




<b>Contraente:</b> 	<b>Progetto:</b> METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar		<b>Ciente:</b>  
	<b>N° Contratto :</b> <b>N° Commessa :</b> NR/08247		
<b>N° documento:</b> P01395-PPL-RE-003-191	<b>Foglio</b> 1 di 41	<b>Data</b> 25-10-2011	<b>N° documento Cliente:</b>

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA  
 ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

00	25-10-2011	EMESSO PER INTEGRAZIONE SIA	VANNI TAMAGNINI	STROPPA	MONTONI
REV	DATA	TITOLO REVISIONE	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N°Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00					N°Doc. Cliente: -
		Foglio 2	di	41		

**SOMMARIO**

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE GENERALI .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>LITOLOGIA ED USO DEL SUOLO .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>ANALISI DELLA PIOVOSITÀ.....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO.....</b>	<b>10</b>
<b>5.1</b>	<b>Generalità .....</b>	<b>10</b>
<b>5.2</b>	<b>Coefficiente di afflusso.....</b>	<b>10</b>
<b>5.3</b>	<b>Tempo di corrivazione .....</b>	<b>12</b>
<b>5.4</b>	<b>Altezza di pioggia.....</b>	<b>13</b>
<b>5.5</b>	<b>Portata di progetto .....</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>STUDIO IDRAULICO DEL TORRENTE IACONO.....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE .....</b>	<b>19</b>
<b>7.1</b>	<b>Erosione al fondo .....</b>	<b>19</b>
<b>7.2</b>	<b>Definizione della profondità di posa .....</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>VERIFICHE DI STABILITÀ DELL'OPERA.....</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>VERIFICHE PROTEZIONI SPONDALI.....</b>	<b>31</b>
<b>10</b>	<b>INTERFERENZE CON LE FASCE DI PERICOLOSITÀ E CON LE ZONE A RISCHIO CENSITE DAL PAI.....</b>	<b>32</b>
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>33</b>
	<b>ANNESSO 1: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS .....</b>	<b>34</b>
	<b>ANNESSO 2: TABELLE PER IL CALCOLO DEL CN.....</b>	<b>40</b>

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar							
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO							
N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.:	00					N° Doc. Cliente: -
		Foglio	3	di	41		

## 1 PREMESSA

La presente relazione è finalizzata alla determinazione delle caratteristiche idrologiche-idrauliche del Torrente Iacono, necessarie per la verifica della profondità di posa del nuovo metanodotto DN 1200 (48") DP75 bar in acciaio che verrà posata in parallelismo con altre due linee esistenti in tale zona quale potenziamento della rete.

In dettaglio nella zona dell'attraversamento il Torrente segna il confine tra i comuni di Castrolibero e Racalmuto. I mappali interessati dalle opere sono distinti al Foglio n° 74 mappale n° 75 del N.C.T del Comune di Racalmuto ed al Fg. 2 mapp. 127 del NCT del Comune di Castrolibero.

Scopo e finalità del presente studio è pertanto verificare l'idoneità della profondità di posa adottata nonché la stabilità delle sponde e dei ripristini previsti rispetto alle possibili dinamiche evolutive del fondo alveo o a possibili fenomeni di dissesto/erosione localizzati in corrispondenza del transito degli eventi di piena, nonché la compatibilità delle opere in progetto con le previsioni del PAI.

Il Torrente Iacono ricade nel bacino idrografico del Fiume Naro. I parametri utilizzati nel presente studio sono stati pertanto ricavati dalla Relazione del Bacino Idrografico del F. Naro (068), redatta dalla Regione Sicilia, Assessorato al Turismo e Ambiente, Dipartimento Territorio e Ambiente, Servizio 4 "Assetto del Territorio e Difesa del Suolo, nell'ambito delle attività finalizzate alla redazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

Nei paragrafi seguenti, partendo dai dati riportati nella suddetta relazione, sono state pertanto determinate le portate corrispondenti ai tempi di ritorno Tr50, Tr100 e Tr300 in analogia ai tempi di ritorno degli studi idrologici eseguiti per il PAI.

La modellazione del presente studio è stata condotta 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 1).

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar							
<b>RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO</b>							
N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.:	00					N° Doc. Cliente: -
		Foglio		4	di	41	

Si è provveduto in tal modo alla determinazione delle grandezza caratteristiche del deflusso in alveo quali altezza del tirante idrico, velocità della corrente, raggio idraulico, ecc.

I valori così calcolati sono stati poi utilizzati per le verifiche della profondità di posa della nuova condotta eseguite al par. 7.

Al paragrafo 8 sono invece riportate la verifica di stabilità delle sponde ante e post operam, mentre al par. 9 è contenuta la verifica delle protezioni spondali alle azioni di trascinamento indotte dal transito della piena con Tr 300 anni

Per il reperimento dei dati necessari allo studio in oggetto si sono utilizzati:

- Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico della Regione Sicilia;
- Cartografia allegata al suddetto PAI;
- Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar							
<b>RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO</b>							
N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.:	00					N° Doc. Cliente: -
	Foglio		5	di	41		

## 2 CARATTERISTICHE GENERALI

Il progetto prevede di realizzare l'attraversamento con tecnica di scavo tradizionale e successivo ripristino con materiale di scavo secondo le sezioni trasversali attualmente esistenti.

Nella sezione interessata dai lavori risultano presenti delle palizzate in legno parzialmente esistenti, poste a stabilizzazione delle sponde. Dette protezioni verranno allo scopo ripristinate ed opportunamente prolungate verso valle per complessivi 30 m, mantenendole parzialmente sofolte per non ostacolare i deflussi in alveo.

Il Torrente Iacono costituisce uno dei principali affluenti in sponda destra del Fiume Naro, ha origine in C.da Bigini (circa 500 m s.l.m) al confine tra i territori comunali di Castrolibero e Racalmuto, si estende per 17 km circa confluendo nel F. Naro in C.da Malvizzo ad una quota di 149 m s.l.m.. La superficie del bacino del Torrente Iacono alla sezione di chiusura, posta in corrispondenza dell'attraversamento di progetto, risulta pari a 9,33 kmq con una lunghezza di 4,1 km, quindi a circa  $\frac{1}{4}$  del suo sviluppo complessivo.



*Figura 1: Sezione del Torrente in corrispondenza dell'attraversamento*

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO						
N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00					N° Doc. Cliente: -
		Foglio	6	di	41	

Il bacino del F. Naro ricade nel versante meridionale della Sicilia e si estende per circa 262 km<sup>2</sup> interessando il territorio della Provincia di Agrigento. Nasce in corrispondenza dell'area occupata in parte dal centro abitato di Canicattì, nel settore nord-orientale del bacino, si snoda lungo un percorso lungo circa 31 km sfociando nel Mar Mediterraneo in località Cannatello, nel territorio comunale di Agrigento. Il suo corso d'acqua, come quello degli affluenti, presenta un regime idrologico marcatamente torrentizio, con deflussi naturali, nei periodi asciutti, molto modesti.

L'asta principale si presenta a tratti incassata in profonde gole e, in altri casi, incisa in dolci colline e con andamento meandriforme.

In analogia all'asta principale del fiume di cui è tributario, il bacino imbrifero è caratterizzato da un regime pluviometrico di tipo mediterraneo, che determina periodi di assoluta siccità a periodi con elevati deflussi.

Nel Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia, il corso del Torrente Iacono è censito con il Codice UIR R19 068, classificato "a regime intermittente" e risulta inserito nell'Unità Omogena n. 5.



Figura 2: carta estratta dal Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N°Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00					N°Doc. Cliente: -
		Foglio	7	di	41	

**3 LITOLOGIA ED USO DEL SUOLO**

L'assetto morfologico del bacino del fiume Naro, ove ricade il Torrente Iacono, è prevalentemente di tipo collinare con modesti rilievi rocciosi emergenti da estesi affioramenti argillosi. Il reticolo idrografico presenta un pattern prevalente di tipo dendritico, con le maggiori diramazioni sviluppate in corrispondenza degli affioramenti plastici (argille e marne).

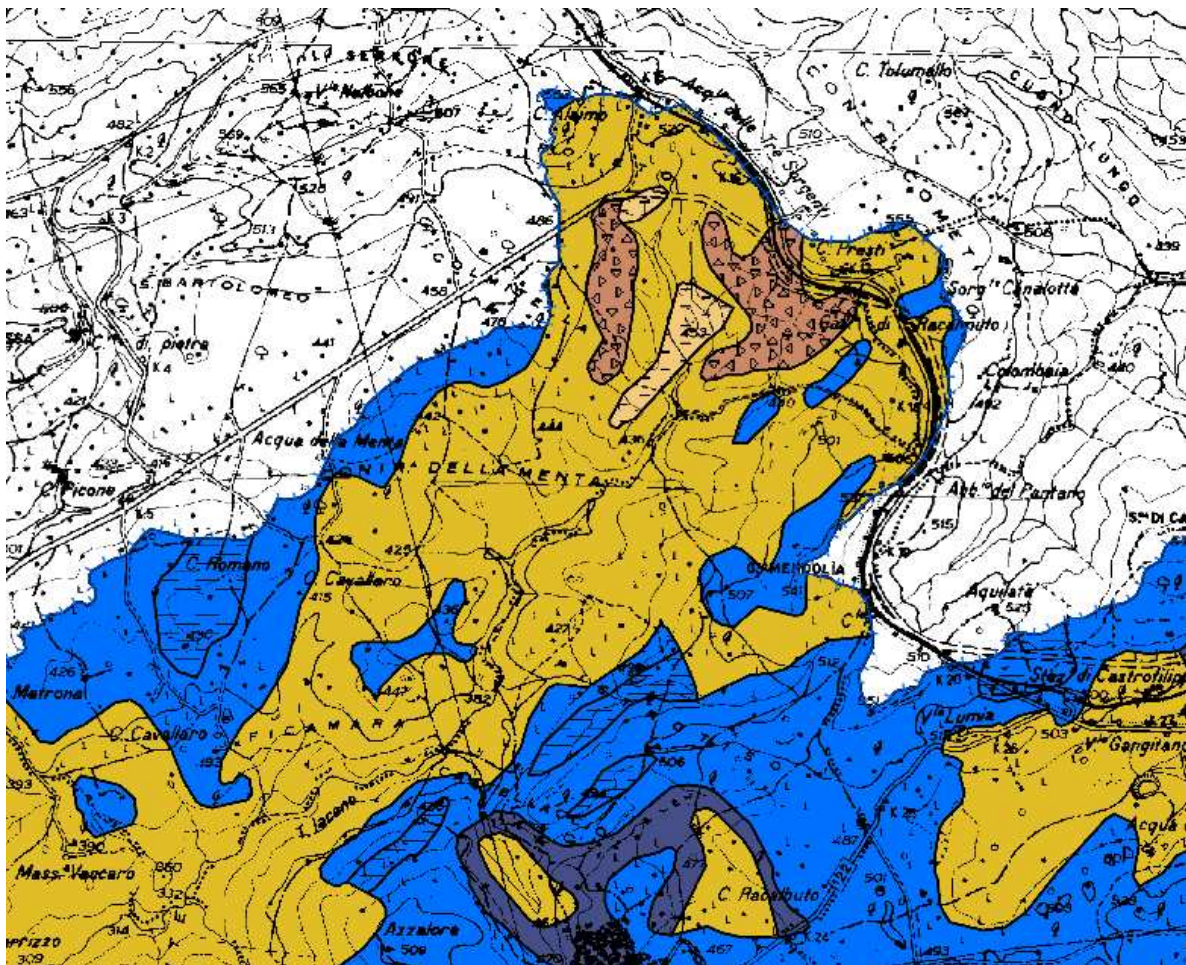


Figura 3: litologia del suolo i corrispondenza del bacino idrografico di interesse

In dettaglio, all'interno del perimetro del bacino di interesse, come si evince dallo stralcio planimetrico di fig. 3, risulta una prevalenza di terreni a matrice argille (in marrone chiaro) mentre nelle zone apicali del bacino affiorano massicci calcarei (in blu) o di arenarie (in marrone più scuro).

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N°Doc. Ingegneria:

Rev.: 00

P01395-PPL-RE-003-191

Foglio 8 di 41

N°Doc. Cliente:

-

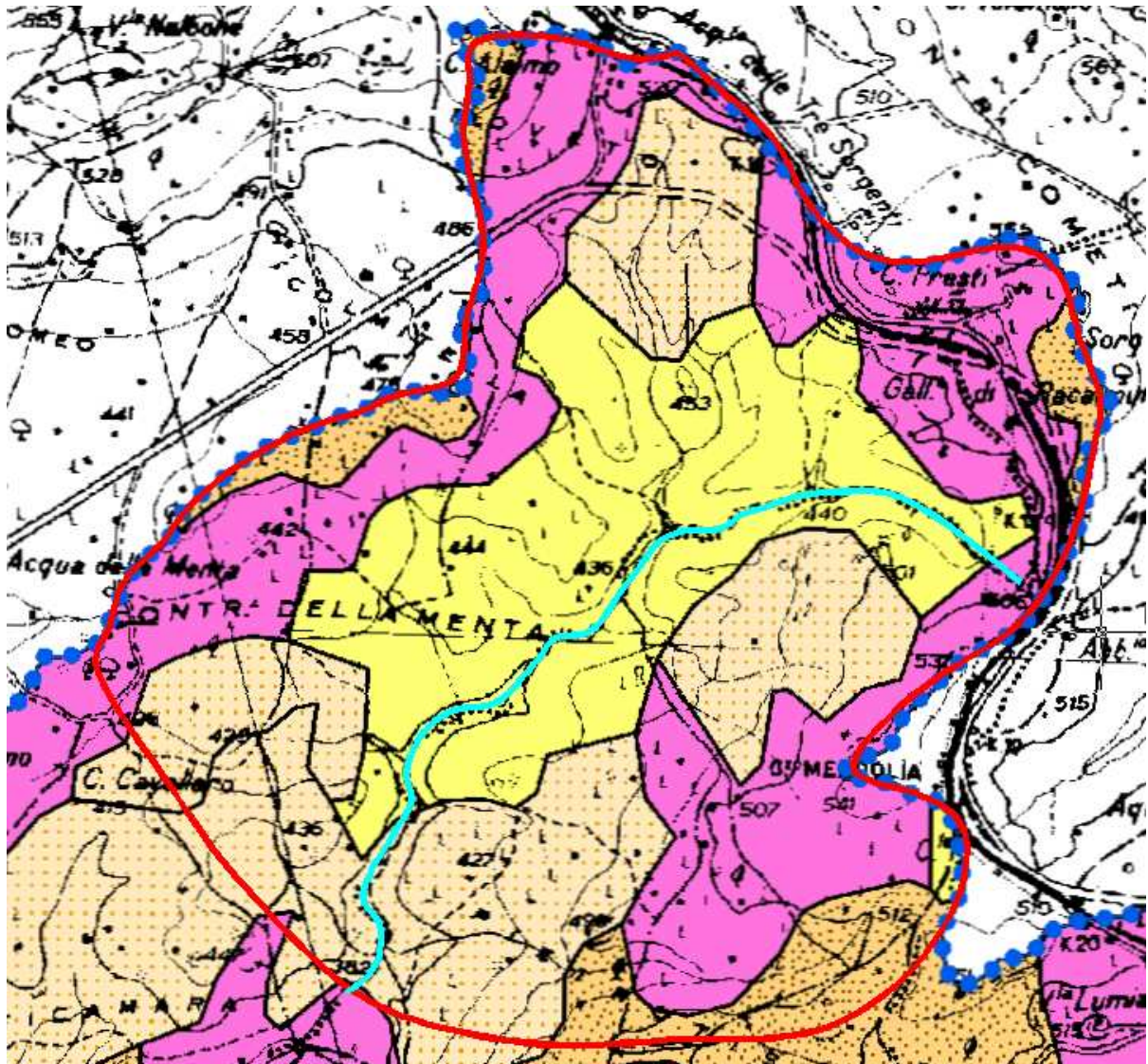


Figura 4: uso del suolo in corrispondenza del bacino idrografico di interesse

Come risulta dall'estratto planimetrico sopra riportato, l'uso del suolo prevalente nel territorio del bacino è quello agricolo con una suddivisione in parti quasi uguali tra zone seminative (in giallo), vigneti (magenta) e mosaici culturali (in marrone).



METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar						
<b>RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO</b>						
N°Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.:	00				N°Doc. Cliente: -
		Foglio	9	di	41	

#### 4 ANALISI DELLA PIOVOSITÀ

Per quanto riguarda i dati relativi alla distribuzione spaziale delle precipitazioni intense, da assumere per la determinazione della portata di progetto, si è applicata la metodologia utilizzata nell'ambito degli studi condotti per il PAI.

Nel PAI della regione Sicilia sono infatti state definite delle carte con la distribuzione dei parametri "a", "n", "CV" per tutto il territorio regionale, valori che poi sono stati ulteriormente dettagliati alla scala dei singoli bacini idrografici.

Nel caso in esame, dalle carte dei parametri suddetti riportate in relazione (Figure 4.3, 4.4, 4.5) si ricavano i seguenti valori:

	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>CV</b>	
da	25	0,24	0,47	
a	28	0,28	0,57	

Tab. 1 (tratta dalle figure 4.3, 4.4, 4.5 della Relazione Pai del Fiume Naro)

Da cui si ricavano i seguenti valori medi che verranno usati nei calcoli seguenti:

	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>CV</b>	
	26,50	0,26	0,52	

Tab. 2 parametri a, n, CV da utilizzare nello studio

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar							
<b>RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO</b>							
N°Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.:	00					N°Doc. Cliente: -
		Foglio		10	di	41	

## 5 STUDIO IDROLOGICO

### 5.1 Generalità

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

$$Q = \frac{0,278 * Ca * S * h(T_r)}{\tau_c}$$

Ove:

- Ca : coefficiente di afflusso medio ragguagliato [adimensionale]
- S : superficie bacino alla sezione di progetto [kmq]
- $\tau_c$  tempo di corrivazione [ore]
- $h(T_r)$  : altezza ragguagliata di pioggia di assegnato tempo di ritorno [m]
- Q : portata di progetto [mc/sec]

### 5.2 Coefficiente di afflusso

In analogia alla metodologia utilizzata dal PAI<sup>1</sup> per determinare l'afflusso alla rete di drenaggio, si procede caratterizzando i terreni secondo il metodo del Curve Number, secondo la procedura di seguito riportata, le cui tabelle caratteristiche sono riportate in Annesso 2.

L'ipotesi di fondo del metodo è:

$$F / S = P / ( I - I_a )$$

Dove

F : Volume specifico infiltrato ( mm )

S : Massima ritenzione superficiale ( mm )

P : Deflusso superficiale ( mm )

I : Afflusso meteorico ( mm )

$I_a$  : Assorbimento iniziale ( mm )

<sup>1</sup> Cfr Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana, Relazione Generale, par. 7.2.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N°Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00					N°Doc. Cliente: -
Foglio 11 di 41						

Imponendo il bilancio di massa:

$$F = I - I_a - P$$

Si ottiene :

$$P = (I - I_a)^2 / (I - I_a + S)$$

Si calcola il valore medio ponderale del parametro  $CN_{II}$  ( Curve Number ), scegliendo da tabelle disponibili in letteratura i valori elementari del parametro stesso in funzione del tipo di suolo e del suo uso.

Il valore medio del Curve Number così calcolato si riferisce ad una condizione iniziale di medio imbibimento dei terreni, per cui va corretto in funzione che si voglia considerare uno stato di imbibimento antecedente più secco ( $CN_I$ ) o più saturo ( $CN_{III}$ ).

Risulta quindi:

$$CN_I = CN_{II} / ( 2,38 - 0,0138 * CN_{II} )$$

$$CN_{III} = CN_{II} / ( 0,43 + 0,0057 * CN_{II} )$$

Si calcola S :

$$S = 25,4 * (( 1000 / CN ) - 10 )$$

Imponendo che:  $I_a = 0,2 * S$

$$e \quad k = S / I$$

si ottiene:

$$Ca = ( 1 - 0,2 * k )^2 / ( 1 + 0,8 * k )$$

Terreno	Ai [Kmq]	$CN_{II,i}$	$CN_{I,i}$	$CN_{III,i}$	Si I	Si III	
<b>Tipo C</b>	2.89	88	75.5	94.5	82.4	14.9	Seminativo
	2.98	84	68.8	92.4	115.1	20.8	Vigneti
	0.00	71	50.7	85.1	246.9	44.6	Pascoli
	2.96	80	62.7	90.3	151.1	27.3	Mosaici cult
	0.50	94	86.8	97.3	38.6	7.0	Urbane
<b>A tot</b>	<b>9.33</b>	<b>84.51</b>	<b>69.91</b>	<b>92.64</b>	<b>613.47</b>	<b>31.03</b>	

Tabella 3: Calcolo del valore di  $CN_{II}$  medio ponderale

Si ricava quindi:

$$Ca(CN_{III}) = 0,78$$

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO						
N°Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.:	00				N°Doc. Cliente: -
		Foglio	12	di	41	

Dove il valore  $CN_{III}$  verrà utilizzato nel seguito per la determinazione, a titolo cautelativo, della massima portata di assegnato tempo di ritorno.

### 5.3 Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione è stato calcolato alla sezione di chiusura del bacino che, nel caso in esame, è stata collocata in corrispondenza dell'attraversamento del metanodotto.

Per maggiore garanzia sulla qualità del risultato ottenuto, il tempo di corrivazione viene determinato con 3 diverse espressioni disponibili in letteratura:

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

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

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

ove:

- S : superficie bacino alla sezione di progetto, ricavato dalla cartografia CTR: 9,33 kmq
- L lunghezza dell'asta fluviale, 4,10 km
- $H_0$  altezza della sezione di chiusura del bacino considerata, 382 m.s.m.
- $H_{max}$  altezza massima del compresorio, 541 m.s.m.

Dall'applicazione delle formule sopra indicate si ottengono pertanto i valori riportati in tabella:

Autore	Tempo [h]
Ventura	1,98
Pezzoli	1,15
Puglisi	2,84

Tabella 4: Tempi di corrivazione calcolati con le espressioni di vari autori

Si assume il valore più prossimo alla media, ovvero quello calcolato con la formula di Ventura.

$$\tau_c = 1,98 \text{ ore}$$

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar							
<b>RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO</b>							
N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.:	00					N° Doc. Cliente: -
		Foglio	13	di	41		

#### 5.4 Altezza di pioggia

L'altezza di pioggia di assegnato tempo di ritorno, per durata di pioggia pari al tempo di corrivazione (valore cui corrisponde il massimo di portata secondo il metodo cinematico) si ottiene secondo la metodologia proposta nella Relazione Generale del PAI sopra citata, partendo dalle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica viste al paragrafo 4, applicando ad esse il coefficiente correttivo  $K_t$  (funzione del parametro CV indicato sempre al paragrafo 4 e del tempo di ritorno), risulta quindi:

$$h(T_{r300}) = K_t (T_{r300}) * a * t^{\wedge n} = 2,34 * 26,50 t^{0,26} = 96,75 \text{ mm}$$

$$h(T_{r100}) = K_t (T_{r100}) * a * t^{\wedge n} = 2,63 * 26,50 t^{0,26} = 83,60 \text{ mm}$$

$$h(T_{r50}) = K_t (T_{r50}) * a * t^{\wedge n} = 3,08 * 26,50 t^{0,26} = 75,27 \text{ mm}$$

Date le modeste dimensioni del bacino si ritiene, a favore di sicurezza, di non applicare un coefficiente di riduzione areale delle piogge intense.

#### 5.5 Portata di progetto

Con i valori sopra riportati si procede pertanto alla determinazione della portata di assegnato tempo di ritorno alla sezione dell'attraversamento, che risulta:

$$Q(T_{r300})_{CNIII} = 100,60 \text{ mc/sec}$$

$$Q(T_{r100})_{CNIII} = 86,00 \text{ mc/sec}$$

$$Q(T_{r50})_{CNIII} = 76,75 \text{ mc/sec}$$

Nei paragrafi successivi si procederà pertanto alla modellazione idraulica del tratto di fiume di interesse considerando le portate con tempo di ritorno 300 anni.

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar							
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO							
N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.:	00					N° Doc. Cliente: -
		Foglio		14	di	41	

## 6 STUDIO IDRAULICO DEL TORRENTE IACONO

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 1. Per i motivi sotto indicati il calcolo è stato eseguito esclusivamente nella condizione post-operam. Il tratto modellato ha una lunghezza di circa 110 m. In particolare la sezione dell'attraversamento è la n. 20.

Alla luce delle scelte progettuali di ripristinare la sezione trasversale del Torrente nel pieno rispetto delle caratteristiche e dimensioni originarie, limitandosi ad inserire nelle sponde delle palizzate in legno parzialmente soffolte con funzione stabilizzante, non occorre eseguire un confronto delle condizioni del moto ante/post operam. Infatti tali presidi di tipo naturalistico sono assimilabili, per quanto riguarda la scabrezza, alla vegetazione arbustiva ed arborea riscontrabile nell'alveo naturale.

Sono state imposte come condizione 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. Nella fincatura superiore delle sezioni allegate sono riportati i valori di scabrezza utilizzati per i vari tratti (secondo Manning), i cui valori sono ricavati da fonti di letteratura.

Tipologia del corso d'acqua	Strickler $K_s = 1/n \text{ (m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$
<b>CORSI D'ACQUA MINORI</b> (Raggio idraulico $\cong 2 \text{ m}$ ; larghezza in piena $< 30 \text{ m}$ )	
Corsi d'acqua di pianura	
- alvei con fondo compatto, senza irregolarità	45-40
- alvei regolari con vegetazione erbacea	30-35
- alvei con ciottoli e irregolarità modeste	25-30
- alvei fortemente irregolari	25-15
Torrenti montani	
- fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi massi	30-25
- alveo in roccia regolare	30-25
- fondo alveo con ciottoli e molti grossi massi	20-15
- alveo in roccia irregolare	20-15
<b>CORSI D'ACQUA MAGGIORI</b> (Raggio idraulico $\cong 4 \text{ m}$ ; larghezza in piena $> 30 \text{ m}$ )	
- sezioni con fondo limoso, scarpate regolari a debole copertura erbosa	45-40
- sezioni in depositi alluvionali, fondo sabbioso, scarpate regolari a copertura erbosa	35
- sezioni in depositi alluvionali, fondo regolare, scarpate irregolari con vegetazione arbustiva e arborea	25-30
- in depositi alluvionali, fondo irregolare, scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea	20-25

Tab. 5: valori caratteristici di scabrezza

I risultati, grafici e numerici, sono riportati nelle pagine seguenti.

I valori delle grandezza idrauliche nel seguito riportati, verranno utilizzati per le determinazioni della massima profondità di scavo di cui al paragrafo successivo.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00					N° Doc. Cliente: -
	Foglio 15 di 41					

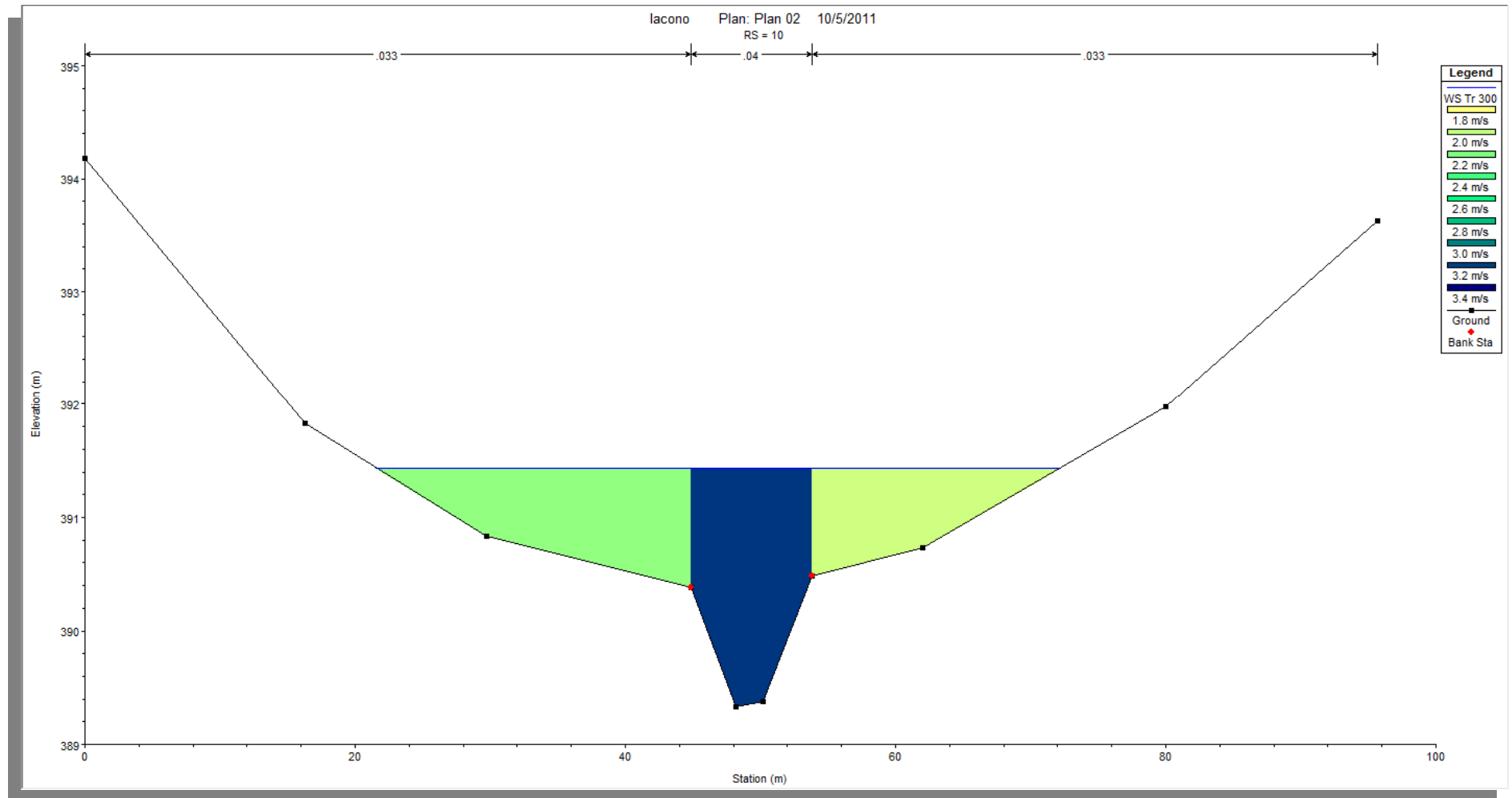


Figura 5.1: sezione trasversale 30 a monte dell'attraversamento

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO</b>					
N° Doc. Ingegneria:	Rev.:	00			N° Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-003-191		Foglio	16	di	41
					-

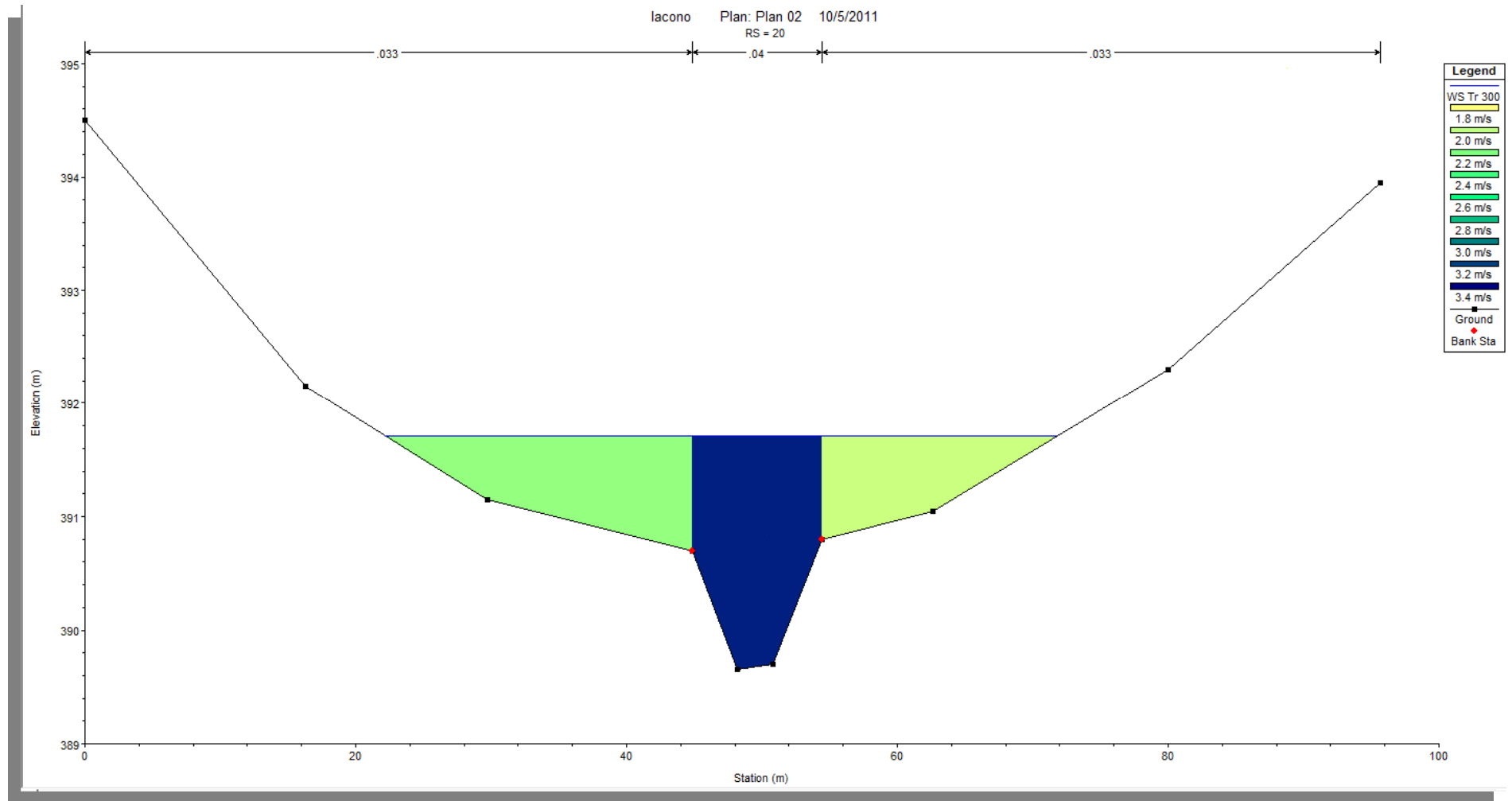


Figura 5.2: sezione trasversale 20 in corrispondenza dell'attraversamento





**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00	Foglio 18	di 41	N° Doc. Cliente: -
--	----------	-----------	-------	-----------------------

River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Chan (N/m <sup>2</sup> )	Shear Total (N/m <sup>2</sup> )	Hydr Radius (m)
30	Tr 300	100.60	389.90	392.03	392.00	392.44	0.008563	3.29	38.06	42.53	0.79	142.16	74.42	0.89
27.5*	Tr 300	100.60	389.84	391.96	391.95	392.37	0.008778	3.31	38.14	43.79	0.80	144.45	74.30	0.86
25.*	Tr 300	100.60	389.77	391.88	391.88	392.30	0.009057	3.33	38.25	45.26	0.81	147.01	74.42	0.84
22.5*	Tr 300	100.60	389.71	391.81	391.81	392.21	0.009130	3.31	38.84	47.28	0.81	146.09	72.96	0.81
20	Tr 300	100.60	389.65	391.71	391.71	392.10	0.009405	3.30	39.30	49.68	0.82	146.71	72.40	0.78
15.*	Tr 300	100.60	389.49	391.57	391.57	391.95	0.009403	3.30	39.41	49.91	0.82	146.62	72.26	0.78
10	Tr 300	100.60	389.33	391.44	391.44	391.80	0.008907	3.23	40.33	50.58	0.80	140.09	69.11	0.79

Tabella 6: grandezze caratteristiche in corrispondenza delle sezioni modellate per Tr300 anni

Ove:

- Q total: portata di progetto;
- Min. Ch. El.: quota fondo alveo;
- W.S. elev.: quota pelo libero moto uniforme;
- Crit. W.S. : altezza critica;
- E.G. elev.: quota carico totale;
- E.G. slope: pendenza linea dei carichi totali;
- Vel chn: velocità media alveo(di magra)
- Vel total: velocità media intera sezione (comprese le aree di golena)
- Flow area: area della sezione liquida;
- Top Whidt: larghezza pelo libero;
- Froude: numero di Froude;
- Hydr Radius: raggio idraulico;
- Shear: tensioni tangenziali

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 19 di 41							

**7 DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE****7.1 Erosione al fondo**

Esistono vari studi, per lo più sperimentali, per la determinazione della massima profondità di erosione di un fondo d'alveo in corrispondenza di piene eccezionali, dovute principalmente:

1. alla presenza di discontinuità di fondo;
2. alla presenza di manufatti in alveo (pile, pennelli, briglie, ecc.);
3. alla presenza di curve;
4. alla propagazione di barre alterne;

Per quanto riguarda le cause di cui ai punti 2, 3 e 4 occorre evidenziare che il tratto in esame è sostanzialmente rettilineo, non sono presenti manufatti in alveo, inoltre le caratteristiche del corso d'acqua consentono di poter escludere che sussistano le condizioni per la formazione di barre alterne. Occorre pertanto analizzare esclusivamente le cause di cui al punto 1.

**Caso 1:**

Nel caso in esame la possibile discontinuità di fondo si può correlare al differente grado di compattazione, rugosità superficiale, scabrezza (connessa alla differente presenza di vegetazione), che si verrà a determinare post-operam tra le zone interessate dalle operazioni di scavo, ripristino e dal transito dei mezzi di cantiere e quelle ad esse adiacenti indisturbate. Tale fenomeno ovviamente tenderà ad attenuarsi nel tempo in ragione della progressiva stabilizzazione dei terreni.

Dall'espressione di Shoklitsch<sup>2</sup>, utilizzando le grandezze caratteristiche del moto determinate ai paragrafi precedenti, assumendo come portata specifica

$q = Q/(\Omega/yt)$ , per  $t_r$  300 anni, risulta:

$$S_{\max} = 1,06 \text{ m}$$

<sup>2</sup>  $S_{\max \text{ prog}} = 0,378 * H^{0,5} * q^{0,35}$  con H= carico totale

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar						
<b>RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO</b>						
N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00					N° Doc. Cliente: -
		Foglio	20	di	41	

## 7.2 Definizione della profondità di posa

Alla luce delle analisi di cui ai punti precedenti, si ritiene pertanto che la condizione più gravosa sia quella analizzata al punto 7.1-Caso 1.

Su tale valore tuttavia è bene considerare che formule utilizzate consentono di determinare l'ordine di grandezza dei valori in gioco che pertanto vanno utilizzati con notevole cautela ed opportuni coefficienti di sicurezza. Per tali motivi, in considerazione delle caratteristiche dell'alveo del Torrente, nonché dei materiali presenti in sito, si ritiene opportuno considerare un coefficiente di sicurezza non inferiore a 2,00.

Risulta pertanto:

$$S_{\max \text{ prog}} = 1,06 * 2,00 = 2,12 \text{ m}$$

**Per esigenze realizzative si comunque è fissata la profondità minima dal punto più depresso del fondo alveo pari a 3,00 m, per cui assolutamente a favore di sicurezza.**

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.:	00					N° Doc. Cliente: -
	Foglio 21 di 41						

**8 VERIFICHE DI STABILITÀ DELL'OPERA**

**Verifiche di stabilità ante operam**

\*\* PCSTABL5M \*\*  
 by  
 Purdue University  
 --Slope Stability Analysis--  
 Simplified Janbu, Simplified Bishop  
 or Spencer`s Method of Slices

Run Date: 10-04-11  
 Time of Run: 6:47pm  
 Run By: ing.F.Tamagnini  
 Input Data Filename: C:SEZIONE.SI  
 Output Filename: C:SEZIONE.OUT  
 Plotted Output Filename: C:SEZIONE.PLT

BOUNDARY COORDINATES

9 Top Boundaries  
 9 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	15.70	8.35	1
2	15.70	8.35	33.05	7.10	1
3	33.05	7.10	41.25	6.85	1
4	41.25	6.85	44.90	5.75	1
5	44.90	5.75	47.50	5.70	1
6	47.50	5.70	50.80	6.75	1
7	50.80	6.75	66.00	7.20	1
8	66.00	7.20	79.40	8.20	1
9	79.40	8.20	95.70	10.55	1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

1 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)	Piez. Surface No.
1	19.0	20.0	2.0	23.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	41.25	6.75
2	50.80	6.75

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria:

P01395-PPL-RE-003-191

Rev.:

00

Foglio 22 di 41

N° Doc. Cliente:

-

Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced  
Along The Ground Surface Between X = 45.00 ft.  
and X = 47.00 ft.

Each Surface Terminates Between X = 51.00 ft.  
and X = 53.00 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation  
At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

1.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial  
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical  
First.

\* \* Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method \* \*

**PROBLEM DESCRIPTION TORRENTE IACONO - JANBU**  
**verifiche ante opera torrente in piena**

Failure Surface Specified By 7 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	46.78	5.71
2	47.69	5.30
3	48.68	5.18
4	49.66	5.36
5	50.54	5.84
6	51.24	6.56
7	51.35	6.77

FS01 = 3.104  
FS02 = 3.127  
FS03 = 3.151  
FS04 = 3.169  
FS05 = 3.178  
FS06 = 3.184  
FS07 = 3.224  
FS08 = 3.224  
FS09 = 3.233  
FS10 = 3.250

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria:

P01395-PPL-RE-003-191

Rev.:

00

Foglio

23

di

41

N° Doc. Cliente:

-

**PROBLEM DESCRIPTION TORRENTE IACONO - BISHOP  
verifiche ante opera torrente in piena**

\* \* Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method \* \*

Failure Surface Specified By 7 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	46.78	5.71
2	47.69	5.30
3	48.68	5.18
4	49.66	5.36
5	50.54	5.84
6	51.24	6.56
7	51.35	6.77

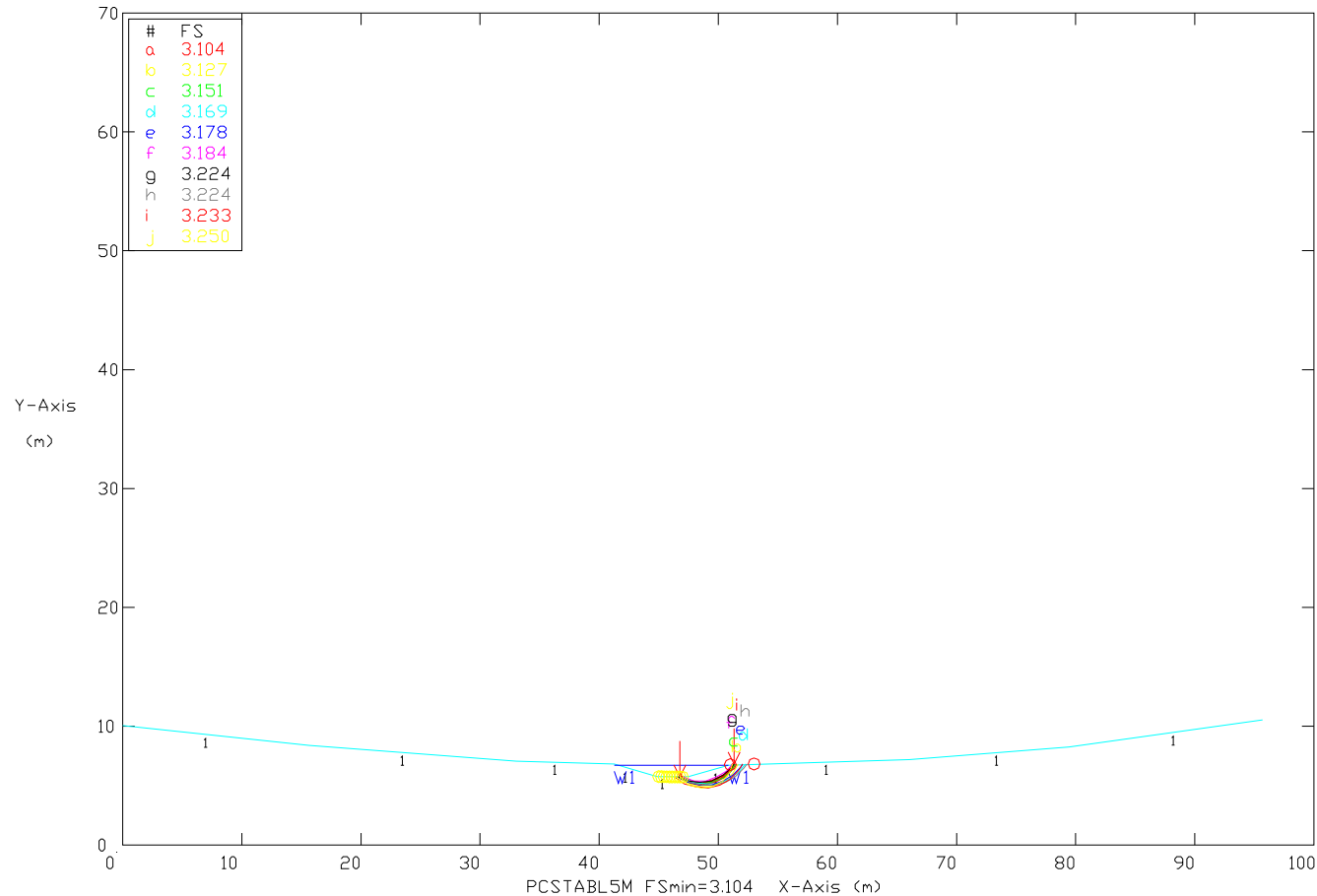
Circle Center At X = 48.6 ; Y = 8.4 and Radius, 3.3

FS01 = 3.478  
 FS02 = 3.492  
 FS03 = 3.520  
 FS04 = 3.528  
 FS05 = 3.531  
 FS06 = 3.546  
 FS07 = 3.554  
 FS08 = 3.567  
 FS09 = 3.590  
 FS10 = 3.591

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N°Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.:	00					N°Doc. Cliente: -
	Foglio 24 di 41						

TORRENTE IACONO - JANBU verifiche ante opera torrente in piena  
 Ten Most Critical. C:SEZIONE.PLT By: ing.F.Tamagnini 10-04-11 6:47pm



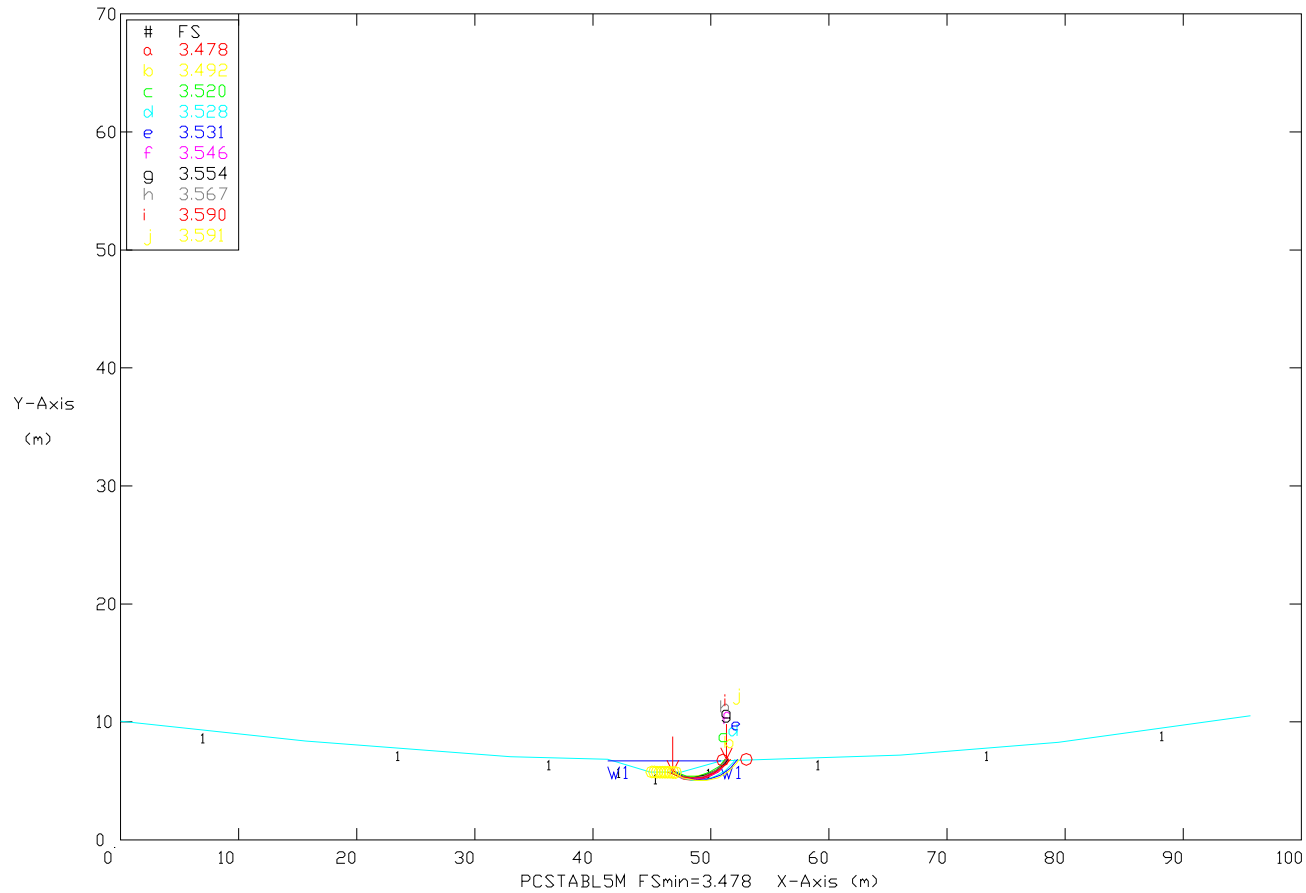
Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1 arg_marn	19	20	2	23	0	0	W1



**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.:	00					N° Doc. Cliente: -
	Foglio 25 di 41						

TORRENTE IACONO - BISHOP verifiche ante opera torrente in piena  
 Ten Most Critical. C:SEZIONE.PLT By: ing.F.Tamagnini 10-04-11 6:48pm



Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1 arg_marn	19	20	2	23	0	0	W1

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 26 di 41							

**Verifiche di stabilità post operam**

Al fine di modellare le verifiche di stabilità post opera, tenuto conto della natura dei terreni che costituiscono il suolo ed il substrato delle aree interessate dal corso d'acqua in esame, sarà annullato il valore della coesione; il disturbo operato dalla fase di scavo sarà infatti, nel breve periodo, in minima parte eliminato in fase di chiusura degli scavi attraverso la ricompattazione del terreno scavato.

All'interno delle successive verifiche non verrà presa in considerazione, anche a favor di sicurezza, l'apporto dato alla stabilità dei versanti dall'impianto in sponda sinistra e destra di palizzate in legname: tali opere hanno la capacità di favorire lo sviluppo degli apparati vegetali e garantire la stabilità della coltre superficiale e locale della sponda.

\*\* PCSTABL5M \*\*

by

Purdue University

--Slope Stability Analysis--  
Simplified Janbu, Simplified Bishop  
or Spencer`s Method of Slices

Run Date: 10-04-11  
Time of Run: 6:49pm  
Run By: ing.F.Tamagnini  
Input Data Filename: C:SEZIONE.SI  
Output Filename: C:SEZIONE.OUT  
Plotted Output Filename: C:SEZIONE.PLT

## BOUNDARY COORDINATES

9 Top Boundaries  
9 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	15.70	8.35	1
2	15.70	8.35	33.05	7.10	1
3	33.05	7.10	41.25	6.85	1
4	41.25	6.85	44.90	5.75	1
5	44.90	5.75	47.50	5.70	1
6	47.50	5.70	50.80	6.75	1
7	50.80	6.75	66.00	7.20	1
8	66.00	7.20	79.40	8.20	1
9	79.40	8.20	95.70	10.55	1

## ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

1 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)	Piez. Surface No.
1	19.0	20.0	.0	23.0	.00	.0	1

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
	Foglio 27 di 41						

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	41.25	6.75
2	50.80	6.75

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 45.00 ft.  
and X = 47.00 ft.

Each Surface Terminates Between X = 51.00 ft.  
and X = 53.00 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

1.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface. Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

\* \* Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method \* \*

**PROBLEM DESCRIPTION TORRENTE IACONO - JANBU  
verifiche post opera torrente in piena**

Failure Surface Specified By 6 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	46.56	5.72
2	47.55	5.58
3	48.55	5.64
4	49.51	5.89
5	50.42	6.32
6	51.00	6.76

FS01 = 1.480  
FS02 = 1.503  
FS03 = 1.573  
FS04 = 1.609  
FS05 = 1.623  
FS06 = 1.658  
FS07 = 1.680  
FS08 = 1.691  
FS09 = 1.700  
FS10 = 1.707

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria:

P01395-PPL-RE-003-191

Rev.:

00

Foglio

28

di

41

N° Doc. Cliente:

-

**PROBLEM DESCRIPTION TORRENTE IACONO - BISHOP  
verifiche post opera torrente in piena**

\* \* Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method \* \*

Failure Surface Specified By 6 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	46.56	5.72
2	47.55	5.58
3	48.55	5.64
4	49.51	5.89
5	50.42	6.32
6	51.00	6.76

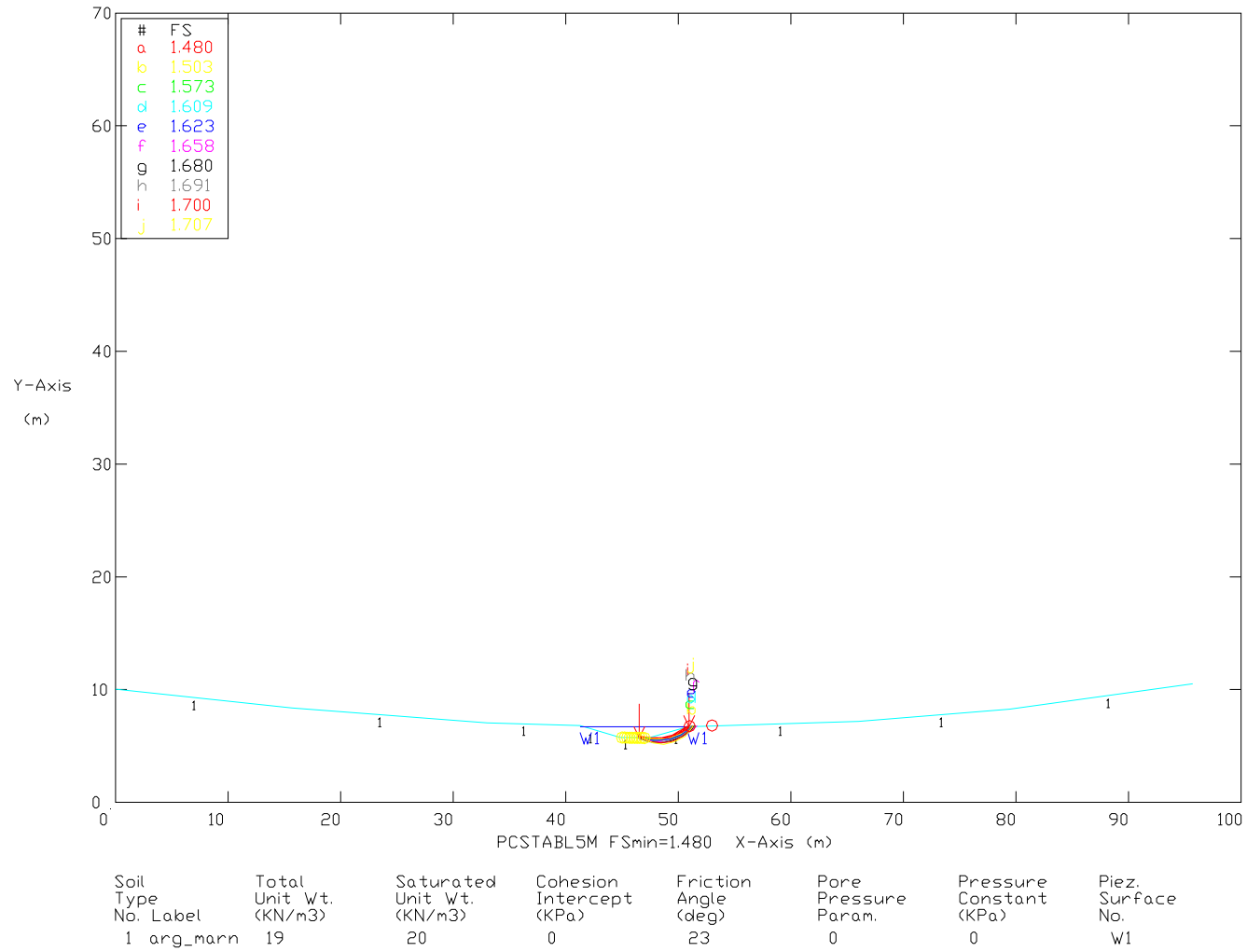
Circle Center At X = 47.7 ; Y = 10.7 and Radius, 5.1

FS01 = 1.555  
 FS02 = 1.573  
 FS03 = 1.705  
 FS04 = 1.730  
 FS05 = 1.777  
 FS06 = 1.789  
 FS07 = 1.834  
 FS08 = 1.846  
 FS09 = 1.861  
 FS10 = 1.863

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N°Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.:	00					N°Doc. Cliente: -
	Foglio 29 di 41						

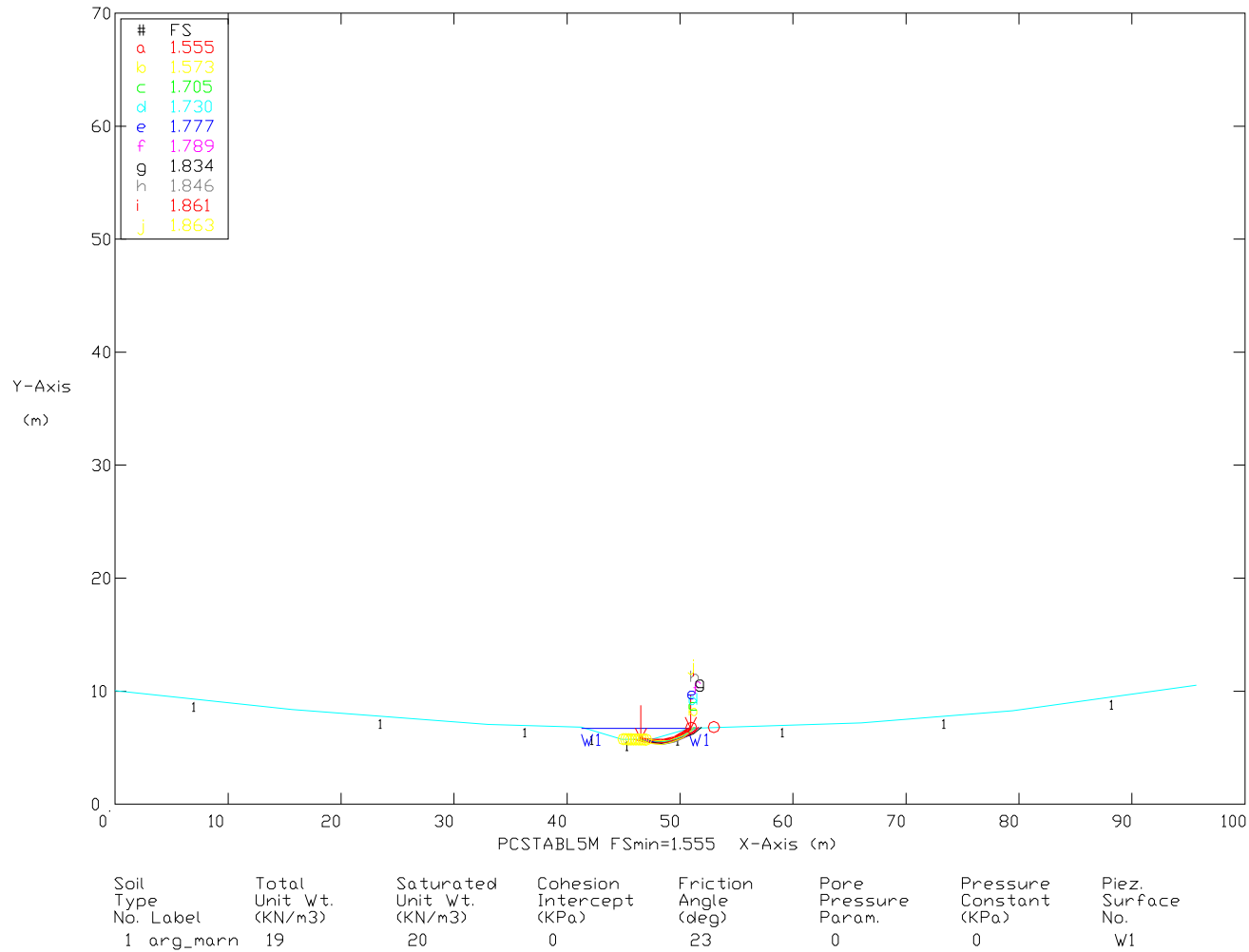
TORRENTE IACONO - JANBU verifiche post opera torrente in piena  
 Ten Most Critical. C:SEZIONE.PLT By: ing.F.Tamagnini 10-04-11 6:49pm



**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.:	00					N° Doc. Cliente: -
	Foglio 30 di 41						

TORRENTE IACONO - BISHOP verifiche post opera torrente in piena  
 Ten Most Critical. C:SEZIONE.PLT By: ing.F.Tamagnini 10-04-11 6:50pm



**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00					N° Doc. Cliente: -
Foglio 31 di 41						

**9 VERIFICHE PROTEZIONI SPONDALI**

Titolo: Torrente Iacono  
Descrizione:

Cartella:  
Data: 08/10/2011

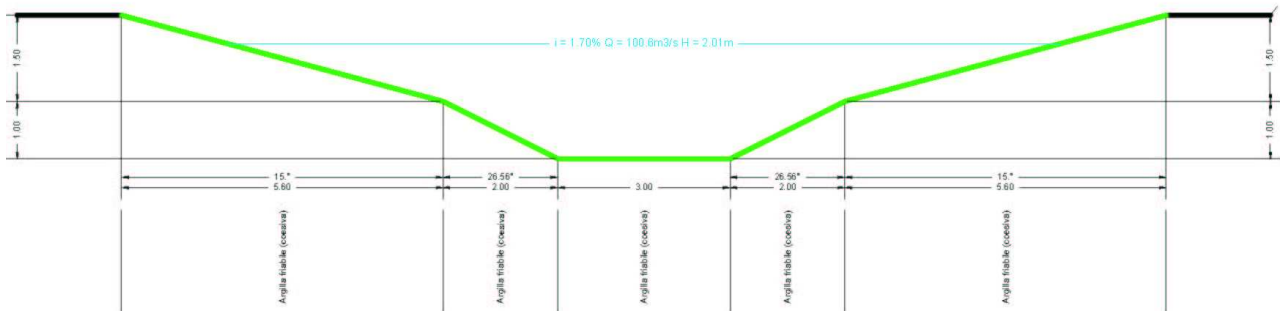
**Calcolo n.1**

Pendenza [%]	1.70	Numero di fronde	1.94
Portata [m <sup>3</sup> /s]	100.60	Sezione [m <sup>2</sup> ]	15.84
Livello [m]	2.01	Contorno bagnato [m]	15.26
Velocità media [m/s]	6.35	Raggio idraulico [m]	1.04

Tratto	Lunghezza [m]	V [m/s]	K	Vamm [m/s]	Vb Materiale [m/s]	V	tau max [N/m <sup>2</sup> ]	tau amm [N/m <sup>2</sup> ]	GeoFil
1	5.80	3.23	1.00	-	-	N	125.97	32.00	N
1.1	5.80				- Argilla friabile (coesiva)	N	250.99	32.00	N
3	2.24	6.37	1.00	-	- Argilla friabile (coesiva)	N	334.66	32.00	N
3.1	2.24				- Argilla friabile (coesiva)	N	250.99	32.00	N
4	3.00	8.30	1.00	-	- Argilla friabile (coesiva)	N	250.99	32.00	N
4.1	3.00				- Argilla friabile (coesiva)	N	125.97	32.00	N
5	2.24	6.37	1.00	-	- Argilla friabile (coesiva)	N			
5.1	2.24				- Argilla friabile (coesiva)	N			
7	5.80	3.23	1.00	-	- Argilla friabile (coesiva)	N			
7.1	5.80				- Argilla friabile (coesiva)	N			

**Materiali utilizzati**

Descrizione	Scabrezza	Tensione ammissibile [N/m <sup>2</sup> ]	V	Diametro [m]	Spessore [m]	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	Tempo [h]	C Shields
Argilla (coesiva)	0.0250	22.00	S					
Argilla friabile (coesiva)	0.0250	32.00	S					



Il controllo delle azioni di trascinamento non viene verificato come risulta dalla figura sopra riportata.

La mancata verifica delle tensioni tangenziali deve ritenersi limitata temporalmente al deflusso della portata di piena e quindi non pregiudizievole ai fini dello scalzamento della condotta.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

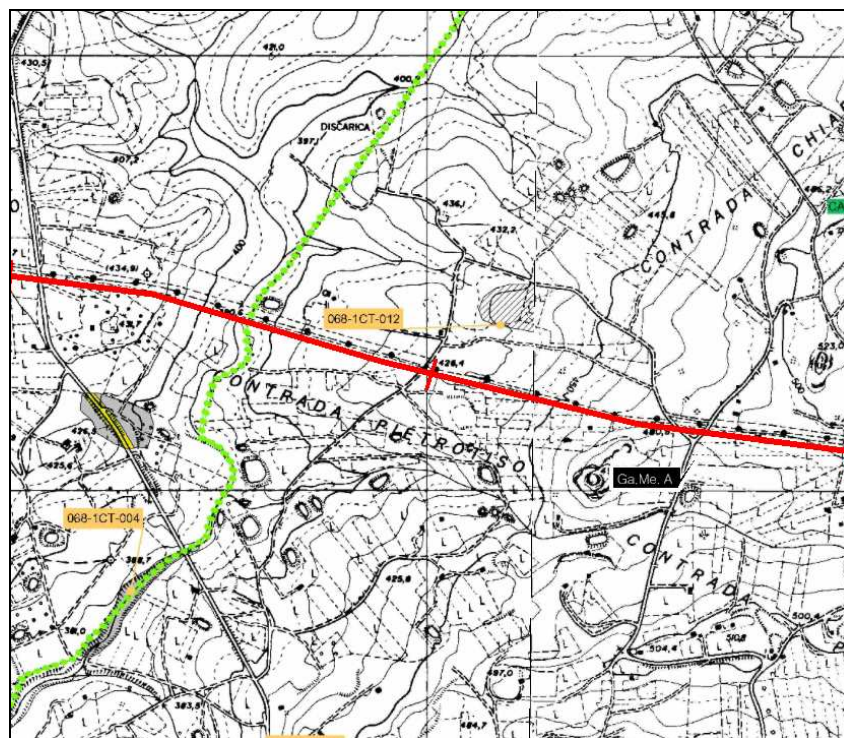
N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00					N° Doc. Cliente: -
		Foglio 32	di 41			

## 10 INTERFERENZE CON LE FASCE DI PERICOLOSITÀ E CON LE ZONE A RISCHIO CENSITE DAL PAI

L'attraversamento del Torrente Iacono ricade nel foglio CTR 637010. Dall'analisi delle "Carte della pericolosità" allegata al PAI, foglio n. 1 del bacino del Naro, che copre il foglio CTR di interesse, si può rilevare che non sono state definite le fasce di pericolosità idraulica per il corso del Torrente Iacono e, per quanto riguarda i dissesti, non ne risultano censiti nel tratto di interesse.

Alla luce tuttavia delle modellazioni eseguite al paragrafo 6, si rileva che per eventi con tempo di ritorno Tr300 anni, la zona oggetto di studio è interessata da esondazioni significative, che determinano delle fasce di possibile esondazione fino circa 50 m complessivi.

Rispetto a tale condizione però le verifiche condotte ai successivi paragrafi 7, 8 e 9 hanno consentito di rilevare la perfetta tenuta delle opere di attraversamento previste rispetto alle sollecitazioni indotte dalla piena di progetto e, di conseguenza, **la piena compatibilità delle opere nei confronti degli equilibri della regione fluviale interessata.**



— Tracciato di progetto



**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 33 di 41							

**11 CONCLUSIONI**

Il presente studio ha lo scopo di valutare l'idoneità della profondità di posa della nuova condotta per l'attraversamento in subalveo del Torrente Iacono che, si ricorda, verrà eseguito con scavo a sezione retta obbligata con una profondità di 3,00 m dal punto più depresso del fondo alveo.

Le verifiche condotte hanno evidenziato:

- che la profondità di posa della condotta risulta verificata rispetto alle massime profondità di scavo localizzato prevedibili in occasione delle piene con Tr 300 anni con un coefficiente di sicurezza superiore a 2,00;
- che le verifiche di stabilità ante e post opera delle sponde hanno restituito fattori di sicurezza superiori a 1.3;
- che le verifiche dell'azione della corrente sulle sponde mettono in evidenza che la profondità stabilita per la posa della condotta di progetto risulta sufficientemente a favore di sicurezza nonché l'idoneità delle protezioni spondali previste in progetto; la mancata verifica delle tensioni tangenziali sulle sponde e sul fondo deve infatti ritenersi limitata al periodo di deflusso della portata di piena, e pertanto i relativi effetti sono ricompresi nei coefficienti di sicurezza utilizzati per le verifiche di cui ai punti precedenti.

Si ritiene pertanto la profondità di posa prevista idonea a garantire il corretto ricoprimento della condotta per un tempo superiore alla vita utile dell'opera.

In conclusione preme sottolineare che 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 arginature, 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;
- assicurare il ripristino del fondo alveo con materiale di granulometria conforme a quella attualmente in sito per una profondità di almeno 1,50/2,00 m.

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 34 di 41							

**ANNESSO 1: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS**

Il software di calcolo utilizzato è denominato HEC-RAS<sup>®</sup> 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 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

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 35 di 41							

campana, essendo presenti nel fenomeno delle piene vari fenomeni tra i quali i più noti sono l'effetto di laminazione del corso, 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 (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 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 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 canale 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 canale 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.

## RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO

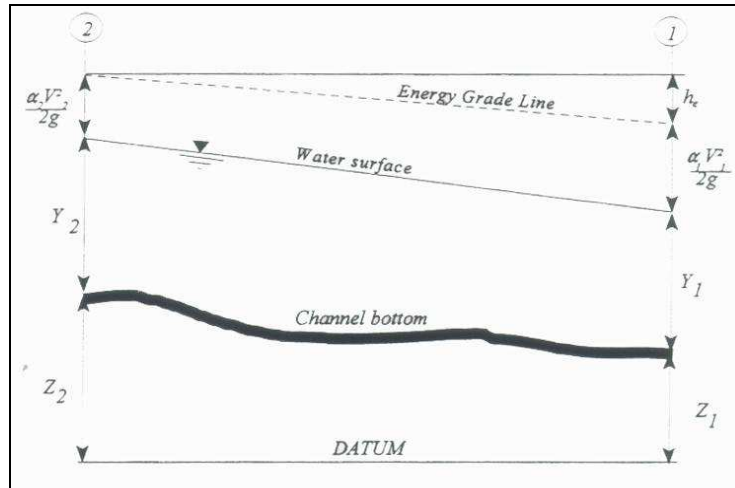
N° Doc. Ingegneria:  
P01395-PPL-RE-003-191

Rev.: 00  
Foglio 36 di 41

N° Doc. Cliente:  
-

### Calcolo del profilo di moto permanente

Al fine di calcolare la quota del pelo libero incognita in una determinata sezione trasversale del corso è stata adottata la procedura di calcolo nota come Standard Step Method, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico (fig. 4).



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;

$\alpha_1, \alpha_2$  : coefficienti energetici moltiplicativi della velocità;

g : accelerazione gravitazionale;

$h_e$  : perdita di carico;

L : distanza fra le sezioni trasversali;

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
	Foglio 37 di 41						

Sf : pendenza media;

C : coefficiente di perdita per contrazione o espansione (vedi tab.1).

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 canale 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.

Tabella di riferimento dei coefficienti di contrazione ed espansione.

TRANSITION CLASS	CONTRACTION	EXPANSION
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

Individuata la sezione trasversale del corso 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 canale 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.

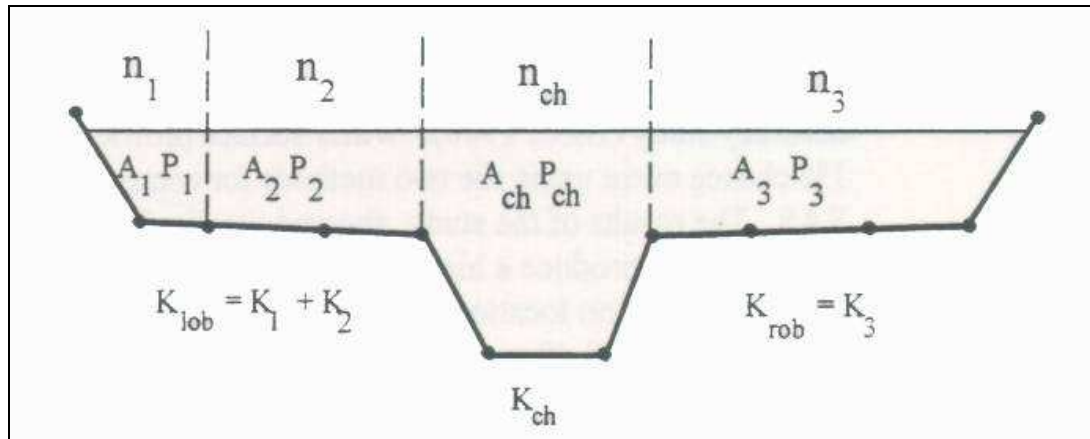
### RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO

N° Doc. Ingegneria:  
P01395-PPL-RE-003-191

Rev.: 00  
Foglio 38 di 41

N° Doc. Cliente:  
-

In funzione del numero di differenziazioni del valore della scabrezza saranno individuate corrispondenti unità di deflusso (fig. 2).



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;

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  $\alpha$ , relativo alla velocità, si ottiene dalla seguente espressione (fig.3):

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

dove:

$A_t$  : area totale di deflusso per la sezione trasversale;

$A_{lob}$ ,  $A_{ch}$ ,  $A_{rob}$  : area di deflusso per golena sinistra, canale 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, canale principale e golena destra.

### RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO

N° Doc. Ingegneria:

P01395-PPL-RE-003-191

Rev.:

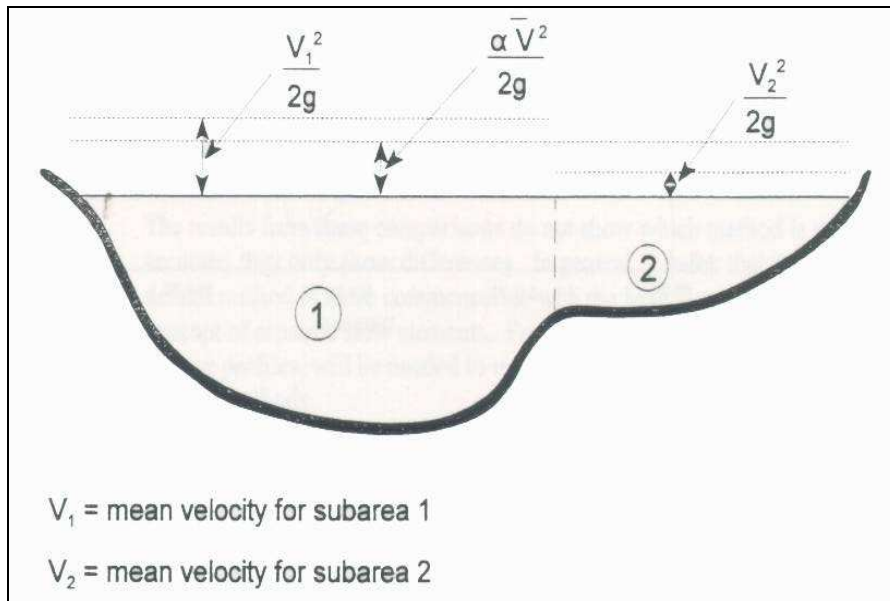
00

Foglio 39

di 41

N° Doc. Cliente:

-



Esempio di calcolo della energia media sulla sezione trasversale.

Il coefficiente  $\alpha$  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 TORRENTE IACONO**

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00					N° Doc. Cliente: -
Foglio 40 di 41						

**ANNESSE 2: TABELLE PER IL CALCOLO DEL CN****1) Definizione di W1: Tessitura e struttura del suolo**

Tab. 1

Tessitura	Struttura		
	Forte, incoer	Moderata	Debole, lamellare massiva
Grossolana	1	2	3
Media	4	5	6
Fine	7	8	9

**2) Definizione di W2: Indice geopedologico di permeabilità**

Tab. 2

Permeabilità orizzonte superiore ( cm / ora )	Riduzione permeabilità orizzonte inferiore	Profondità a cui inizia la riduzione di permeabilità, ( cm )			
		< 25,4	25,4 \ 51	51 \ 102	> 102
> 12	piccola	\	\	\	\
	moderata	5 \ 7	3 \ 4	2 \ 3	1 \ 2
	pronunciata	10	8 \ 10	4 \ 8	1 \ 3
6 \ 12	piccola	\	\	\	5 \ 6
	moderata	6 \ 8	4 \ 5	3 \ 4	5 \ 6
	pronunciata	10	8 \ 10	5 \ 7	7 \ 8
2 \ 6	piccola	\	\	\	5 \ 6
	moderata	7 \ 8	6 \ 7	5 \ 6	5 \ 6
	pronunciata	9 \ 10	8 \ 9	7 \ 8	7 \ 8
0,5 \ 2	piccola	\	\	\	7 \ 8
	moderata	8 \ 9	7 \ 8	5 \ 6	5 \ 6
	pronunciata	9 \ 10	8 \ 9	7 \ 9	7 \ 8
< 0,5	piccola	\	\	\	9 \ 10
	moderata o pronunciata	9 \ 10	9 \ 10	9 \ 10	9 \ 10

**3) Determinazione del tipo idrologico di suolo W = W1 + W2**

Tab. 3

Tipo idrologico di suolo			
A ( 0 \ 5 )	B ( 6 \ 10 )	C ( 11 \ 15 )	D ( 16 \ 19 )
Sabbie profond, Terriccio marnoso profondo, Aggregati limosi e sabbiosi	Sabbie argillose Terriccio marnoso sottile	Argille sabbiose Suoli poveri di contenuti organici, Suoli ricchi di contenuti argillosi	Suoli con tenden. al rigonfiamento in presenza di umidità, Argille plastiche, Suoli salini

**4) Definizione del parametro CN II**



## RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE IACONO

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-003-191	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 41 di 41							

Tab. 4

Tipo di copertura (Uso del suolo)	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
<b>Terreno coltivato</b>				
a) senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
b) con interventi di conservazione oppure	62	71	78	81
a) lavorazione a solchi a ritto chino ( cattive condizioni idrologiche )	65	76	84	88
( buone condizioni idrologiche )	63	75	83	87
b) lavorazione solchi traverso chino ( cattive condizioni idrologiche )	63	74	82	85
( buone condizioni idrologiche )	61	73	81	84
c) terrazzato a fasce ( cattive condizioni idrologiche )	61	72	79	82
( buone condizioni idrologiche )	59	70	78	81
<b>Terreno di pascolo</b>				
a) cattive condizioni : copert. inf. al 50% ed elevato sfruttamento	68	79	86	89
b) discrete condizioni : copert. fra il 50 e il 75% e modesto sfruttam.	49	69	79	84
c) buone condizioni : copert. sup. al 75% e sfruttamento saltuario	39	61	74	80
<b>Praterie</b>				
Prato protetto dal pascolo e soggetto a fienagione	< 30	58	71	78
<b>Sterpaglia</b>				
a) cattive condizioni : copert. inf. al 50%	48	67	77	83
b) discrete condizioni : copert. fra il 50 e il 75%	35	56	70	77
c) buone condizioni : copert. sup. al 75%	30	48	65	73
<b>Terreno boschivo</b>				
a) cattive condizioni: sottobosco sogg. a sfruttam. e distruz. (incendi)	45	66	77	83
b) discrete condizioni : sottobosco sogg. a sfruttam. ma no incendi	36	60	73	79
c) buone condizioni : sottobosco protetto	25	55	70	77
<b>Prati, parchi</b>				
a) normali condizioni : copertura erbosa intorno al 50%	36	60	73	79
c) buone condizioni : copertura erbosa per almeno il 75%	25	55	70	77
<b>Aree commerciali-industriali</b>				
a) zone urbane ( centri storici ) e commerciali: impermeab. 85%	89	92	94	95
b) distretti industriali: impermeab. 72%	81	88	91	93
<b>Aree residenziali</b>				
a) impermeabilità media: 65% ( case a schiera )	77	85	90	92
b) impermeabilità media: 38%	61	75	83	87
c) impermeabilità media: 30%	57	72	81	86
d) impermeabilità media: 25% ( ville )	54	70	80	85
e) impermeabilità media: 20%	51	68	79	84
f) parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
<b>Strade</b>				
a) pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	98
b) inghiaiate o selciate con buche ( macadam )	76	85	89	91
c) in terra battuta ( non asfaltate )	72	82	87	89