



## SOMMARIO

<b>VERIFICHE IDRAULICHE DELL'ALVEO CORNO.....</b>	<b>2</b>
<b>1. PORTATE DI PROGETTO .....</b>	<b>2</b>
<b>2. OBIETTIVI DELLA MODELLAZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Geometria del modello idraulico .....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 Definizione delle scabrezze .....</b>	<b>4</b>
<b>3.3 Cenni teorici sul calcolo dei profili di moto permanente con il software Hec-Ras .....</b>	<b>4</b>
<b>3.4 Condizioni al contorno.....</b>	<b>7</b>
<b>4. PROFILI IDRAULICI A PORTATA COSTANTE LUNGO IL TRATTO INTERRATO DEL CORNO .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1 Considerazioni in merito alla massima portata transitabile nel collettore esistente .....</b>	<b>8</b>
<b>5. PROFILO IDRAULICO DELL'INTERA ASTA CON PORTATA VARIABILE .</b>	<b>11</b>
<b>5.1 Apporti di portata dagli sfioratori di piena.....</b>	<b>11</b>
<b>5.2 Portate di progetto.....</b>	<b>12</b>
<b>5.3 Profilo di moto permanente .....</b>	<b>12</b>
<b>5.4 Considerazioni sui risultati.....</b>	<b>14</b>
<b>6. PROFILO IDRAULICO CON PORTATA VARIABILE ED ALVEO DI PROGETTO.....</b>	<b>15</b>
<b>6.1 Considerazioni sui risultati.....</b>	<b>17</b>
<b>VERIFICHE IDRAULICHE DELLA FOGNATURA NERA.....</b>	<b>18</b>
<b>7. PREMESSE .....</b>	<b>18</b>
<b>8. PORTATE DI PROGETTO .....</b>	<b>19</b>
<b>9. VERIFICHE NELLE CONDIZIONI ATTUALI.....</b>	<b>19</b>
<b>10. VERIFICHE DOPO L'INTERVENTO DI "RELINING" DELLA TUBAZIONE .</b>	<b>22</b>
<b>11. VERIFICHE DEL NUOVO COLLETTORE FOGNARIO NEL TRATTO DELLA "VALLETTA DEL CORNO" .....</b>	<b>23</b>
<b>12. CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI .....</b>	<b>24</b>

# VERIFICHE IDRAULICHE DELL'ALVEO CORNO

## 1. PORTATE DI PROGETTO

La consulenza specialistica per la definizione delle caratteristiche idrologiche e idrauliche del bacino del torrente Corno ricadente nel territorio sloveno, in Comune di Nova Goriza, è stata affidata al dr. Primož BANOVEC, univ. dipl. inž. grad. Osebni žig: Id. Št.: G-3151 Inštitut za vodarstvo, d.o.o. La relazione idrologica ed idraulica dell'ing. Banovec definisce le portate del torrente Corno all'altezza del Confine di Stato sia per l'attuale situazione, sia al verificarsi di possibili scenari futuri di breve e lungo termine, coerentemente a quanto comunicato dalle Autorità Slovene alla Commissione Mista per l'Idroeconomia nella riunione del 15 aprile 2010.

Nella relazione succitata sono stati analizzati differenti scenari determinati dallo sviluppo urbano di Nova Gorica e dalla realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico in territorio Sloveno. Di seguito sono elencate le possibili situazioni esaminate dallo studio dell'ing. Banovec:

1. la situazione 0, come spesso si definisce lo stato di fatto;
2. lo scenario che prevede la realizzazione, in territorio sloveno, di una condotta atta a scaricare l'eccesso di portata proveniente dal bacino urbano della città di Nova Gorica direttamente nel fiume Isonzo (intervento di mitigazione pianificato dalle autorità Slovene);
3. una situazione a lungo termine che tiene conto del previsto sviluppo urbanistico di Nova Gorica nei prossimi 20 anni associata alla realizzazione di misure di mitigazione delle piene;
4. una situazione a lungo termine che tiene conto si del futuro sviluppo urbano ma che non contempla l'esecuzione di alcuna misura atta a limitare il rischio di alluvione.

Per la progettazione delle opere previste dal presente progetto sul territorio Italiano, in accordo con quanto indicato dalla Commissione Mista per l'Idroeconomia, si assumono come condizioni di progetto quelle determinate dallo **scenario n.3** (sviluppo urbano di Nova Gorica e realizzazione dello scolmatore di Salcano).

Lo scenario 4, infatti, non risulta ipotizzabile in quanto è inverosimile ritenere che l'autorità Slovena permetta un ulteriore sviluppo dell'area urbana della città di Nova

Gorica senza dare attuazione alle misure di mitigazione previste dalla pianificazione di bacino.

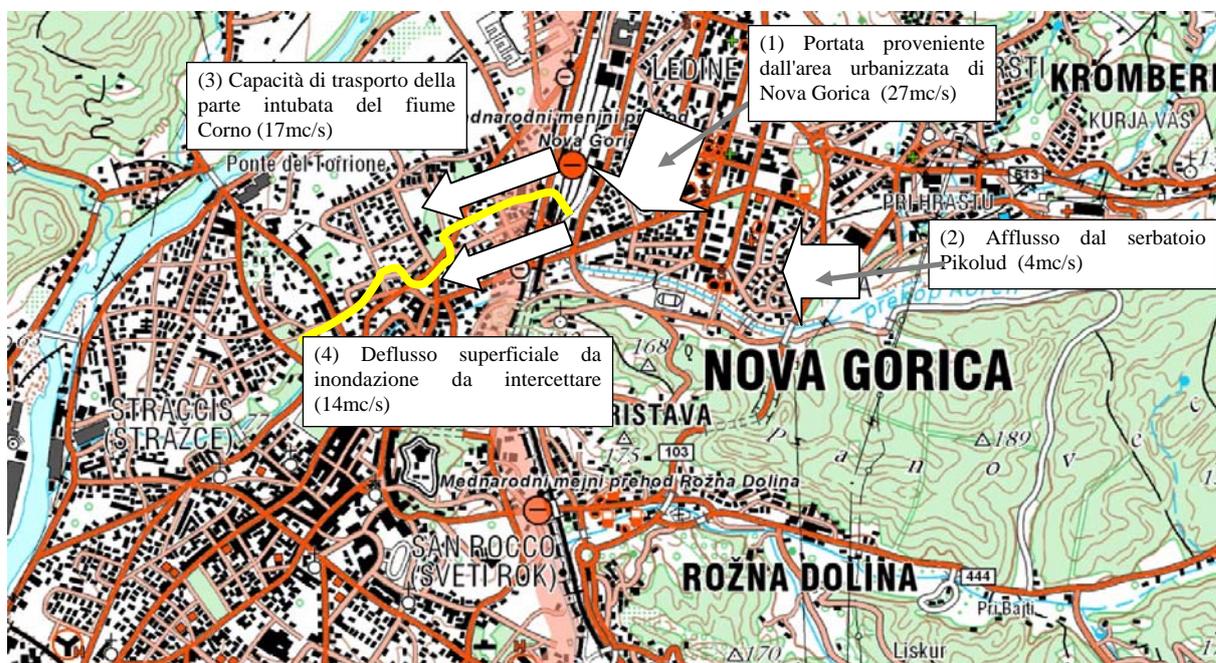


Fig 1. - Schematizzazione concettuale dei flussi nell'area analizzata.

Pertanto la massima portata attesa lungo il Corno in prossimità del confine Italo-Sloveno è di circa **31 m<sup>3</sup>/s**.

La sezione del torrente Corno lungo il tratto intubato, come verrà dimostrato nel proseguo dell'elaborato, consente il transito di soli 17 m<sup>3</sup>/s all'altezza del confine di stato e quindi l'eccedenza di portata, pari a 14 m<sup>3</sup>/s, deve essere allontanata tramite un canale scolmatore circolare che verrà realizzato con la tecnologia del microtunnelling. Al fine di garantire un adeguato margine di sicurezza idraulica questo manufatto di progetto viene ad essere dimensionato in modo da essere in grado di trasportare una portata leggermente maggiore, pari a circa 18 m<sup>3</sup>/s, in modo da garantire un adeguato margine di sicurezza.

## 2. OBIETTIVI DELLA MODELLAZIONE

Il primo obiettivo della modellazione idraulica dell'alveo esistente è quello di individuare la massima portata transitabile lungo il tratto interrato del Corno.

Il secondo è, invece, verificare se le dimensioni dell'alveo, nel tratto scoperto, risultino compatibili con il deflusso della massima portata di progetto.

### **3. MODELLO DI CALCOLO**

#### **3.1 *Geometria del modello idraulico***

Sulla scorta dei documenti disponibili e dei rilievi topografici eseguiti nel tratto a cielo aperto è stato determinato il profilo longitudinale e la geometria delle sezioni trasversali dell'alveo del Corno.

Tali elementi rappresentano i dati di input per effettuare una modellazione a moto permanente lungo tutto compreso tra il confine di stato e la confluenza con il Fiume Isonzo.

Il collettore, tranne per il tratto iniziale che corre in fregio a Via dei Catterini e per la parte terminale, di più recente realizzazione, presenta una sezione ad arco con una larghezza variabile tra 4,20 m e 4,50 m; per quanto riguarda il fondo si presenta sempre cementato e con al centro una canaletta di magra di forma trapezoidale.

Nel tratto iniziale e terminale la geometria del fondo è del tutto simile mentre le pareti laterali sono verticali e la copertura è realizzata da una soletta piana in calcestruzzo armato. Varia la larghezza trasversale che è di 4,20 m in via Catterini e di 6,0 m nella parte più valliva.

Vi è poi una parte a cielo aperto, ma con soletta di fondo e muri laterali sempre in calcestruzzo che presenta la medesima sezione trasversale.

A valle di Via Oriani, l'alveo torna ad essere naturale e la geometria delle sezioni trasversali è stata desunta tramite un rilievo topografico.

#### **3.2 *Definizione delle scabrezze***

I coefficienti di scabrezza secondo Strickler, sono stati valutati sulla base delle diverse situazioni distinguendo tra alveo naturale ed artificiale con fondo cementato facendo riferimento alle usuali correlazioni indicate dalla letteratura tecnica disponibile sull'argomento:

- Alveo in calcestruzzo:  $K_s=66 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ;
- Alveo naturale:  $K_s=40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per il canale principale e  $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per le golene

#### **3.3 *Cenni teorici sul calcolo dei profili di moto permanente con il software Hec-Ras***

Per la determinazione dei profili di correnti gradualmente variate si è fatto uso del programma HEC-RAS 3.1.3, River Analysis System Maggio 2005 del US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Centre, 609 Second Street, Davis, CA 95616,

distributed by Dodson & Associates, Inc., Houston, Texas, USA ([www.dodson-hydro.com](http://www.dodson-hydro.com)), al cui manuale d'uso si rimanda per i particolari.

Si riportano nel seguito alcuni cenni teorici fondamentali, utili per la comprensione delle premesse di calcolo e dei risultati.

Il livello di pelo libero in ogni sezione è computato, nel caso di correnti lente, risalendo verso monte dalla sezione estrema di valle. Per ogni tronco elementare in cui è suddiviso il canale si risolve per via iterativa l'equazione di bilancio dell'energia, ossia:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

Dove: i pedici 1 e 2 indicano i valori relativi alla sezione di valle e di monte del tronco considerato;  $Y$  rappresenta la profondità del pelo libero sul fondo,  $Z$  rappresenta l'altitudine del fondo del canale nel riferimento assoluto,  $V$  rappresenta la velocità media nella sezione,  $\alpha$  il coefficiente di Coriolis,  $g$  l'accelerazione di gravità e  $h_e$  la perdita complessiva di carico energetico tra le due sezioni.

La Fig. 1 mostra lo schema del bilancio di energia tra la sezione di valle e quella di monte; nella figura sono indicati i singoli termini di bilancio in accordo all'equazione (1).

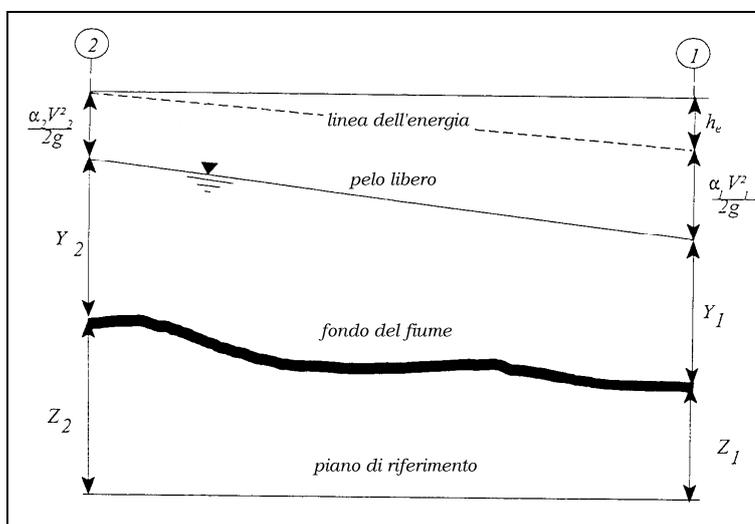


Fig 2. -

Fig. 1 – Schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua.

Le perdite complessive d'energia  $h_e$  tra le due sezioni sono dovute sia a perdite continue sia a quelle localizzate dovute a fenomeni di espansione e contrazione della vena fluida; in particolare si ha:

$$h_e = L\bar{J} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

dove, con  $L$  è indicata la distanza tra le due sezioni, con  $\bar{J}$  le perdite di carico medie distribuite tra le due sezioni mentre il termine  $C$  correla le perdite, dovute all'espansione ed alla contrazione della vena in funzione dell'andamento piano – altimetrico del corso d'acqua, alla differenza tra i carichi cinetici delle due sezioni.

Per la valutazione della perdite di carico  $J$  è stata utilizzata la formula di Manning

$$Q = \frac{1}{n} A R_H^{2/3} \sqrt{J} \quad (3)$$

dove:  $Q$  è la portata,  $A$  l'area della sezione trasversale occupata dal fluido,  $R_H$  rappresenta il raggio idraulico ed  $n$  il coefficiente di scabrezza secondo Manning, da cui risulta:

$$J = \frac{n^2 V^2}{R_H^{4/3}} \quad (4)$$

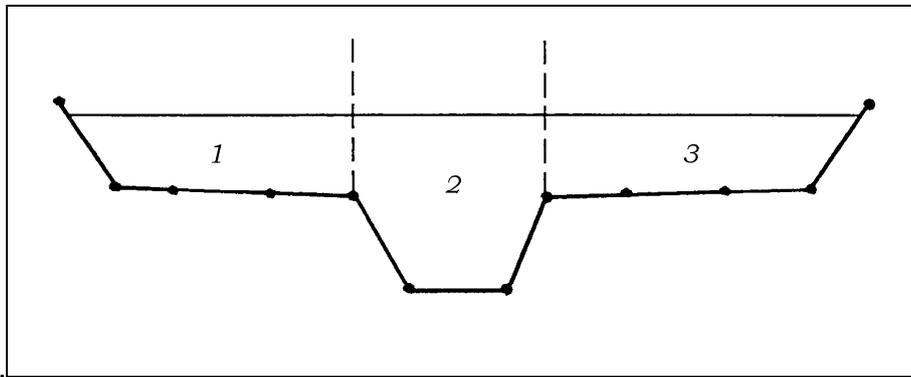


Fig. 2 – Sezione schematica di un corso d'acqua naturale.

Nel caso di sezioni composte, tipiche dei corsi d'acqua naturali, è necessario suddividere la sezione in parti dove la velocità media possa essere ritenuta, ai fini pratici, costante (Fig. 2).

Con riferimento alla Fig. 2, indicata con  $K_i = Q_i / \sqrt{J}$  la capacità di portata d'ogni singola parte  $i$ -esima in cui la sezione è stata suddivisa, si ha, in accordo con la formula di Manning:

$$K_i = \frac{1}{n_i} A_i R_{H,i}^{2/3} \quad (4)$$

Calcolata la capacità di portata per ogni singola parte in cui è stata suddivisa la sezione, la perdita di carico per unità di lunghezza  $J$  risulta pari a:

$$J = \left( \frac{Q}{\sum_i K_i} \right)^2 \quad (5)$$

Questo risultato può essere facilmente ricavato osservato che, per la costanza di  $J$ , la portata di ogni singola area  $Q_i = K_i \sqrt{J}$  è proporzionale al rispettivo coefficiente di portata e che la portata totale vale  $Q = \sum_i Q_i$ .

La (5) è calcolata in corrispondenza di ogni sezione, da cui la pendenza media della linea dell'energia tra le sezioni 1 e 2 è fornita dalla equazione:

$$\bar{J} = \frac{J_1 + J_2}{2} \quad (6)$$

Calcolata la capacità di portata di ogni singola sezione, è possibile, inoltre, valutare il coefficiente di Coriolis. Questo coefficiente è pari al rapporto tra l'energia cinetica reale della corrente, proporzionale a  $\sum_i Q_i^3 / A_i^2$ , e l'energia cinetica calcolata per il valore medio della velocità, e quindi proporzionale a  $Q^3 / A^2$ .

Esprese le portate delle singole parti  $i$ -esime in funzione del rispettivo coefficiente di portata si perviene con qualche semplice passaggio alla seguente espressione:

$$\alpha = \frac{\left( \sum_i \frac{K_i^3}{A_i^2} \right) \left( \sum_i A_i \right)^2}{\left( \sum_i K_i \right)^3} \quad (7)$$

dal cui calcolo è possibile ottenere  $\alpha$ , il coefficiente di Coriolis.

Calcolate tramite le rispettive equazioni le perdite d'energia  $h_e$  ed il coefficiente di Coriolis  $\alpha$  la (1), associata all'equazione di continuità che impone la costanza della portata lungo il tratto, permette di calcolare la quota del pelo libero,  $Y_2 + Z_2$ , nella sezione di monte, essendo noto, in corrispondenza della sezione di valle, il valore dell'energia totale,  $Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / 2g$ .

Essendo la (1) un'equazione non lineare, la soluzione è ottenuta con ciclo iterativo, che prende avvio da una soluzione iniziale, approssimata, di primo tentativo.

### 3.4 Condizioni al contorno

Dall'esame del profilo risulta da subito chiaro che le condizioni della corrente sono variabili a causa di bruschi restringimenti o allargamenti delle sezioni trasversali, tuttavia vista l'elevata pendenza media la corrente di mantiene complessivamente in condizioni supercritiche. Sono quindi necessarie due condizioni al contorno:

- A monte è stata imposta ovviamente la portata, mentre per quanto riguarda i livelli è stata utilizzata la condizione “Normal depth”, ovvero moto in condizioni uniformi con pendenza del pelo libero parallela a quella del fondo.

Per quanto riguarda valle è sufficiente una sola condizione sui livelli ed, in questo caso, è stata scelta la condizione di altezza critica in corrispondenza di un salto di fondo.

#### **4. PROFILI IDRAULICI A PORTATA COSTANTE LUNGO IL TRATTO INTERRATO DEL CORNO**

Definita la geometria e le condizioni al contorno è possibile calcolare i profili di a moto permanente e quindi stimare qual è la massima portata che può essere smaltita lungo l'alveo attuale del Corno limitatamente alla parte intubata che costituisce sicuramente il tratto più critico.

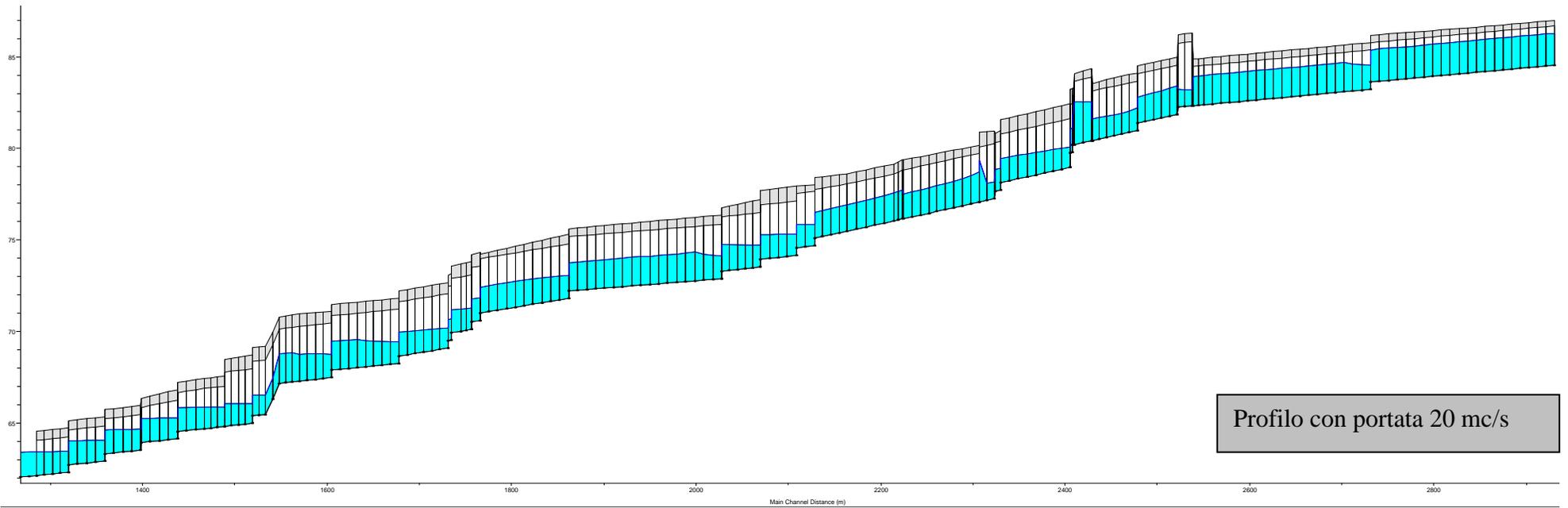
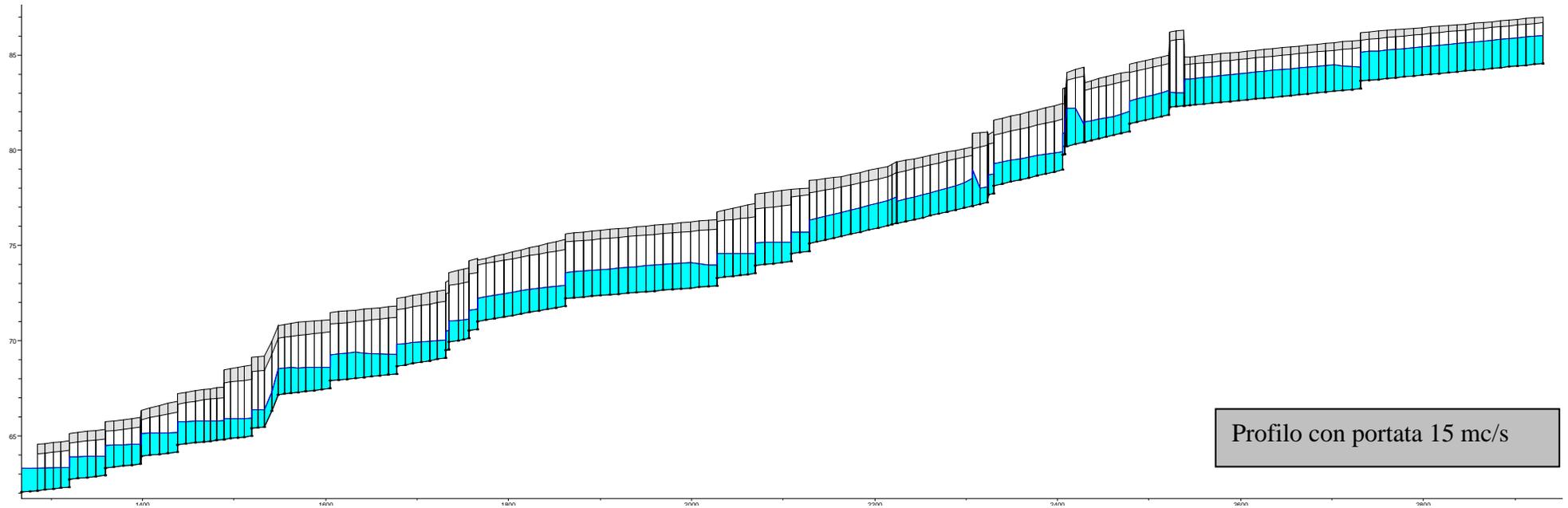
Il calcolo è stato ripetuto per diverse portate partendo da 15 m<sup>3</sup>/s ed incrementando la portata per determinare quella effettivamente transitabile lungo il tratto cittadino del Corno. Questo ragionamento consente, quindi, per differenza, di stabilire qual è la portata da allontanare tramite la nuova condotta realizzata con microtunneling.

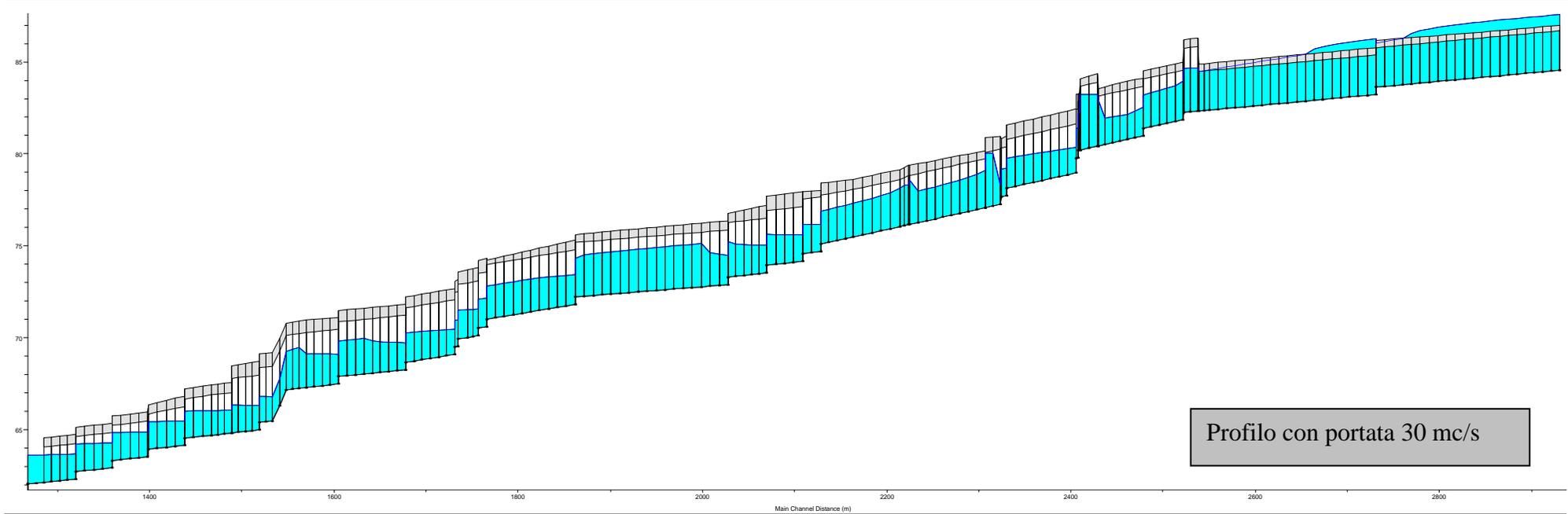
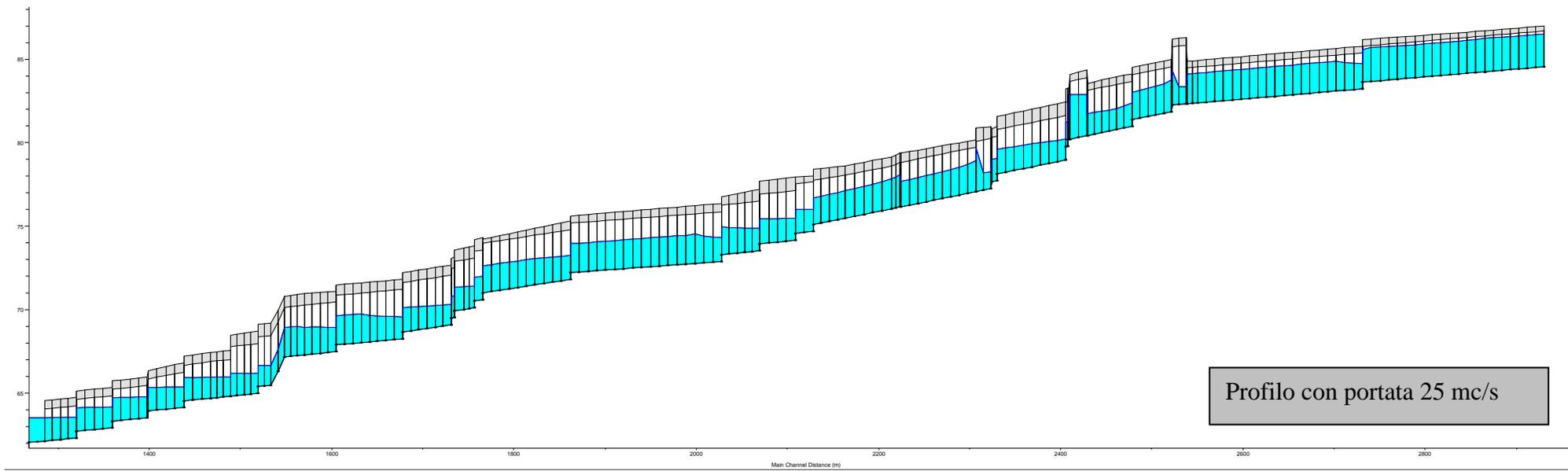
Di seguito si riportano i profili di moto permanente nel tratto tombinato eseguiti con diverse portate al fine di evidenziare quelle che è la situazione ragionevolmente compatibile con le dimensioni del collettore esistente.

##### ***4.1 Considerazioni in merito alla massima portata transitabile nel collettore esistente***

Dall'esame dei profili di moto permanente, di seguito riportati, si evidenzia in modo chiaro come le maggiori criticità dal punto di vista dell'insufficienza delle sezioni trasversali si concentrino nel tratto iniziale, in primis Via dei Catterini, dove la pendenza media del fondo è inferiore a quella del successivo tratto cittadino, ma anche nel successivo tratto fino alle sezioni 7 e 8 in corrispondenza dell'attraversamento di Via S.Pellico.

Inoltre, per lo meno per questo tratto iniziale, si può affermare che portate superiori a 20 mc/s non sono compatibili con le dimensioni del collettore in quanto il grado di riempimento è superiore al 90% e quindi in alcuni tratti la condotta rischierebbe di andare in pressione.





## 5. PROFILO IDRAULICO DELL'INTERA ASTA CON PORTATA VARIABILE

Nel capitolo precedente è stata verificata la massima portata transitabile nei diversi tratti del collettore interrato assumendo una portata costante da monte verso valle. Ora è necessario correlare queste informazioni con le effettive condizioni di deflusso dovute alle immissioni di portata che si verificano lungo il tratto cittadino del Corno.

Le videoispezioni effettuate hanno, infatti, consentito di verificare la presenza di innumerevoli allacciamenti di acque bianche che lungo la condotta principale, a cui si aggiungono dieci sfioratori di piena a servizio dell'attuale rete di drenaggio urbano.

### 5.1 Apporti di portata dagli sfioratori di piena

Basandosi sul progetto di sistemazione degli sfioratori di piena a firma dell'Ing. P. Cappella sono state individuate le portate massime immesse nel collettore principale tramite gli sfiori della rete fognaria mista della città di Gorizia.

Complessivamente l'apporto di portata stimato per gli sfiori ammonta a  $19,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , così suddivisi:

- Sfioro n.1 inizio Via Catterini in sponda Dx:  $Q_{\text{imm}} = 2,85 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.2 Via Scaramuzza in sponda Dx:  $Q_{\text{imm}} = 1,00 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.3a Via San Gabriele di fronte a via Scaramuzza in sponda Sx:  $Q_{\text{imm}} = 0,21 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.3b fine Via San Gabriele in sponda Sx:  $Q_{\text{imm}} = 0,21 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.4 attraversamento Via Corsica in sponda Sx:  $Q_{\text{imm}} = 0,21 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.5 attraversamento Via Balilla in sponda Dx:  $Q_{\text{imm}} = 0,90 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.6 Largo Pacassi in sponda Sx:  $Q_{\text{imm}} = 2,20 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.7 Via Ascoli in sponda Sx:  $Q_{\text{imm}} = 0,44 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.8 Via Scodnik in sponda Dx:  $Q_{\text{imm}} = 0,40 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.9 Via Tommaseo in sponda Sx:  $Q_{\text{imm}} = 2,84 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.10 Via Seminario in sponda Dx:  $Q_{\text{imm}} = 0,40 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.11 Parco della Valletta in Sx:  $Q_{\text{imm}} = 1,22 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.12 Via del Boschetto in Sx:  $Q_{\text{imm}} = 2,32 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.13 Via del Boschetto in Dx:  $Q_{\text{imm}} = 1,28 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Sfioro n.14 Vicolo del Guado in Sx:  $Q_{\text{imm}} = 3,08 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

Tra questi sfioratori i primi dieci scaricano all'interno del tratto tombinato del Corno, per complessivi  $11,60 \text{ m}^3/\text{s}$ , mentre gli ultimi quattro interessano l'alveo a cielo aperto per complessivi  $8,0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## **5.2 Portate di progetto**

La relazione del prof. Banovec stima in  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  la portata che può transitare in condizioni di sicurezza all'imboccatura della tratta interrata del Corno poco a monte del confine italo-sloveno.

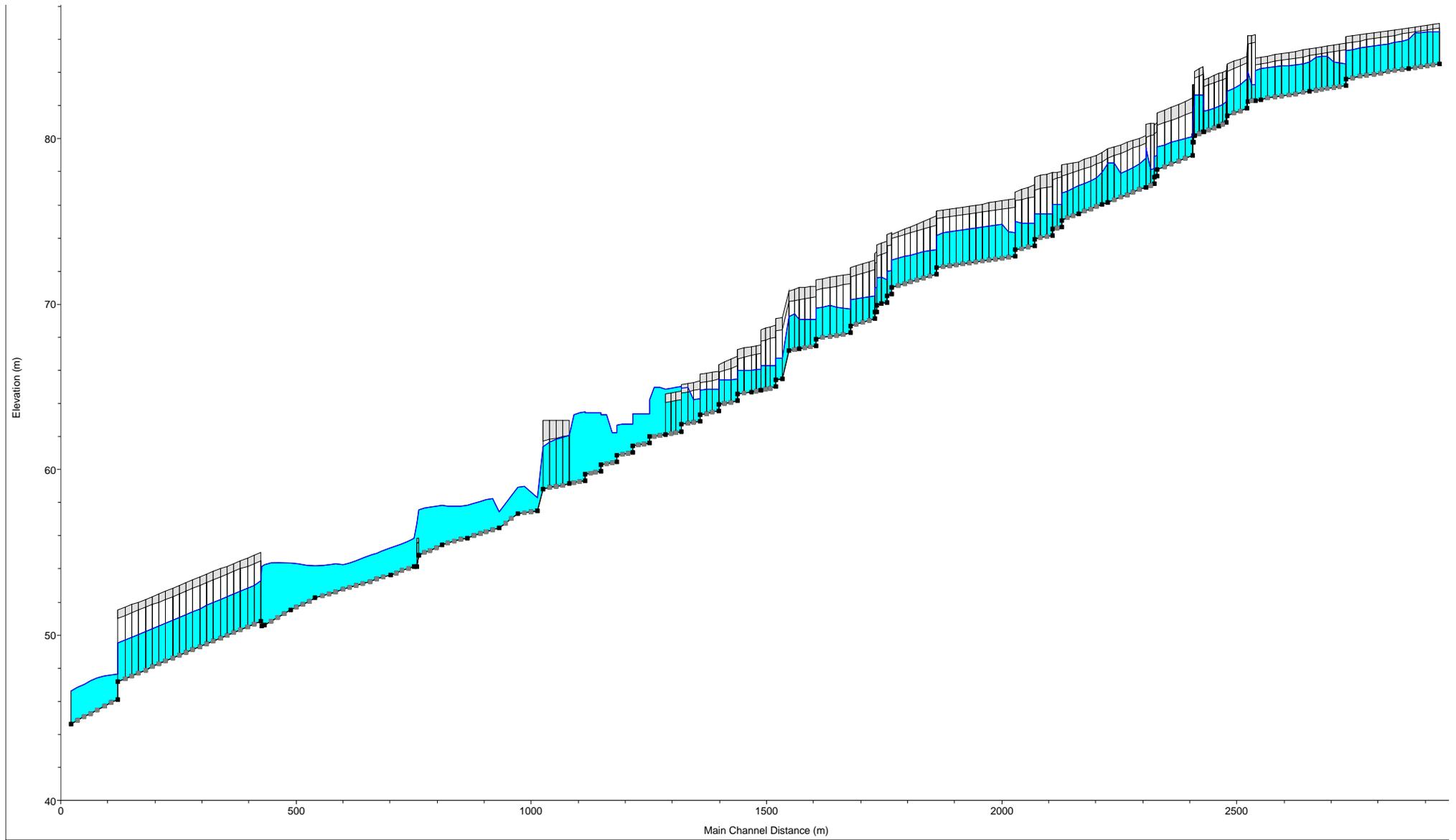
I  $17,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , infatti, possono transitare in condizioni di totale sicurezza, mentre il passaggio di una portata limite di  $21,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , seppur teoricamente possibile, comporta il deflusso in pressione e soprattutto determina già modesti allagamenti in territorio sloveno. Tali esondazioni ovviamente tendono poi a propagarsi in Italia lungo via San Gabriele.

La situazione finale di progetto lungo l'intera asta del Corno è pertanto la seguente:

- $17 \text{ m}^3/\text{s}$  possono proseguire dalla Slovenia lungo l'alveo tombinato del Corno all'interno del territorio Goriziano. A questa portata si sommano poi progressivamente le portate immesse dagli sfioratori di piena fino ad arrivare ad una portata complessiva di circa  $28,6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Complessivamente la portata immessa ammonta a circa  $11,6 \text{ m}^3/\text{s}$  e le singole immissioni sono state inserite nel modello sulla base dell'effettiva posizione planimetrica;
- $14 \text{ m}^3/\text{s}$  devono essere allontanati attraverso lo scolmatore circolare del diametro di  $200 \text{ cm}$  realizzato con la tecnologia del microtunneling;
- Immediatamente a valle della confluenza tra Corno e microtunnel, la portata di massima piena è, dunque, di  $17+11,6+14 = 42,6 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Tale portata aumenta poi per effetto delle immissioni laterali dovute agli sfiori delle fognature fino a  $50,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## **5.3 Profilo di moto permanente**

Di seguito si riporta il profilo idraulico lungo l'intera asta del Corno considerando la geometria di stato di fatto e la reale distribuzione delle portate, così come indicata al precedente paragrafo.



*Fig 3. - Profilo lungo l'alveo attuale con portata di progetto*

#### **5.4 Considerazioni sui risultati**

La modellazione ha consentito di verificare che l'attuale conformazione dell'alveo nel tratto cittadino (praticamente dal Confine di stato fino a 300 m a valle di Viale XX Settembre) è sufficiente a consentire il transito della portata determinata con il suddetto criterio ad eccezione del tratto iniziale di Via Catterini dove la sezione trasversale risulta insufficiente e dovrà quindi essere adeguata secondo quanto previsto dal presente progetto definitivo.

Lungo la restante parte del tratto urbano, il collettore esistente ha invece dimensioni sufficienti, seppur con pochissimi margini, a fare defluire le massime portate di piena, considerando, come detto, che l'eccesso di portata, rispetto ai 17 m<sup>3</sup>/s iniziali, venga deviato lungo lo scolmatore in galleria.

Per quanto riguarda, invece, il tratto a valle di Via XX settembre, dove il Corno ritorna a scorrere a cielo aperto, ci sono due punti di particolare criticità.

Il primo è legato alla confluenza tra il Corno ed il collettore bypass in galleria. L'improvvisa immissione laterale di portata provoca, infatti, un rallentamento della corrente transitante lungo il Corno e un conseguente possibile aumento dei livelli dell'acqua in alveo. Tale nodo idraulico è comunque adeguatamente approfondito e studiato nella relazione idraulica del microtunnel.

A valle di tale confluenza il corso attuale del Corno presenta un alveo artificiale con fondo e sponde in calcestruzzo. Le dimensioni della sezione sono tali da garantire che la portata centenaria rimanga all'interno dell'alveo artificiale o al massimo che si verifichino modeste esondazioni in area golenale senza comportare rischi per le persone.

Il secondo punto di criticità è, invece, rappresentato dall'attraversamento di Via Oriani che allo stato attuale risulta insufficiente causa il restringimento della sezione trasversale che passa da una larghezza di 6,0m a 4,5m. Come sarà illustrato nel proseguio della relazione, in questo caso, la scelta progettuale è quella di aumentare, per quanto possibile, le dimensioni della sezione realizzando un abbassamento del fondo del collettore di circa 40 cm. Tale intervento deve essere realizzato per sottomurazione dell'arco esistente e, dunque, richiede un avanzamento progressivo per conci di pochi metri ciascuno.

## **6. PROFILO IDRAULICO CON PORTATA VARIABILE ED ALVEO DI PROGETTO**

La distribuzione delle portate rimane la medesima prevista al precedente capitolo; viene invece inserita la geometria dell'alveo di progetto rispettando così le previsioni progettuali nei diversi tratti:

- Rifacimento della sezione lungo Via dei Catterini, dove si prevede la demolizione della soletta di copertura esistente e la realizzazione di una nuova soletta rialzata di circa 60 cm rispetto alla precedente;
- Rifacimento della sezione nel tratto compreso tra l'immissione del microtunnel e l'imbocco dell'attraversamento di Via Oriani. In questo tratto vengono eliminati i salti di fondo in modo da assegnare al fondo una pendenza costante. Realizzazione di un nuovo rivestimento del fondo.
- Ampliamento della sezione trasversale dell'attraversamento di Via Oriani tramite l'abbassamento del fondo dell'alveo di circa 40 cm;
- La sistemazione dell'alveo naturale a valle di Via Oriani mediante la risagomatura delle sezioni trasversali.

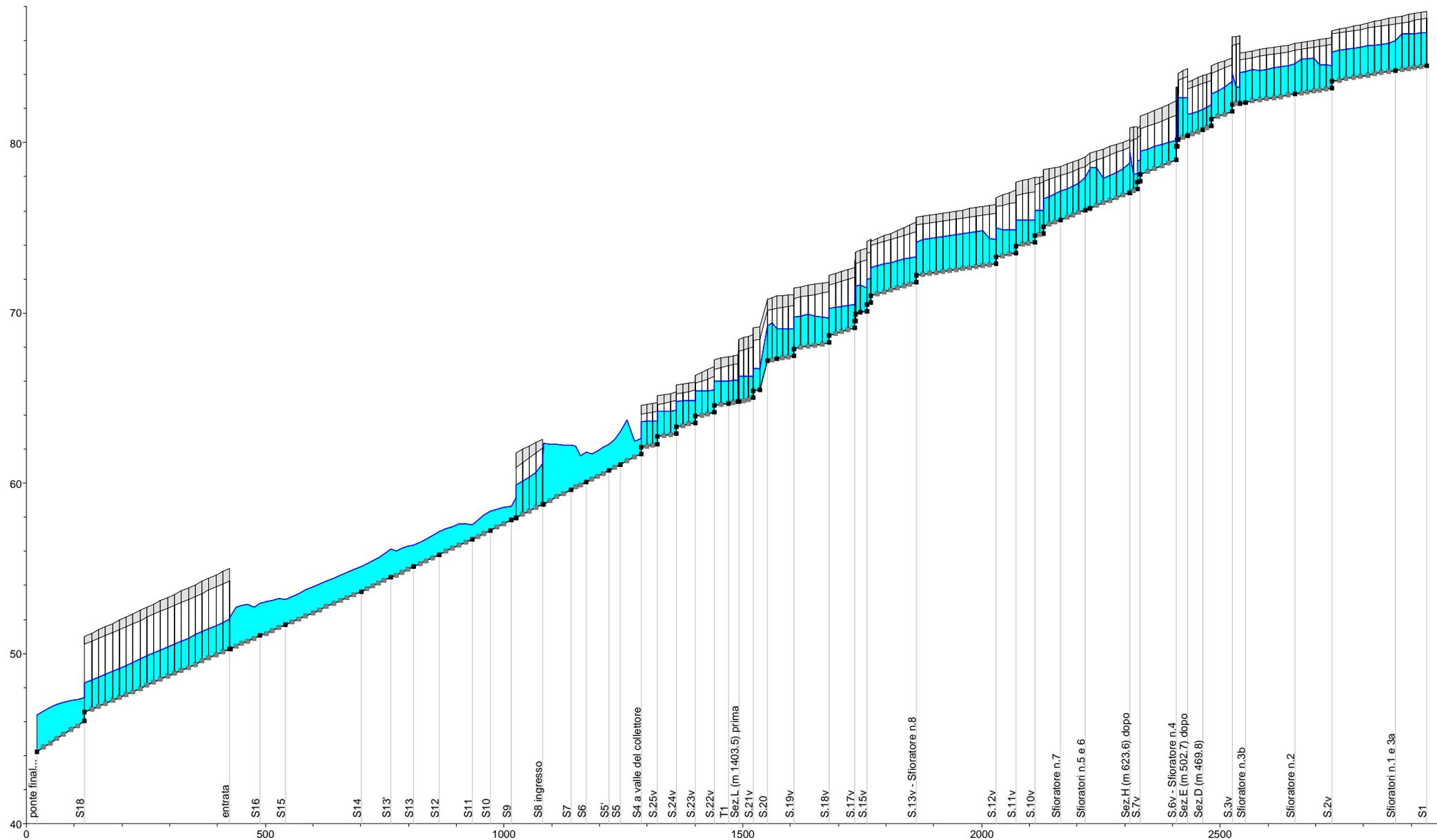


Fig 4. - Profilo lungo l'alveo attuale con portata di progetto

## **6.1 Considerazioni sui risultati**

Dall'osservazione del profilo di progetto si può apprezzare come le criticità presenti nel tratto iniziale vengano risolte grazie al rifacimento delle sezioni nel tratto di Via dei Catterini.

Inoltre la modifica del profilo a valle del tratto tombinato limita di molto le problematiche dovute alla brusca immissione laterale di portata dovuta al manufatto di sbocco del microtunnel. Dal confronto tra la fig. 3 e la fig. 4 si può apprezzare, infatti, che la parte terminale del collettore non è più rigurgitata e quindi il deflusso può avvenire regolarmente a pelo libero senza mandare la condotta in pressione.

Si può notare, invece, come non sia possibile eliminare il risalto che si forma a monte di Via Oriani a causa del restringimento della sezione; tuttavia, rispetto alla situazione precedentemente illustrata (fig.3), le criticità diminuiscono sensibilmente in quanto si verifica la formazione di un "salto di bidone" a monte del tratto tombinato, ma il deflusso lungo quest'ultimo rimane a pelo libero e non in pressione.

Naturalmente il passaggio da corrente rapida a corrente lenta che si verifica in questi casi è un fenomeno che comporta un'elevata dissipazione di energia e, quindi, è quanto mai opportuno adottare tutte le cautele del caso proteggendo il fondo e le sponde dall'erosione dovuta all'elevata turbolenza che si sviluppa all'interno del risalto stesso. In questo caso sia il fondo della sezione, sia le sponde fino ad un'altezza adeguata saranno interamente rivestite in calcestruzzo armato.

Nelle restanti tratte non si evidenziano altre particolari problematiche in quanto le caratteristiche dell'alveo risultano tali da garantire un corretto deflusso delle portate di progetto.

L'unico aspetto da sottolineare è che il moto si mantiene in condizioni di corrente rapida e quindi è necessario prevedere opportune protezioni e rivestimenti spondali, specialmente nei tratti in curva per evitare eccessive erosioni del fondo e delle sponde.

# VERIFICHE IDRAULICHE DELLA FOGNATURA NERA

## 7. PREMESSE

All'interno, o meglio al di sotto, del collettore interrato, dove scorre il torrente Corno, è collocata una tubazione che raccoglie parte delle acque nere della città di Gorizia.

Tale tubazione è posizionata lungo il lato sinistro del manufatto e ne segue grosso modo la pendenza; la tubazione è in calcestruzzo con diametro che parte da un  $\phi 20$  cm per arrivare al  $\phi 50$  cm in prossimità della sezione finale.

Tale tubazione prosegue poi anche lungo il corso a cielo aperto del Corno mantenendosi al di sotto dell'alveo del Corno fino a valle di Via Oriani; da questo punto in poi il collettore segue un percorso indipendente, ma mai troppo distante, da quello del Corno fino a quando, in prossimità di Viale C. Colombo, la fognatura piega verso Sud e prosegue verso il depuratore seguendo Via del Prato.

Le portate di progetto da assumere nelle verifiche sono state desunte dal progetto di adeguamento degli sfioratori di piena a firma dell'ing. Cappella del novembre 2004.

Il presente progetto non modifica o altera la situazione esistente per quanto riguarda gli scarichi di acque nere, se non per l'inserimento del nuovo collettore di Via San Gabriele dove verrà realizzata una nuova fognatura mista a servizio delle abitazioni prospicienti e delle caditoie stradali. L'apporto aggiuntivo di acque nere è però talmente modesto da risultare del tutto ininfluenza.

Sulla base della documentazione contenuta nel progetto precedentemente citato è stato possibile individuare 14 sfioratori di piena che recapitano nel collettore acque nere. Tra questi 10 sfioratori recapitano lungo il tratto interrato del Corno, mentre i restanti si innestano nella parte a cielo aperto.

Per quanto riguarda il tratto tombinato si prevede la verifica idraulica della tubazione esistente sulla base delle portate di progetto indicate per i diversi sfioratori, mentre per il tratto a cielo aperto, si prevede la realizzazione di una nuova tubazione con diametri maggiorati rispetto a quella esistente.

## 8. PORTATE DI PROGETTO

La portata media giornaliera  $Q_m$ , immessa in corrispondenza dei singoli sfiori, la massima portata di nera che può essere immessa nella tubazione, corrispondente a  $6 \times Q_m$ , e la portata complessiva nella condotta valgono rispettivamente:

Sfiatore	$Q_m$	$6 Q_m$	$\Sigma Q_m$
n.1 Via Catterini	2.5 l/s	15 l/s	15 l/s
n.2 Via Scaramuzza	2.2 l/s	13.2 l/s	28.20 l/s
n.3a Via S. Gabriele - Scaramuzza	0.2 l/s	1.4 l/s	29.6 l/s
n. 3b Via S. Gabriele	0.1 l/s	0.6 l/s	30.2 l/s
n. 4 Via Corsica	0.3 l/s	1.8 l/s	32.0 l/s
n.5 Via Balilla	1.4 l/s	8.4 l/s	40.4 l/s
n.6 Largo Pacassi	5.2 l/s	31.2 l/s	71.60 l/s
n.7 Via Ascoli	5.6 l/s	33.6 l/s	105.2 l/s
n.8 Via Scodnik	0.3 l/s	1.8 l/s	107.0 l/s
n.9 Via Tommaseo	3.1 l/s	18.6 l/s	125.6 l/s
n.10 Via Seminario	1.0 l/s	6.0 l/s	131.6 l/s
n.11 Parco della Valletta	2.9 l/s	17.4 l/s	149.0 l/s
n.12 Via del Boschetto (sx)	3.8 l/s	22.8 l/s	171.8 l/s
n.13 Via del Boschetto (dx)	1.2 l/s	7.2 l/s	179.0 l/s
n.14 Vicolo del Guado	2.5 l/s	15.0 l/s	194.0 l/s

Tra questi sfiori, come anticipato sopra, i primi 10 confluiscono all'interno del tratto tombinato del Corno, mentre i successivi nel tratto a cielo aperto.

## 9. VERIFICHE NELLE CONDIZIONI ATTUALI

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche eseguite a moto uniforme con la massima portata cumulata su alcune sezione caratteristiche (vedi tav. 2.5.1 e 3.5.1) distribuite lungo l'intero sviluppo del collettore di acque nere dalla sezione iniziale in Via Catterini fino al collegamento con la fognatura esistente in prossimità di Viale C. Colombo.

In una prima fase è stata eseguita la verifica nella situazione di stato di fatto, cioè considerando i diametri nominali delle tubazioni ed assumendo una scabrezza di  $70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , valore abitualmente utilizzato per condotte fognarie in calcestruzzo.

Secondariamente le verifiche sono state aggiornate nella situazione finale di progetto.

## Tratto all'interno del collettore Corno

### SEZIONE 2-2

D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.200	0.100	0.120	0.020	0.354	0.056	0.0046	70	13.7	0.694

### SEZIONE 3-3

D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.250	0.125	0.175	0.037	0.496	0.074	0.0046	70	30.9	0.841

### SEZIONE 7-7

D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.300	0.150	0.125	0.028	0.421	0.066	0.0110	70	33.5	1.202

### SEZIONE 10-10

D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.350	0.175	0.295	0.087	0.814	0.106	0.0060	70	105.3	1.217

### SEZIONE 13-13

D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.400	0.200	0.295	0.099	0.826	0.120	0.0040	70	107.1	1.078

### SEZIONE 14-14

D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.400	0.200	0.230	0.075	0.689	0.109	0.0085	70	109.9	1.469

### SEZIONE 17-17

D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.400	0.200	0.260	0.086	0.750	0.115	0.0085	70	132.2	1.528

### SEZIONE 19-19

D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.450	0.225	0.290	0.108	0.839	0.129	0.0050	70	137.1	1.265

### SEZIONE 25-25

D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.500	0.250	0.260	0.103	0.805	0.128	0.0052	70	132.3	1.283

## Tratto all'interno della valletta del Corno

### SEZIONE S5

D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.500	0.250	0.237	0.092	0.760	0.121	0.0090	70	149.0	1.623

### SEZIONE S6

D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.500	0.250	0.237	0.092	0.760	0.121	0.0090	70	149.0	1.623

### SEZIONE S11

D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.500	0.250	0.230	0.088	0.745	0.118	0.0037	70	90.4	1.026

### SEZIONE S14

D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.860	0.430	0.415	0.277	1.320	0.210	0.0008	70	194.0	0.700

per quanto riguarda la sezione S14, la tubazione esistente è costituita da un ovoidale con sezione da 75×100 che, per semplicità di calcolo, è stata approssimata ad una sezione circolare equivalente con diametro di 86cm.

## Verifica collettore acqua nere interno allo scatolare del Corno

Diametro nominale e scabrezza pari a 70 m<sup>1/3</sup>/s

Sezione	Diametro	Pendenza	Scabrezza	Portata Σ6Qm	Portata Σ6Qm	Tirante	Riempimento
	[cm]	[m/m]	[m <sup>0,33</sup> /s]	[l/s]	[mc/s]	[m]	%
2	20	0.00464	70	13.2	0.0132	0.12	60%
3	25	0.00464	70	30.2	0.0302	0.175	70%
7	30	0.011	70	32	0.032	0.125	42%
10	35	0.006	70	105.2	0.1052	0.295	84%
13	40	0.004	70	105.2	0.1052	0.295	74%
14	40	0.0085	70	107	0.107	0.23	58%
17	40	0.0085	70	131.6	0.1316	0.26	65%
19	45	0.005	70	131.6	0.1316	0.29	64%
25	50	0.0052	70	131.6	0.1316	0.26	52%

## Verifica collettore acqua nere nella Valletta del Corno

Diametro nominale e scabrezza pari a 70 m<sup>1/3</sup>/s

Sezione	Diametro	Pendenza	Scabrezza	Portata ΣQm	Portata ΣQm	Tirante	Riempimento
	[cm]	[m/m]	[m <sup>0,33</sup> /s]	[l/s]	[mc/s]	[m]	%
S5	50	0.009	70	149	0.149	0.12	24%
S6	50	0.009	70	179	0.179	0.175	35%
S11	50	0.0037	70	179	0.179	0.125	25%
S14	75*100	0.0008	70	194	0.194	0.295	34%

## 10. VERIFICHE DOPO L'INTERVENTO DI "RELINING" DELLA TUBAZIONE

Su tutto il tratto compreso tra il confine di stato e la sezione 25, cioè dove il Corno ritorna a scorrere a cielo aperto, al di sotto dell'alveo è posizionato un collettore di acque nere sul quale si prevede di eseguire un intervento di risanamento e consolidamento con l'esecuzione di una rifodera interna.

Di seguito si riportano, dunque, le verifiche idrauliche considerando un diametro ridotto per effetto dell'esecuzione dell'intervento di "relining" (lo spessore della rifodera in vetroresina è stato assunto variabile tra 3 e 8 mm a seconda del diametro della tubazione su cui si interviene).

In questo caso la scabrezza della tubazione è sicuramente minore di quello del calcestruzzo, e quindi si può cautelativamente ipotizzare pari a  $80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

Dall'osservazione dei risultati, di seguito riportati, si può concludere che le verifiche sono abbondantemente soddisfatte.

SEZIONE 2-2									
D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0,194	0,097	0,110	0,017	0,331	0,052	0,0046	80	13,2	0,762

SEZIONE 3-3									
D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0,242	0,121	0,165	0,033	0,470	0,071	0,0046	80	31,2	0,935

SEZIONE 7-7									
D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0,290	0,145	0,120	0,026	0,405	0,064	0,0110	80	34,5	1,338

SEZIONE 10-10									
D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0,338	0,169	0,275	0,078	0,760	0,103	0,0060	80	106,4	1,360

SEZIONE 13-13									
D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0,386	0,193	0,275	0,089	0,776	0,115	0,0040	80	106,7	1,196

SEZIONE 14-14									
D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0,386	0,193	0,215	0,067	0,650	0,103	0,0085	80	108,5	1,621

SEZIONE 17-17									
D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0,386	0,193	0,245	0,078	0,712	0,110	0,0085	80	132,7	1,694

SEZIONE 19-19									
D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0,434	0,217	0,270	0,097	0,789	0,123	0,0050	80	135,1	1,396

SEZIONE 25-25									
D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0,484	0,242	0,250	0,096	0,776	0,123	0,0052	80	137,1	1,431

**Verifica collettore acqua nere interno allo scatolare del Corno**  
**Diametri ridotti per effetto del relining e scabrezza pari a 80 m<sup>1/3</sup>/s**

Sezione	Diametro	Pendenza	Scabrezza	Portata Σ6Qm	Portata Σ6Qm	Tirante	Riempimento
	[cm]	[m/m]	[m <sup>0,33</sup> /s]	[l/s]	[mc/s]	[m]	
2	19.4	0.00464	80	13.2	0.0132	0.11	57%
3	24.2	0.00464	80	30.2	0.0302	0.165	68%
7	29	0.011	80	32	0.032	0.12	41%
10	33.8	0.006	80	105.2	0.1052	0.275	81%
13	38.6	0.004	80	105.2	0.1052	0.275	71%
14	38.6	0.0085	80	107	0.107	0.215	56%
17	38.6	0.0085	80	131.6	0.1316	0.245	63%
19	43.4	0.005	80	131.6	0.1316	0.27	62%
25	48.4	0.0052	80	131.6	0.1316	0.26	54%

## 11. VERIFICHE DEL NUOVO COLLETTORE FOGNARIO NEL TRATTO DELLA “VALLETTA DEL CORNO”

Per quanto riguarda questo tratto di intervento si prevede la realizzazione di una condotta in PVC con diametri maggiorati in modo da rendere possibili futuri allacciamenti.

### Tratto all'interno della valletta del Corno

SEZIONE S5									
D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.600	0.300	0.180	0.072	0.697	0.103	0.0090	100	149.0	2.081

SEZIONE S6									
D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.600	0.300	0.199	0.082	0.735	0.111	0.0090	100	179.0	2.192

SEZIONE S11									
D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
0.800	0.400	0.224	0.115	0.892	0.129	0.0037	100	179.0	1.554

SEZIONE S14									
D	raggio	y	A	P	R <sub>H</sub>	i <sub>f</sub>	Ks	Q	v
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	-	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[l/s]	[m/s]
1.000	0.500	0.319	0.215	1.200	0.180	0.0008	100	194.0	0.900

**Verifica collettore acqua nere nella Valletta del Corno**  
**Diametro nominale e scabrezza pari a 100 m<sup>1/3</sup>/s**

Sezione	Diametro [cm]	Pendenza [m/m]	Scabrezza [m <sup>0,33</sup> /s]	Portata ΣQm [l/s]	Portata ΣQm [mc/s]	Tirante [m]	Riempimento %
S5	60	0.009	100	149	0.149	0.12	20%
S6	60	0.009	100	179	0.179	0.175	29%
S11	80	0.0037	100	179	0.179	0.125	16%
S14	100	0.0008	100	194	0.194	0.295	30%

Anche in questo caso le verifiche sono soddisfatte con un notevole margine di sicurezza.

## 12. CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI

Dall'osservazione dei risultati si possono trarre le seguenti conclusioni:

- La condotta esistente è sufficiente a convogliare verso valle non solo la portata di magra, ma anche le 6 Q<sub>m</sub> e quindi non necessita di adeguamenti di sezione lungo tutto il tratto in cui si prevede l'intervento di risanamento delle tubazioni tramite esecuzione di una "calza" interna in vetroresina. Le verifiche idrauliche dimostrano, infatti, che l'intervento di "relining" non pregiudica la capacità di smaltimento della tubazione in quanto, nonostante una modesta riduzione di sezione, la diminuzione della scabrezza del tubo è tale da compensare la riduzione del diametro.
- Per quanto riguarda il tratto della Valletta dove si prevede di realizzare una nuova condotta fognaria in PVC i diametri sono stati volutamente sovradimensionati in modo da consentire eventuali allacciamenti futuri.

I PROGETTISTI

Ing. Mario Causero

Ing. Gianpaolo Guaran