



AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

PROGETTO DEFINITIVO

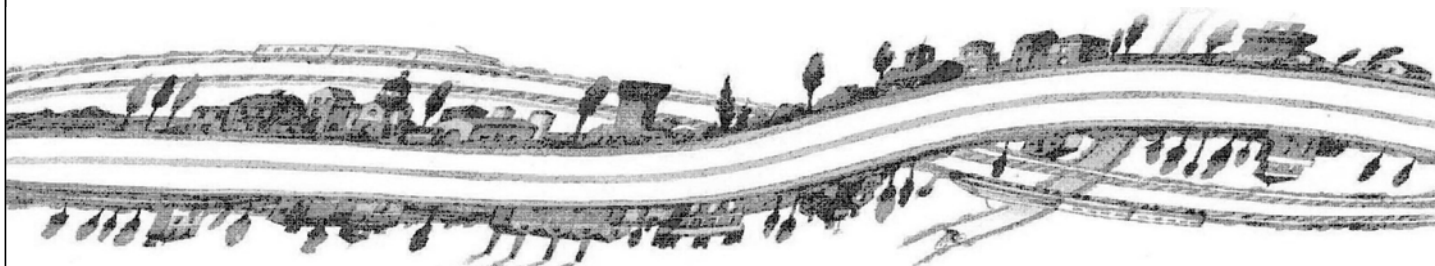
**ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI
DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)**

IDROLOGIA E IDRAULICA

IDRAULICA CORSI D'ACQUA PRINCIPALI

CAVO PARMIGIANA MOGLIA E COLLETTORE ACQUE BASSE REGGIANE

RELAZIONE IDRAULICA COLLETTORE ACQUE BASSE REGGIANE



IL PROGETTISTA

Ing. Riccardo Telò
Albo Ing. Parma n°1099



**RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Ing. Emilio Salsi
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale
Cispadana S.p.A.
IL PRESIDENTE
Graziano Pattuzzi

G					
F					
E					
D					
C					
B					
A	17.04.2012	EMISSIONE		Ing. Mammi	Ing. Telò
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.
0661	PD	0	A02	AWS01	0	WW	RI	02	A

DATA: **MAGGIO 2012**

SCALA: **varie**

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO	3
3. CRITERI GENERALI	4
3.1. Articolazione dello studio.....	4
4. L'APPLICAZIONE DEI MODELLI UTILIZZATI.....	6
4.1. Il modello per la propagazione dell'onda di piena	6
5. AMBITO DI RIFERIMENTO.....	9
5.1. Il comprensorio di Bonifica	9
5.2. Tracciato autostradale interferente con il corso d'acqua.....	11
6. INQUADRAMENTO TERRITORIALE C.A.B.R.	12
6.1. Caratteristiche idrografiche e morfologiche del C.A.B.R.	12
6.2. Caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo e tendenza morfo-evolutiva	14
7. DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO E DELLE CONDIZIONI DI VALLE	
18	
8. VERIFICHE IDRAULICHE	22
8.1. Attraversamento autostradale	22
8.2. Attraversamento su interconnessione I01	23
8.3. Verifica di compatibilità idraulica stato di fatto/stati di progetto.....	23
8.3.1. Verifica del franco di sicurezza degli attraversamenti.....	24
8.3.2. Valutazione della compatibilità idraulica	29
8.4. Verifica di compatibilità idraulica in presenza di opere provvisionali.....	33
9. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA	35
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLE PRESCRIZIONI DEL CONSORZIO	36

1. PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del Progetto Definitivo dell'Autostrada Regionale Cispadana, ed in particolare dell'Asse autostradale compreso tra il casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 e il casello di Ferrara Sud sulla A13 e si propone di definire le grandezze idrauliche di riferimento e, di conseguenza, di stabilire gli interventi e gli accorgimenti da adottare, al fine di garantire la compatibilità tra le infrastrutture di attraversamento e il Collettore Acque Basse Reggiane (C.A.B.R.), corso d'acqua interferito dalla viabilità in progetto.

Questo percorso progettuale è stato coordinato e condiviso con l'Ente Gestore del corso d'acqua interessato dall'interferenza (Consorzio di bonifica dell'Emilia Centrale) e tiene conto delle prescrizioni impartite durante la Conferenza dei Servizi sul Preliminare che si è conclusa con l'approvazione del Progetto Preliminare nel Dicembre 2011.

Il risultato finale consiste nell'aver rispettato:

- ❑ ogni singola sezione di deflusso di attraversamento per il transito di piene relative alla portata massima sostenibile del corso d'acqua (QMS) nel rispetto della Direttiva dell'Autorità di Bacino del fiume Po e del Regolamento interno di polizia idraulica dell'Ente gestore;
- ❑ distanze minime dai cigli spondali;
- ❑ le opere idrauliche di protezione sotto ogni attraversamento stradale e nelle immediate vicinanze dello stesso;
- ❑ la continuità e la conservazione della viabilità gestionale



2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Le analisi idrauliche, di seguito riportate, sono state condotte rispettando gli indirizzi e le prescrizioni riportate nella normativa di riferimento nazionale, elencata nell'elaborato PD_0_000_00000_0_GE_KT_01_A Elenco delle Normative di Riferimento.

Lungo tutto lo sviluppo dell'analisi e della progettazione idraulica dell' attraversamento in oggetto ci si è, inoltre, attenuti e riferiti a tutto l'insieme di indicazioni e prescrizioni (Norme di polizia idraulica) impartite dal Consorzio di Bonifica competente, con il quale è stato attivato un positivo confronto

3. CRITERI GENERALI

3.1. Articolazione dello studio

Lo studio idrologico-idraulico, nel suo complesso, si è articolato nelle seguenti fasi.

Fase 1[^]: Definizione di un quadro conoscitivo di riferimento morfologico e idraulico

Scopo di questa fase è di predisporre uno strumento conoscitivo in grado di valutare le sollecitazioni idrauliche del corso d'acqua nel tratto di interesse, intese quali idrogrammi di piena (livelli e portate), ricavate attraverso analisi idrologiche e processi di modellazione matematica, e le condizioni idrauliche al contorno, sia a monte che a valle, per quanto non espresso dagli eventuali dati idrometrici disponibili.

Il rilievo delle sezioni trasversali aggiornato al 2011 proprio nell'ambito della presente progettazione definitiva, ha permesso, inoltre, di definire la geometria del corso d'acqua nel tratto oggetto di studio.

Fase 2[^]: Analisi idraulica del corso d'acqua

L'analisi idrologica ed idraulica effettuata per il Collettore Acque Basse Reggiane rispecchia le considerazioni fatte per i diversi ambiti territoriali esaminati per le verifiche idrauliche delle diverse porzioni del tracciato autostradale, in quanto ciascuno di essi presenta peculiari caratteristiche morfologiche e climatologiche che modificano i parametri idrologici connessi alla formazione ed al deflusso delle piene. La particolare caratteristica dei corsi d'acqua di bonifica risiede proprio nella loro funzionalità e negli usi a cui sono preposti; l'ambivalenza delle funzioni di scolo ed irrigazione rende non poco difficile l'analisi idrologica in quanto, a rigore, essi vanno studiati sotto il profilo della funzione di drenaggio delle acque meteoriche, tuttavia essi sono utilizzati, soprattutto nelle stagioni primaverili ed estive, anche per irrigazione mantenendo alti i livelli in alveo e riducendo la capacità di assorbimento di eventi pluviometrici importanti. I criteri adottati sono analoghi a quanto definito per l'Autostrada Regionale Cispadana a cui afferisce l'opera viabilistica qui esaminata, sviluppando studi funzionali alla caratterizzazione dei deflussi dei canali principali per i quali è stata predisposta una modellazione matematica volta ad individuare i livelli idrometrici da assumere a riferimento per la progettazione dei manufatti di attraversamento.

Lo studio è stato condotto adottando parametri progettuali e di verifica cautelativi, estendendo le prescrizioni tecniche stabilite dall'Autorità di bacino per il Po nell'ambito del PAI anche sui canali principali. Tra i parametri progettuali si è scelta come condizione più critica la funzione di scolo.

La portata massima assunta e calcolata tramite una procedura modellistica matematica, è in linea con le

indicazioni del Consorzio ed in particolare con le risultanze dello studio condotto dall'ing. Marinelli su incarico dello stesso Consorzio. Tali valori sono stati ricavati tramite il procedimento di calcolo della portata massima portata sostenibile dal tronco rilevato all'interno del quale ricadono le infrastrutture di attraversamento, incrementata per poter risolvere i tratti di maggior criticità.

Infatti le verifiche sono state impostate anche nell'ipotesi di adeguamento arginale lungo buona parte del tratto di corso d'acqua analizzato.

L'analisi idraulica è stata condotta mediante modellazione matematica in moto permanente, si sono indagate e confrontate la condizione attuale, stato di fatto e quella futura, stato di progetto.

Fase 3^: Progettazione delle opere di presidio idraulico

Sulla base delle risultanze delle analisi idrauliche si è, quindi, proceduto alla definizione delle opere di presidio idraulico necessarie a garantire sia l'ufficiosa idraulica delle strutture in progetto, che la compatibilità delle stesse con le dinamiche del corso d'acqua. Sono stati, inoltre, definiti gli accorgimenti e gli interventi necessari alla risoluzione delle interferenze con gli ulteriori elementi idraulici presenti. Per il progetto delle difese attive sono state privilegiate soluzioni di ingegneria naturalistica a basso impatto ambientale, condivise con gli Enti preposti al governo del territorio.

4. L'APPLICAZIONE DEI MODELLI UTILIZZATI

4.1. Il modello per la propagazione dell'onda di piena

Per il Collettore Acque Basse Reggiane è stata condotta un'analisi idraulica mediante modellazione numerica monodimensionale. La ricostruzione in formato digitale delle morfologie dell'alveo e delle aree limitrofe si è basata sui dati geometrici desunti dal rilievo topografico realizzato ad hoc per questa fase progettuale.

Il confronto tra le dinamiche idrauliche nello stato di fatto ed in quello di progetto, che prevede la realizzazione del tracciato stradale e delle relative opere accessorie, ha consentito di evidenziare sia il funzionamento attuale del corso d'acqua, sia l'influenza apportata dall'infrastruttura in esame. Tali influenze si riconducono soprattutto ad alterazioni dei profili di rigurgito e di velocità della corrente, mentre dall'analisi modellistiche nello stato di fatto si desumono i vincoli geometrici che l'opera di attraversamento deve rispettare, in termini di quota dell'intradosso e di numero e posizione di pile e spalle del viadotto.

Il modello adottato per le simulazioni matematiche effettuate, integra numericamente le equazioni differenziali del moto vario per correnti monodimensionali gradualmente variate. L'ipotesi di monodimensionalità è ampiamente giustificata nella grande maggioranza dei tratti dei corsi analoghi a quelli in esame; essa risulta poco corretta solo in corrispondenza di brusche variazioni nella geometria della sezione liquida trasversale, ma in tali circostanze il raffittimento del rilievo geometrico limita le possibili fonti di imprecisione.

Il modello utilizzato, è *HEC-RAS River Analysis System*, elaborato dall'*Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers degli U.S.A.* (versione 4.1.0).

Si tratta di uno strumento d'applicabilità molto ampia, largamente utilizzato presso Enti Pubblici e Privati negli Stati Uniti e in oltre 40 nazioni, ed ormai adottato anche da molti Enti Pubblici Italiani.

Il modello è stato progettato per contenere vari moduli di analisi idraulica monodimensionale: analisi di moto permanente, analisi del moto vario, analisi del trasporto solido in letto mobile. Tra le diverse componenti quella utilizzata nel presente studio consiste nell'algoritmo di calcolo idraulico per la determinazione delle variazioni della portata, della velocità, della larghezza del pelo libero della corrente e di altre caratteristiche idrauliche del moto durante la propagazione verso valle della corrente idrica di portata nota, per effetto della capacità di laminazione naturale dell'alveo, della sua resistenza d'attrito, della presenza di opere interagenti con la corrente (ponti e traverse).

Il modello, calcola i profili di moto vario per corsi d'acqua monodimensionali in regime di corrente lenta, veloce o mista. Il programma, è in grado di calcolare e gestire i profili per una rete di canali naturali o

artificiali in un sistema ad albero od a singolo ramo. Le relazioni fondamentali della formulazione matematica sono le equazioni dei moti permanenti nell'espressione classica dell'equazione monodimensionale dell'energia secondo Manning. Le perdite valutate sono quelle d'attrito (secondo Manning), valutate per le diverse parti della sezione trasversale (canale centrale, sponde laterali, golene e parti di golene), e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni (tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'altezza cinetica). L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni ovvero in regime misto nel passaggio da corrente veloce a corrente lenta oppure, in corrispondenza di ponti, traverse e sottopassi o alla confluenza di più rami di una rete.

Il modello richiede, oltre alla geometria generale del corso d'acqua, profili e sezioni trasversali, i dati di portata in ingresso nella prima sezione di monte ed, eventualmente in tutte le sezioni dove sono disponibili dati di portata, ed infine le condizioni al contorno dipendenti dal regime di moto della corrente.

L'equazione generale dell'energia è la seguente:

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

- Y_1, Y_2 altezza idrometrica nella sezione 1 e 2,
- Z_1, Z_2 quota del fondo alveo nelle sezioni 1 e 2,
- V_1, V_2 velocità medie (portata totale/area bagnata) nelle sezioni 1 e 2,
- α_1, α_2 coefficienti di velocità,
- h_e perdita di carico nel tratto 1-2.

La perdita di carico tra due sezioni trasversali è calcolata come somma delle perdite distribuite per attrito e di quelle concentrate per effetto di contrazioni o allargamenti bruschi di sezione secondo l'equazione:

$$h_e = LS_f + C \left(\alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

dove:

- L distanza pesata, in funzione della portata, tra le due sezioni trasversali 1 e 2,
- S_f pendenza motrice tra le sezioni 1 e 2,
- C coefficiente di perdita di carico per contrazione o allargamento di sezione.

La pendenza d'attrito S_f è valutata secondo l'espressione di Manning:

$$S_f = n^2 Q|Q| / (A^2 R^{4/3})$$

dove n è il coefficiente di resistenza di Manning (che vale anche $n=1/c$ con c di Gauckler-Strickler) ed R è il raggio idraulico.

L'equazione differenziale del moto viene integrata per via numerica, attraverso un insieme di fasi iterative che vengono ripetute più volte per affinarne la risoluzione; per la determinazione dei profili è quindi necessario fornire le condizioni iniziali di portata in ingresso e le condizioni al contorno in funzione del regime di moto.

La procedura di calcolo per la determinazione del profilo idraulico per portata assegnata, richiede i seguenti dati:

- descrizione completa del tronco fluviale, costituita dalla rappresentazione geometrica delle sezioni di rilievo trasversali e relativo loro posizionamento plano-altimetrico;
- descrizione geometrica di opere trasversali (ponti e relativi rilevati di accesso, tombini scatolari, traverse fluviali, soglie di fondo, briglie etc.) e/o longitudinali in alveo;
- caratterizzazione della resistenza al moto in alveo e golene mediante la definizione del coefficiente di scabrezza di Manning;
- definizione dei coefficienti di contrazione/espansione, per effetto di perturbazioni offerte al moto da parte di opere trasversali presenti in alveo;
- definizione del tipo di moto (corrente lenta o veloce) nel tronco fluviale;
- condizione al contorno di partenza del calcolo del profilo secondo tre possibili metodologie:
- introduzione di una altezza d'acqua nota di valle o di monte, a seconda che il moto avvenga in corrente lenta o veloce,
- calcolo eseguito a partire dall'altezza critica,
- calcolo eseguito a partire dalla pendenza di fondo alveo.

Il calcolo del rigurgito prodotto dalle pile del ponte viene eseguito secondo diversi metodi :

- Equazione di Yarnell;

Metodo di conservazione della quantità di moto

5. AMBITO DI RIFERIMENTO

5.1. Il comprensorio di Bonifica

Il Consorzio di Bonifica dell' Emilia Centrale è un ente di diritto pubblico, nasce nell'ottobre del 2009 dalla fusione dei Consorzi di Bonifica Parmigiana Moglia Secchia e Bentivoglio-Enza, ed assicura la gestione e distribuzione delle acque superficiali per la tutela e lo sviluppo del territorio. Il territorio del comprensorio consorziale dell'ex bonifica Bentivoglio-Enza ricade per la maggior parte della sua estensione in Emilia Romagna e per una modesta superficie in Toscana; interessa tre province (Reggio Emilia, Parma e Massa Carrara) e 27 Comuni. L'estensione complessiva è di 97.066 ha. Il territorio di montagna ha un'estensione di 57.060 ha, mentre il territorio di pianura risulta avere un'estensione di 40.006 ha.

Il comprensorio dell'ex Consorzio di Bonifica Parmigiana Moglia – Secchia, all'interno del quale si trova proprio il Cavo Parmigiana-Moglia, presenta invece un'estensione complessiva pari a 214.318 ha ed è pressoché coincidente con il bacino idrografico del fiume Secchia.

L'intero comprensorio viene suddiviso in due zone altimetriche distinte: quella di pianura, che da quota 17.00 m s.l.m. si eleva sino a quota 50.00 m s.l.m., e quella collinare e di montagna, che si estende fino al crinale appenninico Tosco-Emiliano.

Gli interventi e le opere di bonifica eseguite a partire dal 1919 all'interno dell'attuale comprensorio di bonifica in esame, hanno condotto ad una razionale separazione delle acque basse da quelle alte, consentendo, inoltre, di portare acqua in tutti i periodi dell'anno nei terreni agricoli fino in Appennino. Originariamente il reticolo superficiale è stato impostato mediante l'esecuzione di due collettori, il primo delle acque basse, l'altro per le alte, entrambi scaricanti nel Secchia tramite due impianti idrovori: il primo, per le acque alte, realizzato a Mondine di Moglia, mentre il secondo, per le acque basse, ubicato a San Siro di San Benedetto Po. Per evitare che i cavi che trasportano acque provenienti dai territori più alti invadano i territori più bassi, sono state separate le acque alte da quelle basse.

Le acque alte scorrono in zone alla quota di 25 metri sul livello del mare e si trovano nella parte meridionale del comprensorio. Queste acque vengono convogliate, attraverso i cavi Bondeno, Naviglio, Tresinaro e Lama, in un unico collettore, il cavo Parmigiana-Moglia. Tale collettore scarica le acque provenienti dalle terre alte, per caduta libera, nel fiume Secchia in località Bondanello (Moglia). Quando il Secchia è in piena, le chiaviche di Bondanello si chiudono e le acque del cavo Parmigiana-Moglia, convogliate nel tratto terminale del cavo Lama, possono comunque venire smaltite dall'impianto idroforo di Mondine.

Le acque basse scorrono al di sotto di tale quota nella parte settentrionale, e sono immediatamente

riconoscibili per l'assenza di argini. Nei punti di incrocio fra canali di acque alte e canali di acque basse, queste ultime passano al di sotto delle prime tramite apposite botte. Le acque basse, quindi, confluiscono in due canali di scolo principali: il Collettore Acque Basse Reggiane e il Collettore Acque Basse Modenesi. Questi si riuniscono poi in un Canale Emissario che sottopassa il cavo Parmigiana-Moglia alla botte S.Prospero, e convoglia le acque basse al Secchia presso l'impianto idrovoro di S. Siro.

L'acqua necessaria per l'irrigazione viene derivata dal Po a Boretto, dove entra nel Canale Derivatore e quindi nel cavo Parmigiana-Moglia. Da qui si distribuisce per gravità nelle zone al di sotto dei 20 metri sul livello del mare, nel restante comprensorio occorre innalzarla attraverso impianti di sollevamento. Per questo, canali come Parmigiana-Moglia e Lama, che in autunno-inverno scolano le acque alte verso valle, nei periodi secchi (da maggio a settembre) convogliano verso monte l'acqua destinata all'irrigazione.

La rete di infrastrutture e canali costruita per la bonifica del territorio della bassa reggiano-modenese è costituito da innumerevoli opere, tra cui 2 impianti di sollevamento a Po, in località Boretto, 25 impianti di sollevamento secondario, oltre 1.000 Km di canali di risalita e distributori, e innumerevoli manufatti secondari di regolazione e distribuzione.

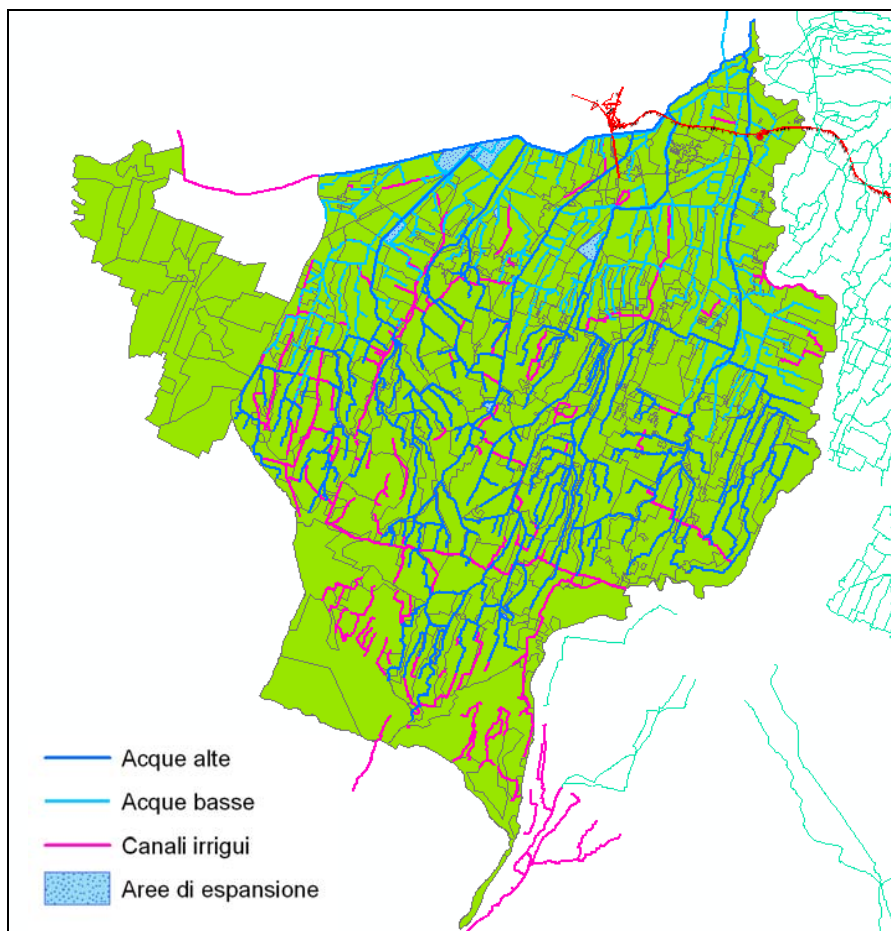


FIGURA 5-1: TERRITORIO DELL'EX BONIFICA PARMIGIANA MOGLIA - SECCHIA

Il tracciato in progetto interessa la porzione di pianura del comprensorio, caratterizzato da una morfologia piatta sulla quale si ergono i modesti rilievi naturali dei dossi di pianura ed artificiali delle arginature o rilievi infrastrutturali, strade e ferrovie. La campagna è prevalentemente destinata a seminativi con presenza di frutteti e vigneti ed altre colture arboree, mentre i centri abitati non sono particolarmente frequenti.

Il territorio è soggetto ad un clima continentale temperato tipico della pianura padana tuttavia con influenze, soprattutto nella parte di alta pianura, del clima sublitoraneo appenninico dominato da due massimi e due minimi di precipitazione.

La maggior parte dei canali è di uso promiscuo, questo fa sì che sia quasi sempre presente acqua nel canale e quindi lo stesso è frequentemente popolato da specie ittiche ed anfibe.

5.2. Tracciato autostradale interferente con il corso d'acqua

Il tracciato autostradale in progetto inizia al casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 "Autostrada del Brennero" per poi proseguire fino al casello di Ferrara Sud sulla A13 "Autostrada Bologna-Padova". Si tratta di una strada di categoria A in ambito extraurbano a 2+2 corsie di marcia.

L'area entro cui si sviluppa il corridoio autostradale di progetto ricade quasi interamente nel bacino idrografico del fiume Po, è tuttavia presente lo Scolmatore del Fiume Reno che appartiene al bacino idrografico del fiume Reno.

Lo studio idrologico ed idraulico generale è stato differenziato per sistemi idrografici e per ambiti territoriali al fine di inquadrare il territorio interessato non tanto sotto il profilo del corridoio autostradale bensì sotto il profilo delle sue caratteristiche idrografiche e quindi con riferimento all'entità prevalente del bacino idrografico di riferimento.

Il sistema di riferimento è quindi organizzato in due classi prevalenti:

- corsi d'acqua naturali: fiume Secchia e fiume Panaro;
- corsi d'acqua artificiali: sistema dei canali di bonifica, principali e secondari.

6. INQUADRAMENTO TERRITORIALE C.A.B.R.

Il Collettore Acque Basse Reggiane è un corso d'acqua artificiale di competenza del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale. L'attraversamento del Collettore avviene in due punti: il primo tra le progressive Pk. 0+311.10 e Pk. 0+353.10 sull'interconnessione I01 in affiancamento all'autostrada A22, il secondo tra le progressive Pk. 1+912.573 e Pk. 2+176.259 del tracciato autostradale (progressive riferite all'asse di tracciamento stradale).

6.1. Caratteristiche idrografiche e morfologiche del C.A.B.R.

Il Collettore Acque Basse Reggiane costituisce uno dei due canali di scolo principali del comprensorio del Consorzio di bonifica dell'Emilia Centrale e convoglia le acque basse ricevute dalla rete di canali secondari verso un Canale Emissario che provvede a trasferirle verso il Fiume Secchia.

Tale collettore scorre, nel tratto interessato dall'attraversamento autostradale in progetto, parallelo al Cavo Parmigiana Moglia.

Il bacino imbrifero si sviluppa nella bassa pianura reggiana, ed il tratto del canale interessato dall'opera infrastrutturale in progetto insiste su una porzione di territorio caratteristica della bassa pianura padana dominato da superfici piatte monotone deprimenti verso nord-est e sulle quali gli elementi morfologici naturali sono riconducibili a dossi di pianura ed alle incisioni degli stessi corsi d'acqua, a cui si contrappongono i rilevati artificiali legati ad infrastrutture viarie o ad arginature. Nelle tabelle seguenti vengono esposte le principali caratteristiche fisiche del bacino chiuso alla sezione di attraversamento del tracciato autostradale in progetto (Tabella 6-1).

Il bacino del C.A.B.R. ricopre un'area di 14.350 ha, di cui 740 costituiti dall'area urbana dei comuni di Novellara, Campagnola Emilia, Fabbrico, Rolo e parte del comune di Novi di Modena.

Il C.A.B.R. è lungo 33.6 km, con pendenza media pari a 0.2 m/km. Il principale affluente è il cavo Campagnola che, lungo 6.3 km con pendenza media di 0.9 m/km, drena un bacino 2250 ha.

Area del bacino	143.5	km ²
Lunghezza dell'asta principale	30	km
Elevazione della sezione di chiusura	12.35	m s.l.m.
Distanza dalla foce	4,00	km

TABELLA 6-1: C.A.B.R. - CARATTERISTICHE FISICHE ALLA SEZIONE DI ATTRAVERSAMENTO DEL VIADOTTO CISPADANA

6.2. Caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo e tendenza morf-evolutiva

Il canale in esame, di pertinenza delle acque basse, non risulta delimitato da alcun sistema di arginature e presenta dislivelli, tra il fondo dell'alveo e le sponde, dell'ordine di 5-6 m. Il tratto oggetto di simulazione numerica si estende dalla sezione n.1, 50 m a monte del viadotto dell'Interconnessione I01 in progetto, fino alla sezione n.21, 3820 m a valle del viadotto autostradale, per una lunghezza totale di circa 7100 m.

Nel tratto oggetto di intervento il corso d'acqua ha andamento rettilineo e si sviluppa tendenzialmente da Sud verso Nord.

Il rilievo topografico specificatamente condotto sul tratto d'interferenza si compone di 21 sezioni trasversali; le sezioni sono estese oltre il ciglio spondale ad individuare il piano della campagna esistente.

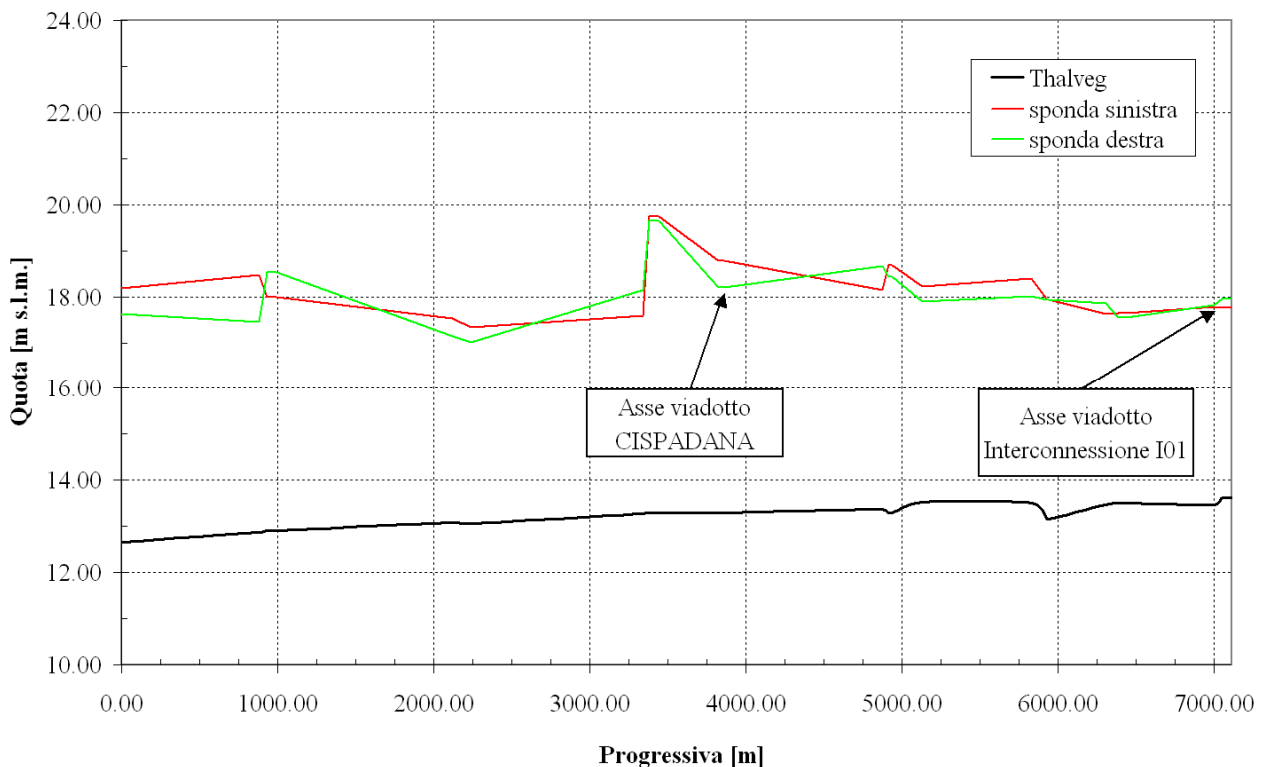


FIGURA 6-1: ANDAMENTO DEL THALWEG E DELLE SPONDE DEL C.A.B.R. NEL TRATTO ANALIZZATO

Il trasporto solido nel Collettore Acque Basse Reggiane è caratterizzato dalla presenza di materiale fine a matrice prevalente di limi sabbiosi ed in parte argillosi, dovuta al dilavamento dei campi circostanti. Altro contributo sul trasporto solido è dovuto al processo erosivo delle sponde provocato dalla presenza delle nutrie che ricavano delle vere e proprie gallerie e del gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii*) che trafora le sponde stesse in più punti e a diverse altezze idrometriche. Nel tratto in questione quindi il fondo del canale è soggetto a continui ripascimenti tanto che rientra nelle opere manutentive dell'Ente Gestore anche l'attività di dragaggio e bonifica.

Per tale motivazioni il processo erosivo del fondo è generalizzato lungo l'asta del canale è pressochè assente fatto salvo specifici punti ove sono inseriti corpi ostacolanti il deflusso delle acque.

Nel tratto interessato dalle opere, il processo erosivo è analogo a quello descritto.

Nell'ambito del progetto sono state svolte indagini specialistiche finalizzate alla determinazione delle caratteristiche idrografiche ed ambientali del corso d'acqua; si riporta nel seguito la scheda di censimento da cui emergono tali rilevamenti.

CODICE	A01A013
NOME	COLLETTORE ACQUE BASSE REGGIANE

DATA RILIEVO	11/08/2011	
PROPRIETA'	demaniale	
ENTE GESTORE	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE	
LOCALITA'	Villanova di Reggiolo	
COMUNE	Rolo	
PROVINCIA	RE - MO	
PROGRESSIVA	01+900	
FOTOGRAFIE	A01A013_1	A01A013_2

UBICAZIONE	GAUSS BOAGA X	1645995.31
	GAUSS BOAGA Y	4973801.23
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m ²)	143.500.000
	LUNGHEZZA (m)	33.600

	SORGENTE	<i>cento abitato di Cadelbosco di Sotto (RE)</i>
	FOCE	<i>Collettore Acque Basse Modenesi</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>Rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>in scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale</i>
	EROSIONI	<i>assenza di erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>Principale</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limo argilloso</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>vegetazione spondale erbacea con presenza di canneto - vegetazione riparia arborea ed erbacea</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI CONTORNO	AL <i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA (m ^{1/3} /s)	<i>22-25</i>
NOTE		-

COD	A01A013	NOME	COLLETTORE ACQUE BASSE REGGIANE
			
FOTOGRAFIA	A01A013_1		
			
FOTOGRAFIA	A01A013_2		

7. DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO E DELLE CONDIZIONI DI VALLE

La regione fluviale nel tratto studiato è tipica dei territori di bassa pianura caratterizzati da una campagna piatta inframmezzata da rilevati stradali e da alcuni dossi di pianura; più varia ed articolata la presenza di incisioni idrografiche di prevalente carattere canalizzato solitamente in scavo rispetto alla campagna. La campagna è destinata a seminativi e l'urbanizzazione è scarsa.

Il bacino idrografico afferente presenta suoli di prevalente matrice poco permeabile con dominanza di limi ed argille intervallati da lenti di sabbie. La falda freatica, inoltre, è quasi superficiale nei pressi del tracciato in progetto, presenta profondità modesta, mentre si approfondisce procedendo verso monte.

Le analisi idrologiche condotte in fase di progetto preliminare, che hanno individuato coefficienti idrometrici omogenei per i bacini dei corsi d'acqua insistenti sul medesimo ambito territoriale in sinistra Secchia, in virtù della caratterizzazione morfologica comune e della vicinanza geografica che implica una similitudine delle caratteristiche pluviometriche, sono state integrate prendendo a riferimento il recente studio condotto nel 2005 dall'ing. A. Marinelli per conto dell'allora Consorzio di Bonifica della Parmigiana Moglia e Secchia.

Questo studio è composto da 2 parti: nella prima sono state preliminarmente analizzate le precipitazioni del periodo 1968 – 2004 su diverse stazioni pluviometriche, quindi sono state definite le relative curve di possibilità pluviometrica per porzioni omogenee del bacino. Successivamente è stata effettuata l'analisi dettagliata del sistema idraulico in regime di scolo dei canali investigati ed all'individuazione di interventi infrastrutturali e della logica gestionale degli impianti e delle paratoie volti a ottenere una migliore sicurezza idraulica del territorio. Soprattutto nella seconda parte l'ing. A. Marinelli ha focalizzato l'attenzione sui tratti di maggior criticità esponendo per ognuno di essi azioni volte alla mitigazione. Grazie all'utilizzo di un modello di simulazione SWMM, tra l'altro utilizzato anche nel presente Progetto Definitivo per il calcolo degli scoli generati dalla piattaforma stradale e calibrato su casi realmente accaduti, ha stimato valori di portata critici per singolo canale investigato in funzione delle azioni comportamentali ad esso associabili e legate alla gestione delle chiaviche e paratoie.

Dello studio dell'ing. A. Marinelli si riportano di seguito i parametri della curva di possibilità climatica per i tre macrobacini in cui è stato suddiviso il comprensorio – alta, media e bassa pianura – del Consorzio di Bonifica oggetto di analisi nonché i parametri della curva di possibilità climatica unica per i suddetti macrobacini per durate di pioggia comprese tra 1 ora e 3 giorni

TEMPO DI RITORNO	Alta pianura		Media pianura		Bassa pianura	
	a	n	a	n	a	n
10	43,6	0,21	48,24	0,24	57,77	0,16
25	52,16	0,2	58,04	0,24	70,74	0,15
50	58,5	0,2	65,3	0,24	80,36	0,14
100	64,79	0,19	72,51	0,24	89,9	0,14

TABELLA 7-1: CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA RAGGUAGLIATA PER IL COMPENSORIO PER DURATE DI PIOGGIA BREVI (1-24 ORE)

TEMPO DI RITORNO	Alta pianura		Media pianura		Bassa pianura	
	a	n	a	n	a	n
10	90,44	0,13	107,39	0,11	100,86	0,13
25	107,37	0,13	130,43	0,11	120,21	0,14
50	119,93	0,13	147,52	0,11	134,56	0,14
100	132,4	0,13	164,49	0,11	148,81	0,14

TABELLA 7-2: CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA RAGGUAGLIATA PER IL COMPENSORIO PER DURATE DI PIOGGIA LUNGHE (1-5 GIORNI)

TEMPO DI RITORNO	Alta pianura		Media pianura		Bassa pianura	
	a	n	a	n	a	n
10	43,27	0,21	49,12	0,23	56,85	0,17
25	51,44	0,21	58,93	0,23	69,09	0,17
50	57,5	0,21	66,21	0,23	78,16	0,16
100	63,5	0,21	73,44	0,23	87,16	0,16

TABELLA 7-3: CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA RAGGUAGLIATA PER IL COMPENSORIO PER DURATE DI PIOGGIA LUNGHE (1-72 ORE)

Sempre l'ing Marinelli confronta valori di portata calcolati con quelli ricavati attraverso il processo di modellazione soprarichiamato (SWMM) tarato su 5 casi esaminati.

Tabella 2.3. 4 – Caratteristiche principali del C.A.B.R. e del bacino afferente

Codice canale	Nome	Tratto	Progressiva	Sezione	Lunghezza (m)	Pendenza a media	Volume geometrico (mc)	Q _{MS1} (mc/s)	Area afferente al tratto (ha)	Area afferente totale (ha)	
B2000	C.A.B.R.	da monte a confi F. Quarti	33596 - 33215	SP_B2000_31200	381		4 191	5.7	22.12	22.12	
		da confi F. Quarti a confi F. Menozzi	33215 - 32071	SP_B2000_31200	1 144		12 584	5.7	66.43	224.73	
		da confi F. Menozzi a confi c. Modolena Bassa	32071 - 31554	SP_B2000_31200	517		5 687	5.7	30.02	686.34	
		da confi C. Modolena Bassa a confi C. Seta	31554 - 31231	SP_B2000_31200	323		3 553	5.7	18.76	1010.37	
		da confi C. Seta a confi F. Sarti	31231 - 30400	SP_B2000_31200	831		9 141	5.7	48.26	1305.21	
		da confi F. Sarti a confi f. Baraglia	30400 - 28981	SP_B2000_31200	519		5 709	5.7	30.14	1420.40	
		da confi f. Baraglia a confi s. Rio Fesso P. Dx	29881 - 28945	SP_B2000_28675	936		29 016	21.4	53.31	1690.18	
		da confi S. Rio Fesso P. Dx a confi Rio Fesso P. Sx-C. Modolena A.	28945 - 28851	SP_B2000_28675	94		2 914	21.4	3.83	1759.62	
		da confi Rio Fesso P. Sx-C. Modolena A. a confi f. Ca'Bianca	28851 - 27975	SP_B2000_28675	876		27 156	21.4	69.46	2009.10	
		da confi F. Ca'Bianca a confi C. Varana CABR	27975 - 26832	SP_B2000_28675	502		15 562	21.4	53.91	2186.86	
				SP_B2000_26130	641		37 178	42.3			
		da confi C. Varana CABR a confi C. Sissa	26832 - 26129	SP_B2000_26130	703		40 774	42.3	49.76	2495.31	
		da confi C. Sissa a confi S. Zoboli	26129 - 24938	SP_B2000_26130	903		52 374	42.3	55.82	3263.62	
				SP_B2000_24070	288		18 720	42.3			
		da confi S. Zoboli a confi S. Stanze	24938 - 24902	SP_B2000_24070	36		2 340	53.2	3.82	3363.90	
		da confi s. Stanze a confi C. Redefossi A.	24902 - 22569	SP_B2000_24070	1 660		107 900	53.2	189.91	3773.51	
				SP_B2000_22080	673		39 034	42.5			
		da confi C. Redefossi A. A confi C. Baciocca	22569 - 21944	SP_B2000_22080	625		36 250	42.5	38.52	3927.63	
		da confi C. Baciocca a confi D. Frassanello	21944 - 21323	SP_B2000_21870	621		18 630	19.6	41.61	5203.16	
		da confi D. Frassanello a confi F. S. Alberto	21323 - 19662	SP_B2000_21870	1 661	0.0003	49 830	19.6	41.16	5476.16	
		da confi F. S. Alberto a confi F. Confine	19662 - 18428	SP_B2000_18510	1 234		83 912	51.0	30.58	5678.37	
		da confi F. Confine a confi F. Nuova CABR	18428 - 18251	SP_B2000_18510	177		12 036	51.0	6.62	7642.21	
		da confi F. Nuova CABR a confi c. Ronca	18251 - 15574	SP_B2000_18510	2 677		182 036	51.0	102.09	7919.88	
		da confi c. Ronca a confi C. Brucati	15574 - 13320	SP_B2000_13030	2 254		353 878	175.7	184.79	8834.60	
		Da confi C. Brucati a confi C. Campagnola	13320 - 12232	SP_B2000_13030	1 088		170 816	175.7	80.46	9091.18	
		da confi C. Campagnola a confi f. Piave	12232 - 11499	SP_B2000_13030	733		115 081	175.7	7.28	11353.09	
		da confi f. Piave a confi F. Vallone	11499 - 10780	SP_B2000_13030	719		112 883	175.7	7.14	11441.10	
		da confi F. Vallone a confi F. Ponticelli	10780 - 10139	SP_B2000_13030	641		100 637	175.7	6.36	11693.56	
		da confi F. Ponticelli a confi S. Chiavica B.	10139 - 8724	SP_B2000_6065	1 415		155 650	107.6	14.05	11925.40	
		da confi S. Chiavica B. a confi s. Chiavica M.	8724 - 8102	SP_B2000_6065	622		68 420	107.6	6.17	12211.65	
		da confi S. Chiavica M. a confi C. Barbanta A.	8102 - 7755	SP_B2000_6065	347		38 170	107.6	3.44	12315.68	
		da confi S. Barbanta A. a confi s. Ponte Galli	7755 - 6603	SP_B2000_6065	1 152		126 720	107.6	11.44	12502.18	
da confi s. Ponte Galli a confi Scarcatore Naviglio	6603 - 5244	SP_B2000_6065	1 359		149 490	107.6	28.43	12634.39			
da confi Scarcatore Naviglio a confi S. Foresto	5244 - 3719	SP_B2000_3520	1 525		202 825	144.6	31.80	13132.69			
da confi S. Foresto a confi S. Resega	3719 - 2881	SP_B2000_3520	838		111 454	144.6	41.28	13440.90			
da confi S. Resega a confi C. Busatello	2881 - 1359	SP_B2000_3520	483		64 239	144.6	82.85	13866.61			
		SP_B2000_140	1 039		162 084	174.9					
da confi C. Busatello a confi F. Strazetto	1359 - 320	SP_B2000_140	1 039		162 084	174.9	28.75	14063.00			
da confi F. Strazetto a immiss. In C. Emissario	320 - 0	SP_B2000_140	320		49 920	174.9	6.14	14349.04			

TABELLA 7-4: CARATTERISTICHE C.A.B.R. (DA STUDIO ING.MARINELLI)

Nello studio dell'Ing.Marinelli si osserva che le portate di moto uniforme indicate corrispondono a quelle calcolate per la sezione al massimo riempimento locale, mentre il livello idrico massimo realizzabile risulta nettamente inferiore.

Procedendo invece col metodo della portata massima sostenibile ragguagliata nello stato di progetto con una procedura modellistica in moto permanente, si ottengono i seguenti valori:

1. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato $Q_{MS1}=64 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato con adeguamento in quota dei tratti di maggior criticità, $Q_{MS2}=90 \text{ m}^3/\text{s}$

Stante la duplice funzione di scolo ed irrigazione rivestita dal cavo, la modellazione numerica viene effettuata con riferimento alla situazione più gravosa, ovvero quella di scolo delle acque durante la stagione piovosa, e la condizione di valle viene fissata alla sezione n. 21, in corrispondenza dell'immissione nel Canale

Emissario. Essa si traduce in un livello di moto uniforme pari a 15.90 m s.l.m.

I valori di portata ottenuti con il metodo soprarichimato (Qms) sono del tutto paragonabili con quelli ottenuti dall'ing. Marinelli, mentre sono decisamente superiori a quelli calcolati per gli eventi di piena più gravosi registrati dal Consorzio stesso. Per tale motivazione i valori così calcolati si assumono come portate di riferimento.

Nel tratto oggetto di intervento il corso d'acqua ha andamento rettilineo e si sviluppa tendenzialmente da Sud verso Nord.

Avendo constatato che il tratto oggetto di analisi è caratterizzato da moderata lunghezza ed estensione, e specialmente il fatto che le opere idrauliche in progetto non determinano significativa riduzione del volume d'alveo disponibile per la laminazione delle piene, sono state effettuate simulazioni idrauliche in moto permanente (stazionario).

I valori di scabrezza assunti tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite durante un evento di piena:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- caratterizzazione della copertura vegetale presente nelle zone spondali.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, dei riferimenti bibliografici che si riconducono ai principali studi in materia si sono quindi assunti valori opportuni della scabrezza in funzione non solo della copertura vegetale ma anche del tipo e granulometria del materiale presente in alveo.

I valori provenienti dalla modellazione idraulica sono stati ottenuti, assumendo un coefficiente di Strickler dell'ordine di 25-28 m^{1/3}/s.

8. VERIFICHE IDRAULICHE

Il Collettore Acque Basse Reggiane viene attraversato sia dall'opera autostradale, sia da un ramo dell'interconnessione con la A22.

8.1. Attraversamento autostradale

L'attraversamento autostradale del sistema formato dai due attigui Cavi Parmigiana Moglia e Collettore Acque Basse Reggiane, viene risolto mediante un unico viadotto ad impalcato metallico a cinque campate, di lunghezza pari, rispettivamente, a 45 + 58 + 58 + 58 + 45 m per una lunghezza totale di circa 264 m (misurata da asse appoggi delle spalle, vedi elaborato PD_0_A02_AWS01_0_WW_PZ_02_A).

L'attraversamento del tracciato principale avviene quasi ortogonalmente all'asse dei due canali, e l'angolo tra asse del tracciato e la normale al corso d'acqua è pari a circa 10°. Per quanto riguarda il dimensionamento idraulico dell'impalcato di attraversamento di entrambi i corsi d'acqua adiacenti, la condizione più conservativa viene imposta dal Cavo Parmigiana Moglia, il quale presenta, a parità di progressiva, un maggior livello delle quote spondali e/o arginali.

L'opera è costituita da due carreggiate separate, di larghezza variabile da 16.35 m a 16.37 m per la carreggiata destra e variabile da 16.70 m a 16.35 m per la carreggiata sinistra, ospitanti ciascuna due corsie di marcia (Fase 1). Ogni carreggiata è già predisposta inoltre per garantire, in Fase 2, l'allargamento alla terza corsia di marcia su ciascuna carreggiata; i due impalcati sono previsti ad una distanza pari a 1.20 m.

La carreggiata sinistra ha pendenza trasversale verso Sx (spalle all'origine del tracciato) variabile dal 2.50%, in corrispondenza della "Sezione su Spalla A", al 3.54% in corrispondenza della "Sezione su Spalla B".

La carreggiata destra invece ha pendenza trasversale verso Dx (spalle all'origine del tracciato) pari all'1.98%, in corrispondenza della "Sezione su Spalla A", per poi invertirsi tra le pile "P1" e "P2" sino a raggiungere il -3.52% in corrispondenza della "Sezione su Spalla B".

In seguito ai risultati delle simulazioni eseguite nello stato di fatto, esposti nel paragrafo successivo, in funzione della livelletta stradale e al fine di garantire le luci da normativa alla viabilità interferita (Via Tulle), l'intradosso del viadotto del tracciato autostradale è stato posto a quota 24.61 m s.l.m. (sezione su asse tracciamento), con franco spondale superiore al valore minimo richiesto pari ad 1 m.

Sia all'esterno dei due canali attigui che nella porzione di terreno compresa tra gli stessi, viene garantita, come prescritto, la continuità di passaggio ai mezzi di gestione e manutenzione, prevedendo apposite piste di servizio aventi larghezza superiore a 4 m e altezza utile tra il piano campagna e l'intradosso del viadotto compresa tra 5.40 e 6.30 m. Tali piste verranno raccordate con la viabilità di servizio attualmente esistente.

8.2. Attraversamento su interconnessione I01

L'attraversamento viene in questo caso risolto mediante un ponte a campata unica di lunghezza pari a 42 m (misurata da asse appoggi delle spalle, vedi elaborato PD_0_I01_IWS01_0_WW_PZ_02_A).

L'attraversamento avviene quasi ortogonalmente all'asse del canale, e l'angolo tra asse del tracciato e la normale al corso d'acqua è pari a circa 3°.

In seguito ai risultati delle simulazioni eseguite nello stato di fatto, esposti nel paragrafo successivo, ed in funzione della livelletta stradale e della congruenza con le quote del viadotto adiacente della A22, l'intradosso del ponte in oggetto è stato posto ad una quota compresa tra 20.52 m s.l.m. (spalla B) e 21.60 m s.l.m. (spalla A).

8.3. Verifica di compatibilità idraulica stato di fatto/stati di progetto

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica del viadotto in progetto sono le seguenti:

- stato di fatto, che considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto 1, che prevede l'introduzione dei ponti in progetto.
- stato di progetto 2, che oltre a prevedere l'introduzione dei 2 ponti in progetto tiene conto della possibilità che vengano realizzate opere di adeguamento spondale nel tratto modellato a monte e a valle degli attraversamenti in progetto.

Per l'implementazione degli scenari sopra esposti, i parametri idraulici di calcolo sono:

- rappresentazione geometrica del corso d'acqua: ricavata dal rilievo topografico eseguito ad hoc per la progettazione definitiva (2011), nonché, per lo stato di progetto, dalla geometria dei viadotti previsti;
- scabrezza di alveo e sponde: i valori adottati sono quelli proposti dall'Autorità di bacino del fiume Po nell'ambito della Direttiva 4 (ricavati da "Open-Channel Hydraulics" - Chow, 1959);
- portate di riferimento, assunte come portate massime ammissibili nelle diverse configurazioni sopra esposte (rif. Cap.7).

La tabella ed i grafici seguenti illustrano i risultati ottenuti andando ad individuare sia la portata massima ammissibile lungo tutto il tratto simulato nella configurazione morfologica attuale, sia la condizione critica per i viadotti nelle configurazioni di progetto.

Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espone le principali grandezze

idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

8.3.1. Verifica del franco di sicurezza degli attraversamenti

Stato di fatto

In questa configurazione è stato simulato il tratto di corso d'acqua in oggetto in occasione del raggiungimento del massimo livello di piena sostenibile nella configurazione morfologica attuale.

La Q_{MS1} del Collettore Acque Basse Reggiane risulta pari a $64 \text{ m}^3/\text{s}$. Il livello raggiunto dalla piena di progetto nella sezione immediatamente a monte del ponte in affiancamento alla A22 è pari a 17.68 m s.l.m. mentre il livello raggiunto nella sezione a monte del ponte autostradale è pari a 17.06 m s.l.m.

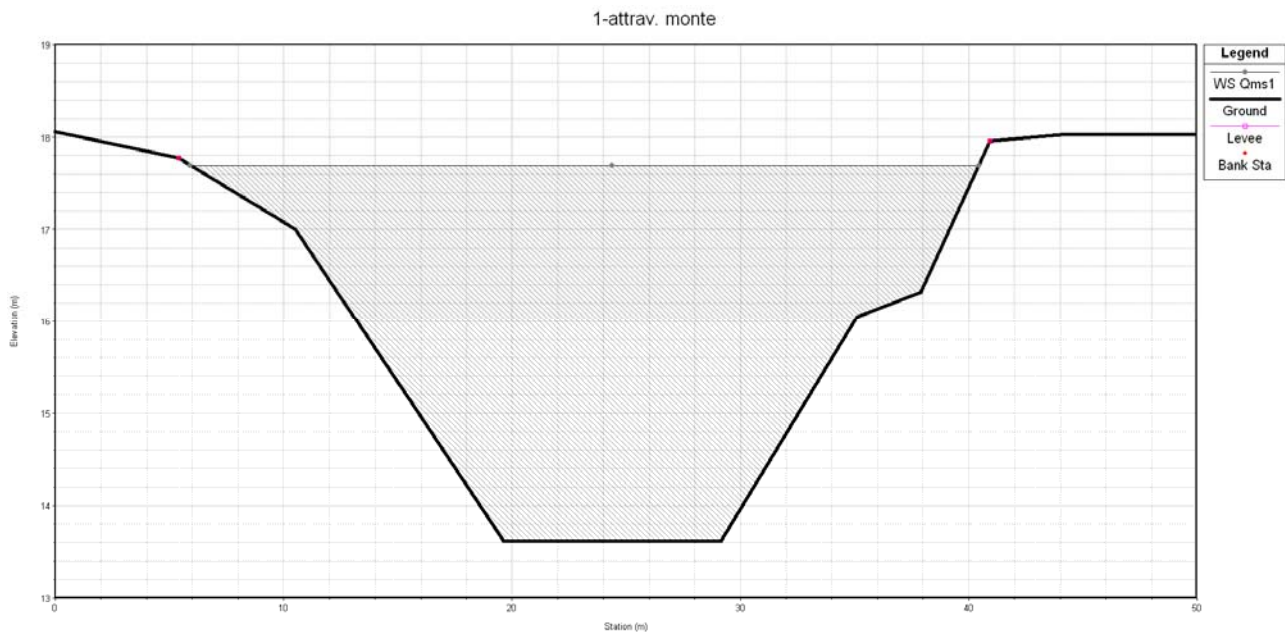


FIGURA 8-1: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER $Q_{MS1}=64 \text{ M}^3/\text{S}$ ALLA SEZIONE TRASVERSALE A MONTE DEL PONTE IN AFFIANCAMENTO A22 NELLO STATO DI FATTO

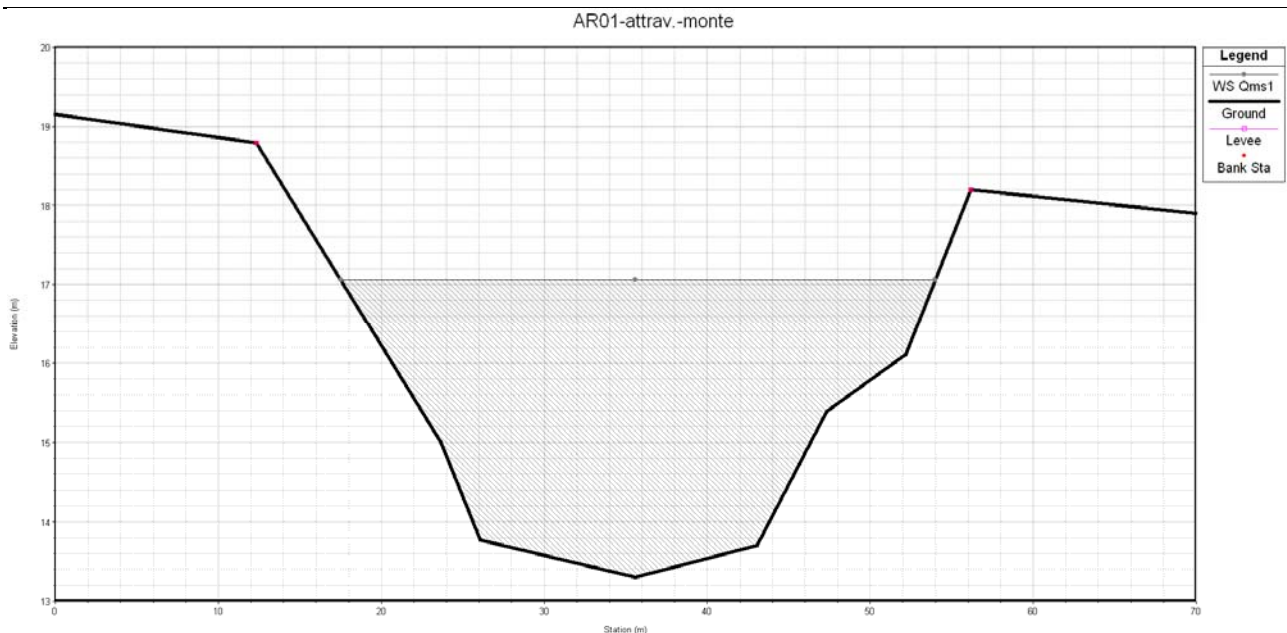


FIGURA 8-2: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER $Q_{MS1}=64$ M³/S ALLA SEZIONE TRASVERSALE A MONTE DEL PONTE AUTOSTRADALE NELLO STATO DI FATTO

Stato di progetto 1

Nella configurazione di progetto 1 e ponendo l'intradosso del ponte in affiancamento all'A22 ad una quota compresa tra 20.52 m s.l.m. e 21.60 m s.l.m. (vedi Tav. PD_0_I01_IWS01_0_WW_PZ_01_A) si determina che, con la condizione di portata massima sostenibile nella configurazione attuale ($Q_{MS1}=64$ m³/s), il livello idrometrico immediatamente a monte del viadotto in affiancamento all'A22 rimane invariato rispetto allo stato di fatto, attestandosi a quota 17.68 m s.l.m. Anche il livello a monte del viadotto autostradale (v. Tav. PD_0_A02_AWS01_0_WW_PZ_02_A) rimane lo stesso dello stato di fatto attestandosi a quota 18.06 m s.l.m.

Per entrambi i viadotti l'opera in progetto non esercita nessun ostacolo al deflusso essendo esterna all'alveo; e il franco idraulico rispetto alla quota d'intradosso risulta sempre superiore ai 2.00 m in linea con quanto imposto dalla Direttiva 4/99 del PAI dell'AdBPo e dalle altre normative nazionali.

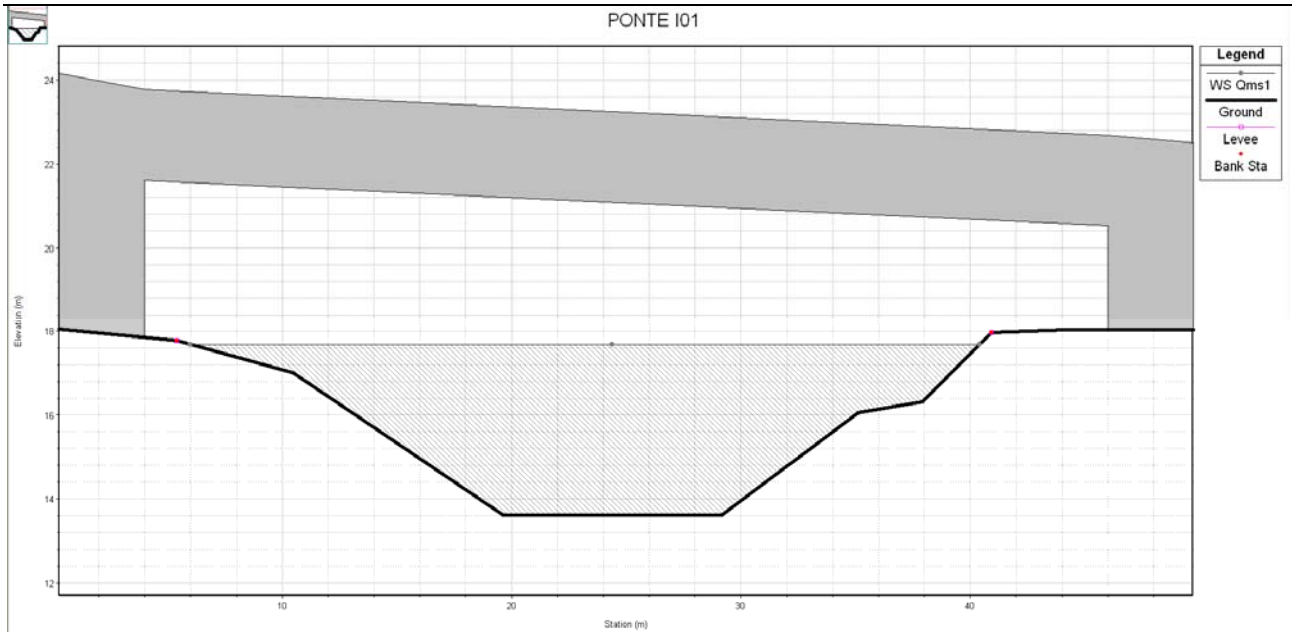


FIGURA 8-3: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER LE CONDIZIONI IDROMETRICHE DI RIFERIMENTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE DEL PONTE IN AFFIANCAMENTO A22 NELLO STATO DI PROGETTO 1 – $Q_{MS1}=64 \text{ M}^3/\text{SEC}$

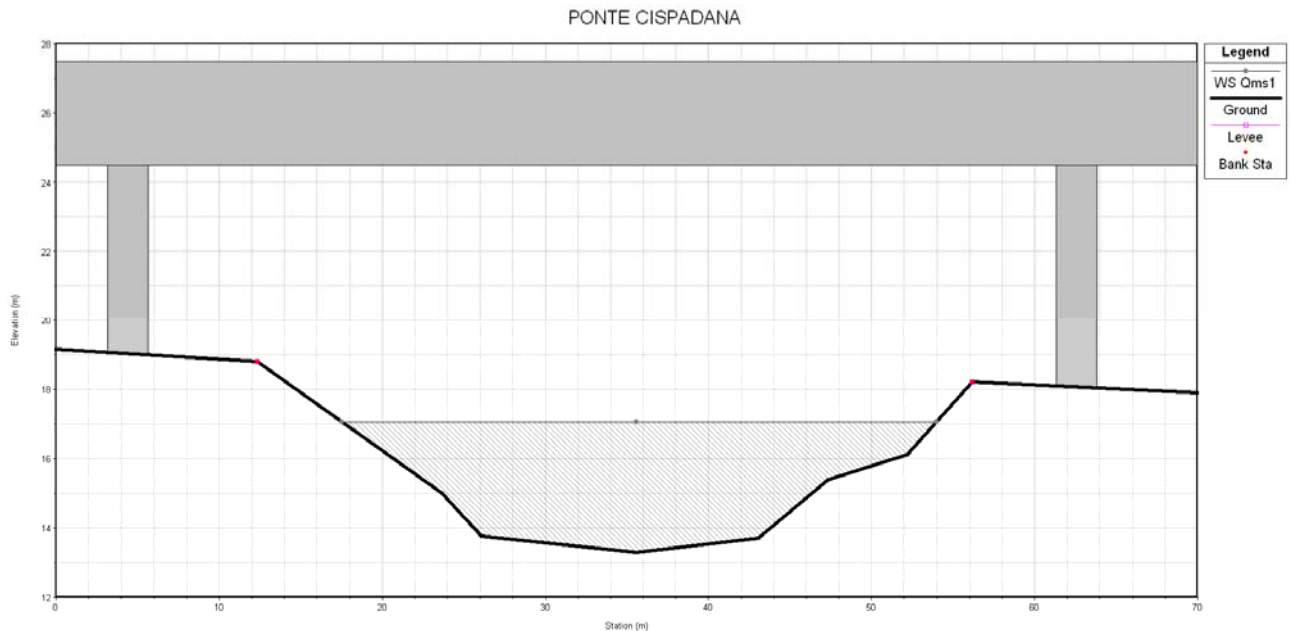


FIGURA 8-4: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER LE CONDIZIONI IDROMETRICHE DI RIFERIMENTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE DEL PONTE AUTOSTRADALE NELLO STATO DI PROGETTO 1 – $Q_{MS1}=64 \text{ M}^3/\text{SEC}$

Stato di progetto 2

Nella configurazione di progetto 2 è stato ipotizzato un adeguamento arginale nelle sezioni più critiche immediatamente a valle del viadotto in progetto sull'Interconnessione I01, oltre al posizionamento dei ponti stessi. Con questa ipotesi la portata massima sostenibile del tratto simulato del C. Acque Basse Modenesi passa da 64 m³/s a 90 m³/sec.

In queste condizioni si determina che il livello idrometrico immediatamente a monte del viadotto in progetto in affiancamento all'A22 si attesta a quota 18.33 m s.l.m. mentre il livello a monte del ponte autostradale è a quota 17.70 m s.l.m.

Il profilo di piena in questa condizione lambisce le spalle del ponte in affiancamento alla A22. Il franco idraulico del sottotrave risulta comunque superiore a 2.00 m per entrambi gli attraversamenti.

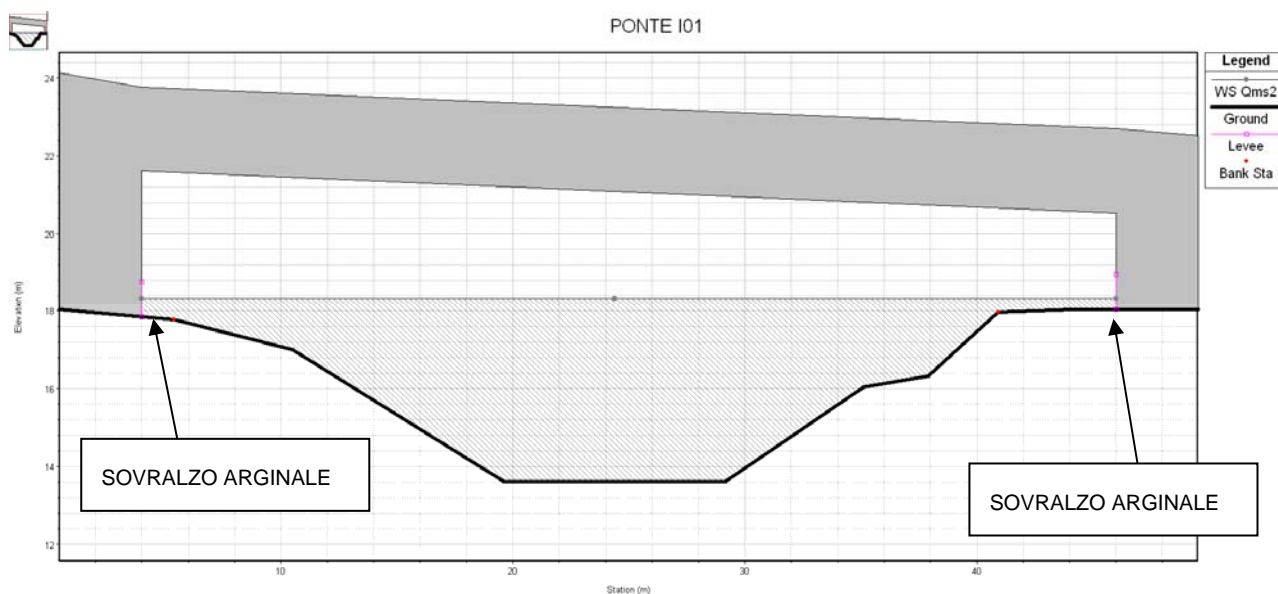


FIGURA 8-5: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER LE CONDIZIONI IDROMETRICHE DI RIFERIMENTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE DEL PONTE IN AFFIANCAMENTO A22 NELLO STATO DI PROGETTO 2 – $Q_{MS2}=90$ M³/SEC

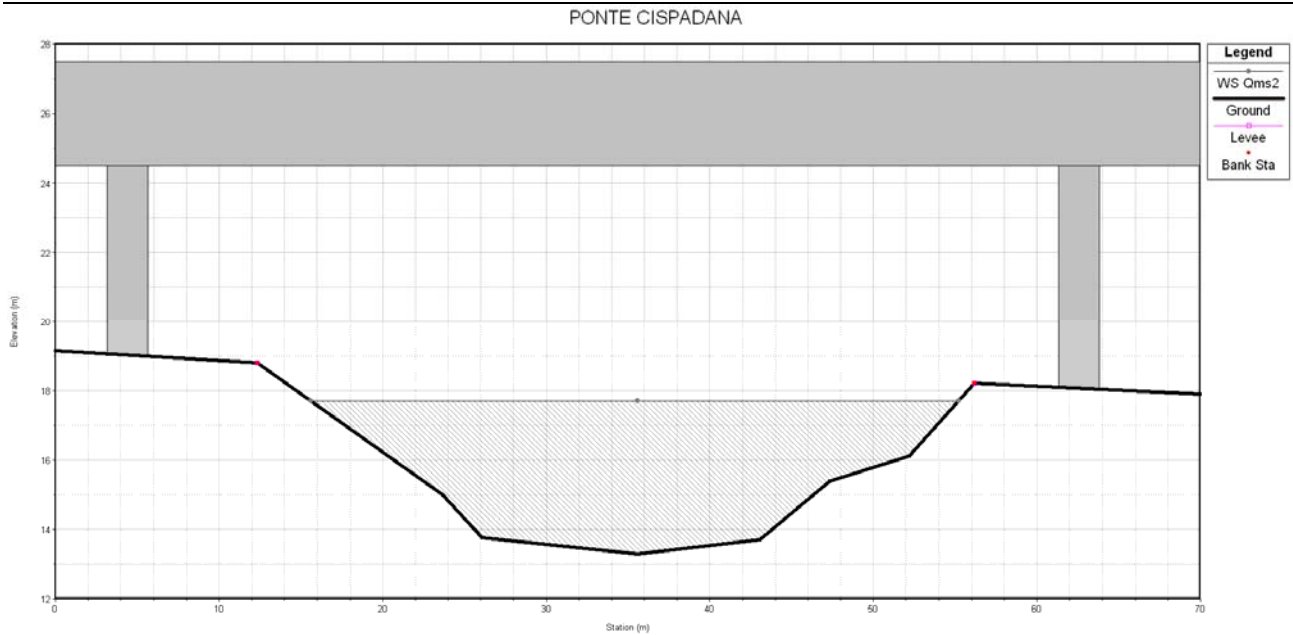


FIGURA 8-6: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER LE CONDIZIONI IDROMETRICHE DI RIFERIMENTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE DEL PONTE AUTOSTRADALE NELLO STATO DI PROGETTO 2 – $Q_{MS2}=90 \text{ M}^3/\text{SEC}$

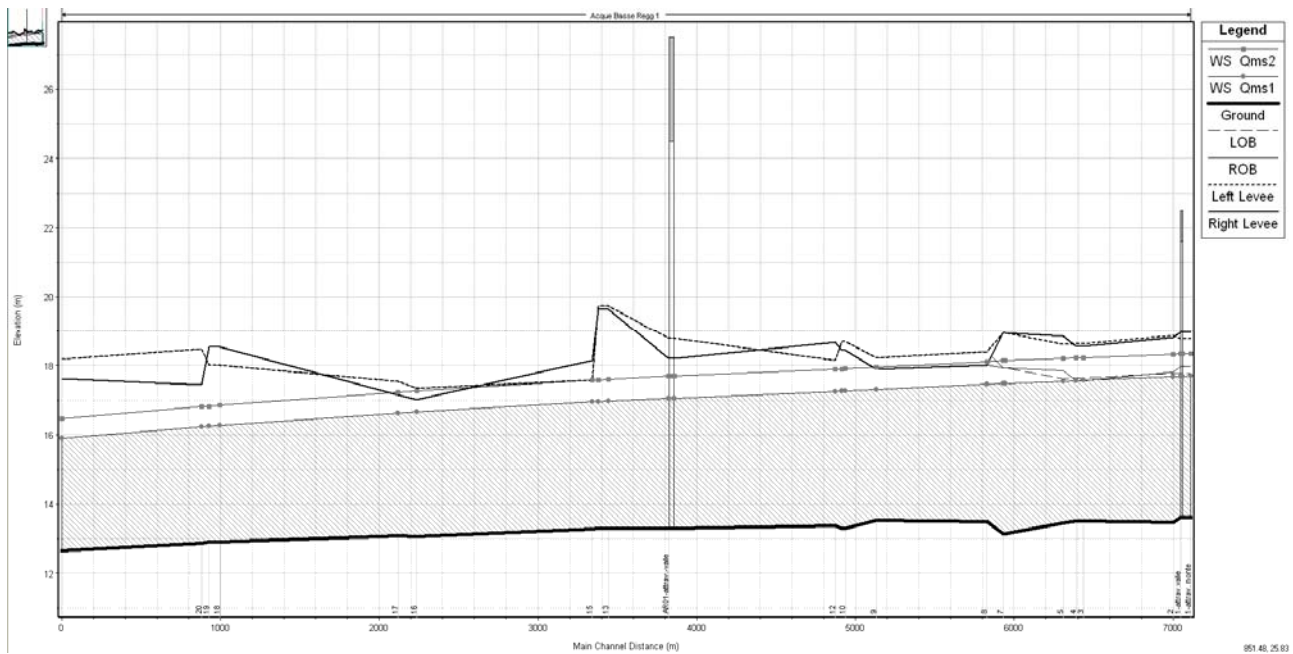


FIGURA 8-7 PROFILI DI RIGURGITO PER Q_{MS1} E Q_{MS2} NELLO STATO DI PROGETTO 2 (ADEGUAMENTO SPONDALE)

8.3.2. Valutazione della compatibilità idraulica

Effetto E.1. Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.

Fattori determinanti: restringimenti di sezioni o ostacoli al deflusso nel tratto di corso d'acqua interessato.

Modalità di quantificazione: confronto tra il profilo di piena in condizioni indisturbate e ad intervento realizzato.

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni numeriche eseguite relativamente allo stato di fatto e di progetto 1. Nelle tabelle e nei grafici seguenti si riporta il confronto fra le principali grandezze idrauliche per la configurazione presa a riferimento nella verifica del franco idraulico.

Come si evince in tutte le sezioni le differenze tra i profili Ante e Post operam sono nulle.

Sezione Topografica	Progressiva	Quota del fondo	Q di progetto	Livelli idrometri ci S.F.	Livelli idrometri ci S.P.1	ΔH	Velocit à S.F.	Velocit à S.P.1	Pendenz a	Carico Totale S.F.	Carico Totale S.P.1
	[m]	[m s.l.m.]	[m³/s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m/s]	[m/s]	-	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]
Sez.1-attrav.monte	7112.02	13.62	64	17.69	17.69	0.00	0.75	0.75	0.0000	17.72	17.72
PONTE I01	7049.02	13.62	Bridge	17.69	17.69	0.00	0.75	0.75	0.0000	17.72	17.72
Sez.1-attrav.valle	7049.02	13.62	64	17.67	17.67	0.00	0.76	0.76	0.0032	17.70	17.71
Sez.2	7002.02	13.47	64	17.67	17.67	0.00	0.64	0.65	-0.0001	17.69	17.70
Sez.3	6434.25	13.51	64	17.58	17.58	0.00	0.68	0.68	0.0000	17.60	17.60
Sez.4	6387.25	13.51	64	17.56	17.56	0.00	0.68	0.68	0.0006	17.59	17.59
Sez.5	6307.40	13.46	64	17.55	17.55	0.00	0.65	0.65	0.0009	17.57	17.57
Sez.6	5944.64	13.15	64	17.48	17.48	0.00	0.61	0.61	0.0000	17.50	17.50
Sez.7	5931.08	13.15	64	17.48	17.48	0.00	0.61	0.61	-0.0034	17.50	17.50
Sez.8	5829.60	13.50	64	17.46	17.46	0.00	0.67	0.67	0.0000	17.48	17.48
Sez.9	5129.14	13.53	64	17.31	17.31	0.00	0.73	0.73	0.0012	17.33	17.33
Sez.10	4937.68	13.30	64	17.26	17.26	0.00	0.69	0.69	0.0000	17.29	17.29
Sez.11	4912.73	13.30	64	17.26	17.26	0.00	0.69	0.69	-0.0017	17.28	17.28
Sez.12	4871.92	13.37	64	17.24	17.24	0.00	0.74	0.74	0.0001	17.27	17.27
AR01-attrav.monte	3861.92	13.30	64	17.06	17.06	0.00	0.70	0.70	0.0000	17.08	17.08
PONTE CISPADANA	3821.92	13.30	Bridge	17.06	17.06	0.00	0.70	0.70	0.0000	17.08	17.08
AR01-attrav.valle	3821.92	13.30	64	17.05	17.05	0.00	0.71	0.71	0.0000	17.08	17.08

Sez.13	3442.07	13.29	64	16.98	16.98	0.00	0.75	0.75	0.0000	17.01	17.01
Sez.14	3380.69	13.29	64	16.96	16.96	0.00	0.76	0.76	0.0005	16.99	16.99
Sez.15	3343.36	13.27	64	16.95	16.95	0.00	0.70	0.70	0.0002	16.98	16.98
Sez.16	2238.36	13.06	64	16.66	16.66	0.00	0.79	0.79	-0.0003	16.69	16.69
Sez.17	2119.55	13.09	64	16.63	16.63	0.00	0.74	0.74	0.0002	16.66	16.66
Sez.18	994.91	12.91	64	16.27	16.27	0.00	0.83	0.83	0.0000	16.31	16.31
Sez.19	929.13	12.91	64	16.25	16.25	0.00	0.84	0.84	0.0008	16.29	16.29
Sez.20	879.57	12.87	64	16.24	16.24	0.00	0.79	0.79	0.0002	16.27	16.27
Sez.21	0.00	12.66	64	15.90	15.90	0.00	0.86	0.86	0.0000	15.94	15.94

TABELLA 8-1: PRINCIPALI GRANDEZZE IDRAULICHE A CONFRONTO RISULTANTI DELLE SIMULAZIONI CON L'IDROGRAMMA DI PIENA DI RIFERIMENTO NELLO STATO DI FATTO (S.F.) E DI PROGETTO 1 (S.P. 1) CON $Q_{MS1}=64 \text{ M}^3/\text{SEC.}$

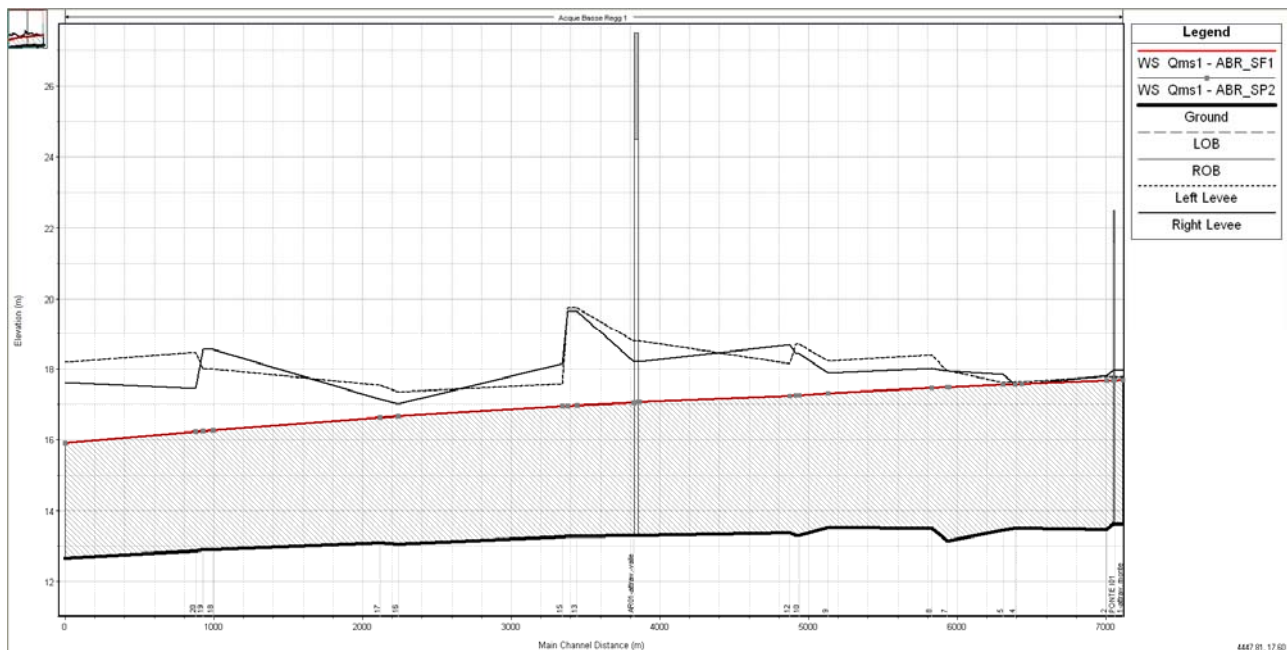


FIGURA 8-8: CONFRONTO TRA I PROFILI DI RIGURGITO PER Q_{MS1} NELLO STATO DI FATTO E DI PROGETTO 1.

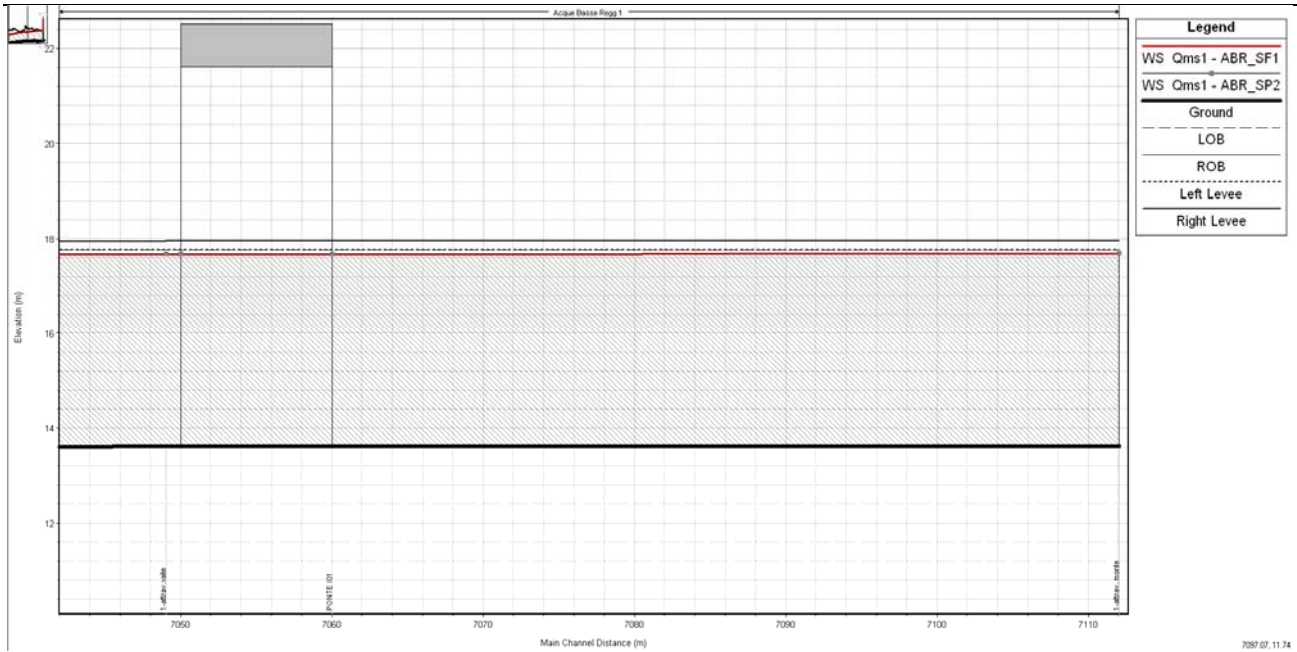


FIGURA 8-9: PARTICOLARE DEL CONFRONTO DEI PROFILI DI RIGURGITO PER Q_{MS1} TRA LO STATO DI FATTO E DI PROGETTO 1 IN CORRISPONDENZA DEL PONTE IN AFFIANCAMENTO ALLA A22.

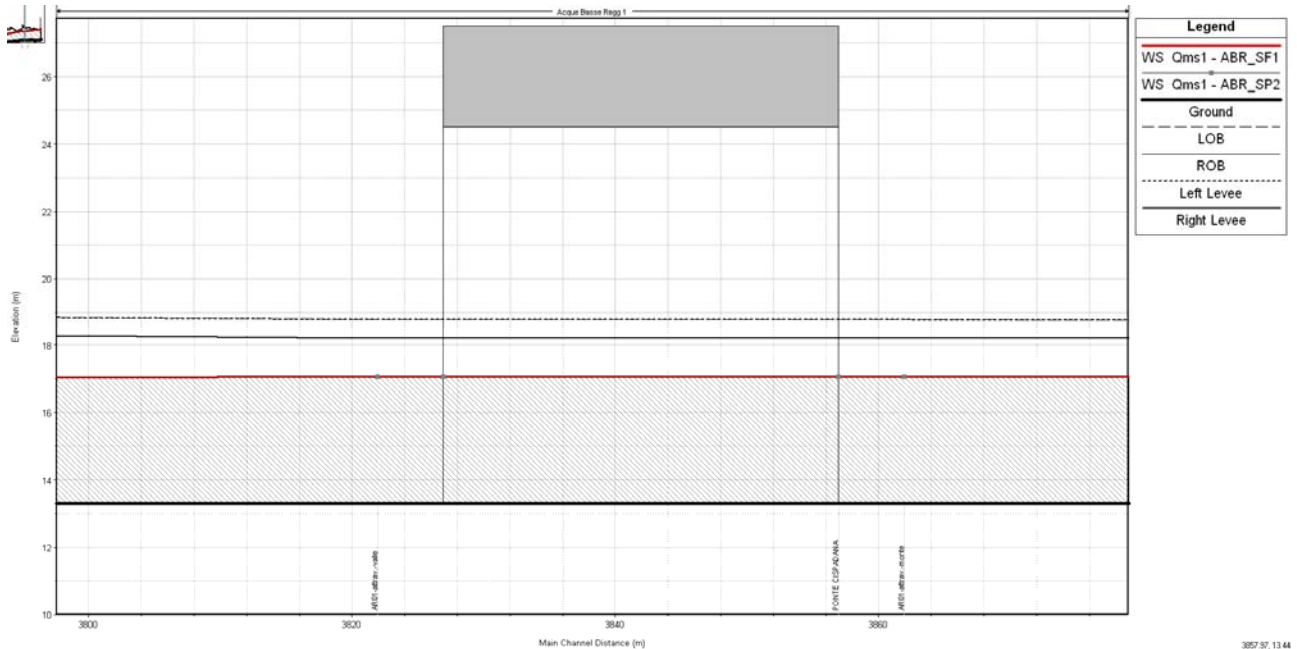


FIGURA 8-10: PARTICOLARE DEL CONFRONTO DEI PROFILI DI RIGURGITO PER Q_{MS1} TRA LO STATO DI FATTO E DI PROGETTO 1 IN CORRISPONDENZA DEL PONTE AUTOSTRADALE.

Per quanto riguarda i livelli idrometrici, quindi, non si ha alcun incremento sui profili di rigurgito indotto dalla presenza dei viadotti in progetto.

Effetto E.2. Riduzione della capacità di invaso dell'alveo.

Fattori determinanti: riduzioni delle superfici allagabili causate dalla realizzazione dell'intervento e l'effetto delle stesse in termini di diminuzione della laminazione in alveo lungo il tratto fluviale.

Le opere in progetto non comportano alcuna variazione delle superfici allagabili.

Effetto E.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti.

Fattori determinanti: localizzazione e caratteristiche strutturali degli elementi costituenti parte delle opere in progetto.

Modalità di quantificazione: valutazioni idrodinamiche sugli effetti idrodinamici indotti.

La situazione di progetto non determina variazioni idrodinamiche apprezzabili delle caratteristiche della corrente di piena rispetto alla situazione attuale.

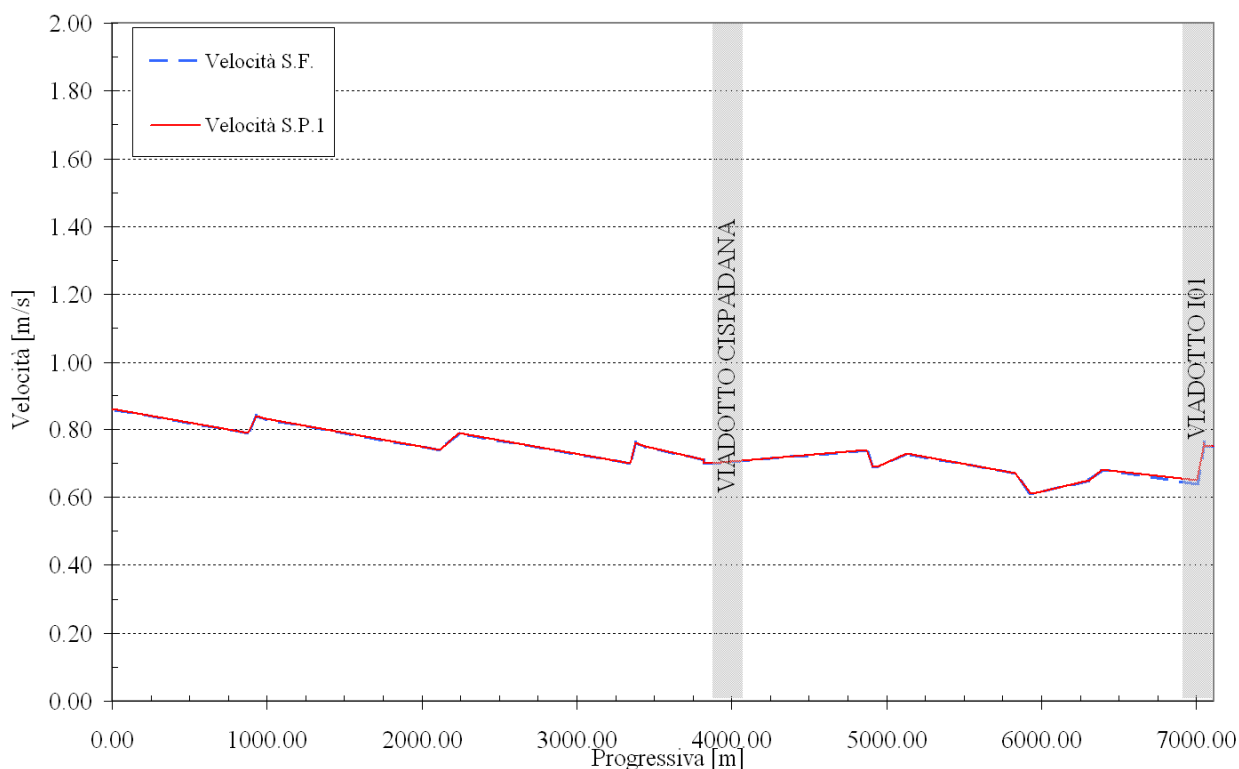


FIGURA 8-11: CONFRONTO TRA I VALORI DELLE VELOCITÀ MEDIE NELLO STATO DI FATTO E DI PROGETTO 1 PER IL VIADOTTO IN AFFIANCAMENO ALL'A22 E PER IL VIADOTTO AUTOSTRADALE

Le variazioni delle velocità medie della corrente risultano scarsamente influenzate dalla presenza delle strutture viarie in progetto in virtù della pressoché assente presenza di interferenze in alveo.

Effetto E.4. Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento.

Si prevede la realizzazione di opere accessorie di difesa spondale, opportunamente dimensionate al fine di proteggere le sponde e l'alveo da possibili erosioni localizzate e divagazioni. Queste opere verranno descritte nel capitolo 9.

Effetto E.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo inciso e di piena.

Non si segnala alcuna modifica sostanziale dal punto di vista planimetrico né altimetrico dell'alveo né in regime ordinario né di piena.

Effetto E.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.

Fattori determinanti: opere in progetto e soluzioni di inserimento delle stesse nel sistema fluviale. L'inserimento del ponte non implica una modificazione della attuale caratteristica ambientale della fascia fluviale.

Effetto E.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.

Fattori determinanti:

- condizioni di stabilità delle opere costituenti l'intervento in relazione alle sollecitazioni derivanti dalle condizioni di deflusso in piena con riferimento in particolare agli effetti connessi ai livelli idrici di piena e a quelli derivanti dell'azione erosiva della corrente sulle strutture e sulle fondazioni;
- tipologia funzionale dell'intervento.

Il franco tra l'intradosso del ponte ed il livello idrometrico nello stato di progetto 1 e 2 è adeguato in quanto sempre superiore a 2.00 m.

8.4. Verifica di compatibilità idraulica in presenza di opere provvisori

La realizzazione dei ponti in progetto prevedibilmente avverrà nel periodo di non irrigazione. In tutti i casi, anche ponendoci in condizioni di sicurezza e nel caso in cui un evento di piena dovesse colpire il cantiere durante l'esecuzione dei lavori, sono state previste palancolature di contenimento la cui sommità supera il ciglio spondale.

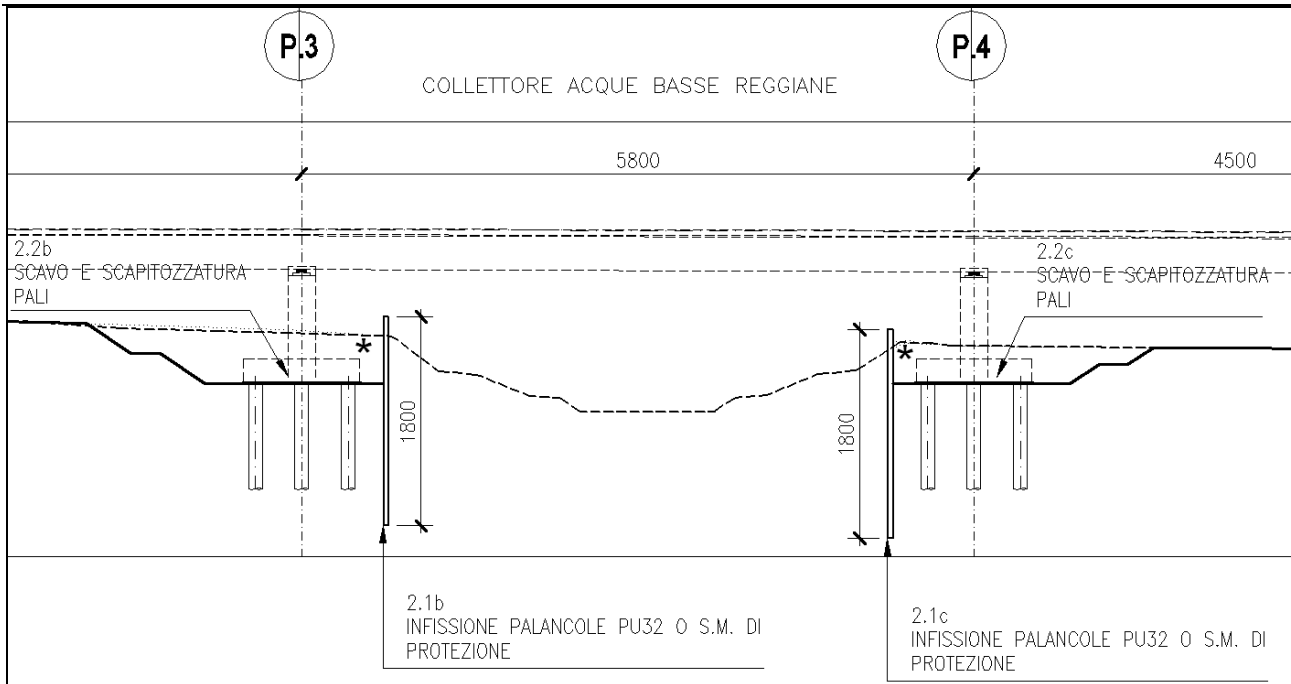


FIGURA 8-12: PARTICOLARE FASI ESECUTIVE C.A.B.R. –PONTE AUTOSTRADALE

Le opere provvisionali previste sono esterne all'idraulicità del canale, per cui non interferiscono con i profili di rigurgito dello stesso anche in caso di una piena al massimo invaso.

9. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

La direttiva 4 dell'Autorità di Bacino del fiume Po impone di inserire una serie di presidi idraulici volti a contenere fenomeni di dissesto potenzialmente innescabili dalla presenza del manufatto di attraversamento.

Sulla base di quanto già licenziato in sede di Conferenza dei Servizi e tenendo conto di quanto prescritto dallo stesso Consorzio in quella sede, si è proceduto alla Progettazione dei presidi difensivi da apporre sia a protezione delle sponde in frodo che dei paramenti arginali interessati dalle pile.

Gli interventi previsti si possono suddividere in 2 categorie:

- 1) potenziamento dell'assetto difensivo
- 2) mantenimento e collegamento della viabilità di servizio interferita.

La difesa spondale per entrambi i ponti in progetto si ottiene attraverso la realizzazione di una berma ed una difesa sulla sponda interna e sulle banche ottenuta mediante il posizionamento di massi di cava non gelivi del peso di 50-100 kg/cad per la difesa spondale e 100-200 kg/cad per la berma.

La soluzione viene proposta per un tratto di 20 m a monte e valle degli attraversamenti, oltre che lungo tutto l'ingombro dei viadotti. Analoga soluzione viene adottata anche per il vicino Cavo Parmigiana-Moglia

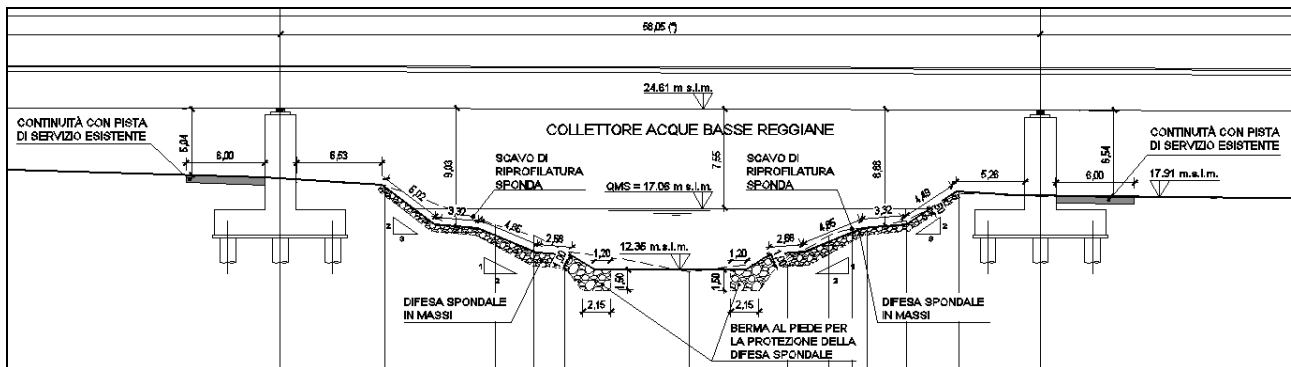


FIGURA 9-1 – PARTICOLARE DIFESA SPONDALE

Una volta completati i lavori di realizzazione delle opere idrauliche, si procederà ad effettuare semina a spaglio per rinverdire la nuova configurazione morfologica nell'intorno del fiume.

Il passaggio monte-valle dei mezzi del Consorzio in corrispondenza del ponte autostradale verrà garantito in destra e in sinistra dal mantenimento della pista di servizio esistente, garantendo un franco rispetto al sottotrave di almeno 5 m. Per quanto riguarda il ponte dell'interconnessione I01 si garantisce la continuità con le piste di servizio esistenti sotto l'impalcato del ponte della A22 sia in sponda destra che sinistra, garantendo un franco di 4 m.

10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLE PRESCRIZIONI DEL CONSORZIO

Le analisi e le opere idrauliche precedentemente descritte recepiscono integralmente le prescrizioni/osservazioni trasmesse dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale relative all'analisi del Progetto Preliminare dell'Autostrada regionale Cispadana – Conferenza dei Servizi preliminare ex art. 14 bis della Legge 241/90.

In particolare relativamente all'attraversamento autostradale del Collettore Acque Basse Reggiane è stata riportata la richiesta di garantire piste di servizio adeguatamente inghiaiate, per consentire con continuità la percorribilità del Collettore, ai fini della sorveglianza e della manutenzione (quindi transitabili sia da vetture di servizio che da macchine operatrici, assicurando le necessarie larghezze – almeno 4 m – e altezze – almeno 6 m – per il passaggio) anche in via d'urgenza e con condizioni meteorologiche avverse.

Tali prescrizioni sono state recepite nel presente progetto definitivo (v. paragrafo 9). Per quanto riguarda la richiesta dell'altezza minima di 6 m tra pista e intradosso impalcato, previo confronto con il Consorzio stesso, si è valutato di garantire almeno 5 m di luce libera (valore minimo normativo per le strade non classificate).