

1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto l'illustrazione degli aspetti salienti di verifica della compatibilità idraulica delle opere.

In tale senso la verifica è duplice:

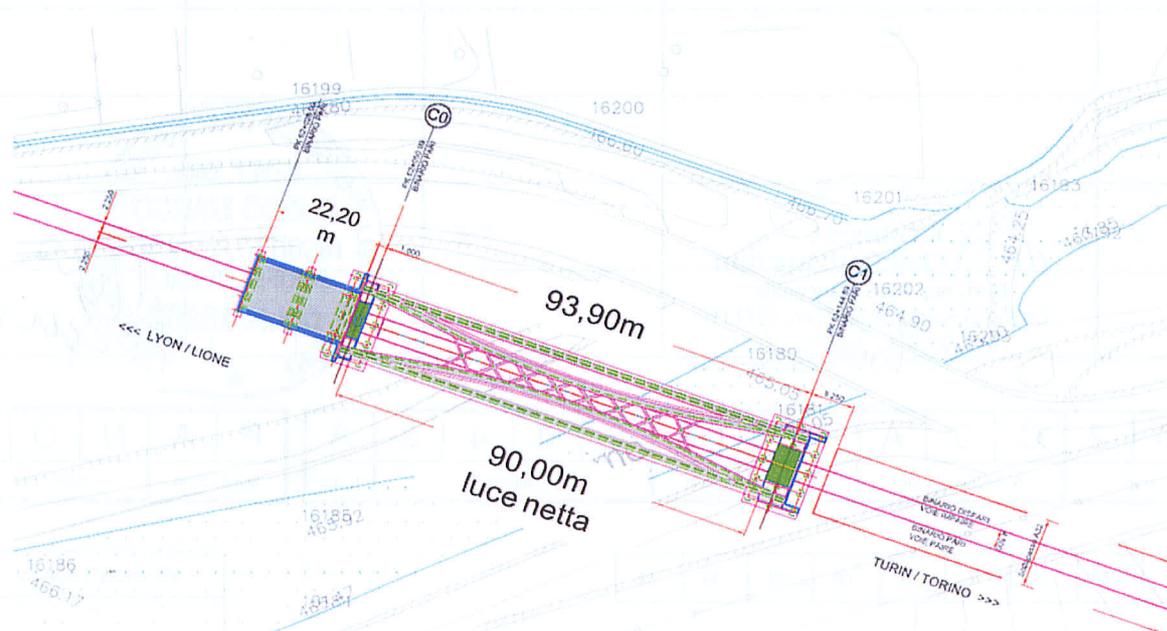
- In primo luogo si opera, ai sensi della Direttiva Infrastrutture del PAI e dei criteri di dimensionamento idraulico indicati da RFI/LTF, la verifica che le nuove opere infrastrutturali (in particolare i nuovi attraversamenti), rispettino i criteri di dimensionamento.
- In secondo luogo si illustra invece la compatibilità idraulica dell'opera con la programmazione del PAI, indicando anche gli interventi previsti per garantire tale rispetto.

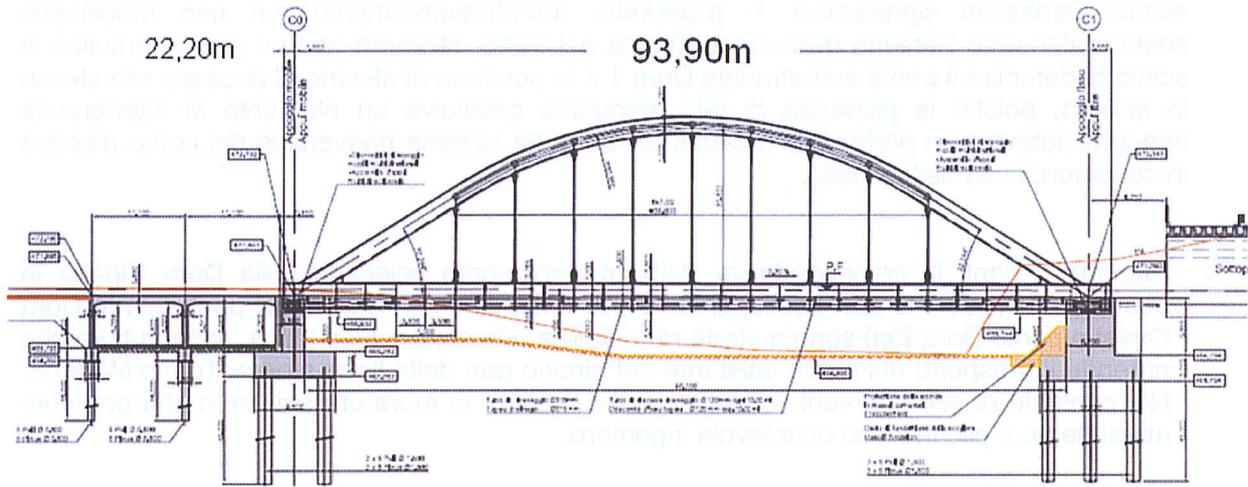
Le valutazioni di carattere idraulico, come illustrato nella relazione generale, sono state sviluppate implementando prima un modello monodimensionale in moto permanente e successivamente un modello bidimensionale sia in condizioni stazionarie sia in moto vario; pertanto gli elementi di verifica e l'analisi di compatibilità si basa su tali elementi, ampiamente illustrati nelle specifiche relazioni e nel seguito riprese in sintesi relativamente agli aspetti salienti.

2. VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DELL'OPERA

Le opere in progetto consistono essenziale nella realizzazione di:

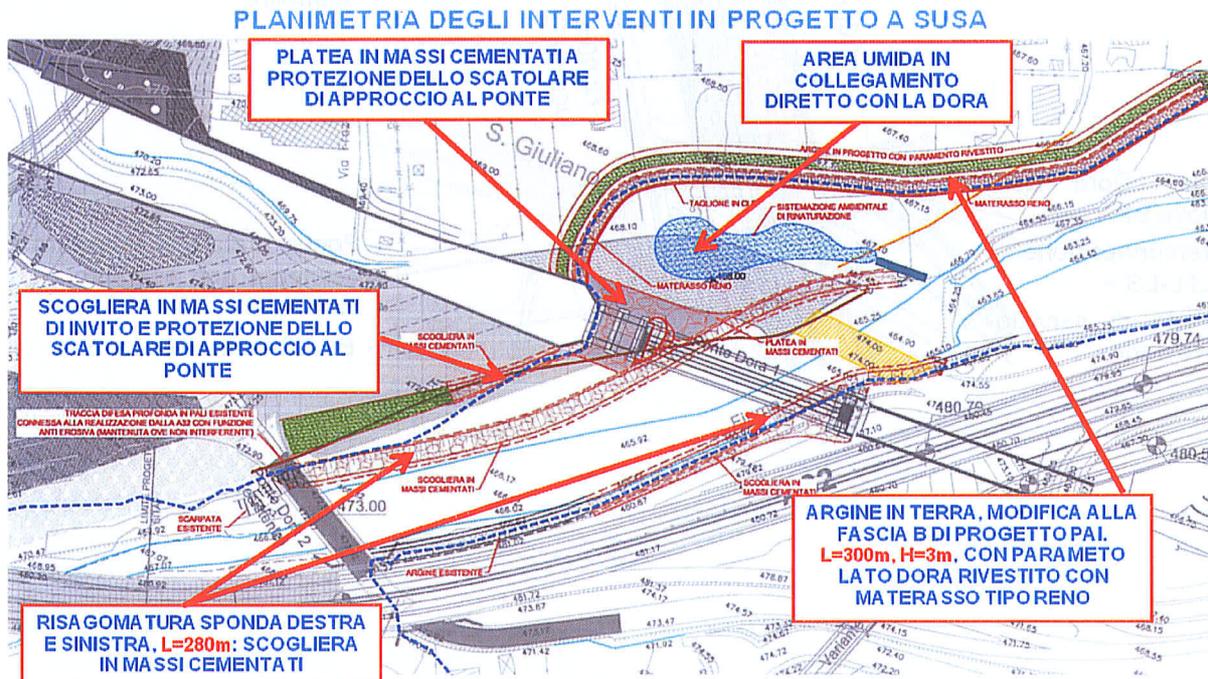
- Nuovo ponte di attraversamento della Dora Riparia della linea, costituito da un manufatto a luce unica ad arco, di luce netta 90 m; in sponda sinistra è prevista inoltre la realizzazione di uno scatolare a doppia luce di larghezza complessiva di 22,20 m, con un setto centrale; la scelta della configurazione scatolare+ponte è dettata da vincoli di carattere ferroviario, dovuti essenzialmente alla presenza in prossimità della spalla di scambi ferroviari, di collegamento con la stazione internazionale di Susa, che devono rispettare vincoli di distanza minima dagli appoggi del ponte





90,00m
 Luce netta

In corrispondenza dell'attraversamento risultano necessarie alcune modifiche geometriche e morfologiche dell'alveo e delle aree circostanti, che sono riepilogate nella seguente immagine:



Elaborati di riferimento: PD2_C3A_TS3_1270: Planimetria di individuazione degli interventi
 PD2_C3A_TS3_1272: Sezioni tipo e particolari costruttivi di intervento

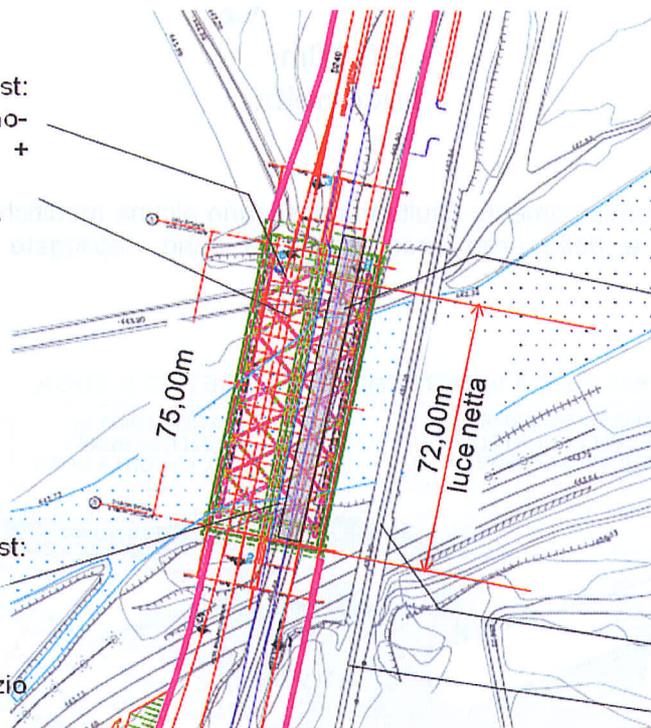
Tali modifiche risultano di carattere locale, e come verrà illustrato nel seguito, comportano alcune variazioni significative in prossimità dell'attraversamento ma non modificano sostanzialmente l'assetto della Dora Riparia nel tratto; rilevante sotto il profilo idraulico la scelta di demolire il ponte autostradale Dora 1 e la porzione di rilevato di accesso allo stesso in sinistra, poiché la presenza di tale manufatto costituiva un elemento di interferenza idraulica notevole, in particolare a causa della ridotta sezione trasversale del corso d'acqua in corrispondenza dello stesso.

- Due nuovi ponti in corrispondenza dell'attraversamento esistente sulla Dora Riparia in comune di Bussoleno per il collegamento alla linea storica; i due nuovi ponti (ponte Dora Ovest e ponte Dora Est) sono a struttura metallica reticolare a luce unica, con struttura che riprende il prospetto del ponte esistente del binario pari della linea storica Torino-Modane. Nel contesto di tale intervento verrà demolito il ponte in muratura esistente che presenta attualmente 2 pile in alveo di notevole ingombro.

PIANTA

Ponte Dora Ovest:
BD LS Torino-
Modane deviato +
nuovo BD
Interconnessione
NLTL-LS

Ponte Dora Est:
nuovo BP
Interconnessione
NLTL-LS +
Strada di servizio
ferroviario

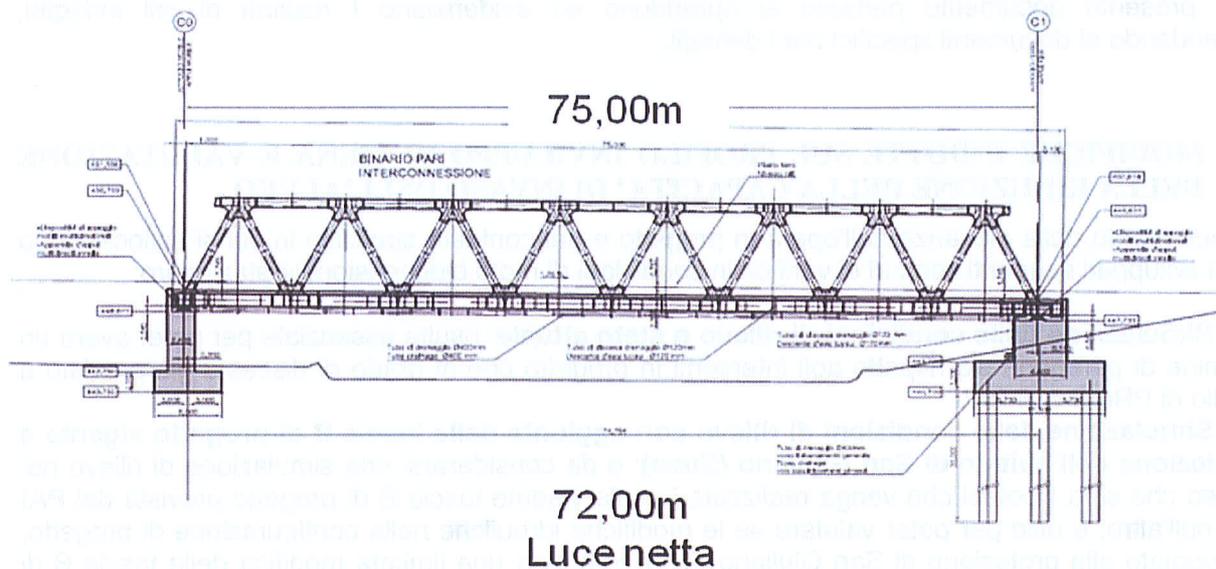


TIPOLOGIA: Due ponti
metallici reticolari a luce
unica, con struttura che
riprende il prospetto del
ponte esistente del
Binario Pari della Linea
Storica Torino-Modane.

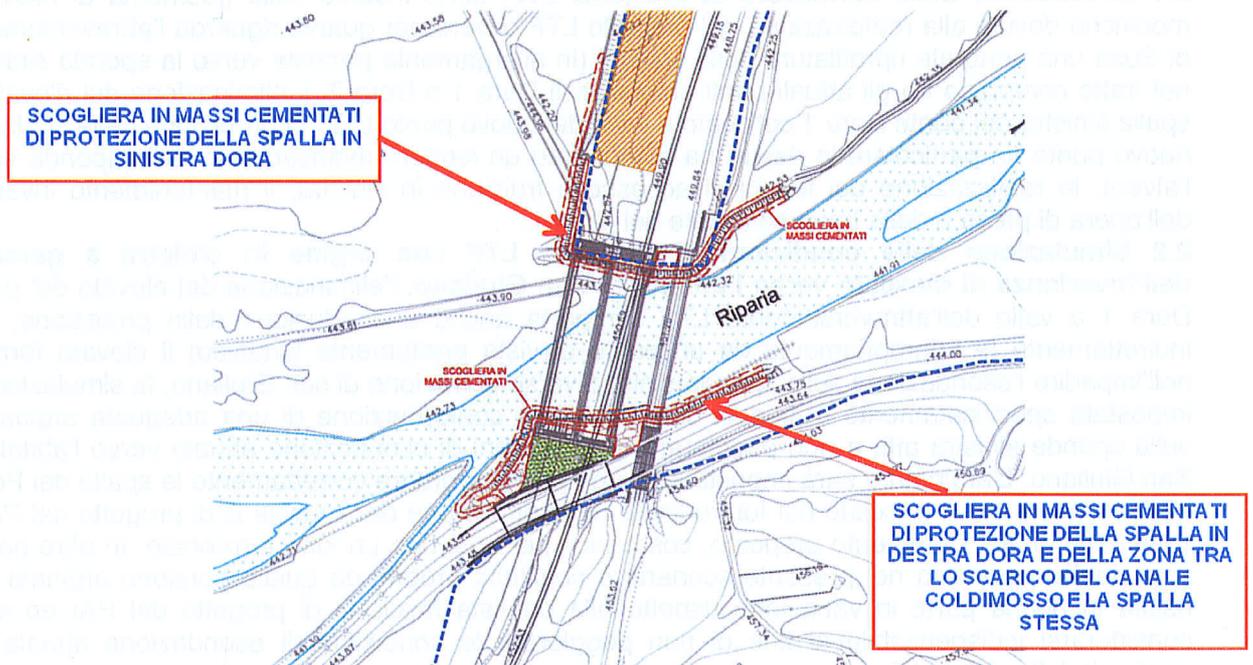
Ponte ad arco in muratura
con 2 pile in alveo da
demolire

Ponte metallico reticolare
esistente non soggetto ad
interventi

BP LS Torino-Modane



In questo caso gli interventi in corrispondenza dell'alveo si limitano alla protezione delle spalle e delle aree interessate dai lavori:



Per quanto riguarda i contenuti dello studio di compatibilità idraulica, che la Direttiva Infrastrutture individua al punto 2, come detto sono stati sviluppati complessivamente nell'ambito dello studio idraulico complessivo, e si rimanda quindi alle specifiche relazioni per l'illustrazione, ad esempio dell'assetto geometrico dell'alveo, caratterizzato con rilievi topografici specifici, rilievo aerofotogrammetrico LTF, DTM e carte tecniche regionali e provinciali; analogamente le caratteristiche morfologiche sono state illustrate nell'analisi mono e bi-dimensionale, le caratteristiche granulometriche nello studio relativo al trasporto solido; le portate di piena nell'analisi idrologica, le modalità di deflusso della piena e gli effetti degli interventi in progetto nello studio bidimensionale.

Nel presente documento pertanto si riprendono ed evidenziano i risultati di tali indagini, rimandando ai documenti specifici per i dettagli.

2.1 MODIFICHE INDOTTE SUL PROFILO INVILUPPO DI PIENA E VALUTAZIONE DELLA RIDUZIONE DELLA CAPACITA' DI INVASO DELL'ALVEO

Tenuto conto della rilevanza dell'opera in progetto e del contesto specifico in cui si colloca, sono stati sviluppati seguenti scenari di verifica in condizioni di moto bidimensionale stazionario:

1.1 Simulazione delle condizioni di rilievo o stato attuale: risulta essenziale per poter avere un termine di paragone sia rispetto agli interventi in progetto che al grado di dissesto già previsto a livello di PRGC o di PAI.

1.2 Simulazione delle condizioni di rilievo con aggiunta della fascia B di progetto vigente a protezione dell'abitato di San Giuliano (Susa): è da considerarsi una simulazione di rilievo nel senso che si fa l'ipotesi che venga realizzata la sola vigente fascia B di progetto prevista dal PAI ma null'altro; è utile per poter valutare se le modifiche idrauliche nella configurazione di progetto, accoppiato alla protezione di San Giuliano, (che comporta una limitata modifica della fascia B di Progetto vigente) siano imputabili al progetto o piuttosto se la componente legata alla necessità di protezione dell'abitato risulti preponderante nel modificare le variabili idrauliche in primo luogo tiranti e velocità.

2.1 Simulazione delle condizioni di progetto LTF: sono inserite sulla geometria di rilievo le modifiche dovute alla realizzazione del progetto LTF ovvero per quanto riguarda l'attraversamento di Susa una generale riprofilatura delle sezioni (in allargamento parziale verso la sponda sinistra) nel tratto compreso tra gli attuali ponti autostradali Dora 1 e Dora 2. L'eliminazione del rilevato di spalla sinistra del ponte Dora 1 collocato a valle del nuovo ponte LTF, la protezione delle spalle del nuovo ponte (in particolare la destra ha comportato un leggero avanzamento della sponda verso l'alveo), la realizzazione dei fornicelli di accesso e fruizione in sinistra, il mantenimento invariato dell'opera di presa e della traversa a valle del Dora 1.

2.2 Simulazione delle condizioni di progetto LTF con argine in sinistra a garanzia dell'invarianza di dissesto verso l'abitato di San Giuliano: l'eliminazione del rilevato del ponte Dora 1 a valle dell'attraversamento LTF comporta anche una riduzione della protezione, che indirettamente (e impropriamente da un punto di vista prettamente idraulico) il rilevato forniva, nell'impedire l'esondazione sulla sponda sinistra verso la frazione di San Giuliano; la simulazione è impostata specificatamente al fine di determinare la conformazione di una adeguata arginatura sulla sponda sinistra atta a non peggiorare le condizioni di esondazione attuale verso l'abitato di San Giuliano. L'arginatura sarà impostata in modo da raccordare correttamente le spalle del Ponte LTF a monte con il tracciato del futuro limite della protezione della fascia B di progetto del PAI a valle della quale, l'intervento proposto, costituisce per così dire un lotto funzionale. In altre parole la protezione prevista nel presente scenario è costituita proprio da quella porzione arginale che risulta in buona parte in variazione rispetto alla prevista fascia B di progetto del PAI ed è da considerarsi indispensabile al fine di non peggiorare le condizioni di esondazione attuale nei confronti delle aree a tergo.

3.1 Simulazione delle condizioni di progetto LTF con realizzazione completa della fascia B di progetto del PAI: rappresenta la condizione finale di lungo termine pertanto quella rispetto alla quale determinare i franchi degli attraversamenti, il fine è quindi comprendere le interazioni tra l'intervento proposto e le protezioni dal dissesto previste dal PAI.

3.2 Simulazione delle condizioni di progetto LTF con fascia B di progetto del PAI completata nell'ipotesi di otturazione completo dei fornicelli di fruizione della sponda sinistra, accesso e trasparenza idraulica del rilevato in corrispondenza del ponte LTF di Susa: è una simulazione significativa per il ponte LTF di Susa finalizzata a determinare la consistenza del franco e della capacità di deflusso del ponte anche nell'ipotesi di completa ostruzione delle luci laterali. È stata valutata per il solo tempo di ritorno di 500 anni.

4.1 Simulazione delle condizioni di progetto LTF nelle condizioni transitorie di cantiere: Il tempo di ritorno adottato risulta quello cinquantennale ed è finalizzato alla determinazione delle quote di sicurezza per le opere provvisionali di cantiere. Si sono scelte le configurazioni geometriche più severe per la verifica degli attraversamenti, in particolare per Susa si intende simulare la configurazione del nuovo ponte nell'ipotesi transitoria ante rimozione del rilevato del ponte Dora 1. Per quanto riguarda le restanti aree di cantiere in Bussoleno si tratta di verificare la compatibilità dell'area in destra Dora nei pressi ponte e di quelle in sinistra per accesso ai rilevati e nei pressi della centrale elettrica RFI. La geometria scelta a valle anche in tal caso risulta quella più cautelativa con il ponte ad archi di rilievo mantenuto e le dune di chiusura in sinistra già realizzate.

Sono invece stati valutati i seguenti scenari in condizioni di moto vario:

- caso 1 moto vario nelle condizioni attuali di rilievo
- caso 2 moto vario nelle condizioni progetto LTF + opere PAI realizzate

La scelta del caso 1 è dettata dall'interesse a valutare l'effettiva capacità di laminazione e nel tratto di interesse allo stato attuale, e come parametro di raffronto rispetto alle condizioni finali di progetto proposte nel caso 2.

Per quanto riguarda la scelta del caso 2 occorre invece prendere in considerazione alcuni fattori più articolati. In effetti, già da una valutazione meramente qualitativa (vedi successivo paragrafo 7.1.1), il progetto LTF non comporta una variazione significativa del volume invasato in alveo, anzi, a Susa, si ritiene che la rimozione del rilevato del Dora 1 con la necessità di agire sull'allargamento delle sezioni nel tratto dell'attraversamento LTF comporti addirittura un aumento, sebbene minimo, dell'invaso. Per Bussoleno invece il volume di invasato viene leggermente ridotto dall'ispessimento del rilevato ferroviario.

In generale quindi i volumi di invasato oggetto di variazione per causa del solo progetto LTF sono tali da non costituire una perturbazione significativa rispetto al volume complessivo del fenomeno di piena. In realtà la maggiore variazione, in riduzione, del volume di invasato è certamente costituita non dalla realizzazione dei due attraversamenti e dalle opere LTF, ma dalla realizzazione delle previsioni del PAI a protezione dell'urbanizzato, che comportano a monte le arginature a protezione della frazione San Giuliano, per quanto riguarda l'abitato di Susa, e a valle l'arginatura di fascia B di progetto da realizzare tra il rio di Foresto ed il rilevato ferroviario RFI a protezione dell'abitato di Bussoleno dalla vasta esondazione in sinistra. Per tale ragione tra le varie configurazioni di progetto risulta di particolare interesse valutare l'effetto massimo di riduzione di invasato costituito dalla realizzazione delle opere di arginatura longitudinale che nel caso potrebbero influenzare la dinamica dell'idrogramma.

In conclusione i due scenari indicati risultano le situazioni estreme di raffronto, mentre tutte gli altri casi sono situazioni con condizioni idrauliche intermedie tra i due casi estremi; pertanto, poiché si vedrà nel seguito che l'idrogramma di piena non subisce modifiche significative tra le due condizioni definite, si ritiene che questo tipo di analisi sia da ritenere esaustiva per quanto riguarda l'analisi di moto vario e le finalità di quest'ultimo ovvero la modifica dell'idrogramma.

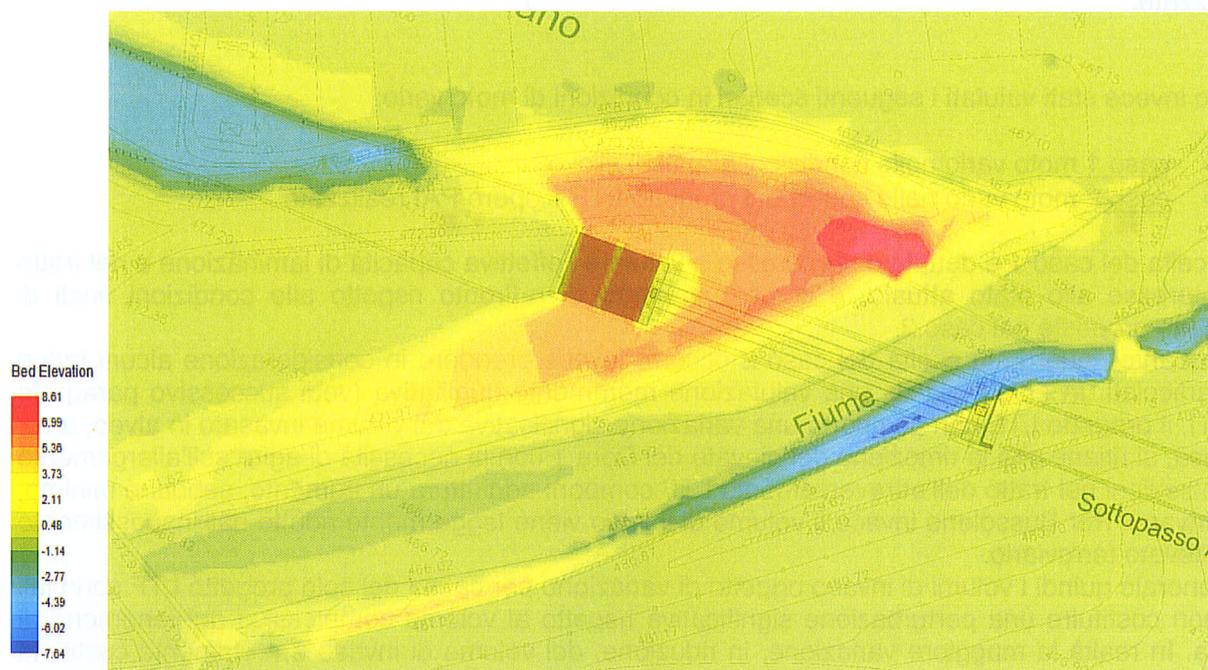
Un primo elemento essenziale di valutazione è che l'idrogramma per tempo di ritorno di 500 anni presenta un volume complessivo di circa $216 \cdot 10^6$ mc. Ogni successiva valutazione sulla variazione dei volumi di invasato non può prescindere dal tenere in conto il valore precedentemente riportato. Nell'ipotesi di considerare solo la parte "alta" dell'onda, nel caso al di sopra di 500 mc/s (colmo 811 mc/s) detto volume risulta di circa 44 milioni di mc.

La valutazione del volume di invasato sottratto a priori risulta utile solo per definire gli ordini di grandezza dei fenomeni in studio, in un certo senso validare e comprendere se le simulazioni svolte ed illustrate successivamente rispettino gli ordini di grandezza attesi.

Gli attraversamenti LTF sia di Susa che di Bussoleno hanno un duplice effetto di variazione del volume di invasato: 1) modifica dei tiranti di piena, 2) modifica nella superficie di occupazione delle

opere. Il primo punto può essere valutato solo sulla base dei livelli calcolati e pertanto verrà demandato nel seguito. Per quanto riguarda il secondo aspetto la forma e le modifiche dei rilevati della linea previsti a Susa in sponda sinistra Dora comportano lo sbancamento del rilevato del ponte Dora 1 da quota 473 a quota 467 circa, inoltre contemplano una modifica di sponda sinistra. Dal raffronto tra il DTM di rilievo rispetto al DTM di progetto LTF si ottiene una stima della modifica geometrica correlabile ad un aumento del volume di invaso pari a circa 13.000 mc.

Merita riportare una rappresentazione grafica di quest'ultimo dato mediante la seguente immagine ricavata dalla sottrazione del DTM di rilievo rispetto al DTM di progetto (in rosso le zone che saranno oggetto di scavo, in Blu di riporto).



Si nota la rimozione del rilevato del ponte esistente Dora 1 ed il raccordo in riporto di protezione della spalla destra del nuovo ponte mentre larga parte dell'alveo e le quote di fondo sono sostanzialmente invariate (verde chiaro).

La morfologia e le modifiche dei rilevati della linea previsti a Bussoleno in sponda sinistra Dora comportano una superficie interessata di circa 10.000-12.000 mq in una zona che presenta dei tiranti di rilievo di circa 2 m; pertanto l'ispessimento del rilevato di linea porta ad una riduzione di invaso di circa 25.000 mc nell'ipotesi più cautelativo sotto il profilo idraulico.

Risulta evidente che le precedenti variazioni di volume di invaso possono considerarsi secondarie rispetto ai volumi in gioco.

Le arginature previste dal PAI interessano areali più estesi su cui è possibile in prima approssimazione definire l'entità della riduzione del volume di invaso. Per quanto riguarda l'intervento PAI a protezione di San Giuliano si stima che l'area effettivamente protetta e sottratta all'invaso risulti di circa 100.000 mq tuttavia la suddetta area presenta tiranti medi limitati nell'ordine dei 50 cm pertanto in prima approssimazione si può valutare una sottrazione del volume di invaso di circa 50.000 mc.

L'intervento previsto dal PAI a protezione dell'abitato di Bussoleno presenta invece una estensione ragguardevole di circa 400.000 mq in una zona che attualmente è esondabile con tiranti medi intorno ai 2.00 m pertanto si stima una riduzione del volume di invaso tra 0.7 ed 1 milione di mc.

In conclusione tuttavia tali sottrazioni di volume di invaso connesse con la realizzazione delle opere di PAI, pur decisamente più significative rispetto a quelle imputabili alle sole opere LTF, risultano modeste se rapportate all'ordine di grandezza del volume di piena. Dallo studio del moto vario quindi è ragionevole attendersi delle variazioni limitate sia sul ritardo della piena sia sul valore al colmo di piena.

2.2 ULTERIORI PRECISAZIONI IN MERITO ALLA REALIZZAZIONE DELLE FASCE B DI PROGETTO DEL PAI

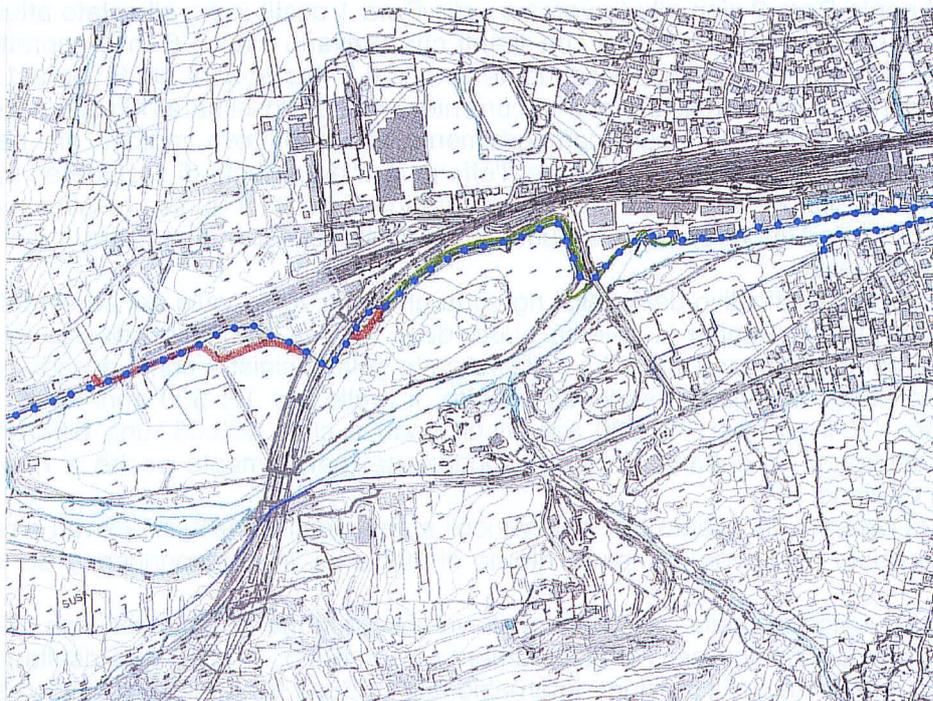
Come illustrato la compatibilità idraulica sviluppa sia le problematiche connesse con l'inserimento e la sicurezza idraulica delle opere in progetto, sia quelle eventuali relative agli effetti indotti sul territorio da parte delle nuove opere.

In particolare le analisi vengono condotte sia nelle condizioni attuali sia nella configurazione di progetto dell'assetto idraulico del territorio pianificata dal Piano di assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino.

In tale piano sono previsti per le zone in esame alcuni interventi, principalmente di contenimento delle piene nei comuni di Susa e Bussoleno, sinteticamente descritti in precedenza e individuati in cartografia con la simbologia della "B di progetto" (linea continua con pallini neri).

A tal proposito si precisa che in comune di Bussoleno l'AIPO, (Agenzia Interregionale Fiume Po), ha avviato la progettazione di alcuni interventi, ed in particolare:

1. Tratto di arginatura a monte del rilevato ferroviario: tale tratto risulta attualmente progettato e finanziato da parte di AIPO ("ARGINE PAI PRIMO STRALCIO FINANZIATO DA AIPO" – in rosso nella successiva figura)
2. Tratto di arginatura compreso tra rilevato ferroviario e ponte SS 24 - SS 25: tale tratto risulta attualmente progettato da AIPO ("ARGINE PAI PROGETTATO DA AIPO" – in verde nella successiva figura)
3. Interventi di protezione dell'abitato di Bussoleno, zona concentrico: in tale tratto il PAI prevede la necessità di realizzare adeguati interventi di riduzione del rischio, che risultano attualmente in fase di analisi preliminare da parte di AIPO ("INTERVENTI PREVISTI DAL PAI IN FASE DI STUDIO DA AIPO" – in blu linea continua con pallini nella successiva figura)



Le valutazioni di compatibilità idraulica dell'opera LTF sono state sviluppate tenendo conto delle previsioni di PAI e dove disponibili (tratti 1 e 2) delle previsioni progettuali esistenti e disponibili. Nella precedente figura sono indicati schematicamente i tratti descritti.

2.3 ANALISI DEI RISULTATI: MOTO PERMANENTE BIDIMENSIONALE

Ciascuna delle simulazioni elaborate ha comportato la valutazione delle principali variabili idrauliche sul dominio di calcolo, relative a tiranti, velocità e caratteristiche del campo di moto (direzioni, numero di Froude, etc.); nel presente paragrafo quindi si illustrano le eventuali modifiche complessive indotte sulla dinamica idraulica nei diversi scenari di calcolo.

In generale i tempi di ritorno analizzati risultano: il tempo di ritorno di 50 anni per la definizione delle opere provvisorie di cantiere, il tempo di ritorno di 200 anni quale termine significativo di paragone con gli strumenti di pianificazione esistenti ed il tempo di ritorno di 500 anni quale termine di definizione di piena catastrofica e del franco idraulico degli attraversamenti, e valore di riferimento definito per il progetto della linea LTF.

Come conclusioni generali delle simulazioni eseguite si osserva che per tutte le simulazioni le condizioni sono generalmente di corrente lenta. Localmente vi sono dei passaggi di stato generati ovviamente dalla presenza delle traverse o da restringimenti d'alveo. Generalmente le velocità sono comprese tra 0 e 1.5 - 2 m/s in golena, fino a 4 - 5.5 m/s in alveo e fino ad 8 m/s in corrispondenza di punti molto limitati e specifici costituiti dai salti di fondo e dalle traverse. I valori restituiti dai modelli di calcolo utilizzati risultano pertanto attendibili.

1.1 Condizioni di rilievo.

Per quanto riguarda la Zona di Susa si conferma che l'area in sinistra a monte del ponte Dora 1 attualmente inserita all'interno della Fascia B del PAI risulta piuttosto alta e non è in realtà interessata dalla piena; l'alveo attuale nel tratto tra il ponte Dora 2 di monte e Dora 1 a valle presenta una larghezza caratteristica di circa 40 m ed; anche la luce del ponte Dora 1 risulta all'incirca allineata a tale valore se considerata in retto al flusso; pertanto l'intero inalveamento esistente dal ponte Dora 2 sino alla traversa a valle Dora 1 costituisce, allo stato attuale, un tratto d'alveo molto artificializzato e ristretto con tiranti che arrivano sino a 6 m e soprattutto velocità ragguardevoli che possono arrivare localmente sino a 6.5 m/s sotto il ponte Dora 1. I numeri di Froude della corrente infatti indicano che la corrente è molto prossima all'altezza critica (tr 200) o pari all'altezza critica (tr 500). Tale comportamento idraulico trova ragione sia nell'effetto del richiamo dovuto alla traversa di valle, sia per l'effetto di allargamento di sezione ed apertura della golena sinistra a valle del Dora 1. La sponda sinistra infatti risulta a quote prossime a 472.00 msm a monte ponte Dora 1 mentre risulta a quote vicine a 467.00 msm in sinistra in corrispondenza della traversa di presa.

Un ulteriore fattore significativo dell'analisi riguarda gli effetti verso valle del ponte del Dora 1. Le spalle ed il rilevato, così come la diversa quota della sponda, variabile nell'arco di pochi metri, determina un effetto di "spandimento" a valle verso la golena sinistra come accade a valle di una luce tarata. In effetti, a valle del suddetto rilevato, il livello per TR 500 anni risulta pari a circa 468.30 mentre il livello per TR 200 anni risulta pari a circa 468.05, una differenza piuttosto ridotta, che determina in entrambi i casi l'esonazione, parzialmente anche a ritroso, verso la frazione San Giuliano.

I livelli assoluti nel tratto incassato tra i due svincoli autostradali infine sono elevati e risulterebbero molto vicini a quota 470.1, per tempo di ritorno di 500 anni, in corrispondenza del nuovo ponte LTF.

I valori del livello calcolato nelle condizioni di rilievo sono dunque incompatibili con l'ottenimento di un adeguato franco idraulico per l'attraversamento in progetto, le cui quote risultano fortemente vincolate dalla presenza della stazione internazionale di Susa a monte e dalla necessità di sotto

passare l'autostrada Torino Bardonecchia verso valle. Per tale ragione è stato sviluppato lo studio di soluzioni idrauliche che, come illustrato nei successivi paragrafi, potesse rendere compatibile l'opera nel contempo migliorando le condizioni idrauliche nel tratto (come per altro già previsto in sede di progetto preliminare, sia pure con soluzioni diverse da quelle poi scelte nel progetto definitivo).

Per quanto riguarda la zona di Bussoleno nelle attuali condizioni il ponte esistente ad arco determina i livelli di monte ed una condizione di rigurgito. In effetti le velocità, anche in alveo, risultano inferiori a 2.5-2.7 m/s a monte ponte RFI (tr 200-500) mentre il flusso subisce una accelerazione a valle ponte sino ad oltre 4-4.5 m/s (tr 200-500). Il ponte attuale ancorchè non abbia dunque problematiche di franco essendo piuttosto alto determina comunque una strozzatura. Significativo risulta il fatto che i livelli a monte ponte possano generare esondazione verso la sponda sinistra e verso il concentrico di Bussoleno; l'analisi delle risultanze indica che una aliquota significativa (45-50 % - tr200 - 500) della portata si incanala verso sinistra trovando sfogo verso Bussoleno, aggirando di fatto il ponte esistente. Una parte di detta esondazione (30-40 mc/s) attraversa il rilevato da un fornice esistente situato a circa 300 m dalla spalla sinistra del ponte, la restante parte allaga le aree a tergo del rilevato tracimando al di sopra dello stesso o utilizzando il sottopasso della SS 25.

I livelli in corrispondenza del lato monte ponte risultano rispettivamente 445.20, 445.50 (tr200-500). Il livello attuale in corrispondenza dell'opposta spalla destra determina una pesante esondazione in corrispondenza della SS24 che di fatto funge da luce aggiunta al ponte. La quota del piano strada, che necessariamente passa sotto la ferrovia, risulta infatti a quote di 443.80-443.50.

1.2 Condizioni di rilievo con realizzazione fascia B del PAI.

È una verifica significativa per Susa se si considera che l'arginatura determinerebbe a valle traversa un aumento dei livelli di circa 30-40 cm ed un rallentamento delle velocità nell'ordine di 0.5 m/s; tale risultato conferma quanto già analizzato mediante modello 1D; questo conferma infatti nel tratto come la simulazione di carattere monodimensionale risulti prossima alla realtà fisica.

Per quanto riguarda Bussoleno la configurazione con arginatura sposta l'intera portata verso il ponte esistente e la SS 24; la conseguenza è che il livello risultante sia per Tr 200 che per tr 500 anni supera 446.1 msm; considerato che la chiave del ponte è alla 446.09 msm, si ritiene il valore di livello ottenuto addirittura sottostimato e poco attendibile in quanto non è possibile, nella configurazione del modello 2D a disposizione, modellare un ponte ad arco come luce sotto battente. In sostanza la modellazione conferma come in presenza di arginature che contengano in alveo tutta la portata l'attuale ponte ferroviario non solo non sia idraulicamente verificato ma diventa un ostacolo al deflusso con interessamento dell'impalcato in condizioni di livelli di piena.

2.1 Simulazione delle condizioni di progetto LTF

Per quanto riguarda le condizioni di progetto a Susa la nuova geometria delle sezioni nel tratto compreso tra il ponte Dora 2 a monte e la traversa di presa a valle comporta alcuni significativi risultati: le velocità diminuiscono di circa 1 m/s per entrambi i tempi di ritorno, e la distribuzione della velocità sulla sezione è più regolare; la punta di massima velocità infatti arretra a monte, in prossimità del ponte Dora 2, dove il rientro in alveo dalla sponda destra – peraltro presente anche in rilievo - determina la maggiore accelerazione; si riduce anche l'effetto di sbocco da sezione ristretta avendo eliminato il restringimento d'alveo costituito dal rilevato sinistro del Ponte Dora 1. La traversa di presa a valle risulta meno sollecitata in termini di velocità assoluta in corrispondenza del salto; i tiranti si riducono da circa 6 m a valori inferiori a 4 m. I precedenti effetti sono stati ottenuti mediante l'allargamento in sinistra delle sezioni previsto in progetto, che passano da circa 40 m a 50 m, e l'aggiunta delle luci di trasparenza del rilevato di accesso al ponte in sinistra.

In corrispondenza del ponte LTF la configurazione scelta presenta dei livelli adeguati in termini di calcolo del franco idraulico; per Tr 500 anni infatti si ha un livello in sinistra pari a circa 469.00

mentre in destra si arriverebbe a 468.85 (intradosso sinistro 470.48, intradosso destro 470.29), e quindi con garanzia di franco idraulico sempre superiore ad 1 m.

Complessivamente, a fronte dei vantaggi dal punto di vista idraulico per il tratto in esame e per l'infrastruttura in progetto (nuovo ponte sulla linea), la soluzione adottata comporterebbe apparentemente (contrariamente a quanto prevedibile mediante il solo approccio 1D) una situazione di potenziale aumento della pericolosità per le aree circostanti, imputabile al fatto che il precedente rilevato del ponte autostradale Dora 1, pur costituendo un oggettivo restringimento, forniva una maggiore protezione indiretta (e impropria da un punto di vista idraulico) alla golena sinistra ed era più vicino alla traversa favorendone di fatto il richiamo ed il deflusso verso la stessa (a parziale, anche se non corretta in termini funzionali, protezione delle aree in sinistra orografica). Nella nuova configurazione i livelli di Dora vengono messi in condizioni di esondare verso sinistra più a monte rispetto a prima e ad una maggiore distanza dalla traversa e dal suo richiamo. Questo determina dei livelli assoluti in golena sinistra a valle ponte LTF più elevati (da 468.30 a 468.90 per Tr 500, da 468.05 a 468.70 per Tr 200). In termini di portata si nota che in tutti i casi una aliquota circa costante di 60-70 mc/s utilizza la golena sinistra; nelle condizioni di rilievo si infilava nel passaggio tra il rilevato del Dora 1 e la traversa di valle, nelle condizioni analizzate in situazione di progetto invece esonda sfruttando le luci di accesso ed una sponda più lunga tra il ponte LTF e la traversa che riduce l'effetto di richiamo. Per tale ragione la soluzione relativa alla sola ipotesi di realizzare il ponte LTF deve porsi l'ulteriore obiettivo di non peggiorare quantomeno le condizioni di pericolosità attuali rispetto alle aree limitrofe, mediante la proposta progettuale di opere di protezione "compensative" rispetto all'area di San Giuliano, soluzione analizzata nello scenario 2.2.

Per quanto riguarda la zona di Bussoleno l'eliminazione delle due pile presenti in alveo risulta di per se un miglioramento idraulico in considerazione della minore esposizione all'intasamento dovuto al flottante; la dimensione della luce scelta risulta analoga a quella dell'attuale ponte di valle, che è verificato; una luce maggiore in effetti non avrebbe comportato variazioni particolari in considerazione della presenza proprio del ponte di valle. Contrariamente al caso 1D dove non era possibile tenere in conto pienamente dell'esondazione verso sinistra e pertanto la rimozione del ponte ad arco apportava un significativo decremento dei livelli, nel caso 2D in esame, il fatto che una aliquota elevata della portata trovi sfogo in sinistra fa sì che la rimozione delle pile dell'attuale ponte ad arco abbia un effetto sui livelli molto più sfumato. Se nelle condizioni di rilievo infatti in corrispondenza del ponte attuale si aveva un livello di 445.20, 445.50 (tr200-500) il livello con sostituzione del vecchio ponte risulta di 445.10, 445.45 (tr200-500). Le quote di intradosso sinistro risultano 447.63 di intradosso destro 448.67.

In conclusione per Bussoleno permangono condizioni di deflusso molto simili alle condizioni di rilievo, sia pur con l'eliminazione dell'ostacolo dovuto al ponte di monte.

2.2 Simulazione delle condizioni di progetto LTF con argine in sinistra a garanzia dell'invarianza di dissesto verso l'abitato di san Giuliano

Questo scenario ha per obiettivo la valutazione dell'intervento necessario nella zona di Susa per garantire l'invarianza delle condizioni di pericolosità idraulica nei confronti delle aree limitrofe, ed in particolare definire e verificare la lunghezza necessaria di una difesa arginale in sinistra tale da riportare il livello di pericolosità delle aree circostanti ad una condizione quantomeno "non peggiore" di quelle attuali, nel rispetto delle previsioni di PAI.

L'arginatura proposta è stata comunque pensata per arrivare a proteggere almeno la via Formazione Stellina e le abitazioni prospicienti la sede della Croce rossa nei pressi di Corso Stati Uniti. In questo modo si evita l'esondazione a ritroso e si apporta comunque non solo una invarianza di dissesto, ma un beneficio alla frazione San Giuliano rispetto alle condizioni attuali. In effetti il tratto di arginatura prevista e proposta in progetto consente di mantenere i livelli verso la sponda sinistra a 467.30 per TR 500 anni e 467.00 per TR 200 anni; rispetto ai valori di 468.30 per TR 500 anni e 468.05 per TR 200 anni delle condizioni di rilievo in realtà quindi si riducono significativamente le condizioni di dissesto.

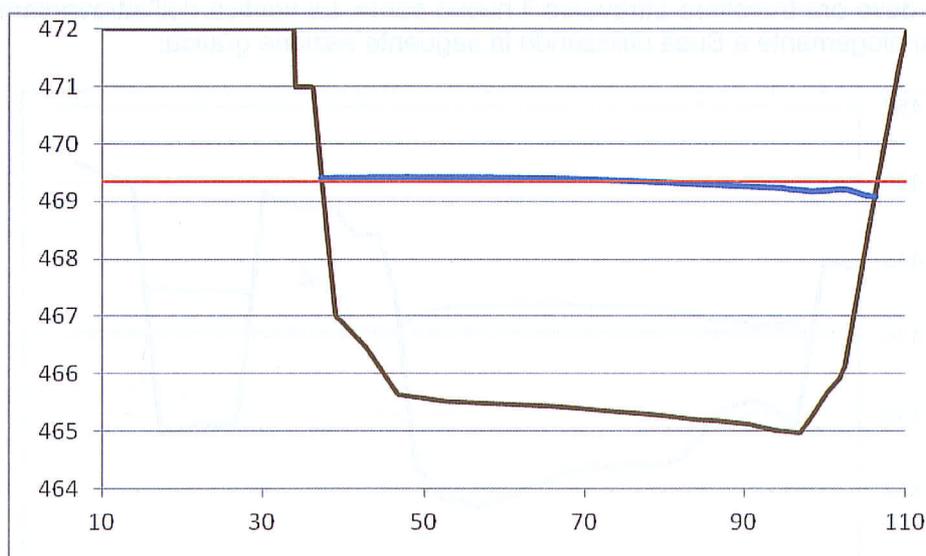
Pertanto in definitiva le verifiche effettuate dimostrano la necessità di prevedere un tratto di argine a valle della spalla del nuovo ponte, il cui tracciato si discosta leggermente rispetto a quello della fascia B di progetto PAI poiché la stessa si attestava contro il rilevato e la spalla del ponte autostradale Dora 1 ai cui si prevede la demolizione. Tale argine dovrà essere prolungato verso valle, come indicato nelle tavole progettuali, per una lunghezza di circa 300 m, al fine di garantire di fatto l'invarianza delle condizioni di pericolosità attuali (in realtà la realizzazione dell'argine risulta una condizione migliorativa rispetto all'attuale); inoltre, fatta eccezione per un lieve scostamento nel primo tratto dovuto, come illustrato, alla rimozione delle spalle e del rilevato del ponte Dora 1, il tracciato dell'argine ricalca le previsioni della B di progetto di PAI.

Dal punto di vista idraulico la protezione dell'edificato ha un riflesso anche in termini di aumento dei livelli a monte, con riflessi anche sul franco in corrispondenza del ponte LTF. Rispetto alla soluzione 2.1 in effetti i livelli risultano pari a 469.30 – 469.20 (sponda sinistra e destra) per TR 500 anni e 468.80 (sponda sinistra e destra) per TR 200 anni (intradosso sinistro 470.48, intradosso destro 470.29). Il calcolo idraulico del franco di progetto del nuovo ponte deve pertanto essere correlato a tali livelli (o meglio ai livelli di riferimento nelle condizioni di assetto di progetto completo PAI, che risulta la situazione in assoluto più cautelativa a regime, come illustrato nel successivo paragrafo). La ragione del suddetto aumento è dovuta all'incremento dei livelli che l'arginatura comporta a monte ed anche a valle della traversa di derivazione e che, come previsto anche da modello 1D, riduce lo svincolo idraulico in corrispondenza della traversa stessa.

3.1 Simulazione delle condizioni di progetto LTF con realizzazione completa della fascia B di progetto del PAI

Per quanto riguarda le condizioni di progetto a Susa la presente simulazione rappresenta quella effettiva sulla quale calcolare il franco del ponte e dimensionare le opere in progetto, in quanto condizionata anche dalla presenza dell'arginatura completa del PAI.

Per quanto riguarda i livelli risulta più chiaro fare ricorso al successivo grafico che rappresenta una sezione rilevata in parallelo al lato di monte dell'impalcato del ponte di Susa. La geometria della sezione rappresenta fedelmente il DTM del modello 2D, il livello azzurro la quota idrometrica per TR 500 desunta dal modello 2D, la linea rossa il livello 1D pari a 469.35 delle verifiche idrauliche preliminari all'adozione del nuovo ponte di luce 90 m e fornici in sinistra.



Il livello 1D pare dunque essere nella sostanza confermato; leggendo il dato puntualmente si ha:

	Quota idrometrica (msm)	Quota intradosso (msm)

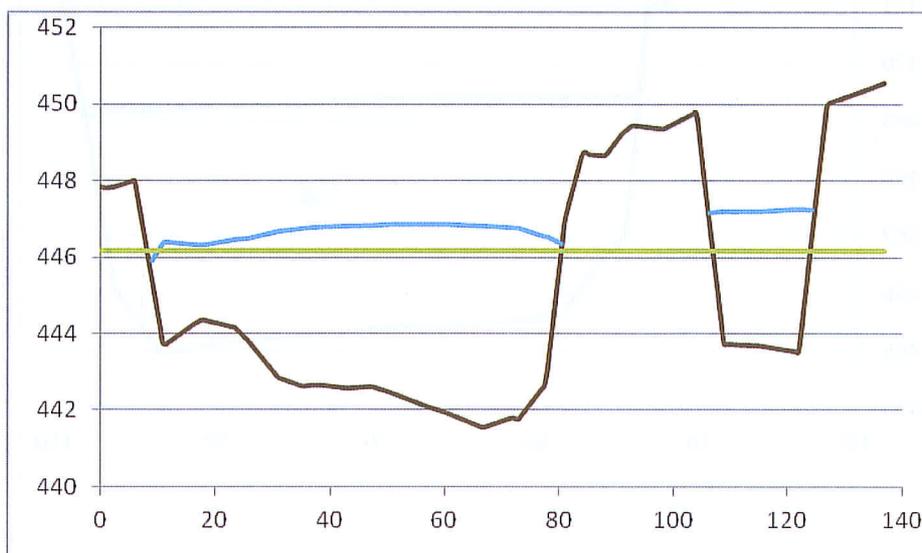
Luce fornice 1	469.38	471.19
Luce fornice 2	469.40	471.19
Spalla sinistra (con effetto sopralzo locale per presenza pila)	469.48	470.48
Spalla sinistra	469.33	470.48
Centro luce	469.38	470.38
Spalla destra	469.22	470.29

Se si osservano i valori riportati, rispetto alle soluzioni 2.1 e 2.2, si ha un ulteriore innalzamento dei livelli dovuto al completamento delle difese previste dal PAI ed alla loro ripercussione (in verità modesta) verso monte in termini di rigurgito.

Per tempo di ritorno di 200 anni, porta analogamente alla seguente tabella:

	Quota idrometrica (msm)	Quota intradosso (msm)
Luce fornice 1	468.93	471.19
Luce fornice 2	469.00	471.19
Spalla sinistra (con effetto sopralzo locale per presenza pila)	469.00	470.48
Spalla sinistra	468.87	470.48
Centro luce	468.92	470.38
Spalla destra	468.82	470.29

Per quanto riguarda le condizioni di progetto a Bussoleno risulta evidente che la chiusura costituita dall'arginatura del PAI riporta in alveo il 40-50% della portata che precedentemente sarebbe defluita nella golena. Questa condizione determina un innalzamento dei livelli in alveo in quanto tutta la portata deve ora transitare attraverso il nuovo ponte. La verifica dell'attraversamento viene dunque fatta, analogamente a Susa utilizzando la seguente sezione grafica:



in questo caso il confronto con la verifica 1D è poco significativo poiché gli effetti 2D sulla sezione sono molto rilevanti: di fatto la SS24 “deriva” la portata dalla Dora poco più a monte e poi permane leggermente pensile rispetto al corso principale da cui risulta il livello più alto proprio in corrispondenza del fornice della SS24, d'altra parte la portata di rientro in alveo dai lati determina un “rigonfiamento” centrale del pelo libero.

Nel complesso i livelli con Tr 500 risultano i seguenti:

	Quota idrometrica (msm)	Quota intradosso (msm)
Spalla sinistra	446.39	448.37
Centro luce	446.85	448.82
Spalla destra	446.34	449.27
Punti più sfavoriti per presenza di tubazioni sotto impalcato	446.39	447.77
	446.85	448.22
	446.34	448.67
fornice SS24	447.24	449.2 (min)

I livelli con Tr 200 risultano i seguenti:

	Quota idrometrica (msm)	Quota intradosso (msm)
Spalla sinistra	445.66	448.37
Centro luce	446.11	448.82
Spalla destra	445.96	449.27
Punti più sfavoriti per presenza di tubazioni sotto impalcato	445.06	447.77
	445.51	448.22
	445.36	448.67
fornice SS24	446.49	449.2 (min)

Lo studio delle condizioni di deflusso in corrispondenza dell'abitato di Bussoleno ha determinato anche l'analisi approfondita del comportamento idraulico del sottopasso situato sulla golena sinistra che attraversa il rilevato RFI ed in futuro il rilevato RFI-LTF di innesto nella stazione di Bussoleno.

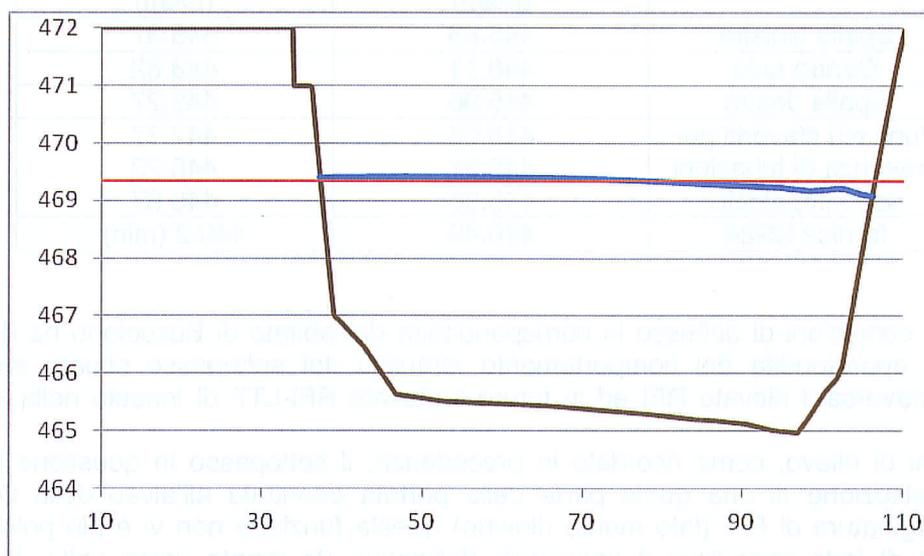
Nelle condizioni di rilievo, come ricordato in precedenza, il sottopasso in questione aveva una funzione di restituzione di una quota parte della portata esondata all'alveo della Dora. Nelle condizioni di arginatura di PAI (lato monte rilevato) questa funzione non vi è più poiché l'argine (correttamente) di fatto impedisce il passaggio dell'acqua da monte verso valle. Il manufatto tuttavia costituisce un varco nel rilevato ferroviario sensibile all'aumento di livello a valle ponti connesso con la deviazione in Dora di tutto il flusso. Si evidenzia il fatto che nelle presenti condizioni geometriche di simulazione il sottopasso risulta una via preferenziale di aggiramento delle difese PAI a monte RFI-LTF. Il livello di valle in corrispondenza del sottopasso infatti risulta pari a 443.00 msm per TR 200 anni e 443.45 msm per TR 500 anni a fronte di una quota terreno a tergo rilevato lato monte di circa 441.10. Per tale ragione, sebbene non di stretta competenza ferroviaria, si è ritenuto (nell'ipotesi che la Fascia B di progetto a monte del rilevato LTF- RFI di interconnessione venga realizzata prima del presente progetto) di prevedere in questa sede una adeguata protezione dell'accesso lato fiume mediante una corona di prolungamento del rilevato arginale esistente di valle, ritenuto caso utile per contribuire al completamento del sistema di difesa dell'abitato. Le quote di detto coronamento a protezione dell'accesso al sottopasso saranno pari a 444 msm con franco di m 1 rispetto al livello duecentennale.

In conclusione una precisazione riguarda i tempi di realizzazione dell'intervento a protezione del sottopasso: l'intervento va eseguito solo nel caso in cui si sia chiuso l'afflusso da monte e sussista il rischio di ingresso da valle delle acque, in caso contrario (non ancora realizzata la fascia B di progetto per ragioni che esulino dall'intervento presente) allora è più opportuno a nostro parere mantenere il fornice non protetto che favorisca lo scarico in Dora e non verso l'abitato di Bussoleno.

3.2 Simulazione delle condizioni di progetto LTF con fascia B di progetto del PAI completata nell'ipotesi di otturazione completo dei fornici di fruizione della sponda sinistra, accesso e trasparenza idraulica del rilevato in corrispondenza del ponte LTF di Susa.

In queste condizioni estreme, la simulazione porta alle seguenti condizioni di verifica dell'attraversamento:

	Quota idrometrica (msm)	Quota intradosso (msm)
Spalla sinistra	469.20	470.48
Centro luce	469.34	470.38
Spalla destra	469.11	470.29



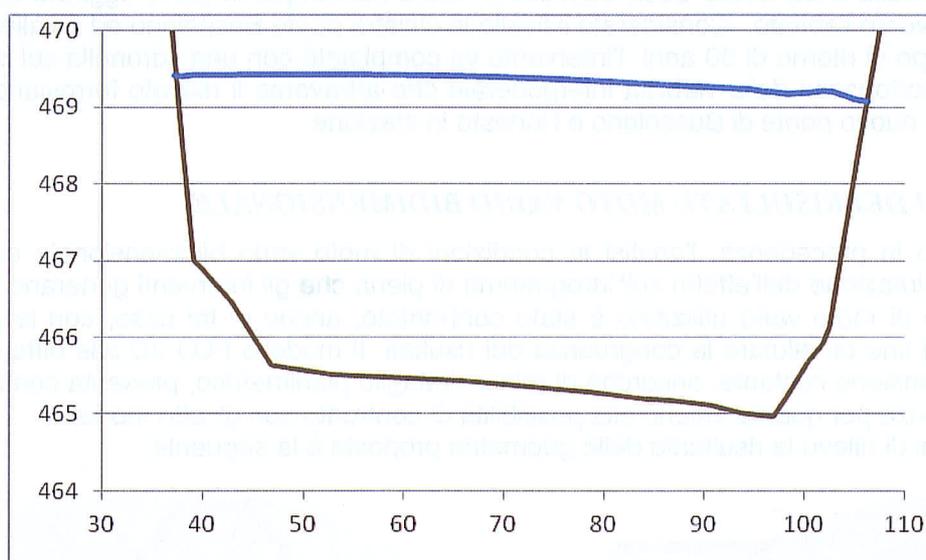
Il risultato è solo apparentemente paradossale in quanto la riduzione dei livelli (sebbene di poco) è da imputarsi al fatto che in regime di corrente lenta un restringimento di sezione comporta in corrispondenza dell'ostacolo un abbassamento di livello connesso con l'avvicinarsi alle condizioni di altezza critica. In effetti si segnala in parallelo un aumento (invero contenuto) delle velocità in corrispondenza dell'attraversamento rispetto alla soluzione 3.1. In conclusione la presente verifica non indica che l'assenza dei fornici sarebbe migliorativa ma dimostra che nella sostanza la presenza del fornice non è essenziale al raggiungimento del franco di norma.

Oltre che da tutti gli altri punti di vista, dal punto di vista idraulico è comunque preferibile il mantenimento dei fornici proprio per non creare accelerazioni nella corrente, in corrispondenza dell'attraversamento.

4.1 Simulazione delle condizioni di progetto LTF nelle condizioni transitorie di cantiere:

Rispetto alla simulazione 1D le condizioni di cantiere per il ponte di Susa, sviluppato lo studio planimetrico degli ingombri, hanno dimostrato una notevole severità. La larghezza d'alveo utile nel punto più sfavorito risulta di soli 30 m circa. Accade infatti che l'alveo risulta contemporaneamente

ristretto dalla presenza del rilevato Dora 1 in sinistra (che di fatto chiude anche i fornici del ponte LTF) e dalla protezione della spalla destra del nuovo ponte LTF. Il restringimento determina a monte un rigurgito che si sviluppa per buona parte al di sotto del nuovo ponte LTF. Le velocità sono ridotte a monte (2,5 m/s) mentre in corrispondenza dello sbocco del restringimento si ha una accelerazione sino a 6 m/s con passaggio di stato da corrente lenta a veloce. La portata con Tr 50 anni in tal caso determina dei livelli notevoli; si riporta nel seguito la verifica del ponte di Susa nelle suddette condizioni.



	Quota idrometrica (msm)	Quota intradosso (msm)	Franco (m)
Spalla sinistra	469.40	470.48	1.08
Centro luce	469.38	470.38	1.00
Spalla destra	469.09	470.29	1.20

In conclusione le condizioni idrauliche al di sotto del ponte sono tali da generare dei livelli paragonabili alle condizioni cinquecentennali e mantenere un franco prossimo al metro.

Per quanto riguarda la sensibilità di altre aree di cantiere alla portata di piena con tempo di ritorno di 50 anni, i cantieri a monte Loc. San Giuliano non sono raggiunti direttamente dalle acque, tutta l'area dell'attuale "Guida Sicura" compresa tra A32 ed SS24 risulta non esondabile e difesa dalla A32, l'area denominata Stoccaggio Scotico compresa tra A32 ed SS24 nei pressi del viadotto Cattero della SS24 in loc Coldimosso è soggetta ad un livello cinquantennale pari a 454.50 al di là del rilevato della SS24 che protegge l'area. Le quote di piano campagna interne all'area risultano invece comprese tra 453.40 sino a 455.0. Vanno pertanto verificati i possibili varchi di ingresso delle acque, in particolare dove il rilevato della SS24 diviene viadotto verso monte; in questo punto infatti il livello è circa 454.9 ed il terreno 455.10.

L'area di cantiere ubicata nei pressi della spalla destra a monte del ponte di Bussoleno è soggetta ad un livello cinquantennale massimo pari a 446.9 (acque ferme sul lato di monte), la quota assunta per le arginature risulta pari a 448, la quota viabilità di accesso risulta pari a 447 ma in corrispondenza dell'accesso, collocato più a valle, il livello risulta pari a 445.90. Pertanto l'area risulta difesa con franchi adeguati.

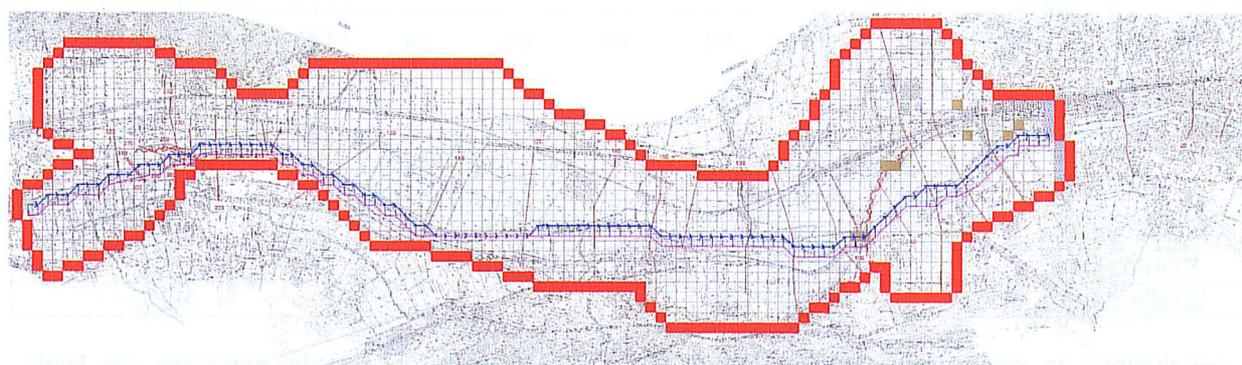
L'area sulla sponda opposta a sud ovest della centrale elettrica RFI in Loc Isolabella non risulta esondabile direttamente, poiché presenta quote elevate, ma risulta isolata dal punto di vista dell'accessibilità dei luoghi in condizioni di piena in assenza di interventi. Per questa particolare area ove i lavori iniziassero a seguito della realizzazione delle previsioni del PAI la protezione

sarebbe assicurata dagli argini previsti dalla nuova fascia B di progetto, nel caso contrario la necessità di poter accedere al rilevato e di poter lavorare lungo quest'ultimo ha portato alla proposta progettuale di realizzare una duna temporanea che sostituirebbe in toto la funzionalità dell'argine AIPO con quota di coronamento pari a 448.00, e pertanto in grado di contenere una piena con TR 50 anni. Il livello a monte duna risulta 445.87 con franco pari a 2.13. Questo intervento costituisce una protezione per tutta l'area di lavoro della zona di innesto nella stazione di Bussoleno. La protezione non può sostituire in toto l'arginatura di PAI in quanto il rilevato ferroviario RFI della linea locale Susa Bussoleno risulta comunque in parte aggirato alimentando l'esondazione verso l'abitato. Considerato il livello in sinistra ponte Bussoleno ed a valle di questo, anche per tempo di ritorno di 50 anni l'intervento va completato con una coronella sul lato di valle di presidio al sottopasso della viabilità interpoderale che attraversa il rilevato ferroviario nel tratto compreso tra il nuovo ponte di Bussoleno e l'innesto in stazione.

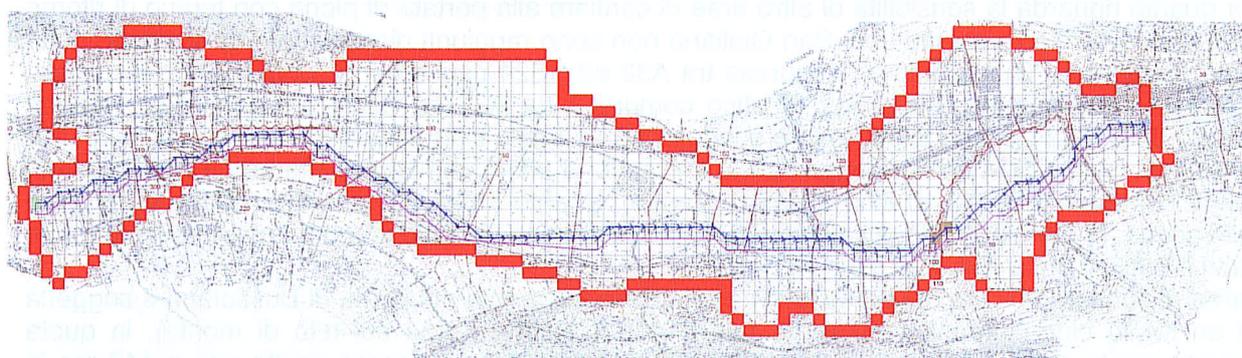
2.3.1 ANALISI DEI RISULTATI: MOTO VARIO BIDIMENSIONALE

Come illustrato in precedenza, l'analisi in condizioni di moto vario bidimensionale consente di effettuare la valutazione dell'effetto sull'idrogramma di piena che gli interventi generano. Il modello bidimensionale di moto vario utilizzato è stato confrontato, anche in tal caso, con le precedenti modellazioni al fine di valutare la congruenza dei risultati. Il modello FLO 2D alle differenze finite su celle a dimensione costante, ancorchè di minor dettaglio planimetrico, presenta comunque una ottima congruenza per quanto attiene alla possibilità di confronto con gli altri modelli.

Nelle condizioni di rilievo la risultante della geometria proposta è la seguente:



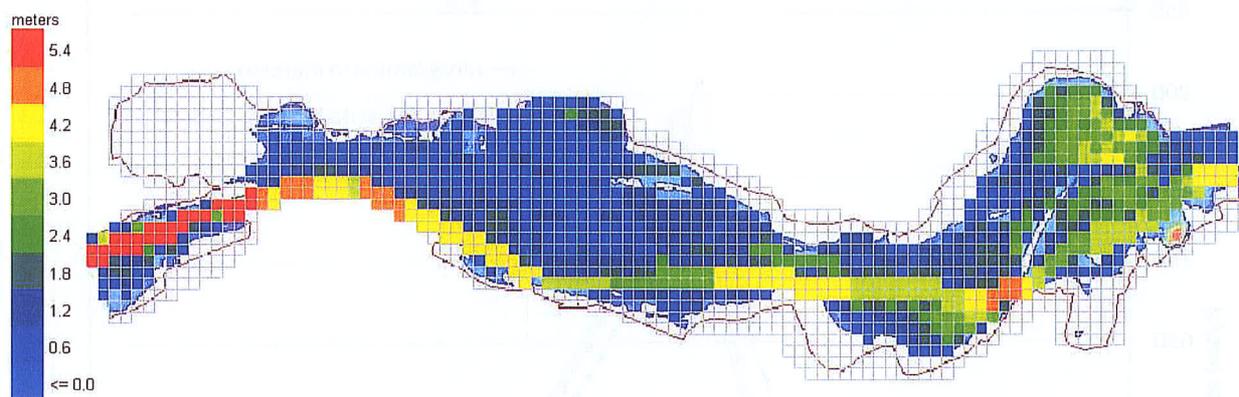
Nelle condizioni di geometria analoghe al caso 3.1 del moto 2D stazionario si ha:



I risultati ottenuti hanno portato alla definizione degli idrogrammi in ingresso ed uscita dalle due configurazioni geometriche considerate ed al successivo confronto dei risultati.

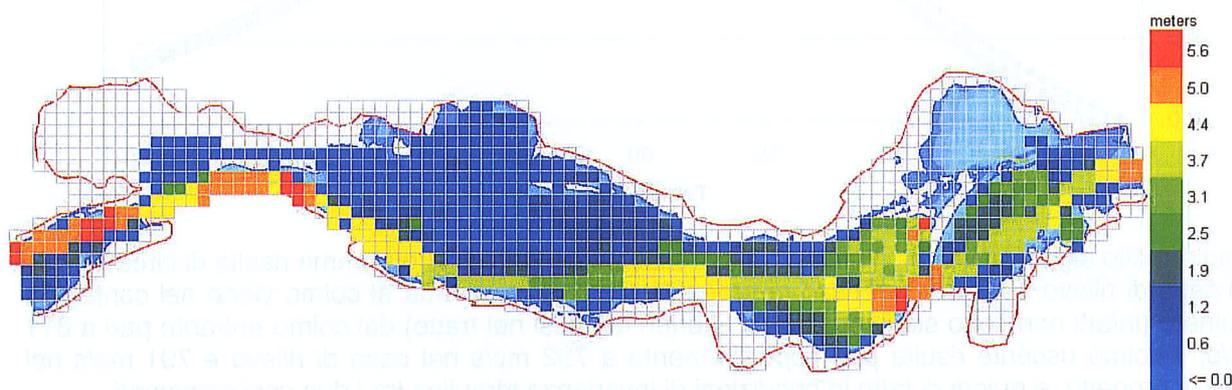
Dal punto di vista planimetrico risulta di un certo interesse confrontare l'area esondata per tempo t pari al colmo rispetto all'area esondata nel caso stazionario corrispondente.

Per le condizioni di rilievo si ha la seguente sovrapposizione planimetrica:



La sovrapposizione, è estremamente corrispondente; considerata la dimensione della cella adottata. Come prevedibile il caso stazionario è leggermente più severo in termini di estensione delle aree coinvolte dall'evento cinquecentennale.

Per quanto riguarda la sovrapposizione della soluzione di moto vario al colmo con le condizioni di geometria analoghe al caso 3.1 del moto 2D stazionario si ha:

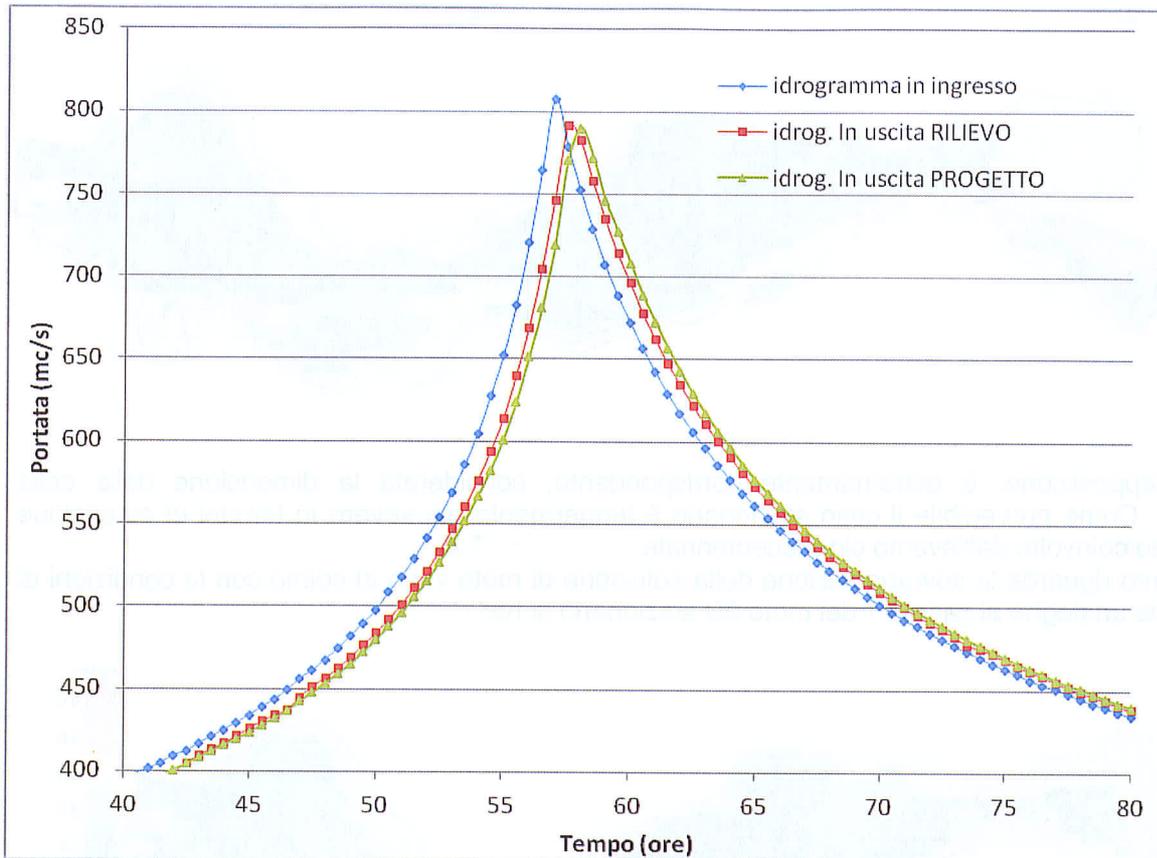


Si conferma anche in tal caso una buona corrispondenza; nel caso del moto vario il modello a Bussoleno non mostra fenomeni di esondazione a ritroso poiché non è “sensibile” al sottopasso della SS24. A monte invece si verificano alcune celle “bagnate” per ragioni di assegnazione della quota arginale PAI.

Le risultanze ottenute sono da considerarsi cautelative ai fini delle modifiche dell'idrogramma poiché nel caso di progetto non vengono sfruttati completamente dei volumi di invaso teoricamente disponibili.

In conclusione (oltre alla scontata stabilità numerica dei calcoli svolti) il confronto eseguito indica che i risultati, pur nei limiti della rappresentazione planimetrica, costituita da una cella di 50 m di lato, sono accettabili dal punto di vista della taratura del calcolo dell'idrogramma.

Il confronto degli idrogrammi calcolati nel caso delle condizioni di rilievo e di progetto risulta riassumibile nel seguente grafico.



Risulta molto significativo che il ritardo tra ingresso ed uscita dell'idrogramma risulta di circa 35 min nel caso di rilievo e 45 min nel caso di progetto. Il valore di portata al colmo viene nel contempo laminato (infatti non sono stati considerati ulteriori ingressi nel tratto) dal colmo entrante pari a 811 mc/s; il colmo uscente risulta pari rispettivamente a 792 mc/s nel caso di rilievo e 791 mc/s nel caso di progetto, e quindi di fatto in condizioni di invarianza idraulica tra i due casi esaminati.

L'area inondata passa dai 230 ha di rilievo ai 202 ha nel caso di progetto, tuttavia l'innalzamento del livello medio su alcune porzioni significative dell'area esaminata, connesso con una riduzione delle massime velocità medie, determina nella sostanza una significativa invarianza della capacità di laminazione.

I precedenti risultati vanno dunque intesi semplicemente come una valutazione attendibile del mantenimento dell'attuale capacità di laminazione del corso d'acqua. In conclusione non risultando alterazioni significative nei valori dell'idrogramma si può ritenere invariata la capacità di invaso nel tratto considerato anche nell'ipotesi di realizzare tutti gli interventi sia a carico LTF sia previsti dal PAI.

2.4 INTERAZIONE CON LE OPERE DI DIFESA IDRAULICHE ESISTENTI E OPERE IDRAULICHE IN PROGETTO NELL'AMBITO DELL'INTERVENTO

Le opere in progetto come illustrato in precedenza si caratterizzano da un punto di vista idraulico come interventi puntuali, relativi alla realizzazione di 3 nuovi attraversamenti; il loro impatto pertanto risulta vincolato localmente alla posizione delle spalle, con l'eccezione illustrata per Susa, dove invece si propone anche la realizzazione di un tratto di circa 300 m di argine a valle del ponte.

In dettaglio le iterazioni con le opere esistenti e le opere in progetto consistono in:

1. **Nuovo attraversamento a Susa:** in sponda sinistra è presente una protezione della sponda costituita da una scogliera antiersiva fondata su pali, mentre in sinistra sono presenti i muri di sostegno dell'autostrada, anch'essi fondati su pali con funzione antiscalzamento, che svolgono anche la funzione di opere di protezione spondale e contenimento dei livelli. Le opere in progetto prevedono la rimozione del viadotto Dora 1 e del rilevato di accesso in sponda sinistra, la riprofilatura della sponda sinistra in corrispondenza dello stesso e il raccordo a monte a costituire un'area golenale di deflusso della piena; la sponda verrà quindi protetta mediante scogliera in massi cementati secondo la nuova riprofilatura di progetto; non sono previsti interventi in sponda destra, salvo locali adeguamenti e ripristini in corrispondenza della spalla del nuovo ponte. Non sono previsti interventi di modifica della traversa esistente a valle del nuovo ponte. L'intervento di natura idraulica si completa con la realizzazione di un argine in terra, rivestito sul lato dell'alveo, che si sviluppa per circa 300 m a valle della spalla del nuovo ponte, la cui configurazione planimetrica tiene conto della presenza dei forni in sinistra e si raccorda poi verso valle al tracciato della fascia B di progetto di PAI.
2. **Nuovi attraversamenti a Bussoleno:** attualmente sono presenti scogliere in massi naturali a protezione locale delle spalle dei ponti ferroviari; in condizioni di progetto si prevede la realizzazione di analoghe protezioni, in scogliera in massi cementati, a protezione delle spalle dei nuovi attraversamenti, sempre con sviluppo locale in prossimità dei manufatti.

2.5 MODIFICHE INDOTTE SULL'ASSETTO MORFOLOGICO PLANIMETRICO E ALTIMETRICO DELL'ALVEO INCISO E DI PIENA

Come ampiamente illustrato in precedenza e indagato nella relazione relativa alla dinamica di trasporto solido, le opere in progetto non prevedono modifiche dirette o indirette rispetto all'assetto planimetrico e altimetrico dell'alveo inciso.

Per quanto riguarda l'alveo di piena, la riconfigurazione del nodo di Susa, con l'eliminazione del ponte Dora 1 e del suo rilevato di accesso e la proposta progettuale di nuovo argine per una lunghezza di circa 300 m comporta una modifica locale, che interessa sostanzialmente la sponda e la golenale in sinistra Dora; tale modifica, dalle verifiche effettuate e illustrate, risulta compatibile e coerente con le previsioni di PAI (sia pur con lievi modifiche) e con le condizioni di pericolosità del territorio circostante.

2.6 CONDIZIONI DI SICUREZZA DELL'INTERVENTO RISPETTO ALLA PIENA

La verifica delle condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena consistono essenzialmente nella verifica del rispetto dei franchi idraulici dei nuovi attraversamenti nelle diverse condizioni (scenari) di progetto.

Si riprendono a questo proposito le considerazioni precedenti relative alle verifiche in moto bidimensionale stazionario.

In particolare i franchi idraulici sono calcolati con riferimento allo scenario relativo alla realizzazione del progetto LTF + fascia B di PAI completamente realizzata (rif. scenario 3.1).

La "Direttiva Infrastrutture" del PAI richiede che il franco minimo tra quota di massima piena di progetto e quota d'intradosso del ponte sia pari a 0,5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1,00 m.

Nel caso specifico, nel rispetto delle prescrizioni RFI e LTF, il tempo di ritorno scelto per l'evento di riferimento è quello cinquecentennale.

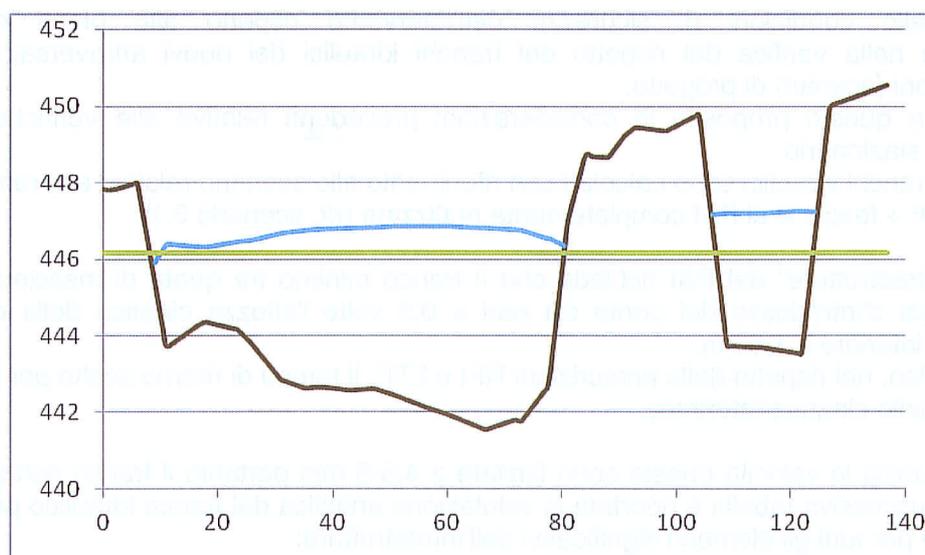
Per quanto riguarda le velocità queste sono limitate a 4,5-5 m/s pertanto il franco richiesto è pari ad 1 m. Nella successiva tabella è riportata la valutazione analitica del franco idraulico per il nuovo ponte di Susa e per tutti gli elementi significativi dell'infrastruttura:

	Quota idrometrica (msm)	Quota intradosso (msm)	Franco (m)
Luce fornice 1	469.38	471.19	1.81
Luce fornice 2	469.40	471.19	1.79
Spalla sinistra (con effetto sopralzo locale per presenza pila)	469.48	470.48	1.00
Spalla sinistra	469.33	470.48	1.15
Centro luce	469.38	470.38	1.00
Spalla destra	469.22	470.29	1.07

Il calcolo dei franchi, per tempo di ritorno di 200 anni, porta analogamente alla seguente tabella:

	Quota idrometrica (msm)	Quota intradosso (msm)	Franco (m)
Luce fornice 1	468.93	471.19	2.26
Luce fornice 2	469.00	471.19	2.19
Spalla sinistra (con effetto sopralzo locale per presenza pila)	469.00	470.48	1.48
Spalla sinistra	468.87	470.48	1.61
Centro luce	468.92	470.38	1.46
Spalla destra	468.82	470.29	1.47

Per quanto riguarda le condizioni di progetto a Bussoleno risulta evidente che la chiusura costituita dall'arginatura del PAI riporta in alveo il 40-50% della portata che precedentemente sarebbe defluita nella gola. Come già illustrato in precedenza, questa condizione determina un innalzamento dei livelli in alveo in quanto tutta la portata deve ora transitare attraverso il nuovo ponte. La verifica dell'attraversamento viene dunque fatta, analogamente a Susa utilizzando la seguente sezione grafica:



Nel complesso i franchi con Tr 500 risultano i seguenti:

	Quota idrometrica (msm)	Quota intradosso (msm)	Franco (m)
Spalla sinistra	446.39	448.37	1.98
Centro luce	446.85	448.82	1.97
Spalla destra	446.34	449.27	2.93
Punti più sfavoriti per presenza di tubazioni sotto impalcato	446.39	447.77	1.38
	446.85	448.22	1.37
	446.34	448.67	2.33
fornice SS24	447.24	449.2 (min)	1.96

i franchi con Tr 200 risultano i seguenti:

	Quota idrometrica (msm)	Quota intradosso (msm)	Franco (m)
Spalla sinistra	445.66	448.37	2.71
Centro luce	446.11	448.82	2.71
Spalla destra	445.96	449.27	3.31
Punti più sfavoriti per presenza di tubazioni sotto impalcato	445.06	447.77	2.71
	445.51	448.22	2.71
	445.36	448.67	3.31
fornice SS24	446.49	449.2 (min)	2.51

In conclusione si segnala che i franchi calcolati sono sempre verificati rispetto ai criteri di verifica.

Sempre con riferimento alle verifiche in condizioni bidimensionali stazionarie, si riporta la valutazione dei franchi con riferimento allo scenario 3.2, relativo alla simulazione delle condizioni di progetto LTF con fascia B di progetto del PAI completata nell'ipotesi di otturazione completo dei forni di fruizione della sponda sinistra, accesso e trasparenza idraulica del rilevato in corrispondenza del ponte LTF di Susa.

In queste condizioni estreme, la simulazione porta alle seguenti condizioni di verifica dell'attraversamento:

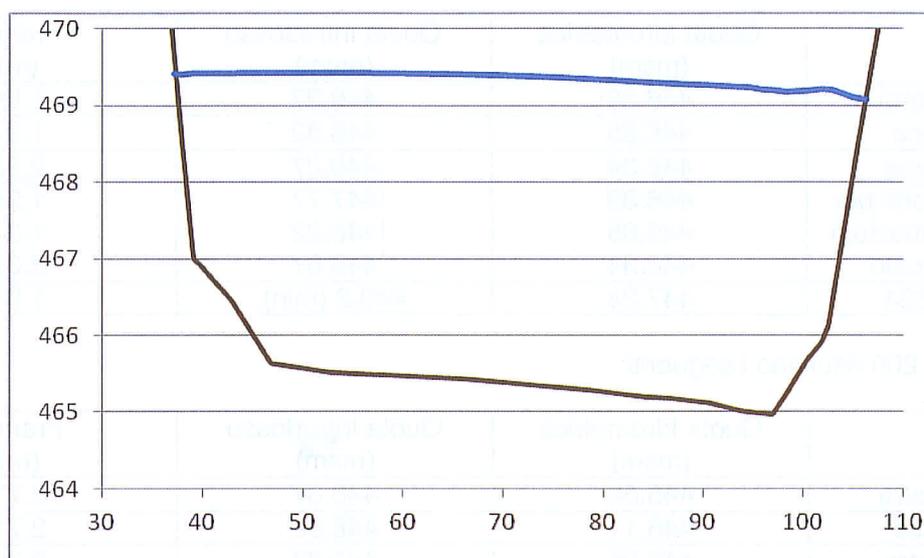
	Quota idrometrica (msm)	Quota intradosso (msm)	Franco (m)
Spalla sinistra	469.20	470.48	1.28
Centro luce	469.34	470.38	1.04
Spalla destra	469.11	470.29	1.18

Si rimanda al precedente paragrafo per il commento dei risultati.

Infine è stato calcolato anche il franco nello scenario 4.1 di simulazione delle condizioni di progetto LTF nelle condizioni transitorie di cantiere, che risulta piuttosto gravosa.

La larghezza d'alveo utile nel punto più sfavorito risulta di soli 30 m circa. Accade infatti che l'alveo risulta contemporaneamente ristretto dalla presenza del rilevato Dora 1 in sinistra (che di fatto chiude anche i forni del ponte LTF) e dalla protezione della spalla destra del nuovo ponte LTF. Il restringimento determina a monte un rigurgito che si sviluppa per buona parte al di sotto del nuovo ponte LTF. Le velocità sono ridotte a monte (2,5 m/s) mentre in corrispondenza dello sbocco del restringimento si ha una accelerazione sino a 6 m/s con passaggio di stato da corrente lenta a

veloce. La portata con Tr 50 anni in tal caso determina dei livelli notevoli; si riporta nel seguito la verifica del ponte di Susa nelle suddette condizioni.



	Quota idrometrica (msm)	Quota intradosso (msm)	Franco (m)
Spalla sinistra	469.40	470.48	1.08
Centro luce	469.38	470.38	1.00
Spalla destra	469.09	470.29	1.20

In conclusione le condizioni idrauliche al di sotto del ponte sono tali da generare dei livelli paragonabili alle condizioni cinquecentennali e mantenere un franco prossimo al metro.

	Quota idrometrica (msm)	Quota intradosso (msm)	Franco (m)
Spalla sinistra	469.40	470.48	1.08
Centro luce	469.38	470.38	1.00
Spalla destra	469.09	470.29	1.20

3. CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA DELL'OPERA NEL RISPETTO DELLE PREVISIONI DEL PAI

In conclusione si riportano alcune considerazioni in merito alla compatibilità delle opere in progetto in rapporto con le previsioni PAI.

Con riferimento alle aree interessate dai lavori LTF, il Piano di Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino individua la necessità di adeguare il sistema di protezione dalle piene sia in comune di Susa, in loc. San Giuliano, in sinistra orografica, sia in comune di Bussoleno, in sponda sinistra a monte e valle dei ponti ferroviari e più a valle su entrambe le sponde.

Per quanto riguarda Susa, la realizzazione degli interventi LTF comporta l'eliminazione del ponte e del rilevato del ponte autostradale Dora 1, e una localizzata modifica dell'assetto idraulico della sponda sinistra; infatti, in assenza di diverse previsioni, la fascia B di progetto PAI si attesta, a monte, proprio in corrispondenza della spalla di tale ponte, allargandosi poi verso valle a protezione dell'abitato di San Giuliano, e fino a raccordarsi alla B naturale alcune centinaia di metri a valle.

In questo caso, poiché il progetto LTF modifica, sia pur localmente, tale assetto, contestualmente alla realizzazione delle opere di linea si propone la realizzazione di un primo tratto della fascia B di progetto, per uno sviluppo di circa 300 m, in modo da non modificare in negativo le condizioni di assetto idraulico attualmente presenti (in particolare nei confronti delle abitazioni della frazione San Giuliano); in realtà, come illustrato in precedenza e nelle verifiche di moto bidimensionale stazionario, la configurazione delle opere proposte risulta anche migliorativa rispetto alle attuali condizioni, poiché costituisce protezione o riduzione del livello di rischio per aree immediatamente a tergo. Infine la soluzione progettuale proposta risulta conforme alle previsioni di PAI, che potranno quindi essere completate in modo organico e definitivo dai soggetti preposti.

Si segnala una leggera rettifica del tracciato PAI nella parte iniziale dell'argine, dovuta al nuovo assetto morfologico derivante dalla rimozione del ponte Dora 1 e del rilevato di accesso.

Per quanto riguarda Bussoleno, il PAI prevede una B di progetto che si estende in sponda orografica sinistra per alcune centinaia di metri a monte dei nuovi ponti, e continua poi a valle e, su entrambe le sponde, si sviluppa anche in tutto l'abitato di Bussoleno.

In questo caso le opere in progetto non comportano alcuna interferenza o modifica di tali previsioni, anzi sono esse stesse soggette alle conseguenze della realizzazione di tali previsioni; infatti come illustrato la limitazione dei fenomeni di esondazione a monte dei ponti comporterà la presenza in alveo di valori di portata notevolmente superiori a quelli attuali.

In questo caso le opere in progetto sono state progettate in coerenza con tali previsioni; non trascurabile anche il fatto che la demolizione del ponte ferroviario di monte esistente, che presenta significativi ingombri in alveo comporti evidenti benefici all'assetto idraulico delle infrastrutture nella nuova configurazione prevista dal PAI.

Infine le verifiche in condizioni di moto bidimensionale vario evidenziano come le opere in progetto non influiscano sulle condizioni di trasferimento a valle della piena e sulle attuali (e previste) capacità di laminazione.

