



Comune di Piovasc (TO)  
Regione Piemonte

LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SPONDALE MEDIANTE REALIZZAZIONE DI  
UNA SCOGLIERA LUNGO IL RIO SANGONETTO NEL TERRITORIO  
COMUNALE DI PIOVASCO



PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

OGGETTO \_\_\_\_\_

Relazione idrologica-idraulica

CONTROLLO QUALITA' \_\_\_\_\_

Redatto: ing. Elena MENARDI      Controllato: geom. Stefano CROCIONI      Approvato: ing. Cristiano CAVALLO

PROGETTISTI \_\_\_\_\_ TIMBRI E FIRME

**Gruppo Ingegneria Torino**  
Via Cercenasco n. 4c, 10135 TORINO  
Tel. +39 011 3099003 - Fax +39 011 3035082  
www.gruppoing.to.it

Direttore tecnico  
Dott. ing. Cristiano CAVALLO  
Ordine degli Ingegneri Provincia di Torino  
Posizione n.8177F  
Cod. Fisc. CVL CST 70C02 E506S

CODIFICA \_\_\_\_\_

| COD. COMMESSA | TIP. LAVORO | MACROATTIVITA' | N. ELABORATO | TIPOL. ELABORATO | VERSIONE | DESCRIZIONE | DATA          |
|---------------|-------------|----------------|--------------|------------------|----------|-------------|---------------|
| 786           | E           | G01            | 03           | RGE              | 0        | Emissione   | Novembre 2017 |
|               |             |                |              |                  |          |             |               |
|               |             |                |              |                  |          |             |               |
|               |             |                |              |                  |          |             |               |

ELABORATO  
**G01**  
**03**





## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. PREMESSA .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E OROGRAFICO DEL BACINO .....</b>                     | <b>3</b>  |
| <b>3. ASSETTO IDROGRAFICO DEL BACINO .....</b>                                       | <b>3</b>  |
| 3.1 INQUADRAMENTO GENERALE .....   | 3         |
| 3.2 ANALISI DEI SOTTOBACINI IDROGRAFICI DEL RIO SANGONETTO .....                     | 4         |
| 3.3 CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE DEI SOTTOBACINI .....                              | 6         |
| <b>4. ANALISI PLUVIOMETRICA .....</b>  | <b>7</b>  |
| 4.1 STAZIONE PLUVIOMETRICA DI RIFERIMENTO .....                                      | 7         |
| 4.2 ELABORAZIONE STATISTICA DEI DATI .....   | 7         |
| 4.3 RICOSTRUZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA .....                     | 8         |
| 4.4 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEI SOTTOBACINI DEL RIO SANGONETTO .....       | 9         |
| 4.5 DETERMINAZIONE INTENSITÀ DI PIOGGIA CRITICA .....                                | 9         |
| 4.6 CONFRONTO CON I DATI OTTENUTI TRAMITE MODELLO TCEV .....                         | 10        |
| 4.7 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE (PAI) ..... | 10        |
| 4.8 DETERMINAZIONE DEGLI AFFLUSSI DIRETTI DEI SOTTOBACINI .....                      | 11        |
| <b>5. VALUTAZIONE DELLE PORTATE COMPLESSIVE .....</b>                                | <b>12</b> |
| 5.1 DIAGRAMMA DELLE CONFLUENZE .....   | 12        |
| 5.2 CALCOLO DELLE PORTATE EFFETTIVE AFFERENTI AI SOTTOBACINI .....                   | 12        |
| 5.3 PORTATE DI VERIFICA E DI PROGETTO .....  | 13        |
| 5.4 CONSIDERAZIONI SULLA CAPACITÀ DI DEFLUSSO DEL RIO SANGONETTO .....               | 13        |
| <b>6. CRITICITÀ IDRAULICHE DEL RIO SANGONETTO .....</b>                              | <b>14</b> |
| <b>7. STUDIO IDRAULICO .....</b>   | <b>15</b> |
| 7.1 DESCRIZIONE E APPLICAZIONE DEL MODELLO NUMERICO .....                            | 16        |
| 7.1.1 Metodologia di calcolo per la verifica in moto permanente .....                | 16        |
| 7.1.2 Descrizione geometrica del tronco fluviale .....                               | 17        |
| 7.1.3 Condizioni al contorno .....   | 17        |
| 7.1.4 Portate di progetto .....  | 17        |
| 7.1.5 Coefficienti di scabrezza .....  | 18        |
| 7.1.6 Parametri di sensitività del modello .....                                     | 19        |
| 7.2 RISULTATI DEL MODELLO .....  | 19        |
| 7.2.1 Plan 01: condizione attuale .....  | 20        |
| 7.2.2 Plan 02: condizione di progetto .....  | 22        |
| <b>8. CONCLUSIONI .....</b>  | <b>23</b> |

## ALLEGATI

- ALLEGATO 1 – Calcolo delle portate alle sezioni di chiusura dei principali sottobacini idrografici –
- ALLEGATO 2 – Plan 01: Stato di fatto
- ALLEGATO 3 – Plan 02: Condizione di progetto



## 1. PREMESSA

Il presente studio è stato redatto con riferimento al progetto *“Lavori di rifacimento e consolidamento della sponda sinistra del Rio Sangonetto, in Via Piovascico”*, redatto nel 2005 da R&C Associati, inerente un intervento ubicato a monte dell’area di intervento nel comune di Bruino lungo lo stesso corso d’acqua, nonché con riferimento allo *“Studio del sistema fluviale del rio Sangonetto e del bacino del rio Tori”* promosso dalla Provincia di Torino (luglio 2001). Questo ultimo è stato adottato per la quantificazione del valore di portata da adottarsi ai fini della verifica delle opere in progetto.

In tale studio, i contributi di portata dei sottobacini sono stati calcolati attraverso l’analisi pluviometrica della stazione di Cumiana Bivio, integrati con i dati relativi all’evento dell’ottobre 2000, registrati presso la stazione di Cumiana Pieve. Le assunzioni idrologiche alla base del citato studio, sono state comunque verificate, nel presente progetto, con i dati forniti nella *“Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”* adottata nel PAI dall’Autorità di Bacino.

Nell’ambito del presente studio è stato allestito un modello monodimensionale in moto permanente, finalizzato ad evidenziare le condizioni di deflusso attuali e quelle in condizioni di progetto, con il fine di garantire che le opere in progetto non determinino un peggioramento delle stesse. Come meglio esplicitato nel seguito, allo stato attuale la sezione di deflusso non risulta adeguata al deflusso di una portata con Tr 200 anni e presenta criticità anche per un valore di Tr decisamente più contenuto.



## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E OROGRAFICO DEL BACINO

Il territorio compreso nel bacino idrografico del rio Sangonetto, affluente del torrente Chisola, è ubicato a sud ovest di Torino, ai piedi della dorsale montuosa che divide la Val Chisone a nord dalla Valle Chisola a sud. La catena si estende verso est dal Truc le Creste (827 m) fino al M. della Croce (801 m), e quindi piega verso sud-est formando un promontorio che culmina nella Montagnazza (888 m) e domina Piovascico con il monte S. Giorgio (837 m). Le principali depressioni di cresta sono: i Colli dei Roells (596 m), del Teit (579 m) e Frasca (613 m), il Colletto di Damone (758 m), il Colle di Prè (713 m), il colletto di S. Giorgio (729 m).

La parte montuosa conserva caratteri naturalistici nettamente predominanti, con pochissimi insediamenti e collegamenti infrastrutturali; la fascia pedemontana, costituita essenzialmente da falde detritiche e settori di conoide ha avuto in passato un discreto utilizzo agricolo, grazie soprattutto all'irrigazione fornita dalla Bealera Alta, ad ovest del rio Sangonetto. In tempi recenti, tale area è stata interessata da uno sviluppo residenziale particolarmente intenso, nei comuni di Piovascico e Sangano, con la realizzazione di un'articolata rete infrastrutturale.

## 3. ASSETTO IDROGRAFICO DEL BACINO

### 3.1 INQUADRAMENTO GENERALE

La pianura alluvionale del torrente Sangone degrada regolarmente verso SE, da Trana verso Piovascico. Nell'originario assetto naturale, le acque del versante NE della dorsale monte Pietraborga - monte S. Giorgio si raccoglievano nelle linee di deflusso segnate dalle diverse posizioni dell'alveo del Sangone, e defluivano verso SE, senza passare nell'attuale area urbana di Piovascico.

Al piede del versante è stato costruito un canale irriguo derivato dal Sangone, chiamato Sangonetto, che funge però anche come canale di drenaggio e convoglia quelle acque attraverso l'abitato di Piovascico.

In località Moranda, il Sangonetto ripartisce la propria portata con la Bealera Superiore, un secondo canale costruito allo scopo d'irrigare le coltivazioni pedemontane, il quale contorna completamente il monte S. Giorgio, andando a sfociare sul versante opposto nel rio del Corno.

La strada statale dei laghi di Avigliana e gli insediamenti di Bruino e Sangano, costruiti senza la previsione di adeguate opere idrauliche di attraversamento, costringono le acque superficiali che si raccolgono nelle campagne ad ovest a defluire verso sud, nel punto critico di convergenza delle bealere Rittana e Gamberana. La situazione è poi ulteriormente complicata dalla presenza di numerose derivazioni irrigue, verso bealere e fossi minori.

L'idrografia naturale nel bacino del Sangonetto è stata in tempi recenti completamente stravolta dalle opere irrigue ed infrastrutturali realizzate, mentre l'altissimo grado d'urbanizzazione ha causato nel frattempo un forte aumento del coefficiente di deflusso, correlato all'impermeabilizzazione del territorio. In realtà, il bacino idrografico del Sangonetto non è mai esistito come elemento naturale, ma è stato creato con una serie d'interventi antropici del tutto sconsiderati fra loro dal punto di vista idraulico.



Come individuato nello “Studio del sistema fluviale del rio Sangonetto e del bacino del rio Tori” del luglio 2001, promosso dalla Provincia di Torino, il bacino idrografico con sezione di chiusura in corrispondenza dell’intervento comprende i seguenti sottobacini naturali, in territorio montano:

- Rio Merlino Alto;
- Rio delle Prese;
- Rio San Giorgio;

Nella fascia pedemontana e di pianura si sommano i bacini (tutti fortemente antropizzati) denominati:

- Rio Sangonetto A, presso l’abitato di Sangano;
- Bealera Rittana
- Rio Sangonetto B;
- Rio Merlino Basso;
- Rio Sangonetto C.

### 3.2 ANALISI DEI SOTTOBACINI IDROGRAFICI DEL RIO SANGONETTO

Come già accennato, quello che viene attualmente chiamato Sangonetto non è un corso naturale, bensì un canale irriguo derivato in sponda destra del T. Sangone, approfittando d’un ramo abbandonato dello stesso, in località Moranda di Trana. La portata derivata è regolata da una chiusa.

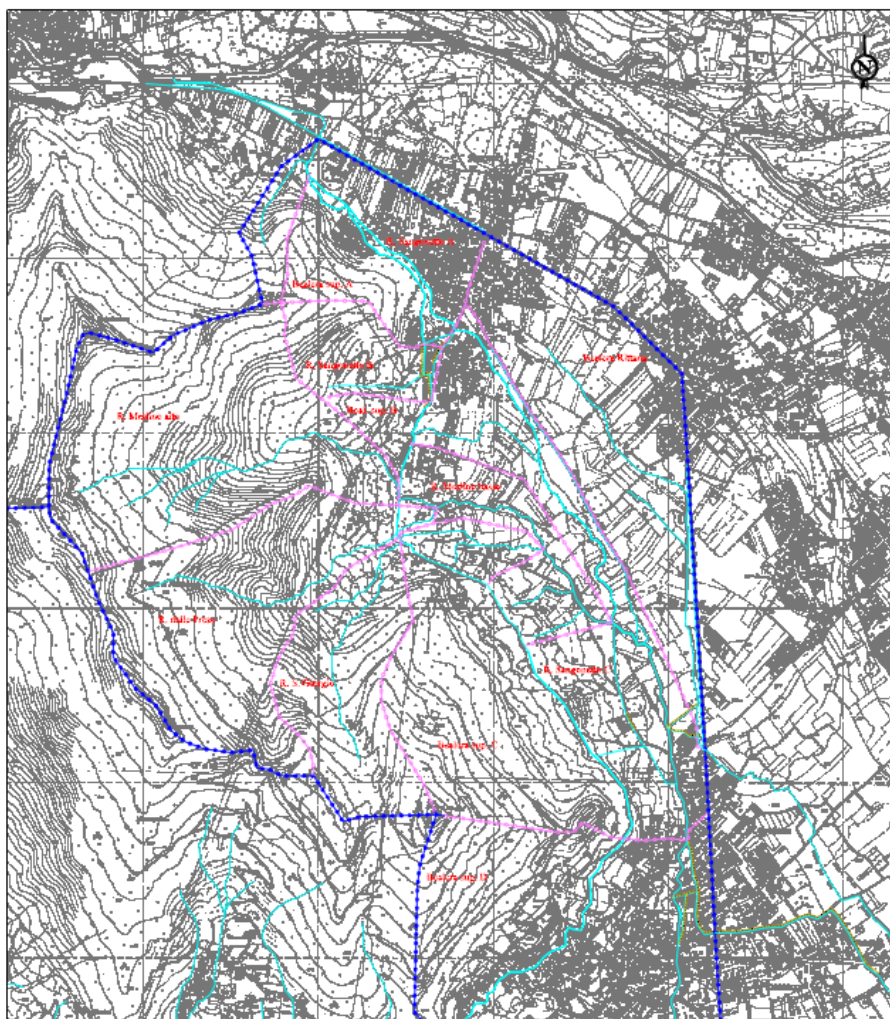
Nel primo tratto il canale costeggia la S.S. N° 589 fino alla frazione Moranda, dopo la quale svolta a destra e attraversa la strada portandosi al piede della montagna. Qui inizia la Bealera Superiore, nella quale il Sangonetto ripartisce la metà della sua portata. Nelle attuali condizioni di degrado dell’alveo, si ritiene che la portata massima che può affluire nell’ambito di studio sia inferiore a 4 m<sup>3</sup>/s.

Come anticipato, il corso del rio Sangonetto può essere ripartito nei seguenti sottobacini:

- *Rio Sangonetto – zona A*: zona di pianura compresa fra la Bealera Superiore e la S.S. N° 589, in gran parte occupata da insediamenti residenziali del comune di Sangano, caratterizzata da un elevato tasso d’impermeabilizzazione;
- *Rio Sangonetto – zona B*: rappresenta l’impluvio sud-orientale della Punta del Colletto, il cui deflusso è recapitato nel Sangonetto da una tubazione;
- *Rio Merlino Alto*: raccoglie i tributi dei versanti sud-orientali del M. Pietraborgo e del M. Damone, è caratterizzato da un’elevata acclività. Il corso sovrappassa la Bealera Superiore tramite una platea in cemento con sponde laterali molto basse e certamente inadeguate a contenere le portate di piena;
- *Rio Merlino Basso*: costituisce la parte di bacino a valle della Bealera Superiore, con caratteristiche prevalentemente di pianura, in cui vengono recapitate le acque del Rio delle Prese e Rio San Giorgio. In località Loia del Caplè, alla confluenza nel Sangonetto, il rio alimenta in destra un canale irriguo con portata limitata da uno sfioratore a circa un m<sup>3</sup>/s. Il canale si getta poi nel Sangonetto dopo un corso di circa un km;



- *Rio delle Prese*: raccoglie le acque del versante orientale della Montagnazza. Il suo bacino ha caratteri idrografici del tutto simili a quelli del R. Merlino Alto. Anche questo rio scavalca la Bealera Superiore con un'opera simile a quella descritta per il R. Merlino;
- *Rio San Giorgio*: raccoglie le acque dell'impluvio settentrionale del Monte S.Giorgio, con caratteristiche molto simili al Rio San Giorgio è caratterizzato dalla presenza di un unico canale di drenaggio. La Bealera Superiore è scavalcata, per la terza volta e con un'opera simile alle precedenti, anche da questo rio. Ne consegue che, in occasione degli eventi di piena maggiori, dopo questo attraversamento la Bealera Superiore scorre certamente piena alla massima portata;
- *Rio Sangonetto – zona C*: stretta fascia pianeggiante a carattere prevalentemente agricolo, che si estende da Sangano sino al ponte Borgiattino di Piovasco. A valle della confluenza del R. Merlino, il Sangonetto drena le acque del versante destro inferiore alla Bealera Superiore.
- *Bacino della Bealera Rittana*: interessa un'area prevalentemente agricola a Sud Est di Sangano, le cui acque scorrono dapprima verso SE, poi deviano a S lungo il rilevato, fino al limite comunale fra Bruino e Piovasco, dove attraversano la strada per defluire di nuovo in direzione SE. Il bacino è perciò caratterizzato dalla situazione anomala costituita dal fatto che la superficie è compresa nell'ambito di studio, ma le acque di deflusso ne fuoriescono.





*Figura 1 – Perimetrazione dei sottobacini del Rio Sangonetto.*

### 3.3 CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE DEI SOTTOBACINI

Le caratteristiche fortemente anomale della maggior parte dei sottobacini considerati, spesso delimitati non da spartiacque naturali ma da canali di gronda o da soglie di tracimazione, implicano che solo per alcuni dei sottobacini citati sia lecito applicare le classiche formule reperibili in letteratura per la determinazione del tempo di corrivazione  $T_c$  del sottobacino stesso.

Ciò è stato possibile, in effetti, solo sui tributari del Sangonetto limitatamente ai sottobacini ubicati a monte della “Bealera Superiore” (Prese, San Giorgio, Merlino Alto). Per essi, come riportato nella successiva Tabella 2, si sono dapprima ricavati i parametri geometrici, ed in particolare la superficie (S), la lunghezza dell’asta scolante (L) e l’altezza media sulla sezione di chiusura (H).



## 4. ANALISI PLUVIOMETRICA

Le considerazioni che seguono sono tratte dallo studio condotto dalla Provincia di Torino (“Studio del sistema fluviale dei bacini del Rio Sangonetto e del Rio Tori” – Elab. 04 Relazione idrologica), che si intende integralmente richiamato, in quanto studio ufficiale, utilizzato anche come base per il progetto realizzato lungo un tratto del Rio Sangonetto ubicato più a monte nel comune di Bruino.

### 4.1 STAZIONE PLUVIOMETRICA DI RIFERIMENTO

La stazione di misura delle precipitazioni più indicata per lo studio dell’area di interesse in oggetto sarebbe, in teoria, quella di Cumiana di Pieve. Tuttavia, essendo la stazione in funzione solo dall’anno 1988, la disponibilità di meno di 30 dati porterebbe ad una stima poco affidabile dei parametri della curva di possibilità pluviometrica. Pertanto si è fatto riferimento alla stazione di Cumiana Bivio, per la quale si dispone di una serie quasi continua di 40 dati di massime precipitazioni per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Lo studio citato ha preso in considerazione anche i dati pluviometrici relativi all’evento alluvionale dell’ottobre 2000, registrati alla stazione di Cumiana Pieve.

### 4.2 ELABORAZIONE STATISTICA DEI DATI

Per determinare la curva di possibilità pluviometrica si è fatto ricorso al metodo di Gumbel, che risulta indicato per l’interpolazione statistica di eventi massimi. I valori massimi annui di precipitazione relativi a durate di pioggia pari a 1, 3, 6, 12, e 24 ore sono stati elaborati secondo la formula di Gumbel del massimo valore, esprimendo la probabilità di superamento come:

$$P = \exp[-\exp[-\alpha \cdot (x - u)]]$$

essendo  $\alpha$  ed  $\mu$  i parametri caratteristici della distribuzione, da determinarsi sulla base dei dati misurati.

Applicando il metodo dei momenti, i parametri vengono così determinati:

$$\alpha = \frac{1.283}{\sigma(x)}$$

$$u = \sigma(x) - 0.450 \cdot \mu(x)$$

essendo  $\mu(x)$  e  $\sigma(x)$  rispettivamente la media e lo scarto quadratico medio della distribuzione, assumendo per ipotesi che i momenti statistici del campione e della popolazione di dati siano coincidenti.

Dalla probabilità di superamento teorica  $P(h)$  connessa ad una determinata altezza  $h$  di pioggia, si è ricavato il tempo di ritorno dell’evento  $T$ :

$$T = \frac{1}{1 - P(h)}$$





inteso come il periodo di tempo, espresso in anni, nel corso del quale l'intensità di pioggia considerata viene raggiunta o superata mediamente una volta soltanto. Noto il tempo di ritorno di progetto è quindi nota la probabilità  $P(h)$ . Tramite una inversione della formula di Gumbel è quindi immediato calcolare l'altezza di pioggia  $h$  relativa al prefissato tempo di ritorno. Sulla base delle formulazioni sopra espresse, elaborando statisticamente le serie di precipitazione per  $t = 1, 3, 6, 12$  e  $24$  ore si sono ricavate le altezze di pioggia corrispondenti a tempi di ritorno  $T_R$  di interesse (20, 50, 100, 200 e 500 anni).

#### 4.3 RICOSTRUZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

I valori delle altezze di precipitazione ottenuti con il metodo di Gumbel sono stati infine interpolati in modo da ricavare, per ciascun valore di tempo di ritorno, una legge di correlazione di tipo monomio, che consenta di ricavare direttamente l'altezza di precipitazione in funzione della durata della stessa:

$$Q = a \cdot t^n$$

Nella Tabella 1 sono riportati i coefficienti  $a$  ed  $n$  calcolati per i diversi tempi di ritorno, mentre nella Figura 2 sono tracciate le curve di possibilità pluviometrica desunte dai coefficienti calcolati.

Tabella 1 – Coefficienti delle curve di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno

| $T_R$ [anni] | $a$   | $n$  |
|--------------|-------|------|
| 20           | 39,85 | 0,35 |
| 50           | 46,08 | 0,36 |
| 100          | 50,75 | 0,36 |
| 200          | 55,39 | 0,36 |
| 500          | 61,53 | 0,36 |

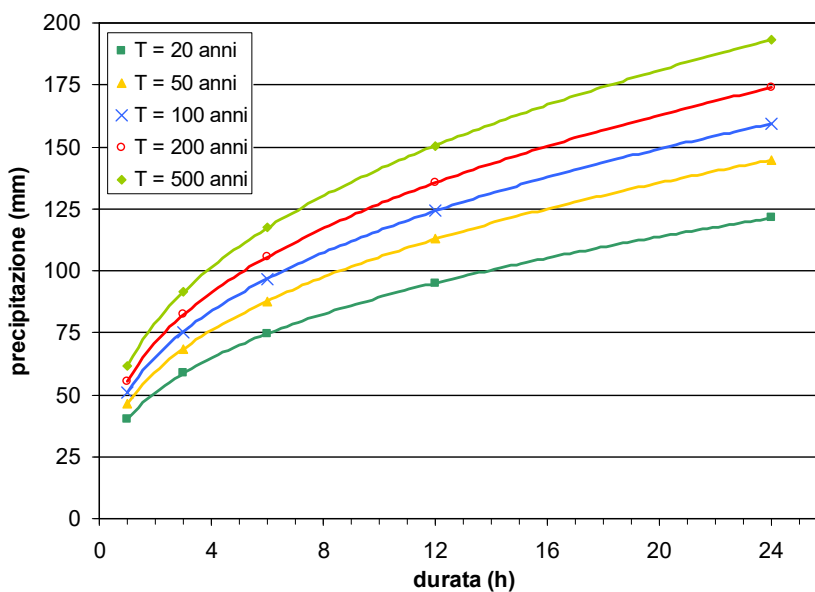


Figura 2 – Curve di possibilità pluviometrica per differenti valori del tempo di ritorno ( $T_R=20, 50, 100, 200$  e  $500$  anni).



#### 4.4 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEI SOTTOBACINI DEL RIO SANGONETTO

Come precedentemente detto, le caratteristiche anomale della maggior parte dei sottobacini considerati, spesso delimitati non da spartiacque naturali ma da canali di gronda o da soglie di tracimazione, e soprattutto la complessa rete delle confluenze reciproche fra i sottobacini (per la quale si rimanda al § 3.2 e § 3.3), fanno sì che solo per una minoranza dei sottobacini considerati sia possibile determinare i classici parametri idrologici (lunghezza dell'asta principale, altezza media sulla sezione di chiusura, ecc.) in base ai quali calcolare il tempo di corrivazione.

Questo è stato possibile, in effetti, solo per i tributari del Sangonetto limitatamente ai sottobacini ubicati a monte della Bealera Superiore e che non confluiscono direttamente su di essa (Prese, San Giorgio, Merlino Alto). Per tali bacini si sono dapprima ricavati, a partire dall'analisi della corografia, i parametri geometrici, ed in particolare la superficie ( $S$ ), la lunghezza dell'asta scolante ( $L$ ) e l'altezza media sulla sezione di chiusura ( $H_{media}$ ). Quindi è stato determinato il tempo di corrivazione del bacino  $t_c$ , secondo l'usuale *formula di Giandotti*:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_{media}}}$$

Dall'analisi dei risultati ottenuti riportati nella seguente tabella, i valori ottenuti sono tutti prossimi ad 1 ora.

*Tabella 2 – Caratteristiche fisiografiche dei principali sottobacini idrografici*

| Bacino            | S (Km <sup>2</sup> ) | L <sub>asta</sub> (km) | H <sub>media</sub> (m s.l.m.) | H <sub>sezione chiusura</sub> (m) | T <sub>c</sub> (ore) | C <sub>deflusso</sub> |
|-------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Rio Merlino Alto  | 1,875                | 2,375                  | 556                           | 214                               | 0,77                 | 0,60                  |
| Rio Merlino Basso | 0,525                |                        |                               |                                   |                      | 0,30                  |
| Rio delle Prese   | 1,473                | 2,353                  | 583                           | 244                               | 0,67                 | 0,65                  |
| Rio San Giorgio   | 1,034                | 2,926                  | 504                           | 175                               | 0,80                 | 0,65                  |
| Rio Sangonetto A  | 0,627                |                        |                               |                                   |                      | 0,30                  |
| Rio Sangonetto B  | 0,377                |                        |                               |                                   |                      | 0,45                  |
| Rio Sangonetto C  | 1,377                |                        |                               |                                   |                      | 0,30                  |

#### 4.5 DETERMINAZIONE INTENSITÀ DI PIOGGIA CRITICA

Nello studio idrologico di un bacino, adottando il metodo della corrivazione, l'intensità di precipitazione che fornisce la massima portata scolante è quella corrispondente ad una durata di pioggia esattamente pari al tempo di corrivazione del bacino. In tali condizioni, infatti, tutto il bacino contribuisce alla formazione del picco di piena in corrispondenza della sezione di chiusura.

Lo studio condotto dalla provincia di Torino, tenendo conto della complessa configurazione del reticolo idrografico, fa riferimento alla pioggia massima di durata 1 ora. Tale durata, essendo prossima al tempo di corrivazione dei vari sottobacini, può essere considerata critica per il bacino considerato. Dall'esame delle curve di possibilità pluviometrica riportate nella Figura 2, si osserva come, per tempi di ritorno dell'ordine dei



200-500, ad una precipitazione della durata di 1 ora può essere associata un'intensità di precipitazione di circa  $55 \div 60$  mm/ora. Se si tiene conto dei risultati ottenuti con l'applicazione del metodo TCEV (vedi §4.6), è stata attribuita un'intensità di precipitazioni di 60 mm/h, come valore mediato, relativa ad un tempo di ritorno  $T_R$  di 200 anni.

#### 4.6 CONFRONTO CON I DATI OTTENUTI TRAMITE MODELLO TCEV

I dati idrologici sono stati ulteriormente elaborati secondo la metodologia TCEV (o della doppia componente dei valori estremi): in tal modo è stato possibile determinare la massima altezza di pioggia attesa, con tempo di ritorno assegnato, in un punto preciso del territorio regionale (nota la quota sul livello del mare).

Secondo il modello TCEV, l'area in studio appartiene all'area pluviometrica omogenea n.2 e alla sottozona n.2. Si ottengono valori di intensità di precipitazione, in relazione ai vari tempi di ritorno, scarsamente rappresentativi e decisamente più elevati, rispetto a quanto calcolato nei precedenti paragrafi (Tabella 3).

Tabella 3 – Valori di precipitazione media oraria calcolati con il metodo TCEV.

| $T_R$ [anni] | $x_T$ [mm/h] |
|--------------|--------------|
| 100          | 68           |
| 200          | 76           |
| 500          | 86           |

Ciò è dovuto al fatto che l'analisi secondo il modello TCEV è ben applicabile su scala regionale, mentre tende a trascurare la presenza di anomalie locali. Pertanto, per studi condotti su aree di limitata estensione, a scala di bacino o sottobacino, come nel caso in esame, il modello si offre come utile strumento integrativo, ma non sostitutivo, degli studi idrologici effettuati con i metodi dell'idrologia classica.

Pertanto, sono stati considerati più attendibili e più rappresentativi della situazione locale i risultati ottenuti con il metodo di Gumbel nell'ambito dello studio della Provincia di Torino, operando su di essi una correzione a favore di sicurezza, per tenere conto dei risultati più prudenziali ottenuti con la metodologia TCEV. I valori di intensità di precipitazione assunti come valori di progetto sono i seguenti:

$$T_R = 15 \text{ anni} \quad i = 30 \text{ mm/h;}$$

$$T_R = 200 \text{ anni} \quad i = 60 \text{ mm/h.}$$

#### 4.7 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE (PAI)

Un ulteriore strumento di valutazione del regime pluviometrico in relazione alla distribuzione spaziale delle precipitazioni intense è costituito dall'interpolazione spaziale, con il metodo di Kriging, dei parametri relativi alle stazioni pluviometriche presenti sul territorio, discretizzati in base a un reticolo a maglia quadrata.

Al fine di fornire uno strumento per l'analisi di frequenza delle piogge intense, nei punti privi di misure dirette è stata infatti condotta un'interpolazione spaziale con metodo di Kriging dei parametri  $a$  e  $n$  delle curve di possibilità pluviometrica, discretizzate in base a un reticolo di 2 km di lato. I risultati sono riportati negli allegati cartografici e numerici della "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" adottata nel PAI dall'Autorità di Bacino.



Gli elaborati consentono il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica in ciascun punto del bacino, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, identificando la localizzazione su cartografia numerica in ambiente GIS.

Per il bacino considerato, sono stati considerati i coefficienti  $a$  ed  $n$  per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni. I risultati ottenuti sono stati confrontati con quelli calcolati mediante l'elaborazione statistica delle precipitazioni (Tabella 4).

**Tabella 4 – Confronto tra i coefficienti delle curve di possibilità pluviometriche indicati nel PAI e quelli calcolati nello studio della Provincia.**

| Tempo di ritorno | Dati PAI - Cella di Kriging 12440 |         | Elaborazione idrologica |      |
|------------------|-----------------------------------|---------|-------------------------|------|
|                  | a [mm]                            | n       | a [mm]                  | n    |
| <b>20 anni</b>   | 49.3026                           | 0.29717 | 39.85                   | 0.35 |
| <b>50 anni</b>   | 57.6836                           | 0.29425 | 46.08                   | 0.36 |
| <b>100 anni</b>  | 63.9838                           | 0.29214 | 50.75                   | 0.36 |
| <b>200 anni</b>  | 69.2846                           | 0.29478 | 55.39                   | 0.36 |
| <b>500 anni</b>  | 78.5227                           | 0.28860 | 61.53                   | 0.36 |

Da tale analisi risultano valori leggermente superiori a quelli assunti nello studio citato, ma poiché si introduce una precipitazione di durata pari a 1 ora, considerando che il tempo di corrvazione complessivo del bacino risulta di circa 2,6 ore, si ritiene che i valori adottati nello studio della Provincia siano sufficientemente cautelativi.

#### 4.8 DETERMINAZIONE DEGLI AFFLUSSI DIRETTI DEI SOTTOBACINI

Nota l'intensità di pioggia critica ( $i = 60$  mm/ora), la portata  $Q$  che affluisce alla sezione di chiusura di ciascun sottobacino per effetto delle precipitazioni dirette sul sottobacino stesso è stata calcolata con la formula razionale:

$$Q = \phi \cdot i \cdot S$$

essendo  $\phi \leq 1$  il coefficiente di deflusso, che tiene conto congiuntamente di due diversi fenomeni: le perdite per infiltrazione, evapotraspirazione, trattenimento ad opera della vegetazione, ecc, e l'effetto di smorzamento dell'onda di piena ad opera degli invasi presenti nel bacino (fenomeno di laminazione).

I valori di  $\phi$  sono stati differenziati (vd. Allegato 1) a seconda della natura geologica dei sottobacini (valori più elevati per versanti rocciosi, pressoché impermeabili, e valori più bassi per terreni sciolti grossolani), dell'acclività (valori più elevati per i bacini più acclivi, caratterizzati da minori aree di invaso e quindi da minore laminazione) e dell'uso del suolo (valori più elevati per aree edificate o pavimentale, valori più ridotti per zone boscate). Per la visione dei valori utilizzati nell'ambito del presente studio si rimanda all'Allegato 1).



## 5. VALUTAZIONE DELLE PORTATE COMPLESSIVE

### 5.1 DIAGRAMMA DELLE CONFLUENZE

La determinazione delle portate di origine meteorica afferenti ai singoli sottobacini esaminati rappresenta solo il primo passo per il calcolo dell'effettiva portata scolante. Occorre infatti sommare alle portate così calcolate gli effetti delle confluenze e delle tracimazioni fra i diversi sottobacini, evidenziate nel § 3.2.

In linea generale, ciascun sottobacino alimenta direttamente un altro sottobacino posto "idraulicamente" a valle del primo (*confluenza diretta*): nella maggior parte dei casi il sottobacino di destinazione è a sua volta compreso nell'area in studio.

In molti casi, tuttavia, la confluenza è regolata da una "soglia di tracimazione": ad esempio, il rio Merlino Alto, il rio San Giorgio ed il rio delle Prese confluiscono tutti nel Merlino Basso, ma tale confluenza avviene grazie all'attraversamento della Bealera Superiore con manufatti dalla capacità di deflusso relativamente modesta. Sulla base delle dimensioni e della pendenza di tali manufatti, è stata stimata una portata massima di **6,3 m<sup>3</sup>/s** per il manufatto di attraversamento del Merlino Alto e di **5,1 m<sup>3</sup>/s** per quelli del rio San Giorgio e del rio delle Prese. Ne consegue che la portata che i 3 sottobacini possono trasferire al Merlino Basso non può superare tali valori, e l'eventuale portata in eccesso tracima nel tratto C della Bealera Superiore.

A sua volta, il tratto C della Bealera Superiore presenta una sezione piuttosto ristretta e, soprattutto, una pendenza estremamente modesta, che ha portato a valutare la portata massima in circa **2,3 m<sup>3</sup>/s**. Tale valore è chiaramente insufficiente in occasione di intense precipitazioni, e lo diventa a maggior ragione in seguito alla descritta tracimazione dei rii provenienti da monte. Tali considerazioni portano a ritenere che la stessa Bealera Superiore tracimi, alimentando indirettamente il rio Sangonetto a valle.

Considerazioni analoghe a quelle descritte, sviluppate per tutti i sottobacini esaminati, hanno consentito, sulla base delle confluenze dirette e di tracimazione per ciascun corso d'acqua, di definire la *soglia di tracimazione* per ciascun corso d'acqua (vd. Allegato 1).

### 5.2 CALCOLO DELLE PORTATE EFFETTIVE AFFERENTI AI SOTTOBACINI

Sulla base dei risultati ottenuti sono state assegnate ad ogni corso d'acqua le portate derivanti dalle confluenze dirette e dalle tracimazioni dei sottobacini presenti più a monte.

All'aumentare dell'intensità di precipitazione, aumentano i casi di tracimazione, soprattutto in corrispondenza della Bealera Superiore, la quale, se si eccettua il tratto iniziale, non appare assolutamente in grado di svolgere la funzione di canale di gronda, neppure per precipitazioni relativamente modeste. Tali fenomeni di tracimazione alimentano in particolare modo la stessa Bealera Superiore (nel già citato tratto in cui sottopassa i rii provenienti da monte) ed il rio Sangonetto, che funge da canale di drenaggio di fondovalle.

Imponendo l'intensità di precipitazione di progetto di 60 mm/ora (pari ad un tempo di ritorno di 200 anni), sono state ottenute le portate massime di dimensionamento e verifica dei manufatti.

In realtà il passaggio di una parte della portata da un sottobacino all'altro per effetto di tracimazioni comporta un fenomeno di laminazione delle piene, connesso con l'incremento del tempo di corrvazione complessivo. Di



ciò si è tenuto conto sinteticamente, introducendo un fattore correttivo 0,8: ciò significa che la tracimazione di una portata  $Q$  genera nel sottobacino sottostante un incremento della portata di colmo, quantificabile in  $0,8 Q$ .

### 5.3 PORTATE DI VERIFICA E DI PROGETTO

Per il rio Sangonetto, nel tratto in esame, si può quindi fare riferimento alla portata calcolata per il sottobacino C nello studio della Provincia, con sezione di chiusura in corrispondenza del ponte di Via San Giorgio. Considerando le confluenze dirette e le tracimazioni, si ottengono le portate di progetto riportate nella Tabella 5.

Tabella 5 – Portate di progetto del rio Sangonetto alla sezione di chiusura.

| $T_R$ [anni] | $i$ [mm/h] | $Q$ [m <sup>3</sup> /s] |
|--------------|------------|-------------------------|
| 15           | 30         | 34,0                    |
| 20           | 60         | 63,9                    |

### 5.4 CONSIDERAZIONI SULLA CAPACITÀ DI DEFLUSSO DEL RIO SANGONETTO

Il presente progetto interessa un tratto del rio Sangonetto all'interno del centro abitato di Piovasco, che, nello "Studio del sistema fluviale del rio Sangonetto e del bacino del rio Tori" del luglio 2001 della Provincia di Torino, viene classificato con capacità di deflusso < 25 m<sup>3</sup>/s (sezioni di calcolo SaA004 e SaA005, ubicate in corrispondenza degli attraversamenti a valle e monte del tratto oggetto di intervento), come mostra la Figura 3.

Si precisa come l'intervento in progetto non sia finalizzato alla risoluzione delle esistenti criticità idrauliche presso l'area di studio, ma unicamente volto alla realizzazione di opere di difesa spondale. Come emerge anche dagli studi consultati, l'intero bacino del Rio Sangonetto è caratterizzato da una condizione di dissesto idraulico, anche a causa della presenza di opere (di attraversamento e derivazione irrigua), nonché di sezioni d'alveo decisamente inadeguate.

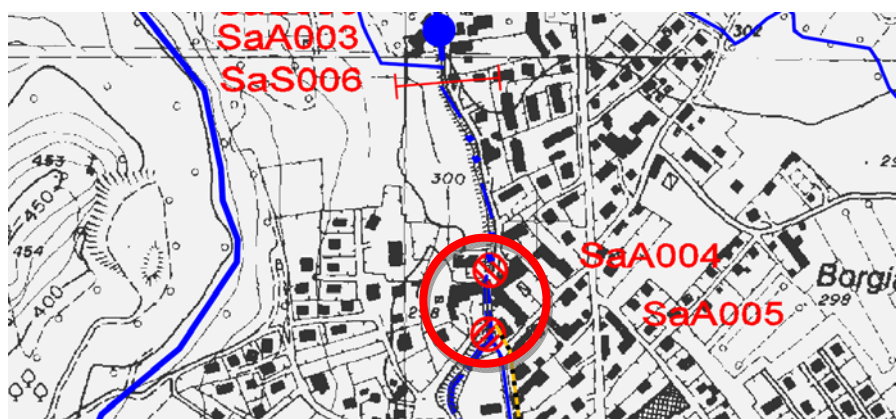


Figura 3 – Estratto dallo "Studio del sistema fluviale del rio Sangonetto e del bacino del rio Tori" (Provincia di Torino, 2001): carta della capacità di smaltimento del reticolo idrografico secondario.



## 6. CRITICITÀ IDRAULICHE DEL RIO SANGONETTO

Nell'ambito dello studio della Provincia, condotto sull'intera rete idrografica del rio Sangonetto, sono stati individuati i punti in cui il rischio di esondazione è reale, in quanto le sezioni e/o i manufatti idraulici presenti si rivelano insufficienti a smaltire l'onda di piena. La causa principale delle criticità idrauliche è dovuta alla eccessiva riduzione di sezione dell'alveo, mentre non trascurabile è la presenza di vegetazione infestante in diversi punti della rete idrica che comporta notevoli problemi di ostruzione al regolare deflusso della corrente.

Sono stati distinti *punti a bassa criticità*, relativi a sezioni, tratti intubati e attraversamenti inadeguati per precipitazioni di 60 mm/h (corrispondenti ad un tempo di ritorno di circa 200 anni) e *punti ad alta criticità* nel caso di precipitazioni di 30 mm/h (tempo di ritorno 15 anni). Come evidenziato dalla Figura 4 e come già indicato in precedenza, il tratto oggetto d'intervento risulta classificato come ad alta pericolosità e non in grado di smaltire portate aventi tempo di ritorno superiore ai 15 anni. L'intera area, sia a monte che a valle, risulta caratterizzata da un'alta frequenza di processi di dissesto idraulico.

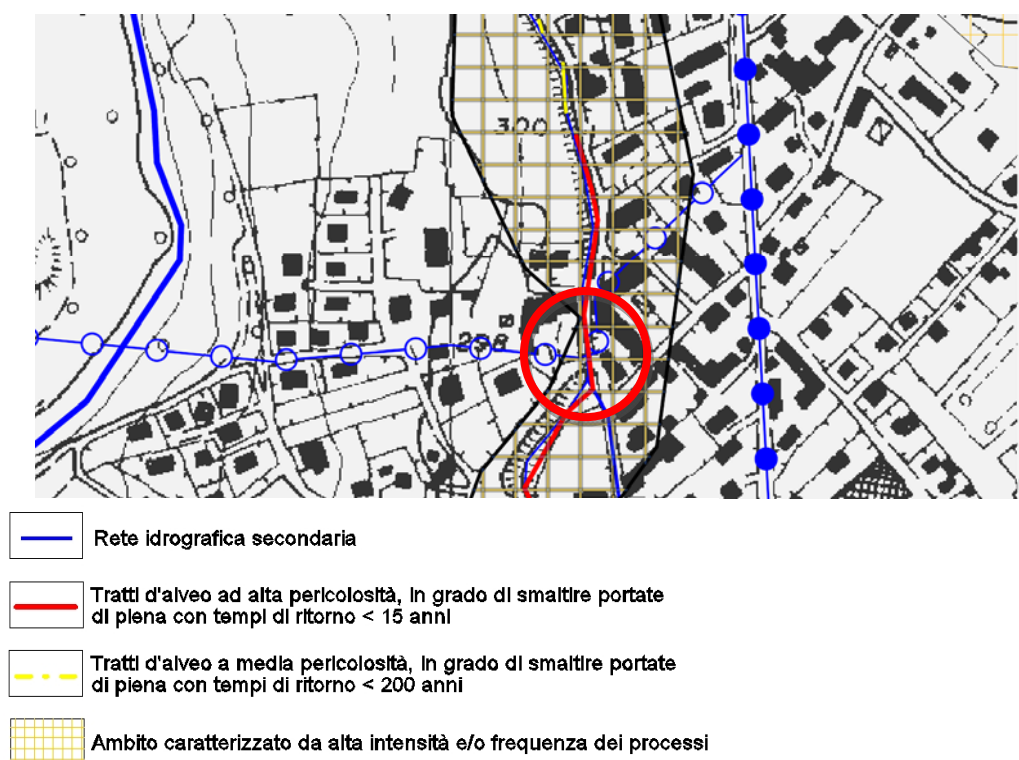


Figura 4 - Estratto dallo "Studio del sistema fluviale del rio Sangonetto e del bacino del rio Tori" (Provincia di Torino, 2001): Carta della pericolosità geomorfologica e idraulica del reticolo idrografico minore.



## 7. STUDIO IDRAULICO

L'analisi idraulica realizzata mediante modello monodimensionale consente di quantificare le caratteristiche idrodinamiche di una corrente, costituite dai valori dei livelli idrici e delle velocità di deflusso all'interno dell'alveo inciso e nelle aree golenali e/o inondate. La realizzazione di un'opera in alveo o la presenza di un'infrastruttura costituisce un ostacolo alla normale deflusso della corrente, che si manifesta come:

- variazioni (in genere innalzamento) dei livelli idrici a monte;
- variazione della distribuzione delle velocità di corrente;
- variazione della capacità di trasporto solido della corrente;
- possibile passaggio della corrente attraverso lo stato critico con risalto idraulico e conseguente asportazione di materiale al fondo;
- variazione del valore della portata al colmo a valle (solo nel caso in cui si modifichi in misura apprezzabile la capacità di laminazione in alveo).

Sulla base delle risultanze dello studio idrologico e della topografia appositamente elaborata, è stato allestito un modello numerico secondo l'approccio idraulico delle correnti in moto permanente in alveo a sezione gradualmente variabile. Il rilievo topografico è stato esteso per un tratto complessivo di circa 150 m, per un totale di 9 sezioni, di cui 3 a valle dello scolmatore in destra idrografica, in prossimità dell'attraversamento di via Piave.

Si evidenzia, come riportato nella seguente figura, come sia presente un tratto intubato del corso d'acqua stesso che si sviluppa a valle dell'attraversamento di Via San Giorgio. Come descritto nel successivo § 7.1.2, nell'ambito del presente progetto è stato modellato il comportamento del corso d'acqua nel tratto che si estende tra l'attraversamento privato ed il tratto intubato, la cui geometria è stata assunta sulla base della geometria del tratto immediatamente a monte, in corrispondenza dello sfioratore laterale.

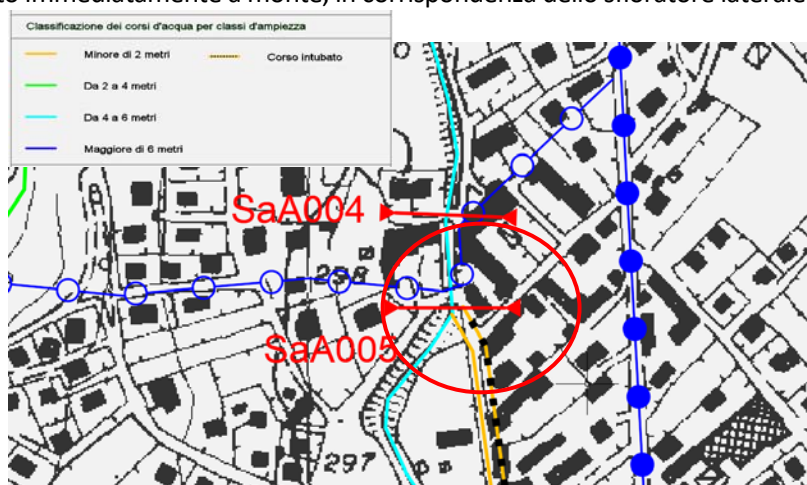


Figura 5 - Estratto dalla carta del reticolo idrografico secondario

La procedura di calcolo utilizzata è basata sulla risoluzione dell'equazione monodimensionale di bilancio energetico ed è nota in letteratura come Standard Step Method. Il codice di calcolo con cui è stato allestito il modello è HEC-RAS 5.0.3, sviluppato negli Stati Uniti dal U.S. Army Corps of Engineers.





## 7.1 DESCRIZIONE E APPLICAZIONE DEL MODELLO NUMERICO

Nell'ambito del presente studio è stato allestito un modello in moto permanente in alveo a sezione gradualmente variabile, mediante l'adozione del codice di calcolo sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineering denominato Hec -RAS v.5.0.3, la cui affidabilità, dimostrata dall'ampio utilizzo in tutto il mondo, è inoltre riconosciuta in campo scientifico internazionale. Il modello numerico, oltre a fornire i profili dei corsi d'acqua per diverse portate di piena, permette altresì di valutare gli effetti sulla corrente di ostacoli diversi quali restringimenti, ponti, traverse.

Nel seguito viene fornita una descrizione del codice di calcolo adottato e dei principali parametri utilizzati nella sua implementazione.

### 7.1.1 Metodologia di calcolo per la verifica in moto permanente

Per lo studio di una corrente gradualmente variabile in alvei non prismatici, quali ad esempio gli alvei naturali, le usuali procedure di calcolo, che prevedono la definizione delle scale di deflusso o di altri parametri ipotizzati invariabili lungo lo sviluppo della coordinata longitudinale del corso d'acqua, non sono applicabili. In tali condizioni l'elemento fondamentale da considerare come grave limitazione operativa risiede nell'aver quasi sempre un ridotto numero di sezioni trasversali del corso d'acqua note in termini di geometria e di scabrezza dell'alveo.

Con queste premesse, risulta chiaro che la determinazione del profilo, e quindi delle profondità della corrente in ogni sezione, non può che procedere per tentativi e successive approssimazioni, assegnate che siano le condizioni al contorno nelle sezioni di monte o di valle.

Le equazioni risolte numericamente con procedura iterativa, al fine di determinare le profondità incognite della corrente sezione per sezione e le relative caratteristiche idrauliche, sono le seguenti:

$$Z_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} + h_e + h_f$$

$$h_e = L \cdot i_f$$

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

dove:  $Z_1, Z_2$  rappresentano le quote assolute della superficie libera agli estremi del tratto;  $V_1, V_2$  la velocità media nella sezione riferita agli estremi del tratto;  $g$  l'accelerazione di gravità;  $h_e, h_f$  la perdita di energia distribuita e concentrata;  $L$  la lunghezza del tratto considerato;  $i_f$  la pendenza del tratto considerato;  $C$  il coefficiente di perdita per espansioni e/o contrazioni localizzate;  $\alpha_1, \alpha_2$  i coefficienti di Coriolis funzione della distribuzione della velocità.



La soluzione del sistema di equazioni sopra presentate avviene con procedura iterativa tra due sezioni, note che siano la portata e le condizioni al contorno di monte o di valle in termini di profondità della corrente.

Il codice di calcolo consente inoltre la suddivisione della corrente in rami paralleli, in modo da simulare il deflusso della corrente anche nelle aree golenali, che possono essere ipotizzate caratterizzate da diversi indici di scabrezza.

### 7.1.2 Descrizione geometrica del tronco fluviale

Il tratto del rio Sangonetto modellato nell'ambito del presente studio si estende per una lunghezza di circa 100 m. In particolare, ai fini della valutazione del comportamento idraulico, delle 9 sezioni rilevate ne sono state utilizzate 6, trascurando i fenomeni di propagazione della corrente a valle dello scolmatore in quanto non condizionanti la dinamica di piena del tratto oggetto di studio. In aggiunta a queste sono state utilizzate delle sezioni aggiuntive ottenute per interpolazione lineare tra 2 sezioni successive o tramite ricostruzione delle informazioni acquisite tramite il rilievo.

All'interno del tratto studiato sorgono due attraversamenti del Rio Sangonetto, entrambi caratterizzati dalla presenza di una singola luce. Il primo attraversamento, procedendo da monte, è quello privato che presenta una luce di circa 8 m, con quota di intradosso è posta a circa 298.7 m s.l.m. mentre la quota di estradosso a circa 299.2 m s.l.m. Il secondo attraversamento, invece, è quello di Via San Giorgio, con lunghezza pari a 10 metri e quota di intradosso di 298.1 m s.l.m. ed estradosso a quota 298.5 m s.l.m.

### 7.1.3 Condizioni al contorno

Per le condizioni al contorno, necessarie per stabilire il livello del pelo libero dell'acqua alle estremità del tratto, è stata utilizzata la pendenza di fondo come condizione di valle, pari al 0.4%. A monte, a causa di un primo tratto con fondo in contropendenza, non è stato possibile utilizzare pendenza del fondo al fine di valutare il tirante in condizioni di moto uniforme. Si è assunta come condizione l'altezza critica della corrente. Il calcolo è stato effettuato in regime misto, permettendo quindi il riconoscimento della presenza di eventuali risalti idraulici.

### 7.1.4 Portate di progetto

Le portate di riferimento adottate nell'implementazione del modello idraulico, non essendo disponibili dati ufficiali dell'Autorità di Bacino per il tratto in studio, sono quelle desunte come illustrate in precedenza (vedi § 5). In particolare, si sottolinea come lo studio effettuato dalla Provincia rilevi che le sezioni di deflusso nel tratto in esame non sono in grado di fare defluire una portata superiore a 25 m<sup>3</sup>/s, per tale motivazione i valori di portata utilizzati nell'ambito del presente studio (finalizzato in particolare a valutare la funzionalità idraulica delle opere) sono quelli riportati nella seguente tabella.



Tabella 6 – Valori di portata di progetto per differenti tempi di ritorno.

| Bacino           | Q[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>Tr=15 anni</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>Tr=200 anni</sub> [m <sup>3</sup> /s] |
|------------------|----------------------|---|--|
| Rio Sangonetto C | 20                   | 34  | 64   |

### 7.1.5 Coefficienti di scabrezza

La caratterizzazione del coefficiente di scabrezza dell'alveo nel tratto in esame, è determinata dalla scelta del parametro  $n$  di Manning, espresso in  $s/m^{1/3}$ . Tale coefficiente dipende in generale dalla granulometria del materiale presente in alveo, dalla regolarità delle sezioni, dall'andamento planimetrico del corso d'acqua più o meno rettilineo, dalle caratteristiche idrauliche delle sponde e dalla circostanza che il materiale presente sul fondo partecipi o meno al moto complessivo.

In letteratura esistono alcune formule che esprimono il coefficiente di scabrezza come funzione delle caratteristiche medie del materiale di fondo alveo, con espressioni logaritmiche derivate dalla teoria della turbolenza che correlano l'altezza assoluta di scabrezza al diametro medio del materiale di fondo alveo. Una stima approssimativa del coefficiente di scabrezza è possibile utilizzando la relazione seguente, che correla le caratteristiche di resistenza al moto con le dimensioni caratteristiche del materiale presente in alveo:

$$K_s = \frac{26}{d_{90}^{1/6}}$$

dove  $d_{90}$  (m) è il diametro del materiale d'alveo cui corrisponde un passante pari al 90%. Nel caso in esame il valore del  $d_{90}$  è stato stimato da letteratura basandosi sulle immagini fotografiche, ottenendo un valore pari a:

$$n_a = \frac{1}{K_s} = 0,035 \text{ s/m}^{1/3}$$

Anche per il valore caratteristico della scabrezza delle aree golenali sono stati assunti i valori generalmente consigliati dalla letteratura scientifica. In particolare si è considerato, eccetto che per variazioni locali:

$$n_g = \frac{1}{K_s} = 0,035 \text{ s/m}^{1/3} \text{ per l'area golenale destra (vegetazione bassa)}$$

$$n_g = \frac{1}{K_s} = 0,020 \text{ s/m}^{1/3} \text{ per l'area golenale sinistra (asfalto)}$$

A seguito della realizzazione dell'intervento di difesa spondale e pulizia dell'alveo si è considerato un valore del parametro rappresentativo della scabrezza (in alveo) leggermente inferiore pari a

$$n_a = \frac{1}{K_s} = 0,03 \text{ s/m}^{1/3} \text{ nel tratto compreso tra i due attraversamenti.}$$



| River Station | Frctn (n/K) | n #1  | n #2  | n #3 |
|---------------|-------------|-------|-------|------|
| 1 90          | n           | 0.04  | 0.035 | 0.02 |
| 2 80          | n           | 0.04  | 0.035 | 0.02 |
| 3 72          | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 4 71.9        | Bridge      |       |       |      |
| 5 71.5        | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 6 71          | n           | 0.035 | 0.035 | 0.02 |
| 7 70          | n           | 0.035 | 0.035 | 0.02 |
| 8 60          | n           | 0.035 | 0.035 | 0.02 |
| 9 50          | n           | 0.035 | 0.035 | 0.02 |
| 10 40         | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 11 39.9       | Bridge      |       |       |      |
| 12 39         | n           | 0.02  | 0.02  | 0.02 |
| 13 38.5       | Lat Struct  |       |       |      |
| 14 38         | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 15 37         | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 16 36         | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 17 35         | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 18 34         | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 19 33         | n           | 0.02  | 0.02  | 0.02 |
| 20 32         | n           | 0.02  | 0.02  | 0.02 |
| 21 31         | n           | 0.02  | 0.02  | 0.02 |

| River Station | Frctn (n/K) | n #1  | n #2  | n #3 |
|---------------|-------------|-------|-------|------|
| 1 90          | n           | 0.04  | 0.035 | 0.02 |
| 2 80          | n           | 0.04  | 0.035 | 0.02 |
| 3 72          | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 4 71.9        | bridge      |       |       |      |
| 5 71.5        | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 6 71          | n           | 0.035 | 0.035 | 0.02 |
| 7 70          | n           | 0.035 | 0.03  | 0.02 |
| 8 60          | n           | 0.035 | 0.03  | 0.02 |
| 9 50          | n           | 0.035 | 0.03  | 0.02 |
| 10 40         | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 11 39.9       | Bridge      |       |       |      |
| 12 39         | n           | 0.02  | 0.02  | 0.02 |
| 13 38.5       | Lat Struct  |       |       |      |
| 14 38         | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 15 37         | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 16 36         | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 17 35         | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 18 34         | n           | 0.02  | 0.035 | 0.02 |
| 19 33         | n           | 0.02  | 0.02  | 0.02 |
| 20 32         | n           | 0.02  | 0.02  | 0.02 |
| 21 31         | n           | 0.02  | 0.02  | 0.02 |

Figura 6 - Parametri rappresentativi della scabrezza adottati (stato attuale e di progetto).

### 7.1.6 Parametri di sensibilità del modello

Per sviluppare un modello numerico che abbia un sufficiente grado di accuratezza, sensibilità e stabilità di calcolo, occorre nella maggioranza dei casi cercare il migliore compromesso tra i diversi parametri che rientrano nella simulazione, sempre tenendo presente quali sono i limiti delle equazioni utilizzate per simulare il moto.

Dando per scontato che la geometria del corso d'acqua e delle strutture interferenti, i coefficienti di scabrezza, nonché le condizioni al contorno utilizzate per implementare il modello siano tutti parametri corretti, al termine del calcolo è opportuno sempre effettuare un'analisi di sensibilità al fine di determinare il grado di incertezza del calcolo effettuato, essendo la stessa insita nell'utilizzo sia degli schemi matematici che riproducono fenomeni naturali, sia della valutazione dei parametri fisici.

L'analisi di sensibilità è stata effettuata variando alcuni parametri idraulici e geometrici del modello matematico al fine di testare le incertezze della soluzione. È emerso che nessuno di essi ha una sostanziale influenza nei calcoli effettuati, purché la sua variazione sia contenuta in un ordine accettabile.

## 7.2 RISULTATI DEL MODELLO

Il modello di calcolo numerico permette di determinare diverse variabili idrauliche ma in particolare il profilo di deflusso, l'altezza e la velocità della corrente nelle sezioni analizzate, confrontando la condizione attuale con quella di progetto, oltre a determinare le principali caratteristiche idrauliche della corrente.

Nell'ambito del presente studio sono state effettuate le simulazioni in condizioni attuali (PLAN 01) e in condizioni di progetto (PLAN 02), dove i parametri utilizzati sono i seguenti:

*River Station* : sezione di calcolo;

*Q<sub>Total</sub>* (m<sup>3</sup>/s) : portata totale (ossia, la portata di piena con tempo di ritorno di 100 anni);

*Leeve El L* (m): altezza dell'argine sinistro;

*Leeve El R* (m): altezza dell'argine destro;

*Min Ch El* (m s.l.m.) : quota minima della sezione (fondo alveo);



*W.S. Elev.* (m s.l.m.) : quota del livello della corrente;

*Crit W.S.* (m s.l.m.) : altezza critica della corrente;

*E.G. Elev.* (m s.l.m.): carico totale per un'assegnata profondità della corrente;

*Vel Chnl* (m/s) : velocità della corrente;

*Flow Area* (m<sup>2</sup>): area di deflusso della corrente;

*Froude*: numero adimensionale di Froude.

Nei paragrafi seguenti vengono riportati i principali risultati derivanti dalle simulazioni condotte.

### 7.2.1 Plan 01: condizione attuale

Le simulazioni condotte per il tratto in esame, hanno evidenziato l'inadeguatezza delle sezioni di deflusso attuali per valori di portata superiori a 25 m<sup>3</sup>/s, come rilevato anche nello studio promosso dalla Provincia di Torino e precedentemente citato. Nella figura sotto riportata, infatti, si evidenzia come un valore di portata inferiore a 25 m<sup>3</sup>/s riesca a defluire al di sotto di tutti gli attraversamenti senza creare particolari criticità, con linea dell'energia collocata al di sotto dell'intradosso dei due ponti.

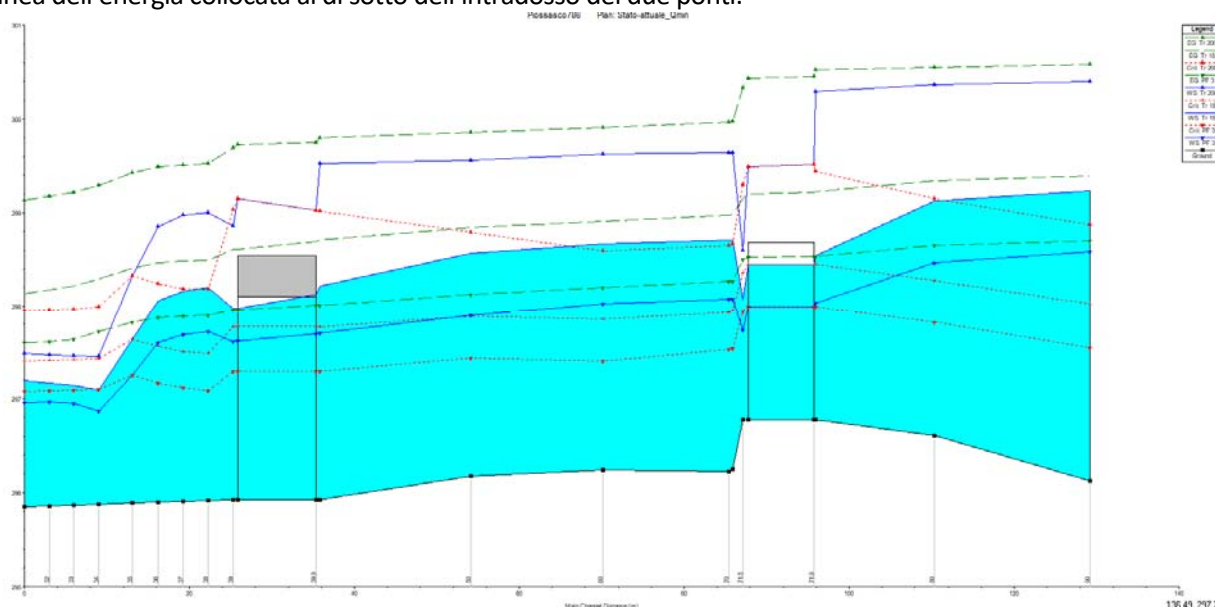


Figura 7 – Profilo stato attuale del tratto oggetto di intervento.

Per quanto attiene invece alle simulazioni condotte con una portata di Tr 15 anni, si evidenzia come per l'attraversamento di monte, il livello sia inferiore all'intradosso, ma non risulti contenuta la linea dell'energia; presso l'attraversamento di Via San Giorgio, invece, il battente idrico risulta superiore all'intradosso (analogamente per la linea dell'energia). Si riportano le due sezioni nella seguente figura.

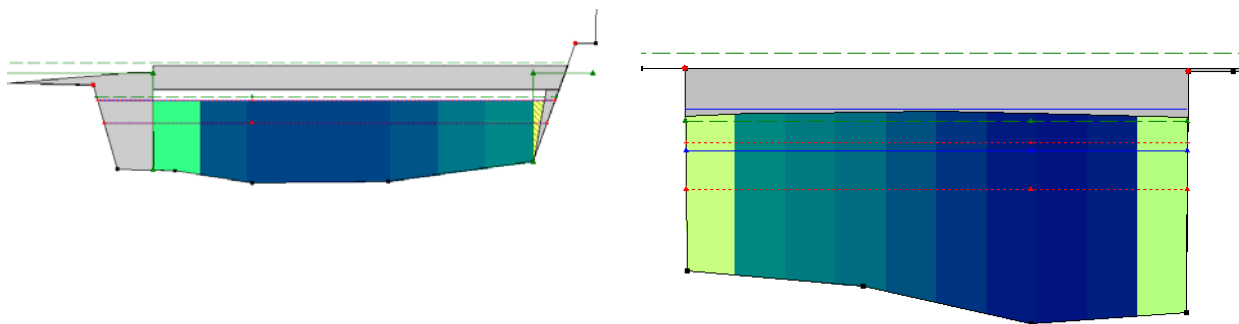


Figura 8 – Condizione attuale – simulazione dei due attraversamenti esistenti.

Nel tratto compreso tra i due attraversamenti, oggetto di intervento, si rileva come alcune sezioni non siano adeguate al contenimento del livello idrico per Tr 15 anni; risulta invece contenuto il livello corrispondente ad una portata pari a 20 m<sup>3</sup>/s.

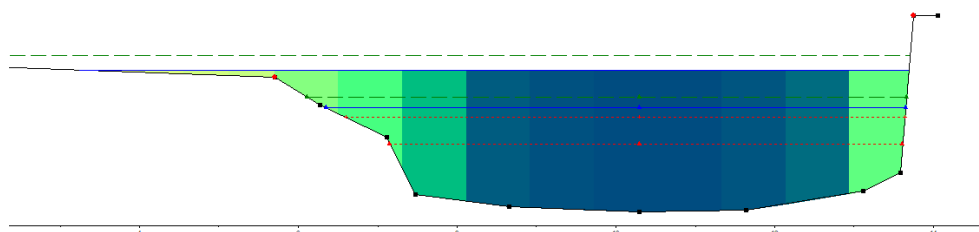


Figura 9 – Sezione del rio nel tratto oggetto di intervento, in cui il livello non risulta contenuto per Tr 15 anni.

Tabella 7 - Risultati esecuzione modello in condizioni attuali con  $T_R = 15$  anni

| HEC-RAS Plan: Stato attuale River: Rio Sangonetto Reach: 1 Profile: Tr 15 |           |            |                             |               |               |               |               |                  |                |                             |               | Reload Data  |
|---|-----------|------------|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|----------------|-----------------------------|---------------|--------------|
| Reach   | River Sta | Profile    | Q Total (m <sup>3</sup> /s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m <sup>2</sup> ) | Top Width (m) | Froude # Chl |
| 1   | 90        | Tr 15      | 34.00                       | 296.13        | 299.23        | 298.02        | 299.39        | 0.001892         | 1.79           | 19.60                       | 13.84         | 0.38         |
| 1   | 80        | Tr 15      | 34.00                       | 296.61        | 299.12        | 298.27        | 299.34        | 0.003264         | 2.08           | 16.94                       | 13.02         | 0.49         |
| 1   | 72        | Tr 15      | 34.00                       | 296.78        | 298.54        | 298.45        | 299.22        | 0.008664         | 3.66           | 9.30                        | 6.91          | 0.91         |
| 1   | 71.9      | Bridge     |                             |               |               |               |               |                  |                |                             |               |              |
| 1   | 71.5      | Tr 15      | 34.00                       | 296.78        | 298.07        | 298.35        | 299.15        | 0.029938         | 4.60           | 7.39                        | 6.69          | 1.40         |
| 1   | 71        | Tr 15      | 34.00                       | 296.25        | 298.71        | 297.95        | 298.98        | 0.004317         | 2.31           | 14.74                       | 7.17          | 0.51         |
| 1   | 70        | Tr 15      | 34.00                       | 296.23        | 298.71        | 297.93        | 298.98        | 0.004239         | 2.29           | 14.84                       | 7.40          | 0.51         |
| 1   | 60        | Tr 15      | 34.00                       | 296.24        | 298.67        | 297.85        | 298.91        | 0.003531         | 2.17           | 15.80                       | 10.50         | 0.50         |
| 1   | 50        | Tr 15      | 34.00                       | 296.18        | 298.56        | 297.89        | 298.84        | 0.004538         | 2.34           | 14.64                       | 10.22         | 0.55         |
| 1   | 40        | Tr 15      | 34.00                       | 295.93        | 298.22        | 297.77        | 298.71        | 0.009373         | 3.09           | 11.01                       | 5.40          | 0.69         |
| 1   | 39.9      | Bridge     |                             |               |               |               |               |                  |                |                             |               |              |
| 1   | 39        | Tr 15      | 34.00                       | 295.93        | 297.99        | 297.77        | 298.61        | 0.004284         | 3.49           | 9.75                        | 5.40          | 0.83         |
| 1   | 38.5      | Lat Struct |                             |               |               |               |               |                  |                |                             |               |              |
| 1   | 38        | Tr 15      | 32.99                       | 295.92        | 298.21        | 297.49        | 298.50        | 0.002687         | 2.40           | 13.96                       | 6.79          | 0.53         |
| 1   | 37        | Tr 15      | 30.44                       | 295.91        | 298.16        | 297.51        | 298.49        | 0.003025         | 2.52           | 12.31                       | 6.09          | 0.56         |
| 1   | 36        | Tr 15      | 28.14                       | 295.90        | 298.07        | 297.56        | 298.47        | 0.004025         | 2.81           | 10.21                       | 5.28          | 0.64         |
| 1   | 35        | Tr 15      | 26.65                       | 295.89        | 297.64        | 297.64        | 298.41        | 0.010603         | 3.89           | 6.96                        | 4.56          | 1.00         |
| 1   | 34        | Tr 15      | 26.15                       | 295.88        | 297.10        | 297.43        | 298.30        | 0.029041         | 4.86           | 5.42                        | 5.43          | 1.54         |
| 1   | 33        | Tr 15      | 26.13                       | 295.87        | 297.14        | 297.43        | 298.22        | 0.007894         | 4.60           | 5.73                        | 5.44          | 1.42         |
| 1   | 32        | Tr 15      | 26.13                       | 295.86        | 297.17        | 297.42        | 298.18        | 0.007115         | 4.46           | 5.92                        | 5.44          | 1.36         |
| 1   | 31        | Tr 15      | 26.13                       | 295.85        | 297.20        | 297.41        | 298.14        | 0.006292         | 4.30           | 6.14                        | 5.44          | 1.28         |

Stante le inadeguatezze rilevate, nel seguito non si riportano i risultati relativi all'analisi effettuata per Tr 200.

Si rimanda all'allegato 2 per la visione completa dei risultati ottenuti con la modellazione idraulica nella condizione attuale.



### 7.2.2 Plan 02: condizione di progetto

La simulazione condotta nella configurazione di progetto ha l'obiettivo principale di verificare che le opere in progetto non determinino significative modifiche alle condizioni attuali di deflusso, in particolare un loro peggioramento.

Gli interventi in progetto, in particolare, sono finalizzati a conseguire una maggiore stabilità della sponda sinistra del corso d'acqua e non devono in alcun modo determinare un peggioramento delle attuali condizioni di deflusso, che come evidenziato presentano criticità per portate superiori a 25 m<sup>3</sup>/s.

Nella seguente figura si riporta il profilo in condizione di progetto, in cui, si ribadisce, gli interventi interessano unicamente il tratto compreso tra i due attraversamenti.

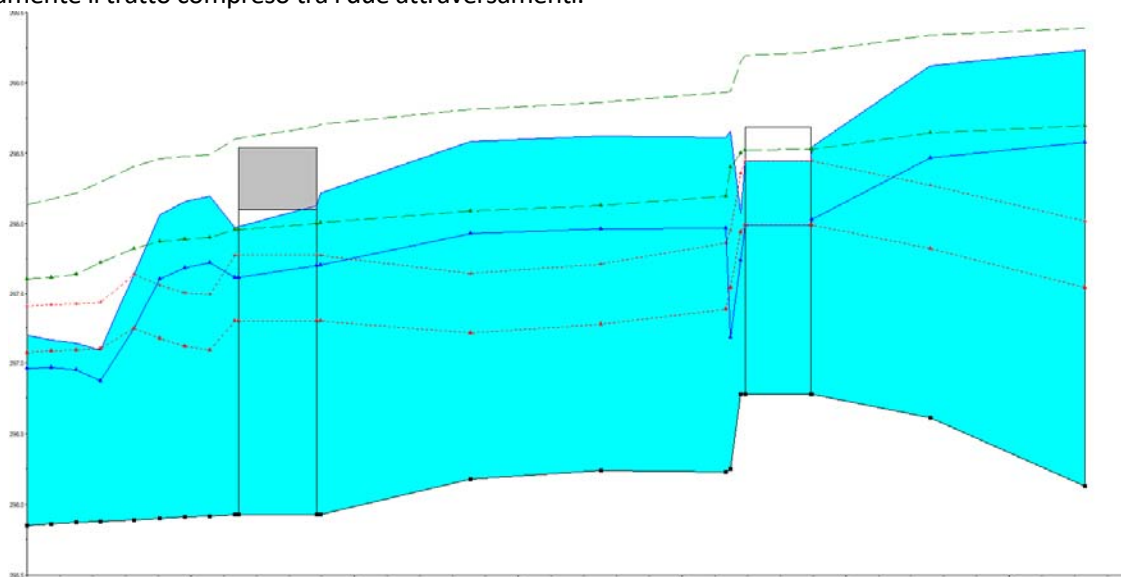


Figura 10 – Profilo in condizione di progetto.

Per una visione completa dei risultati conseguiti si rimanda all'Allegato 3. Da un confronto tra i due scenari simulati si evince come con riferimento ad un valore di portata di 20 m<sup>3</sup>/s i livelli nella configurazione di progetto risultino lievemente inferiori a quelli della condizione attuale, salvo nella sezione di modello n.50 in cui sono superiori di 2 cm. I due scenari, pertanto, risultano confrontabili. Analoga considerazione può essere fatta per la portata con tempo di ritorno di duecento anni.



## 8. CONCLUSIONI

La simulazione del comportamento idraulico del tratto del rio Sangonetto oggetto di intervento, ha consentito di confermare le risultanze dello studio effettuato dalla Provincia di Torino in merito all'attuale inadeguatezza delle sezioni per portate superiori a 25 m<sup>3</sup>/s. Nell'ambito del presente studio pertanto, le modellazioni condotte oltre a prendere in considerazione valori con tempo di ritorno di 200 e 15 anni (che secondo lo studio della provincia sono paragonabili a quelli dell'evento del 2000) ha preso in considerazione un valore tale da garantire il contenimento della portata.

Le simulazioni condotte hanno consentito di evidenziare come le opere in progetto risultino sostanzialmente neutre rispetto alle attuali condizioni di deflusso, con livelli che si mantengono pressochè inalterati.





COMUNE DI PIOVASCO (TO) – Regione Piemonte

*Lavori di consolidamento spondale mediante la realizzazione di una scogliera lungo il Rio Sangonetto nel territorio comunale di Piovascico*

**PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO**

Elab. 03 – Relazione idrologica - idraulica

Novembre 2017

786-E-G01-03-RIE-0

---

**ALLEGATI**



Gruppo **Ingegneria** Torino S.r.l.

[www.gruppoing.to.it](http://www.gruppoing.to.it)



COMUNE DI PIOVASCO (TO) – Regione Piemonte

*Lavori di consolidamento spondale mediante la realizzazione di una scogliera lungo il Rio Sangonetto nel territorio comunale di Piovascico*

**PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO**

Elab. 03 – Relazione idrologica - idraulica

Novembre 2017

786-E-G01-03-RIE-0

---

## **ALLEGATO 1**

**– Calcolo delle portate alle sezioni di chiusura dei principali sottobacini idrografici –**



Gruppo **Ingegneria** Torino S.r.l.

[www.gruppoing.to.it](http://www.gruppoing.to.it)



**Tabella 8 - Valutazione delle portate di piena del rio Sangonetto ipotizzando una intensità di precipitazione di 30 mm/h [m³/s]**

| Bacino        | Superficie (Km2) | Lunghezza asta principale (km) | Altitudine media (m) | Altezza media sulla sezione di chiusura (m) | Tempo di corrivazione (ore) | Coefficiente di deflusso | Afflussi da precipitazioni dirette | Afflussi da confluenze dirette | Afflussi da traccimazioni | Portata totale | Portata massima a traccimazione | Portata effettiva | Confluenza diretta | Portata traccimante | Confluenza di traccimazione |
|---------------|------------------|--------------------------------|----------------------|---|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------|---------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|
| Bealera A     | 0.373            |                                |                      |   |                             | 0.70                     | 2.2                                |                                |                           | 2.2            | 2.5                             | 2.2               | Sangonetto B       | 0.0                 | Sangonetto A                |
| Bealera B     | 0.133            |                                |                      |   |                             | 0.45                     | 0.5                                | 0.0                            |                           | 0.5            | 1.6                             | 0.5               | Bealera C          | 0.0                 | Sangonetto C                |
| Bealera C     | 1.299            |                                |                      |   |                             | 0.65                     | 7.0                                | 0.5                            | 5.2                       | 12.7           | 2.3                             | 2.3               | Bealera D          | 10.4                | Sangonetto C                |
| Bealera D     | 0.895            |                                |                      |   |                             | 0.50                     | 3.7                                | 2.3                            |                           | 6.0            | 0.8                             | 0.8               | Bealera E          | 5.2                 | Sangonetto D                |
| Bealera E     | 0.627            |                                |                      |   |                             | 0.50                     | 2.6                                | 0.8                            |                           | 3.4            | 1.6                             | 1.6               | Corno              | 1.8                 | Chisola A                   |
| Chisola A     | 0.735            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 1.8                                | 51.9                           | 1.5                       | 55.2           |                                 | 55.2              | Chisola B          | 0.0                 |                             |
| Chisola B     | 1.145            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 2.9                                | 62.4                           |                           | 65.3           |                                 | 65.3              |                    | 0.0                 |                             |
| Corno         | 1.426            | 3.088                          | 502                  | 220   | 0.79                        | 0.55                     | 6.5                                | 1.6                            |                           | 8.1            |                                 | 8.1               | Tori Basso         | 0.0                 |                             |
| Martignona    | 1.242            |                                |                      |   |                             | 0.70                     | 7.2                                |                                |                           | 7.2            |                                 | 7.2               | Chisola B          | 0.0                 |                             |
| Merlino Alto  | 1.875            | 2.375                          | 556                  | 214   | 0.77                        | 0.60                     | 9.4                                |                                |                           | 9.4            | 6.3                             | 6.3               | Merlino Basso      | 3.1                 | Bealera C                   |
| Merlino Basso | 0.525            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 1.3                                | 16.5                           |                           | 17.8           |                                 | 17.8              | Sangonetto C       | 0.0                 |                             |
| Monfalcone    | 3.008            | 3.421                          | 540                  | 250   | 0.95                        | 0.50                     | 12.5                               |                                |                           | 12.5           |                                 | 12.5              | Tori Basso         | 0.0                 |                             |
| Montegrosso   | 2.209            | 4.035                          | 390                  | 100   | 1.50                        | 0.35                     | 6.4                                |                                |                           | 6.4            |                                 | 6.4               | Tori Basso         | 0.0                 |                             |
| Prese         | 1.473            | 2.353                          | 583                  | 244   | 0.67                        | 0.65                     | 8.0                                |                                |                           | 8.0            | 5.1                             | 5.1               | Merlino Basso      | 2.9                 | Bealera C                   |
| Rittana       | 1.495            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 3.7                                |                                |                           | 3.7            |                                 | 3.7               |                    | 0.0                 |                             |
| San Giorgio   | 1.034            | 2.926                          | 504                  | 175   | 0.80                        | 0.65                     | 5.6                                |                                |                           | 5.6            | 5.1                             | 5.1               | Merlino Basso      | 0.5                 | Bealera C                   |
| Sangonetto A  | 0.627            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 1.6                                |                                | 0.0                       | 1.6            |                                 | 1.6               | Sangonetto C       | 0.0                 |                             |
| Sangonetto B  | 0.377            |                                |                      |   |                             | 0.45                     | 1.4                                | 2.2                            |                           | 3.6            | 0.0                             | 0.0               | Bealera B          | 3.6                 | Sangonetto C                |
| Sangonetto C  | 1.377            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 3.4                                | 19.4                           | 11.2                      | 34.0           |                                 | 34.0              | Sangonetto D       | 0.0                 |                             |
| Sangonetto D  | 3.245            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 8.1                                | 34.0                           | 4.2                       | 46.3           |                                 | 46.3              |                    | 0.0                 |                             |
| Tori Alto     | 6.195            | 4.46                           | 445                  | 152   | 1.69                        | 0.35                     | 18.1                               |                                |                           | 18.1           |                                 | 18.1              | Tori Basso         | 0.0                 |                             |
| Tori Basso    | 2.684            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 6.7                                | 45.2                           |                           | 51.9           |                                 | 51.9              | Chisola A          | 0.0                 |                             |

**Tabella 9 - Valutazione delle portate di piena del rio Sangonetto ipotizzando una intensità di precipitazione di 60 mm/h [m³/s]**

| Bacino        | Superficie (Km2) | Lunghezza asta principale (km) | Altitudine media (m) | Altezza media sulla sezione di chiusura (m) | Tempo di corrivazione (ore) | Coefficiente di deflusso | Afflussi da precipitazioni dirette | Afflussi da confluenze dirette | Afflussi da traccimazioni | Portata totale | Portata massima a traccimazione | Portata effettiva | Confluenza diretta | Portata traccimante | Confluenza di traccimazione |
|---------------|------------------|--------------------------------|----------------------|---|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------|---------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|
| Bealera A     | 0.373            |                                |                      |   |                             | 0.70                     | 4.4                                |                                |                           | 4.4            | 2.5                             | 2.5               | Sangonetto B       | 1.9                 | Sangonetto A                |
| Bealera B     | 0.133            |                                |                      |   |                             | 0.45                     | 1.0                                | 0.0                            |                           | 1.0            | 1.6                             | 1.0               | Bealera C          | 0.0                 | Sangonetto C                |
| Bealera C     | 1.299            |                                |                      |   |                             | 0.65                     | 14.1                               | 1.0                            | 23.5                      | 38.6           | 2.3                             | 2.3               | Bealera D          | 36.3                | Sangonetto C                |
| Bealera D     | 0.895            |                                |                      |   |                             | 0.50                     | 7.5                                | 2.3                            |                           | 9.8            | 0.8                             | 0.8               | Bealera E          | 9.0                 | Sangonetto D                |
| Bealera E     | 0.627            |                                |                      |   |                             | 0.50                     | 5.2                                | 0.8                            |                           | 6.0            | 1.6                             | 1.6               | Corno              | 4.4                 | Chisola A                   |
| Chisola A     | 0.735            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 3.7                                | 102.2                          | 3.5                       | 109.4          |                                 | 109.4             | Chisola B          | 0.0                 |                             |
| Chisola B     | 1.145            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 5.7                                | 123.9                          |                           | 129.6          |                                 | 129.6             |                    | 0.0                 |                             |
| Corno         | 1.426            | 3.088                          | 502                  | 220   | 0.79                        | 0.55                     | 13.1                               | 1.6                            |                           | 14.7           |                                 | 14.7              | Tori Basso         | 0.0                 |                             |
| Martignona    | 1.242            |                                |                      |   |                             | 0.70                     | 14.5                               |                                |                           | 14.5           |                                 | 14.5              | Chisola B          | 0.0                 |                             |
| Merlino Alto  | 1.875            | 2.375                          | 556                  | 214   | 0.77                        | 0.60                     | 18.8                               |                                |                           | 18.8           | 6.3                             | 6.3               | Merlino Basso      | 12.5                | Bealera C                   |
| Merlino Basso | 0.525            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 2.6                                | 16.5                           |                           | 19.1           |                                 | 19.1              | Sangonetto C       | 0.0                 |                             |
| Monfalcone    | 3.008            | 3.421                          | 540                  | 250   | 0.95                        | 0.50                     | 25.1                               |                                |                           | 25.1           |                                 | 25.1              | Tori Basso         | 0.0                 |                             |
| Montegrosso   | 2.209            | 4.035                          | 390                  | 100   | 1.50                        | 0.35                     | 12.9                               |                                |                           | 12.9           |                                 | 12.9              | Tori Basso         | 0.0                 |                             |
| Prese         | 1.473            | 2.353                          | 583                  | 244   | 0.67                        | 0.65                     | 16.0                               |                                |                           | 16.0           | 5.1                             | 5.1               | Merlino Basso      | 10.9                | Bealera C                   |
| Rittana       | 1.495            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 7.5                                |                                |                           | 7.5            |                                 | 7.5               |                    | 0.0                 |                             |
| San Giorgio   | 1.034            | 2.926                          | 504                  | 175   | 0.80                        | 0.65                     | 11.2                               |                                |                           | 11.2           | 5.1                             | 5.1               | Merlino Basso      | 6.1                 | Bealera C                   |
| Sangonetto A  | 0.627            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 3.1                                |                                | 1.5                       | 4.6            |                                 | 4.6               | Sangonetto C       | 0.0                 |                             |
| Sangonetto B  | 0.377            |                                |                      |   |                             | 0.45                     | 2.8                                | 2.5                            |                           | 5.3            | 0.0                             | 0.0               | Bealera B          | 5.3                 | Sangonetto C                |
| Sangonetto C  | 1.377            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 6.9                                | 23.7                           | 33.3                      | 63.9           |                                 | 63.9              | Sangonetto D       | 0.0                 |                             |
| Sangonetto D  | 3.245            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 16.2                               | 63.9                           | 7.2                       | 87.3           |                                 | 87.3              |                    | 0.0                 |                             |
| Tori Alto     | 6.195            | 4.46                           | 445                  | 152   | 1.69                        | 0.35                     | 36.1                               |                                |                           | 36.1           |                                 | 36.1              | Tori Basso         | 0.0                 |                             |
| Tori Basso    | 2.684            |                                |                      |   |                             | 0.30                     | 13.4                               | 88.8                           |                           | 102.2          |                                 | 102.2             | Chisola A          | 0.0                 |                             |



COMUNE DI PIOVASCO (TO) – Regione Piemonte

*Lavori di consolidamento spondale mediante la realizzazione di una scogliera lungo il Rio Sangonetto nel territorio comunale di Piovascico*

**PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO**

Elab. 03 – Relazione idrologica - idraulica

Novembre 2017

786-E-G01-03-RIE-0

---

## ALLEGATO 2

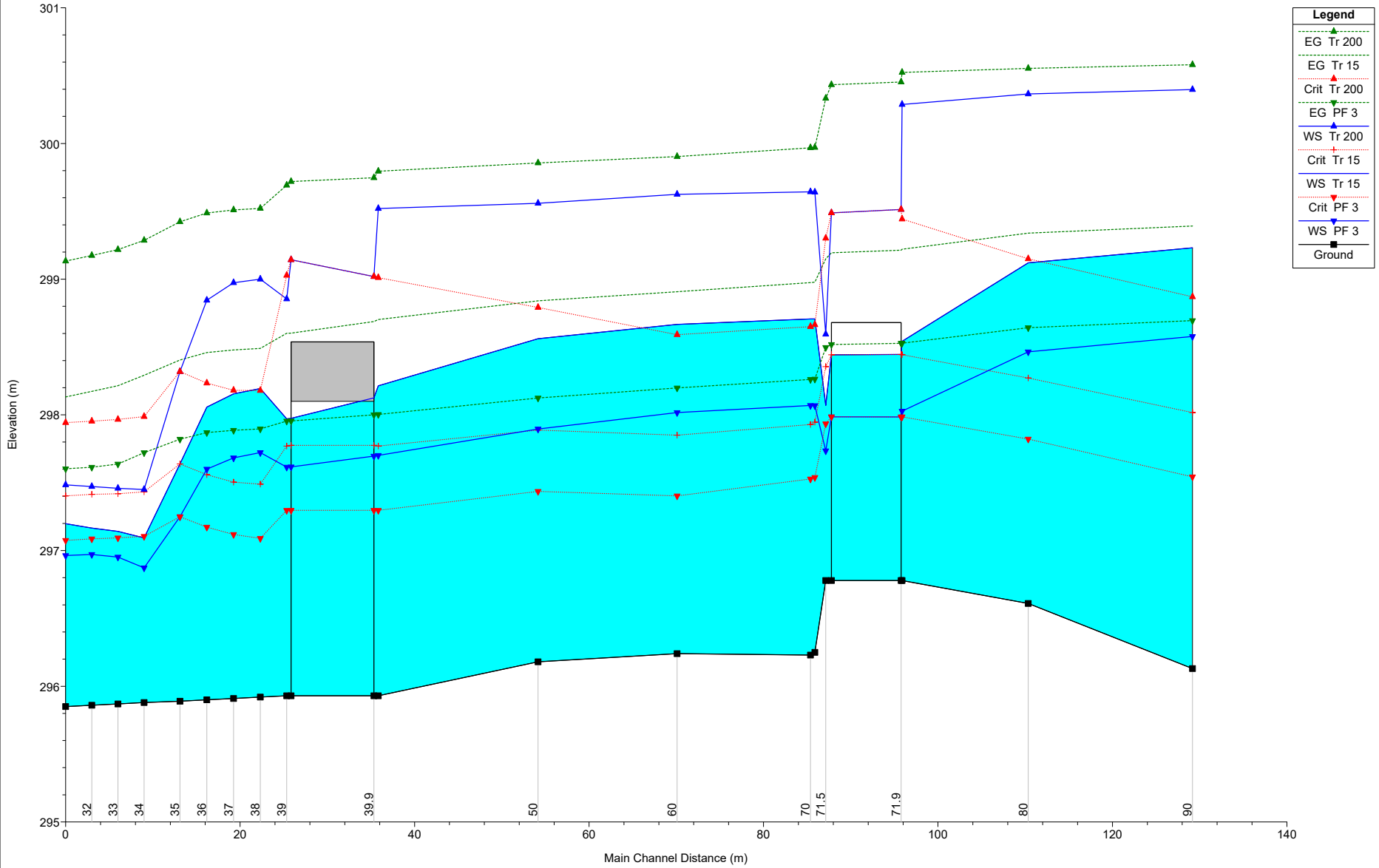
-Plan 01: Stato di fatto

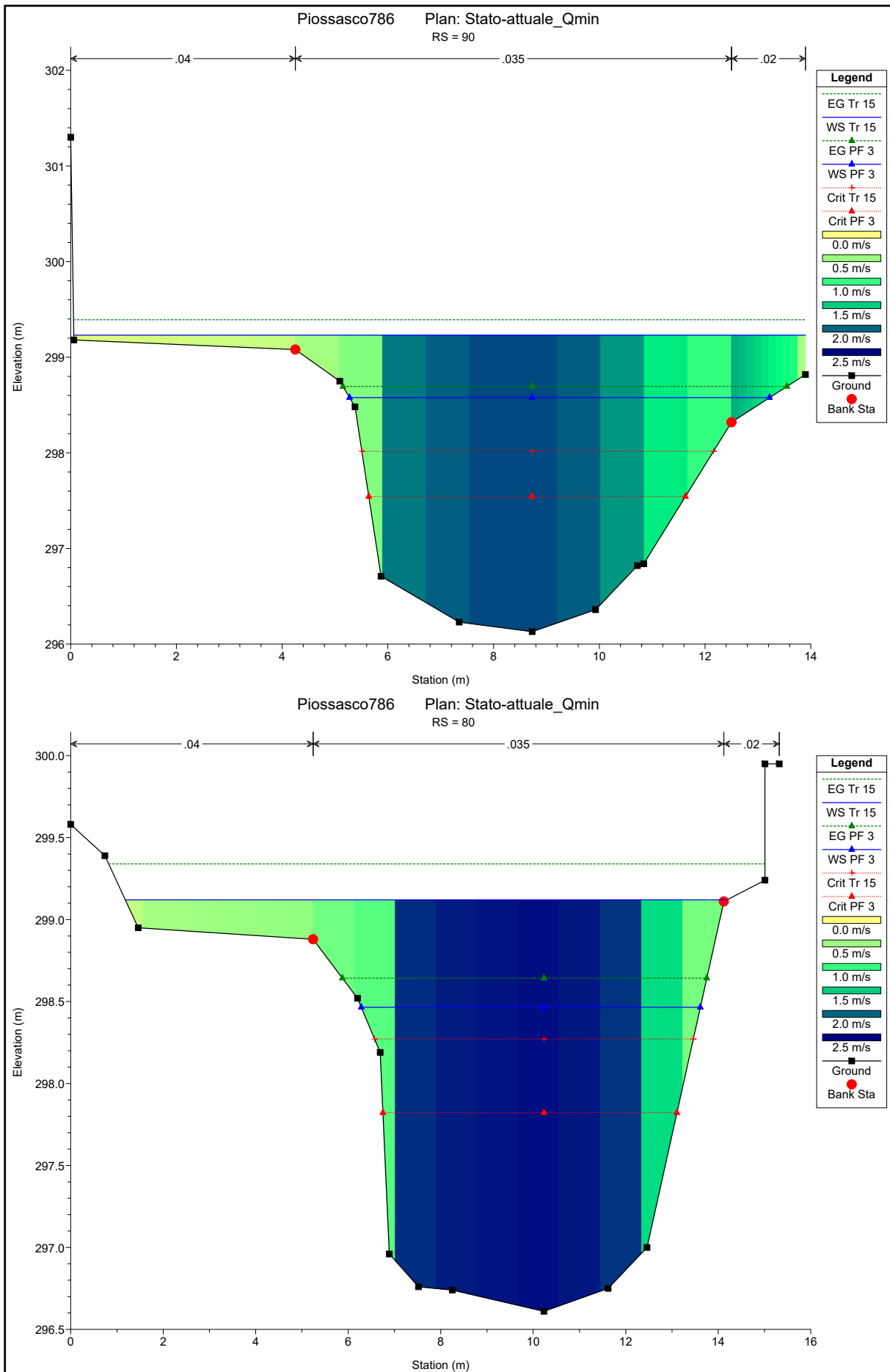


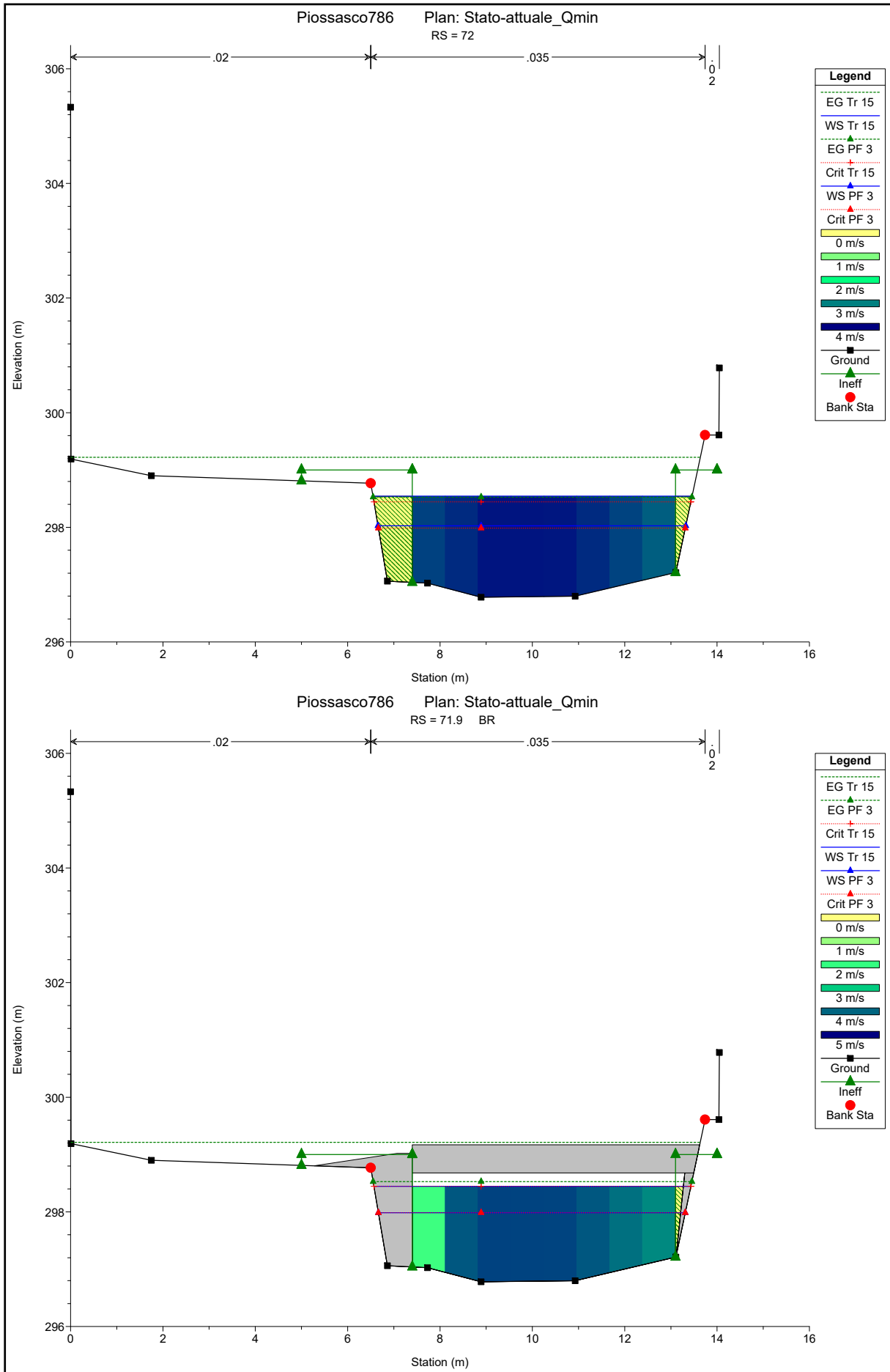
Gruppo **Ingegneria** Torino S.r.l.

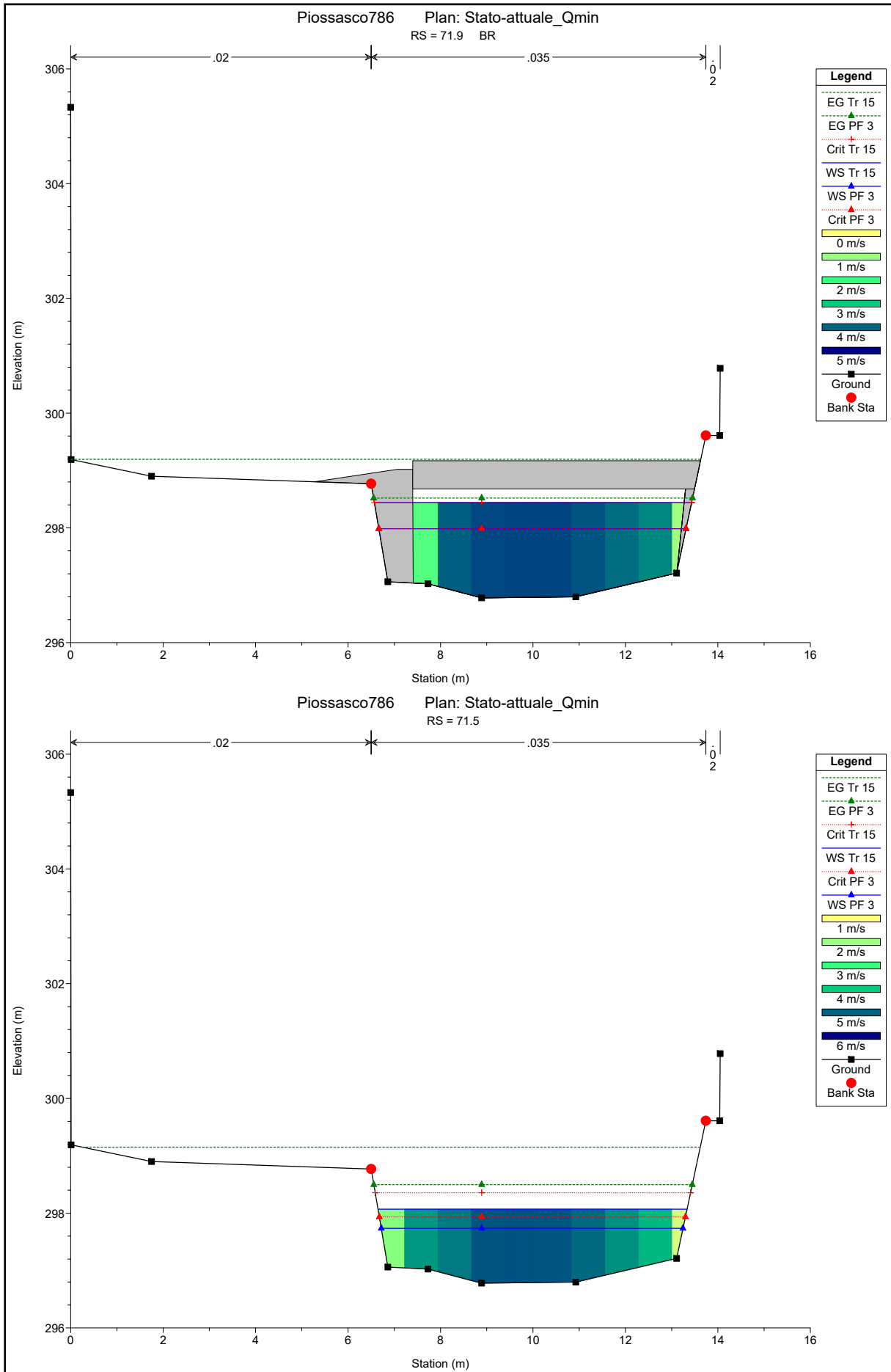
[www.gruppoing.to.it](http://www.gruppoing.to.it)

Piosasco786 Plan: Stato-attuale\_Qmin

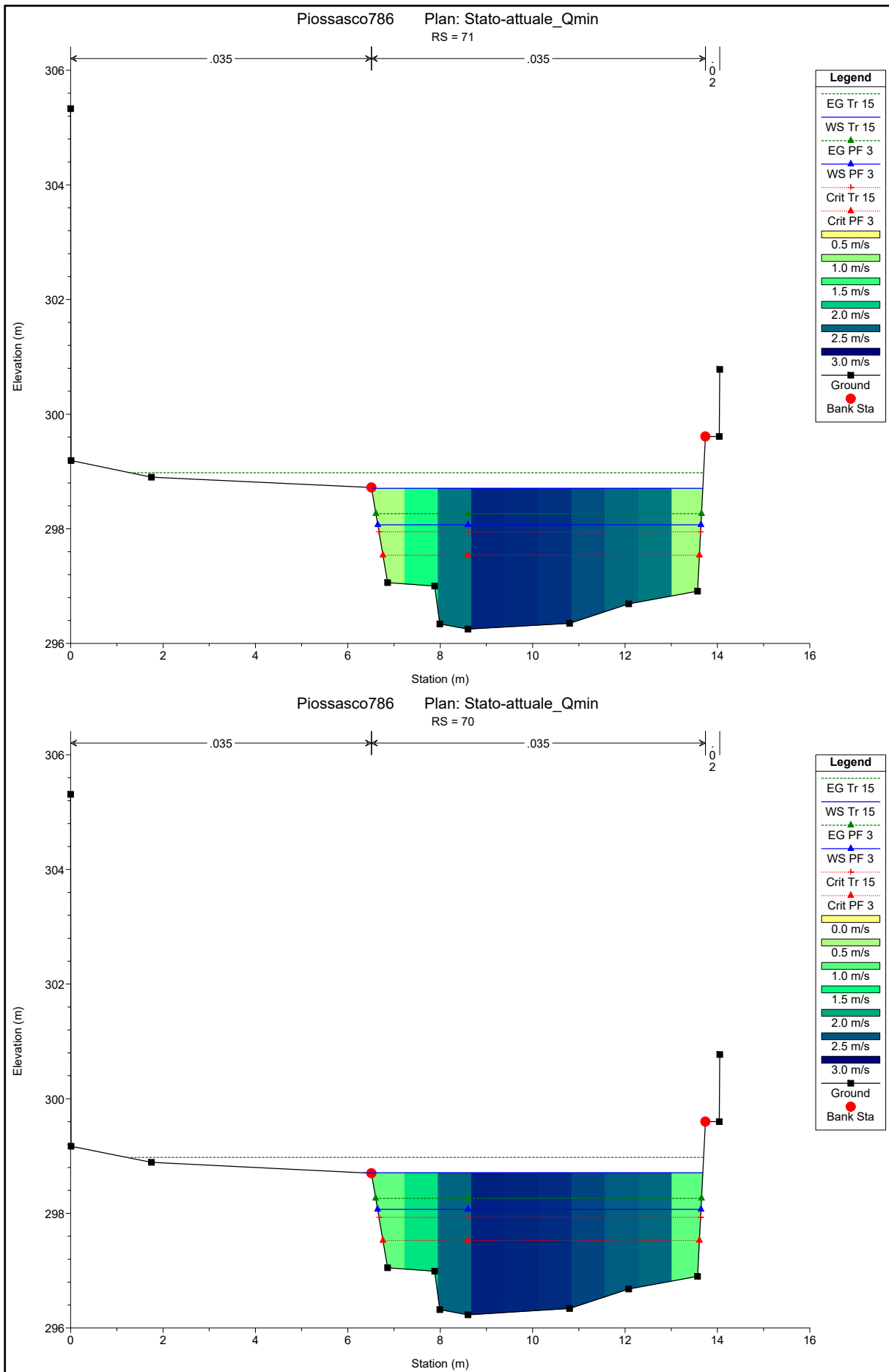


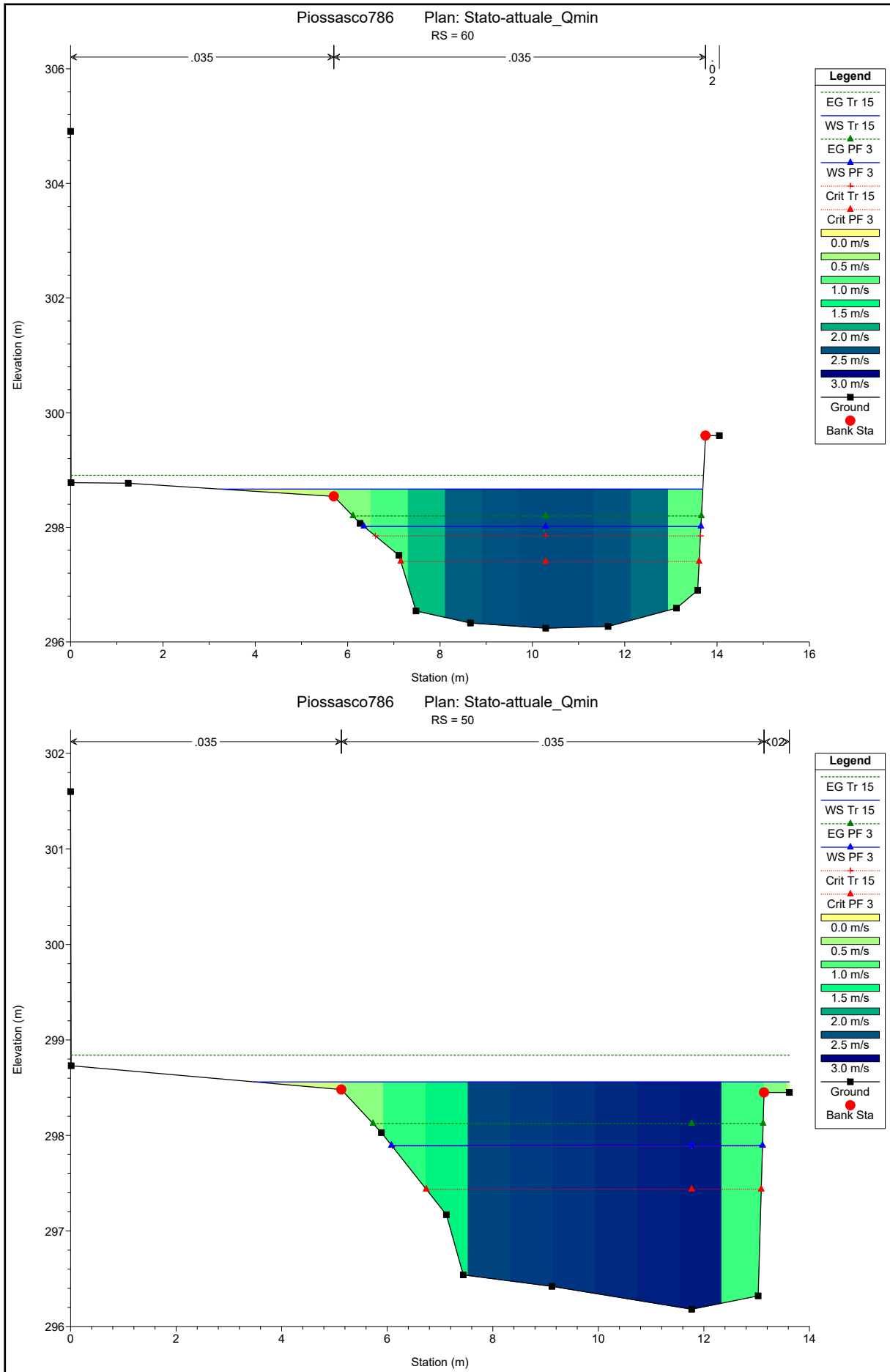


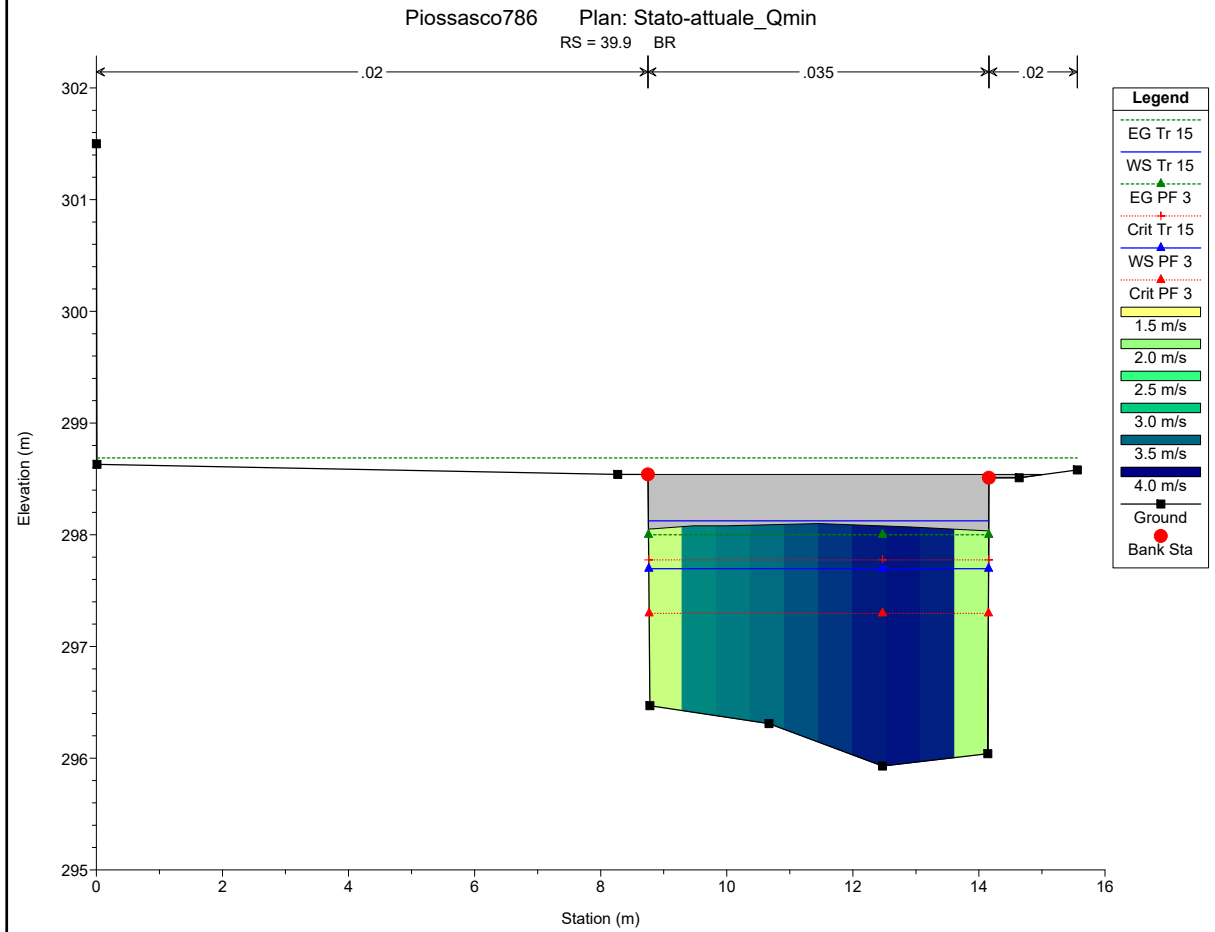
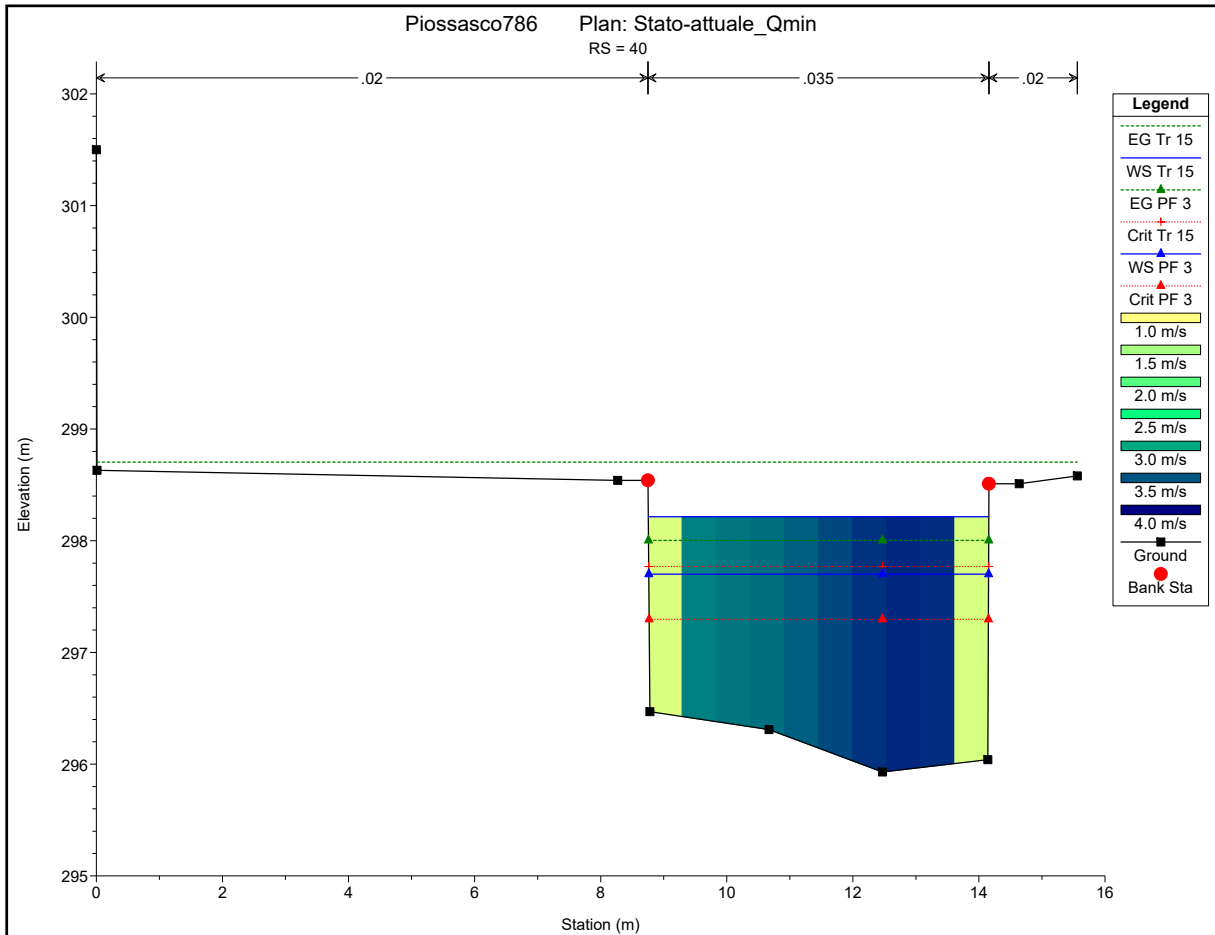


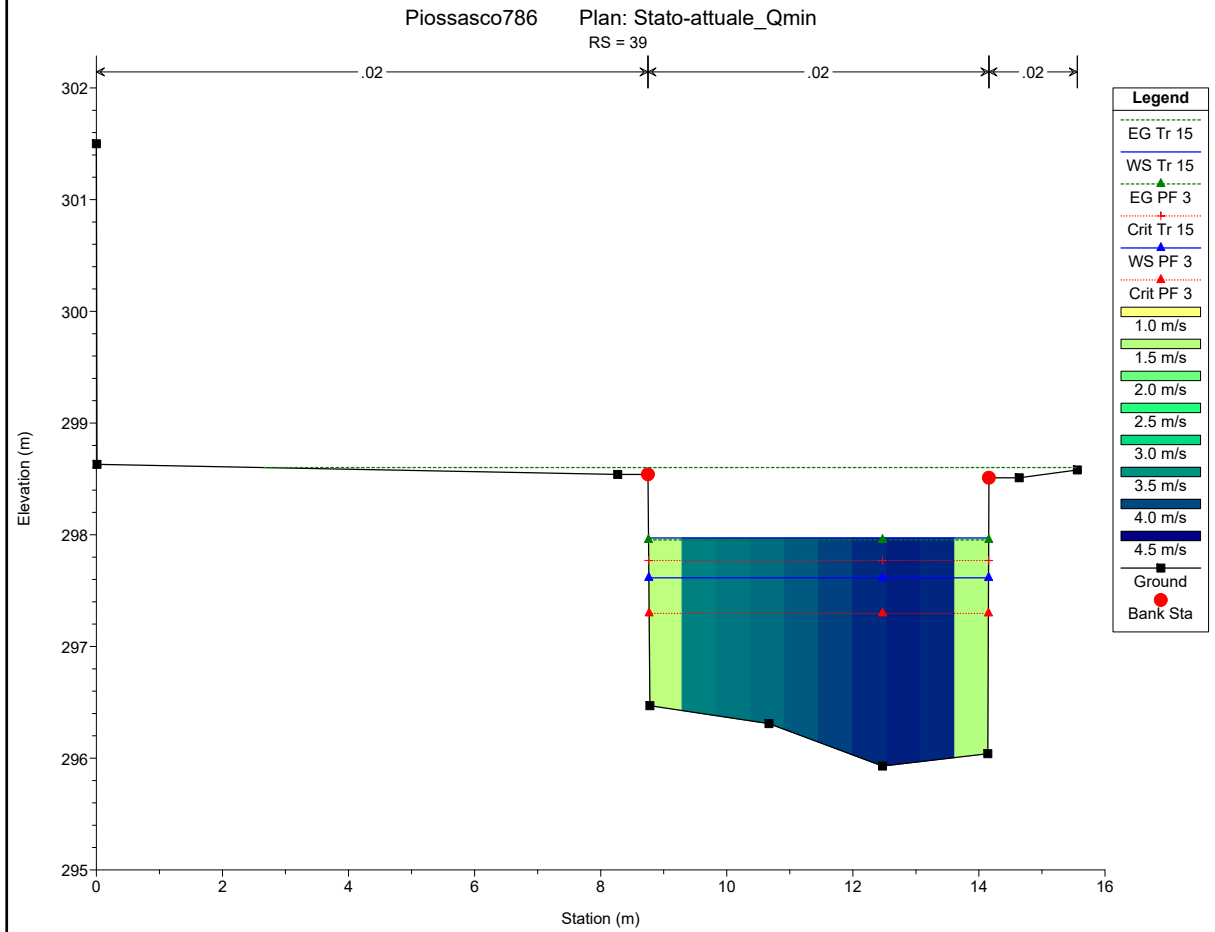
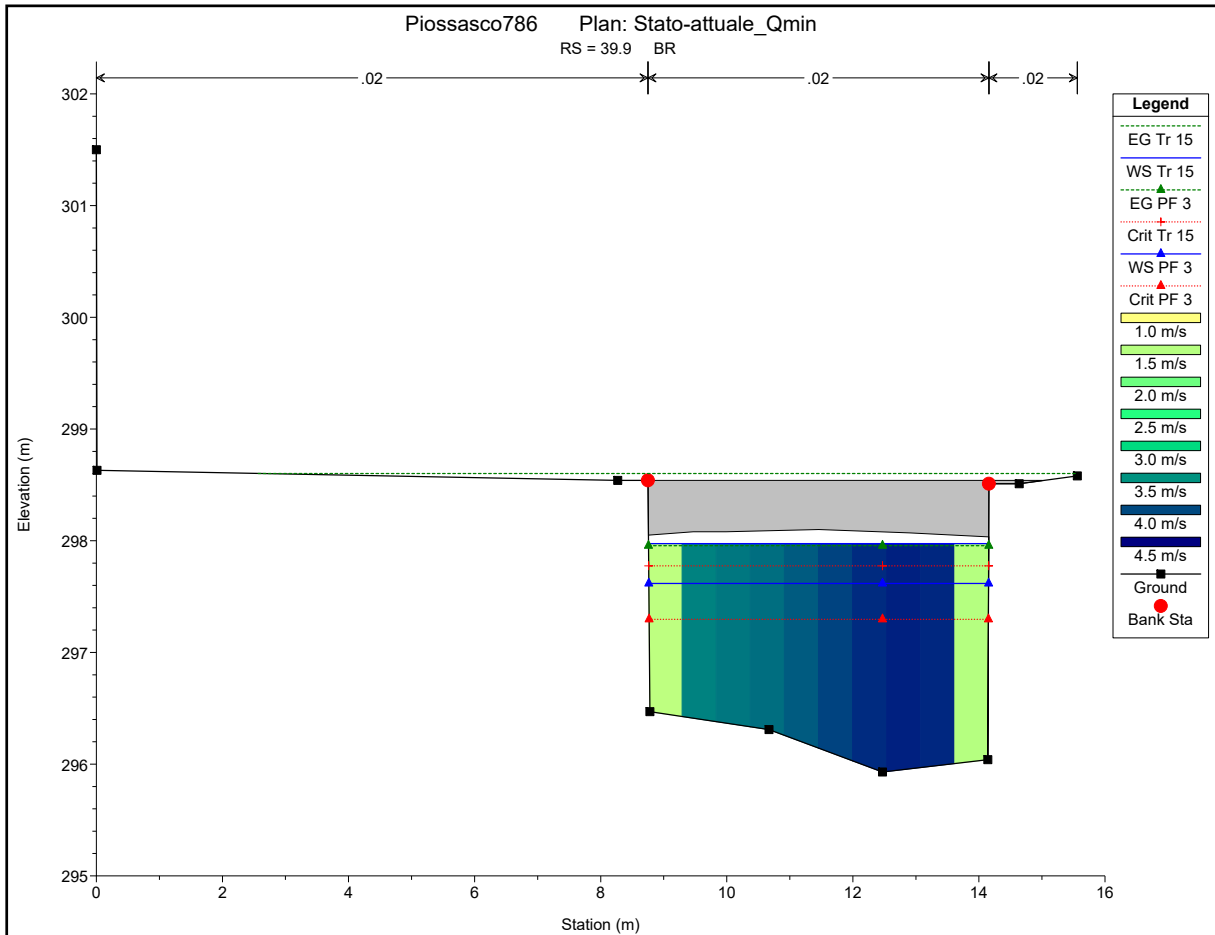


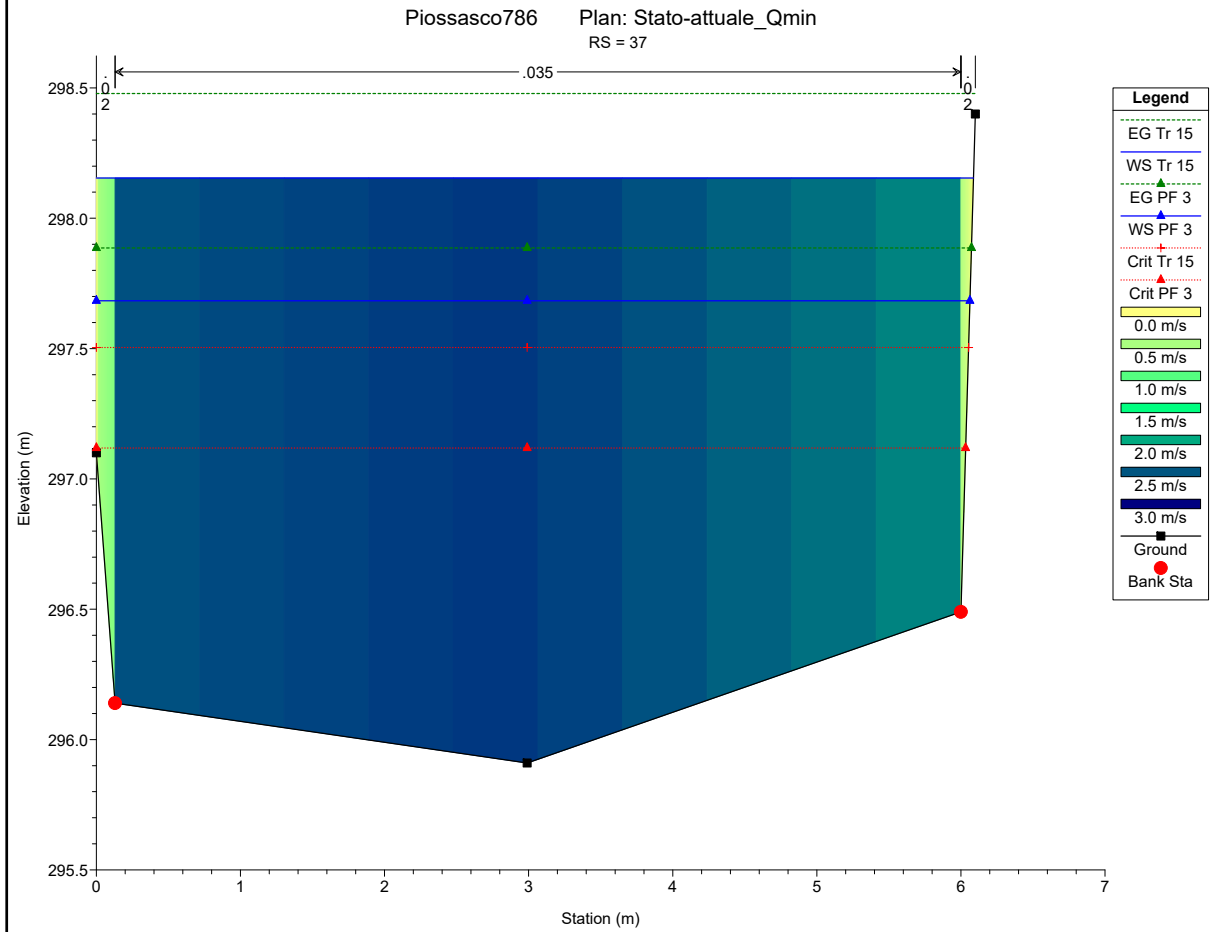
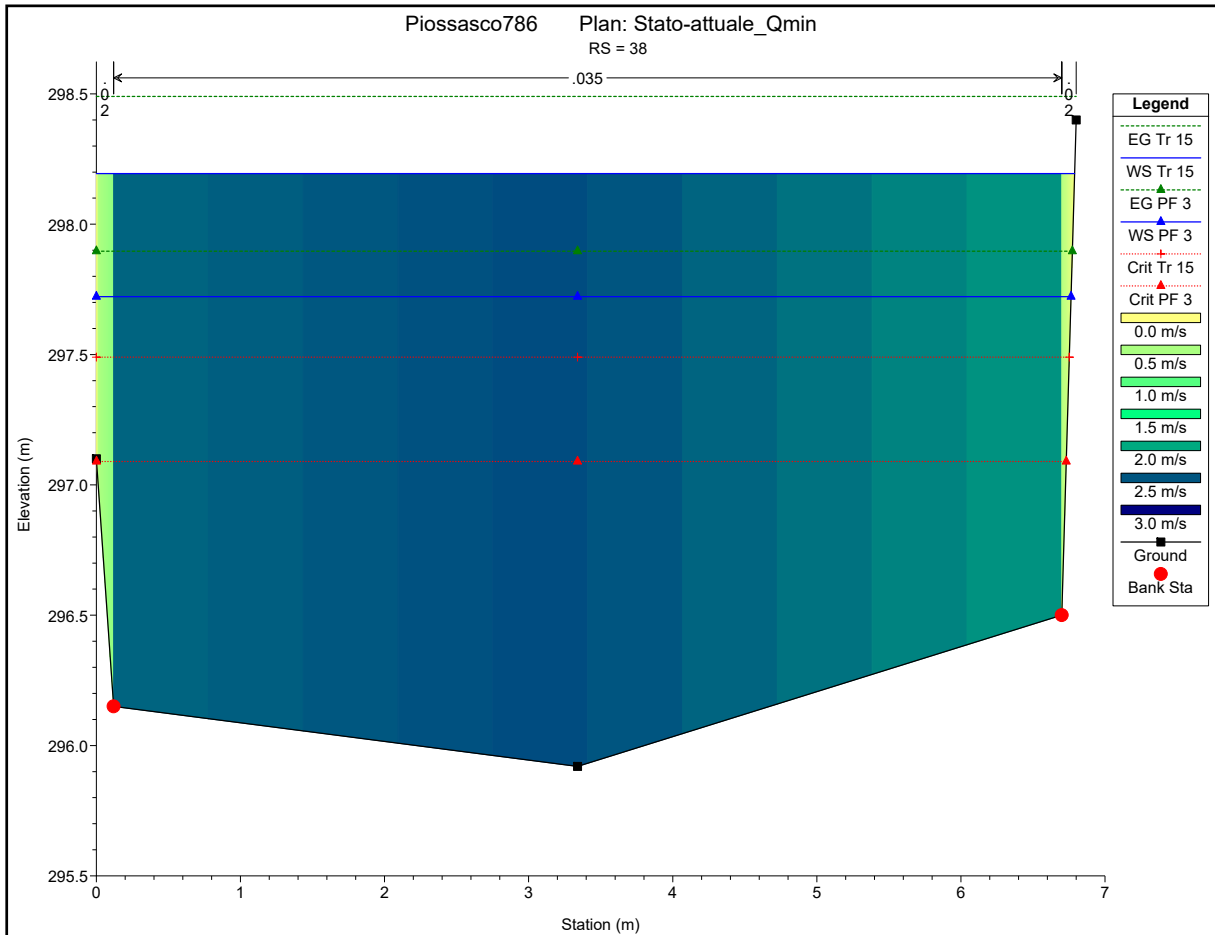


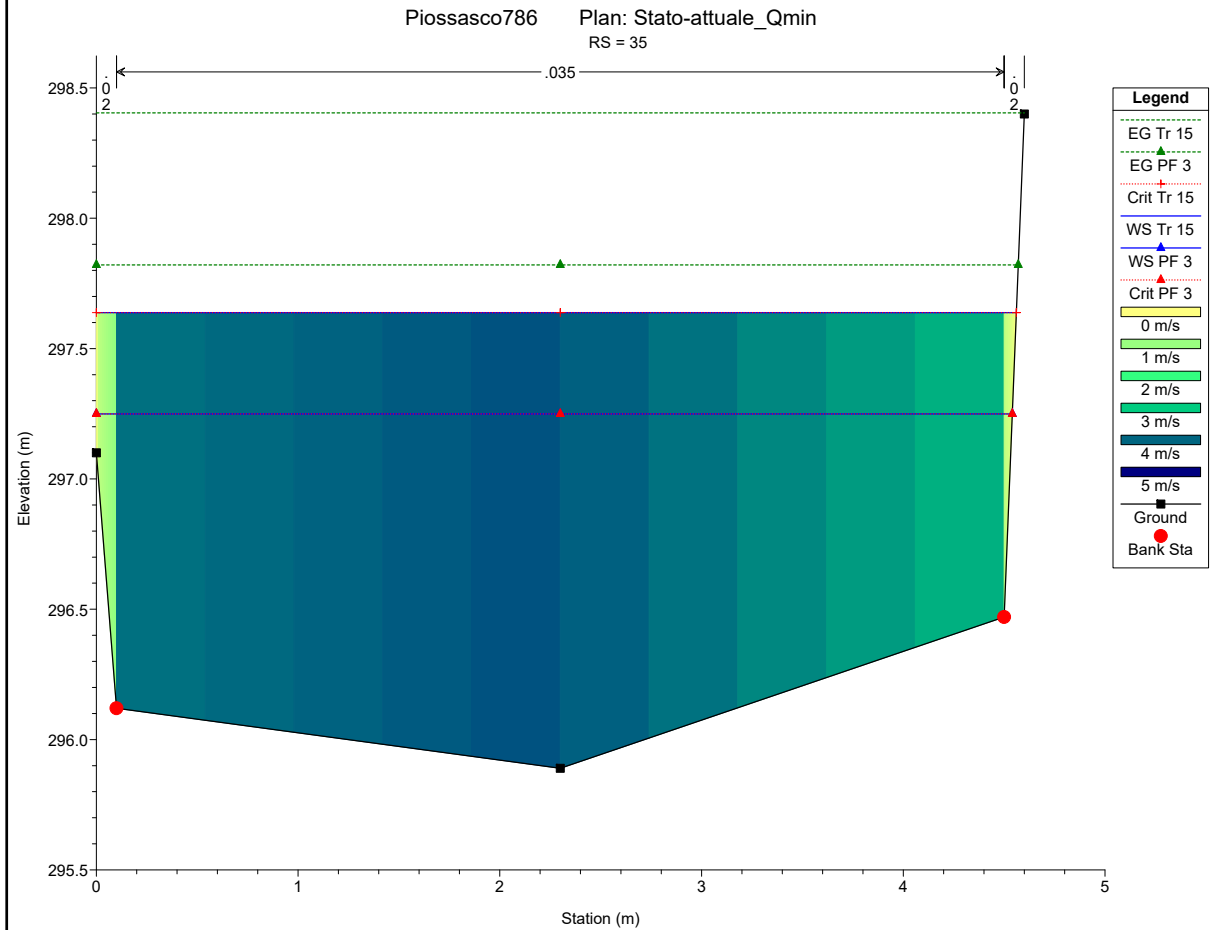
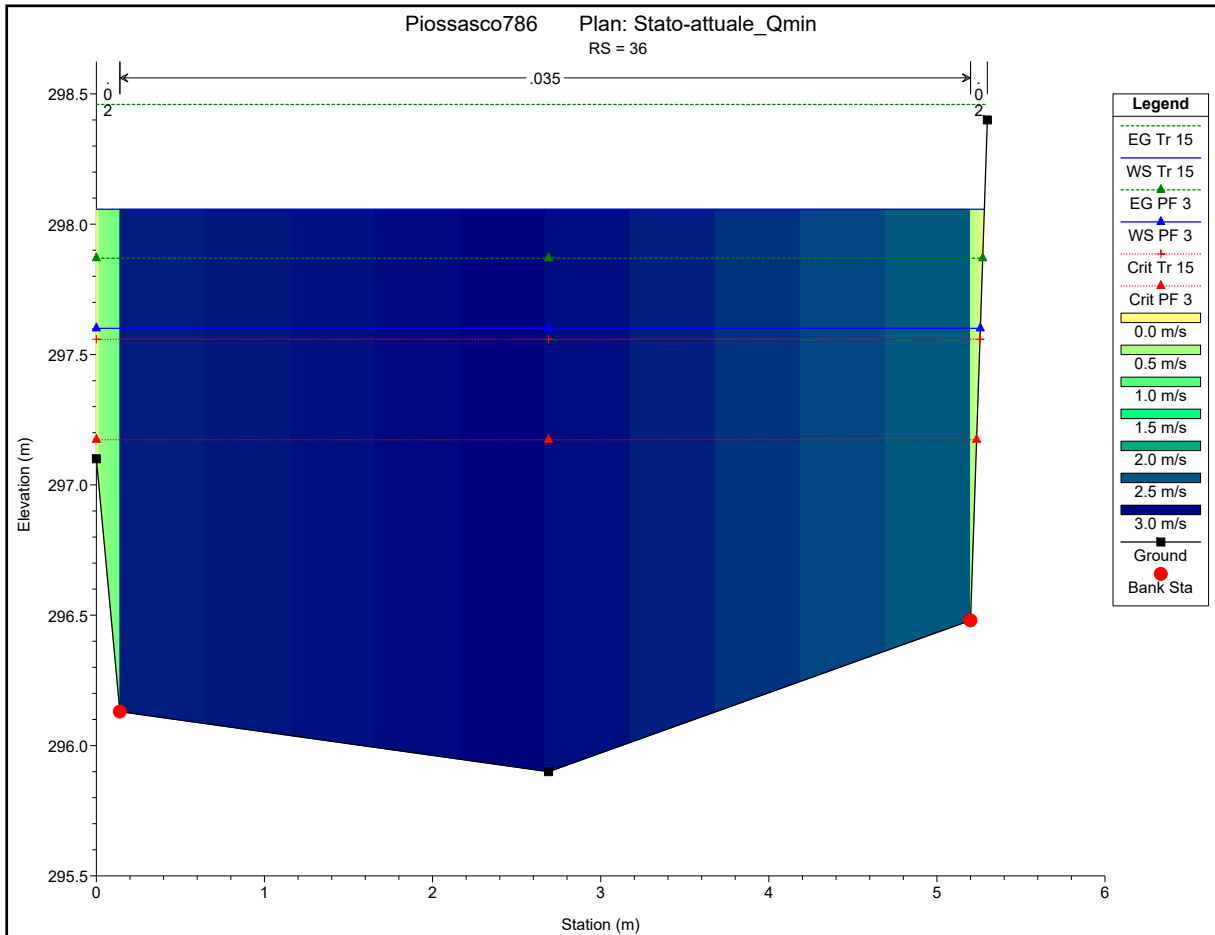


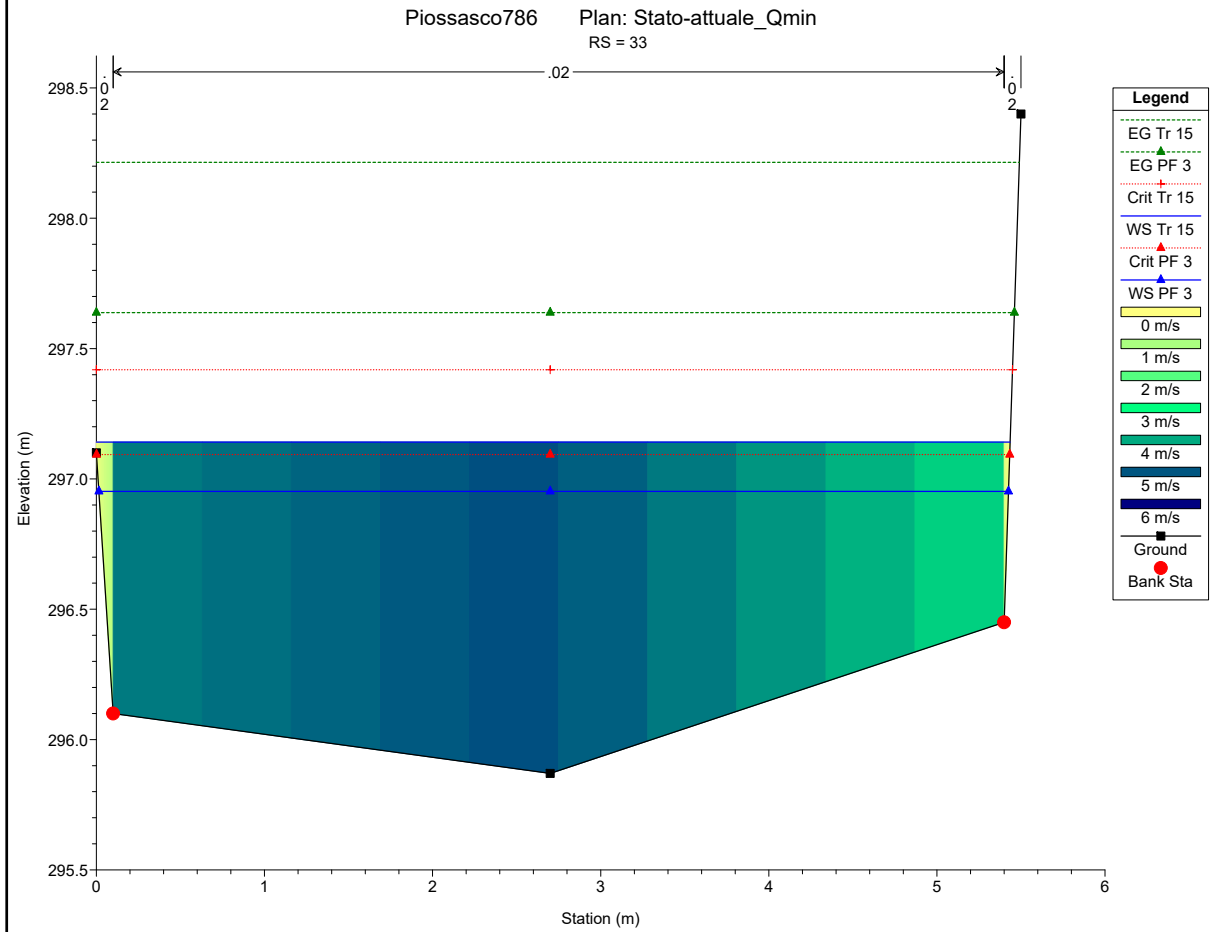
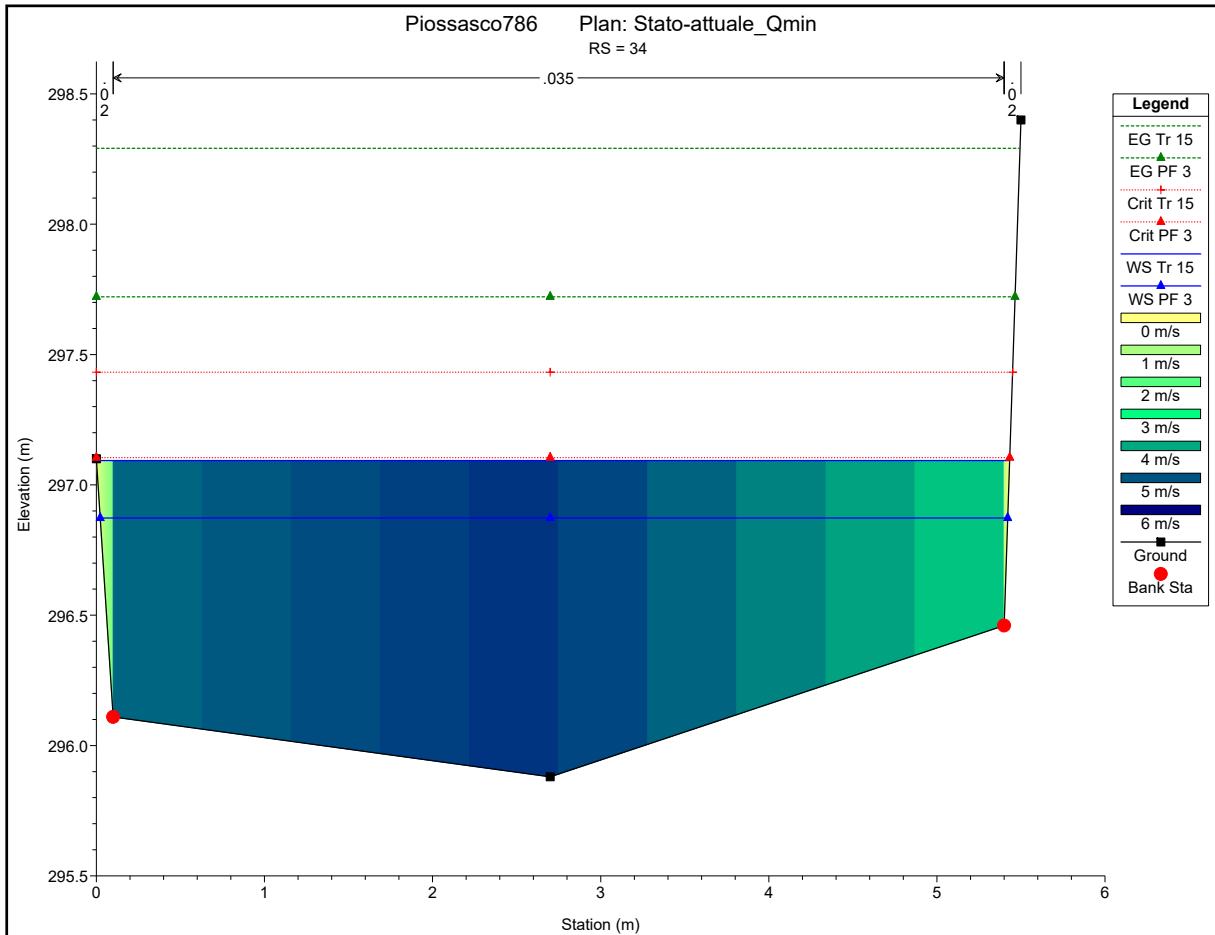


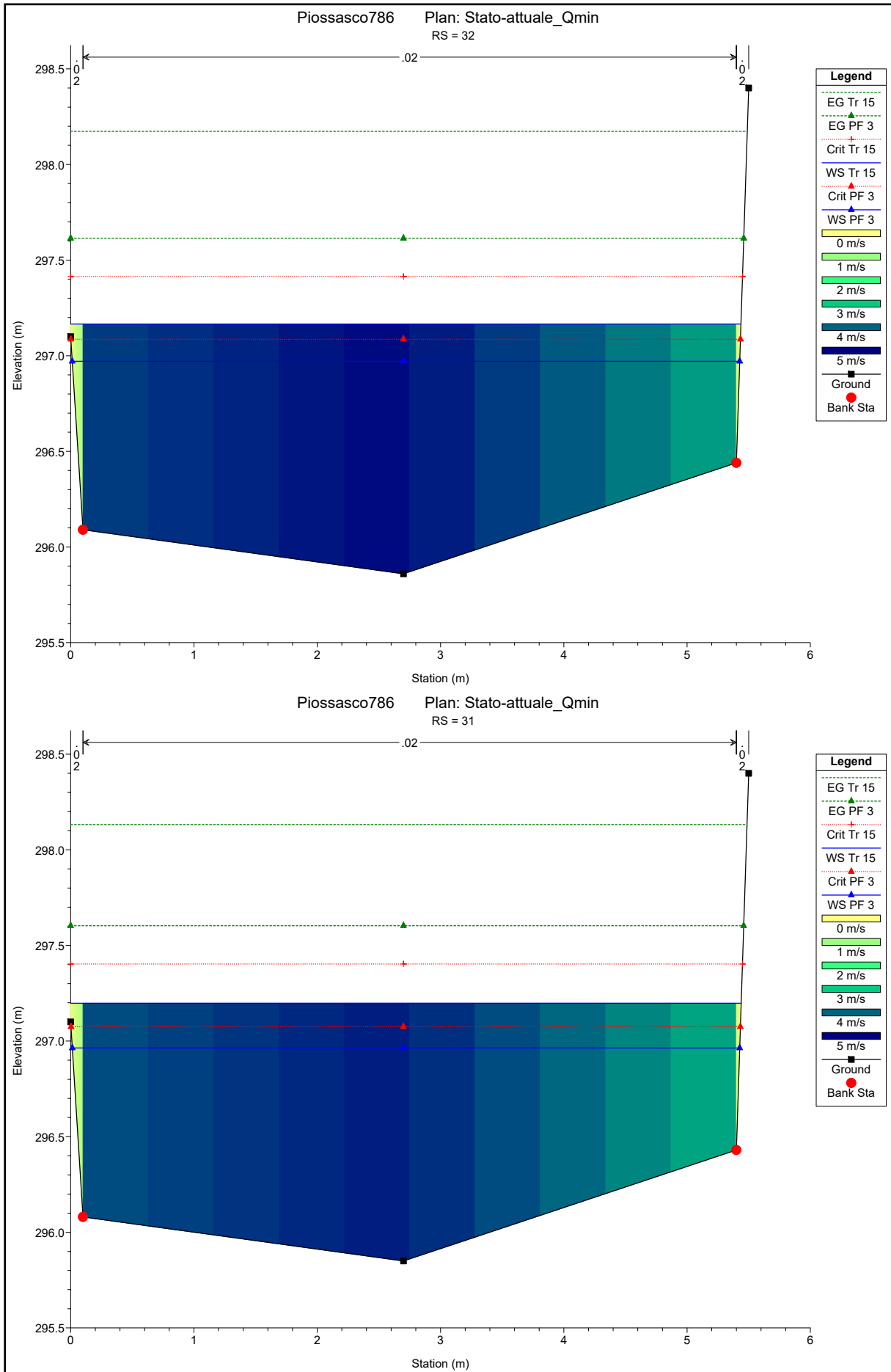














HEC-RAS Plan: att River: Rio Sangonetto Reach: 1

| Reach | River Sta | Profile    | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|-------|-----------|------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 1     | 90        | Tr 15      | 34.00             | 296.13           | 299.23           | 298.02           | 299.39           | 0.001893            | 1.79              | 19.59             | 13.84            | 0.38         |
| 1     | 90        | Qverifica  | 20.00             | 296.13           | 298.58           | 297.54           | 298.69           | 0.001803            | 1.52              | 13.24             | 7.95             | 0.36         |
| 1     | 80        | Tr 15      | 34.00             | 296.61           | 299.12           | 298.27           | 299.34           | 0.003267            | 2.08              | 16.94             | 13.01            | 0.49         |
| 1     | 80        | Qverifica  | 20.00             | 296.61           | 298.46           | 297.82           | 298.64           | 0.003525            | 1.87              | 10.70             | 7.33             | 0.49         |
| 1     | 72        | Tr 15      | 34.00             | 296.78           | 298.54           | 298.44           | 299.22           | 0.008616            | 3.65              | 9.31              | 6.91             | 0.91         |
| 1     | 72        | Qverifica  | 20.00             | 296.78           | 298.03           | 297.99           | 298.53           | 0.010531            | 3.14              | 6.38              | 6.67             | 0.95         |
| 1     | 71.9      | Bridge     |                   |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 71.5      | Tr 15      | 34.00             | 296.78           | 298.07           | 298.36           | 299.15           | 0.030028            | 4.60              | 7.38              | 6.69             | 1.40         |
| 1     | 71.5      | Qverifica  | 20.00             | 296.78           | 297.74           | 297.93           | 298.50           | 0.030290            | 3.87              | 5.17              | 6.53             | 1.39         |
| 1     | 71        | Tr 15      | 34.00             | 296.25           | 298.71           | 297.95           | 298.98           | 0.004331            | 2.31              | 14.73             | 7.17             | 0.51         |
| 1     | 71        | Qverifica  | 20.00             | 296.25           | 298.07           | 297.54           | 298.26           | 0.004291            | 1.96              | 10.21             | 7.00             | 0.52         |
| 1     | 70        | Tr 15      | 34.00             | 296.23           | 298.71           | 297.93           | 298.98           | 0.004253            | 2.29              | 14.82             | 7.35             | 0.51         |
| 1     | 70        | Qverifica  | 20.00             | 296.23           | 298.07           | 297.53           | 298.26           | 0.004184            | 1.94              | 10.30             | 7.00             | 0.51         |
| 1     | 60        | Tr 15      | 34.00             | 296.24           | 298.67           | 297.85           | 298.91           | 0.003546            | 2.17              | 15.77             | 10.45            | 0.50         |
| 1     | 60        | Qverifica  | 20.00             | 296.24           | 298.02           | 297.40           | 298.20           | 0.003674            | 1.89              | 10.60             | 7.30             | 0.50         |
| 1     | 50        | Tr 15      | 34.00             | 296.18           | 298.56           | 297.89           | 298.84           | 0.004566            | 2.34              | 14.61             | 10.15            | 0.56         |
| 1     | 50        | Qverifica  | 20.00             | 296.18           | 297.90           | 297.44           | 298.12           | 0.005255            | 2.11              | 9.46              | 7.03             | 0.58         |
| 1     | 40        | Tr 15      | 34.00             | 295.93           | 298.21           | 297.77           | 298.70           | 0.009446            | 3.10              | 10.98             | 5.40             | 0.69         |
| 1     | 40        | Qverifica  | 20.00             | 295.93           | 297.70           | 297.30           | 298.00           | 0.007376            | 2.44              | 8.21              | 5.39             | 0.63         |
| 1     | 39.9      | Bridge     |                   |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 39        | Tr 15      | 34.00             | 295.93           | 297.97           | 297.77           | 298.60           | 0.004393            | 3.52              | 9.67              | 5.40             | 0.84         |
| 1     | 39        | Qverifica  | 20.00             | 295.93           | 297.61           | 297.30           | 297.95           | 0.002844            | 2.58              | 7.75              | 5.39             | 0.69         |
| 1     | 38.5      | Lat Struct |                   |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 38        | Tr 15      | 32.99             | 295.92           | 298.19           | 297.49           | 298.49           | 0.002735            | 2.41              | 13.89             | 6.79             | 0.54         |
| 1     | 38        | Qverifica  | 19.57             | 295.92           | 297.72           | 297.09           | 297.90           | 0.002285            | 1.86              | 10.68             | 6.76             | 0.47         |
| 1     | 37        | Tr 15      | 30.39             | 295.91           | 298.15           | 297.50           | 298.48           | 0.003067            | 2.53              | 12.25             | 6.09             | 0.56         |
| 1     | 37        | Qverifica  | 18.49             | 295.91           | 297.68           | 297.12           | 297.89           | 0.002727            | 2.00              | 9.38              | 6.06             | 0.51         |
| 1     | 36        | Tr 15      | 28.05             | 295.90           | 298.06           | 297.56           | 298.46           | 0.004056            | 2.82              | 10.16             | 5.28             | 0.64         |
| 1     | 36        | Qverifica  | 17.57             | 295.90           | 297.60           | 297.17           | 297.87           | 0.003868            | 2.30              | 7.75              | 5.26             | 0.60         |
| 1     | 35        | Tr 15      | 26.53             | 295.89           | 297.64           | 297.64           | 298.40           | 0.010623            | 3.89              | 6.94              | 4.56             | 1.00         |
| 1     | 35        | Qverifica  | 17.13             | 295.89           | 297.25           | 297.25           | 297.82           | 0.011650            | 3.35              | 5.17              | 4.54             | 1.00         |
| 1     | 34        | Tr 15      | 26.03             | 295.88           | 297.09           | 297.43           | 298.29           | 0.029040            | 4.85              | 5.41              | 5.43             | 1.54         |
| 1     | 34        | Qverifica  | 17.10             | 295.88           | 296.87           | 297.10           | 297.72           | 0.028550            | 4.08              | 4.21              | 5.40             | 1.47         |
| 1     | 33        | Tr 15      | 26.02             | 295.87           | 297.14           | 297.42           | 298.21           | 0.007876            | 4.59              | 5.72              | 5.44             | 1.42         |
| 1     | 33        | Qverifica  | 17.10             | 295.87           | 296.95           | 297.09           | 297.64           | 0.006524            | 3.67              | 4.70              | 5.41             | 1.25         |
| 1     | 32        | Tr 15      | 26.02             | 295.86           | 297.17           | 297.41           | 298.17           | 0.007089            | 4.45              | 5.91              | 5.44             | 1.35         |
| 1     | 32        | Qverifica  | 17.10             | 295.86           | 296.97           | 297.09           | 297.61           | 0.005860            | 3.55              | 4.85              | 5.41             | 1.19         |
| 1     | 31        | Tr 15      | 26.02             | 295.85           | 297.20           | 297.40           | 298.13           | 0.006255            | 4.29              | 6.14              | 5.44             | 1.28         |
| 1     | 31        | Qverifica  | 17.10             | 295.85           | 296.96           | 297.07           | 297.60           | 0.005804            | 3.54              | 4.87              | 5.41             | 1.19         |



COMUNE DI PIOVASCO (TO) – Regione Piemonte

*Lavori di consolidamento spondale mediante la realizzazione di una scogliera lungo il Rio Sangonetto nel territorio comunale di Piovascico*

**PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO**

Elab. 03 – Relazione idrologica - idraulica

Novembre 2017

786-E-G01-03-RIE-0

---

**ALLEGATO 3**

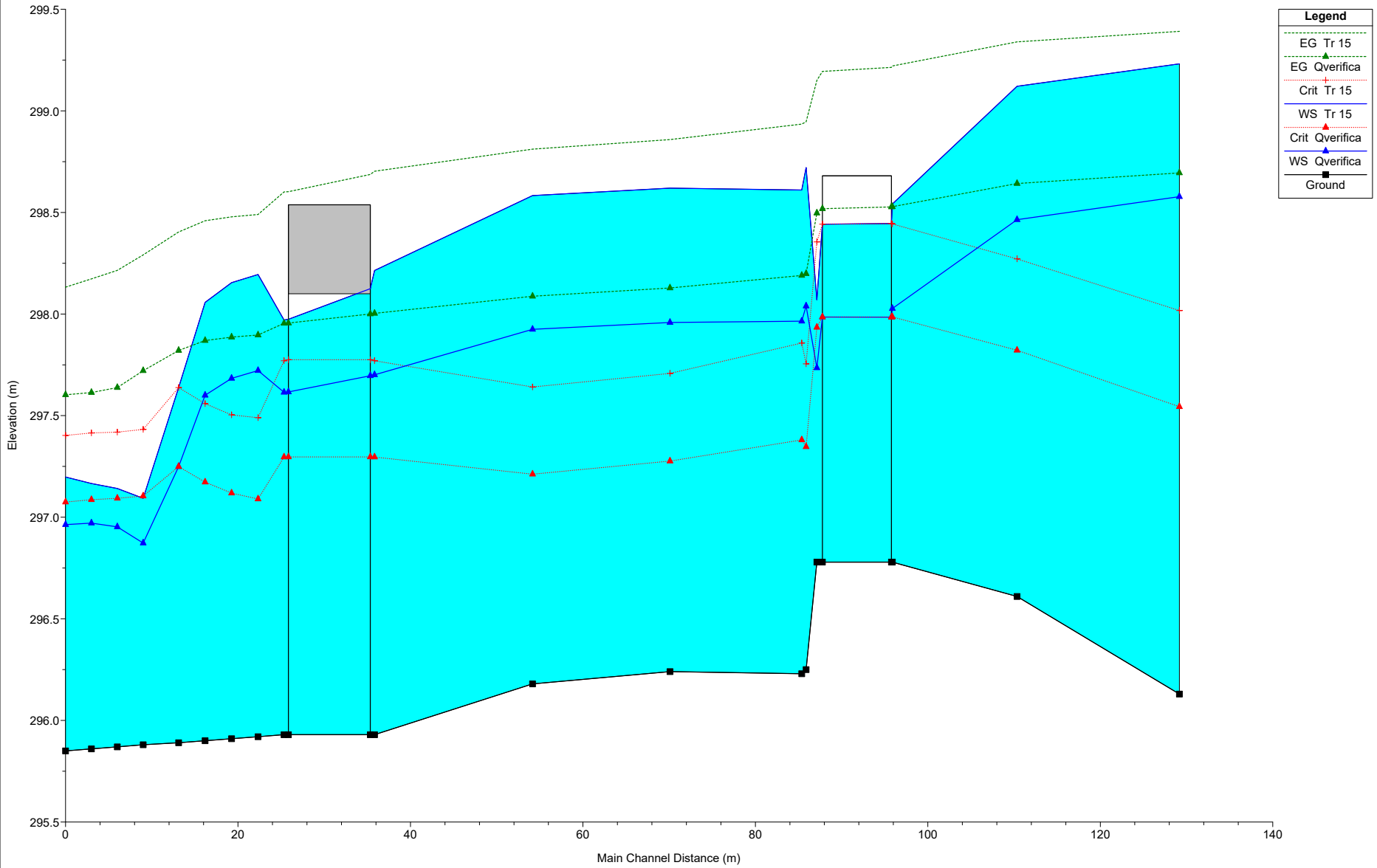
– **Plan 02: Condizione di progetto**

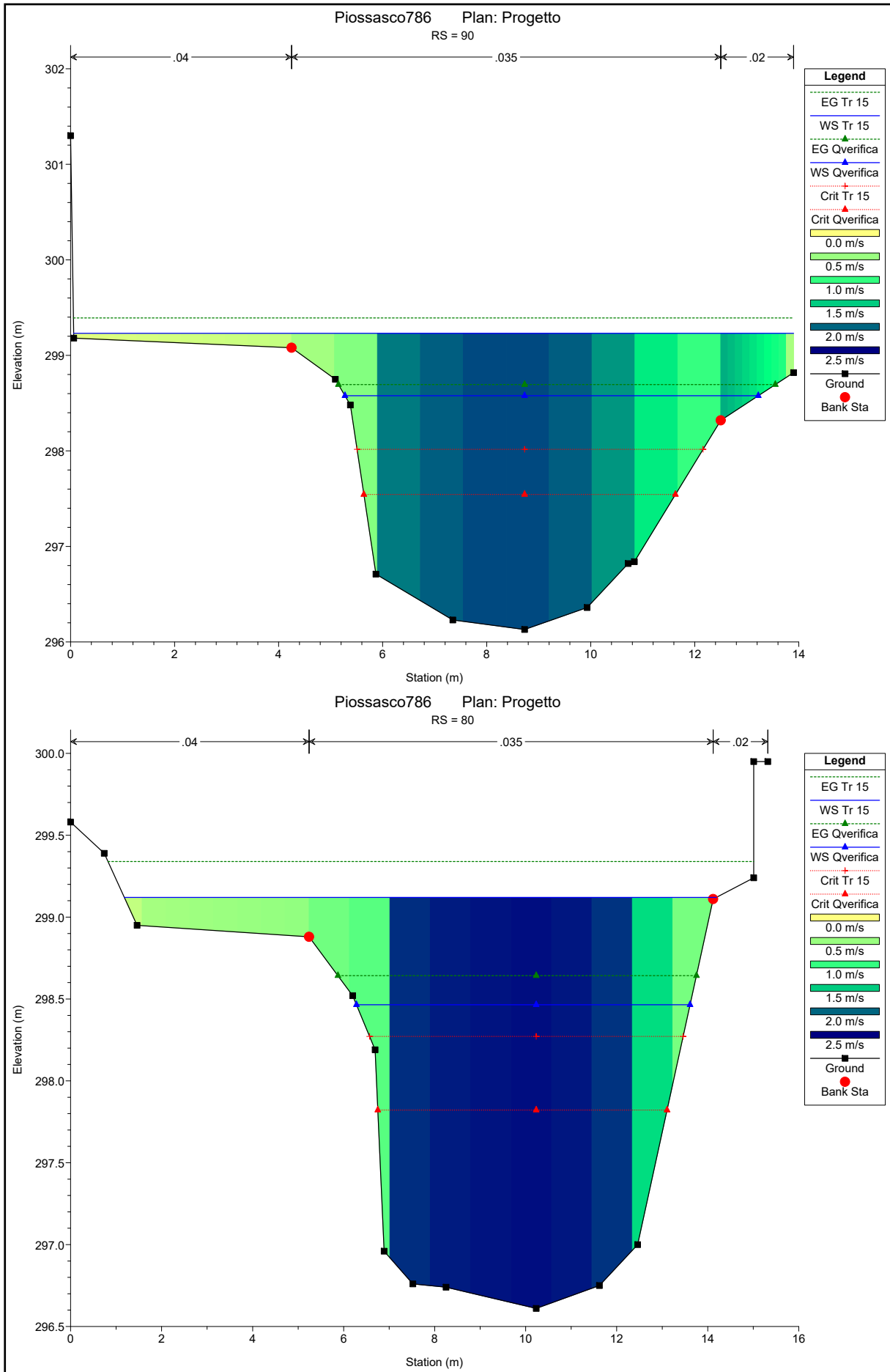


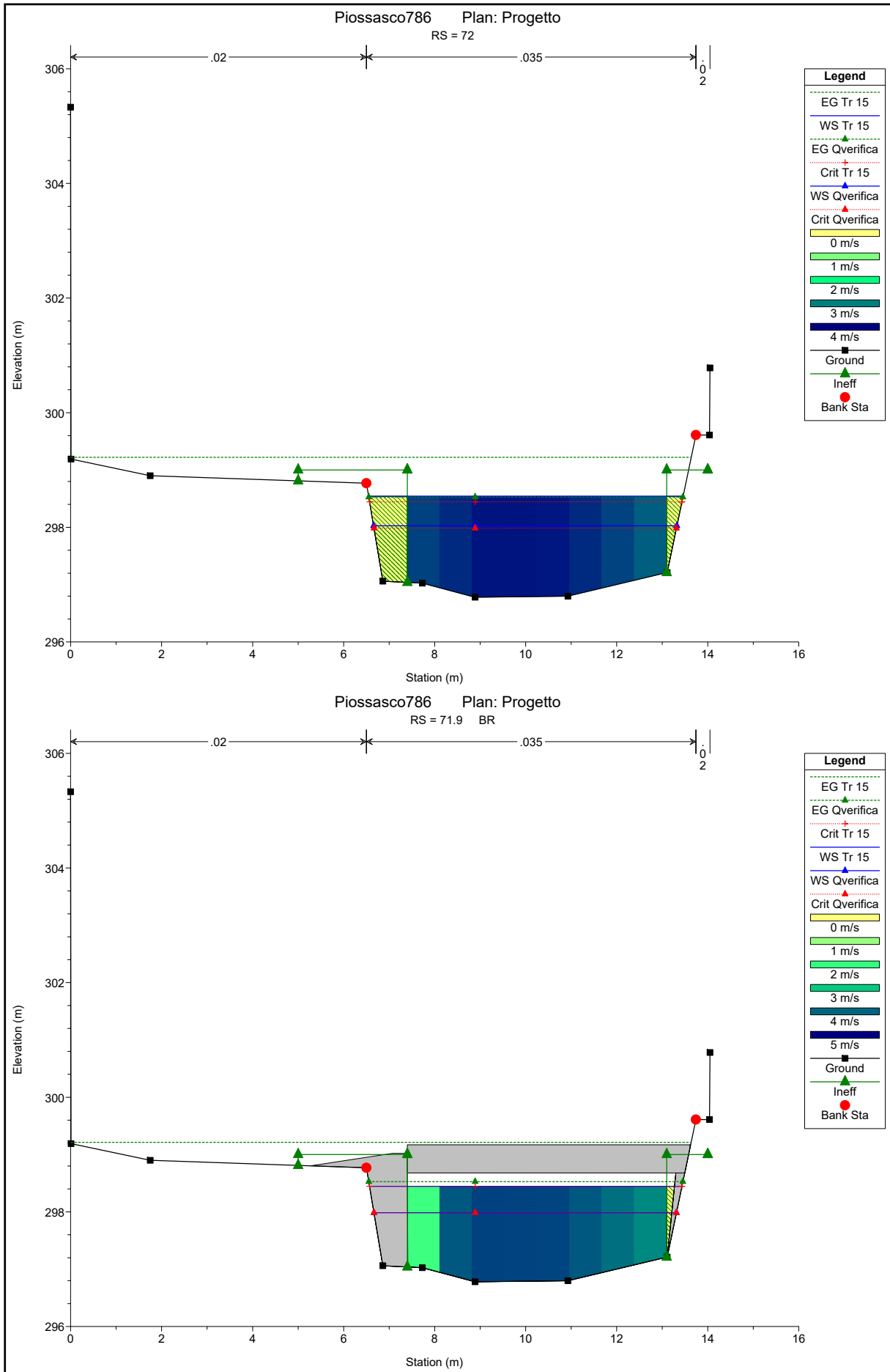
Gruppo **Ingegneria** Torino S.r.l.

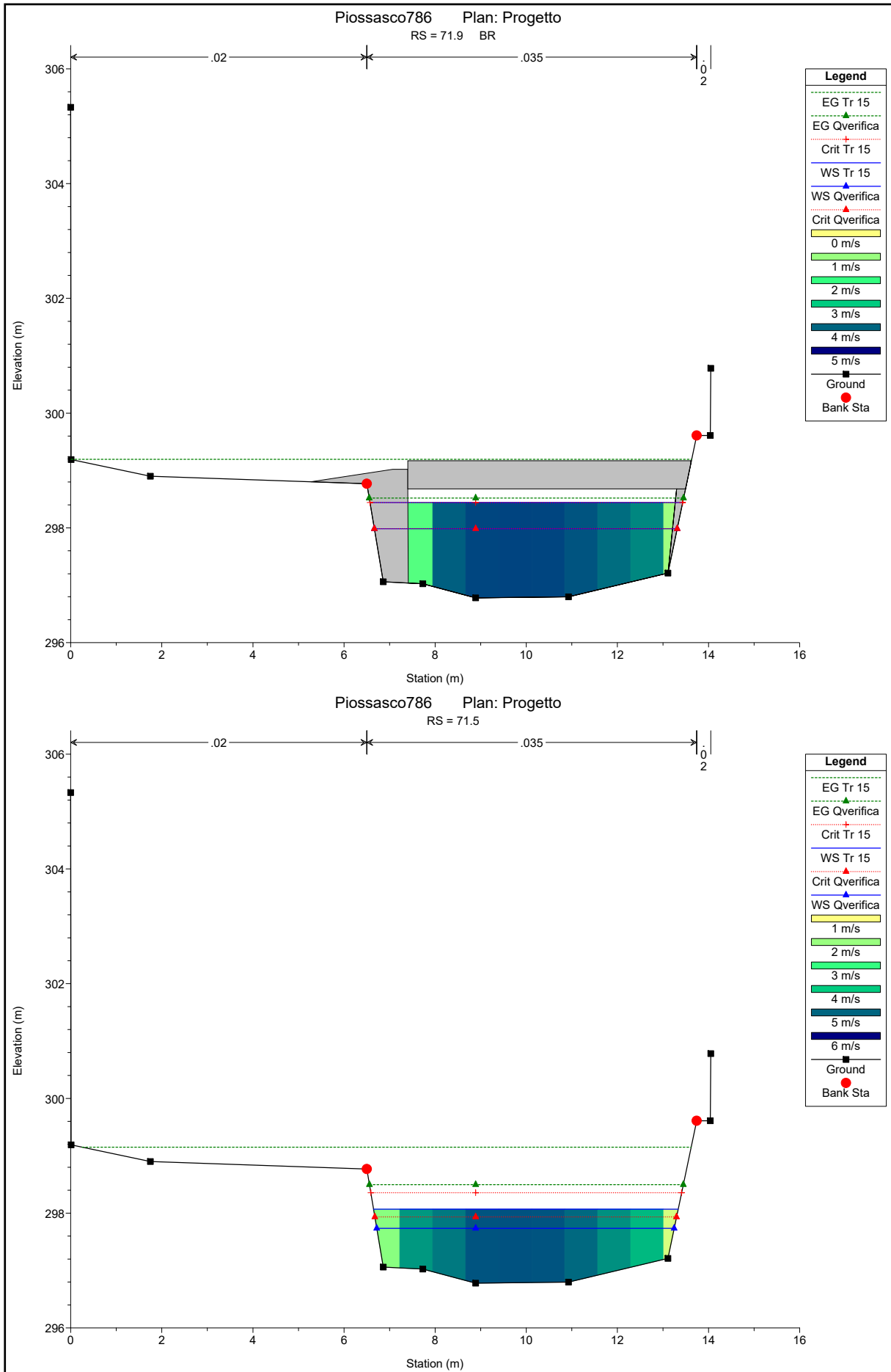
[www.gruppoing.to.it](http://www.gruppoing.to.it)

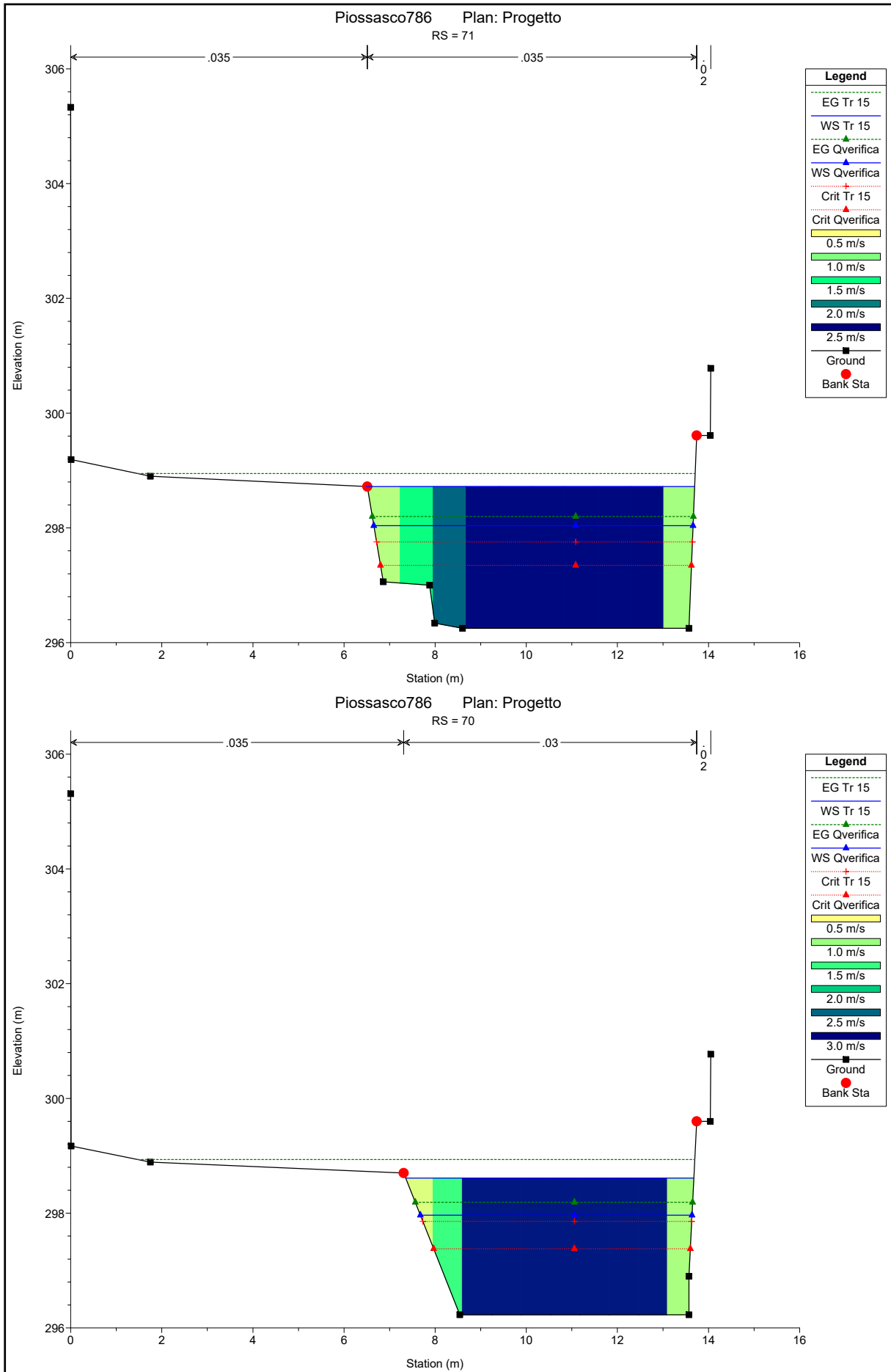
Piosasco786 Plan: Progetto

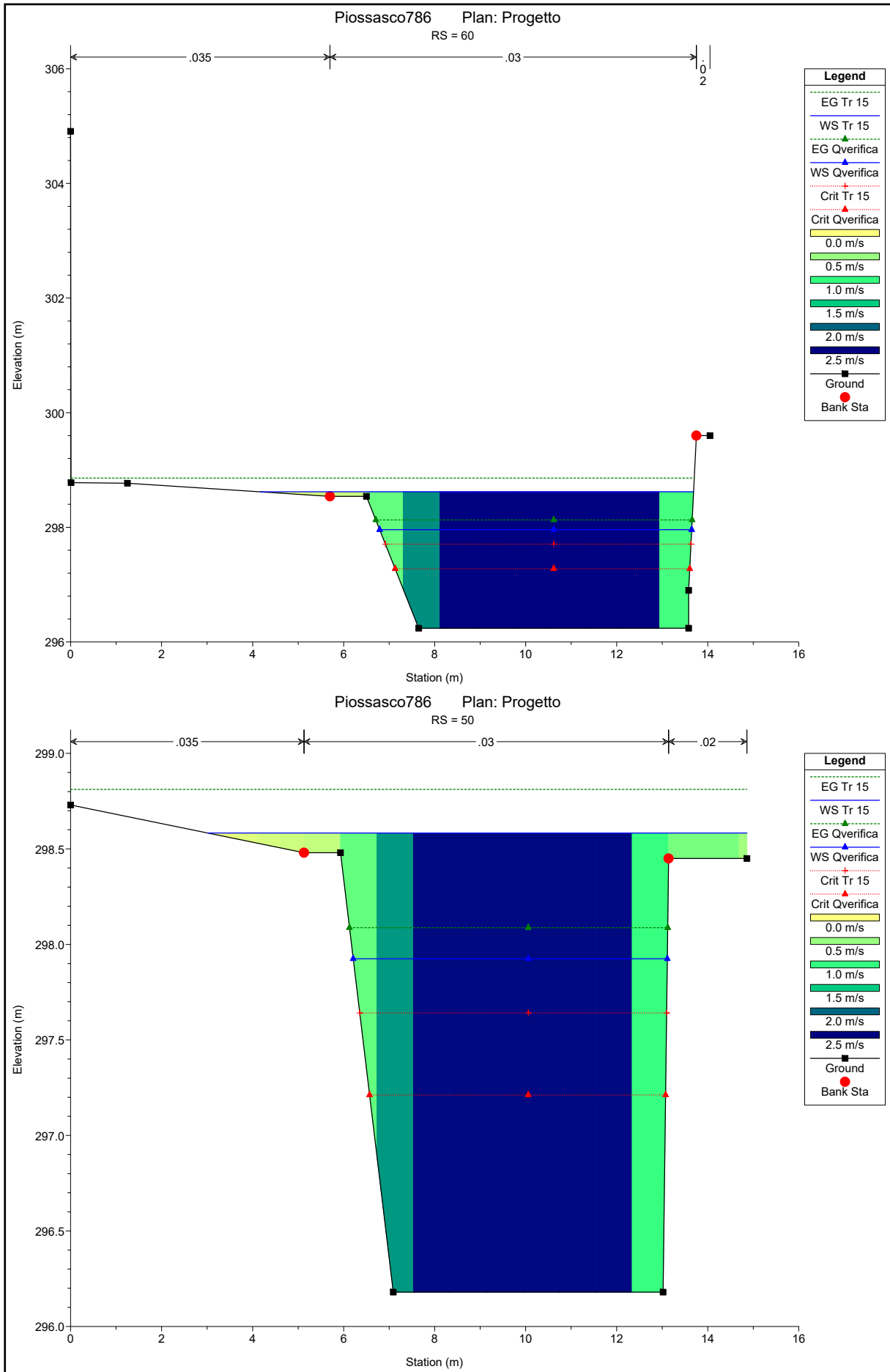




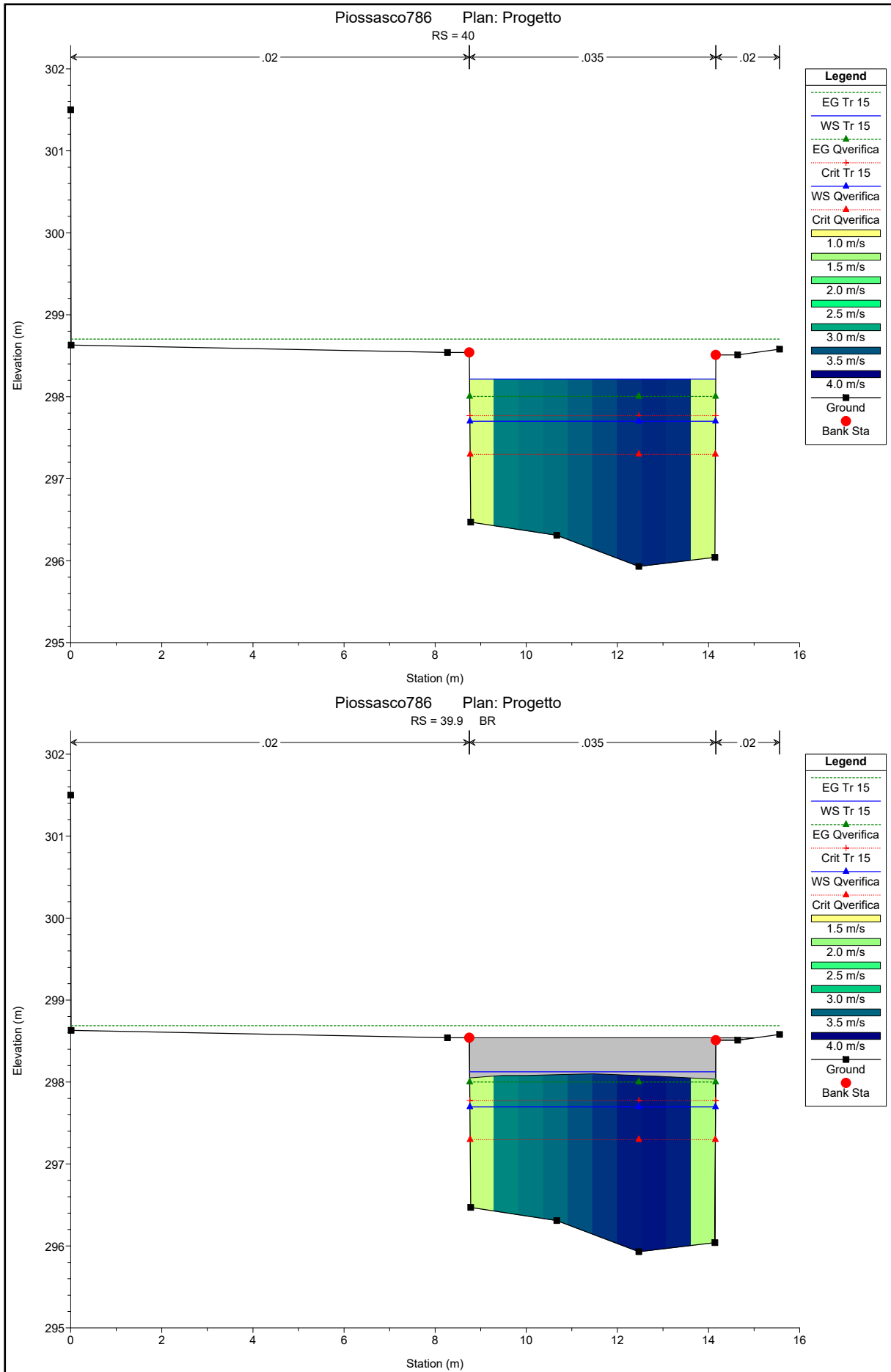


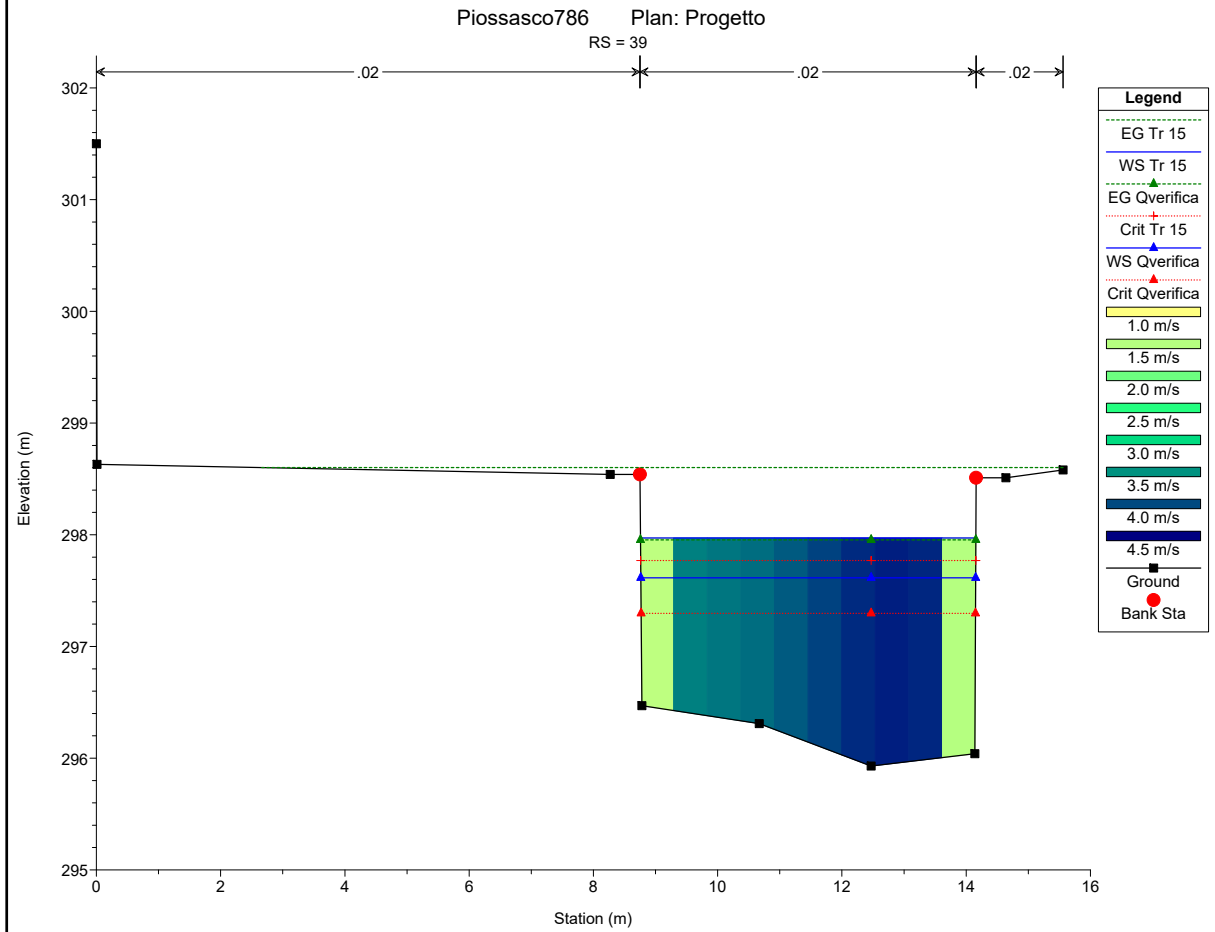
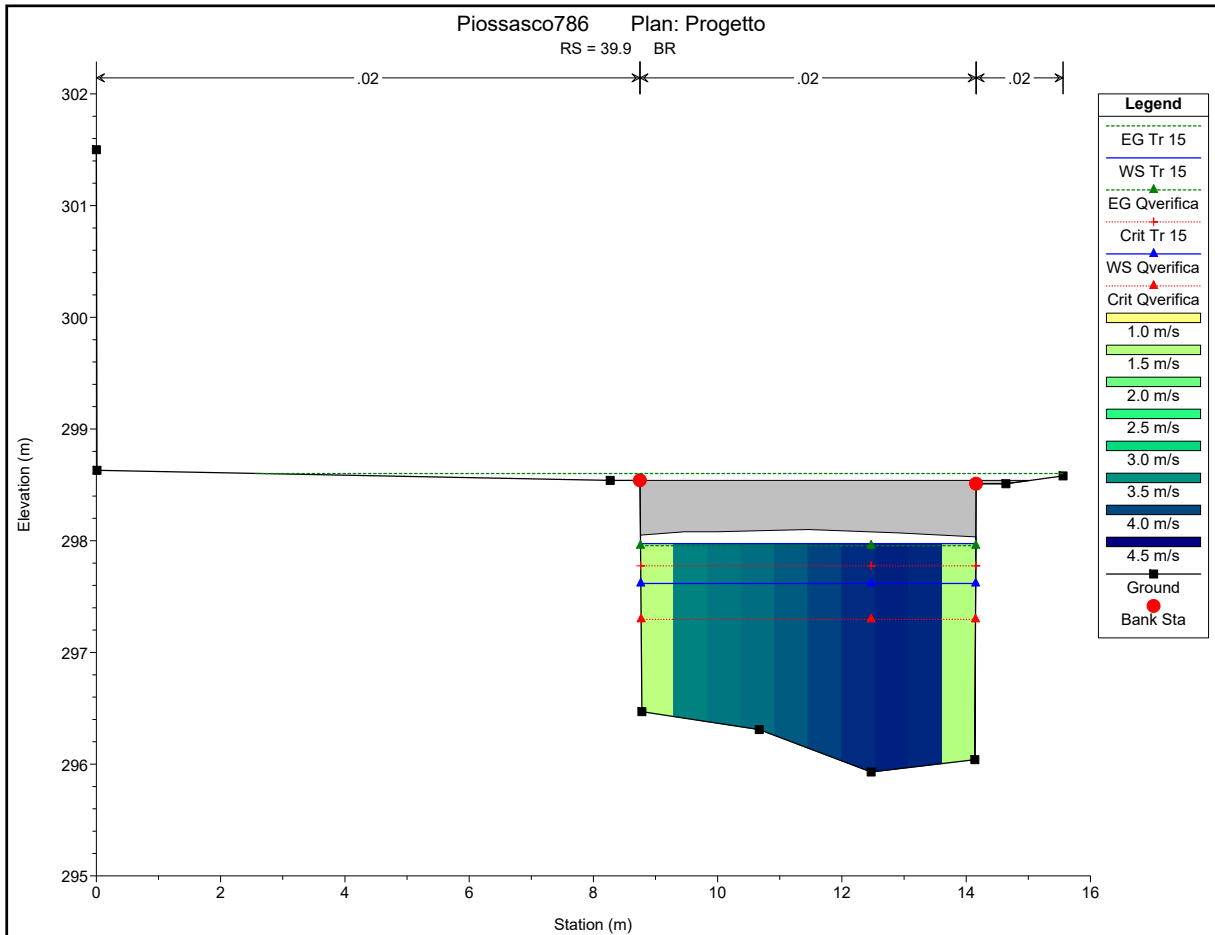


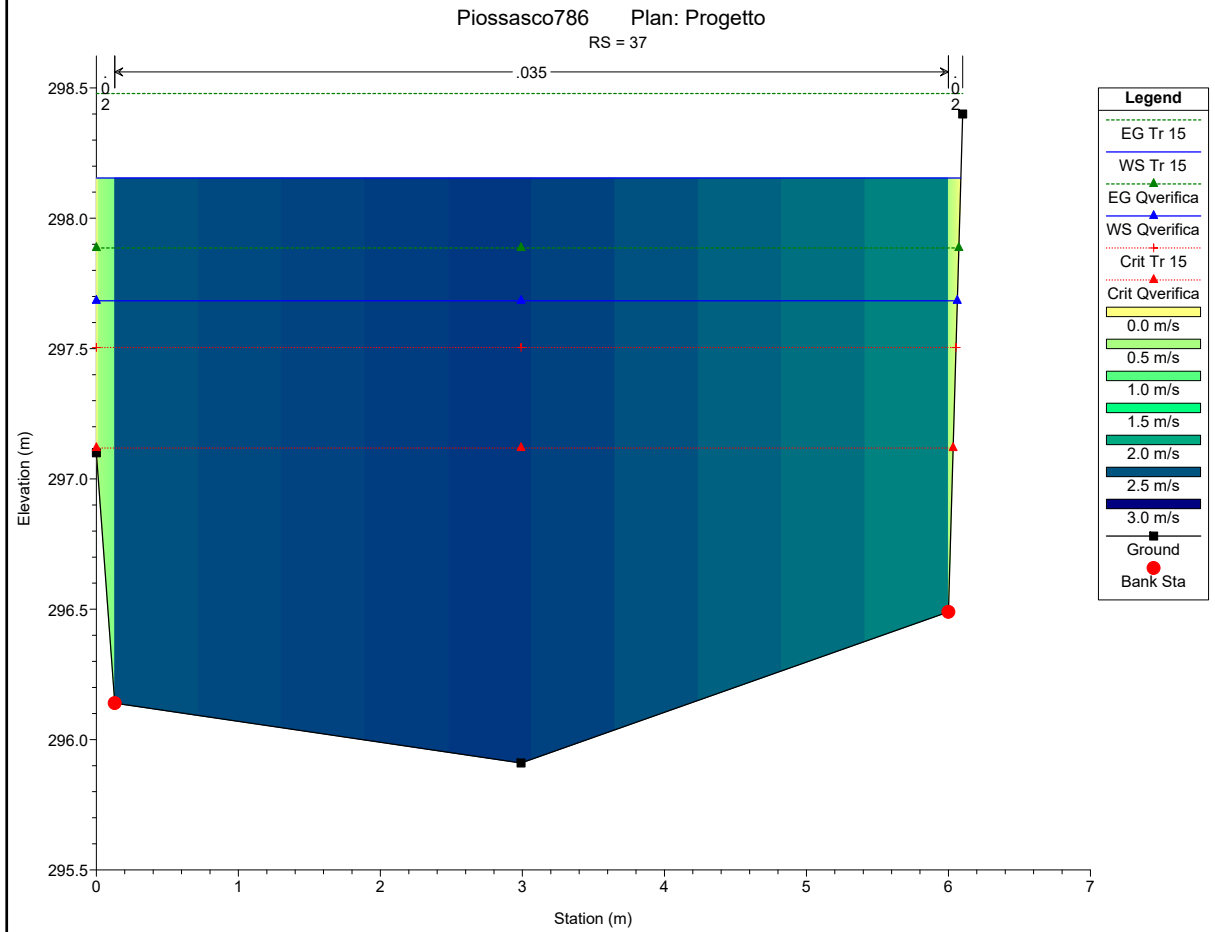
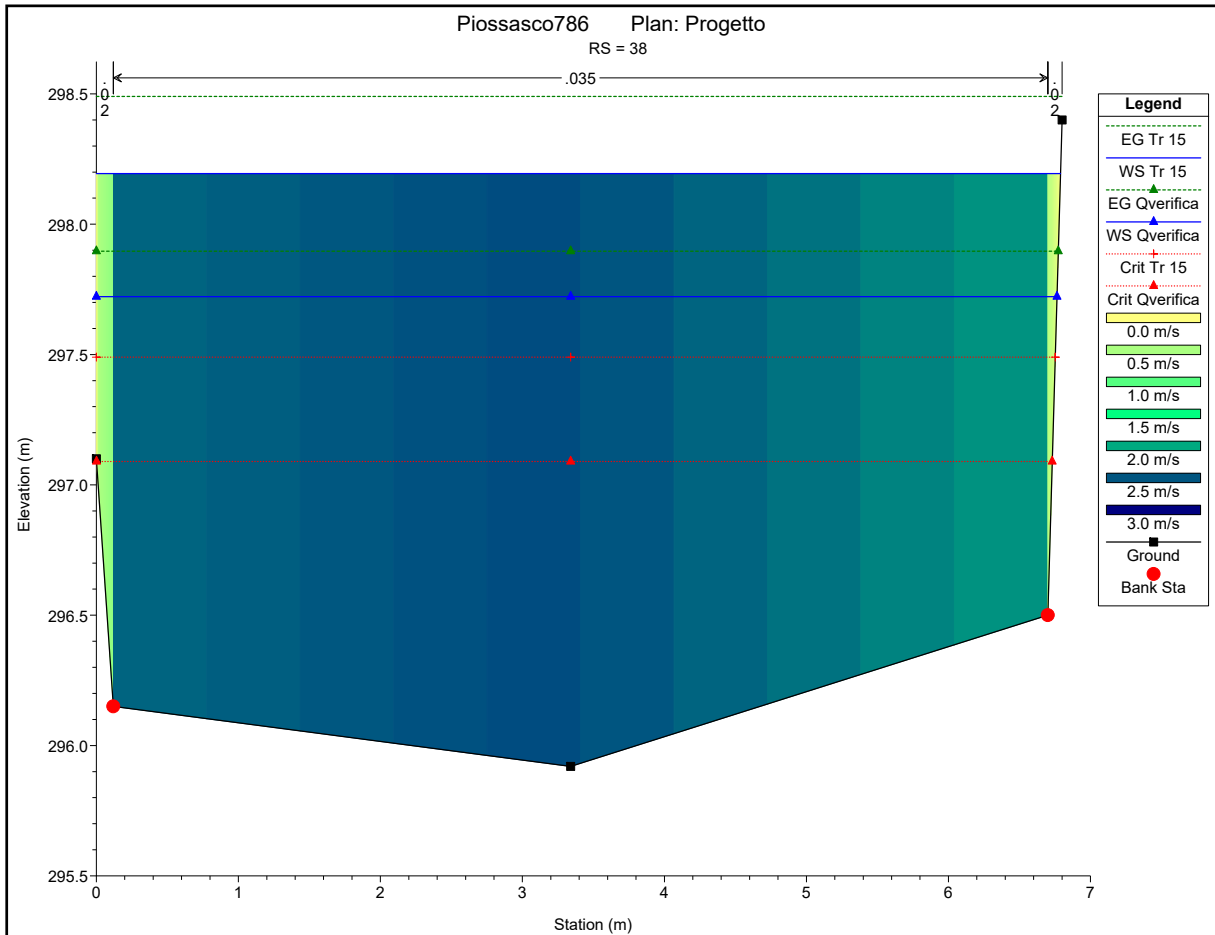


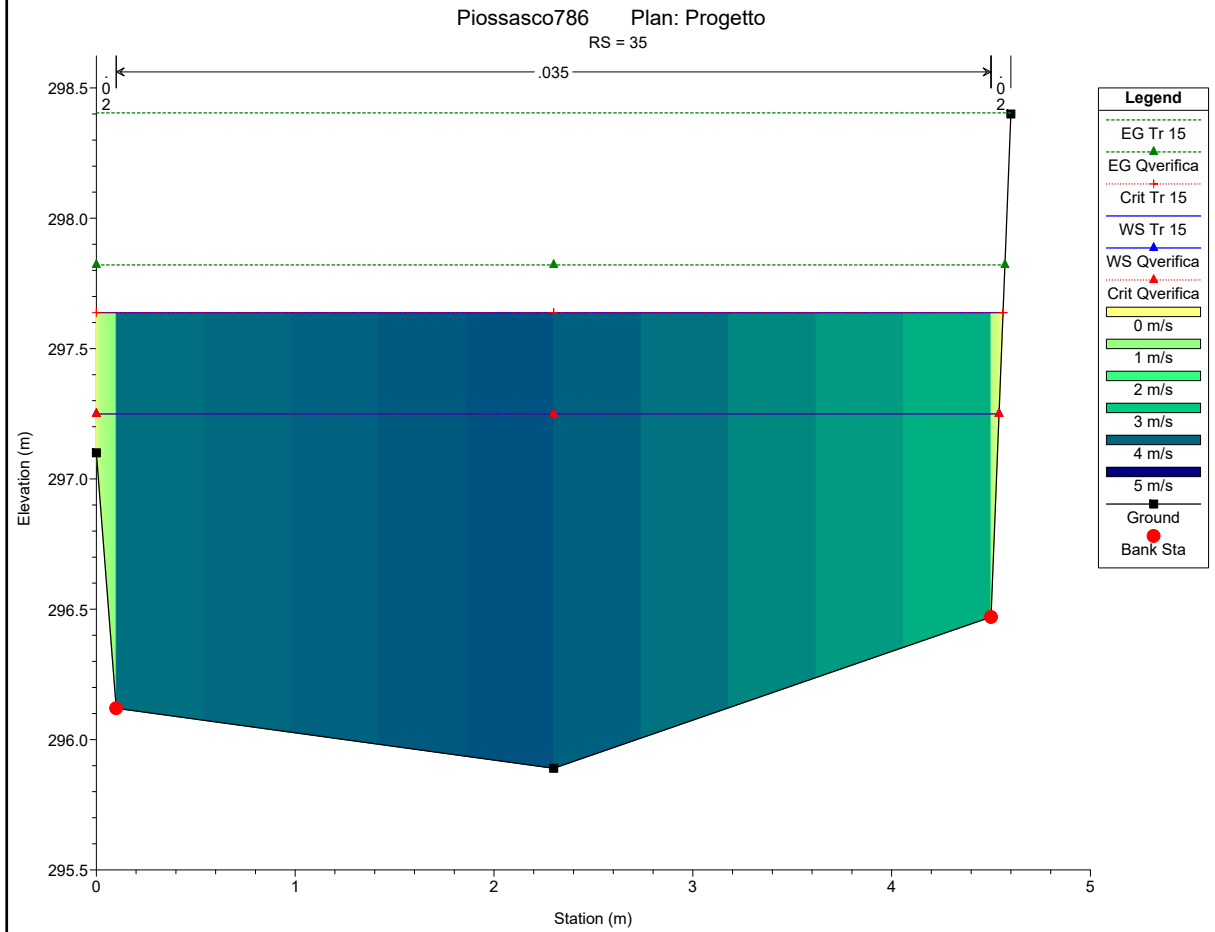
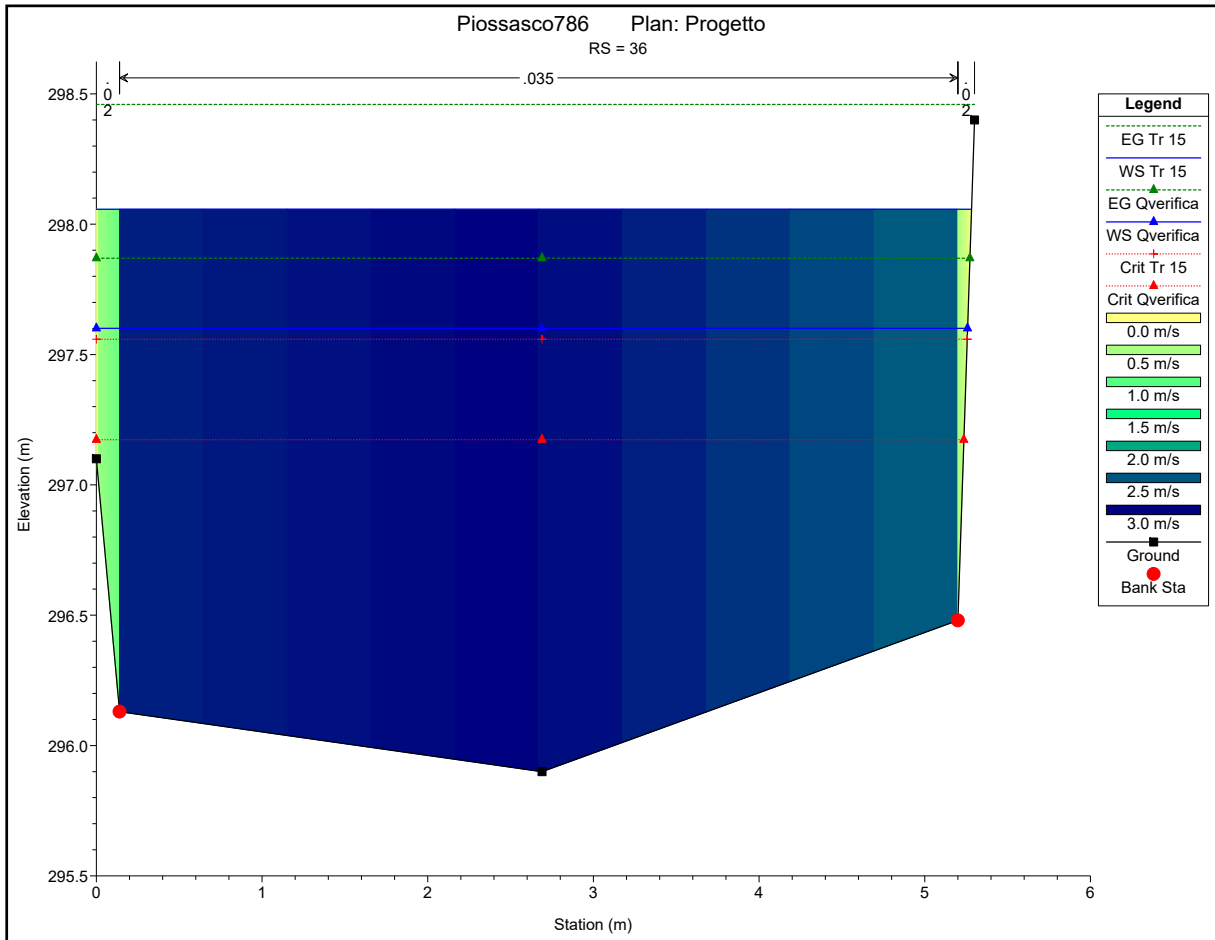


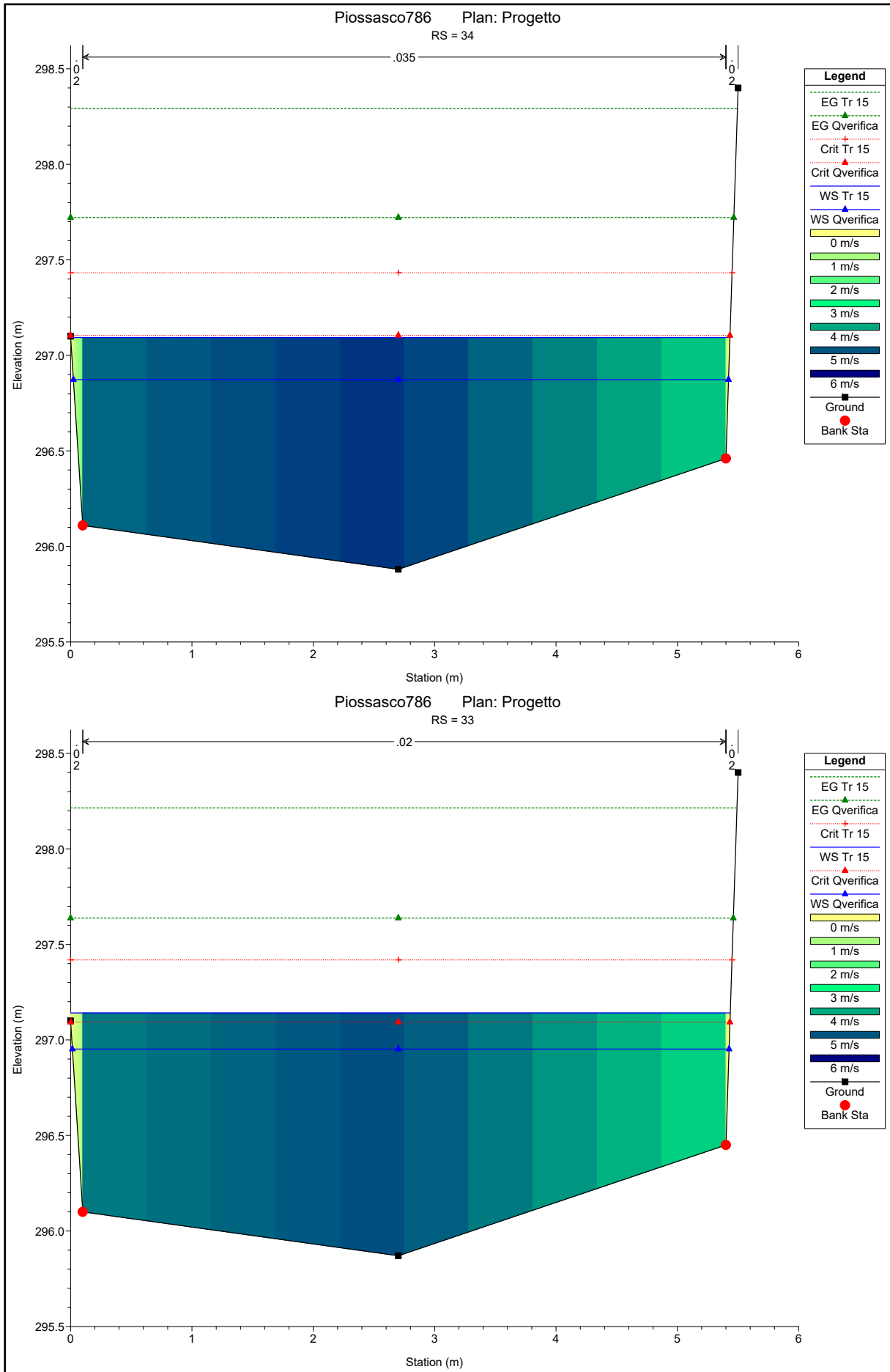


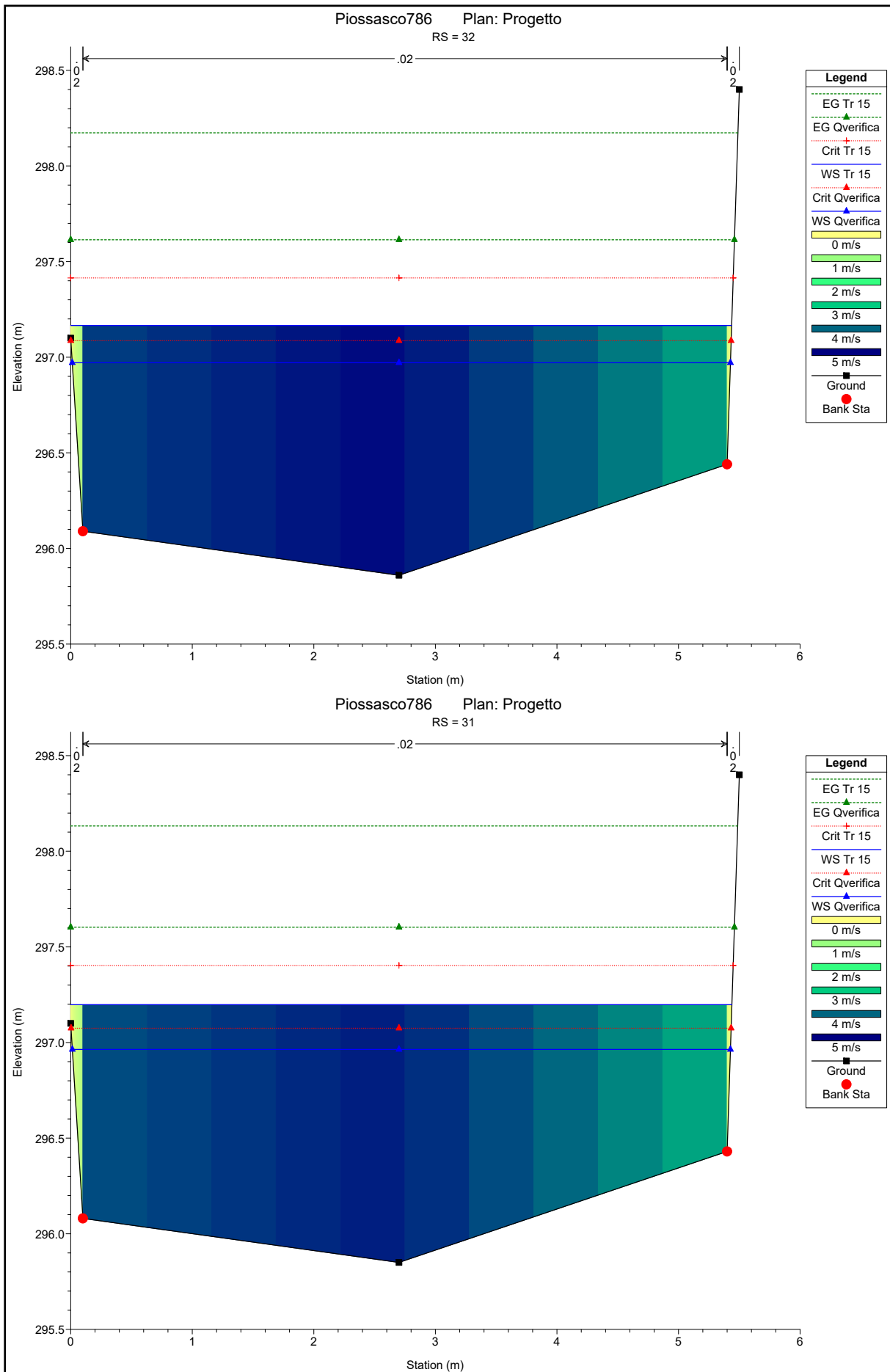












HEC-RAS Plan: progetto River: Rio Sangonetto Reach: 1

| Reach | River Sta | Profile   | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|-------|-----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 1     | 90        | Tr 15     | 34.00             | 296.13           | 299.23           | 298.02           | 299.39           | 0.001893            | 1.79              | 19.59             | 13.84            | 0.38         |
| 1     | 90        | Qverifica | 20.00             | 296.13           | 298.58           | 297.54           | 298.69           | 0.001803            | 1.52              | 13.24             | 7.95             | 0.36         |
| 1     | 80        | Tr 15     | 34.00             | 296.61           | 299.12           | 298.27           | 299.34           | 0.003267            | 2.08              | 16.94             | 13.01            | 0.49         |
| 1     | 80        | Qverifica | 20.00             | 296.61           | 298.46           | 297.82           | 298.64           | 0.003525            | 1.87              | 10.70             | 7.33             | 0.49         |
| 1     | 72        | Tr 15     | 34.00             | 296.78           | 298.54           | 298.44           | 299.22           | 0.008616            | 3.65              | 9.31              | 6.91             | 0.91         |
| 1     | 72        | Qverifica | 20.00             | 296.78           | 298.03           | 297.99           | 298.53           | 0.010531            | 3.14              | 6.38              | 6.67             | 0.95         |
| 1     | 71.9      |           | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 71.5      | Tr 15     | 34.00             | 296.78           | 298.07           | 298.36           | 299.15           | 0.030028            | 4.60              | 7.38              | 6.69             | 1.40         |
| 1     | 71.5      | Qverifica | 20.00             | 296.78           | 297.74           | 297.93           | 298.50           | 0.030290            | 3.87              | 5.17              | 6.53             | 1.39         |
| 1     | 71        | Tr 15     | 34.00             | 296.25           | 298.72           | 297.75           | 298.95           | 0.003427            | 2.10              | 16.16             | 7.21             | 0.45         |
| 1     | 71        | Qverifica | 20.00             | 296.25           | 298.04           | 297.35           | 298.20           | 0.003272            | 1.77              | 11.32             | 7.01             | 0.44         |
| 1     | 70        | Tr 15     | 34.00             | 296.23           | 298.61           | 297.86           | 298.93           | 0.003885            | 2.52              | 13.48             | 6.32             | 0.55         |
| 1     | 70        | Qverifica | 20.00             | 296.23           | 297.96           | 297.38           | 298.19           | 0.003536            | 2.10              | 9.51              | 5.96             | 0.53         |
| 1     | 60        | Tr 15     | 34.00             | 296.24           | 298.62           | 297.71           | 298.86           | 0.002856            | 2.17              | 15.74             | 9.53             | 0.49         |
| 1     | 60        | Qverifica | 20.00             | 296.24           | 297.96           | 297.28           | 298.13           | 0.002497            | 1.82              | 10.97             | 6.86             | 0.46         |
| 1     | 50        | Tr 15     | 34.00             | 296.18           | 298.58           | 297.64           | 298.81           | 0.002648            | 2.12              | 16.28             | 11.85            | 0.48         |
| 1     | 50        | Qverifica | 20.00             | 296.18           | 297.93           | 297.21           | 298.09           | 0.002349            | 1.79              | 11.20             | 6.90             | 0.45         |
| 1     | 40        | Tr 15     | 34.00             | 295.93           | 298.21           | 297.77           | 298.70           | 0.009446            | 3.10              | 10.98             | 5.40             | 0.69         |
| 1     | 40        | Qverifica | 20.00             | 295.93           | 297.70           | 297.30           | 298.00           | 0.007376            | 2.44              | 8.21              | 5.39             | 0.63         |
| 1     | 39.9      |           | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 39        | Tr 15     | 34.00             | 295.93           | 297.97           | 297.77           | 298.60           | 0.004393            | 3.52              | 9.67              | 5.40             | 0.84         |
| 1     | 39        | Qverifica | 20.00             | 295.93           | 297.61           | 297.30           | 297.95           | 0.002844            | 2.58              | 7.75              | 5.39             | 0.69         |
| 1     | 38.5      |           | Lat Struct        |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 38        | Tr 15     | 32.99             | 295.92           | 298.19           | 297.49           | 298.49           | 0.002735            | 2.41              | 13.89             | 6.79             | 0.54         |
| 1     | 38        | Qverifica | 19.57             | 295.92           | 297.72           | 297.09           | 297.90           | 0.002285            | 1.86              | 10.68             | 6.76             | 0.47         |
| 1     | 37        | Tr 15     | 30.39             | 295.91           | 298.15           | 297.50           | 298.48           | 0.003067            | 2.53              | 12.25             | 6.09             | 0.56         |
| 1     | 37        | Qverifica | 18.49             | 295.91           | 297.68           | 297.12           | 297.89           | 0.002727            | 2.00              | 9.38              | 6.06             | 0.51         |
| 1     | 36        | Tr 15     | 28.05             | 295.90           | 298.06           | 297.56           | 298.46           | 0.004056            | 2.82              | 10.16             | 5.28             | 0.64         |
| 1     | 36        | Qverifica | 17.57             | 295.90           | 297.60           | 297.17           | 297.87           | 0.003868            | 2.30              | 7.75              | 5.26             | 0.60         |
| 1     | 35        | Tr 15     | 26.53             | 295.89           | 297.64           | 297.64           | 298.40           | 0.010623            | 3.89              | 6.94              | 4.56             | 1.00         |
| 1     | 35        | Qverifica | 17.13             | 295.89           | 297.25           | 297.25           | 297.82           | 0.011650            | 3.35              | 5.17              | 4.54             | 1.00         |
| 1     | 34        | Tr 15     | 26.03             | 295.88           | 297.09           | 297.43           | 298.29           | 0.029040            | 4.85              | 5.41              | 5.43             | 1.54         |
| 1     | 34        | Qverifica | 17.10             | 295.88           | 296.87           | 297.10           | 297.72           | 0.028550            | 4.08              | 4.21              | 5.40             | 1.47         |
| 1     | 33        | Tr 15     | 26.02             | 295.87           | 297.14           | 297.42           | 298.21           | 0.007876            | 4.59              | 5.72              | 5.44             | 1.42         |
| 1     | 33        | Qverifica | 17.10             | 295.87           | 296.95           | 297.09           | 297.64           | 0.006524            | 3.67              | 4.70              | 5.41             | 1.25         |
| 1     | 32        | Tr 15     | 26.02             | 295.86           | 297.17           | 297.41           | 298.17           | 0.007089            | 4.45              | 5.91              | 5.44             | 1.35         |
| 1     | 32        | Qverifica | 17.10             | 295.86           | 296.97           | 297.09           | 297.61           | 0.005860            | 3.55              | 4.85              | 5.41             | 1.19         |
| 1     | 31        | Tr 15     | 26.02             | 295.85           | 297.20           | 297.40           | 298.13           | 0.006255            | 4.29              | 6.14              | 5.44             | 1.28         |
| 1     | 31        | Qverifica | 17.10             | 295.85           | 296.96           | 297.07           | 297.60           | 0.005804            | 3.54              | 4.87              | 5.41             | 1.19         |