PROVINCIA DI SAVONA

COMUNI DI CENGIO E MILLESIMO

I.P.S. Insediamenti Produttivi Savonesi S.c.p.A.

****

Verifica idraulica

tombinatura del tratto finale del Rio Chiappa in località Pertite

INDICE

1. PREMESSA 3
2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO 4
3. CARATTERISTICHE DEL BACINO 5
4. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO 7
   - 4.1 Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica 7
   - 4.2 Determinazione del tempo di corrivazione 8
   - 4.3 Coefficiente di deflusso 9
   - 4.4 Portata di piena 9
5. CARATTERISTICHE DELLA TOMBINATURA 10
   - 5.1 Discretizzazione geometrica 11
   - 5.2 Scabrezza 18
6. MODELLAZIONE E RISULTATI DI CALCOLO 19
   - 6.1 Moto uniforme 19
   - 6.2 Moto permanente 21
7. CONCLUSIONI 29

1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione di riqualificazione del piazzale in località Pertite, a confine tra i Comuni di Cengio e Millesimo, si rende necessario verificare sotto il punto di vista idraulico, la tombinatura del tratto finale del Rio Chiappa, realizzata ai tempi della formazione del rilevato di riempimento.

Il versante interessato risulta essere quello Padano, in quanto il rio Chiappa, indicato sulla cartografia anche come rio Pertite, è un diretto affluente del fiume Bormida, in cui si getta subito a valle della tombinatura in esame.

Partendo dal rilievo topografico fornito dalla Committenza, è stato realizzato un modello della condotta.

Una volta individuato il bacino e calcolata quindi la portata duecentennale di verifica, sono state eseguite alcune simulazioni del deflusso in regime uniforme e in regime permanente, con diverse configurazioni.

L'obbiettivo è quello di verificare cha la portata di verifica riesca a defluire nella condotta lasciando un franco sufficiente (almeno 1 metro).

2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Autorità di Bacino del Fiume Po

L. 18.05.1989 n.183 - PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Norme di Attuazione

Direttiva 2: direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica

US Army Corps of Engineers

Hydrologic Engineering Center – River Analysis System

Applications Guide

Reference Manual

User Manual

E. Marchi – A. Rubatta

Meccanica dei Fluidi: principi e applicazioni pratiche - UTET

3. CARATTERISTICHE DEL BACINO

La sezione di chiusura per il calcolo della portata defluente nella tombinatura è stata posta all'imbocco della stessa. Infatti le acque di scorrimento superficiale a valle dell'imbocco sono raccolte da una seconda condotta minore che scarica nella tombinatura in esame all'altezza dell'attraversamento della SS339 per Cengio.

Il bacino sotteso alla sezione in esame risulta avere una superficie pari a 1,577 km^2. L'intero bacino considerato è caratterizzato dalla presenza di bosco e dalla totale assenza di superfici impermeabili.

L'altitudine massima rilevabile è H_{max} = 677 m s.l.m., in corrispondenza del Castello di Cosseria.

Il punto più depresso, in corrispondenza della sezione di chiusura interessata, si trova a quota H_o = 425 m s.l.m.

Suddividendo il bacino in fasce altimetriche con scansione ogni 100 m di dislivello e determinandone l'area sottesa, è stata ricavata la quota media del bacino che risulta essere pari ad H_m = 555 m s.l.m.

La sorgente principale si trova ad una altitudine H = 590 m s.l.m. e la lunghezza dell'asta fluviale da questa fino alla sezione di chiusura, prossima alla confluenza del Rio Chiappa nel Torrente Bormida, è L = 2233 m.



Figura 1 – Veduta panoramica del bacino del Rio Chiappa – loc. Pertite

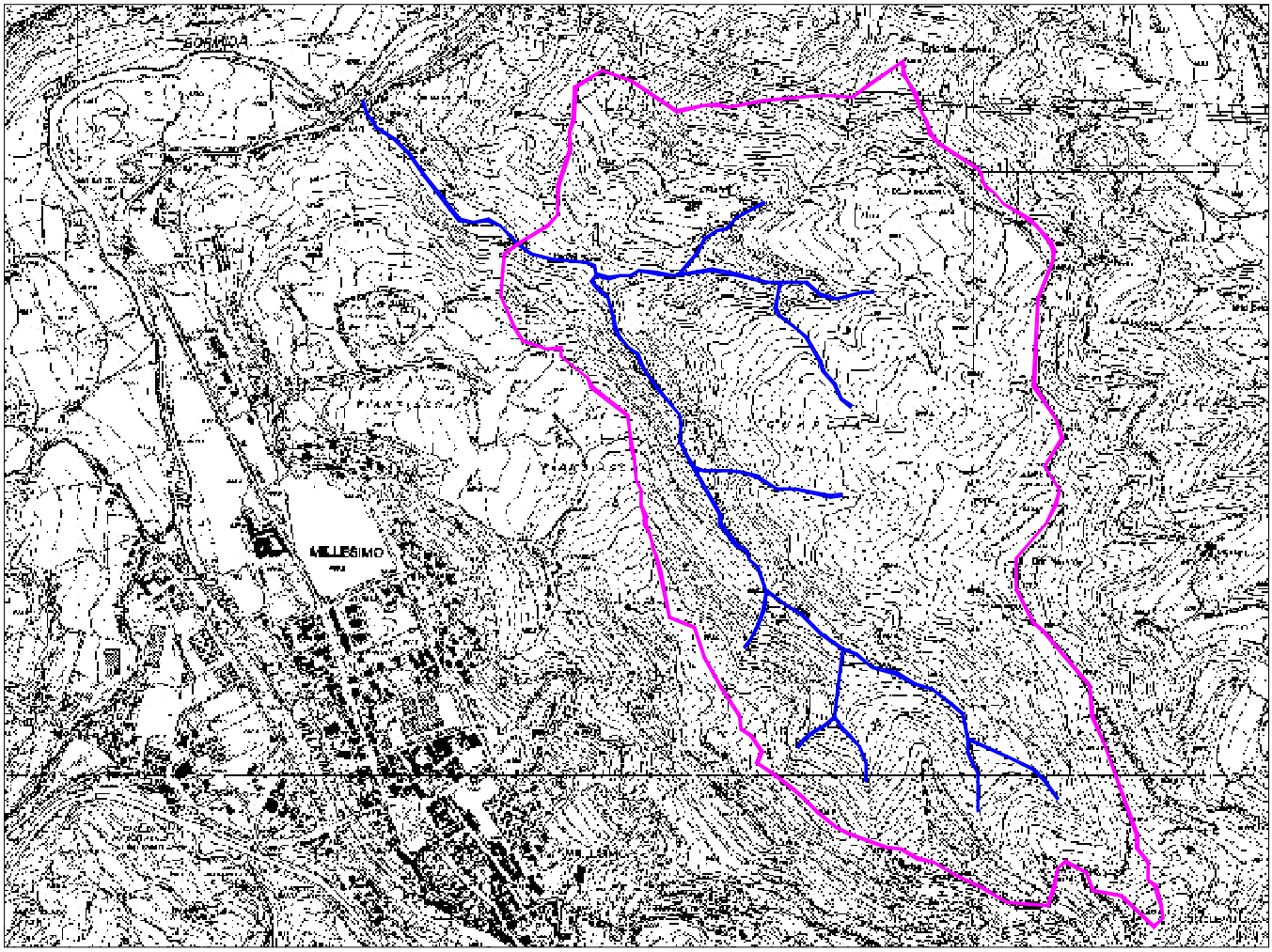


Figura 2 –Individuazione del Reticolo Idrografico e del bacino del Rio Chiappa – loc. Pertite

4. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO

La determinazione della massima portata di progetto, trattandosi di bacino di modeste dimensioni e di una verifica che non giustifica studi ideologici più approfonditi, può essere svolta in base alle prescrizioni contenute nella Direttiva 2 del PAI, utilizzando un metodo approssimato; in particolare, in base ai parametri di cui si dispone, è stato scelto il metodo razionale, la cui formulazione è la seguente:

$$Q_C = 0{,}28 \cdot c \cdot i \cdot A$$

dove:

- Q_c = portata al colmo (m^3/s)
- c = coeff. di deflusso (-)
- i = intensità di pioggia (mm/ora)
- A = superficie del bacino (km^2).

L'intensità di pioggia può essere determinata con la relazione

$$i = \frac{h}{t_c} \quad \text{(mm/ora)}$$

dove t_c = tempo di corrivazione (ore).

La determinazione di quest'ultimo parametro è fondamentale per la valutazione della portata di piena e dipende sostanzialmente dalle caratteristiche del bacino adduttore.

4.1 Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, che rappresenta il legame tra l'altezza di precipitazione in un punto (misurata in mm) che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale impermeabile e la durata della precipitazione stessa.
La curva di probabilità pluviometrica ha la seguente formulazione

$$h(t) = a \cdot t^n$$

in cui i parametri *a* ed *n* dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato, che in questo caso è assunto pari a T = 200 anni.
La Tabella 1 allegata alla Direttiva 2 del PAI riporta i valori delle curve di probabilità pluviometrica stimati sulla base delle serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Ideologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive.

In particolare per la zona in esame questa Tabella riporta:

- stazione di misura di Millesimo (cod. 1570): *a* (T=200) = 60,77 *n* (T=200) = 0,409
- stazione di misura di Cengio (cod. 1571): *a* (T=200) = 67,29 *n* (T=200) = 0,459.

Entrando nel dettaglio, la normativa di piano fornisce valori più puntuali; per la specifica cella locale relativa alla zona in esame, i parametri risultanti, impiegati nel calcolo della portata di verifica, hanno un valore compreso tra i precedenti:

a (T=200) = 66,08 *n* (T=200) = 0,430.

4.2 Determinazione del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione t_c (ore), può essere determinato con diverse formule empiriche dove il significato dei simboli è il seguente:

- A = superficie del bacino (km^2)
- L = lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino (km)
- H_m = altitudine media del bacino s.l.m. (m)
- H_{max} = altitudine massima del bacino s.l.m. (m)
- H_O = altitudine della sezione di chiusura s.l.m. (m)
- H = altitudine della sorgente s.l.m. (m)
- p_v = pendenza media del bacino $p_v = (H_{max} - H_O)/L$ (-)
- p = pendenza media dell'asta principale $p = (H - H_O)/L$ (-)

- Ventura $$t_c = 0{,}127 \cdot \sqrt{\frac{A}{p}}$$

- Giandotti $$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1{,}5 \cdot L}{0{,}8 \cdot \sqrt{(H_m - H_O)}}$$

- Pezzoli $$t_c = 0{,}055 \cdot \frac{L}{\sqrt{p}}$$

- Merlo $$t_c = \frac{0{,}396 \cdot L}{\sqrt{p}} \cdot \left(\frac{A}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{p}{p_v}} \right)^{0{,}72}$$

- Puglisi $$t_c = 6 \cdot L^{2/3} \cdot (H_{max} - H_O)^{-1/3}$$

- Viparelli $$t_c = \frac{L}{3{,}6 \cdot v}$$

- Pasini $$t_c = 0{,}000325 \cdot L^{0{,}77} \cdot p_v^{-0{,}385}.$$

Nella tabella seguente sono riepilogati i diversi valori ottenuti per la stima di t_c:

Ventura	0.59	ore
Giandotti	0.92	ore
Pezzoli	0.45	ore
Merlo	1.22	ore
Puglisi	1.62	ore
Viparelli	1.03	ore
Pasini	0.49	ore

Il valore medio, ottenuto scartando i valori minimo e massimo, è quindi t_c = *0,85 ore.*

4.3 Coefficiente di deflusso

La stima del coefficiente di deflusso è estremamente difficile e costituisce il maggiore elemento di incertezza nella valutazione della portata.
Il valore raccomandato da "*Handbook of Applied Hydrology" - Ven Te Chow (1964)* per superficie boscata su suolo con bassa infiltrazione, è pari a 0,40.
In questa sede, in mancanza di determinazioni più precise, sono state effettuate simulazioni sia per c = 0,40 sia per c = 0,60 (valore molto cautelativo) al fine di individuare comunque un range di comportamento sufficientemente significativo.

4.4 Portata di piena

Utilizzando il valore determinato del tempo di corrivazione si può ricavare l'altezza di pioggia critica h_c, con la relazione della curva di probabilità pluviometrica:

$$h_c = h(t_c) = a \cdot t_c^{\,n} = 61{,}60 \quad mm$$

che sostituito nella relazione proposta dal metodo razionale

$$Q_c = 0{,}28 \cdot c \cdot \frac{h_c}{t_c} \cdot A$$

fornisce i due valori impiegati per la verifica:

c = 0,4 ➔ Qc = 12,83 mc/s
c = 0,6 ➔ Qc = 19,25 mc/s.

5. CARATTERISTICHE DELLA TOMBINATURA

Lo sviluppo della tombinatura, è schematizzato nella figura seguente.

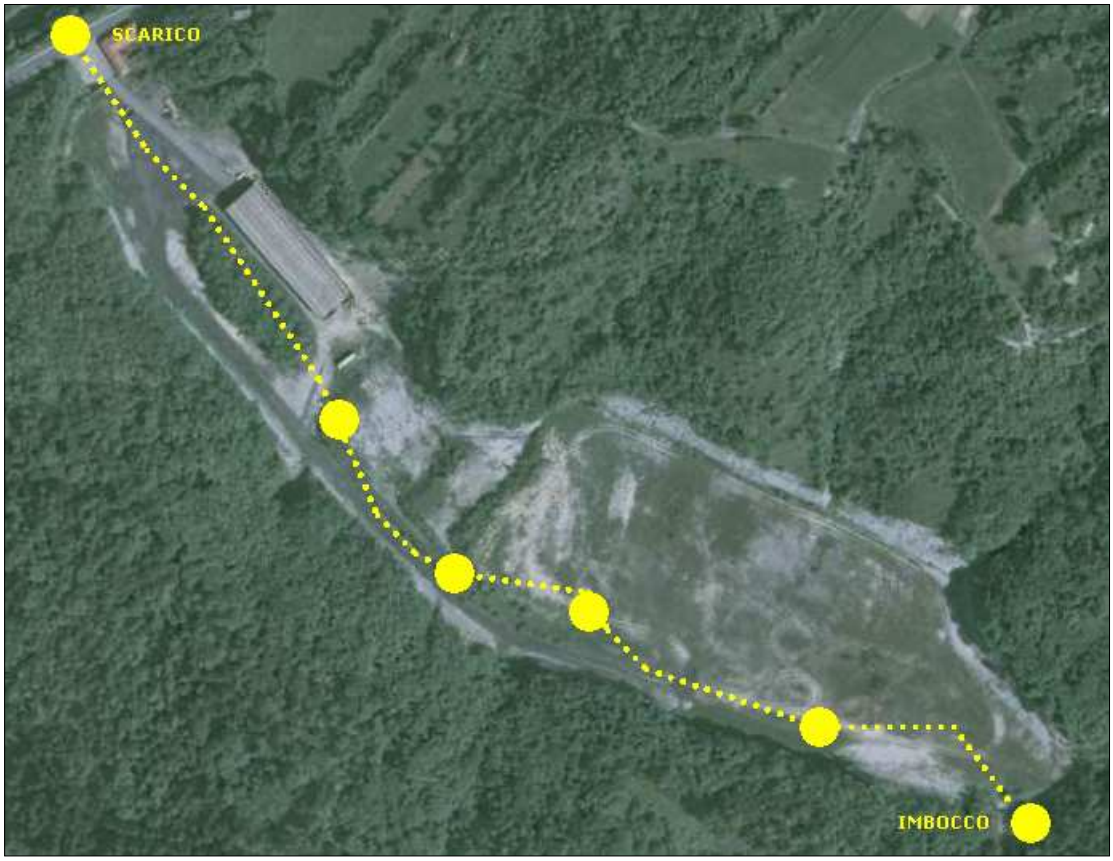
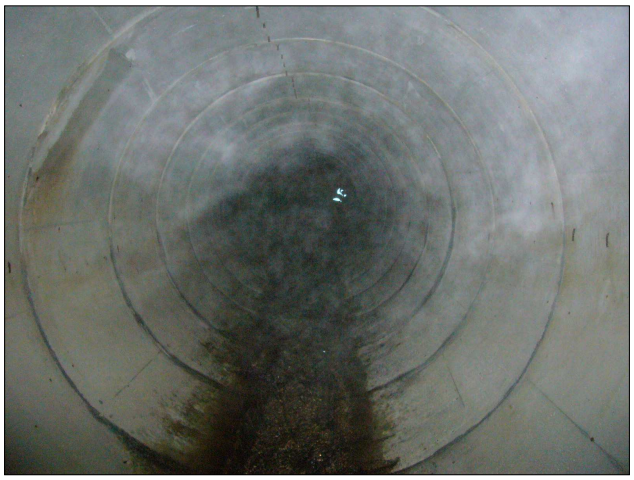


Figura 3 – Veduta panoramica dell'area interessata dalla tombinatura e tracciato della stessa

Lo sviluppo longitudinale misura circa 723 m con una pendenza media pari a 2,79%, suddiviso in 5 tratte intervallate da 4 pozzi di collegamento delle dimensioni in pianta di circa 2 metri nel senso della corrente per 3,40 m trasversalmente.
La condotta, di diametro interno pari a 2,70 m, è costituita in alcuni tratti da tubo finsider e negli altri da tubazione in c.a..





Fotografie 1 e 2 – Particolare delle condotte in c.a e Finsider

Le caratteristiche delle varie tratte sono le seguenti:

I^	tratta	tubazione finsider	lunghezza 116,28 m	pendenza media 3,33%
II^	tratta	tubazione c.a.	lunghezza 136,27 m	pendenza media 2,98%
III^	tratta	tubazione finsider	lunghezza 91,81 m	pendenza media 1,50%
IV^	tratta	tubazione c.a.	lunghezza 120,87 m	pendenza media 3,67%
V^	tratta	tubazione c.a.	lunghezza 249,47 m	pendenza media 2,50%.

A monte dell'imbocco della tombinatura, l'alveo del Rio Chiappa è al naturale.
A valle invece, la tombinatura converge, insieme alla condotta che raccoglie le acque della piattaforma ad essa sovrastante, nell'opera di attraversamento della S.S. 339 di Cengio e nello scarico al Fiume Bormida.

5.1 Discretizzazione geometrica

La descrizione della geometria della tombinatura, compresi il tratto a monte, per una lunghezza significativa, e il tratto a valle, fino allo scarico, è stata eseguita sulla scorta del rilievo topografico messo a disposizione dalla Committente.
Tra le numerose sezioni messe a disposizione da quest'ultimo, sono state ricavate quelle più significative, come riportato nello schema planimetrico che segue.

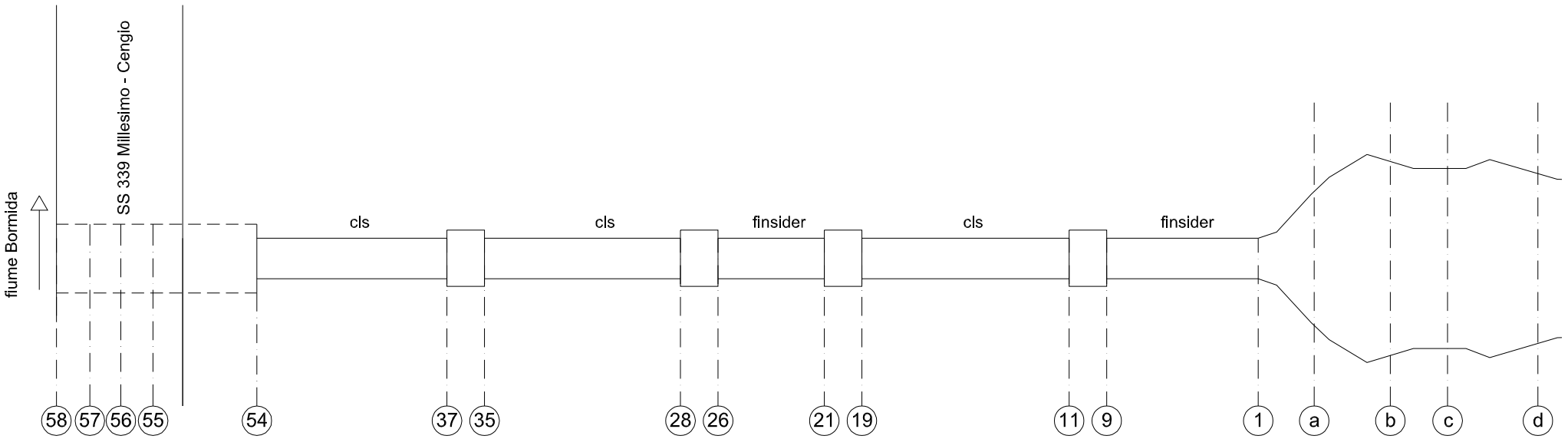


Figura 4 – Schema planimetrico della discretizzazione della tombinatura

La geometria delle sezioni è riportata nelle figure che seguono.

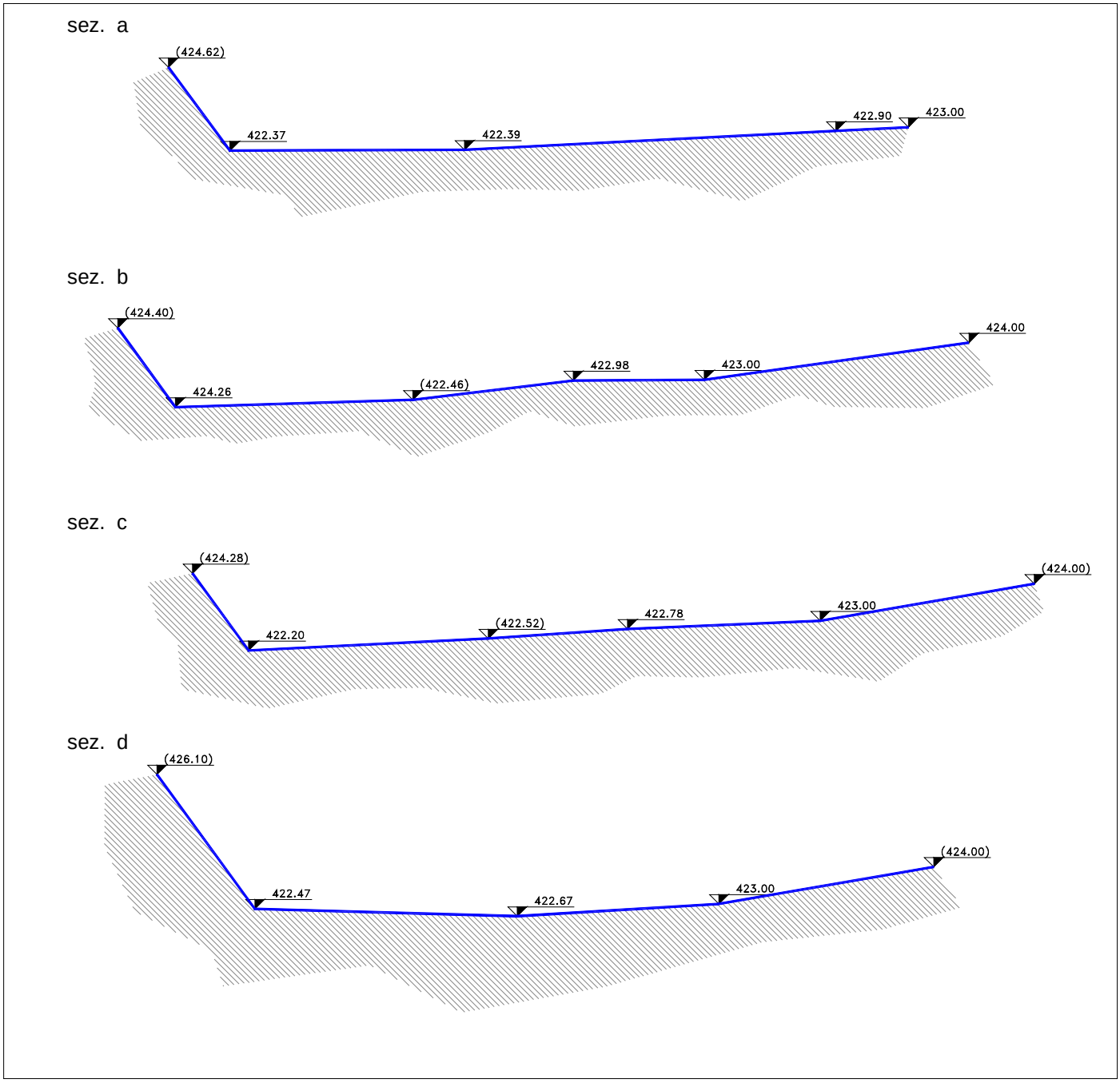


Figura 5 – Sezioni di monte (tratto d'alveo naturale)

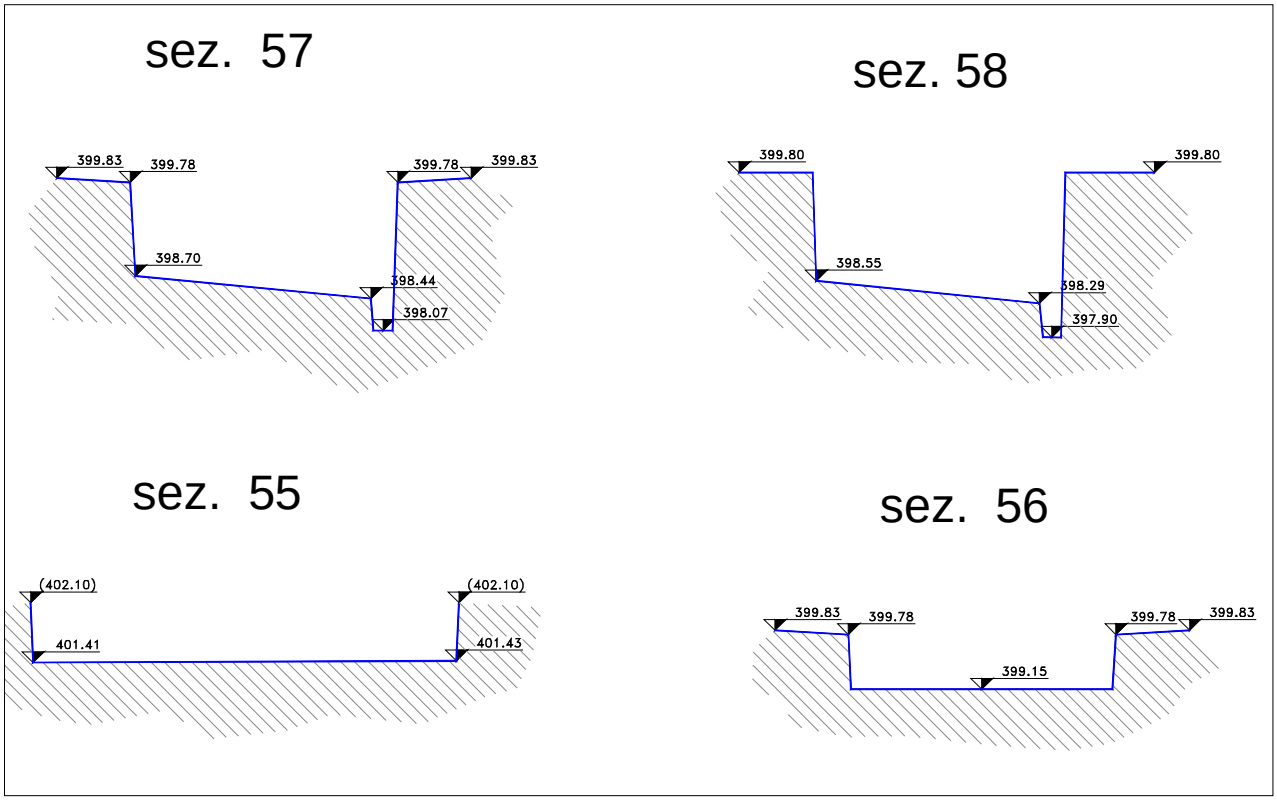


Figura 6 – Sezioni di valle (opera di attraversamento SS 339 e scarico)





Fotografie 3 e 4 – Salto di quota tra le sezioni 55-56-57 e scarico nel fiume Bormida (sez. 58)



Fotografia 5– Sbocco della tombinatura nell'opera di attraversamento (sez. 54)
A fianco della condotta principale si osserva l'innesto della condotta di raccolta secondaria

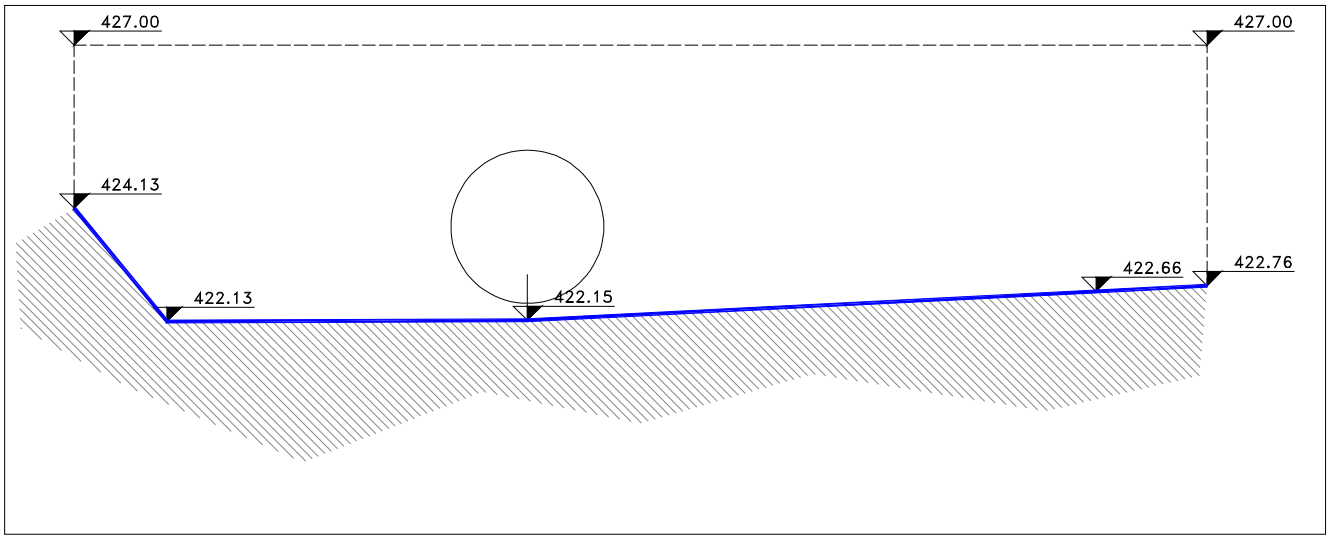


Figura 7 – Sezioni di imbocco della condotta (upstream – sez. 1)

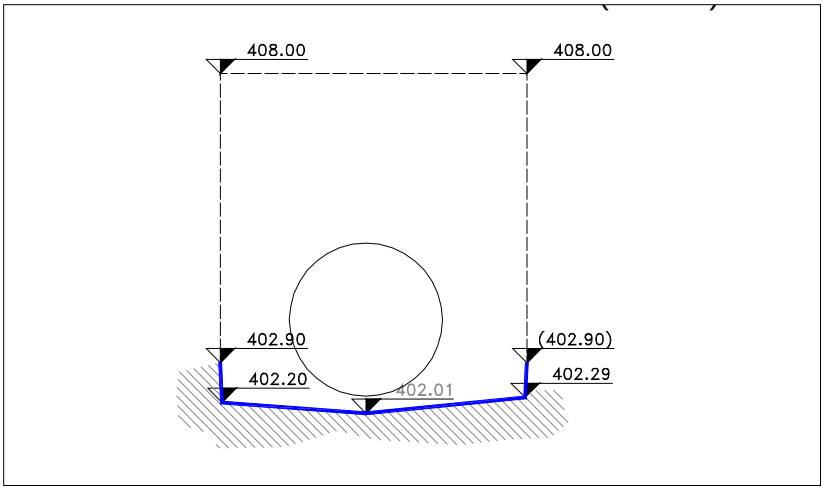
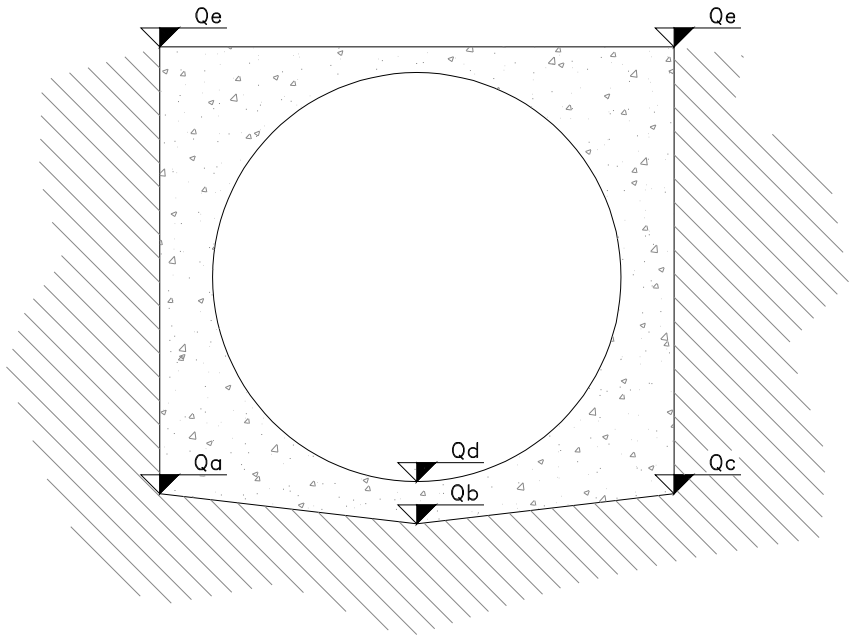


Figura 8 – Sezioni di sbocco della condotta (downstream – sez. 54)



	Qa	Qb	Qc	Qd	Qe
9	418.19	417.99	418.19	418.27	421.14
11	418.19	417.99	418.19	418.24	421.14
19	418.18	413.98	418.18	414.18	417.13
21	418.19	413.98	418.19	414.05	417.13
26	412.70	412.50	412.70	412.67	415.65
28	412.70	412.50	412.70	412.67	415.65
35	408.19	407.99	408.19	408.23	411.14
37	408.19	407.99	408.19	408.24	411.14

Figura 9 – Sezioni relative ai pozzetti intermedi

5.2 Scabrezza

Il valore attribuito al parametro di scabrezza *"Ks" (coefficiente di Gauckler – Strickler)* ovvero al suo inverso *"n" (coefficiente di Manning)*, assume un ruolo essenziale per la taratura del modello.
In assenza di dati di misura diretta per la sua calibrazione, i valori assunti sono stati suggeriti dalla letteratura.

TRATTO	Ks [$m^{1/3}$ s^{-1}]	n [$m^{-1/3}$ s]	*FONTE*
Imbocco naturale	40	0,025	*"Marchi Rubatta"*
Tubazione in c.a.	80	0,013	*"Marchi Rubatta"*
Tubazione Finsider	60	0,016	*"Ven te Chow"*
Pozzetti intermedi	80	0,013	*"Marchi Rubatta"*
Canale di scarico in c.a.	70	0,014	*"Marchi Rubatta"*

Tabella 1 – Valori dei parametri di scabrezza nei diversi tratti della tombinatura

6. MODELLAZIONE E RISULTATI DI CALCOLO

A partire dalla descrizione della geometria della tombinatura, sono state effettuate via via simulazioni più accurate del deflusso idraulico:

1) in condizioni di moto uniforme;
2) in condizioni di regime permanente monodimensionale attraverso un'unica condotta a pendenza costante pari alla pendenza media;
3) in condizioni di regime permanente monodimensionale attraverso i vari tratti di condotta che costituiscono la tombinatura.

Per quanto riguarda il moto uniforme è stata impiegata una semplice scala di deflusso per condotte circolari.
Per la determinazione del profilo idraulico in regime permanente è stata effettuata una modellazione numerica facendo ricorso al codice di calcolo HEC-RAS, elaborato dall'U.S. Army Corps of Engineers.

6.1 Moto uniforme

L'analisi del deflusso in condizioni di moto uniforme è stata implementata come semplice analisi iniziale per valutare il comportamento di massima della tombinatura. In effetti, a parte le discontinuità dovute agli imbocchi e a deboli variazioni di pendenza, trattandosi di condotta circolare a sezione costante le condizioni del moto non si discostano poi di molto da quelle di moto uniforme. Pertanto è stata tracciata una semplice scala di deflusso considerando la pendenza media della tombinatura ed un valore medio della scabrezza.

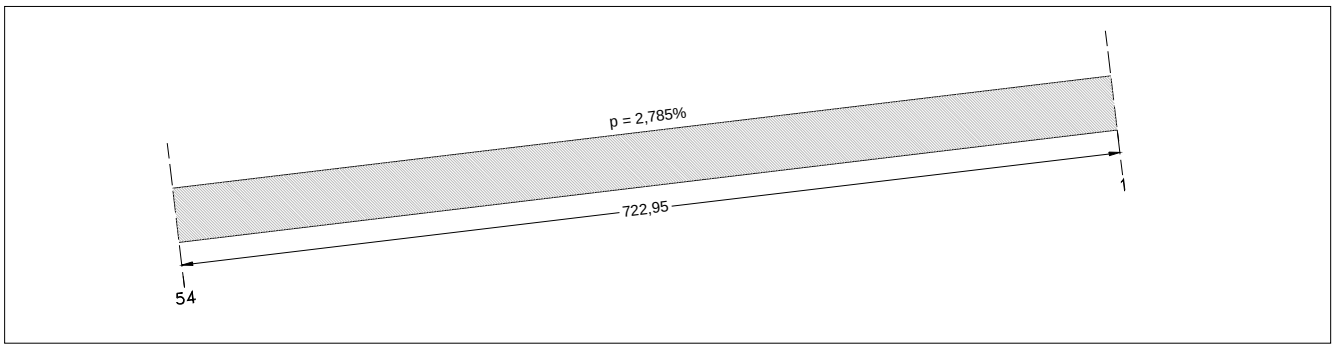


Figura 9 – Schema della tombinatura analizzata in moto uniforme

Nella figura seguente è riportato il riepilogo dei risultati, in cui si vede che per le portate di verifica, il grado di riempimento h/D, ovvero il rapporto tra tirante e diametro della tombinatura, è pari rispettivamente a 0,34 e 0,42.
Questo risultato ha il significato di indicare che, a parte le perdite di carico dovute a singolarità lungo il tratto di condotta in esame, la condotta, in prima approssimazione, è in grado si smaltire la portata di verifica con un margine di sicurezza sufficiente.

SCALA DI DEFLUSSO PER SEZIONE CIRCOLARE

$D_{int\ condotta}$ =	2.70	[m]
r =	1.35	[m]
i_{fondo} =	0.0279	[-]
K_s =	73	[$m^{1/3}$/s]

h/D	β [rad]	β [gradi]	A [m^2]	Pb [m]	R_h [m]	h [m]	v [m/s]	Q [m^3/s]
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.90	51.684	0.1070	1.2178	0.0879	0.135	2.410	0.26
0.10	1.29	73.740	0.298	1.737	0.172	0.270	3.764	1.12
0.15	1.59	91.146	0.539	2.148	0.251	0.405	4.849	2.61
0.20	1.85	106.260	0.815	2.504	0.326	0.540	5.771	4.70
0.25	2.09	120	1.119	2.827	0.396	0.675	6.574	7.36
0.30	2.32	132.844	1.445	3.130	0.462	0.810	7.282	10.52
0.35	2.53	145.085	1.786	3.418	0.522	0.945	7.909	14.13
0.40	2.74	156.926	2.139	3.697	0.578	1.080	8.465	18.10
0.45	2.94	168.522	2.499	3.971	0.629	1.215	8.955	22.38
0.50	3.14	180	2.863	4.241	0.675	1.350	9.383	26.86
0.55	3.34	191.478	3.227	4.512	0.715	1.485	9.752	31.47
0.60	3.54	203.074	3.587	4.785	0.750	1.620	10.062	36.09
0.65	3.75	214.915	3.940	5.064	0.778	1.755	10.314	40.64
0.70	3.96	227.156	4.281	5.352	0.800	1.890	10.506	44.98
0.75	4.19	240	4.606	5.655	0.815	2.025	10.635	48.99
0.80	4.43	253.740	4.910	5.979	0.821	2.160	10.694	52.51
0.85	4.69	268.854	5.187	6.335	0.819	2.295	10.672	55.36
0.90	5.00	286.260	5.428	6.745	0.805	2.430	10.549	57.26
0.95	5.38	308.316	5.619	7.265	0.773	2.565	10.274	57.72
1.00	6.28	360	5.726	8.482	0.675	2.700	9.383	53.72

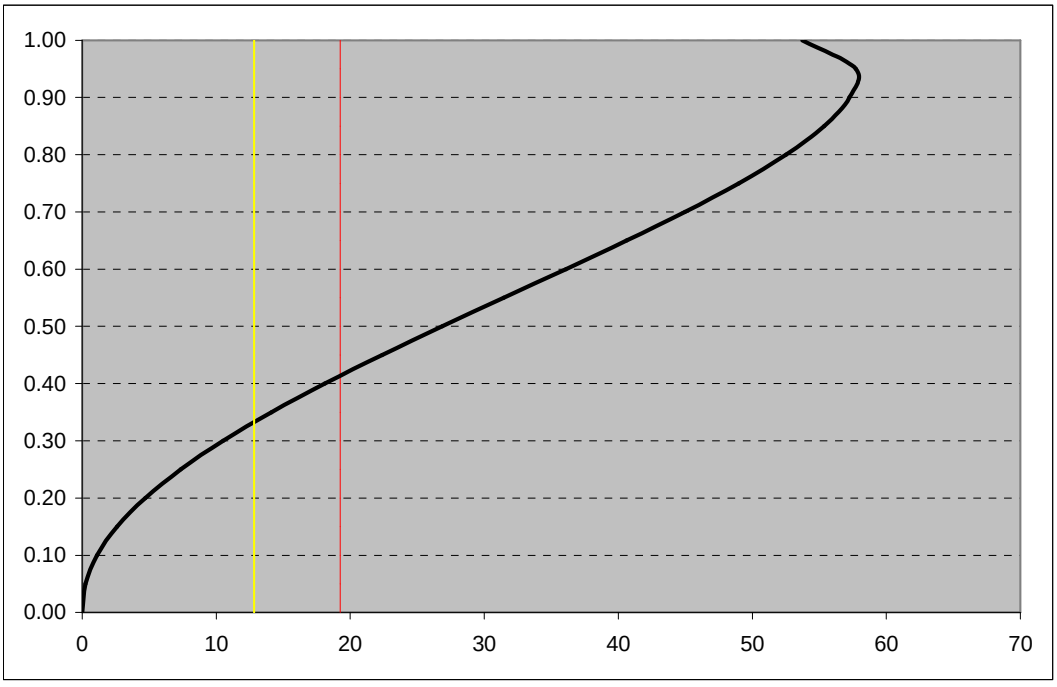


Figura 10 – Scala di deflusso della tombinatura analizzata in moto uniforme

6.2 Moto permanente

Il codice HEC-Ras, utilizzato per la modellazione del moto permanente, è in grado di gestire sia le sezioni aperte sia quelle attraversate da ponti o altrimenti soggette a bruschi restringimenti, come quelli nel caso in esame costituiti dalla tombinatura, ed integra per differenze finite l'equazione generale:

$$\Delta E/\Delta S = i - j$$

dove:

ΔE = variazione di energia della corrente tra due sezioni successive;

ΔS = distanza tra due sezioni successive;

i = pendenza del fondo dell'alveo;

j = cadente della linea dell'energia.

In particolare l'equazione discretizzata risulta nella forma:

$$Z_2 + \alpha_2 V_2^2/2g = Z_1 + \alpha_1 V_1^2/2g + \Delta H$$

dove:

$Z_{1,2}$ = quota assoluta del pelo libero nelle sezioni 1 e 2 [m];

$\alpha_{1,2}$ = coefficiente di velocità nelle sezioni 1 e 2;

$V_{1,2}$ = velocità media della corrente nelle sezioni 1 e 2 [m/s];

g = accelerazione di gravità [m/s^2];

ΔH = perdita di carico tra le sezioni 1 e 2 [m].

Le quantità riferite alla sezione 1 sono tutte note, mentre quelle riferite alla sezione 2 sono le incognite.

La perdita di carico ΔH che si genera tra le sezioni 1 e 2 è calcolata come somma del termine relativo alle perdite distribuite e del termine relativo alle perdite concentrate per variazioni della sezione trasversale:

$$\Delta H = L \cdot j + K \left(\alpha_2 V_2^2/2g - \alpha_1 V_1^2/2g \right)$$

dove:

L = distanza tra le sezioni 1 e 2 [m];

K = coefficiente di espansione o di contrazione, che dipende dal tipo di variazione di sezione o di ostacolo. Nel caso in esame sono stati assunti valori di k pari a 0,5 in ingresso alla condotta e 0,3 in uscita.

La cadente " j " è calcolata utilizzando l'espressione di Chézy:

$$j = V^2/(C^2 R)$$

che, utilizzando per l'indice di resistenza " C " la forma proposta da Manning, può anche scriversi:

$$j = n^2 \cdot V^2/R^{4/3}$$

dove:

n = coefficiente di scabrezza di Manning [$m^{-1/3}s$];

R = raggio idraulico della sezione [m].

Per la determinazione dell'integrale particolare dell'equazione differenziale che regola il moto permanente occorre definire le condizioni al contorno, necessarie per stabilire il livello del pelo libero dell'acqua all'estremità del sistema (a monte e/o a valle),
In un regime di *corrente lenta (n° Fr <1)*, la condizione al contorno necessaria è quella di valle in quanto questa corrente non è in grado di essere influenzata da ciò che accade a monte.
In un regime di *corrente veloce (n° Fr >1)* viceversa, la condizione al contorno necessaria è quella di monte.
Esiste anche il caso di *corrente mista* dove sono necessarie entrambe le condizioni al contorno.
Nel caso in esame sono state impostate per entrambi le condizioni al contorno il passaggio attraverso l'altezza critica, anche se diverse condizioni al contorno non influenzano molto i risultati.
Per il moto permanente sono stati impostati due diversi modelli.

Il primo modello è costituito da un'unica tratta di condotta, caratterizzata dalla pendenza media e da un valore medio della scabrezza (analogamente al moto uniforme).

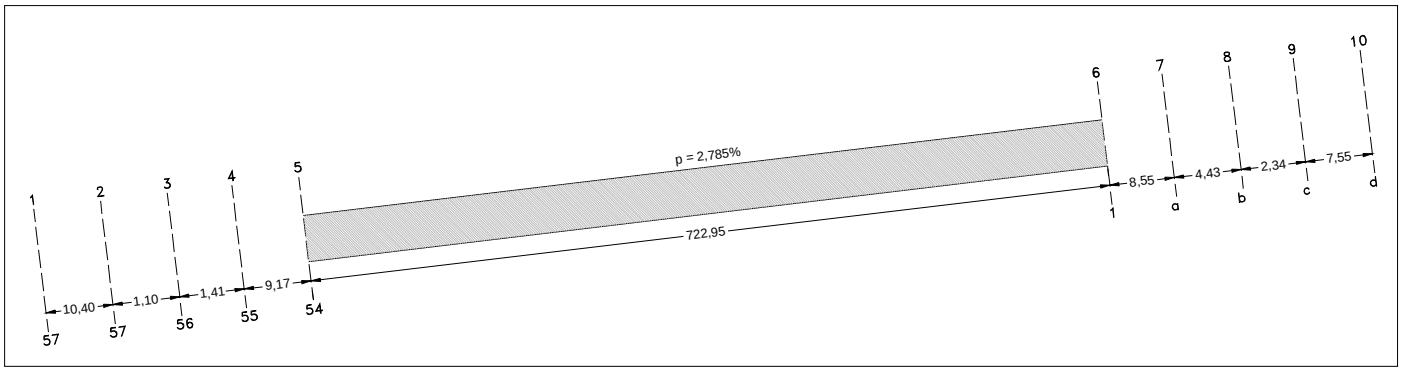


Figura 11 – Schema della tombinatura analizzata in moto permanente (tratta unica)

Il secondo modello invece è caratterizzato da una serie di tratte interrotte da pozzetti, con pendenza e scabrezza relativi ad ogni tratta.

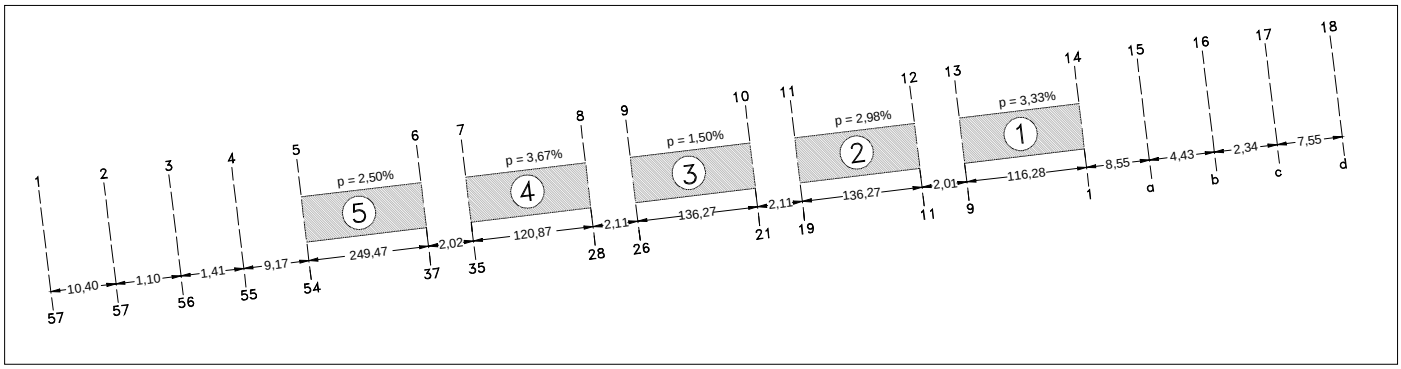


Figura 12 – Schema della tombinatura analizzata in moto permanente (tratte suddivise)

Nelle figure che seguono sono riportati i diversi profili di deflusso:

- Profilo di deflusso in moto permanente (tratta unica)
- Profilo di deflusso in moto permanente (tratte suddivise – Q = 19,25 mc/s)
- Profilo di deflusso in moto permanente (tratte suddivise – Q = 12,83 mc/s).

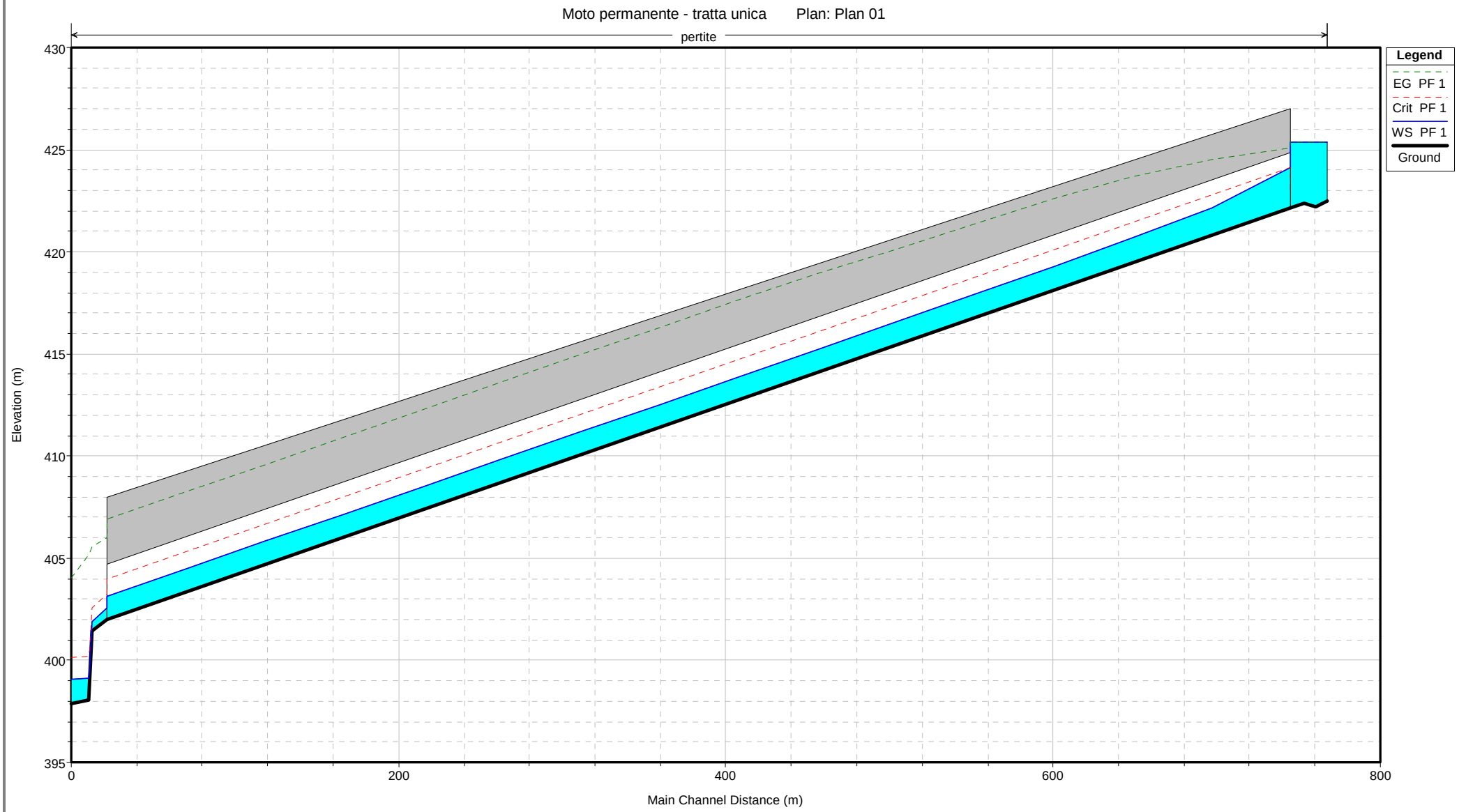


Figura 13 – Profilo di deflusso in moto permanente (tratta unica)

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	
10	19.25	422.47	425.39	423.30	425.40	0.000039	0.40	47.95	20.48	0.08
9	19.25	422.20	425.39		425.39	0.000025	0.33	57.71	23.00	0.07
8	19.25	422.26	425.39		425.39	0.000027	0.34	56.18	23.00	0.07
7	19.25	422.37	425.39		425.39	0.000027	0.35	54.52	20.00	0.07
6	19.25	422.13	425.39	422.82	425.39	0.000020	0.32	59.53	20.00	0.06
5.5	Culvert									
5	19.25	402.01	402.57	403.22	406.01	0.046499	8.22	2.34	5.38	0.06
4	19.25	401.41	401.88	402.58	405.54	0.049370	8.48	2.27	4.93	3.99
3	19.25	399.15	399.76	400.57	405.28	0.064142	10.41	1.85	3.09	4.30
2	19.25	398.07	399.12	400.17	405.15	0.087536	10.88	1.77	3.03	4.54
1	19.25	397.90	399.06	400.13	404.06	0.065307	9.90	1.94	2.87	3.84

Tabella 2 – Profilo di deflusso in moto permanente (tratta unica)

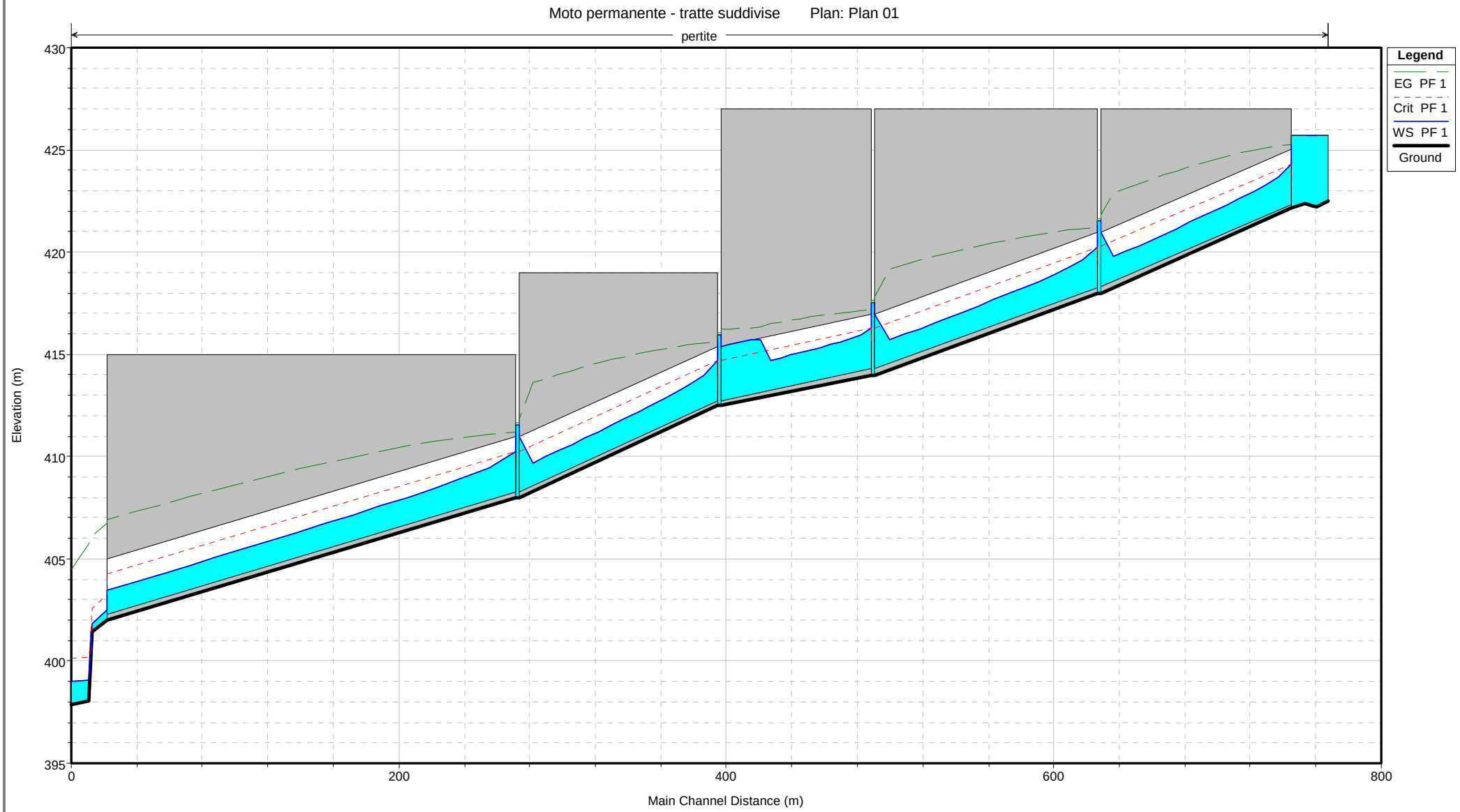


Figura 14 – Profilo di deflusso in moto permanente (tratte suddivise – Q = 19,25 mc/s)

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	
18	19.25	422.47	425.73	423.30	425.73	0.000026	0.35	54.97	20.73	0.07
17	19.25	422.20	425.73		425.73	0.000017	0.29	65.55	23.00	0.06
16	19.25	422.26	425.73		425.73	0.000018	0.30	64.01	23.00	0.06
15	19.25	422.37	425.73		425.73	0.000019	0.31	61.33	20.00	0.06
14	19.25	422.13	425.73	422.82	425.73	0.000015	0.29	66.34	20.00	0.05
13.5	Culvert									
13	19.25	417.99	421.52		421.66	0.000379	1.65	11.67	3.40	0.28
12	19.25	417.99	421.52	419.57	421.66	0.000379	1.65	11.67	3.40	0.28
11.5	Culvert									
11	19.25	413.98	417.52		417.66	0.000376	1.64	11.71	3.40	0.28
10	19.25	413.98	417.52	415.56	417.66	0.000376	1.64	11.71	3.40	0.28
9.5	Culvert									
9	19.25	412.50	415.93		416.08	0.000406	1.70	11.34	3.40	0.30
8	19.25	412.50	415.93	414.08	416.08	0.000406	1.70	11.34	3.40	0.30
7.5	Culvert									
7	19.25	407.99	411.53		411.67	0.000376	1.64	11.71	3.40	0.28
6	19.25	407.99	411.53	409.57	411.67	0.000376	1.64	11.71	3.40	0.28
5.5	Culvert									
5	19.25	402.01	402.52	403.22	406.72	0.063527	9.07	2.12	5.38	0.28
4	19.25	401.41	401.85	402.58	406.13	0.063051	9.17	2.10	4.93	4.48
3	19.25	399.15	399.73	400.57	405.85	0.074723	10.96	1.76	3.08	4.64
2	19.25	398.07	399.09	400.17	405.71	0.100614	11.39	1.69	3.03	4.87
1	19.25	397.90	399.03	400.13	404.46	0.073827	10.32	1.87	2.87	4.08

Tabella 3– Profilo di deflusso in moto permanente (tratte suddivise – Q = 19,25 mc/s)

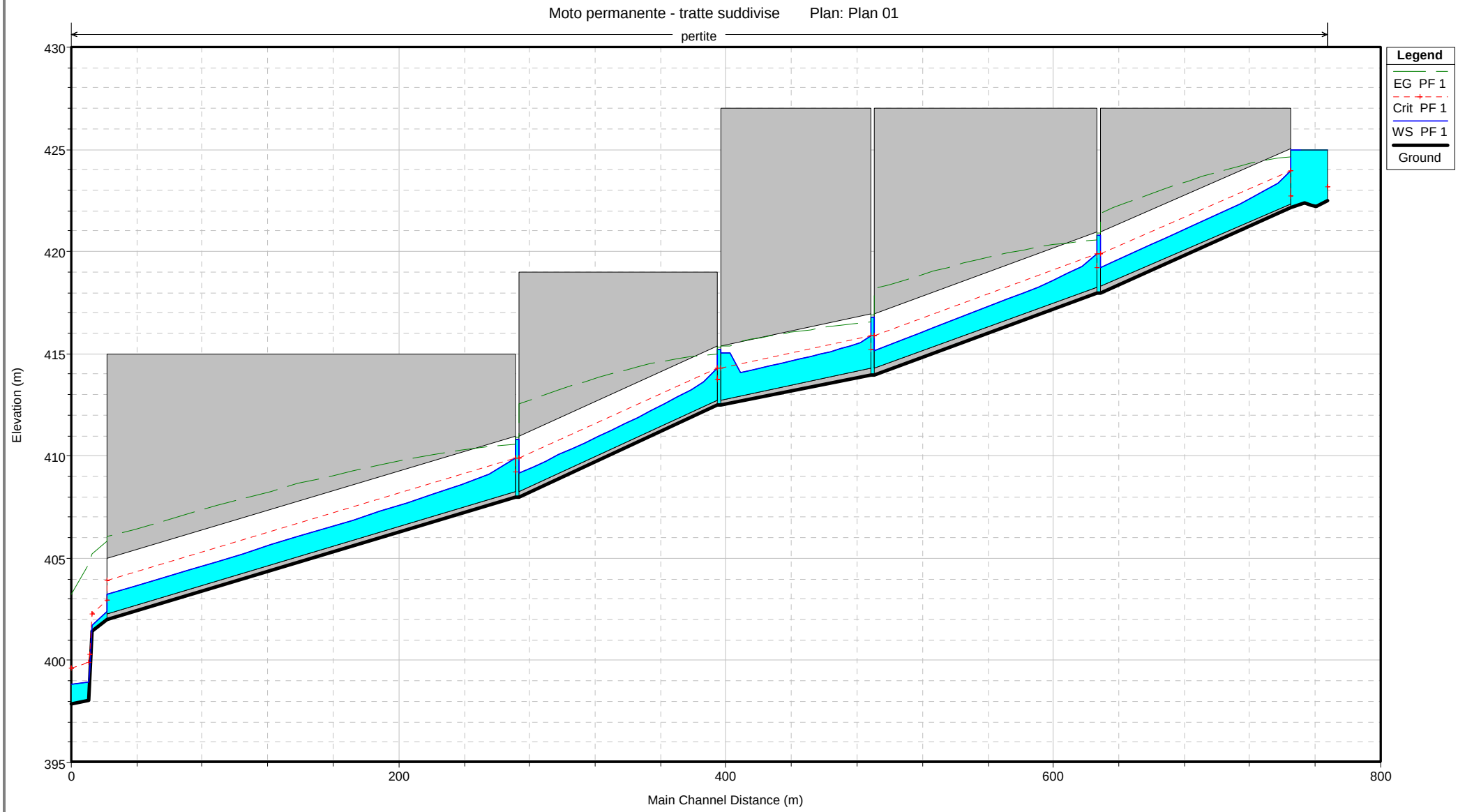


Figura 15 – Profilo di deflusso in moto permanente (tratte suddivise – Q = 12,83 mc/s)

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	
18	12.83	422.47	424.95	423.15	424.96	0.000032	0.33	39.12	20.16	0.08
17	12.83	422.20	424.95		424.96	0.000020	0.27	47.72	23.00	0.06
16	12.83	422.26	424.95		424.96	0.000022	0.28	46.19	23.00	0.06
15	12.83	422.37	424.95		424.96	0.000020	0.28	45.84	20.00	0.06
14	12.83	422.13	424.95	422.70	424.96	0.000015	0.25	50.84	20.00	0.05
13.5	Culvert									
13	12.83	417.99	420.78		420.88	0.000306	1.40	9.16	3.40	0.27
12	12.83	417.99	420.78	419.22	420.88	0.000306	1.40	9.16	3.40	0.27
11.5	Culvert									
11	12.83	413.98	416.78		416.88	0.000303	1.40	9.19	3.40	0.27
10	12.83	413.98	416.78	415.21	416.88	0.000303	1.40	9.19	3.40	0.27
9.5	Culvert									
9	12.83	412.50	415.20		415.30	0.000335	1.45	8.82	3.40	0.29
8	12.83	412.50	415.20	413.73	415.30	0.000335	1.45	8.82	3.40	0.29
7.5	Culvert									
7	12.83	407.99	410.79		410.89	0.000303	1.40	9.19	3.40	0.27
6	12.83	407.99	410.79	409.22	410.89	0.000303	1.40	9.19	3.40	0.27
5.5	Culvert									
5	12.83	402.01	402.42	402.96	405.87	0.074979	8.22	1.56	5.37	0.27
4	12.83	401.41	401.74	402.30	405.19	0.071862	8.23	1.56	4.92	4.67
3	12.83	399.15	399.56	400.29	404.89	0.091293	10.23	1.25	3.07	5.10
2	12.83	398.07	398.93	399.89	404.73	0.126276	10.67	1.20	3.01	5.39
1	12.83	397.90	398.86	399.65	403.27	0.081288	9.30	1.38	2.86	4.27

Tabella 4 – Profilo di deflusso in moto permanente (tratte suddivise – Q = 12,83 mc/s)

7. CONCLUSIONI

Nella Relazione sono state riportate le considerazioni svolte per la verifica idraulica della tombinatura del tratto finale del Rio Chiappa in località Pertite, a cavallo dei Comuni di Millesimo e Cengio.

Partendo dal rilievo topografico fornito dalla Committenza, è stato realizzato un modello della condotta.

Una volta individuato il bacino e calcolata quindi la portata duecentennale di verifica, sono state eseguite alcune simulazioni del deflusso in regime uniforme e in regime permanente, con diverse configurazioni.

L'analisi del deflusso in condizioni di moto uniforme è stata implementata come semplice analisi iniziale per valutare il comportamento di massima della tombinatura. Pertanto è stata tracciata una semplice scala di deflusso considerando la pendenza media della tombinatura ed un valore medio della scabrezza. I risultati ottenuti dimostrano che per le portate di verifica, il grado di riempimento h/D, ovvero il rapporto tra tirante e diametro della tombinatura, è pari rispettivamente a 0,34 e 0,42.

L'analisi del deflusso in condizioni di moto permanente è avvenuta con due differenti modelli: il primo, costituito da un'unica tratta di condotta, caratterizzata dalla pendenza media e da un valore medio della scabrezza (analogamente al moto uniforme); il secondo invece, caratterizzato da una serie di tratte interrotte da pozzetti, con pendenza e scabrezza relativi ad ogni tratta, per due valori della portata (Q = 12,83 mc/s e Q = 19,25 mc/s).
I risultati dimostrano che la condotta è in grado di far defluire le portate di verifica con sufficiente margine di sicurezza, e solo in corrispondenza dei pozzi di ispezione si verificano dei rallentamenti significativi della corrente a causa della perdita di energia agli imbocchi.

Savona, 26 febbraio 2010

IL TECNICO
Ing. Marco Goso