

# URS

**Progetto definitivo di  
spostamento del tratto  
terminale del sedime del  
canale Pandi**

**Stabilimento Multisocietario  
di Brindisi**

Maggio 2014

Progetto 46324197

Preparato per: Syndial S.p.A.

ITALY



## LIMITI

URS ha preparato il presente Rapporto affinché venga usato unicamente da Syndial S.p.A. secondo quanto indicato dal Contratto che regola la prestazione del presente servizio. Nessun'altra garanzia, espressa o implicita, è data sulla consulenza professionale inclusa nel presente Rapporto o su qualsiasi altro servizio da noi fornito. Sul presente Rapporto non dovrà far affidamento nessun'altra parte senza il previo ed espresso accordo scritto di URS. Salvo quanto altrimenti indicato nel presente Rapporto, la valutazione fatta parte dall'assunzione che i siti e le strutture continueranno ad essere utilizzate nel modo presente, senza apportare significativi cambiamenti. Le conclusioni e raccomandazioni formulate nel presente Rapporto sono basate sulle informazioni fornite da altri, assumendo che tutte le informazioni rilevanti siano state fornite da coloro ai quali sono state richieste. Le informazioni ottenute da terzi non sono verificate in modo indipendente da URS, salvo che non venga diversamente indicato nel Rapporto.

## COPYRIGHT

© Il presente Rapporto è di proprietà di URS Italia S.p.A. e URS Corporation Limited. Qualsiasi riproduzione non autorizzata o utilizzo da parte di qualsiasi soggetto, al di fuori del suo destinatario, è strettamente proibito.

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA E SOMMARIO .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>Localizzazione dell'area .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>Inquadramento territoriale .....</b>	<b>7</b>
<b>3.3</b>	<b>Calcolo delle portate.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Pluviografia .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Caratteristiche del bacino idrografico.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Stima del tempo di corrivazione.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Perdite idrologiche .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Portate di piena .....</b>	<b>18</b>
<b>3.4</b>	<b>Drenaggio del bacino residuo .....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>STUDIO IDRAULICO .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>Ipotesi di tracciato del canale.....</b>	<b>20</b>
<b>4.3</b>	<b>Dimensionamento idraulico.....</b>	<b>21</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Dati di progetto .....</b>	<b>23</b>
<b>4.4</b>	<b>Risultati .....</b>	<b>24</b>
<b>4.5</b>	<b>Dimensionamento idraulico del canale di gronda.....</b>	<b>28</b>
<b>4.6</b>	<b>Verifiche idrauliche .....</b>	<b>29</b>
<b>4.6.1</b>	<b>Verifica dello stato di fatto.....</b>	<b>30</b>
<b>4.6.2</b>	<b>Verifica del nuovo canale Pandi.....</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....</b>	<b>40</b>
<b>5.1</b>	<b>Riqualificazione ambientale del Canale Pandi.....</b>	<b>40</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Ipotesi di tracciato della deviazione .....</b>	<b>40</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Dimensioni del canale .....</b>	<b>41</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Opere di impermeabilizzazione e stabilizzazione del canale.....</b>	<b>43</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Realizzazione degli argini .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1.5</b>	<b>Attraversamenti stradali.....</b>	<b>46</b>

14/05/2014

<b>5.1.6</b>	<b><i>Protezione dello sbocco nell'area umida .....</i></b>	<b>49</b>
<b>5.1.7</b>	<b><i>Dismissione del tratto di valle dell'attuale canale pandi .....</i></b>	<b>49</b>
<b>5.1.8</b>	<b><i>Canale di Gronda .....</i></b>	<b>49</b>
<b>5.1.9</b>	<b><i>Movimentazioni terra .....</i></b>	<b>51</b>
<b>5.2</b>	<b><i>Cantierizzazione .....</i></b>	<b>51</b>

### TABELLE

**Tabella 1:** Risultati della verifica idraulica a 200 anni dello stato di fatto

**Tabella 2:** Risultati della verifica idraulica a 200 anni del nuovo canale Pandi

**Tabella 3:** Confronto tra le altezze d'acqua e le velocità pre e post intervento

### TAVOLE

**Tavola 1:** Planimetria e bacino imbrifero del canale Pandi

**Tavola 2:** Planimetria canale Pandi su tavola interventi

**Tavola 3:** Planimetria canale Pandi con sezioni

**Tavola 4:** Profilo longitudinale del canale in progetto

**Tavola 5:** Sezioni tipo del canale in progetto

**Tavola 6:** Sezioni tipo degli attraversamenti con scatolari e del canale di gronda

**Tavola 7:** Schema della connessione tra canale esistente e canale/deviazione in progetto

**Tavola 8:** Planimetria con aree di allagamento per T = 200 anni

**Tavola 9:** Planimetria viabilità e area cantiere del nuovo tratto del canale Pandi

### ALLEGATI

**Allegato 1:** Sezioni di calcolo con altezza d'acqua per lo stato di fatto

**Allegato 2:** Sezioni di calcolo con altezza d'acqua per il canale in progetto

**Allegato 3:** Stima delle aree di esondazione con tempo di ritorno pari a 30, 200, 500 anni

**Allegato 4:** Verifica di interferenza del diaframma con le aree a pericolosità geomorfologica PG1, PG2 e PG3

**Allegato 5:** Autorità di Bacino Puglia - Note tecniche

14/05/2014



## 1 PREMESSA E SOMMARIO

Il “Progetto Operativo di Bonifica delle aree esterne al Multisocietario di Brindisi di proprietà di Syndial”, trasmesso da Syndial alle Autorità in ottobre 2013 e ritenuto approvabile in sede di conferenza decisoria del 29/10/2013, prevede l'isolamento e la tombatura della porzione di canale artificiale denominato “Pandi” che lambisce il confine meridionale dell'area Micorosa, e il ricollegamento del tratto di monte e di valle mediante un nuovo canale non confinante con Micorosa e posto a Sud della stessa in aree di proprietà Syndial.

Affinché l'intervento possa essere realizzato, deve essere sottoposto ad approvazione da parte dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia (nel seguito *AdB Puglia*), l'ente preposto alla verifica delle interferenze delle opere e degli interventi a farsi con i vincoli di cui al Piano di Bacino, Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

La medesima AdB Puglia ha espresso le proprie indicazioni in merito al progetto con due note tecniche: la prima del 20.11.2013 e la seconda del 21.03.2014 (riportate in allegato 5), che il presente progetto recepisce completamente. Inoltre Enti locali, Syndial ed i progettisti hanno preso parte ad una serie di incontri (svoltisi nelle date 20.11.2013 e 20.02.2014) per pianificare/elaborare e condividere il progetto.

Il presente documento rappresenta il Progetto Definitivo di spostamento dell'attuale canale Pandi, in conformità con le sopracitate indicazioni degli enti. In particolare il progetto comprende l'analisi idrologica/idraulica e la progettazione della deviazione del canale suddetto e delle opere connesse.

Le funzioni dell'opera sono:

- evitare che le acque di ruscellamento della discarica Micorosa vengano ancora a contatto con il canale Pandi;
- permettere alle acque superficiali pulite provenienti dalla pianura retrostante le proprietà Syndial di alimentare naturalmente l'Oasi protetta.

La relazione si compone delle seguenti parti principali.

- il “Capitolo 3 - Studio idrologico” contiene il calcolo della portate di piena o massime del canale per diversi tempi di ritorno. Il progetto della sezione del nuovo tratto di canale è stato dimensionato sulla base della portata relativa al tempo di ritorno di 200 anni.
- il “Capitolo 4 – Studio idraulico” riporta la metodologia e i risultati dei calcoli della sezione idraulica del nuovo tratto di canale compatibile con la portata di progetto con tempo di ritorno 200 anni.
- il “Capitolo 5 – Descrizione degli interventi” descrive le opere proposte per realizzare lo spostamento del canale.

In allegato sono altresì riportate le sezioni di calcolo con le altezze d'acque nelle diverse condizioni (di fatto e di progetto) (Allegati 1 e 2) e le ulteriori valutazioni fatte dietro espressa richiesta della AdB Puglia, in merito ai calcoli di portata con tempo di ritorno 30 – 500 anni per tutto il canale Pandi (Allegato 3), nonché l'eventuale valutazione d'interferenza dell'opera di diaframmatrice fisica per il tratto di pertinenza di Syndial, con le zone a diverso grado di pericolosità geomorfologica, così come stabilite dal PAI (Allegato 4).

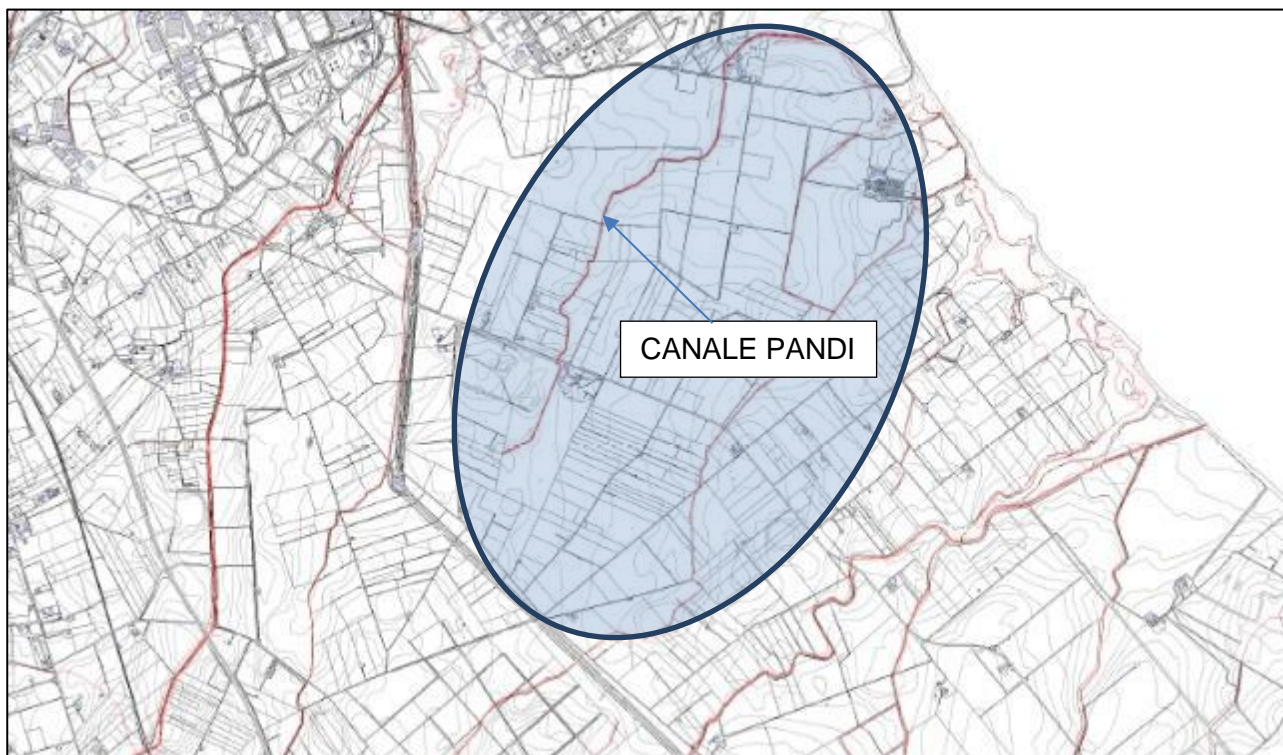
## 2 INQUADRAMENTO GENERALE

### 2.1 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA

Il Canale Pandi è localizzato in un'area prevalentemente agricola a sud dello stabilimento Multisocietario di Brindisi.

In particolare il canale Pandi ha un percorso sud-nord e sfocia attualmente nell'Oasi protetta litoranea alla costa. La morfologia dell'area è caratterizzata da una variazione altimetrica di pochi metri: il bacino imbrifero del canale Pandi ha una differenza di quota di circa 16 metri per uno sviluppo di oltre 4 km.

Nella figura 2.1 è riportato l'inquadramento dell'area sulla Carta Tecnica del Comune di Brindisi.



**Figura 2.1** - Inquadramento dell'area sulla Carta Tecnica del Comune di Brindisi

### 3 STUDIO IDROLOGICO

#### 3.1 PREMESSA

Il presente studio idrologico è finalizzato alla valutazione delle portate massime per assegnati tempi di ritorno  $T$  del bacino del canale Pandi, in funzione della deviazione di un tratto del canale funzionale al miglioramento ambientale dell'area. In particolare la portata caratterizzata dal tempo di ritorno  $T$  di 200 anni sarà adottata quale portata di progetto per la verifica delle condizioni di deflusso nell'attuale tracciato del canale, per il dimensionamento della sezione del tratto in variante del canale Pandi e per la verifica dell'effetto che la variante proposta determina sul tratto invariato del canale.

Fissata la portata di piena di progetto (nel caso specifico definita per  $T = 200$  anni) è, quindi, possibile implementare il modello di calcolo per la verifica delle condizioni di deflusso nella situazione attuale e di progetto e dimensionare le sezioni trasversali del nuovo tratto del canale Pandi e le opere idrauliche diffuse (es. protezione delle sponde) e puntuali (es. protezione sbocchi e imbocchi) eventualmente necessarie.

Su richiesta della Autorità di bacino inoltre, le portate di piena sono state calcolate per tempi di ritorno  $T$  pari a 30, 200 e 500 anni (Allegato 3).

Non avendo a disposizione misure dirette di portata, il calcolo dei valori di piena è stato effettuato per mezzo del modello di trasformazione afflussi-deflussi del Metodo Razionale, con il quale si stima la portata in una qualsiasi sezione di chiusura di un bacino imbrifero conoscendo la pioggia che l'ha generata, oltre ai parametri geomorfologici del bacino in esame.

La pioggia è definita attraverso la curva di possibilità pluviometrica (o climatica) che rappresenta il legame tra la durata e l'altezza della precipitazione.

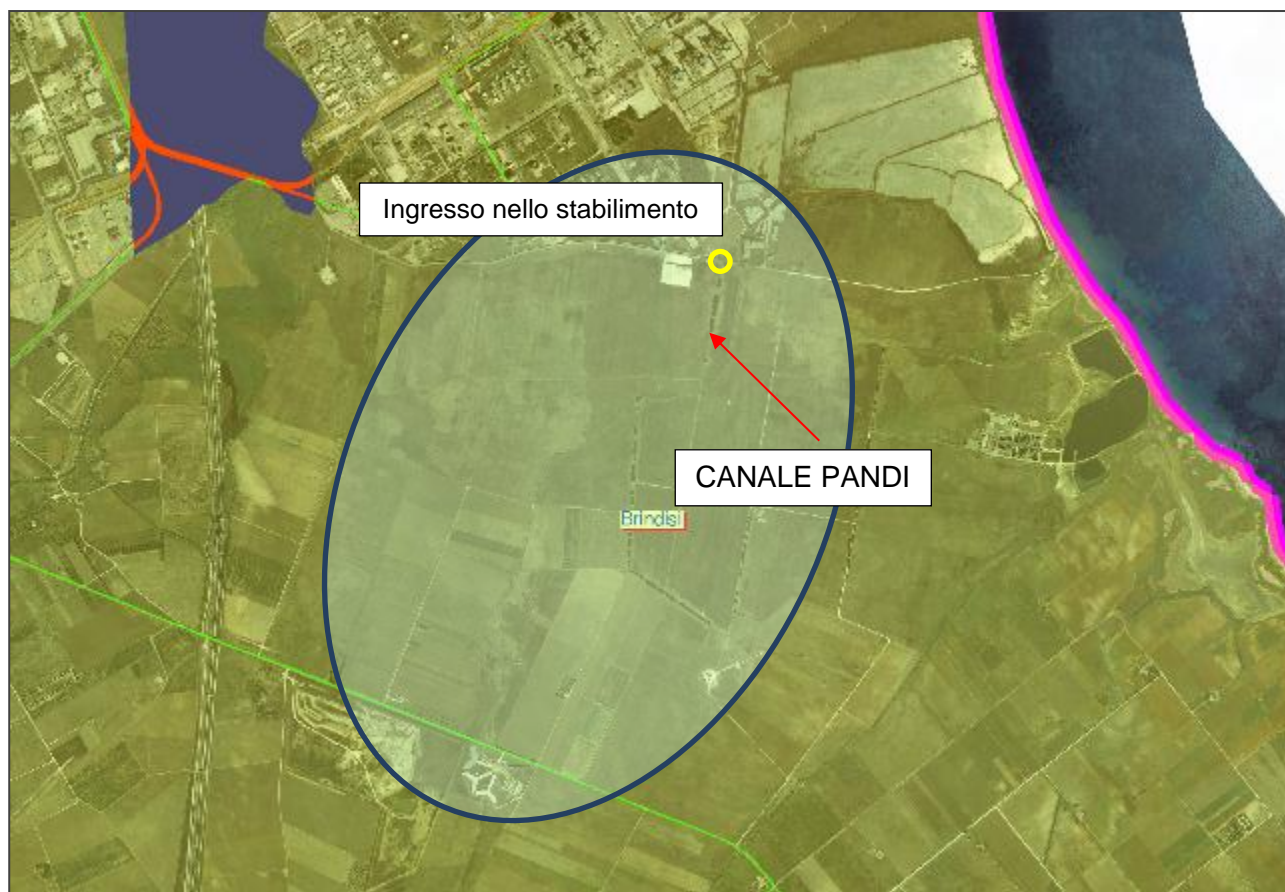
Nota la curva di possibilità pluviometrica, si devono valutare:

- l'altezza di pioggia critica (definita come l'altezza di pioggia per la quale si ha, per un dato bacino imbrifero, il massimo della portata, nell'ipotesi che questa abbia lo stesso tempo di ritorno della pioggia che l'ha generata);
- le perdite idrologiche che, nei bacini naturali e nel caso di modelli di piena, sono dovute essenzialmente ai fenomeni di infiltrazione. Le perdite sono state definite per mezzo del coefficiente d'afflusso  $\phi$  funzione delle caratteristiche del suolo (la sua permeabilità).

#### 3.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio studiato si trova in comune di Brindisi ed è situato a sud dello Stabilimento Multisocietario di Brindisi.

Si riporta di seguito uno stralcio della corografia su Carta Tecnica del Comune (SIT Comune di Brindisi) con indicazione dell'area oggetto dell'intervento.



**Figura 3.1** – Corografia (foto area estratta dal Piano del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino delle Puglia)

Il canale Pandi segue una direzione sud-nord e attraversa, per il tratto di monte, un'area di terreni agricoli per poi entrare all'interno dello stabilimento e sfociare nell'oasi protetta da nord. La lunghezza complessiva è di oltre 2 km e la sezione è naturale in terra ad eccezione dei brevi tratti di attraversamento della viabilità. Nella figura 3.2 è mostrata la sezione del canale in corrispondenza dell'ingresso nello stabilimento (indicato dal cerchio nella precedente figura 3.1).

In riferimento al Piano Stralcio dell'AdB Puglia, non risultano essere state definite aree a rischio idrogeologico per esondazione del canale Pandi.





**Figura 3.2** – Sezione del canale in corrispondenza dell'attraversamento stradale a monte dello stabilimento

### 3.3 CALCOLO DELLE PORTATE

Le portate di piena sono state calcolate considerando diversi tempi di ritorno ( $T = 30, 200$  e  $500$  anni, i valori considerati nella “*Relazione di Piano del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI)*” della *Autorità di Bacino delle Puglia*) e tra queste è stata individuata quella relativa al tempo di ritorno 200 anni quale portata di progetto della sezione del nuovo tratto di canale.

Il calcolo della portata massima in corrispondenza delle sezioni di chiusura è stato eseguito mediante la formula Razionale definita attraverso la semplice relazione:

$$Q_{\max}(t, T) = \frac{C \times i_r(t, T) \times S}{3.6} \quad (3.1)$$

in cui:

14/05/2014

Syndial S.p.A.  
Stabilimento Multisocietario di Brindisi

Rev. 01

- **C** è un coefficiente che tiene conto delle perdite idrologiche e della capacità di laminazione del bacino. Nel caso in esame si è considerata nulla la capacità di laminazione del bacino e il coefficiente C corrisponde al coefficiente d'afflusso  $\phi$ ;
- **$i_r$**  è l'intensità di pioggia ragguagliata funzione del tempo di ritorno e della durata critica della precipitazione in (in mm/ora). La durata critica è assunta uguale al tempo di corrivazione  **$T_c$**  (ore) del bacino;
- **S** è la superficie del bacino (in km<sup>2</sup>).

La formula razionale assume la precipitazione uniformemente distribuita nello spazio e nel tempo. Si fonda sull'uso della curva di possibilità climatica della pioggia ragguagliata all'area e sulle tre seguenti assunzioni fondamentali:

- 1) la portata al colmo **Q** con assegnato tempo di ritorno **T** sia la maggiore tra le portate al colmo di tutti gli eventi di piena a intensità costante ricavati dalla curva di possibilità climatica con tempo di ritorno **T**;
- 2) a parità di tempo di ritorno **T**, la portata al colmo maggiore sia prodotta dall'evento con durata uguale al tempo di corrivazione del bacino;
- 3) la portata al colmo **Q** dell'evento di piena causato da una precipitazione rappresentata da un ietogramma a intensità costante di durata **T<sub>c</sub>** sia proporzionale al prodotto dell'intensità di pioggia ragguagliata  **$i_r$**  e dell'area del bacino **A**, attraverso un coefficiente di proporzionalità **C** che comprende l'effetto delle perdite idrologiche.

La prima assunzione è comune ad altri metodi ed abbastanza aderente alla realtà. Le ultime due assunzioni si possono giustificare schematizzando opportunamente il fenomeno della trasformazione

### 3.3.1 PLUVIOGRAFIA

L'intensità di pioggia **i** è ricavata dalla curva di possibilità climatica che rappresenta il legame tra l'altezza di precipitazione **h** (mm) e la durata **t** (h) della precipitazione stessa fissato un certo tempo di ritorno **T** (anni).

$$h = a \times t^n \quad (3.2)$$

e

$$i = a \times t^{(n-1)} \quad (3.3)$$

Le curve di possibilità climatica di riferimento sono state desunte dalla "**Relazione di Piano del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino della Puglia, cap. VI.3 Studio Idrologico**", a cui si rimanda maggiori approfondimenti in merito alla metodologia di calcolo delle curve.

I valori dei parametri **a** ed **n** per i tempi di ritorno presi in considerazione sono i seguenti:

$T$	$a$	$n (t > 1h)$
30	64.60	0.154
200	97.63	0.154
500	113.58	0.154

**Tabella 3.1** - Valori di  $a$  e  $n$  per i tempi di ritorno  $T = 30, 200$  e  $500$  anni e durata della precipitazione maggiore di 1 ora.

### 3.3.2 CARATTERISTICHE DEL BACINO IDROGRAFICO

#### 3.3.2.1 STATO DI FATTO

Il calcolo delle portate massime nella situazione attuale è stato eseguito considerando l'intero bacino idrografico chiuso alla sezione dell'attraversamento della strada per Pandi a nord.

Tutte le grandezze geo-morfologiche utili per la determinazione della portata al colmo di assegnato tempo di ritorno sono state desunte dalla Carta Tecnica del comune di Brindisi (anno 2003).

Di seguito si riportano le principali caratteristiche morfologiche caratteristiche geometriche del bacino.

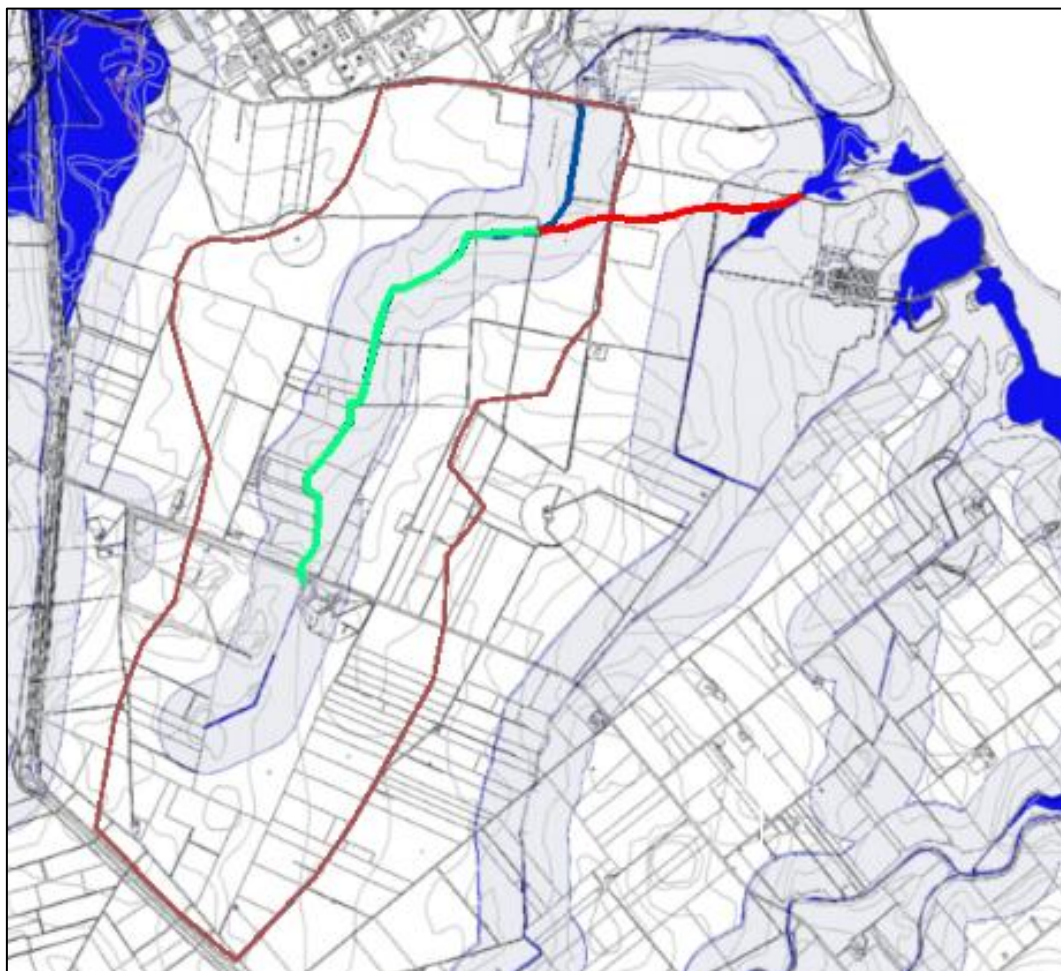
$A$ (km <sup>2</sup> )	$L$ (km)	$H_m$ (m s.l.m.)	$H_0$ (m s.l.m.)	$i$ (m/m)	$p$ (m/m)
2.54	2.13	12.01	4.00	0.0034	0.0067

**Tabella 3.2** - Caratteristiche geometriche del bacino. ( $A$  = area del bacino,  $L$ =lunghezza dell'asta,  $H_m$  = altezza media del bacino riferita alla sezione di chiusura,  $H_0$  = altezza alla sezione di chiusura,  $i$  = pendenza media del canale Pandi,  $p$  = pendenza media dei versanti.)

Il bacino è caratterizzato dai seguenti parametri di forma:

- 1) rapporto di forma  $R_f$  (Horton, 1932) (Moisello, 1998) rapporto tra l'area del bacino e il quadrato della lunghezza dell'asta principale = 0.56;
- 2) rapporto di allungamento  $R_a$  (Schumm, 1956) (Moisello, 1998) rapporto tra il diametro di ugual area del bacino e la lunghezza dell'asta principale = 0.85.

Nella figura 3.3 è individuato il bacino imbrifero del canale Pandi chiuso alla sezione dell'attraversamento della strada per Pandi.



**Figura 3.3** – Perimetrazione del bacino imbrifero del canale Pandi nello stato di fatto (poligono marrone).

### 3.3.2.2 SITUAZIONE DI PROGETTO

Il calcolo delle portate massime nella situazione di progetto è stato eseguito considerando l'intero bacino idrografico chiuso alla sezione di nuova immissione nelle aree umide presenti a est del canale.

Tutte le grandezze geo-morfologiche utili per la determinazione della portata al colmo di assegnato tempo di ritorno sono state desunte dalla Carta Tecnica del comune di Brindisi (anno 2003).

Di seguito si riportano le principali caratteristiche morfologiche caratteristiche geometriche del bacino.

$A$ (km <sup>2</sup> )	$L$ (km)	$H_m$ (m s.l.m.)	$H_0$ (m s.l.m.)	$i$ (m/m)	$p$ (m/m)
2.71	2.55	11.78	1	0.0045	0.0067

**Tabella 3.3** - Caratteristiche geometriche del bacino. ( $A$  = area del bacino,  $L$ =lunghezza dell'asta,  $H_m$  = altezza media del bacino riferita alla sezione di chiusura,  $H_0$  = altezza alla sezione di chiusura,  $i$  = pendenza media del canale Pandi,  $p$  = pendenza media dei versanti.)

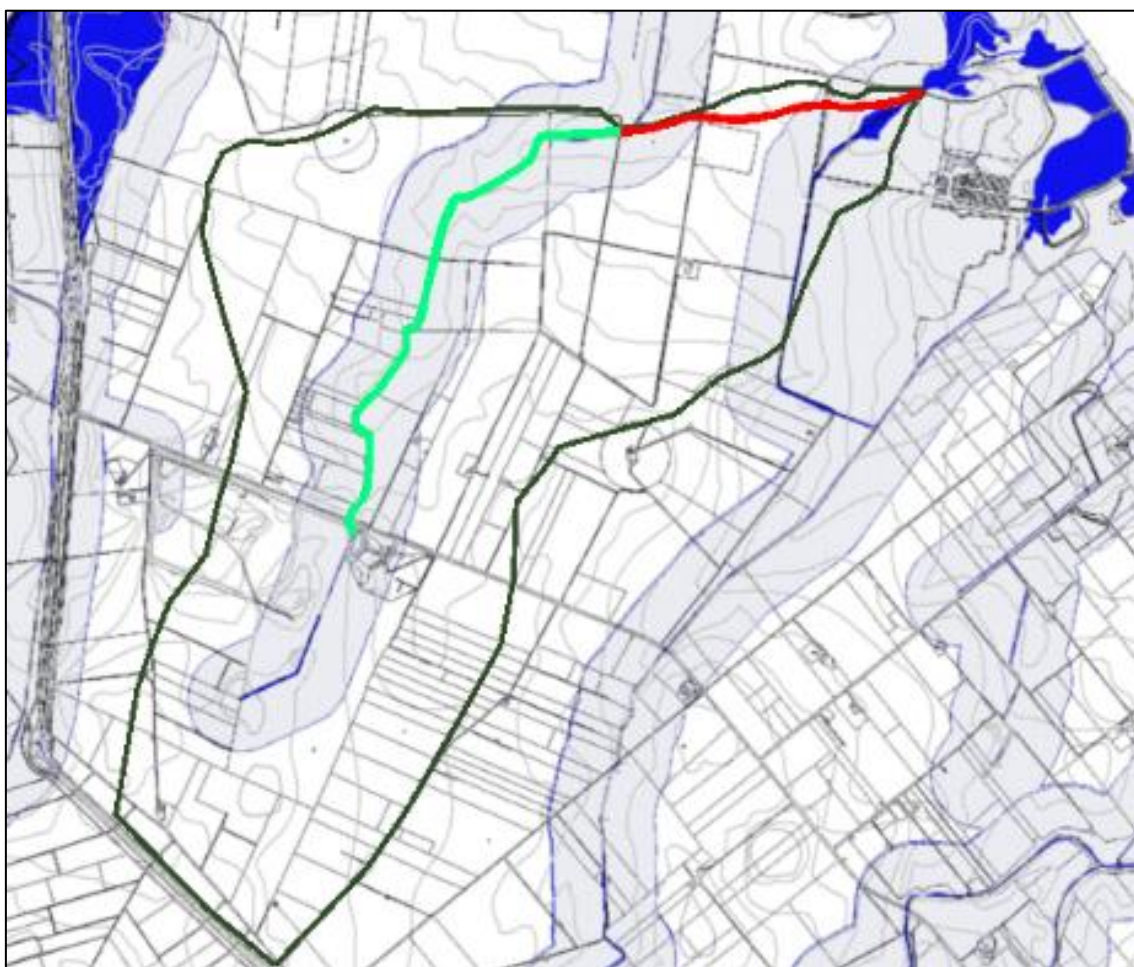
14/05/2014



Il bacino è caratterizzato dai seguenti parametri di forma:

- 1) rapporto di forma  $R_f$  (Horton, 1932) rapporto tra l'area del bacino e il quadrato della lunghezza dell'asta principale = 0.42;
- 2) rapporto di allungamento  $R_a$  (Schumm, 1956) rapporto tra il diametro di ugual area del bacino e la lunghezza dell'asta principale = 0.73.

Nella figura 3.4 è individuato il bacino idrografico del nuovo canale Pandi.



**Figura 3.4** – Perimetrazione del bacino imbrifero del canale Pandi nello stato di progetto (poligono verde).

### 3.3.3 STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Come visto in precedenza, la portata è funzione della precipitazione di durata critica che per ipotesi è posta uguale a tempo di corrivazione del bacino chiuso alla sezione di calcolo.

14/05/2014

Tale parametro, è specifico di ogni bacino e rappresenta il tempo che la particella di acqua più lontana dalla sezione di chiusura del bacino impiega ad arrivare alla sezione di chiusura stessa.

Ovviamente, il tempo di corrivazione non può essere conosciuto con precisione, tuttavia esistono diversi metodi empirici per la sua determinazione. Si è scelto di adottare metodi differenti validi per la situazione in esame e di determinare il tempo di corrivazione di calcolo dalla media dei diversi tempi di corrivazione.

Le espressioni utilizzate sono le seguenti:

Formula di Tournon: $0.396 \times L^{-0.44} \times i^{-0.5} \times A^{0.72} \times r^{0.36}$ per piccoli bacini
Formula U.S. S.C.S: $3.533 \times 10^{-3} \times L^{0.8} \times i^{-0.5} \times (S+25.4)^{0.7}$
Formula di Aronica: $(4.94 \times A^{0.5} + 1.5 \times L) / (0.8 \times H_M^{0.5})$
Formula di Puglisi: $6.0 \times L^{0.67} \times H_M^{-0.33}$
Formula di Pezzoli: $0.055 \times L \times i^{0.5}$

**Tabella 3.4** – Formule utilizzate per il calcolo del tempo di corrivazione del bacino del canale Pandi.

dove:

- $T_c$  tempo di corrivazione (ore);
- $A$  area del bacino ( $\text{km}^2$ );
- $L$  lunghezza dell'asta principale (km);
- $i$  pendenza della rete di drenaggio (m/m) (qui considerata come pendenza del canale Pandi);
- $r = i/p$  rapporto tra la pendenza della rete e la pendenza media dei versanti.

Il tempo di corrivazione del bacino in esame vale 3.85 h nella situazione attuale per l'intero bacino e di 3.22 h per il bacino chiuso alla sezione di inizio della deviazione in progetto.

Nella situazione di progetto il tempo di corrivazione dell'intero bacino è risultato pari a 3.53 h.

### 3.3.4 PERDITE IDROLOGICHE

Le perdite idrologiche sono rappresentate in misura globale attraverso il coefficiente d'afflusso  $\varphi$ . La sua determinazione è però molto delicata, poiché dipende dalle caratteristiche del terreno di infiltrabilità, percolazione, ritenzione e variano anche in funzione dell'intensità di pioggia e della sua durata.

Un metodo per stimare il coefficiente  $\varphi$  è mediante il numero di curva. In tal caso:

$$\varphi = \frac{H_n}{H} \quad (3.5)$$

Si definisce, mediante apposite tabelle dell'**USCS**, il numero di curva **CN** in funzione dell'uso del suolo, del tipo di drenaggio delle condizioni idrologiche e del tipo di terreno. Si ricava quindi la capacità di ricarica del terreno  $F_s$ , che rappresenta l'altezza di pioggia immagazzinabile nel terreno:

$$F_s = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3.6)$$

Il metodo del numero di curva ipotizza che il deflusso diretto abbia inizio solo dopo che si è verificata una perdita iniziale:

$$I_a = 0,2 \times F_s \quad (3.7)$$

$$H_n = \frac{H - F_s^2}{H + 0,8 F_s} \quad (3.8)$$

Ricavata l'altezza di pioggia netta, si divide per quella raggiunta e si ottiene il valore del coefficiente d'afflusso  $\phi$ .

Poiché il bacino è di dimensioni contenute si è ritenuto di porre il coefficiente di ragguglio all'area pari a 1.

Il Soil Conservation Service degli Stati Uniti (SCS) ha caratterizzato la permeabilità dei terreni con un numero, "Runoff Curve Number", compreso tra 0 e 100 ed ha indicato come questo vada variando, per un assegnato grado di umidità del terreno, in funzione del tipo di suolo, di uso del suolo, delle pratiche agricole ivi adottate e delle condizioni di drenaggio. Esso decresce all'aumentare della permeabilità del suolo, con valore 100, per un suolo completamente impermeabile, e con valore 0, per un suolo totalmente permeabile. Recentemente si è effettuato uno studio che ha permesso di riferire i valori di **CN** a colture più tipicamente italiane.

Si riportano di seguito le tabelle utilizzate per il calcolo del **CN**. Tali tabelle mettono in relazione le unità idrogeologiche della Regione Campania con quelli individuati dello SCS, e le classi di copertura proposte dallo SCS e l'uso del suolo dell'I.N.E.A.. Sono ivi riportate solo sette delle dieci classi di uso del suolo indicate dal SCS poiché solo per queste esiste la corrispondenza con la Carta dell'Utilizzazione Agricola del suolo dell'I.N.E.A.

Land use or cover (SCS, 1972) Uso del Suolo	Uso del Suolo (I.N.E.A.)
Row crops (Colture a solchi)	Colture temporanee associate a colture permanenti
	Frutteti e frutti minori non irrigui
	Frutteti e frutti minori irrigui
	Vigneti irrigui
	Vigneti non irrigui
Close-seeded legumes or rotation meadow (Legumi seminati folti o prati in rotazione)	Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo
	Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile
	Colture orticole a ciclo primaverile-estivo
Pasture or range (Pascoli)	Prati stabili non irrigui
	Prati stabili irrigui
Meadow (Prati permanenti)	Seminativi in aree non irrigue
	Sistemi colturali e particellari complessi
Woodlands (Boschi)	Zone boscate
	Aree agroforestali
	Oliveti irrigui
	Oliveti non irrigui
Farmsteads (Aziende agricole)	Aree agricole con presenza di spazi naturali
Roads, hard-surface (Strade pavimentate e aree praticamente impermeabili)	Aree urbane
	Bacini di acqua
	Colture in serra e sotto plastica
	Risaie
	Zone umide

**Tabella 3.5** – Corrispondenza tra classi di copertura SCS e l'uso del suolo I.N.E.A.

In base alle tabelle 3.5 e 3.6 i suoli vengono classificati dal punto di vista della possibilità di infiltrazione in quattro gruppi:

- A: suoli con elevato tasso d'infiltrazione
- B: suoli con un moderato tasso d'infiltrazione
- C: suoli con un basso tasso d'infiltrazione
- D: suoli con un bassissimo tasso d'infiltrazione

Le caratteristiche di permeabilità della zona in esame sono da ritenere appartenenti al gruppo B – suoli con un moderato tasso d'infiltrazione.

Uso del Suolo	Drenaggio	Condizioni Idrologiche	Numero di Curva			
			Tipo di terreno A   B   C   D			
RESIDENZIALE						
Zone urbane e	Area imp. 85%		89	92	94	95
Zone industriali	Area imp. 72%		81	88	91	93
Case a schiera	Area imp. 65%		77	85	90	92
Ville	Area imp. 25%		54	70	80	85
Parcheggi			98	98	98	98
Parchi	Cop. a verde 75 %		39	71	74	80
Strade pavimentate	Cunette e fognatura		98	98	98	98
Strade in macadam			76	85	89	91
Strade Sterrate			72	82	87	89
AGRICOLA						
Prato stabile			77	86	91	94
Seminativo	Solchi a rittochino	cattive	65	76	84	88
Seminativo	Solchi a rittochino	buone	63	75	83	87
Seminativo	Solchi a traversochino	cattive	63	74	82	85
Seminativo	Solchi a traversochino	buone	61	73	81	84
Seminativo	Terrazzato (a strisce)	cattive	61	72	79	82
Seminativo	Terrazzato (a strisce)	buone	59	70	78	81
Pascolo		cattive	68	79	86	89
Pascolo		discrete	49	69	79	84
Pascolo		buone	39	71	64	80
Erbaio			30	58	71	78
Terreno Boschivo		cattive	45	66	77	83
Terreno Boschivo		discrete	36	60	73	79
Terreno Boschivo		buone	25	55	70	77

**Tabella 3.6** – Valori del numero di curva (Runoff Curve Number) per la classe II di umidità iniziale

Nell'ipotesi che il suolo sia coltivato si è stabilito un valore del **CN uguale a 80** (valore ragionevolmente cautelativo per il calcolo delle perdite nelle condizioni del bacino indagato).

### 3.3.5 PORTATE DI PIENA

Per mezzo della formula razionale (3.1) e in funzione della precipitazione critica e delle perdite idrologiche (determinate attraverso il coefficiente  $\varphi$ ) sono state calcolate le portate massime nel canale Pandi nelle diverse sezioni di chiusura e nelle diverse condizioni esaminate (stato di fatto e di progetto) per il tempo di ritorno pari a 200 anni.

$T_c$ (ore)	$h$ ( $T = 200$ anni) (mm)	$CN = 80; I = 0.2S$		
		$\varphi$	$Q$ ( $T = 200$ anni) ( $m^3/s$ )	$U$ $m^3/skm^2$
<b>3.22</b>	<b>117.56</b>	<b>0.56</b>	<b>11.35</b>	<b>4.19</b>

**Tabella 3.7** – Stato di fatto - Portata di piena per  $T = 200$  anni nel Canale Pandi alla sezione di chiusura individuata nella sezione di inizio della deviazione in progetto.

$T_c$ (ore)	$h$ ( $T = 200$ anni) (mm)	$CN = 80; I = 0.2S$		
		$\varphi$	$Q$ ( $T = 200$ anni) ( $m^3/s$ )	$U$ $m^3/skm^2$
<b>3.85</b>	<b>120.10</b>	<b>0.56</b>	<b>12.36</b>	<b>4.87</b>

**Tabella 3.8** – Stato di fatto - Portata di piena per  $T = 200$  anni nel Canale Pandi alla sezione di chiusura individuata nella sezione in corrispondenza dell'attuale attraversamento della strada per Pandi

$T_c$ (ore)	$h$ ( $T = 200$ anni) (mm)	$CN = 80; I = 0.2S$		
		$\varphi$	$Q$ ( $T = 200$ anni) ( $m^3/s$ )	$U$ $m^3/skm^2$
<b>3.53</b>	<b>119.27</b>	<b>0.56</b>	<b>14.42</b>	<b>3.53</b>

**Tabella 3.9** – Stato di progetto - Portata di piena per  $T = 200$  anni nel Canale Pandi alla sezione di chiusura in corrispondenza dell'immissione nella zona umida esistente.

- $T$  tempo di ritorno,
- $\varphi$  coefficiente d'afflusso calcolato in funzione di  $CN$ ,
- $h$  altezza di pioggia per la durata critica pari a **3.22 ore**,
- $Q$  portata massima.

La portata  $Q_p$  di dimensionamento idraulico delle sezioni del canale in progetto, caratterizzata dal tempo di ritorno  $T = 200$  anni, è uguale a **14.42  $m^3/s$** .

### 3.4 DRENAGGIO DEL BACINO RESIDUO

Per dismettere il tratto di canale Pandi e consentire nel contempo il drenaggio completo **del bacino imbrifero**, occorre aprire, oltre al nuovo tratto di canale, anche un ulteriore nuovo canale in terra – **canale di gronda** - che raccoglierà e scaricherà le acque del bacino residuo nel tratto in variante del canale Pandi, circa 200 m a monte della zona umida.

La superficie del bacino residuo che deve essere drenata è pari a circa 0.32 km<sup>2</sup>.

Il canale di gronda è ubicato in parte a ridosso del diaframma impermeabile previsto nel progetto Syndial. La posizione del canale di gronda è riportata nella tavola 2 di progetto.

Utilizzando la medesima metodologia di calcolo, si è stabilita la portata di piena con tempo di ritorno 200 anni, per il dimensionamento del canale di gronda.

$T_c$ (ore)	$h$ ( $T = 200$ anni) (mm)	$CN = 80; I = 0.2S$		
		$\phi$	$Q$ ( $T = 200$ anni) (m <sup>3</sup> /s)	$U$ m <sup>3</sup> /skm <sup>2</sup>
<b>1.27</b>	<b>101.33</b>	<b>0.51</b>	<b>3.56</b>	<b>11.26</b>

**Tabella 3.10** – Portata di piena per  $T = 200$  anni nel Canale di gronda alla sezione di chiusura



## 4 STUDIO IDRAULICO

### 4.1 PREMESSA

Nel presente capitolo della relazione si espongono la metodologia e i risultati del calcolo della sezione idraulica del nuovo tratto del canale Prandi, compatibile con la portata di piena di progetto caratterizzata dal tempo di ritorno 200 anni. Inoltre, si riportano la metodologia e i risultati delle simulazioni idrauliche che hanno consentito di verificare gli effetti della deviazione in progetto rispetto allo stato di fatto.

Viste le caratteristiche considerevolmente omogenee del tracciato del canale in progetto, si è prevista un'unica tipologia di sezione e quindi il calcolo della capacità è stato eseguito per determinare in modo univoco le caratteristiche geometriche.

La portata di dimensionamento è stata calcolata attraverso un'analisi idrologica i cui risultati sono riportati nel capitolo precedente. Le portate calcolate sono riportate nella tabella 4.1

$T$	(anni)	200
$Q$	(m <sup>3</sup> /s)	14.42

**Tabella 4.1** – Portate di piena relative ai diversi tempi di ritorno considerati nello studio idrologico.

### 4.2 IPOTESI DI TRACCIATO DEL CANALE

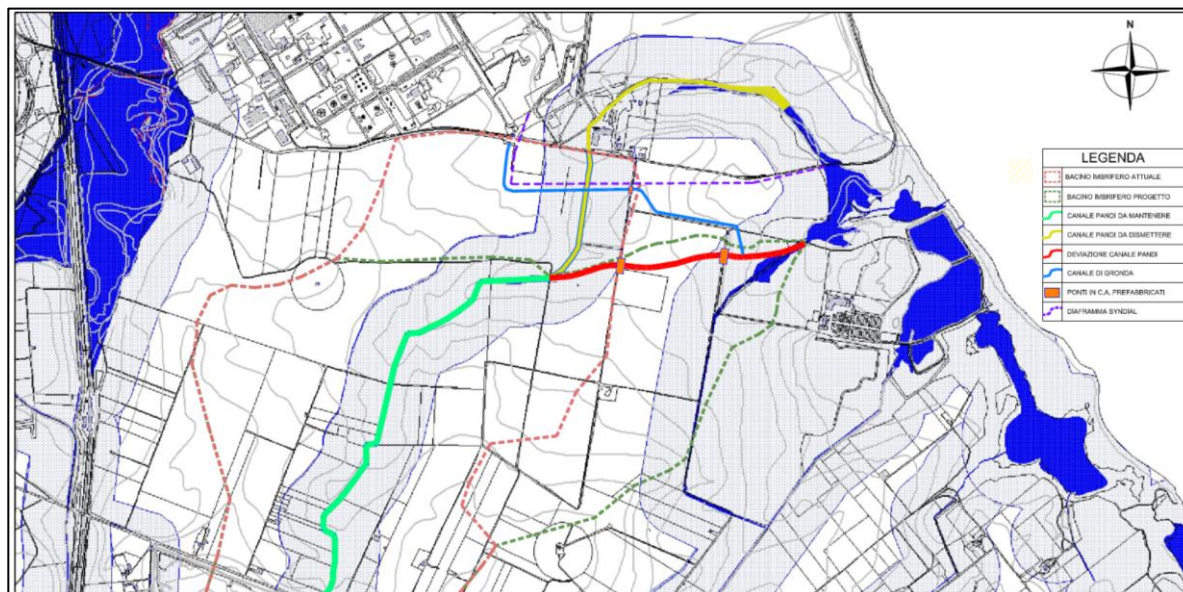
Nella figura 4.1 seguente è riportato un estratto della tavola 1 di progetto nella quale è identificato il percorso del nuovo canale Prandi nell'ipotesi progettuale proposta.

Il canale ha origine in corrispondenza della sezione (identificata con il numero 74) in cui l'attuale canale Pandi compie una curva a circa 90° passando da una direzione ovest-est a una direzione sud-nord. Il nuovo alveo del canale avrà inizio immediatamente a valle dell'attuale attraversamento della strada esistente.

Il percorso è leggermente sinuoso per seguire nella misura migliore l'andamento altimetrico del terreno e affinché attraversi solamente i terreni di proprietà Syndial.

Lo sbocco del canale avviene dopo circa 880 metri in corrispondenza della zona umida esistente (in blu nella figura) che si raccorda con l'Oasi protetta.





**Figura 4.1** - Tracciato del canale in progetto (in colore rosso) (estratto della Tavola 1 allegata al progetto).

### 4.3 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

In questo paragrafo è riportato il dimensionamento idraulico della sezione della deviazione del canale Pandi. La forma e la dimensione delle sezioni dei canali deve rispondere alle seguenti esigenze:

- consentire il trasferimento della portata lungo tutto il percorso rispettando il franco di sicurezza assegnato;
- essere stabile, cioè mantenere la sua forma e dimensione resistendo all'azione di trascinalimento esercitata sul contorno dal passaggio della portata;
- rispettare le esigenze economiche di minimizzare il costo complessivo di costruzione e gestione.

Il dimensionamento è stato eseguito utilizzando la formula di Chezy, valida nell'ipotesi di moto uniforme per il quale le variabili idrauliche sono costanti nel tempo e nello spazio. La formula ha la seguente espressione:

$$Q = A \times \chi \times \sqrt{R \times i} \quad (4.1)$$

dove:

**Q:** portata di dimensionamento ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

**A:** area bagnata ( $\text{m}^2$ );

**$\chi$ :** coefficiente dimensionale di Chezy ( $\text{m}^{1/2} \text{s}^{-1}$ );

**R:** raggio idraulico (m) = al rapporto tra l'area bagnata e il contorno bagnato ( $A/C$ );

**i:** pendenza del fondo del canale (m/m).

Solitamente per esprimere  $\chi$  si utilizzano formule di tipo monomio; le più usate sono quella di Gauckler-Strickler

$$\chi = K \times R^{1/6} \quad (4.2a)$$

e quella di Manning, del tutto equivalente,

$$\chi = \frac{1}{n} \times R^{1/6} \quad (4.2b)$$

I valori di  $K$  (o di  $n$ ) dipendono dalle caratteristiche del contorno.

Ottimizzare la forma della sezione, dal punto di vista dell'efficienza idraulica, significa trovare quella che, a parità di area, ha il minimo contorno bagnato, cioè il massimo raggio idraulico. Per sezioni aperte la forma è quella semicircolare, ma la difficoltà di realizzare in modo semplice questa forma, e soprattutto di mantenerla nel tempo, fa sì che essa, in pratica, non sia mai utilizzata.

La forma comunemente utilizzata è invece la **trapezia (isoscele)** definita mediante due parametri:

- la larghezza di cunetta (base minore)  **$b$** , che costituisce il fondo;
- la pendenza delle sponde, individuata dalla tangente dell'angolo  **$\theta$**  formato con l'orizzontale, o dalla scarpa  **$s = dx/dy = \text{ctg}(\theta)$** .

La scarpa delle sponde dipende dalle caratteristiche del terreno nel quale verrà scavato il canale, in pratica dal suo angolo di attrito interno  $\varphi$  che ne definisce la resistenza al taglio. Una pendenza delle sponde a cui corrisponda un valore di  $\theta$  superiore a  $\varphi$  comporta l'instabilità della sponda. L'angolo di attrito interno dipende dalla forma e dalla dimensione delle particelle (definita dalla granulometria), che definisce la loro interconnessione e l'attrito tra di esse, e dalla coesione. La resistenza al taglio dipende poi fortemente dall'umidità del terreno. Un esempio di valori massimi consigliati per la scarpata dei canali in terra è rappresentato in Tabella 4.2.

Natura del terreno	$s = dx/dy$
sabbioso- argilloso	3/1
medio impasto-limoso	2/1
medio impasto-argilloso	1.5/1
argilloso	1/1

**Tabella 4.2** - Valore massimo consigliato dall'USBR per la scarpa  $s$  dei canali in terra di sezione trapezia (da Withers e Vipond).

#### 4.3.1 DATI DI PROGETTO

Come visto in precedenza, la portata di progetto della sezione del canale è quella con tempo di ritorno 200 anni derivata dallo studio idrologico. La portata è uguale a  $14.42 \text{ m}^3/\text{s}$ .

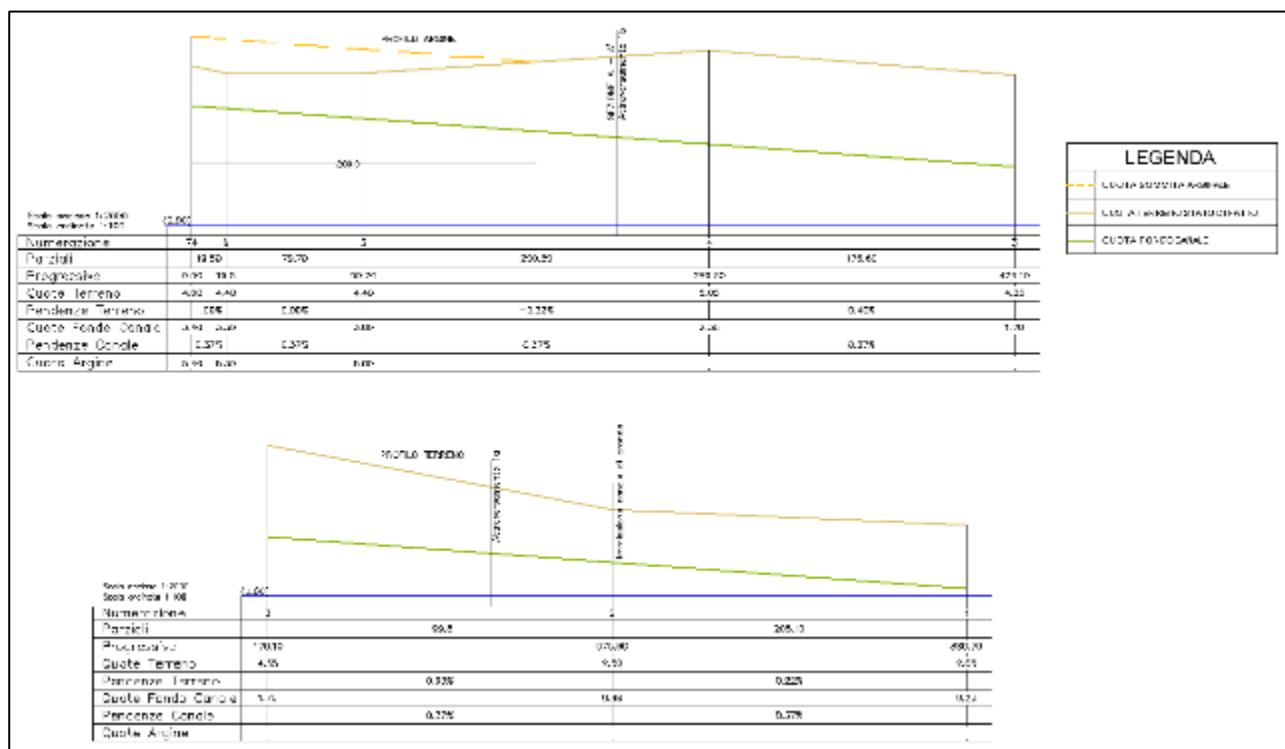
La forma della sezione è stata scelta trapezia isoscele con base minore **b** pari a 8.0 m e scarpa **s** pari a 1/1.

La scelta della larghezza di base è stata fatta da un lato in funzione di una minore altezza d'acqua connessa con la portata di progetto (T=200 anni), dall'altro per garantire una sufficiente sezione bagnata in grado di garantire il deflusso della portata di progetto anche nel caso di crescita della vegetazione in alveo. Questa ipotesi è estremamente cautelativa dal momento che dovrà essere prevista una regolare manutenzione dell'alveo del canale.

Il valore della scarpa è maggiore rispetto a quello relativo ad un suolo di tipo sabbioso argilloso indicato nella tabella precedente; tuttavia per evitare larghezze superficiali eccessive e dovendo comunque prevedere un'impermeabilizzazione del contorno del canale con funzione anche di rinforzo si è scelto il valore di progetto indicato.

Il valore dell'indice di scabrezza **n** è stato assunto pari a **0.033** ( $\text{m}^{(1/2)} \text{ s}^{-1}$ ) valido per canali in terra con un rivestimento che non impedisce la crescita della vegetazione (ad esempio geo-griglie).

La pendenza **i** del fondo del canale è stata posta uguale a **0.0037** m/m che rappresenta il valore medio del tratto. Nella figura 4.2 si riporta il profilo longitudinale del terreno e del fondo del canale. Il profilo di progetto è riportato nella tavola 4 allegata.



**Figura 4.2** – Profilo nell'ipotesi analizzata di pendenza del canale uguale alla pendenza media del terreno.

Nella tabella 4.3 sono riassunti i dati di dimensionamento e verifica idraulica del canale.

<b>Q</b>	(m <sup>3</sup> /s)	14.42	portata
<b>b</b>	(m)	8.00	larghezza base minore
<b>n</b>	(m <sup>-1/2</sup> s <sup>1</sup> )	0.033	indice di scabrezza di Manning
<b>i</b>	(m/m)	0.0037	pendenza del fondo
<b>p</b>	(m/m)	1.00	scarpa sponde H/V

**Tabella 4.3** – Dati di progetto del canale

## 4.4 RISULTATI

I risultati del dimensionamento della deviazione del canale Pandi sono riassunti nella tabella 4.4 seguente.

<b>Q</b>	(m <sup>3</sup> /s)	14.42	portata
<b>h</b>	(m)	0.99	altezza d'acqua
<b>A</b>	(m <sup>2</sup> )	8.90	area bagnata
<b>C</b>	(m)	10.80	contorno bagnato
<b>R</b>	(m)	0.82	raggio idraulico

14/05/2014

$L$ (m)	9.98	larghezza superficiale
$V$ (m/s)	<b>1.62</b>	<b>velocità media</b>
$Fr$ (–)	0.55	numero di Froude
$\tau$ (N/m <sup>2</sup> )	29.91	sforzo tangenziale medio

**Tabella 4.4** – Risultati del dimensionamento del canale per la portata con  $T = 200$  anni.

Per la portata di progetto 14.42 m<sup>3</sup>/s si verifica un'altezza d'acqua  $h$  pari a 0.99 m e una velocità media  $V$  della corrente uguale a 1.62 m/s. La velocità è compatibile nel caso di impermeabilizzazione e di controllo dell'erosione del contorno della sezione.<sup>1</sup>

Nelle seguenti figure 4.3a, 4.3b e 4.3c sono illustrate rispettivamente la scala delle portate del canale, la scala delle velocità e la scala degli sforzi tangenziali medi alla parete dovuti alla corrente considerata esclusivamente liquida e quindi priva di materiale solido.

Dalla figura 4.3a è possibile determinare l'altezza d'acqua per le portate calcolate per i diversi tempi di ritorno scelti. Ad esempio, per  $T = 30$  anni la portata è uguale a 7.20 m<sup>3</sup>/s e l'altezza d'acqua corrispondente ricavata dal grafico di figura 4.1a è uguale a circa 0.65 m. Dalla figura 4.3b si ricava la velocità media della corrente uguale a circa 1.27 m/s.

Per consentire un deflusso più efficace della portata di magra si è deciso di modellare la sezione del canale assegnando al fondo una pendenza trasversale del 2%. In questo modo si crea una zona più bassa della sezione a circa 2 m dalla sponda in destra idrografica nella quale la portata di magra può defluire con velocità maggiore (il vertice è stato progettato a circa 1.80 m dalla sponda destra).

Dal momento che la forma della sezione è leggermente differente dalla forma trapezia, le scale delle portate, delle velocità e degli sforzi tangenziali, ricavate per sezione trapezia e riportate nelle figure seguenti, sono solo indicative della situazione reale. Tuttavia, vista la modesta variazione della forma del canale, sono da ritenersi attendibili.

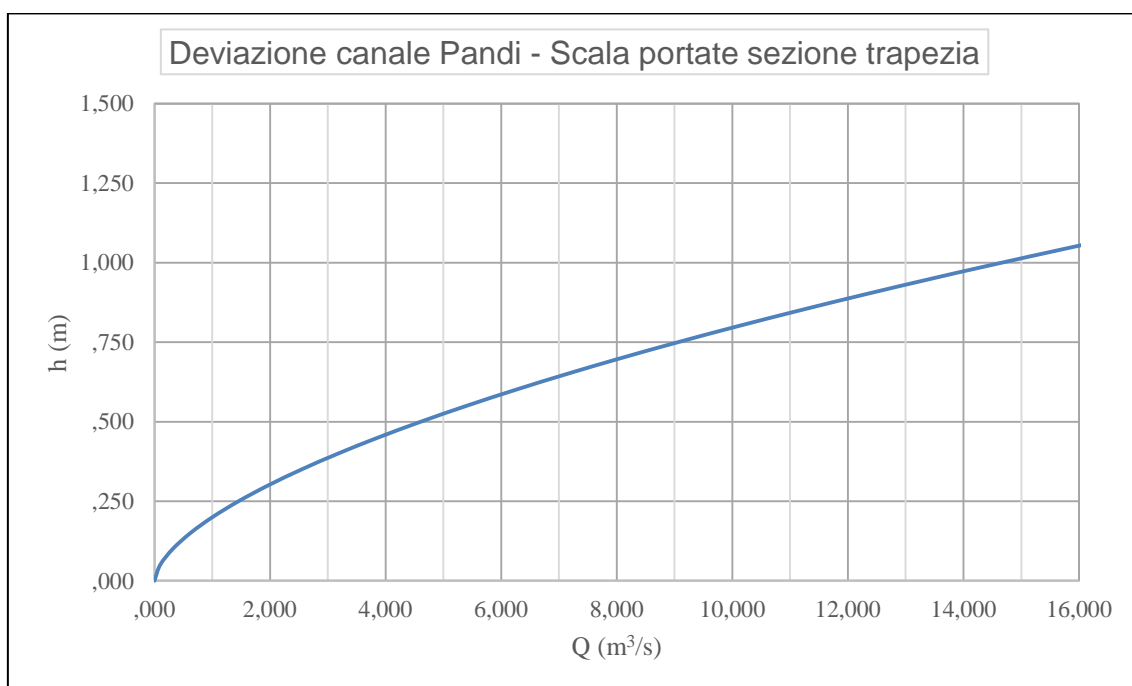
In corrispondenza degli attraversamenti stradali la sezione presenta, in asse allo scatolare in destra idrografica e allineata al vertice della sezione del canale, una canaletta di magra di altezza 0,10 m e larghezza 2 m (rif. Tavola 05 e Tavola 06, Tabella 4.5). La portata massima transitante con tirante pari alla profondità della canaletta è circa 170 l/s. Le golene laterali avranno una lieve pendenza verso la canaletta, così da agevolare il deflusso in quella direzione.

$h$ (m)	0.10
$L$ (m)	2.00
$A$ (m <sup>2</sup> )	0.21
$P$ (m)	2.283

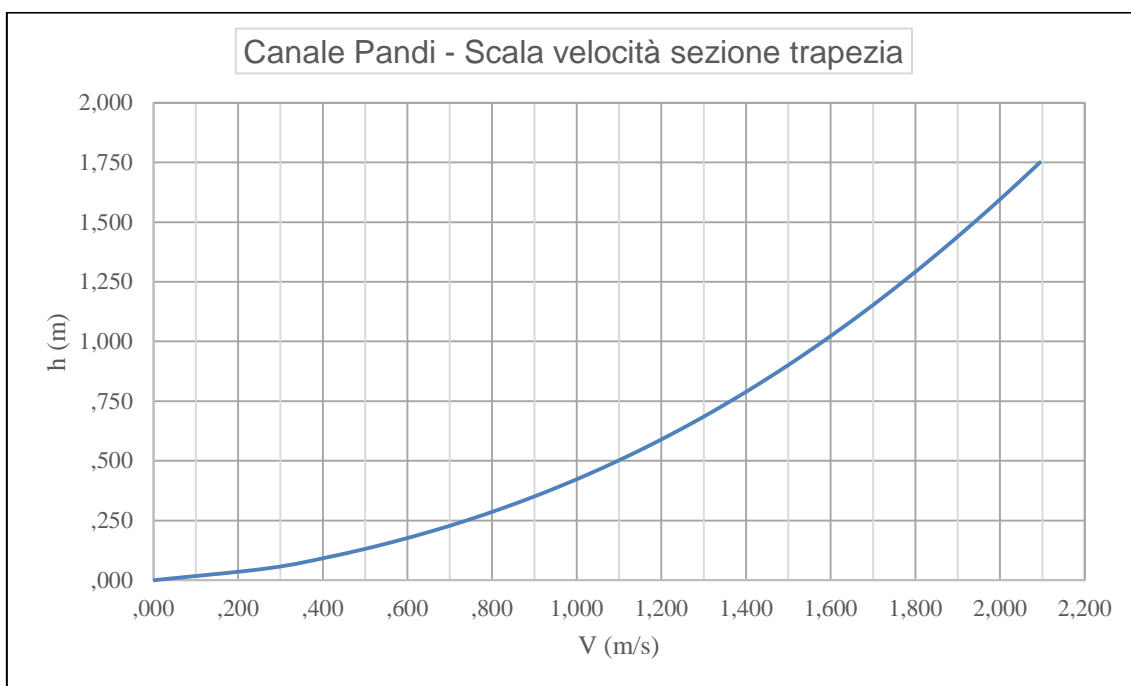
<sup>1</sup> Come valori medi indicativi per  $V_{max}$  si può assumere un limite superiore di 0.6 ÷ 0.8 (ms<sup>-1</sup>) per canali in terra e di 1.8 ÷ 2 (ms<sup>-1</sup>) per canali rivestiti

$R$ (m)	0.092
$K_s$ ( $m^{1/3}s^{-1}$ )	65
$i$ (m/m)	0.0037
$Q$ ( $m^3/s$ )	0.170

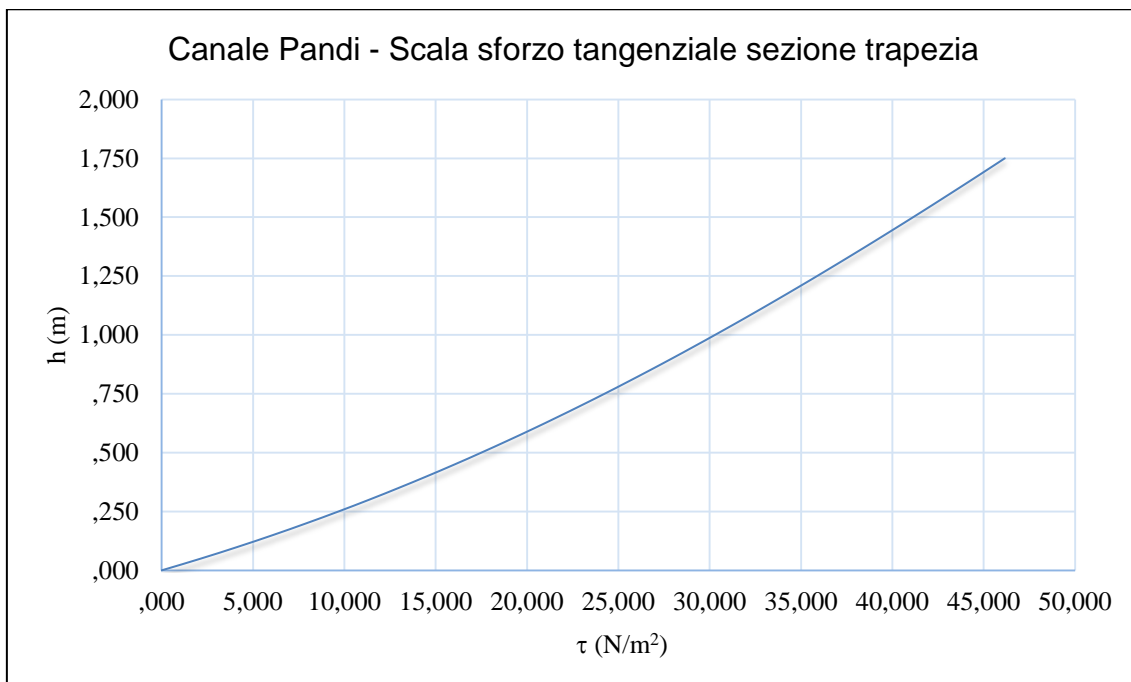
**Tabella 4.5** – Caratteristiche idrauliche in corrispondenza dello scatorale



**Figura 4.3a** – Scala delle portate di moto uniforme.



**Figura 4.3b** – Scala delle velocità medie



**Figura 4.3c** – Scala degli sforzi tangenziali alla parete

## 4.5 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DEL CANALE DI GRONDA

In questo paragrafo è riportato il dimensionamento idraulico della sezione del canale di gronda. Le considerazioni per il dimensionamento sono le medesime fatte nei paragrafi precedenti riguardanti la deviazione del canale Pandi, ossia:

- consentire il trasferimento della portata lungo tutto il percorso rispettando il franco di sicurezza assegnato;
- essere stabile, cioè mantenere la sua forma e dimensione resistendo all'azione di trascinamento esercitata sul contorno dal passaggio della portata;
- rispettare le esigenze economiche di minimizzare il costo complessivo di costruzione e gestione.

Il dimensionamento è stato eseguito utilizzando la formula di Chezy, valida nell'ipotesi di moto uniforme.

<b>Q</b>	(m <sup>3</sup> /s)	3.56	portata
<b>b</b>	(m)	2.00	larghezza base minore
<b>n</b>	(m <sup>-1/2</sup> s <sup>1</sup> )	0.033	indice di scabrezza di Manning
<b>i</b>	(m/m)	0.002	pendenza del fondo
<b>p</b>	(m/m)	1.00	scarpa sponde H/V

**Tabella 4.6** – Dati di progetto del canale di gronda

<b>Q</b>	(m <sup>3</sup> /s)	<b>3.56</b>	<b>portata</b>
<b>h</b>	(m)	1.05	<b>altezza d'acqua</b>
<b>A</b>	(m <sup>2</sup> )	3.20	area bagnata
<b>C</b>	(m)	4.97	contorno bagnato
<b>R</b>	(m)	0.64	raggio idraulico
<b>L</b>	(m)	4.10	larghezza superficiale
<b>V</b>	(m/s)	1.11	<b>velocità media</b>
<b>Fr</b>	(--)	0.40	numero di Froude
<b>τ</b>	(N/m <sup>2</sup> )	12.64	sforzo tangenziale medio

**Tabella 4.7** – Risultati del dimensionamento del canale di gronda per la portata con  $T = 200$  anni.

Il progetto prevede di immettere nel canale Pandi la portata drenata dal canale di gronda. L'aumento di portata, pari alla somma delle portate di progetto, ossia 17.98 m<sup>3</sup>/s, ha reso necessario un adattamento della sezione del canale, esclusivamente a valle della immissione del canale ausiliario.

Si riportano i risultati del dimensionamento eseguito con la formula di Chezy nell'ipotesi di moto uniforme.



<b>Q</b>	(m <sup>3</sup> /s)	17.98	portata
<b>b</b>	(m)	9.50	larghezza base minore
<b>n</b>	(m <sup>-1/2</sup> s <sup>1</sup> )	0.033	indice di scabrezza di Manning
<b>i</b>	(m/m)	0.0037	pendenza del fondo
<b>p</b>	(m/m)	1.00	scarpa sponde H/V

**Tabella 4.8** – Dati di progetto del canale di gronda

<b>Q</b>	(m <sup>3</sup> /s)	<b>17.98</b>	<b>portata</b>
<b>h</b>	(m)	1.02	<b>altezza d'acqua</b>
<b>A</b>	(m <sup>2</sup> )	10.73	area bagnata
<b>C</b>	(m)	12.36	contorno bagnato
<b>R</b>	(m)	0.87	raggio idraulico
<b>L</b>	(m)	11.54	larghezza superficiale
<b>V</b>	(m/s)	1.68	<b>velocità media</b>
<b>Fr</b>	(--)	0.56	numero di Froude
<b>τ</b>	(N/m <sup>2</sup> )	31.51	sforzo tangenziale medio

**Tabella 4.9** – Risultati del dimensionamento del canale di gronda per la portata con  $T = 200$  anni.

Si osserva che l'altezza di moto uniforme nel canale Pandi è inferiore all'altezza di moto uniforme nel canale di gronda, condizione che evita eventuali rigurgiti e aumenti di tirante nel canale ausiliario.

Anche il canale di gronda sarà realizzato in modo da favorire lo scorrimento della portata di magra al centro della sezione, assegnando al fondo una pendenza trasversale del 2%.

## 4.6 VERIFICHE IDRAULICHE

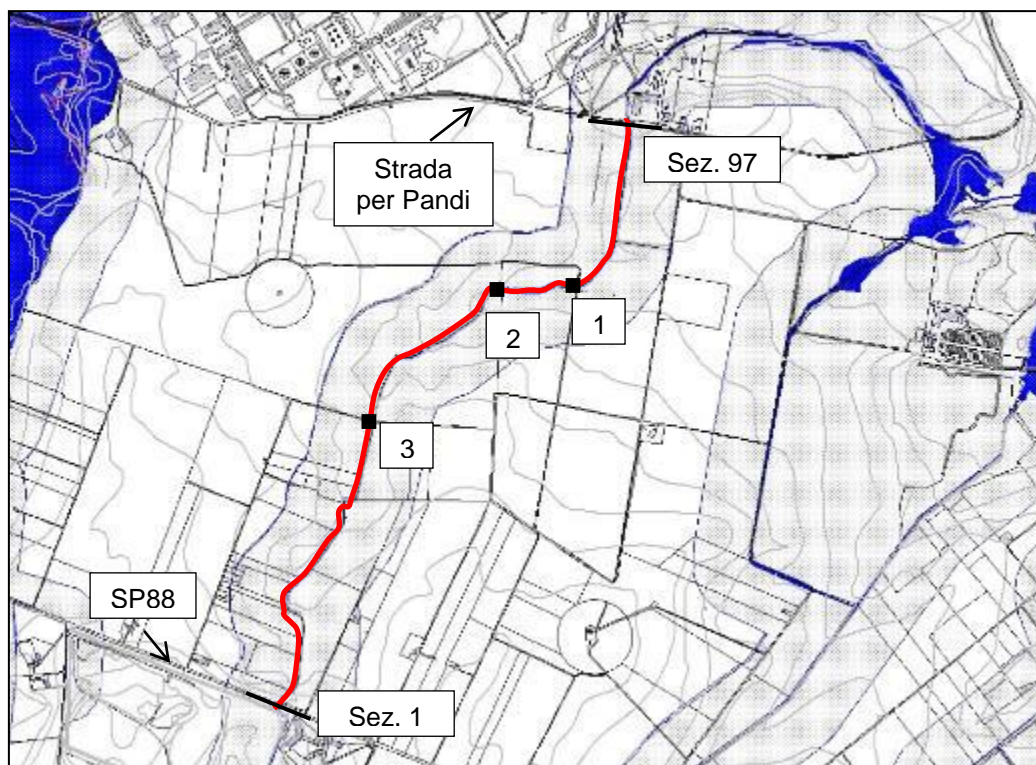
In questo paragrafo si descrivono le verifiche idrauliche realizzate per accertare il comportamento del canale Pandi, prima e dopo l'intervento in progetto. In particolare, l'obiettivo di tali verifiche è di controllare gli effetti della deviazione del canale; pertanto saranno illustrati:

- la modellazione e i risultati che si riferiscono allo stato di fatto;
- la modellazione e i risultati che si riferiscono alla geometria in progetto;
- il confronto dei risultati pre e post-intervento.

Il calcolo idraulico è stato eseguito per mezzo del codice di calcolo HEC-RAS, versione 4.1.0, dello U.S. Army Corps of Engineers. Il codice necessita di informazioni topografiche, relative sia allo sviluppo longitudinale dell'alveo sia alle sezioni trasversali, idrologiche, oltre che di alcuni parametri fisici (ad es. scabrezza dell'alveo e delle aree esterne, coefficienti di contrazione ed espansione della sezione, ecc.).

#### 4.6.1 VERIFICA DELLO STATO DI FATTO

Nella figura 4.4 è evidenziato il tratto di canale oggetto della simulazione, compreso tra la Strada Provinciale 88 e la strada per Pandi, ossia immediatamente a monte dell'ingresso del canale nello stabilimento Multisocietario di Brindisi.



**Figura 4.4** – In rosso, il tratto di canale oggetto della simulazione idraulica; in nero, la posizione dei ponti

Per quanto riguarda le informazioni topografiche, il rilievo plani-altimetrico ha individuato 97 sezioni trasversali, distanti circa 20 m, fino a coprire per intero l'estensione del tratto considerato tra il ponte delle provinciale SP 88 (sezione 1) al ponte sulla strada per Pandi (sezione 97) complessivamente pari a circa 2080 m. Tali sezioni sono state implementate nel modello, avendo cura di inserire anche le singolarità presenti lungo il percorso del canale, ossia i ponti riportati, e numerati, in figura 4.4.

Grazie agli strumenti forniti dal programma è stato possibile aggiungere alcune sezioni interpolate, in particolare dove quelle rilevate risultavano più distanti.

La numerazione delle sezioni procede da monte (sezione 1) verso valle (sezione 97), come indicato nella figura precedente e nella tavola 3 allegata.

La geometria degli attraversamenti, in questo caso condotti in calcestruzzo di diametro pari a 1.0 m (figura 4.5a, 4.5b e 4.4c), è stata inserita all'interno del codice di calcolo seguendo le indicazioni riportate sui

manuali di HEC-RAS. Per ogni ponte sono state inserite 4 sezioni (2 rilevate e 2 ricostruite) ubicate secondo lo schema convenzionale riportato in figura 4.6.



**Figura 4.5a** – Attraversamento n° 3.

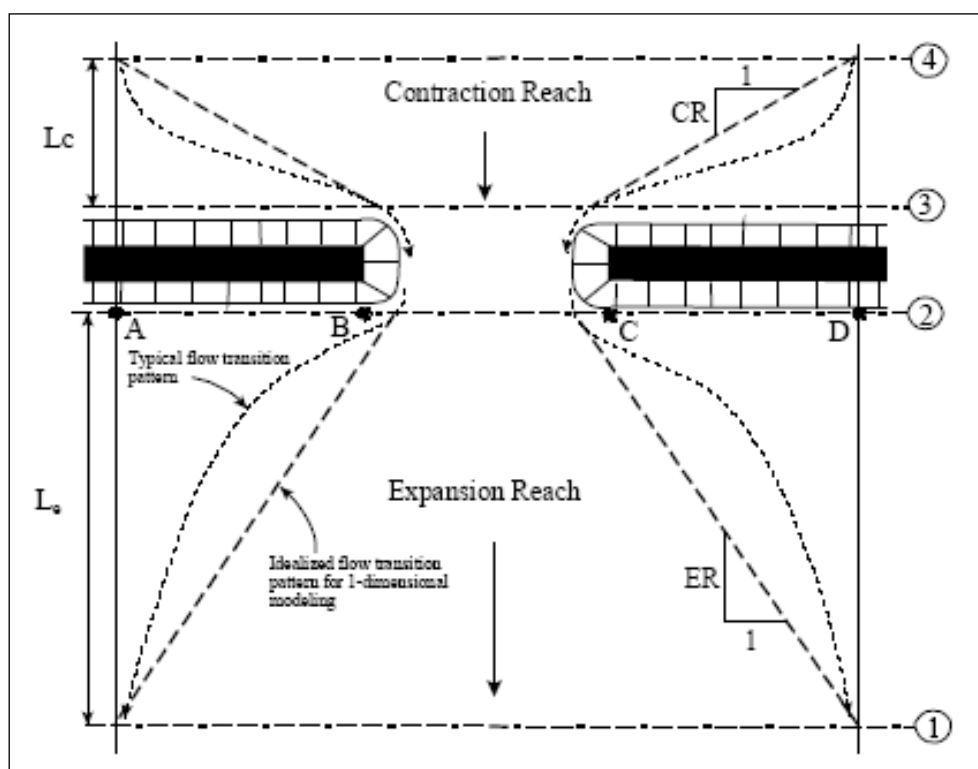




**Figura 4.5b – Attraversamento n° 2.**



**Figura 4.5c – Attraversamento n° 1.**



**Figura 4.6** – Ubicazione delle sezioni di calcolo per la simulazione del moto attraverso un ponte.  
Fonte: Hydraulic Reference Manual di HEC-RAS v4.1.0.

Per ciascuna sezione sono stati individuati l'alveo principale e le aree golenali, interessate dal flusso solo in caso di esondazione. Per tenere conto delle diverse caratteristiche del canale e delle aree circostanti, si è deciso di assegnare valori differenti di scabrezza, ossia dell'indice di resistenza di Manning,  $n$ . Tali valori, che sono stati mantenuti costanti in tutte le sezioni, risultano pari a  $0.033 \text{ m}^{-1/2} \text{ s}$  per l'alveo e  $0.040 \text{ m}^{-1/2} \text{ s}$  per le aree circostanti, caratterizzate da geometrie regolari e da coltivi, prive di particolari ostacoli al deflusso.

Nell'Allegato 1 si riportano le sezioni rappresentative inserite nel modello.

Il calcolo è stato effettuato considerando la portata con tempo di ritorno pari a 200 anni. Tuttavia, per tenere conto della variabilità della portata lungo l'asta del canale, sono stati individuati 2 bacini distinti (come anticipato nel capitolo precedente):

- Bacino con sezione di chiusura in corrispondenza dell'ultima sezione rilevata (sez. 97), alla progressiva 2079.5 m; la portata con tempo di ritorno 200 anni risulta pari a  **$12.36 \text{ m}^3/\text{s}$** ;
- Bacino con sezione di chiusura in corrispondenza della deviazione in progetto, immediatamente a valle dell'attraversamento n°1, alla progressiva 1604.6 m; la portata con tempo di ritorno 200 anni risulta pari a  **$11.35 \text{ m}^3/\text{s}$** .

Quest'ultimo valore è stato poi diviso per la lunghezza del tratto di canale (1604.6 m), ottenendo una portata per metro lineare ( $q$ ) che ha consentito di assegnare un valore variabile in specifiche sezioni, come riportato in tabella 4.10.

Sezione	Progressiva (m)	$q$ ( $m^3 s^{-1} m^{-1}$ )	$Q$ ( $m^3 s^{-1}$ )
20	474.5	0.007073	3.36
41	883.1	0.007073	6.25
65	1422.1	0.007073	10.06
74	1604.6	0.007073	11.35
97	2079.5	-	12.36

**Tabella 4.10** – Portate assegnate lungo l'asta del canale.

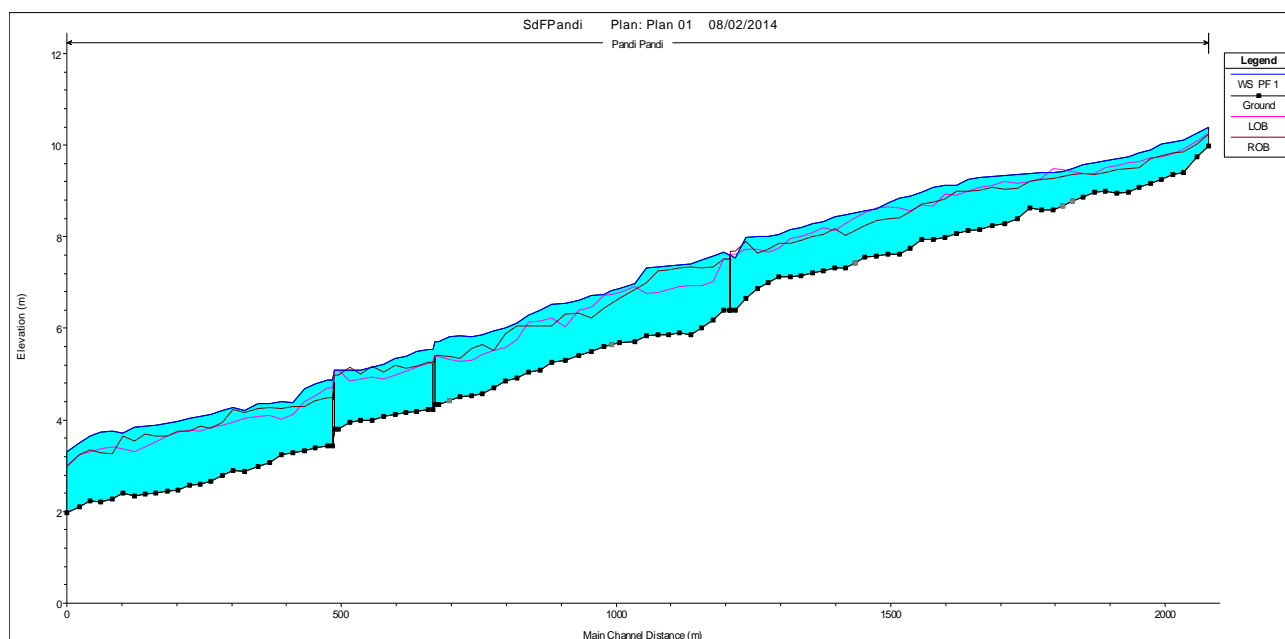
Il codice di calcolo consente di risolvere l'equazione dell'energia per ciascuna sezione implementata, effettuando il calcolo in regime di corrente lenta, veloce o mista.

Nel caso in esame, è stato deciso di procedere al calcolo per corrente mista, implementando quindi 2 condizioni al contorno, nelle sezioni 1 (monte) e 97 (valle).

In entrambe è stata assegnata la condizione di moto uniforme, che corrisponde ad imporre il valore della pendenza del pelo libero della corrente uguale al valore della pendenza assunta dal fondo dell'alveo, rispettivamente pari a 0.0145 m/m a monte e a 0.00416 m/m a valle.

Il profilo idraulico ottenuto, riportato in figura 4.6, mostra l'insufficienza della capacità del canale, con conseguenti allagamenti delle aree circostanti. In particolare, si nota infatti che l'altezza d'acqua (campitura celeste) supera, in ogni sezione, le sponde del canale (LOB, left overbank in magenta, e ROB, right overbank in nero).

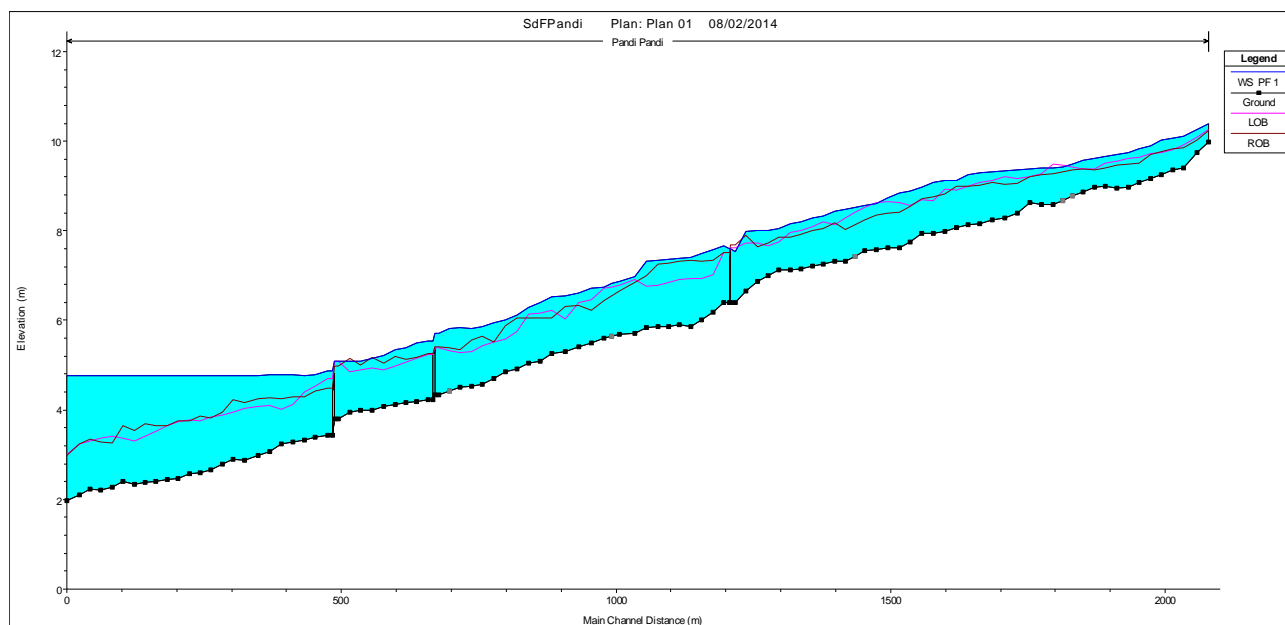
Il profilo idraulico ottenuto è riportato in figura 4.6. Nella Tabella 1 allegata, si riportano i risultati del calcolo.



**Figura 4.6** - Profilo idraulico del canale Pandi, ottenuto con la portata con tempo di ritorno 200 anni (stato attuale).

Volendo verificare l'effetto della condizione al contorno di valle sul profilo calcolato, si è deciso di realizzare un'analisi di sensitività agendo proprio su questo parametro. Sono quindi stati imposti alcuni valori di tirante idrico nell'ultima sezione, per valutare quali fossero le conseguenze lungo il canale Pandi e, in particolare, a monte del ponte 1, in corrispondenza del quale verrà innestato il nuovo canale in progetto.

L'analisi realizzata ha dimostrato che il profilo a monte del ponte 1 resta indisturbato fino ad una altezza d'acqua pari a 2.80 m nella sezione di valle, come illustrato in figura 4.7.

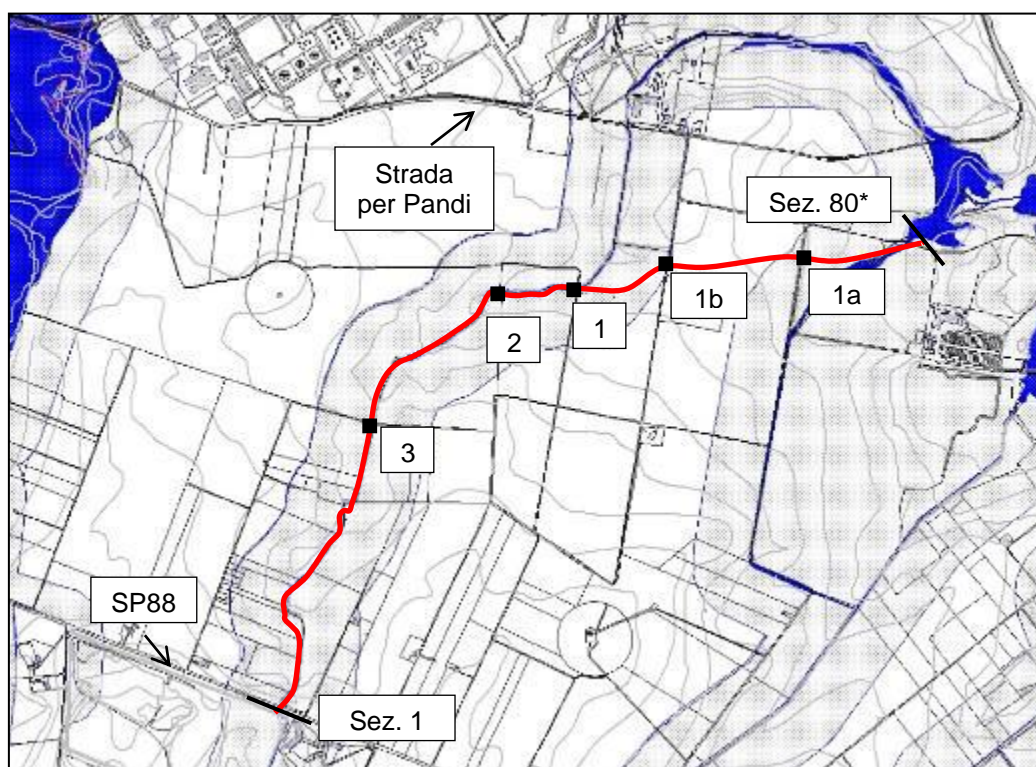


**Figura 4.7** – Profilo idraulico del canale Pandi ottenuto con la portata con tempo di ritorno 200 anni e tirante pari a 2.80 m nella sezione di valle (stato attuale).

#### 4.6.2 VERIFICA DEL NUOVO CANALE PANDI

In figura 4.8 si riporta il nuovo canale Pandi, costituito dal canale esistente fino alla sezione a valle del ponte n°1 (1604.6 m) e dalla deviazione in progetto (lunga circa 881 m), per una lunghezza complessiva di 2485 m.





**Figura 4.8** – In rosso, il tratto di canale oggetto della simulazione idraulica; in nero, la posizione dei ponti (scenario di progetto).

Per quanto riguarda la geometria implementata, sono state mantenute tutte le sezioni dello stato di fatto, fino a quella immediatamente a valle dell'attraversamento n°1 (sezione 74). Da qui, si innesta il nuovo canale (con le caratteristiche geometriche derivate dal dimensionamento), del quale sono state implementate 6 sezioni, a distanza variabile (si veda l'Allegato 2). La stima dell'altimetria delle nuove sezioni (compreso l'alveo e le aree circostanti) è stata effettuata basandosi sulla planimetria disponibile.

La connessione tra il canale esistente e la deviazione in progetto verrà realizzata mediante un allargamento posto a valle del ponte n°1, tra le sezioni 74 e 75\* riportate nell'Allegato 2.<sup>2</sup> I ponti dal 3 all'1 risultano invariati rispetto allo stato di fatto.

Due nuovi attraversamenti (indicati in figura 4.8 come 1b e 1a) devono essere realizzati sulla deviazione del Pandi in progetto. Per ciascun attraversamento è stata prevista la posa di 2 elementi scatolari in c.a. affiancati, ciascuno di larghezza interna pari a 4 m e altezza interna di 2.25 m. In questo modo si ottiene una luce di passaggio di 8 m (con pila centrale di circa 0.45 m) che consente il deflusso della portata con tempo

<sup>2</sup> Le sezioni della deviazione, qui numerate da 75\* a 80\*, nelle tavole 3 e 4 sono identificate con i numeri da 6 a 1 (6 per la prima sezione della deviazione, 1 per la sezione di valle, 80\*).

di ritorno di 200 anni con franco di 1 m. Per una descrizione più dettagliata di questi ultimi ponti si rimanda ai capitoli seguenti.

Per quanto riguarda la modellazione idraulica dei nuovi attraversamenti, la geometria è stata inserita come descritto nello stato di fatto (con le sezioni indicate in figura 4.5d) ma è stato necessario introdurre anche la modellazione delle perdite di carico originate in corrispondenza della pila centrale, dovuta all'affiancamento degli elementi scatolari.

Il calcolo delle perdite di carico è stato effettuato con alcuni dei metodi disponibili nel software HEC-RAS: l'equazione dell'energia, la conservazione della spinta (con coefficiente di perdita localizzata per pila con estremità squadrate pari a 2) e l'equazione di Yarnell (con coefficiente di forma per pila con estremità squadrate pari a 1.25). Il software sceglie poi il risultato corrispondente alla situazione peggiore, a favore di sicurezza. Nel caso in esame, per entrambi gli attraversamenti, le perdite di carico risultano maggiori se calcolate con il metodo della conservazione della spinta totale.

I valori di scabrezza sono stati mantenuti pari a quelli dello stato di fatto, ossia  $0.033 \text{ m}^{-1/2} \text{ s}$  per l'alveo e  $0.04 \text{ m}^{-1/2} \text{ s}$  per le aree circostanti.

Per quanto riguarda le portate utilizzate nel codice, è stata mantenuta la stessa distribuzione già descritta per lo stato di fatto per la parte di canale che non viene modificata.

Per la verifica idraulica della deviazione in progetto sono state utilizzate 2 portate differenti: nel primo tratto, la portata con tempo di ritorno 200 anni calcolata per la sezione di chiusura del nuovo canale,  $14.42 \text{ m}^3/\text{s}$ ; nel secondo tratto, la portata tiene conto anche dell'apporto delle acque drenate dal canale di gronda, ed è pari a  $17.98 \text{ m}^3/\text{s}$ . I valori assegnati sono riportati in tabella 4.11.

Sezione	Progressiva (m)	$q \text{ (m}^3\text{s}^{-1}\text{m}^{-1}\text{)}$	$Q \text{ (m}^3\text{s}^{-1}\text{)}$
20	474.5	0.007073	3.36
41	883.1	0.007073	6.25
65	1422.1	0.007073	10.06
74	1604.6	0.007073	11.35
79*	2280.1	-	14.42
80*	2485.0	-	17.98

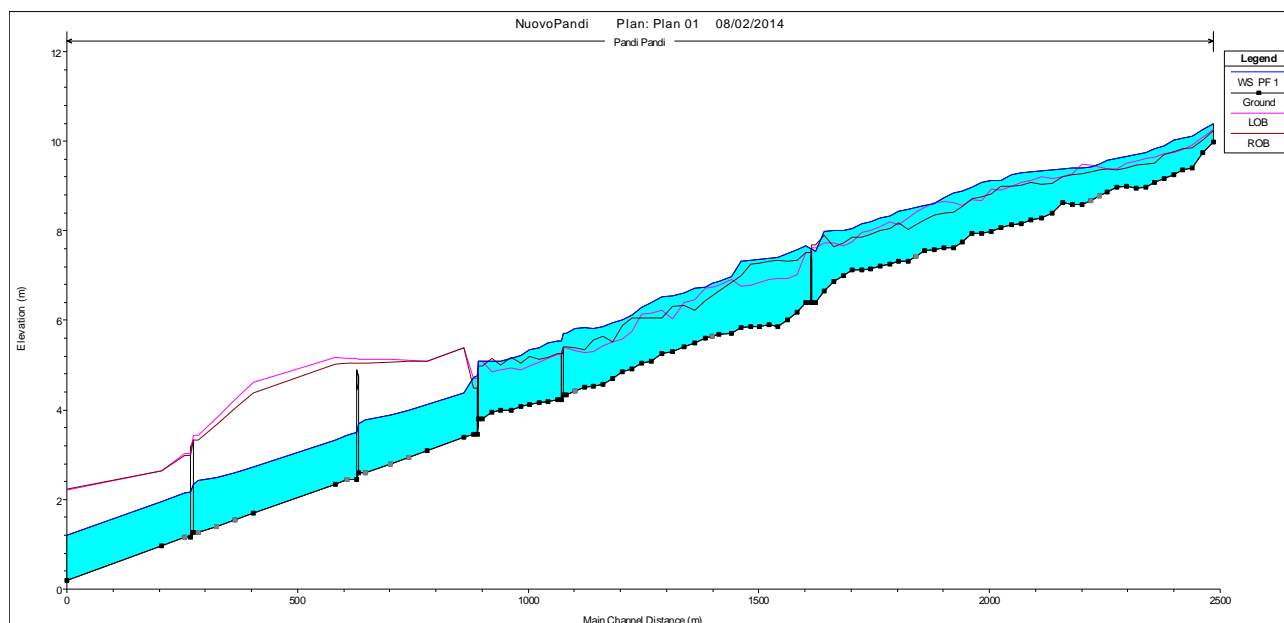
**Tabella 4.11** – Portate assegnate lungo l'asta del canale.

Volendo calcolare il profilo di moto permanente in condizioni di corrente mista, sono state assegnate le seguenti condizioni al contorno:

- sezione di valle, 80\*: condizione di moto uniforme, pendenza pari a  $0.0037 \text{ m/m}$ ;
- sezione di monte, 97: condizione di moto uniforme, pendenza pari a  $0.0145 \text{ m/m}$ .

Il profilo idraulico del nuovo canale Pandi è riportato in figura 4.9. Nella Tabella 2 allegata si riportano i risultati del calcolo.

14/05/2014



**Figura 4.9** – Profilo idraulico del nuovo canale Pandi ottenuto con la portata con tempo di ritorno 200 anni (scenario di progetto)

Dal confronto tra la verifica dello stato di fatto e la verifica del nuovo canale Pandi è possibile osservare che la parte di canale a monte della deviazione non risente delle modifiche effettuate sul tratto di valle. La situazione in seguito all'intervento risulta inoltre migliorata: nella sezione immediatamente a monte dell'innesto del nuovo canale si ha un abbassamento dell'altezza d'acqua di circa 0.30 m. A supporto di questa affermazione, si confrontino i valori di tirante e velocità nelle sezioni a monte della deviazione, riportati in Tabella 3.

La condizione al contorno di valle del nuovo tracciato del canale Pandi è stata posta anche uguale al valore del livello del mare calcolato per un tempo di ritorno pari a 200 anni, elaborando le misure registrate a Bari dal 1998 al 2013 e pubblicate dall'ISPRA. I valori di Brindisi non sono disponibili.

Il valore per  $T = 200$  anni risulta uguale 0.76 m ed è risultato inferiore all'altezza di moto uniforme posta come condizione al contorno nel calcolo del profilo di rigurgito; la condizione al contorno posta rappresenta, quindi, una situazione cautelativa.

## **5 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI**

### **5.1 RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DEL CANALE PANDI**

Nel presente paragrafo sono illustrati i punti salienti della progettazione della deviazione del canale Pandi e delle opere connesse.

Le dimensioni del canale e delle opere connesse derivano dai risultati delle analisi idrologica e idraulica illustrate nel dettaglio negli specifici capitoli della relazione specialistica idrologica-idraulica.

Gli interventi previsti nell'ambito della riqualificazione del canale Pandi sono i seguenti:

1. Realizzazione del nuovo alveo del canale Pandi:
  - i. Scavo del canale in terra.
  - ii. Posa in opera del telo impermeabile bentonitico.
  - iii. Posa in opera della geo-griglia antierosiva.
  - iv. Formazione degli argini in terra lungo entrambe le sponde per garantire il franco idraulico di 1 metro rispetto al livello della piena con tempo di ritorno 200 anni. Gli argini saranno formati utilizzando il materiale di scavo del canale.
  - v. Realizzazione delle opere di protezione dello sbocco nella zona umida.
  - vi. Realizzazione di due manufatti di attraversamento delle strade esistenti: i ponti potranno essere realizzati mediante la posa in opera di strutture scatolari prefabbricate in c.a.
2. Chiusura del tratto di valle del canale Pandi. La chiusura sarà effettuata mediante interrimento con materiale terroso proveniente dallo scavo del nuovo tratto di canale.

#### **5.1.1 IPOTESI DI TRACCIATO DELLA DEVIAZIONE**

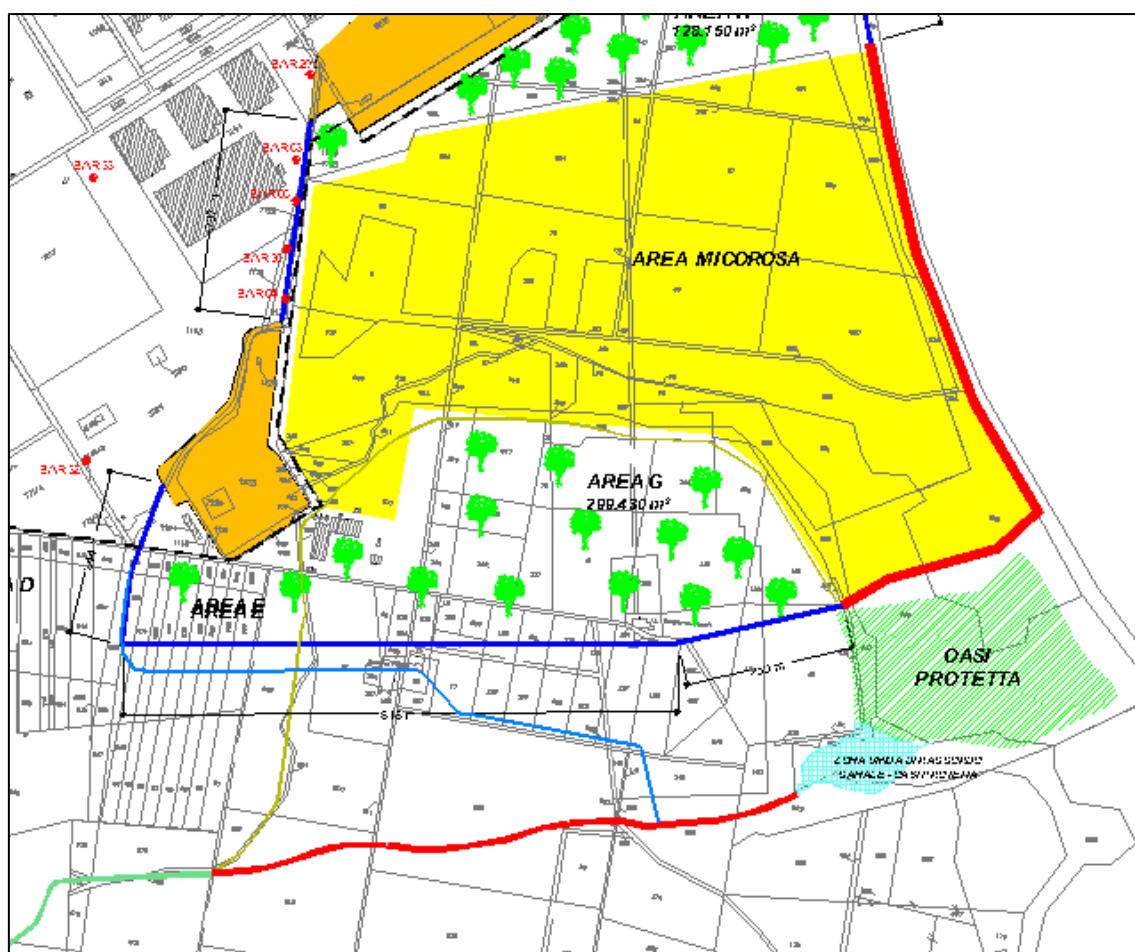
Lo sviluppo del nuovo tratto del canale Pandi e delle opere accessorie è riportato in Tavola 1.

Il canale ha origine in corrispondenza della sezione (identificata con il numero 74 – rif. Tavola 3) in cui l'attuale canale Pandi compie una curva a circa 90° passando da una direzione ovest-est a una direzione sud-nord. Il nuovo alveo del canale avrà inizio immediatamente a valle dell'attuale attraversamento della strada esistente e sbocca nella zona umida esistente (indicata in blu nella figura e nella tavola 1) dopo circa 880 metri.

Il nuovo canale in progetto attraversa nel suo percorso unicamente i terreni di proprietà Syndial escludendo quindi la necessità di un'eventuale acquisizione di nuove aree.

Il nuovo tracciato non interferisce con le opere progettate per il risanamento dello stabilimento Multisocietario, come si vede nella figura 5.1, estratto della Tavola 2 di progetto.

Il nuovo tratto di canale attraversa in due punti una strada esistente che conduce all'allevamento ittico; la strada ha una larghezza variabile compresa tra circa 3 e 4 metri (la misura è stata presa dal rilievo topografico eseguito appositamente per il progetto) e si prevede di realizzare due attraversamenti mediante la posa di strutture scatolari prefabbricate in c.a.



**Figura 5.1** - Percorso dei canali in progetto (in colore rosso canale Pandi e in azzurro il canale di gronda) inseriti nell'ambito della progettazione degli interventi di messa in sicurezza permanente delle aree esterne

### 5.1.2 DIMENSIONI DEL CANALE

La sezione del canale è stata progettata affinché possa far defluire la portata di progetto con un franco idraulico di almeno 1 metro. La portata di dimensionamento del nuovo canale è stata calcolata attraverso l'analisi idrologica riportata nei capitoli precedenti. Inoltre, per il tratto di canale compreso tra le sezioni 79\* e

14/05/2014

80\*, è stata sommata alla portata di progetto quella drenata dal canale di gronda. Le portate di dimensionamento sono riassunte nelle tabelle 5.1a e 5.1b.

$T$ (anni)	200
$Q$ ( $m^3/s$ )	14.42

**Tabella 5.1a** – Portate di piena per i diversi tempi di ritorno, valide per le sezioni dalla 75\* alla 78\*

$T$ (anni)	200
$Q$ ( $m^3/s$ )	17.98

**Tabella 5.1b** – Portate di piena per i diversi tempi di ritorno, valide per le sezioni dalla 79\* alla 80\*

Nelle tabelle 5.2a e 5.2b sono indicate le dimensioni del canale.

$Q$ ( $m^3/s$ )	14.42	Portata massima
$b$ (m)	8.00	larghezza base minore
$L$ (m)	675.60	lunghezza del canale
$i$ (m/m)	0.0037	pendenza del fondo
$p$ (m/m)	1.00	scarpa sponde H/V

**Tabella 5.2a** – Dati di progetto del canale dalla sezione 75\* alla 78\*

$Q$ ( $m^3/s$ )	17.98	Portata massima
$b$ (m)	9.50	larghezza base minore
$L$ (m)	205.10	lunghezza del canale
$i$ (m/m)	0.0037	pendenza del fondo
$p$ (m/m)	1.00	scarpa sponde H/V

**Tabella 5.2b** – Dati di progetto del canale dalla sezione 79\* alla 80\*

La scelta della larghezza di base è stata fatta per ridurre l'altezza d'acqua connessa con la portata di progetto e per garantire una sezione bagnata sufficientemente ampia, che consente il deflusso della portata di progetto anche nel caso di crescita della vegetazione in alveo. Questa ipotesi è estremamente cautelativa dal momento che dovrà essere prevista una regolare manutenzione dell'alveo del canale.

La profondità del canale è funzione della pendenza longitudinale (assunta pari alla pendenza media del terreno lungo il percorso stabilito) e dell'altimetria del terreno nel quale è prevista la sua realizzazione. Nella soluzione scelta di pendenza uniforme (0.0037 m/m), si determina una profondità massima di scavo di circa 2.70 m (nella sezione individuata con il numero 4 nelle tavole 3 e 4); nel punto di sbocco nella zona umida (indicato con il numero 1 nelle tavole 3 e 4) la profondità del canale è circa 1.85 metri. Le quote del fondo scavo sono compatibili con la quota della superficie della falda che nella zona è risultata piuttosto superficiale; tuttavia si ritiene necessario prevedere la realizzazione dello scavo durante la stagione asciutta per evitare la presenza di acqua durante le lavorazioni e la posa di un telo impermeabile sul fondo e sulle



sponde per evitare in fase di esercizio il potenziale drenaggio delle acque di falda da parte dell'alveo del canale. Nella tavola 4 è disegnato il profilo longitudinale del canale in progetto.

Come anticipato, per far sì che il nuovo canale potesse consentire lo smaltimento anche della portata drenata dal canale di gronda, è stato necessario ampliare la sezione a valle della confluenza.

Il volume di scavo del canale è stato stimato pari a circa 19325 m<sup>3</sup>; il volume di riporto del terreno per la formazione del canale è stato stimato pari a circa 1435 m<sup>3</sup> per il riempimento a seguito della posa dei teli impermeabili e anti erosivi e pari a circa 890 m<sup>3</sup> per la formazione degli argini.

Per garantire un franco idraulico, si prevede di realizzare un'arginatura in terra lungo entrambe le sponde del canale per il tratto di canale in cui il franco è inferiore a 65 cm; l'altezza massima del rilevato arginale è uguale a circa di 1.0 m al di sopra del piano campagna e la lunghezza del tratto arginato è di circa 200 m. Gli argini saranno realizzati con il materiale derivante dallo scavo del canale stesso.

### **5.1.3 OPERE DI IMPERMEABILIZZAZIONE E STABILIZZAZIONE DEL CANALE**

La falda si trova a poca distanza dal fondo del canale e, in determinate circostanze quali un periodo di maggiore piovosità, si potrebbe verificare l'innalzamento del suo livello freatico. Per evitare in queste evenienze che ci possa essere un contatto con le acque di falda e si possa verificare il drenaggio delle acque di falda si ritiene necessario impermeabilizzare il fondo e le sponde del canale mediante la posa in opera di un telo impermeabile bentonitico.

Le caratteristiche del telo bentonitico possono essere le seguenti:

- GCL a base di bentonite sodica costituito da un sandwich di geotessili non-tessuti in polipropilene; la bentonite contenuta nel geo-composito avrà un contenuto di umidità non superiore al 12% ed avrà le seguenti caratteristiche minime:
  - contenuto in montmorillonite non inferiore al 70%;
  - assorbimento d'acqua secondo ASTM E946 non inferiore al 700%;
  - rigonfiamento libero secondo ASTM D5890 non inferiore a 24 ml/2 gr;
  - perdita di fluido secondo ASTM D5891 non superiore a 18 ml.

I singoli strati del geo-composito saranno assemblati mediante un sistema continuo di agugliatura meccanica tale da garantire una resistenza allo spellamento (peeling) secondo ASTM D6496 non inferiore a 65 N ed il geo-composito, prodotto in qualità secondo le norme ISO 9001:2000, dovrà garantire le seguenti caratteristiche:

- Permeabilità secondo ASTM D5804 non superiore a  $5 \times 10^{-11}$  m/sec cui corrisponderà una perdita massima di fluido non superiore a  $1 \times 10^{-8}$  mc/mqxsec calcolata secondo le norme ASTM D5887.

La superficie complessiva del GCL è di circa 8370 m<sup>2</sup> (circa 9.5 m<sup>2</sup>/m di lunghezza del canale).

La pendenza delle sponde della sezione in terra risulta superiore a quella che è stabile per canali scavati nel materiale di caratteristiche analoghe. Ne deriva la necessità di utilizzare un sistema di stabilizzazione antierosiva delle sponde; si prevede, pertanto, la messa in opera di una geo-griglia.

La rete sarà realizzata da un geo-composito adeguatamente fissato composto da una rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale e da una geo-stuoia tridimensionale polimerica compenetrata e rese solidali durante il processo di produzione.

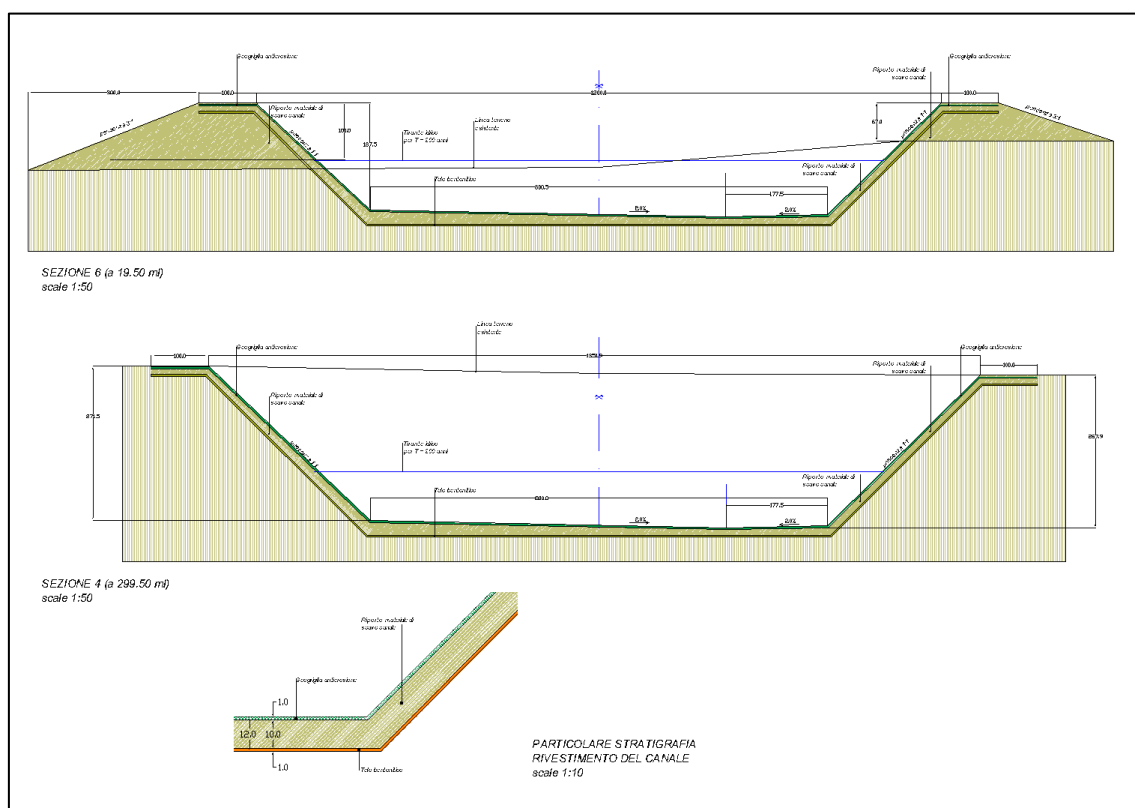
La geo-stuoia potrà avere massa areica minima di 750 g/mq e costituita da due strutture, realizzate in filamenti di polipropilene termosaldati tra loro nei punti di contatto e stabilizzati per resistere ai raggi UV, anch'esse termosaldate nei punti di contatto: quella superiore a maglia tridimensionale con un indice alveolare > 90%, quella inferiore a maglia piatta.

La rete metallica a doppia torsione avrà una maglia esagonale tessuta con trafilato di ferro, conforme a quanto previsto dalle "Linee Guida" emesse dalla Presidenza del Consiglio Superiore LL.PP. il 12/05/06. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico di colore grigio che dovrà avere uno spessore nominale non inferiore a 0,5 mm. Lo spessore del geo-composito è di 10 ÷ 12 mm.

La superficie della geo-griglia è di circa 8370 m<sup>2</sup> (circa 9.5 m<sup>2</sup>/m di lunghezza del canale).

Tra il telo bentonitico e la geo-griglia sarà riportato uno strato di terra dello spessore minimo di 10 cm.

Nella Figura 5.2 è riportata una sezione tipo e un dettaglio del pacchetto di rivestimento della sponda.



**Figura 5.2** – Sezione tipo e particolare del pacchetto di rivestimento delle sponde del canale

#### 5.1.4 REALIZZAZIONE DEGLI ARGINI

A lato del canale è prevista la formazione di argini in terra che garantiscano il franco idraulico rispetto al livello della piena di progetto con 200 anni di tempo di ritorno.

Gli argini saranno realizzati utilizzando il materiale di scavo del canale che risulta avere caratteristiche limoso-sabbiose, quindi idoneo alla realizzazione di rilevati arginali in terra.

L'argine avrà un'altezza massima di circa 1.00 m, in corrispondenza dell'inizio della deviazione del canale Pandi e dopo circa 200 m, l'argine termina.

La sommità arginale ha una larghezza di 1.0 m e le sponde hanno pendenza di 3:1 lato campagna e 1:1 lato canale.

Il volume complessivo di materiale per la formazione degli argini è stato stimato pari a circa 900 m<sup>3</sup>.

Nella tabella 5.3 sono riassunti i dati di progetto degli argini.

<b>b</b>	(m)	1.00	larghezza minima in sommità
<b>H</b>	(m)	Variabile max 1.00 m; min 0.0 m	altezza arginale
<b>p<sub>LA</sub></b>	(m/m)	1:1	pendenza paramento lato canale (H:V)
<b>p<sub>LC</sub></b>	(m/m)	3:1	pendenza paramento lato campagna (H:V)

**Tabella 5.3** – Dati di progetto degli argini

### 5.1.5 ATTRAVERSAMENTI STRADALI

Il tracciato del nuovo canale attraversa in due punti una strada esistente che conduce all'allevamento ittico. Ne risulta la necessità di realizzare due manufatti di attraversamento.

La strada ha una larghezza variabile compresa tra circa 3 e 4 metri (la misura è stata presa dal rilievo topografico eseguito appositamente per il progetto).

Viste le dimensioni del canale in progetto è necessario realizzare due attraversamenti mediante la posa di strutture scatolari prefabbricate in c.a.

Le dimensioni dell'attraversamento sono:

- LARGHEZZA INTERNA = 8.0 m: corrispondente alla somma delle larghezze interne dei due scatolari;
- ALTEZZA INTERNA = 2.25 m: corrispondente all'altezza d'acqua per la piena duecentennale cui è sommato il franco idraulico di 1 metro.
- PILA CENTRALE, dovuta all'affiancamento orizzontale di due scatolari 4.0x2.25 m; in base alla scheda tecnica fornita dal produttore si stima che lo spessore della pila sia di 0.45 m. Il canale in corrispondenza degli attraversamenti sarà quindi ampliato fino a 8.45 m, per consentire una larghezza di efflusso pari a 8.0 m. In fase costruttiva si ritiene utile arrotondare il naso della pila in modo tale ridurre le perdite di carico.

Come detto in precedenza, anche sul canale di gronda risulta necessario realizzare un attraversamento stradale per dare continuità alla viabilità e, anche in questo caso, si prevede la posa in opera di strutture prefabbricate in c.a..

Le dimensioni minime dell'attraversamento sono:

- LARGHEZZA INTERNA = 2 m: corrispondente alla larghezza alla base del canale in terra;
- ALTEZZA INTERNA = 2 m: corrispondente all'altezza complessiva del canale misurata dal fondo alla sommità arginale.

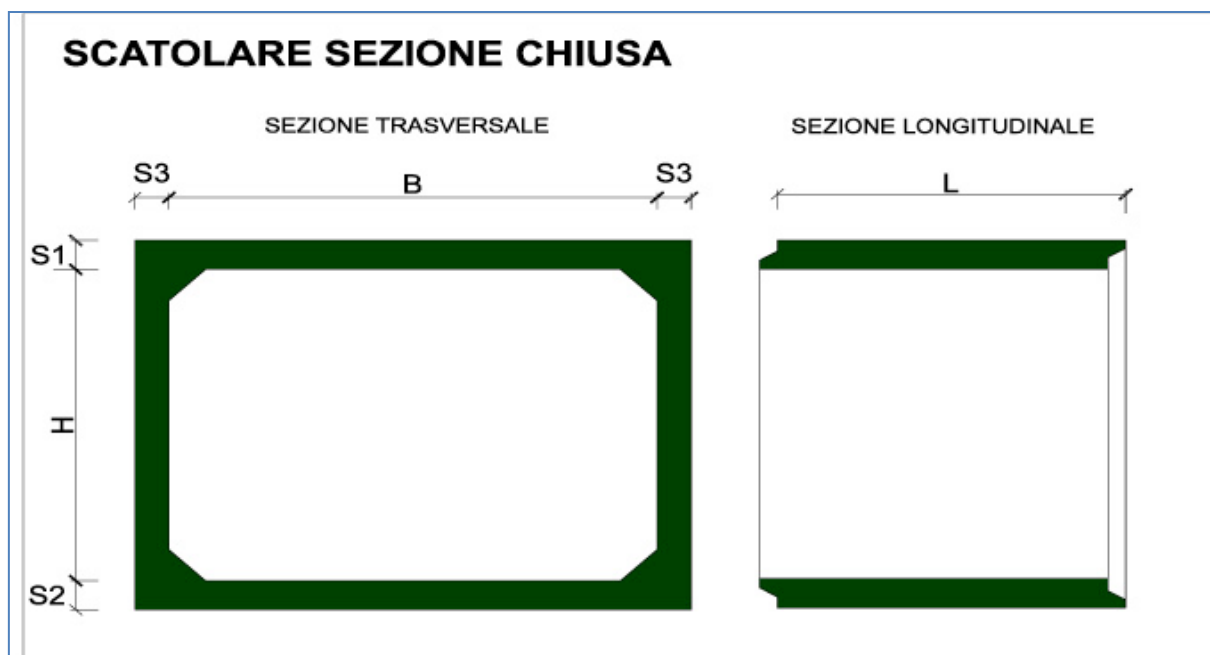
14/05/2014

Tutti gli attraversamenti previsti saranno costituiti da strutture prefabbricate in c.a. per carichi stradali di prima categoria, costituite da elementi scatolari prefabbricati in calcestruzzo di cemento ad alta resistenza ai solfati, turbo-vibrocompresso a sezione rettangolare interna, con armatura idonea e sistema di giunzione con incastro a bicchiere.

E' prevista anche la formazione di un'idonea soletta armata di sottofondo realizzata in calcestruzzo (Rck minimo =250) e armatura idonea realizzata doppia rete elettrosaldata Feb 44k di 15x15 diametro minimo 8 mm.

La soletta dovrà risultare perfettamente piana per consentire la corretta posa in opera dei manufatti e dovrà avere uno spessore minimo da verificare in sede di calcolo statico, anche in funzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di posa.

Nella fase successiva della progettazione esecutiva si dovrà predisporre la verifica statica ai sensi delle normative vigenti dei manufatti disponibili in commercio, comprendente la caratterizzazione geotecnica dei terreni per il calcolo delle fondazioni e la verifica statica dei manufatti nelle condizioni di posa e di carico previste.



**Figura 5.3a** – Sezione tipo dello scatolare in c.a.

Gli scatolari in c.a. delle dimensioni necessarie sono solitamente di **lunghezza non superiore a 2 metri**. Pertanto occorre affiancare più manufatti per raggiungere la lunghezza pari alla dimensione della strada. Le strutture prefabbricate sono realizzate in modo tale che possono essere giuntate e garantire le resistenze necessarie. Nella figura 5.3a si riporta un esempio di scatolare in c.a.



Nella figura 5.3b seguente è riportato un esempio di ricostruzione di un ponte danneggiato con scatolari prefabbricati.

**RICOSTRUZIONE VIABILITA' PONTE CROLLATO A SEGUITO ALLUVIONE  
LUCE 9m ESECUZIONE CON ELEMENTI SCATOLARI 450x300cm AFFIANCATI**



crollo del ponte visto di lato



crollo del ponte visto dalla strada



soletta di appoggio dello scatolare



arrivo dei manufatti scatolari in cantiere



movimentazione dei manufatti scatolari



manufatti posati



manufatti posati



manufatti posati



vista valle



vista monte



vista strada



lavoro finito vista di valle

**Figura 5.3b** – Esempio di realizzazione di un attraversamento stradale con scatolari in c.a.



All'imbocco e allo sbocco di ciascun manufatto di attraversamento si devono realizzare due muri d'ala di raccordo tra il canale in terra di forma trapezia e lo scatolare in c.a. (di forma rettangolare); i muri d'ala saranno realizzati in c.a. in opera. Inoltre, il raccordo tra le sezioni degli attraversamenti e le sezioni del canale, immediatamente a monte o a valle, saranno modellate in modo graduale, al fine evitare brusche variazioni di corrente in corrispondenza dei manufatti prefabbricati.

Al termine delle lavorazioni si dovrà ripristinare la sede stradale con la formazione del pacchetto che in linea di massima potrà essere costituito da:

1. uno strato di bitumatura di ancoraggio;
2. uno strato base costituito da una miscela di pietrisco e bitume;
3. uno strato di collegamento (binder) costituito da miscela di pietrischetto, graniglia e sabbia;
4. un eventuale strato di usura (tappetino) ottenuto con pietrischetto e graniglie.

#### **5.1.6 PROTEZIONE DELLO SBOCCO NELL'AREA UMIDA**

Lo sbocco del nuovo canale avviene nella zona umida che precede la vera e propria Oasi protetta. E' utile proteggere lo sbocco realizzando una struttura resistente con massi di dimensioni adeguate posti lungo il contorno del tratto terminale del canale (almeno 10 metri) e lungo il tratto iniziale della zona di allargamento (sempre circa una decina di metri).

La struttura sarà formata da massi intasati con scaglie di materiale lapideo di piccole dimensioni e rinverdito mediante la semina di vegetazione autoctona.

Vista la velocità media della corrente e i conseguenti sforzi di taglio lungo il contorno della sezione, in prima approssimazione i massi dovranno avere diametro medio non inferiore a 0.6 metri; in fase di progettazione esecutiva dovranno essere verificate le caratteristiche della scogliera e la dimensione minima dei massi che la compongono.

#### **5.1.7 DISMISSIONE DEL TRATTO DI VALLE DELL'ATTUALE CANALE PANDI**

Come scritto in premessa occorre realizzare, oltre alla deviazione del canale Pandi che immetta le proprie acque nella parte sud dell'oasi protetta, anche l'interramento della porzione di monte che attraversa l'area di scarica.

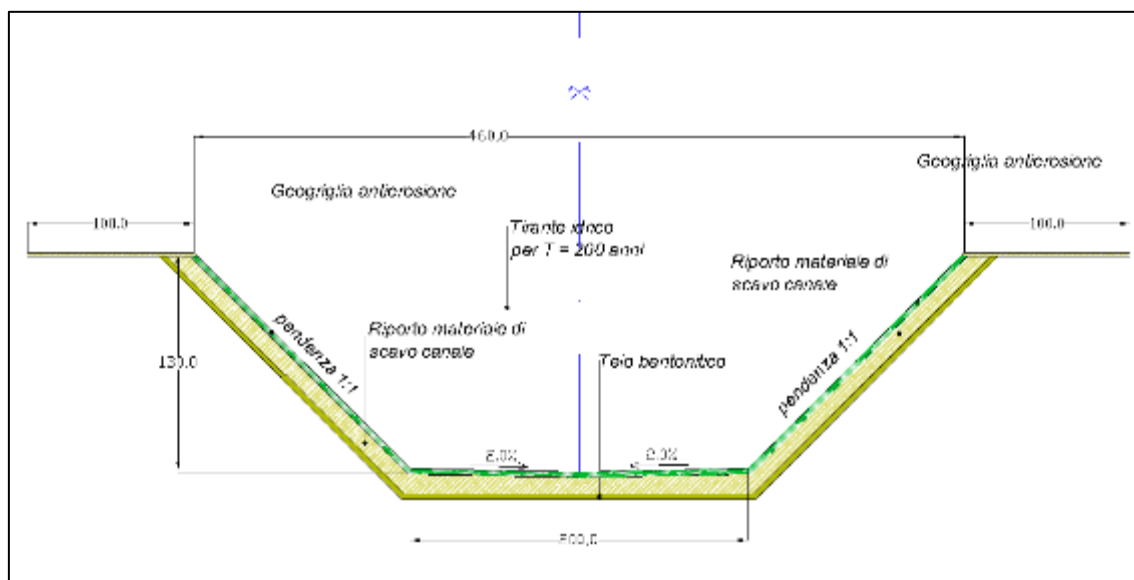
L'obiettivo può essere raggiunto mediante il riempimento dell'intero canale con materiale terroso in minima parte derivante dallo scavo del nuovo alveo del canale e per la maggior parte dovrà provenire da altre fonti. Il volume stimato per il completo tombamento del canale è di circa 12800 m<sup>3</sup>.

#### **5.1.8 CANALE DI GRONDA**

Il canale di gronda è realizzato in modo analogo al nuovo tratto di Canale Pandi: in terra con rivestimento del fondo per mezzo di un telo bentonitico e una geo-griglia di rinforzo per contrastare l'erosione da parte della

14/05/2014

corrente idrica. Le caratteristiche del telo bentonitico e della geo-griglia sono le medesime riportate nei paragrafi precedenti. Nella Tavola 2 è riportato il tracciato del canale di Gronda previsto, nella sottostante figura 5.4 è riportata la sezione tipo del canale.



**Figura 5.4** – Sezione tipo del canale di gronda

Il canale di gronda ha una lunghezza complessiva di 1060 m e una sezione trapezia delle seguenti dimensioni:

<b>b</b>	(m)	2.00	larghezza base minore
<b>H</b>	(m)	1.30	altezza del canale
<b>L</b>	(m)	1060	lunghezza del canale
<b>i</b>	(m/m)	0.002	pendenza del fondo
<b>p</b>	(m/m)	1.00	scarpa sponde H/V

**Tavola 5.4** – Dati di progetto del canale di gronda

Per la realizzazione del canale di gronda sono state stimate le seguenti quantità:

- volume di scavo: circa 3673 m<sup>3</sup>;
- volume di riporto del terreno per la formazione del canale è stato stimato pari a circa 371 m<sup>3</sup>;
- superficie complessiva del GCL è di circa 3710 m<sup>2</sup>;
- superficie della geo-griglia è di circa 3710 m<sup>2</sup>.

Come detto in precedenza, anche sul canale di gronda risulta necessario realizzare un attraversamento stradale per dare continuità alla viabilità e, anche in questo caso, si prevede la posa in opera di strutture prefabbricate in c.a.. Le dimensioni minime dell'attraversamento sono:

- LARGHEZZA INTERNA = 2 m: corrispondente alla larghezza alla base del canale in terra;
- ALTEZZA INTERNA = 2 m: corrispondente all'altezza complessiva del canale misurata dal fondo alla sommità arginale.

### 5.1.9 MOVIMENTAZIONI TERRA

Le quantità totali delle movimentazioni terra previste per la costruzione della deviazione del Canale Pandi e del Canale di Gronda sono riportate di seguito e nell'allegato elaborato computo metrico estimativo.

SCAVO	22998 m <sup>3</sup>
RINTERRO (Riempimento sp. 10 cm tra telo bentonico e geogriglia )	1807 m <sup>3</sup>
REALIZZAZIONE ARGINE (Rinterro e costipamento terreno)	893 m <sup>3</sup>
TOMBAMENTO CANALE ESISTENTE (Rinterro e costipamento)	12800 m <sup>3</sup>
STESA DEL MATERIALE ECCEDENTE NELL'AMBITO DEL CANTIERE	7498 m <sup>3</sup>

Il materiale scavato per la formazione dei due canali è utilizzato nell'ambito del cantiere; non risulta, quindi, necessaria la fornitura di materiale terroso dall'esterno del cantiere anche per il tombamento del tratto dismesso di canale Pandi.

## 5.2 CANTIERIZZAZIONE

L'insieme delle attività per la realizzazione dello spostamento dell'alveo del canale Pandi (formazione nuovo alveo del canale Pandi, formazione del canale di Gronda, tombamento del tratto da dismettere del canale Pandi, realizzazione dei manufatti di attraversamento, ecc.) sarà effettuato in un periodo di circa 270 giorni.

Il cantiere per la formazione della deviazione del Pandi occuperà una fascia di territorio larga circa 26 m così suddivisa:

- 20 m di larghezza massima dal piede esterno dell'argine destro al piede esterno dell'argine sinistro;
- 3 m di larghezza dell'area cantiere dal piede esterno dell'argine destro;
- 3 m di larghezza dell'area cantiere dal piede esterno dell'argine sinistro.

Sono previste idonee zone più ampie per consentire agevolmente le manovre dei mezzi d'opera. Nella tavola 9 è riportata la zona di cantiere per la realizzazione della deviazione del canale Pandi e del canale di Gronda, in particolare:

- La larghezza della fascia di cantiere del canale Pandi è sufficiente anche per la formazione degli attraversamento stradali in progetto.

- La viabilità di progetto prevista sfrutterà le strade poderali secondarie presenti attorno alle aree di cantiere.
- Per l'esecuzione delle attività si prevede di utilizzare contemporaneamente n.1 escavatore e di n.1 camion.
- La viabilità di progetto prevista sfrutterà le strade poderali secondarie presenti attorno alle aree di cantiere.
- Il cantiere per la formazione della deviazione della Gronda occuperà una fascia di territorio larga circa 12.6 m così suddivisa:
  - 6.6 m di larghezza massima misurata dal ciglio di sponda destra a quello di sponda sinistra;
  - 3 m di larghezza dell'area cantiere dal ciglio di sponda destra;
  - 3 m di larghezza dell'area cantiere dal ciglio di sponda sinistra.

In fase di progettazione esecutiva saranno definite nel dettaglio le fasi di cantierizzazione delle opere.



## TABELLE

**Tabella 1 – Risultati della verifica idraulica a 200 anni dello stato di fatto**

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	3.36	9.98	0.40	10.38	10.39	0.66	0.37
2	3.36	9.74	0.52	10.26	10.31	1.25	0.63
3	3.36	9.40	0.71	10.11	10.17	1.42	0.62
4	3.36	9.37	0.69	10.06	10.08	0.93	0.41
5	3.36	9.25	0.77	10.02	10.03	0.83	0.35
6	3.36	9.16	0.74	9.90	9.97	1.45	0.63
7	3.36	9.08	0.74	9.82	9.85	1.02	0.43
8	3.36	8.98	0.76	9.74	9.78	1.19	0.51
9	3.36	8.95	0.75	9.70	9.71	0.87	0.38
10	3.36	9.00	0.65	9.65	9.67	0.87	0.40
11	3.36	8.97	0.65	9.62	9.63	0.68	0.31
12	3.36	8.87	0.70	9.57	9.59	0.84	0.38
12.3*	3.36	8.78	0.70	9.48	9.53	1.19	0.56
12.6*	3.36	8.68	0.74	9.42	9.46	0.97	0.45
13	3.36	8.59	0.82	9.41	9.42	0.62	0.27
14	3.36	8.58	0.82	9.40	9.40	0.53	0.23
15	3.36	8.64	0.74	9.38	9.39	0.48	0.22
16	3.36	8.40	0.96	9.36	9.37	0.61	0.23
17	3.36	8.28	1.05	9.33	9.35	0.69	0.29
18	3.36	8.25	1.06	9.31	9.32	0.70	0.26
19	3.36	8.15	1.15	9.30	9.31	0.52	0.19
20	6.25	8.14	1.11	9.25	9.28	1.09	0.40
21	6.25	8.07	1.05	9.12	9.20	1.58	0.60
22	6.25	7.99	1.12	9.11	9.13	0.85	0.31
23	6.25	7.95	1.13	9.08	9.10	0.89	0.31
24	6.25	7.95	1.01	8.96	9.05	1.60	0.61
25	6.25	7.75	1.14	8.89	8.96	1.40	0.50
26	6.25	7.63	1.21	8.84	8.89	1.29	0.45
27	6.25	7.62	1.13	8.75	8.82	1.47	0.55
28	6.25	7.58	1.02	8.60	8.70	1.71	0.70
29	6.25	7.55	1.01	8.56	8.57	0.80	0.33
29.5*	6.25	7.43	1.09	8.52	8.54	0.91	0.35
30	6.25	7.32	1.17	8.49	8.51	0.98	0.35
31	6.25	7.32	1.11	8.43	8.46	1.25	0.46



Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
32	6.25	7.25	1.08	8.33	8.38	1.47	0.56
33	6.25	7.22	1.07	8.29	8.31	1.01	0.40
34	6.25	7.15	1.05	8.20	8.25	1.32	0.51
35	6.25	7.12	1.04	8.16	8.19	0.99	0.37
36	6.25	7.12	0.93	8.05	8.12	1.58	0.62
37	6.25	7.00	1.02	8.02	8.04	1.03	0.38
38	6.25	6.86	1.15	8.01	8.01	0.61	0.22
39	6.25	6.65	1.34	7.99	8.00	0.71	0.23
40	6.25	6.39	1.14	7.53	7.91	2.75	1.01
40.1*	Culvert		0.00				
41	10.06	6.39	1.27	7.66	7.75	1.67	0.55
42	10.06	6.18	1.40	7.58	7.63	1.31	0.42
43	10.06	6.02	1.48	7.50	7.58	1.51	0.48
44	10.06	5.86	1.55	7.41	7.51	1.58	0.51
45	10.06	5.91	1.47	7.38	7.45	1.35	0.44
46	10.06	5.87	1.49	7.36	7.40	1.12	0.35
47	10.06	5.86	1.48	7.34	7.37	0.99	0.31
48	10.06	5.83	1.49	7.32	7.34	0.91	0.28
49	10.06	5.71	1.27	6.98	7.27	2.42	0.84
50	10.06	5.69	1.19	6.88	6.94	1.26	0.45
50.5*	10.06	5.65	1.18	6.83	6.90	1.35	0.49
51	10.06	5.61	1.14	6.75	6.84	1.68	0.62
52	10.06	5.49	1.24	6.73	6.76	1.11	0.38
53	10.06	5.42	1.19	6.61	6.70	1.61	0.56
54	10.06	5.31	1.25	6.56	6.58	0.99	0.34
55	10.06	5.25	1.27	6.52	6.55	1.07	0.35
56	10.06	5.09	1.32	6.41	6.49	1.59	0.54
57	10.06	5.04	1.24	6.28	6.40	1.71	0.60
58	10.06	4.91	1.21	6.12	6.22	1.58	0.57
59	10.06	4.86	1.16	6.02	6.12	1.69	0.61
60	10.06	4.70	1.25	5.95	6.02	1.49	0.49
61	10.06	4.58	1.29	5.87	5.96	1.50	0.50
62	10.06	4.54	1.28	5.82	5.89	1.47	0.49
63	10.06	4.51	1.34	5.85	5.85	0.58	0.18
63.5*	10.06	4.43	1.39	5.82	5.84	0.93	0.29
64	10.06	4.34	1.37	5.71	5.80	1.69	0.54

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
64.1*	Culvert		0.00				
65	11.35	4.23	1.31	5.54	5.64	1.88	0.62
66	11.35	4.19	1.31	5.50	5.55	1.44	0.48
67	11.35	4.17	1.23	5.40	5.45	1.47	0.52
68	11.35	4.12	1.23	5.35	5.39	1.24	0.44
69	11.35	4.07	1.14	5.21	5.31	1.84	0.67
70	11.35	4.00	1.16	5.16	5.18	0.94	0.36
71	11.35	3.99	1.10	5.09	5.11	1.07	0.41
72	11.35	3.96	1.13	5.09	5.09	0.44	0.17
73	11.35	3.81	1.27	5.08	5.08	0.35	0.12
73.1*	Culvert		0.00				
74	11.35	3.43	1.45	4.88	4.88	0.44	0.14
75	12.36	3.39	1.39	4.78	4.86	1.62	0.51
76	12.36	3.32	1.36	4.68	4.78	1.74	0.58
77	12.36	3.29	1.08	4.37	4.63	2.49	0.95
78	12.36	3.24	1.17	4.41	4.48	1.55	0.56
79	12.36	3.07	1.29	4.36	4.41	1.27	0.45
80	12.36	2.99	1.36	4.35	4.37	0.74	0.26
81	12.36	2.88	1.33	4.21	4.32	1.70	0.60
82	12.36	2.90	1.37	4.27	4.27	0.36	0.13
83	12.36	2.78	1.42	4.20	4.26	1.38	0.46
84	12.36	2.67	1.45	4.12	4.20	1.47	0.49
85	12.36	2.59	1.49	4.08	4.14	1.38	0.45
86	12.36	2.58	1.45	4.03	4.09	1.33	0.44
87	12.36	2.47	1.50	3.97	4.04	1.43	0.48
88	12.36	2.45	1.48	3.93	3.99	1.32	0.43
89	12.36	2.41	1.48	3.89	3.94	1.21	0.39
90	12.36	2.38	1.48	3.86	3.91	1.22	0.39
91	12.36	2.34	1.50	3.84	3.87	1.10	0.35
92	12.36	2.40	1.32	3.72	3.82	1.61	0.56
93	12.36	2.28	1.47	3.75	3.76	0.82	0.26
94	12.36	2.22	1.51	3.73	3.75	0.77	0.24
95	12.36	2.23	1.41	3.64	3.72	1.44	0.47
96	12.36	2.10	1.40	3.50	3.64	1.84	0.61
97	12.36	1.97	1.33	3.30	3.43	1.83	0.58

**Tabella 2 – Risultati della verifica idraulica a 200 anni del nuovo canale Pandi**

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	3.36	9.98	0.40	10.38	10.39	0.66	0.37
2	3.36	9.74	0.52	10.26	10.31	1.25	0.63
3	3.36	9.40	0.71	10.11	10.17	1.42	0.62
4	3.36	9.37	0.69	10.06	10.08	0.93	0.41
5	3.36	9.25	0.77	10.02	10.03	0.83	0.35
6	3.36	9.16	0.74	9.90	9.97	1.45	0.63
7	3.36	9.08	0.74	9.82	9.85	1.02	0.43
8	3.36	8.98	0.76	9.74	9.78	1.19	0.51
9	3.36	8.95	0.75	9.70	9.71	0.87	0.38
10	3.36	9.00	0.65	9.65	9.67	0.87	0.40
11	3.36	8.97	0.65	9.62	9.63	0.68	0.31
12	3.36	8.87	0.70	9.57	9.59	0.84	0.38
12.3*	3.36	8.78	0.70	9.48	9.53	1.19	0.56
12.6*	3.36	8.68	0.74	9.42	9.46	0.97	0.45
13	3.36	8.59	0.82	9.41	9.42	0.62	0.27
14	3.36	8.58	0.82	9.40	9.40	0.53	0.23
15	3.36	8.64	0.74	9.38	9.39	0.48	0.22
16	3.36	8.40	0.96	9.36	9.37	0.61	0.23
17	3.36	8.28	1.05	9.33	9.35	0.69	0.29
18	3.36	8.25	1.06	9.31	9.32	0.70	0.26
19	3.36	8.15	1.15	9.30	9.31	0.52	0.19
20	6.25	8.14	1.11	9.25	9.28	1.09	0.40
21	6.25	8.07	1.05	9.12	9.20	1.58	0.60
22	6.25	7.99	1.12	9.11	9.13	0.85	0.31
23	6.25	7.95	1.13	9.08	9.10	0.89	0.31
24	6.25	7.95	1.01	8.96	9.05	1.60	0.61
25	6.25	7.75	1.14	8.89	8.96	1.40	0.50
26	6.25	7.63	1.21	8.84	8.89	1.29	0.45
27	6.25	7.62	1.13	8.75	8.82	1.47	0.55
28	6.25	7.58	1.02	8.60	8.70	1.71	0.70
29	6.25	7.55	1.01	8.56	8.57	0.80	0.33
29.5*	6.25	7.43	1.09	8.52	8.54	0.91	0.35
30	6.25	7.32	1.17	8.49	8.51	0.98	0.35
31	6.25	7.32	1.11	8.43	8.46	1.25	0.46

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
32	6.25	7.25	1.08	8.33	8.38	1.47	0.56
33	6.25	7.22	1.07	8.29	8.31	1.01	0.40
34	6.25	7.15	1.05	8.20	8.25	1.32	0.51
35	6.25	7.12	1.04	8.16	8.19	0.99	0.37
36	6.25	7.12	0.93	8.05	8.12	1.58	0.62
37	6.25	7.00	1.02	8.02	8.04	1.03	0.38
38	6.25	6.86	1.15	8.01	8.01	0.61	0.22
39	6.25	6.65	1.34	7.99	8.00	0.71	0.23
40	6.25	6.39	1.14	7.53	7.91	2.75	1.01
40.1*	Culvert						
41	10.06	6.39	1.27	7.66	7.75	1.67	0.55
42	10.06	6.18	1.40	7.58	7.63	1.31	0.42
43	10.06	6.02	1.48	7.50	7.58	1.51	0.48
44	10.06	5.86	1.55	7.41	7.51	1.58	0.51
45	10.06	5.91	1.47	7.38	7.45	1.35	0.44
46	10.06	5.87	1.49	7.36	7.40	1.12	0.35
47	10.06	5.86	1.48	7.34	7.37	0.99	0.31
48	10.06	5.83	1.49	7.32	7.34	0.91	0.28
49	10.06	5.71	1.27	6.98	7.27	2.42	0.84
50	10.06	5.69	1.19	6.88	6.94	1.26	0.45
50.5*	10.06	5.65	1.18	6.83	6.90	1.35	0.49
51	10.06	5.61	1.14	6.75	6.84	1.68	0.62
52	10.06	5.49	1.24	6.73	6.76	1.11	0.38
53	10.06	5.42	1.19	6.61	6.70	1.61	0.56
54	10.06	5.31	1.25	6.56	6.58	0.99	0.34
55	10.06	5.25	1.27	6.52	6.55	1.07	0.35
56	10.06	5.09	1.32	6.41	6.49	1.59	0.54
57	10.06	5.04	1.24	6.28	6.40	1.71	0.60
58	10.06	4.91	1.21	6.12	6.22	1.58	0.57
59	10.06	4.86	1.16	6.02	6.12	1.69	0.61
60	10.06	4.70	1.25	5.95	6.02	1.49	0.49
61	10.06	4.58	1.29	5.87	5.96	1.50	0.50
62	10.06	4.54	1.28	5.82	5.89	1.47	0.49
63	10.06	4.51	1.34	5.85	5.85	0.58	0.18
63.5*	10.06	4.43	1.39	5.82	5.84	0.93	0.29
64	10.06	4.34	1.37	5.71	5.80	1.69	0.54

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
64.1*	Culvert						
65	11.35	4.23	1.31	5.54	5.64	1.88	0.62
66	11.35	4.19	1.31	5.50	5.55	1.44	0.48
67	11.35	4.17	1.23	5.40	5.45	1.47	0.52
68	11.35	4.12	1.23	5.35	5.39	1.24	0.44
69	11.35	4.07	1.14	5.21	5.31	1.84	0.67
70	11.35	4.00	1.16	5.16	5.18	0.94	0.36
71	11.35	3.99	1.10	5.09	5.11	1.07	0.41
72	11.35	3.96	1.13	5.09	5.09	0.44	0.17
73	11.35	3.81	1.27	5.08	5.08	0.35	0.12
73.1*	Culvert						
74	11.35	3.46	1.26	4.72	4.75	1.13	0.39
75*	14.42	3.39	0.99	4.38	4.52	1.61	0.54
76*	14.42	3.09	1.02	4.11	4.24	1.56	0.52
76.2*	14.42	2.94	1.05	3.99	4.11	1.52	0.50
76.4*	14.42	2.79	1.09	3.88	3.99	1.46	0.47
76.6*	14.42	2.59	1.19	3.78	3.86	1.28	0.39
76.7*	Bridge		0.00				
76.8*	14.42	2.44	1.00	3.44	3.56	1.54	0.52
77*	14.42	2.35	0.99	3.34	3.47	1.63	0.55
78*	14.42	1.70	1.03	2.73	2.85	1.55	0.52
78.2*	14.42	1.55	1.06	2.61	2.73	1.51	0.49
78.4*	14.42	1.40	1.11	2.51	2.61	1.44	0.46
78.6*	14.42	1.26	1.17	2.43	2.52	1.30	0.40
78.7*	Bridge		0.00				
78.8*	14.42	1.15	1.03	2.18	2.29	1.50	0.49
79*	17.98	0.96	1.02	1.98	2.12	1.68	0.56
80*	17.98	0.20	1.01	1.21	1.36	1.67	0.56

**Tabella 3 – Confronto tra le altezze d'acqua e le velocità pre e post intervento**

Il confronto è limitato alle sezioni comuni, ossia dalla 1 alla 74.

Sezione	Stato di fatto		Nuovo Pandi	
	Tirante (m)	Velocità (m/s)	Tirante (m)	Velocità (m/s)
1	0.40	0.66	0.40	0.66
2	0.52	1.25	0.52	1.25
3	0.71	1.42	0.71	1.42
4	0.69	0.93	0.69	0.93
5	0.77	0.83	0.77	0.83
6	0.74	1.45	0.74	1.45
7	0.74	1.02	0.74	1.02
8	0.76	1.19	0.76	1.19
9	0.75	0.87	0.75	0.87
10	0.65	0.87	0.65	0.87
11	0.65	0.68	0.65	0.68
12	0.70	0.84	0.70	0.84
13	0.82	0.62	0.82	0.62
14	0.82	0.53	0.82	0.53
15	0.74	0.48	0.74	0.48
16	0.96	0.61	0.96	0.61
17	1.05	0.69	1.05	0.69
18	1.06	0.70	1.06	0.70
19	1.15	0.52	1.15	0.52
20	1.11	1.09	1.11	1.09
21	1.05	1.58	1.05	1.58
22	1.12	0.85	1.12	0.85
23	1.13	0.89	1.13	0.89
24	1.01	1.60	1.01	1.60
25	1.14	1.40	1.14	1.40
26	1.21	1.29	1.21	1.29
27	1.13	1.47	1.13	1.47
28	1.02	1.71	1.02	1.71
29	1.01	0.80	1.01	0.80
30	1.17	0.98	1.17	0.98
31	1.11	1.25	1.11	1.25
32	1.08	1.47	1.08	1.47



Sezione	Stato di fatto		Nuovo Pandi	
	Tirante	Velocità	Tirante	Velocità
	(m)	(m/s)	(m)	(m/s)
33	1.07	1.01	1.07	1.01
34	1.05	1.32	1.05	1.32
35	1.04	0.99	1.04	0.99
36	0.93	1.58	0.93	1.58
37	1.02	1.03	1.02	1.03
38	1.15	0.61	1.15	0.61
39	1.34	0.71	1.34	0.71
40	1.14	2.75	1.14	2.75
41	1.27	1.67	1.27	1.67
42	1.40	1.31	1.40	1.31
43	1.48	1.51	1.48	1.51
44	1.55	1.58	1.55	1.58
45	1.47	1.35	1.47	1.35
46	1.49	1.12	1.49	1.12
47	1.48	0.99	1.48	0.99
48	1.49	0.91	1.49	0.91
49	1.27	2.42	1.27	2.42
50	1.19	1.26	1.19	1.26
51	1.14	1.68	1.14	1.68
52	1.24	1.11	1.24	1.11
53	1.19	1.61	1.19	1.61
54	1.25	0.99	1.25	0.99
55	1.27	1.07	1.27	1.07
56	1.32	1.59	1.32	1.59
57	1.24	1.71	1.24	1.71
58	1.21	1.58	1.21	1.58
59	1.16	1.69	1.16	1.69
60	1.25	1.49	1.25	1.49
61	1.29	1.50	1.29	1.50
62	1.28	1.47	1.28	1.47
63	1.34	0.58	1.34	0.58
64	1.37	1.69	1.37	1.69
65	1.31	1.88	1.31	1.88
66	1.31	1.44	1.31	1.44
67	1.23	1.47	1.23	1.47
68	1.23	1.24	1.23	1.24

Sezione	Stato di fatto		Nuovo Pandi	
	Tirante	Velocità	Tirante	Velocità
	(m)	(m/s)	(m)	(m/s)
69	1.14	1.84	1.14	1.84
70	1.16	0.94	1.16	0.94
71	1.10	1.07	1.10	1.07
72	1.13	0.44	1.13	0.44
73	1.27	0.35	1.27	0.35
74	1.45	0.44	1.26	1.13

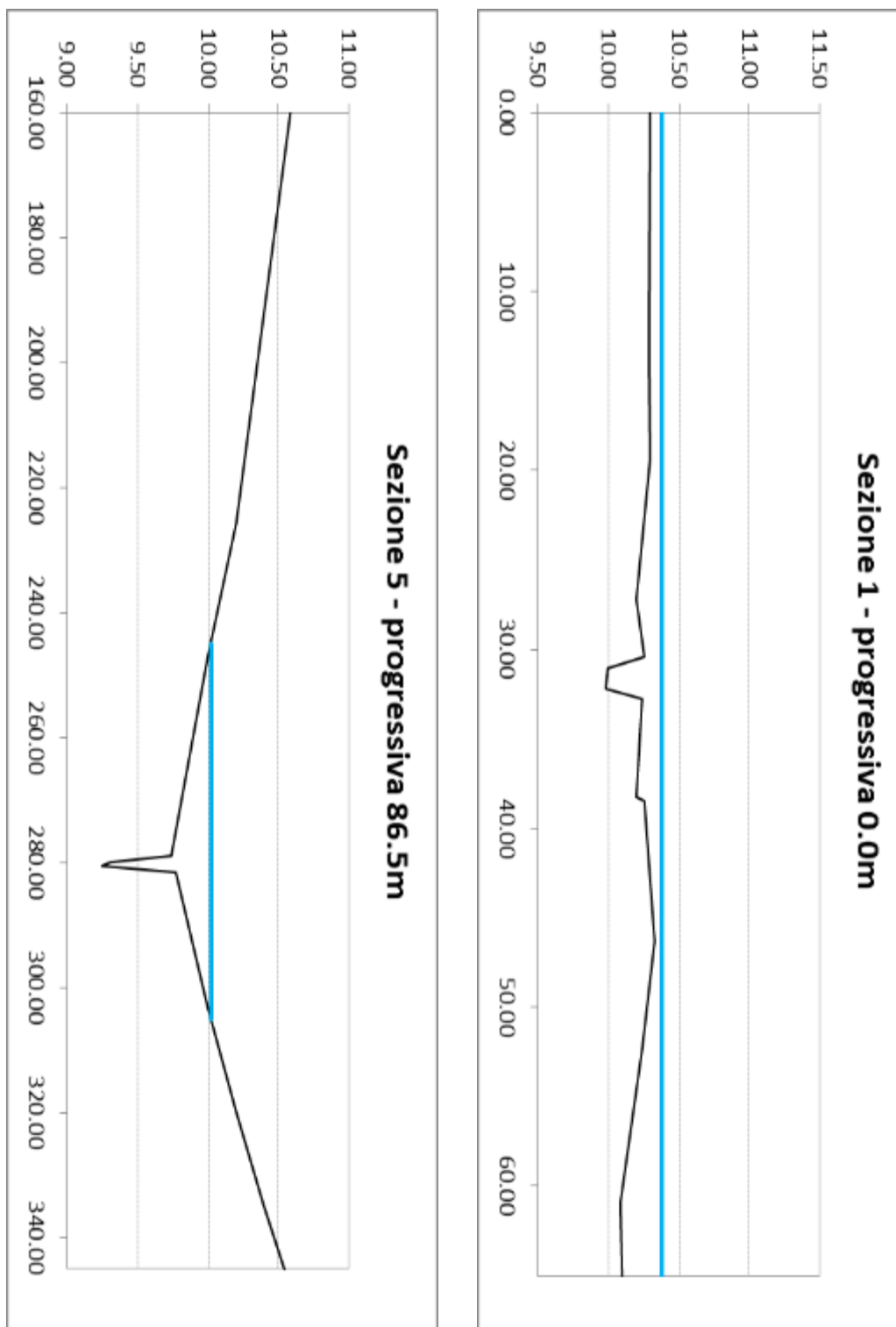


## TAVOLE

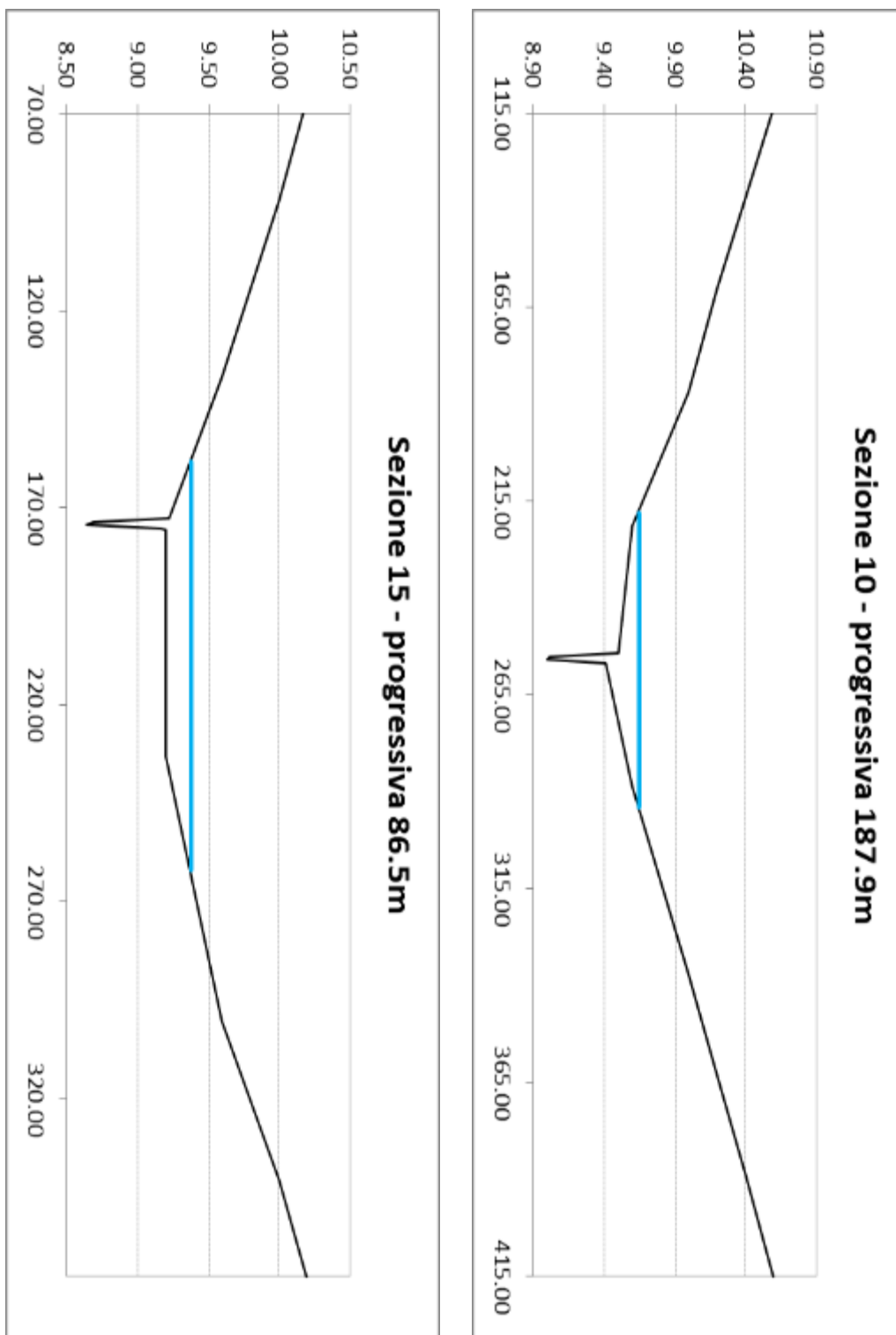


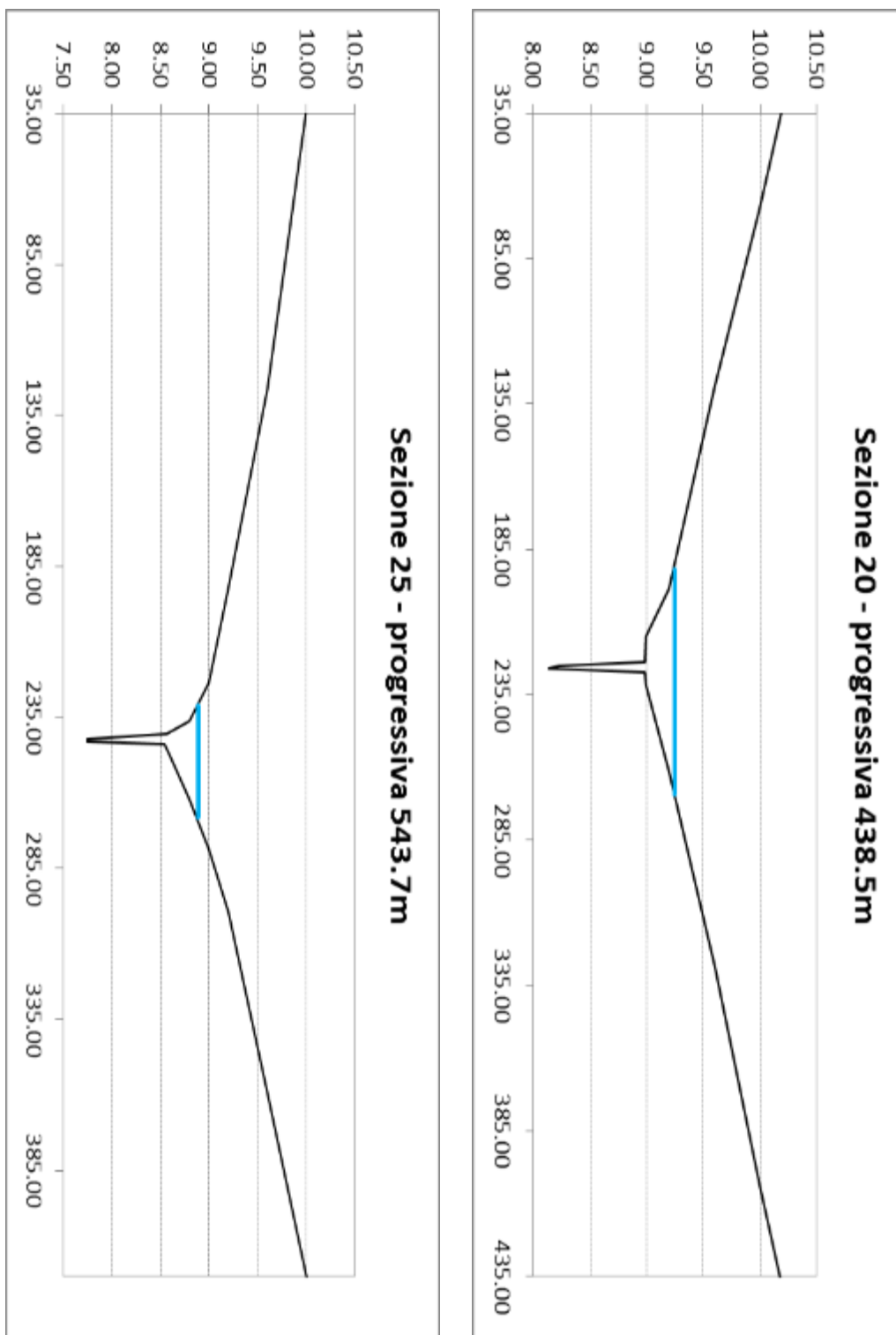
**ALLEGATI**

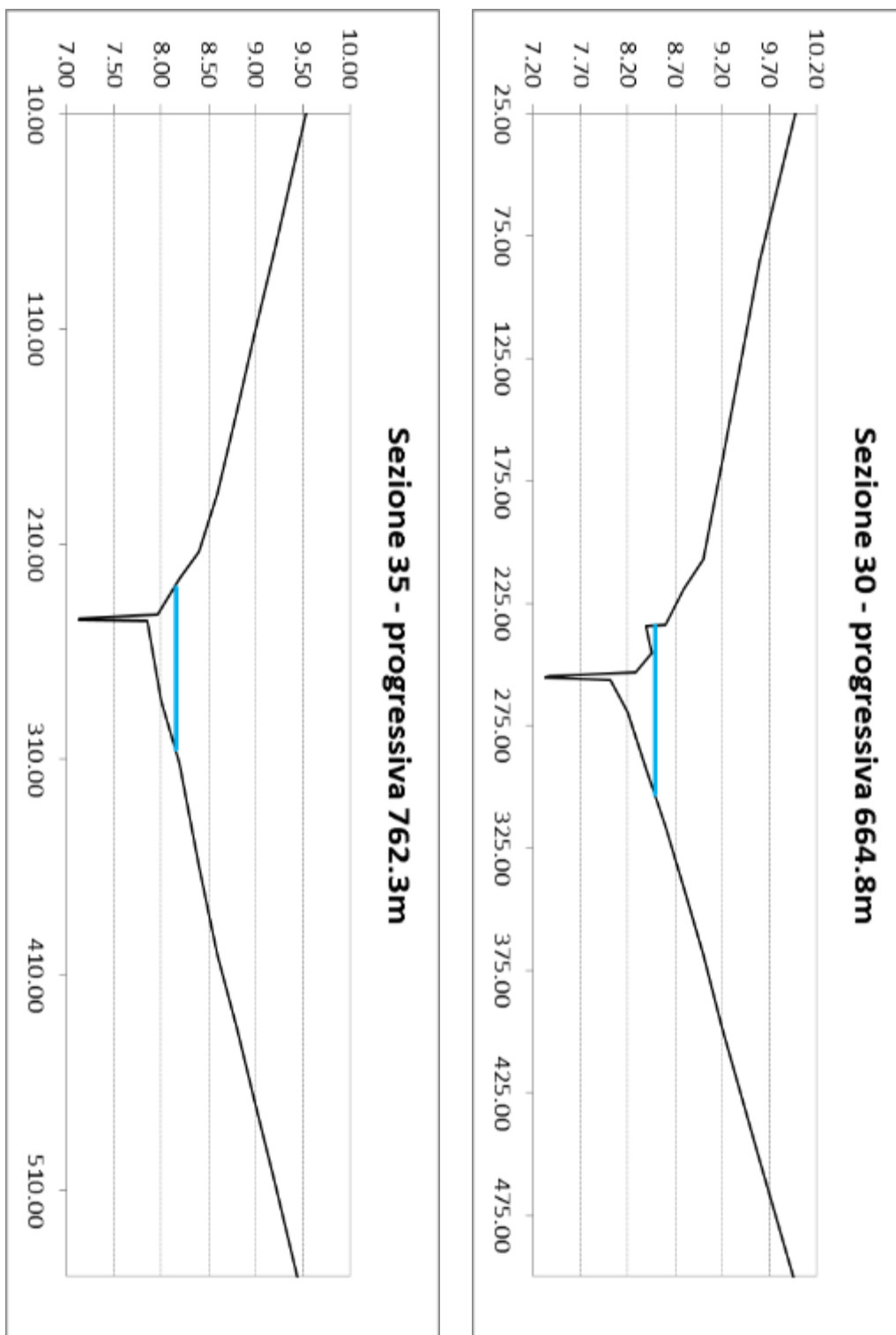
## **Allegato 1 – Sezioni di calcolo con altezza d'acqua per lo stato di fatto**

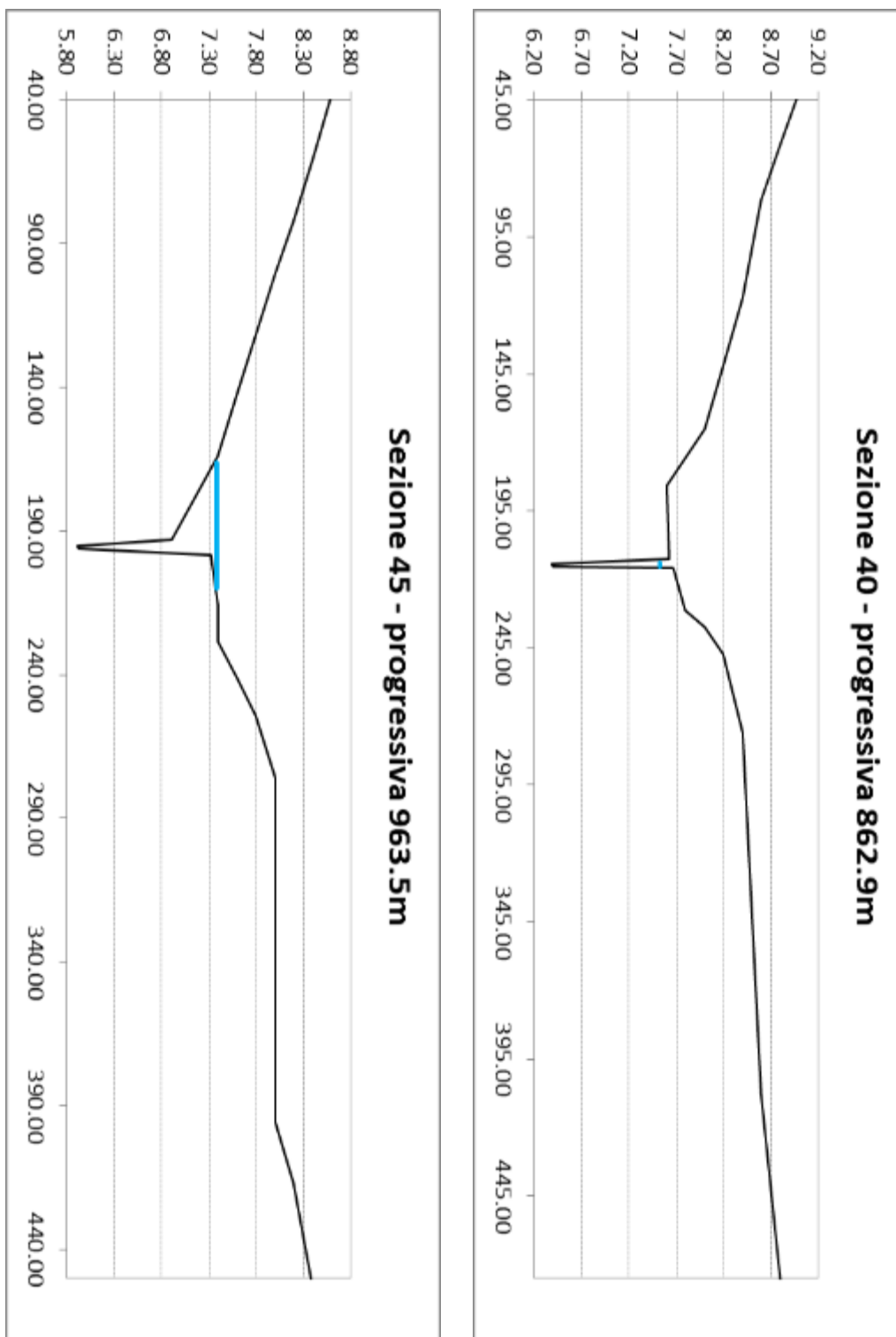


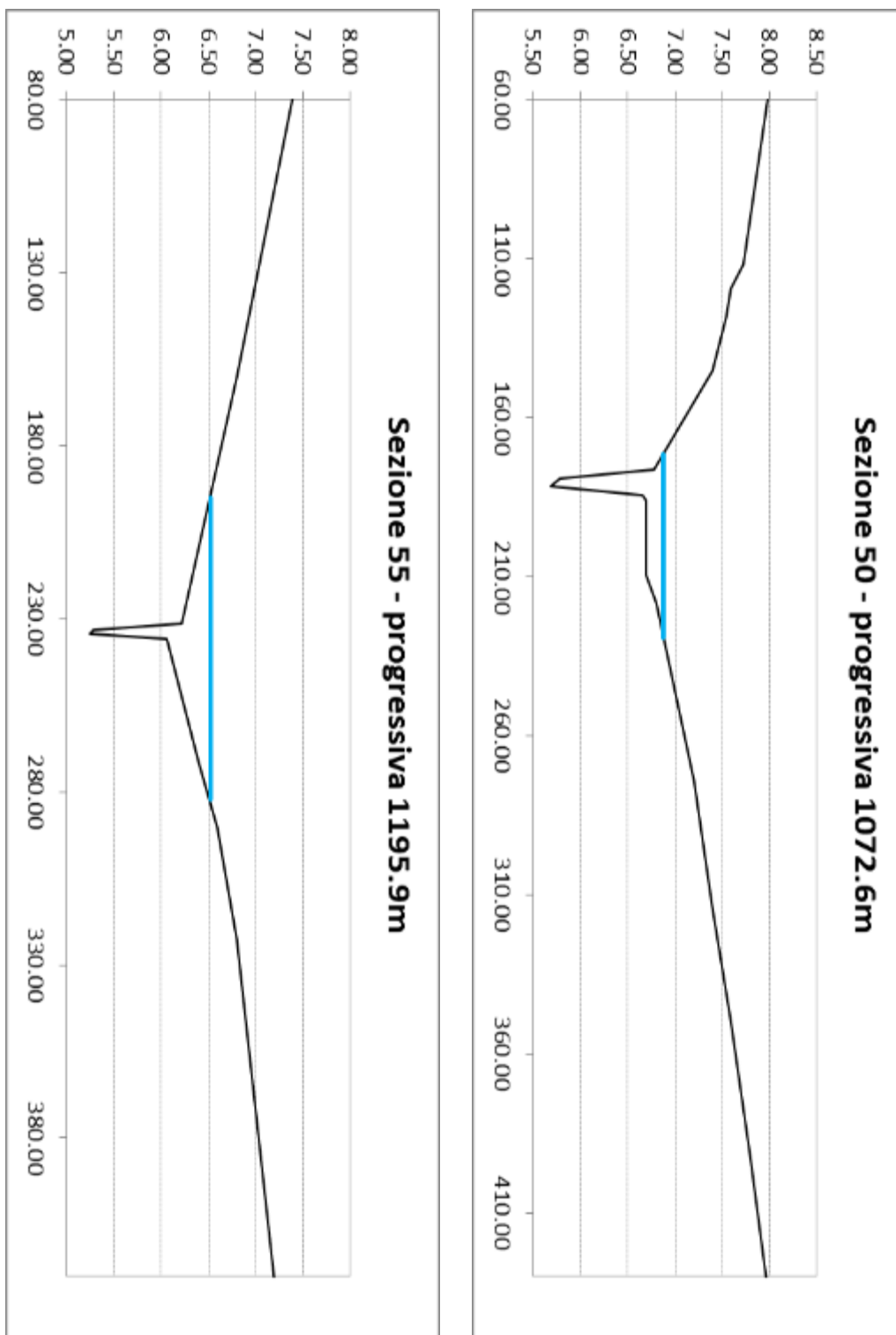


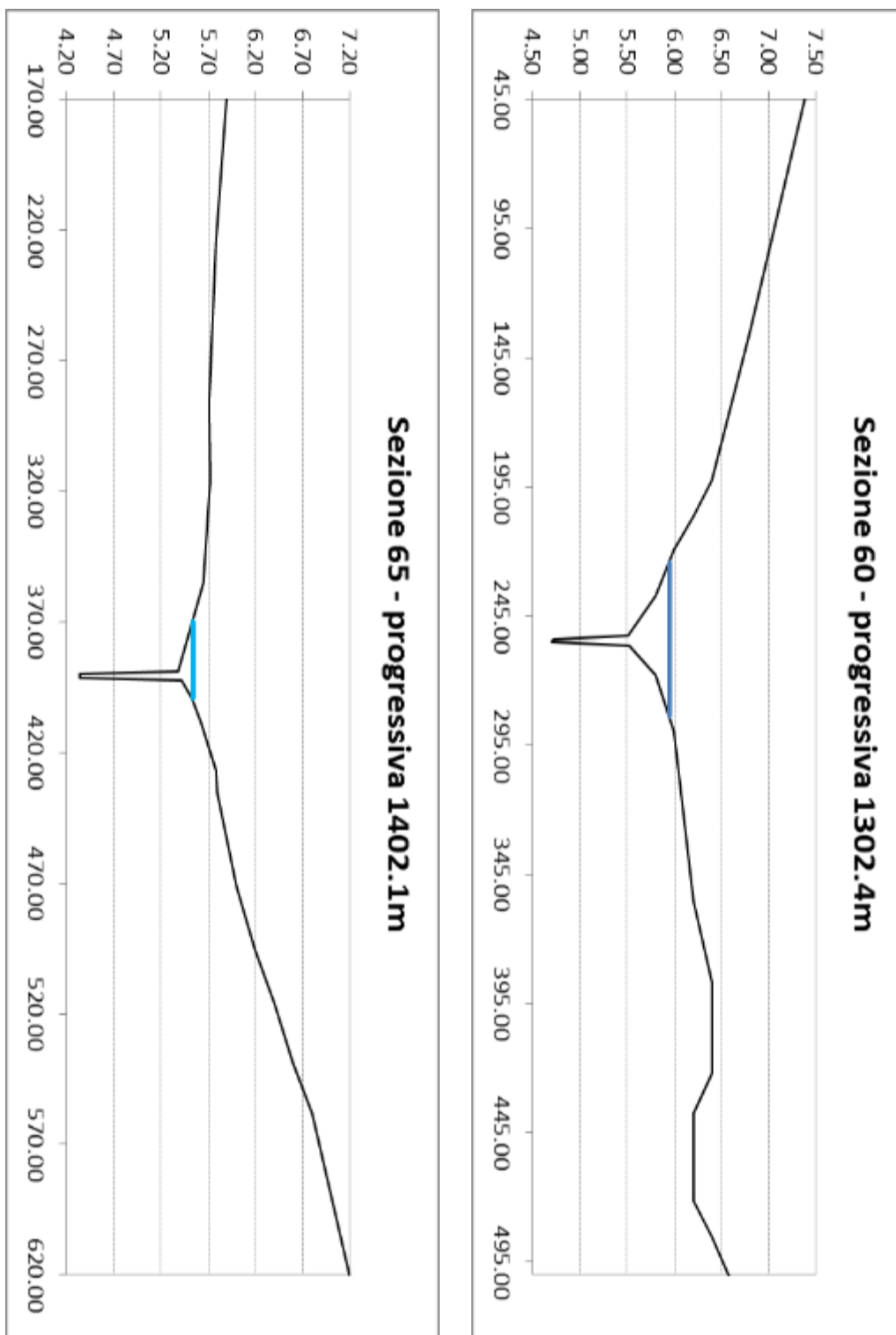




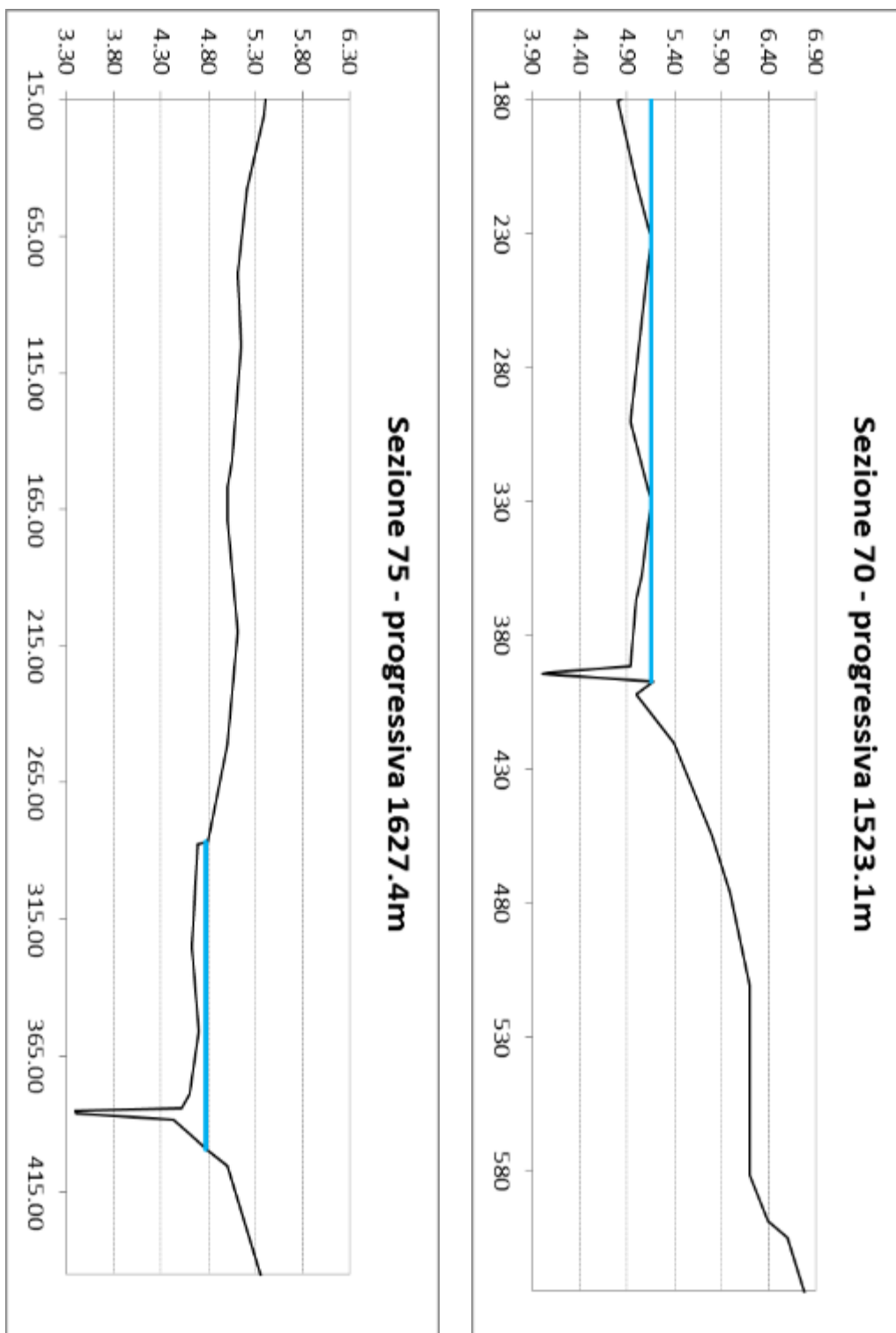


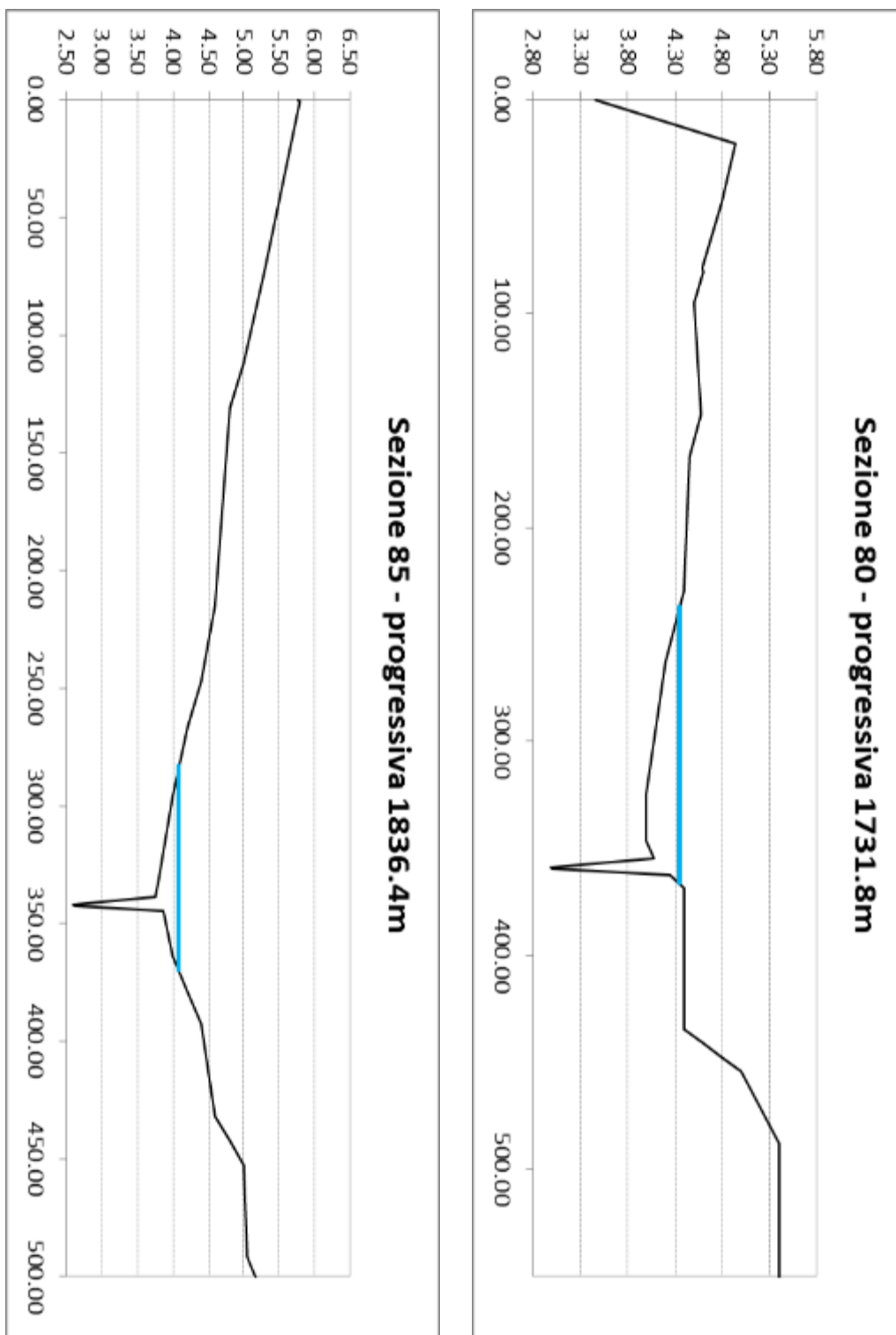


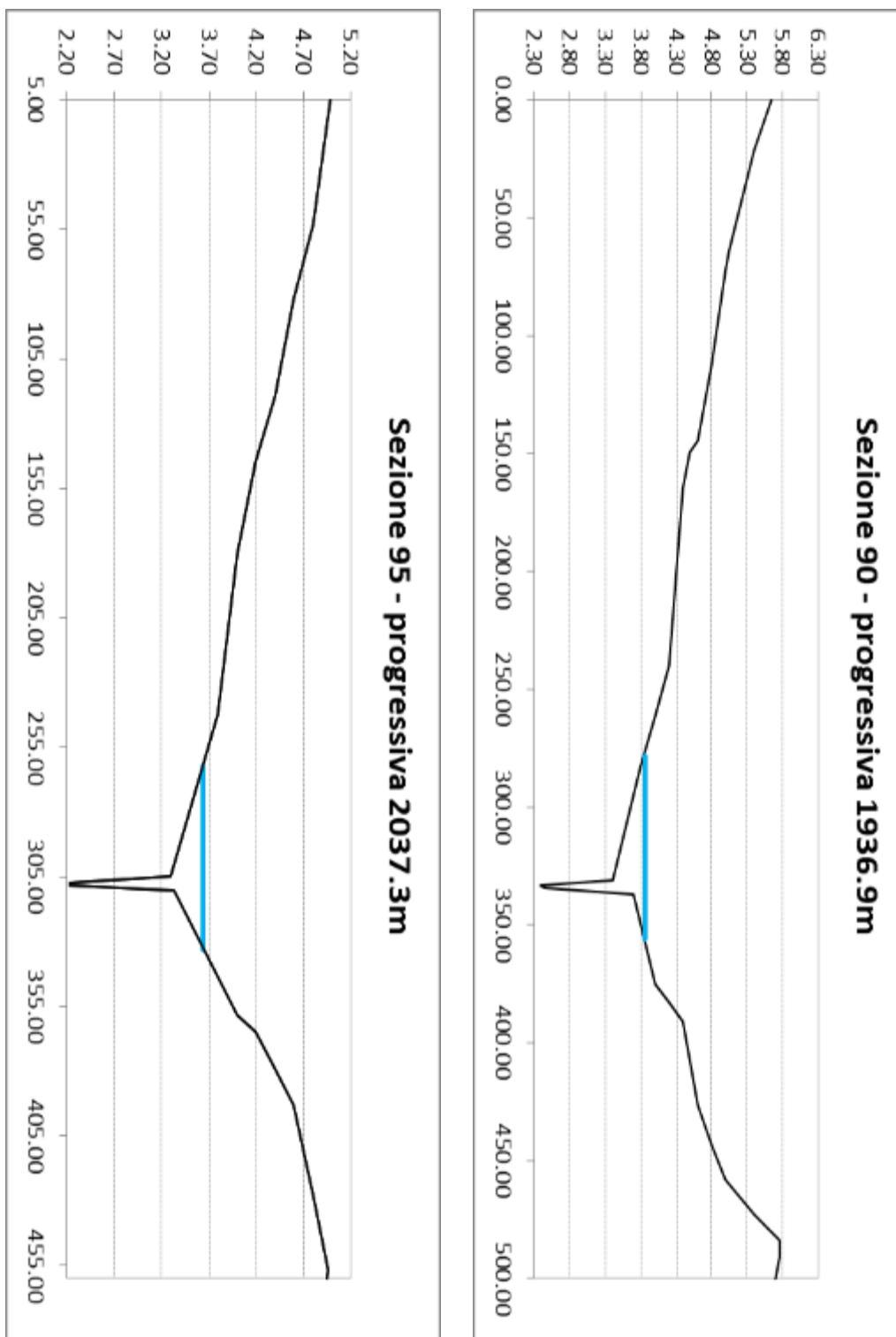


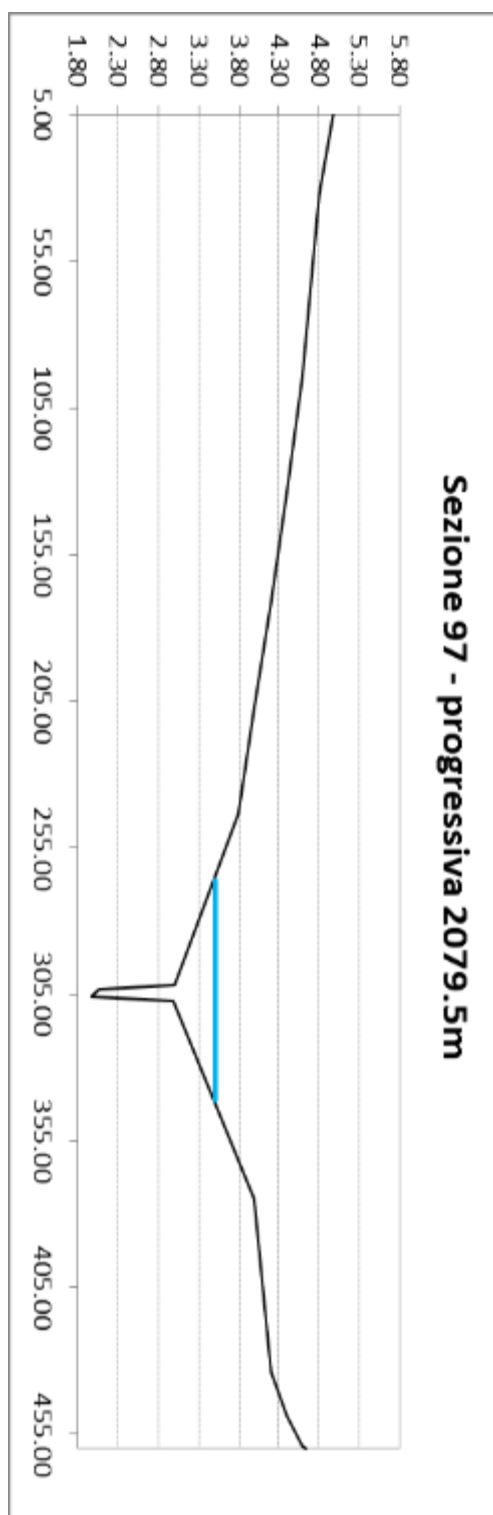






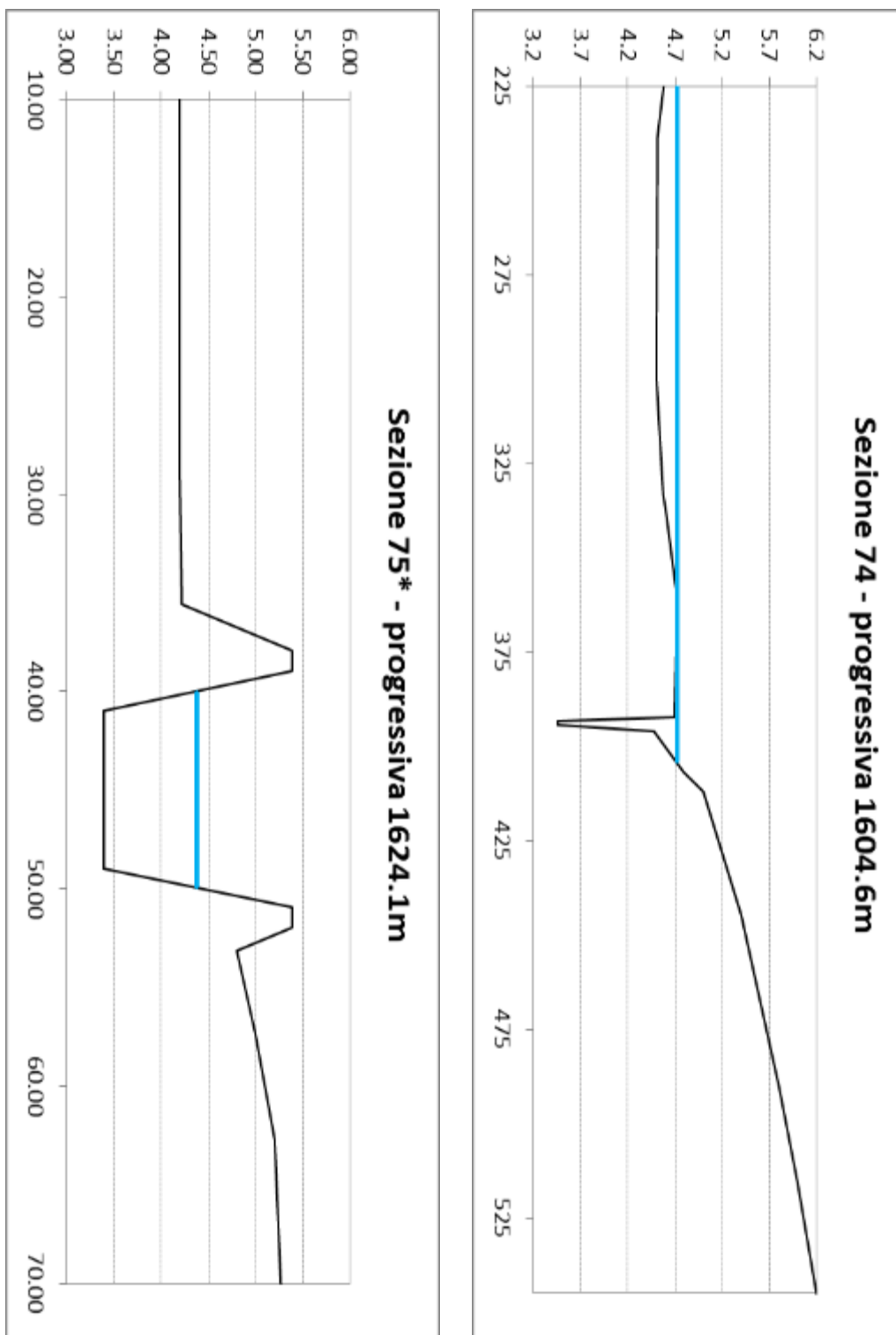




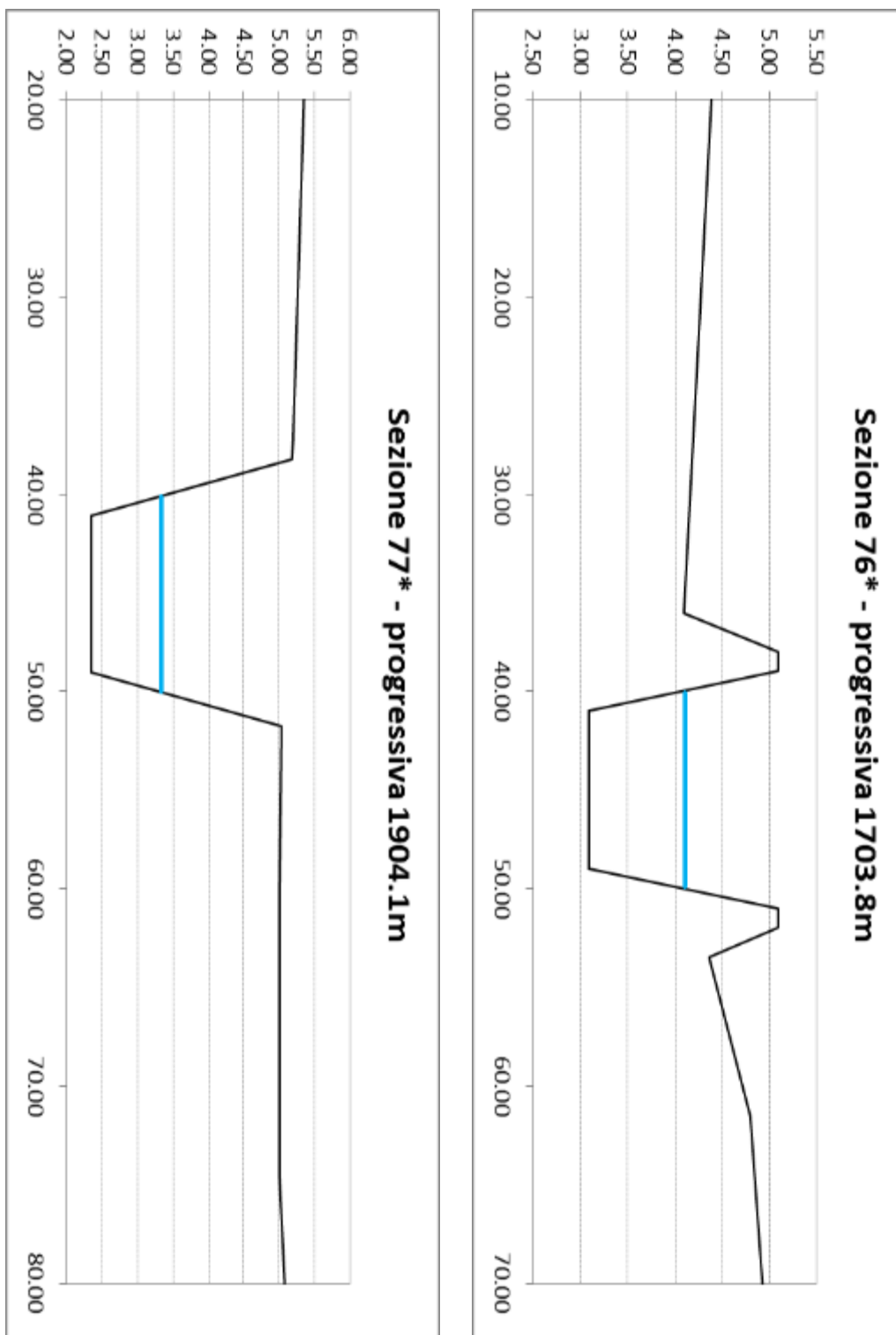


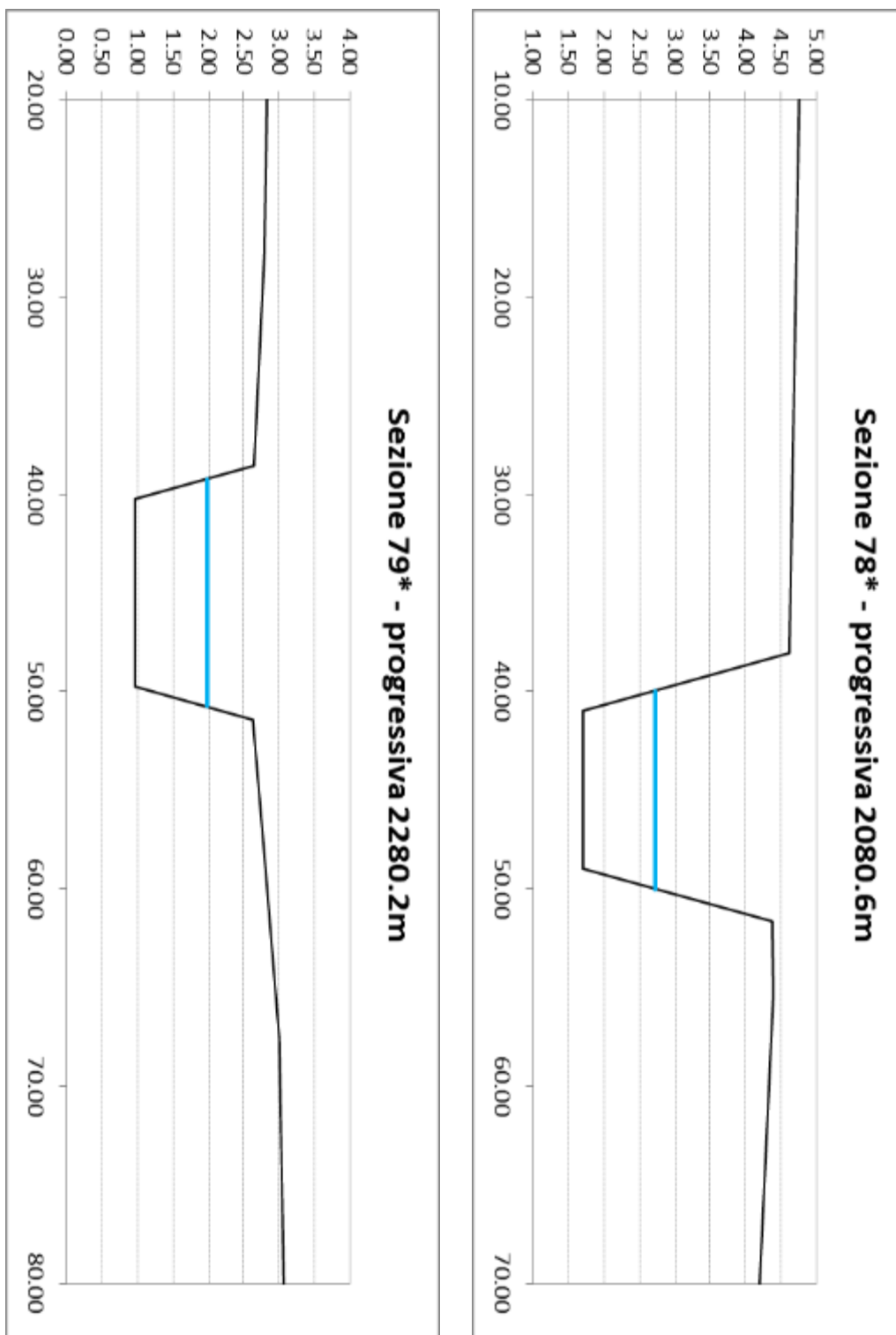
## **Allegato 2 – Sezioni di calcolo con altezza d'acqua per il nuovo canale Pandi**

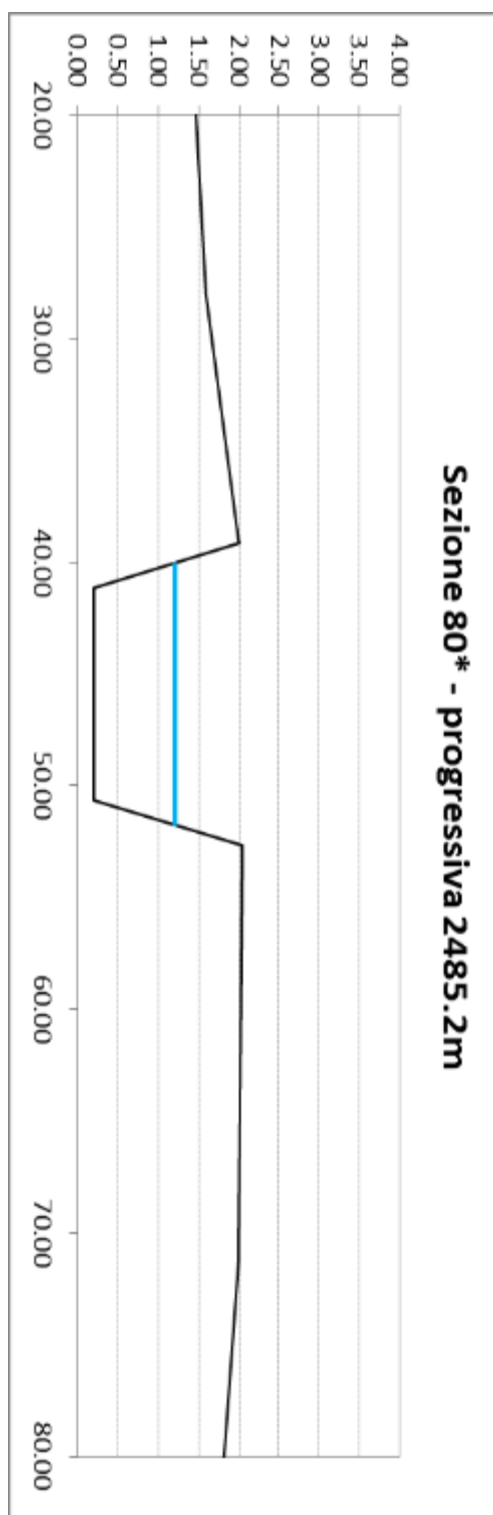
Le sezioni dalla 1 alla 74 sono invariate rispetto allo stato di fatto. Si ricorda che nelle tavole di progetto la numerazione procede da 6 a 1 per le sezioni dalla 75\* alla 80\*.











**Allegato 3 – Stima delle aree di esondazione con tempo di ritorno pari a 30, 200,  
500 anni**



**Allegato 3**  
**Stima delle aree di**  
**esondazione con tempo**  
**di ritorno pari a 30, 200,**  
**500 anni**

**Stabilimento Multisocietario**  
**di Brindisi**

Maggio 2014

Progetto 46318419

Preparato per: Syndial S.p.A.

ITALY



## INDICE

1	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
2	<b>CALCOLO DELLE PORTATE .....</b>	<b>5</b>
3	<b>STUDIO IDRAULICO .....</b>	<b>9</b>
3.1	<b>Stato di fatto .....</b>	<b>9</b>
3.2	<b>Situazione di progetto .....</b>	<b>11</b>
4	<b>AREE DI ESONDAZIONE .....</b>	<b>13</b>
4.1	<b>Stato di fatto .....</b>	<b>13</b>
4.2	<b>Situazione di progetto .....</b>	<b>14</b>

### Tabelle

**Tabella 1:** Risultati stato di fatto con tempo di ritorno  $T = 30$  anni

**Tabella 2:** Risultati stato di fatto con tempo di ritorno  $T = 200$  anni

**Tabella 3:** Risultati stato di fatto con tempo di ritorno  $T = 500$  anni

**Tabella 4:** Risultati situazione di progetto con tempo di ritorno  $T = 30$  anni

**Tabella 5:** Risultati situazione di progetto con tempo di ritorno  $T = 200$  anni

**Tabella 6:** Risultati situazione di progetto con tempo di ritorno  $T = 500$  anni

### Tavole

**Tavola 1a:** Fasce di esondazione - stato di fatto a monte della deviazione - tempo di ritorno 30 anni

**Tavola 1b :** Fasce di esondazione - stato di fatto del tratto da dismettere - tempo di ritorno 30 anni

**Tavola 2a:** Fasce di esondazione - stato di fatto a monte della deviazione - tempo di ritorno 200 anni

**Tavola 2b :** Fasce di esondazione - stato di fatto del tratto da dismettere - tempo di ritorno 200 anni

**Tavola 3a:** Fasce di esondazione - stato di fatto a monte della deviazione - tempo di ritorno 500 anni

**Tavola 3b :** Fasce di esondazione - stato di fatto del tratto da dismettere - tempo di ritorno 500 anni



**Tavola 4a** : Fasce di esondazione - stato di progetto a monte della deviazione - tempo di ritorno 30 anni

**Tavola 4b** : Fasce di esondazione - stato di progetto a valle della deviazione - tempo di ritorno 30 anni

**Tavola 5a** : Fasce di esondazione - stato di progetto a monte della deviazione - tempo di ritorno 200 anni

**Tavola 5b** : Fasce di esondazione - stato di progetto a valle della deviazione - tempo di ritorno 200 anni

**Tavola 6a** : Fasce di esondazione - stato di progetto a monte della deviazione - tempo di ritorno 500 anni

**Tavola 6b** : Fasce di esondazione - stato di progetto a valle della deviazione - tempo di ritorno 500 anni

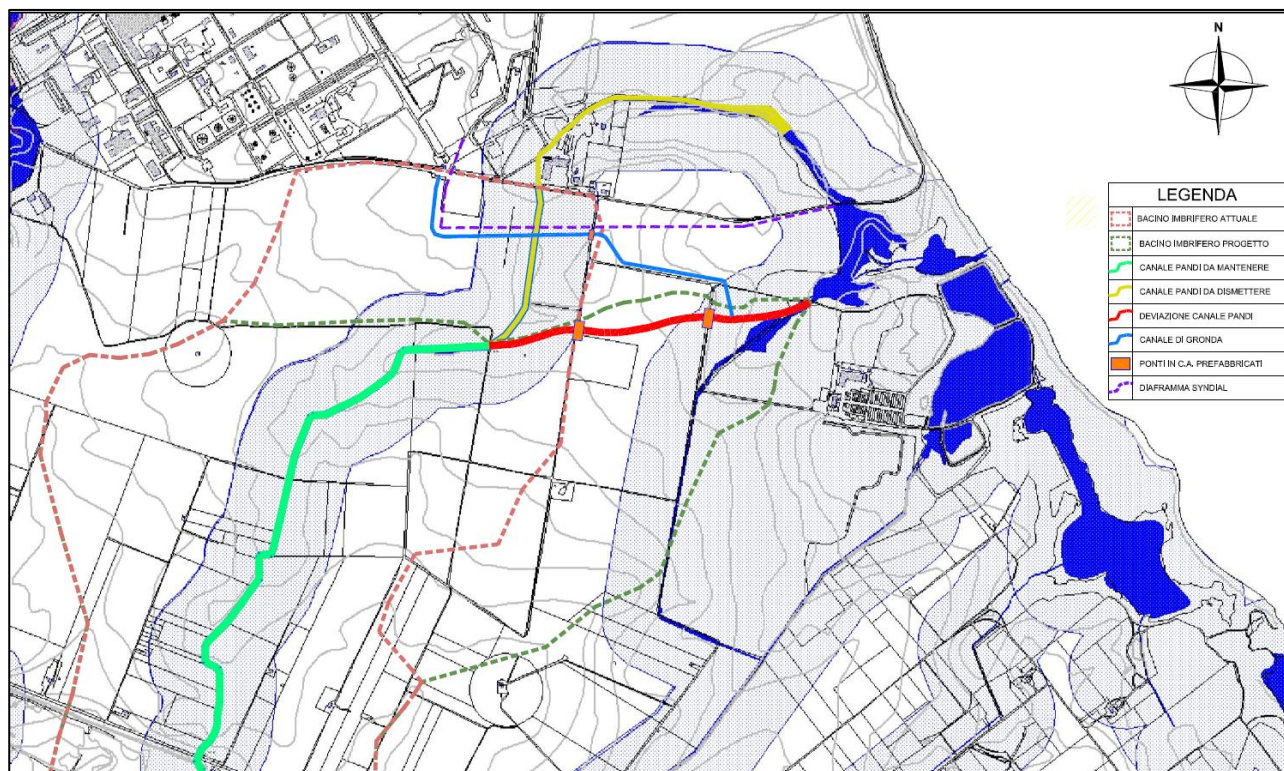
**Allegati**

**Allegato 1:** Sezioni dello stato di fatto

**Allegato 2:** Sezioni della situazione di progetto

## 1 PREMESSA

In questa appendice si descrivono il procedimento utilizzato ed i risultati ottenuti per la stima delle fasce di esondazione del canale Pandi, sia nello stato attuale (stato di fatto), sia nella deviazione in progetto. Per quanto riguarda la situazione esistente, è stata considerata l'intera asta del canale, compreso il tratto che si estende all'interno dello stabilimento multisocietario di Brindisi.



**Figura 1.1** – Individuazione delle aste per la stima delle aree di esondazione nello stato di fatto (verde + giallo) e nella situazione di progetto (verde + rosso).

Sono state considerate le portate con tempi di ritorno  $T$  pari a 30 e 500 anni ad integrazione della portata di progetto, anch'essa qui riportata ( $T = 200$  anni).

I risultati, riportati nelle tabelle e nelle tavole allegate, mostrano le aree allagate direttamente e quelle soggette ad allagamento indiretto e consentono il confronto tra lo stato di fatto e la situazione di progetto, per i vari tempi di ritorno.

## 2 CALCOLO DELLE PORTATE

Il calcolo delle portate è stato effettuato come descritto nel Paragrafo 3.3.5 della relazione di progetto. Di seguito si riportano alcune informazioni relative alla metodologia utilizzata ed i risultati ottenuti. Per la descrizione completa del procedimento adottato si rimanda tuttavia alla relazione medesima.

La stima delle portate transitive con tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni è stata effettuata applicando la formula razionale seguente:

$$Q_{\max}(t, T) = \frac{C \times i_r(t, T) \times S}{3.6}$$

in cui:

- **C** è un coefficiente che tiene conto delle perdite idrologiche e della capacità di laminazione del bacino. Nel caso in esame la capacità di laminazione del bacino è stata considerata nulla; il coefficiente C corrisponde, pertanto, al coefficiente d'afflusso  $\phi$ ;
- **$i_r$**  è l'intensità di pioggia ragguagliata, funzione del tempo di ritorno e della durata critica della precipitazione (in mm/ora). La durata critica è assunta uguale al tempo di corrivazione  $T_c$  (ore) del bacino;
- **S** è la superficie del bacino (in km<sup>2</sup>).

Per il calcolo dell'intensità di pioggia, si è fatto riferimento alla “**Relazione del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino della Puglia, cap. VI.3 Studio Idrologico**”, che fornisce i parametri *a* e *n* della curva di possibilità climatica:

$$h = a \times t^n$$

La seguente tabella riporta i valori di *a* e *n* per i tempi di ritorno considerati.

<i>T</i>	<i>a</i>	<i>n</i> ( <i>t</i> > 1h)
30	64.60	0.154
200	97.63	0.154
500	113.58	0.154

**Tabella 1.1** - Valori di *a* e *n* per i tempi di ritorno *T* = 30, 200 e 500 anni e durata della precipitazione maggiore di 1 ora.

I bacini idrografici per lo stato di fatto e per la situazione di progetto sono stati assunti pari a quelli descritti nella relazione (Capitolo 3) e sono rappresentati nelle Figure 1.1 e 1.2.

Per lo stato di fatto, la sezione di chiusura è posta in corrispondenza dell'attraversamento della Strada per Pandi mentre, per la situazione di progetto, il bacino si estende fino all'immissione nella zona umida.

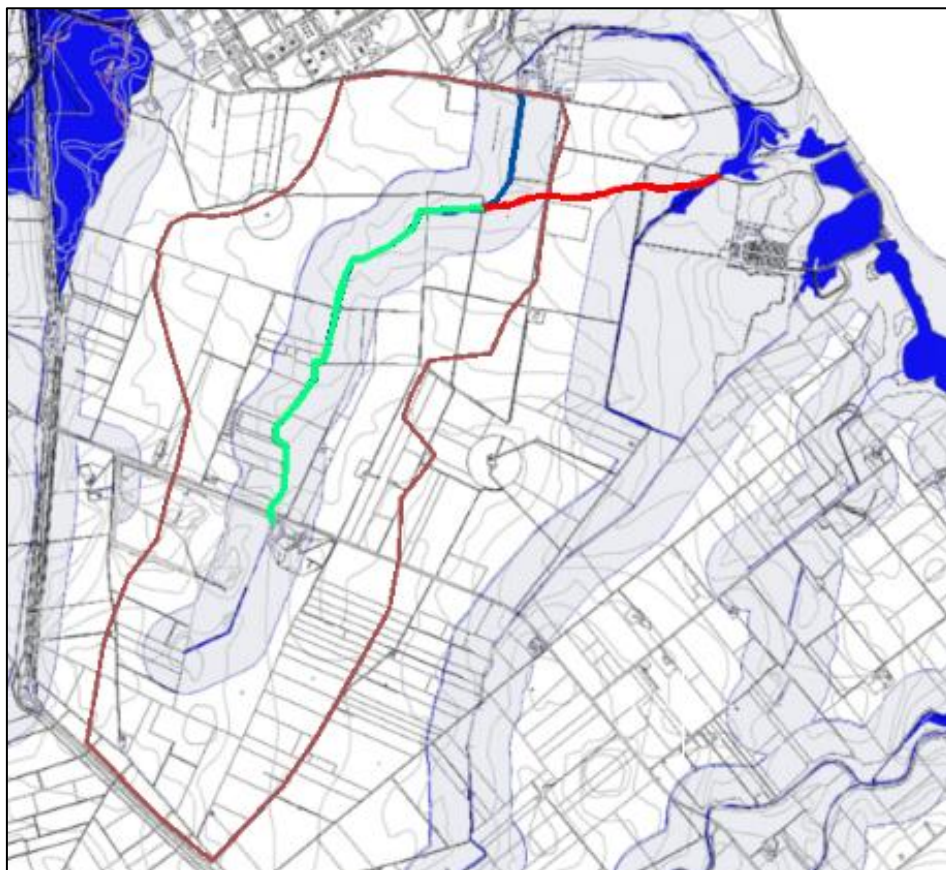
Le caratteristiche geomorfologiche di entrambi i bacini sono riassunte nella seguente tabella.

	$A \text{ (km}^2\text{)}$	$L \text{ (km)}$	$H_m \text{ (m s.l.m.)}$	$H_0 \text{ (m s.l.m.)}$	$i \text{ (m/m)}$	$p \text{ (m/m)}$
Stato di fatto	2.54	2.13	12.01	4.00	0.0034	0.0067
Progetto	2.71	2.55	11.78	1	0.0045	0.0067

**Tabella 1.2** - Caratteristiche geometriche del bacino. ( $A$  = area del bacino,  $L$ =lunghezza dell'asta,  $H_m$  = altezza media del bacino riferita alla sezione di chiusura,  $H_0$  = altezza alla sezione di chiusura,  $i$  = pendenza media del canale Pandi,  $p$  = pendenza media dei versanti.)

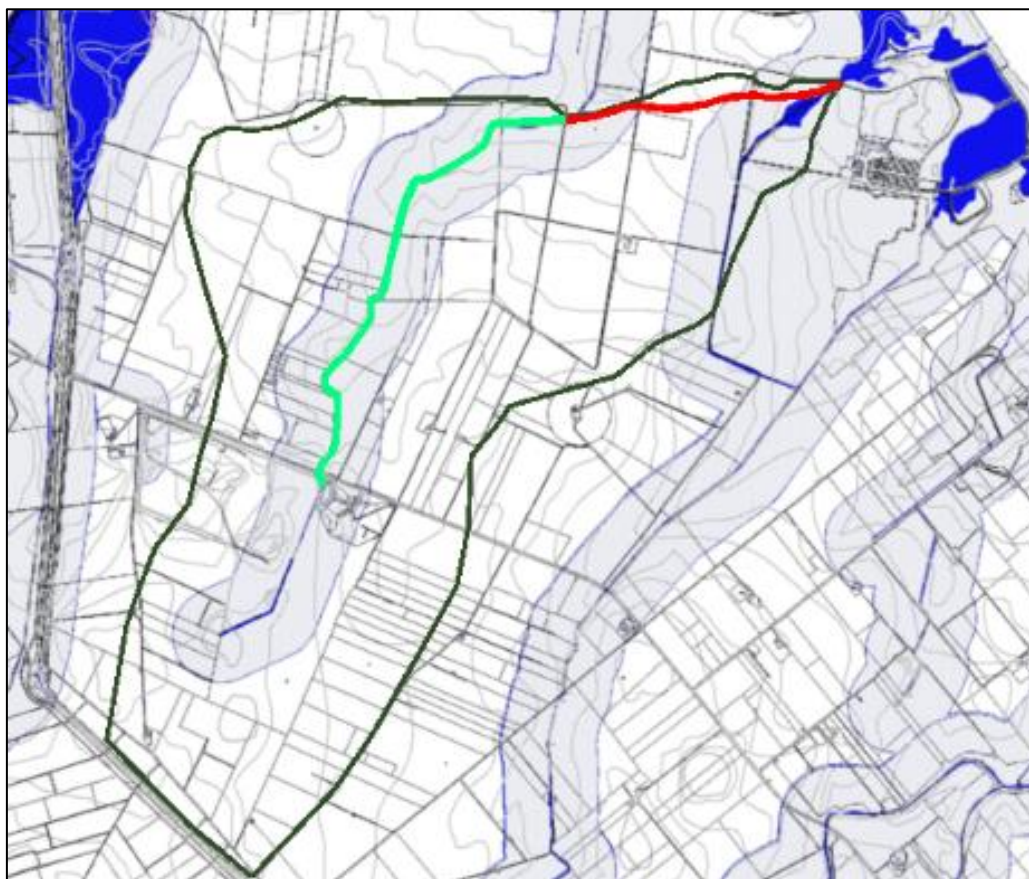
Va sottolineato che l'asta fluviale, considerata per la stima delle aree di esondazione dello stato di fatto, è più estesa rispetto a quella considerata per le verifiche idrauliche: prosegue infatti all'interno dello stabilimento, fino a sfociare nella zona umida nei pressi del litorale. Di conseguenza, il bacino idrografico da considerare per il calcolo della portata, andrebbe esteso fino a tale sezione.

Tuttavia, l'aumento di superficie rispetto al bacino effettivamente considerato è minimo: l'area è delimitata in sinistra idrografica dal muro di cinta dello stabilimento, mentre, in destra, la conformazione del terreno fa sì che le acque meteoriche non raggiungano il canale. Anche considerando tutta l'area (dal muro a nord alla strada per Pandi a sud) si ha un incremento circa del 28% rispetto al bacino considerato. In termini di portata e di altezza d'acqua, tale variazione ha un effetto notevolmente ridotto, che è stato quindi trascurato.



**Figura 1.2** - Bacino imbrifero del canale Pandi (in marrone) – sezione di chiusura alla Strada per Pandi.





**Figura 1.3** - Bacino imbrifero del nuovo canale Pandi (in verde) – sezione di chiusura in corrispondenza della zona umida.

Il tempo di corrivazione è stato calcolato come media dei risultati dell'applicazione di diverse metodologie, ed è risultato pari a:

- 3.85 h per lo stato di fatto;
- 3.53 h per la situazione di progetto;
- 3.22 h per il bacino chiuso alla sezione di inizio della deviazione in progetto.

Per la stima delle perdite idrologiche, il coefficiente di afflusso è stato calcolato con il metodo del numero di curva, ipotizzando un **CN** (curve number) pari a 80 (valore ragionevolmente cautelativo per il calcolo delle perdite nelle condizioni del bacino indagato).

Le portate calcolate alle diverse sezioni di chiusura, per ciascun tempo di ritorno, sono riportate in Tabella 1.3.

Tempo di ritorno T (anni)	Stato di fatto Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )		Progetto Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	
	Sezione inizio deviazione	Sezione di chiusura	Sezione inizio deviazione	Sezione di chiusura

30	5.73	6.27	5.73	7.20
200	11.35	12.36	11.35	14.42
500	14.27	15.51	14.27	17.86

**Tabella 1.3 – Portate assegnate alle sezione di chiusura**

### 3 STUDIO IDRAULICO

Di seguito vengono brevemente descritte le procedure adottate per la realizzazione del modello di calcolo.

#### 3.1 STATO DI FATTO

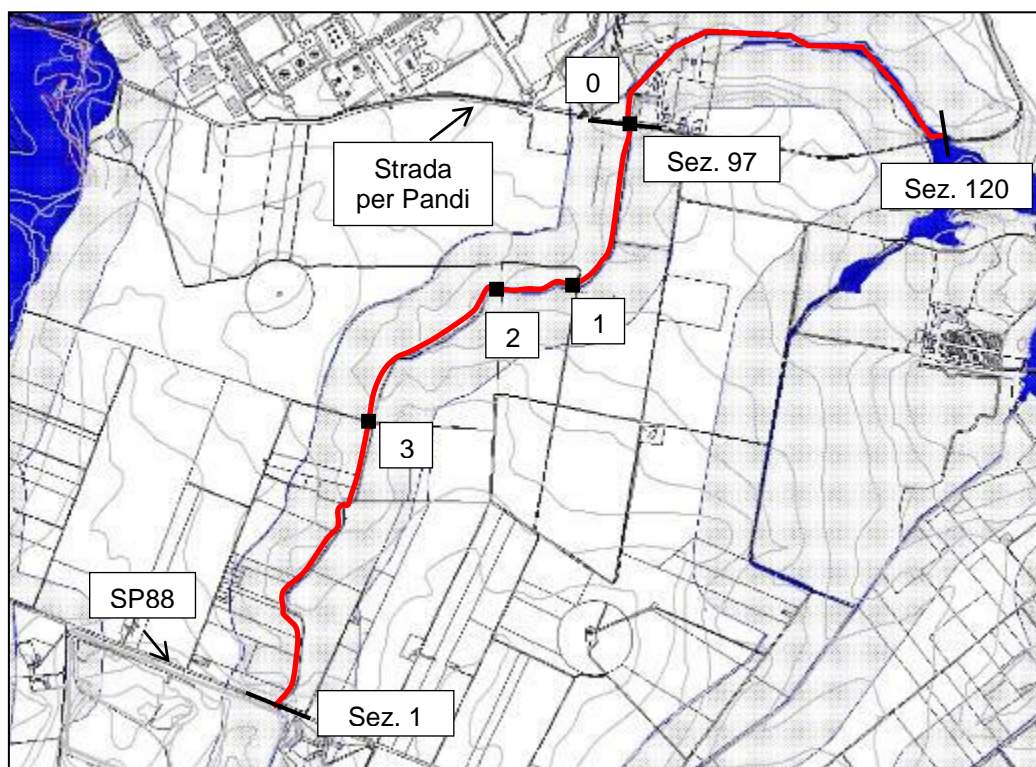
Il calcolo idraulico è stato eseguito per mezzo del codice di calcolo HEC-RAS, versione 4.1.0, dello U.S. Army Corps of Engineers, avendo aggiornato le informazioni topografiche relative allo sviluppo longitudinale dell'alveo ed alle sezioni trasversali ed idrologiche, con gli adeguati parametri fisici (ad es. scabrezza dell'alveo e delle aree esterne, coefficienti di contrazione ed espansione della sezione, ecc.).

Sulla base del rilievo topografico aggiornato, sono state inserite 120 sezioni (23 sezioni in più rispetto al rilievo utilizzato per la verifica idraulica), che arrivano a coprire i 3500 m di lunghezza dell'asta. La distanza tra le sezioni è di circa 20 m per le prime 97 e 50 m per le altre. Sono state aggiunte alcune sezioni, interpolate automaticamente, per mantenere una distanza pari a circa 20 m tra tutte le sezioni.

Tutti gli attraversamenti esistenti sono stati mantenuti. In aggiunta, è stato inserito l'attraversamento presente nel nuovo tratto (ponte "0", in corrispondenza della Strada per Pandi), assimilabile ad un condotto in calcestruzzo di diametro 1 m (Figura 1.4).

Per ciascuna sezione sono stati individuati l'alveo principale e le aree golenali interessate dal flusso in caso di esondazione. Per tenere conto delle diverse caratteristiche del canale e delle aree circostanti, si è deciso di assegnare valori differenti di scabrezza, ossia dell'indice di resistenza di Manning  $n$ . Tali valori, che sono stati mantenuti costanti in tutte le sezioni, risultano pari a  $0.033 \text{ m}^{-1/2} \text{ s}$  per l'alveo e  $0.040 \text{ m}^{-1/2} \text{ s}$  per le aree circostanti, prive di particolari ostacoli al deflusso, caratterizzate da geometrie regolari e da coltivi.





**Figura 1.4** – In rosso, il tratto di canale oggetto della simulazione idraulica; in nero, la posizione dei ponti

Il calcolo è stato effettuato considerando la portata con tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni. Inoltre, per tenere conto della variabilità della portata lungo l'asta del canale, sono stati individuati 2 bacini distinti:

- Bacino con sezione di chiusura in corrispondenza della sezione 97, alla progressiva 2079.5 m;
- Bacino con sezione di chiusura in corrispondenza della deviazione in progetto (sez. 74), immediatamente a valle dell'attraversamento n°1, alla progressiva 1604.6 m;

Le portate assegnate alle diverse sezioni sono riassunte nella seguente tabella. I dati in corsivo sono stati ricavati moltiplicando la lunghezza del tratto per la portata per metro lineare (pari alla portata alla sezione 74 divisa per la lunghezza, 1604.6 m), adottando il procedimento descritto nella relazione (Paragrafo 4.6).

Sezione	Progressiva (m)	$Q \text{ (m}^3\text{s}^{-1}\text{l)}$ $T = 30 \text{ y}$	$Q \text{ (m}^3\text{s}^{-1}\text{l)}$ $T = 200 \text{ y}$	$Q \text{ (m}^3\text{s}^{-1}\text{l)}$ $T = 500 \text{ y}$
20	474.5	1.69	3.36	4.22
41	883.1	3.15	6.25	7.85
65	1422.1	5.08	10.06	12.65
74	1604.6	5.73	11.35	14.27
97	2079.5	6.27	12.36	15.51

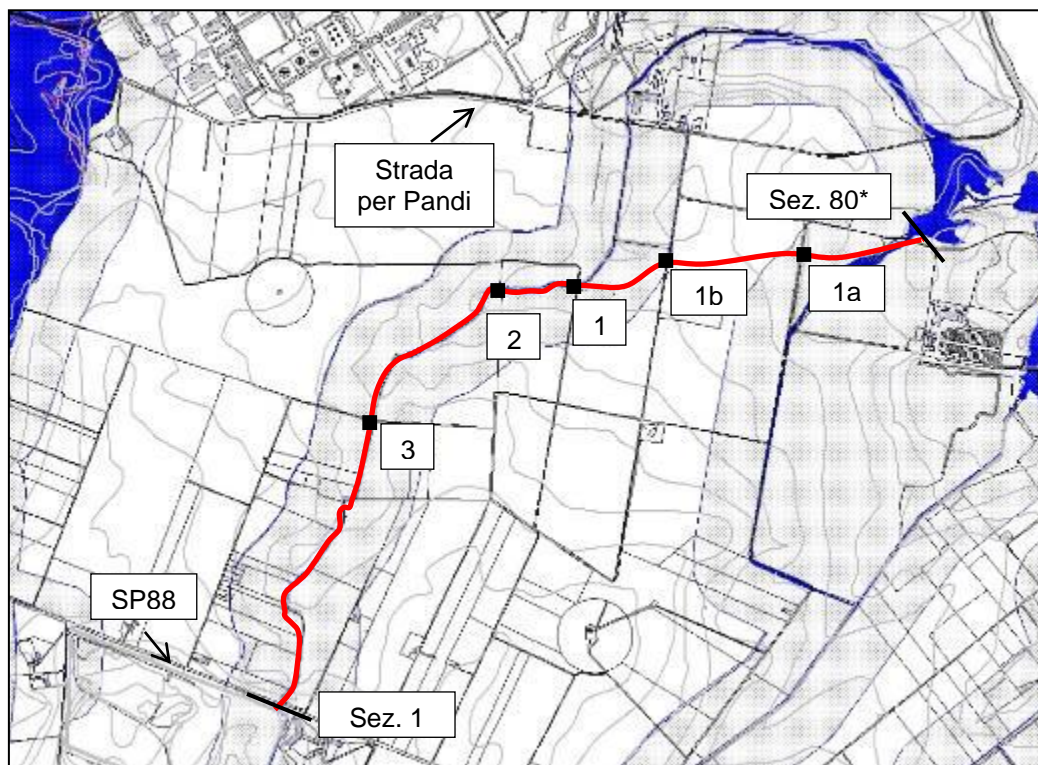
**Tabella 1.4** – Portate assegnate lungo l'asta del canale.

Il calcolo è stato effettuato in condizioni di corrente mista. Nelle sezioni 1 (monte) e 120 (valle) è stata assegnata la condizione di moto uniforme, che corrisponde ad imporre il valore della pendenza del pelo

libero della corrente uguale al valore della pendenza assunta dal fondo dell'alveo, rispettivamente pari a 0.0145 m/m a monte e a 0.00165 m/m a valle.

### 3.2 SITUAZIONE DI PROGETTO

In figura 1.5 si riporta il nuovo canale Pandi, costituito dal canale esistente fino alla sezione a valle del ponte n°1 (1604.6 m) e dalla deviazione in progetto (lunga circa 881 m), per una lunghezza complessiva di 2485 m.



**Figura 1.5** – In rosso, il tratto di canale oggetto della simulazione idraulica; in nero, la posizione dei ponti (scenario di progetto)

Il calcolo è stato effettuato considerando la portata con tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni e, per tenere conto della variabilità della portata lungo l'asta del canale, sono stati individuati 2 bacini distinti:

- Bacino con sezione di chiusura in corrispondenza della sezione 80\*, alla progressiva 2485 m;
- Bacino con sezione di chiusura in corrispondenza della deviazione in progetto (sez. 74), immediatamente a valle dell'attraversamento n°1, alla progressiva 1604.6 m;

Le portate assegnate alle diverse sezioni sono riassunte nella seguente tabella. I dati in corsivo sono stati ricavati moltiplicando la lunghezza del tratto per la portata per metro lineare (pari alla portata alla sezione 74 divisa per la lunghezza, 1604.6 m), adottando lo stesso procedimento descritto nella relazione.

Inoltre, poiché in corrispondenza della sezione 79\* si ha l'immissione del canale di gronda, la portata a valle di tale sezione è stata incrementata del valore corrispondente.

Sezione	Progressiva (m)	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ) T = 30 y	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ) T = 200 y	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ) T = 500 y
20	474.5	1.69	3.36	4.22
41	883.1	3.15	6.25	7.85
65	1422.1	5.08	10.06	12.65
74	1604.6	5.73	11.35	14.27
79*	2280.1	7.20	14.42	17.86
80*	2485	8.76	17.98	22.04

**Tabella 1.5** – Portate assegnate lungo l'asta del canale.

## 4 AREE DI ESONDAZIONE

Le simulazioni numeriche effettuate hanno consentito di individuare le aree soggette ad esondazione per i diversi tempi di ritorno. In particolare, è possibile distinguere due tipologie di aree allagabili:

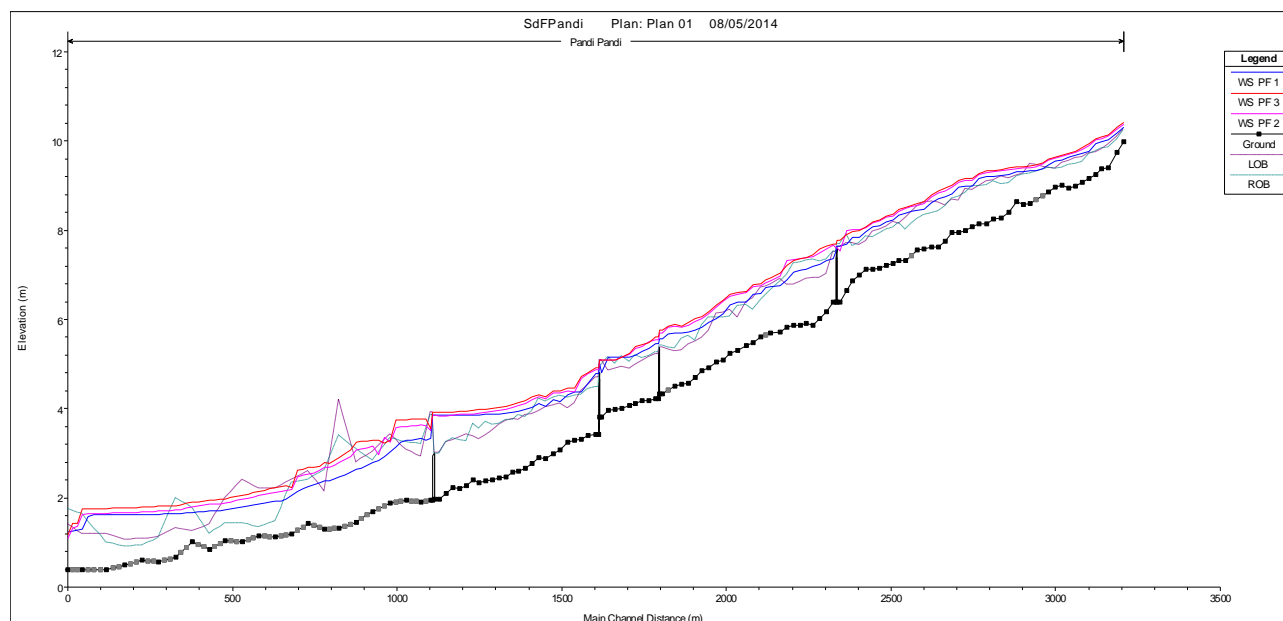
- aree soggette ad allagamento diretto: in corrispondenza delle sezioni note, si ha esondazione quando l'altezza d'acqua supera l'altezza dell'argine; le aree circostanti risultano quindi allagate fino a quando la quota del terreno si mantiene inferiore alla quota dell'acqua;
- aree soggette ad allagamento indiretto: sia per sezioni note, che per le porzioni di territorio non rilevate, l'allagamento (indiretto) è dovuto allo scorrimento superficiale proveniente da aree allagate.

La valutazione delle fasce di esondazione, soggette ad allagamento diretto o indiretto, è stata effettuata sulla base della planimetria disponibile.

Nei paragrafi seguenti si riportano i risultati ottenuti, per i diversi tempi di ritorno, nei due casi in esame.

### 4.1 STATO DI FATTO

In Figura 4.1 si riportano i profili ottenuti per i tempi di ritorno considerati.



**Figura 4.1** – Profili per lo stato di fatto; T = 30 in blu, T = 200 in magenta, T = 500 in rosso;

La figura mostra l'altezza d'acqua per le portate con tempo di ritorno rispettivamente pari a 30, 200 e 500 anni.

Le tabelle con i risultati del calcolo e alcune sezioni trasversali, sono riportate rispettivamente tabelle furo testo da 1 a 3 ed in allegato 1.

Per una migliore comprensione dell'estensione delle fasce di esondazione, corrispondenti a ciascun tempo di ritorno si rimanda alle specifiche tavole allegate (Tavole da 1 a 3).

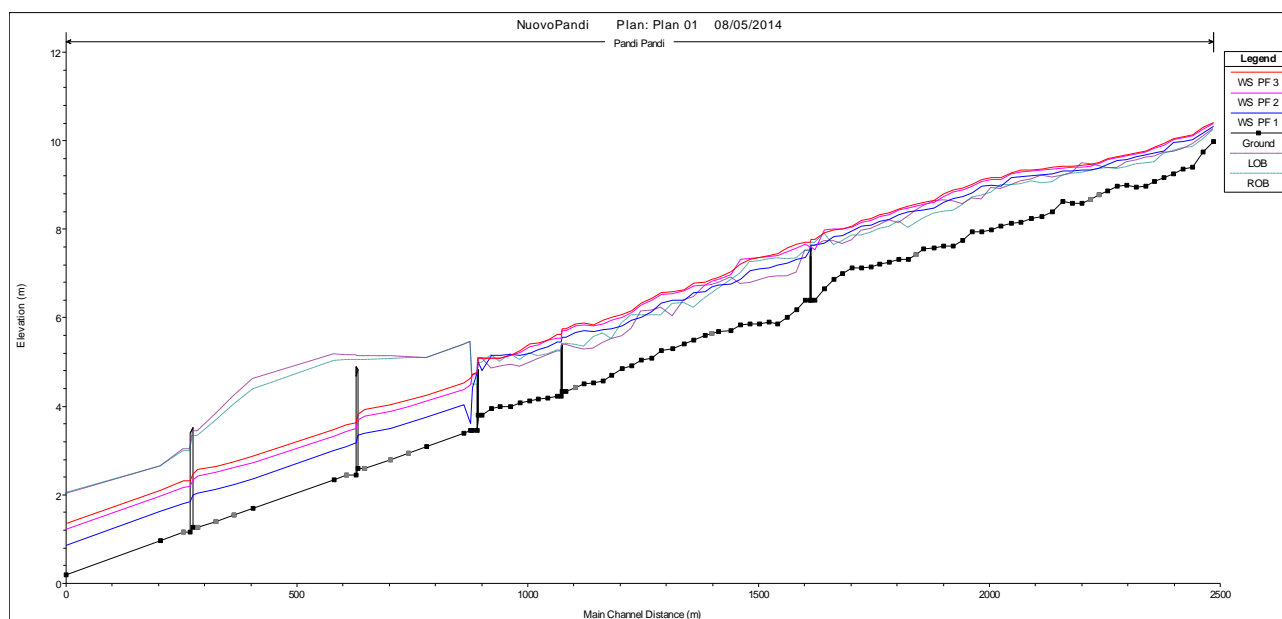
L'area allagata(come allagamento diretto) presenta un'estensione pari a circa 17 ettari per  $T = 30$ , 27 ettari per  $T = 200$  e 31 ettari per  $T = 500$  anni.

Le aree più soggette ad allagamento sono situate immediatamente a monte della deviazione in progetto (in sinistra idrografica) e nell'ultimo tratto di canale, in destra idrografica.

Per quanto riguarda le aree soggette ad allagamento indiretto, anch'esse variabili in funzione del tempo di ritorno, sono localizzate prevalentemente a monte della deviazione e nel tratto finale del canale (Tavole da 1b a 3b)

## 4.2 SITUAZIONE DI PROGETTO

In Figura 4.2 si riportano i profili ottenuti per i tempi di ritorno considerati.



**Figura 4.2** – Profili per la situazione di progetto;  $T = 30$  in blu,  $T = 200$  in magenta,  $T = 500$  in rosso;

Le tabelle con i risultati del calcolo e alcune sezioni trasversali, sono riportate rispettivamente tabelle fuori testo da 3 a 6 ed in allegato 1.

Anche in questo caso, per una migliore comprensione dell'estensione delle fasce di esondazione, corrispondenti a ciascun tempo di ritorno si rimanda alle specifiche tavole allegate (Tavole da 1 a 3).

In questo caso è possibile evidenziare come, nel tratto di nuova realizzazione, non si realizzi alcuna esondazione, anche per un tempo di ritorno pari a 500 anni; l'altezza d'acqua, infatti, risulta sempre inferiore alla quota di sommità delle sponde.

L'estensione delle aree allagate (da allagamento diretto) è pari a circa 8 ettari per  $T = 30$ , 14 ettari per  $T = 200$  e 16 ettari per  $T = 500$  anni.

Si osserva infine che, per la situazione di progetto, la portata che fuoriesce dal canale prima della deviazione, vista la conformazione del terreno, scorre in direzione del canale di gronda. Verrà quindi intercettata senza raggiungere la Strada per Pandi e convogliata nuovamente nel canale.

**TABELLE**

**Tabella 1 – Risultati stato di fatto con tempo di ritorno T = 30 anni**

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	1.69	9.98	0.44	10.42	10.42	1.87	1.20
2	1.69	9.74	0.49	10.23	10.23	1.22	0.69
3	1.69	9.40	0.68	10.08	10.08	1.21	0.57
4	1.69	9.37	0.63	10.00	10.00	0.82	0.39
5	1.69	9.25	0.71	9.96	9.96	0.65	0.30
6	1.69	9.16	0.73	9.89	9.89	1.62	0.81
7	1.69	9.08	0.68	9.76	9.76	0.90	0.42
8	1.69	8.98	0.72	9.70	9.70	0.92	0.42
9	1.69	8.95	0.70	9.65	9.65	0.76	0.35
10	1.69	9.00	0.60	9.60	9.60	0.84	0.41
11	1.69	8.97	0.59	9.56	9.56	0.58	0.28
12	1.69	8.87	0.65	9.52	9.52	1.06	0.53
12.3*	1.69	8.78	0.65	9.43	9.43	1.03	0.54
12.6*	1.69	8.68	0.69	9.37	9.37	0.74	0.37
13	1.69	8.59	0.76	9.35	9.35	0.48	0.23
14	1.69	8.58	0.75	9.33	9.33	0.48	0.22
15	1.69	8.64	0.67	9.31	9.31	0.48	0.23
16	1.69	8.40	0.88	9.28	9.28	0.83	0.35
17	1.69	8.28	0.96	9.24	9.24	0.57	0.26
18	1.69	8.25	0.97	9.22	9.22	0.63	0.25
19	1.69	8.15	1.05	9.20	9.20	0.45	0.17
20	3.15	8.14	1.04	9.18	9.18	0.87	0.34
21	3.15	8.07	1.04	9.11	9.11	1.60	0.68
22	3.15	7.99	1.02	9.01	9.01	0.82	0.33
23	3.15	7.95	1.03	8.98	8.98	0.78	0.30
24	3.15	7.95	0.97	8.92	8.92	1.48	0.62
25	3.15	7.75	1.05	8.80	8.80	1.13	0.44
26	3.15	7.63	1.11	8.74	8.74	1.08	0.41
27	3.15	7.62	1.06	8.68	8.68	1.23	0.51
28	3.15	7.58	0.99	8.57	8.57	1.45	0.64
29	3.15	7.55	0.91	8.46	8.46	0.68	0.30
29.5*	3.15	7.43	1.00	8.43	8.43	0.74	0.31
30	3.15	7.32	1.09	8.41	8.41	0.76	0.29
31	3.15	7.32	1.05	8.37	8.37	1.10	0.44
32	3.15	7.25	1.04	8.29	8.29	1.33	0.54
33	3.15	7.22	0.99	8.21	8.21	0.96	0.41



Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
34	3.15	7.15	1.00	8.15	8.15	1.15	0.47
35	3.15	7.12	0.97	8.09	8.09	0.85	0.34
36	3.15	7.12	0.91	8.03	8.03	1.33	0.56
37	3.15	7.00	0.91	7.91	7.91	1.25	0.52
38	3.15	6.86	0.99	7.85	7.85	0.68	0.28
39	3.15	6.65	1.15	7.80	7.80	1.47	0.55
40	3.15	6.39	1.32	7.71	7.71	1.14	0.40
40.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	5.08	6.39	1.15	7.54	7.54	1.90	0.72
42	5.08	6.18	1.22	7.40	7.40	1.44	0.54
43	5.08	6.02	1.30	7.32	7.32	1.38	0.50
44	5.08	5.86	1.40	7.26	7.26	1.27	0.45
45	5.08	5.91	1.29	7.20	7.20	1.19	0.44
46	5.08	5.87	1.28	7.15	7.15	1.07	0.38
47	5.08	5.86	1.25	7.11	7.11	1.13	0.41
48	5.08	5.83	1.20	7.03	7.03	1.74	0.67
49	5.08	5.71	1.19	6.90	6.90	1.68	0.65
50	5.08	5.69	1.09	6.78	6.78	0.93	0.37
50.5*	5.08	5.65	1.11	6.76	6.76	1.04	0.41
51	5.08	5.61	1.09	6.70	6.70	1.59	0.64
52	5.08	5.49	1.11	6.60	6.60	0.96	0.36
53	5.08	5.42	1.11	6.53	6.53	1.62	0.66
54	5.08	5.31	1.12	6.43	6.43	0.90	0.34
55	5.08	5.25	1.13	6.38	6.38	1.14	0.42
56	5.08	5.09	1.20	6.29	6.29	1.74	0.70
57	5.08	5.04	1.10	6.14	6.14	1.60	0.66
58	5.08	4.91	1.11	6.02	6.02	1.36	0.54
59	5.08	4.86	1.07	5.93	5.93	1.49	0.61
60	5.08	4.70	1.13	5.83	5.83	1.35	0.50
61	5.08	4.58	1.20	5.78	5.78	1.07	0.38
62	5.08	4.54	1.20	5.74	5.74	1.04	0.37
63	5.08	4.51	1.20	5.71	5.71	0.55	0.19
63.5*	5.08	4.43	1.26	5.69	5.69	0.92	0.31
64	5.08	4.34	1.31	5.65	5.65	1.38	0.47
64.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	5.73	4.23	1.28	5.51	5.51	1.31	0.45
66	5.73	4.19	1.25	5.44	5.44	1.48	0.54
67	5.73	4.17	1.19	5.36	5.36	1.37	0.52

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
68	5.73	4.12	1.16	5.28	5.28	1.41	0.55
69	5.73	4.07	1.13	5.20	5.20	1.20	0.46
70	5.73	4.00	1.17	5.17	5.17	0.46	0.18
71	5.73	3.99	1.17	5.16	5.16	0.32	0.12
72	5.73	3.96	1.20	5.16	5.16	0.16	0.06
73	5.73	3.81	1.32	5.13	5.13	2.52	1.00
73.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74	5.73	3.43	1.36	4.79	4.79	0.36	0.12
75	6.27	3.39	1.37	4.76	4.76	1.91	0.68
76	6.27	3.32	1.27	4.59	4.59	2.09	0.85
77	6.27	3.29	1.15	4.44	4.44	1.27	0.49
78	6.27	3.24	1.13	4.37	4.37	1.23	0.48
79	6.27	3.07	1.21	4.28	4.28	1.54	0.61
80	6.27	2.99	1.22	4.21	4.21	0.76	0.29
81	6.27	2.88	1.28	4.16	4.16	1.43	0.56
82	6.27	2.90	1.22	4.12	4.12	0.25	0.10
83	6.27	2.78	1.33	4.11	4.11	1.32	0.49
84	6.27	2.67	1.38	4.05	4.05	1.20	0.44
85	6.27	2.59	1.41	4.00	4.00	1.09	0.39
86	6.27	2.58	1.38	3.96	3.96	1.03	0.36
87	6.27	2.47	1.46	3.93	3.93	0.93	0.33
88	6.27	2.45	1.46	3.91	3.91	0.77	0.26
89	6.27	2.41	1.48	3.89	3.89	0.65	0.21
90	6.27	2.38	1.50	3.88	3.88	0.60	0.19
91	6.27	2.34	1.53	3.87	3.87	0.51	0.16
92	6.27	2.40	1.46	3.86	3.86	0.55	0.18
93	6.27	2.28	1.58	3.86	3.86	0.33	0.10
94	6.27	2.22	1.64	3.86	3.86	0.31	0.09
95	6.27	2.23	1.62	3.85	3.85	0.40	0.12
96	6.27	2.10	1.75	3.85	3.85	0.36	0.10
97	6.27	1.97	1.88	3.85	3.85	0.24	0.06
97.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98	6.27	1.94	1.48	3.42	3.42	1.30	0.39
99	6.27	1.91	1.43	3.34	3.34	0.59	0.22
100	6.27	1.95	1.36	3.31	3.31	0.73	0.26
101	6.27	1.89	1.28	3.17	3.17	1.60	0.62
102	6.27	1.70	1.19	2.89	2.89	1.37	0.51
103	6.27	1.45	1.26	2.71	2.71	1.20	0.45

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
104	6.27	1.33	1.23	2.56	2.56	1.22	0.44
105	6.27	1.30	1.13	2.43	2.43	0.96	0.35
106	6.27	1.43	0.88	2.31	2.31	1.03	0.39
107	6.27	1.19	0.96	2.15	2.15	1.39	0.56
108	6.27	1.13	0.81	1.94	1.94	0.73	0.31
109	6.27	1.15	0.72	1.87	1.87	0.72	0.32
110	6.27	1.01	0.80	1.81	1.81	0.68	0.29
111	6.27	1.04	0.70	1.74	1.74	0.67	0.30
112	6.27	0.85	0.86	1.71	1.71	0.33	0.13
113	6.27	1.01	0.67	1.68	1.68	0.52	0.23
114	6.27	0.67	0.98	1.65	1.65	0.50	0.19
115	6.27	0.56	1.08	1.64	1.64	0.31	0.11
116	6.27	0.61	1.02	1.63	1.63	0.29	0.10
117	6.27	0.49	1.13	1.62	1.62	0.26	0.09
118	6.27	0.40	1.22	1.62	1.62	0.27	0.09
119	6.27	0.39	1.16	1.55	1.55	2.20	0.95
120	6.27	0.40	0.86	1.26	1.26	0.70	0.34

**Tabella 2 – Risultati stato di fatto con tempo di ritorno T = 200 anni**

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	3.36	9.98	0.41	10.39	10.39	0.66	0.37
2	3.36	9.74	0.57	10.31	10.31	1.25	0.63
3	3.36	9.40	0.77	10.17	10.17	1.42	0.62
4	3.36	9.37	0.71	10.08	10.08	0.93	0.41
5	3.36	9.25	0.78	10.03	10.03	0.83	0.35
6	3.36	9.16	0.81	9.97	9.97	1.45	0.63
7	3.36	9.08	0.77	9.85	9.85	1.02	0.43
8	3.36	8.98	0.80	9.78	9.78	1.19	0.51
9	3.36	8.95	0.76	9.71	9.71	0.87	0.38
10	3.36	9.00	0.67	9.67	9.67	0.87	0.40
11	3.36	8.97	0.66	9.63	9.63	0.68	0.31
12	3.36	8.87	0.72	9.59	9.59	0.84	0.38
12.3*	3.36	8.78	0.75	9.53	9.53	1.19	0.56
12.6*	3.36	8.68	0.78	9.46	9.46	0.97	0.45
13	3.36	8.59	0.83	9.42	9.42	0.62	0.27
14	3.36	8.58	0.82	9.40	9.40	0.53	0.23
15	3.36	8.64	0.75	9.39	9.39	0.48	0.22
16	3.36	8.40	0.97	9.37	9.37	0.61	0.23
17	3.36	8.28	1.07	9.35	9.35	0.69	0.29
18	3.36	8.25	1.07	9.32	9.32	0.70	0.26
19	3.36	8.15	1.16	9.31	9.31	0.52	0.19
20	6.25	8.14	1.14	9.28	9.28	1.09	0.40
21	6.25	8.07	1.13	9.20	9.20	1.58	0.60
22	6.25	7.99	1.14	9.13	9.13	0.85	0.31
23	6.25	7.95	1.15	9.10	9.10	0.89	0.31
24	6.25	7.95	1.10	9.05	9.05	1.60	0.61
25	6.25	7.75	1.21	8.96	8.96	1.40	0.50
26	6.25	7.63	1.26	8.89	8.89	1.29	0.45
27	6.25	7.62	1.20	8.82	8.82	1.47	0.55
28	6.25	7.58	1.12	8.70	8.70	1.71	0.70
29	6.25	7.55	1.02	8.57	8.57	0.80	0.33
29.5*	6.25	7.43	1.11	8.54	8.54	0.91	0.35
30	6.25	7.32	1.19	8.51	8.51	0.98	0.35
31	6.25	7.32	1.14	8.46	8.46	1.25	0.46
32	6.25	7.25	1.13	8.38	8.38	1.47	0.56

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
33	6.25	7.22	1.09	8.31	8.31	1.01	0.40
34	6.25	7.15	1.10	8.25	8.25	1.32	0.51
35	6.25	7.12	1.07	8.19	8.19	0.99	0.37
36	6.25	7.12	1.00	8.12	8.12	1.58	0.62
37	6.25	7.00	1.04	8.04	8.04	1.03	0.38
38	6.25	6.86	1.15	8.01	8.01	0.61	0.22
39	6.25	6.65	1.35	8.00	8.00	0.71	0.23
40	6.25	6.39	1.52	7.91	7.91	2.75	1.01
40.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	10.06	6.39	1.36	7.75	7.75	1.67	0.55
42	10.06	6.18	1.45	7.63	7.63	1.31	0.42
43	10.06	6.02	1.56	7.58	7.58	1.51	0.48
44	10.06	5.86	1.65	7.51	7.51	1.58	0.51
45	10.06	5.91	1.54	7.45	7.45	1.35	0.44
46	10.06	5.87	1.53	7.40	7.40	1.12	0.35
47	10.06	5.86	1.51	7.37	7.37	0.99	0.31
48	10.06	5.83	1.51	7.34	7.34	0.91	0.28
49	10.06	5.71	1.56	7.27	7.27	2.42	0.84
50	10.06	5.69	1.25	6.94	6.94	1.26	0.45
50.5*	10.06	5.65	1.25	6.90	6.90	1.35	0.49
51	10.06	5.61	1.23	6.84	6.84	1.68	0.62
52	10.06	5.49	1.27	6.76	6.76	1.11	0.38
53	10.06	5.42	1.28	6.70	6.70	1.61	0.56
54	10.06	5.31	1.27	6.58	6.58	0.99	0.34
55	10.06	5.25	1.30	6.55	6.55	1.07	0.35
56	10.06	5.09	1.40	6.49	6.49	1.59	0.54
57	10.06	5.04	1.36	6.40	6.40	1.71	0.60
58	10.06	4.91	1.31	6.22	6.22	1.58	0.57
59	10.06	4.86	1.26	6.12	6.12	1.69	0.61
60	10.06	4.70	1.32	6.02	6.02	1.49	0.49
61	10.06	4.58	1.38	5.96	5.96	1.50	0.50
62	10.06	4.54	1.35	5.89	5.89	1.47	0.49
63	10.06	4.51	1.34	5.85	5.85	0.58	0.18
63.5*	10.06	4.43	1.41	5.84	5.84	0.93	0.29
64	10.06	4.34	1.46	5.80	5.80	1.69	0.54
64.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	11.35	4.23	1.41	5.64	5.64	1.88	0.62
66	11.35	4.19	1.36	5.55	5.55	1.44	0.48

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
67	11.35	4.17	1.28	5.45	5.45	1.47	0.52
68	11.35	4.12	1.27	5.39	5.39	1.24	0.44
69	11.35	4.07	1.24	5.31	5.31	1.84	0.67
70	11.35	4.00	1.18	5.18	5.18	0.94	0.36
71	11.35	3.99	1.12	5.11	5.11	1.07	0.41
72	11.35	3.96	1.13	5.09	5.09	0.44	0.17
73	11.35	3.81	1.27	5.08	5.08	0.35	0.12
73.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74	11.35	3.43	1.45	4.88	4.88	0.44	0.14
75	12.36	3.39	1.47	4.86	4.86	1.62	0.51
76	12.36	3.32	1.46	4.78	4.78	1.74	0.58
77	12.36	3.29	1.34	4.63	4.63	2.49	0.95
78	12.36	3.24	1.24	4.48	4.48	1.55	0.56
79	12.36	3.07	1.33	4.40	4.40	1.28	0.46
80	12.36	2.99	1.38	4.37	4.37	0.75	0.26
81	12.36	2.88	1.44	4.32	4.32	1.68	0.59
82	12.36	2.90	1.37	4.27	4.27	0.36	0.13
83	12.36	2.78	1.48	4.26	4.26	1.38	0.46
84	12.36	2.67	1.53	4.20	4.20	1.47	0.49
85	12.36	2.59	1.55	4.14	4.14	1.37	0.45
86	12.36	2.58	1.52	4.10	4.10	1.31	0.43
87	12.36	2.47	1.58	4.05	4.05	1.31	0.43
88	12.36	2.45	1.56	4.01	4.01	1.16	0.37
89	12.36	2.41	1.56	3.97	3.97	1.04	0.33
90	12.36	2.38	1.57	3.95	3.95	1.01	0.32
91	12.36	2.34	1.59	3.93	3.93	0.89	0.27
92	12.36	2.40	1.51	3.91	3.91	1.01	0.32
93	12.36	2.28	1.60	3.88	3.88	0.63	0.19
94	12.36	2.22	1.66	3.88	3.88	0.59	0.17
95	12.36	2.23	1.64	3.87	3.87	0.78	0.23
96	12.36	2.10	1.76	3.86	3.86	0.72	0.21
97	12.36	1.97	1.88	3.85	3.85	0.47	0.12
97.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98	12.36	1.94	1.81	3.75	3.75	2.23	0.63
99	12.36	1.91	1.73	3.64	3.64	0.53	0.16
100	12.36	1.95	1.67	3.62	3.62	0.75	0.23
101	12.36	1.89	1.64	3.53	3.53	2.34	0.84
102	12.36	1.70	1.48	3.18	3.18	0.89	0.28

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
103	12.36	1.45	1.66	3.11	3.11	1.04	0.33
104	12.36	1.33	1.61	2.94	2.94	1.67	0.54
105	12.36	1.30	1.46	2.76	2.76	1.23	0.39
106	12.36	1.43	1.18	2.61	2.61	1.25	0.42
107	12.36	1.19	1.26	2.45	2.45	2.21	0.84
108	12.36	1.13	1.03	2.16	2.16	0.93	0.35
109	12.36	1.15	0.93	2.08	2.08	0.92	0.37
110	12.36	1.01	0.99	2.00	2.00	0.90	0.35
111	12.36	1.04	0.87	1.91	1.91	0.93	0.38
112	12.36	0.85	1.01	1.86	1.86	0.52	0.19
113	12.36	1.01	0.79	1.80	1.80	0.87	0.37
114	12.36	0.67	1.04	1.71	1.71	0.92	0.34
115	12.36	0.56	1.11	1.67	1.67	0.59	0.20
116	12.36	0.61	1.03	1.64	1.64	0.57	0.20
117	12.36	0.49	1.13	1.62	1.62	0.52	0.18
118	12.36	0.40	1.20	1.60	1.60	0.54	0.19
119	12.36	0.39	1.14	1.53	1.53	0.78	0.35
120	12.36	0.40	1.04	1.44	1.44	0.82	0.35

**Tabella 3 – Risultati stato di fatto con tempo di ritorno T = 500 anni**

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	4.22	9.98	0.44	10.42	10.42	0.64	0.35
2	4.22	9.74	0.61	10.35	10.35	1.36	0.65
3	4.22	9.40	0.80	10.20	10.20	1.54	0.65
4	4.22	9.37	0.74	10.11	10.11	0.97	0.42
5	4.22	9.25	0.81	10.06	10.06	0.88	0.37
6	4.22	9.16	0.83	9.99	9.99	1.48	0.62
7	4.22	9.08	0.80	9.88	9.88	1.07	0.44
8	4.22	8.98	0.83	9.81	9.81	1.27	0.53
9	4.22	8.95	0.79	9.74	9.74	0.91	0.39
10	4.22	9.00	0.69	9.69	9.69	0.89	0.40
11	4.22	8.97	0.68	9.65	9.65	0.72	0.32
12	4.22	8.87	0.74	9.61	9.61	0.89	0.39
12.3*	4.22	8.78	0.78	9.56	9.56	1.17	0.53
12.6*	4.22	8.68	0.81	9.49	9.49	0.98	0.44
13	4.22	8.59	0.87	9.46	9.46	0.66	0.28
14	4.22	8.58	0.85	9.43	9.43	0.54	0.23
15	4.22	8.64	0.78	9.42	9.42	0.48	0.21
16	4.22	8.40	1.00	9.40	9.40	0.60	0.22
17	4.22	8.28	1.10	9.38	9.38	0.72	0.29
18	4.22	8.25	1.11	9.36	9.36	0.72	0.26
19	4.22	8.15	1.19	9.34	9.34	0.56	0.20
20	7.85	8.14	1.17	9.31	9.31	1.20	0.43
21	7.85	8.07	1.16	9.23	9.23	1.53	0.57
22	7.85	7.99	1.18	9.17	9.17	0.86	0.31
23	7.85	7.95	1.19	9.14	9.14	0.93	0.32
24	7.85	7.95	1.14	9.09	9.09	1.61	0.59
25	7.85	7.75	1.26	9.01	9.01	1.49	0.51
26	7.85	7.63	1.31	8.94	8.94	1.38	0.47
27	7.85	7.62	1.24	8.86	8.86	1.49	0.54
28	7.85	7.58	1.17	8.75	8.75	1.81	0.72
29	7.85	7.55	1.06	8.61	8.61	0.87	0.34
29.5*	7.85	7.43	1.15	8.58	8.58	0.99	0.37
30	7.85	7.32	1.23	8.55	8.55	1.06	0.37
31	7.85	7.32	1.18	8.50	8.50	1.32	0.48
32	7.85	7.25	1.17	8.42	8.42	1.48	0.55



Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
33	7.85	7.22	1.13	8.35	8.35	1.03	0.39
34	7.85	7.15	1.13	8.28	8.28	1.42	0.53
35	7.85	7.12	1.10	8.22	8.22	1.05	0.39
36	7.85	7.12	1.03	8.15	8.15	1.67	0.65
37	7.85	7.00	1.04	8.04	8.04	1.41	0.52
38	7.85	6.86	1.13	7.99	7.99	0.87	0.32
39	7.85	6.65	1.30	7.95	7.95	1.18	0.39
40	7.85	6.39	1.48	7.87	7.87	1.65	0.56
40.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	12.65	6.39	1.41	7.80	7.80	1.79	0.57
42	12.65	6.18	1.52	7.70	7.70	1.33	0.41
43	12.65	6.02	1.63	7.65	7.65	1.50	0.46
44	12.65	5.86	1.72	7.58	7.58	1.83	0.58
45	12.65	5.91	1.58	7.49	7.49	1.62	0.53
46	12.65	5.87	1.56	7.43	7.43	1.38	0.44
47	12.65	5.86	1.52	7.38	7.38	1.29	0.41
48	12.65	5.83	1.48	7.31	7.31	1.81	0.59
49	12.65	5.71	1.41	7.12	7.12	1.56	0.52
50	12.65	5.69	1.31	7.00	7.00	1.37	0.48
50.5*	12.65	5.65	1.30	6.95	6.95	1.47	0.51
51	12.65	5.61	1.28	6.89	6.89	1.71	0.61
52	12.65	5.49	1.32	6.81	6.81	1.20	0.40
53	12.65	5.42	1.32	6.74	6.74	1.79	0.61
54	12.65	5.31	1.32	6.63	6.63	1.07	0.36
55	12.65	5.25	1.34	6.59	6.59	1.16	0.38
56	12.65	5.09	1.44	6.53	6.53	1.71	0.57
57	12.65	5.04	1.40	6.44	6.44	1.77	0.61
58	12.65	4.91	1.36	6.27	6.27	1.71	0.59
59	12.65	4.86	1.31	6.17	6.17	1.79	0.62
60	12.65	4.70	1.38	6.08	6.08	1.54	0.49
61	12.65	4.58	1.44	6.02	6.02	1.54	0.49
62	12.65	4.54	1.40	5.94	5.94	1.75	0.57
63	12.65	4.51	1.38	5.89	5.89	0.63	0.19
63.5*	12.65	4.43	1.45	5.88	5.88	1.03	0.32
64	12.65	4.34	1.50	5.84	5.84	1.66	0.51
64.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	14.27	4.23	1.46	5.69	5.69	1.72	0.54
66	14.27	4.19	1.40	5.59	5.59	1.97	0.66

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
67	14.27	4.17	1.30	5.47	5.47	1.39	0.48
68	14.27	4.12	1.30	5.42	5.42	1.10	0.38
69	14.27	4.07	1.28	5.35	5.35	1.98	0.71
70	14.27	4.00	1.19	5.19	5.19	1.19	0.45
71	14.27	3.99	1.13	5.12	5.12	1.26	0.49
72	14.27	3.96	1.13	5.09	5.09	0.54	0.21
73	14.27	3.81	1.27	5.08	5.08	0.44	0.16
73.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74	14.27	3.43	1.49	4.92	4.92	0.48	0.15
75	15.51	3.39	1.50	4.89	4.89	1.82	0.57
76	15.51	3.32	1.49	4.81	4.81	1.77	0.58
77	15.51	3.29	1.38	4.67	4.67	2.44	0.89
78	15.51	3.24	1.27	4.51	4.51	1.49	0.52
79	15.51	3.07	1.38	4.45	4.45	1.33	0.46
80	15.51	2.99	1.42	4.41	4.41	0.81	0.27
81	15.51	2.88	1.48	4.36	4.36	1.68	0.57
82	15.51	2.90	1.42	4.32	4.32	0.41	0.15
83	15.51	2.78	1.52	4.30	4.30	1.32	0.43
84	15.51	2.67	1.58	4.25	4.25	1.50	0.48
85	15.51	2.59	1.61	4.20	4.20	1.40	0.45
86	15.51	2.58	1.57	4.15	4.15	1.30	0.41
87	15.51	2.47	1.64	4.11	4.11	1.28	0.41
88	15.51	2.45	1.62	4.07	4.07	1.17	0.36
89	15.51	2.41	1.63	4.04	4.04	1.04	0.32
90	15.51	2.38	1.64	4.02	4.02	1.01	0.31
91	15.51	2.34	1.66	4.00	4.00	0.90	0.27
92	15.51	2.40	1.58	3.98	3.98	1.00	0.31
93	15.51	2.28	1.68	3.96	3.96	0.67	0.20
94	15.51	2.22	1.73	3.95	3.95	0.63	0.18
95	15.51	2.23	1.71	3.94	3.94	0.80	0.23
96	15.51	2.10	1.83	3.93	3.93	0.76	0.21
97	15.51	1.97	1.95	3.92	3.92	0.51	0.13
97.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98	15.51	1.94	1.98	3.92	3.92	2.70	0.76
99	15.51	1.91	1.87	3.78	3.78	0.49	0.14
100	15.51	1.95	1.81	3.76	3.76	0.63	0.18
101	15.51	1.89	1.80	3.69	3.69	2.83	1.00
102	15.51	1.70	1.61	3.31	3.31	0.75	0.22

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
103	15.51	1.45	1.82	3.27	3.27	0.87	0.25
104	15.51	1.33	1.76	3.09	3.09	1.86	0.59
105	15.51	1.30	1.59	2.89	2.89	1.36	0.41
106	15.51	1.43	1.31	2.74	2.74	1.24	0.39
107	15.51	1.19	1.40	2.59	2.59	2.67	1.00
108	15.51	1.13	1.13	2.26	2.26	1.01	0.37
109	15.51	1.15	1.02	2.17	2.17	0.99	0.38
110	15.51	1.01	1.08	2.09	2.09	0.98	0.36
111	15.51	1.04	0.95	1.99	1.99	1.00	0.39
112	15.51	0.85	1.09	1.94	1.94	0.58	0.20
113	15.51	1.01	0.88	1.89	1.89	0.74	0.29
114	15.51	0.67	1.13	1.80	1.80	1.03	0.36
115	15.51	0.56	1.19	1.75	1.75	0.65	0.21
116	15.51	0.61	1.11	1.72	1.72	0.63	0.21
117	15.51	0.49	1.20	1.69	1.69	0.59	0.19
118	15.51	0.40	1.27	1.67	1.67	0.60	0.20
119	15.51	0.39	1.22	1.61	1.61	0.83	0.35
120	15.51	0.40	1.12	1.52	1.52	0.89	0.36

**Tabella 4 – Risultati per la situazione di progetto con tempo di ritorno T = 30 anni**

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	1.69	9.98	0.34	10.32	10.33	0.61	0.38
2	1.69	9.74	0.43	10.17	10.23	1.22	0.69
3	1.69	9.40	0.62	10.02	10.08	1.21	0.57
4	1.69	9.37	0.61	9.98	10.00	0.82	0.39
5	1.69	9.25	0.70	9.95	9.96	0.65	0.30
6	1.69	9.16	0.60	9.76	9.89	1.62	0.81
7	1.69	9.08	0.65	9.73	9.76	0.90	0.42
8	1.69	8.98	0.69	9.67	9.70	0.92	0.42
9	1.69	8.95	0.68	9.63	9.65	0.76	0.35
10	1.69	9.00	0.58	9.58	9.60	0.84	0.41
11	1.69	8.97	0.59	9.56	9.56	0.58	0.28
12	1.69	8.87	0.60	9.47	9.52	1.06	0.53
12.3*	1.69	8.78	0.60	9.38	9.43	1.03	0.54
12.6*	1.69	8.68	0.66	9.34	9.37	0.74	0.37
13	1.69	8.59	0.75	9.34	9.35	0.48	0.23
14	1.69	8.58	0.74	9.32	9.33	0.48	0.22
15	1.69	8.64	0.67	9.31	9.31	0.48	0.23
16	1.69	8.40	0.85	9.25	9.28	0.83	0.35
17	1.69	8.28	0.95	9.23	9.24	0.57	0.26
18	1.69	8.25	0.95	9.20	9.22	0.63	0.25
19	1.69	8.15	1.05	9.20	9.20	0.45	0.17
20	3.15	8.14	1.02	9.16	9.18	0.87	0.34
21	3.15	8.07	0.91	8.98	9.11	1.60	0.68
22	3.15	7.99	1.00	8.99	9.01	0.82	0.33
23	3.15	7.95	1.01	8.96	8.98	0.78	0.30
24	3.15	7.95	0.88	8.83	8.92	1.48	0.62
25	3.15	7.75	0.99	8.74	8.80	1.13	0.44
26	3.15	7.63	1.07	8.70	8.74	1.08	0.41
27	3.15	7.62	0.99	8.61	8.68	1.23	0.51
28	3.15	7.58	0.90	8.48	8.57	1.45	0.64
29	3.15	7.55	0.90	8.45	8.46	0.68	0.30
29.5*	3.15	7.43	0.99	8.42	8.43	0.74	0.31
30	3.15	7.32	1.07	8.39	8.41	0.76	0.29
31	3.15	7.32	1.01	8.33	8.37	1.10	0.44
32	3.15	7.25	0.98	8.23	8.29	1.33	0.54
33	3.15	7.22	0.96	8.18	8.21	0.96	0.41

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
34	3.15	7.15	0.95	8.10	8.15	1.15	0.47
35	3.15	7.12	0.95	8.07	8.09	0.85	0.34
36	3.15	7.12	0.85	7.97	8.03	1.33	0.56
37	3.15	7.00	0.85	7.85	7.91	1.25	0.52
38	3.15	6.86	0.98	7.84	7.85	0.68	0.28
39	3.15	6.65	1.04	7.69	7.80	1.47	0.55
40	3.15	6.39	1.26	7.65	7.71	1.14	0.40
40.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	5.08	6.39	0.97	7.36	7.54	1.90	0.72
42	5.08	6.18	1.13	7.31	7.40	1.44	0.54
43	5.08	6.02	1.22	7.24	7.32	1.38	0.50
44	5.08	5.86	1.32	7.18	7.26	1.27	0.45
45	5.08	5.91	1.23	7.14	7.20	1.19	0.44
46	5.08	5.87	1.23	7.10	7.15	1.07	0.38
47	5.08	5.86	1.20	7.06	7.11	1.13	0.41
48	5.08	5.83	1.05	6.88	7.03	1.74	0.67
49	5.08	5.71	1.04	6.75	6.90	1.68	0.65
50	5.08	5.69	1.05	6.74	6.78	0.93	0.37
50.5*	5.08	5.65	1.06	6.71	6.76	1.04	0.41
51	5.08	5.61	0.97	6.58	6.70	1.59	0.64
52	5.08	5.49	1.08	6.57	6.60	0.96	0.36
53	5.08	5.42	0.97	6.39	6.53	1.62	0.66
54	5.08	5.31	1.09	6.40	6.43	0.90	0.34
55	5.08	5.25	1.08	6.33	6.38	1.14	0.42
56	5.08	5.09	1.04	6.13	6.29	1.74	0.70
57	5.08	5.04	0.97	6.01	6.14	1.60	0.66
58	5.08	4.91	1.03	5.94	6.02	1.36	0.54
59	5.08	4.86	0.96	5.82	5.93	1.49	0.61
60	5.08	4.70	1.06	5.76	5.83	1.35	0.50
61	5.08	4.58	1.14	5.72	5.78	1.07	0.38
62	5.08	4.54	1.15	5.69	5.74	1.04	0.37
63	5.08	4.51	1.19	5.70	5.71	0.55	0.19
63.5*	5.08	4.43	1.24	5.67	5.69	0.92	0.31
64	5.08	4.34	1.23	5.57	5.65	1.38	0.47
64.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	5.73	4.23	1.22	5.45	5.51	1.31	0.45
66	5.73	4.19	1.16	5.35	5.44	1.48	0.54
67	5.73	4.17	1.12	5.29	5.36	1.37	0.52

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
68	5.73	4.12	1.08	5.20	5.28	1.41	0.55
69	5.73	4.07	1.08	5.15	5.20	1.20	0.46
70	5.73	4.00	1.17	5.17	5.17	0.46	0.18
71	5.73	3.99	1.17	5.16	5.16	0.32	0.12
72	5.73	3.96	1.20	5.16	5.16	0.16	0.06
73	5.73	3.81	0.99	4.80	5.13	2.52	1.00
73.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74	5.73	3.46	0.97	4.43	4.74	2.50	1.00
75*	7.20	3.39	0.65	4.04	4.12	1.28	0.52
76*	7.20	3.09	0.66	3.75	3.83	1.25	0.51
76.2*	7.20	2.94	0.68	3.62	3.69	1.23	0.49
76.4*	7.20	2.79	0.71	3.50	3.57	1.17	0.46
76.6*	7.20	2.59	0.81	3.40	3.45	0.97	0.36
76.7*	Bridge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76.8*	7.20	2.44	0.66	3.10	3.17	1.21	0.49
77*	7.20	2.35	0.65	3.00	3.08	1.28	0.52
78*	7.20	1.70	0.66	2.36	2.44	1.25	0.51
78.2*	7.20	1.55	0.68	2.23	2.31	1.22	0.49
78.4*	7.20	1.40	0.72	2.12	2.19	1.15	0.45
78.6*	7.20	1.26	0.78	2.04	2.09	1.00	0.38
78.7*	Bridge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
78.8*	7.20	1.15	0.66	1.81	1.88	1.21	0.49
79*	8.76	0.96	0.66	1.62	1.71	1.30	0.53
80*	8.76	0.20	0.66	0.86	0.95	1.30	0.53

**Tabella 5 – Risultati per la situazione in progetto con tempo di ritorno T = 200 anni**

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	3.36	9.98	0.40	10.38	10.39	0.66	0.37
2	3.36	9.74	0.52	10.26	10.31	1.25	0.63
3	3.36	9.40	0.71	10.11	10.17	1.42	0.62
4	3.36	9.37	0.69	10.06	10.08	0.93	0.41
5	3.36	9.25	0.77	10.02	10.03	0.83	0.35
6	3.36	9.16	0.74	9.90	9.97	1.45	0.63
7	3.36	9.08	0.74	9.82	9.85	1.02	0.43
8	3.36	8.98	0.76	9.74	9.78	1.19	0.51
9	3.36	8.95	0.75	9.70	9.71	0.87	0.38
10	3.36	9.00	0.65	9.65	9.67	0.87	0.40
11	3.36	8.97	0.65	9.62	9.63	0.68	0.31
12	3.36	8.87	0.70	9.57	9.59	0.84	0.38
12.3*	3.36	8.78	0.70	9.48	9.53	1.19	0.56
12.6*	3.36	8.68	0.74	9.42	9.46	0.97	0.45
13	3.36	8.59	0.82	9.41	9.42	0.62	0.27
14	3.36	8.58	0.82	9.40	9.40	0.53	0.23
15	3.36	8.64	0.74	9.38	9.39	0.48	0.22
16	3.36	8.40	0.96	9.36	9.37	0.61	0.23
17	3.36	8.28	1.05	9.33	9.35	0.69	0.29
18	3.36	8.25	1.06	9.31	9.32	0.70	0.26
19	3.36	8.15	1.15	9.30	9.31	0.52	0.19
20	6.25	8.14	1.11	9.25	9.28	1.09	0.40
21	6.25	8.07	1.05	9.12	9.20	1.58	0.60
22	6.25	7.99	1.12	9.11	9.13	0.85	0.31
23	6.25	7.95	1.13	9.08	9.10	0.89	0.31
24	6.25	7.95	1.01	8.96	9.05	1.60	0.61
25	6.25	7.75	1.14	8.89	8.96	1.40	0.50
26	6.25	7.63	1.21	8.84	8.89	1.29	0.45
27	6.25	7.62	1.13	8.75	8.82	1.47	0.55
28	6.25	7.58	1.02	8.60	8.70	1.71	0.70
29	6.25	7.55	1.01	8.56	8.57	0.80	0.33
29.5*	6.25	7.43	1.09	8.52	8.54	0.91	0.35
30	6.25	7.32	1.17	8.49	8.51	0.98	0.35
31	6.25	7.32	1.11	8.43	8.46	1.25	0.46
32	6.25	7.25	1.08	8.33	8.38	1.47	0.56
33	6.25	7.22	1.07	8.29	8.31	1.01	0.40

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
34	6.25	7.15	1.05	8.20	8.25	1.32	0.51
35	6.25	7.12	1.04	8.16	8.19	0.99	0.37
36	6.25	7.12	0.93	8.05	8.12	1.58	0.62
37	6.25	7.00	1.02	8.02	8.04	1.03	0.38
38	6.25	6.86	1.15	8.01	8.01	0.61	0.22
39	6.25	6.65	1.34	7.99	8.00	0.71	0.23
40	6.25	6.39	1.14	7.53	7.91	2.75	1.01
40.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	10.06	6.39	1.27	7.66	7.75	1.67	0.55
42	10.06	6.18	1.40	7.58	7.63	1.31	0.42
43	10.06	6.02	1.48	7.50	7.58	1.51	0.48
44	10.06	5.86	1.55	7.41	7.51	1.58	0.51
45	10.06	5.91	1.47	7.38	7.45	1.35	0.44
46	10.06	5.87	1.49	7.36	7.40	1.12	0.35
47	10.06	5.86	1.48	7.34	7.37	0.99	0.31
48	10.06	5.83	1.49	7.32	7.34	0.91	0.28
49	10.06	5.71	1.27	6.98	7.27	2.42	0.84
50	10.06	5.69	1.19	6.88	6.94	1.26	0.45
50.5*	10.06	5.65	1.18	6.83	6.90	1.35	0.49
51	10.06	5.61	1.14	6.75	6.84	1.68	0.62
52	10.06	5.49	1.24	6.73	6.76	1.11	0.38
53	10.06	5.42	1.19	6.61	6.70	1.61	0.56
54	10.06	5.31	1.25	6.56	6.58	0.99	0.34
55	10.06	5.25	1.27	6.52	6.55	1.07	0.35
56	10.06	5.09	1.32	6.41	6.49	1.59	0.54
57	10.06	5.04	1.24	6.28	6.40	1.71	0.60
58	10.06	4.91	1.21	6.12	6.22	1.58	0.57
59	10.06	4.86	1.16	6.02	6.12	1.69	0.61
60	10.06	4.70	1.25	5.95	6.02	1.49	0.49
61	10.06	4.58	1.29	5.87	5.96	1.50	0.50
62	10.06	4.54	1.28	5.82	5.89	1.47	0.49
63	10.06	4.51	1.34	5.85	5.85	0.58	0.18
63.5*	10.06	4.43	1.39	5.82	5.84	0.93	0.29
64	10.06	4.34	1.37	5.71	5.80	1.69	0.54
64.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	11.35	4.23	1.31	5.54	5.64	1.88	0.62
66	11.35	4.19	1.31	5.50	5.55	1.44	0.48
67	11.35	4.17	1.23	5.40	5.45	1.47	0.52



Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
68	11.35	4.12	1.23	5.35	5.39	1.24	0.44
69	11.35	4.07	1.14	5.21	5.31	1.84	0.67
70	11.35	4.00	1.16	5.16	5.18	0.94	0.36
71	11.35	3.99	1.10	5.09	5.11	1.07	0.41
72	11.35	3.96	1.13	5.09	5.09	0.44	0.17
73	11.35	3.81	1.27	5.08	5.08	0.35	0.12
73.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74	11.35	3.46	1.26	4.72	4.75	1.13	0.39
75*	14.42	3.39	0.99	4.38	4.52	1.61	0.54
76*	14.42	3.09	1.02	4.11	4.24	1.57	0.52
76.2*	14.42	2.94	1.05	3.99	4.11	1.52	0.50
76.4*	14.42	2.79	1.09	3.88	3.99	1.46	0.47
76.6*	14.42	2.59	1.18	3.77	3.86	1.28	0.40
76.7*	Bridge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76.8*	14.42	2.44	1.00	3.44	3.56	1.54	0.52
77*	14.42	2.35	0.99	3.34	3.47	1.63	0.55
78*	14.42	1.70	1.03	2.73	2.85	1.55	0.52
78.2*	14.42	1.55	1.06	2.61	2.72	1.51	0.49
78.4*	14.42	1.40	1.10	2.50	2.61	1.44	0.46
78.6*	14.42	1.26	1.17	2.43	2.51	1.30	0.40
78.7*	Bridge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
78.8*	14.42	1.15	1.03	2.18	2.29	1.50	0.49
79*	17.98	0.96	1.02	1.98	2.12	1.68	0.56
80*	17.98	0.20	1.01	1.21	1.36	1.67	0.56

**Tabella 6 – Risultati per la situazione di progetto con tempo di ritorno T = 500 anni**

Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	4.22	9.98	0.43	10.41	10.42	0.64	0.35
2	4.22	9.74	0.56	10.30	10.35	1.36	0.65
3	4.22	9.40	0.73	10.13	10.20	1.54	0.65
4	4.22	9.37	0.72	10.09	10.11	0.97	0.42
5	4.22	9.25	0.80	10.05	10.06	0.88	0.37
6	4.22	9.16	0.77	9.93	9.99	1.48	0.62
7	4.22	9.08	0.77	9.85	9.88	1.07	0.44
8	4.22	8.98	0.78	9.76	9.81	1.27	0.53
9	4.22	8.95	0.77	9.72	9.74	0.91	0.39
10	4.22	9.00	0.67	9.67	9.69	0.89	0.40
11	4.22	8.97	0.67	9.64	9.65	0.72	0.32
12	4.22	8.87	0.72	9.59	9.61	0.89	0.39
12.3*	4.22	8.78	0.73	9.51	9.56	1.17	0.53
12.6*	4.22	8.68	0.78	9.46	9.49	0.98	0.44
13	4.22	8.59	0.85	9.44	9.46	0.66	0.28
14	4.22	8.58	0.85	9.43	9.43	0.54	0.23
15	4.22	8.64	0.78	9.42	9.42	0.48	0.21
16	4.22	8.40	1.00	9.40	9.40	0.60	0.22
17	4.22	8.28	1.09	9.37	9.38	0.72	0.29
18	4.22	8.25	1.09	9.34	9.36	0.72	0.26
19	4.22	8.15	1.18	9.33	9.34	0.56	0.20
20	7.85	8.14	1.14	9.28	9.31	1.20	0.43
21	7.85	8.07	1.10	9.17	9.23	1.53	0.57
22	7.85	7.99	1.17	9.16	9.17	0.86	0.31
23	7.85	7.95	1.18	9.13	9.14	0.93	0.32
24	7.85	7.95	1.07	9.02	9.09	1.61	0.59
25	7.85	7.75	1.19	8.94	9.01	1.49	0.51
26	7.85	7.63	1.25	8.88	8.94	1.38	0.47
27	7.85	7.62	1.18	8.80	8.86	1.49	0.54
28	7.85	7.58	1.06	8.64	8.75	1.81	0.72
29	7.85	7.55	1.05	8.60	8.61	0.87	0.34
29.5*	7.85	7.43	1.13	8.56	8.58	0.99	0.37
30	7.85	7.32	1.20	8.52	8.55	1.06	0.37
31	7.85	7.32	1.14	8.46	8.50	1.32	0.48
32	7.85	7.25	1.12	8.37	8.42	1.48	0.55
33	7.85	7.22	1.11	8.33	8.35	1.03	0.39

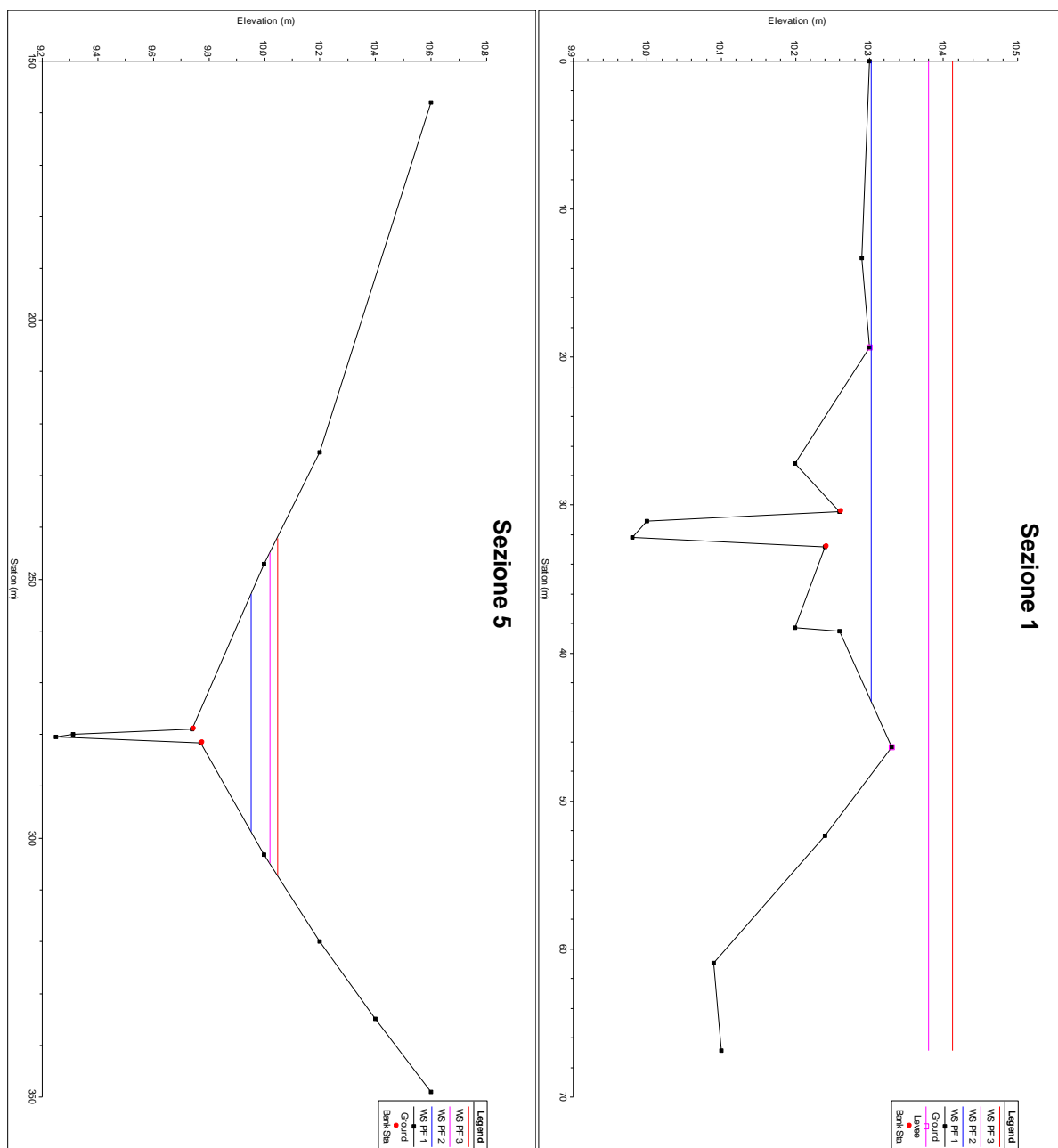
Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
34	7.85	7.15	1.09	8.24	8.28	1.42	0.53
35	7.85	7.12	1.08	8.20	8.22	1.05	0.39
36	7.85	7.12	0.96	8.08	8.15	1.67	0.65
37	7.85	7.00	1.00	8.00	8.04	1.41	0.52
38	7.85	6.86	1.12	7.98	7.99	0.87	0.32
39	7.85	6.65	1.26	7.91	7.95	1.18	0.39
40	7.85	6.39	1.39	7.78	7.87	1.65	0.56
40.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	12.65	6.39	1.31	7.70	7.80	1.79	0.57
42	12.65	6.18	1.47	7.65	7.70	1.33	0.41
43	12.65	6.02	1.56	7.58	7.65	1.50	0.46
44	12.65	5.86	1.59	7.45	7.58	1.83	0.58
45	12.65	5.91	1.49	7.40	7.49	1.62	0.53
46	12.65	5.87	1.49	7.36	7.43	1.38	0.44
47	12.65	5.86	1.47	7.33	7.38	1.29	0.41
48	12.65	5.83	1.37	7.20	7.31	1.81	0.59
49	12.65	5.71	1.34	7.05	7.12	1.56	0.52
50	12.65	5.69	1.23	6.92	7.00	1.37	0.48
50.5*	12.65	5.65	1.23	6.88	6.95	1.47	0.51
51	12.65	5.61	1.20	6.81	6.89	1.71	0.61
52	12.65	5.49	1.29	6.78	6.81	1.20	0.40
53	12.65	5.42	1.22	6.64	6.74	1.79	0.61
54	12.65	5.31	1.29	6.60	6.63	1.07	0.36
55	12.65	5.25	1.31	6.56	6.59	1.16	0.38
56	12.65	5.09	1.35	6.44	6.53	1.71	0.57
57	12.65	5.04	1.28	6.32	6.44	1.77	0.61
58	12.65	4.91	1.26	6.17	6.27	1.71	0.59
59	12.65	4.86	1.21	6.07	6.17	1.79	0.62
60	12.65	4.70	1.31	6.01	6.08	1.54	0.49
61	12.65	4.58	1.36	5.94	6.02	1.54	0.49
62	12.65	4.54	1.30	5.84	5.94	1.75	0.57
63	12.65	4.51	1.38	5.89	5.89	0.63	0.19
63.5*	12.65	4.43	1.43	5.86	5.88	1.03	0.32
64	12.65	4.34	1.42	5.76	5.84	1.66	0.51
64.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	14.27	4.23	1.38	5.61	5.69	1.72	0.54
66	14.27	4.19	1.30	5.49	5.59	1.97	0.66
67	14.27	4.17	1.26	5.43	5.47	1.39	0.48

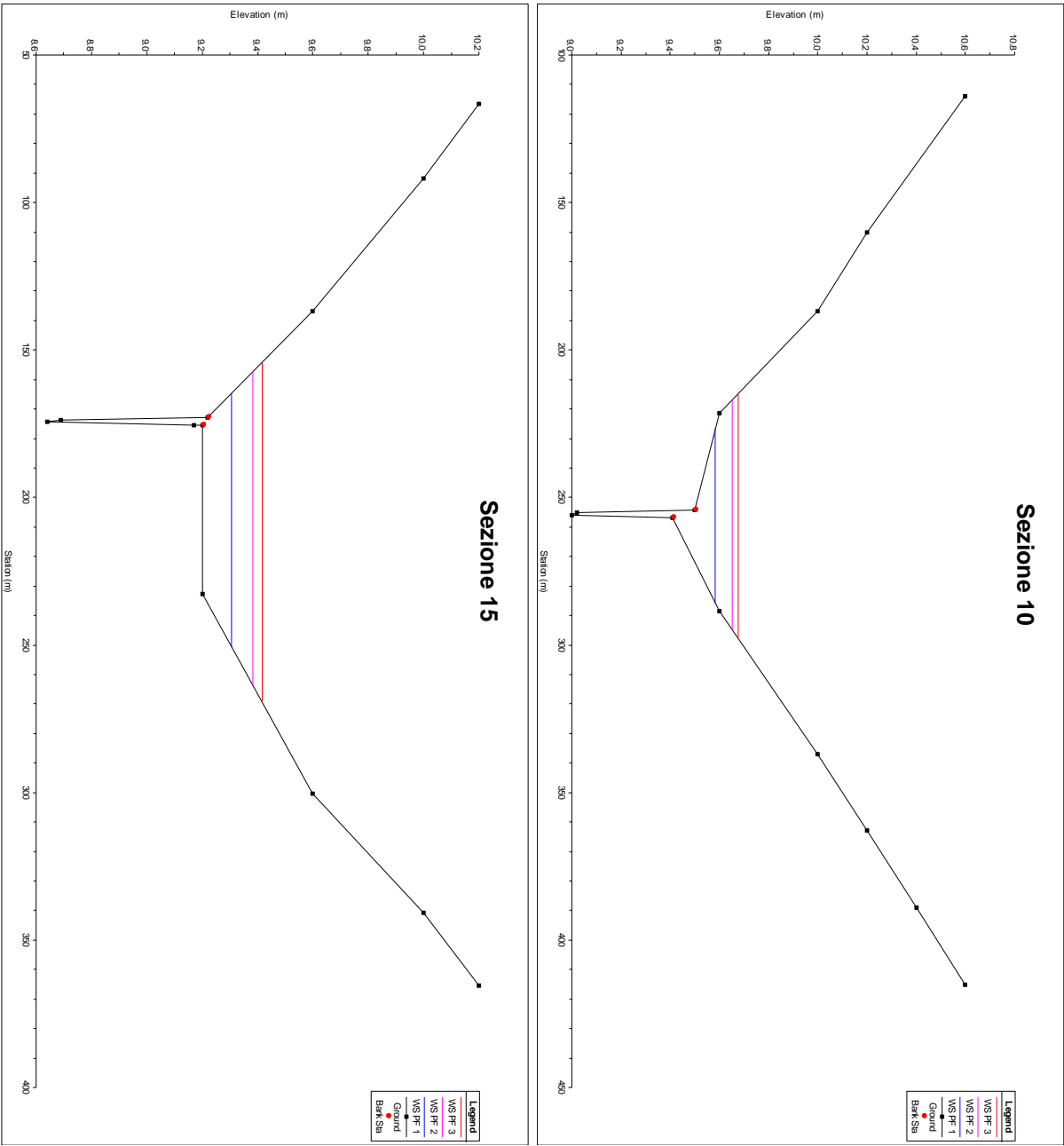
Sezione	Q	Quota fondo	Tirante	Quota profilo	Energia	Velocità	Num. Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
68	14.27	4.12	1.28	5.40	5.42	1.10	0.38
69	14.27	4.07	1.18	5.25	5.35	1.98	0.71
70	14.27	4.00	1.16	5.16	5.19	1.19	0.45
71	14.27	3.99	1.11	5.10	5.12	1.26	0.49
72	14.27	3.96	1.13	5.09	5.09	0.54	0.21
73	14.27	3.81	1.27	5.08	5.08	0.44	0.16
73.1*	Culvert	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74	14.27	3.46	1.26	4.72	4.76	1.41	0.48
75*	17.86	3.39	1.13	4.52	4.67	1.73	0.55
76*	17.86	3.09	1.17	4.26	4.40	1.67	0.52
76.2*	17.86	2.94	1.20	4.14	4.27	1.63	0.51
76.4*	17.86	2.79	1.24	4.03	4.15	1.57	0.48
76.6*	17.86	2.59	1.33	3.92	4.02	1.39	0.41
76.7*	Bridge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76.8*	17.86	2.44	1.14	3.58	3.72	1.66	0.52
77*	17.86	2.35	1.12	3.47	3.63	1.74	0.56
78*	17.86	1.70	1.17	2.87	3.01	1.66	0.52
78.2*	17.86	1.55	1.20	2.75	2.89	1.61	0.50
78.4*	17.86	1.40	1.25	2.65	2.77	1.55	0.47
78.6*	17.86	1.26	1.31	2.57	2.68	1.41	0.42
78.7*	Bridge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
78.8*	17.86	1.15	1.16	2.31	2.44	1.62	0.51
79*	22.04	0.96	1.15	2.11	2.27	1.81	0.57
80*	22.04	0.20	1.14	1.34	1.51	1.79	0.56

## **ALLEGATI**

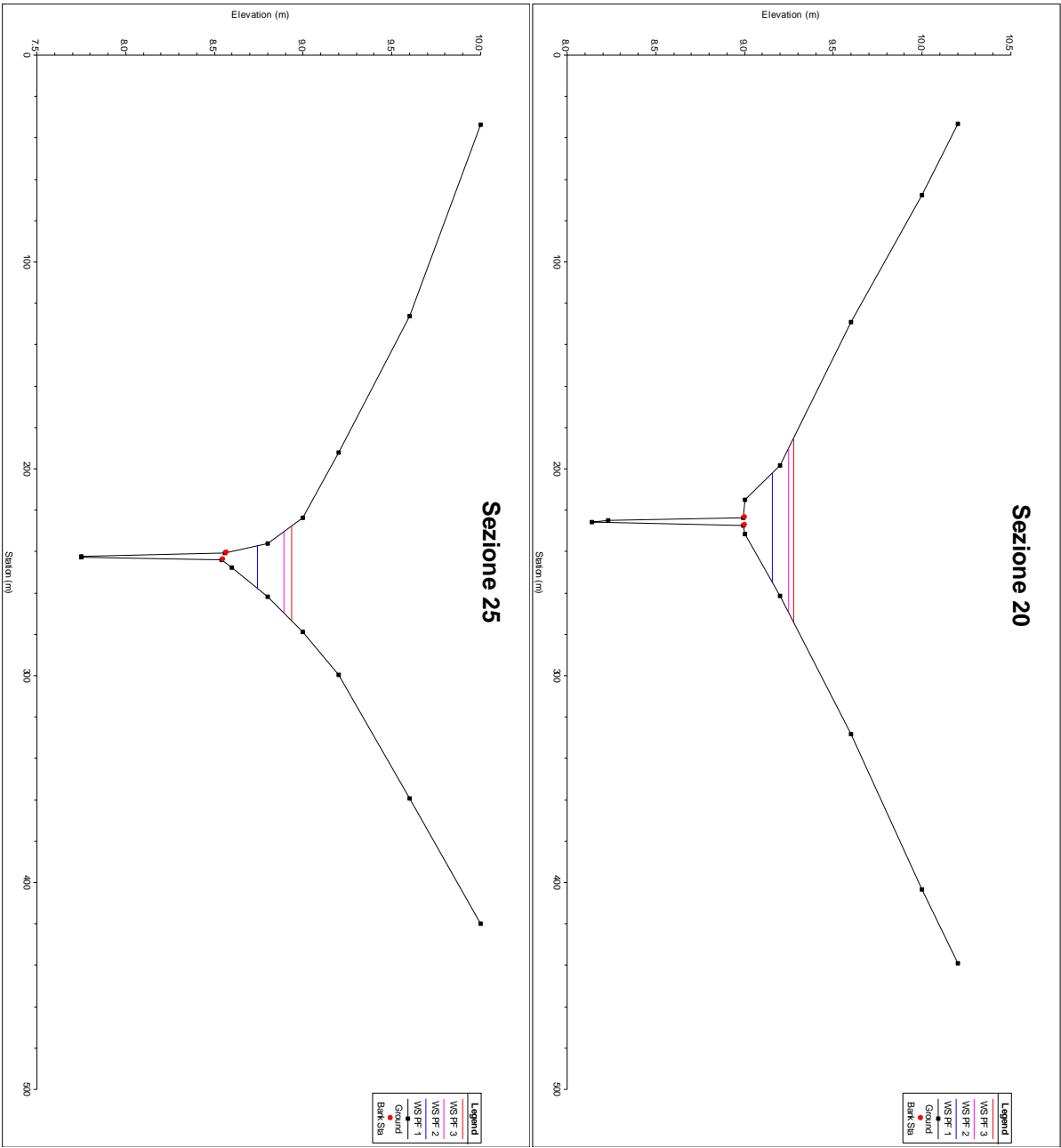
# Allegato 1 – Sezioni dello stato di fatto

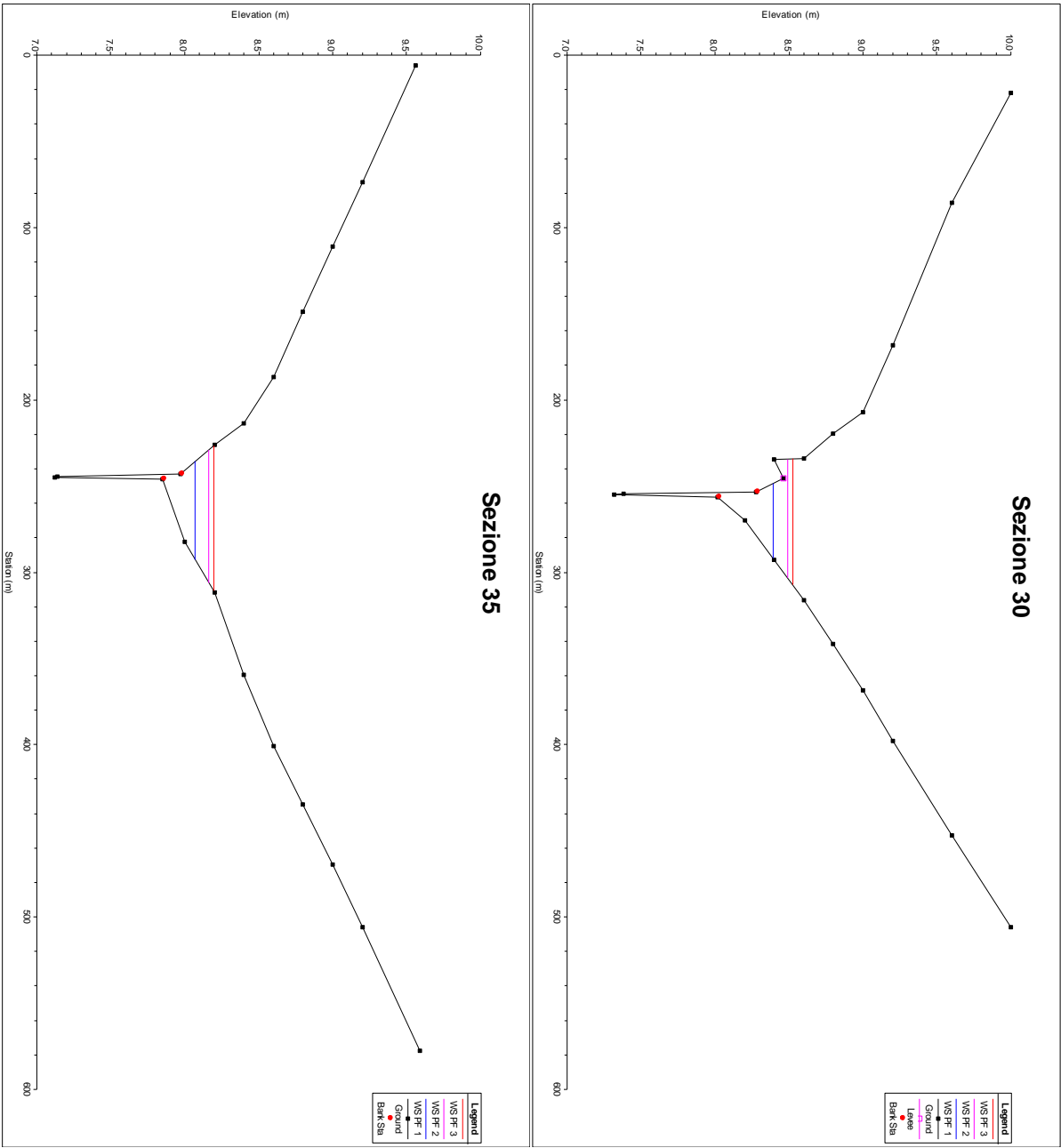
T = 30 anni, blu; T = 200 anni, magenta; T = 500 anni, rosso.

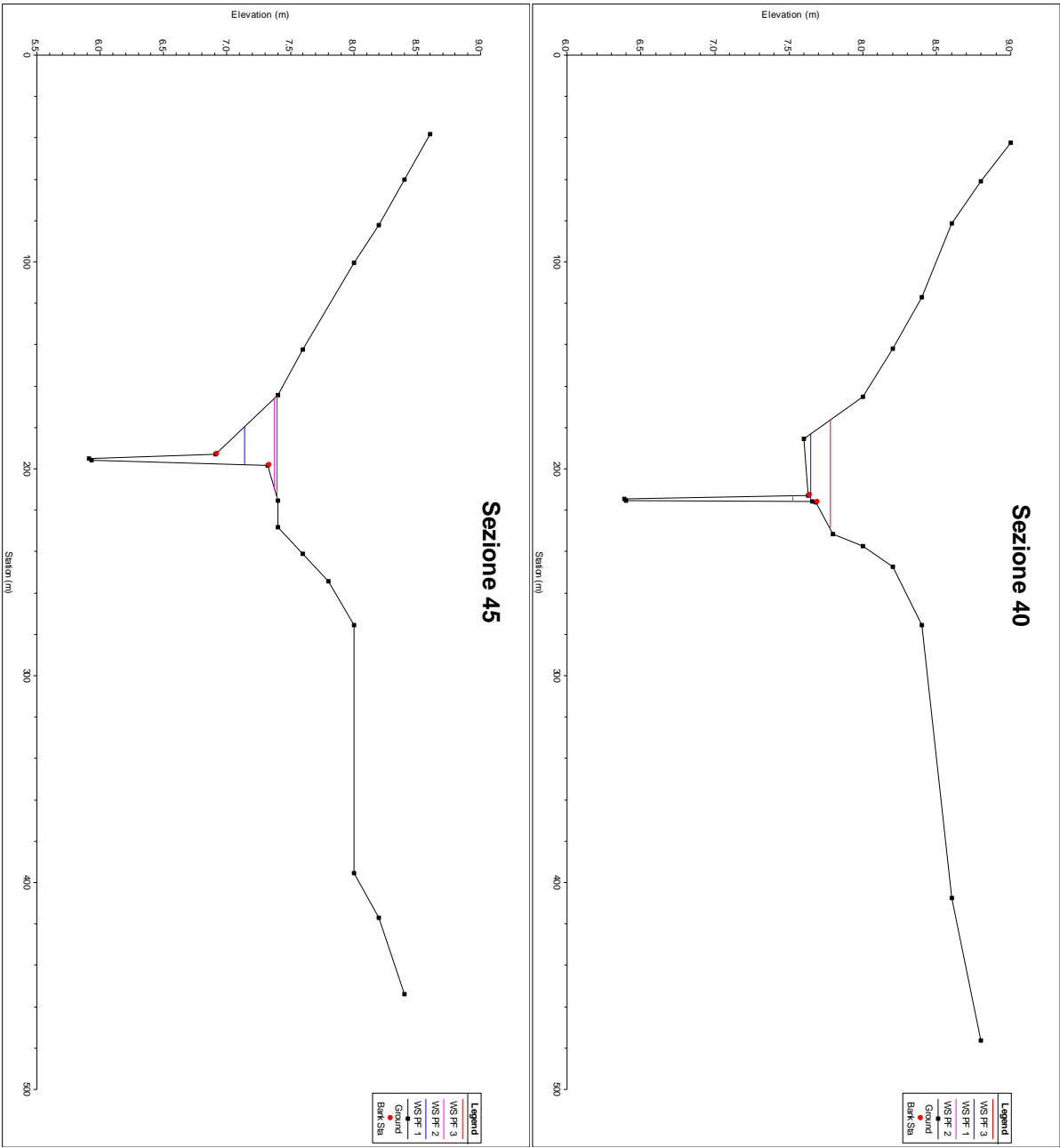


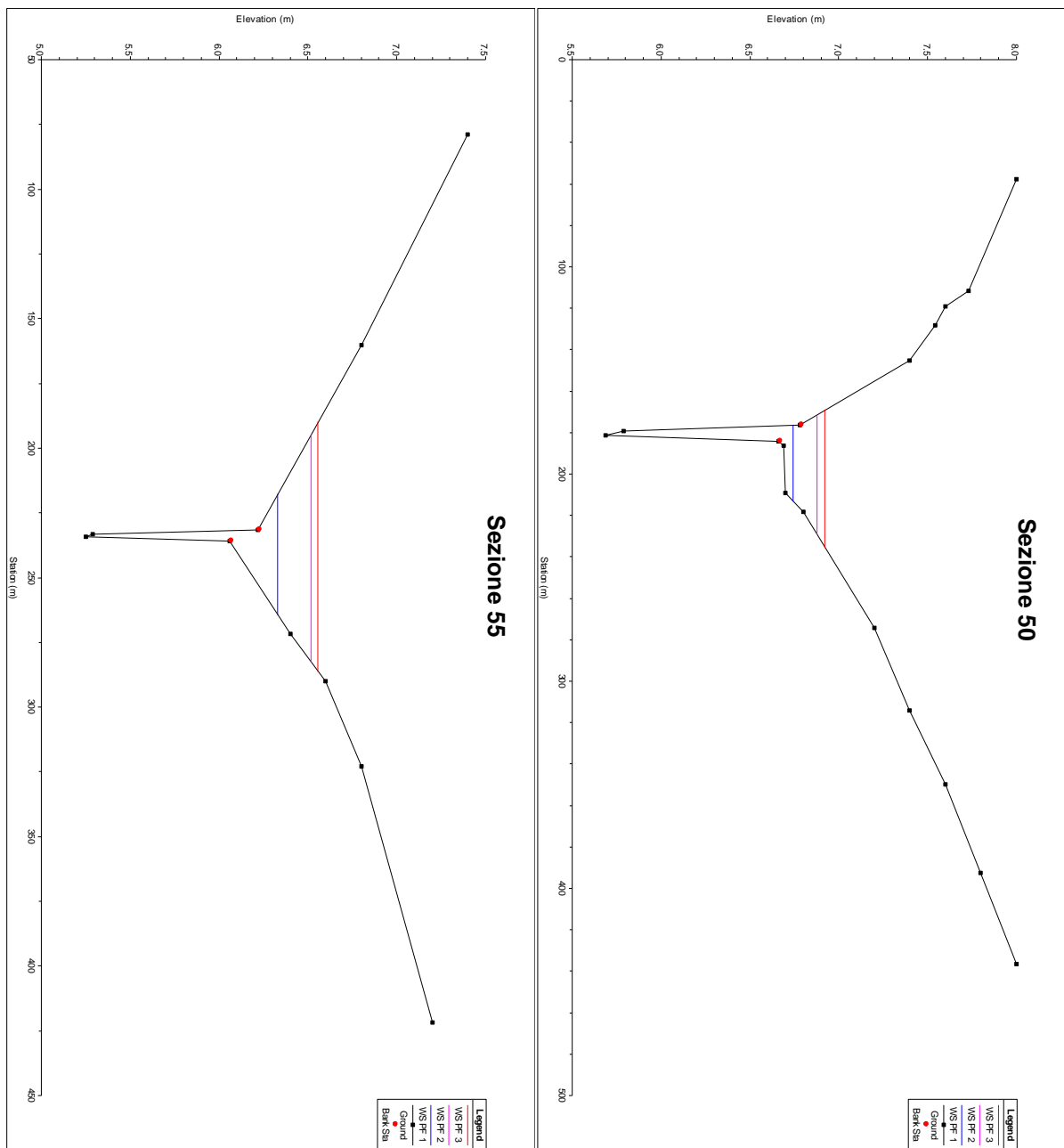


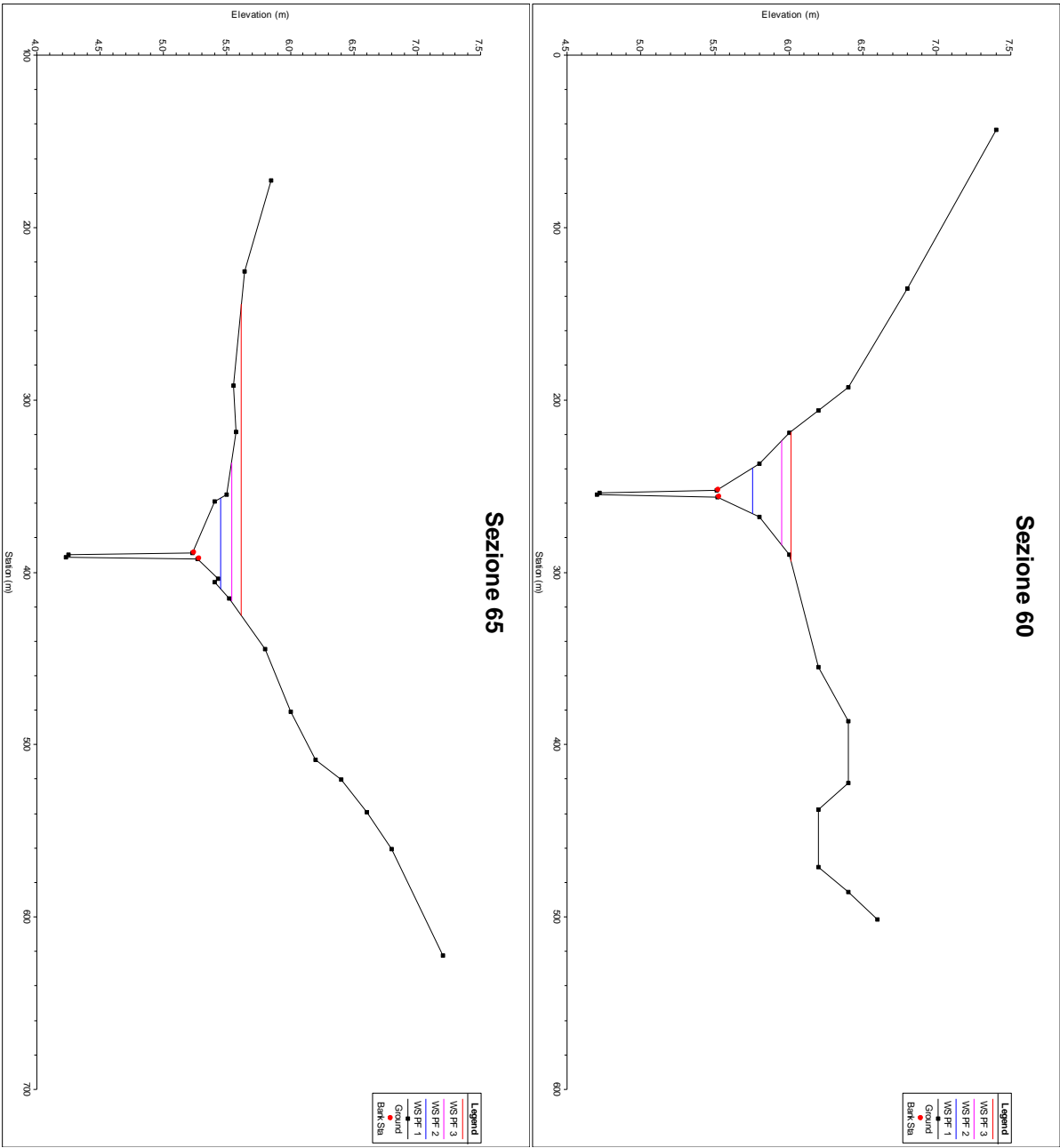


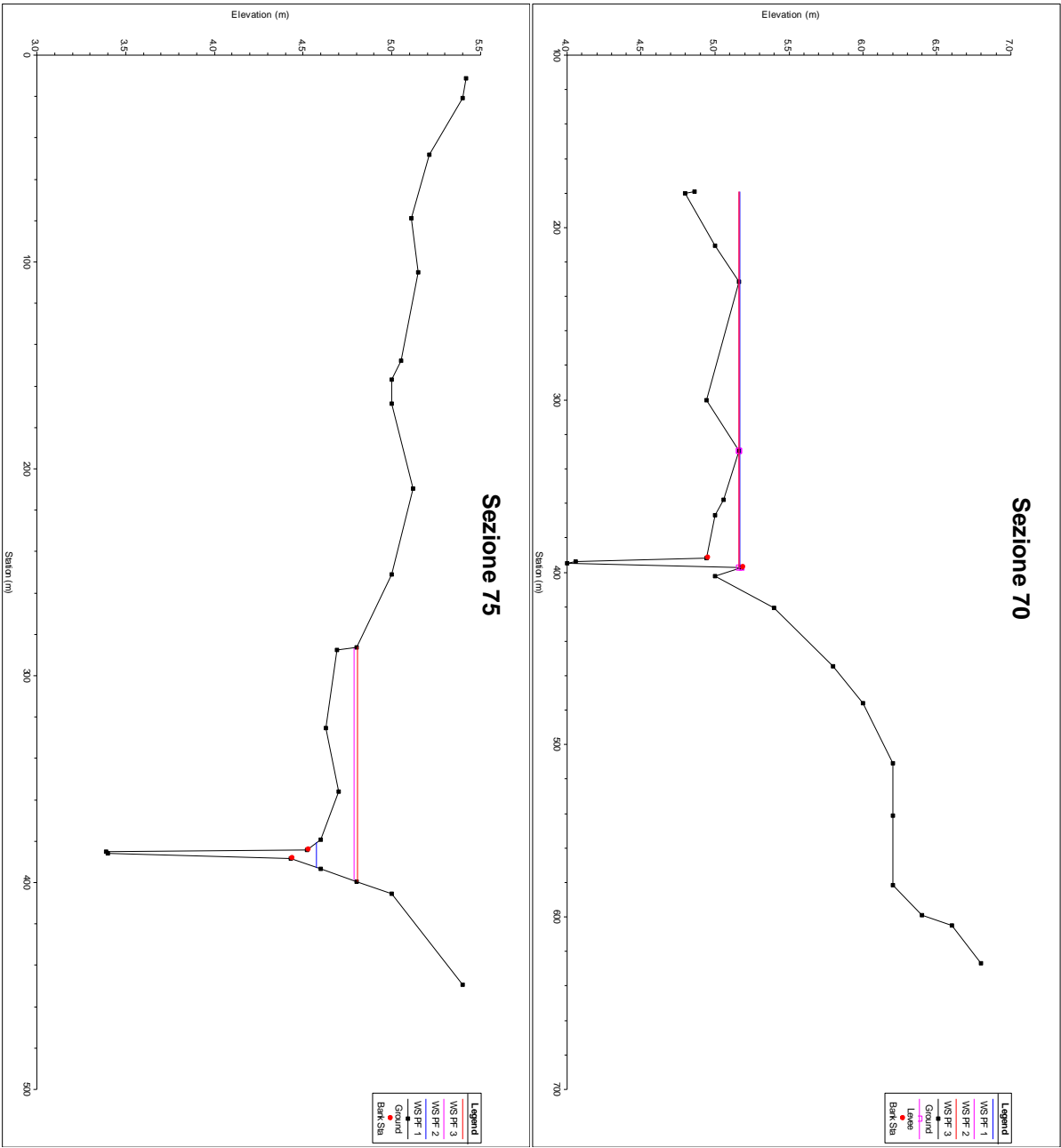


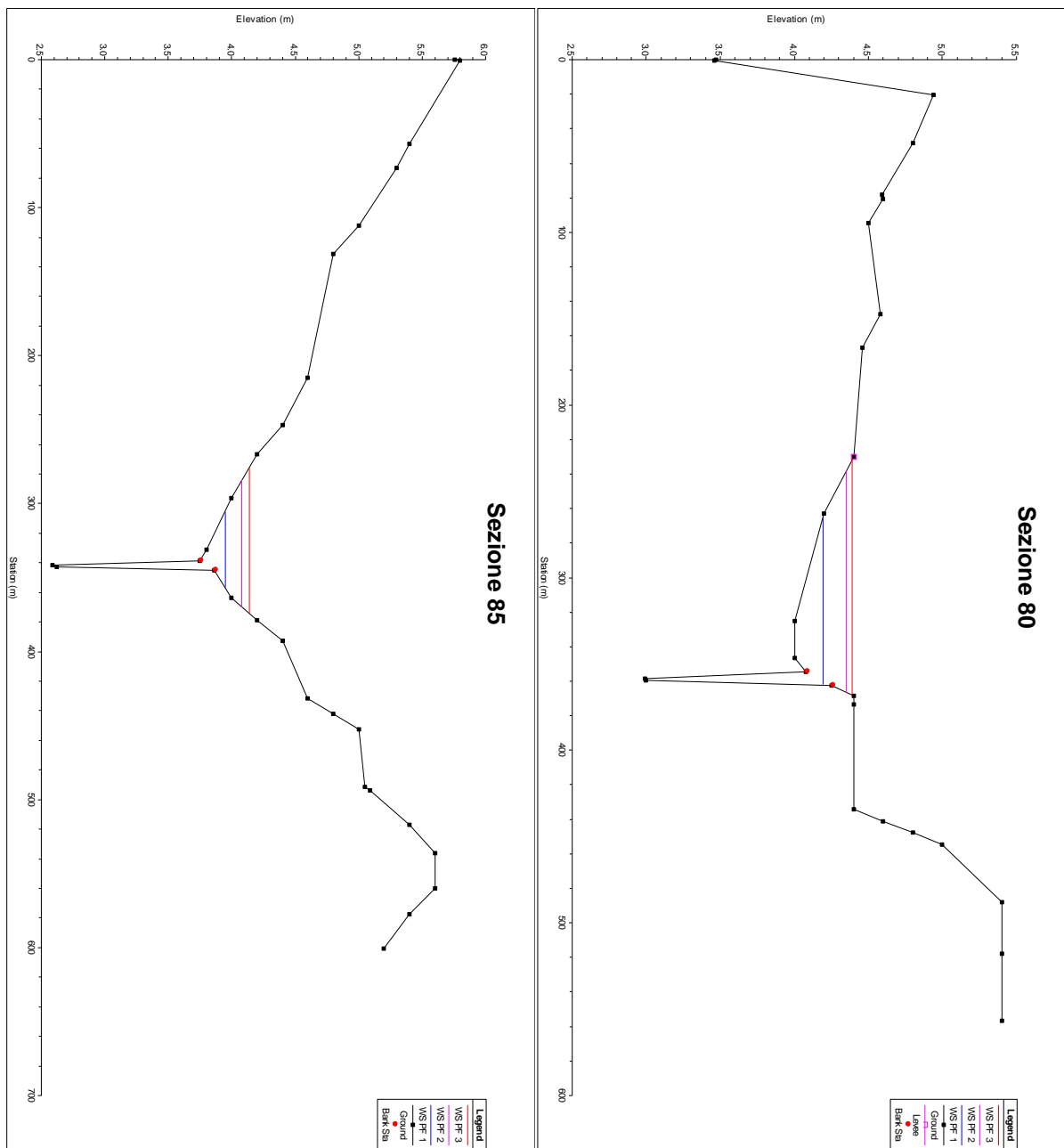


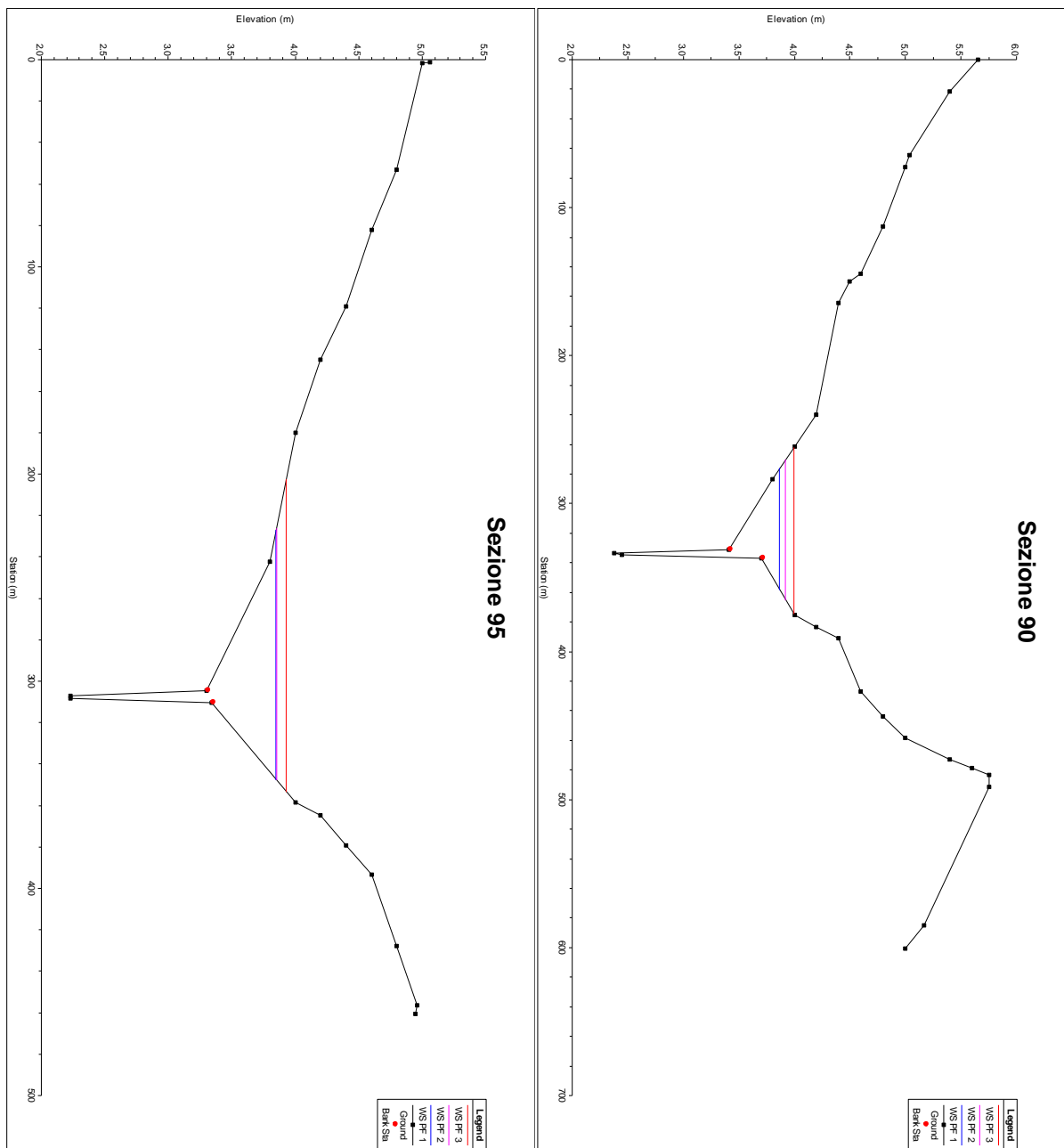




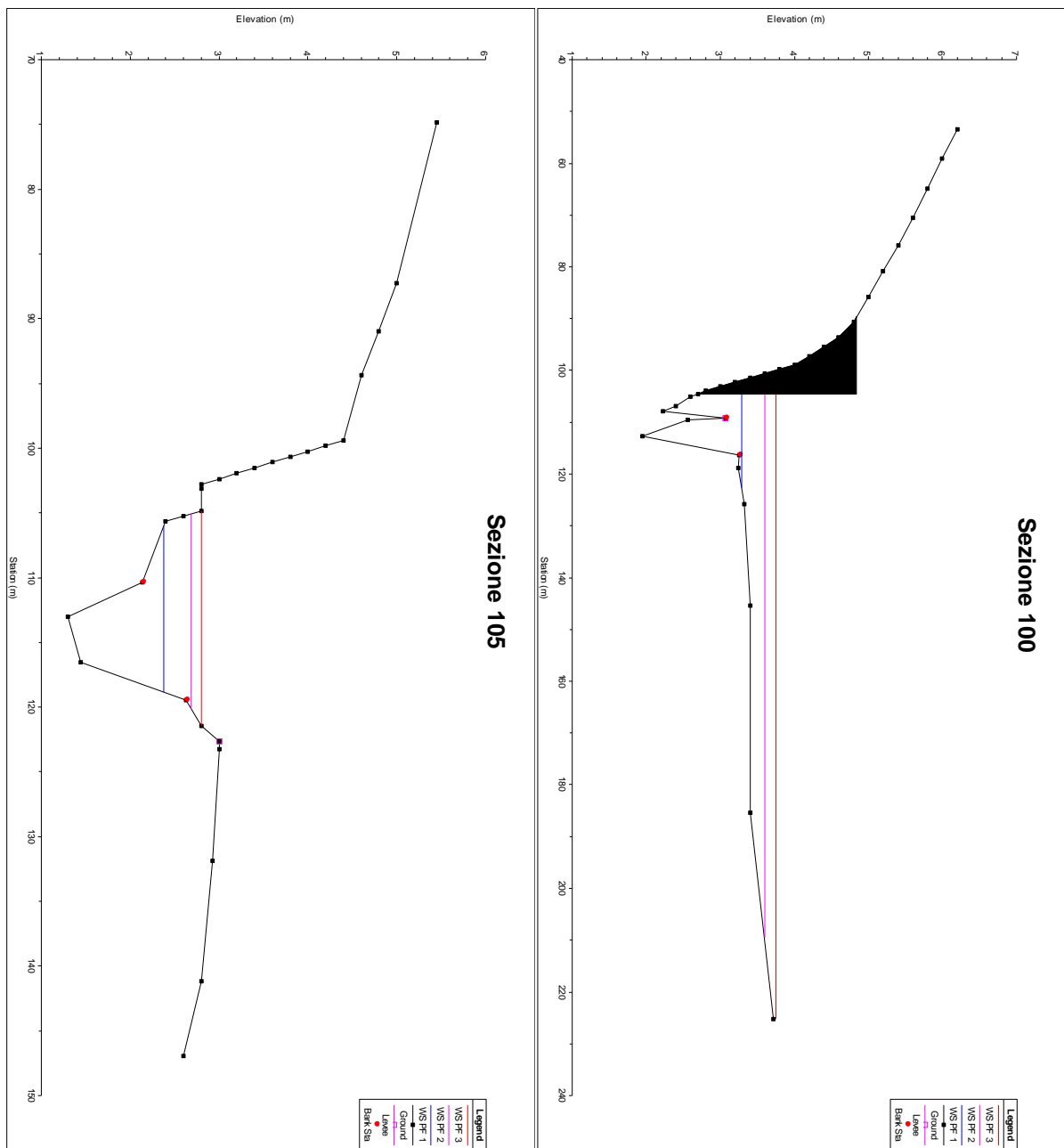


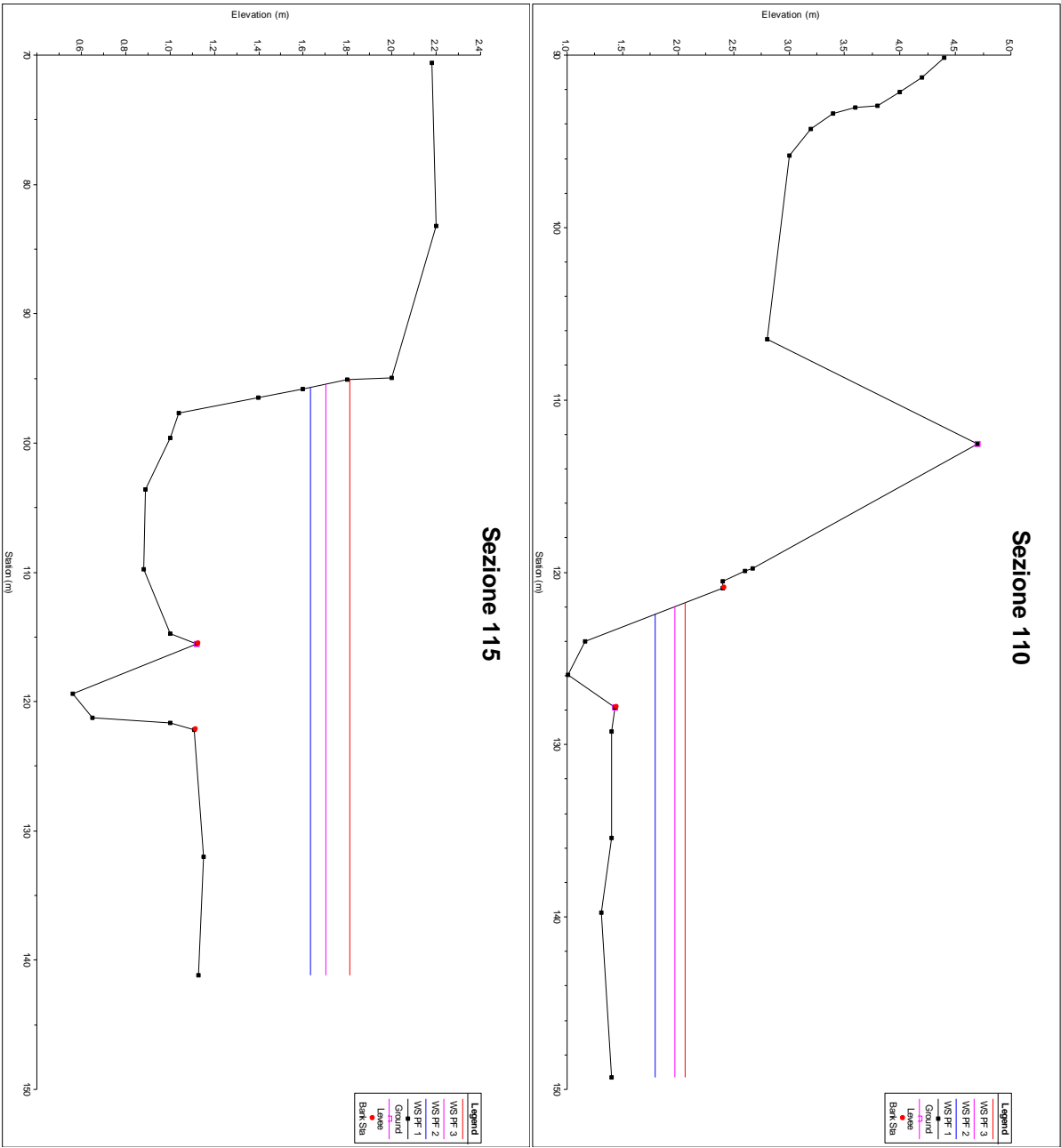


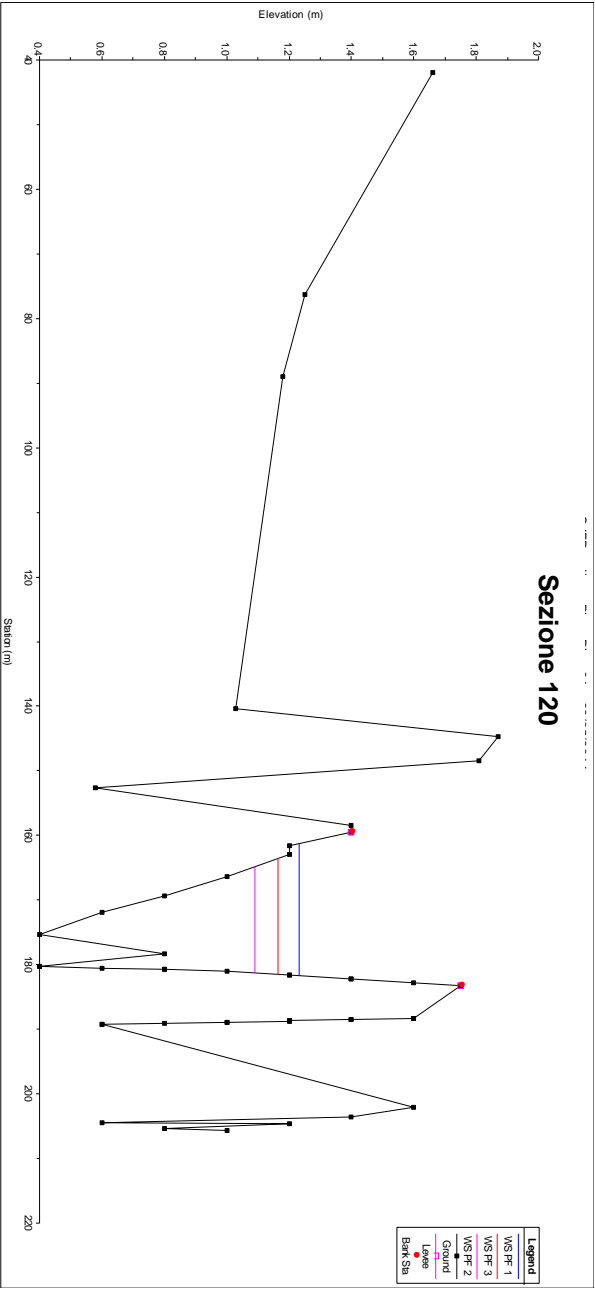






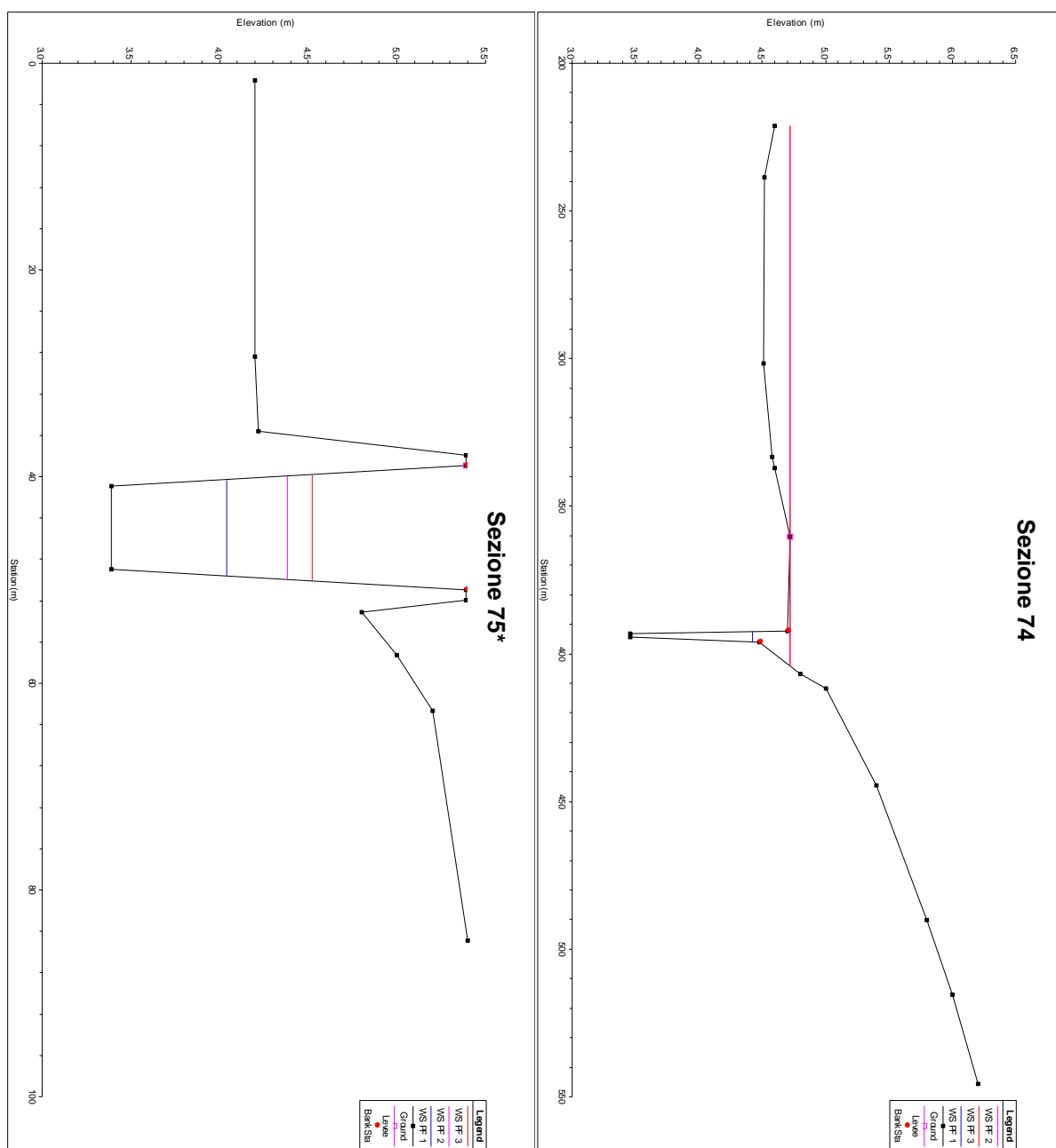


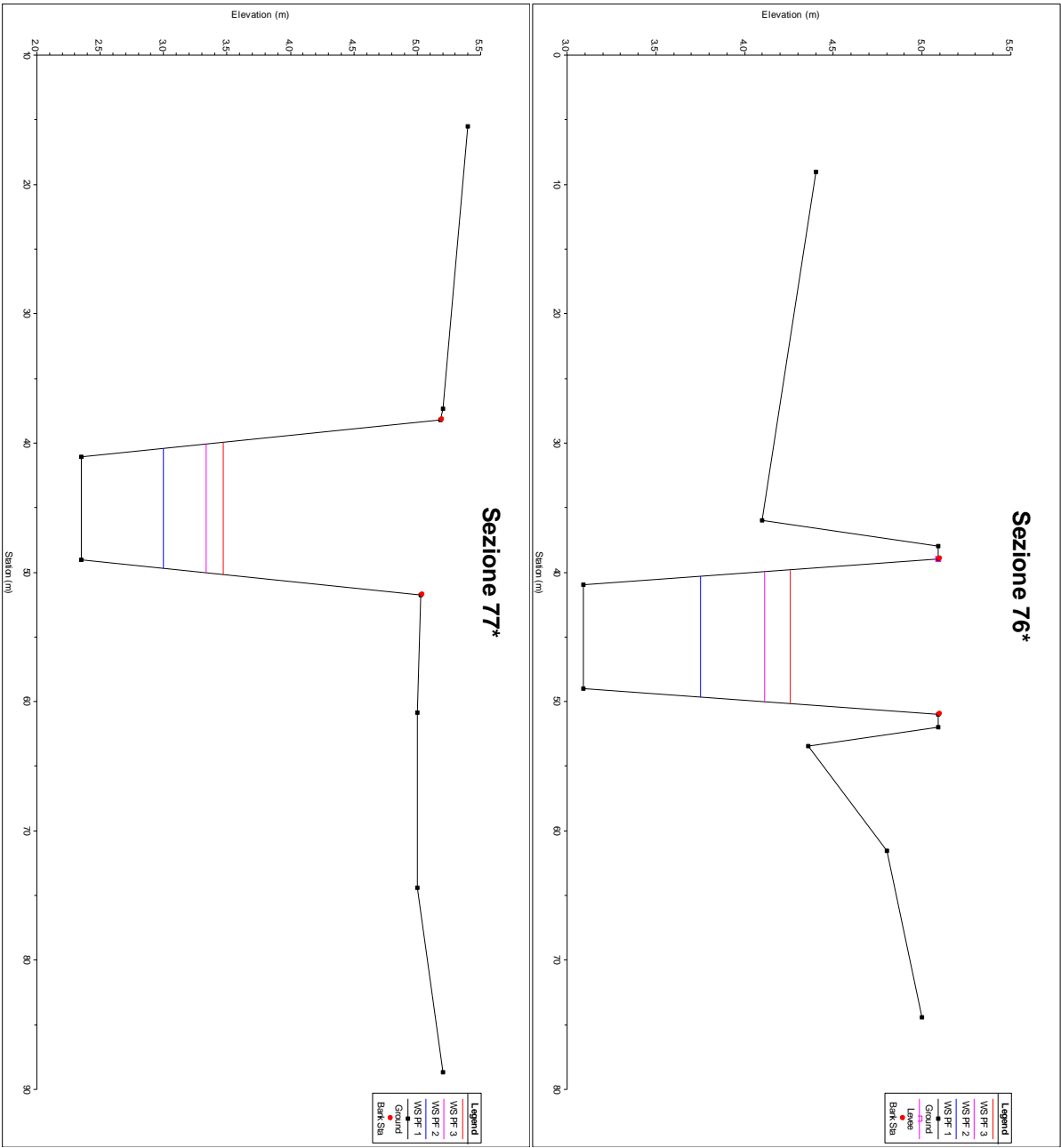


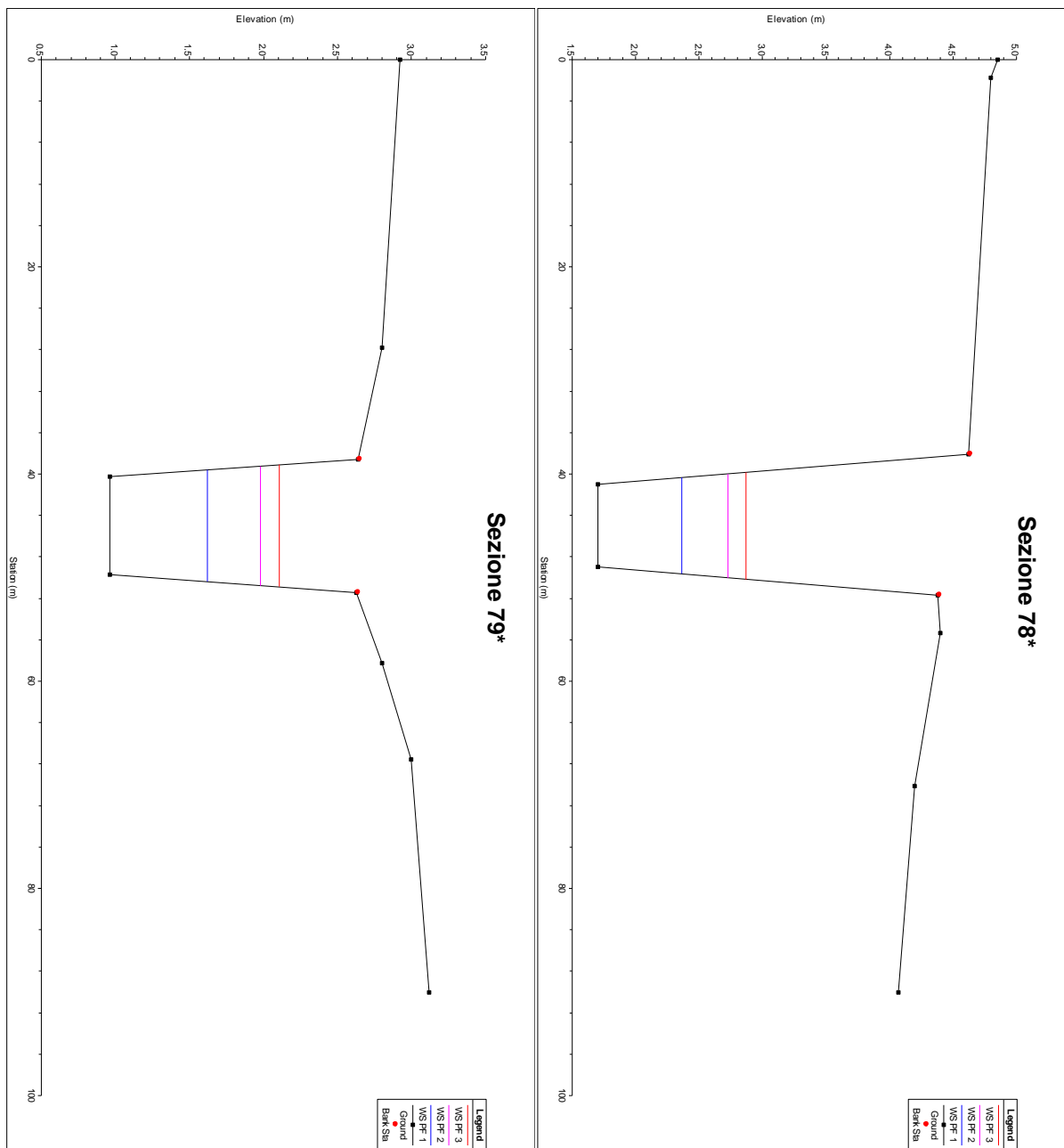


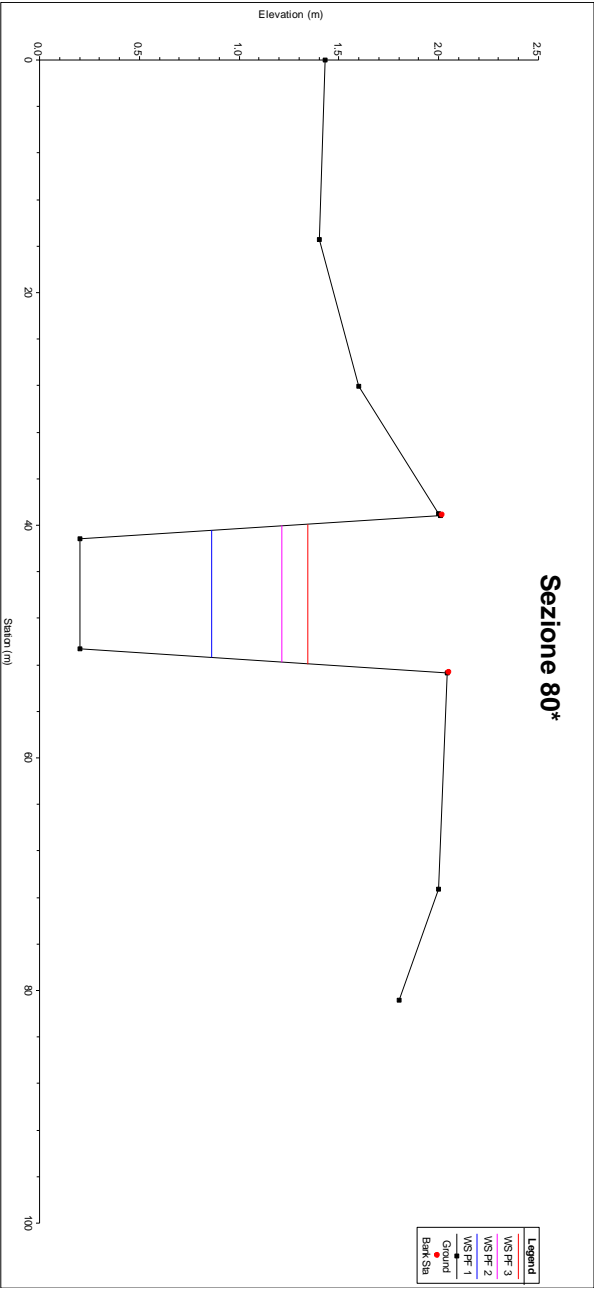
## Allegato 2 – Sezioni della situazione di progetto

T = 30 anni, blu; T = 200 anni, magenta; T = 500 anni, rosso. Le sezioni dalla 1 alla 74 sono invariate rispetto allo stato di fatto. Si ricorda che nelle tavole di progetto la numerazione procede da 6 a 1 per le sezioni dalla 75\* alla 80\*.









**Allegato 4 – Verifica di interferenza del diaframma con le aree a pericolosità  
geomorfologica PG1, PG2 e PG3**





## Allegato 4

**Verifica di interferenza  
del diaframma con le aree  
a pericolosità  
geomorfologica PG1,  
PG2 e PG3**

**Stabilimento Multisocietario  
di Brindisi**

Maggio 2014

Progetto 46318419  
Preparato per: Syndial S.p.A.

ITALY



INDICE	1	PREMESSA.....	3
	2	VERIFICHE IN CAMPO.....	5
	3	OPERE DI SALVAGUARDIA.....	7

### Tavole

**Tavola 1:** Verifica di interferenza del diaframma con le aree a pericolosità geomorfologica PG1, PG2 e PG3

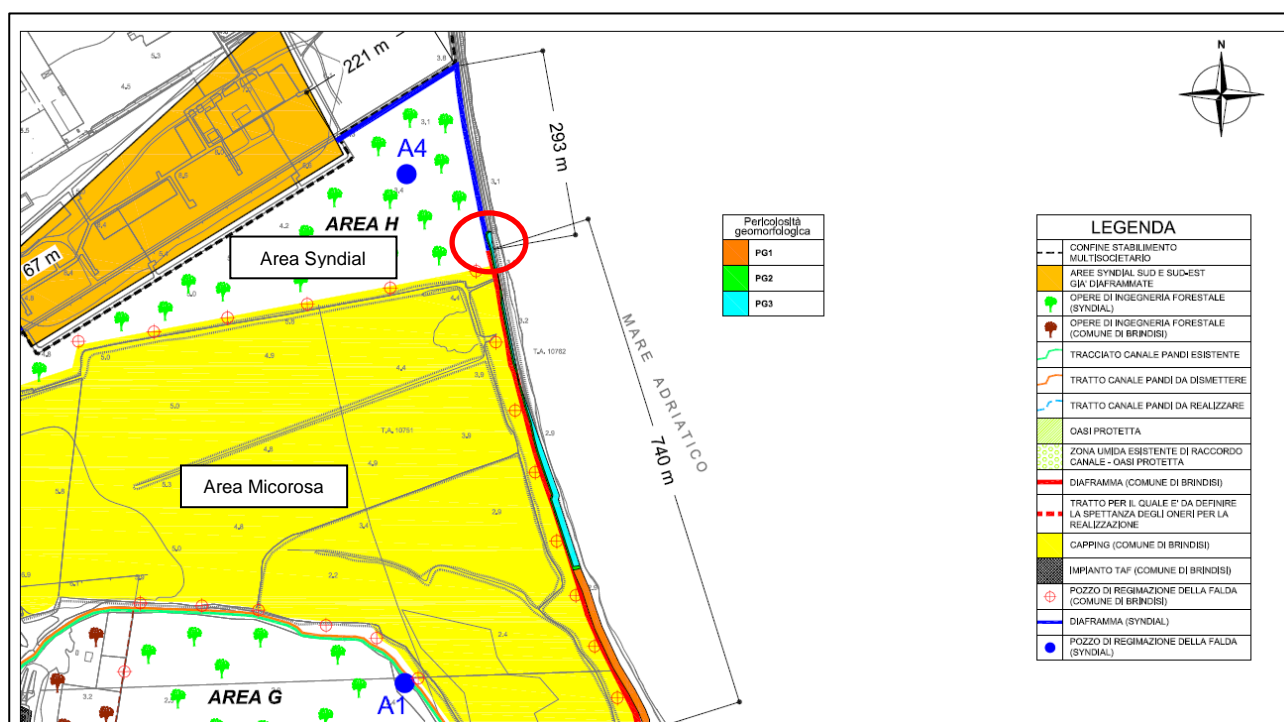
## 1 PREMESSA

In sede di tavolo tecnico presso la sede della Autorità di Bacino delle regione Puglia (di seguito AdB) del 20/11/2013, la stessa AdB ha richiesto di analizzare le eventuali interferenze tra le opere previste nel “Progetto Operativo di Bonifica delle aree esterne al Multisocietario di Brindisi di proprietà di Syndial” e le aree classificate nel P.A.I. a diversa pericolosità geomorfologica (PG3, PG2 e PG1), ubicate lungo costa del Comune di Brindisi e prossime all'area Micorosa.

Ciò al fine verificarne la compatibilità con le N.T.A. del P.A.I. medesimo, nonché prevedere opportune opere di salvaguardia in caso gli interventi previsti ricadano in aree classificate a Pericolosità Geomorfologica molto elevata (PG3).

In questa appendice si descrivono le verifiche condotte ed i risultati conseguiti nell'ambito delle suddetta analisi delle interferenze.

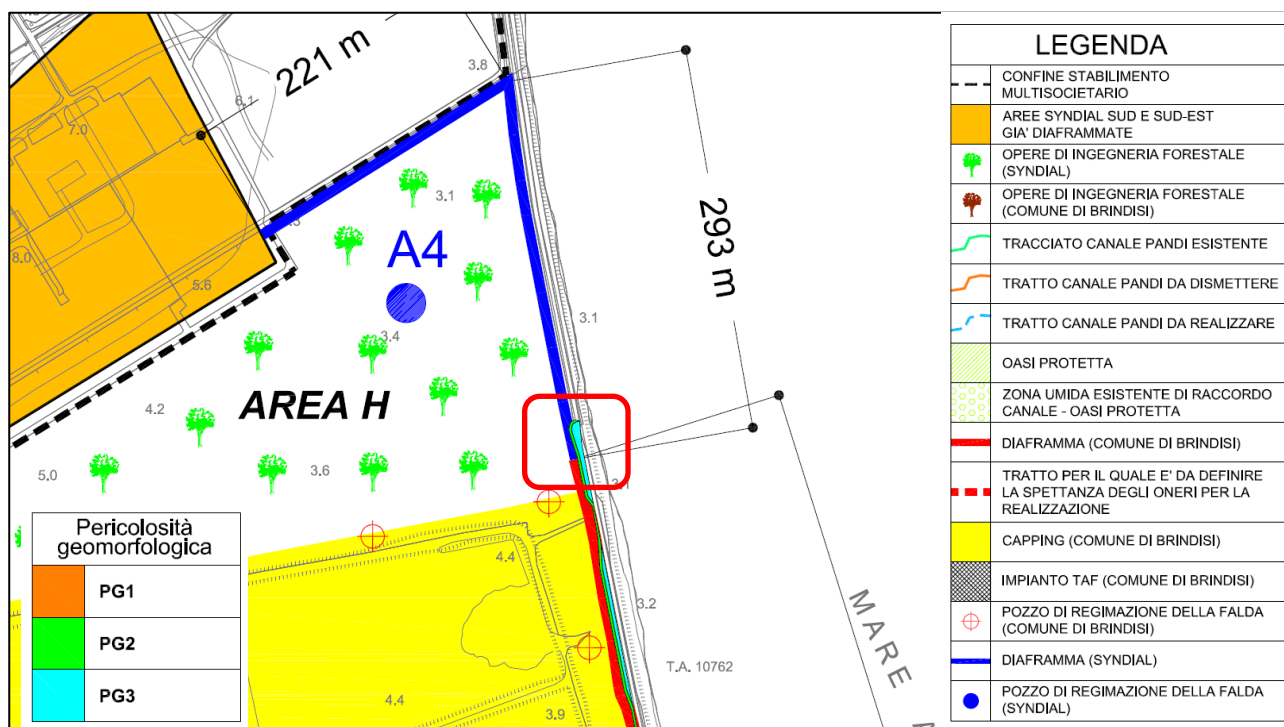
La Figura 1.1 riporta uno stralcio dell'area oggetto degli interventi, cui sono state sovrapposte le fasce a pericolosità geomorfologica, tratte dalla consultazione On-line del P.A.I.. Dalla figura si evince che il settore per il quale è necessaria una verifica di compatibilità tra le opere Syndial e le fasce di pericolosità geomorfologica è localizzato nel tratto immediatamente a Nord della proprietà Micorosa, al confine delle proprietà di Syndial.



**Figura 1.1 – Individuazione dell'area (cerchio rosso) oggetto delle verifiche d'interferenza delle opere progettuali di Syndial con il P.A.I.**

Il settore in questione è meglio evidenziato in Figura 1.2, esso interessa una fascia di circa 15 metri di larghezza dalla linea di battigia per 80 m in lunghezza (in direzione N-S). Gli interventi di Syndial consistono

esclusivamente in un diaframma plastico di contenimento delle acque di falda, per una lunghezza di circa 40 m (anche in Tavola 1 Allegata).



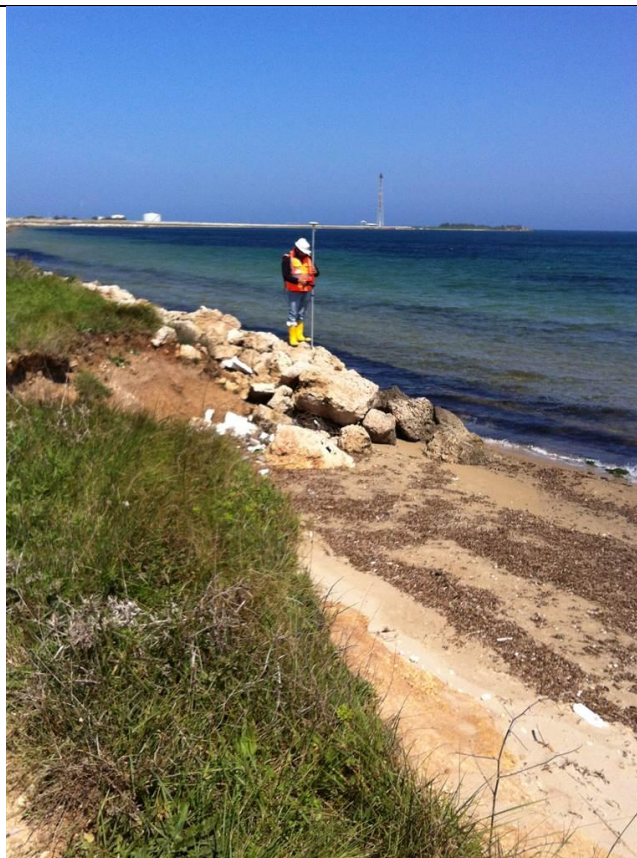
**Figura 1.2** – Dettaglio della Figura 1.1. con individuazione dell'area (area rossa) oggetto delle verifiche d'interferenza delle opere progettuali di Syndial con il P.A.I.

## 2 VERIFICHE IN CAMPO

Il tratto di costa che interessa la proprietà Micorosa e, più a nord, quella Syndial è caratterizzato da un scogliera artificiale, alta da circa 1,5 a 2 metri dalla linea di battigia, dove non sono particolarmente evidenti fenomeni erosivi del moto ondoso (Figure 2.1.e 2.2).



**Figura 2.1** – Panoramica dell'intero tratto di costa interessato degli interventi previsti nel progetto di Syndial - vista da Nord.



**Figura 2.2** – Dettaglio del tratto di costa prossimo al confine tra le proprietà Micorosa e Syndial (alle spalle dell'operatore) - vista da sud.

Al fine di verificare con maggior precisione il livello d'interferenza tra le Fasce PG2 e PG3 e l'intervento di diaframmatura previsto da Syndial, Syndial ha eseguito un rilievo piano altimetrico di dettaglio, i cui risultati sono riportati in Tavola 1.

Il rilievo piano altimetrico ha permesso di perimetrare le aree a diversa pericolosità geomorfologica secondo i criteri indicati dalla stessa AdB nell'incontro tecnico del 20 febbraio 2014 e contenuti nell' "Atto di indirizzo



per la definizione e perimetrazione delle aree a pericolosità geomorfologica in ambito costiero” (approvato nella seduta del Comitato tecnico del 29/11/2010):

- larghezza PG3 3 volte h scarpata dal piede;
- larghezza PG2 2 volte h scarpata dal piede.

Le due fasce sono rappresentate nella tavola 1, insieme con il layout del diaframma di Syndial e del Comune di Brindisi.

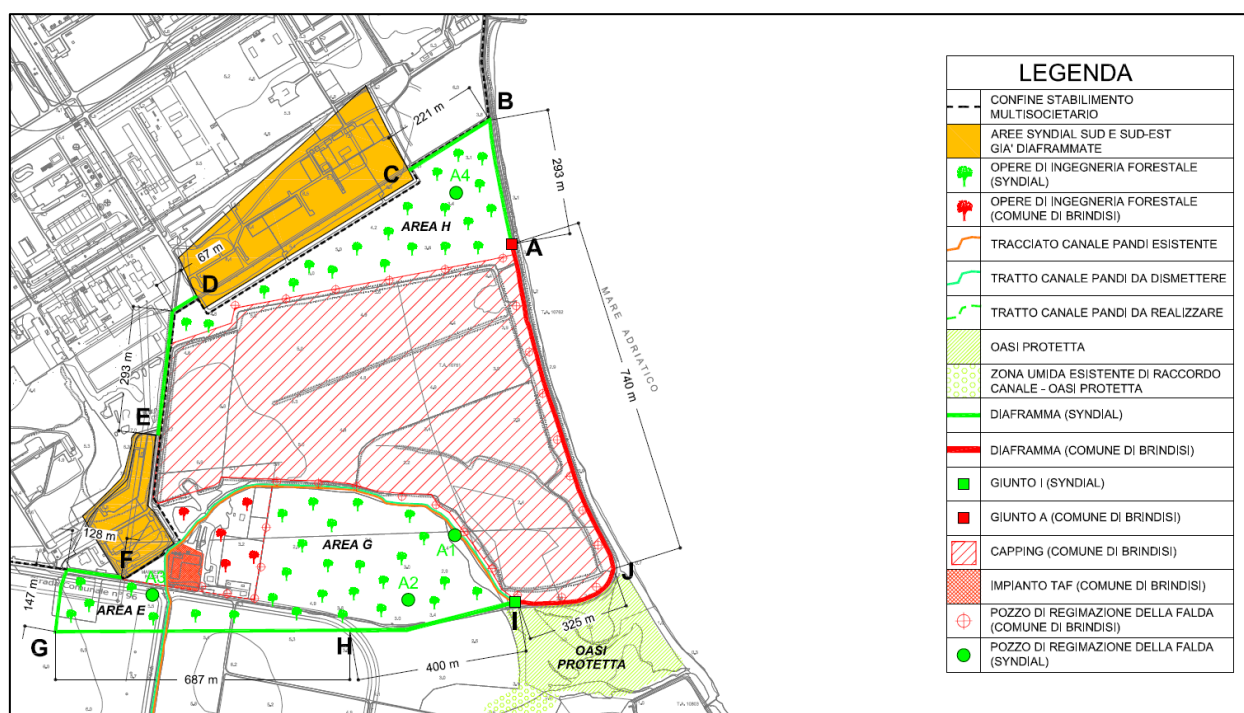
Le elaborazioni consentono di escludere che gli interventi previsti da Syndial (il diaframma) ricadano in area classificata a Pericolosità Geomorfologica molto elevata (PG3).

Per un modesto tratto di circa 40 m, gli stessi interventi previsti da Syndial ricadono in area classificata a Pericolosità Geomorfologica elevata (PG2); ciò si rende necessario per permettere il raccordo con il diaframma che sarà realizzato dal Comune di Brindisi.

### 3 OPERE DI SALVAGUARDIA

Sebbene le verifiche abbiano permesso di escludere che gli interventi Syndial ricadano in area PG3, nel progetto di messa in sicurezza permanente dell'area, i progettisti hanno previsto un rinforzo localizzato a partire dal giunto A e per circa 100 m in direzione Nord (Figura 3.1).

In tale tratto, il tracciato di diaframma è previsto a circa 15 - 20 m dall'attuale linea di costa, per cui si è ritenuto opportuno e cautelativo prevedere un intervento di rinforzo e protezione della parte sommitale del diaframma, al fine di evitare eventuali danneggiamenti nel caso ipotetico in cui l'erosione si spingesse maggiormente verso l'interno (moto ondoso, dilavamento, maree, ecc.).



**Figura 3.1** – Dettaglio del tratto di costa prossimo al confine tra le proprietà Micorosa e Syndial (alle spalle dell'operatore) - vista da sud.

Tale intervento di protezione è costituito da una palancolatura di circa 6m di profondità da p.c. ) in affiancamento al diaframma. L'intervento si estende per un tratto di costa lungo 100 m e quindi per una lunghezza ampiamente superiore a quelle in cui l'opera ricade in area PG2.

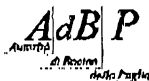
Le palancole da utilizzare (tipo Larssen 603 o equivalente) saranno sospese con un fissaggio permanente sulle corree guida e successivamente conglobate nel getto di chiusura sulla testa del diaframma.

## Tavola



## **Allegato 5 – Autorità di Bacino Puglia - Note tecniche**

0809182244

**AUTORITÀ DI BACINO DELLA PUGLIA**

L.R. 9 Dicembre 2002 n. 19

C/o INNOVA PUGLIA S.P.A. - (EX TECNOPOLIS CSATA)

Str. Prov. per Casamassima Km 3 - 70010 Valenzano - Bari

tel. 080 9182000- fax. 080 9182244 - C.F. 93289020724

www.adb.puglia.it e-mail: segreteria@adb.puglia.it

A mezzo fax

**Autorità di Bacino della Puglia**  
**AOO Protocollo Generale**  
 USCITA - 09/12/2013 08:34 - 0016166  
 PROTOCOLLO :

**REGIONE PUGLIA**  
**ASSESSORATO OPERE PUBBLICHE**  
 C.A. DOTT. GIOVANNI CAMPORAARO  
 VIA DELLE MAGNOLIE 2.I., EX ENAIP  
 MODUGNO - BARI  
 PEC: gov.riflutibonifica@pec.rupar.puglia.it  
 Fax 080/5407836

**PROVINCIA DI BRINDISI**  
**SERVIZIO AMBIENTE E ECOLOGIA**  
 PIAZZA SANTA TERESA, 2  
 72100 - BRINDISI  
 PEC: servizio.ambiente@pec.provincia.brindisi.it  
 Fax 0831/229676

**COMUNE DI BRINDISI**  
**SETTORE ECOLOGIA, CONTROLOGIA E**  
**RISANAMENTO AMBIENTALE**  
 PIAZZA MATTEOTTI, 1  
 72100 - BRINDISI  
 Fax 0831/228678

**ANPA PUGLIA**  
**DAP BRINDISI**  
 VIA GALANTI, 16  
 72100 - BRINDISI  
 Fax: 0831/536848

**SOGESID S.P.A.**  
 VIA CALABRIA, 35  
 00187 - ROMA  
 Fax: 06/483574  
 Pec: sogesid@pec.sogesid.it

**SYNDIAL S.R.L.**  
 C.A. DOTT. FILIPPO MOCCIANO  
 PIAZZA BOLDINI, N°1  
 20097 - SAN DONATO MILANESE (MI)  
 Fax: 02/57042353

**P.C. MINISTERO DELL'AMBIENTE E**  
**DELLA TUTELA DEL TERRITORIO**  
**E DEL MARE**  
 C.A. DOTT.SSA. GIULIANA GASPARINI  
 VIA CRISTOFORO COLOMBO, N° 44  
 00147 - ROMA  
 FAX 06/57225194

**ASL BRINDISI**  
**DIPARTIMENTO DI PREVENZIONE**  
 PIAZZA A. DI SUMMA  
 72100 - BRINDISI  
 FAX 0831/510414

<b>Oggetto:</b>	Delibera CIPE 87/2012 - Progetto per la messa in sicurezza permanente della discarica e bonifica della falda dell'area denominata "Micorosa" ubicata nel SIN di Brindisi.
-----------------	---

In allegato alla presente si invia il verbale della riunione svoltasi in data 20/11/2013. Il testo del verbale sarà ritenuto definitivo se non interverranno richieste di modifica entro sette giorni dalla data di ricevimento.

Il segretario generale  
**Prof. Ing. Antonio Rosario DI SANTO**



Pratica istruita da:  
 Geol. Alemanno Daniela - Tel 080/9182216  
 Ing. Vito Gigante - Tel. 080/9182225  
 Geol. Luca Buzzanca - Tel 080/9182212

0809182244

**AUTORITÀ DI BACINO DELLA PUGLIA****L.R. 9 Dicembre 2002 n. 19****C/o INNOVA PUGLIA S.p.A - (EX TECNOPOLIS CSATA)****Str. Prov. per Casamassima Km 3 - 70010 Valenzano - Bari****tel. 080 9182000 - fax. 080 9182244 - C.F. 93289020724****www.adb.puglia.it e-mail: segreteria@adb.puglia.it****Autorità di Bacino della Puglia****AOO Protocollo Generale****ENTRATA - 09/12/2013 09:30 - 0016154****PROTOCOLLO:**

Verbale della riunione tecnica del 20/11/2013.

In data 20 novembre 2013, alle ore 12:30, a seguito di convocazione del Servizio Ciclo dei Rifiuti e Bonifica della Regione Puglia, si è svolto, presso la sede dell'Autorità di Bacino della Puglia, un incontro tecnico per l'esame dei progetti definitivi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi in area della discarica "Micorosa" (redatto da SOGESID S.p.A. per conto del Comune di Brindisi) e nelle aree esterne ed a ridosso delle stesse (redatto da SYNDIAL S.p.A.), in relazione alle interferenze delle opere e degli interventi a farsi con i vincoli di cui al Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

All'incontro hanno partecipato i rappresentanti di: Autorità di Bacino della Puglia, Regione Puglia, Comune di Brindisi, ARPA Puglia, Sogesid S.p.A., Syndial S.p.A..

Sono risultati assenti il Dipartimento di Prevenzione ASL di Brindisi e la Provincia di Brindisi. Quest'ultima ha trasmesso il parere emesso con nota prot. n. 68529 del 29/10/2013, acquisita agli atti di questa AdBP con prot. n. 15430 del 21/11/2013, contenente tutte le osservazioni in merito agli interventi in discussione e, per opportuna conoscenza, trasmesso in allegato al presente verbale.

Nello specifico, hanno preso parte alla riunione:

• **per l'Autorità di Bacino della Puglia:**

- Prof. Ing. Antonio Rosario Di Santo – Segretario Generale;
- Ing. Vito Gigante – Funzionario tecnico;
- Geol. Daniela Alemarino – Funzionario tecnico;
- Geol. Luca Buzzanca – Funzionario tecnico;
- Ing. Claudia Campana – Funzionario tecnico.

• **per la Regione Puglia:**

- Dott. Giovanni Campobasso – Dirigente del Servizio Ciclo dei Rifiuti e Bonifica;
- Dott. Carlo Latrofa – Responsabile SIN.

0809182244

- **per il Comune di Brindisi:**

- Arch. Fabio Lacinio – Responsabile Unico del Procedimento.

- **per ARPA Puglia:**

- Dott. Roberto Barnaba – Direttore S.T. DAP Brindisi;
- Mario Dell'Olio – Funzionario.

- **per la Sogesid S.p.A.:**

- Dott. Fausto Melli – Direttore Generale;
- Dott.ssa Rosanna Grado – Funzionario;
- Geol. Vito Specchio – Consulente.

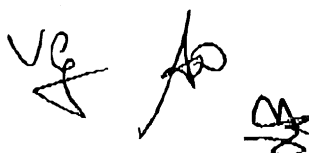
- **per ENI/Syndial S.p.A.:**

- Dott. Pierfilippo Mocciano - Responsabile Syndial;
- Dott.ssa Barbara Locatelli - Rappresentante Istituzionale;
- Dott. Chiantera Paolo - Syndial ADSE;
- Dott. Andrea Amantia - Syndial URS;
- Avv. Serena Beghetti – Legale ENI;
- Dott. Giuseppe Barbeno - Consulente.

Apri l'incontro il Dott. Campobasso illustrando le motivazioni che hanno condotto alla convocazione dell'incontro. Il Dott. Campobasso sottolinea l'importanza del progetto di bonifica e di messa in sicurezza della falda nell'area del SIN di Brindisi denominata "Micorosa", finanziato con 40 milioni di euro già assegnati con Delibera CIPE 87/2012 e attualmente oggetto di apposito accordo territoriale per il reperimento dei fondi.

Il progetto di bonifica dell'area Micorosa è stato redatto da Sogesid S.p.A. su incarico del Comune di Brindisi, ad oggi titolare del procedimento in sostituzione del soggetto obbligato Micorosa S.r.l.. Il completamento degli interventi di messa in sicurezza vede, altresì, la partecipazione della società Syndial S.p.A. cui attiene la progettazione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda nelle aree esterne allo stabilimento Multisocietario di Brindisi, di proprietà della stessa Syndial S.p.A., circostante l'area Micorosa.

Il dott. Campobasso aggiunge che si è reso necessario coinvolgere l'Autorità di Bacino della Puglia, per quanto di specifica competenza, in ordine alle attività di riqualificazione del canale Pandi, che rientra tra gli interventi di progetto proposti da Syndial S.p.A..



0809182244

Il Segretario Generale dell'Autorità di Bacino della Puglia, Prof. Ing. Di Santo, invita i presenti interessati ad illustrare gli interventi in progetto.

Syndial riferisce che le opere in progetto prevedono, fra le altre, la realizzazione di una barriera permanente per il confinamento fisico della falda in corrispondenza delle aree esterne allo stabilimento Multisocietario di Brindisi, in analogia ed in continuità con le opere di confinamento della discarica Micorosa previste nel progetto del Comune di Brindisi redatto da Sogesid S.p.A.. La realizzazione dei predetti interventi richiede la deviazione del tracciato del canale Pandi, che all'attualità lambisce l'area della discarica.

I rappresentanti di Syndial S.p.A. riferiscono, in particolare, che il reinserimento ambientale del canale Pandi sarà effettuato mediante la realizzazione di un nuovo tratto di canale, ubicato a sud delle aree Syndial ed esternamente alla barriera di confinamento della falda, di lunghezza pari a circa 900 metri fino al suo attuale recapito finale, rappresentato dall'Oasi protetta delle Saline di Punta della Contessa, dimensionato da progetto per eventi di piena con tempo di ritorno pari a 100 anni.

In merito il Prof. Di Santo riferisce che la piena di progetto per il dimensionamento del canale in questione deve avere tempo di ritorno pari a 200 anni, in accordo a quanto previsto dalle Norme Tecniche di Attuazione (N.T.A.) del P.A.I. anche in relazione alle necessarie condizioni di sicurezza idraulica di cui all'art. 36 delle medesime N.T.A. del P.A.I.. Pertanto, sotto il profilo tecnico, il progetto dovrà essere rivisto e adeguato al predetto criterio di sicurezza idraulica.

Il Prof. Di Santo aggiunge, inoltre, che la realizzazione degli interventi di deviazione del canale Pandi richiede l'attivazione delle procedure di cui agli artt. 24 e 25 delle N.T.A. del P.A.I. e che, a tal fine, il progetto dovrà contenere anche adeguate analisi idrauliche riferite allo stato attuale dei luoghi ed alla configurazione degli stessi nello stato post - intervento, al fine di assicurare che la modifica del reticolo idrografico non determini condizioni di aggravio della pericolosità idraulica nelle aree a monte e a valle dell'intervento stesso, atteso che in nessun caso detto intervento potrà determinare un fattore di aumento dello stato di pericolosità idraulica preesistente la sua realizzazione. Ad ogni modo, per l'approfondimento delle tematiche esposte i tecnici progettisti potranno interfacciarsi con la Segreteria Tecnica Operativa (S.T.O.) dell'AdBP ai fini della corretta revisione del progetto di deviazione e dimensionamento del canale, anche in rapporto alle analisi di carattere idrologico propedeutiche alla definizione della portata di piena ducentennale.

Le integrazioni al progetto depositato presso l'AdBP potranno essere trasmesse dalla società Syndial S.p.A. non appena disponibili.

Il prof. Di Santo, con riferimento agli ulteriori interventi afferenti ai progetti in esame, riferisce ai presenti che è inoltre indispensabile analizzare le eventuali interferenze tra le opere in progetto e le aree classificate nel P.A.I. a diversa pericolosità geomorfologica (PG3, PG2 e PG1), ubicate lungo la

0809182244

costa del comune di Brindisi e prossime all'area della discarica Micorosa, al fine di verificarne la compatibilità con le N.T.A. del P.A.I.. A tale proposito, auspica che, qualora gli interventi previsti dai progetti in discussione ricadano in aree classificate a Pericolosità geomorfologica molto elevata (PG3), al fine di superare le eventuali incompatibilità delle opere a farsi rispetto alle condizioni di pericolosità ivi esistenti, vengano realizzate opportune opere di salvaguardia.

Valenzano (BA), 28 novembre 2013

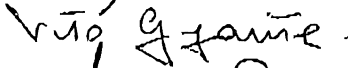
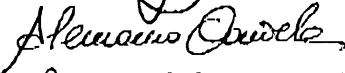
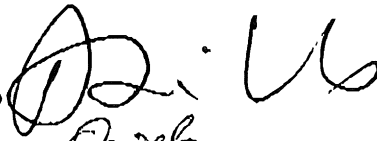
I Redattori del verbale:

- Prof. Ing. Antonio Rosario Di Santo

- Geol. Daniela Alemanno

- Ing. Vito Gigante

- Geol. Luca Buzzanca



0809182244



## PROVINCIA DI BRINDISI

## Servizio Ambiente ed Ecologia

C.F.: 80001390741, Part. IVA: 00184540748

72100 - Piazza S. Teresa, 2 - Brindisi; 0831 565111 fax 0831 565485

www.provincia.brindisi.it

provincia@pec.provincia.brindisi.it

N. 73444 di prot.  
(da citare nel riscontro)Brindisi, 20 NOV. 2013

**OGGETTO:** Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi – Progetto definitivo SOGESID – 1° stralcio funzionale – Area Micorosa e progetto SYNDIAL.  
*Incontro tecnico del 20/11/2013 ore 12:00 presso l'AdB Puglia.*

Regione Puglia  
Area Politiche per la riqualificazione, la tutela e la sicurezza  
ambientale e per l'attuazione delle opere pubbliche  
Servizio Ciclo Rifiuti e Bonifica  
serv.rifiutlebonifica@pec.rupar.puglia.it

Autorità di Bacino della Puglia  
segreteria@pec.adb.puglia.it

In relazione all'incontro tecnico convocato in data odierna presso la sede dell'Autorità di Bacino della Puglia in merito al progetto richiamato in oggetto, non potendovi partecipare per impegni già assunti, si fa presente che le osservazioni formulate dall'Ufficio scrivente sono tutte contenute nel parere reso con nota prot. 68529 del 29/10/2013 nell'ambito della conferenza di servizi svoltasi, in pari data, presso il MATTM, che ad ogni buon conto si allega alla presente, anche con riferimento alle opere idrauliche relative allo spostamento del canale Pandi.

Il Dirigente  
Dott. Pasquale EPIFANI

0809182244

**PROVINCIA DI BRINDISI****Servizio Ambiente ed Ecologia**

C.F.: 80001390741, Part. IVA: 00184540748

72100 - Piazza S. Teresa, 2 - Brindisi; 0831 565111 fax 0831 565485

www.provincia.brindisi.it provincia@pec.provincia.brindisi.it

N. 68529 di prot.  
(da citare nel riscontro)Brindisi, 29 OTT. 2013

**OGGETTO:** Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi – Progetto definitivo SOGESID – 1° stralcio funzionale – Area Micorosa e progetto SYNDIAL.

**Ministero dell'Ambiente e  
della Tutela del Territorio e del Mare**  
Via C. Colombo, 44  
00147 Roma  
dgtri@pec.minambiente.it

**Comune di Brindisi**  
Settore Ecologia e Ambiente  
ufficioprotocollo@pec.comune.brindisi.it

**Regione Puglia**  
Area Politiche per la riqualificazione, la tutela e la sicurezza  
ambientale e per l'attuazione delle opere pubbliche  
Servizio Ciclo Rifiuti e Bonifica  
serv.rifiutiebbonifica@pec.rupar.puglia.it

**ARPA Puglia**  
Dipartimento Provinciale di Brindisi  
dap.br.arpapuglia@pec.rupar.puglia.it

In relazione alla Conferenza di Servizi, convocata per il 29/10/2013, per l'esame dei progetti di messa in sicurezza e bonifica della falda nell'Area Micorosa, ubicata nel SIN di Brindisi, si fa presente quanto segue.

L'area d'intervento si colloca in una zona compromessa dal punto di vista ambientale, ma allo stesso tempo altamente sensibile, ad elevato valore ambientale, ecologico e paesaggistico. Infatti essa si ritrova all'interno del Parco Naturale Regionale Saline di Punta della Contessa, Istituito con L.R. 28/2002, a ridosso del SIC IT9140003 "Stagni e Saline di Punta della Contessa", nonché in piena area costiera.

Al confine della stessa sorge lo stabilimento petrolchimico nonché due discariche aventi caratteristiche analoghe a Micorosa, rispetto alle quali Syndial ha dichiarato di aver realizzato opere di messa in sicurezza permanente mediante barriera impermeabile perimetrale, simile a quella che si intende realizzare sull'area in questione.

L'intervento più idoneo a consentire il raggiungimento di un livello di sicurezza ambientale adeguato al contesto di pregio in cui l'area si colloca sarebbe stato quello consistente nella completa



0809182244

rimozione dei rifiuti e della fonte di inquinamento; tuttavia, in ragione della notevole quantità e natura dei rifiuti presenti, essendone sconsigliata la movimentazione, si ritiene idonea la *ratio* di un intervento di messa in sicurezza a patto che lo stesso sia conforme ai più alti standard di sicurezza ambientale.

Preliminarmente si ribadisce che le opere previste nei progetti di cui in oggetto ricadono nel campo di applicazione della Valutazione d'Impatto Ambientale e Valutazione d'Incidenza, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e della L.R. 11/01 e s.m.i., atteso che le stesse ricadono in area naturale protetta, trova applicazione l'art. 4 comma 3 della L.R. 11/01 e s.m.i. il quale prevede che, in questi casi, sia espletata la procedura di VIA ancorché l'intervento rientra tra quelli da sottoporre a verifica di VIA.

Nell'ambito dello studio di Impatto ambientale, si ritiene che venga approfondito l'effetto che le opere di barrieramento fisico potranno determinare sul deflusso delle acque di falda verso mare, in particolare per quanto riguarda il possibile sollevamento delle stesse, a monte e lateralmente rispetto alle opere, anche in relazione alla presenza nelle aree contermini da una parte (a nord) di una barriera idraulica in esercizio all'interno del petrolchimico e dall'altra parte (a sud) dell'area umida di elevata valenza ecologica tutelata con l'istituzione dell'oasi protetta Saline di Punta della Contessa.

Relativamente alle due proposte progettuali, presentate da Syndial e Sogesid, si ritiene opportuno evidenziare preliminarmente alcune questioni di carattere generale che sono state già rappresentate negli incontri tenuti presso il Ministero dell'Ambiente ed il Comune di Brindisi con tutti i soggetti interessati.

#### 1. Progetto Syndial

Il progetto Syndial prevede sommarariamente la realizzazione delle seguenti principali opere:

- riqualificazione ambientale del canale Pandi mediante spostamento del tracciato con annesso opere di sagomatura degli argini, attraversamenti stradali, ecc.;
- opere di regimazione delle acque di falda consistenti nella realizzazione di quattro pozzi per l'emungimento nell'area interessata dal confinamento fisico;
- opere di ingegneria forestale (complementare nella fase iniziale e sostitutiva nella fase a regime rispetto al sistema di emungimento di cui al punto precedente) consistenti nella piantumazione di essenze forestali ad elevato potere di accrescimento e di evapotraspirazione finalizzate a mantenere entro limiti accettabili il livello delle acque di falda;
- realizzazione di opere di confinamento fisico mediante diaframma impermeabile, a completamento di quello previsto nel progetto Sogesid, riguardanti le aree poste a sud e nord della discarica Micorosa, e a completamento di quelle confinanti con le discariche ubicate all'interno dello stabilimento petrolchimico, denominate *Aree Sud* e *Sud-Est*.

Nell'ambito di detto progetto, Syndial ha proposto che l'opera di sconfinamento fisico venga completata, per circa ulteriori 400 m, su terreno di propria titolarità con risorse finanziarie a carico di un soggetto da individuare.

Relativamente a tale punto si ritiene, invece, sulla base della disponibilità più volte dichiarata da Syndial agli enti locali, che il completamento della barriera fisica per circa 400 m e la gestione delle acque di falda ricadenti nell'area complessiva oggetto di messa in sicurezza permanente deve essere effettuata direttamente e con oneri a totale carico di Syndial.

Tanto in relazione del fatto che la barriera in questione interessa terreni di sua proprietà risultati contaminati in sede di caratterizzazione sia della falda che dei suoli.

Inoltre, con riferimento alla gestione delle acque di falda si ritiene che le stesse saranno prodotte prevalentemente, se non quasi esclusivamente, attraverso la percolazione dei terreni di

0809182244

titolarità Syndial, atteso che quelli della discarica saranno completamente impermeabilizzati. Pertanto, al fine di ottimizzare gli interventi complessivamente previsti, e in considerazione delle poco significative quantità da avviare a trattamento, si reputa opportuno che le acque siano inviate all'impianto TAF già realizzato e autorizzato presente all'interno dello stabilimento petrolchimico.

Per quanto riguarda lo spostamento del canale Pandi e la realizzazione delle opere connesse, nonché di quelle relative alla regolazione delle acque meteoriche, le stesse devono essere progettate e dimensionate in modo idoneo a non provocare impaludamenti e trasporto di terreni contaminati dalle aree ricadenti all'interno del bacino confinato ad aree esterne allo stesso.

Inoltre dovrà essere opportunamente verificato l'attestazione del diaframma nelle argille, atteso che si tratta del punto più delicato per prevenire il passaggio delle acque di falda nelle aree esterne, anche in ragione dell'elevata pressione idrostatica presente.

Al fine di minimizzare l'infiltrazione di acque meteoriche nelle aree non interessate dal capping si ritiene opportuno che venga valutato ogni intervento utile, quale ad esempio la posa superficiale di materiale con elevata impermeabilità, predisposizione di canalette e pendenze idonee per l'allontanamento immediato delle acque, mantenimento delle superfici con inerbimento adeguato, ecc.

Infine, in relazione alle opere di confinamento realizzate perimetralmente alle due aree presenti all'interno dello stabilimento petrolchimico, denominate *Area Sud* e *Sud-est*, Syndial ha proposto che le stesse risultano idonee a completamento della barriera da realizzare.

Rispetto a dette opere di confinamento Syndial, con nota del luglio 2011, ha chiesto alla Provincia di Brindisi il rilascio della certificazione attestante il completamento delle opere di messa in sicurezza permanente di dette due aree. Rispetto a tale richiesta l'ufficio scrivente ha attivato la procedura per la valutazione dell'istanza tenendo presente le determinazioni assunte dal MATTM riguardo l'intervento complessivo di bonifica della falda nell'area SIN di Brindisi. Ad oggi il procedimento risulta sospeso come da comunicazione prot. n. 20366 del 26/03/2013 rispetto alla quale la società ha proposto ricorso al TAR della Puglia, sede di Lecce.

## 2. Progetto Sogesid

Il progetto Sogesid prevede la realizzazione delle seguenti opere principali:

- realizzazione del diaframma fisico nell'area prospiciente il corpo rifiuti, di fronte al mare e all'area SIC "Saline di Punta della Contessa";
- riprofilatura corpo discarica e rimozione dei rifiuti abbancati nei capannoni e nelle aree esterne collocati nella zona sud-ovest, con conferimento degli stessi sul corpo rifiuti principale;
- impermeabilizzazione superficiale dell'intero corpo rifiuti mediante la posa, dall'alto verso il basso di: terreno di copertura non vegetale, con spessore variabile ma inferiore a 50 cm; geocomposito drenante ed anti punzonante ( $s \geq 7$  mm); telo HDPE dello spessore minimo di 2,5 mm; geocomposito bentonitico spessore minimo 6 mm, con funzione impermeabilizzante; materiale di regolarizzazione;
- sistema di regolamentazione delle acque meteoriche, mediante la posa in opera di canalette prefabbricate e l'esecuzione di un'opera di recapito a mare
- realizzazione delle opere di captazione delle acque di falda, costituite da pozzi di emungimento e sistemi di Multi-phase Extraction (MPE) oltre che opere di adduzione delle stesse all'impianto TAF (tubazioni e impianti di sollevamento);
- installazione impianto TAF per il trattamento delle acque di falda;
- monitoraggio degli interventi ante, in corso e post operam.

Preliminarmente si fa rilevare che il progetto scaricato dal sito indicato da Sogesid non risulta disponibile in tutti gli elementi previsti dall'art. 24 del DPR 207/2010 (disciplinare descrittivo e

0809182244

prestazionale degli elementi tecnici, elenco dei prezzi, computo metrico estimativo, quadro economico, ecc.).

Anche in questo caso si ribadisce la necessità di verificare l'attestazione del diaframma nelle argille, atteso che si tratta del punto più delicato per prevenire il passaggio delle acque di falda nelle aree esterne, anche in ragione dell'elevata pressione idrostatica presente.

Avendo optato per la messa in sicurezza permanente *in situ* della discarica, costituita da circa 1.500.000 m<sup>3</sup> di rifiuti prevalentemente pericolosi, si ritiene che le opere di capping devono avere le caratteristiche irrinunciabili previste dal punto 2.4.3 dell'Allegato 1 al D.Lgs. 36/06 e s.m.i.

Tale indicazione è stata già rappresentata in diverse occasioni e da ultimo evidenziata con la nota prot. 60222 del 23/09/2013, che ad ogni buon conto si allega alla presente.

Al fine di minimizzare l'infiltrazione laterale delle acque meteoriche ricadenti sulle superfici adiacenti non impermeabilizzate, si ritiene opportuno che tale barriera impermeabile di capping, da realizzare in conformità a quanto prescritto dal richiamato D.Lgs. 36/03 e s.m.i., venga attestata perimetralmente al corpo della discarica su tutti i lati non saldati al diaframma perimetrale ad almeno due metri di profondità al di sotto del piano di appoggio dei rifiuti.

Al fine di garantire, inoltre, l'inserimento dell'area complessiva oggetto d'intervento nel contesto dell'area protetta si ritiene necessario che le opere di capping vengano completate con la deposizione di uno strato di terreno agronomico idoneo alla piantumazione di essenze vegetali tipiche dell'areale d'interesse.

L'impianto previsto per il trattamento delle acque di falda (TAF), essendo a servizio quasi in modo esclusivo delle aree Syndial non interessate dal capping, si ritiene che non debba essere realizzato, attesa la disponibilità dichiarata da Syndial per la gestione di dette acque presso il proprio impianto esistente all'interno del petrolchimico.

Con riferimento alle opere di regimazione delle acque meteoriche superficiali, sia per quelle previste nel progetto Syndial che in quello Sogesid, si ritiene necessario che vengano realizzati idonei sistemi di grigliatura e dissabbiatura prima dello scarico nelle acque superficiali.

Per quanto riguarda i rifiuti abbancati nella discarica da mettere in sicurezza, non avendo rilevato alcuna indagine specifica rispetto alla presenza di eventuali sostanze di natura organica che possano determinare il rilascio di gas/biogas si ritiene opportuno che vengano installati idonei pozzi di monitoraggio.

Relativamente alla rimozione dei rifiuti attualmente depositati su aree rispetto alle quali non è prevista la realizzazione del capping dovrà essere garantita anche l'asportazione del terreno direttamente a contatto coi rifiuti, per uno spessore ritenuto sufficiente sulla base delle risultanze della caratterizzazione effettuata.

Per quanto riguarda il piano di monitoraggio da mettere in atto, infine, si ritiene che i due anni previsti a completamento delle opere siano insufficienti per verificare l'adeguatezza delle stesse atteso che la norma di riferimento prevede un tempo minimo di 5 anni.

Il parere di competenza della Provincia sarà espresso a valle della procedura di VIA e valutazione d'incidenza ambientale in considerazione anche di quanto innanzi evidenziato.

Il SUB-COMMISSARIO PREFETTIZIO VICARIO  
Dott. Pietro MASSONE

Il Dirigente  
Dott. Pasquale EPIFANI

