

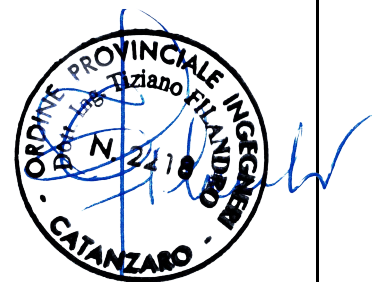


Contraente: 	Progetto: RIFACIMENTO METANODOTTO GAGLIANO-TERMINI IMERESE DN400/300 (16"/12") DP 75 bar - FASE 2		Cliente: 
	N° Contratto : N° Commessa : NR/19188		
N° documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 1 di 36	Data 18/03/2020	N° documento Cliente: AT-RE-103

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)



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

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 2 di 36	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-103
		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.....	10
4	DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE.....	12
4.1	Simulazione idraulica.....	12
4.2	Calcolo della profondità di erosione.....	12
5	CONCLUSIONI.....	16
	ANNESSO 1: RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA.....	17
	ANNESSO 2: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS.....	29
	ANNESSO 3: TABELLE DI LETTERATURA.....	36

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 3 di 36	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-103
		00	

1 PREMESSA E CARATTERISTICHE GENERALI

La presente relazione è finalizzata alla determinazione delle caratteristiche idrologiche-idrauliche di un tratto vallivo del fiume Salso (O Imera Meridionale), attraversato dalla 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 Fiume Imera Meridionale o Salso rappresenta il secondo corso d'acqua della Sicilia, sia per l'ampiezza del bacino che per la lunghezza dell'asta principale. Si localizza nella porzione centrale del versante meridionale dell'isola, ha una forma allungata in senso N-S, ed una superficie complessiva di circa 2000 km².

Geograficamente il bacino confina ad Est con i bacini idrografici del Fiume Simeto e del Fiume Gela, ad Ovest con quelli del Fiume Platani, del Fiume Naro e del Fiume Palma, a Nord con quelli del Fiume Imera Settentrionale e del Fiume Pollina.

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.

Le quote più elevate dello spartiacque si localizzano a settentrione in corrispondenza della dorsale meridionale delle Madonie, che separa il versante tirrenico dal resto dell'isola. In questo settore i rilievi principali da Ovest verso Est sono rappresentati dal Monte Catuso (1042 m s.l.m.), Serra di Puccia (1052 m s.l.m.), Monte San Salvatore (1912 m s.l.m.), Pizzo Catarineci (1660 m s.l.m.), Pizzo di Corvo (1642 m s.l.m.), Monte di Corvo (1242 m s.l.m.), Monte Zimmara (1333 m s.l.m.), Pizzo Gallo (1162 m s.l.m.), Monte Altesina (1192 m s.l.m.).

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

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 4 di 36	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-103
--	-------------------	-------------	------------------------------------

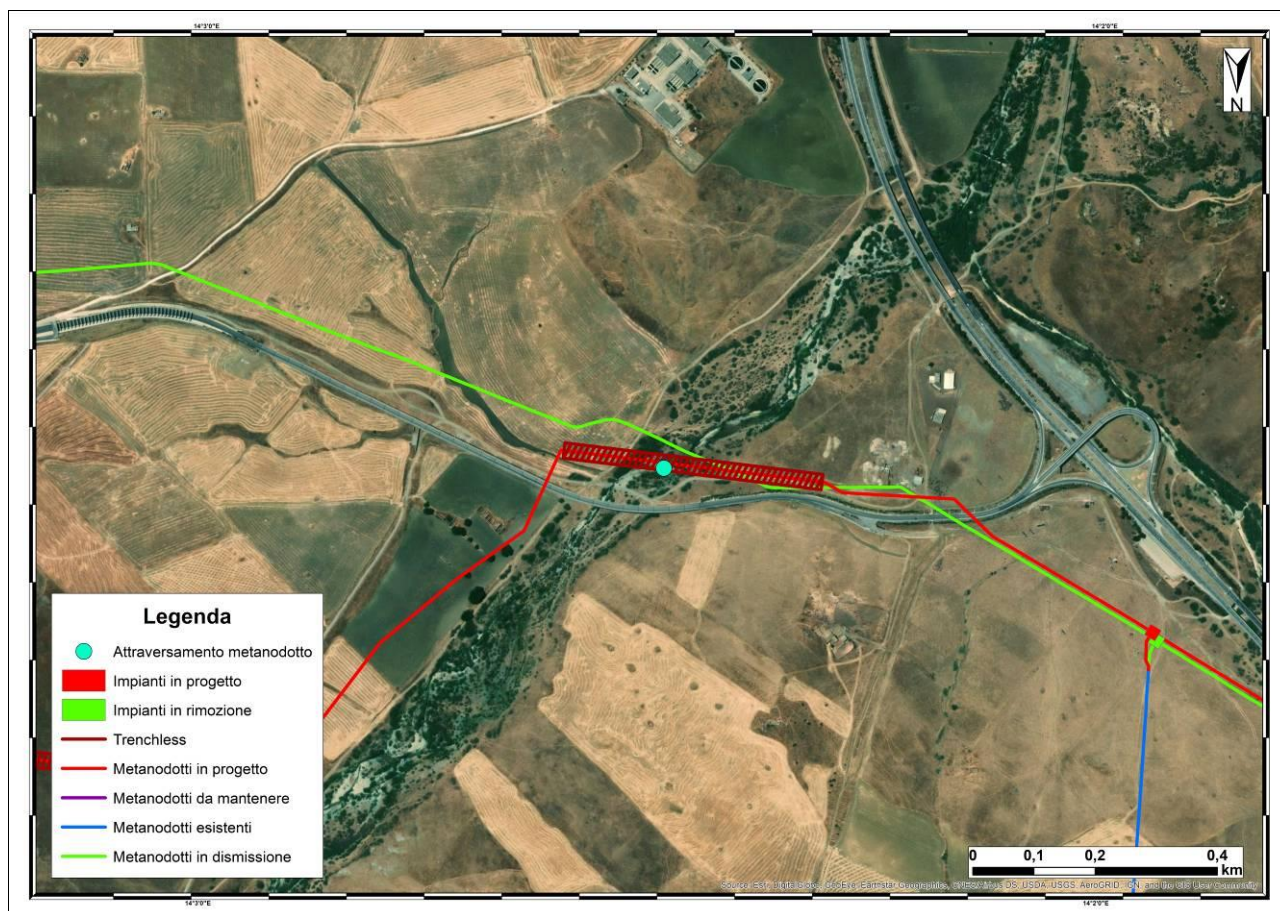


Fig. 1-1 - Tracciato del metanodotto di progetto e attraversamento del fiume Salso.

Lo 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.

Si è pertanto eseguita una specifica modellazione idraulica di un tratto d'alveo significativo utilizzando i valori di portata ricavati secondo la metodologia riportata ai paragrafi seguenti, 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 SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 5 di 36	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-103
		00				

2 CARATTERISTICHE DELL'OPERA IN PROGETTO

Come anticipato in premessa, la condotta di nuova progettazione attraversa il fiume Salso o Imera Meridionale al limite tra i territori amministrativi del comune di Resuttano e di Petralia Sottana.

La posa della nuova condotta verrà eseguita tramite metodologia trenchless. La sezione verrà ricostruita con le stesse dimensioni di quella presente ante operam.

Per il dettaglio degli interventi e le caratteristiche costruttive degli stessi si rimanda agli elaborati grafici di progetto (Dis. AT-119_00).

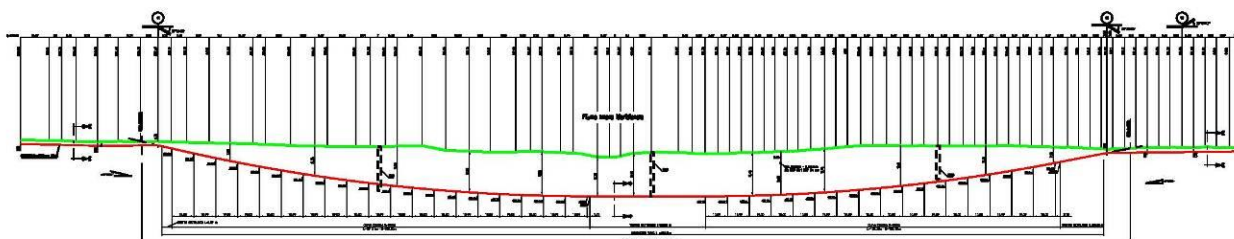


Fig. 2-1 - Attraversamento fiume Imera Meridionale - Sezione schematica di progetto.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 6 di 36	Rev.:				N° documento Cliente: AT-RE-103
		00				

3 STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO

3.1 Individuazione del bacino idrografico

Per tracciare il bacino idrografico sotteso dalla sezione di interesse si è fatto riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Siciliana mediante la quale si è definito il bacino idrografico riportato nella figura sottostante.

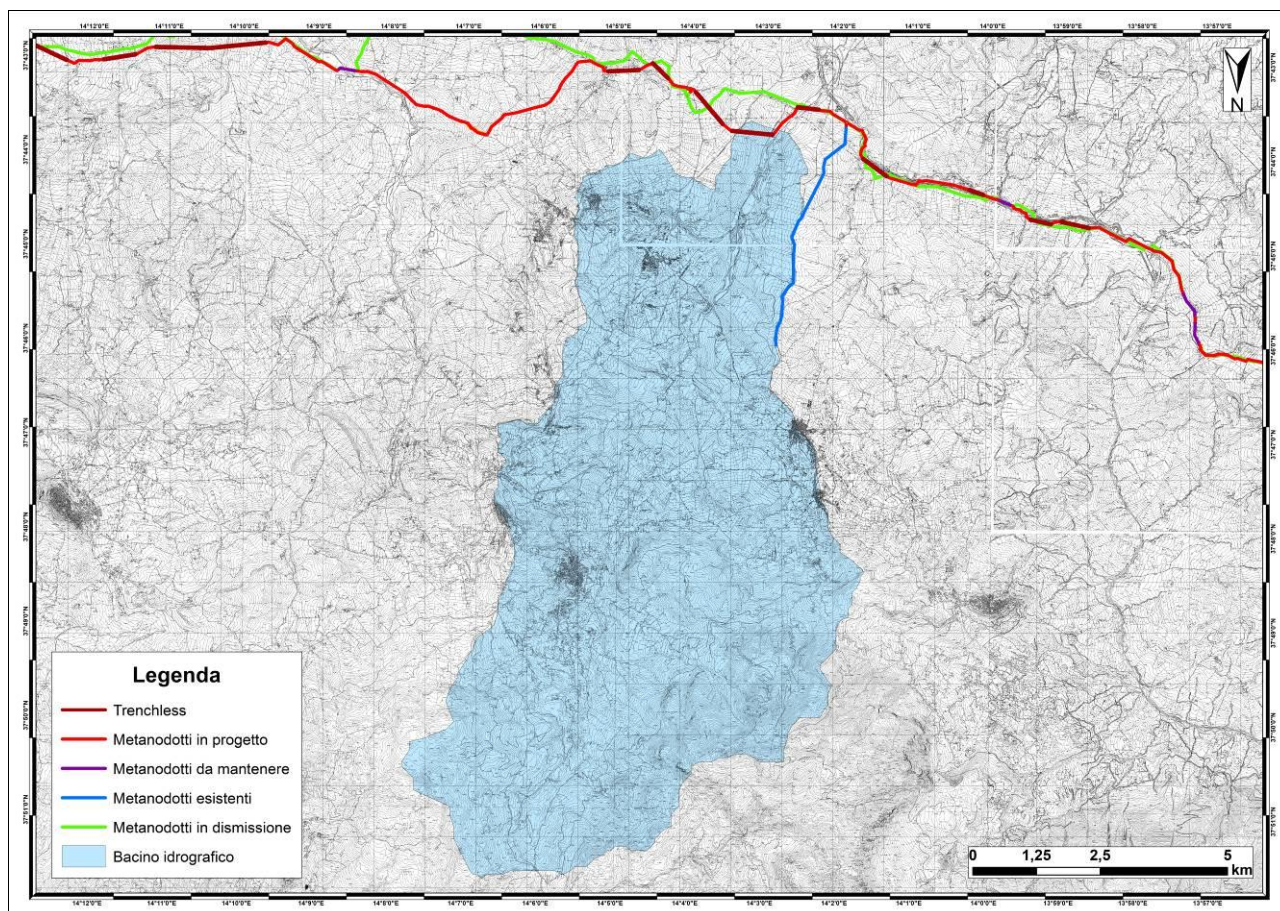


Fig. 3-1 - Bacino idrografico fiume Salso alla sezione di interesse.

Per il bacino idrografico si sono ricavate le seguenti caratteristiche

Superficie [kmq]	76,24
Altezza sommità bacino [m.s.m.]	1.909
Altezza sezione chiusura bacino [m.s.m.]	526
Lunghezza asta [m]	17.920
Altezza media bacino [m.s.m.]	1001,6

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 7 di 36	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-103
		00	

3.2 Massima portata di progetto

Lo studio idrologico del bacino in oggetto è stato condotto determinando innanzi tutto le curve di possibilità climatica di riferimento, ricavate dal progetto VAPI Sicilia. Il Gruppo Nazionale per la Difesa dalla Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche ha previsto uno speciale programma operativo denominato VAPI (Valutazione Piene Italia) con l'obiettivo di unificare a scala nazionale le procedure di valutazione probabilistica delle piene. In quest'ambito è stato pubblicato il rapporto regionale "Valutazione delle piene in Sicilia".

Lo studio del GNDCI suddivide il territorio regionale in tre sottozone pluviometriche omogenee per ciascuna di esse fornisce una espressione per la determinazione semplificata della curva di probabilità pluviometrica.

Per la sottozona C (sud est) è stata indicata l'espressione:

$$x'_{t,T} = 0,5015 - 0,003516 t + (0,0003720 t^2 + 0,00102 t + 1,0101) \log T \quad (1)$$

in cui:

t: durata dell'evento di pioggia (in ore)

T: tempo di ritorno (in anni).

La curva di probabilità pluviometrica si ottiene moltiplicando la (1) per la legge di variazione della media della legge TCEV (*two components extreme value distribution* ovvero legge di distribuzione a doppia componente):

$$h(t,T) = x'_{t,T} \mu(t) \quad (2)$$

in cui:

h(t,T): altezza di pioggia per una durata t e un tempo di ritorno T (in mm);

$\mu(t) = a t^n$.

Per la valutazione della $\mu(t)$ è stata proposta una tabella con i valori di a e n per le principali stazioni siciliane.

Per l'area in esame si considera la stazione di Petralia Sottana che può ritenersi rappresentativa per il bacino idrografico in esame e che si trova in posizione baricentrica rispetto allo stesso bacino.

Per questa stazione i coefficienti indicati nel progetto VAPI sono i seguenti:

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 8 di 36	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-103
		00	

a	n
23,6	0,3674

Per la determinazione della massima portata di progetto per un assegnato tempo di ritorno si procede secondo il metodo cinematico, secondo l'espressione di Turazza che pone:

$$Q_i = \frac{\phi_i \times i_{ci} \times S_i}{360} \quad (3)$$

dove:

- Q_i portata massima in corrispondenza della sezione di interesse del bacino (m³/s);
- ϕ_i valore medio ponderale del coefficiente di deflusso del bacino, determinato come media ponderale dei valori delle diverse tipologie di aree
- S_i superficie del bacino scolante (Ha)
- i_{ci} intensità media della pioggia espressa in mm/h, pari al rapporto tra l'altezza di pioggia critica (h) ed il tempo di corrivazione t_c, calcolati come descritto nel seguito.

I parametri della formula vengono quindi definiti nel seguente modo:

Viene determinato come media ponderale dei coefficienti di deflusso specifici riportati in tabella 4, applicati alle relative superfici elementari. Per le aree urbanizzate si è assunto un valore di $\phi = 0,6$

Tipo di terreno	Coltivato	Pascolo	Incolto	Bosco
Molto permeabile (terreni sabbiosi, ghiaiosi)	0,20	0,15	0,25	0,10
Permeabile (terreni limo-sabbiosi, limo-argillosi)	0,40 (30%)	0,35 (20%)	0,45 (30%)	0,30 (20%)
Poco permeabile (terreni argillosi, terreni rocciosi)	0,50	0,45	0,55	0,40

Tabella 3/a: Coefficienti di deflusso per superfici di diversa natura

Assumendo i valori caratteristici dei terreni permeabili, in considerazione delle caratteristiche litostratigrafiche del bacino (ove si rileva la presenza principalmente di terreni limo-argillosi), dell'uso del suolo, uniforme su tutto il bacino e principalmente a destinazione agricola, considerando l'assenza di aree urbane significative all'interno del bacino, risulta:

$$k_{med} = 0,385$$

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 9 di 36	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-103
		00	

Per la determinazione del tempo di corrivazione è stato eseguito il calcolo utilizzando in via preliminare ciascuna delle diverse formule sotto riportate.

• *formula di Ventura*
$$\tau_c = 0,127 * \sqrt{\frac{S}{i}} = [ore]$$

• *formula di Giandotti*
$$\tau_c = \frac{4 * \sqrt{S} + 1,5L}{0,8 * \sqrt{H_{med} - H_0}} = [ore]$$

• *formula di Pezzoli*
$$\tau_c = 0,055 * \frac{L}{\sqrt{i}} = [ore]$$

• *formula di Puglisi*
$$\tau_c = 6 * L^{\frac{2}{3}} * (H_{max} - H_0)^{-\frac{1}{3}} = [ore]$$

dove:

S superficie bacino alla sezione di progetto (in km²)

i pendenza media dell'asta (m/m)

L lunghezza dell'asta fluviale (in km)

H_{med} altezza media del bacino idrografico (in m s.l.m.)

H₀ altezza della sezione di chiusura del bacino considerata (in m s.l.m.)

H_{max} altezza massimo del bacino idrografico (in m s.l.m.)

I cui valori sono riportati al precedente paragrafo 3.1.

Dall'applicazione delle formule sopra indicate si ottengono valori abbastanza simili del tempo di corrivazione (in ore) come si può vedere dalla sottostante tabella riepilogativa:

calcolo tempo di corrivazione	ore
formula di Ventura	3.99
formula di Giandotti	3.54
formula di Pezzoli	3.55
formula di Puglisi	3.70
Tempo di corrivazione medio adottato τ_c	3.69

per la scelta del valore con il quale calcolare le portate di punta si è adottato il valore medio ottenuto

$$\tau_c = 3,69 \text{ ore}$$

Per il calcolo della portata di punta corrispondente ad un evento con tempo di ritorno 300 anni si utilizza le espressioni i (1) e (2) ottenendo:

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 10 di 36	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-103
		00	

$$h (T_r 300 \text{ anni}, t_c 3,69 \text{ ore}) = 114,92 \text{ mm}$$

applicando la formula di Turazza (3) si ottiene la portata

$$Q_{300 \text{ anni}} = 253,59 \text{ m}^3/\text{s}$$

che sarà utilizzata per la verifica idraulica.

In accordo a quanto considerato nel PAI sono stati calcolati i valori di precipitazione e portata corrispondenti ad eventi con tempi di ritorno 50 e 100 anni che risultano:

$$\begin{aligned} h (T_r 100 \text{ anni}) &= 96,37 \text{ mm} & Q_{100 \text{ anni}} &= 212,66 \text{ m}^3/\text{s} \\ h (T_r 50 \text{ anni}) &= 84,67 \text{ mm} & Q_{50 \text{ anni}} &= 186,84 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

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 1.800 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.

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

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

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

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 11 di 36	Rev.:					N° documento Cliente: AT-RE-103
		00					

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

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 12 di 36	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-103
--	--------------------	-------------	------------------------------------

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 permesso di determinare la sezione di deflusso per i 3 tempi di ritorno che è riportata nella Fig. 4-1.

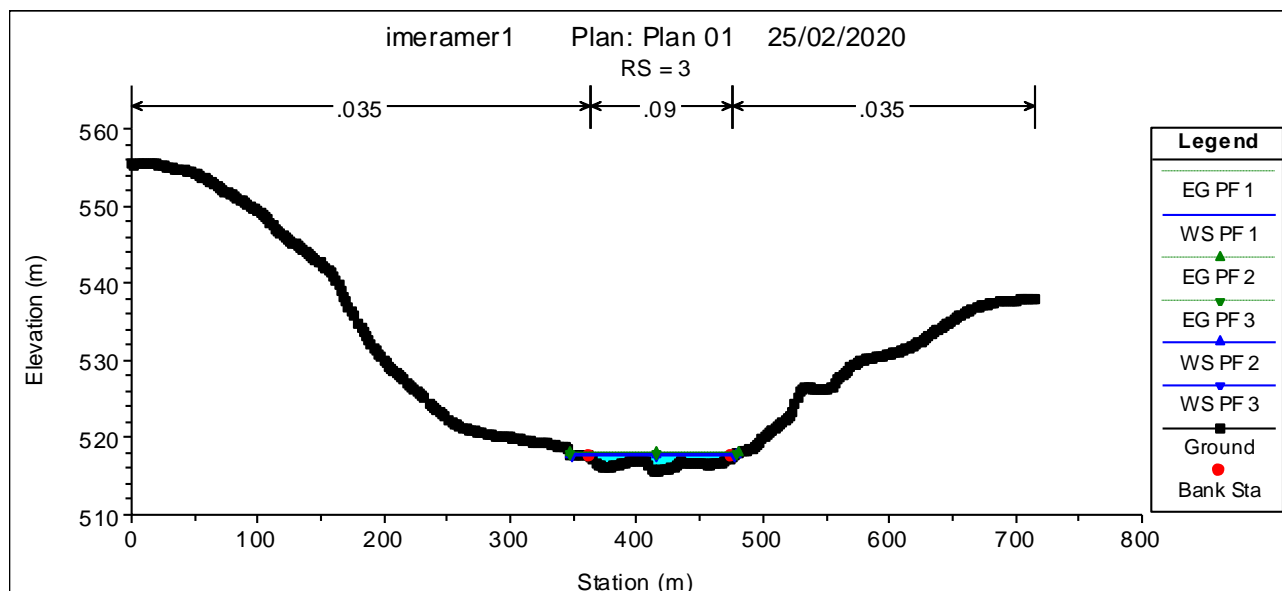


Fig. 4-1 - Sezione di deflusso in corrispondenza dell'attraversamento.

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.

4.2 Calcolo della profondità di erosione

Ai fini della progettazione del metanodotto, occorre predeterminare le condizioni di approfondimento della tubazione interrata, fermi 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.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 13 di 36	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-103
		00	

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 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 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

¹ D'Alberto D. et Alti., "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 SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 14 di 36	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-103
		00	

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 è acclarato che 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 517,97 m s.m. e si determina:

Pertanto, assumendo ai fini di calcolo $Q_{Max} = 253,59 \text{ m}^3/\text{s}$, in base alla geometria

quota di tirante di moto uniforme	517.97 m slm
quota della massima incisione	515.48 m slm
h_0	1.25 m

Z =	1.37 m
------------	---------------

pendenza locale in corrispondenza della sezione 1.15 %

Q_{Max} 253.34 m^3/s

Area della sezione 167.63 m^2

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

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 15 di 36	Rev.:					N° documento Cliente: AT-RE-103
		00					

Velocità 1.52 m/s

H 1.36 m

a 0.20 m

larghezza idrica in sommità della sezione L 133.79 m

q 1.90 m³/s/m

S = 0.98 m

Pertanto si stimano approfondimenti potenziali pari a circa 1,37 m.

In definitiva i fenomeni di erosione sono risultati abbastanza simili e risulta adeguata la profondità di posa ottenuta, tramite posa con metodologia trenchless, pari a circa 18 metri.

Non è prevista alcuna opera di protezione delle sponde e del fondo alveo.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 16 di 36	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-103
		00	

5 CONCLUSIONI

Il presente studio è redatto al fine di calcolare la massima profondità di erosione del fiume Salso 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 mediante metodologia trenchless che prevede lo scavo con una profondità dalla quota di subalveo di 18 m circa, senza modifiche essenziali della geometria delle sezioni di deflusso.

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. Non è prevista alcuna opera di protezione delle sponde e del fondo alveo.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento:
03858-PPL-RE-100-0103

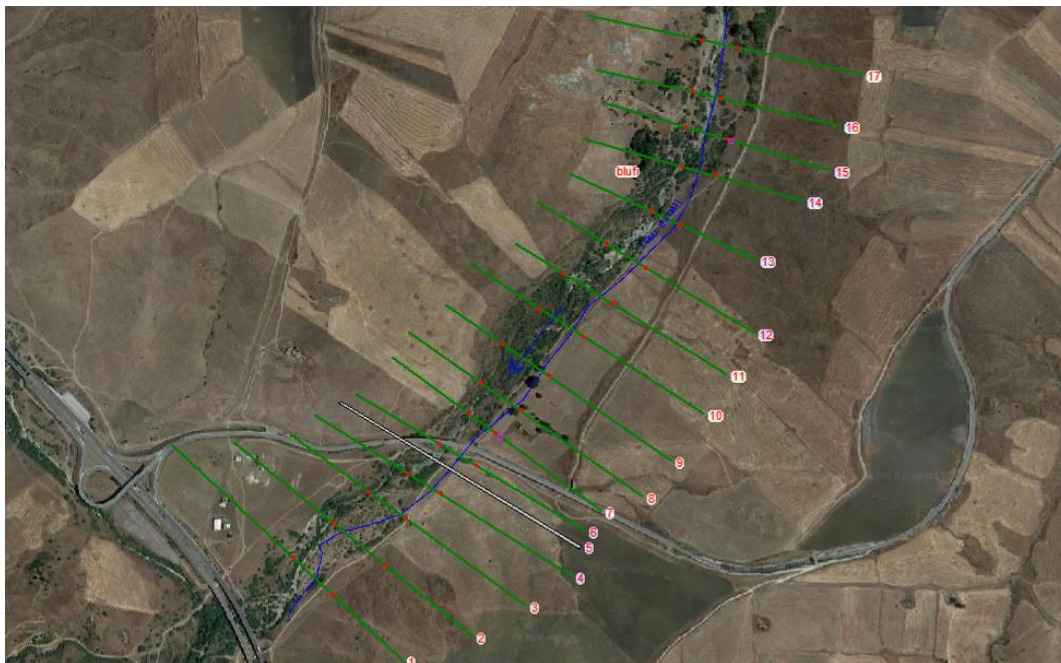
Foglio
17 di 36

Rev.:
00

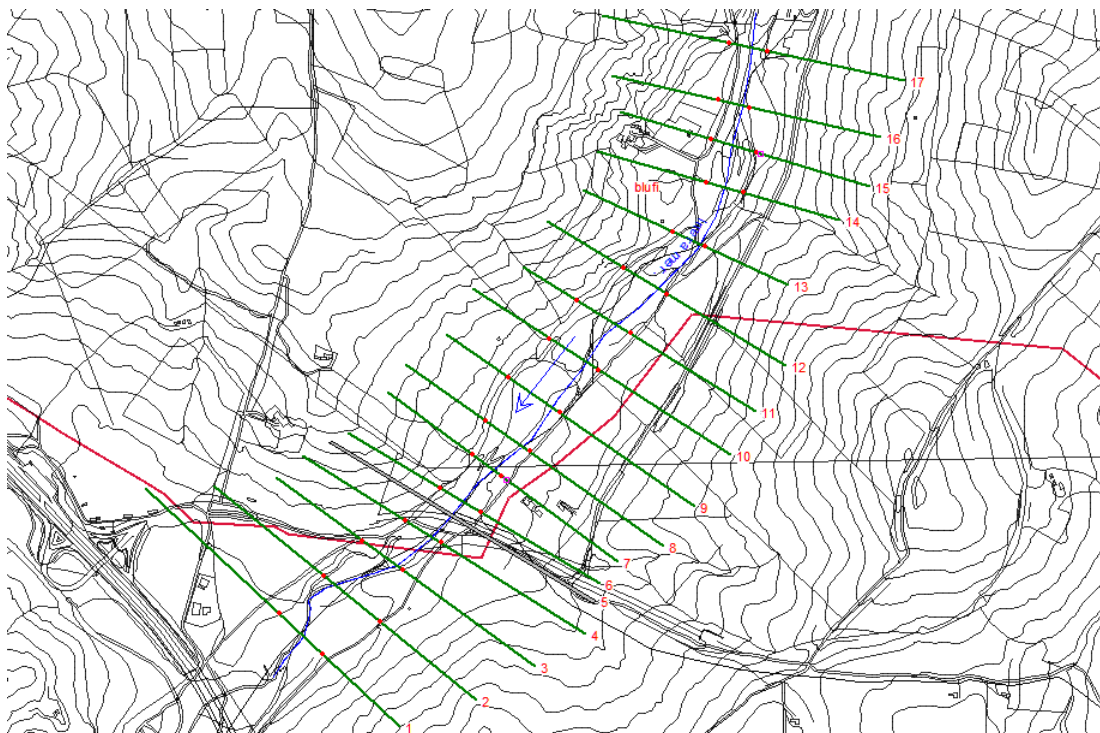
N° documento Cliente:
AT-RE-103

ANNESSO 1: RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA

PLANIMETRIA DEL TRATTO MODELLATO



su foto satellitare



su Carta Tecnica Regionale

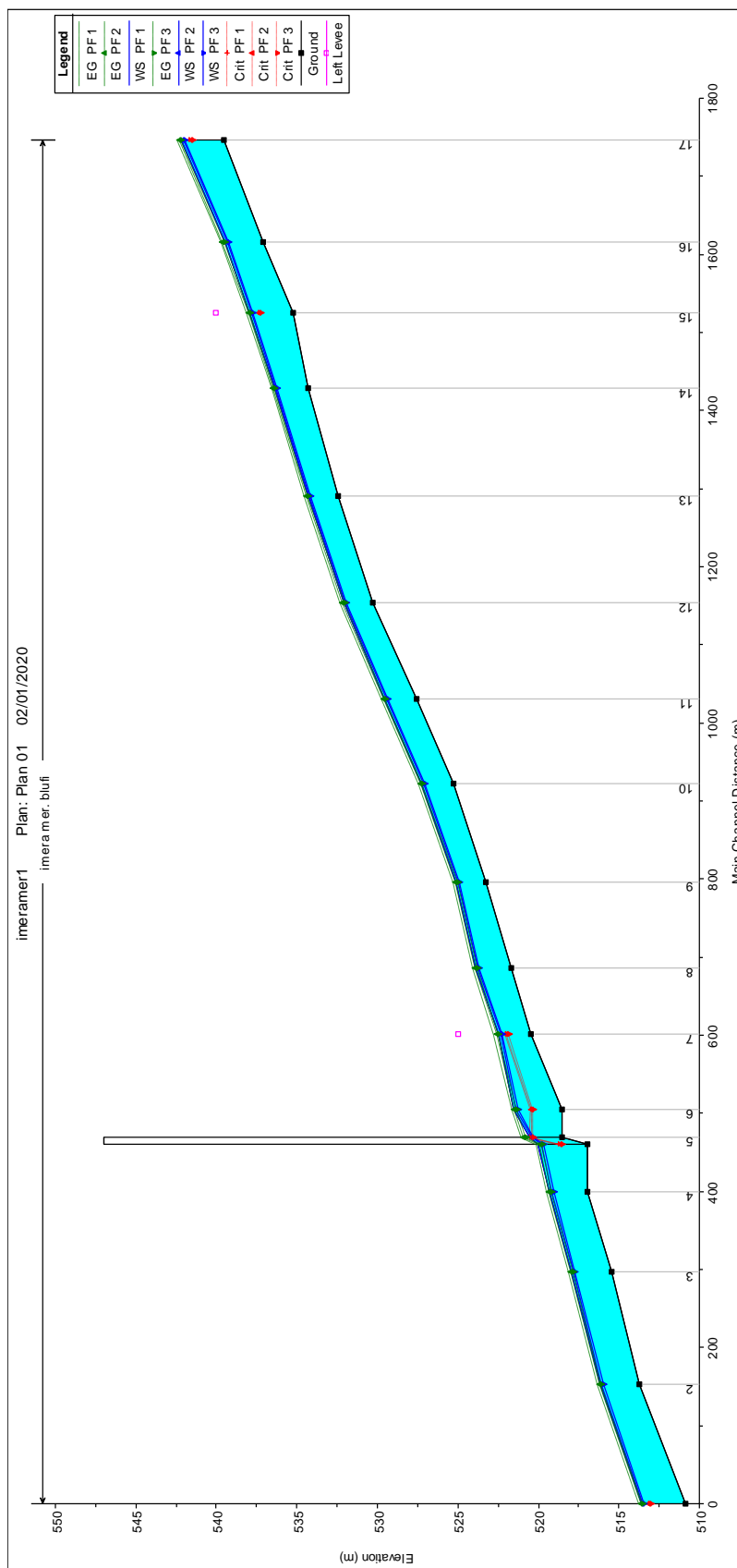
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento:
 03858-PPL-RE-100-0103

Foglio
 18 di 36

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 AT-RE-103



**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento:
 03858-PPL-RE-100-0103

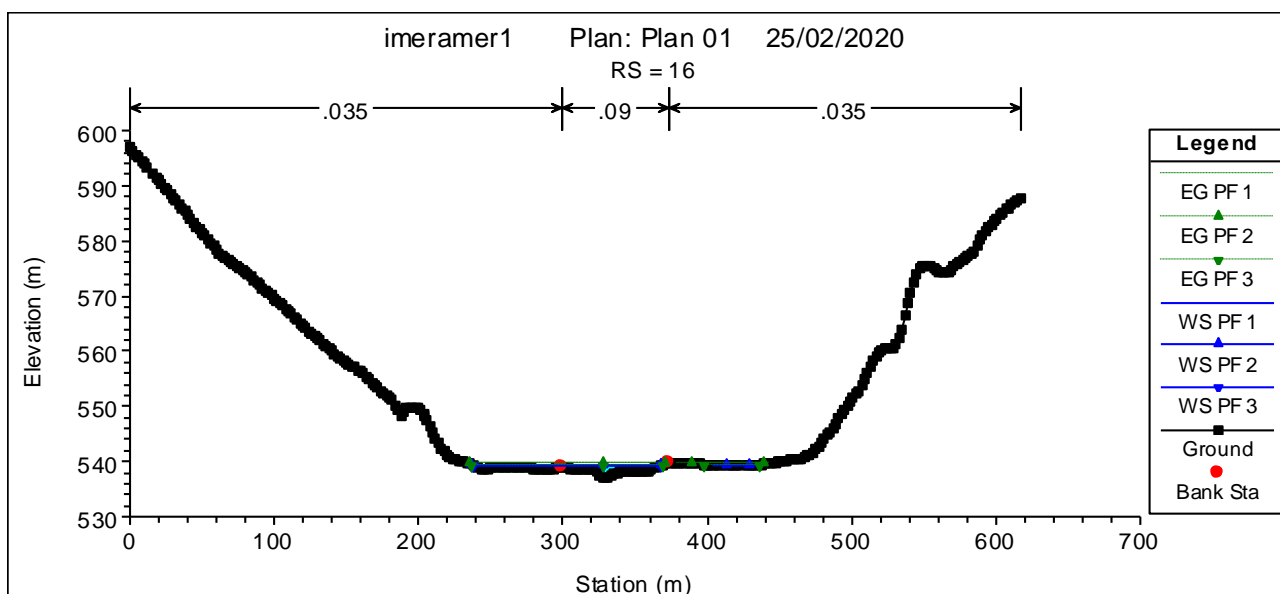
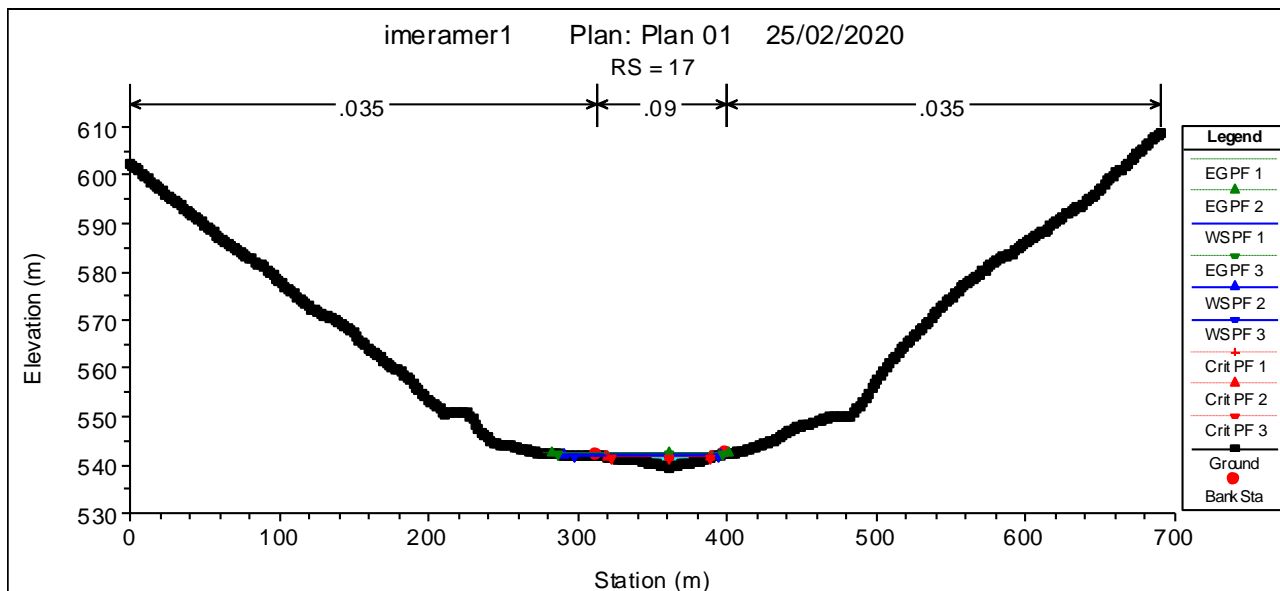
Foglio
 19 di 36

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 AT-RE-103

PROFILO

SEZIONI



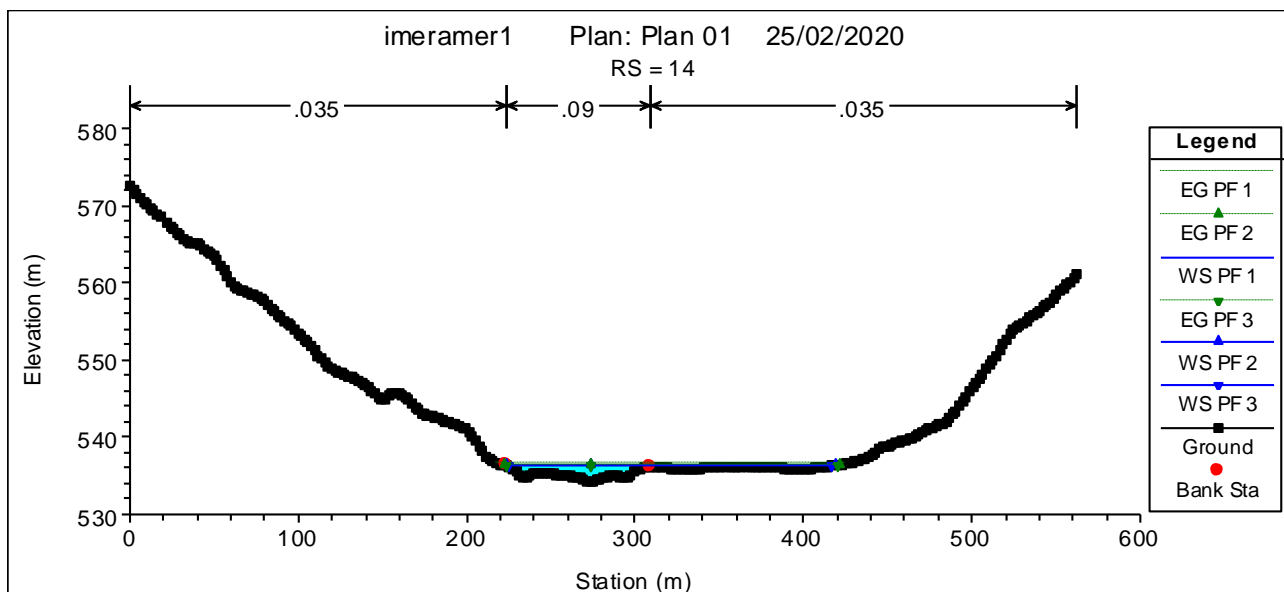
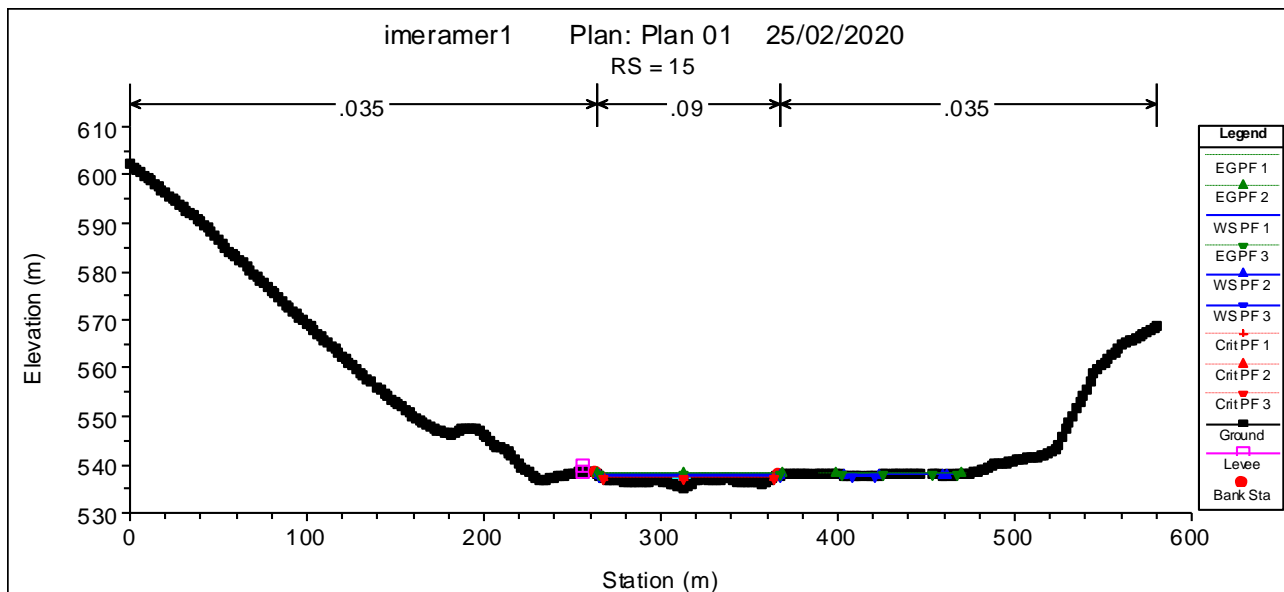
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento:
 03858-PPL-RE-100-0103

Foglio
 20 di 36

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 AT-RE-103



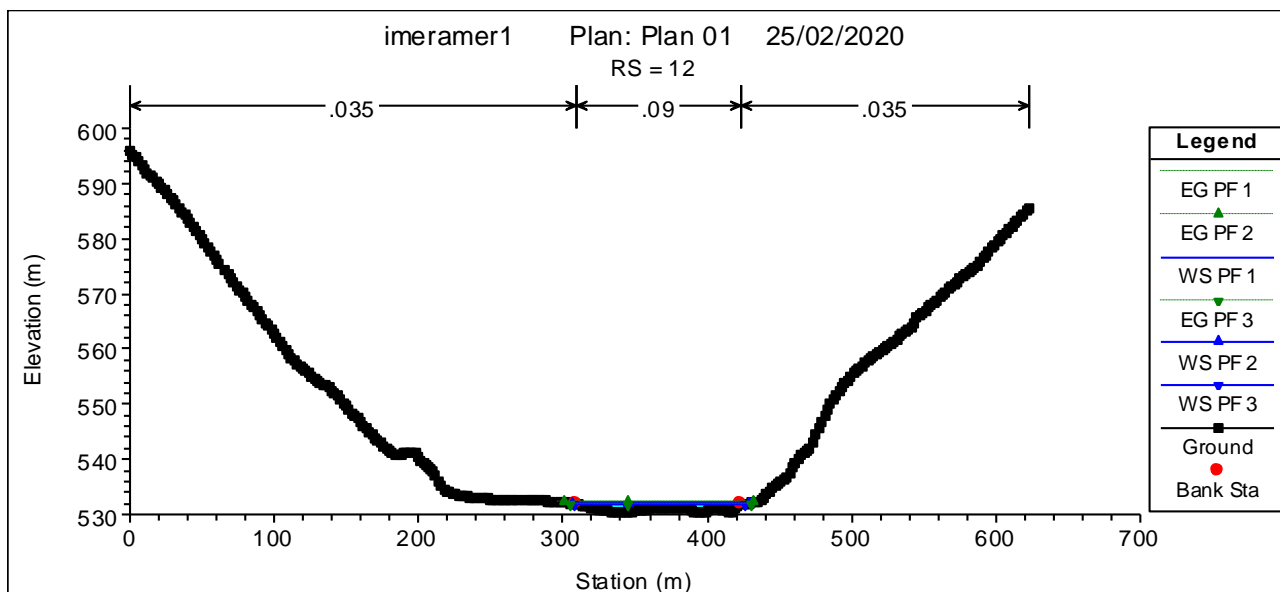
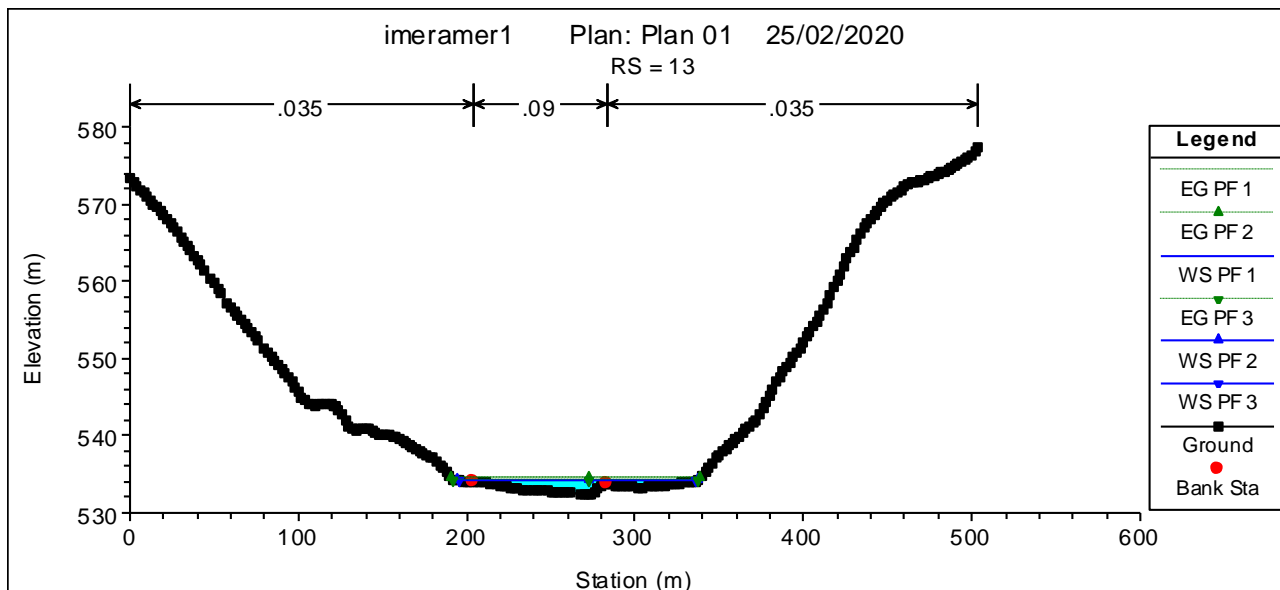
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento:
 03858-PPL-RE-100-0103

Foglio
 21 di 36

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 AT-RE-103



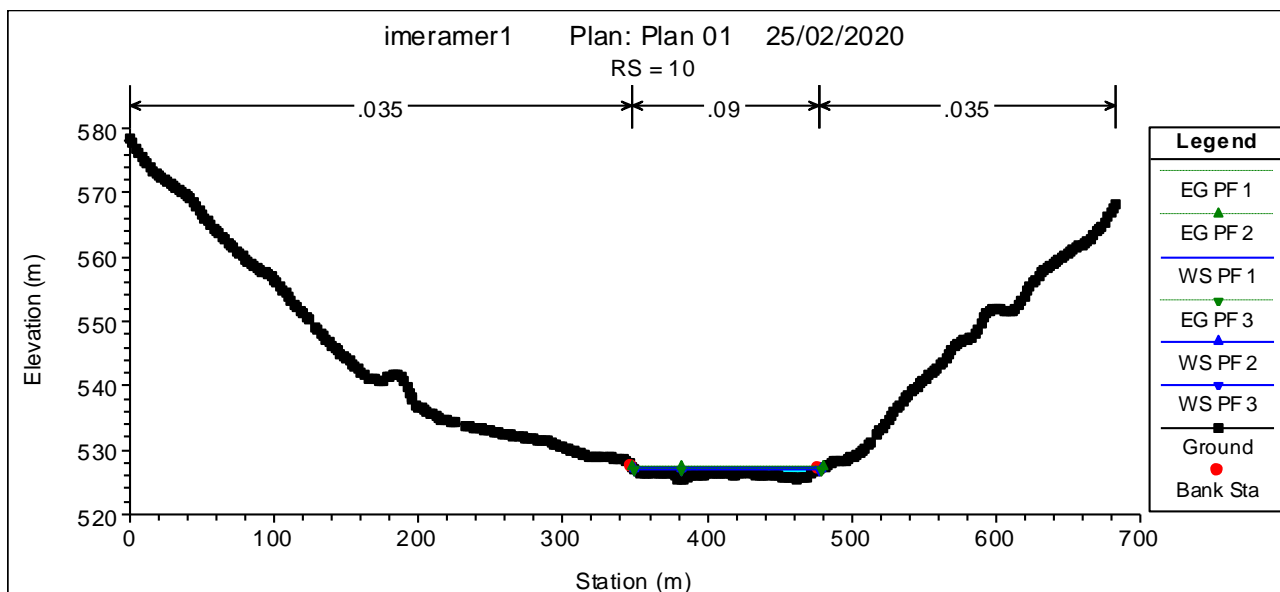
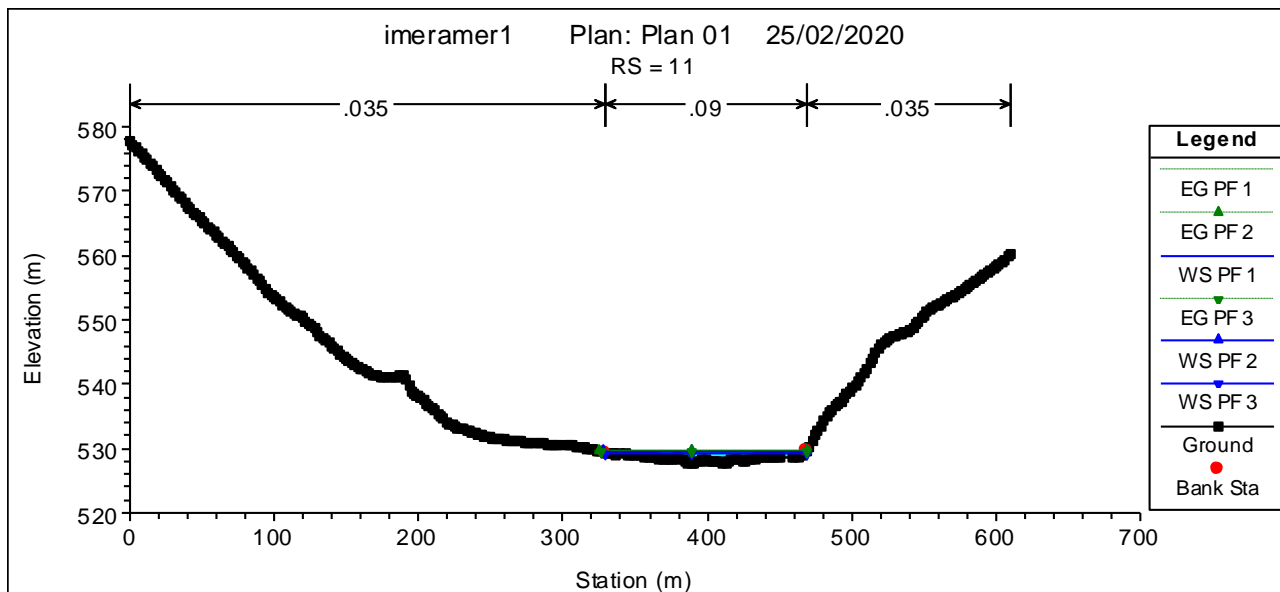
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento:
 03858-PPL-RE-100-0103

Foglio
 22 di 36

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 AT-RE-103



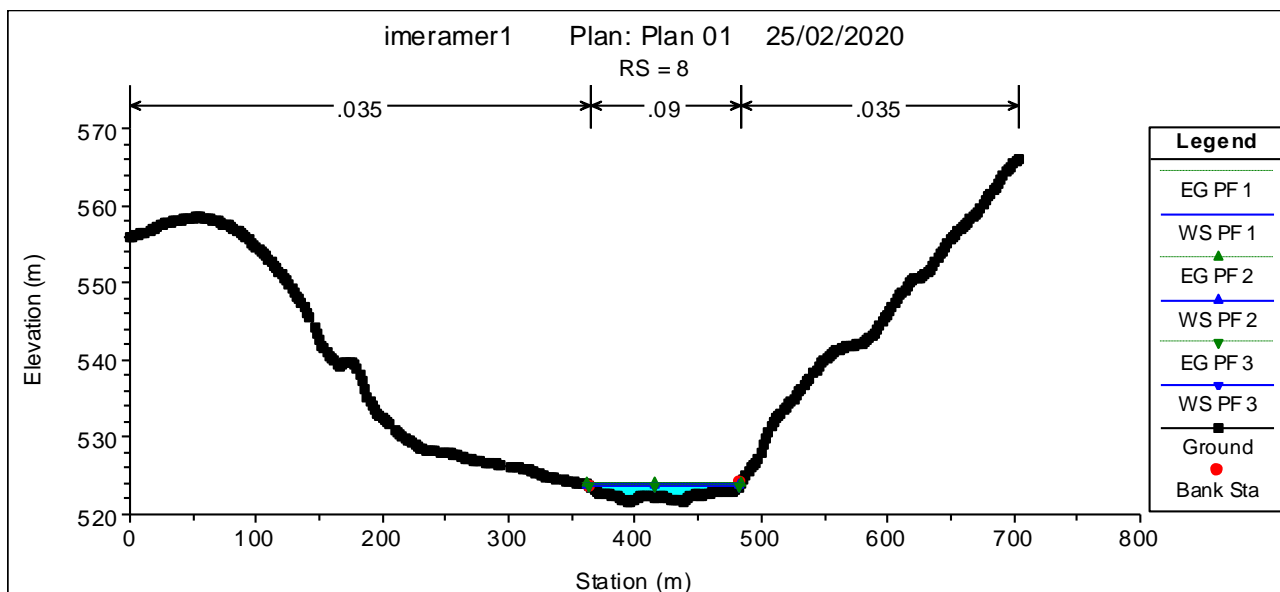
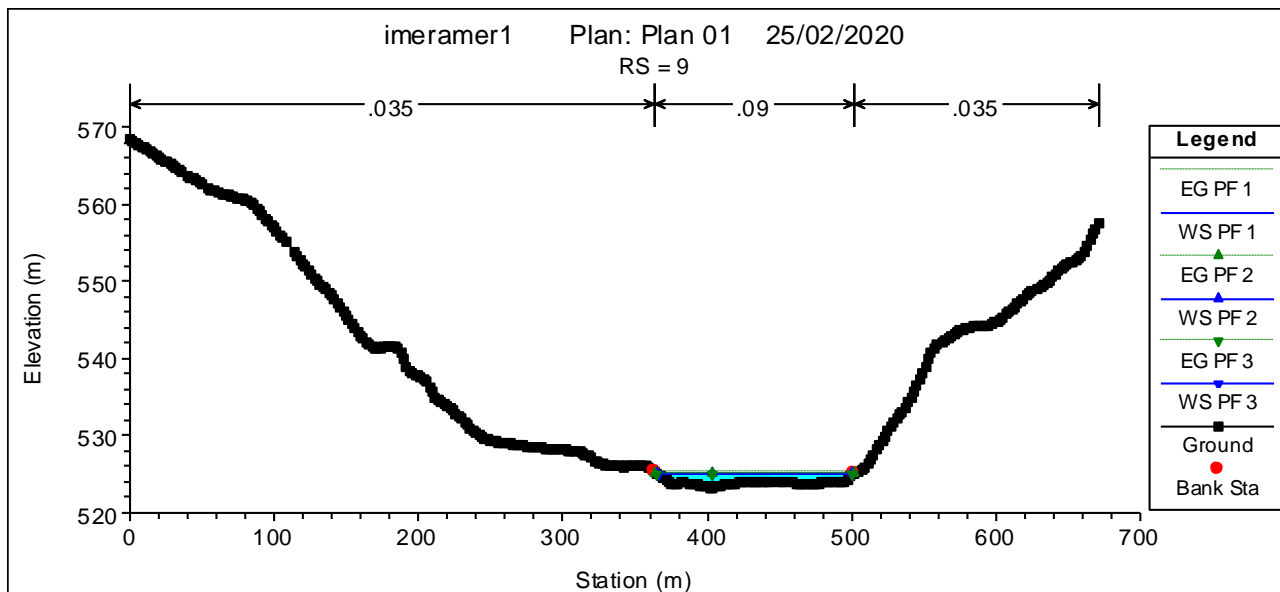
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento:
 03858-PPL-RE-100-0103

Foglio
 23 di 36

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 AT-RE-103



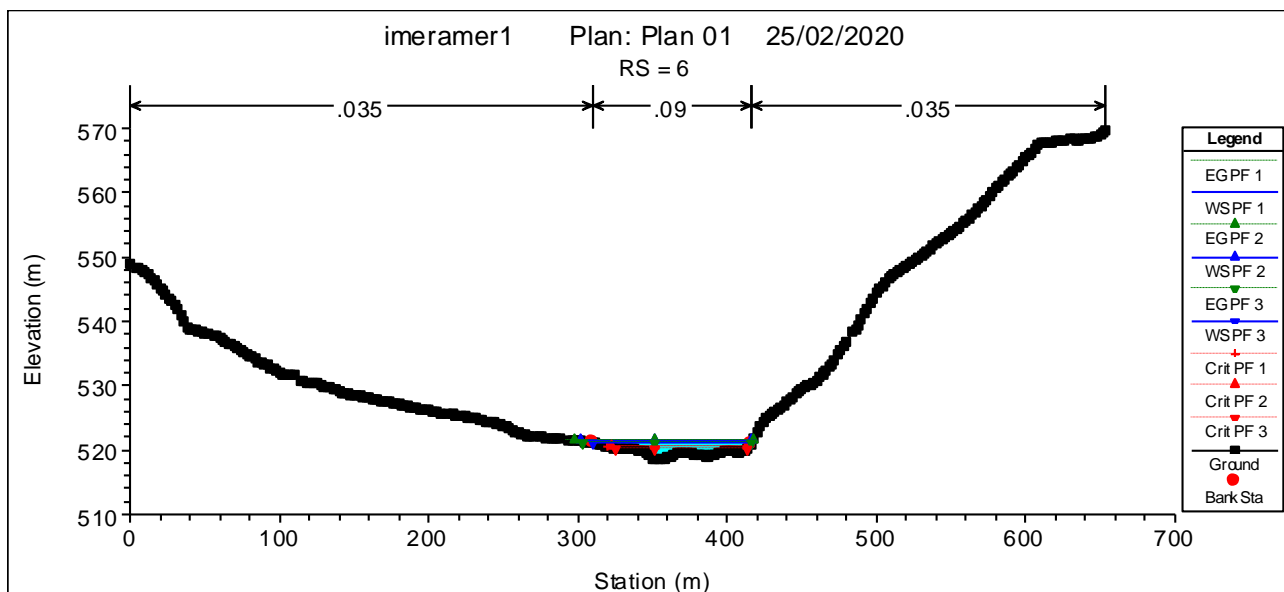
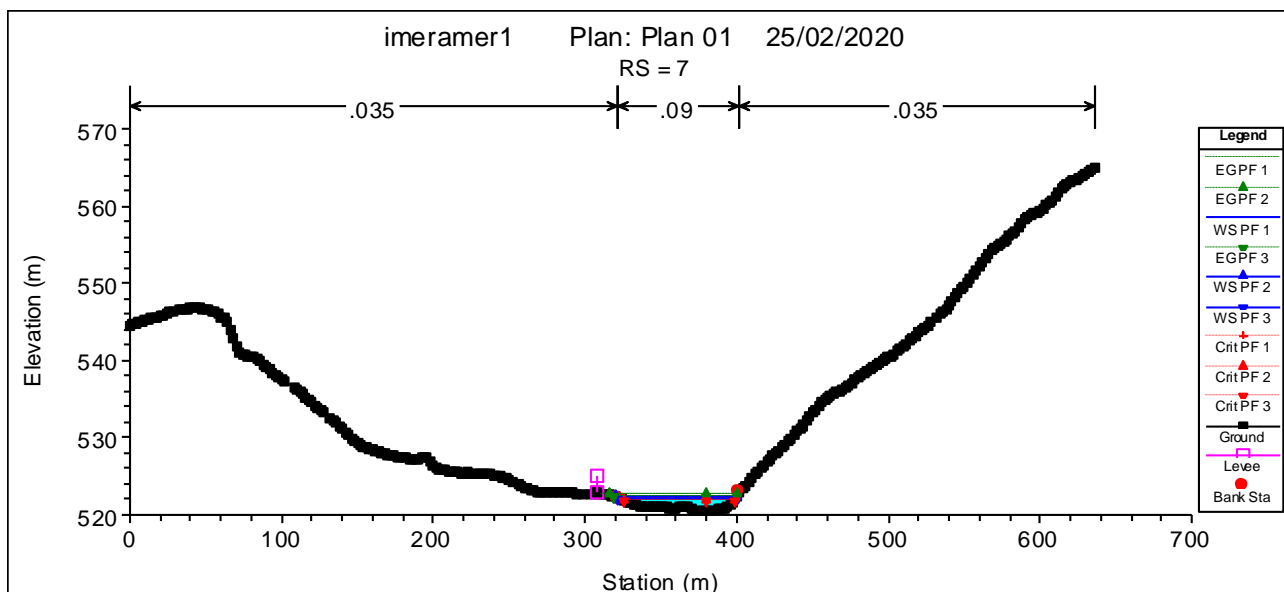
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento:
 03858-PPL-RE-100-0103

Foglio
 24 di 36

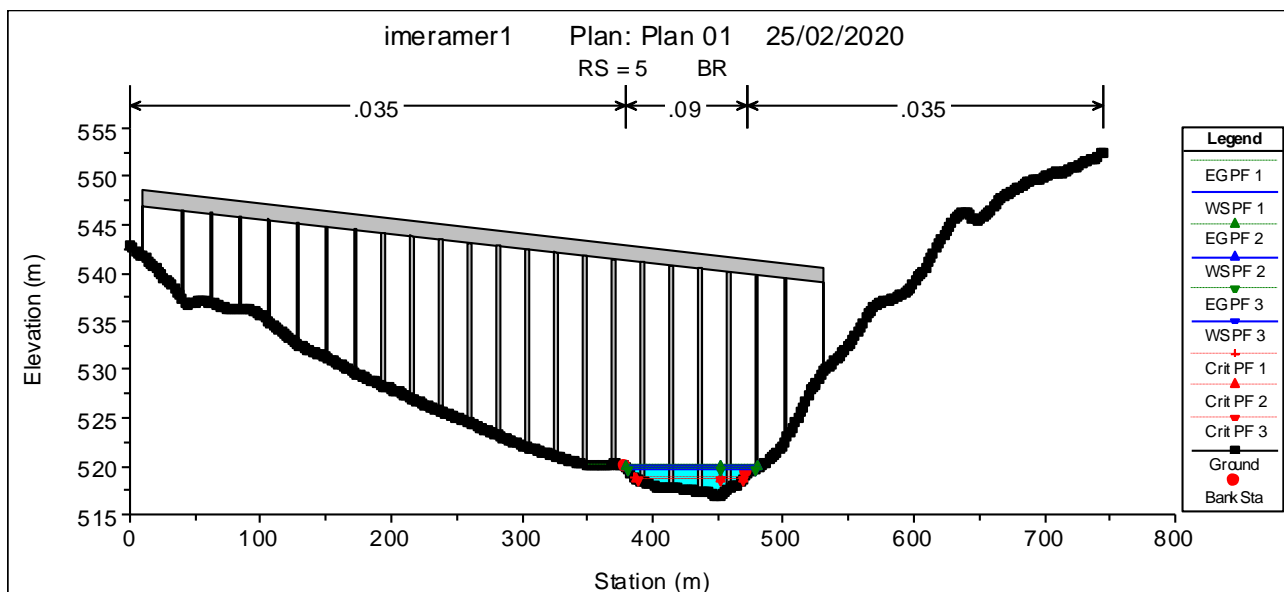
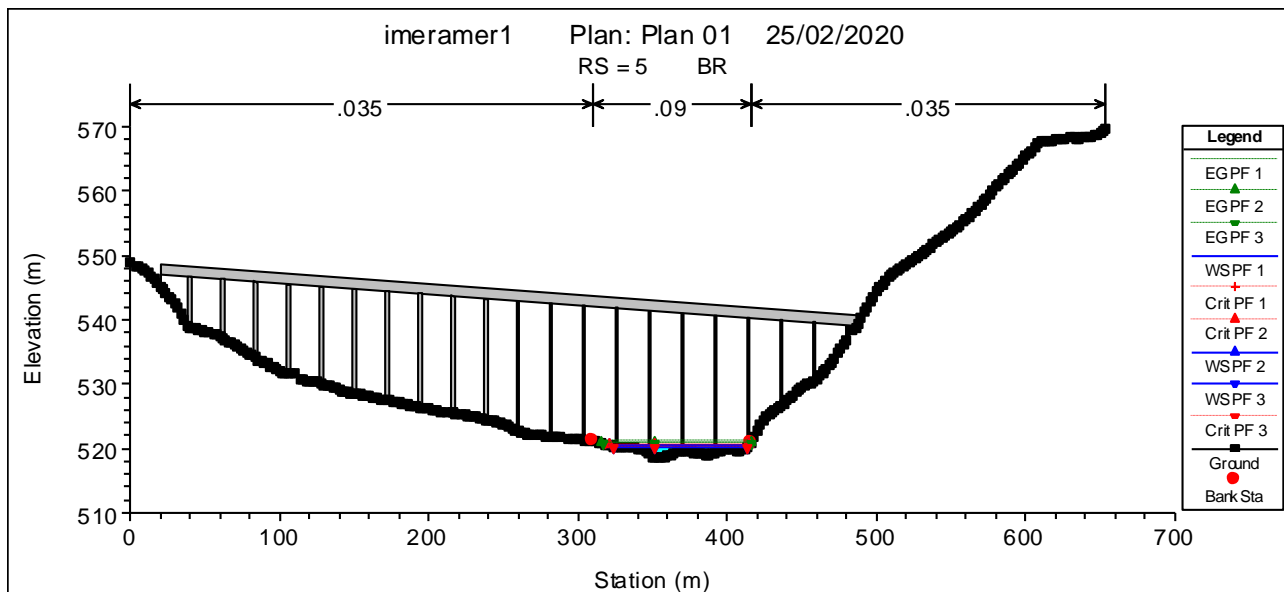
Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 AT-RE-103



**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 25 di 36	Rev.:					N° documento Cliente: AT-RE-103
		00					



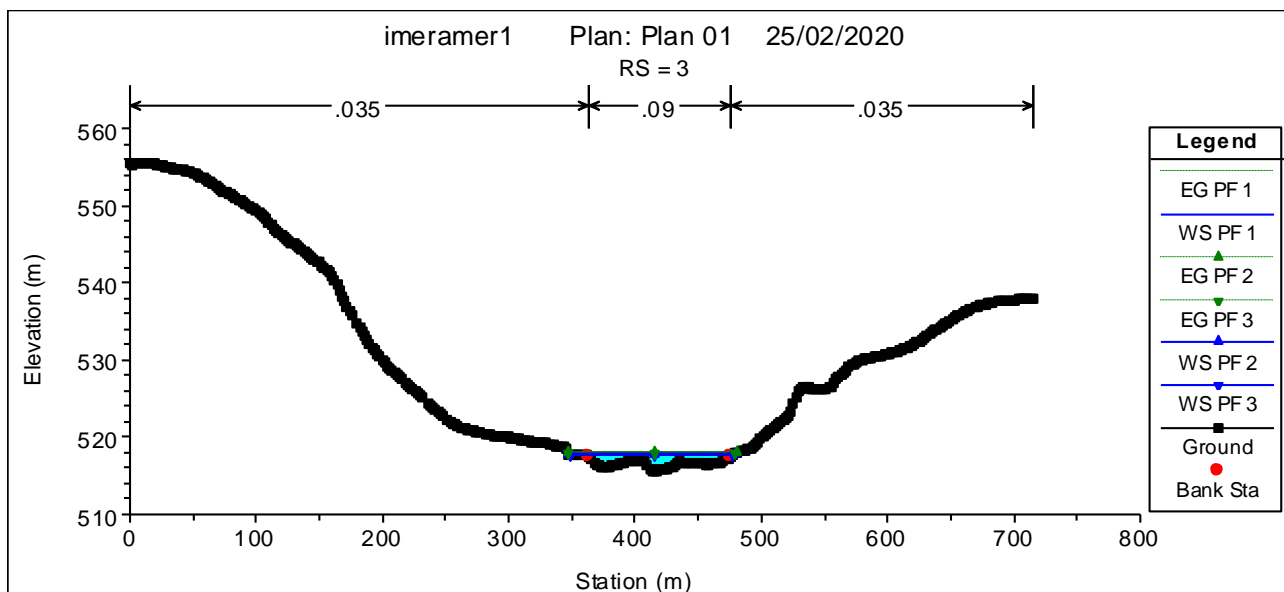
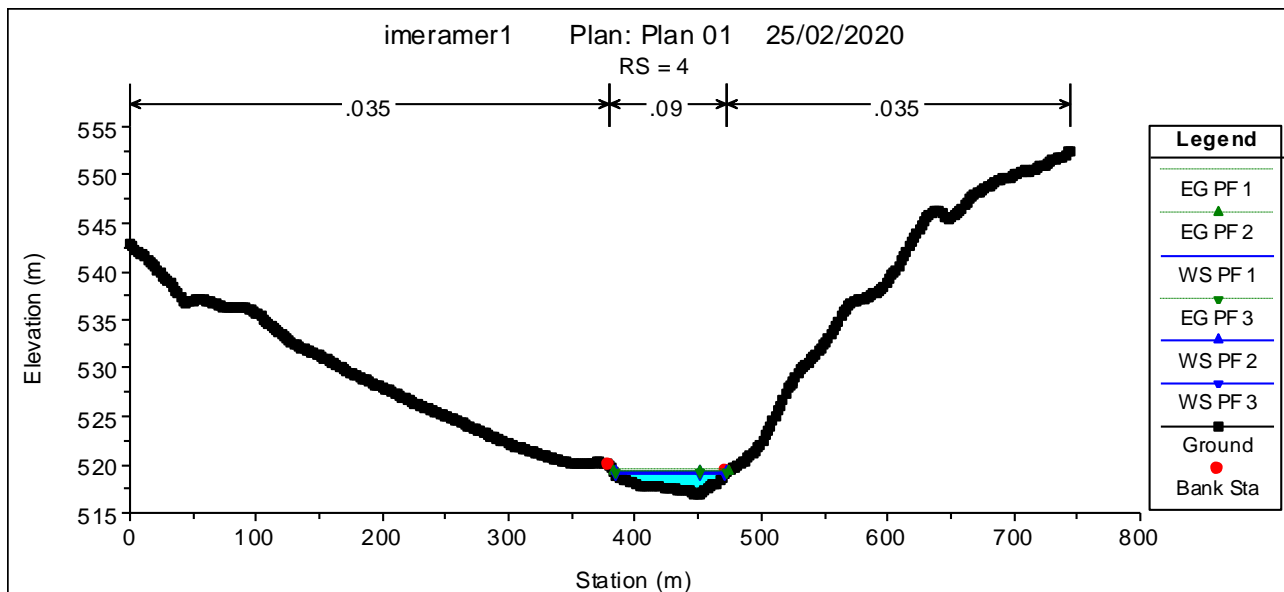
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento:
 03858-PPL-RE-100-0103

Foglio
 26 di 36

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 AT-RE-103



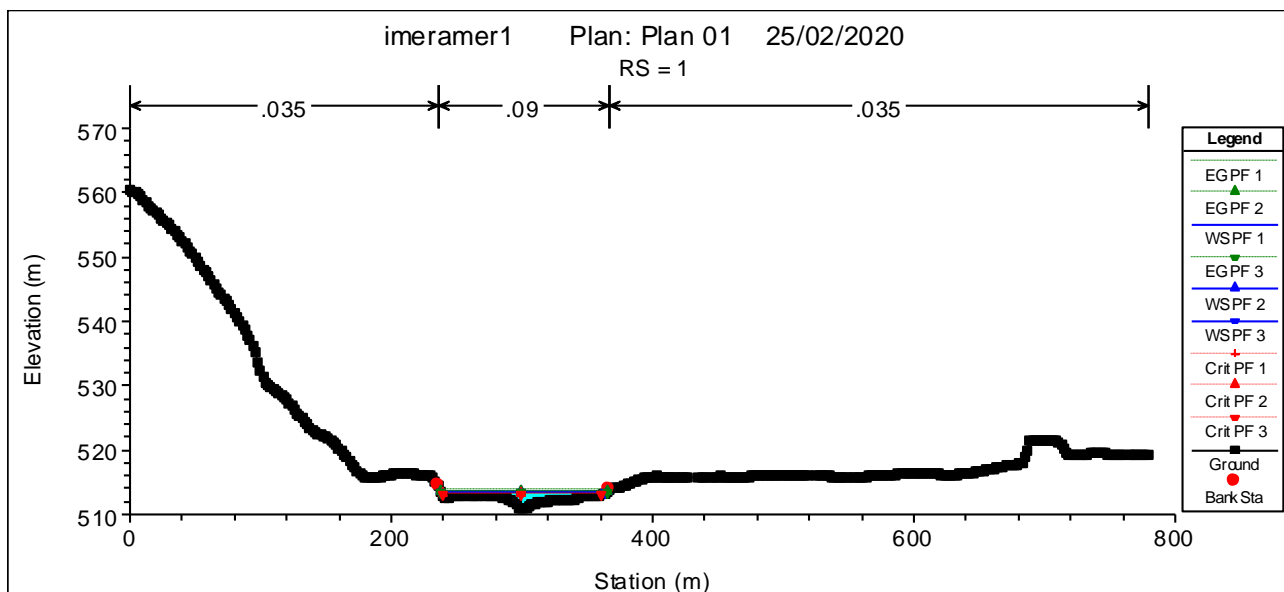
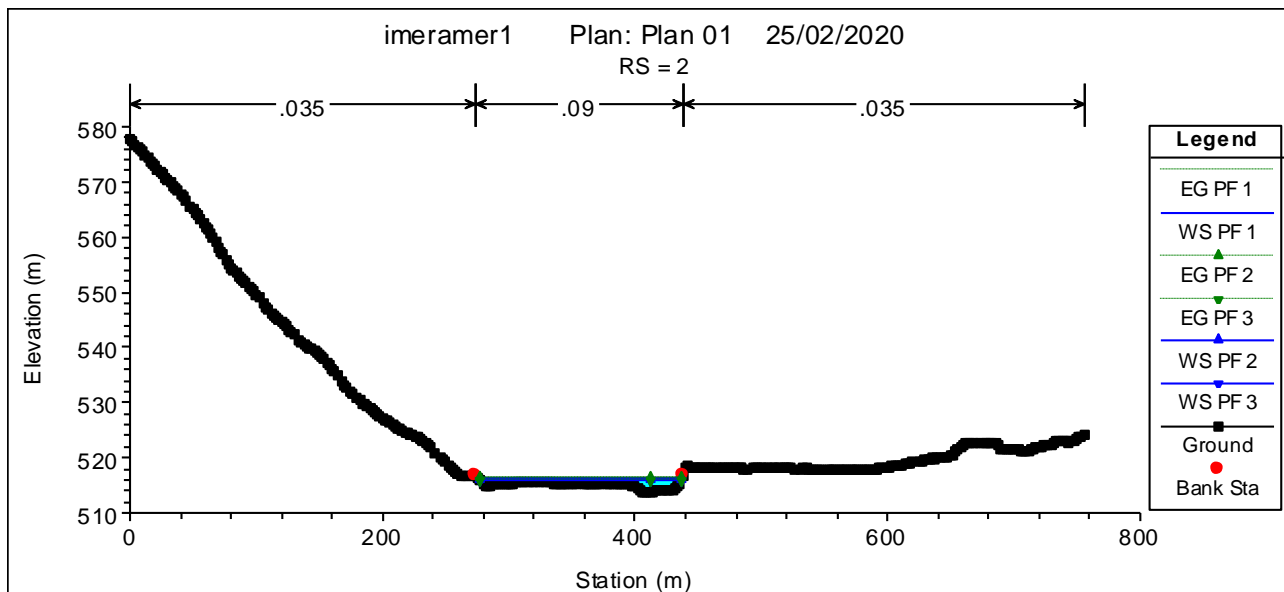
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento:
 03858-PPL-RE-100-0103

Foglio
 27 di 36

Rev.:
 00

N° documento Cliente:
 AT-RE-103



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

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 28 di 36	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-103
--	--------------------	-------------	------------------------------------

RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

sezione	Tempo di ritorno (anni)	Q (m³/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
16	300	253.59	539.55	542.18	541.71	542.41	0.024145	2.13	120.61	111.27	0.58
	100	212.66	539.55	542.07	541.57	542.27	0.022655	1.98	108.77	104.22	0.56
	50	186.48	539.55	541.99	541.47	542.17	0.021395	1.86	100.93	97.29	0.54
15	300	253.59	537.09	539.44		539.71	0.017705	1.62	125.28	164.86	0.48
	100	212.66	537.09	539.34		539.57	0.018712	1.59	109.72	146.77	0.49
	50	186.48	537.09	539.27		539.48	0.01969	1.57	99.96	129.84	0.5
14	300	253.59	535.24	537.95	537.4	538.11	0.016409	1.75	148.68	173.33	0.48
	100	212.66	535.24	537.85	537.31	537.98	0.015551	1.62	132.24	124.35	0.46
	50	186.48	535.24	537.77	537.24	537.88	0.014881	1.52	122.81	114.5	0.44
13	300	253.59	534.29	536.41		536.55	0.016129	1.66	149.21	197.54	0.47
	100	212.66	534.29	536.32		536.45	0.016413	1.61	133.05	194.56	0.47
	50	186.48	534.29	536.27		536.39	0.016605	1.58	121.79	192.44	0.47
12	300	253.59	532.42	534.32		534.54	0.013312	1.47	140.56	146.29	0.42
	100	212.66	532.42	534.22		534.41	0.013487	1.4	126.15	142.8	0.42
	50	186.48	532.42	534.15		534.32	0.013615	1.35	116.44	140.96	0.42
11	300	253.59	530.31	532.09		532.26	0.021528	1.84	138.76	128.88	0.54
	100	212.66	530.31	531.98		532.13	0.021365	1.71	124.5	123.17	0.52
	50	186.48	530.31	531.9		532.03	0.021219	1.62	114.95	117.71	0.52
10	300	253.59	527.53	529.57		529.71	0.01982	1.66	153.12	144.1	0.51
	100	212.66	527.53	529.46		529.58	0.01986	1.55	137.48	141.45	0.5
	50	186.48	527.53	529.38		529.49	0.019894	1.47	126.86	139.49	0.49
9	300	253.59	525.3	527.24		527.4	0.023002	1.79	141.78	131.09	0.55
	100	212.66	525.3	527.13		527.27	0.023061	1.67	127.14	129.43	0.54
	50	186.48	525.3	527.05		527.18	0.023078	1.59	117.3	128.31	0.53
8	300	253.59	523.28	525.15		525.26	0.012716	1.46	173.51	137.58	0.42
	100	212.66	523.28	525.02		525.11	0.012901	1.38	154.58	135.6	0.41
	50	186.48	523.28	524.92		525.01	0.01305	1.32	141.73	134.1	0.41
7	300	253.59	521.67	523.94		524.04	0.009884	1.44	176.73	122.83	0.38
	100	212.66	521.67	523.78		523.88	0.009954	1.35	158.15	120.69	0.37
	50	186.48	521.67	523.68		523.76	0.009989	1.28	145.67	119.41	0.37
6	300	253.59	520.45	522.51	522.07	522.76	0.024923	2.23	113.91	83.5	0.59
	100	212.66	520.45	522.35	521.94	522.58	0.025783	2.11	100.89	79.95	0.59
	50	186.48	520.45	522.24	521.86	522.45	0.026624	2.03	92.04	77.66	0.59
5	300	253.59	518.55	521.53	520.49	521.62	0.006327	1.31	194.85	122.03	0.31
	100	212.66	518.55	521.37	520.38	521.45	0.006152	1.21	175.66	115.58	0.3
	50	186.48	518.55	521.26	520.3	521.33	0.00601	1.14	163.01	107.23	0.29
5		Bridge									
4	300	253.59	516.92	519.31		519.49	0.016331	1.87	135.8	90.02	0.48
	100	212.66	516.92	519.16		519.32	0.015812	1.74	122.35	87.94	0.47
	50	186.48	516.92	519.06		519.19	0.015532	1.65	112.99	86.61	0.46
3	300	253.59	515.48	517.97		518.09	0.011525	1.52	167.63	133.79	0.4
	100	212.66	515.48	517.84		517.94	0.011339	1.42	150.96	131.78	0.39
	50	186.48	515.48	517.75		517.85	0.011152	1.34	139.54	128.77	0.39
2	300	253.59	513.73	516.17		516.27	0.01369	1.4	180.59	160.16	0.42
	100	212.66	513.73	516.06		516.15	0.013754	1.31	162	159.58	0.42
	50	186.48	513.73	515.98		516.06	0.013814	1.25	149.37	159.19	0.41
1	300	253.59	510.83	513.61	513.17	513.76	0.020015	1.72	147.38	128.26	0.51
	100	212.66	510.83	513.49	513.09	513.62	0.020015	1.61	132.2	127.31	0.5
	50	186.48	510.83	513.41	513.03	513.53	0.020006	1.53	121.94	126.66	0.5

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 29 di 36	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-103
		00	

ANNESSO 2: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS

Il software di calcolo utilizzato è denominato HEC-RAS® ed è stato sviluppato dell'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.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 30 di 36	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-103
		00	

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.

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;

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

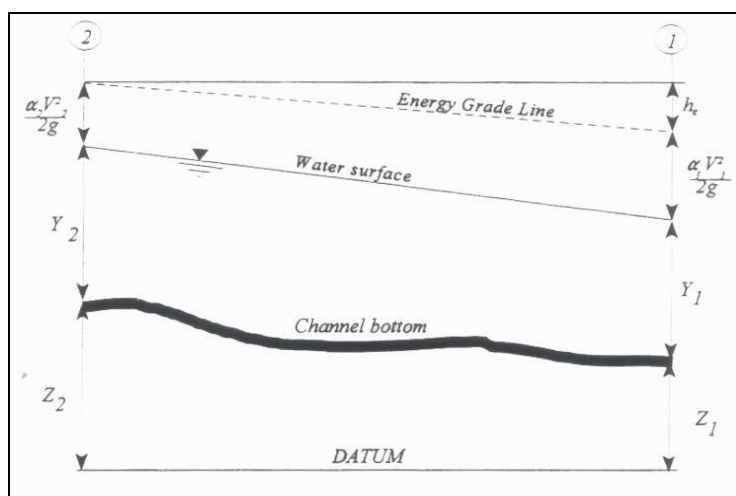
N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 31 di 36	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-103
--	--------------------	-------------	------------------------------------

- 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.



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:

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 32 di 36	Rev.:	N° documento Cliente: AT-RE-103
		00	

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;

$\overline{Q_{lob}}, \overline{Q_{ch}}, \overline{Q_{rob}}$: 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

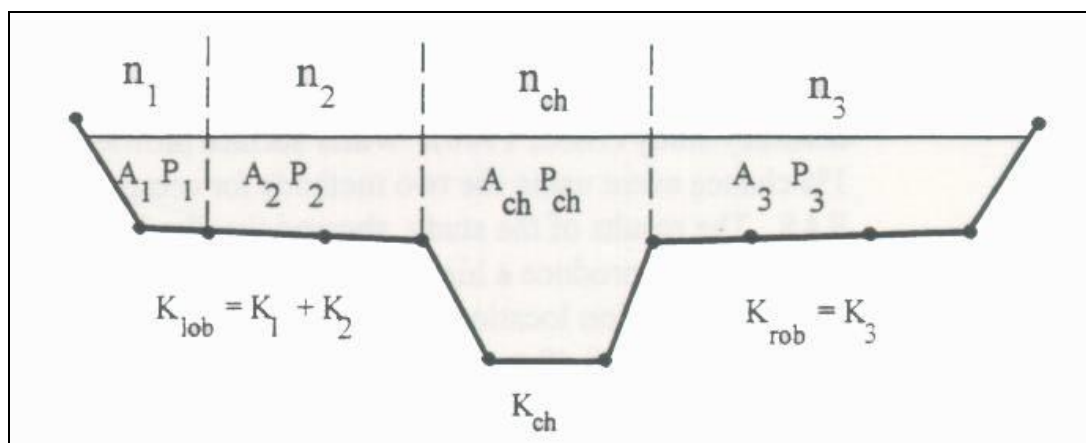
**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 33 di 36	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-103
--	--------------------	-------------	------------------------------------

Individuata la sezione trasversale del corso d'acqua attraverso la griglia dei punti x (distanze 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

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;

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 34 di 36	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-103
--	--------------------	-------------	------------------------------------

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:

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

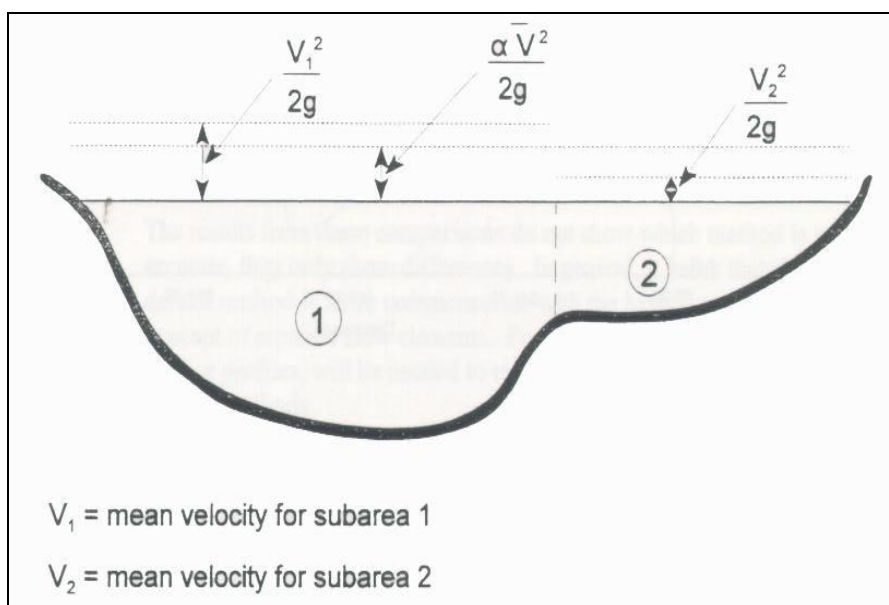
dove:

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.



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:

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 35 di 36	Rev.:					N° documento Cliente: AT-RE-103
		00					

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

dove C rappresenta il già citato coefficiente di contrazione/espansione

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO FIUME SALSO (IMERA MERIDIONALE)**

N° Documento: 03858-PPL-RE-100-0103	Foglio 36 di 36	Rev.: 00	N° documento Cliente: AT-RE-103
--	--------------------	-------------	------------------------------------

ANNESSE 3: TABELLE DI LETTERATURA

Tabella 1 per barre alterne

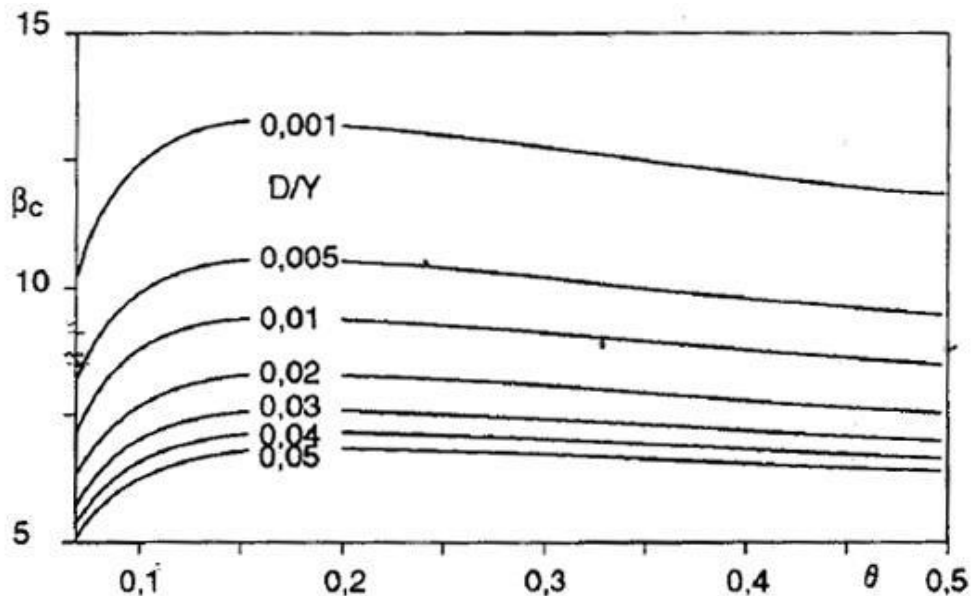


Tabella 2 per erosione in curva

