

Committente:



Regione Piemonte  
CITTA' DI TORINO  
Provincia di Torino



Oggetto:

Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone

RELAZIONE IDRAULICA

SCALA:

DATA:

novembre 2013

Identificazione elaborato	Ambito	Tipologia		Commessa	n° elaborato	1
STID950-1	ST	I	D	950		

Dati Progettisti:

**Studio ANSELMO Associati**  
Via Vittorio Emanuele n. 14  
10023 CHIERI (TO)  
tel./fax 011 9415835  
e-mail: info@anselmoassociati.it

Rev.	Redatto	Controllato	Approvato	Data	Timbri e Firme
1	Ing. D. Vittore	Ing. V. Anselmo	Ing. V. Anselmo	11/13	
0	Ing. D. Vittore	Ing. V. Anselmo	Ing. V. Anselmo	11/13	

Il Responsabile del procedimento:

FIRMA

File : 950STID-1.doc



## **Sommario**

1	PREMESSA.....	1
2	ELEMENTI IDROLOGICO-IDRAULICI.....	1
2.1	Le indicazioni allegate alla Variante 100 del PRGC di Torino <sup>(1)</sup> .....	1
2.1.1	Le portate di riferimento.....	1
2.1.2	Ulteriori considerazioni dopo l'evento dell'ottobre 2000 <sup>(1)</sup> .....	8
2.1.2.1	Ulteriori considerazioni sulla portata di riferimento.....	10
2.1.2.2	Le indicazioni dell'Autorità di bacino.....	11
2.2	Lo Studio di fattibilità della sistemazione idraulica <sup>(1)</sup> .....	13
2.2.1	L'analisi idrologica.....	13
2.2.2	L'analisi idraulica.....	14
2.2.3	L'evoluzione della normativa.....	21
2.2.4	Il Progetto di variante del PAI.....	22
3	LA VERIFICA IDRAULICA.....	22
3.1	Geometria del modello.....	22
3.2	La modellazione in moto permanente.....	23
3.3	Portate di riferimento.....	24
3.4	Condizioni al contorno.....	24
3.5	Scabrezza.....	24
3.6	Risultati.....	24
3.7	Confronto e considerazioni in merito ai profili disponibili.....	28
4	CONCLUSIONI.....	32
5	ELENCO ELABORATI.....	33
6	RIFERIMENTI CITATI.....	33
	APPENDICE - A - Planimetria sezioni modello idraulico.....	35
	APPENDICE - B - Risultati modellazione idraulica.....	36
	APPENDICE - C - Sezioni trasversali.....	40
	APPENDICE - D - Descrizione dello schema di calcolo adottato dal modello numerico Hec-Ras attivato in moto permanente (verifiche idrauliche).....	41

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

## **1 PREMESSA**

La relazione che segue fornisce le indicazioni in merito ai livelli conseguenti agli eventi di riferimento della Dora Riparia in corrispondenza dell'opera di attraversamento prevista a monte del ponte di Corso Principe Oddone (ponte Re Alberto del Belgio). I livelli derivano da una verifica estesa, in particolare, al tronco di alveo compreso fra la passerella di Via Mondovì e il ponte Amedeo IX (Via Livorno) che comprende anche il tronco tombato nell'area delle ex-ferriere.

La verifica è stata condotta con codice di calcolo commerciale di moto permanente monodimensionale (Hec-ras, versione 4.1.0).

Si deve ammettere che la Dora Riparia, benché sia da secoli sede di derivazioni importanti da cui la città di Torino trasse l'energia per il suo primo sviluppo industriale, è ancora oggetto di incertezze in merito alle portate di piena per due ordini di motivi: meteo-climatici, che comportano precipitazioni modestissime nell'alto bacino (a monte di Chiomonte); morfologici e idraulici, che influenzano la propagazione delle piene nella porzione medio-inferiore del bacino (a valle di Susa). In tale settore di bacino, una ulteriore fonte di indeterminazione deriva dal ruolo che i tributari assumono nella formazione della piena.

## **2 ELEMENTI IDROLOGICO-IDRAULICI**

### **2.1 Le indicazioni allegare alla Variante 100 del PRGC di Torino <sup>(1)</sup>**

#### **2.1.1 LE PORTATE DI RIFERIMENTO**

La determinazione delle portate di progetto della Dora Riparia è resa incerta a causa di una serie di fattori:

1. assenza di stazioni di misura delle portate in sezioni significative e per periodi accettabili. La stazione idrometrica di Oulx non venne infatti più ripristinata dopo la piena del giugno 1957. La stazione idrometrica di S. Antonino non fu più seguita dall'Ufficio idrografico del Po dopo l'evento del 1957, ma restò in gestione al Consorzio irriguo, ma la sua collocazione non è adatta a misurare portate superiori a 200 m<sup>3</sup>/s circa in quanto si verificano esondazioni proprio in corrispondenza della stazione. La stazione idrometrica installata dall'ENEL-CRIS al Ponte Washington in Torino non ha un numero adeguato di anni di osservazione e risulta attualmente dismessa. In attesa che la Regione Piemonte-Settore Meteoidrografico si assuma l'onere di dare stabilità e continuità alle misure idrometriche in Piemonte, le portate della Dora Riparia restano un enigma, nonostante che, da tempo immemorabile, le acque siano utilizzate per derivazioni irrigue ed industriali di grandissimo rilievo in passato e ancora attive, in parte, oggi. Al di fuori delle stazioni dell'Ufficio Idrografico del Po, bisogna ricordare che, al ponte

---

<sup>(1)</sup> Estratto dal contenuto del Capitolo 4 – *Aspetti idrologici e idraulici della Relazione conclusiva agli studi idrogeomorfologici di supporto al Piano Regolatore della città di Torino (Variante 100)* – cap. 4.5.7 - pp. 161-170.

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

della Giacонера, in Comune di Borgone (circa 1.5 km a monte della stazione idrometrica di S. Antonino) risultano essere state avviate regolari osservazioni idrometriche fin dal 1871 con massima altezza raggiunta nel giugno 1876. L'idrometro rimase in funzione fino al 1926 quando fu trasferito nella sua attuale situazione in corrispondenza dello stramazzone noto come Riparto Pernigotti. Nel periodo successivo al 1876, viene citata a Borgone la piena del settembre 1920. Nonostante gli sforzi effettuati nella ricostruzione dello zero idrometrico e nel confronto fra i tre eventi gravi segnalati (giugno 1876, settembre 1920, giugno 1957) non risulta possibile arrivare a conclusioni certe. Appare comunque evidente che la capacità di convogliamento dell'alveo nel tratto in oggetto risulta dell'ordine di grandezza di  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ .

2. Particolari caratteri morfologici dell'alveo, il quale, per tutto il corso inferiore intravallivo, presenta sezioni trasversali atte al convogliamento di portate modeste, dell'ordine di poche centinaia di metri cubi per secondo, a fronte di un bacino di ragguardevole estensione (oltre  $1000 \text{ km}^2$  a S. Antonino). Ne derivano esondazioni estese per lunghi tratti in occasione di piene gravi, come nel 1957, poste in adeguata evidenza nello studio di B. FRANCESCHETTI, M. STOPPATO, O. TURITTO (1990).

3. Scarse precipitazioni sia in termini di quantità di afflusso, sia in termini di giorni piovosi soprattutto nell'alto bacino. Le risorse idriche della Dora, intensamente utilizzate fin da epoche remote, derivano dagli apporti nivali.

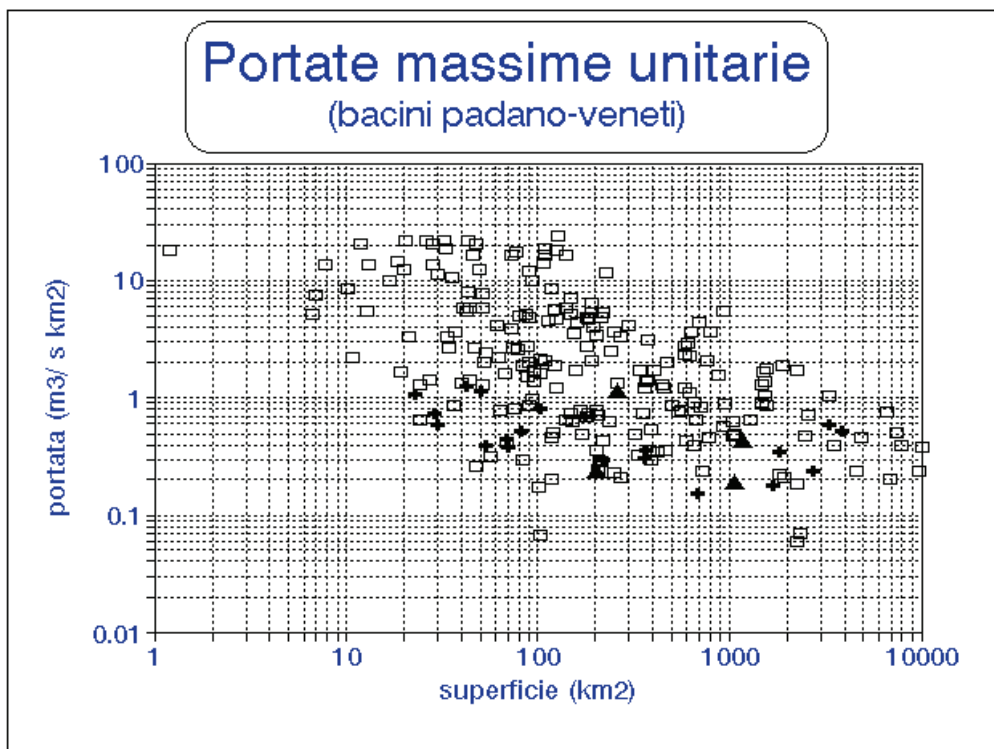


Figura 2-1 - Portate massime osservate per unità di superficie nei bacini padano-veneti. I contributi di Dora Baltea e Val Venosta sono indicati con la croce, mentre i triangoli rappresentano le quattro valutazioni disponibili per la Dora Riparia. Si tratta delle portate più basse riscontrabili nel bacino padano.

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

Le scarse precipitazioni sono forse, insieme con la morfologia dell'alveo, l'elemento più determinante nel comportamento idrologico della Dora. Il bacino in oggetto infatti rappresenta uno dei settori alpini meno piovosi, insieme con Valle d'Aosta, Valtellina e Val Venosta. Tale carattere si ripercuote sui contributi di piena, che risultano decisamente inferiori a quelli osservabili nel complesso dei bacini alpini. I valori massimi osservati in Italia settentrionale si dispongono secondo quanto riportato nella figura seguente tratta e rielaborata da una sintesi delle portate massime osservate nel bacino padano-veneto.

I caratteri idrologici della Dora Riparia sono pertanto caratterizzati dalla penuria di stati idrometrici elevati. In sostanza, solo quattro eventi di piena risultano noti per questo corso d'acqua:

- l'ottobre 1839, allorché, dopo "39 giorni di quasi continua e diretta pioggia" alle ore 9 del 16 ottobre la corrente arrivò "poco più, poco meno a 65 cm sotto il peduzzo della volta del gran ponte" (Gazzetta Piemontese, 1839 citata in CROSIO e FERRAROTTI, 1996; pag.112). Si tratta dell'opera, per i tempi arditissima (unica campata ad arco di 42 m di luce), che Bernardo Mosca aveva eretto nel periodo 1823-1830. L'altezza indicata risulta ancora, poco più poco meno, indicata come quella della massima piena nello schema del ponte nei documenti del Civico Ufficio Tecnico (MAFFIOLI, 1978; pag.46)

- il giugno 1876, allorché fu raggiunta la massima altezza idrometrica al citato Ponte della Giacenera, presso Borgone, pari a 2.48 m sopra lo zero idrometrico (il quale risultava collocato alla risega di fondazione della pila sinistra (MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, 1878)

- il settembre 1920 fece registrare una piena dei corsi d'acqua alpini occidentali, ma non sono state rinvenute notizie di rilievo. Si trova indicazione del valore di 350 m<sup>3</sup>/s

- il giugno 1957 registrò ingenti devastazioni in tutta la valle di Susa. A Torino, la portata della Dora fu oggetto di una valutazione indiretta di portata. Nel tronco compreso fra il Ponte Carlo Emanuele (C.so Tortona) ed il Ponte Emanuele Filiberto (Via Fontanesi), alle ore 3 della notte del 15 giugno, i tecnici della IV Ripartizione del Comune di Torino misurarono il pelo libero rispettivamente a quota 219.11 e 217.91 m. Applicando con la relazione di Kutter un coefficiente  $m = 0.70$  <sup>(2)</sup>, si ricavava dalla geometria delle sezioni e dalla pendenza pari a

---

<sup>2</sup> ) La relazione di Kutter ha la forma  $\chi = \frac{100 \cdot \sqrt{R}}{\sqrt{R} + m}$  con  $m$  fornito da apposite tabelle nei manuali (si veda per esempio, in dettaglio, De Marchi, Idraulica, al fondo della parte seconda) da cui si deduce, per confronto con la formulazione di Manning secondo cui  $\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$  che, a parità di raggio idraulico, ad  $m=0.70$  corrisponde  $n=0.017$ . Si deve osservare che dall'esame

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

0.00186, una velocità media di 4.5 m/s ed una portata di 502 m<sup>3</sup>/s (PROVINCIA DI TORINO, 1959). Il valore, pur con le considerazioni esposte nella nota, è apparso, nell'applicazione del modello numerico, adeguato.

- per l'evento del novembre 1994, SACCARDO & TOMASINO (1995) forniscono il dato rilevato all'idrometro del Ponte Washington a cui viene attribuita una portata di 320 m<sup>3</sup>/s<sup>(3)</sup>.

In conclusione, ridotti valori di portata possono essere attesi nella Dora Riparia sia per la conformazione dell'alveo a monte dello sbocco sul cono di deiezione post-glaciale, sia per la minore alimentazione in termini di precipitazioni intense. A suffragio di tale seconda considerazione, vale l'osservazione che due delle quattro maggiori piene note (1839, 1876, 1920, 1957) sono avvenute in giugno (1876 e 1957) allorché la portata dipende dalla concomitante fusione della neve.

Altre due considerazioni possono essere fatte in proposito.

A Susa, il contributo dell'alto bacino (circa 700 km<sup>2</sup>) transita sotto al cosiddetto Ponte degli Alpini dotato di luce infima (si dice che la piena del settembre 1920 abbia di poco superato l'impalcato del ponte).

A S. Antonino valori di portata superiori a 200 m<sup>3</sup>/s furono assegnati per la portata del settembre 1920 (si trova in bibliografia il valore di 350 m<sup>3</sup>/s) e per il 1957 (nelle carte del Comune di Torino si trova il valore di 450 m<sup>3</sup>/s) allo scopo di tener conto degli allagamenti. Tali valori, dedotti attraverso procedimenti non dichiarati, non sono stati confermati ufficialmente dall'Ufficio idrografico del Po e non avrebbero comunque influenza per le sezioni del tratto urbano della Dora in quanto queste si trovano a valle delle aree di esondazione e sono protette dal ben noto effetto di riduzione di portata e sfasamento temporale che consegue alla laminazione.

La valutazione della portata di assegnata probabilità a Torino può solo essere approssimata mediante il ricorso ai dati osservati a S. Antonino. Utilizzando i valori di portate al colmo annuali forniti dall'Ufficio idrografico del Po e dal Comune di Torino si ottiene una serie storica di 53 dati dal 1927 al 1984.

Ricorrendo alla già citata elaborazione delle frequenze mediante la distribuzione GEV, si ottengono i valori dei tre parametri  $u = 75.05$   $\alpha = 32.32$   $k = -0.025$  che permettono di ricavare i seguenti valori di portata a S. Antonino:

---

di numerose valutazioni indirette di portata si ricava l'impressione che la valutazione della scabrezza effettuata mediante le formule in uso nei decenni scorsi porti a sottovalutazioni della stessa, quindi a sopravvalutare la velocità e di conseguenza la portata. Il valore più elevato di  $m$  dalla citata tabella ( $m = 2.50$ ) per canali in abbandono o alvei naturali con alveo in grossa ghiaia porterebbe al valore  $n = 0.035$  secondo Manning che si ritiene, in base alla citata esperienza, oggi attribuibile ad alvei naturali quali quelli attraversanti l'area torinese.

<sup>3</sup>) TROPEANO (1994) riporta una fotografia di L. Mercalli della piena ripresa a valle del ponte Emauele Filiberto (Via Fontanesi) con l'indicazione di una portata "di circa 450 m<sup>3</sup>/s" senza indicazioni della fonte.



**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

Tabella 2-1- Portate di assegnato tempo medio di ritorno (distribuzione GEV)

	$Q_{20}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{100}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{200}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{500}$ ( $m^3/s$ )
Dora Riparia a S. Antonino	175	233	258	292

La valutazione della portata alla sezione del Ponte Washington presso la confluenza in Po a Torino può essere effettuata per mezzo di almeno due procedure:

- la trasposizione in funzione dell'area, con i risultati elencati nella tabella seguente, che porta a valori molto modesti, anche per tempi di ritorno rilevanti poiché è assai probabile che la similitudine idrologica fra alta e bassa valle sia modesta a causa della forma allungata del bacino e del contributo dei numerosi affluenti di sinistra lungo la Bassa Valle.

Tabella 2-2 – Portate della Dora Riparia determinate per trasposizione

	Area ( $km^2$ )	$Q_{20}$	$Q_{100}$	$Q_{200}$	$Q_{500}$
Dora a S. Antonino	1046	175	233	258	292
$q(Tr,A)$		0.80	1.07	1.18	1.34
Dora a Torino	1325	189	252	279	316

- il ricorso alle formule di regionalizzazione proposte dal citato Sottoprogetto SP-1 (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 1995-a). In tale caso, l'applicazione delle formule proposte al bacino in esame (area sottesa: 1325  $km^2$ ; attribuzione del bacino alla zona idrologica A) porta ai seguenti valori di portata:

Tabella 2-3 - Valori della portata con assegnato tempo di ritorno determinati mediante la formula di regionalizzazione (Zona A – coefficienti originari) secondo il Sottoprogetto SP-1 (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 1995-a):

	$Q_{20}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{100}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{200}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{500}$ ( $m^3/s$ )
Dora Riparia a Torino	353	488	540	756

Nell'ambito dello stesso rapporto, si riferiscono i valori ricavati dal modello di simulazione idrologico-idraulico che permette anche la costruzione dell'idrogramma di piena.

Tabella 2-4 - Confronto tra i valori ottenuti con le formule di regionalizzazione e con il modello idrologico-idraulico (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 1995-a):

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

	Q <sub>20</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>200</sub> (m <sup>3</sup> /s)
Dora a Torino	353 ( <b>267</b> )	487 ( <b>566</b> )	538 ( <b>716</b> )

Come già negli altri casi, il rapporto dell'Autorità di Bacino non fornisce il valore con probabilità cinquecentennale. In pratica si verrebbe a riconoscere all'evento secolare una portata dell'ordine di grandezza dei 500 m<sup>3</sup>/s, pari alla portata stimata nell'evento del giugno 1957, mentre, all'evento bisecolare, in base alle formule di regionalizzazione verrebbe attribuito un valore dell'ordine di grandezza di quello (750 m<sup>3</sup>/s) stabilito, secondo il tradizionale criterio della portata "massima", dalla citata relazione per la classifica delle opere idrauliche in 3<sup>a</sup> categoria (PROVINCIA DI TORINO, 1959). Sembrerebbe tuttavia sensato attribuire a tale ultimo valore un significato di portata veramente ultrasecolare come risulterebbe dalla applicazione delle formule di regionalizzazione e dei metodi tradizionali.

Vale la pena di tener presente il ragionamento secondo cui, ammettendo l'esistenza di una differenza fra il regime idrologico della parte montana e quello dei tributari a valle di S. Antonino, ivi compresi i territori di pianura, si utilizzano i risultati dell'elaborazione probabilistica dei valori osservati a S. Antonino e si aggiunge il contributo della restante parte di bacino. A questo punto, la stima della portata presumibile, in occasione di eventi catastrofici, dell'area restante compresa fra la stazione di S. Antonino e lo sbocco in pianura. L'area dei citati tributari somma a circa 150 km<sup>2</sup>. Dalla relazione ricavata dall'involuppo dei massimi osservati in occasione di piene catastrofiche nei bacini di pianura e nei bacini alpini a minore precipitazione in Piemonte  $q = \frac{500}{A+90} + 0.4$  m<sup>3</sup>/s km<sup>2</sup> per  $A = 150$  km<sup>2</sup> si ricava la

portata di  $Q = 372$  m<sup>3</sup>/s. Nell'ipotesi dell'evento più sfavorevole in cui il contributo dei bacini tributari del corso inferiore si sommi, per una sorta di sovrapposizione degli effetti, con quello del corso superiore, si otterrebbe il valore  $Q = 632$  m<sup>3</sup>/s. Tale valore è senza dubbio caratterizzato da tempo di ritorno ultrasecolare.

Tabella 2-5 - Portate di piena di riferimento della Dora Riparia a Torino, utilizzate nel modello numerico

	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>200</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>500</sub> (m <sup>3</sup> /s)
Dora a Torino	<b>500</b>	<b>550</b>	<b>750</b>

I valori proposti trovano una conferma nei risultati di una recente indagine condotta con procedure scientificamente autorevoli. Infatti, le caratteristiche idrologiche delle Dora Riparia a Torino sono state esaminate dall'Italferr-Sis.T.A.V. nell'ambito dei progetti per il quadruplicamento della linea nel tratto Porta Susa-Stura (FERROVIE DELLO STATO, 1997). Lo

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

studio idrologico <sup>(4)</sup>, dopo un accurato esame dei risultati desumibili dalla bibliografia in argomento, conclude (pag. 26) che, *“in mancanza di osservazioni indirette di portata della Dora a Torino che consentano significative elaborazioni statistiche delle serie storiche registrate, è pratica usuale in idrologia determinare le probabili portate di piena di un corso d’acqua partendo dalle precipitazioni”*. Il rapporto riferisce pertanto le premesse metodologiche del metodo dell’idrogramma unitario istantaneo (metodo di Nash) utilizzato con alcune generalizzazioni introdotte da D’ALPAOS (1982). In pratica, presa come riferimento la sezione di Chiusa San Michele, poco a valle di Sant’Antonino, il bacino è stato schematizzato in 14 sottobacini di cui sono state ricavate le caratteristiche morfometriche e sono stati determinati i tempi di corrivazione con il metodo di Giandotti. Il modello è stato tarato, soprattutto per quanto riguarda i valori del coefficiente  $\emptyset$  che caratterizza la trasformazione afflussi-deflussi, con gli eventi del settembre 1947 ( $Q_{colmo} = 190 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e del maggio 1948 ( $Q_{colmo} = 138 \text{ m}^3/\text{s}$ ) per i quali erano stati reperiti i tracciati degli idrometrografi di Oulx e di S. Antonino. Il confronto tra idrogrammi calcolati e idrogrammi osservati (previa trasformazione delle altezze idrometriche in portate) risulta accettabile per S. Antonino mentre per Oulx il modello fornisce indicazioni non soddisfacenti per la scarsa attendibilità delle precipitazioni. Lo studio ricostruisce, dopo una dettagliata analisi della pluviometria della valle, una ipotesi di evento pluviometrico sintetico con assegnato tempo medio di ritorno. Si tratta ovviamente della fase più delicata della procedura in quanto (pag. 47) *“resta un problema ancora aperto nella modellistica idrologica la definizione della effettiva distribuzione spazio-temporale delle precipitazioni: nel caso in esame si è privilegiato un approccio estremamente restrittivo che quanto meno consenta una facile manipolazione di dati numerici: le altezze di pioggia totali ricavate dalle rette di possibilità pluviometrica (si sono scelti i  $Tr=200$  anni) sono state considerate distribuite in maniera costante per tutta la durata dell’evento (piogge a “pacchetto”). Non essendo noto a priori l’evento critico (il valore calcolato di  $Tc = 8$  ore è solo indicativo) si sono costruite le onde di piena derivanti da eventi sintetici di pioggia di durata 6, 9, 12, 15, 18 e 24 ore”*. La costruzione dell’evento sintetico è interessante (pag. 50): *“Si è considerato plausibile che i diversi sottobacini non siano interessati contemporaneamente dall’evento di pioggia e che quindi le onde di piena provenienti dai vari sottobacini si debbano sommare sfalsate non solo del ritardo cinematico ma anche di un ritardo di generazione dovuto allo spostarsi, secondo una ipotesi realistica, della meteora da ovest ad est.”* Alla fine (pag. 51) *“eseguite le prove per le sei durate e per i due  $Tr$ , si sono potute tracciare le onde di piena alla sezione di chiusura del bacino montano, Condove-Chiusa San Michele, che a meno di effetti propagatori di laminazione (trascurati a favore della sicurezza) possono ritenersi valide per il tratto cittadino della Dora Riparia a Torino. Sia per  $Tr=100$  che per  $Tr=200$  anni la durata che si presenta critica, cioè dà colmo maggiore, è quella di 15 ore”* e fornisce i valori:

---

<sup>(4)</sup> ) Il documento è stato messo a disposizione dal Settore Grandi Opere della Divisione Progetti del Comune di Torino.

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

Tabella 2-6 – Valori di portata determinati con modello idrologico (FERROVIE DELLO STATO, 1997).

	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>200</sub> (m <sup>3</sup> /s)
Dora a Chiusa San Michele	488	532

che si trovano in accordo sostanziale con quelli proposti sopra.

Il caso della Dora Riparia è particolarmente delicato in quanto risulta che molte delle numerose opere di attraversamento sono dimensionate per portate inferiori a 600 m<sup>3</sup>/s. Il corso urbano della Dora è stato sottoposto a significativi interventi di correzione planimetrica con eliminazione dei meandri tra il 1901 (soppressione del meandro interessante l'area del cimitero), il 1919 (in zona Colletta) e i periodi 1931-32-33 allorché si operava la rettifica delle restanti anse in Vanchiglietta (sbocco in Po), in Borgo Rossini (tra Lungodora Siena e Firenze), al fondo dell'attuale Corso Umbria (allora indicato come Via Ferrara) per finire nel 1937 con il completamento dei lavori di taglio del meandro che interessava l'attuale Parco Carrara. In pratica, il corso della Dora nel tratto urbano si sviluppa interamente fra sponde artificiali, in condizioni pressoché ottimali di scabrezza. Le fasce fluviali seguono le opere di contenimento lungo tutto il tratto urbano con la sovrapposizione delle tre fasce (A, B e C).

In conclusione, le caratteristiche di artificializzazione della Dora rendono indispensabile l'affermazione del criterio generale di controllo sulla diminuzione delle aree di espansione nel tronco intravallivo allo scopo di non incrementare le portate al colmo a valle. Bisogna anche ricordare che la diminuzione dei tempi di propagazione della piena avrebbe, nel caso della Dora Riparia, l'effetto di ridurre lo sfasamento fra la piena naturale proveniente dall'alto bacino e i contributi dei corsi d'acqua nel basso bacino nonché delle vaste aree urbanizzate che, da Avigliana a Torino, ormai fiancheggiano l'alveo del torrente.

La necessità di controllare le condizioni in cui si sviluppano i fenomeni di piena nei bacini idrografici di rilievo è ben presente nelle azioni di indirizzo dell'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (1995-b); tuttavia, le caratteristiche del tratto urbano della Dora Riparia meritano adeguata attenzione con effetti, per esempio, sul Piano di Protezione Civile della città. A tale riguardo, si deve segnalare l'assenza di stazioni di misura delle portate nel tronco di fiume compreso fra lo sbocco in pianura e la periferia di Torino.

## 2.1.2 ULTERIORI CONSIDERAZIONI DOPO L'EVENTO DELL'OTTOBRE 2000 <sup>(5)</sup>

A seguito della situazione creatasi lungo la Dora Riparia, il Comune di Torino ha richiesto di riepilogare la situazione degli studi effettuati per la variante al PRGC in una relazione avente lo

---

<sup>(5)</sup> Estratto contenuto nel Capitolo 4 – *Aspetti idrologici e idraulici della Relazione conclusiva agli studi idrogeomorfologici di supporto al Piano Regolatore della città di Torino* (Variante 100) – cap. 4.7.1 - pp. 306-311.

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

scopo di riassumere la problematica relativa alla Dora Riparia, alle sue caratteristiche idrologiche, a problemi idraulici altrettanto specifici che sono stati posti in risalto dall'evento di piena del 14-16 ottobre 2000.

La relazione pertanto non deve essere considerata completa ed esaustiva. Merita far presente che, all'epoca, risultava in corso di definizione la procedura per l'affidamento, da parte dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, di una attività per la revisione del piano di bacino e l'individuazione coordinata degli interventi, che fu resa disponibile nel 2005. Quindi le considerazioni che seguono furono limitate alla illustrazione delle caratteristiche di rilievo per la Città di Torino alla luce delle informazioni allora disponibili.

La problematica relativa alla Dora Riparia è sintetizzabile in tre livelli:

- a) aspetti idrologici relativi alla determinazione delle precipitazioni responsabili di fenomeni di piena a scala di sottobacino ed a scala di bacino principale e, conseguentemente, alla determinazione della portata di riferimento con assegnata probabilità di superamento;
- b) aspetti idraulici legati al funzionamento dell'asta principale in cui, a partire dall'alto bacino, sono presenti tronchi con evidente ruolo, reale o potenziale, di laminazione, della cui entità è necessario definire l'influenza sulla forma dell'idrogramma. A questo proposito deve essere accertato se e quanto la propagazione della piena di riferimento lungo l'asta valliva a valle di Susa è influenzata dalla presenza delle infrastrutture lineari e degli insediamenti industriali esistenti e dalle realizzazioni previste;
- c) aspetti idraulici legati al convogliamento della portata di riferimento lungo i tronchi interessanti centri urbani di rilievo quali Oulx, Susa, Bussoleno, Avigliana e, ultimo solo per posizione geografica, Torino.

Il bacino della Dora Riparia è stato oggetto di studi recenti a partire dal primo piano di bacino redatto su iniziativa della Regione Piemonte alla fine degli anni '70, seguito da una indagine del Magistrato per il Po e da numerose indagini, a carattere più locale, condotte in relazione alle realizzazioni della SITAF. Risulta infine una indagine promossa dall'Assessorato alla Pianificazione Territoriale della Provincia di Torino riguardante l'alto bacino, anche a supporto degli interventi in applicazione della L. 267/98. Tutte queste indagini sono inedite e pertanto non recepite ufficialmente, così come inedite sono le determinazioni effettuate dall'Autorità di bacino del Fiume Po nell'ambito del Sottoprogetto SP-1.

Nel seguito si riferisce pertanto solo in merito alle informazioni reperite, senza indagini specifiche estese a tutto il bacino, nell'ambito degli studi in appoggio alla variante al PRGC della Città di Torino, eseguiti, dietro incarico dell'Assessorato all'Urbanistica da V. Anselmo, F. Carraro, F. Grasso ed E. Zanella.

#### **2.1.2.1 Ulteriori considerazioni sulla portata di riferimento**

La determinazione della portata di riferimento della Dora Riparia a Torino è riconducibile a diverse fonti. In particolare si riferiscono nel seguito:

- a) le indicazioni contenute nei documenti del PAI-Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di bacino del Fiume Po e, in particolare, nella Direttiva "Piena di progetto" in attuazione dell'art. 10;
- b) le indicazioni derivate dalla letteratura scientifica recente;
- c) le considerazioni riportate nella relazione allegata agli studi idrogeomorfologici di supporto alla variante al PRGC di Torino (CITTÀ DI TORINO, 1999);
- d) le osservazioni in merito all'evento dell'ottobre 2000 predisposte come aggiornamento delle indagini sopra citate a seguito dell'evento dell'ottobre 2000 nonché come studi di base per l'adeguamento a maggior scala delle fasce fluviali (CITTÀ DI TORINO, 2001).

In generale, è possibile rilevare, nel bacino della Dora Riparia, l'assenza di stazioni di misura delle portate in sezioni significative e per periodi accettabili. La stazione idrometrica di Oulx non venne infatti più ripristinata dopo la piena del giugno 1957. La stazione idrometrica di S. Antonino non fu più seguita dall'Ufficio idrografico del Po dopo l'evento del 1957, ma restò in gestione al Consorzio irriguo. La sua collocazione non è adatta a misurare portate superiori a 200 m<sup>3</sup>/s circa in quanto si verificano esondazioni proprio in corrispondenza della stazione. La stazione idrometrica installata dall'ENEL-CRIS al Ponte Washington in Torino non ha un numero adeguato di anni di osservazione e risulta attualmente dismessa. In attesa che la Regione Piemonte-Settore Meteoidrografico si assuma l'onere di dare stabilità e continuità alle misure idrometriche in Piemonte, le portate della Dora Riparia restano un enigma, nonostante che, da tempo immemorabile, le acque siano utilizzate per derivazioni irrigue ed industriali di grandissimo rilievo in passato e ancora attive, in parte, oggi. Al di fuori delle stazioni dell'Ufficio Idrografico del Po, bisogna ricordare che, al ponte della Giaconera, in Comune di Borgone (circa 1.5 km a monte della stazione idrometrica di S. Antonino) risultano essere state avviate regolari osservazioni idrometriche fin dal 1871 con massima altezza raggiunta nel giugno 1876. L'idrometro rimase in funzione fino al 1926 quando fu trasferito nella sua attuale situazione in corrispondenza dello stramazzone noto come Riparto Pernigotti. Nel periodo successivo al 1876, viene citata a Borgone la piena del settembre 1920. Nonostante gli sforzi effettuati nella ricostruzione dello zero idrometrico e nel confronto fra i tre eventi gravi segnalati (giugno 1876, settembre 1920, giugno 1957) non risulta possibile arrivare a conclusioni certe. L'idrometria della Dora Riparia, nel secolo XIX, faceva riferimento al Ponte

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

Mosca con indicazione della quota della magra a 222.40 m. La piena del giugno 1876 viene riferita con altezza di 2.0 m sulla magra, quindi 224.40 m <sup>(6)</sup>.

**2.1.2.2 Le indicazioni dell'Autorità di bacino**

La Direttiva "Piena di progetto" riporta il valore di 540 m<sup>3</sup>/s quale portata di riferimento per il tempo medio di ritorno di 200 anni a partire dalla sezione no. 3 (quota idrometrica del pelo libero di piena: 219.71 m s.l.m.) alla sezione no. 1 (quota idrometrica del pelo libero di piena: 215.00 m s.l.m.). L'indicazione fu confermata nell'ambito dell'iter di approvazione del previsto attraversamento della TAV in adiacenza al ponte Re Alberto del Belgio; l'opera non venne poi realizzata in quanto la linea fu portata in sotterraneo.

La cartografia ufficiale (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2000) contiene l'ubicazione delle sezioni riportate, nella seguente tabella, a fronte delle sezioni, a suo tempo, stabilite nel modello numerico. Il confronto non può essere ritenuto esaustivo alla scala a cui sono state attualmente rilevate le posizioni delle sezioni (1: 25.000). Rinviando ad un più approfondito esame, si possono comunque mettere in evidenza alcuni aspetti:

a) la quota della piena in corrispondenza della sezione alla confluenza in Po mostra le diverse condizioni al contorno assunte nella modellazione, probabilmente riconducibili a diverse assunzioni nella scala delle portate della traversa AEM. Al ponte Washington, la divergenza dei risultati appare invece compatibile e congruente con le informazioni relative all'evento del novembre 1994 (quota pelo libero alle ore 18.10 del 6 novembre: 213.84 m con portata stimata pari a 320 m<sup>3</sup>/s, secondo i dati riferiti in SACCARDO e TOMASINO, 1995);

b) forti divergenze sono presenti nel tronco urbano, riconducibili al fatto che, nell'ambito del PSFF, la portata di riferimento risulta pari a 540 m<sup>3</sup>/s; inoltre si può ritenere che i ponti siano stati ragionevolmente modellati in maniera schematica;

Le divergenze sono quindi riconducibili essenzialmente al diverso valore della portata assunto come riferimento nel tratto urbano nonché alla scala delle sezioni.

In corsivo sono indicati i riferimenti incerti a causa dell'impossibilità di individuare la corretta posizione della sezione sulla cartografia 1:25000 del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

---

<sup>(6)</sup> Il Ponte Mosca [...] risulta avere l'impalcato a quota 232.92 e, dal disegno, si ricava la quota 225.12 per l'imposta dell'arco e 221.90 per le acque di magra. Nel già citato volume del MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI (1883), si riferisca la quota della magra a 222.24, donde la quota della piena del giugno 1876 arriverebbe a quota 224.25 circa ossia 90 cm sotto l'imposta dell'arco. La piena dell'ottobre 1839, in base alle cronache (Gazzetta Piemontese, 17 ottobre 1839), "alle 9 mattutine, la Dora Riparia scorreva, poco più poco meno, a 65 cent. sotto il peduzzo della volta del gran ponte", quindi più alta della piena del 1876. Sul disegno del ponte reperibile nell'archivio della IV Ripartizione del Civico Ufficio Tecnico (si segnala l'errore di trascrizione del valore della luce del ponte riportata pari a 42 m anziché 45 m) è riportata la piena del giugno 1957 cui viene attribuita la quota 225.92 m, abbondantemente sopra l'imposta dell'arco, quindi una quota confrontabile con quella della piena dell'ottobre 2000.

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

Tabella 2-7 - Confronto fra le quote del pelo libero della Dora Riparia per la portata di riferimento nella documentazione della Direttiva 7 del PAI (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2001) e del modello numerico allestito nell'ambito della variante al PRGC di Torino.

Sezione	Piano Stralcio Fasce Fluviali	Corrispondente sezione nel modello PRGC	Quota del pelo libero per la portata di riferimento indicata tra parentesi (in m <sup>3</sup> /s)	
No.	Ubicazione	No.	PAI	Modello PRGC
001	alla confluenza in Po	10	215.00 (540)	212.41 (550)
002	a monte Ponte Washington	64	215.25 (540)	214.94 (550)
003	a monte Ponte Carlo Emanuele I	122	219.71 (540)	220.28 (550)
004	<i>al Ponte Rossini</i>	170 160	221.97 (540)	222.51 (550) 221.22 (550)
005	a valle del Ponte Mosca	245	226.11 (540)	226.85 (550)
006	alla passerella di Via Mondovì	285.5	226.44 (540)	228.61 (550)
007	tra Ponte Alberto del Belgio (C.so principe Oddone) e Ponte Duca degli Abruzzi (Via Cigna)	305	228.18 (540)	229.38 (550)
008	a monte Ponte Alberto del Belgio	312	229.68 (540)	229.63 (550)
009	a monte Ponte Amedeo IX	318	230.10 (540)	231.23 (550)
010	a monte Ponte Carlo Emanuele III	340	230.89 (540)	232.81 (550)
011	a monte Ponte Ramello	454	236.80 (540)	240.17 (550)
012	<i>al Ponte Potenza</i>	492	239.53 (540)	240.93 (550)
013	<i>alla passerella Via Borsi</i>	540	239.63 (540)	241.77 (550)
014	a valle Ponte Regina Margherita	593	241.00 (540)	243.86 (550)
015	a monte Ponte Regina Margherita	596	241.66 (540)	244.17 (550)
016	a valle della passerella della Cascina Marchesa	606	243.08 (540)	245.02 (550)
017	tra il Ponte Pietro I e la derivazione Pellerina	710	250.39 (540)	251.63 (550)
018	150 m a monte del ponte Pietro I	720	253.80 (540)	252.78 (550)
019	a monte dell'ansa in corrispondenza della Cascina	800	256.30 (540)	255.46 (550)
020	400 m a monte del ponte di Corso Marche		260.30 (540)	



Le indagini nell'ambito degli studi per la Variante 100 del PRGC di Torino si chiusero con le indicazioni sopra riportate. Le conseguenti proposte di variazione delle fasce fluviali (merita ricordare che il Piano Stralcio delle fasce Fluviali non conteneva indicazioni di Fascia C) con l'introduzione di consistenti tratti di Fascia B "di progetto" nel tratto cittadino furono approvate in sede di conferenza programmatica ed entrarono a far parte del PAI.

Sulla base di tali indicazioni furono realizzate le opere di difesa nel tratto cittadino secondo i contenuti del cronoprogramma allegato al PRGC di Torino. Le vicende dell'approvazione degli aspetti urbanistici del piano, che costituirono la Variante 100, si protrasse fino al 2007, mentre le opere di maggior rilievo furono finanziate e realizzate nei primi anni successivi all'evento di piena.

## **2.2 Lo Studio di fattibilità della sistemazione idraulica <sup>(7)</sup>**

L'Autorità di bacino promosse nel 2003 lo studio generale dell'asta della Dora Riparia e della relativa piana golenale da Oulx alla confluenza in Po per circa 80 km allo scopo di individuare i caratteri idraulici preliminari alla definizione delle opere di sistemazione.

### **2.2.1 L'ANALISI IDROLOGICA**

A tale documento (Attività 3.2 – Elaborato 3.2.1) si rimanda per la descrizione del bacino idrografico e per la procedura con la quale furono forniti gli idrogrammi sintetici di assegnato tempo medio di ritorno.

La procedura, basata sugli idrogrammi registrati alle già citate stazioni idrometriche di Oulx e San Antonino per i rispettivi periodi di funzionamento, è sintetizzata nel modo seguente (pag. 4)

Nel caso in esame, si è dunque deciso di agire in questo modo: per ciascun idrogramma di piena analizzato è stato calcolato, con una procedura a finestra mobile, il valore massimo assunto dalla portata media per  $n$  durate prefissate. Si sono così ottenute  $n$  serie di portate composte ciascuna da un numero di dati pari al numero di eventi. Le durate considerate sono state: 0, 12, 24, 36, 48, 60, 72 ore per Oulx e le stesse durate più 84, 96, 120, 150 ore per S. Antonino. La scelta di queste durate è stata fatta in base ad un'indagine preliminare volta a determinare, per ogni stazione di misura, la durata minima sufficiente per descrivere completamente l'evento più lungo registrato dalle serie storiche disponibili.

Per ognuna delle suddette durate e per ogni evento di piena considerato si è calcolato il valore della massima portata media di assegnata durata, individuando, nel contempo, il valore "r" della posizione del picco definita come rapporto tra la frazione di finestra temporale che precede il picco e l'intera durata considerata. Per ogni anno di osservazione si è considerato, a parità di durata, soltanto l'evento massimo. Ciò ha significato che, al termine della sopra richiamata elaborazione, si sono avuti a disposizione  $m_i$  campioni di dati di numerosità  $n_i$ , con  $m_i$  numero di anni di osservazione per la stazione  $i$ -sima e  $n_i$  pari al numero di durate scelte nell'analisi.

---

<sup>(7)</sup> Estratto dell'Elaborato 3.2.2.1/1/R-DR - *Relazione metodologica e di analisi dello Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia e fiume Toce* – cap. 6.1.7 – pp. 67-69.

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

In conclusione, dal punto di vista strettamente idrologico, furono individuati gli idrogrammi sintetici aventi le forme riportate nella seguente figura

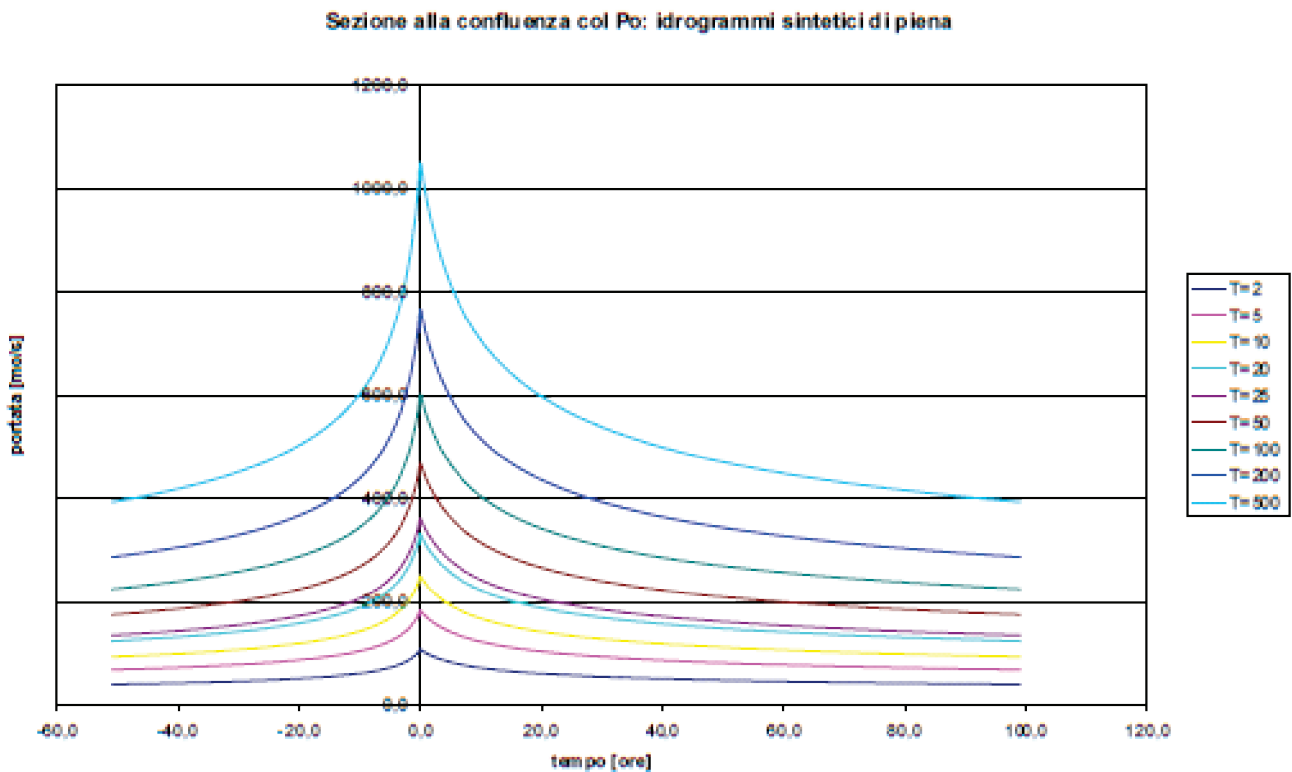


Figura 2-2 – Idrogrammi sintetici ottenuti dalle elaborazioni dei dati registrati alle stazioni di Oulx e Sant’Antonino.

## 2.2.2 L’ANALISI IDRAULICA

La verifica idraulica della capacità di convogliamento, del comportamento delle opere di attraversamento e la delimitazione delle aree inondabili fu condotta in moto vario.

La complessità del sistema è stata correttamente riconosciuta.

La morfologia dell’alveo in esame evidenzia due distinti comportamenti delle onde di piena: uno puramente cinematico nella parte alta del bacino, ed uno con un importante comportamento diffusivo nella sua parte valliva tra S. Antonino e Avigliana e Avigliana e l’ingresso in Torino, dovuto alla laminazione esercitata dalle aree golenali. Proprio tale aspetto ha fatto porre particolare attenzione nella valutazione dell’idrogramma di progetto in ingresso a Torino. Infatti la morfologia del bacino idrografico e dell’alveo in esame unitamente alle simulazioni di propagazione ha evidenziato come la stima delle portate di piena per la città fosse fortemente condizionata dall’idraulica della propagazione in alveo tra la sezione di Avigliana e Parco Carrara confermando in modo quantitativo anche quanto riportati in studi precedenti.

E pertanto, con un procedimento piuttosto complesso ed oneroso, il codice di calcolo Infoworks RS™ è stato utilizzato previo inserimento di dispositivi per la tracimazione delle sponde e l’accumulo temporaneo di volumi straripati. Il codice di calcolo ISIS opera secondo uno schema monodimensionale accoppiato al rilievo in ambiente GIS.

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

L'asta fluviale è stata divisa in sei tronchi e le portate al colmo sono stimate all'ingresso di ciascuno dei tronchi. La crescita della portata viene attribuita agli affluenti laterali. Infine, le portate stimate sono state poste a confronto con i valori disponibili relativi a stime indirette.

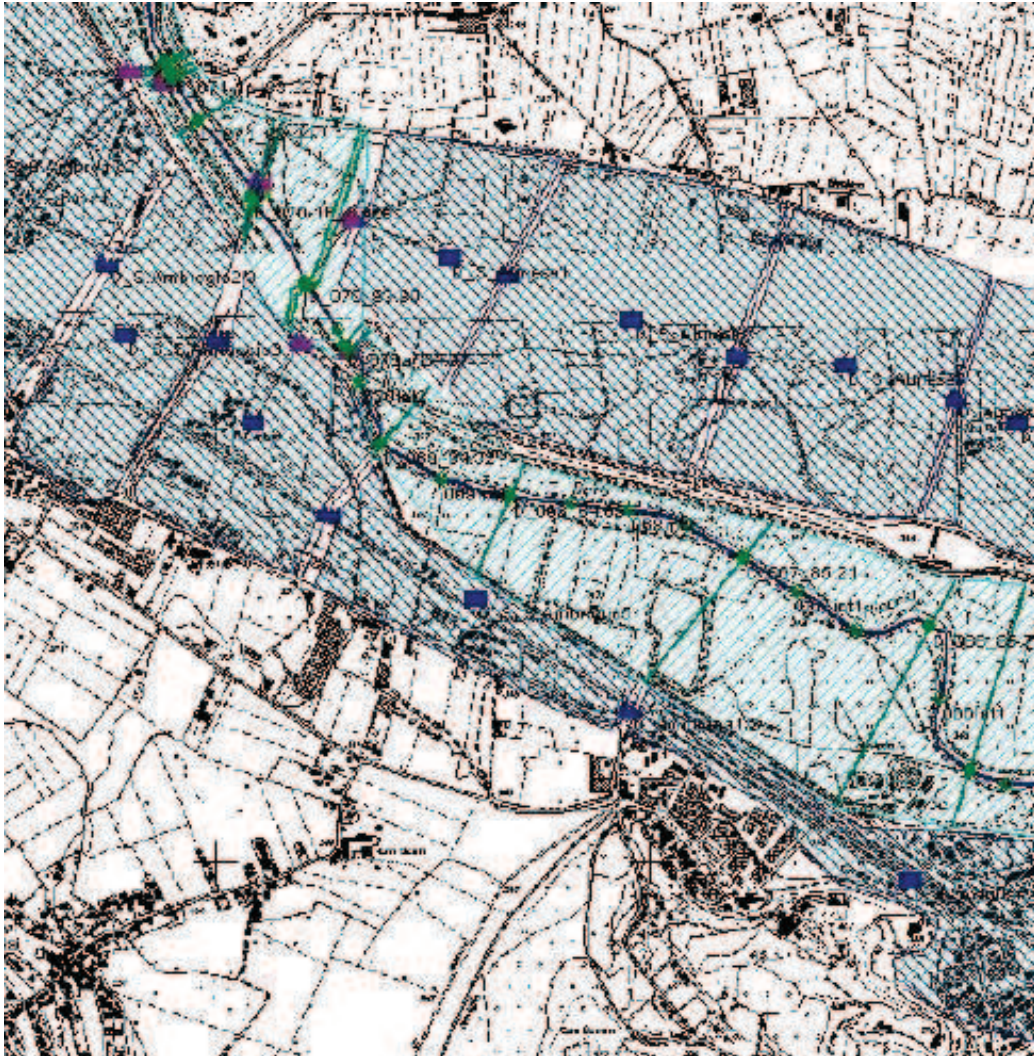


Figura 2-3 – Lo schema dell'alveo con le relative sezioni estese a comprendere l'area golenale insieme con le aree inondabili adiacenti.

I risultati sono esposti nell'Elaborato 3.2.2/1. Come esplicitamente indicato nel paragrafo 2.4.2, particolare attenzione è stata dedicata alla stima dell'idrogramma a Torino, interpretando la complessità della formazione della piena.

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

Particolare attenzione merita il nodo di Avigliana il cui idrogramma di piena determina l'idrogramma in ingresso a Torino per assegnata frequenza. Infatti oltre tale sezione sono stati ritenuti trascurabili i contributi delle aree scolanti all'onda di piena in ingresso.

La stima ad Avigliana è stata dettata da considerazioni morfologico ed idrologiche in quanto tale sezione si trova alla fine del bacino montano della Dora per la cui parte sono state ritenute valide le ipotesi di regionalizzazione. Tale analisi conferma quanto riportato in alcuni studi (Italferr-Sis.T.A.V., 1997<sup>1</sup>; Anselmo 2003<sup>2</sup>). In definitiva quindi l'idrogramma di piena in ingresso a Torino è determinato dalla formazione dell'onda di piena relativamente al Bacino Chiuso ad Avigliana di kmq 1167 e dagli effetti diffusivi indotti dalla propagazione dell'idrogramma di piena fino alla sezione di Parco Carrara.

Tali effetti sono fortemente amplificati dalla laminazione esercitata dalle golene. Infatti l'alveo presenta sezioni trasversali atte al convogliamento di portate modeste, dell'ordine di poche centinaia di metri cubi secondo superati i quali entrano in azione le golene.

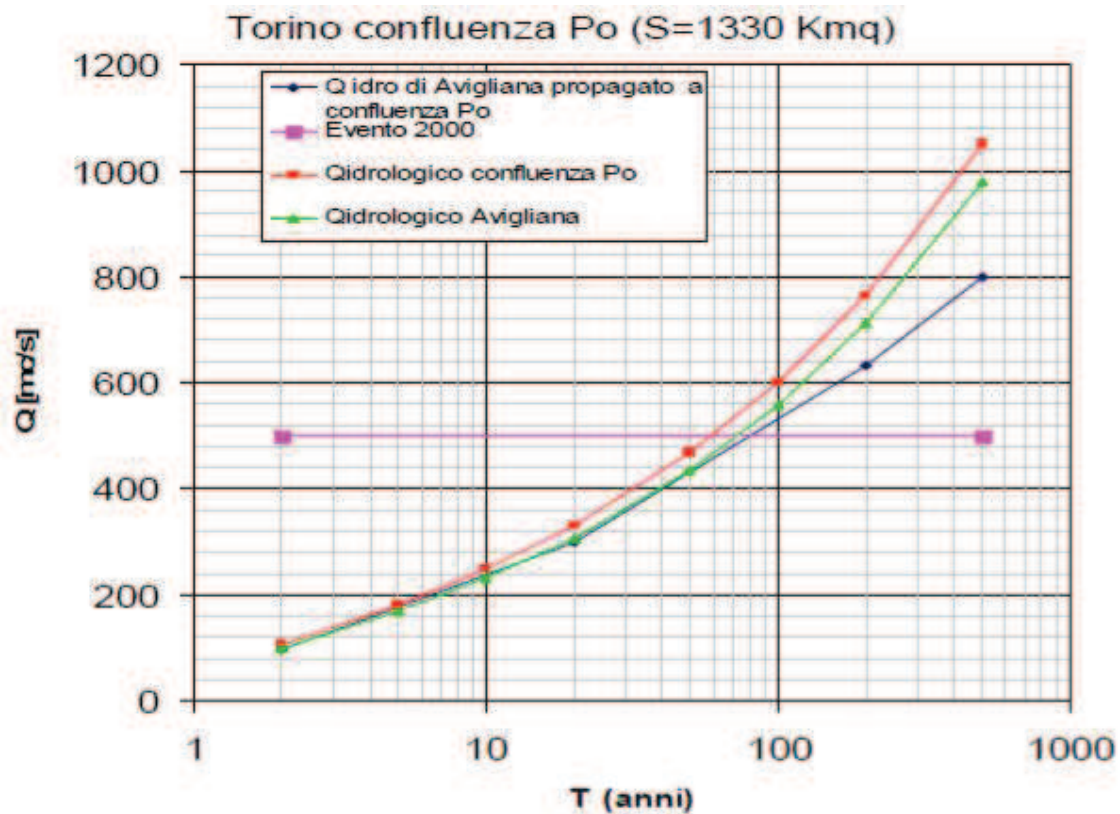


Figura 2-4 – Curva di crescita delle portate al colmo al nodo di Torino.

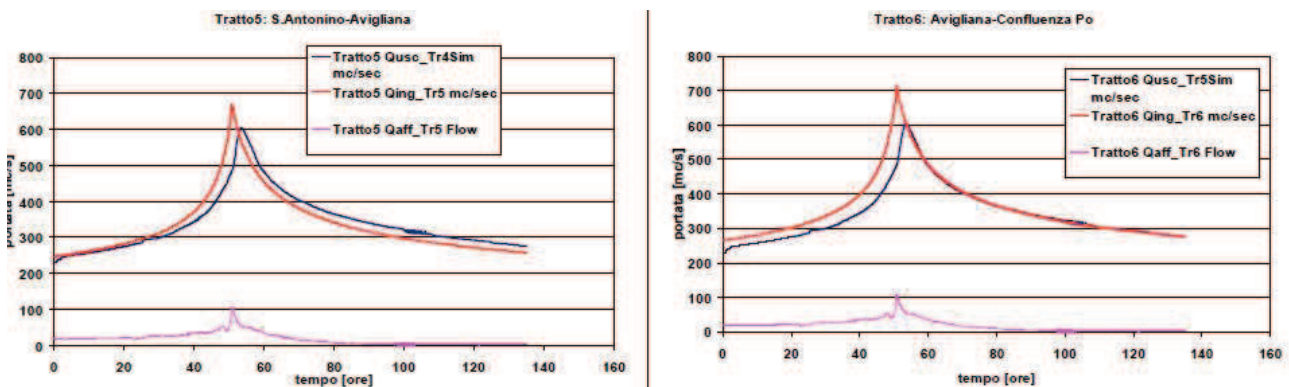


Figura 2-5 – Idrogrammi sintetici a valle dell'effetto di propagazione validi nel tronco torinese.

Gli idrogrammi, deformati dalla propagazione, assumono a Torino le forme indicate nella Figura 2-5.

L'elaborato citato contiene ampia documentazione in merito all'evento dell'ottobre 2000 e commenti in merito alle zone inondabili, di cui si riportano gli aspetti più rappresentativi della situazione di una inondazione grave nel contesto urbano di Torino.

#### **6.1.7.3 Tratto sezioni: 14.1Pa-11.1P (C.so Margerita e Cso Potenza)**

**Sponda sinistra.** Le aree allagate per Q200 e Q500 si estendono a ridosso di Cso Potenza ciò è anche concorde con la fascia B di progetto prevista dal piano regolatore che evita così l'allagamento di via Nole.



Figura 2-6 - Figura 71. Sez 13: zona di Via Nole (fonte: CSI Piemonte, <http://www.csi.it/>)

**Sponda destra.** Il meccanismo di allagamento dell'area del meandro avviene:

- a) Per esondazione e successivo scorrimento superficiale (franco < tolleranza) del livello della corrente rigurgitato dal Pte Regina Margherita, che nel Piano regolatore risulta protetto da fascia B di progetto.
- b) Per insufficienza della sezione 13.2 e 13 ( Pco. Verde Ponte sez 13.1P).

#### **6.1.7.4 Tratto sezioni: 11.1Pa-10.3P (Cso Potenza a Pte Romello)**

**Sponda sinistra.** E' la sezione di rottura del muro di sponda crollato nella piena del 2000 ora in via di ricostruzione. Allo stato attuale la sezione è insufficiente mentre nel piano regolatore si trova una fascia B di progetto.

**Sponda destra.** Si allaga per insufficienza della sezione. Nel Pano regolatore è prevista una fascia B di progetto.

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

**6.1.7.5 Tratto sezioni: 10.3Pa-8.2P (Cso Svizzera (Pte Romello) a Pte Amedeo IX)**

**Sponda sinistra.** La zona dell'ospedale non risulta allagata da Q<sub>200</sub> mentre è allagata per rigurgito l'area a monte del Pte Amedeo IX in sinistra.

L'area allagata da Q<sub>500</sub> è di difficile valutazione per la non facile accessibilità dell'area industriale.

L'allagamento raggiunge via Verelongo in sinistra ed si espande anche in destra.

L'area è interessata dal progetto di recupero "SPINA 3".

**Sponda destra** La Q<sub>200</sub> è contenuta dalla sponda. La Q<sub>500</sub> esonda per superamento della tolleranza e si estende dietro la prima fila degli edifici industriali.

**6.1.7.6 Tratto sezioni: 8.1P-7.2P (Pte Amedeo IX a Pte Alberto del Belgio)**

E' il tratto tombinato che è in fase di demolizione. Nel suo stato attuale la Q<sub>200</sub> è contenuta anche se la struttura va in pressione, a causa del rigurgitato da valle. La Q<sub>500</sub> produce invece un rigurgito non contenuto nella sezione alveata ed esonda in destra e sinistra.

**6.1.7.7 Tratto sezioni: 7.1P-5.1P (Pte Alberto del Belgio Al Borgo Dora)**

La Q<sub>200</sub> allaga per insufficienza della sezione e rigurgito dei ponti. sia la sponda destra che la sinistra, è infatti già prevista una Fascia di B di progetto. Si sta ricostruendo il Pte Principessa Clotilde.

L'area di allagamento Q<sub>500</sub> è più ampia di quella del piano regolatore per l'ingente scorrimento superficiale. Il meccanismo di allagamento è simile a quello verificatosi nel 2000.



Figura 2-7 - Figura 72. Ponte Alberto del Belgio (sez 7.1Pa) in sinistra (Corso principe Oddone, paramento di valle); Pte Duca degli Abruzzi 6.2P in destra (Via Cigna, vista da monte) (fonte: CSIPiemonte, <http://www.csi.it/>)

**6.1.7.8 Tratto sezioni: 5.1Pa-4.1P (Dal Pte. Mosca al Pte. Pco Regio)**

La Q<sub>200</sub> e la Q<sub>500</sub> allagano decisamente per insufficienza della sezione sia in sinistra dove da luogo ad ampio scorrimento superficiale, ed in destra. Il Piano Regolatore prevede una fascia B di progetto.

Durante la piena del 2000 si è allagato per lieve sormonto di sponda

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**



Figura 2-8 - Figura 73. Sullo sfondo il ponte Mosca da monte (sez 5.1P) (fonte: CSI Piemonte, <http://www.csi.it/>). La corrente ha superato il ponte Principessa Clotilde la cui pila destra è già crollata. Sulla destra della foto, l'edificio della società bocciolina.

**6.1.7.9 Tratto sezioni: 4.1Pa-1 (Pte. Pco Regio al Po)**

La Q 200 allaga il tratto in corrispondenza della sezione 3.2 P è allagato per rigurgito del Ponte.

Il tratto successivo fino alla confluenza in Po risulta sufficiente a smaltire la Q<sub>200</sub>, ma la sezione dei Ponti P.te Filiberto di Savoia (sez 2.3P) e Carlo Emanuele I (sez2.5P) inducono rigurgito e causano esondazione sia in destra che sinistra.

La Q<sub>500</sub> allaga anche il Cimitero monumentale per insufficienza delle sezioni idrauliche per il rigurgito dei ponti che causa ingente scorrimento nelle vie cittadine

I riferimenti alle sezioni sono deducibili dall'Elaborato 3.2.2\_4\_1I. Il settore di interesse è illustrato nella Figura 2-10 con l'indicazione delle sezioni utilizzate nel modello e, in particolare, la Figura 2-11 mostra la situazione al ponte di Corso Principe Oddone.

Il profilo della piena di riferimento che presenta un colmo a circa 630 m<sup>3</sup>/s mostra alla sezione di monte del ponte di Corso Principe Oddone (sezione 007\_2P) la quota 230.859 m s.l.m.

006 2P	223	229.69	229.69	628.59	3.197	0.667	230.174	230.093
007	222.64	230.47	230.71	628.65	3.738	0.646	230.141	229.678
007 1pa	223.11	232.39	232.37	628.73	2.524	0.383	230.372	230.094
007 1P	223.11	232.39	232.37	628.73	2.358	0.353	231.087	230.868
007 2P	223.33	234.14	234.12	628.73	2.408	0.373	231.089	230.859
008 1P	225.31	233.26	233.24	628.83	2.907	4.624	232.295	231.975
008 2na	225.35	233.36	233.4	628.82	3.45	0.608	232.321	231.908

Figura 2-9 – Risultati della modellazione per il transito del colmo della piena duecentennale (630 m<sup>3</sup>/s circa) con indicazione, nell'ordine da sinistra a destra, di: quota del fondo, quota sponda sinistra, quota sponda destra, velocità media (m/s), numero di Froude, quota della linea dell'energia, quota del pelo libero

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

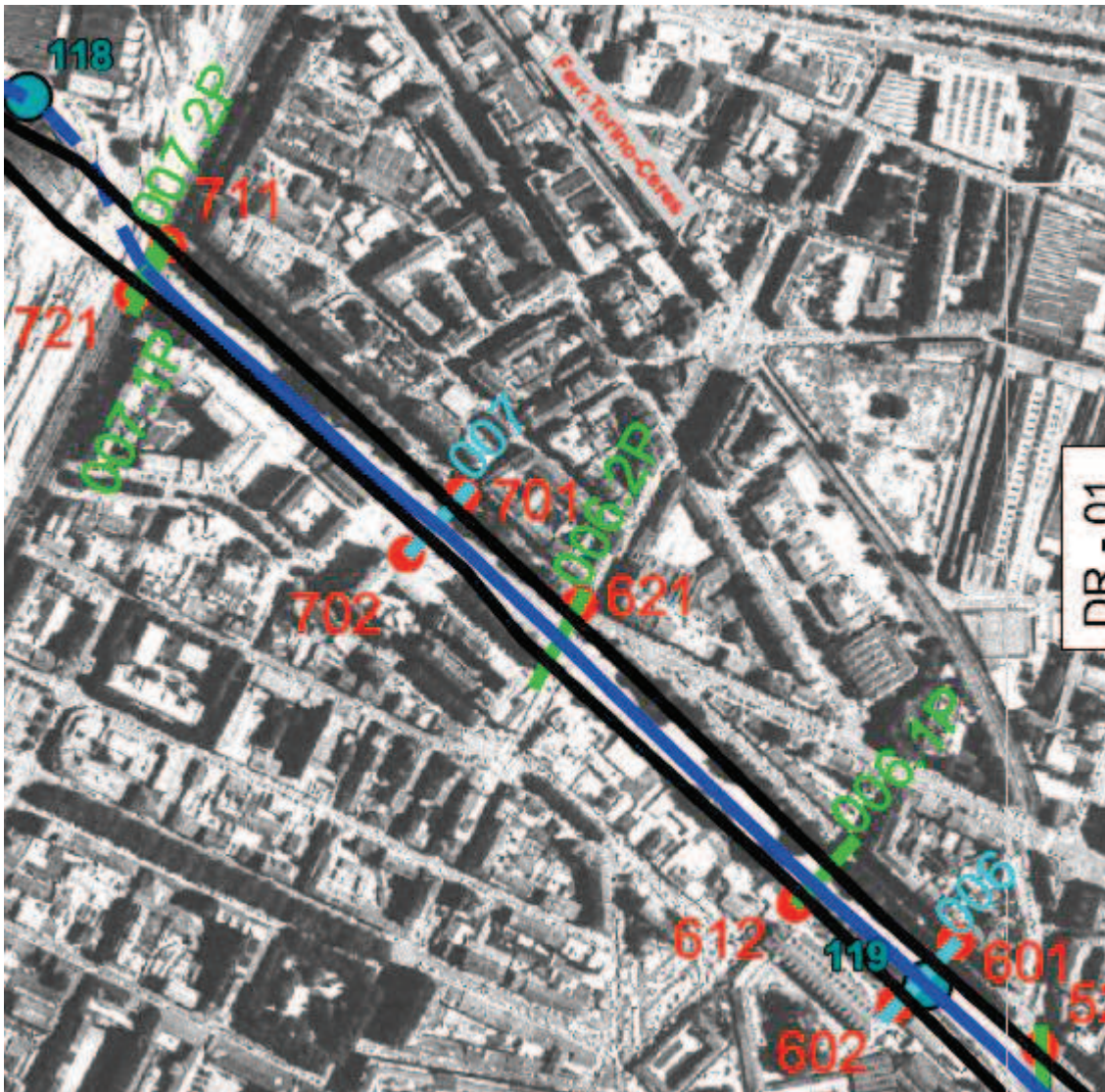


Figura 2-10 – Settore di interesse con indicazione delle sezioni utilizzate nel modello (attività 3.1.2. estratto dalla Tavola 2).



**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

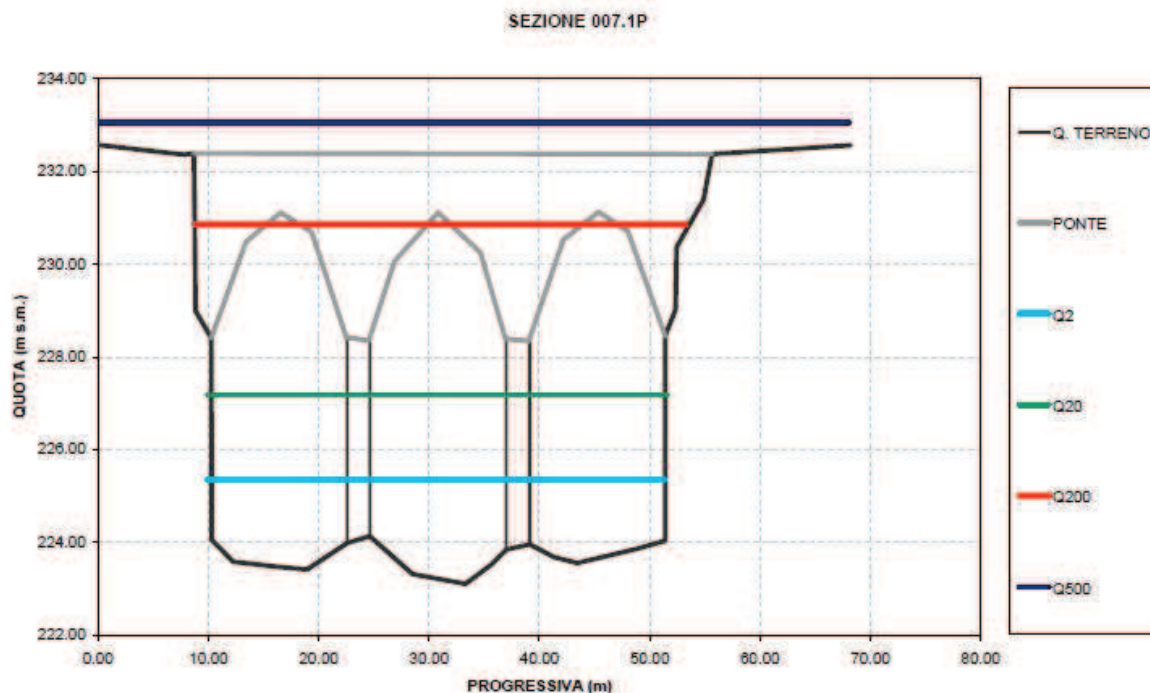


Figura 2-11 – La sezione a monte del ponte di Corso Principe Oddone (ponte Re Alberto del Belgio) indicativa dei livelli nel tratto di interesse (per un refuso, la sezione è individuata come 007\_1P anziché 007\_2P).

I risultati dello Studio di fattibilità, principalmente a seguito dell'aumento del valore della portata di riferimento rispetto a quello proposto nel PAI (e, in parte, di conseguenza assunto negli studi per la variante 100 sopra riportati), avrebbero avuto come conseguenza l'inadeguatezza della maggior parte dei ponti della città di Torino.

### 2.2.3 L'EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA

Merita segnalare, a questo punto, l'evoluzione delle indagini finalizzate alla delimitazione delle fasce fluviali della Dora Riparia nel tronco oggetto di indagine (da Oulx alla confluenza in Po) con particolari riferimenti alla situazione nel tronco urbano di Torino:

- 1) Lo Studio di fattibilità viene redatto nel 2003 con lo scopo di rivedere le fasce ed individuare gli interventi di protezione.
- 2) Nell'ambito della condivisione con gli enti locali, lo studio è stato presentato alle Comunità Montane (2004) ed ai Comuni (2005) in occasione di incontri in cui era possibile presentare osservazioni informali.
- 3) Al termine del processo di condivisione, l'Autorità di bacino pubblica la Variante del PAI (deliberazione no. 12 del 85.04.2006). A seguito della pubblicazione sul Bollettino Regionale (B.U.R. 24 del 2006), vengono presentate una serie di osservazioni ufficiali.
- 4) Al termine dell'esame delle osservazioni, con la deliberazione delle "Controdeduzioni alle osservazioni e proposta di parere regionale" (D.G.R. 40-5775 del 23 aprile 2007),

vengono adottate le nuove fasce fluviali. L'Autorità di bacino approva la variante con Deliberazione no. 9 del 19.07.2007.

Il citato Studio di Fattibilità sottolinea che, nel tronco compreso tra Avigliana e Torino, dal punto di vista dell'assetto di progetto, l'elemento più significativo è rappresentato dalla possibilità di realizzare, nella piana esistente a monte di Alpignano, delle opere in grado di aumentare la capacità di laminazione per ottenere una riduzione della portate al colmo a valle verso Torino.

Secondo i contenuti del Progetto di Variante poi approvato, le opere in oggetto prevedono la realizzazione di un sistema di arginature golenali in grado di incrementare la capacità di laminazione senza modificare significativamente l'area attualmente allagata naturalmente (AUTORITÀ DI BACINO, 2007; pag. 22).

#### 2.2.4 IL PROGETTO DI VARIANTE DEL PAI

La variante in argomento (approvata con Deliberazione n. 9 del 19 luglio 2007 dell'Autorità di bacino) riprende in esame i sei tronchi omogenei in cui il citato Studio di fattibilità ha diviso il corso d'acqua e ne descrive l'assetto di progetto con le conseguenti nuove portate di riferimento (con tempo di ritorno 200 anni). Pertanto, all'ingresso in Torino, la portata al colmo scende da 630 m<sup>3</sup>/s a 530 m<sup>3</sup>/s. In una tabella conclusiva, la variante riporta le altezze idrometriche del profilo della piena duecentennale in corrispondenza delle sezioni individuate dallo Studio di fattibilità. Alla sezione 007-2P, il livello di piena risulta pari a 229.07 m s.l.m.

### 3 LA VERIFICA IDRAULICA

La modellazione, i cui risultati sono di seguito esposti, costituisce un approfondimento a scala di maggior dettaglio allestita a partire dall'originario modello utilizzato per la Variante 100 via via aggiornato.

#### 3.1 Geometria del modello

Il modello è stato allestito predisponendo una geometria dello stato attuale dei luoghi, aggiornando le sezioni e i manufatti collocati tra la passerella di Via Mondovì ed il ponte Re Alberto del Belgio (Corso Principe Oddone) con le misure dei manufatti di difesa realizzati dopo l'evento del 2000 e con i rilievi effettuati nel marzo 2012 in corrispondenza dei ponti. I rilievi, forniti dal Settore Ponti e Vie d'Acqua del Civico Ufficio Tecnico, hanno permesso la ridefinizione del profilo di fondo nonché la verifica delle quote assolute dei manufatti; infine, dai documenti esistenti presso il citato Settore, è stata introdotta la lastricatura del fondo realizzata da RFI che si estende da valle del ponte di Corso Principe Oddone fino a coprire l'impronta del futuro ponte in progetto. La lastricatura in parola consente di ridurre la scabrezza del fondo in corrispondenza del nuovo manufatto.

Infine è stata inserita la traccia del nuovo ponte in fase di progettazione al cui intradosso è stata assegnata la quota 230.72 s.l.m.



### **3.3 Portate di riferimento**

Le portate di riferimento sono quelle desunte dallo Studio di fattibilità del 2003 e dalla variante al PAI del 2007:

$$Q_{\text{Studio2003}} = 629,00 \text{ m}^3/\text{sec} \text{ arrotondato a } 630,00 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_{\text{varPAI}} = 530,00 \text{ m}^3/\text{sec}$$

### **3.4 Condizioni al contorno**

La modellazione ha assunto che:

- a) a valle, la quota raggiunta dal pelo libero sia di 212.41 m s.l.m. (sbocco nel Po);
- b) a monte, la pendenza della linea dell'energia abbia una pendenza dello 0.2%.

### **3.5 Scabrezza**

La scabrezza è stata determinata seguendo le tabelle riportate nei manuali tecnici. Pertanto si assegnano rispettivamente a:

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| a) alveo naturale                | $n = 0.025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ ; |
| b) alveo con mantellata di massi | $n = 0.020 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ ; |
| c) sponde/piano campagna         | $n = 0.050 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ . |

### **3.6 Risultati**

I risultati numerici della simulazione sono riportati nella tabella in APPENDICE - B.

Le sezioni trasversali sono riportati in APPENDICE - C.

Il profilo longitudinale del tratto di Dora Riparia oggetto di studio è riportato nella Figura 3-2.

La presenza della passerella di Via Mondovì e del ponte di Via Cigna influenza negativamente il profilo della piena di progetto. Precisamente, la passerella di Via Mondovì viene sormontata dal pelo libero di piena, mentre il pelo libero impatta contro l'impalcato (senza oltrepassare le quote dell'estradosso) del ponte di Via Cigna mandando i fornici teoricamente sotto battente. Ciò determina un innalzamento delle quote del pelo libero di piena conseguente al rigurgito che retrocede fino al ponte di Corso Principe Oddone.

Lo stesso ponte Re Alberto del Belgio altera a sua volta il pelo libero determinando un leggero rigurgito a monte, il cui effetto si annulla solo allo sbocco della tombatura nell'area delle ex-ferriere FIAT.

Le sezioni di interesse, anche per i confronti con le diverse modellazioni, sono rispettivamente indicate con i numeri seguenti:

- le sezioni 316 e 315 delimitano l'impronta del nuovo ponte in progetto (che è stato introdotto nel modello come *lid*, ossia traccia dell'ingombro senza attivare la routine di calcolo del ponte in quanto la struttura non interferisce con la corrente)
- le sezioni 310.2 e 310 delimitano il ponte Re Alberto del Belgio, individuato come manufatto 310.1. Le dette sezioni corrispondono alle sezioni 007-2P e 007-1P

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

del modello allestito nello Studio di fattibilità, successivamente riprese nella Variante PAI.

Vale pertanto il seguente confronto riferito alle sezioni significative del modello (fra parentesi, la denominazione delle sezioni nel modello dello Studio di fattibilità).

Sezione	Modello attuale		Studio di fattibilità (2003)	Variante PAI (2007)
	630 m <sup>3</sup> /s	530 m <sup>3</sup> /s		
	630 m <sup>3</sup> /s	530 m <sup>3</sup> /s	630 m <sup>3</sup> /s	530 m <sup>3</sup> /s
310.6	230.08	229.65		
310.5	230.11	229.67		
310.2 (007-2P)	230.14	229.70	230.86	229.07
310 (007-1P)	230.10	229.67	230.87	229.07

Le differenze dei valori forniti nella modellazione qui proposta rispetto ai due modelli precedenti risiedono nel diverso grado di approfondimento della geometria e nel maggior numero di sezioni disponibili. Merita anche tener presente che i calcoli sono stati condotti con due codici numerici diversi con possibili divergenze di comportamento soprattutto in corrispondenza dei ponti ad arco con pile in alveo.

La Tabella 2-7 fornisce il confronto, ormai di interesse storico, fra le quote del profilo fornito dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (portata di 540 m<sup>3</sup>/s) e le quote determinate con il modello allestito nell'ambito degli studi per la Variante 100 (per una portata di 550 m<sup>3</sup>/s); in particolare, si faccia riferimento alla sezione 312 a monte del ponte Re Alberto del Belgio.

Infine, si osserva che non si rilevano interferenze fra i peli liberi di piena e la copertura delle ex-ferriere FIAT allo sbocco.

La Figura 3-3 mostra la sezione a monte del ponte di Corso Principe Oddone (Re Alberto del Belgio) con la sovrapposizione dei livelli di piena di progetto.

Comune di Torino  
Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Prin  
Relazione idraulica

T. DORA RIPARIA Plan: nuovo 14/11/2013

Job1 Job1

Tombinatura  
ex-ferriere

Nuovo ponte in progetto  
Corso Principe Oddone

Ponte Re Alberto del Belgio  
(C.so Principe Oddone)

Ponte Via  
Cigna

Passerella  
Maratona

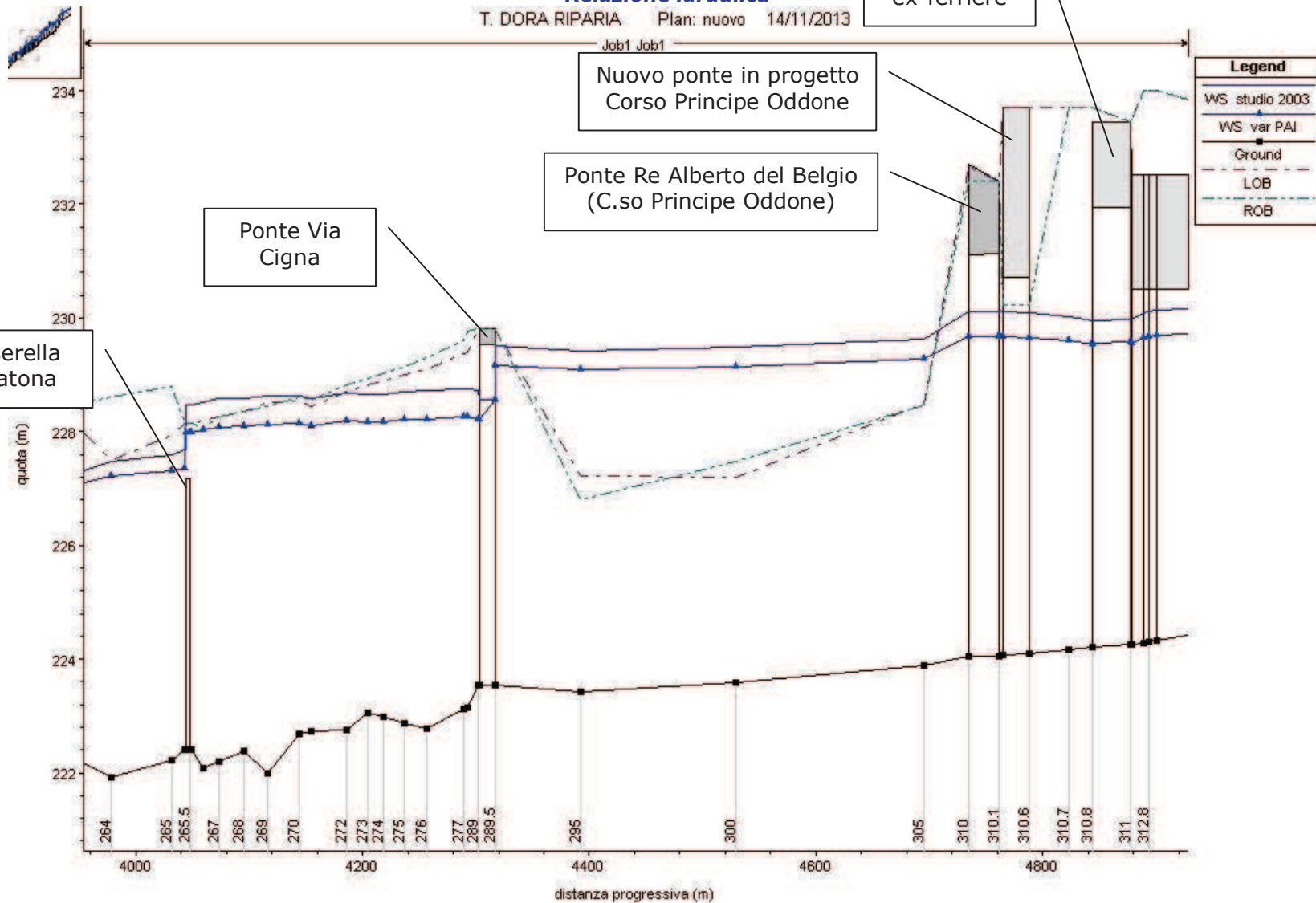


Figura 3-2 – Profilo longitudinale del tratto esaminato con l'indicazione del pelo libero corrispondente alla portata riportata nel Studio 2003 ed alla variante del PAI.

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

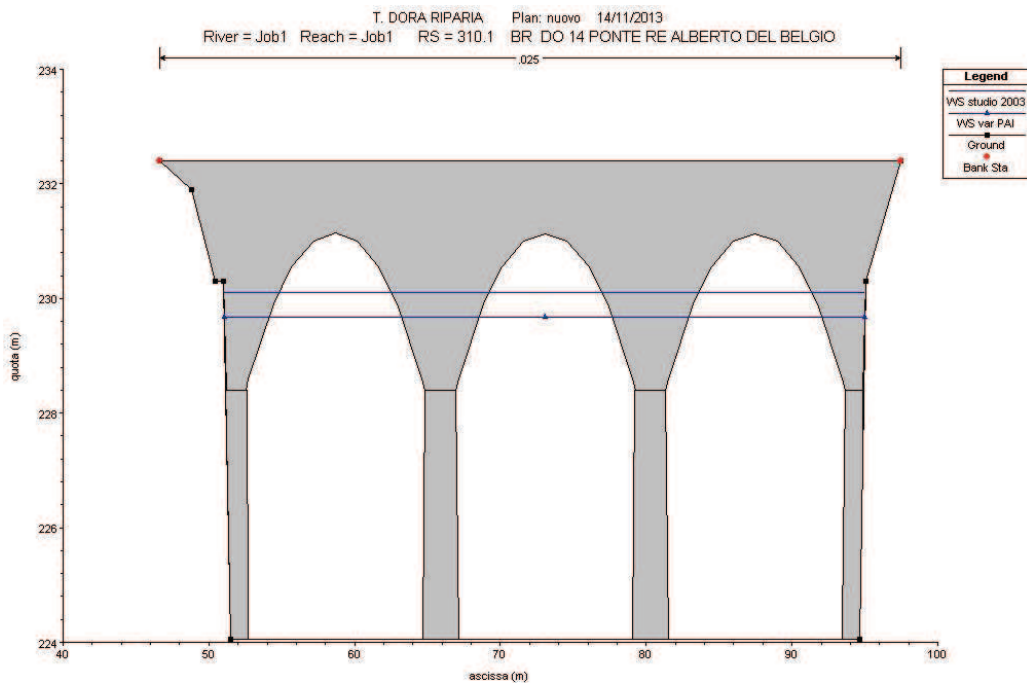


Figura 3-3 – Sezione del modello idraulico relativa al ponte di Corso Principe Oddone. La quota raggiunta dal pelo libero di piena è di 230.10 m s.l.m. (portata derivata dallo Studio 2003) e di 229.67 m s.l.m. (portata stabilita nella variante PAI)

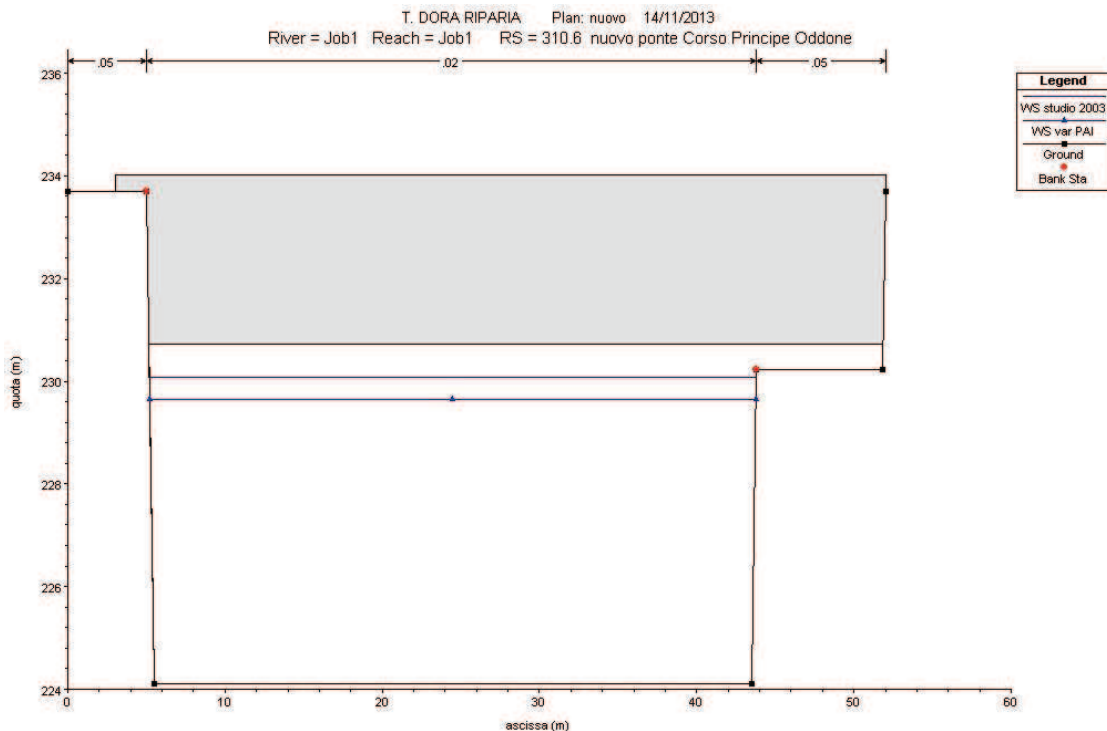


Figura 3-4 – Sezione del modello idraulico relativa al ponte di Corso Principe Oddone. La quota raggiunta dal pelo libero di piena è di 230.08 (Studio 2003) e di 229.65 (variante PAI) m s.l.m. La Figura 3-4 mostra, invece, la sezione del previsto nuovo ponte con la sovrapposizione dei livelli di piena di progetto.

### 3.7 Confronto e considerazioni in merito ai profili disponibili

Il tronco di Dora Riparia in esame è stato oggetto di quattro verifiche idrauliche:

- la modellazione allegata alla variante 100 del PRGC di Torino;
- lo studio di fattibilità dell'Autorità di bacino, qui indicato come Studio 2003
- la successiva variante al PAI (qui indicata come Variante PAI, 2007)
- una analisi sviluppata da ITALFERR nel 2005

In particolare, si esamina il confronto fra i risultati della verifica sopra esposta con quelli conseguiti nelle due ultime analisi.

I profili si presentano come nella seguente figura

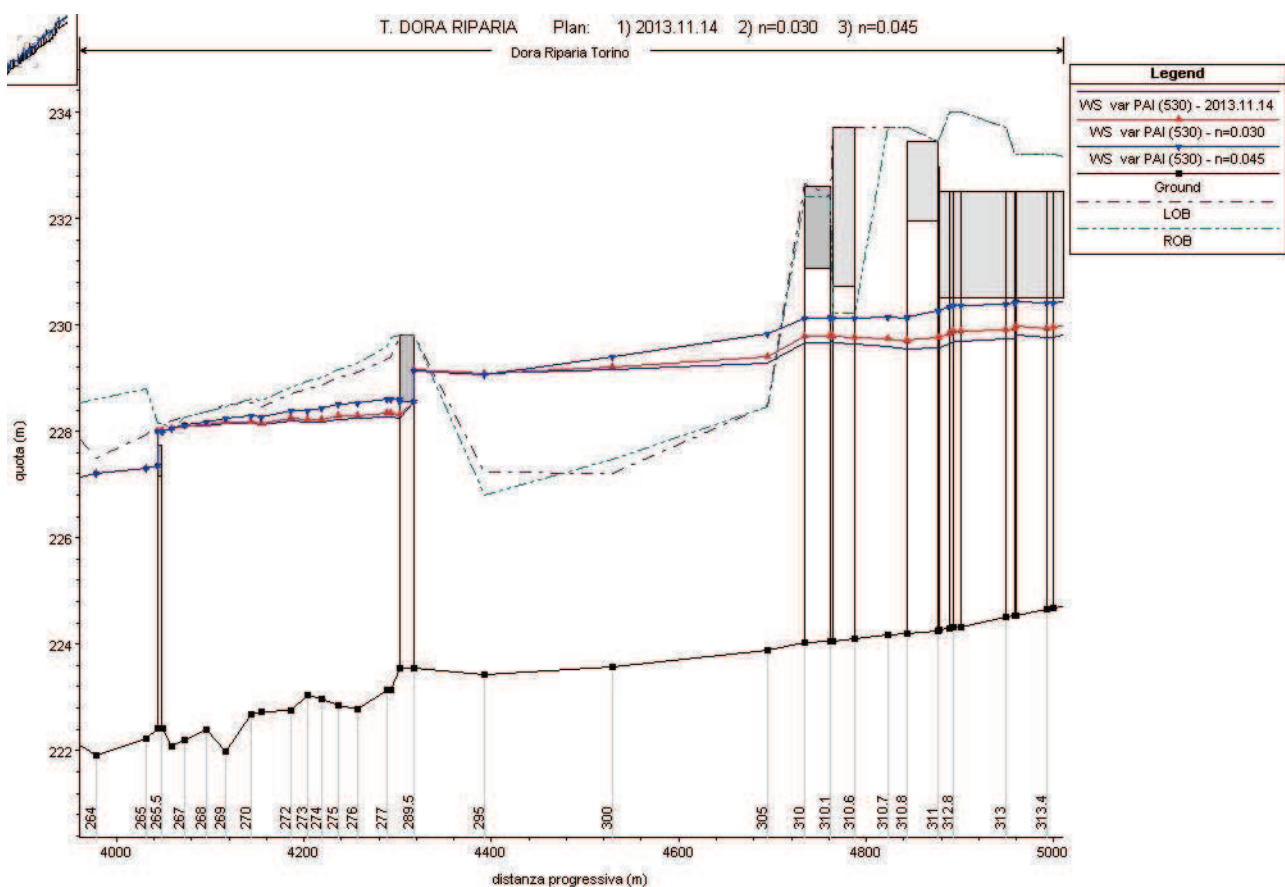


Figura 3-5 – Confronto fra il profilo proposto (portata 530 m<sup>3</sup>/s da variante PAI) con i profili desumibili introducendo nello stesso profilo i valori di scabrezza utilizzati per l'alveo nelle analisi condotte da AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2007) e da ITALFERR (2005), rispettivamente pari a  $n = 0.030$  ed  $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3}$  s.

Il confronto fra i valori numerici è esposto nella tabella seguente:



**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

Tabella 3-1 – Confronto fra i valori desunti dal profilo proposto alle sezioni riportate nella prima colonna e quelli ottenuti secondo i modelli esposti nella Variante PAI del 2007 (alle sezioni fra parentesi) e nello studio ITALFERR del 2005 (alle sezioni riportate in corsivo fra parentesi)

Sezione	Modello attuale	Variante PAI (2007)	ITALFERR (2005)	Modello attuale (n = 0.045)
Portata	530 m <sup>3</sup> /s	530 m <sup>3</sup> /s	530 m <sup>3</sup> /s	530 m <sup>3</sup> /s
310.6 (Nm)	229.65		230.67	230.13
310.5 (Nv)	229.67		230.56	230.13
310.2 (007-2P; 5b)	229.70	229.07	230.68	230.15
310 (007-1P; 5bv)	229.67	229.07	230.61	230.13
289.5 (006-2P; I)	229.16	228.04	229.77	229.12
289 (9v)	228.24		229.45	228.60
65 m a valle 289 (10)	228.28		229.34	228.50

Le differenze sono imputabili, a prima vista, ai diversi valori della scabrezza attribuita all'alveo inciso:

- modello proposto:  $n = 0.025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
- variante PAI (2007)  $n = 0.030 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$
- ITALFERR (2005)  $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  ( $k = 22 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ )

Con tali valori attribuiti al tronco in esame nell'ambito del modello qui proposto, si ottengono i profili illustrati in figura. L'osservazione non basta però a spiegare la differenza fra i valori riportati in tabella.

Nei confronti dei valori riportati nella Variante PAI del 2007, i valori più bassi al ponte di Corso principe Oddone (ponte Re Alberto del Belgio) dipendono dal fatto che il modello, corrispondente al modello allestito nell'ambito dello studio di fattibilità del 2003, non considera alcune sezioni notevoli (il ponte di Via Cigna è modellato con la sezione 006-2P a monte, la successiva sezione 006-1P non è posta a valle dello stesso, come di consueto, ma identifica la passerella di Via Mondovì).

Nei confronti dei valori riportati nell'analisi di ITALFERR del 2005, le notevoli differenze possono derivare non solo dalla maggiore scabrezza utilizzata, ma anche dal fatto che le condizioni al contorno sono stabilite assumendo i valori ottenuti dalla scala delle portate in moto uniforme ricavata alla sezione di valle (la sezione 10 posta a circa 65 m a valle del ponte di Via Cigna). Non è possibile ripetere i calcoli, ma nel modello qui proposto, la sezione 10 di ITALFERR, come detto ubicata 65 m a valle del ponte di Via Cigna, corrisponderebbe grosso modo alla sezione 275 dove, nel modello con scabrezza elevata a  $n=0.045$ , la quota del pelo libero risulta pari a 229.04 m. La scala delle portate in moto uniforme, con portata  $Q = 530 \text{ m}^3/\text{s}$ , scabrezza  $n = 0.045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  e pendenza pari alla pendenza del fondo (0.026), porterebbe

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

ad un valore della quota del pelo libero pari a di 229.21 m circa assai prossima a quella assunta da ITALFERR. Si deve quindi concludere che le differenze sono giustificate essenzialmente tenendo conto della maggior scabrezza (anche se l'assunzione del moto uniforme appare ardua trattandosi di un tronco d'alveo compreso in un tratto denso di ponti).

Il valore della scabrezza per la porzione corrispondente all'alveo vero e proprio non sembra giustificato a fronte delle effettive condizioni del tronco in esame.

Le condizioni dell'alveo, prima delle sistemazioni realizzate dopo la piena del 2000, sono state documentate negli allegati alla Variante 100 che qui di seguito si riproducono.

Le condizioni dell'alveo non inducono a ritenere valori di scabrezza superiori a  $n = 0.030$  in termini di Manning.

In conclusione, il profilo fornito da ITALFERR risulta influenzato non solo dal valore del coefficiente di scabrezza, ma anche dalla quota imposta come condizione al contorno a valle, essendo la stessa stata ricavata con l'ipotesi di moto uniforme.



Figura 3-6 - Ex ponte Principessa Clotilde, demolito dopo i danni subiti durante la piena dell'evento dell'ottobre 2000, visto dalla passerella di Via Mondovì.

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**



Figura 3-7 - Vista di valle dal ponte di C.so Principe Oddone con le vecchie opere di sistemazione della sponda.

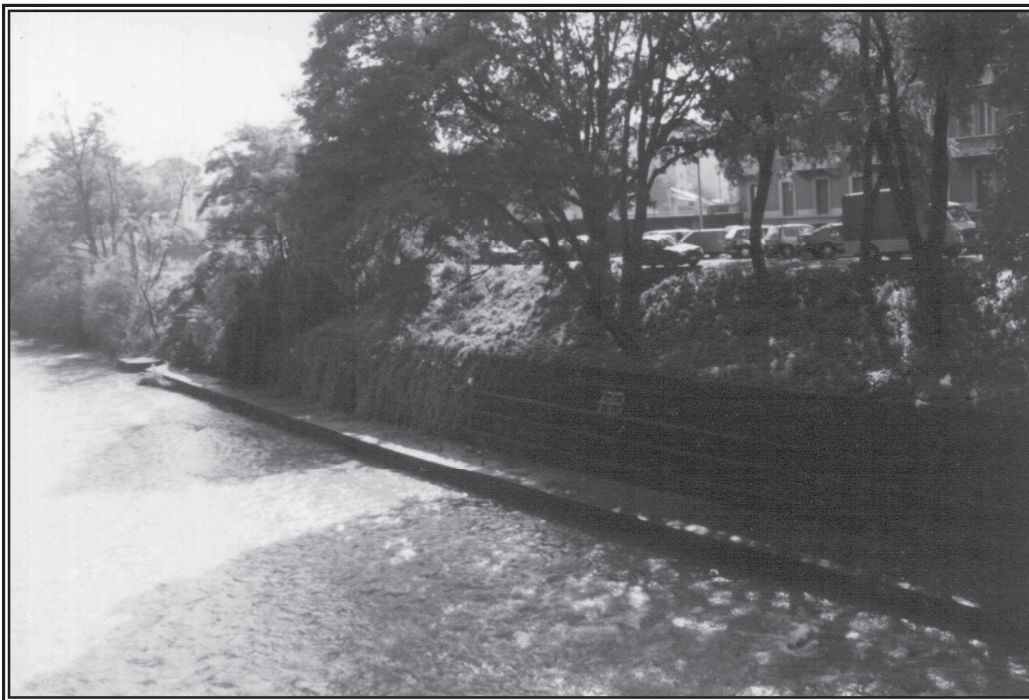


Figura 3-8 - Vista verso valle dal ponte di C.so Principe Oddone con difesa di sponda destra.

#### **4 CONCLUSIONI**

L'intradosso dell'impalcato del nuovo ponte di Corso Principe Oddone (sezione 310.6 del modello corrispondente al paramento di monte del ponte) è posto a quota 230.76 m s.l.m., a fronte del livello raggiunto dalla piena duecentennale pari a 230.08 m s.l.m. con la porta di 630 tratta dallo Studio 2003 e di 229.65 m s.l.m. con la portata determinata dalla Variante PAI approvata nel 2007.

Pertanto, il franco idraulico della struttura risulta essere di 0.64 m in presenza di portate fornite dallo Studio 2003 e di 1.11 m per la portata della variante PAI, che rispetterebbe i valori di norma. Il franco risulta infatti superiore ad 1 m e comunque maggiore della metà del termine cinetico, che alla sezione di monte (310.6) risulterebbe pari a  $h = 2.49^2 / (2 \cdot 9.81) = 0.31$  m.

I lavori per la realizzazione del quadruplicamento della linea ferroviaria Torino-Milano che hanno rivestito il fondo scorrevole con una mantellata di massi hanno stabilizzato nel tempo la quota attuale del fondo alveo e ridotto notevolmente la possibilità di deposito incontrollato.

La soluzione progettuale evita che una parte della struttura possa interferire con la corrente ai livelli idrometrici più elevati e determinare rigurgito a monte, come invece accade per il ponte Re Alberto del Belgio con struttura ad archi.

Va inoltre sottolineato che la quota di intradosso del nuovo ponte (pari a 230.76 m s.l.m.) non può essere ulteriormente innalzata, né dal punto di vista strutturale, né dal punto di vista della sistemazione superficiale della direttrice di c.so Principe Oddone; tale quota è già stata infatti aumentata di 30 cm rispetto al piano di appoggio delle spalle, le quali sono già stata realizzate da R.F.I. S.p.A. nell'ambito dell'appalto inerente il Passante Ferroviario ed autorizzate dal punto di vista idraulico con provvedimento della Regione Piemonte. La soluzione progettuale adottata per il nuovo ponte prevede infatti la realizzazione di baggioli aggiuntivi in c.a. al di sopra del piano delle spalle, mentre gli spessori delle travi e della soletta dell'impalcato sono i minimi necessari per il soddisfacimento delle verifiche strutturali; inoltre il nuovo ponte deve essere collegato mediante delle rampe inclinate al ponte esistente (ponte Re Alberto del Belgio, situato a quota inferiore) e conseguentemente la quota di estradosso di tale nuovo ponte deve risultare compatibile con la pendenza massima prevista dalla normativa vigente per la realizzazione di tali rampe.

In conclusione, il ponte può essere autorizzato in via idraulica in deroga al franco idraulico per la portata stabilita nello Studio di fattibilità (630 m<sup>3</sup>/s). La realizzazione delle opere previste nel citato Progetto di Variante, consistenti nella realizzazione di una cassa di laminazione nei territori di Alpignano e Caselette, avrà come conseguenza la riduzione della portata in ingresso a Torino da 630 a 530 m<sup>3</sup>/s e, in tali condizioni, la nuova opera avrà un franco superiore al metro (1.11 m).

## **5 ELENCO ELABORATI**

- Elaborato 1: Relazione idraulica
- Elaborato 2: Profilo

## **6 RIFERIMENTI CITATI**

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (1995-a): *Sottoprogetto SP1 - Piene e naturalità alvei fluviali - 1° Fase (Stralcio Piemonte) Aggiornamento e sistematizzazione dell'idrologia di piena*, Parma

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (1995-b): *Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione - Relazione*, Parma

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (1997-2000): *Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - Relazione*, Parma

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001): *Piano per l'Assetto Idrogeologico -7- Norme di attuazione - Direttiva 2 - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*, Parma.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2003): *Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po e del fiume Toce nel tratto da Maserà alla foce*, Parma

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2006 e 2007): *Variante del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Fiume Dora Riparia - Relazione tecnica*

CITTÀ DI TORINO (1999): *Variante al P.R.G.C. - Area collinae e territorio di pianura - Studi idrogeomorfologici di supporto - Fase finale - Relazione generale*, (inedito)

CITTÀ DI TORINO - CSI PIEMONTE (2001): *Catasto terreni - Collina e fasce fluviali in formato DWG*, (inedito).

CROSIO F., FERRAROTTI B. (1996): *Trino - Gli anni del diluvio*, Comune di Trino, Trino.

D'ALPAOS L. (1982): *Modelli concettuali deterministici nella trasformazione afflussi-deflussi dei fenomeni di piena*, Pubbl. no. 165 - CNR progetto Finalizzato Conservazione del Suolo - Dinamica Fluviale

FERROVIE DELLO STATO (1997): *Progetto Esecutivo Cantierabile - Nodo di Torino - Quadruplicamento Porta Susa-Stura*, Idrologia e idraulica - Relazione (inedito)

FRANCESCHETTI B., STOPPATO M., TURITTO O. (1990): *Le modificazioni del corso della Dora Riparia tra Susa e Alpignano dal 1881 al 1977*, Rivista Geografica italiana, 4, 475-505

ITALFERR (2005): *Quadruplicamento Porta Susa-Stura con sottoattraversamento Fiume Dora - Opere provvisorie* (inedito)

MAFFIOLI M. (1978): *Il paesaggio fluviale nell'ambito urbano*, Cronache Economiche, C.C.I.A.A. di Torino, 9-10, 5-138

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI (1883): *Cenni monografici sui servizi dipendenti*, Roma.

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

PROVINCIA DI TORINO (1959): *Domanda di classifica in 3a categoria delle opere di sistemazione idraulica della Dora Riparia fra gli abitati di Susa e Torino – Relazione.*

SACCARDO I. e TOMASINO M. (1995): *L'idrogramma di piena del Fiume Po a Palazzolo Vercellese del 4-6 novembre 1994*, Enel-Cris Rel. 1175-UIGI (presentato in occasione della Giornata di Studio sull'evento alluvionale del 5-6 novembre 1994, Associazione idrotecnica italiana, Torino

TROPEANO D. (1994), *L'evento alluvionale del 5-6 novembre 1994 in Piemonte*, Nimbus, 6-7, 33-44

## APPENDICE - A – PLANIMETRIA SEZIONI MODELLO IDRAULICO

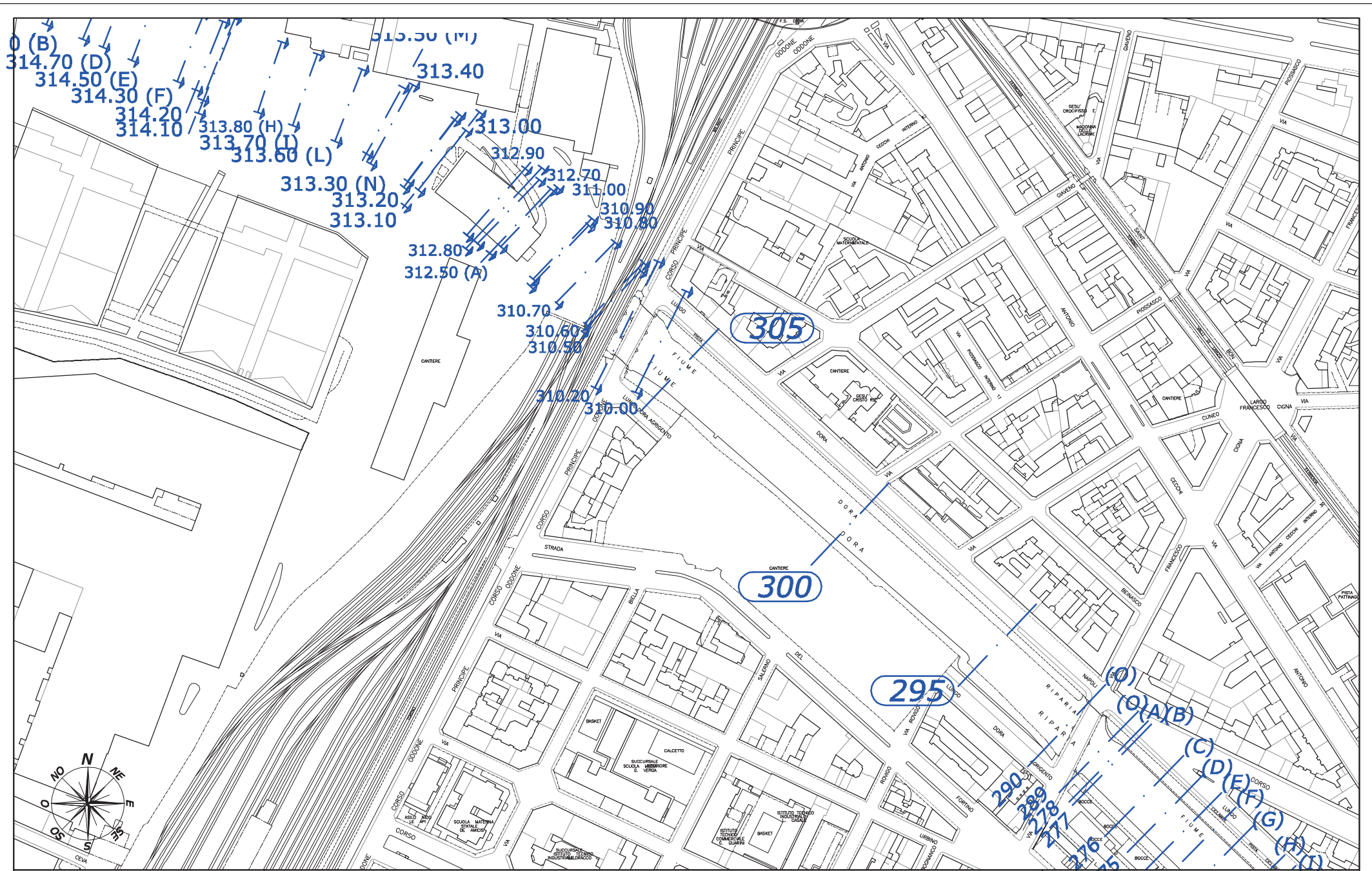
Si riporta la planimetria sulla base della Carta Tecnica della Città di Torino riportante la posizione delle sezioni impiegate nella modellazione idraulica.











Scala 1:3.500

Planimetria sezioni modello idraulico

TAVOLA 2







**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

**APPENDICE - B – RISULTATI MODELLAZIONE IDRAULICA**

Si riporta la tabella dei risultati della modellazione idraulica per la portate del Studio 2003 e della variante PAI.

Si ricorda che la diciture nella tabella hanno il significato seguente:

- River Sta : numero sezione (crescente da valle verso monte)
- Profile : profilo di riferimento
- Q total : portata di riferimento
- Min Ch El : quota minima del fondo
- W.S. Elev. : quota del pelo libero
- Crit W.S. : quota del pelo libero allo stato critico
- E.G. Elev. : quota della linea dell'energia
- E.G. Slope : pendenza "motrice"
- Vel Chnl : velocità media nell'alveo principale
- Flow Area : area bagnata
- Top Width : larghezza del pelo libero
- Froude # Chl : numero di Froude per l'alveo principale (la corrente è "veloce" per numero di Froude > 1)

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
312.7	studio 2003	630	224.29	230.08	227.7	230.66	0.001754	3.35	187.97	33.3	0.45
312.7	var PAI	530	224.29	229.65	227.34	230.13	0.001534	3.05	173.6	33.17	0.43
312.5	studio 2003	630	224.26	229.98	227.8	230.63	0.002077	3.57	176.44	31.72	0.48
312.5	var PAI	530	224.26	229.57	227.4	230.1	0.001802	3.24	163.4	31.6	0.46
311	studio 2003	630	224.25	229.98	227.77	230.62	0.001306	3.54	177.77	31.73	0.48
311	var PAI	530	224.25	229.57	227.39	230.1	0.001132	3.22	164.7	31.63	0.45
310.9	studio 2003	630	224.2	229.96	227.67	230.57	0.001231	3.46	181.82	32.24	0.47
310.9	var PAI	530	224.2	229.55	227.3	230.05	0.001064	3.14	168.64	32.14	0.44

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
310.8	studio 2003	630	224.2	229.94		230.57	0.000722	3.51	179.29	34.86	0.47
310.8	var PAI	530	224.2	229.54		230.05	0.000637	3.18	166.53	34.82	0.44
310.7	studio 2003	630	224.17	230.02		230.52	0.000539	3.12	202.08	34.88	0.41
310.7	var PAI	530	224.17	229.6		230.01	0.000478	2.83	187.42	34.83	0.39
310.6	studio 2003	630	224.1	230.08	227.13	230.47	0.000397	2.75	229.13	38.6	0.36
310.6	var PAI	530	224.1	229.65	226.81	229.97	0.000353	2.49	212.43	38.56	0.34
310.5	studio 2003	630	224.06	230.11	226.95	230.44	0.000328	2.54	247.89	41.26	0.33
310.5	var PAI	530	224.06	229.67	226.65	229.95	0.000293	2.31	229.8	41.21	0.31
310.2	studio 2003	630	224.05	230.14	226.83	230.43	0.000436	2.37	265.32	44	0.31
310.2	var PAI	530	224.05	229.7	226.53	229.93	0.000389	2.16	245.8	43.93	0.29
310.1		Bridge									
310	studio 2003	630	224.04	230.1		230.39	0.000442	2.37	265.84	46.73	0.32
310	var PAI	530	224.04	229.67		229.91	0.000396	2.16	245.58	45.98	0.3
305	studio 2003	630	223.89	229.63		230.32	0.001231	3.69	173.22	38.18	0.52
305	var PAI	530	223.89	229.28		229.85	0.00111	3.34	160.04	36.94	0.49
300	studio 2003	630	223.58	229.48		230.12	0.001001	3.56	182.19	39.29	0.5
300	var PAI	530	223.58	229.15		229.67	0.00089	3.21	169.13	38.62	0.47
295	studio 2003	630	223.42	229.41		229.98	0.000858	3.35	197.6	43.3	0.46
295	var PAI	530	223.42	229.08		229.54	0.000749	3.01	183.66	41.95	0.42
290	studio 2003	630	223.54	229.52	226.72	229.86	0.000544	2.57	244.72	44.5	0.35



**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
290	var PAI	530	223.54	229.17	226.42	229.44	0.000471	2.31	229.09	44.43	0.33
289.5		Bridge									
289	studio 2003	630	223.54	228.72		229.18	0.00088	3.01	209.22	44.33	0.44
289	var PAI	530	223.54	228.22		228.63	0.000878	2.83	187.32	44.23	0.44
278	studio 2003	630	223.14	228.75		229.16	0.000725	2.81	223.82	47.59	0.41
278	var PAI	530	223.14	228.25		228.61	0.000716	2.65	200.26	46.76	0.41
277	studio 2003	630	223.13	228.76		229.15	0.000716	2.79	226.08	48	0.41
277	var PAI	530	223.13	228.26		228.61	0.000707	2.62	202.29	47.15	0.4
276	studio 2003	630	222.78	228.72	226.27	229.13	0.000743	2.82	223.67	47.36	0.41
276	var PAI	530	222.78	228.22	225.94	228.58	0.000732	2.65	200.29	46.53	0.41
275	studio 2003	630	222.86	228.71	226.34	229.11	0.000733	2.8	224.7	47.5	0.41
275	var PAI	530	222.86	228.21	226.01	228.57	0.000723	2.63	201.24	46.73	0.41
274	studio 2003	630	222.98	228.66	226.5	229.09	0.000808	2.91	216.47	47.63	0.44
274	var PAI	530	222.98	228.16	226.17	228.55	0.000808	2.75	192.96	46.82	0.43
273	studio 2003	630	223.05	228.66	226.45	229.08	0.000795	2.88	218.51	47.73	0.43
273	var PAI	530	223.05	228.16	226.13	228.53	0.000794	2.72	194.94	46.94	0.43
272	studio 2003	630	222.76	228.68	226.14	229.05	0.000668	2.7	233.58	48.52	0.39
272	var PAI	530	222.76	228.18	225.82	228.51	0.000655	2.53	209.56	47.69	0.39
271	studio 2003	630	222.72	228.59	226.28	229.02	0.00083	2.9	217.21	57.77	0.43
271	var PAI	530	222.72	228.1	225.93	228.48	0.000782	2.72	194.8	45.23	0.42

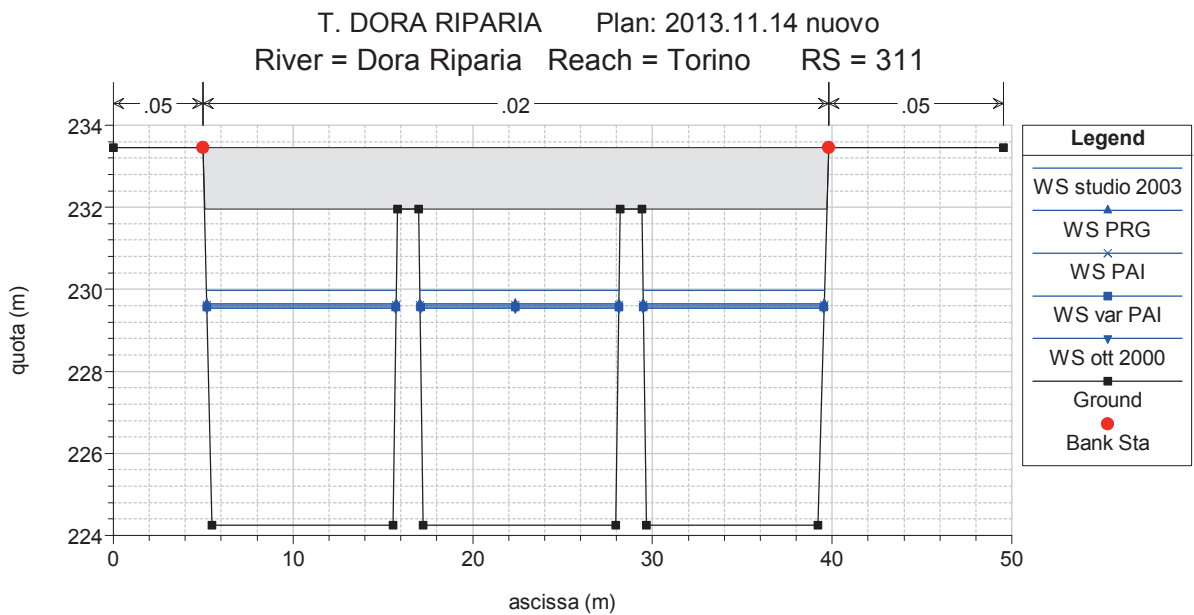
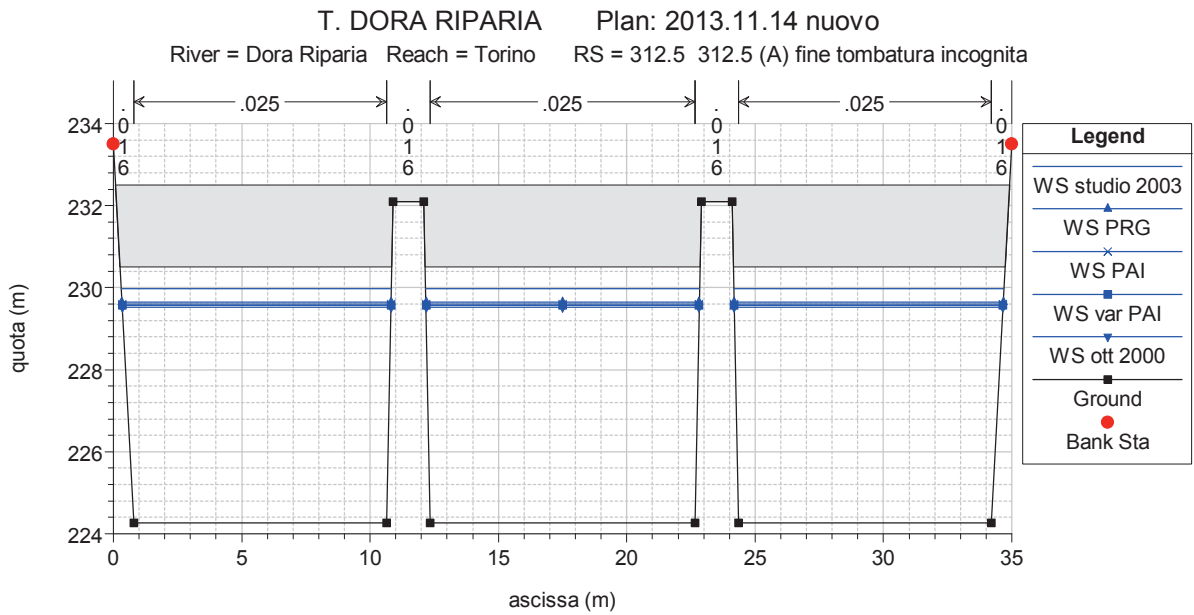
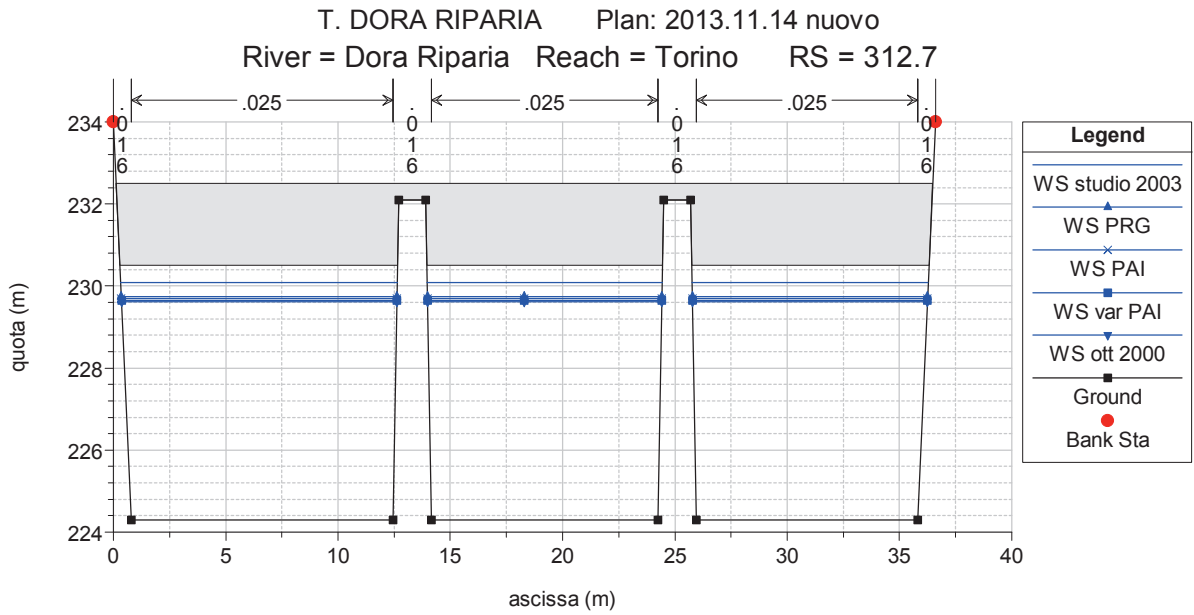
**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
270	studio 2003	630	222.68	228.63	226.02	228.99	0.000655	2.65	237.4	65.94	0.38
270	var PAI	530	222.68	228.14	225.69	228.45	0.00061	2.48	213.86	47.27	0.37
269	studio 2003	630	221.98	228.62	225.9	228.97	0.000614	2.61	241.66	80.79	0.37
269	var PAI	530	221.98	228.13	225.57	228.43	0.00057	2.43	218.04	47.45	0.36
268	studio 2003	630	222.39	228.59	226.04	228.95	0.00067	2.69	234.44	85.46	0.39
268	var PAI	530	222.39	228.1	225.72	228.42	0.000633	2.51	210.93	47.49	0.38
267	studio 2003	630	222.2	228.57	225.99	228.94	0.000654	2.69	234.59	83.08	0.39
267	var PAI	530	222.2	228.08	225.66	228.4	0.00063	2.51	211.11	47.57	0.38
266	studio 2003	630	222.07	228.52	226.09	228.93	0.000684	2.84	221.77	85	0.41
266	var PAI	530	222.07	228.03	225.73	228.39	0.000672	2.64	200.47	57.66	0.4
265.8	studio 2003	630	222.41	228.46	226.1	228.91	0.000783	2.97	211.84	97.85	0.42
265.8	var PAI	530	222.41	227.99	225.69	228.38	0.000761	2.76	192.12	41.75	0.41
265.5		Bridge									
265.3	studio 2003	630	222.41	227.68	226.1	228.31	0.001333	3.52	179.15	41.75	0.54
265.3	var PAI	530	222.41	227.36	225.69	227.88	0.001198	3.19	165.89	41.75	0.51

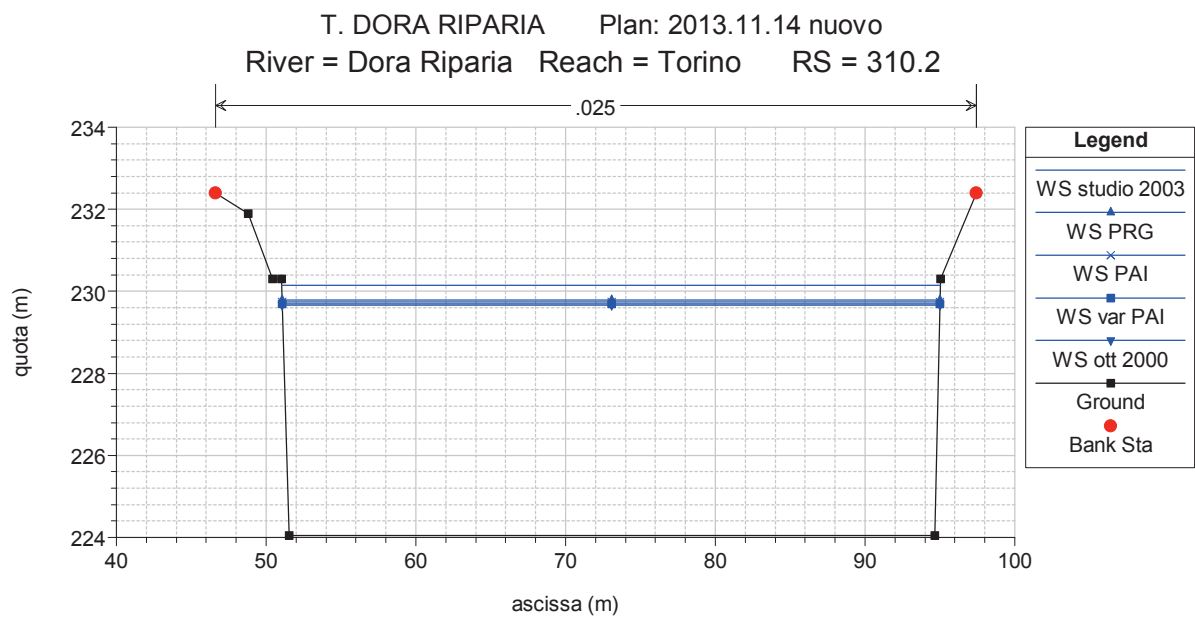
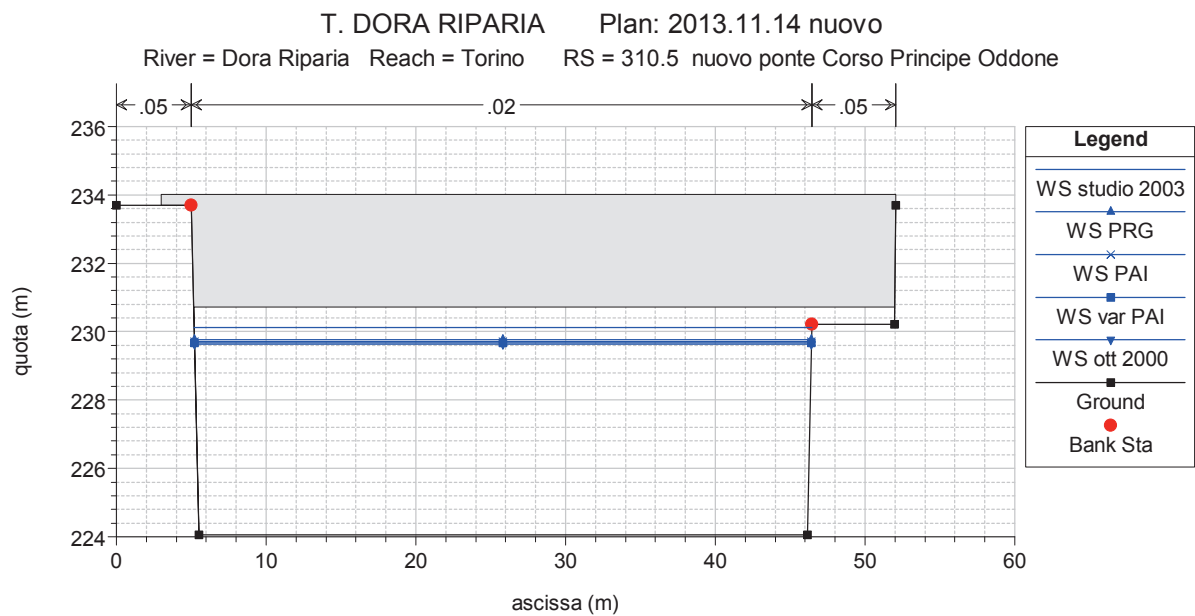
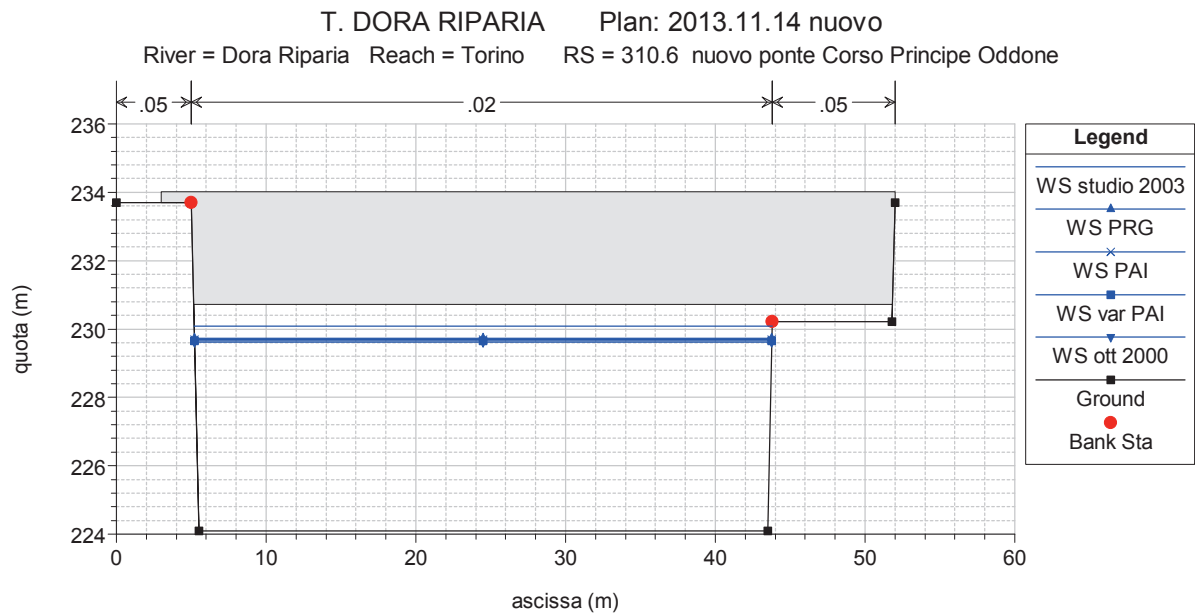
## APPENDICE - C - SEZIONI TRASVERSALI

I grafici seguenti mostrano le sezioni trasversali con l'indicazione dei peli liberi di piena di progetto al colmo di riferimento (630 m<sup>3</sup>/s Studio 2003 e 530 m<sup>3</sup>/s variante PAI).

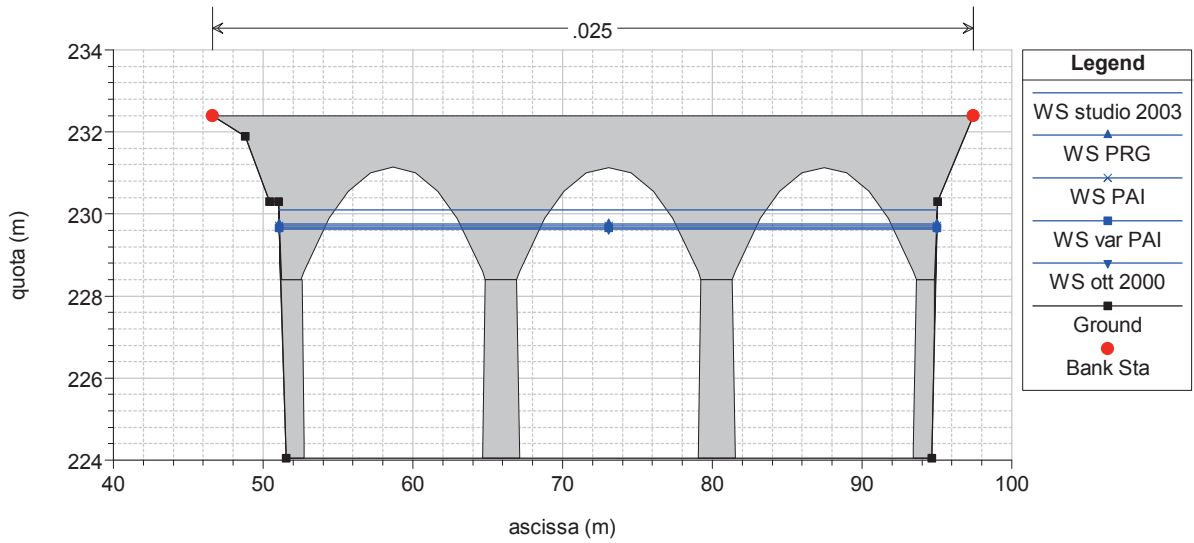




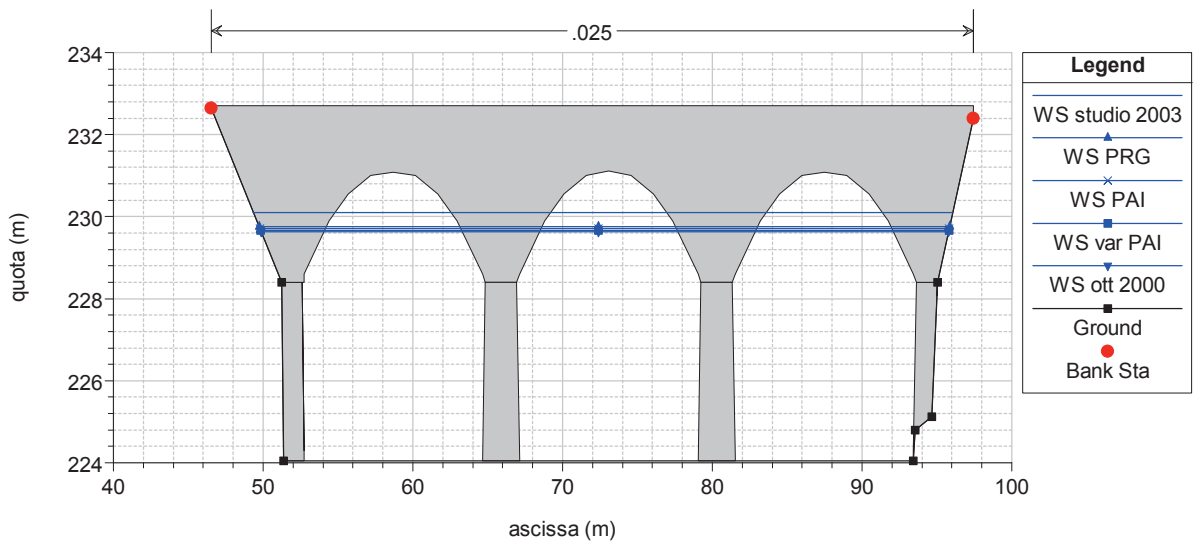




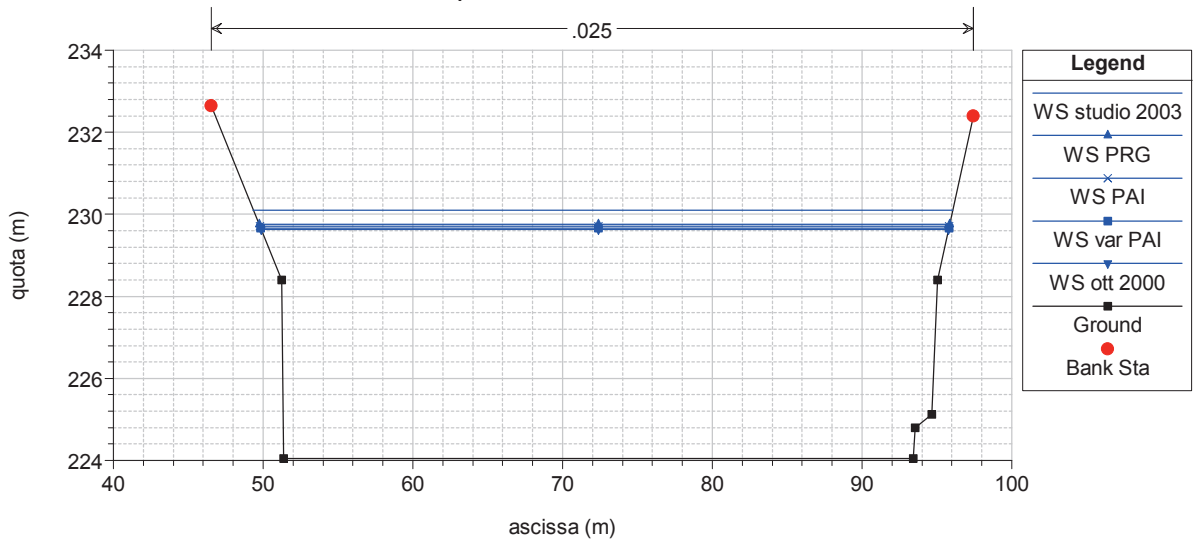
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 310.1 BR DO 14 PONTE RE ALBERTO DEL BELGIO



T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 310.1 BR DO 14 PONTE RE ALBERTO DEL BELGIO

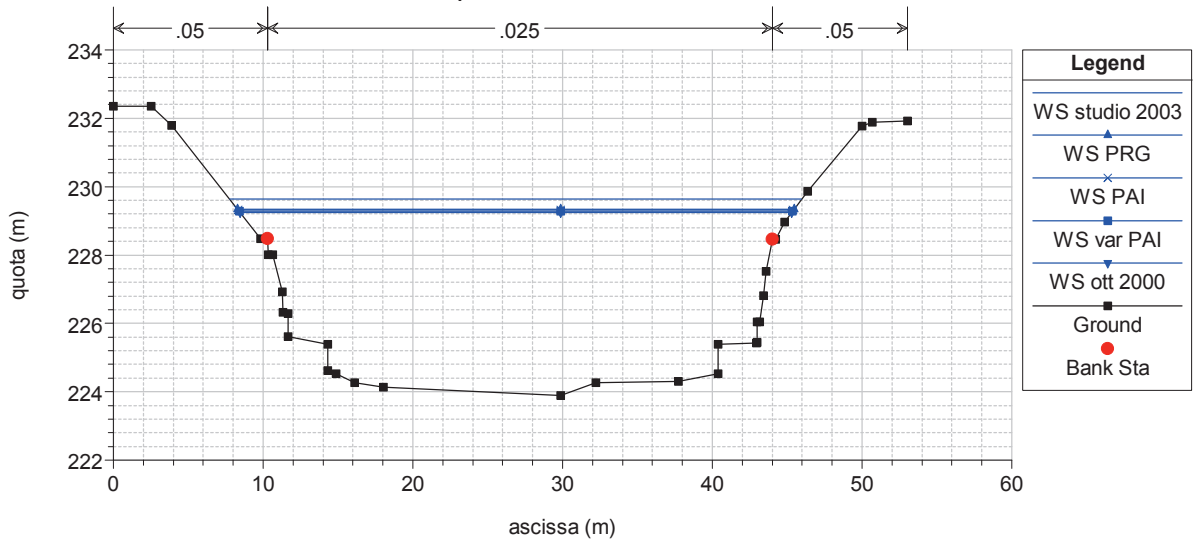


T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 310

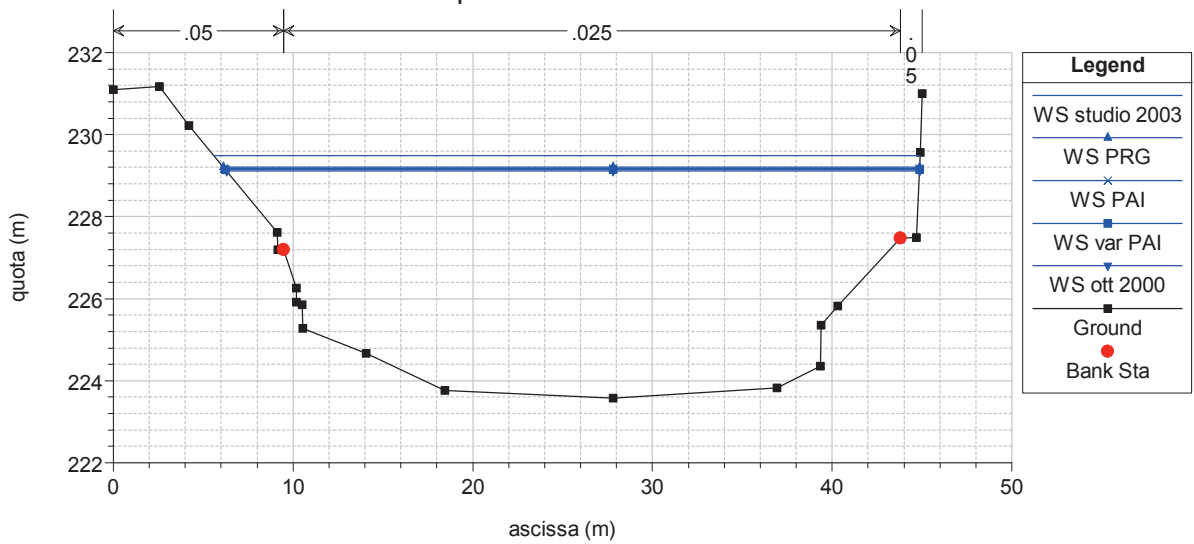




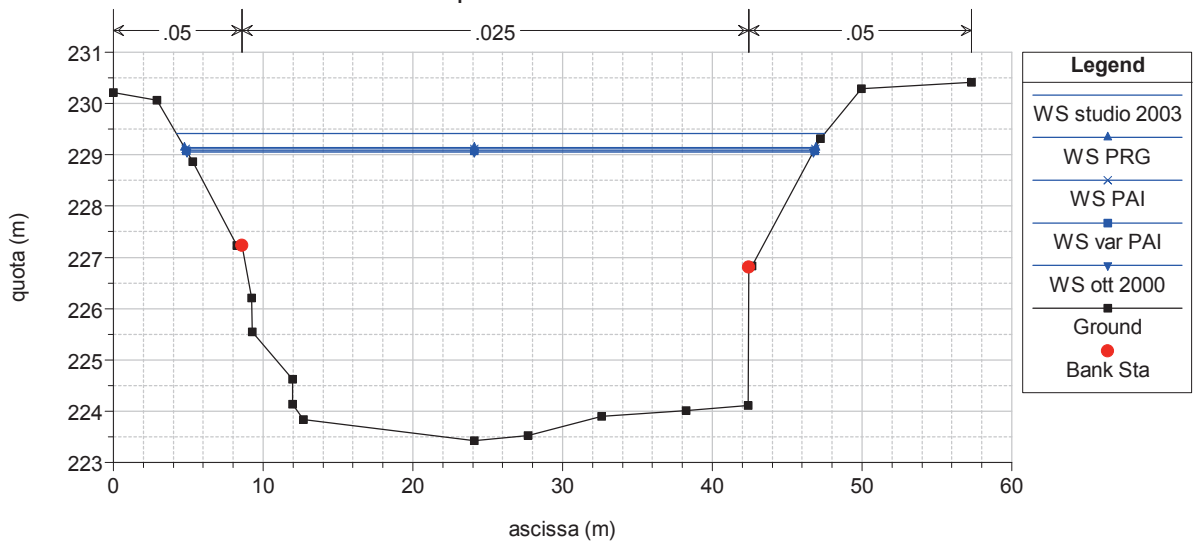
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 305



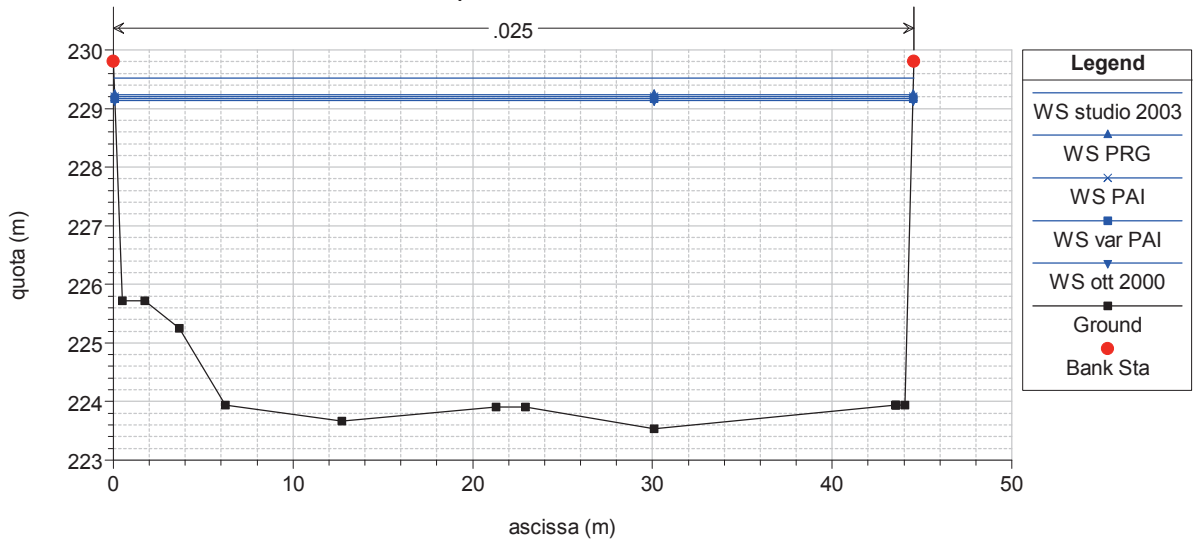
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 300



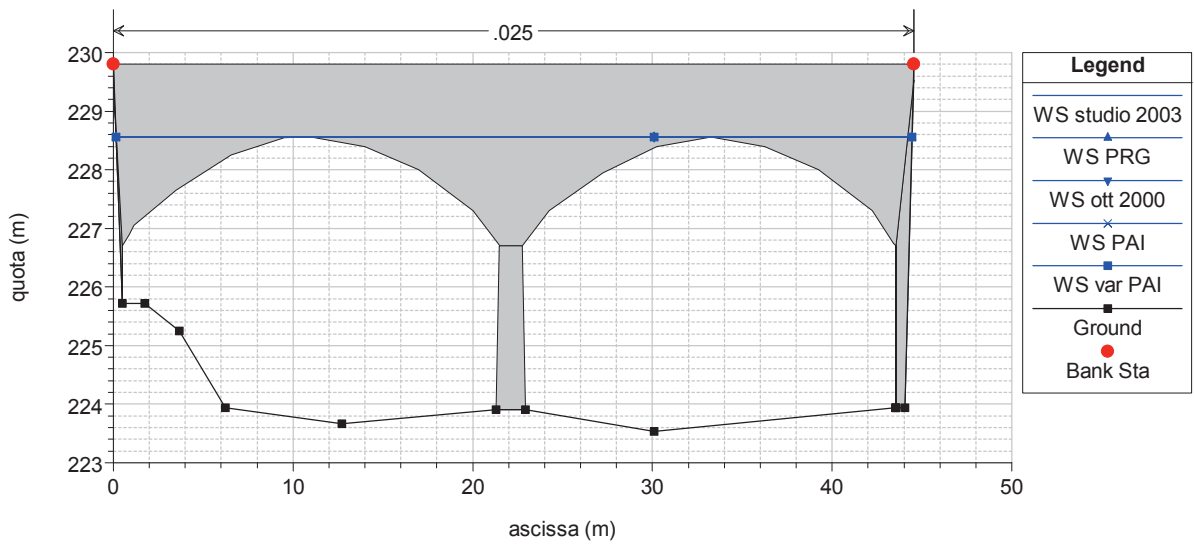
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 295



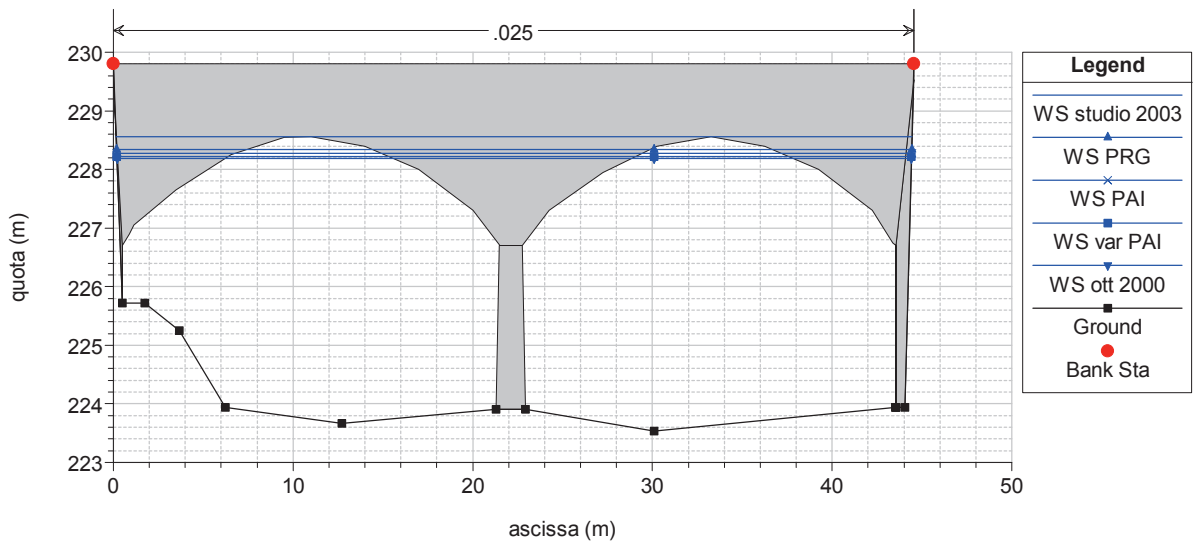
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 290



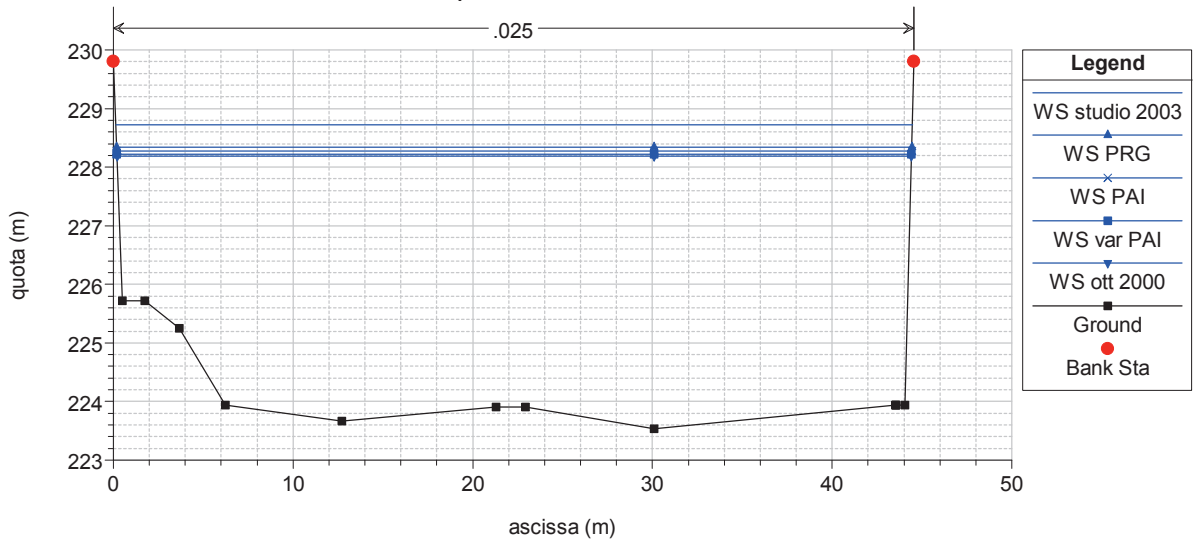
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 289.5 BR DO 13 PONTE DUCA DEGLI ABRUZZI



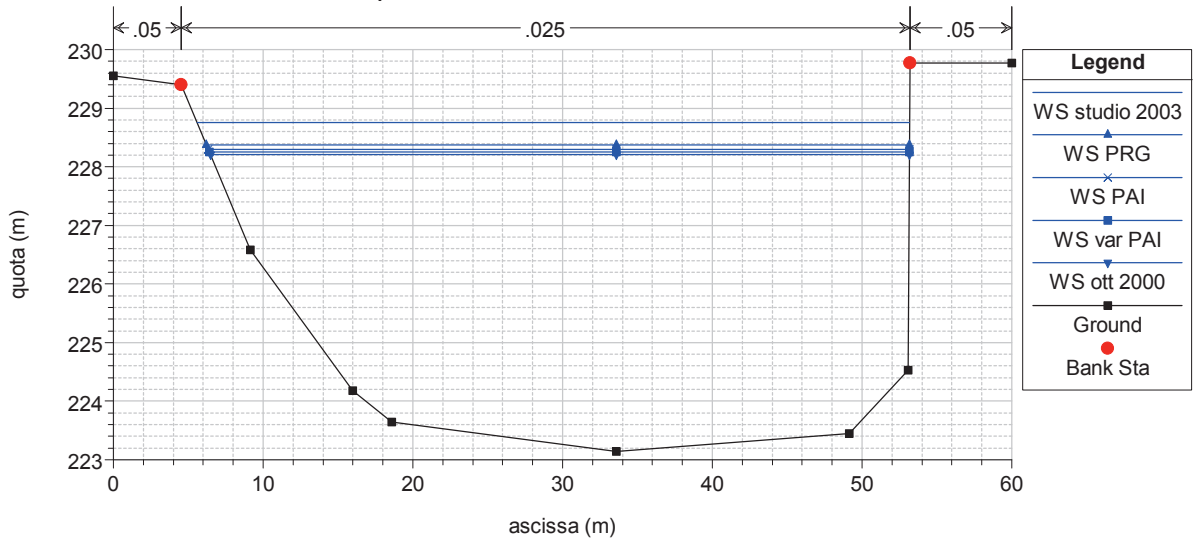
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 289.5 BR DO 13 PONTE DUCA DEGLI ABRUZZI



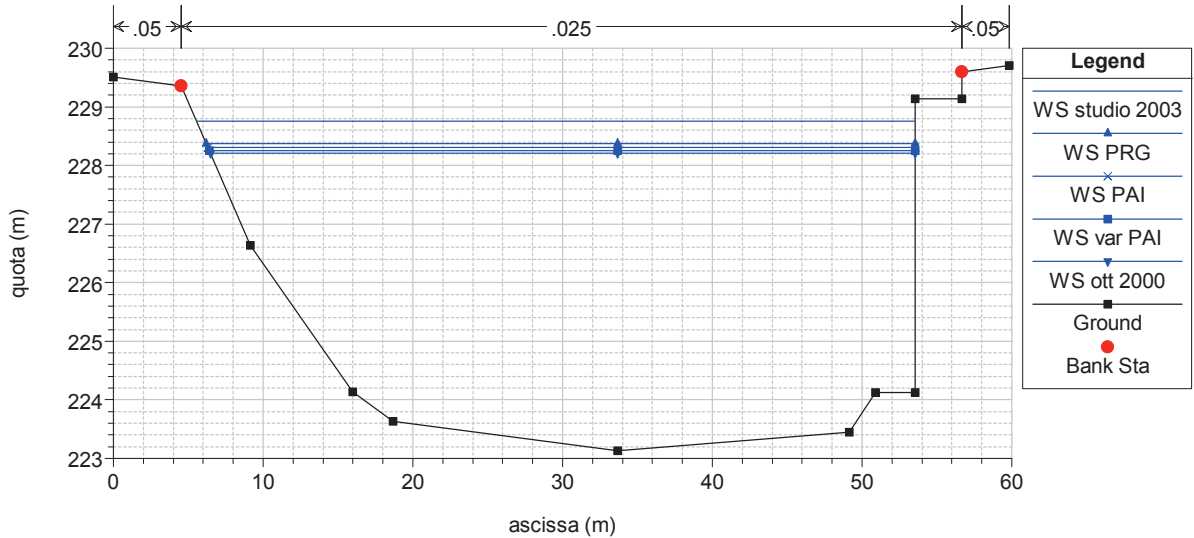
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 289



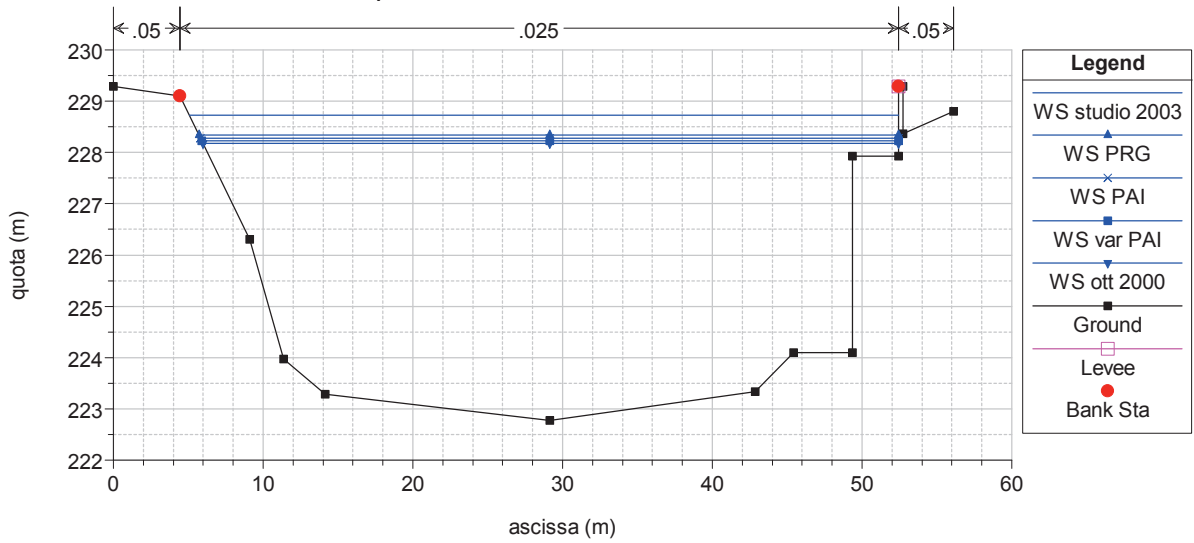
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 278 sezione A-A



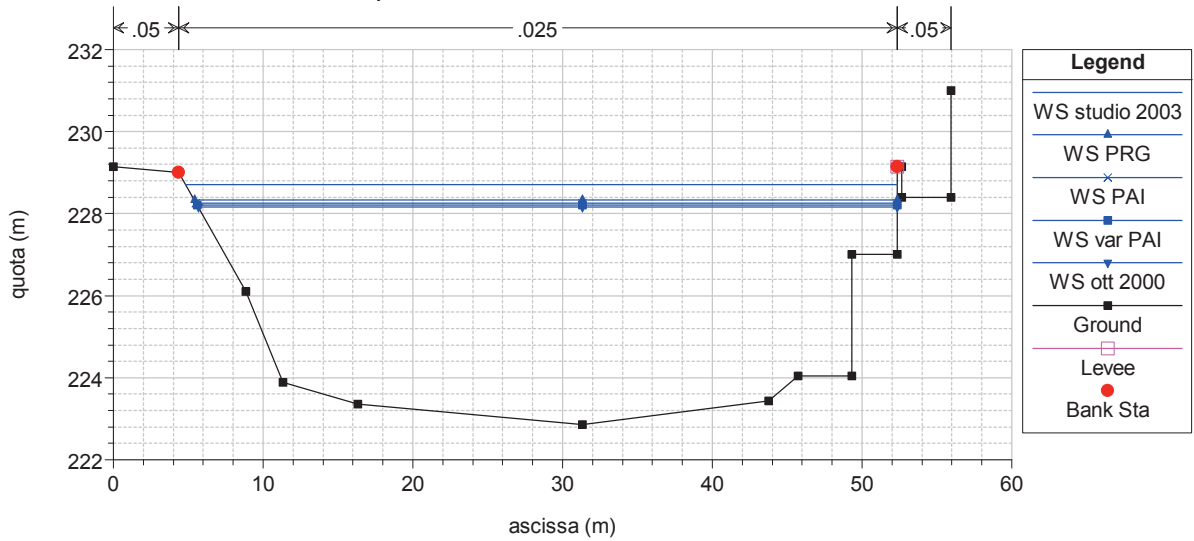
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 277 sezione B-B



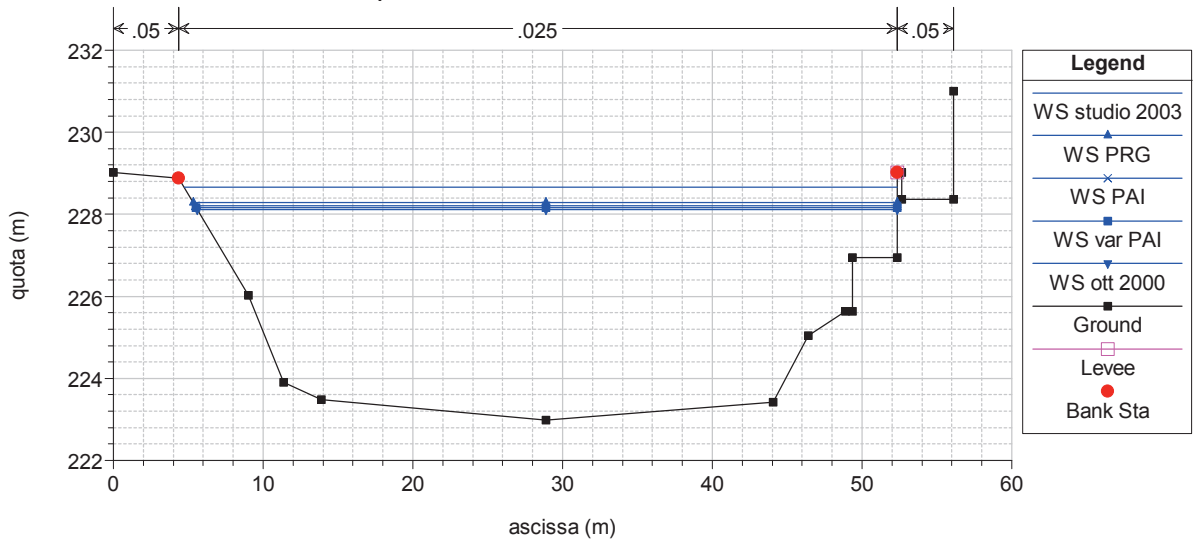
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 276 sezione C-C



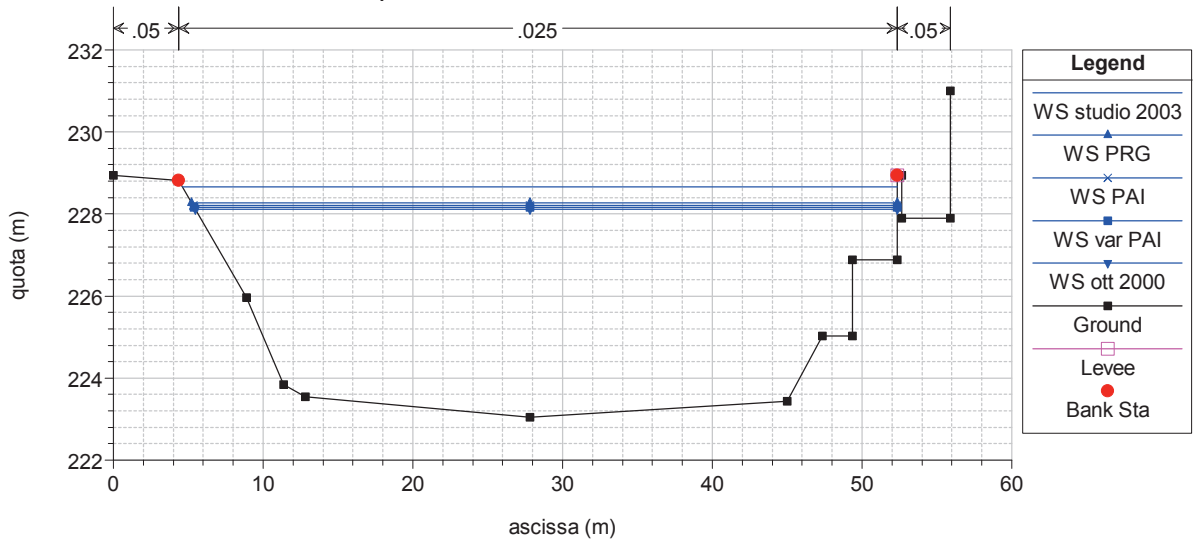
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 275 sezione D-D



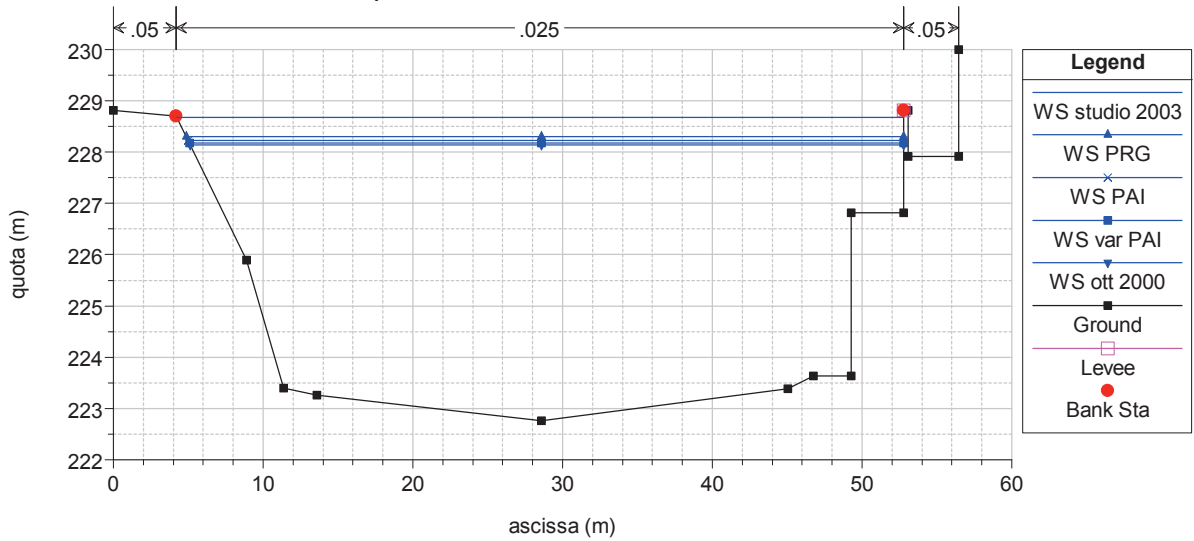
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 274 sezione E-E



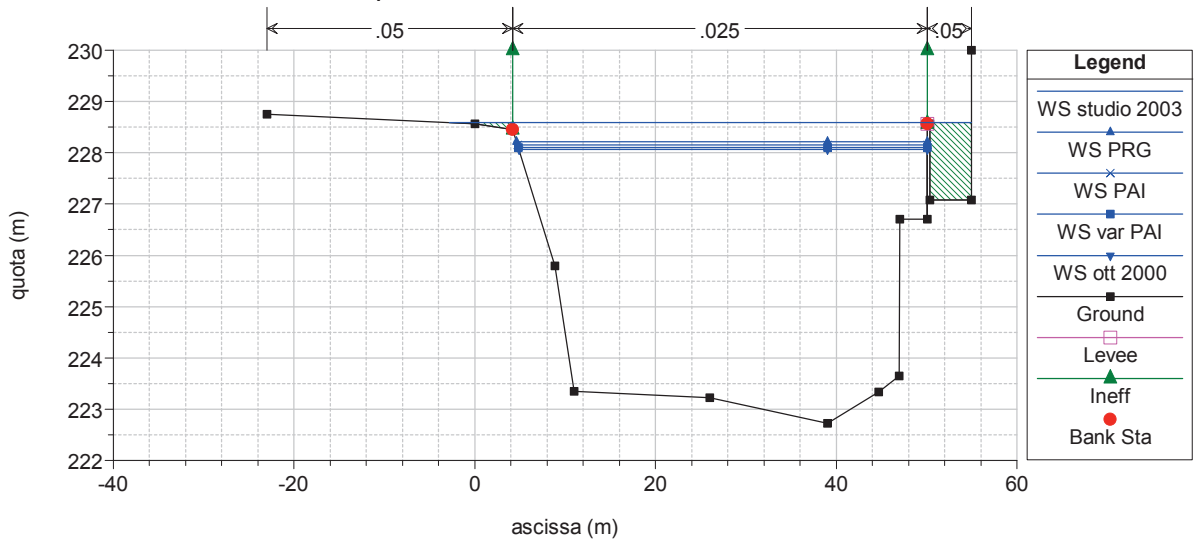
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 273 sezione F-F



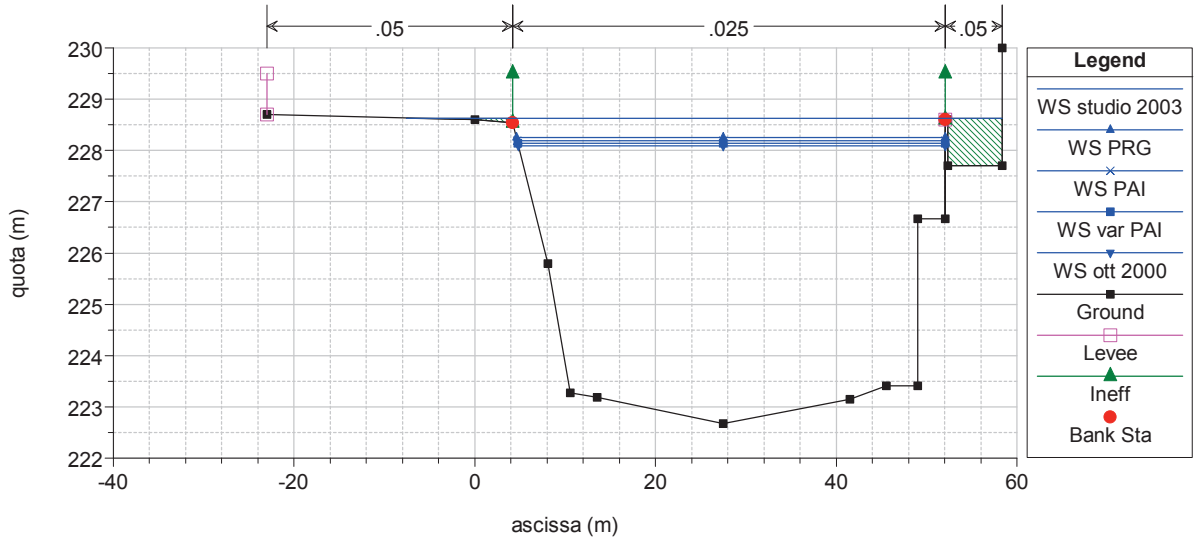
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 272 sezione G-G



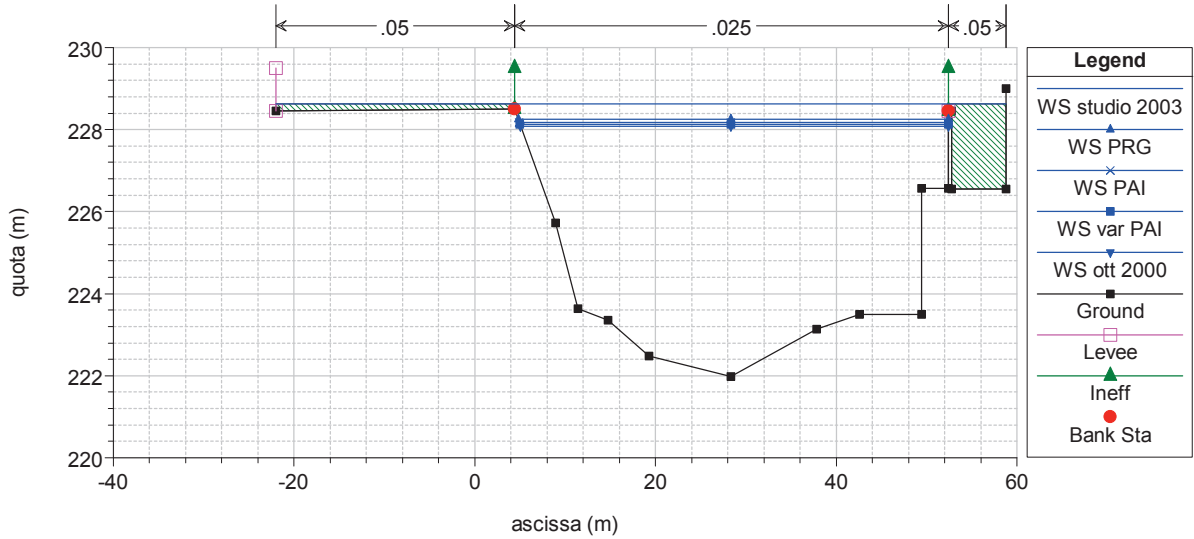
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 271 sezione H-H



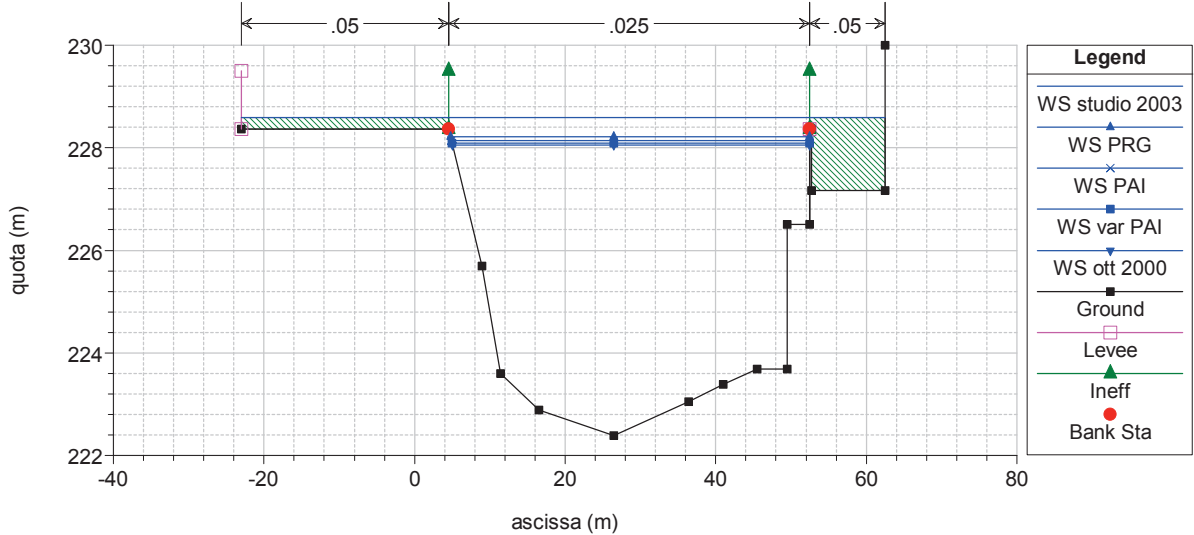
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 270 sezione I-I



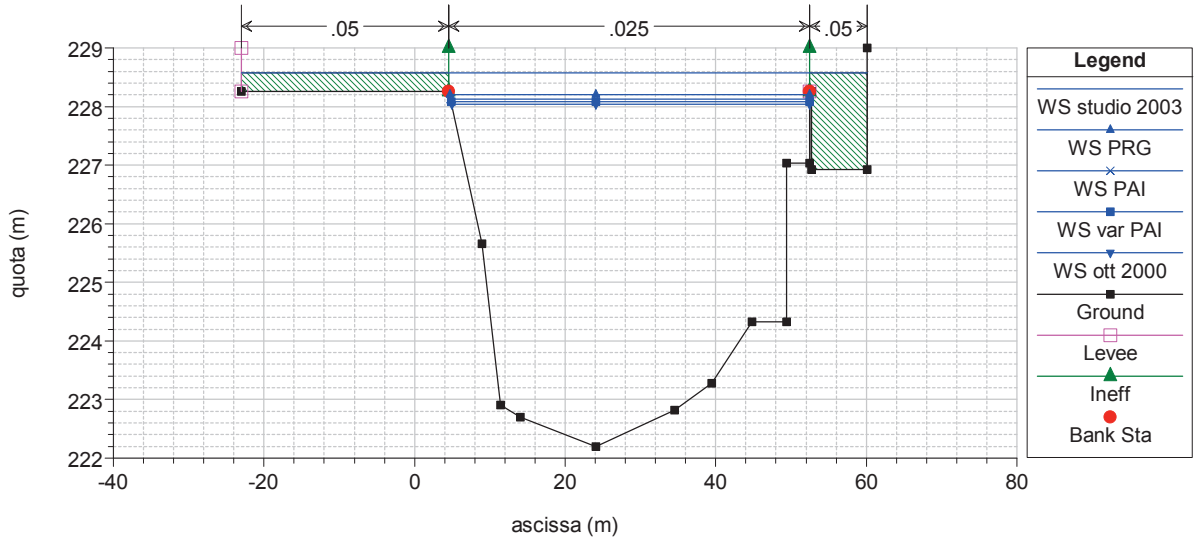
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 269 sezione L-L



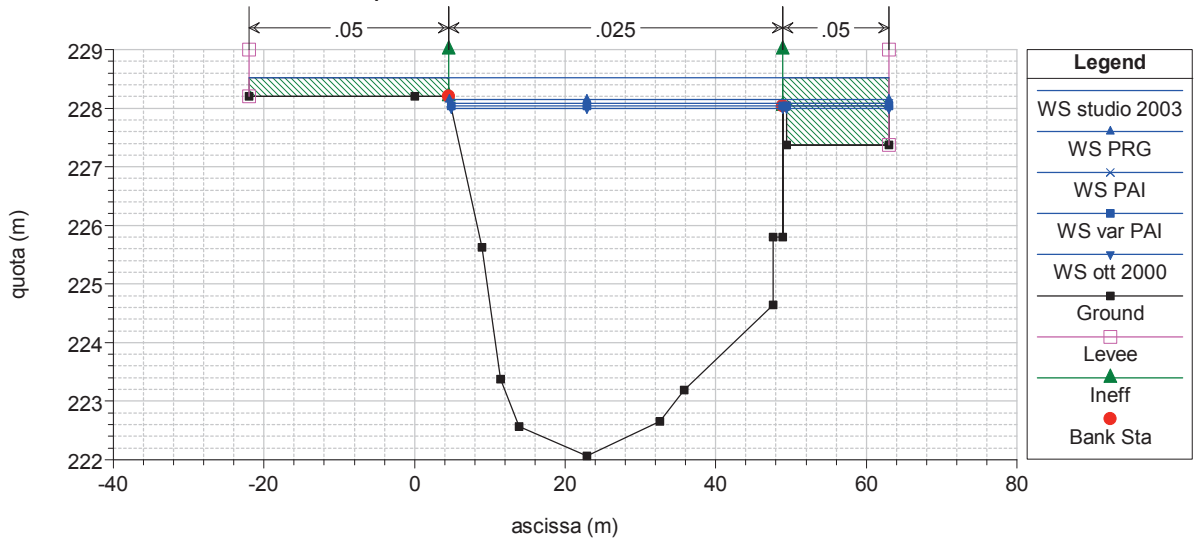
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 268 sezione M-M



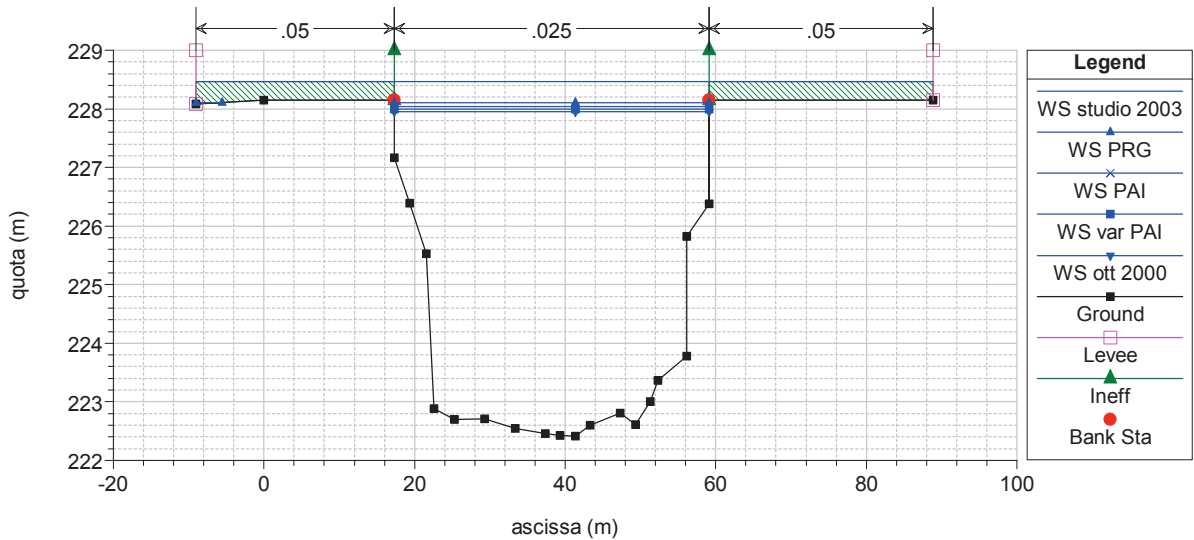
T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 267 sezione N-N

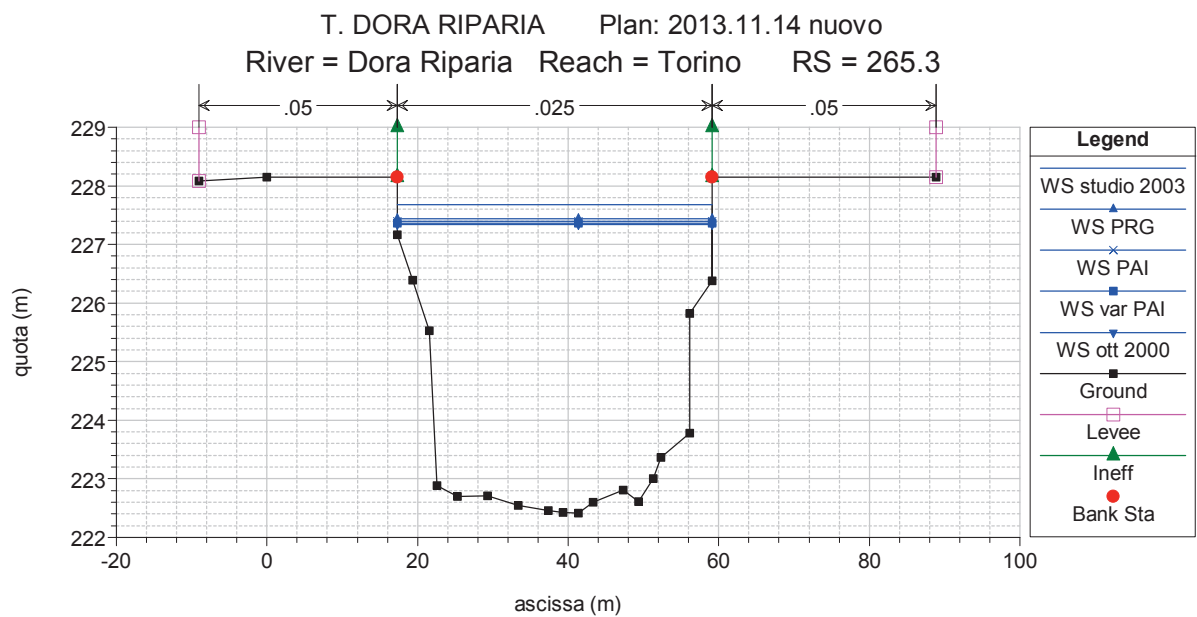
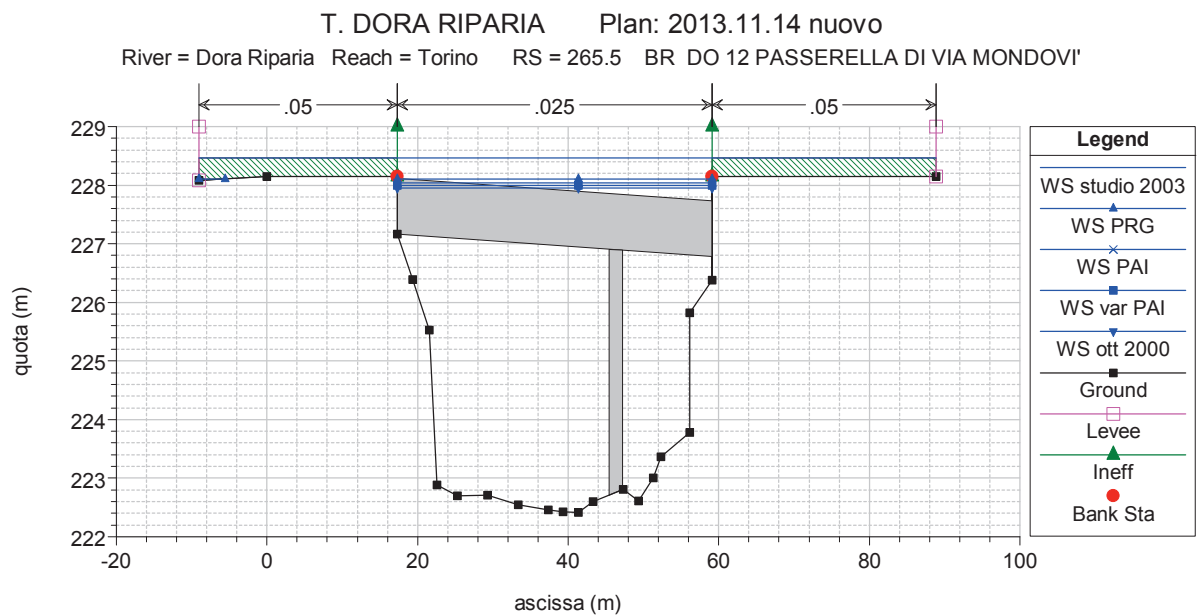
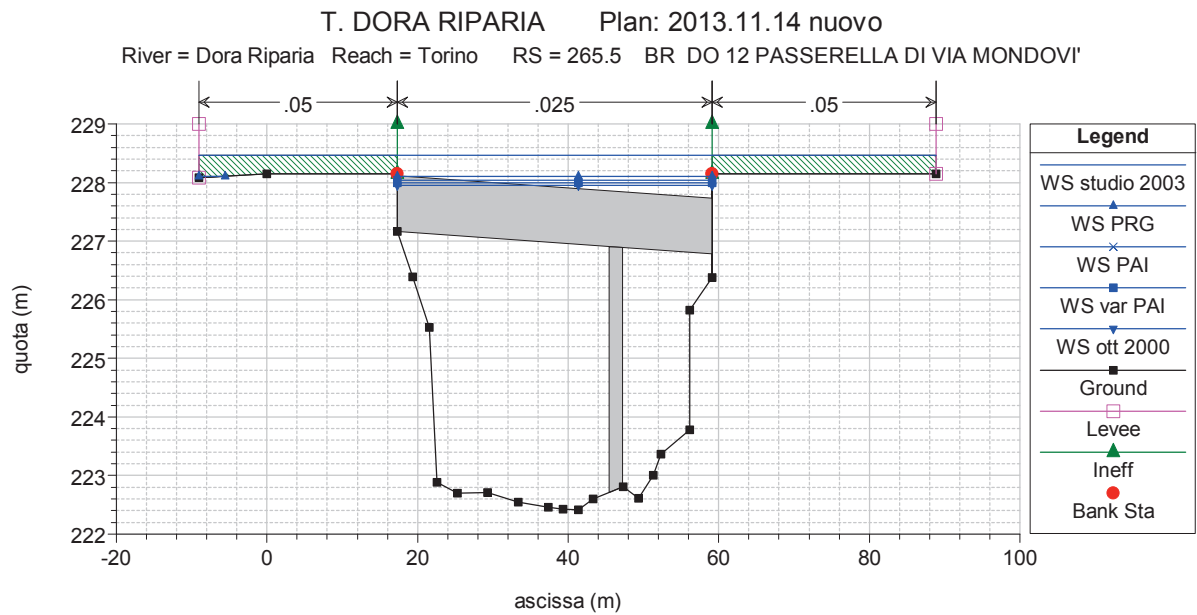


T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 266 sezione O-O



T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
 River = Dora Riparia Reach = Torino RS = 265.8 sezione a monte passerella







## APPENDICE - D- DESCRIZIONE DELLO SCHEMA DI CALCOLO ADOTTATO DAL MODELLO NUMERICO HEC-RAS ATTIVATO IN MOTO PERMANENTE (VERIFICHE IDRAULICHE)

La determinazione del profilo del pelo libero è stata effettuata mediante modellazione in moto permanente della portata di riferimento tramite il codice numerico HEC-RAS è stato messo a punto dalla Hydrologic Engineering Center (HEC) di Davies, California alla fine degli anni '60 con il nome HEC-2. Adattato all'ambiente Windows® nel 1996 con la nuova denominazione di HEC-RAS (River Analysis System) e dotato d'interfaccia GUI, il codice è attualmente disponibile nella release 3.1 (novembre 2002). Si tratta di un codice di calcolo diffuso a livello internazionale e ampiamente collaudato. Negli USA, in particolare, costituisce l'algoritmo di riferimento per la determinazione dei livelli idrici richiesto dalla FEMA nelle procedure connesse alla copertura assicurativa dei danni alluvionali.

Il codice di calcolo esegue la determinazione del profilo del pelo libero nelle condizioni di moto permanente monodimensionale. La versione 3.0 ha incluso l'analisi in moto vario e si prevede l'estensione all'analisi del trasporto solido su contorno mobile.

Il profilo del pelo libero è calcolato per ogni sezione trasversale risolvendo l'equazione dell'energia con una procedura iterativa denominata standard step method ampiamente descritta nei testi classici dell'idraulica delle correnti a pelo libero.

### *D.1 Informazioni generali*

L'equazione dell'energia fra due sezioni trasversali (1) e (2), con la sezione 1 ubicata a valle della sezione 2, viene scritta nella forma classica, riferita all'unità di peso del liquido:

$$y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

- y profondità della corrente nella sezione (m);
- z quota del fondo (m);
- V velocità media della corrente nella sezione (portata totale/area totale);
- $\alpha$  coefficiente di Coriolis che tiene conto della forma della sezione;
- g accelerazione di gravità (9.81 m/s<sup>2</sup>);
- $h_e$  perdita di energia (m).

Il significato geometrico dei simboli è illustrato nella Figura E 1.

La sezione trasversale del corso d'acqua viene rappresentata mediante ascissa e ordinata dei punti rilevati e schematizzata in tre settori rilevanti ai fini del convogliamento della portata: golena sinistra (indicata con pedice lob), canale principale (pedice ch), golena destra (pedice rob), ritenendo che in ciascuno dei tre settori la distribuzione di velocità sia uniforme (in caso contrario si procederà ad ulteriori suddivisioni, come riferito in seguito).

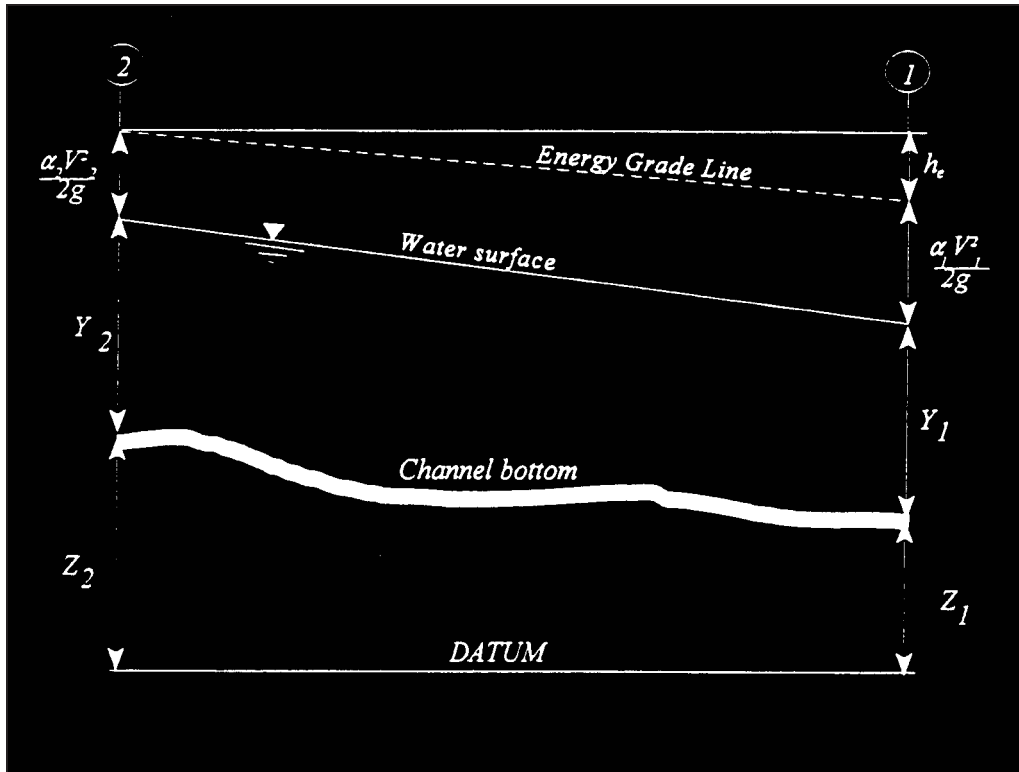


Figura E 1. Rappresentazione dei termini dell'equazione dell'energia (da HEC, 1997)

La perdita di energia tra due sezioni, espressa dal termine  $h_e$ , comprende le perdite dovute alla resistenza distribuita (in funzione della scabrezza) e le perdite localizzate per espansione o restringimento delle sezioni, secondo la relazione:

$$h_e = L \cdot S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

essendo:

$L$  lunghezza del tronco (in metri), ponderata in funzione della media delle portate defluenti nelle tre porzioni in cui può essere suddivisa ciascuna sezione, secondo quanto detto sopra. La relazione per la ponderazione citata è:

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

dove i simboli  $L$ , con il proprio pedice, indicano le distanze dei rispettivi settori in cui è stata divisa ciascuna sezione e i simboli  $Q$  le portate defluenti in ciascuna porzione delle due sezioni (in  $m^3/s$ );

$S_f$  pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni;

$C$  coefficiente di contrazione o di espansione. Si osservi che per espansione o contrazione non si intende aumento o diminuzione dell'area bagnata tra la sezione di monte e quella di valle, ma diminuzione o aumento del termine cinetico tra monte e valle.

Tipici valori dei coefficienti di contrazione ed espansione sono desumibili dalla Tabella 6-1 (i valori standard sono evidenziati in corsivo).

**D.2 Parzializzazione delle sezioni**

La determinazione della capacità di convogliamento totale della sezione richiede che la sezione trasversale sia suddivisa in settori ove la corrente defluisca con velocità uniformemente distribuita. I settori sono individuati mediante linee di separazione verticali, come illustrato nella Figura E 2, in corrispondenza dei punti della sezione dove si pone la variazione di scabrezza in funzione delle caratteristiche della superficie.

Tabella 6-1. Coefficienti di contrazione ed espansione tra sezioni.

	Contrazione	Espansione
Nessuna variazione	0.0	0.0
Variazione graduale	0.1	0.3
Tipica situazione in corrispondenza di un ponte	0.3	0.5
Brusca variazione	0.6	0.8

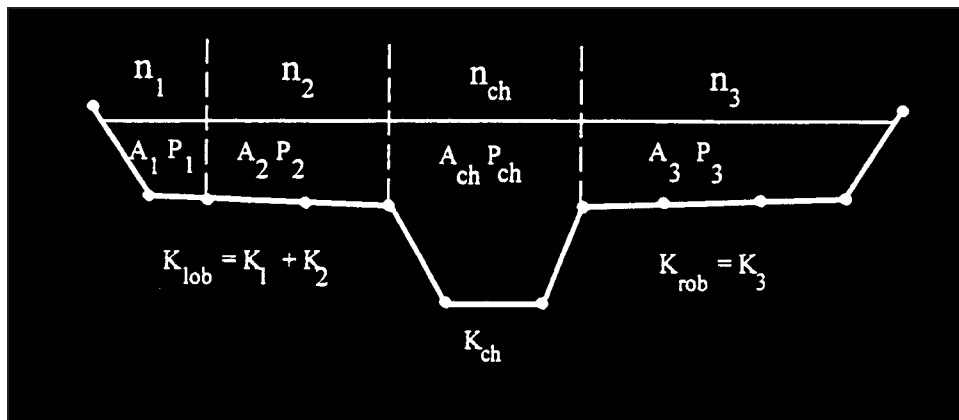


Figura E 2. Suddivisione di una sezione trasversale in settori con scabrezza uniforme (da HEC, 1997).

**D.3 Determinazione della portata**

La portata in ciascun settore è calcolata dalla formula:

$$Q = K S_f^{0.5} m^3/s$$

secondo la scrittura tradizionale nella letteratura idraulica anglosassone per cui:

- K capacità di convogliamento di ciascun settore ( $m^3/s$ );
- n coefficiente di scabrezza ( $m^{-1/3} s$ ) secondo Manning;
- A area bagnata del settore di area ( $m^2$ );
- R raggio idraulico del settore (m).

Il programma provvede a sommare le portate parziali per ciascun settore e determina la portata dell'area golenale sinistra e destra di ciascuna sezione. La portata totale della sezione è data dalla somma di queste due portate e della portata relativa al canale principale, di norma

**Comune di Torino**  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**  
**Relazione idraulica**

considerato come unico settore. Qualora si desideri prendere in esame eventuali differenze di scabrezza nel canale principale, il programma ne deriva la scabrezza equivalente quale unico valore, se la pendenza delle scarpate è maggiore di 1 (verticale) su 5 (orizzontale) con la formula:

$$n_c = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1/5})}{P} \right]^{2/3}$$

con:

- $n_c$  coefficiente di scabrezza equivalente;
- $P$  contorno bagnato dell'intero canale principale;
- $P_i$  contorno bagnato della  $i$ -esima suddivisione;
- $n_i$  scabrezza della  $i$ -esima suddivisione.

In caso contrario, ossia pendenza delle scarpate minore di 1 (verticale) su 5 (orizzontale), l'alveo principale viene trattato come un'area suddivisa in diversi settori analogamente a quanto avviene per le golene.

Con tali premesse, in caso di variazione della scabrezza nella sezione, viene calcolato il coefficiente di Coriolis secondo la formula generale:

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2}{Q \bar{V}^2}$$

che può essere espressa in termini delle capacità di convogliamento di ciascuno dei tre settori della sezione. la relazione allora diventa:

$$\alpha = \frac{(A_{tot})^2 \left[ \frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_{tot})^3}$$

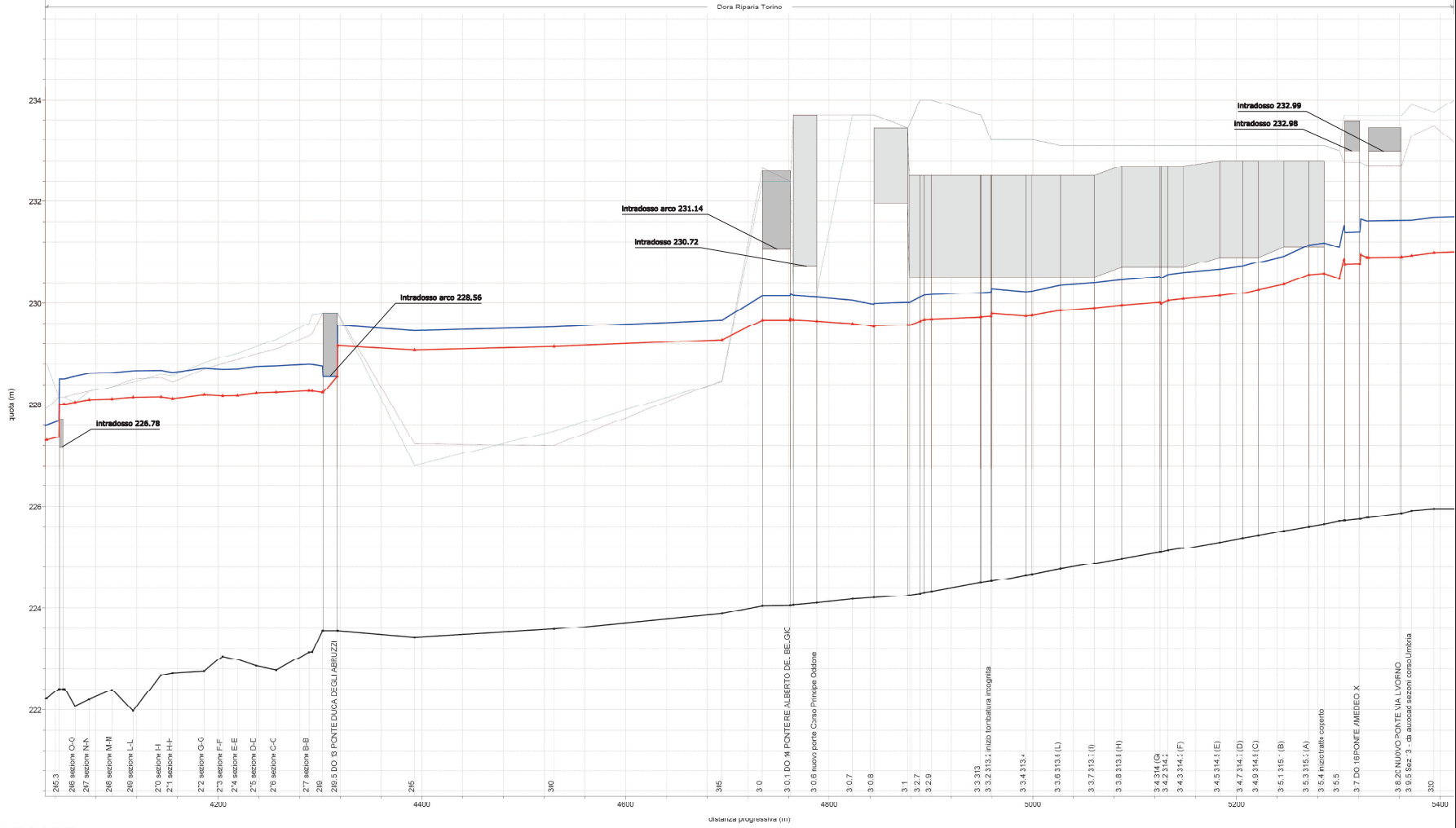
con il significato dei simboli precisato sopra.

Infine, la pendenza della linea dell'energia media fra due sezioni viene determinata nel codice di calcolo, salvo diversa richiesta, con la relazione:

$$\bar{S}_f = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

essendo le due sezioni indicate con il relativo pedice numerico.

T. DORA RIPARIA Plan: 2013.11.14 nuovo  
Dora Riparia Torino



1:600 H24 = 15 m 1:60 Vert = 0.3 m



Comitente:

Regione Piemonte  
**CITTA' DI TORINO**  
Provincia di Torino

Oggetto:  
**Nuovo ponte sulla Dora Riparia presso Corso Principe Oddone**

PROFILO

Identificazione elaborato	Ambito	Tipologia	Comessa	n° elaborato	SCALA: H 1:1.500 V 1:30 DATA: Dicembre 2013
ST10050-2	ST	I	D	950	<b>2</b>

Dati Progettisti:

**Studio ANSELMO Associati**  
Via Vittorio Emanuele II, 14  
10021 CHERI (TO)  
Tel./Fax 011 9415888  
e-mail: info@anselmassociati.it

Rev.	Redatto	Controllato	Approvato	Data	Timbri e Firme
1	Ing. D. Villa	Ing. V. Anselmo	Ing. V. Anselmo	11/13	
2	Ing. D. Villa	Ing. V. Anselmo	Ing. V. Anselmo	11/13	

Il Responsabile del procedimento: \_\_\_\_\_

File: 960510-2.doc