

IMPIANTO IDROELETTRICO DENOMINATO “SUSA 3”

IN COMUNE DI SUSA (TO)

VARIANTE DI CONCESSIONE DI DERIVAZIONE

Relazione di Compatibilità Idraulica Opera di presa sul torrente Cenischia

Aprile 2020

REVISIONI

	DATA	NOTE
REV.1		
REV.2		

Committente: Città di Susa

Progettista: OVADAPROGETTI s.a.s.

Ing. Sergio Colombo
Via Vittorio Veneto 11 - 15076 Ovada (AL)



INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA E STUDI DI RIFERIMENTO	5
3. CARATTERIZZAZIONE DEL SISTEMA FLUVIALE.....	16
4. EVENTI ALLUVIONALI STORICI.....	17
5. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	21
6. CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA DI RIFERIMENTO	22
7. ANALISI IDRAULICA	28
➤ <i>Metodo di calcolo</i>	<i>29</i>
➤ <i>Sezioni topografiche, coefficienti di scabrezza e condizioni al contorno</i>	<i>30</i>
➤ <i>Condizioni fisiche di riferimento</i>	<i>35</i>
8. RISULTATI DELLA MODELLAZIONE.....	40
➤ <i>Risultati della modellazione per lo stato attuale.....</i>	<i>40</i>
➤ <i>Risultati della modellazione per lo stato di progetto</i>	<i>54</i>
9. COMPATIBILITA' IDRAULICA DEI MANUFATTI IN PROGETTO	69

1. PREMESSA

La presente relazione di compatibilità idraulica è relativa agli interventi previsti nella procedura di variante della concessione di derivazione dal fiume Dora Riparia e dal torrente Cenischia in Comune di Susa ad uso energetico per l'impianto idroelettrico denominato Susa terzo salto.

L'intervento proposto è finalizzato al miglioramento delle attuali condizioni di esercizio della derivazione dal torrente Cenischia.

Allo stato attuale è presente un manufatto idraulico che trasferisce le portate in uscita dall'impianto idroelettrico sito a lato del ponte di corso Stati Uniti, fino al pozzetto di captazione collocato in sponda sinistra del torrente Cenischia appena a monte della confluenza nella Dora Riparia.

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di una nuova opera trasversale sul torrente Cenischia appena a monte della confluenza nella Dora, in modo da consentire la derivazione laterale delle acque nel pozzetto in sinistra idraulica, e permettere la demolizione dell'attuale manufatto in alveo di collegamento dalla centrale di monte.

La particolarità di questa nuova opera trasversale è quella di essere "completamente trasparente" al deflusso delle portate di piena in quanto realizzata mediante un dispositivo gonfiabile ancorato su un basamento in calcestruzzo collocato ad una quota inferiore a quella del fondo del corso d'acqua.

La presente relazione contiene:

- il calcolo delle portate di piena del Torrente Cenischia;
- la modellazione idraulica effettuata con il programma "Hec-ras" per lo stato attuale e per quello di progetto;
- la descrizione delle condizioni al contorno di monte e di valle impiegate nel codice di calcolo.

E' stato inoltre predisposto un pianto di gestione e manutenzione del dispositivo gonfiabile che dettaglia le modalità di abbattimento in caso di eventi di piena nonché le operazioni ordinarie e straordinarie di manutenzione necessarie per il mantenimento della corretta efficienza del dispositivo.



Figura 1: Foto aerea con individuazione dell'area oggetto di intervento.

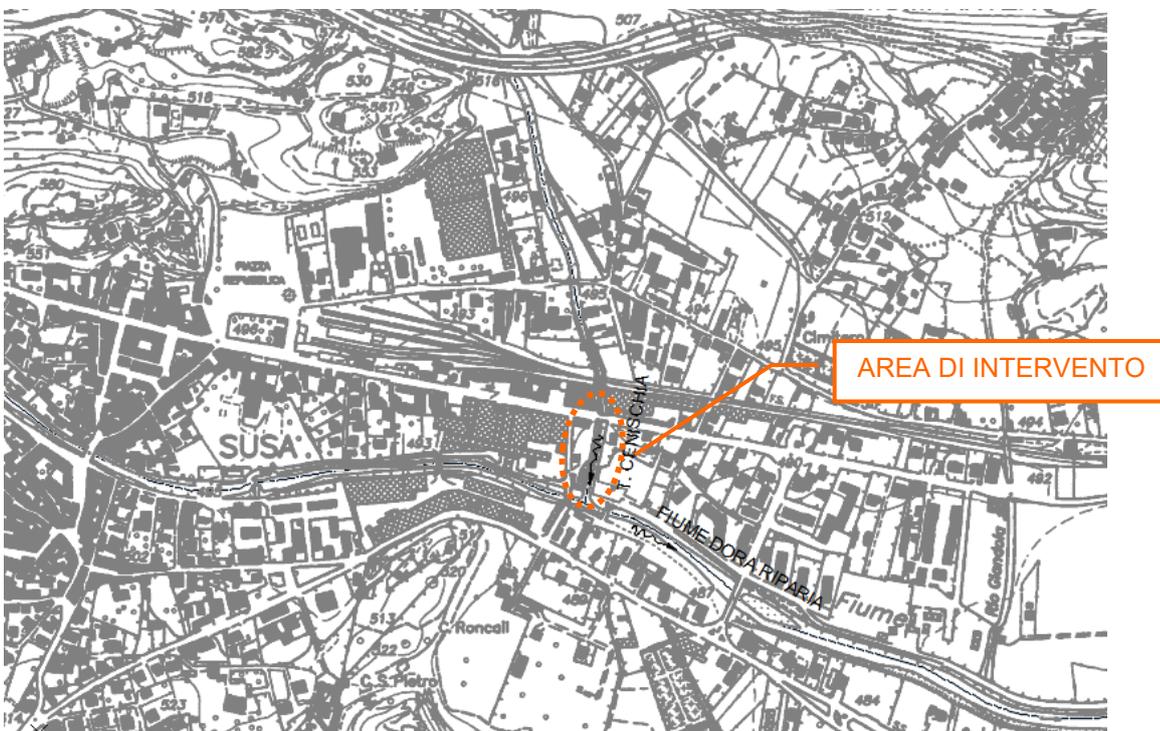


Figura 2: Estratto di Carta Tecnica Regionale con individuazione dell'area oggetto di intervento.

2. NORMATIVA E STUDI DI RIFERIMENTO

Per la definizione dei criteri di valutazione si è fatto riferimento alle indicazioni fornite dalle seguenti documentazioni:

➤ **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI). Interventi sulla rete idrografica e sui versanti - Norme di attuazione** (Legge 18 maggio 1989, n°183, art. 17 comma 6-ter), adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n°18 in data 26 aprile 2001, dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

In riferimento alla compatibilità dell'opera in progetto con il PAI dell'Autorità di bacino del Fiume Po, si osserva che all'articolo 9 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI, nelle aree in dissesto idraulico ed idrogeologico è prevista la realizzazione di tali opere previo studio di compatibilità dell'intervento.

Si riporta di seguito l' articolo 9, comma 5, delle sopra citate Norme tecniche.

Art. 9. Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico

5. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ee sono esclusivamente consentiti:
- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
 - gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
 - gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
 - gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
 - i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
 - gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
 - le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
 - la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire

la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;

- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

➤ **Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B**, emessa dall'Autorità di Bacino del Fiume Po nell'ambito delle Norme di attuazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n°2 del 11 Maggio 1990 e aggiornata con deliberazione del Comitato Istituzionale n°10 del 5 Aprile 2006.

All'interno della Direttiva vengono esaminati i *criteri di compatibilità idraulica e le procedure di valutazione degli interventi in progetto.*

➤ **Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Norme di Attuazione** del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Po, adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n°18 in data 26 aprile 2001; la Direttiva definisce i criteri da adottare per il calcolo delle portate di piena di progetto.

➤ **Tavole di Delimitazione delle fasce fluviali**, di cui al **Piano Stralcio delle Fasce fluviali** (ricompreso nel PAI), cartografia unificata ed aggiornata.

L'area di progetto risulta individuata nella tavola 154 - sez. IV- Susa (aggiornate con deliberazione del Comitato Istituzionale n°9 del 2007)

Dall'estratto del Piano Stralcio Fasce Fluviali dell'Autorità di bacino del Fiume Po si può osservare che l'area interessata ricade nella fascia C della Dora Riparia.

➤ **Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni** e schema di **Progetto di Piano di Gestione del rischio di alluvioni**, pubblicati dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ai sensi dell'art.10 del D.Lgs. n°49 del 23 Febbraio 2010 - Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.

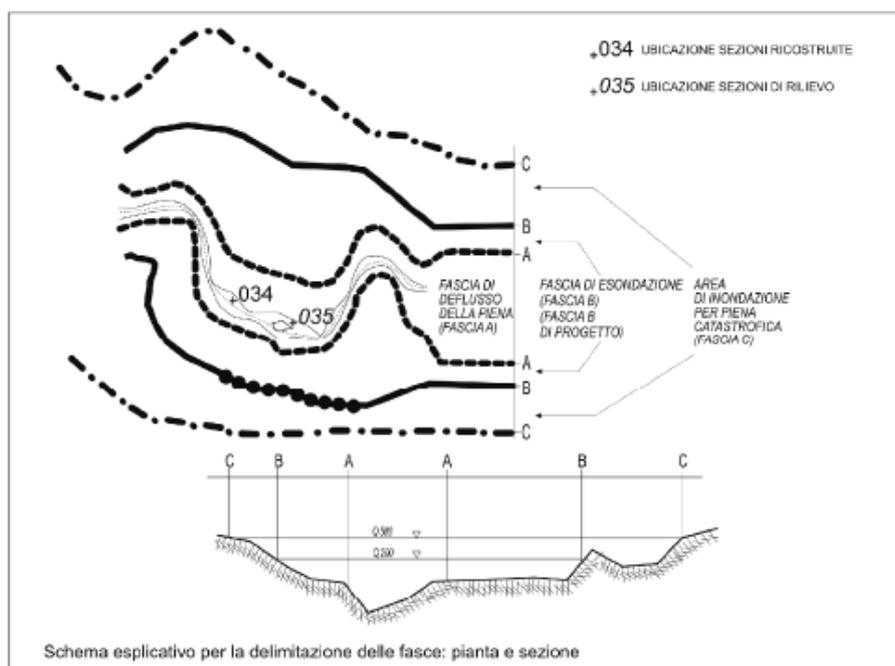
Nella *Carta della pericolosità da alluvione* (scala 1:25.000) l'area di progetto risulta caratterizzata da uno **scenario di alluvione poco frequente**.

Si riportano di seguito alcuni estratti degli elaborati cartografici sopracitati, nei quali viene individuata l'area occupata dall'opera in esame. Si precisa che l'area interessata è collocata sul torrente Cenischia, in prossimità della confluenza nella Dora Riparia e risulta inserita all'interno della fascia C della Dora Riparia.

Si riporta infine un estratto della planimetria delle aree inondabili e delle aree RME (aree a rischio Molto Elevato) estratto dallo studio idraulico finalizzato alla realizzazione della revisione del Piano Regolatore Generale Comunale di Susa e all'adeguamento al PAI redatto dal dott. Ing. Livio Martina.

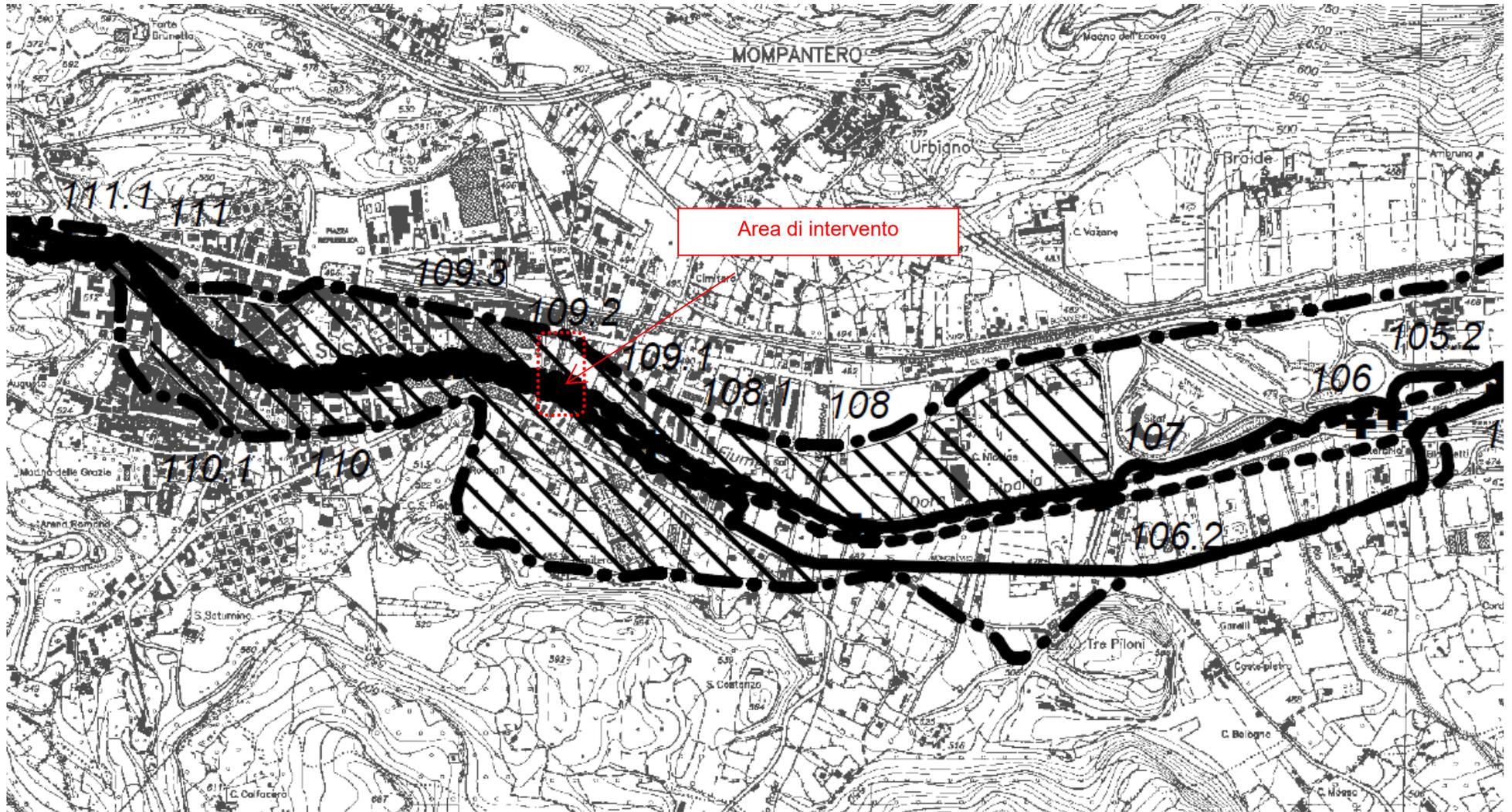
LEGENDA

	limite (*) tra la Fascia A e la Fascia B
	limite (*) tra la Fascia B e la Fascia C
	limite (*) esterno della Fascia C
	limite (*) di progetto tra la Fascia B e la Fascia C



Elementi conoscitivi	
	area inondabile per eventi della piena di riferimento in assenza dell'intervento di realizzazione del limite del progetto (solo per i corsi d'acqua per i quali è disponibile lo specifico approfondimento)

Inquadramento	
	rimando ad altra tavola e numero della tavola



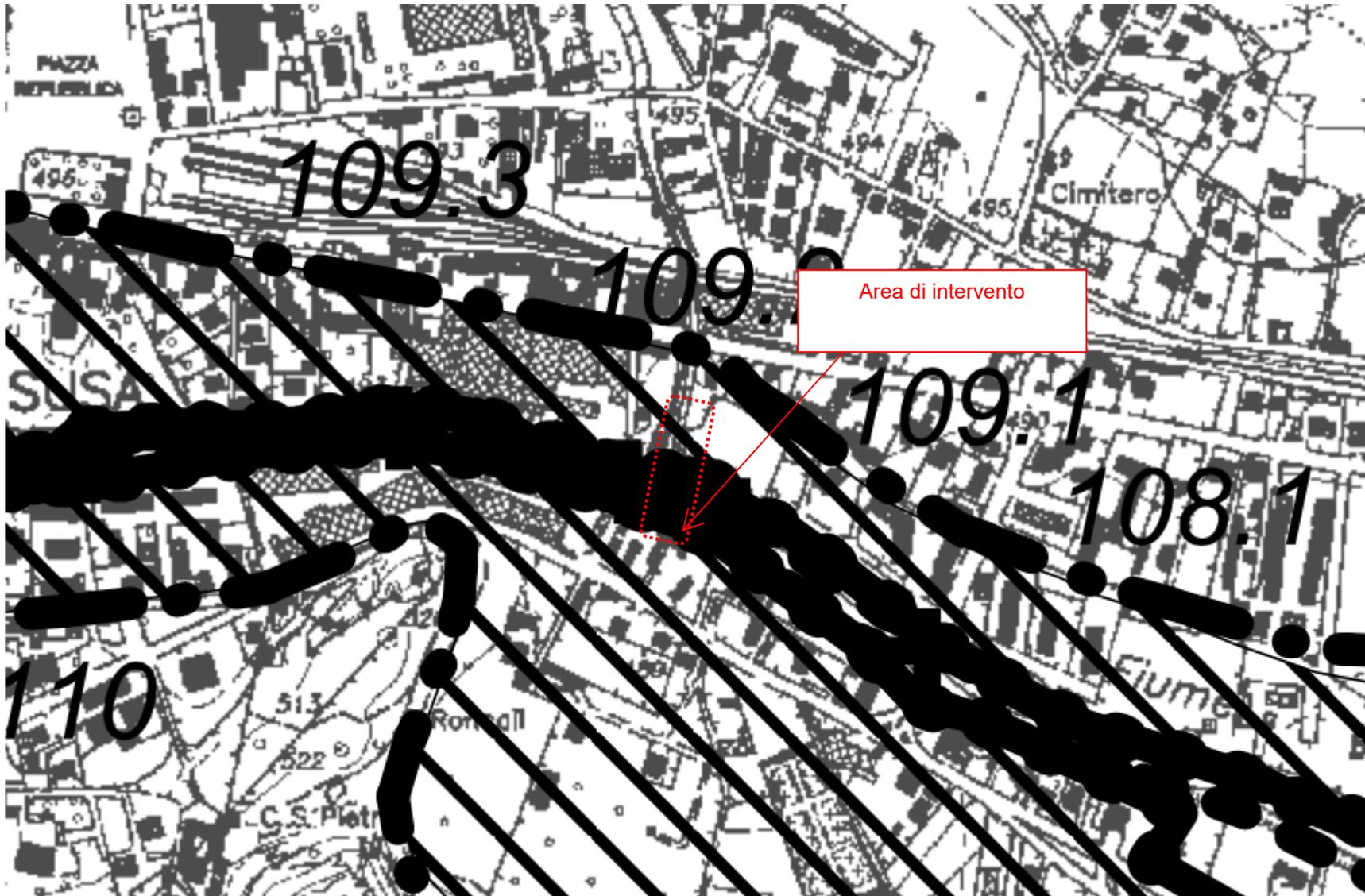
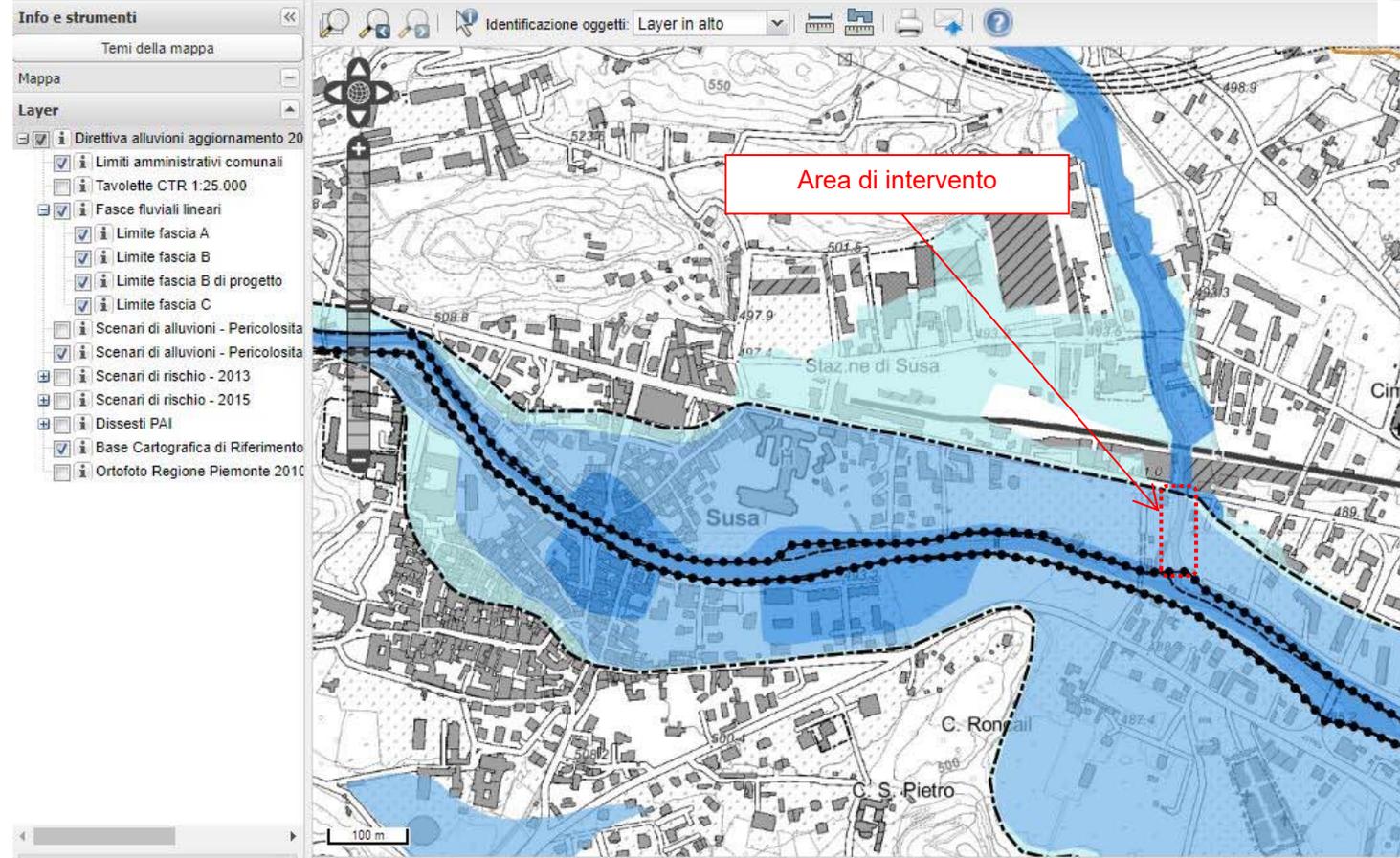


Figura 3: Estratto delle Tav.154 –sez. IV– Susa del PAI.

GIS-Browser - Direttiva alluvioni aggiornamento 2015



CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE

Scala 1:25.000



Localizzazione dell'area di studio nell'ambito regionale

SCENARI DI ALLUVIONE



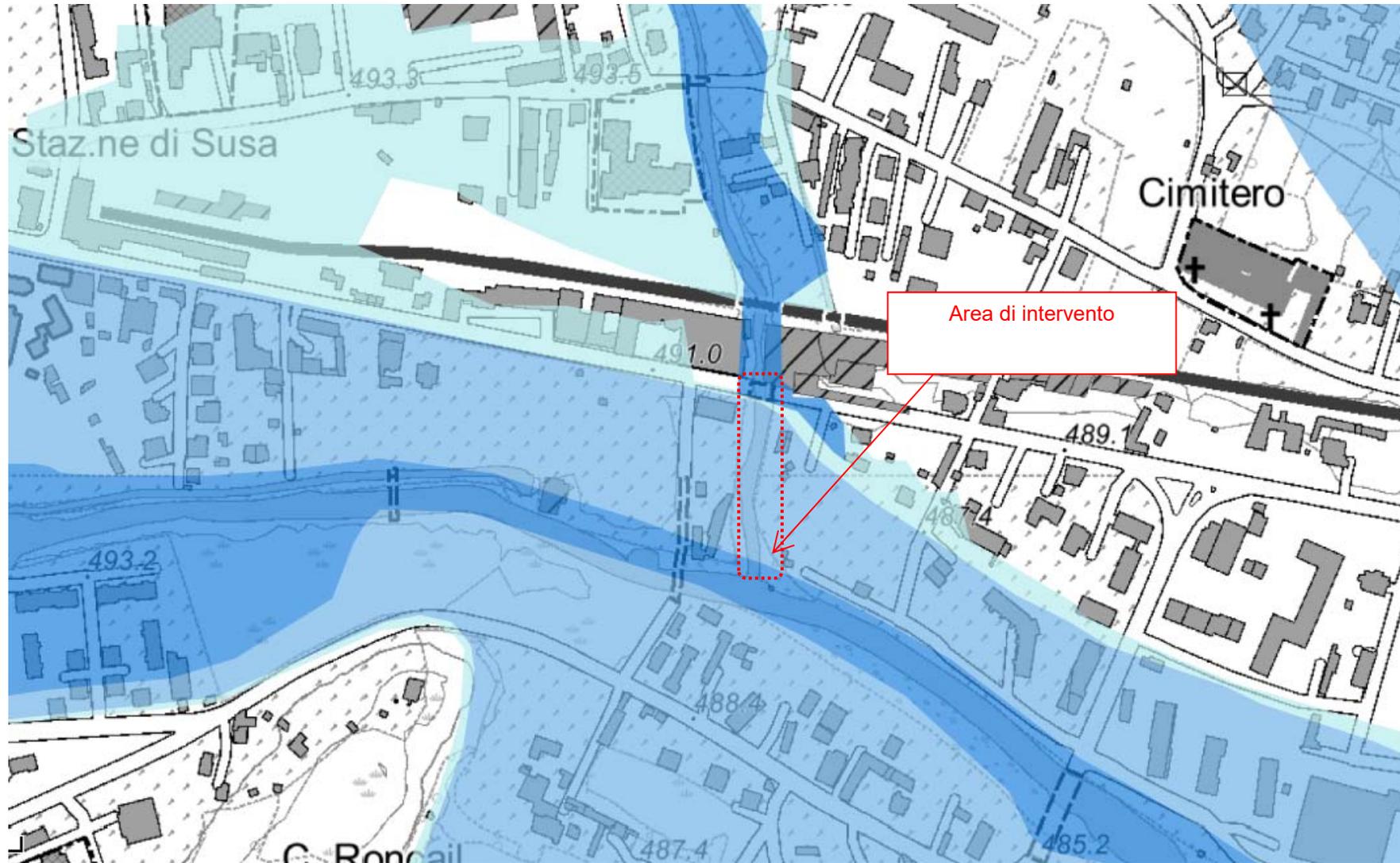
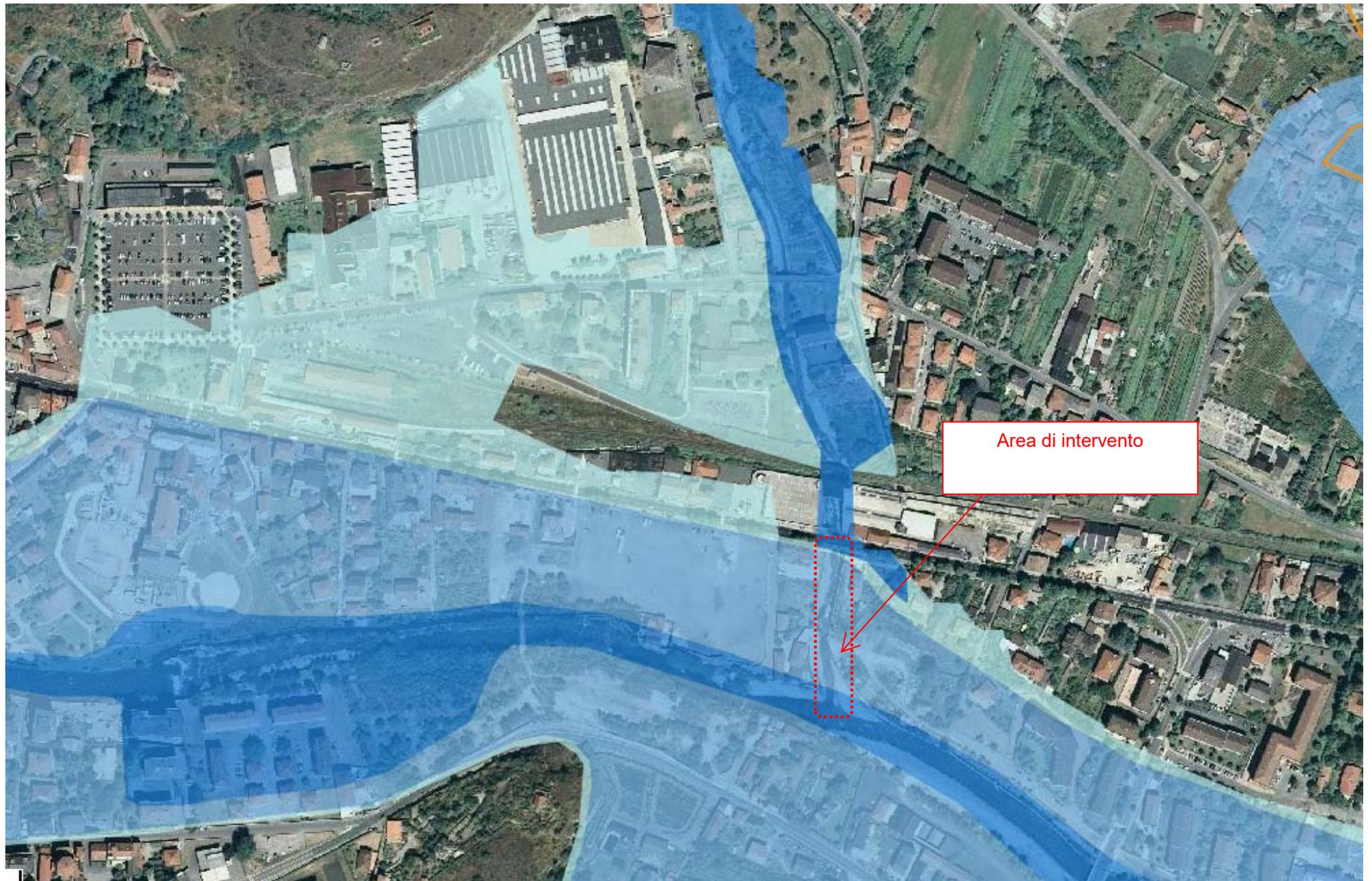


Figura 4: Estratto della Carta della pericolosità da alluvione-scenari di alluvione.



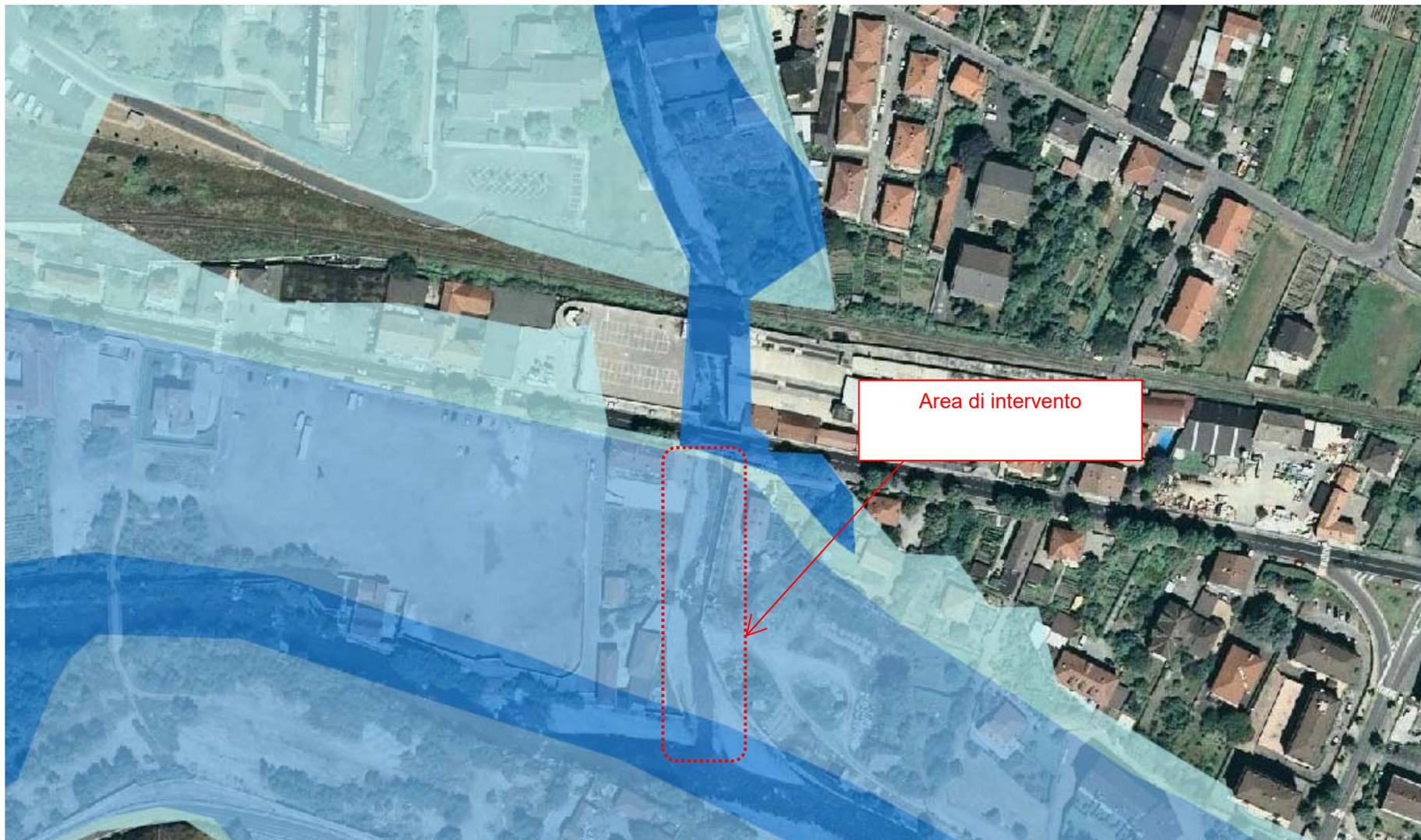
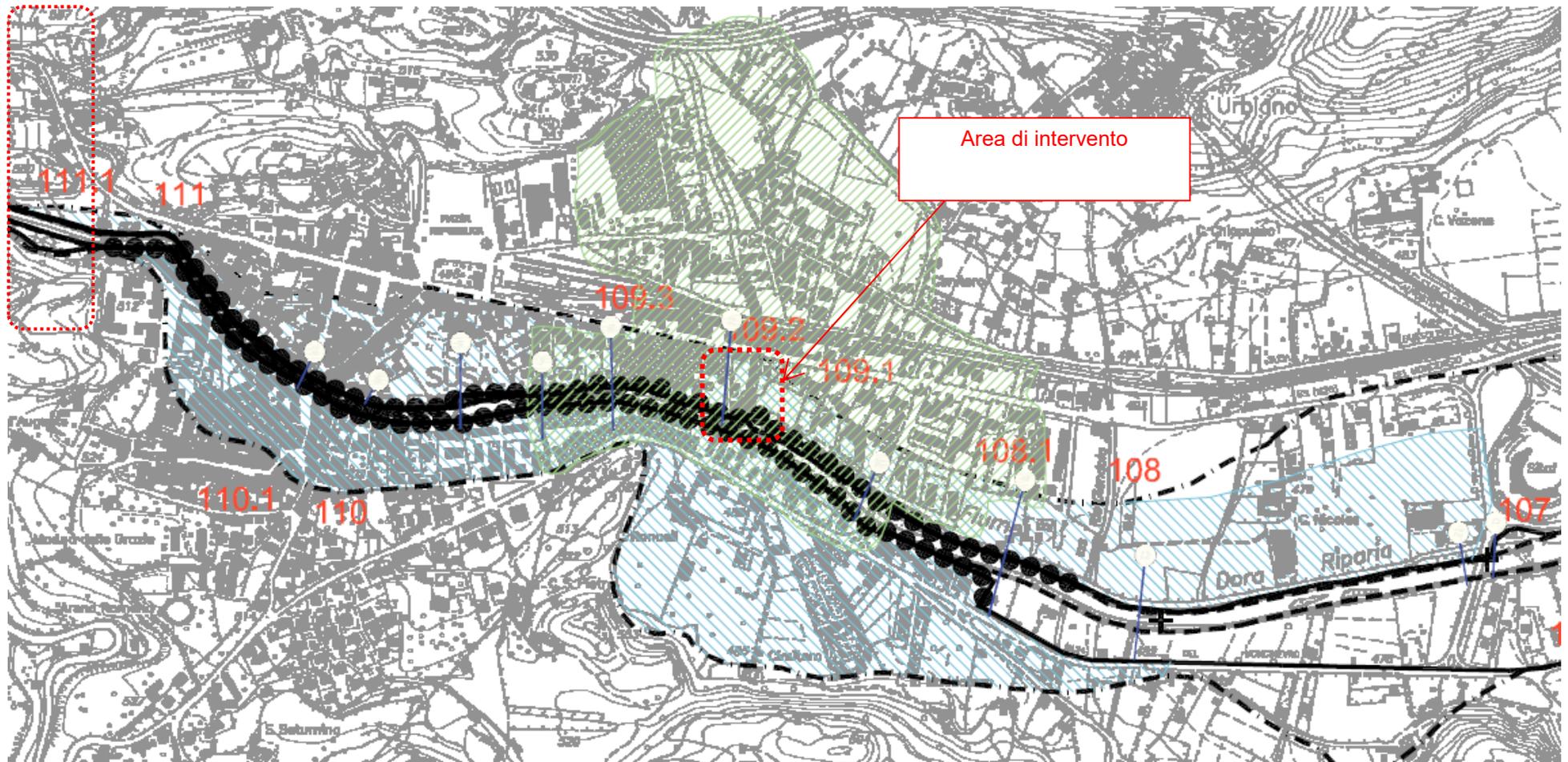


Figura 5: Estratto della Carta della pericolosità da alluvione-scenari di alluvione su ortofoto Regione Piemonte 2010.



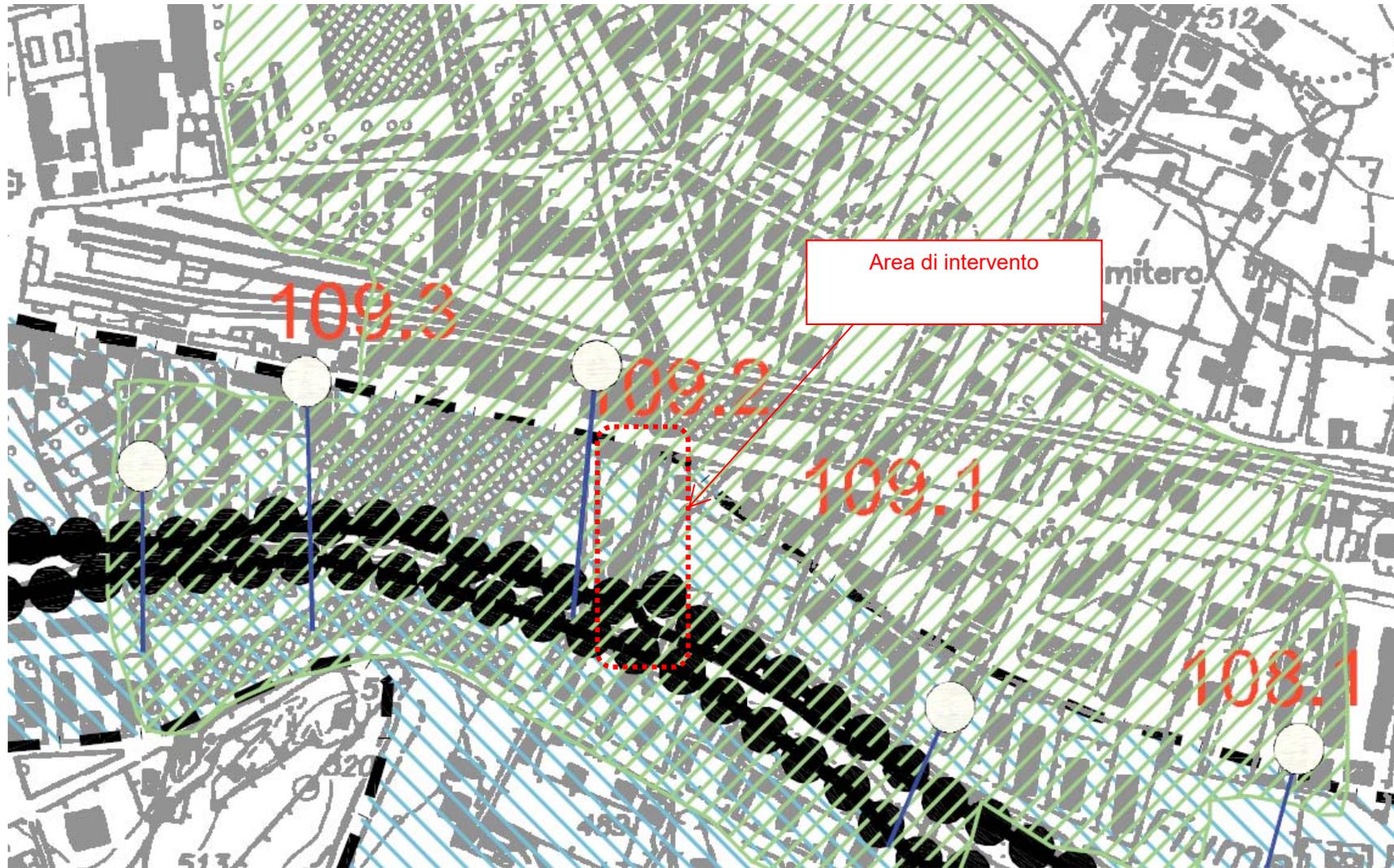


Figura 6: Estratto della planimetria delle aree inondabili e delle aree RME (aree a rischio Molto Elevato) estratto dallo studio idraulico finalizzato alla realizzazione della revisione del Piano Regolatore Generale Comunale di Susa.

3. CARATTERIZZAZIONE DEL SISTEMA FLUVIALE

Il Cenischia è un breve torrente che percorre l'omonima valle e insieme alla Dora Riparia, del quale è un affluente di sponda sinistra, divide le Alpi Graie (a nord-est) dalle Alpi Cozie (a sud-ovest).

Il suo bacino è situato sulla sinistra orografica della Dora Riparia, in territorio per gran parte italiano e in parte francese. Esso si estende tra le quote 490 m s.l.m. (confluenza con la Dora Riparia) e 3538 m s.l.m. (vetta del Monte Rocciamelone) e risulta delimitato tra la catena del monte Rocciamelone a nord e a est, il massiccio d'Ambin a ovest ed il bacino della Dora Riparia a sud.

Il Cenischia nasce nei pressi del colle del Piccolo Moncenisio in territorio francese. Le sue acque sono poi sbarrate da una grande diga a formare il lago del Moncenisio. In uscita dal lago, nel primo tratto scorre con un andamento da nord a sud; poi a valle del capoluogo di Venaus il torrente piega decisamente verso est. Dopo aver segnato per un certo tratto il confine tra Mompantero e Susa devia infine nuovamente verso sud e confluisce nella Dora Riparia appena ad est del centro di Susa. Tra i suoi affluenti si segnalano il Rio Vitoun ed torrenti Marderello e Crosiglione in sinistra idrografica ed il Rio Tiglieretto ed il Rio della Croce in destra idrografica.

Nel tratto in esame, immediatamente a monte della confluenza nella Dora Riparia, il torrente presenta un alveo monocursale con andamento essenzialmente rettilineo ed incassato rispetto alla superficie topografica di diversi metri.

Nella zona dell'abitato della città di Susa le sponde sia del Cenischia che della Dora Riparia risultano protette da argini in cemento armato e scogliere in blocchi oggetto di recenti interventi di ripristino a seguito della piena eccezionale dell'ottobre 2000 allorquando le acque di entrambi i corsi d'acqua esondarono.

Il regime idrologico del torrente è pesantemente influenzato dalla presenza della diga del Moncenisio, realizzata per scopi idroelettrici. In tal modo una grossa parte del bacino non dà più contributo, in termini di portata, al Cenischia, mentre una certa portata viene immessa nel torrente mediante gli organi di scarico del bacino artificiale stesso. Numerose opere minori di regimazione idraulica sono presenti anche nel tratto di valle.

La geolitologia del bacino è piuttosto variegata. Il tratto montano nasce in una zona di limite tra due diverse formazioni geologiche: nel versante destro lo "Gneiss tipico del massiccio d'Ambin" e nel versante sinistro i calcescisti che dominano su tutto il Massiccio del Rocciamelone. Presso il Comune di Moncenisio il torrente attraversa terreni di origine glaciale sui quali si sono formati il Lago Grande e il Lago Piccolo di Moncenisio.

La parte valliva presenta una forma a U molto allargata, degradante tra le quote di 950 m e 650 m, la cui litologia è caratterizzata da materiale detritico alluvionale.

Per quanto riguarda l'assetto vegetazionale poiché il bacino del Cenischia si sviluppa lungo un dislivello complessivo di circa 3000 m nella parte più montana non è presente alcun tipo di vegetazione a causa del clima eccessivamente rigido.

Procedendo verso quote più basse si incontrano aree adibite a pascolo, che costituiscono quasi il 20% della superficie complessiva del bacino. Esse si estendono mediamente fino a una quota di 2000 m, e talvolta fino a 1600 m. A tali quote, nella stagione tardo-primaverile ed estiva, si possono osservare colorate infiorescenze delle specie più tipiche della regione alpina.

Tra i 2000 e i 1500 m la copertura vegetale è caratterizzato da specie arboree, quasi esclusivamente conifere che occupano circa il 30% della superficie totale del bacino; in alternanza è possibile riscontrare la presenza del larice ed in alcune zone del salice.

Dalla quota di 1500 m circa, fino ai 600 m sono prevalenti i boschi di latifoglie, in parte cedui e in parte ad alto fusto; le specie più diffuse sono il frassino maggiore, la betulla, il faggio selvatico ed il castagno.

Il tratto di fondovalle a causa della presenza antropica, presenta poche aree non modificate dall'uomo: oltre ai centri abitati, nei quali è stato modificato completamente il tipo di copertura, la pratica dell'agricoltura infatti ha trasformato la vegetazione da spontanea a agricola, sebbene al giorno d'oggi la maggior parte di tali aree risulti incolta.

4. EVENTI ALLUVIONALI STORICI

Il bacino della Dora Riparia è classificabile tra i "bacini alpini interni". Appartengono a tale tipologia le vallate poste nelle zone più interne della catena alpina, che protegge dall'arrivo diretto di aria umida dall'Atlantico o dal Mediterraneo e fa sì che le altezze annue e l'intensità di precipitazione risultino piuttosto modeste. Inoltre, per la presenza di ampie zone al di sopra dei 2000 m s.m., le precipitazioni si manifestano nella maggior parte dell'anno prevalentemente sotto forma nevosa e non contribuiscono alla formazione delle piene.

Le piene si verificano generalmente tra la fine della primavera e l'inizio dell'autunno, quando le precipitazioni nevose sono in proporzione scarse.

Talora, in particolare a fine primavera, la presenza di un manto nevoso ancora consistente provoca un importante incremento del contributo di piena per effetto dello scioglimento della neve. In questo ambito territoriale, tipico dei bacini alpini interni, spesso il verificarsi delle piene critiche non corrisponde ai valori di massima intensità di pioggia registrati alle stazioni pluviometriche, ma alla coincidenza di una serie di fattori negativi che (oltre alla elevata intensità delle precipitazioni) comprende essenzialmente il manifestarsi di rialzi termici anomali e la presenza di una coltre nevosa consistente.

Nei bacini secondari, come quello del torrente Cenischia, si verificano frequentemente piene provocate da rovesci o temporali di grande intensità ma di scarsa estensione. In questi casi si possono verificare rilevanti fenomeni di trasporto solido, con danni notevoli soprattutto nel caso di riattivazione di conoidi.

Nel bacino idrografico le precipitazioni medie variano da 800 mm/anno in pianura a poco oltre 1000 mm/anno.

Nella tabella seguente vengono riportati in termini areali i confronti tra le precipitazioni registrate durante l'evento alluvionale del 1994 (5 giorni), quello dell'ottobre 2000 (4 giorni) e quello del 2016 (6 giorni).

In rosso viene evidenziato il valore maggiore stimato per bacino idrografico.

Prendendo in considerazione i singoli bacini idrografici è possibile notare come le precipitazioni dell'ultimo evento risultino più significative in determinate zone: il Piemonte meridionale con i bacini di Tanaro, Bormida, Orba e Stura di Demonte e nel Piemonte occidentale con l'alto Po, Pellice, Varaita, Maira e Dora Riparia.

Tabella 1

Bacino	Precipitazione media per bacino [mm]		
	3-7 Novembre 1994	13-16 Ottobre 2000	21-26 Novembre 2016
Alto Po	153.9	246.6	309.4
Pellice	224.6	358.7	378.9
Varaita	118.9	180.7	192.5
Maira	124.3	157.9	181.9
Residuo Po confluenza Dora Riparia	218.1	178.8	194.9
Dora Riparia	166.5	233.0	243.4
Stura di Lanzo	312.9	454.3	372.0
Orco	269.7	419.4	314.0
Residuo Po confluenza Dora Baltea	277.6	214.6	222.8
Dora Baltea	301.1	454.9	166.5
Cervo	286.2	249.7	270.7
Sesia	243.6	430.6	324.3
Residuo Po confluenza Tanaro	142.6	129.4	110.7
Stura di Demonte	157.3	151.0	213.2
Tanaro	229.8	185.1	357.0
Bormida	231.1	163.8	276.7
Orba	207.9	169.0	269.3
Residuo Tanaro	168.9	114.0	120.9
Scivia Curone	120.9	94.2	120.4
Agogna Terdoppio	130.1	156.0	116.3
Toce	192.9	483.2	260.6
Ticino svizzero	228.7	225.2	186.1
Bacino del Po a Ponte Becca (PV)	204.6	244.3	208.5

L'analisi degli eventi di piena storici e recenti che hanno interessato il bacino idrografico del fiume Dora Riparia fa riferimento sia al già citato documento "Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi - Bacino della Dora Riparia" (PAI) dell'Autorità di Bacino del fiume Po sia

ai rapporti di evento predisposti da Arpa Piemonte in occorrenza di ogni evento alluvionale e meteorologico rilevante osservato sul territorio regionale.

I rapporti di evento contengono i risultati forniti dall'analisi dei dati meteorologici/idrologici acquisiti dalla rete di monitoraggio di Arpa Piemonte nonché la descrizione dei processi di instabilità naturale osservati sul territorio e dei loro effetti, sulla base dei rilievi condotti dai tecnici del dipartimento Geologia e Dissesto.

Tra gli eventi alluvionali più gravosi osservati nella Dora Riparia, sono segnalati quelli del 1977 (190 m³/s), del 1957 (200 m³/s), del 1993 (155 m³/s), come si può osservare nella tabella riportata di seguito, estratta dal "Catalogo delle portate massime annuali al colmo del bacino occidentale del Po" pubblicato dall'ARPA nel 2012.

Dora Riparia a Sant'Antonino di Susa								
Anno	Q _{colmo} [m ³ /s]	Q _{giorn} [m ³ /s]	Anno	Q _{colmo} [m ³ /s]	Q _{giorn} [m ³ /s]	Anno	Q _{colmo} [m ³ /s]	Q _{giorn} [m ³ /s]
1921	-	-	1951	146.0	128.0	1981	-	-
2	-	-	2	36.3	35.1	2	-	-
3	-	-	3	139.0	134.0	3	-	-
4	-	-	4	87.5 ⁽⁶⁾	-	4	-	-
1925	-	-	1955	134 ⁽⁶⁾	-	1985	-	-
6	-	-	6	89 ⁽⁶⁾	-	6	-	-
7	62.5	59.0 ⁽²⁾	7	200.0 ⁽¹⁾	-	7	60 ⁽⁷⁾	42.3 ⁽⁷⁾
8	105.0 ⁽⁴⁾	86.8	8	-	-	8	-	-
9	87.1	65.2	9	-	-	9	-	-
1930	111.0	100.0	1960	-	-	1990	45.0 ⁽⁷⁾	39.5 ⁽⁷⁾
1	40.4	36.8	1	-	-	1	45.6 ⁽⁷⁾	40.6 ⁽⁷⁾
2	50.5	50.5	2	-	-	2	108.0 ⁽⁷⁾	58.0 ⁽⁷⁾
3	71.9	66.0	3	-	-	3	155.0 ⁽⁷⁾	95.9 ⁽⁷⁾
4	112.0	107.8	4	-	-	4	117.0 ⁽⁷⁾	88.7 ⁽⁷⁾
1935	65.8	60.1	1965	-	-	1995	-	45.5 ⁽⁷⁾
6	152.0 ⁽⁵⁾	114.4	6	-	-	6	-	-
7	167.0	147.6	7	-	-	7	-	-
8	72.3	61.1	8	-	-	8	-	-
9	70.7	70.7	9	-	-	9	-	-
1940	86.4	74.3	1970	-	-	2000	-	-
1	91.2	89.3	1	-	-	1	-	-
2	56.9	52.4	2	-	-	2	-	-
3	45 ⁽³⁾	40.5	3	-	-	3	-	-
4	69.1	49.8	4	-	-	4	-	-
1945	154.0	120.0	1975	-	-	2005	-	-
6	86.0	81.0	6	-	-	6	-	-
7	190.0	139.0	7	-	-	7	-	-
8	138.0	128.0	8	-	-	8	-	-
9	144.0	133.0	9	-	-	9	-	-
1950	50.8	37.8	1980	-	-	2010	-	-

Note: (1) Dato Sezione F del 1957.
 (2) Dato Pubblicazione 17. Sull'Annale non è riportato alcun valore di portata massima giornaliera.
 (3) La Pubblicazione 17 indica una portata al colmo di 31.3 m³/s, che sarebbe inferiore alla portata giornaliera. In questo caso si è ricostruita la portata tramite una scala di deflusso di piena.
 (4) L'Annale del 1928 indica come record breaking 91.3 m³/s.
 (5) Valore anomalo corretto tramite l'uso di una scala di deflusso di piena.
 (6) Portata ricostruita mediante una scala di deflusso di piena.
 (7) Dato da stazione idrometrografica gestita da ENEL coincidente o prossima alla sezione SIMN.

Figura 7: Estratto del catalogo delle portate massime annuali al colmo pubblicato da ARPA–Portate al colmo alla stazione di San Antonino di Susa.

Durante l'evento occorso nel novembre del 2000, avente un tempo di ritorno associabile a 200 anni, la portata registrata sul torrente Cenischia alla stazione del Servizio Meteo-idrografico del Piemonte collocata a Susa, a valle della centrale Enel (superficie bacino 137 km²), è risultata pari a 195 m³/s (come riportato nello studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po redatto dall' AdBPo).

Durante tale evento le acque del Cenischia nell'ultimo tratto, prima della confluenza nella Dora Riparia, hanno tracimato dagli argini allagando le aree poste in prossimità dell'asta torrentizia stessa.

L'episodio ha inoltre innescato fenomeni di allagamento riconducibili all'entrata in crisi della rete di drenaggio delle acque superficiali connesse alle deboli pendenze che caratterizzano questa porzione antropizzata del fondovalle.

Per quanto riguarda la Dora Riparia il livello ha raggiunto l'impalcato stradale del ponte Carlo Alberto Dalla Chiesa, collocato 200 metri a valle della confluenza del Cenischia.

Successivamente a tale episodio e con lo scopo di mitigare gli effetti causati dal passaggio delle piene, l'alveo del Cenischia è stato oggetto di interventi tesi a ridefinirne la sezione sia asportando i sedimenti accumulatisi all'interno dell'alveo sia innalzandone gli argini. Analogamente interventi di mitigazione del rischio hanno interessato l'alveo della Dora. Grazie a tali interventi le aree antropizzate prossime ai corsi d'acqua non sono state coinvolte durante i successivi episodi alluvionali (maggio 2008 e aprile 2009).

Nel maggio del 2008 la Valle di Susa è stata interessata da un evento alluvionale importante, a seguito del quale si sono riscontrati danni a causa di fenomeni di colate detritiche per eccessivo trasporto solido lungo i rii tributari della Dora Riparia, erosioni lungo le strade, fenomeni franosi ed esondazioni della Dora Riparia, in modo particolare a Bussoleno, dove ha provocato allagamenti delle abitazioni situate lungo la sponda sinistra del fiume, in particolar modo ai piani terreni e negli scantinati.

Si sono inoltre verificate numerose colate lungo le strade con deposito di materiale sulla sede stradale. Le piogge intense hanno inoltre determinato un ingrossamento di rivoli d'acqua lungo gli impluvi, interruzioni delle strade in corrispondenza degli attraversamenti e l'innescò di numerose frane sui versanti.

In riferimento all'ultimo evento di Novembre 2016 si è fatto riferimento al rapporto "L'evento alluvionale del 21-25 Novembre 2016 in Piemonte" redatto dalla Regione Piemonte – Direzioni Opere Pubbliche, Difesa del suolo, Montagna, Foreste, protezione Civile, Trasporti e Logistica.

Le precipitazioni cadute nel corso dell'evento hanno generato significativi incrementi di livello dei corsi d'acqua del reticolo idrografico piemontese. Nel settore settentrionale i corsi d'acqua che hanno avuto le maggiori portate sono il Sesia e relativi affluenti, Orco, Malone, Stura di Lanzo, Ceronda e Dora Riparia.

Le precipitazioni cadute nel corso dell'evento hanno generato significativi incrementi di livello dei corsi d'acqua del reticolo idrografico piemontese, interessando diversi settori in varie fasi.

5. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'intervento proposto è finalizzato al miglioramento delle attuali condizioni di esercizio della derivazione dal torrente Cenischia. Allo stato attuale è presente un manufatto idraulico che trasferisce le portate in uscita dall'impianto idroelettrico sito a lato del ponte di corso Stati Uniti, fino al pozzetto di captazione collocato in sponda sinistra del torrente Cenischia appena a monte della confluenza nella Dora Riparia.

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di una nuova opera trasversale sul torrente Cenischia appena a monte della confluenza nella Dora, in modo da consentire la derivazione laterale delle acque nel pozzetto in sinistra idraulica, e permettere la demolizione dell'attuale manufatto in alveo di collegamento dalla centrale di monte.

La particolarità di questa nuova opera trasversale è quella di essere "completamente trasparente" al deflusso delle portate di piena in quanto realizzata mediante un dispositivo gonfiabile di altezza massima pari a 0,7 metri ancorato su un basamento in calcestruzzo di dimensioni pari a 11,3 m di lunghezza per 2,5 metri di larghezza, che sarà realizzato ad una quota inferiore a quella del fondo del corso d'acqua.

Al fine di consentire una regolare pulizia dal materiale galleggiante delle griglie di derivazione in sponda sinistra si prevede di posizionare una paratoia sghiaiatrice del tipo a ventola completamente abbattibile sull'estremità sinistra del gommone.

La paratoia avrà una larghezza ed una altezza di 1,5 m e sarà posizionata su un basamento in calcestruzzo in prosecuzione di quello del gommone ma ad una quota inferiore di 80 cm. In questo modo la sommità della paratoia rimarrà alla stessa quota della sommità del gommone.

Il raccordo tra il basamento del gommone ed il fondo alveo esistente verrà effettuato mediante una platea in calcestruzzo che si estenderà verso monte per una lunghezza di circa 19 metri, andandosi a raccordare sull'attuale platea in calcestruzzo che caratterizza il fondo del torrente fino a monte del ponte ferroviario.

Tutti i sistemi di regolazione e controllo del gommone e della paratoia verranno collocati all'interno di un nuovo locale tecnico interrato di dimensioni interne pari a 2 metri per 2,90 ed altezza 2 m circa. Il manufatto verrà collocato sopra il solaio di copertura interrato del canale di derivazione, a lato dell'attuale pozzetto di derivazione in sponda sinistra del Cenischia. All'interno del manufatto verrà alloggiato il compressore d'aria, una centralina oleodinamica ed un quadro elettrico di gestione.

6. CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA DI RIFERIMENTO

La determinazione delle *portate di piena di progetto* da utilizzare per condurre la verifica di compatibilità idraulica dell'opera in esame, viene effettuata in riferimento alla seguente documentazione:

- *Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), dell'Autorità di Bacino del Po (adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n°18 in data 26 aprile 2001);*

La sopra citata *Direttiva* definisce i criteri da adottare per il calcolo delle portate di piena di progetto e fornisce una stima delle stesse (per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni) in *sezioni significative* dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali. Riporta inoltre il profilo di piena associato alla portata di riferimento duecentennale.

Sul torrente Cenischia non sono presenti sezioni significative, pertanto le portate di riferimento alla sezione in esame all'edificio esistente sono state stimate mediante le curve di possibilità pluviometrica.

La *Direttiva* sopracitata fornisce infatti, sulla base di elaborazioni puntuali alle stazioni di misura storiche, una interpretazione della variabilità spaziale dei parametri pluviometrici con il metodo del Kriging, dei parametri **a** e **n** delle linee segnalatrici, discretizzate in base ad un reticolo di 2 Km di lato.

La curva di possibilità pluviometrica, cioè la relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata per un assegnato tempo di ritorno dell'evento, è espressa secondo la seguente formula:

$$h(t) = a * t^n$$

nella quale *h* è l'altezza di pioggia in millimetri, *t* è la durata della pioggia in ore, *a* e *n* sono i parametri che dipendono dal tempo di ritorno.

Per una durata temporale pari al tempo di corrivazione, definito nel seguito, si ottengono pertanto le curve di possibilità pluviometrica, e le intensità di pioggia per una durata pari a quella del tempo di corrivazione stesso.

Il tempo di corrivazione del bacino in esame rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale, e può essere calcolato tramite alcune formule empiriche.

In Italia è frequentemente impiegata la formula empirica proposta dal Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}} \text{ [ore]}$$

dove:

- $A [km^2]$ è la superficie del bacino sotteso
- $L [km]$ è la lunghezza dell'asta principale
- $H_m [m]$ è la quota media del bacino
- $H_o [m]$ la quota della sezione di chiusura

Altre formulazioni sono:

Viparelli:

$$t_c = L/v \quad \text{[ore]}$$

Puglisi:

$$t_c = 6 * L^{0.67} / (H_{max} - H_0)^{0.33} \quad \text{[ore]}$$

Come introdotto in precedenza, l'altezza di pioggia massima media annua viene definita tramite la curva di possibilità pluviometrica, ponendo come durata dell'evento il valore del tempo di corrivazione, la quale mette in relazione l'altezza di pioggia (in mm) alla durata (in ore) mediante i parametri **a** e **n**, ricavati dai dati storici mediante elaborazione statistica:

$$h(t) = a \cdot t_c^n$$

Si determina quindi la portata massima mediante la formula razionale:

$$Q = \frac{\phi * A * \frac{h}{t_c}}{3.6}$$

dove :

ϕ : coefficiente di deflusso

$\frac{h}{t_c}$: intensità di pioggia di durata pari a quella del tempo di corrivazione.

Si riportano di seguito i valori attribuiti ai coefficienti di deflusso da vari autori.

<i>tipologia urbanistica</i>	ϕ
<i>edifici densi</i>	0,8
<i>edifici spaziosi</i>	0,6
<i>costruzioni con grandi cortili e superfici a giardini</i>	0,5
<i>villini</i>	0,3 + 0,4
<i>giardini, prati e zone non edificate</i>	0,2
<i>parchi e boschi</i>	0,05 + 0,1

<i>tipo di superficie</i>	ϕ
<i>tetti impermeabili</i>	0,70 + 0,95
<i>pavimentazioni d'asfalto ben tenute</i>	0,85 + 0,90
<i>pavimentazioni di pietra, laterizi o legno con buone connessioni di cemento</i>	0,75 + 0,85
<i>pavimentazioni di pietra, laterizi o legno con giunti aperti o non cementati</i>	0,50 + 0,70
<i>pavimentazioni a blocchi sconnessi con giunti aperti</i>	0,40 + 0,50
<i>strade di macadam</i>	0,25 + 0,60
<i>strade e viali di ghiaietto</i>	0,15 + 0,30
<i>superfici non pavimentate, piazzali ferroviari, terreni non edificati</i>	0,10 + 0,30
<i>parchi, giardini, prati, a seconda della pendenza e della natura del suolo</i>	0,05 + 0,25
<i>aree boschive e foreste, a seconda della pendenza e della natura del suolo</i>	0,01 + 0,20

Tabella 1: Coefficienti di deflusso per diversi tipi di superfici e tipologie urbanistiche – Ippolito, 1960

<i>Tipo di suolo</i>	<i>C</i>	
	<i>Uso del suolo</i>	
	<i>Coltivato</i>	<i>Bosco</i>
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

Tabella 2: Coefficienti di deflusso – Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964

<i>Classe di uso del suolo</i>	<i>Substrato mediamente permeabile</i>	<i>Substrato poco permeabile</i>
Seminativi, prati avvicendati, colture orticole	0.77	0.85
Prati stabili con seminativi interclusi	0.77	0.85
Prati nei fondovalle	0.77	
Colture legnose da frutto	0.60	0.73
Pioppeti	0.55	0.70
Prati e pascoli	0.61	0.74
Boschi	0.60	0.73
Incolto	0.50	0.70
Aree nude	0.80	0.90
Aree urbanizzate	0.90	0.90

Tabella 3: Coefficienti di deflusso in funzione delle classi di uso del suolo e della permeabilità del substrato, tratto da Sottoprogetto SP1 "Piene e naturalità alvei fluviali", Autorità di Bacino del fiume Po, 1995

Portate di riferimento del T. Cenischia in corrispondenza dell'area in esame

➤ Il bacino idrografico sotteso alla sezione in esame presenta le seguenti caratteristiche:

- *Superficie del bacino: $A = 145 \text{ km}^2$*
- *Lunghezza dell'asta principale: $L = 26 \text{ km}$*
- *Quota massima: 3.570 m s.l.m.*
- *Quota media: 1.849 m s.l.m.*

➤ Nel caso in esame del Torrente Cenischia sono state prese in considerazione una serie di celle pluviometriche (estratte dalla Direttiva sulla piena di progetto dell'AdBPo) rappresentative del bacino come riportato nella seguente tabella.

cella [kmq]	area	T = 20 anni		T = 100 anni		T = 200 anni		T = 500 anni	
		a	n	a	n	a	n	a	n
R94	1.5	21.89	0.478	27.12	0.479	29.36	0.48	32.31	0.481
S94	3.5	22.47	0.473	27.88	0.474	30.2	0.475	33.24	0.475
T94	3.9	22.84	0.471	28.38	0.472	30.75	0.472	33.87	0.472
U94	3.7	22.81	0.477	28.39	0.477	30.77	0.477	33.91	0.477
V94	1.2	22.66	0.485	28.25	0.484	30.64	0.484	33.78	0.483
Q95	2.3	21.64	0.482	26.84	0.483	29.07	0.484	32	0.485
R95	3.6	22.27	0.476	27.66	0.477	29.96	0.478	32.99	0.479
S95	4	23.02	0.468	28.63	0.469	31.02	0.47	34.17	0.47
T95	4	23.57	0.461	29.33	0.462	31.8	0.463	35.05	0.463
U95	4	23.46	0.469	29.25	0.469	31.73	0.469	34.99	0.469
V95	4	23.17	0.48	28.95	0.479	31.42	0.479	34.67	0.479
w95	2.8	23.01	0.489	28.83	0.487	31.32	0.487	34.59	0.486
X95	0.3	22.68	0.496	28.45	0.493	30.92	0.493	34.16	0.491
P96	0.5	21.52	0.485	26.88	0.485	29.17	0.485	32.19	0.485
Q96	3	22.09	0.482	27.59	0.482	29.94	0.483	33.03	0.483
R96	4	22.69	0.478	28.33	0.479	30.74	0.479	33.92	0.48
S96	4	23.4	0.469	29.2	0.47	31.68	0.471	34.95	0.471
T96	4	24.11	0.458	30.08	0.459	32.63	0.46	35.99	0.46
U96	4	23.83	0.468	29.79	0.469	32.34	0.469	35.69	0.469
V96	4	23.48	0.48	29.42	0.48	31.96	0.48	35.31	0.479
w96	4	23.21	0.488	29.15	0.486	31.69	0.486	35.02	0.485
X96	3.7	23.25	0.493	29.27	0.49	31.84	0.49	35.22	0.488
Y96	1.1	23.54	0.495	29.7	0.491	32.34	0.49	35.81	0.489
S97	3.7	23.21	0.484	29.05	0.486	31.55	0.487	34.83	0.487
T97	4	23.61	0.481	29.56	0.483	32.11	0.484	35.46	0.484
U97	4	23.59	0.484	29.59	0.485	32.16	0.486	35.53	0.486
V97	4	23.47	0.489	29.52	0.489	32.1	0.49	35.5	0.489
w97	4	23.39	0.491	29.48	0.49	32.09	0.49	35.52	0.489
X97	4	23.64	0.491	29.87	0.489	32.54	0.488	36.04	0.487
Y97	2.1	24.06	0.489	30.46	0.487	33.2	0.486	36.8	0.484
S98	1	22.9	0.505	28.75	0.508	31.24	0.509	34.53	0.51
T98	4	23.1	0.506	29.01	0.508	31.54	0.51	34.86	0.51
U98	4	23.22	0.506	29.22	0.508	31.78	0.509	35.16	0.509
V98	4	23.28	0.504	29.38	0.504	31.99	0.505	35.42	0.504
w98	4	23.45	0.498	29.68	0.498	32.34	0.498	35.84	0.497
X98	3.8	23.95	0.492	30.37	0.49	33.11	0.489	36.72	0.488
T99	1.5	22.77	0.532	28.66	0.536	31.18	0.538	34.5	0.539
U99	4	22.93	0.53	28.93	0.534	31.5	0.535	34.88	0.535
V99	4	23.05	0.521	29.2	0.523	31.82	0.523	35.29	0.523
w99	4	23.5	0.507	29.86	0.506	32.57	0.506	36.15	0.505
X99	3.3	24.42	0.493	31.05	0.49	33.88	0.49	37.61	0.489
U100	2.5	22.86	0.558	28.84	0.563	31.4	0.565	34.77	0.566
V100	2.6	23.32	0.538	29.56	0.54	32.22	0.541	35.73	0.541
w100	2.8	24.33	0.509	30.94	0.507	33.75	0.507	37.47	0.505
X100	2.7	25.84	0.481	32.96	0.48	36	0.479	40	0.479

- Il tempo di corrivazione del bacino, calcolato utilizzando la formulazione di Giandotti, risulta pari a: **$t_c = 152 \text{ minuti} = 2,53 \text{ h}$**

Considerando tale tempo di corrivazione e facendo una media pesata rispetto alle aree delle singole celle, si ottengono le seguenti curve di possibilità pluviometrica, e le intensità di pioggia per eventi a tempo di ritorno fissato e durata pari a quella del tempo di corrivazione stesso.

intensità pioggia [mm/h]					
cella		T = 20 anni	T = 100 anni	T = 200 anni	T = 500 anni
R94	1.5	13.47	16.71	18.10	19.94
S94	3.5	13.76	17.09	18.53	20.40
T94	3.9	13.97	17.37	18.82	20.73
U94	3.7	14.02	17.46	18.92	20.85
V94	1.2	14.04	17.48	18.96	20.89
Q95	2.3	13.37	16.60	17.99	19.82
R95	3.6	13.68	17.01	18.44	20.32
S95	4	14.04	17.47	18.95	20.87
T95	4	14.28	17.78	19.30	21.27
U95	4	14.32	17.85	19.36	21.35
V95	4	14.29	17.83	19.35	21.36
w95	2.8	14.31	17.89	19.44	21.45
X95	0.3	14.19	17.75	19.30	21.28
P96	0.5	13.33	16.65	18.07	19.94
Q96	3	13.65	17.04	18.51	20.42
R96	4	13.96	17.45	18.94	20.91
S96	4	14.28	17.84	19.37	21.37
T96	4	14.56	18.19	19.75	21.78
U96	4	14.53	18.18	19.74	21.78
V96	4	14.48	18.14	19.71	21.75
w96	4	14.42	18.07	19.65	21.69
X96	3.7	14.51	18.22	19.82	21.88
Y96	1.1	14.72	18.50	20.13	22.27
S97	3.7	14.36	18.01	19.58	21.62
T97	4	14.57	18.28	19.87	21.95
U97	4	14.60	18.33	19.94	22.03
V97	4	14.59	18.35	19.98	22.07
w97	4	14.57	18.35	19.97	22.08
X97	4	14.73	18.57	20.21	22.37
Y97	2.1	14.96	18.90	20.58	22.77
S98	1	14.45	18.19	19.79	21.89
T98	4	14.59	18.36	20.00	22.10
U98	4	14.67	18.49	20.13	22.27
V98	4	14.68	18.52	20.19	22.33
w98	4	14.70	18.61	20.28	22.45
X98	3.8	14.93	18.90	20.59	22.81
T99	1.5	14.74	18.62	20.29	22.47
U99	4	14.81	18.76	20.44	22.63
V99	4	14.76	18.74	20.42	22.65
w99	4	14.86	18.86	20.57	22.81
X99	3.3	15.24	19.32	21.08	23.38
U100	2.5	15.16	19.21	20.95	23.22
V100	2.6	15.18	19.27	21.03	23.32
w100	2.8	15.41	19.56	21.34	23.65
X100	2.7	15.95	20.32	22.18	24.64

- Il coefficiente di deflusso rappresenta il rapporto fra la quantità di pioggia che defluisce alla sezione di chiusura e quella caduta sul bacino considerato. Cautelativamente sono stati assunti come riferimento i valori dei coefficienti di afflussi tratti dal Sottoprogetto SP1 "Piene e naturalità alvei fluviali", Autorità di Bacino, 1995, che risultano nettamente più elevati rispetto a quelli di Ippolito e di Ven Te Chow.

Sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del bacino in esame, che comprende zone in asfalto, zone in calcestruzzo o in laterizio oltre che aree coltivate, aree a pascolo e boschive con pendenza superiore al 7%, si assume un valore medio del coefficiente di deflusso pari a 0,36.

- Considerando pertanto un coefficiente Φ pari a 0,36 e la superficie del bacino alla chiusura in progetto pari a 145 Km², si ottengono le seguenti portate di riferimento utilizzando il metodo PAI:

Tempo di Ritorno	Portate di riferimento (Metodo Autorità di Bacino del Po)
20 anni	210 m ³ /s
100 anni	264 m ³ /s
200 anni	287 m ³ /s
500 anni	317 m ³ /s

Figura 8: Portate di progetto alla sezione di chiusura in esame sul torrente Cenischia.

Tali risultati si possono considerare cautelativi, in quanto durante l'evento occorso nel novembre del 2000, avente un tempo di ritorno associabile a 200 anni, la portata registrata sul torrente Cenischia alla stazione del Servizio Meteo-idrografico del Piemonte collocata a Susa, a valle della centrale Enel (superficie bacino 137 km²), è risultata pari a 195 m³/s (come riportato nello studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po redatto dall' AdBPo).

Le portate sopra calcolate risultano inoltre compatibili con quelle stimate nello studio idraulico predisposto dall'ing. Livio Martina e finalizzato all' adeguamento del P.R.G.C. del comune di Susa alle disposizioni del PAI, di cui si riporta un estratto.

Principali sigle di riferimento della sezione di chiusura. Posizione geografica e tratto di validità dei valori calcolati	Valore di portata (m³/s) adottato TR 100 anni	Valore di portata (m³/s) adottato TR 200 anni	Valore di portata (m³/s) adottato TR 500 anni
M1 T Cenischia a monte di Novalesa	100 (AF)	116 (AF)	131 (AF)
GIOGLIO Rio Gioglio alla confl.	48 (RAZ)	53 (RAZ)	59 (RAZ)
C1 Cenischia a valle Rio Gioglio	120 (AF)	139 (AF)	158 (AF)
Impluvio 1 di Novalesa	2.5 (RAZ)	2.8 (RAZ)	3.1 (RAZ)
Impluvio 2 di Novalesa	2.6 (RAZ)	2.9 (RAZ)	3.2 (RAZ)
Impluvio 3 di Novalesa	3.0 (RAZ)	3.3 (RAZ)	3.7 (RAZ)
C2 Cenischia a monte Claretto	130 (AF)	151 (AF)	174 (AF)
CLARET Rio di Claretto a confl.	23 (RAZ)	25 (RAZ)	28 (RAZ)
C3 T Cenischia a valle Rio Claretto	139 (AF)	161 (AF)	185 (AF)
BAR Rio Bar	71 (RAZ)	78 (RAZ)	87 (RAZ)
C4 T Cenischia a valle confl rio bar	170 (AF)	199 (AF)	229 (AF)
MARDER Rio Marderello	37 (RAZ)	41 (RAZ)	46 (RAZ)
C5 T Cenischia a valle rio Marderello	185 (AF)	216 (AF)	249 (AF)
C6 T Cenischia a monte confluenza rio Crociglione	193 (AF)	227 (AF)	263 (AF)
CROCIG Rio Crociglione	24 (RAZ)	26 (RAZ)	29 (RAZ)
C7 T Cenischia a valle confluenza rio Crociglione	203 (AF)	238 (AF)	277 (AF)
TIGLIE Rio Tiglieretto	13 (RAZ)	15 (RAZ)	16 (RAZ)
C8 T Cenischia a valle confluenza rio Tiglieretto	207 (AF)	243 (AF)	282 (AF)
C9 T Cenischia a monte confluenza rio S. Croce	218 (AF)	256 (AF)	298 (AF)
SCROCE rio S. Croce	10 (RAZ)	11 (RAZ)	12 (RAZ)
C10 T Cenischia a valle confluenza rio S. Croce	221 (AF)	260 (AF)	302 (AF)
SUPITA Rio SUPITA	16 (RAZ)	17 (RAZ)	19 (RAZ)
C11 Cenischia a valle confluenza Rio SUPITA	225 (AF)	264 (AF)	308 (AF)
C12 Cenischia a confluenza in Dora	239 (AF)	282 (AF)	333 (AF)

Figura 9: portate di piena del torrente Cenischia alla confluenza nella Dora Riparia stimate nello studio idraulico finalizzato all'adeguamento del P.R.G.C. del comune di Susa alle disposizioni del PAI

7. ANALISI IDRAULICA

L'analisi di verifica idraulica rappresenta la fase dello studio di compatibilità. Essa si propone di valutare la funzionalità delle opere in progetto in termini d'impatto sulla rete idrografica. Tali infrastrutture sono da ritenersi compatibili con l'apposita Direttiva emanata dall'Autorità di bacino a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali, non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non modifichino le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce.

Tale verifica è stata effettuata mediante simulazione con il programma HEC-RAS, come viene illustrato di seguito.

➤ Metodo di calcolo

Il modello integra l'equazione della corrente a pelo libero in moto stazionario gradualmente variato, e definisce in modo automatico i tratti di corrente lenta e veloce nonché la posizione dei risalti (codice di calcolo HEC 2, versione HEC-RAS).

Il fenomeno idraulico fuori e dentro l'alveo è stato simulato considerando l'alveo stesso trasversalmente come un'unica sezione (piano golenale più alveo inciso), in considerazione del fatto che tale ipotesi è l'unica valida nel contesto della modellistica fluviale qualora si ricorra alla simulazione degli alvei composti tramite i modelli monodimensionali (pelo libero orizzontale e linea **dell'energia parallela al pelo libero**).

L'equazione del moto è:

$$d/d_s *(Y_m + Q^2/2gA^2) = -J - E_B \quad (1)$$

dove:

- A = area bagnata [m²]
- Q = portata [m³/s]
- s = coordinata lungo l'asse dell'alveo [m]
- Y_m = quota media del pelo libero nella sezione [m s.l.m.]

Le perdite di carico considerate sono:

a) Perdita di carico continua espressa da

$$J = Q^2/K^2 \quad (2)$$

ove la capacità di deflusso idraulico vale, per sezione semplice

$$K = A * R^{2/3} / n \quad (2a)$$

n è il coefficiente di Manning e R il raggio idraulico.

Per sezione composta da N sottosezioni e munita di variazioni di scabrezza lungo il perimetro bagnato si ha

$$K = \sum_{i=1,N} (A_i * R_i^{2/3} / n_i) \quad (2b)$$

b) Perdite di carico concentrate sul tronco elementare Δs che valgono

$$E_B = C/\Delta s * | \alpha_2 V_2^2/2g - \alpha V_1^2/2g | \quad (3)$$

dove:

- C = coefficiente tipo Borda (allargamento e restringimento brusco o graduale)
- V = velocità della corrente nell'i-esima sezione
- α = coefficiente di ragguglio di Coriolis

Le perdite di carico complessive sono

$$H_{f1-2} = L J + C * | \alpha_2 V_2^2/2g - \alpha V_1^2/2g | \quad (4) \text{ dove:}$$

$$L = (L_1Q_1 + L_2Q_2 + L_3Q_3) / (Q_1 + Q_2 + Q_3)$$

- L = distanza pesata con le portate tra due sezioni consecutive, $i-i+1$
- $L_{i=1-3}$ = distanza parziale tra le sezioni $i-i+1$ nei tronchi di corrente contenuti tra le golene e gli alvei di magra
- $Q_{i=1-3}$ = portata transitante nei tronchi di corrente contenuti tra le golene e gli alvei di magra tra due sezioni consecutive (i ed $i+1$)

Il sistema di equazioni (1), (2) e (3) è integrato alle differenze finite col metodo "standard step". La risoluzione del sistema richiede la conoscenza di opportune condizioni al contorno: il valore di portata Q e il valore del tirante h nella sezione di monte e di valle del tratto in esame, se la corrente è veloce o lenta rispettivamente.

➤ **Sezioni topografiche, coefficienti di scabrezza e condizioni al contorno**

Il tratto studiato è localizzato nell'area di progetto e comprende il tratto finale del torrente Cenischia per una lunghezza di circa 250 metri.

I caposaldi scelti per il rilievo topografico sono quelli del sistema di riferimento utilizzato per il Decreto di Concessione di derivazione idrica con la Città Metropolitana di Torino, che differiscono di circa 1,55 m da quelli utilizzati nel Piano Stralcio Fasce Fluviali dell'Autorità di bacino del Fiume Po. Tale scelta è stata effettuata al fine di evitare confusione con le quote assolute indicate nella varia documentazione autorizzativa pregressa. In particolare le quote riportate nel Piano Stralcio sono 1,55 m più basse di quelle utilizzate nel presente studio e negli elaborati grafici di progetto.

All'interno del modello idraulico sono state individuate in totale quattordici sezioni trasversali di interesse.

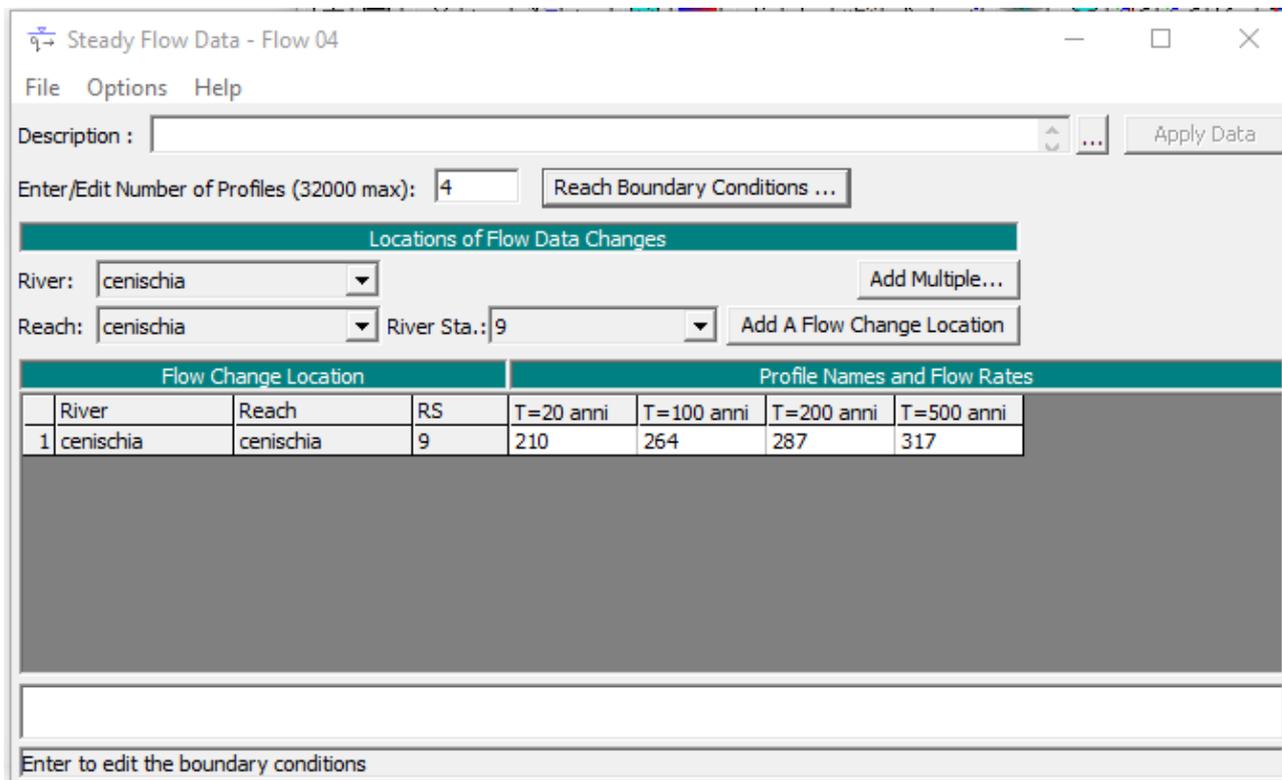
Il modello idraulico è stato impostato e calibrato mediante l'inserimento dei dati geometrici necessari per la caratterizzazione del sistema fluviale e la definizione delle opportune condizioni al contorno. Sono stati pertanto introdotti i seguenti parametri, nel rispetto della Direttiva di riferimento emanata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po:

1. la geometria delle sezioni (geometria dell' alveo inciso e delle aree golenali), ricostruita mediante un rilievo topografico di dettaglio effettuato in data 6 Marzo 2019. (Si riporta di seguito un estratto della foto aerea con indicata la posizione delle sezioni utilizzate nella modellazione).



Figura 10: Individuazione su foto aerea del tronco fluviale esaminato e delle sezioni utilizzate nella modellazione.

2. il coefficiente di scabrezza (indice di Manning), assunto pari a $0,025 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ($K_s=40 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$) in quanto l'alveo nel tratto considerato presenta una sezione regolare con fondo e sponde in calcestruzzo.
3. portate in ingresso (portate di progetto) pari a 210, 264, 287 e 317 m^3/s , associate rispettivamente a tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.



4. le condizioni al contorno: cautelativamente si è ipotizzato il verificarsi della condizione più catastrofica in cui gli eventi di piena del Cenischia e della Dora Riparia siano simultanei ed abbiano il medesimo tempo di ritorno.

Per fare ciò, per il calcolo dei profili di corrente, è stato impostato un *regime di flusso subcritico*, in modo da definire la sola condizione al contorno nella sezione indisturbata di valle (sezione 1). In tale sezione si è ipotizzato che la quota del pelo libero della corrente fosse corrispondente a quella indicata nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, tabella 5.39 b del documento " Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale", sotto riportata, per il rispettivo tempo di ritorno.

AUTORITA' DI BACINO DEL PO

Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po

Sezione	Progr.	Fondo	Sponda Sx	Sponda Dx	Immissioni	Storage Sx	Storage Dx
(-)	(Km)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)			
130	37.84	1013.61	1016.57	1017.2			
129 2P	38.02	1012.63	1018.35	1017.79			
129 2Pa	38.03	1012.63	1018.35	1017.79			
129 1P	38.46	1005.15	1010.67	1008.54			
129 1Pa	38.47	1005.15	1010.67	1008.71			
129	38.63	1002.75	1006.32	1007.22			
128 1P	38.8	1000.35	1002.81	1002.99			
128 1Pa	38.81	1000.35	1002.81	1002.99			
128	39.07	997.17	1002.9	1000.26			
127 1P	39.56	994.55	996	995.6			
127 1Pa	39.57	994.55	996	995.6			
127	39.76	992.87	996.59	997.18			
126	39.99	992.3	994.86	994.77			
126a	40.29	992.135	994.816	993.782			
125 2P	40.47	988.65	992.51	992.49			
125 2Pa	40.48	988.65	992.51	992.49			
125 1P	40.55	988.44	994.09	992.49			
125 1Pa	40.56	988.44	994.09	992.49			
125	40.65	989.59	993.23	992.76			
INIZIO II TRONCO : TRATTO SUSAS CONFLUENZA PO							
112b	54.59	502.23	504.67	507.19	Dora Riparia (Susa)		
111 1P	54.91	497.28	505.97	507.55			
111 1Pa	54.92	497.28	505.97	507.55			
111	55.22	494.71	500.11	499.78			
110 1Pa	55.39	492.64	497.97	497.87			
110 1P	55.4	492.64	497.97	497.87			
110a	55.65	489.42	493.46	493.47			
110	55.66	489.37	493.46	493.47			
109 3P	55.93	485.6	491.48	492.45			
109 3Pa	55.94	485.6	491.48	492.43			
109 2P	56.12	483.62	488.68	488.62			
109 2Pa	56.13	483.62	488.68	488.62			
109	56.22	482.76	487.1	487.02			
109a	56.23	482.76	487.1	487.02	Susa con Cenischia		
108 1P	56.41	481.51	486.19	485.31			
108 1Pa	56.42	481.51	486.19	485.31			
108	56.93	477.63	481.71	480.35			
107a	57.44	473.49	477.28	476.44			

Figura 11: individuazione sezione AdBPo ubicata in corrispondenza della confluenza del torrente Cenischia



Sez.	Progr. (km)	T = 20 anni	T = 200 anni	T = 500 anni	Sez.	Progr. (km)	T = 20 anni	T = 200 anni	T = 500 anni
		Quota idrica (m s.m.)	Quota idrica (m s.m.)	Quota idrica (m s.m.)			Quota idrica (m s.m.)	Quota idrica (m s.m.)	Quota idrica (m s.m.)
109	56.220	485.20	487.09	487.87	054	90.210	327.64	329.14	329.44
109a	56.230	485.20	487.09	487.87	053-1P	90.335	327.51	328.91	328.85
108-1P (m)	56.410	483.50	486.34	487.40	053-1Pa	90.340	327.49	328.82	328.78
108-1Pa (v)	56.410	483.24	484.61	485.29	053	90.470	327.36	329.01	329.54
108	56.930	480.37	481.64	482.08	052	91.010	326.62	327.98	328.36
107a	57.440	477.21	477.97	478.28	051	91.290	326.10	327.33	327.62
107	57.490	476.52	477.70	478.00	050	91.480	325.92	327.00	327.22
106-2P (m)	57.500	476.24	477.49	477.71	049-1P (m)	91.630	325.77	326.62	327.07
106-2Pa (v)	57.500	475.89	476.86	477.29	049-1pa (v)	91.630	325.77	326.69	326.93
106-1T	57.590	472.74	474.20	475.07	049	91.980	325.44	326.37	326.66
106-2Pb	57.600	475.24	476.02	476.45	048	92.540	324.60	325.55	325.86
106-1P (m)	58.020	470.62	472.61	474.33	047	92.750	324.23	325.21	325.58
106-1Pa (v)	58.020	470.63	472.57	474.14	047a	92.760	324.23	325.21	325.58
106	58.110	469.92	471.96	473.96	046	93.010	323.50	324.74	325.14

La sezione prossima alla zona interessata dal progetto è la n. 109a, che è collocata in corrispondenza della confluenza del Cenischia nella Dora Riparia.

Si precisa che i livelli indicati nella precedente tabella sono stati riportati nel sistema di riferimento utilizzato nel presente progetto, in quanto il medesimo utilizzato nella concessione di derivazione idrica con la Città Metropolitana di Torino: i due sistemi differiscono di 1,55 metri uno dall'altro. In particolare le quote dedotte dal Piano Stralcio Fasce Fluviali dell'Autorità di bacino del Fiume Po sono stata aumentate di 1,55 m per ottenere i seguenti valori delle condizioni al contorno di valle:

Steady Flow Boundary Conditions

Set boundary for all profiles Set boundary for one profile at a time

Available External Boundary Condition Types

Known W.S. Critical Depth Normal Depth Rating Curve Delete

Selected Boundary Condition Locations and Types

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
cenischia	cenischia	all		Known WS

Steady Flow Reach-Storage Area Optimization ...

OK Cancel Help

HEC-RAS

Set known water surfaces for flows.

	Flow (m3/s)	Known WS El (m)
1	210	486.75
2	264	488.05
3	287	488.64
4	317	489.42

➤ **Condizioni fisiche di riferimento**

I calcoli idraulici per le simulazioni in condizioni di deflusso di piena sono stati condotti facendo riferimento alle caratteristiche fisiche del corso d'acqua in diverse condizioni:

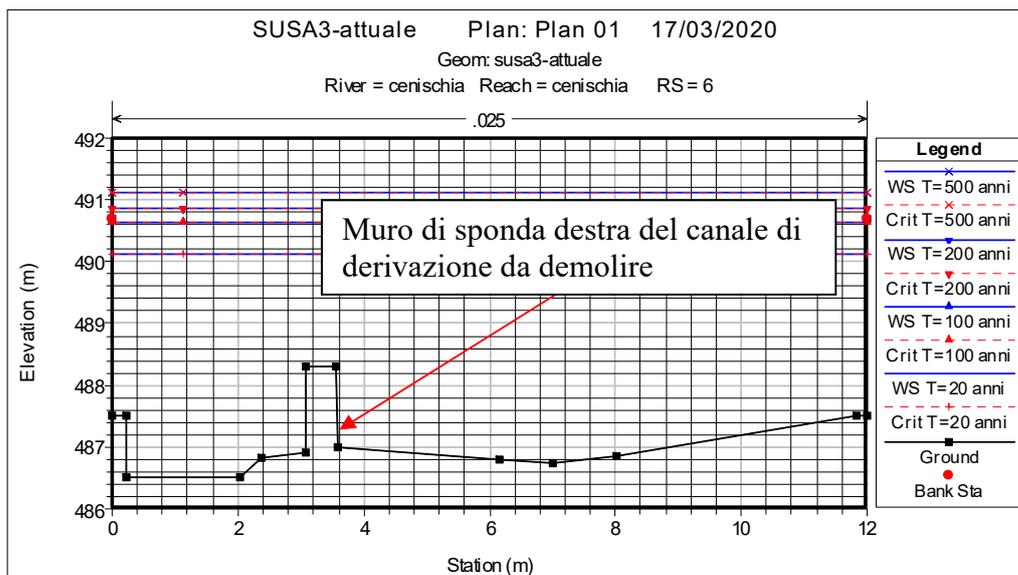
1. Stato attuale: stato di fatto.
2. Stato di progetto: si modella lo stato di progetto, a seguito della realizzazione degli interventi.

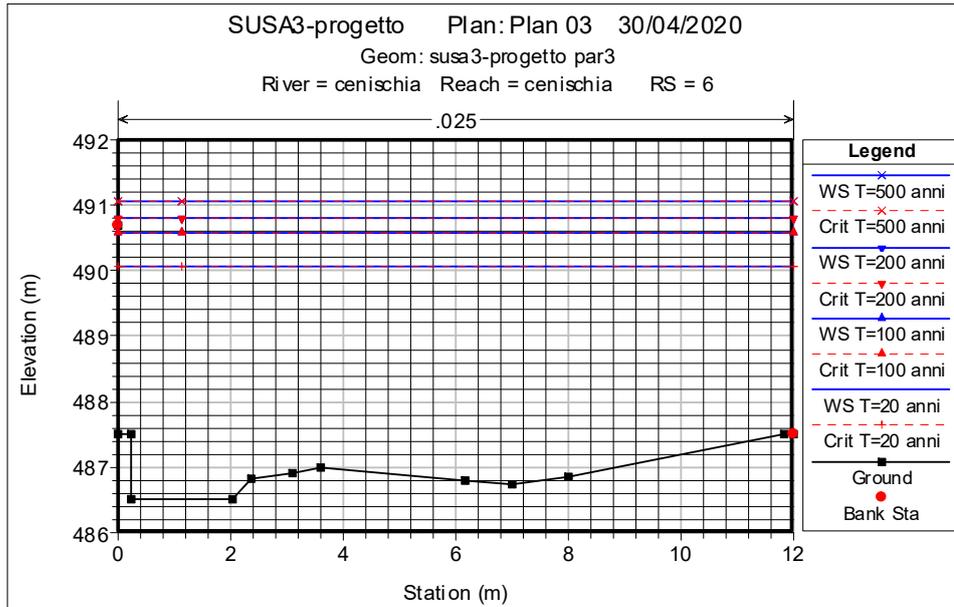
L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un basamento in calcestruzzo al quale sarà ancorato un dispositivo gonfiabile (gommone) e la demolizione del manufatto idraulico che trasferisce le portate in uscita dall'impianto di monte fino al pozzetto in sponda sinistra della Dora Riparia

Durante gli eventi di piena il gommone verrà automaticamente abbassato, adagiandosi sul livello del basamento di calcestruzzo che verrà realizzato al di sotto del fondo alveo esistente; pertanto le quote di fondo alveo rimarranno le stesse dello stato attuale.

Analogamente al gommone anche la paratoia sghiaiatrice posta sulla sponda sinistra verrà automaticamente abbattuta per gravità all'aumentare del livello di monte, fino ad adagiarsi completamente sul basamento in calcestruzzo durante gli eventi di piena.

Ne consegue che le due configurazioni sono praticamente analoghe, ad eccezione della demolizione del manufatto esistente parallelo al flusso della corrente, che però comporterà un miglioramento del deflusso delle portate di piena. Si riporta di seguito la sezione 6 nella situazione di stato attuale con il muretto del canale di derivazione e nella situazione di progetto senza il muretto.





Nel tratto fluviale da prendere in considerazione per la modellazione idraulica si riscontra la presenza di alcune infrastrutture in alveo:

- Ponte ferroviario, collocato circa 120 metri a monte dell'area di intervento (sezione del modello numero 8.5). Il manufatto è largo 5 metri circa e non presenta pile in alveo.

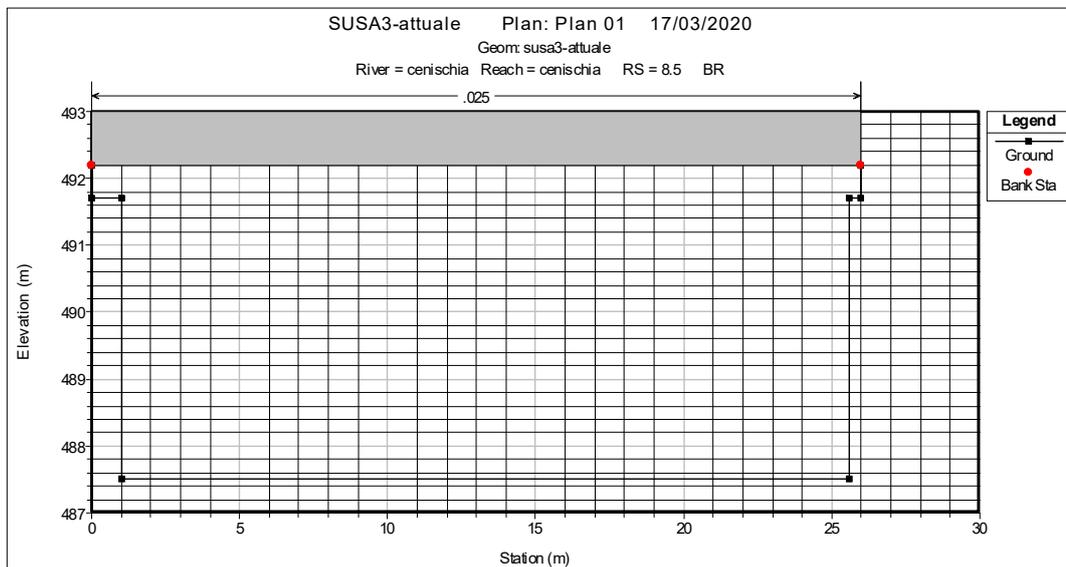


Figura 12: sezione del modello idraulico in corrispondenza del ponte ferroviario (sezione 8.5).



Figura 13: ponte ferroviario collocato un centinaio di metri a monte dell'area di intervento visto da valle verso monte (collocato alla sezione 8.5 del modello idraulico)

- Manufatto industriale, collocato appena a valle del ponte ferroviario (sezione del modello numero 7.5). Il manufatto è largo 13 metri circa e non strutture pile in alveo.

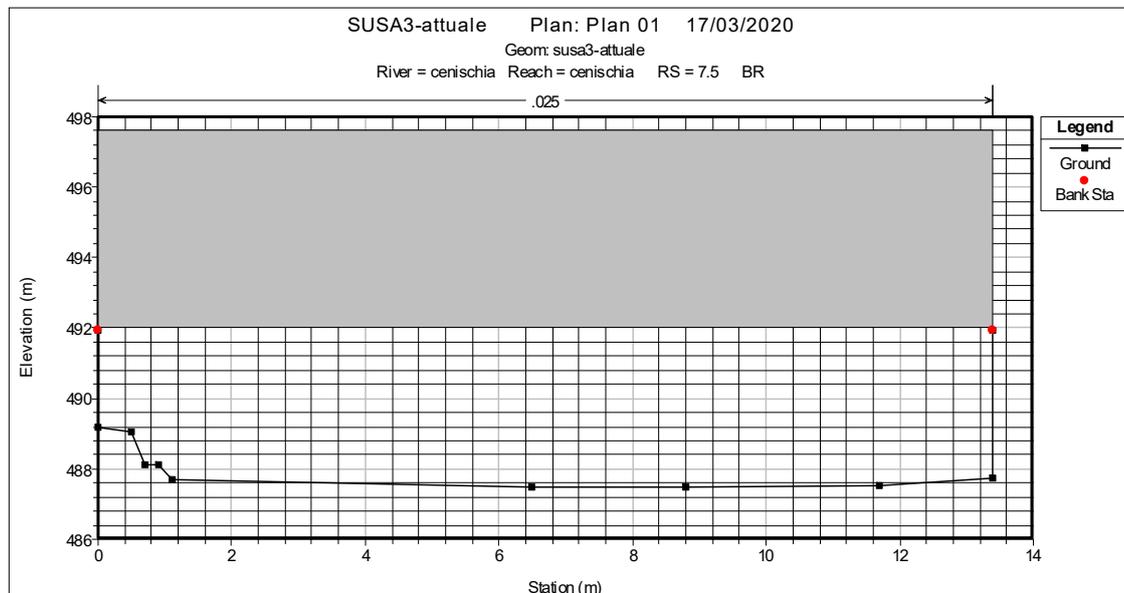


Figura 14: sezione del modello idraulico in corrispondenza del manufatto industriale (sezione 7.5).



Figura 15 manufatto industriale presente un centinaio di metri a monte dell'area di intervento (collocato alla sezione 7.5 del modello idraulico).

- Ponte sulla S.S. n. 25, collocato circa 70 metri a monte dell'area di intervento (sezione del modello numero 6.5). Il manufatto è largo 9 metri circa e non presenta pile in alveo.

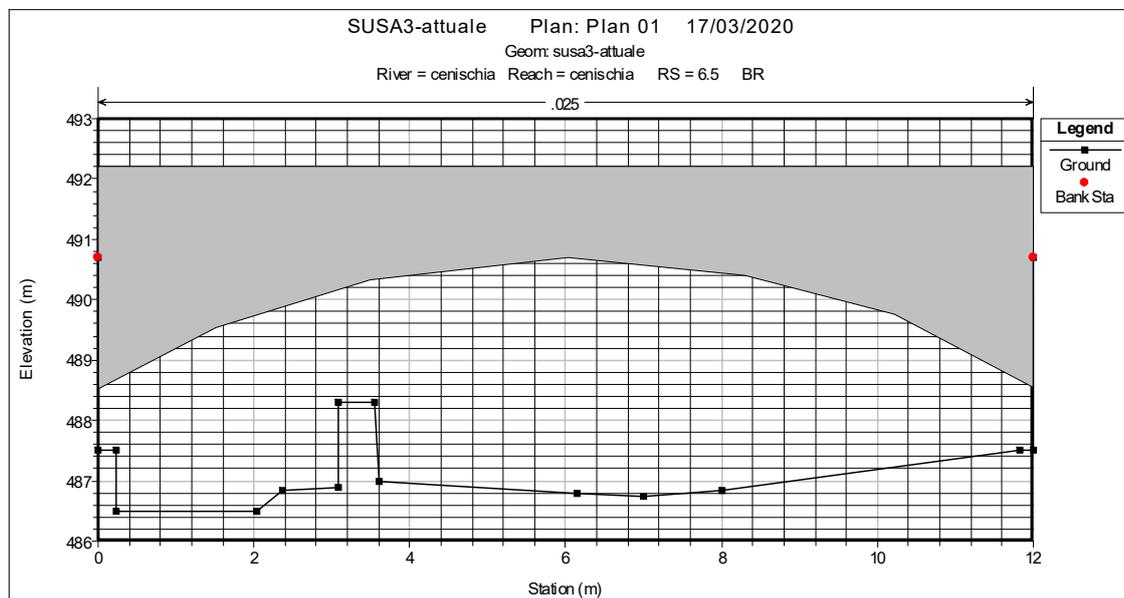




Figura 16: sezione del modello idraulico in corrispondenza del ponte sulla S.S. n. 25 (sezione 6.5).

8. RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

Il modello fluviale realizzato in HEC-RAS ha fornito i profili di corrente relativi a ciascuna delle portate di piena considerate sia per lo stato geometrico attuale sia per lo stato geometrico di progetto:

- 210 m³/s per TR = 2 anni;
- 264 m³/s per TR = 100 anni;
- 287 m³/s per TR = 200 anni;
- 317 m³/s per TR = 500 anni

➤ Risultati della modellazione per lo stato attuale

Il primo modello preso in considerazione è stato quello che schematizza il tratto d'alveo nella condizione di stato attuale. Per tutte le portate di piena utilizzate nelle simulazioni è stato osservato il medesimo andamento, in termini qualitativi, dei profili di corrente.

In tutto il tratto esaminato del torrente Cenischia, che si estende per circa 250 m localizzati a ridosso dell'area di intervento, il deflusso avviene in condizioni di corrente lenta.

Il numero di Froude assume valori compresi tra 0,16 e 0,81 (regime di corrente lenta) con velocità della corrente comprese tra i 1,59 ed i 6,18 m/s.

In corrispondenza del ponte ferroviario (sezione 8.7) la quota del pelo libero corrispondente alla portata di piena con tempo di ritorno 200 anni, assunta pari a 287 m³/s, è uguale a 494,67 m s.l.m., superiore all'intradosso del ponte.

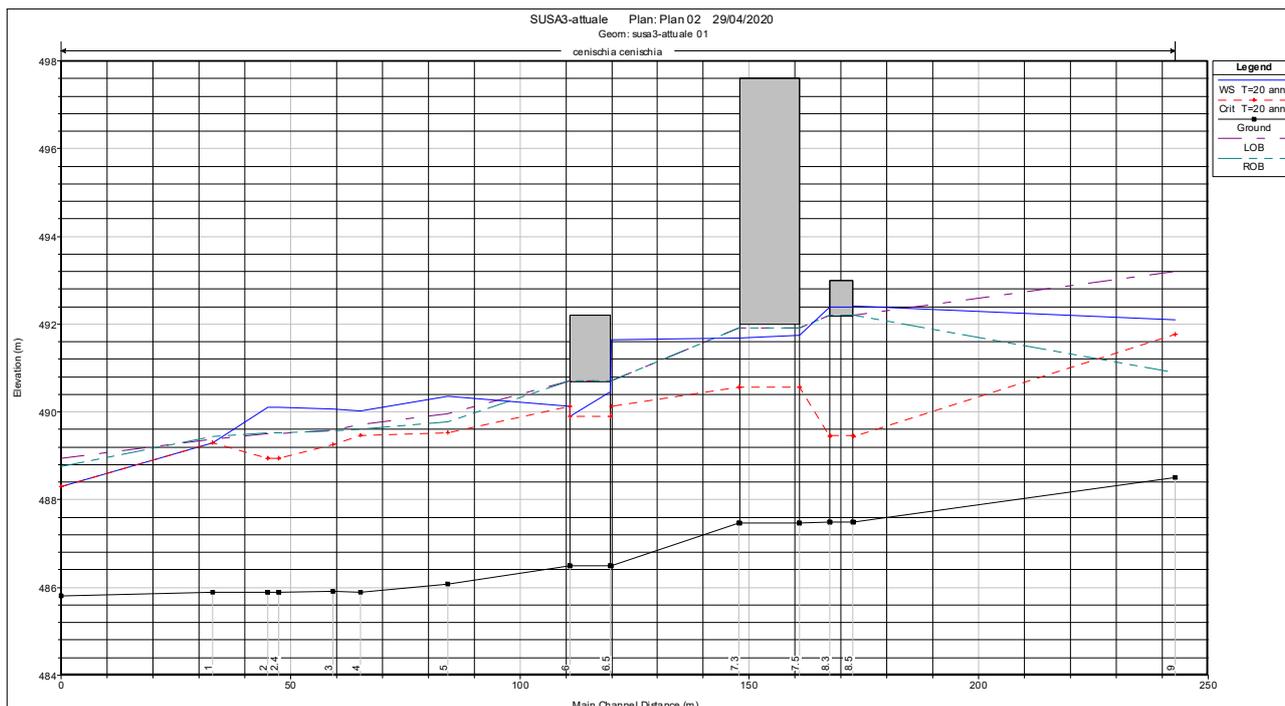
In corrispondenza del manufatto stradale (sezione 7.7) la quota del pelo libero corrispondente alla portata di piena con tempo di ritorno 200 anni, assunta pari a 287 m³/s, è uguale a 494,19 m s.l.m., superiore all'intradosso del manufatto.

In corrispondenza del ponte sulla S.S. n. 25 (sezione 6.5) il deflusso avviene per le condizioni critiche, ma senza transizione ad un regime di moto veloce; la quota del pelo libero corrispondente alla portata di piena con tempo di ritorno 200 anni, assunta pari a 287 m³/s, è uguale a 493,69 m s.l.m a monte e 490,85 m s.l.m. a valle, superiore alla quota dell'intradosso del ponte.

In corrispondenza della sezione 2.5 dove si prevede di realizzare il dispositivo gonfiabile la quota del pelo libero corrispondente alla portata di piena con tempo di ritorno 200 anni, assunta pari a 287 m³/s, è uguale a 490,82 m s.l.m.

Di seguito si riportano i profili di corrente ed i valori delle principali variabili idrauliche ad essi associate, ottenuti dalla modellazione per le diverse portate di progetto considerate.

In rosso è indicata la sezione nell'area interessata dell'area in esame.

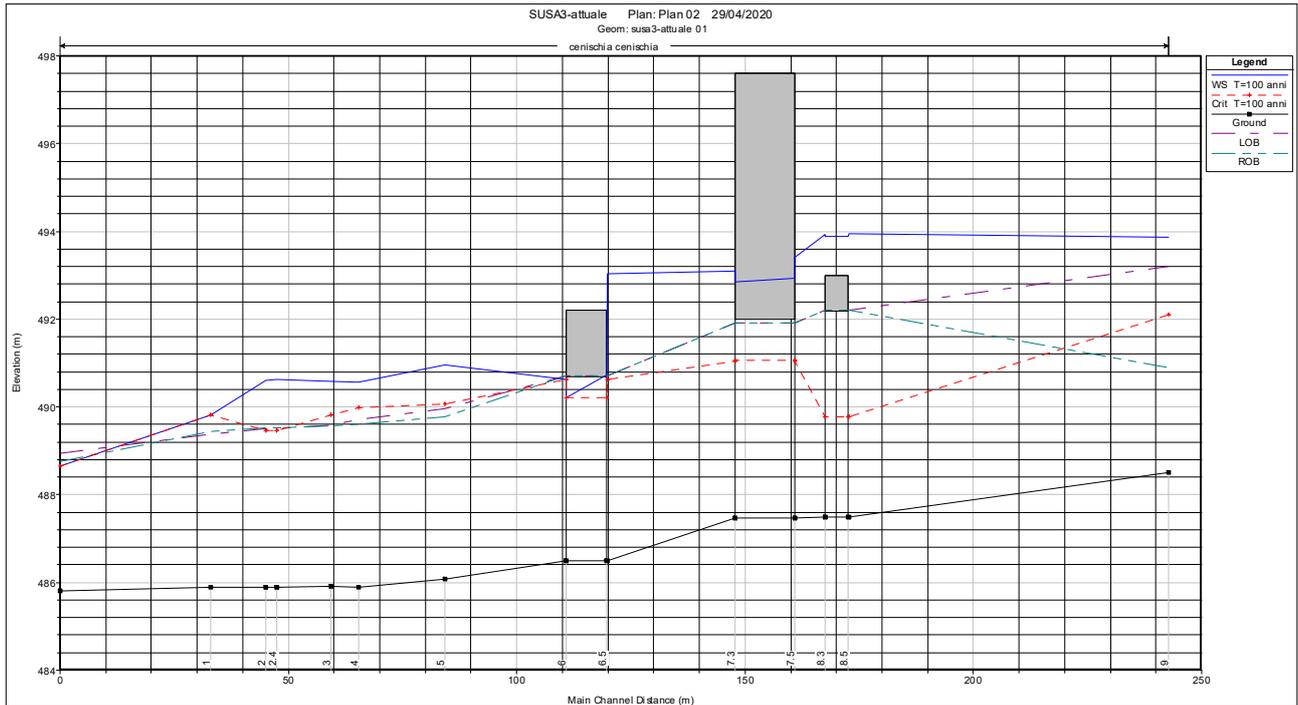


Profile Output Table - Standard Table 1

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: cenischia Reach: cenischia Profile: T=20 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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 (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
cenischia	9	T=20 anni	210.00	488.50	492.10	491.77	492.77	0.002715	3.86	61.19	26.90	0.67
cenischia	8.7	T=20 anni	210.00	487.50	492.41	489.45	492.56	0.000363	1.72	121.80	26.00	0.25
cenischia	8.5	Bridge										
cenischia	8.3	T=20 anni	210.00	487.50	492.40	489.45	492.55	0.000366	1.73	121.51	26.00	0.26
cenischia	7.7	T=20 anni	210.00	487.47	491.74	490.56	492.49	0.002537	3.82	54.93	13.40	0.60
cenischia	7.5	Bridge										
cenischia	7.3	T=20 anni	210.00	487.47	491.68	490.56	492.45	0.002640	3.88	54.16	13.40	0.62
cenischia	6.7	T=20 anni	210.00	486.50	491.64	490.12	492.36	0.002869	3.75	55.96	12.00	0.55
cenischia	6.5	Bridge										
cenischia	6	T=20 anni	210.00	486.50	490.12	490.12	491.70	0.008917	5.56	37.74	12.00	1.00
cenischia	5	T=20 anni	210.00	486.07	490.35	489.53	491.06	0.003087	3.80	57.54	19.35	0.64
cenischia	4	T=20 anni	210.00	485.89	490.03	489.47	490.97	0.004034	4.33	49.77	16.70	0.75
cenischia	3	T=20 anni	210.00	485.91	490.06	489.25	490.92	0.003880	4.11	51.10	15.00	0.71
cenischia	2.5	T=20 anni	210.00	485.89	490.11	488.95	490.85	0.002653	3.81	55.08	14.40	0.62
cenischia	2.4	T=20 anni	210.00	485.89	490.11	488.95	490.85	0.002654	3.81	55.08	14.40	0.62
cenischia	2.3	T=20 anni	210.00	485.89	490.10	488.95	490.84	0.002672	3.82	54.95	14.40	0.62
cenischia	2	T=20 anni	210.00	485.89	490.10	488.95	490.84	0.002672	3.82	54.95	14.40	0.62
cenischia	1	T=20 anni	210.00	485.90	489.30	489.30	490.73	0.006567	5.29	39.72	14.00	1.00
cenischia	0	T=20 anni	210.00	485.80	488.29	488.29	489.40	0.006177	4.65	45.16	20.50	1.00

Figura 17: Risultati della modellazione idraulica (stato attuale) relativi alla portata con TR = 20 anni.



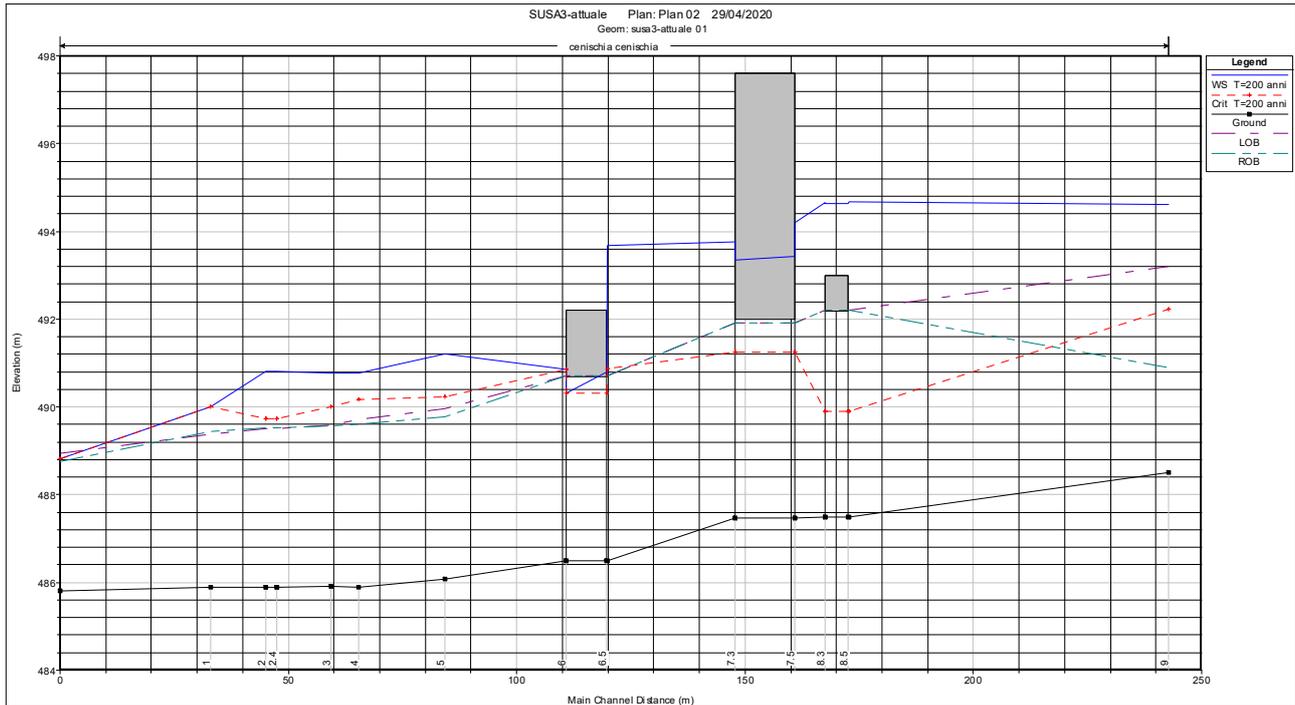
Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: cenischia Reach: cenischia Profile: T=100 anni

Reach	River Sta	Profile	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
cenischia	9	T=100 anni	264.00	488.50	493.86	492.10	494.16	0.000814	2.56	110.99	29.00	0.38
cenischia	8.7	T=100 anni	264.00	487.50	493.95	489.77	494.08	0.000249	1.63	161.77	26.00	0.21
cenischia	8.5	Bridge										
cenischia	8.3	T=100 anni	264.00	487.50	493.92	489.77	494.06	0.000252	1.64	161.10	26.00	0.21
cenischia	7.7	T=100 anni	264.00	487.47	493.42	491.05	494.01	0.001559	3.41	77.36	13.40	0.45
cenischia	7.5	Bridge										
cenischia	7.3	T=100 anni	264.00	487.47	493.10	491.05	493.77	0.001813	3.61	73.17	13.40	0.49
cenischia	6.7	T=100 anni	264.00	486.50	493.04	490.63	493.71	0.002191	3.63	72.72	12.00	0.47
cenischia	6.5	Bridge										
cenischia	6	T=100 anni	264.00	486.50	490.63	490.63	492.48	0.009092	6.02	43.86	12.00	1.01
cenischia	5	T=100 anni	264.00	486.07	490.97	490.07	491.74	0.002828	3.98	69.56	19.35	0.62
cenischia	4	T=100 anni	264.00	485.89	490.55	489.99	491.65	0.003868	4.67	58.58	16.70	0.75
cenischia	3	T=100 anni	264.00	485.91	490.58	489.82	491.60	0.004057	4.49	58.81	15.00	0.72
cenischia	2.5	T=100 anni	264.00	485.89	490.62	489.46	491.53	0.002941	4.23	62.39	14.40	0.65
cenischia	2.4	T=100 anni	264.00	485.89	490.62	489.46	491.53	0.002942	4.23	62.38	14.40	0.65
cenischia	2.3	T=100 anni	264.00	485.89	490.61	489.46	491.52	0.002963	4.24	62.23	14.40	0.65
cenischia	2	T=100 anni	264.00	485.89	490.60	489.46	491.52	0.002964	4.24	62.22	14.40	0.65
cenischia	1	T=100 anni	264.00	485.90	489.81	489.81	491.41	0.006670	5.59	47.25	15.00	1.01
cenischia	0	T=100 anni	264.00	485.80	488.66	488.66	489.94	0.006107	5.02	52.58	20.50	1.00

Figura 18: Risultati della modellazione idraulica (stato attuale) relativi alla portata con TR = 100 anni.



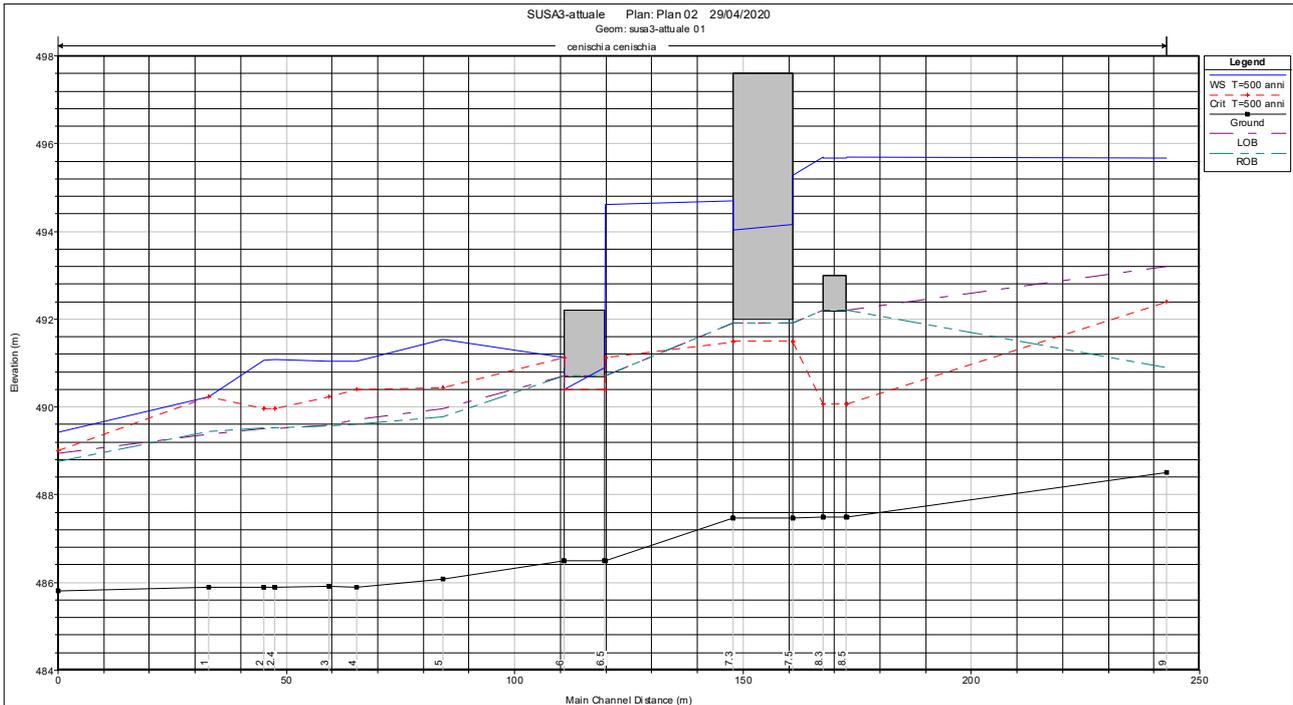
Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: cenischia Reach: cenischia Profile: T=200 anni

Reach	River Sta	Profile	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
cenischia	9	T=200 anni	287.00	488.50	494.62	492.23	494.86	0.000563	2.30	132.81	29.00	0.32
cenischia	8.7	T=200 anni	287.00	487.50	494.67	489.90	494.80	0.000214	1.59	180.62	26.00	0.19
cenischia	8.5	Bridge										
cenischia	8.3	T=200 anni	287.00	487.50	494.65	489.90	494.78	0.000216	1.59	180.08	26.00	0.19
cenischia	7.7	T=200 anni	287.00	487.47	494.19	491.24	494.74	0.001314	3.27	87.76	13.40	0.41
cenischia	7.5	Bridge										
cenischia	7.3	T=200 anni	287.00	487.47	493.76	491.24	494.39	0.001575	3.50	82.00	13.40	0.45
cenischia	6.7	T=200 anni	287.00	486.50	493.69	490.87	494.34	0.001964	3.57	80.50	12.00	0.44
cenischia	6.5	Bridge										
cenischia	6	T=200 anni	287.00	486.50	490.85	490.85	492.80	0.009105	6.18	46.45	12.00	1.00
cenischia	5	T=200 anni	287.00	486.07	491.22	490.23	492.02	0.002756	4.05	74.36	19.35	0.61
cenischia	4	T=200 anni	287.00	485.89	490.76	490.17	491.92	0.003824	4.81	62.07	16.70	0.76
cenischia	3	T=200 anni	287.00	485.91	490.78	490.01	491.88	0.004140	4.64	61.86	15.00	0.73
cenischia	2.5	T=200 anni	287.00	485.89	490.82	489.72	491.80	0.003061	4.40	65.27	14.40	0.66
cenischia	2.4	T=200 anni	287.00	485.89	490.82	489.72	491.80	0.003061	4.40	65.26	14.40	0.66
cenischia	2.3	T=200 anni	287.00	485.89	490.80	489.72	491.80	0.003084	4.41	65.09	14.40	0.66
cenischia	2	T=200 anni	287.00	485.89	490.80	489.72	491.80	0.003085	4.41	65.09	14.40	0.66
cenischia	1	T=200 anni	287.00	485.90	490.01	490.01	491.68	0.006605	5.72	50.19	15.00	1.00
cenischia	0	T=200 anni	287.00	485.80	488.82	488.82	490.16	0.006098	5.12	56.01	21.00	1.00

Figura 19: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni



Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: cenischia Reach: cenischia Profile: T=500 anni

Reach	River Sta	Profile	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
cenischia	9	T=500 anni	317.00	488.50	495.67	492.40	495.86	0.000373	2.05	163.24	29.00	0.26
cenischia	8.7	T=500 anni	317.00	487.50	495.70	490.07	495.82	0.000176	1.53	207.34	26.00	0.17
cenischia	8.5	Bridge										
cenischia	8.3	T=500 anni	317.00	487.50	495.69	490.07	495.80	0.000177	1.53	206.94	26.00	0.17
cenischia	7.7	T=500 anni	317.00	487.47	495.28	491.48	495.77	0.001071	3.10	102.28	13.40	0.36
cenischia	7.5	Bridge										
cenischia	7.3	T=500 anni	317.00	487.47	494.69	491.48	495.26	0.001321	3.36	94.43	13.40	0.40
cenischia	6.7	T=500 anni	317.00	486.50	494.61	491.12	495.22	0.001699	3.46	91.54	12.00	0.40
cenischia	6.5	Bridge										
cenischia	6	T=500 anni	317.00	486.50	491.12	491.12	493.19	0.009175	6.38	49.66	12.00	1.00
cenischia	5	T=500 anni	317.00	486.07	491.53	490.44	492.36	0.002670	4.14	80.49	19.35	0.60
cenischia	4	T=500 anni	317.00	485.89	491.03	490.39	492.27	0.003749	4.97	66.60	16.70	0.76
cenischia	3	T=500 anni	317.00	485.81	491.04	490.24	492.23	0.004220	4.82	65.82	15.00	0.73
cenischia	2.5	T=500 anni	317.00	485.89	491.08	489.96	492.15	0.003194	4.59	69.00	14.40	0.67
cenischia	2.4	T=500 anni	317.00	485.89	491.08	489.96	492.15	0.003195	4.59	68.99	14.40	0.67
cenischia	2.3	T=500 anni	317.00	485.89	491.06	489.96	492.14	0.003218	4.61	68.82	14.40	0.67
cenischia	2	T=500 anni	317.00	485.89	491.06	489.96	492.14	0.003219	4.61	68.81	14.40	0.67
cenischia	1	T=500 anni	317.00	485.90	490.23	490.23	492.02	0.006679	5.92	53.54	15.00	1.00
cenischia	0	T=500 anni	317.00	485.80	489.42	489.02	490.51	0.003922	4.62	68.81	21.50	0.82

Figura 20: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 500 anni

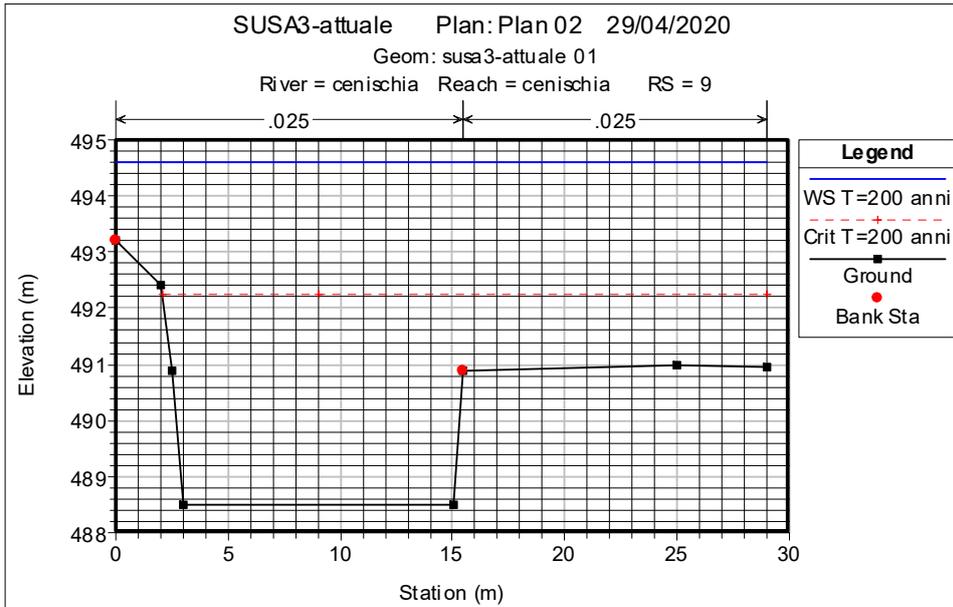


Figura 21: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

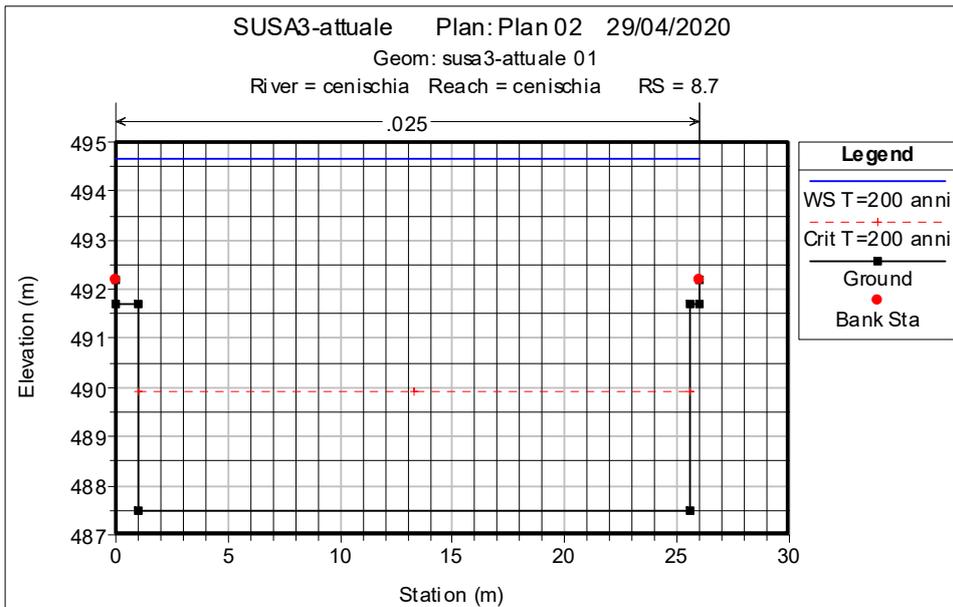


Figura 22: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

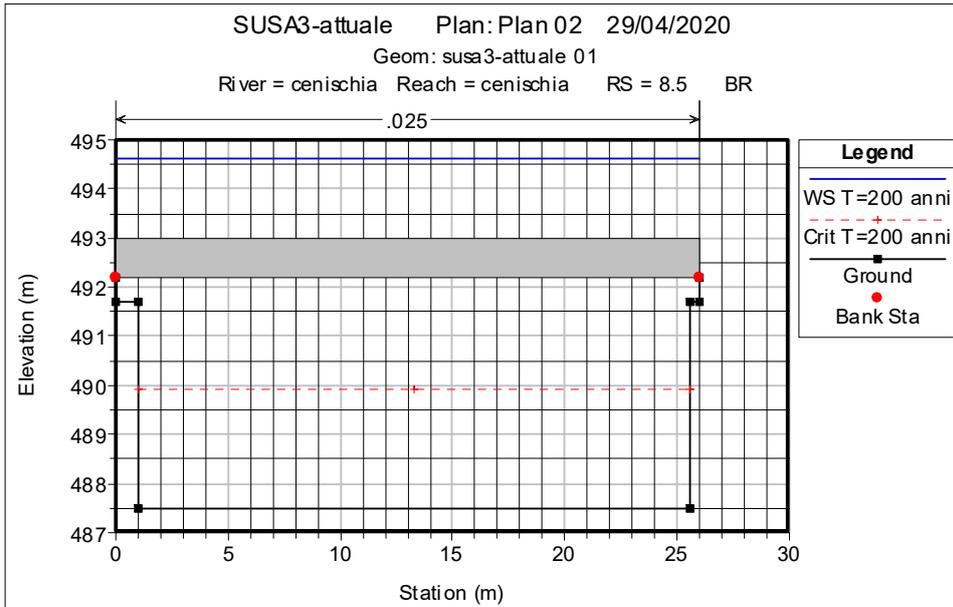


Figura 23: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

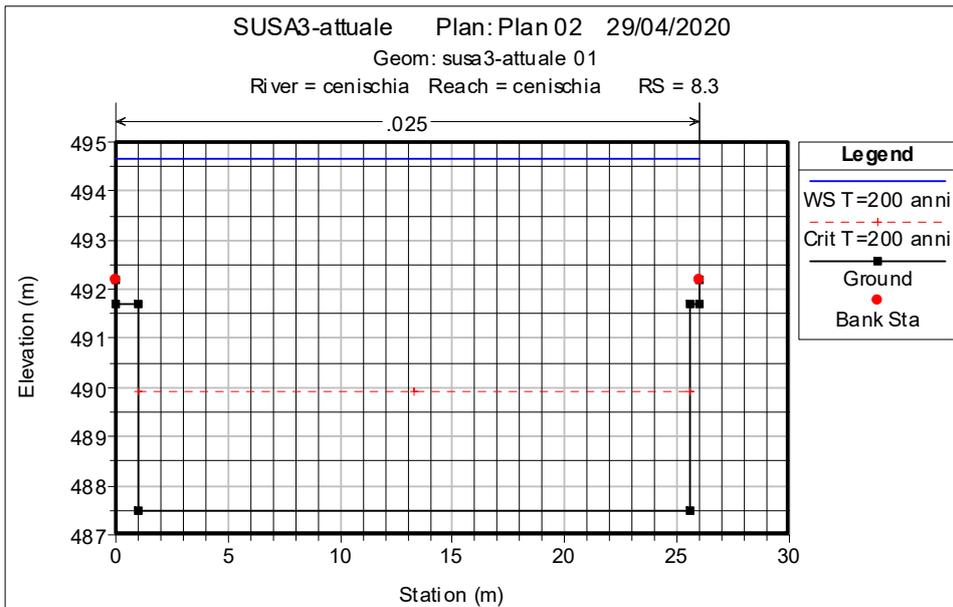


Figura 24: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

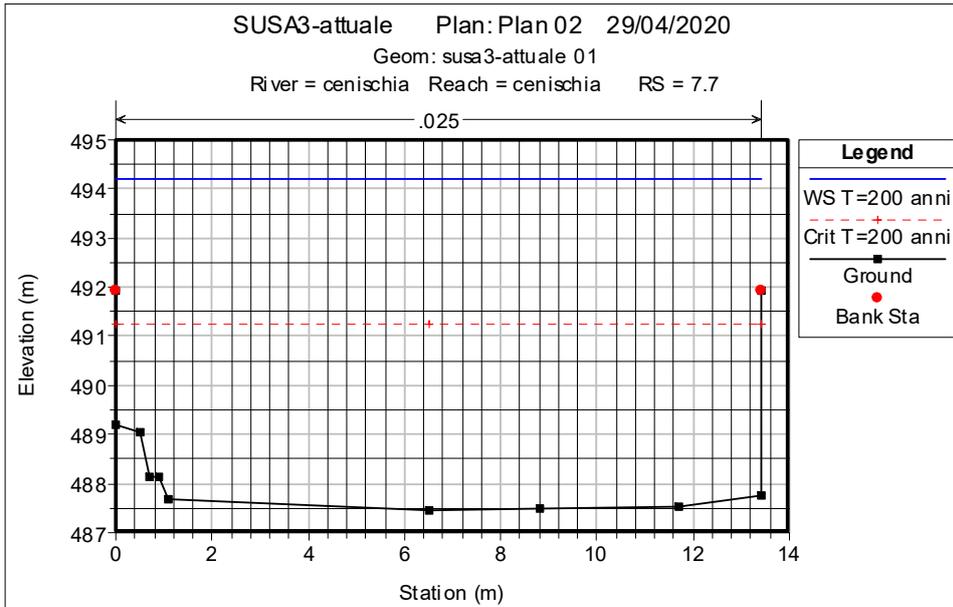


Figura 25: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

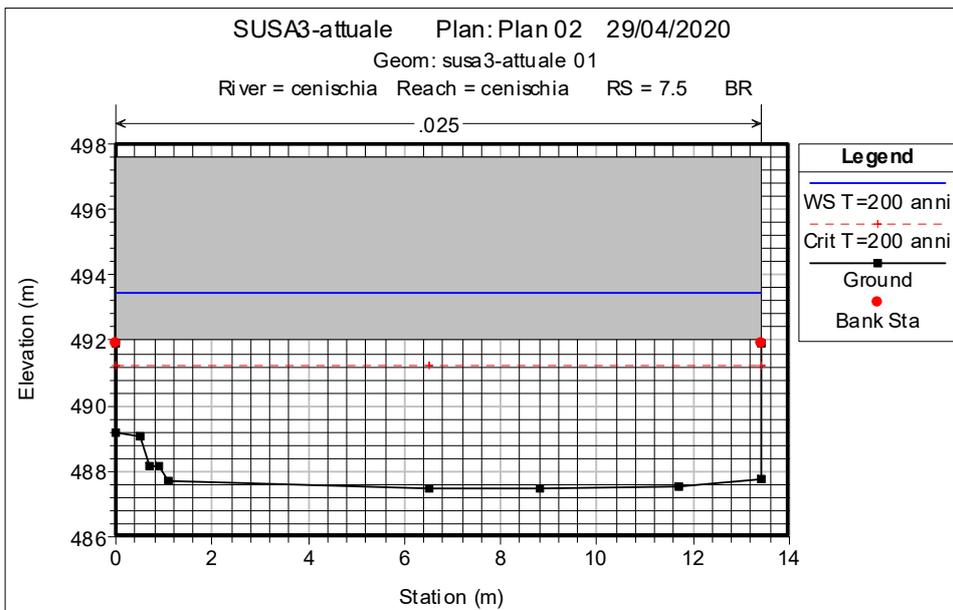


Figura 26: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

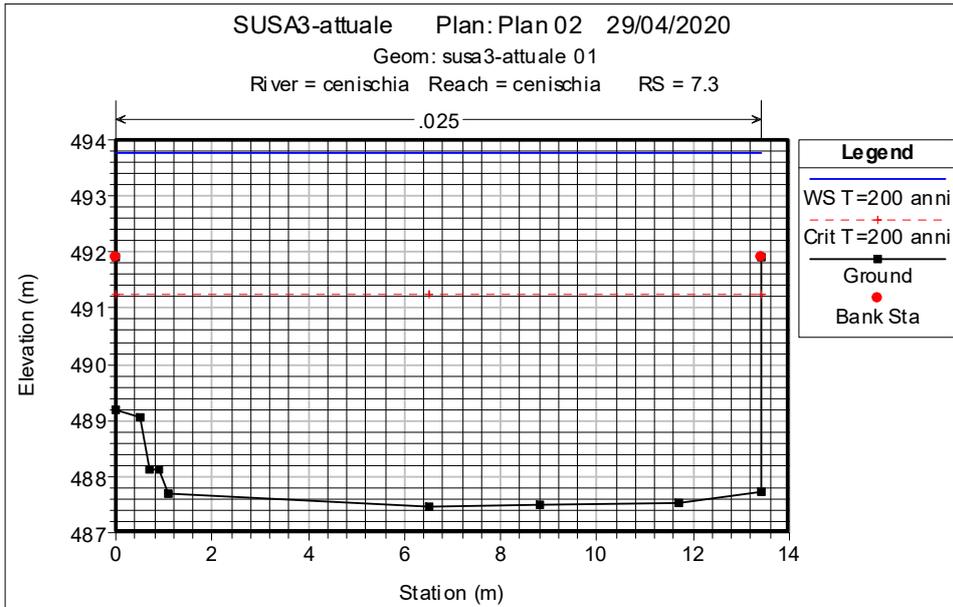


Figura 27: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

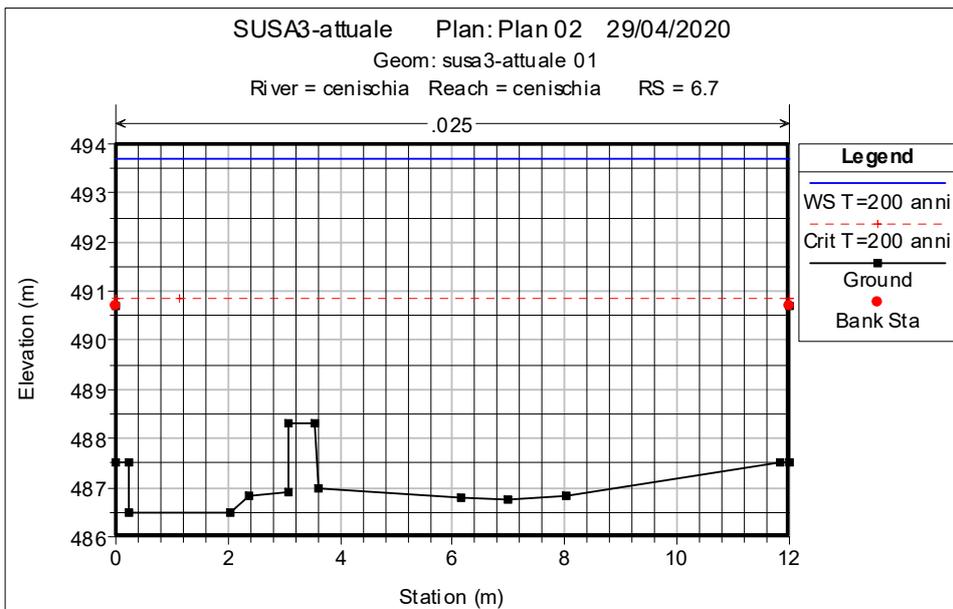


Figura 28: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

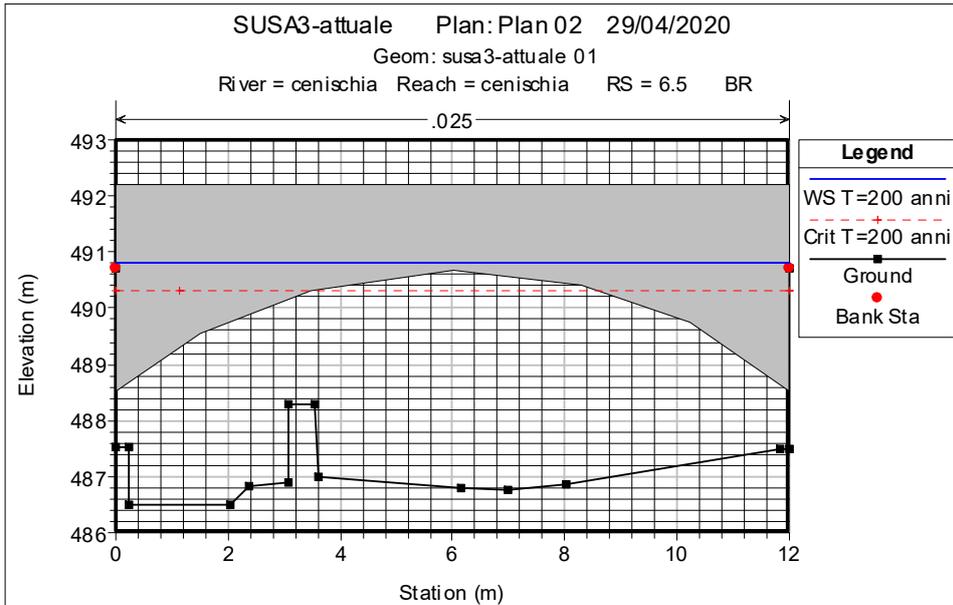


Figura 29: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

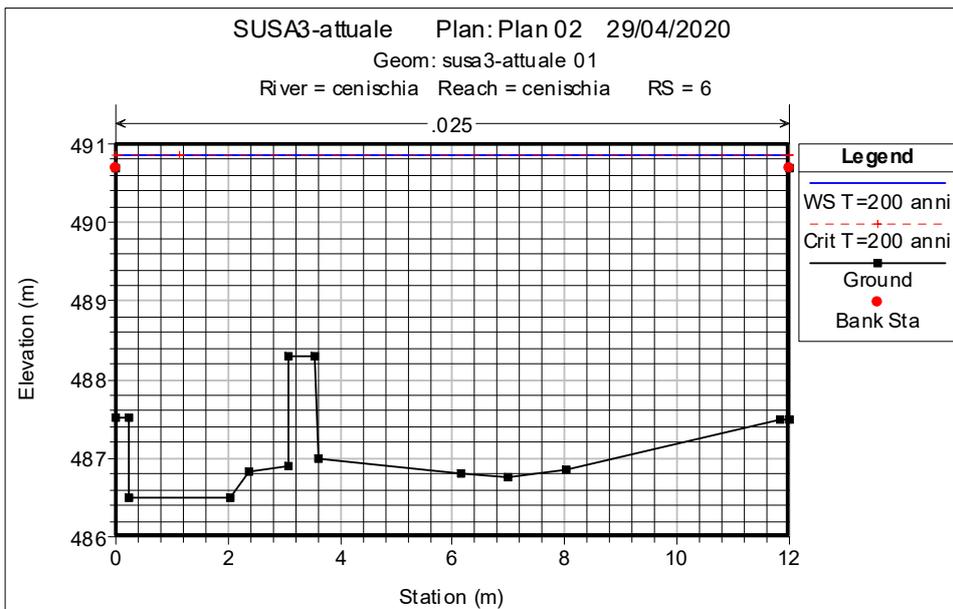


Figura 30: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

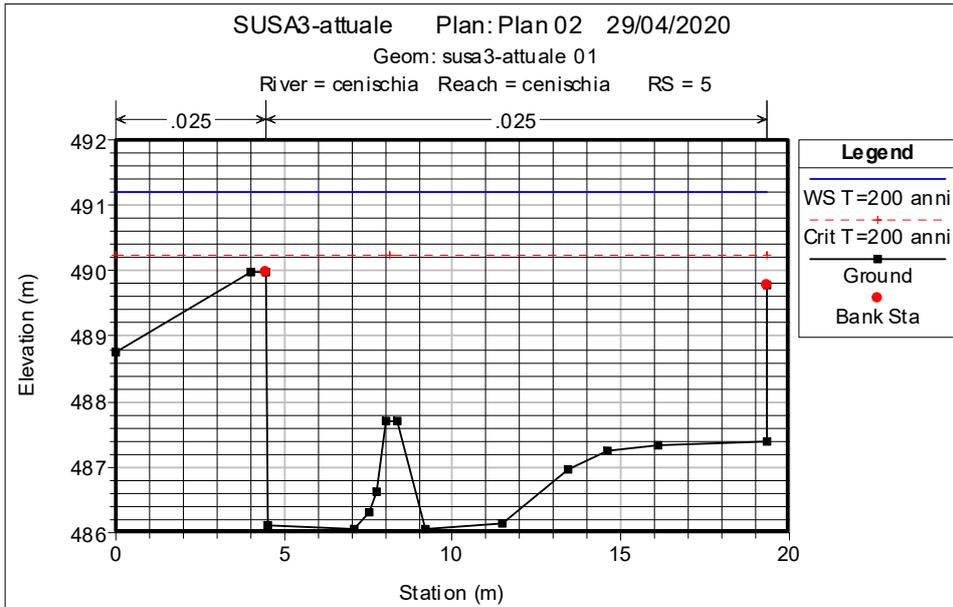


Figura 31: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

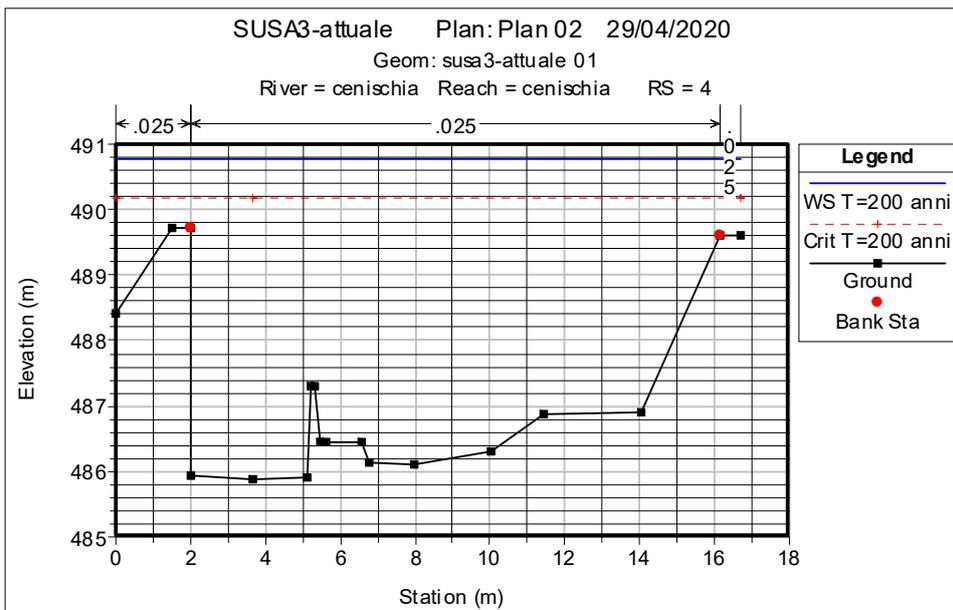


Figura 32: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

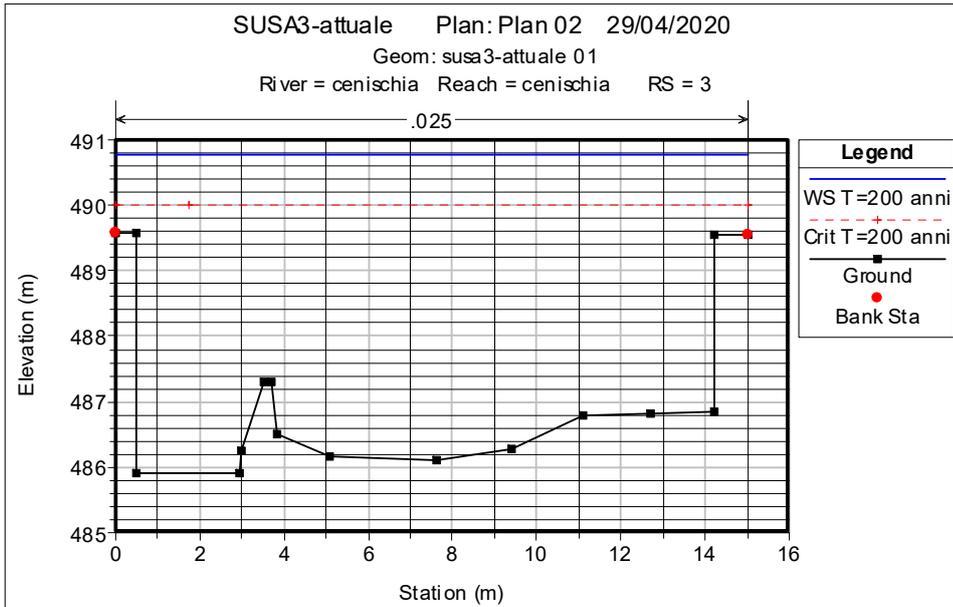


Figura 33: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

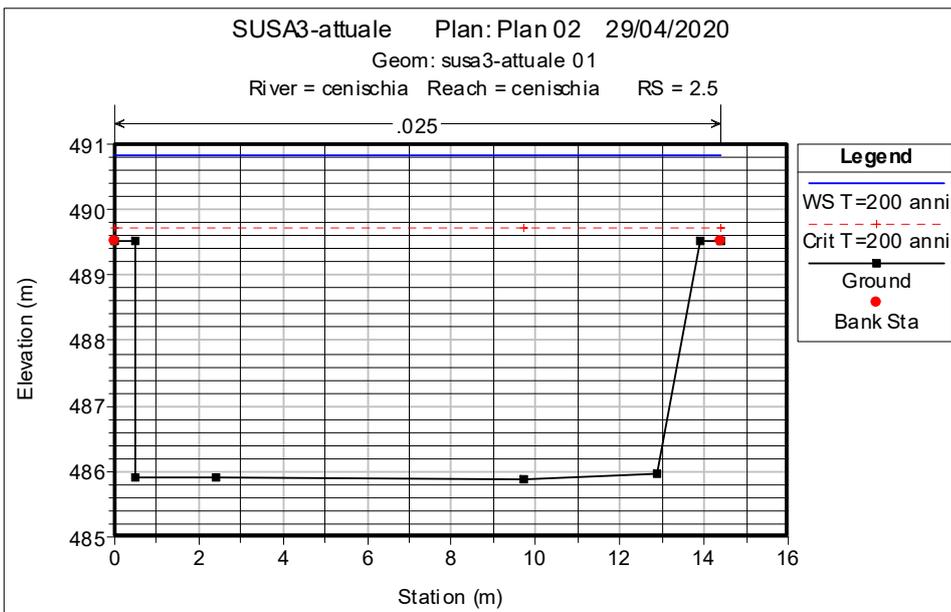


Figura 34: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

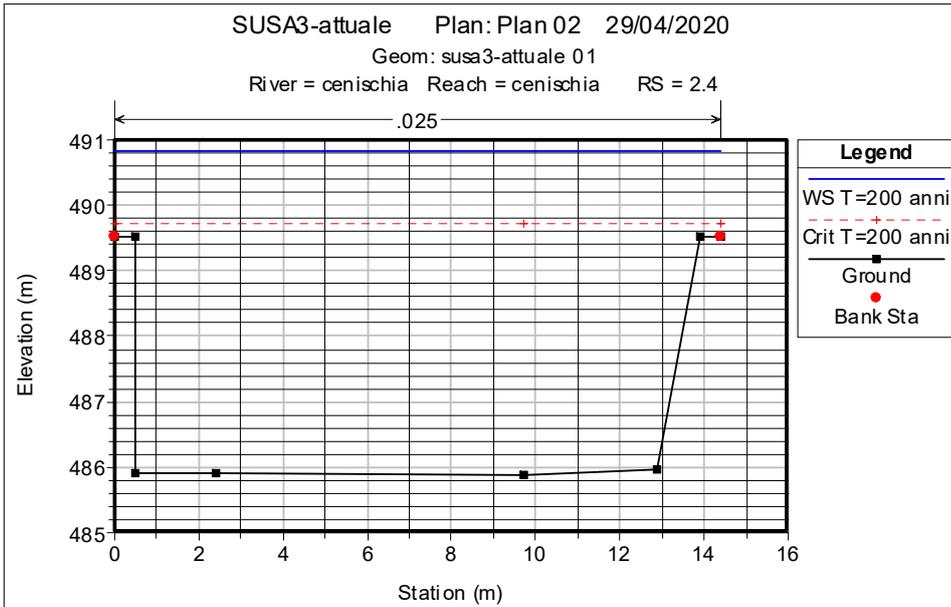


Figura 35: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

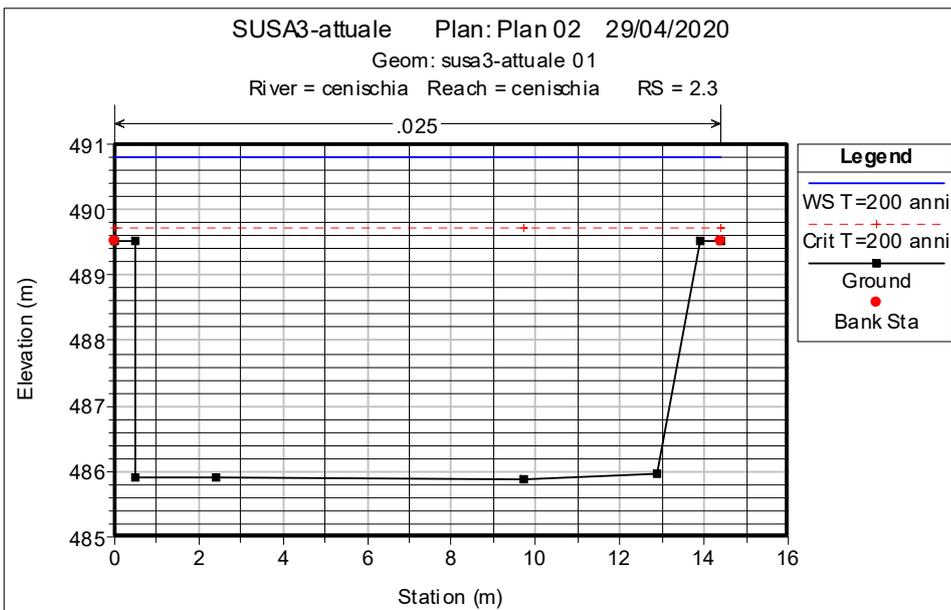


Figura 36: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

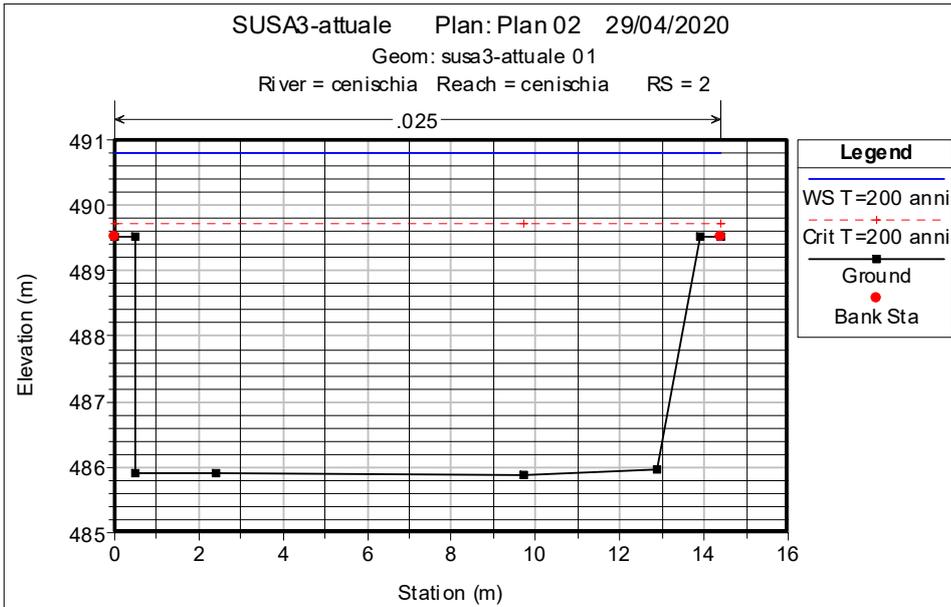


Figura 37: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

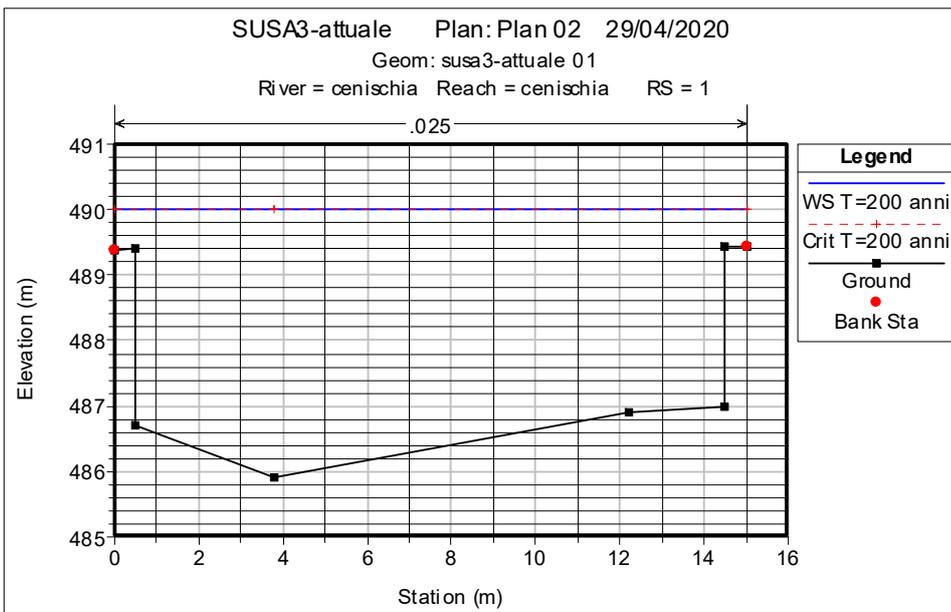


Figura 38: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

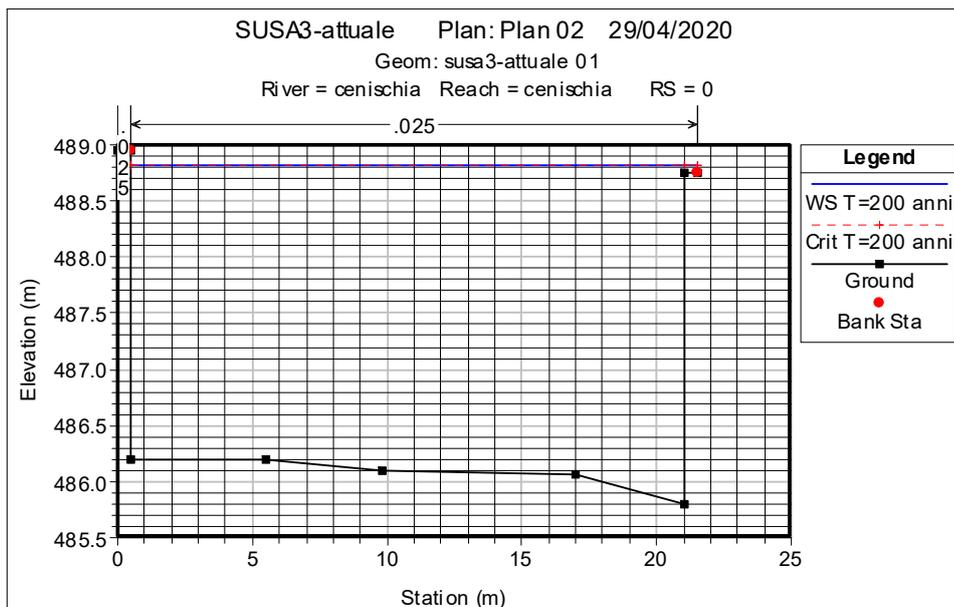


Figura 39: modello idraulico: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni

➤ **Risultati della modellazione per lo stato di progetto**

Il secondo modello preso in considerazione è stato quello che schematizza il tratto d'alveo nella condizione di stato di progetto con gommone completamente abbassato.

Per tutte le portate di piena utilizzate nelle simulazioni è stato osservato il medesimo andamento, in termini qualitativi, dei profili di corrente.

In tutto il tratto esaminato del torrente Cenischia, che si estende per circa 250 m localizzati a ridosso dell'area di intervento, il deflusso avviene in condizioni di corrente lenta.

Il numero di Froude assume valori compresi tra 0,20 e 0,78 (regime di corrente lenta) con velocità della corrente comprese tra i 1,58 ed i 6,37 m/s.

In corrispondenza del ponte ferroviario (sezione 8.7) la quota del pelo libero corrispondente alla portata di piena con tempo di ritorno 200 anni, assunta pari a 287 m³/s, è uguale a 494,46 m s.l.m, superiore all'intradosso del ponte.

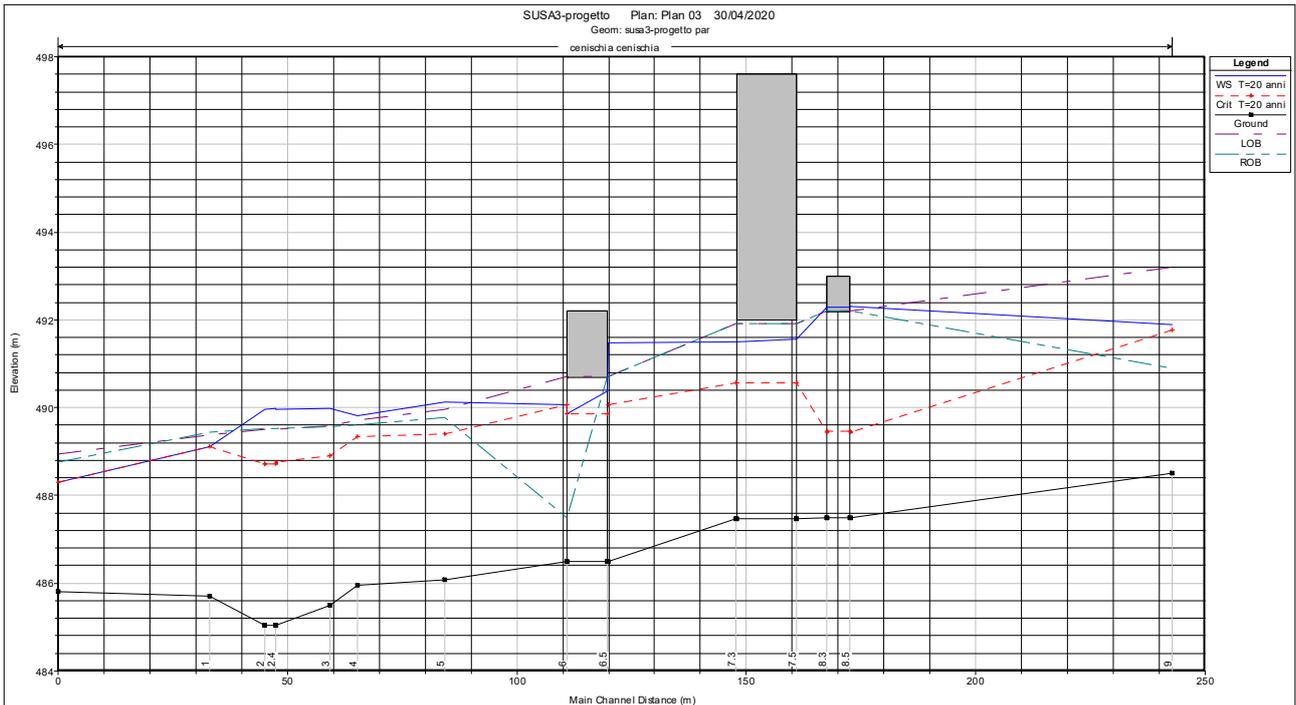
In corrispondenza del manufatto stradale (sezione 7.7) la quota del pelo libero corrispondente alla portata di piena con tempo di ritorno 200 anni, assunta pari a 287 m³/s, è uguale a 493,94 m s.l.m, superiore all'intradosso del ponte.

In corrispondenza del ponte sulla S.S. n. 25 (sezione 6.5) il deflusso avviene per le condizioni critiche, ma senza transizione ad un regime di moto veloce; la quota del pelo libero corrispondente alla portata di piena con tempo di ritorno 200 anni, assunta pari a 287 m³/s, è uguale a 493,47 m s.l.m a monte e 490,80 a valle, superiore alla quota dell'intradosso del ponte.

In corrispondenza della sezione 2.5 dove si prevede di realizzare il dispositivo gonfiabile la quota del pelo libero corrispondente alla portata di piena con tempo di ritorno 200 anni, assunta pari a 287 m³/s, è uguale a 490,70 m s.l.m, una decina di centimetri inferiore alla quota raggiunta nella analoga modellazione di stato attuale (a seguito della rimozione del canale di derivazione esistente).

Di seguito si riportano i profili di corrente ed i valori delle principali variabili idrauliche ad essi associate, ottenuti dalla modellazione per le diverse portate di progetto considerate.

In rosso è indicata la sezione nell'area interessata dell'intervento previsto.

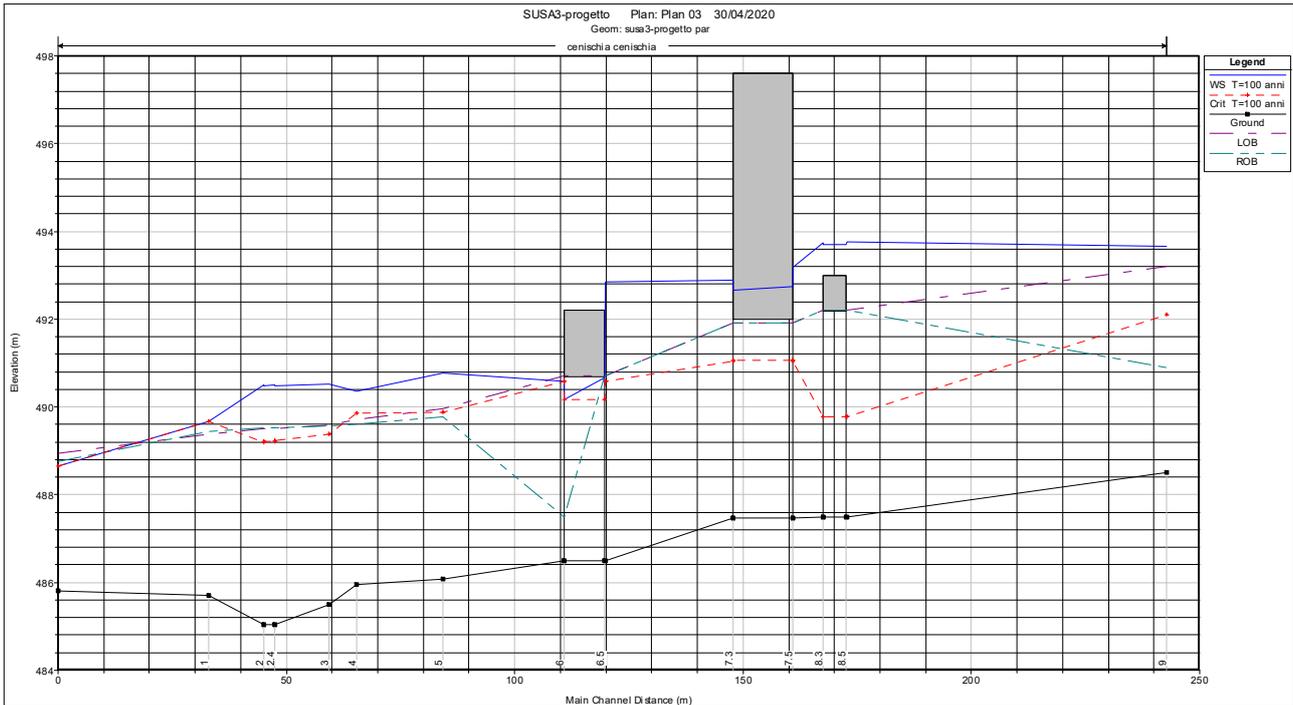


Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: cenischia Reach: cenischia Profile: T=20 anni												
Reach	River Sta	Profile	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
cenischia	9	T=20 anni	210.00	488.50	491.90	491.77	492.72	0.003470	4.23	55.88	26.83	0.75
cenischia	8.7	T=20 anni	210.00	487.50	492.30	489.45	492.46	0.000390	1.77	118.97	26.00	0.26
cenischia	8.5	Bridge										
cenischia	8.3	T=20 anni	210.00	487.50	492.29	489.45	492.45	0.000392	1.77	118.76	26.00	0.26
cenischia	7.7	T=20 anni	210.00	487.47	491.57	490.56	492.38	0.002862	3.99	52.63	13.40	0.64
cenischia	7.5	Bridge										
cenischia	7.3	T=20 anni	210.00	487.47	491.50	490.56	492.34	0.003017	4.07	51.66	13.40	0.66
cenischia	6.7	T=20 anni	210.00	486.50	491.48	490.07	492.23	0.002597	3.84	54.72	12.00	0.57
cenischia	6.5	Bridge										
cenischia	6	T=20 anni	210.00	486.50	490.07	490.07	491.65	0.007403	5.57	37.74	12.00	1.00
cenischia	5	T=20 anni	210.00	486.07	490.12	489.41	490.91	0.003085	3.98	54.79	19.35	0.68
cenischia	4	T=20 anni	210.00	485.95	489.82	489.34	490.83	0.003832	4.46	48.07	16.70	0.78
cenischia	3	T=20 anni	210.00	485.50	489.98	488.90	490.73	0.002873	3.84	54.74	15.00	0.64
cenischia	2.5	T=20 anni	210.00	485.04	489.96	488.75	490.69	0.002826	3.78	55.59	14.40	0.61
cenischia	2.4	T=20 anni	210.00	485.04	489.97	488.72	490.68	0.003072	3.74	56.21	14.40	0.60
cenischia	2.3	T=20 anni	210.00	485.04	489.96	488.72	490.68	0.003097	3.75	56.06	14.40	0.61
cenischia	2	T=20 anni	210.00	485.04	489.97	488.71	490.67	0.002770	3.72	56.39	14.40	0.60
cenischia	1	T=20 anni	210.00	485.70	489.12	489.12	490.55	0.006808	5.30	39.59	14.00	1.01
cenischia	0	T=20 anni	210.00	485.80	488.29	488.29	489.40	0.006177	4.65	45.16	20.50	1.00

Figura 40: Risultati della modellazione idraulica (stato progetto) relativi alla portata con TR = 20 anni.



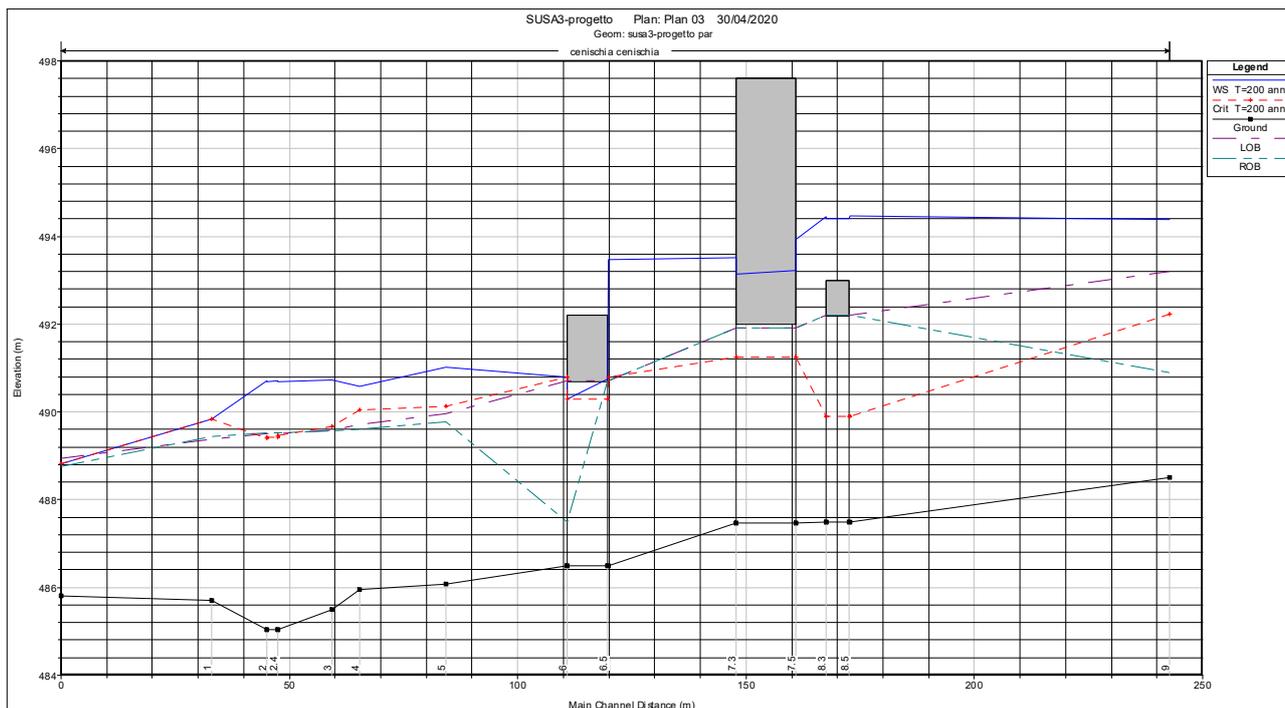
Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: cenischia Reach: cenischia Profile: T=100 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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 (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
cenischia	9	T=100 anni	264.00	488.50	493.66	492.10	494.00	0.000956	2.72	105.18	29.00	0.41
cenischia	8.7	T=100 anni	264.00	487.50	493.76	489.77	493.91	0.000272	1.68	156.95	26.00	0.22
cenischia	8.5	Bridge										
cenischia	8.3	T=100 anni	264.00	487.50	493.73	489.77	493.88	0.000276	1.69	156.20	26.00	0.22
cenischia	7.7	T=100 anni	264.00	487.47	493.18	491.05	493.83	0.001746	3.56	74.20	13.40	0.48
cenischia	7.5	Bridge										
cenischia	7.3	T=100 anni	264.00	487.47	492.88	491.05	493.60	0.002027	3.76	70.24	13.40	0.52
cenischia	6.7	T=100 anni	264.00	486.50	492.84	490.59	493.54	0.002025	3.72	70.97	12.00	0.49
cenischia	6.5	Bridge										
cenischia	6	T=100 anni	264.00	486.50	490.59	490.59	492.43	0.007575	6.01	43.95	12.00	1.00
cenischia	5	T=100 anni	264.00	486.07	490.76	489.89	491.60	0.002750	4.12	67.20	19.35	0.65
cenischia	4	T=100 anni	264.00	485.95	490.36	489.86	491.51	0.003577	4.77	57.18	16.70	0.78
cenischia	3	T=100 anni	264.00	485.50	490.53	489.37	491.42	0.003054	4.20	63.80	15.00	0.66
cenischia	2.5	T=100 anni	264.00	485.04	490.49	489.24	491.38	0.003093	4.18	63.17	14.40	0.64
cenischia	2.4	T=100 anni	264.00	485.04	490.50	489.22	491.37	0.003358	4.14	63.80	14.40	0.63
cenischia	2.3	T=100 anni	264.00	485.04	490.49	489.22	491.37	0.003384	4.15	63.63	14.40	0.63
cenischia	2	T=100 anni	264.00	485.04	490.49	489.19	491.36	0.003045	4.13	63.97	14.40	0.63
cenischia	1	T=100 anni	264.00	485.70	489.67	489.67	491.24	0.006722	5.55	47.53	15.00	1.00
cenischia	0	T=100 anni	264.00	485.80	488.66	488.66	489.94	0.006107	5.02	52.58	20.50	1.00

Figura 41: Risultati della modellazione idraulica (stato progetto) relativi alla portata con TR = 100 anni.



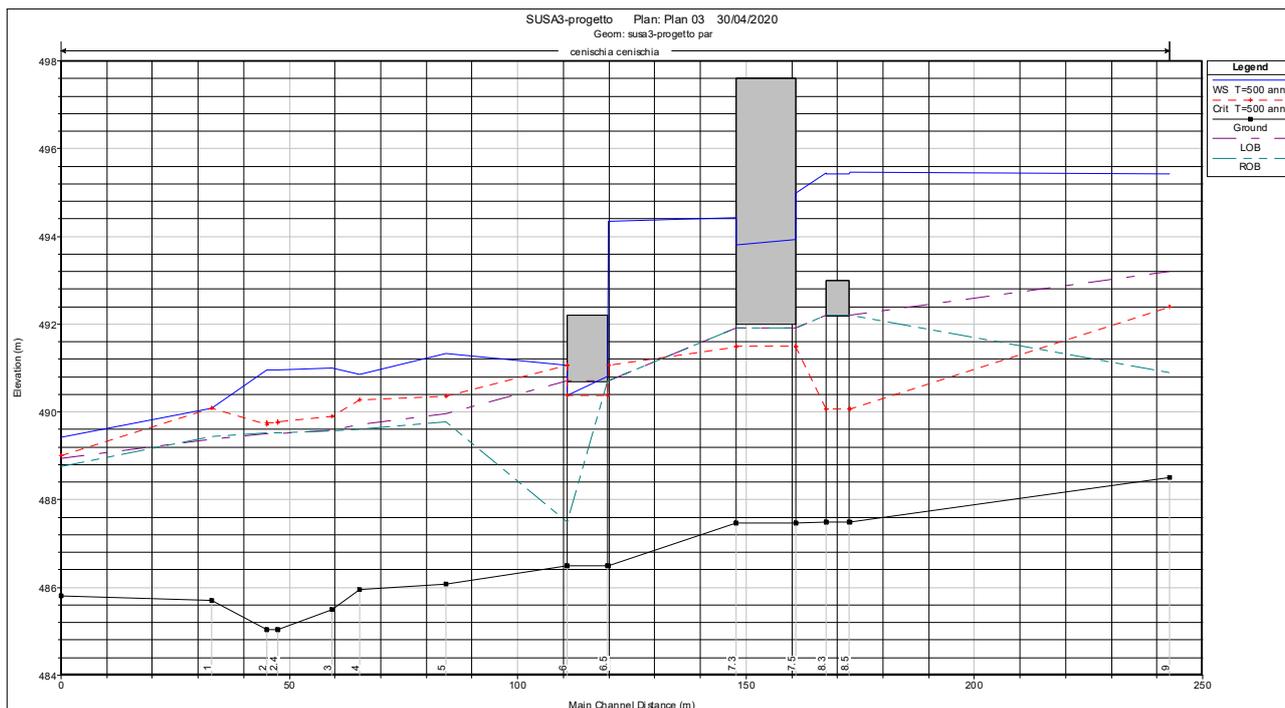
Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: cenischia Reach: cenischia Profile: T=200 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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 (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
cenischia	9	T=200 anni	287.00	488.50	494.40	492.23	494.66	0.000652	2.43	126.43	29.00	0.34
cenischia	8.7	T=200 anni	287.00	487.50	494.46	489.90	494.60	0.000234	1.64	175.16	26.00	0.20
cenischia	8.5	Bridge										
cenischia	8.3	T=200 anni	287.00	487.50	494.44	489.90	494.58	0.000236	1.64	174.55	26.00	0.20
cenischia	7.7	T=200 anni	287.00	487.47	493.94	491.24	494.53	0.001460	3.40	84.37	13.40	0.43
cenischia	7.5	Bridge										
cenischia	7.3	T=200 anni	287.00	487.47	493.52	491.24	494.20	0.001755	3.64	78.78	13.40	0.48
cenischia	6.7	T=200 anni	287.00	486.50	493.47	490.80	494.15	0.001830	3.66	78.51	12.00	0.46
cenischia	6.5	Bridge										
cenischia	6	T=200 anni	287.00	486.50	490.80	490.80	492.74	0.007629	6.17	46.51	12.00	1.00
cenischia	5	T=200 anni	287.00	486.07	491.02	490.13	491.88	0.002655	4.18	72.15	19.35	0.64
cenischia	4	T=200 anni	287.00	485.95	490.58	490.05	491.78	0.003502	4.90	60.80	16.70	0.78
cenischia	3	T=200 anni	287.00	485.50	490.73	489.67	491.69	0.003131	4.35	66.00	15.00	0.66
cenischia	2.5	T=200 anni	287.00	485.04	490.70	489.46	491.65	0.003204	4.34	66.17	14.40	0.65
cenischia	2.4	T=200 anni	287.00	485.04	490.71	489.42	491.65	0.003475	4.30	66.80	14.40	0.64
cenischia	2.3	T=200 anni	287.00	485.04	490.70	489.42	491.64	0.003503	4.31	66.62	14.40	0.64
cenischia	2	T=200 anni	287.00	485.04	490.70	489.40	491.64	0.003158	4.29	66.96	14.40	0.63
cenischia	1	T=200 anni	287.00	485.70	489.84	489.84	491.51	0.006819	9.75	50.07	15.00	1.00
cenischia	0	T=200 anni	287.00	485.80	488.82	488.82	490.16	0.006098	5.12	56.01	21.00	1.00

Figura 42: Risultati della modellazione idraulica (stato progetto) relativi alla portata con TR = 200 anni.



Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: cenischia Reach: cenischia Profile: T=500 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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 (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
cenischia	9	T=500 anni	317.00	488.50	495.41	492.40	495.63	0.000427	2.15	155.96	29.00	0.28
cenischia	8.7	T=500 anni	317.00	487.50	495.46	490.07	495.58	0.000192	1.58	200.97	26.00	0.18
cenischia	8.5	Bridge										
cenischia	8.3	T=500 anni	317.00	487.50	495.44	490.07	495.57	0.000194	1.58	200.52	26.00	0.18
cenischia	7.7	T=500 anni	317.00	487.47	495.00	491.48	495.52	0.001181	3.22	98.52	13.40	0.38
cenischia	7.5	Bridge										
cenischia	7.3	T=500 anni	317.00	487.47	494.42	491.48	495.04	0.001465	3.49	90.79	13.40	0.43
cenischia	6.7	T=500 anni	317.00	486.50	494.35	491.07	494.99	0.001603	3.56	89.10	12.00	0.42
cenischia	6.5	Bridge										
cenischia	6	T=500 anni	317.00	486.50	491.07	491.07	493.14	0.007706	6.37	49.75	12.00	1.00
cenischia	5	T=500 anni	317.00	486.07	491.34	490.35	492.22	0.002560	4.26	78.34	19.35	0.63
cenischia	4	T=500 anni	317.00	485.95	490.85	490.28	492.13	0.003427	5.06	65.31	16.70	0.78
cenischia	3	T=500 anni	317.00	485.50	491.00	489.90	492.04	0.003233	4.53	69.99	15.00	0.67
cenischia	2.5	T=500 anni	317.00	485.04	490.95	489.78	492.00	0.003352	4.54	69.85	14.40	0.66
cenischia	2.4	T=500 anni	317.00	485.04	490.96	489.75	492.00	0.003633	4.50	70.50	14.40	0.65
cenischia	2.3	T=500 anni	317.00	485.04	490.95	489.75	491.99	0.003662	4.51	70.31	14.40	0.65
cenischia	2	T=500 anni	317.00	485.04	490.96	489.71	491.98	0.003309	4.49	70.65	14.40	0.65
cenischia	1	T=500 anni	317.00	485.70	490.08	490.08	491.85	0.006792	5.91	53.68	15.00	1.00
cenischia	0	T=500 anni	317.00	485.80	489.42	489.02	490.51	0.003922	4.62	68.81	21.50	0.82

Figura 43: Risultati della modellazione idraulica (stato progetto) relativi alla portata con TR = 500 anni.

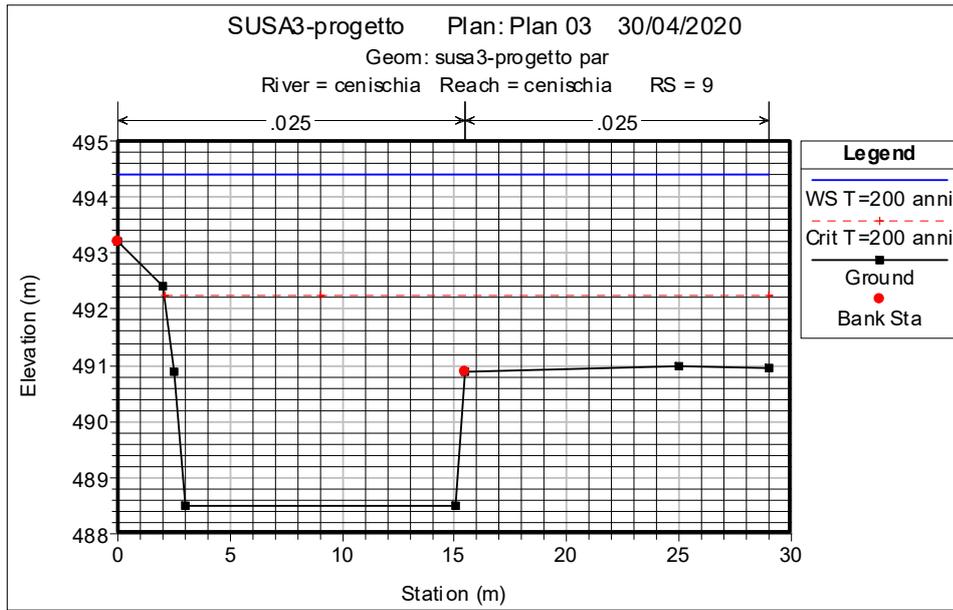


Figura 44: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni

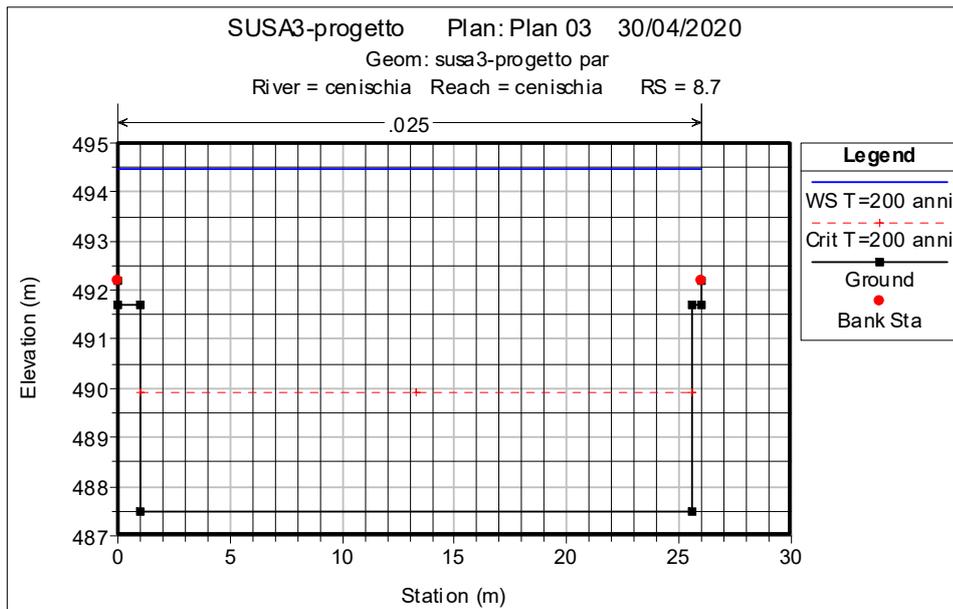


Figura 45: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni

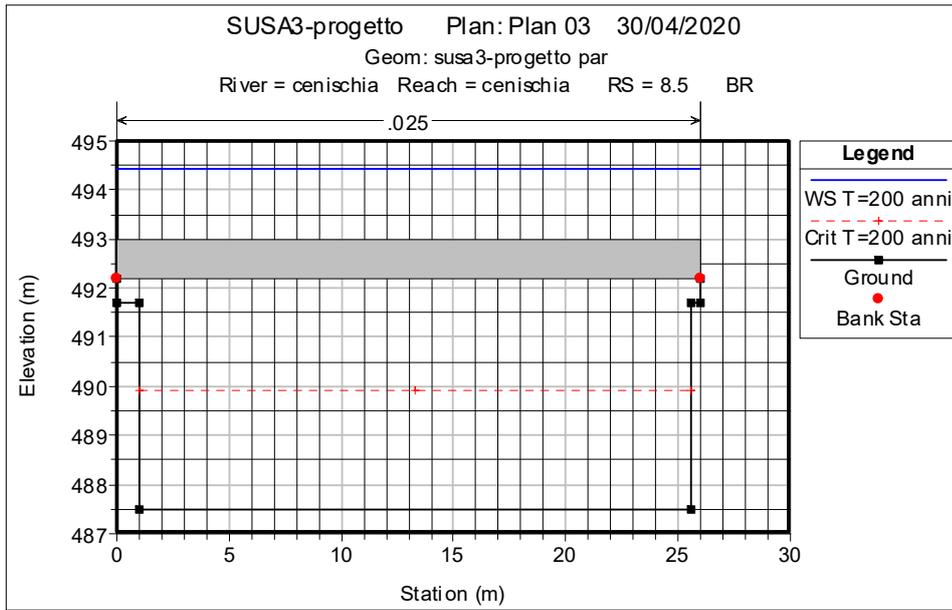


Figura 46: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni

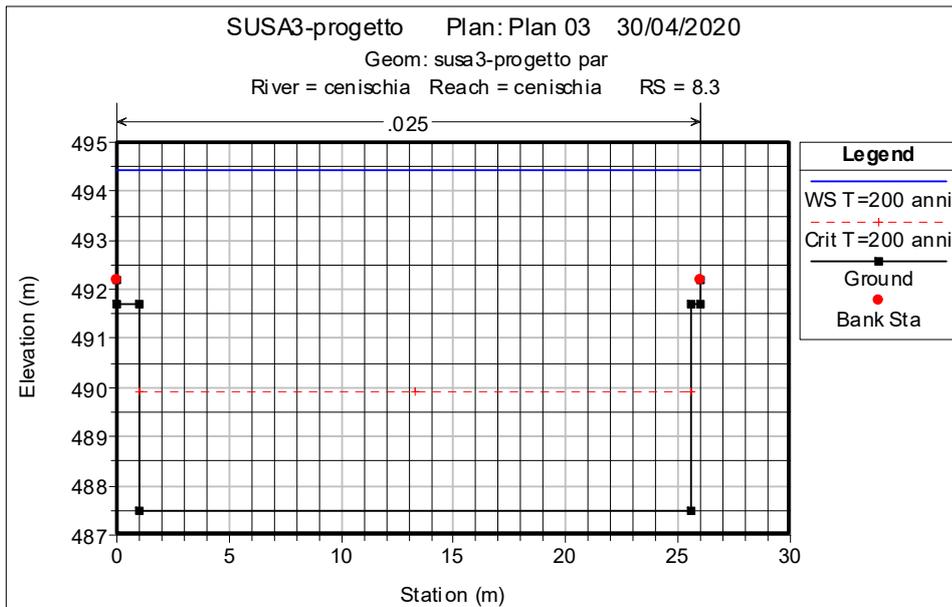


Figura 47: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni

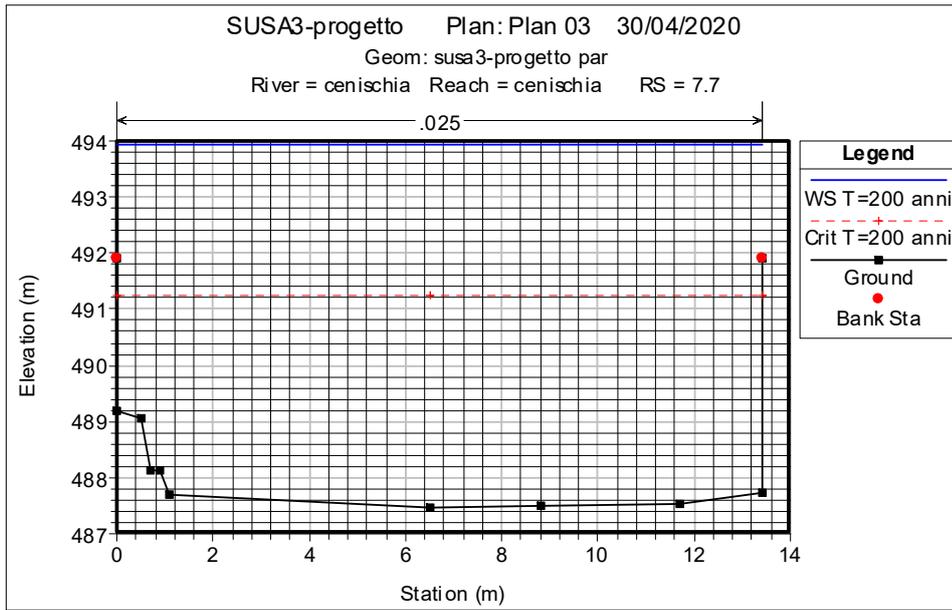


Figura 48: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni

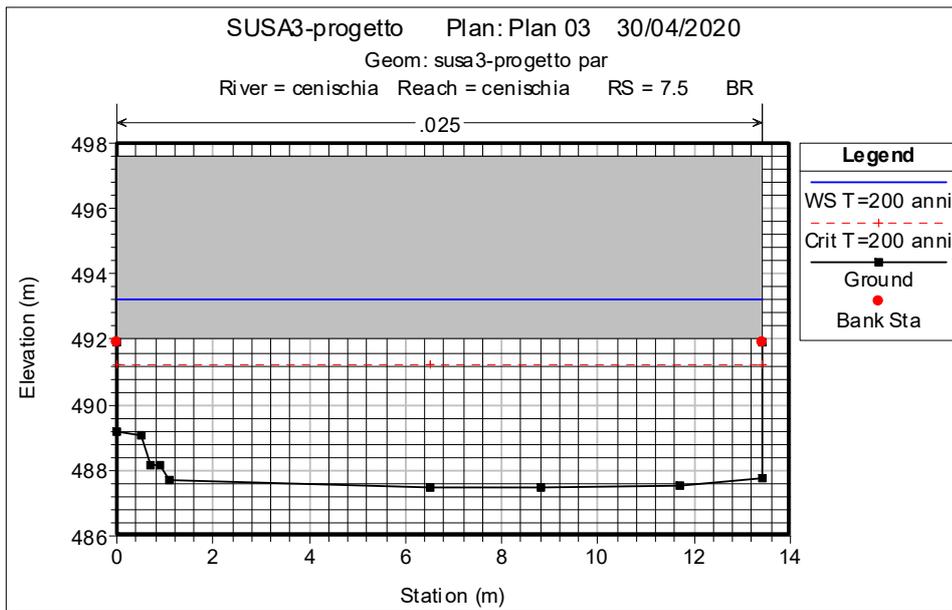


Figura 49: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni

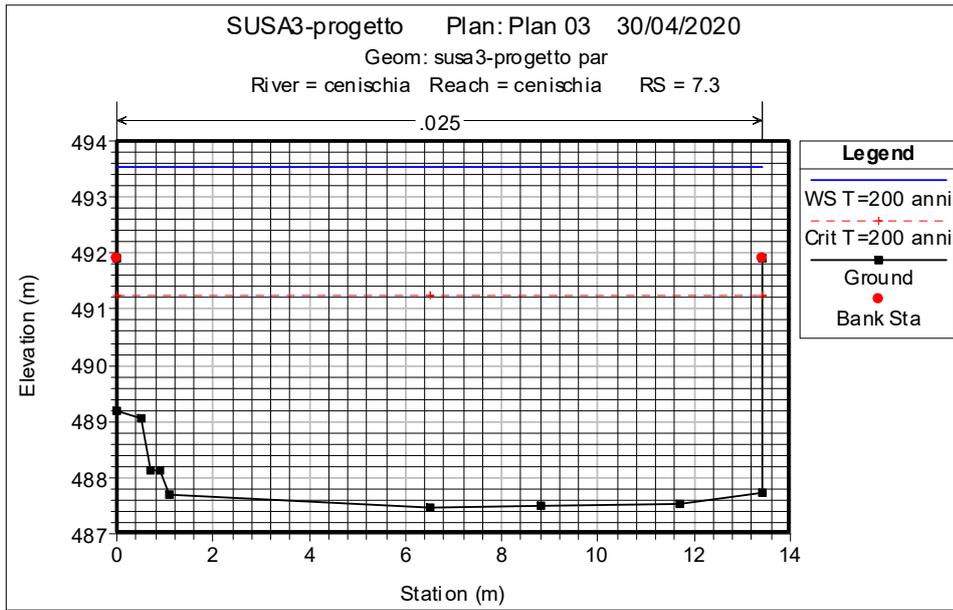


Figura 50: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni

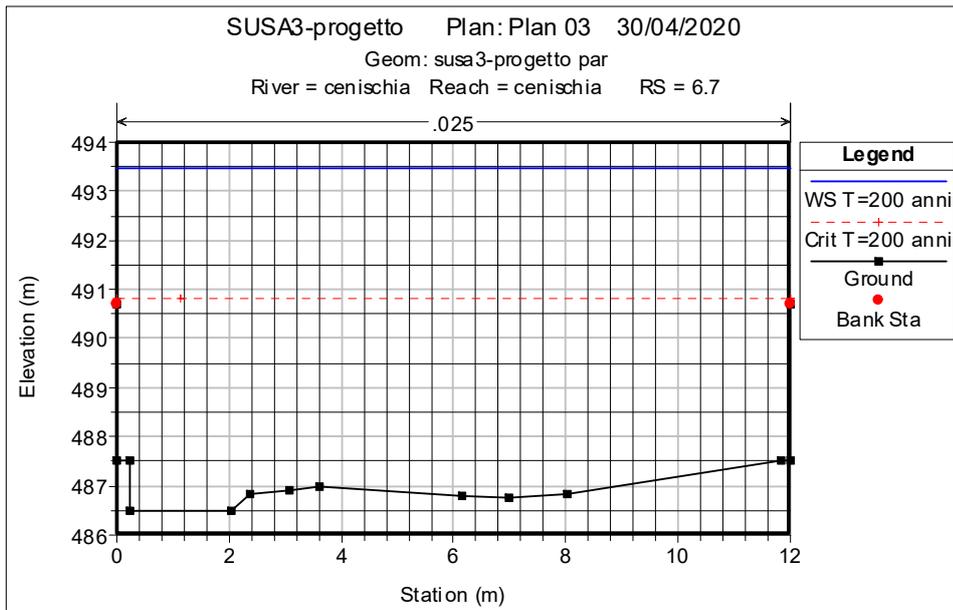


Figura 51: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni

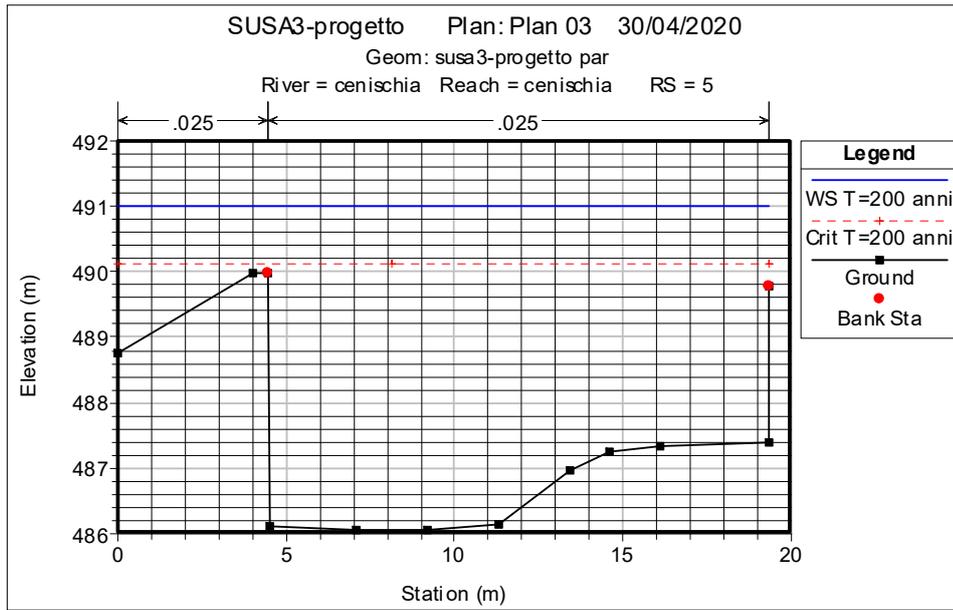


Figura 54: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni

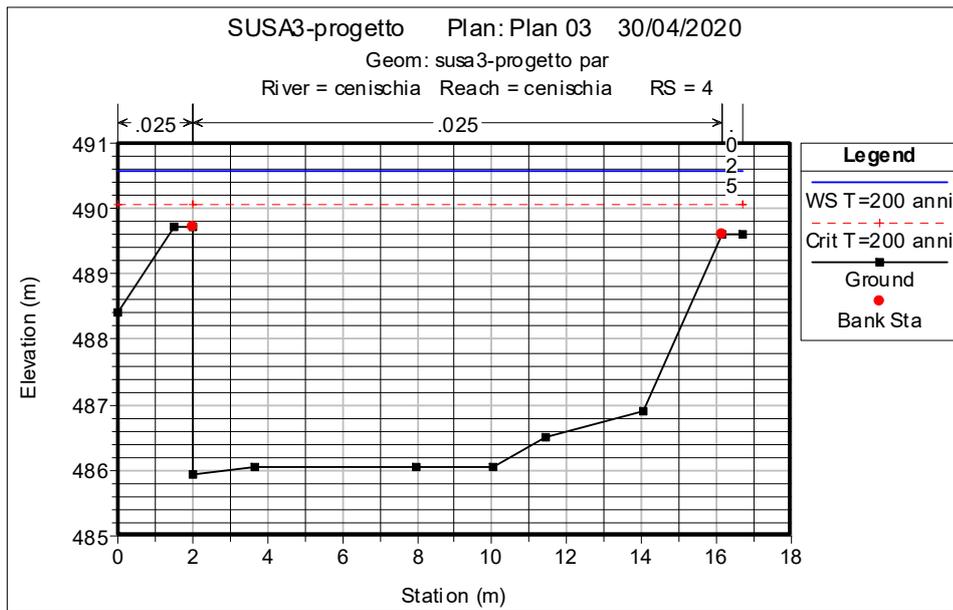


Figura 55: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni. Cautelativamente è stata considerata sulla parte destra della sezione la presenza di un deposito di materiale sciolto al di sopra della nuova platea in calcestruzzo, analogamente a quanto presente nello stato attuale.

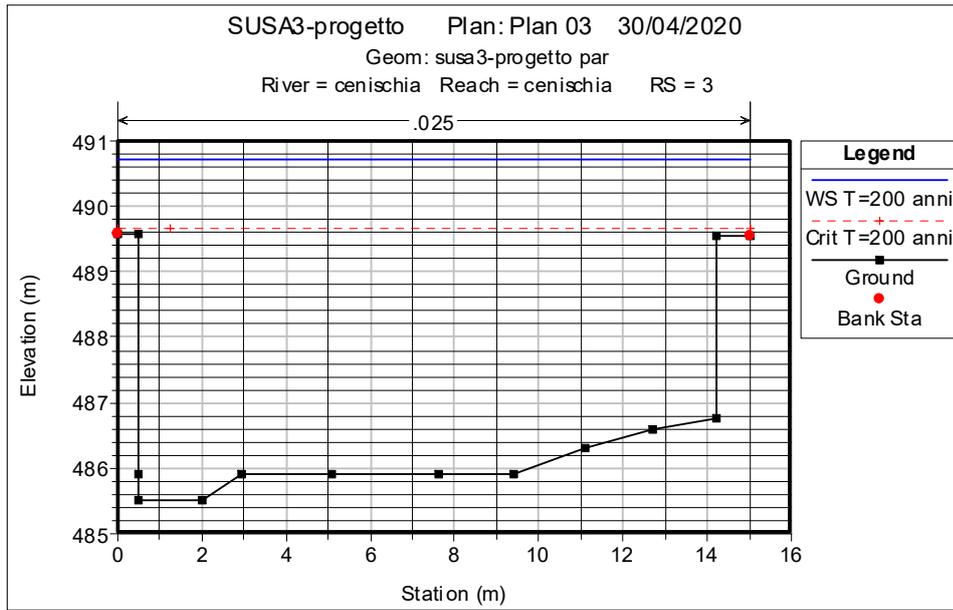


Figura 56: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni. Cautelativamente è stata considerata sulla parte destra della sezione la presenza di un deposito di materiale sciolto al di sopra della nuova platea in calcestruzzo, analogamente a quanto presente nello stato attuale.

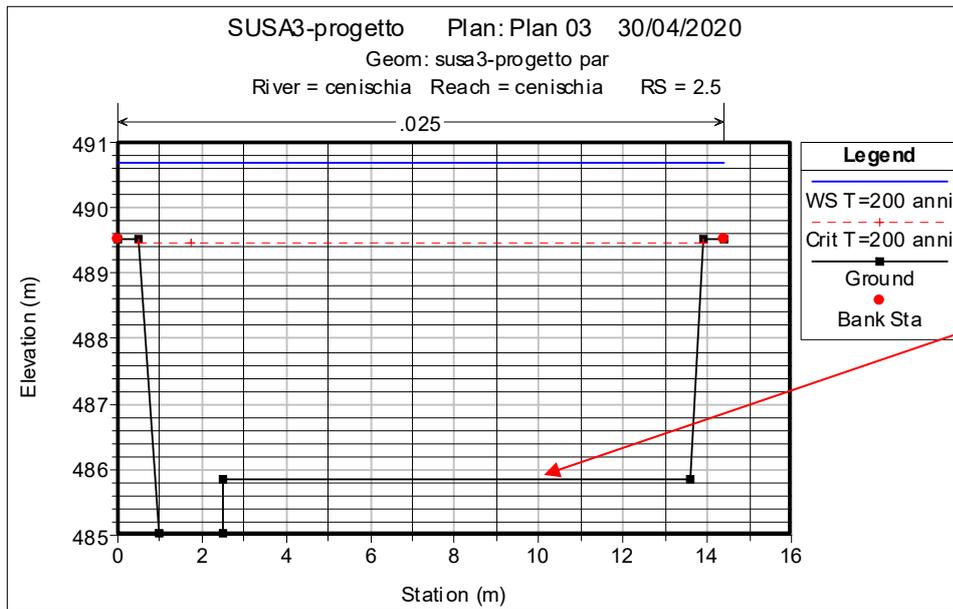
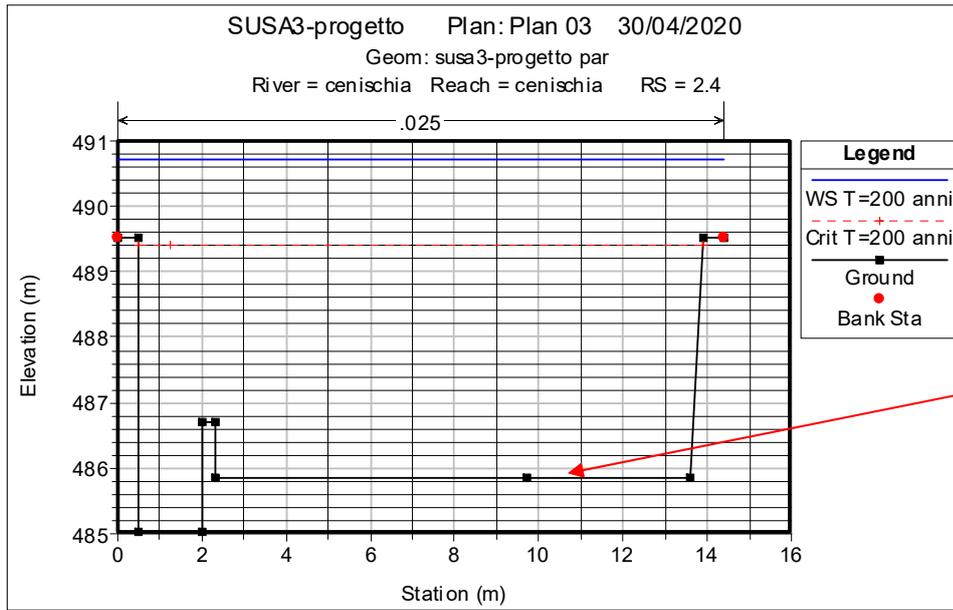
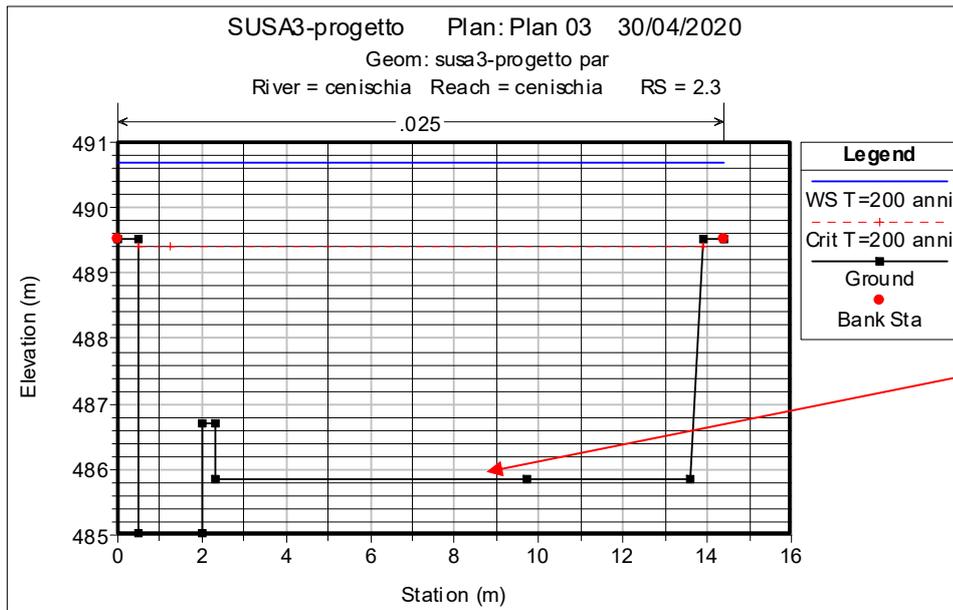


Figura 57: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni



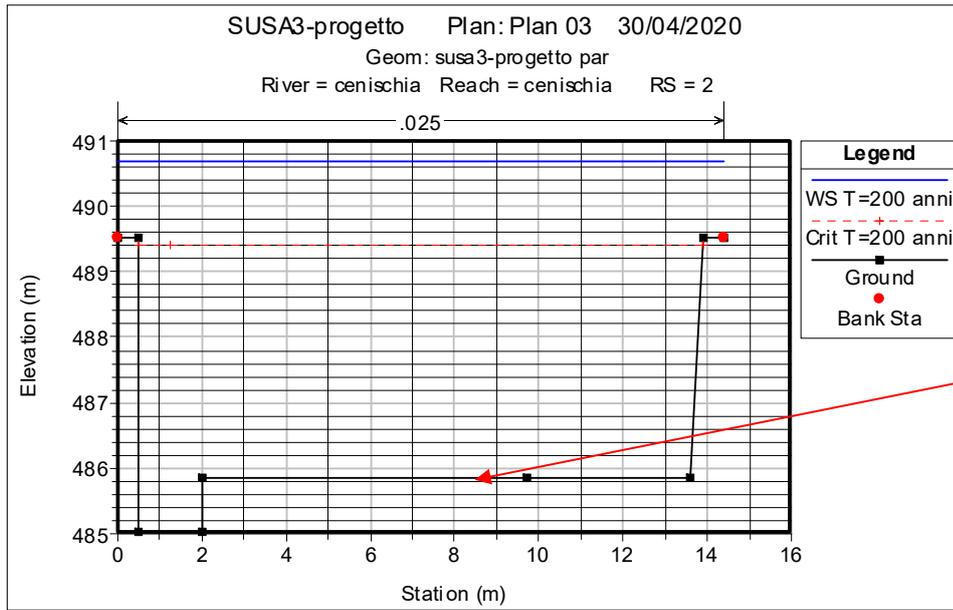
Basamento in calcestruzzo con appoggiato il gommone sgonfio

Figura 58: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni



Basamento in calcestruzzo con appoggiato il gommone sgonfio

Figura 59: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni



Basamento in calcestruzzo con appoggiato il gommone sgonfio

Figura 60: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni

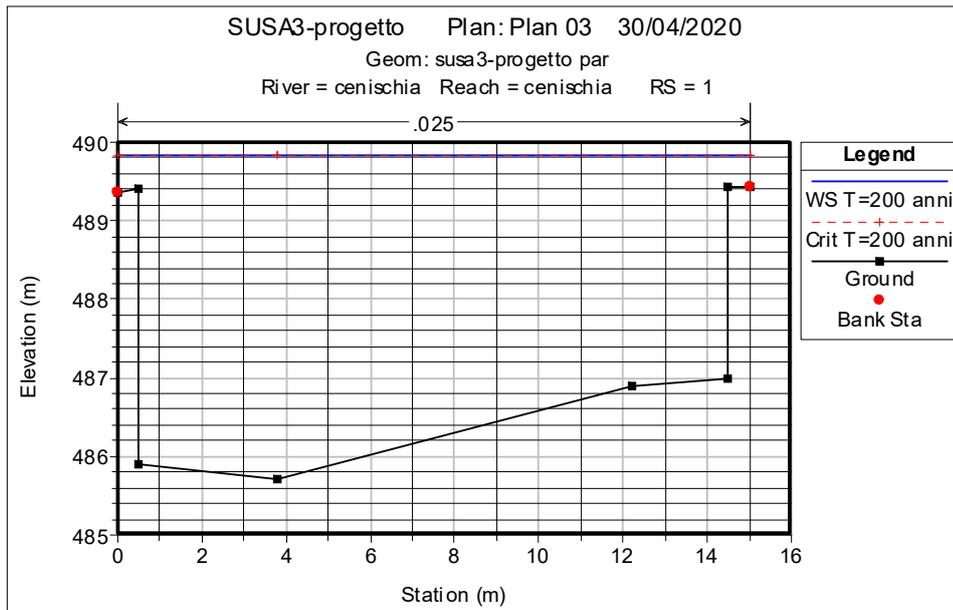


Figura 61: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni

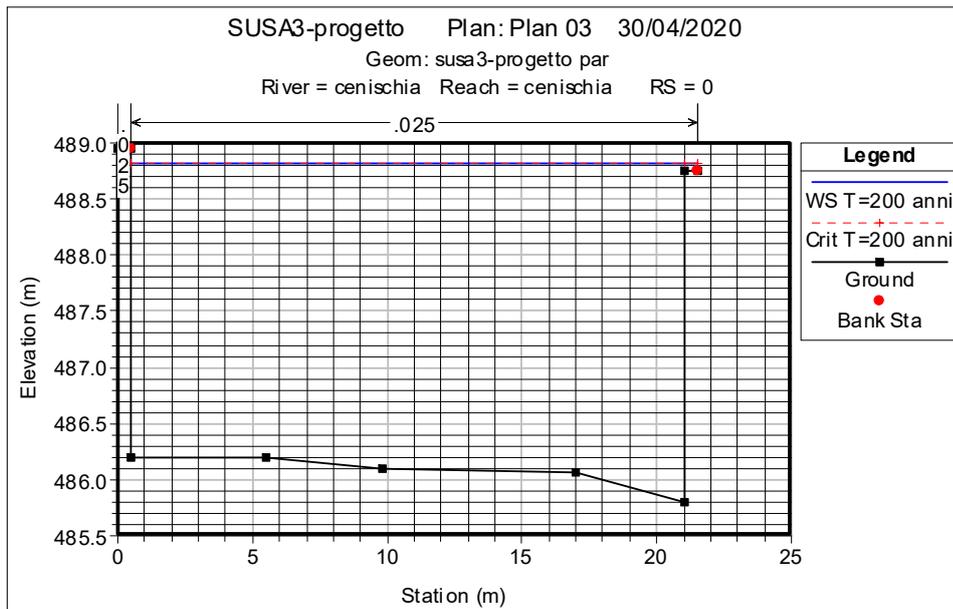


Figura 62: modello idraulico: stato progetto con portata tempo di ritorno 200 anni

9. COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEI MANUFATTI IN PROGETTO

Scopo della presente relazione è quello di verificare la compatibilità dal punto di vista idraulico delle opere da realizzare, in relazione alle loro eventuali interferenze con la propagazione delle piene di progetto e con le aree di dissesto presenti.

L'intervento proposto è finalizzato al miglioramento delle attuali condizioni di esercizio della derivazione dal torrente Cenischia. Allo stato attuale è presente un manufatto idraulico che trasferisce le portate in uscita dall'impianto idroelettrico sito a lato del ponte di corso Stati Uniti, fino al pozzetto di captazione collocato in sponda sinistra del torrente Cenischia appena a monte della confluenza nella Dora Riparia. L'intervento in progetto prevede la realizzazione di una nuova opera trasversale sul torrente Cenischia appena a monte della confluenza nella Dora, in modo da consentire la derivazione laterale delle acque nel pozzetto in sinistra idraulica, e permettere la demolizione dell'attuale manufatto in alveo di collegamento dalla centrale di monte.

La particolarità di questa nuova opera trasversale è quella di essere "completamente trasparente" al deflusso delle portate di piena in quanto realizzata mediante un dispositivo gonfiabile ancorato su un basamento in calcestruzzo collocato ad una quota inferiore a quella del fondo del corso d'acqua.

I calcoli idraulici per la definizione delle condizioni di deflusso sono stati condotti facendo riferimento alle caratteristiche fisiche del corso d'acqua nello stato attuale e nello stato di progetto. Di conseguenza sono stati introdotte le seguenti condizioni fisiche del corso d'acqua:

- Caso 1 - Stato attuale: condizione attuale.
- Caso 2 – Stato di progetto a seguito degli interventi in progetto.

Le portate di piena risultanti dall'analisi idrologica, calcolate utilizzando il metodo dell'Autorità di Bacino del fiume Po indicato nella "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) sono riassunte nella tabella di seguito.

Tempo di Ritorno	Portate di riferimento (Metodo Autorità di Bacino del Po)
20 anni	210 m ³ /s
100 anni	264 m ³ /s
200 anni	287 m ³ /s
500 anni	317 m ³ /s

Figura 63: Portate di progetto alla sezione di chiusura in esame sul torrente Cenischia.

Le portate sopra calcolate si ritengono cautelative, in quanto durante l'evento occorso nel novembre del 2000, avente un tempo di ritorno associabile a 200 anni, la portata registrata sul torrente Cenischia alla stazione del Servizio Meteo-idrografico del Piemonte collocata a Susa, a valle della centrale Enel (superficie bacino 137 km²), è risultata pari a 195 m³/s (come riportato nello studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po redatto dall'AdBPo).

Tali valori sono inoltre coerenti con quelli stimati nello studio idraulico finalizzato all' adeguamento del P.R.G.C. del comune di Susa alle disposizioni del PAI.

Confrontando i risultati ottenuti per lo stato attuale e per quello di progetto non si evidenzia alcuna modifica sull'involuppo dei profili di piena, che mantengono la stessa forma in tutte le situazioni.

Inoltre le variazioni dei livelli idrici corrispondenti alle varie portate di riferimento dovute alla presenza del dispositivo gonfiabile sono nulle in quanto la sua collocazione sarà al di sotto dell'attuale fondo alveo e l'abbassamento del medesimo avverrà automaticamente non appena verrà sormontato dall'acqua.

Nel tratto di monte invece si evidenzia un abbassamento del livello idrico variabile tra zero e 26 centimetri.

Tale miglioramento del deflusso rispetto alle condizioni di stato attuale è dovuta a due semplici fattori:

1. non si aumentano i livelli del fondo alveo in corrispondenza del dispositivo gonfiabile, in quanto durante gli eventi di piena il gommone e la paratoia sghiaiatrice a ventola vengono automaticamente e completamente abbassati, adagiandosi sul livello di un basamento realizzato al di sotto dell'attuale fondo alveo;
2. la demolizione del muretto di sponda destra del canale di derivazione collocato all'estremità sinistra dell'alveo del torrente Cenischia aumenta anche se limitatamente la sezione di deflusso.

Si riportano nella seguente tabella i risultati comparativi dei livelli di piena duecentennale nelle due condizioni considerate.

Ne consegue che la realizzazione degli interventi in progetto non comporterà modifiche peggiorative al deflusso di piena del Cenischia, non costituendone un significativo ostacolo e non modificandone i fenomeni idraulici naturali e la sua capacità di invaso, anzi determinerà un miglioramento del deflusso, in particolare in prossimità dei ponti presenti nel tratto di monte.

In merito all'assetto morfologico dell'alveo inciso e di piena, si precisa che l'intervento non andrà a modificare in alcun modo la geometria dell'alveo in termini planimetrici ed altimetrici né tantomeno andrà ad originare condizioni di deflusso in grado di innescare fenomeni erosivi rilevanti.

In merito agli impatti sulla componente vegetazionale, l'area interessata dagli interventi è interamente collocata in alveo e non sarà necessario il taglio di elementi arborei né arbustivi.

Gli interventi in progetto pertanto non determineranno impatti rilevanti sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.

Concludendo, poiché l'inserimento della struttura *non comporta alterazioni delle condizioni di rischio idraulico e rispetta tutti i criteri di compatibilità* precedentemente elencati, esso si può ritenere *coerente con l'assetto idrogeologico* del corso d'acqua.

Sezione modellazione	Livello piena 200 anni Stato attuale	Livello piena 200 anni Stato di progetto	Differenza livello progetto – attuale
9	494,62	494,40	- 0,22
8.7	494,67	494,46	- 0,21
8.3	494,65	494,44	- 0,21
7.7	494,19	493,93	- 0,26
7.3	493,76	493,52	- 0,24
6.7	493,69	493,47	- 0,22
6	490,85	490,80	- 0,05
5	491,22	491,02	- 0,20
4	490,76	490,58	- 0,18
3	490,78	490,73	- 0,05
2.5	490,82	490,70	- 0,12
2.4	490,82	490,71	- 0,11
2.3	490,80	490,70	- 0,10
2	490,80	490,70	- 0,10
1	490,01	489,84	- 0,17
0	488,82	488,82	0

Figura 64: Confronto dei livelli di piena con tempo di ritorno di 200 anni tra stato attuale e di progetto

OVADAPROGETTI s.a.s.

Ing. Sergio Colombo

Via Vittorio Veneto 11 - 15076 OVADA (AL)

Tel. (+39) 0143 81293 - Fax (+39) 0143 81293

E-mail: sergio.colombo@ovadaprogetti.it