hanno inquadrato i terreni nel gruppo A4, corrispondente a limi argillosi e argille limose a medio-alta plasticità, caratterizzati da una granulometria fine e da buone proprietà di coesione, tali da renderli idonei all'impiego in opere di rilevato previo adeguato controllo delle condizioni di posa e di costipamento.

Analisi	Campione S1 Fontanelle	Campione S3 Fontanelle	Campione S1-CR1 San Secondo	Campione S1-CR2 San Secondo
Passante setaccio ASTM n°10 (%)	99.9	100.0	98.6	99.7
Passante setaccio ASTM n°40 (%)	99.2	99.7	96.8	65.6
Passante setaccio ASTM n°200 (%)	64.1	32.6	61.1	60.1
Limite liquido	31	21	25	25
Indice Plastico	8	N.P.	7	8
Indice di Gruppo	9	0	5	5
Gruppo di classificazione (CNR UNI 10006)	A4	A2-4	A4	A4

Figura 11.1: Classificazione CNR-UNI 10006 sedime nuovo argine loc. Fontanelle e argine vecchio S. Secondo

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc eseguite sugli argini esistenti hanno inoltre restituito valori di permeabilità molto bassi, dell'ordine di 10^{-7} m/s, indicativi di terreni a bassa permeabilità, con limitata capacità di filtrazione dell'acqua; tali caratteristiche risultano favorevoli ai fini della stabilità idraulica e geotecnica dei rilevati arginali, riducendo il rischio di fenomeni di filtrazione e sifonamento.

Nome prova	Profondità		Coefficiente di permeabilità K (cm/s)	Grado di permeabilità
	da m	a m		
K1 (Argine vecchio)	3.00	3.80	3,68E-07	Molto basso
K2 (Argine nuovo)	3.00	3.80	4,43E-07	Molto basso

Figura 11.2: Riepilogo prove Lefranc

Infine i risultati delle analisi di laboratorio confermano che le terre dell'argine di San Secondo risultano interamente conformi alla colonna A, per quanto riguarda i limiti previsti dalla normativa ai sensi del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii. tabella 1, allegato V, parte IV – Soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo.

Parametro	Limiti		C1	C2
	col. A	col. B	Miscela suolo	Miscela S1+S3
	mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg ss
Arsenico	20	50	5.8	5.9
Cadmio	2	15	0.1	0.2
Cobalto	20	250	14.8	15.7
Cromo tot.	150	800	61.8	88.6
Cromo VI	2	15	<0.05	<0.05
Mercurio	1	5	0.3	<0.1
Nichel	120	500	63.3	87
Piombo	100	1000	14.6	15.7
Rame	120	600	35.6	37.7
Zinco	150	1500	66.6	66.9
Idrocarburi C > 12	50	750	22.3	18.5

Figura 11.3: Risultati delle analisi chimiche

12. PIANO DI CANTIERIZZAZIONE

A fronte della complessità dello scenario di progetto costituiti da molteplici opere di difesa, del finanziamento che copre solo un'aliquota dei lavori (pari a 1.500.000€), e dei limiti ambientali nel rispetto dei cicli riproduttivi della fauna e delle specie ittiche, è necessario predisporre un piano di cantierizzazione accurato e suddiviso nei vari lotti e fasi.

Nel primo lotto di lavori (1.500.000,00€) ricadono le seguenti opere:

- Opera 1: Arretramento argine;
- Opera 2: Scoronamento spondale e rivestimento in massi;
- Opera 3 (PARZIALE): realizzazione della tura di valle in burghe sino alla quota dello stato di progetto transitorio di 21.50 m s.l.m.;
- Opera 4 (PARZIALE): Scavo del primo tratto del cappio abbandonato, dal suo imbocco sino all'immissione del canale Rigosa Nuova.

Nel secondo lotto (2.500.000,00€) ricadono dunque:

- Opera 3 (COMPLETAMENTO): realizzazione della tura in burghe di monte, riempimento dell'area compresa tra le due ture, completamento della tura di valle sino a quota di progetto e rivestimento dell'opera in massi;
- Opera 4 (COMPLETAMENTO): scavo del tratto del cappio abbandonato da valle dell'immissione del canale Rigosa Nuova fino allo sbocco del cappio;
- Opera 5: Protezione spondale cappio;
- Opera 6: Prolungamento protezione spondale in massi;
- Opera 7: Prolungamento protezione spondale in terra;
- Opera 8: Risarcimento Opera esistente1;
- Opera 9: Risarcimento Opera esistente2;
- Opera 10: Sistemazione ambientale.

13. CRONOPROGRAMMA

Per la realizzazione delle opere previste nello scenario di progetto è stato elaborato un cronoprogramma complessivo della durata di 24 mesi, comprensivo di tutte le lavorazioni necessarie al completamento degli interventi. Lo scenario è articolato in due lotti funzionali, rispettivamente pari a € 1.500.000,00 per il Lotto 1 e a € 2.500.000,00 per il Lotto 2; il cronoprogramma è stato pertanto strutturato tenendo conto della suddivisione per lotti, prevedendo una sequenza temporale delle attività coerente con l'entità economica, la complessità tecnica e le interferenze operative dei singoli interventi. Tale impostazione consente una gestione coordinata e progressiva delle lavorazioni, garantendo la piena realizzazione delle opere di progetto entro l'arco temporale complessivo previsto.

Si precisa in aggiunta che tutti i lavori per cui si prevedono interferenze con gli ecosistemi ripariali e fluviali, potranno essere realizzati nel periodo compreso da metà Luglio fino a metà Marzo, al fine di rispettare le prescrizioni impartite dal Piano di gestione del Parco, ma soprattutto per ridurre gli impatti sulla fauna ornitica, ittica e sulla flora tipiche dell'ecosistema fluviale del Fiume Taro.

Si rimanda alla visione dell'elaborato PFTE.J Cronoprogramma.