

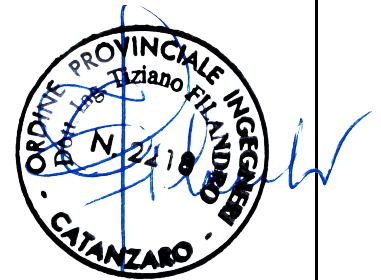


Contraente: 	Progetto: RIFACIMENTO METANODOTTO GAGLIANO-TERMINI IMERESE DN400/300 (16"/12") DP 75 bar - FASE 2		Cliente: 
	N° Contratto : N° Commessa : NR/19188		
N° documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 1 di 34	Data 18-03-2020	N° documento Cliente: AT-RE-102

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRaversAMENTO FIUME TORTO**



00	18-03-2020	EMISSIONE	QUARTARONE	FILANDRO	PEDINI
REV	DATA	TITOLO REVISIONE	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 2 di 34	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-102
		00				

INDICE

1	PREMESSA E CARATTERISTICHE GENERALI.....	3
2	CARATTERISTICHE DELL'OPERA IN PROGETTO.....	5
3	STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO.....	6
3.1	Individuazione del bacino idrografico.....	6
3.2	Massima portata di progetto.....	7
3.3	Studio idraulico.....	7
4	DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE.....	9
4.1	Simulazione idraulica.....	9
4.2	Calcolo della profondità di erosione.....	10
4.3	Opere di protezione spondali e verifica di stabilità.....	12
5	CONCLUSIONI.....	15
	ANNESSO 1: RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA.....	16
	ANNESSO 2: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS.....	28
	ANNESSO 3: TABELLE DI LETTERATURA.....	34

RIFACIMENTO METANODOTTO GAGLIANO-TERMINI IMERESE DN400/300 (16"/12") DP 75 bar – FASE 2					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO					
N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 3 di 34	Rev.:	00		N° documento Cliente: AT-RE-102

1 PREMESSA E CARATTERISTICHE GENERALI

La presente relazione è finalizzata alla determinazione delle caratteristiche idrologiche-idrauliche di un tratto vallivo del fiume Torto, interessato dall'attraversamento della nuova condotta "Met. Gagliano -Termini Imerese DN 300 (12") - DP 75 bar" inerente al progetto "Rifacimento Metanodotto Gagliano-Termini Imerese DN400/300 (16"/12") DP 75 bar – Fase 2".

Il bacino idrografico del fiume Torto si estende nel versante settentrionale della Sicilia per una superficie complessiva di circa 423 Km² e l'attraversamento avviene nel tratto vallivo del corso d'acqua a circa 5 km dalla foce.

Geograficamente il bacino si sviluppa tra i gruppi montuosi delle Madonie ad Est ed i Monti di Termini a Ovest; dal punto di vista idrografico, invece, esso confina con il bacino del Fiume Imera Settentrionale, a sud con il bacino del Fiume Platani, a ovest con il bacino del Fiume San Leonardo

Il bacino idrografico del Fiume Torto presenta una variabilità morfologica piuttosto spiccata, sviluppando il suo territorio tra due complessi montuosi (Madonie e Monti di Termini) e comprendendo anche la zona interna collinare tra la catena settentrionale ed i Monti Sicani.

Gran parte di Monte San Calogero risulta compreso all'interno del bacino idrografico in corrispondenza dell'ultima sua porzione, in sinistra orografica. Le quote maggiori si riscontrano proprio con la cima di questo monte (circa 1370 m s.l.m.), mentre nella parte alta del bacino le quote diminuiscono, con valori massimi di poco superiori ai 900 metri s.l.m.

Tra gli elementi che determinano l'andamento dell'asta principale e dei suoi affluenti principali si ricordano: la dorsale di Monte Roccelito (destra orografica, 1145 m s.l.m.) e la sua prosecuzione ad ovest con P.zo Bosco; la dorsale nord-sud denominata La Montagna che a partire dall'abitato di Roccapalumba e fino al nucleo abitato di Sambuchi, delimita ad ovest il bacino idrografico; le alture arenarie di P.zo Fico, P.zo Conca, M. Castellazzo, M. Rigiura, La Montagna (Alia) e Serra Tignino che caratterizzano la porzione centrale in destra idrografica.

Il tracciato del metanodotto in progetto attraversa in subalveo il fiume nel tratto indicato in Fig. 1-1.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento:

03858-PPL-RE-100-0102

Foglio

4 di 34

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-102

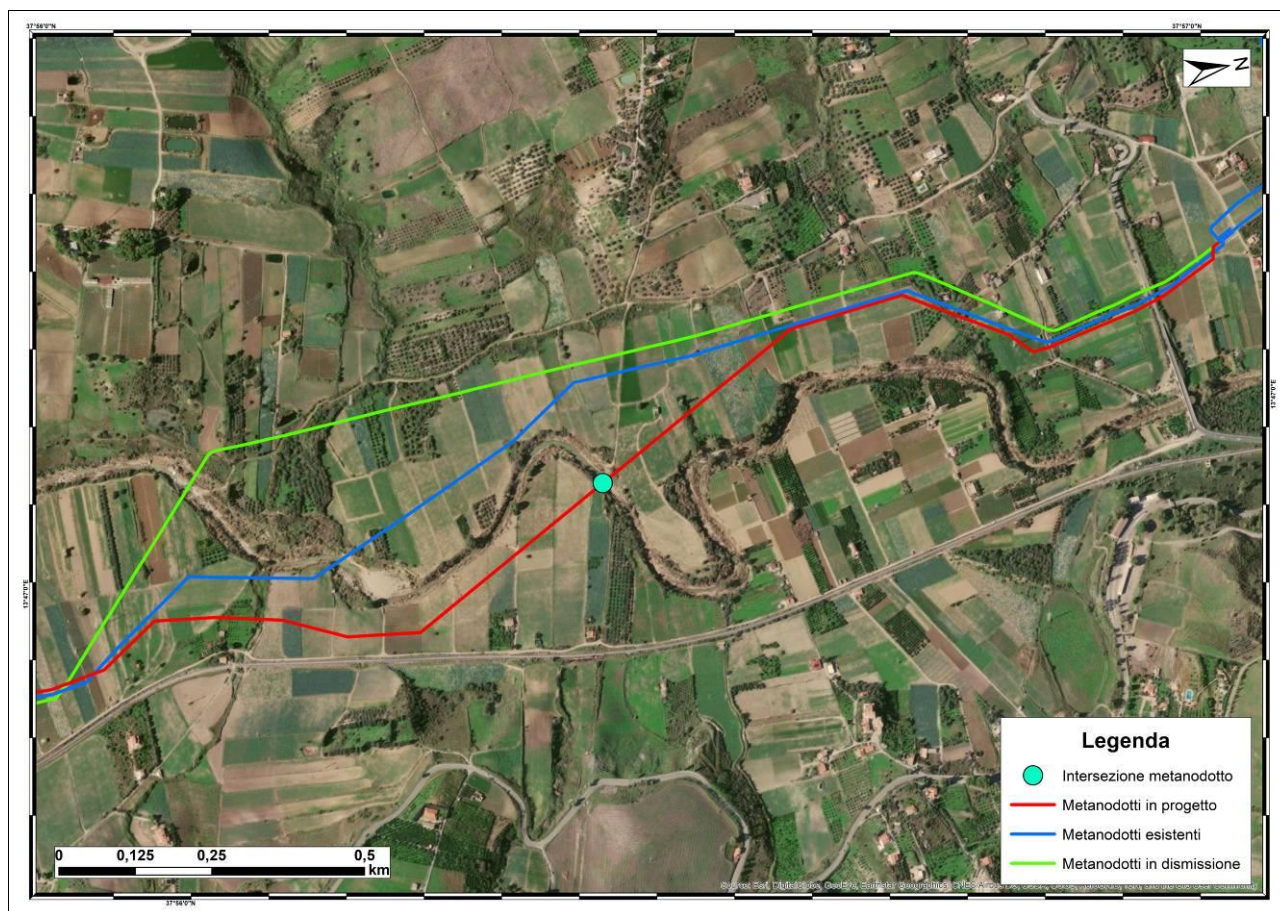


Fig. 1-1 - Tracciato del metanodotto di progetto e attraversamento del fiume Torto.

Il presente studio si prefigge lo scopo di verificare l' idoneità della profondità di posa e delle protezioni adottate rispetto alle possibili dinamiche evolutive del fondo alveo o a possibili fenomeni di dissesto/erosione localizzati in corrispondenza del transito degli eventi di piena.

A tal fine è stata eseguita una specifica modellazione idraulica di un tratto d'alveo significativo per una lunghezza complessiva di circa 2.000 m, utilizzando i valori di portata ricavati secondo la metodologia riportata nei paragrafi successivi, nell' ipotesi di moto permanente, mediante elaboratore elettronico, con l'ausilio del programma di calcolo Hec-Ras (per le cui caratteristiche si rimanda all'annesso 2).

Per la modellazione si è utilizzato il DEM (maglia 2m x 2m) della Regione Siciliana.

Si è provveduto in tal modo alla determinazione delle grandezze caratteristiche del deflusso in alveo quali altezza del tirante idrico, velocità della corrente, raggio idraulico, ecc. In seguito, i valori così calcolati sono stati utilizzati per le verifiche della profondità di posa della nuova condotta (v. cap. 4).

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO

N° Documento:

03858-PPL-RE-100-0102

Foglio

5 di 34

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-102

2 CARATTERISTICHE DELL'OPERA IN PROGETTO

Come anticipato in premessa, il metanodotto di nuova progettazione "Met. Gagliano – Termini Imerese, DN 300 (12") – DP 75 bar" attraversa il fiume Torto al confine tra i comuni di Sciara e Termini Imerese.

La posa della nuova condotta verrà eseguita tramite scavo a cielo aperto ad una profondità variabile.

Per il dettaglio degli interventi e le caratteristiche costruttive degli stessi si rimanda agli elaborati grafici di progetto (Dis. AT-134).

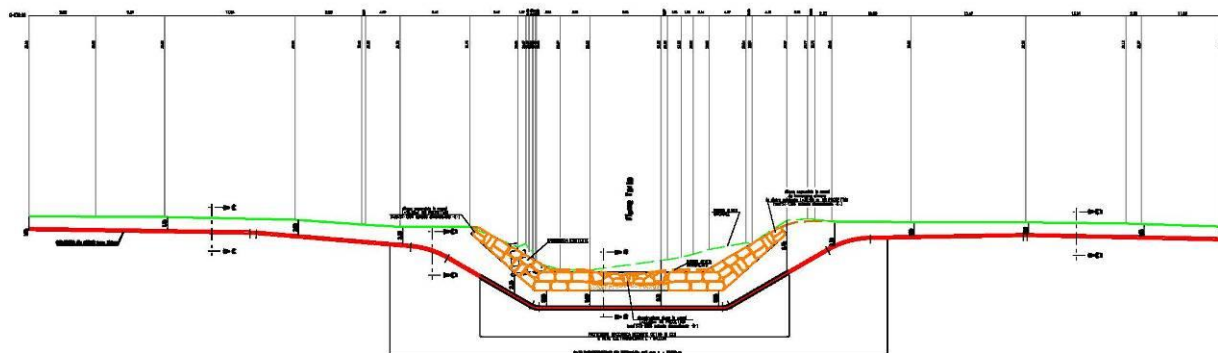


Fig. 2-1 - Attraversamento fiume Torto - Sezione schematica di progetto.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 6 di 34	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-102
--	-------------------	-------------	------------------------------------

3 STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO

3.1 Individuazione del bacino idrografico

Per la determinazione della portata di calcolo si è fatto riferimento a quanto determinato nella relazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Torto.

La sezione di interesse si trova in un tratto prossimo alla foce e, pertanto, per la valutazione della portata di piena si può fare riferimento a quella generata dall'intero bacino idrografico calcolata dal PAI.

Nella figura sottostante viene riportato il bacino idrografico del fiume Torto (Fig. 3-1).

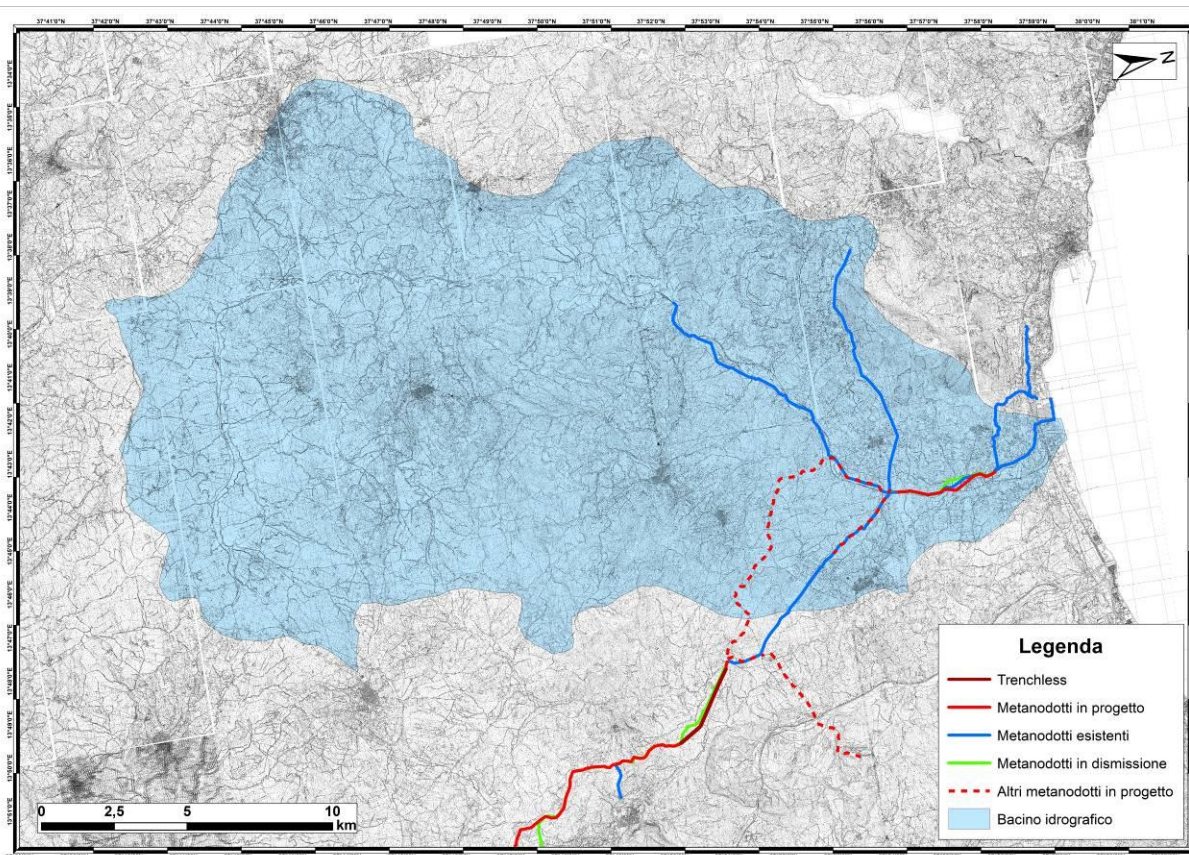


Fig. 3-1 - Bacino idrografico del Fiume Torto alla sezione di interesse.

Per il bacino idrografico in esame si riportano le seguenti caratteristiche estratte dalla relazione del PAI:

Superficie [kmq]	419,7
Altezza sommità bacino [m.s.m.]	1326
Altezza sezione chiusura bacino [m.s.m.]	32
Lunghezza asta [m]	57.000
Altezza media bacino [m.s.m.]	487

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 7 di 34	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-102
		00	

3.2 Massima portata di progetto

Si fa riferimento alla tabella 4.6 della relazione del PAI:

Tabella 4.6 Valori delle portate al colmo di piena (Q_t), per fissati tempi di ritorno, in corrispondenza di alcune sezioni del F. Torto considerate nello schema di calcolo HMS.

Sezione di Calcolo N°	Codice sezione HMS	Superficie Drenata (km ²)	$Q_{t=50}$ (m ³ /s)	$Q_{t=100}$ (m ³ /s)	$Q_{t=300}$ (m ³ /s)
1	JR240	170,7	446,99	532,03	669,76
2	JR180	281,0	614,36	729,96	917,54
3	JR60	389,7	694,54	822,44	1029,60
4	Foce	419,7	696,2	825,13	1034,30

E si fissa pertanto:

$$\begin{aligned}
 Q_{300 \text{ anni}} &= 1.034,30 \text{ m}^3/\text{s} \\
 Q_{100 \text{ anni}} &= 825,13 \text{ m}^3/\text{s} \\
 Q_{50 \text{ anni}} &= 696,20 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

3.3 Studio idraulico

Il calcolo in moto permanente è stato eseguito tramite elaboratore elettronico con l'ausilio del programma di calcolo Hec-Ras, per le cui caratteristiche si rimanda all'Annesso 2, mentre per i dettagli su posizione delle sezioni modellate si rimanda all'Annesso 1. **La lunghezza complessiva del tratto modellato è di circa 2.000 m.**

Sono state imposte come condizioni al contorno, a monte e valle del tratto modellato, l'altezza di moto uniforme, calcolata con una pendenza pari a quella media del tratto rilevato immediatamente successivo o precedente.

La modellazione è stata eseguita direttamente nello stato di progetto, essendo previsto il sostanziale ripristino dell'andamento delle sponde esistenti.

Nella fincatura superiore delle sezioni riportate nelle pagine seguenti sono resi noti i valori di scabrezza utilizzati per i vari tratti (secondo Manning), desunti da dati di letteratura e di seguito riassunti (Tab. 3-1):

Tab. 3-1 - Valori del coefficiente di scabrezza di Manning [m-1/3 -s].

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 8 di 34	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-102
--	-------------------	-------	------------------------------------

CORSI D'ACQUA MINORI (Larghezza del pelo libero in piena < 30m)	Minimo	Normale	Massimo
Corsi d'acqua di pianura			
1. Pulito, diritto, con la massima portata e senza divisioni o bacini profondi	0.025	0.030	0.033
2. Idem 1, ma con una maggior presenza di pietre ed erba	0.030	0.035	0.040
3. Pulito, meandriforme, alcuni bacini e zone di profondità ridotta	0.033	0.040	0.045
4. Idem 3, ma con erba e pietre	0.035	0.045	0.050
5. Idem 4, ma con portate minori e pendenze e sezioni irrilevanti	0.040	0.048	0.055
6. Idem 5, ma con una maggior presenza di pietre	0.040	0.050	0.060
7. Tratti stagnanti con erba e bacini profondi	0.045	0.070	0.080
8. Tratti con una elevata presenza di erba, con bacini profondi o scolmatori			
ricoperti di ceppi d'albero ed arbusti	0.075	0.100	0.150
Torrenti in montagna senza vegetazione in alveo, sponde generalmente ripide, alberi ed arbusti sulle sponde sommersi durante le piene			
9. Fondo: ghiaia, ciottoli e grosse pietre	0.030	0.040	0.050
10. Fondo: ghiaia e grosse pietre	0.040	0.050	0.070

Ai fini della modellazione del terreno si è utilizzato il DEM della Regione Siciliana con maglia 2 m x 2 m integrato con rilievi topografici condotti in situ.

I risultati, grafici e numerici, sono riportati a seguire ed il significato per ciascuna delle grandezze riportate in legenda è il seguente:

- WS Tr 50 Quota acqua per portata con tempo di ritorno 50 anni;
- Crit 50 Altezza critica per portata con tempo di ritorno 50 anni;
- WS Tr 100 Quota acqua per portata con tempo di ritorno 100 anni;
- Crit 100 Altezza critica per portata con tempo di ritorno 100 anni;
- WS Tr 300 Quota acqua per portata con tempo di ritorno 300 anni;
- Crit 300 Altezza critica per portata con tempo di ritorno 300 anni;
- Ground Fondo alveo;
- Levee Argine;
- Bank sta Ciglio alveo

RIFACIMENTO METANODOTTO GAGLIANO-TERMINI IMERESE DN400/300 (16"/12") DP 75 bar – FASE 2						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO						
N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 9 di 34	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-102
		00				

4 DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE

Per la determinazione della massima profondità di erosione e per la verifica di stabilità delle eventuali opere di protezione previste si è condotto lo studio idraulico descritto di seguito.

4.1 Simulazione idraulica

I risultati ottenuti dalla simulazione idraulica hanno condotto a determinare la sezione di deflusso per i 3 tempi di ritorno (Fig. 4-1).

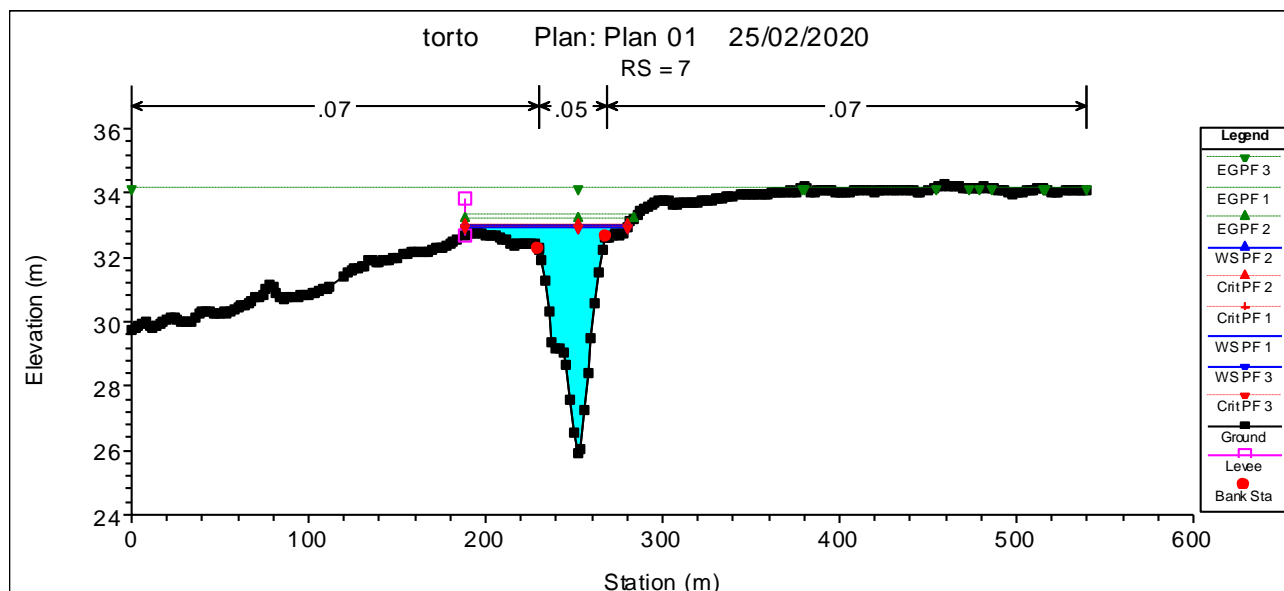


Fig. 4-1 - Sezione di deflusso in corrispondenza dell'attraversamento.

Nell'annesso 1 sono riportati:

- il profilo longitudinale con il livello idrico corrispondente al deflusso delle 3 portate con i 3 tempi di ritorno;
- le sezioni di calcolo per i 3 tempi di ritorno;
- le tabelle riepilogative con i parametri idraulici delle portate con i 3 tempi di ritorno.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 10 di 34	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-102
		00	

4.2 Calcolo della profondità di erosione

Ai fini della progettazione del metanodotto, occorre predeterminare le condizioni di approfondimento della tubazione interrata, fermo restando specifici valori minimi. Nel caso dell'attraversamento di corsi d'acqua, si ricorre a formulazioni estremamente cautelative, atte alla valutazione delle eventuali erosioni localizzate del letto e dei potenziali fenomeni di escavazione in alveo, in modo che un eventuale approfondimento, rispetto alla quota minima iniziale del fondo, non possa interessare la tubazione stessa.

A tal fine, specificatamente in virtù dei modelli conservativi utilizzati¹, può non essere necessario determinare aspetti di dettaglio, quali la velocità e la tensione tangenziale della corrente al fondo alveo e le caratteristiche del materiale che ne forma il letto. Tali modelli permettono di valutare se lo spessore del materiale di rinterro, adeguatamente costipato, pur non alterando le originarie condizioni di permeabilità, risulta idoneo a garantire la sicurezza della condotta dai potenziali fenomeni erosivi. Quando risulta opportuno garantire una adeguata protezione dell'alveo interessato dagli scavi "a cielo aperto", può essere previsto l'utilizzo di massi o pietrame naturale, per costituire parte del rinterro e/o il rivestimento del fondo e delle sponde.

In quest'ottica di verifica preliminare degli effetti idraulici delle piene, si fa riferimento agli studi² di Yalin (1964), Nordin (1965) ed altri, che hanno proposto di assegnare alle possibili escavazioni un valore cautelativo, pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata (in particolare, venne dimostrato che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica). **Una generalizzazione prudentiale, proposta in Italia, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena³.** Pertanto, una stima del tutto cautelativa della profondità delle potenziali escavazioni del fondo (Z) è data, in corrispondenza di una assegnata sezione, in ragione del 50% del battente idrometrico di piena (h_0):

$$Z = 0,5 \cdot h_0 .$$

Nel caso in cui l'evento di piena implichi esondazioni oltre l'alveo inciso, sulla base di considerazioni proprie degli idrogrammi sperimentali correlati ai relativi modelli sperimentali e di considerazioni connesse alla morfologia delle aree di esondazione, il battente idraulico è assunto pari **a 1,05÷1,10 volte la profondità dell'alveo, rilevata nella**

¹ D'Alberto D. et Alii., "Crossing debris flow areas", in Pipeline technology journal, May 2016.

² Si veda la sintesi di questi lavori in Graf W.H., "Hydraulics of sediment transport"; McGraw-Hill, U.S.A.; 1971.

³ Vollo L., "L'aratura di fondo nell'alveo dei fiumi durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXIX; Milano, 1952. Zanovello A., "Sulle variazioni del fondo degli alvei durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXXV; Milano, 1959.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 11 di 34	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-102
		00	

geometria della sezione; ovvero $Z = 0,55 h_a$, con h_a dislivello tra la sommità di sponda o d'argine e la massima incisione.

Per quanto attiene alla formazione di buche ed approfondimenti locali, le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso. In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 cm, i valori raggiungibili dalle suddette erosioni sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 cm, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'erosione. In termini "qualitativi", per determinare un valore cautelativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo, indipendentemente dal diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena, tra i modelli disponibili (Schoklitsch, Eggemberger, Adami), la formula di Schoklitsch⁴ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici e determina un valore medio rappresentativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo:

$$S = 0,378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0.35} + 2,15 \cdot a$$

dove

- S è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota media del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- $H = h_0 + v^2/2 \cdot g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- $q = Q_{Max} / L$ è la portata specifica per unità di larghezza L della corrente di piena in alveo;
- a è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca ed è assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base del dislivello locale del fondo alveo, in corrispondenza della massima incisione, relativo ad una lunghezza pari all'altezza idrica massima ivi determinata.

In alvei di pianura, a bassa pendenza longitudinale ed a sezione larga, aventi condizioni di scabrezza ordinaria ed in assenza di ostruzioni, se l'altezza idrica della corrente di piena risulta più elevata dei margini sommitali della sezione geometrica d'alveo, si può assumere $H = 1,20 h_a$; con h_a altezza degli argini.

Nel caso di interesse la portata di massima piena assunta quale riferimento di calcolo, associata a tempo di ritorno $Tr = 300$ anni, è contenuta in alveo e ha una quota di 32,42 m s.m.

Pertanto, assumendo ai fini di calcolo $Q_{Max} = 1.034,3 \text{ m}^3/\text{s}$, in base alla geometria

⁴ Schoklitsch A., „Stauraum Verlandung und kolkbewehr“; Springer ed., Wien, 1935.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 12 di 34	Rev.:					N° documento Cliente: AT-RE-102
		00					

quota di tirante di moto uniforme	32.42 m slm
quota della massima incisione	25.94 m slm
h ₀	6.48 m

Z = 3.24 m

pendenza locale in corrispondenza della sezione 1.00 %

Q_{Max} 375.35 m³/s

Area della sezione 1034.30 m²

Velocità 4.74 m/s

H 4.39 m

a 0.20 m

larghezza idrica in sommità della sezione L 227.89 m

q 4.54 m³/s/m

S = 1.77 m

Pertanto si stimano approfondimenti potenziali pari a circa 3.24 m.

4.3 Opere di protezione spondali e verifica di stabilità

In corrispondenza dell'attraversamento è stata prevista un'opera di difesa spondale con scogliera in massi come rappresentato nell'elaborato grafico AT-134.

Per la verifica di stabilità delle opere di difesa di sponda si è fatto riferimento alle espressioni di Stevens et. al (1976), basate sull'analisi delle forze agenti sull'elemento solido in condizioni di equilibrio limite, con la correzione per la stabilità su sponda inclinata.

Tali espressioni sono:

$$\sigma = \frac{0.30 \cdot v_r^2}{(\gamma_s / \gamma - 1) g d_m} \quad (1)$$

$$\beta = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{\cos \alpha}{\frac{2 \operatorname{sen} \vartheta}{\sigma \operatorname{tg} \varphi} + \operatorname{sen} \alpha} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\sigma'}{\sigma} = \frac{1 + \operatorname{sen}(\alpha + \beta)}{2} \quad (3)$$

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 13 di 34	Rev.:					N° documento Cliente: AT-RE-102
		00					

$$C_s = \frac{\cos \vartheta \operatorname{tg} \varphi}{\sigma' \operatorname{tg} \varphi + \operatorname{sen} \vartheta \cos \beta} \quad (4)$$

nelle quali:

dm = diametro medio del masso

Cs = coefficiente di sicurezza al ribaltamento del masso

ϑ = pendenza della scarpata

φ = angolo di riposo in acqua dei massi

β = angolo che la direzione di caduta del masso forma con la linea di massima pendenza della scarpata

α = tg-1 i con -i- pendenza del fondo

σ, σ' = numeri di stabilità del masso, rispettivamente per sponda orizzontale ($\vartheta=0$) e per sponda inclinata

γ_s = peso specifico del masso

γ = peso specifico dell'acqua

vr = velocità della corrente agente sul masso

Perché la configurazione della difesa sia stabile, il coefficiente di sicurezza Cs deve risultare superiore a 1.3.

La velocità vr può essere desunta dalla legge logaritmica di distribuzione della velocità sulla verticale Y in un moto assolutamente turbolento (Keulegan, 1938):

$$u(Y) = 2,5 u^* \ln \left(30,2 \frac{Y}{d_m} \right) \quad (5)$$

in cui:

$$u^* = (\tau/\rho)^{1/2} \quad (6)$$

Integrando la (5) sulla verticale si ottiene per la velocità media V della corrente:

$$V = 2,5 u^* \ln \left(12,3 \frac{Y_o}{d_m} \right) \quad (7)$$

in cui Yo è il tirante idrico.

Ammettendo che la velocità vr sia corrispondente alla profondità Y = dm, dalle (5) e (7) si ottiene l'espressione:

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 14 di 34	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-102
		00	

$$\frac{v_r}{V} = \frac{3,4}{\ln(12,3Y_o/d_m)} \quad (8)$$

da utilizzare per il calcolo di v_r . E' però importante ricordare che le 5, 7 e 8 valgono per profondità relative $Y_o/d_m > 6$; nel caso invece in cui la scabrezza sia macroscopica ($Y_o/d_m < 6$) e conseguentemente molto alta la turbolenza e l'aerazione della corrente, si può assumere in via pratica:

$$v_r = V \quad (9)$$

Per la progettazione in esame, nelle condizioni più gravose, per la sezione in progetto si ha:

dm	diametro medio del masso	0.6	m		
<input type="checkbox"/>	pendenza della scarpata (sponda)	27	gradi	0.471239	rad
<input type="checkbox"/>	angolo di riposo in acqua dei massi	67	gradi	1.16937	rad
<input type="checkbox"/>	angolo che la direzione di caduta del masso forma con la linea di max pendenza della scarpata	63	gradi	1.099557	rad
i		0.01	m/m		
<input type="checkbox"/>	arctg(i)	0.01	rad		
<input type="checkbox"/>	numero di stabilità del masso per sponda orizzontale	0.369197			
<input type="checkbox"/> s	peso specifico del masso	2500			
<input type="checkbox"/>	peso specifico dell'acqua	1000			
g		9.81			
Y0	profondità	6.48	m		
V	velocità della corrente	4.74	m/s		
Vr	velocità sul masso	3.296282			
<input type="checkbox"/>	numero di stabilità per sponda inclinata	0.349907			
Cs	coefficiente di stabilità	2.037078	OK		

Pertanto, essendo $Cs > 1.30$ è verificata la condizione di stabilità della scogliera in massi che dovranno avere un diametro minimo di 0.6 metri.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 15 di 34	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-102
		00	

5 CONCLUSIONI

Il presente studio è redatto al fine di calcolare la massima profondità di erosione del fiume Torto in corrispondenza dell'attraversamento della nuova condotta "Met. Gagliano -Termini Imerese DN 300 (12") – DP 75 bar" inerente al progetto "Rifacimento Metanodotto Gagliano -Termini Imerese DN400/300 (16"/12") – DP 75 bar – FASE 2".

In particolare, lo studio ha lo scopo di determinare la profondità di posa della condotta in funzione della vita nominale di esercizio dell'opera al fine di verificarne le condizioni di sicurezza nei confronti dei fenomeni erosivi in occasione delle piene studiate.

L'attraversamento avverrà con posa a cielo aperto che prevede lo scavo con una profondità dalla quota di subalveo di circa 5 m, senza modifiche nelle sezioni di deflusso che possano alterare le attuali condizioni.

Le diverse valutazioni effettuate in merito alla natura dei terreni in fase di scavo e a cantiere ultimato saranno tanto più rispettate quanto più sarà presa ogni più opportuna azione per il corretto ripristino delle aree scavate. A tal fine occorrerà in particolare:

- assicurare una perfetta compattazione dei terreni utilizzati per il rinterro della condotta ed il ripristino delle sponde, procedendo alla costipazione per strati di spessore massimo 30 - 50 cm;
- verificare in corso d'opera il raggiungimento di un buon grado di compattazione per ciascuno strato.

Le verifiche condotte hanno evidenziato che la profondità di posa prevista è idonea a garantire il corretto ricoprimento della condotta per un tempo superiore alla vita utile delle opere. Le sponde saranno protette con una scogliera in massi di diametro minimo 0.6 metri, per le quali si è verificata la stabilità alla corrente corrispondente ad una portata con tempo di ritorno 300 anni.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento:
03858-PPL-RE-100-0102

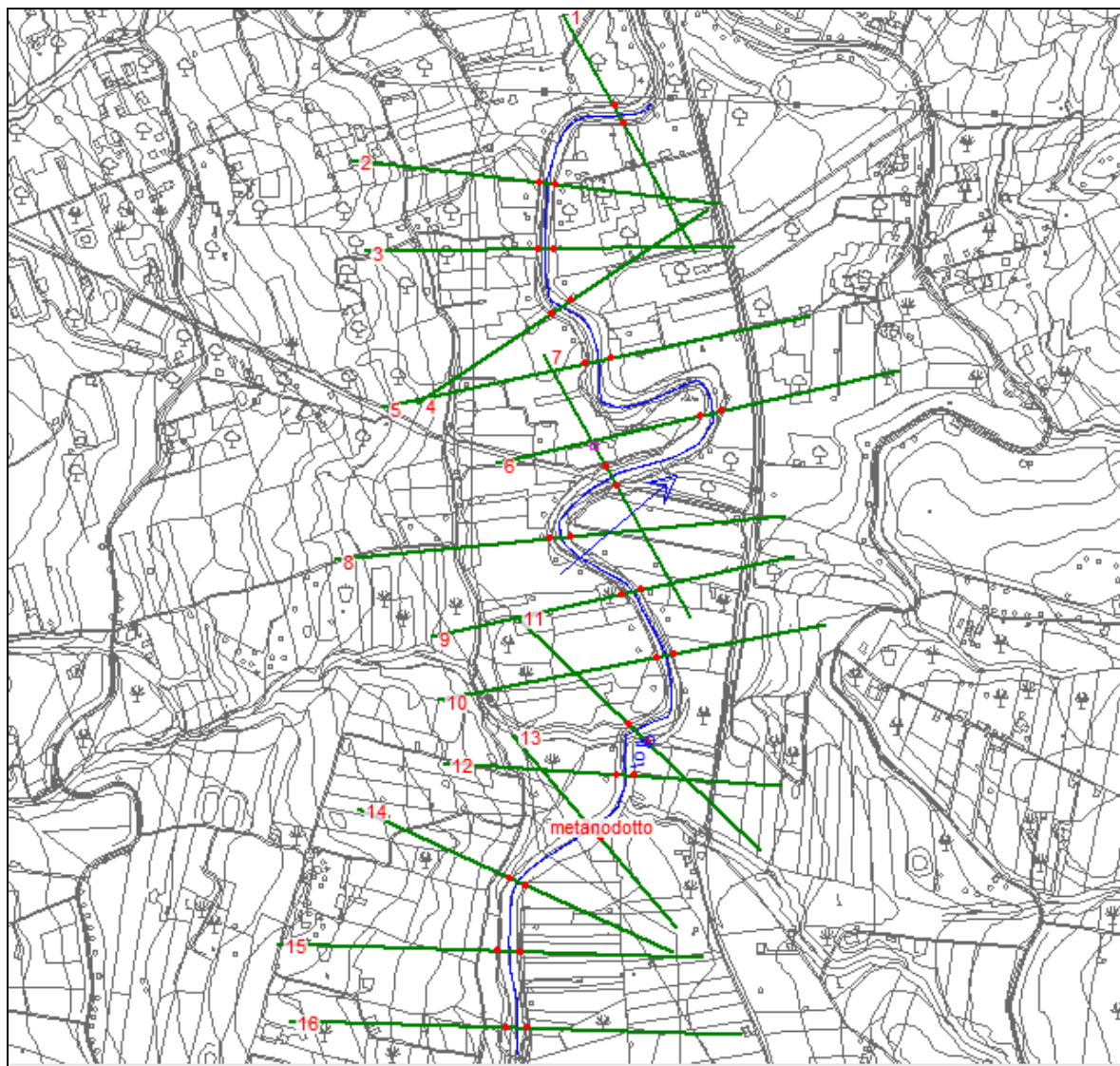
Foglio
16 di 34

Rev.:
00

N° documento Cliente:
AT-RE-102

ANNESSO 1: RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA

PLANIMETRIA



**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

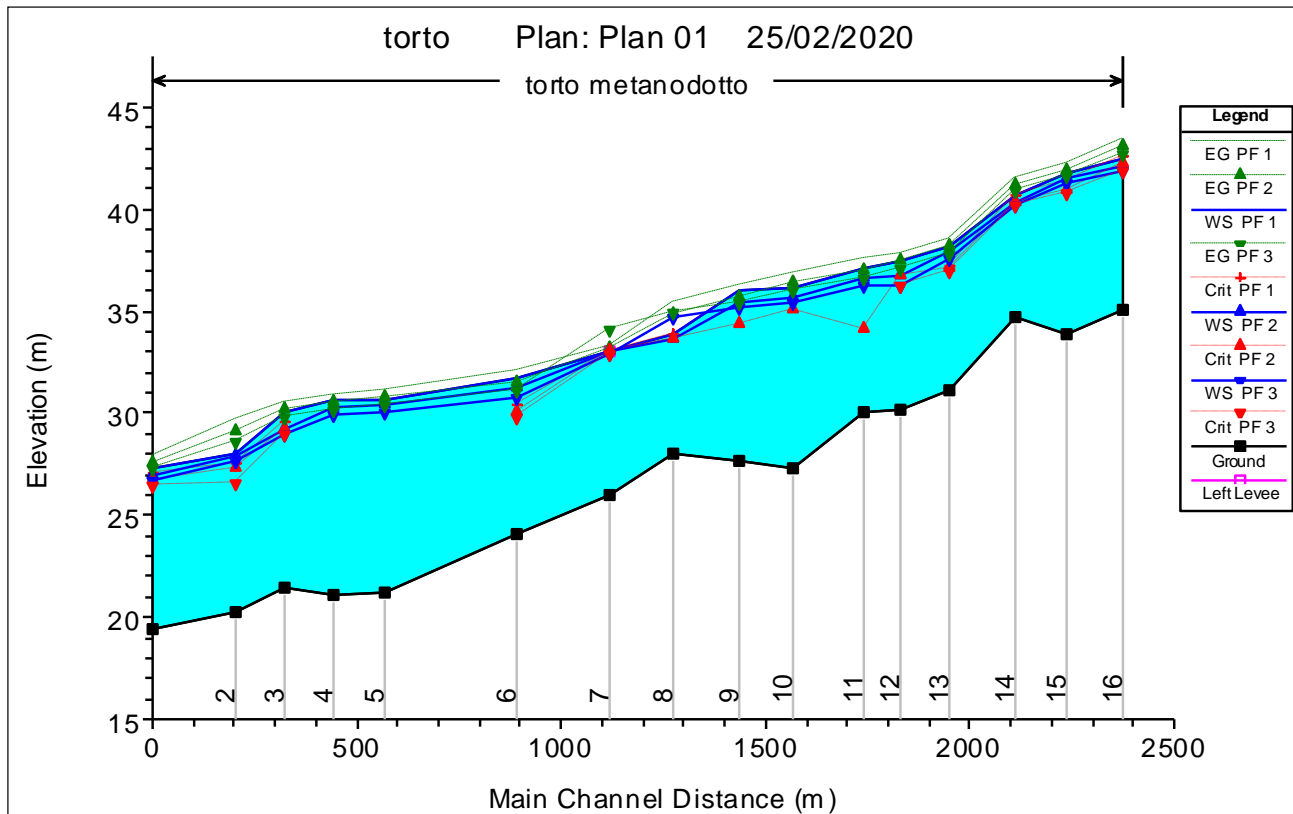
N° Documento:
03858-PPL-RE-100-0102

Foglio
17 di 34

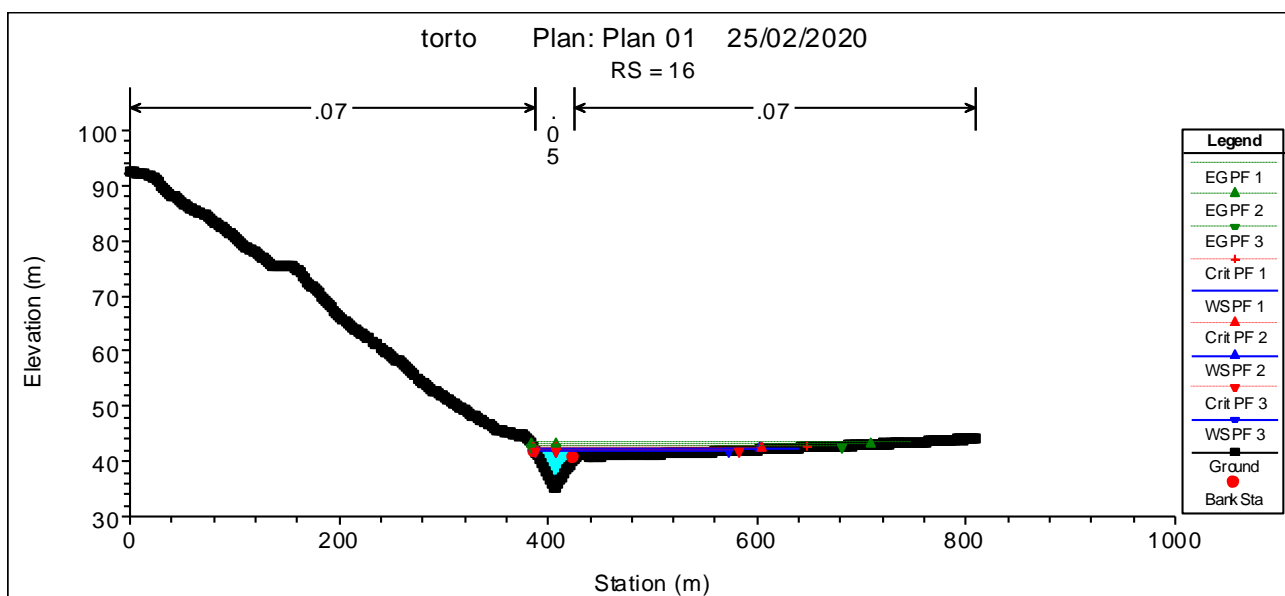
Rev.:
00

N° documento Cliente:
AT-RE-102

PROFILO



SEZIONI



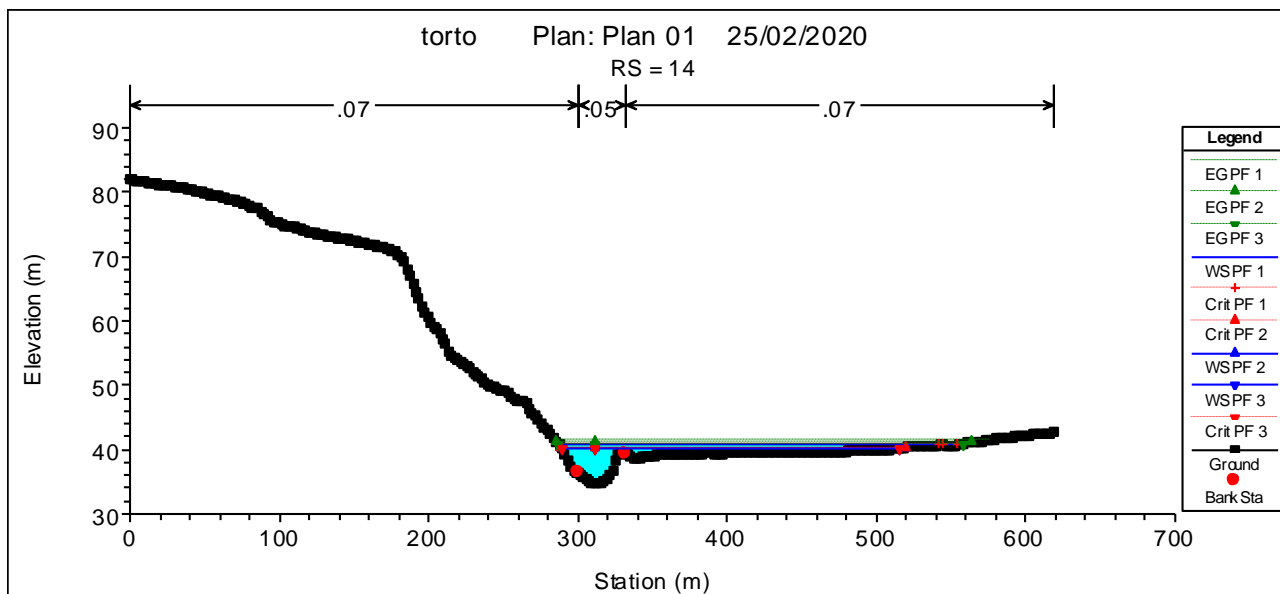
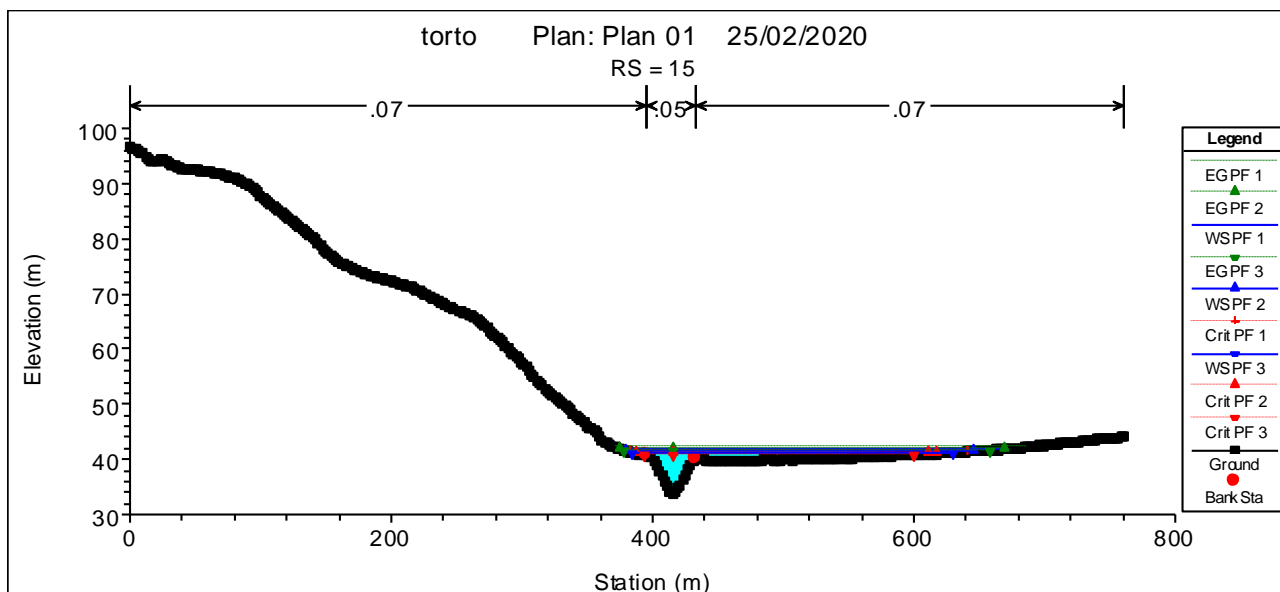
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO

N° Documento:
 03858-PPL-RE-100-0102

Foglio
 18 di 34

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 AT-RE-102



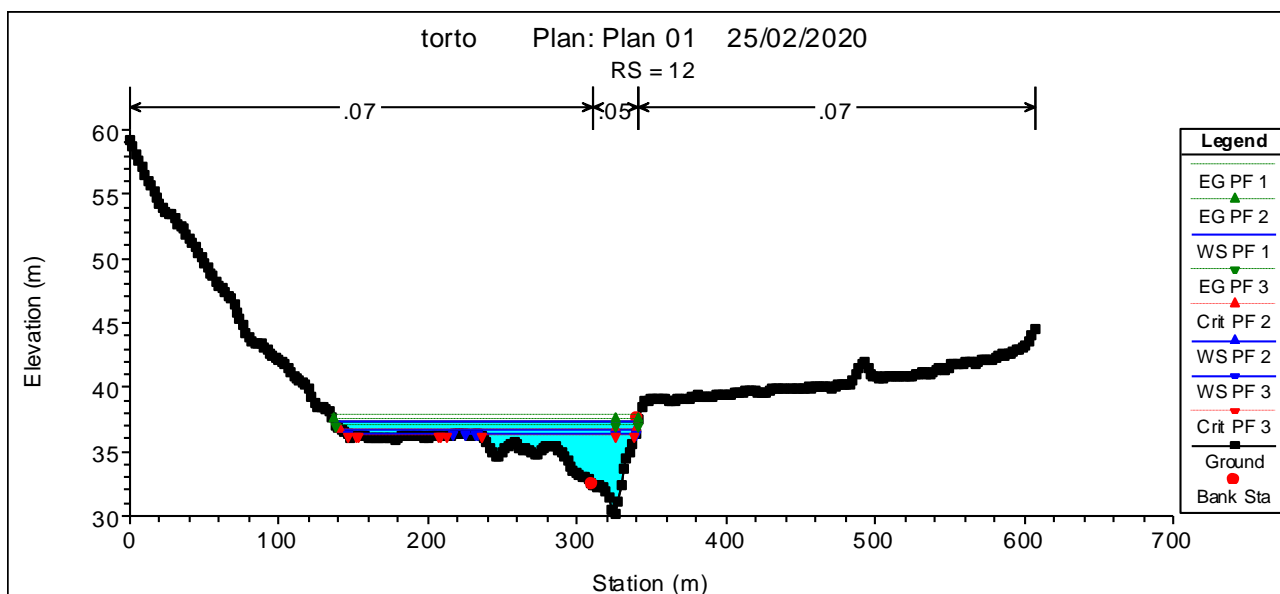
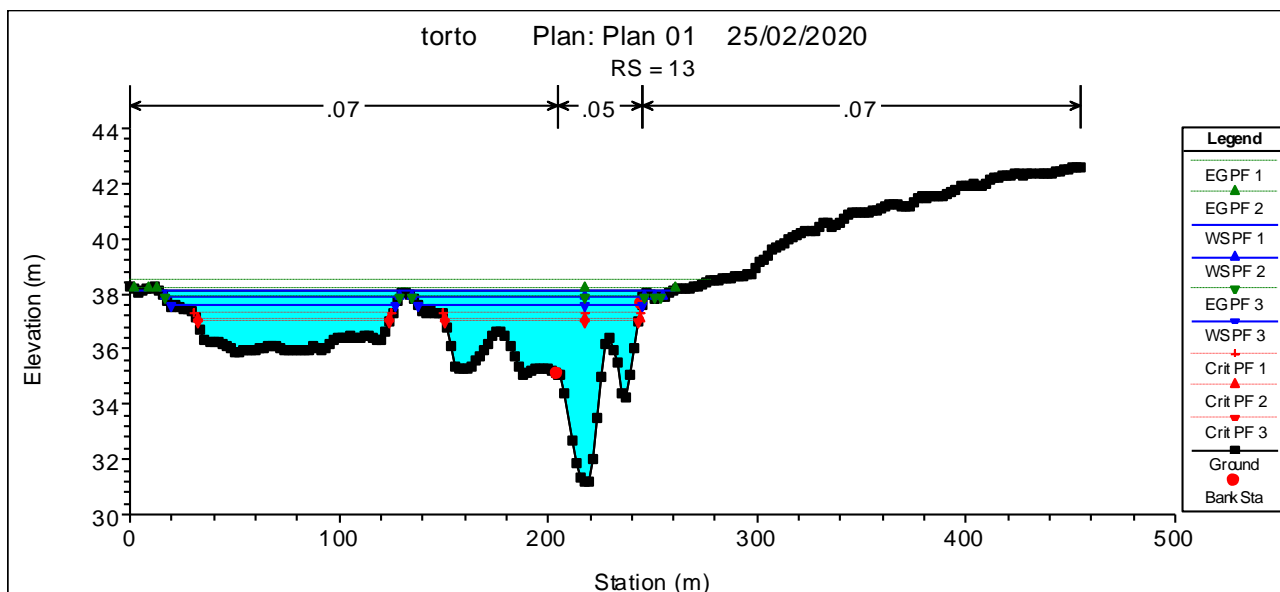
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento:
03858-PPL-RE-100-0102

Foglio
19 di 34

Rev.:
00

N° documento Cliente:
AT-RE-102



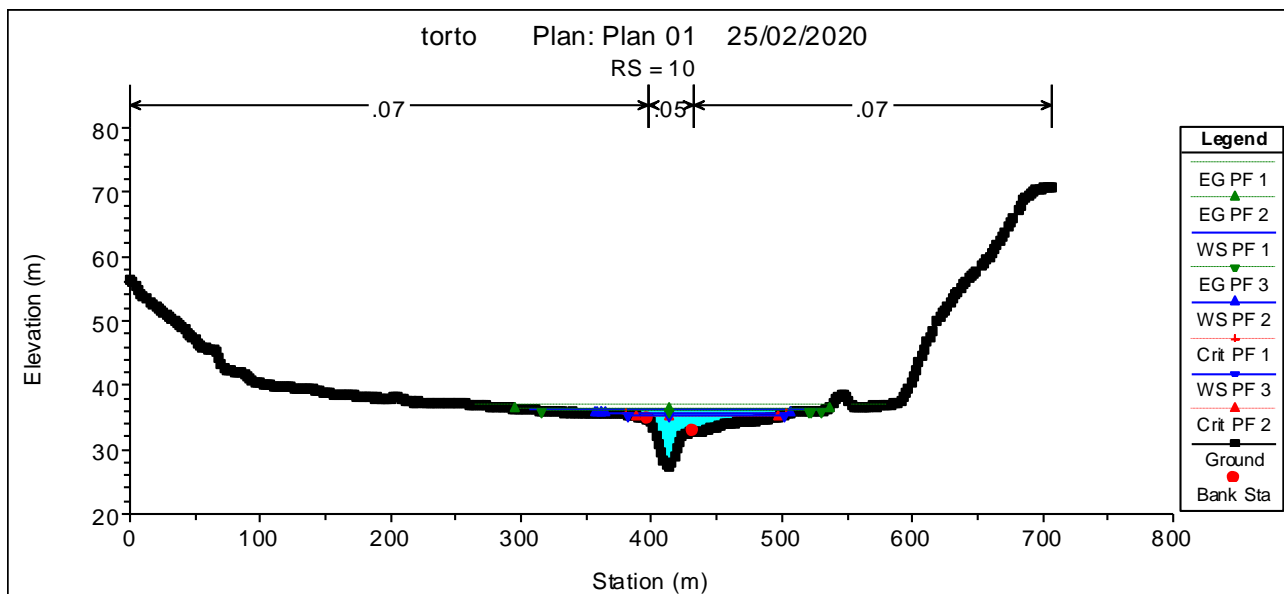
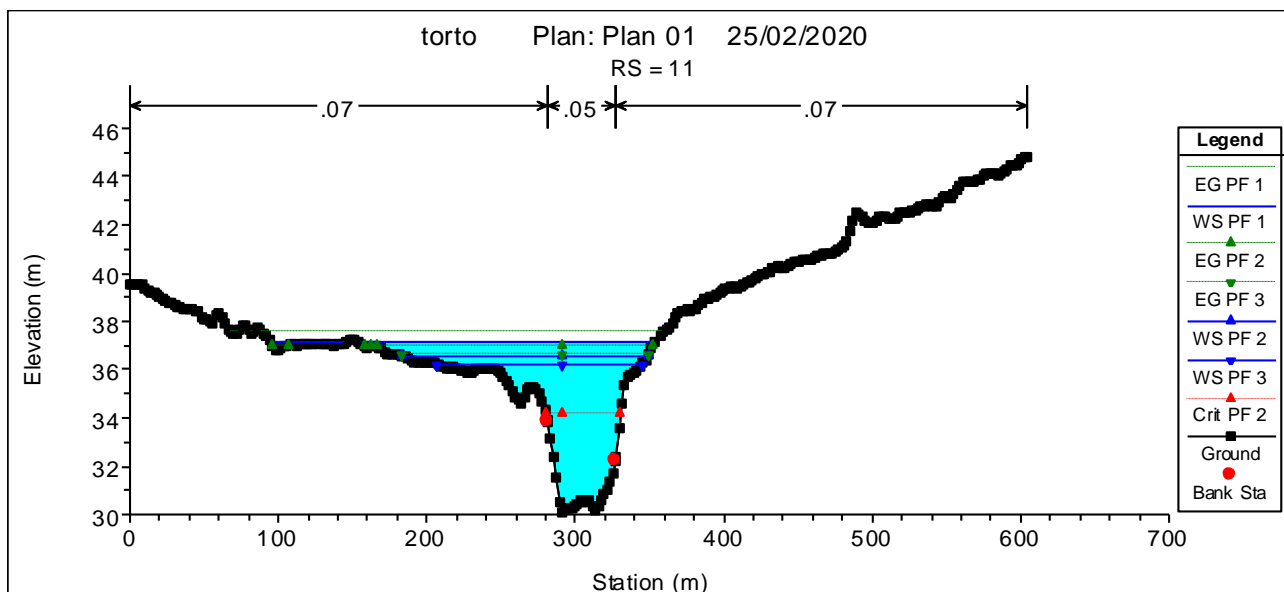
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento:
03858-PPL-RE-100-0102

Foglio
20 di 34

Rev.:
00

N° documento Cliente:
AT-RE-102



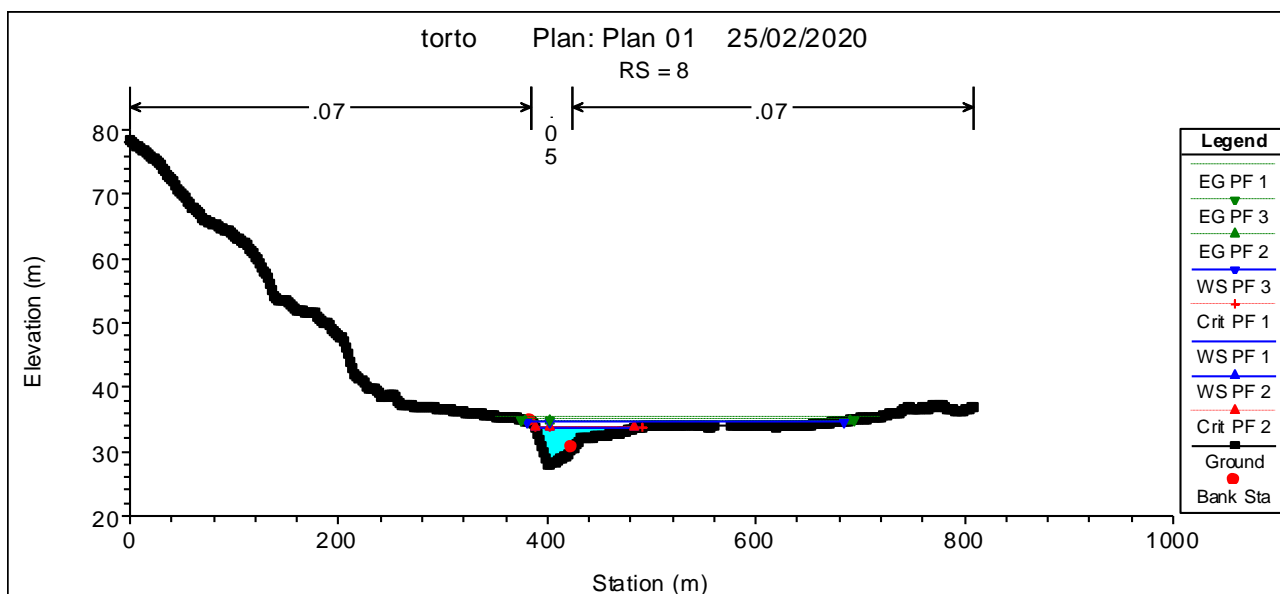
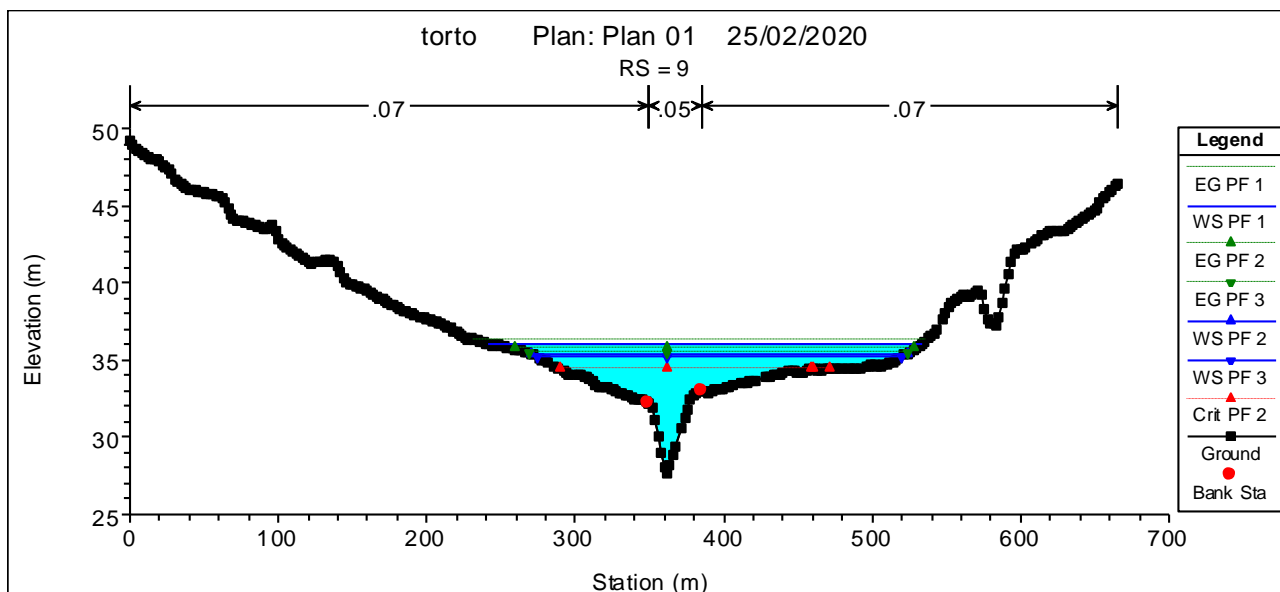
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO

N° Documento:
 03858-PPL-RE-100-0102

Foglio
 21 di 34

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 AT-RE-102



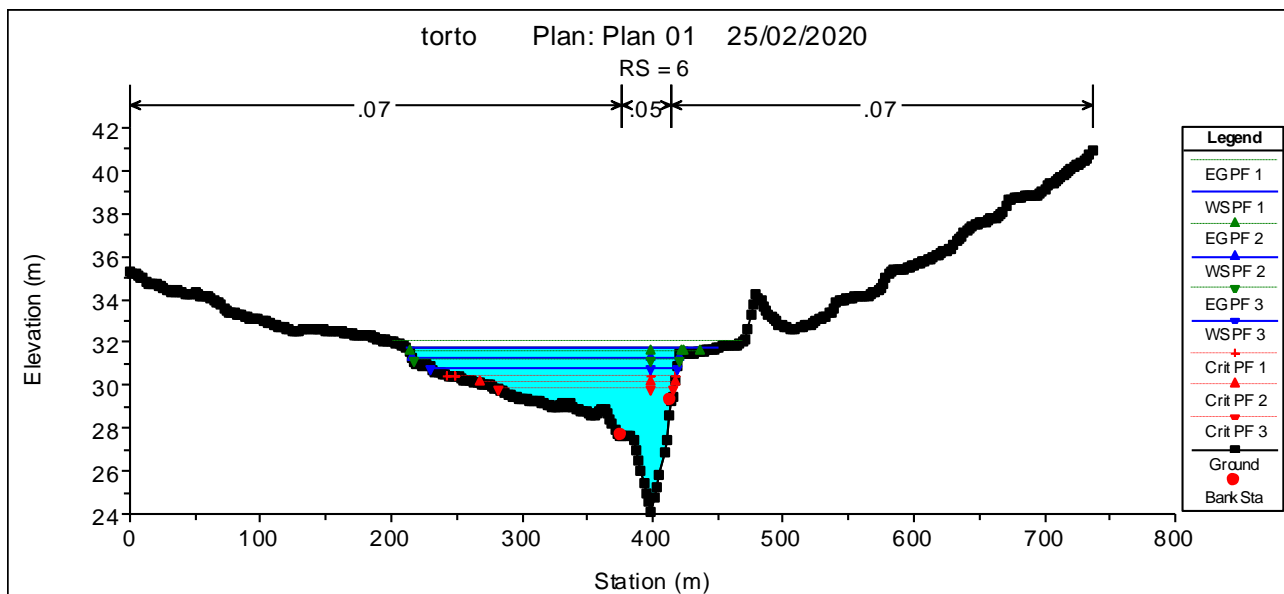
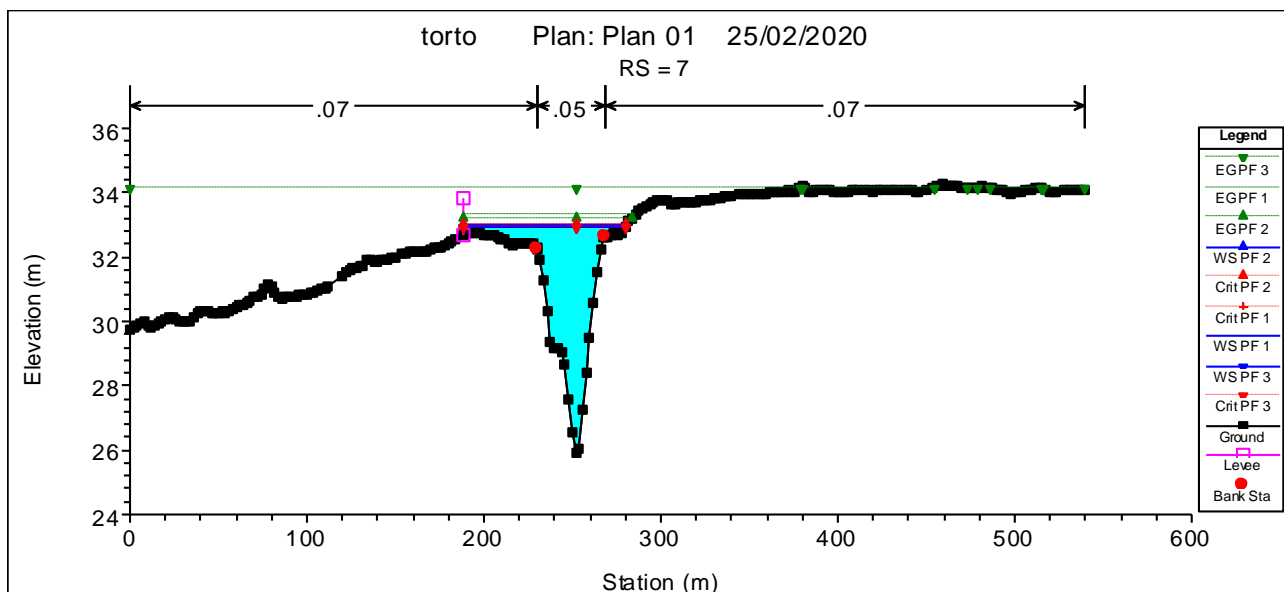
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO

N° Documento:
 03858-PPL-RE-100-0102

Foglio
 22 di 34

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 AT-RE-102



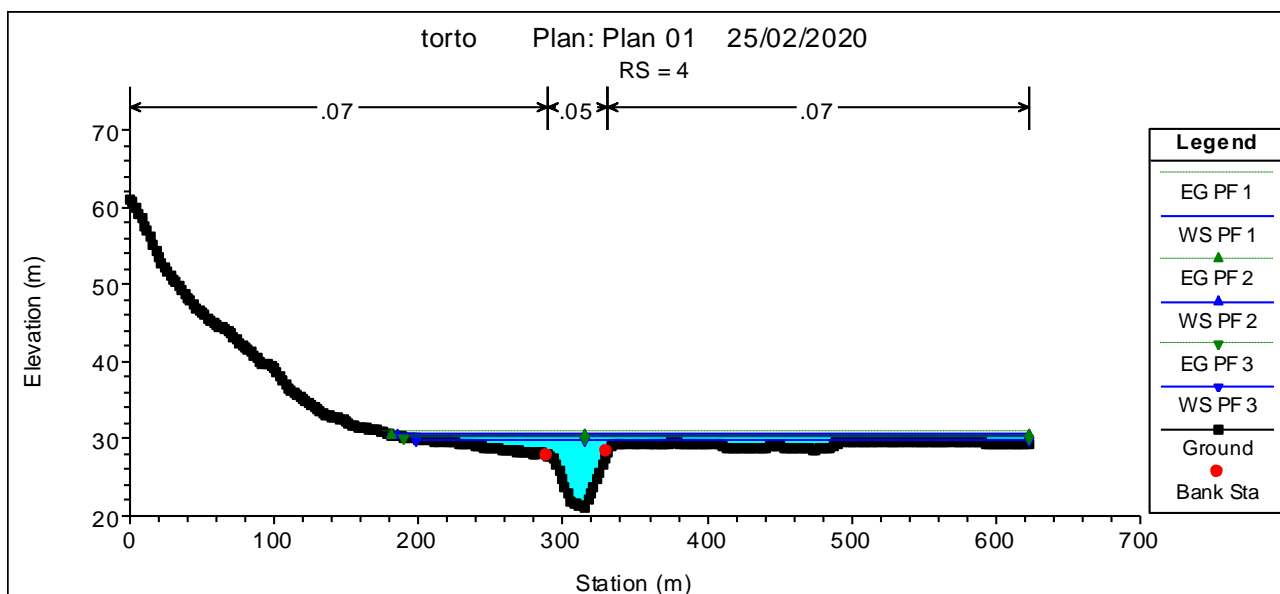
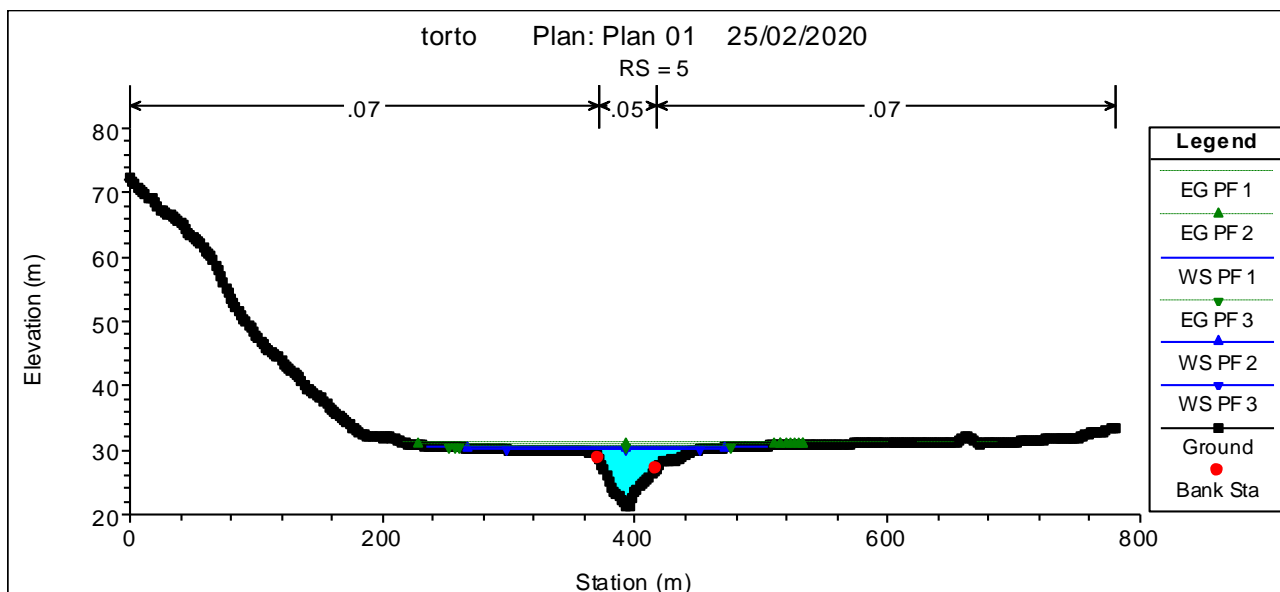
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento:
03858-PPL-RE-100-0102

Foglio
23 di 34

Rev.:
00

N° documento Cliente:
AT-RE-102



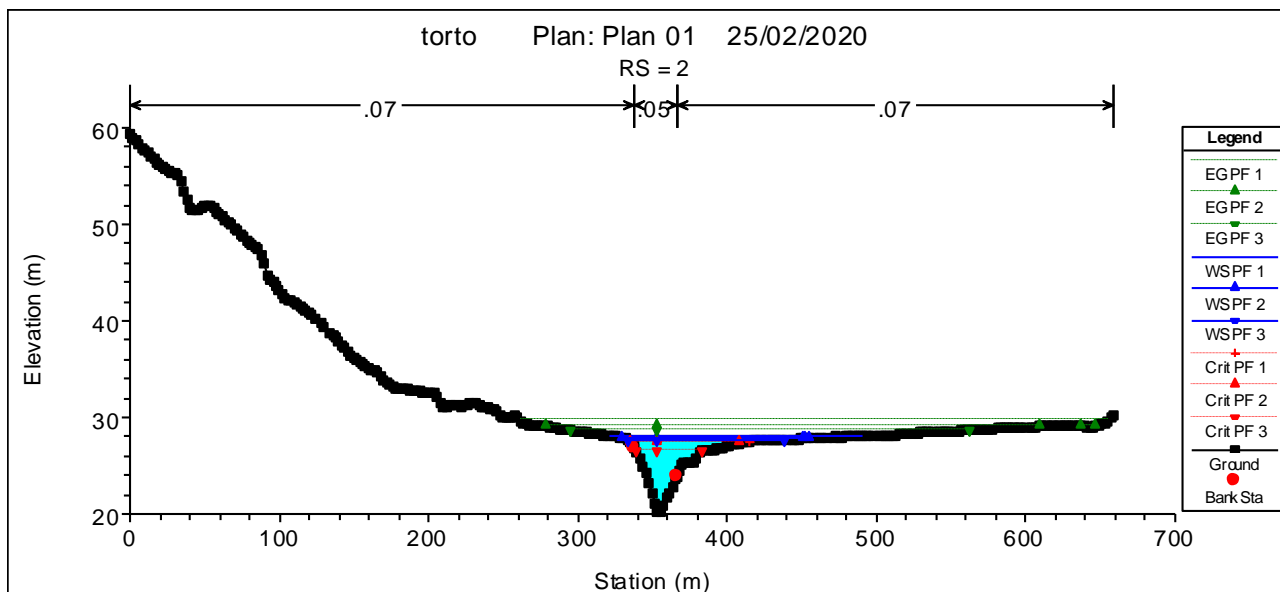
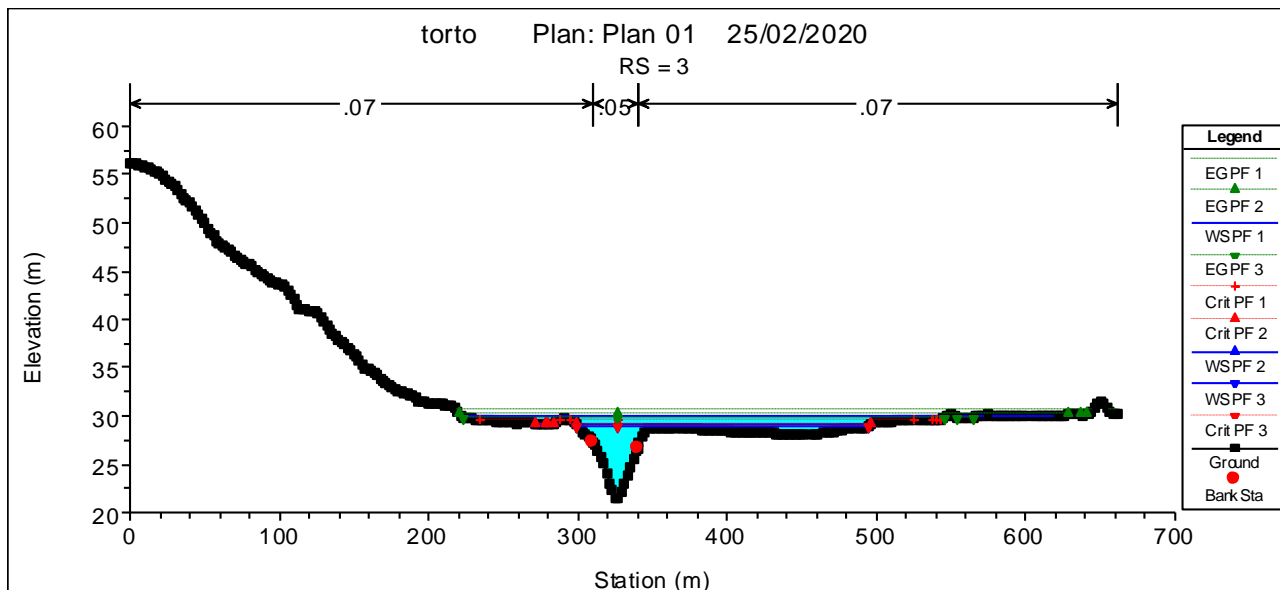
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO

N° Documento:
 03858-PPL-RE-100-0102

Foglio
 24 di 34

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 AT-RE-102



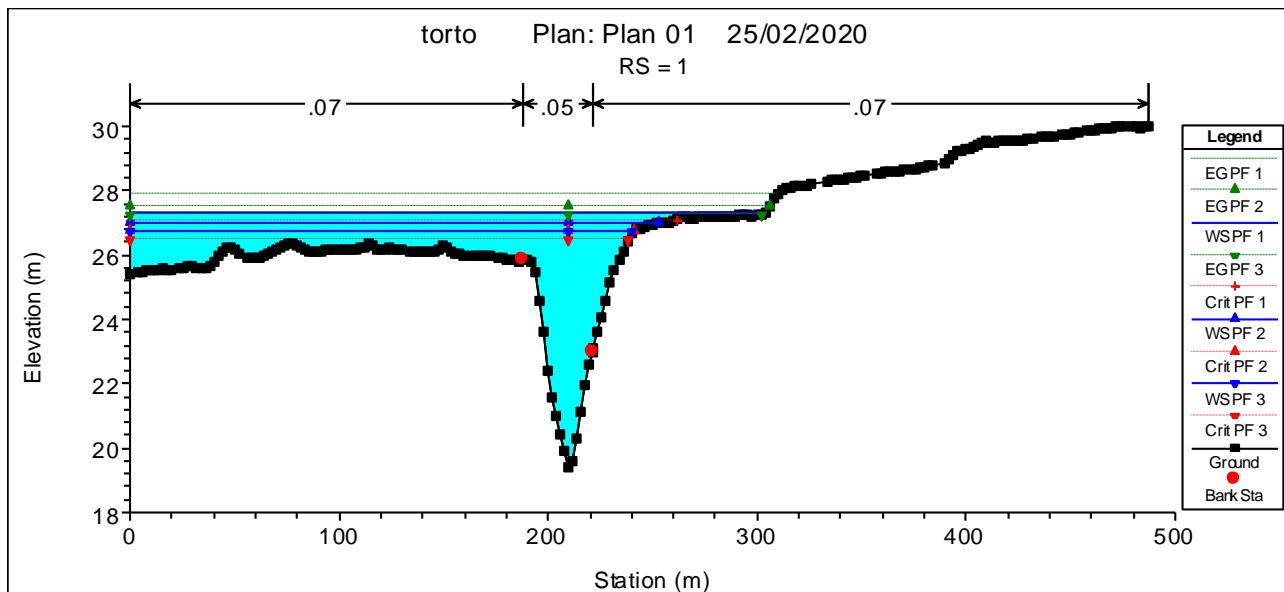
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento:
03858-PPL-RE-100-0102

Foglio
25 di 34

Rev.:
00

N° documento Cliente:
AT-RE-102



RIFACIMENTO METANODOTTO GAGLIANO-TERMINI IMERESE DN400/300 (16"/12") DP 75 bar – FASE 2

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio		Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-102
	26	di 34	00				

RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

Sez.	Tr	Q mc/s	Quota fondo m s.m.	Quota acqua m s.m.	Altezza critica m s.m.	Carico Totale m s.m.	P. linea carichi m	Velocità m/sec	Area mq	Larghezza p. l. m	N. Froude
16	300	1034.3	35.11	42.32	42.61	43.51	0.008997	5.34	314.59	222.48	0.83
	100	825.13	35.11	41.98	42.22	43.14	0.009006	5.05	241.47	199.34	0.82
	50	696.2	35.11	41.71	41.94	42.82	0.009002	4.81	192.77	169.54	0.81
15	300	1034.3	33.88	41.72	41.38	42.26	0.004689	3.96	483.79	287.71	0.6
	100	825.13	33.88	41.38	41.1	41.9	0.004657	3.74	391.04	258.39	0.59
	50	696.2	33.88	41.12	40.84	41.63	0.004719	3.6	326.92	237.22	0.59
14	300	1034.3	34.68	40.77	40.77	41.55	0.006466	4.74	412.86	266.63	0.72
	100	825.13	34.68	40.43	40.43	41.19	0.006424	4.49	329.24	232.44	0.7
	50	696.2	34.68	40.25	40.25	40.95	0.005973	4.2	286.87	227.39	0.67
13	300	1034.3	31.19	38.12	37.3	38.52	0.004581	3.57	496.17	249.69	0.57
	100	825.13	31.19	37.84	37.13	38.18	0.004153	3.23	429.65	221.49	0.54
	50	696.2	31.19	37.56	37	37.89	0.004367	3.15	368.05	213.09	0.55
12	300	1034.3	30.19	37.2		37.87	0.006513	4.57	408.94	203.47	0.7
	100	825.13	30.19	36.79	36.79	37.52	0.007174	4.58	325.53	199.25	0.73
	50	696.2	30.19	36.26	36.26	37.13	0.009	4.8	223.68	170.26	0.8
11	300	1034.3	30.09	37		37.51	0.002057	3.32	439.86	203.5	0.43
	100	825.13	30.09	36.48	34.13	36.93	0.001955	3.05	347.16	161.33	0.41
	50	696.2	30.09	36.13	33.78	36.52	0.001817	2.82	294.94	131.95	0.39
10	300	1034.3	27.3	36.02	35.54	36.91	0.005671	4.67	344.35	209.35	0.66
	100	825.13	27.3	35.49	35.07	36.34	0.00588	4.42	260.01	122.81	0.66
	50	696.2	27.3	35.24		35.98	0.005415	4.08	229.72	111.62	0.63
9	300	1034.3	27.72	36.03		36.31	0.002046	3.01	655.81	287.72	0.41
	100	825.13	27.72	35.34		35.69	0.002755	3.19	469.8	250.11	0.47
	50	696.2	27.72	34.96		35.35	0.003124	3.21	378.1	235.68	0.49
8	300	1034.3	28.03	33.82	33.82	35.5	0.012229	6.15	225.34	101.52	0.97
	100	825.13	28.03	33.64	33.64	34.86	0.009105	5.21	207.53	93.08	0.83
	50	696.2	28.03	33.28	33.28	34.46	0.009278	5.02	175.15	87.42	0.83
7	300	1034.3	25.94	32.42	32.41	33.12	0.01059	4.74	375.35	227.89	0.84
	100	825.13	25.94	31.63	31.97	32.88	0.019158	5.94	228.07	156.82	1.11
	50	696.2	25.94	31.53	31.74	32.57	0.015844	5.35	213.06	153.26	1.01
6	300	1034.3	24.12	31.6		31.98	0.002601	3.31	531.39	227.29	0.47
	100	825.13	24.12	31.03	30.09	31.44	0.003035	3.3	412.76	200.38	0.49

RIFACIMENTO METANODOTTO GAGLIANO-TERMINI IMERESE DN400/300 (16"/12") DP 75 bar – FASE 2

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio		Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-102
	27	di 34	00				

	50	696.2	24.12	30.69	29.81	31.1	0.003133	3.19	348.75	186.34	0.49
5	300	1034.3	21.25	30.7		31.22	0.002049	3.33	448.49	274.35	0.42
	100	825.13	21.25	30.3		30.71	0.001726	2.92	353.8	185.12	0.38
	50	696.2	21.25	30.09		30.42	0.001418	2.58	317.94	152.9	0.35
4	300	1034.3	21.1	30.73		30.94	0.00111	2.48	863.67	445.48	0.31
	100	825.13	21.1	30.24		30.48	0.001256	2.5	643.94	434.88	0.32
	50	696.2	21.1	29.99		30.23	0.001201	2.38	537.66	425.49	0.32
3	300	1034.3	21.43	29.44	29.44	30.59	0.006606	5.29	339.55	244.47	0.73
	100	825.13	21.43	29.28	29.28	30.16	0.005036	4.52	302.83	218.69	0.63
	50	696.2	21.43	28.68	28.68	29.85	0.007042	4.93	184.1	148.16	0.73
2	300	1034.3	20.23	28.27	28.66	29.75	0.008059	5.82	288	204.41	0.8
	100	825.13	20.23	27.67	27.36	29.12	0.00869	5.58	197.84	106.79	0.82
	50	696.2	20.23	27.52	26.54	28.6	0.006752	4.82	184.52	79.45	0.72
1	300	1034.3	19.43	27.24	27.04	27.95	0.005008	4.4	448.59	296.37	0.63
	100	825.13	19.43	26.87	26.69	27.55	0.005003	4.17	350.14	244.79	0.62
	50	696.2	19.43	26.61	26.5	27.29	0.005002	4.01	288.23	239.27	0.62

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 28 di 34	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-102
		00	

ANNESSE 2: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS

Il software di calcolo utilizzato è denominato HEC-RAS® ed è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers (California).

Descrizione del modello di simulazione idraulica

Il presente capitolo fornisce chiarimenti sul funzionamento del modello numerico adottato e sulla metodologia utilizzata nella scelta delle sezioni trasversali necessarie alle simulazioni.

Il modello calcola i profili di superficie libera in moto permanente gradualmente vario (in senso spaziale e non temporale) in alvei prismatici e non prismatici. Entrambi i tipi di corrente, lenta e veloce, possono essere calcolati così come le conseguenze di diverse tipologie di accidentalità e strutture di cui si conosca la relazione fra carico e portata defluente.

- Il modello è comunque vincolato nel suo utilizzo da tre condizioni:
- il moto deve essere permanente poiché le equazioni non contengono termini dipendenti dal tempo;
- il moto deve essere gradualmente vario in senso spaziale poiché le equazioni ipotizzano la distribuzione idrostatica delle pressioni in seno alla corrente;
- il moto è mono-dimensionale.

E' rilevante e importante evidenziare la capacità del modello di dare attendibili risultati nella gestione delle aree inondabili circostanti gli alvei naturali.

In questo senso è quindi possibile:

- determinare le aree inondabili da parte di portate diverse allo scopo di predisporre l'opportuna protezione;
- studiare le conseguenze d'uso delle aree golenali e il loro danneggiamento;
- definire i miglioramenti dell'alveo atti a ridurre le conseguenze delle inondazioni.

Proprio nell'ottica di queste problematiche l'utilizzo del modello numerico in questione risulta essere estremamente efficace.

La possibilità di determinare il comportamento del profilo del corso d'acqua tenendo conto anche dell'influenza esercitata dai manufatti in alveo consente di tracciare con buona precisione la via di piena e le sue caratteristiche.

Il modello di calcolo effettua simulazioni di moto permanente, situazione di calcolo che in realtà non si presenta, in quanto è noto dalla teoria che la portata massima in ogni sezione si presenta per un tempo limitato, presentando la curva (tempo, portata) una forma a campana, essendo presenti nel fenomeno delle piene vari fenomeni tra i quali i più noti sono l'effetto di laminazione del corso d'acqua, l'invaso e la corrivazione.

Nonostante tutto la simulazione assume rilevanza fondamentale perché, per i motivi sopra descritti, rappresenta una verifica in termini più gravosi del corso d'acqua (si presenta una portata elevata per tempi più lunghi di quelli che si hanno in realtà), permettendo quindi di fare raggiungere elevati gradi di sicurezza ai manufatti progettati secondo le indicazioni tratte da tale simulazione.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 29 di 34	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-102
		00	

Tra le diverse opzioni di calcolo di cui il modello è dotato in relazione alla presenza di strutture che interagiscono direttamente con il corso d'acqua è da evidenziare la possibilità di calcolo del profilo in corrispondenza dei tombini (circolari, scatolari, con o senza muri d'ala) secondo la normativa proposta da FHWA (Federal Highway Administration-USA).

Il software implementato consente di determinare con precisione l'effetto di rigurgito dovuto alle spalle dei ponti o all'ingombro delle pile.

Particolare importanza riveste la possibilità di parametrizzare il coefficiente di scabrezza per alveo e golene.

Inoltre è possibile creare all'interno di ciascuna sezione trasversale del corso d'acqua più zone a scabrezza omogenea in modo da approssimare con precisione notevole il valore del suddetto parametro, troppo spesso legato all'imprecisione del coefficiente di scabrezza equivalente.

L'insieme dei dati di output è strutturato in modo da fornire la conoscenza globale dei fenomeni che interessano l'intera area occupata dalla portata di piena.

L'output risulta quindi suddiviso in dati relativi alle aree golenali e al Torrente principale di deflusso.

Le informazioni fornite riguardano diversi parametri fisici e di progettazione quali, per esempio:

- quota in m s.l.m. del pelo libero;
- quota del gradiente energetico;
- velocità e portata, relativa a golene e Torrente principale;
- larghezza del pelo libero;
- area bagnata;
- principali parametri geometrici;
- sezioni trasversali;
- profilo di moto permanente.

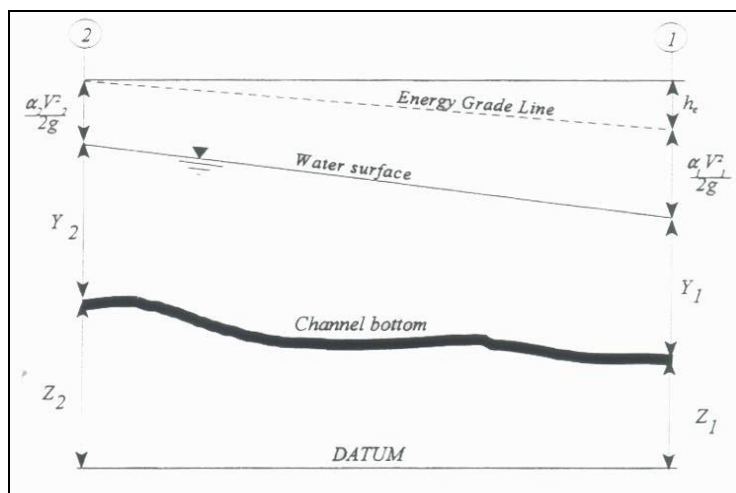
Per meglio comprendere il funzionamento del modello idraulico utilizzato è opportuno fornire una sintesi delle potenzialità e dei fondamenti teorici che stanno alla base del calcolo dei profili di moto permanente e che sono implementati nel modello stesso.

Calcolo del profilo di moto permanente

Al fine di calcolare la quota del pelo libero incognita in una determinata sezione trasversale del corso d'acqua è stata adottata la procedura di calcolo nota come Standard Step Method, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 30 di 34	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-102
		00				



Rappresentazione dei termini dell'equazione di bilancio energetico

Le due equazioni che proponiamo rappresentano il metodo di cui sopra:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

$$h_e = L \cdot \bar{S}f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove:

WS1, WS2 : quota del pelo libero fra due sezioni di calcolo, con la sezione 2 posta a monte della 1;

V1, V2 : velocità media;

α_1, α_2 : coefficienti energetici moltiplicativi della velocità;

g : accelerazione gravitazionale;

h_e : perdita di carico;

L : distanza fra le sezioni trasversali;

Sf : pendenza media;

C : coefficiente di perdita per contrazione o espansione.

La distanza L viene calcolata utilizzando la seguente espressione:

$$L = \frac{L_{lob} \cdot \overline{Q_{lob}} + L_{ch} \cdot \overline{Q_{ch}} + L_{rob} \cdot \overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}}$$

Dove

L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} : sono le distanze tra due sezioni trasversali consecutive, rispettivamente per la gola di sinistra, il Torrente di magra e la gola di destra;

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 31 di 34	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-102
--	--------------------	-------------	------------------------------------

\overline{Q}_{lob} , \overline{Q}_{ch} , \overline{Q}_{rob} : sono le medie aritmetiche delle portate delle tre parti suddette.

Mentre la pendenza motrice Sf viene calcolata con l'equazione di Manning:

$$Sf = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

Ulteriore punto fondamentale nella comprensione del funzionamento del modello idraulico è la suddivisione della massa liquida defluente in unità elementari per le quali la velocità è distribuita uniformemente.

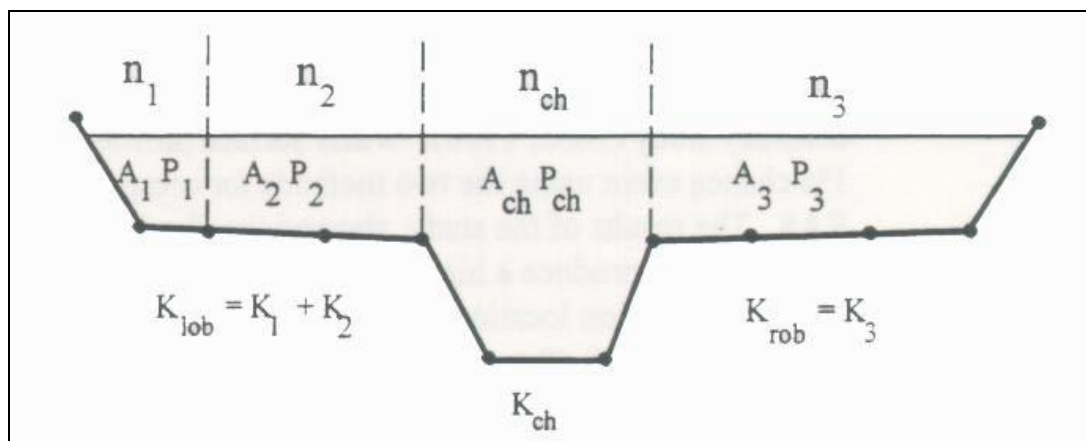
TRANSITION CLASS	CONTRACTIO N	EXPANSIO N
No transition loss	0.0	0.0
Gradual transitions	0.1	0.3
Bridge sections	0.3	0.5
Abrupt transitions	0.6	0.8

Tabella di riferimento dei coefficienti di contrazione ed espansione

Individuata la sezione trasversale del corso d'acqua attraverso la griglia dei punti x (distanze progressive dall'ascissa x = 0) e y (quote m s.l.m. relative ai punti definiti alle varie progressive), nelle aree golenali le unità elementari di deflusso coincidono con la suddivisione creata dalle progressive all'interno della sezione trasversale.

Nel Torrente principale di deflusso (o alveo di magra ordinaria) la massa liquida defluente non viene suddivisa tranne nel caso in cui si conferiscano più valori di scabrezza differenti in alveo.

In funzione del numero di differenziazioni del valore della scabrezza saranno individuate corrispondenti unità di deflusso.



Suddivisione dell'alveo in singole unità di deflusso

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 32 di 34	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-102
		00	

La capacità di deflusso per ciascuna suddivisione è pertanto calcolata con le seguenti espressioni:

$$Q = K \cdot \sqrt{Sf}$$

$$K = \frac{1,486}{n} aR^{2/3}$$

dove

Q : portata per unità elementare;

K : capacità di deflusso per unità elementare;

n : coefficiente di Manning per la scabrezza dell'unità elementare;

a : area di deflusso dell'unità elementare;

R : raggio idraulico per l'unità di deflusso elementare.

La capacità totale di deflusso per la sezione trasversale è ottenuta per sommatoria delle singole capacità relative alle unità in cui la sezione è stata scomposta.

Sulla base di queste considerazioni il coefficiente α , relativo alla velocità, si ottiene dalla seguente espressione:

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_t)^3}$$

dove:

A_t : area totale di deflusso per la sezione trasversale;

A_{lob} , A_{ch} , A_{rob} : area di deflusso per golena sinistra, Torrente principale, golena destra;

K_t : capacità totale di deflusso (conveyance) della sezione trasversale;

K_{lob} , K_{ch} , K_{rob} : capacità di deflusso di golena sinistra, Torrente principale e golena destra.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento:

03858-PPL-RE-100-0102

Foglio

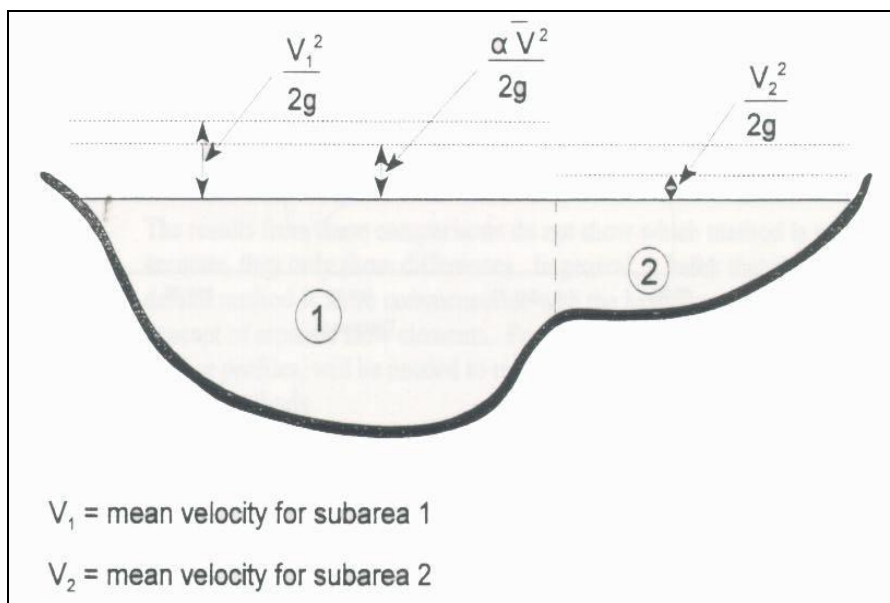
33 di 34

Rev.:

00

N° documento Cliente:

AT-RE-102



Esempio di calcolo della energia media sulla sezione trasversale

Il coefficiente α si ottiene allora come media pesata delle varie capacità di deflusso.

Le perdite di carico dovute ad attrito sono calcolate come prodotto della pendenza media motrice S_f e della distanza L fra due sezioni trasversali consecutive.

Le perdite di carico dovute a contrazione e/o espansione sono calcolate con la usuale espressione riportata nell'equazione seguente:

$$h_0 = C \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right|$$

dove C rappresenta il già citato coefficiente di contrazione/espansione

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME TORTO**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0102	Foglio 34 di 34	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-102
		00				

ANNESSO 3: TABELLE DI LETTERATURA

Tabella 1 per barre alterne

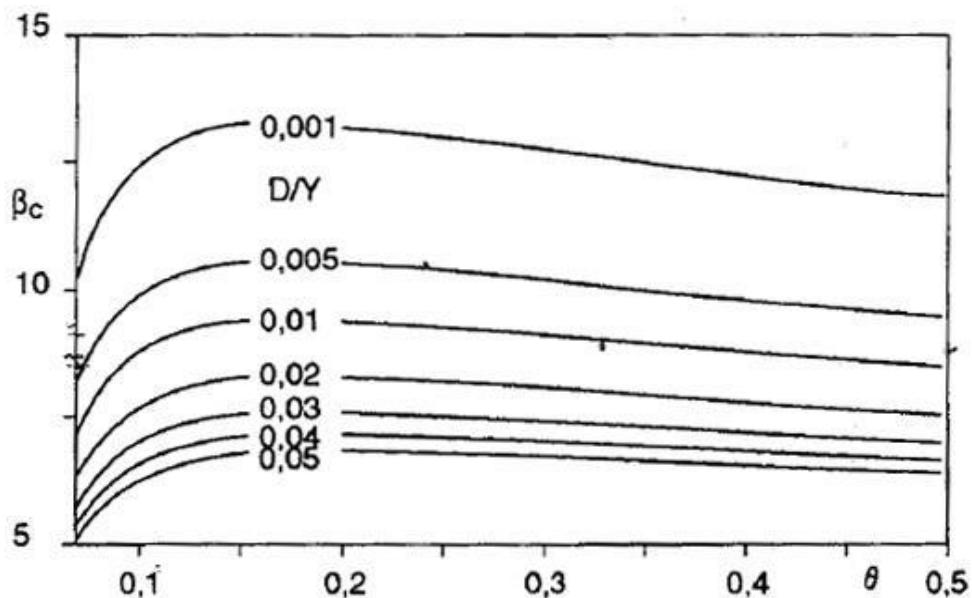


Tabella 2 per erosione in curva

