

COMUNE DI BRESCIA - *Assessorato all'Urbanistica e Pianificazione per lo sviluppo sostenibile - Area Pianificazione urbana e Mobilità - Settore Urbanistica*

SINDACO

Dott. Emilio Del Bono

ASSESSORE

Prof. Ing. Michela Tiboni

DIRIGENTE

Arch. Gianpiero Ribolla

UFFICIO DI PIANO

Arch. Fabio Gavazzi

Arch. Laura Treccani

CONSULENTI

Dott. Geol. Davide Gasparetti

Dott. Geol. Gianantonio Quassoli

Ing. Giuseppe Rossi

ADEGUAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PGT AL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (P.G.R.A.) (D.G.R. 19 GIUGNO 2017 N. 9/6738)



**V.I.-ALALL
04L-01c**

**RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA
(SOLDA-CANALE-MANDOLOSSA)**

Scala

Data

GENNAIO 2018

Elaborazioni eseguite mediante l'uso di dati geografici ottenuti tramite rilievo LIDAR di proprietà del MATTM

SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE	3
2.	AMBITO TERRITORIALE.....	3
2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E IDROGRAFICO.....	3
2.2	INDIVIDUAZIONE E CARATTERISTICHE DEL TRONCO FLUVIALE OGGETTO DELLO STUDIO IDRAULICO	7
2.3	INDIVIDUAZIONE DELLE AREE ALLAGABILI OGGETTO DELLO STUDIO IDRAULICO.....	11
3.	ANALISI IDROLOGICA	14
3.1	CRITERI E METODO DI CALCOLO	14
3.2	INDIVIDUAZIONE DEI BACINI E DELLE SEZIONI DI CHIUSURA PER IL CALCOLO	17
3.3	APPLICAZIONE DEGLI IDROGRAMMI	20
3.4	PIOGGE DI RIFERIMENTO.....	22
3.5	DEPURAZIONE DALLE PERDITE IDROLOGICHE.....	31
3.6	ELABORAZIONI IDROLOGICHE	32
3.6.1	Bacino n°1 - torrente Solda - Sez. di chiusura N1	32
3.6.2	Bacino n°2 – t. Canale - Sez. di chiusura N2.....	35
3.6.3	Bacino n°3 – Torrente Vaila - Sez. di chiusura N3.....	38
3.6.4	Bacino n°4 – Torrente Gandovere - Sez. di chiusura N4.....	42
3.6.5	Bacino n°5 – Torrente Laorna - Sez. di chiusura N5	46
3.6.6	Somma e traslazione degli idrogrammi dei bacini n. 3, 4 e 5 (Vaila, Gandovere, Laorna).....	50
3.6.7	Bacino area urbana Bodutto di Gussago – Scarico nel T.Canale	54
3.6.8	Bacino area urbana dell'Oltremella di Brescia – Scarico nel T. Mandolossa a valle del ponte via Valcamonica	56
4.	STUDIO IDRAULICO.....	58
4.1.	PREMESSA	58
4.2.	MODELLO DI CALCOLO.....	59
4.3.	SCABREZZE E COEFFICIENTI DI EFFLUSSO	62
4.4.	CONDIZIONI AL CONTORNO. PORTATE DI PROGETTO E LORO APPLICAZIONE	62
4.5.	MODELLAZIONE IDRAULICA	65
4.6.	RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI RISULTATI.....	72
5.	ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ.....	73
6.	ZONAZIONE DEL RISCHIO	74
7.	SCHEMI GRAFICI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA - T. SOLDA - T. CANALE E R. MANDOLOSSA.....	75

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra l'analisi idrologica e lo studio idraulico compiuti nell'ambito territoriale del Comune di Brescia, interessato dalle possibili esondazione dei torrenti Solda e Canale a monte dell'origine della roggia Mandolossa, durante le piene, al fine di accertare il livello di pericolosità idraulica esistente nelle aree esondabili ed il rischio idraulico cui sono soggette le zone edificate.

L'analisi idrologica e lo studio idraulico sono svolti secondo il procedimento illustrato nella relazione di inquadramento metodologico (all. V.I.-Alall041-00). Nel seguito di questa relazione, si riportano gli sviluppi delle varie fasi degli studi, in forma sintetica e schematica, riassuntiva delle numerose e complesse elaborazioni eseguite.

2. AMBITO TERRITORIALE

2.1 Inquadramento territoriale e idrografico

Il presente studio riguarda la parte del territorio comunale di Brescia, Zona Ovest – Quartiere Villaggio Badia, (Rif. *Fig. 1 – Planimetria d'inquadramento*).

In questa località convergono a raggera alcuni corsi d'acqua a carattere torrentizio, provenienti dalla parte centrale dei rilievi collinari compresi fra il lago d'Iseo e la Valle Trompia, a quote massime attorno a 1000 msm. Dopo un percorso di alcuni chilometri nella pianura pedecollinare, in parte urbanizzata, detti corsi d'acqua danno origine alla roggia (o torrente) Mandolossa, presso l'omonima frazione del comune di Brescia, precisamente in corrispondenza del ponte d'attraversamento stradale di via Valcamonica (ex SS n.11).

La roggia Mandolossa, in questo luogo, riceve le acque dei torrenti Solda e Canale e del lungo canale di gronda costeggiante la SP BS 510 Sebina Orientale, denominato torrente Laorna (talvolta Gandovere), il quale drena una vasta area, prevalentemente montuosa e pedecollinare, nei territori dei comuni di Provaglio d'Iseo, Monticelli Brusati, Rodengo Saiano, Ome, Brione, Gussago, Cellatica e Brescia, tramite una complessa rete di torrenti e canali. Riceve inoltre, mediante alcuni scaricatori della rete di fognatura comunale, le acque meteoriche di una parte dell'area urbana dell'Oltremella di Brescia e della zona industriale del Bodutto, attigua al Villaggio Badia, nei comuni di Gussago e Cellatica. Terminano infine nella piana a Nord del Villaggio Badia, i fossi irrigui alimentati dalla roggia Uraga con le acque del fiume Mella.

Oltrepassato il ponte della ex SS n.11, la roggia prosegue verso Sud, in aperta campagna, lambisce ad Ovest l'abitato di Roncadelle ed infine sfocia nel fiume Mella nel Comune di Azzano

Mella. (Rif. Carta della rete idrografica e dei bacini - allegato V.I.-ALall041-02c).

In particolare, per quanto riguarda la presente trattazione, i corsi d'acqua del predetto sistema idrografico, le cui esondazione interessano direttamente le aree del comune di Brescia, sono: il torrente Solda ed il torrente Canale, il primo proveniente dal territorio di Cellatica ed il secondo da Gussago.

Questo ambito territoriale non è interessata dalla pianificazione di bacino. Comprende la zona edificata del Villaggio Badia di Brescia ed è individuato, nelle mappe del PGRA, come ambito interessato dalle possibili esondazione dei corsi d'acqua del Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM).

Figura n°2.1.1 - Planimetria d'inquadramento

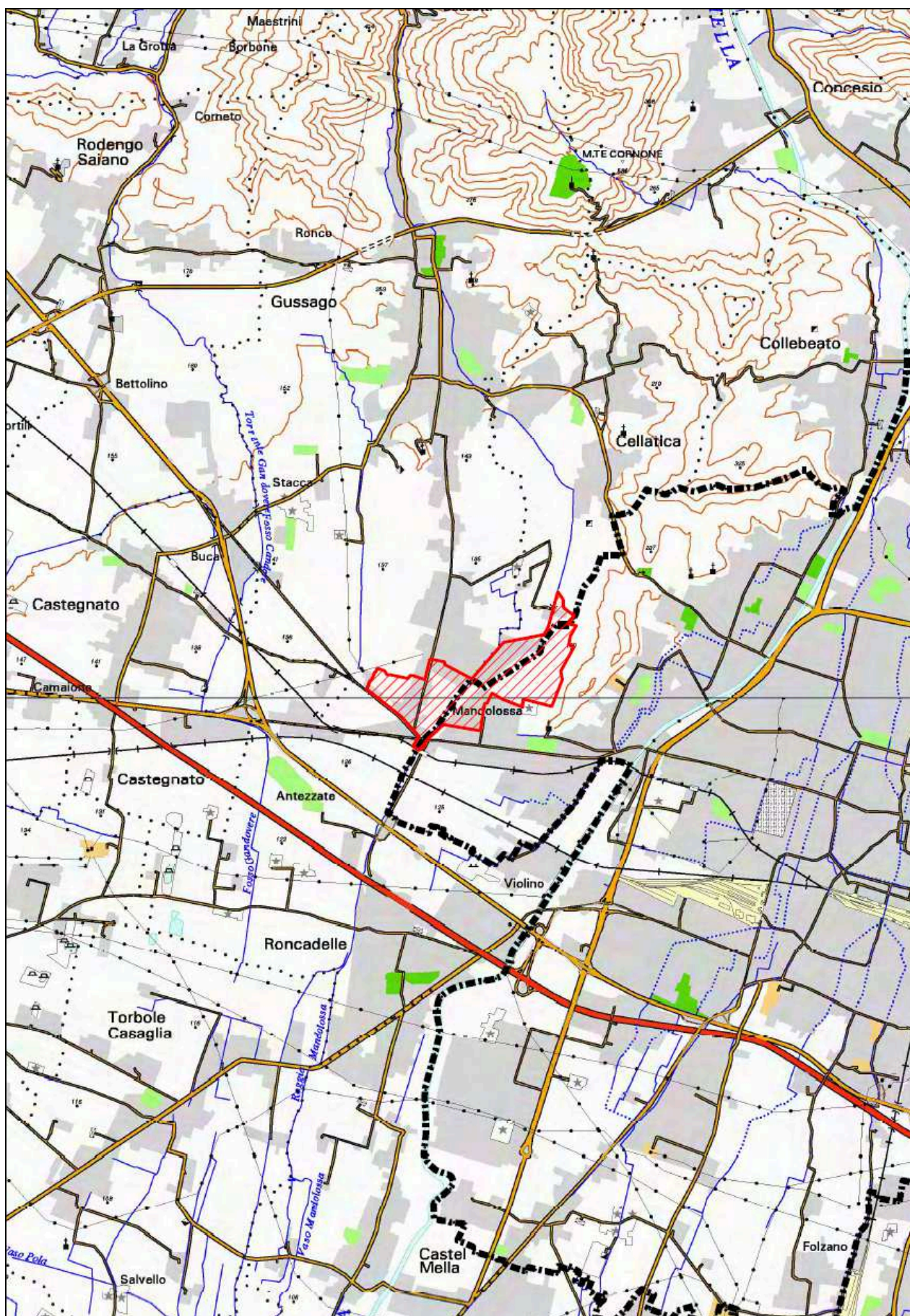
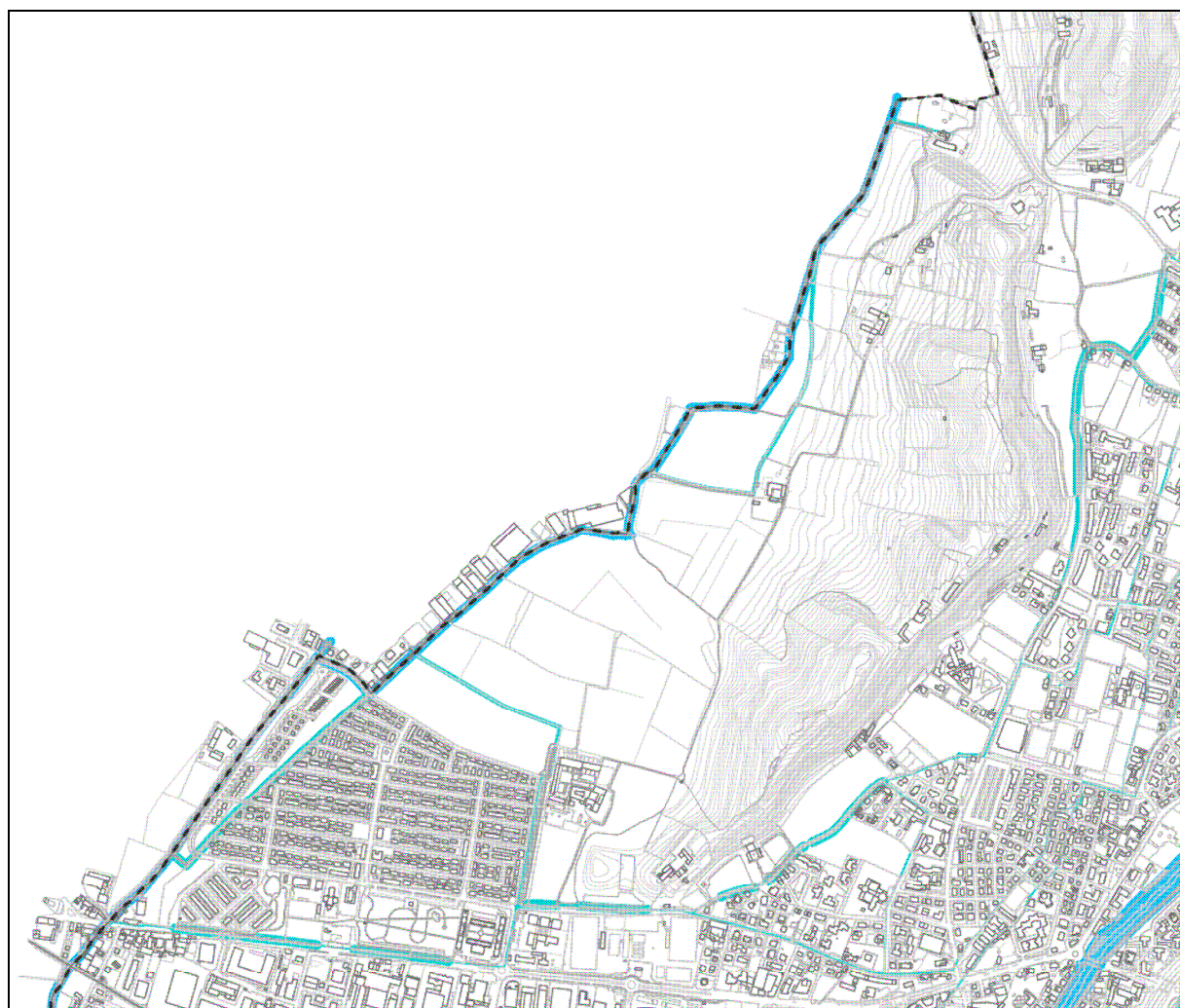
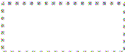
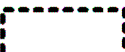
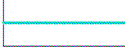

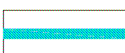


Figura n°2.1.2 - Stralcio carta rete idrografica locale - RIM Comune di Brescia



Legenda:

	Limite comunale
	Perimetro del centro antico
	Reticolo Idrico Principale - Fascia di rispetto 10 mt (Flume Mella, Garza, Mandolossa-Canale)
	Reticolo Idrico Minore - Fascia di rispetto 1 mt
	Reticolo Idrico Minore - Fascia di rispetto 4 mt
	Reticolo Idrico Minore - Fascia di rispetto 10 mt

2.2 Individuazione e caratteristiche del tronco fluviale oggetto dello studio idraulico

Come accennato nel paragrafo precedente, il luogo oggetto dello studio è direttamente interessato dai due corsi d'acqua confluenti del sistema idrografico della Roggia Mandolossa, che qui prende origine, denominati t. Solda e t. Canale, il primo proveniente dalle pendici collinari che attorniano Cellatica ed il secondo proveniente dalla valle che sovrasta a Nord l'abitato di Gussago. Il t. Canale, subito dopo il ponte di via Nicolò Tarraglia del Comune di Gussago, presso l'angolo Nord-Ovest dell'area urbana del Villaggio Badia, riceve da sinistra il t. Solda. Prosegue con alveo ampio in terra, arginato lungo la prima parte della sponda sinistra, confinante con l'area edificata e, dopo un percorso di circa 800 metri, raggiunge il ponte di via Valcamonica, ove si unisce al t. Laorna (Gandovere), confluyente dalla destra, dando origine alla roggia Mandolossa.

La roggia Mandolossa prosegue verso valle sottopassando la Ferrovia Brescia-Iseo, la Ferrovia Brescia-Milano, la Tangenziale Sud di Brescia e l'Autostrada A4. Delimita a ovest l'abitato di Roncadelle ed infine, con percorso in aperta campagna, confluisce in destra orografica nel f. Mella, poco dopo l'attraversamento della SP 19, in Comune di Azzano Mella.

Al fine di tener conto, nel calcolo dei profili idraulici delle piene, dell'effetto di tutte le portate convogliate al nodo della Mandolossa dai vari corsi d'acqua della rete idrografica, la modellazione idraulica 1D inizia dal t. Solda, 1560 metri a monte della confluenza nel t. Canale, prosegue lungo il t. Canale fino al ponte di via Valcamonica, ove si unisce al t. Laorna (Gandovere) dando origine alla roggia Mandolossa. Continua infine lungo la Mandolossa, con un percorso di 190 metri, fino al ponte della Ferrovia Brescia-Iseo, in modo che, eventuali imprecisioni sulla valutazione delle condizioni al contorno di valle, non abbiano pratico effetto sui profili idraulici lungo i tratti fluviali d'interesse per il presente studio.

Nel seguito si illustrano le principali caratteristiche dei corsi d'acqua interessati dallo studio idraulico.

Torrente Solda

Il torrente Solda si origina dai versanti sud e ovest del sistema collinare che separa Cellatica da Collebeato e Brescia. L'asta principale, alla chiusura della Badia, è lunga circa 7 km ed il bacino imbrifero sotteso misura circa 6 km². Inizialmente denominato Torrente Ugolo, dopo aver attraversato gli abitati di Cellatica e della Fantasia e ricevuto le acque del torrente Valle, raggiunge il Villaggio Badia all'estremo nord ovest, presso il ponte di Via del Santellone

Il tronco fluviale considerato inizia ove le mappe del PGRA evidenziano l'inizio dell'esondazione delle acque dall'alveo verso le aree del comune di Brescia.

Nella prima parte, il corso d'acqua è un canale artificiale monocursale in terra a cielo libero, in aperta campagna, caratterizzato da tratti rettilinei raccordati da curve a gomito. Le sezioni presentano ampiezza pressoché uniforme con arginelli di modesta altezza rispetto al piano campagna e superfici naturali vegetate.

Dopo un percorso di circa 500 metri e fino al ponte di via del Santellone, l'area attigua alla sponda destra, nel territorio comunale di Cellatica, è interamente occupata dalla zona artigianale, densamente edificata senza soluzione di continuità. In sinistra, invece, nel territorio del comune di Brescia, la regione fluviale è una vasta pianura di terreni agricoli, compresa fra il corso del torrente ed il piede della collina a est. Il corso d'acqua è ancora un fossato inciso nel terreno con fondo e sponde allo stato naturale, arginato in destra dai muri di recinzione degli stabilimenti industriali. In sinistra, verso l'area agricola, l'alveo presenta un modesto arginello tracimabile, fino alla sezione n. 1298,00, circa 140 metri a monte del ponte di via del Santellone, lungo i quali l'argine è maggiormente consistente ed alto sul p.c., a seguito delle sistemazioni idrauliche eseguite nel 1999.

In quell'anno, infatti, preliminarmente all'urbanizzazione nell'ex PdZ A/11 - Badia Comparto Ovest, con la quale l'area urbana del Villaggio Badia fu ampliata verso ovest fino al limite del corso del t. Canale, furono eseguite, in questo luogo, opere di sistemazione idraulica del t. Solda, e di regolazione e controllo dell'allagamento del terreno agricolo confinante a nord con via del Santellone, allo scopo di laminare i colmi di piena del t. Solda, prima dell'unione con il t. Canale.

Le opere eseguite furono:

- il sopralzo ed il consolidamento dell'argine della sponda sinistra del t. Solda per un tratto di circa 120 metri a monte del ponte di via del Santellone e la prosecuzione dell'argine lungo il lato nord della predetta via, fino a raccordarsi in quota al piano del terreno naturale;
- la realizzazione dei manufatti idraulici per la regolazione dell'immissione delle acque nell'area di allagamento e per la successiva restituzione al corso d'acqua;
- il rifacimento del ponte stradale di via del Santellone sul t. Solda;
- il risezionamento del t. Solda fino alla confluenza nel t. Canale, a fianco di via Del Santellone.

Contestualmente, nell'ambito del predetto intervento, vennero realizzate opere di manutenzione straordinaria del t. Canale, a valle della confluenza del Solda, con il risezionamento dell'alveo, e di pavimentazione del t. Mandolossa per un tratto a valle del ponte di via Valcamonica, per aumentare la capacità di deflusso dell'alveo.

Subito dopo il ponte di via del Santellone, il t. Solda piega bruscamente a destra, con una stretta curva ad angolo retto, per confluire, dopo un percorso di circa 160 metri, in leggera curva, nel torrente Canale. Il vaso è ancora in terra, con sponde naturali inerbite.

Torrente Canale

Dalle origini, in Comune di Brione, con direzione Sud percorre la Valle del Cris e raggiunge Gussago. Attraversa questo centro abitato e successivamente sbocca nella pianura della Fantasina.

Da qui segue la strada che porta alla Mandolossa, secondo un percorso parallelo all'andamento del Torrente Solda, all'interno della zona artigianale del villaggio Bodutto. Presso l'angolo nord-ovest dell'area urbana del Villaggio Badia, subito dopo il ponte di via N. Tartaglia del comune di Gussago, riceve da sinistra il t. Solda.

Da quest'ultimo punto inizia la modellazione idraulica 1D lungo il t. Canale, in prosecuzione della modellazione lungo il precedente t. Solda, fino al ponte di via Valcamonica, dopo un percorso di 825 m.

Lungo il tratto, il corso d'acqua è un ampio fossato in terra, con fondo e sponde in terra ricoperte dalla vegetazione erbacea ed arbustiva. Lungo il fronte dell'area urbanizzata del Villaggio Badia del comune di Brescia, in sponda sinistra, l'alveo è arginato a quota nettamente superiore rispetto al ciglio della sponda opposta, verso l'area pianeggiante solo localmente edificata.

Raggiunto il ponte di via Valcamonica si unisce al t. Laorna (Gandovere) proveniente da sinistra, e, sottopassato il ponte, il corso d'acqua prosegue verso sud con la denominazione di roggia (o torrente) Mandolossa

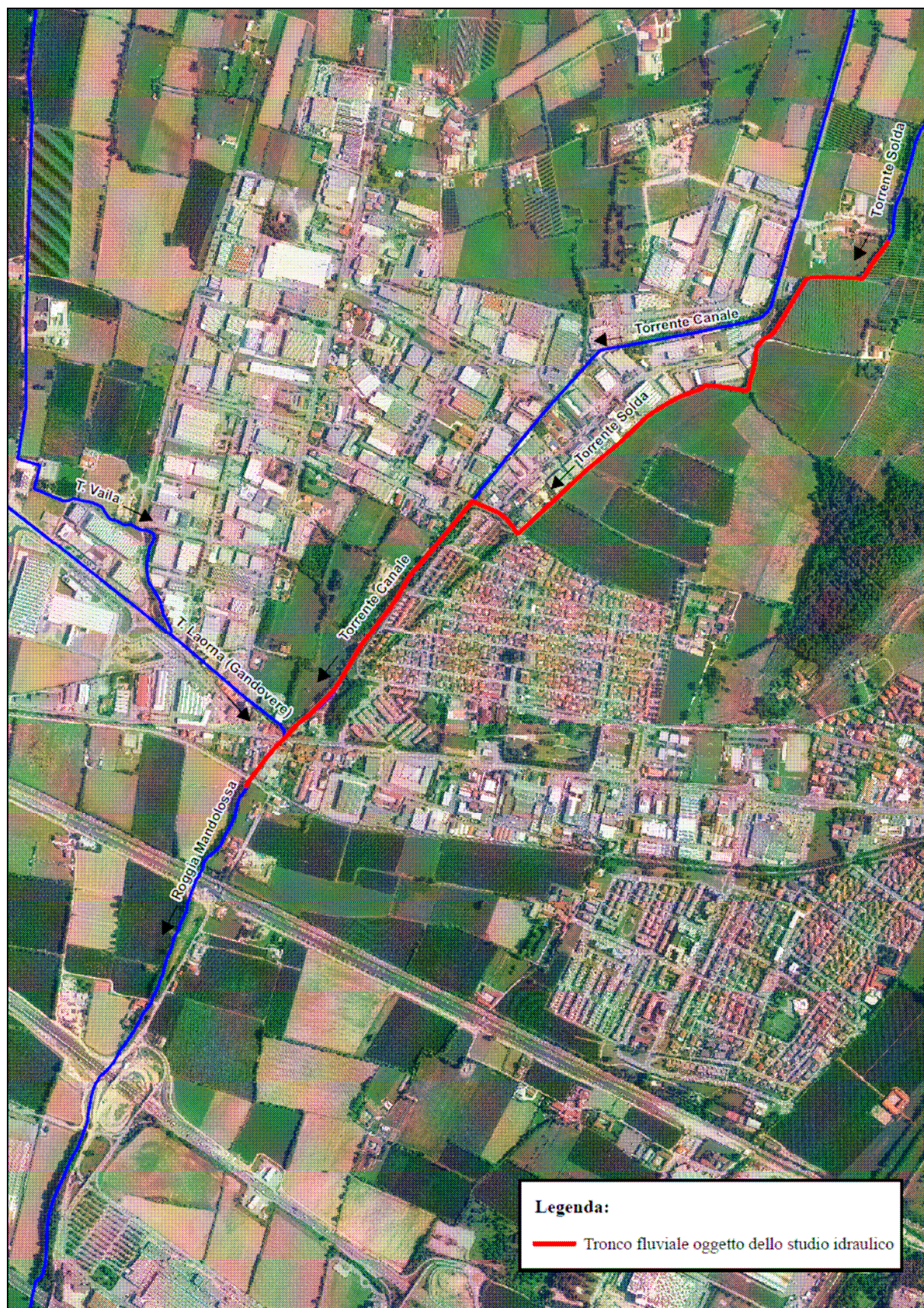
Roggia Mandolosa

La modellazione 1D continua lungo il seguente corso della roggia Mandolossa, dopo la confluenza, dalla destra, del t. Laorna (Gandovere) e dopo il ponte di via Valcamonica, fino oltre il ponte della ferrovia Brescia-Iseo, con un percorso di 163 m.

Dopo il ponte, il canale è ampio e capiente, con fondo rivestito da un selciato in pietrame e cemento, contenuto dalle pareti in muratura degli edifici costruiti alle sponde.

Complessivamente, il tronco fluviale, lungo il quale è stato condotto lo studio idraulico, composto in successione dai tratti finali inizialmente del t. Solda e poi del t. Canale, e dal tratto iniziale della roggia Mandolossa, misura 2551 m.

Figura n°2.2.1 - Schema della rete idrografica – individuazione del tronco fluviale oggetto della modellazione idraulica



2.3 Individuazione delle aree allagabili oggetto dello studio idraulico

Il territorio interessato dalle esondazione dei torrenti Solda e Canale, lungo il tronco in oggetto, è suddiviso in n. 3 aree di allagamento collegate all'asta fluviale, delle quali la n. 2, relativa alla regione fluviale in sponda destra del t. Solda e del t. Canale, è fisicamente indipendente nei riguardi dei fenomeni di scorrimento superficiale e di espansione delle acque esondate dalle altre due aree, n. 1 e n. 3, in sinistra.

Le aree allagabili, considerate nel calcolo idraulico, sono quelle relative allo scenario di pericolosità poco frequente (P2/M) per la piena di riferimento con TR 100 anni, secondo la delimitazione del PGRA.

All'area di allagamento n. 1, in sponda sinistra del t. Solda, rispetto alla mappatura del PGRA è stata aggiunta l'area di terreno naturale a destinazione agricola situata accanto alla sponda del torrente ed in adiacenza a via del Santellone, verso nord, inspiegabilmente esclusa dalla predetta mappatura, poiché risulta effettivamente allagabile, sia per propria posizione e morfologia, sia anche per effetto delle opere idrauliche del 1999, precedentemente descritte, che hanno conferito a tale area proprio la funzione d'invaso dei colmi di piena del torrente.

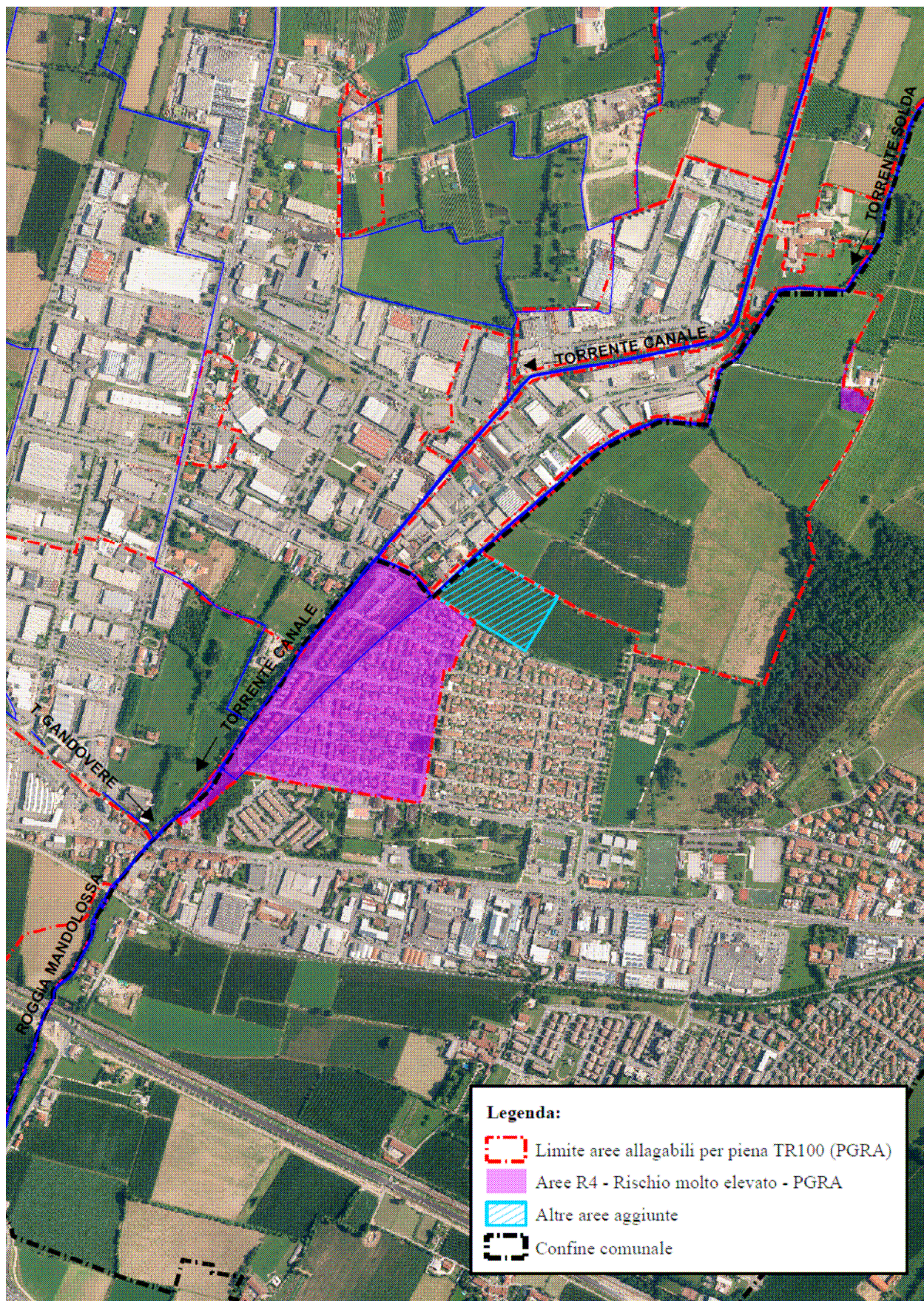
L'area di allagamento n. 2 interessa tutta la fascia di territorio compresa inizialmente fra il corso dei torrenti Solda e Canale, occupata dalla zona artigianale di Cellatica, potenzialmente allagata dal Solda, dalle esondazione lungo il tratto precedente la serie ininterrotta dei muri di recinzione degli stabilimenti. L'area si estende verso valle, senza soluzione di continuità, nel territorio del comune di Gussago, in destra del t. Canale, fino al ponte di via Valcamonica.

L'area di allagamento n. 3 interessa l'area urbana del Villaggio Badia di Brescia. Questa area, nel modello geometrico, è collegata sia al t. Canale, lungo la sponda del corso d'acqua, sia all'area di allagamento n. 1 soprastante, lungo via del Santellone, al fine di consentire al programma di calcolare l'eventuale flusso delle acque esondate che dovesse sormontare ed attraversare la strada.

Figura n°2.3.1 - Planimetria di individuazione delle aree allagabili oggetto dello studio idraulico - torrente Solda, torrente Canale e roggia Mandolossa



Figura n°2.3.2 - Planimetria di individuazione delle aree oggetto dello studio idraulico - torrente Solda, torrente Canale e roggia Mandolossa



3. ANALISI IDROLOGICA

3.1 Criteri e metodo di calcolo

Criteri

Questi corsi d'acqua appartengono al Reticolo secondario collinare e montano (RSCM), per i quali sono delimitate nella cartografia del PGRA le aree di allagamento, sulla base dello “*Studio idrogeologico ed idraulico a scala di sottobacino idrografico dei torrenti Solda, Canale, Livorna, Gandovere e Mandolossa*”, redatto nel 2014 (Prof. Ing. B. Bacchi et al.) per conto dei comuni interessati.

Detto studio, tuttavia, non contiene i dati relativi agli idrogrammi delle piene di riferimento ed ai corrispondenti profili idraulici rappresentativi dello stato attuale della rete idrografica, necessari per l'applicazione nel procedimento di calcolo al moto vario.

Il calcolo idrologico a scala di sottobacino è stato pertanto rifatto ex novo, al fine di determinare gli idrogrammi della piena di riferimento, relativa al tempo di ritorno di 100 anni, per la modellazione al moto vario, nell'ambito territoriale del Comune di Brescia.

Al fine di applicare nel calcolo idraulico dati idrologici d'ingresso determinati con un procedimento di stima il più possibile rappresentativo della reale situazione di fatto, per ciascuna confluenza puntuale esistente lungo il tronco fluviale allo studio, e cioè per: il t. Solda, il t. Canale e il t. Laorna (Gandovere), si sono calcolati in primo luogo, con un metodo di trasformazione afflussi-deflussi, gli idrogrammi relativi alle chiusure dei rispettivi bacini collinari e montani, a monte delle aree di pianura nelle quali le mappe del PGRA individuano aree esondabili, per effetto delle tracimazioni dei predetti torrenti.

Gli idrogrammi delle piene di progetto sono calcolati con riferimento a ietogrammi costanti ed uniformemente distribuiti sull'intero bacino, con tempo di ritorno di 100 anni (TR100) e di durata pari al tempo di corrivazione.

Successivamente si è valutata la portata massima possibile di ciascun corso d'acqua, a monte del punto di immissione nel tronco fluviale oggetto della modellazione idraulica.

Gli idrogrammi delle piene di progetto si ottengono dagli idrogrammi ottenuti dal calcolo idrologico limitando le portate massime al valore massimo della capacità degli alvei.

Stesso procedimento è stato utilizzato per l'immissione delle reti fognarie di Gussago (loc. Bodutto) e di Brescia (Oltremella), tenendo conto della massima portata delle dorsali di fognatura, in condizioni di confluenza rigurgitata.

MetodoBacini naturali

Per i corsi d'acqua della rete idrografica superficiale all'oggetto si procede al calcolo ed alla definizione degli idrogrammi di piena, in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei bacini tributari, mediante un modello matematico afflussi-deflussi, sulla base della serie dei dati pluviometrici disponibili e significativi.

L'algoritmo utilizzato per la trasformazione delle piogge in deflussi, è il modello cinematico di corrivazione, secondo il quale gli idrogrammi di piena, conseguenti agli eventi piovosi di riferimento, vengono calcolati integrando l'Idrogramma unitario istantaneo (IUH) con gli ietogrammi corrispondenti alle diverse piogge considerate.

Il modello matematico utilizzato contiene numerosi parametri e coefficienti, la cui esatta determinazione richiede l'elaborazione e la correlazione dei valori delle portate e delle piogge che hanno generato le stesse, in funzione del tempo, almeno di un evento reale verificatosi.

In mancanza di questi dati statistici, si ricorre alla stima dei parametri del modello, con procedimenti e metodi basati sulle caratteristiche geomorfologiche del bacino.

Il modello di corrivazione schematizza il bacino come un insieme di canali lineari per i quali valgono le seguenti ipotesi:

- la formazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- il percorso di ogni singola goccia d'acqua, dal punto in cui essa cade alla sezione di chiusura, rimane immutato nel corso dell'evento;
- il movimento di ogni singola goccia d'acqua non è influenzato dalla presenza delle altre gocce;
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle varie aree del bacino, che si presentano nello stesso istante nella sezione di chiusura.

L'idrogramma unitario istantaneo (IUH), in questo caso, assume, per il generico bacino, la forma rappresentata dalla seguente relazione differenziale:

$$h(t) = \frac{1}{S} \frac{dS}{dt} \quad \text{per } t \leq t_c$$

nella quale il tempo di corrivazione t , corrispondente alla superficie S , è definito semplicemente "tempo di corrivazione del bacino" (t_c).

Il rapporto ds/dt è la derivata della curva aree/tempi di corrivazione che pertanto deve essere costruita.

Particolare cura si è posta alla costruzione della predetta curva, che nel modello rappresenta e schematizza le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

Il tempo di corrivazione dell'intero bacino, rispetto alla chiusura considerata, è determinato applicando le formule di Giandotti.

Si è quindi trasformata la curva ipsografica nella corrispondente curva aree/tempi di corrivazione, suddividendo l'ordinata del primo grafico in tanti intervalli quanti risultano dal rapporto $t_c/5$ minuti, essendo 5 minuti il tempo di discretizzazione preso a base dei calcoli.

Bacini urbani

Per i bacini urbani, il calcolo degli idrogrammi di piena, sempre riferito ad eventi piovosi con tempo di ritorno di 100 anni, è eseguito mediante il modello idrologico dell'unico invaso lineare, secondo il quale il bacino è schematizzato come un serbatoio, con legame lineare fra il volume invasato e la portata uscente.

L'idrogramma unitario istantaneo (IUH) del modello, in questo caso, è espresso dalla seguente equazione

$$h(t) = \frac{1}{k} \cdot e^{-\frac{t}{k}}$$

dove k è il parametro del modello, il quale rappresenta il legame di proporzionalità fra il volume W invasato nel bacino e la portata uscente Q , determinato in base alle caratteristiche del bacino e della rete fognaria della quale si è calcolata, con buona approssimazione, la capacità d'invaso.

$$k = \frac{W}{Q}$$

3.2 Individuazione dei bacini e delle sezioni di chiusura per il calcolo

La rete idrografica del bacino all'esame è composta dall'insieme dei corsi d'acqua di drenaggio dei singoli sottobacini confluenti: torrente Laorna, torrente Gandovere, torrente Vaila, torrente Canale, torrente Solda e dalle immissioni delle fognature di Gussago e Brescia, come rappresentato nella seguente figura n. 3.2.1 – Schema bacini e sezioni di chiusura e nell'allegato V.I.-Alall041-02c.

Torrente Solda – Bacino n. 1

Si origina dai versanti sud e ovest del sistema collinare che separa Cellatica da Collebeato e Brescia.

Inizialmente denominato torrente Ugolo, dopo aver attraversato gli abitati di Cellatica e della Fantasina, ove riceve il t. Valle, raggiunge il Villaggio Badia all'estremo nord-ovest, presso il ponte di via del Santellone, poco oltre il quale confluisce nel torrente Canale.

La sezione di chiusura del bacino (N1) è localizzata in località Fantasia, al confine fra Cellatica e Brescia. L'asta principale, alla chiusura, misura circa 4,62 Km ed il bacino imbrifero sotteso misura circa 4,86 Km².

La portata massima del corso d'acqua, al limite della propria capacità, lungo il tratto precedente l'inizio del tronco fluviale oggetto della modellazione idraulica, è valutato in 10,00 m³/s.

Torrente Canale – Bacino n. 2

Dalle origini, in comune di Brione, con direzione sud percorre la valle del Cris e raggiunge Gussago. Attraversa questo centro abitato e successivamente sbocca nella pianura della Fantasina.

Da qui segue la strada che porta alla Mandolossa, secondo un percorso parallelo all'andamento del torrente Solda, fino ad unirsi con questo nell'angolo nord-ovest dell'area di recente urbanizzazione a lato del Villaggio Badia.

La sezione di chiusura del bacino (N2) è localizzata in comune di Cellatica, all'inizio dell'ampia zona pianeggiante esondabile. L'asta principale, alla chiusura, misura circa 7,76 Km ed il bacino imbrifero sotteso misura circa 13,74 Km².

La portata massima del corso d'acqua, al limite della propria capacità, lungo il tratto precedente l'inizio del tronco fluviale oggetto della modellazione idraulica, è valutato in 15,00 m³/s.

Torrente Vaila – Bacino n. 3

Si origina dalla località Ronco di Gussago e dopo aver attraversato le zone di recente espansione degli insediamenti produttivi della Mandolossa confluisce nel torrente Laorna (Gandovere), circa 400 metri a monte dell'unione con la roggia Mandolossa, al ponte della ex S.S. n.510.

La sezione di chiusura del bacino (N3) è localizzata in comune di Gussago, alla confluenza nel t. Laorna. L'asta principale, alla chiusura, misura circa 6,34 Km ed il bacino imbrifero sotteso misura circa 7,50 Km².

La portata massima del corso d'acqua, al limite della propria capacità, lungo il tratto precedente l'inizio del tronco fluviale oggetto della modellazione idraulica, è valutato in 10,00 m³/s.

Torrente Gandovere – Bacino n. 4

Il torrente Gandovere riceve le acque della zona montuosa dei comuni di Monticelli Brusati, Brione e Ome.

Alla stretta morfologica in località Santa del Ponte di Ome si trova la confluenza delle due valli secondarie, le quali sottendono l'intero bacino montano superiore in parti uguali: dalla destra proviene la valle Delma e dalla sinistra il torrente Gandovere superiore.

Da questo punto il torrente, dopo un percorso di circa 2 chilometri, raggiunge l'abitato di Rodengo Saiano, oltre il quale scorre nella zona pianeggiante delle Moie fino alla confluenza con il Torrente Laorna, al nodo idraulico presso Castegnato.

La sezione di chiusura del bacino (N4) è localizzata al confine fra i comuni di Rodengo Saiano, Castegnato e Gussago, in corrispondenza del nodo idraulico di Castegnato, all'unione con il t. Laorna. L'asta principale, alla chiusura, misura circa 14,66 Km ed il bacino imbrifero sotteso misura circa 32,33 Km².

La portata massima del corso d'acqua, al limite della propria capacità, lungo il tratto precedente l'inizio del tronco fluviale oggetto della modellazione idraulica, è valutato in 50,00 m³/s.

Torrente Laorna – Bacino n. 5

Si tratta di un fossato della lunghezza di oltre 9,5 chilometri, corrente per l'intero suo percorso a fianco della ex S.S. n.510, in lato Nord, dalla località Bettole di Camignone alla Mandolossa.

All'inizio riceve le acque del torrente valle di Ri, proveniente dalla zona collinare soprastante Provezze.

Lungo il percorso il bacino contribuente è costituito dalla fascia di territorio pedecollinare in lato Nord, comprendente buona parte dell'abitato di Rodengo Saiano.

In corrispondenza di Castegnato si trova un importante nodo idraulico presso il quale confluisce dalla sinistra il torrente Gandovere. Mediante un manufatto idraulico presente in questo punto, le acque proseguono in parte verso sud, dopo l'attraversamento della ex S.S. n.510, nel Fosso Gandovere, ed in parte nel canale del torrente Laorna (Gandovere), a fianco della predetta strada, verso il nodo della Mandolossa.

La sezione di chiusura del bacino (N5) è localizzata al confine fra i comuni di Rodengo Saiano, Castegnato e Gussago, in corrispondenza del nodo idraulico di Castegnato, all'unione con il t. Gandovere. L'asta principale, alla chiusura, misura circa 11,63 Km ed il bacino imbrifero sotteso misura circa 11,21 Km².

La portata massima del corso d'acqua, al limite della propria capacità, lungo il tratto precedente l'inizio del tronco fluviale oggetto della modellazione idraulica, è valutato in 15,00 m³/s.

Nodo idraulico di Castegnato – Partitore Laorna e Gandovere

In corrispondenza di Castegnato, si trova un importante nodo idraulico presso il quale confluiscono e si uniscono le acque dei torrenti Laorna e Gandovere. Mediante un manufatto idraulico partitore, presente in questo punto, le acque proseguono in parte verso sud, dopo l'attraversamento della ex S.S. n.510, nel fosso Gandovere, ed in parte nel canale del torrente Laorna (Gandovere), a fianco della predetta strada, verso il nodo della Mandolossa.

Data la conformazione e la struttura del manufatto idraulico, in caso di piena la ripartizione della portata entrante si considera suddivisa in due parti uguali fra gli effluenti fosso Gandovere e t. Laorna (Gandovere).

Bacini urbani di Gussago e Brescia

La zona urbanizzata della località Bodutto di Gussago, conferisce le proprie acque piovane al t. Canale, tramite una rete di fognatura con recapito nel punto di confluenza del t. Solda, in corrispondenza del ponte di via Nicolò Tartaglia del comune di Gussago. La tubazione di scarico è in cemento del diametro 1,50m. Considerata la cadente idraulica massima possibile, in caso di piena del ricettore, la massima portata scaricabile a condotto in pressione è stimata in 2,00 m³/s, mediante la formula di Colebrook.

La rete di fognatura dell'Oltremella di Brescia scarica nella roggia Mandolossa, in adiacenza ed a valle della spalla sinistra del ponte di via Valcamonica.

Il condotto è un canale sotterraneo a sezione rettangolare delle dimensioni di 2,00m in larghezza e 1,30m in altezza.

Considerate le dimensioni e le caratteristiche del canale, la verifica al moto uniforme, eseguita tramite la formula di Chezy, dimostra che il condotto fognario scarica le portate di piena per TR 100 con funzionamento a pelo libero, anche in caso di concomitante piena del ricettore.

3.3 Applicazione degli idrogrammi

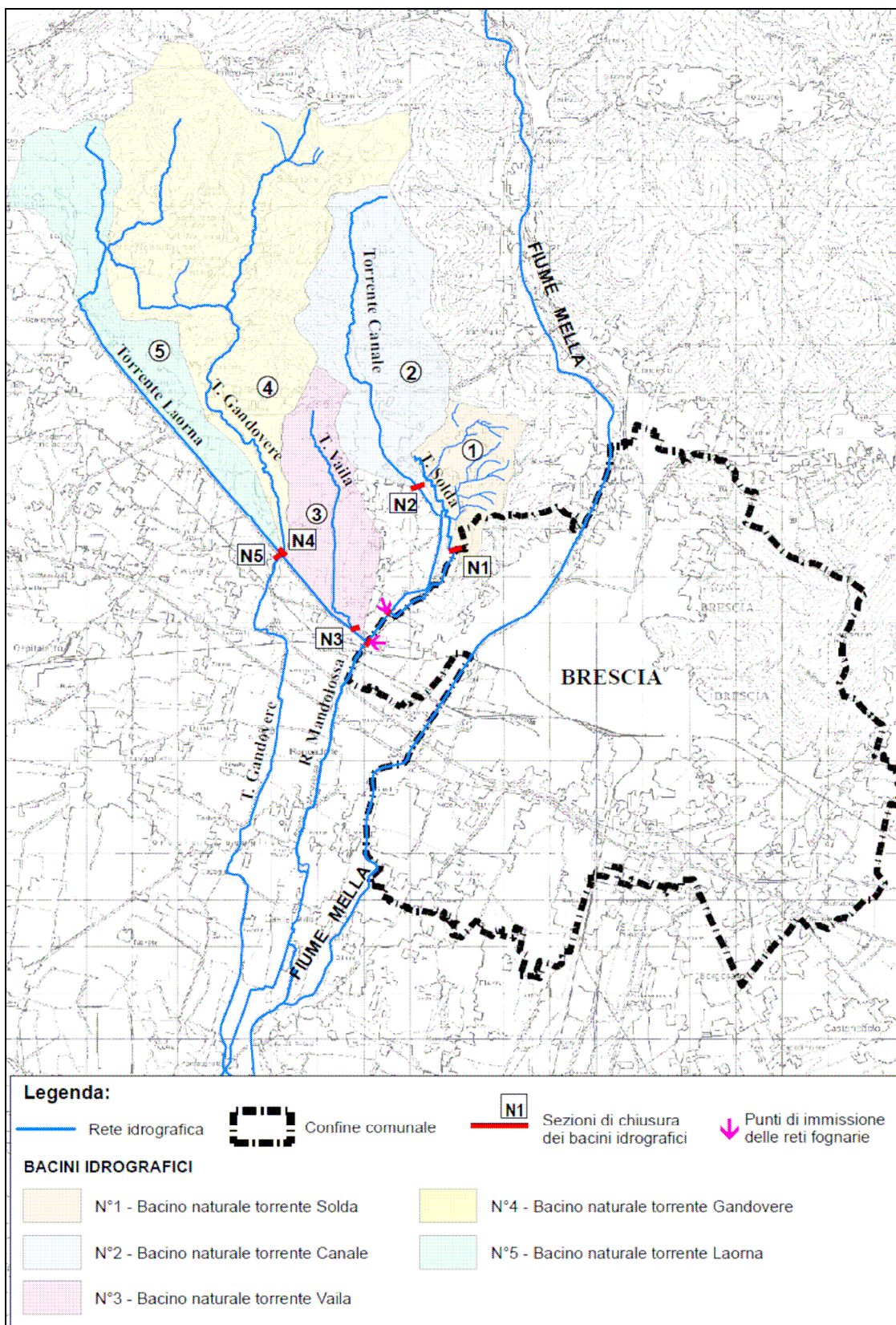
Nel procedimento di calcolo idrologico, si considera che l'evento piovoso, con tempo di ritorno di 100 anni, investa simultaneamente l'intero bacino tributario del tronco fluviale oggetto della modellazione idraulica, con durate delle piogge nei singoli sottobacini pari al tempo di corrvazione. Poiché le sezioni di chiusura dei singoli sottobacini sono localizzate lungo le rispettive aste fluviali a notevole distanza dai punti di applicazione degli idrogrammi nel modello di calcolo idraulico, si procede alla traslazione rigida degli idrogrammi dalle sezioni di chiusura ai punti di applicazione, in base alla stima della velocità media delle massime portate nei rispettivi tratti di corso d'acqua.

In particolare, nel caso del t. Laorna (Gandovere), i valori delle portate dell'idrogramma risultante dalla somma degli idrogrammi del Gandovere alla sezione N4 e del Laorna alla sezione N5, sono ridotti della metà, per effetto della ripartizione presso il nodo idraulico di Castegnato, ottenendosi l'idrogramma di progetto da traslare lungo il Laorna, fino alla confluenza del t. Vaila, per la durata di 20 minuti.

Sommati i due idrogrammi alla confluenza del Vaila, si ottiene l'idrogramma complessivo dei sottobacini Laorna-Gandovere-Vaila da applicare come condizione al contorno nel modello di calcolo idraulico, senza ulteriori traslazioni, data la vicinanza della confluenza nella roggia Mandolossa, alla sezione di calcolo n. 191,00.

Nel caso del t. Canale, l'idrogramma calcolato alla sezione N2 è traslato rigidamente fino alla sezione di applicazione, come condizione al contorno nel modello di calcolo, coincidente con la confluenza del t. Solda, alla sezione di calcolo n. 988,00. La traslazione è valutata in 30 minuti.

Figura n°3.2.1 - Schema bacini e sezioni di chiusura



3.4 Piogge di riferimento

Le portate ed i volumi d'acqua di riferimento, per il calcolo idraulico, sono commisurati ad eventi piovosi aventi tempo di ritorno di **100 anni**, rappresentati, per ciascun bacino parziale, dalle equazione di possibilità climatica, ottenute dai dati forniti dal Servizio Idrografico di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it>), riportati nel seguito.

Tabella n°3.4.1 - Bacino n°1 - torrente Solda - Sez. di chiusura N1

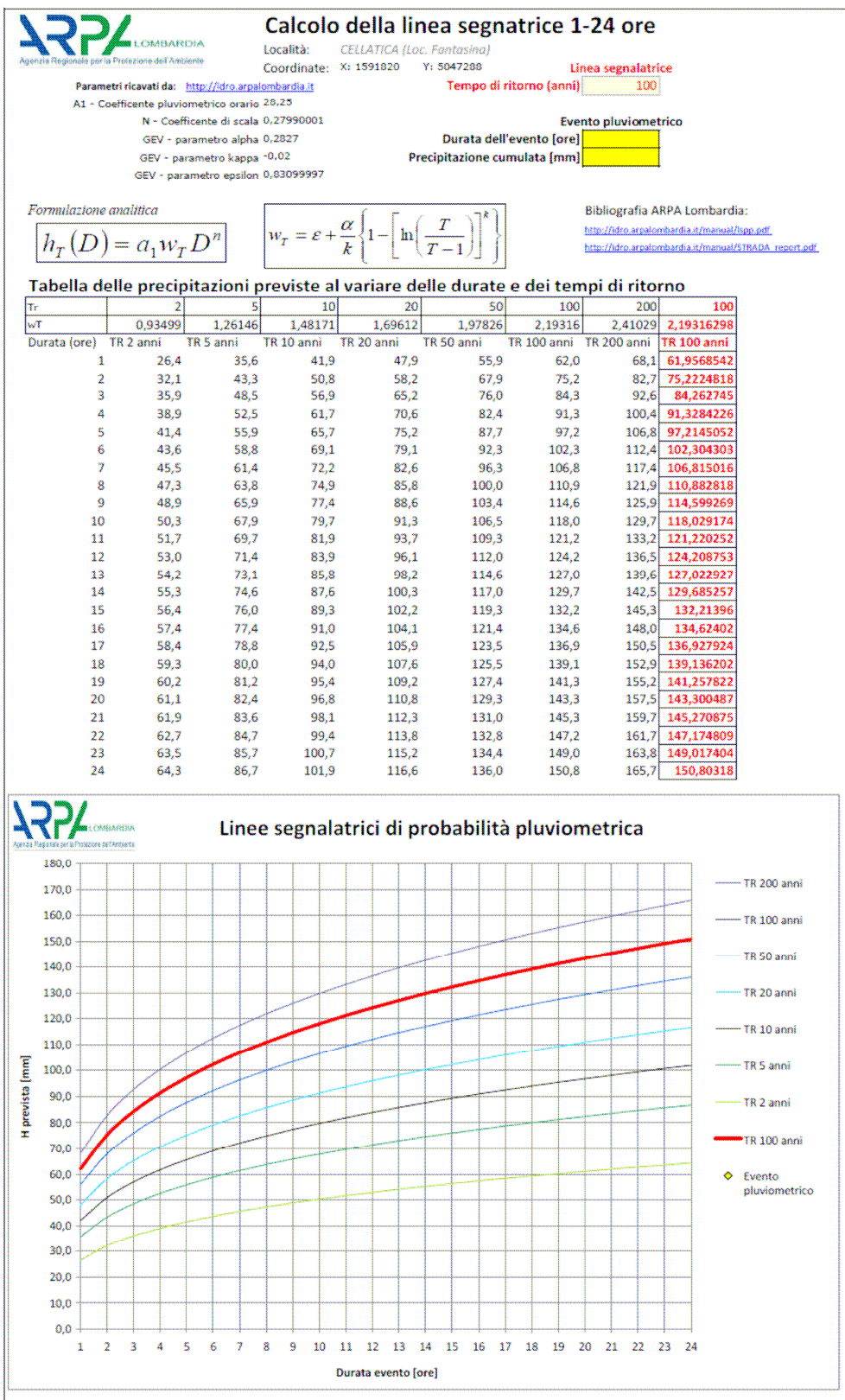



Tabella n°3.4.2 - Bacino n°2 - torrente Canale - Sez. di chiusura N2



ARPA LOMBARDIA
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: GUSSAGO (paese)
Coordinate: X: 1583799 Y: 5053745

Linea segnatrice
Tempo di ritorno (anni) **100**

Evento pluviometrico
Durata dell'evento [ore] **100**
Precipitazione cumulata [mm] **151,280521**

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 28,26
N - Coefficiente di scala 0,28049999
GEV - parametro alpha 0,28389999
GEV - parametro kappa -0,0189
GEV - parametro epsilon 0,83069998

Formulazione analitica

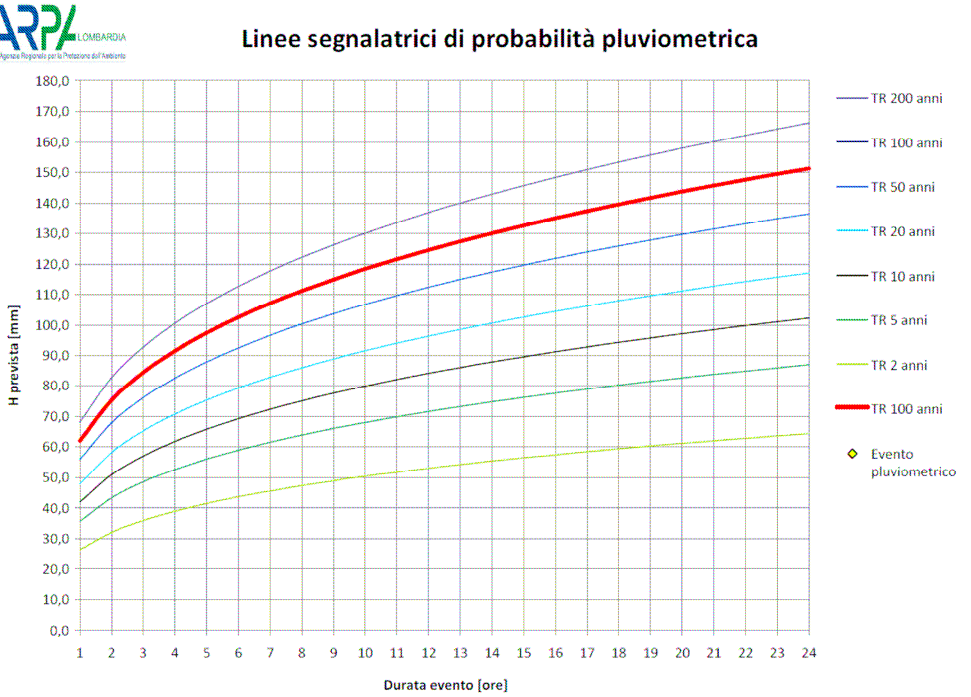
$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:
<http://idro.arpalombardia.it/manual/lspg.pdf>
http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	100
wT	0,93511	1,26263	1,48336	1,69806	1,98033	2,19514	2,41200	2,19513692
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 100 anni
1	26,4	35,7	41,9	48,0	56,0	62,0	68,2	62,0345693
2	32,1	43,3	50,9	58,3	68,0	75,3	82,8	75,3481653
3	36,0	48,6	57,0	65,3	76,2	84,4	92,8	84,4240687
4	39,0	52,6	61,8	70,8	82,6	91,5	100,6	91,5190689
5	41,5	56,0	65,8	75,4	87,9	97,4	107,1	97,4304819
6	43,7	59,0	69,3	79,3	92,5	102,5	112,7	102,542804
7	45,6	61,6	72,4	82,8	96,6	107,1	117,7	107,073935
8	47,4	63,9	75,1	86,0	100,3	111,2	122,1	111,160503
9	48,9	66,1	77,6	88,9	103,7	114,9	126,2	114,89438
10	50,4	68,1	80,0	91,5	106,8	118,3	130,0	118,340598
11	51,8	69,9	82,1	94,0	109,7	121,5	133,6	121,547046
12	53,1	71,6	84,2	96,3	112,4	124,6	136,9	124,550106
13	54,3	73,3	86,1	98,5	114,9	127,4	140,0	127,37813
14	55,4	74,8	87,9	100,6	117,3	130,1	142,9	130,053688
15	56,5	76,3	89,6	102,6	119,6	132,6	145,7	132,595064
16	57,5	77,7	91,2	104,4	121,8	135,0	148,4	135,017299
17	58,5	79,0	92,8	106,2	123,9	137,3	150,9	137,332929
18	59,4	80,3	94,3	108,0	125,9	139,6	153,3	139,552524
19	60,4	81,5	95,7	109,6	127,8	141,7	155,7	141,685088
20	61,2	82,7	97,1	111,2	129,7	143,7	157,9	143,738356
21	62,1	83,8	98,5	112,7	131,5	145,7	160,1	145,71903
22	62,9	84,9	99,8	114,2	133,2	147,6	162,2	147,632957
23	63,7	86,0	101,0	115,6	134,9	149,5	164,3	149,485275
24	64,4	87,0	102,2	117,0	136,5	151,3	166,2	151,280521



Linee segnatrici di probabilità pluviometrica

The graph plots predicted precipitation height (H prevista [mm]) on the y-axis (0 to 180) against event duration (Durata evento [ore]) on the x-axis (1 to 24). Multiple curves represent different return periods (TR): 2, 5, 10, 20, 50, 100, and 200 years. A red curve specifically highlights the TR 100 anni data. A diamond symbol indicates the pluviometric event point at approximately (100, 151.3).

L'equazioni di possibilità climatica per il bacino parziale n.2 è la seguente:

$$h = 62,034 \times t^{0,280}$$

con: TR 100 anni; t (durata della pioggia in ore) ≥ 1 ; h = altezza della precipitazione in mm;

Tabella n°3.4.3 - Bacino n°3 - torrente Vaila - Sez. di chiusura N3

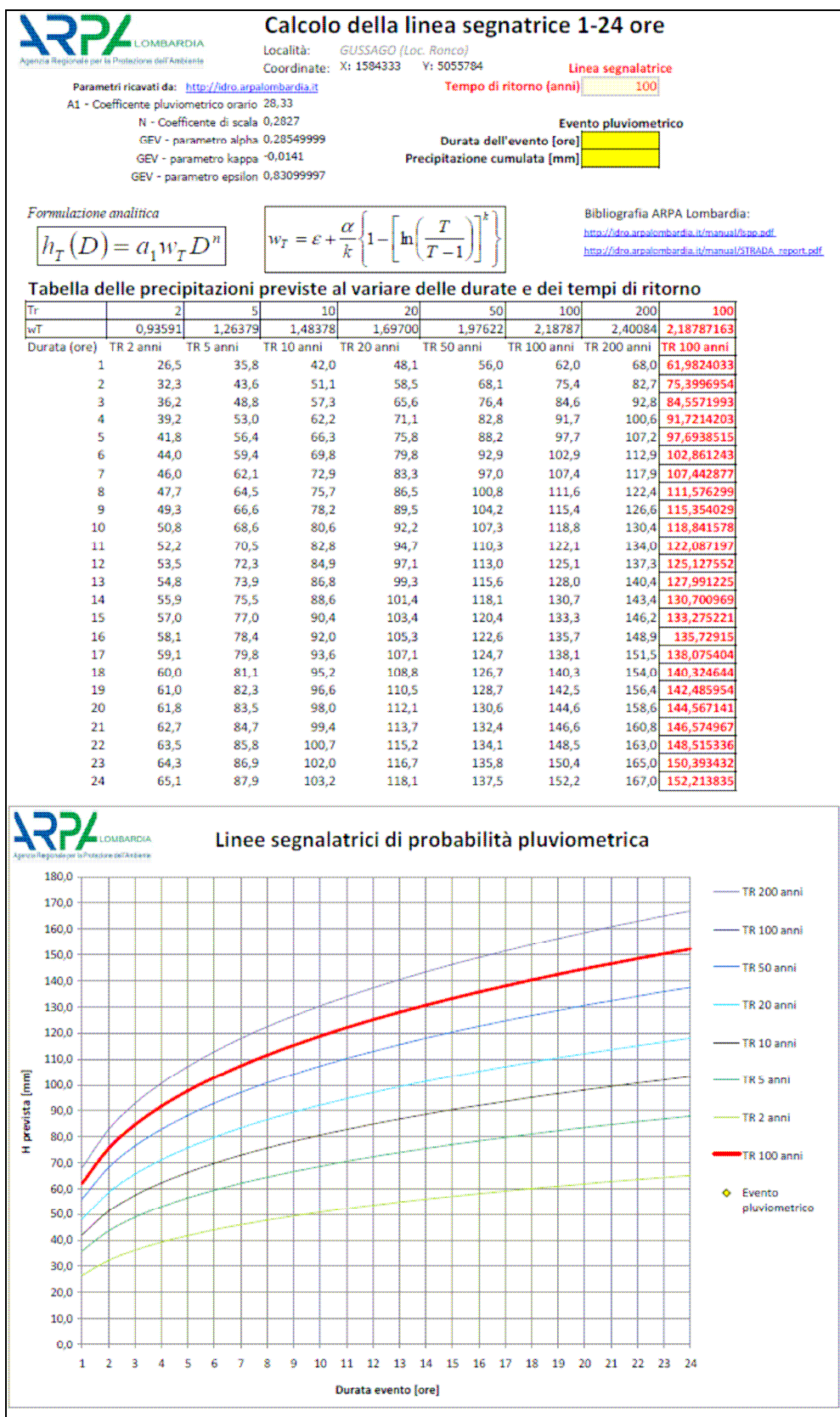
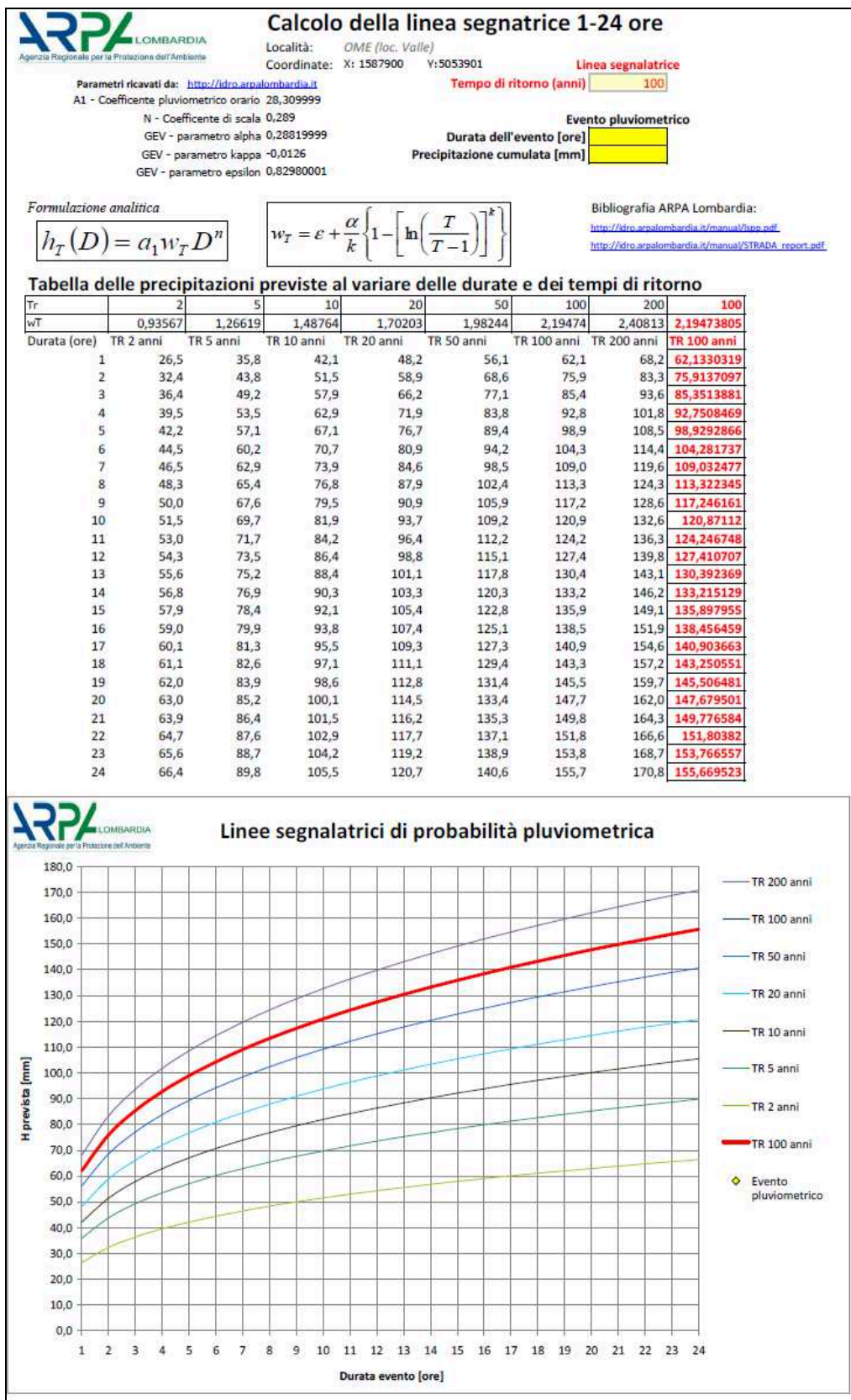


Tabella n°3.4.4 - Bacino n°4 - torrente Gandovere - Sez. di chiusura N4



L'equazioni di possibilità climatica per il bacino parziale n.4 è la seguente:

$$h = 61,982 \times t^{0,2827}$$

con: TR 100 anni; t (durata della pioggia in ore) ≥ 1 ; h = altezza della precipitazione in mm;

Tabella n°3.4.5 - Bacino n°5 - torrente Laorna - Sez. di chiusura N5

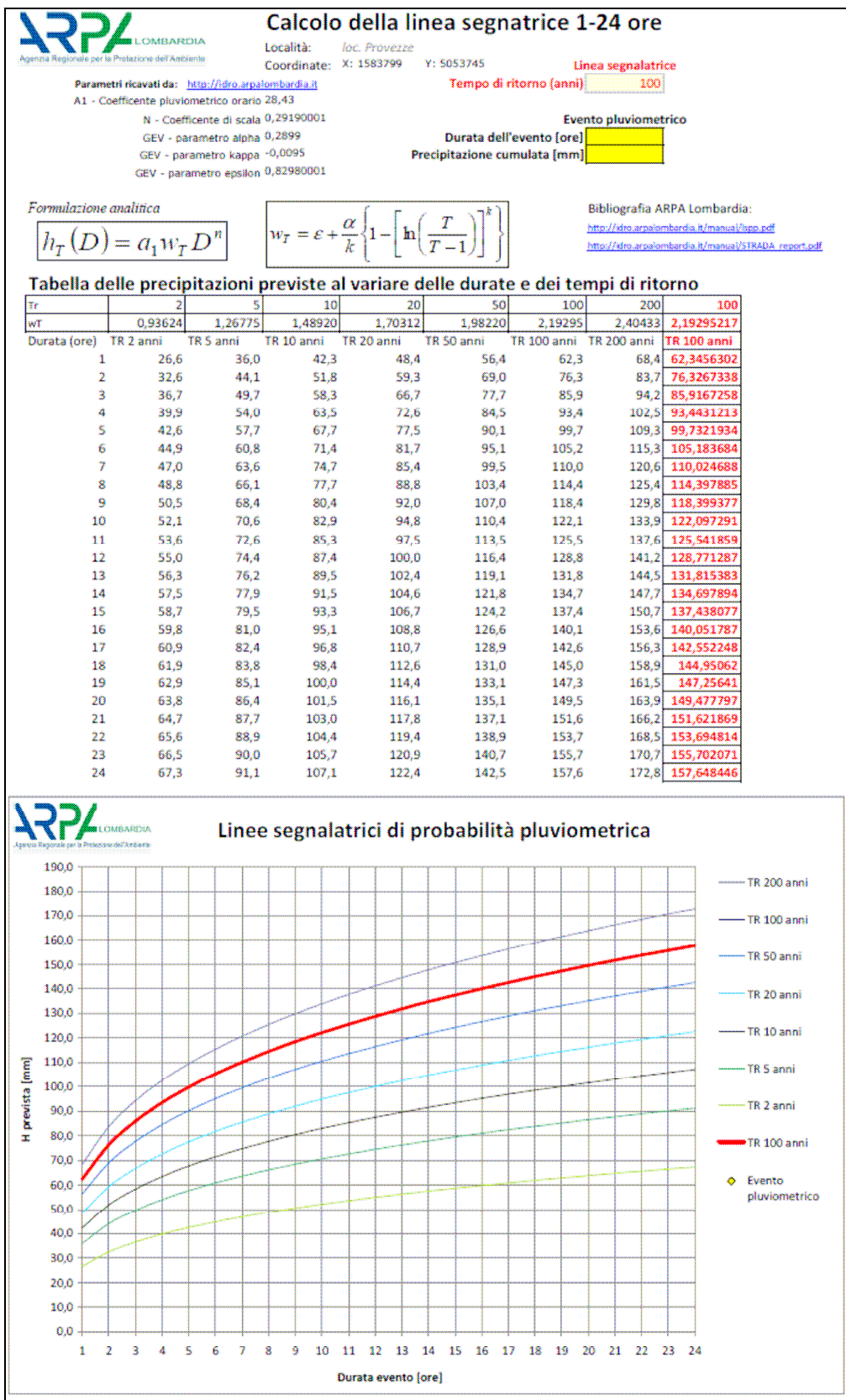


Tabella n°3.4.6 - Bacino area urbana loc. Bodutto di Gussago

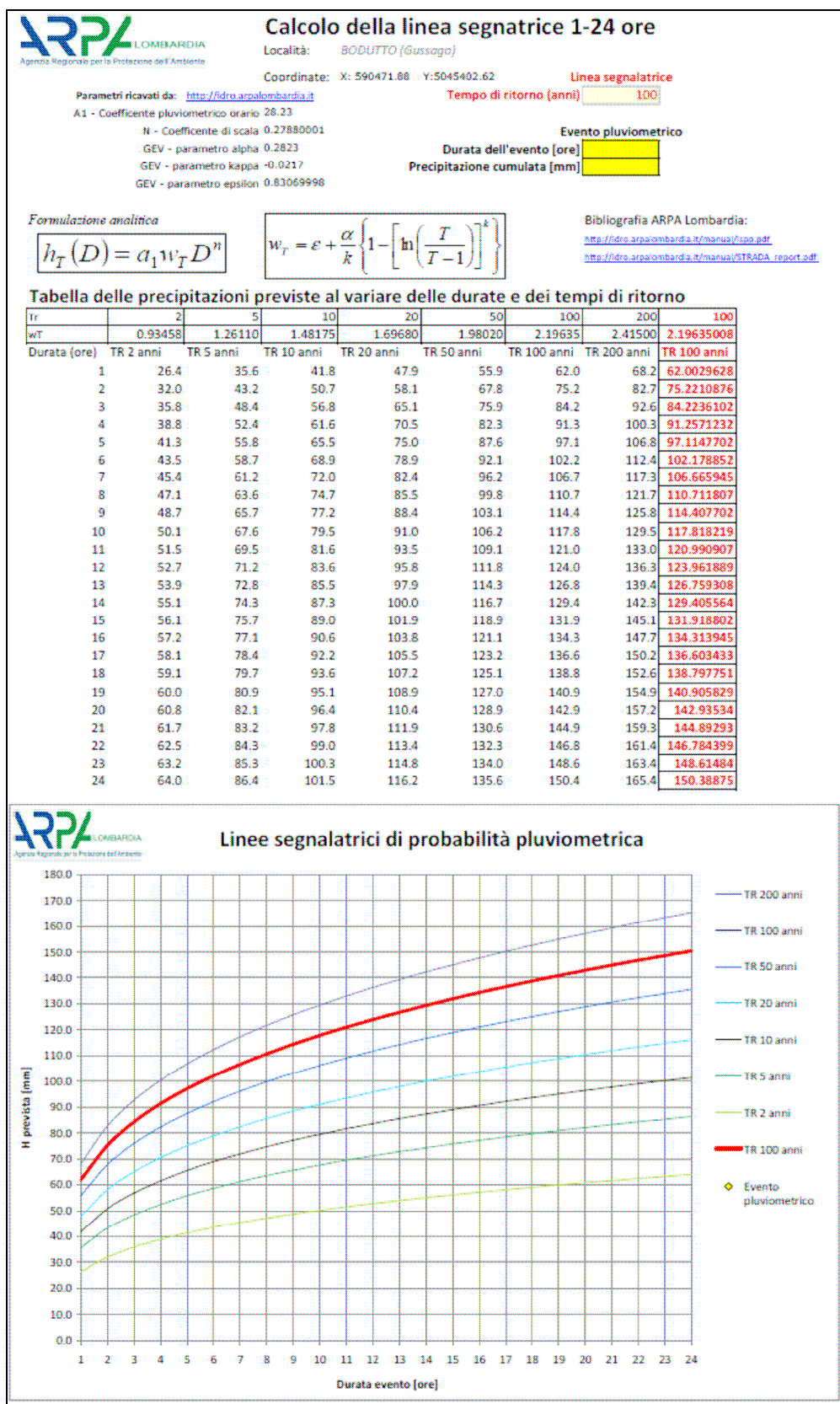
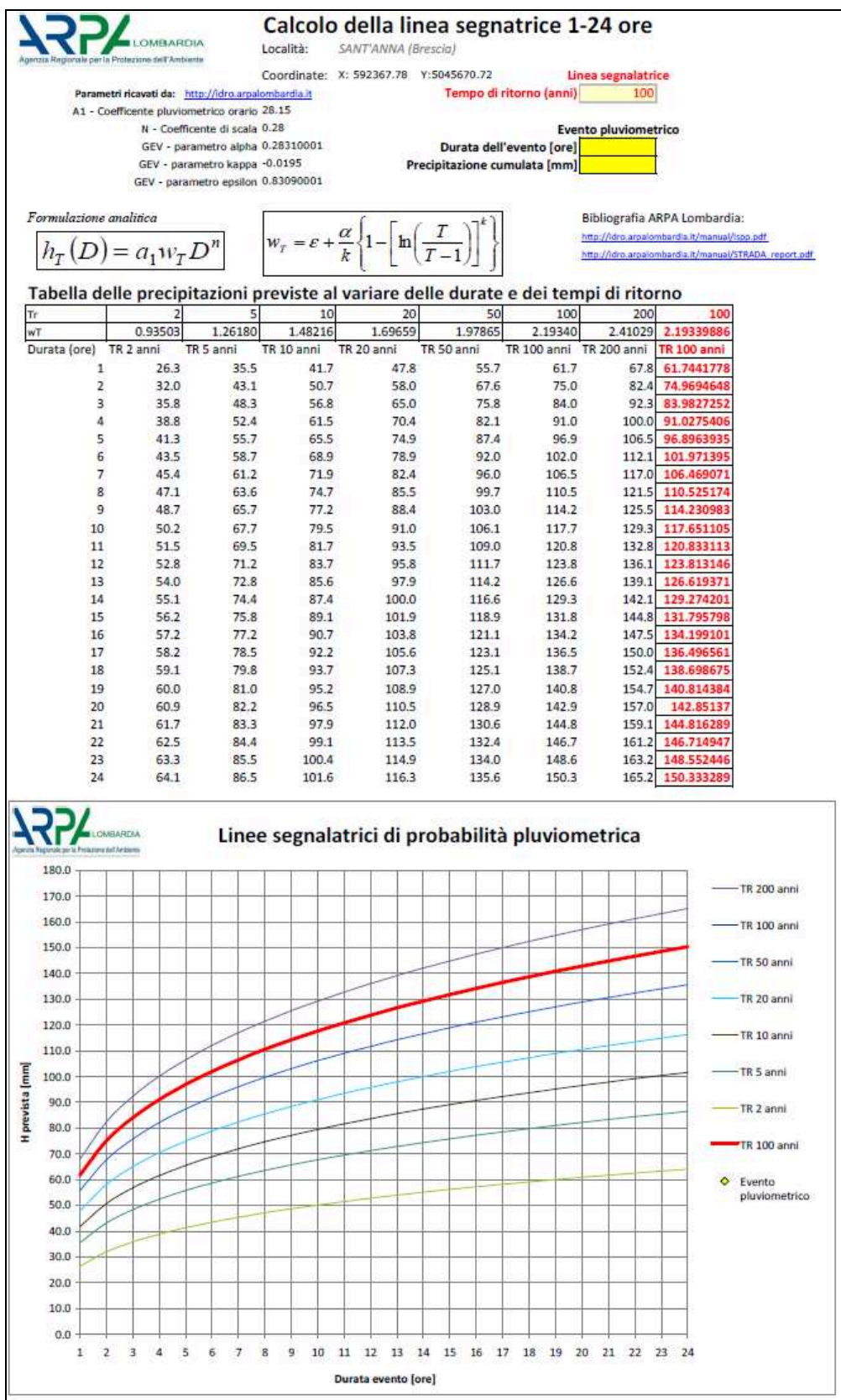


Tabella n°3.4.7 - Bacino area urbana dell' Oltremella di Brescia



L'equazioni di possibilità climatica per l'area urbana dlel'Oltremella è la seguente:

$$h = 61,7441 \times t^{0,280}$$

con: TR 100 anni; t (durata della pioggia in ore) ≥ 1 ; h = altezza della precipitazione in mm;

Le predette equazioni sono state ragguagliate all'estensione relativa alla chiusura dei singoli bacini, con le note formule di Columbo, per la correzione dei valori dei parametri a ed n, come segue:

$$a' = a \left[1 - 0,006 \left(\frac{S}{100} \right)^{0,4} \right]$$

$$n' = +0,003 \left(\frac{S}{100} \right)^{0,6}$$

in cui S è la superficie del bacino generico in ettari.

In tal modo si ottengono le seguenti coppie di equazioni, ciascuna da utilizzare nel calcolo degli idrogrammi nell'ambito dello specifico bacino di competenza:

- Bacino Naturale n°1 - T.Solda : ragguaglio alla superficie di ettari 486,1591

$$h = 54,958 t^{0,287} \quad (\text{TR} = 100 \text{ anni})$$

- Bacino Naturale n°2 - T. Canale: ragguaglio alla superficie di ettari 1374,0384

$$h = 51,417 t^{0,294} \quad (\text{TR} = 100 \text{ anni})$$

- Bacino Naturale n°3 - T. Vaila: ragguaglio alla superficie di ettari 750,7996

$$h = 53,652 t^{0,292} \quad (\text{TR} = 100 \text{ anni})$$

- Bacino Naturale n°4 - T. Gandovere: ragguaglio alla superficie di ettari 3233,28

$$h = 47,1592 t^{0,313} \quad (\text{TR} = 100 \text{ anni})$$

- Bacino Naturale n°5 - T. Laorna: ragguaglio alla superficie di ettari 1121,1671

$$h = 52,508 t^{0,304} \quad (\text{TR} = 100 \text{ anni})$$

- Bacino Urbano loc. Bodutto di Gussago: ragguaglio alla superficie di ettari 41,0000

$$h = 59,3987 t^{0,280} \quad (\text{TR} = 100 \text{ anni})$$

- Bacino Urbano dell'Oltremella di Brescia: ragguaglio alla superficie di ettari 150,8105

$$h = 57,3777 t^{0,283} \quad (\text{TR} = 100 \text{ anni})$$

3.5 Depurazione dalle perdite idrologiche

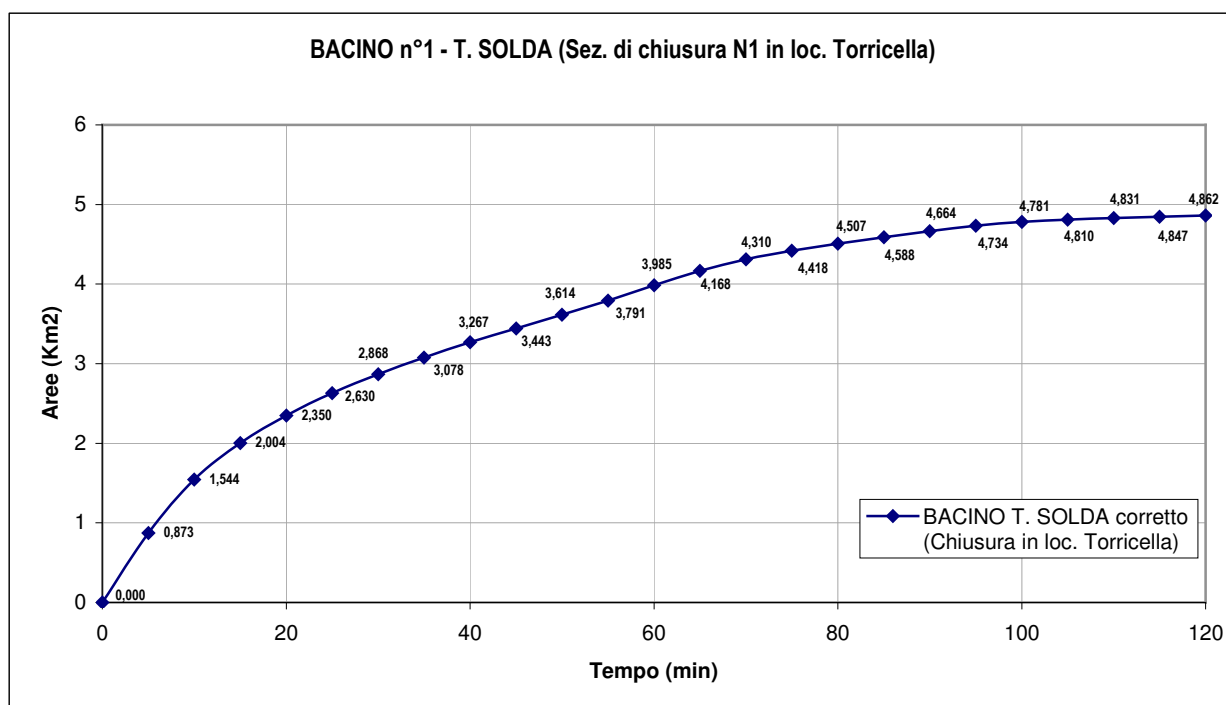
Non tutta l'acqua che cade sul bacino durante gli eventi considerati concorre a formare l'onda di piena, perché non sono trascurabili i fenomeni di infiltrazione, di invaso e di evapotraspirazione.

Anche per questo aspetto non si dispone di dati rilevati che possano dar conto del reale rapporto tra pioggia netta, definita come la pioggia che genera l'onda di piena, e la pioggia effettivamente caduta.

La riduzione dello ietogramma è pertanto definita con il metodo "Curve Number" proposto dal Soil Conservation Service (metodo CN-SCS), che fornisce, rispetto ad altri metodi di depurazione, il vantaggio di una considerevole mole di dati per l'applicazione, con riferimento al gruppo idrologico ed all'uso del suolo.

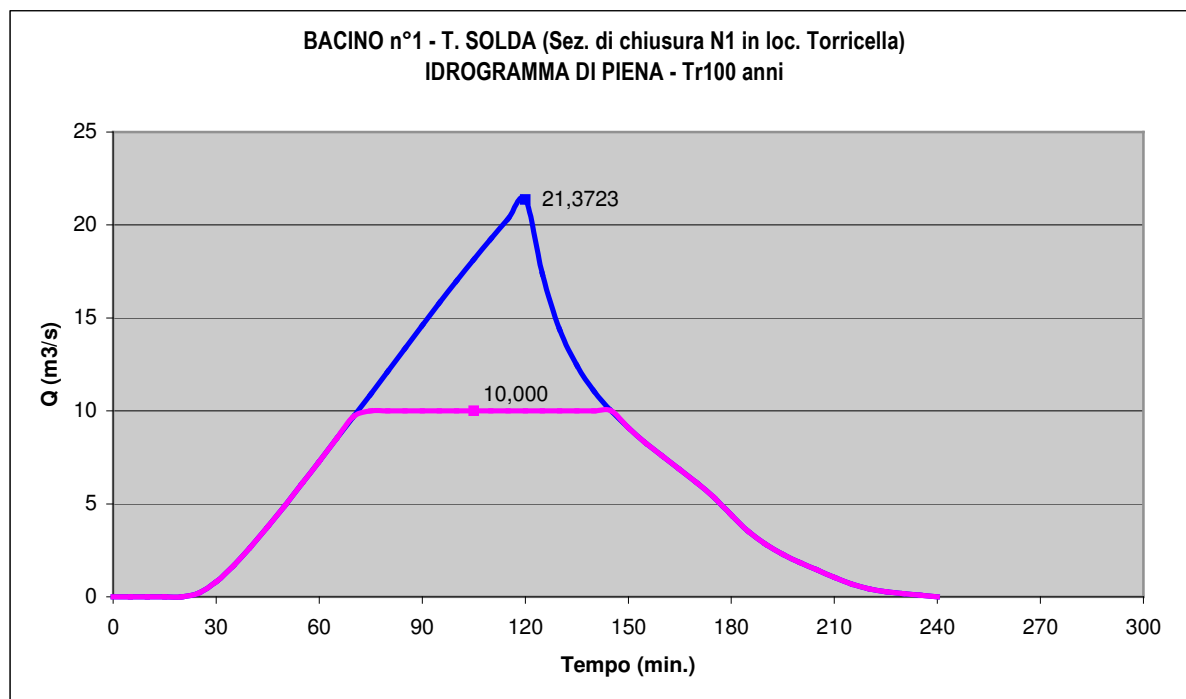
Altitudine (msm) Massima	484,20
Media (da curva ipso.)	226,20
Sez. chiusura	133,60
Pendenza media (m/m)	0,4338
Lunghezza asta (m)	4'624,00
Tempo di corrivazione (min)	120'
Parametro CN	73
Valore impermeabilità I	11,38

CURVA AREE CONFLUENTI / TEMPI DI CORRIVAZIONE



Risultati del calcolo idrologico

Evento meteorico	Durata della pioggia [min]	Volume piovuto [mm]	Volume Dep. [mm]	Coefficiente di afflusso ϕ	Portata al colmo [m³/s]	Volume idrogramma [m³]
TR 100 anni	120	67,08	16,40	0,24	21,372	100'807



Bacino n°1 - T. SOLDA (Nord) - Sez. di chiusura N1 - Idrogramma tabellare di piena con TR100 anni

Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m ³ /s)	Idrogramma di piena con portata massima = 10 m ³ /s	Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m ³ /s)	Idrogramma di piena con portata massima = 10 m ³ /s
0	0,000	0,000	125	17,377	10,000
5	0,000	0,000	130	14,373	10,000
10	0,000	0,000	135	12,446	10,000
15	0,000	0,000	140	11,072	10,000
20	0,000	0,000	145	9,997	9,997
25	0,203	0,203	150	9,091	9,091
30	0,804	0,804	155	8,288	8,288
35	1,663	1,663	160	7,550	7,550
40	2,670	2,670	165	6,848	6,848
45	3,765	3,765	170	6,126	6,126
50	4,913	4,913	175	5,333	5,333
55	6,092	6,092	180	4,408	4,408
60	7,287	7,287	185	3,513	3,513
65	8,490	8,490	190	2,820	2,820
70	9,696	9,696	195	2,289	2,289
75	10,907	10,000	200	1,851	1,851
80	12,128	10,000	205	1,448	1,448
85	13,362	10,000	210	1,055	1,055
90	14,596	10,000	215	0,683	0,683
95	15,810	10,000	220	0,437	0,437
100	16,994	10,000	225	0,280	0,280
105	18,143	10,000	230	0,169	0,169
110	19,256	10,000	235	0,081	0,081
115	20,333	10,000	240	0,000	0,000
120	21,372	10,000			

3.6.2 Bacino n°2 – t. Canale - Sez. di chiusura N2

Sezione di chiusura

Località via Pianette
 Comune Cellatica
 Quota (msm) 145,00

Metodo dello studio

Modello CINEMATICO DI CORRIVAZIONE
 Calcolo Idrogramma unitario istantaneo (IUH)
 Ietogramma COSTANTE
 Pioggia c.p.c.: $h = 51,417 t^{0,294}$ (TR100)
 Durata della pioggia: $t_p = t_c = 125$ minuti
 Perdite METODO CN-SCS

Caratteristiche geomorfologiche del bacino

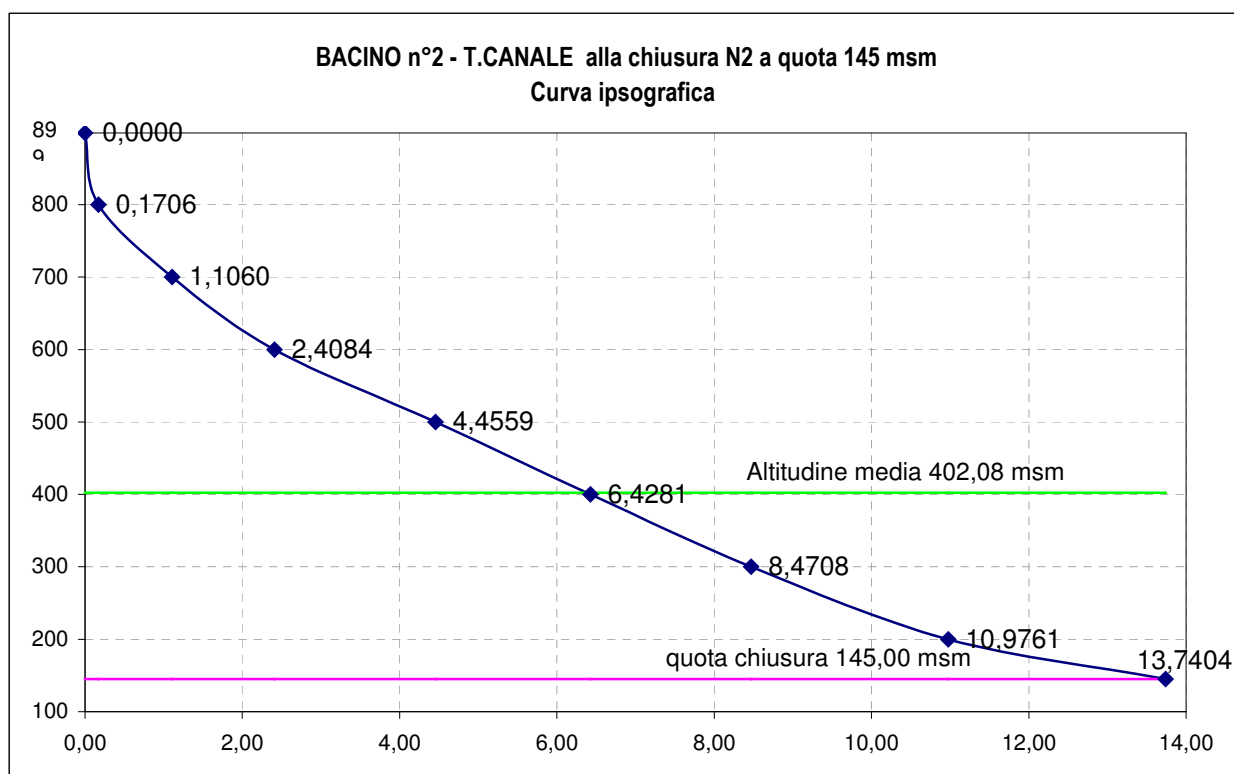
Superficie 1'374,03,84 ha

Andamento altimetrico Curva ipsografica

Altitudine (msm)	899	800	700	600	500	400
Superficie (ha)		17,05,78	110,60,19	240,84,28	445,59,08	642,80,85

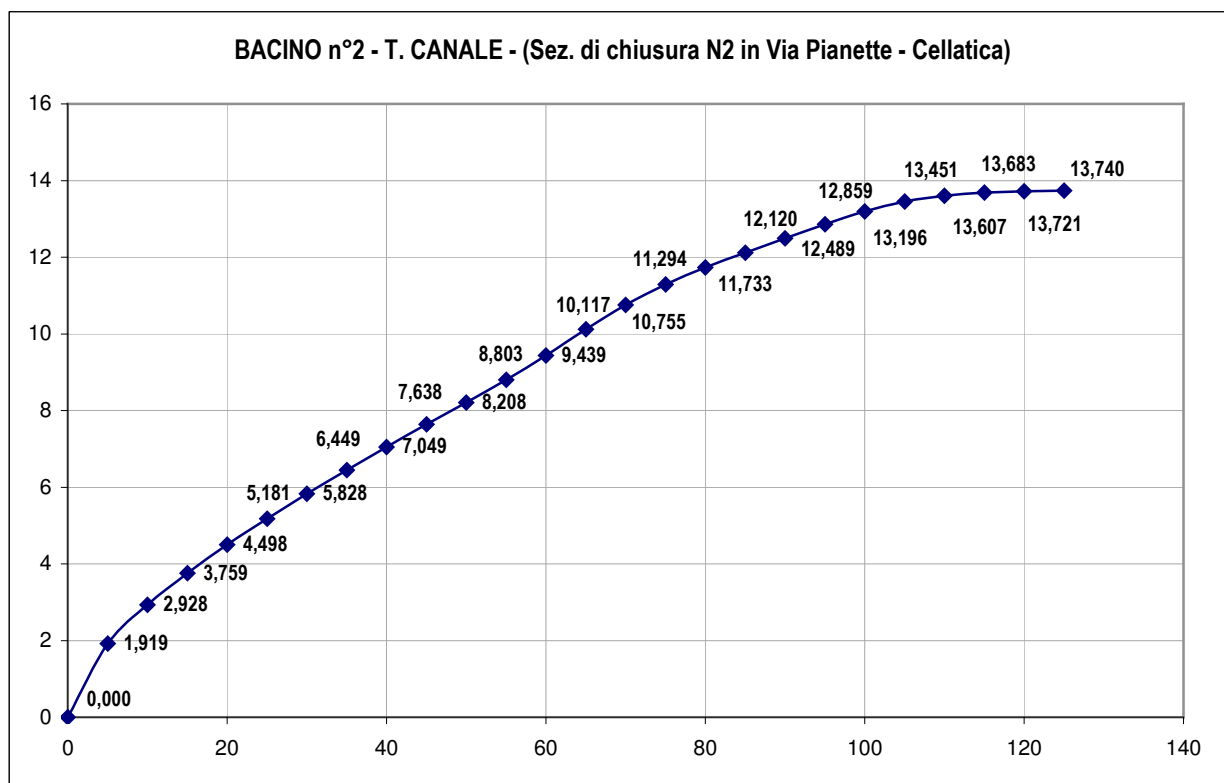
Altitudine (msm)	300	200	145			
Superficie (ha)	847,07,71	1097,61,17	1374,03,84			

CURVA IPSOGRAFICA



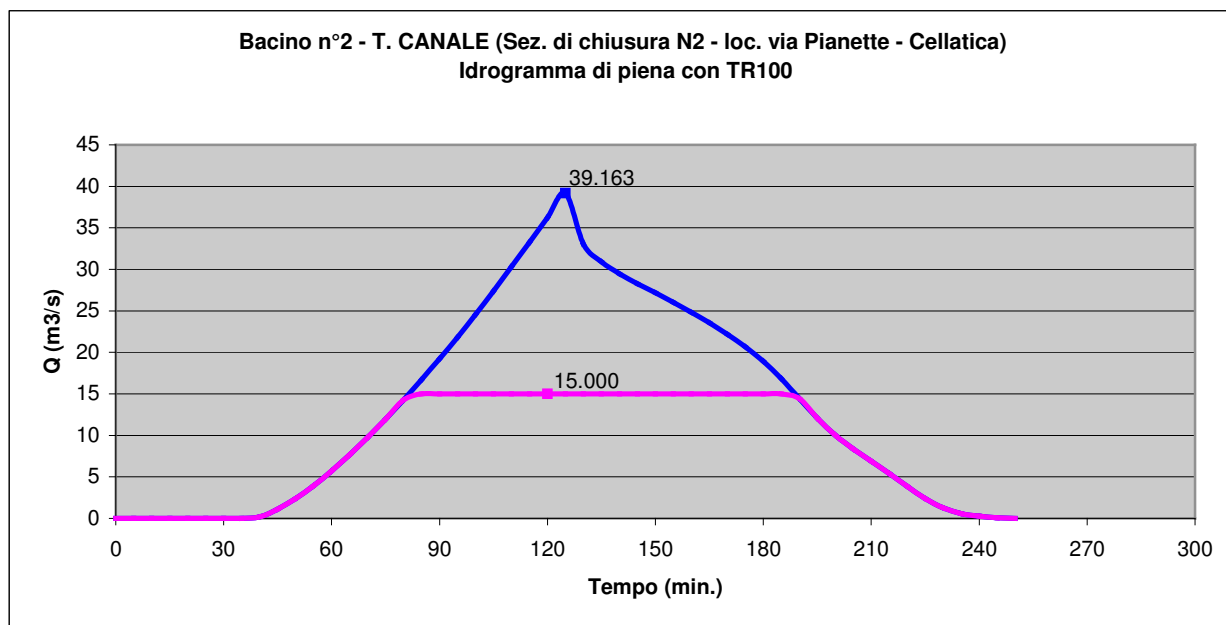
Altitudine (msm) Massima	899,00
Media (da curva ipso.)	402,08
Sez. chiusura	145,00
Pendenza media (m/m)	0,09719
Lunghezza asta (m)	7'758,00
Tempo di corrivazione (min)	125
Parametro CN	73,11
Valore impermeabilità I	18,69

CURVA AREE CONFLUENTI / TEMPI DI CORRIVAZIONE



Risultati del calcolo idrologico

Evento meteorico	Durata della pioggia [min]	Volume piovuto [mm]	Volume Dep. [mm]	Coefficiente di afflusso ϕ	Portata al colmo [m³/s]	Volume idrogramma [m³]
TR 100 anni	125	63,82	14,70	0,23	39,163	201'999



Bacino n°2 - T. Canale - Sez. di chiusura N2 - Idrogramma tabellare di piena con TR100 anni

Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m^3/s)	Idrogramma di piena con portata massima = 15 m^3/s	Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m^3/s)	Idrogramma di piena con portata massima = 15 m^3/s
0	0,000	0,000	130	33,036	15,000
5	0,000	0,000	135	30,907	15,000
10	0,000	0,000	140	29,456	15,000
15	0,000	0,000	145	28,275	15,000
20	0,000	0,000	150	27,174	15,000
25	0,000	0,000	155	26,043	15,000
30	0,000	0,000	160	24,845	15,000
35	0,000	0,000	165	23,564	15,000
40	0,202	0,202	170	22,157	15,000
45	1,107	1,107	175	20,674	15,000
50	2,395	2,395	180	18,931	15,000
55	3,951	3,951	185	16,845	15,000
60	5,719	5,719	190	14,425	14,425
65	7,659	7,659	195	12,059	12,059
70	9,747	9,747	200	10,037	10,037
75	11,961	11,961	205	8,379	8,379
80	14,286	14,286	210	6,886	6,886
85	16,710	15,000	215	5,409	5,409
90	19,224	15,000	220	3,863	3,863
95	21,835	15,000	225	2,409	2,409
100	24,557	15,000	230	1,291	1,291
105	27,393	15,000	235	0,595	0,595
110	30,313	15,000	240	0,257	0,257
115	33,272	15,000	245	0,089	0,089
120	36,228	15,000	250	0,000	0,000
125	39,163	15,000			

3.6.3 Bacino n°3 – Torrente Vaila - Sez. di chiusura N3

Sezione di chiusura

Località	Mandolossa
Comune	Brescia
Quota (msm)	129,60

Metodo dello studio

Modello	CINEMATICO DI CORRIVAZIONE
Calcolo	Idrogramma unitario istantaneo (IUH)
Ietogramma	COSTANTE
Pioggia	c.p.c.: $h = 53,652 t^{0,292}$ (TR100)
	Durata della pioggia: $t_p = t_c = 300$ minuti
Perdite	METODO CN-SCS

Caratteristiche geomorfologiche del bacino

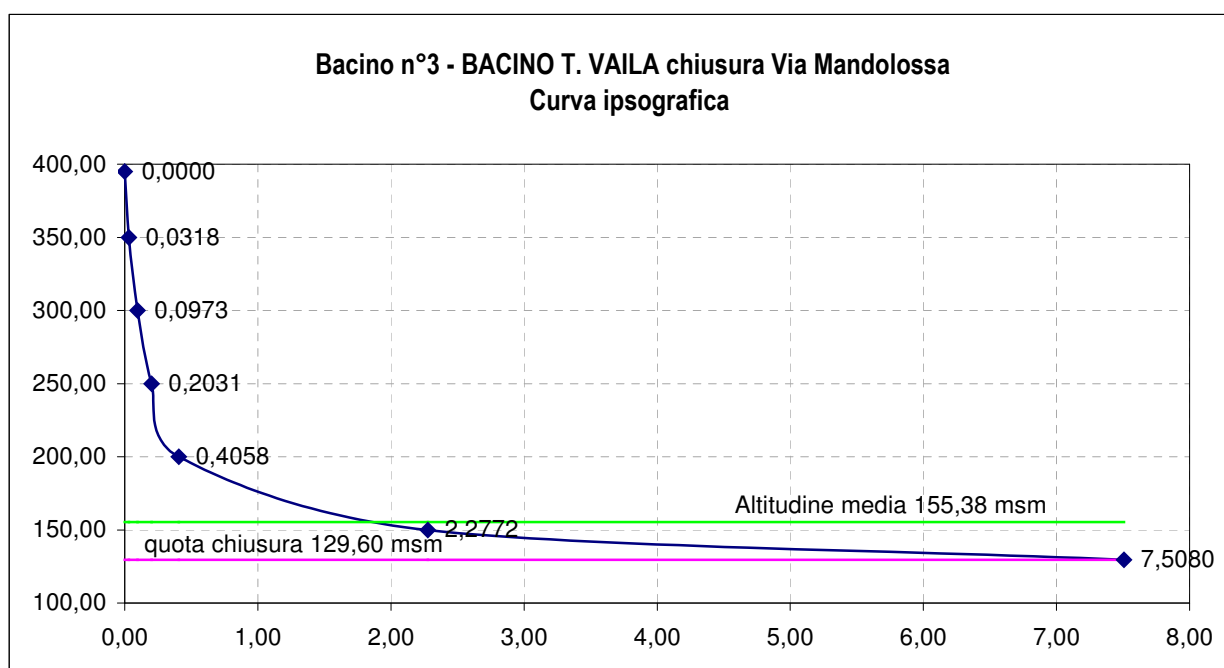
Superficie 750,79,96 ha

Andamento altimetrico Curva ipsografica

Altitudine (msm)	395	350	300	250	200	150
Superficie (ha)		3,17,58	9,72,55	20,31,29	40,57,92	227,71,80

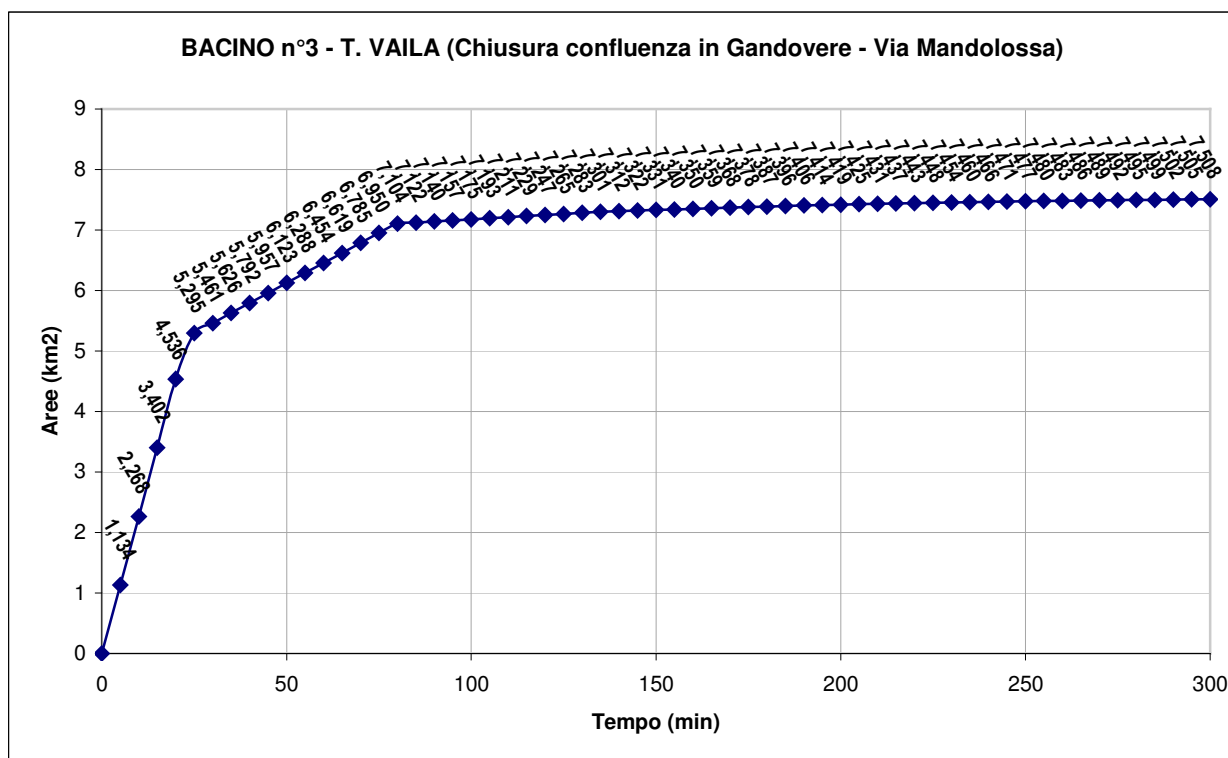
Altitudine (msm)	129.6					
Superficie (ha)	750,79,96					

CURVA IPSOGRAFICA



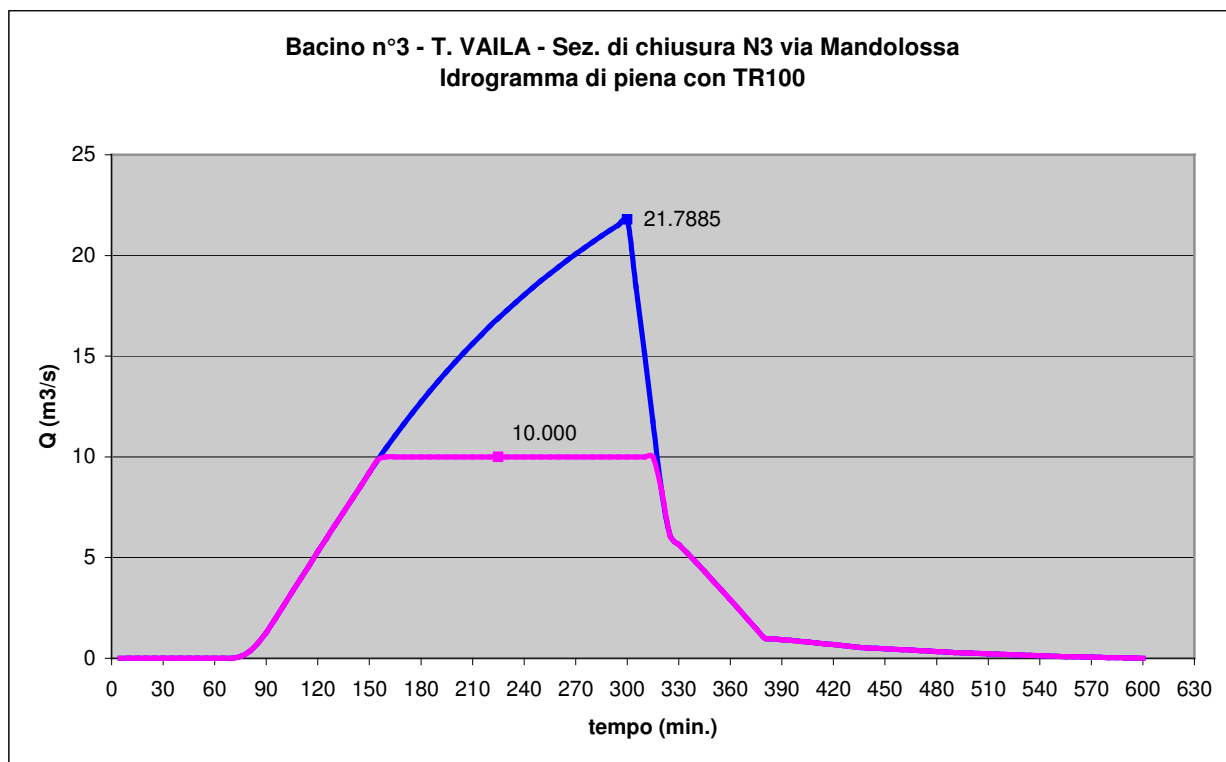
Altitudine (msm) Massima	395,00
Media (da curva ipso.)	155,38
Sez. chiusura	129,60
Pendenza media (m/m)	0,041835
Lunghezza asta (m)	6.344,00
Tempo di corrivazione (min)	300
Parametro CN	73
Valore impermeabilità I	19,99

CURVA AREE CONFLUENTI / TEMPI DI CORRIVAZIONE



Risultati del calcolo idrologico

Evento meteorico	Durata della pioggia [min]	Volume piovuto [mm]	Volume Dep. [mm]	Coefficiente di afflusso ϕ	Portata al colmo [m ³ /s]	Volume idrogramma [m ³]
TR 100 anni	300	85,94	27,99	0,32	21,788	204'250



Bacino n°3 - T. Vaila - Sez. di chiusura N3 - Idrogramma tabellare di piena con TR100 anni

Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m^3/s)	Idrogramma di piena con portata massima = $10 m^3/s$	Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m^3/s)	Idrogramma di piena con portata massima = $10 m^3/s$
0	0,0000	0,000	305	0,0000	10,000
5	0,0000	0,000	310	0,0000	10,000
10	0,0000	0,000	315	0,0000	10,000
15	0,0000	0,000	320	0,0000	8,354
20	0,0000	0,000	325	0,0000	6,082
25	0,0000	0,000	330	0,0000	5,648
30	0,0000	0,000	335	0,0000	5,207
35	0,0000	0,000	340	0,0000	4,760
40	0,0000	0,000	345	0,0000	4,306
45	0,0000	0,000	350	0,0000	3,846
50	0,0000	0,000	355	0,0000	3,380
55	0,0000	0,000	360	0,0000	2,908
60	0,0000	0,000	365	0,0000	2,430
65	0,0000	0,000	370	0,0000	1,946
70	0,0000	0,000	375	0,0000	1,457
75	0,0000	0,089	380	0,0000	1,001
80	0,0000	0,335	385	0,0000	0,964
85	0,0000	0,731	390	0,0000	0,927
90	0,0000	1,272	395	0,0000	0,888
95	0,0000	1,921	400	0,0000	0,848
100	0,0000	2,605	405	0,0000	0,807
105	0,0000	3,283	410	0,0000	0,766
110	0,0000	3,956	415	0,0000	0,723
115	0,0000	4,624	420	0,0000	0,679

120	0,0000	5,289		425	0,0000	0,634
125	0,0000	5,950		430	0,0000	0,589
130	0,0000	6,609		435	0,0000	0,543
135	0,0000	7,264		440	0,0000	0,516
140	0,0000	7,918		445	0,0000	0,495
145	0,0000	8,569		450	0,0000	0,474
150	0,0000	9,218		455	0,0000	0,452
155	0,0000	9,852		460	0,0000	0,430
160	0,0000	10,000		465	0,0000	0,407
165	0,0000	10,000		470	0,0000	0,383
170	0,0000	10,000		475	0,0000	0,359
175	0,0000	10,000		480	0,0000	0,335
180	0,0000	10,000		485	0,0000	0,310
185	0,0000	10,000		490	0,0000	0,285
190	0,0000	10,000		495	0,0000	0,265
195	0,0000	10,000		500	0,0000	0,251
200	0,0000	10,000		505	0,0000	0,236
205	0,0000	10,000		510	0,0000	0,221
210	0,0000	10,000		515	0,0000	0,205
215	0,0000	10,000		520	0,0000	0,189
220	0,0000	10,000		525	0,0000	0,174
225	0,0000	10,000		530	0,0000	0,158
230	0,0000	10,000		535	0,0000	0,141
235	0,0000	10,000		540	0,0000	0,125
240	0,0000	10,000		545	0,0000	0,108
245	0,0000	10,000		550	0,0000	0,093
250	0,0000	10,000		555	0,0000	0,084
255	0,0000	10,000		560	0,0000	0,075
260	0,0000	10,000		565	0,0000	0,066
265	0,0000	10,000		570	0,0000	0,057
270	0,0000	10,000		575	0,0000	0,048
275	0,0000	10,000		580	0,0000	0,038
280	0,0000	10,000		585	0,0000	0,029
285	0,0000	10,000		590	0,0000	0,019
290	0,0000	10,000		595	0,0000	0,010
295	0,0000	10,000		600	0,0000	0,000
300	0,0000	10,000				

3.6.4 Bacino n°4 – Torrente Gandovere - Sez. di chiusura N4

Sezione di chiusura

Località Castegnato
 Comune Castegnato
 Quota (msm) 145,0

Metodo dello studio

Modello CINEMATICO DI CORRIVAZIONE
 Calcolo Idrogramma unitario istantaneo (IUH)
 Ietogramma COSTANTE
 Pioggia c.p.c.: $h = 47,1592 t^{0,313}$ (TR100)
 Durata della pioggia: $t_p = t_c = 215$ minuti
 Perdite METODO CN-SCS

Caratteristiche geomorfologiche del bacino

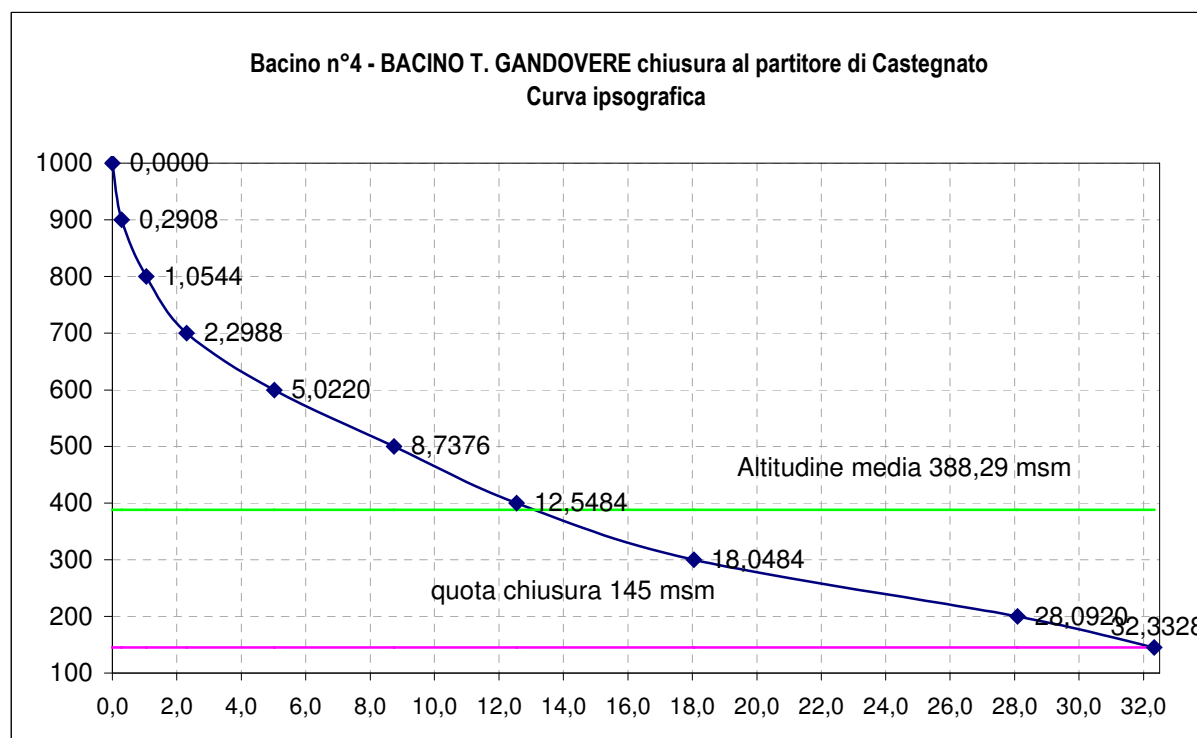
Superficie 3233,28,00 ha

Andamento altimetrico Curva ipsografica

Altitudine (msm)	1000	900	800	700	600	500
Superficie (ha)		29,08,00	76,36,00	124,44,00	272,32,00	371,56,00

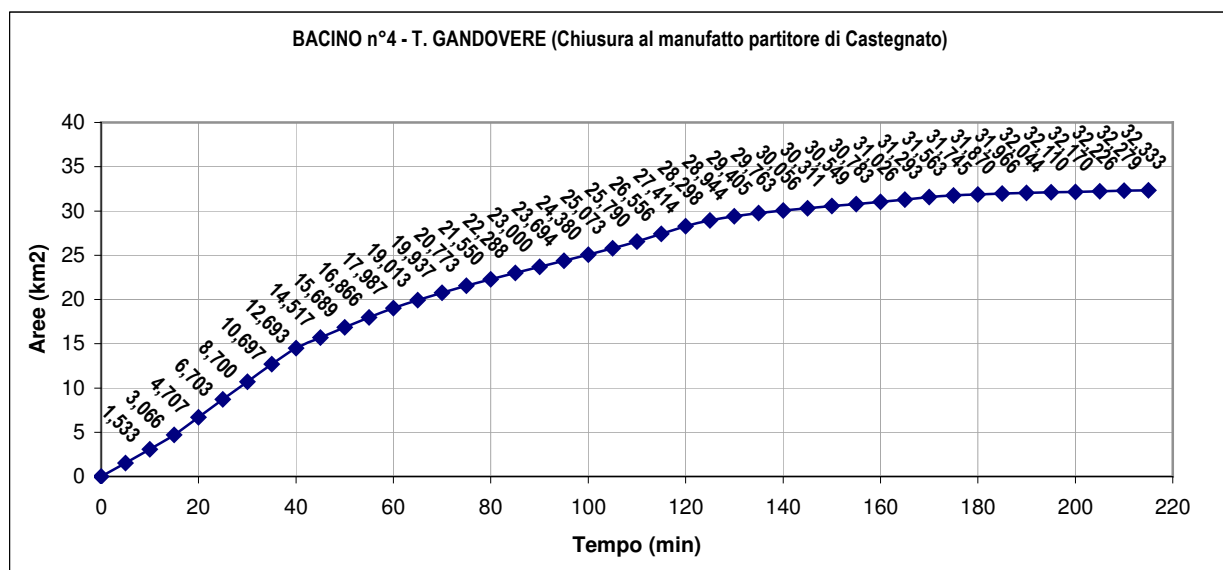
Altitudine (msm)	400	300	200	145		
Superficie (ha)	381,08,00	550,00,00	1004,36,00	424,08,00		

CURVA IPSOGRAFICA



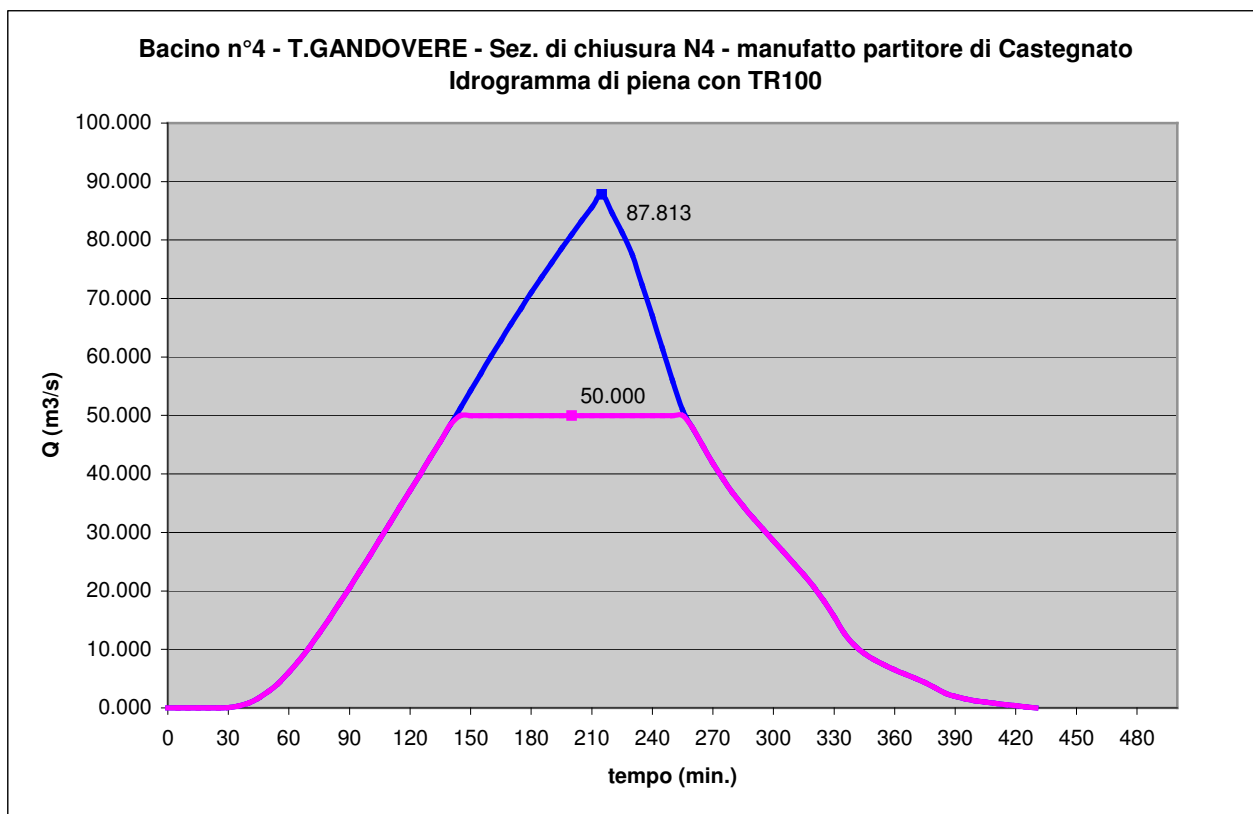
Altitudine (msm) Massima	1000,00
Media (da curva ipso.)	388,29
Sez. chiusura	145,00
Pendenza media (m/m)	0,058322
Lunghezza asta (m)	14.660,00
Tempo di corrivazione (min)	215
Parametro CN	73,11
Valore impermeabilità I	9,07

CURVA AREE CONFLUENTI / TEMPI DI CORRIVAZIONE



Risultati del calcolo idrologico

Evento meteorico	Durata della pioggia [min]	Volume piovuto [mm]	Volume Dep. [mm]	Coefficiente di afflusso ϕ	Portata al colmo [m³/s]	Volume idrogramma [m³]
TR 100 anni	215	70,33	18,39	0,34	87,813	784'441



Bacino n°4 - T. Gandovere - Sez. di chiusura N4 - Idrogramma tabellare di piena con TR100 anni

Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m^3/s)	Idrogramma di piena con portata massima = $50 m^3/s$	Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m^3/s)	Idrogramma di piena con portata massima = $50 m^3/s$
0	0,000	0,000	220	84,627	50,000
5	0,000	0,000	225	81,310	50,000
10	0,000	0,000	230	77,489	50,000
15	0,000	0,000	235	72,303	50,000
20	0,000	0,000	240	66,981	50,000
25	0,000	0,000	245	61,526	50,000
30	0,030	0,030	250	55,937	50,000
35	0,302	0,302	255	50,821	50,000
40	0,847	0,847	260	47,852	47,852
45	1,675	1,675	265	44,780	44,780
50	2,823	2,823	270	41,821	41,821
55	4,286	4,286	275	39,109	39,109
60	6,049	6,049	280	36,682	36,682
65	8,094	8,094	285	34,496	34,496
70	10,371	10,371	290	32,455	32,455
75	12,776	12,776	295	30,496	30,496
80	15,284	15,284	300	28,578	28,578
85	17,882	17,882	305	26,672	26,672
90	20,550	20,550	310	24,747	24,747
95	23,268	23,268	315	22,755	22,755
100	26,018	26,018	320	20,635	20,635
105	28,789	28,789	325	18,305	18,305

115	34,365	34,365		335	12,781	12,781
120	37,163	37,163		340	10,740	10,740
125	39,966	39,966		345	9,305	9,305
130	42,776	42,776		350	8,208	8,208
135	45,599	45,599		355	7,313	7,313
140	48,442	48,442		360	6,539	6,539
145	51,322	50,000		365	5,809	5,809
150	54,238	50,000		370	5,079	5,079
155	57,153	50,000		375	4,306	4,306
160	60,033	50,000		380	3,436	3,436
165	62,862	50,000		385	2,544	2,544
170	65,628	50,000		390	1,946	1,946
175	68,329	50,000		395	1,536	1,536
180	70,965	50,000		400	1,225	1,225
185	73,539	50,000		405	0,971	0,971
190	76,055	50,000		410	0,753	0,753
195	78,522	50,000		415	0,555	0,555
200	80,939	50,000		420	0,367	0,367
205	83,298	50,000		425	0,183	0,183
210	85,590	50,000		430	0,000	0,000
215	87,813	50,000				

3.6.5 Bacino n°5 – Torrente Laorna - Sez. di chiusura N5

Sezione di chiusura

Località Castegnato
 Comune Castegnato
 Quota (msm) 145,0

Metodo dello studio

Modello CINEMATICO DI CORRIVAZIONE
 Calcolo Idrogramma unitario istantaneo (IUH)
 Ietogramma COSTANTE
 Pioggia c.p.c.: $h = 52,508 t^{0,304}$ (TR100)
 Durata della pioggia: $t_p = t_c = 210$ minuti
 Perdite METODO CN-SCS

Caratteristiche geomorfologiche del bacino

Superficie 1121,16,71 ha

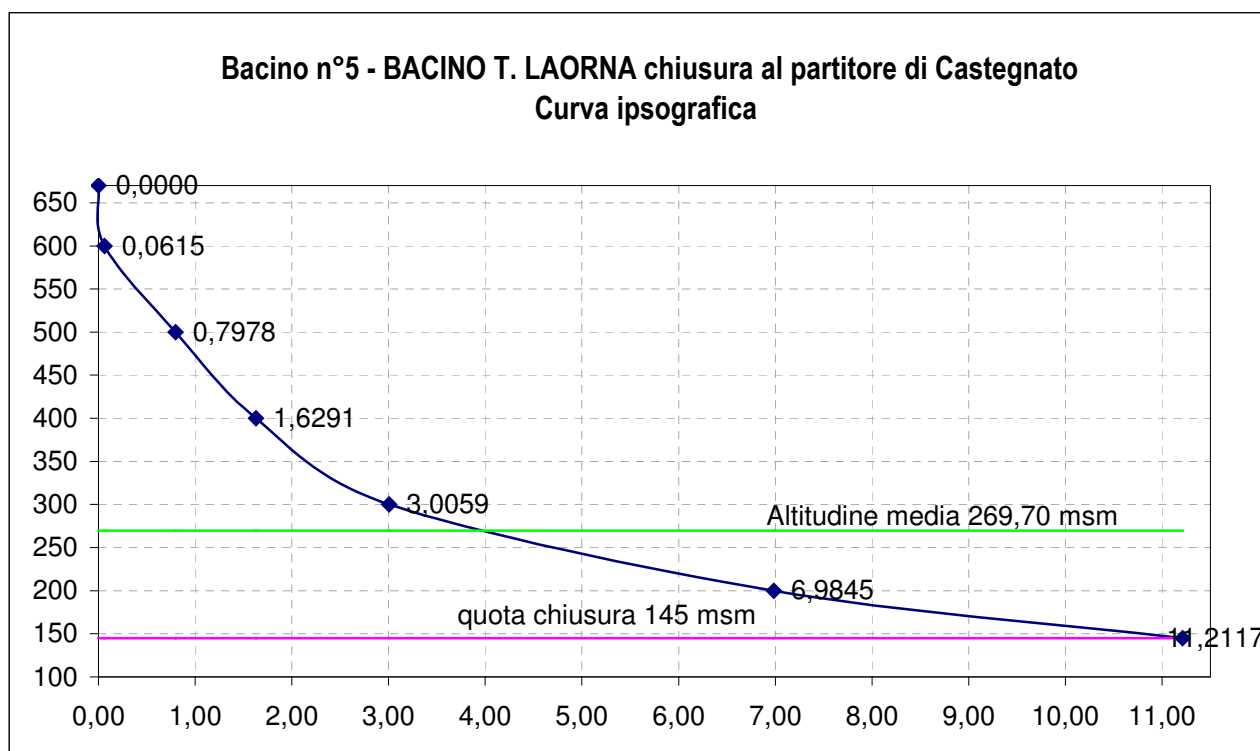
Andamento altimetrico

Curva ipsografica

Altitudine (msm)	670	600	500	400	300	200
Superficie (ha)		6,15,28	79,78,22	162,91,26	300,59,54	698,45,00

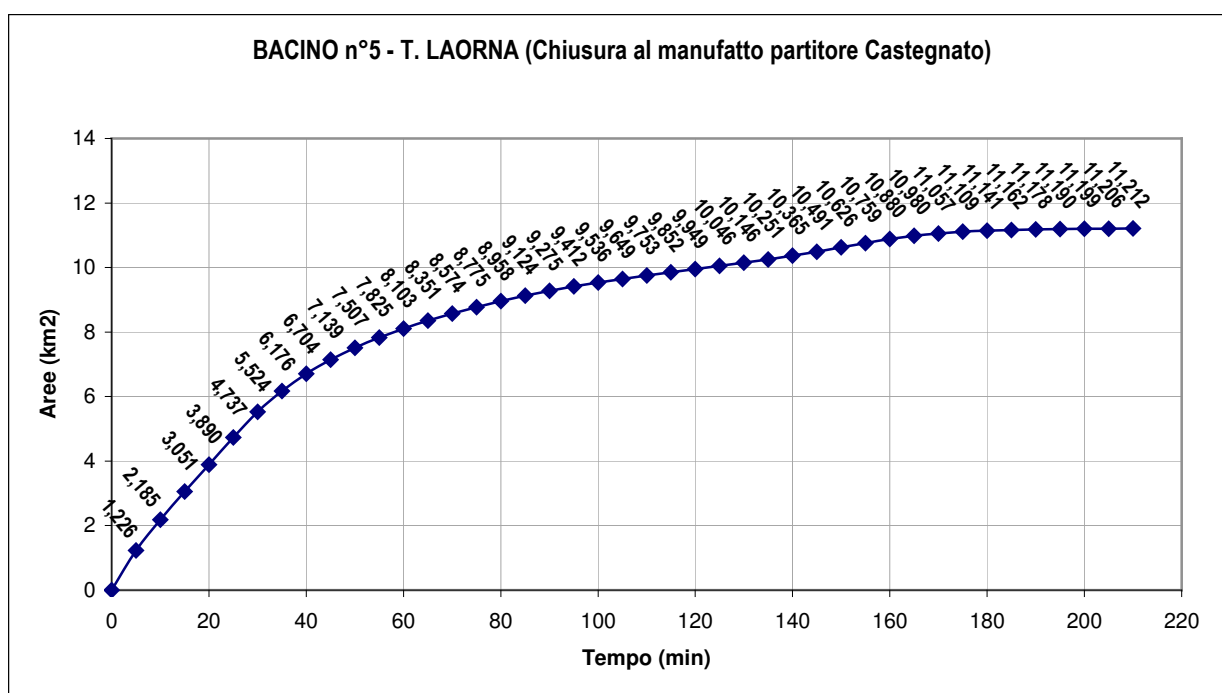
Altitudine (msm)	145					
Superficie (ha)	1121,16,71					

CURVA IPSOGRAFICA



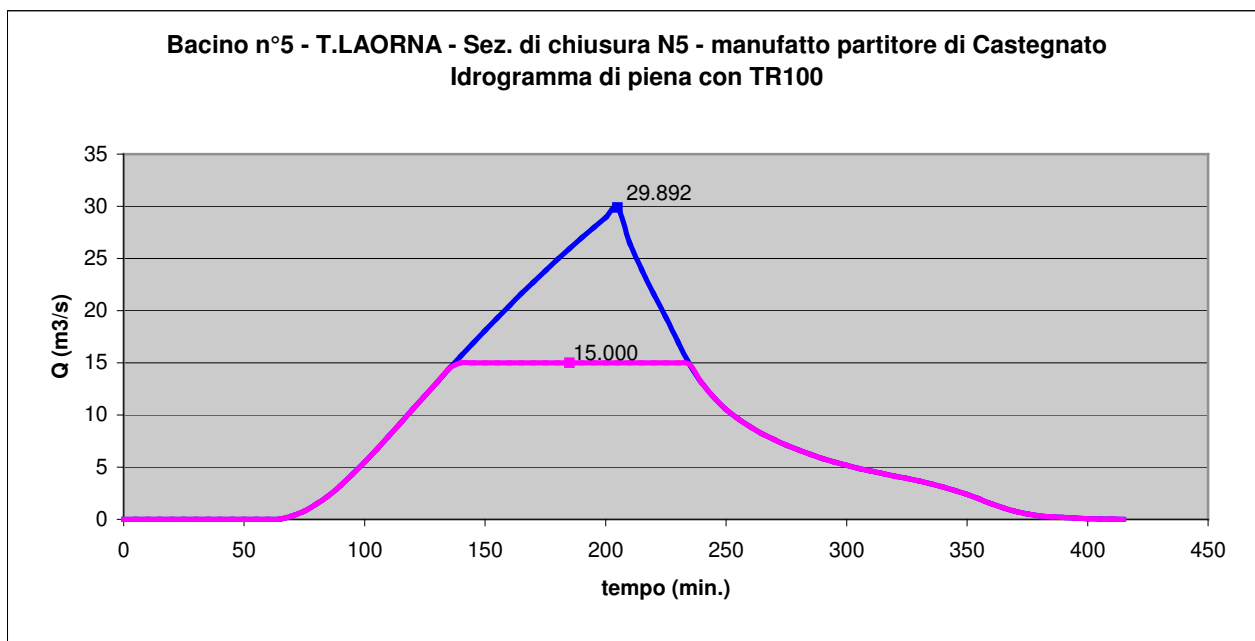
Altitudine (msm) Massima	670,00
Media (da curva ipso.)	269,70
Sez. chiusura	145,00
Pendenza media (m/m)	0,045142
Lunghezza asta (m)	11'630,00
Tempo di corrivazione (min)	210
Parametro CN	72,54
Valore impermeabilità I	24,62

CURVA AREE CONFLUENTI / TEMPI DI CORRIVAZIONE



Risultati del calcolo idrologico

Evento meteorico	Durata della pioggia [min]	Volume piovuto [mm]	Volume Dep. [mm]	Coefficiente di afflusso ϕ	Portata al colmo [m ³ /s]	Volume idrogramma [m ³]
TR 100 anni	210	76,91	21,63	0,24	29,892	206'542

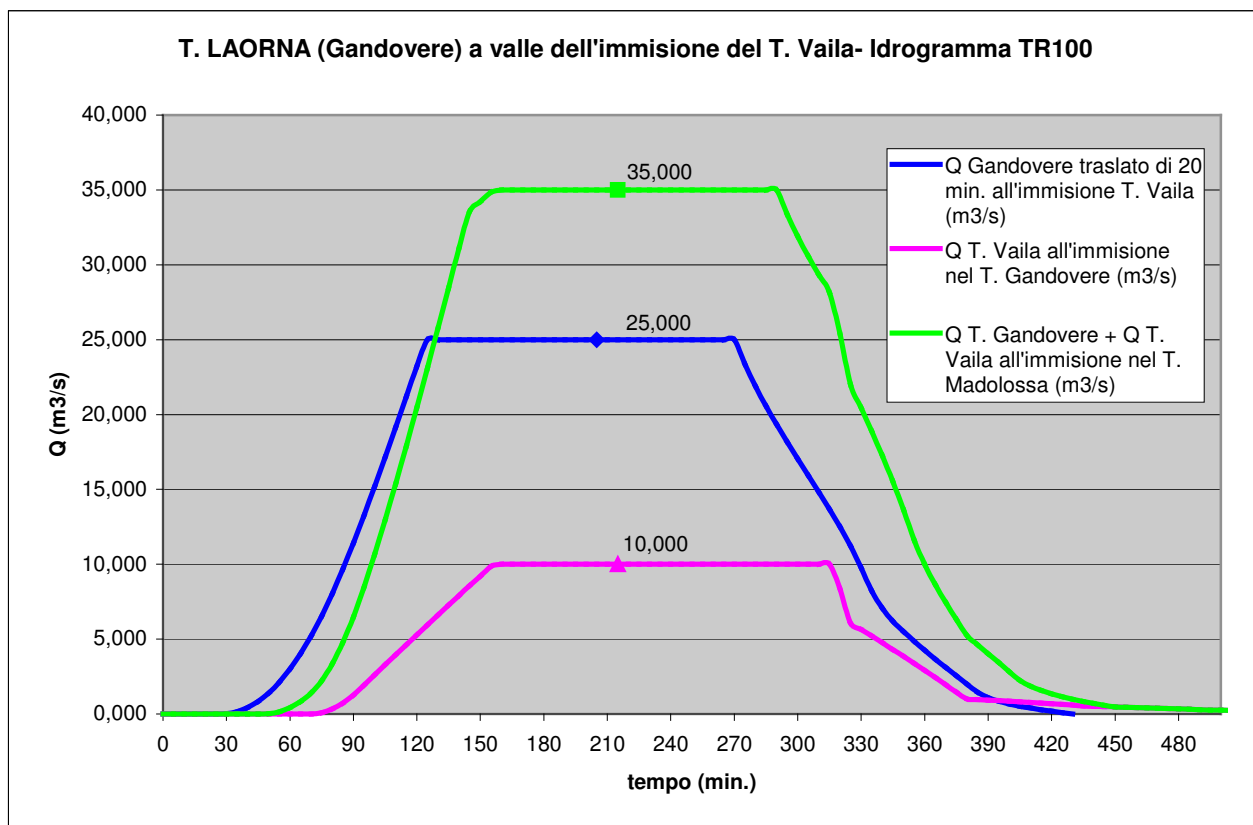


Bacino n°5 - T. Laorna - Sez. di chiusura N5 - Idrogramma tabellare di piena con TR100 anni

Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m³/s)	Idrogramma di piena con portata massima = 15 m³/s	Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m³/s)	Idrogramma di piena con portata massima = 15 m³/s
0	0,000	0,000	215	26,461	15,000
5	0,000	0,000	220	23,901	15,000
10	0,000	0,000	225	21,606	15,000
15	0,000	0,000	230	19,351	15,000
20	0,000	0,000	235	17,004	15,000
25	0,000	0,000	240	14,809	14,809
30	0,000	0,000	245	13,034	13,034
35	0,000	0,000	250	11,644	11,644
40	0,000	0,000	255	10,537	10,537
45	0,000	0,000	260	9,629	9,629
50	0,000	0,000	265	8,864	8,864
55	0,000	0,000	270	8,204	8,204
60	0,000	0,000	275	7,624	7,624
65	0,000	0,000	280	7,107	7,107
70	0,044	0,044	285	6,641	6,641
75	0,326	0,326	290	6,220	6,220
80	0,812	0,812	295	5,838	5,838
85	1,468	1,468	300	5,490	5,490
90	2,280	2,280	305	5,175	5,175
95	3,238	3,238	310	4,889	4,889
100	4,320	4,320	315	4,630	4,630
105	5,492	5,492	320	4,389	4,389
110	6,722	6,722	325	4,155	4,155
115	7,987	7,987	330	3,919	3,919
120	9,271	9,271	335	3,672	3,672
125	10,562	10,562	340	3,406	3,406
130	11,852	11,852	345	3,110	3,110

135	13,135	13,135		350	2,773	2,773
140	14,406	14,406		355	2,383	2,383
145	15,661	15,000		360	1,951	1,951
150	16,897	15,000		365	1,517	1,517
155	18,113	15,000		370	1,118	1,118
160	19,306	15,000		375	0,782	0,782
165	20,475	15,000		380	0,524	0,524
170	21,619	15,000		385	0,347	0,347
175	22,737	15,000		390	0,240	0,240
180	23,829	15,000		395	0,169	0,169
185	24,895	15,000		400	0,114	0,114
190	25,936	15,000		405	0,074	0,074
195	26,954	15,000		410	0,043	0,043
200	27,951	15,000		415	0,019	0,019
205	28,929	15,000		420	0,000	0,000
210	29,892	15,000				

25	0,000	0,000	0,000		245	63,034	31,517	25,000
30	0,030	0,015	0,015		250	61,644	30,822	25,000
35	0,302	0,151	0,151		255	60,537	30,268	25,000
40	0,847	0,424	0,424		260	57,480	28,740	25,000
45	1,675	0,837	0,837		265	53,644	26,822	25,000
50	2,823	1,411	1,411		270	50,026	25,013	25,000
55	4,286	2,143	2,143		275	46,733	23,367	23,367
60	6,049	3,024	3,024		280	43,789	21,894	21,894
65	8,094	4,047	4,047		285	41,137	20,569	20,569
70	10,415	5,208	5,208		290	38,675	19,337	19,337
75	13,101	6,551	6,551		295	36,333	18,167	18,167
80	16,095	8,048	8,048		300	34,068	17,034	17,034
85	19,350	9,675	9,675		305	31,847	15,923	15,923
90	22,830	11,415	11,415		310	29,636	14,818	14,818
95	26,507	13,253	13,253		315	27,385	13,692	13,692
100	30,339	15,169	15,169		320	25,024	12,512	12,512
105	34,281	17,141	17,141		325	22,460	11,230	11,230
110	38,295	19,147	19,147		330	19,530	9,765	9,765
115	42,352	21,176	21,176		335	16,454	8,227	8,227
120	46,434	23,217	23,217		340	14,146	7,073	7,073
125	50,529	25,264	25,000		345	12,415	6,207	6,207
130	54,629	27,314	25,000		350	10,981	5,491	5,491
135	58,734	29,367	25,000		355	9,696	4,848	4,848
140	62,848	31,424	25,000		360	8,490	4,245	4,245
145	65,000	32,500	25,000		365	7,326	3,663	3,663
150	65,000	32,500	25,000		370	6,196	3,098	3,098
155	65,000	32,500	25,000		375	5,088	2,544	2,544
160	65,000	32,500	25,000		380	3,959	1,980	1,980
165	65,000	32,500	25,000		385	2,891	1,445	1,445
170	65,000	32,500	25,000		390	2,186	1,093	1,093
175	65,000	32,500	25,000		395	1,705	0,853	0,853
180	65,000	32,500	25,000		400	1,339	0,670	0,670
185	65,000	32,500	25,000		405	1,044	0,522	0,522
190	65,000	32,500	25,000		410	0,796	0,398	0,398
195	65,000	32,500	25,000		415	0,573	0,287	0,287
200	65,000	32,500	25,000		420	0,367	0,183	0,183
205	65,000	32,500	25,000		425	0,183	0,092	0,092
210	65,000	32,500	25,000		430	0,000	0,000	0,000
215	65,000	32,500	25,000					



T.Vaila, T.Gandovere e T.Laorna - Idrogramma tabellare di piena con TR100 anni

Tempo (min.)	Idrogramma Laorna (Gandovere) traslato di 20min all'immissione T. Vaila (m ³ /s)	Idrogramma Vaila all'immissione T.Gandovere (m ³ /s)	Idrogramma Vaila + Idrogramma Laorna (Gandovere) all'immissione nel T.Madolossa (Q _{max} 35 m ³ /s)	Tempo (min.)	Idrogramma Laorna (Gandovere) traslato di 20min all'immissione T. Vaila (m ³ /s)	Idrogramma Vaila all'immissione T.Gandovere (m ³ /s)	Idrogramma Vaila + Idrogramma Laorna (Gandovere) all'immissione nel T.Madolossa (Q _{max} 35 m ³ /s)
0		0,000	0,000	305	20,569	10,000	30,569
5		0,000	0,000	310	19,337	10,000	29,337
10		0,000	0,000	315	18,167	10,000	28,167
15		0,000	0,000	320	17,034	8,354	25,388
20	0,000	0,000	0,000	325	15,923	6,082	22,005
25	0,000	0,000	0,000	330	14,818	5,648	20,466
30	0,000	0,000	0,000	335	13,692	5,207	18,900
35	0,000	0,000	0,000	340	12,512	4,760	17,272
40	0,000	0,000	0,000	345	11,230	4,306	15,536
45	0,000	0,000	0,000	350	9,765	3,846	13,611
50	0,015	0,000	0,015	355	8,227	3,380	11,607
55	0,151	0,000	0,151	360	7,073	2,908	9,981
60	0,424	0,000	0,424	365	6,207	2,430	8,637
65	0,837	0,000	0,837	370	5,491	1,946	7,437
70	1,411	0,000	1,412	375	4,848	1,457	6,305
75	2,143	0,089	2,232	380	4,245	1,001	5,246
80	3,024	0,335	3,359	385	3,663	0,964	4,627
85	4,047	0,731	4,778	390	3,098	0,927	4,025
90	5,208	1,272	6,480	395	2,544	0,888	3,432
95	6,551	1,921	8,472	400	1,980	0,848	2,828

105	9,675	3,283	12,958		410	1,093	0,766	1,859
110	11,415	3,956	15,371		415	0,853	0,723	1,575
115	13,253	4,624	17,877		420	0,670	0,679	1,349
120	15,169	5,289	20,458		425	0,522	0,634	1,157
125	17,141	5,950	23,091		430	0,398	0,589	0,987
130	19,147	6,609	25,756		435	0,287	0,543	0,829
135	21,176	7,264	28,440		440	0,183	0,516	0,700
140	23,217	7,918	31,135		445	0,092	0,495	0,587
145	25,000	8,569	33,569		450	0,000	0,474	0,474
150	25,000	9,218	34,218		455		0,452	0,452
155	25,000	9,852	34,852		460		0,430	0,430
160	25,000	10,000	35,000		465		0,407	0,407
165	25,000	10,000	35,000		470		0,383	0,383
170	25,000	10,000	35,000		475		0,359	0,359
175	25,000	10,000	35,000		480		0,335	0,335
180	25,000	10,000	35,000		485		0,310	0,310
185	25,000	10,000	35,000		490		0,285	0,285
190	25,000	10,000	35,000		495		0,265	0,265
195	25,000	10,000	35,000		500		0,251	0,251
200	25,000	10,000	35,000		505		0,236	0,236
205	25,000	10,000	35,000		510		0,221	0,221
210	25,000	10,000	35,000		515		0,205	0,205
215	25,000	10,000	35,000		520		0,189	0,189
220	25,000	10,000	35,000		525		0,174	0,174
225	25,000	10,000	35,000		530		0,158	0,158
230	25,000	10,000	35,000		535		0,141	0,141
235	25,000	10,000	35,000		540		0,125	0,125
240	25,000	10,000	35,000		545		0,108	0,108
245	25,000	10,000	35,000		550		0,093	0,093
250	25,000	10,000	35,000		555		0,084	0,084
255	25,000	10,000	35,000		560		0,075	0,075
260	25,000	10,000	35,000		565		0,066	0,066
265	25,000	10,000	35,000		570		0,057	0,057
270	25,000	10,000	35,000		575		0,048	0,048
275	25,000	10,000	35,000		580		0,038	0,038
280	25,000	10,000	35,000		585		0,029	0,029
285	25,000	10,000	35,000		590		0,019	0,019
290	25,000	10,000	35,000		595		0,010	0,010
295	23,367	10,000	33,367		600		0,000	0,000
300	21,894	10,000	31,894					

3.6.7 Bacino area urbana Bodutto di Gussago – Scarico nel T.Canale

Sezione di chiusura

Località	Bodutto
Comune	Gussago
Quota (msm)	128,0

Metodo dello studio

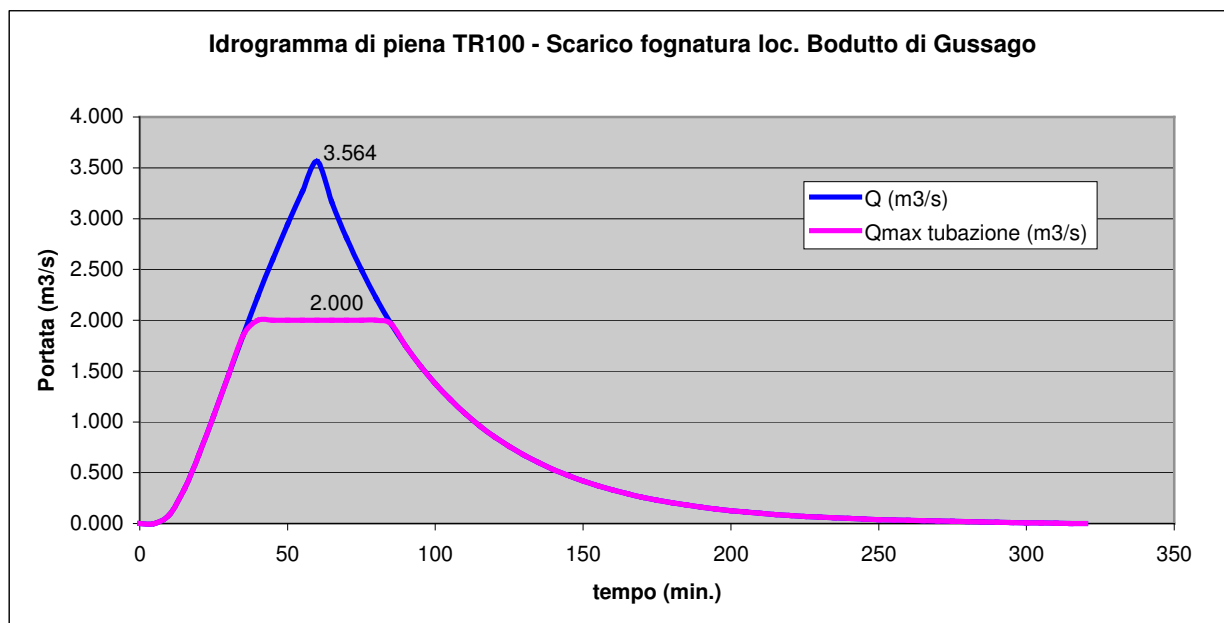
Modello	INVASO CON COSTANTE (K)	
Calcolo	Idrogramma unitario istantaneo (IUH)	
	Ietogramma	COSTANTE
	Pioggia	c.p.c.: $h = 59,3987 t^{0,280}$ (TR100)
		Durata della pioggia: $t_p = t_c = 60$ minuti
	Perdite	METODO CN-SCS

Caratteristiche geomorfologiche del bacino

Superficie		41,00,00 ha
Altitudine (msm)	Massima	131,90
	Media	129,95
	Sez. chiusura	128,00
Pendenza media (m/m)		0,002294
Lunghezza asta (m)		1'700,00
Diametro tubazione di scarico ϕ (cm)		150
Tempo di corrivazione (min)		60
Parametro CN		90
Costante di invaso (K)		42

Risultati del calcolo idrologico

Evento meteorico	Durata della pioggia [min]	Volume piovuto [mm]	Volume Dep. [mm]	Coefficiente di afflusso ϕ	Portata al colmo [m ³ /s]	Volume idrogramma [m ³]
TR 100 anni	60	59,40	35,25	0,59	3,564	14'452



Bacino area urbana Bodutto di Gussago - Idrogramma tabellare di piena con TR100 anni

Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m ³ /s)	Idrogramma di piena con portata massima = 2 m ³ /s	Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m ³ /s)	Idrogramma di piena con portata massima = 2 m ³ /s
0	0,000	0,000	165	0,293	0,293
5	0,000	0,000	170	0,260	0,260
10	0,086	0,086	175	0,231	0,231
15	0,338	0,338	180	0,205	0,205
20	0,679	0,679	185	0,182	0,182
25	1,062	1,062	190	0,161	0,161
30	1,458	1,458	195	0,143	0,143
35	1,853	1,853	200	0,127	0,127
40	2,235	2,000	205	0,113	0,113
45	2,600	2,000	210	0,100	0,100
50	2,944	2,000	215	0,089	0,089
55	3,265	2,000	220	0,079	0,079
60	3,564	2,000	225	0,070	0,070
65	3,164	2,000	230	0,062	0,062
70	2,809	2,000	235	0,055	0,055
75	2,493	2,000	240	0,049	0,049
80	2,213	2,000	245	0,044	0,044
85	1,965	1,965	250	0,039	0,039
90	1,744	1,744	255	0,034	0,034
95	1,549	1,549	260	0,030	0,030
100	1,375	1,375	265	0,027	0,027
105	1,221	1,221	270	0,024	0,024
110	1,084	1,084	275	0,021	0,021
115	0,962	0,962	280	0,018	0,018
120	0,854	0,854	285	0,015	0,015
125	0,758	0,758	290	0,012	0,012
130	0,673	0,673	295	0,009	0,009
135	0,598	0,598	300	0,007	0,007
140	0,530	0,530	305	0,005	0,005
145	0,471	0,471	310	0,003	0,003
150	0,418	0,418	315	0,002	0,002
155	0,371	0,371	320	0,000	0,000
160	0,329	0,329			

3.6.8 Bacino area urbana dell'Oltremella di Brescia – Scarico nel T. Mandolossa a valle del ponte via Valcamonica

Sezione di chiusura

Località	Mandolossa
Comune	Brescia
Quota (msm)	125,45

Metodo dello studio

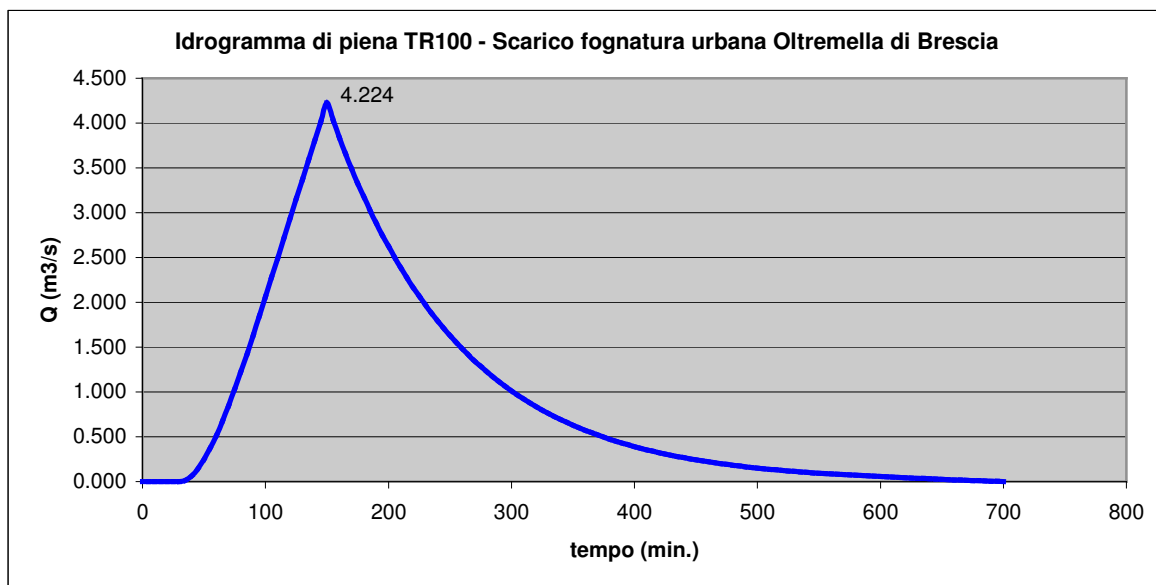
Modello	CINEMATICO DI CORRIVAZIONE	
Calcolo	Idrogramma unitario istantaneo (IUH)	
	Ietogramma	COSTANTE
	Pioggia	c.p.c.: $h = 57,3777 t^{0,283}$ (TR100)
		Durata della pioggia: $t_p = t_c = 150$ minuti
	Perdite	METODO CN-SCS

Caratteristiche geomorfologiche del bacino

Superficie		150,81,05 ha
Altitudine (msm)	Massima	144,08
	Media	134,76
	Sez. chiusura	125,45
Pendenza media (m/m)		0,005175
Lunghezza asta (m)		3'600,00
Dimensione canale di scarico (cm)		200 x 130
Tempo di corrivazione (min)		90
Parametro CN		77
Costante di invaso (K)		105

Risultati del calcolo idrologico

Evento meteorico	Durata della pioggia [min]	Volume piovuto [mm]	Volume Dep. [mm]	Coefficiente di afflusso ϕ	Portata al colmo [m ³ /s]	Volume idrogramma [m ³]
TR 100 anni	150	74,42	25,98	0,35	4,224	39'179



Bacino area urbana Oltremella di Brescia - Idrogramma tabellare di piena con TR100 anni

Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m3/s)	Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m3/s)	Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m3/s)	Tempo (min.)	Idrogramma di piena (Portata m3/s)
0	0,000	180	3,174	360	0,572	540	0,103
5	0,000	185	3,027	365	0,545	545	0,098
10	0,000	190	2,886	370	0,520	550	0,094
15	0,000	195	2,752	375	0,496	555	0,089
20	0,000	200	2,624	380	0,473	560	0,085
25	0,000	205	2,502	385	0,451	565	0,081
30	0,000	210	2,385	390	0,430	570	0,077
35	0,014	215	2,275	395	0,410	575	0,074
40	0,063	220	2,169	400	0,391	580	0,070
45	0,141	225	2,068	405	0,372	585	0,067
50	0,245	230	1,972	410	0,355	590	0,064
55	0,370	235	1,880	415	0,339	595	0,060
60	0,515	240	1,793	420	0,323	600	0,057
65	0,675	245	1,709	425	0,308	605	0,053
70	0,848	250	1,630	430	0,294	610	0,050
75	1,032	255	1,554	435	0,280	615	0,047
80	1,226	260	1,482	440	0,267	620	0,044
85	1,427	265	1,413	445	0,254	625	0,040
90	1,634	270	1,347	450	0,243	630	0,037
95	1,845	275	1,284	455	0,231	635	0,034
100	2,060	280	1,225	460	0,221	640	0,031
105	2,278	285	1,168	465	0,210	645	0,028
110	2,497	290	1,113	470	0,201	650	0,025
115	2,716	295	1,062	475	0,191	655	0,022
120	2,936	300	1,012	480	0,182	660	0,020
125	3,155	305	0,965	485	0,174	665	0,017
130	3,373	310	0,920	490	0,166	670	0,014
135	3,589	315	0,878	495	0,158	675	0,012
140	3,803	320	0,837	500	0,151	680	0,009
145	4,015	325	0,798	505	0,144	685	0,007
150	4,224	330	0,761	510	0,137	690	0,004
155	4,028	335	0,725	515	0,131	695	0,002
160	3,840	340	0,692	520	0,125	700	0,000
165	3,662	345	0,659	525	0,119		
170	3,492	350	0,629	530	0,113		

4. STUDIO IDRAULICO

4.1. Premessa

Lo studio è condotto conformemente alle metodologie definite nell'Allegato 4 alla DGR 30 novembre 2011, n. IX/2616 e nella direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, approvate dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con deliberazione n. 2/99 del 11 maggio 1999 e n. 10/06 del 5 aprile 2006.

La valutazione delle condizioni di pericolosità e rischio locali, all'interno delle aree allagabili, è basata sui risultati della modellazione idraulica bidimensionale (2D) del deflusso delle acque esondate dal t. Solda e dal t. Canale durante il transito della piena di riferimento, definita dall'insieme degli idrogrammi calcolati come illustrato nel precedente capitolo 3, in regime di moto vario monodimensionale (1D), lungo l'asta fluviale, composta in successione dai tratti dei torrenti Solda, Canale e Mandolossa.

La modellazione 1D è protratta lungo la roggia Mandolossa, le cui eventuali esondazione dal proprio alveo non interessano le aree di allagamento allo studio, poiché le condizioni di deflusso lungo questo corso d'acqua, ed in particolare il rigurgito provocato dalla confluenza del t. Laorna (Gandovere) e della fognatura dell'Oltremella al ponte della Mandolossa, influiscono in modo determinante sull'andamento dei profili idraulici del confluyente t. Canale.

La modellazione idraulica è stata eseguita mediante l'utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS versione 5.0.3 e dei più recenti rilievi topografici ad alta precisione, ottenuti con tecnologia Laser Scanning LiDAR- Light Detection And Ranging, resi disponibili dal MATTM tramite Regione Lombardia.

Il procedimento dello studio e la spiegazione delle basi teoriche del programma di modellazione idraulica utilizzato, sono illustrati nell'allegato V.I.-Alall041-00 Relazione idrologica e idraulica – Inquadramento metodologico.

4.2. Modello di calcolo

Il modello geometrico implementato nel programma di calcolo HEC-RAS ver. 5.0.3, per ciascuno dei due corsi d'acqua, è composto come segue:

Geometria del corso d'acqua

- Torrente Solda:
 - lunghezza 1563,00m, da inizio modellazione (sezione n. 2551) presso c.na Marze, fino alla confluenza del t. Canale, presso il ponte di via Badia (sezione n. 988)
 - sezioni del modello: n. 23
 - Strutture trasversali: n. 1 ponte (bridge) (ponte via del Santellone rif. sezione n. 1151.00) e n°1 paratoia (inline structure) (rif. sez. 1296.70IS)
- Torrente Canale:
 - lunghezza 613,83 m, da ponte di via Badia (sezione n. 988), fino alla confluenza del torrente Gandovere a monte del ponte di via Valcamonica (sezione n. 191);
 - sezioni del modello: n. 17
 - Strutture trasversali: n. 0
- Roggia Mandolossa:
 - lunghezza 191,00 m, da confluenza del t.Gandovere nel t. Canale (sezione n. 191) a monte del ponte di via Valcamonica, fino a valle del ponte della ferrovia Brsia-Iseo (sezione n. 0);
 - sezioni del modello: n. 8
 - Strutture trasversali: n. 2 ponti (bridge): primo ponte (sezione n. 163) ponte di via Valcamonica; secondo ponte (sezione n. 21,50) ponte della ferrovia Brescia-Iseo.

Aree di allagamento e collegamenti idraulici

Le aree allagabili considerate nel calcolo idraulico sono quelle relative allo scenario di pericolosità poco frequente (P2/M) per la piena di riferimento con TR 100 anni, come risultanti dalle mappe del PGRA, con la sola aggiunta dell'area situata in adiacenza a nord di via del Santellone, come precisato e motivato nel precedente paragrafo 2.3.

Area n. 1

- Posizione: a lato della sponda sinistra del t. Solda da inizio modellazione e fino a via Valcamonica;
- Superficie: 445'880m², compresa fra la sponda sinistra del torrente e il piede del rilevato collinare a est;
- Uso del suolo: area prevalentemente agricola e a verde;
- Rilievo: copertura LiDAR
- Griglia di calcolo: 2x2 m;
- Collegamenti idraulici fra area di allagamento e corso d'acqua (laterl structure):
 - n.1 sfioratore laterale lungo la sponda sinistra del t. Solda da inizio tratto fino al ponte di accesso alla c.na Carretto di Sotto (353,80m);
 - n.1 sfioratore laterale lungo la sponda sinistra dal ponte di accesso alla c.na Carretto di Sotto fino al manufatto con paratoia (rif. sez. 1296.70IS)

(771,50m);

- n.1 sfioratore laterale lungo la sponda sinistra dal manufatto con paratoia (rif. sez. 1296.70IS) (771,50m);
- n.1 sfioratore laterale di collegamento fra le aree di allagamento n.1 e n.3, per sormonto del rilevato stradale di via del Santellone, al confine delle due aree (103,14m).

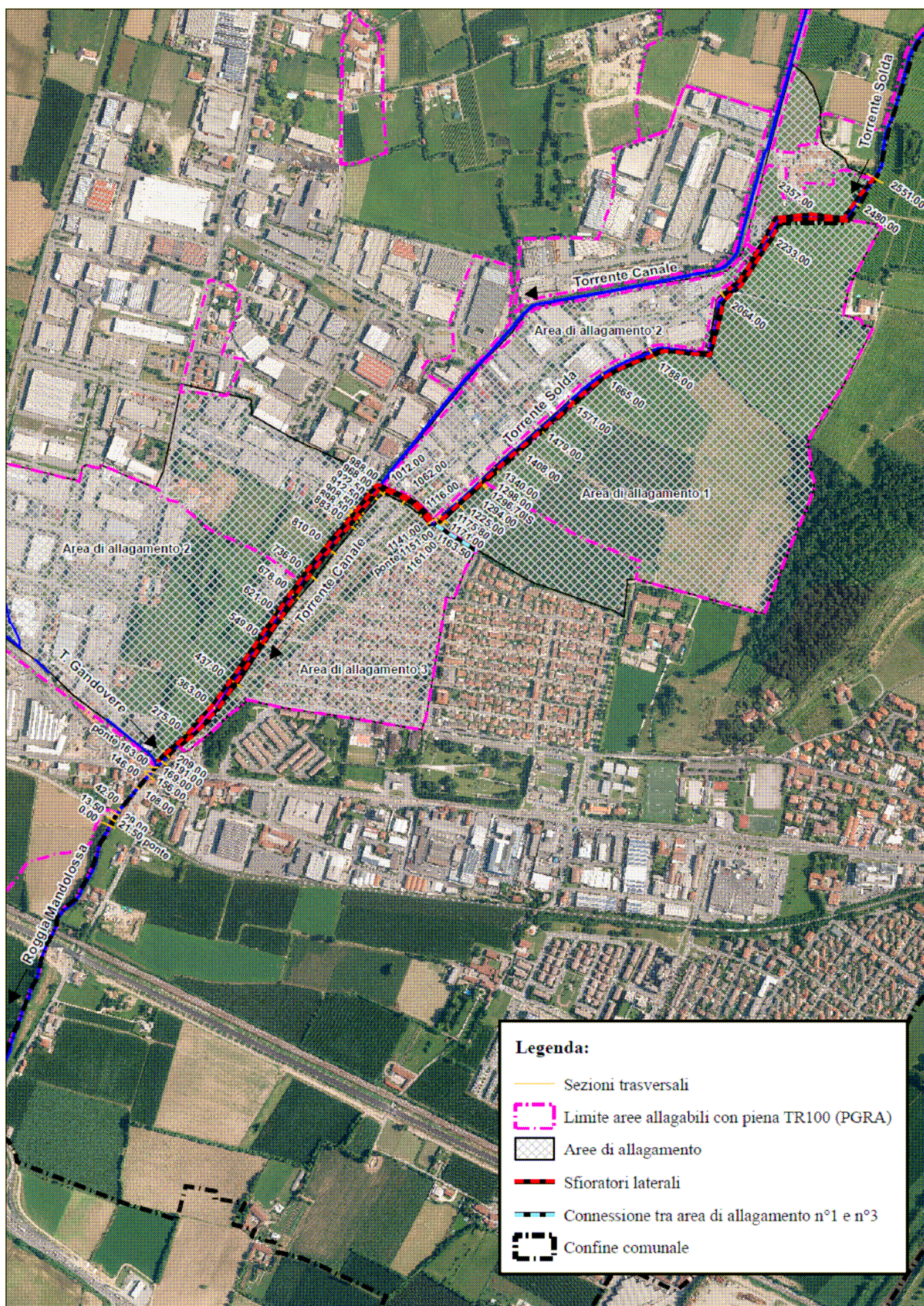
Area n. 2

- Posizione: a lato della sponda destra del t. Solda da inizio modellazione e fino alla confluenza del t. Laorna (Gandovere);
- Superficie: 689'138m², compresa fra la sponda destra del t. Solda e la sponda sinistra del t. Canale in comune di Cellatica fino a via del Santellone, prosegue poi verso sud/ovest tra la sponda destra del t. Canale e via E. Fermi in Comune di Gussago;
- Uso del suolo: area prevalentemente edificata a destinazione industriale con solo qualche area a destinazione agricola;
- Rilievo: copertura LiDAR
- Griglia di calcolo: 2x2 m;
- Collegamenti idraulici fra area esondabile e corso d'acqua (laterl structure):
 - n.1 sfioratore laterale lungo la sponda destra del torrente e fino al ponte di accesso alla c.na Carretto di sotto (474,30m);
 - n.3 sfioratori laterali consecutivi lungo la sponda destra tra il ponte di via del Santellone (rif. sez. 1141) e la confluenza del t.Gandovere (rif. sez. 191) (1'139,52m);

Area n. 3

- Posizione: a lato della sponda sinistra del torrente Canale, a partire da via del Santellone fino a via Valcamonica;
- Superficie: 169'776m², compresa fra la sponda sinistra del torrente a est fino alla traversa Quarta del Villaggio Badia;
- Uso del suolo: area interamente urbanizzata a destinazione residenziale, occupata dal Villaggio Badia di Brescia;
- Rilievo: copertura LiDAR
- Griglia di calcolo: 2x2 m;
- Collegamenti idraulici fra area esondabile e corso d'acqua (laterl structure):
 - n.3 sfioratori laterali consecutivi lungo la sponda sinistra tra il ponte di via del Santellone (rif. sez. 1141) e la fine dell'area di allagamento n.3 (rif. tra sez. 275 e sez. 209) (1'105,70m)
 - n.1 sfioratore laterale di collegamento fra le aree di allagamento n.1 e n.3, per il possibile sormonto del rilevato stradale di via del Santellone, al confine delle due aree (103,14m).

Figura n°4.2.1 - Planimetria del modello geometrico di calcolo



4.3. Scabrezze e coefficienti di efflusso

I coefficienti di scabrezza di Manning (n) sono scelti a seguito di accurate ricognizioni dei luoghi e quantificati secondo il metodo contenuto nella Direttiva “*Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all’interno delle fasce A e B*” del Piano Stralcio nelle Fasce Fluviali dell’Autorità di Bacino del Fiume Po, con la seguente relazione:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m_5$$

in cui i vari coefficienti parziali, variano in funzione dei seguenti aspetti:

- Materiali costituenti l’alveo (n_0)
- Irregolarità della superficie della sezione (n_1)
- Variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale (n_2)
- Effetto relativo di ostruzioni (n_3)
- Effetto della vegetazione (n_4)
- Grado di sinuosità dell’alveo (m_5)

I valori dei coefficienti utilizzati nel calcolo, per le diverse situazioni riscontrate, sono evidenziati negli schemi grafici dei risultati della modellazione allegati nel successivo capitolo 7.

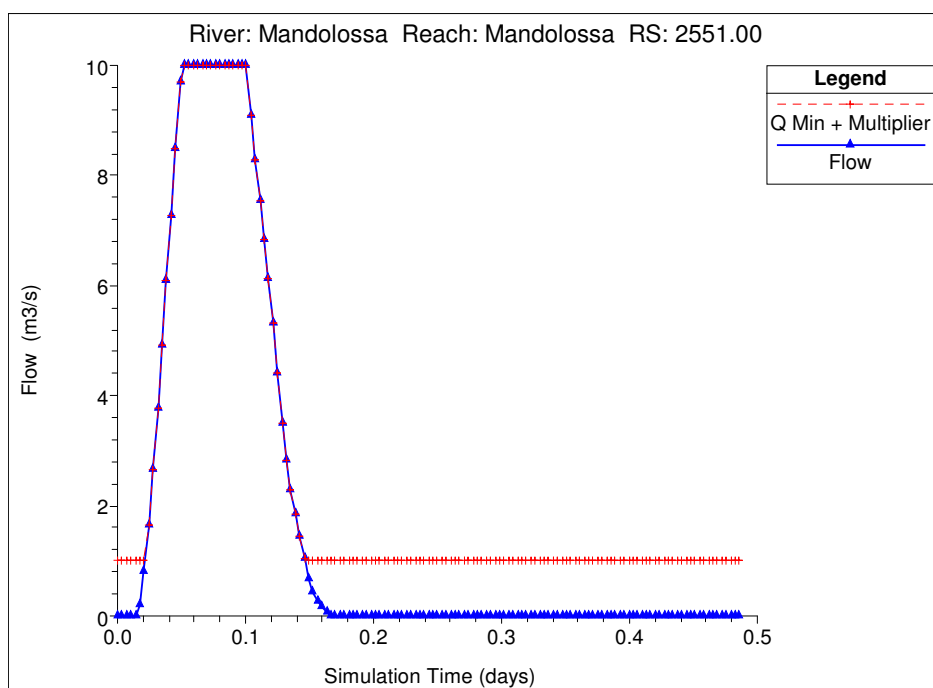
I coefficienti di efflusso, determinati come illustrato nella relazione metodologica (elaborato n. Alall041-00), utilizzati nel calcolo idraulico degli sfioratori laterali e degli altri collegamenti fra gli elementi del modello, sono riportati negli schemi grafici allegati nel successivo capitolo 7.

4.4. Condizioni al contorno. Portate di progetto e loro applicazione

I flussi (flow) delle portate d’acqua in ingresso al sistema idrografico del torrente Solda, schematizzati nel modello di calcolo idraulico per la simulazione del deflusso della piena di progetto in regime di moto vario (unsteady flow analysis), sono specificati ed applicati come segue:

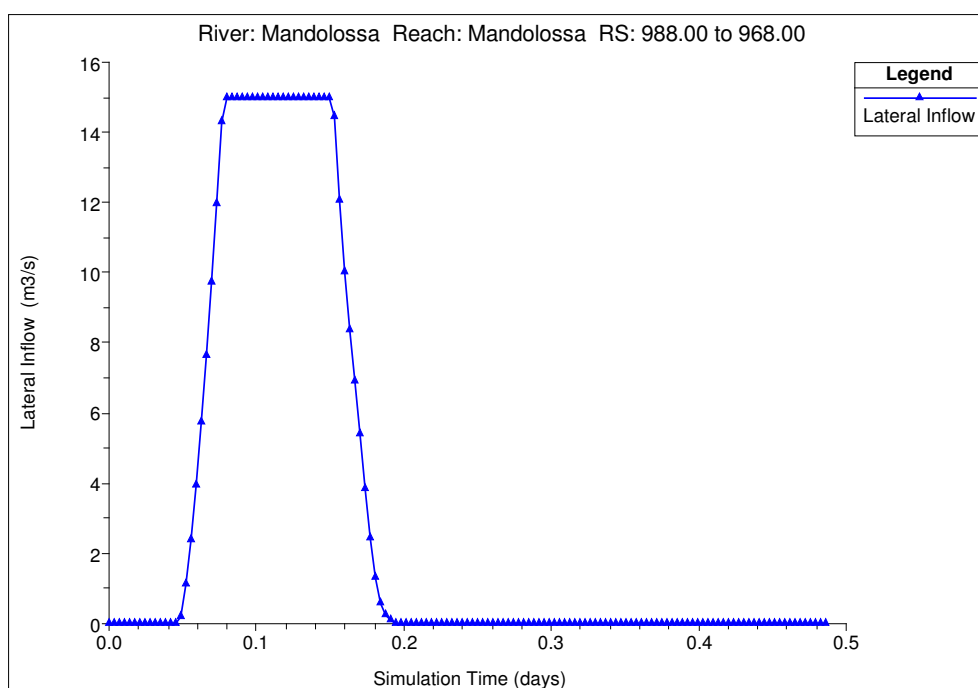
- Idrogramma della piena di progetto con TR 100 anni relativo al bacino n.1 - torrente Solda, calcolato come illustrato nel precedente paragrafo 3.6.1 e riportato nel grafico seguente, applicato in corrispondenza della sezione n. 2551.00, all’estremità a monte del t. Solda, con passo temporale di 5 minuti e condizioni iniziali di portata di 1,0 m³/s

Figura 4.4.1 - Idrogramma della piena di progetto con TR100 anni - t. Solda



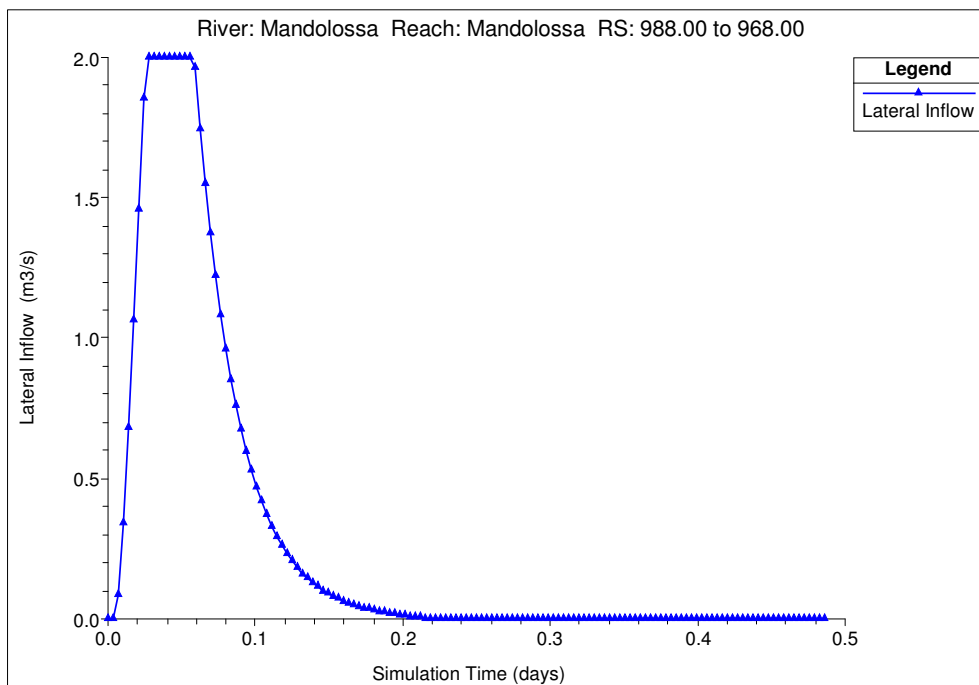
- Idrogramma della piena di progetto con TR 100 relativo al bacino n.2 - t. Canale, calcolato come illustrato nel precedente paragrafo 3.6.2, applicato presso la confluenza del t. Solda in corrispondenza della sezione n. 988.00, considerata una traslazione di 30 minuti fra sezione idrologica di calcolo e punto di immissione nel modello. Passo temporale di 5 minuti.

Figura 4.4.2 - Idrogramma della piena di progetto con TR100 anni - t. Canale



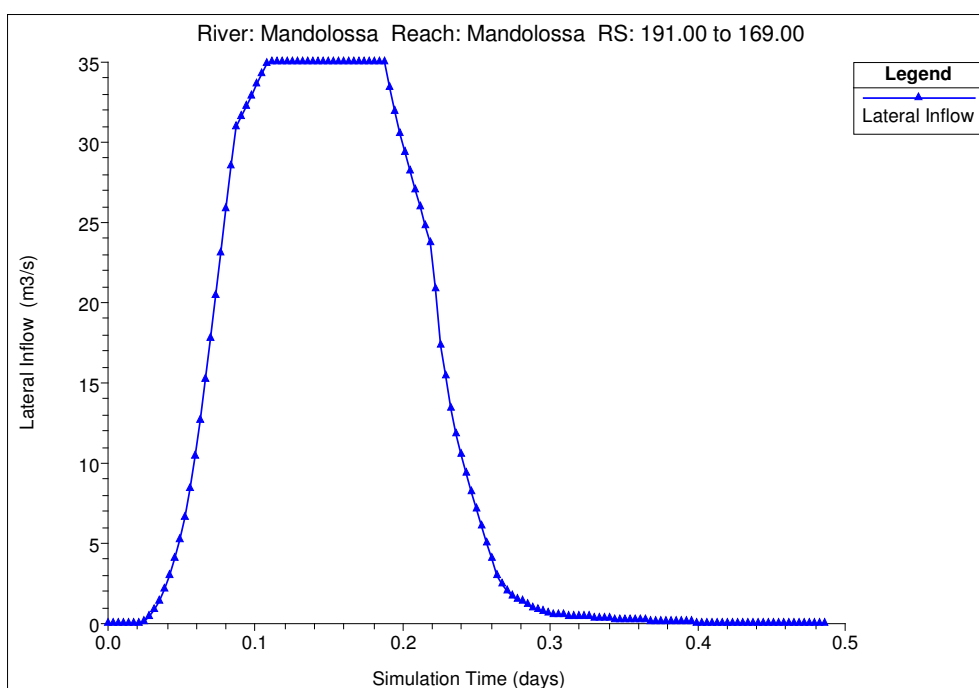
- Idrogramma della piena di progetto con TR 100 relativo al bacino dell'area urbana loc. Bodutto, calcolato come illustrato nel precedente paragrafo 3.6.7, applicato presso lo scarico nel t. Canale in corrispondenza della sezione n. 988.00, con passo temporale di 5 minuti.

Figura 4.4.3 - Idrogramma della piena di progetto con TR100 anni - scarico area urbana Bodutto



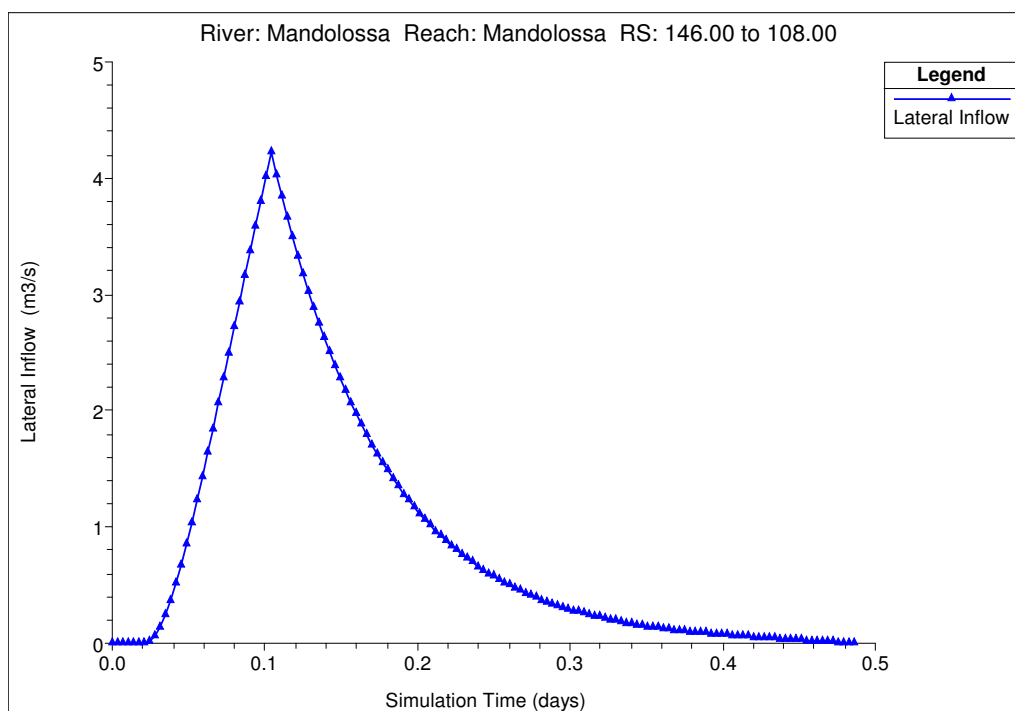
- Idrogramma della piena di progetto con TR 100 relativo ai bacini n.3-4-5, sommati e traslati come illustrato nel precedente paragrafo 3.6.6, applicato presso la confluenza nel t. Canale in corrispondenza della sezione n. 191.00, con passo temporale di 5 minuti.

Figura 4.4.4 - Idrogramma della piena di progetto con TR100 anni - t. Laorna (Gandovere)



- Idrogramma della piena di progetto con TR 100 relativo al bacino dell'area urbana Oltremella di Brescia, calcolato come illustrato nel precedente paragrafo 3.6.8, applicato presso lo scarico nel t. Mandolossa a valle del ponte di via Valcamonica, in corrispondenza della sezione n. 146.00, con passo temporale di 5 minuti.

Figura 4.4.5 - Idrogramma della piena di progetto con TR100 anni - scarico area urbana dell'Oltremella di Brescia



All'estremità di valle della roggia Mandolossa, sezione n. 0,00 – a valle del ponte della ferrovia Brescia-Iseo, si è posta la cadente (normal depth) pari a 0,0015 m/m.

4.5. Modellazione idraulica

La durata dell'evento di piena simulato mediante la modellazione idraulica 1D/2D è di 11.40 ore, sufficiente al fine di ottenere dal programma il calcolo dei flussi nelle aree 2D, fino al limite estremo delle aree allagabili.

Flusso monodimensionale (1/D)- Profili idraulici

I risultati del calcolo idraulico, sono riportati nella seguente tabella, in cui, per ciascuna sezione del modello geometrico, costruito come illustrato nel precedente capitolo 4.2, sono riportati, i valori dei principali parametri idraulici della corrente (quota del pelo libero, quota dell'altezza critica, quota dell'energia specifica, velocità della corrente nell'alveo, numero di Froude ed altri), relativi al deflusso, in condizioni di moto vario monodimensionale, della portata massima degli idrogrammi di

piena di progetto, lungo i singoli tratti del corso d'acqua, nelle condizioni fisiche attuali.

L'andamento e le quote del pelo libero della corrente, risultanti dalla modellazione idraulica eseguita, sono rappresentati negli schemi grafici contenuti nell'allegato capitolo 7, precisando che i profili idraulici rappresentano l'involuppo dei massimi livelli idrici raggiunti dalla piena nelle sezioni, in momenti diversi.

Tabella n° 4.5.1 - Risultati della modellazione idraulica del t. Solda, t. Canale e roggia Mandolossa - inviluppo dei massimi livelli idrici raggiunti con TR100 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Length Chnl	Cum Ch Len	Min Ch El	Levee El Left	Levee El Right	Max Chl Dpth	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
t. Solda	2551,00	Max WS	10,00	71,00	2551,00	129,48	130,38	130,20	1,23	130,71		130,80	0,004306	1,29	7,73	17,42	0,45
t. Solda	2550,00	Lat Struct															
t. Solda	2480,00	Max WS	7,71	123,00	2480,00	129,36	130,16	130,05	1,00	130,36		130,45	0,006656	1,33	5,79	17,42	0,53
t. Solda	2442,00	Lat Struct															
t. Solda	2357,00	Max WS	1,56	124,00	2357,00	129,16	129,83	129,69	0,95	130,11		130,12	0,000496	0,36	4,36	15,41	0,14
t. Solda	2233,00	Max WS	1,45	169,00	2233,00	129,21	129,69	130,14	0,75	129,96		129,97	0,001575	0,51	2,86	12,89	0,24
t. Solda	2082,00	Lat Struct															
t. Solda	2064,00	Max WS	1,08	276,00	2064,00	128,95	129,98	130,85	0,53	129,48		129,50	0,004305	0,71	1,52	4,24	0,38
t. Solda	1788,00	Max WS	0,65	123,00	1788,00	127,72	129,32	130,47	0,86	128,58		128,59	0,000382	0,28	2,35	4,10	0,12
t. Solda	1665,00	Max WS	0,64	94,00	1665,00	127,18	129,03	130,30	1,38	128,56		128,56	0,000062	0,15	4,42	4,53	0,05
t. Solda	1571,00	Max WS	0,64	92,00	1571,00	127,29	129,04	131,99	1,26	128,55		128,56	0,000056	0,14	4,60	4,88	0,05
t. Solda	1479,00	Max WS	0,65	71,00	1479,00	126,71	128,51	131,43	1,84	128,55		128,55	0,000024	0,11	6,36	14,86	0,03
t. Solda	1408,00	Max WS	1,16	68,00	1408,00	126,82	128,28	131,60	1,73	128,55		128,55	0,000032	0,13	8,65	16,47	0,04
t. Solda	1340,00	Max WS	1,74	42,00	1340,00	126,83	128,10	130,74	1,71	128,54		128,54	0,000155	0,27	6,52	15,58	0,08
t. Solda	1298,00	Max WS	3,87	4,00	1298,00	126,83	128,82	131,00	1,68	128,51	127,29	128,52	0,000243	0,51	7,60	6,04	0,15
t. Solda	1296,70	Inl Struct															
t. Solda	1294,00	Max WS	3,86	69,00	1294,00	126,83	128,67	131,00	1,65	128,48		128,49	0,000490	0,44	8,70	8,42	0,14
t. Solda	1293,00	Lat Struct															
t. Solda	1225,00	Max WS	3,82	49,20	1225,00	126,21	128,65	131,00	2,25	128,46		128,47	0,000233	0,35	11,02	8,49	0,10
t. Solda	1175,80	Max WS	3,82	0,30	1175,80	126,36	128,50	131,00	2,09	128,45		128,46	0,000238	0,35	10,89	8,66	0,10
t. Solda	1175,50	Max WS	3,82	4,50	1175,50	126,36	127,95	128,94	2,09	128,45		128,46	0,000035	0,29	13,15	14,55	0,07
t. Solda	1175,49	Lat Struct															
t. Solda	1171,00	Max WS	5,20	7,50	1171,00	126,35	127,95	128,93	2,10	128,45		128,45	0,000066	0,40	13,16	14,55	0,09
t. Solda	1163,50	Max WS	7,82	0,50	1163,50	126,19	127,95	128,93	2,24	128,43		128,44	0,000124	0,56	14,03	14,55	0,13
t. Solda	1163,00	Max WS	8,02	2,00	1163,00	126,18	128,84	128,84	2,24	128,42		128,44	0,000168	0,61	13,25	6,31	0,13
t. Solda	1161,00	Max WS	8,02	0,90	1161,00	126,46	128,85	128,84	1,93	128,39	127,21	128,44	0,000694	1,04	7,70	4,00	0,24
t. Solda	1151,00	Bridge															
t. Solda	1141,00	Max WS	7,96	25,00	1141,00	126,30	128,53	128,35	2,06	128,36		128,38	0,000809	0,66	12,00	10,99	0,19
t. Solda	1140,00	Lat Struct															
t. Solda	1139,00	Lat Struct															
t. Solda	1116,00	Max WS	7,94	54,00	1116,00	126,14	128,82	128,13	2,19	128,33		128,35	0,001222	0,75	10,54	12,70	0,23
t. Solda	1062,00	Max WS	7,90	50,00	1062,00	126,03	128,83	128,03	2,25	128,28		128,30	0,000804	0,65	12,07	16,50	0,19
t. Solda	1012,00	Max WS	7,57	24,00	1012,00	125,69	128,29	127,77	2,56	128,25		128,26	0,000585	0,54	14,13	17,57	0,16
t. Canale	988,00	Max WS	7,47	20,00	988,00	125,41	128,41	127,90	2,84	128,25		128,26	0,000140	0,31	23,75	31,27	0,08
t. Canale	987,00	Lat Struct															
t. Canale	986,00	Lat Struct															
t. Canale	968,00	Max WS	22,62	45,50	968,00	125,52	128,14	127,97	2,62	128,14		128,20	0,001194	1,05	21,49	25,34	0,25
t. Canale	922,50	Max WS	22,58	10,00	922,50	125,58	128,14	127,94	2,51	128,09		128,14	0,001128	1,02	22,23	18,33	0,25
t. Canale	912,50	Max WS	22,57	4,00	912,50	125,59	128,64	128,72	2,49	128,08		128,13	0,001230	1,03	21,98	12,99	0,25
t. Canale	908,50	Max WS	22,57	10,00	908,50	125,55	128,64	128,72	2,52	128,07		128,13	0,001179	1,01	22,27	12,99	0,25
t. Canale	908,00	Lat Struct															
t. Canale	907,00	Lat Struct															
t. Canale	898,50	Max WS	22,57	15,50	898,50	125,46	128,09	127,90	2,61	128,07		128,12	0,001011	0,98	23,02	17,84	0,24
t. Canale	883,00	Max WS	22,39	73,00	883,00	125,32	128,39	127,83	2,73	128,05		128,10	0,001233	0,95	23,62	20,46	0,25

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Length Chnl	Cum Ch Len	Min Ch El	Levee El Left	Levee El Right	Max Chl Dpth	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
t. Canale	810,00	Max WS	22,16	74,00	810,00	125,21	128,44	127,85	2,78	127,99		128,02	0,000943	0,78	28,39	23,79	0,22
t. Canale	736,00	Max WS	21,82	58,00	736,00	124,93	128,54	127,58	3,03	127,96		127,97	0,000281	0,58	37,69	25,55	0,13
t. Canale	678,00	Max WS	21,90	57,00	678,00	125,01	128,31	127,82	2,89	127,90		127,94	0,000856	0,89	24,57	22,99	0,21
t. Canale	621,00	Max WS	21,39	72,00	621,00	124,86	128,34	127,48	2,98	127,84		127,88	0,001111	0,98	21,93	20,65	0,23
t. Canale	549,00	Max WS	17,99	112,00	549,00	124,88	128,25	127,40	2,91	127,79		127,82	0,000824	0,83	21,73	15,81	0,20
t. Canale	437,00	Max WS	13,19	74,00	437,00	124,81	128,21	127,23	2,95	127,76		127,77	0,000237	0,47	27,86	22,77	0,11
t. Canale	363,00	Max WS	12,07	88,00	363,00	124,72	127,30	127,39	3,02	127,74		127,76	0,000274	0,53	22,74	22,85	0,11
t. Canale	275,00	Max WS	14,74	66,00	275,00	124,75	127,90	127,38	2,95	127,70		127,72	0,000462	0,67	22,00	19,92	0,14
t. Canale	209,00	Max WS	17,49	18,00	209,00	124,45	126,88	127,33	3,20	127,66		127,68	0,000424	0,71	24,58	20,72	0,15
t. Canale	191,00	Max WS	18,61	22,00	191,00	124,64	126,88	127,26	3,00	127,64		127,67	0,000476	0,75	24,92	18,98	0,16
r. Mandolossa	169,00	Max WS	54,01	0,90	169,00	124,60	127,69	127,77	2,73	127,33	126,18	127,49	0,000566	1,76	30,75	14,75	0,39
r. Mandolossa	163,00		Bridge														
r. Mandolossa	156,00	Max WS	53,96	10,00	156,00	124,60	127,69	127,77	2,43	127,03		127,24	0,000879	2,05	26,34	14,04	0,48
r. Mandolossa	146,00	Max WS	53,96	38,00	146,00	124,40	127,69	132,00	2,65	127,05		127,23	0,001003	1,86	28,96	11,12	0,37
r. Mandolossa	108,00	Max WS	55,98	66,00	108,00	124,24	130,54	130,54	2,32	126,56		127,15	0,004796	3,42	16,39	7,51	0,74
r. Mandolossa	42,00	Max WS	55,98	13,00	42,00	123,76	127,26	128,18	2,44	126,20		126,83	0,004967	3,52	15,92	6,56	0,72
r. Mandolossa	29,00	Max WS	55,98	0,90	29,00	124,02	127,12	127,25	2,48	126,50	125,51	126,76	0,001574	2,27	24,68	10,09	0,46
r. Mandolossa	21,50		Bridge														
r. Mandolossa	13,50	Max WS	55,98	13,50	13,50	124,02	127,12	127,25	2,43	126,45		126,72	0,001658	2,31	24,24	10,09	0,48
r. Mandolossa	0,00	Max WS	55,98			124,00	128,00	128,00	2,60	126,60	125,37	126,69	0,001501	1,30	43,01	21,98	0,30

Flusso bidimensionale (2/D) nelle aree di allagamento

Il funzionamento delle strutture di collegamento fra i corsi d'acqua e le aree di allagamento, è rappresentato nell'allegato capitolo 7, in cui, per ogni struttura, è riportato l'idrogramma dei flussi tracimati e delle portate transitate lungo il corso d'acqua a monte ed a valle della struttura laterale, nel corso della piena, ed il volume massimo tracimato.

Si descrive nel seguito l'andamento dell'allagamento e dello scorrimento delle acque nelle aree esondate, come risulta dalla simulazione eseguita, riportando gli schemi grafici delle situazioni maggiormente significative.

- L'esondazione inizia da entrambe le sponde del t. Solda, lungo il primo tratto della lunghezza di circa 400 m. L'esondazione si espande rapidamente all'interno dell'ampia pianura di terreni agricoli compresa fra il corso del torrente ed il piede del rilevato collinare ad est, con andamento verso sud e ovest.
- Le acque esondate a monte allagano e percorrono un'ampia fascia di terreni maggiormente depressi interna all'area di allagamento n. 1, fino ad interessare le aree agricole in sponda sinistra del Solda presso il ponte di via Del Santellone, a nord del Villaggio Badia, ove sono contenute dall'argine esistente lungo il lato nord della via.
- Continua l'esondazione dalla sponda sinistra del Solda e, contemporaneamente, inizia la tracimazione delle acque dalla sponda destra del t. Canale, in maggiore quantità verso la parte dell'area di allagamento n.3, di fronte al Villaggio Badia ed a monte del ponte di via Valcamonica, attualmente a prevalente destinazione agricola, nel territorio comunale di Gussago.
- Al termine del transito del colmo della piena, raggiunta la massima espansione degli allagamenti nelle predette aree, le acque esondate iniziano a rifluire verso il t. Solda e il t. Canale, precedentemente straripati, i quali ricevono e convogliano verso valle la maggior parte dei volumi d'acqua sparsi sui terreni allagati.
- Al termine dell'evento, il modello evidenzia il ristagno dell'acqua in prevalentemente nella prima parte dell'area di allagamento n.1 e nella parte a sud dell'area di allagamento n.3 a ridosso dell'area urbana della Mandolossa.
- L'area di allagamento n.3 (area urbana del Villaggio Badia) non risulta allagata per tracimazione superficiale delle acque dai torrenti Solda e Canale.

Gli schemi planimetrici seguenti mostrano l'espansione massima raggiunta dalle acque nelle varie aree di allagamento e l'andamento dei flussi in un istante significativo della simulazione.

Figura n°4.5.2 - Planimetria dell'espansione massima dell'allagamento

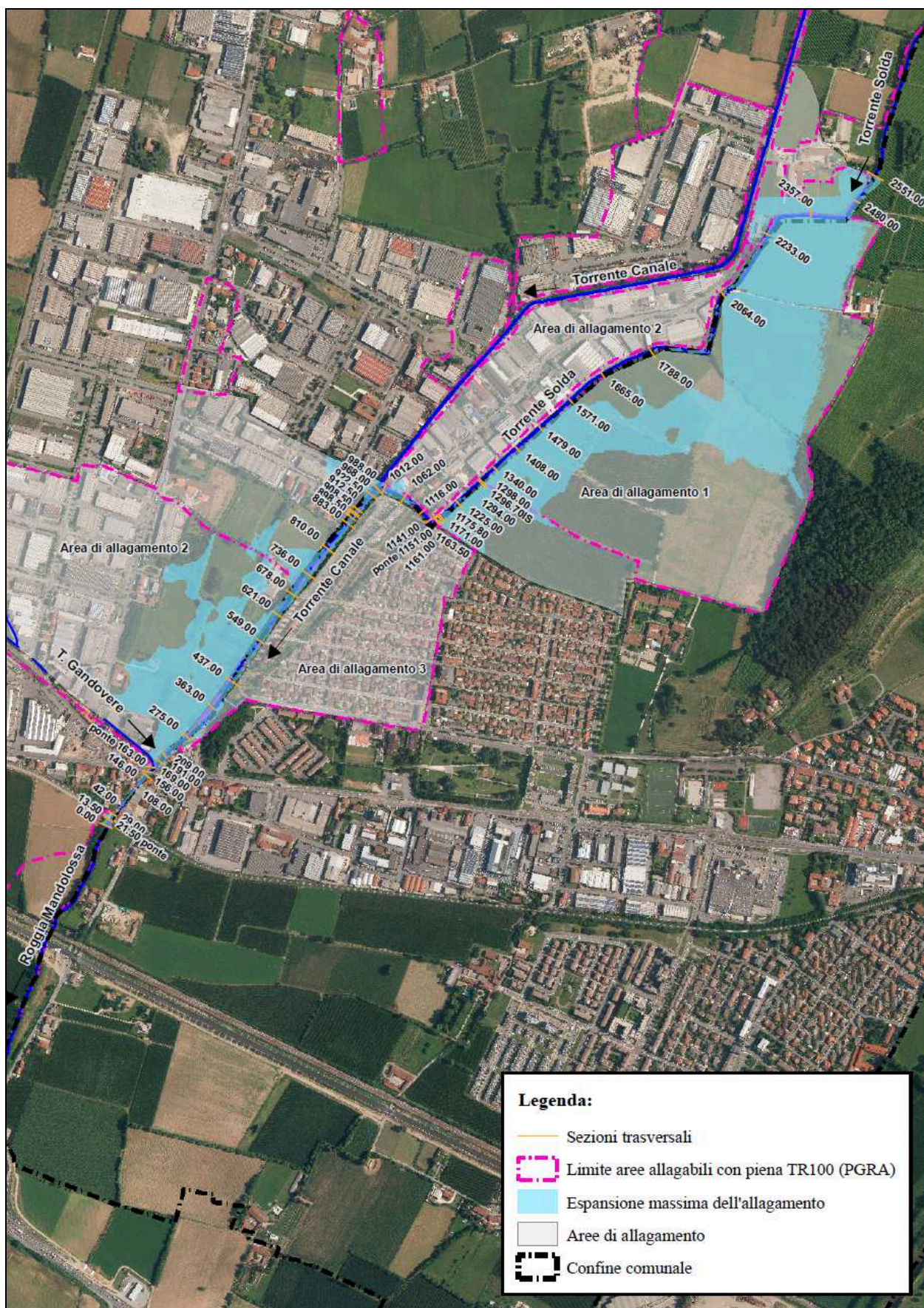


Figura n°4.5.3 - Flussi aree di allagamento n.1 e n.2 (nord)



Figura n°4.5.3 - Flussi aree di allagamento n.2 (sud) e n.3



4.6. Rappresentazione grafica dei risultati

Per l'ambito del Quartiere Badia, interessato dalle possibili esondazione delle piene del torrente Garza, i risultati dello studio idraulico sono rappresentati nelle allegate carte tematiche, elencate e descritte nel seguito:

Tavola n. V.I. - ALall041-03d – Carta delle aree esondabili – Battente (Mella nord)

Contenente la delimitazione delle aree esondabili, corrispondente alla massima espansione dell'allagamento risultante dalla modellazione idraulica dell'evento di piena con tempo di ritorno di 100 anni, per il fiume Mella, e la mappatura delle altezze massime del battente d'acqua, mediante cromatismo, al fine di distinguere, all'interno delle aree allagate, i valori massimi del battente, espresso in metri, nei seguenti insiemi, per la zonazione della pericolosità, come stabilito nella DGR IX/2616/2011 All. 4, paragrafo 3.4.

$h \leq 0,20$ m

$0,20 < h \leq 0,30$

$0,30 < h \leq 0,50$

$0,50 > h \leq 0,70$

$h > 0,70$ m

Tavola n. V.I. - ALall041-04d – Carta delle aree esondabili – Velocità (Mella nord)

Contenente la delimitazione delle aree esondabili, corrispondente alla massima espansione dell'allagamento risultante dalla modellazione idraulica dell'evento di piena con tempo di ritorno di 100 anni, per il fiume Mella, e la mappatura delle velocità massime dei flussi d'acqua, mediante cromatismo, al fine di distinguere, all'interno delle aree allagate, i valori massimi delle velocità, espressi in metri/secondo, nei seguenti insiemi, per la zonazione della pericolosità, come stabilito nella DGR IX/2616/2011 All. 4, paragrafo 3.4.

$h \leq 0,40$ m/s

$0,40 < h \leq 0,60$

$0,60 < h \leq 1,50$

$h > 1,50$ m/s

5. ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ

La zonazione della pericolosità, all'interno delle aree allagabili, è eseguita secondo il procedimento illustrato nel capitolo 4 dell'allegato n. V.I. - ALall041-00 - Relazione idrologica e idraulica – Inquadramento metodologico, mediante l'analisi del battente e della velocità del flusso idrico, ottenuti dai risultati della modellazione idraulica in ogni punto significativo del terreno, in combinazione con i rispettivi valori massimi, secondo lo schema di cui al paragrafo 3.4 dell'Allegato 4 alla DGR IX/2616/2011, e della loro distribuzione planimetrica.

Le aree allagate sono così suddivise nelle quattro classi di pericolosità:

- H2 o H1 – Media o moderata
- H3 – Elevata
- H4 – Molto elevata

Come rappresentato nella tavola grafica dell'allegato V.I. - ALall041-05c – Carta della pericolosità (Solda - Canale - Mandolossa)

Area edificata del Villaggio Badia

La modellazione idraulica 2D mostra che l'intera zona edificata del Villaggio Badia, classificata a pericolosità P2 nelle mappe del PGRA, non risulta interessata dagli allagamenti, per esondazione superficiale delle piene dai corsi d'acqua del reticolo idrografico locale.

Si considera tuttavia la possibilità che le tubazioni degli scaricatori di piena della fognatura bianca del villaggio, con recapito nel t. Canale, possano presentare qualche criticità di funzionamento idraulico, al passaggio del colmo della piena nel corso d'acqua, per effetto del regime sotto battente degli scarichi e del rigurgito lungo la rete fognaria direttamente collegata al corso d'acqua.

Verificato che le quote massime dei livelli della piena del t. Canale non superano le quote del piano stradale dell'area urbana, se non limitatamente all'estremità a ovest delle vie del quartiere per meno di 30 cm rispetto al livello massimo del colmo della piena, si attribuisce comunque alla parte dell'area urbana del Villaggio Badia, compresa fra il corso del t. Canale e la traversa Quarta, a est, la classe di pericolosità H2 (media o moderata), poiché lungo la predetta via, da nord a sud, le quote del piano stradale superano il corrispondente livello del massimo colmo della piena del t. Canale di valori crescenti da 0,10m a oltre 2m, come pure il piano della restante parte dell'area urbana sale progressivamente verso est.

6. ZONAZIONE DEL RISCHIO

La zonazione del rischio, all'interno delle aree allagabili, è eseguita secondo il procedimento illustrato nel capitolo 4 dell'allegato n. V.I. - ALall041-00 - Relazione idrologica e idraulica – Inquadramento metodologico, mediante un'analisi effettuata mettendo in relazione la pericolosità (H) e il danno potenziale (E) temuto per gli elementi a rischio presenti, considerando massima la vulnerabilità, secondo le classi di danno e lo schema di cui al paragrafo 3.5 dell'Allegato 4 alla DGR IX/2616/2011.

Le aree allagate sono così suddivise nelle quattro classi di rischio decrescente: R4, R3, R2, R1, come rappresentato nella tavola grafica dell'allegato V.I. - ALall041-06c – Carta del rischio (Solda-Canale-Mandolossa).

7. SCHEMI GRAFICI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA - T. SOLDA - T. CANALE E R. MANDOLOSSA

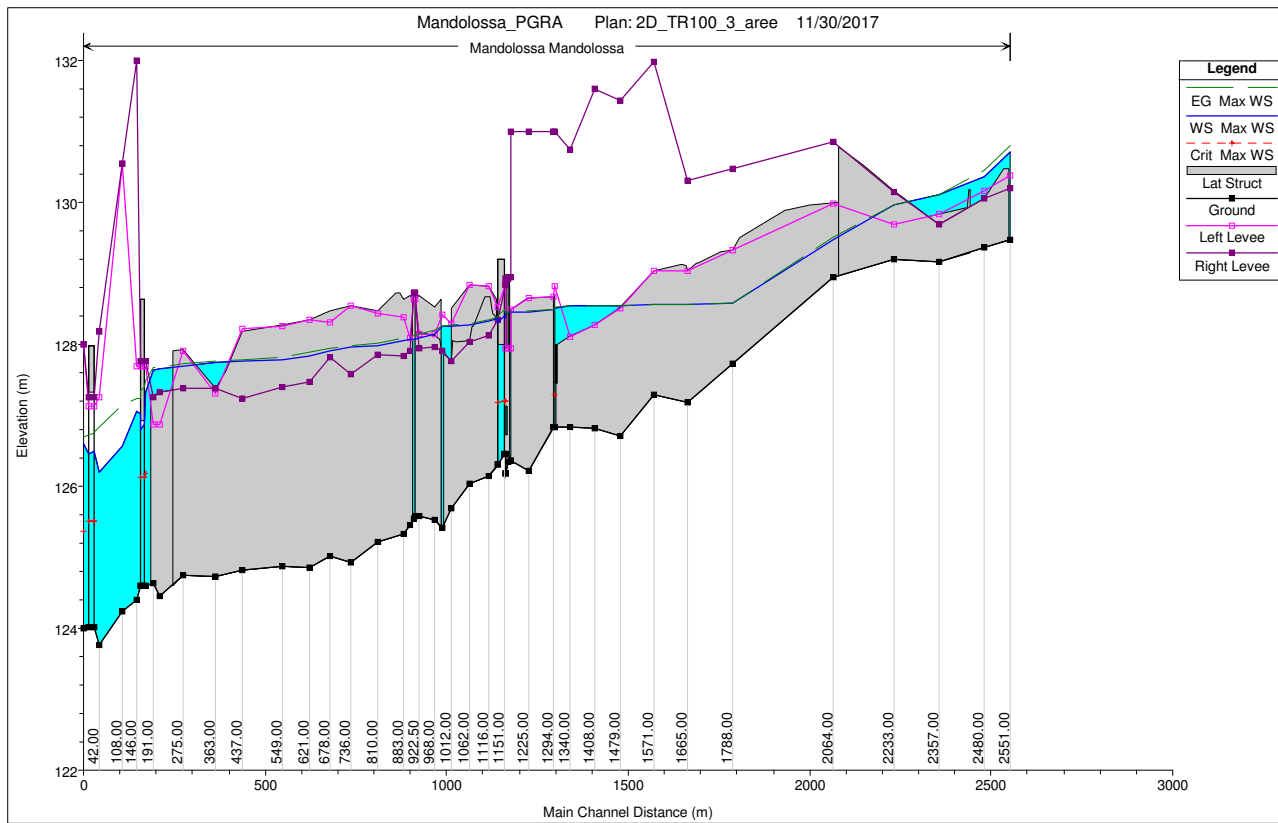
PLANIMETRIA



PROFILO IDRAULICO

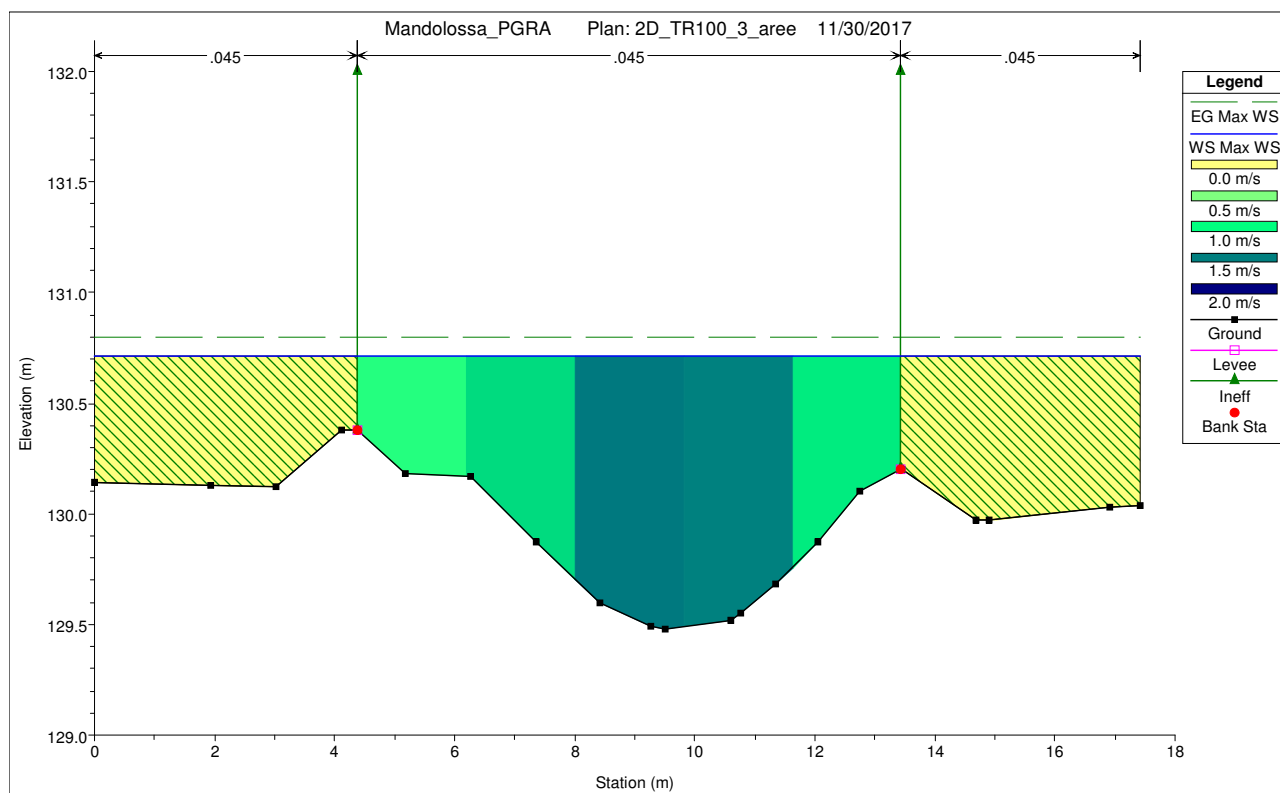
Inviluppo delle altezze massime della piena con TR100 nelle sezioni

T. Solda - T. Canale e R. Mandolossa (Badia)

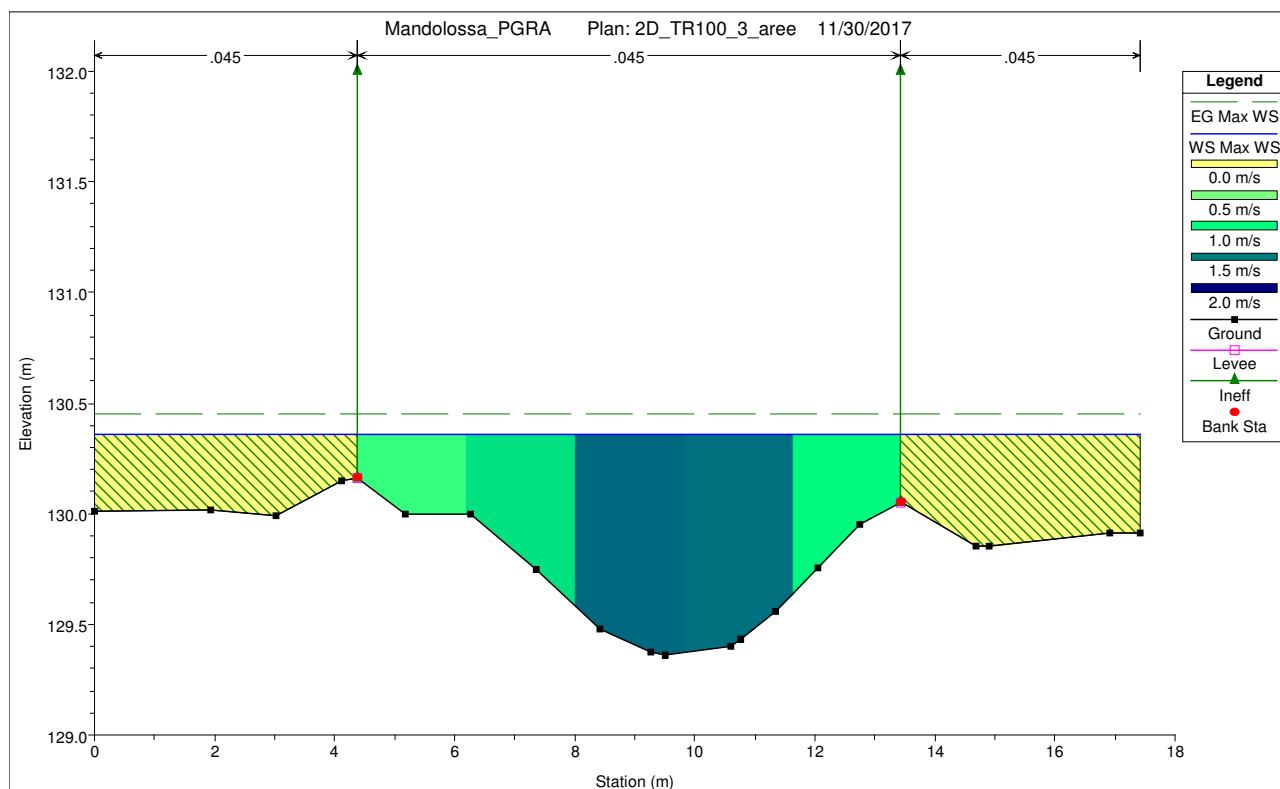


SEZIONI - Altezze massime della piena con TR100

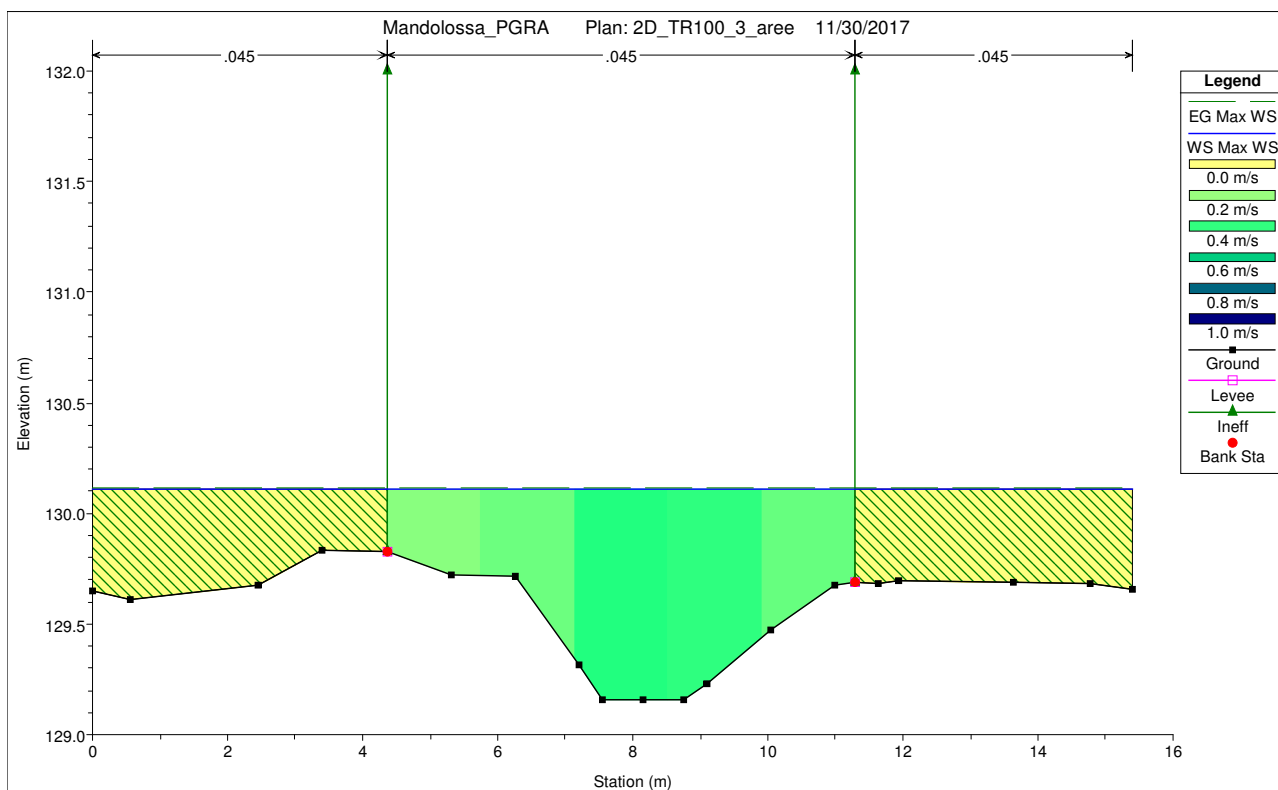
SEZIONE n° 2551



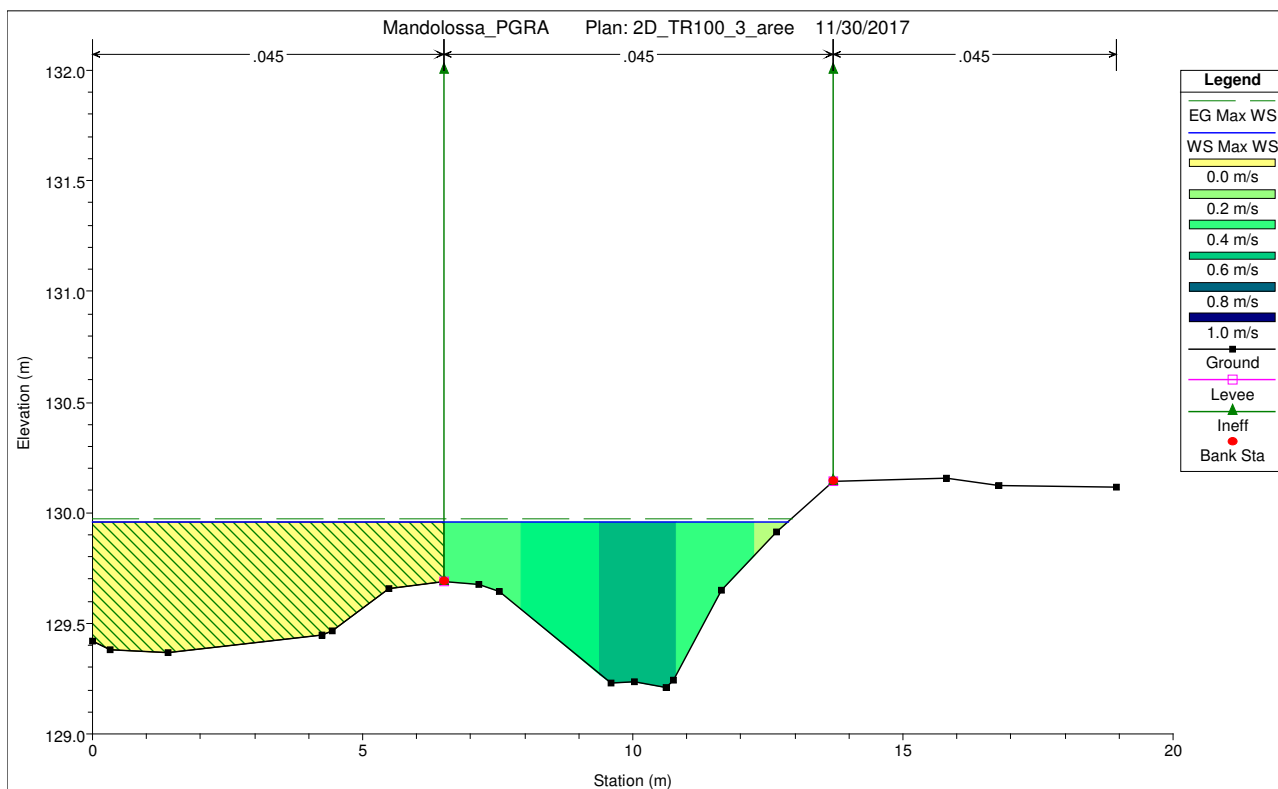
SEZIONE n° 2480



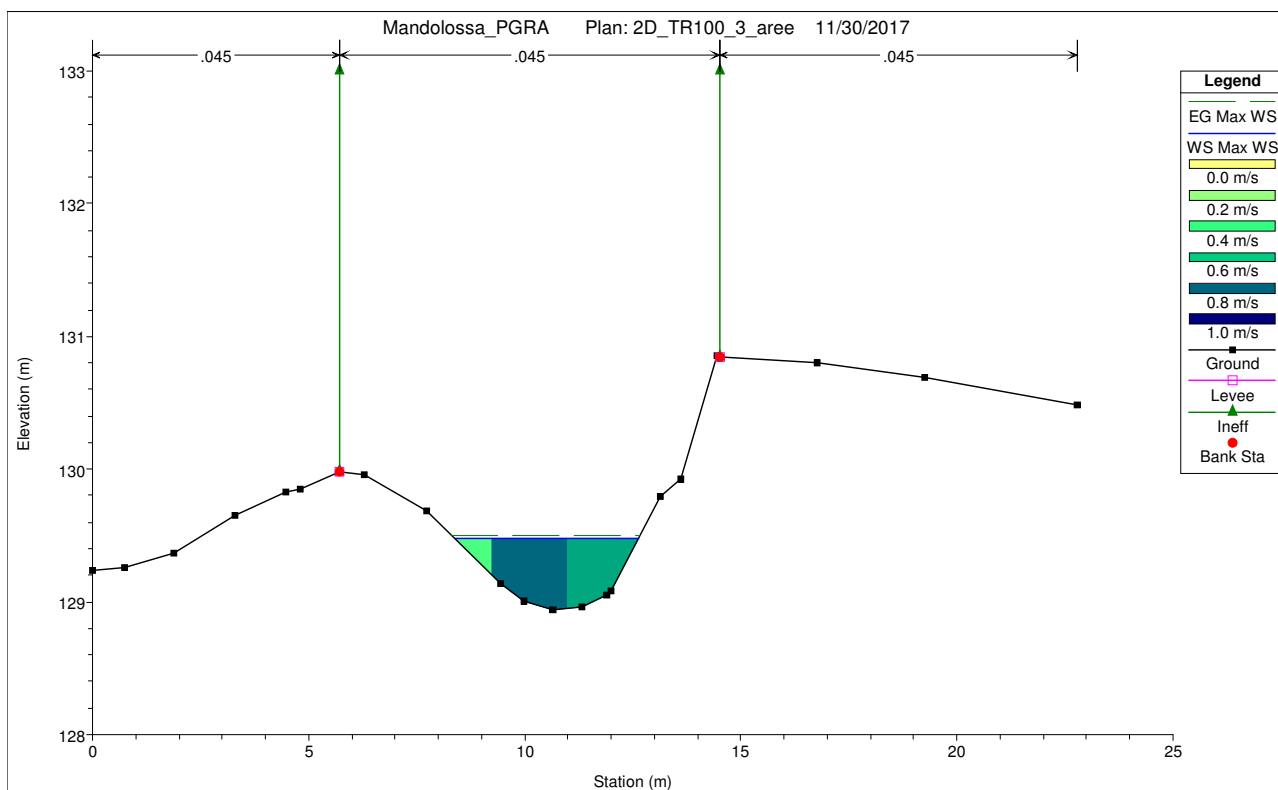
SEZIONE n° 2357



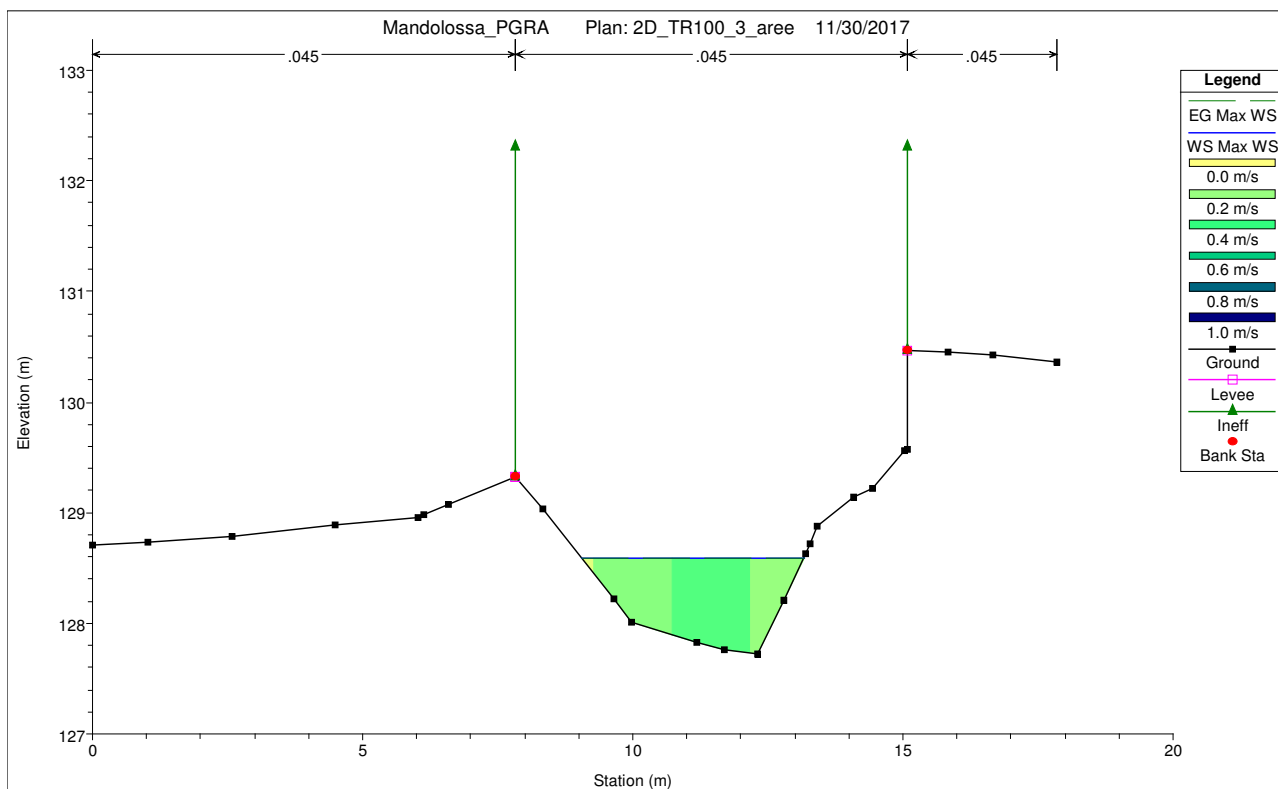
SEZIONE n° 2233



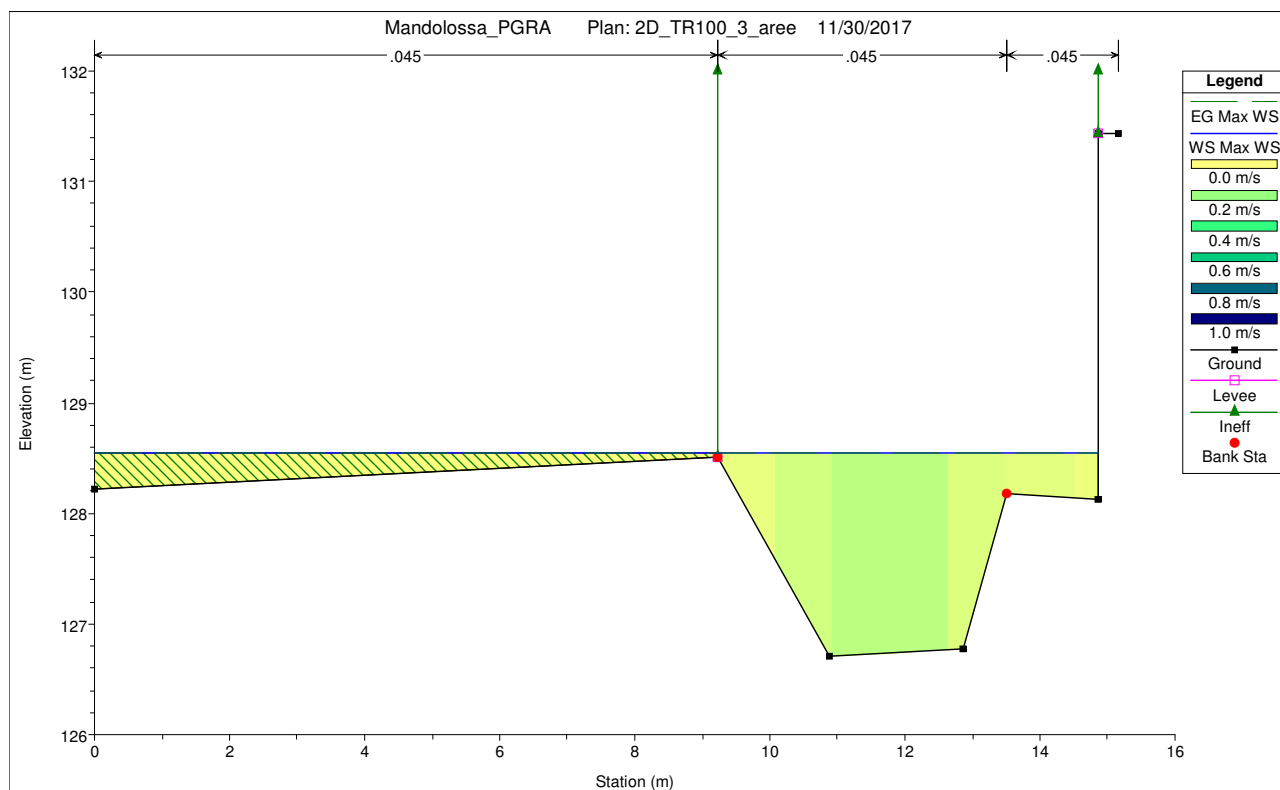
SEZIONE n° 2064



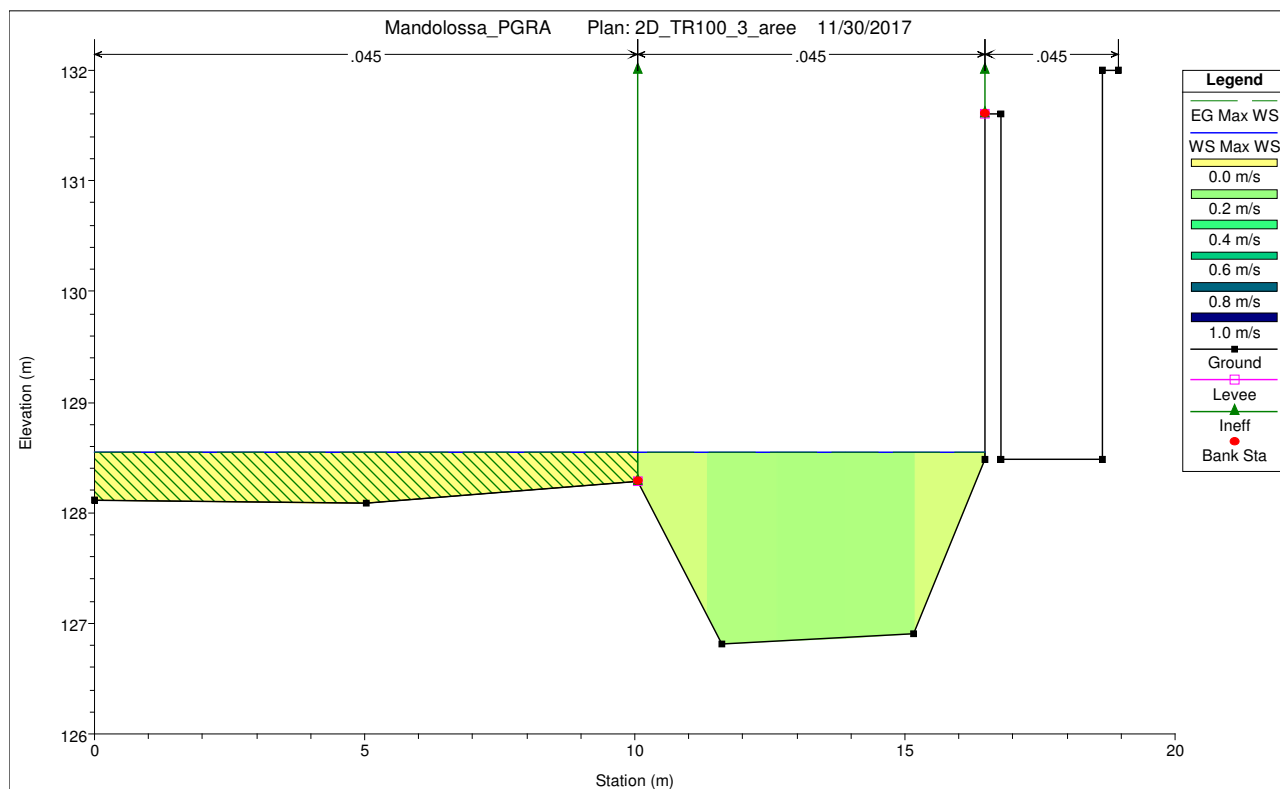
SEZIONE n° 1788



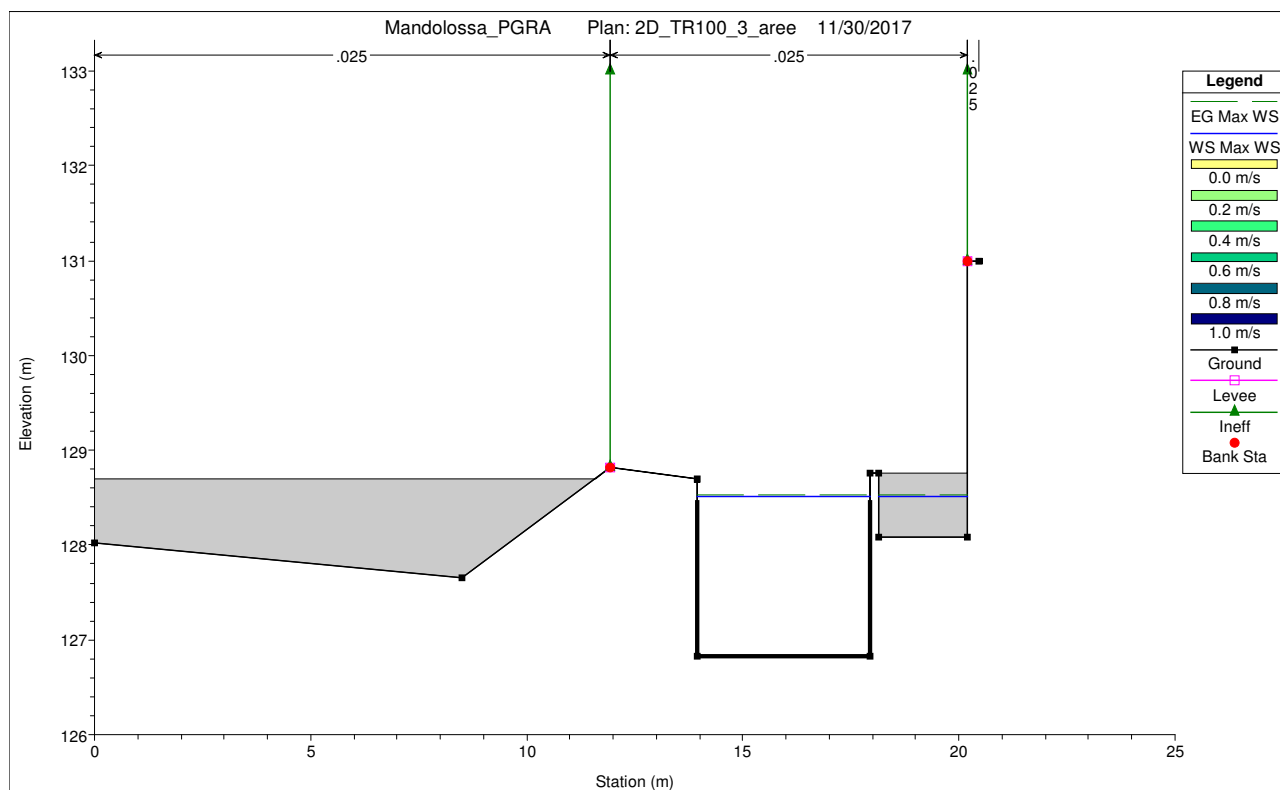
SEZIONE n° 1479



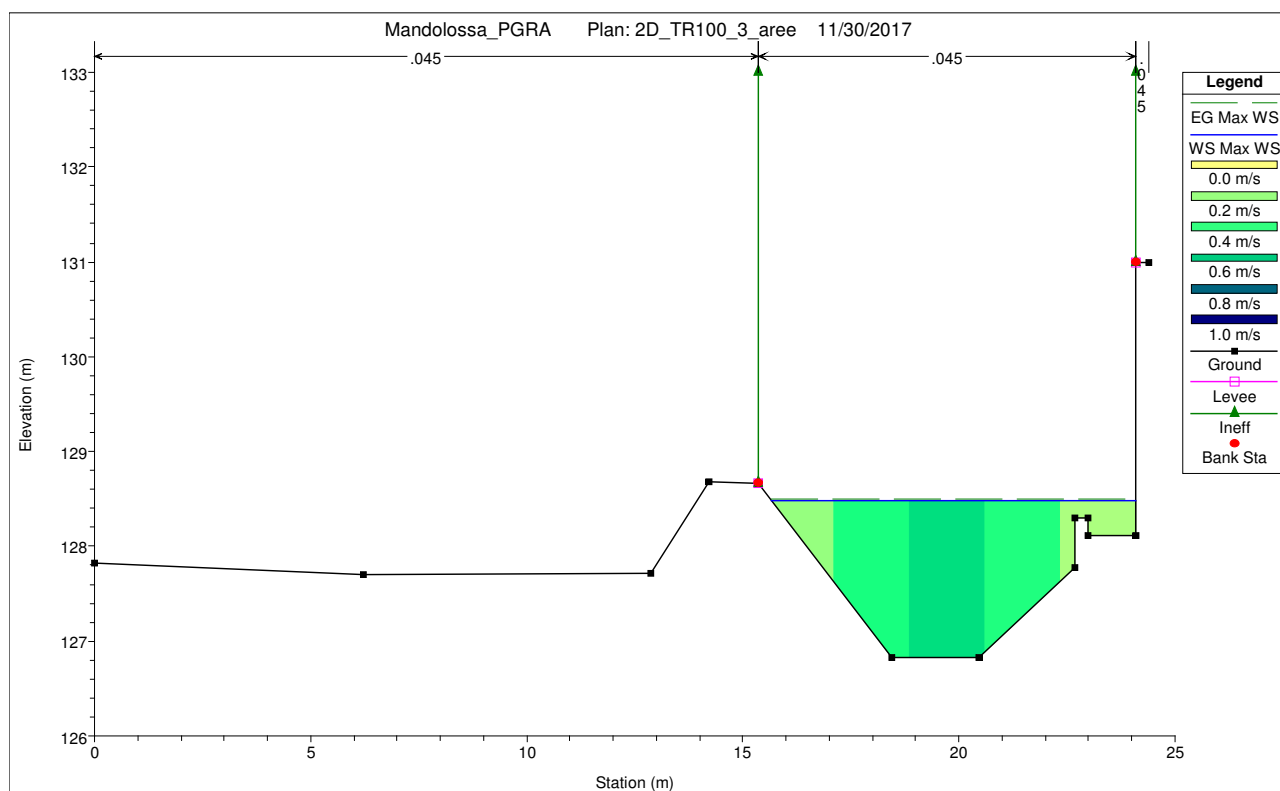
SEZIONE n° 1408



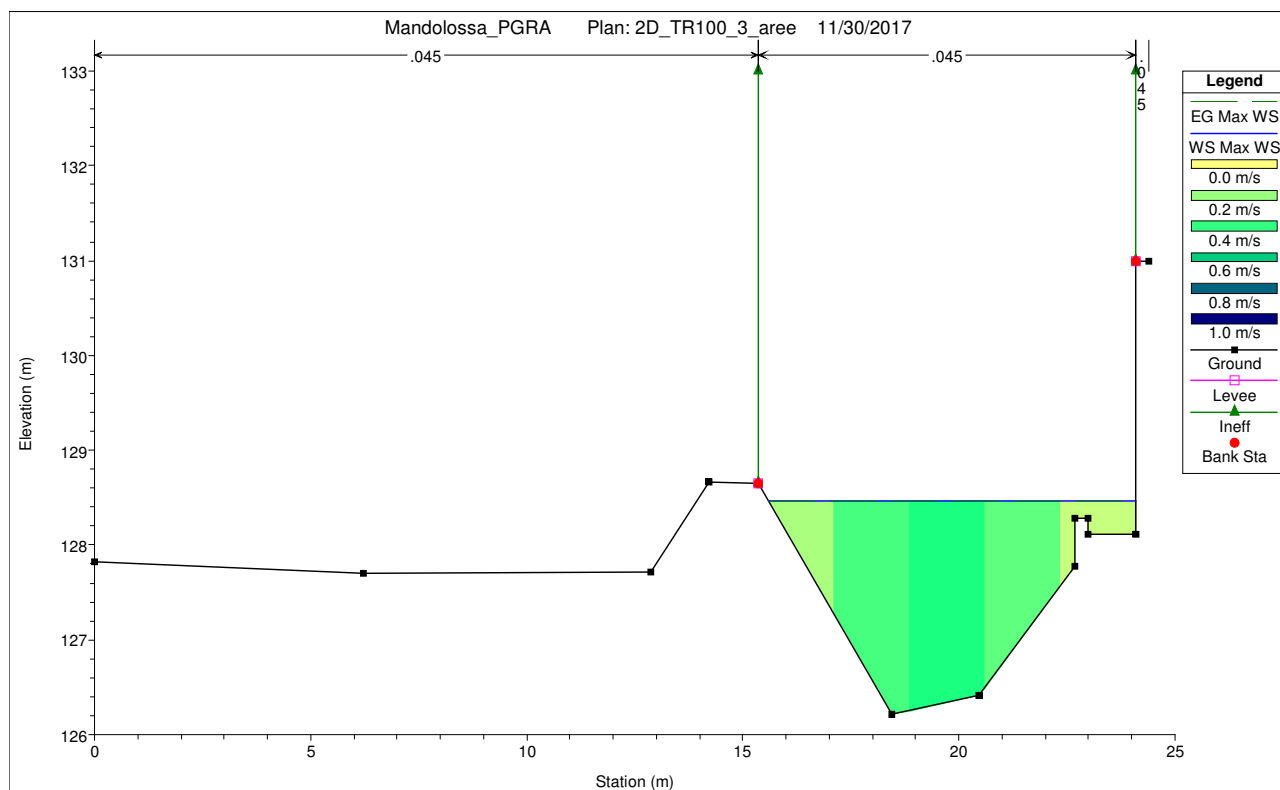
SEZIONE n° 1296.70 IS (manufatto con paratoia)



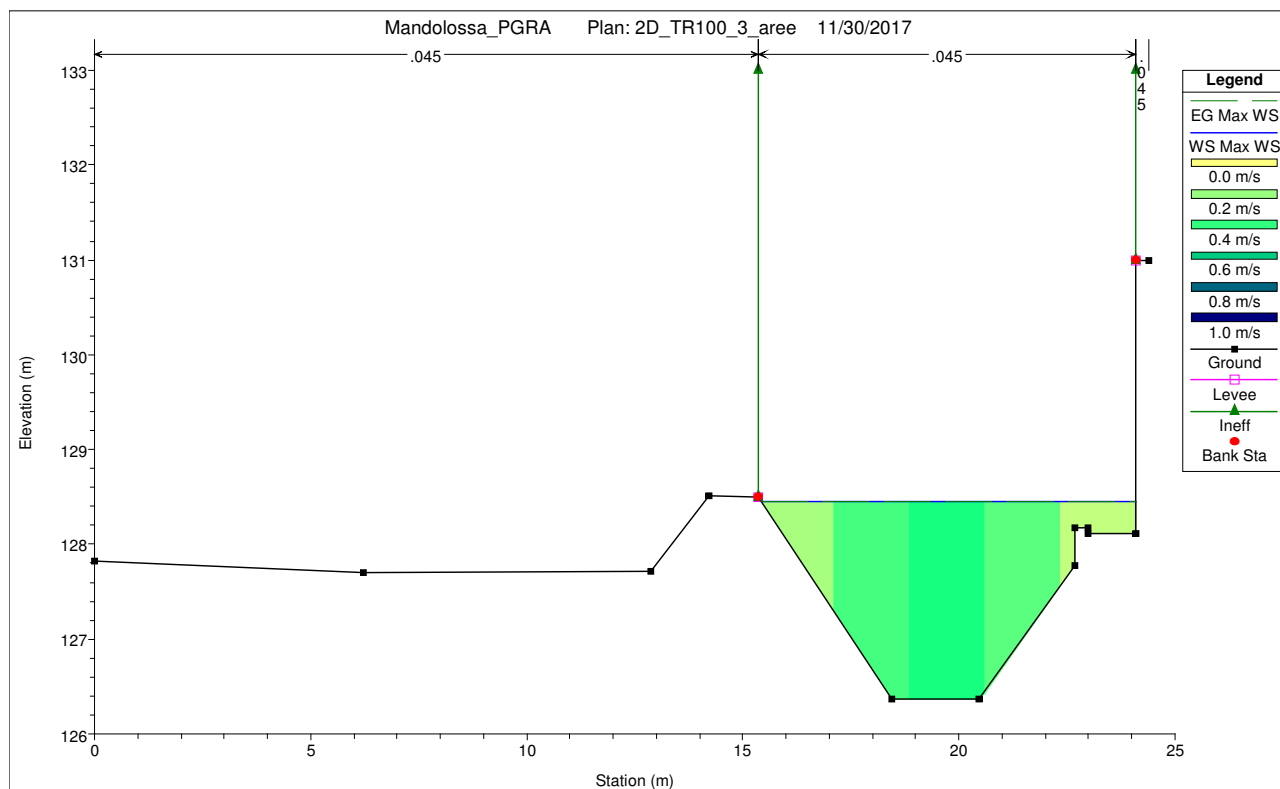
SEZIONE n° 1294.00



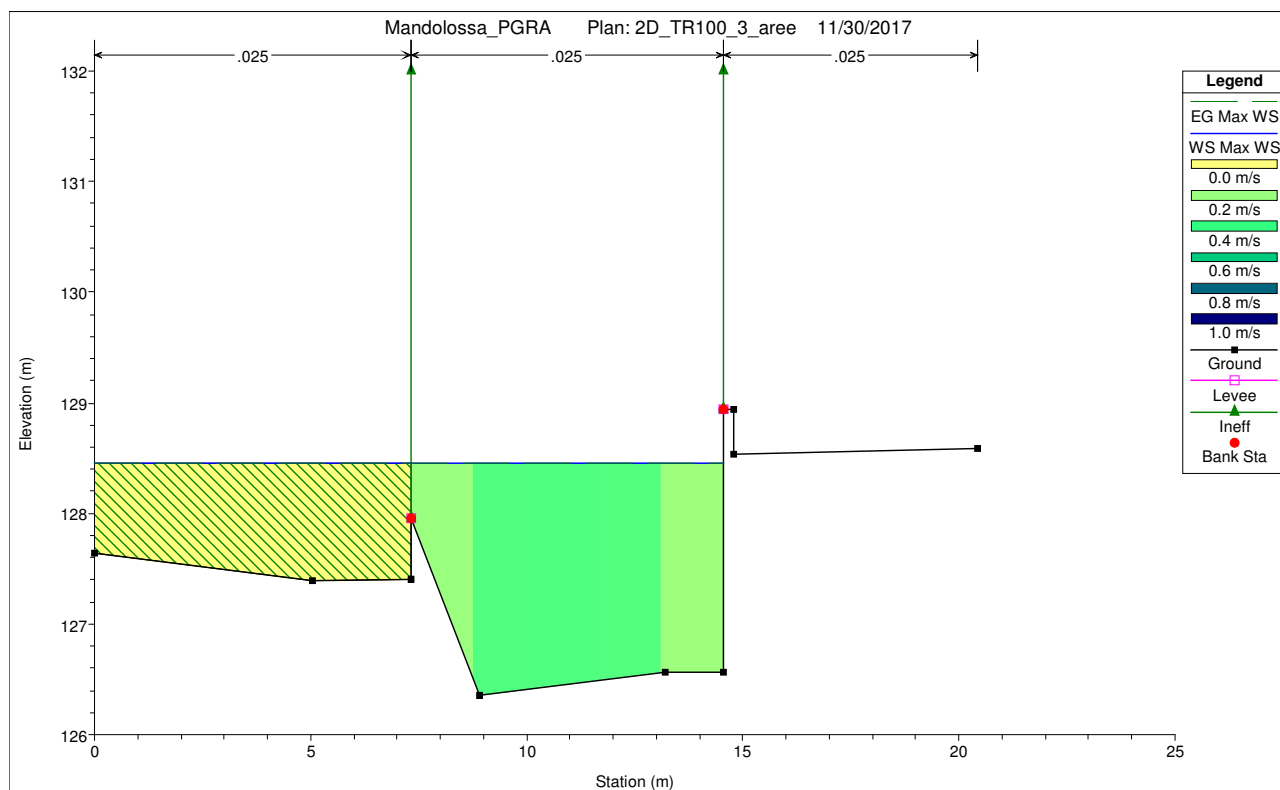
SEZIONE n° 1225.00



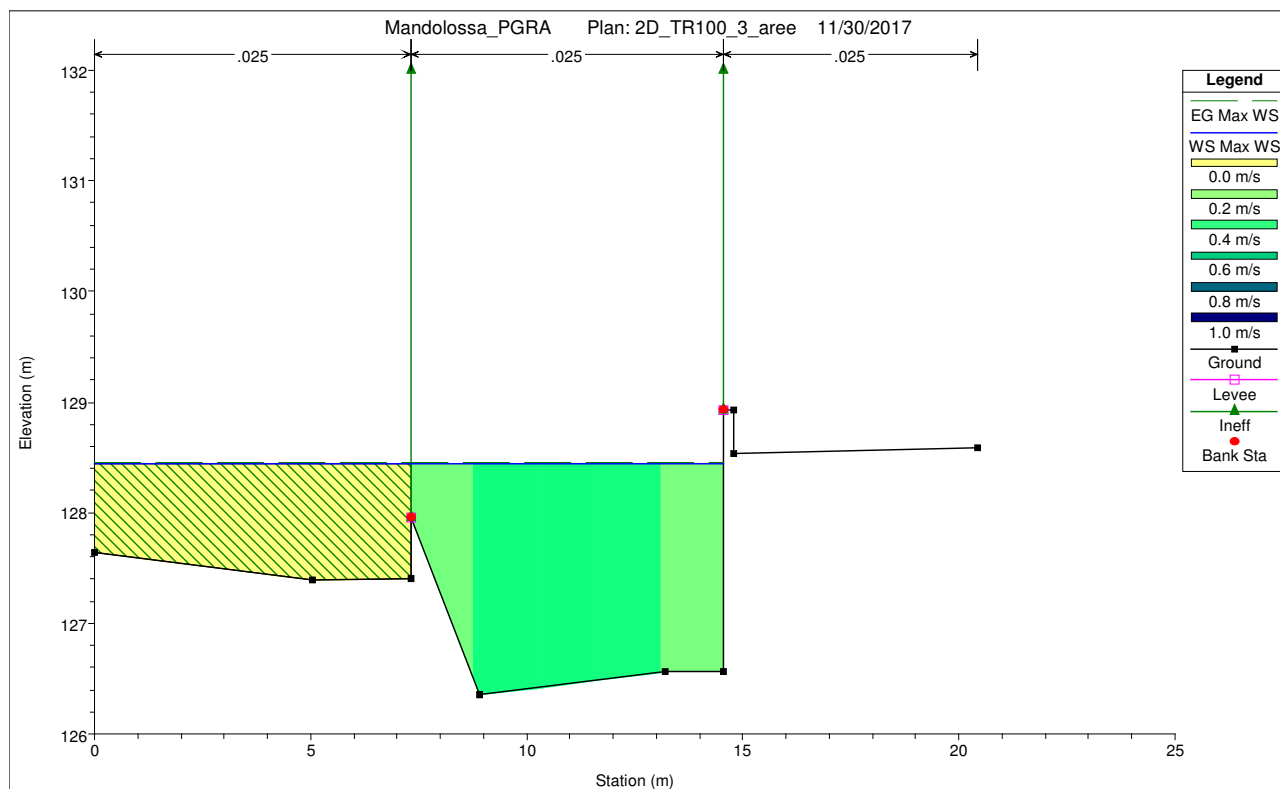
SEZIONE n° 1175.80



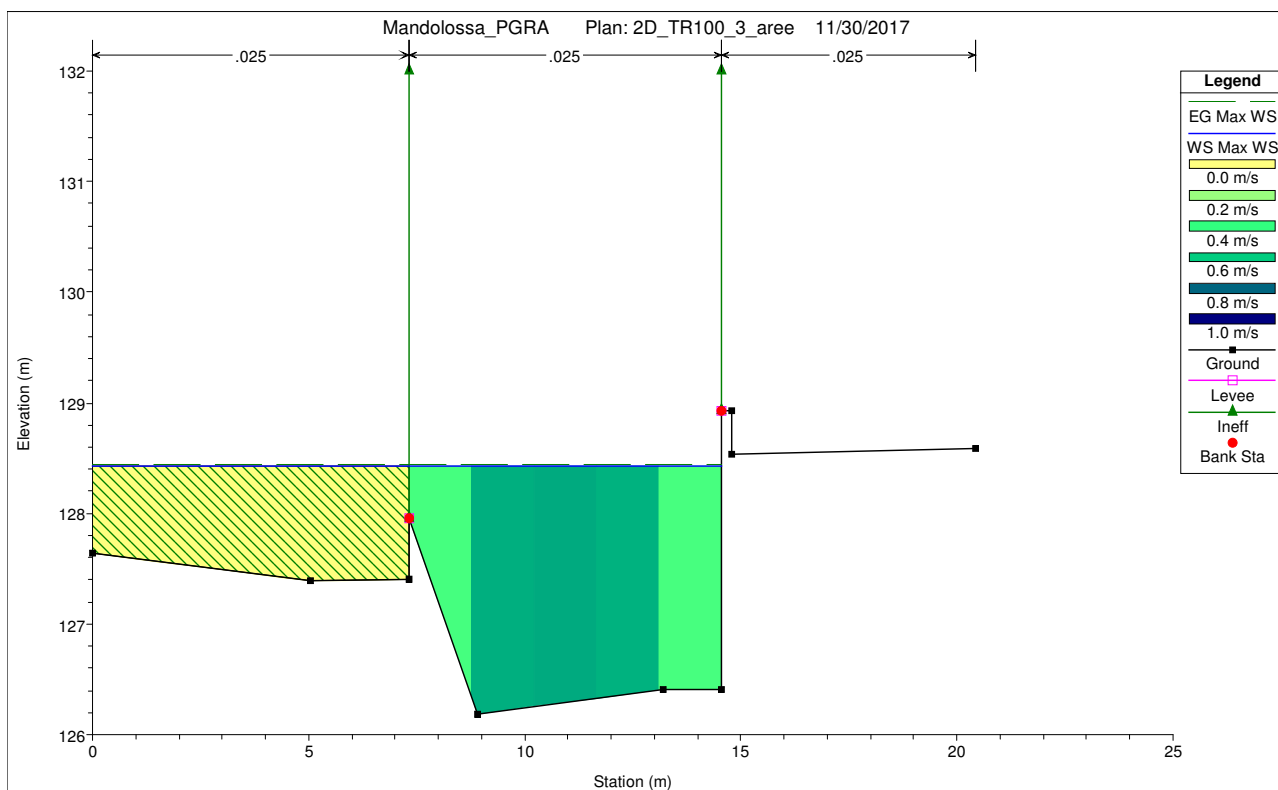
SEZIONE n° 1175.50



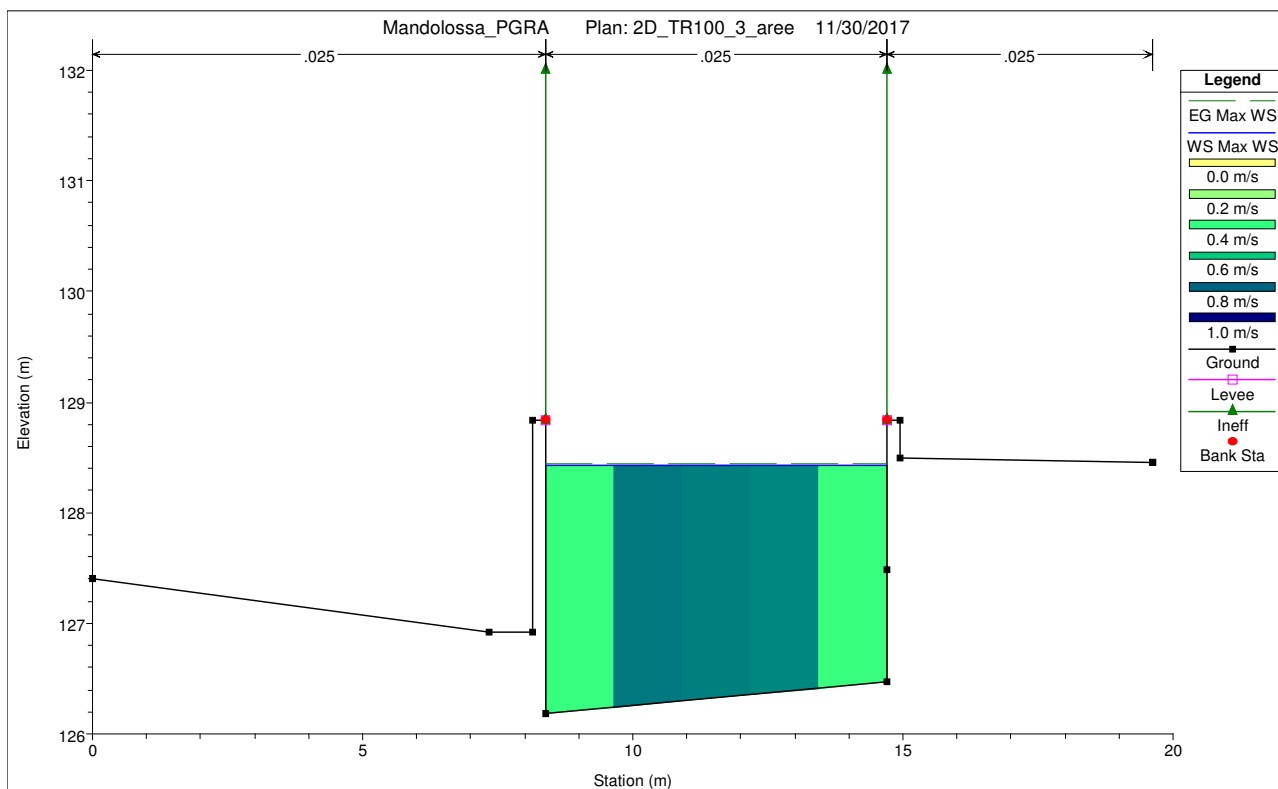
SEZIONE n° 1171.00



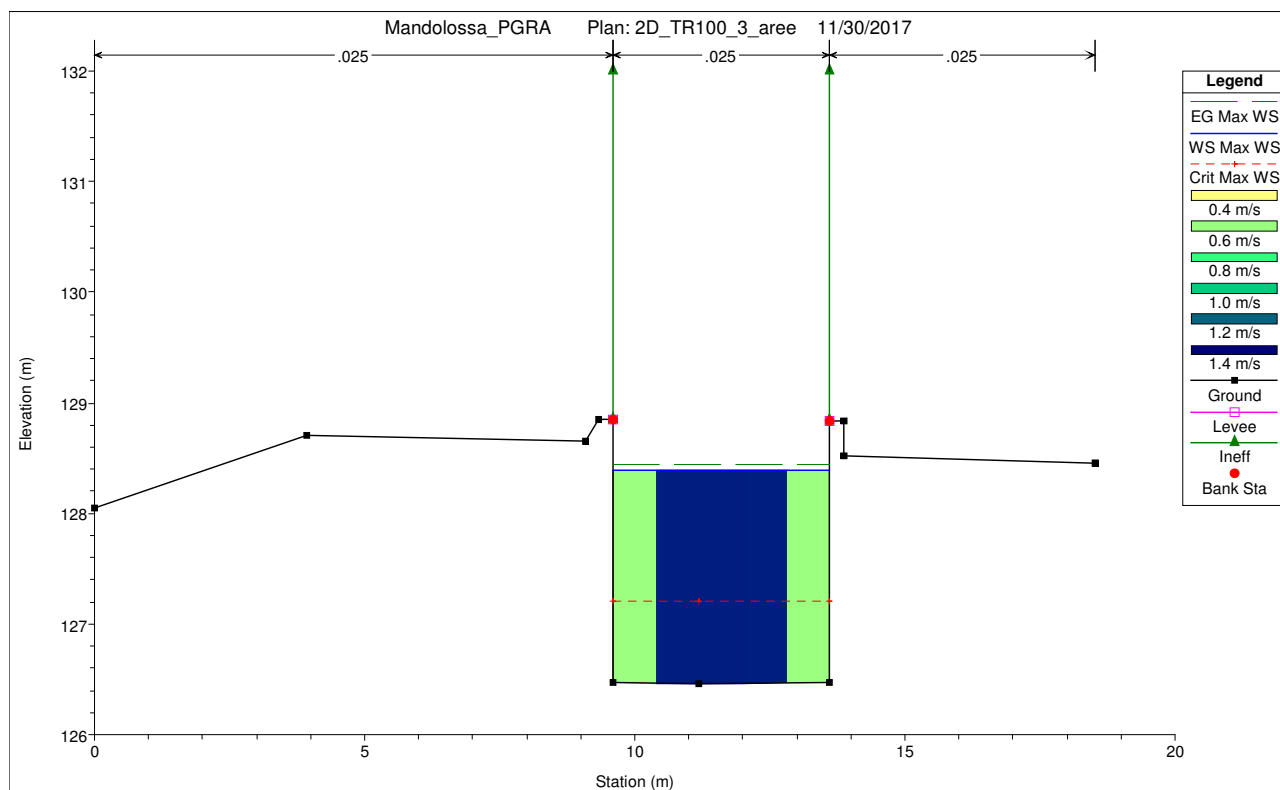
SEZIONE n° 1163.50



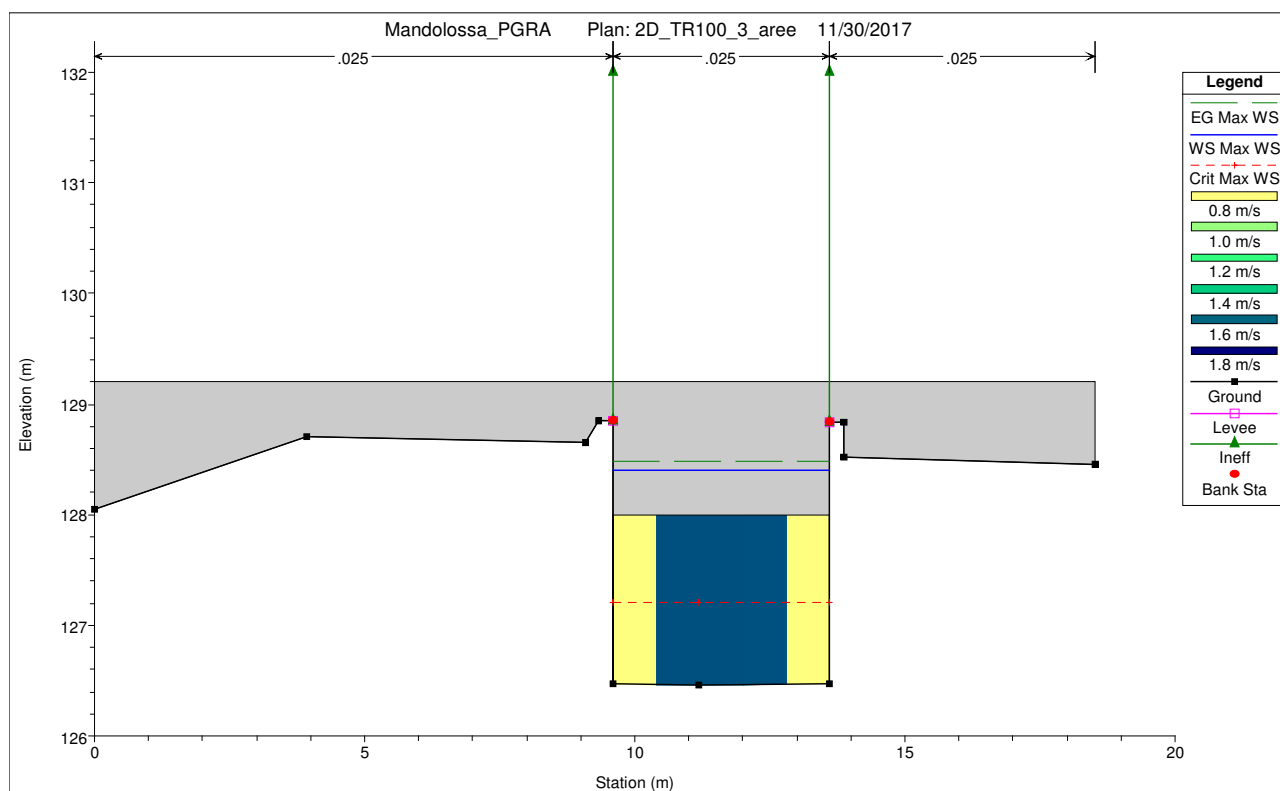
SEZIONE n° 1163.00



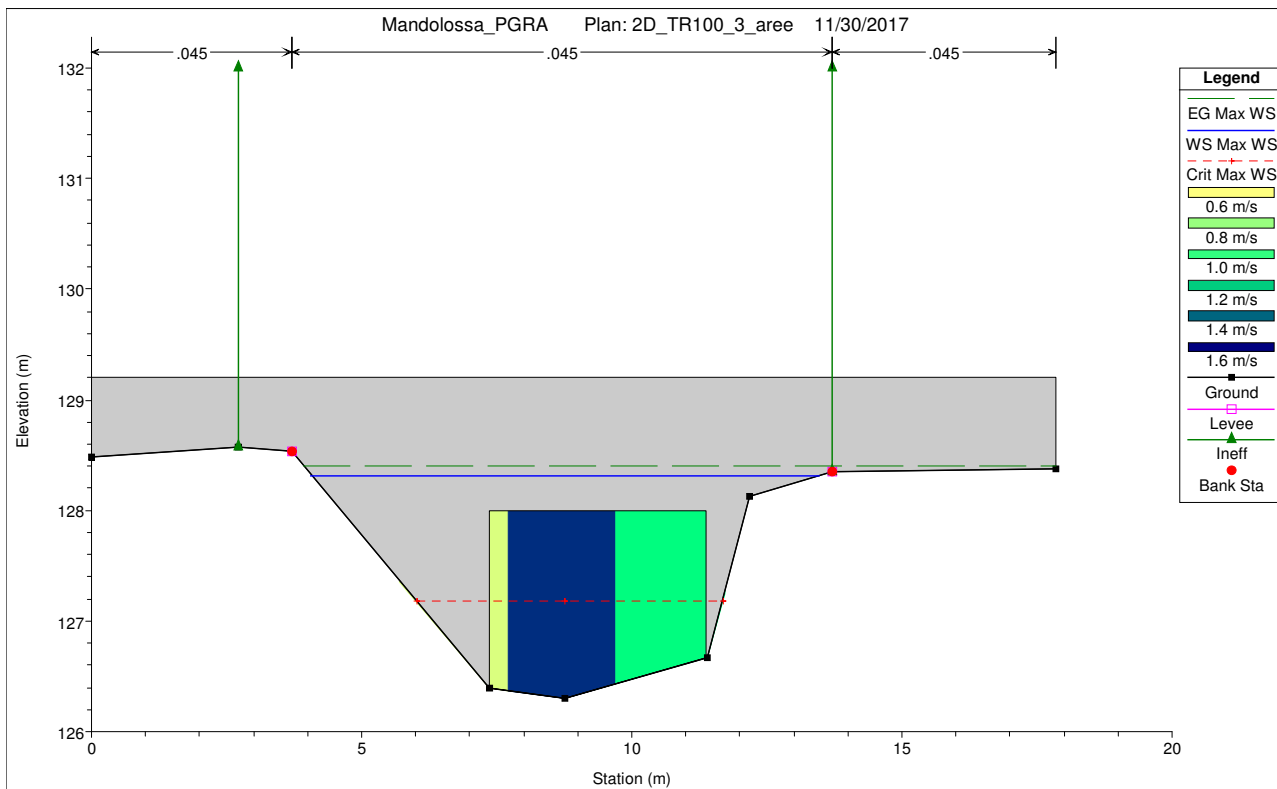
SEZIONE n° 1161.00



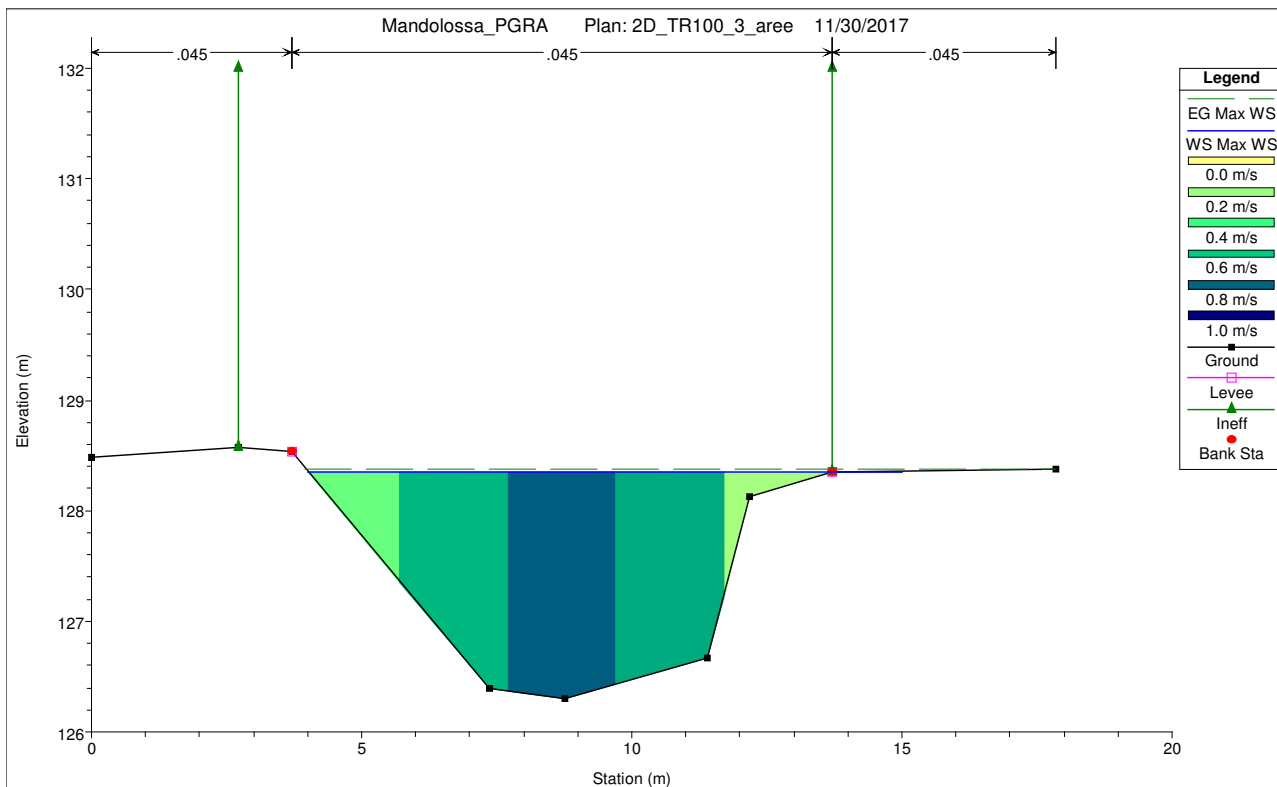
SEZIONE n° 1151.00 ponte sezione di monte



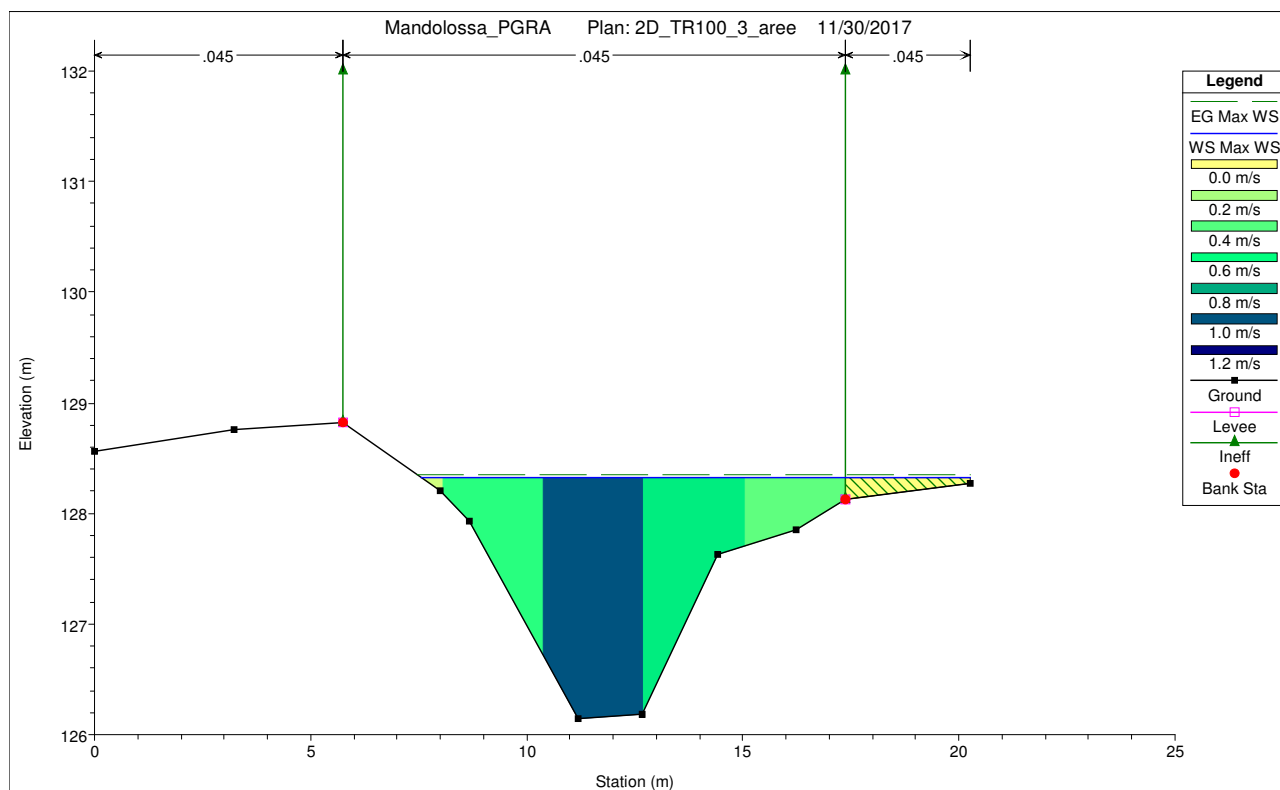
SEZIONE n° 1151.00 ponte sezione di valle



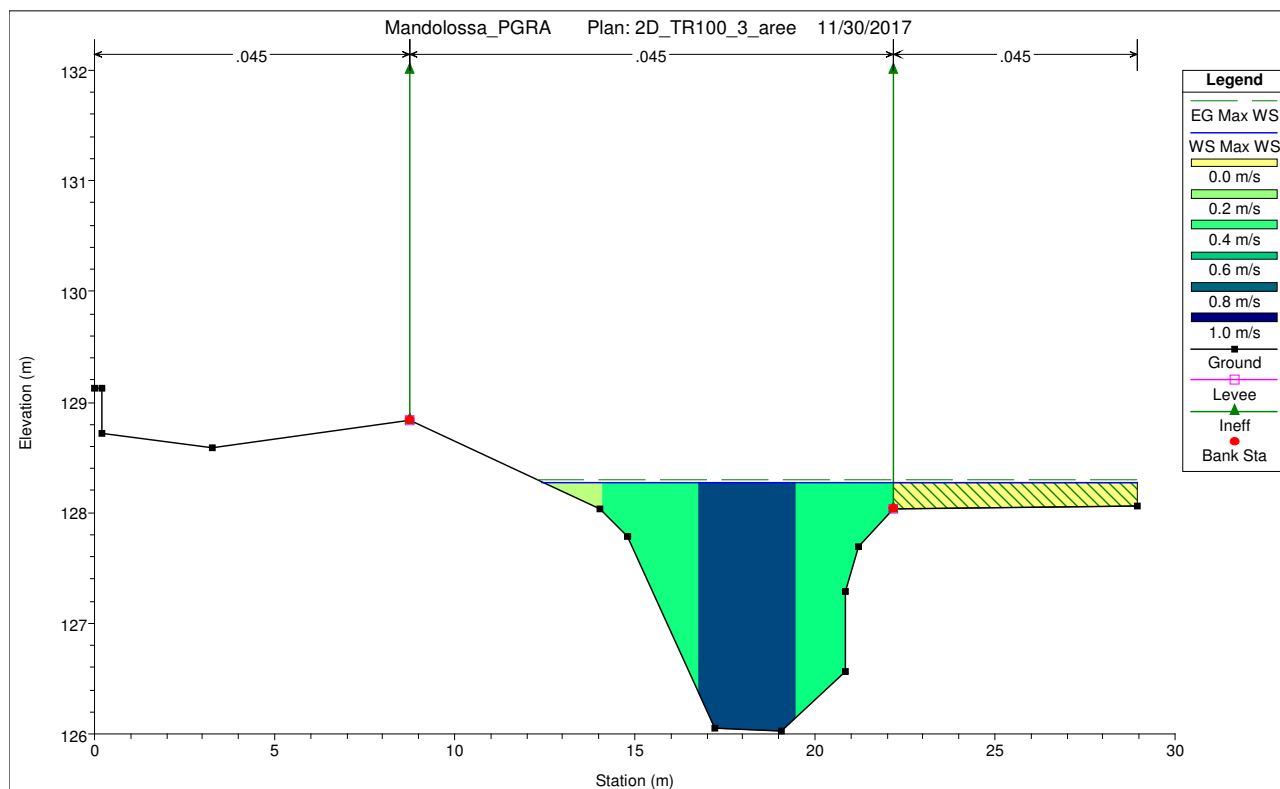
SEZIONE n° 1141.00



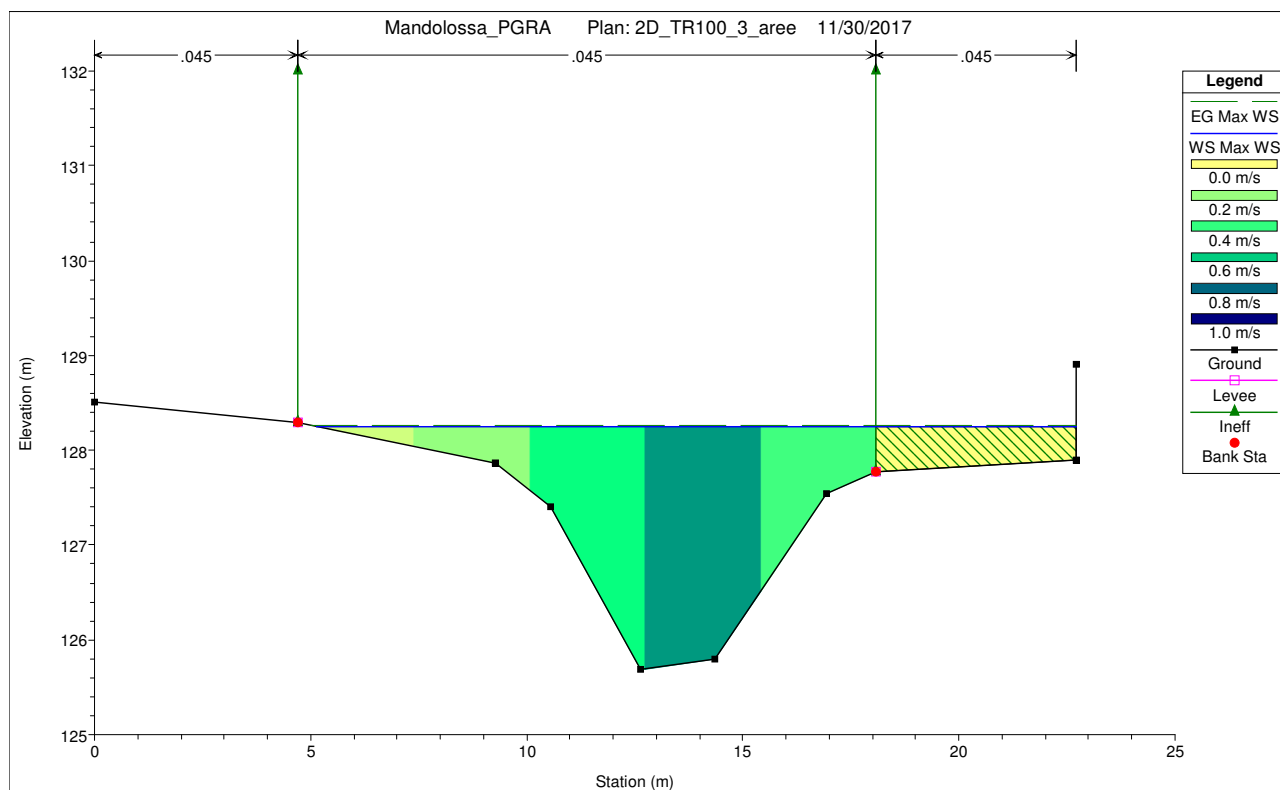
SEZIONE n° 1116.00



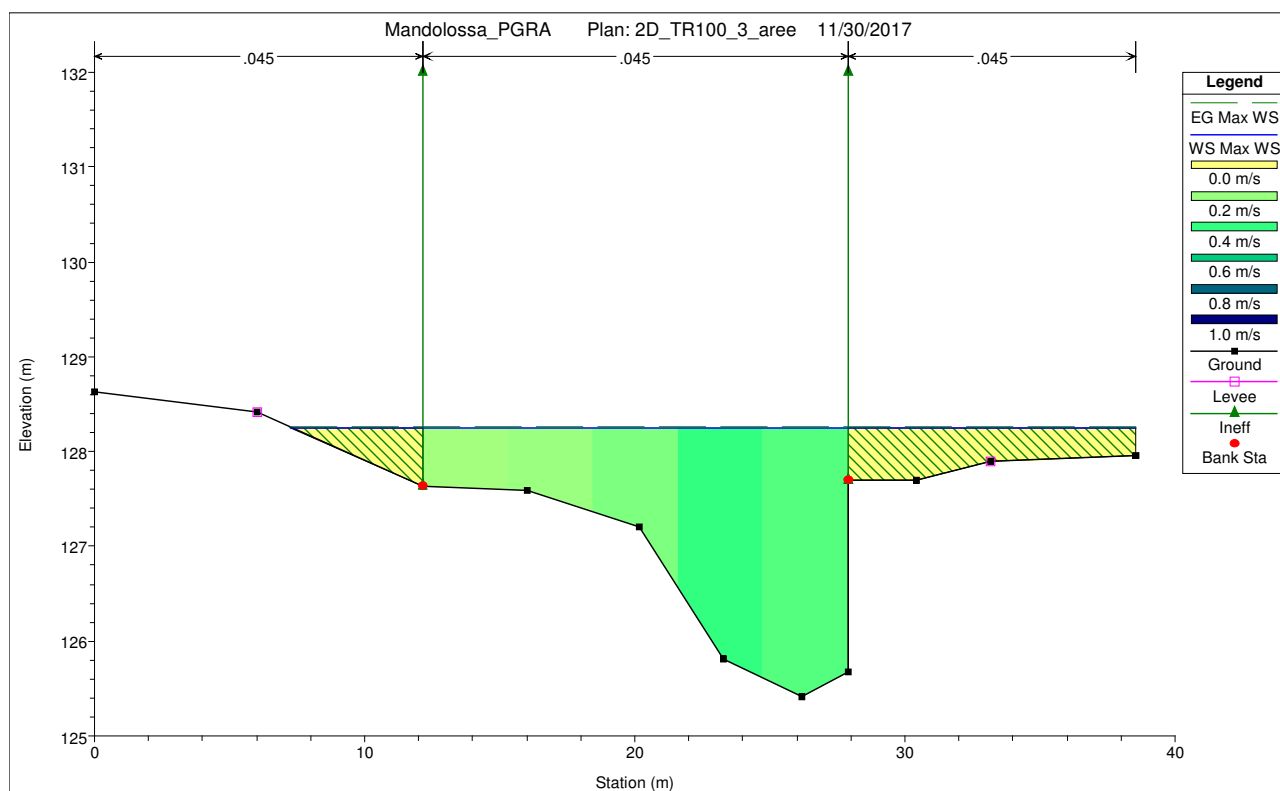
SEZIONE n° 1062.00



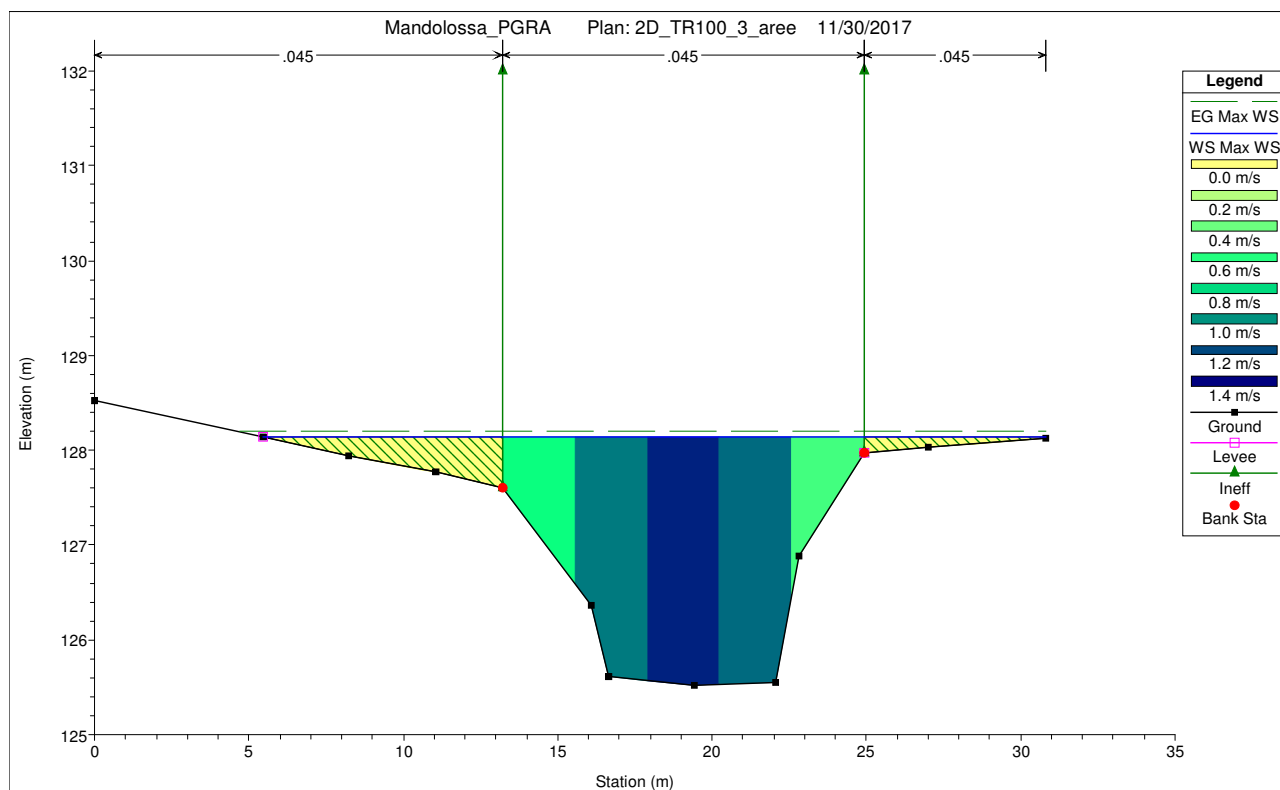
SEZIONE n° 1012.00



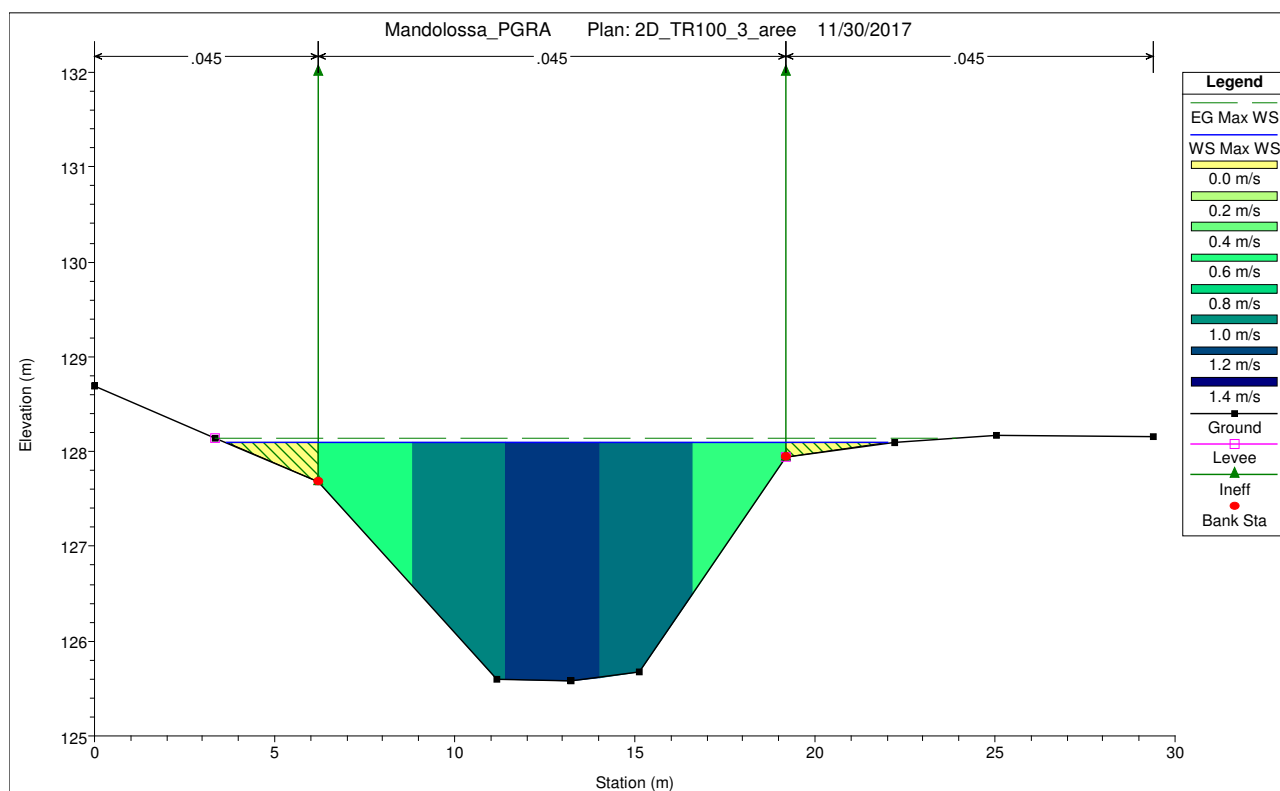
SEZIONE n° 988.00



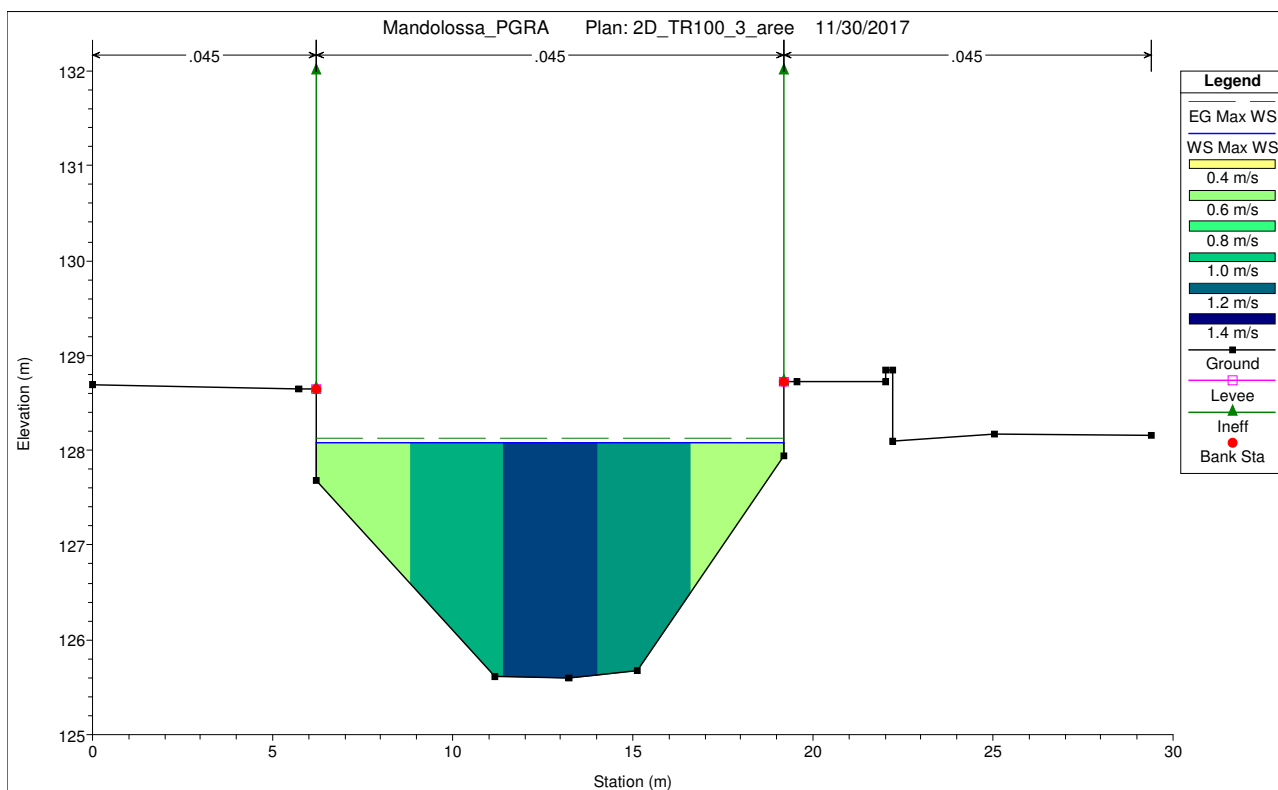
SEZIONE n° 968.00



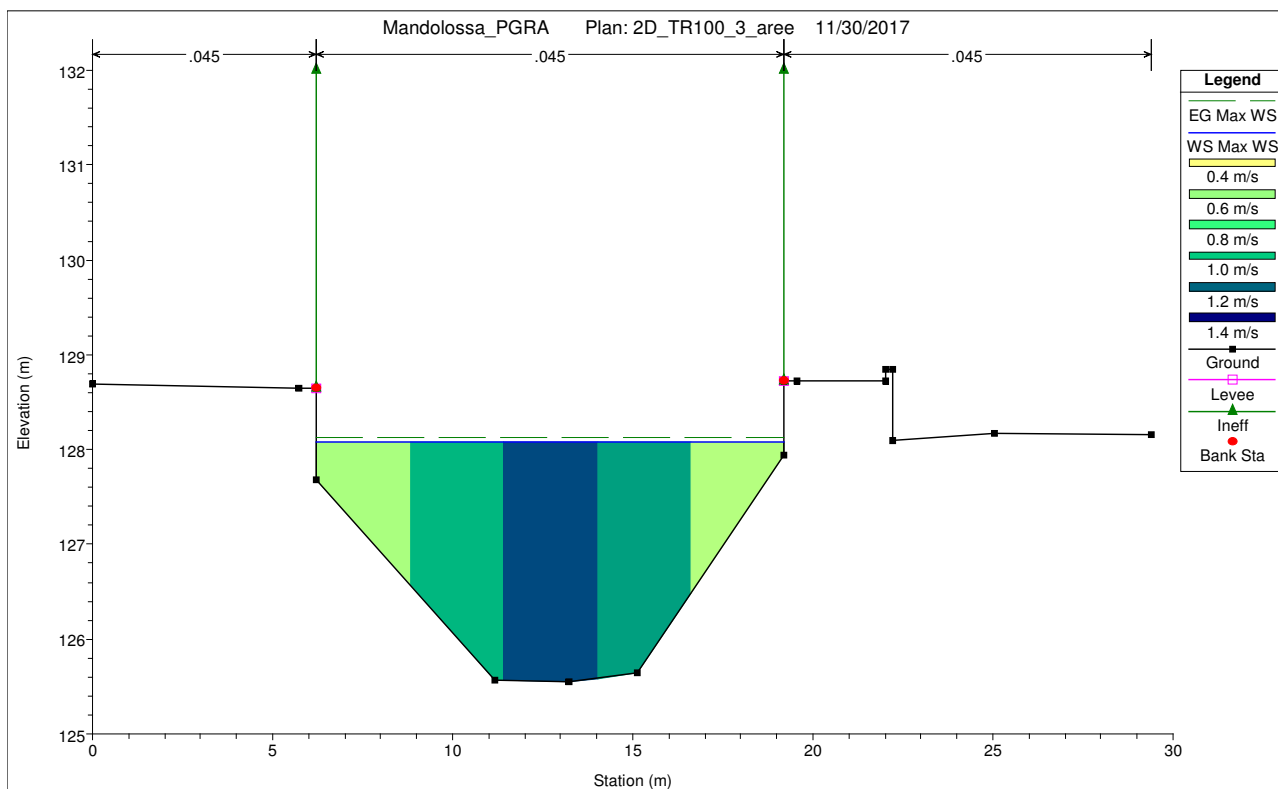
SEZIONE n° 922.50



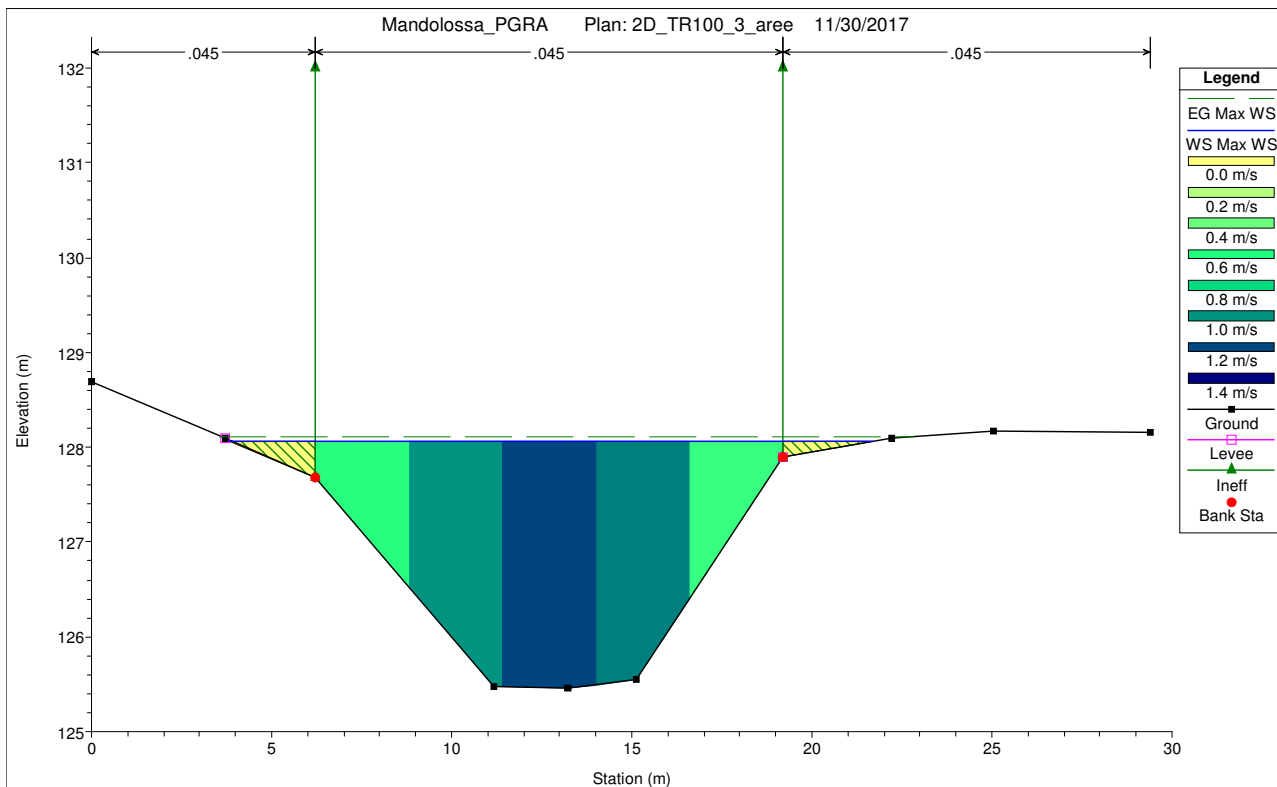
SEZIONE n° 912.50



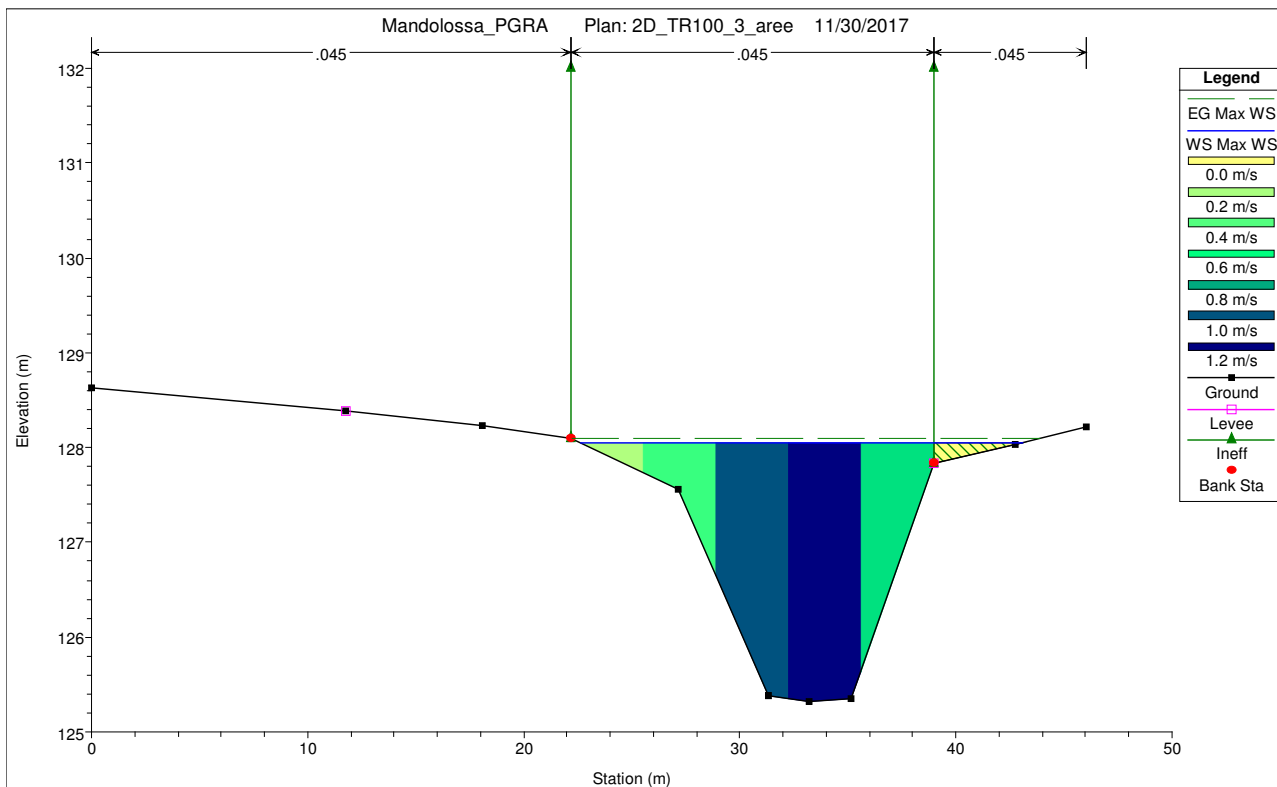
SEZIONE n° 908.50



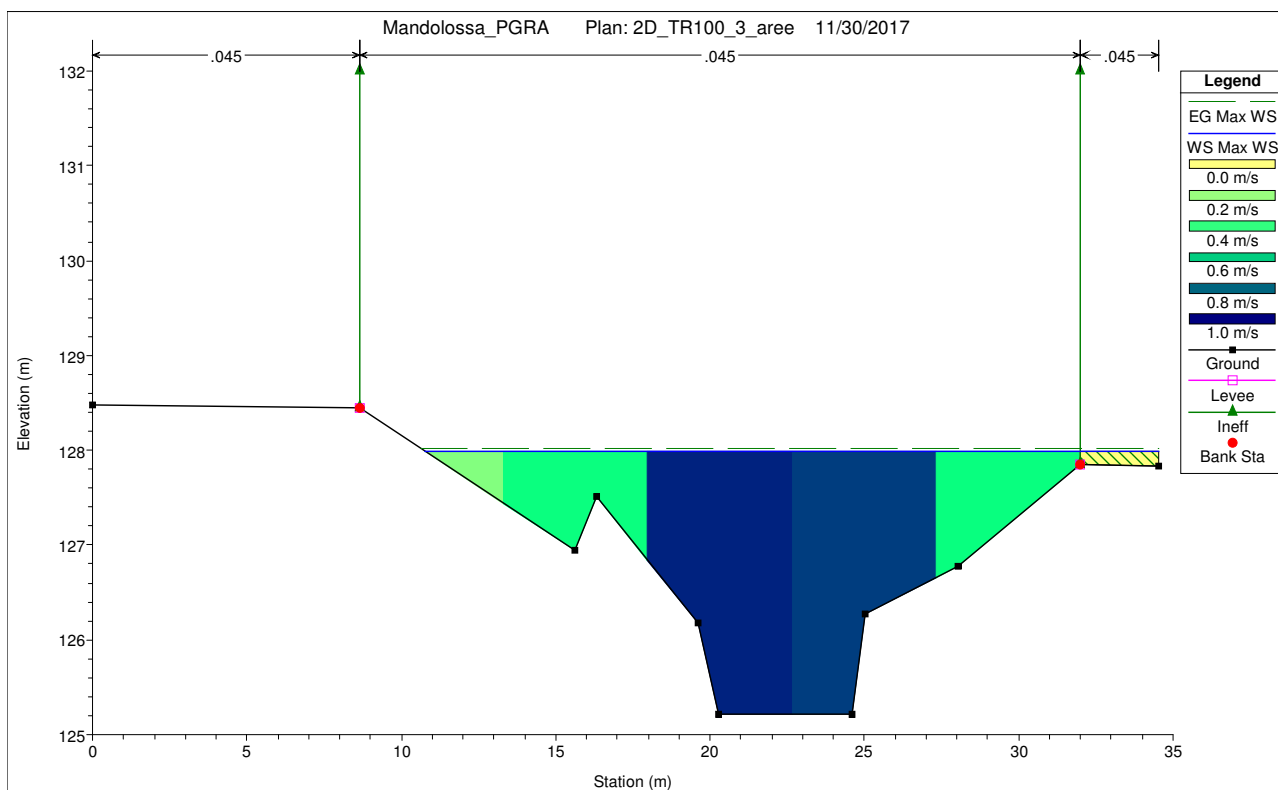
SEZIONE n° 898.50



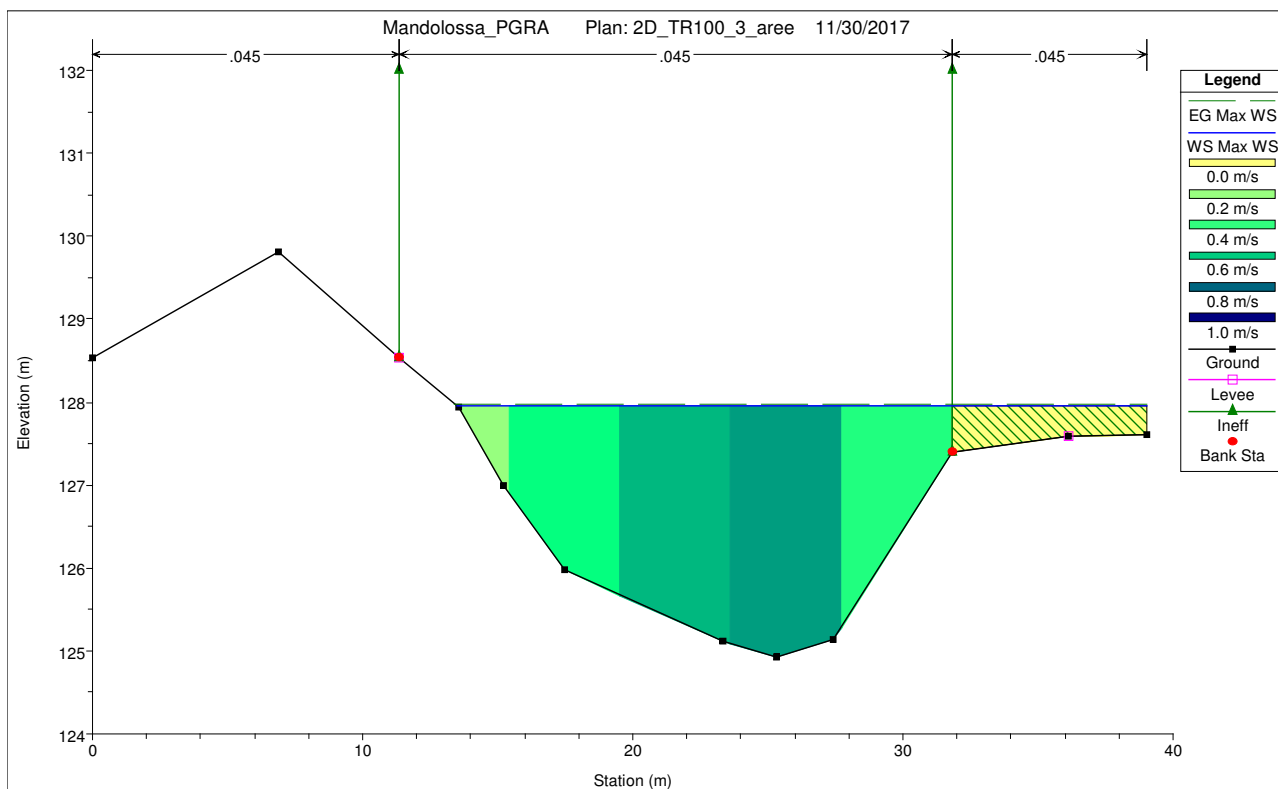
SEZIONE n° 883.00



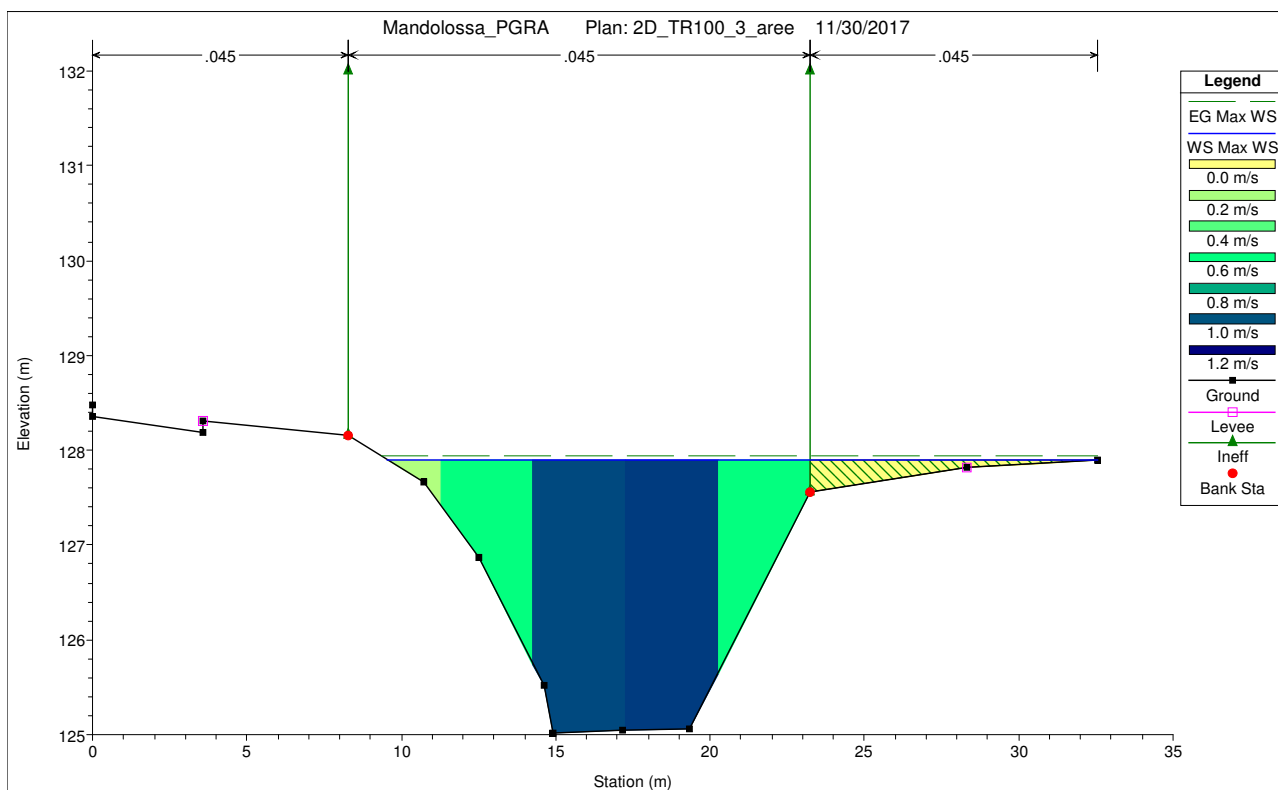
SEZIONE n° 810.00



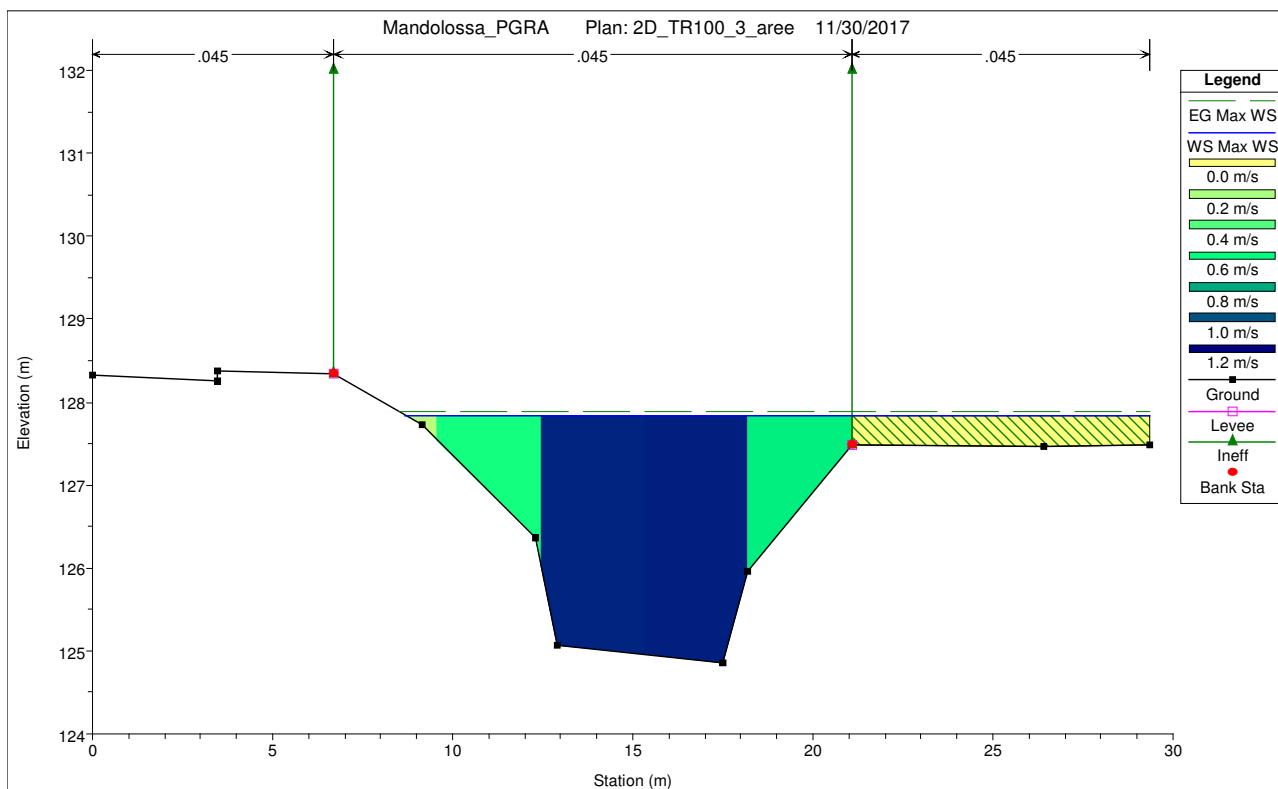
SEZIONE n° 736.00



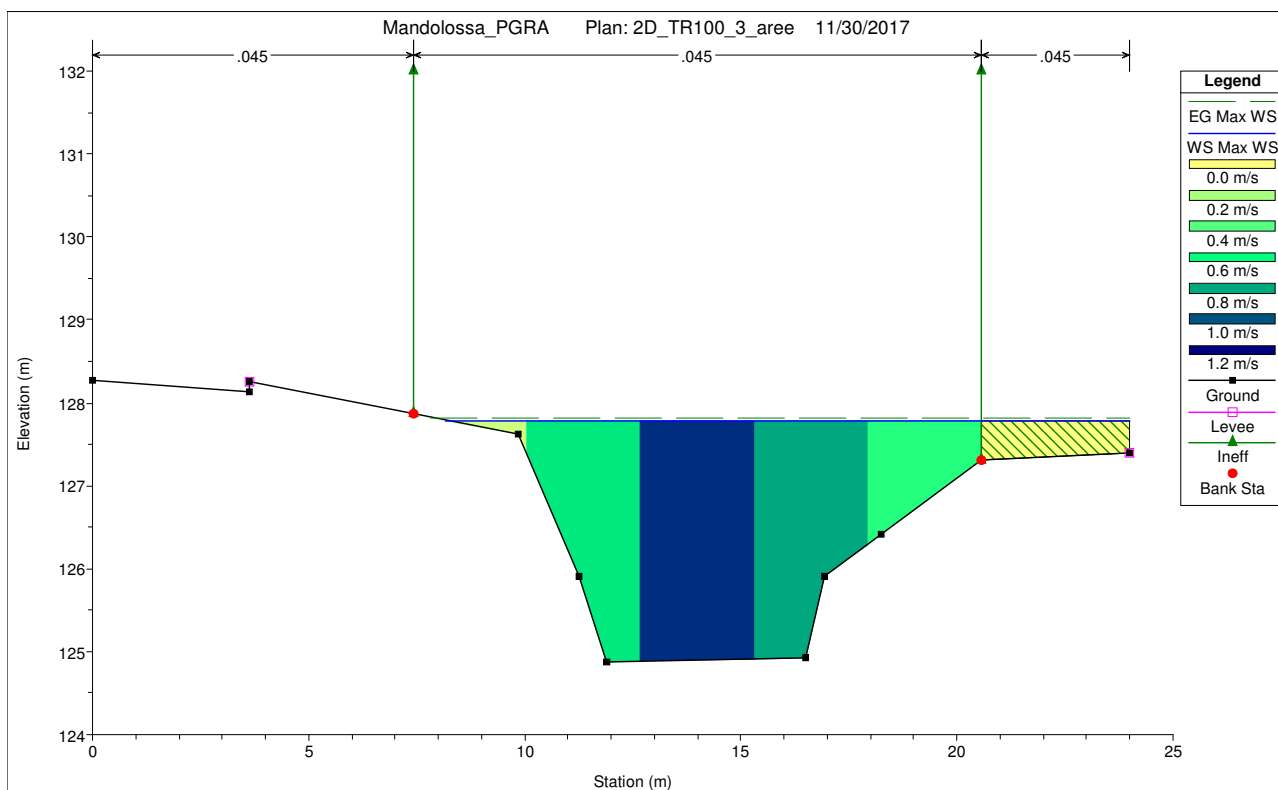
SEZIONE n° 678.00



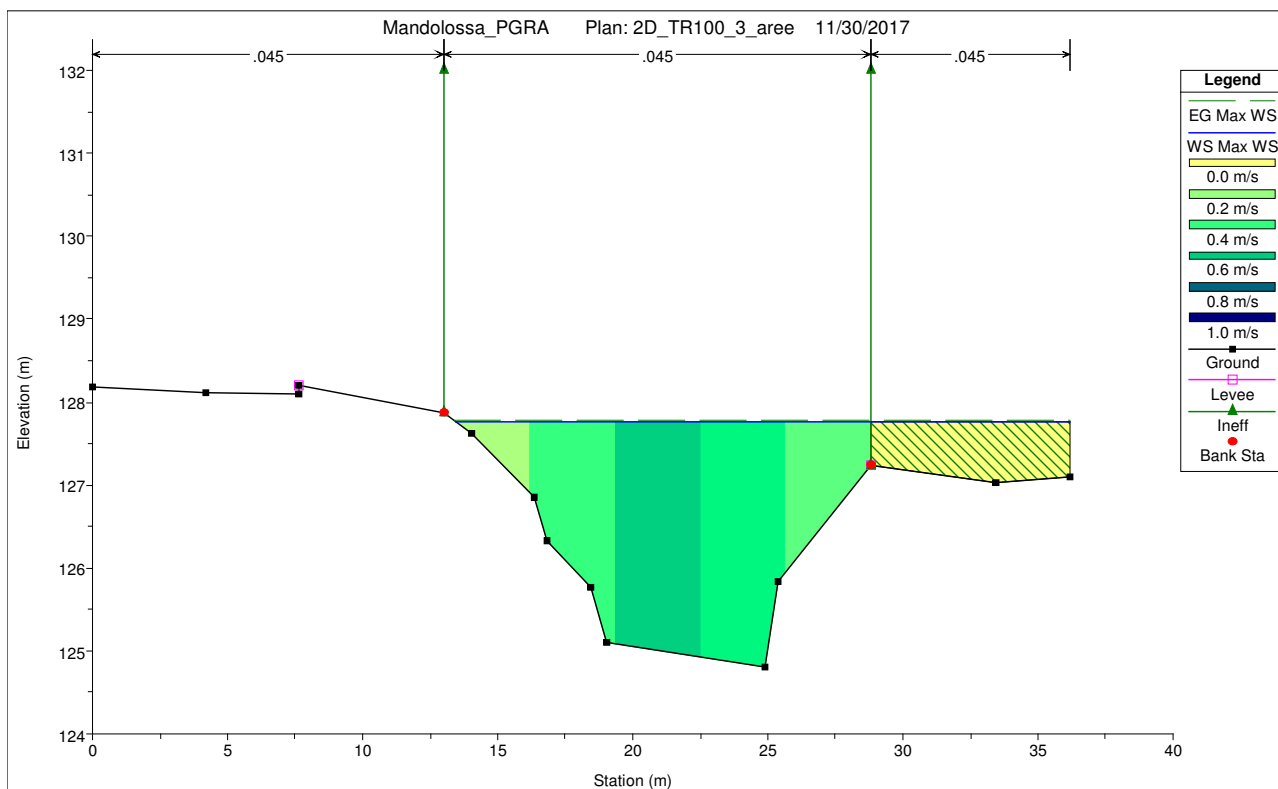
SEZIONE n° 621.00



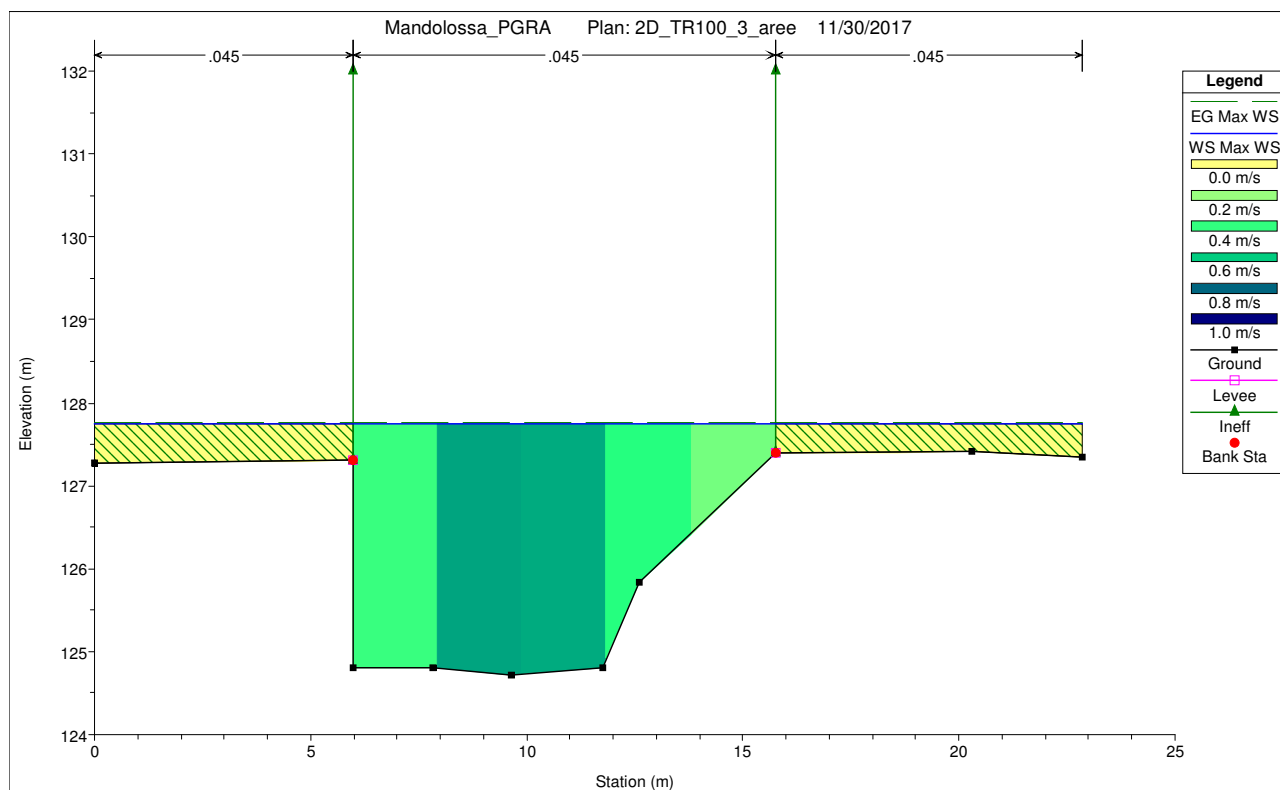
SEZIONE n° 549.00



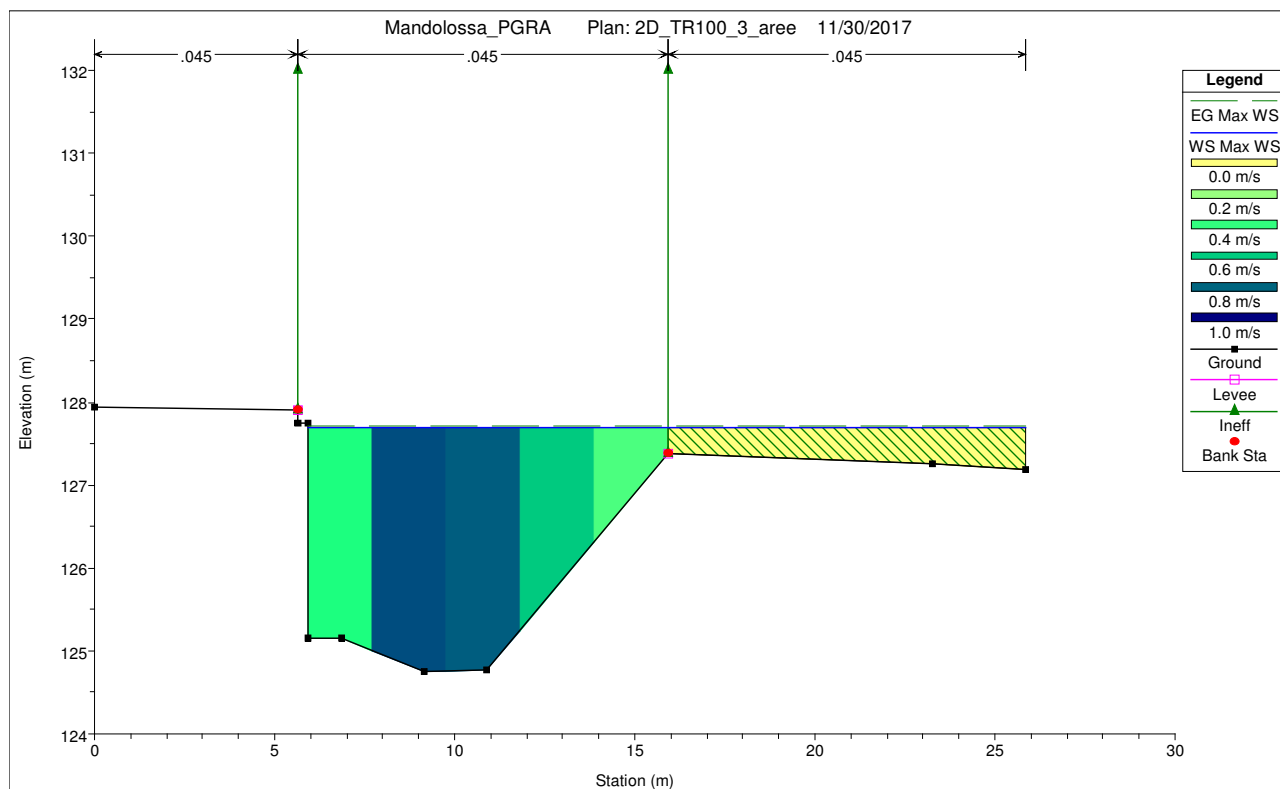
SEZIONE n° 437.00



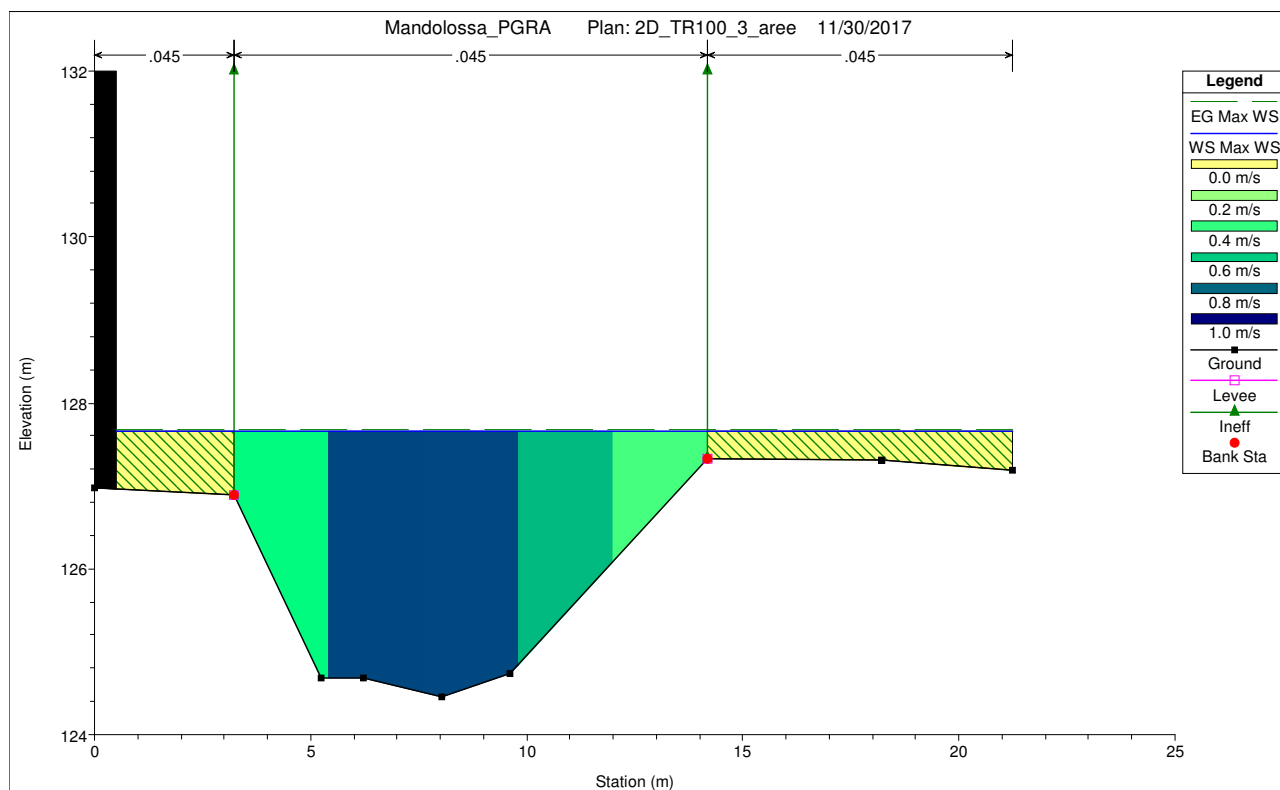
SEZIONE n° 363.00



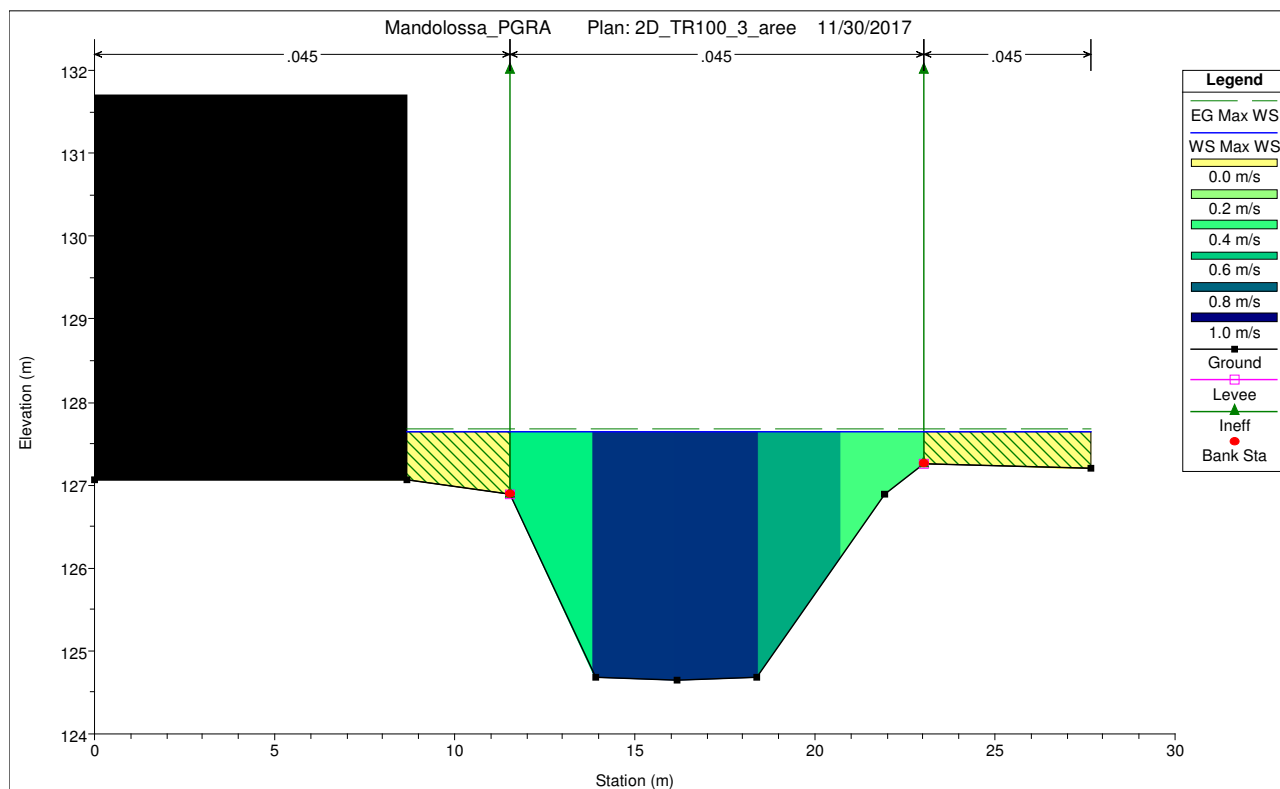
SEZIONE n° 275.00



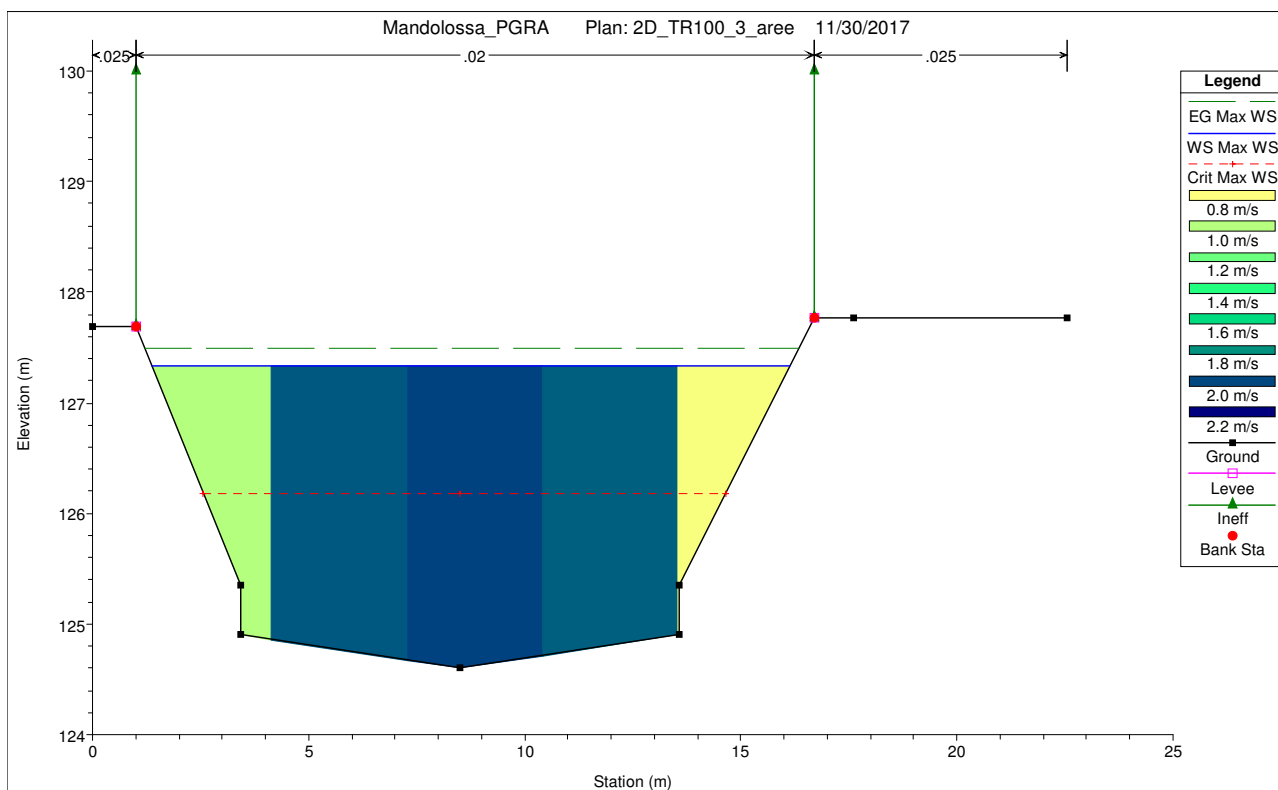
SEZIONE n° 209.00



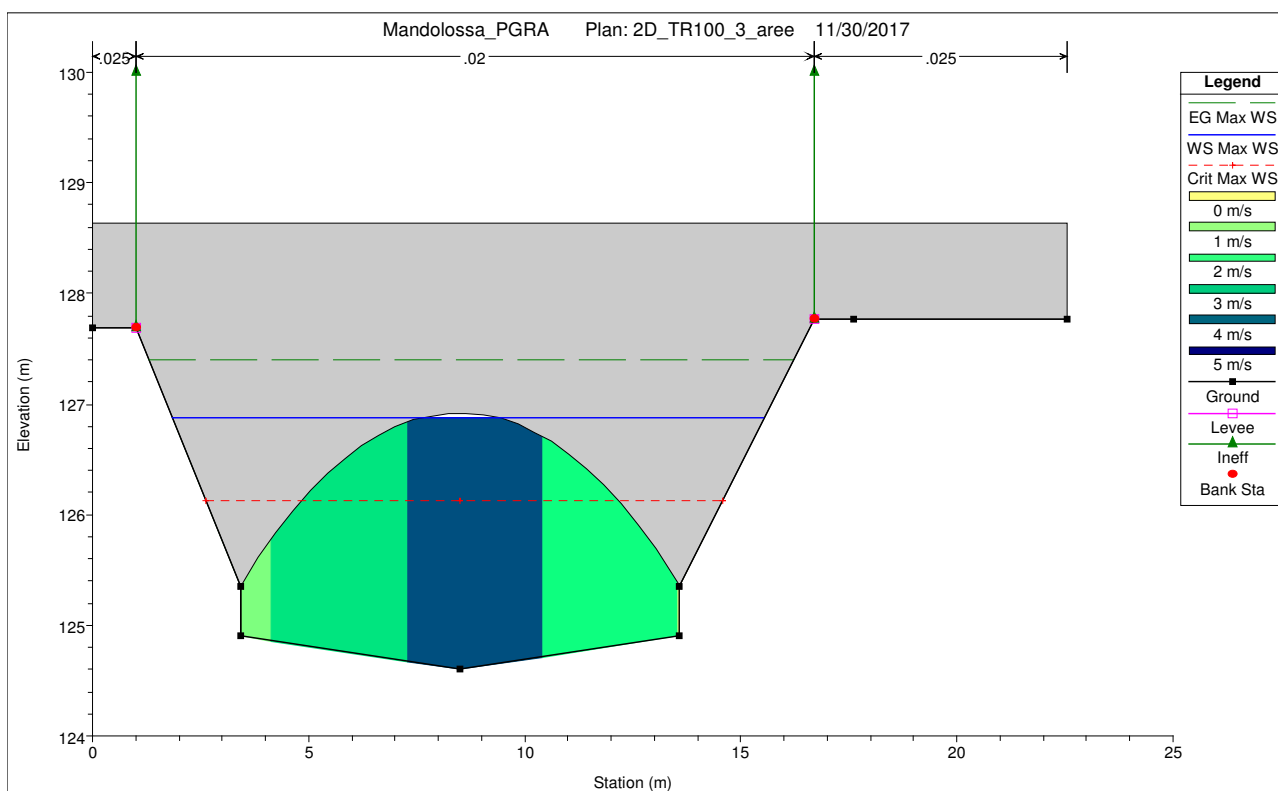
SEZIONE n° 191.00



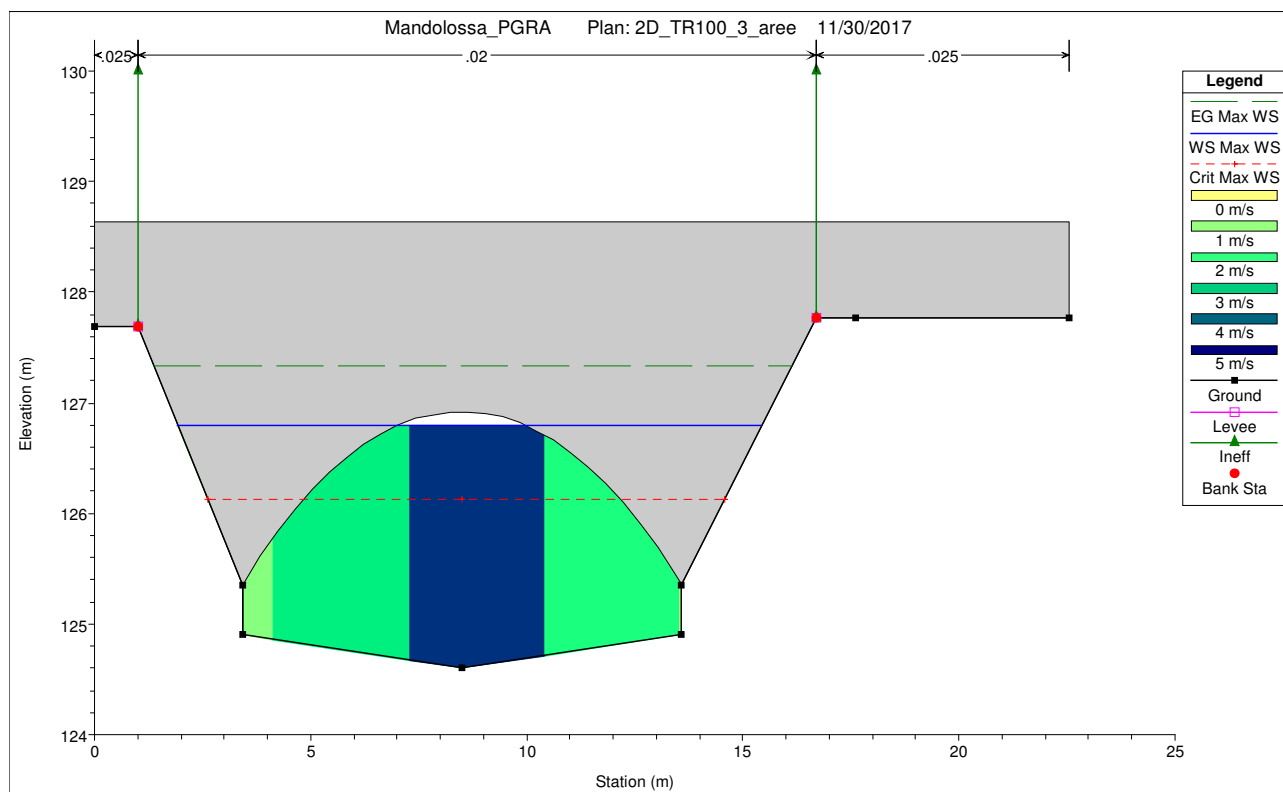
SEZIONE n° 169.00



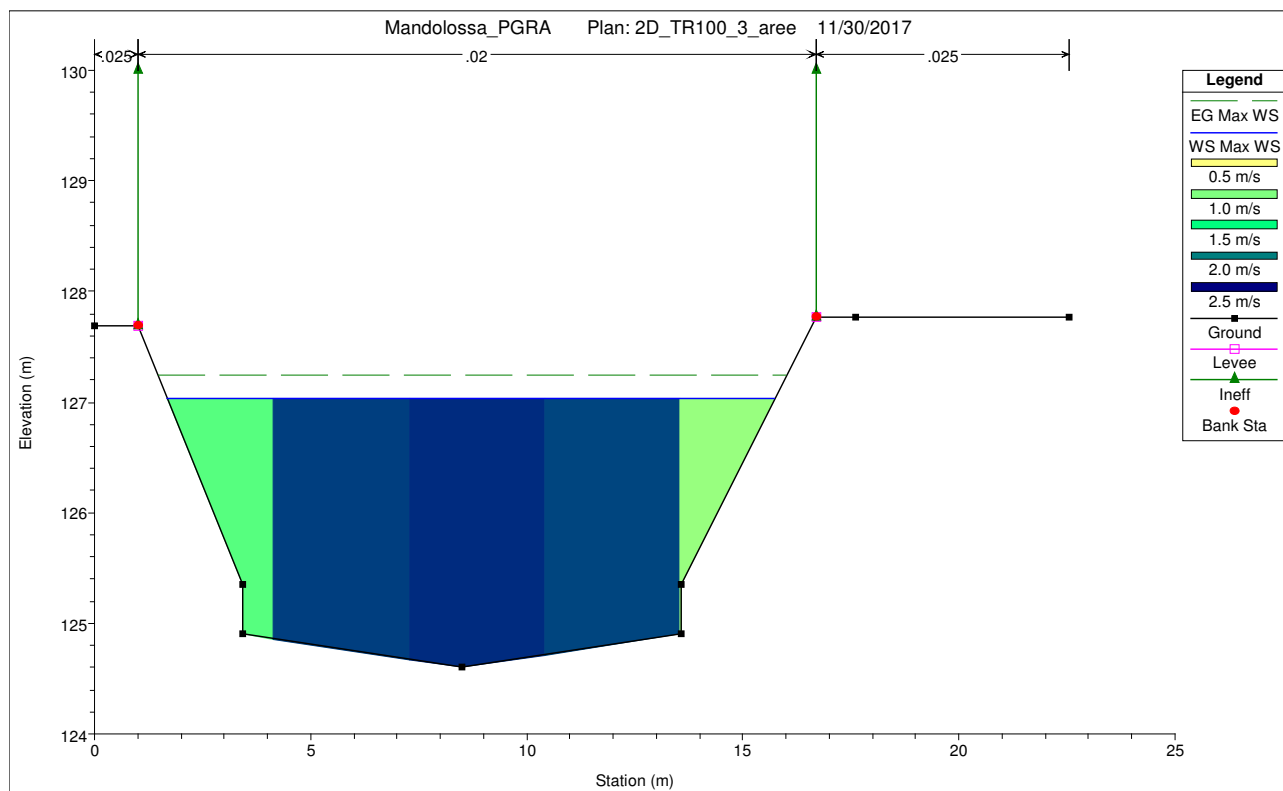
SEZIONE n° 163.00 ponte sezione di monte



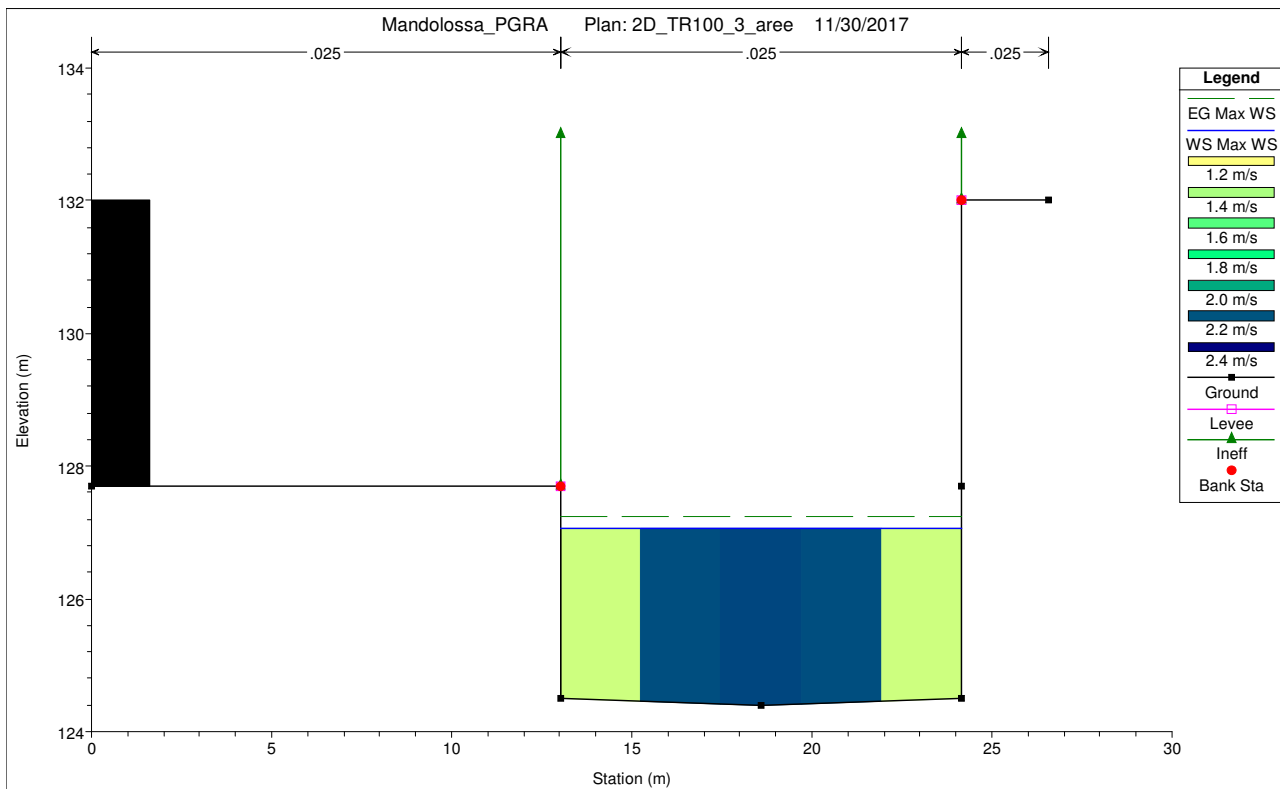
SEZIONE n° 163.00 ponte sezione di valle



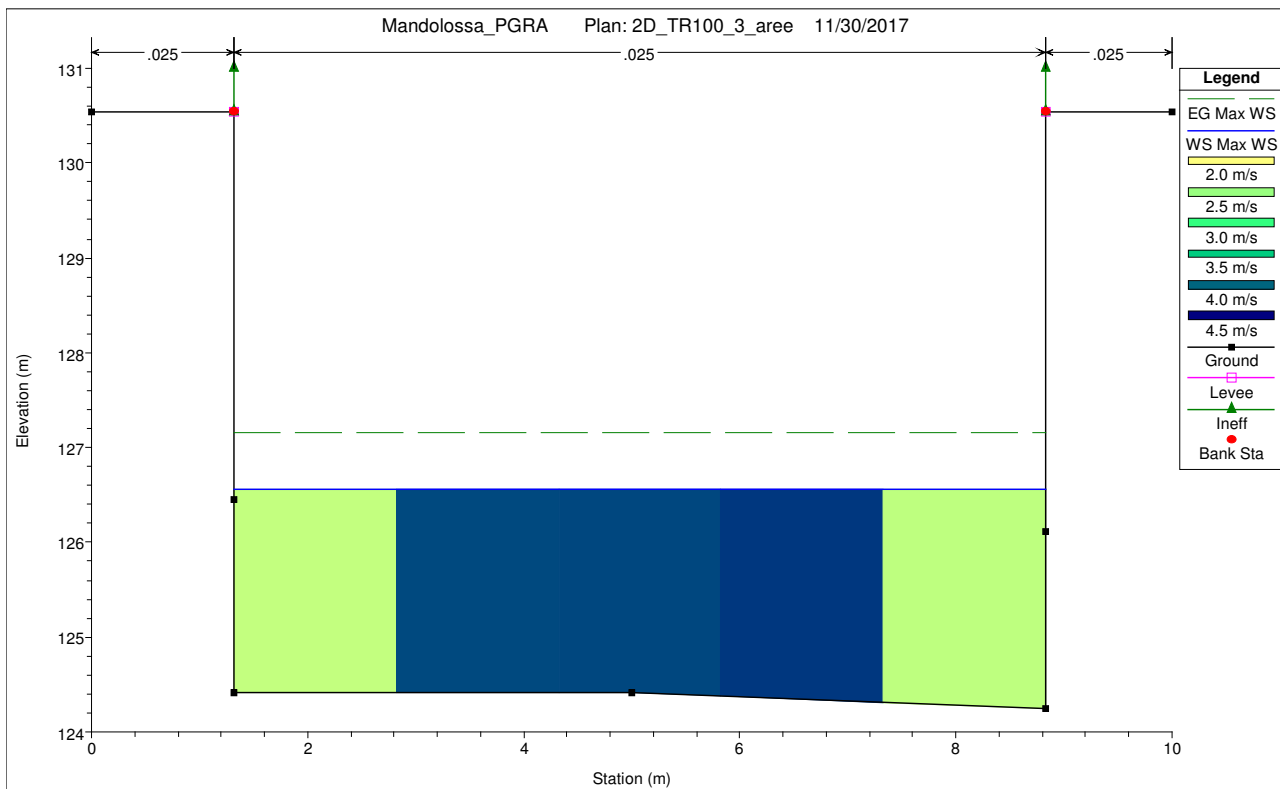
SEZIONE n° 156.00



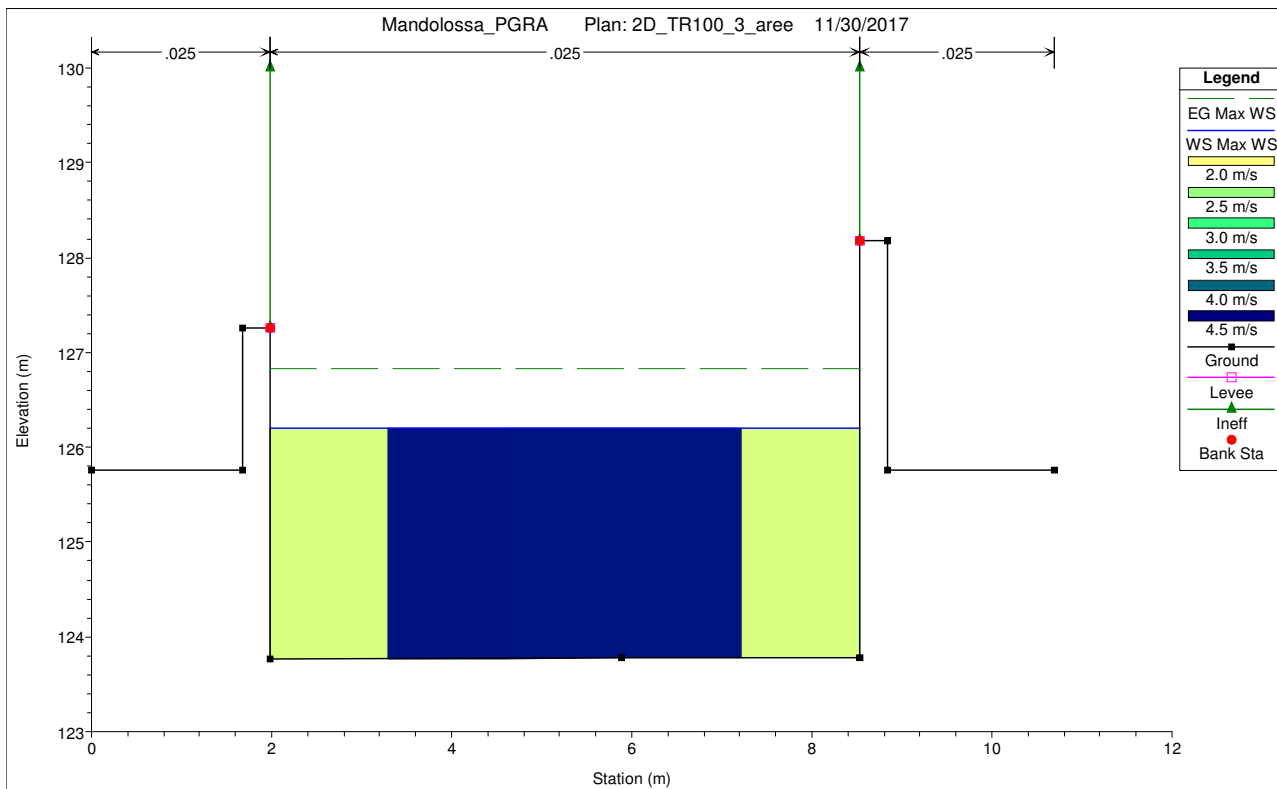
SEZIONE n° 146.00



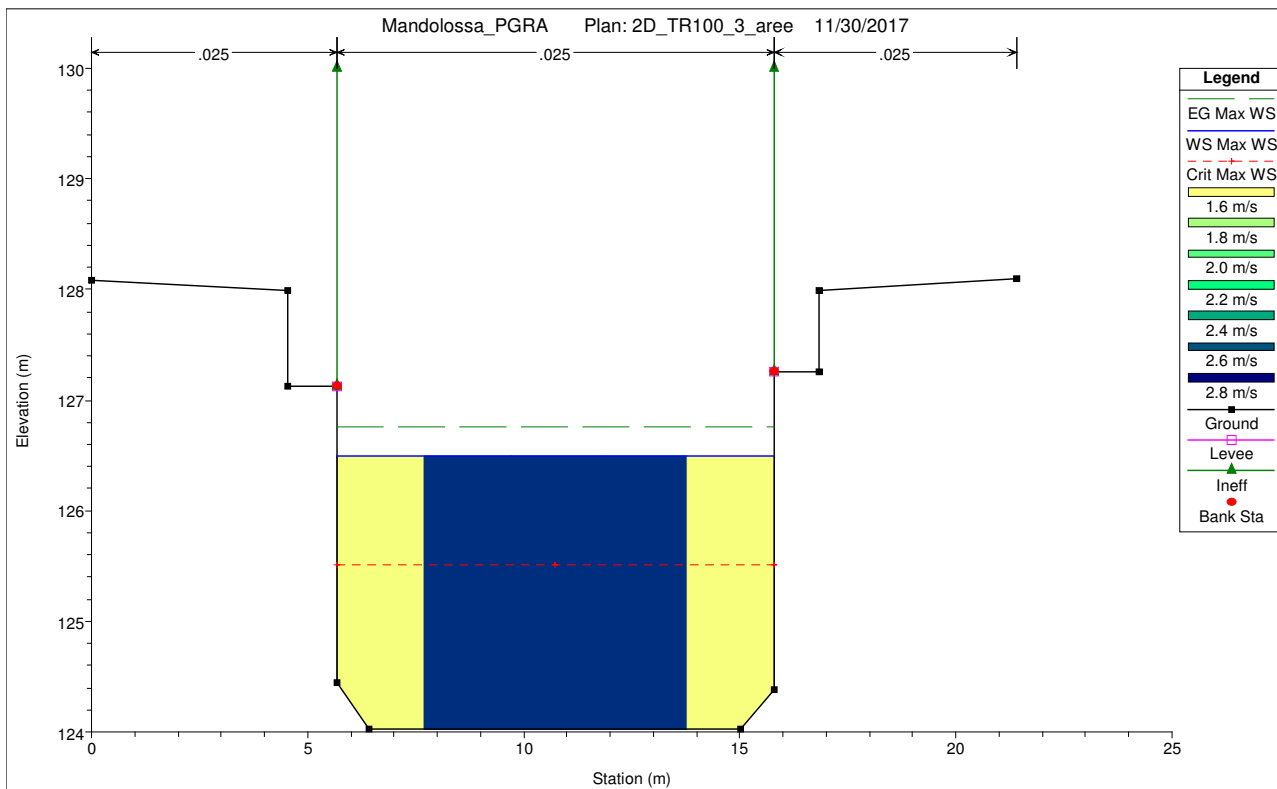
SEZIONE n° 108.00



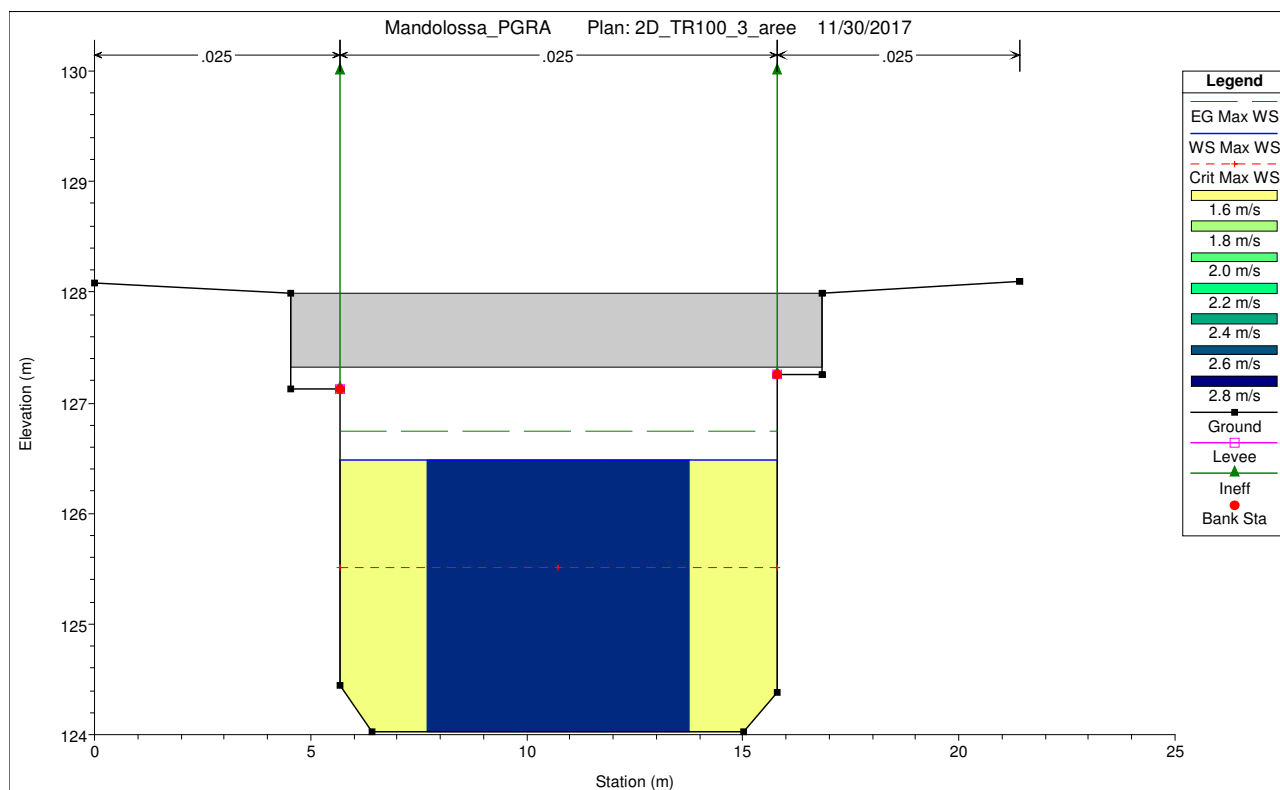
SEZIONE n° 42.00



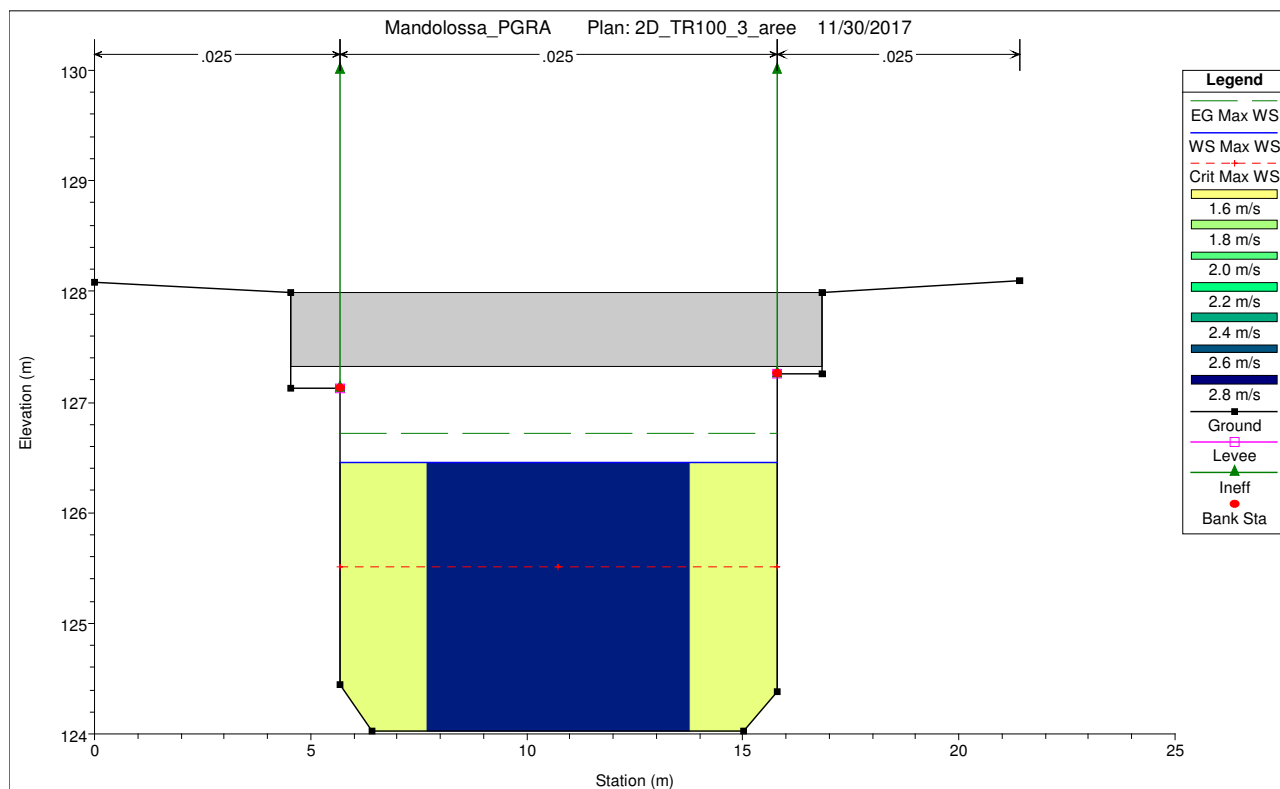
SEZIONE n° 29.00



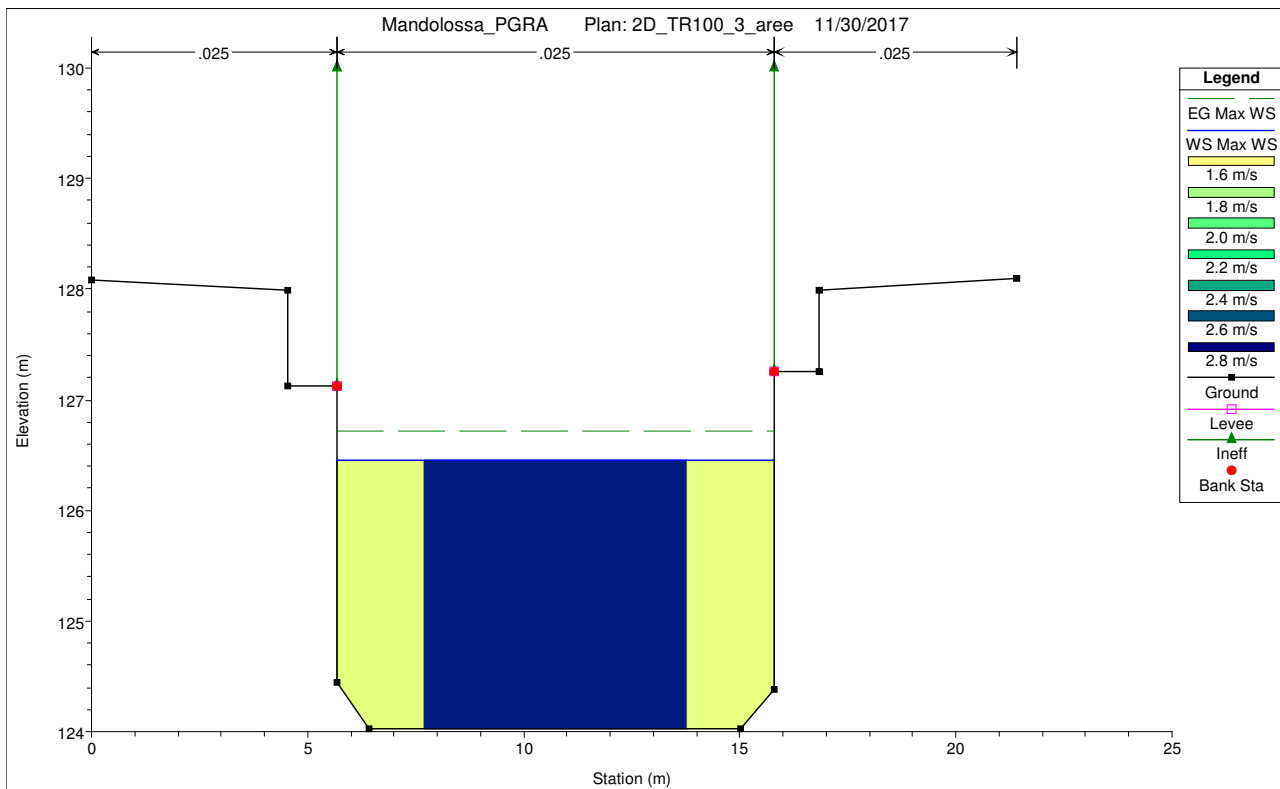
SEZIONE n° 21.50 ponte sezione di monte



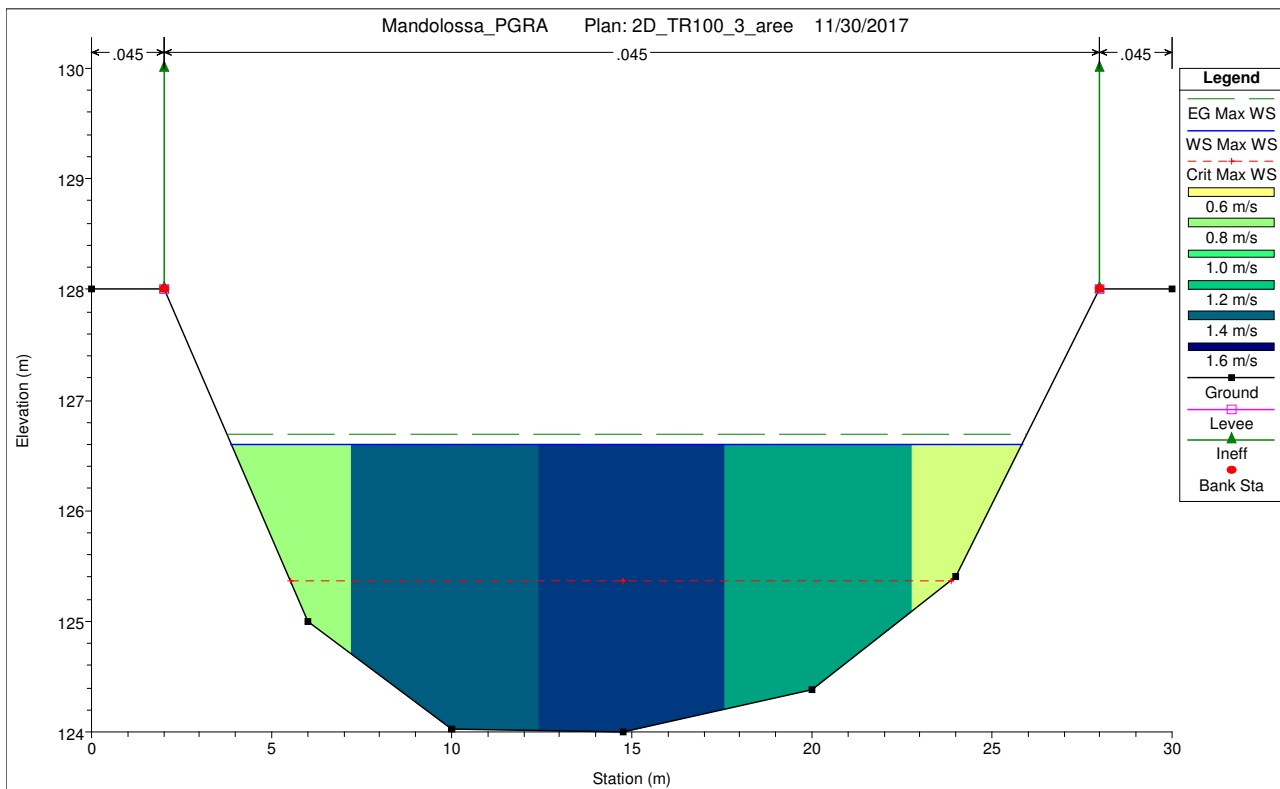
SEZIONE n° 21.50 ponte sezione di valle



SEZIONE n° 13.50



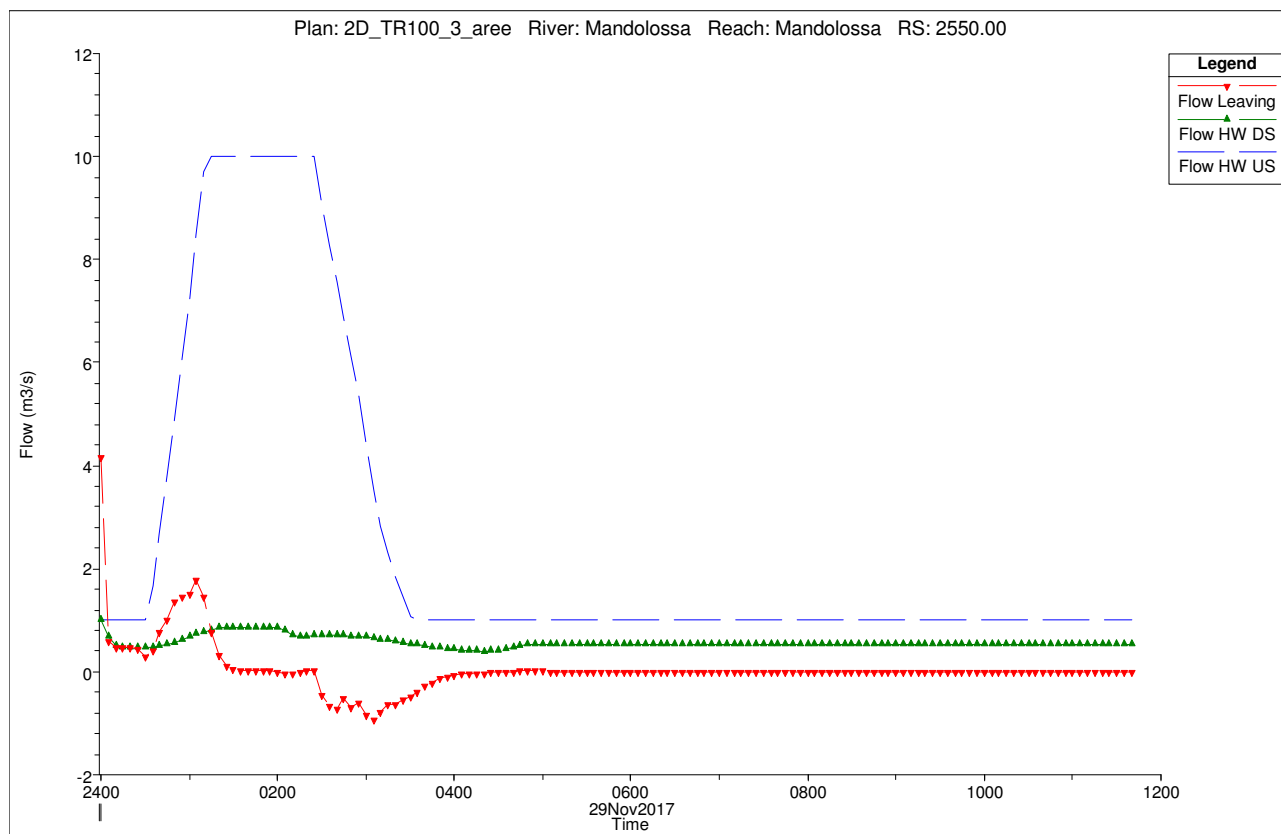
SEZIONE n° 00.00



CARATTERISTICHE DI FUNZIONAMENTO DEI COLLEGAMENTI IDRAULICI

T. SOLDA - T. CANALE E R. MANDOLOSSA

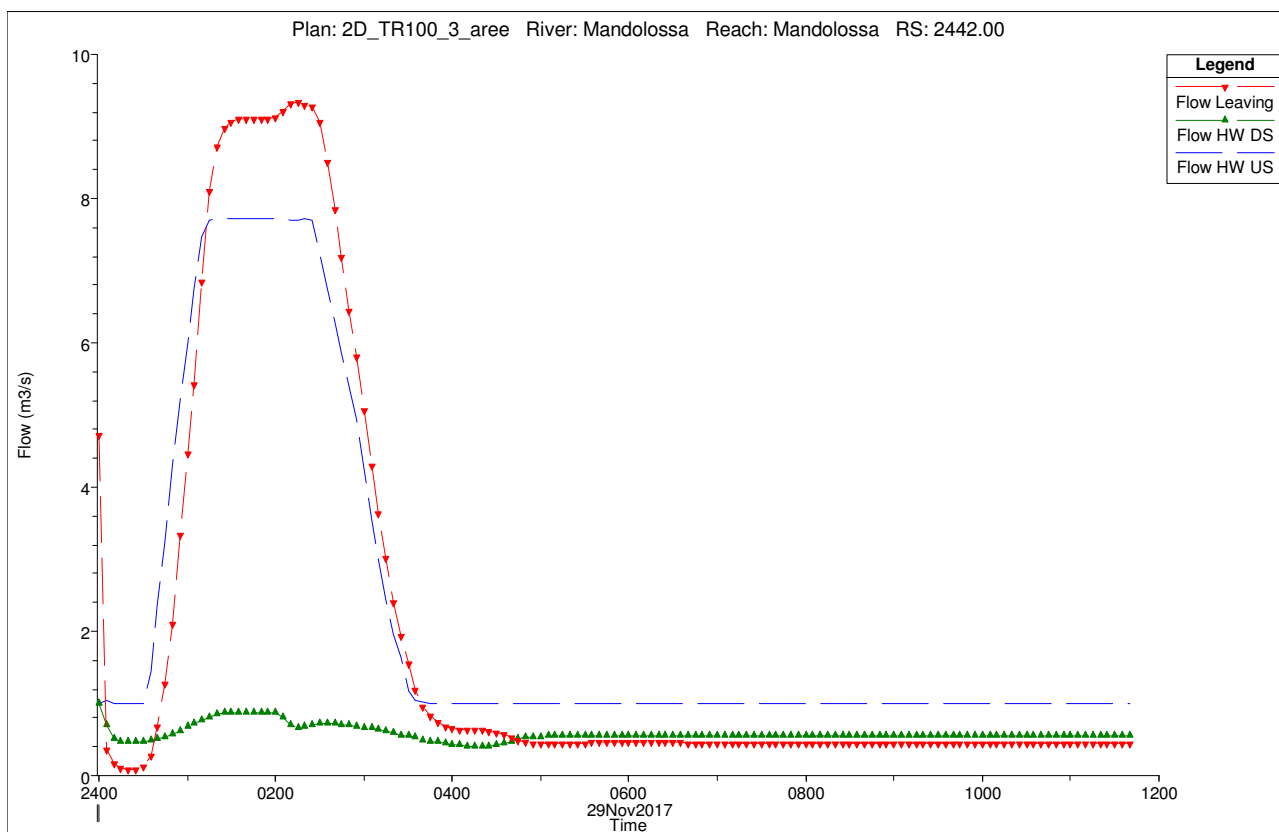
SFIORATORE (sponda destra tra sez. 2551.00 e sez. 2064.00)



Dati sfioratore:

- Lunghezza 474,32 m
- Collegato all'area di allagamento n°2
- Coefficiente di efflusso 0,3
- Portata massima tracimata 4,17 m³/s (dato ore 0:00)
- Volume totale tracimato 1'840,00 m³
- Portata massima transitata a monte 10,00 m³/s (dato ore 1:15)
- Portata massima transitata a valle 0,871 m³/s (dato ore 1:30)

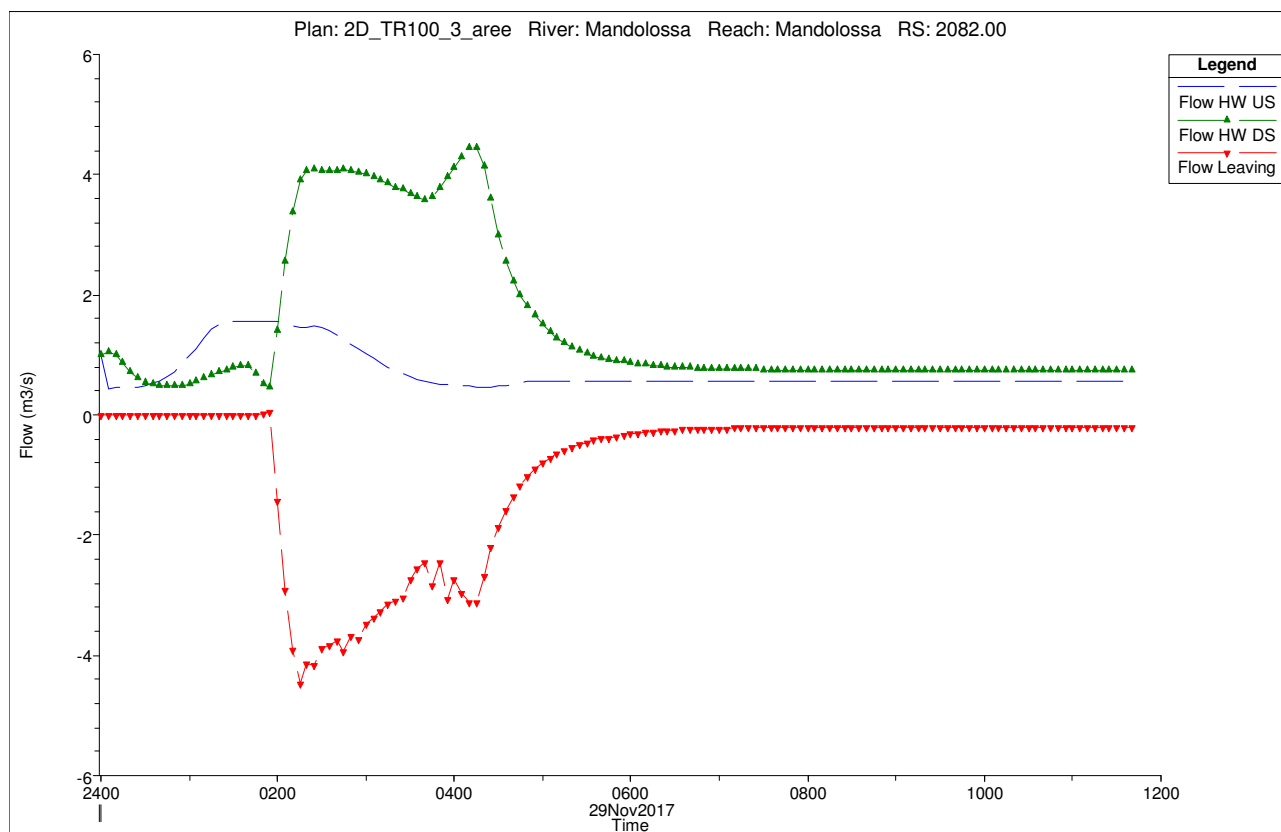
SFIORATORE (sponda sinistra tra sez. 2480.00 e sez. 2064.00)



Dati sfioratore:

- Lunghezza 353,77 m
- Collegato all'area di allagamento n°1
- Coefficiente di efflusso 0,3
- Portata massima tracimata 9,34 m³/s (dato ore 2:15)
- Volume totale tracimato 83'580,00 m³
- Portata massima transitata a monte 7,72 m³/s (dato ore 1:20)
- Portata massima transitata a valle 0,872 m³/s (dato ore 1:50)

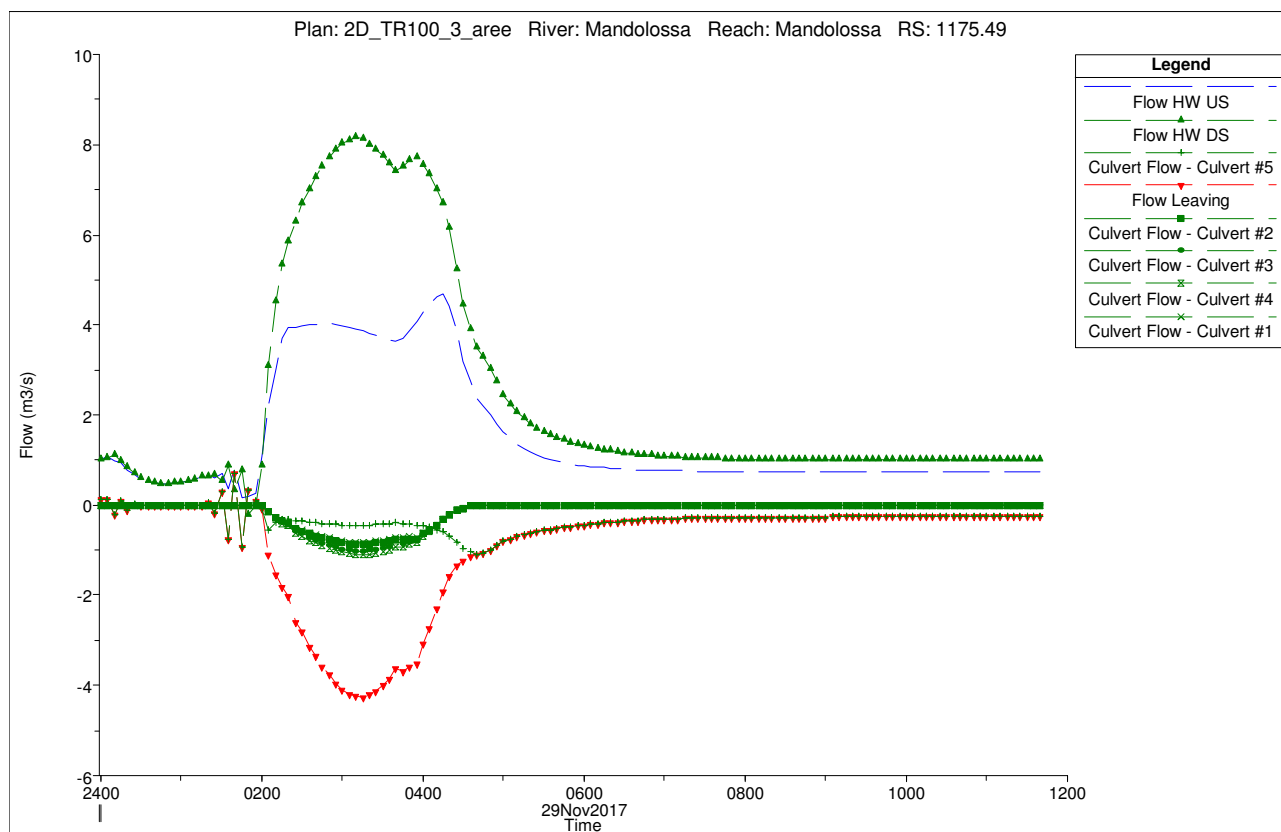
SFIORATORE (sponda sinistra tra sez. 2233.00 e sez. 1298.00)



Dati sfioratore:

- Lunghezza 771,48 m
- Collegato all'area di allagamento n°1
- Coefficiente di efflusso 0,3
- Portata massima tracimata 0,06 m³/s (dato ore 1:55)
- Volume totale tracimato -37'300,00 m³
- Portata massima transitata a monte 1,56 m³/s (dato ore 1:50)
- Portata massima transitata a valle 4,45 m³/s (dato ore 4:15)

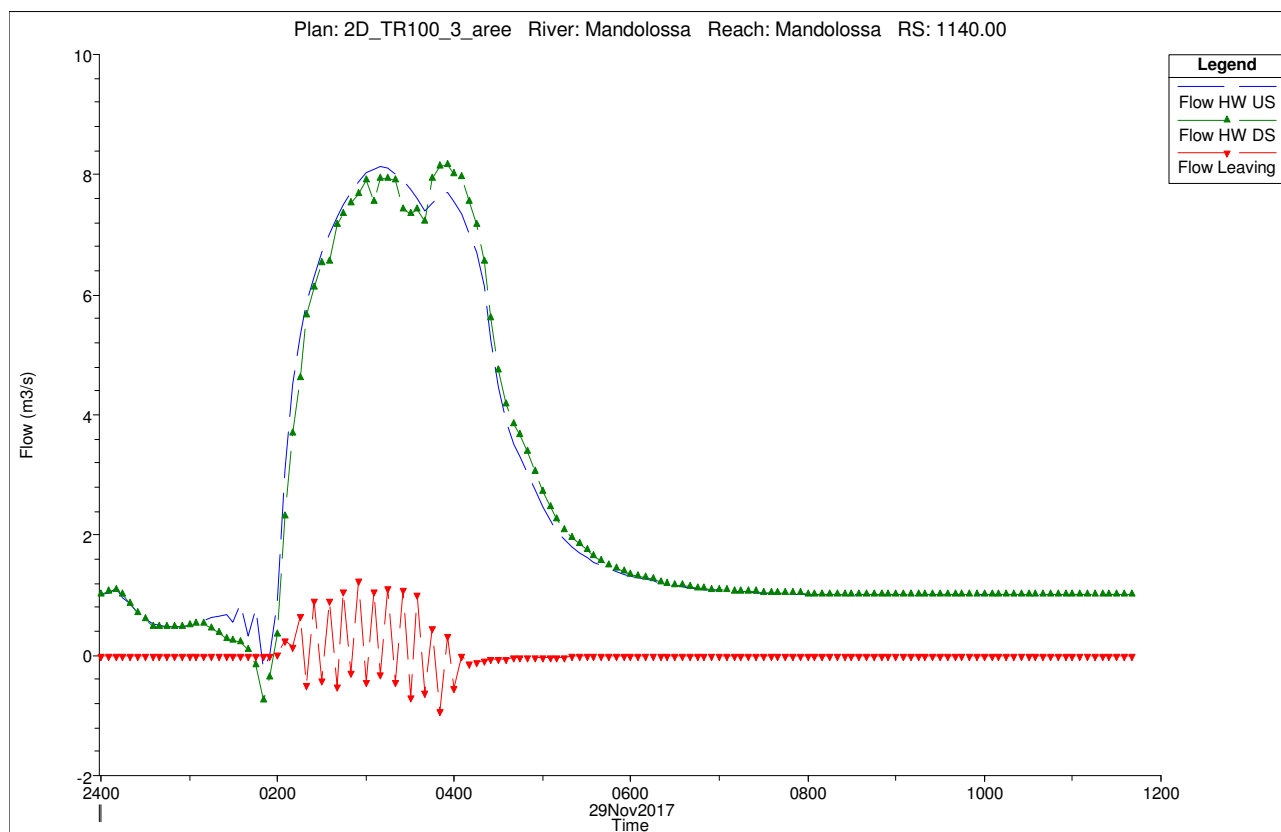
SFIORATORE (sponda sinistra tra sez. 1175.50 e sez. 1161.00)



Dati sfioratore:

- Lunghezza 15,11 m
- Collegato all'area di allagamento n°1
- Coefficiente di efflusso 0,825
- Portata massima tracimata 0,71 m³/s (dato ore 1:40)
- Volume totale tracimato -37'060,00 m³
- Portata massima transitata a monte 4,67 m³/s (dato ore 4:15)
- Portata massima transitata a valle 8,15 m³/s (dato ore 3:10)

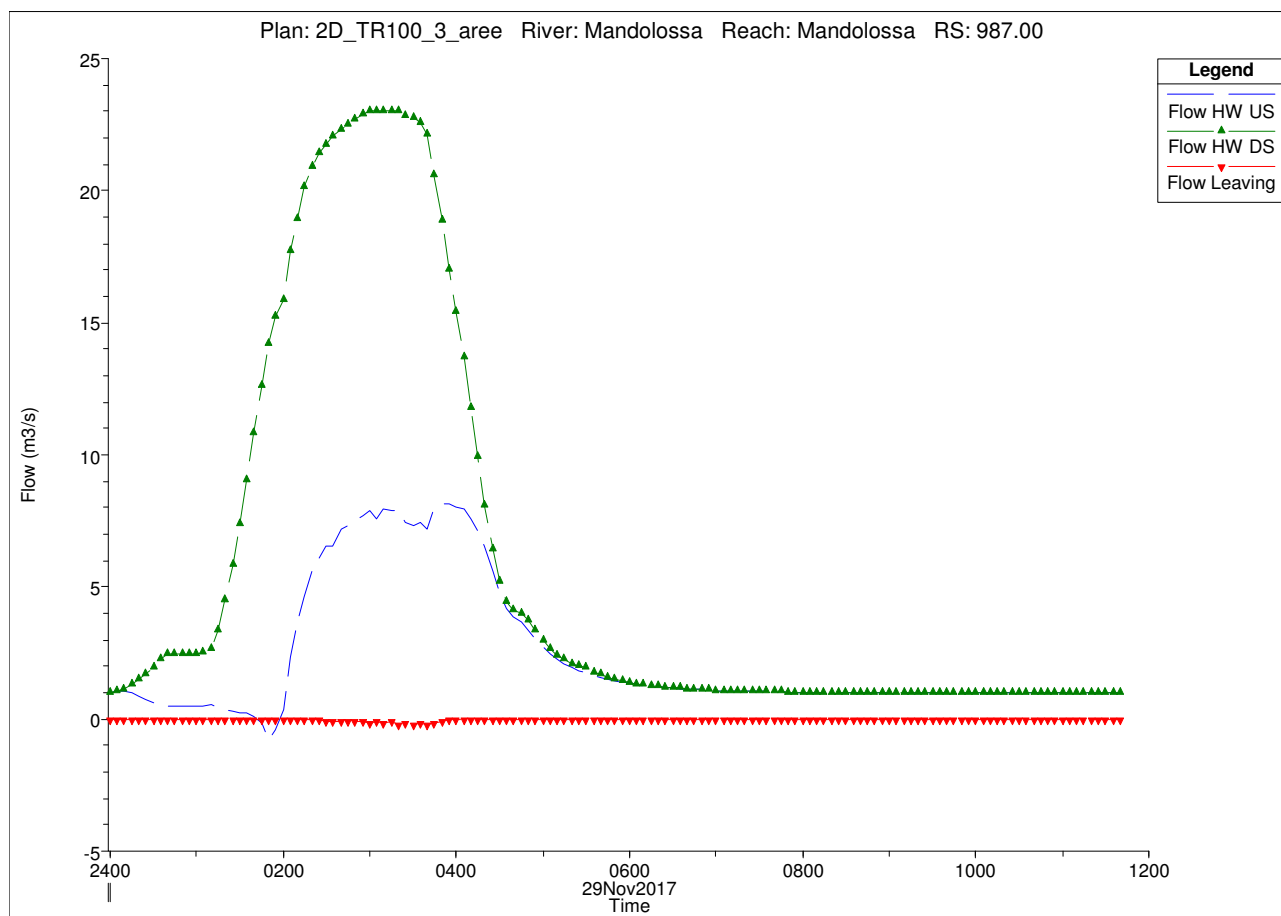
SFIORATORE (sponda destra tra sez. 1141.00 e sez. 988.00)



Dati sfioratore:

- Lunghezza 156,68 m
- Collegato all'area di allagamento n°2
- Coefficiente di efflusso 0,2
- Portata massima tracimata 1,24 m³/s (dato ore 2:55)
- Volume totale tracimato 1'010,00 m³
- Portata massima transitata a monte 8,15 m³/s (dato ore 3:10)
- Portata massima transitata a valle 8,17 m³/s (dato ore 3:55)

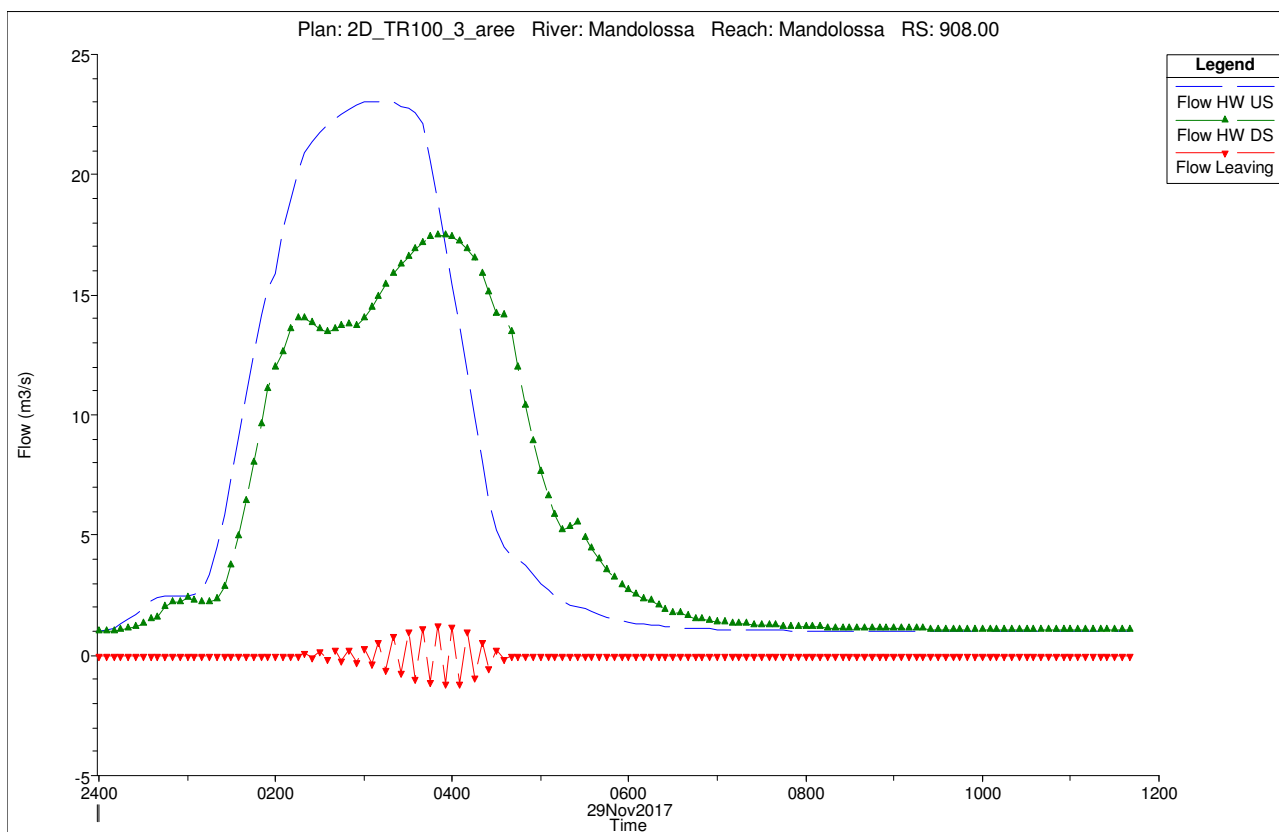
SFIORATORE (sponda sinistra tra sez. 988.00e sez. 912.50)



Dati sfioratore:

- Lunghezza 75,84 m
- Collegato all'area di allagamento n°02
- Coefficiente di efflusso 0,2
- Portata massima tracimata $-0,225 \text{ m}^3/\text{s}$ (dato ore 3:40)
- Volume totale tracimato $-700,00 \text{ m}^3$
- Portata massima transitata a monte $8,17 \text{ m}^3/\text{s}$ (dato ore 3:55)
- Portata massima transitata a valle $23,04 \text{ m}^3/\text{s}$ (dato ore 3:10)

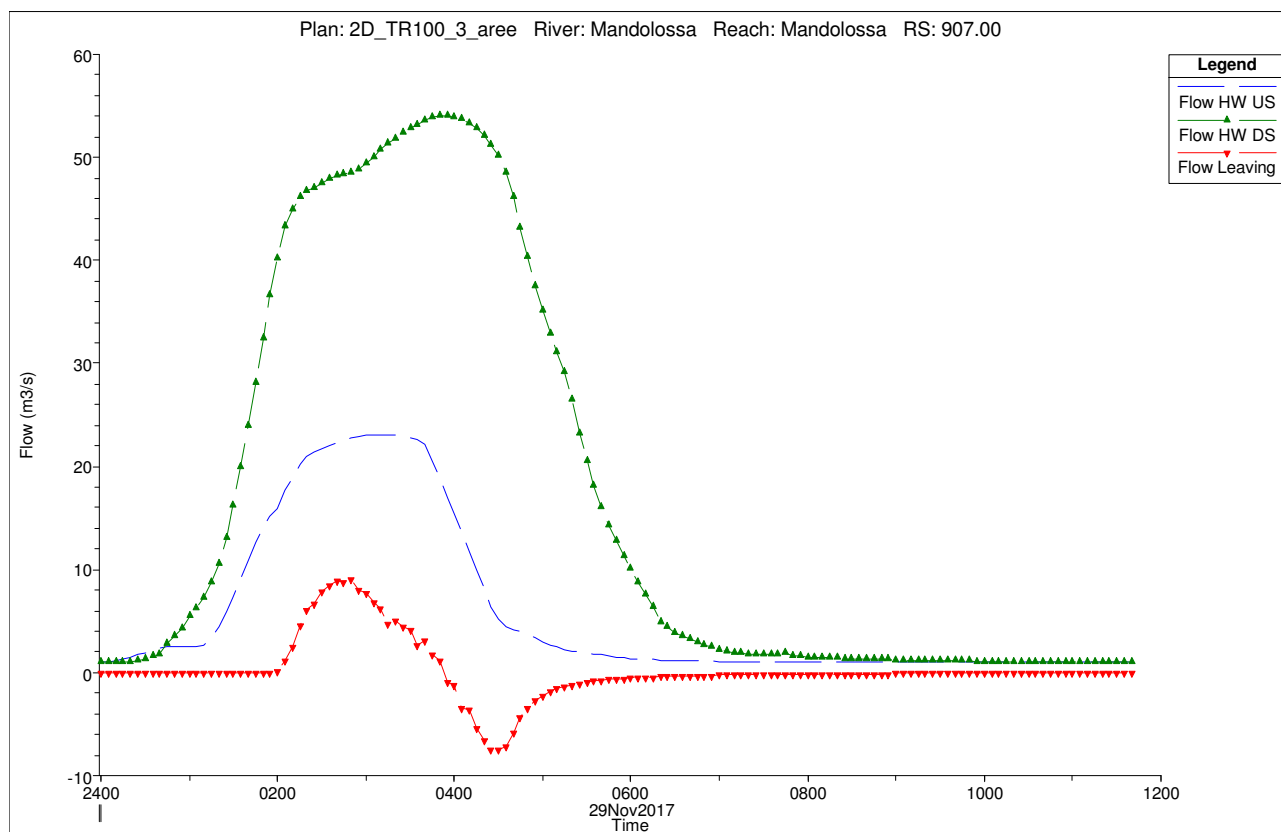
SFIORATORE (sponda sinistra tra sez. 908.50 e sez. 209.00)



Dati sfioratore:

- Lunghezza 663,85 m
- Collegato all'area di allagamento n°03
- Coefficiente di efflusso 0,2
- Portata massima tracimata 1,26 m³/s (dato ore 3:50)
- Volume totale tracimato 60,00 m³
- Portata massima transitata a monte 23,04 m³/s (dato ore 3:10)
- Portata massima transitata a valle 17,48 m³/s (dato ore 3:50)

SFIORATORE (sponda destra tra sez. 908.50 e sez. 191.00)



Dati sfioratore:

- Lunghezza 722,82 m
- Collegato all'area di allagamento n°02
- Coefficiente di efflusso 0,2
- Portata massima tracimata 9,10 m³/s (dato ore 2:50)
- Volume totale tracimato 11'310,00 m³
- Portata massima transitata a monte 23,04 m³/s (dato ore 3:10)
- Portata massima transitata a valle 54,02 m³/s (dato ore 3:55)