

Committente:

Città di Chivasso



Oggetto:

VARIANTE GENERALE AL P.R.G.C.

Progetto preliminare

GA03

VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Identificazione elaborato	Ambito	Tipologia	Commessa	n. elaborato	
GC60721GA03	G	C	607/21	G	A03

Dati consulenti

Geol. Teresio Barbero

GEO sintesi Associazione tra Professionisti
Corso Unione Sovietica 560 - 10135 Torino
tel. 0113913194 - fax 0113470903
e-mail: info@geosintesi.eu

Rev.	Redatto	Verificato	Validato	Data	Timbri e firme
1	Geol. T. Barbero	Ing. M. Tuberga	Geol. E. Rabajoli	12/24	
2	Geol. T. Barbero	Ing. M. Tuberga	Geol. E. Rabajoli	09/25	

GEO sintesi Associazione tra Professionisti

File: GC60721GA03.pdf

INDICE

1.0	INTRODUZIONE	2
2.0	TORRENTE ORCO	3
3.0	TORRENTE MALONE	11
4.0	RETICOLO IDROGRAFICO MINORE	12
5.0	RIO NUOVO ORCHETTO	14
5.1	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	17
5.2	VALUTAZIONI IDRAULICHE	18
6.0	RIO ORCHETTO	26
6.1	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	32
6.2	VALUTAZIONI IDRAULICHE	33
7.0	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	35
	ALLEGATI	36
	ALLEGATO 1 - RIO ORCHETTO - VERIFICA IN MOTO UNIFORME ATTRAVERSAMENTO ROGGIA SAN MARCO	37
	ALLEGATO 2 - RIO ORCHETTO - VERIFICA IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE MONODIMENSIONALE ATTRAVERSAMENTI VIA M. CURIE E FERROVIA	39
	ALLEGATO 3 - RIO NUOVO ORCHETTO - VERIFICA IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE	40

1.0 INTRODUZIONE

Nell'ambito della presente Variante generale al P.R.G.C., non sono previste modifiche al quadro del dissesto di cui al Piano per l'Assetto idrogeologico (PAI), che viene riconfermato rispetto al P.R.G.C. vigente e adeguato alle nuove fasce fluviali del T. Orco, fatte salve quelle derivanti dalla presa d'atto degli interventi realizzati e di quelli in corso di realizzazione, che conducono a un aggiornamento della classificazione del settore ampiamente compreso nella Fascia C del T. Orco e retrostante il limite di progetto tra la Fascia B e la C lungo Via M. Curie, attualmente ascrivito a un dissesto Ee a pericolosità molto elevata.

Nel seguito si omette la trattazione delle problematiche inerenti il Fiume Po, in quanto già interessato dalle Fasce fluviali del PAI e dagli scenari di pericolosità del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), non oggetto di modifiche nella presente variante urbanistica.

2.0 TORRENTE ORCO

Il corso d'acqua è stato recentemente oggetto di studi idraulici che hanno condotto a una ridefinizione delle fasce fluviali del PAI.

Nel seguito si riportano stralci dallo Schema di Progetto di Variante al PAI (ADBPO & Regione Piemonte, 2017) e dalla Variante alle fasce fluviali dell' ADBPO (2020).

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), approvato con DPCM 24 maggio 2001, costituisce lo Stralcio del Piano di bacino relativo all'assetto idrogeologico ai sensi della Legge 183/89 e ss.mm.ii.

Per quanto riguarda il torrente Orco, il PAI definisce:

- *le fasce fluviali, da valle del ponte stradale di Cuornè alla confluenza Po;*
- *i valori delle portate di piena per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni in alcune sezioni significative ed i profili di piena per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni nei tratti interessati dalle fasce fluviali;*
- *le caratteristiche generali del bacino, il quadro dei dissesti, il quadro degli squilibri e le linee generali di assetto sull'asta fluviale e sul bacino montano.*

Il Piano di gestione del rischio di Alluvioni (PGRA), diversamente, è lo strumento previsto dalla Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, per ridurre gli impatti negativi delle alluvioni sulla salute, l'economia e l'ambiente e favorire, dopo un evento alluvionale, un tempestivo ritorno alla normalità. Il piano, sulla base delle mappe di pericolosità e di rischio di alluvione, definisce la strategia generale a livello di distretto, individua gli obiettivi distrettuali e le misure per orientare e fare convergere verso il comune obiettivo della sicurezza delle popolazioni e del territorio tutti gli strumenti di pianificazione distrettuale, territoriale e di settore vigenti compresa la pianificazione di emergenza di competenza del sistema della Protezione Civile.

Definisce inoltre le priorità d'azione per le Aree a Rischio Potenziale Significativo, le infrastrutture strategiche, i beni culturali e le aree protette esposte a rischio, per i quali gli obiettivi generali di distretto devono essere declinati per mitigare da subito le criticità presenti con specifiche misure.

Il primo PGRA è stato approvato con Deliberazione di Comitato Istituzionale n. 2 del 3 marzo 2016. Per quanto riguarda l'asta del torrente Orco nel PGRA sono state prodotte le mappe di pericolosità e di rischio di alluvioni utilizzando a partire dal PAI le più recenti conoscenze disponibili (che comunque, come si avrà più

avanti modo di descrivere più accuratamente, sono caratterizzate da un livello di confidenza adeguato).

Le mappe di pericolosità rappresentano l'estensione massima degli allagamenti conseguenti al verificarsi degli scenari di evento riconducibili ad eventi di elevata, media e scarsa probabilità di accadimento.

Nella porzione di monte del tratto, fino all'abitato di Pratoregio, il limite delle aree inondabili generalmente coincide e si attesta con buona continuità su elementi morfologici naturali (scarpate morfologiche di secondo ordine). Nel tratto sono presenti in direzione perpendicolare al deflusso due canali scolmatori (scolmatore di Montanaro e scolmatore di Pratoregio) che recapitano in Orco le acque del reticolo secondario. Lo scolmatore di Montanaro non influenza in modo significativo le aree inondabili, mentre quello di Pratoregio (che presenta un rilevato arginale sulla sponda sinistra), contiene per un tratto locale ma significativo in relazione alla sicurezza del medesimo abitato presente a valle, le acque di piena per tutti gli eventi di riferimento.

L'abitato di Pratoregio risulta interessato dall'allagamento per l'evento di piena con TR 500 anni, mentre per l'evento con TR 200 anni sono allagabili solamente alcune abitazioni più prossime al corso d'acqua. Il medesimo abitato è stato interessato da estesi allagamenti durante l'evento del 2000 connessi però soprattutto alle acque del reticolo secondario, in relazione al quale è stato realizzato il canale scolmatore sopra descritto.

A valle di Pratoregio, fino al ponte ferroviario, il limite delle inondabili coincide per tutti e tre i tempi di ritorno e si attesta in corrispondenza del rilevato della Strada comunale per Pratoregio la cui adeguatezza in quota a contenere i livelli di piena con TR 20 e 200 anni è stata verificata con recenti modellazioni bidimensionali sviluppate sul tratto terminale del torrente Orco da parte della Regione Piemonte.

Nelle seduta del 18 marzo 2008, con Deliberazione n. 5/2008, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po effettua la presa d'atto - ai sensi dell'art. 28, comma I delle N. di A. del PAI - del collaudo tecnico di opere idrauliche programmate per la difesa del territorio, in corrispondenza del "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C nei comuni di Santena, Chivasso e Torino. Nello specifico si prende atto del collaudo tecnico dei lavori di realizzazione dell'argine in sinistra del fiume Po e del torrente Orco, in Comune di Chivasso: tale opera idraulica soddisfa le esigenze evidenziate dal limite B di progetto tra la fascia B e la Fascia C definito nel PAI in sponda sinistra del fiume Po e del torrente Orco,

rispettivamente nel tratto compreso tra le sezioni PAI n. 235 e n. 231 del Po e in quello compreso tra le sezioni PAI n. 2 e n. 1 dell'Orco.

Nell'ultimo tratto del torrente Orco, prima della sua confluenza nel fiume Po, sono presenti diverse infrastrutture che interferiscono con le dinamiche evolutive tipiche del corso d'acqua, contrastando la sua naturale dinamica pluricursale. In particolare si possono citare i ponti delle autostrade Torino - Aosta e Torino - Milano, il ponte della ferrovia Torino - Milano, il ponte della SS Padana Superiore e della SP San Benigno – Foglizzo ed il viadotto dell'Alta Velocità Ferroviaria Torino - Milano. Ci sono poi numerose opere idrauliche realizzate a protezione di tutte queste infrastrutture e dei centri abitati, con l'alveo del Torrente Orco che, specie nei punti in cui sono stati realizzati i ponti, subisce restringimenti e canalizzazioni.

In particolare tra il ponte di San Benigno e quello dell'Autostrada Torino - Aosta, è stato realizzato un lungo tratto di scogliera in sinistra. In seguito ai danni riportati durante l'alluvione del 2000 il ponte dell'Autostrada è stato ricostruito.

A valle dell'Autostrada Torino - Aosta, per un tratto di lunghezza in linea d'aria pari a 2,2 Km non sono state rilevate opere idrauliche. Successivamente, in corrispondenza di San Benigno Canavese, la presenza di infrastrutture sensibili quali ponti, strade e centri abitati, ha imposto la realizzazione di varie opere di difesa sull'Orco. Sono stati costruiti argini a protezione delle località Cascina Bruciata e Cascine Malone in sponda destra, e di Pratoregio in sponda sinistra. Alla base degli argini sono state realizzate, in alcuni casi, delle batterie di pennelli con funzione analoga a quanto descritto per il secondo tratto analizzato in questa relazione. Sovente i pennelli sono molto difficili da individuare a causa dell'interramento che hanno subito e della vegetazione.

In corrispondenza della Città di Chivasso, il Torrente Orco è attraversato da diversi ponti:

1. Autostrada Torino – Milano: attualmente è costituita da due carreggiate separate, con un ponte a travata per carreggiata. In seguito ai lavori per l'Alta Velocità Ferroviaria tra Torino e Milano, la carreggiata nord è stata spostata in corrispondenza del nuovo ponte a Nord del precedente, mentre quella Sud è stata spostata sul precedente ponte della carreggiata Nord. Il ponte precedentemente occupato dalla carreggiata Sud è stato smantellato;

2. Ponte a travata dell'Alta Velocità Ferroviaria tra Torino e Milano;

3. Tra tutti questi ponti, l'alveo del Torrente Orco è stato canalizzato mediante la pavimentazione del fondo. Sono state inoltre realizzati tratti di scogliere;

4. 750 m più a valle si trova il ponte ad arco della linea ferroviaria Torino – Milano;

5. 57 m più a valle si trova il ponte ad arco della SS Padana Superiore.

Ad Ovest della Città di Chivasso sono stati realizzati argini di lunghezza complessiva pari a circa 3,3 Km, in sponda sinistra, a seguito delle inondazioni verificatesi in occasione degli eventi alluvionali passati.

Come evidenziato nella specifica relazione idraulica (Autorità di Bacino del Fiume Po, 2012), le perimetrazioni riferibili al Torrente Orco riportate nella carta di pericolosità del PGRA derivano dai risultati dello studio modellistico locale bidimensionale condotto da R&C Engineering S.r.l. (2012) su incarico della Regione Piemonte. Tale studio ha consentito di individuare le modalità e le caratteristiche del deflusso di piena del Torrente Orco in corrispondenza del territorio comunale di Chivasso al fine di meglio dettagliare le condizioni di deflusso ed esondazione in una zona in cui i fenomeni bidimensionali sono prevalenti. Il codice di calcolo utilizzato è stato il *BASEMENT*, sviluppato a partire dall'anno 2002 presso il Dipartimento di Idraulica del Politecnico Federale di Zurigo.

Lungo il tratto di torrente Orco studiato, le condizioni di deflusso sono condizionate dalla presenza di elementi antropici rilevanti quali i ponti stradali relativi all'autostrada A4 e alla strada statale S.P. n. 11 e i ponti ferroviari della linea dell'Alta Capacità e di quella storica. Il nodo è dunque caratterizzato dalla presenza di quattro ponti posizionati in un'area idraulicamente complessa in cui è presente la confluenza in Po del Torrente Orco e del Torrente Malone; in un nodo idraulico così delicato le strutture e le opere d'arte presenti in alveo (pile, spalle, rilevati, etc) danno luogo a fenomeni idraulici molto complessi che non possono certamente essere valutati in modo esaustivo attraverso un modello idraulico numerico monodimensionale, quale può essere HEC-RAS. Il codice di calcolo tuttavia non consente di inserire infrastrutture di attraversamento nella geometria del corso d'acqua e pertanto non è in grado di valutare i fenomeni idraulici ad esse connessi. Per questo motivo si è dovuto cercare una strada alternativa che consentisse di valutare gli effetti idraulici connessi alla presenza di ponti nella geometria studiata. AL fine di simulare la presenza dei ponti, si è scelto di innalzare, in maniera localizzata, la quota altimetrica del modello geometrico in corrispondenza delle posizioni delle pile e delle spalle dei quattro ponti.

Prima di procedere alla modifica del modello geometrico è stato necessario verificare che, nelle condizioni di piena, i quattro ponti non venissero sormontati dalla corrente di piena e, soprattutto, che non si innescassero condizioni di moto in pressione al di sotto dell'impalcato. Solamente in questa situazione è possibile adottare la semplificazione modellistica proposta. La verifica che il moto rimanga a superficie libera durante la piena di progetto (piena con portata di picco duecentennale) è stata eseguita in un primo momento con l'ausilio del software di simulazione numerica monodimensionale HEC-RAS, che, a differenza di *BASEMENT*, consente di simulare la presenza di ponti all'interno della geometria del corso d'acqua. La simulazione di verifica è stata effettuata in condizioni di moto permanente, con una portata costante con tempo di ritorno di 200 anni sul Torrente Orco pari a 2370 m³/s ed imponendo un livello costante nella sezione di chiusura del modello che simulasse la contemporanea condizione di piena del Fiume Po e l'eventuale effetto di rigurgito da esse causato così come indicato nella Direttiva Piena di Progetto del PAI. Dai risultati ottenuti nessun ponte viene sormontato e in corrispondenza di nessuno di essi si genera una condizione di moto in pressione. Imponendo le medesime condizioni imposte nel modello monodimensionale ($Q_{200} = 2370 \text{ m}^3/\text{s}$ e livello di valle di 184 m s.l.m.) si è verificato che il modello bidimensionale conferma che il livello idrico in corrispondenza dei ponti più critici si mantiene sempre al di sotto della quota di intradosso dell'impalcato. Prima di procedere alla creazione del modello geometrico definitivo da implementare su Basement, è stata condotta una verifica di congruenza dei dati topografici disponibili, con lo scopo di valutare la concordanza dei dati rilevati per mezzo della tecnologia LIDAR (acronimo dall'inglese *Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*), dai quali è stato ottenuto il DTM (*Digital Terrain Model*) con quelli rilevati in anni precedenti utilizzando tecniche classiche.

In particolare, il dato topografico contenuto nel DTM è stato confrontato con le sezioni rilevate dall'IRPI-CNR ai fini di monitoraggio morfologico e manutenzione del Torrente Orco nel tratto Pont Canavese – Confluenza in Po (dati 2003). Rispetto alle sezioni rilevate dal CNR IRPI, è risultato che lo scarto è in media poco più di un metro. Il confronto non può essere esteso alla parte di DTM in cui, al momento della ripresa, scorre l'Orco, in quanto, in essa, il rilievo LIDAR fornisce esclusivamente un dato riferito alla superficie liquida, anziché alla quota di fondo alveo.

Supponendo che il deflusso di base del torrente Orco coincida con la portata mediamente presente in alveo per un periodo relativamente lungo, la durata dell'idrogramma di piena è stata ipotizzata pari a quella registrata nel corso dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000.

I risultati ottenuti al termine della simulazione eseguita dimostrano l'efficienza contenitiva dei rilevati esistenti sia in prossimità dell'abitato di Chivasso, sia dell'area posta in sinistra idrografica e compresa tra i ponti ferroviari. Si può inoltre notare come i rilevati d'accesso ai ponti, nel dominio di calcolo, fungano da sbarramento al deflusso della corrente verso valle, creando delle vere e proprie zone di accumulo idrico in destra idrografica: si precisa che in queste aree gli insediamenti abitativi sono quasi del tutto assenti. La profondità d'acqua massima registrata causata dal deflusso dell'onda di piena si localizza nel tratto compreso tra il ponte della linea ferroviaria dell'Alta Velocità e quello ad archi della linea storica, ove il modello indica un'altezza del pelo libero di oltre 7 m: il tratto in questione si configura come quello idraulicamente più critico, anche a causa degli effetti di rigurgito provocati dal ponte ferroviario ad arco.

Anche per quanto riguarda le velocità di flusso della corrente le situazioni più critiche si manifestano al passaggio del colmo di piena, quando si registrano picchi di oltre 6 m/s. Questi valori si possono rilevare laddove si hanno bruschi restringimenti di sezione, ossia all'interno delle luci dei ponti, con particolare riferimento a quelli storici le cui campate sono di larghezza relativamente ridotta. Infatti, le sezioni dei ponti ad arco presentano una larghezza media complessiva di circa 130 m, peraltro occupata da numerose pile larghe oltre 5 m. Affinché la portata di piena possa defluire nella sezione più ridotta è dunque necessario che essa incrementi il proprio termine cinetico e, dunque, la velocità di deflusso.

In conclusione, le verifiche idrauliche effettuate indicano che il limite delle aree inondabili per alluvioni frequenti (tempi di ritorno di 20/50 anni / Fascia A), poco frequenti (tempi di ritorno di 100/200 anni / Fascia B) e rare (tempo di ritorno di 500 anni / Fascia C) coincide per tutti e tre i tempi di ritorno e si attesta in corrispondenza del rilevato di Via Marie Curie.

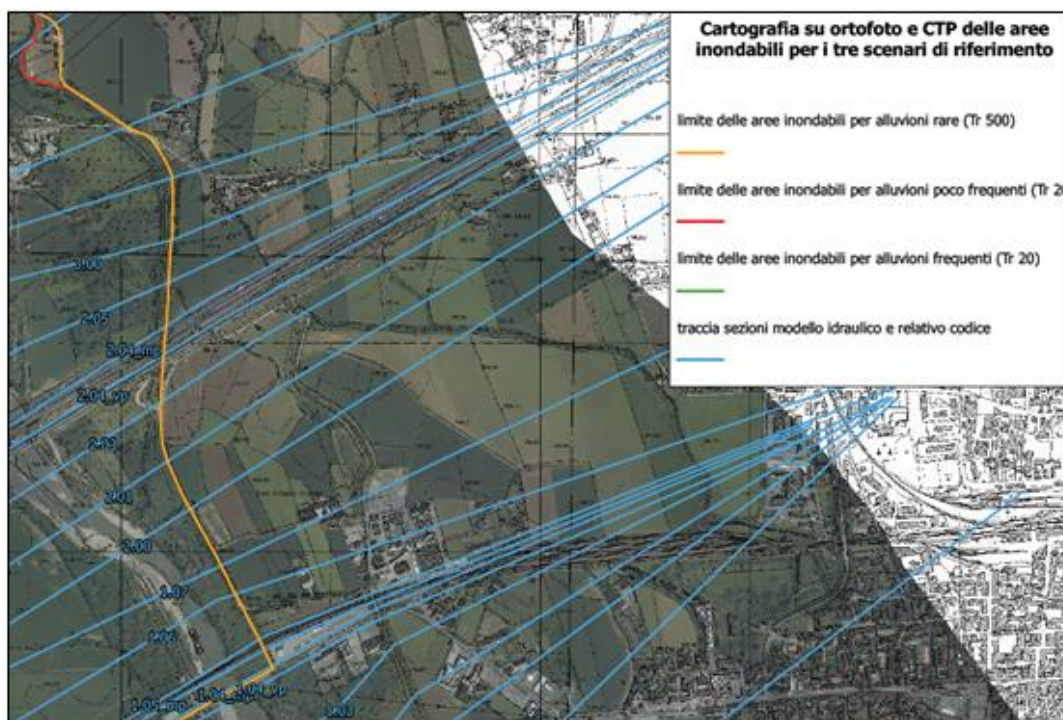


Figura 1 – Cartografia delle aree inondabili tratta dallo studio idraulico bidimensionale (R&C Engineering S.r.l., 2012).

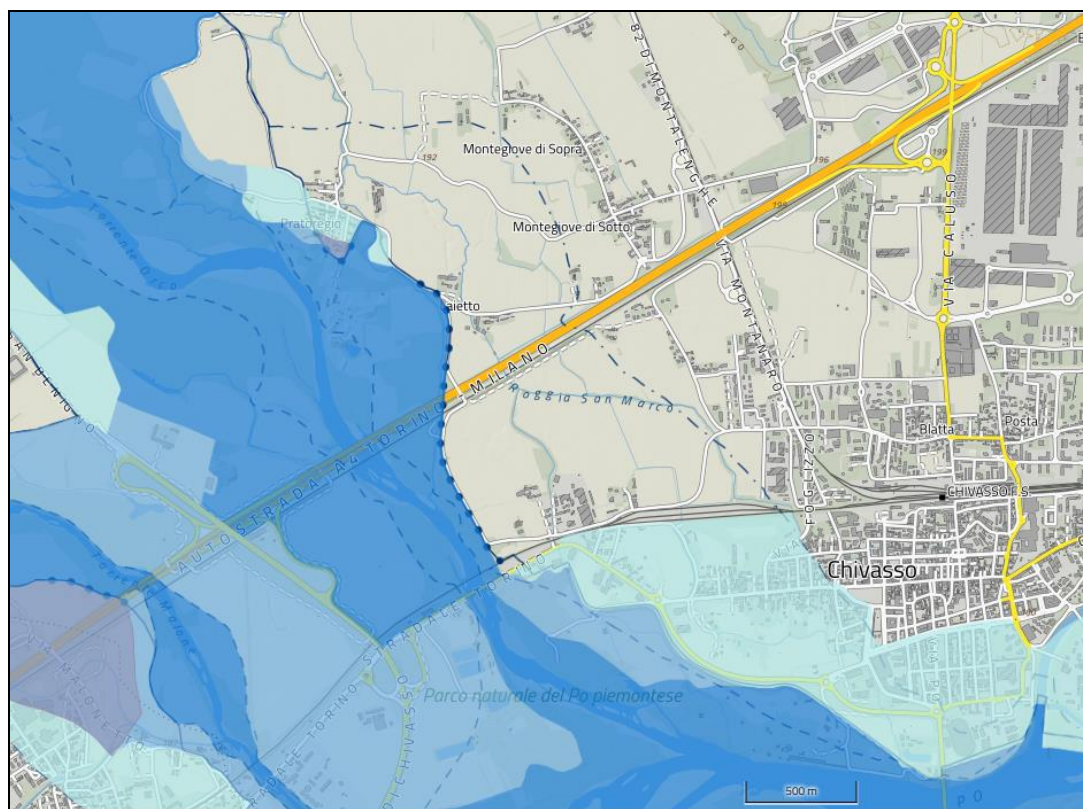


Figura 2 – Fasce fluviali del PAI e scenari di pericolosità del PGRA vigenti (Regione Piemonte, 2024).

Tuttavia, il limite delle inondabili per alluvioni rare (tempo di ritorno di 500 anni / Fascia C) è considerato a “confidenza bassa” in quanto l’Autorità di Bacino ritiene siano necessari ulteriori approfondimenti.

Attualmente è in corso di realizzazione il rilevato arginale in corrispondenza al suddetto limite di progetto (AIPO, 2023; AIPO, 2024). Al contrario, il completamento della linea arginale presso Pratoregio, a difesa di una porzione dell’abitato, è a livello di progettazione definitiva.

In merito alle fasce Fluviali del T. Orco, si ritiene plausibile la proposta di modifica limite tra fascia B e C presso la stazione di rifornimento carburante localizzata lungo la S.P. N. 11 all’ingresso in Chivasso, secondo art. 27 PAI “elemento fisico rilevabile alla scala di maggior dettaglio” in accordo con quanto indicato al punto 2.1.4.2 della D.G.R. n. 25-7286 del 30/07/2018.

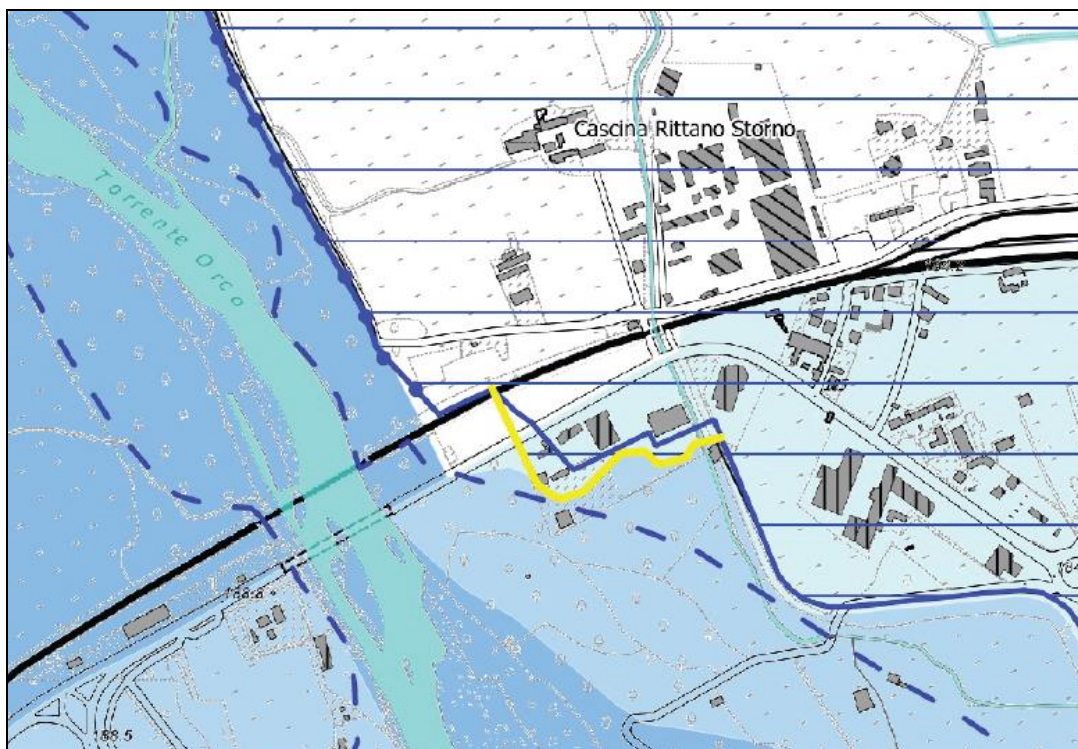


Figura 3 – Proposta di modifica del limite tra la fascia B e la C (linea gialla).

3.0 TORRENTE MALONE

Per quanto concerne il T. Malone, si prende atto delle perimetrazioni delle fasce fluviali del PAI e degli scenari di pericolosità del PGRA vigenti. Nel seguito si riporta uno stralcio tratto dal Geoportale della Regione Piemonte.

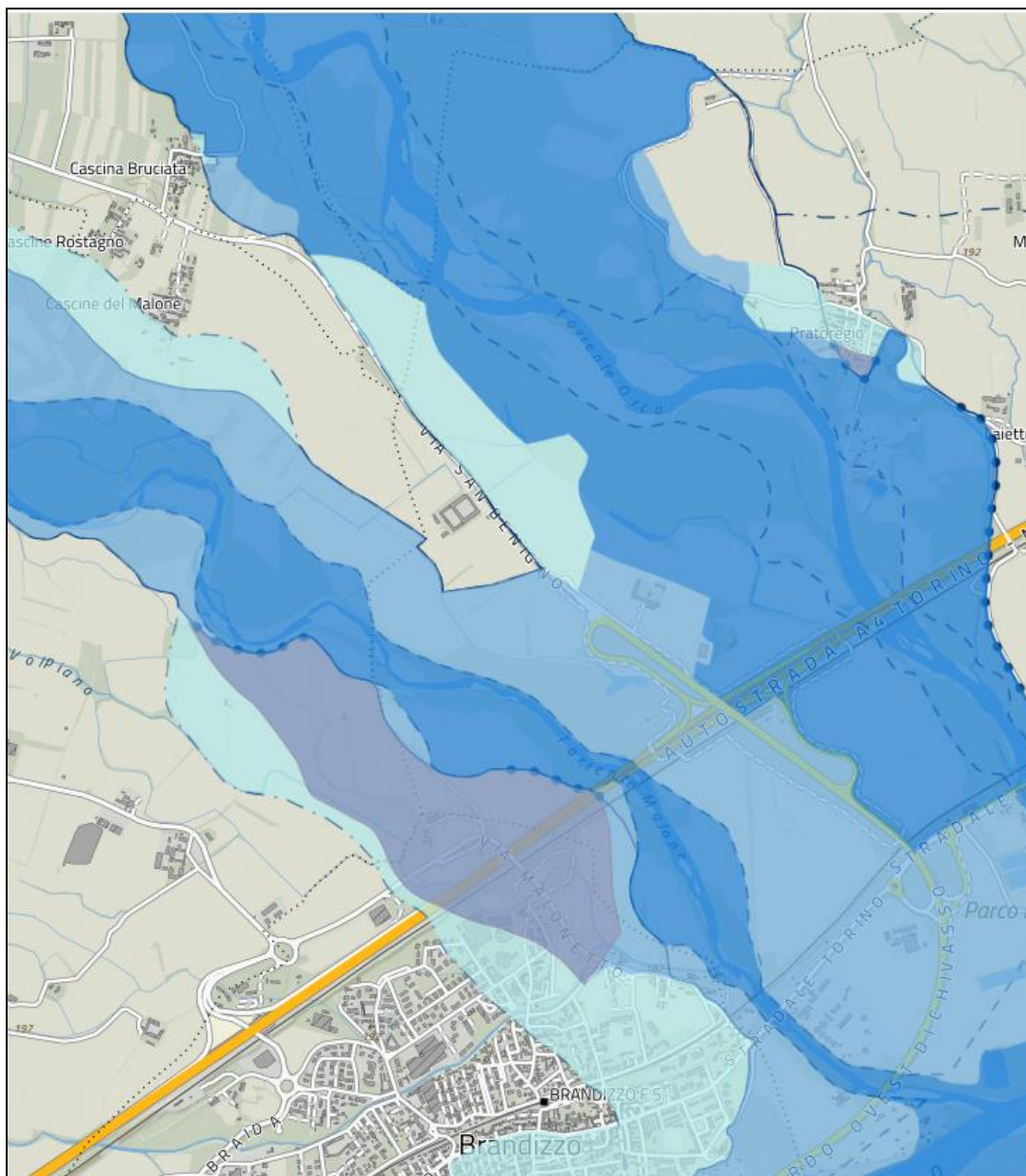


Figura 4 – Fasce fluviali del PAI e scenari di pericolosità del PGRA vigenti (Regione Piemonte, 2024).

4.0 RETICOLO IDROGRAFICO MINORE

Nell'indagine di compatibilità idraulica sui rii minori (Endaco S.r.l., 2003) facente parte degli elaborati tecnici alla Variante al P.R.G.C. di adeguamento al PAI del Comune di Chivasso, sono indicate alcune aree di esondazione, riferibili a portate con tempo di ritorno duecentennale, lungo la Roggia San Marco, soprattutto immediatamente a monte dell'autostrada A4 Torino-Milano e in destra del Rio Nuovo Orchetto, tra quest'ultima e il rilevato ferroviario.

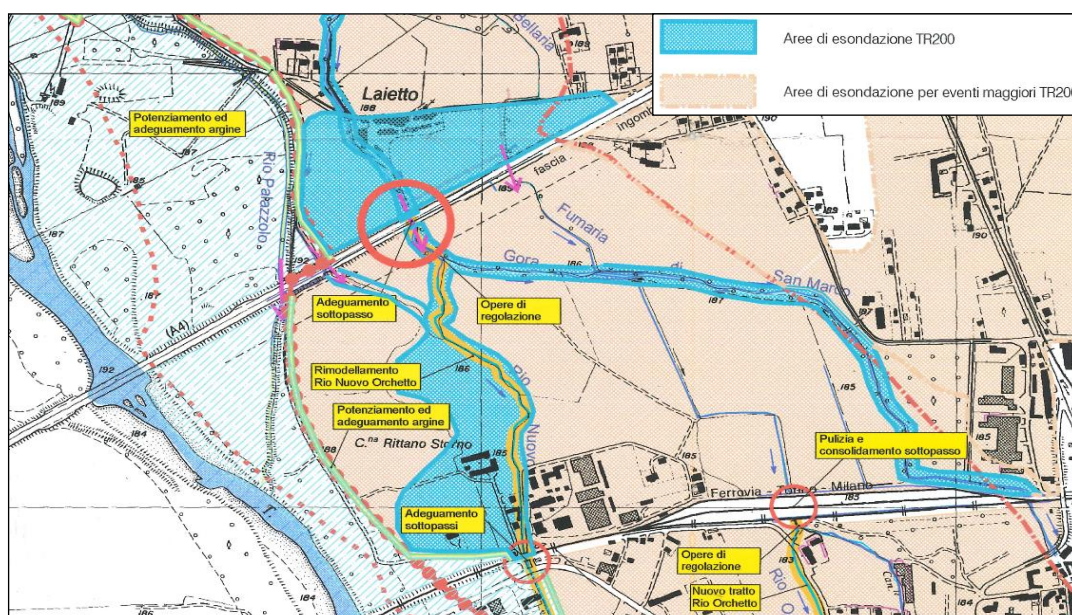


Figura 5 – Stralci dalla Planimetria aree esondabili rii minori Chivasso Ovest con indicazione degli interventi di riduzione del rischio idraulico (Endaco s.r.l., 2003).

Con l'approvazione della variante al P.R.G.C., avvenuta con D.G.R. n. 19-12326 del 19/04/2004, sono state introdotte modifiche ex-officio e uno specifico articolo 74 bis – Prescrizioni specifiche ai fini dell'adeguamento al P.A.I. richieste con parere A.R.P.A. – Settore Prevenzione territoriale del rischio geologico, prot. n. 13904/25 del 04 febbraio 2004, con cui tutta la fascia fluviale C del T. Orco fu inserita in un dissesto EeA:

“per le aree retrostanti il limite B, sia naturale che di progetto, lungo la sponda sinistra del Torrente Orco a monte del ponte stradale che collega Chivasso a Brandizzo, la classificazione di pericolosità proposta (Em) potrà essere condivisa

solo a seguito della realizzazione e del collaudo delle opere previste; fino ad allora essa dev'essere considerata una classificazione di pericolosità molto elevata. Il livello di pericolosità dovrà essere codificato in ottemperanza ai disposti contenuti nella legenda regionale per la redazione della carta geomorfologica e dei dissesti dei P.R.G.C. di cui alla D.G.R. n. 45-6656 del 15.07.02".

Successivamente furono realizzate le seguenti opere di sistemazione sul reticolo idrografico minore:

- sistemazione Rio Orchetto;
- canale di gronda che sfocia nella Roggia S. Marco;
- realizzazione di canale scolmatore a nord della frazione di Pratoregio con intercettazione del Rio Baina;
- ricalibratura e riprofilatura del Rio Nuovo Orchetto.

A seguito della delibera della Giunta Comunale n. 126 dell'8.09.06 avente oggetto *"Approvazione collaudo per la messa in sicurezza idraulica delle aree individuate in classe III B 2.1 di pericolosità idrogeologica ai sensi Cir. Reg. le 7/LAP dell'8/5/1996"* si è ritenuta raggiunta la messa in sicurezza delle aree, che pertanto hanno assunto le caratteristiche della Fascia C. del PAI.

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) ha recepito il quadro del dissesto della variante di adeguamento al PAI con la suddetta prescrizione *ex-officio*, uno scenario H retrostante il limite B di progetto indicando in luogo del dissesto Ee in quanto ha recepito il quadro del dissesto della Variante di adeguamento al PAI modificata *ex-officio*.

A seguito degli interventi sul reticolo idrografico secondario e delle risultanze dello studio di R&C Engineering S.r.l. (2012) si ritiene plausibile la trasformazione del dissesto da EeA a EmA.

5.0 RIO NUOVO ORCHETTO

Il corso d'acqua, a sedime privato, trae origine dalla Gora San Marco e la sua funzione è essenzialmente quella di scaricatore delle portate della stessa, a salvaguardia del concentrico di Chivasso.



Figura 6 – Alveo del Rio Nuovo Orchetto immediatamente a valle dell'opera di ripartizione delle portate con la Gora San Marco.



Figura 7 – Alveo del Rio Nuovo Orchetto con argini in terra a monte dello stabilimento ex Rivoira.



Figura 8 – Alveo canalizzato del Rio Nuovo Orchetto all'altezza dello stabilimento ex Rivoira.



Figura 9 – Alveo canalizzato del Rio Nuovo Orchetto immediatamente a monte di Via Curie.

Alfine di valutare eventuali problematiche di esondazione nel settore a monte e a cavallo dei rilevati ferroviario e della strada provinciale, viene effettuata una verifica in moto permanente monodimensionale.



Figura 10 – Vista da valle dell'attraversamento di Via Curie.



Figura 11 – Imbocco di monte dell'attraversamento ferroviario.



Figura 12 – Imbocco di monte dell'attraversamento della S.P. n. 11.

5.1 VALUTAZIONI IDROLOGICHE

La determinazione della portata di piena per diversi tempi di ritorno utilizzata ai fini delle verifiche idrauliche nel tratto compreso all'incirca tra la Cascina Rittano Storno e lo stabilimento ex Rivoira e la S.P. n. 11 è stata ricavata mediante la consultazione del progetto esecutivo dei "Lavori di ricalibratura Rio Nuovo Orchetto" – Dicembre 2003 a firma dell'ing. Enrione dello Studio Endaco di Ivrea. Progetto autorizzato dai competenti enti mediante specifica Conferenza dei Servizi. In particolare dall'elaborato "A2 – Indagine Idrologica Idraulica" è indicato che:

"a valle del manufatto stradale, il Rio Nuovo Orchetto è dimensionato per raccogliere e trasferire la portata di piena di riferimento (TR200) di 12 mc/sec, considerando cautelativamente nulla, in condizioni estreme, la portata di competenza della Gora di S. Marco a valle dell'Autostrada.

Il Rio Nuovo Orchetto, raccogliendo lungo il percorso ulteriori contributi derivanti dal bacino scolante a valle dell'Autostrada, assume portate di progetto massime di 13,0 mc/sec in corrispondenza della Cascina Rittano-Storno e di 14 mc/sec immediatamente a monte dell'attraversamento ferroviario".

Pertanto viene assunta la portata di progetto pari a 14 m³/s per tutto il tratto indagato.

5.2 VALUTAZIONI IDRAULICHE

Nel seguito si riportano i risultati della simulazione idraulica per il tratto di Rio Nuovo Orchetto che si sviluppa per circa 450 m a monte della Linea Ferroviaria e per ulteriori 70 m a valle della stessa.

La capacità di smaltimento dei ponti ferroviario e stradale della S.P. n. 11 e di Via M. Curie era già stata oggetto di valutazioni idrauliche, approvate del Settore tecnico Opere Pubbliche della Regione Piemonte, da parte di Ferretti S.r.l. & Geo engineering S.r.l. (2016), per l'appunto nell'ambito della progettazione della viabilità comunale.

La modellistica idraulica utilizzata necessita dei seguenti elementi di ingresso:

- piano quotato dell'asta fluviale presa in esame
- valori di scabrezza a caratterizzare la resistenza al moto dovuta all'attrito al contorno;
- condizioni al contorno necessarie per la taratura dei modelli;
- piena di progetto.

La geometria delle sezioni è stata ricavata mediante realizzazione di rilievi topografici del settore di interesse mirati a integrare e a confermare le ipotesi progettuali della viabilità comunale e dei lavori di sistemazione sul Rio Nuovo Orchetto, prestando attenzione ai cambiamenti significativi sia di sezione sia di pendenza dei corsi d'acqua in modo tale di ottenere una buona rappresentazione dell'asta. Sono state quindi tracciate delle sezioni trasversali opportunamente infittite nei settori di condizionamento dell'alveo per descrivere geometricamente le caratteristiche dei tratti.

Le sezioni trasversali, come richiesto dal programma di simulazione idraulica, sono numerate da valle verso monte e sono visualizzate con vista da monte (sponda destra a destra) posizionate il più possibile perpendicolari al corso d'acqua.

Nel presente studio le sezioni utilizzate per la modellazione dell'asta del Rio Nuovo Orchetto nel tratto di interesse sono 19.

Le condizioni di scabrezza sono state fissate utilizzando i dati presenti in letteratura (Chow V.T., 1959) con riferimento ai valori n di Manning.

I valori introdotti nel modello idraulico intendono rappresentare "la situazione a regime" e le situazioni in evoluzione dovute agli interventi di sistemazione. In altre parole, i valori di scabrezza introdotti tengono conto di quel degrado strutturale dei

materiali e di quella presenza di accumuli (vegetazione, limo o ciottoli) indesiderata, ma comunque sempre presente in un alveo anche se a forte artificialità.

All'interno del progetto esecutivo dei "Lavori di ricalibratura Rio Nuovo Orchetto" del Dicembre 2003 a firma dell'ing. Enrione di Ivrea sono riportati i seguenti valori relativi ai coefficienti di scabrezza di Strickler utilizzati ed ai quali si è fatto riferimento per la simulazione idraulica condotta:

- $c = 20\text{-}25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ indicato per *alvei artificiali in sabbia, limo o ghiaia con forte rivestimento vegetale*
- $c = 50 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ indicato per *alvei in calcestruzzo con superfici irregolari*

Per i tratti di rio in analisi è stato fissato un coefficiente n di Manning (richiesto in ingresso al sistema) pari a $0,020 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ lungo le sezioni rivestite in cls, mentre per le sezioni ricalibrate ed in terra il coefficiente n è stato fissato in $0,045 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$.

Il deflusso è stato modellato sulla portata di progetto con tempo di ritorno duecentennale.

Per le condizioni di progetto del profilo di fondo si è fatto riferimento dapprima a condizioni di tipo misto e poi, visti i risultati, si è optato cautelativamente per condizioni di tipo subcritico.

Il motore di calcolo del profilo è costituito dalla versione 6.2 di Hec-Ras, messo a punto dall'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.

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. 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.

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]
α	coefficiente di Coriolis che tiene conto della forma della sezione
g	accelerazione di gravità pari a 9.81 [m/s ²]
h_e	perdita di energia [m]

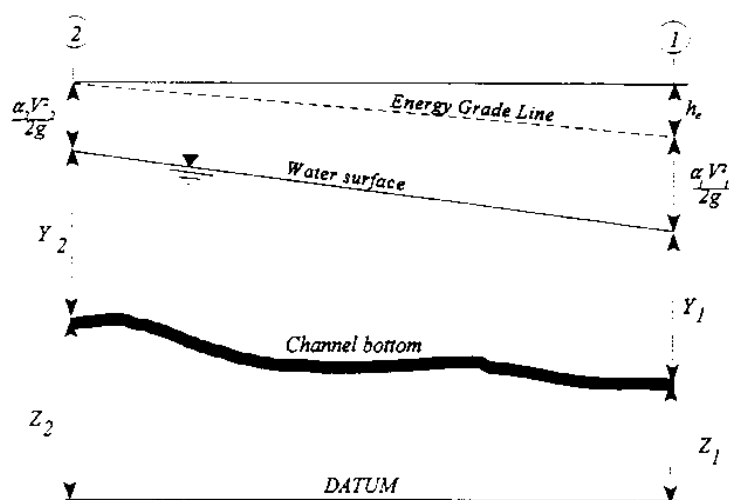


Figura 13 – Rappresentazione dei termini dell'equazione dell'energia (da Manuale d'uso Hec-ras 2001)

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).

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 , ciascuno 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 m³/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. 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. La portata in ciascun settore è calcolata dalla formula espressa in m³/s:

$$Q = K S_f^{0.5}$$

secondo la scrittura tradizionale nella letteratura idraulica anglosassone per cui:

K capacità di convogliamento di ciascun settore (m³/s)

espressa come:

$$K = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot A$$

con:

n coefficiente di scabrezza [m^{-1/3} s] secondo Manning

A area bagnata del settore di area [m²]

R raggio idraulico del settore [m]

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

Tabella 1 – Coefficienti di contrazione ed espansione tra sezioni

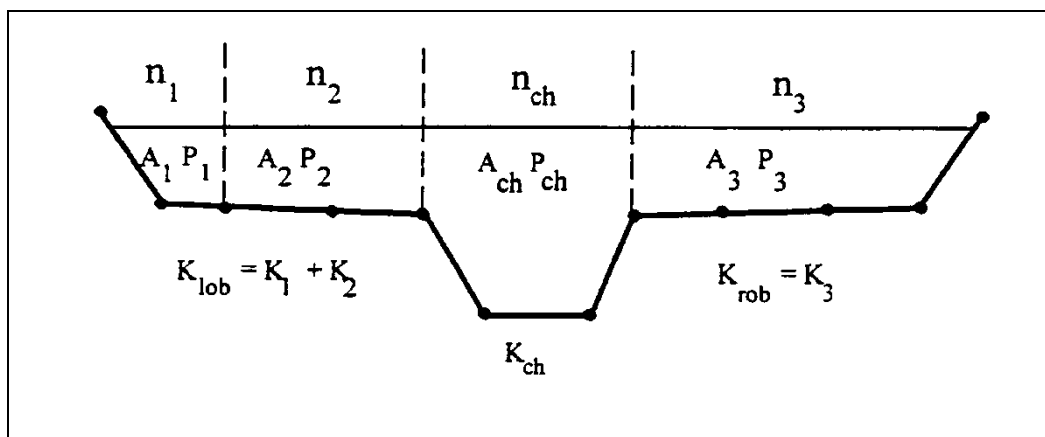


Figura 14 – Suddivisione di una sezione trasversale in settori con scabrezza uniforme (da Manuale d'uso Hec-ras, 2001)

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 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.

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinature mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.) valutando la corrente a pelo libero e il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato oltre alla combinazione della corrente in pressione con quella determinata dallo scavalco dell'impalcato stesso.

Il programma, infine, permette di simulare lunghi tratti tombinati a sezione variabile mediante l'opzione denominata *lid*, che computa le sezioni munite di *lid* come se fossero sezioni a cielo aperto utilizzando l'equazione dell'energia per il bilanciamento del profilo del pelo libero con l'unica differenza di sottrarre area e aggiungere perimetro bagnato quando il pelo libero viene a contatto con la copertura.

Typical drag coefficients for various pier shapes	
Pier Shape	Drag Coefficient Cd
<i>Circular pier</i>	1.200
<i>Elongated piers with semi-circular ends</i>	1.330
<i>Elliptical piers with 2:1 length to width</i>	0.600
<i>Elliptical piers with 4:1 length to width</i>	0.320
<i>Elliptical piers with 8:1 length to width</i>	0.029
<i>Square nose piers</i>	2.000
<i>Triangular nose with 30 degree angle</i>	1.000

Tabella 2 – Coefficienti di resistenza consigliati dal manuale Hec-ras (da Manuale d'uso Hec-ras, 2001)

Nel complesso la simulazione (ved. tabella seguente e Allegato 3) evidenzia una corrente sempre di tipo lenta lungo tutto il tratto in analisi con velocità comprese tra 0,99 e 2,76 m/s ed altezze di corrente sempre inferiori a 2 m rispetto al fondo alveo.

River Sta	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
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
18	14.00	184.52	186.51	185.80	186.59	0.003070	1.26	11.10	9.83	0.38
17	14.00	184.42	186.33	185.70	186.43	0.003938	1.39	10.05	9.19	0.43
16	14.00	184.27	186.09	185.58	186.22	0.005511	1.59	8.79	8.41	0.50
15	14.00	184.15	185.94	185.44	186.07	0.005460	1.58	8.85	8.52	0.50
14	14.00	183.98	185.72	185.27	185.86	0.006348	1.67	8.37	8.30	0.53
13	14.00	183.85	185.12	185.12	185.50	0.024475	2.75	5.10	6.68	1.00
12	14.00	183.67	184.76		185.10	0.003797	2.57	5.46	5.01	0.79
11	14.00	183.55	184.66		184.98	0.003574	2.51	5.57	5.01	0.76
10	14.00	183.35	184.55		184.83	0.002861	2.33	6.01	5.01	0.68
9	14.00	183.19	184.49		184.72	0.002291	2.16	6.49	5.02	0.61
8	14.00	182.93	184.43		184.60	0.001521	1.87	7.49	5.02	0.49
7	14.00	182.80	184.40		184.56	0.001255	1.75	8.02	5.02	0.44
6.8	14.00	182.77	184.47	183.45	184.52	0.000334	1.03	13.61	8.02	0.25
6.5	Bridge									
6.1	14.00	182.72	184.47		184.52	0.000308	1.00	14.00	8.02	0.24
6	14.00	182.70	184.47	183.38	184.52	0.001511	0.99	14.15	8.02	0.24
5.5	Bridge									
5	14.00	182.63	184.37		184.44	0.002290	1.18	11.82	7.22	0.30
4	14.00	182.54	184.34	183.28	184.40	0.001782	1.07	13.05	7.52	0.26
3.5	Bridge									
3	14.00	182.50	184.18		184.33	0.006892	1.73	8.11	8.14	0.55
2	14.00	182.43	184.05	183.70	184.22	0.008164	1.83	7.65	8.03	0.60
1	14.00	182.37	183.63	183.63	184.02	0.024359	2.76	5.06	6.51	1.00

Tabella 3 – Sintesi dei risultati della simulazione idraulica.

Il modello idraulico non evidenzia problematiche di esondazione, in accordo con quanto già evidenziato da Ferretti S.r.l. & Geo engineering S.r.l. (2016) nell'ambito del progetto di realizzazione della strada comunale (Via Curie).

Tuttavia sussistono le seguenti criticità residue:

- l'attraversamento ferroviario mostra un franco minimo tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del ponte pari a 0,80 m, inferiore a quello richiesto dal D.M. 17/01/218 e dalle Norme

di Attuazione del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico, Capo 3: Criteri di compatibilità, prescrizioni ed indirizzi per la progettazione e la verifica idraulica dei ponti.

- Gli attraversamenti di Via Curie e della S.P. n. 11 mostrano franchi rispettivamente di 1,26 m e 1,12 m, inferiori a quello richiesto dal D.M. 17/01/218.

In linea generale, le canalizzazioni e gli attraversamenti devono essere soggetti a manutenzione periodica. Particolare attenzione va posta a evitare l'accumulo di materiale in corrispondenza o in prossimità dei ponticelli ad arco della ferrovia e della S.P. n. 11.

6.0 RIO ORCHETTO

Il corso d'acqua ha origine a monte dell'Autostrada A4 e attraversa quest'ultima e la linea ferroviaria ad Alta Velocità Torino-Milano mediante una canalizzazione in cls..



Figura 15 – Attraversamento dell'Autostrada TO-MI e della linea ferroviaria.



Figura 16 – Ripartizione delle acque di irrigazione immediatamente a valle della linea ferroviaria.

Immediatamente a valle, le acque vengono ripartite, mediante paratoie mobili, in due fossi irrigui di cui il ramo orientale, in sinistra idrografica, raggiunge la Roggia San Marco e la sottopassa mediante un manufatto in mattoni avente altezza di

0,65 m e larghezza di 1,10 m, raccordandosi a valle con un tubo in cls avente diametro 0,80 m.



Figura 17 – Ramo di sinistra idrografica o orientale che più a valle viene denominato Rio Orchetto.



Figura 18 – Imbocco dell'attraversamento del corso d'acqua sotto la Roggia San Marco.

Dall'intersezione con la Roggia San Marco e fino alla confluenza nel F. Po, il corso d'acqua risulta essere iscritto nell'Elenco delle acque pubbliche della Provincia di Torino al n. 372.

A valle della Roggia, l'alveo mostra le caratteristiche di un fosso irriguo sagomato artificialmente, con due gomiti di cui il primo ad angolo ottuso ($\approx 110^\circ$), regolato da tubo (ϕ 0,80 m) con paratoia e il secondo ad angolo retto. In questo tratto ultimo tratto il fosso mostra profondità comprese tra 0,70 m e 1 m, larghezza alla base di 1÷1,50 m e in testa di 2÷3 m.



Figura 19 – Sbocco dell'attraversamento (ϕ 0,80 m) del Rio Orchetto immediatamente a valle della Roggia San Marco.



Figura 20 – Rio Orchetto a valle della Roggia San Marco e attraversamento strada campestre (ϕ 1,20 m).



Figura 21 – Alveo del Rio Orchetto a valle della Roggia San Marco.

Il fosso in terra denominato Rio Orchetto attraversa il rilevato di Via M. Curie mediante uno scatolare in cls avente dimensioni 3*2 m e successivamente la linea ferroviaria storica Torino-Milano, mediante un ponticello ad arco in mattoni, avente altezza dei piedritti pari a 1 m e larghezza di 2,4 m a monte e di 1,5 m a valle; è inoltre presente un fornice in mattoni avente dimensioni 0,50*0,50 m otturato.

Il ponticello appare parzialmente colmato da sedimenti sabbioso-limosi. Immediatamente a valle è presente una vasca di sedimentazione che ripartisce la portata in due rami.

Il ramo B occidentale corrisponde al Rio Orchetto ed è caratterizzato da un alveo con sponde e fondo in terra avente larghezza minima di 4÷5 m e altezza di 2÷2,5 m.

Il ramo C orientale, denominato “Canale del Nuovo Orchetto” sulla BDTRE, è attivabile mediante l’apertura di una paratoia ad apertura manuale che immette un tratto tombato di dimensioni 1,50*0,85 m sotto la strada sterrata che collega il parcheggio di Via Settimo al Parco Mauriziano, allo sbocco la sezione mostra larghezza e altezza massime rispettivamente di 1,8 m e 1,10 m.

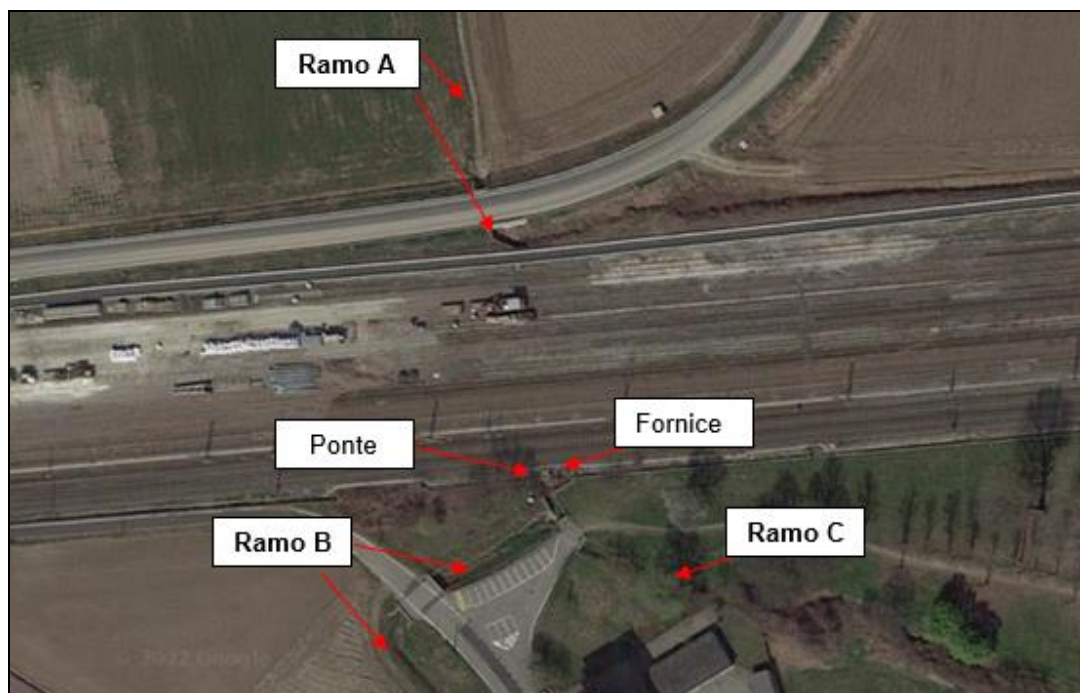


Figura 22 – Stralcio da Ortofoto AGEA 2015 (Arpa Piemonte).



Figura 23 – Attraversamento ferroviario (“ponte” nella figura precedente) del Rio Orchetto.



Figura 24 – Attraversamento ferroviario (“fornice” nella figura precedente) del Rio Orchetto.



Figura 25 – Ripartizione del ramo A Rio Orchetto nei rami B (Rio Orchetto) e C (Canale del Nuovo Orchetto” sulla BDTRE).



Figura 26 – Rio Orchetto visto da valle.

6.1 VALUTAZIONI IDROLOGICHE

Relativamente al Rio Orchetto, sono disponibili i dati idrologici calcolati nell'ambito del progetto di realizzazione della nuova viabilità immediatamente a monte della ferrovia (Ferretti S.r.l. & Geo engineering S.r.l., 2016).

$Q_{(Tr = 20)}$	3,86	$[m^3/s]$
$Q_{(Tr = 100)}$	4,85	$[m^3/s]$
$Q_{(Tr = 200)}$	5,28	$[m^3/s]$
$Q_{(Tr = 500)}$	5,84	$[m^3/s]$

Tabella 4 - Valori di portata riferibili alla sezione di chiusura in corrispondenza dell'attraversamento della linea ferroviaria.

In tale progetto il Rio Orchetto veniva denominato “Canale Nuovo Orchetto” come il toponimo della cartografia tecnica regionale.

Il valore della portata avente tempo di ritorno duecentennale è stato valutato in 5,28 m³/s. Tuttavia, poiché a valle della Gora San Marco la portata del Rio Orchetto è regolata dal tubo STORAG058 (ved. schede SICOD nell’elaborato GA02), avente diametro di 0,80 m, mediante una verifica in moto uniforme è stato verificato che la portata massima che defluisce a valle è di poco inferiore a 1 m³/s (ved. Allegato 1).

6.2 VALUTAZIONI IDRAULICHE

La simulazione idraulica, in moto permanente monodimensionale, lungo l’asta del Rio Orchetto nel tratto a monte della Linea Ferroviaria è stata effettuata inserendo n. 7 sezioni trasversali atte a caratterizzare la geometria del modello, avendo fissato le condizioni di scabrezza per il fondo alveo e le sponde e la pendenza del tratto in esame – posta pari allo 0,33 % a monte e 0,5% a valle - (condizioni al contorno del modello monodimensionale) oltre al valore della portata massima transitabile a valle della Gora di Orbassano pari a 1 m³/s.

Le verifiche idrauliche sono state eseguite con l’inserimento degli attraversamenti di Via M. Curie e della ferrovia.

Dalle analisi effettuate risulta che, con riferimento alla portata suddetta, la corrente defluisce con velocità comprese tra 1,25 e 2,36 m/s circa ed altezze del pelo libero medie dell’ordine di 0,40 m rispetto al fondo alveo.

River Sta	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
4	1.00	183.85	184.20	184.20	184.34	0.011250	1.67	0.60	2.14	1.01
3	1.00	183.50	183.90	183.85	184.00	0.006614	1.39	0.72	2.30	0.79
2	1.00	183.30	183.67	183.67	183.82	0.011102	1.70	0.59	2.02	1.01
1	1.00	183.18	183.37	183.46	183.65	0.013939	2.36	0.42	2.45	1.81
0.95	Culvert									
0.9	1.00	183.05	183.37	183.31	183.45	0.002130	1.25	0.80	2.58	0.72
0.8	Bridge									
0.5	1.00	182.60	182.84	182.86	182.99	0.005949	1.75	0.57	2.41	1.15

Tabella 5 – Sintesi dei risultati della simulazione idraulica.

La geometria dell’asta fluviale è stata schematizzata come riportato nella seguente immagine:

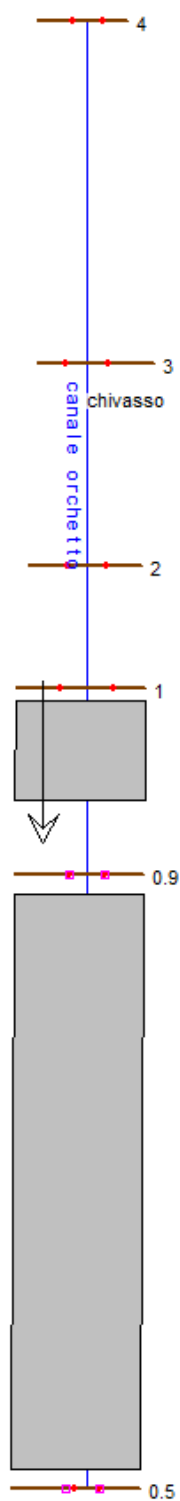


Figura 27 - Geometria del modello idraulico in Hec Ras 6.2.

7.0 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO (2023) – *Progetto TO-E-1275. Lavori di difese spondali e ricalibratura torrente Orco nel comune di Foglizzo e regimazione idraulica e manutenzione torrente Orco nei comuni di Foglizzo, Montanaro e Chivasso. Progetto esecutivo.*

AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO (2024) – *Progetto TO-E-1275. Lavori di difese spondali e ricalibratura torrente Orco nel comune di Foglizzo e regimazione idraulica e manutenzione torrente Orco nei comuni di Foglizzo, Montanaro e Chivasso. Perizia di variante n. 1. Annualità 2024.*

ARPA PIEMONTE (2024) – *Geoportale.*

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001) - *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI). Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po in data 26 aprile 2001, approvato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 24 maggio 2001.*

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2017) - *Progetto di Variante al PAI: mappe della pericolosità e del rischio di alluvione ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. n. 49 del 23.02.2010 Torrente Orco da Cuorgnè a confluenza Po.*

AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE DEL FIUME PO (2020) – *Variante di aggiornamento della delimitazione delle Fasce fluviali del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po: torrente Orco da Cuorgnè alla confluenza nel fiume Po.*

FERRETTI S.R.L. & GEO ENGINEERING S.R.L. (2016) – *Linea Torino-Milano, Linea Chivasso-Aosta, Linea Chivasso-Casale. Progetto definitivo. Opera 2.1. Strada di collegamento Stabilimento Rivoira – Strada Comunale Vecchia di Montanaro a soppressione dei PL alle prog. km 25+491 (Strada dell'Argine) km 25+508 (Stabilimento Rivoira) e km 25+700 (Via Settimo). Relazione idrologico-idraulica.*

REGIONE PIEMONTE (2024) – *Geoportale.*

R&C ENGINEERING S.R.L. (2012) – *Studio idraulico delle piene del torrente Orco in corrispondenza del territorio comunale di Chivasso tramite modello bidimensionale.*

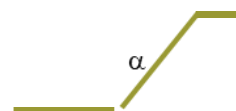
STUDIO ROSSO INGENERI ASSOCIATI (2022) – *Interventi di sistemazione idraulica del torrente Orco a protezione della frazione Pratoregio – Stralcio 1: completamento linea arginale. Progetto Definitivo.*

ALLEGATI

ALLEGATO 1

RIO ORCHETTO - VERIFICA IN MOTO UNIFORME ATTRAVERSAMENTO ROGGIA SAN MARCO

Base inferiore	1.1	m
Altezza	0.65	m
Angolo alla verticale α	0	gradi ssg
Scabrezza (Strickler)	28	$m^{1/3}/s$
Pendenza	10	m/km



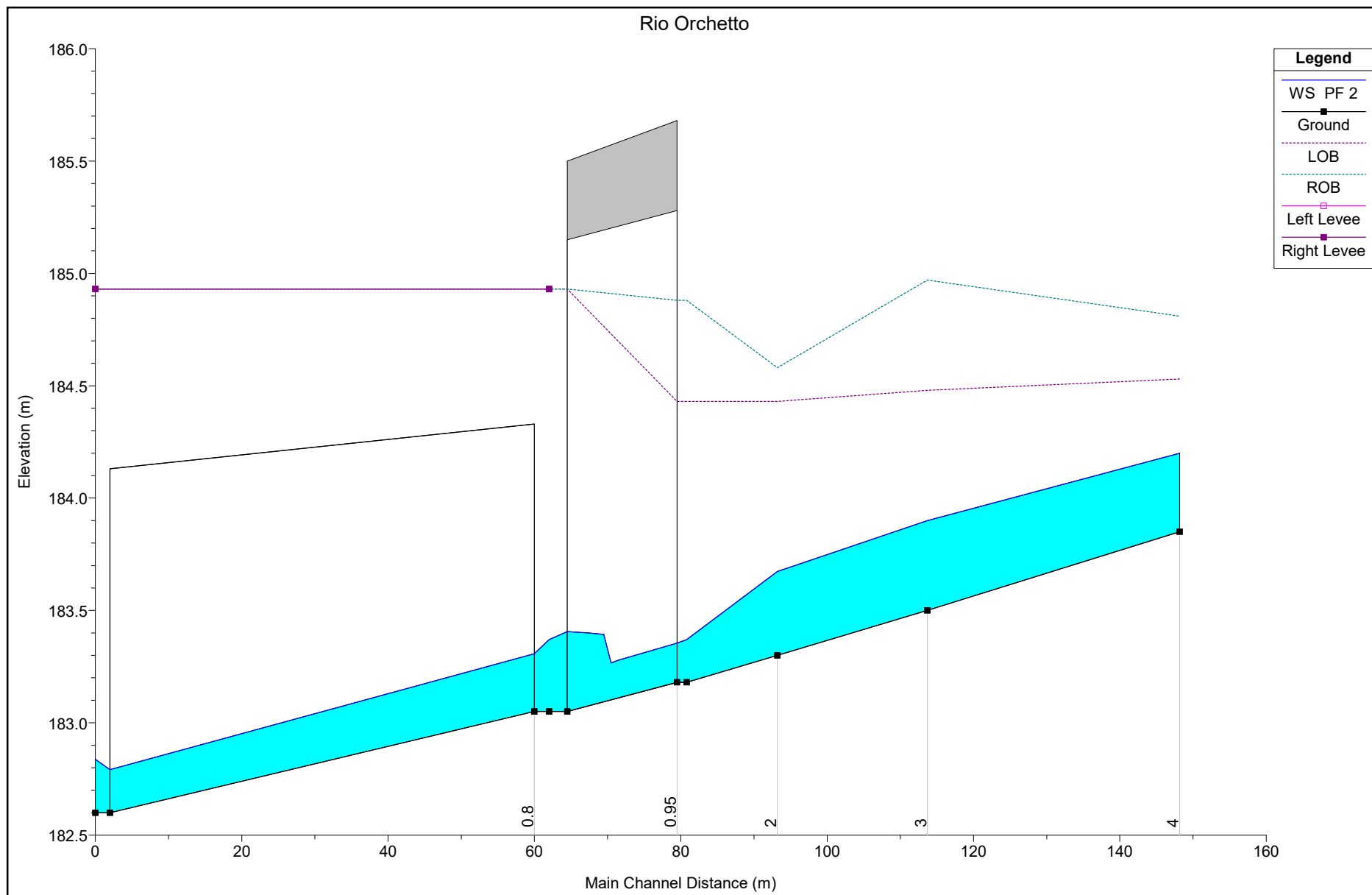
Altezza d'acqua [m]	Carico Totale [m]	Area Bagnata [m²]	Contorno Bagnato [m]	Raggio Idraulico [m]	Larghezza profilo [m]	Portata [m³/s]	Velocità [m/s]	Coeff. Riemp. [%]
0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	1.10	0.00	0.00	0
0.02	0.02	0.02	1.13	0.02	1.10	0.00	0.18	3
0.03	0.04	0.04	1.17	0.03	1.10	0.01	0.27	5
0.05	0.06	0.05	1.20	0.04	1.10	0.019	0.35	8
0.07	0.07	0.07	1.23	0.06	1.10	0.030	0.42	10
0.08	0.09	0.09	1.26	0.07	1.10	0.043	0.48	13
0.10	0.11	0.11	1.30	0.08	1.10	0.06	0.53	15
0.11	0.13	0.13	1.33	0.09	1.10	0.07	0.58	18
0.13	0.15	0.14	1.36	0.11	1.10	0.09	0.62	20
0.15	0.17	0.16	1.39	0.12	1.10	0.11	0.66	23
0.16	0.19	0.18	1.43	0.13	1.10	0.13	0.70	25
0.18	0.21	0.20	1.46	0.13	1.10	0.14	0.74	28
0.20	0.23	0.21	1.49	0.14	1.10	0.16	0.77	30
0.21	0.24	0.23	1.52	0.15	1.10	0.19	0.80	33
0.23	0.26	0.25	1.56	0.16	1.10	0.21	0.83	35
0.24	0.28	0.27	1.59	0.17	1.10	0.23	0.86	38
0.26	0.30	0.29	1.62	0.18	1.10	0.25	0.88	40
0.28	0.32	0.30	1.65	0.18	1.10	0.28	0.91	43
0.29	0.34	0.32	1.69	0.19	1.10	0.30	0.93	45
0.31	0.35	0.34	1.72	0.20	1.10	0.32	0.95	48
0.33	0.37	0.36	1.75	0.20	1.10	0.35	0.97	50
0.34	0.39	0.38	1.78	0.21	1.10	0.37	0.99	53
0.36	0.41	0.39	1.82	0.22	1.10	0.40	1.01	55
0.37	0.43	0.41	1.85	0.22	1.10	0.42	1.03	58
0.39	0.45	0.43	1.88	0.23	1.10	0.45	1.05	60
0.41	0.46	0.45	1.91	0.23	1.10	0.47	1.06	63
0.42	0.48	0.46	1.95	0.24	1.10	0.50	1.08	65
0.44	0.50	0.48	1.98	0.24	1.10	0.53	1.09	68
0.46	0.52	0.50	2.01	0.25	1.10	0.55	1.11	70
0.47	0.54	0.52	2.04	0.25	1.10	0.58	1.12	73
0.49	0.55	0.54	2.08	0.26	1.10	0.61	1.14	75
0.50	0.57	0.55	2.11	0.26	1.10	0.64	1.15	78
0.52	0.59	0.57	2.14	0.27	1.10	0.66	1.16	80
0.54	0.61	0.59	2.17	0.27	1.10	0.69	1.17	83
0.55	0.62	0.61	2.21	0.28	1.10	0.72	1.19	85
0.57	0.64	0.63	2.24	0.28	1.10	0.75	1.20	87
0.59	0.66	0.64	2.27	0.28	1.10	0.78	1.21	90
0.60	0.68	0.66	2.30	0.29	1.10	0.81	1.22	92
0.62	0.69	0.68	2.34	0.29	1.10	0.83	1.23	95
0.63	0.71	0.70	2.37	0.29	1.10	0.86	1.24	97
0.65	0.73	0.72	2.40	0.30	1.10	0.89	1.25	100

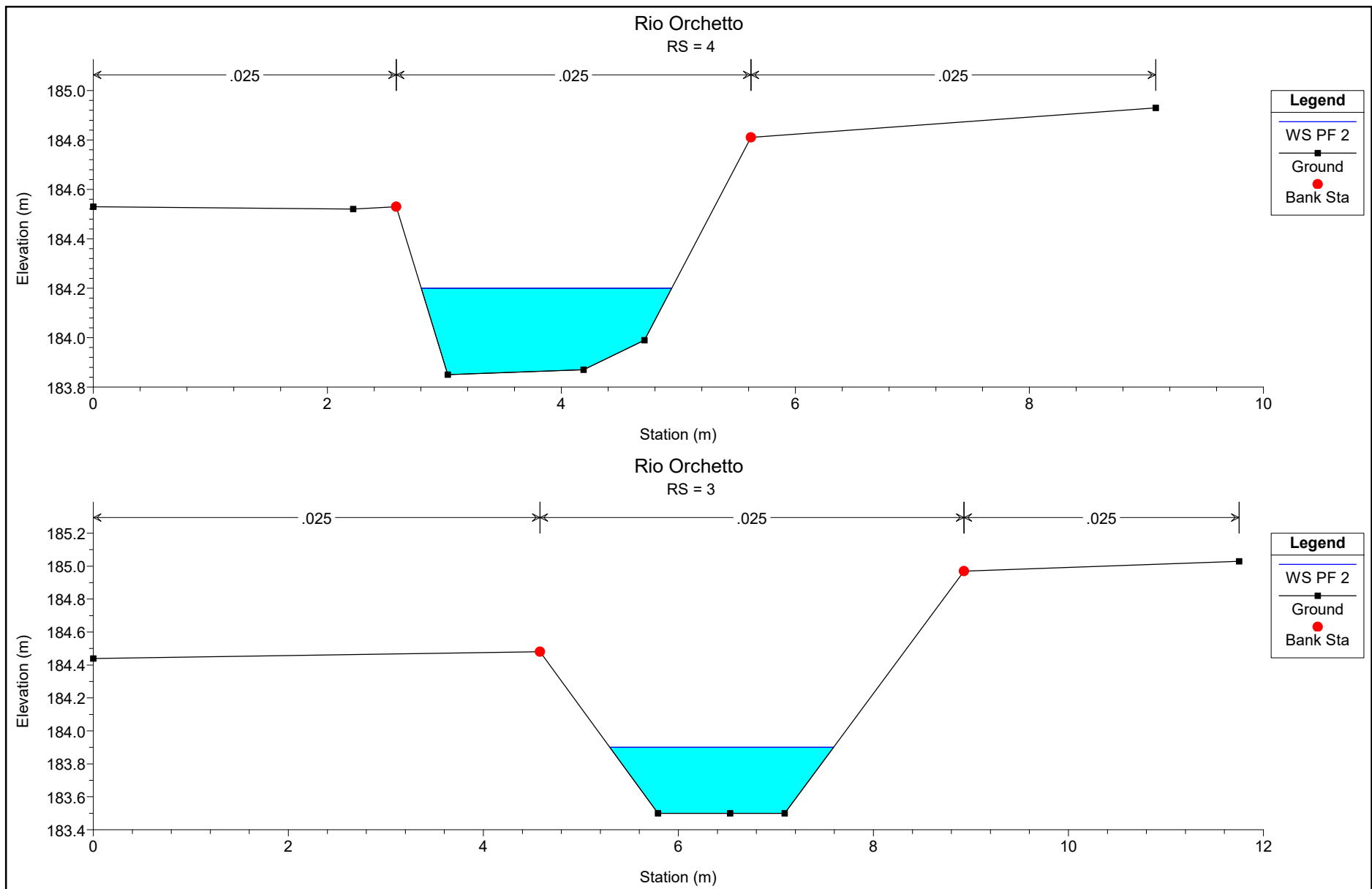
ALLEGATO 2

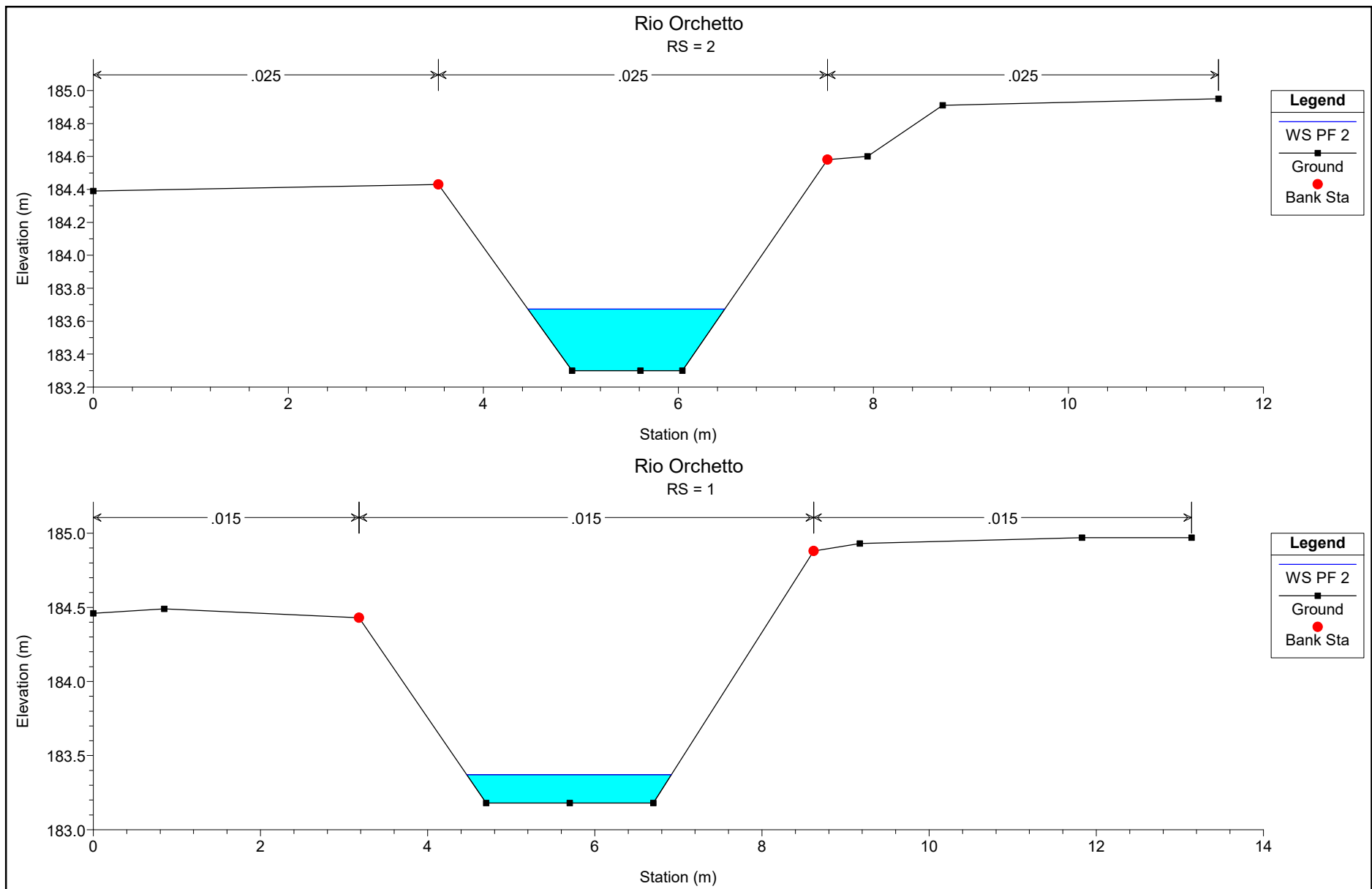
RIO ORCHETTO - VERIFICA IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE MONODIMENSIONALE ATTRAVERSAMENTI VIA M. CURIE E FERROVIA

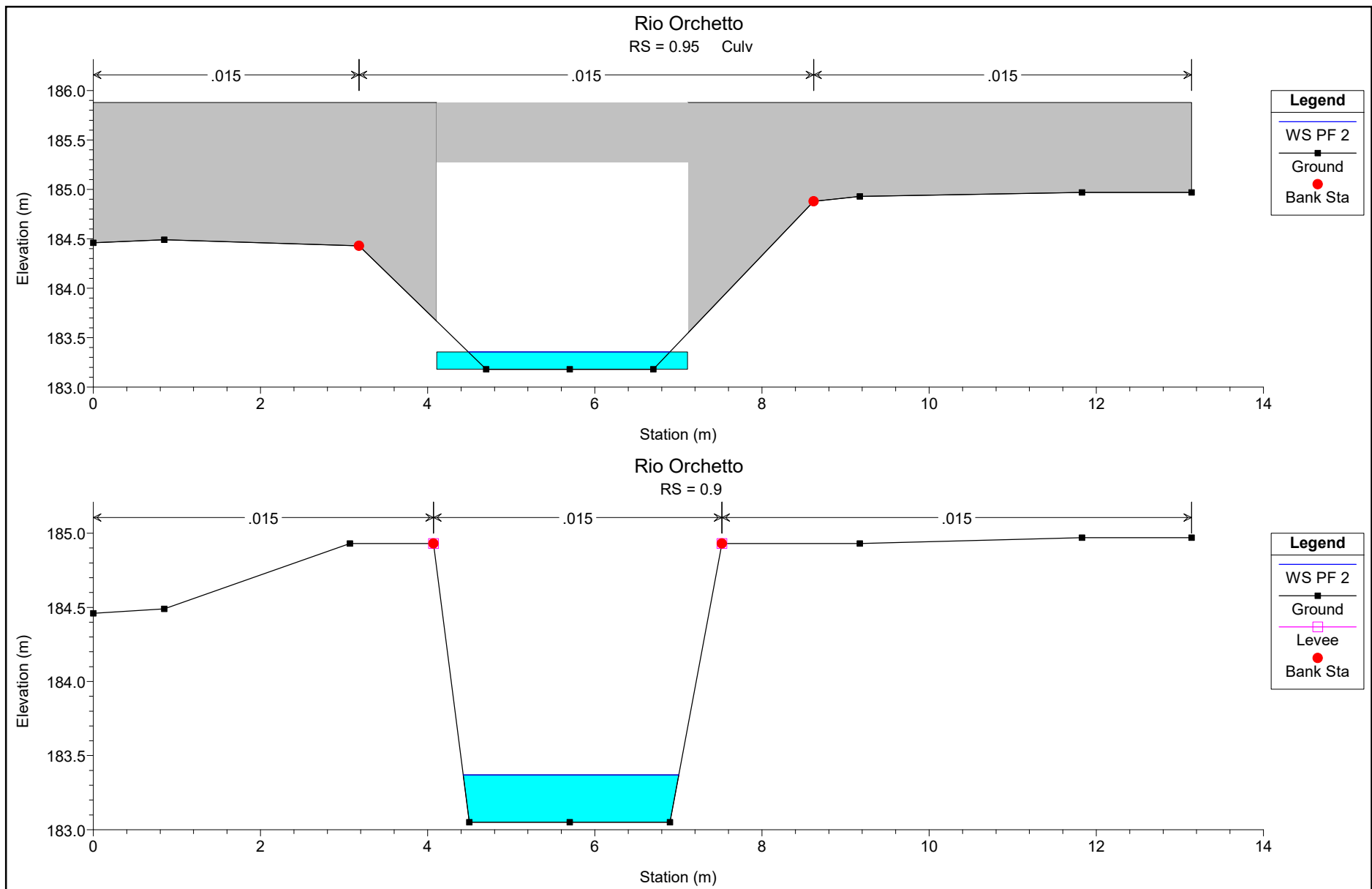
HEC-RAS Plan: Orchetto River: canale orchetto Reach: chivasso Profile: PF 2

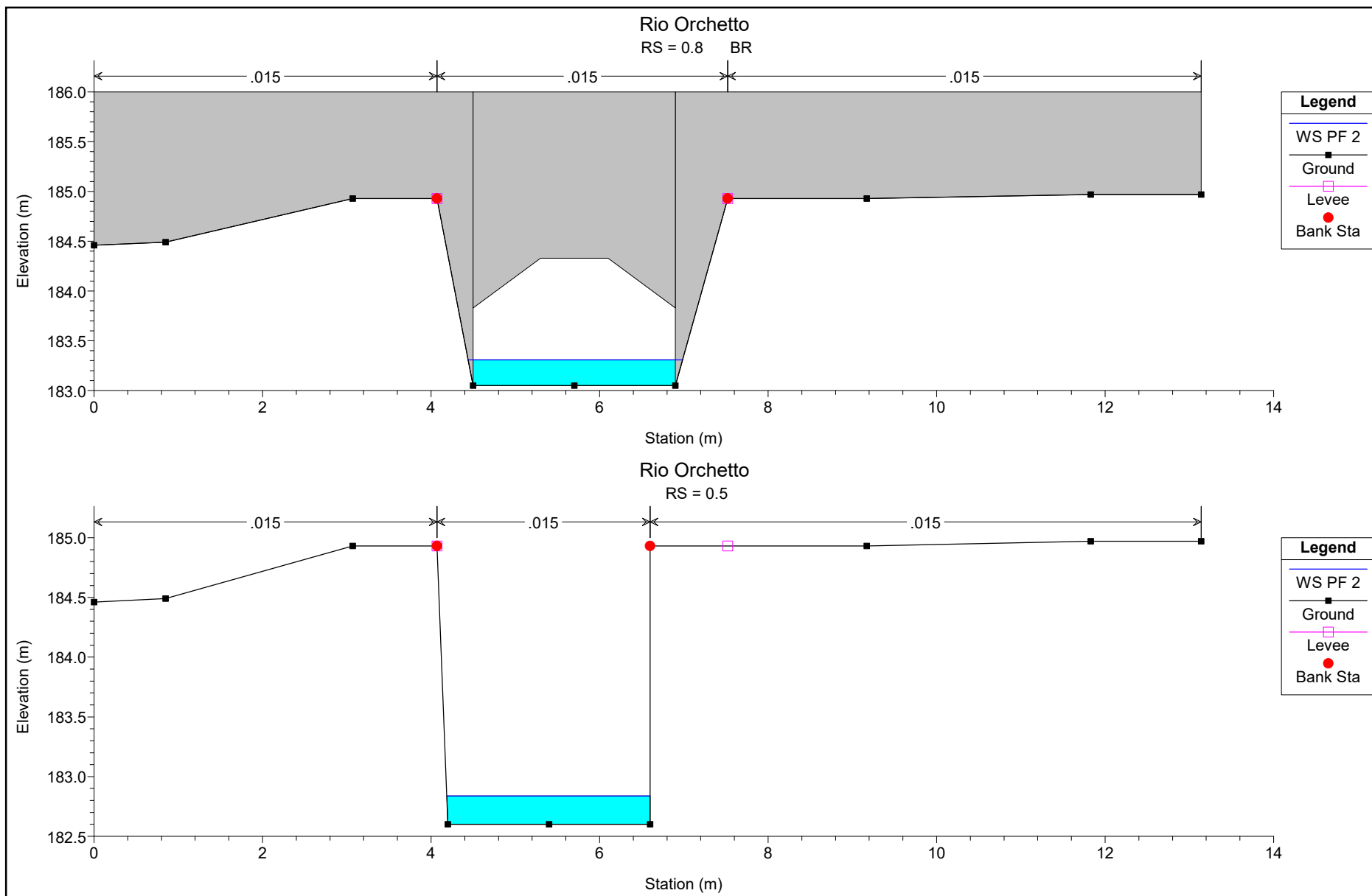
Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
chivasso	4	1.00	183.85	184.20	184.20	184.34	0.011250	1.67	0.60	2.14	1.01
chivasso	3	1.00	183.50	183.90	183.85	184.00	0.006614	1.39	0.72	2.30	0.79
chivasso	2	1.00	183.30	183.67	183.67	183.82	0.011102	1.70	0.59	2.02	1.01
chivasso	1	1.00	183.18	183.37	183.46	183.65	0.013939	2.36	0.42	2.45	1.81
chivasso	0.95	Culvert									
chivasso	0.9	1.00	183.05	183.37	183.31	183.45	0.002130	1.25	0.80	2.58	0.72
chivasso	0.8	Bridge									
chivasso	0.5	1.00	182.60	182.84	182.86	182.99	0.005949	1.75	0.57	2.41	1.15







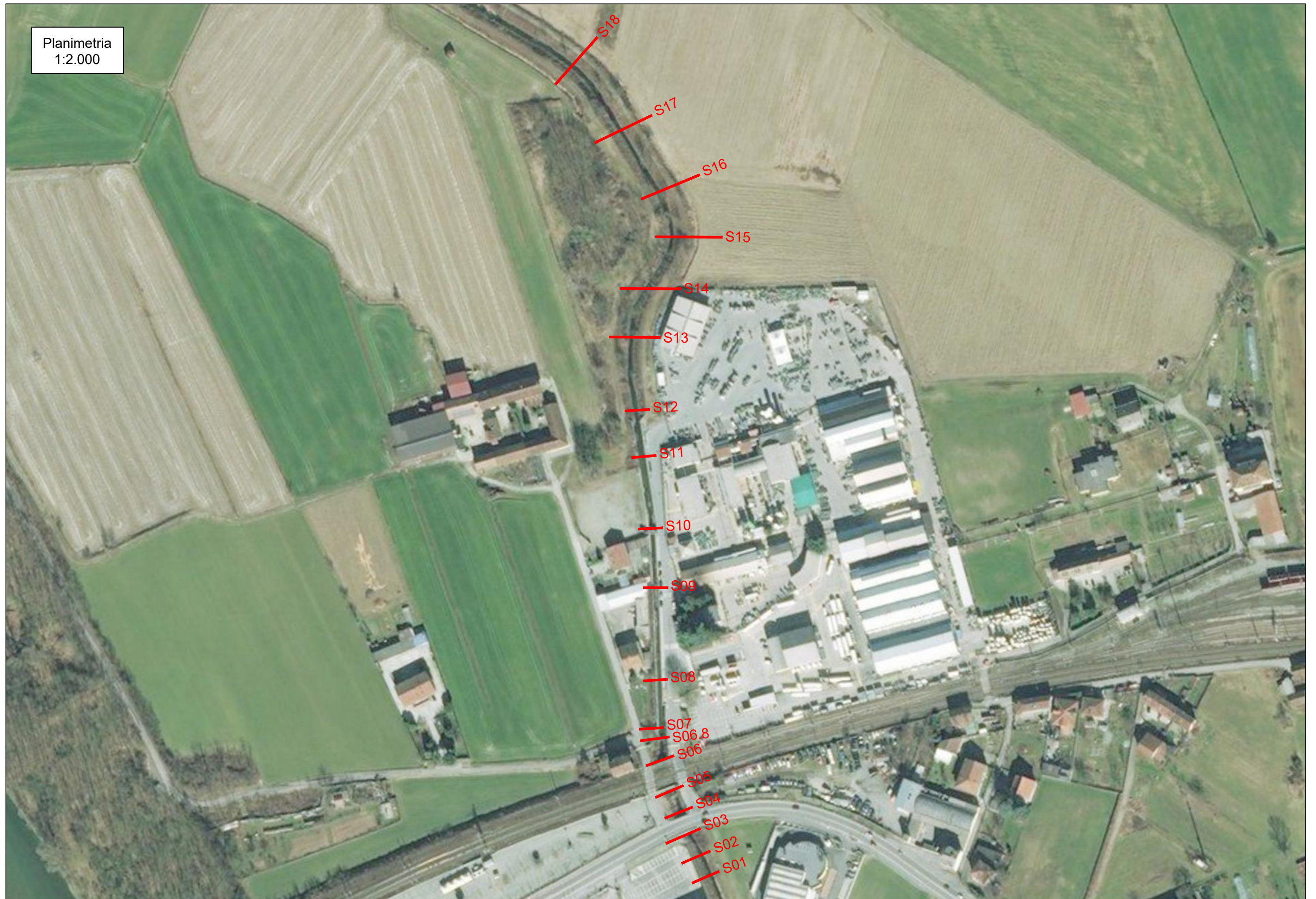




ALLEGATO 3

**RIO NUOVO ORCHETTO - VERIFICA IDRAULICA IN MOTO
PERMANENTE**

Planimetria
1:2.000



HEC-RAS Plan: NUOVO ORCHETTO 24 River: Orchetto Reach: Rivoira Profile: PF 1

Reach	River Sta	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)	
Rivoira	18	14.00	184.52	186.51	185.80	186.59	0.003070	1.26	11.10	9.83	0.38
Rivoira	17	14.00	184.42	186.33	185.70	186.43	0.003938	1.39	10.05	9.19	0.43
Rivoira	16	14.00	184.27	186.09	185.58	186.22	0.005511	1.59	8.79	8.41	0.50
Rivoira	15	14.00	184.15	185.94	185.44	186.07	0.005460	1.58	8.85	8.52	0.50
Rivoira	14	14.00	183.98	185.72	185.27	185.86	0.006348	1.67	8.37	8.30	0.53
Rivoira	13	14.00	183.85	185.12	185.12	185.50	0.024475	2.75	5.10	6.68	1.00
Rivoira	12	14.00	183.67	184.76		185.10	0.003797	2.57	5.46	5.01	0.79
Rivoira	11	14.00	183.55	184.66		184.98	0.003574	2.51	5.57	5.01	0.76
Rivoira	10	14.00	183.35	184.55		184.83	0.002861	2.33	6.01	5.01	0.68
Rivoira	9	14.00	183.19	184.49		184.72	0.002291	2.16	6.49	5.02	0.61
Rivoira	8	14.00	182.93	184.43		184.60	0.001521	1.87	7.49	5.02	0.49
Rivoira	7	14.00	182.80	184.40		184.56	0.001255	1.75	8.02	5.02	0.44
Rivoira	6.8	14.00	182.77	184.47	183.45	184.52	0.000334	1.03	13.61	8.02	0.25
Rivoira	6.5	Bridge									
Rivoira	6.1	14.00	182.72	184.47		184.52	0.000308	1.00	14.00	8.02	0.24
Rivoira	6	14.00	182.70	184.47	183.38	184.52	0.001511	0.99	14.15	8.02	0.24
Rivoira	5.5	Bridge									
Rivoira	5	14.00	182.63	184.37		184.44	0.002290	1.18	11.82	7.22	0.30
Rivoira	4	14.00	182.54	184.34	183.28	184.40	0.001782	1.07	13.05	7.52	0.26
Rivoira	3.5	Bridge									
Rivoira	3	14.00	182.50	184.18		184.33	0.006892	1.73	8.11	8.14	0.55
Rivoira	2	14.00	182.43	184.05	183.70	184.22	0.008164	1.83	7.65	8.03	0.60
Rivoira	1	14.00	182.37	183.63	183.63	184.02	0.024359	2.76	5.06	6.51	1.00

