



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INVESTIMENTO 2.2 - INTERVENTI PER LA RESILIENZA,
LA VALORIZZAZIONE DEL TERRITORIO E L'EFFICIENZA ENERGETICA DEI COMUNI

COMUNE DI BAONE

NUOVA REALIZZAZIONE PISTA CICLOPEDONALE
RIVADOLMO TRA NATURA E CULTURA



PROGETTO ESECUTIVO

ELAB.	VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA AI SENSI DELLA D.G.R.V. 2948/2009 AI SENSI DEL P.R.G.A. VIGENTE	Rev. 00
2		Novembre 2022

PROGETTISTA
Dott. Arch. Stefano Meneghini
Dott. For. E. Michela Mutto Accordi



"The way for global sustainability"

CONSYLIO s.r.l. - Società di Ingegneria
Via L. Pellizzo, 14 - 35128 Padova (PD) - Tel/ Fax 049 8072072
www.consylio.eu - info@consylio.eu
Società Certificata UNI EN ISO 9001:2015 n. IQ-0117-05



Dasa-Rägister
EN ISO 9001:2015
IQ-0117-05

COMUNE DI BAONE
PROVINCIA DI PADOVA



<p>Data:</p> <p>ottobre 2022</p>	<p style="text-align: center;">INTERVENTI A FAVORE DELLA MOBILITÀ E DELLA SICUREZZA STRADALE CON REALIZZAZIONE DI UN PERCORSO CICLO-PEDONALE PROTETTO NEL COMUNE DI BAONE LUNGO LA STRADA PROVINCIALE 89 VIA RIVADOLMO - FOGLIO 5, MAPPALI VARI</p> <p style="text-align: center;">VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA AI SENSI DELLA D.G.R.V. 2948/2009 AI SENSI DEL P.G.R.A. VIGENTE</p> <p style="text-align: center;">PERIZIA IDRAULICA SULLE CONDUZIONI DELLE VIE D'ACQUA DI PIOGGIA CON TOMBINAMENTI</p>	<p>Elaborato:</p> <p style="text-align: center;">Relazione</p> <hr/> <p>Allegati:</p> <p>Allegato 1 Allegato 2 Allegato 3 Allegato 4</p> <hr/> <p>Ing. Francesco Pescarolo Albo degli Ingegneri della Provincia di Padova N. 4572</p>
<p>Revisione:</p> <p>V00</p>	<p style="text-align: center;"> "The Way for Global Sustainability" CONSYLIO S.r.l. – Engineering Company Sede Legale e Operativa: Via Luigi Pellizzo, 14 – 35128 Padova Unità Locale: Piazza Municipio, 12 – 32020 Falcade (BL) Tel. +39 049 8072072 - Fax +39 049 8072072 Sito web: www.consylio.eu</p>	<p style="text-align: center;"></p>

INDICE

<u>1</u>	<u>PREMESSA</u>	<u>2</u>
<u>2</u>	<u>DESCRIZIONE DEL PROGETTO</u>	<u>8</u>
<u>3</u>	<u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</u>	<u>12</u>
<u>4</u>	<u>ANALISI DELL'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL COMPENSORIO</u>	<u>14</u>
<u>5</u>	<u>ANALISI IDRAULICA</u>	<u>18</u>
5.1	CODICE DI CALCOLO HEC-RAS	19
	<i>Le equazioni del moto</i>	19
	<i>Definizione delle perdite di carico per attrito</i>	21
	<i>Proprietà opzionali delle sezioni</i>	23
	<i>Strutture</i>	24
	<i>Ponti</i>	25
	<i>Tombini</i>	26
	<i>Stramazzi</i>	26
	<i>Stramazzi laterali</i>	27
5.2	APPLICAZIONE DEL CODICE HEC-RAS	28
5.3	RISULTATI DEL CODICE HEC-RAS	32
<u>6</u>	<u>CONCLUSIONI</u>	<u>36</u>
6.1	AI SENSI DELLA DGRV 2948 - INTERVENTI DI MITIGAZIONE IDRAULICA	36
6.2	AI SENSI DEL P.A.I. E DEL VIGENTE P.G.R.A.	37

1 PREMESSA

Per incarico della Committenza è stata redatta la presente relazione tecnica al fine di caratterizzare dal punto di vista idrologico e idraulico l'area oggetto di un intervento di realizzazione di un pista ciclabile in Comune di Baone (PD) località Rivadolmo in via Banze lungo la Strada Provinciale 89 (Figura 7); ha lo scopo di verificare dal punto di vista idraulico l'intervento di tombinamento del tratto di fosso di guardia che corre in fregio alla strada sul lato est in direzione nord.

L'area dell'ambito di interesse si pone a nord del nucleo cittadino di Rivadolmo, con una quota altimetrica variabile tra 17 m s.l.m. a inizio tratto a sud e 21 m s.l.m. a fine tratto a nord (Figura 9) degradando quindi da nord verso sud.

Allo stato di fatto l'area interessata dalla realizzazione della pista ciclabile presenta un fosso di guardia di modeste dimensioni, mediamente largo in sommità circa 2.0 m e profondo 60-80 cm, in alcuni tratti risulta completamente interrato e potenzialmente poco efficiente dal punto di vista idraulico; presenta sezioni più ampie in corrispondenza del tratto centrale tra le sezioni 13, 14 e 15 del rilievo effettuato, laddove convergono i 2 rami di fosso che poi vanno a scaricare sottostrada in un attraversamento scatolare 1500x1000 mm, posato in piedi, per defluire quindi dall'altra parte della strada in un fossato che poi conduce verso ovest per le vie più basse al riceettore finale. Il tratto nord, quindi, scarica verso sud e il tratto a sud scarica presumibilmente verso nord, mentre il primo presenta una livelletta ben definita e degradante il secondo ha un fondo piuttosto irregolare con saliscendi che ne inficiano le vie di deflusso.

Lungo il tratto di interesse, insistono due tombinature di lunghezza e luce diversa che possono rappresentare forti strozzature per il libero deflusso delle acque soprattutto in concomitanza di eventi metereologici significativi.

A partire da sud e seguendo l'asse del fosso verso nord in base ai sopralluoghi condotti e alle rilevazioni eseguite in campo sono stati censiti i seguenti tombini:

1. Ponticello scatolare in cls 1000x500 mm – passo carraio largo 6 m;
2. Ponticello con tubo DN500 mm in cls – passo carraio largo 4 m circa;

Come si evince dall'elenco sopra i due tombini risultano di dimensioni inappropriate rispetto alla sezione del fosso e soprattutto fortemente interrati con presenza di materiale vario, si vedano le foto riprese durante i rilievi.

La presente indagine si propone di analizzare l'efficienza idraulica dell'intervento garantendo un dimensionamento delle tubazioni di progetto tale da non alterare se non migliorare lo stato di fatto, assicurando il libero deflusso delle portate anche nelle situazioni idrologicamente più critiche, nonché garantire il mantenimento dei volumi di invaso esistenti. Per questo motivo si è stabilito di utilizzare condotte in cls del diametro DN800 mm per il tratto sud che presenta una sezione e una profondità quasi impercettibili se non per la parte finale, e una condotta in cls del diametro DN1000 mm per il tratto nord che presenta una sezione ben più definita e incisa. Le condotte non altereranno in alcun modo il libero deflusso delle portate, dall'altro ridurranno al minimo la perdita di volumetria utile all'invaso, mentre in certi tratti completamente interrati vi è al contrario recupero di volume.

Le foto sotto riportano i tombini elencati sopra e alcune riprese del tratto di indagine.



Figura 1 – Foto tombino ponticello condotta scatolare in CLS 1000x500 mm



Figura 2 – Foto tombino ponticello condotta in CLS DN500 mm



Figura 3 – Foto condotta scatolare in CLS 1500x1000 mm in attraversamento stradale



Figura 4 – Foto scattata lungo la SP89 – opera di imbocco e attraversamento scatolare



Figura 5 – Foto scattata lungo la SP89 in direzione nord, in destra il fossato esistente



Figura 6 – Foto scattata lungo la SP89 in direzione nord, in destra il fossato esistente

Il documento, inoltre, si prefigge di indagare e definire gli aspetti connessi all'assetto idrogeologico del territorio in riferimento al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione. La stessa si pone l'obiettivo di rispondere alle disposizioni regionali e comunali vigenti al fine di verificare che gli interventi di modifica morfologica o volumetrica non possano determinare possibili dissesti idraulici ed idrogeologici non contemplati dai P.A.I. poiché questi ultimi non considerano, ovviamente, le modifiche sul territorio introdotte dagli strumenti urbanistici in data successiva agli studi di piano. Infine, riprende le disposizioni della Delibera n. 8/2019 dell'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali che detta una serie di misure di salvaguardia territoriale assunte in ragione delle informazioni riportate nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni vigente e nei Piani per l'Assetto Idrogeologico esistenti nel distretto idrografico delle Alpi Orientali, nonché le recenti Norme di Tecniche di Attuazione contenute nell'Allegato V del P.G.R.A. vigente.

Ogni intervento, infatti, potrebbe modificare l'attuale morfologia locale dei luoghi e interferire eventualmente con potenziali dinamiche di scorrimento idrico superficiale in concomitanza di allagamenti o esondazioni dei corpi idrici che scorrono appresso in particolare il fiume Brenta o per effetto di difficoltà idrauliche connesse ad altre reti minori che risultano piuttosto fitte nel contesto indagato. Nondimeno potrebbero innescarsi situazioni di rischio idraulico che dovran-

no essere valutate e mitigate in ossequio alle indicazioni delle Norme Tecniche comunali e del consorzio di competenza.

Il presente rapporto tecnico ha quindi lo scopo anche di indagare sugli effetti dell'intervento di progetto, diretti e indiretti, in relazione alle prescrizioni delle normative vigenti, e nello specifico valutare eventuali modifiche indotte alle dinamiche delle possibili esondazioni dei corpi idrici o allagamenti per ristagni d'acqua a seguito di forti precipitazioni, in ragione degli elementi morfometrici pre/post intervento, nonché verificare che, in presenza di eventuale rischio idraulico conclamato, siano adottate tutte le misure di prevenzione e mitigazione del rischio stesso attraverso opportuni sistemi di allertamento e procedure che dovranno raccordarsi con i piani di protezione civile comunale.

L'analisi idraulica sarà condotta attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, in particolare i piani di settore di riferimento che per la zona in esame sono:

- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.);
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.).

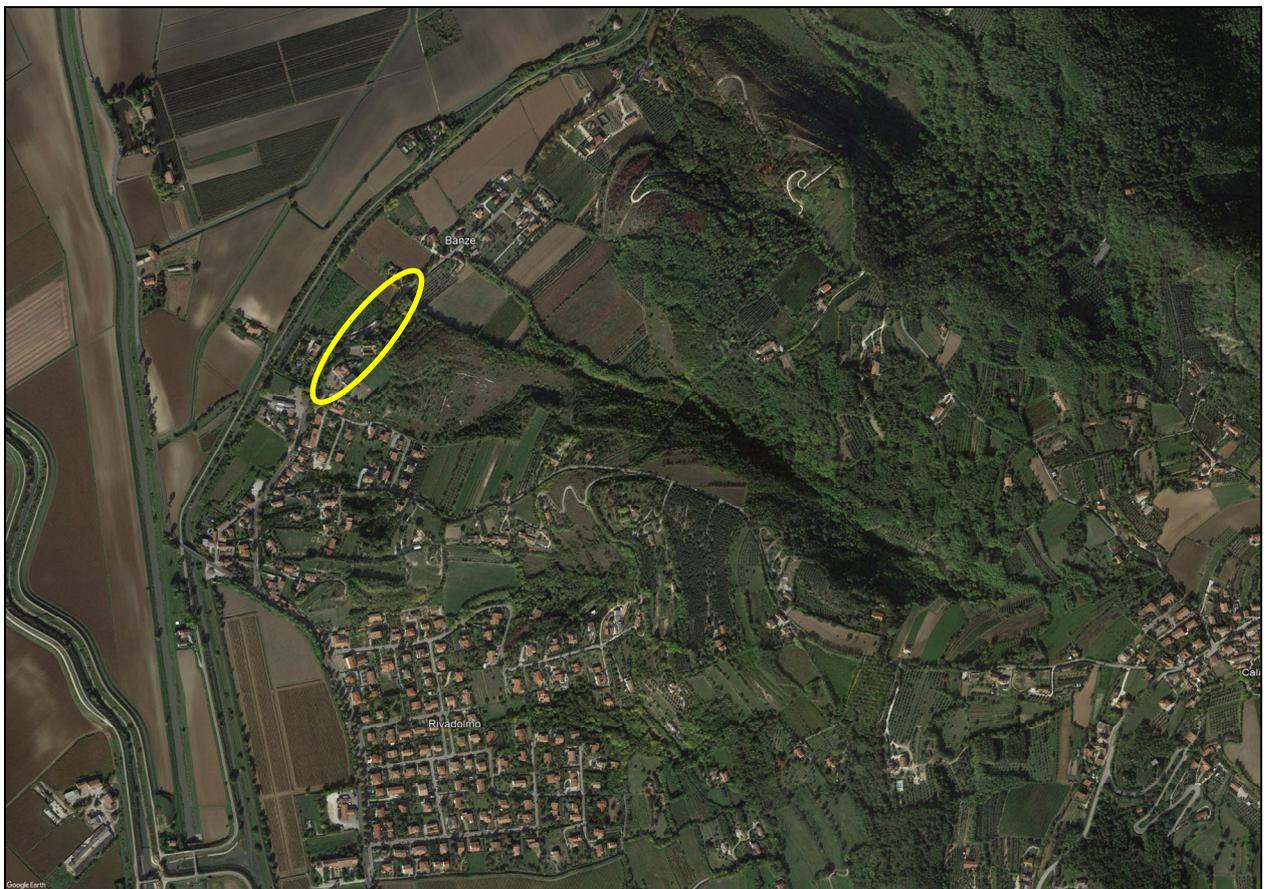


Figura 7 – Foto aerea con indicazione della zona d'indagine oggetto di progetto

2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Come riportato in premessa, trattasi di un progetto ricadente nel Comune di Baone in località Rivadolmo che interessa la realizzazione di una pista ciclo-pedonale in via banze lungo la Starda Provinciale 89 per un tratto lungo circa 350 m sul lato in direzione Banze.

Allo stato di fatto sul lato interessato dal progetto insiste un fosso di guardia che dovrà essere tombinato per consentire lo sviluppo della pista in affiancamento alla careggiata della strada.

La fossatura in oggetto presenta una linea di scorrimento che si sviluppa per un tratto da sud verso nord seguendo la strada su via Banze SP89 fino alla sezione 13 di rilievo mentre il secondo tratto discende da nord verso la sezione 13; ivi vanno a scaricare sottostrada in un attraversamento scatolare 1500x1000 mm, posato in piedi, per defluire quindi dall'altra parte della strada in un fossato che poi conduce verso ovest per le vie più basse al ricettore finale, il canale Bisatto (per la visione di dettaglio del percorso delle vie d'acqua si rimanda alla visione dell'allegato 4 dove sono riportati i percorsi dei corpi idrici presenti in sito sulla scorta delle mappe idrografiche reperite e dei sopralluoghi effettuati). Il fosso oggetto di analisi, dalle rilevazioni condotte in campo, presenta una sezione pseudo-trapezia con larghezza al top molto variabile, larghezza al fondo non definibile per la presenza di materiale e perdita nel tempo della morfometria di scavo e una profondità per molti tratti poco incisa. Come già riferito in premessa il fosso in più tratti appare fortemente ridotto nella sezione e presenta strozzature costituite da passi carrai e tombinature non adeguatamente dimensionate. Per la visione delle sezioni si rimanda alla consultazione dell'elaborato grafico contenente i dettagli del rilievo strumentale condotto in sito.

Il progetto riguarda interventi a favore della mobilità e della sicurezza stradale attuabili grazie alla realizzazione di un percorso ciclo-pedonale protetto in ambito urbano ponendosi come obiettivo primario la realizzazione di percorso difeso al fine di ridurre la sinistrosità del tratto oggetto di intervento e di migliorare la sicurezza degli utenti deboli della strada che attualmente riscontrano difficoltà nella percorrenza del tratto in esame anche per la presenza di curve che impediscono la visuale degli automobilisti.

L'intervento previsto si pone in continuità con altri interventi già realizzati o in fase di progettazione lungo la SP89 con la realizzazione di un tracciato sicuro, facile da percorrere per tutti i tipi di utenti. Le caratteristiche tecniche e costruttive rispecchiano quelle già realizzate nei lavori precedenti, in particolare la pista sarà realizzata in materiale drenante.

Il progetto in esame prevede la realizzazione del percorso ciclo-pedonale a doppio senso di marcia lungo la SP89 a partire da Via delle Ginestre, per una lunghezza di circa 350 m e di larghezza pari a 2,50 m posizionato sul lato est della strada.

Il percorso ciclo-pedonale che si sviluppa lungo il lato est della strada, al di là del filare di platani esistente nella banchina, corre in sede propria e sarà separato dalla sede stradale grazie alla presenza di un cordolo.

In alcuni tratti sarà realizzato il tombinamento del fosso di guardia, così come rilevato nelle tavole di progetto, mantenendo e garantendo la continuità idraulica con l'idrografia minore e con gli scarichi acque bianche esistenti derivanti dai fabbricati e terreni attigui. Allo stesso modo lungo la strada saranno previste bocche di lupo che recapiteranno le acque di careggiata e le acque provenienti pure dalle aree di versante al tombinamento di progetto. È previsto di realizzare due tratti di tombinamento; uno con sezione DN800 mm a sud dello scatolare di attraversamento e l'altro con DN1000 mm a nord dello scatolare di attraversamento in grado di garantire un efficace deflusso delle acque meteoriche e allo stesso tempo offrire notevoli volumi di invaso qualora il recapito di valle dovesse risultare difficoltoso.

La messa in opera della condotta di progetto su tutto il tratto, in sostituzione anche di quei tombini esistenti manifestamente poco efficienti, risulta una soluzione oltremodo ottimale e una miglioria idraulica per l'intero tratto.

Si può ad ogni modo affermare che, alla luce della morfologia locale e in relazione alla sistemazione finale delle aree di interesse, si verrà a creare un tratto che non andrà a modificare in maniera sensibile le dinamiche di drenaggio preesistenti e allo stesso tempo non si genererà carico idraulico ulteriore sulle reti di scarico esistenti per effetto dei sistemi di scarico e gestione delle acque meteoriche previsti e della ridotta impermeabilizzazione che il progetto prevede rispetto allo stato ante-operam.

In tema di rischio idraulico e di prevenzione e mitigazione dello stesso il progetto non modifica l'eventuale deflusso della rete idrografica circostante, non ostacola il normale deflusso delle acque di ruscellamento o di potenziali esondazioni e non aumenta le condizioni di pericolo a valle o a monte dell'area interessata che rimarrà integra nel suo complesso.

Ad ogni modo l'area di intervento non appare riconducibile a zona a pericolosità idraulica acclamata, non essendo indicata tale nelle mappe degli strumenti urbanistici in vigore a livello comunale così come quelli a livello di scala di bacino territoriale.

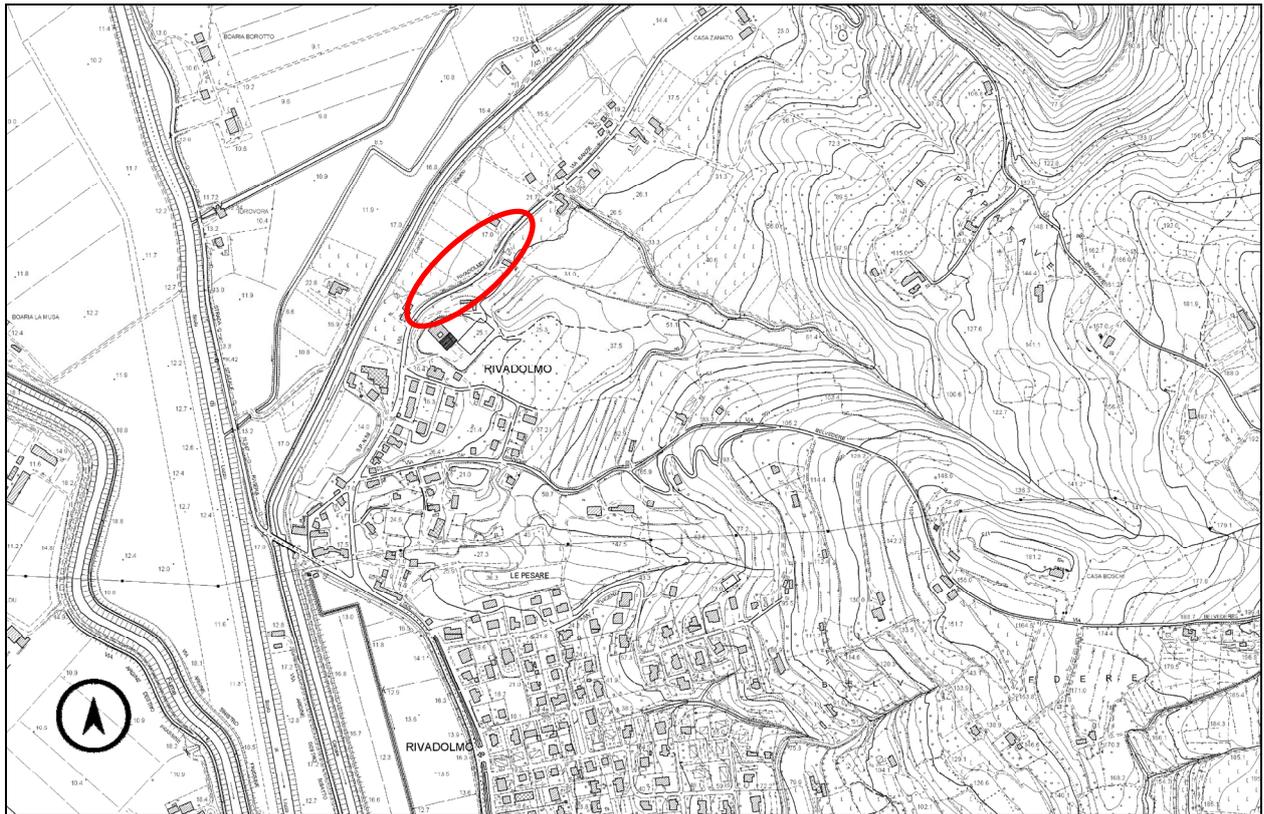


Figura 8 – Estratto C.T.R. al 10.000 della Regione Veneto

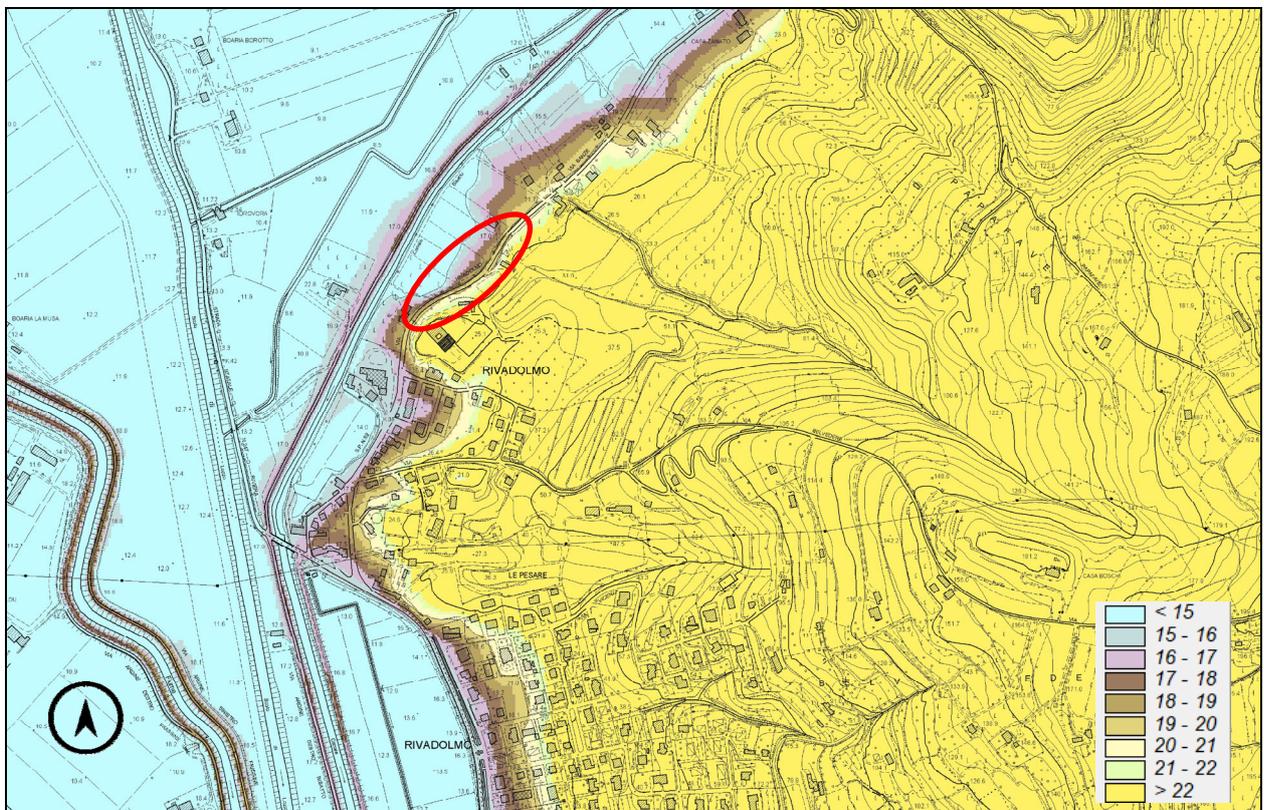


Figura 9 – Estratto C.T.R. al 10.000 con supporto DEM a 5 m della Regione Veneto

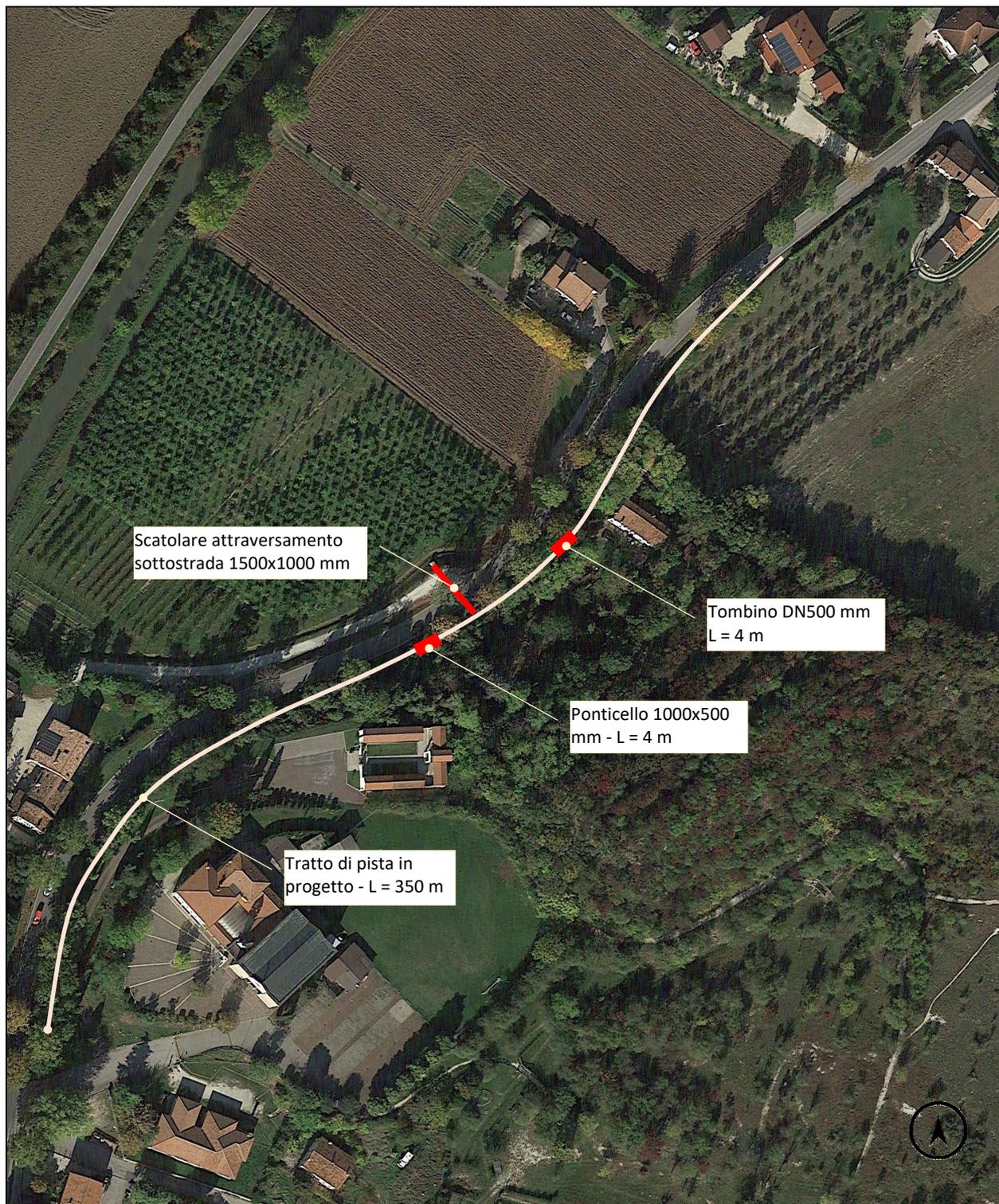


Figura 10 – Planimetria del tratto di progetto da tombinare con indicazione dei tombini esistenti

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di interesse specifico per la presente relazione segue il percorso che ha portato alla regolamentazione di riferimento regionale nella D.G.R.V. n. 2948/2009, nonché le pianificazioni e prescrizioni degli enti competenti sul territorio a livello comunale e di comprensorio:

- D.G.R.V. n. 1322 del 10/05/2006 come modificata e integrata dalla D.G.R.V. n. 1841 del 19/06/2007;
- Ordinanza n. 3 del 22/01/2008 del Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26/09/2007;
- Primi indirizzi e raccomandazioni per l'applicazione delle ordinanze 2, 3 e 4 del 22/01/2008 in materia di prevenzione dal rischio idraulico;
- Valutazione di compatibilità idraulica – Linee guida (agosto 2009) del Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26/09/2007;
- D.G.R.V. n. 2948/2009 della Regione Veneto – “Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici”;
- PI e/o PAT e Compatibilità Idraulica del Comune di Baone;
- Piano Comunale delle Acque – Programmazione Interventi;
- Piano di tutela delle acque della Regione Veneto – Norme Tecniche di Attuazione;
- Piano di Assetto Idrogeologico – P.A.I.
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni - P.G.R.A.
- Criteri e procedure per il rilascio di concessioni, autorizzazioni, pareri, relativi ad interventi interferenti con le opere consorziali, trasformazioni urbanistiche, e sistemazioni idraulico-agrarie del Consorzio di appartenenza.

Le ordinanze del Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26/09/2007 sono oramai decadute; tuttavia, le linee guida sono state recepite dai vari Comuni e amministrazioni competenti, nonché dai Consorzi di Bonifica che ne hanno tradotto i contenuti in normativa di riferimento per le valutazioni di compatibilità idraulica del territorio di governo.

Attualmente quindi la valutazione di compatibilità idraulica risulta disciplinata, a livello regionale, dalla D.G.R.V. n. 2948 del 06 ottobre 2009, dopo un percorso che ha registrato numerosi interventi già citati (D.G.R. n. 3637 del 13 dicembre 2002 in attuazione della L. 267/1998 nonché delle N.T.A. dei Piani per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.); D.G.R. n. 1322 del 10 maggio

2006; sentenza del TAR Veneto n. 1500/07; D.G.R. n. 1841 del 19 giugno 2007; sentenza del TAR Veneto n. 938/08 e, infine, sentenza del Consiglio di Stato n. 304 del 3 aprile 2009.

Per interventi la cui superficie è compresa nel range $S < 1.000 \text{ m}^2$ non sono necessari interventi di mitigazione idraulica così come indicato nelle Linee guida per la Valutazione di Compatibilità Idraulica, redatte dal Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26/09/2007 (agosto 2009).

Il caso in esame ricade in tale ipotesi, interessando una superficie complessiva poco più di 850 m^2 (percorso lungo 350 m e largo 2.5 m) tra l'altro la pavimentazione prevista e adottata sarà garantita drenante utilizzando un calcestruzzo appositamente permeabile al fine di garantire il principio di favorire la naturale infiltrazione nel terreno delle acque zenitali.

Con riferimento alle "indicazioni operative" contenute nell'allegato A della D.G.R.V. n. 2948/2009, che definisce le classi d'intervento in relazione all'impermeabilizzazione potenziale derivante dall'attuazione dei nuovi strumenti urbanistici, l'intervento in oggetto si classifica come a "trascurabile impermeabilizzazione potenziale" (intervento su superfici $< 1.000 \text{ m}^2$).

Per tale classe d'intervento non è necessario prevedere interventi di mitigazione idraulica ma si raccomanda il dimensionamento delle opere di drenaggio secondo le migliori tecniche e a regola d'arte nonché l'utilizzo quanto più possibile di pavimentazioni drenanti.

La soluzione progettuale appare oltremodo officiosa dal punto di vista idraulico in termini di efficienza e capacità di deflusso libero e in termini di capacità di detenzione idrica, avendo scelto condutture sovradimensionate per i meri scopi del deflusso libero.

Classe di Intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Tabella 1 – Criteri per la classificazione degli interventi secondo D.G.R.V. 2948

4 ANALISI DELL'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL COMPENSORIO

L'area interessata dal progetto si pone a nord del centro cittadino di Rivadolmo, in zona urbana residenziale/rurale. Dal punto di vista catastale il terreno in esame è censito al Catasto terreni del Comune di Baone al Foglio n. 5 e interessa solo parzialmente diversi mappali. La strada di interesse fa da confine tra il foglio 4 e il foglio 5 che si pone sul lato est.

Sulla scorta del delicato equilibrio idraulico della Regione Veneto e in base alla morfologia territoriale l'Autorità di Bacino ha definito il Piano stralcio delle fasce fluviali per l'assetto idrogeologico individuando le aree a maggior o minor vulnerabilità dal punto di vista idrogeologico e idraulico e definendo in particolare 4 classi di pericolosità. Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), approvato con decreto del presidente del Consiglio dei ministri del 24 maggio 2001, ha la finalità di ridurre il rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti. Il P.A.I. contiene:

- La delimitazione delle fasce fluviali (Fascia A, Fascia B, Fascia B di progetto e Fascia C) dell'asta del Po e dei suoi principali affluenti;
- La delimitazione e classificazione, in base alla pericolosità, delle aree in dissesto per frana, valanga, esondazione torrentizia e conoide che caratterizzano la parte montana del territorio regionale;
- La perimetrazione e la zonazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato in ambiente collinare e montano (zona 1 e zona 2) e sul reticolo idrografico principale e secondario nelle aree di pianura (zona I e zona BPr);
- Le norme alle quali le sopracitate aree a pericolosità di alluvioni sono assoggettate (Norme di attuazione).

La Direttiva Europea 2007/60/CE (cosiddetta "Direttiva Alluvioni") ha dato avvio ad una nuova fase della politica nazionale per la gestione del rischio di alluvioni, che il Piano di gestione del rischio di alluvioni (P.G.R.A.) deve attuare, nel modo più efficace. Il P.G.R.A. definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, con la partecipazione dei portatori di interesse e del pubblico. Il Piano di gestione del rischio di alluvioni (P.G.R.A.) è un Piano introdotto dalla Direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. 'Direttiva Alluvioni') con la finalità di costruire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da

fenomeni alluvionali, al fine di ridurre le conseguenze negative nei confronti della vita e salute umana, dell'ambiente, del patrimonio culturale, delle attività economiche e delle infrastrutture strategiche.

In base a quanto disposto dal D.lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE, il P.G.R.A., alla stregua dei Piani di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), è stralcio del Piano di Bacino ed ha valore di piano sovraordinato rispetto alla pianificazione territoriale e urbanistica. Alla scala di intero distretto, il P.G.R.A. agisce in sinergia con i P.A.I. vigenti; ha una durata di sei anni a conclusione dei quali si avvia ciclicamente un nuovo processo di revisione del Piano.

La zona di Baone è trattata nel P.A.I. del Bacino Idrografico del Brenta-Bacchiglione (Tavola 98) che non segnala zone a pericolosità idraulica per il territorio. L'area oggetto di questa analisi non compare perimetrata nelle carte del P.A.I e non è nemmeno segnalata all'interno della cartografia aggiornata del P.G.R.A. che evidenzia un certo grado di pericolosità idraulica e potenzialità ad esondazioni con pericolosità moderata per alcune aree più a ovest.

A livello territoriale provinciale la Provincia di Padova ha redatto la mappa di potenziale allagamento e rischio idraulico, che segnala alcune aree a pericolosità idraulica per il territorio provinciale con potenziali esondazioni periodiche e ristagno idrico o a deflusso difficoltoso.

L'area oggetto di intervento non appare ricadere in fascia soggetta a esondazioni o a potenziale ristagno idrico, sarà comunque cura della scrivente dimensionare le opere di drenaggio opportunamente officiose dal punto di vista idraulico.

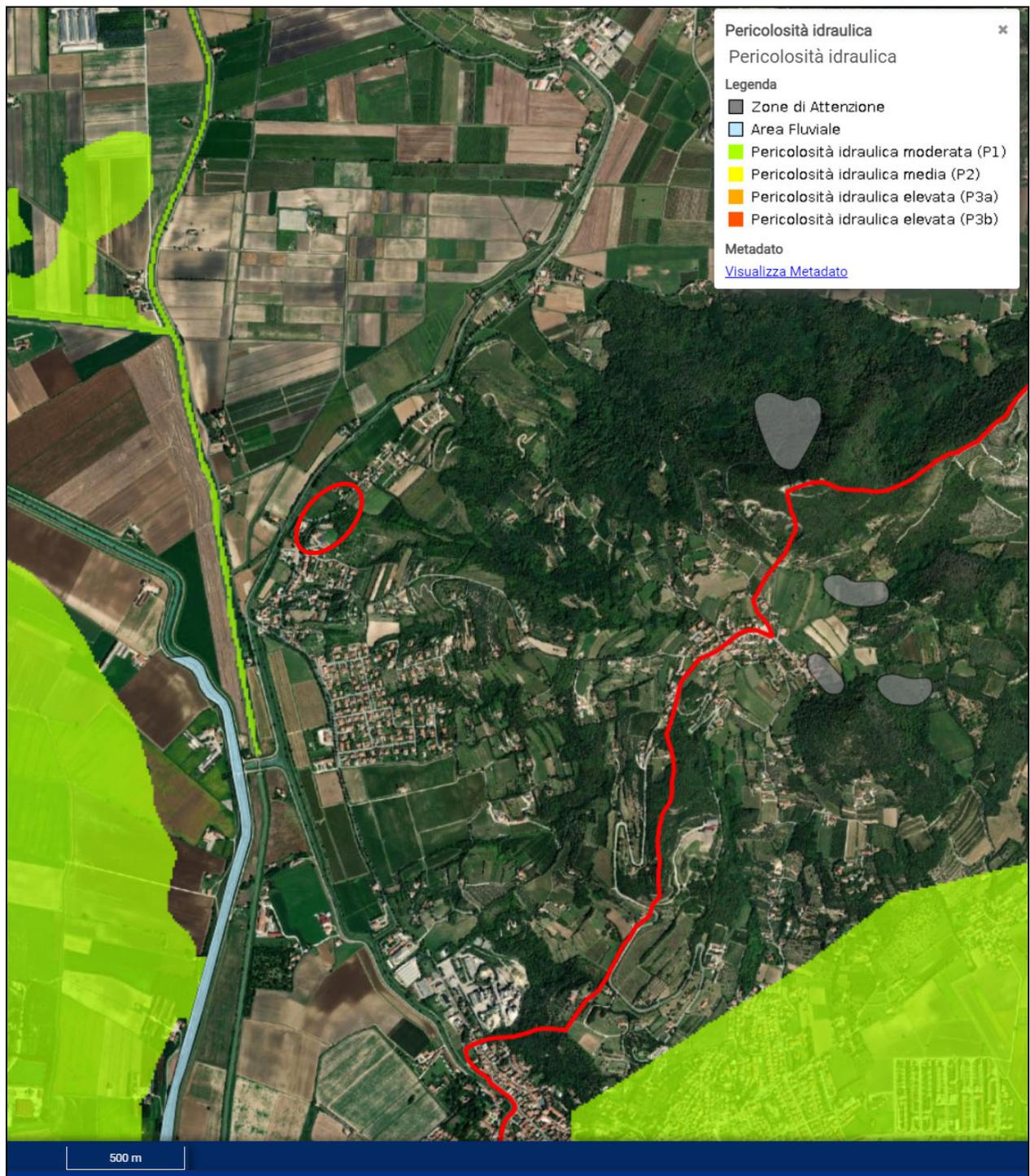


Figura 11 – Carta della pericolosità idraulica - P.G.R.A. – Stralcio della mappa aggiornata estrapolata da WebGIS

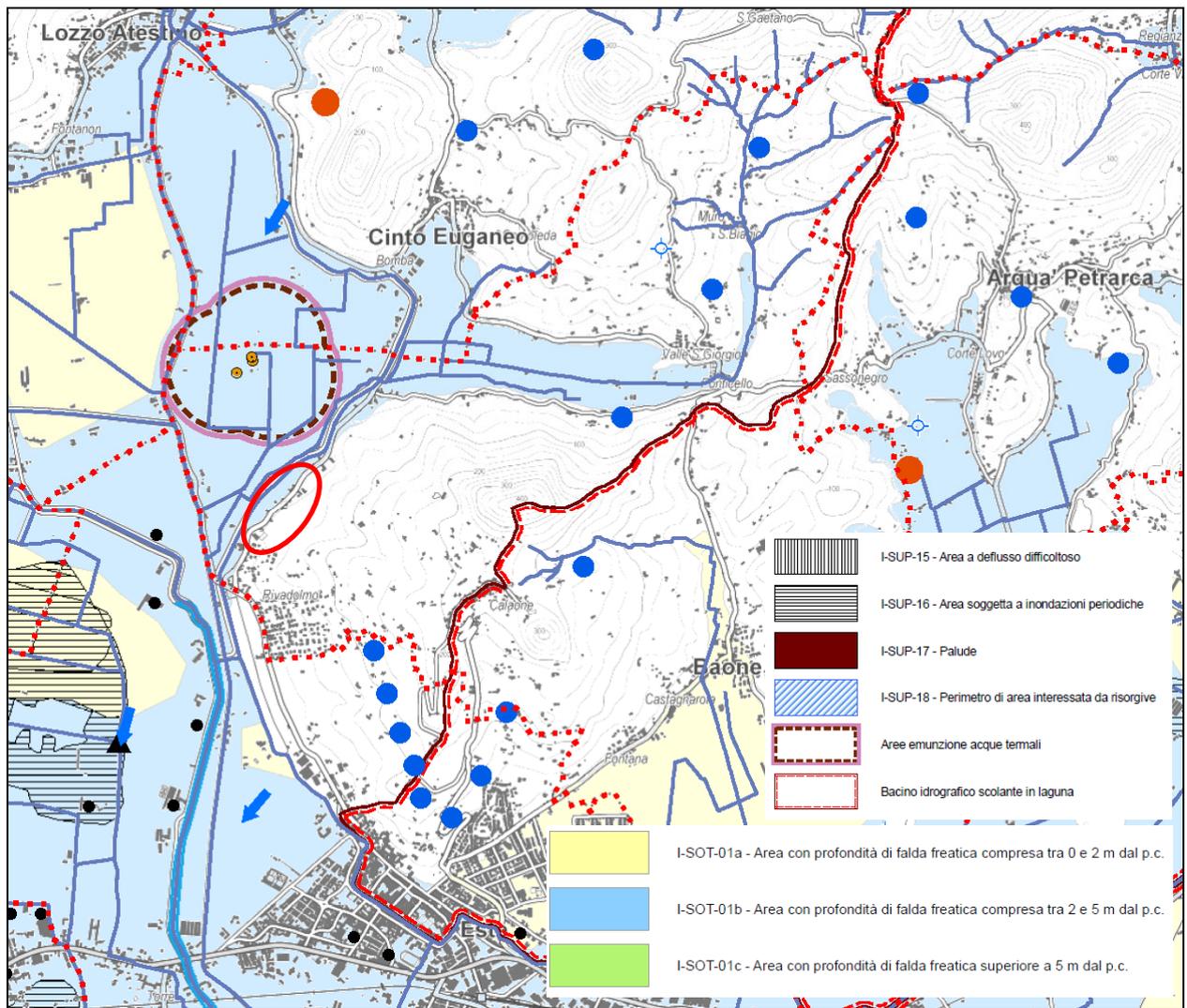


Figura 12 – Carta del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Idrogeologica

5 ANALISI IDRAULICA

Si redige la presente perizia idraulica nel rispetto del Manuale di Polizia Idraulica del settore tecnico comunale e più in generale in osservanza alle normative specifiche sulle conduzioni delle vie d'acqua di pioggia con tombinamenti.

La realizzazione di un tombinamento di una via d'acqua di pioggia per motivate ragioni di ordine tecnico e urbanistico è soggetta alla presentazione di un titolo abilitativo corredato di perizia idraulica asseverata che dimostri l'adeguato dimensionamento del manufatto alla portata della via d'acqua di pioggia. La manutenzione dei tombinamenti lungo le tratte stradali comunali e vicinali spetta al Comune, salvo diversa disciplina derivante da accordi o convenzioni dei privati con l'ente comunale. I tombinamenti degli accessi carrai e degli accessi su strade private sono mantenuti a carico dei proprietari fruitori o comunque da chi ne ha fatto richiesta. In tutti i casi deve essere costantemente assicurata la piena luce del tombinamento e l'adeguatezza della sezione dello stesso che non può costituire intralcio al deflusso delle acque e che dovrà essere dotato di idonei pozzetti d'ispezione. L'eventuale materiale di espurgo e i rifiuti devono essere allontanati secondo le normative ambientali vigenti.

L'analisi idraulica è stata condotta secondo un approccio empirico per definire la massima capacità di portata transitabile lungo la fossatura in indagine. In via cautelativa non sono state considerate quelle sezioni chiuse o interrato che avrebbero oltremodo dimostrato l'inefficienza idraulica del tratto e pertanto si è condotta una analisi sulla potenziale massima portata che può scorrere a deflusso stazionario permanente e a sezione libera. Lo stesso approccio poi è stato applicato alla configurazione di progetto al fine di confrontare le due situazioni idrauliche. A tal fine, sulla scorta dei rilievi condotti in sito, è stato utilizzato il codice di calcolo HEC-RAS realizzando un modello del tratto di fosso in studio e inserendo i manufatti idraulici esistenti e di progetto; vengono pertanto messe a confronto la configurazione attuale e quella di progetto con lo scopo di verificare che la situazione progettuale non alteri lo stato di fatto e in ogni modo garantisca l'ufficienza idraulica del tratto. Per la visione delle sezioni di rilievo si rimanda all'elaborato specifico.

Pertanto, al fine di verificare dal punto di vista idraulico l'opera prevista in progetto, sulla scorta delle indagini condotte in sito e rilevazioni in loco è stato possibile ricostruire la geometria del tratto di fosso in questione, realizzando un modello del corpo idrico indagato con il codice di calcolo HE-RAS.

5.1 Codice di calcolo HEC-RAS

Nell'ambito del presente studio si è utilizzato il codice di calcolo HEC-RAS in grado di risolvere le equazioni di moto vario e permanente. HEC-RAS (River Analysis System), è sviluppato dal U.S. Army Corps of Engineers– Hydrologic Engineering Center, e attualmente è alla versione 6.2.

I codici sviluppati da HEC sono noti in tutto il mondo, principalmente grazie alla flessibilità nella gestione delle condizioni idrauliche di piena. Particolarmente diffuso è HEC-2, utile per l'integrazione di profili a moto permanente, di cui HEC-RAS rappresenta l'aggiornamento. In HEC-RAS sono stati aggiunti l'interfaccia Windows e, dalla versione 3.0, il modulo per le simulazioni in moto vario. Quest'ultima caratteristica ha conferito completezza al software, ampliandone le possibilità di utilizzo.

HEC-RAS è un codice di calcolo monodimensionale che consente la determinazione di profili idrici di canali naturali e artificiali, sia in condizioni di moto permanente che di moto vario, tenendo conto dell'influenza sul moto di manufatti di vario tipo (ponti, tombini, briglie, sfioratori ecc.) eventualmente presenti nel sistema. Possono essere modellati sia canali singoli che reti di canali naturali o artificiali, chiusi o aperti, con l'integrazione di profili di corrente lenta, veloce o di tipo "misto".

Le equazioni del moto

HEC-RAS risolve le equazioni di De Saint Venant distinguendo tra alveo e zone golenali:

Equazione di continuità

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

dove:

x distanza lungo il canale;

t tempo;

Q portata;

A area della sezione;

S area della sezione con considerata contribuente al deflusso (ineffective flow area);

q_l flusso laterale per unità di lunghezza.

L'equazione può essere scritta per l'alveo inciso, per la golena destra e per la golena sinistra, di seguito, per semplicità, si riportano le equazioni per l'alveo inciso e per le golene complessivamente:

$$\frac{\partial A_a}{\partial t} + \frac{\partial Q_a}{\partial x_a} - q_g = 0$$

$$\frac{\partial A_g}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q_g}{\partial x_g} = q_a + q_l$$

dove i pedici a e g indicano alveo inciso e golene rispettivamente, q_c e q_g indicano gli scambi di portata tra l'alveo inciso e le zone golenali.

Si noti come siano considerate distanze diverse lungo l'alveo inciso e le zone golenali.

Equazione dell'energia

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S \right) = 0$$

dove:

g accelerazione di gravità;

S perdite di energia dovute alla scabrezza;

V velocità.

Anche in questo caso possiamo scrivere l'equazione per l'alveo inciso e per le golene:

$$\frac{\partial Q_a}{\partial t} + \frac{\partial(V_a Q_a)}{\partial x_a} + gA_a \left(\frac{\partial z}{\partial x_a} + S_a \right) = M_g$$

$$\frac{\partial Q_g}{\partial t} + \frac{\partial(V_g Q_g)}{\partial x_g} + gA_g \left(\frac{\partial z}{\partial x_g} + S_g \right) = M_a$$

dove M rappresenta lo scambio di quantità di moto tra alveo inciso e golene, si noti che:

$$\Delta x_a M_a = -\Delta x_g M_g$$

Nelle equazioni z (livello d'acqua) non è sottoscritto, infatti, un modello monodimensionale ha come assunzione implicita che il livello è costante all'interno dell'intera sezione. La velocità è invece diversa tra alveo inciso e zone golenali, per cui si avrebbe un valore dell'energia diverso, non possibile in un modello monodimensionale. Il valore dell'energia viene calcolato introducendo il valore **a**. Considerando una velocità media nella sezione e differenziando tra alveo, golena destra e golena sinistra, facendo una media pesata sulle portate, possiamo scrivere:

$$\alpha \frac{\bar{V}}{2g} = \frac{Q_{gsx} \frac{V_{gsx}^2}{2g} + Q_a \frac{V_a^2}{2g} + Q_{gdx} \frac{V_{gdx}^2}{2g}}{Q_{gsx} + Q_a + Q_{gdx}}$$

assumendo che la pendenza della linea dell'energia è unica risulta anche:

$$Q_{gsx} = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_{gsx} \quad Q_a = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_a \quad Q_{gdx} = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_{gdx}$$

dove K rappresenta la conveyance o conduttività idraulica.

Inserendo quest'ultime nell'equazione precedente si ottiene:

$$\alpha = \frac{A_{Tot}^2 \left[\frac{K_{gsx}^3}{A_{gsx}^2} + \frac{K_a^3}{A_a^2} + \frac{K_{gdx}^3}{A_{gdx}^2} \right]}{K_{Tot}^3}$$

Definizione delle perdite di carico per attrito

HEC-RAS utilizza l'equazione di Manning per la definizione delle perdite di carico per attrito (reciproco della formulazione classica di Gauckler-Strickler):

$$Q = \frac{AR_H^{2/3} \sqrt{S}}{n}$$

dove n è il coefficiente di scabrezza secondo tale formulazione.

HEC-RAS nella scrittura, e quindi implementazione, dell'equazione dell'energia distingue sempre tra alveo inciso e zone golenali calcolando separatamente la conveyance di queste zone. Nel caso in cui all'interno di tali zone vi siano variazioni di scabrezza suddivise ulteriormente la sezione calcolando la conveyance per ogni tratto a partire da area e contorno bagnato. Con tale procedura si trascura lo scambio di quantità di moto attraverso le linee di separazione, ipotesi generalmente accettabile. Nel caso di imposizione di scabrezze diverse all'interno dell'alveo tale assunzione può non essere accettabile. Infatti, se si è in presenza di sponde fortemente vegetate rispetto all'alveo la procedura normalmente utilizzata fa sì che la parte centrale dell'alveo non risenta della presenza della vegetazione sulle sponde (le linee di separazione sono considerate senza attrito). Per questo motivo nel caso dell'alveo HEC-RAS verifica se la pendenza dei tratti in cui avviene la variazione di scabrezza è maggiore di 5:1, in questo caso non suddivide l'alveo, ma calcola un valore di scabrezza complessivo per l'alveo con la formula:

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

dove:

- n_c valore di scabrezza complessivo;
- P contorno bagnato complessivo;
- P_i contorno bagnato del tratto i ;
- n_i valore di scabrezza del tratto i .

Nei risultati HEC-RAS riporta la scabrezza media utilizzata per le golene e per l'alveo, sia che siano calcolate con il classico metodo della suddivisione che nel caso, per l'alveo, sia calcolato un valore complessivo.

La scabrezza, oltre che lungo la sezione, può essere variata anche con il livello o la portata. Questa opzione permette una maggior flessibilità del modello in presenza di particolari situazioni, come per esempio zone vegetate in cui l'influenza si fa sentire per certi tiranti d'acqua, ma si riduce quando la vegetazione è notevolmente sommersa.

HEC-RAS permette inoltre di utilizzare diverse medie per valutare la scabrezza tra due sezioni. Infatti, per ogni tratto possiamo calcolare la cadente S sia nella sezione di monte che in quella di valle:

$$S = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

Nel tratto compreso la cadente può essere valutato come:

$$\bar{S} = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad \text{conduttività media (default per moto permanente e strutture)}$$

$$\bar{S} = \frac{S_1 + S_2}{2} \quad \text{media aritmetica (default per moto vario)}$$

$$\bar{S} = \sqrt{S_1 \cdot S_2} \quad \text{media geometrica}$$

$$\frac{1}{\bar{S}} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} \right) \quad \text{media armonica}$$

Il programma permette anche di scegliere il tipo di media sulla base del tipo di profilo che esiste tra le due sezioni:

Tipo profilo	Equazione utilizzata
Lenta (M1; S1)	Media aritmetica
Lenta (M2)	Media armonica
Veloce (S2)	Media aritmetica
Veloce (M3; S3)	Media geometrica

Oltre alle perdite di carico per attrito HEC-RAS considera anche le perdite di carico per allargamento o restringimento della sezione:

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

dove c è il coefficiente di contrazione.

Proprietà opzionali delle sezioni

Nelle sezioni oltre alla definizione della scabrezza, dei coefficienti contrazione e delle diverse distanze lungo l'alveo e le golene, possono essere definite altre tre caratteristiche che possono aumentare la rappresentatività del modello:

- levee;
- ineffective flow area;
- blocked obstruction.

I levee permettono di non considerare parti della sezione finché non è stato raggiunto un determinato livello. Tale opzione è utilizzabile solo in simulazioni in moto stazionario; infatti, nel caso di moto vario l'improvviso aumento dell'area di deflusso provoca instabilità numeriche, ma principalmente non rappresenta in modo corretto la dinamica della corrente. In un modello a moto vario è preferibile utilizzare strutture di sfioro (lateral weir) e suddividere la sezione in 2 o più canali.

Le ineffective flow area definiscono parti della sezione in cui si ha accumulo d'acqua, ma che non contribuisce al deflusso. Sono solitamente utilizzate per la definizione dei restringimenti dovuti alle strutture, quando si vogliono definire più sezioni nel tratto influenzato dalla struttura. Sono comunque molteplici le situazioni in cui l'utilizzo delle ineffective flow area permette una più accurata schematizzazione della realtà. Inoltre, il loro uso permette di ridurre l'utilizzo delle zone di accumulo (storage area) che a rigore dovrebbero essere utilizzate solo in presenza di discontinuità idrauliche (per es. arginature). Numericamente viene tolta l'area nell'equazione dell'energia, ma non in quella di continuità, e non viene aumentato il perimetro bagnato. Le blocked obstruction sono utilizzate per la schematizzazione di ostacoli (generalmente edifici) all'interno della sezione. Numericamente viene eliminata l'area occupata (sia nell'equazione di continuità che in quella dell'energia) e viene aggiunto perimetro bagnato per la parte interessata dai livelli.

Strutture

In HEC-RAS possono essere schematizzate diversi tipi di strutture, sia trasversali al corso d'acqua che parallele allo stesso. Per le strutture trasversali la valutazione delle perdite di carico dovute alla presenza della struttura è fatta mediante la schematizzazione con 4 sezioni del tratto in cui avviene la contrazione e l'espansione della vena liquida (Figura 13). Il manuale di HEC-RAS riporta anche diverse formulazioni per la valutazione di un corretto posizionamento delle sezioni 1 e 4. Nel caso in cui si vogliono utilizzare più sezioni per la definizione dei 2 tratti, per la corretta definizione della parte di sezione contribuente al deflusso si devono usare le ineffective flow area.

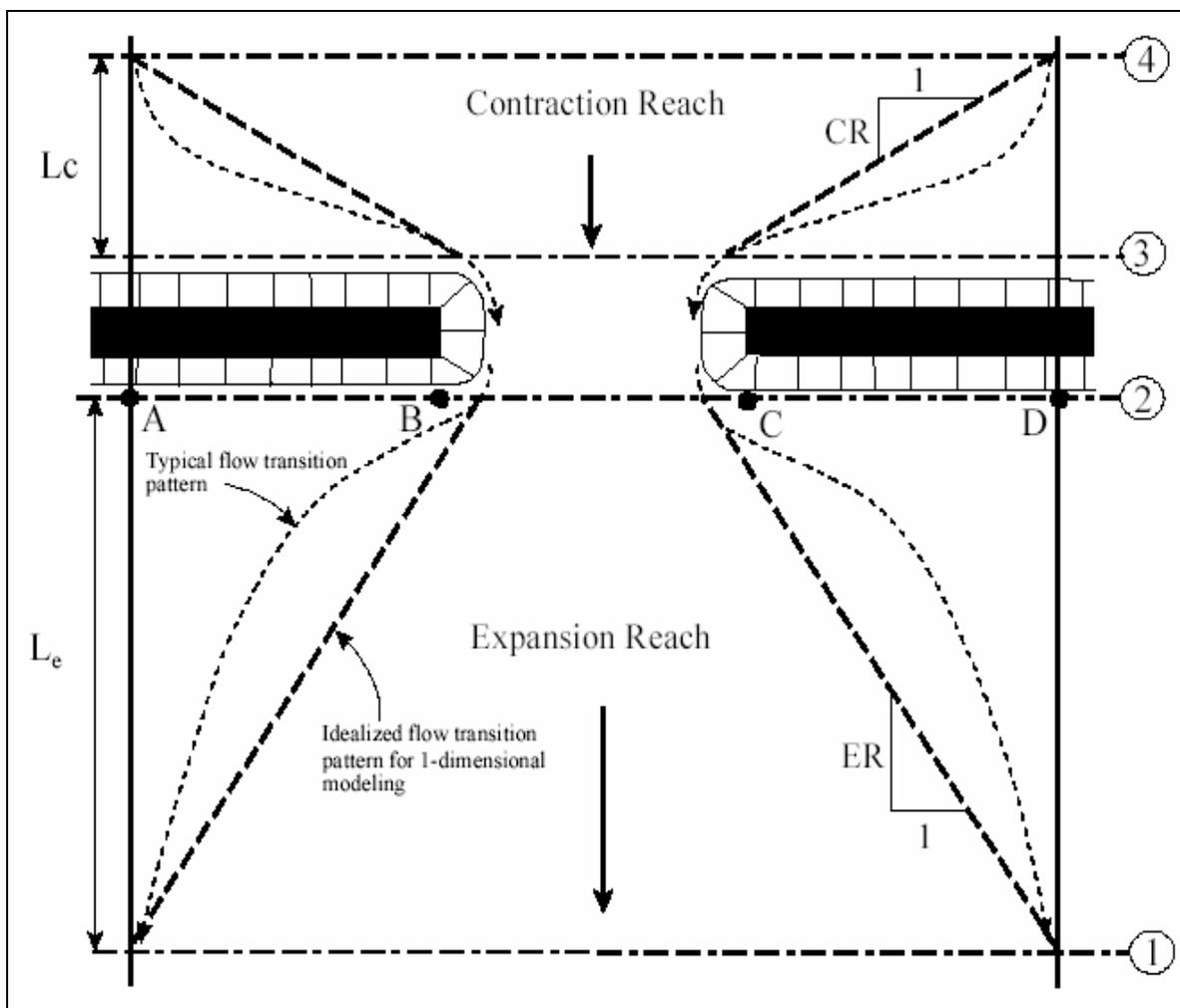


Figura 13 - Posizionamento sezioni in tratti di contrazione/espansione dovute alle strutture

Ponti

Il codice di calcolo permette l'utilizzo di 4 formulazioni per il calcolo del rigurgito provocato dai ponti:

1. bilancio energetico;
2. teorema della quantità di moto;
3. Yarnell;
4. Metodo WSPRO.

Con il metodo del bilancio energetico sono definite 2 sezioni aggiuntive all'interno del ponte sottraendo l'area occupata dalla struttura e la soluzione viene ottenuta considerando queste 2 sezioni come normali sezioni di calcolo.

Anche con il metodo della quantità di moto vengono inserite 2 sezioni aggiuntive all'interno del ponte ed è applicato il teorema della quantità di moto ai tre volumi di controllo: 2-sezione di valle del ponte, sezione di valle del ponte – sezione di monte del ponte e sezione di monte del ponte-3. In quest'ultimo considera anche la forza di reazione alla spinta idrodinamica esercitata dalla corrente. Tale forza dipende solo dalla forma della pila per $Fr < 0.7$. Al modello viene fornito il valore di CD (Drag coefficient) tabellato per diverse forme di pile.

Il metodo di Yarnell deriva da indagini sperimentali. La formula che consente di calcolare il sovrapprezzo del pelo libero nella sezione 3 rispetto a quello della sezione 2 prodotto da una pila. La forma della pila è inserita mediante il coefficiente di forma K.

Il metodo WSPRO è quello utilizzato dal programma omonimo della FHWA (Federal Highway Administration). In sostanza è applicato il bilancio energetico nei tronchi 1-2, 2-3 e 3-4, usando espressioni delle perdite di carico che tengono conto di alcuni risultati sperimentali.

La scelta del metodo da utilizzare dipende dalle caratteristiche del ponte: nel caso in cui il rigurgito sia dovuto prevalentemente alla presenza delle pile è preferibile utilizzare il metodo di Yarnell o quello della quantità di moto in cui è possibile definire un coefficiente legato alla forma della pila; nel caso di forti restringimenti provocati dalla presenza del ponte è preferibile il metodo WSPRO sviluppato appositamente per questi casi.

Nel caso in cui il livello d'acqua raggiunga o superi l'intradosso del ponte i metodi sopra citati, ad esclusione di quello dell'energia, non sono più validi. In questo caso o si utilizza l'equazione dell'energia o è possibile utilizzare le formulazioni per deflusso a battente, libero o rigurgitato, e, se il livello supera l'estradosso, la formula del deflusso a stramazzo.

Tombini

L'analisi del flusso all'interno dei tombini è abbastanza complicata. Sono comunemente usati i concetti di "controllo in ingresso" e "controllo in uscita" per semplificare l'analisi. Il controllo in ingresso accade quando la capacità di deflusso del tombino all'ingresso è minore della capacità di deflusso delle canne del tombino. In questo caso la sezione di controllo del tombino è posizionata appena all'interno del tombino. Il profilo di moto passa attraverso lo stato critico in prossimità di questa sezione, la corrente immediatamente a valle è supercritica. L'energia a monte è calcolata assumendo che l'imbocco del tombino si comporti come uno sfioro. Quindi la capacità di deflusso dipende principalmente dalla geometria dell'imbocco del tombino. Il controllo in uscita accade quando la capacità di deflusso del tombino è limitata dalle condizioni di valle o dalla capacità di deflusso delle canne del tombino. HEC-RAS determina l'energia a monte richiesta per far fluire una data portata attraverso il tombino, sia per controllo in ingresso che per controllo in uscita. La condizione di maggiore energia a monte determina il tipo di flusso nel tombino per un dato livello di valle e una data portata. Nel caso di controllo in uscita l'energia a monte è calcolata facendo un bilancio tra la sezione di valle e quella di monte. Il programma considera la perdita di energia all'ingresso, le perdite distribuite all'interno delle canne del tombino e le perdite in uscita. Se durante il calcolo la condizione di controllo in ingresso risulta più alta di quella associata al controllo in uscita, il programma verifica se la condizione di controllo in ingresso può persistere senza mettere in pressione il tombino. Se si verifica un risalto idraulico all'interno del tombino si assume che il flusso avvenga in pressione lungo tutto il tombino.

Per la determinazione della situazione del controllo in ingresso, che dipende solamente dalla geometria dell'imbocco del tombino, sono utilizzate le equazioni ottenute da vari enti americani e pubblicate in "Hydraulic Design of Highway Culverts" [FHWA, 1985].

Stramazzi

Il calcolo del deflusso attraverso gli stramazzi è fatto con le formule degli stramazzi. Si possono considerare sia stramazzi in parete sottile che in parete grossa, liberi o controllati da paratoie verticali o radiali.

Stramazzi laterali

Oltre alle strutture trasversali alla corrente è possibile considerare delle strutture parallele alla corrente che simulano lo sfioro dell'acqua al di sopra di un argine o di una apposita struttura di sfioro laterale. In HEC-RAS il calcolo della portata sfiorante non è fatto considerando unicamente il livello di una sezione, ma considerando la variazione di livello sia dello stramazzo che del livello d'acqua, permettendo una più precisa valutazione.

L'equazione fondamentale di sfioro

$$Q = CLH^{3/2}$$

deve rendere conto di tale situazione. In Figura 14 sono evidenziate le equazioni delle rette che identificano le pendenze della struttura laterale e del pelo libero tra due sezioni di calcolo: le costanti a_{ws} e a_w rappresentano le pendenze, mentre C_{ws} e C_w indicano le altezze iniziali (il pedice ws sta per *water surface*, mentre il pedice w sta per *weir*).

Dall'equazione classica relativa allo sfioro si ricava:

$$\begin{aligned}dQ &= C(y_{ws} - y_w)^{3/2} dx \\dQ &= C(a_{ws}x + C_{ws} - a_w - C_w)^{3/2} dx \\dQ &= C(a_1x + C_1)^{3/2} dx\end{aligned}$$

con $a_1 = a_{ws} - a_w$ e $C_1 = C_{ws} - C_w$. Integrando:

$$\begin{aligned}\int_{x_1}^{x_2} dQ &= C \int_{x_1}^{x_2} (a_1x + C_1)^{3/2} \\Q_{x_1-x_2} &= \frac{2C}{5a_1} \left[(a_1x_2 + C_1)^{5/2} - (a_1x_1 + C_1)^{5/2} \right]\end{aligned}$$

Questa equazione è valida per a_1 diverso da zero; quando è pari a zero si ritorna al caso in cui il pelo libero parallelo alla superficie di sfioro.

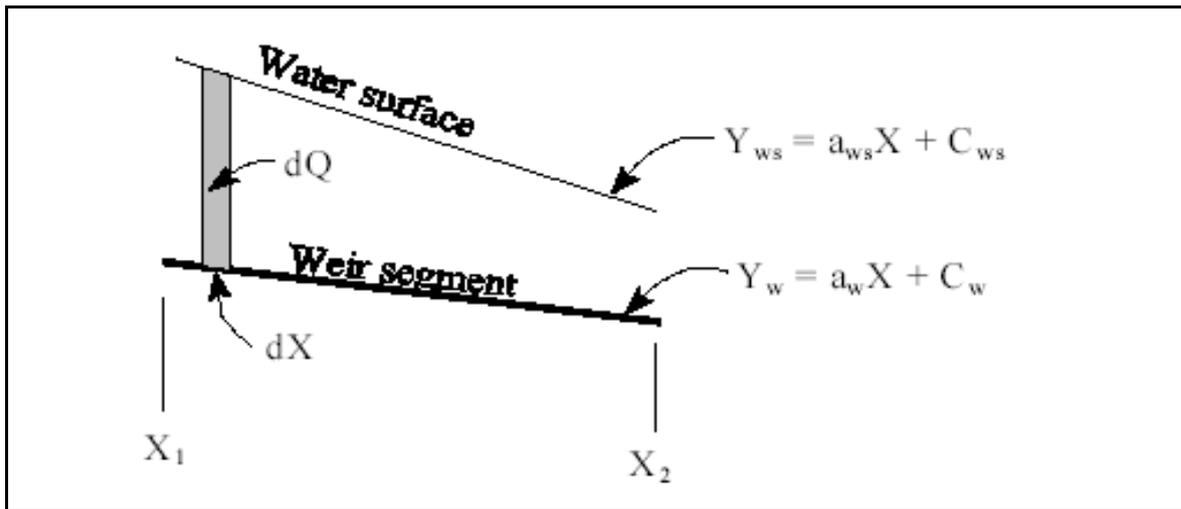


Figura 14 - Pendenza della struttura laterale e del profilo idrico

5.2 Applicazione del codice HEC-RAS

La prima fase della costruzione del modello consiste nella preparazione della geometria del sistema che, attraverso la definizione dell'asta fluviale, sezioni e strutture, costituisce la schematizzazione della realtà fisica all'interno del codice di calcolo.

I corsi d'acqua che si vogliono simulare all'interno di un progetto sono identificati mediante linee, che possono essere del tutto schematiche oppure seguire il reale andamento del corso d'acqua. In questo secondo caso può essere utile importare nella finestra di editing del programma la cartografia opportunamente georeferenziata.

La reale descrizione della morfologia del corso d'acqua è fatta, come in tutti i modelli monodimensionali, attraverso la definizione di sezioni trasversali. Le sezioni sono identificate da una progressiva che deve essere crescente da valle verso monte. Tale progressiva non è necessariamente collegata alla distanza tra il punto di valle e la sezione stessa, ma una scelta di questo tipo facilita la successiva lettura del modello. La progressiva è utilizzata dal codice per il posizionamento della sezione all'interno dell'asta fluviale a cui appartiene, a meno che non vengano fornite le coordinate planimetriche di inizio e fine sezione. In questo caso il codice disegnerà la posizione delle sezioni sulla base delle sue coordinate. La sezione vera e propria è definita nel classico sistema progressiva, quota in cui usualmente al primo punto (convenzionalmente a sinistra della sezione) viene assegnata progressiva 0, ma il codice non ha problemi anche per diverse attribuzioni.

Nel calcolo il codice suddivide la sezione in tre parti: canale principale e golene destra e sinistra. Per ogni sezione si devono perciò definire i limiti del canale principale identificando i punti

(*bank station*) in cui il canale inizia e finisce, specificando le progressive dei due punti. A completare la definizione di base della sezione sono definite le distanze dalla sezione successiva, le scabrezze e i coefficienti di contrazione ed espansione.

Per quanto riguarda le distanze possono essere definite distanze diverse per la golena sx, il canale e la golena dx. Questo permette di meglio simulare i tratti in curva, dove queste lunghezze sono diverse e quindi di meglio calcolare sia le perdite di energia dovute alla scabrezza (direttamente proporzionali alla lunghezza del tratto), che l'equazione di continuità, definendo in modo più corretto il volume invasato tra le due sezioni. Nel caso in esame viste le dimensioni del corpo idrico e trattandosi di un tratto rettilineo non si presenta tale prerogativa.

La scabrezza è definita mediante il valore n della formulazione di Manning, reciproca rispetto alla classica formulazione di Gauckler-Strickler. Si devono attribuire i valori per le tre parti della sezione, è possibile però anche definire una variazione più puntuale della scabrezza all'interno della sezione. Per ultimo vanno definiti i valori dei coefficienti di perdita di carico per contrazione ed espansione che sono unici per l'intera sezione.

Le sezioni di calcolo sono state ricostruite sulla scorta dei rilievi topografici condotti in sito, in particolare sulla base cartografica con indicazione del fondo fosso e ciglio fosso e delle quote battute. Si presentano sezioni pseudo-trapezie con larghezza al top di circa 2 m, larghezza al fondo non regolare e comunque indefinibile e profondità di 60-80 cm a volte scarsi con pendenza che nel tratto di indagine è molto variabile. Il rilievo si basa su una quota di riferimento relativa alla strada SP89 posta pari a 0 m in corrispondenza della sezione 1 più a sud.

La sezione del fosso, come già ricordato, allo stato attuale presenta due tombini sono stati inseriti nel modello di calcolo assieme all'opera di attraversamento sottostrada che porta allo scarico verso ovest (condotta scatolare 1500x1000 mm posta in piedi come da foto riportate).

Il modello è stato distinto in due rami convergenti allo scatolare summenzionato, il ramo nord che scarica verso sud e il ramo sud che scarica verso nord, entrambi di lunghezza di 200 m circa che coprono l'intera estensione del rilievo mentre la tombinatura di progetto interessa 350 m lasciando praticamente liberi gli ultimi 50 metri a nord.

Allo stato di progetto è stato inserito il tombino DN800 mm per tutta la lunghezza del tratto a sud per circa 210 m posato con pendenza pari al tratto naturale di risezionamento della livelletta $i = 0.0005$. Per il tratto nord è stato inserito il tombino DN1000 mm per una lunghezza complessiva di circa 140 m con pendenza pari al tratto naturale di risezionamento della livelletta $i = 0.02$. Per definire una geometria e un profilo idraulico più di dettaglio le sezioni di rilievo sono

state interpolate con l'inserimento e infittimento di altre sezioni a passo massimo di 10 m, questo consente di caratterizzare con maggior precisione e minor margine di errore profili idrici caratterizzati da forti pendenze come il caso del tratto nord.

Una volta costruito il modello idraulico dal punto di vista geometrico sono state definite le condizioni al contorno, in particolare a monte di ciascun tratto sono state inserite le portate di verifica mentre a valle sono state imposte le condizioni di moto uniforme relativamente all'altezza critica del moto visto che la condizione di valle è caratterizzata dalla presenza di uno scarico libero con salto. L'immagine successiva riporta le tracce delle sezioni rilevate e lo schema planimetrico del modello idraulico.

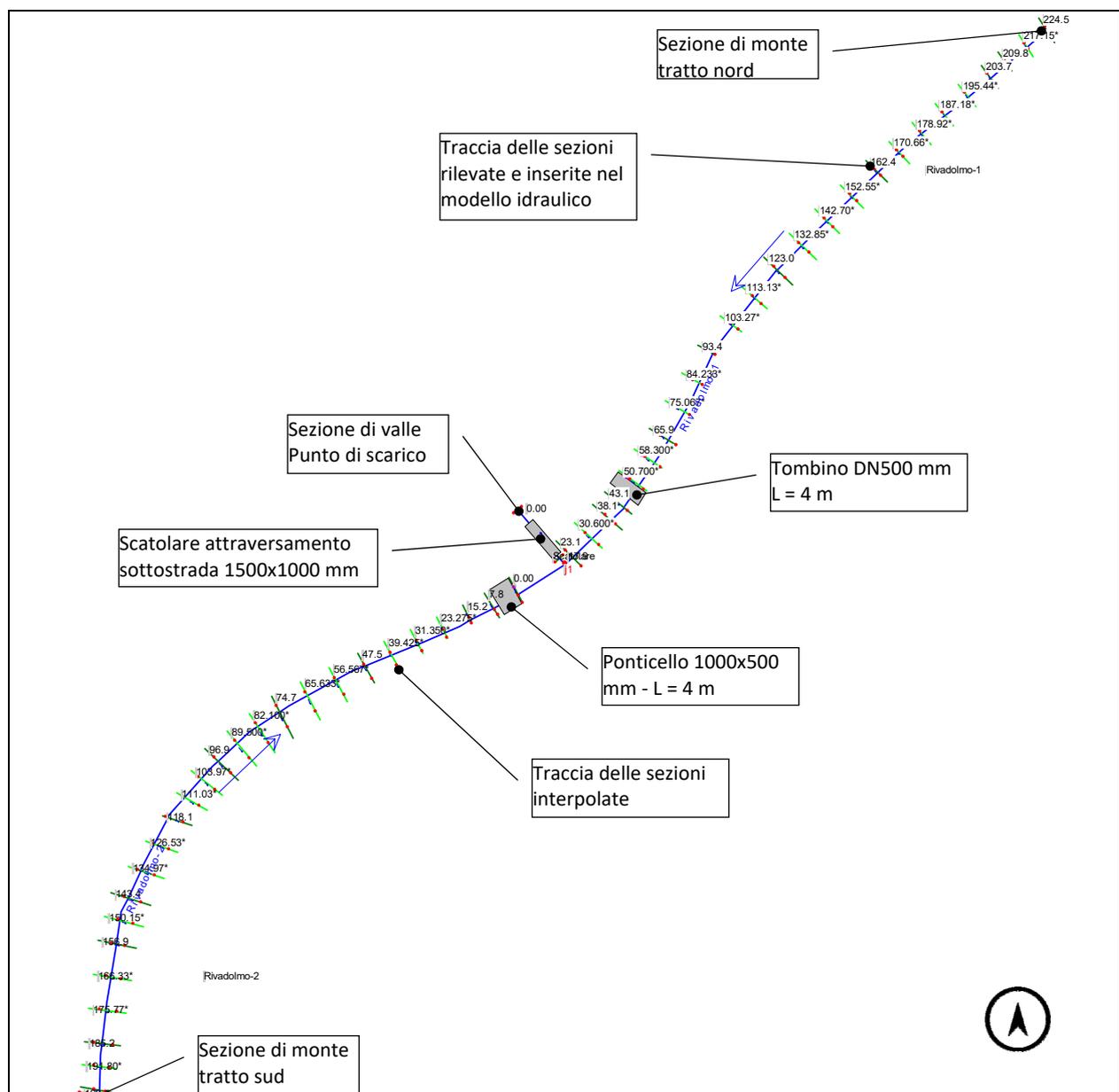


Figura 15 – Geometria del modello idraulico con inserimento sezioni e tombini allo stato attuale

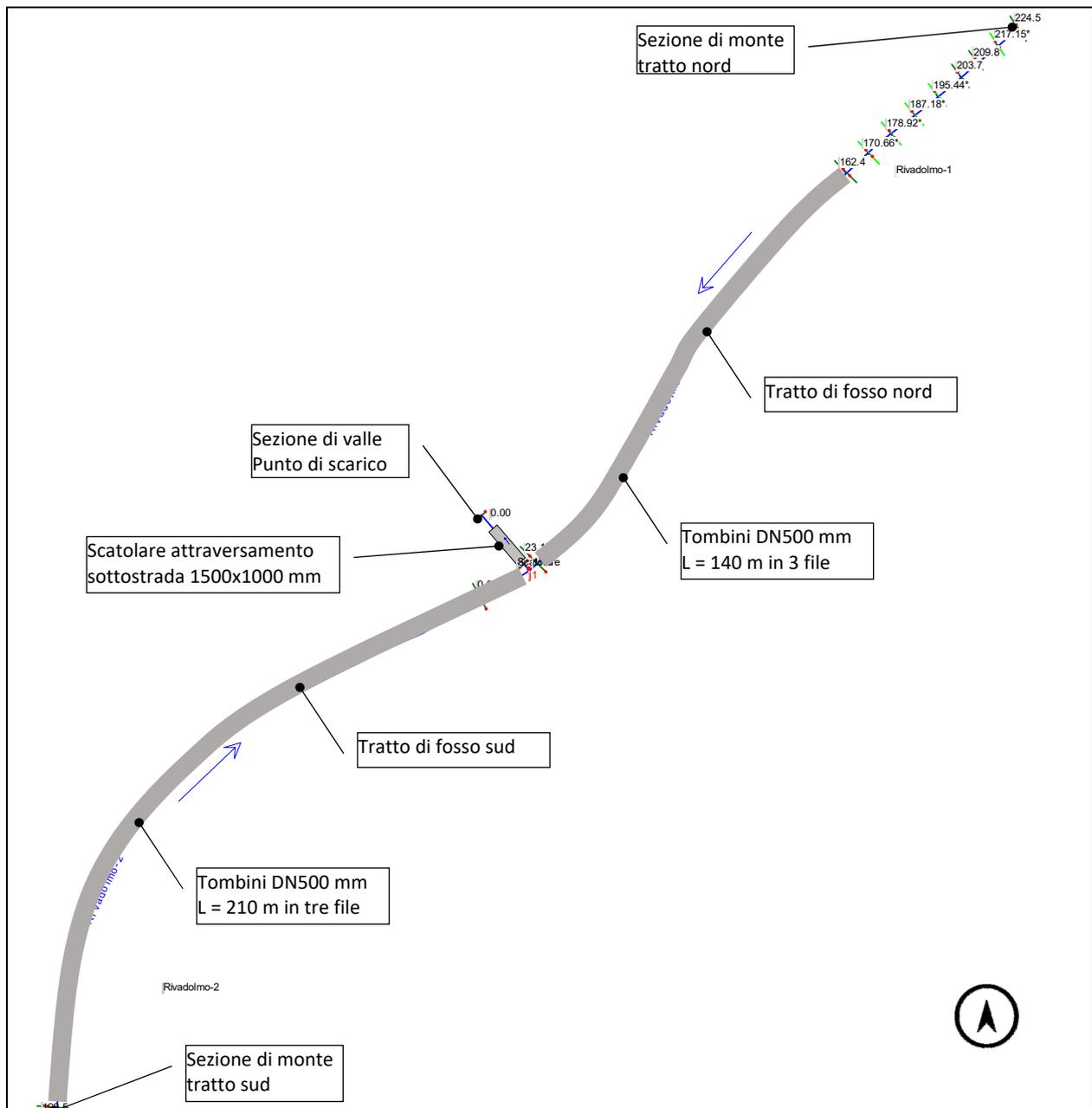


Figura 16 – Geometria del modello idraulico con inserimento sezioni e tombino allo stato di progetto

Al fine di valutare l'efficienza idraulica delle configurazioni attuale e di progetto sono state contemplate diverse portate di verifica fino ad arrivare alla massima portata consentita dalla sezione attuale al limite della massima capacità di portata potenziale prima del verificarsi del riempimento totale del fosso o comunque il sormonto dell'estradosso dei passi carrai esistenti. Nello stato di fatto il tratto sud già per portate oltre i 20 l/s si riscontrano difficoltà di deflusso soprattutto nella parte iniziale per effetto della ridotta sezione idraulica mentre come si vedrà dai risultati delle simulazioni nello stato di progetto la capacità di portata del tratto complessivo viene considerevolmente aumentata.

Il tratto nord invece appare in condizioni di miglior efficienza idraulica, tuttavia la presenza del passo carraio a valle, con tombino DN500 mm, crea forti rigurgiti già per basse portate.

Sulla base di una analisi di sensitività e stima delle massime portate transitabili nello stato di fatto sono stati quindi definiti 5 profili idraulici corrispondenti a 5 valori di portata crescenti:

Tratto nord

$Q_1 = 100 \text{ l/s}$, $Q_2 = 200 \text{ l/s}$, $Q_3 = 300 \text{ l/s}$, $Q_4 = 400 \text{ l/s}$, $Q_5 = 600 \text{ l/s}$.

Tratto sud

$Q_1 = 20 \text{ l/s}$, $Q_2 = 50 \text{ l/s}$, $Q_3 = 100 \text{ l/s}$, $Q_4 = 150 \text{ l/s}$, $Q_5 = 200 \text{ l/s}$.

La portata nel tratto di confluenza verso lo scarico nello scatolare 1500x1000 mm viene calcolata come somma delle due portate inserite a monte dei due tratti del modello.

Le scabrezze sono state definite in base alle caratteristiche di rivestimento del fosso ($K_s = 30$ nella notazione di Stricker, assunzione molto generosa nell'ipotesi di fosso pulito a sezione pienamente libera e senza vegetazione) e delle tubazioni in calcestruzzo ($K_s = 80$ nella notazione di Stricker) coerentemente con quanto suggerito da schede tecniche per condizioni simili e con l'esperienza maturata in condizioni analoghe.

5.3 Risultati del codice HEC-RAS

Di seguito si riportano i risultati delle analisi condotte proponendoli in termini di livelli idrici nelle diverse configurazioni geometriche e nelle diverse ipotesi di portata, sulla sezione di monte dei manufatti e sull'intera tratta del profilo modellato.

Come si può osservare allo stato attuale il tratto a sud già per portate di soli 20 l/s risulta tracciabile per effetto della sezione ridotta soprattutto a monte e per causa del restringimento provocato dal ponticello a valle.

Allo stesso modo il tombino DN500 mm sul tratto nord causa notevole rigurgito anche che per portate oltre 400 l/s si verifica il sormonto dell'opera.

Allo stato di progetto la massima capacità di transito risulta molto maggiore grazie alla maggior sezione del tombino previsto che genera un invito alla corrente essendo la scabrezza del cls ridotta rispetto a quella della sezione naturale; di fatto con la tombinatura di progetto i livelli si

abbassano notevolmente rispetto allo stato attuale e nell'ipotesi della massima portata transibile si raggiungono valori che vanno ben oltre quelli stimati per lo stato di fatto.

Le figure che seguono mostrano i risultati delle verifiche idrauliche condotte per le diverse portate contemplate e nelle due configurazioni analizzate, attuale e progetto.

Si riporta il profilo idraulico longitudinale del tratto di fosso indagato e le sezioni rilevate e utilizzate nel modello idraulico.

Si osserva come nello stato di progetto a parità di portata i livelli idrici siano notevolmente inferiori mentre allo stato attuale si presentano evidenti rigurgiti in corrispondenza dei tombini esistenti dimostrando l'inefficienza idraulica del tratto soprattutto nella parte sud. La configurazione di progetto è in grado di far transitare portate che vanno ben oltre quelle dello stato di fatto garantendo un buon margine di sicurezza idraulica

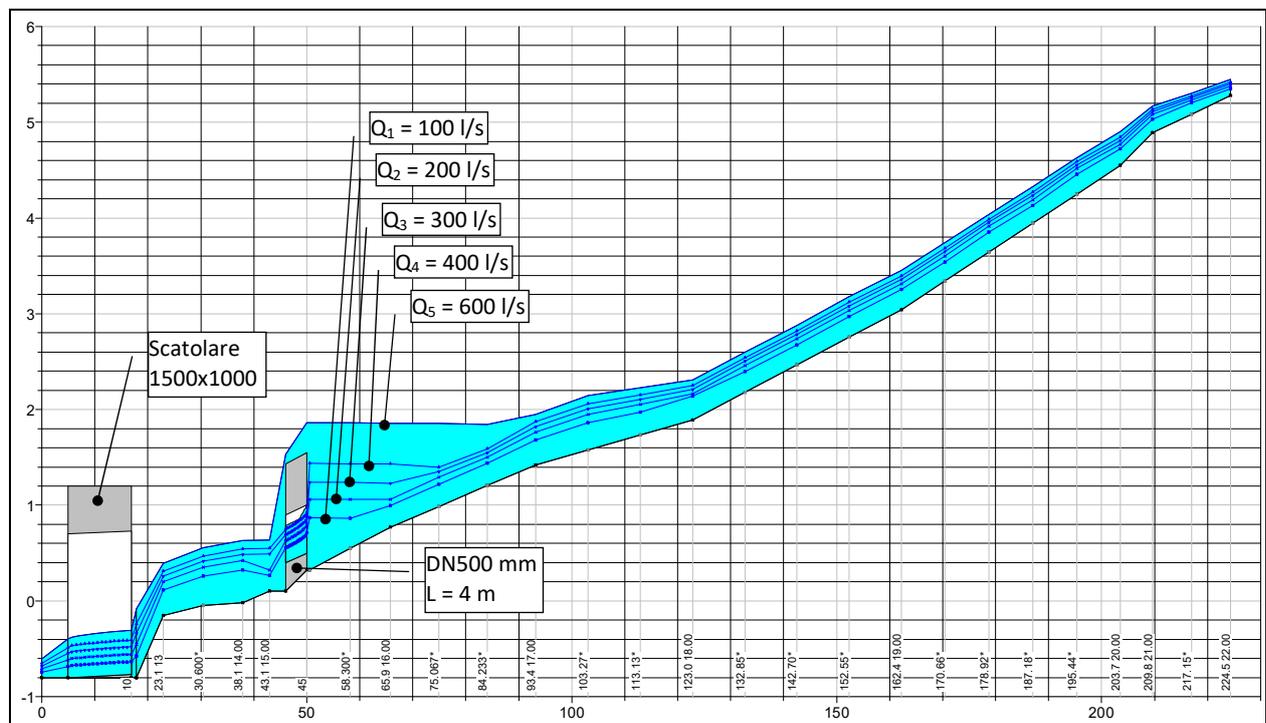


Figura 17 – Profili idrici longitudinali del tratto di fosso nord allo stato attuale con le varie ipotesi di portata

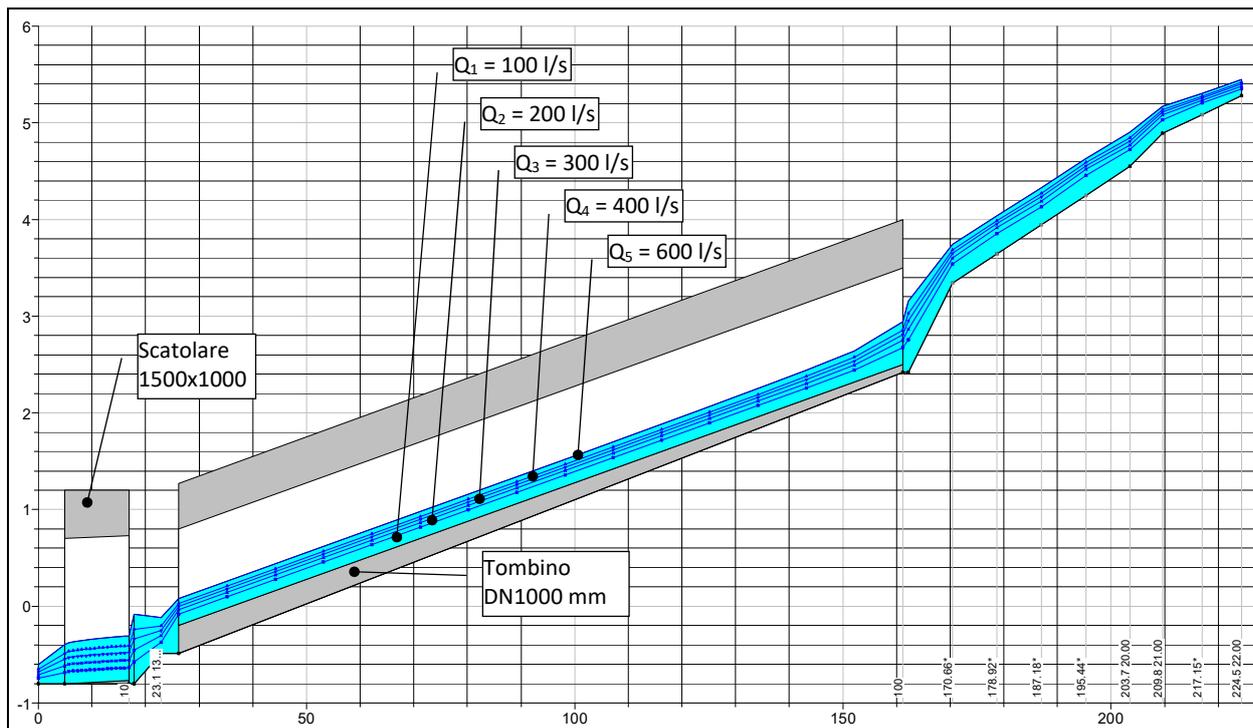


Figura 18 – Profili idrici longitudinali del tratto di fosso nord allo stato di progetto con le varie ipotesi di portata

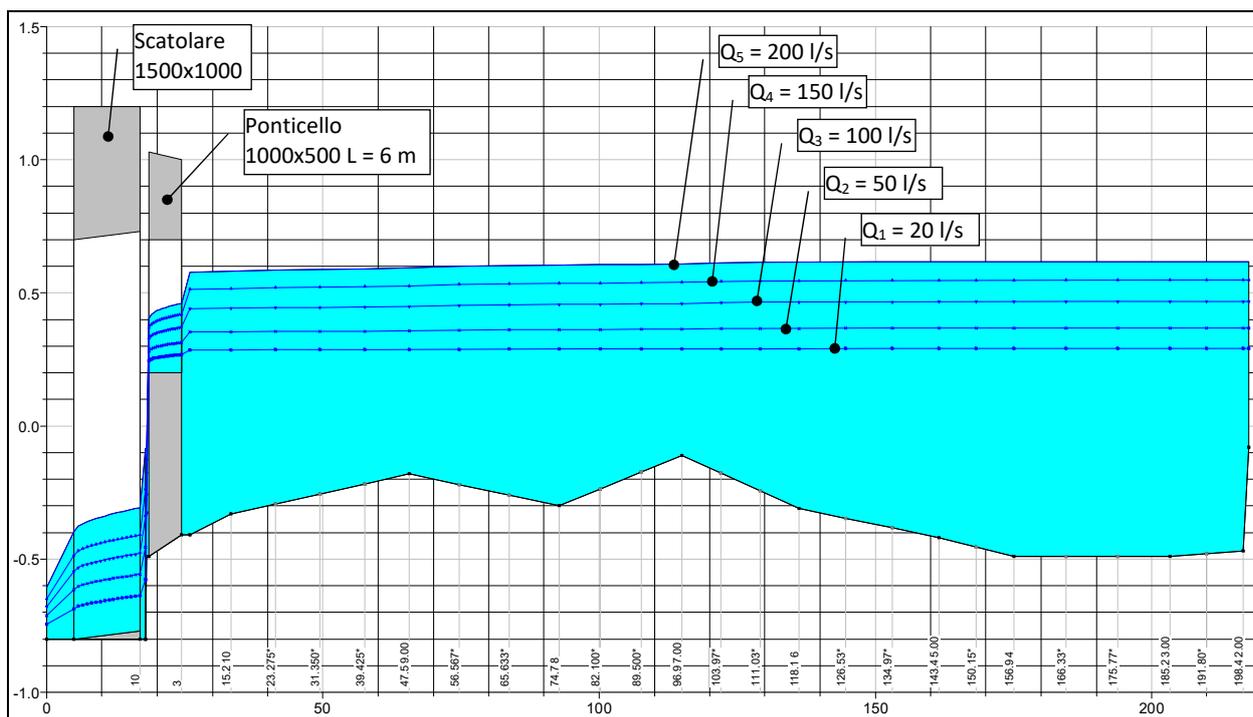


Figura 19 – Profili idrici longitudinali del tratto di fosso sud allo stato attuale con le varie ipotesi di portata

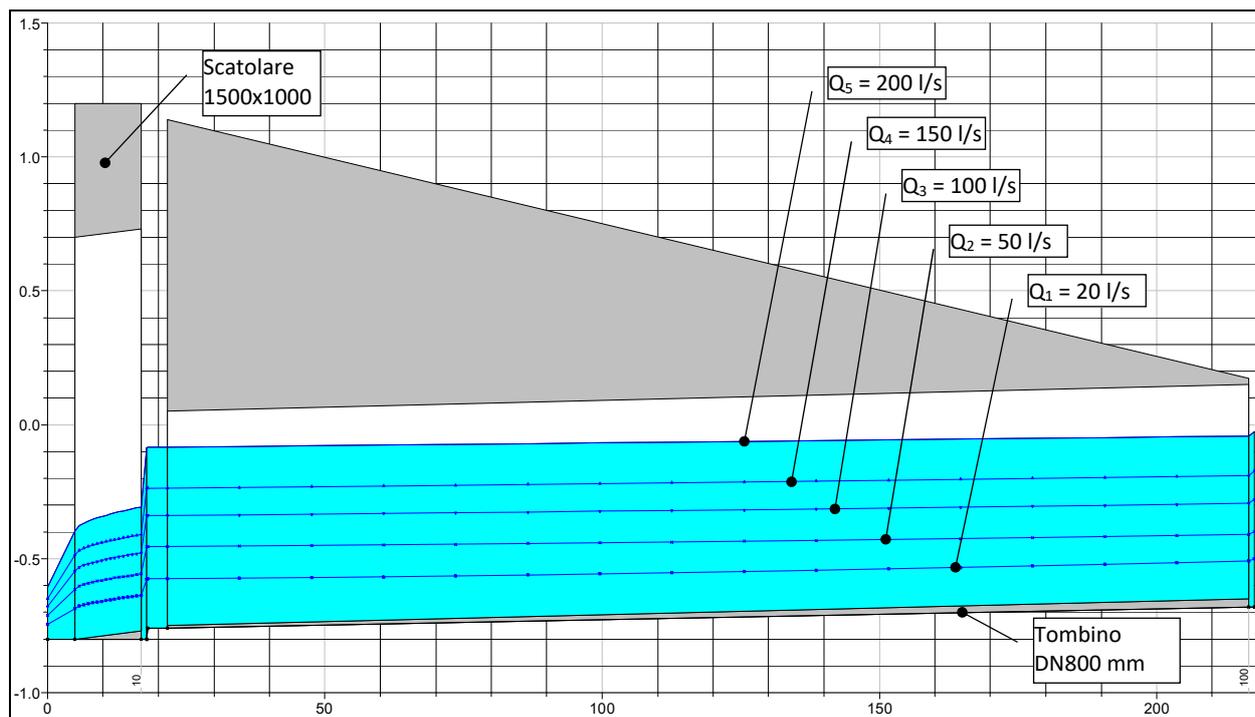


Figura 20 – Profili idrici longitudinali del tratto di fosso sud allo stato di progetto con le varie ipotesi di portata

Come si osserva dalle immagini riproposte, a parità di portate i livelli idrici nello stato di progetto si abbassano notevolmente rendendo maggiormente efficiente il tratto di fossatura.

Si può in ogni caso affermare che il nuovo tombinamento con una condotta DN800 mm così come quello con DN1000 mm costituiscono una notevole miglioria idraulica del tratto di fossatura aumentando apprezzabilmente la capacità di portata di tutto il tratto. Allo stesso modo la scelta di una sezione DN800 mm e DN1000 mm garantisce ottima capacità di detenzione dei volumi idrici non perdendosi di fatto volumi di invaso rispetto allo stato attuale sia perché la fossatura esistente in diversi punti è poco incisa sia per la presenza di tombini a sezione ristretta. Per la posa delle condotte DN800 mm sarà necessario prevedere scavi e recupero di volumi laddove il fosso esistente risulta interrato, demolizioni e scavi dei tratti attualmente tombinati con sezione inadeguata.

In allegato alla presente si propongono tutte le sezioni di rilievo e di calcolo introdotte nei modelli HEC-RAS nello stato di fatto e nella configurazione di progetto, assieme alle sezioni dei manufatti inseriti.

6 CONCLUSIONI

Sulla scorta delle analisi ed elaborazioni condotte, si riportano le conclusioni dedotte per ciascun tema trattato.

6.1 Ai sensi della DGRV 2948 - interventi di mitigazione idraulica

- la relazione di valutazione di compatibilità idraulica è stata redatta nel rispetto delle Linee Guida sulla Valutazione di Compatibilità Idraulica secondo la vigente D.G.R.V. 2948/2009 nonché Piani comunali di governo territoriale (PI e/o PAT) del Comune di Baone;
- trattandosi di un intervento che interessa una superficie inferiore 1.000 m² secondo D.G.R.V. n. 2948/2009 si ascrive tra gli interventi a “trascurabile impermeabilizzazione potenziale”;
- il progetto risulta compatibile dal punto di vista idraulico e dovrà essere eseguito rispettando quanto indicato nella presente relazione di compatibilità idraulica in termini di:
 1. superfici, permeabili, impermeabili e semipermeabili, in particolare nella sistemazione prevista con pavimentazione garantita drenante come da schede tecniche allegate al progetto;
 2. volume di invaso da recuperare per l’invarianza idraulica così come definiti nella presente analisi. Non sono previste opere di invaso, la rete di drenaggio proposta risulta oltremodo officiosa e il progetto non comporta aumento di carico idraulico sulla rete pubblica;
 3. portate di progetto secondo l’approccio della presente relazione di valutazione di compatibilità idraulica. Sono state definite in base alla capacità di deflusso stimata per il corpo idrico in oggetto di analisi in modo da confrontare con lo stato di progetto.

Alla luce dei risultati ottenuti si propone di realizzare la tombinatura in progetto con un tubo DN800 mm e tubo DN1000 mm che:

1. non influisce negativamente sul regime idraulico del tratto di fosso rispetto alla situazione attuale, anzi ne migliora l’officiosità idraulica, consentendo il transito di portate nettamente superiori e garantendo ottima efficienza idraulica;
2. assicura il libero deflusso a monte e a valle e risulta compatibile con le dimensioni esistenti del fosso che con un tirante inferiore a un metro non consentirebbe di utilizzare tubazioni di diametro superiore;

3. la dimensione del tubo in progetto appare inoltre idonea in ragione del fatto di garantire e assicurare il maggior invaso al corpo ricettore, cercando di perdere il minor volume possibile.

Sulla scorta delle analisi condotte e delle considerazioni approntate si ritengono le tubazioni DN800 mm e DN1000 mm idonee alla tombinatura relativamente al progetto, si consiglia in ogni caso la messa in opera di pozzetti di ispezione ad interasse di 25/30 metri per poter consentire le normali operazioni di pulizia e manutenzione che potrebbero rendersi necessarie in fase di esercizio.

Si ricorda ancora che lungo la banchina della SP89 dovranno essere disposte caditoie a bocca di lupo secondo le indicazioni dell'ufficio tecnico comunale o del Genio Civile ad interasse di almeno 15/20 metri per garantire il drenaggio della careggiata e allo stesso tempo dovranno essere riprese e riconnesse tutte le derivazioni di scarichi esistenti dalla rete minore e dagli scarichi delle acque bianche dei civici in fregio alla Provinciale.

Alla luce delle indicazioni e prescrizioni riportate nel presente rapporto tecnico si ritiene il progetto conforme alle indicazioni prescritte dalle normative vigenti in particolare della D.G.R.V. n. 2948/2009, nonché alle regolamentazioni disposte dalla normativa comunale vigente all'interno dei PI e/o PAT e della Valutazione di Compatibilità Idraulica.

6.2 Ai sensi del P.A.I. e del vigente P.G.R.A.

In relazione alle indicazioni e alle disposizioni del P.A.I., nonché alle recenti disposizioni dell'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali in riferimento al vigente P.G.R.A, Allegato V delle Norme Tecniche di Attuazione si osserva che gli interventi proposti in variante non ricadono all'interno delle perimetrazioni delle fasce di pericolosità idraulica, ad ogni modo:

- mantengono le condizioni esistenti di funzionalità idraulica territoriale e non impediscono il deflusso delle piene, non ostacolano il normale deflusso delle acque sia in caso di esondazione fluviale sia in caso di scorrimento delle acque meteoriche;
- non aumentano le condizioni di pericolo a valle o a monte dell'area interessata;
- non riducono i volumi invasabili delle aree interessate;
- non aumentano in alcun modo il carico insediativo attuale;
- non costituiscono o inducono a formare vie preferenziali di veicolazione di portate soli-

de o liquide;

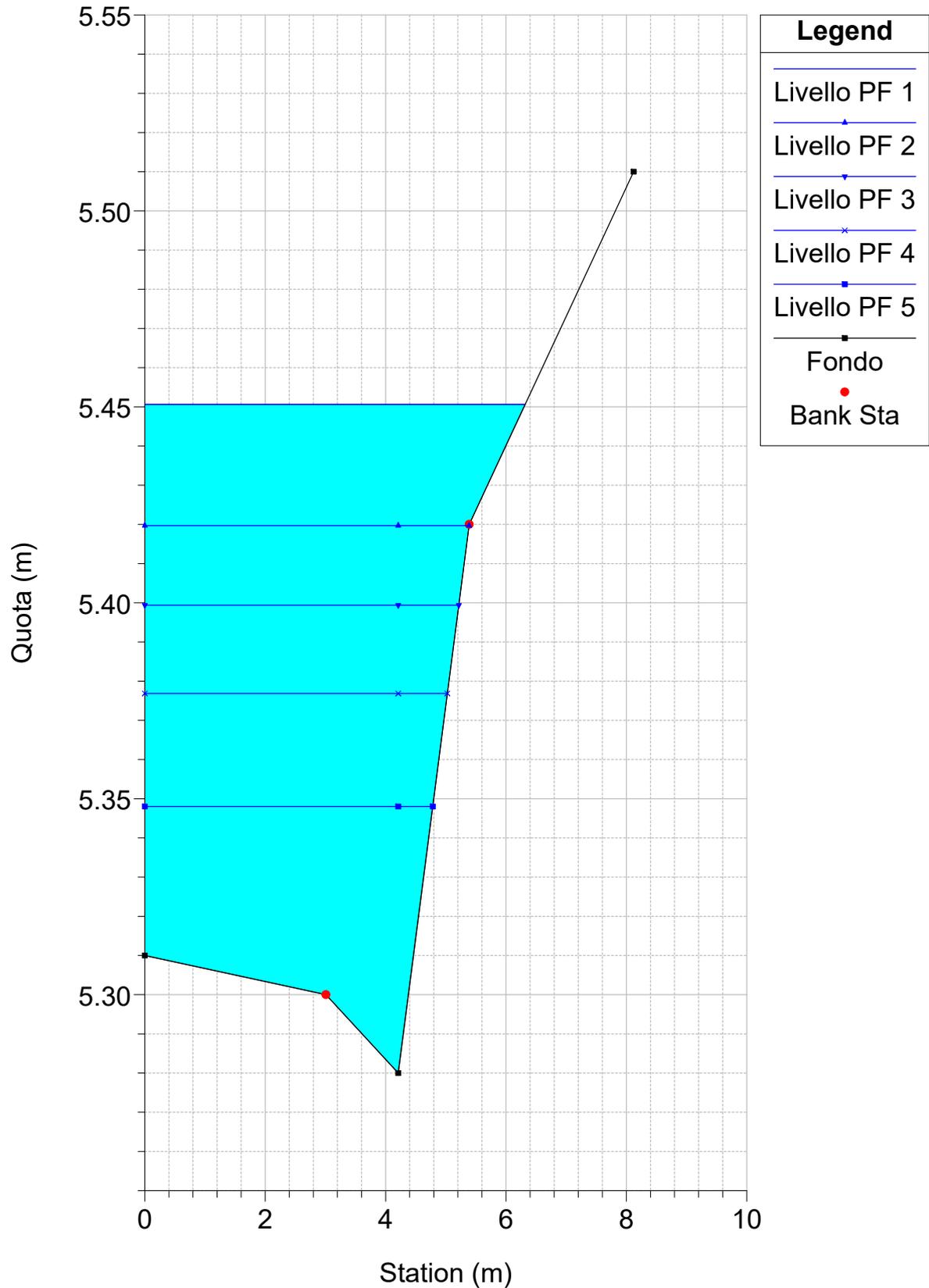
- non comportano aggravii dal punto di vista del carico idraulico sulla rete di scolo esistente, non modificano l'attuale capacità d'invaso o di scorrimento superficiale delle acque meteoriche;
- tengono conto dei principi generali e delle norme di attuazione del corrispondente Piano per l'Assetto Idrogeologico e assevera la compatibilità dell'intervento non risultando assoggettabile alle perimetrazioni del P.G.R.A.;

Alla luce delle indagini condotte e riportate nel presente rapporto tecnico, si ritiene il progetto conforme alle indicazioni e alle prescrizioni dettate dalle normative vigenti. La scrivente assevera che le modificazioni portate dal progetto non andranno in alcun modo a modificare eventuali dinamiche di allagamento dovute alle esondazioni dei corpi idrici circostanti o della rete minore, tantomeno quella indotta dallo scorrimento delle acque meteoriche.

Rivadolmo

Geom: Attuale

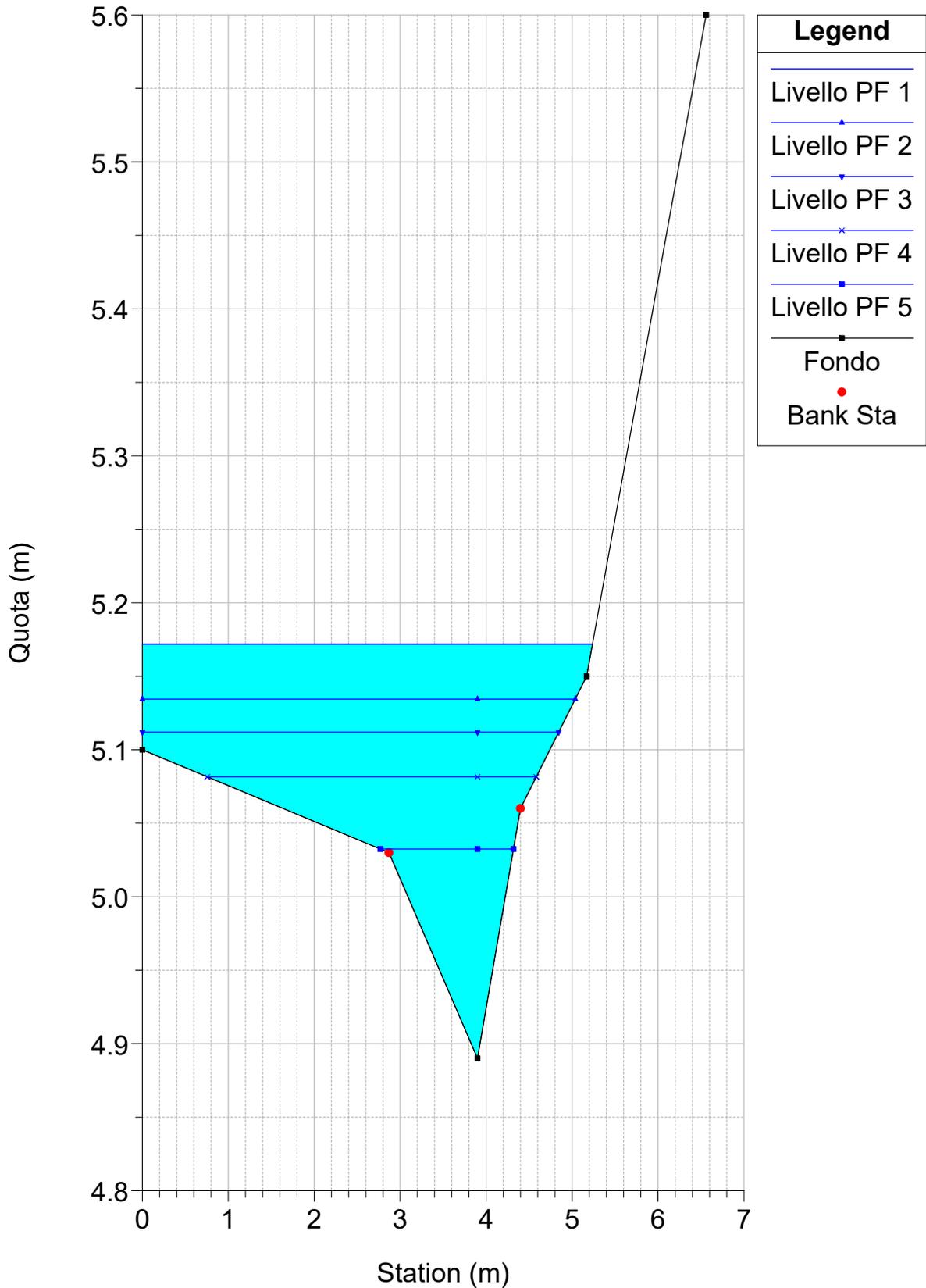
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 224.5 22.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

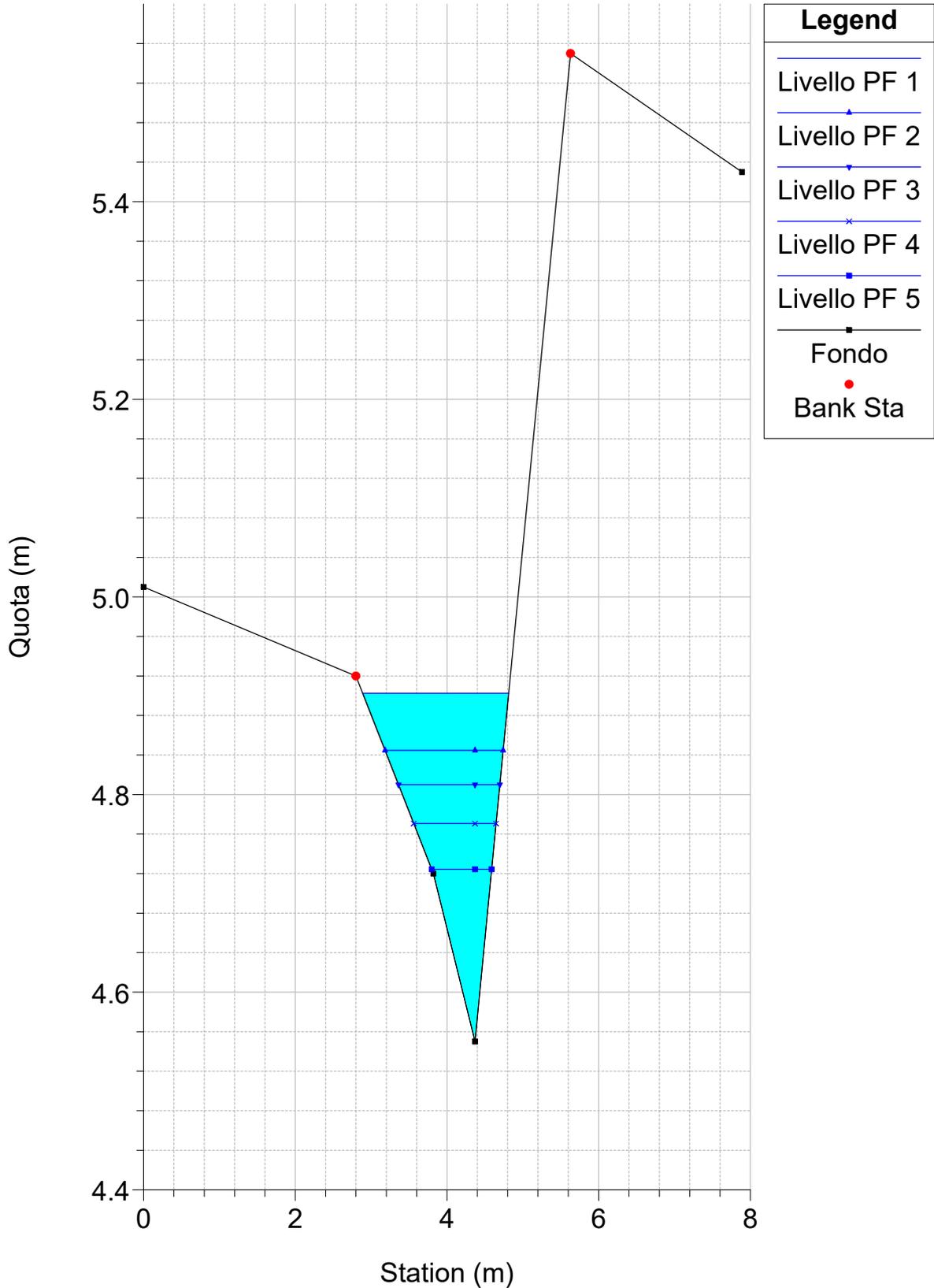
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 209.8 21.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

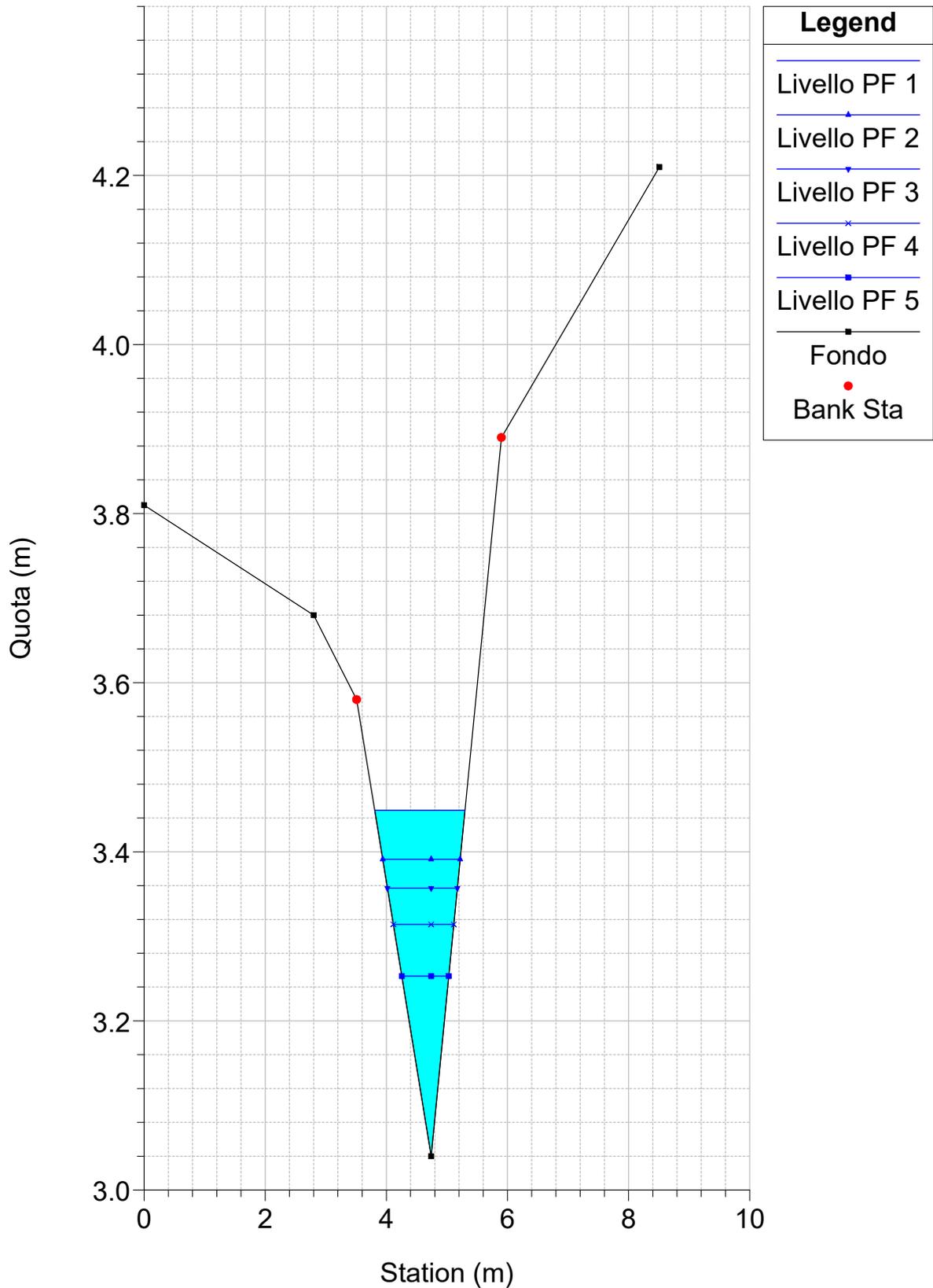
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 203.7 20.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

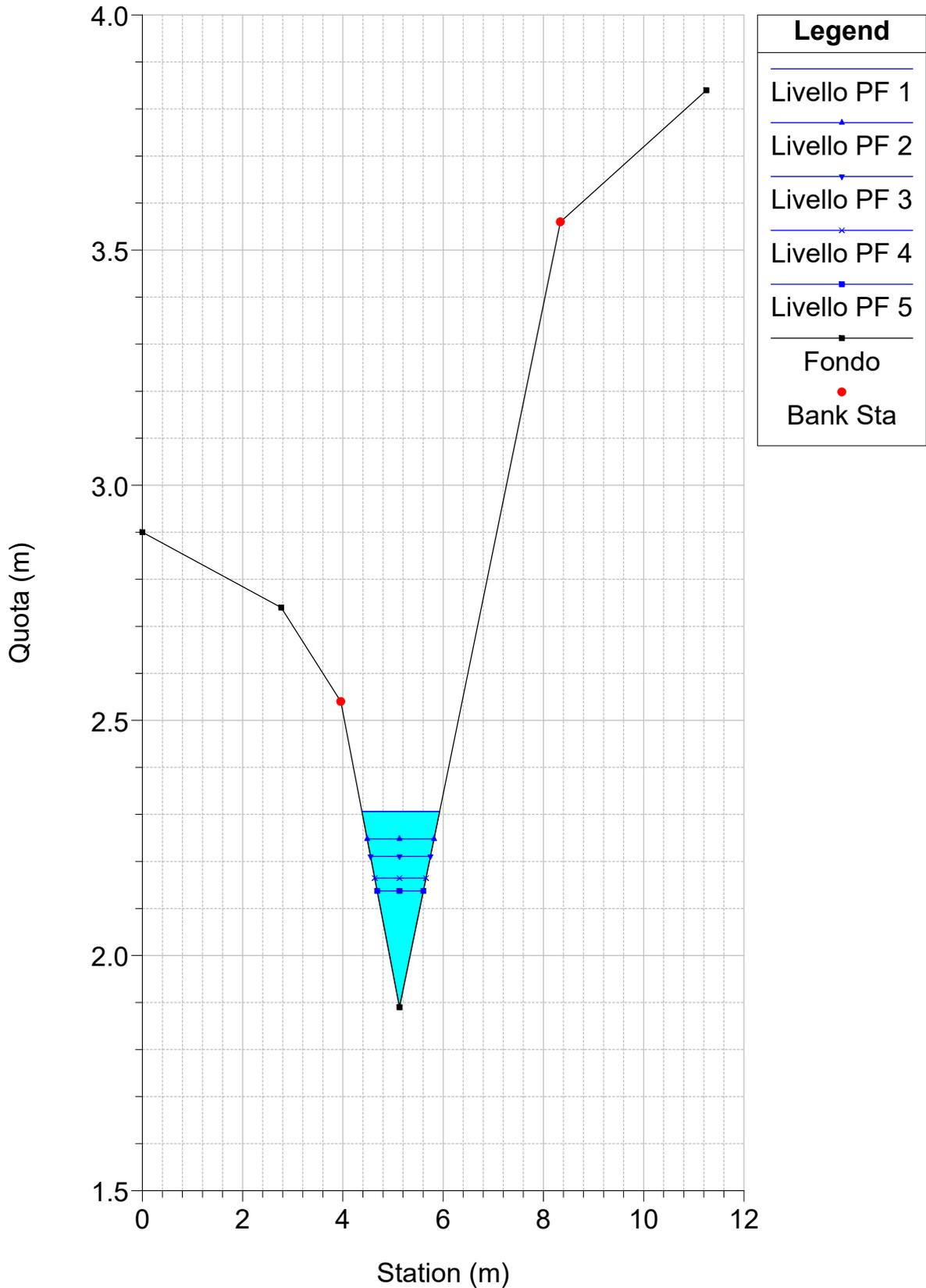
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 162.4 19.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

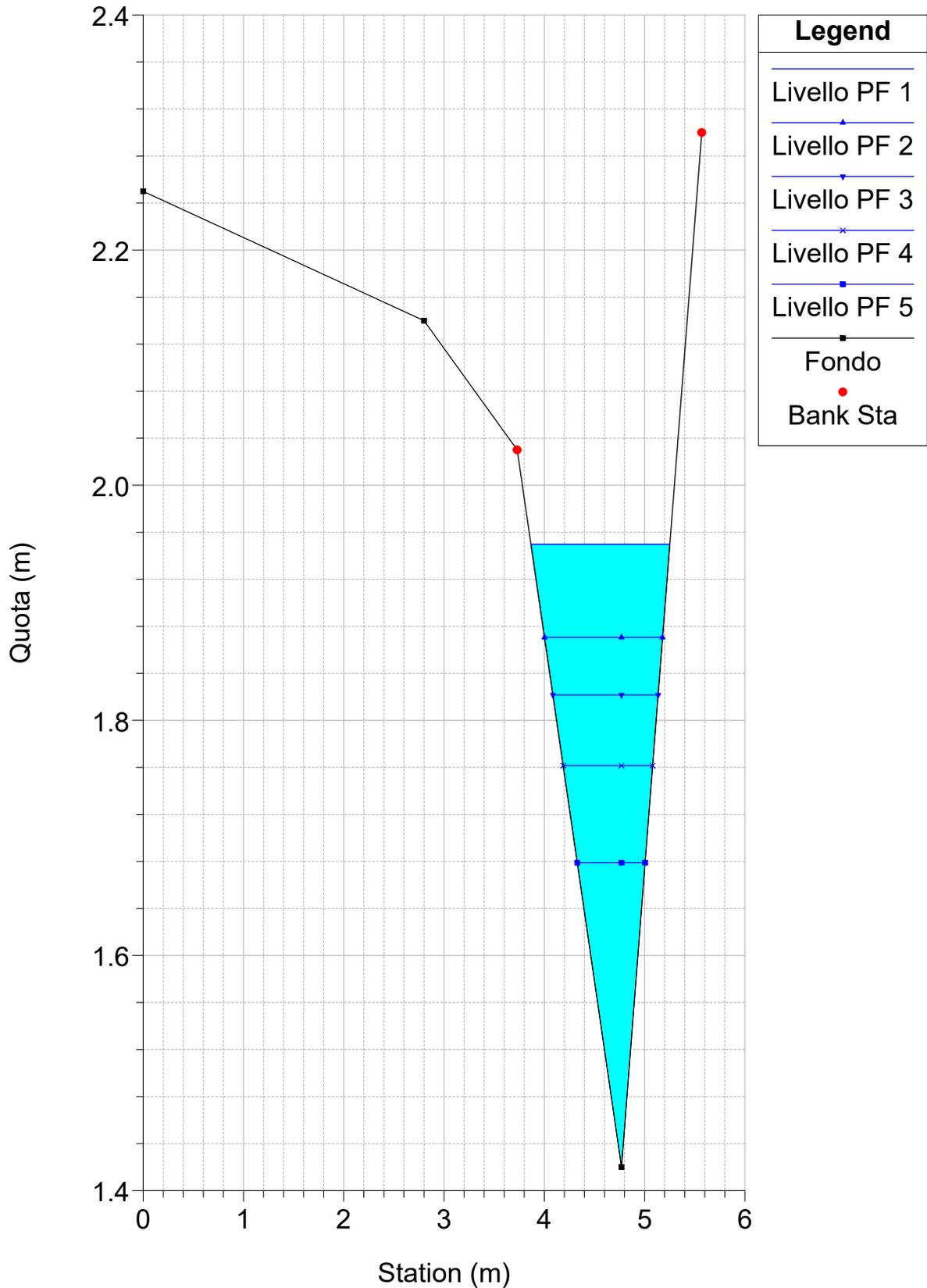
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 123.0 18.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

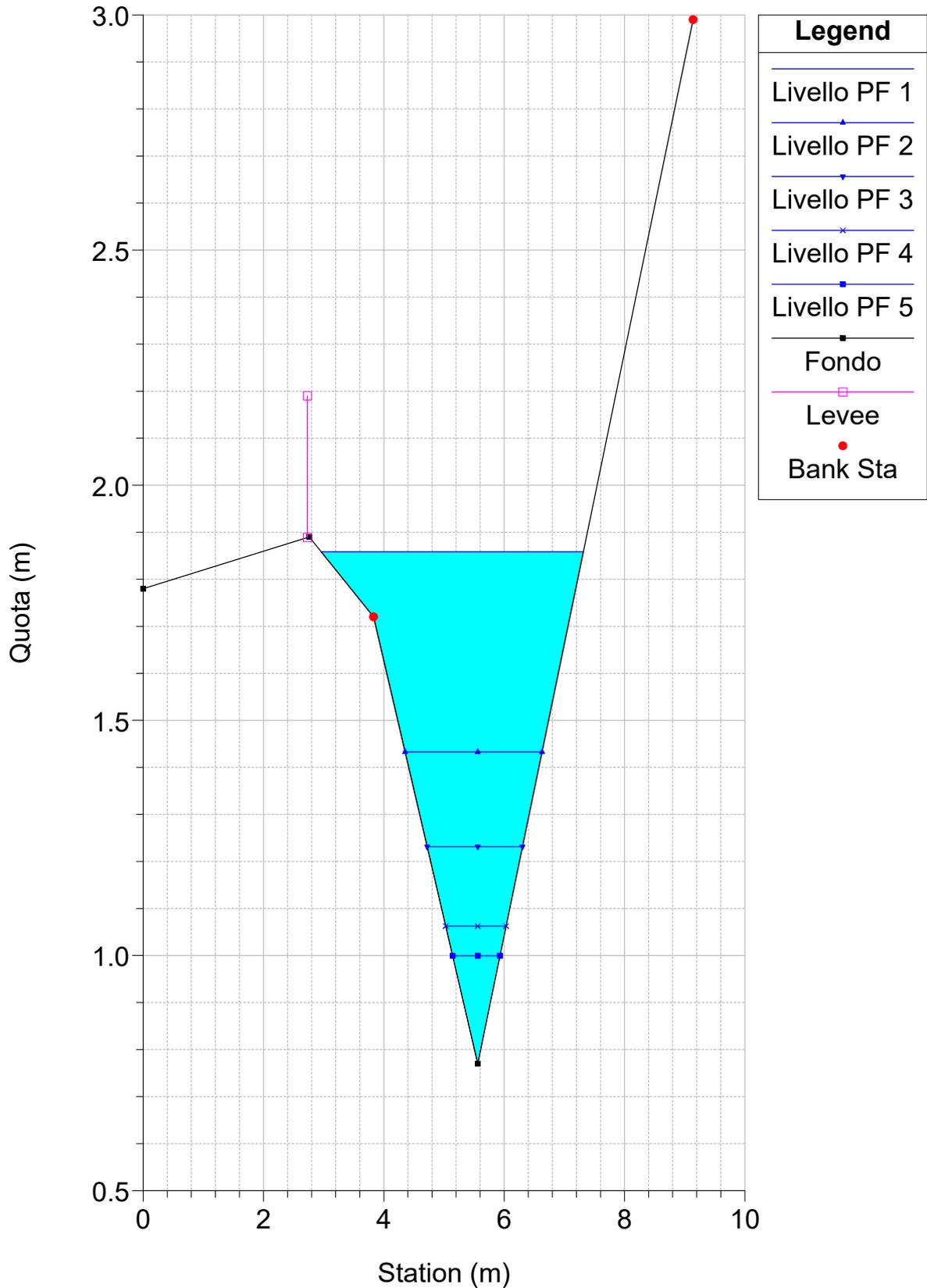
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 93.4 17.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

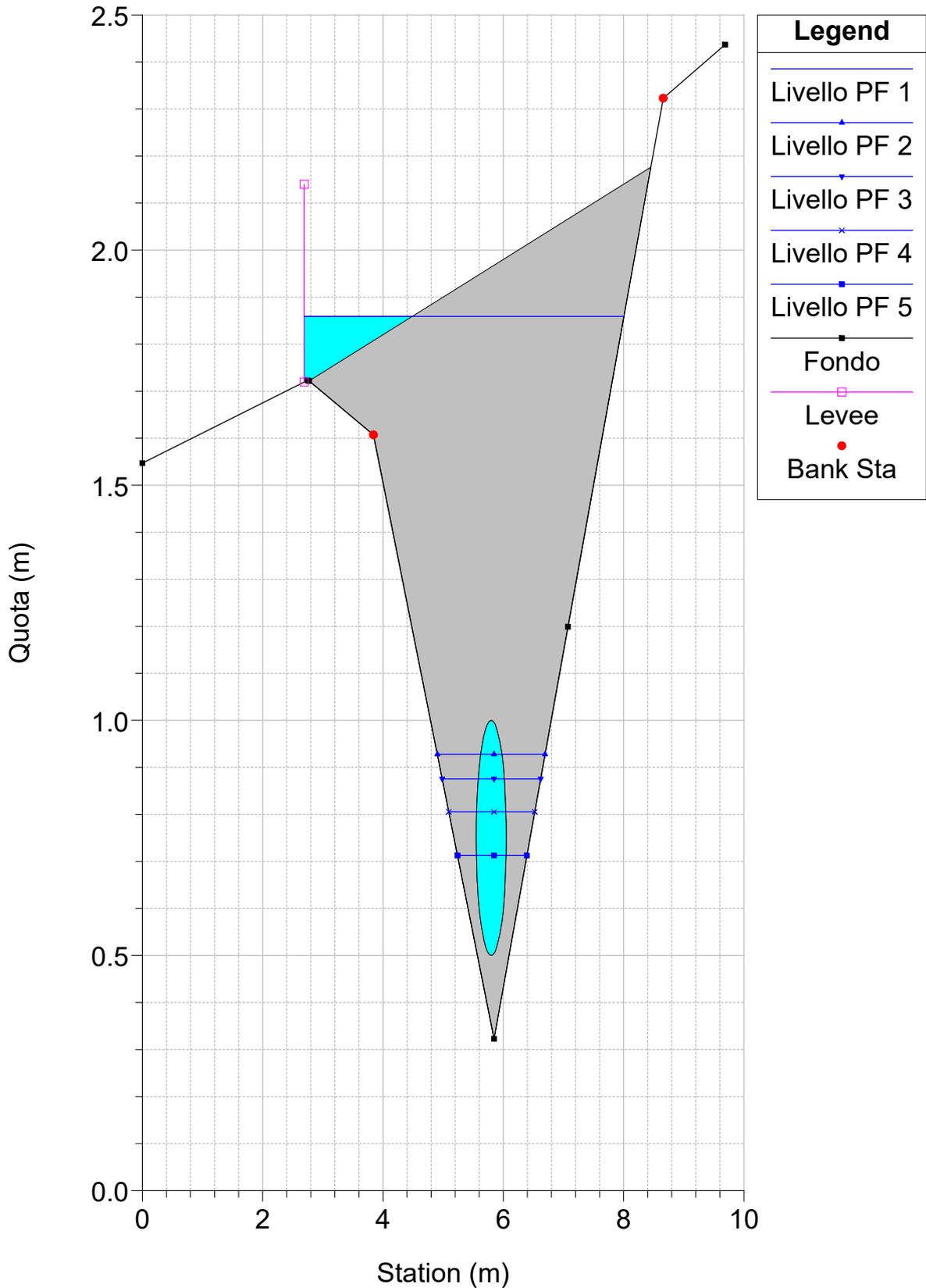
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 65.9 16.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

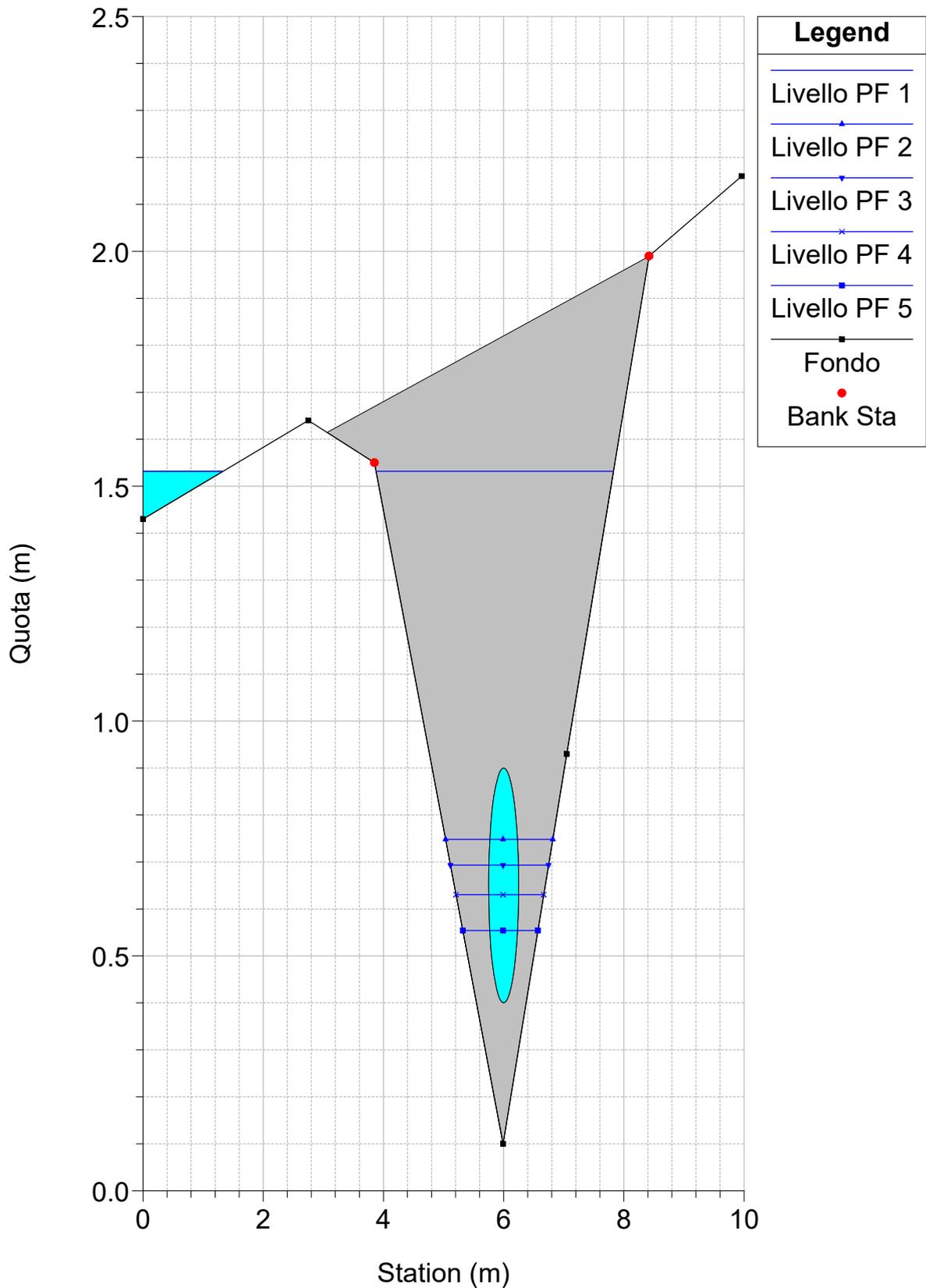
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 45 Culv



Rivadolmo

Geom: Attuale

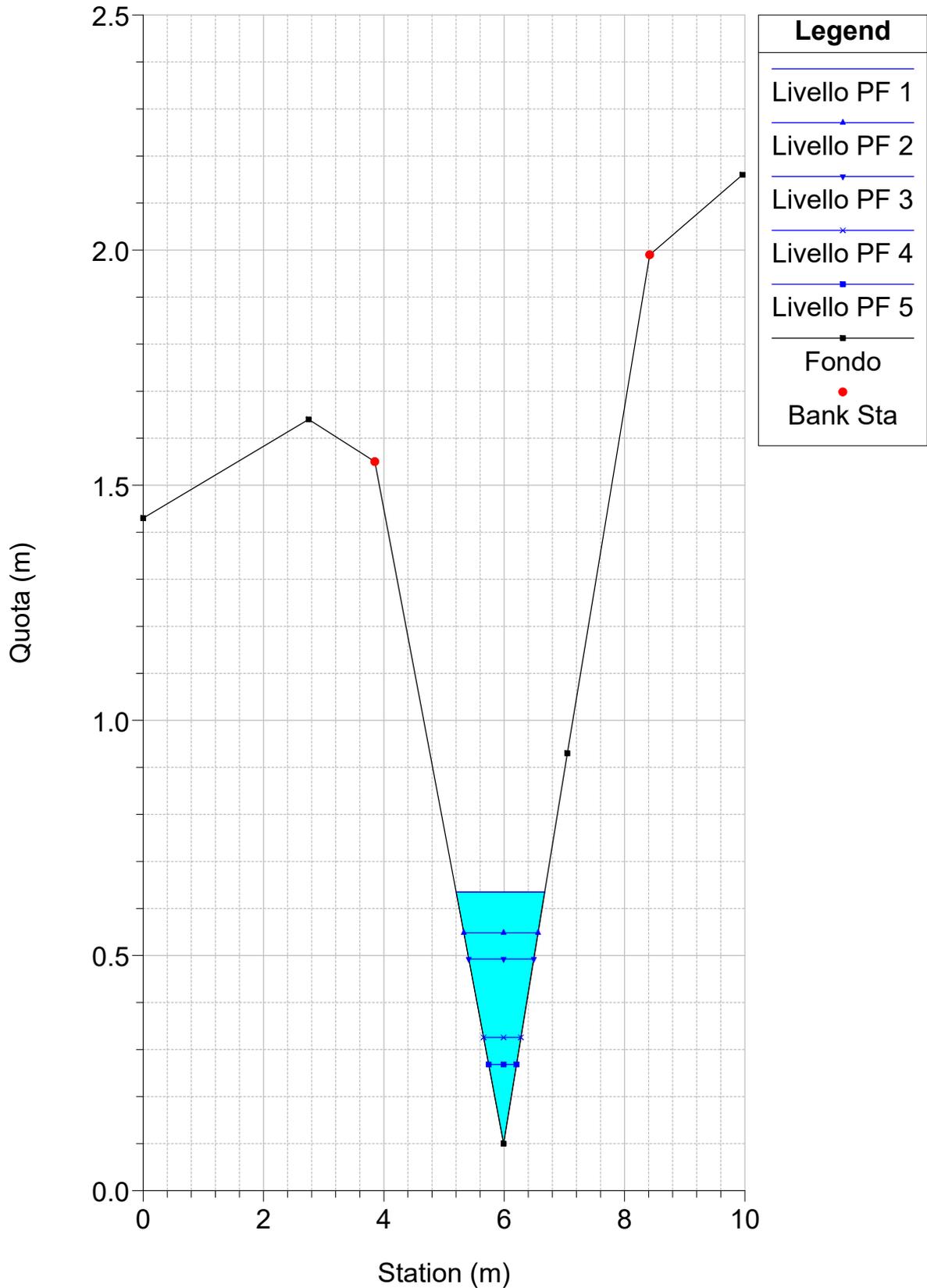
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 45 Culv



Rivadolmo

Geom: Attuale

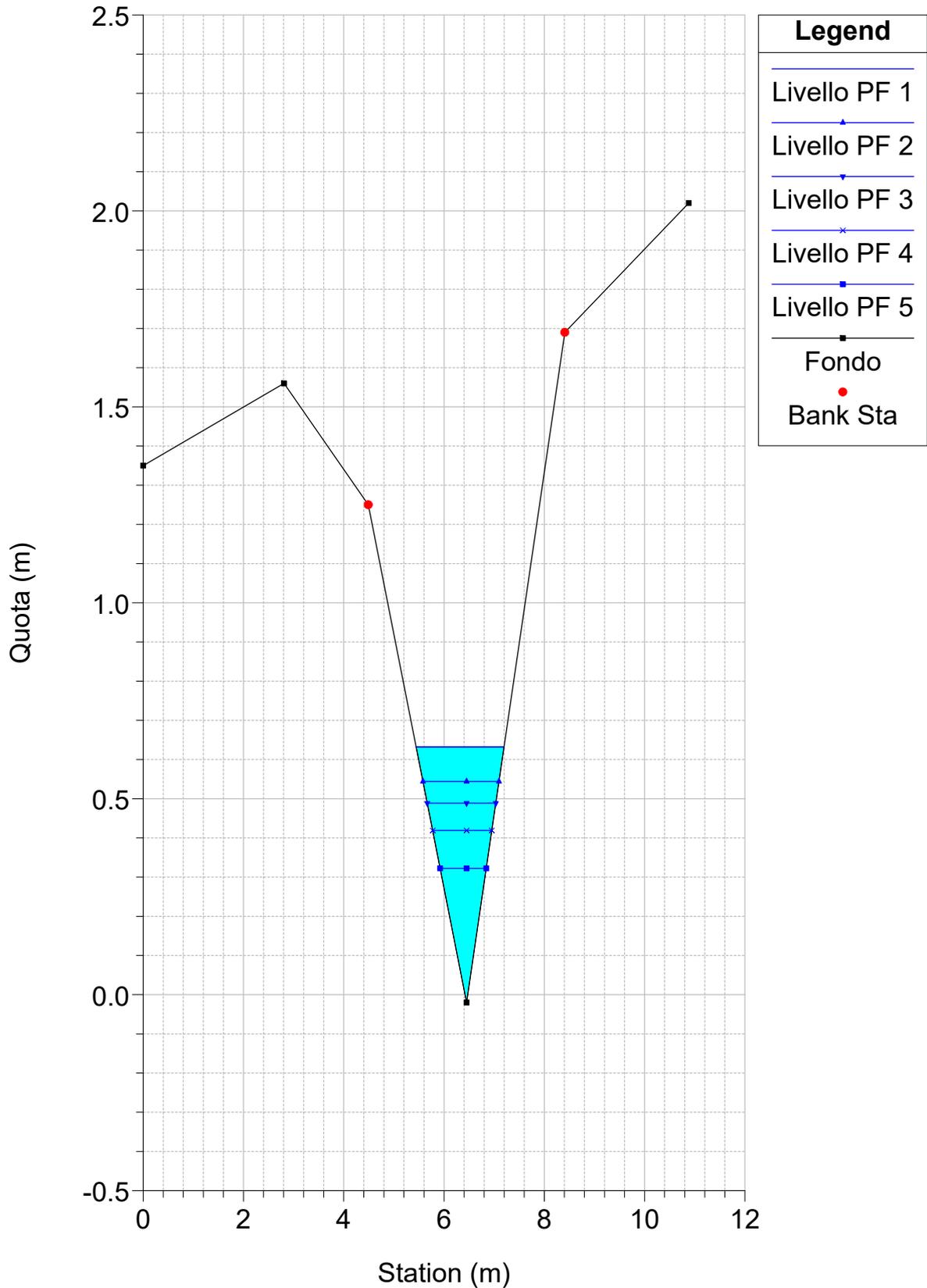
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 43.1 15.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

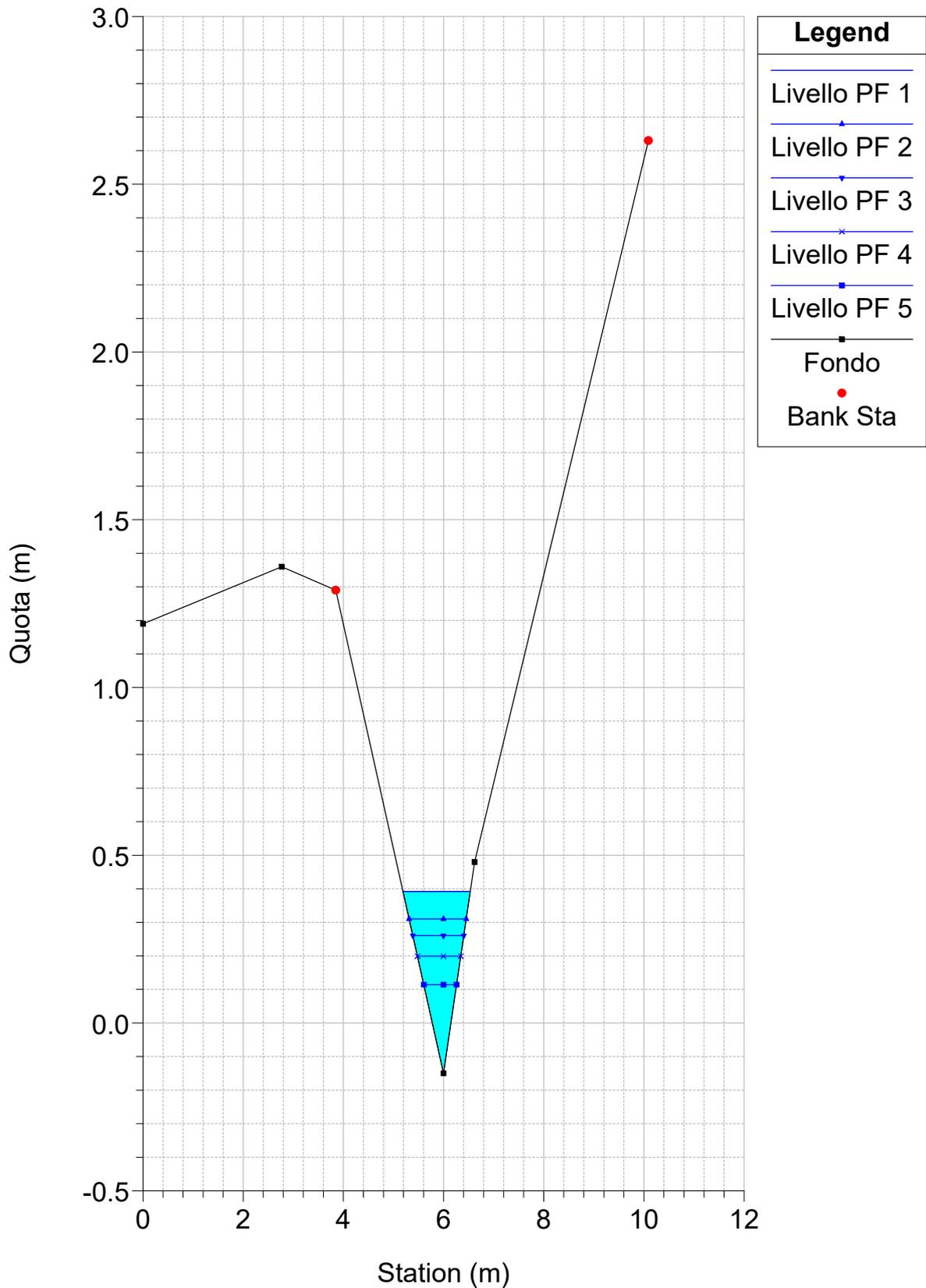
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 38.1 14.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

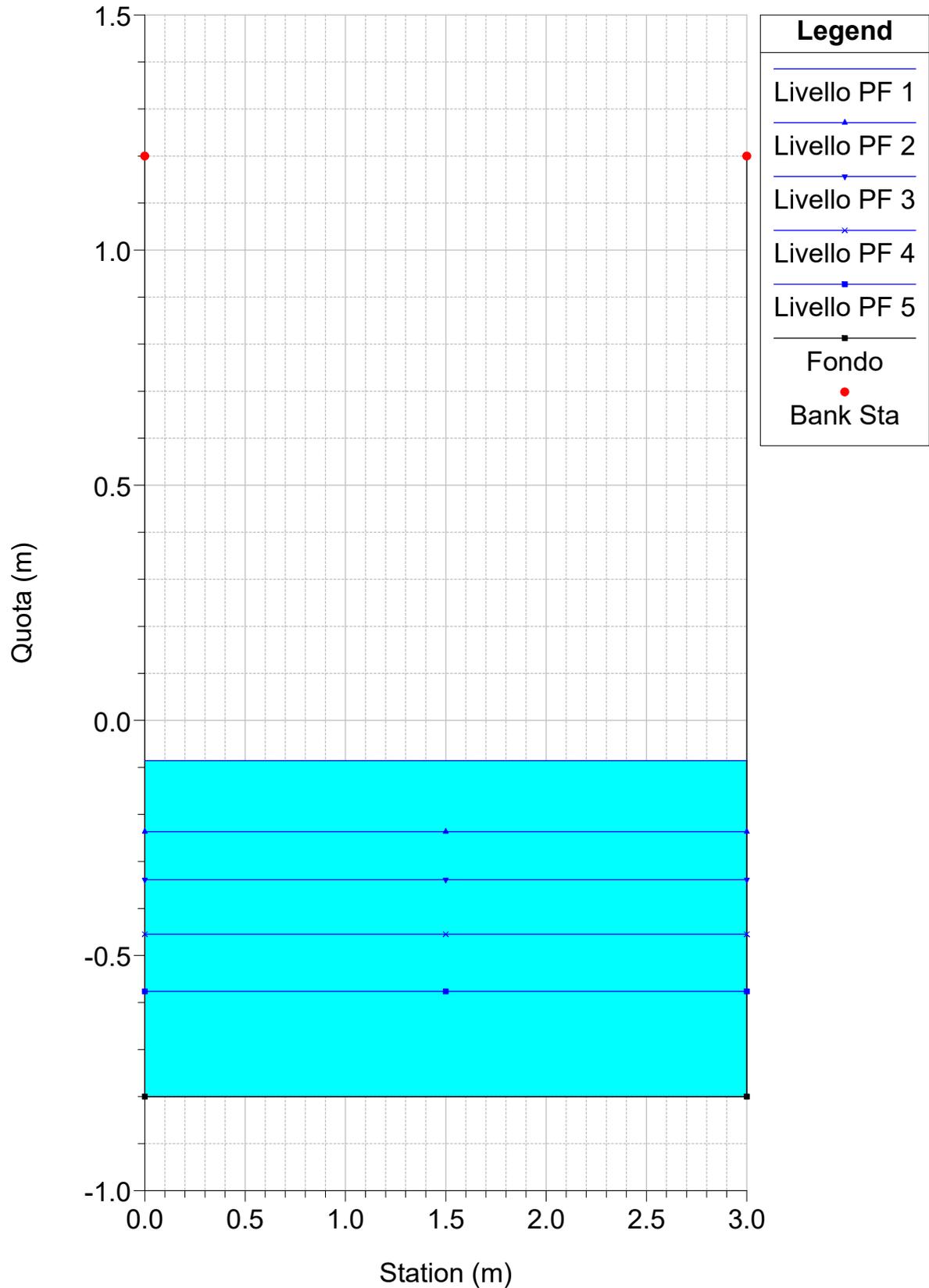
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 23.1 13



Rivadolmo

Geom: Attuale

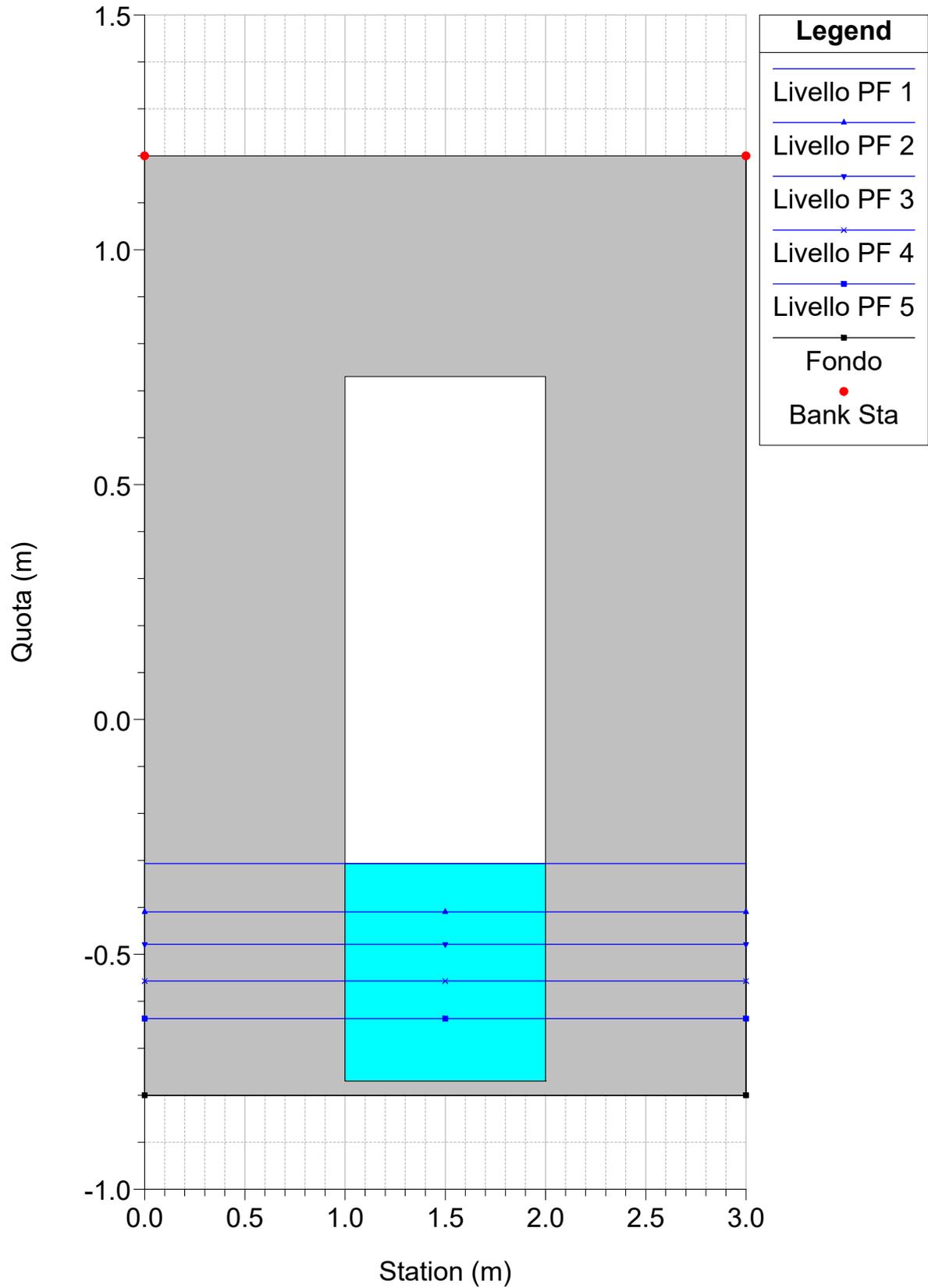
River = Rivadolmo-1 Reach = Scatolare RS = 17.9 scat



Rivadolmo

Geom: Attuale

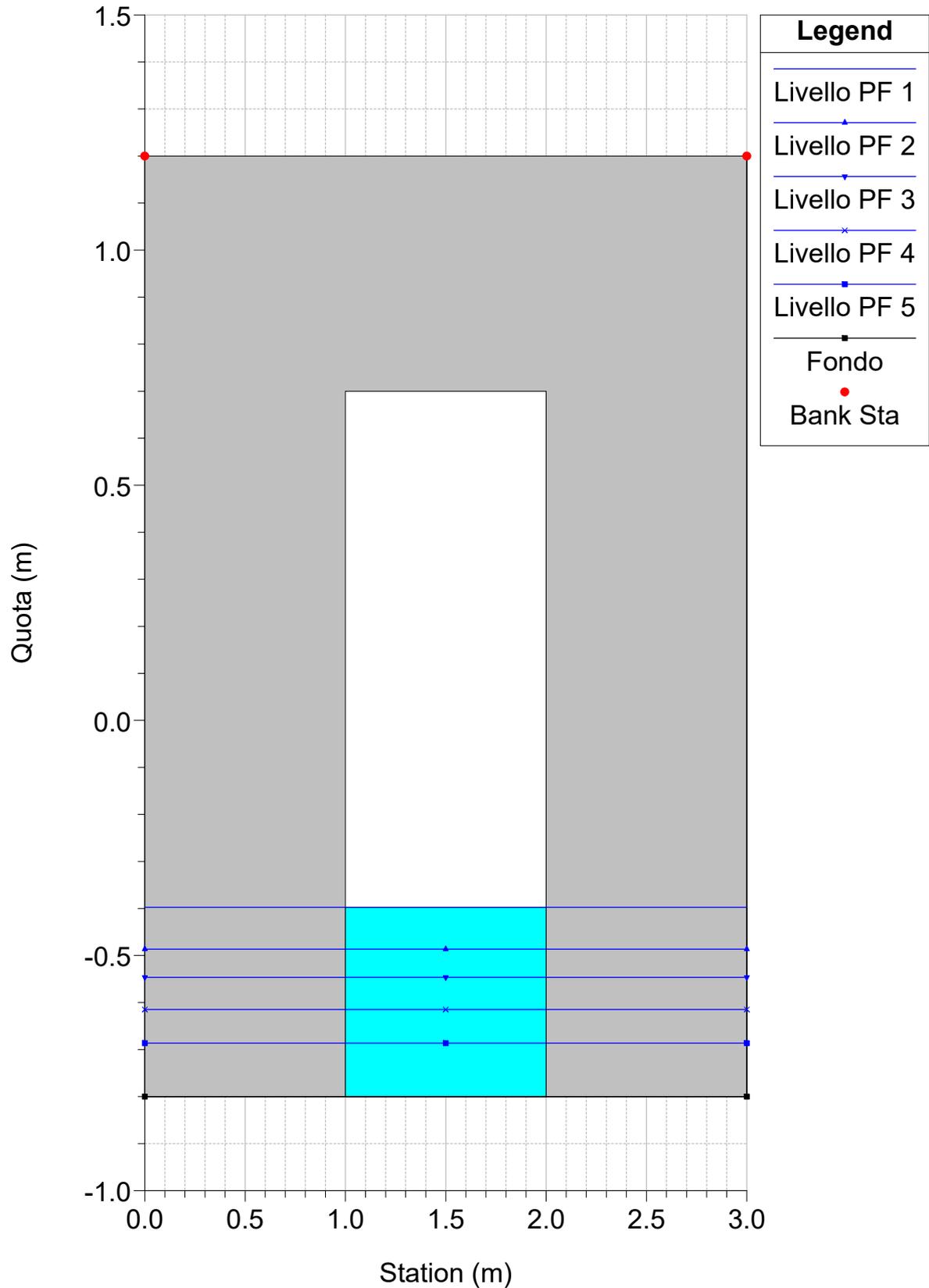
River = Rivadolmo-1 Reach = Scatolare RS = 10 Culv



Rivadolmo

Geom: Attuale

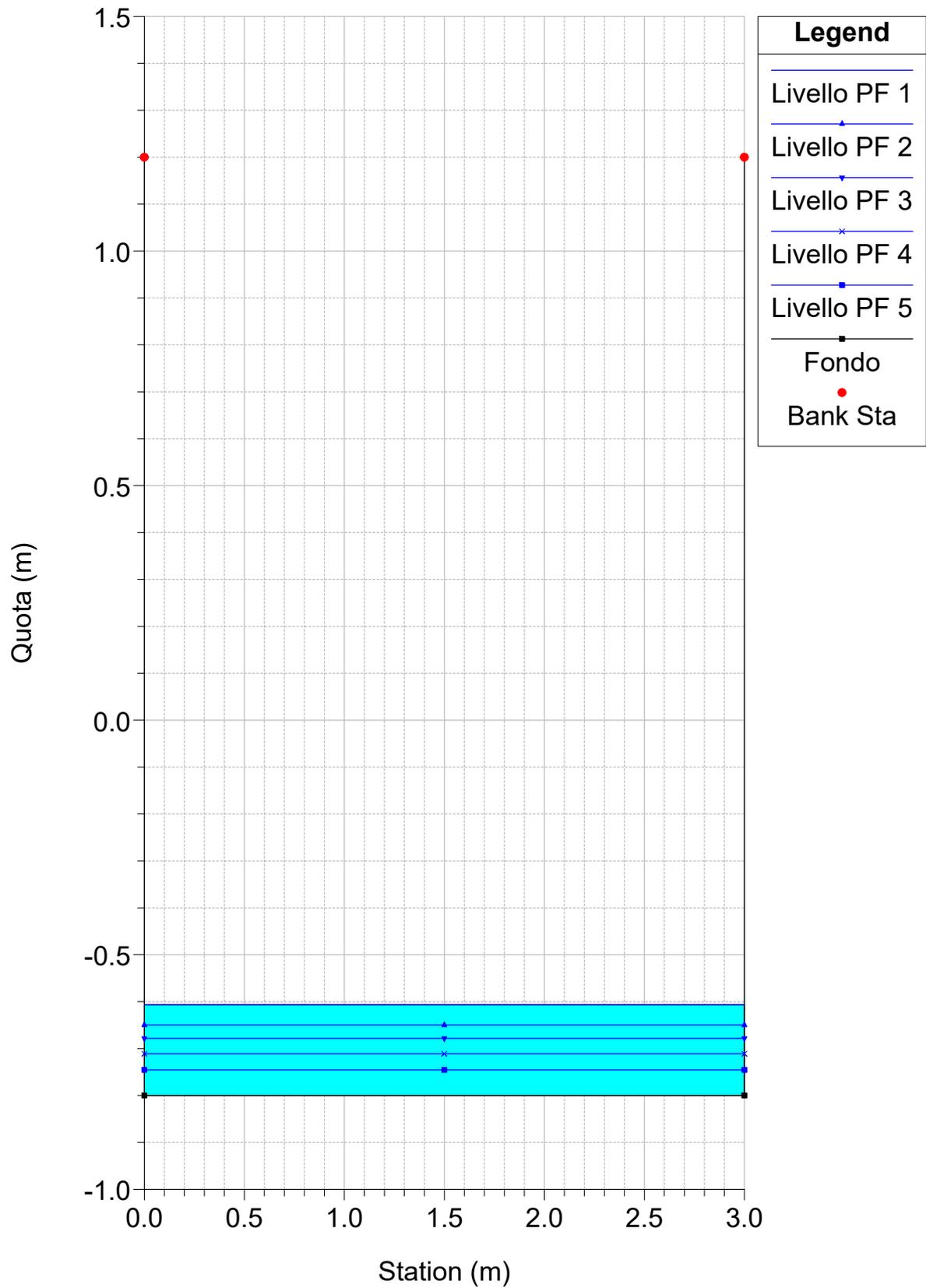
River = Rivadolmo-1 Reach = Scatolare RS = 10 Culv



Rivadolmo

Geom: Attuale

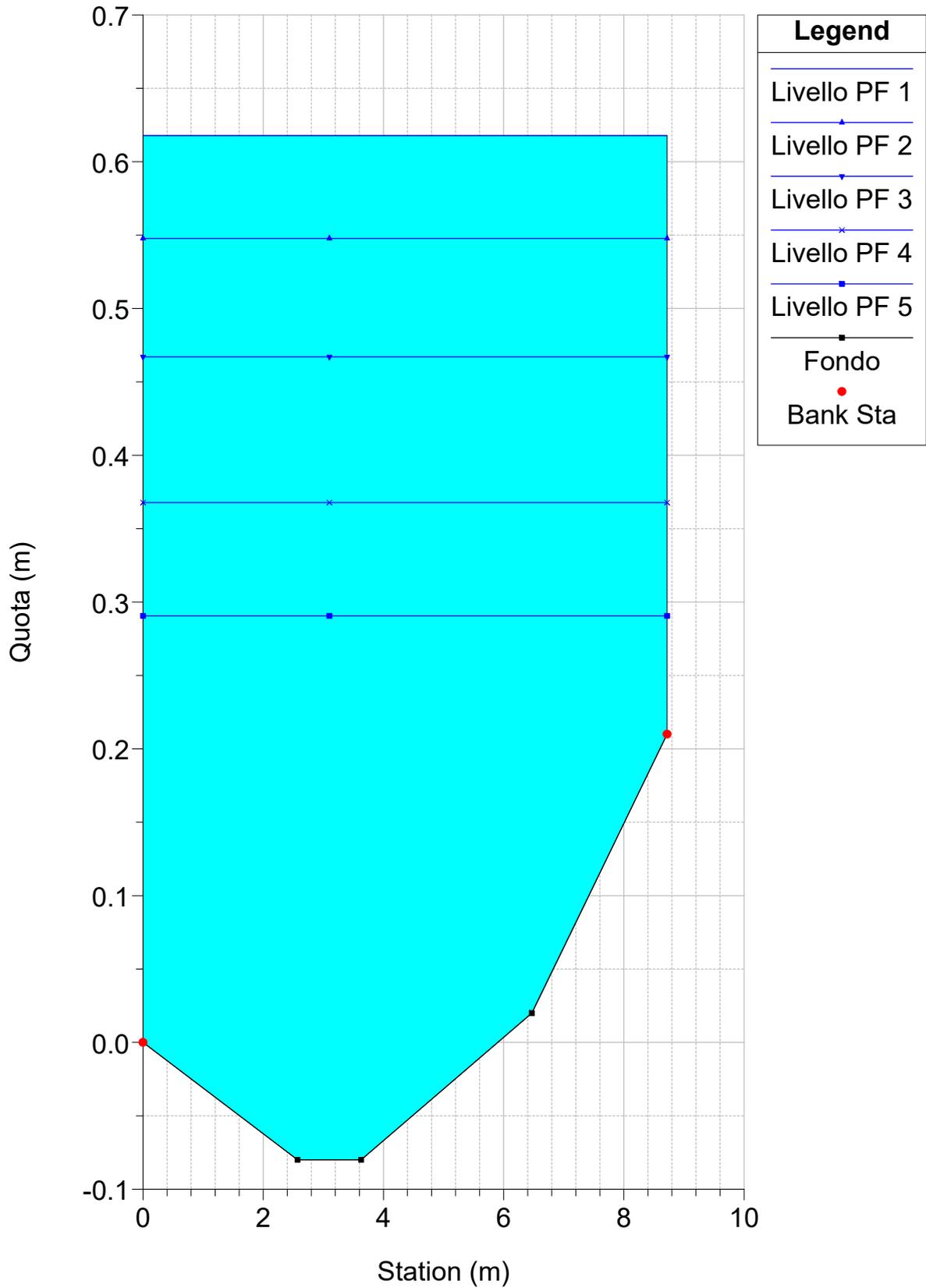
River = Rivadolmo-1 Reach = Scatolare RS = 0.00 scat



Rivadolmo

Geom: Attuale

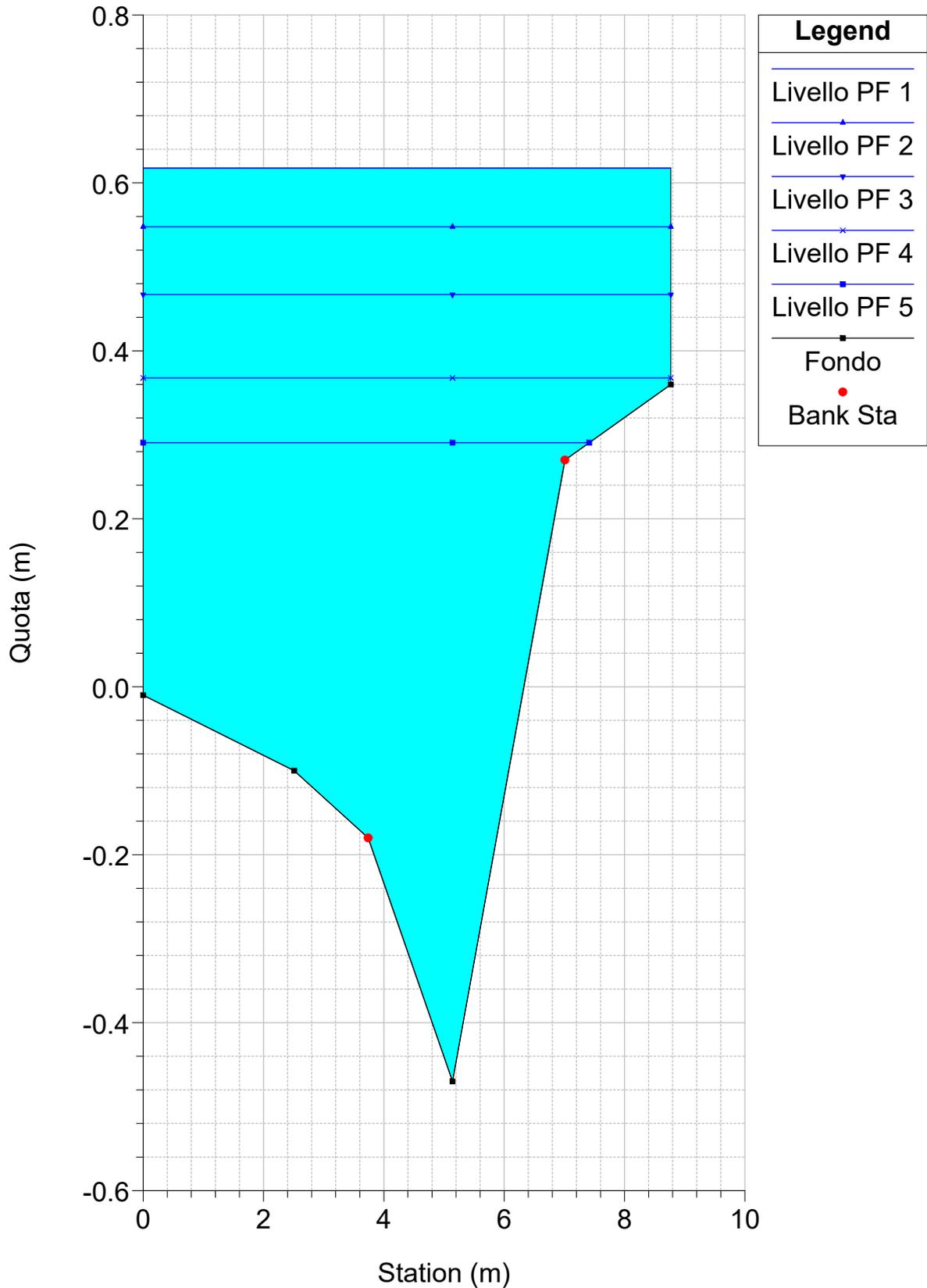
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 199.5 1



Rivadolmo

Geom: Attuale

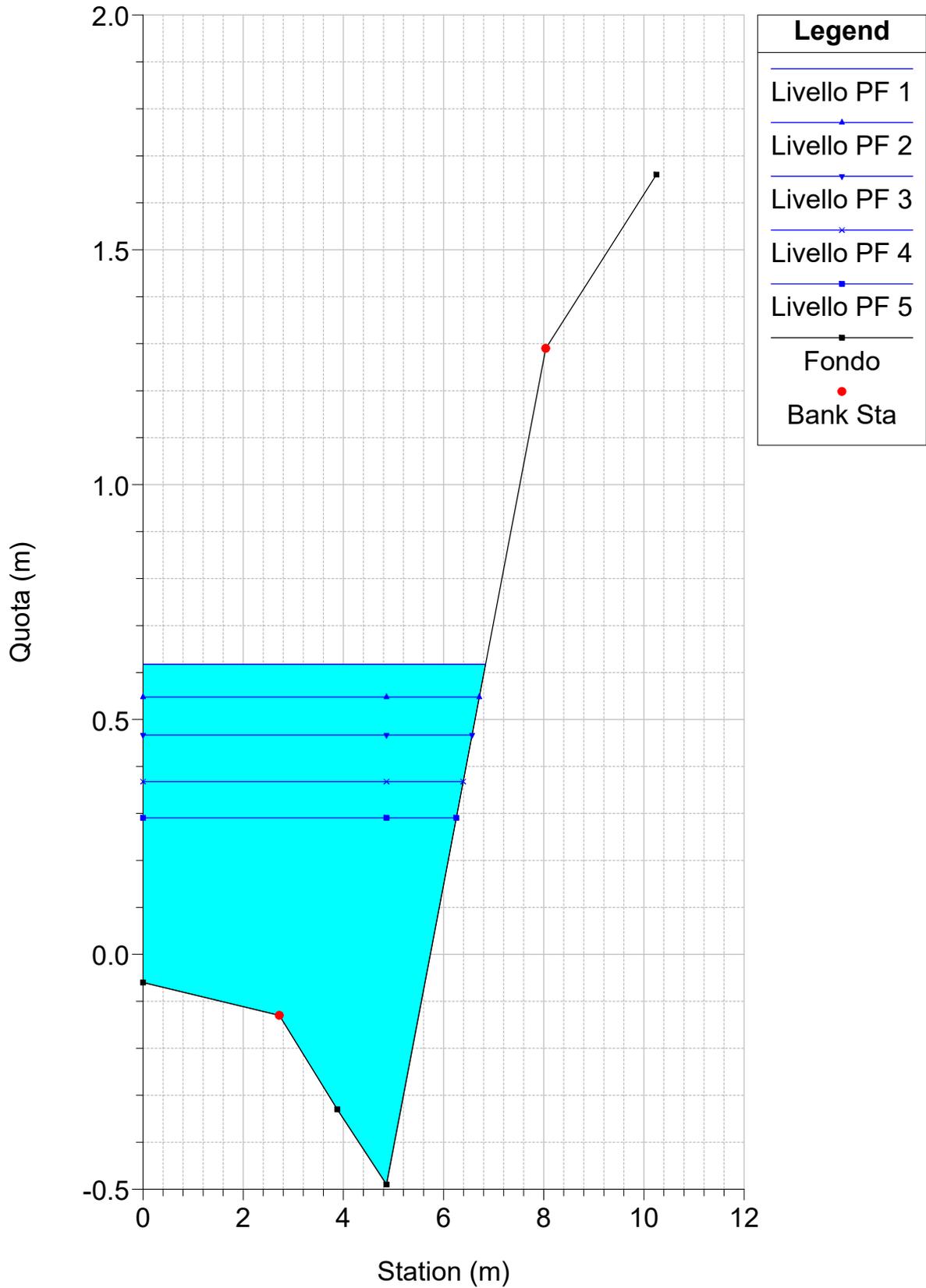
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 198.4 2.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

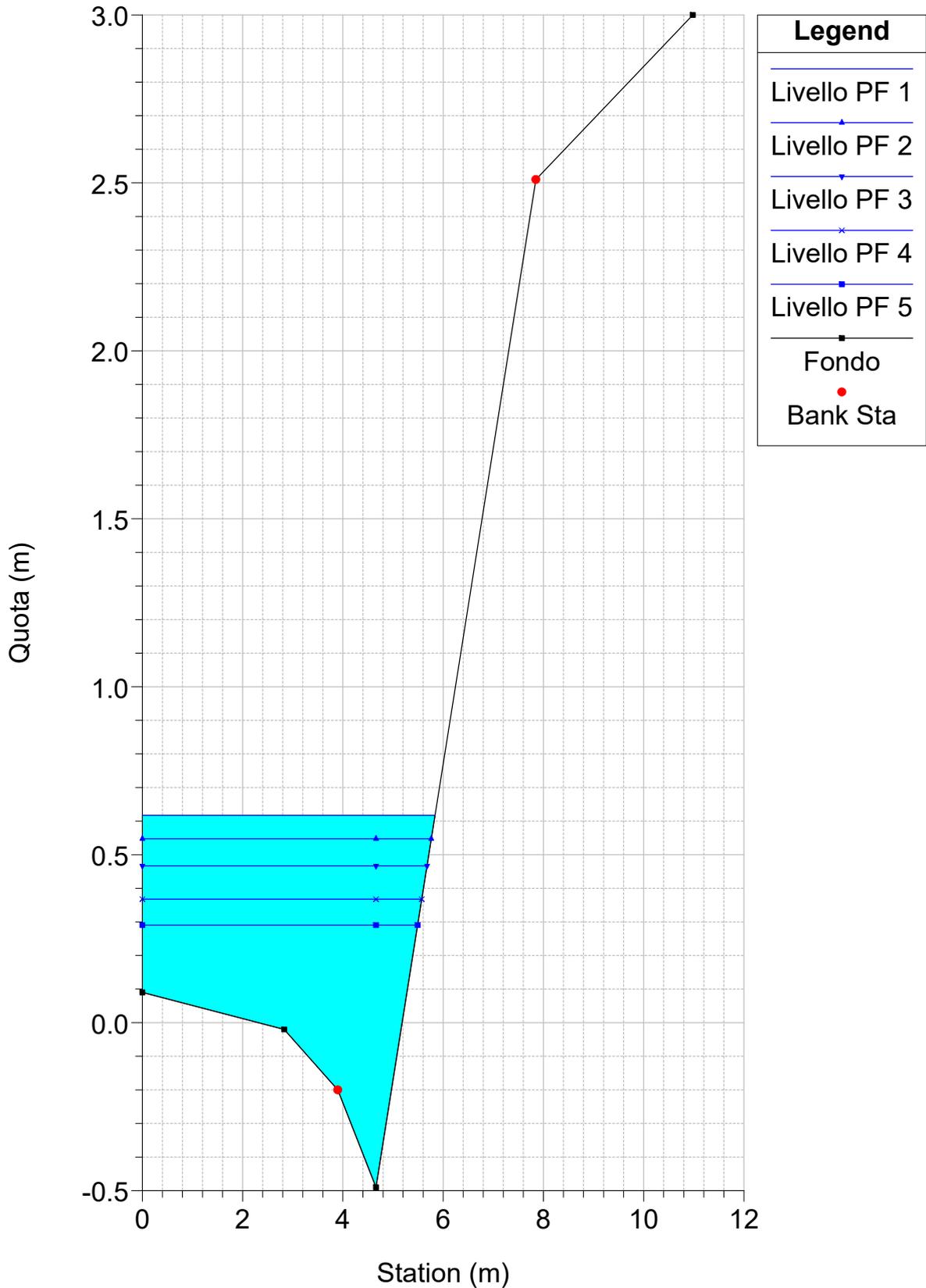
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 185.2 3.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

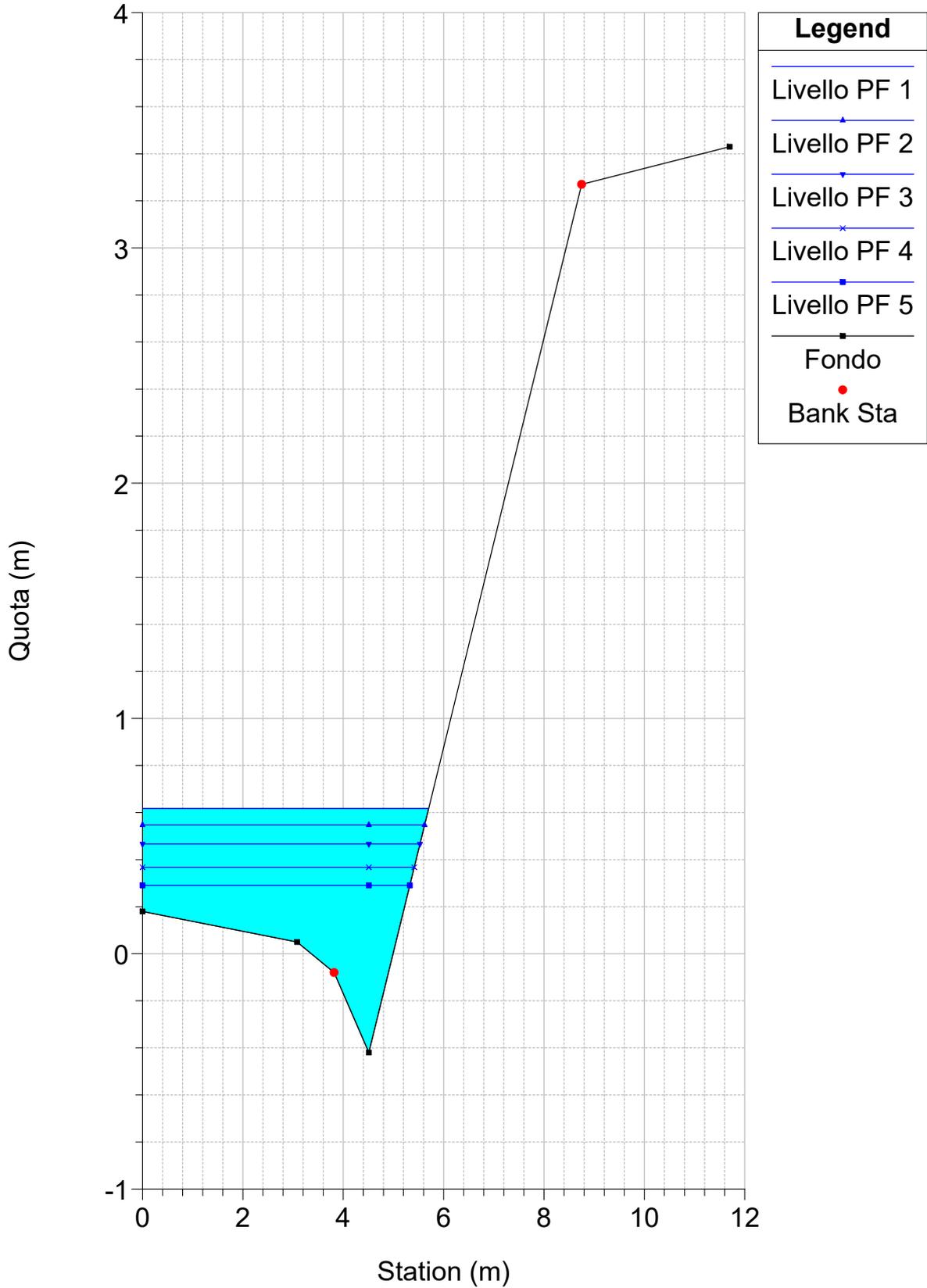
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 156.9 4



Rivadolmo

Geom: Attuale

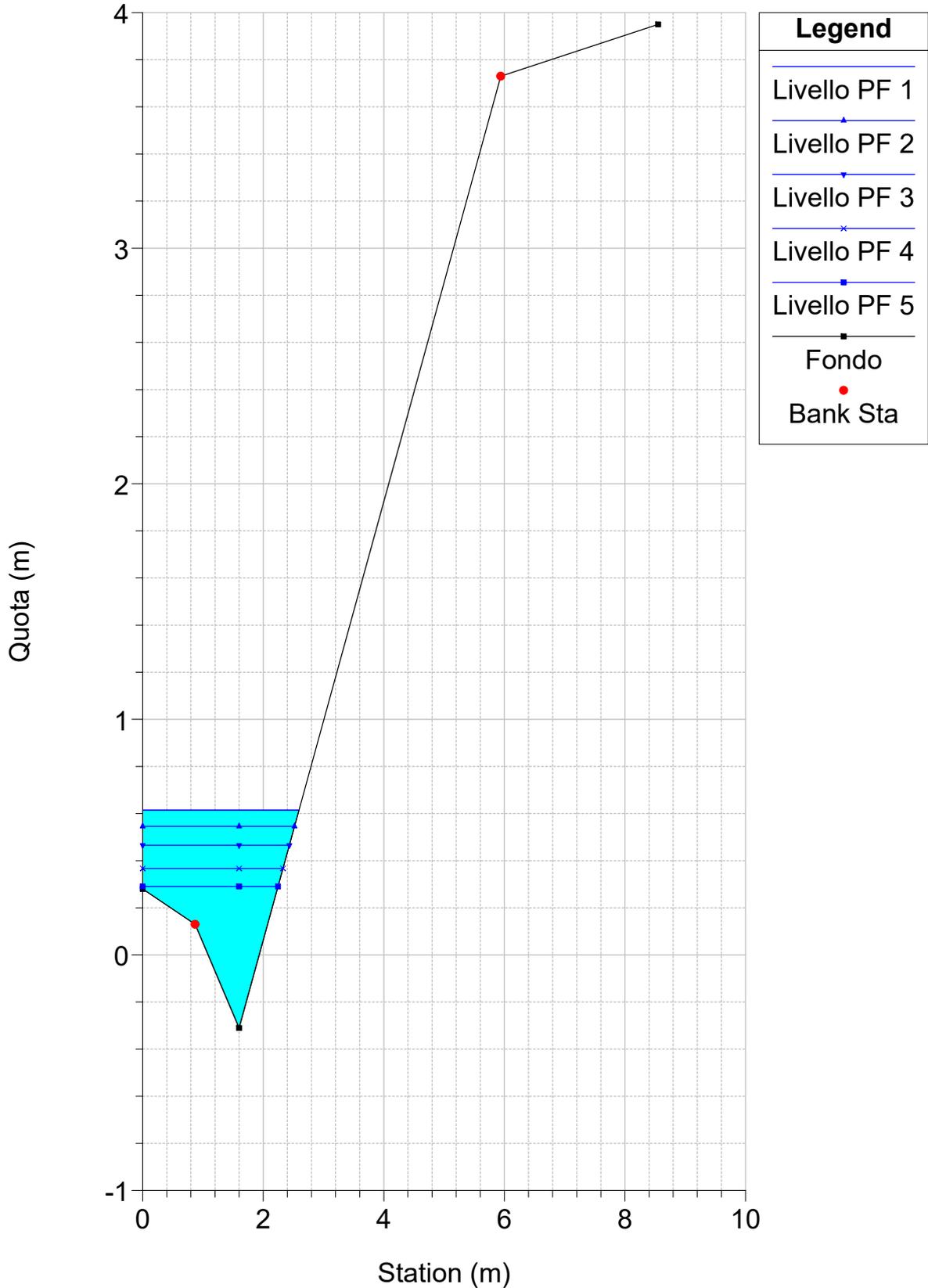
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 143.4 5.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

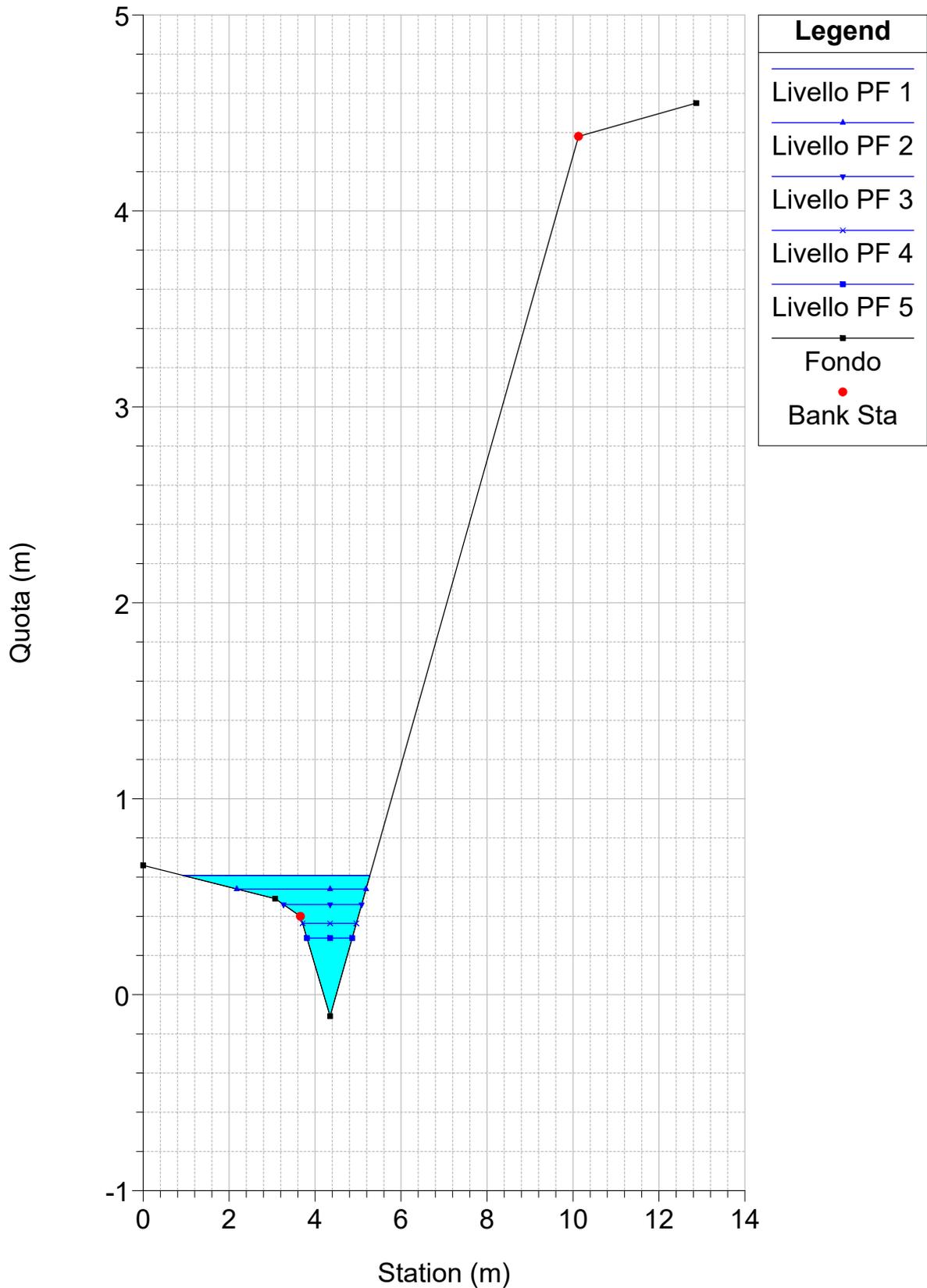
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 118.1 6



Rivadolmo

Geom: Attuale

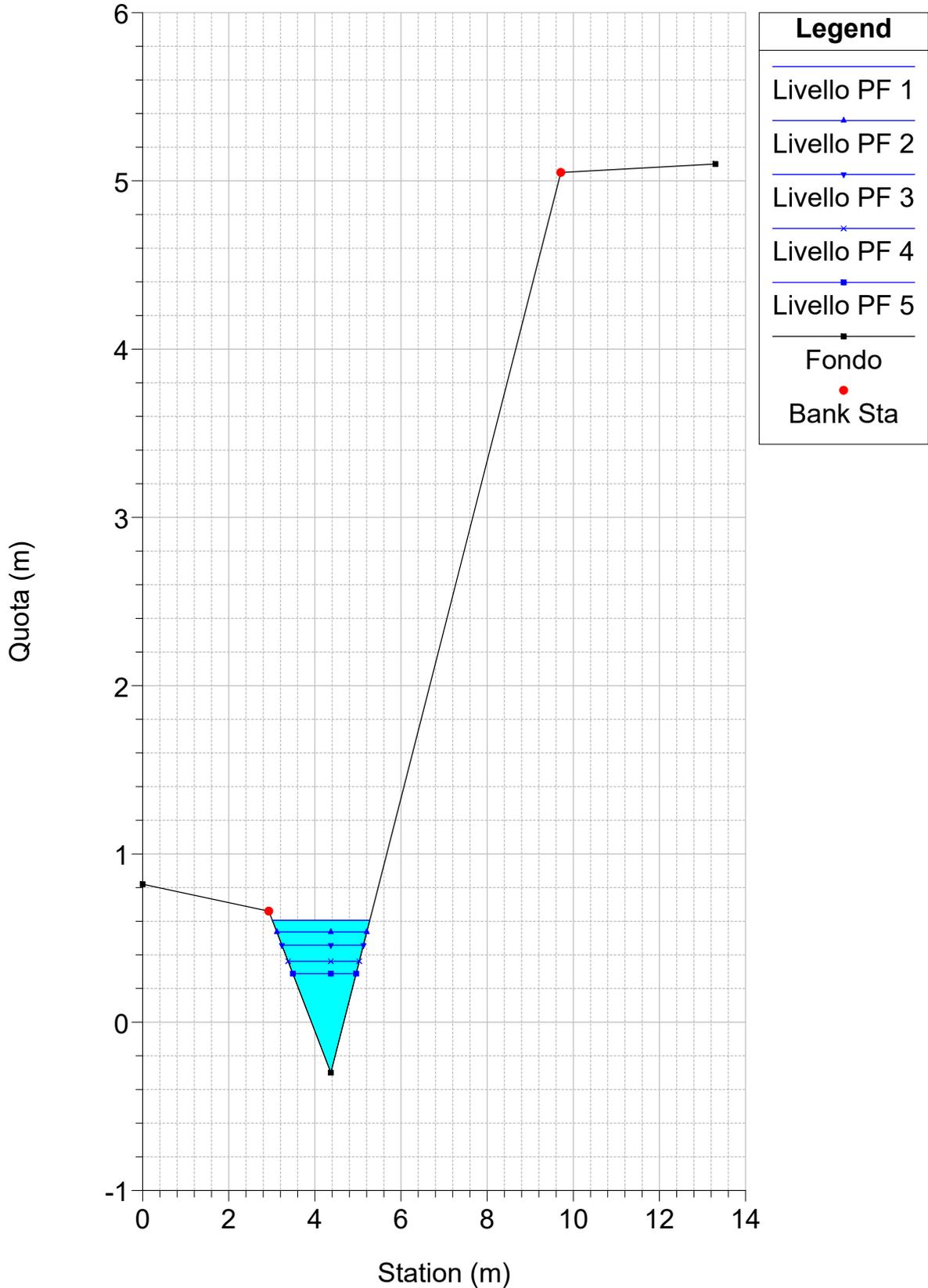
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 96.9 7.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

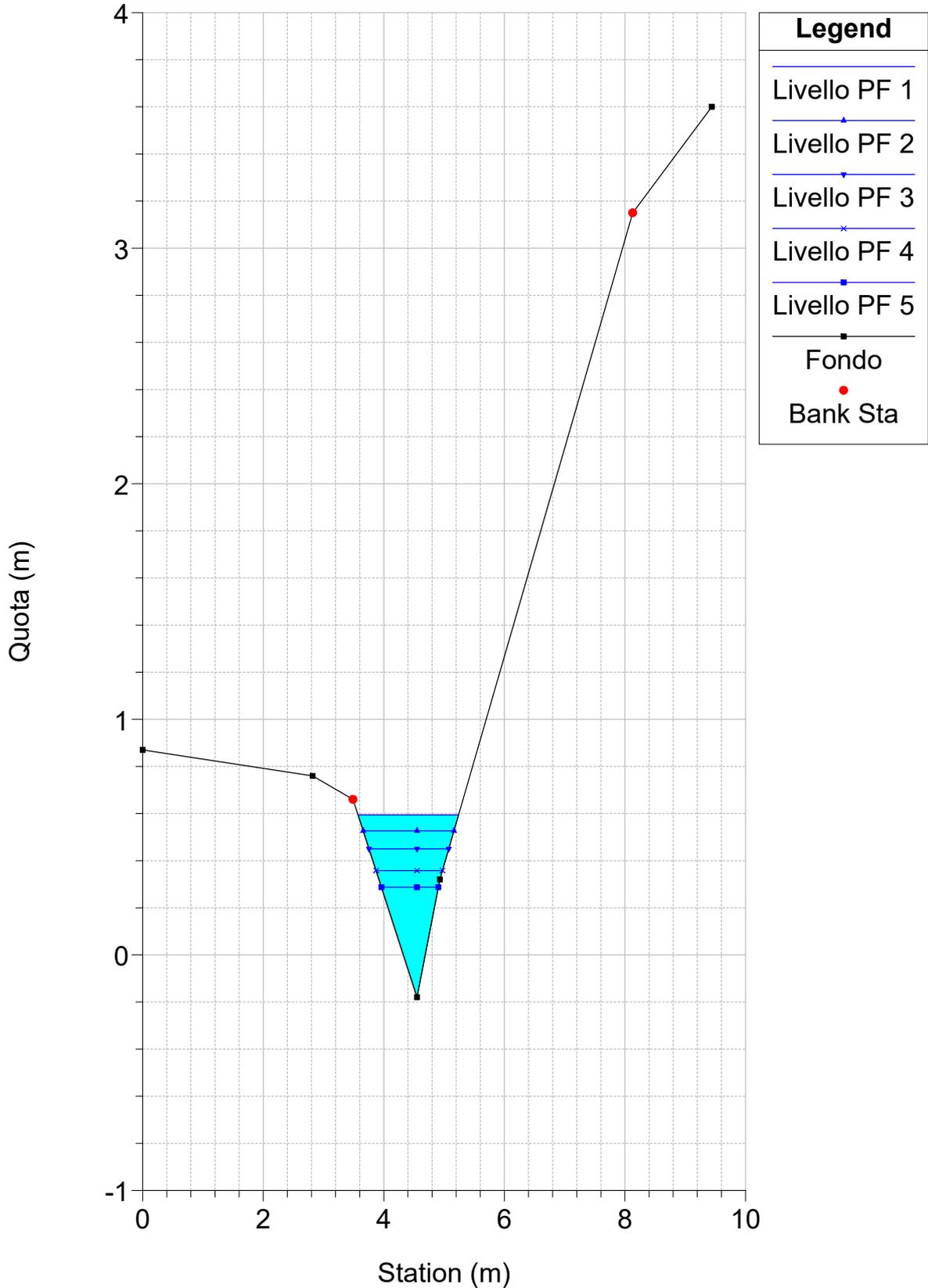
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 74.7 8



Rivadolmo

Geom: Attuale

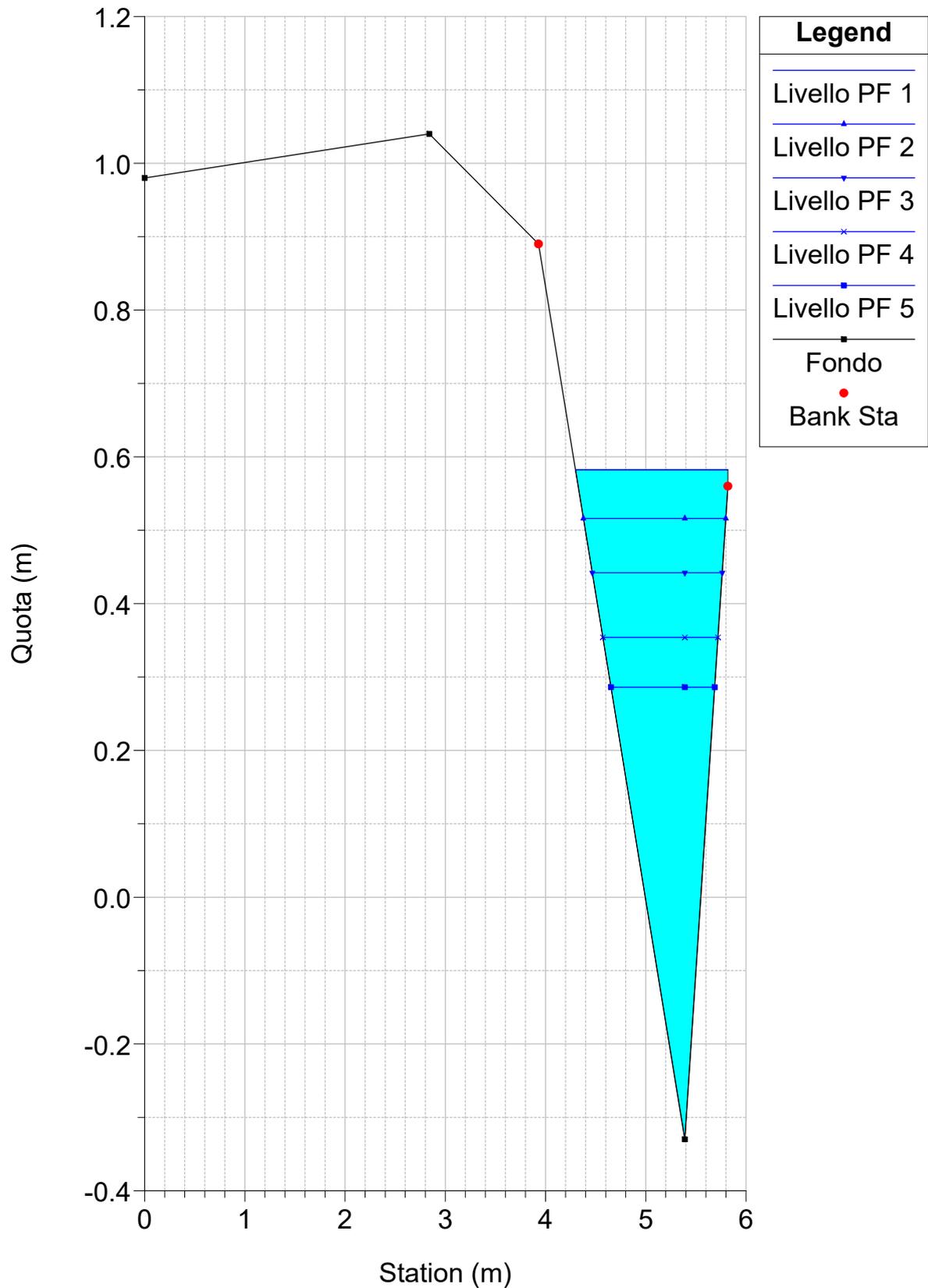
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 47.5 9.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

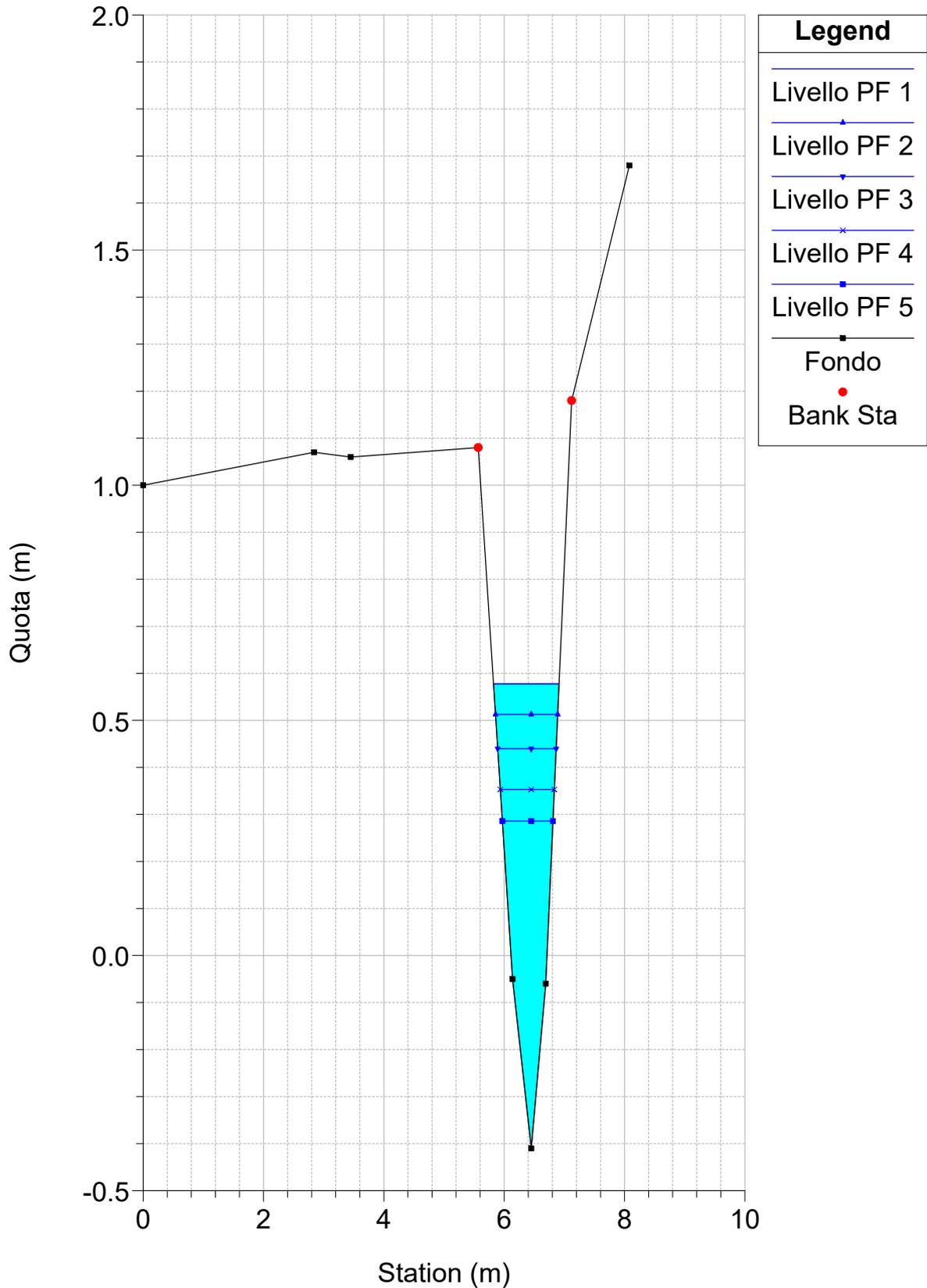
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 15.2 10



Rivadolmo

Geom: Attuale

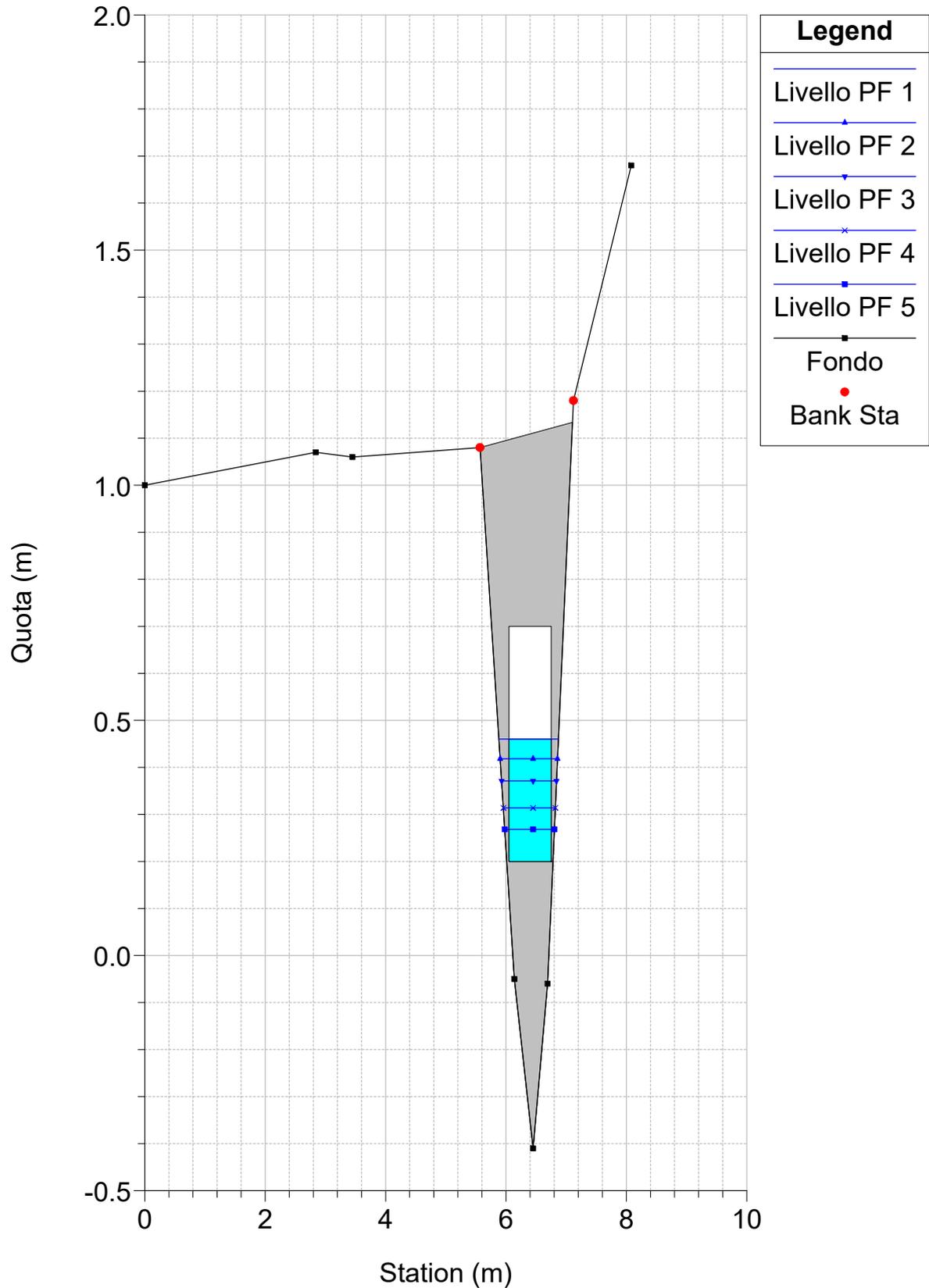
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 7.8 11.00



Rivadolmo

Geom: Attuale

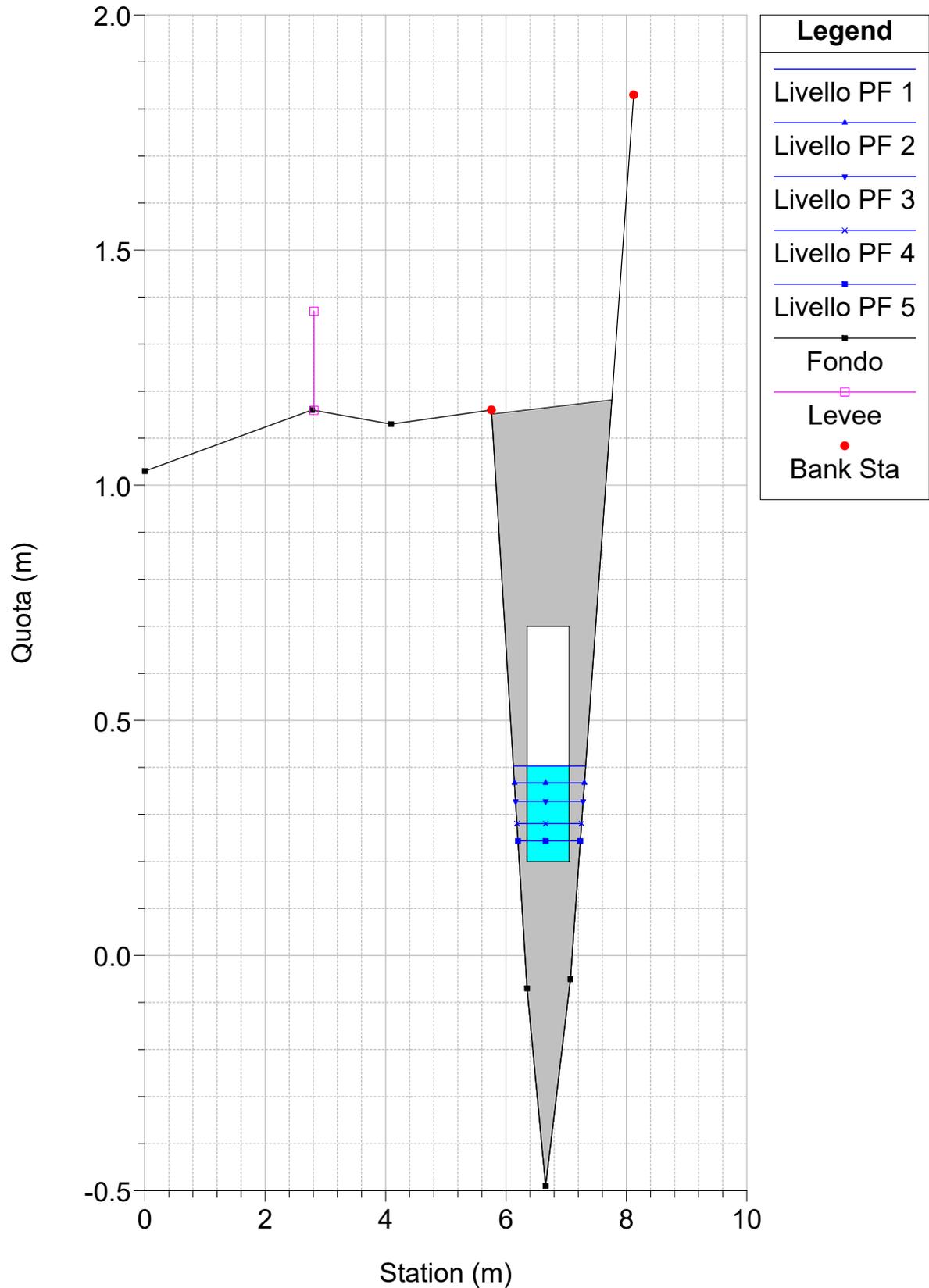
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 3 Culv



Rivadolmo

Geom: Attuale

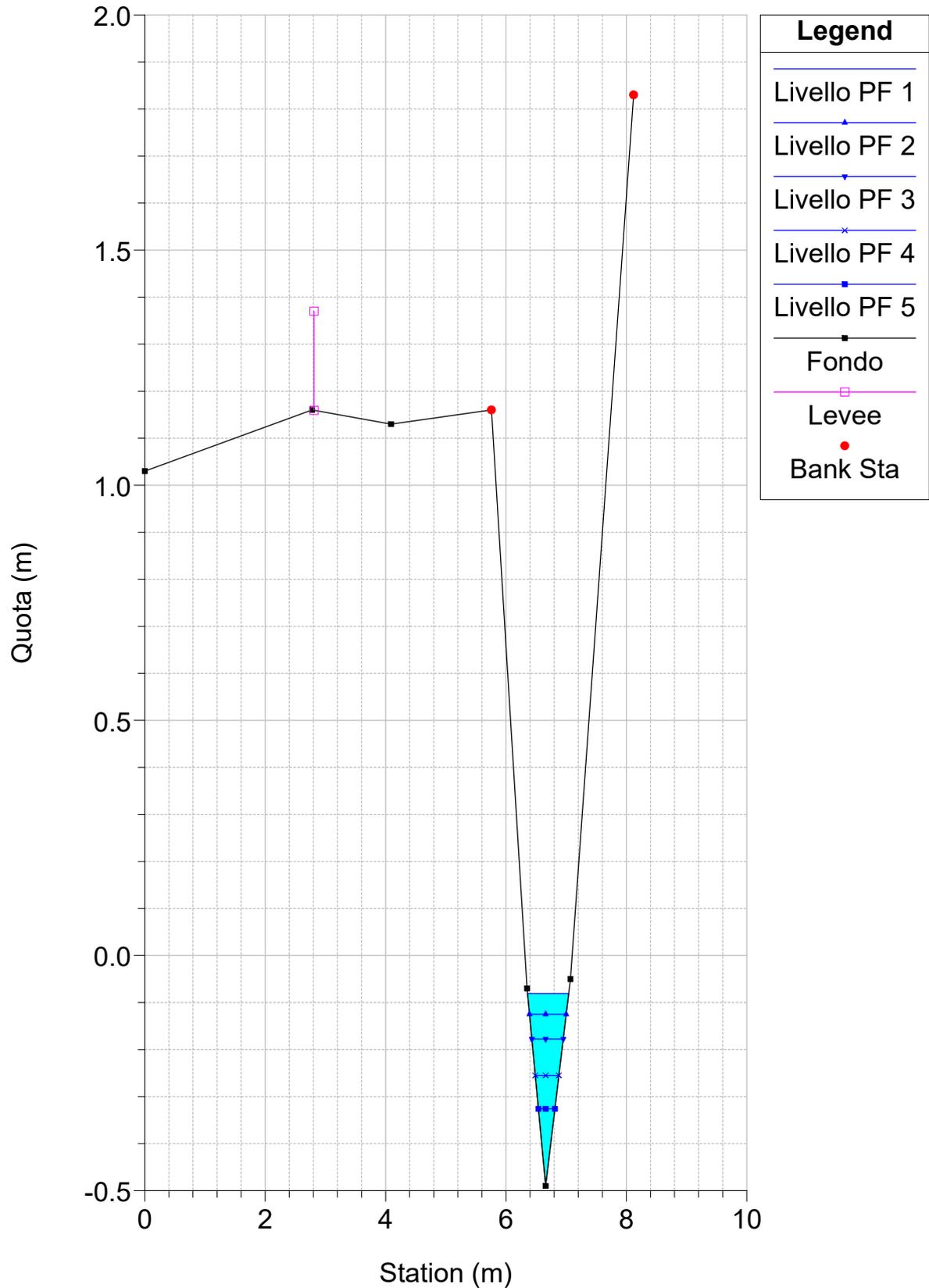
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 3 Culv



Rivadolmo

Geom: Attuale

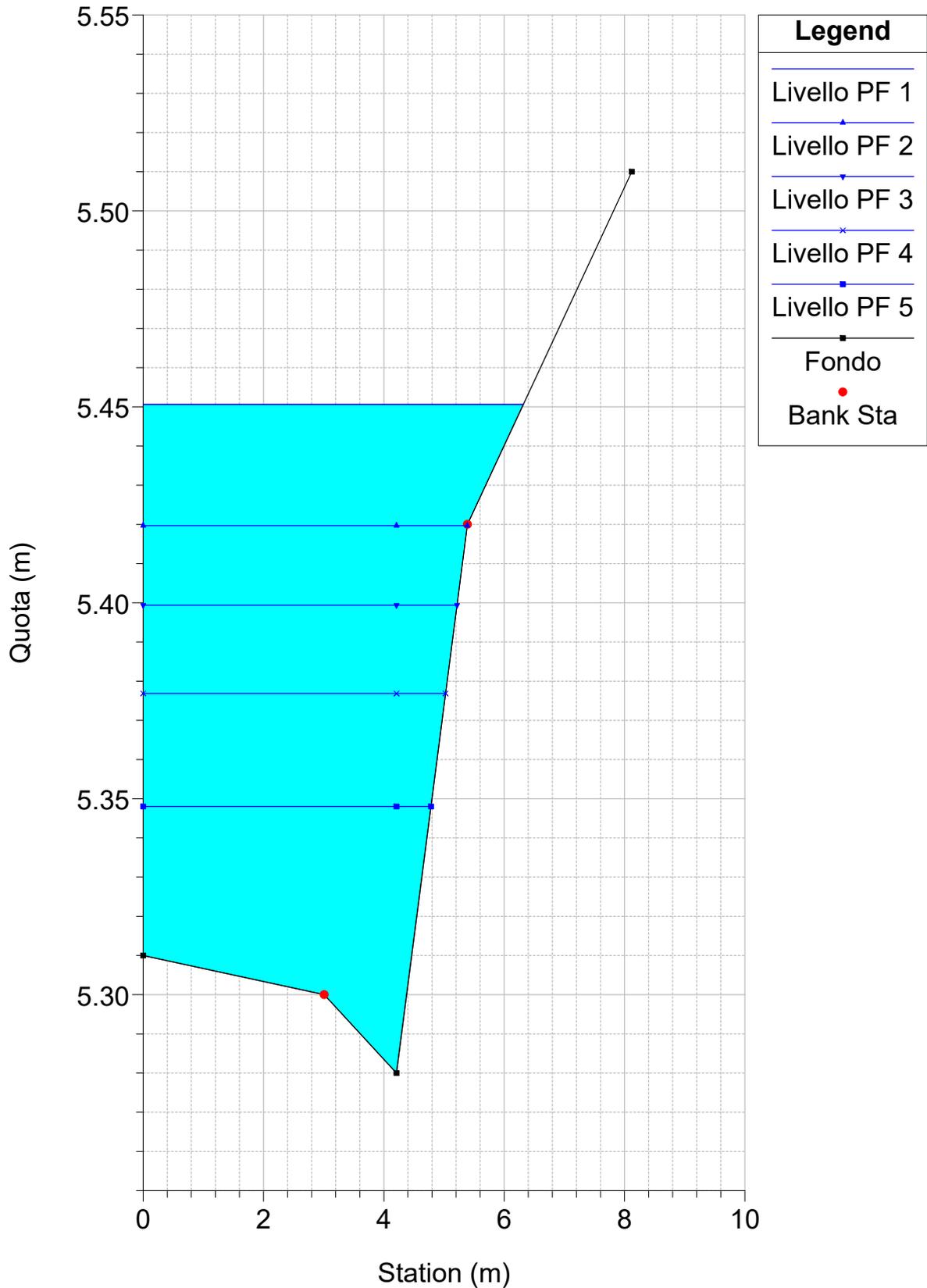
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 0.00 12.00



Rivadolmo

Geom: Progetto

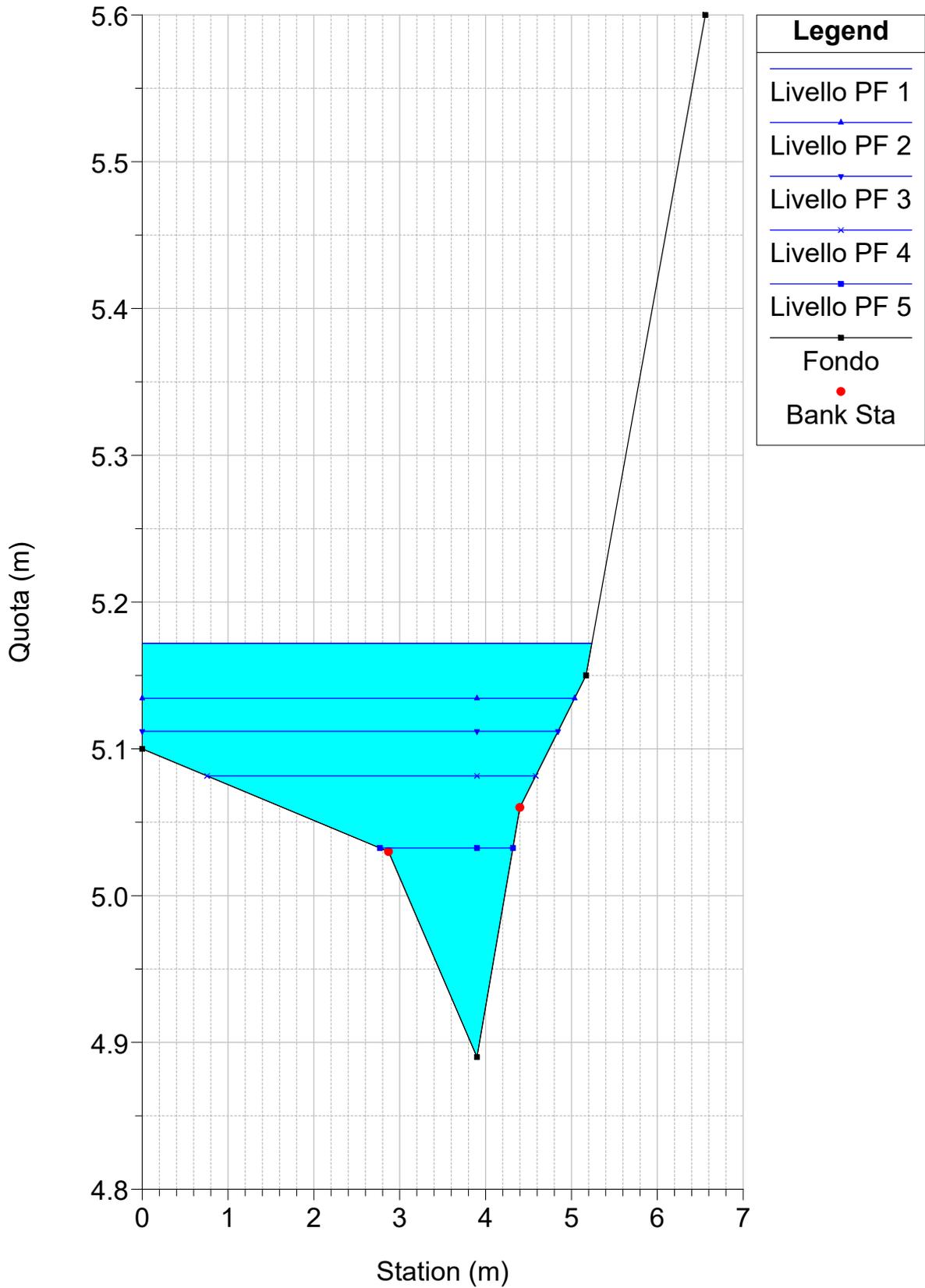
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 224.5 22.00



Rivadolmo

Geom: Progetto

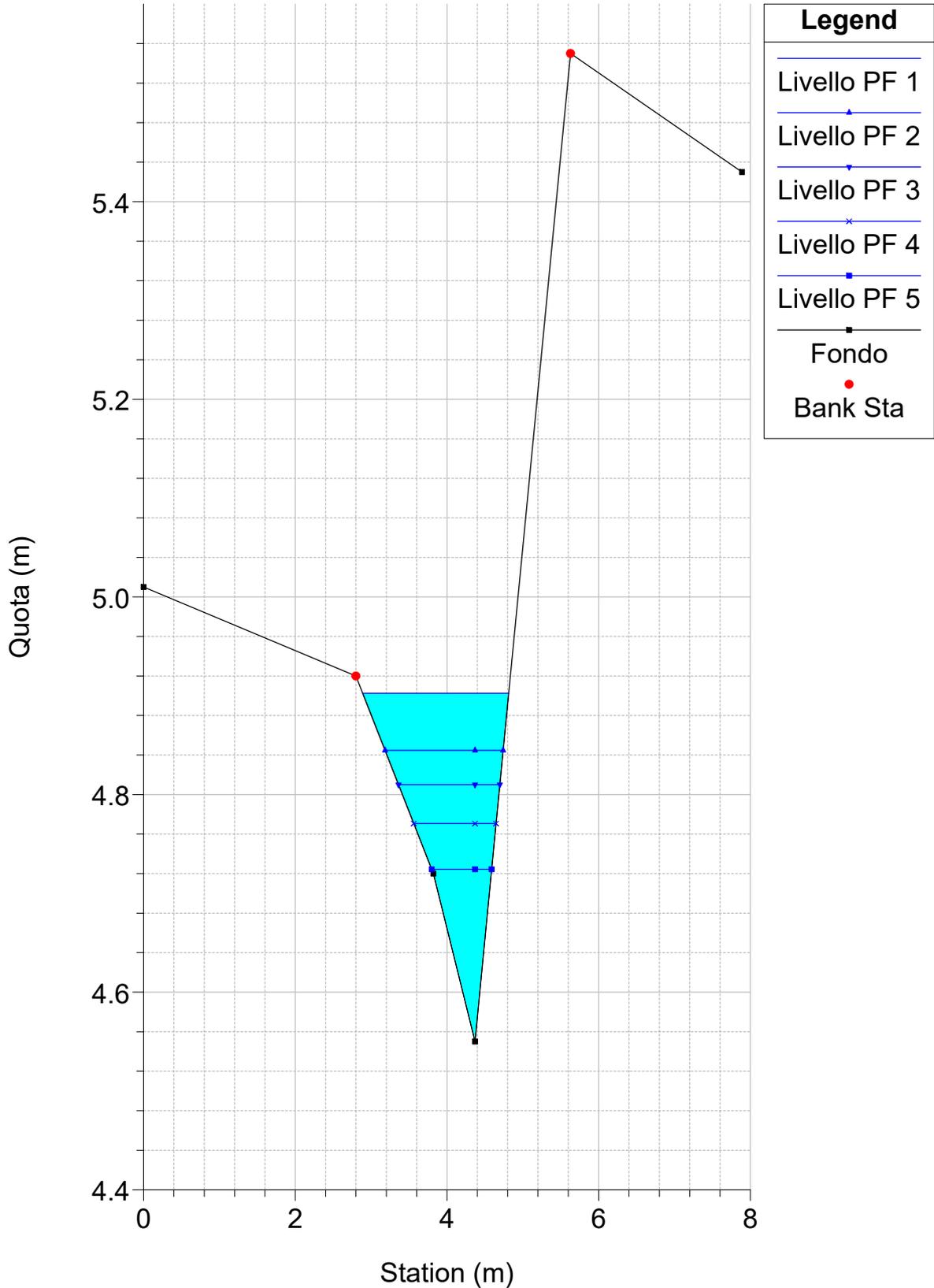
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 209.8 21.00



Rivadolmo

Geom: Progetto

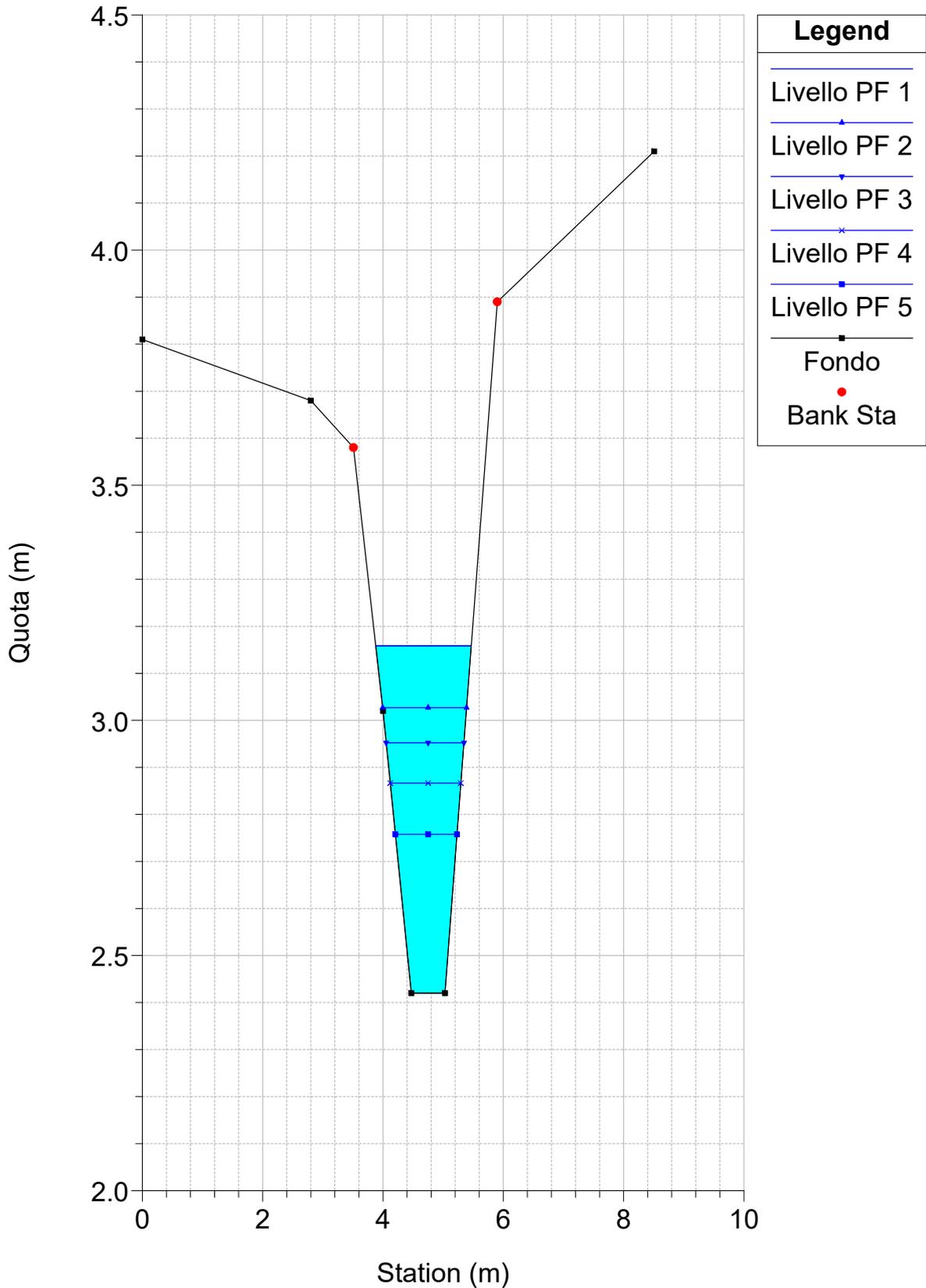
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 203.7 20.00



Rivadolmo

Geom: Progetto

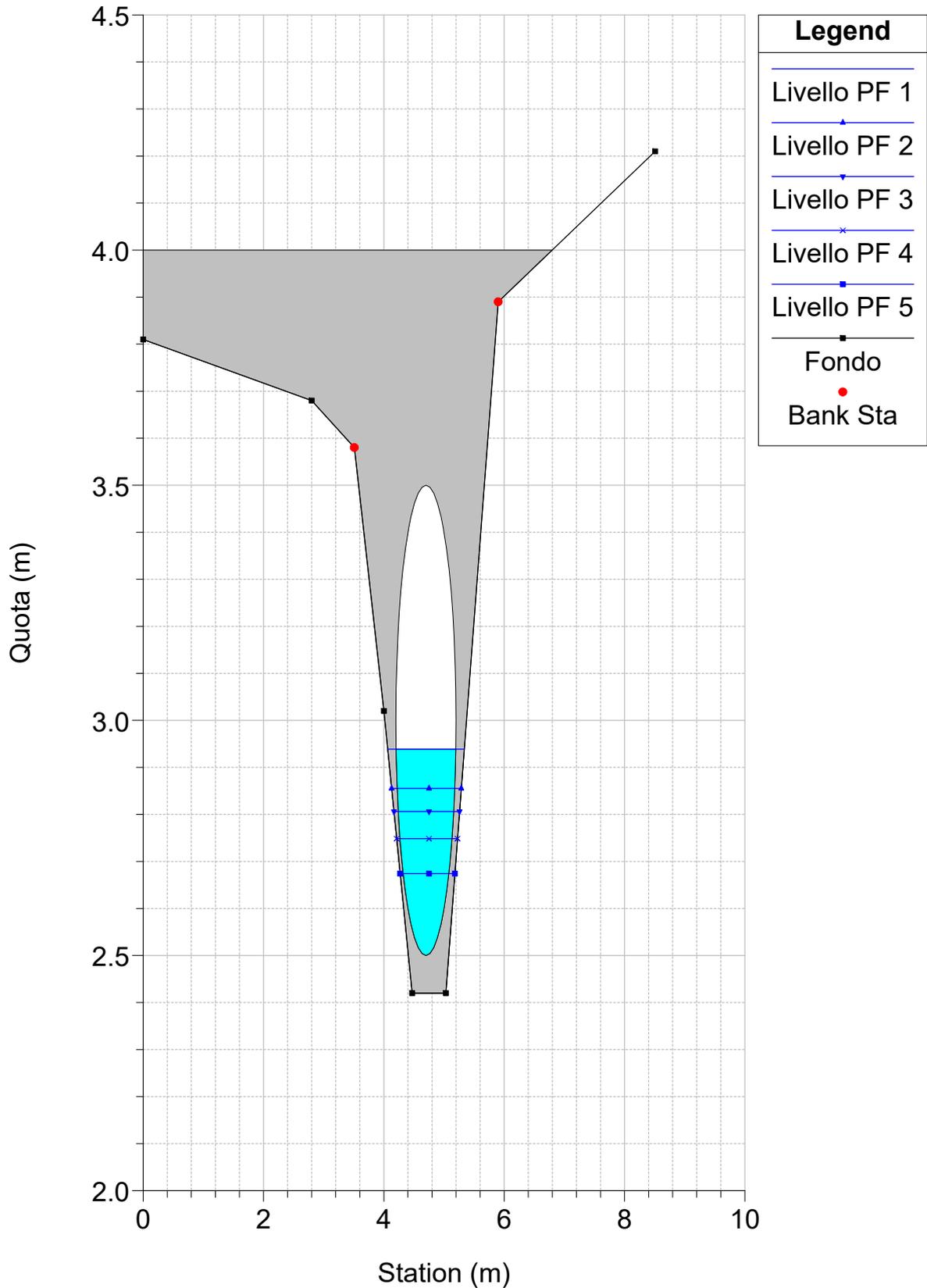
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 162.4 19.00



Rivadolmo

Geom: Progetto

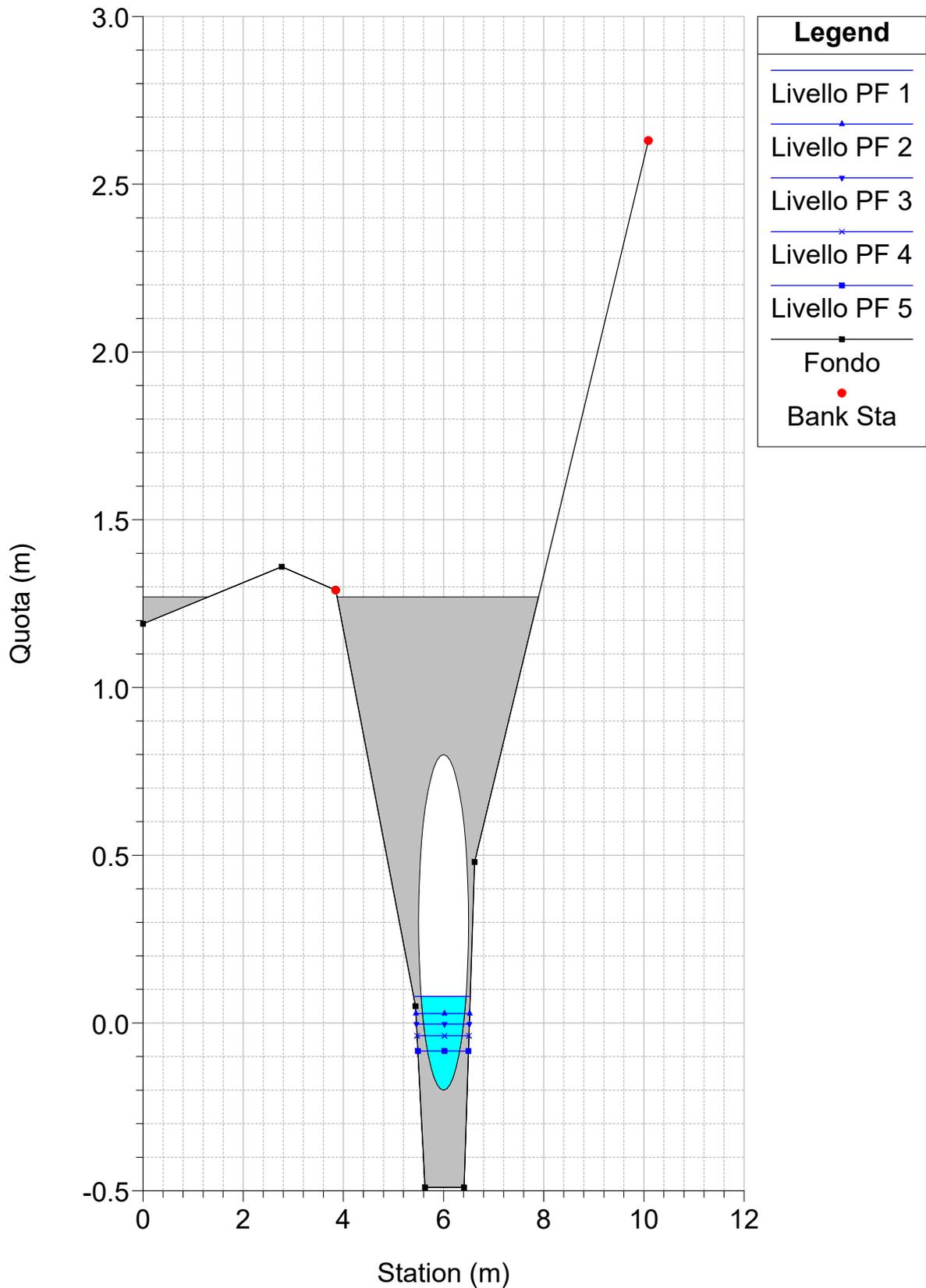
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 100 Culv



Rivadolmo

Geom: Progetto

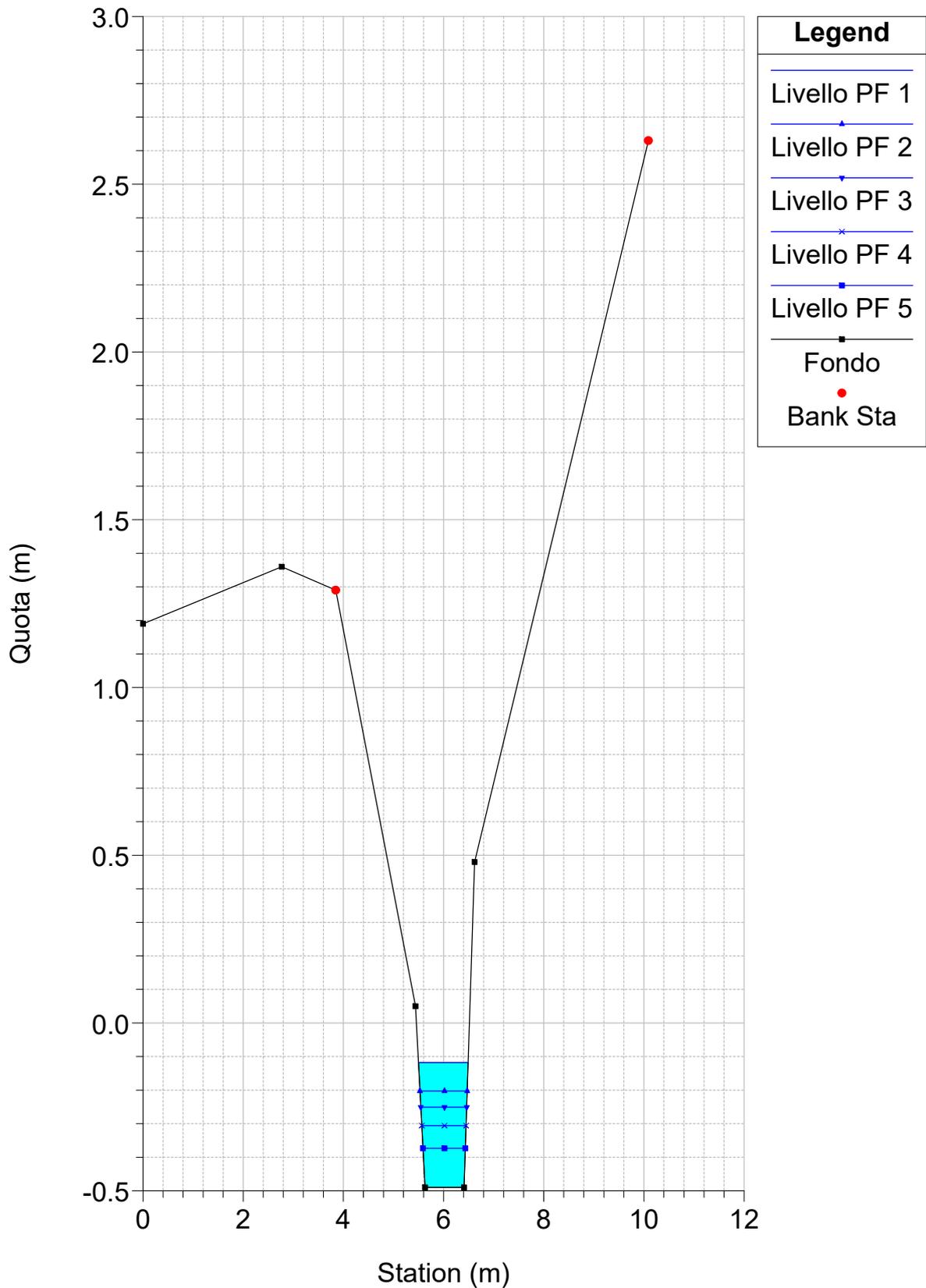
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 100 Culv



Rivadolmo

Geom: Progetto

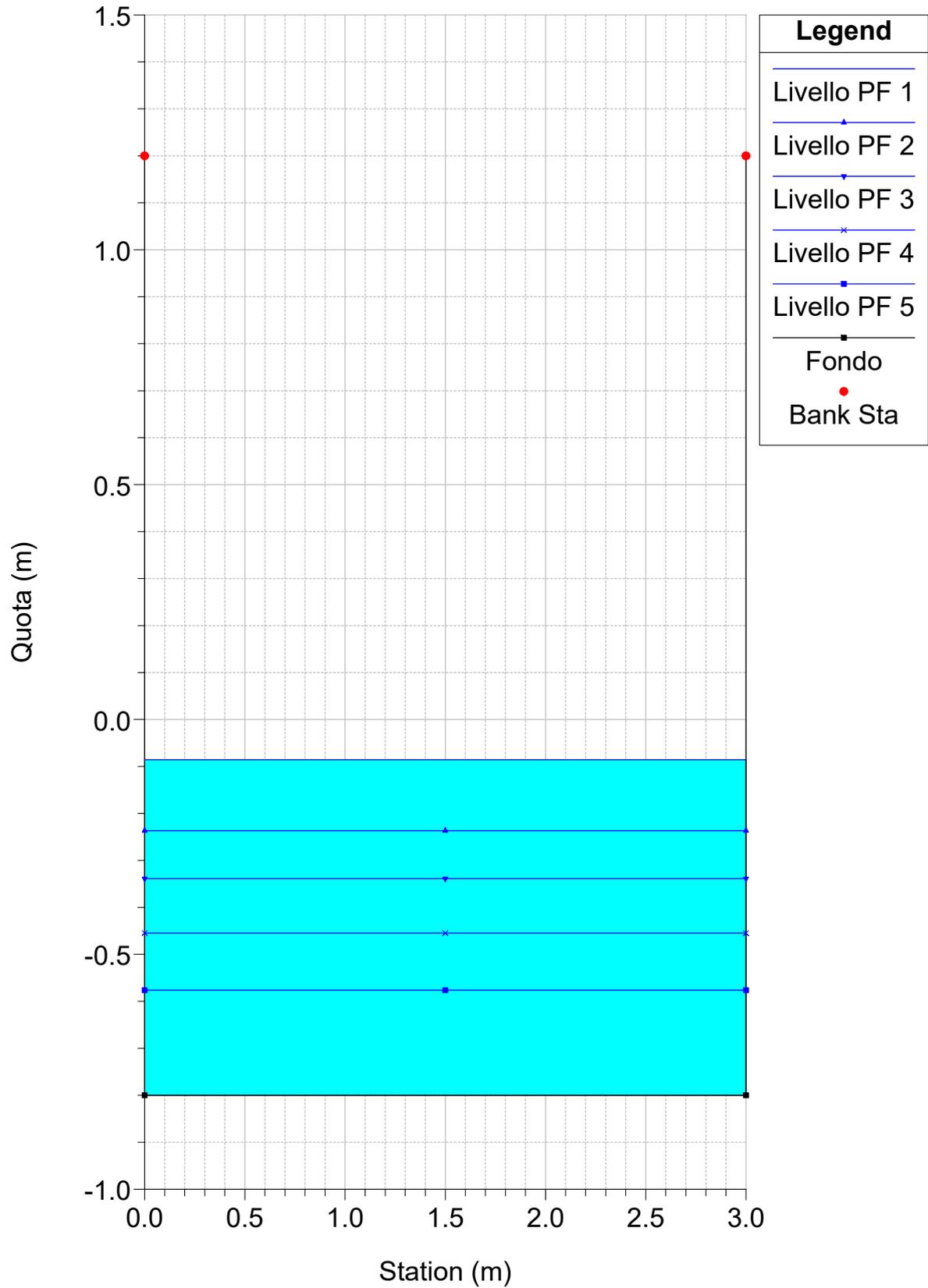
River = Rivadolmo-1 Reach = Rivadolmo-1 RS = 23.1 13



Rivadolmo

Geom: Progetto

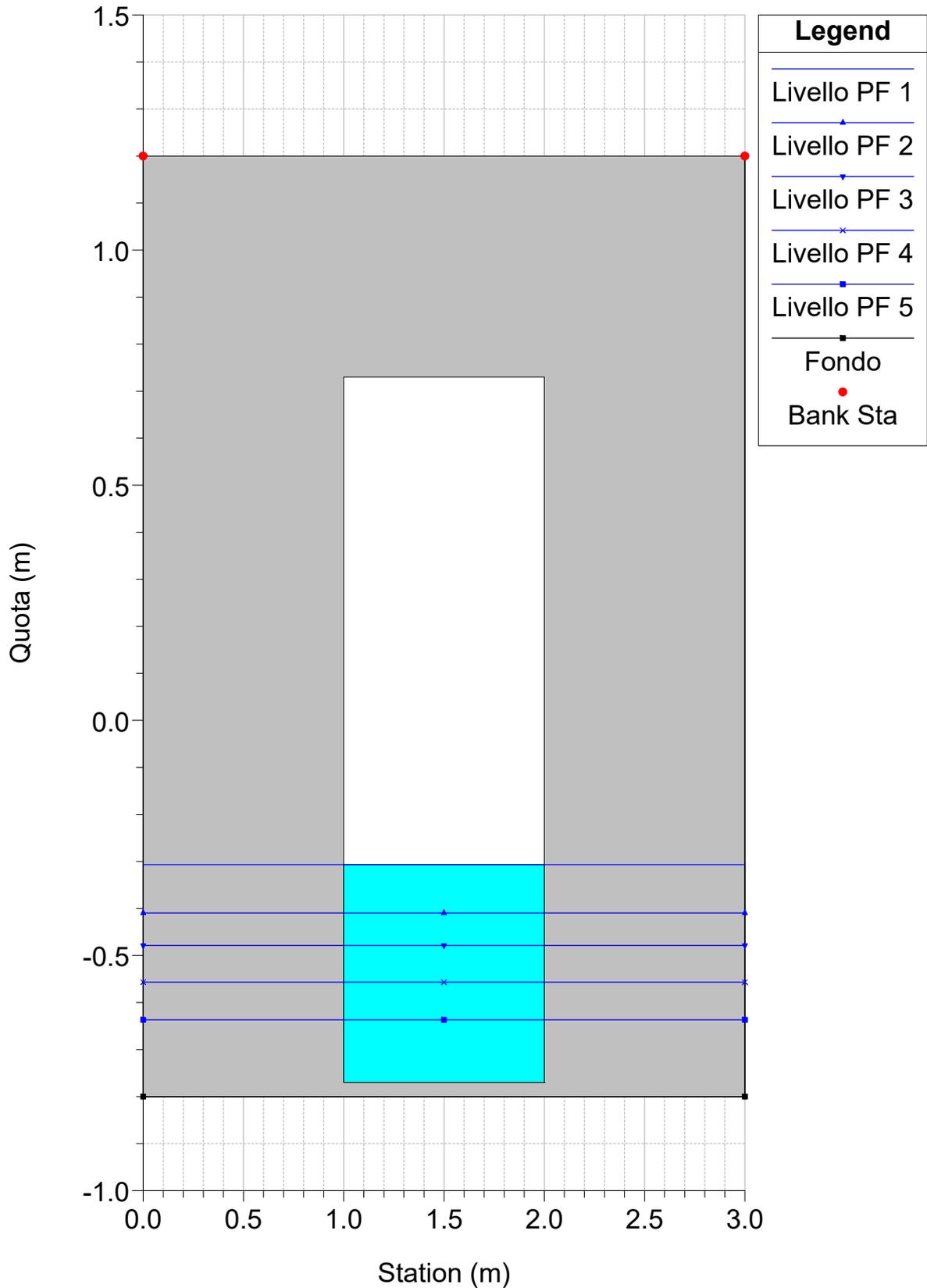
River = Rivadolmo-1 Reach = Scatolare RS = 17.9 scat



Rivadolmo

Geom: Progetto

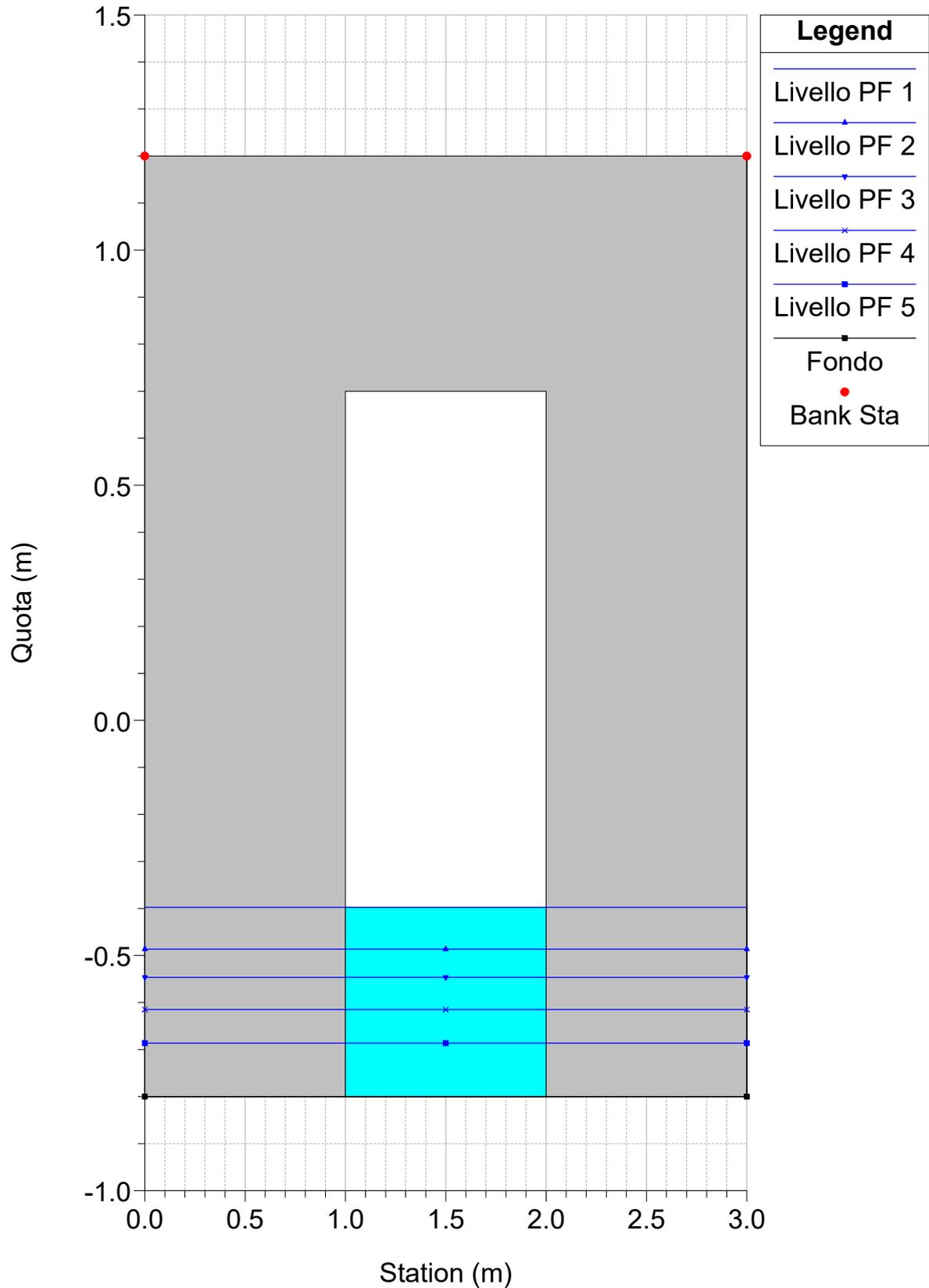
River = Rivadolmo-1 Reach = Scatolare RS = 10 Culv



Rivadolmo

Geom: Progetto

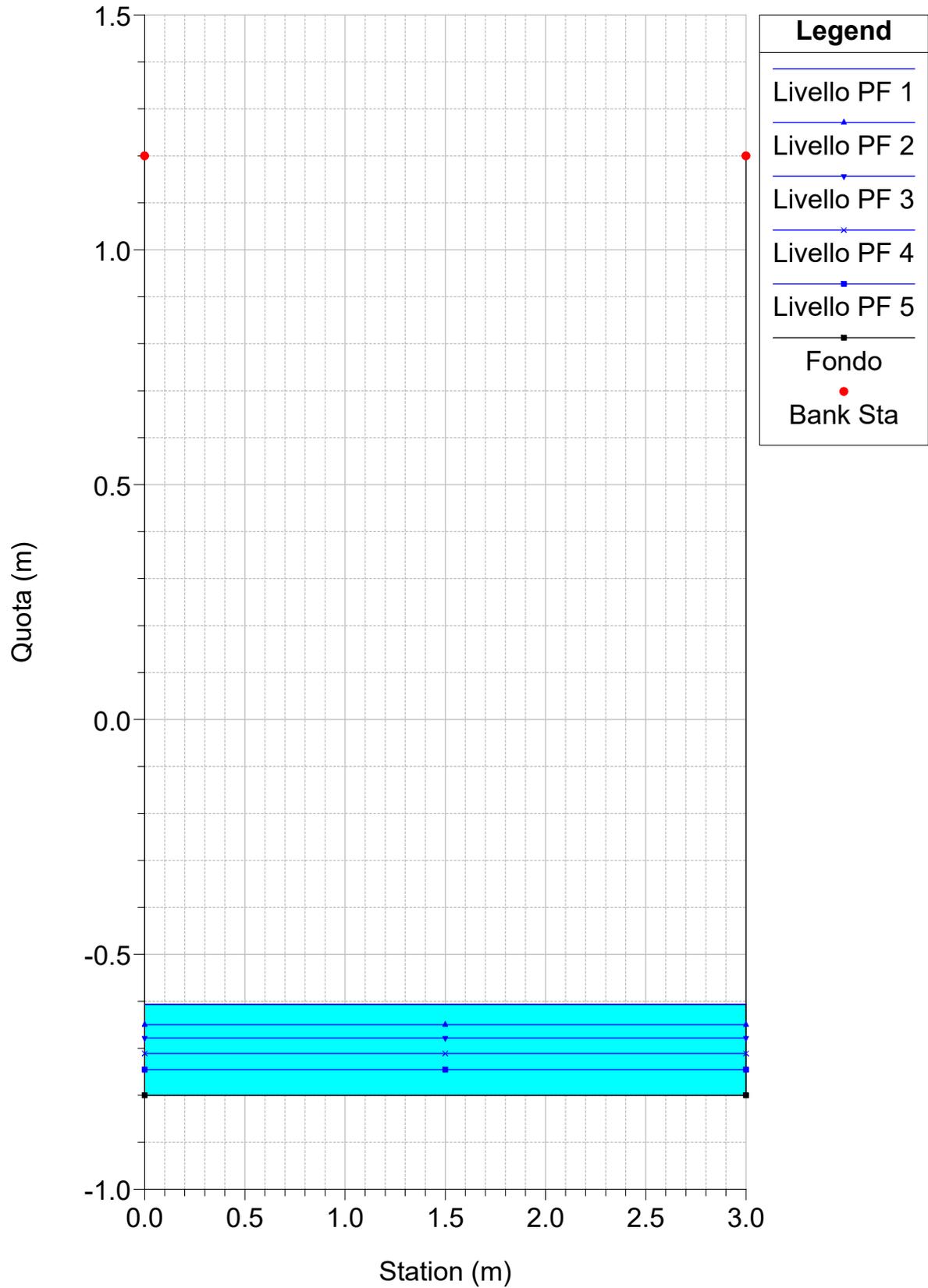
River = Rivadolmo-1 Reach = Scatolare RS = 10 Culv



Rivadolmo

Geom: Progetto

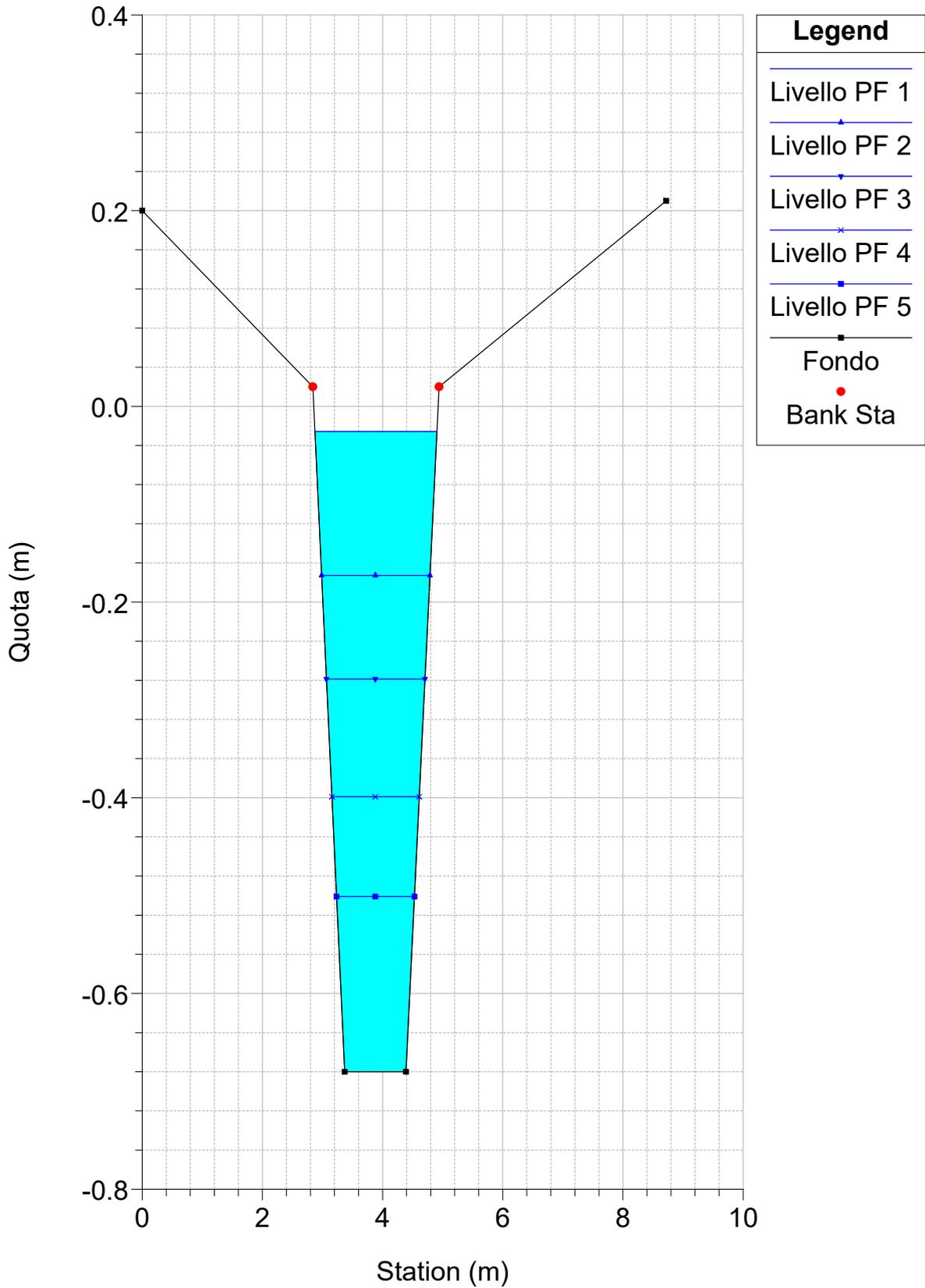
River = Rivadolmo-1 Reach = Scatolare RS = 0.00 scat



Rivadolmo

Geom: Progetto

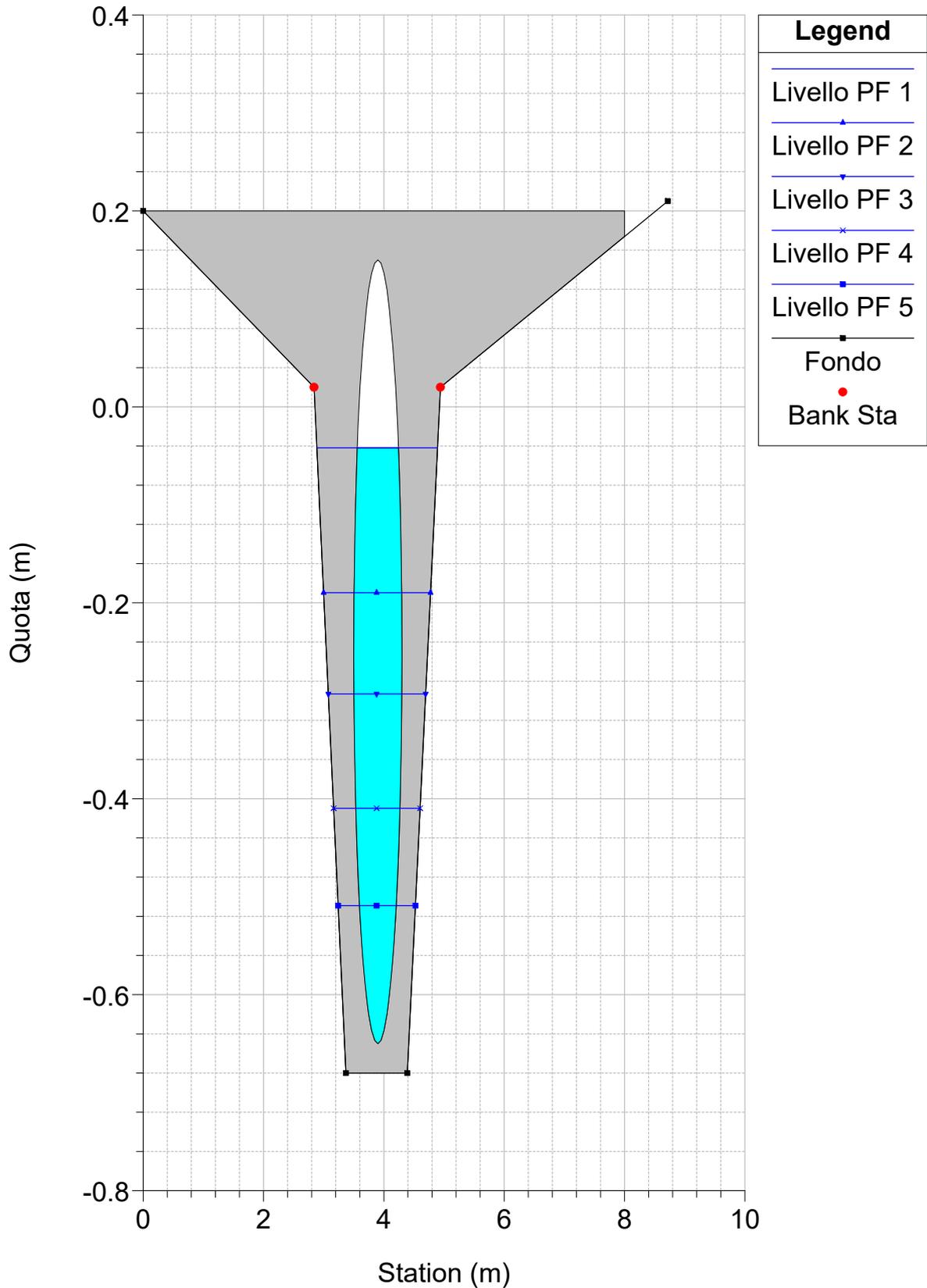
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 199.5 1



Rivadolmo

Geom: Progetto

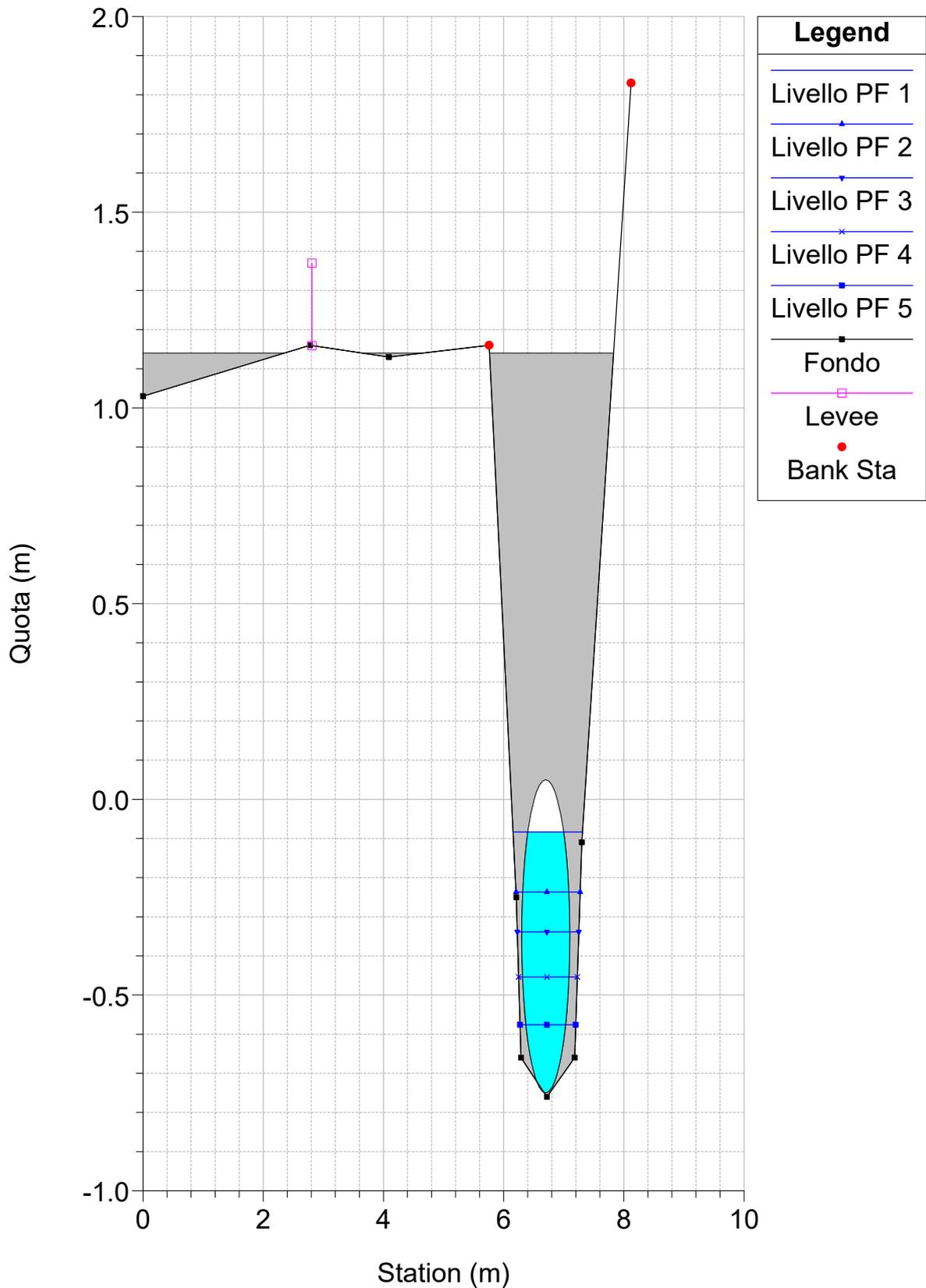
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 100 Culv



Rivadolmo

Geom: Progetto

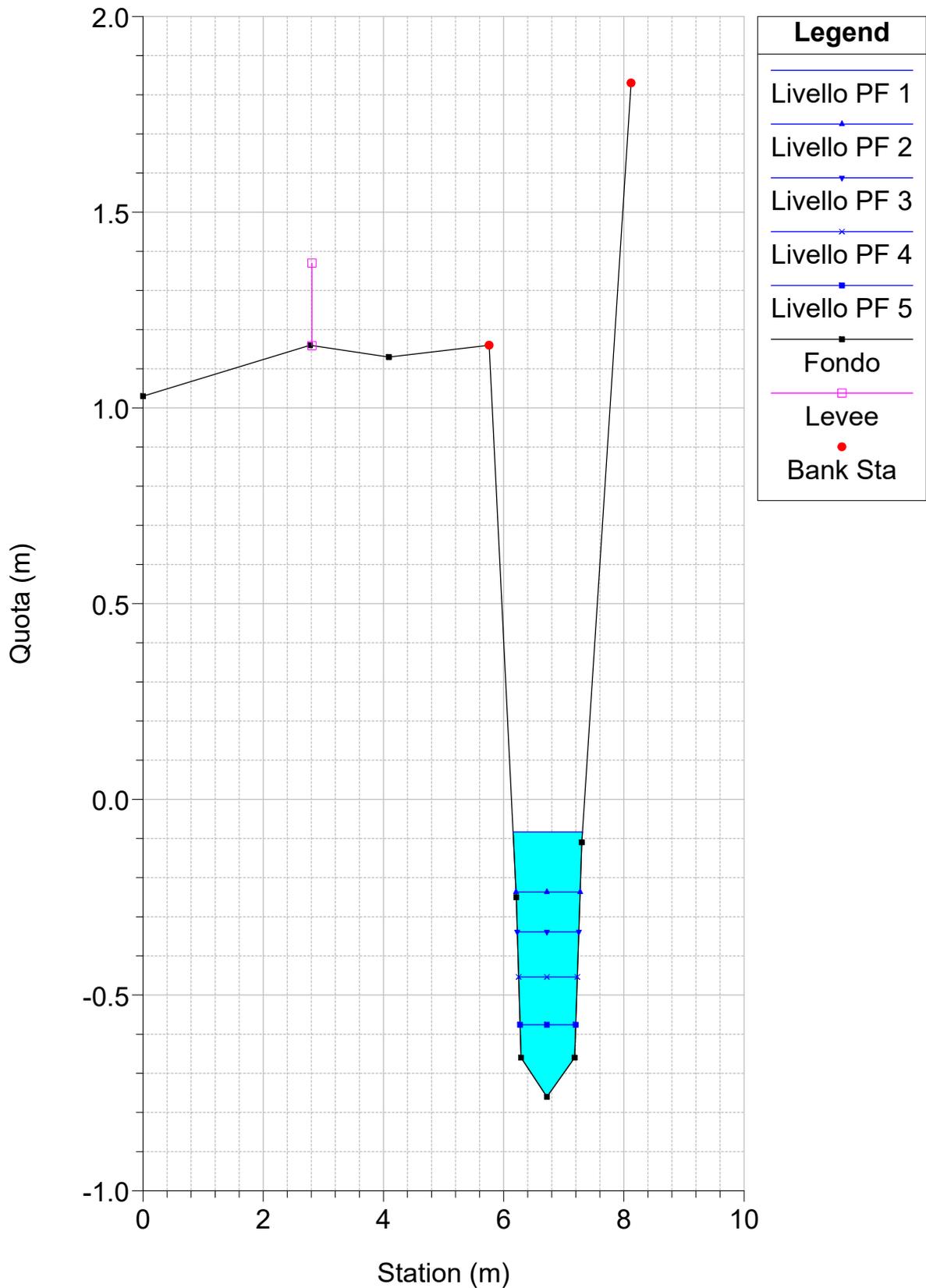
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 100 Culv



Rivadolmo

Geom: Progetto

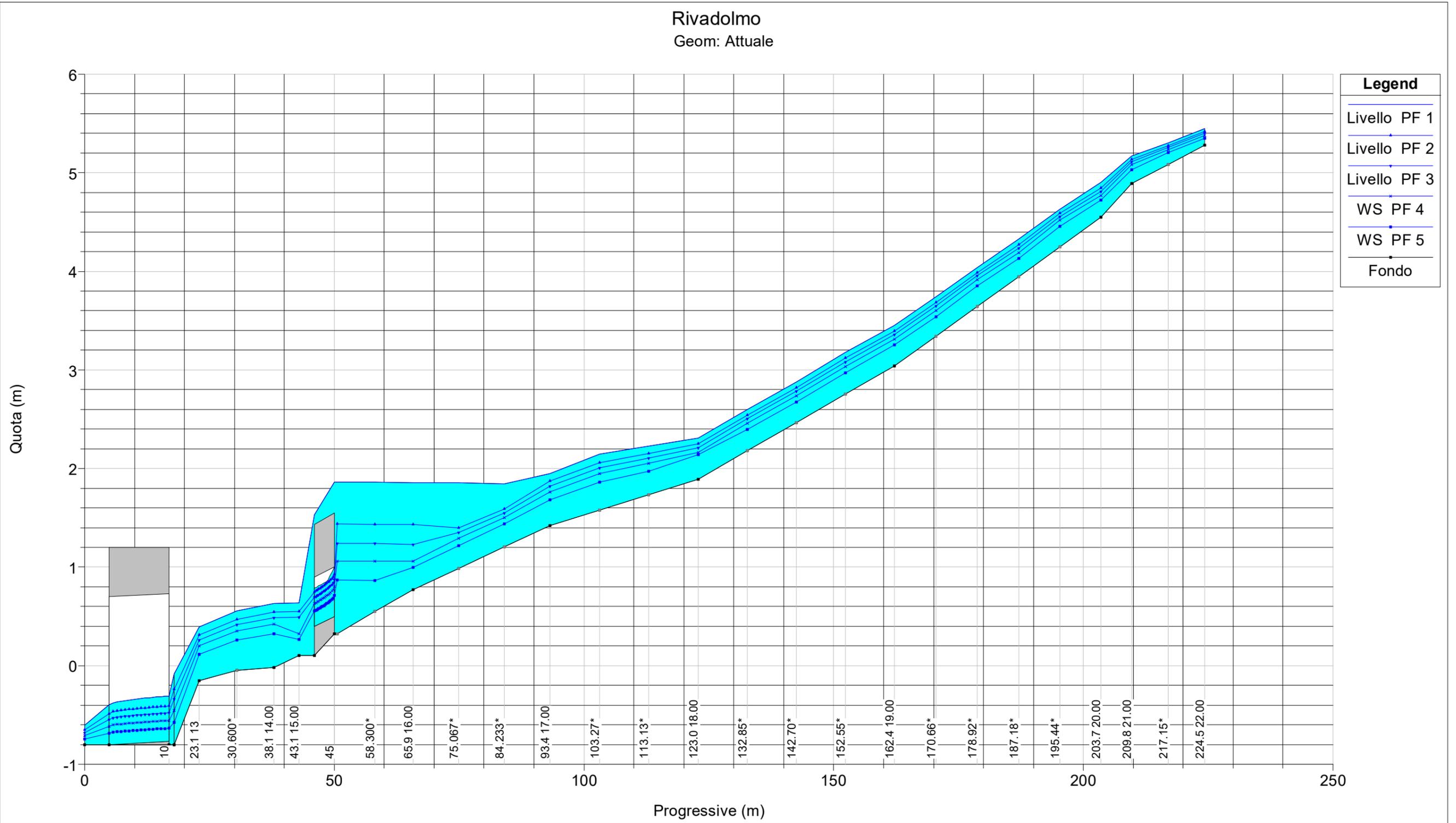
River = Rivadolmo-2 Reach = Rivadolmo-2 RS = 0.00 12.00



Tratto Nord

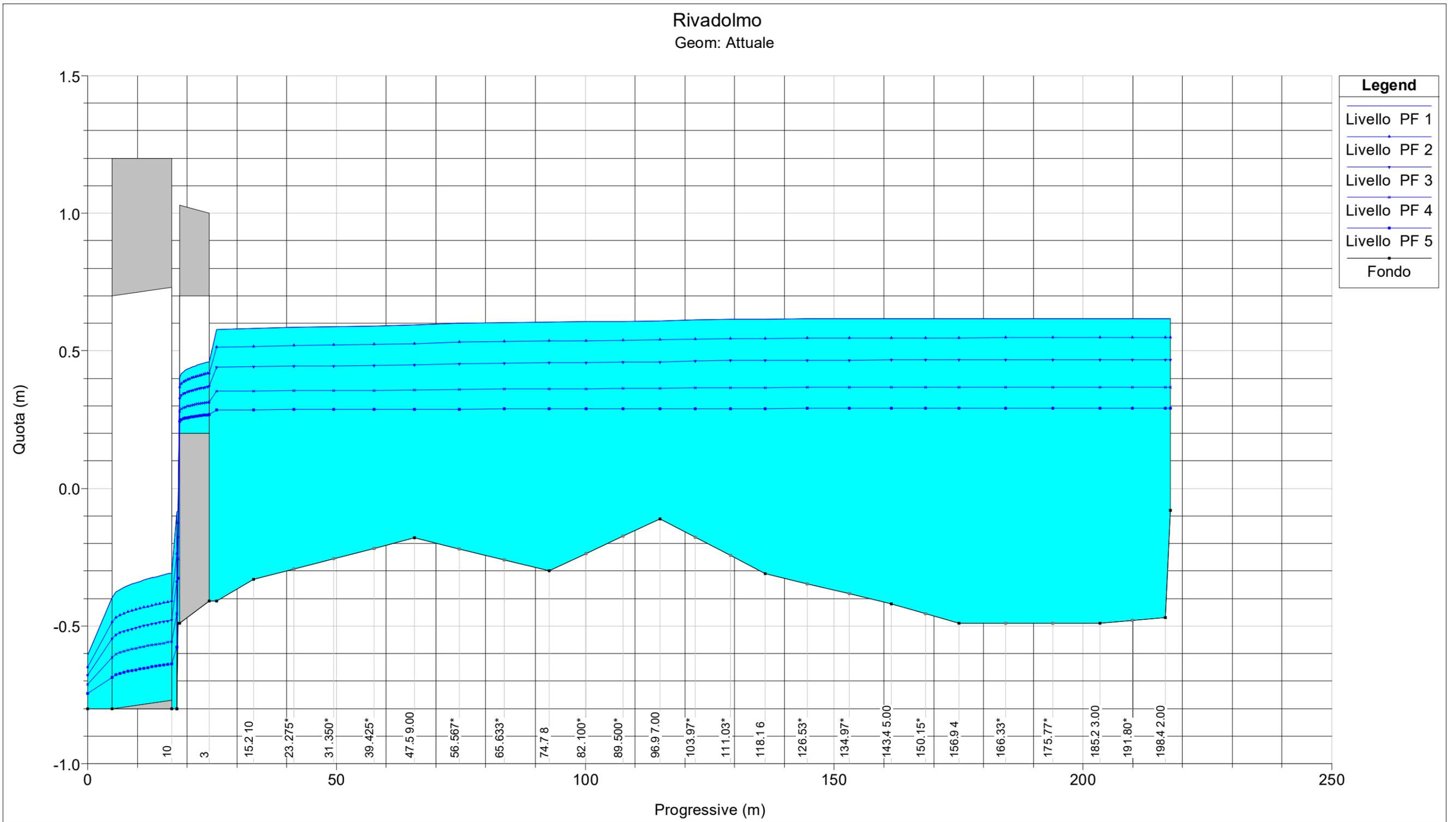
Rivadolmo

Geom: Attuale



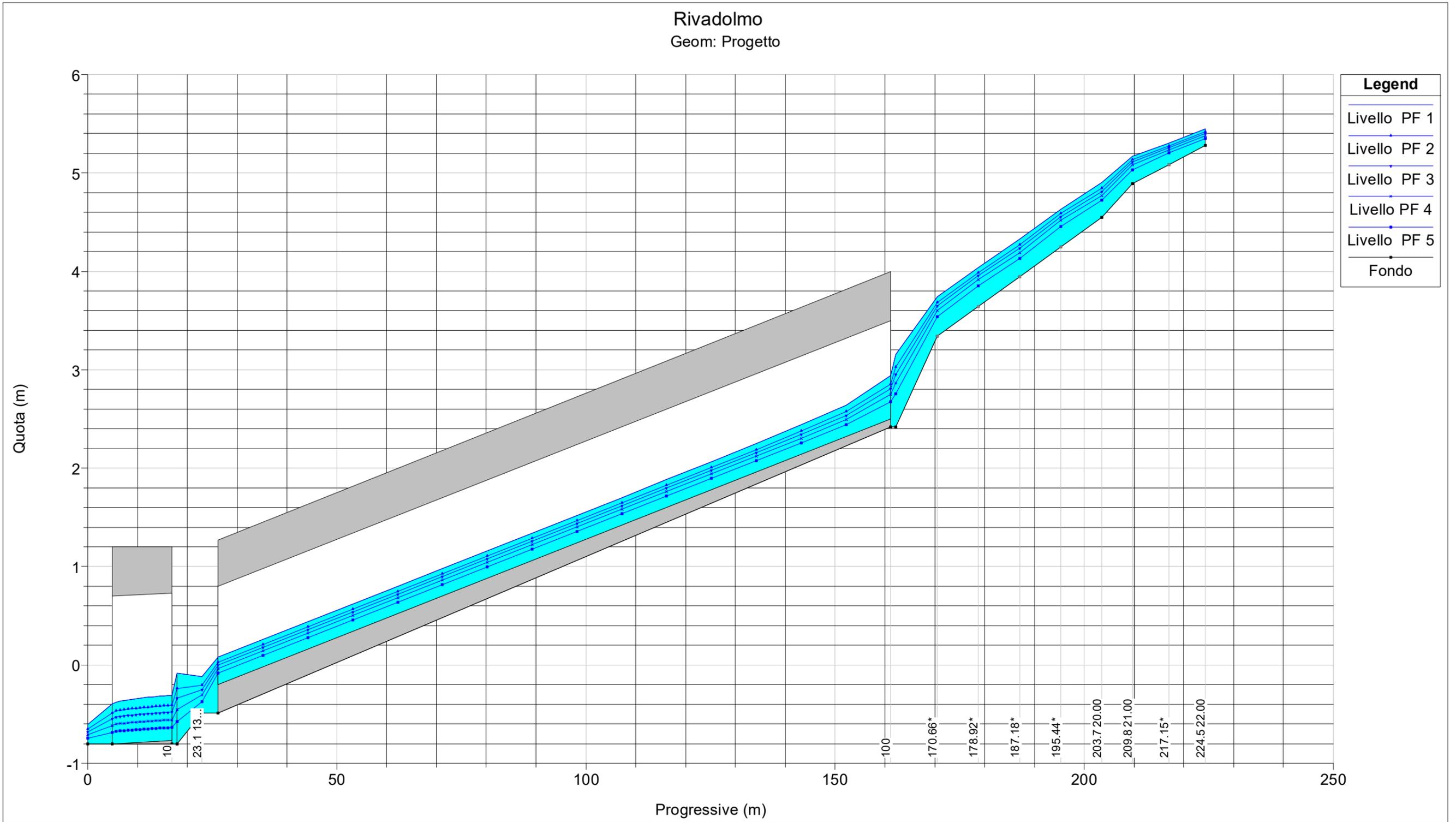
Tratto Sud

Rivadolmo
Geom: Attuale



Tratto Nord

Rivadolmo
Geom: Progetto



Tratto Sud

Rivadolmo
Geom: Progetto

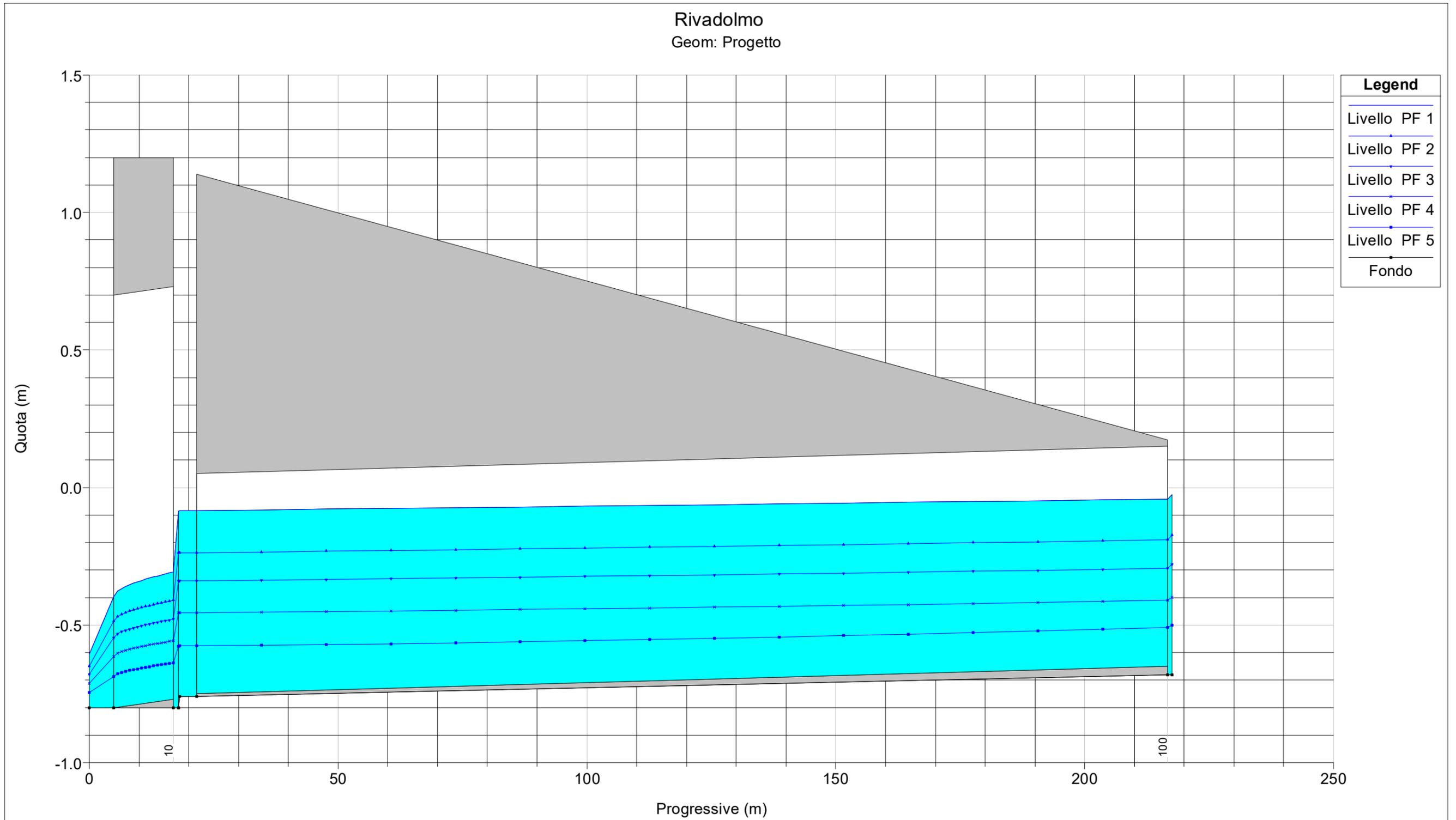


FOTO 1 - VISTA DA OVEST VERSO LO SCARICO FINALE NELLO SCOLO BISATTO



FOTO 2 - VISTA VERSO VALLE NELLA SCOLINA CHE SCARICA NEL CANALE BISATTO



FOTO 3 - VISTA SULLA SCOLINA CHE SCARICA NEL CANALE BISATTO



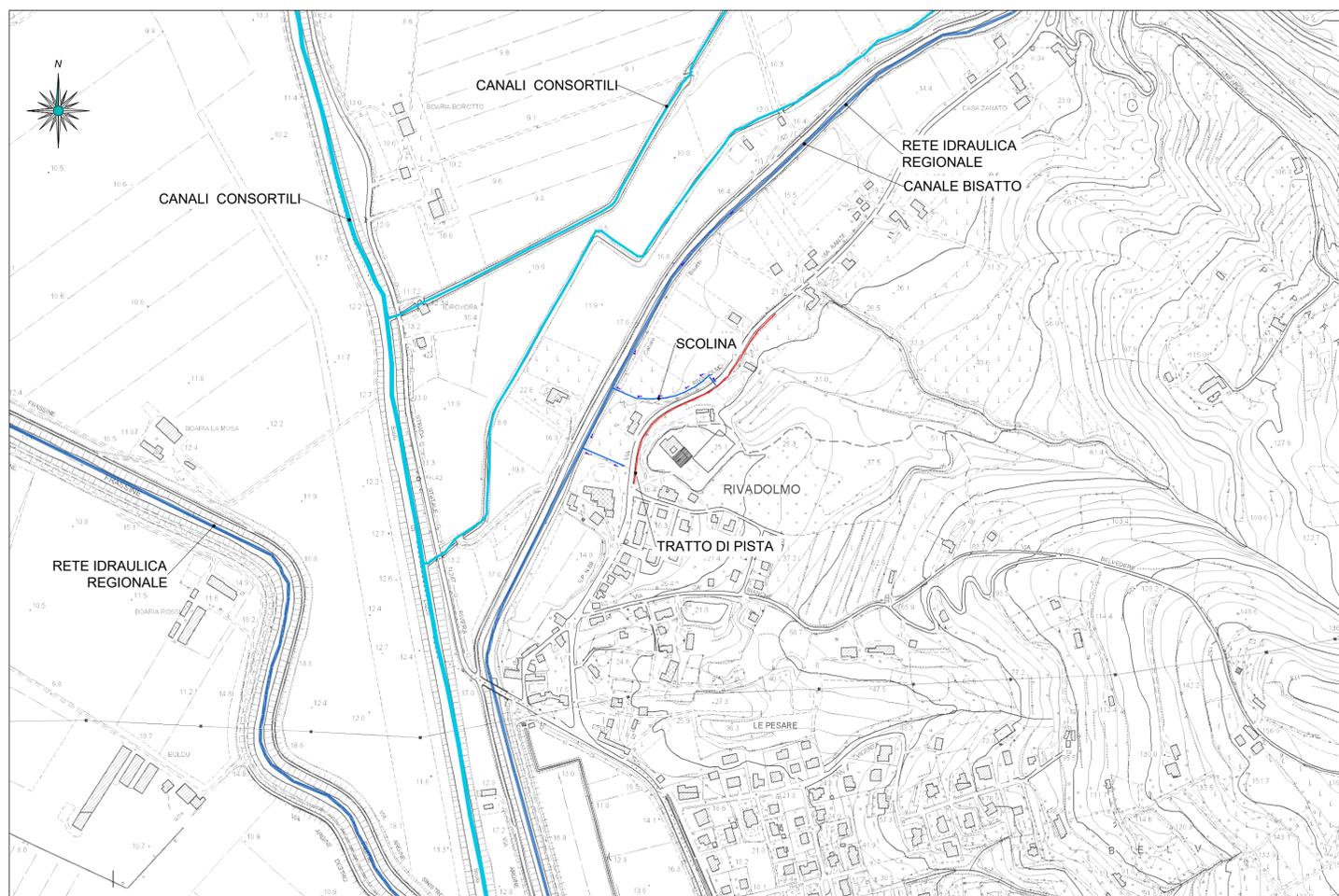
FOTO 4



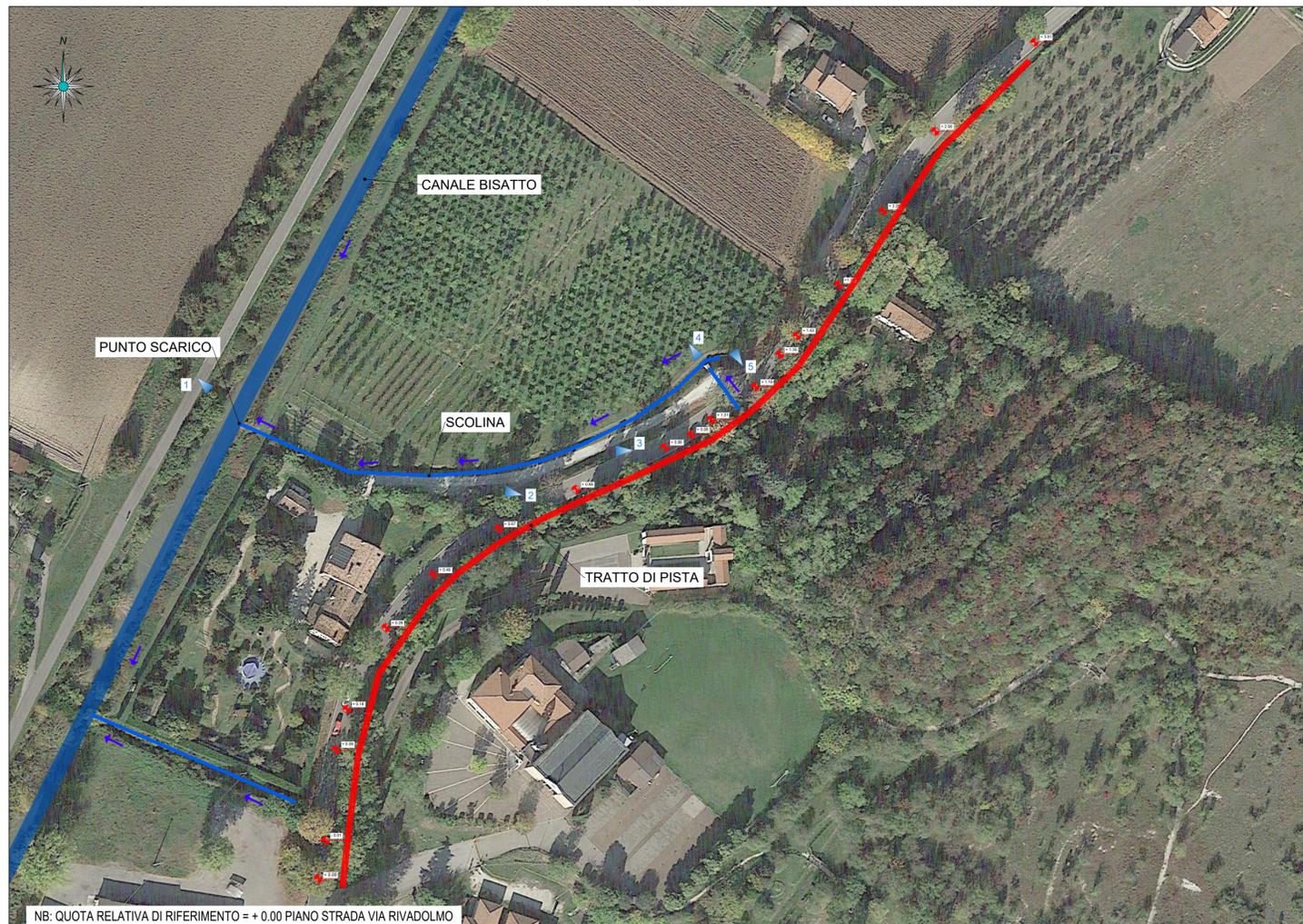
FOTO 5



INQUADRAMENTO TERRITORIALE SU BASE CARTA TECNICA REGIONALE CON IDROGRAFIA PRINCIPALE DI COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA ADIGE EUGANEO - SCALA 1:5.000

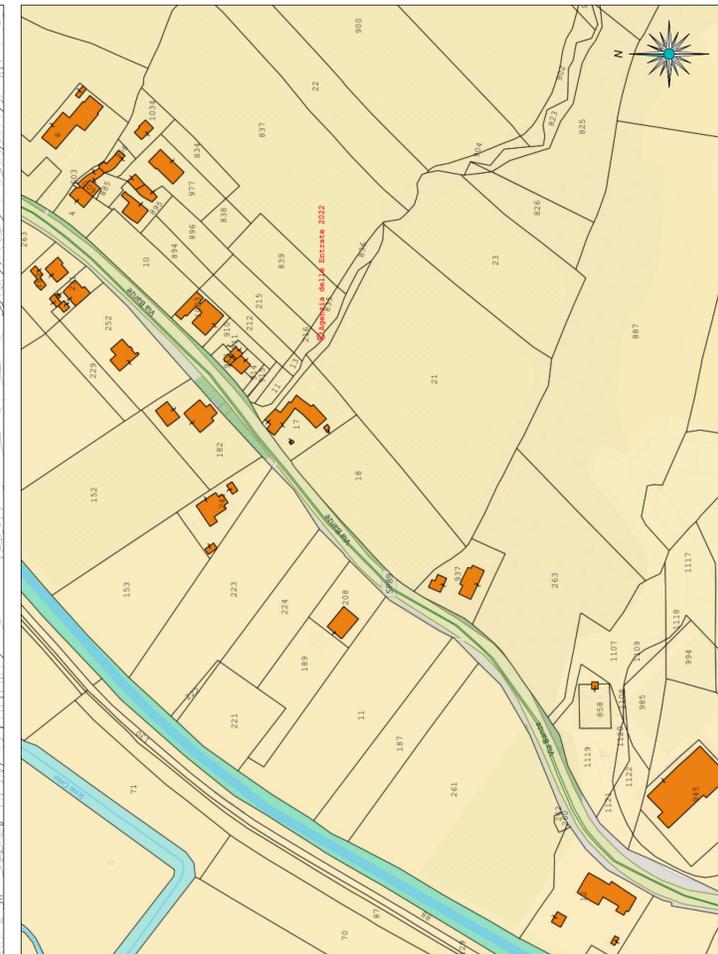


PIANO QUOTATO DA INDAGINE DI RILEVAZIONE STRUMENTALE IN CAMPO - SCALA 1:200 (QUOTE RELATIVE)



NB: QUOTA RELATIVA DI RIFERIMENTO = + 0.00 PIANO STRADA VIA RIVADOLMO

ESTRATTO DI MAPPA CATASTALE - FOGLIO 5 - BAONE - SCALA 1:2.000



PROVINCIA DI PADOVA

COMUNE DI BAONE

PROGETTO DI UNA PISTA CICLOPEDONALE

REALIZZAZIONE DI UN UNA PISTA CICLOPEDONALE
NEL COMUNE DI BAONE LUNGO LA STRADA PROVINCIALE 89 VIA RIVADOLMO

ALLEGATO ALLA RICHIESTA DI PARERE TECNICO PER UNA
PERIZIA IDRAULICA SULLE CONDUZIONI DELLE VIE D'ACQUA
DI PIOGGIA CON TOMBINAMENTI E COMPATIBILITÀ IDRAULICA

COMMESSA:	OGGETTO:	DATA:
AGG. DATA:	PLANIMETRIE DI INQUADRAMENTO CARTA TECNICA REGIONALE E IDROGRAFIA ESTRATTO DI RILIEVO E PIANO QUOTATO ESTRATTO DI MAPPA CATASTALE RILIEVO FOTOGRAFICO	Oct 2022
00		TAVOLA N°:
		1
		SCALA:
		VARIE

PROGETTAZIONE:	VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA:
CONSYLIO S.r.l. - Engineering Company Sede Legale e Operativa: Via Luigi Patrizio, 14 - 35128 Padova Unità Locale: Piazza Municipio, 12 - 32020 Falcade (BL) Tel: +39 049 8072072 - Fax: +39 049 8072072 Sito web: www.consylio.eu	Ing. Francesco Pescarolo ORDINE INGEGNERI PROVINCIA DI PADOVA N. 4572 francesco.pescarolo@ingpec.eu

Revisione:	data:	Disegnato da:	Verificato da:	Approvato da:	Titolare della pratica
00	10/Oct/2022	F. Pescarolo	F. Pescarolo		