

6. IDRAULICA DELL'ASTA TORRENTIZIA

6.1. Determinazione dei profili di moto permanente del Torrente Cenischia

La determinazione degli idrogrammi di piena relativi alla sezione di chiusura del Torrente Cenischia per tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni è stata sviluppata nel Cap. 5. Per valutare se la portata massima così stimata può essere contenuta all'interno dell'alveo è necessario disporre di un certo numero di sezioni dell'alveo stesso la cui conoscenza è indispensabile per i calcoli idraulici sul possibile deflusso. La distanza relativa tra le sezioni è elemento che dipende dalla regolarità dell'alveo.

Grazie alla collaborazione dello studio Polithema, che ha messo a disposizione i dati topografici utilizzati per il progetto di interventi di sistemazione idraulica, è stato possibile utilizzare il *software Hec-Ras* per determinare i profili di moto permanente del Torrente Cenischia sulla lunghezza complessiva di oltre 2 km.

La porzione di asta torrentizia prescelta per l'analisi va dalla frazione Berno di Venaus fino allo sbocco nel fiume Dora Riparia; le sezioni hanno una distanza relativa di 30 m.

In questo tratto di asta, il Torrente Cenischia è attraversato da 6 ponti e da un fabbricato industriale; le sponde sono per la maggior parte realizzate in calcestruzzo con esclusione di alcuni tratti ove sono presenti gabbioni in materiale grossolano.

Il coefficiente di scabrezza di Manning (n) consigliato dagli autori del software Hec-Ras, per alvei con fondo di ciottoli e sponde in calcestruzzo, è pari a 0.020 ($s/m^{1/3}$), mentre per le aree golenali si è adottato un coefficiente di 0.050 ($s/m^{1/3}$). Inoltre, le 6 sezioni che precedono lo sbocco nella Dora Riparia presentano una platea in massi cementati; ciò modifica il coefficiente di scabrezza, che risulta essere pari a 0.015 ($s/m^{1/3}$).

In Fig. 6.1 è riportata la ricostruzione tridimensionale del tratto di asta torrentizia considerato.

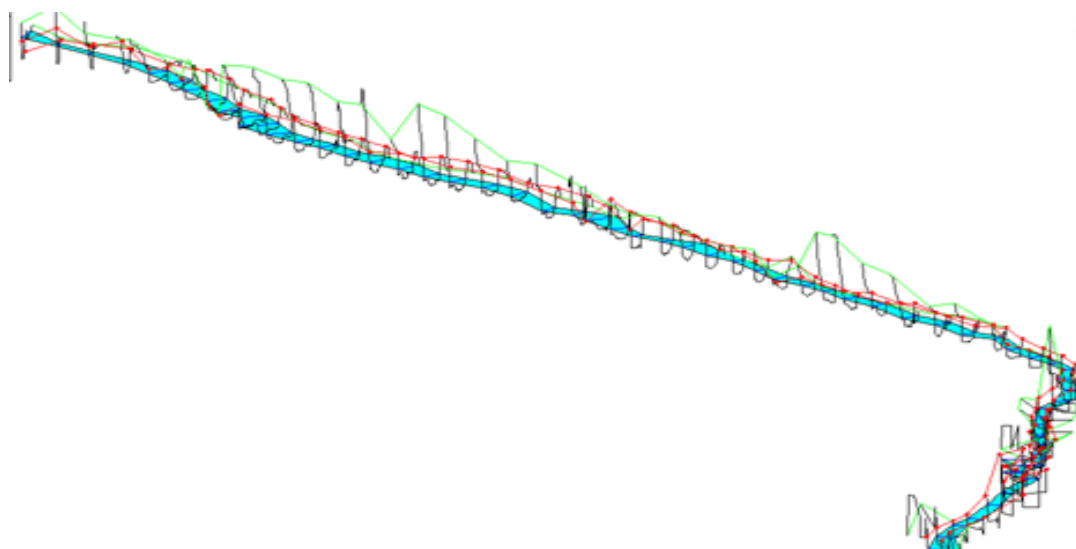


Fig. 6.1. Modello *Hec – Ras* tridimensionale del Torrente Cenischia: tratto terminale dell’asta fino alla confluenza con la Dora

Profili di moto permanente

La caratterizzazione idrologica del Torrente Cenischia ha come logica conseguenza la valutazione dei livelli idrici in alveo; essa permette di comprendere se l’alveo stesso è in grado di contenere la portata, e, in caso questo non avvenga, in quali sezioni è necessario un intervento di sistemazione idraulica.

Si è preferito limitare lo studio a un tratto più ristretto dell’asta torrentizia, in particolare al tratto di 600 m che termina con lo sbocco nel T. Cenischia, in quanto si è evidenziata, in seguito all’evento alluvionale dell’Ottobre 2000, la situazione più critica (Fig. 6.2).

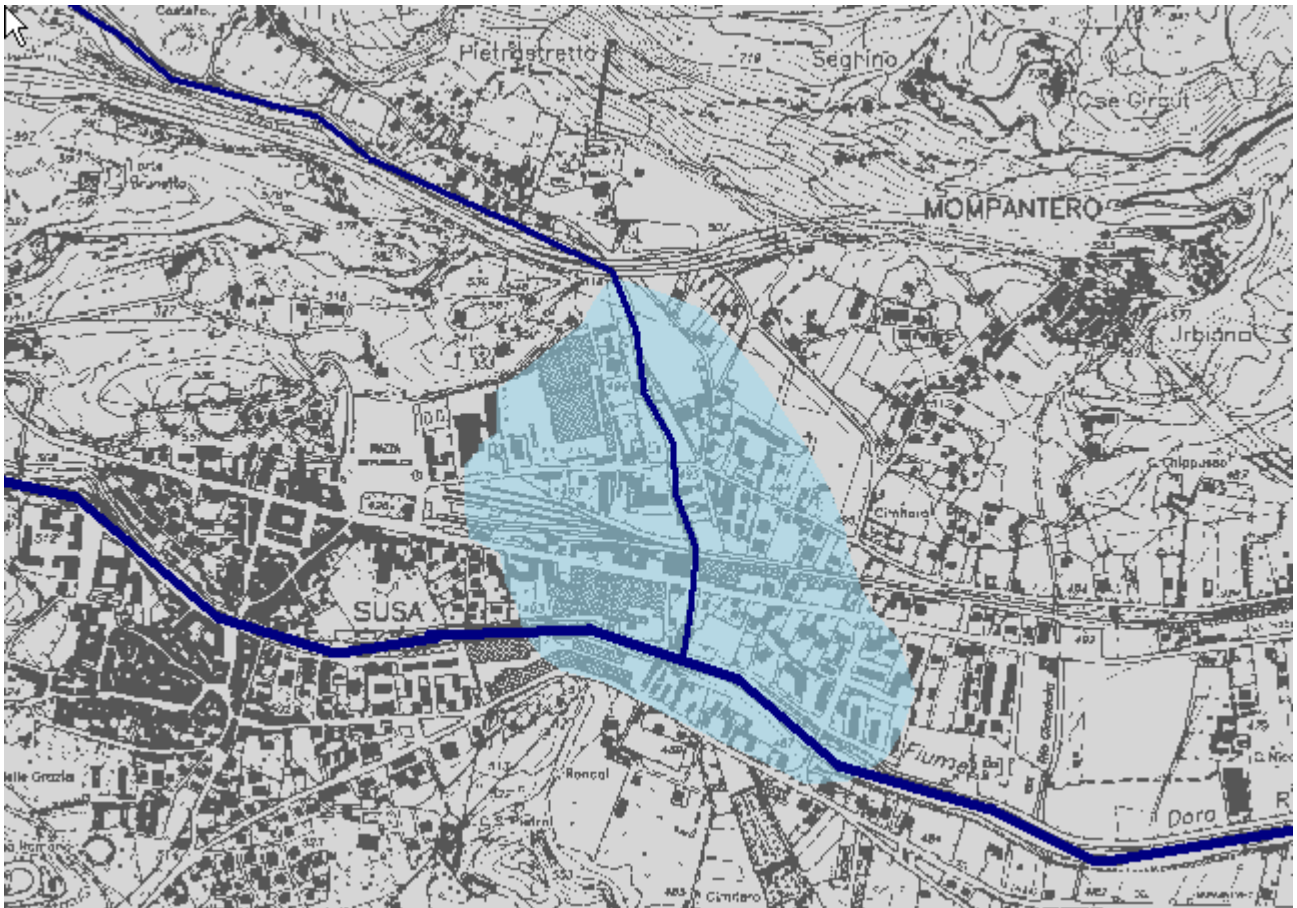


Fig. 6.2. Aree inondate dal T. Cenischia nell'Ottobre 2000 in territorio del Comune di Susa

In Fig. 6.3. è riportato il diagramma che mostra la ricostruzione tridimensionale del tratto di asta considerato, nel quale fluisce la portata massima che si verifica per una precipitazione con tempo di ritorno di 10 anni.

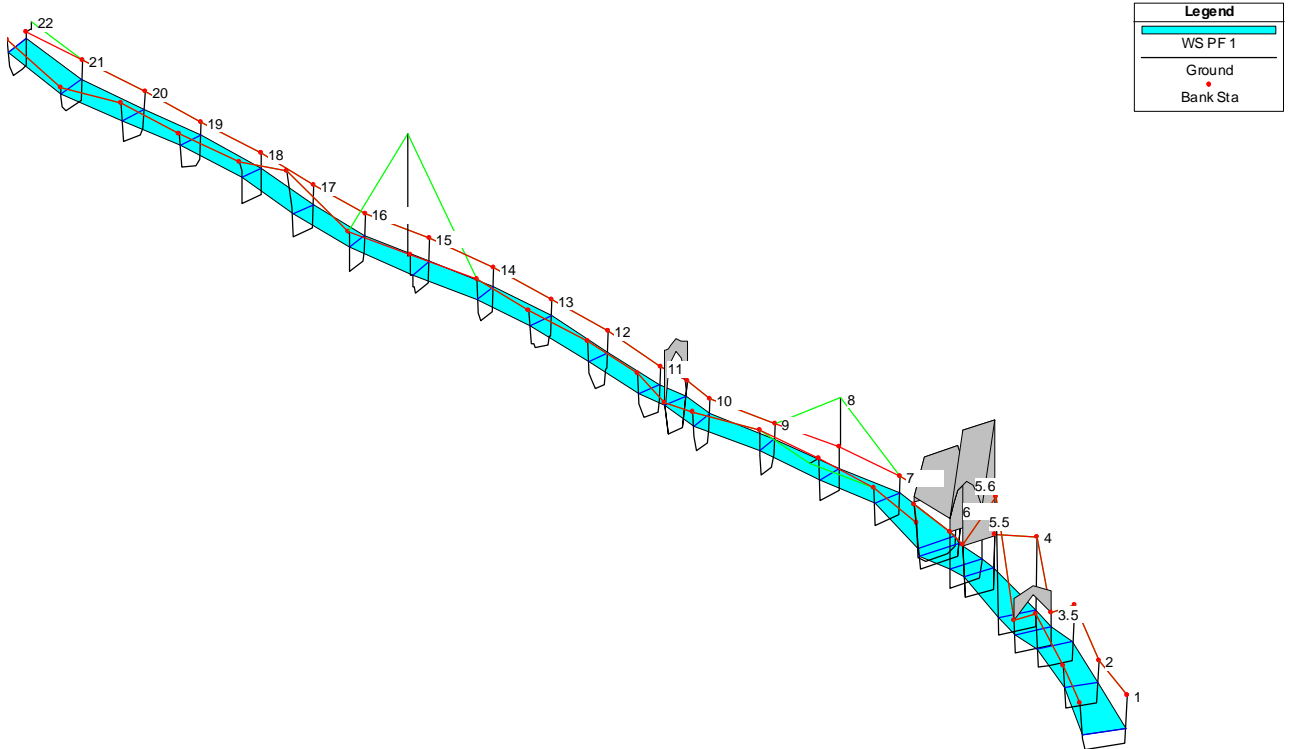
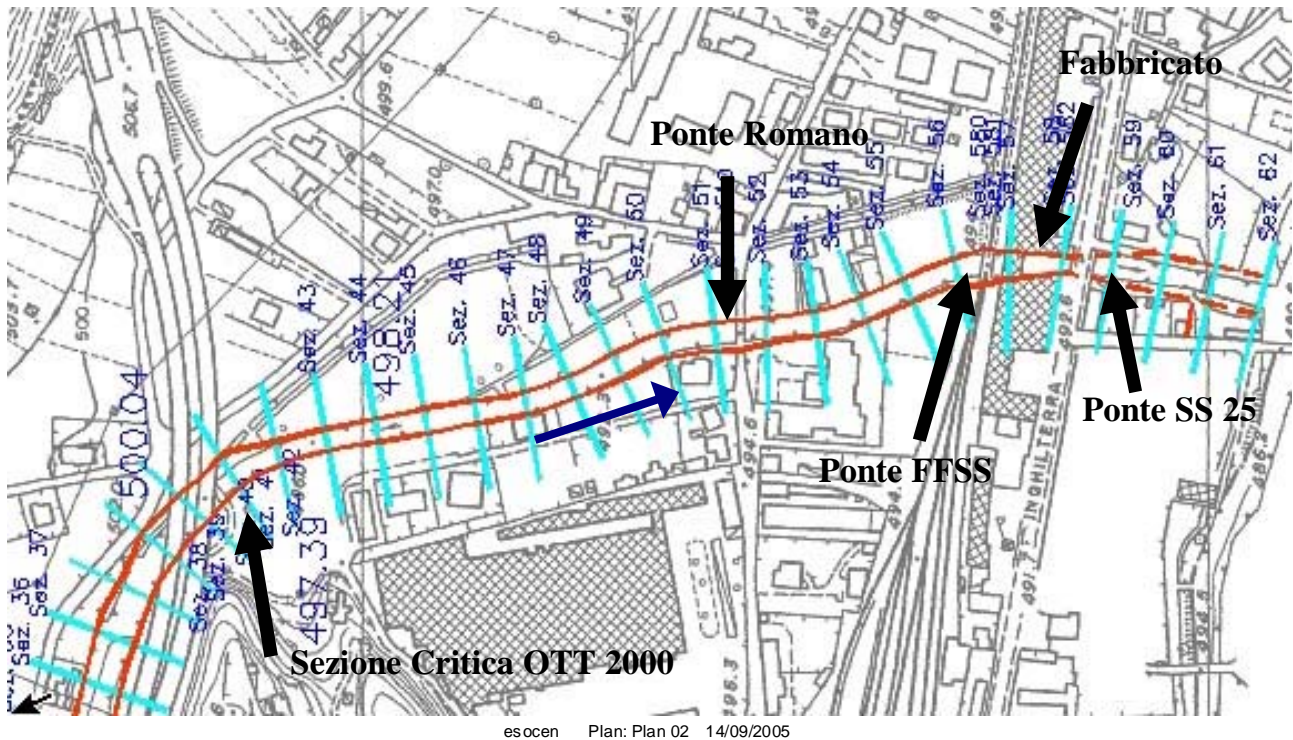


Fig. 6.3. a. Localizzazione delle sezioni esaminate del tratto terminale del T. Cenischia;
 b. Modello *Hec – Ras* tridimensionale del tratto terminale dell’asta del Cenischia sottoposto a una portata di $180 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

Per un evento con tempo di ritorno di 10 anni l’alveo ha dimensioni sufficienti a contenere la portata. In Fig. 6.4 è riportato il diagramma che mostra il transito della portata nella sezione più a monte, ovvero la sezione nella quale, nell’Ottobre 2000, si è verificata l’esonazione del corso d’acqua (Fig. 6.34); la profondità d’acqua è pari a 3.2 m, per un franco corrispondente di 0.8 m.

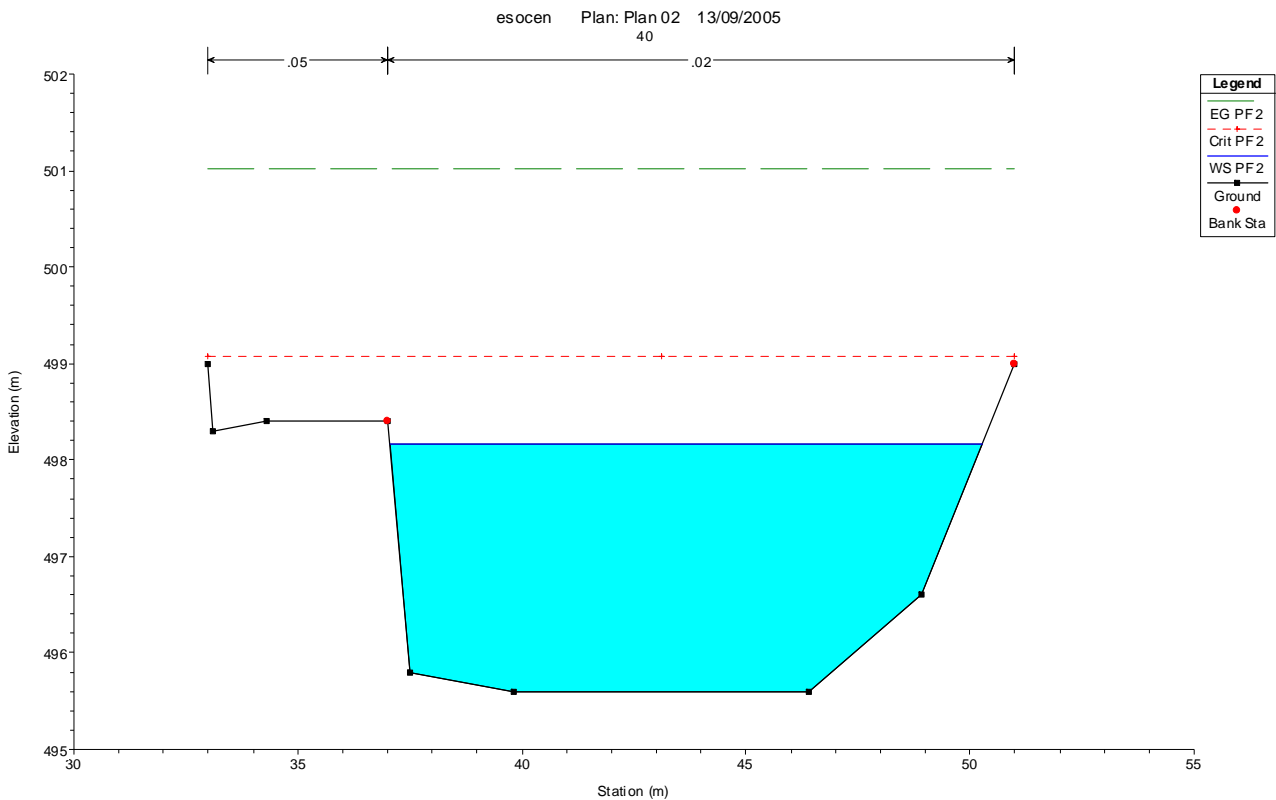


Fig. 6.4. Profondità d’acqua alla sezione di monte

In Fig. 6.5 è riportato il diagramma che mostra il transito della portata per la sezione del Ponte Romano in Comune di Susa (Fig. 6.32, 6.33); in tale sezione la profondità d’acqua risulta di 2.5 m.

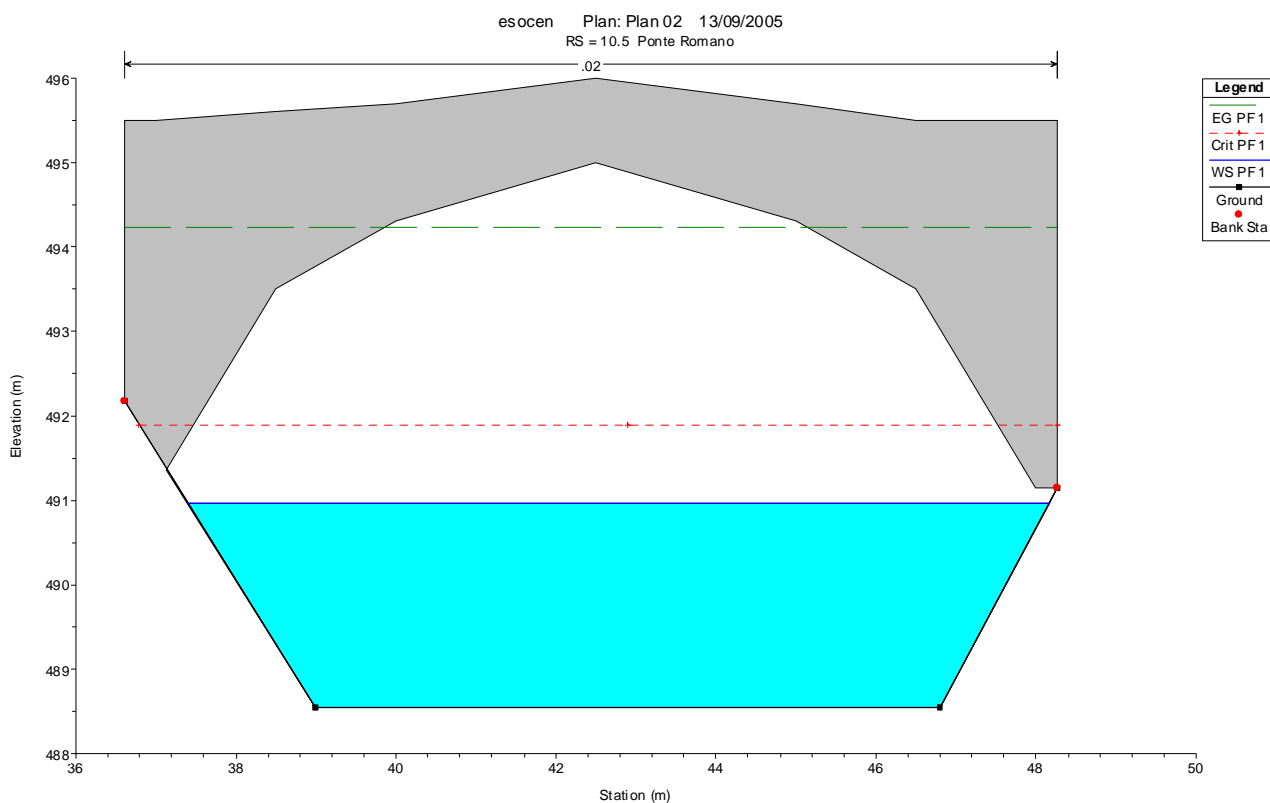


Fig. 6.5. Transito della portata alla sezione del ponte romano

In Fig. 6.5 e 6.6 sono riportati i diagrammi che mostrano il transito della portata con tempo di ritorno di 10 anni, rispettivamente per il ponte ferroviario (di Fig. 6.31) e per il ponte della S.S. 25. Le profondità d'acqua raggiunte sono rispettivamente di 3.4 m (il franco è di 2.2 m) e di 2 m.

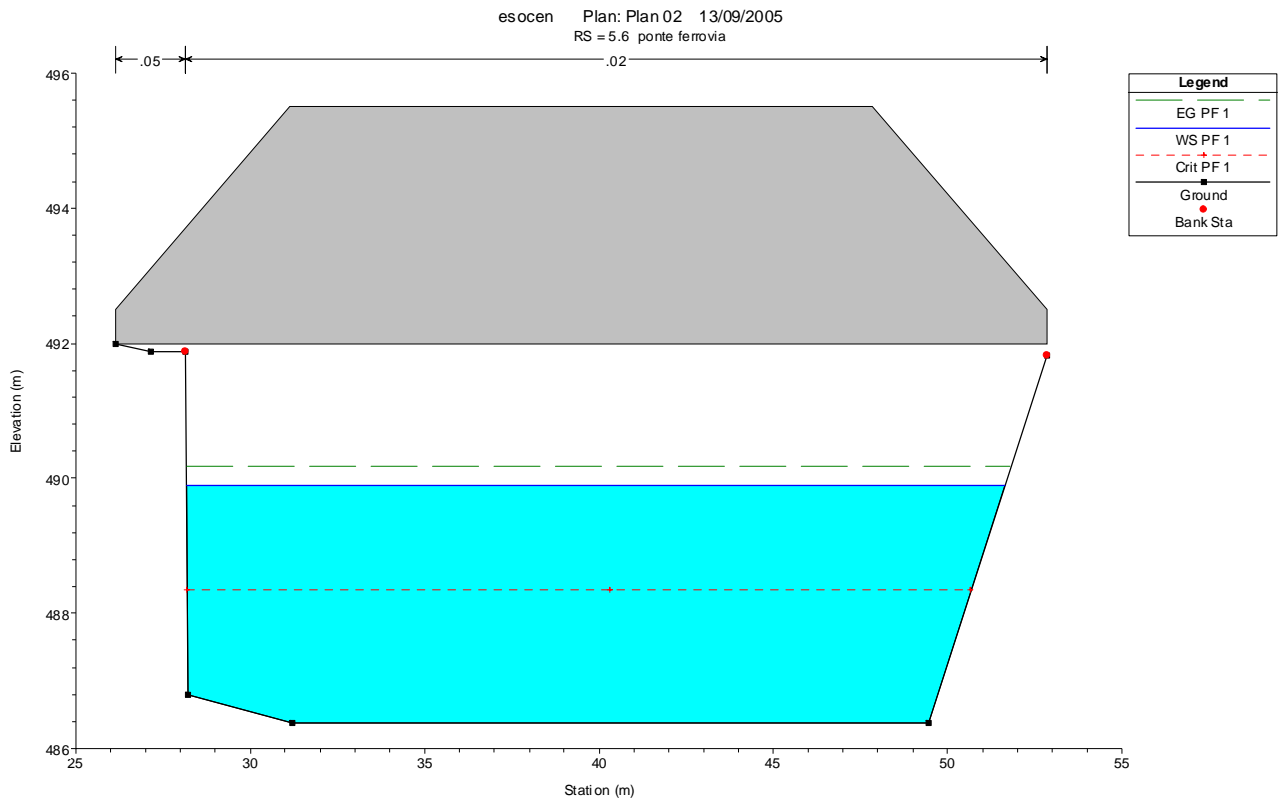


Fig. 6.6. Transito della portata per il ponte F.F.S.S.

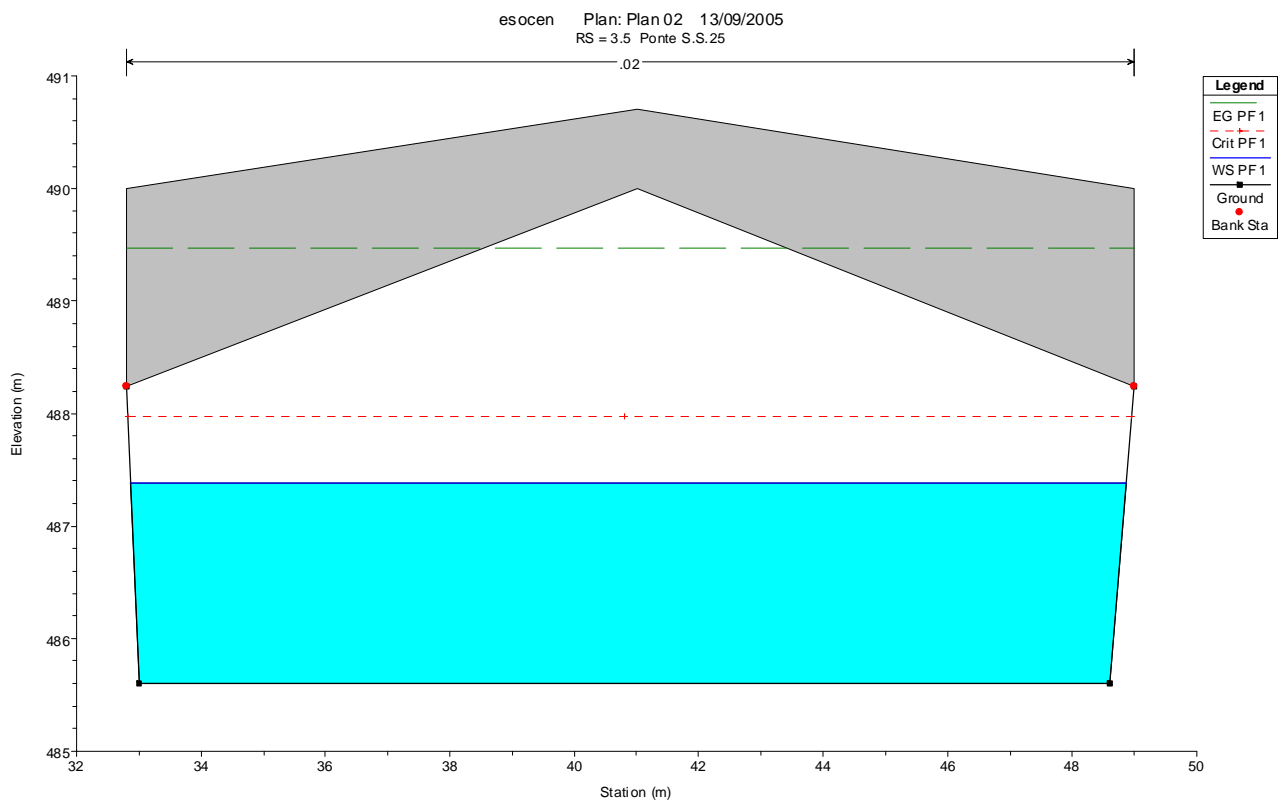


Fig. 6.7. Transito della portata per il ponte della S.S. 25

In Fig. 6.8 è riportato il diagramma delle velocità. Si nota il rallentamento della corrente in prossimità dell'attraversamento ferroviario, causato dall'allargamento della sezione (che passa da 16 a 22 m per poi restringersi a 15 m nella sezione successiva).

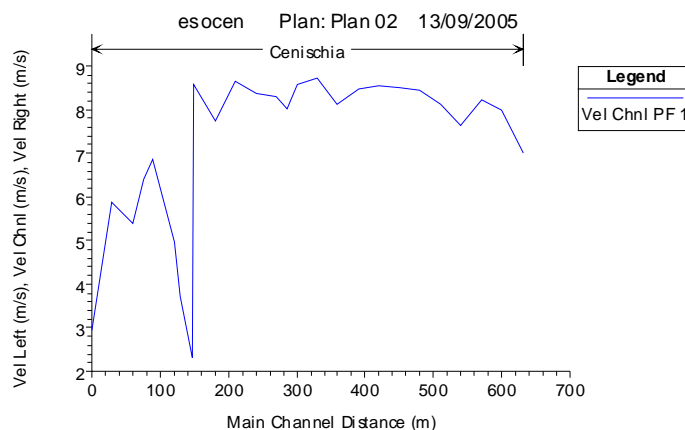


Fig. 6.8. Profilo di velocità per portata con tempo di ritorno di 10 anni

In Fig. 6.9 è riportato il diagramma tridimensionale relativo al transito della portata con tempo di ritorno di 20 anni, stimata in $220 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

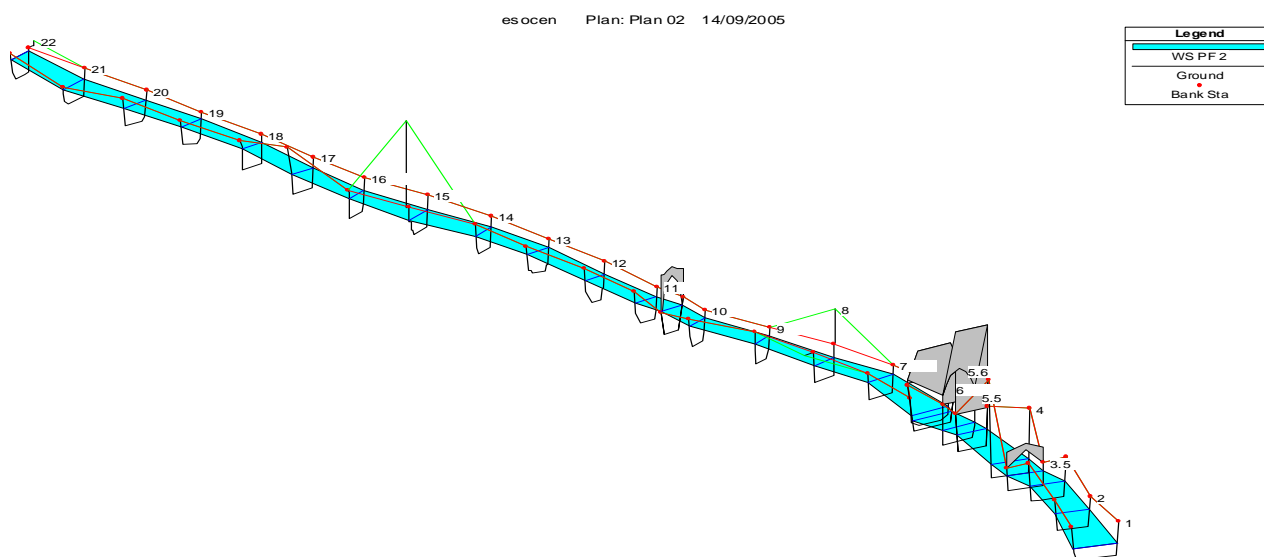


Fig. 6.9. Transito della portata con tempo di ritorno di 20 anni nel tratto terminale del T. Cenischia

In Fig. 6.10 / 6.11 /6.12 viene riportato il diagramma tridimensionale relativo a portate con tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.

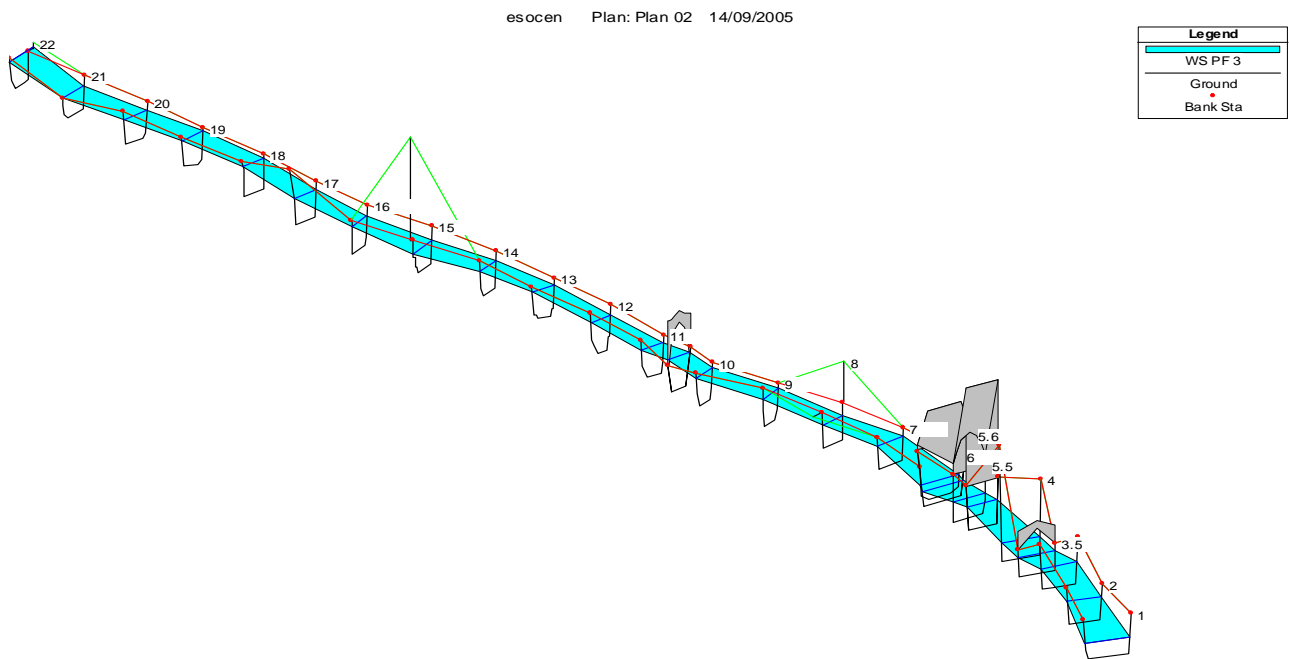


Fig. 6.10. Transito della portata con tempo di ritorno di 50 anni ($275 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$)

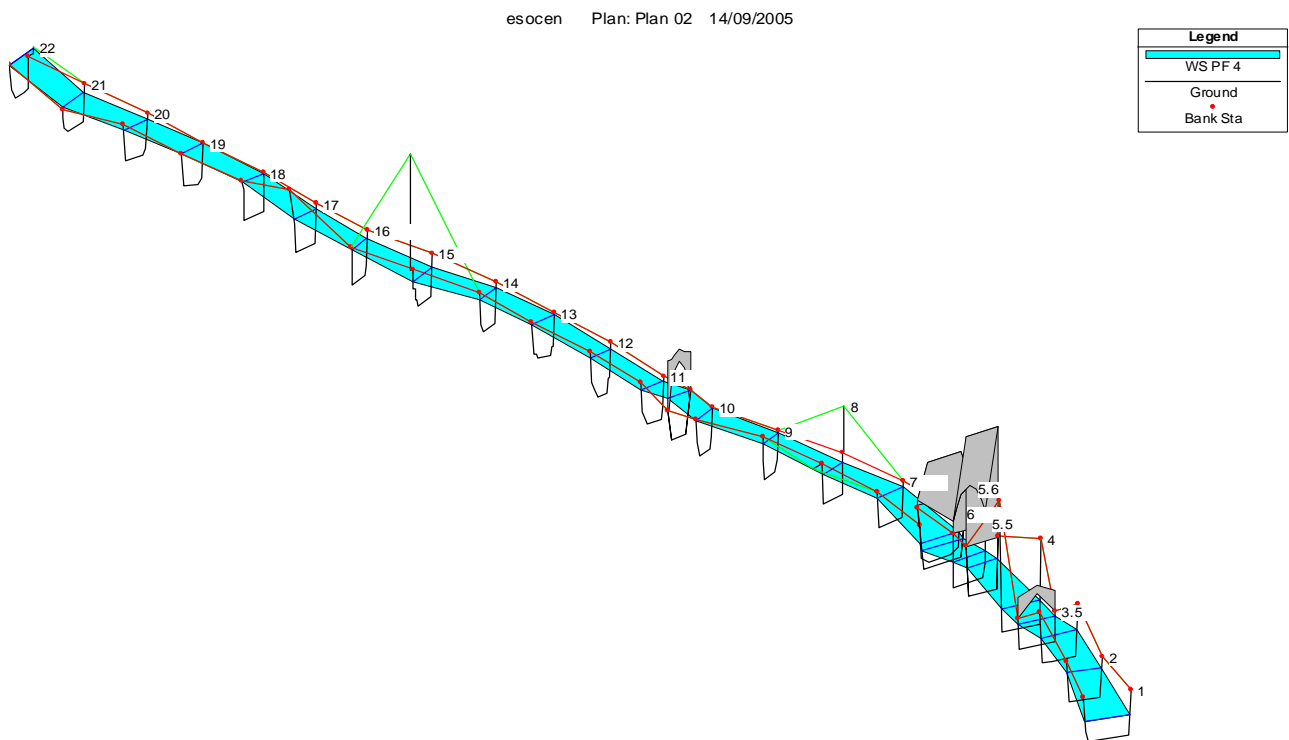


Fig. 6.11. Transito della portata con tempo di ritorno di 100 anni ($330 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$)

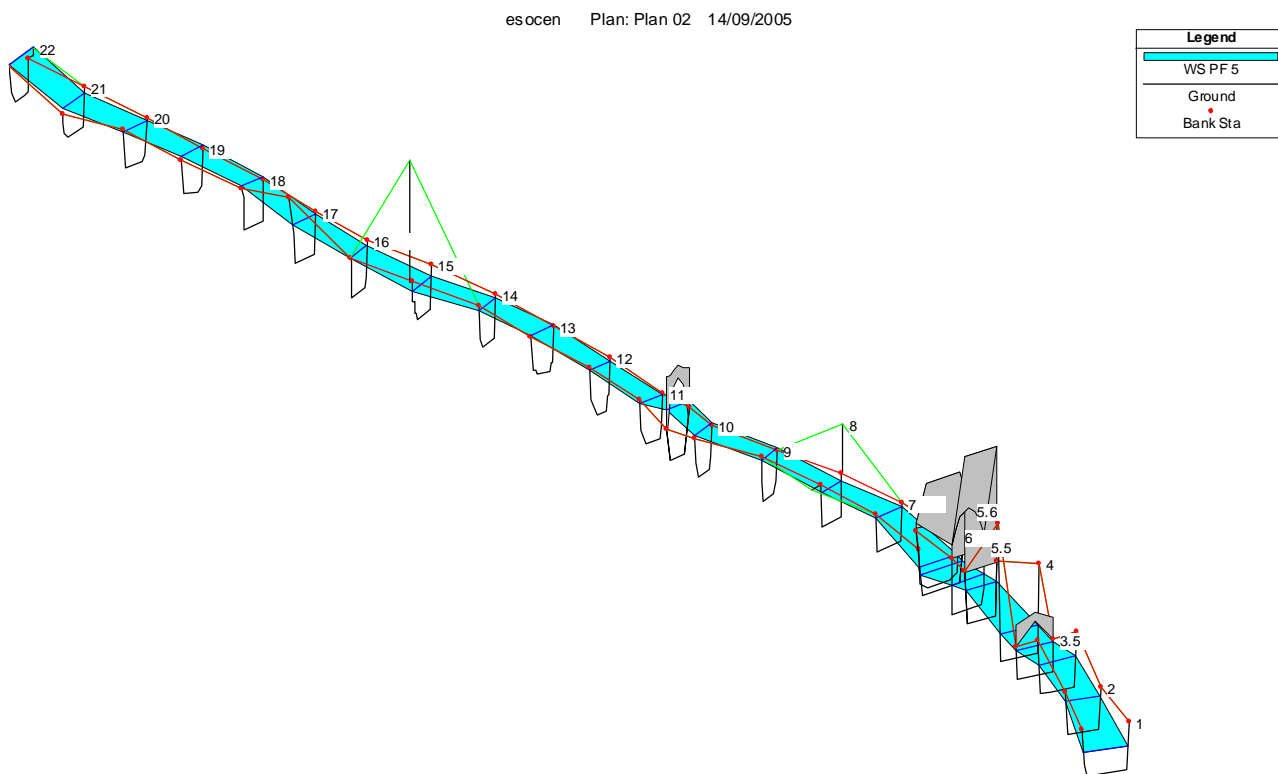


Fig. 6.12. Transitio della portata con tempo di ritorno di 200 anni ($375 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$)

La portata con tempo di ritorno di 500 anni risulta troppo elevata per essere contenuta all'interno dell'alveo. In particolare, il fabbricato mostrato in Fig. 6.13 (fotografia di Fig. 6.30) impedisce alla portata di fluire regolarmente.

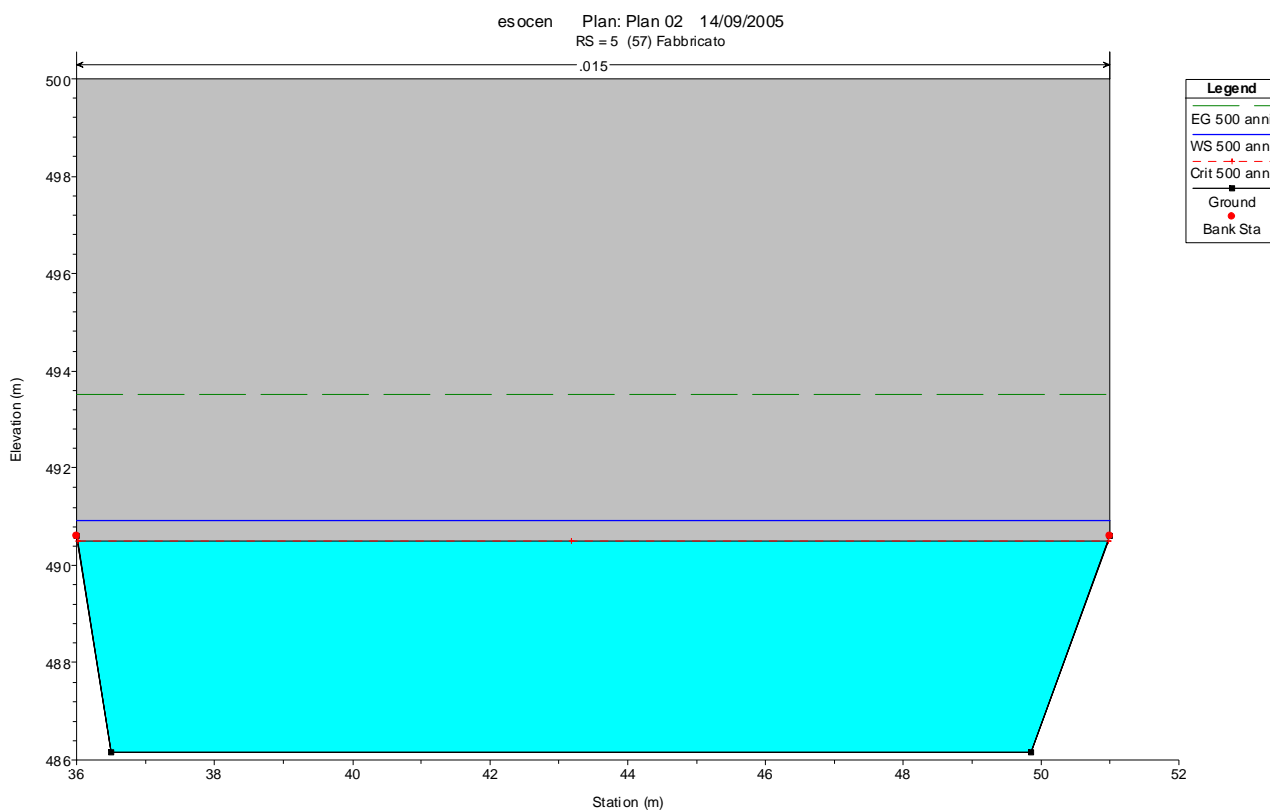


Fig. 6.13. Sezione 5.5: il fabbricato non consente alla portata cinquecentenaria di fluire regolarmente

Il livello in corrispondenza del fabbricato aumenta notevolmente dalla portata bicentenaria a quella cinquecentenaria: ciò è causato dalla situazione nel ponte sulla S.S. 25, dove si ha un aumento repentino del perimetro bagnato a fronte di un aumento più contenuto dell’area bagnata (fig. 6.14).

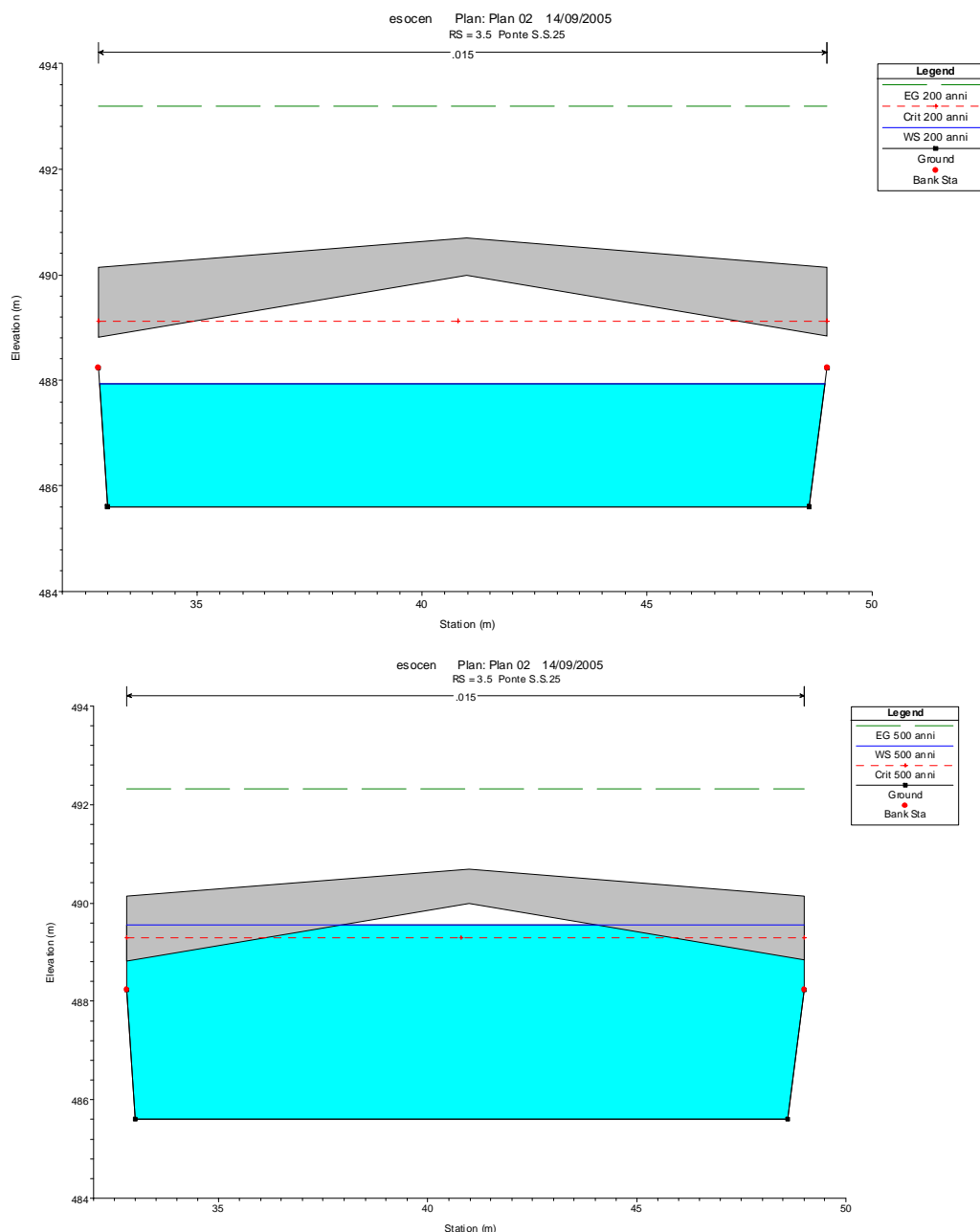


Fig. 6.14. Livello alla sezione del ponte sulla S.S. 25 per portata con tempo di ritorno di 200 anni (a) e 500 anni (b)

Se la portata cinquecentenaria è quella critica per il T. Cenischia nel caso in cui esso possa regolarmente convogliare la portata nella Dora Riparia, in realtà bisogna tenere conto del rigurgito dovuto alla presenza di un livello idrico ingente anche nella Dora stessa. La corrente, che finora ha le peculiarità di una corrente veloce, viene così a perdere velocità; inoltre si ha un aumento della profondità d'acqua.

Con queste ipotesi, valutando la capacità dell'alveo di contenere la portata, si nota come già la portata con tempo di ritorno di 20 anni sia critica per la sezione di monte (fotografia di Fig. 6.34), sezione che per l'appunto aveva visto l'esondazione del corso d'acqua nell'Ottobre 2000 (Fig. 6.13).

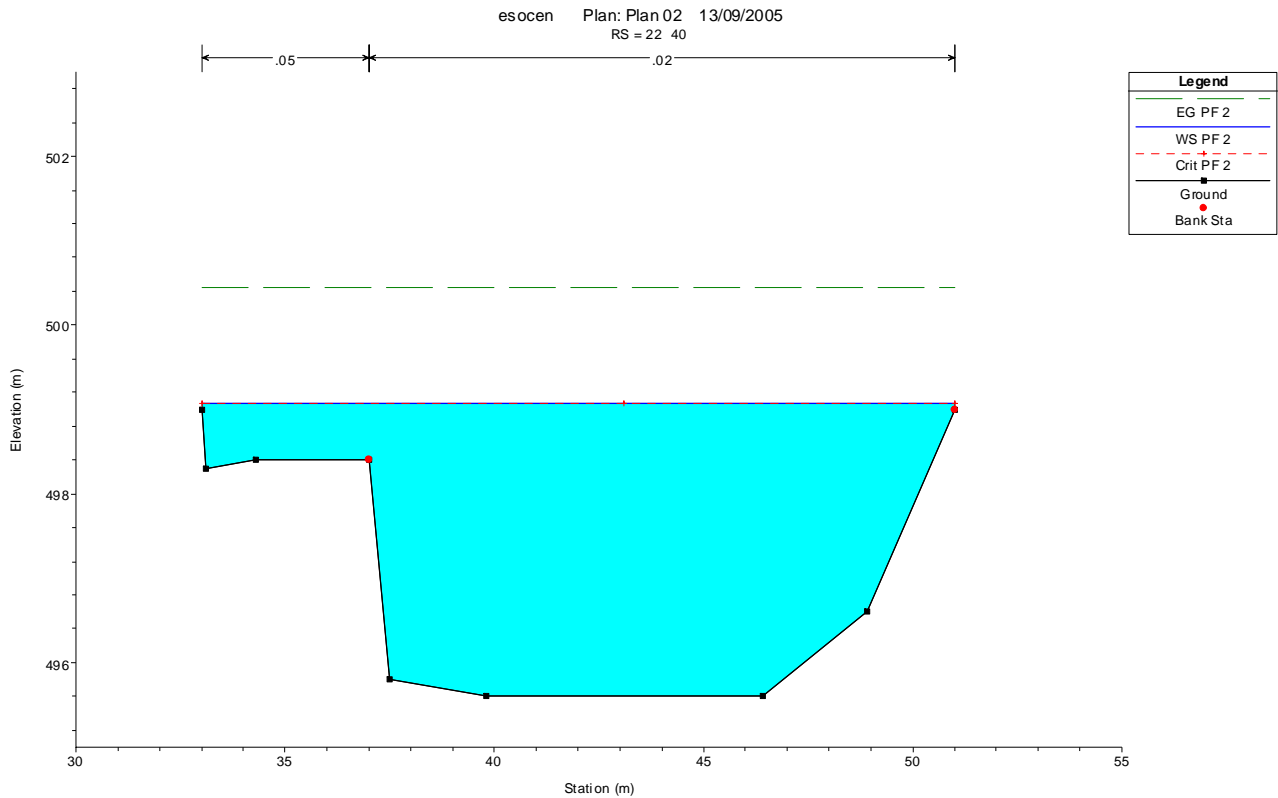


Fig. 6.15. Sezione 22 - La portata con tempo di ritorno di 20 anni non è contenuta negli argini

6.2. L'evento alluvionale del 14-15 Ottobre 2000

L'obiettivo dell'analisi con il modello realizzato mediante l'utilizzazione dei *softwares Matlab e Hec - Ras* è la valutazione del comportamento del bacino a seguito di un evento alluvionale realmente accaduto e che, come nel caso in questione, ha causato ingenti danni nelle località in cui è esondato.

Per valutare l'idrogramma di piena dei sottobacini, e quindi, per sovrapposizione degli effetti, del Torrente Cenischia, è necessario avere a disposizione dati caratterizzati da una scansione temporale abbastanza fitta.

Grazie al materiale fornito dal CNR – IRPI di Torino è stato possibile analizzare i dati misurati dalla stazione GESI 2000 sita in località Pian Marderello a quota 2150 m s.l.m. (fig. 6.16).

La scansione temporale con cui i dati di precipitazione sono rilevati è pari a 5 minuti, sufficientemente fitta per ottenere un buon idrogramma di piena.

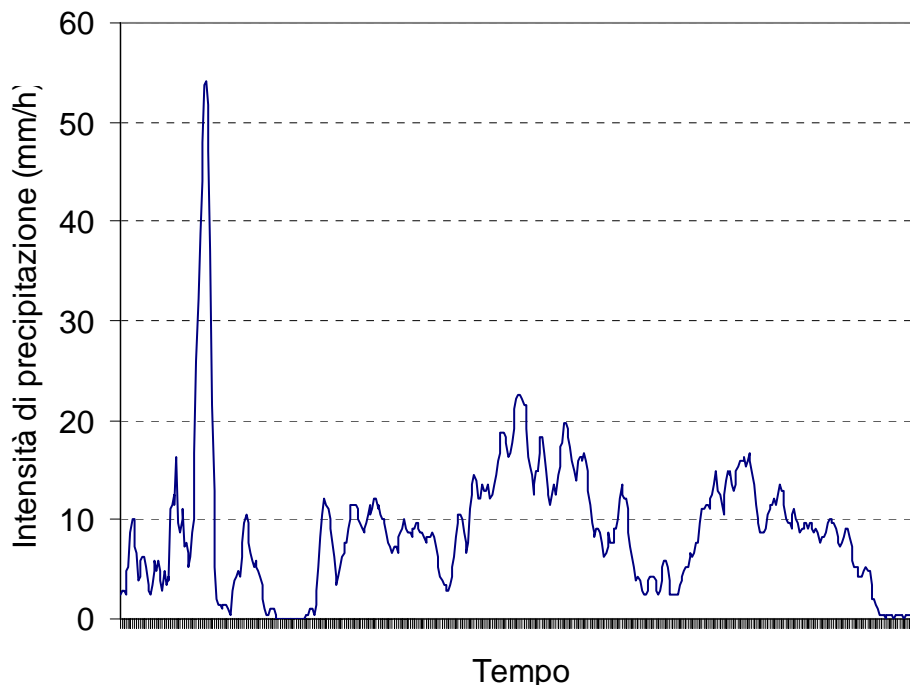


Fig. 6.16. Diagramma delle intensità di precipitazione nei giorni 13, 14 e 15 Ottobre 2000

Si osserva un picco molto elevato dell'intensità di precipitazione, soprattutto se si analizza il periodo compreso tra le ore 6:45 e le 8:30 del 14 Ottobre (Fig. 6.17).

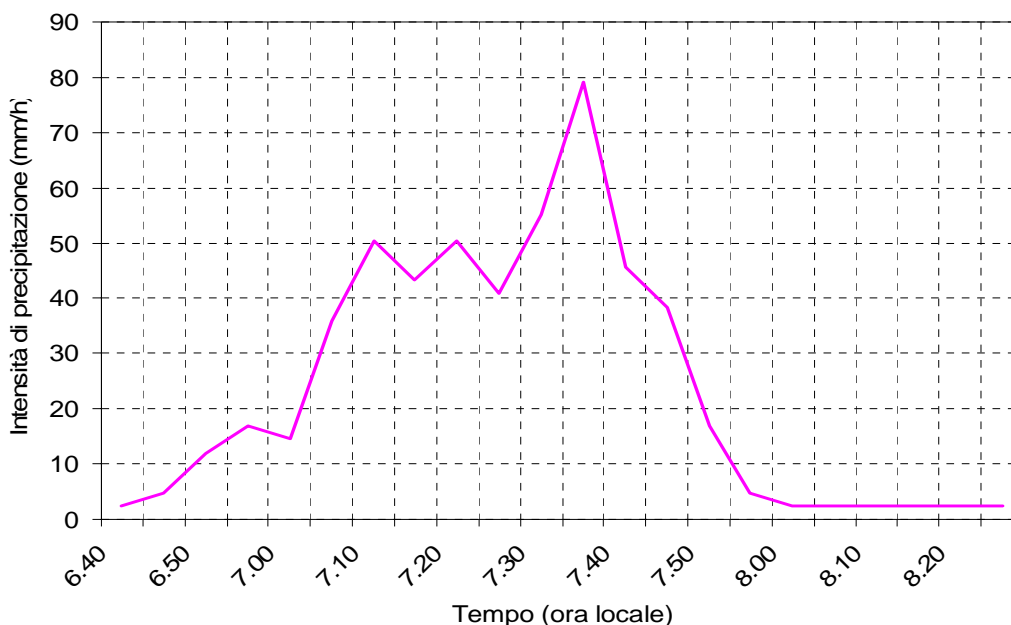


Fig. 6.17. Intensità di precipitazione rilevata il 14 Ottobre 2000 alla stazione Gesi 2000 di Pian Marderello

L'intensità di precipitazione raggiunge, alle ore 7:40, il picco con valore prossimo a 80 mm/h.

Per ottenere l'idrogramma di piena è stato necessario apportare una lieve modifica al codice realizzato con il *software Matlab*, che valutava l'idrogramma di piena del Torrente Cenischia e dei suoi tributari con una scansione temporale di 1 minuto. Sarebbe stato possibile ugualmente ottenere analogo risultato, ma considerando che l'evento è durato 48 ore e che l'elaboratore impiega 7 secondi per valutare i deflussi per ogni punto della matrice, si sarebbero impiegate oltre cinque ore, con problematiche relative al sovraccarico del *software*.

Nella modifica, si è imposto un intervallo di campionamento di 5 minuti, così da ottenere, in primo luogo, una maggiore rapidità di esecuzione del codice e, in secondo luogo, una

uniformità tra intervallo di misurazione dell'evento di pioggia e intervallo di campionamento della valutazione dei deflussi.

Per poter estendere i dati rilevati alla stazione di Pian Marderello si è supposto che la precipitazione avesse forma circolare, con diametro di 15 km e intensità di precipitazione che diminuisce man mano che ci si allontana dal centro della perturbazione fino a essere pari a un decimo al limite esterno della nube.

Si è inoltre proceduto a mediare i dati grezzi misurati dal pluviometro per far sì che si produca un andamento più continuo nel tempo, a parità di precipitazione complessivamente caduta. In questo modo ci si allontana da una situazione di puntualità del dato (susceptibile dei movimenti delle diverse componenti della perturbazione) per ottenere un dato applicabile a una vasta area.

In Fig. 6.18 e 6.19 sono riportati, rispettivamente, gli idrogrammi di piena del T. Cenischia e dei sottobacini, per la perturbazione così come è stata ipotizzata.

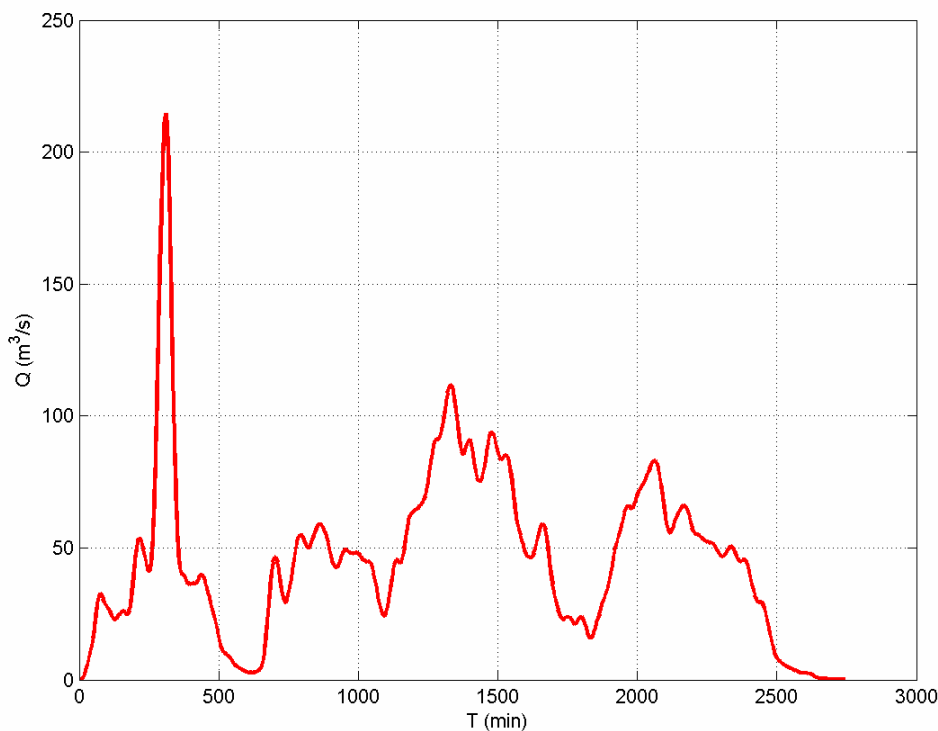


Fig. 6.18. Idrogramma di piena teorico del T. Cenischia a seguito dell'evento del 14-15 Ottobre 2000

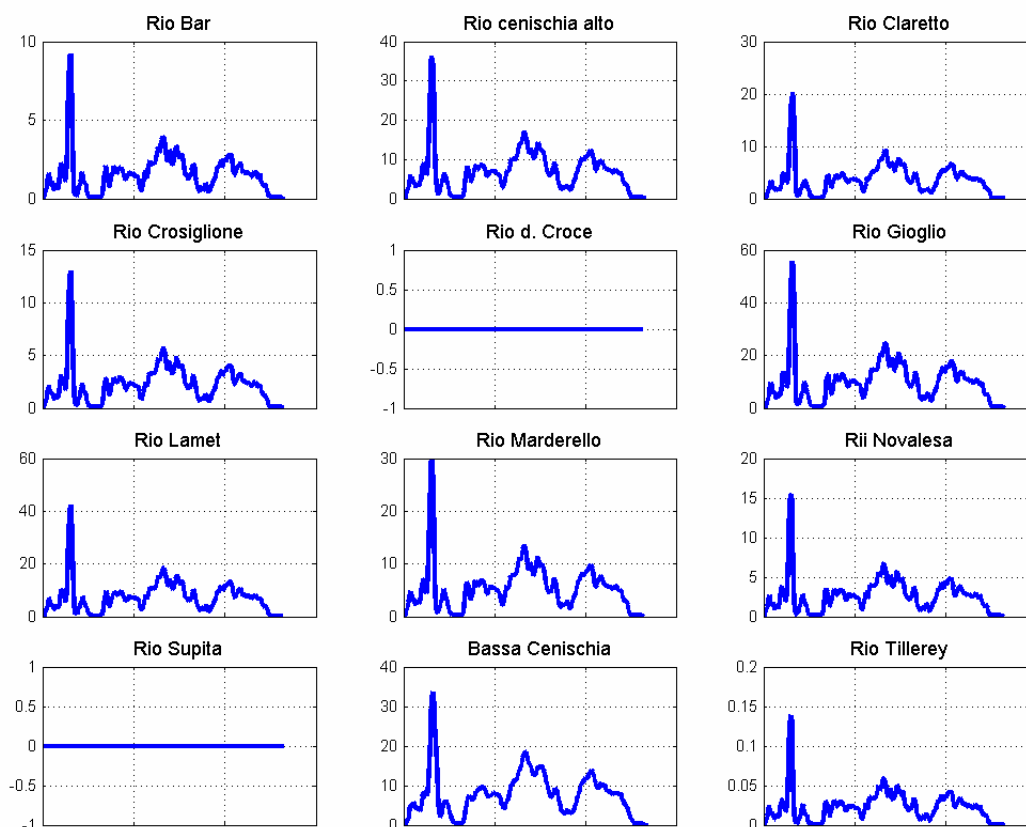


Fig. 6.19. Idrogrammi di piena dei sottobacini del T. Cenischia a seguito della precipitazione del 14-15 Ottobre 2000

Il massimo di portata del T. Cenischia si attesta teoricamente sui $220 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; il Rio Marderello, nelle vicinanze del quale l’evento è stato misurato, ha verosimilmente avuto un picco di portata che si aggira intorno ai $30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; una portata che può avere un valore realistico è quella occorsa nel Rio Claretto, attestatasi sui $20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, insieme alla portata del T. Crosiglione, di circa $15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

I torrenti che affluiscono da destra nel T. Cenischia (in particolare i rii Supita e Della Croce) presentano valori bassi o nulli di portata, in quanto nella simulazione effettuata si è voluto

dare un peso maggiore alle aree più prossime alla stazione di misura. Dai giornali locali si sa che il Rio Supita ha invece creato notevoli problemi all'abitato di Venaus.

Nel computo della portata totale del Cenischia, l'apporto dei torrenti appena citati rimane comunque limitato a causa della loro scarsa estensione areale.

Durante i giorni successivi, il T. Marderello non ha mai superato i $15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, pur con cospicue precipitazioni.

Mediante l'utilizzo del *software Hec – Ras* si procede ora a analizzare se il picco di portata individuato può effettivamente transitare in alveo senza esondare.

Innanzitutto è necessario segnalare alcune caratteristiche che il tratto terminale di asta torrentizia presentava nell'Ottobre 2000:

1. La confluenza nella Dora Riparia avveniva con i due corsi d'acqua praticamente perpendicolari; con questa geometria non si è riusciti a evitare il rigurgito del torrente connesso alla confluenza in un corso d'acqua che in quel momento presentava un battente idrico notevole (a causa di cospicue precipitazioni verificatesi anche su quel bacino); la corrente ha quindi perso velocità e il livello idrico, di conseguenza, è aumentato.

Successivamente a tale evento si è proceduto a riprogettare l'ingresso del Cenischia nella Dora Riparia (Fig. 4.28, 4.29) creando un muro di accompagnamento che consente un angolo di ingresso di circa 30° per evitare effetti di rigurgito.

2. In prossimità della sezione 22 (Fig. 6.34) era presente un attraversamento provvisorio costituito da lastre di calcestruzzo armato, il cui spessore non superava i 30 cm. Tale sezione era già caratterizzata da argini di altezza contenuta, oltre che da un restringimento in grado di generare un rialzo del livello idrico.
3. In tutto il tratto terminale del T. Cenischia non erano stati effettuati lavori di manutenzione dell'alveo, che presentava arbusti anche di notevole dimensione e grandi quantità di sedimento in alveo.

La portata massima stimata per il T. Cenischia si attesta sui $210 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, portata che si avvicina a quella con tempo di ritorno di 20 anni.

In Fig. 6.20 è riportato il diagramma tridimensionale del tratto terminale d'alveo.

esocen Plan: Plan 02 14/09/2005

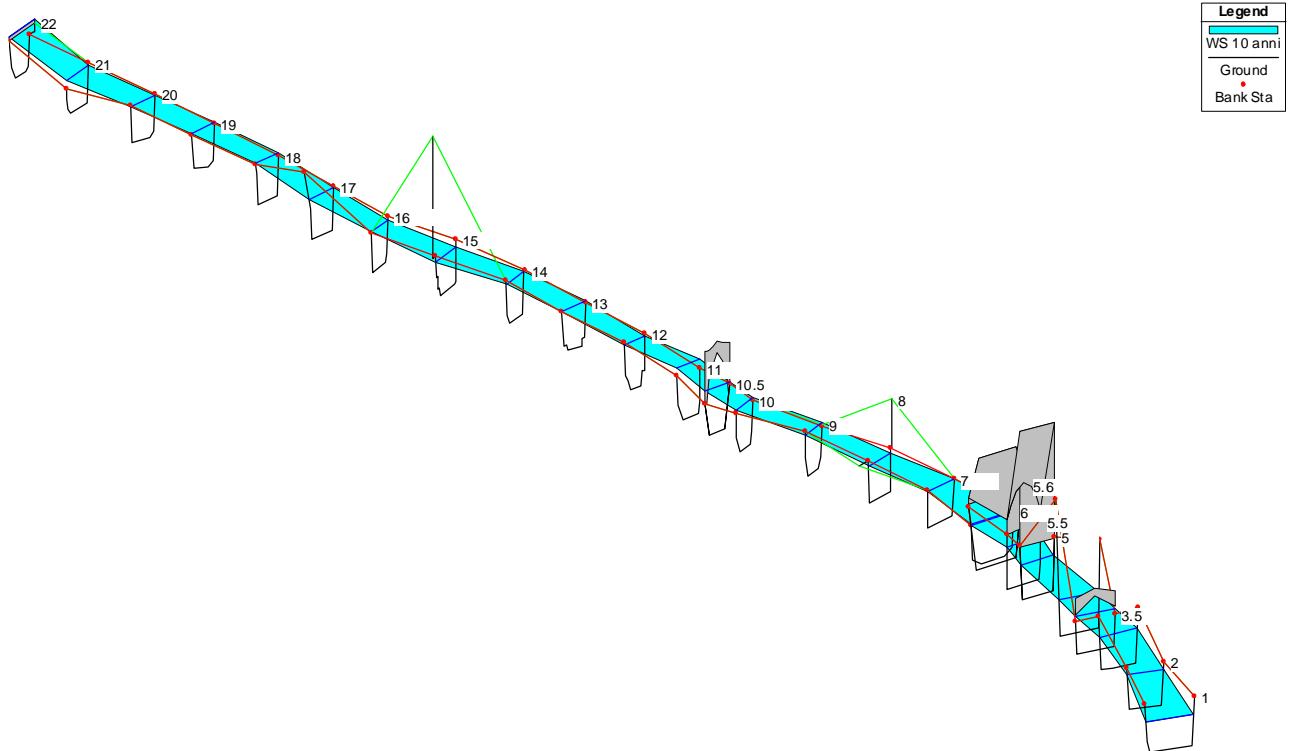


Fig. 6.20. Diagramma del tratto terminale d'alveo nel caso di portata di $210 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e rigurgito allo sbocco con la Dora Riparia

Analizzando sezione per sezione la profondità d'acqua raggiunta, è possibile valutare se si verificano esondazioni del torrente.

In Fig. 6.21 è riportato il diagramma che mostra il transito della portata alla sezione di chiusura.

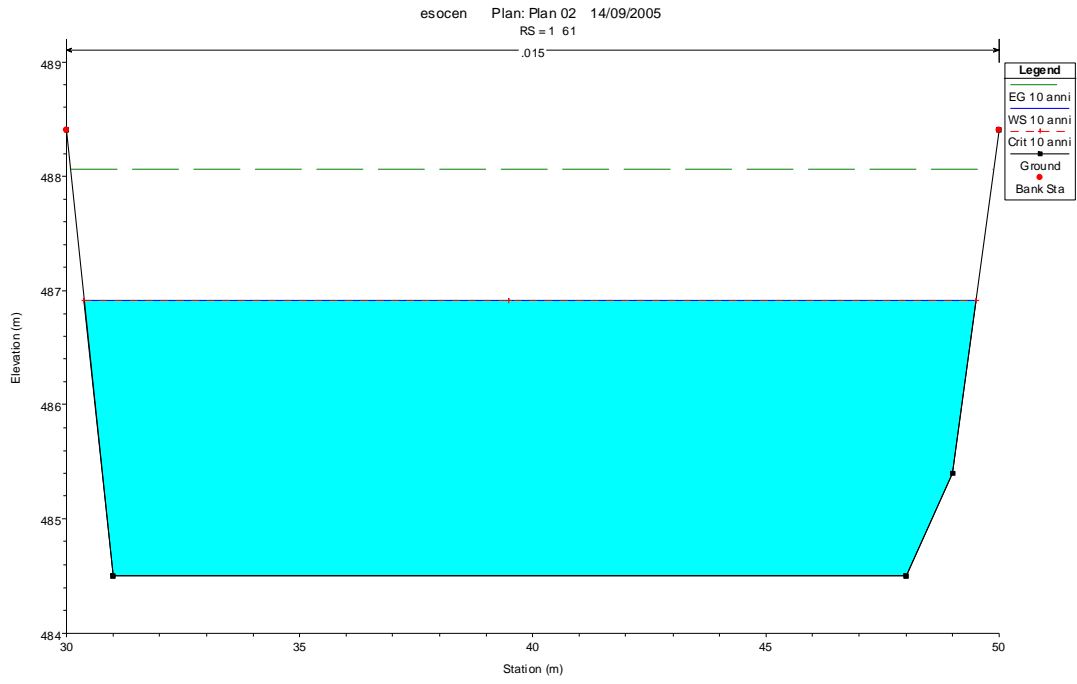


Fig. 6.21. Sezione di chiusura soggetta alla portata di $210 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

Come è possibile notare analizzando la Fig. 6.21, il livello idrico è sostenuto a causa del rigurgito che si verifica in corrispondenza dello sbocco con la Dora Riparia; tuttavia il franco disponibile è ancora di circa 1.3 m.

In Fig. 6.22 è mostrato il diagramma relativo al transito della portata critica per la sezione corrispondente all’attraversamento della S.S. 25.

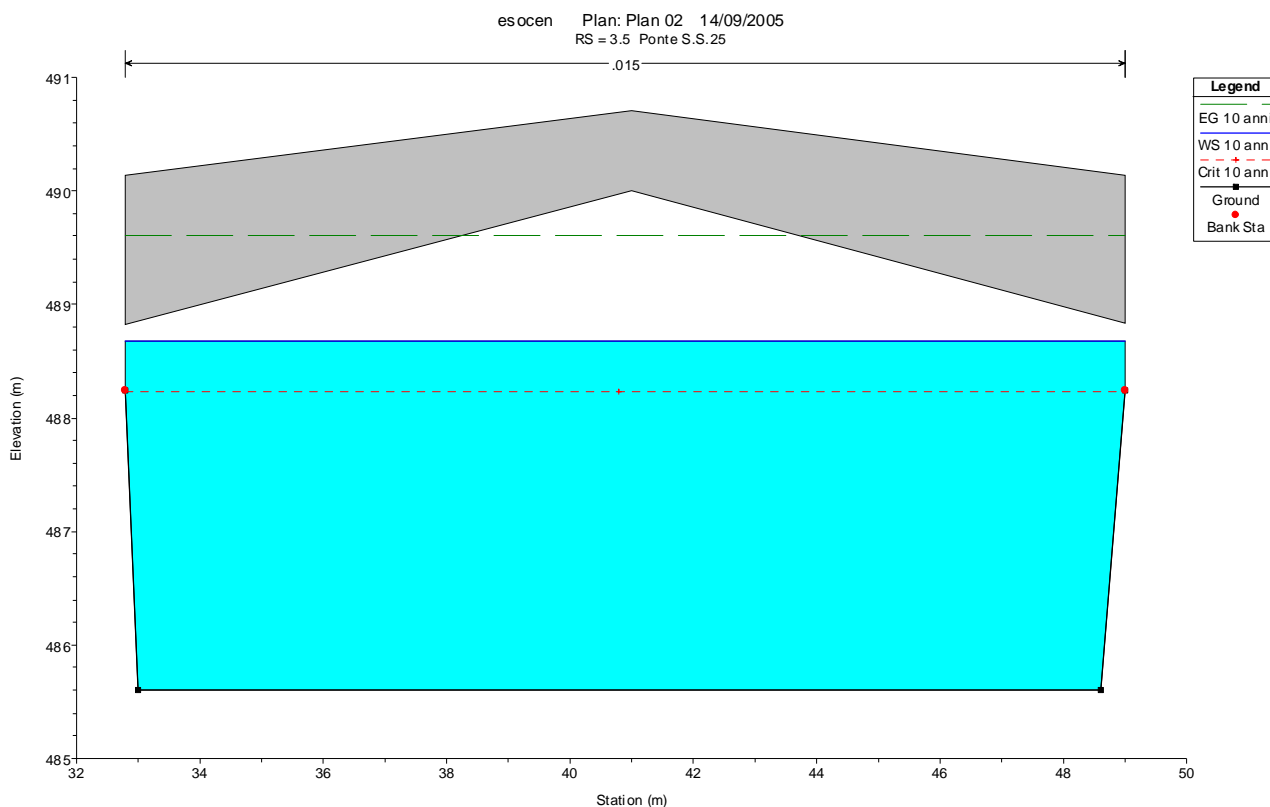


Fig. 6.22. Transito della portata critica ($210 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) per l’attraversamento della S.S. 25

Dalla Fig. 6.22 si evince che la profondità d’acqua, pur sostenuta, non è tale da interessare l’attraversamento e quindi non provoca un ulteriore effetto di rigurgito. Il franco è però molto limitato e la sezione si dimostra quasi insufficiente a convogliare tale portata.

In Fig. 6.23 e 6.24 sono riportati i diagrammi relativi al transito della portata critica per le sezioni attraversate dal fabbricato e dal ponte, entrambi di proprietà di una azienda metalmeccanica (Fig. 6.30, 6.31).

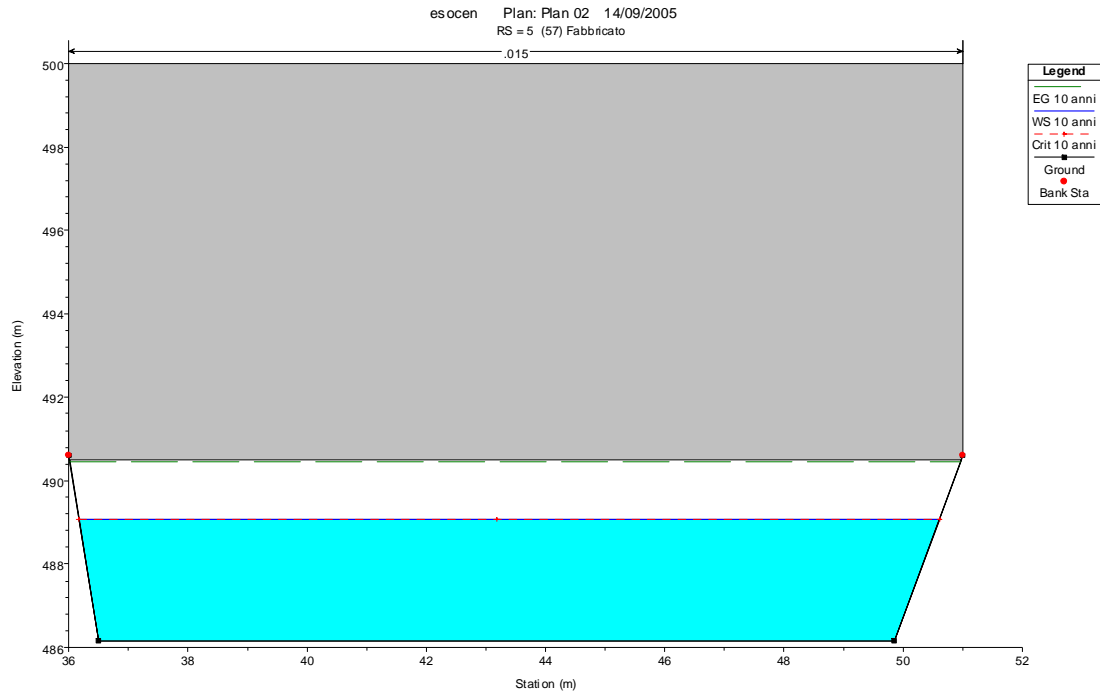


Fig. 6.23. Transito della portata critica ($210 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) per la sezione attraversata dal fabbricato

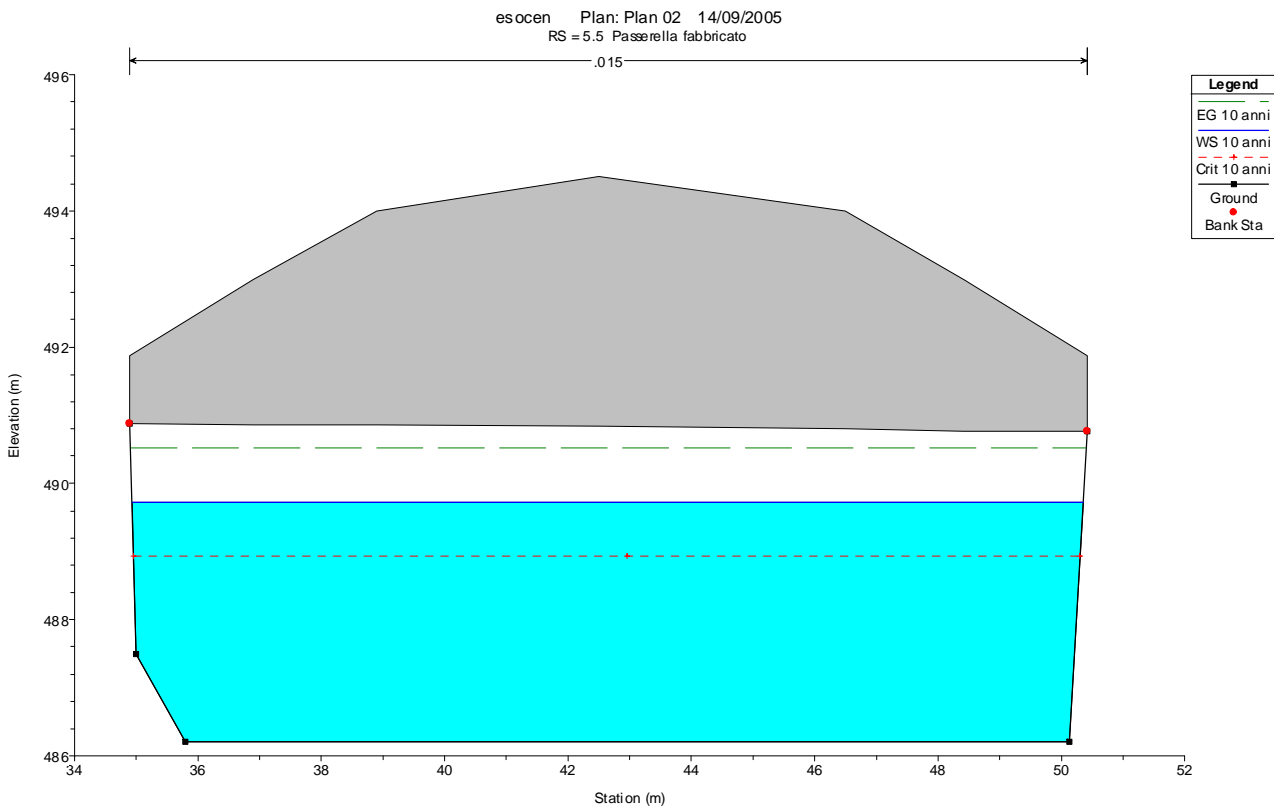


Fig. 6.24. Transito della portata critica ($210 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) per la sezione attraversata dall'attraversamento privato

Le figure 6.23 e 6.24 evidenziano come le due sezioni non risultano critiche per il transito della portata, sebbene il franco ancora disponibile, soprattutto nel caso del fabbricato, sia minore di 1 m.

La Fig. 6.25 illustra il deflusso relativo al transito della portata critica nella sezione ove è situato l'attraversamento ferroviario (Fig. 6.31).

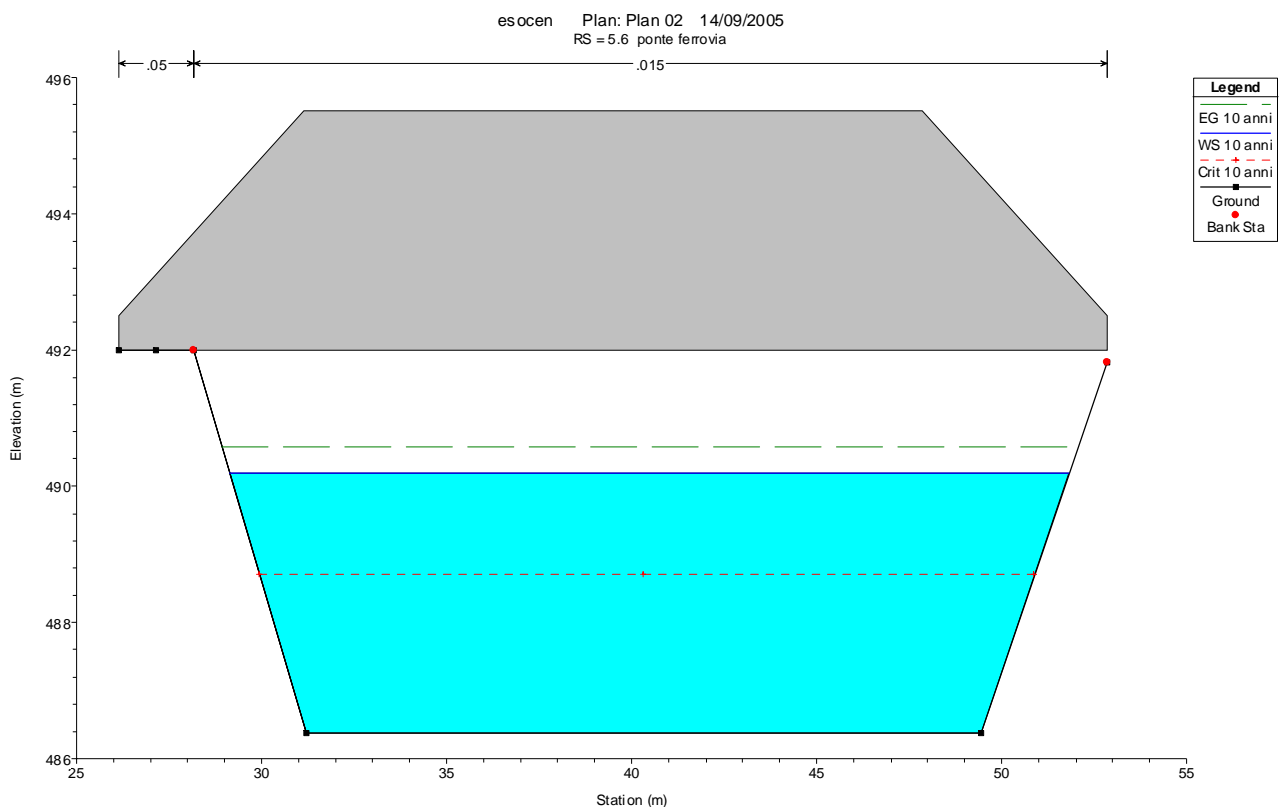


Fig. 6.25. Transito della portata critica nella sezione relativa al ponte ferroviario

La sezione (Fig. 6.25), è ancora sufficiente a convogliare la portata senza evidenziare problemi: il franco risulta di 2 m; questo è dovuto al fatto che tale sezione presenta una larghezza del 30 % maggiore rispetto alle sezioni adiacenti.

Viene riportato in Fig. 6.26 la situazione corrispondente alla sezione del ponte romano di Susa (Fig. 6.32, 6.33).

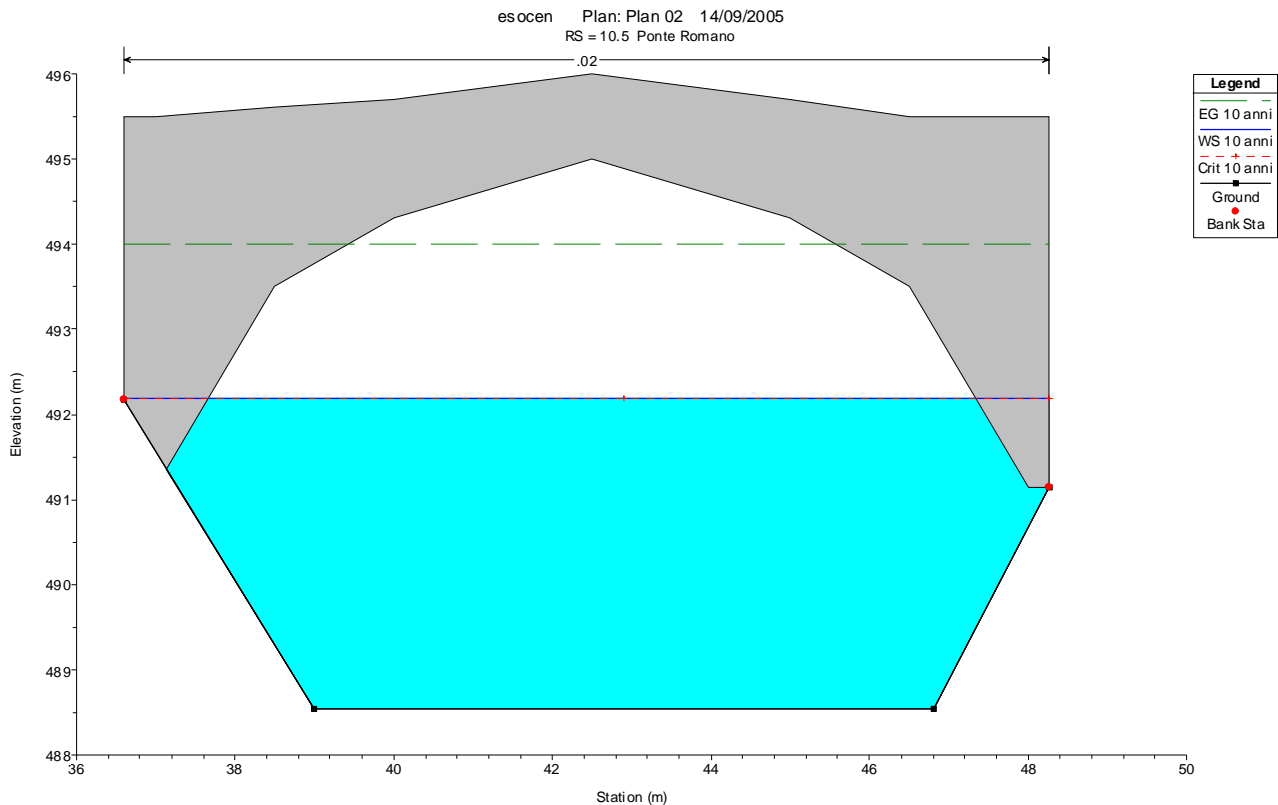


Fig. 6.26. Transitio della portata critica nella sezione del ponte romano

La sezione del ponte romano, rappresentata in Fig. 6.26, non presenta difficoltà nel convogliare la portata critica. A valle e a monte della stessa, però si è verificato che il franco disponibile è molto limitato (per questo motivo, dal 2003 al 2005 si è proceduto a un rialzo degli argini di circa 1 m per una lunghezza di circa 300 m).

La sezione più critica risulta la più a monte tra quelle considerate (Fig. 6.34), in corrispondenza dell'attraversamento provvisorio prima citato. In Fig. 6.27 è illustrato il transito della portata per tale sezione.

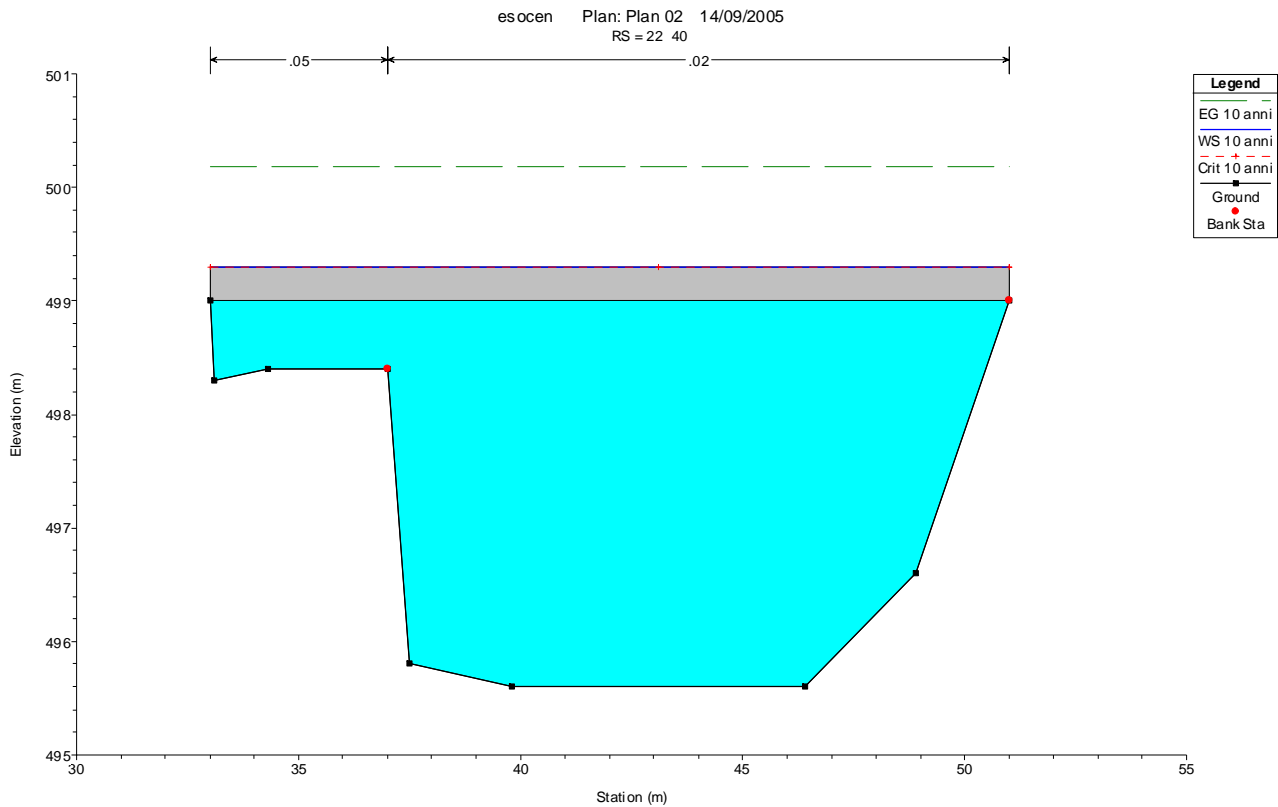


Fig. 6.27. Transitto della portata per la sezione 22

Come si può evincere dalla Fig. 6.27, la sezione utile non è sufficiente a convogliare la totalità della portata. Inoltre, a causa della presenza dell'attraversamento, non è disponibile un franco che consenta l'allontanamento di frasche e tronchi, che, in questo modo, altro non possono fare che occludere ancor di più la sezione utile.

6.3. Osservazioni

Alla esondazione del Torrente Cenischia ha quindi dato contributo in misura determinante la geometria dello sbocco che non ha aiutato a smaltire la ingente portata prodotta dall'onda di piena, ma ha creato un consistente effetto di rigurgito che ha alzato i livelli idrici in tutte le sezioni a monte dello sbocco stesso.

La creazione di un attraversamento nella sezione più a monte (Fig. 6.27, Fig. 6.34) e a una quota topografica così limitata è stata certo nociva al contenimento della portata nell'alveo del Torrente Cenischia.

La riprogettazione del tratto terminale d'alveo, che ha avuto come interventi principali la modifica della confluenza tra i due corsi d'acqua e il sovralzo degli argini di circa 1 m nell'ultimo chilometro comporta l'aumento della capacità di drenaggio del Torrente Cenischia e svincola il livello idrico del T. Cenischia da quello della Dora Riparia. Con questi interventi, probabilmente, un evento simile a quello dell'Ottobre 2000 può essere fronteggiato con minori difficoltà.

6.4. Documentazione fotografica



Fig. 6.28. Confluenza del Torrente Cenischia nella Dora Riparia (quota 485 m s.l.m.) – Recentemente riprogettata, ora presenta un angolo di incidenza di 30° che limita le interazioni tra i livelli dei due corsi d'acqua.



Fig. 6.29. Torrente Cenischia – Gli ultimi 50 m di asta torrentizia prima dello sbocco nella Dora Riparia. Si può notare, in sponda destra, il muro di accompagnamento di nuova creazione.



Fig. 6.30. Torrente Cenischia – Sezione critica per il transito della portata cinquecentenaria ($440 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), costituita da un attraversamento privato e da un fabbricato.



Fig. 6.31. Torrente Cenischia – Sezione in corrispondenza del ponte ferroviario, di recente ricostruzione, dopo i danni causati dalla piena dell'Ottobre 2000. Sullo sfondo, il fabbricato che non consente il transito della portata cinquecentenaria.



Fig. 6.32. Torrente Cenischia – La sezione del Ponte Romano vista da valle. Si nota la presenza di una briglia selettiva circa 50 m a valle della sezione, di recente costruzione. E' possibile altresì individuare il rialzo di entrambi gli argini di circa 90 cm per una lunghezza di 600 m.



Fig. 6.33. Torrente Cenischia – Il Ponte Romano sullo sfondo presenta 5 arcate; oggi solo la arcata centrale, di luce maggiore, risulta disponibile per consentire il deflusso della piena.



Fig. 6.34. Torrente Cenischia – Sotto il viadotto autostradale è posta la sezione nella quale si presume sia avvenuta l’esonazione dell’Ottobre 2000. In tale posizione era presente un attraversamento provvisorio in lastre di calcestruzzo armato che può avere contribuito alla diminuzione della sezione utile dell’alveo.