

Committente  
**COMUNE DI VERGIATE (VA)**  
Via Felice Cavallotti, 46



**STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO RELATIVO  
AD UN TRATTO DELL'ASTA DEL TORRENTE DONDA  
E DEL FOSSO CASARINO IN COMUNE DI VERGIATE (VA)**



**RELAZIONE TECNICA**

Redatto da:

Ing. Antonino Bai

Dott. Geol. Mario Lolla

Giugno, 2011

---

Ing. Bai Antonino - Via IV Novembre, 9 - 21026 Gavirate (Va) - Tel. 0332/745463 Fax 0332/735805  
E-Mail [ambiente@progettibai.191.it](mailto:ambiente@progettibai.191.it) - C. F. BAI NNN 62L24 L682G - P. IVA 02386950121 - Iscr. Albo Prov. Varese n. 1737

Studio Tecnico - Dott. Geol. Mario Lolla - Via Valdona, 4 - 21018 Sesto Calende (VA) - Tel. e Fax 0331/921380  
E-Mail [mlolla@libero.it](mailto:mlolla@libero.it) - C.F. LLLMRA 60C11 D869F - P.IVA 01733500126 - Iscr.Albo Regionale n.562

## INDICE

INDICE .....	1
1. PREMESSA.....	2
2. STATO ATTUALE.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO GENERALE DELLA ZONA DEL TORRENTE DONDA.....	4
4. VALUTAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE DI DETTAGLIO DELLA FASCIA DI RISPETTO DEL TORRENTE DONDA .....	7
5. COMMENTO FINALE GEOMORFOLOGICO-GEOLOGICO DELLO STATO DI FATTO DELLA FASCIA DI RISPETTO DEL TORRENTE DONDA .....	16
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO–GEOMORFOLOGICO GENERALE DELLA ZONA DEL FOSSO CASARINO .....	17
7. STUDIO IDRAULICO .....	18
Scopo del lavoro .....	18
Analisi idrologica.....	19
Studio idraulico – Tratti a cielo aperto.....	22
Studio idraulico – Tratti coperti.....	24
Risultati dello studio idraulico – A -Torrente Donda .....	25
Risultati dello studio idraulico – B - Fosso Casarino .....	26
8. CONCLUSIONI.....	27
9. ALLEGATI.....	28

## ALLEGATI

*Allegato A – Inquadramenti Geologici.*

*Allegato B – Bacini idrografici di riferimento.*

*Allegato C – Documentazione fotografica.*

*Allegato D – Risultanze Hec-Ras.*

*Tavola n. 1 – Planimetria generale Torrente Donda.*

*Tavola n. 2 – Planimetria generale Fosso Casarino.*

## 1. PREMESSA

A seguito della redazione dello studio per la determinazione del Reticolo Idrico Minore ai sensi della D.G.R. 7/7868 del 25 Gennaio 2002 da parte del Dott. Geol. Lolla Mario, il Comune di Vergiate (VA), ha deciso di procedere all'affidamento di un incarico professionale per verificare la possibilità di ridurre da 10 m a 4 m la fascia di rispetto lungo alcuni corsi d'acqua, così come previsto dalle norme di polizia idraulica prodotte contestualmente allo studio di cui sopra.

In particolare il presente studio è volto alla predisposizione di una caratterizzazione idraulica del Torrente Donda e del Fosso Casarino in tratti appartenenti al Reticolo Idrico Minore (così come stabilito dalla D.G.R. 7/13950 del 01.08.2003), nell'intento di verificare la presenza di eventuali insufficienze idrauliche e, conseguentemente, la possibilità di una riduzione della fascia di rispetto: in particolare l'analisi svolta ha preso in considerazione il Torrente Donda (A) per una lunghezza complessiva di circa 2.500 m (di cui 700 m tombinati) ed il Fosso Casarino (B) per una lunghezza complessiva di circa 770 m (di cui 460 m tombinati).

*In particolare, la presente relazione è volta ad accertare e valutare:*

- la portata di progetto attesa nei tratti oggetto di studio, in corrispondenza di sezioni ritenute le più descrittive dei tratti in oggetto, per un tempo di ritorno duecentennale;
- la sicurezza delle sezioni idrauliche e delle opere esistenti in relazione alla portata attesa;
- la stabilità dell'assetto idrogeologico complessivo dei corridoi fluviali.

Lo studio è stato redatto sulla base dei sopralluoghi effettuati in loco e dei rilievi topografici di dettaglio aggiornati al mese di Giugno del 2011.

L'analisi condotta ha preso in considerazione diversi scenari di rischio idraulico, per portate con tempi di ritorno pari a 200 anni (portata di riferimento progettuale) e 50 e 100 anni a titolo integrativo.

Formano parte integrante della presente relazione gli inquadramenti cartografici con indicati gli inquadramenti geologici (All. A), i bacini idrografici di riferimento (All. B), la documentazione fotografica (All. C), le risultanze ottenute con il software di calcolo Hec-Ras (All. D), unitamente alle Tavole Grafiche riportanti la localizzazione delle sezioni di riferimento e le fasce di rispetto dei corsi d'acqua.

## 2. STATO ATTUALE

In merito all'inquadramento corografico delle zone di studio si rimanda all'Allegato A, riportante uno stralcio della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, ed alle tavole grafiche, dove si restituisce quanto rilevato e si riportano la tipologia ed il posizionamento dei manufatti in alveo e delle opere esistenti.

Sulla base della documentazione raccolta e dei sopralluoghi svolti, con riferimento alla documentazione fotografia (All. B), si ha che:

### A - Torrente Donda

- o il corso d'acqua nasce nella valle compresa tra i monti Ferrera e Vigano, ad una quota di ca. 340 m sul livello del mare, e scende con direttrice nord-sud verso l'abitato di Vergiate. L'alveo è generalmente naturale, collocato in ambito boscato e il corso d'acqua, pur mantenendo una portata minima costante, ha carattere torrentizio, fortemente influenzato dalle precipitazioni meteoriche (Foto D.1).
- o All'altezza di via Donda troviamo i primi manufatti di regimazione fluviale, con la presenza di un lavatoio alimentato dalle acque del Fosso e dell'attraversamento della via stessa (Foto D.2 e D.3).
- o Nel tratto compreso tra via Donda e via Torretta il corso d'acqua è regimato da murature in cls. (sponda sinistra) e scogliere in massi (sponda destra) (Foto D.4 e D.5). L'attraversamento di via Torretta avviene attraverso un'ampia volta in cls. (Foto D.6 e D.7).
- o Nel tratto compreso tra via Torretta e via Gramsci il corso d'acqua scorre in alveo naturale, inizialmente in ambito vallivo molto marcato (Foto D.8, D.9 e D.10) con evidenze di erosioni spondali localizzate e successivamente con alveo più ristretto (Foto D.11, D.12 e D.13) con limitata presenza di abitazioni in sponda sinistra.
- o All'altezza di via Gramsci il corso d'acqua viene tombinato e scorre sotto la via stessa e successivamente sotto via delle Ginestre. Il collettore fognario (cls. diam. 80 cm) è rintracciabile in alcune camerette di notevole profondità (Foto D.14).
- o A nord di via Santa Eurosia il fosso ritorna a cielo aperto (Foto D.15) ed è confinato in un alveo trapezoidale in cls.: il canale è costituito da due tratti rettilinei connessi da un elemento di congiunzione a 90° (D.17). L'alveo viene tombinato per l'attraversamento di via Santa Eurosia (D.18) e ritorna scoperto per un tratto limitrofo alla piazzola ecologica (D.19).

#### B - Fosso Casarino

- o Il corso d'acqua nasce sulle pendici del monte San Giacomo, ad una quota di ca. 350 m sul livello del mare, e scende con direttrice nord est -sud ovest verso il lago di Comabbio. L'alveo è generalmente naturale, collocato in ambito boscato e il corso d'acqua, pur mantenendo una portata minima costante, ha carattere torrentizio, fortemente influenzato dalle precipitazioni meteoriche (Foto C.1).
- o A monte di Via Lombardia (S.P. n°18) l'alveo è naturale e risulta molto incassato e vede la presenza di recenti edificazioni in sponda destra raggiungibili attraverso un guado (Foto C.2).
- o All'altezza del lavatoio di via Lombardia è presente una cameretta stradale con griglia che raccoglie sia le acque del Torrente sia quelle del fosso di scolo presente lungo la S.P. 18 (Foto C.3). Da tale cameretta ha origine la tubazione in cls. diam. 80 cm che consente il sottopasso della via stessa (Foto C.4).
- o A valle della S.P. 18 l'alveo vede un breve tratto naturale, inciso ed a cielo aperto (Foto C.5) che termina con l'imbocco della tubazione (diam. 40 cm) che convoglierà le acque sotto via Vigna, verso il Lago di Comabbio (Foto C.6).
- o Lungo via Vigna sono visibili griglie e caditoie (Foto C.7) direttamente connesse al collettore principale il quale diventa di diametro pari a 50 cm. Lo sbocco a Lago è visibile in corrispondenza del nuovo pontile (Foto C.8).

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO GENERALE DELLA ZONA DEL TORRENTE DONDA

L'inquadramento geologico e geomorfologico del tratto in esame del Torrente Donda ha lo scopo di rilevare elementi ed indicazioni per la comprensione dei processi morfologici e idraulici in atto, o con potenzialità di rischio, della zona in studio.

A scala regionale, la zona appartiene al sistema collinare di raccordo tra il livello base dell'alta pianura lombarda e l'area montuosa prealpina-alpina. Questo settore di transizione rientra nel cosiddetto "Anfiteatro del Verbano" ed è caratterizzato dalla presenza di ambiti a prevalenza collinare, ed in subordine sub pianeggianti ma generalmente di limitata estensione.

Il tracciato in studio del torrente Donda si colloca tra depositi sedimentari di età quaternaria di tipo glaciale e fluvioglaciale che appartengono all'Alloformazione di Besnate, mentre alla scala di maggior dettaglio, sono riconoscibili anche depositi appartenenti all'Unità Postglaciale olocenica di tipo eluvio-colluviali (sui versanti e nelle aree di pianoro) e, nelle zone di alveo, di tipo alluvionale, dovuti alle azioni di trasporto e deposito operate dal torrente.

Le caratteristiche distintive sono essenzialmente geolitologiche (composizione dei depositi, presenza o meno di orizzonte di alterazione), e soprattutto geomorfologiche e giacitureali.

Nell'Allegato A1 vengono riportate, oltre alla situazione di dettaglio della zona del torrente, anche le 3 unità geolitologiche che caratterizzano la zona, con i due ambiti geologici e geomorfologici principali (collinare – Unità di Sumirago e sub pianeggiante- Unità di Mornago) a cui sono sovrainposti, irregolarmente, i depositi più recenti dell'Unità Postglaciale.

Le caratteristiche principali delle tre unità presenti sono sinteticamente le seguenti:

#### *Zona collinare - Allogruppo di Besnate – UNITA' DI SUMIRAGO*

L'unità di Sumirago costituisce il tratto collinare del percorso del torrente Donda in esame. Essa rappresenta una fase di avanzata glaciale imponente, in relazione delle quote altimetriche raggiunte dai depositi. Il ghiacciaio copriva completamente il dosso di Vergiate e la fronte oltrepassava Sesona.

L'Unità di Sumirago (in facies glaciale) presenta una composizione a prevalenza sabbiosa e limoso sabbiosa, con ghiaia e ciottoli e massi, disposti in maniera caotica, annegati nella matrice senza tracce evidenti di alterazione.

#### *Zona pianeggiante - Allogruppo di Besnate – UNITA' DI MORNAGO*

E' l'unità litologica che costituisce i depositi fluvioglaciali presenti nel tratto sub pianeggiante e finale del T. Donda.

La fase Mornago nella sua facies fluvioglaciale, occupa una notevole estensione areale (la più estesa che interessa il territorio vergiatese), e si configura come riempimento omogeneo della zona ai piedi dei rilievi morenici caratteristici di Vergiate e Cimbro-Cuirone. La sua origine è legata all'azione dei fiumi derivanti dallo scioglimento dei ghiacciai durante la fase di ritiro.

Litologicamente è un'unità incoerente costituita da ciottoli, ghiaie e sabbie, talvolta debolmente limose. I ciottoli, subarrotondati, calcarci e cristallini, hanno dimensioni massime

di circa 15 cm.

Si rilevano continue variazioni composizionali sia in senso orizzontale che in senso verticale tra le componenti più grossolane (ghiaia e sabbia con ciottoli) con l'intercalazioni di lenti limo-sabbiose. I complessi sedimentari sono stati prodotti da intensi processi di rielaborazione fluvio-glaciale, e si osserva l'irregolare ripetizione e sovrapposizione di orizzonti a spessore variabile spesso interrotti e sostituiti da successivi depositi. Ridotto o assente lo strato di alterazione.

#### *Depositi eluvio colluviali e alluvionali attuali e recenti – UNITA' POSTGLACIALE*

Il quadro dei sedimenti più recenti è completato da una unità geologica di superficie definibile "post glaciale".

Tali depositi si rinvengono sotto forma di irregolari fasce lungo le scarpate, alla base dei versanti e nelle zone in piano. Sono costituiti da limi e sabbie, derivate dal dilavamento dei depositi preesistenti e da processi di alterazione chimica e dall'azione biologica della vegetazione. Nelle zone limitrofe all'alveo si riscontrano materiali sciolti (ciottoli, ghiaie e sabbie sciolte permeabili, con alterazione assente, passanti talora a sabbie limose) legate agli apporti di materiale trasportato e rielaborato dal corso d'acqua.

#### 4. VALUTAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE DI DETTAGLIO DELLA FASCIA DI RISPETTO DEL TORRENTE DONDA

Il quadro di dettaglio geologico geomorfologico del tratto in studio, comprendente il rilevamento delle opere di difesa del suolo negli elementi tecnici più significativi presenti, è stata eseguita con riferimento alla numerazione delle sezioni trasversali del tracciato su cui sono stati effettuati i calcoli idraulici.

##### 1) dalla sez. 1 alla sez. 3

Nella parte iniziale del tratto in studio, lungo circa 150 mt., il torrente Donda risulta avere un percorso quasi rettilineo, delimitato inizialmente, sul lato sx, da un muro in cls di sostegno ad una recinzione, e nelle vicinanze del ponte, da una riva inerbita stabile.

Sul lato dx si rileva, inizialmente, una sponda in terra fino ad un massimo di 1 metro di altezza e, nel tratto finale, una scogliera di massi ciclopici, per una lunghezza di circa 80 mt., in quanto il versante è più scosceso e riprofilato con terrazzamenti (foto D. 5 e D.6)

##### 2) dalla sez. 4 alla sez. 7

In questo tratto, ad andamento planimetrico leggermente curvilineo, di lunghezza pari a circa 100 mt, il torrente scorre tra due versanti piuttosto scoscesi (foto D.7), che incombono direttamente sul torrente con un'altezza pari a circa 5-6 mt.

Un breve tratto in sponda destra, all'uscita del ponte, è sostenuto con un muretto in sassi, di altezza inferiore al metro (foto 1) mentre sul versante è visibile una linea di deflusso dovuto allo scorrimento superficiale di acque provenienti dal soprastante piazzale del Villaggio del Fanciullo (foto 2).



Foto 1



Foto 2

Nel tratto prossimo alla sezione 7 , la sponda dx del torrente, che si mantiene sub verticale, si riduce progressivamente d'altezza fino a circa 1 metro, mentre la sponda sinistra si raccorda all'alveo con una fascia di terreno a blanda pendenza (foto D.8, D.9 e D.10).

Nella parte intermedia del versante di sx sono presenti irregolari opere di sostegno costituite da semplici palizzate in legname (foto 3).



Foto 3

3) dalla sez. 7 alla sez. 8

Questo tratto si caratterizza per un'ampia curva verso destra, con la sponda sinistra molto arretrata e più acclive, in cui sono presenti delle irregolari opere di consolidamento del versante costituite da semplici palizzate in legno.

La sponda destra è invece prossima all'alveo, e presenta un'altezza massima di 1 metro e risulta priva di opere di consolidamento.

In corrispondenza dell'ampia curva, sono presenti grossi massi di protezione della sponda (foto 4) di cui alcuni di traverso all'alveo, che costituiscono un ostacolo al normale deflusso della corrente, e conseguentemente determinano una azione erosiva sulla sponda di destra (D.9) con scalzamento di terreno dalla riva.



Foto 4

4) dalla sez. 8 alla sez. 10

Il torrente scorre con andamento quasi rettilineo in un tratto caratterizzato, in sponda sinistra, da un versante poco acclive e riprofilato con gradoni, e con presenza di fabbricati residenziali sulla sommità del corridoio fluviale. A mezza costa sono presenti, irregolarmente, opere di contenimento del terreno, come scogliere, viminate, palizzate, e muretti a secco e in cls. (foto 5 e 6)



Foto 5



Foto 6

In sponda destra si rileva un ampio pianoro, occupato da vegetazione arbustiva e infestante (foto 7 e 8), che si situa alla base del versante, arretrato rispetto al torrente, alla sommità del quale si trovano piazzali ed edifici del Villaggio del Fanciullo (foto 9).



Foto 7



Foto 8



Foto 9

##### 5) Dalla sez. 10 alla sez. 11

Il percorso del torrente in questo breve tratto è caratterizzato da un andamento lievemente

sinuoso (foto 10 e 11) che incide debolmente una fascia sub pianeggiante di circa 50 metri di larghezza, occupata da vegetazione arborea e arbustiva infestante.



Foto 10



Foto 11

E' presente una soglia in sassi che determina un piccolo invaso da cui un tubo in pvc deriva (foto 12), dal torrente, le acque che vanno poi ad alimentare un piccolo laghetto entro una proprietà privata (foto 13).



Foto 12



Foto 13

6) dalla sez. 11 alla sez. 13

In questo tratto, dall'andamento quasi rettilineo, il torrente incide debolmente il pianoro con una sponda dx in terra di modesta altezza, mentre la sponda sx è acclive ed in parte denudata (e conseguentemente a rischio erosione e scalzamento), con alla base pietrame e sassi (foto D.11 e D. 12).

Inoltre risulta visibile, per un tratto di 20 metri circa, lungo la sponda dx, un collettore fognario in tubi di pvc diam 150 (foto D.12).

7) dalla sez. 13 alla sez. 14

In tale tratto, in sponda dx, prosegue l'area in piano e si osserva il canaletto di derivazione dal torrente che va ad alimentare il lavatoio (foto 14), mentre sul lato sx la sponda, con una inclinazione di 30 ° circa, è irregolarmente inerbita e sono presenti muretti a secco in sassi di consolidamento della scarpata (foto 15).



Foto 14



Foto 15

8) dalla sez. 14 alla sez. 16

In corrispondenza del lavatorio, la sponda di sx risulta in terra ed è protetta, alla base, da ciottoli e massi di piccole dimensioni (inferiori al metro) (Foto 16), e per un breve tratto da un semplice muretto a secco.

La sponda di dx è inerbita ed è formata da un argine di modeste dimensioni (max 0,5 m), con

l'alveo in costante approfondimento in direzione dell'immissione nella tubazione che è situata sotto la via Gramsci (foto 17).



Foto 16



Foto 17

9) a valle della sez. 16

Dopo il tratto intubato lungo la parte finale della Via Gramsci che poi prosegue sotto la Via Lazzaretto, il torrente torna a giorno ma risulta scorrere in uno scatolare in cls. di sezione trapezoidale fino al termine del suo percorso rappresentato da un laghetto di decantazione (Foto da D.15 a D.19).

## 5. COMMENTO FINALE GEOMORFOLOGICO-GEOLOGICO DELLO STATO DI FATTO DELLA FASCIA DI RISPETTO DEL TORRENTE DONDA

Nella porzione di territorio oggetto di studio non sono presenti tematiche di dinamica morfologica di particolare gravità e con stadi evolutivi tali da costituire pericoli imminenti.

Le problematiche di tipo geomorfologico presenti sono riconducibili ai processi legati alla azione delle acque e a processi legati alla degradazione dei versanti.

Per quanto invece riguarda la dinamica dei versanti, sono presenti versanti poco acclivi e con settori a pendenza localmente più accentuata, ma in condizioni generali più che discrete. Si individua solo un piccolo impluvio potenzialmente soggetto ad erosione per il ruscellamento incontrollato di acque provenienti dalle quote superiori.

Non vi sono attualmente aree interessate da dissesti gravitativi, grazie alla funzione stabilizzatrice della vegetazione. Sono comunque presenti, irregolarmente, opere di sostegno dei terreni (vimate, terrazzamenti, palificate).

Un eventuale denudamento di parti del versante potrebbe innescare movimenti erosivi superficiali, ma di modeste dimensioni, della coltre eluvio-colluviale e dei depositi ghiaioso-ciottolosi costituenti il dosso collinare.

Il corso d'acqua risulta generalmente poco incassato (a profondità dal p.c. di massimo 1.5 m). Le sponde sono localmente rinforzate mediante blocchi di roccia ammassati lateralmente, per cui risultano nulli i rischi di scalzamento ed erosione. Nei tratti rettilinei, la sponda è prevalentemente in terra con vegetazione. In alcuni tratti il fondo alveo è protetto da massi per agevolare lo scorrimento della corrente e impedire l'erosione del fondo.

L'alveo quindi presenta attualmente un discreto stato di stabilità. Le opere di sistemazione dell'alveo (posa di massi ciclopici di protezione) appaiono attualmente sufficienti a contrastare le azioni erosive delle acque. Non sono pertanto visibili particolari evidenze di dissesto (cedimenti, smottamenti, colamenti), tranne limitati settori in sponda idrografica destra.

## 6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO–GEOMORFOLOGICO GENERALE DELLA ZONA DEL FOSSO CASARINO

L'inquadramento geologico e geomorfologico del tratto in esame del Fosso Casarino ha lo scopo di rilevare elementi ed indicazioni per la comprensione dei processi morfologici e idraulici in atto, o con potenzialità di rischio, della zona in studio.

A scala regionale, la zona appartiene al sistema collinare di raccordo tra il livello base dell'alta pianura lombarda e l'area montuosa prealpina-alpina. Questo settore di transizione rientra nel cosiddetto "Anfiteatro del Verbano" ed è caratterizzata dalla presenza di ambiti a prevalenza collinare, ed in subordine sub pianeggianti ma generalmente di limitata estensione.

Il tracciato in studio del torrente Casarino si colloca, per la sua tratta alle quote superiori, tra depositi sedimentari di età quaternaria di tipo glaciale che appartengono all'Alloformazione di Besnate (Unità di Mornago), mentre nella sua parte intermedia a depositi in facie fluvioglaciale (Alloformazione di cantù- Unità di Bodio) e nel tratto finale, ai depositi fluvio-lacustri appartenenti all'Unità Postglaciale olocenica.

Le caratteristiche distintive sono essenzialmente geolitologiche (composizione dei depositi, presenza o meno di orizzonte di alterazione), e soprattutto geomorfologiche e giacitureali.

Le caratteristiche principali delle due unità presenti sono sinteticamente le seguenti:

### *Zona collinare - Allogruppo di Besnate – UNITA' DI MORNAGO*

L'unità di Mornago costituisce il tratto collinare del percorso del Fosso Casarino in esame. Essa rappresenta una fase di avanzata glaciale imponente, che occupa una notevole estensione areale (la più estesa che interessa il territorio vergiatese), e si configura come riempimento omogeneo della zona ai piedi dei rilievi morenici caratteristici di Vergiate e Cimbro-Cuirone. La sua origine è legata all'azione dei fiumi derivanti dallo scioglimento dei ghiacciai durante la fase di ritiro.

Litologicamente è un'unità incoerente costituita da ciottoli, ghiaie e sabbie, talvolta debolmente limose. I ciottoli, subarrotondati, calcarci e cristallini, hanno dimensioni massime di circa 15 cm.

Si rilevano continue variazioni composizionali sia in senso orizzontale che in senso verticale tra le componenti più grossolane (ghiaia e sabbia con ciottoli) con l'intercalazioni di lenti limo-sabbiose. I complessi sedimentari sono stati prodotti da intensi processi di rielaborazione

fluvio-giaciale, e si osserva l'irregolare ripetizione e sovrapposizione di orizzonti a spessore variabile spesso interrotti e sostituiti da successivi depositi. Ridotto o assente lo strato di alterazione.

#### *Zona collinare - UNITA' DI BODIO*

L'unità di Bodio costituisce il tratto intermedio del percorso del Fosso Casarino in esame. Essa rappresenta, secondo i più recenti studi relativi alle glaciazioni quaternarie, uno degli ultimi episodi di avanzata glaciale.

Dal punto di vista litologico presenta una composizione ghiaioso-sabbioso a prevalenza sabbiosa e limoso sabbiosa, con ghiaia, annegati nella matrice senza tracce evidenti di alterazione.

#### *Depositi fluvio-lacustri recenti – UNITA' POSTGLACIALE*

Questa unità definisce soprattutto il settore limitrofo al lago, in particolare comprende zone umide in diretta comunicazione con il lago e in condizione di permanente alluvionabilità, e quella leggermente degradante e poco sopraelevata rispetto ad esso e pertanto definibile, geomorfologicamente, come "sopralacuale".

Dal punto di vista litologico risultano prevalenti sabbie limose, limi e argille anche con intercalazioni torbose.

## **7. STUDIO IDRAULICO**

### ***Scopo del lavoro***

Il seguente studio idrologico-idraulico è volto alla determinazione delle portate di piena del Torrente Donda e del Fosso Casarino nei tratti in esame. L'analisi condotta ha preso in considerazione diversi scenari di rischio idraulico, con riferimento alla portata di piena con tempi di ritorno (TR) pari a 10, 100 e 200 anni, considerando quella con TR duecentennale come piena di riferimento progettuale.

Lo studio vuole descrivere le caratteristiche del deflusso nelle aree oggetto di studio al fine di valutare le eventuali criticità generate dai corsi d'acqua che possono interessare le aree limitrofe.

**Analisi idrologica***Descrizione dei bacini idrografici*

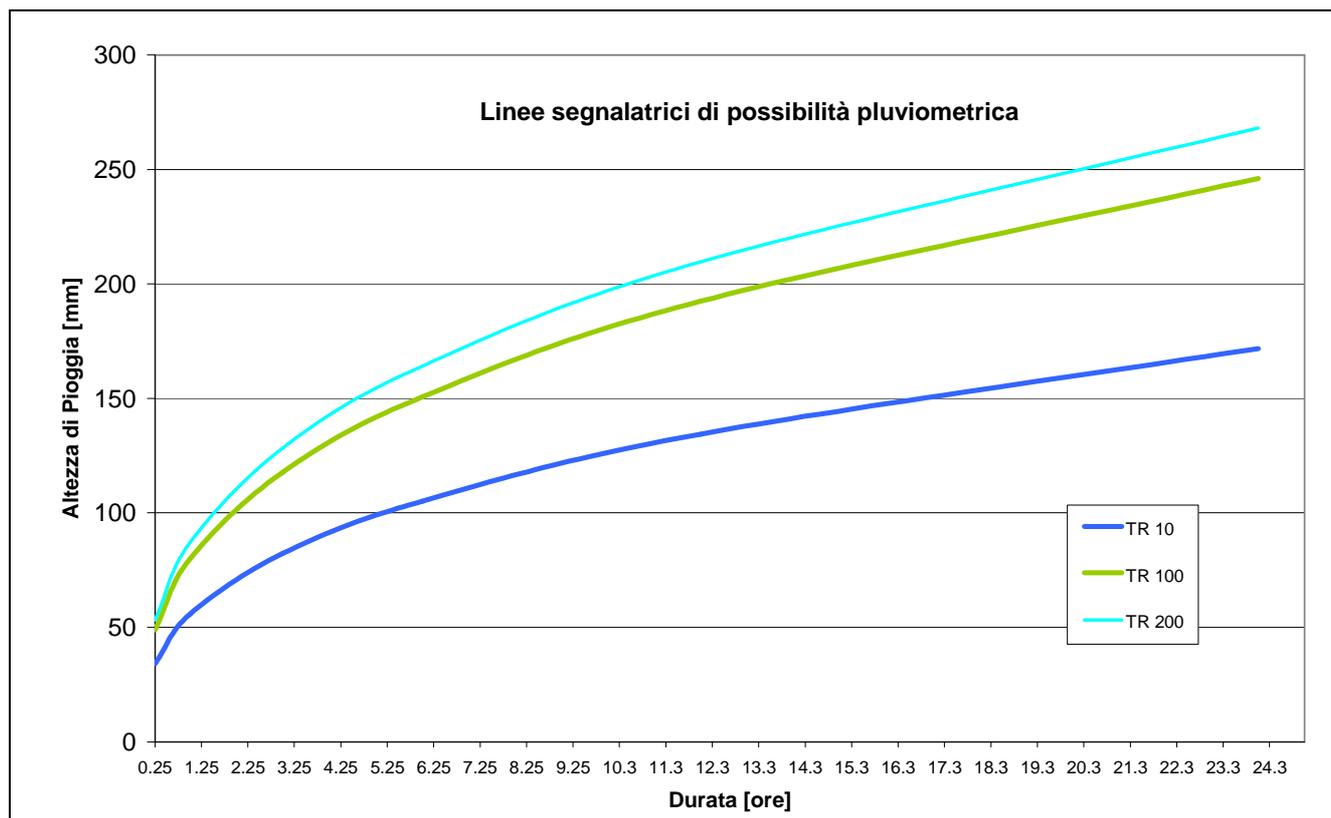
Si riportano di seguito i parametri principali dei bacini idrografici in questione, necessari per il calcolo della portata di riferimento per assegnato periodo di ritorno:

	<u>Torrente Donda</u>	<u>Fosso Casarino</u>	<u>Affluente F. Casarino</u>
Area (km <sup>2</sup> )	<b>1,07</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>
Lunghezza dell'asta principale (km)	<b>1,70</b>	<b>0,77</b>	<b>0,28</b>
Pendenza media bacino (%)	<b>0,35</b>	<b>0,16</b>	<b>0,25</b>
CN "Curve Number"	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>

Per quanto concerne i bacini idrografici dei corsi d'acqua si deve far presente che:

- relativamente al Torrente Donda, per la valutazione della portata affluente al tratto coperto, il bacino di riferimento è stato chiuso all'altezza di via Gramsci. Tali portate sono state cautelativamente utilizzate anche per le simulazioni idrauliche del tratto scoperto di monte.
- per la corretta determinazione delle portate affluenti al tratto di Fosso Casarino a valle della S.P. 18 si è valutato anche il contributo offerto dal fosso di scolo della S.P. stessa.

Dal momento che l'estensione dei bacini oggetto del presente studio non è tale da imporre la stima della variabilità spaziale e temporale del campo di pioggia, la stima dello ietogramma di progetto può essere agevolmente effettuata ipotizzando uno scroscio di intensità costante di durata definita. Durata ed intensità della precipitazione sono legate tra loro dalle curve di possibilità pluviometrica che rappresentano la caratterizzazione meteorologica del sito indagato. A tal proposito si sono calcolate le curve suddette relative alle stazioni termopluviometriche più prossime al sito di progetto (utilizzando quali serie storiche dei dati pluviometrici quelle disponibili presso il Servizio Mareografico ed Idrografico Italiano) e quella relativa al sito stesso di progetto. Per quest'ultima linea segnalatrice, non disponendo di una stazione termopluviometrica in sito, si sono utilizzate tecniche di kriging (interpolazione spaziale con stimatori lineari ottimi) per stimare i valori dei parametri della LSPP (Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica) nel sito di progetto. Nel grafico seguente si riportano le linee segnalatrici risultanti per diversi tempi di ritorno.



### Stima delle piogge efficaci

Per pioggia efficace si intende l'effettivo volume idrico che si rende disponibile per il ruscellamento superficiale e che raggiunge rapidamente la rete idrografica producendo l'onda di piena. La pioggia netta viene calcolata depurando dal volume totale dello ietogramma di progetto le perdite dovute all'intercettazione fogliare, al pozzangheramento e soprattutto all'infiltrazione nel suolo.

La stima delle piogge efficaci viene operata utilizzando un metodo sperimentato dal Servizio Statunitense di Conservazione del Suolo (SCS-CN). Tale metodo noto come 'Curve Number' (Chow, 1988) consente di tenere conto delle perdite di volumi di pioggia che avvengono all'inizio dell'evento, precedentemente descritte, attraverso la seguente equazione:

$$P_{netta} = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia + S)}$$

dove  $P_{netta}$  [mm] è la pioggia efficace che genera il deflusso superficiale,  $P$  [mm] è l'afflusso meteorico lordo,  $Ia$  [mm] rappresenta le perdite iniziali ed  $S$  [mm] il massimo assorbimento potenziale; da relazioni empiriche ricavate da numerosi casi sperimentali si ha inoltre:

$$Ia = 0.2S$$

$$CN = \frac{1000}{10 + S}$$

### Calcolo della portata

Una volta nota la pioggia efficace è possibile calcolare attraverso un modello afflussi-deflussi la portata defluente in alveo. In questo caso si è utilizzato il modello di Nash a due serbatoi in cascata.

Il valore della portata di progetto per il dato tempo di ritorno ( $T_r$  [anni]), è stato ottenuto attraverso un metodo di simulazione della risposta idrologica del bacino tipo Montecarlo così articolato:

1. si ipotizza una durata ( $d$  [h]) dello scroscio, si valuta la massima altezza di precipitazione corrispondente e si ottiene così lo ietogramma di progetto di tentativo;
2. si valuta il tempo di risposta del bacino ( $t_L$  [h]) ed il tempo di corrivazione ( $t_C$  [h]) ancora secondo il metodo SCS risolvendo l'equazione seguente:

$$t_c = 1.67 \cdot t_L = \frac{100L^{0.8} [(1000/CN) - 9]^{0.7}}{1900S^{0.5}}$$

3. si stima il fattore di attenuazione della portata al colmo ( $Q_{max}$  [ $m^3/s$ ]) secondo la metodologia suggerita da Bacchi ed altri [1989]:

$$\varepsilon = 1 - e^{-a \left(\frac{d}{t_L}\right)^b}$$

$$\text{con } a = 1.017 \quad ; \quad b = 1.22$$

la portata al colmo ( $Q_{max}$  [ $m^3/s$ ]) si calcola risolvendo l'equazione seguente:

$$3.6 \cdot Q_{max} = \varepsilon \cdot A \cdot \frac{P_{netta}}{d}$$

dove  $A$  [ $Km^2$ ] è l'area del bacino imbrifero. Variando il valore ipotizzato per la durata ( $d$ ) si individua come evento critico quello che produce la massima portata.

Per i bacini in studio, si ottiene:

#### Torrente Donda

Tempo di Ritorno	Durata critica [ore]	Intensità critica [mm/h]	Coeff. di deflusso	Portata [mc/s]
50 anni	0,75	69,25	0,29	5,52
100 anni	0,73	76,00	0,31	6,61
200 anni	0,72	83,91	0,34	7,75

#### Fosso Casarino

Tempo di Ritorno	Durata critica [ore]	Intensità critica [mm/h]	Coeff. di deflusso	Portata [mc/s]
50 anni	0,61	77,89	0,26	0,68
100 anni	0,59	86,28	0,28	0,83
200 anni	0,58	94,61	0,31	0,97

#### Affluente Fosso Casarino

Tempo di Ritorno	Durata critica [ore]	Intensità critica [mm/h]	Coeff. di deflusso	Portata [mc/s]
50 anni	0,26	124,15	0,14	0,48
100 anni	0,25	138,76	0,16	0,62
200 anni	0,24	153,32	0,24	0,76

#### Studio idraulico – Tratti a cielo aperto

L'obiettivo dell'analisi è quello di determinare i tiranti idrici e le velocità della corrente in alveo. La stima di queste due ultime grandezze è basilare per individuare le eventuali insufficienze e per valutare le interazioni della corrente fluida con le strutture esistenti.

#### Integrazione del profilo del pelo libero

Data la geometria dei corsi d'acqua e la portata defluente è possibile determinare i tiranti idrici e le velocità medie del flusso attraverso l'integrazione numerica dei profili di moto permanente: a questo scopo si utilizza il codice di calcolo HEC-RAS. La pendenza dei tronchi d'asta dei torrenti in studio consente di trascurare gli effetti idrodinamici di traslazione e laminazione dell'onda di piena, tipici dei fiumi di pianura, e rende l'approccio di calcolo di moto permanente monodimensionale sufficientemente adeguato per la comprensione dei fenomeni in studio.

Occorre precisare che questa procedura è da intendersi come un 'test' sulla capacità di portata dell'alveo piuttosto che la simulazione di eventi fisici realistici che, come è noto, comportano il trasferimento lungo l'alveo dei volumi liquidi raccolti durante le piene idrografiche con portate variabili nel tempo e nello spazio. Si esclude di basare le presenti valutazioni sulla simulazione di questo fenomeno (moto vario) per le numerose incognite e difficoltà che presenta:

- occorrerebbe disporre, per il corso d'acqua, di onde di piena misurate per valutare, con l'analisi statistica, le caratteristiche di un evento associato alla probabilità del suo verificarsi;
- vari sottobacini contribuiscono al deflusso nell'asta principale con onde diverse che possono giungere in fase o meno, determinando un ampio ventaglio di situazioni ipotetiche;
- questo tipo di simulazione non dovrebbe prescindere comunque dagli effetti di trasporto di materiale (alberi, cespugli, rottami, ecc.) da parte della corrente di piena e della possibile interferenza del materiale trasportato con le strutture (ponti ed attraversamenti) che la corrente incontra lungo l'alveo;
- le opere di attraversamento leggere non potrebbero reggere all'impatto delle acque e il loro collasso provocherebbe ostacoli determinanti per il deflusso che non è possibile simulare;
- quando gli alvei non sono in grado di convogliare le portate, la simulazione dei volumi esondati richiede una modellazione ancora più complessa e bidimensionale basata su una conoscenza ancora più dettagliata della topografia e delle caratteristiche del flusso;
- la simulazione è poi ancora più complicata ed aleatoria se l'esondazione riguarda i centri urbani a causa della loro complessità topografica e dell'interconnessione con la rete di reflui urbana.

Nella prassi usuale, lo studio idraulico è effettuato con valutazioni di moto permanente, ipotesi che è sicuramente conservativa rispetto ai livelli di riempimento: essa infatti fornisce i livelli prodotti dal passaggio di una onda quadra di durata indefinita e portata sempre pari a quella massima.

Naturalmente in questa visione risulta meglio simulato il fenomeno in quelle zone, come nel nostro caso, ove predomina l'effetto (dinamico) di vaso come nelle situazioni ove la

corrente termina in un recipiente (naturale o artificiale) di elevata capacità perché il suo volume, in armonia con la simulazione, può essere considerato praticamente infinito. Nelle zone dove la corrente fuoriesce dall'alveo espandendosi nell'ambiente circostante, la simulazione richiederebbe invece il ricorso ad ulteriori ipotesi (ragionevoli ma in larga misura arbitrarie) sul meccanismo di deflusso laterale, rendendo comunque a favore di sicurezza il metodo utilizzato.

Le equazioni fondamentali che descrivono il moto permanente sono la conservazione dell'energia:

$$\frac{dE}{dx} = i(x) - J(x)$$

dove x rappresenta la direzione del profilo dell'alveo, E è l'energia della corrente rispetto al fondo, i la pendenza e J la cadente idraulica;

e l'equazione di Strickler:

$$Q = k_s \cdot S \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}}$$

dove Q [mc/s] è la portata in alveo, S l'area della sezione trasversale,  $k_s$  il coefficiente di Strickler che dipende dal tipo di superficie ( $k_s = \text{Coeff. Manning}^{-1} = 40 - 30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$  in alvei naturali), R [m] è il raggio idraulico della sezione fluviale considerata.

Le risultanze ottenute sezione per sezione vengono interamente riportate negli allegati alla presente.

### **Studio idraulico – Tratti coperti**

Per la valutazione delle massime portate smaltibili dai collettori esistenti si è utilizzata la formula di Chezy con coefficiente di scabrezza di Gaukler Strikler:

$$Q = K_s R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} A$$

Nel dettaglio si è proceduto come segue:

- calcolo della massima portata smaltibile dalla tubazione esistente relativamente al diametro ed alla pendenza della stessa considerando un grado di riempimento della tubazione pari al 100%;
- confronto tra la massima portata smaltibile ed il massimo apporto idrico calcolato.

**Risultati dello studio idraulico – A -Torrente Donda**

Nella figura seguente viene riportato il profilo altimetrico del Torrente Donda con le altezze idriche raggiunte dalle portate di progetto: le risultanze idrauliche sono state ottenute con il software Hec-Ras.

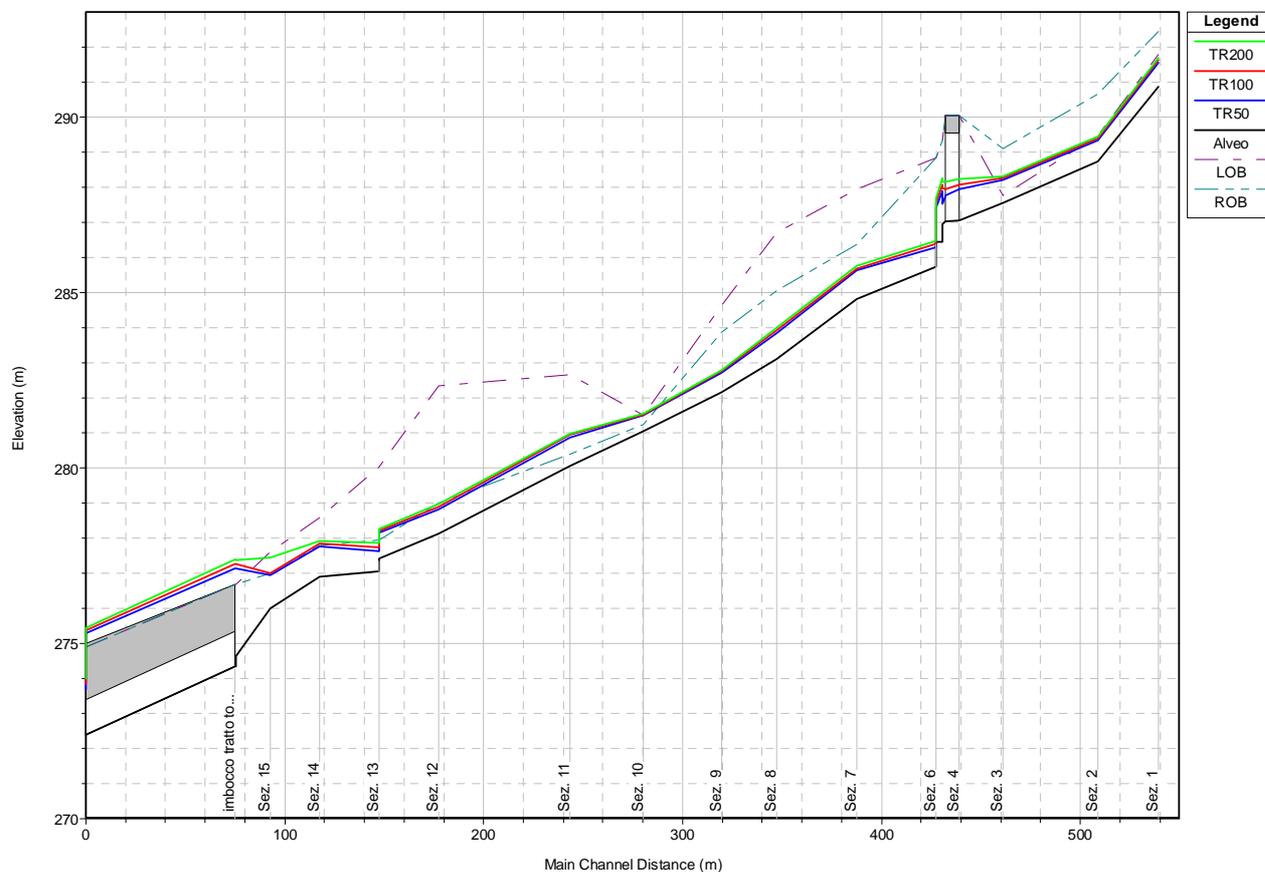


Figura 1: profilo altimetrico Torrente Donda

Come si evince dalla Figura 1, la portata di riferimento progettuale (TR200) è completamente contenuta all'interno dell'alveo ad eccezione:

- del tratto in sponda sinistra - compreso tra le Sezioni n. 2 e n. 3, dove l'alveo risulta insufficiente a contenere le portate per TR già di 50 anni: si evidenzia tuttavia come il deflusso idrico venga contenuto all'interno di una fascia di ampiezza inferiore ai 4 m misurati a partire dal limite dell'alveo inciso;
- in alcuni punti in sponda destra, a valle della Sez. 10, dove l'alveo risulta insufficiente a contenere le portate per TR già di 50 anni.

L'attraversamento di Sez. 4 possiede un franco di sicurezza minimo di un metro, tale da

consentire il passaggio in sicurezza della corrente, mentre il tratto tombinato a valle di Sez. 15 (diam. 80 cm, cls.) non è sufficiente allo smaltimento delle massime portate attese.

A tal proposito si deve però evidenziare come, in caso di insufficienza idraulica e di rigurgito della portata a monte, le acque esondate finirebbero per defluire lungo via Gramsci prima e via delle Ginestre poi, confinata dalle murature laterali.

In tal caso, assumendo la sede stradale (larghezza media 7.00 m, pendenza media 2.1%) come alveo del corso d'acqua, si ha che la portata con TR 200 anni (7,75 mc/sec) transiterebbe con un'altezza di ca. 30 cm, tale quindi da essere agevolmente contenuta dalle murature di confine presenti lungo le vie stesse.

### Risultati dello studio idraulico – B - Fosso Casarino

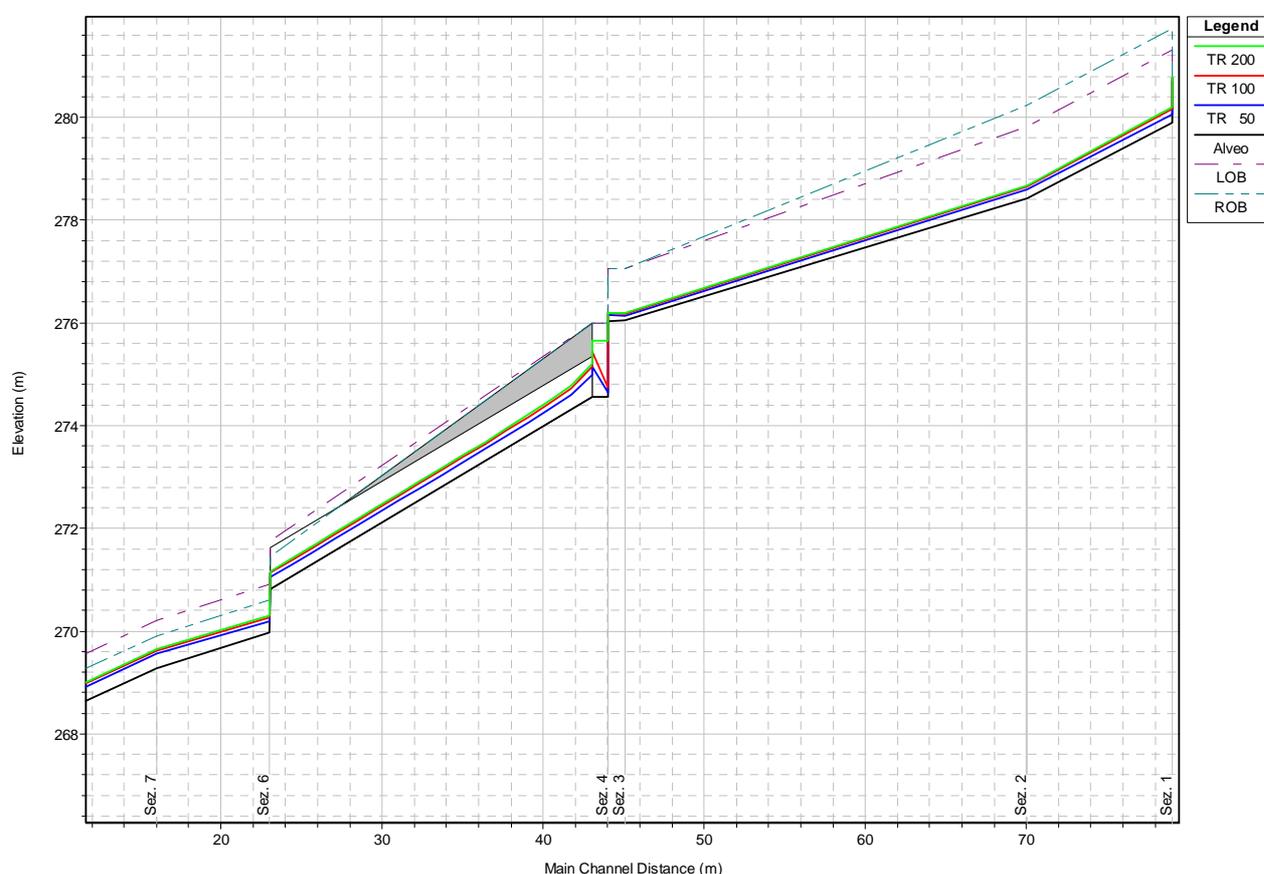


Figura 2: profilo altimetrico Fosso Casarino

Come si evince dalla Figura 1, la portata di riferimento progettuale (TR200) è completamente contenuta all'interno dell'alveo e, in particolare:

- a monte della S.P. 18, con franchi di sicurezza minimi di ca. 1.20 m;
- all'interno della tombinatura circolare, diam. 80 cm, in attraversamento alla S.P. 81;

- a valle dell' attraversamento alla S.P. 81, con franchi di sicurezza minimi in sponda destra di 30 cm e di 60 cm in sponda sinistra.

Per quanto concerne la tubazione di diam. 40 cm e, successivamente, di 50 cm che convoglia il corso d'acqua verso il Lago, utilizzando la formulazione proposta in precedenza, anche ipotizzando che le dette tubazioni siano posate con pendenza pari a quella media della sede stradale (5.5%), si ha che:

*Diam. 40 cm, portata max smaltibile: 0.50 mc/sec.*

*Diam. 50 cm, portata max smaltibile: 0.92 mc/sec.*

Pertanto, la tubazione con diam. 40 cm non è in grado di smaltire nemmeno le portate con TR50 anni, mentre la tubazione con diam. 50 cm è appena in grado di contenere quelle con TR100 anni.

A tal proposito si deve però evidenziare come, in caso di insufficienza idraulica e di rigurgito della portata a monte, le acque esondate finirebbero per defluire lungo via Vigna confinata dalle murature laterali: tale via rappresenta, anche sulla Mappa C.T., il naturale e originale corridoio di deflusso del Fosso Casarino.

In tal caso, assumendo la sede stradale (larghezza media 5.6 m, pendenza media 5.5%) come alveo del corso d'acqua, si ha che la portata con TR 200 anni (0,97 mc/sec) transiterebbe con un'altezza di ca. 9 cm, tale quindi da essere agevolmente contenuta dalle murature di confine presenti lungo via Vigna.

## 8. CONCLUSIONI

Alla luce di quanto precedentemente esposto e considerata la morfologia dei luoghi allo stato attuale in relazione alle massime portate attese, con riferimento alle Tavv. A.2 e B.2, per i corsi d'acqua in oggetto risulta compatibile:

*A - Torrente Donda:*

- riduzione della fascia di rispetto da 10 m a 4 m (misurati a partire dal limite della sponda incisa) in sponda idrografica sinistra, tra via Donda e via Gramsci;
- riduzione della fascia di rispetto da 10 m a 4 m (misurati a partire dal limite della sponda incisa) in sponda idrografica destra, da via Donda sino a ca. 100 m a valle di via Torretta (Sez. 9);

- riduzione della fascia di rispetto da 10 m a 4 m (misurati a partire dal limite della sponda incisa) in sponda idrografica destra, ca. 70 m a monte di via Gramsci per una lunghezza di ca. 30 m (Sez. 12 – Sez. 13);
- riduzione della fascia di rispetto da 10 m a 5 m (misurati a partire dalla mezzeria del collettore) lungo entrambe le sponde, nel tratto coperto sito lungo via Gramsci e via delle Ginestre;

#### *B – Fosso Casarino*

- riduzione della fascia di rispetto da 10 m a 4 m (misurati a partire dal limite della sponda incisa) su entrambe le sponde, per tutto il tratto compreso tra il guado di Sez. 1 e l'imbocco della tombinatura di Sez. 7;
- riduzione della fascia di rispetto da 10 m a 5 m (misurati a partire dalla mezzeria del collettore) per il tratto lungo via Vigna sino a ca. 90 m a monte dello sbocco a Lago.

Per quanto concerne il Fosso Casarino, risulta compatibile anche la riduzione della fascia di rispetto da 10 m a 5 m (misurati a partire dalla mezzeria del collettore) su entrambe le sponde:

- nel tratto compreso tra la Sez. 7 e l'incrocio tra via Vigna e via Leopardi, previa la sostituzione della tubazione esistente (diam. 40 cm) con una tubazione del diametro minimo di 60 cm;
- nel tratto a monte dello sbocco a Lago, previa la realizzazione di presidi laterali (tipo dossi o rilevati, recinzioni e/o murature) per il contenimento del deflusso entro la sede stradale.

## 9. ALLEGATI

Formano parte integrante della presente relazione i seguenti allegati:

*Allegato A – Inquadramenti Geologici.*

*Allegato B – Bacini idrografici di riferimento.*

*Allegato C – Documentazione fotografica.*

*Allegato D – Risultanze Hec-Ras.*

*Tavola n. 1 – Planimetria generale Torrente Donda.*

*Tavola n. 2 – Planimetria generale Fosso Casarino.*

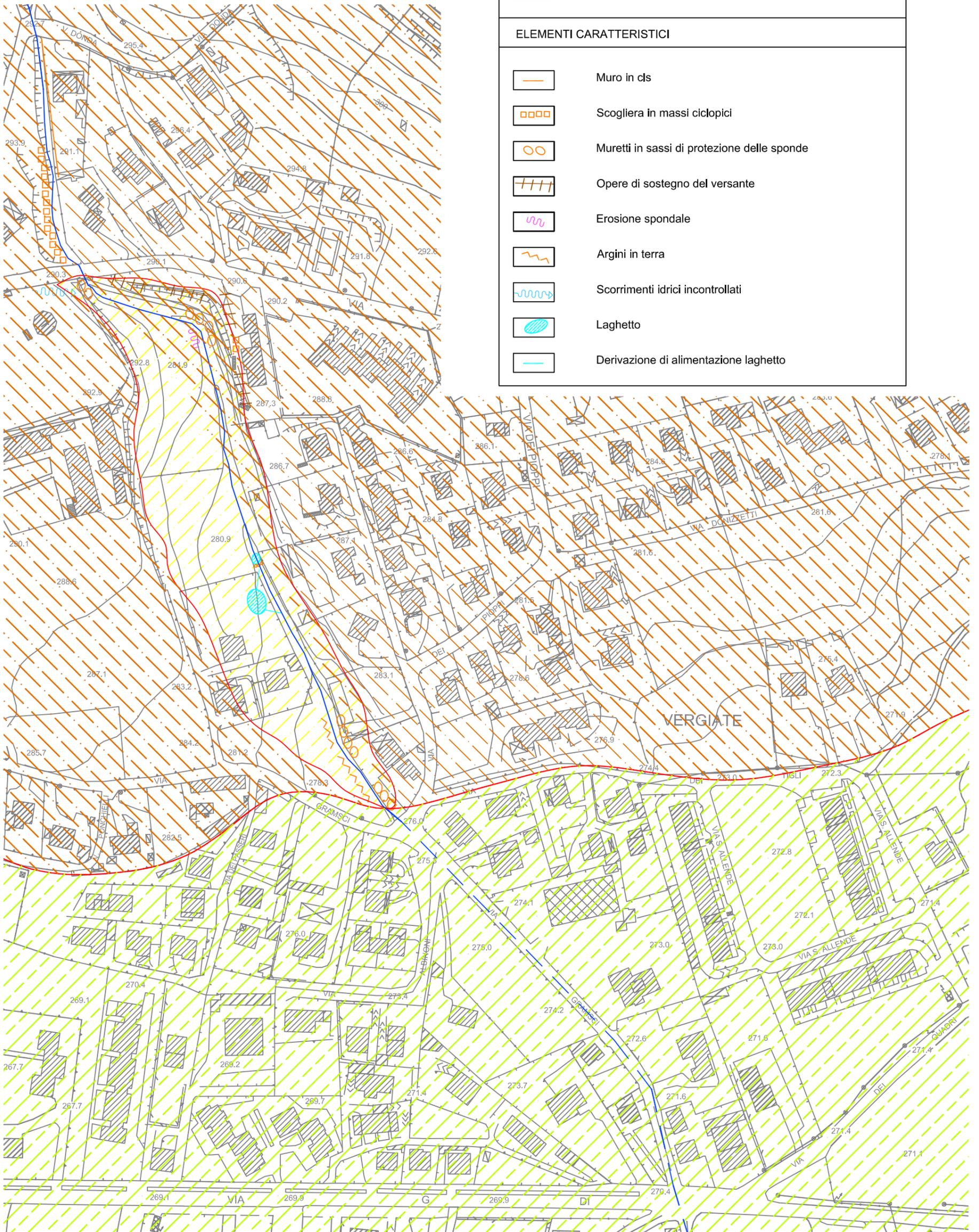
Gavirate, lì Giugno 2011.

# ALLEGATO "A1.1"

INQUADRAMENTO GEOLOGICO  
TORRENTE DONDA  
- Settore a Nord di via Di Vittorio -  
- SCALA 1:2.000 -



RETICOLO IDROGRAFICO	
	Torrente Donda (a giorno)
	Torrente Donda - tratto intubato
	Torrente Donda (alveo scatolare)
UNITA' GEOLOGICHE	
	Allogruppo di Besnate - Unità di Sumirago
	Allogruppo di Besnate - Unità di Mornago
	Unità Post glaciale
ELEMENTI CARATTERISTICI	
	Muro in cls
	Scogliera in massi ciclopici
	Muretti in sassi di protezione delle sponde
	Opere di sostegno del versante
	Erosione spondale
	Argini in terra
	Scorrimenti idrici incontrollati
	Laghetto
	Derivazione di alimentazione laghetto



# ALLEGATO "A1.2"

INQUADRAMENTO GEOLOGICO  
TORRENTE DONDA  
- Settore a Sud di via Di Vittorio -





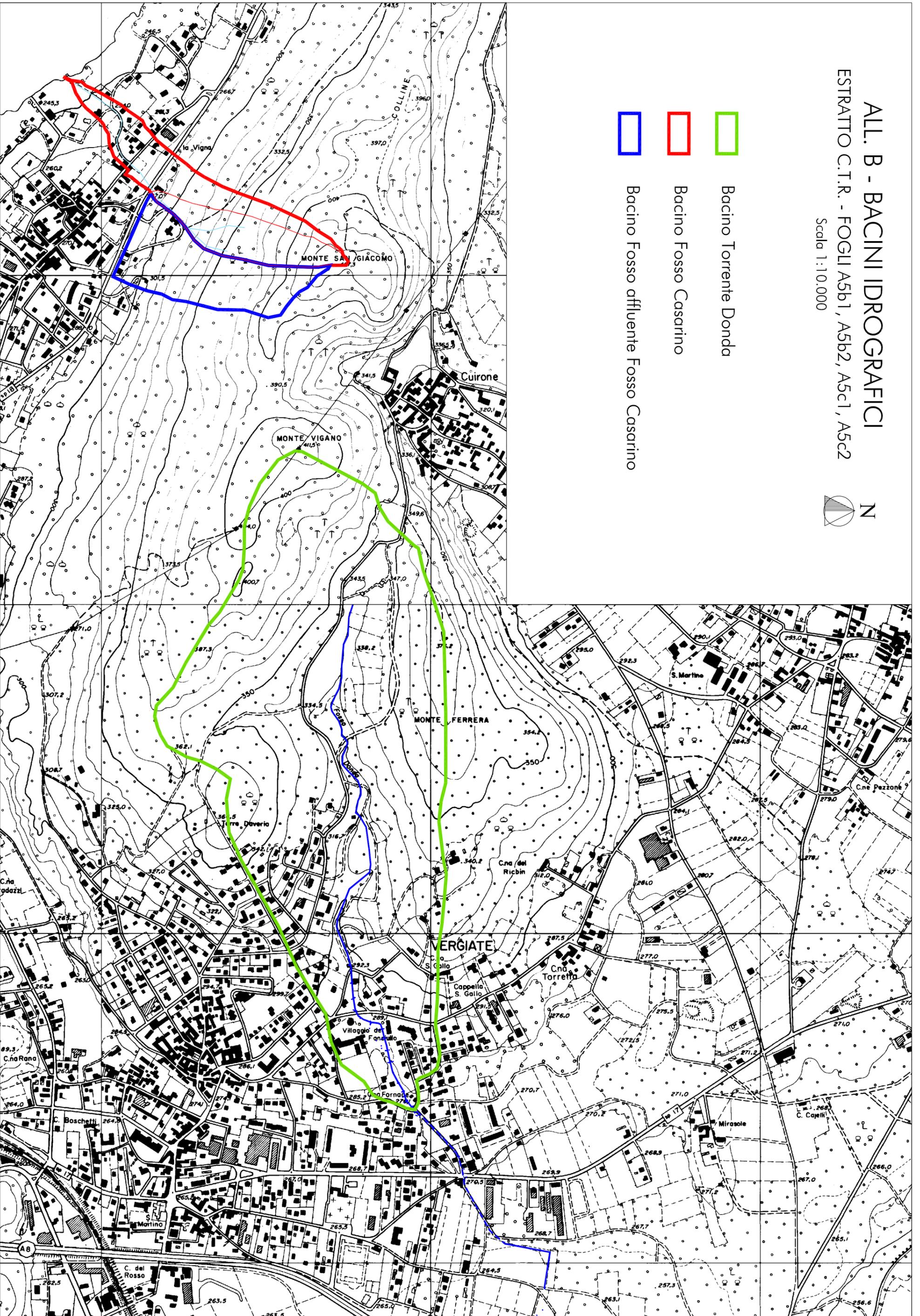
# ALL. B - BACINI IDROGRAFICI

ESTRATTO C.T.R. - FOGLI A5b1, A5b2, A5c1, A5c2

Scala 1:10.000



-  Bacino Torrente Donda
-  Bacino Fosso Casarino
-  Bacino Fosso affluente Fosso Casarino



## TORRENTE DONDA

### FOTO D.1



### FOTO D.2



### FOTO D.3



**FOTO D.4**



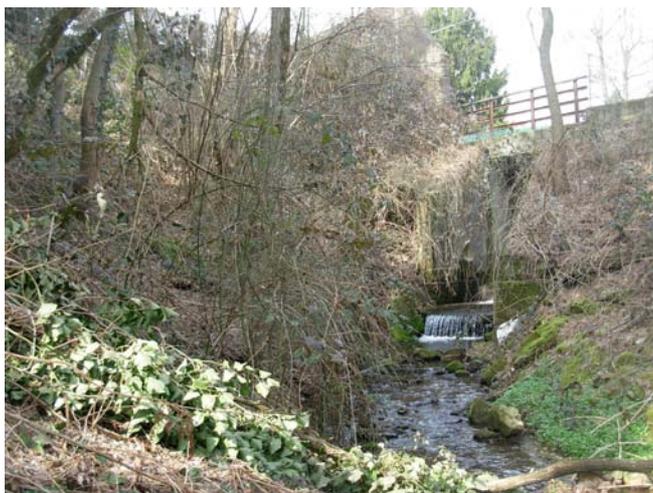
**FOTO D.5**



**FOTO D.6**



**FOTO D.7**



**FOTO D.8**



**FOTO D.9**



**FOTO D.10**



**FOTO D.11**



**FOTO D.12**



**FOTO D.13**



**FOTO D.14**



**FOTO D.15**



**FOTO D.16**



**FOTO D.17**



**FOTO D.18**



**FOTO D.19**



## FOSSO CASARINO

### FOTO C.1



### FOTO C.2



### FOTO C.3



**FOTO C.4**



**FOTO C.5**



**FOTO C.6**



**FOTO C.7**



**FOTO C.8**



### TORRENTE DONDA

Figura 1: profilo altimetrico Torrente Donda; i profili idrici sono stati calcolati per le portate con TR di 50, 100 e 200 anni.

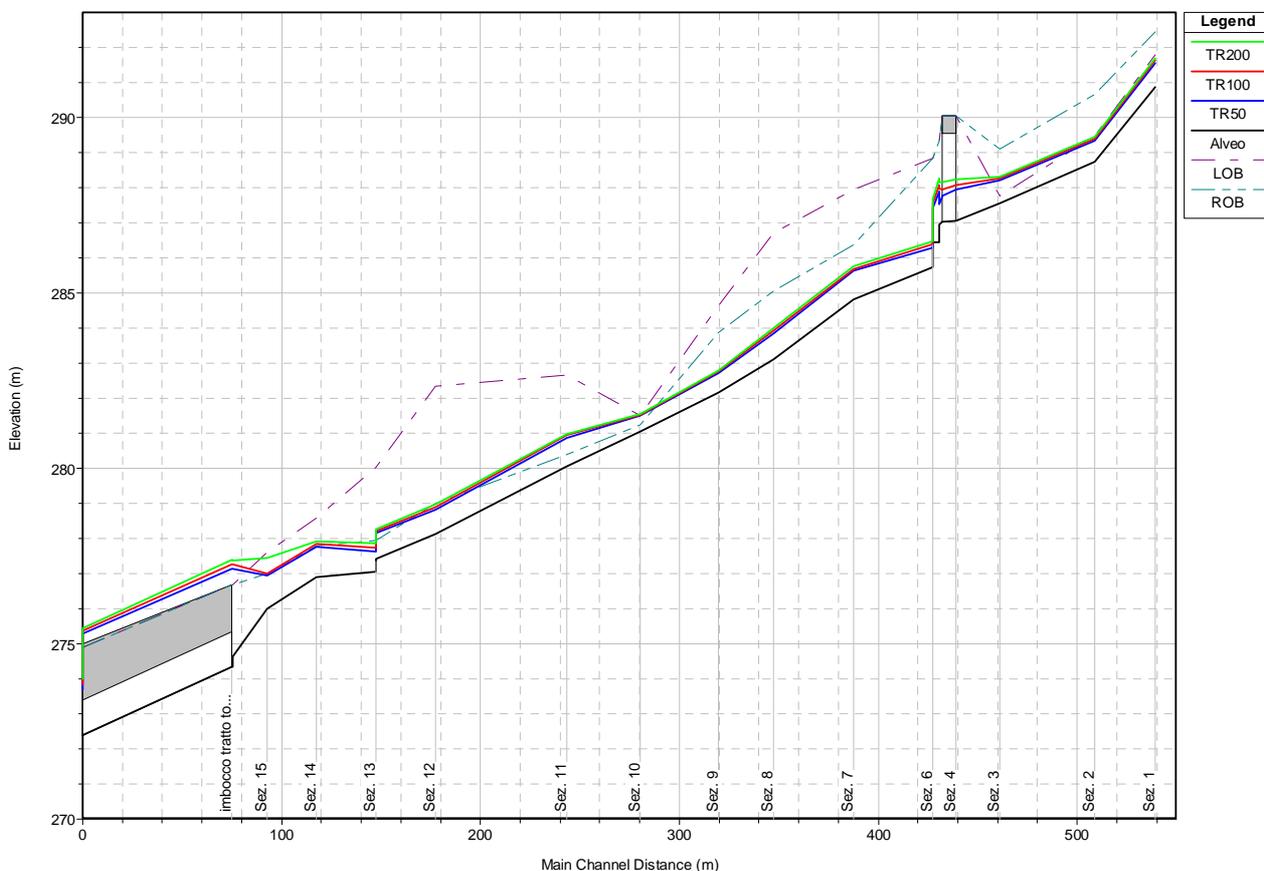
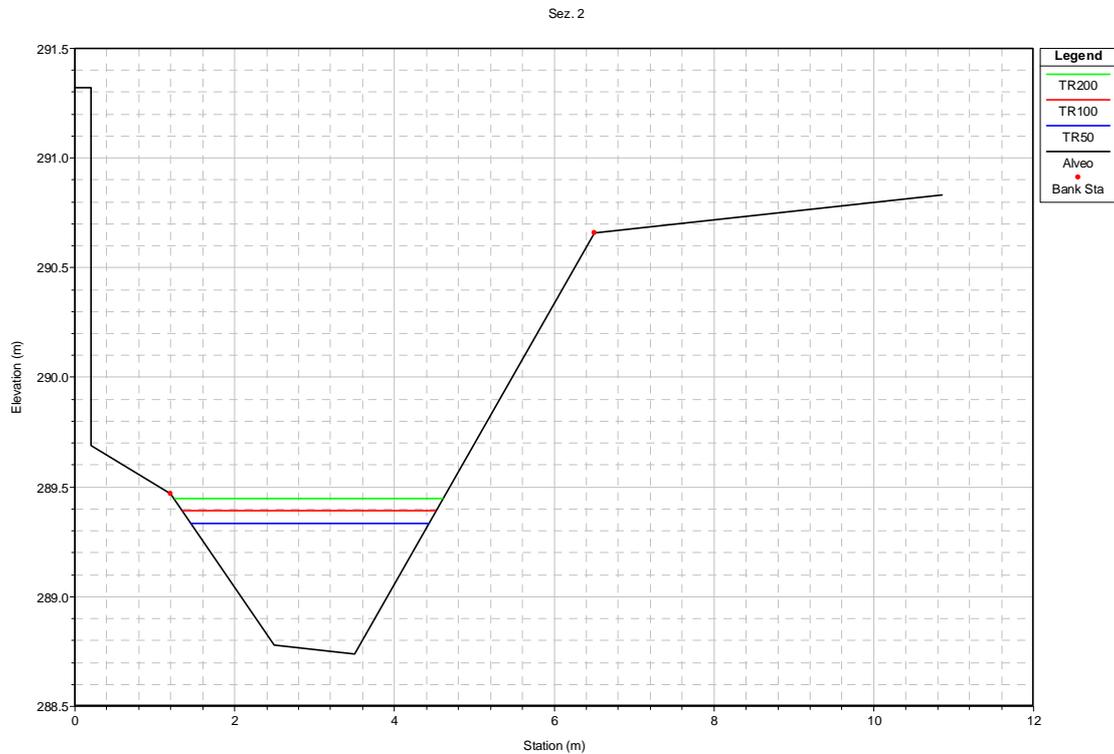
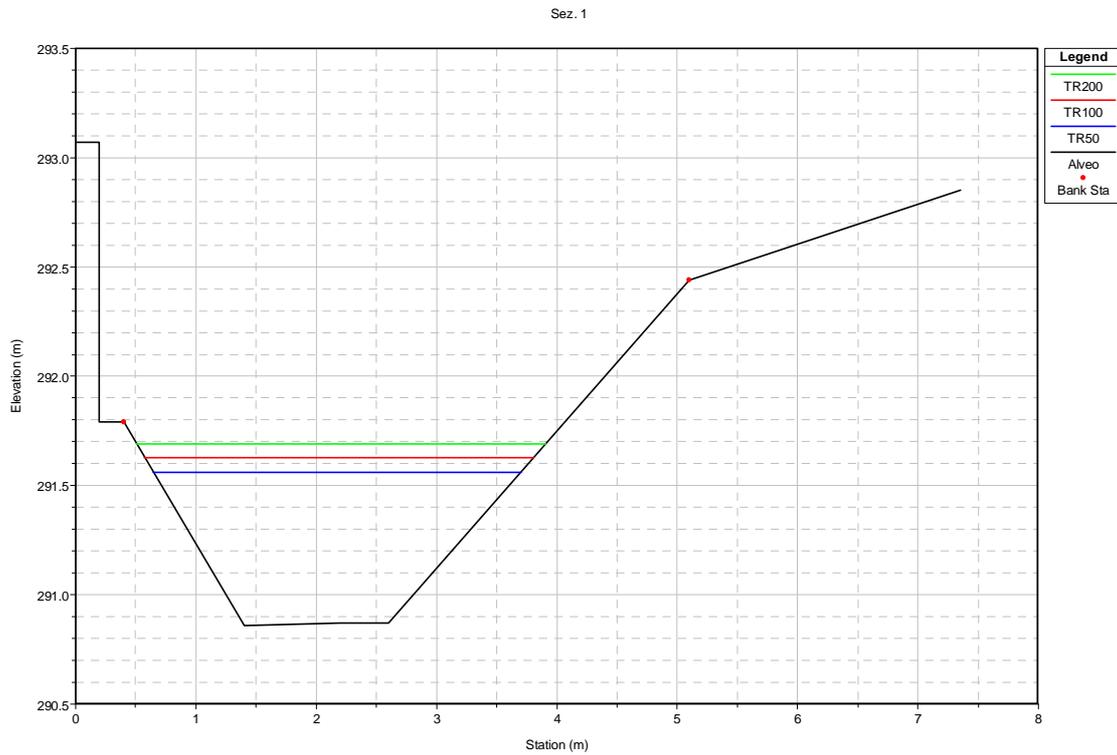
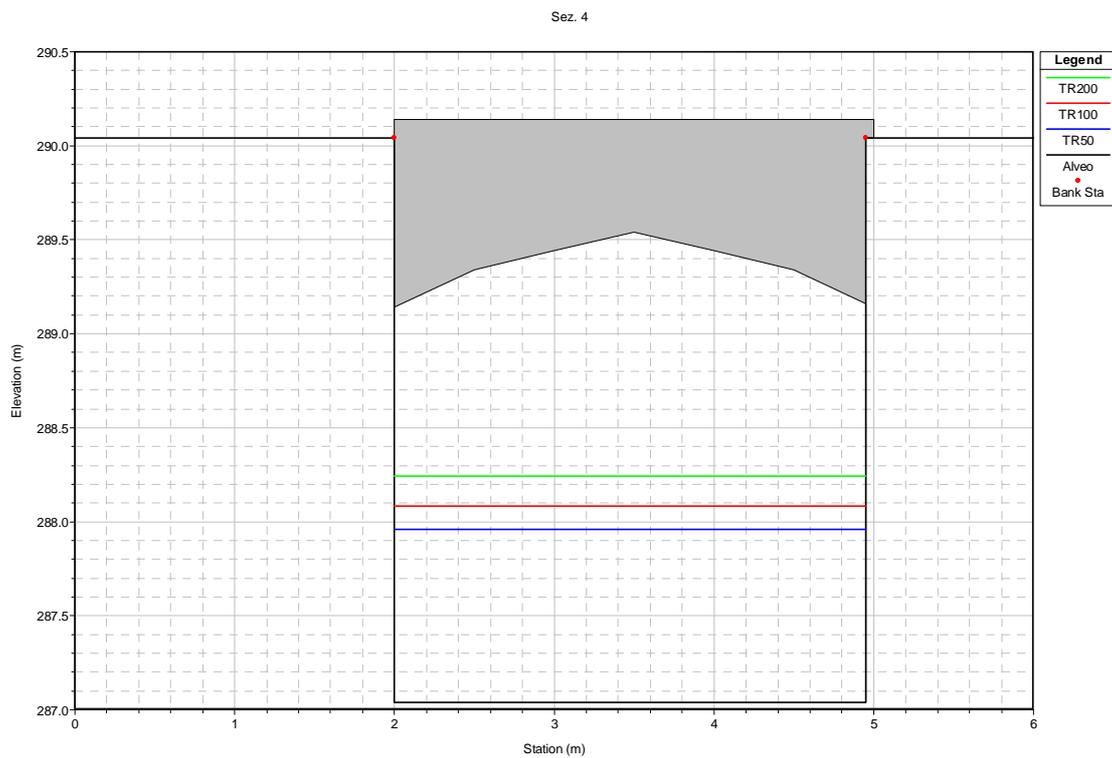
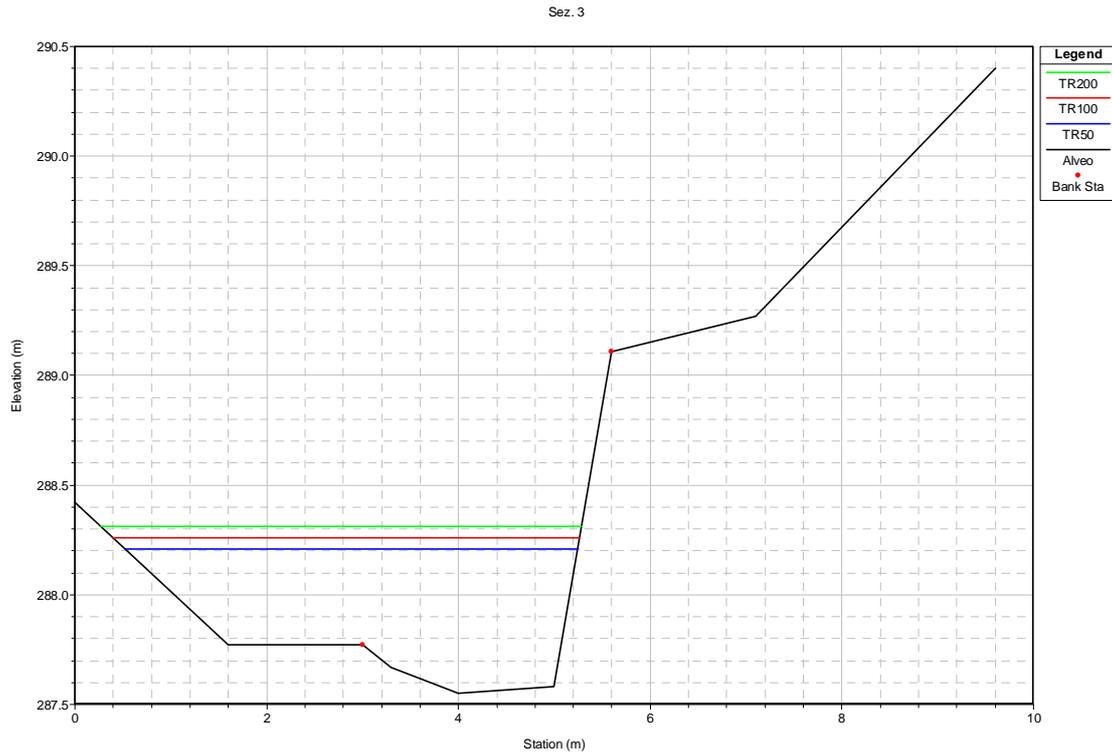
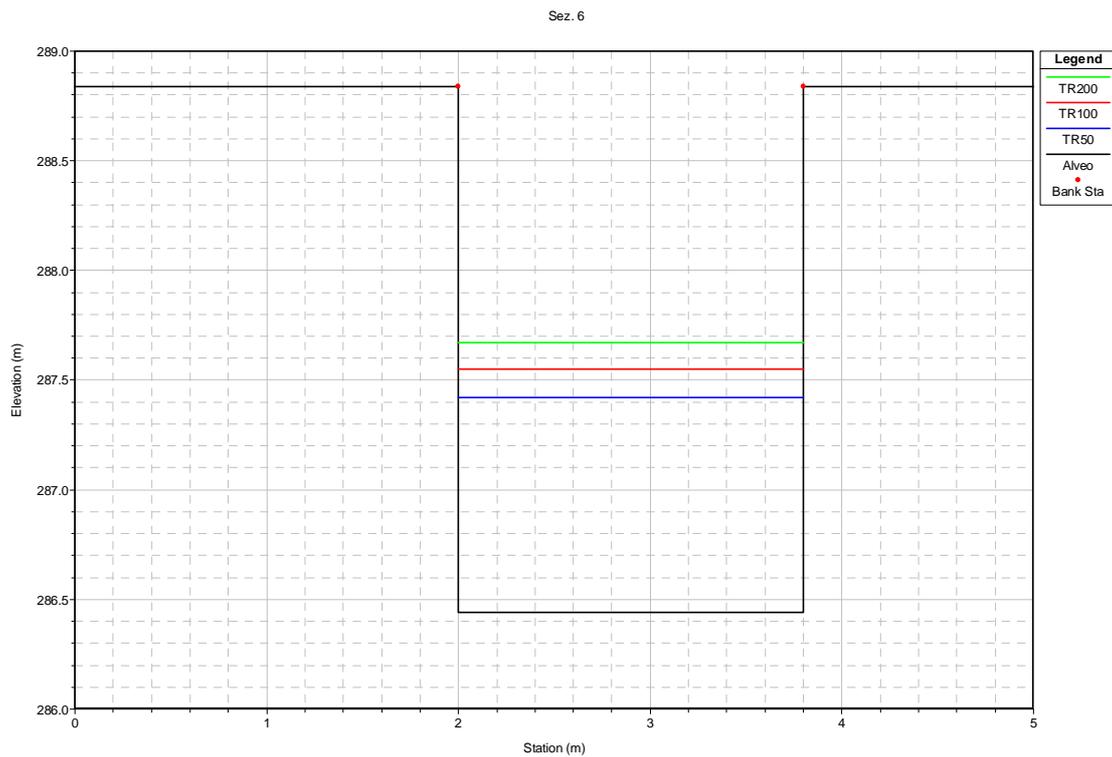
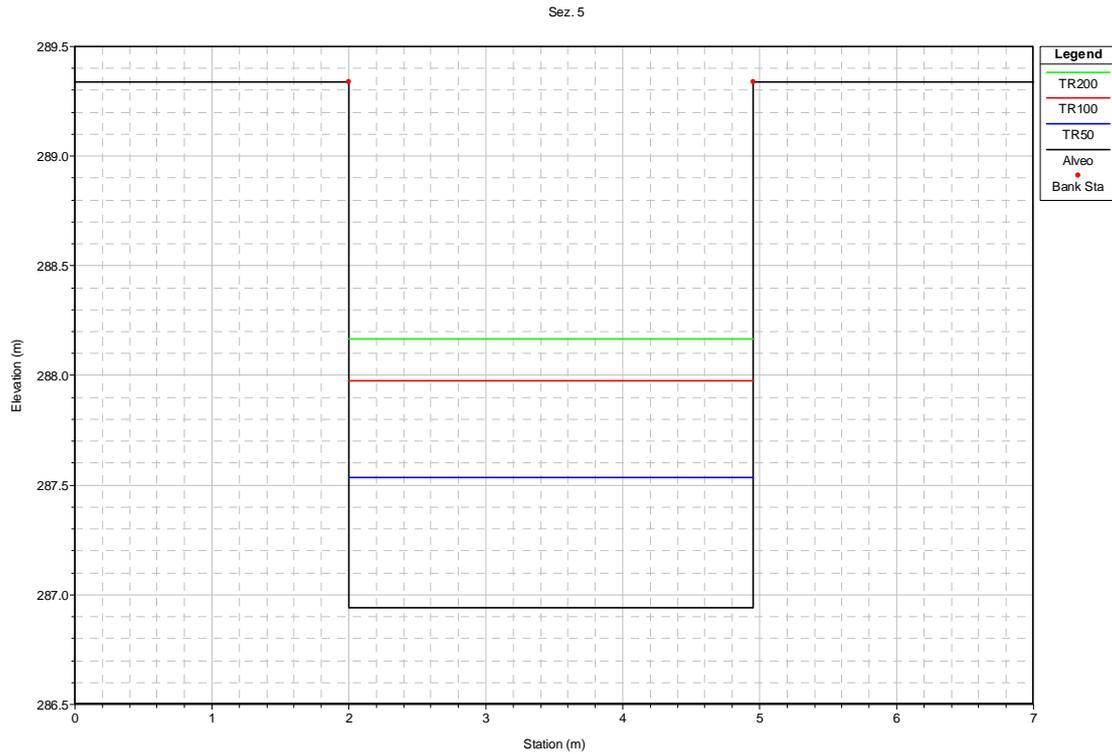
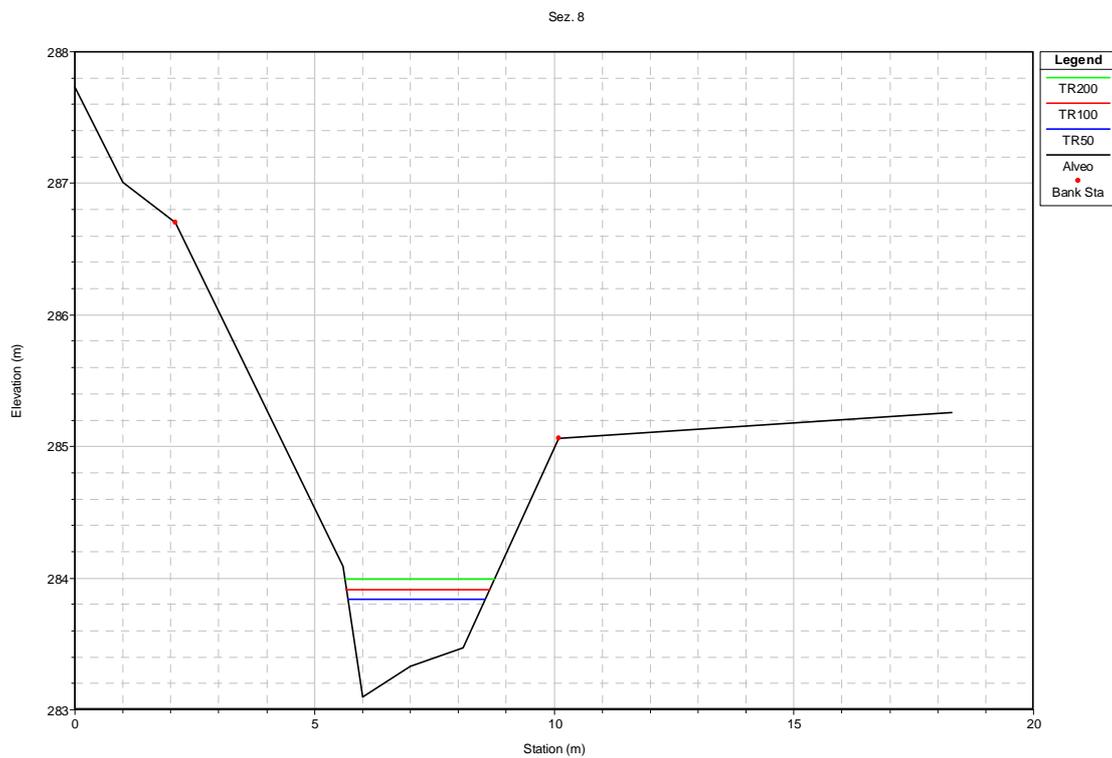
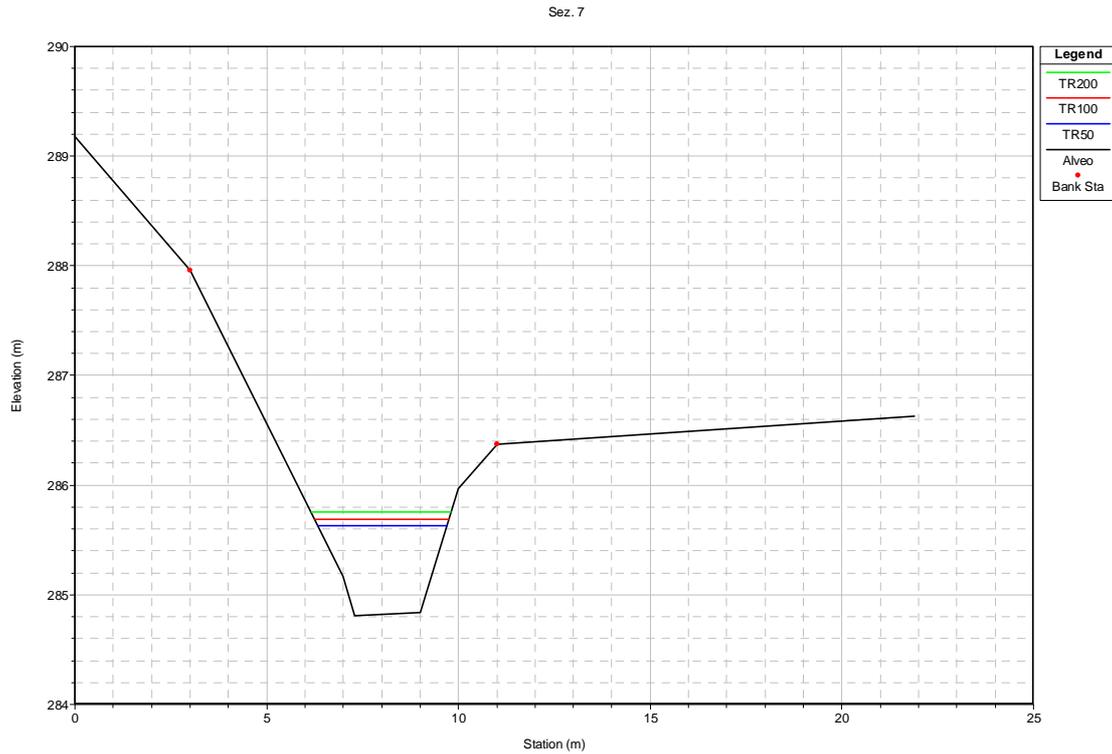


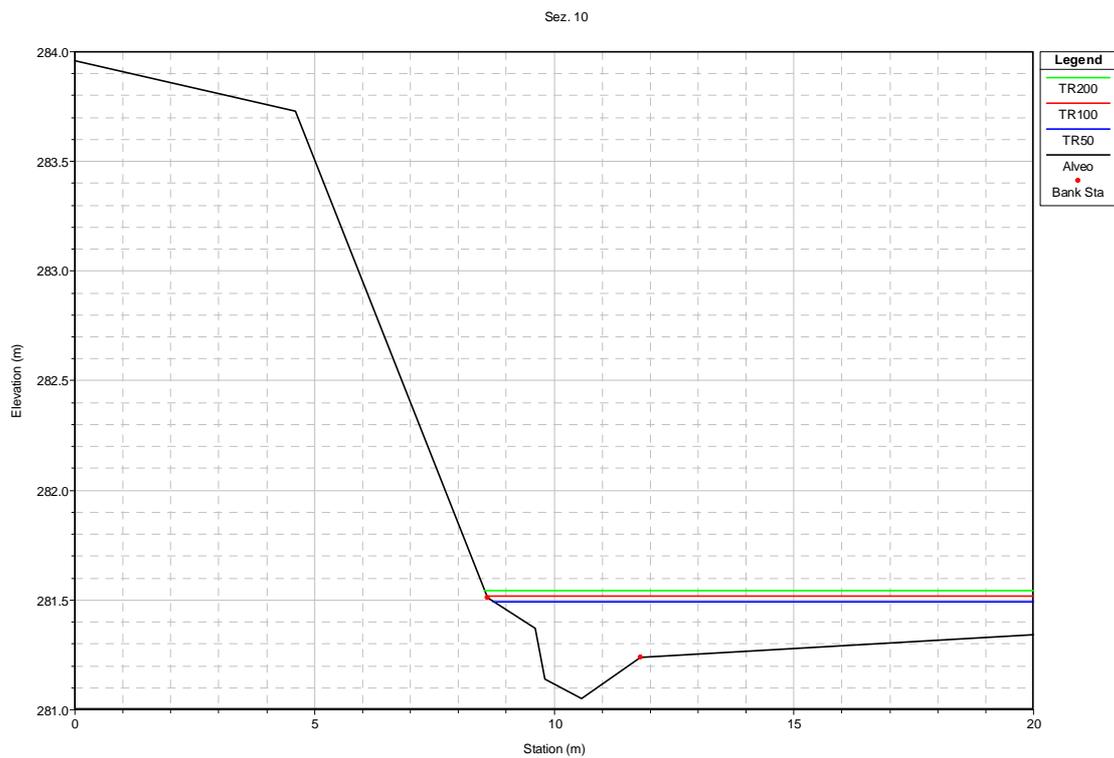
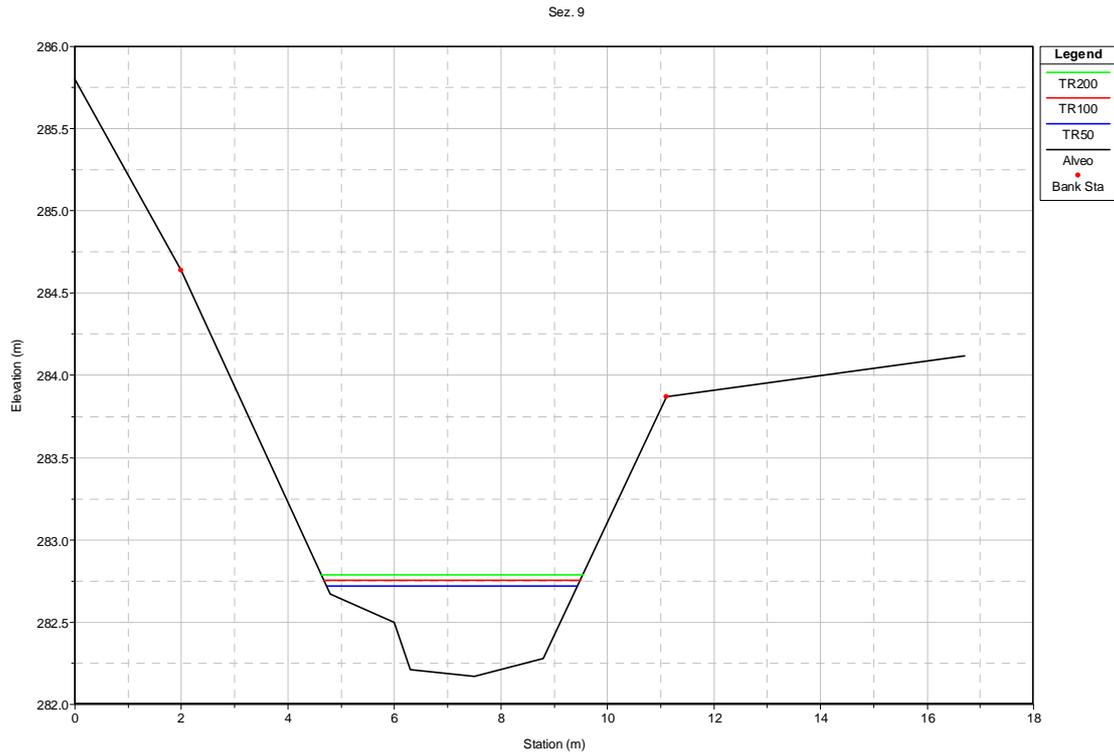
Figura 2: sezioni Torrente Donda; i profili idrici sono stati calcolati per le portate con TR di 50, 100 e 200 anni.

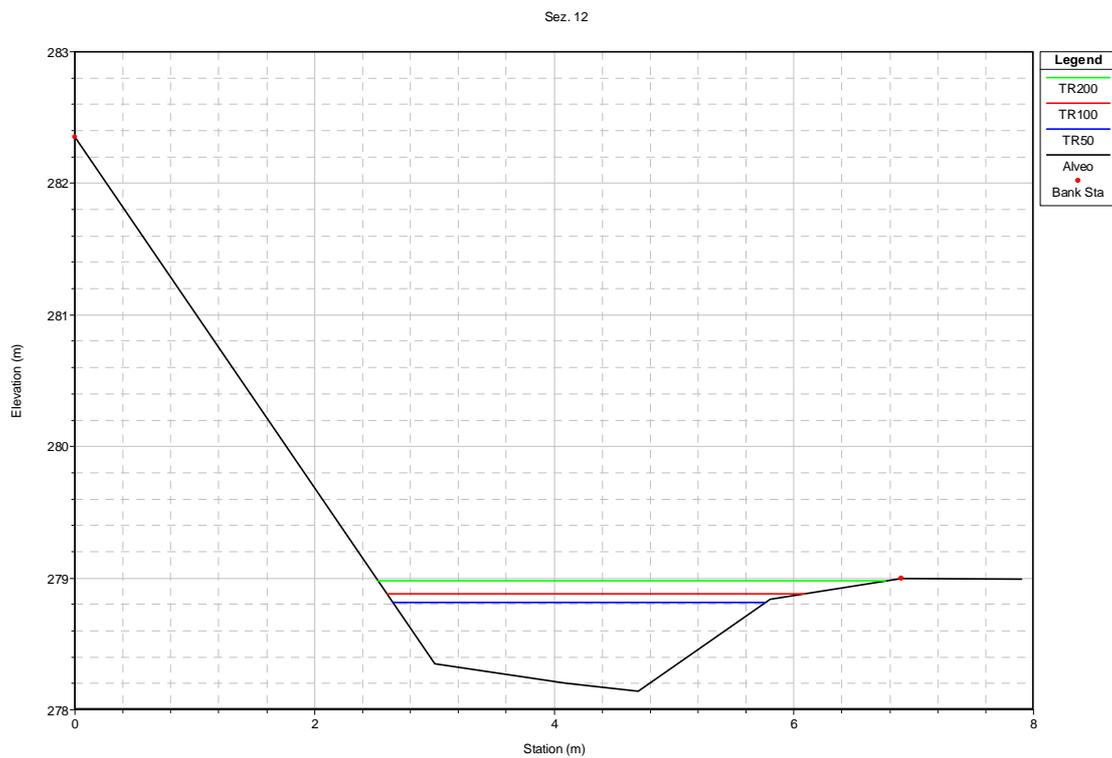
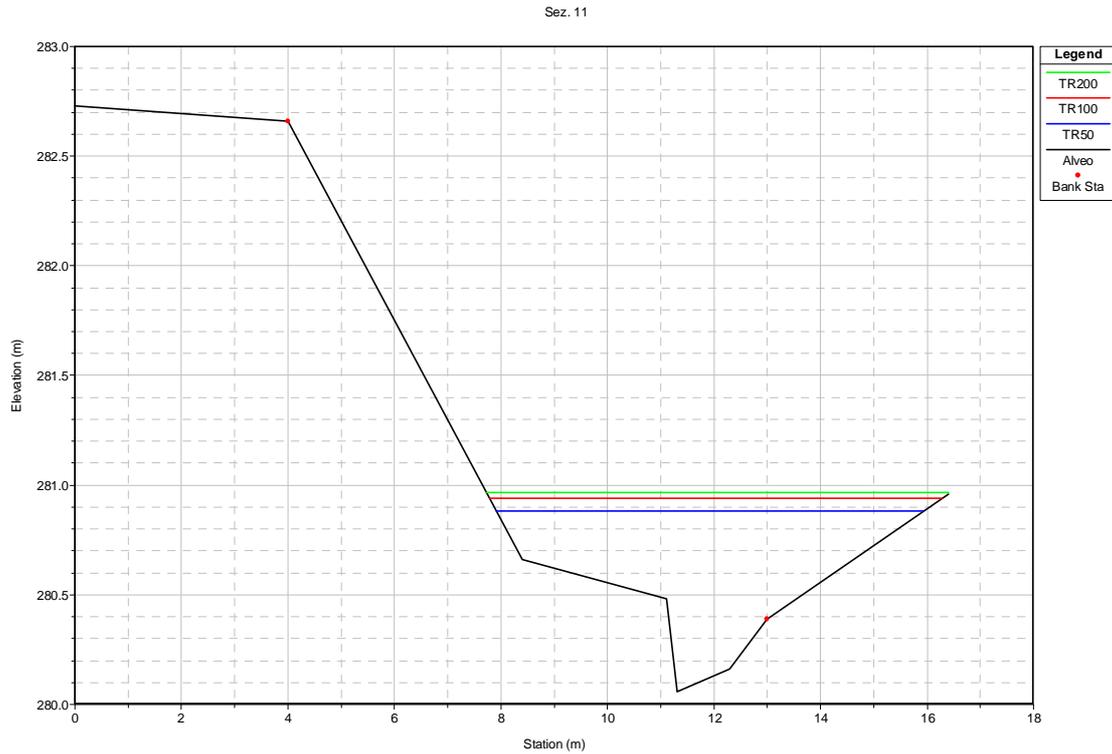


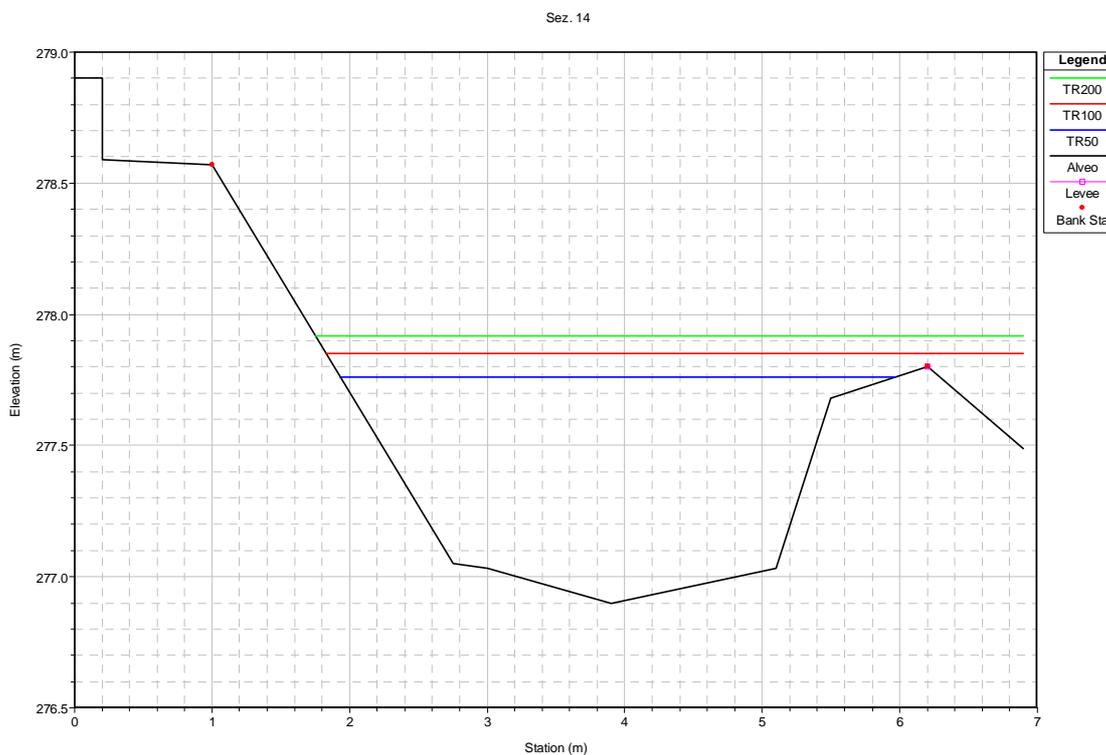
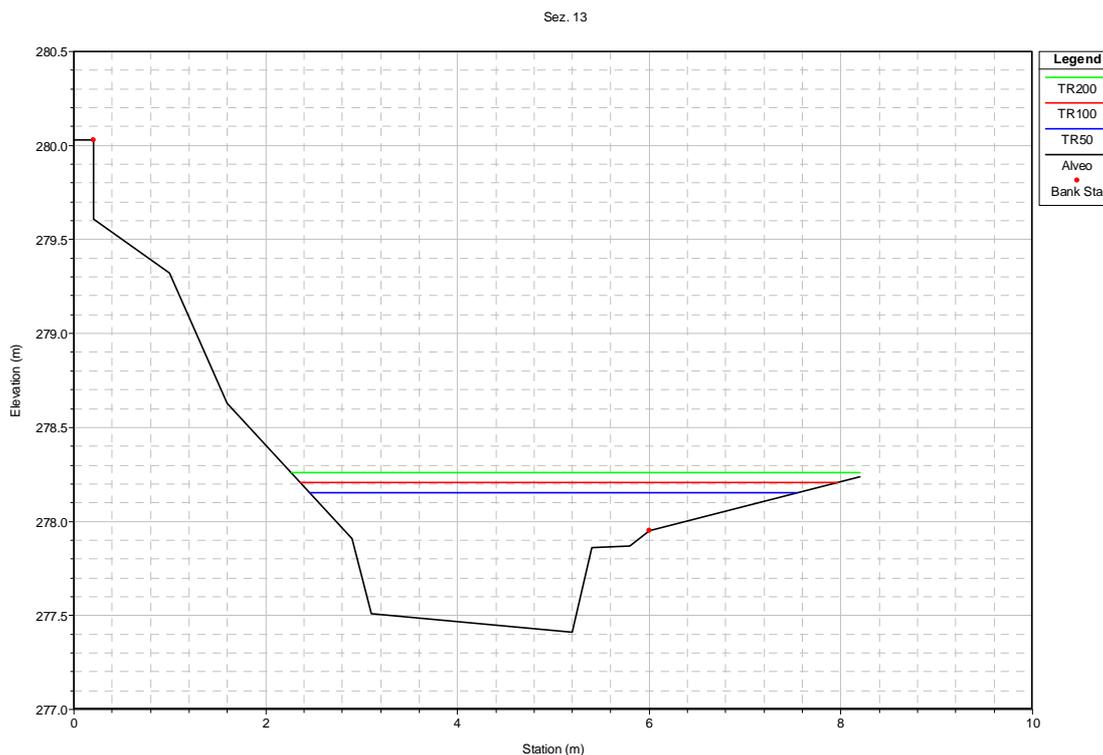












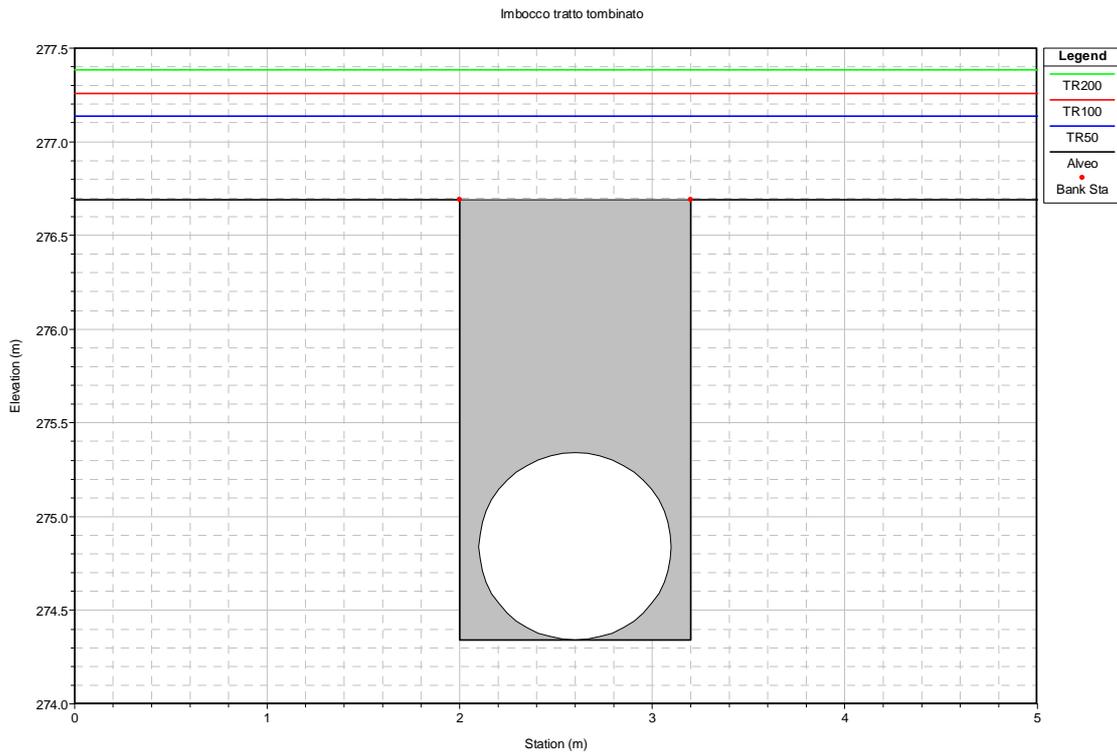
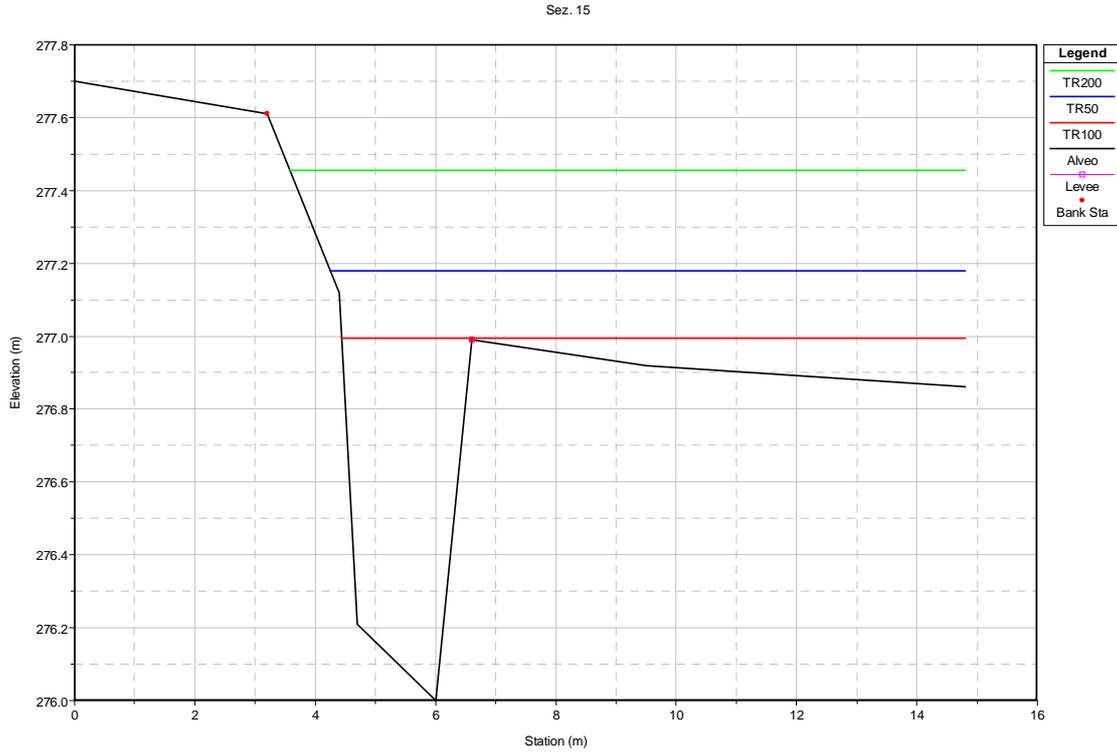


Tabella 1: dati idraulici Torrente Donda

Sez.	Profilo	Q Totale (m <sup>3</sup> /s)	Q Alveo (m)	Livello Idrico (m)	Q Arg. Sx. (m)	Q Arg. Dx. (m)	Velocità (m/s)	Area (m <sup>2</sup> )	Raggio Idr. (m)	Num. Froude	Coeff. Manning
Sez. 1	TR50	5.52	290.86	291.56	291.79	292.44	3.73	1.48	0.42	1.71	0.03
	TR100	6.61	290.86	291.63	291.79	292.44	3.92	1.69	0.45	1.73	0.03
	TR200	7.75	290.86	291.69	291.79	292.44	4.08	1.9	0.48	1.74	0.03
Sez. 2	TR50	5.52	288.74	289.34	289.47	290.66	4.83	1.14	0.35	2.49	0.03
	TR100	6.61	288.74	289.39	289.47	290.66	5.02	1.32	0.37	2.49	0.03
	TR200	7.75	288.74	289.45	289.47	290.66	5.19	1.49	0.4	2.49	0.03
Sez. 3	TR50	5.52	287.55	288.21	287.77	289.11	2.83	2.13	0.41	1.19	0.03
	TR100	6.61	287.55	288.26	287.77	289.11	3.02	2.39	0.44	1.23	0.03
	TR200	7.75	287.55	288.31	287.77	289.11	3.2	2.63	0.47	1.25	0.03
Sez. 4	TR50	5.52	287.04	287.96	290.04	290.04	2.03	2.71	0.57	0.68	0.03
	TR100	6.61	287.04	288.08	290.04	290.04	2.15	3.08	0.61	0.67	0.03
	TR200	7.75	287.04	288.24	290.04	290.04	2.18	3.55	0.66	0.64	0.03
Sez. 5	TR50	5.52	286.94	287.54	289.34	289.34	3.13	1.76	0.43	1.29	0.03
	TR100	6.61	286.94	287.98	289.34	289.34	2.16	3.06	0.61	0.68	0.03
	TR200	7.75	286.94	288.17	289.34	289.34	2.14	3.62	0.67	0.62	0.03
Sez. 6	TR50	5.52	286.44	287.42	288.84	288.84	3.12	1.77	0.47	1.01	0.03
	TR100	6.61	286.44	287.55	288.84	288.84	3.31	1.99	0.5	1	0.03
	TR200	7.75	286.44	287.67	288.84	288.84	3.49	2.22	0.52	1	0.03
Sez. 7	TR50	5.52	284.81	285.63	287.96	286.37	2.79	1.98	0.49	1.16	0.03
	TR100	6.61	284.81	285.69	287.96	286.37	3	2.2	0.52	1.21	0.03
	TR200	7.75	284.81	285.75	287.96	286.37	3.21	2.41	0.55	1.26	0.03
Sez. 8	TR50	5.52	283.1	283.84	286.7	285.06	4.25	1.3	0.37	2.01	0.03
	TR100	6.61	283.1	283.91	286.7	285.06	4.34	1.52	0.41	1.94	0.03
	TR200	7.75	283.1	283.99	286.7	285.06	4.43	1.75	0.45	1.88	0.03
Sez. 9	TR50	5.52	282.17	282.72	284.64	283.87	3.26	1.69	0.34	1.74	0.03
	TR100	6.61	282.17	282.76	284.64	283.87	3.55	1.86	0.36	1.82	0.03
	TR200	7.75	282.17	282.79	284.64	283.87	3.82	2.03	0.39	1.9	0.03
Sez. 10	TR50	5.52	281.05	281.49	281.51	281.24	2.48	2.5	0.22	1.52	0.03
	TR100	6.61	281.05	281.52	281.51	281.24	2.58	2.8	0.24	1.54	0.03
	TR200	7.75	281.05	281.54	281.51	281.24	2.74	3.08	0.26	1.57	0.03
Sez. 11	TR50	5.52	280.06	280.88	282.66	280.39	2.03	2.92	0.35	0.99	0.03
	TR100	6.61	280.06	280.94	282.66	280.39	2.1	3.41	0.38	0.97	0.03
	TR200	7.75	280.06	280.97	282.66	280.39	2.3	3.64	0.4	1.04	0.03

Sez. 12	TR50	5.52	278.14	278.81	282.35	279	3.9	1.42	0.4	1.84	0.03
	TR100	6.61	278.14	278.88	282.35	279	4.03	1.64	0.41	1.88	0.03
	TR200	7.75	278.14	278.98	282.35	279	3.85	2.02	0.42	1.78	0.03
Sez. 13	TR50	5.52	277.41	278.15	280.03	277.95	2.87	2.02	0.35	1.26	0.03
	TR100	6.61	277.41	278.21	280.03	277.95	3.04	2.32	0.37	1.29	0.03
	TR200	7.75	277.41	278.26	280.03	277.95	3.21	2.61	0.39	1.32	0.03
Sez. 14	TR50	5.52	277.04	277.63	280.03	277.95	4.16	1.33	0.4	1.78	0.03
	TR100	6.61	277.04	277.74	280.03	277.95	4.14	1.59	0.45	1.63	0.03
	TR200	7.75	277.04	277.87	280.03	277.95	4.09	1.9	0.47	1.56	0.03
Sez. 15	TR50	5.52	276	277.18	277.61	276.99	1.68	4.15	0.34	0.59	0.03
	TR100	6.61	276	277	277.61	276.99	3.74	2.24	0.19	1.4	0.03
	TR200	7.75	276	277.45	277.61	276.99	1.18	7.15	0.55	0.4	0.03
Inizio tratto coperto	TR50	5.52	274.34	277.14	276.69	276.69	1.2	5.05	0.48	0.23	0.02
	TR100	6.61	274.34	277.26	276.69	276.69	1.26	5.66	0.52	0.23	0.02
	TR200	7.75	274.34	277.38	276.69	276.69	1.3	6.29	0.57	0.24	0.02

### FOSSO CASARINO

Figura 3: profilo altimetrico Fosso Casarino; i profili idrici sono stati calcolati per le portate con TR di 50, 100 e 200 anni.

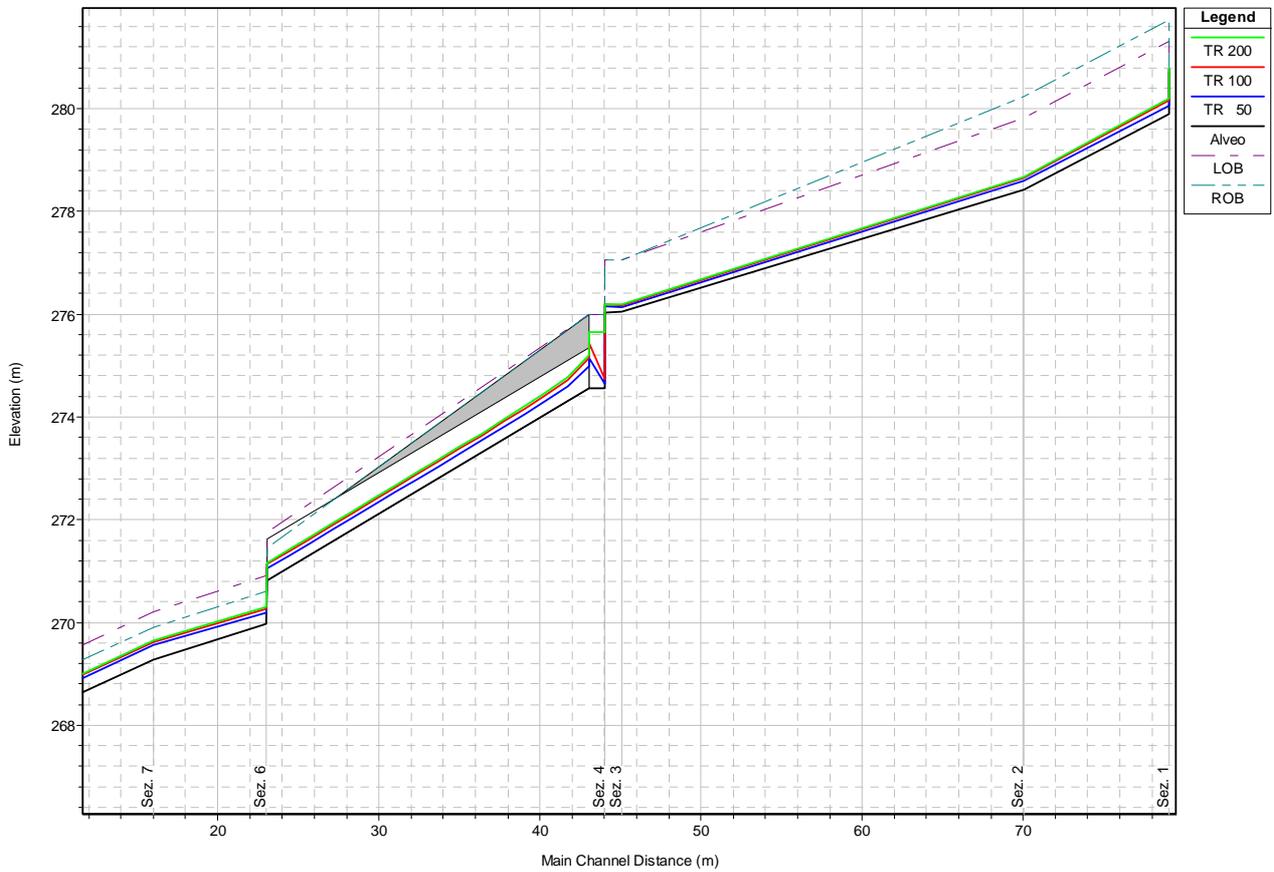
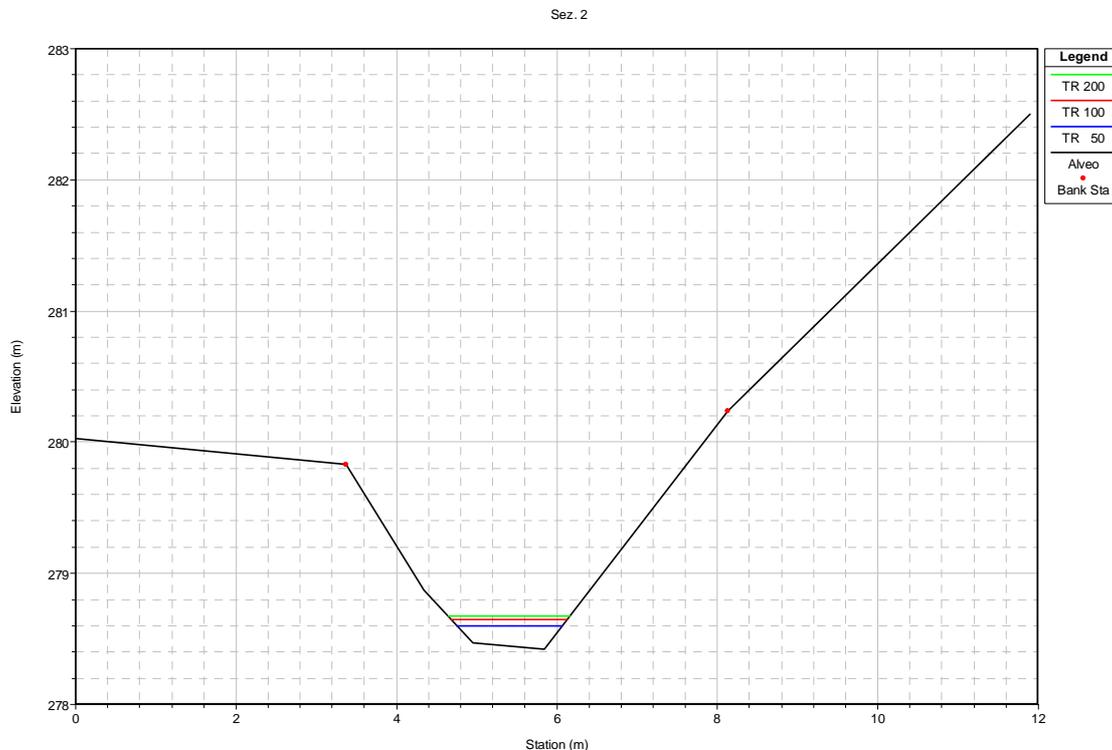
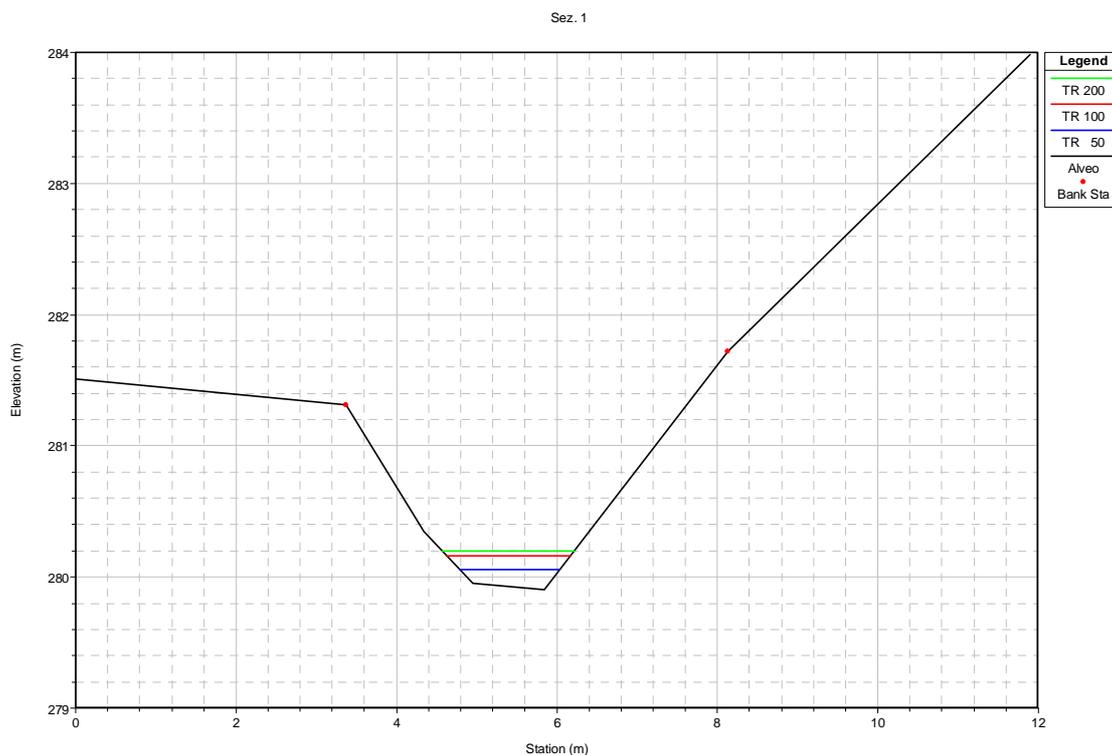
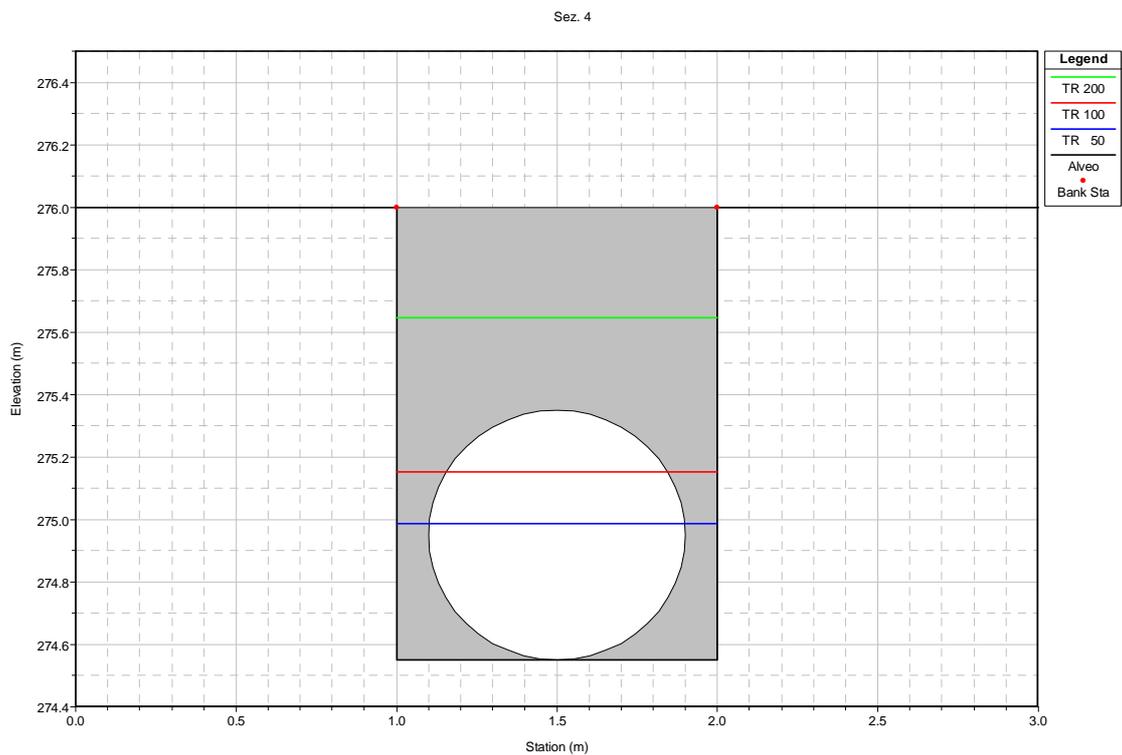
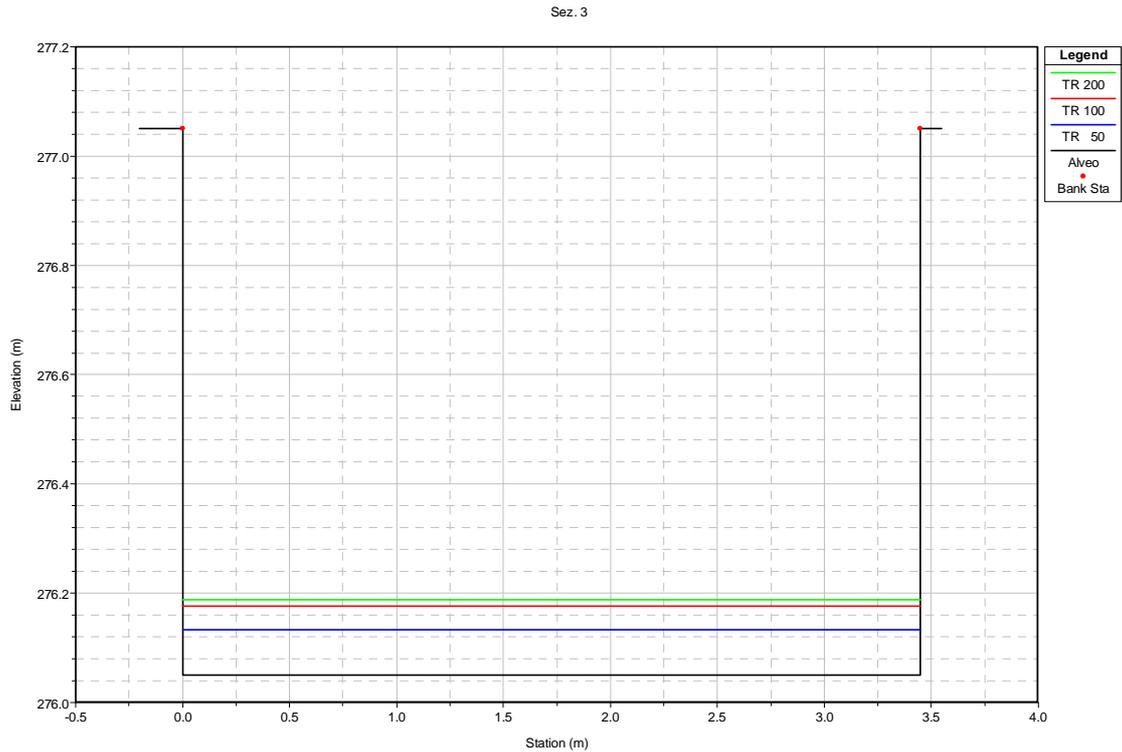
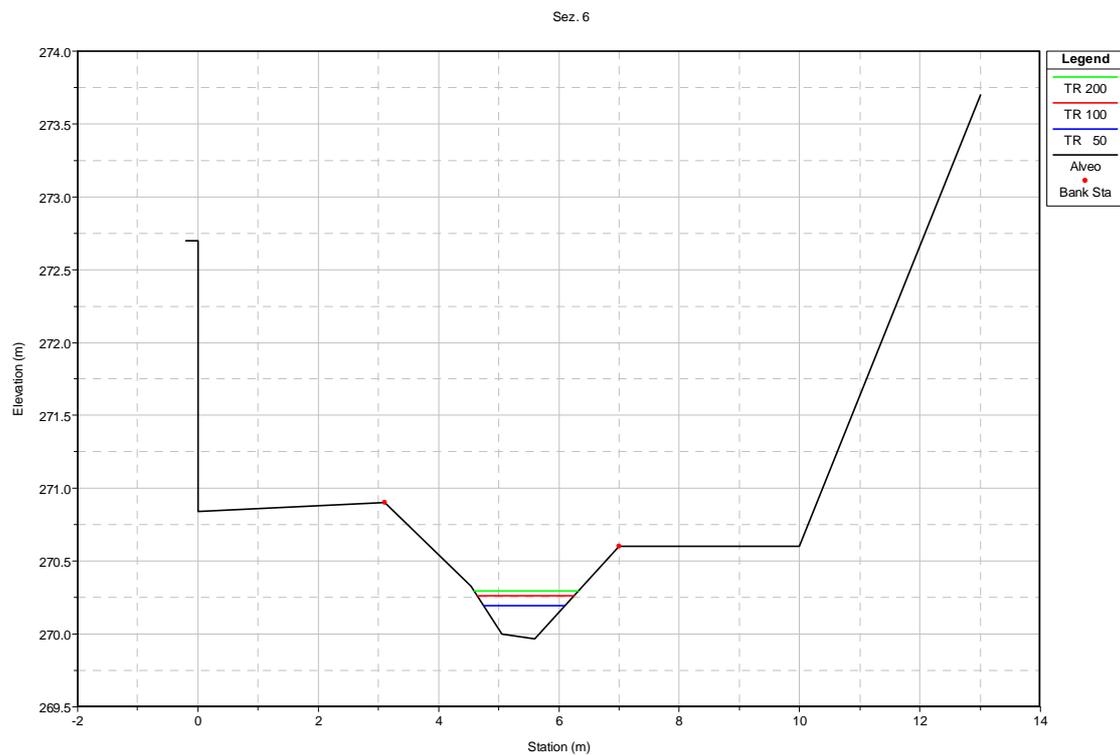
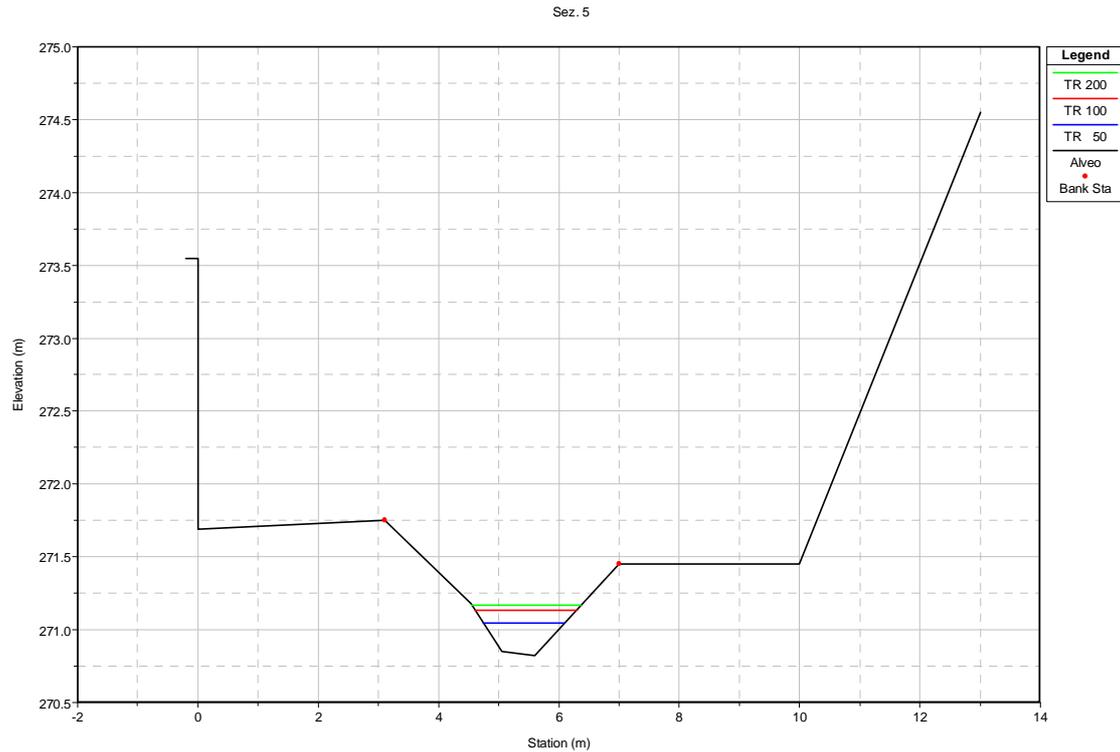
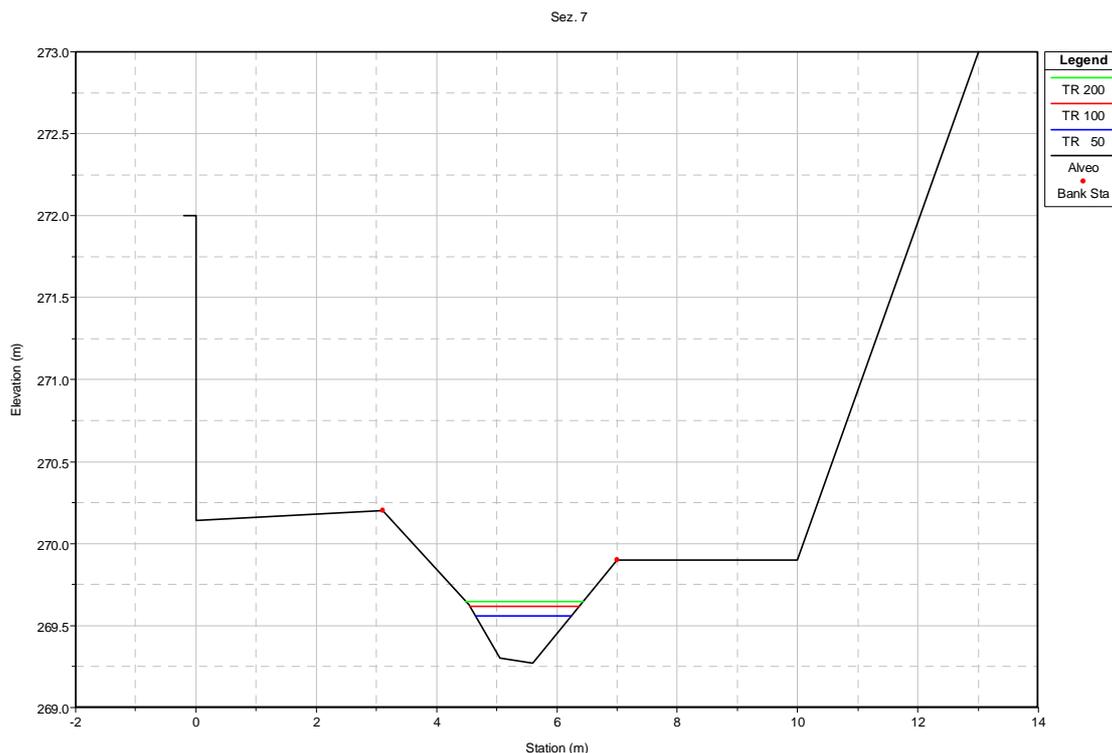


Figura 4: sezioni Fosso Casarino; i profili idrici sono stati calcolati per le portate con TR di 50, 100 e 200 anni.









**Tabella 2: dati idraulici Fosso Casarino**

Sez.	Profilo	Q Totale (m <sup>3</sup> /s)	Q Alveo (m)	Livello Idrico (m)	Q Arg. Sx. (m)	Q Arg. Dx. (m)	Velocità (m/s)	Area (m <sup>2</sup> )	Raggio Idr. (m)	Num. Froude	Coeff. Manning
Sez. 1	TR 50	0.52	279.9	280.06	281.31	281.72	3.63	0.14	0.11	3.43	0.03
	TR 100	0.98	279.9	280.16	281.31	281.72	3.41	0.29	0.17	2.52	0.03
	TR 200	1.16	279.9	280.2	281.31	281.72	3.34	0.35	0.19	2.32	0.03
Sez. 2	TR 50	0.52	278.42	278.6	279.83	280.24	3.04	0.17	0.12	2.69	0.03
	TR 100	0.98	278.42	278.65	279.83	280.24	4.02	0.24	0.15	3.14	0.03
	TR 200	1.16	278.42	278.67	279.83	280.24	4.27	0.27	0.16	3.21	0.03
Sez. 3	TR 50	0.52	276.05	276.13	277.05	277.05	1.8	0.29	0.08	1.99	0.03
	TR 100	0.98	276.05	276.18	277.05	277.05	2.26	0.43	0.12	2.03	0.03
	TR 200	1.16	276.05	276.19	277.05	277.05	2.42	0.48	0.13	2.07	0.03
Sez. 4	TR 50	0.52	274.55	275.16	276	276	0.86	0.61	0.27	0.35	0.03
	TR 100	0.98	274.55	275.44	276	276	1.1	0.89	0.32	0.37	0.03
	TR 200	1.16	274.55	275.65	276	276	1.06	1.1	0.34	0.32	0.03
Sez. 5	TR 50	0.52	270.82	271.05	271.75	271.45	2.59	0.2	0.14	0.35	0.03
	TR 100	0.98	270.82	271.14	271.75	271.45	2.89	0.34	0.18	0.37	0.03
	TR 200	1.16	270.82	271.17	271.75	271.45	2.97	0.39	0.2	0.32	0.03
Sez. 6	TR 50	1.16	269.97	270.19	270.9	270.6	4.66	0.2	0.14	3.89	0.03
	TR 100	1.45	269.97	270.26	270.9	270.6	4.88	0.3	0.17	3.62	0.03
	TR 200	1.73	269.97	270.29	270.9	270.6	4.92	0.35	0.19	3.49	0.03
Sez. 7	TR 50	1.16	269.27	269.56	270.2	269.9	3.14	0.29	0.17	2.34	0.03
	TR 100	1.45	269.27	269.62	270.2	269.9	3.63	0.4	0.2	2.48	0.03
	TR 200	1.73	269.27	269.65	270.2	269.9	3.82	0.45	0.21	2.53	0.03