

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

PARTE IN TERRITORIO ITALIANO – PROGETTO IN VARIANTE
(OTTEMPERANZA ALLA PRESCRIZIONE N. 235 DELLA DELIBERA CIPE 19/2015)

CUP C11J05000030001 – PROGETTO DEFINITIVO

APPROFONDIMENTI PROGETTUALI PER OSSERVAZIONI MATTM - REGIONE PIEMONTE / MIBACT

Riscontro Osservazione n. 1 (rif. prot. n. CTVA/3020 del 26/09/17)

GENIE CIVIL - OPERE CIVILI

HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE / IDROLOGIA E IDRAULICA

HYDROLOGIE GENERALE / IDRAULICA GENERALE

MODELE BIDIMENSIONNEL DE LA DORA A SALBERTRAND /
MODELLO BIDIMENSIONALE DELLA DORA A SALBERTRAND

Rapport hydraulique : développement modèle bidimensionnel /
Relazione idraulica: sviluppo modello bidimensionale

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	06/12/2017	Première diffusion / Prima emissione	L. GATTIGLIA (EDES) B. VISCONTI (EDES)	A. DAMIANI V. GRISOGLIO	A. MORDASINI C. OGNIBENE
A	11/12/2017	Révision suite aux commentaires TELT / Revisione a seguito commenti TELT	L. GATTIGLIA (EDES) B. VISCONTI (EDES)	A. DAMIANI V. GRISOGLIO	A. MORDASINI C. OGNIBENE
B	15/12/2017	Révision suite aux commentaires TELT / Revisione a seguito commenti TELT	L. GATTIGLIA (EDES) B. VISCONTI (EDES)	A. DAMIANI V. GRISOGLIO	A. MORDASINI C. OGNIBENE

COD E DOC	P	R	V	C	3	A	L	O	M	6	7	2	0	B
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla		Émetteur / Emittente			Numero			Indice			

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C3A	//	//	02	22	96	10	02
------------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----

ECHELLE / SCALA
-


Neosia
 Maire Tecnimont Group
 Dott. Ing. Carlo Ognibene
 Ordine Ingegneri Prov. TO n. 8366 T



TELT sas – Savoie Technolac - Bâtiment "Homère"
 13 allée du Lac de Constance – 73370 LE BOURGET DU LAC (France)
 Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75
 RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952
 Propriété TELT Tous droits réservés – Proprietà TELT Tutti i diritti riservati

Ce projet
est cofinancé par
l'Union européenne
(DG-TREN)



Questo progetto
è cofinanziato
dall'Unione europea
(TEN-T)

SOMMAIRE / INDICE

1. INTRODUZIONE	6
2. ASSETTO GEOMETRICO	8
2.1 VINCOLI E DISSESTI ESISTENTI.....	8
2.2 FONTI DEI DATI TOPOGRAFICI.....	9
2.3 RAFFRONTO DTM DI RILIEVO E DTM MINISTERO POT 2008.....	9
2.4 RAFFRONTO DTM DI RILIEVO E SEZIONI AUTORITÀ DI BACINO – STUDIO DORA RIPARIA	12
2.5 FONTE DI DATI STORICI	12
2.6 ASSETTO GEOMETRICO BIDIMENSIONALE	14
2.6.1 UTILIZZO DEI DATI TOPOGRAFICI PER COMPLETAMENTO DELL'ASSETTO GEOMETRICO	15
2.6.2 RICOSTRUZIONE TRAVERSA SERRE LA VOUTE	16
2.6.3 LIMITI DEL DTM E ASSETTO GEOMETRICO DI RILIEVO	17
2.6.4 ASSETTO GEOMETRICO DI PROGETTO.....	18
3. ASSETTO IDROLOGICO.....	18
4. CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA BIDIMENSIONALE.....	21
4.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO ADOTTATO	21
4.2 DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI SIMULAZIONE.....	21
4.3 DEFINIZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO.....	23
4.4 DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO INGRESSO/USCITA	25
4.5 SCABREZZA	25
4.6 MODELLAZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI.....	26
5. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI E MODALITÀ DI DEFLUSSO IN PIENA	28
5.1 CONDIZIONI IDRAULICHE ATTESE E RAFFRONTI CON SIMULAZIONE ANTECEDENTE	28
5.2 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI PROPAGAZIONE DELLA PIENA E VOLUME DI INVASO	28
5.3 SIMULAZIONE DELLE CONDIZIONI DI RILIEVO.....	31
5.4 SIMULAZIONE DELLE CONDIZIONI DI CANTIERE.....	34
5.5 RAFFRONTO TRA I RISULTATI DEL PRESENTE STUDIO E LE ANALISI IDRAULICHE DELL'AdBPo	39
6. CONCLUSIONI.....	44
ALLEGATO 1.....	46
CONFRONTO DTM POT 2008 / RILIEVO PRV 2016	46
ALLEGATO 2.....	47
CONFRONTO SEZIONI ADBPO / SEZIONI RILIEVO PRV 2016.....	47

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 – Fasce fluviali e direttiva alluvione – fonte sito webgis Regine Piemonte.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2 – DTM traversa di Serre La Voute basato su rilievo alveo(PRV 2016)</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3 – DTM basato su rilievo POT 2008 - traversa di Serre La Voute</i>	<i>11</i>

Figura 4 – Ubicazione indicativa dei punti di ripresa fotografica storica delle successive figure 5 e 6	12
Figura 5 – Foto storica 1 – Alluvione giugno 1957.....	13
Figura 6 – Foto storica 2 – Alluvione giugno 1957.....	13
Figura 7 – Regione Illes Neuves- stato dell’edificio inquadrato nelle foto storiche 5 e 6	14
Figura 8 – Un esempio della ricostruzione della batimetria basato sulla forma e posizione delle sezioni e delle foto aeree	16
Figura 9 –Rilievo ricostruito dalle fonti di dato topografico rese coerenti.....	17
Figura 10 –Rilievo IREN. Del Progetto di riqualificazione impianto idroelettrico Salbertrand – Chiomonte	17
Figura 11 – Idrogrammi di piena a Salbertrand- attività 3.2.1Studio fattibilità dell’AdBPo .	20
Figura 12 – Idrogrammi di piena utilizzati nel modello conformi alla Figura 11	20
Figura 13 – Valutazione del sopralzo di livello per effetto del trasporto solido, schema grafico esplicativo.....	22
Figura 14 – Caratteristiche del Mesh di calcolo	23
Figura 15 – dominio di calcolo totale impostato sul sottostante DTM – esempio geometria rilievo	24
Figura 16 – Dettaglio dominio di calcolo zona Viadotto A32	24
Figura 17 – dominio di calcolo dettaglio zona ponti ferroviari e traversa di Serre La Voute	25
Figura 18 – Esempio “internal connections” del tipo “Weir” viadotto A32 rilievo –sezione di modello adottata.....	26
Figura 19 – Esempio “internal connections” del tipo “weir and culvert” sezione 20 per TR >50–sezione di modello adottata	27
Figura 20 – Raffronto modellazione 1D e modellazione 2D - sezione 20 a destra e sezione 70 a sinistra - TR50 anni.....	28
Figura 21 – Raffronto tra idrogramma in ingresso ed idrogramma in uscita TR 200 anni condizioni di rilievo.....	29
Figura 22 – Simulazione TR 50 su foto aerea – condizione di rilievo – tiranti con particle tracing	31
Figura 23 – Simulazione TR 100 su foto aerea – condizione di rilievo – tiranti con particle tracing	32
Figura 24 – Simulazione TR 200 su foto aerea – condizione di rilievo – tiranti con particle tracing	32
Figura 25 – Profilo longitudinale tratto di valle del modello Simulazione TR 50-100-200– condizione di rilievo	33
Figura 26 – Simulazione TR50 su foto aerea e DTM di progetto – condizioni di progetto - tiranti con particle tracing.	35
Figura 27 – Simulazione TR100 su foto aerea e DTM di progetto – condizioni di progetto - tiranti con particle tracing	36
Figura 26 – Simulazione TR200 su foto aerea e DTM di progetto – condizioni di progetto - tiranti con particle tracing	36
Figura 29 – differenza tra livello di progetto ed il livello di rilievo per le zone comuni alle due simulazioni – TR200 anni.....	38
Figura 30 – Simulazione TR 50-100-200 su DTM rilievo – condizione di rilievo – confronto con Fasce Fluviali	40
Figura 31 – Simulazione TR 50 su CTR (blu) – condizione di rilievo – confronto con Fascia Fluviale A (rosso).....	40
Figura 32 – Simulazione TR 200 su CTR (contorno azzurro) – condizione di rilievo – confronto con Fascia Fluviale B (arancio)	41

<i>Figura 33 – Simulazione TR 50-100-200 su DTM rilievo – condizione di rilievo – confronto con Direttiva Alluvioni</i>	43
<i>Figura 34 – Simulazione TR 50 su CTR rilievo (contorno blu) – condizione di rilievo – confronto con Direttiva Alluvioni probabilità elevata (area blu chiaro)</i>	43
<i>Figura 35 – Simulazione TR 200 su CTR rilievo (contorno azzurro) – condizione di rilievo – confronto con Direttiva Alluvioni probabilità media (contorno verde chiaro)</i>	44

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 – Portata di massima Piena Dora Riparia a Salbertrand</i>	19
<i>Tabella 2 – riassunto degli scenari considerati e riferimenti alle simulazioni.....</i>	23
<i>Tabella 3 – riassunto condizioni al contorno interne al modello 2D per i manufatti con riferimento alle simulazioni</i>	27
<i>Tabella 4 – Confronto ingresso/uscita - rilievo/cantiere relativamente a tempo di percorrenza, variazione portate al colmo e volume dell'idrogramma</i>	30
<i>Tabella 5 – Confronto rilievo/cantiere relativamente all'area esondata al colmo</i>	30
<i>Tabella 6 – Confronto rilievo/cantiere relativamente al volume invasato al colmo</i>	30

RESUME/RIASSUNTO

Le présent rapport analyse, au moyen d'une modélisation numérique bidimensionnelle, les conditions de défaillance hydraulique de la zone industrielle de Salbertrand. Les analyses qui suivent constituent un approfondissement de l'analyse hydraulique requise par la Regione Piemonte sur le Projet de Variante (PRV).

La presente relazione analizza mediante modellazione numerica bidimensionale le condizioni di dissesto idraulico per l'area industriale di Salbertrand. Le analisi che seguono costituiscono un approfondimento d'analisi idraulica richiesto dalla Regione Piemonte sul Progetto di Variante (PRV).

1. INTRODUZIONE

La presente relazione, nell'ambito dei richiesti studi di approfondimento connessi all'istruttoria della Regione Piemonte sul Progetto di Variante (PRV) (Approfondimenti progettuali per osservazioni MATTM - Regione Piemonte / MIBACT riscontro osservazione n. 1, Rif.to Prot. n. CTVA/3020 del 26/09/17), ha per oggetto lo studio dell'analisi idraulica delle aree interessate dal Cantiere di Salbertrand definito come "Area industriale di Salbertrand" all'interno del PRV - Parte in territorio italiano (ottemperanza alla prescrizione n. 235 della delibera CIPE 19/2015) al Progetto definitivo.

Il testo della osservazione è il seguente:

Area del cantiere di Salbertrand

1. L'area di cantiere di Salbertrand è interessata principalmente dalle attività di valorizzazione dello smarino in arrivo dal cantiere della Maddalena, dallo stoccaggio degli inerti, dalla prefabbricazione e stoccaggio provvisorio dei conci della TBM, dal processo di caricamento su treno dello smarino da inviare presso i siti di deposito definitivi e dal caricamento su camion del materiale idoneo ad essere riutilizzato per i rilevati nella zona di Susa autoporto e di Bussoleno.

Tale area di cantiere è localizzata in sinistra idrografica del Fiume Dora Riparia e ricade quasi totalmente all'interno della fascia fluviale B del PAI. In base a quanto previsto dalle norme di attuazione del PAI, in particolare dall'art. 38 e dalla Direttiva di piano contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B" (approvata dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione n. 2 dell'11 maggio 1999, aggiornata con deliberazione n. 10 in data 05/04/2006) è necessario che sia prodotta per l'area del cantiere di Salbertrand una dichiarazione che dimostri l'assenza di alternative di localizzazione all'esterno delle fasce A e B.

Per quanto attiene invece la valutazione della compatibilità idraulica del cantiere in argomento, sempre ai sensi della già citata direttiva di piano, si richiede di eseguire un'analisi idraulica nello stato di fatto e nello stato di progetto utilizzando un modello bidimensionale a fondo fisso, con riferimento a portate di piena del fiume Dora Riparia calcolate con tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.

Le verifiche idrauliche dovranno tener conto del contributo dovuto al trasporto solido. A tal riguardo si ritiene necessario che i livelli idrici derivanti dall'analisi idraulica relativi alla sola portata liquida, siano incrementati, sezione per sezione, del valore di 1/3 per tener conto del trasporto solido; il valore di 1/3 deve essere riferito alla quota più depressa di fondo alveo in ciascuna sezione trasversale oggetto dello studio. In merito ai valori del fattore di scabrezza, considerata la morfologia del corso d'acqua nella zona interessata dal cantiere, si ritiene più opportuno utilizzare un valore uniforme per le sponde e l'alveo; nello specifico appare corretto adottare un K_s di Strickler pari a $20 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$. Per quanto riguarda la lunghezza della tratta d'alveo oggetto dello studio idraulico, essa dovrà essere tale da garantire condizioni al contorno di moto uniforme come indicato nello studio allegato al progetto agli atti della Conferenza di Servizi.

Si richiede che la restituzione grafica dei risultati della modellazione idraulica sia eseguita per un numero adeguato di sezioni, particolarmente infittite in prossimità dei fabbricati costituenti il cantiere in argomento.

Le eventuali significative discordanze tra le risultanze dello studio idraulico sopraccitato e quelle derivanti dalle analisi idrauliche redatte dall'Autorità di Bacino del Fiume Po per la definizione delle fasce fluviali dovranno essere adeguatamente motivate.

Si segnala, altresì, che per quanto riguarda il nuovo ponte sul Fiume Dora Riparia sempre in Comune di Salbertrand, dovrà essere acquisito, nell'ambito della Conferenza di Servizi di competenza statale, il parere dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, ai sensi del par. 1.3 della già menzionata Direttiva di Piano.

A fronte della dichiarazione emessa dal Commissario Straordinario del Governo per l'Asse ferroviario Torino-Lione, prot. n° CSG/550/2017 del 13/settembre 2017, con la quale:

- si dà evidenza che, allo scopo di ottemperare alla prescrizione n° 235 della sopra citata Delibera 19/2015, non esistono alternative localizzative per il Cantiere industriale oltre all'area sita nel Comune di Salbertrand individuata nell'ambito del PRV,
- si ribadisce che:

- ✓ l'intervento di cantierizzazione assume un carattere transitorio e prevede il ripristino finale dello stato naturale dei luoghi,
- ✓ il progetto deve garantire in modo rigoroso le disposizioni di cui all'art. 38 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), ovvero non modificare i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale, non costituire significativo ostacolo al deflusso e non limitare in modo significativo la capacità di invaso,

allo scopo di fornire i richiesti approfondimenti si è proceduto con l'implementazione di un modello idraulico bidimensionale.

Questo modello consente un'analisi di maggior dettaglio rispetto a quanto proposto in sede di PRV pubblicato nel luglio 2017. In particolare consente di:

- definire le variabili di moto della corrente di piena (tiranti, velocità, direzioni principali di deflusso), sia nelle aree di alveo attivo, sia in corrispondenza delle aree di golena (ed in particolare in sinistra ove insiste l'area interessata dal progetto),
- estendere verso valle l'area di indagine in modo da valutare più compiutamente le condizioni al contorno, ed in particolare gli effetti della traversa e della stretta valliva in corrispondenza del termine della piana di Salbertand,
- migliorare la valutazione degli effetti prodotti dai manufatti interferenti (ponti e rilevati) soprattutto sulle aree a monte degli attraversamenti e sul cantiere stesso,
- valutare più compiutamente e giustificare i raffronti con gli strumenti di pianificazione di bacino attualmente approvati (Direttiva Alluvioni e Fasce Fluviali).

Gli elaborati di riferimento per il presente elaborato sono:

- PRV_LOM_22-02-96_30-02_6722_Planimetria PAI e vincoli idraulici
- PRV_LOM_6723_22-02-96_30-03_Restituzione della geometria adottata - Condizioni di rilievo
- PRV_LOM_da 6725 a 6727_22-02-96_30-04 a 06_Planimetria risultanze di modello 2D - Condizioni di rilievo - Planimetria delle aree di esondazione tempo di ritorno 50-100-200 anni - Portata liquida e solida
- PRV_LOM_da 6728 a 6730_22-02-96_30-07 a 09_Planimetria risultanze di modello 2D - Condizioni di rilievo - Tiranti e velocità tempo di ritorno 50-100-200 anni - Portata liquida
- PRV_LOM_6731_22-02-96_30-10_Restituzione della geometria adottata - Condizioni di cantiere
- PRV_LOM_da 6732 a 6734_22-02-96_30-11 a 13_Planimetria risultanze di modello 2D - Condizioni di rilievo - Tiranti e velocità tempo di ritorno 50-100-200 anni - Portata liquida
- PRV_LOM_da 6735 a 6737_22-02-96_30-14 a 16_Condizioni di cantiere - Tiranti e velocità tempo di ritorno 50-100-200 anni - Portata liquida
- PRV_LOM_da 6745 a 6753_22-02-96_40-03 a 11_Sezioni idrauliche della Dora.

2. ASSETTO GEOMETRICO

2.1 VINCOLI E DISSESTI ESISTENTI

La piana di Salbertrand è sottoposta a numerosi vincoli individuati sia dalla Direttiva Alluvioni che nel PAI delle aree oggetto di intervento.

È stata dunque redatta una apposita cartografia dei vincoli ove questi sono stati rappresentati (PRV_LOM_22-02-96_30-02_6722_Planimetria PAI e vincoli idraulici).

La ragione per la quale il progetto deve garantire in modo rigoroso le disposizioni di cui all'art. 38 delle NTA del PAI, citato nella dichiarazione sulla non altrimenti localizzabilità dell'intervento per interesse pubblico, trova la sua giustificazione nel fatto che l'area di cantiere è localizzata all'interno della fascia B del PAI, cioè in area classificata in condizioni di dissesto molto elevato ai sensi del PAI e di pericolosità con probabilità elevata o media ai sensi della Direttiva Alluvioni.

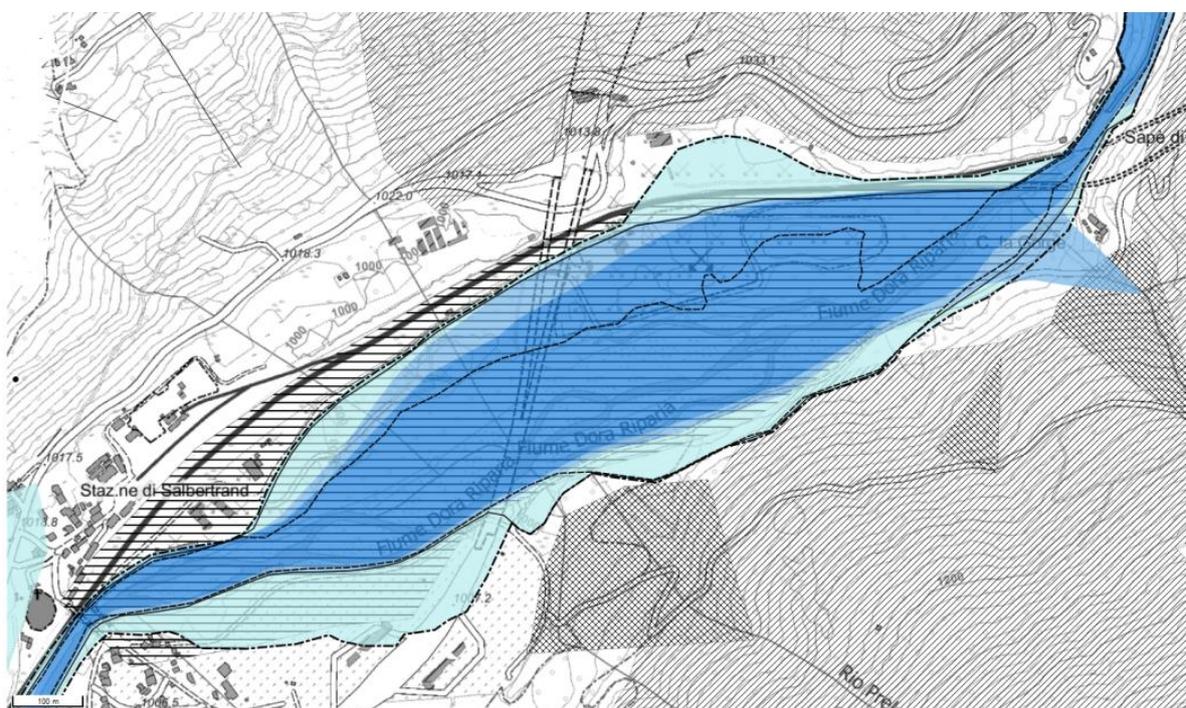


Figura 1 – Fasce fluviali e direttiva alluvione – fonte sito webgis Regione Piemonte

Come evidente nella Fig 1 e dalla tavola PRV_LOM_22-02-96_30-02_6722_Planimetria PAI e vincoli idraulici l'Autorità di Bacino del Fiume Po (AdBPo) classifica l'area di interesse come area a pericolosità elevata o molto elevata, sulla base di una modellistica di scala vasta, che ha utilizzato un numero limitato di sezioni (4-5 nel tratto) derivanti dallo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del Fiume Dora Riparia nel tratto da OULX alla confluenza in Po". Tale studio basava la propria topografia su un DTM originato da volo aereo del 2002. Al proposito giova ricordare che l'approccio del Piano fasce suggeriva l'individuazione di elementi "certi" sul territorio per materializzare le fasce fluviali, elemento che nel caso in esame è facilmente individuabile per lo più nella linea ferroviaria.

La classificazione dei dissesti da parte dell'AdBPo deriva da un'analisi a scala regionale, sia pur supportata con approfondimenti puntuali, e da studi di carattere geomorfologico e idraulico redatti alla scala di intero bacino della Dora Riparia. Pertanto, pur ritenendo complessivamente molto valido l'approccio di Piano di Bacino, è evidente che alla scala locale le analisi condotte

siano meno approfondite di quelle condotte nell'ambito di uno studio idraulico specifico quale quello presentato nel presente studio.

Si precisa, tuttavia, che l'ampiezza dell'area oggi presa in esame, che interessa 2.6 km di asta, consente la redazione, per il tratto esaminato, di un'analisi del quadro di dissesto che interessa un'estensione di territorio idonea ad effettuare raffronti congrui con la scala di lavoro a cui è stato redatto il Piano di Bacino. Nei successivi paragrafi lo stato del dissesto verrà caratterizzato nello specifico del cantiere e della piana nel suo complesso con il fine di definirne l'effettiva consistenza, sia al variare delle condizioni geometriche (ante e post cantiere) sia al variare del tempo di ritorno adottato.

L'analisi proposta consentirà quindi di redigere un approfondimento dell'analisi del grado di dissesto per il tratto esaminato.

2.2 FONTI DEI DATI TOPOGRAFICI

Per definire l'assetto geometrico complessivo dell'area studiata occorre pervenire a DTM sufficientemente precisi e dettagliati dell'intera area in esame in quanto, dal dato geometrico, dipende la bontà della simulazione.

Nel caso in esame, le fonti topografiche sono molteplici e riassumibili come di seguito elencato.

- Rilievo di dettaglio – completo di batimetria del corso d'acqua - effettuato a luglio 2016, costituito da 19 sezioni rilevate da versante a versante, con rilievo di manufatti e geometrie singolari (impalcato degli attraversamenti, sezioni di canali ecc.). Esso abbraccia un tratto d'alveo della lunghezza complessiva di 2560 m (da sezione 190 a sezione 10). La distanza media tra le sezioni risulta di circa 140 m. La pendenza media del tratto di alveo, utilizzando le quote disponibili sulle sezioni topografiche, è pari all'1.0 %.
- Associata al precedente insieme di sezioni, è disponibile la Carta Tecnica. Essa è stata rilevata in sede di redazione del PRV a maggio 2016, con volo di drone, restituita in coordinate LTF2004 alla scala 1:2000 e costituita da file vettoriale 3D dei limiti fisici.
- DTM del Ministero dell'Ambiente POT2008 fornito dalla Regione Piemonte e realizzato nel 2008.
- Sezioni dello “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica nel tratto da Oulx alla confluenza in Po” (AdBPo 2002-2005) utilizzate per l'aggiornamento delle Fasce Fluviali della Dora Riparia con deliberazione n°9 /2007 del Comitato istituzionale dell'AdBPo. Secondo la numerazione riportate dal PAI, la zona modellata è approssimativamente contenuta tra la sezione 129 – 2P e la sezione 125.

Allo scopo di confrontare i dati topografici, provenienti dalle diverse fonti sopra citate, è stato utilizzato il sistema di riferimento EPGS:32632 WGS84 – UTM ZONE 32M convertendo in esso anche la Carta tecnica utilizzata nel PRV.

Il successivo modello 2D è stato redatto anch'esso nel suddetto sistema di riferimento.

La scelta adottata è conforme, per quanto possibile, alla recente realizzazione della RDN (Rete Dinamica Nazionale) sistema ETRF2000, la quale, in conformità con il Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 10 novembre 2011 (“Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale”, G.U. n.48 del 27/02/2012) è stato riconosciuto come la materializzazione del nuovo sistema di riferimento italiano.

2.3 RAFFRONTO DTM DI RILIEVO E DTM MINISTERO POT 2008

Lo scopo del confronto è valutare la corrispondenza del rilievo disponibile (DTM e sezioni LTF rilievo 2016) a fronte del dato ufficiale costituito dal DTM POT 2008. Per poter visualizzare il confronto tra i due DTM, la soluzione più efficace è stata ritenuta quella di sezionare i dati dei

DTM in corrispondenza delle sezioni topografiche disponibili. Tale attività consente di confrontare le 19 sezioni di rilievo disponibili – oltre che le altre sezioni aggiunte a completamento della descrizione d'alveo e di cantiere - con i dati topografici contenuti nel DTM POT 2008. Il confronto completo è riportato in allegato 1.

In sintesi è possibile osservare un ottimo accordo dei dati topografici. La variabilità delle quote in corrispondenza dell'alveo è dovuta al fatto che le sezioni topografiche sono complete di batimetria mentre il DTM POT 2008 è acquisito mediante tecnologia LIDAR che scansiona la superficie dell'acqua e non il fondo alveo bagnato. Tale approccio rende ragione delle differenze riscontrabili in alveo.

Il confronto, considerato che i due rilievi distano nel tempo circa 8 anni, indica anche una sostanziale “stabilità media” dell'alveo nel periodo di tempo intercorso.

Alcune situazioni particolari sono degne di segnalazione:

- nelle sezioni 40, 50, 60bis, 65, 70, 75 del DTM POT 2008 sono presenti dei cumuli di materiale di cava che sono stati invece rimossi dal DTM di rilievo, aspetto che spiega lo scostamento dei due rilievi in corrispondenza della sponda sinistra,
- nella sezione 120 è presente un edificio ed un muro di sponda, tali elementi non sono riportati nel POT 2008, mentre sono presenti nel DTM di rilievo allo scopo di poterne considerare eventuali effetti idraulici,
- la sezione 190 rappresenta più correttamente la verticalità delle spalle del ponte nel DTM di rilievo rispetto al POT 2008,
- in corrispondenza della traversa di Serre la Voute – IREN spa il POT 2008 riporta la porzione superiore della tettoia di protezione degli organi di manovra delle paratoie, piuttosto che la soglia della traversa così come, invece, è ricostruita nel rilievo disponibile; questa differenza non compare sulle sezioni, tuttavia è ben visibile confrontando i dettagli in pianta con uguale stile di rappresentazione delle quote; i colori rappresentanti le elevazioni del DTM in corrispondenza della traversa di Serre La Voute nelle figure sottostanti sono progressivamente graduati tra quota 885 e 995 msm.

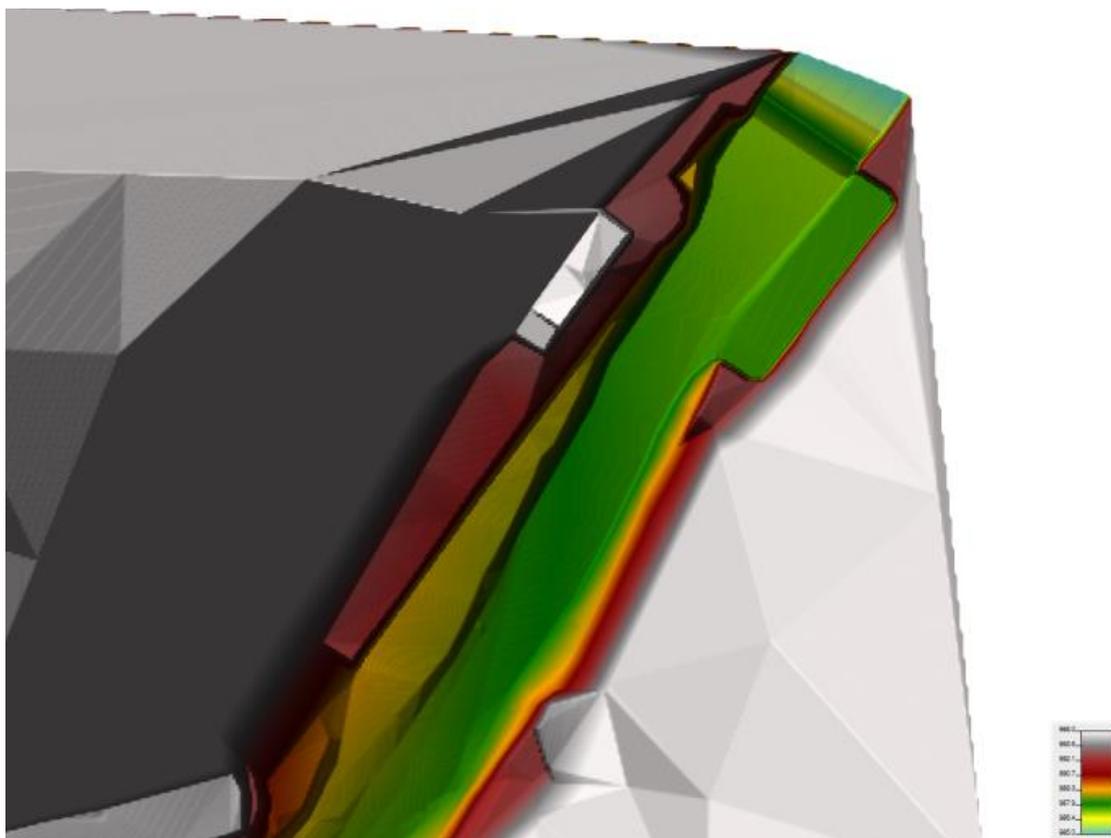


Figura 2 – DTM traversa di Serre La Voute basato su rilievo alveo (PRV 2016)

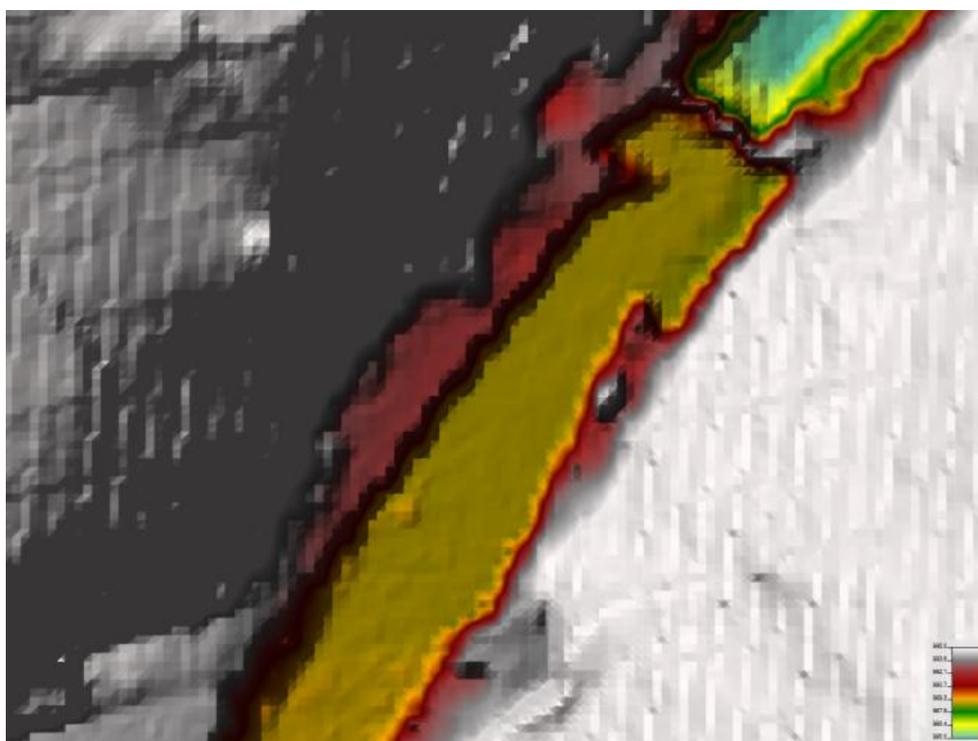


Figura 3 – DTM basato su rilievo POT 2008 - traversa di Serre La Voute

2.4 RAFFRONTO DTM DI RILIEVO E SEZIONI AUTORITÀ DI BACINO – STUDIO DORA RIPARIA

Le sezioni confrontabili, in questo caso, risultano numericamente inferiori e presentano delle irregolarità più marcate rispetto al confronto del paragrafo precedente. Il quaderno di confronto è riportato in allegato 2. Le sezioni 129, 129-1P, 127, 127-1P, 125-2p presentano generalmente un buon accordo almeno nella forma generale della sezione. Altre sezioni, quali la 125 e la 126, presentano delle discrepanze notevoli. Le due ultime sezioni su indicate sono notevolmente decampionate nel numero di punti rispetto al rilievo 2016, inoltre la sezione 125 dell'AdBPo, più che alla sezione del Ponte ferroviario (n°10), parrebbe riferirsi, come forma, alla traversa poco a valle, tuttavia le quote sono molto differenti.

In conclusione il raffronto operato evidenzia alcune differenze significative tra le geometrie delle sezioni nelle due fonti di dato. Tali differenze non sono tuttavia sufficienti a giustificare le discrepanze tra le due fonti, soprattutto sulle sezioni maggiormente a valle, che sono quelle che determinano livelli e dissesto verso il cantiere.

Considerato che il POT 2008 è sostanzialmente congruente con il rilievo del PRV 2016, le sezioni dell'AdBPo risultano pertanto poco confrontabili con il POT 2008. Questo si ritiene dovuto al fatto che il rilievo risale a un periodo antecedente al 2003 e le sezioni risultano essere molto rade ed utilizzate a scala di bacino.

2.5 FONTE DI DATI STORICI

Il dissesto storicamente più importante per l'area è certamente costituito dall'evento alluvionale del 1957. Per tale evento è disponibile della documentazione, anche se non completa come invece disponibile per i rapporti d'evento più recenti. In particolare tra la documentazione significativa si ritiene di evidenziare i due seguenti fotogrammi relativi all'attraversamento della Dora Riparia nei pressi dell'attuale Via F. Airaud ripresi durante l'evento.



Figura 4 – Ubicazione indicativa dei punti di ripresa fotografica storica delle successive figure 5 e 6



Figura 5 – Foto storica 1 – Alluvione giugno 1957



Figura 6 – Foto storica 2 – Alluvione giugno 1957

Entrambe le foto rappresentate nelle Figure. 5 e 6, evidenziano che nel 1957 si è avuta una esondazione verso la sponda sinistra a partire dal ponte di via Airaud verso valle, con tiranti mediamente inferiori a 50 cm rispetto al piano di campagna medio della sponda sinistra tra il ciglio sponda e la ferrovia. L'esondazione ha certamente coinvolto l'edificio bianco oggi presumibilmente demolito (come risulta nella foto riportata nella Fig. 7) con interessamento del terrazzo sinistro posto a quote attuali di piano campagna intorno alla 1002.20 msm.

Entrambe le foto storiche, prese dalla ferrovia, indicano che i binari sono rimasti accessibili e non raggiunti dalle acque.



Figura 7 – Regione Illes Neuves- stato dell'edificio inquadrato nelle foto storiche 5 e 6

Il ponte indicato nella foto riportata nella Fig. 6 presumibilmente, non è più quello di oggi in quanto esso sembra passare a raso ferrovia, mentre oggi il ponte sovrappassa la ferrovia ed è inclinato dalla sponda sinistra discendente verso la sponda destra.

Nel 1957 non sembra fosse presente il secondo ponte di valle per l'accesso alla Regione Illes Neuves. Anche tale attraversamento presumibilmente è stato realizzato in anni successivi, con due spalle molto alte, ed è evidente (da sopralluogo) che anch'esso è più alto della ferrovia.

La discenderia del rilevato di accesso dal suddetto secondo ponte di valle ha comportato che il ciglio di sponda sinistro sia stato notevolmente innalzato ed oggi, per un tratto, la sponda sinistra è al di sopra delle quote della ferrovia. Lungo la sponda sinistra oggi è evidente una protezione anti erosiva costituita da un muro che risulta anche più alto del piano campagna retrostante.

Il livello del tirante desumibile dalle foto storiche, a monte dell'edificio bianco, pare non essere di molto più alto di 30-40 cm rispetto al piano campagna quindi è presumibile che oggi, tale livello, sarebbe contenuto dal muro esistente che, nel rilievo PRV 2016, risulta evidente ed è più alto del piano campagna in corrispondenza dell'edificio.

Per quanto riguarda l'area del cantiere, non disponendo di fotografie e di dati di archivio delle aree poste più a valle, non è facilmente appurabile se tale zona sia stata interessata dall'evento alluvionale nel 1957. Tuttavia, si ritiene verosimile che l'area (la cui topografia oggi è sicuramente diversa da quella del 1957) sia stata, almeno parzialmente, oggetto di esondazione in considerazione del fatto che le acque esondate in corrispondenza delle aree indicate nelle foto hanno potuto procedere indisturbate verso valle, nei paleo alvei e nelle depressioni del terreno presenti in sinistra, dando così origine a flussi probabilmente pensili rispetto al corso principale e generando degli allagamenti indiretti a bassa energia.

2.6 ASSETTO GEOMETRICO BIDIMENSIONALE

Sulla base dei precedenti raffronti, il DTM scelto per la ricostruzione della topografia della Dora Riparia nel tratto considerato è basato sui punti rilevati in loco e dai limiti 3D disponibili nella carta tecnica del PRV – rilievo di dettaglio 2016.

Le motivazioni della scelta sono così riassumibili:

- utilizzando le sezioni è possibile ricostruire la batimetria (non presente nel DTM POT2008),
- esternamente all'alveo vi è un'ottima corrispondenza plano-altimetrica tra il rilievo disponibile e il DTM POT 2008 (fonte ufficiale di dato),
- il rilievo utilizzato nel PRV è coerente con il progetto generale e le planimetrie di cantiere,

- il rilievo utilizzato nel PRV, raffrontato con le altre fonti di dato, è il più recente rilievo effettuato sull'area (2016) e quindi presumibilmente descrive meglio le attuali condizioni anche sotto il profilo temporale (muri, edifici, quote di intradosso ponti ecc..),
- il rilievo utilizzato nel PRV è derivato da drone, quindi è già predisposto e derivato da un campionamento esteso, raccordato con coerenza alle sezioni battute a terra e, nel suo complesso, il dato che ben si presta all'utilizzo nella modellazione 2D,
- la risoluzione del DTM POT2008 (1m), ancorché ottima a scala generale di bacino, poco si presta a descrivere le zone di notevole verticalità, per esempio quelle delle sponde, dei muri, delle spalle ecc.; la risoluzione del DTM di rilievo può essere invece scelta preventivamente in modo da non perdere il dettaglio topografico presente, per esempio, nelle sezioni o nelle tracce puntuali in 3D dei muri o dei limiti di spalla dei ponti.

Il tratto effettivamente indagato mediante modello 2D è stato esteso a tutto il fondo valle e si sviluppa da poco a monte del ponte di Via Chenebières sino alla traversa di Serre La Voute di IREN spa.

Risulta una lunghezza d'alveo complessiva indagata nel modello 2D di circa 2650 m, un dominio più esteso, rispetto alla sola zona coperta dalle sezioni topografiche, di circa 110 m rispetto al dominio utilizzato nel modello 1D del PRV questo per effetto della scelta di estendere verso valle la copertura del modello sino alla suddetta traversa di Serre La Voute.

La pendenza media della Dora nel tratto si conferma pari a circa all'1% come considerato nella modellazione 1D, tuttavia occorre riconoscere che la zona di valle, per effetto della presenza della soglia della traversa, integrata nella modellazione 2D, riduce complessivamente la pendenza nel tratto finale dell'alveo ad un valore di pendenza media inferiore, intorno allo 0,6%.

2.6.1 UTILIZZO DEI DATI TOPOGRAFICI PER COMPLETAMENTO DELL'ASSETTO GEOMETRICO

I precedenti dati topografici (sezioni) sono stati utilizzati per completare i dati mancanti nelle scansioni da drone del rilievo PRV 2016 in corrispondenza dei manufatti non rilevabili se non da terra e per ricostruire la batimetria del corso d'acqua.

Le scansioni da drone, per caratteristica intrinseca dei sensori utilizzati, non rilevano elementi al disotto del pelo libero dell'acqua.

Quest'ultima attività di ricostruzione batimetrica risulta ovviamente più delicata poiché si tratta di estendere un dato batimetrico, disponibile puntualmente sulle sezioni, ad una regione tridimensionale. Si dispone mediamente di 1 sezione ogni 140 m circa e pertanto non è certamente possibile tenere in conto delle oscillazioni del fondo che possono verificarsi su tratti tanto lunghi.

Utilizzando il rilievo topografico e le foto aeree georeferenziate si sono tracciate 2 o 3 polilinee (a seconda se la batimetria sia approssimabile con una forma trapezia o triangolare) denominate rispettivamente: fondo alveo sinistro, fondo alveo centro, fondo alveo destro.

Generalmente ciascuna delle linee è sempre stata fatta passare per il punto corrispondente sulle sezioni rilevate. Esternamente alle sezioni rilevate ciascuna polilinea è stata poi raccordata (generalmente senza problemi) al tracciato planimetrico della foto aerea associata. Da sezione a sezione si è operata una ipotesi di sviluppo lineare delle quote batimetriche.

Planimetricamente il ciglio acqua ha seguito quello della foto aerea corrispondente mentre i tre fondi hanno seguito, secondo sensibilità, la presenza delle increspature del filone centrale di corrente, oppure l'esterno delle curve per simulare, almeno indicativamente, l'incisione creata dagli effetti di vorticità secondaria.

Il tracciato delle polilinee realizzate è stato regolarizzato ed infittito adeguatamente a seguire le curvature e la geometria dell'alveo, infine i punti ricavati da ciascuna polilinea sono poi stati riuniti nel TIN - Triangulated Irregular Network della batimetria ricostruita nelle 3 coordinate spaziali sulla base delle quote di fondo delle sezioni.

La precedente tecnica è stata applicata per la ricostruzione della batimetria di tutto il corso d'acqua.

È evidente che la tecnica utilizzata sottostima la profondità del corso d'acqua dove questo incide l'alveo e risulta stretto, mentre sovrastima la profondità in particolare dove sono presenti barre trasversali. La correzione di tali effetti, senza dati misurati, è molto soggetta all'aleatorietà e si basa, almeno nel presente studio, sulla sensibilità di tracciamento delle polilinee e su confronti con profili dedotti dal DTM.

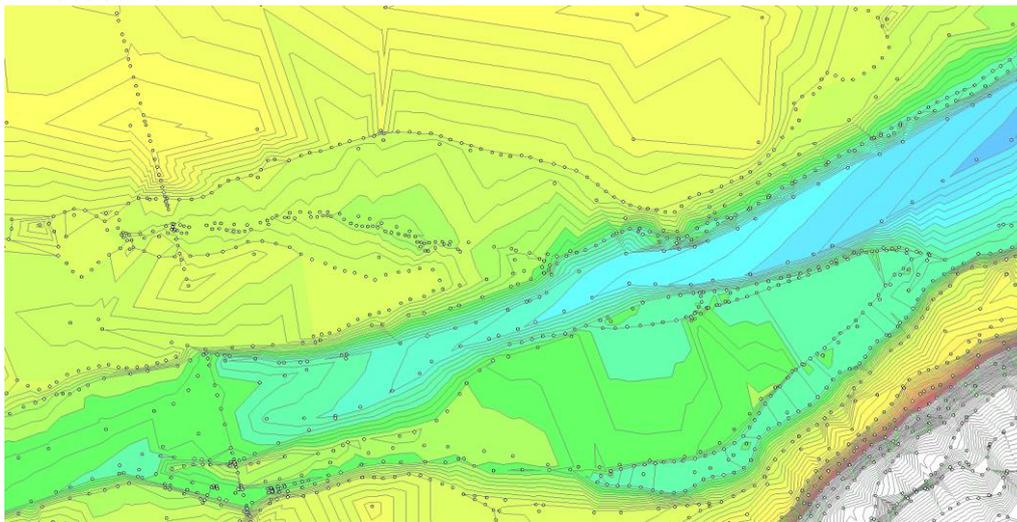


Figura 8 – Un esempio della ricostruzione della batimetria basata sulla forma e posizione delle sezioni e delle foto aeree

2.6.2 **RICOSTRUZIONE TRAVERSA SERRE LA VOUTE**

Con tecniche di ricostruzione analoghe alla precedente è stato possibile inserire nel modello le caratteristiche geometriche della traversa di Serre la Voute. In tal caso ci si è basati sul rilievo 3D del PRV 2016 che ha fornito alcune quote di riferimento alle quali è stato georiferito il rilievo della centrale stessa desunto dagli elaborati “Progetto di riqualificazione impianto idroelettrico Salbertrand – Chiomonte” di IREN Spa. In questo modo è stato possibile desumere la forma e le dimensioni della traversa, confrontabili con le foto aeree, e completare anche gli aspetti topografici rilevati solo con drone e non rilevati a terra mediante sezioni batimetriche. In conclusione la traversa risulta importante per stabilire le condizioni al contorno di valle del modello. La quota di soglia nel sistema di riferimento adottato è risultata assunta pari a 988.05 m.s.m. mentre la larghezza pari a 12 m da muro a muro.

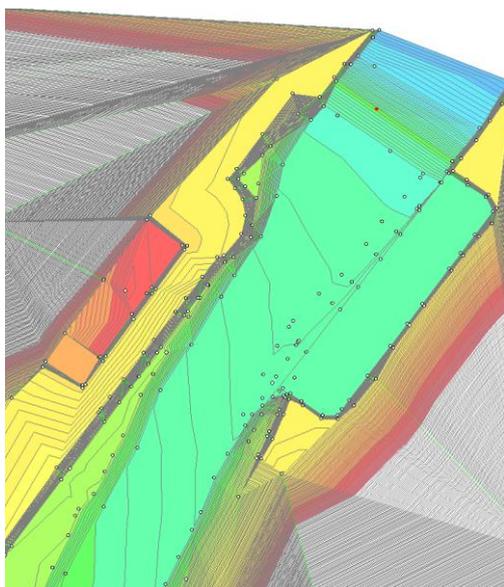


Figura 9 –Rilievo ricostruito dalle fonti di dato topografico rese coerenti

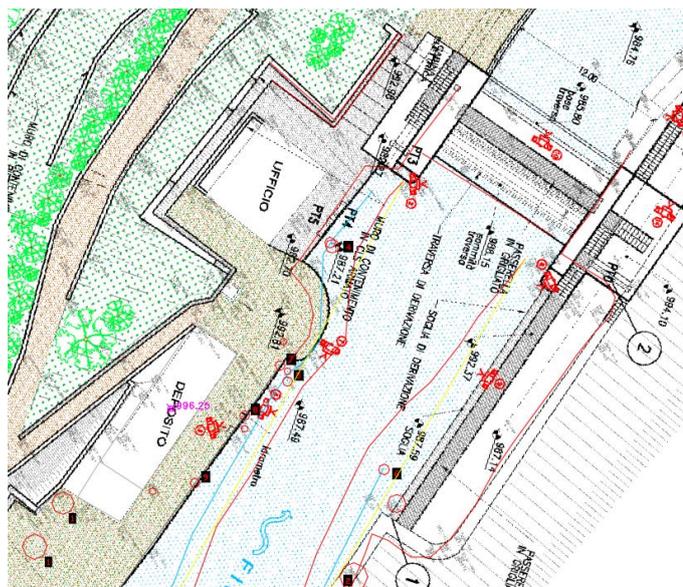


Figura 10 –Rilievo IREN. Del Progetto di riqualificazione impianto idroelettrico Salbertrand – Chiomonte

2.6.3 LIMITI DEL DTM E ASSETTO GEOMETRICO DI RILIEVO

Complessivamente il DTM utilizzato presenta una estensione di 1,3 km² con le seguenti statistiche:

Origin = (333035.00,4993919.80)

Corner Coordinates:

Upper Left (333035.000, 4993919.800)

Lower Left (333035.000, 4992490.000)

Upper Right (335148.800, 4993919.800)

Lower Right (335148.800, 4992490.000)

Center (334091.900, 4993204.900)

Minimum=986.671, Maximum=1038.814, Mean=1007.114, StdDev=10.057

La geometria di rilievo adottata presenta la risoluzione di 0.3x0.3 m per pixel in modo da poter conferire una buona verticalità agli elementi del territorio fortemente discontinui come le spalle dei ponti ed i muri esistenti, gli edifici e la traversa di valle. Tale risoluzione è il migliore compromesso tra l'esigenza di descrizione connessa alla resa del rilievo topografico puntuale, ove la traccia dei muri è rilevata in verticale, e la dimensione fisica dei dati che ovviamente aumenta all'aumentare della risoluzione.

Il rilievo è infine caratterizzato dall'aver rimosso, preliminarmente alla simulazione, la presenza dei cumuli di materiale di cava presenti sull'area prevista per l'insediamento del cantiere. Ciò in considerazione del fatto che l'area verrà consegnata a TELT libera dai suddetti cumuli e tale risulta essere la situazione di rilievo assunta come condizione ante-operam.

La rimozione dei cumuli di cava nel modello è stata operata tagliando i volumi degli stessi alla quota 996. Questo è stato un criterio di taglio dettato dal fatto che la carta tecnica del PRV, in scala 1:2000, ha equidistanza al metro e quindi risultava agevole effettuare il taglio attraverso la cancellazione delle curve di livello superiori a tale valore all'interno dei cumuli. La quota 996 infine rappresenta, con sufficiente approssimazione, le quote circostanti i cumuli, ancorché siano presenti nel rilievo delle porzioni di terreno poste, talvolta, a quote inferiori.

2.6.4 ASSETTO GEOMETRICO DI PROGETTO

I dati statistici delle condizioni di progetto, l'estensione planimetrica coperta, oltre che la risoluzione adottata, sono analoghe alle condizioni di rilievo. Rispetto alla precedente condizione tuttavia l'area di cantiere è stata introdotta in sostituzione del piano campagna di rilievo e, parimenti, si è introdotta la geometria delle spalle del ponte di cantiere.

Il criterio utilizzato è stato quello di ritagliare il DTM di rilievo introducendo la nuova geometria in modo che tutta la parte geometrica esterna al cantiere risulti invariata. Per effettuare questa operazione, i limiti planimetrici sono stati desunti dalla tavola PRV_C3A_7861_Area di cantiere Salbertrand_A.

I riferimenti altimetrici rispettano quanto riportato sulle sezioni A, B, C, D della tavola PRV_C3A_7863_sezioni trasversali_A e la parte terminale dell'area, a valle della sezione D, è stata raccordata dalle quote della sezione D (comprese tra 996 e 996.67) sino al fondo dell'area di cantiere assunto a quota 996.

In conclusione l'area di cantiere, rappresentata sulle tavole grafiche allegate alla presente relazione in termini di DTM, risulta debolmente inclinata sia dal versante verso il fiume sia longitudinalmente al fiume stesso.

La geometria adottata è predisposta dunque per lo scarico a gravità, non presenta quote inferiori alla quota di taglio dei cumuli e non è stata in alcun modo "innalzata" rispetto alle quote proposte nelle tavole del PRV pubblicato a luglio 2017.

3. ASSETTO IDROLOGICO

Nel presente paragrafo, sono indicati gli aspetti idrologici connessi con lo studio del moto vario bidimensionale. In esso si riprendono si riprenderanno i valori di massima portata al colmo per il Fiume Dora Riparia indicati nella direttiva sulla piena di progetto e nella documentazione tecnica disponibile dell'AdBPo.

Vi è necessità di definire, per lo studio del moto vario, non solo i valori di portata al colmo, ma anche un idrogramma significativo.

Per quanto concerne i valori di portata al colmo, le portate di massima piena determinate dall'AdBPo per la Dora Riparia nella piena di Salbertrand, sono le seguenti:

Tempo di ritorno (Anni)	Portata di massima Piena (m³/s)
50	283(**)
100	365 (**)
200	450(*)

(*)fonte: Relazione tecnica allegata alla deliberazione n°9 /2007 del comitato istituzionale dell’Autorità di Bacino del Fiume Po

(**)fonte: Studio di fattibilità della sistemazione idraulica nel tratto da Oulx alla confluenza in Po (Autorità di Bacino 2003).

Tabella 1 –Portata di massima Piena Dora Riparia a Salbertrand

Tali valori di portata sono gli stessi utilizzati nella modellazione 1D sviluppata nel PRV. La successiva analisi in moto vario ha per obiettivo la definizione di un idrogramma in ingresso al tratto in studio.

L’AdBPo nell’ambito della sua attività e competenza ha definito i valori di colmo citati in precedenza basandosi su analisi idrologiche complesse che comportano la definizione di idrogrammi di massima piena per la Dora Riparia in corrispondenza di vari punti significativi. Pertanto si sono acquisiti dall’AdBPo i suddetti idrogrammi disponibili.

In particolare nell’ambito dello “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del Fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po” redatto dalla stessa AdBPo sono stati definiti alcuni elaborati di riferimento di interesse:

- l’attività 3.2.1:”DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PIENA DI RIFERIMENTO” fornisce un idrogramma sintetico alla sezione di Salbertrand,
- la valutazione dell’effetto di laminazione è stato svolto nell’attività “3.2.2. RELAZIONE METODOLOGICA E DI ANALISI”.

In conclusione, per lo studio di moto vario e per l’implementazione del modello 2D corrispondente è stato scelto un idrogramma avente il colmo pari a quello riferibile all’attività 3.2.1 con analogo volume e durata temporale.

Sezione di Salbertrand: idrogrammi sintetici di piena

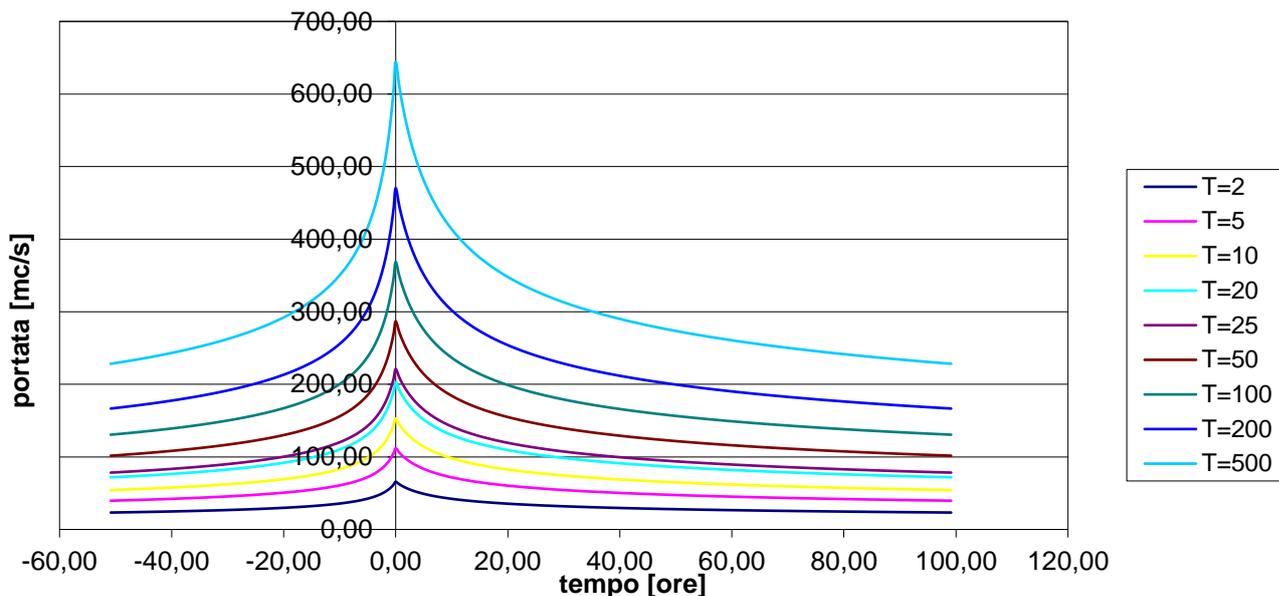


Figura 11 – Idrogrammi di piena a Salbertrand- attività 3.2.1 Studio fattibilità dell'AdBPo

Nel rispetto dei precedenti idrogrammi, nel modello sono stati introdotti i seguenti idrogrammi relativi alle 3 configurazioni idrologiche considerate con campionamento a 10 minuti nelle 8 ore di evento maggiormente significative a cavallo del colmo di piena:

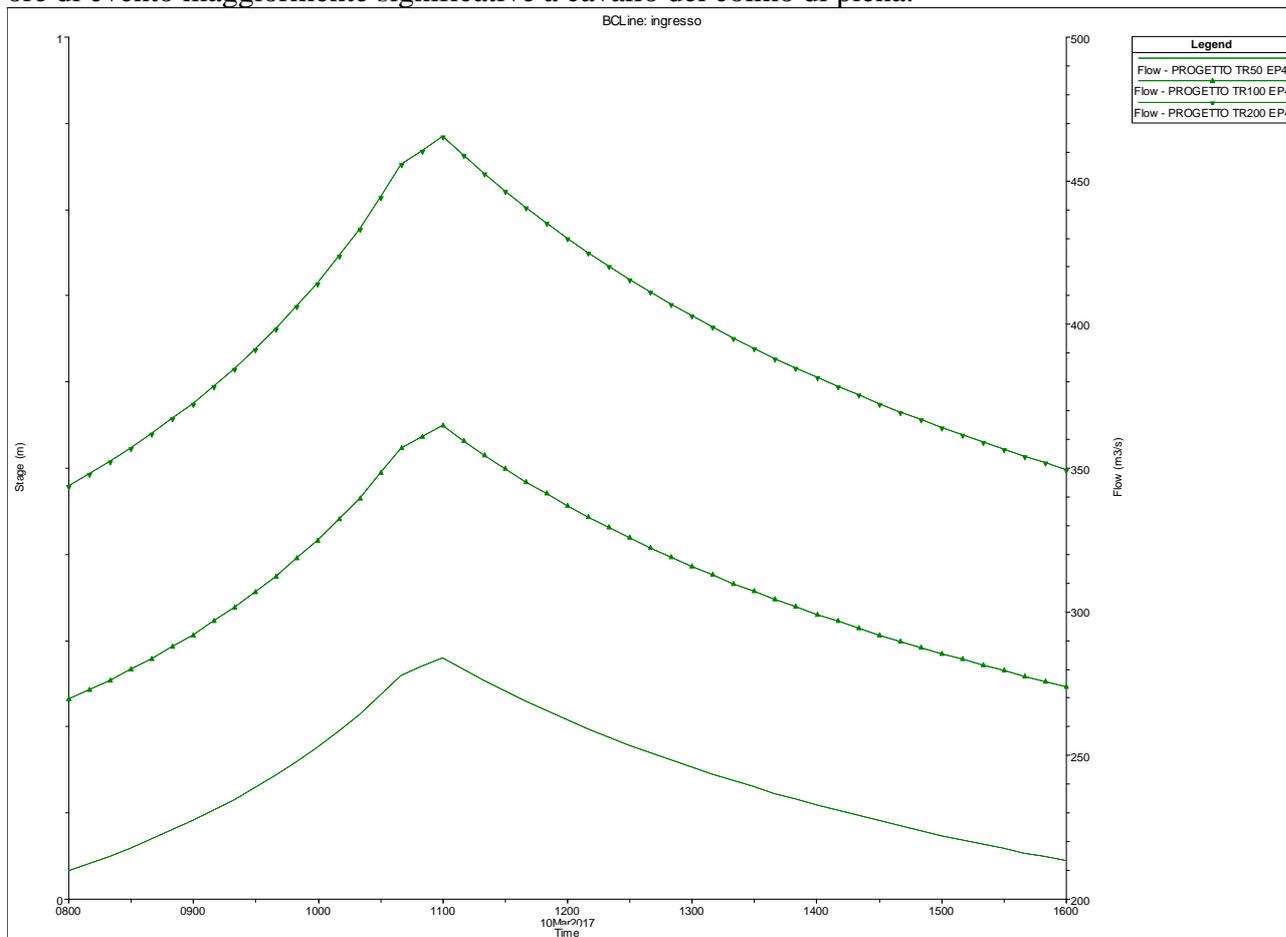


Figura 12 – Idrogrammi di piena utilizzati nel modello conformi alla Figura 11

4. CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA BIDIMENSIONALE

4.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO ADOTTATO

Il problema idraulico consiste nel calcolo delle grandezze idrauliche corrispondenti all'assegnata portata di piena, lo schema di calcolo adottato è quello bidimensionale di moto vario recentemente implementato dal codice HECRAS "River Analysis System" Versione 5.03 (U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center).

In modello in questione risolve le equazioni costitutive dei fluidi note come equazione di continuità e della quantità di moto (equazione dei momenti).

L'equazione di conservazione della massa (equazione di continuità) assume la seguente forma differenziale:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} + q = 0$$

(Dove H è il carico totale, h il tirante locale, u e v le velocità mediate sull'altezza lungo una delle direzioni x o y , t il tempo, q l'intensità degli eventuali afflussi o sottrazioni).

L'equazione dei momenti assume la forma:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -g \frac{\partial H}{\partial x} + v_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f u + fv \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -g \frac{\partial H}{\partial y} + v_t \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f v + fu \end{aligned}$$

Dove g è l'accelerazione di gravità, v_t rappresenta il coefficiente dell'Eddy viscosity orizzontale, c_f rappresenta il coefficiente d'attrito di fondo ed f il parametro di Coriolis.

La bidimensionalità è data dal fatto che le variabili sono calcolate su due dimensioni cartesiane x ed y e mediate invece sulla profondità e che le componenti lungo z delle grandezze idrauliche vettoriali sono trascurate.

Il modello 2D adottato infine risulta a fondo fisso senza componenti di trasporto solido. Nella configurazione adottata il risolutore numerico utilizza uno schema di risoluzione implicito ai volumi finiti e risolve le equazioni trascurando le accelerazioni di Coriolis. In condizioni "full momentum", ovvero considerando anche gli effetti della turbolenza secondo lo schema noto come Eddy viscosity, l'accelerazione di Coriolis deve essere cautelativamente tenuta in conto in quanto, nella sostanza, aggiunge elementi dissipativi. Essa risulta un'assunzione qualificante anche a fronte degli standard di modellazione 2D richiesti su altri progetti da AIPO o già utilizzati per la redazione del modello 2D della piana di Susa e Bussoleno nel Progetto Definitivo approvato.

4.2 DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI SIMULAZIONE

Le geometrie in precedenza definite come stato di fatto (o rilievo) e stato di cantiere sono state accoppiate agli idrogrammi relativi ai 3 tempi di ritorno analizzati (50 anni, 100 anni, 200 anni), individuando quindi 6 scenari complessivi di simulazione

Come richiesto inoltre dalle osservazioni della Regione Piemonte, le valutazioni dei tiranti devono tenere in conto della presenza del trasporto solido in via semplificata, ovvero devono cautelativamente prevedere di valutare un sopralzo per trasporto solido pari ad 1/3 del tirante liquido misurato in corrispondenza della massima profondità topografica dell'alveo.

Lo schema per la determinazione del sopralzo è stato così interpretato: si è determinata una costante di sopralzo solido per ciascuna sezione e, successivamente, tale sopralzo è stato sommato ai livelli variabili sulla sezione.

Ove finisce l'indicazione del livello liquido, il livello comprensivo di trasporto solido è esteso a quota costante. La seguente immagine risulta esplicativa dell'assunzione operata.

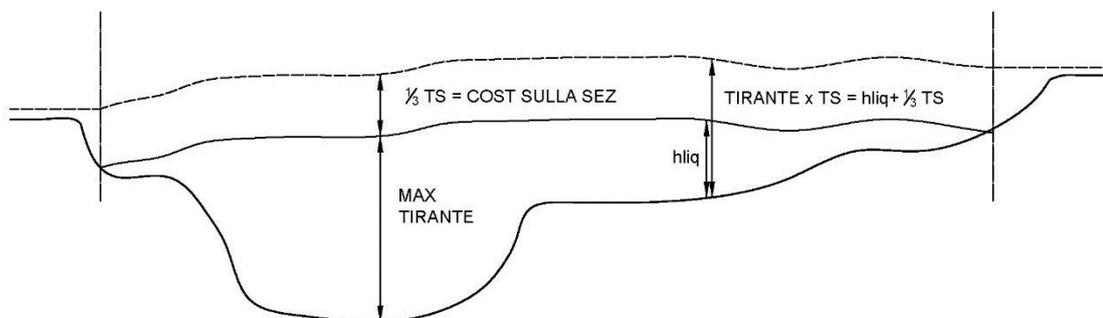


Figura 13 – Valutazione del sopralzo di livello per effetto del trasporto solido, schema grafico esplicativo

Si precisa che lo scenario relativo al trasporto solido è tracciato a partire dalla simulazione numerica liquida. Pertanto detto scenario determina sì dei livelli massimi, ma tuttavia vengono perse le altre informazioni relative alla dinamica del moto (velocità, direzioni di deflusso, etc.). Il sopralzo ed i livelli massimi dipendono poi dalla topografia della sezione, dal punto dove questa è tracciata ed il piano definito dall'involuppo di tali tiranti sulle varie sezioni potrebbe non essere riconducibile ad una dinamica realistica di piena. La presenza di avvallamenti potrebbe determinare variazioni del sopralzo ed infine la perimetrazione delle aree esterne alla fascia liquida è affidata a considerazioni di natura topografica e non più modellistica.

È evidente che dove il prolungamento a quota costante incontra la topografia della sezione dopo pochi metri risulta una perimetrazione più coerente rispetto a quella potenzialmente definibile per quelle zone ove un prolungamento della linea potrebbe portare a sovrastime eccessive oppure a condizioni indefinite per discese repentine del terreno o intersezioni di livelli differenti su sezioni diverse. Per tale ragione, in sede di resa grafica dello scenario di simulazione per trasporto solido, si sono distinte le perimetrazioni riconducibili ad una semplice estensione della linea di sopralzo, rispetto a quelle determinate invece con criteri morfologici e riconducibili a reinterpretazioni.

Ai 6 scenari di modellazione (portata liquida TR50, TR100, TR200 in condizioni di rilievo + portata liquida TR50, TR100, TR200 in condizioni di cantiere), si aggiungono pertanto altri 6 scenari caratterizzati da sopralzo per trasporto solido.

Complessivamente gli scenari indagati risultano riassunti nella tabella seguente:

Tempo di ritorno (anni)	Nome File terreno di riferimento in RAS MAPPER	RESULT di riferimento in RAS MAPPER	GEOMET RY FILE	UNSTEAD Y FLOW FILE	PLAN FILE	SOPRALZO PER TRASPORTO SOLIDO
50	RILIEVO18_3_TOT	RILIEVO TR50 EP	g02	u02	P06	NO
100	RILIEVO18_3_TOT	RILIEVO TR100 EP2s	g05	u03	P14	NO
200	RILIEVO18_3_TOT	RILIEVO TR200 EP2s	g03	u01	P15	NO
50	RILIEVO18_3_TOT	RILIEVO TR50 EP	g02	u02	P06	SI
100	RILIEVO18_3_TOT	RILIEVO TR100 EP	g05	u03	P14	SI
200	RILIEVO18_3_TOT	RILIEVO TR200 EP	g03	u01	P15	SI
50	PROGETTO4	PROGETTO TR50 EP4	g07	u02	P11	NO
100	PROGETTO4	PROGETTO TR100 EP4	g08	u03	P12	NO
200	PROGETTO4	PROGETTO TR200 EP4	g09	u01	P13	NO
50	PROGETTO4	PROGETTO TR50 EP4	g07	u02	P11	SI
100	PROGETTO4	PROGETTO TR100 EP4	g08	u03	P12	SI

200	PROGETTO4	PROGETTO TR200 EP4	g09	u01	P13	SI
-----	-----------	--------------------	-----	-----	-----	----

Tabella 2 – riassunto degli scenari considerati e riferimenti alle simulazioni

4.3 DEFINIZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO

Il DTM fornisce al modello la topografia di riferimento e una mesh (maglia, reticolo) in HEC RAS 2D definisce il dominio di calcolo, ovvero i punti ove le variabili idrauliche sono calcolate. Nel caso in esame essa è costituita da celle adiacenti disposte in forme strutturate (rettangoli o quadrati), oppure non strutturate (da 3 a 8 lati di forma variabile).

L'area di interesse è stata inclusa in un'unica mesh di calcolo del tipo "2D area" che comprende l'intera area di interesse, compreso il corso d'acqua.

La mesh implementata, di estensione al più uguale al DTM, nel caso in esame può essere adottata per tutte le differenti geometrie sottostanti. La risoluzione generale della cella di calcolo (parte del dominio strutturato) della mesh è stata assegnata pari a 9 x 9 m e successivamente infittita e dettagliata in corrispondenza dei corsi d'acqua e dei limiti significativi aventi funzionalità idraulica sino ad una risoluzione di 2 m circa o anche inferiore dove necessario (parte del dominio non strutturato). Complessivamente il dominio si estende per 0.72 km² ed è caratterizzato dalle seguenti caratteristiche medie:

```
Mesh contains: 9107 cells  
max cell (8408) = 205.25 (m2)  
min cell = 4.35 (m2)  
avg cell = 79.53 (m2)
```

Figura 14 – Caratteristiche del Mesh di calcolo

La dimensione delle celle non rappresenta per il modello HEC RAS 5.03 il limite della risoluzione. Il calcolo del risolutore in termini di area liquida, volume di invaso e raggio idraulico, si basa infatti sulla sottostante geometria e sulla risoluzione del DTM.

Il dominio di calcolo viene infine completato da una serie di "Break Lines" e "Internal Connection" che rappresentano limiti fisici della geometria e, nel caso, manufatti particolari quali muri ed attraversamenti puntuali.

Mediante "Break Lines" è stato fornito al modello un maggiore dettaglio di celle nelle zone maggiormente dissipative e con potenziali problematiche numeriche.

Utilizzando invece le opzioni "Internal Connection" si sono descritti nel dettaglio gli attraversamenti esistenti o in progetto, pur non essendo possibile, nella versione del software proposta, descrivere tratti tombinati di estensione notevole (che connettono celle non contigue).

Nel seguito la rappresentazione sintetica del dominio ed alcune inquadrature di interesse

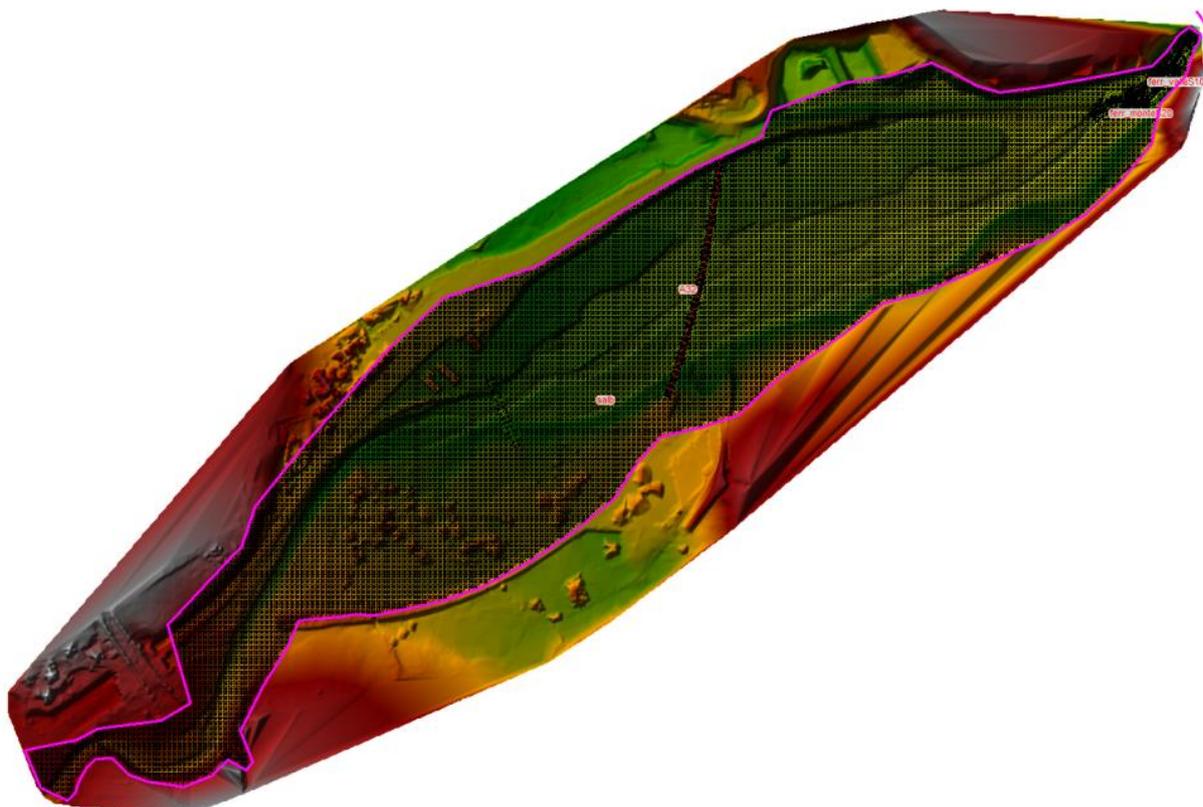


Figura 15 – dominio di calcolo totale impostato sul sottostante DTM – esempio geometria rilievo

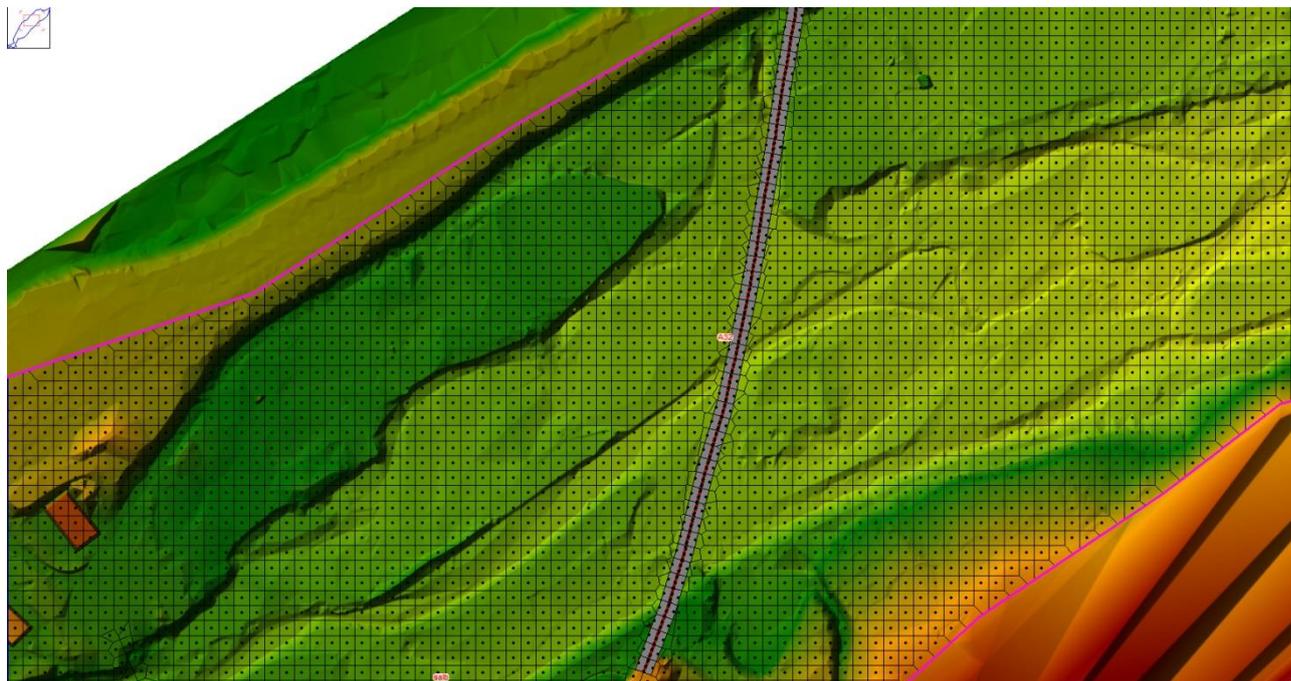


Figura 16 – Dettaglio dominio di calcolo zona Viadotto A32

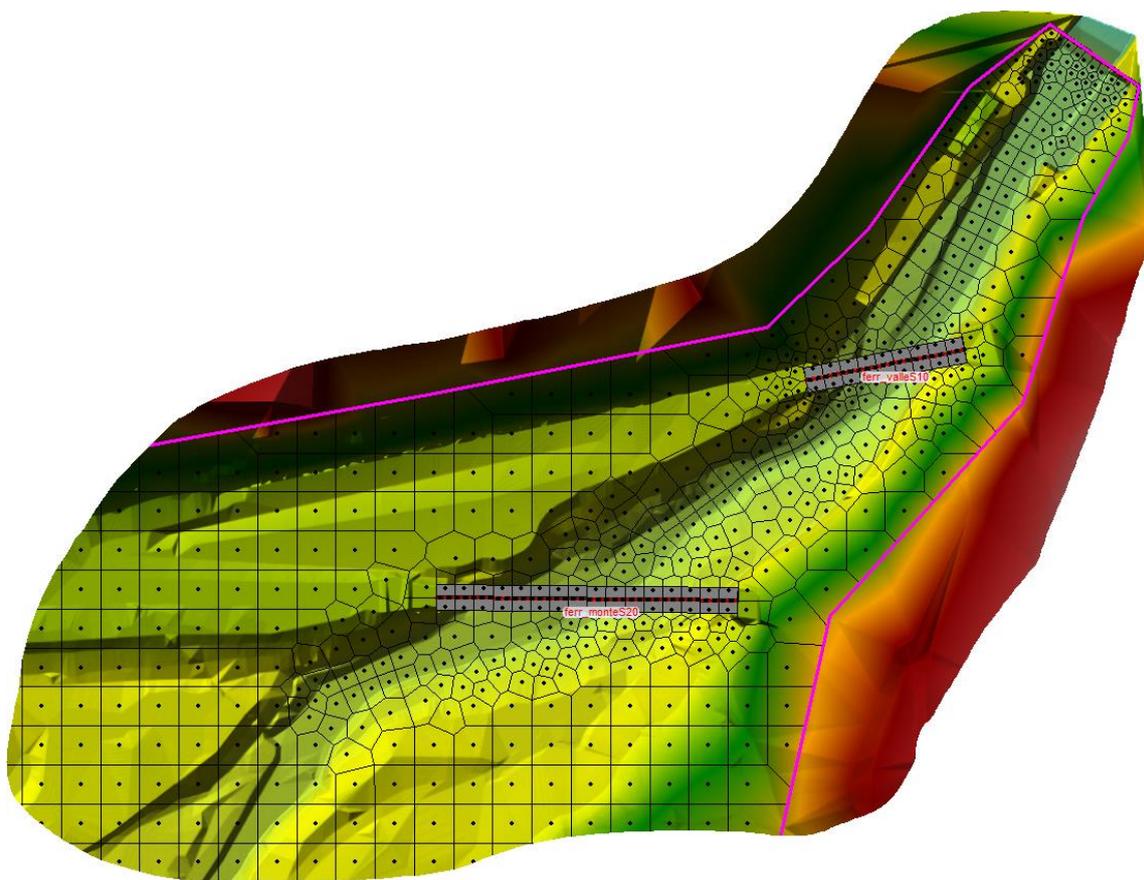


Figura 17 – dominio di calcolo dettaglio zona ponti ferroviari e traversa di Serre La Voute

In conclusione le assunzioni geometriche, sia per quanto riguarda la descrizione delle aree che per quanto attiene alla trasposizione di queste all'interno del modello, si ritengono sufficientemente curate ed esaustive delle esigenze di dettaglio e modellazione.

4.4 DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO INGRESSO/USCITA

Per ciascuno dei precedenti scenari sono state introdotte le differenti condizioni al contorno relative allo scenario stesso. In particolare nel modello 2D è stato imposto l'ingresso della portata nella zona di monte del dominio (sezione 190) mediante l'introduzione degli idrogrammi precedentemente descritti.

A valle il dominio è stato attestato alla soglia della traversa di Serre La Voute dove è stata imposta una condizione al contorno di tipo "friction slope", ovvero una pendenza del pelo libero verso valle pari al 10% per determinare il richiamo verso l'altezza critica dovuto allo scivolo della traversa stessa, certamente svincolato, in uscita. La pendenza motrice adottata a valle infine è certamente inferiore a quella reale presente a valle soglia, pertanto non vi sono assunzioni al contorno di uscita tali da creare accelerazioni anomale o effetto di richiamo superiore a quello reale della traversa stessa.

4.5 SCABREZZA

Il coefficiente di scabrezza per il modello 2D è stato assunto pari a $0.05 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ ($20.0 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ C di Strickler), sia per le sponde sia per il fondo alveo. La scelta effettuata, confermata dai valori adottati in letteratura, è conforme alle indicazioni espresse dalla Regione Piemonte riportate in Premessa.

Non si è ritenuto di adottare valori di scabrezza ancora più severi in quanto non si sono riscontrati irragionevoli valori di velocità ed inoltre nel tratto in esame non sussistono zone particolarmente vegetate o con ostacoli al deflusso tali da giustificare significativi incrementi del suddetto valore. Le precedenti considerazioni, considerato l'andamento estremamente regolare della profilatura prevista, valgono anche per le aree di cantiere (in questo caso il valore di scabrezza adottato risulta fortemente cautelativo).

4.6 MODELLAZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI

Il modello HEC RAS nella versione 5.03 non consente di introdurre i ponti con tutte le caratteristiche geometriche previste dall'approccio 1D all'interno di una 2D area, il modello consente invece di inserire delle "internal connections" che, per tali manufatti, prevedono delle "Structure type". Nel dettaglio viene richiesto se considerare l'internal connection come "Weir" oppure "Weir and Culvert".

Inoltre per il "Weir" occorre indicare se modellare il flusso al sopra del manufatto con la "normal2Dequation" o con la "weir equation".

Sulla base dei livelli calcolati senza ponti è stato possibile definire per quali profili di portata i manufatti generano interferenza rispetto alla quota di impalcato.

Se il manufatto non genera particolare interferenza il ponte è stato implementato come "internal connections" del tipo "Weir" ovvero senza impalcato. Questa assunzione ha il vantaggio di assegnare esattamente il fondo del DTM al manufatto con la sola larghezza delle spalle, ostacoli puntuali a simulare le pile ed a determinare eventuali restringimenti dell'alveo.

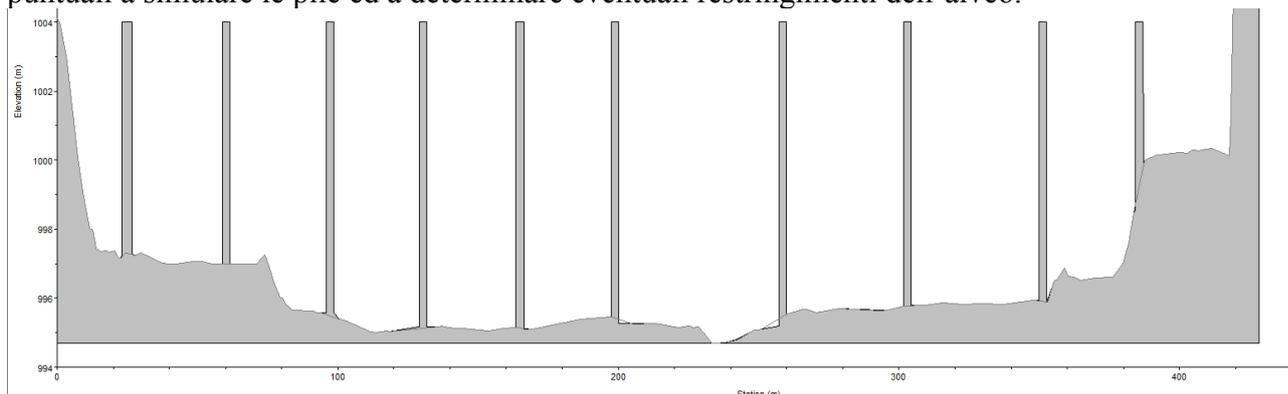


Figura 18 – Esempio "internal connections" del tipo "Weir" viadotto A32 rilievo –sezione di modello adottata

Se il manufatto, al contrario, genera un'interferenza significativa il ponte è stato implementato come "internalconnections" ma del tipo "Weir and Culvert" e la luce di deflusso è stata "approssimata" con una forma scatolare. Le approssimazioni mediante Culvertin HEC RAS hanno forme definite, generalmente con fondo piatto, che quindi non tiene in conto della variabilità del fondo alveo in corrispondenza del ponte stesso.

Pertanto è possibile che tali manufatti, oltre che essere rigurgitati, siano poi anche meno capaci nella versione 2D del modello (VS 1D) poiché, soprattutto per gli alvei a "V", risulta di difficile implementazione la geometria del fondo alveo mediante uno scatolare piatto di tipologia culvert.

In conclusione l'effetto di rigurgito creato da un ponte insufficiente nel modello 2d è certamente cautelativo ed in generale comporta sopralzi maggiori rispetto alla modellazione 1D tradizionale.

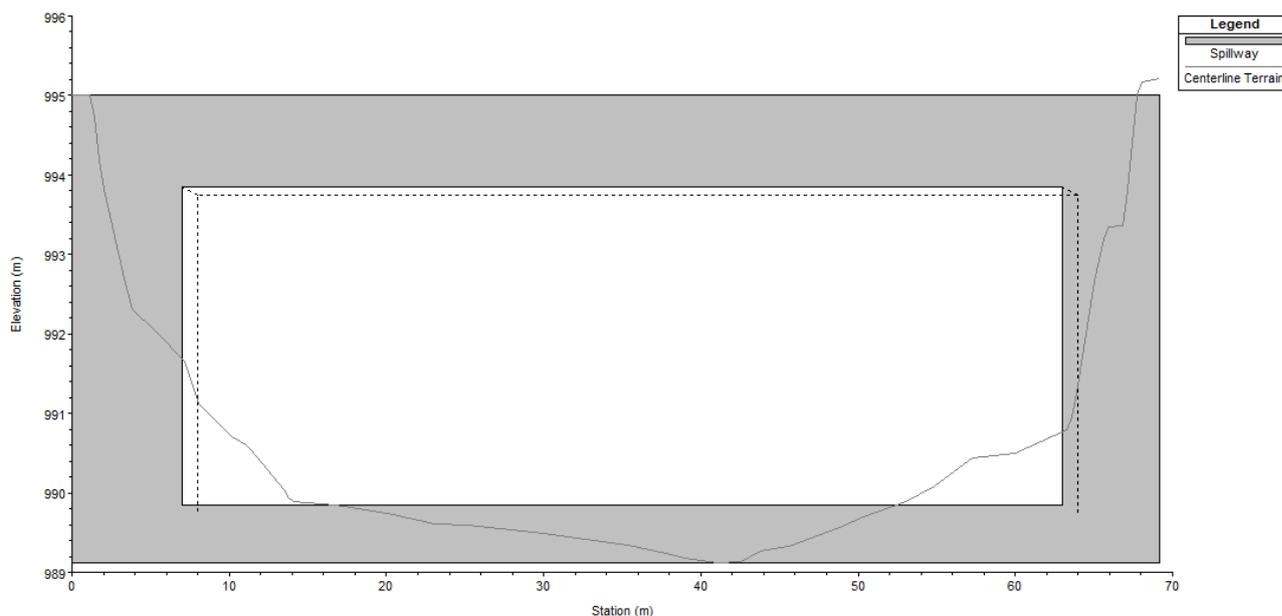


Figura 19 – Esempio “internal connections” del tipo “weir and culvert” sezione 20 per $TR > 50$ –sezione di modello adottata

In conclusione le condizioni al contorno interne al modello 2D per i manufatti risultano le seguenti:

Nome	Descrizione	Tempo di ritorno	Geometria	Tipo di connessione	Overflow computation method
pontecantiere	Ponte di cantiere previsto sulle sezione 115	tutti	Solo progetto	Weir	Normal 2D equation
A32	Viadotto della autostrada A32	tutti	Rilievo e progetto	Weir	Normal 2D equation
ferr_monteS20	Ponte della ferrovia binario direzione Bardonecchia sulla sezione 20	50 anni	Rilievo e progetto	Weir	Normal 2D equation
ferr_monteS20	Ponte della ferrovia binario direzione Bardonecchia sulla sezione 20	100 e 200 anni	Rilievo e progetto	Weir and culvert	Normal 2D equation
ferr_valleS10	Ponte della ferrovia binario direzione Torino sulla sezione 10	50 anni	Rilievo e progetto	Weir	Normal 2D equation
ferr_valleS10	Ponte della ferrovia binario direzione Torino sulla sezione 10	100 e 200 anni	Rilievo e progetto	Weir and culvert	Normal 2D equation

Tabella 3 – riassunto condizioni al contorno interne al modello 2D per i manufatti con riferimento alle simulazioni

5. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI E MODALITÀ DI DEFLUSSO IN PIENA

5.1 CONDIZIONI IDRAULICHE ATTESE E RAFFRONTI CON SIMULAZIONE ANTECEDENTE

La simulazione implementata risulta raffrontabile sebbene in alcuni punti differisca dalla precedente simulazione 1D.

Occorre premettere che per profondità di indagine e completezza di simulazione la presente analisi certamente supera per attendibilità quanto sviluppato in precedenza.

Per buona parte, dove la dinamica del modello 2D è vicina alla dinamica monodimensionale, i livelli liquidi del modello 2D rispetto ai livelli monodimensionali del livello 1D sono comparabili.

Nelle zone dove invece i fenomeni dissipativi diventano importanti, come accade per i due ponti ferroviari posti a valle della zona di cantiere, i flussi compiono importanti curvature e le sezioni si stringono favorendo lo sviluppo di dinamiche bidimensionali. In questo caso il livello 2D, che tiene in conto di tali fenomeni dissipativi, presenta coerentemente tiranti superiori rispetto al livello 1D.

Un esempio di tali differenze è rappresentato dalle due rappresentative sezioni seguenti: la sezione 20 dove in corrispondenza del ponte il livello 2D (in legenda “tirante”) è superiore all’1D e la sezione 70 dove invece i due livelli sono comparabili.

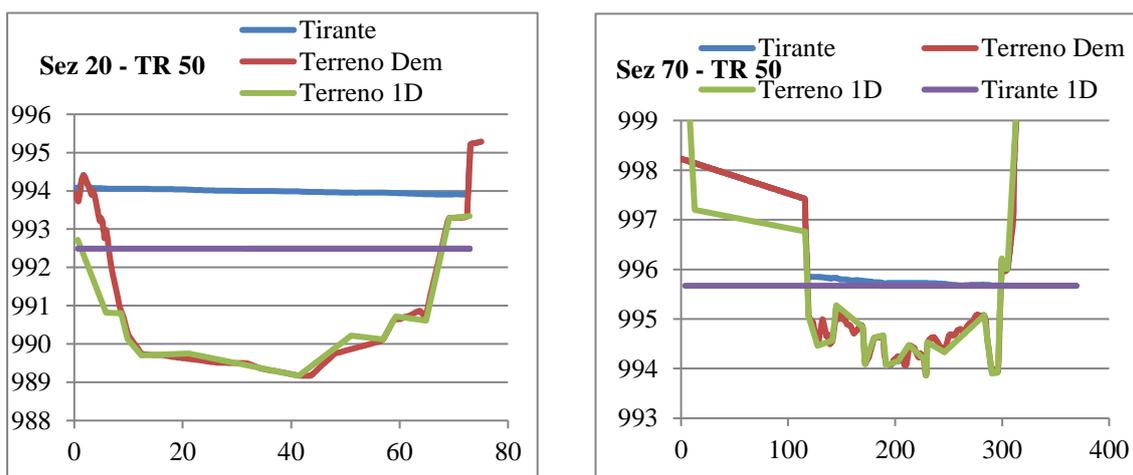


Figura 20 – Raffronto modellazione 1D e modellazione 2D - sezione 20 a destra e sezione 70 a sinistra - TR50 anni

5.2 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI PROPAGAZIONE DELLA PIENA E VOLUME DI INVASO

Gli effetti di laminazione dell’onda di piena nel tratto in esame, sebbene la piana di Salbertrand costituisca effettivamente una zona di espansione e rallentamento del corso d’acqua, sono limitati. Questo in parte per l’estensione del tratto indagato nel modello (gli effetti di laminazione per un corso d’acqua com’è la Dora a Salbertrand si esplicano su distanze maggiori - a scala di bacino) ed in parte per le pendenze di fondo che comunque non sono pendenze propriamente “fluviali” dove si innescano i fenomeni di laminazione.

Nel caso in esame il seguente grafico è rappresentativo della simulazione con tempo di ritorno di 200 anni in condizioni di rilievo.

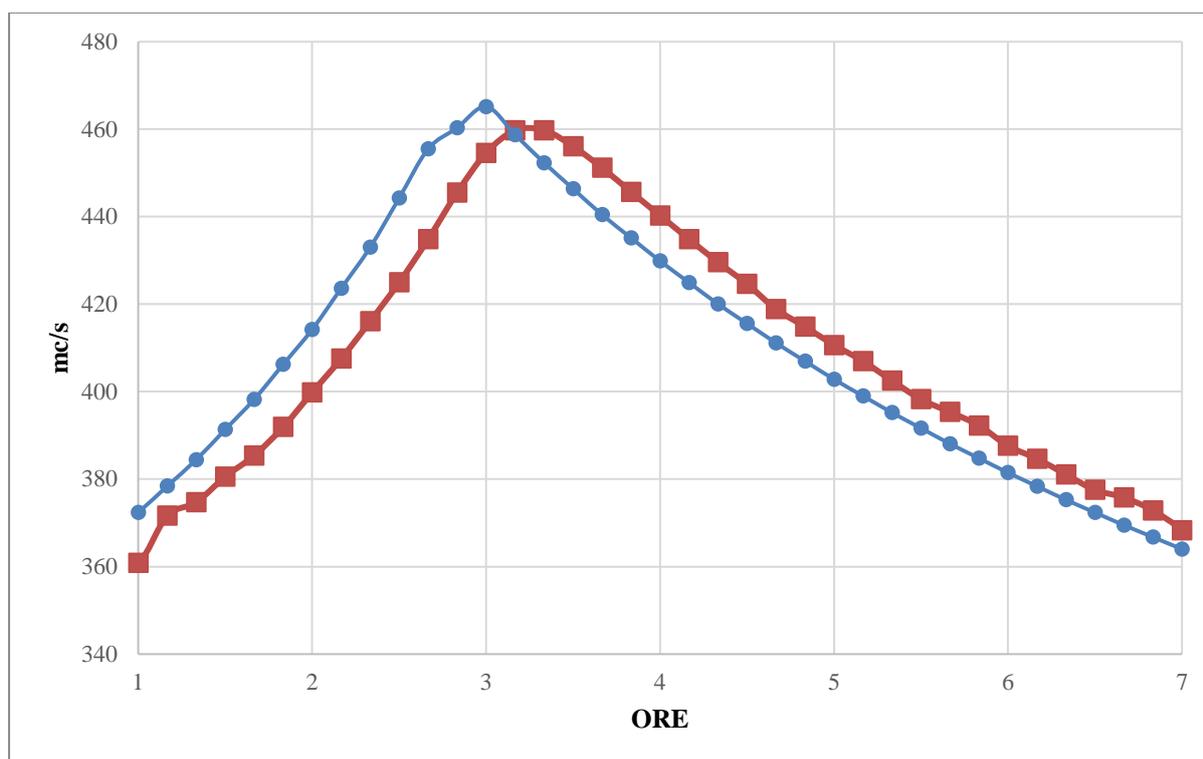


Figura 21 – Raffronto tra idrogramma in ingresso ed idrogramma in uscita TR 200 anni condizioni di rilievo

Il modello evidenzia, come risulta evidente nel precedente grafico, che si verifica una traslazione temporale del colmo tra ingresso ed uscita del modello pari a circa 20 min ed una riduzione del colmo di circa 5 m³/s massimi rispetto al valore in ingresso pari a 465 mc/s. ; pertanto nel tratto esaminato gli effetti di laminazione sono di fatto trascurabili già nelle attuali condizioni naturali.

Le seguenti tabelle riassumono le valutazioni in termini di variazione della portata, variazione nel tempo e volume complessivo dell'idrogramma nelle condizioni di rilievo e progetto. Le minime corrispondenze tra i valori di rilievo e progetto dimostrano come le variazioni siano sostanzialmente lievi e tali da ritenersi dell'ordine di grandezza della sensibilità del modello.

Sezione di ingresso	Q max (m ³ /s)	tempo "ad evento" di modello (ore)	Volume porzione di idrogramma simulato (ore 8:00-16:00) 1000*mc
RILIEVO TR50	283.69	11:00	6971.73
RILIEVO TR100	364.51	11:00	8958.05
RILIEVO TR200	465.16	11:00	11431.48
CANTIERE TR50	283.69	11:00	6971.73
CANTIERE TR100	364.51	11:00	8958.05
CANTIERE TR200	465.16	11:00	11431.48

Rapport hydraulique : développement modèle bidimensionnel / Relazione idraulica : sviluppo modello bidimensionale

Sezione di uscita	Q max (m ³ /s)	tempo "ad evento" di modello (ore)	Volume porzione di idrogramma simulato (ore 8:00-16:00) 1000*mc
RILIEVO TR50	281.2	11:20	6951.99
RILIEVO TR100	362.49	11:20	8932.33
RILIEVO TR200	459.01	11:20	11421.80
CANTIERE TR50	281.24	11:20	6955.15
CANTIERE TR100	363.42	11:20	8913.27
CANTIERE TR200	459.76	11:20	11392.79

Tabella 4 – Confronto ingresso/uscita - rilievo/cantiere relativamente a tempo di percorrenza, variazione portate al colmo e volume dell'idrogramma

Come si vede, l'effetto del cantiere rispetto alle condizioni attuali, in termini di influenza sulla dinamica di laminazione, è di fatto nullo; tale situazione è imputabile principalmente al fatto che le aree esondabili pre e post opera risultano di fatto praticamente identiche e, come sarà più evidente nel seguito, di dimensioni trascurabili (nulle per TR 50) rispetto alle aree effettivamente interessate dai deflussi e dalla dinamica di piena.

Nella seguente tabella, oltre ai valori al colmo, si riportano gli elementi utili a valutare l'estensione dell'area esondata nelle diverse configurazioni e tempi di ritorno calcolati sulla base degli output di modello.

TR	AREA ESONDATA AL COLMO NEL TRATTO RILIEVO (m ²) (1)	AREA ESONDATA AL COLMO NEL TRATTO CANTIERE (m ²) (2)	DELTA (m ²) (2-1)	DELTA %
50	250937	239655	- 11282	- 4.50
100	295039	263307	- 31733	- 10.76
200	326898	289298	- 37600	- 11.50

Tabella 5 – Confronto rilievo/cantiere relativamente all'area esondata al colmo

Analogamente per i volumi:

TR	VOLUME INVASATO AL COLMO NEL TRATTO - RILIEVO (m ³) (1)	VOLUME INVASATO AL COLMO NEL TRATTO - CANTIERE (m ³) (2)	DELTA (m ³) (2-1)	DELTA %
50	400417	389512	- 10905	- 2.72
100	573058	545996	- 27061	- 4.72
200	666919	625449	- 41470	- 6.22

Tabella 6 – Confronto rilievo/cantiere relativamente al volume invasato al colmo

In conclusione è evidente che le variazioni complessive in termini di laminazione dell'idrogramma, di estensione delle esondazioni e di variazione del volume invasato sul tratto di modello, non siano variazioni tali da influenzare in modo rilevabile la dinamica di piena.

In particolare le precedenti considerazioni sull'invarianza idraulica sono fondate se si considera che il calcolo del volume di invaso di rilievo è "teorico" ovvero che è quello disponibile se non vi fossero i cumuli di materiale sulle aree di cava. Tale differenza (presenza o meno dei cumuli) è quella che più influenza le differenze maggiori, ovvero quelle relative al TR 200.

In questo senso l'intervento di sistemazione dell'area di cantiere e la successiva restituzione finale dell'area permetteranno un riordino complessivo di una zona che da anni risulta in stato di "mancanza di gestione" anche con riferimento alle potenziali dinamiche di carattere idraulico.

5.3 SIMULAZIONE DELLE CONDIZIONI DI RILIEVO

Nelle condizioni di rilievo la dinamica di piena (intesa come simulazione 2D della sola portata liquida) è rappresentata sia nelle tavole grafiche, che rendono le risultanze del modello, sia nelle tavole grafiche di involucro della massima esondazione che, peraltro, a partire dai dati della simulazione liquida, delimitano anche l'esondazione per trasporto solido sulla base topografica. Per riassumere le condizioni di rilievo si riportano le seguenti immagini sintetiche del modello:

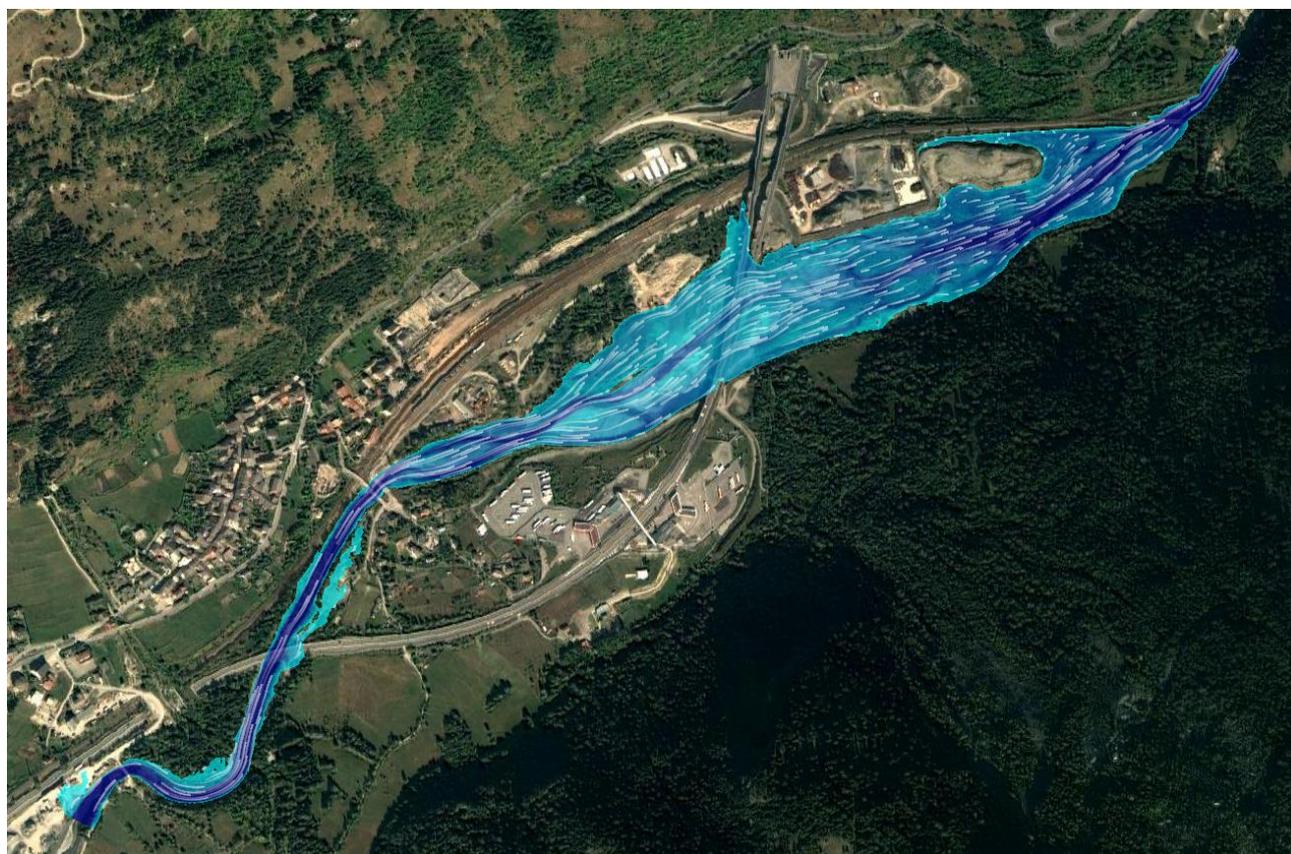


Figura 22 – Simulazione TR 50 su foto aerea – condizione di rilievo – tiranti con particle tracing

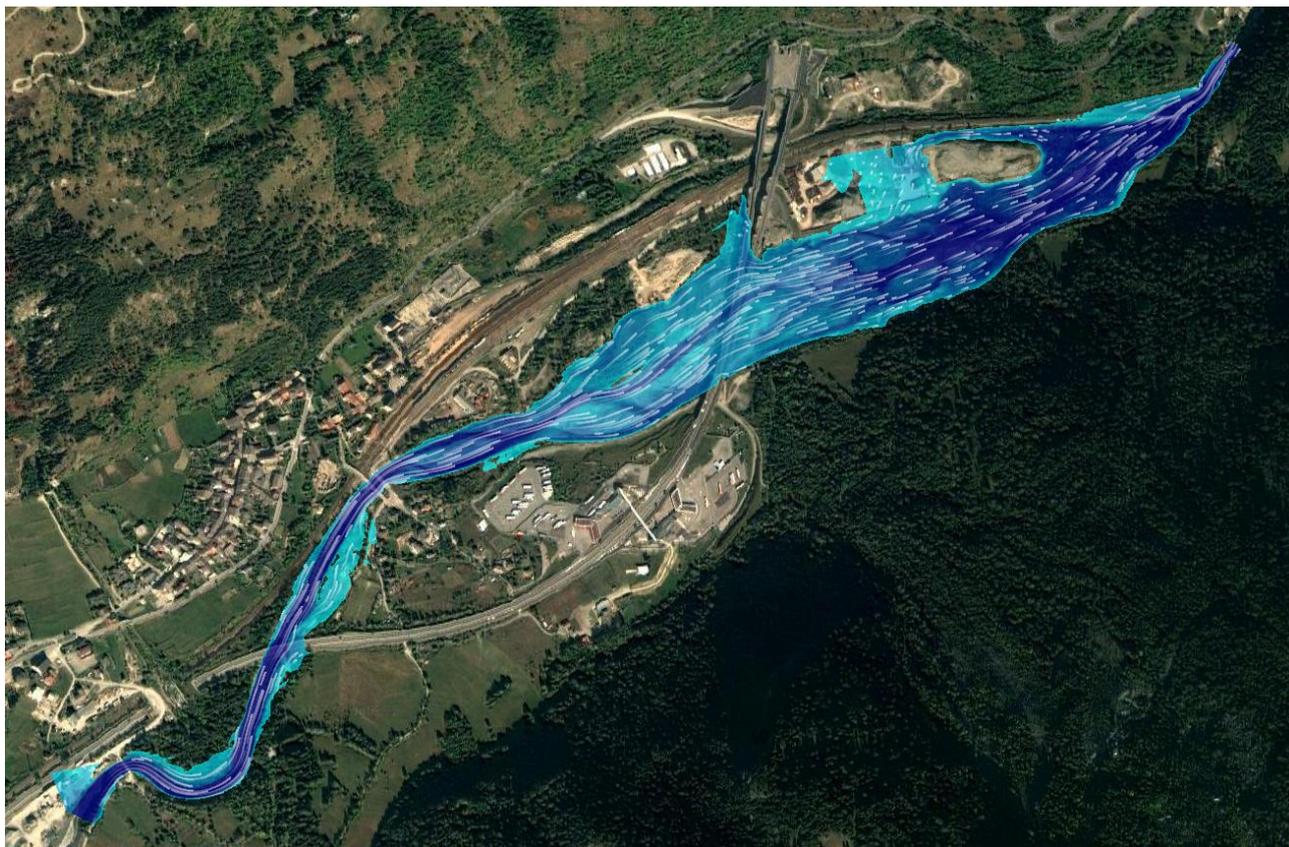


Figura 23 – Simulazione TR 100 su foto aerea – condizione di rilievo – tiranti con particle tracing

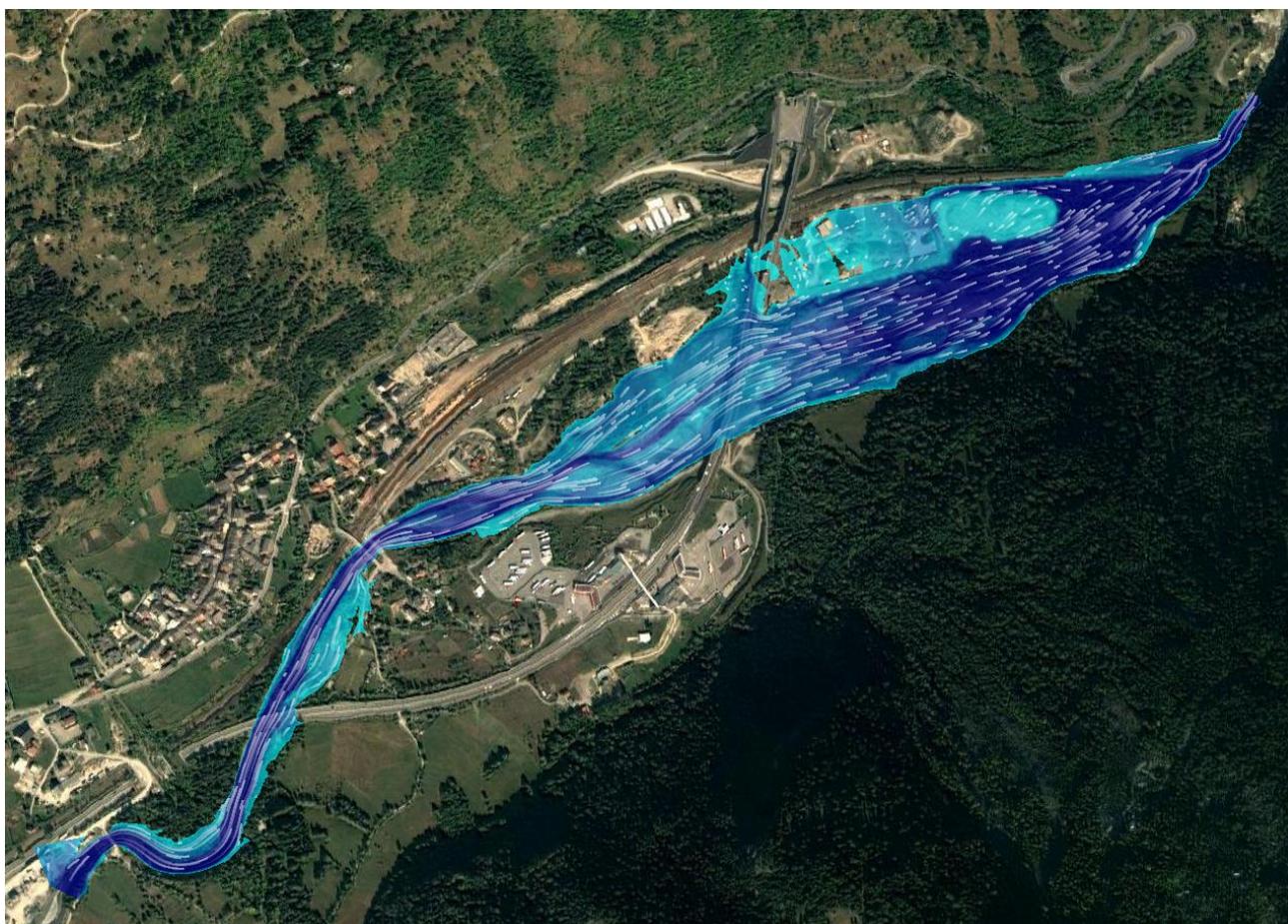


Figura 24 – Simulazione TR 200 su foto aerea – condizione di rilievo – tiranti con particle tracing

In generale si osserva che come ovvio l'esondazione verso le aree di cantiere, ad oggi costituite in buona parte da aree di cava, avviene progressivamente al crescere del tempo di ritorno dell'evento e soprattutto a valle del viadotto A32 verso la sponda sinistra.

Per TR 50 si verifica un allagamento a ritroso delle zone retrostanti le aree oggi occupate dai cumuli poiché tali aree sono drenate da un fosso di scolo delle aree retrostanti la ferrovia, il cui tracciato è interessato dalla piena. Progressivamente, per TR 100, a tale dinamica di risalita a ritroso si aggiunge anche una esondazione diretta che si verifica poco a valle del viadotto A32 in quanto le sponde presentano una conformazione irregolare con alcuni varchi puntuali. I tiranti sull'area in tal caso sono nell'ordine dei 20 - 30 cm ed interessano generalmente le zone maggiormente depresse a bassa energia costituite dai piazzali e della viabilità poco più basse della quota 996 (quota di taglio dei cumuli).

Per TR 200 infine, anche la zona del "taglio" dei cumuli alla quota 996 viene interessata da una limitata esondazione 30-40 cm, mentre nelle zone più depresse dei piazzali possono verificarsi tiranti anche intorno al metro. Di fatto per TR 200 l'area a valle del viadotto dell'A32 risulta interessata da esondazioni caratterizzate da livelli e velocità molto ridotti.

Anche al di sotto del viadotto A32, in sinistra, vi è una zona depressa facilmente esondabile a partire già da TR 50 tale area risulta una incisione trasversale presumibilmente di origine antropica connessa alla realizzazione del viadotto stesso.

Per quanto riguarda le restanti aree a monte del viadotto A32 non si verificano particolari esondazioni anche nelle zone dove le documentazioni di carattere storico esplicitate nel paragrafo 2.5 indicherebbero una tendenza all'esondazione verso sinistra. Tale situazione non si verifica, o non si verifica più, per effetto delle attuali quote di sponda, protette da una difesa longitudinale, perlomeno sino a tutta l'area compresa nella regione Illes Neuves dal ponte sulla Dora sino all'area depressa al di sotto del viadotto A32.

Nell'ambito del dissesto descritto in precedenza, un ruolo preponderante hanno i ponti ferroviari che, per come sono stati modellati e per la loro geometria, sono tali da innescare verso monte un certo rigurgito. In particolare a partire da TR 100 (ed ancora di più da TR 200) il livello calcolato dal modello supera la quota di impalcato. Tale evenienza porterebbe all'imbocco delle due gallerie una parte delle acque esondate verso destra. Tuttavia un dissesto di tale portata non è stato mai segnalato in passato e, pertanto, si ritiene debba essere attribuito agli effetti cautelativi indotti dalle assunzioni del modello 2D.

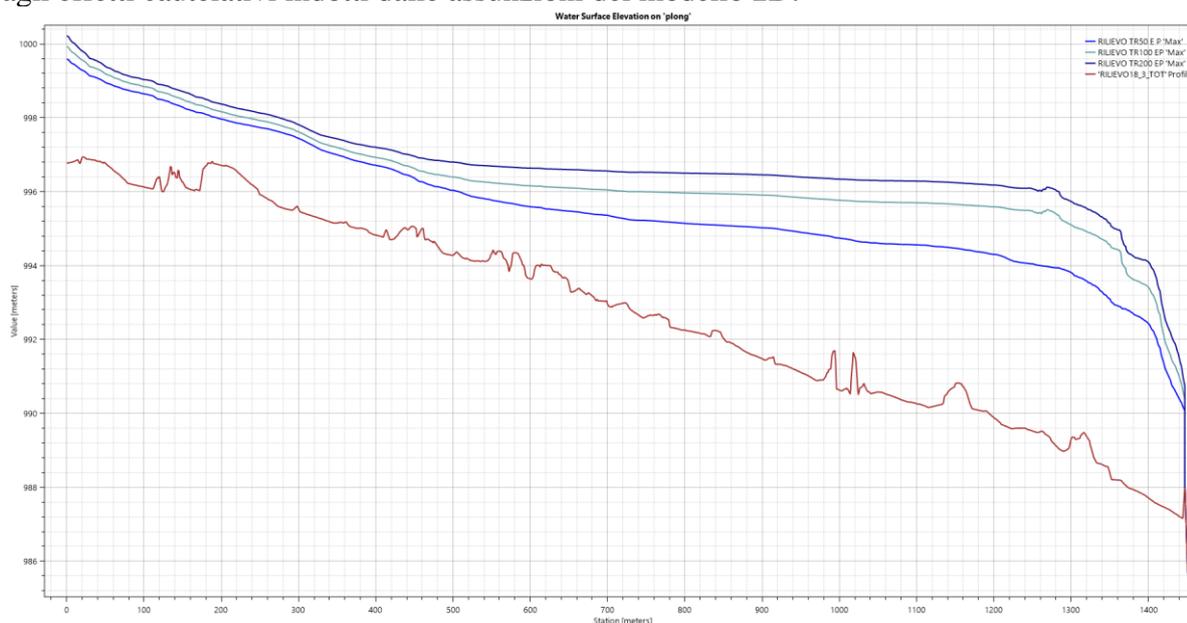


Figura 25 – Profilo longitudinale tratto di valle del modello Simulazione TR 50-100-200– condizione di rilievo

Per facilitare la lettura delle suddette condizioni, nel soprastante profilo sono rappresentate indicativamente le 3 condizioni di rilievo.

Il profilo riportato rappresenta un tratto di modello di circa 1450 m dalla sezione 110 sino alla traversa di Serre La Voute. Le eventuali irregolarità del fondo non sono “reali” ma dovute al fatto che talvolta la linea utilizzata per il profilo ha intersecato punti non di fondo alveo, il fondo alveo del modello è invece regolare.

A partire da valle profilo si osservano: un richiamo legato alla presenza della traversa di Serre la Voute cui seguono, verso monte (progressiva 1360: ponte ferrovia sezione 10 e progressiva 1270: ponte ferrovia sezione 20) i due evidenti ostacoli al deflusso costituiti dai ponti ferroviari. I due ponti ferroviari determinano dunque il dissesto/rigurgito verso monte e per circa 800 m (da progressiva 1300 a 500) i livelli sono notevolmente influenzati da valle. Da notare che la zona del rigurgito è quella in cui si riscontra una maggiore differenza tra i livelli 1D e 2D. Il rigurgito si esaurisce in corrispondenza della sezione 70 dove i livelli 1D e 2D tornano ad essere simili. In conclusione si ritiene che il modello 2D sviluppato consenta, in particolare nella zona in esame, di simulare in modo corretto l'effetto della traversa e dei due ponti, costituendo in questo un significativo approfondimento dell'approccio precedente 1D. Si ribadisce inoltre che l'approccio di calcolo del tirante liquido in HEC 2D alla luce di tutte le precedenti considerazioni è quindi certamente più cautelativo rispetto all'approccio 1D.

In condizioni di sopralzo per trasporto solido, si può dire che la precedente dinamica descritta per le sole condizioni liquide, risulta accentuata in termini di tiranti in quanto “mediamente” i tiranti liquidi massimi, su ciascuna sezione, sono compresi nella zona del cantiere tra 3 e 4 m. Il sopralzo calcolato ammonta dunque a valori compresi tra 1 ed 1,3 m.

La dinamica di esondazione in tal caso potrebbe interessare anche le aree a tergo ferrovia a valle viadotto A32, per risalita dal fornice di scarico per TR 50 e per scavalco del rilevato ferroviario per i TR superiori. Sulle restanti aree in sinistra, specialmente a valle A32, i tiranti di esondazione sono notevolmente incrementati.

E' tuttavia nuovamente utile precisare che, per le valutazioni comprensive di trasporto solido, non è propriamente corretto parlare di "dinamica" poiché l'approccio utilizzato, coerente con le indicazioni regionali, prevede un semplice sovralzo del massimo tirante liquido; pertanto i livelli che ne derivano non vanno interpretati quale effetto di una vera e propria dinamica idraulica, quanto piuttosto vanno considerati in termini di inviluppo di aree interessabili sulla base della quota topografica delle stesse riportate al tirante acqua+solido.

A riprova di quanto affermato, le analisi indicano che a monte del viadotto A32 in destra si verifica, per sopralzo di trasporto solido, un'esondazione verso la borgata Gravière che non sarebbe prevista nemmeno dalla fascia idraulica C.

In particolare, imboccando i due attraversamenti stradali sotto la A32 del Viale Europa e di Via Giuseppe Rey, l'esondato potrebbe giungere alla borgata Gravière, nella zona di case compresa tra l'Autogrill ed il fiume. Sulla sponda opposta potrebbe poi essere interessato il cimitero di Salbertrand.

Una rappresentazione completa sia in termini planimetrici che di sezione è stata riportata nelle tavole grafiche allegate al presente approfondimento bidimensionale.

5.4 SIMULAZIONE DELLE CONDIZIONI DI CANTIERE

Analogamente alle condizioni ante opera, anche quelle di cantiere risentono in maniera notevole della presenza dei ponti ferroviari posti a valle dell'area in esame. I livelli di cantiere rispetto ai livelli di rilievo risultano in linea con le variazioni contenute evidenziate già anche nei paragrafi precedenti.

Nel seguito sono riportate le stesse immagini precedenti inserendo le condizioni di cantiere.

Per il cantiere la rappresentazione della base topografica è fornita dal DTM di cantiere, più consona alla descrizione grafica della sottostante geometria.

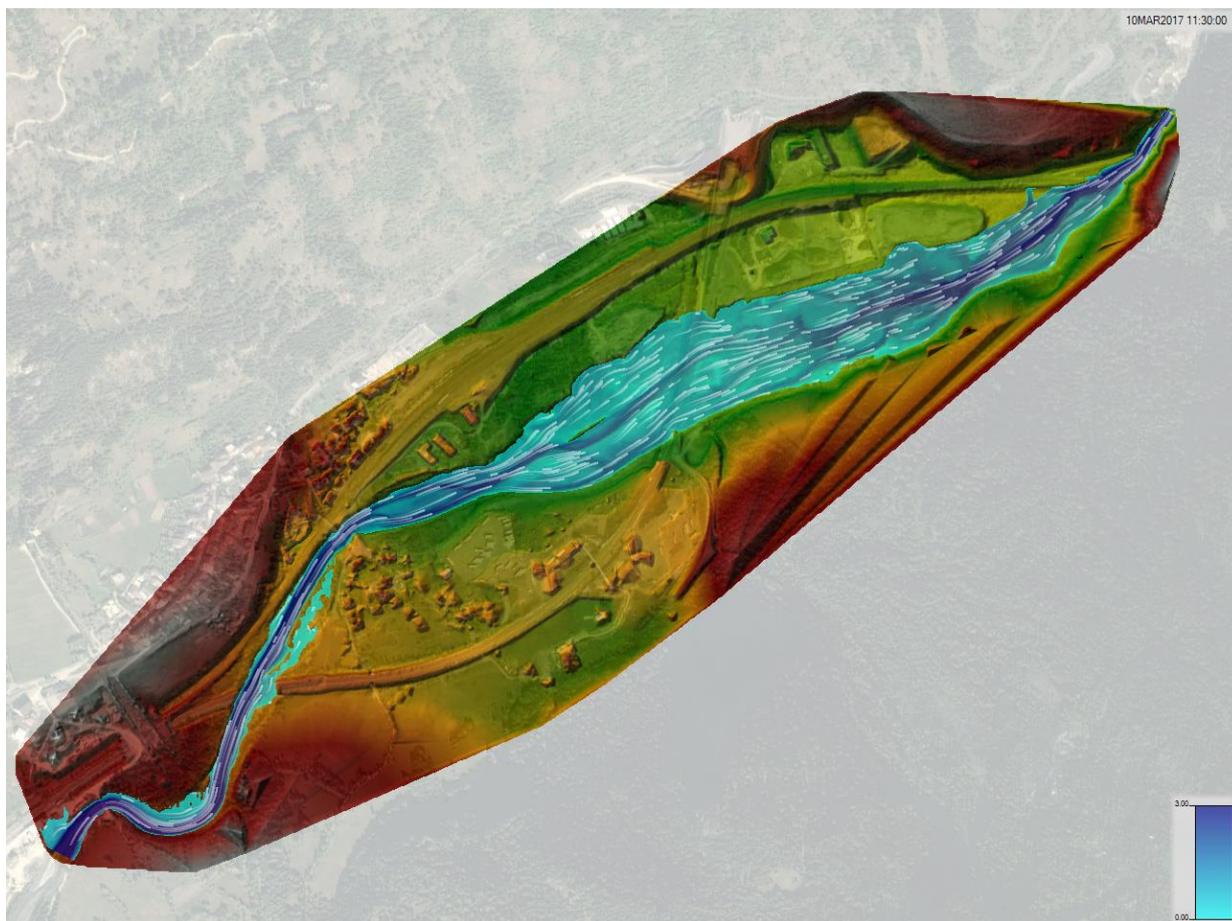


Figura 26 – Simulazione TR50 su foto aerea e DTM di progetto – condizioni di progetto - tiranti con particle tracing.

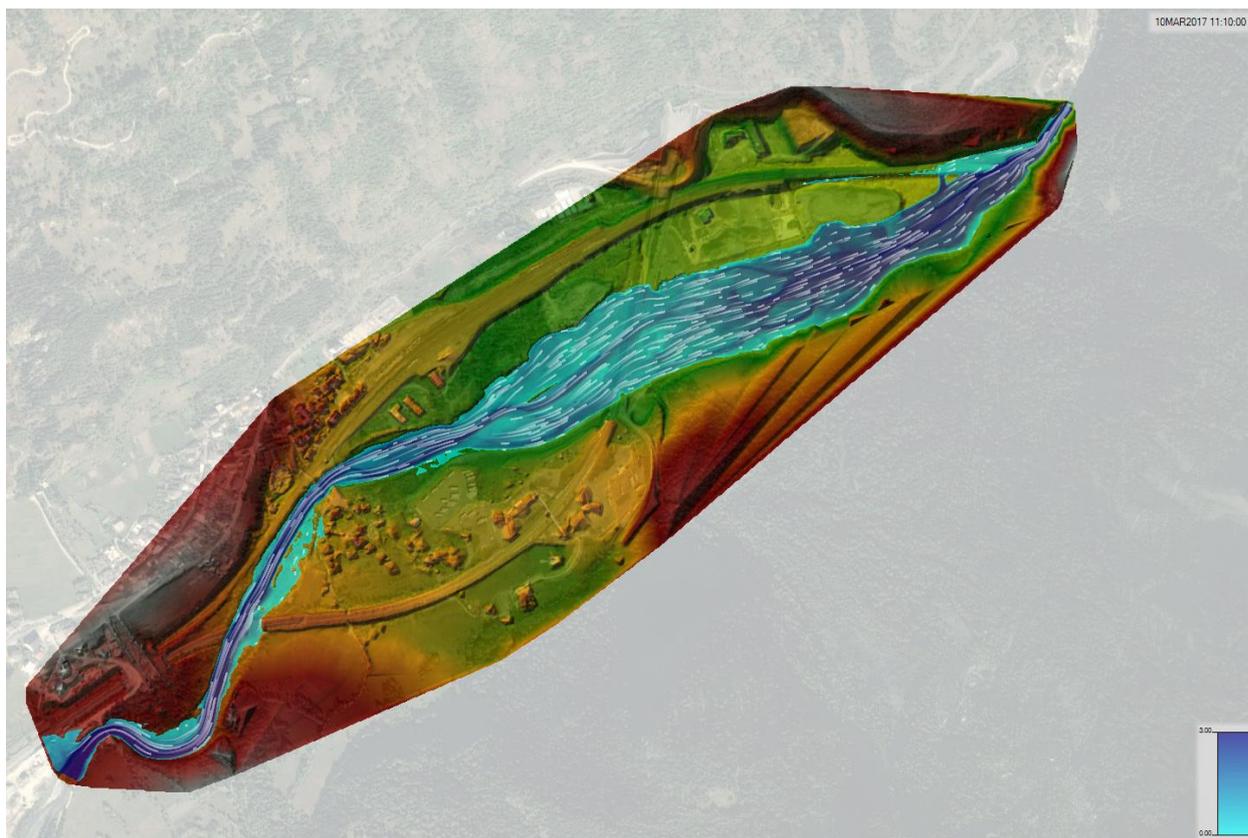


Figura 27 – Simulazione TR100 su foto aerea e DTM di progetto – condizioni di progetto - tiranti con particle tracing

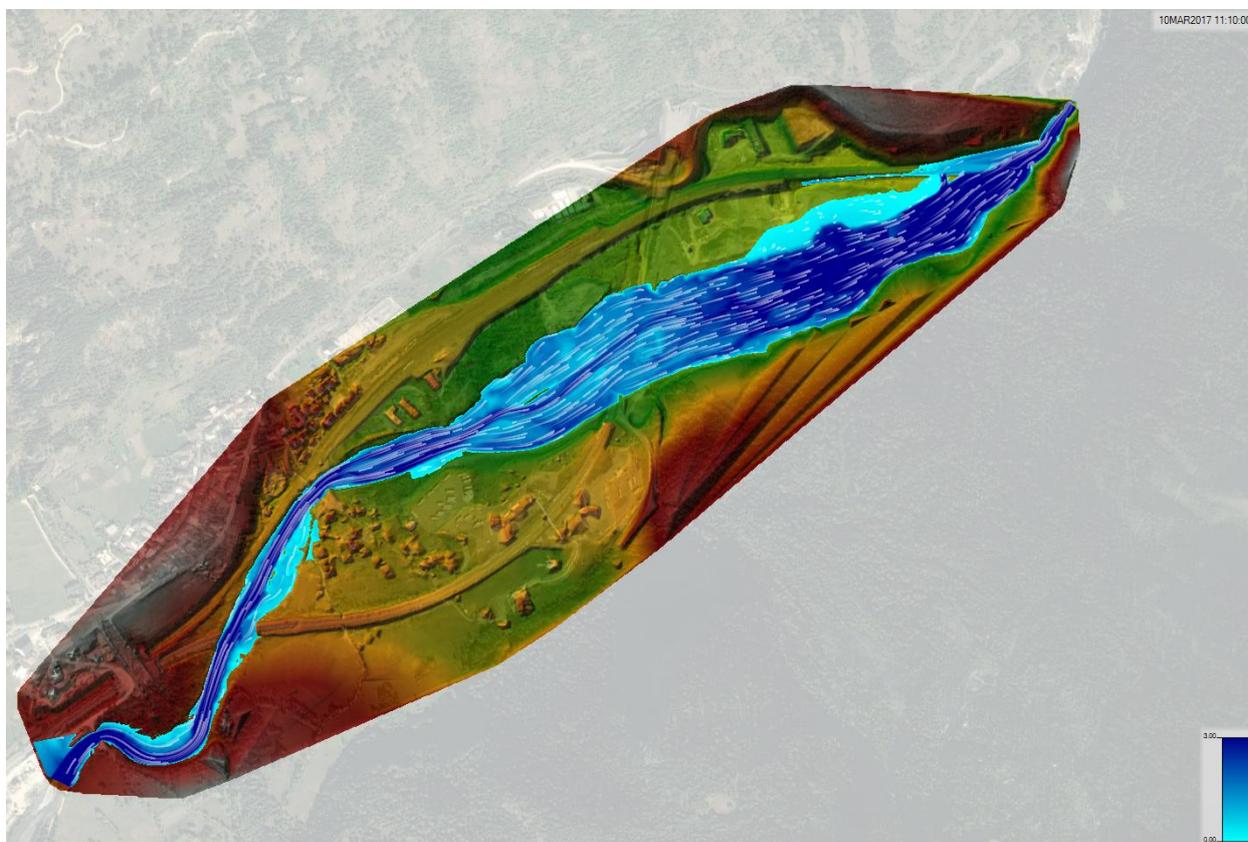


Figura 28 – Simulazione TR200 su foto aerea e DTM di progetto – condizioni di progetto - tiranti con particle tracing

In prima analisi risulta evidente come per TR 50 anni, dato di riferimento secondo la Direttiva Infrastrutture dell'AdPPo per le valutazioni relative ad opere temporanee e di cantiere, le aree di interesse non sono interessate dai tiranti di piena, né in termini idraulici, né tenendo conto dell'incremento connesso con trasporto solido. Per TR 50 anni le sponde in sinistra in prossimità del cantiere contengono i livelli liquidi ed i livelli liquidi comprensivi del trasporto solido. Il modello 2D pertanto conferma in questi termini quanto valutato nel precedente modello 1D. Di fatto pertanto si può affermare che la situazione di cantiere non modifica in alcun modo la dinamica attuale TR50 e le aree interessate risultano estranee a fenomeni di esondazione sia in presenza della sola portata liquida, sia tenendo conto del soprizzo dovuto al trasporto solido.

Per TR 100 anni le sponde contengono i livelli liquidi, ma non i livelli comprensivi del trasporto solido nella parte terminale del cantiere (zona silos e prefabbricazione conci), dove si evidenziano modeste esondazioni in termini di estensione areale e tiranti. La minore superficie esondabile nella porzione terminale è dovuta alla regolarizzazione delle quote di piano campagna (le cui quote, si ribadisce, sono quelle previste già in precedenza nel layout di cantiere), che di fatto annullano o riducono sensibilmente i fenomeni di limitata esondazione che nelle attuali condizioni sono caratterizzati da modesti tiranti e velocità; gli effetti sulla dinamica idraulica complessiva in termini di laminazione e ritardo e riduzione di volume di invaso sono assolutamente trascurabili, come ben illustrato nel precedente capitolo 5.2.

Infine per quanto riguarda TR 200 in questo caso si evidenzia una potenziale esondazione dei livelli liquidi che interessa esclusivamente la porzione inferiore dell'area.

Tale fenomeno risulta decisamente più limitato rispetto alla situazione naturale, in termini di estensione areale delle superfici interessate; anche in questo caso, come illustrato nel capitolo 5.2, tale fenomeno provoca effetti di fatto non significativi sulla dinamica di piena. E' altresì evidente che una situazione di piena eccezionale come quella rappresentata da TR 200 dovrà essere gestita in termini di protezione civile.

A questo proposito per fornire utili strumenti di valutazione e anche di gestione dei potenziali effetti di un fenomeno di esondazione estremo, nelle sezioni e nelle planimetrie sono riportati gli ingombri delle sagome degli edifici e degli altri elementi disponibili (schematizzati sulla base del lay-out di cantiere), con indicazione dei livelli massimi attesi e delle principali quote (in termini "idraulici") di tale elementi.

Tali rappresentazioni grafiche, sia pur schematiche, consentono di evidenziare come anche nelle ipotesi più estreme di simulazione, gli effetti di interferenza degli edifici stessi (e sugli edifici), sia estremamente limitata.

Per poter effettuare un confronto quantitativo si sono processati gli output di modello sottraendo il raster di progetto rispetto al raster di rilievo relativo ai massimi livelli di piena duecentennale. Tale operazione è possibile ovviamente solo per la portata liquida e solo per la parte di raster dove il dato è disponibile per entrambe le condizioni.

Il risultato, rappresentato nella sottostante immagine in falso colore, coincide praticamente con l'estensione del modello di progetto e consente di stimare localmente le differenze riscontrabili tra i due livelli assoluti.

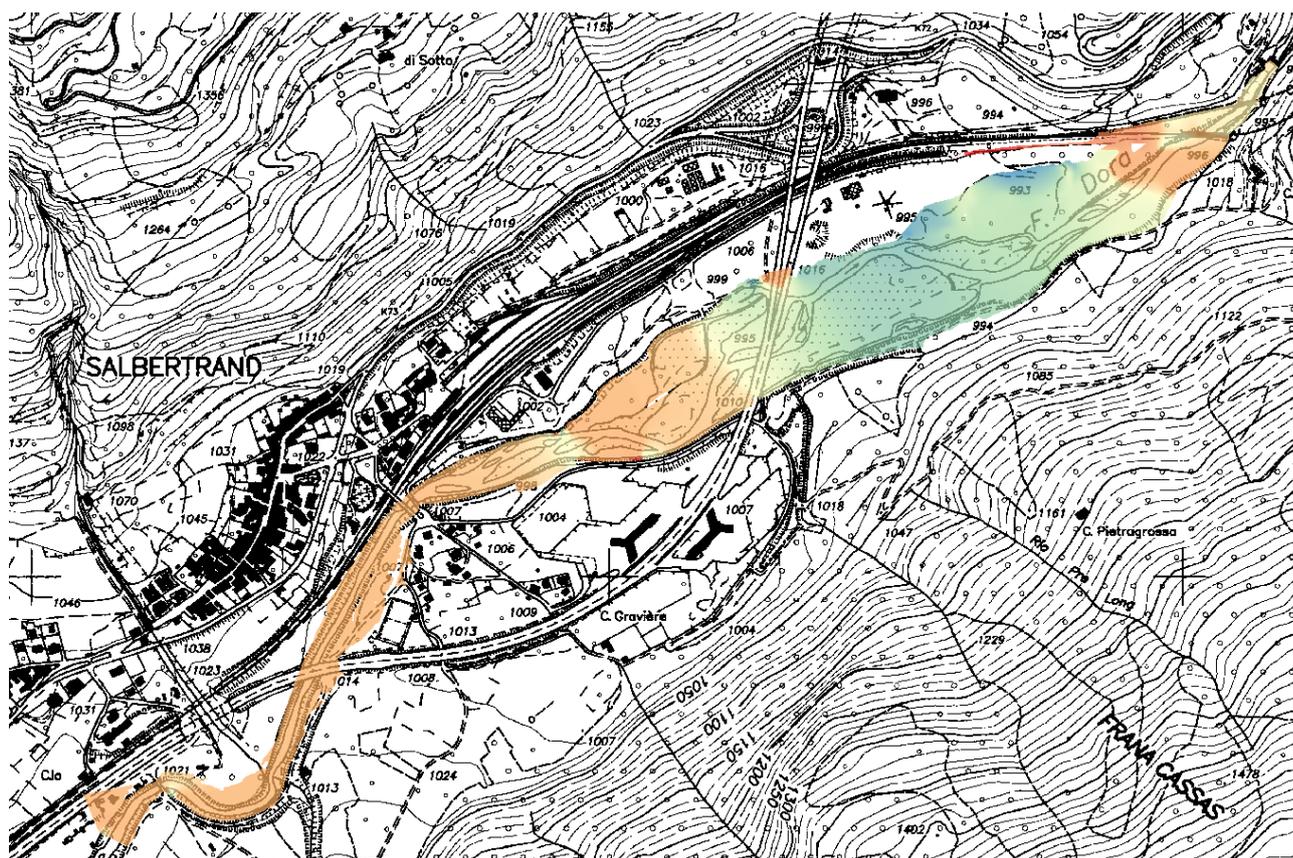


Figura 29 – differenza tra livello di progetto ed il livello di rilievo per le zone comuni alle due simulazioni – TR200 anni

Legenda in metri:

Valore	Colore
-0.129	Red
-4.59e-05	Orange
0.00723	Yellow
0.0486	Green
0.105	Blue

I colori giallo ed arancione indicano rispettivamente delle variazioni prossime allo zero, il colore rosso indica una riduzione dei livelli di progetto rispetto al rilievo mentre il colore blu indica un aumento dei livelli.

In conclusione si vede che, dove i due dati di progetto e rilievo sono confrontabili; si ha un piccolo aumento di livello nelle condizioni di progetto che non si propaga e rimane confinato alla zona di intervento e risulta di entità modesta, inferiore ai 10 cm sui livelli. Anche in tal caso le variazioni riscontrabili rientrano al limite della sensibilità del modello e sono coerenti con le modifiche geometriche apportate alle aree ed ai risultati attesi. Tale raffronto sarebbe possibile anche per tutti gli altri tempi di ritorno, ma non fornirebbe ulteriori informazioni aggiuntive in quanto le variazioni sono di entità ancora minore.

Un'estesa indicazione dei livelli di progetto è riportata sulle tavole grafiche. Preme ricordare che nelle aree a monte e valle del cantiere non intervengono variazioni apprezzabili anche rispetto al grado di dissesto evidenziato per il trasporto solido.

In definitiva pertanto, relativamente alla condizione di cantiere, l'erosione delle aree si può riassumere come segue:

- Per TR 50 anni, le sponde in sinistra in prossimità del cantiere contengono i livelli liquidi ed i livelli liquidi comprensivi del trasporto solido

- Per TR 100 anni, le sponde contengono i livelli liquidi, ma non completamente i livelli comprensivi del trasporto solido nella parte terminale del cantiere (zona silos e molto marginalmente impianto di prefabbricazione conci); i livelli che si riscontrano sono tuttavia estremamente limitati
- Per TR 200 anni, le sponde non contengono, nella sola parte terminale del cantiere, i livelli liquidi ed i livelli comprensivi del trasporto solido (zona silos e impianto di prefabbricazione conci); anche in questo caso tuttavia i tiranti presenti sono abbastanza limitati.

In ogni caso, è in definitiva possibile affermare che, preso atto della necessità di realizzare il cantiere denominato “Area industriale di Salbertrand” nel sito indicato e della dichiarazione che lo stesso non sia altrimenti localizzabile, le indagini idrauliche condotte permettono di affermare che le opere previste, che sono di natura temporanea, non modificano in modo rilevabile la dinamica idraulica del corso d'acqua; inoltre le opere previste sono da ritenersi compatibili in termini di valutazione di rischio diretto per le stesse con la dinamica del corso d'acqua in rapporto a condizioni di simulazione TR 50 anni (valore tipico per opere provvisorie di cantiere), anche tenendo conto (secondo la schematizzazione utilizzata) del trasporto solido.

Inoltre per tempi di ritorno superiori (TR 100 e TR 200) gli effetti di piena sono limitati e comunque gestibili in sede di protezione civile, essendo limitati alla porzione finale dell'area di cui si prevede l'utilizzo e caratterizzati da tiranti e velocità limitati.

Occorre infine sottolineare come il layout di cantiere proponga delle strutture che garantiscono la massima trasparenza idraulica, essendo realizzate sopraelevate dal piano campagna, con l'unica eccezione dell'impianto di prefabbricazione dei conci e del deposito dei conci, come rilevabile nell'elaborato PRV_C3A_7861a7864_33-75-01_30e40-da01a03_Area di cantiere Salbertrand_A e come rappresentato schematicamente negli elaborati a corredo del presente studio.

5.5 RAFFRONTO TRA I RISULTATI DEL PRESENTE STUDIO E LE ANALISI IDRAULICHE DELL'AdBPo

A conclusione del presente studio, come esplicitamente richiesto dalla Regione, si analizzano e motivano le differenze tra i risultati del presente studio e le analisi idrauliche dell'AdBPo. In particolare il raffronto viene eseguito tra i limiti di fascia A e B e i campi di esondazione calcolati per TR 50 e TR 200. (E' ben noto che il criterio di tracciamento delle fasce non è un criterio meramente idraulico e non risulta esclusivamente associabile ai livelli calcolati con i due TR citati, tuttavia si ritiene ragionevole, oltre che consueto in letteratura, operare il confronto indicato).

Per facilitare la lettura, nella Figura 30 (che segue) è riportato il confronto tra le estensioni areali dei livelli calcolati per la sola portata liquida e quelle degli elementi di dissesto previsti nel Piano Fasce fluviali dell'AdBPo.

In particolare la figura riporta:

- Fasce fluviali:
 - ✓ A: colore porpora
 - ✓ B: colore magenta
 - ✓ C: colore rosa
- Simulazione 2D (“inundation Boundary”):
 - ✓ TR 50: colore blu scuro
 - ✓ TR 100: colore blu

✓ TR 200: colore azzurro

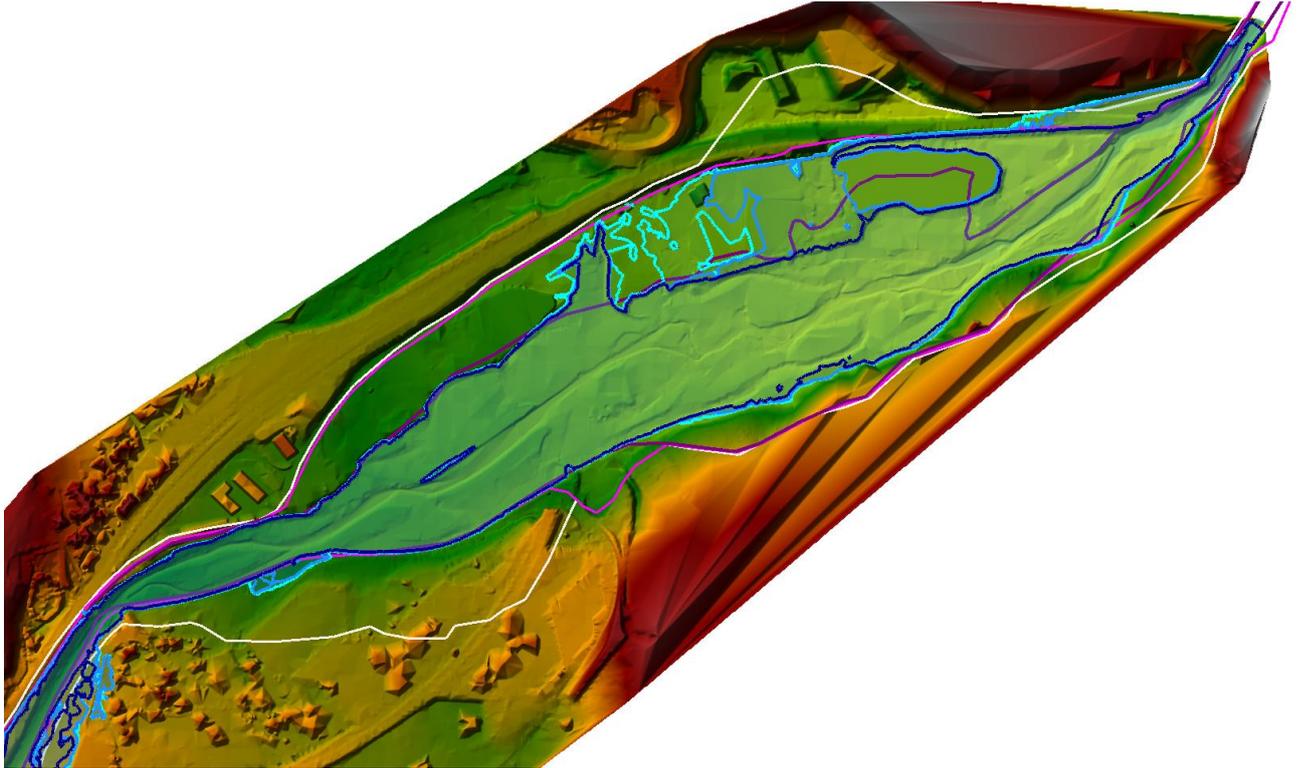


Figura 30 – Simulazione TR 50-100-200 su DTM rilievo – condizione di rilievo – confronto con Fasce Fluviali

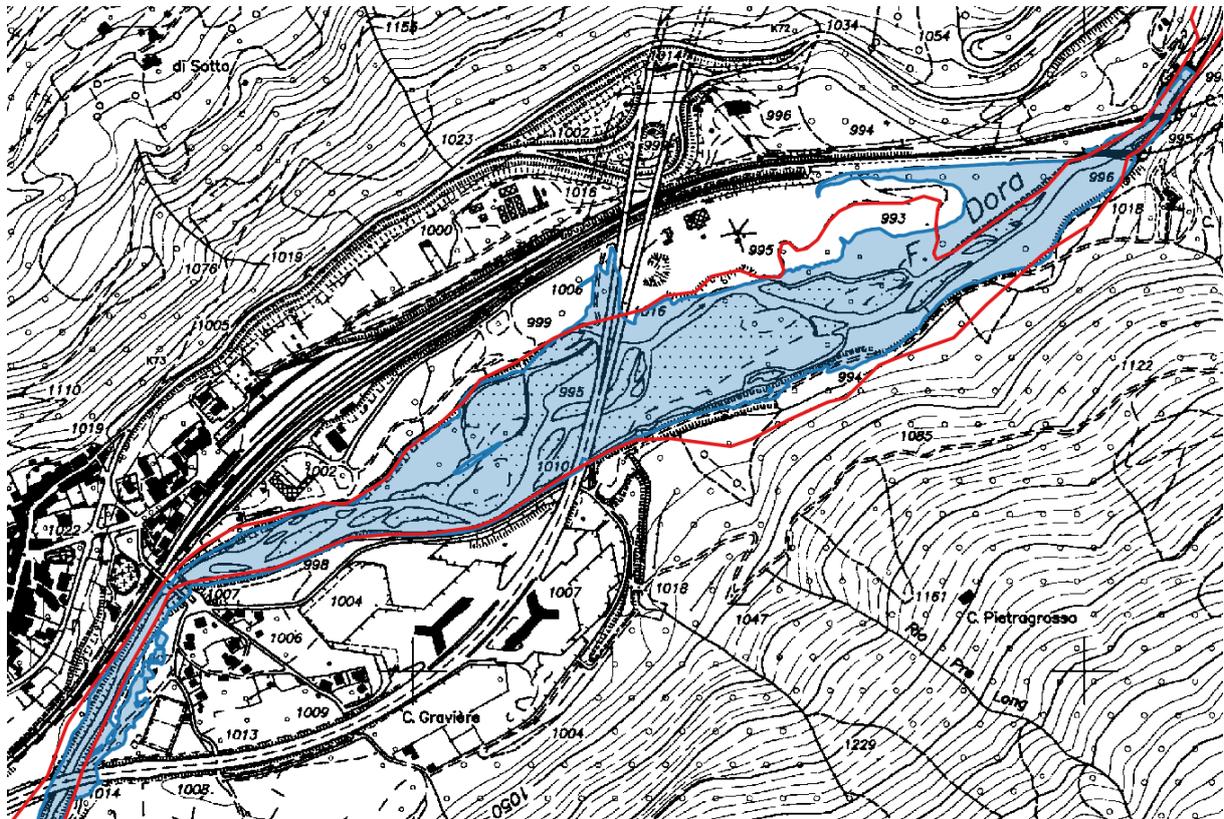


Figura 31 – Simulazione TR 50 su CTR (blu) – condizione di rilievo – confronto con Fascia Fluviale A (rosso)

Con riferimento alla precedente figura 31 si osserva:

Fascia A - La fascia A del piano fasce rappresenta di fatto l'alveo attivo; rappresenta normalmente l'alveo inciso o le aree normalmente e frequentemente utilizzate dalle acque in

condizioni di piena, e che contribuiscono in modo significativo e prevalente al deflusso dell'onda di piena; pur con i limiti delle differenze relative a tale criterio di tracciamento rispetto al calcolo effettuato con TR 50 anni, un confronto tra le due analisi (Fascia A - TR 50); in sponda orografica sinistra i due limiti sono ragionevolmente corrispondenti; in sponda sinistra si riscontrano alcune differenze, imputabili alla topografia utilizzata per il piano fasce, che risulta non dà conto in modo corretto e compiuto delle aree a valle del viadotto autostradale, dove erano presenti al momento del tracciamento e sono attualmente presenti cumuli di materiale terroso e depositi vari, che rendono "frastagliati" i limiti individuati. Nella parte a monte del viadotto A32 l'accordo tra le due perimetrazioni è invece è buono.

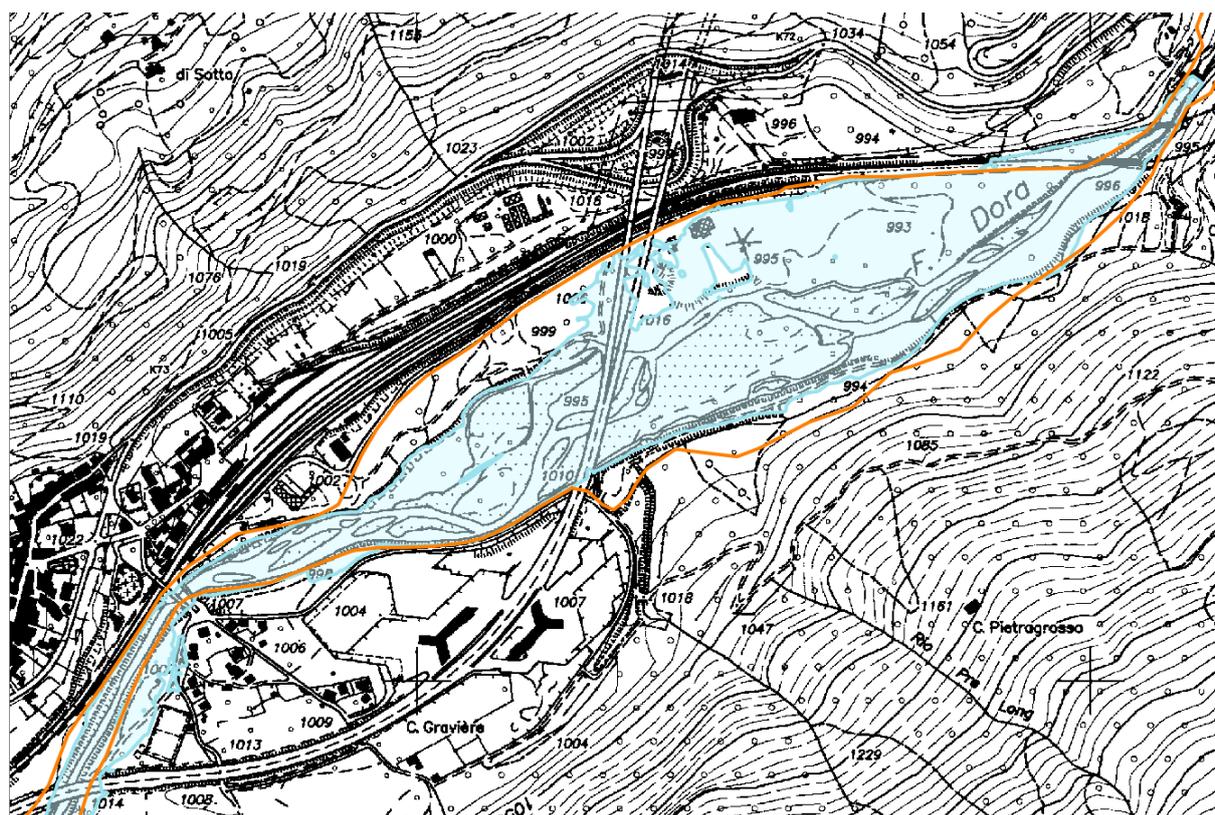


Figura 32 – Simulazione TR 200 su CTR (contorno azzurro) – condizione di rilievo – confronto con Fascia Fluviale B (arancio)

Fascia B – La Fascia B del Piano corrisponde normalmente con il campo di esondazione associato a TR 200; può inoltre essere ampliata per ragioni di carattere geomorfologico e/o naturalistico-ambientale; dove possibile il limite di fascia B si attesta su elementi fisici territoriali ben evidenti e riconoscibili (orli di terrazzo morfologico, elementi antropici quali infrastrutture, argini, etc.); tale limitazione è quindi raffrontabile direttamente con le estensioni areali che derivano dalla modellazione 2D associata a TR 200. In sponda destra sino a valle viadotto A32 i due andamenti (fascia B e simulazioni TR 200) sono pressoché congruenti. Successivamente, più a valle, la Fascia B risulta tracciata su un limite di sponda o di scarpata non rilevabile dal DTM PRV 2016 e dalla cartografia a disposizione. Tale andamento è differente dall'andamento dell'esondazione calcolata. In sponda sinistra il limite della fascia B è individuato lungo la ferrovia mentre l'esondazione calcolata risulta: per un primo tratto contenuta dal ciglio di sponda (fino al viadotto autostradale). A valle di questo l'esondazione per TR 100 e 200 va progressivamente a raggiungere il piede del rilevato ferroviario tornando ad adeguarsi all'andamento della fascia B. Nei pressi dei ponti ferroviari l'esondazione calcolata evidenzia il superamento del rilevato ferroviario ed anche la delimitazione di fascia B

(nei precedenti capitoli si è data ragione di tale situazione, con riferimento alle assunzioni cautelative in termini di condizioni al contorno e parametri di scabrezza).

Le maggiori differenze pertanto si presentano proprio in sponda sinistra, in corrispondenza delle aree interessate dall'area di cantierizzazione.

Preso atto che il modello 2D sviluppato è da intendersi certamente un elemento di maggior approfondimento rispetto alle valutazioni utilizzate per il tracciamento delle fasce, e riscontrata la correttezza e la maggior precisione della topografia di base utilizzata (rilevata nel 2016 con strumentazione di precisione e coerente con il DTM POT 2008 e quindi anche "tarata" in termini di attendibilità con uno strumento terzo e ufficiale), le differenze sono imputabili in primo luogo proprio ad una più accurata topografia di base. Questa infatti ha consentito di inserire elementi di maggior dettaglio e con più precisione, ad esempio in corrispondenza della sponda sinistra a monte del viadotto autostradale; inoltre il modello dell'Autorità di Bacino si basa su un numero molto limitato di sezioni, senza rilievi batimetrici.

In definitiva, quindi, si può affermare che le analisi condotte siano da ritenersi attendibili e coerenti con l'approccio metodologico previsto dal PAI, anche in presenza di difformità locali dell'esito dei risultati rispetto alle delimitazioni del quadro di dissesto dell'AdBPo.

Infine, per quanto riguarda la Fascia C – idealmente essa sarebbe da confrontarsi con una simulazione superiore a TR200 non disponibile; tuttavia tale confronto può essere effettuato con riferimento ai livelli idrometrici TR 200 + trasporto solido. A questo proposito la fascia C risulta essere meno cautelativa rispetto all'andamento dell'esondazione evidenziata dalla tavole di inviluppo dell'esondazione comprensiva di trasporto solido "PRV_C3A_6727_22-02-96_30-06_Planimetria rilievo aree esondazione TR200"; infatti, come già evidenziato in precedenza, la Fascia C non prevede esondazioni in destra tra la sezione 180 e la sezione 150 (risultanti invece per soprappiù su TR 200 anni).

Fascia C – La Fascia C invece, verso la porzione di valle dell'area analizzata, nella zona dei ponti ferroviari, prevede, in analogia alle simulazioni, la possibilità di scavalco del rilevato ferroviario in sinistra ed, evidentemente, di conseguenza, anche la possibilità di dissesto per esondazione all'imbocco delle gallerie dei ponti ferroviari.

In conclusione le differenze riscontrate sono da imputarsi alle seguenti motivazioni, talvolta con effetti di amplificazione reciproca:

- ✓ modelli DTM o topografia di base differente
- ✓ variazioni temporali del dato topografico
- ✓ scala di analisi differente
- ✓ scale di rappresentazione differente
- ✓ diverso criterio di tracciamento aree esondabili e fasce
- ✓ utilizzo nel tracciamento della fascia B di criteri geomorfologici e naturalistico-ambientali.
- ✓ modalità differenti di considerare, nei due casi, il contributo del trasporto solido.

Nella Fig 33 che segue è riportato il confronto tra la carta della Direttiva Alluvioni che riporta la pericolosità, con quanto ottenuto dalla simulazione 2D per la sola portata liquida ("inundation Boundary"):

- Direttiva Alluvioni:
 - ✓ Probabilità scarsa: colore rosso
 - ✓ Probabilità media: colore arancio
 - ✓ Probabilità elevata: colore rosa chiaro
- Simulazione 2D ("inundation Boundary"):
 - ✓ TR 50: colore blu scuro
 - ✓ TR 100: colore blu
 - ✓ TR 200: colore azzurro

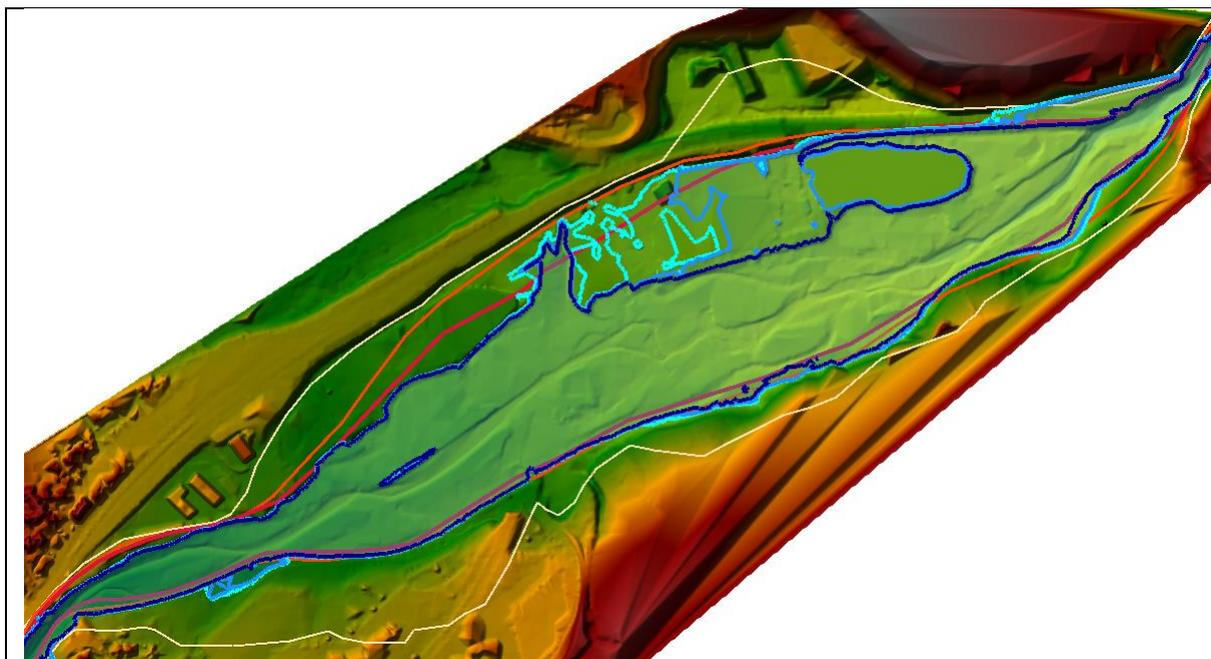


Figura 33 – Simulazione TR 50-100-200 su DTM rilievo – condizione di rilievo – confronto con Direttiva Alluvioni

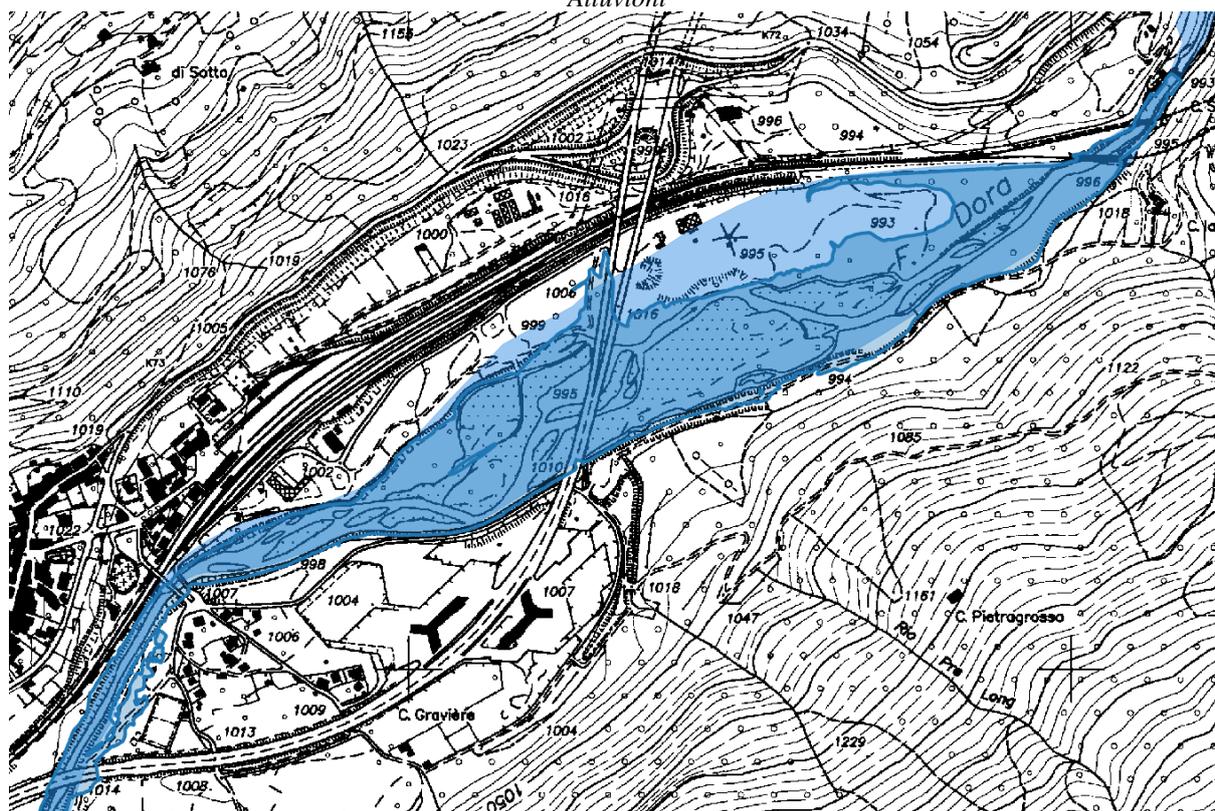


Figura 34 – Simulazione TR 50 su CTR rilievo (contorno blu) – condizione di rilievo – confronto con Direttiva Alluvioni probabilità elevata (area blu chiaro)

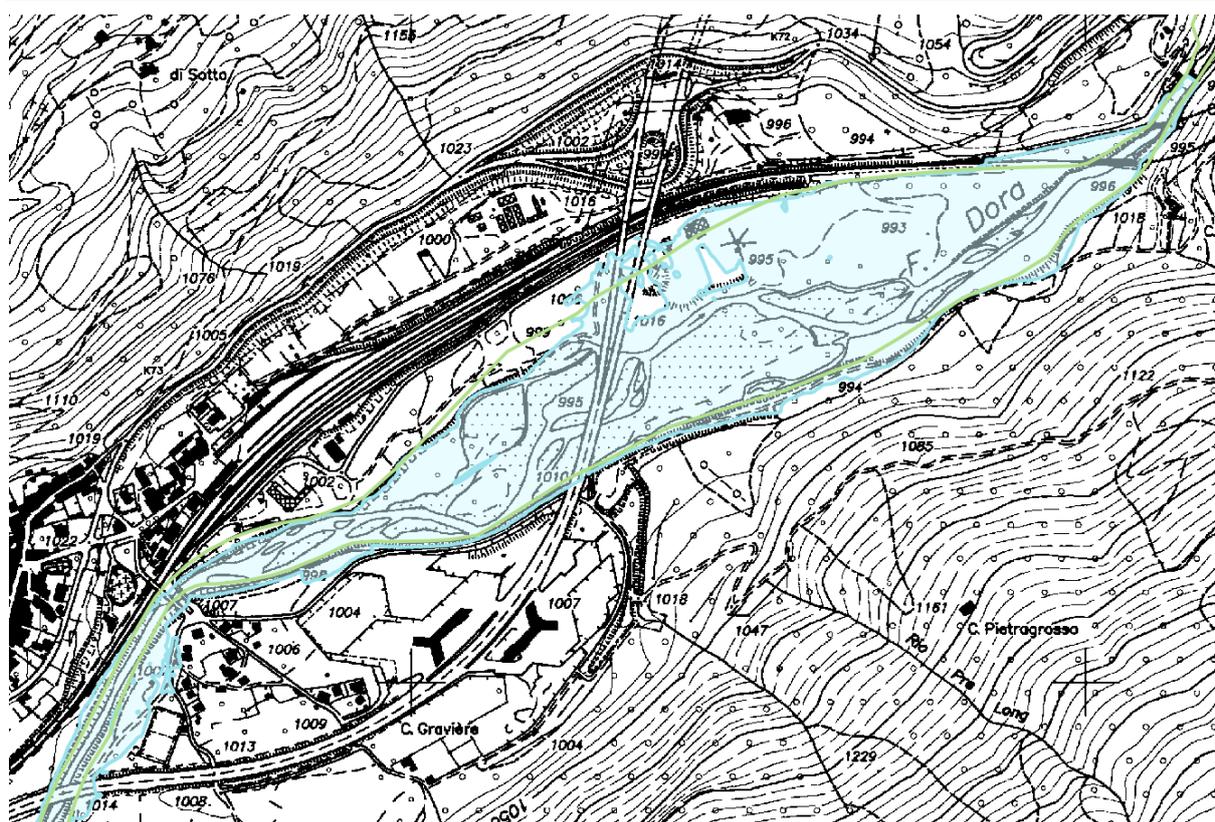


Figura 35 – Simulazione TR 200 su CTR rilievo (contorno azzurro) – condizione di rilievo – confronto con Direttiva Alluvioni probabilità media (contorno verde chiaro)

Si ritiene di poter affermare che anche nel caso della Direttiva Alluvioni valgano considerazioni analoghe a quelle precedenti relative alla delimitazione delle fasce fluviali. Rispetto al piano fasce, la Direttiva Alluvioni presenta un migliore accordo con le simulazioni nella zona di sponda destra a valle viadotto A32.

6. CONCLUSIONI

In merito all'osservazione 1 della Regione Piemonte (rif.to prot. n. CTVA/3020 del 26/09/17) cui il presente documento dà risposta, occorre ribadire, oltre a quanto già riportato in precedenza, che sono state prese in conto le richieste relative: al trasporto solido, alla scabrezza, al tipo di approccio modellistico richiesto.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, ed in particolare quelle di valle, si è ottemperato alla ratio di quanto richiesto ovvero: si è attestato il limite del modello in un punto ove fosse possibile determinare la condizione al contorno in modo univoco. La scelta della traversa di Serre La Voute è parsa la soluzione migliore per la conclusione del modello in quanto alla soglia, anche se non sussistono condizioni di moto uniforme, sussistono certamente condizioni di geometria certa e di richiamo all'altezza critica cui è possibile appoggiarsi per definire le condizioni al contorno.

Si sono infittite le sezioni introducendo le sezioni 60Bis, 35, 65 e 75 in punti significativi delle aree di cantiere.

Si ritiene infine di aver motivato adeguatamente le differenze riscontrate tra le varie geometrie disponibili. Si sono infine motivate e confrontate ampiamente le risultanze ottenute con il quadro del dissesto attuale.

Le estese analisi svolte consentono di confermare che il progetto non richiede opere di contenimento dei livelli per fare fronte alle condizioni di dissesto previste dalla vita del cantiere e dimensionate con un tempo di ritorno significativo in riferimento alla durata dei lavori (TR50).

Per quanto riguarda l'esondazione che si verifica per i tempi di ritorno superiori al cinquantennale, si osserva che questa avviene in corrispondenza del cantiere con tiranti (liquidi) limitati, e per la porzione più a valle e vicina al corso d'acqua, con velocità molto limitate.

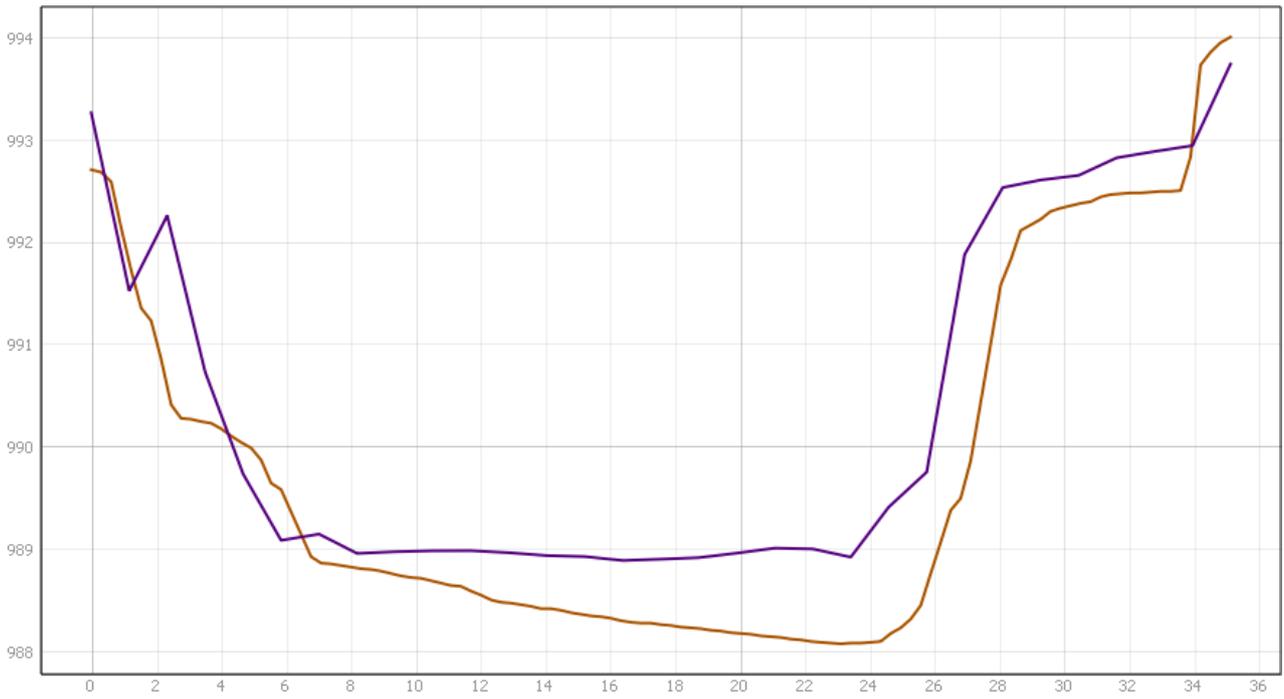
Nelle condizioni di trasporto solido incluso nel flusso è prevedibile una maggiorazione molto cautelativa dei livelli sino a circa 1 m.

In sede di Progetto esecutivo, nell'ambito del quale sarà definita nel dettaglio la reale configurazione del cantiere, sarà comunque predisposto un adeguato Piano di monitoraggio dei livelli idraulici (con indicazione di soglie di attenzione e di allarme) coordinato con il Piano della protezione civile.

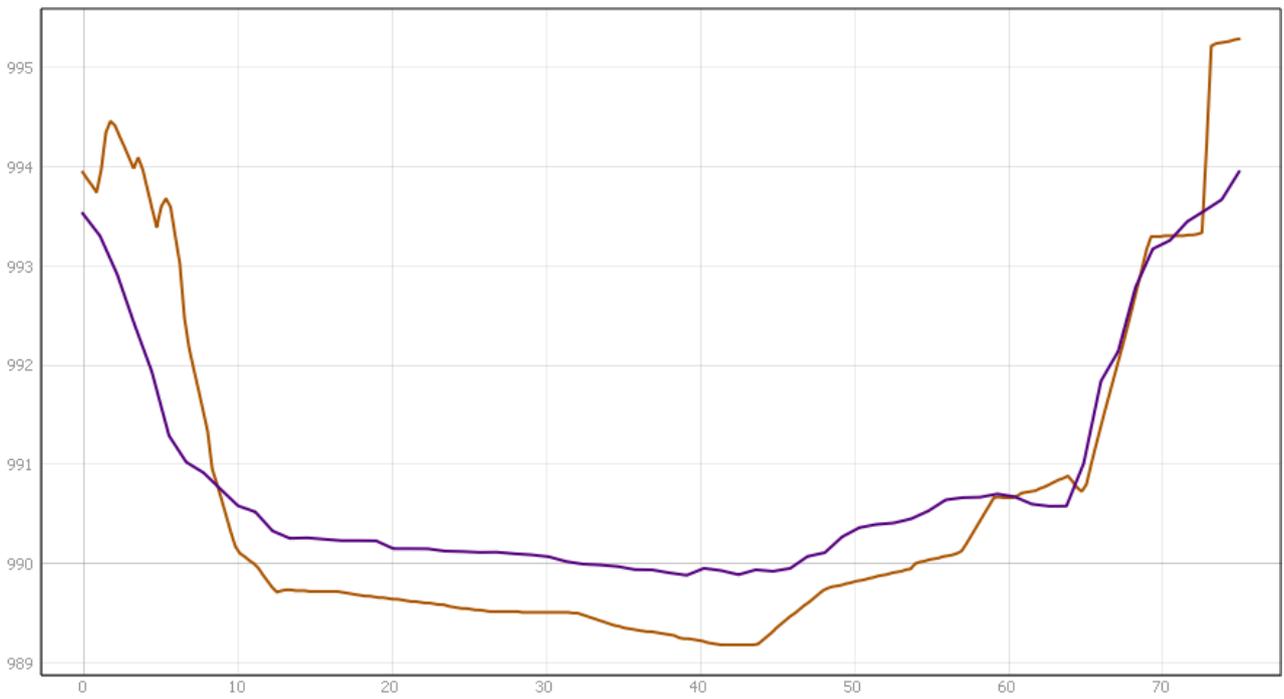
La configurazione geometrica del cantiere, ancorché temporanea, non apporta infine variazioni significative al regime delle acque della Dora Riparia verso valle o verso monte, il cantiere stesso non costituisce infatti dissesto per soggetti terzi.

ALLEGATO 1
CONFRONTO DTM POT 2008 / RILIEVO PRV 2016

SEZIONE 10

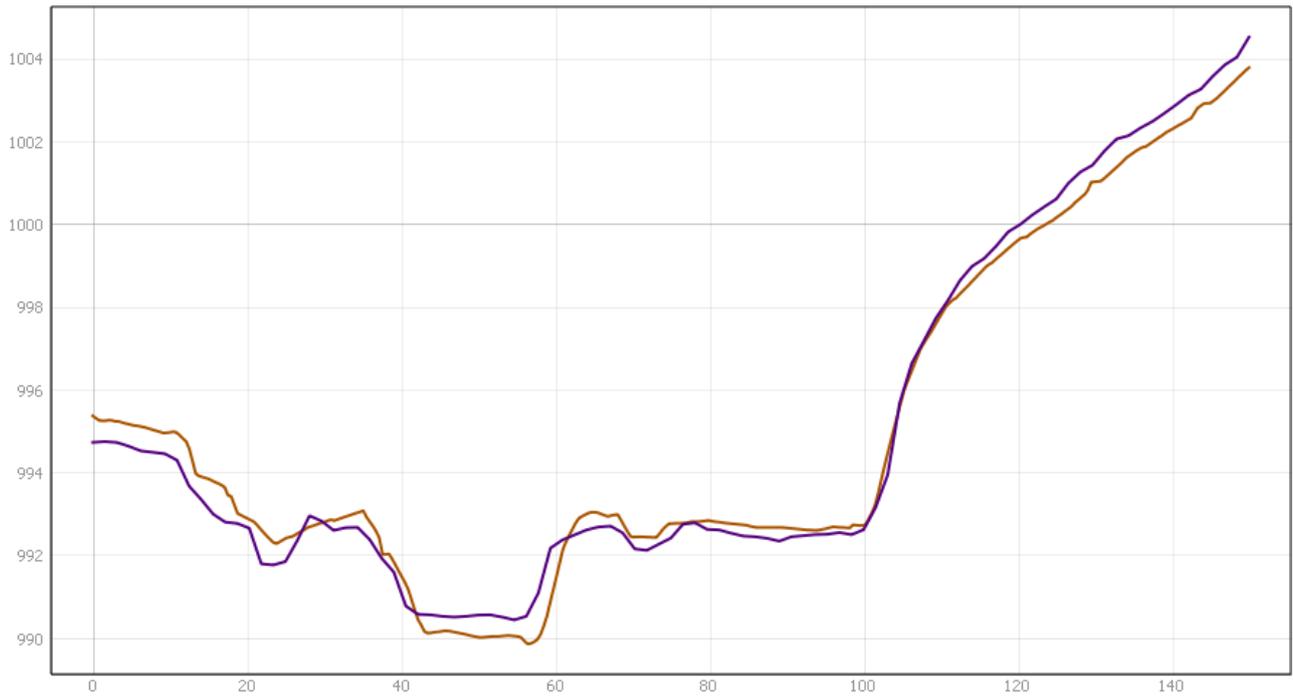


SEZIONE 20

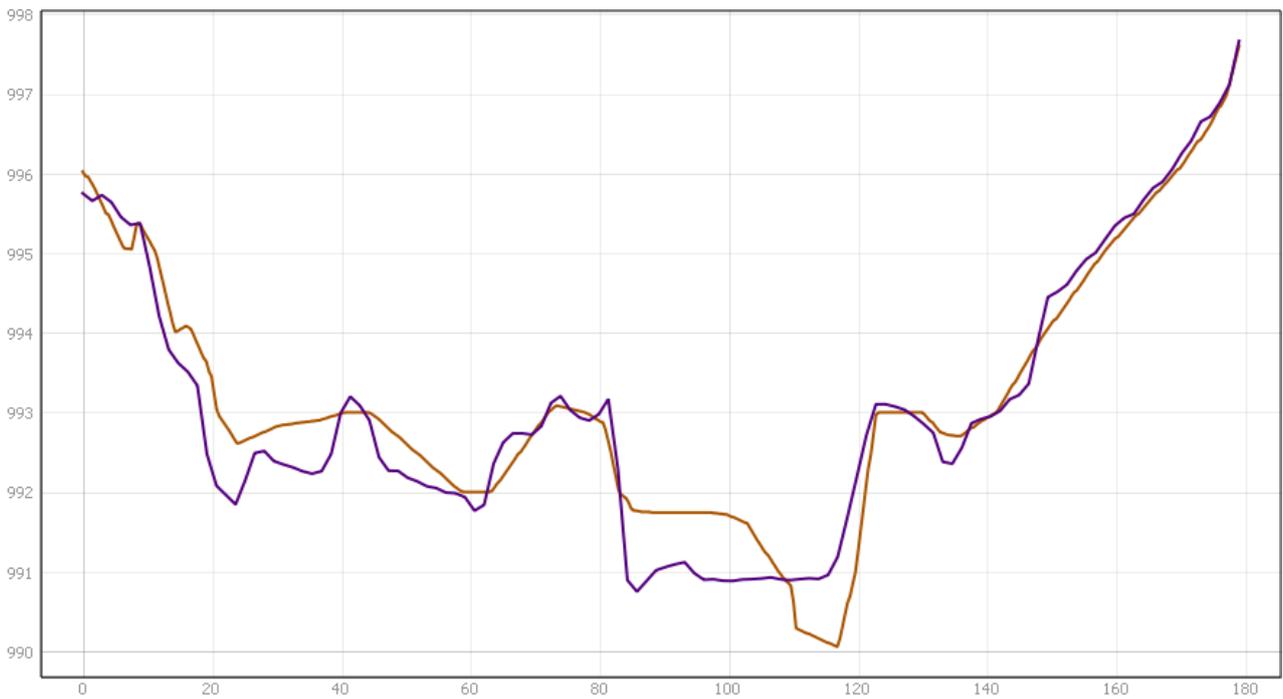


— Dtm POT 2008 — Rilievo PRV anno 2016

SEZIONE 30

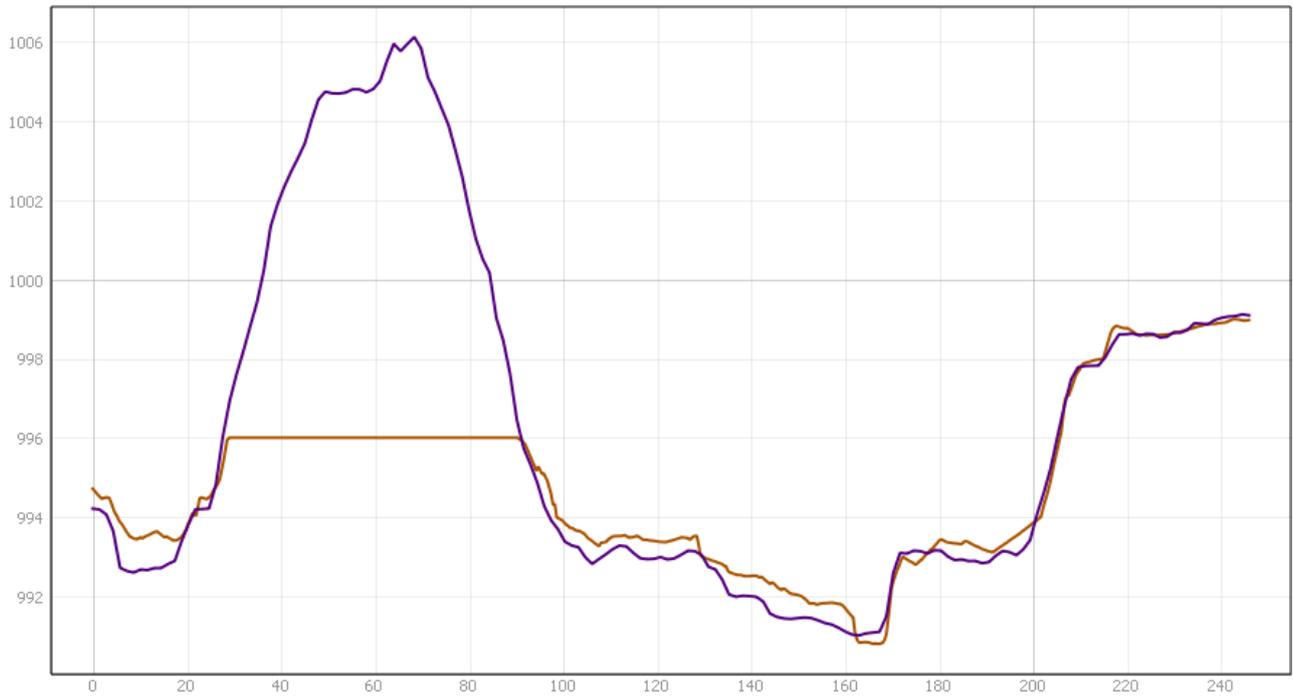


SEZIONE 35

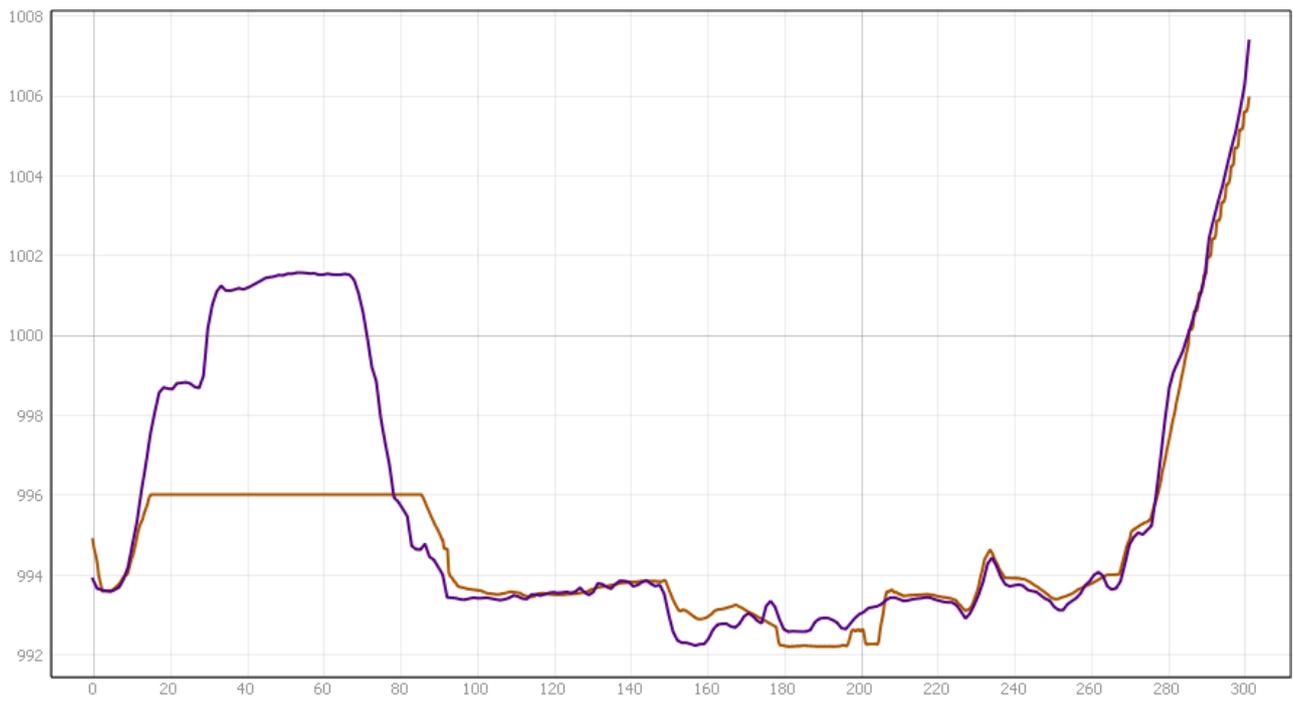


— Dtm POT 2008 — Rilievo PRV anno 2016

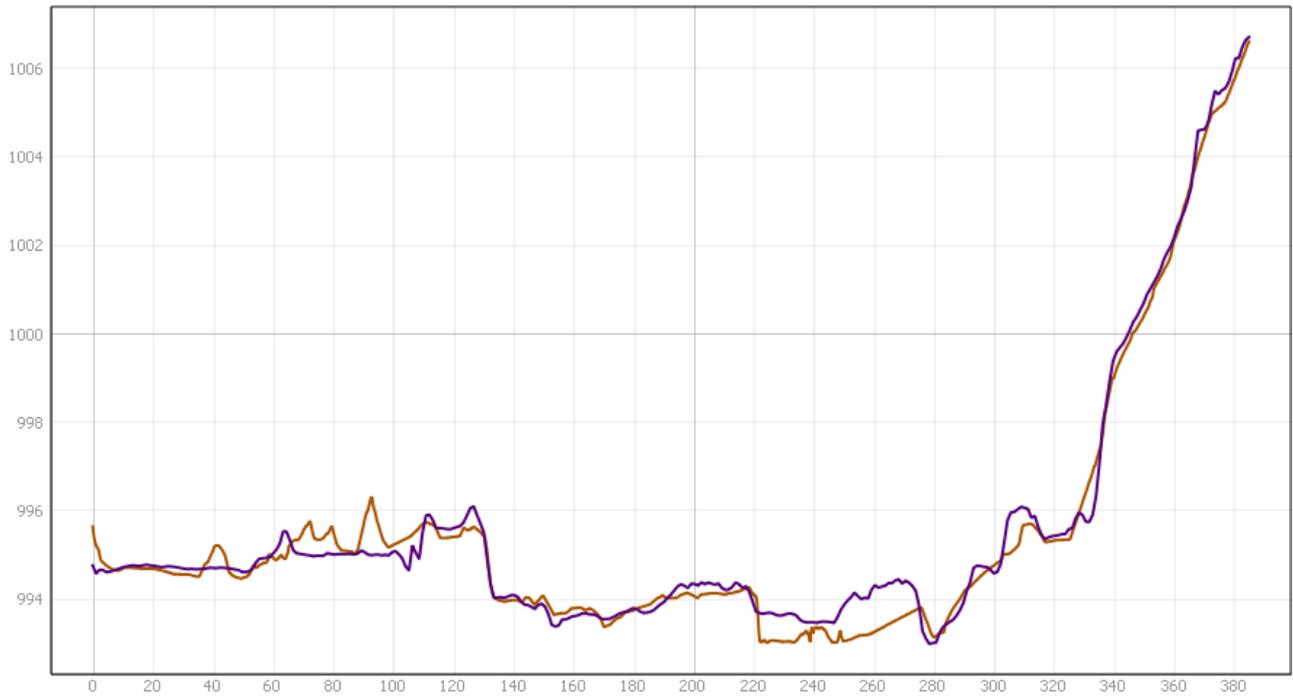
SEZIONE 40



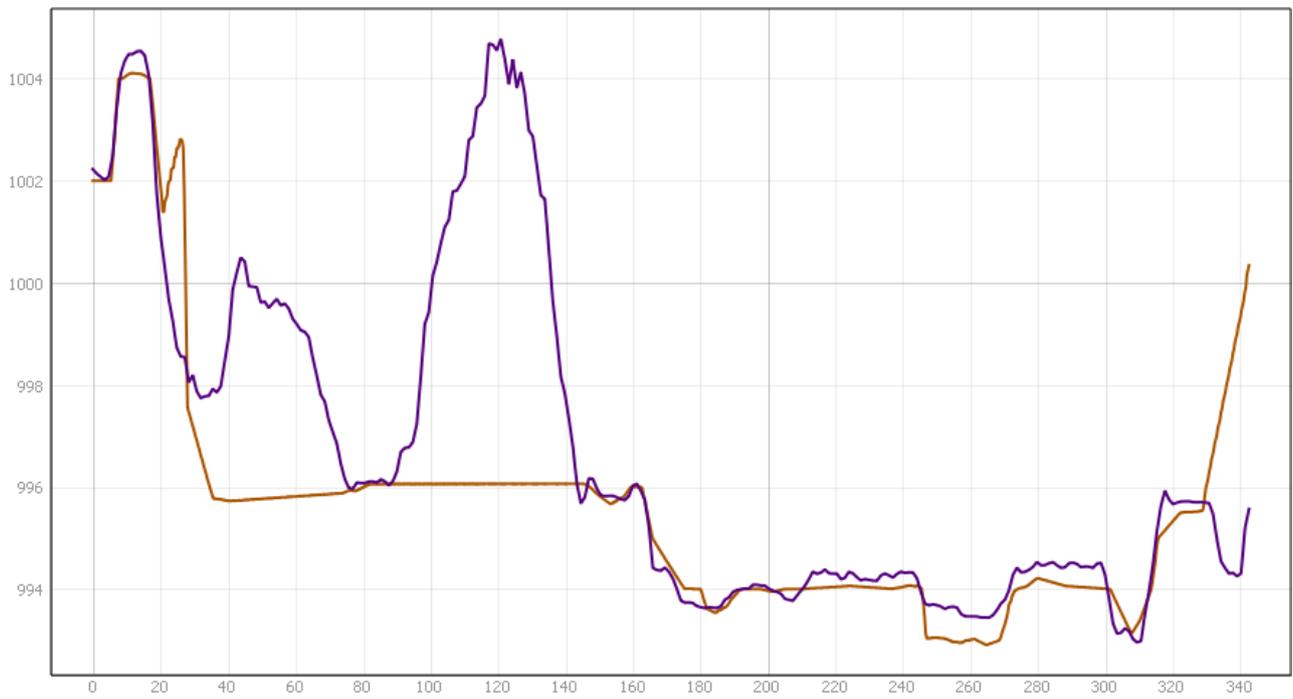
SEZIONE 50



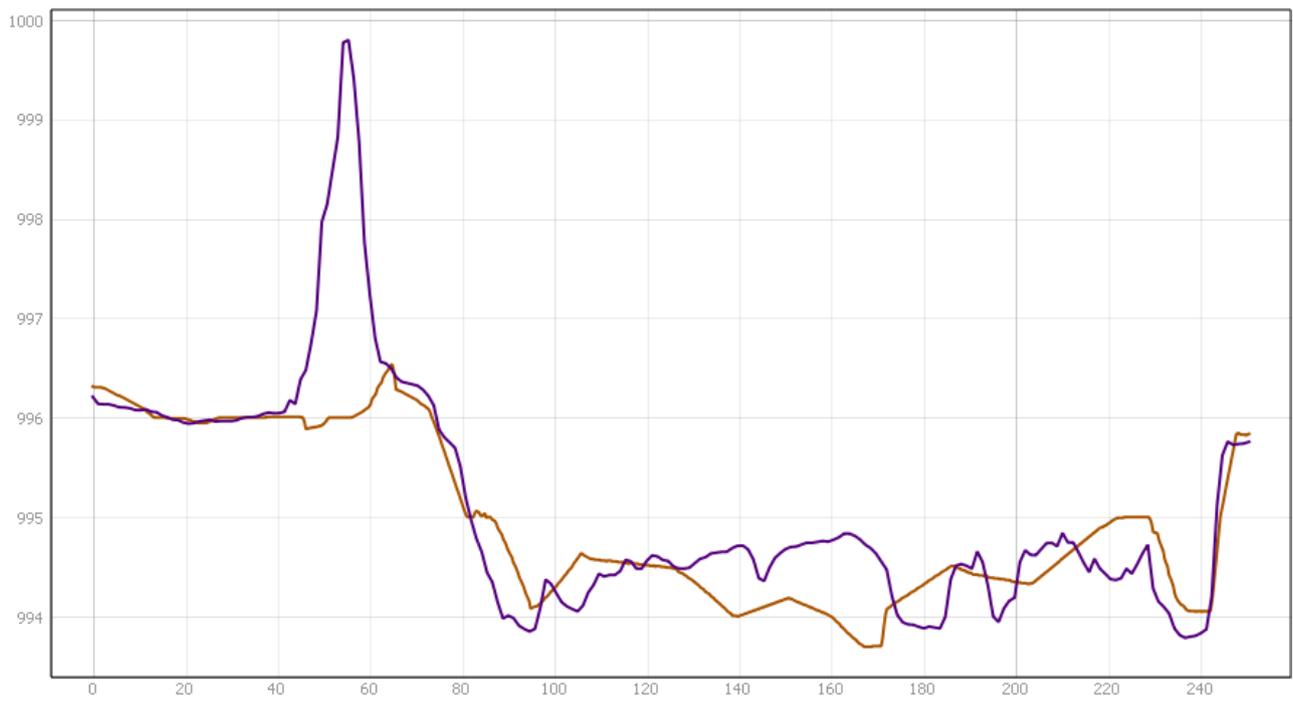
SEZIONE 60



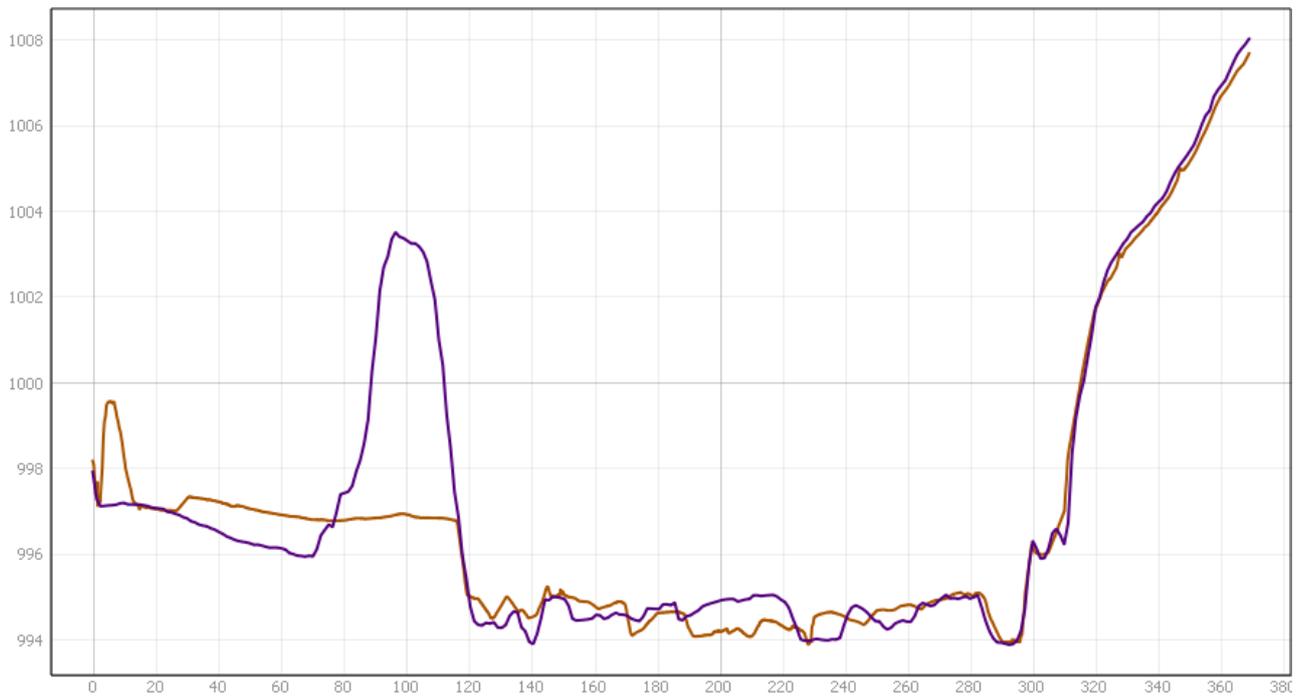
SEZIONE 60_BIS



SEZIONE 65

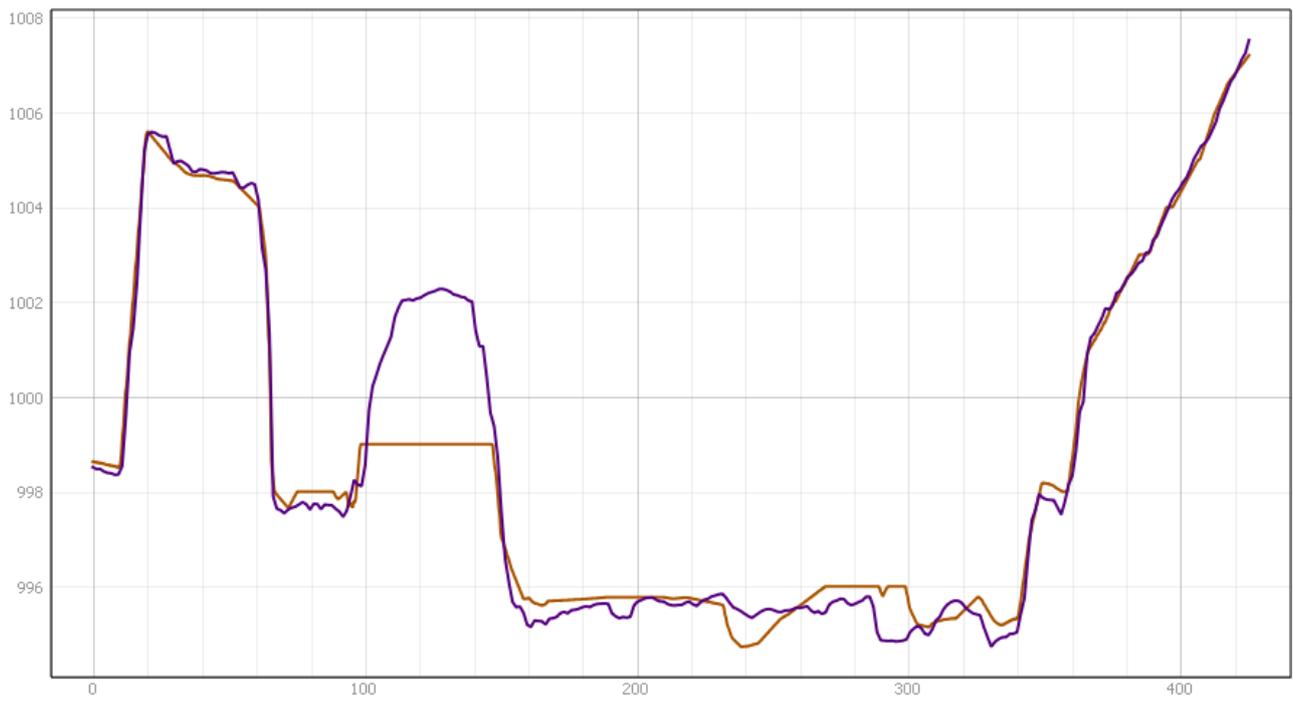


SEZIONE 70

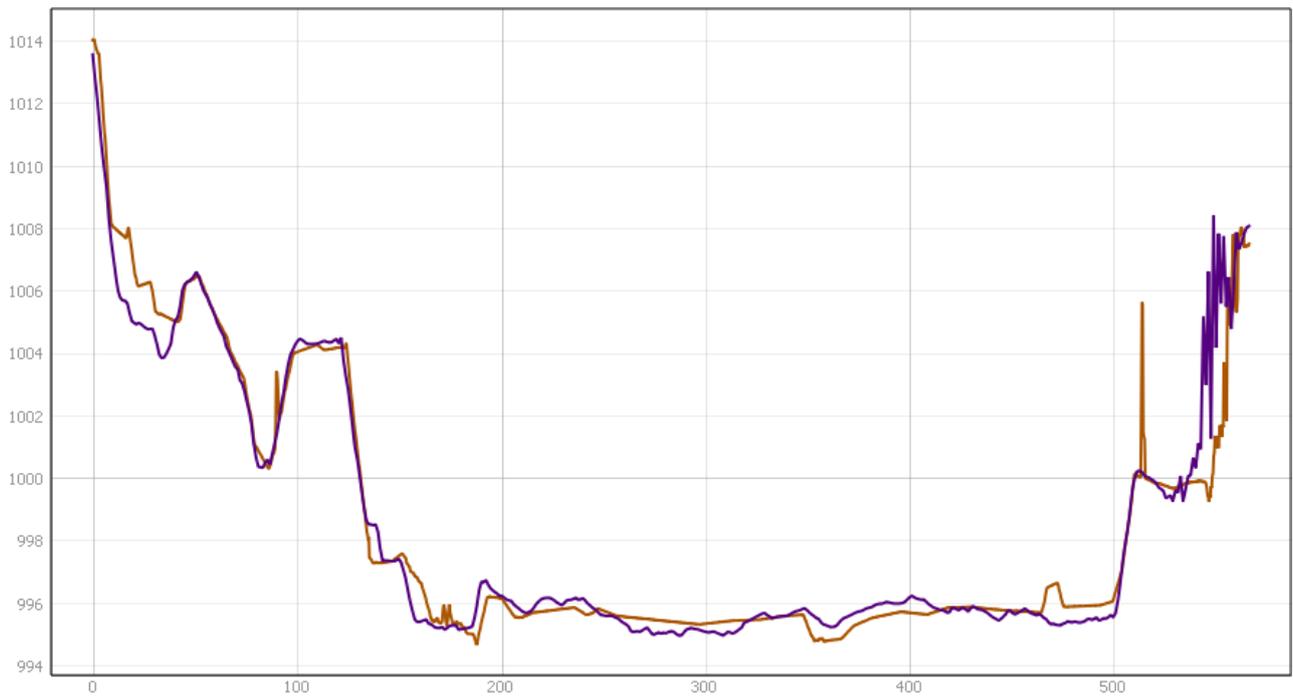


— Dtm POT 2008 — Rilievo PRV anno 2016

SEZIONE 75

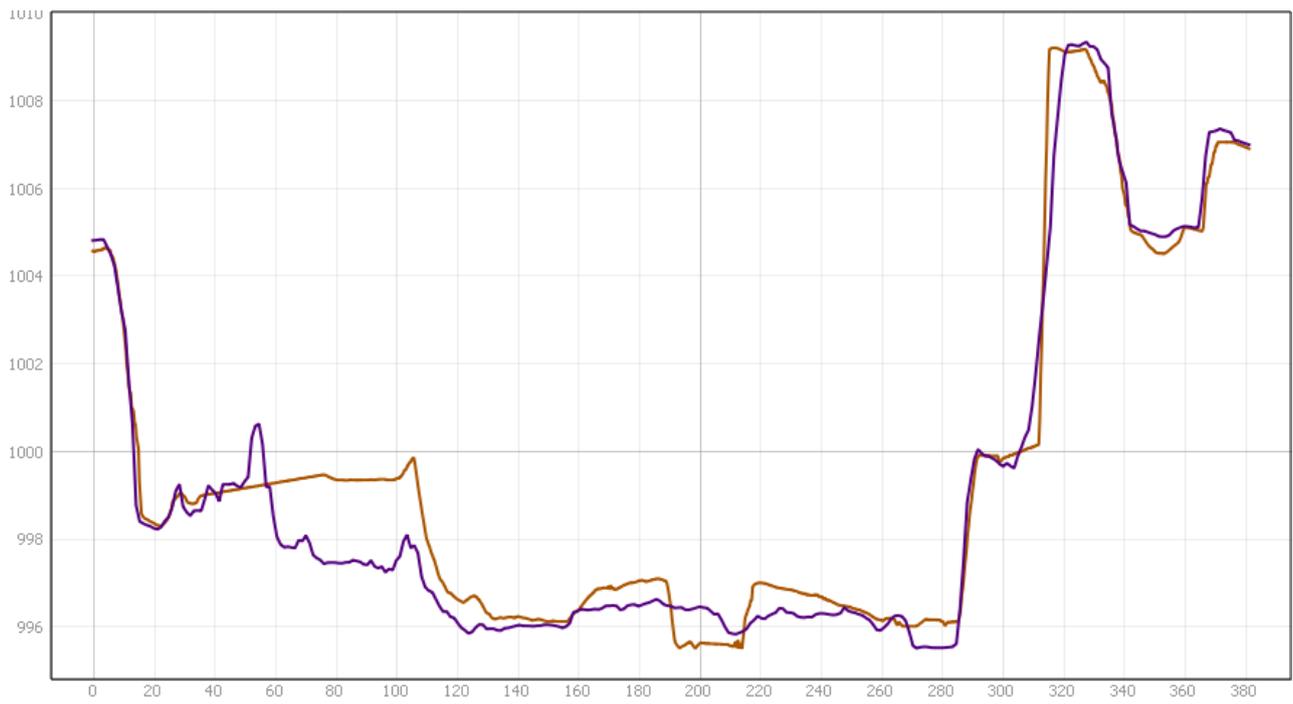


SEZIONE 80

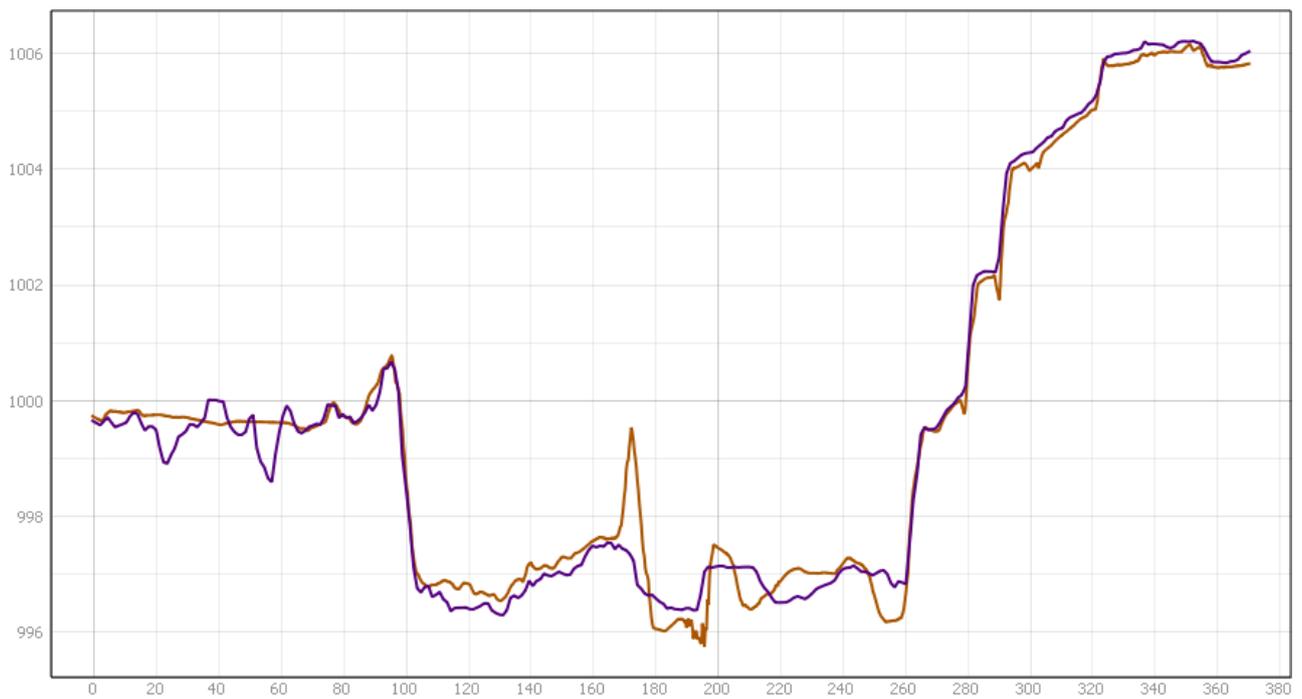


— Dtm POT 2008 — Rilievo PRV anno 2016

SEZIONE 90

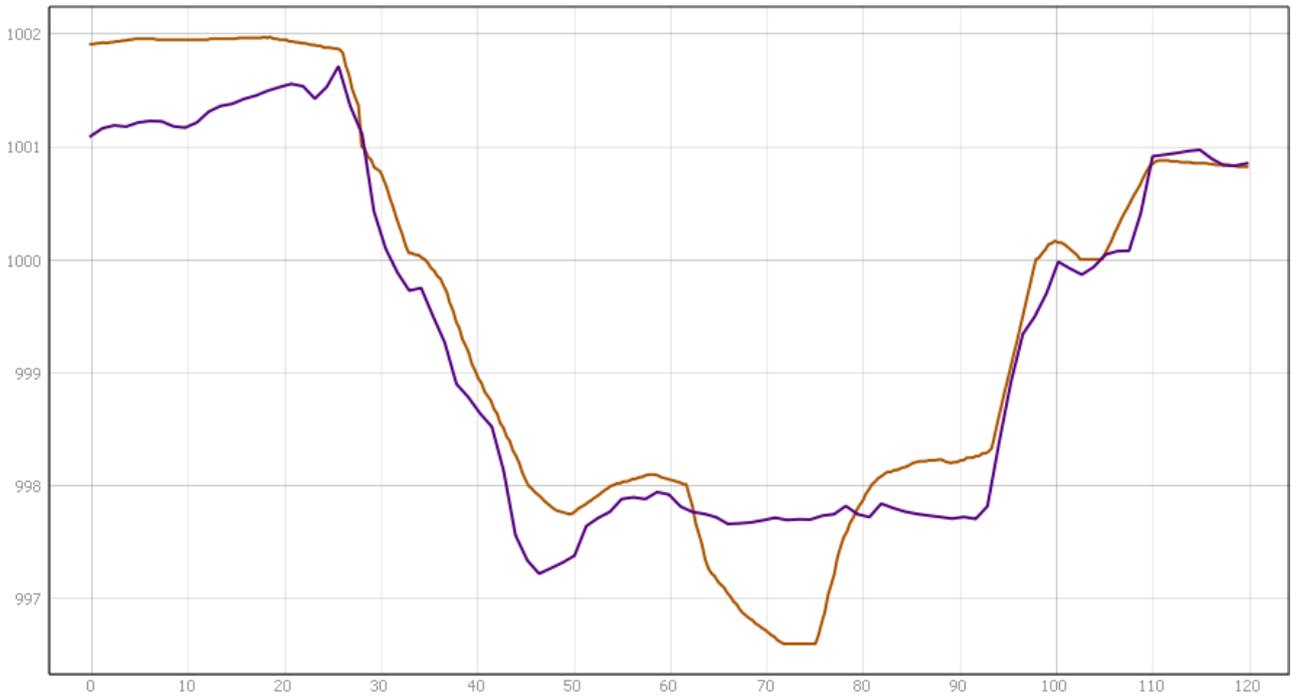


SEZIONE 100



— Dtm POT 2008 — Rilievo PRV anno 2016

SEZIONE 105

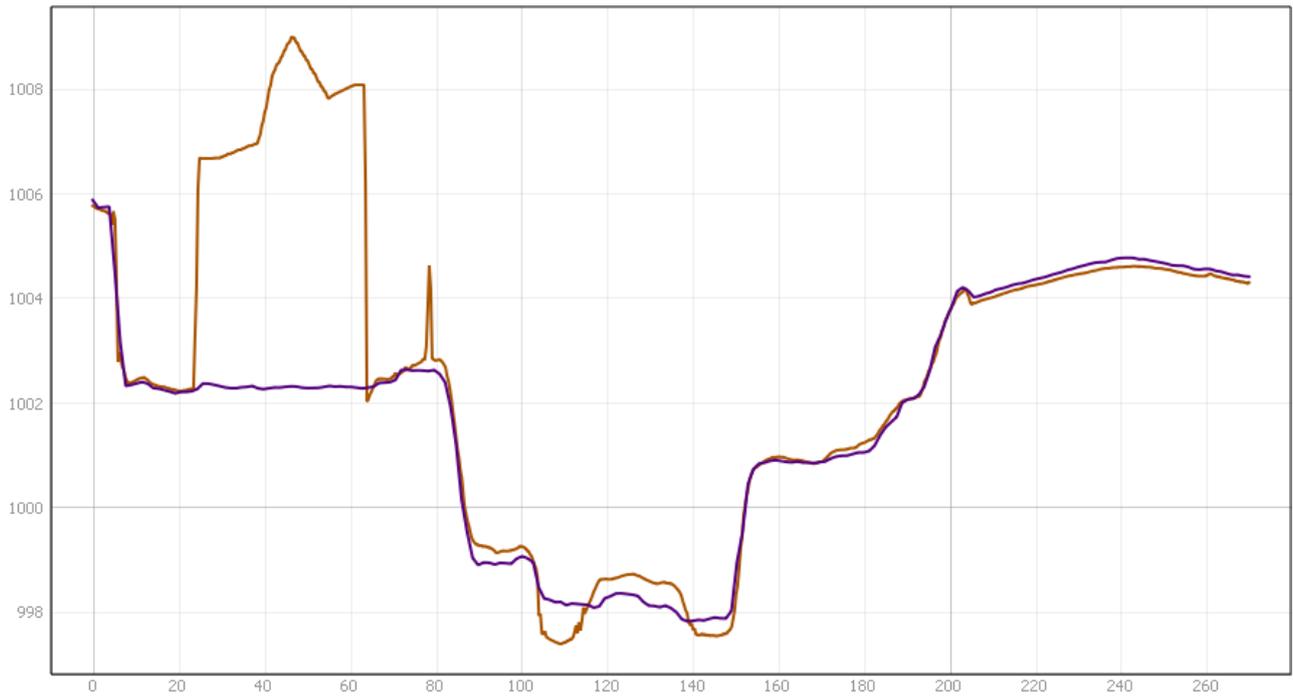


SEZIONE 110

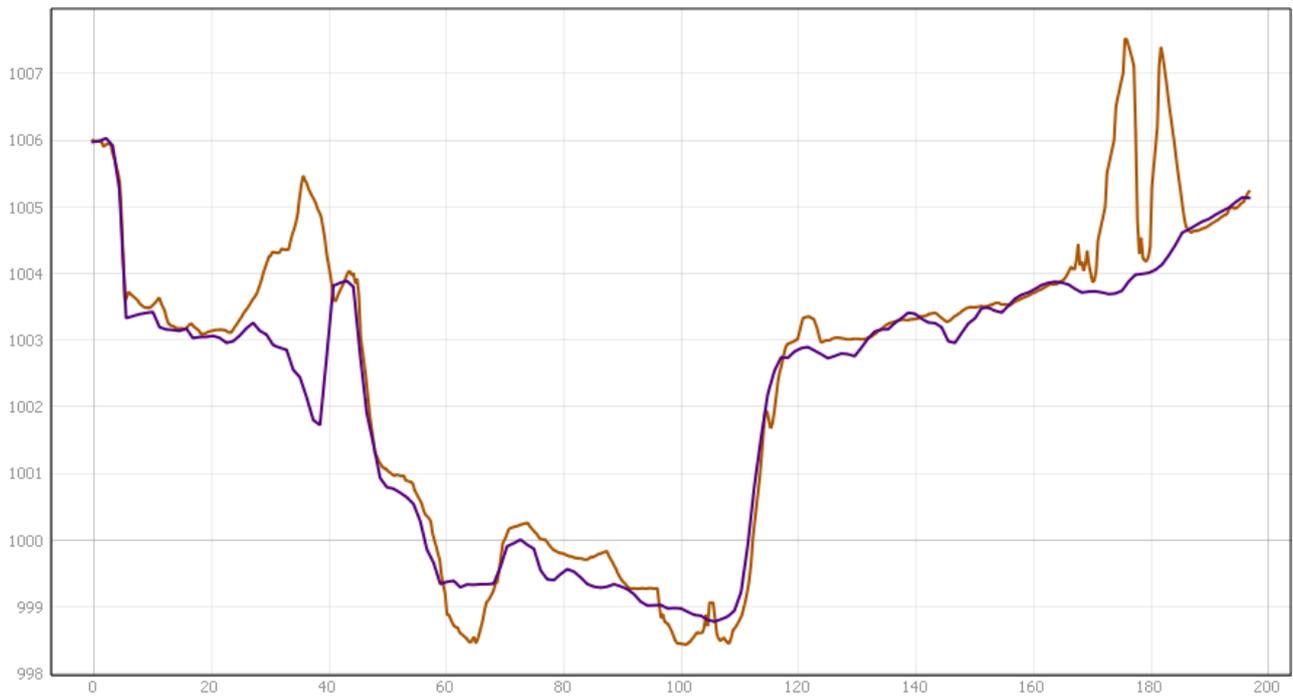


— Dtm POT 2008 — Rilievo PRV anno 2016

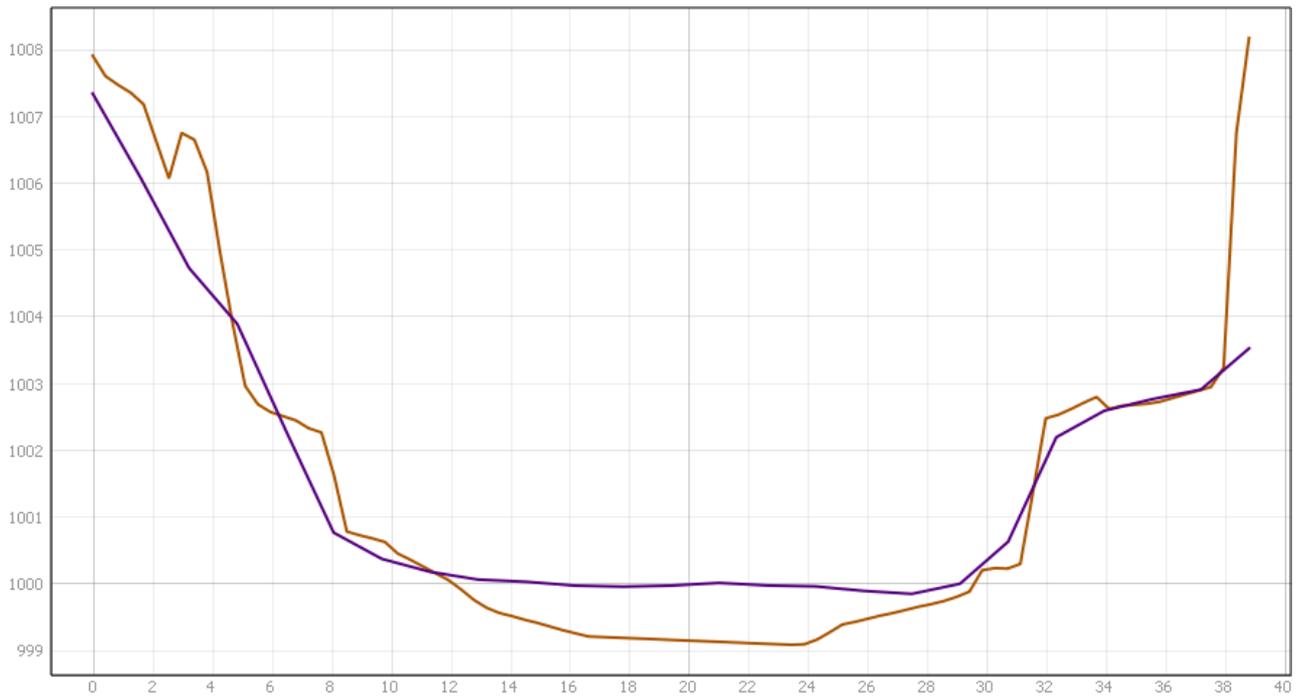
SEZIONE 120



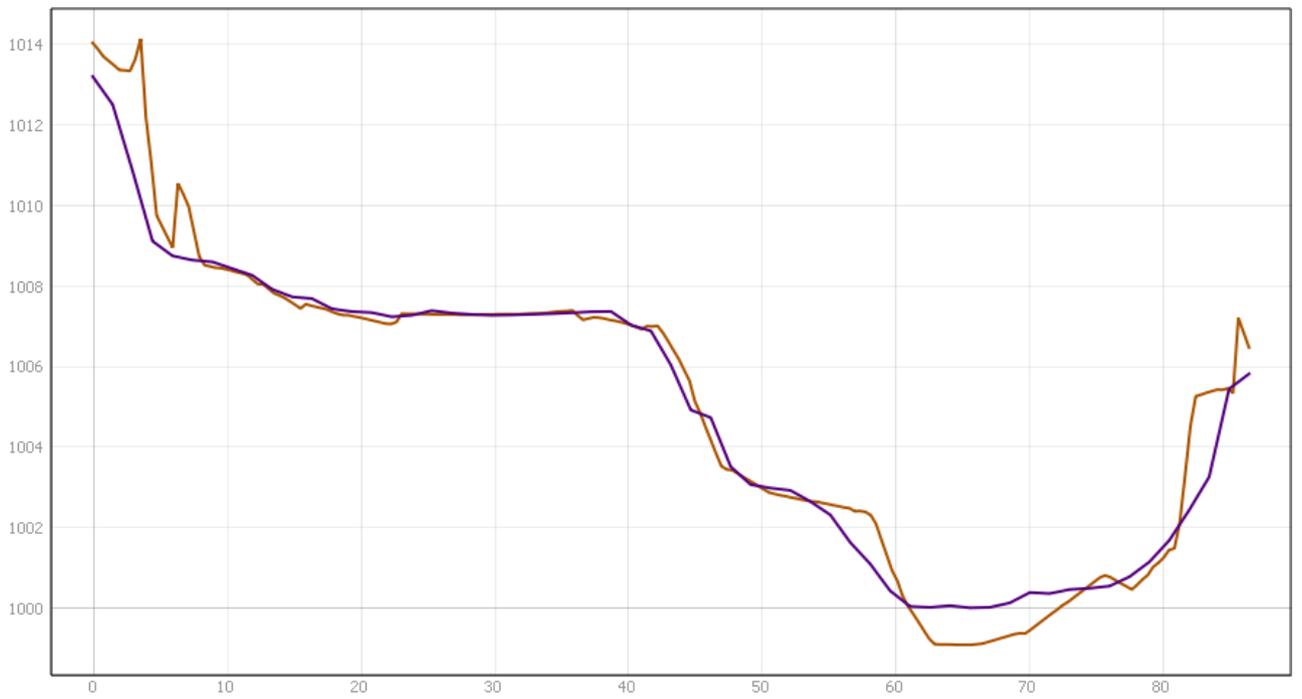
SEZIONE 130



SEZIONE 140

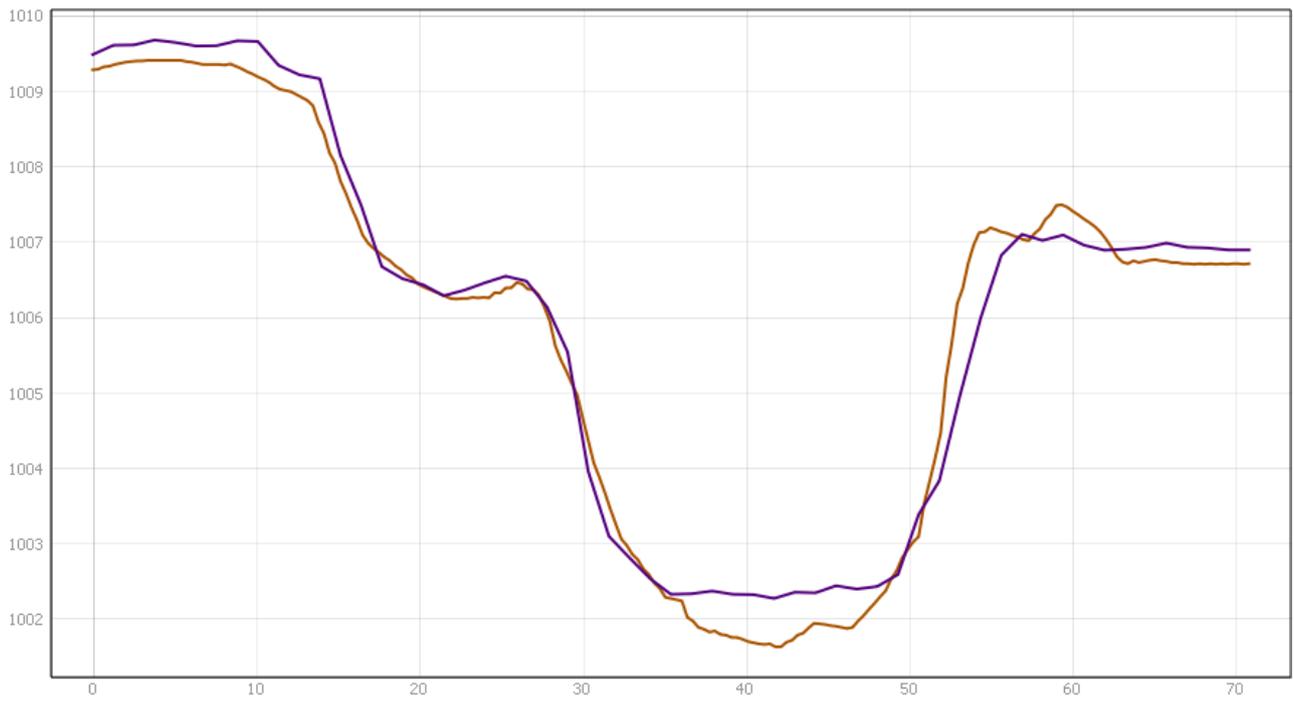


SEZIONE 150

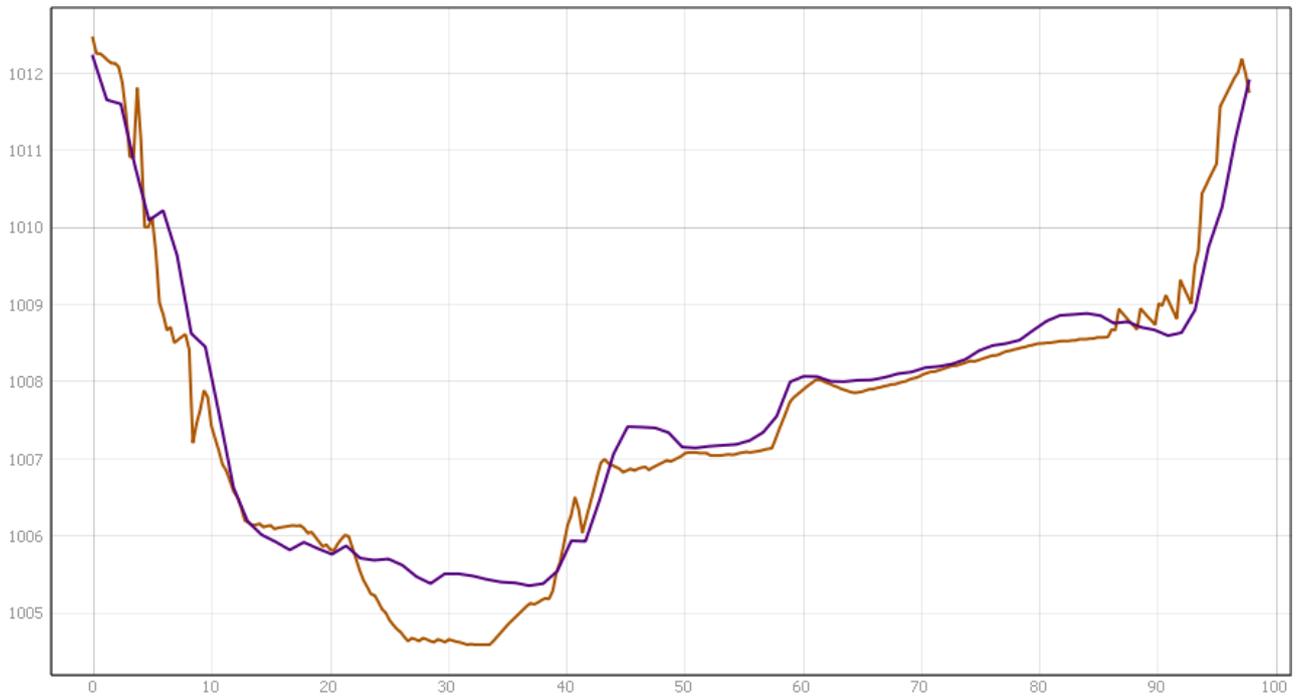


— Dtm POT 2008 — Rilievo PRV anno 2016

SEZIONE 160

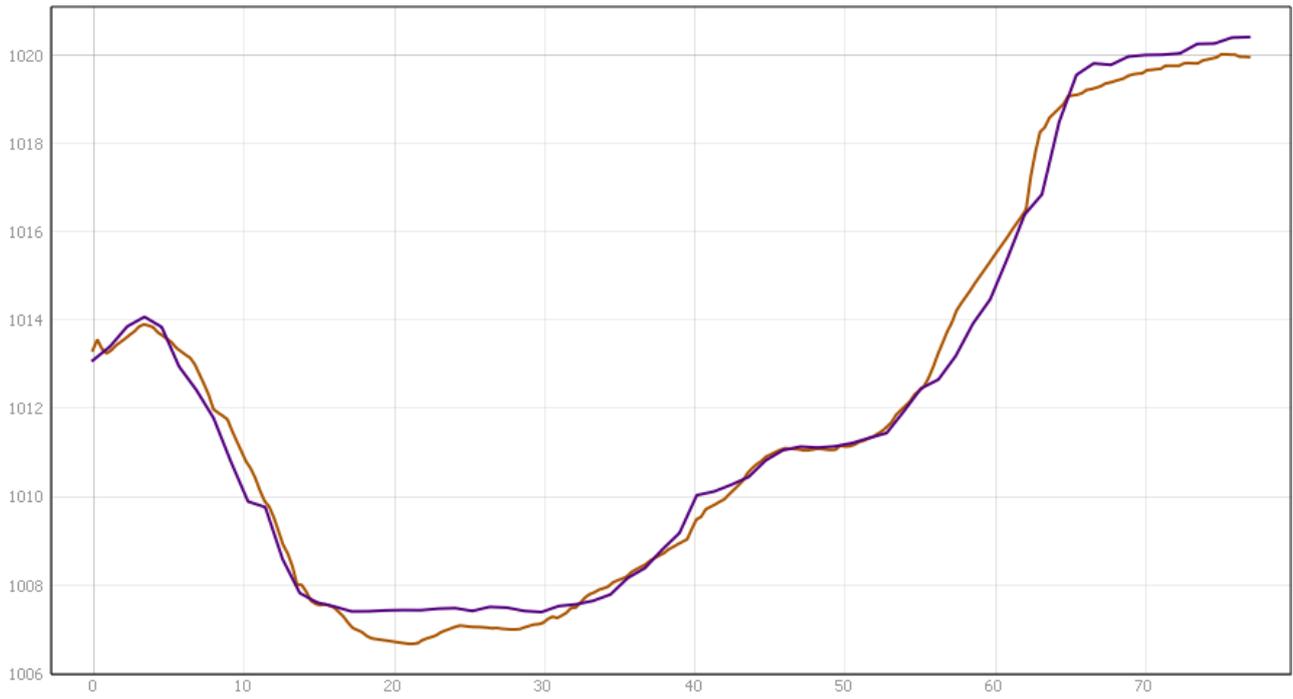


SEZIONE 170

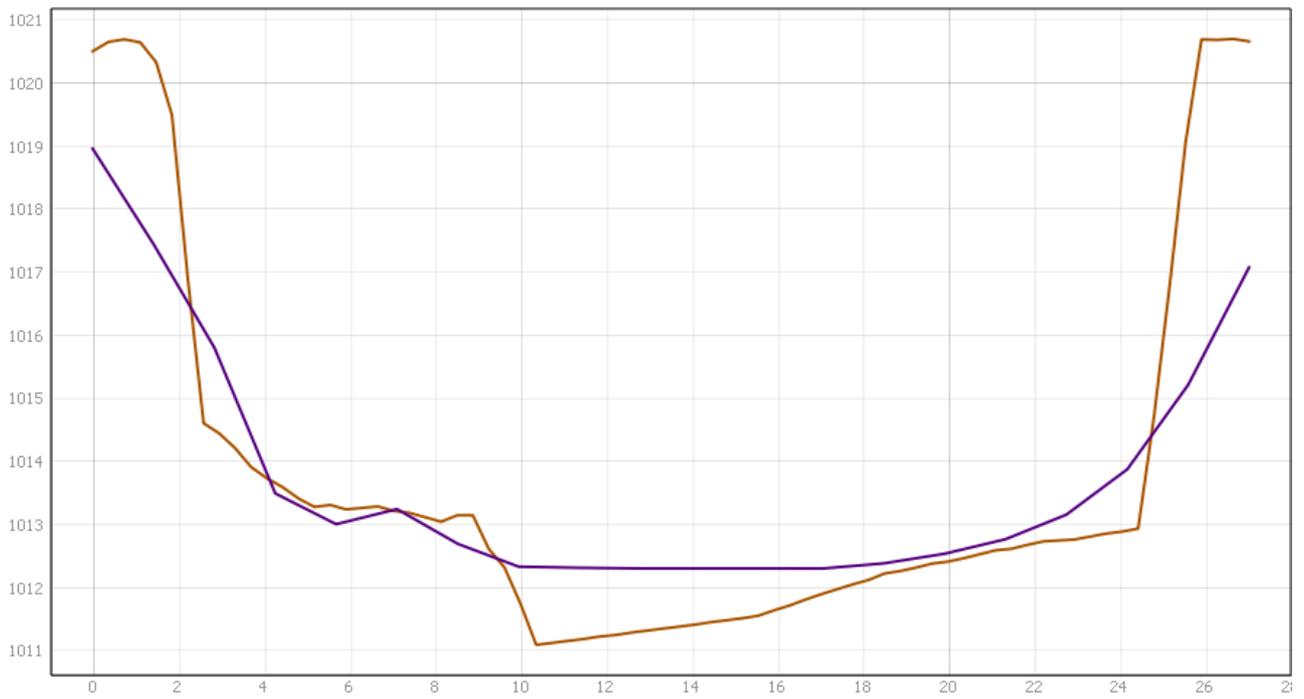


— Dtm POT 2008 — Rilievo PRV anno 2016

SEZIONE 180

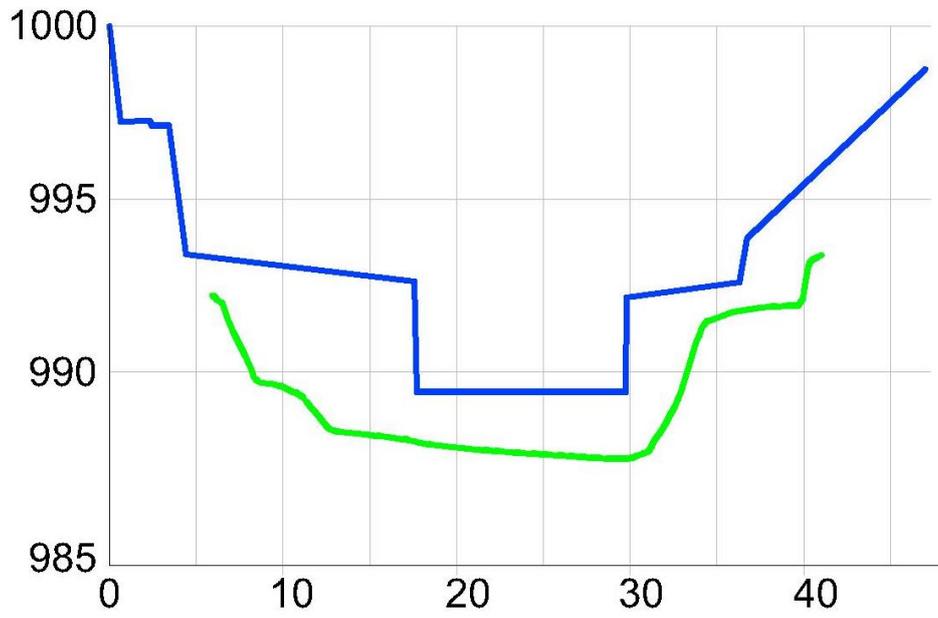


SEZIONE 190

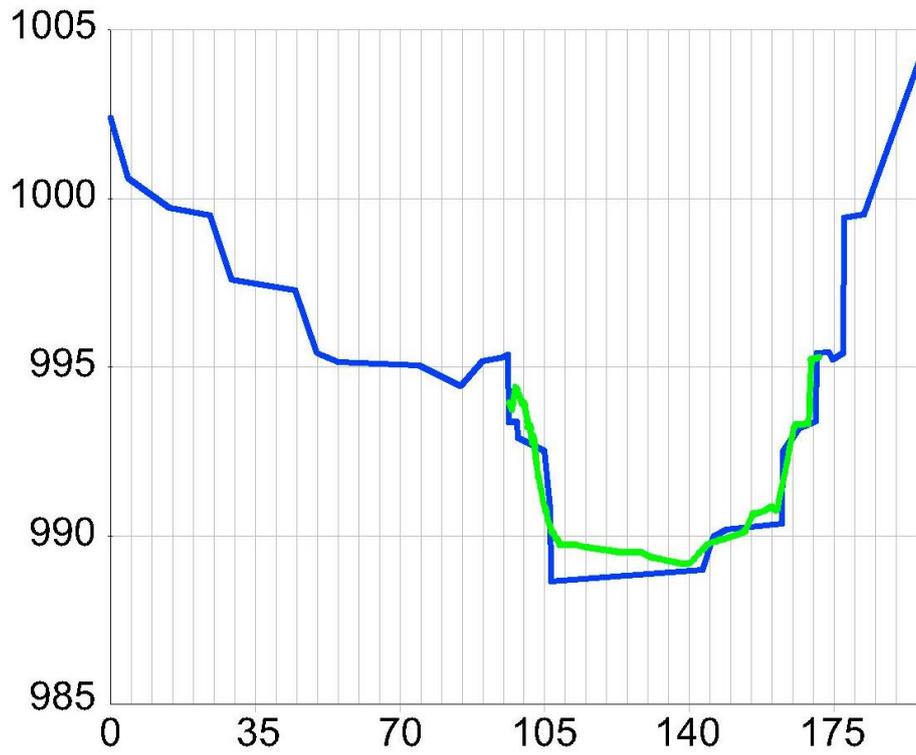


ALLEGATO 2
CONFRONTO SEZIONI AdBPO / SEZIONI RILIEVO PRV 2016

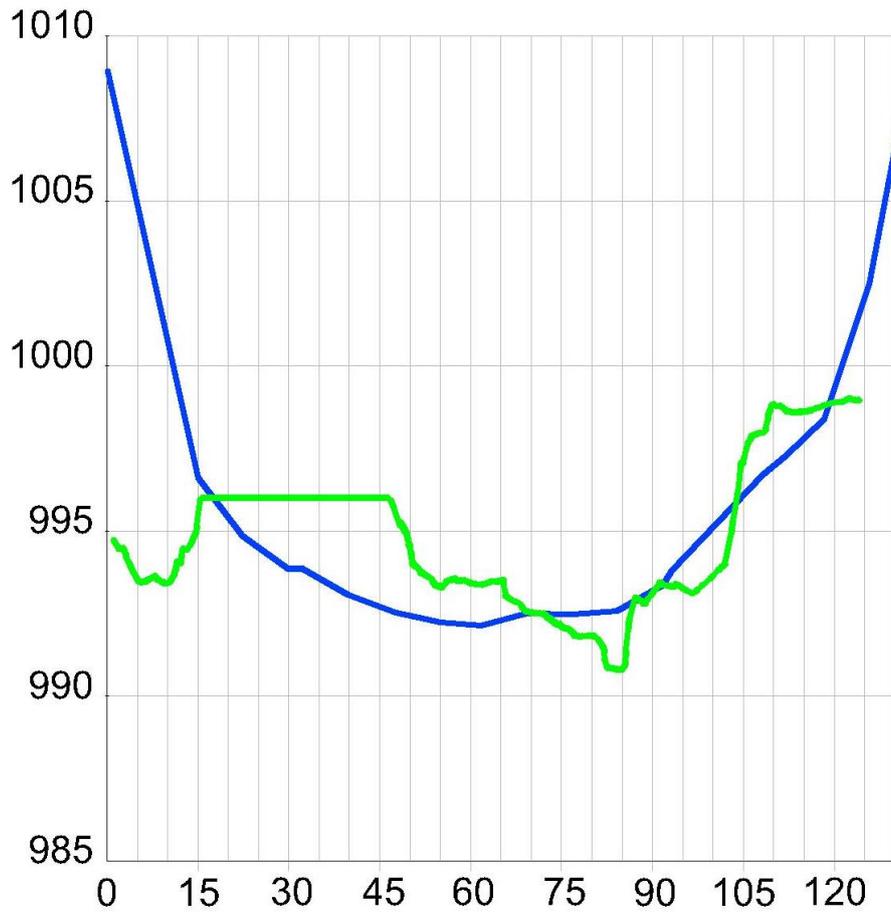
SEZ 125 - 10



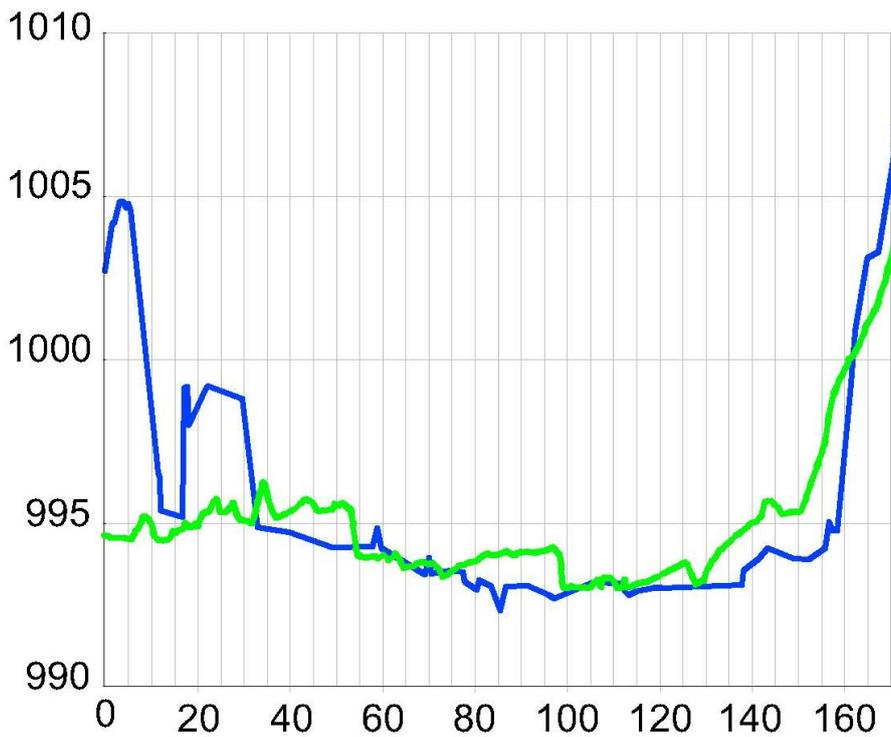
SEZ 125_2P - 20



SEZ 126a - 40

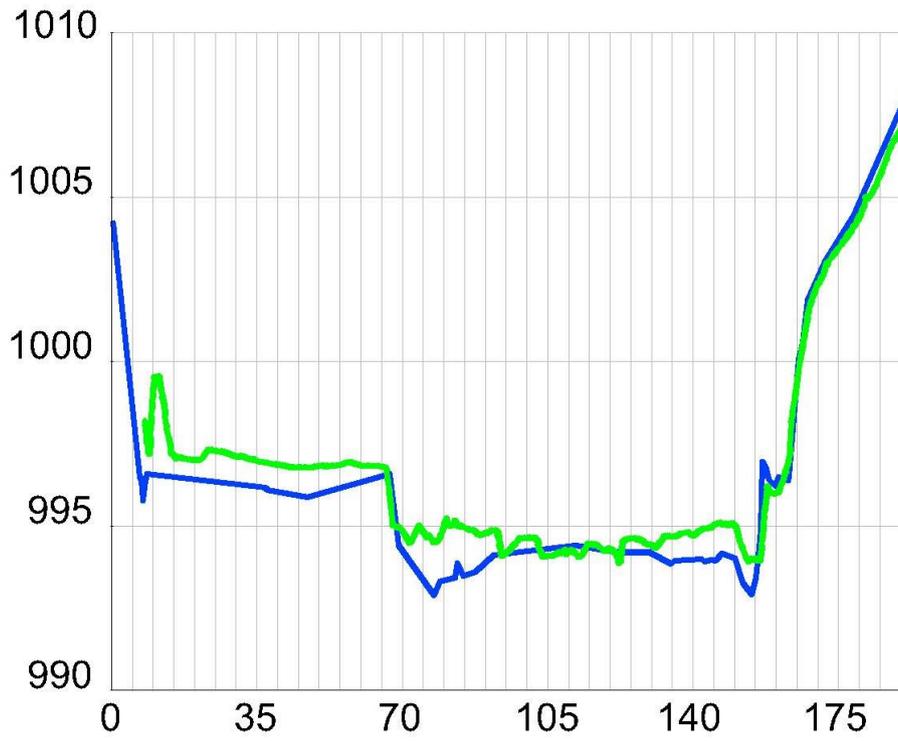


SEZ 126 - 60

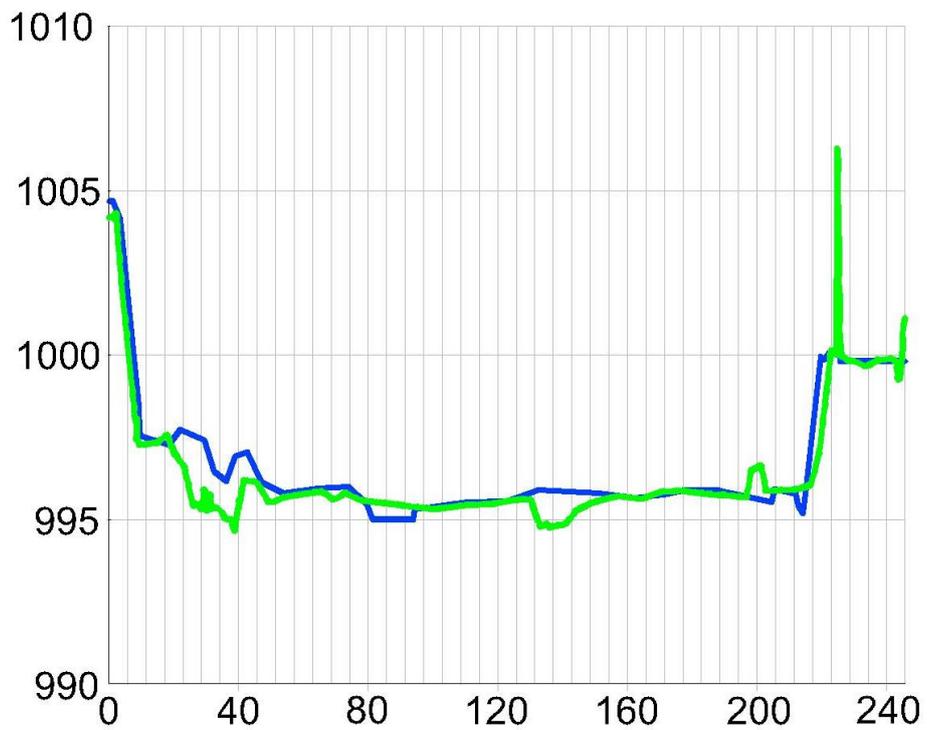


— AdbPO — Rilievo PRV anno 2016

SEZ 127 - 70

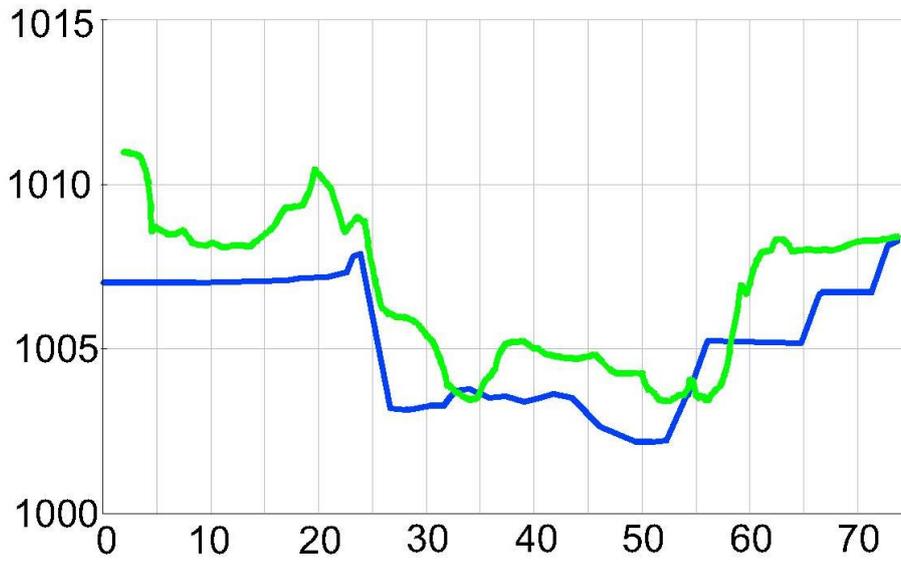


SEZ 127_1P - 80

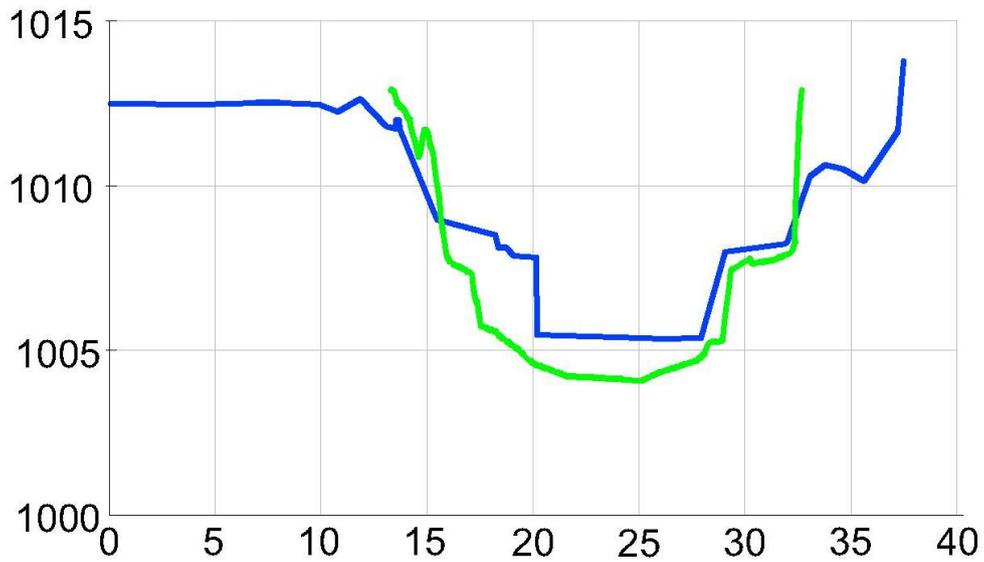


— AdBPO — Rilievo PRV anno 2016

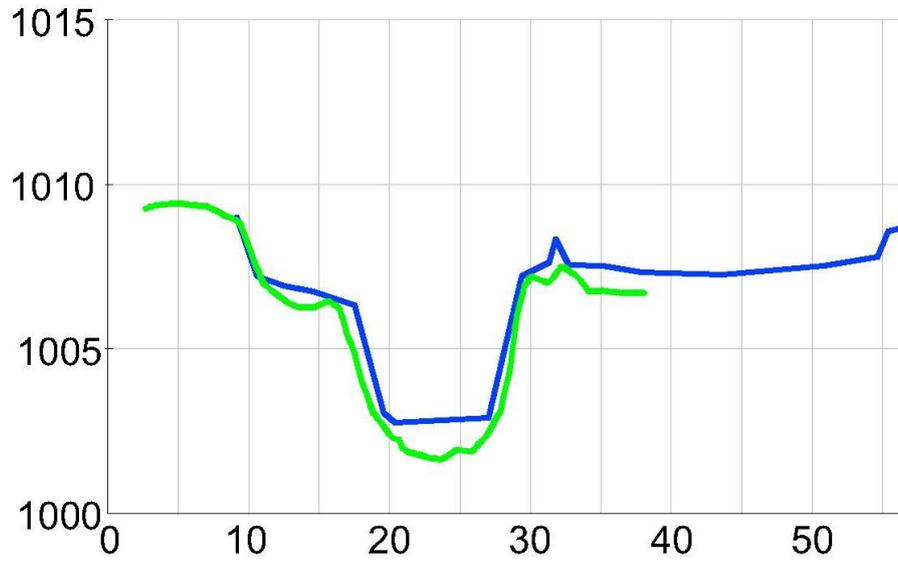
SEZ 128 - 130



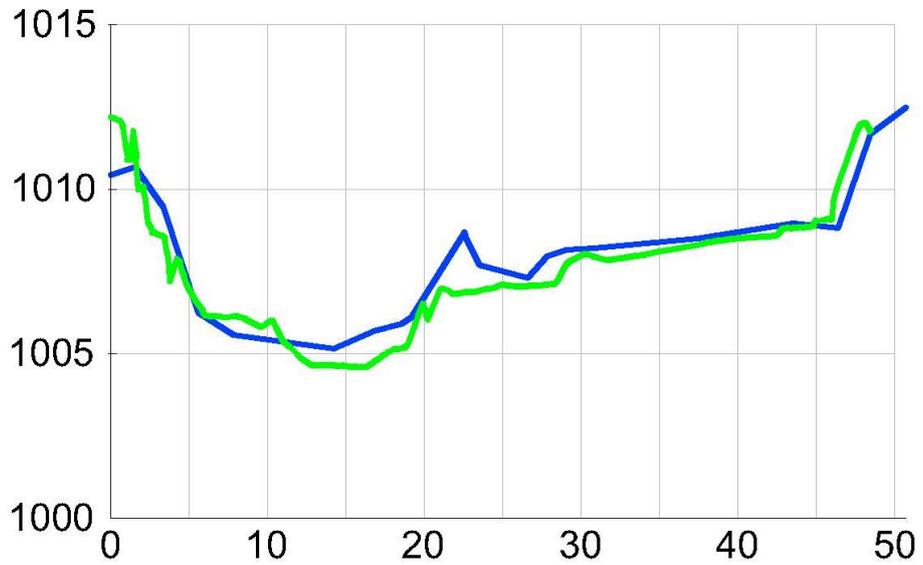
SEZ 128_1P - 140



SEZ 129- 160

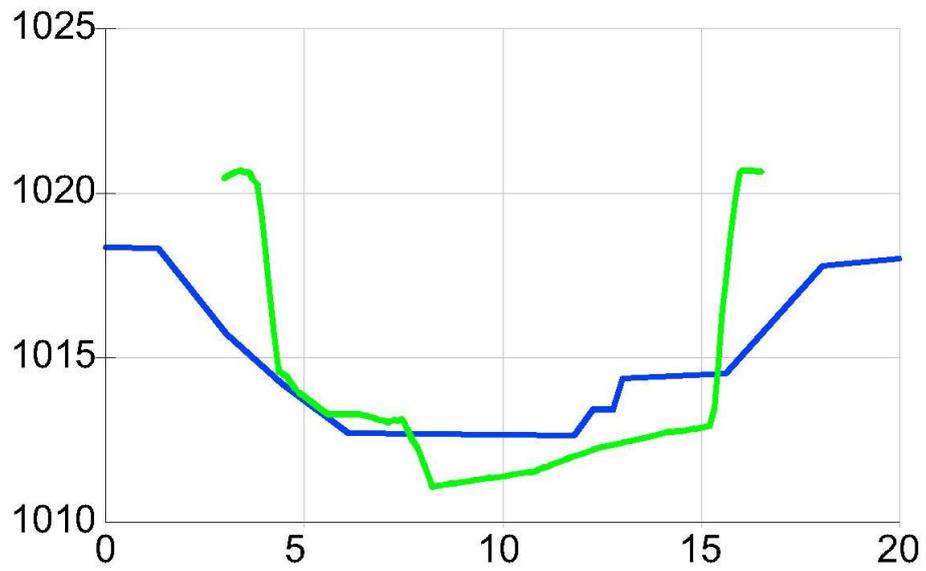


SEZ 129_1P - 170



— AdBPO — Rilievo PRV anno 2016

SEZ 129_2P - 190



— AdbPO — Rilievo PRV anno 2016