

FIUME SECCHIA

PROGETTO DEFINITIVO

**AVVIO ADEGUAMENTO STRUTTURALE E FUNZIONALE DEL SISTEMA ARGINALE
DIFENSIVO TRAMITE INTERVENTI DI ADEGUAMENTO IN QUOTA E IN SAGOMA A
VALLE DELLA CASSA FINO AL CONFINE REGIONALE PER GARANTIRE IL FRANCO
DI UN METRO, RISPETTO ALLA PIENA DI TR 20 ANNI NELLO STATO ATTUALE E LA
STABILITÀ E RESISTENZA DEI RILEVATI, COMPRENSIVO DELLE INDAGINI
GEOLOGICHE-GEOGNOSTICHE PRELIMINARI.
INTERVENTO REALIZZABILE PER STRALCI FUNZIONALI
1° STRALCIO - RIALZO ARGINALE**

RELAZIONE GENERALE

A1

PROGETTISTA COORDINATORE: Dott. Ing. Gianluca ZANICHELLI

TECNICI PROGETTISTI:

Dott. Geol. Annamaria BELARDI Dott. Ing. PhD. Roberta LANUBILE

Dott. Ing. PhD. Sara PAVAN

Geometri: Giovanni PALOMBO Luca ZILLI

TECNICI COLLABORATORI:

Dott. Ing. Stefano BALDINI Dott. Geol. Stefano PARODI

Geometri: Clemente BOTTONE Fabio FORTE Domenico SANNINO Paolo DE BIASE

Raffaele GATTESCHI

Istruttori Idraulici: Luigi GIGANTE Giuliana DI BARTOLOMEO Carmela PAPPALARDO

PERIZIA N°

CLASSIFICA:

MO-E-1323

DATA:

Aprile 2016

PROT. N°

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Ivano GALVANI

AGGIORNAMENTO

DATA:

SOMMARIO

1	PREMESSA	4
2	LE OPERE DI DIFESA IDRAULICA SUL SECCHIA.....	6
	2.1 - STATO DI FATTO, PROBLEMATICHE E PIANIFICAZIONE DI BACINO.....	6
	2.2 6 INTERVENTI NECESSARI SULLE ARGINATURE.....	8
3.	INTRODUZIONE AL PROGETTO	11
4.	IDROGRAFIA, IDROLOGIA E IDRAULICA DEL FIUME SECCHIA	12
	4.1 IDROGRAFIA, MORFOLOGIA E GEOLOGIA	12
	4.1.1 IDROGRAFIA	12
	4.1.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E MORFOLOGIA	13
	4.1.3 INQUADRAMENTO STORICO DELLE ARGINATURE DEL SECCHIA.....	15
	4.2 IDROLOGIAí .	22
	4.3 IDRAULICAí	25
	4.3.1 CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLE CRITICITÀ DI CARATTERE IDRAULICO IN CORRISPONDENZA DEGLI ATTRAVERSAMENTIí í í í í í í í í í í í í í í í .	27
5.	TIPOLOGIE DI VULNERABILITÀ ARGINALE - GENERALITÀ	30
	5.1 SORMONTO.	30
	5.2 FRANA, SCOSCENDIMENTO E CORROSIONE.....	30
	5.3 SFIANCAMENTO.....	30
	5.4 SIFONAMENTO o FONTANAZZI / PIPING.....	31
	5.5 TANE DI ANIMALI	32
	5.6 SISMAí í	35
6.	INTERVENTI STRUTTURALI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO LUNGO LE ARGINATURE DEL F. SECCHIAí ..	37
	6.1 CONTRASTO DEI FENOMENI DI SORMONTO PER LA PORTATA TR 20 ANNI	38
	6.2 CONTRASTO DEI FENOMENI DI FRANA E SCOSCENDIMENTO.....	43
	6.3 CONTRASTO DEI FENOMENI DI SIFONAMENTO	43
	6.4 CONTRASTO DEI FENOMENI DI SFIANCAMENTO.....	49
	6.5 CONTRASTO DEI FENOMENI DI TANE DI ANIMALI	49
	6.6 RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO	50
7.	PRIORITÀ D'INTERVENTO	56
	7.1 SUDDIVISIONE IN TRATTI OMOGENEI.....	56
	7.2 ASSOCIAZIONE DELLE VULNERABILITÀ AI TRATTI	ERRORE. IL SEGNALE NON È DEFINITO.

7.3 FREQUENZA DEL RISCHIO E PRIORITÀ D'INTERVENTO	57
8. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	59
8.1 INTERVENTI DI I FASE	60
8.1.1 INTERVENTI DI I FASE - I STRALCIO.....	62
8.2 INTERVENTI DI SECONDA FASE.....	ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO.
8.3 INTERVENTI DI TERZA FASE.....	ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO.
9. QUADRI ECONOMICI.....	63
10. CONCLUSIONI	65

1 PREMESSA

Gli eventi del gennaio 2014

Come noto nell'ultima decade del mese di gennaio 2014 i territori dei comuni rivieraschi del fiume Secchia a valle della città di Modena sono stati interessati da un evento alluvionale di considerevole entità causato dal cedimento di un tratto dell'arginatura destra del medesimo corso d'acqua. L'evento ha provocato un morto (durante le fasi di soccorso), l'allagamento dei centri abitati di Bastiglia e Bomporto, di varie zone industriali e centinaia di ettari di terreni coltivati, con danni per diverse decine di milioni di euro. In conseguenza degli eventi suddetti con D.L. 12 maggio 2014, n. 74 "Misure urgenti in favore delle popolazioni dell'Emilia Romagna colpite dal terremoto e dai successivi eventi alluvionali verificatisi tra il 17 ed il 19 gennaio 2014, nonché per assicurare l'operatività del Fondo per le emergenze nazionali" il Presidente della Regione Emilia-Romagna è stato autorizzato in qualità di Commissario Delegato, ad operare per l'attuazione degli interventi per il ripristino e la ricostruzione. Tali interventi sono stati disposti tramite apposite Ordinanze Commissariali che sono andate man, mano ad impegnare le cifre disponibili per successive priorità, stabilite di concerto con gli Enti competenti.



Fig. 1 e 2 Rotta dell'argine destro del Fiume Secchia in loc. S. Matteo e sua riparazione - 19 e 21 genn. 2014



Fig. 3 Effetti a valle: inondazione del centro abitato di Bomporto e svuotamento tramite taglio controllato dell'argine del Canale Naviglio - 23 gen. 2014.

Per un più puntuale resoconto sulla piena del gennaio 2014 e sulle azioni emergenziali messe in campo nell'immediato si rinvia all'Appendice "A" alla Relazione Illustrativa del progetto preliminare.

Alcune caratteristiche geografiche di Modena

La città di Modena è stretta tra due fiumi a carattere torrentizio: il Secchia e il Panaro. Piazza Grande, centro storico della città, dista 3 km dal primo e 4,5 km dal secondo, ma le periferie urbane, ora estremamente estese, lambiscono entrambi i corsi d'acqua. E inoltre la città più bassa lungo la via Emilia tra Bologna e Piacenza. Si trova, infatti, fra il punto di rottura di pendenza del profilo idrografico, dove cioè si passa da una pendenza di pochi centesimi delle conoidi a pochi millesimi della pianura alluvionale, con la conseguenza di un cambio netto della morfologia e dell'andamento dei corsi d'acqua, della granulometria dei suoi depositi sedimentari e di conseguenza anche della scabrezza e della natura ecologica e paesaggistica degli alvei.

Durante le piene la quota del pelo d'acqua dei fiumi Secchia e del Panaro è di qualche metro superiore a quella di Piazza Grande: si ricorda che il Secchia in piena ha un livello d'acqua superiore di qualche metro alla città di Modena, onde si impone un urgente rinforzo delle arginature.¹

Le piene storiche del Secchia

Nella storia recente del Fiume Secchia, purtroppo l'evento di esondazione del gennaio 2014 non è che l'ultimo di una serie di eventi che, anche riferendosi soltanto agli ultimi 50 anni, con frequenza decennale o inferiore, hanno periodicamente interessato la bassa modenese. Si ricordano infatti numerose esondazioni del Secchia, spesso accompagnate da quelle del Panaro, negli anni 60 (1960, 1966, 1969), 70 (1972, 1973) e 80 (1982) a testimonianza dell'elevata suscettibilità alle piene e della fragilità del sistema di difesa del corso d'acqua in esame.



Fig. 4 - Manifestazione popolare per la richiesta di interventi speciali per Modena, finalizzati alla difesa dei fiumi Secchia e Panaro, con l'avvio dei lavori delle Casse di Espansione (anni 70).

In conseguenza delle suddette esondazioni vari interventi furono via, via intrapresi: rialzi arginali dopo le piene degli anni 60 e 80, realizzazione della cassa d'espansione dopo quelle degli anni 70. Tuttavia, allo stato attuale di conoscenze delle caratteristiche idrologiche del bacino ed idrauliche del corso d'acqua e delle sue opere di difesa, tali interventi seppur, all'epoca, sicuramente necessari e considerevolmente migliorativi dello stato di fatto, non hanno conseguito il grado di protezione idraulica necessario oggi ad un territorio che si è andato sempre più antropizzando.

La presente breve sintesi si pone quale obiettivo di riassumere il quadro delle criticità e degli interventi necessari a contrastarle efficacemente, al fine di raggiungere un grado di protezione idraulica del territorio conforme alle previsioni della Pianificazione di Bacino.

¹ Fonte: relazione conclusiva (1972) della commissione interministeriale dello studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo (Commissione De Marchi).

2 LE OPERE DI DIFESA IDRAULICA SUL SECCHIA

2.1 - STATO DI FATTO, PROBLEMATICHE E PIANIFICAZIONE DI BACINO

Il corso d'acqua presenta differenti caratteristiche a seconda dei tratti omogenei in cui può essere suddiviso, oltre al tratto e bacino montano avente caratteristiche naturali ancora ben evidenti e di pregio, sia per quanto riguarda il corso principale che i maggiori affluenti (torrenti Dolo e Dragone), quelli più significativi a livello d'interazione con le zone più densamente abitate ed infrastrutturate possono sintetizzarsi come segue:

- a) **Tratto di alta pianura** (conoide medio inferiore): caratterizzato da intensi squilibri di trasporto solido che ne hanno, per estesi tratti, provocato l'erosione di fondo fino a raggiungere in alcuni casi i substrati argilloso-marnosi i quali, una volta incisi, danno luogo ad alvei incassati i quali a loro volta, nei casi più gravi (tratto Castellarano ó Sassuolo - Casalgrande), provocano l'estromissione delle golene dai deflussi di piena ed una sensibile riduzione degli effetti di laminazione naturale e dei tempi di propagazione dei colmi di piena, con conseguente aumento dei valori di portata a valle.

A onor del vero occorre segnalare come i casi più eclatanti di erosione, che hanno provocato in passato crollo di opere trasversali con messa a rischio di attraversamenti viari, siano stati oggetto di puntuali opere di rifacimento/consolidamento limitando sensibilmente il grado di rischio per le opere difese e ristabilendo localmente il profilo di equilibrio del fondo alveo.



Fig 5 - Fiume Secchia attraversamento in viadotto della SS. n. 467 di Scandiano: profonda erosione con scalzamento delle pile a seguito del crollo della traversa in loc. Villalunga di Sassuolo (maggio 2004)

Fig. 6 ó Ricostruzione della traversa ó Provincia di Modena (luglio 2015)

- b) **Tratto intermedio: Comune di Modena e Cassa d'espansione:** il tratto a cavallo del Comune di Modena e dei limitrofi Campogalliano e Rubiera (RE) è caratterizzato dal passaggio da un tipo di alveo sensibilmente mobile ad corso d'acqua arginato con alveo piuttosto stabile. Oltre a presentare questa caratteristica di transizione è interessato dall'interferenza con importanti infrastrutture viarie e ferroviarie: Via Emilia e tangenziale di Modena, autostrade A1 e A22, linee ferroviarie MI-BO e MO-MN e linea AV Milano-Napoli che ne condizionano pesantemente sia il corso sia la pericolosità.

Non a caso, proprio in tale tratto caratterizzato, fra la Via Emilia e l'A1, dalla presenza di numerosi laghi di cave dismesse, è stata localizzata nei primi anni '70 la cassa d'espansione (la prima in Emilia di quest'ordine di grandezza ed una delle prime in Italia).

Purtroppo le scarse conoscenze idrologiche di allora e, probabilmente, anche la limitata dotazione economica e di aree immediatamente disponibili, hanno fatto sì che i volumi d'invaso della cassa come allora individuati, siano oggi insufficienti alla necessaria laminazione della portata di riferimento (duecentennale). Tanto che dagli studi finora condotti dall'Autorità di Bacino (e confermati dai modelli numerici elaborati per la progettazione in corso) risulta necessario un suo sensibile ampliamento. Inoltre l'urgenza, la caratteristica innovativa e quasi pionieristica (per quegli anni) dell'intervento ha fatto sì che non venissero rispettati i vincoli prescritti dal Regolamento Nazionale Dighe, cui attualmente la stessa cassa è soggetta e tuttora inadeguata.

Per la messa in sicurezza definitiva del territorio modenese risulta pertanto necessario, oltre ad un suo cospicuo ampliamento, anche un significativo intervento di adeguamento dei manufatti esistenti in termini di franco delle arginature, presenza di dispositivi di sfioro di sicurezza e ridimensionamento dei manufatti esistenti. L'attuale sviluppo della tecnica idraulica e dei sistemi di previsione consiglia inoltre di passare da un sistema di limitazione delle portate statico, quale è l'attuale, ad uno dinamico in grado con opportune manovre di ottimizzare il funzionamento del sistema. Per fare ciò è necessario modificare il manufatto limitatore di portata dotandolo di paratoie mobili.

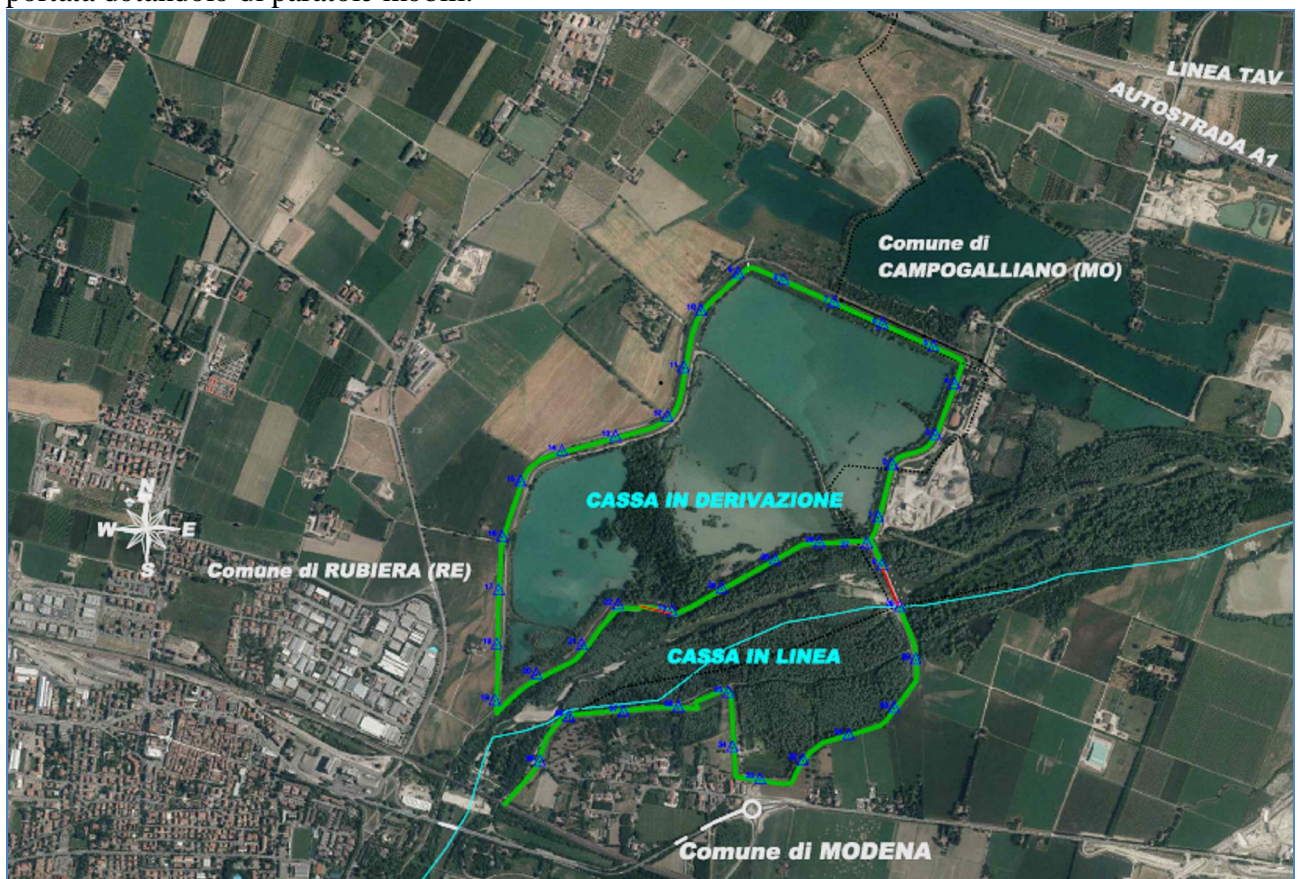


Fig. 7 - Foto aerea della Cassa d'Espansione del Secchia

- c) **Tratto arginato a valle di Modena:** è caratterizzato da una presenza continua di arginature su entrambe le sponde e da una pesante manomissione antropica dell'alveo inciso che, con successive rettifiche a partire dall'ottocento, ne ha costretto il tratto da Ponte Alto a Ponte dell'Uccellina (già Ponte Basso) fra due arginature in frodo (cioè aderenti all'alveo inciso) praticamente rettilinee e intersecanti più volte paleoalvei. Tale sistemazione, tipica di quegli anni (si riscontra ad es. anche sull'Adda ad opera degli Asburgo) se non accompagnata da opere strutturali di difesa e/o impermeabilizzazione, aumenta il rischio di instabilità planimetrica per erosione e quello di sifonamento, mettendo a rischio la stabilità degli argini. Proseguendo verso valle iniziano a presentarsi più o meno estese golene, alcune arginate, che rendono più efficace l'effetto di laminazione naturale ed allontanano la corrente di piena dalle

arginature maestre, le quali vista comunque la complessità delle paleo-strutture, possono per estesi tratti intersecare tracce fluviali preesistenti con conseguenti, potenziali, problemi di sifonamento. La caratteristica principale di questo tratto è la forte pendenza dell'alveo e delle arginature rispetto al piano campagna esterno, anche di diversi metri. Tale caratteristica, unita alla limitata sezione trasversale degli argini stessi ed alla disomogeneità dei terreni di fondazione, con presenza di strati più permeabili, ne aumenta il rischio di sifonamento delle arginature, anche in conseguenza di possibili localizzate presenze di tane di animali.

Infine, gli studi condotti nell'ambito delle attività istituzionali di Pianificazione a scala di Bacino (PAI, 2001; Studio di Fattibilità per la sistemazione idraulica del F. Secchia, 2004; applicazione Direttiva 2007/60/CE, 2014) hanno evidenziato la limitata capacità di laminazione del tratto di monte e l'insufficienza dei volumi invasabili dalla cassa d'espansione, con particolare riferimento ai nuovi parametri idrologici del bacino di monte. La adozione di tali nuovi idrogrammi di piena hanno evidenziato, come è ben illustrato e descritto nella relazione idrologico-idraulica allegata al presente Progetto Preliminare, come tutto il tratto arginato presenti gravi carenze di quota per la piena di riferimento (portata con tempo di ritorno duecentennale) ma anche, per estesi tratti, per portate inferiori (ventennale).

In ragione di tali considerazioni, si ritiene che i primi interventi strutturali significativi debbano essere indirizzati verso l'adeguamento in quota delle arginature ad un primo grado di protezione, basato sulla portata ventennale con franco di un metro e, anche in ragione della consistenza dei fondi finanziari a disposizione, favorire in futuro la realizzazione dei successivi stralci di intervento per il completamento della messa in sicurezza alla TR200 anni, permettendo anche un miglioramento dal punto di vista della stabilità strutturale degli stessi.

2.2 - INTERVENTI NECESSARI SULLE ARGINATURE

Le problematiche di rischio del corso d'acqua, già ben note ed evidenziate dalla Pianificazione di Bacino sono state affrontate, grazie ai finanziamenti delle ordinanze commissariali, con diverso grado di priorità come segue:

Fase emergenziale (già eseguita)

- Ricostruzione, in regime di somma urgenza, delle opere crollate o danneggiate (ripresa della rotta del Secchia, ripristino funzionale delle arginature del reticolo danneggiato a valle Canale Naviglio e affluenti, reticolo di bonifica) ó interventi già eseguiti;



Figg. 8 - 9 ó Lavori di ripresa della rotta ó palancolata e realizzazione della banca a campagna; lavori ultimati.

- Esecuzione, sempre in regime di somma urgenza, degli interventi di miglioramento delle caratteristiche funzionali delle opere esistenti che avevano manifestato problematiche localizzate nel corso degli eventi (ripresa di frane, consolidamenti, ringrossi e interventi puntuali d'impermeabilizzazione delle arginature nei tratti più a rischio) ó interventi già eseguiti.



Figg. 10 - 11 cantiere di diaframmatura con jet grouting monodirezionale in loc. Ponte Pioppa - Esecuzione campo prove e fasi di iniezione nell'arginatura.



Figg. 12 - 13 cantiere di diaframmatura con palancole in acciaio, cordolo e rivestimento in calcestruzzo armato ó loc. Cavezzo Via Bozzala.

Fase di mitigazione del rischio

- Indagini preliminari, progettazione ed esecuzione degli interventi strutturali diffusi su tutta l'asta, necessari alla mitigazione del rischio residuo del territorio.

L'ultimo punto, particolarmente complesso, è stato oggetto di progettazione preliminare sviluppata attraverso un'intensa attività volta all'approfondimento delle problematiche di rischio, finalizzata alla programmazione, progettazione ed esecuzione, secondo precise e condivise priorità, degli interventi necessari all'adeguamento delle opere idrauliche di protezione.

Tale attività si è sviluppata inizialmente attraverso la messa a punto di un modello numerico di simulazione attraverso il quale, analizzando diversi scenari, si sono individuati i parametri di adeguamento delle linee arginali al fine di conseguire un uniforme grado di protezione rispetto al rischio di sormonto per piena ventennale, in accordo con gli obiettivi dell'ordinanza commissariale n.5/2014.

Purtroppo l'importo stanziato dall'ordinanza suddetta per tale scopo si è rivelato insufficiente per coprire l'intero tratto di rialzo, mentre rimanevano altresì importanti problematiche relative ai rischi legati a problemi di filtrazione, potenziale sifonamento e stabilità globale delle arginature. Al fine di dare comunque carattere di completezza alla progettazione si sono analizzate, almeno a livello preliminare, tutte le problematiche connesse con i diversi tipi di rischio, individuandone le soluzioni e quantificandone i costi.

La successiva emissione dell'Ordinanza Comm.le n.2/2016, nella quale hanno trovato copertura (sulla base della quantificazione economica individuata nel progetto preliminare) le residue necessità economiche per il rialzo su tutta la tratta emiliana, renderà a breve possibile estendere a tale ambito gli interventi di adeguamento in quota alla Tr20 con un metro di franco.

Tuttavia, considerato che le zone d'intervento sono molto estese e di fatto non continue, si è preferito, per velocizzare le operazioni di messa in sicurezza degli ambiti più a rischio, dare priorità al primo tratto che, partendo da monte nei Comuni di Modena e Campogalliano, si estende fino all'inizio dei territori dei Comuni di Soliera e Bastiglia.

3. INTRODUZIONE AL PROGETTO

Il presente progetto trae origine dalla programmazione emergenziale di cui alle Ordinanze del Commissario Delegato per gli *Interventi urgenti relativi al programma di messa in sicurezza idraulica, connessi ai fiumi che hanno generato gli eventi alluvionali abbattutisi sulla provincia di Modena tra il 17 ed il 19 gennaio 2014, interessanti i Comuni già colpiti dal sisma del 2012 individuati nel decreto legge del 28 gennaio 2014, n. 4.ö*.

Più specificamente, l'intervento oggetto del progetto definitivo che la presente relazione accompagna è ricompreso nell'elenco allegato all'Ord. n. 5 dell'8 luglio 2014 ove è previsto al n. prog. 1, cod. 10968, titolo intervento: *Avvio adeguamento strutturale e funzionale del sistema arginale difensivo tramite interventi di adeguamento in quota e in sagoma a valle della cassa fino al confine regionale per garantire il franco di 1 metro, rispetto alla piena di TR 20 anni nello stato attuale e la stabilità e resistenza dei rilevati, comprensivo delle indagini geologiche-geognostiche preliminari. Intervento realizzabile per stralci funzionali.ö*, individuando quale ente attuatore l'Agenzia Interregionale per il Fiume Po.

Come esplicitamente indicato nel titolo, l'obiettivo principale dell'intervento è quello di raggiungere un uniforme grado di protezione idraulica per il sistema arginale del Fiume Secchia sia dal punto di vista geometrico rispetto al rischio di sormonto, seppure per la piena con tempo di ritorno ventennale (e non duecentennale come previsto dal P.A.I.), sia da quello strutturale rispetto ai rischi di instabilità del corpo arginale per frana, sifonamento e/o sfiancamento. Questo primo finanziamento comprende anche le indagini geognostiche necessarie per caratterizzare la struttura arginale, il substrato ed i materiali necessari per l'esecuzione delle opere su tutto il tratto emiliano.

Al fine di adempiere al meglio all'obiettivo proposto, e contemporaneamente allo svolgimento delle attività di somma urgenza in corso sul Secchia, il R.U.P. ha costituito a fine 2014 un gruppo di progettazione interno composto da tecnici A.I.Po, già impiegati sul campo nelle attività di S.U. di cui alla precedente Ord. n.3 del 5 giugno 2014, facenti capo agli Uffici di Modena, Parma, Piacenza e Servizio di Piena i quali, grazie anche alle esperienze nel frattempo acquisite sul campo, secondo le proprie disponibilità e con le priorità dettate dall'urgenza degli interventi in corso, hanno provveduto alle attività di sopralluogo ed approfondimento territoriale, ricerca dei dati (topografici, catastali, geologici noti, eccí) necessari alla redazione degli elaborati di progetto.

Unico aspetto non esplicitato nel titolo ma che il gruppo di progettazione all'unanimità ha decretato essere necessario, è rappresentato dalla necessità di un'elaborazione di sintesi che vada ad analizzare e reinterpretare allo scopo progettuale tutti gli innumerevoli studi ed elaborazioni modellistiche esistenti, per la definizione degli scenari idraulici di riferimento.

A tale scopo, la fase preliminare è stata oggetto di specifico affidamento di servizi di supporto alla progettazione, rivisitazione e ricostruzione di un modello numerico monodimensionale (quasi 2D) che, partendo dall'ultimo elaborato dall'Autorità di bacino del Fiume Po, verificasse l'aderenza allo stato attuale (nel frattempo rilevato mediante nuove riprese aeree aerofotogrammetriche LIDAR) ed alle problematiche emergenti, anche in relazione agli ultimi eventi di piena, estraendo i dati necessari alla progettazione in corso e fornendo anche uno strumento in grado di adattarsi ai vari scenari che si andavano concretizzando in corso di progettazione. Ulteriore oggetto dell'affidamento di supporto sono state le elaborazioni geometriche e grafiche degli interventi, sviluppate mediante modellazione tridimensionale aggiornabile, basata sul modello digitale del terreno ottenuto dal volo LIDAR. Tale metodologia è stata espressamente scelta in quanto, a fronte di maggior sforzo iniziale per la definizione del modello geometrico, rende più facilmente aggiornabili e scalabili le eventuali modifiche che necessariamente, vista la notevole portata del progetto, potranno essere apportate nel corso dell'elaborazione dei vari stralci successivi, necessari per la completa realizzazione delle opere finalizzate al conseguimento di un uniforme grado di protezione idraulica su tutta la tratta arginata del Fiume.

4. IDROGRAFIA, IDROLOGIA E IDRAULICA DEL FIUME SECCHIA

4.1 - IDROGRAFIA, MORFOLOGIA E GEOLOGIA

4.1.1 - IDROGRAFIA

Il Secchia è fra i più importanti fiumi dell'Italia settentrionale e scorre per gran parte in Emilia-Romagna e, nel tratto finale, in Lombardia. È per lunghezza (172 km), bacino e portata media annua alla sezione di chiusura (circa 23,0 m³/s), il principale affluente di destra del Po dopo il Tanaro. Il suo bacino (circa 2.090 km²) circa il 3% della superficie dell'intero bacino del Po, di cui il 57% in ambito montano. Nasce dall'Alpe di Succiso sull'Appennino tosco-emiliano nel comune di Collagna in provincia di Reggio Emilia. Il corso del fiume nel tratto appenninico ha un andamento da sud ovest a nord est, come la maggior parte degli affluenti di destra del Po.

Il corso d'acqua scende dai contrafforti dell'Appennino sino quasi al ponte della SS 63 del Cerreto con un alveo molto ampio; successivamente si incassa in una profonda gola nelle stratificazioni arenacee, negli Schiocchiö, e riceve in destra i torrenti Riarbero e Ozola e in sinistra il torrente Biola. Dalla confluenza del torrente Ozola fino a quella del torrente Secchiello, l'alveo scorre tra pareti quasi verticali di anidride, formazione triassica. Dopo la confluenza, in destra, del Secchiello riceve nuovamente in destra i torrenti Dolo e, in prossimità della volta di Saltino, Rossenna. Dopo successivi allargamenti e restringimenti, il corso d'acqua entra nella "Stretta del Pescalö, a valle della quale è realizzata una traversa di derivazione, in località Castellarano, che alimenta la rete di canali irrigui in Provincia di Modena e Reggio Emilia.

A Sassuolo il Secchia sbocca in pianura dopo aver ricevuto in destra il torrente Fossa di Spezzano e in sinistra, a monte di Rubiera, il torrente Tresinaro, incontrando infrastrutture viarie e ferroviarie di notevole importanza, quali la via Emilia e la linea ferroviaria Milano-Bologna. L'andamento del corso d'acqua diventa meandrizzato con alveo pensile fino alla confluenza in Po, in prossimità di Mirasole (MN) dopo un percorso di circa 172 km.

Nelle parti alte del bacino il Secchia è totalmente compreso nella Provincia di Reggio Emilia; nelle parti di collina e alta pianura segna il limite amministrativo tra Modena e la stessa Reggio Emilia; prosegue a sud della via Emilia interamente nella Provincia di Modena, e prima della confluenza attraversa quella di Mantova.

Come tutti i corsi d'acqua appenninici il fiume Secchia alterna fortissime magre estive a grandi piene primaverili e, soprattutto, autunnali.

La sorgente ed il tratto superiore del suo corso si trovano in un'area geografica con le più alte precipitazioni medie annuali italiane, dovute anche alle perturbazioni provenienti dal Golfo Ligure.

Rispetto agli altri affluenti appenninici del Po si distingue per la sua copiosità di portate in primavera (caratteristica comune anche al Panaro) grazie al notevole innevamento di cui gode il suo alto bacino per gran parte dell'anno. Le sue piene autunnali, particolarmente violente e limacciose (che in casi eccezionali possono raggiungere i 2000 m³/s.), vengono in parte controllate nel tratto a monte di Modena (Campogalliano-Rubiera) dalla cassa d'espansione con una capacità di invaso di circa 13 milioni di m³ e da un complesso sistema di aree golenali ed ex-cave coinvolgenti complessivamente una superficie di 1.000 ha circa.

Il reticolo idrografico mostra uno scarso grado di gerarchizzazione, a indicare uno stato in piena evoluzione, testimoniato dall'elevato numero di fenomeni di dinamica torrentizia in atto.

Nel tratto di pianura il corso d'acqua principale scorre all'interno di arginature continue, con l'alveo soggetto a una progressiva maggiore unicursalità, con approfondimento delle quote di fondo e dei profili di magra. La tipologia è condizionata sia dalla presenza delle arginature, che dalla litologia del bacino idrografico montano, caratterizzato da formazioni prevalentemente argillose e da depositi sciolti, cioè da litotipi facilmente erodibili, nonché dalla quota relativamente elevata dello sbocco in Po, la quale costituendo condizione al contorno dei deflussi di piena ha fatto sì che, nei secoli e, soprattutto, dal momento in cui le arginature hanno presentato

una qualche continuità, la limitata pendenza motrice consentisse il deposito delle torbide prima della confluenza, caratterizzando un progressivo innalzamento del fondo e dei piani golenali che ha reso pensili questi ultimi, anche di parecchi metri rispetto ai piani di campagna.

L'intero reticolo è naturalmente caratterizzato da trasporto solido particolarmente intenso, che ha concorso a modificare l'assetto morfologico di parti significative del corso d'acqua; purtroppo le elevate pressioni estrattive di origine antropica della fascia di conoide medio-bassa, generate dalla costruzione di importanti assi autostradali uniti, probabilmente, alla costruzione della diga di Castellarano, hanno fatto sì che l'abbassamento del fondo in tale tratto mettesse allo scoperto il substrato argilloso provocando profonde incisioni che in via regressiva ed anche a seguito del crollo di alcune opere trasversali, Traverse di San Michele dei Mucchi e Villalunga (Sassuolo) che, nel frattempo erano state messe a protezione di alcuni attraversamenti viari, hanno reso il tratto "canyonizzato" e, in connessione con le suddette opere trasversali, nel frattempo riparate, hanno azzerato il trasporto di materiale litoide ghiaioso verso valle. Lo squilibrio di trasporto solido è quindi evidente non in termini assoluti ma rispetto alla granulometria del materiale trasportato: mentre continua quello in sospensione (abbondante) è molto scarso quello di fondo, con elevate problematiche a carico dei manufatti in alveo soggetti a scalzamento.

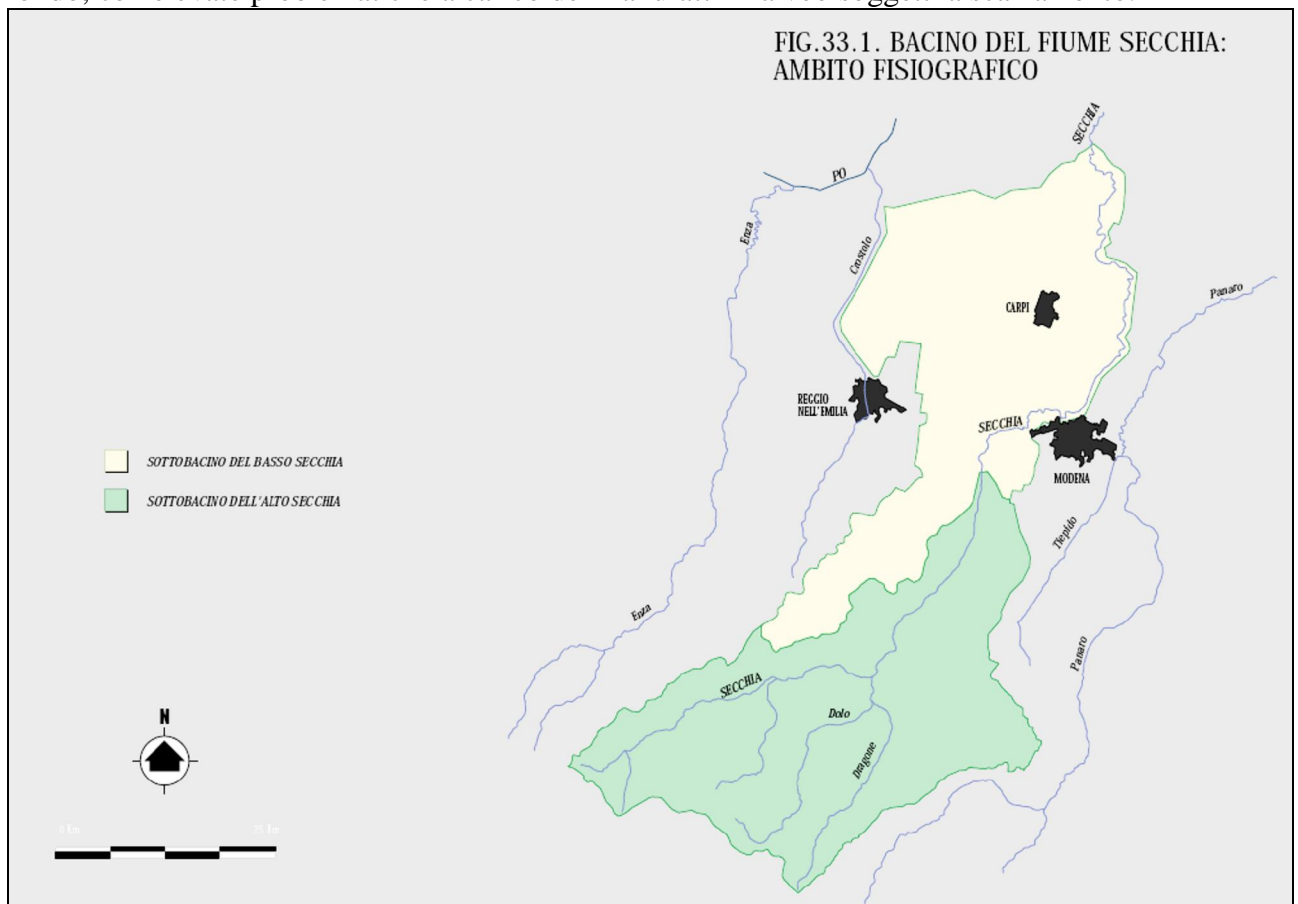


Figura 14 ó Bacino del Fiume Secchia [A.d.B.Po ó P.A.I. - Linee generali di assetto idrogeologico í]

4.1.2 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE E MORFOLOGIA

Nel tratto superiore, fino a Castellarano, l'alveo del Secchia ha un andamento generalmente sinuoso a struttura prevalentemente monocursale, di larghezza piuttosto ridotta fino alla traversa di Castellarano; la pendenza del fondo assume valori significativi e il materiale di fondo è di tipo ciottoloso - ghiaioso.

Nel tratto fino alla confluenza del torrente Secchiello l'alveo è stretto, generalmente incassato, posto a quote molto inferiori rispetto ai centri abitati che incontra nel suo corso. Tra la confluenza col torrente Ozola e le Fonti di Poiano il letto si amplia e scorre all'interno di ripide pareti di roccia affiorante originate dall'erosione della corrente sui depositi evaporatici triassici. Alla base delle pareti si sono formate vaste falde detritiche e accumuli di paleofrane da crollo.

A valle del torrente Secchiello si manifesta una tendenza al deposito e l'alveo subisce restringimenti locali a causa della presenza di corpi di frana. A monte di Cerredolo la frana di Lupazzo produce l'effetto di una vera e propria traversa.

Nel tratto medio-basso, mentre dalla traversa di Castellarano a Sassuolo presenta, come sopra descritto, alcuni tratti canyonizzati, da valle di Sassuolo (loc. Ponte Veggia e Villalunga) a Rubiera, l'alveo ha struttura pluricursale, con canali secondari che vengono attivati solo in occasione di eventi di piena rilevanti. Le aree golenali non sono particolarmente urbanizzate; si osserva un significativo restringimento dell'alveo a monte di Rubiera, anche per la presenza dello scalo ferroviario che occupa parzialmente le aree golenali, e in prossimità dell'autostrada A1. Pur mantenendo la naturale tendenza a ramificare, l'alveo ha un marcato restringimento, accompagnato da una tendenza all'erosione di fondo, contrastata da soglie trasversali realizzate in corrispondenza dei ponti (ponte di Sassuolo, ponti stradale e ferroviario di Rubiera).



Figura 15 - Fiume Secchia tratto inciso a valle di Sassuolo

Tra il ponte dell'autostrada A1 e il ponte F.S. Modena-Mantova l'alveo è sensibilmente più vincolato; in particolare, immediatamente a valle del ponte autostradale, le barre interne di meandro costituiscono attualmente golene stabili. In conseguenza, oltre a una forte diminuzione di larghezza d'alveo, si è verificato un aumento della sinuosità.

Tra il ponte F.S. Modena-Mantova e il ponte di Concordia l'alveo scorre entro strette arginature in frodo, con alcune ampie golene, in qualche caso arginate (a monte del Ponte Bacchello), e ha un assetto morfologico sufficientemente stabile; in diversi tratti si osservano doppi sistemi di sponde, in relazione alla re incisione del thalweg (abbassamento superiore ai 2 m), con conseguente diminuzione della larghezza, che in alcuni tratti è dell'ordine del 50% e oltre.

A valle del ponte di Concordia i fenomeni di reincisione del thalweg non sono più evidenti; l'alveo ha prevalentemente andamento meandriforme, pendenza di fondo contenuta, larghezza quasi costante, incondizionata dalle opere di sistemazione presenti.

Le arginature del fiume Secchia sono classificate come Opere Idrauliche di 2^a categoria ai sensi del D.M. 11.02.1867 n°3598 e come definito dalla Delibera Regionale n. 2242/2009 dell'Emilia Romagna, sono di competenza dell'A.I.Po, a partire dalla Località Case Galliani (Casalgrande) fino alla confluenza nel fiume Po, nei comuni della provincia di Modena, Reggio Emilia e in parte dell'Oltrepo Mantovano.

Tali arginature rappresentano ormai da diversi secoli opere di difesa indispensabili per la tutela e la sicurezza di un vasto territorio della provincia di Modena, densamente abitato e sede di attività produttive ed infrastrutture.

La secolare presenza arginale ha inoltre acuito il fenomeno della pensilità dell'ambito golenale/perifluviale. Tale manifestazione, già in atto in epoca pre-arginale è legata all'abbondante trasporto di materiale fine in sospensione da parte delle correnti di piena il quale ha, nei secoli, dato luogo dapprima ad estesi dossi fluviali formati dalle torbide che, via, via uscivano dalle sponde ed andavano a depositarsi nelle immediate vicinanze dell'alveo inciso, è stata ancor più significativa da quando le arginature sono andate a contenere tali depositi solidi, innalzando di diversi metri i piani golenali rispetto a quelli di campagna esterni alle arginature.

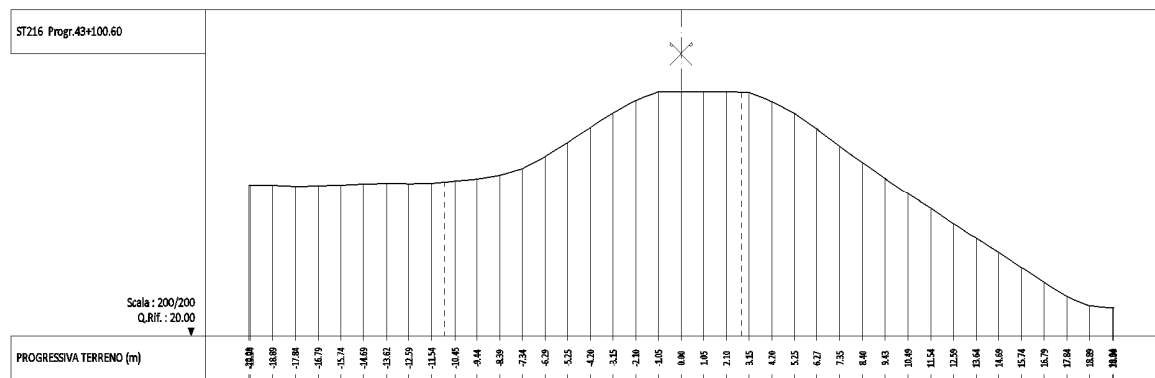


Figura 16 ó Sezione sponale in sinistra idraulica in corrispondenza dello stante n° 216, da cui si evidenzia la evidente conformazione pensile dell'alveo del f. Secchia

Tale fenomeno, accompagnato negli ultimi secoli da interventi che, nell'attuale logica di mantenimento della morfologia fluviale, non esiteremmo a definire öscelleratiö, di raddrizzamento dell'alveo ed avvicinamento verso lo stesso delle arginature, fenomeno particolarmente evidente nel tratto in frodo da valle di Modena fino a monte di Soliera e Bastiglia, è andato ad incrementare il livello di rischio sia per diminuzione dell'effetto di laminazione che di pericolosità intrinseca dei rilevati arginali.

4.1.3 - INQUADRAMENTO STORICO DELLE ARGINATURE DEL SECCHIA

Mappe settecentesche

Le arginature continue del Fiume Secchia, come oggi le conosciamo: indicativamente dall'intersezione autostradale alla foce, traggono origine da una serie di rilevati, originariamente discontinui, di diversa consistenza ed elevazione, che trovano un loro primo inquadramento cartografico complessivo (almeno in territorio modenese) con la raccolta cartografica: öNota delli argini con i suoi propri nomi comessi alla Giudicatura del giudice di sotto ó Principia questa dal Ponte Basso persino a Confini del Mirandoleseö ó localizzato e datato Villafranca, 26 maggio 1724.

Il suddetto interessantissimo documento raccoglie diversi tratti di c.d. öargini e coronelleö identificando oltre alla denominazione e localizzazione grafica (di massima, in quanto diventa difficile oggi tentarne una georeferenziazione) anche i c.d. öbenestantiö alla cui cura era demandato il mantenimento di tali opere.

Dall'analisi dei grafici e dei testi è possibile ipotizzare come la differenza tra argine e coronella fosse attribuibile ad una maggior dimensione in sagoma (probabilmente trapezoidale) e più precisa localizzazione del primo tipo di manufatto, rispetto alla seconda che, si deduce, aveva spesso localizzazione incerta e solo dichiarativa, del tipo: ödall'argine XX all'argine YYö,

probabilmente perché, in linea di massima, poteva essere travolta dalla piena e ricostruita anche in posizione diversa ma sempre, si presume, con continuità altimetrica, più o meno attigua alla nuova sponda, così come l'ultima piena l'aveva lasciata ed in collegamento con gli argini propriamente detti. Non aveva quindi una posizione stabile ben precisa nel tempo in quanto soggetta a spostamenti per successivi ripristini e/o ricostruzioni. Anche nel documento citato non viene rappresentata graficamente se non in alcuni tratti limitrofi agli argini ed in un solo caso autonomamente: la Corronella del Moro nella cui seguente rappresentazione si individuano la vecchia e la nuova coronella e nella successiva i nomi dei proprietari (benestanti) deputati alla manutenzione.

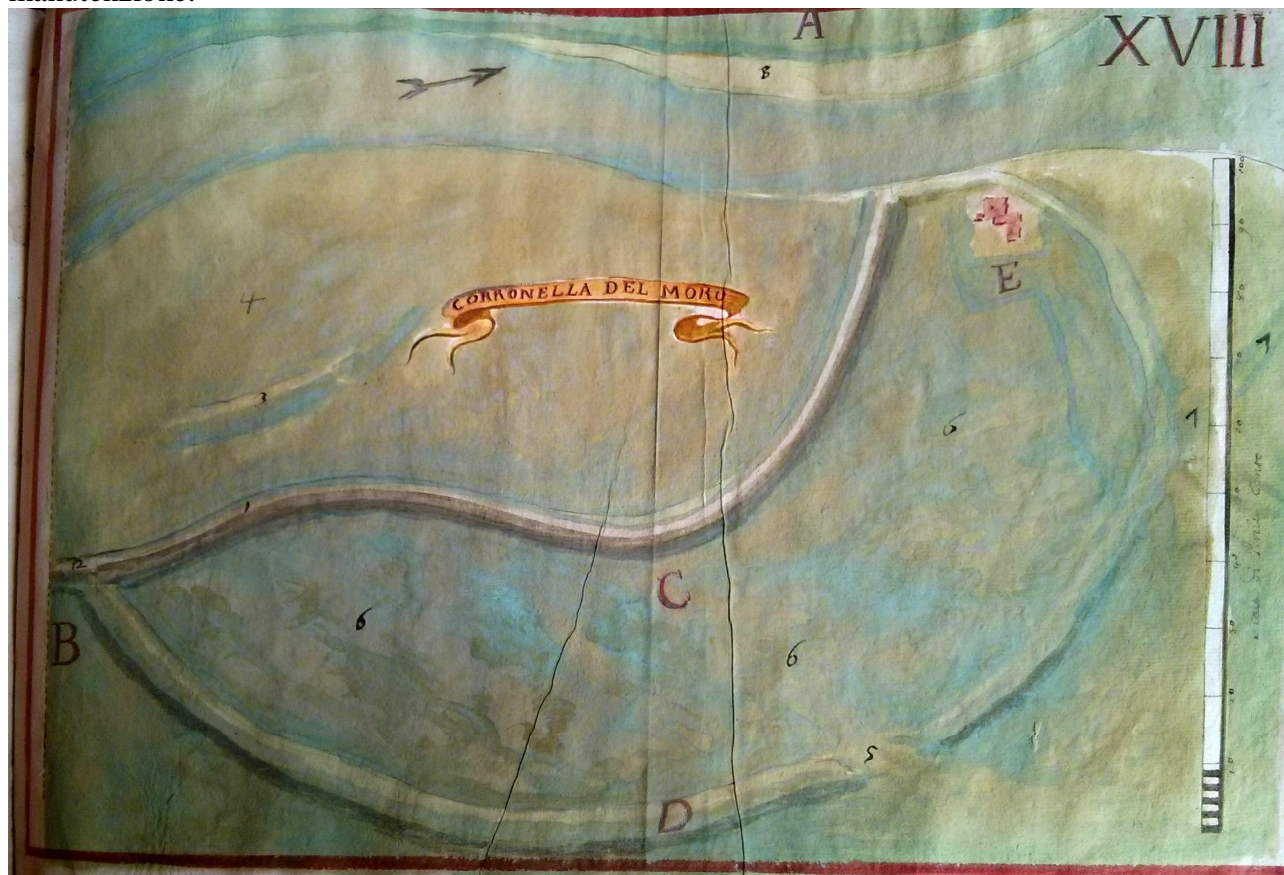


Fig. 17 Corronella del Moro ó planimetria e testo. Si noti come l'indicazione: D) Corronella vecchia, dimostri come la nuova coronella sia stata ricostruita in avanzamento verso fiume. [Archivio di Stato di Modena]

Il documento predetto individua già venti tratti arginati: dall'Argine Seghizzi - all'Argine Fanti e benché non si abbia, in assoluto, evidenza della continuità delle opere come invece si evince dalle cartografie ottocentesche, è molto probabile che tale continuità fosse già in qualche

modo stabilita grazie proprio alle predette òccorronelleö, con opere, più o meno stabili in posizioni, in gran parte, simili alle attuali.

Tale evidenza discende dall'estensione e trova anche conferma nella toponomastica, dalla quale si rinvencono denominazioni ancora attuali (p. es. Argine Bozzala, Argine Rebuttina, eccí). Eö sicuramente affermare come il sistema arginale del Secchia proteggesse, seppur in modo differenziato, gran parte delle campagne modenesi a valle della città (dal Ponte Basso, oggi coincidente più o meno col ponte dell'Uccellina, all'ò allora confine Mirandolese) almeno dai primi anni del 700.

L'età di queste prime testimonianze e la significativa, seppur supposta, continuità delle opere fa presumere come queste siano state il primo nucleo costitutivo delle attuali arginature del Secchia. Sulla base di tali presupposti e sulle limitate capacità operative di allora è abbastanza intuibile comprendere come i rilevati realizzati all'epoca che, con elevata probabilità, costituiscono gli strati di base ed interni ai manufatti attuali, siano in gran parte costituiti da materiali reperiti in prossimità delle arginature, spesso abbandonati dalle piene in prossimità delle stesse (alluvioni). In generale, al giorno d'oggi, tali materiali potrebbero non avere caratteristiche idonee alla realizzazione di arginature in quanto di granulometria eccessiva (sabbie) e scarsa componente coesiva, ma al tempo non vi era alternativa. Tale caratteristica costitutiva, unita alla posizione che probabilmente molto spesso costeggiava o comprendeva le sponde fluviali, ha fatto sì che in alcuni casi le arginature attuali si trovino a lambire o sovrapporsi a paleoalvei con elevata capacità di filtrazione.

Mappe ottocentesche

Più copiosa, dettagliata e puntuale è la cartografia del secolo successivo nella quale si riscontrano rappresentazioni di assoluto pregio:

1) Carta topografica acquerellata del Ducato di Modena e Reggio ó sc. 1:28.800 (1821);

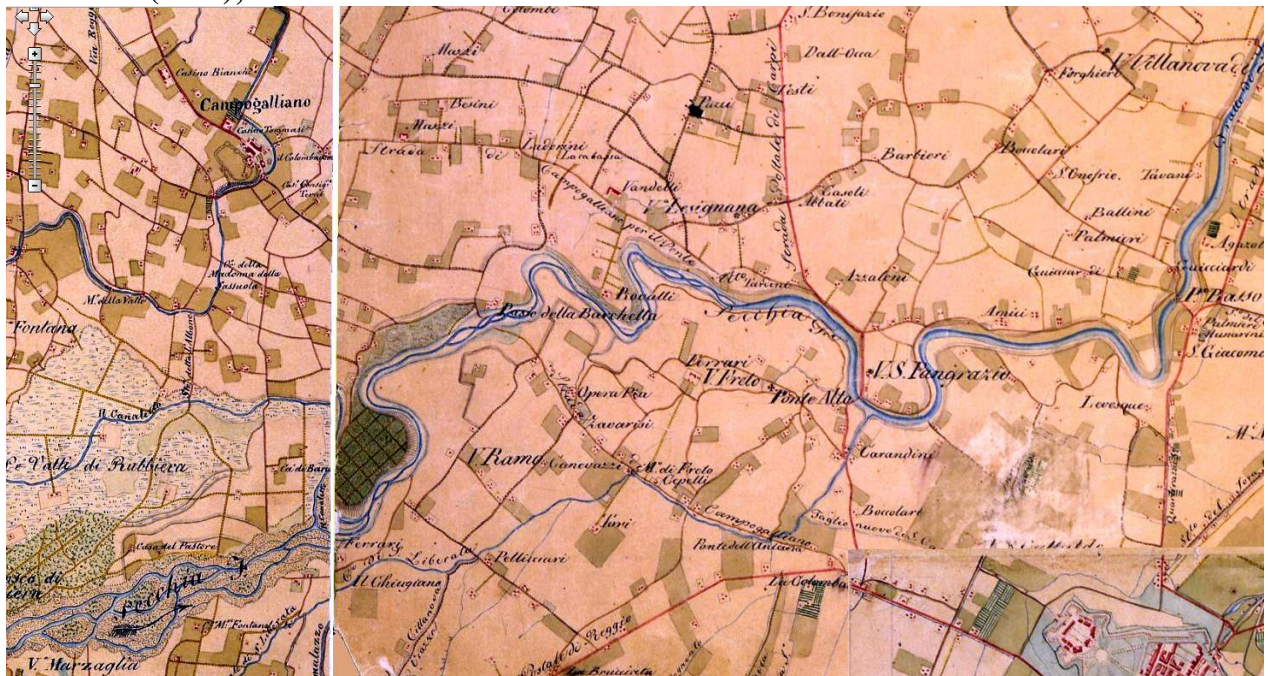


Fig. 18 Carta dei Ducati ó tratto Rubiera/Marzaglia ó Villanova.

In alcune tavole sono presenti anche i òtagliö in progetto, in particolare nella tavola seguente, in cui compare il toponimo òSan Lorenzo della Pioppaö, l'òndicazione del prossimo

otaglio, poi eseguito in maniera leggermente diversa o corretto (insieme ad altri tratti) come si vede dalla successiva foto satellitare.



Fig. 19 Carta dei Ducati 6 tratto in corrispondenza di S.Lorenzo.

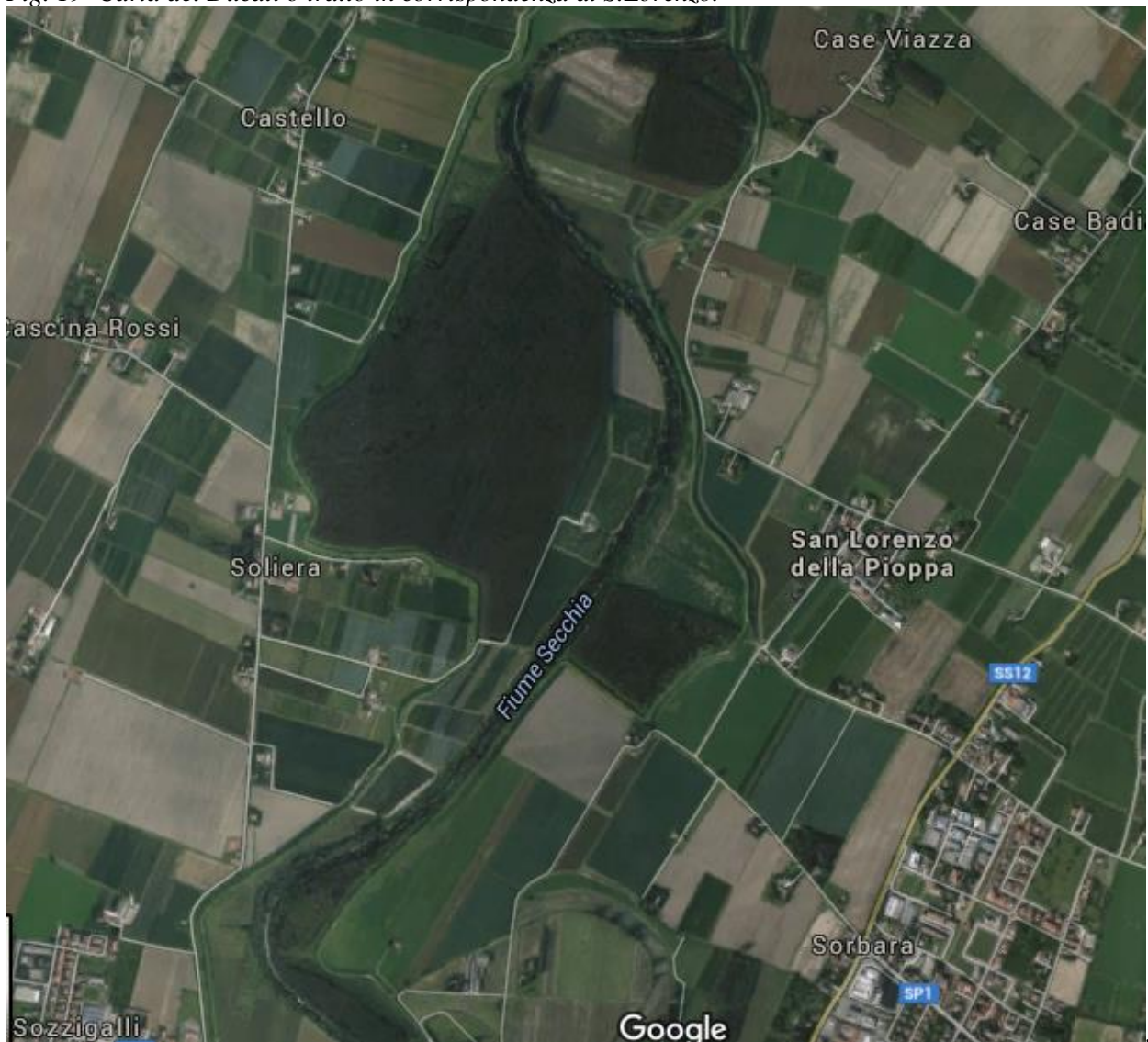


Fig. 20 Foto satellitare da cui si evince l'antico lavoro di rettifica e regolazione effettuato sull'alveo negli ultimi due secoli.

2) Carta topografica austriaca ó sc. 1:86.400 (1828-1853).

Quest'ultima, benché la scala sia di minor dettaglio, fornisce comunque indicazioni esaurienti almeno sulla posizione dell'alveo e delle arginature. Queste ultime paiono in posizione simile all'attuale, ma non identica. Tale discrepanza può essere dovuta in parte, e per tratti estesi, a problemi di rilievo (di allora) o proiezione cartografica (non perfetta vista l'età delle carte originali). Non di meno si rileva come puntualmente vi siano tratti arginali parecchio diversi dagli attuali. Pertanto se ne deduce come, dalla metà dell'800, vi siano stati, localmente, spostamenti anche significativi del sedime arginale.

Analogo discorso vale per la posizione dell'alveo che presenta ancora diverse variazioni, pur all'interno della fascia fluviale delimitata dalle opere arginali.



Fig. 21 Carta topografica austriaca

Gli interventi idraulici ottocenteschi

Gli interventi dell'800 come si deduce, oltre che dalle cartografie predette, anche da alcune planimetrie di progetto di massima, conservate presso l'Archivio di Stato di Modena, hanno portato a raddrizzare tratti meandriformi ed in alcuni casi a ravvicinare, pericolosamente, le arginature all'alveo, intersecando a volte paleo-meandri. Tale tendenza, tipica dell'ingegneria idraulica del tempo, aveva quale obiettivo quello di migliorare la capacità di deflusso dell'alveo eliminando alcune curve accorciando così il percorso delle acque all'interno dello stesso. Purtroppo l'operazione non ha potuto tenere conto dell'influenza sul regime del trasporto solido (problematica allora semi-sconosciuta e sulla quale comunque non pare aver avuto conseguenze particolarmente negative) né purtroppo, della presenza di paleo-strutture nei terreni di fondazione arginale e quindi, in qualche caso, ha acuito ulteriormente la vulnerabilità alla filtrazione e la fragilità per erosione laterale di alcuni tratti arginati, specie quelli rettilinei in frodo a valle della città di Modena.



Fig. 22 Planimetria di progetto di massima di alcuni tagli nel tratto arginato a valle del òPonte Bassoö.

Infine, dalla sovrapposizione delle mappe austriache con le più recenti rappresentazioni aerofotogrammetriche, a fronte di una continuità arginale molto simile all'attuale, la posizione planimetrica presenta ancora alcune variazioni dovute sia a problemi di georeferenziazione sia a interventi successivi alla levata austriaca.

Infatti, a prescindere dai problemi di georeferenziazione e rilievo che sicuramente non rendono del tutto affidabile una sovrapposizione integrale, emergono comunque alcune singolarità degne di nota.

Ad esempio vi è la sostanziale evidenza di significativi spostamenti dell'alveo e delle arginature nella zona fra Bastiglia e Sorbara, addirittura con un cambio di sponda (da destra a sinistra), per l'arginatura preesistente, che ha comportato una sovrapposizione del nuovo argine sul vecchio alveo.

Tale atto, probabilmente usuale per l'epoca, vista anche l'allora limitata elevazione delle opere, rapportato alle dimensioni attuali, se non opportunamente mitigato con opere di intercettazione ed impermeabilizzazione, può sicuramente aggravare le condizioni d'instabilità alla filtrazione.

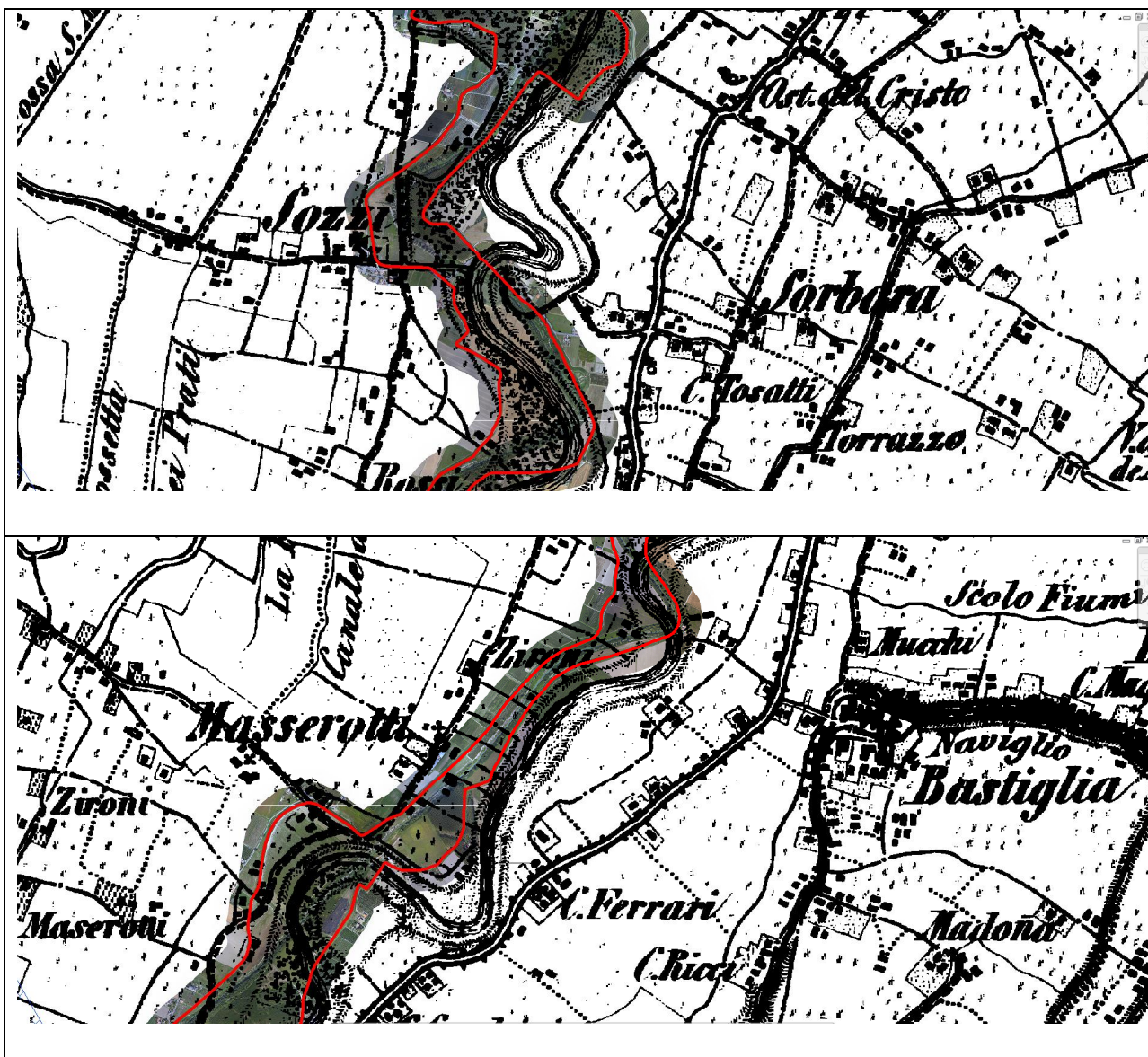


Fig. 23 Sovrapposizione della mappa austriaca con le ortofoto (in linea rossa le arginature attuali).

4.2 - IDROLOGIA

Al fine di indagare la compatibilità idraulica della sistemazione in progetto e di definire, nel tratto fluviale compreso tra l'Al e il confine mantovano, l'assetto di progetto del corso d'acqua, è necessario individuare l'evento di piena di riferimento da utilizzarsi nelle verifiche idrauliche.

Il tratto di Fiume Secchia, interessato dalle Fasce Fluviali PAI, si estende dalla traversa di Castellarano (sez. PAI 191) alla confluenza nel Po.

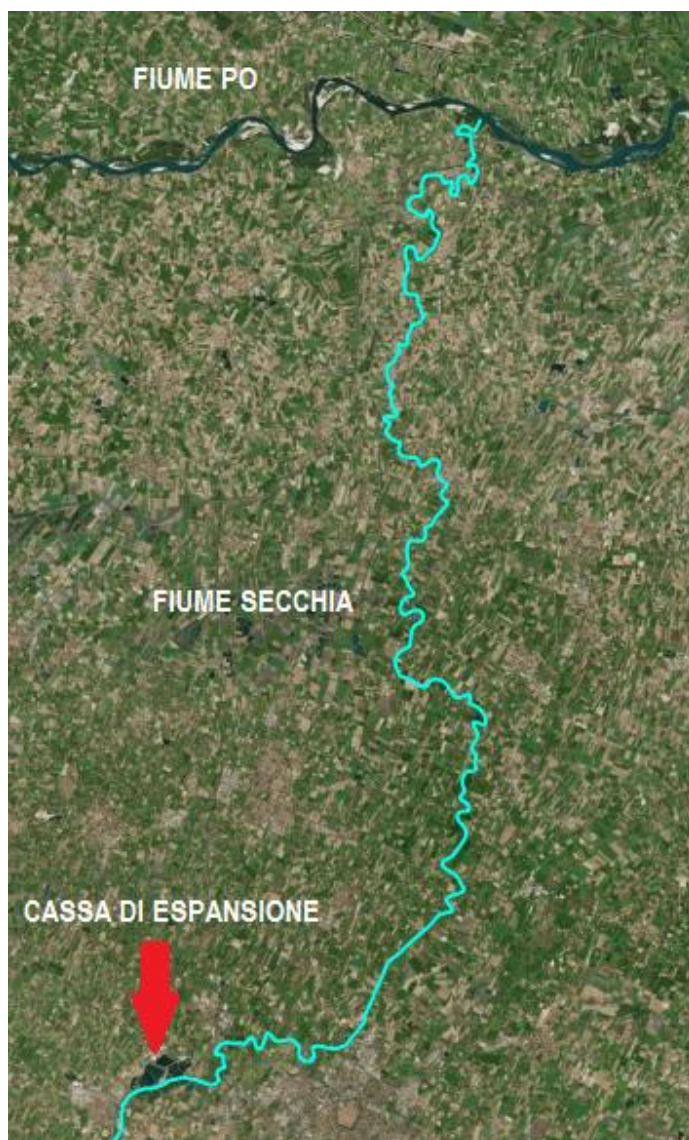


Figura 24 6 Tratto di corso d'acqua oggetto di modellazione 6 Inquadramento su CTR

I calcoli idrodinamici condotti sul fiume Secchia hanno preso in considerazione gli Studi idrologici e idraulici di settore redatti a supporto della Pianificazione Vigente; in particolare sono stati consultati:

1. lo Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Secchia nel tratto da Castellarano alla confluenza in Po² redatto dall'Autorità di bacino del fiume Po²;

² Approvato dal Comitato Istituzionale nella seduta del 18 marzo 2008 con Deliberazione N.12.

2. lo Studio denominato "sperimentazione delle attività necessarie per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio, mediante i Gruppi di lavoro Istituzionali nei Bacini Pilota" redatto nell'ambito dell'attuazione della Direttiva 2007/60/CE.

Gli idrogrammi a tempo di ritorno 20 e 200 anni per tempo di pioggia di 24 ore, determinati dallo Studio di fattibilità redatto dall'Autorità di bacino del fiume Po sono rappresentati nella seguente Figura ; la piena a tempo di ritorno 200 anni è caratterizzata da un valore al colmo pari a circa 2040 m³/s mentre quella a tempo di ritorno 20 anni da circa 1340 m³/s.

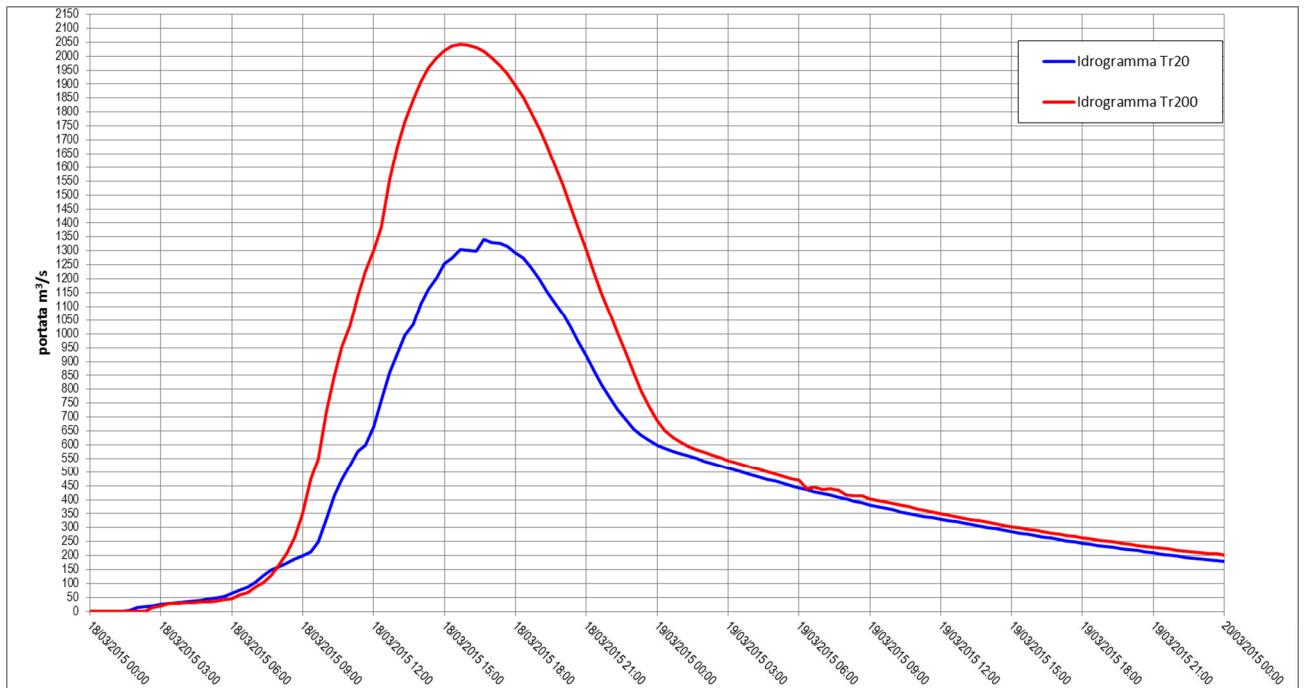


Figura 25 "Idrogrammi determinati nello Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Secchia nel tratto da Castellarano alla confluenza in Po" a tempo di ritorno 20 e 200 anni.

Gli idrogrammi a tempo di ritorno 20 e 200 anni sempre per tempo di pioggia di 12 ore, determinati nello Studio eseguito nell'ambito dell'attuazione della Direttiva Alluvioni sono rappresentati nella seguente Figura ; la piena a tempo di ritorno 200 anni è caratterizzata da un valore al colmo pari a circa 1930 m³/s mentre quella a tempo di ritorno 20 anni da circa 1235 m³/s.

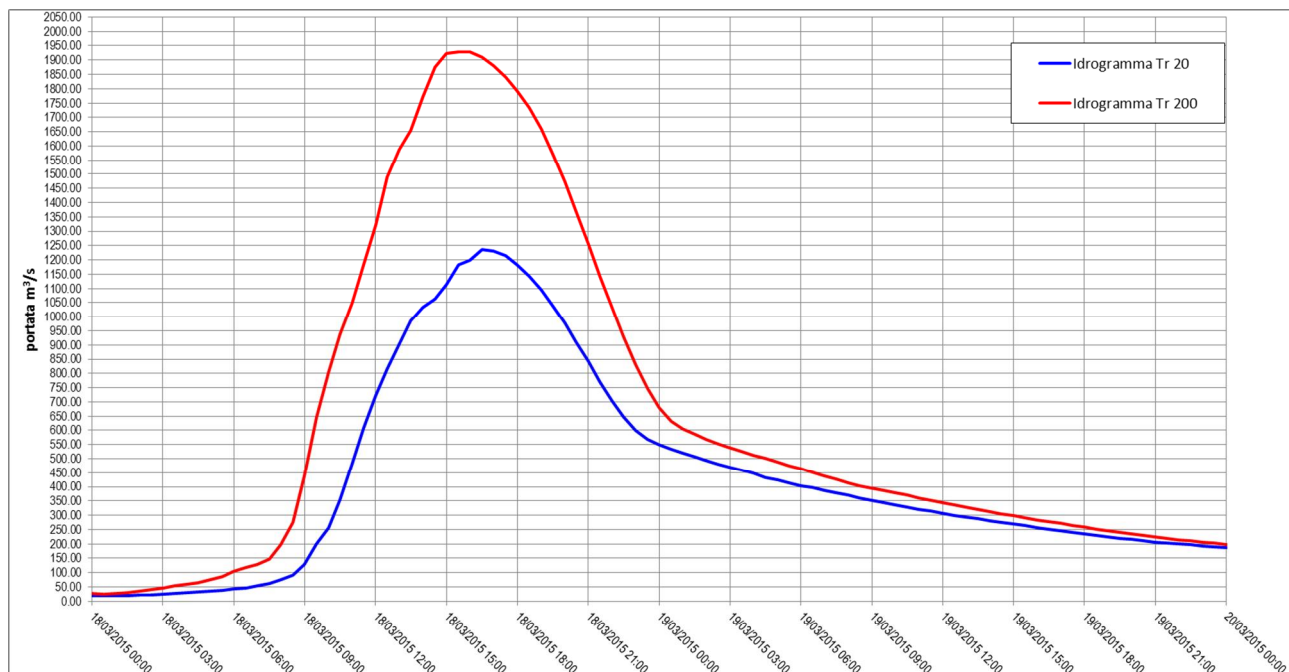


Figura 26 ó Idrogrammi a tempo di ritorno 20 e 200 anni, determinati nello Studio denominato òsperimentazione delle attività necessarie per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio redatto nell'ambito dell'attuazione della Direttiva 2007/60/CE.

Dal confronto dei valori a disposizione provenienti da successivi studi dell'Autorità di Bacino del Po ed in particolare dallo Studio di Fattibilità del 2004, si è riscontrato come i valori del PAI 2001 non tengano in debito conto della limitata capacità di laminazione del tratto di monte nonché dell'insufficienza dei volumi invasabili dalla cassa d'espansione, e pertanto forniscano valori di portata sottostimati rispetto alla realtà, come peraltro confermerebbero i valori registrati nell'ultima decade (per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idrologico-idraulica allegata al presente progetto preliminare). Allo scopo di dimensionare correttamente i nuovi livelli arginali, si è cautelativamente ritenuto opportuno assumere i valori proposti dall'Autorità di Bacino in corrispondenza della sezione a valle dell'A1 derivanti dallo Studio di Fattibilità e dalla modellistica idraulica numerica sviluppata in sede d'applicazione della Direttiva Alluvioni.

La situazione idrodinamica che costituirà il profilo idrico di riferimento per la progettazione dell'adeguamento in quota futuro delle opere arginali, una volta adeguata la cassa esistente, ha ipotizzato semplicemente di invasare tutto il volume di piena superiore al valore al colmo di 900 m³/s dell'idrogramma a tempo di ritorno 200 anni, determinato nello Studio di fattibilità dell'Autorità di bacino. L'idrogramma transitante a valle della cassa ipotizzata adeguata e defluente nel tratto arginato, è quello in colore verde rappresentato nella seguente Figura .

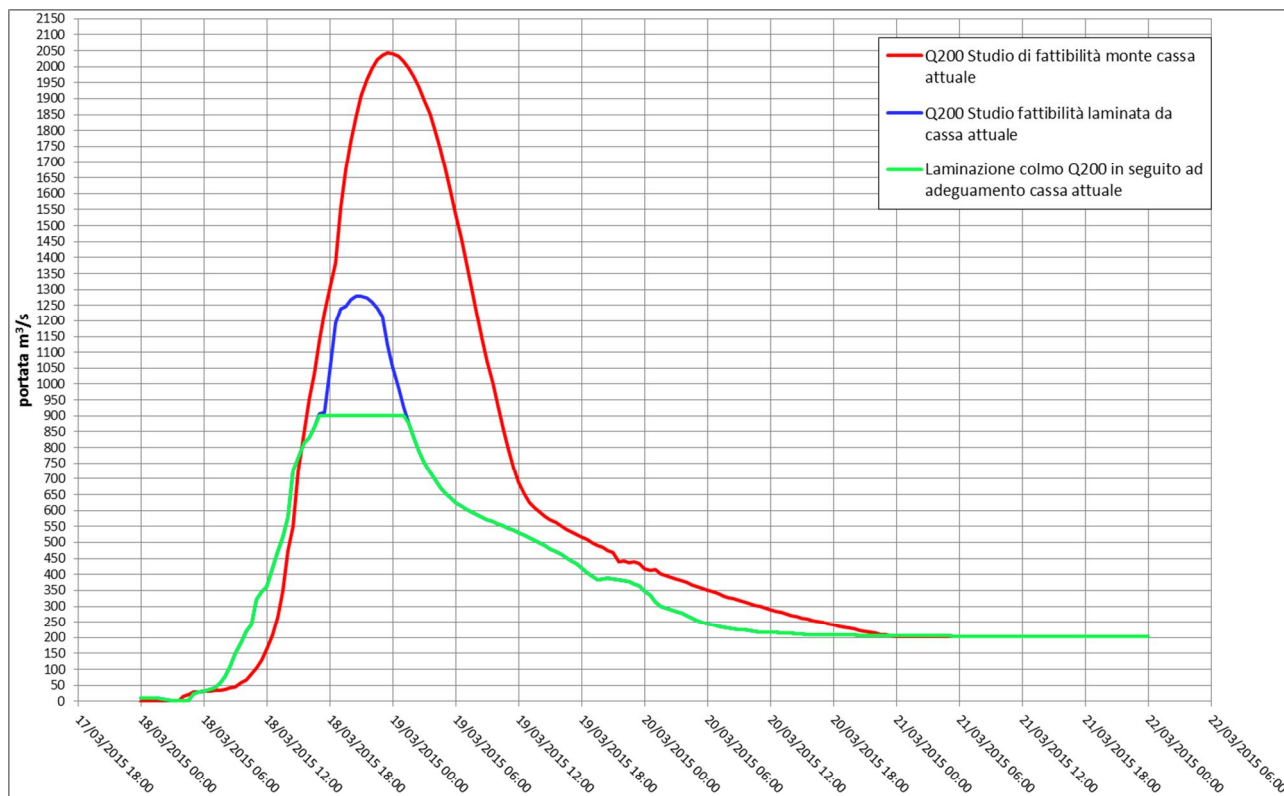


Figura 27 ó Idrogramma di riferimento per tempo di ritorno di 200 anni di valore al colmo pari a $900 \text{ m}^3/\text{s}$, laminato da un futuro adeguamento della cassa di espansione esistente.

4.3 - IDRAULICA

Il modello idraulico costruito per la progettazione delle opere di cui al presente progetto, costituisce un aggiornamento di quello redatto dall'Autorità di bacino del fiume Po nell'ambito delle analisi idrodinamiche condotte a supporto dell'attuazione della Direttiva 2007/60/CE: in particolare esso è stato integrato e rivisto dal punto di vista geometrico sulla base del recente DEM redatto per conto di A.I.PO nel marzo del 2015. Il modello messo a punto per il presente Progetto si estende da monte della cassa di espansione di Rubiera fino alla confluenza nel fiume Po, rappresentando idrodinamicamente un'estensione di asta fluviale di circa 89 km, così come rappresentato in precedenza.

Le simulazioni condotte hanno rappresentato diversi Scenari di piena per tempo di ritorno assegnato, secondo una schematizzazione idrodinamica in moto vario applicata ad una struttura modellistica quasi bidimensionale; il profilo scelto come riferimento per la progettazione è caratterizzato da tempo di ritorno 20 anni avente come idrogramma di portata in input, quello determinato nello Studio di fattibilità citato al punto 1 del paragrafo precedente; l'idrogramma è stato inserito nella sezione di inizio modello localizzata in corrispondenza del ponte della SS.9 Emilia, a monte della cassa di espansione esistente.

Le simulazioni eseguite sono le seguenti:

- Scenario 1: piena del dicembre 2009, costituente la messa a punto (taratura) del modello numerico in termini di rappresentazione della propagazione verso valle delle portate e dei livelli generati nel corso dell'evento;
- Scenario 2: piena a tempo di ritorno 20 anni caratterizzata dall'idrogramma determinato nello Studio al punto 1;
- Scenario 3: piena a tempo di ritorno 200 anni caratterizzata dall'idrogramma determinato nello Studio al punto 1;

- Scenario 4: piena a tempo di ritorno 20 anni caratterizzata dall'idrogramma determinato nello Studio al punto 2;
- Scenario 5: piena a tempo di ritorno 200 anni caratterizzata dall'idrogramma determinato nello Studio al punto 2,
- Scenario 6: piena a tempo di ritorno 200 anni caratterizzata dall'idrogramma determinato nello Studio al punto 1, laminata ad un valore al colmo di 900 m³/s ipotizzando un adeguamento dell'attuale cassa di espansione ed un potenziamento tramite massimizzazione dell'effetto di laminazione che le aree comprese tra la cassa esistente e l'autostrada A1 ad oggi già esercitano (tale potenziamento sarà possibile con interventi che regolino il deflusso in transito nell'area).

Quest'ultimo scenario è stato preso in considerazione in rapporto alla capacità di deflusso limite del Secchia dall'A1 al Po, in considerazione cioè dell'adeguatezza idraulica degli attraversamenti viari e ferroviari presenti. Pertanto con questa simulazione è stato possibile valutare il miglioramento delle condizioni di deflusso (in termini di abbassamento dei livelli idrometrici) in corrispondenza dei ponti presenti, alcuni dei quali sarebbero a rischio di sormonto considerando gli Scenari 3 e 5. Il risultato di laminazione ipotizzato nel presente scenario a valle dell'A1 con la sola realizzazione dell'ampliamento previsto nel Progetto Preliminare denominato "Lavori di ampliamento della cassa di laminazione del fiume Secchia ó Comuni di Modena e Rubiera" finanziati con Accordo di Programma MATTM-Regione Em-R., come noto non consente di ottenere la compatibilità con le opere arginali e di attraversamento del tratto di valle. In questo progetto è stato verificato che, anche nell'ipotesi del maggior ampliamento possibile della cassa esistente (di circa 40 ha secondo il perimetro dell'area prevista dal PAE di Rubiera a Ovest e a Nord e con estensione maggiore verso Nord-Est, in avvicinamento al campo pozzi per l'approvvigionamento idropotabile dell'AIMAG) si otterrebbero a valle dell'A1 (sez.153 e 148) idrogrammi a tempo di ritorno 200 anni caratterizzati da valori al colmo inferiori di circa 80 m³/s di quello dello Scenario 3 e quindi non si ridurrebbe sensibilmente il rischio di sormonto per gli attraversamenti viari e ferroviari caratterizzati da dimensioni ridotte, presenti nel tratto di valle. Tale intervento infatti, potendo realizzare nell'immediato soltanto un aumento dei volumi di invaso di soli circa 4 milioni di m³, è finalizzato soprattutto all'ottimizzazione idraulica su scenari di medio tempo di ritorno (50 anni) e a migliorare le condizioni di sicurezza della cassa esistente la quale, nell'ipotesi ante ampliamento, presentava un rischio di sormonto delle arginature per eventi con TR 200 anni.

L'adeguamento idraulico in quota degli argini previsto nel presente Progetto, come già detto in precedenza, è stato dimensionato in riferimento alla piena a tempo di ritorno 20 anni rappresentata idrodinamicamente dalla simulazione "Scenario 2". Tuttavia la sagoma arginale prevista (nei tratti di intervento) è già stata predisposta geometricamente per essere in futuro rialzata sulla piena a tempo di ritorno 200 anni, senza la necessità di un suo ringrosso trasversale; il profilo a tempo di ritorno 200 anni di riferimento per il futuro rialzo degli argini, andrà scelto in funzione dell'assetto idraulico realizzabile nel tratto a monte dell'A1; esso avrà come riferimenti estremi di livello idrometrico, quelli espressi dalle simulazioni condotte per degli Scenari 3 e 6.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idrologico-idraulica allegata al presente progetto.

4.3.1 ó CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLE CRITICITÀ DI CARATTERE IDRAULICO IN CORRISPONDENZA DEGLI ATTRAVERSAMENTI

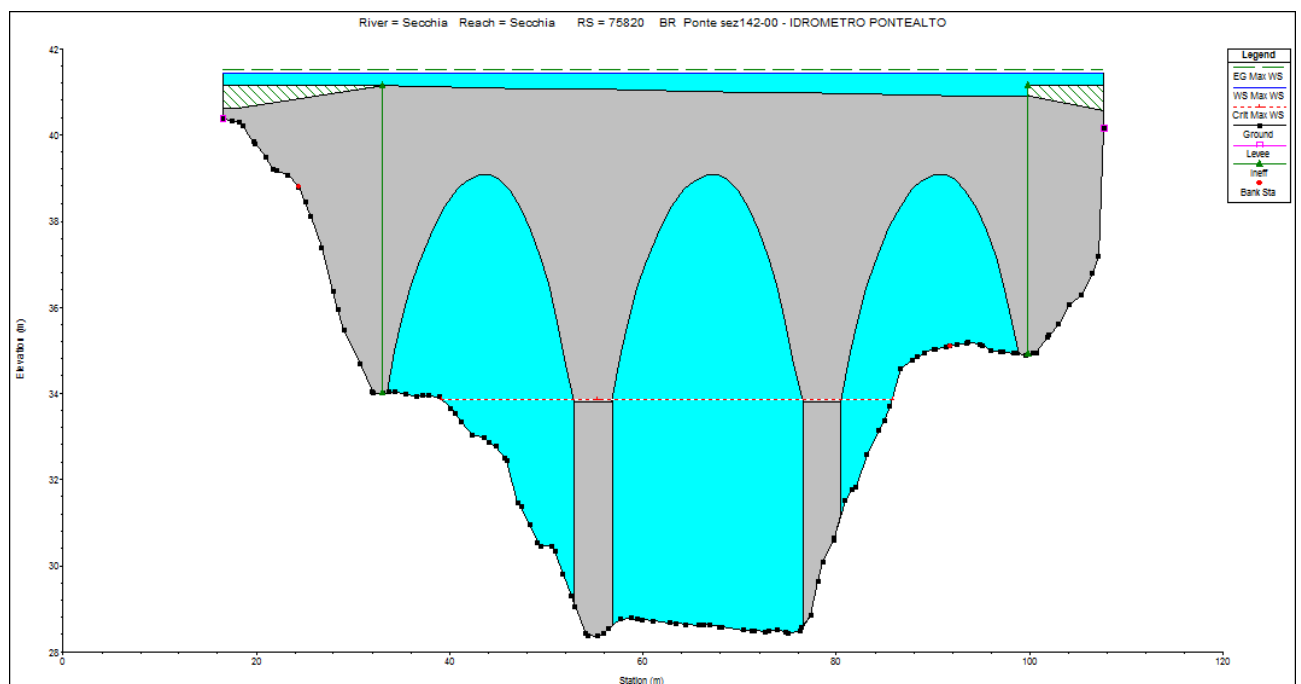
Gli interventi di mitigazione delle criticità di carattere idraulico (sormonto arginale) e geotecnico (stabilità strutturale della sagoma e della fondazione arginale) previsti nel progetto preliminare, non possono risolvere in modo definitivo le criticità di rischio idraulico presenti sul Secchia nel tratto emiliano; infatti malgrado l'adeguamento in quota degli argini vada, progressivamente con

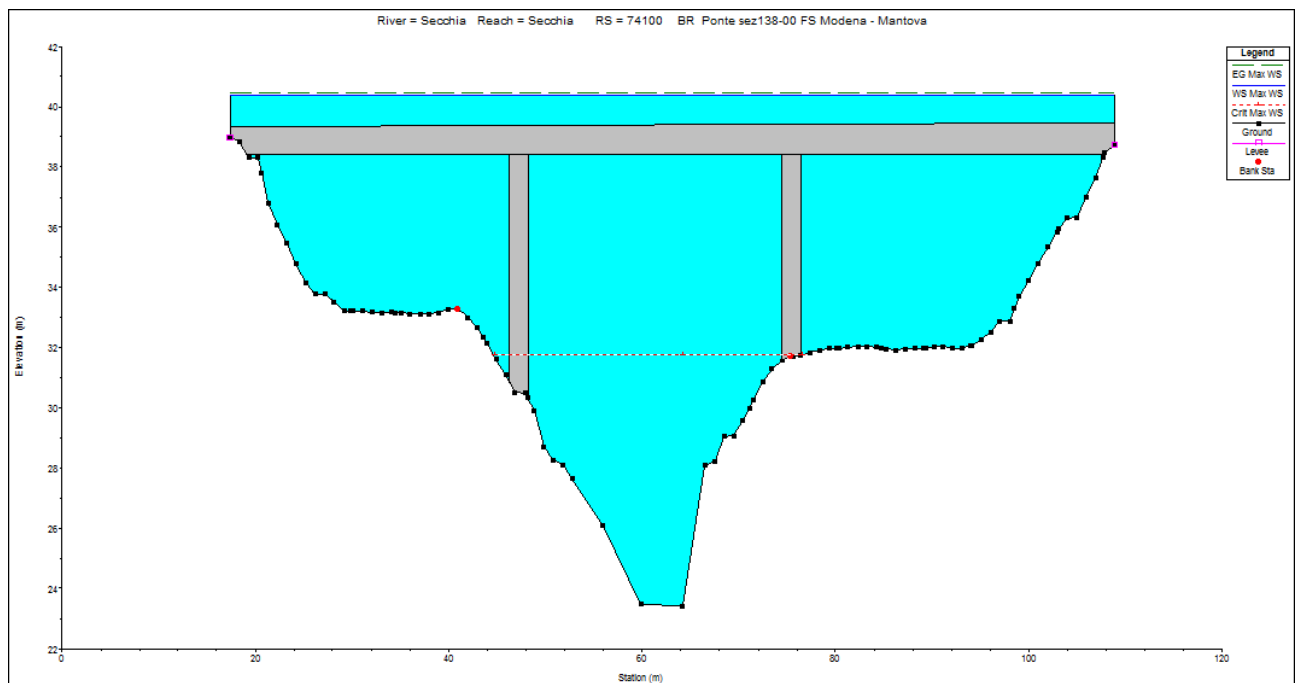
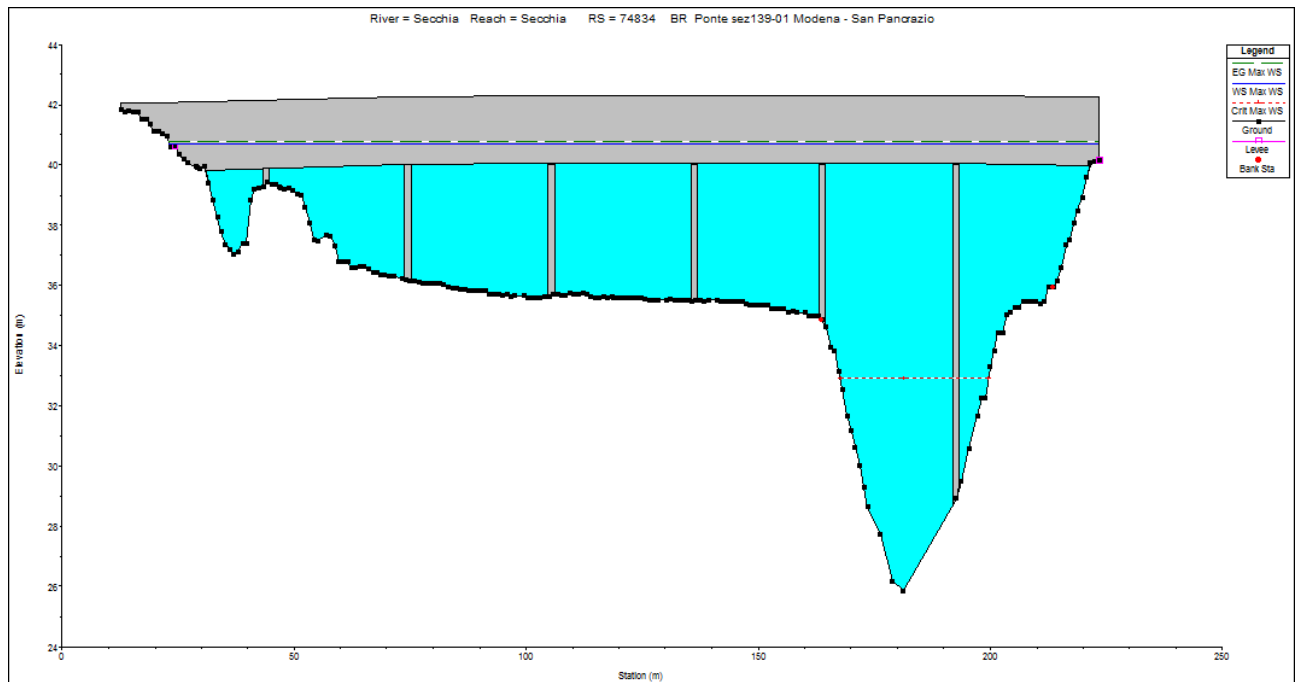
la realizzazione dei sovralti, a ridurre il loro rischio di sormonto, rimarranno presenti isolate o finestre di esondazione, rappresentate da alcune opere di attraversamento (ponti) idraulicamente inadeguate esistenti nel tratto in analisi. In particolare la capacità di deflusso di questi manufatti è notoriamente insufficiente a consentire il transito della portata assunta come di riferimento negli Studi propedeutici al Piano di Bacino, seppur laminata dalla cassa di espansione al massimo della sua capacità di invaso disponibile, una volta ampliata.

L'ultimo Scenario (6) della relazione idraulica redatta a supporto del presente progetto, ha come obiettivo quello di rappresentare la massima portata transitabile lungo l'asta del Secchia a valle dell'AA1, in relazione alla sua capacità di deflusso limite e determinata dalla elevata inadeguatezza idraulica di alcuni attraversamenti viari e ferroviari presenti. Questo Scenario idrodinamico ha rappresentato il deflusso di un idrogramma bicentenario a valle della cassa (una volta ampliata) laminato in termini di colmo, ad un valore limite pari a $900 \text{ m}^3/\text{s}$.

Con questa simulazione, in cui il beneficio idraulico è soltanto quello indotto dalla laminazione dell'idrogramma a tempo di ritorno 200 anni ($900 \text{ m}^3/\text{s}$) esercitata dalla cassa in configurazione di massimo ampliamento compatibile con i vincoli del territorio circostante, è stato possibile quindi valutare il miglioramento delle condizioni di deflusso (in termini di abbassamento dei livelli idrometrici) in corrispondenza dei ponti presenti, alcuni dei quali tuttavia, sarebbero ancora a rischio di sormonto (figure seguenti).

Occorrerà pertanto coordinare la progettazione finale dell'assetto del corso d'acqua tra i vari Enti competenti in materia di difesa del suolo e di gestione delle opere viarie e ferroviarie al fine di valutare la possibilità di adeguamento delle opere di attraversamento idraulicamente critiche, in modo da consentire il transito della portata di riferimento a tempo di ritorno 200 anni con un rischio idraulico residuo minimo per il territorio modenese.





5. TIPOLOGIE DI VULNERABILITÀ ARGINALE - GENERALITÀ

Al fine di meglio inquadrare le caratteristiche di rischio delle arginature del Fiume Secchia, oggetto dei presenti interventi, si definiscono ed illustrano di seguito le principali fenomenologie a carico dei rilevati arginali di difesa idraulica in generale, per scendere poi nel dettaglio degli specifici rischi esistenti nell'ambito d'intervento.

5.1 - SORMONTO

È il più evidente dei fenomeni di fragilità arginale in quanto fisicamente ed immediatamente osservabile e, in qualche misura, prevedibile ad evento in corso attraverso modelli numerici o confronto con eventi conosciuti.

Nel caso di sormonto il superamento della sommità arginale da parte delle acque di piena può, se il battente idrico è abbastanza elevato e prolungato nel tempo creare erosione della sommità e/o della scarpata a campagna, la cui evoluzione provoca il successivo crollo.

Alla luce delle possibilità di modellazione idraulica attuali è abbastanza facilmente prevedibile o comunque se ne può individuare l'incidenza di rischio sulla base delle geometrie note delle sommità arginali e delle portate di piena di riferimento individuate dalla Pianificazione di Bacino e studi relativi.

5.2 - FRANA, SCOSCENDIMENTO E CORROSIONE

Dissesto profondo (frana) o più superficiale (scoscendimento) che interessa il paramento a fiume dell'argine, o la sponda con argine in frodo, può essere dovuto a diverse cause. Durante il corso dell'evento di piena essenzialmente, ma non solo, alla velocità della corrente incidente che è in grado di asportare, una volta venuto meno il cotico erboso, il materiale litoide di cui è costituito l'argine ovvero la sponda su cui lo stesso poggia (c.d. corrosione). Il fenomeno può essere innescato anche da erosioni localizzate provocate da movimenti preesistenti, presenza e/o crollo di piante, manufatti, tane o comunque elementi di discontinuità del paramento che possano provocare vortici localizzati della corrente.

Altra circostanza che può provocare franamenti dell'argine, a piena calante o cessata, è il c.d. fenomeno di rapido svaso il quale, considerando che il decremento dei livelli idrici nel fiume è di gran lunga più rapido di quello del livello di falda all'interno dell'argine e della sponda, fa sì che le pressioni interstiziali all'interno del terreno, non ancora dissipate dai fenomeni di filtrazione verso fiume, vadano a diminuire la resistenza a taglio del sistema argine-sponda (funzione a sua volta della litologia, grado di addensamento, ecc.) fino a ridurre il coefficiente di sicurezza al di sotto dell'unità. Il fenomeno di frana in generale, e quello di corrosione in piena in particolare, può essere particolarmente insidioso nelle parti in battuta delle curve fluviali (zone concave) che in generale sono rivestite da difese radenti in massi, ma lo può essere anche nei tratti rettilinei caratterizzati da doppio frodo arginale dove, in assenza di protezione, una qualunque discontinuità geometrica investita dalla corrente di piena può generare velocemente vortici e conseguenti erosioni localizzate intaccando il paramento arginale. Fenomeno che, se non prontamente contrastato, può portare fino al crollo dell'opera.

5.3 - SFIANCAMENTO

Fenomeno di dissesto arginale che avviene, prevalentemente a campagna allorquando, in conseguenza di prolungate permanenze di elevati livelli di piena, il grado di imbibizione dell'intera struttura arginale o di una parte significativa della stessa e del suo substrato fondale rammollisce al punto da deformarsi sensibilmente, fino all'eventuale crollo o sormonto.

Le motivazioni di tale fenomeno sono da ricercarsi essenzialmente nella litologia locale del manufatto arginale e del suo sedime, oltre che nella eventuale presenza di prolungati ed elevati livelli di falda a campagna, che possono accelerare il fenomeno, mantenendo per lungo tempo imbibite porzioni consistenti del manufatto e del suo terreno di fondazione.

Lo sfiancamento può manifestarsi anche dopo lungo tempo dall'evento di piena o, addirittura in assenza di un vero e proprio evento di piena.



Figg. 28 - 29 esempi di sfiancamento arginale: F. Po a Polesine P.se. e T. Parma a Copermio (PR)

5.4 - SIFONAMENTO o FONTANAZZI/PIPING

Il sifonamento o piping (in letteratura anglosassone) è un fenomeno di instabilità del sottosuolo per effetto della pressione idrica di filtrazione. Da tempo ben noto, citando testualmente *l'òlo Zanchi³* è così definito: *«Una delle cause più comuni e pericolose di rotte, sono quelle provocate da fontanazzi, costituite da infiltrazioni delle acque di piena attraverso il corpo arginale. Tali infiltrazioni possono essere di due specie a seconda che esse avvengono attraverso il corpo dell'argine oppure attraverso il terreno naturale sottostante. Ambedue si manifestano sotto forma di sorgenti, denominate fontanazzi o sifoni, che talvolta raggiungono ragguardevoli altezze, scaturiscono, sia nella parte esterna del corpo arginale, oppure sul terreno a campagna attiguo all'argine. Il fontanazzo è tanto più pericoloso quanto più è torbida l'acqua che ne scaturisce in confronto a quella del fiume. Tale torbidità è indizio che nell'attraversare il corpo arginale, l'acqua filtrante scava un foro progressivamente sempre maggiore. Tale foro, qualora non si prendessero i dovuti provvedimenti, s'ingrandisce poco a poco, tanto da provocare lo sprofondamento dell'argine e quindi l'inevitabile rotta.»*

Non vi è molto da aggiungere a quanto sopra, se non che le cause possono essere suddivise in due categorie: prevedibili e non, a seconda del legame che queste possono avere o meno con la natura fisica e la conoscenza dettagliata del sistema antropo-geologico argine-substrato.

Suscettività prevedibile

La tendenza del sistema arginale a presentare tale problematica è in gran parte legata alla litologia dello stesso e, soprattutto ma non solo, alla granulometria degli strati che compongono l'ammasso filtrante costituito dall'argine e dal suo substrato fondale, a sua volta strettamente legato alla genesi formativa di entrambi. Infatti, se la litologia delle aree di sedime arginali è fortemente influenzata dalle dinamiche naturali dei corsi d'acqua (*opre-arginali*) e quindi dalla geologia di dettaglio delle stesse caratterizzata dalla presenza o meno di paleo alvei, strati a differente permeabilità, ecc, anche l'arginatura, nella maggior parte dei casi, presenta differenziazioni (concentriche, trasversali, sulla verticale o longitudinali) legate alle diverse epoche di costruzione, rialzo e/o ringrosso, caratterizzate da altrettante diverse tecnologie di formazione e compattazione, oltre che, naturalmente, dalla possibile differente provenienza dei materiali costituenti.

³ Otello Zanchi *«Manuale pratico per le opere idraulico fluviali»* 6 1957 6 Ed. Nistri-Lischi (PI)

Tale più o meno forte suscettibilità alle problematiche di cui sopra è in qualche modo misurabile e mappabile, anche se con fatica, grazie a campagne geognostiche mirate, volte alla definizione litologica e strutturale della geologia di dettaglio dei siti oltre che alla caratterizzazione dei materiali arginali.

Suscettività imprevedibile

Il fenomeno di piping è comunque governato anche da una componente fisica non prevedibile, legata alla presenza di discontinuità locali non facilmente rilevabili né sistematizzabili, correlate alla presenza di materiali vegetali decomposti o in decomposizione (apparati radicali morti), fori o vie di deflusso preferenziale di natura antropica (presenza di manufatti d'attraversamento/derivazione dismessi nel corpo arginale, pozzi tubolari abbandonati, parti di fondamenta o muri di fabbricati abbandonati sotto l'argine), fori causati da animali, discontinuità litologiche locali dovute a paleo canali o piccoli rami secondari non individuabili con le normali strumentazioni ed indagini se non a prezzo di anti-economici eccessivi raffittimenti. Se poi il fenomeno è situato nel corpo arginale anche un difetto d'esecuzione o un utilizzo di materiali non uniformi e/o non ben miscelati (come ad esempio un carico di terreno più ghiaioso o sabbioso all'interno di un rilevato in materiale generalmente limoso) può compromettere localmente la tenuta arginale, senza tuttavia darne alcun avviso preventivo.

Tali componenti tipicamente random, non identificabili né mappabili a priori, fanno sì che una previsione esatta (ma nemmeno una abbastanza approssimata) di dove e come possa manifestarsi un fenomeno di piping, non sia in alcun modo possibile. Risulta soltanto possibile, sulla base dei parametri desunti da approfondimenti geognostici incrociati con le evidenze storiche rilevate durante le piene passate, intensificare i controlli durante gli eventi di piena in quelle zone che risultano, litologicamente e storicamente, più sensibili al fine di intervenire ad eventi in corso con opportune opere provvisorie (teli a fiume e/o coronelle a campagna, ecc.), o in via definitiva dopo gli eventi con opere di intercettazione (diaframmi, palancole, jetting e/o nuclei e rivestimenti impermeabili dell'arginatura).

5.5 - TANE DI ANIMALI

Un tipo di dissesto arginale simile al precedente e già noto storicamente fra le concause di sifonamento, ma che negli ultimi anni sta balzando agli onori delle cronache e che presenta una, altrettanto (se non maggiore) insidia rispetto alle altre tipologie precedenti, è legato alla proliferazione nel corridoio fluviale di animali fossori le cui tane possono rappresentare, nei casi più gravi ed estesi dei veri e propri punti di debolezza arginale non correlati con altre caratteristiche arginali. Infatti, la distribuzione di tali punti, relativamente casuale e non correlata con le caratteristiche fisiche dell'arginatura, se non nell'aspetto vegetazionale, rende altrettanto casuale e non mappabile a priori il relativo grado di rischio per la tenuta arginale. I meccanismi di collasso arginale legati a tale tipologia di dissesto possono manifestarsi alternativamente e/o come combinazione di tutte e quattro le tipologie di dissesto di cui ai punti precedenti. Infatti in dipendenza della forma, estensione, posizione e dimensione, nonché naturalmente, delle condizioni litostratigrafiche dell'area di sedime dell'arginatura stessa e dello scatenante fenomeno di piena/morbida innescente, possono manifestarsi per sifonamento, scoscendimento, sfiancamento e, in caso di crollo localizzato della sommità anche per sormonto localizzato (caso che pare essersi verificato a San Matteo e che è stato osservato, fortunatamente senza sormonto, nelle ore immediatamente successive sul Panaro).

Il fatto che questa categoria di dissesto venga qui trattata a parte e non come una concausa del precedente (come faceva lo Zanchi) discende essenzialmente dalla frequenza e dalla casistica che ne ha fatto essere un vero e proprio meccanismo di dissesto a sé stante, che può evolvere in diversi modi a seconda delle circostanze locali.

Si illustrano di seguito alcuni esempi di casi precedenti, noti in letteratura e cronaca anche recente, non sicuramente esaustivi della fenomenologia:

1. Canale Naviglio di Parma [Torrile (PR), 08.07.2005]



Lato fiume: C. Naviglio ↗
Lato campagna: reticolo irriguo ↘



2. Fiume Serchio [Vecchiano (PI), 25.12.2009]



3. Torrente Quaderna [Medicina (BO), 05.03.2014]



4. Fiume Panaro [Modena - loc. str. Montanara, 19.01.2014]



Punto d'ingresso a fiume

Punto d'uscita a campagna (tana di nutria)

Come osservato anche durante le piene del 2014 di Secchia, ma anche di Panaro e Naviglio, i dissesti per presenza di tane sono spesso legati alla presenza di più cavità o di sistemi di tane, dello stesso animale (tasso, istrice) che si prepara diverse vie di fuga o anche di animali diversi (volpi e/o nutrie) sui due paramenti dell'argine. Fra questi ultimi uno degli attori principali, quando vi è presenza di un reticolo irriguo o di scolo secondario allunghia arginale a campagna, permanentemente alimentato, è spesso la nutria che, per diffusione ed assenza di competitori sta dilagando in tutta la rete idrografica padana naturale, artificiale irrigua e di scolo.

Le cause di diffusione di questa tipologia di dissesto vanno sicuramente ascritte alla proliferazione e alla parallela, progressiva, colonizzazione dei rilevati arginali da parte di questi animali. Il fatto che ultimamente abbiano scelto prioritariamente gli ambiti fluviali è probabilmente diretta conseguenza della progressiva *de-arborizzazione* (per non dire *deforestazione*) degli ambiti agricoli di pianura che, a causa della specializzazione colturale, dal dopoguerra ad oggi, ha sistematicamente ampliato la dimensione media degli appezzamenti coltivati, eliminando la rete di scolo minore, eradicando la maggior parte delle fasce boscate ripariali e delle siepi di confine che un tempo *l'accompagnavano* fornendo anche rifugio agli animali selvatici così da costituire un vero e proprio habitat.

In conseguenza di ciò gli animali si sono dovuti forzatamente spostare negli unici *corridoi* ecologici rimasti in pianura, cioè gli alvei fluviali arginati, trovando in questi ultimi, anche grazie all'*abbondante* e, in qualche caso *sovrabbondante*, vegetazione il luogo ideale per risiedere e riprodursi. *L'arrivo* poi di specie *alloctone* e addirittura *invasive*, in quanto prive di competitori naturali, quali la nutria (ma anche il c.d. gambero della Louisiana o killer più pericoloso sulle sponde di fossi e canali), con elevata capacità fossoria, ha incrementato a *dismisura* la probabilità che cavità presenti su entrambi i paramenti arginali possano entrare in comunicazione anche nel corso di un singolo evento, con conseguenze disastrose per la protezione idraulica dei territori.

In conseguenza degli eventi alluvionali del gennaio 2014 e del sorprendente numero di tane che si sono riscontrate sulle arginature di Secchia, Panaro e Naviglio in quell'occasione, il già ottimo coordinamento del volontariato locale ha iniziato, sotto l'organizzazione della Provincia e la guida dei tecnici AIPo ad attuare un sistematico Piano di Monitoraggio periodico dei dissesti arginali in generale e della presenza di tane in particolare, mantenendo sempre una puntuale informazione dell'Ufficio di Modena e dei tecnici AIPo di zona.

5.6 - SISMA

La sismicità indica la frequenza e la forza con cui si manifestano i terremoti, ed è una caratteristica fisica del territorio. Se conosciamo la frequenza e l'energia associate ai terremoti che caratterizzano un territorio, e attribuiamo un valore di probabilità al verificarsi di un evento sismico di una data magnitudo in un certo intervallo di tempo, possiamo definirne la pericolosità sismica. La pericolosità sismica sarà tanto più elevata quanto più probabile sarà il verificarsi di un terremoto di elevata magnitudo, a parità di intervallo di tempo considerato.

Le conseguenze di un terremoto dipendono anche dalle caratteristiche di resistenza delle costruzioni alle azioni di una scossa sismica. La predisposizione di una costruzione ad essere danneggiata si definisce vulnerabilità. Quanto più un'opera è vulnerabile (per tipologia, qualità dei materiali e modalità di costruzione, scarsa manutenzione), tanto maggiori saranno le conseguenze.

Infine, la maggiore o minore presenza di beni esposti al rischio, la possibilità cioè di subire un danno economico, ai beni culturali, la perdita di vite umane, è definita esposizione.

Il rischio sismico, determinato dalla combinazione della pericolosità, della vulnerabilità e dell'esposizione, è la misura dei danni attesi in un dato intervallo di tempo, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti).

L'Italia ha una pericolosità sismica medio-alta (per frequenza e intensità dei fenomeni), una vulnerabilità molto elevata (per fragilità del patrimonio edilizio, infrastrutturale, industriale, produttivo e dei servizi) e un'esposizione alta (per densità abitativa e presenza di un patrimonio storico, artistico e monumentale).

Considerando che:

- per i territori protetti dalle arginature, la sicurezza è affidata all'efficacia del sistema difensivo arginale sia in termini di adeguatezza delle sommità delle arginature a contenere i livelli di piena, sia in termini di adeguatezza dei rilevati in terra e dei relativi terreni di fondazione a resistere a sollecitazioni derivanti non solo da eventi di piena ma anche altri eventi non strettamente legati al fenomeno idraulico, imprevisti o imprevedibili, e legati ad una sequenza di fatti che possono portare ad inefficienze del sistema difensivo;
- poco si sa sugli effetti che sismi, anche di bassa intensità ma ripetuti nel tempo, possono avere sulla capacità degli argini di costituire un'efficace barriera idraulica alle piene; si devono pertanto indagare non tanto gli effetti conseguenti alla concomitanza fra eventi di piena ed eventi sismici ma soprattutto gli effetti provocati dai sismi, anche di piccola intensità ma ricorrenti, sulla tenuta delle arginature rispetto ai successivi eventi di piena non concomitanti; in particolare è importante individuare e monitorare nel tempo i segni premonitori di deformazioni permanenti.

Va comunque premesso come a seguito del sisma del 2013 nella zona della bassa modenese i controlli successivi eseguiti sulle arginature non abbiano evidenziato deformazioni e segni di cedimento significativi.

Ciò nonostante, in fase preliminare e sulla base dei dati geologici e geotecnici disponibili, è stata effettuata una serie di verifiche, in alcune sezioni significative delle arginature del Secchia condotte secondo la Norme Tecniche vigenti al fine di inquadrare la problematica e indirizzare i successivi approfondimenti di natura geognostica oltre ad ipotizzare interventi di consolidamento

ove necessari. Sulla base delle ulteriori analisi geognostiche attualmente in corso tali verifiche saranno opportunamente aggiornate.

6. INTERVENTI STRUTTURALI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO LUNGO LE ARGINATURE DEL F. SECCHIA

Alle tipologie di fenomeni di dissesto illustrati al paragrafo precedente, potenzialmente in grado se non opportunamente contrastati, di innescare una rottura arginale, corrispondono altrettante tipologie d'intervento di carattere strutturale in grado di contenerne la insorgenza e mitigarne gli effetti, al fine di mantenere l'arginatura in condizioni idonee ad affrontare nel migliore dei modi i prevedibili fenomeni di piena.

Per quanto riguarda il sistema arginale del Fiume Secchia, purtroppo, tutte le possibili tipologie di dissesto precedentemente elencate si trovano rappresentate, seppur con diverso grado di diffusione ed intensità in dipendenza delle caratteristiche generali e locali: geometriche, morfologiche, litologiche e strutturali dei rilevati e delle loro aree di sedime.

Come noto il Fiume Secchia nel tratto d'intervento è caratterizzato da una significativa pensilità del sistema fluvio-golenale rispetto al piano campagna circostante esterno alle arginature.

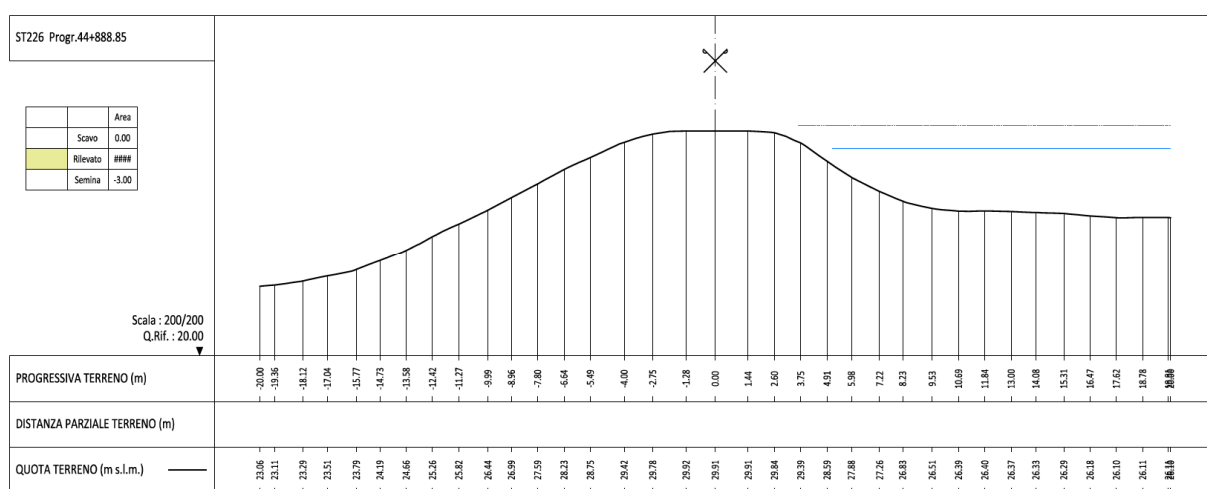


Figura 30 ó Sezione spondale in sinistra idraulica in corrispondenza dello stante n° 226, da cui si evidenzia la evidente conformazione pensile dell'alveo del f. Secchia

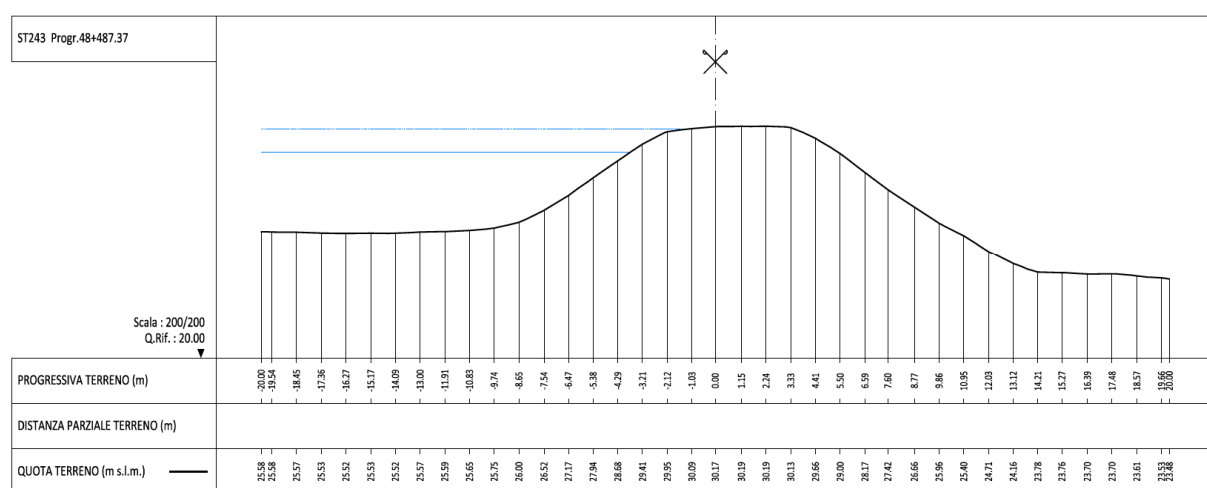


Figura 31 ó Sezione spondale in destra idraulica in corrispondenza dello stante n° 243, da cui si evidenzia la evidente conformazione pensile dell'alveo del f. Secchia

Tale caratteristica va progressivamente aumentando da monte verso valle, arrivando a Concordia ad avere un piano golenale posto $3.5 \div 4$ m rispetto alla quota del piano campagna (in alcune sezioni tale valore supera puntualmente i 5 m). Praticamente tutto l'ambito fluviale del Secchia modenese è posto sopra un dosso fluviale.

Esso è pure caratterizzato dalla presenza di numerose paleo-strutture: alvei, canali, meandri, ventagli d'erosione, ecc., che intersecano più volte sia le arginature sia l'alveo attuale. Tale caratteristica è dovuta sia a fatti naturali, che all'opera dell'uomo che ha eseguito importanti lavori idraulici in epoca Ducale, con la realizzazione di numerosi drizzagni e deviazioni dell'alveo e rettifiche arginali.

In un contesto così complesso come quello in esame risulta particolarmente difficoltoso discriminare fra le diverse tipologie di rischio ed individuare con esattezza quale sia la più corretta sequenza temporale con la quale realizzare i vari interventi di mitigazione necessari ad arrivare ad un accettabile ed omogeneo livello di rischio per il territorio difeso. Se dal punto di vista potenziale tutti i tipi di dissesto arginale descritti al capitolo precedente sono in grado di provocare una rotta arginale, sicuramente l'approccio che si deve tenere nei vari casi può essere significativamente diverso. Infatti, per quanto riguarda ad esempio il rischio di sormonto arginale, il caso di carenza di quota rispetto, per esempio, al profilo di piena caratterizzato, nel caso in esame, da colmo ed idrogramma di TR20 anni e da una vasta estensione longitudinale dell'asta fluviale, richiede un approccio idraulico di tipo in moto vario diffuso a tratti significativi delle arginature e pertanto va affrontato in maniera continua su ambiti piuttosto estesi, dell'ordine anche della decina di km.

Per quanto riguarda invece la vulnerabilità a sifonamento e sfiancamento e le varie cause e concause che possono provocare rotte imputabili a tali fenomeni, la disamina calata sul territorio dei fattori di rischio e la scelta degli ambiti e delle tipologie d'intervento è sicuramente molto più impegnativa. Va fatta incrociando una nutrita serie d'informazioni di natura geologica-sedimentologica-morfologica non sempre ed ovunque note ed evidenti: storica, osservativa e strumentale, non onnicomprensive e necessitanti di onerosi ed estesi approfondimenti geognostici di campo.

6.1 - CONTRASTO DEI FENOMENI DI SORMONTO PER LA PORTATA TR 20 ANNI

Già lo Studio di Fattibilità dell'Autorità di Bacino del Po del 2004 ha sancito come l'attuale quota delle arginature, a sua volta risultato di numerosi, e spesso disomogenei, interventi di rialzo conseguenti le maggiori piene del secolo scorso, in diversi tratti non sia adeguata neppure a contenere la portata con tempo di ritorno ventennale con adeguato franco.

Tale circostanza è stata confermata dai recenti approfondimenti svolti, sempre dall'Autorità di Bacino nell'ambito dell'applicazione della Direttiva CE 2007/60: la c.d. Direttiva Alluvioni.

Proprio dal modello di sintesi derivato da quest'ultima applicazione si è partiti nel presente progetto per individuare gli scenari idraulici cui adeguare le livellette arginali.

I medesimi scenari ed i risultati sono rispettivamente esplicitati negli allegati Relazione Idraulica e Profili longitudinali.

Dal punto di vista costruttivo gli interventi di rialzo per coprire col franco di un metro il profilo di piena con tempo di ritorno ventennale sono stati impostati su tutta l'asta fluviale in territorio modenese mediante realizzazione di ringrossi e rialzi, prevalentemente lato fiume, per sfruttare al massimo la quota favorevole dei piani golenali con indubbi vantaggi economici e di ottimizzazione degli spostamenti, concentrandoli entro le arginature limitando così il disturbo esterno e gli impatti sulle aree abitate.

La sezione è stata studiata in maniera tale da consentire in una seconda fase di adeguare la quota ed eventualmente il paramento a campagna senza toccare quello a fiume per il quale è anche stato previsto il rinforzo con reti anti-intrusione per contrastare il danneggiamento da tane di animali, almeno sui paramenti a fiume rimaneggiati in fase di ringrosso.

Le sezioni tipologiche salienti sono quelle illustrate di seguito, nelle stesse sono indicati anche le ipotesi di adeguamento in sagoma e quota alla piena con $Tr=200$ anni e gli interventi di

contrasto dei fenomeni di filtrazione ed erosione al piede per i tratti in froldo con inserimento di palancole o diaframmi. Entrambe queste tipologie di interventi, comunque necessarie per conseguire un adeguato grado di mitigazione del rischio, potranno essere realizzate in fasi successive senza inficiare minimamente l'efficacia degli attuali interventi.

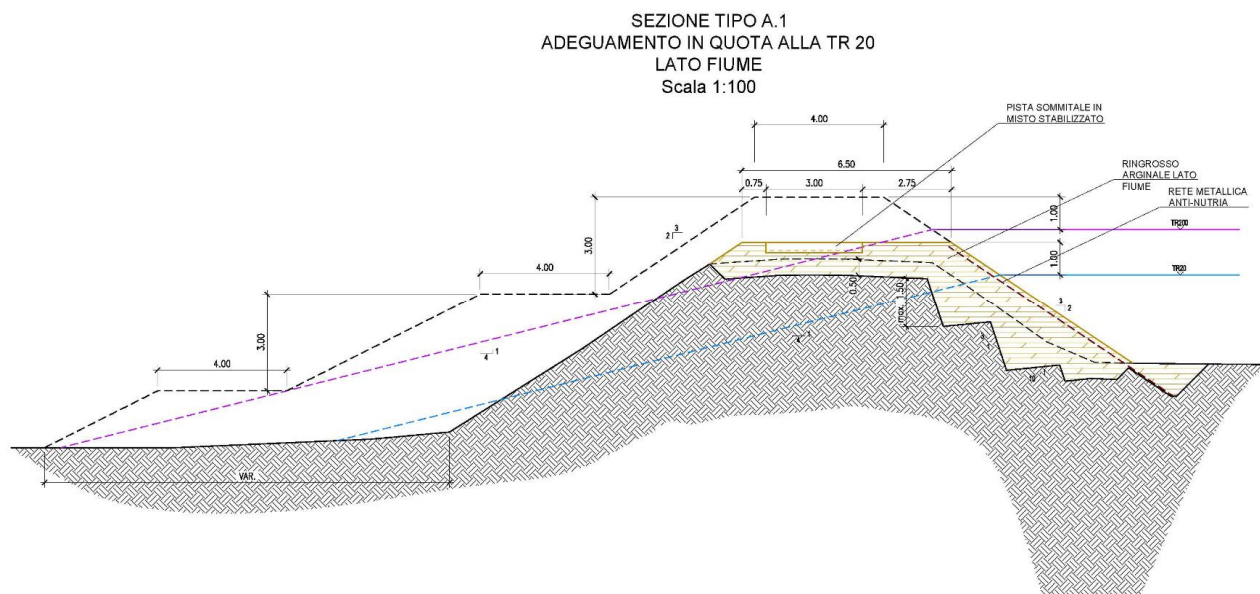


Fig. 32 Sezione tipologica degli interventi di rialzo e ringrosso a fiume

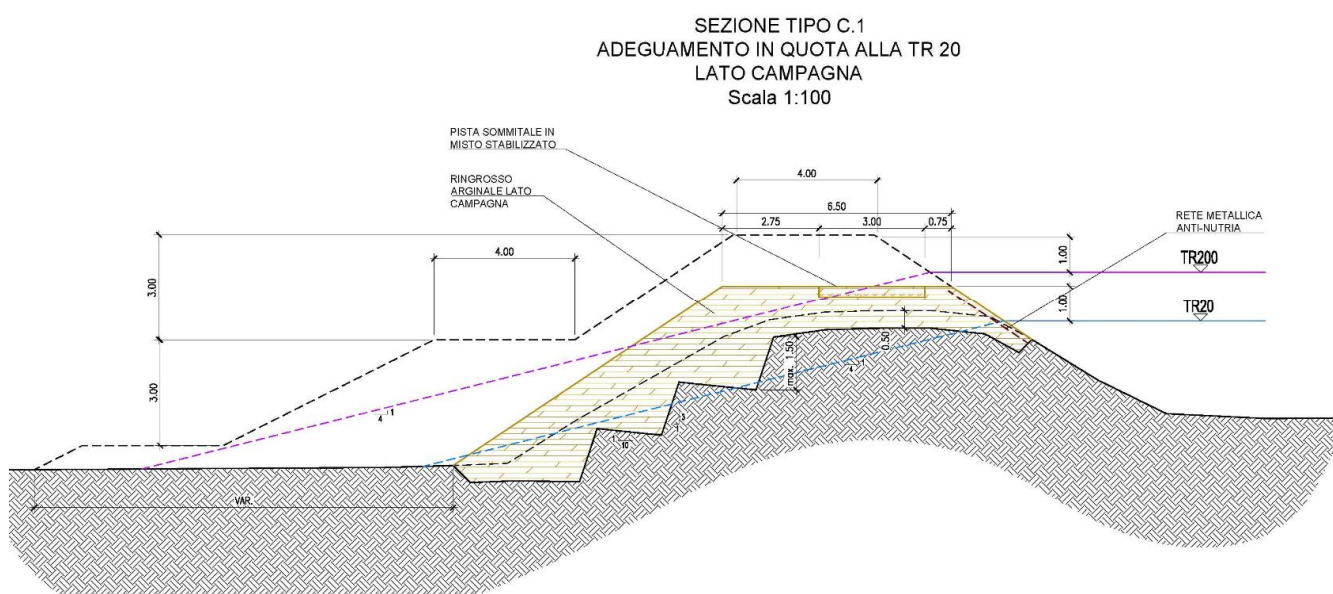


Fig. 33 Sezione tipologica degli interventi di rialzo e ringrosso a campagna.

L'estensione territoriale degli interventi di rialzo complessivamente necessari è particolarmente significativa riguardando essenzialmente quattro tratte arginali principali e due intermedie più limitate (in sinistra per oltre trenta chilometri e in destra idraulica per venticinque km c.a) per complessivi 56 km sviluppate su dieci comuni.

Di tali estensioni il presente primo stralcio va ad interessare i primi due tratti di monte riguardanti i comuni di: Campogalliano, Modena, Soliera e Bastiglia.

È altresì importante sottolineare come l'intervento di rialzo ottenuto mediante un seppur modesto ringrosso arginale possa apportare, se eseguito con materiali mediamente più impermeabili degli attuali, un significativo incremento del contrasto ai fenomeni di filtrazione

all'interno del corpo arginale, con conseguente incremento dei coefficienti di sicurezza rispetto alla stabilità globale del rilevato nelle condizioni più gravose di saturazione.

Per quanto riguarda l'individuazione dei siti di prelievo dei materiali, per il momento, sono stati individuati ambiti golenali demaniali idonei a tale scopo in prossimità dell'alveo ed in posizioni coerenti con il buon regime del corso d'acqua che sono attualmente soggette ad una campagna d'indagine per verificarne l'idoneità. Sarà infine auspicabile, nei tratti canalizzati e valutata la conformità litologica, attribuire priorità ad un prelievo continuo di sponda volto anche a mantenere un'adeguata sezione di deflusso del corso d'acqua.

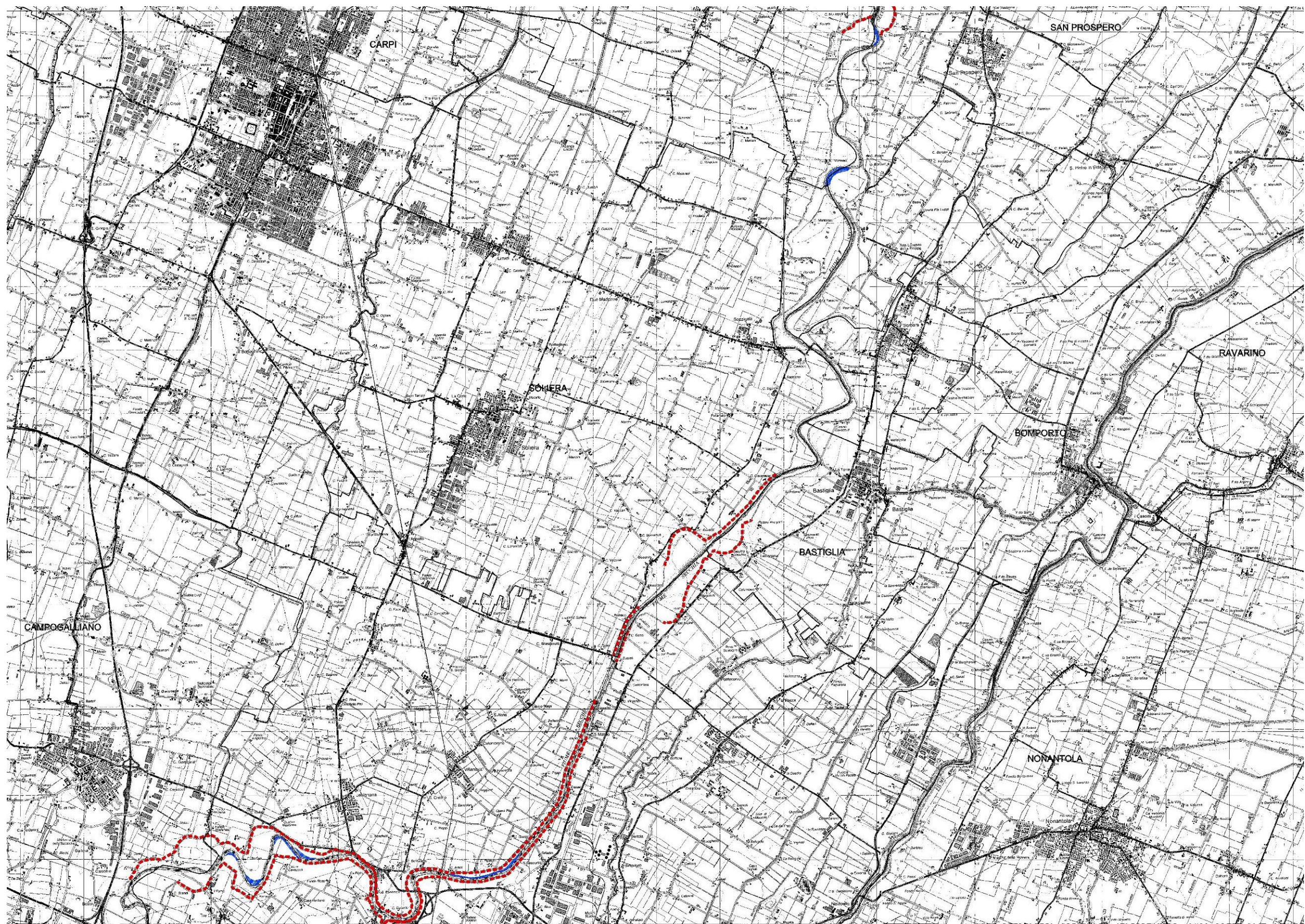


Fig. 34 Estensione dei rialzi (linea rossa tratteggiata) ed indicazione delle aree di riprofilatura dell'alveo ó tratti di monte, Comuni di: Modena, Campogalliano, Soliera e Bastiglia.

6.2 - CONTRASTO DEI FENOMENI DI FRANA E SCOSCENDIMENTO

In ragione della posizione rispetto ai rilevati arginali, i fenomeni franosi di sponda quando sono evidenti e limitrofi ai rilevati sono sicuramente i primi da affrontare in quanto soggetti ad aggravarsi col tempo e le successive piene e morbide del corso d'acqua. Proprio per questo motivo a seguito delle segnalazioni ricevute dal personale idraulico le manifestazioni più evidenti di tali fenomeni sono state affrontate nell'immediato e con interventi ad hoc su ogni singolo dissesto.

I dissesti da frana finora affrontati sono i seguenti:

- 1) Frana in loc. P.te Alto;
- 2) Frana in loc. San Matteo;
- 3) Frana in loc. San Giovanni di Concordia s.S.;
- 4) Frana in loc. Novi di Modena.

Di cui i primi tre sono appaltati ed il quarto in avanzata fase di progettazione.

La tipologia d'intervento in questi casi è solitamente individuata mediante realizzazione di difesa di sponda in pietrame, previa ricalibratura e regolarizzazione della sponda e realizzazione di idonea berma di fondazione sempre in pietrame.

Tale tipologia d'intervento è anche indicata per proteggere le zone in curva in battuta di corrente rimaneggiate o realizzate ex novo.

Gli interventi summenzionati sono finanziati con parte del finanziamento reso disponibile dall'Ordinanza 5/2014 nella quale è compreso il presente Progetto (vedi quadro economico di I stralcio).

6.3 - CONTRASTO DEI FENOMENI DI SIFONAMENTO

Come ben evidenziato dalla "Carta di sintesi su base geomorfologica" allegata alla Relazione Illustrativa del progetto preliminare, la genetica evolutiva e le testimonianze geo-lito-morfologiche connesse sono sul Fiume Secchia fra le più varie e complesse di tutta la Pianura Padana. Il corso d'acqua è caratterizzato fino a Concordia da un più o meno evidente (ma in parecchi casi palesemente manifesto) dosso fluviale, intervallato ed intersecato da numerosissime paleo-strutture: alvei, meandri, ventagli d'erosione, presenza di manufatti di derivazione/scarico dismessi, ecc.

Già lo Studio di Fattibilità AdB 2004 ne aveva messo in evidenza la complessità (anche se probabilmente un'identificazione incompleta) e le conseguenze sulla stabilità delle strutture arginali intersecate.

Tali dati di letteratura, sono stati intersecati con le tracce planimetriche dei fenomeni recentemente riscontrati e, in alcuni punti si sono rivelati non del tutto esaustivi. Probabilmente a causa dell'assenza di testimoni morfologici della presenza di ulteriori paleo-strutture interraste significative dal punto di vista litologico ed idrogeologico ma non evidenti da quello topografico-altimetrico.

L'evidenza delle problematiche d'infiltrazione, già nota ma non eccessivamente sentita fino ai primi anni '2000, si è particolarmente acuita negli ultimi anni (dal 2009 in poi e con particolare intensità nei mesi di gennaio-aprile 2014) in corrispondenza di periodi di piene ripetute accompagnati da regimi di falda a campagna particolarmente elevati. Tale concomitanza, sicuramente in parte collegata (ma con periodi di variazione distinti: lieve sfasamento temporale rispetto ai picchi di piena e prolungato periodo di decrescita), ha provocato in vari punti la fuoriuscita a campagna di copiose venute d'acqua, anche a distanza dai rilevati arginali. La conseguente prolungata permanenza di allagamenti a campagna è sicuramente dovuta anche alla scarsa, o inesistente, capacità di smaltimento del reticolo drenante secondario a campagna, spesso poco o per niente mantenuto e non sufficientemente collegato con quello di bonifica. Tale

situazione si presenta sia in destra idrografica, fra l'argine e la S.S. Canaletto, sia in sinistra ed ha provocato parecchi disagi alle popolazioni residenti, nonché pericolo per le pubbliche vie di comunicazione poste nelle vicinanze dell'argine, specie in concomitanza coi periodi di gelo notturno invernale.

Dal punto di vista del rischio idraulico immediato, le evidenze dei fenomeni non mostrano, se non in pochi casi, significativi fenomeni di trasporto di materiale litoide, o comunque anche quando li manifestano l'entità non è paragonabile ai ben maggiori fenomeni osservabili su altri tratti di corsi d'acqua quali il Fiume Po nel Delta o affluenti prossimi alla loro foce in Po (p. es. foce Oglio). Pertanto con gli interventi post-emergenziali di Somma Urgenza si è intervenuti, su questa tipologia di fenomeni, soltanto in limitati casi ed in ristretti ambiti territoriali allorquando se è riscontrata l'effettiva pericolosità per il rilevato arginale.

Una soluzione definitiva (seppur non indifferibile come l'adeguamento in quota) è quindi da preferire per il raggiungimento di un corretto ed uniforme grado di protezione idraulica del territorio. Questa potrà essere raggiunta, per stadi successivi, mediante realizzazione di banche a campagna (ove economicamente conveniente e logisticamente possibile) oppure mediante diaframatura delle arginature e dei loro terreni di fondazione. Quest'ultima tipologia d'intervento, qualora venga realizzata mediante elementi strutturalmente resistenti allo scalzamento quali diaframmi in c.a o palancole in acciaio, presenta il vantaggio di migliorare anche la stabilità dei manufatti nei confronti dell'erosione spondale per i tratti in frodo.

Dalle analisi numeriche di filtrazione e stabilità eseguite risulta abbastanza chiaramente come la diaframatura degli argini migliori sensibilmente il coefficiente di sicurezza alla stabilità globale.

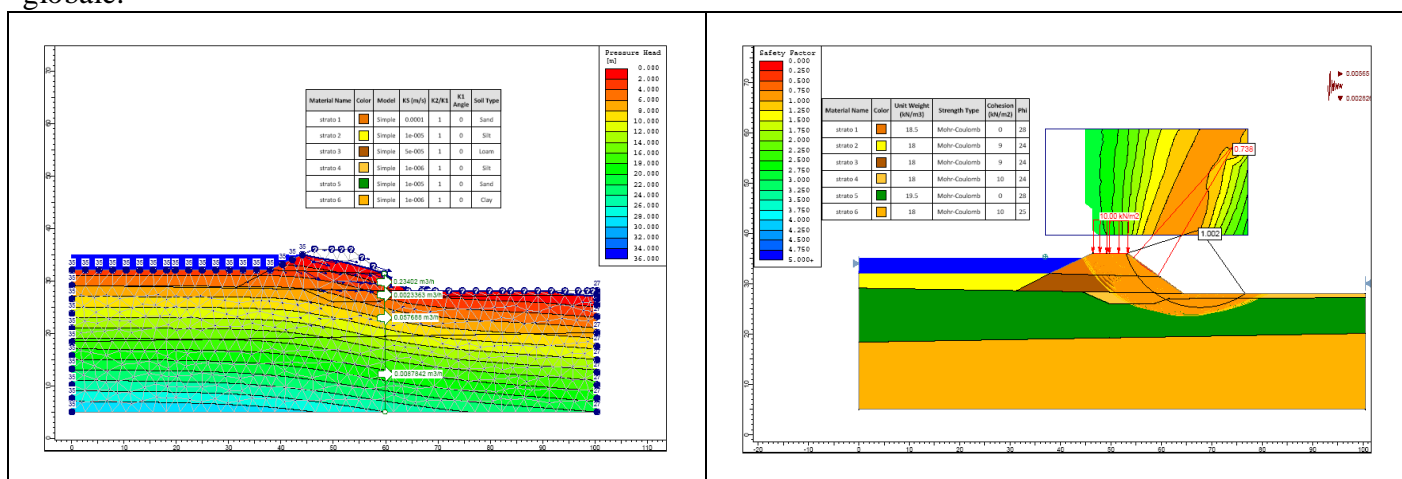


Fig. 35 - modello di filtrazione e verifica di stabilità ó argine di V. Naz.le Sorbara ó prima degli interventi

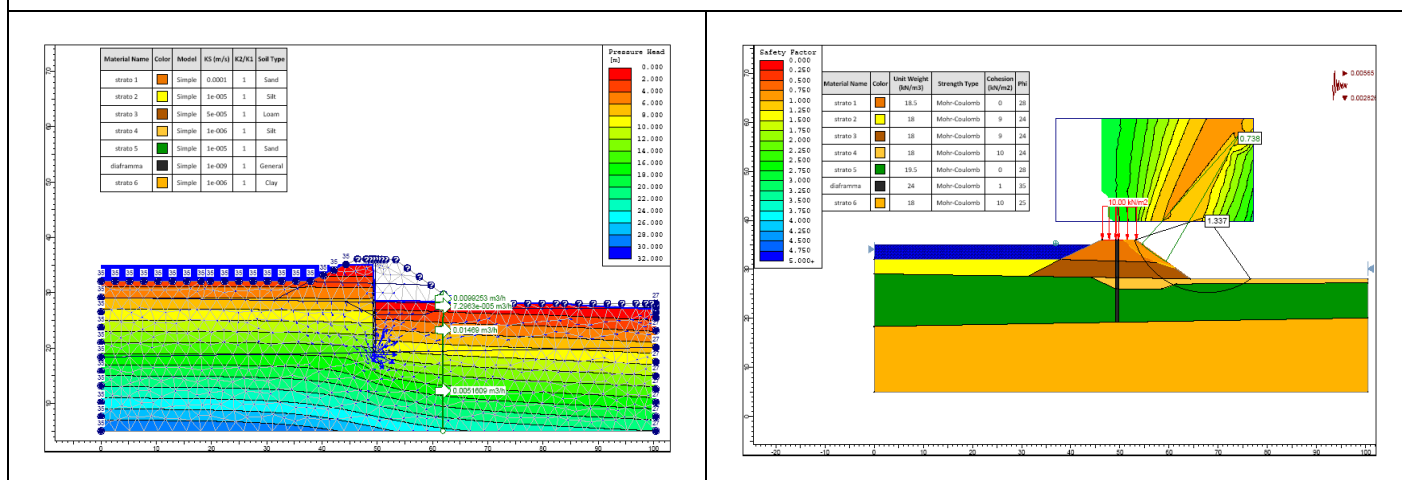


Fig. 36 - modello di filtrazione e verifica di stabilità ó argine di V. Naz.le Sorbara ó dopo gli interventi

Individuazione dei tratti d'intervento

L'analisi sistematica e multidisciplinare (geo-morfo-stratigrafica, storica ed osservativa per le filtrazioni; geometrica e morfologica per la suscettività all'erosione/frana) della documentazione disponibile ha fatto sì che, pur nell'estrema incertezza idrogeologica dei territori fluviali e perifluviali si potessero individuare, per tratti sufficientemente estesi ed omogenei, tipologie d'intervento ottimizzate in rapporto al contesto.

In condizioni così variegata di geometrie, materiali e cause potenziali è particolarmente difficoltoso individuare una soluzione definitiva che non preveda una soluzione d'emergenza dei fenomeni di filtrazione, con diaframmatura planimetricamente continua delle arginature dall'inizio del tratto rettilineo in Comune di Modena al confine mantovano, soluzione comunque in assoluto preferibile. Tale soluzione però, allo stato attuale delle disponibilità finanziarie non è praticabile in quanto prevedrebbe, da sola, un impegno finanziario ben oltre i cento milioni di euro.

La natura dei sottosuoli (con significativi strati sabbiosi, in alcuni casi grossolani e mono granulari sui quali si sono osservati fenomeni di liquefazione da scosse sismiche) e la struttura ristretta e pensile dei manufatti arginali, con assenza di banche a campagna, nonché la loro collocazione, molto spesso su rettilinei e/o in frodo, fa sì che il rischio di sifonamento, facilmente acuito da fenomeni di frana per erosione al piede o presenza di tane di animali acquatici, sia comunque reale e da tenere sotto costante monitoraggio in piena.



Figg. 37 - 38 Fenomeni di filtrazione/sfiancamento iniziale dell'argine e manifestazioni di liquefazione sismica delle sabbie a Cavezzo via Bozzala (rispettivamente febbraio e luglio 2014)

Una soluzione definitiva per la messa in sicurezza da questo tipo di fenomeni potrà essere raggiunta, nei casi meno gravi nelle fasi successive qualora siano reperiti i necessari finanziamenti, anche mediante realizzazione di banche a campagna che, ove logisticamente possibile presenta il pregio di migliorare sensibilmente anche la stabilità a sfiancamento ed al sisma, oppure mediante diaframmatura delle arginature e dei loro terreni di fondazione nei casi di grave rischio di sifonamento.

Quest'ultima tipologia d'intervento, qualora venga realizzata mediante elementi strutturalmente resistenti allo scalzamento quali diaframmi in c.a. o palancole in acciaio, presenta il vantaggio di migliorare anche la stabilità dei manufatti nei confronti dell'erosione spondale per gli argini in frodo, che si trovano in posizione particolarmente critica nel tratto rettilineo a valle della città di Modena.

È stato quindi necessario, sulla base dei dati locali disponibili, analizzare passo, passo tutta la tratta arginata in destra e sinistra, per stabilire almeno una ragionevole priorità dei tratti su cui intervenire.

Per quanto riguarda le tecniche d'intervento si sono prese in considerazione tre tipologie prevalenti d'intervento: due d'intercettazione dei fenomeni di filtrazione ed una di ricoprimento della linea d'imbibizione, in particolare:

- Realizzazione di diaframature aventi anche caratteristiche strutturali di resistenze al possibile scalzamento: palancole in acciaio o diaframmi in calcestruzzo armato;
- Realizzazione di diaframature con tecnica di jet-grouting lamellare nei contesti in cui vi è basso rischio di scalzamento (argini in ambiti golenali distanti dall'alveo inciso);
- Realizzazione di banche a campagna a ricoprimento della linea d'imbibizione nei contesti non particolarmente suscettibili a fenomeni localizzati di filtrazione e necessitanti di un rinforzo per soddisfare la stabilità al sisma.

Tutte le suddette tipologie d'intervento non fanno parte del presente stralcio ma potranno essere messe in campo, per ulteriori stralci man, mano che si rendessero disponibili ulteriori finanziamenti, valutandone opportunamente le priorità di localizzazione.

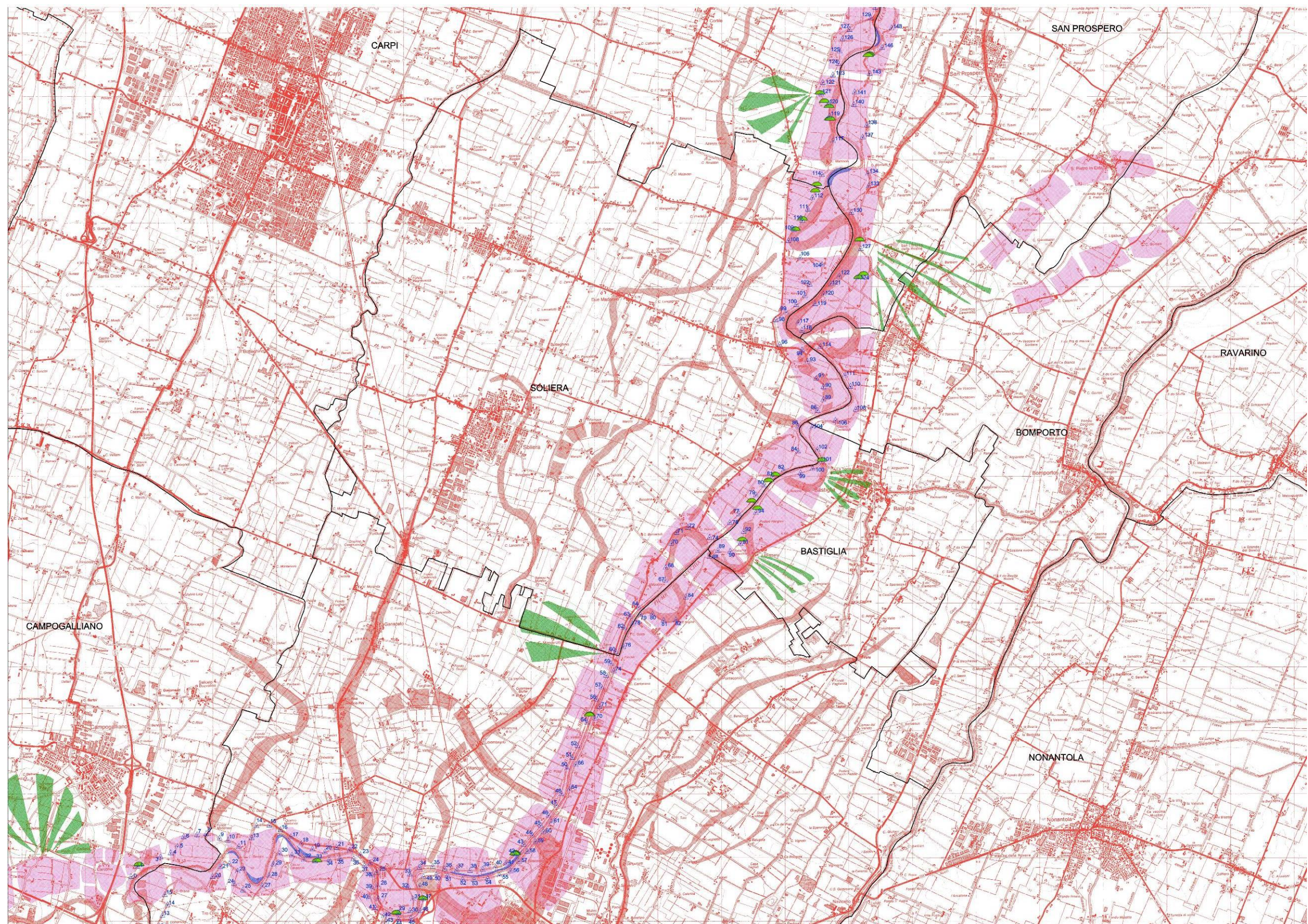


Fig. 39 Stralcio Carta Geomorfologica con rappresentazione delle paleo-strutture fluviali. [rosso: Paleo alvei e meandri ; rosa: Dossi fluviali; verde: Ventagli di rotta]

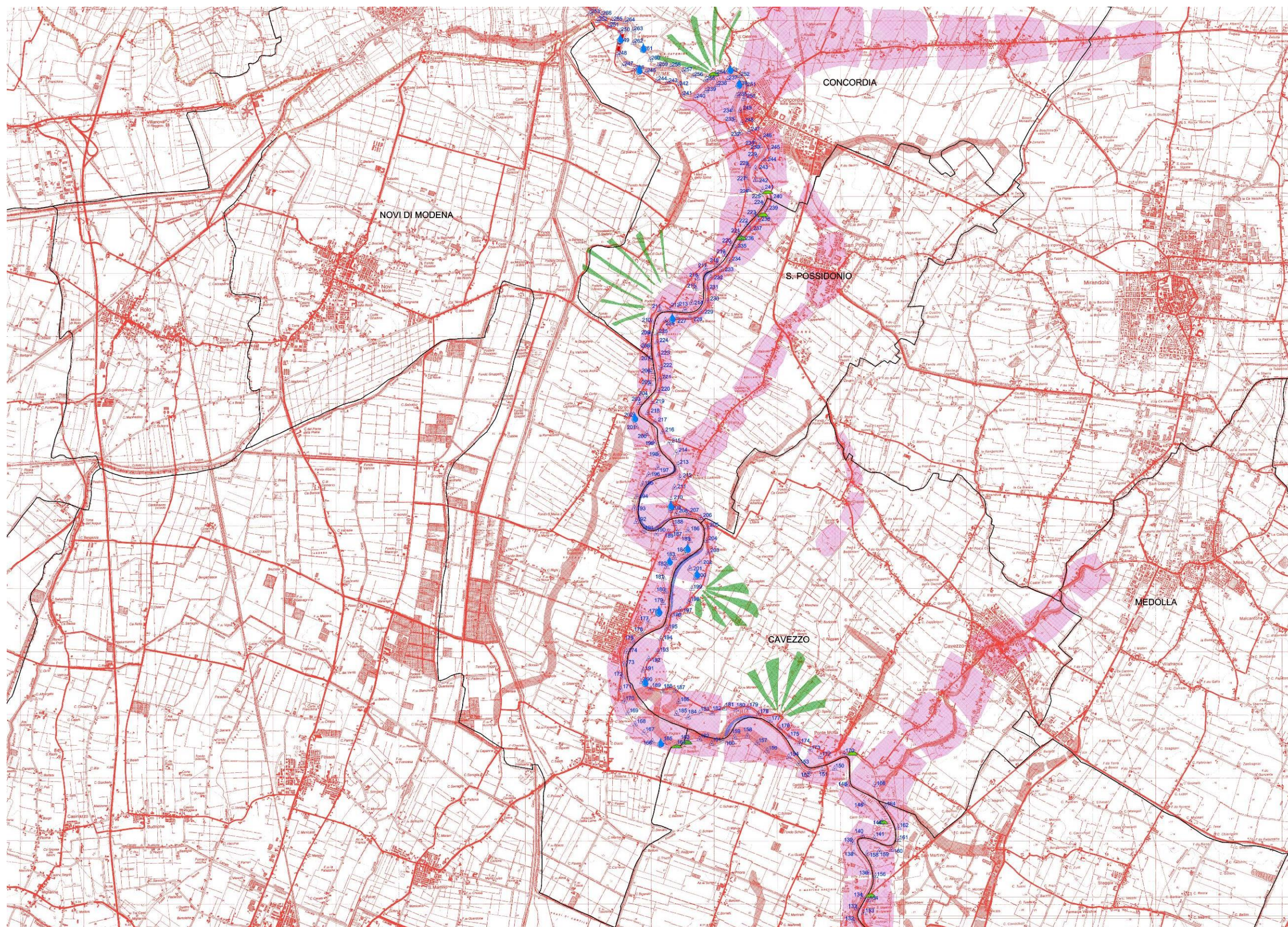


Fig. 40 Stralcio Carta Geomorfologica con rappresentazione delle paleo-strutture fluviali. [rosso: Paleo alvei e meandri ; rosa: Dossi fluviali; verde: Ventagli di rotta]

6.4 - CONTRASTO DEI FENOMENI DI SFIANCAMENTO

Il fenomeno di potenziale sfiancamento a campagna, come si evince dalla Relazione di calcolo di stabilità è presente sul corso d'acqua con intensità crescente da monte a valle, in ragione delle elevate quote e pendenze dei paramenti arginali a campagna che, per la quasi totalità delle arginature sono privi di banche.

Benché l'evidenza del comportamento generale nel corso degli ultimi eventi registrati faccia riscontrare solo pochi casi di evidenza di fenomeni di sfiancamento incipienti o manifesti, per altro prontamente contrastati in regime di somma urgenza (Cavezzo V. Bozzala e Sorbara V. Naz.le), almeno nei tratti più significativi, si può sicuramente affermare come il rischio sia presente con una certa continuità su tutte le opere della parte medio bassa del tratto arginato.

L'origine di tale fenomeno è sicuramente da attribuirsi allo squilibrio di sagoma, perpetuato negli anni inseguendo la quota delle massime piene registrate esclusivamente mediante rialzi e non con adeguati ringrossi a campagna. Tale scelta, giustificata sicuramente da motivi economici è anche sicuramente frutto di considerazioni basate sulla significativa entità e quota dei piani golenali che in qualche misura vanno a compensare (ma solo nella verifica di stabilità globale lato fiume) l'esiguità delle sagome arginali.

In estrema sintesi, per raggiungere un adeguato grado di mitigazione di questo specifico rischio, sarebbe comunque necessario realizzare un diffuso imbancamento a campagna delle opere esistenti, questo sia per ricoprire adeguatamente la linea d'imbibizione sia per ottenere, di conseguenza, un idoneo coefficiente di stabilità globale lato campagna.

Laddove risulti impossibile procedere con la realizzazione di un ringrosso arginale in terra per la presenza di infrastrutture urbane (p.e. abitato di Concordia), è stato ipotizzato l'utilizzo di rilevati in terre rinforzate, in modo da limitare al massimo l'ingombro del piede arginale. Tale soluzione, efficace rispetto alla risoluzione delle criticità legate allo sfiancamento, offre ovviamente una minore efficacia rispetto alle criticità legate al sifonamento ed alla imbibizione del corpo arginale.

Anche tale tipologia d'opere non trova copertura nel presente intervento stralcio.

6.5 - CONTRASTO DEI FENOMENI DI TANE DI ANIMALI

Questo significativo rischio è stato invece parzialmente affrontato già nella presente prima fase (finanziata) degli interventi di rialzo e ringrosso lato fiume, mediante l'inserimento di una rete metallica anti-intrusione con continuità su tutto il paramento a fiume, nei tratti rimaneggiati. L'individuazione prioritaria dell'intervento a fiume è giustificata non tanto dall'assenza di tale rischio a campagna, quanto dalla circostanza favorevole del rifacimento del paramento stesso in fase di rialzo durante la quale il cotico erboso verrà comunque rimosso e dovrà essere ricostituito. In una successiva fase potrà prevedersi anche la realizzazione di una struttura antintrusiva a campagna, tale opportunità sarà valutata in contemporanea alle successive fasi progettuali di costruzione delle banche a campagna non appena disponibili i finanziamenti.

Va comunque ben evidenziato come da solo tale intervento non possa considerarsi risolutivo ma debba essere accompagnato da una continua attività di monitoraggio ed intervento di manutenzione e, soprattutto individuando politiche efficaci d'intervento per l'allontanamento degli ambiti arginali della fauna selvatica fossoria.

Specialmente nei tratti in frodo, più soggetti all'attacco delle nutrie, l'impiego di diaframmi metallici o in calcestruzzo armato, aventi pluralità di fini: anti-sifonamento e a protezione dell'arginatura dall'erosione di sponda in corso d'evento, sarebbe sicuramente un ottimo deterrente anche all'attacco di questi animali alla parte basale dell'argine a fiume.

6.6 - RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Dal punto di vista del rischio sismico i tratti più vulnerabili sono quelli in cui l'argine presenta le maggiori altezze rispetto al piano campagna. Tra le sezioni indagate, questa situazione si riscontra soprattutto in destra idraulica nella zona tra Cavezzo e Concordia sulla Secchia, dove si hanno dislivelli che superano gli 8 m con pendenze molto alte in particolare alle sezioni Sez76_st210-211dx e St220dx. Analoghi problemi di stabilità si hanno però localmente anche lato fiume in corrispondenza dei froldi in interno curva, su entrambe le sponde (Sez70_st210-211sx e st220dx), laddove, anche se il dislivello tra la sommità arginale e il piano golenale non è rilevante, l'ampiezza del piano golenale è talmente ridotta che la verifica di stabilità coinvolge l'intero versante lato fiume, dalla sommità arginale al fondo alveo.

Tabella 1: Sezioni di verifica.

SEZIONE	SPONDA	TRATTO OMOGENEO	Progressiva lungo argine	Δz campagna [m]	Δz fiume [m]
Sez143_st23-24sx	sinistra	2	4+919.88	2.5	4.9
St88dx	destra	3	17+604.62	5.7	3.5
St92dx	destra	3	18+407.16	6.5	4.4
St186sx	sinistra	5	37+145.65	6.4	4.4
Sez76_st210-211dx	destra	5	42+059.68	8.8	5.3
St220dx	destra	6	43+900.43	10.4	6.7
Sez70_st210-211sx	sinistra	6	41+842.80	7.9	5.8

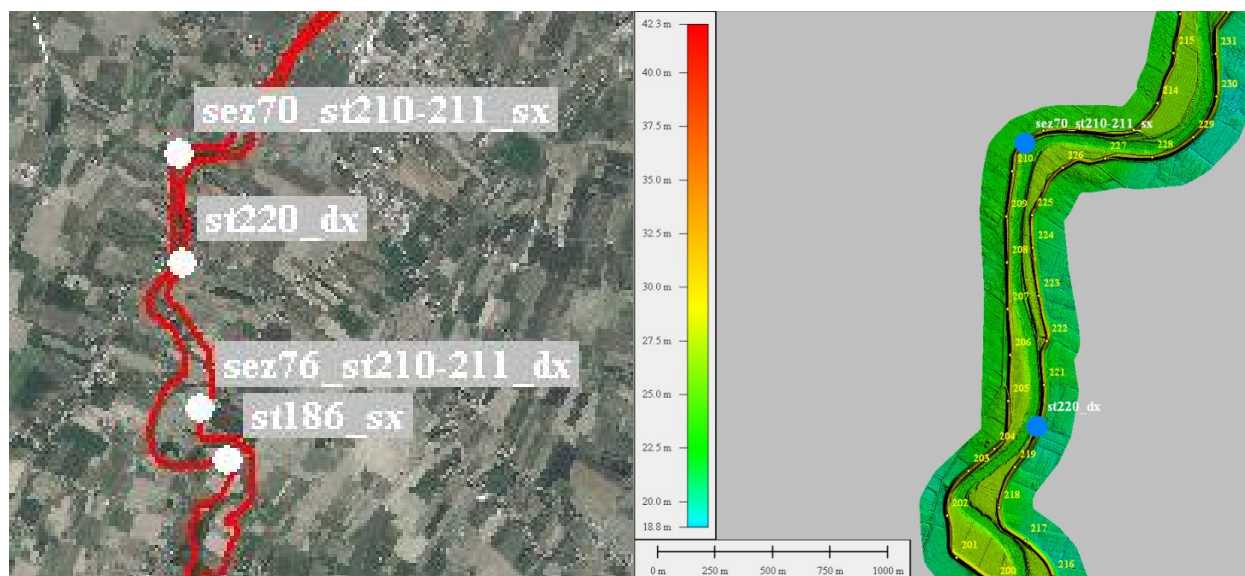


Figura 1 [6.6-1]: Planimetria generale delle sezioni di verifica nel tratto Cavezzo ó Concordia sulla Secchia e posizionamento delle Sezioni Sez70_st210-211sx e st220dx sul Modello Digitale del Terreno POT2008.

Le verifiche sismiche sono state condotte assumendo che non ci sia la concomitanza tra il massimo sisma (SLC) atteso e un evento di piena, ma che ci possa essere un sisma di modesta entità (SLD) contemporaneamente ad una piena con tempo di ritorno 20 anni. I dettagli delle verifiche sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 2: Schema delle simulazioni adottato per ogni sezione di verifica.

Nome simulazione	Falda	Sisma	Sovraccarichi	Verifica	Lato	Tipo verifica
1c	no	SLC	7.2 Kn/mq	SLU (A2+M2+R2)	campagna	stabilità
1f	no	SLC	7.2 Kn/mq	SLU (A2+M2+R2)	fiume	stabilità
2c	TR20	SLD	7.2 Kn/mq	SLU (A2+M2+R2)	campagna	stabilità

Dove:

1c è la verifica di stabilità lato campagna relativa al solo sisma massimo previsto nella zona della sezione. Vengono infatti considerati i coefficienti sismici relativi allo stato limite ultimo denominato Stato Limite di Collasso, caratterizzato da una probabilità di superamento del 5% nel periodo di riferimento V_R , assumendo diretta verso l'alto la componente verticale dell'azione sismica. La verifica viene condotta utilizzando i parametri di amplificazione dei carichi e riduzione dei parametri geotecnici dettati dalle NTC 2008 per la combinazione di Stato Limite Ultimo denominata A2+M2+R2.

1f è l'analoga verifica di stabilità relativa al solo sisma massimo effettuata lato fiume.

2c è la verifica di stabilità lato campagna relativa ad una condizione di falda molto alta lato campagna, e di livello pari alla piena di progetto (TR20) lato fiume. I parametri NTC utilizzati sono quelli della combinazione SLU(A2+M2+R2). Dal punto di vista sismico, la verifica è effettuata nei confronti dello Stato Limite di Esercizio denominato Stato Limite di Danno, caratterizzato da una probabilità di superamento del 63% nel periodo di riferimento V_R e considerando diretta verso l'alto la componente verticale dell'azione sismica.

Determinazione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati dalle NTC 2008, si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le NTC 2008 stabiliscono che le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

É a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
É F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

É T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per definire questi parametri vanno stabiliti la Vita nominale della costruzione V_N e il Coefficiente d'uso della costruzione C_u .

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella

Tabella 3 e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 3: Vita nominale V_N per diversi tipi di opere.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Per gli argini del Secchia sono state adottate una vita nominale $V_N = 100$ anni e una classe d'uso IV, ovvero: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre

2001, n. 6792, Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in

Tabella 4

Tabella 4: Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Per gli argini del Secchia risulta quindi $V_R = 200$ anni, e di conseguenza vengono determinati i periodi di ritorno corrispondenti ai vari stati limite.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.078	2.527	0.270
SLD	201	0.100	2.594	0.264
SLV	1898	0.259	2.464	0.285
SLC	2475	0.287	2.437	0.289

Infine, viene determinata la classe di progetto una volta indicate la Categoria di Sottosuolo e la Categoria topografica.

In questo caso sia ha:

- Categoria di Sottosuolo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- Categoria Topografica T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$

In particolare vengono forniti i valori di S_T (coefficiente di amplificazione topografica) ed S_S (coefficiente di amplificazione stratigrafica), che concorrono alla determinazione dell'accelerazione orizzontale massima attesa al sito:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = s \cdot a_{max} / g$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove:

s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

g = accelerazione di gravità.

Risultati

La sezione che presenta le problematiche maggiori è la St220dx, con instabilità sia lato campagna che lato fiume per tutte le condizioni di carico e sollecitazioni considerate. La sezione Sez76_st210-211dx è soggetta a instabilità solo lato campagna, mentre la Sez70_st210-211sx è instabile al massimo sisma lato fiume a causa del frodo, mentre la to campagna presenta problematiche di stabilità solo in presenza di livelli di falda molto alti associati ad un evento di piena.

I risultati in termini di fattori di sicurezza minimi ottenuti con il metodo GLE/Morgenstern-Price sono riassunti nella seguente tabella:

Tabella 5: Fattori di Sicurezza minimi

	Sez143_st23-24sx	St88dx	St92dx	St186sx	Sez76_st210-211dx	St220dx	Sez70_st210-211sx
1c	1.592	1.155	1.072	1.224	0.962	0.897	1.026
1f	1.129	1.281	1.148	1.150	1.055	0.769	0.802
2c	1.748	1.170	1.072	1.113	0.970	0.822	0.924

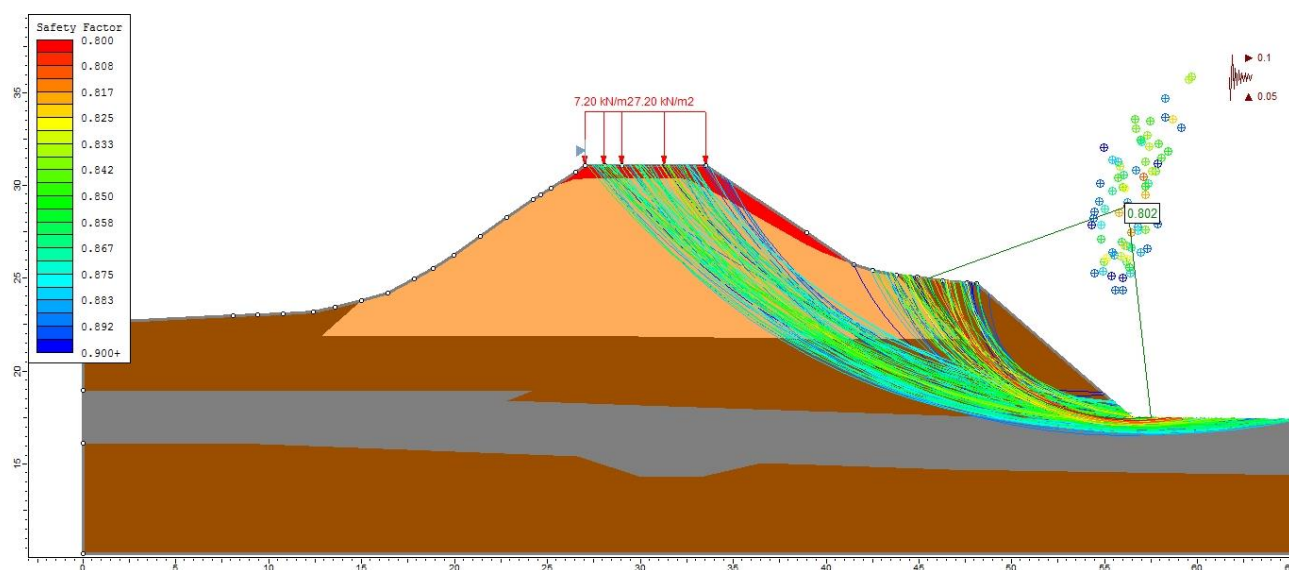


Figura 41: Verifica di stabilità per il massimo sisma lato fiume (1f) per la sezione Sez70_st210-211sx, rappresentazione delle superfici di rottura con FS compreso tra 0.8 e 1.

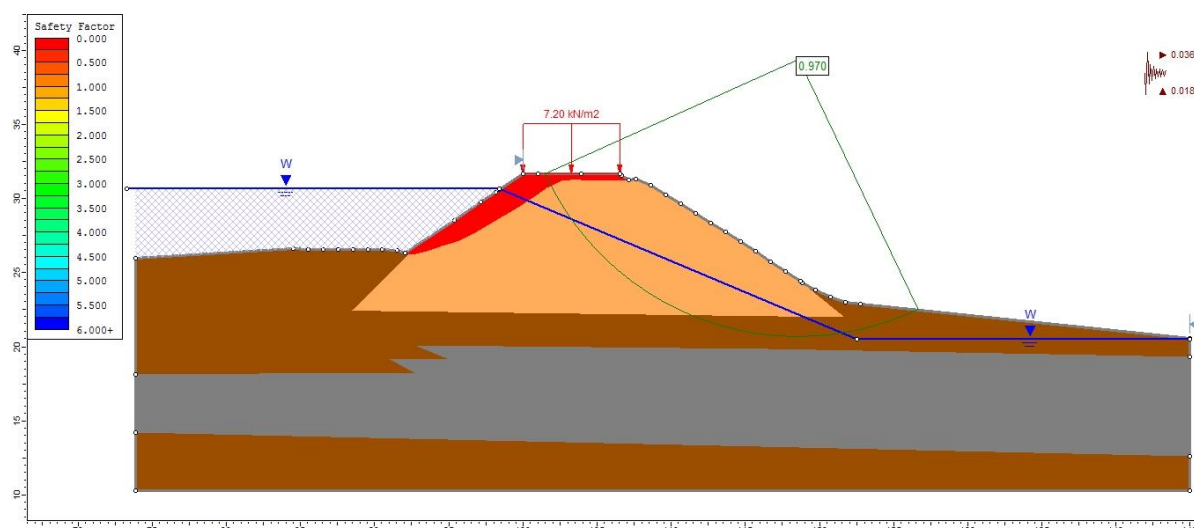


Figura 42: Verifica di stabilità per il massimo livello di falda (2c) per la sezione Sez76_st210-211dx → FS=0.970.

Ipotesi di consolidamento

Le verifiche effettuate hanno evidenziato una generale condizione di instabilità legata alle condizioni limite in caso di saturazione parziale o totale del corpo arginale e di sisma di forte entità. Si è quindi proceduto a verificare le condizioni di stabilità nell'ipotesi di costruzione di una banca lato campagna e di un diaframma. Queste ulteriori analisi sono state condotte a partire dalla geometria della sezione St220_dx, in quanto maggiormente critica.

Tabella 6: Fattori di Sicurezza minimi per la Sezione St220dx a seguito delle ipotesi di consolidamento.

	St220_dx	St220_dx banca	St220_dx diaframma
1c	0.897	1.048	-
1f	0.769	-	0.825 (1.01)**
2c	0.822	0.893	-

** Fattore di sicurezza relativo alla porzione di argine superiore rispetto alla quota di infissione del diaframma.

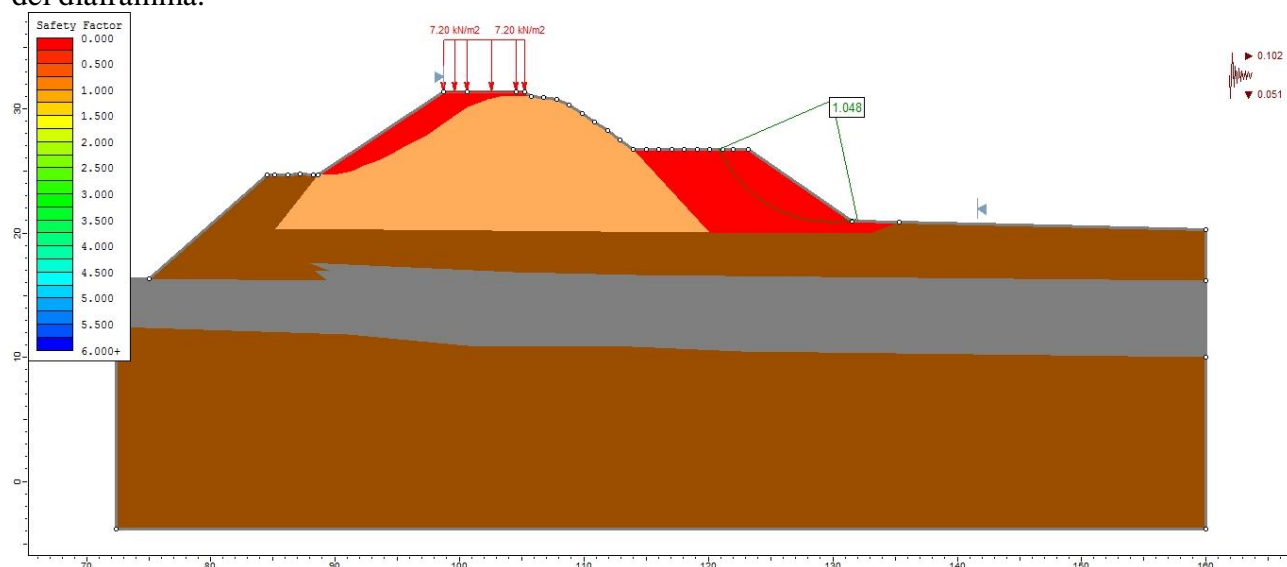


Figura 43: Verifica di stabilità alla Sezione St220dx con sisma massimo lato campagna nell'ipotesi di inserimento di una banca → FS=1.048

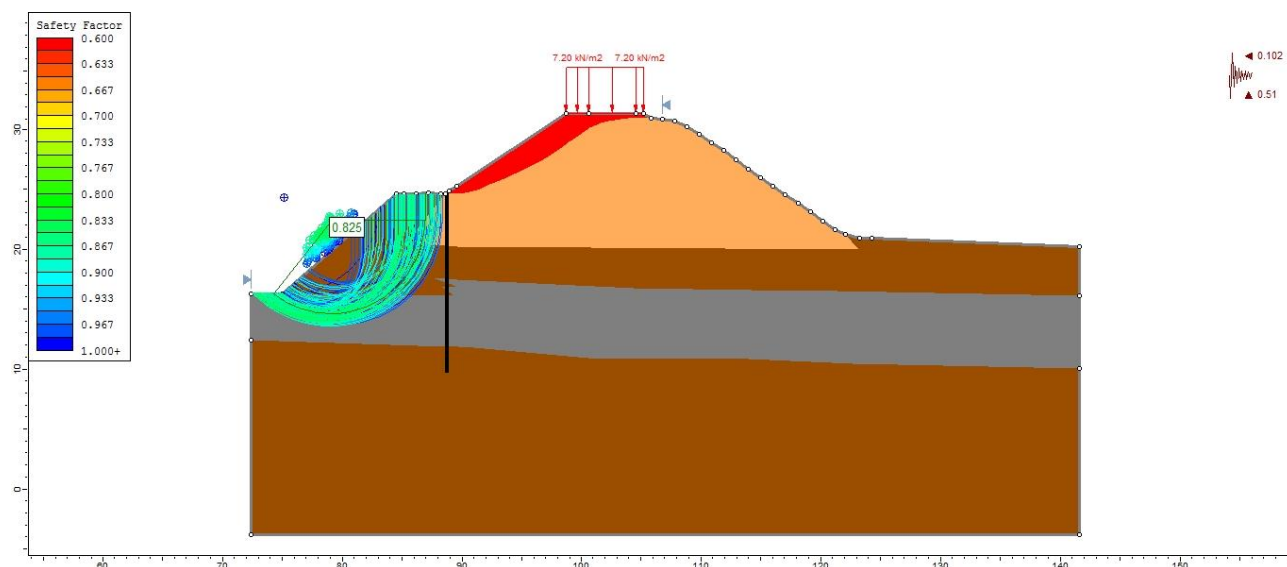


Figura 44: Verifica di stabilità alla Sezione St220dx con sisma massimo lato campagna nell'ipotesi di inserimento di un diaframma → FS=0.825

L'ipotesi di inserimento di una banca lato campagna risolve il problema della stabilità in caso di massimo sisma. In Figura 44 è rappresentata invece l'analoga verifica lato fiume, e si

evidenzia che la presenza di un diaframma posto al piede dell'argine lato fiume, impedisce la creazione di superfici di scivolamento che coinvolgano l'argine per tutta la sua altezza. Rimangono gli scivolamenti che coinvolgono solo la scarpata inferiore, e che possono essere evitati con un rinforzo al piede di sponda, in alcuni tratti già presente e la cui mancanza, in genere, non provoca il crollo immediato dell'opera di contenimento, lasciando il tempo di intervenire.

In questo primo stralcio finanziato, localizzato nella parte di monte della tratta arginata, non si sono evidenziate sezioni arginali critiche dal punto di vista sismico e pertanto tale problematica verrà affrontata nei tratti di valle man, mano che si renderanno disponibili risorse per il consolidamento strutturale mediante ringrosso a campagna.

7. PRIORITÀ D'INTERVENTO

Al fine di stabilire a ragion veduta un'efficace sequenza temporale degli interventi necessari, ottimizzando le risorse attualmente disponibili e quelle che via, via si rendessero tali, in un contesto territoriale così complesso come quello in esame, è stato necessario dapprima individuare una suddivisione dell'asta fluviale in tratti omogenei, ai quali associare, con opportuna graduazione uno o più dei rischi a carico delle opere elencati al cap. 5.

7.1 - SUDDIVISIONE IN TRATTI OMOGENEI

L'ambito territoriale d'intervento del presente progetto preliminare che, si ricorda, va da valle dell'A1 al confine mantovano, può essere suddiviso in sei (6) tratti più o meno omogenei dal punto di vista idro-morfologico e di vulnerabilità:

1. Dall'origine delle arginature (stanti 0) all'imbocco del tratto canalizzato (stanti: 36dx e 20sx). Il tratto è caratterizzato dalla presenza di significative golene leggermente pensili o neutre rispetto al piano campagna extra-argine, le arginature sono di limitata altezza (da 2.0 a 3.20 m), l'alveo è sinuoso e monocursale con alcuni punti di battuta sui froldi.
2. Tratto canalizzato dal limite del precedente a valle del ponte dell'Uccellina (stanti: 79dx e 64sx). È probabilmente il più artificializzato, caratterizzato da assenza di golene ed ampi tratti di evidente rettifica (da st. 56dx e 42sx). Le arginature iniziano ad avere una significativa altezza (superiore ai 6 m) mentre le limitatissime piarde di sponda risultano parecchio pensili rispetto ai corrispondenti piani campagna (anche di 3-4m). La litologia del substrato e degli strati di base dell'arginatura presenta stratificazioni di limi più o meno sabbiosi, mentre in conseguenza dei drizzagni le arginature hanno in diversi punti intersecato paleoalvei.
3. Tratto con alveo canalizzato (rettificato) e significative golene, anche chiuse: va dal precedente fino a c.a 4km a valle del ponte Bacchello (stanti: 134dx e 114sx). L'alveo scorre per diversi tratti in maniera pseudo-rettilinea mentre le arginature maestre sono esterne a golene in alcuni casi difese da un'arginatura d'ordine inferiore, che si nota aver contribuito a vincolare l'alveo in una posizione innaturale. Le intersezioni con paleoalvei sono molto diffuse e a tratti ripercorrono la linea arginale (in sinistra: fra st. 67-74, 88-94 e 107-112; in destra fra st. 79-84, 114-130 con addirittura un doppia intersezione da st. 114 a 116). La pensilità delle golene è elevata: superiore a 4 m.
4. Tratto a valle del precedente e fino a monte di ponte Motta (stanti 170dx e 148sx), presenta alveo sinuoso golene più limitate o assenti (da st. 151dx-131sx a 158dx-138sx). In questo tratto le intersezioni coi paleoalvei (almeno quelli morfologicamente evidenziabili) sembrano più limitate, mentre cresce la pensilità del piano golenale rispetto a quelli di campagna esterni. L'estremo di valle presenta un dosso fluviale in destra divergente da quello principale che ospita l'alveo attuale, a significare la passata esistenza di un consistente ramo che deviava in quella direzione. Diversi paleoalvei si dipartono da tale estremità.
5. Tratto da Ponte Motta fino a valle di Ponte Pioppa, a fronte di Sant'Antonio in Mercadello (stanti: 214dx e 198sx), in tale tratto l'alveo devia significativamente ad Ovest per poi riprendere la direzione preferenziale sud-nord a metà dello stesso. L'alveo è meno sinuoso (maggiori raggi di curvatura), la fascia golenale è simile alla precedente anche se tende a restringersi per poi terminare in un imbuto al termine del tratto. Vi sono sporadici segni di paleoalvei di cui non è ben definita l'eventuale intersezione con gli argini, mentre dal tratto terminale diparte un ulteriore dosso fluviale relitto in destra.
6. Tratto da valle di P.te Pioppa fino a valle di Concordia sulla Secchia (confine mantovano, stanti: 267dx e 253sx). È caratterizzato da una consistente tratta canalizzata e con

significativi froldi, che comprende anche il tratto cittadino di Concordia, per poi allargarsi leggermente a piccole golene nell'ultima parte. La pensilità delle piarde e delle golene è significativa, le arginature sono fra le più elevate rispetto al p.c. Mentre il corso devia significativamente ad Ovest a valle dell'abitato in maniera del tutto corrispondente un significativo dosso relitto si diparte verso Est, vi sono ancora segni di paleoalvei, seppur non (almeno apparentemente e visivamente) associati all'arginatura.

La zona d'intervento del presente stralcio appartiene ai primi tre tratti sopra elencati.

7.2 - FREQUENZA DEL RISCHIO E PRIORITÀ D'INTERVENTO

In un contesto così vario e complesso come quello testé descritto riveste particolare delicatezza la definizione delle priorità d'intervento in quanto, tale scelta influisce sul grado di esposizione al rischio dei territori difesi man, mano che gli interventi vengono realizzati.

Il discrimine fra le diverse vulnerabilità e conseguenti tipologie d'intervento di mitigazione si fonda, oltre che sulla gravità della vulnerabilità, ovvero sull'inadeguatezza strutturale dei sistemi di difesa esistenti (quantificata, ove possibile, anche numericamente in termini di tempi di ritorno) si basa anche sulla effettiva influenza che un particolare tipo di danno, legato ad una specifica vulnerabilità, può avere sul grado di rischio del territorio difeso. Questo sia durante, sia dopo l'evento che lo ha generato, mettendo in conto anche ulteriori fattori quali: la eventuale possibilità di mitigazione in corso d'evento, la prevedibilità ed il preannuncio, la fattibilità e la relativa tempistica di ripristino post evento, la possibile concomitanza di più d'una causa di dissesto.

Ciò detto, allo stato attuale della conoscenza acquisita dagli studi pregressi e dagli approfondimenti in corso è sicuramente possibile affermare come il rischio più grave e diffuso sulle arginature del Secchia sia quello di sormonto. Infatti, come discende dalla modellazione idraulica effettuata vi sono estesi tratti arginali sormontabili o comunque carenti di franco già per la piena con tempo di ritorno ventennale.

Oltre alla tipologia di vulnerabilità, nel caso, come l'attuale, in cui vi siano risorse limitate, è indispensabile stabilire anche una priorità riguardo alle zone d'intervento, mantenendo comunque il principio di omogeneità del grado di protezione fra le due sponde.

Nel caso in esame la priorità d'intervento scelta è quella dell'inizio degli interventi da monte, questo per una serie di motivi che brevemente si elencano:

- I tratti di monte, in particolare il n. 1 e 2, sono quelli che hanno la maggiore inadeguatezza/carenza di franco rispetto ai livelli di piena presi a riferimento;
- Gli ulteriori tratti inadeguati, posti nella parte medio-bassa dell'asta (tratti 5 e 6), oltre ad avere una minore carenza di franco, sono anche òagevolatiö nell'affrontare la piena in quanto, a differenza dei tratti di monte, godono della capacità di laminazione aggiuntiva operate dalle golene del tratto intermedio e quindi a parità di livelli di piena a monte (in caso di onde di piena di volumi limitati) le portate defluenti ed i conseguenti livelli vengono mitigati prima di transitare in loro corrispondenza. Questo fenomeno è stato osservato anche nelle più recenti piene significative, per esempio in quella del marzo 2015, ove a fronte di un franco di poco superiore al metro nei tratti 1 e 2 sui tratti di valle questo era superiore ai 2m e a volte vicino ai 3m.

In conseguenza di ciò si è stabilita quindi una priorità d'intervento sul rischio di sormonto per la piena con tempo di ritorno 20 anni, attribuendo a tale tipologia la dicitura **I fase**. Questa è stata a sua volta suddivisa in due parti: interventi finanziati con l'Ord. n. 5/2014 ed interventi finanziati con la n. 2/2016.

A livello preliminare si sono in seguito distinte ulteriori due fasi individuate in base alle caratteristiche di vulnerabilità di tipo geologico-geotecnico e strutturale legate a problemi di filtrazione nel corpo arginale e nei terreni di fondazione ed instabilità al piede attribuendo a questi interventi la dicitura **II fase** ed una ulteriore **III fase** legata alle problematiche di instabilità al

sismo (per il quale si ricorda gli ambiti non verificati sono limitati alla parte inferiore dell'asta e lo stato limite di danno presenta un T_r di 200anni e quello collasso uno di 2500anni) ed allo sfiancamento arginale, più probabili sulle tratte con elevato dislivello fra sommità e piano campagna, in assenza di banche intermedie.

La sequenza temporale di queste due ultime fasi individuata in linea di massima come detto, potrà essere variata in seguito agli approfondimenti geognostici in corso, dando luogo eventualmente anche ad interventi misti (attribuiti ad entrambe le ultime due fasi) su ambiti locali appositamente studiati.

8. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Nel seguito vengono sinteticamente descritti gli interventi di cui al presente progetto preliminare, funzionali all'adeguamento strutturale e funzionale del sistema arginale difensivo del f. Secchia per garantire il franco di 1 metro rispetto alla piena TR20 anniö nel tratto che va dall'origine delle arginature ai territori comunali di Soliera e Bastiglia.

Gli interventi sono descritti compiutamente negli elaborati grafici allegati al presente progetto Definitivo, ed in particolare nelle tavole:

- T.1.1 ö Corografia della zona di intervento - FASE I ö Scala 1:25.000
- T.2 - Planimetria di progetto - Scala 1:10.000
- T.3 - Sponda sinistra - Profilo longitudinale di progetto - Scala 1:100
- T.4 - Sponda destra - Profilo longitudinale di progetto - Scala 1:100
- T.5 - Sponda sinistra - Sezioni trasversali di progetto - Tav. 1 ö 12 - Scala 1:200/1:200
- T.6 - Sponda destra - Sezioni trasversali di progetto - Tav. 2 - 13- Scala 1:200/1:200
- T.7 - Sezioni tipologiche di intervento - Scala 1:100

Gli interventi sono stati elaborati geometricamente mediante specifica modellazione tridimensionale in ambiente AUTODESK CIVIL DESING®, basata sul modello digitale del terreno ottenuto dal volo LIDAR. Tale metodologia è stata espressamente scelta in quanto, a fronte di maggior sforzo iniziale per la definizione del modello geometrico, rende più facilmente aggiornabili e scalabili le eventuali modifiche che necessariamente, vista la notevole portata del progetto, potranno essere apportate nel corso dell'elaborazione dei vari stralci successivi, necessari per la completa realizzazione delle opere finalizzate al conseguimento di un uniforme grado di protezione idraulica su tutta la tratta arginata del Fiume.

Tale modalità operativa ha altresì permesso di valutare adeguatamente lo sviluppo areale delle impronte dei nuovi rilevati arginali, da sovrapporre alle carte catastali nell'ambito della redazione del piano particellare di esproprio, attraverso il quale è stato possibile valutare adeguatamente i costi e le indennità di occupazione e di esproprio, che per interventi come quello in esame possono assumere un valore di rilievo tale da limitare, in ragione delle somme disponibili, la estensione degli interventi in progetto.

In ragione di quanto già indicato in precedenza, gli interventi di cui al presente progetto sono individuati come segue:

- **Interventi di I fase**, funzionali alla messa in sicurezza delle strutture arginali per il contenimento, con idoneo franco pari ad 1 m, dei livelli di piena con TR 20 anni. Tali interventi sono previsti mediante parziale ringrosso del rilevato arginale esistente, prevalentemente lato fiume, per sfruttare al massimo la quota favorevole dei piani golenali con indubbi vantaggi economici e ottimizzare gli spostamenti concentrandoli entro le arginature limitando così il disturbo esterno e gli impatti sulle aree abitate;

In ragione della limitatezza dell'importo finanziato con la Ordinanza. n. 5 dell'8 luglio 2014 del Commissario Delegato, si è reso necessario individuare, nell'ambito degli interventi di I fase, un primo stralcio di interventi per un importo pari ad p 13.000.000 complessivi, cui sono stati via via sottratti gli importi necessari per l'effettuazione degli interventi puntuali stralciati e degli affidamenti propedeutici alla progettazione generale.

8.1 - INTERVENTI DI I FASE

Gli interventi di I fase consistono, come già indicato, nel parziale ringrosso del rilevato arginale esistente, prevalentemente lato fiume, per rialzare la quota della sommità arginale al contenimento, con idoneo franco pari ad 1 m, della piena avente TR20 anni.

Il ringrosso arginale è stato eseguito prevalentemente lato fiume, per sfruttare al massimo la quota favorevole dei piani golenali con indubbi vantaggi economici e ottimizzare gli spostamenti concentrandoli entro le arginature limitando così il disturbo esterno e gli impatti sulle aree abitate.

La sezione è stata studiata in maniera tale da consentire in una seconda fase di adeguare la quota ed eventualmente il paramento a campagna senza toccare quello a fiume, per il quale è anche stato ipotizzato il rinforzo con reti anti-intrusione per contrastare il danneggiamento da tane di animali.

Per tale motivo la sommità arginale è stata portata ad una larghezza pari a 6,5 m, previa asportazione della pavimentazione esistente (sia essa costituita da un pacchetto stradale inghiaiato o asfaltato), che verrà ovviamente successivamente ricostituita in corrispondenza della sommità del nuovo argine.

L'intervento di ringrosso arginale garantisce un significativo incremento del contrasto ai fenomeni di filtrazione all'interno del corpo arginale, con conseguente incremento dei coefficienti di sicurezza rispetto alla stabilità globale del rilevato nelle condizioni più gravose di saturazione e rapido svuotamento.

Per un adeguato immorsamento del nuovo rilevato arginale, preliminarmente alla costruzione dello stesso dovrà essere realizzato uno scotico del terreno vegetale per uno spessore di 20 cm circa, uno scavo di sbancamento avente profondità non inferiore a 50 cm del piano attuale e, ove necessario, la scarifica delle strade interferenti.

Successivamente si procederà ad una adeguata gradonatura del rilevato esistente, con gradoni aventi una altezza non inferiore a 1,5 m, in modo da garantire una larghezza operativa, nelle successive fasi di ringrosso, idonea al transito in sicurezza dei mezzi di compattazione. I gradoni saranno dotati di una contropendenza alla base non inferiore a 1/10, a garanzia di una corretta integrazione tra la vecchia e la nuova struttura arginale.

In sommità sarà realizzata una stradina di servizio in misto stabilizzato con fondazione in tout-venant di larghezza pari a 3.00 m; laddove già attualmente è presente una strada asfaltata, si provvederà alla realizzazione di un nuovo pacchetto siffatto:

- É fondazione in misto stabilizzato (sp 50 cm);
- É strato di base in conglomerato bituminoso (sp 10 cm);
- É binder in conglomerato bituminoso semi-aperto (sp 4 cm);
- É manto di usura in conglomerato bituminoso chiuso (sp 3 cm).

Il corpo arginale verrà realizzato con materiale prelevato dall'Appaltatore in corrispondenza delle aree di riprofilatura individuate nel presente Progetto Preliminare. Il materiale verrà steso secondo strati adeguatamente compattati e non superiori a 50 cm. Lungo il paramento lato fiume è prevista la stesa, per uno spessore pari a 20 cm, di terreno vegetale recuperato dagli scavi di scotico.

Sia il paramento lato fiume che quello lato campagna, presenterà una pendenza pari a 3 su 2, ed a favore di un migliore inserimento ambientale, le stesse saranno sagomate secondo profili non regolari. Ad ultimazione del corpo arginale è prevista la idrosemina dei paramenti e la successiva piantumazione di essenze arbustive autoctone.

Lungo il paramento lato fiume, laddove si opererà il ringrosso arginale, si provvederà alla fornitura ed alla posa di una rete metallica a doppia torsione, con maglia esagonale tipo 8x10, filo diametro 3 mm, rivestito in lega di Zinco-Alluminio in conformità alle "Linee Guida per la redazione di Capitolati per l'Impiego di rete metallica a doppia torsione", con funzione anti-nutria ed anti-tana, secondo lo schema tipologico indicato nella figura sottostante.

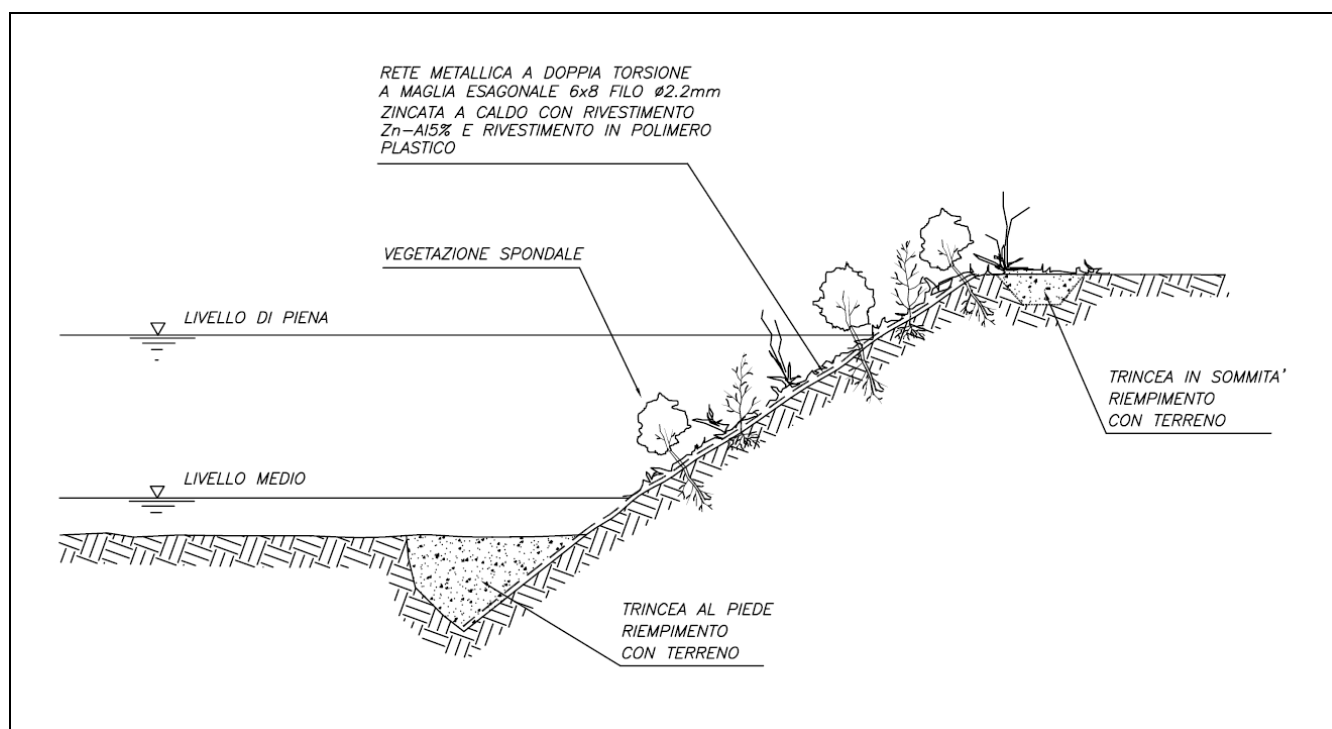


Fig. 45 Schema tipologico di rete metallica con funzione anti-nutria ed anti-tana

L'estensione territoriale degli interventi di prima fase è particolarmente significativa, riguardando essenzialmente quattro tratte arginali di oltre dieci chilometri ciascuna (due in sinistra e due in destra idraulica) e dieci comuni.

Le sezioni tipologiche di intervento sono state articolate in funzione del lato di ringrosso, della presenza o meno, lungo la sommità arginale, di una strada bianca o di una strada asfaltata, ovvero della presenza di una strada al piede del rilevato arginale. Sono state individuate, pertanto, le seguenti sezioni tipologiche:

- SEZIONE TIPO A.1 ó Ringrosso arginale lato fiume
- SEZIONE TIPO A.2 - Ringrosso arginale lato fiume e rifacimento strada asfaltata di sommità
- SEZIONE TIPO A.3 - Ringrosso arginale lato fiume e spostamento strada al piede
- SEZIONE TIPO B ó SOLUZIONE B ó Rimodellazione morfologica con nuovo rilevato arginale in sponda destra
- SEZIONE TIPO C.1 - Ringrosso arginale lato campagna
- SEZIONE TIPO C.2 - Ringrosso arginale lato campagna e rifacimento strada asfaltata in sommità
- SEZIONE TIPO C.3 - Ringrosso arginale lato campagna e spostamento strada al piede

Con riferimento all'intervento sezione tipo B, previsto in corrispondenza del muro esistente che affianca la S.P. 13 in lungo la sponda sinistra tra gli stanti S22 e S27, mentre in fase preliminare era prevista una doppia soluzione, in ragione della impossibilità di realizzare un rialzo/ringrosso

in terra lato fiume (per la vicinanza dell'alveo attivo) ovvero lato campagna (per la vicinanza del sedime stradale).

- 1) Soluzione A: realizzazione di un muro in c.a., fondato su micropali;
- 2) Soluzione B: rimodellazione morfologica dell'alveo di magra con un nuovo tracciato arginale lungo la sponda destra

La scelta tra le due soluzioni valutata in sede di approvazione del progetto preliminare, è ricaduta sull'ipotesi B, per motivi di sicurezza idraulica complessiva ed anche in ragione della disponibilità delle aree su cui realizzare il nuovo rilevato arginale in sponda destra che rendono anche più economica la soluzione.

Per quanto riguarda l'individuazione dei siti di prelievo dei materiali sono stati individuati ambiti golenali demaniali idonei a tale scopo in prossimità dell'alveo ed in posizioni coerenti con il buon regime del corso d'acqua che sono state oggetto di una campagna d'indagine per verificarne l'idoneità. Sarà infine auspicabile, nei tratti canalizzati e valutata la conformità litologica, attribuire priorità ad un prelievo continuo di sponda volto anche a mantenere un'adeguata sezione di deflusso del corso d'acqua.

Completano gli interventi previsti in progetto l'adeguamento delle rampe esistenti, nonché l'adeguamento degli eventuali sottoservizi interferenti,

8.1.1 - INTERVENTI DI PRIMA FASE ó I STRALCIO

Come già indicato, in ragione della limitatezza dell'importo finanziato con la Ordinanza. n. 5 dell'8 luglio 2014 del Commissario Delegato, si è reso necessario individuare, nell'ambito degli interventi di I fase, un primo stralcio di interventi per un importo pari ad € 13.000.000.

In tale stralcio di interventi sono stati inseriti i seguenti interventi urgenti localizzati ed immediatamente appaltabili:

- 1) Eliminazione manufatto Tre Olmi
- 2) Ripresa di frana in loc. P.te Alto;
- 3) Ripresa di frana in loc. San Matteo;
- 4) Adeguamento sagoma arginale in loc. Via Nazionale di Sorbara (Com. di Bomporto)
- 5) Ripresa di frana in loc. Novi di Modena
- 6) Ripresa di frana in loc. San Giovanni di Concordia s.S.

Le cui descrizioni sintetiche sono riportate nelle rispettive schede allegate alla Relazione Illustrativa del progetto preliminare in Appendice Cö.

Le somme residue permettono la realizzazione dei seguenti interventi di rialzo di I fase:

- In sponda sinistra da ST00 a Sez. 134, per una lunghezza complessiva pari a 9.280 m
- In sponda destra da Sez. 150 a Sez. 134, per una lunghezza complessiva pari a 9.150 m.

In sede di affidamento dei lavori, che avverrà col criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, fra i parametri utili per valutare l'offerta tecnica delle imprese partecipanti sarà inserita a livello di offerta migliorativa la possibilità di estensione verso valle del tratto di sovrizzo fino a tutta la tratta interessata i Comuni di Soliera e Bastiglia, quindi fino agli stanti 81 in sinistra e 92 in destra.

9. QUADRI ECONOMICI

Dal punto di vista economico-finanziario gli interventi relativi alla mitigazione del rischio su tutta la costa arginata modenese sono stati riassunti in diversi quadri economici di seguito rappresentati, in funzione, dapprima dei finanziamenti disponibili, di quelli necessari per raggiungere un omogeneo grado di protezione dalla piena con tempo di ritorno ventennale (c.d. I FASE) e, successivamente per tipologie d'intervento necessarie (II FASE e III FASE, sulla base della suddivisione degli interventi di completamento indicata in precedenza).

Per la stima dei lavori si è fatto riferimento al Prezziario **“ELENCO REGIONALE DEI PREZZI PER LAVORI E SERVIZI DI DIFESA DEL SUOLO, DELLA COSTA E BONIFICA INDAGINI GEOGNOSTICHE, RILIEVI TOPOGRAFICI E SICUREZZA”** della Regione Emilia Romagna 6 Ed. 2015.

Con riferimento ai vari elementi che costituiscono il QTE, nella presente fase di progettazione preliminare è stato ipotizzato quanto segue:

- Oneri sicurezza: 2,5% dell'importo lavori
- Lavori in economia: Importi già impegnati dall'Amministrazione per la realizzazione degli interventi più urgenti (solo nei QTE di fase I);
- Indagini geognostiche ed Indagini topografiche: importi derivanti da impegni di spesa già assunti dall'Amministrazione per il completamento della caratterizzazione dei tratti di intervento per le successive fasi di progettazione (solo nei QTE di fase I);
- indagini archeologiche: è stato inserito un valore stimato pari a 200 €/km di intervento per la realizzazione di indagini supplementari che potrebbero venire richieste dalla Sovrintendenza in fase di approvazione del presente Progetto Preliminare;
- indagini di campo per la valutazione preventiva del rischio di rinvenimento di ordigni bellici inesplosi: valutato sulla base di indagini di mercato pari a 850 €/km di intervento;
- Allacciamenti pubblici serviti: valore compreso tra 500 e 1.000 €/km in ragione della localizzazione dell'intervento (in sommità o al piede dell'argine);
- espropri: sulla base del piano particellare di esproprio preliminare, un valore compreso tra 36.000 e 40.000 €/km di intervento;
- spese incentivo: 1,5% importo lavori
- supporto progettazione: 0,3% importo lavori
- Coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione: 1,5% importo lavori
- Attività tecniche accessorie: 0,20 % importo lavori
- prove per collaudi: 0,10 % importo lavori
- incarico collaudo: 0,20 % importo lavori

Quadro 1 - I FASE ó I STRALCIO Interventi finanziati

A) LAVORI			
A1	Importo per l'esecuzione dei LAVORI PRINCIPALI	8.600.000,00	
A1.1	Oneri per piani di sicurezza non soggetti a ribasso	215.000,00	
	TOTALE PER LAVORI (A)		8.815.000,00
B) SOMME A DISPOSIZIONE PER L'AMMINISTRAZIONE			
B1	Lavori in economia esclusi dall'appalto comprensivi di IVA ed oneri		
	INTERVENTI STRAORDINARI:		1.132.102,27
B1.1	Eliminazione manufatto Tre Olmi (netto aff.to)	33.283,98	
B1.2	Frana Ponte Alto (netto aff.to)	133.666,80	
B1.3	Frana San Matteo (netto aff.to)	167.987,52	
B1.4	Frane San Giovanni di Concordia s. S. (netto aff.to)	537.163,97	
B1.5	Adeguamento arginatura loc. Via Nazionale - Sorbara (lordo)	260.000,00	
B1.6	Lavori di ripresa di un tratto di sponda in frana in sinistra idraulica del fiume Secchia, tra gli stanti 198-199, in località S. Antonio in Mercadello in Comune di Novi di Modena (lordo)	320.000,00	
B2	Rilievi, accertamenti ed indagini.		413.620,85
B2.1	Indagini geologico-geotecniche ed ambientali (lordo)	325.000,00	
B2.2	Indagini topografiche, rilievi (netto aff.to)	59.676,25	
B2.3	Indagini archeologiche, compreso IVA ed oneri	8.235,00	
B2.4	Indagini bonifica ord. bellici, compreso IVA ed oneri	5.709,60	
B2.5	Collaudo rilievi	15.000,00	
B3	Allacciamenti a pubblici servizi e risoluzione interferenze reti		10.000,00
B4	Imprevisti ed arrotondamenti		122.120,10
	Espropri acquisizione aree, occ.ni accordi bonari comp. spese tecniche		470.000,00
B5			
B5.1	Espropri, acquisizione aree, occupazioni ed accordi bonari	455.000,00	
B5.2	Spese servizi specialistici per espropri (I.V.A. compr.)	15.000,00	
B6	Accantonamento adeguamento prezzi art. 133 D.lgs 163/2006		0
B7	Spese tecniche		221.996,75
B7.1	Spese per incentivo progettazione (1,5%)	132.225,00	
B7.2	Supporto progett. Prel./definitiva, comp.IVA ed oneri	54.771,75	
B7.3	Coord.sicurezza in fase di progett. ed esec., comp. IVA e oneri	35.000,00	
	Spese per attività di supporto		20.000,00
B8			
B8.1	Attività tecniche accessorie, compreso IVA ed oneri	20.000,00	
B9	Spese per commissioni aggiudicatrici		0
B10	Spese per pubblicità di gara		8.000,00
	Spese accertamenti di laboratorio, verifiche tecniche di CSA, collaudi		21.000,00
B11			
B11.1	Prove di collaudo, compreso IVA ed oneri	6.000,00	
B11.2	Incarico di collaudo, compreso IVA ed oneri	15.000,00	
B12	IVA sui lavori (22% di A)		1.765.160,03
B13	Assicurazione progettista e validatore		1.000,00
	Totale somme a disposizione dell'Amministrazione (B)		4.185.000,00
	Totale Progetto (A+B)		13.000.000,00

10. CONCLUSIONI

Il presente intervento rappresenta il primo stralcio degli interventi strutturali necessari alla mitigazione del rischio idraulico di sormonto delle arginature maestre del Fiume Secchia e consiste, essenzialmente nel rialzo e ringrosso di parte delle stesse ad una quota calcolata tenendo conto della propagazione della portata di piena con tempo di ritorno ventennale (individuata dall'Autorità di Bacino) con un metro di franco.

Come discende dalle analisi preliminari le problematiche e tipologie di rischio a carico del sistema fluviale-arginale del tratto medio e inferiore del fiume Secchia sono ben più complesse, ma quello preso in esame col presente intervento è sicuramente il rischio maggiore.

Altre vulnerabilità derivano oltre che da cause naturali di evoluzione del corso d'acqua e del suo bacino, anche da pesanti azioni antropiche che si sono sviluppate in maniera piuttosto intensa negli ultimi tre secoli. Dopo le piene degli anni 1770 e la realizzazione della cassa d'espansione si è praticamente attribuito a quest'ultima l'intero compito di difesa idraulica dei territori di valle, senza accompagnare all'intervento di difesa attiva analoghi e necessari interventi di rinforzo e manutenzione straordinaria delle arginature a valle. Tale attribuzione si è rivelata insufficiente fin dagli anni 1900 ed è stata puntualmente confermata dall'Autorità di Bacino nel suo "Studio di Fattibilità della sistemazione idraulica del Fiume Secchia" del 2004.

Purtroppo gli interventi necessari alla messa in sicurezza dei territori attraversati dal Fiume Secchia in provincia di Modena hanno iniziato a trovare una fonte di finanziamento soltanto dopo gli eventi alluvionali del gennaio 2014 attraverso diverse ordinanze del Commissario Delegato. Oltre ai fondi già stanziati ed in parte utilizzati per le prime fasi emergenziali, ad oggi sono disponibili per il Fiume Secchia: fra fondi di Protezione Civile e fondi di cui all'Accordo di Programma col Ministero dell'Ambiente, complessivamente circa 38 milioni di euro di cui 13 milioni per il consolidamento e l'adeguamento delle arginature alla piena con tempo di ritorno di vent'anni e circa 25 milioni per l'adeguamento della Cassa d'Espansione. Ultima fra le Ordinanze emesse, la n.2/2016 ha stanziato, fra l'altro, le somme necessarie per il completamento del rialzo alla c.d. "Tr20anni + 1m" di tutte le arginature del Secchia fino al confine mantovano.

La disponibilità di tali fondi è sicuramente un passo molto importante per la messa in sicurezza del territorio, purtroppo però viste le enormi problematiche del corso d'acqua ed il lungo periodo di assenza di finanziamenti significativi sullo stesso (praticamente dagli anni 1770-1880) la necessità finanziaria è sicuramente superiore alle attuali disponibilità, soprattutto per quel che riguarda le arginature a valle della città di Modena.

D'altra parte la stessa Autorità di Bacino nel suo Studio di Fattibilità, aveva stabilito come per la messa in sicurezza complessiva del corso d'acqua fossero allora necessari circa 100 milioni di euro di cui 80 per la sistemazione dei tratti arginati a valle della cassa.

Attualizzando tali dati, la progettazione in corso ha sostanzialmente confermato, le suddette previsioni dell'AdBPo. Ulteriori necessità d'interventi rispetto a quelli a suo tempo pianificati da quest'ultima riguardano l'adeguamento sismico (conseguente le NTC 2008) e le problematiche legate alla vulnerabilità da tane ed elevati livelli di falda a campagna, anch'essi emersi in anni recenti e successivi allo Studio di Fattibilità del 2004.

Le ulteriori fasi di messa in sicurezza delle strutture arginali dovranno quindi consistere:

- nella neutralizzazione dei fenomeni legati alla filtrazione mediante diaframature o ove, possibile e conveniente, anche a campagna;

- nella messa in sagoma finalizzata sia alla copertura della linea d'imbibizione ed al contrasto dello sfiancamento, sia al raggiungimento di un adeguato coefficiente di sicurezza alle sollecitazioni sismiche (particolarmente grave nel tratto di valle, caratterizzato da forti dislivelli rispetto al piano campagna in assenza di banche);
- nell'eventuale residua necessità di adeguamento in quota.

Al fine di rendere pienamente efficiente tutto il sistema di difesa alle suddette opere vanno parallelamente affiancati gli interventi di adeguamento dei manufatti e di aumento dei volumi d'invaso della Cassa d'Espansione, necessario ad abbattere le portate duecentennali entro valori compatibili a valle.

Si ricorda inoltre, per completezza espositiva, la necessità di adeguamento dei manufatti d'attraversamento inadeguati interferenti i tratti fluviali in esame quali: Ponte dell'Uccellina, Ponte Motta, Ponte Pioppa ed il Ponte di Concordia, i cui costi andrebbero sommati al fine di conseguire il complessivo stato di adeguatezza idraulica del corso d'acqua alla piena di riferimento.

Parma, 18 aprile 2016

Ing. G. Zanichelli