
 <b>Snamprogetti</b>	<b>CLIENTE</b>  <b>Syndial</b>	<b>COMMESSA</b> 296000	<b>UNITÀ</b> 03
	<b>LOCALITÀ</b> Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	<b>PROGETTO</b> Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 1 di 20	<b>Rev.</b> <b>0</b>



## **PROGETTO ESECUTIVO DI BONIFICA DELLE AREE GOLENALI**

### **ZONA A3 E AREE PUBBLICHE**

### **FIUME BORMIDA DI MILLESIMO**



## **STUDIO IDRAULICO PER LA RIPROFILATURA DELLE AREE DI BONIFICA**

0	Emissione				
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>
		Paoella	Guiducci	Guiducci	08.02.2008

 <b>Snamprogetti</b>	<b>CLIENTE</b>  <b>Syndial</b>	<b>COMMESSA</b> 296000	<b>UNITÀ</b> 03
	<b>LOCALITÀ</b> Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	<b>PROGETTO</b> Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 2 di 20	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
1.1	Scopo	3
1.2	Documenti di riferimento	3
<b>2</b>	<b>MODELLAZIONE IDRAULICA DEL FIME BORMIDA DI MILLESIMO</b>	<b>4</b>
2.1	Descrizione del tratto fluviale esaminato	4
2.2	Geometria adottata	4
2.3	Condizioni al contorno	5
2.4	Portate di simulazione	5
2.5	Modello matematico utilizzato	8
<b>3</b>	<b>ANALISI DEI RISULTATI</b>	<b>11</b>

 <b>Snamprogetti</b>	<b>CLIENTE</b>  <b>Syndial</b>	<b>COMMESSA</b> 296000	<b>UNITÀ</b> 03
	<b>LOCALITÀ</b> Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	<b>PROGETTO</b> Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 3 di 20	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 Scopo

Il presente studio idraulico è relativo al tratto del fiume Bormida di Millesimo delimitante lo stabilimento Syndial di Cengio (SV) e si inserisce nell'ambito del "Progetto esecutivo di bonifica delle aree golenali – Zona A3 ed aree pubbliche" redatto da Snamprogetti su incarico di Syndial stessa (rif. [1], par. 1.2). Lo scopo dello studio è in generale di valutare gli effetti dell'intervento di bonifica delle aree golenali circostanti lo stabilimento Syndial e, più in particolare, di fornire gli elementi per il dimensionamento dell'argine golenale previsto, in destra idrografica, all'interno della fascia di pertinenza fluviale.



La realizzazione di tale argine ha lo scopo di separare l'alveo ordinario del corso d'acqua, conformato in modo tale da poter smaltire la cosiddetta "portata dominante", dalla fascia golenale di espansione in destra idrografica. La portata dominante è stata assunta pari a quella avente un tempo di ritorno di circa 3 anni.

Per la modellazione idraulica, sono stati assunti i dati idrologici e la schematizzazione geometrica del segmento fluviale utilizzati nell'analogo studio sviluppato dal Centro di Competenza su incarico del Commissario Delegato (rif. [2], par. 1.2), e fornito a Snamprogetti.

Le sezioni di deflusso sono state opportunamente aggiornate sulla base dei nuovi profili individuati in sede di progettazione esecutiva, ed integrate con ulteriori nuove sezioni trasversali nel segmento fluviale direttamente interessato dalle opere, laddove ritenuto necessario.

### 1.2 Documenti di riferimento

- [1] Snamprogetti S.p.A. "Progetto esecutivo di bonifica delle aree golenali - Zona A3 ed aree pubbliche" - SPC 03-BE-E-95270, Rev. 0, gennaio 2008;
- [2] "Valutazioni tecniche – idrauliche sulla riprofilatura da effettuarsi in Zona A3 a seguito della realizzazione dei lavori di bonifica" - Prot. n. 1657/2007/UC/VI L del Commissario Delegato trasmesso in data 14 novembre 2007.

 <b>Snamprogetti</b>	<b>CLIENTE</b>  <b>Syndial</b>	<b>COMMESSA</b> 296000	<b>UNITÀ</b> 03
	<b>LOCALITÀ</b> Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	<b>PROGETTO</b> Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 4 di 20	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 2 MODELLAZIONE IDRAULICA DEL FIME BORMIDA DI MILLESIMO

### 2.1 Descrizione del tratto fluviale esaminato

Coerentemente con quanto riportato nello studio del Centro di Competenza, il tratto del Bormida analizzato si estende dalla presa idraulica ubicata a monte del ponte di Santa Barbara fino alla briglia immediatamente a valle del ponte stradale di Pian Rocchetta.

Il segmento fluviale direttamente interessato dai lavori comprende tutto il muro perimetrale dello stabilimento prospiciente il corso d'acqua, ed è compreso tra il ponte Donegani all'interno dell'abitato di Cengio e la Zona Basso Piave, posizionata sul limite nord dell'ex area produttiva. La lunghezza complessiva del tratto esaminato è di circa 3.700 m.; il tratto centrale di interesse si sviluppa per circa 2.500 m. Lungo il segmento fluviale considerato sono presenti le seguenti 4 strutture potenzialmente interferenti con l'idraulica di piena del fiume:

- ponte S. Barbara;
- ponte Donegani;
- briglia prospiciente il cimitero comunale;
- ponte di Pian Rocchetta. 4



Tutti gli attraversamenti presentano pile in alveo; in particolare 3 pile il ponte di Santa Barbara, 6 il ponte Donegani e 4 quello di Pian Rocchetta.

La briglia, realizzata dalla Regione Liguria negli anni 1989/1990 con lo scopo di effettuare misure idrometriche, è una struttura in c.a. di lunghezza complessiva pari a 25 m immersa nell'alveo fluviale perpendicolarmente alla direzione prevalente di corrente. L'opera rialza il profilo d'asta di circa 1,80 m e presenta una gaveta rettangolare di larghezza pari a 4,15 m. Il tratto di profilo d'alveo di monte si presenta in contropendenza e la sezione topografica della briglia evidenzia un certo interrimento della stessa.

### 2.2 Geometria adottata

Al fine di valutare l'effetto della riprofilatura delle aree golenali di destra del fiume Bormida, ed in particolare per il dimensionamento dell'argine sormontabile, sono state riprese le 41 sezioni trasversali fornite dal Centro di Competenza, e ricavate oltre che dai progetti (definitivo ed esecutivo) di bonifica della Zona A3, anche da rilievi svolti dalla Provincia di Savona e nell'ambito dello Studio della Fasce Fluviali del PAI. Nel tratto interessato dai lavori di bonifica, queste sezioni trasversali sono state modificate in base ai profili previsti in progetto (v. Diss. 03-BL-A-95254, Fgg. 1 ÷ 6, allegati al doc. [1], par. 1.2 ), e sono state integrate con altre sezioni intermedie e con quelle di progetto, non prese in esame nello studio del Centro di Competenza, ubicate direttamente a valle del Ponte Donegani. Nelle sezioni è stato inserito, ove previsto, il rilevato golenale con la sua effettiva sagoma.

In particolare, procedendo da monte verso valle, sono state inserite le seguenti sezioni riprese dal progetto esecutivo:

 <b>Snamprogetti</b>	<b>CLIENTE</b>  <b>Syndial</b>	<b>COMMESSA</b> 296000	<b>UNITÀ</b> 03
	<b>LOCALITÀ</b> Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	<b>PROGETTO</b> Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 5 di 20	<b>Rev.</b> <b>0</b>

1. Sez. 21 prog. esecutivo
2. Sez. 20 prog. esecutivo
3. Sez. 19 prog. esecutivo

e le seguenti sezioni integrative:

4. Sez. 16A (a valle della sez. 16 del prog. esecutivo)
5. Sez. 12A (come sez. 16A, a valle della sez. 12)
6. Sez. 9A
7. Sez. 9B
8. Sez. 4A.

Complessivamente, sono state quindi utilizzate 49 sezioni rilevate. Le sezioni integrative sono state ubicate in corrispondenza di variazioni o irregolarità della morfologia fluviale e laddove l'interasse tra le sezioni risultava particolarmente elevato. Nella fase di calcolo, si è poi provveduto ad un raffittimento delle sezioni stesse mediante interpolazione lineare con interasse di  $15 \div 20$  m.

La Tab. 2.2.a riporta l'elenco e la descrizione delle sezioni rilevate considerate, mentre nella Fig. 2.2.a è riportato lo schema planimetrico adottato. Le sezioni interessate dai lavori di bonifica sono evidenziate nella tabella.

### 2.3 Condizioni al contorno



Sono state assunte le stesse condizioni al contorno previste nello studio del Centro di Competenza, vale a dire è stato imposto lo stato critico nelle due sezioni estreme: n. 1 (progr. 4687.77) e n. 49 (progr. 991.63). Ciò appare congruente, in considerazione del fatto che la sezione di valle è ubicata in corrispondenza della briglia prossima al ponte di Pian Rocchetta, mentre a monte il profilo idraulico risente dell'effetto della presenza di una briglia posta circa 380 m più a valle.

### 2.4 Portate di simulazione

L'analisi idraulica è stata effettuata considerando, in primo luogo la "portata dominante", vale a dire la portata cui si ritiene, si adegui, nel medio-lungo termine, l'alveo ordinario del corso d'acqua. Tale portata, è stata fissata, coerentemente con le indicazioni del Centro di Competenza, in  $212 \text{ m}^3/\text{s}$ , cui corrisponde, indicativamente, un tempo di ritorno di 3 anni. Sulla base dei risultati ottenuti, sono state quindi fissate le quote di sommità dell'argine golenale, che viene sormontato per piene di maggiore entità.

A completamento della modellazione, e sempre in accordo con le indicazioni dello studio sopra richiamato, è stato ricavato anche il profilo relativo alla portata con tempo di ritorno di 50 anni, al fine di simulare la tracimazione dell'argine. Nella sostanza, sono state analizzate le seguenti condizioni:

- $Q_3 = 212 \text{ m}^3/\text{s}$  tempo di ritorno di 3 anni;
- $Q_{50} = 850 \text{ m}^3/\text{s}$  tempo di ritorno di 50 anni (indicata negli studi PAI).

 <b>Snamprogetti</b>	<b>CLIENTE</b>  <b>Syndial</b>	<b>COMMESSA</b> 296000	<b>UNITÀ</b> 03
	<b>LOCALITÀ</b> Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	<b>PROGETTO</b> Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 6 di 20	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Tab. 2.2.a: Elenco e descrizione delle sezioni trasversali utilizzate

N.	Descrizione Sezione	Progressiva (m)	Quota fondo alveo (m)
1	BM082 - PAI	4687.77	400.60
2	BM083 - PAI	4307.77	400.00
3	BM083.1 - PAI	4297.77	400.00
4	Sez 1 rilievo 2006	4235.22	395.92
5	Sez 2 rilievo 2006	4229.88	396.00
6	Sez 2b rilievo 2006	4210.42	395.96
7	Sez 3 rilievo 2006	3986.68	395.48
8	Sez 3bis rilievo 2006	Sezioni	394.17
9	Sez 4 rilievo 2006	3774.16	393.88
10	Sez 5 rilievo 2006	3769.3	394.03
11	Sez 21 Prog. Esecutivo	3736.06	395.23
12	Sez 20 Prog. Esecutivo	3626.56	393.38
13	Sez 7 rilievo 2006	3589.42	395.81
14	Sez 7bis rilievo 2006	3586.19	395.82
15	Sez 8 rilievo 2006	3579.44	392.72
16	Sez 19 Prog. Esecutivo	3551.56	393.46
17	Sez 18 Prog. Esecutivo	3494.56	393.24
18	Sez 9 Prog. Definitivo	3455.37	393.81
19	Sez 17 Prog. Esecutivo	3416.18	392.00
20	Sez 16 Prog. Esecutivo	3333.53	392.50
21	Sez. 16A Prog. Esecutivo	3278.33	392.87
22	Sez 15 Prog. Esecutivo	3198.76	392.90
23	Sez 7 Prog. Definitivo	3134.37	392.39
24	Sez 14 Prog. Esecutivo	3088.38	391.82
25	Sez 13 Prog. Esecutivo	3026.04	391.57
26	Sez 12 Prog. Esecutivo	2945.57	391.73
27	Sez 12A Prog. Esecutivo	2834.49	391.20
28	Sez 11 Prog. Esecutivo	2819.49	392.10
29	Sez 10 Prog. Esecutivo	2757.77	391.95
30	Sez 9 Prog. Esecutivo	2651.33	391.00
31	Sez 9A Prog. Esecutivo	2546.07	391.00
32	Sez 9B Prog. Esecutivo	2418.57	390.50
33	Sez 8 Prog. Esecutivo	2217.57	390.00
34	Sez 7 Prog. Esecutivo	2101.11	390.00
35	Sez 6 Prog. Esecutivo	2028.81	389.64
36	Sez 5 Prog. Esecutivo	1965.69	389.33
37	Sez 2 Prog. Definitivo	1907.59	389.31
38	Sez 4 Prog. Esecutivo	1810.76	388.00
39	Sez 4A Prog. Esecutivo	1705.9	388.50
40	Sez 3 Prog. Esecutivo	1594.64	387.97
41	Sez 1 Prog. Definitivo	1545.51	387.77
42	Sez 2 Prog. Esecutivo	1486.57	386.90
43	Sez 1 Prog. Esecutivo	1392.45	387.30
44	Sez 27 rilievo 2006	1275.84	386.54
45	Sez 28 rilievo 2006	1094.31	385.80
46	Sez 29 rilievo 2006	1088.77	385.99
47	Sez 30 rilievo 2006	999.78	386.66
48	Sez 30 bis rilievo 2006	999.28	386.96
49	Sez 30 ter rilievo 2006	991.63	386.25



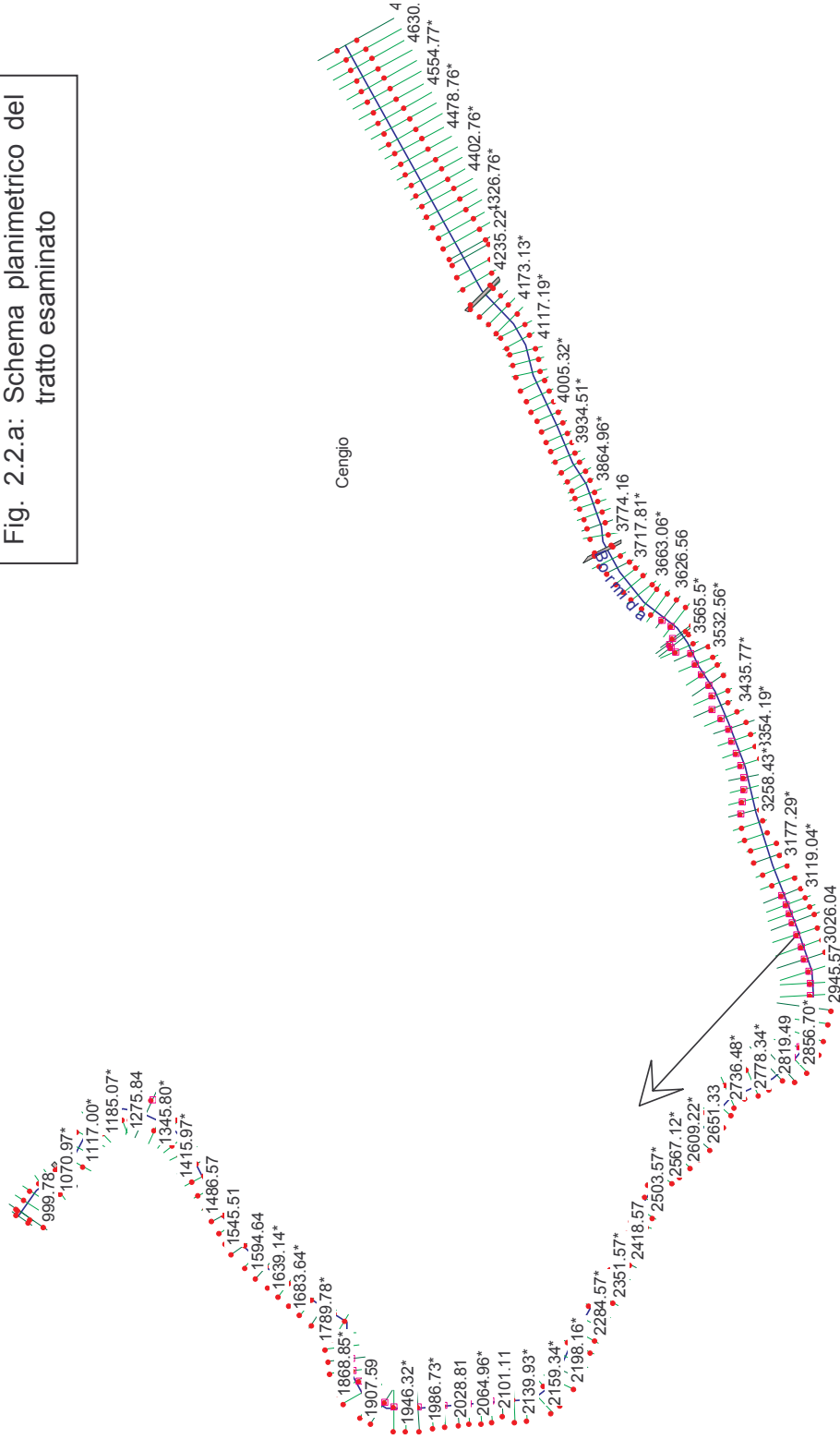


 <b>Snamprogetti</b>	 <b>Syndial</b>	COMMESSA 296000	UNITÀ 03
	LOCALITÀ Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	PROGETTO Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 7 di 20	Rev. <b>0</b>

Fig. 2.2.a: Schema planimetrico del tratto esaminato



 <b>Snamprogetti</b>	<b>CLIENTE</b>  <b>Syndial</b>	<b>COMMESSA</b> 296000	<b>UNITÀ</b> 03
	<b>LOCALITÀ</b> Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	<b>PROGETTO</b> Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 8 di 20	<b>Rev.</b> <b>0</b>

## 2.5 Modello matematico utilizzato

L'analisi modellistica idraulica è stata condotta progetto in condizioni di moto permanente. A tale scopo è stato utilizzato il codice di calcolo denominato HEC-RAS, v. 3.1.3, sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineering, che simula il flusso monodimensionale, stazionario, di fluidi verticalmente omogenei, in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali.

Il modello HEC-RAS permette di calcolare, per canali naturali od artificiali, il profilo idrico di correnti gradualmente variate ed in condizioni di moto stazionario (sia in regime di corrente lenta che di corrente veloce).

La scelta di operare con un modello che simuli le condizioni di moto permanente, scaturisce dalle seguenti considerazioni:

- la verifica idraulica considera un tratto sostanzialmente limitato dell'asta fluviale nell'intorno del settore di interesse;
- il dimensionamento dell'intervento non dipende dallo sviluppo temporale dell'evento di piena, ma solo dal massimo valore di livello idrico raggiunto durante l'evento stesso e dai regimi delle velocità osservate.

Le equazioni di conservazione del volume e della quantità di moto (equazioni di De Saint Venant) risolte nel modello sono derivate sulla base delle seguenti assunzioni:

- il fluido (acqua) è incomprimibile ed omogeneo, cioè senza significativa variazione di densità;
- la pendenza del fondo è piccola;
- le lunghezze d'onda sono grandi se paragonate all'altezza d'acqua, in modo da poter considerare in ogni punto parallela al fondo la direzione della corrente; è cioè trascurabile la componente verticale dell'accelerazione e su ogni sezione trasversale alla corrente si può assumere una variazione idrostatica della pressione.

Integrando le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto, ed introducendo la resistenza idraulica (attrito) e le portate laterali addotte, si ottiene:



$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0$$

dove:

- A : area della sezione bagnata (m<sup>2</sup>);
- C : coefficiente di attrito di Chezy (m<sup>1/2</sup>/s);
- g : accelerazione di gravità (m/s<sup>2</sup>);
- h : altezza del pelo libero rispetto ad un livello di riferimento orizzontale (m);
- Q : portata (m<sup>3</sup>/s);
- R : raggio idraulico (m);
- α : coefficiente di distribuzione della quantità di moto;
- q : portata laterale addotta (m<sup>3</sup>/s).



 <b>Snamprogetti</b>	<b>CLIENTE</b>  <b>Syndial</b>	<b>COMMESSA</b> 296000	<b>UNITÀ</b> 03
	<b>LOCALITÀ</b> Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	<b>PROGETTO</b> Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 9 di 20	<b>Rev.</b> <b>0</b>

### Calcolo della velocità di deflusso nella sezione dell'alveo

Il valore della velocità media, calcolato dal modello in riferimento alla geometria complessiva di ogni sezione trasversale, è oggetto di una reinterpretazione all'interno della sezione trasversale per la corretta valutazione del valore della velocità di deflusso da attribuire all'alveo, alle sponde, e da considerare nel calcolo del carico totale.

Il calcolo è eseguito in riferimento alle seguenti formulazioni, che si basano sulla conservazione del valore della pendenza motrice per l'intera sezione:

$$Q = M \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i}$$

È l'equazione di Chezy, scritta con la notazione di Manning-Strickler per la scabrezza, con:

*M* coefficiente di scabrezza di Manning-Strickler;  
*A* area della sezione bagnata (m<sup>2</sup>);  
*R* raggio idraulico (m);  
*i* pendenza motrice;

si assume che la scabrezza possa variare lungo i singoli tratti di una sezione, e che la pendenza motrice sia costante nei tratti compresi tra due sezioni del modello.

### Risultati dei calcoli idraulici

Oltre ai valori di portata e di livello calcolati direttamente dal codice di calcolo, il modello fornisce in output anche i valori dell'area, della larghezza del pelo libero, della velocità, dell'altezza d'acqua e del numero di Froude per ogni sezione di calcolo. E' fornita anche la linea del carico totale ottenuta come



$$H = h + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

dove:

*h* livello idrico (m);  
*α* coefficiente di ragguaglio;  
*V* velocità media nella sezione trasversale (m/s);  
*g* accelerazione di gravità (m/s<sup>2</sup>).

### Calibrazione del modello matematico



La calibrazione del modello per la ricostruzione del livello idrico viene effettuata, quando possibile, confrontando i livelli forniti dal modello con misure sperimentali in corrispondenza di sezioni significative dell'alveo. Il parametro di taratura del modello in questo caso è costituito dalla scabrezza dell'alveo.

 <b>Snamprogetti</b>	<b>CLIENTE</b>  <b>Syndial</b>	<b>COMMESSA</b> 296000	<b>UNITÀ</b> 03
	<b>LOCALITÀ</b> Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	<b>PROGETTO</b> Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 10 di 20	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Nel presente caso, non disponendo di misure del livello idrico associabile agli scenari probabilistici considerati, si è fatto riferimento ai valori di scabrezza assunti nello studio del Centro di Competenza; si è inoltre tenuta presente la Raccomandazione n. 7 dell'Autorità di Bacino della Regione Liguria: "Definizione delle fasce di inondabilità e di riassetto fluviale" che prescrive, in sintesi, di non utilizzare valori inferiori a:

Descrizione tratto	n di Manning
Tratti montani di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	0.033-0.040
Corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	0.028-0.033

In definitiva, tenuto conto di quanto sopra, sono stati utilizzati i seguenti valori:  
 $n = 0.032$  per le golene;  
 $n = 0.028$  per l'alveo ordinario.

 <b>Snamprogetti</b>	<b>CLIENTE</b>  <b>Syndial</b>	<b>COMMESSA</b> 296000	<b>UNITÀ</b> 03
	<b>LOCALITÀ</b> Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	<b>PROGETTO</b> Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 11 di 20	<b>Rev.</b> <b>0</b>

### 3 ANALISI DEI RISULTATI

Di seguito sono illustrati i risultati ottenuti con riferimento in particolare a quelli ottenuti per la portata dominante, in base alla quale sono state fissate le quote di testa del rilevato arginale in golena.

I risultati ottenuti, nel caso di deflusso della portata dominante, sono sostanzialmente congruenti con quelli ottenuti nella modellazione del Centro di Competenza. Ciò sta a significare, che i due nuovi fattori inseriti nella modellazione ed incidenti in senso contrapposto sui livelli idrici, e precisamente:

- rappresentazione dell'argine golenale secondo la sua effettiva geometria (nella modellazione del Centro era stato inserito solo un paramento verticale -"leeve" - con resistenza al moto nulla);
- lavori di risezionamento dell'alveo ordinario, con allargamento della sezione di deflusso, vengono sostanzialmente ad annullarsi.




Infatti i livelli idrici ottenuti non si discostano in generale, sia in senso positivo che negativo, da quelli ottenuti nella modellazione del Centro di Competenza per più di 20 cm. Le differenze superiori a tale limite, fino ad un massimo di 40 cm, si riscontrano in corrispondenza della Zona E (Sezz. 18 ÷ 16) e nel tratto di collegamento tra le collinette sud ed ovest (Sezz. 9 ÷ 10), con una differenza massima, in questo caso, di 44 cm.

Considerata la geometria di riprofilatura dell'area prevista, l'argine presenta costantemente un'altezza esterna (lato alveo) maggiore di quella interna. Si osserva, infatti che, fatti salvi gli aggiustamenti di quota dei rilevati per uniformità nei profili longitudinali, il rilevato raggiunge un'altezza massima interna, rispetto alla quota del fondo alveo, di circa 4,10 m, mentre in golena l'altezza massima, considerate le quote di riprofilatura previste, non supera i 2,60 m circa.

Va detto, al riguardo, che le quote di riprofilatura nella fascia golenale sono state fissate in modo da garantire il deflusso costante verso valle delle acque eventualmente tracimate a tergo dell'argine. Sono state infatti evitate depressioni locali ed è stata comunque garantita una pendenza longitudinale del terreno verso valle non inferiore allo 0,5%.




Le tabelle 3.a. e 3 .b riportano i risultati numerici ottenuti, rispettivamente per la portata dominante di 212 m<sup>3</sup>/s e per quella cinquantennale di 850 m<sup>3</sup>/s. Le sezioni di progetto, pere maggiore chiarezza, sono state evidenziate. Per queste sezioni, sono riportate anche le quote di sommità dei rilevati arginali assunte in sede di progetto.

Nelle figure successive 3a ÷ 3c sono riportati, sempre con riferimento ai due eventi considerati, il profilo longitudinale e le sezioni trasversali con i livelli idrici ottenuti.



	 	CLIENTE COMMESSA UNITÀ
	LOCALITÀ Cengio (SV)	296000 03
	PROGETTO Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b> Fg. 12 di 20 Rev. <b>0</b>

Tab. 3.a: Risultati della modellazione idraulica –  $Q_3 = 212 \text{ m}^3/\text{s}$

Section	River Sta	Q Total ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	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 ( $\text{m}^2$ )	Top Width (m)	Froude # Chl	Quote argine golennale
BM082	4,687.77	212	400.60	402.12	402.02	402.69	0.005764	3.35	63.32	45.55	0.91	
BM083	4,307.77	212	400.00	401.00	400.79	401.20	0.003659	1.96	108.09	123.74	0.67	
BM083.1	4,297.77	212	400.00	400.79	400.79	401.13	0.009031	2.58	82.32	123.67	1.01	
Sez 1 ril2006	4,235.22	212	395.92	399.35	397.89	399.41	0.000345	1.10	193.54	89.31	0.24	
	4,232.55	Bridge										
Sez 2 ril2006	4,229.88	212	396.00	399.33		399.39	0.000361	1.11	191.75	90.23	0.24	
Sez 2b ril2006	4,210.42	212	395.96	399.31		399.38	0.000413	1.16	182.53	88.38	0.26	
Sez 3 ril2006	3,986.68	212	395.48	398.43		398.96	0.004215	3.22	65.78	38.88	0.79	
Sez 3b ril2006	3,812.80	212	394.17	398.32		398.49	0.001063	1.85	115.26	54.48	0.40	
Sez 4 ril2006	3,774.16	212	393.88	398.30	396.58	398.45	0.000823	1.70	126.02	54.30	0.35	
	3,771.73	Bridge										
Sez 5 ril2006	3,769.30	212	394.03	398.06		398.37	0.002495	2.46	86.18	44.70	0.57	
Sez 21	3,736.06	212	395.23	398.15		398.25	0.000584	1.44	146.89	66.77	0.31	
Sez 20	3,626.56	212	393.38	398.13	396.34	398.21	0.000376	1.25	169.98	68.11	0.25	399.00
Sez 7 ril2006	3,589.42	212	395.81	398.02	396.99	398.17	0.000941	1.70	124.39	63.12	0.39	
Sez 7b ril2006	3,586.19	212	395.82	397.56	397.56	398.12	0.007753	3.30	64.19	58.12	1.00	
Sez 8 ril2006	3,579.44	212	392.72	394.77	395.45	397.75	0.095025	7.66	27.68	46.40	3.16	
Sez 19	3,551.56	212	393.46	396.27	395.47	396.49	0.001484	2.12	100.17	51.55	0.48	397.50
Sez 18	3,494.56	212	393.24	396.22	395.21	396.42	0.001153	1.99	106.40	49.31	0.43	396.50
Sez 9 def	3,455.37	212	393.81	395.93	395.48	396.33	0.002899	2.78	76.17	42.97	0.67	
Sez 17	3,416.18	212	392.00	396.10	394.31	396.19	0.000406	1.38	153.29	55.99	0.27	396.30
Sez 16	3,333.53	212	392.50	396.05	394.28	396.16	0.000429	1.42	148.90	53.77	0.27	396.11
Sez. 16A	3,278.33	212	392.87	394.21	394.69	395.75	0.023203	5.49	38.59	37.06	1.72	



	 	CLIENTE COMMESSA 296000	UNITA' 03
	LOCALITA' Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	PROGETTO Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 13 di 20	Rev. <b>0</b>

Section	River Sta	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	Quote argine golenale
Sez 15	3,198.76	212	392.90	394.99		395.10	0.000798	1.48	143.18	79.82	0.35	397.00
Sez 7 def	3,134.37	212	392.39	394.66	394.17	394.97	0.002487	2.48	85.64	51.39	0.61	
Sez 14	3,088.38	212	391.82	394.62	393.83	394.83	0.001536	2.05	103.26	56.93	0.49	395.00
Sez 13	3,026.04	212	391.57	394.57	393.45	394.73	0.000889	1.77	119.78	54.70	0.38	394.85
Sez 12	2,945.57	212	391.73	394.52	393.33	394.66	0.000774	1.67	126.70	56.66	0.36	394.69
Sez 12A	2,834.49	212	391.20	394.44	393.20	394.58	0.000706	1.61	131.30	57.58	0.34	394.50
Sez 11	2,819.49	212	392.10	394.50		394.54	0.000248	0.93	228.74	106.93	0.20	
Sez 10	2,757.77	212	391.95	394.42		394.51	0.000467	1.33	159.82	68.86	0.28	
Sez 9	2,651.33	212	391.00	394.38		394.47	0.000433	1.30	162.48	67.65	0.27	
Sez 9A	2,546.07	212	391.00	393.35	393.27	394.18	0.00598	4.04	52.53	28.54	0.95	
Sez 9B	2,418.57	212	390.50	392.63	392.57	393.38	0.006218	3.83	55.41	33.36	0.95	
Sez 8	2,217.57	212	390.00	391.99		392.31	0.003021	2.48	85.38	59.14	0.66	392.20
Sez 7	2,101.11	212	390.00	391.80	391.17	392.01	0.001686	2.03	104.60	63.29	0.50	392.04
Sez 6	2,028.81	212	389.64	391.60	391.05	391.85	0.00204	2.22	95.36	57.84	0.55	391.91
Sez 5	1,965.69	212	389.33	391.59	390.68	391.74	0.000991	1.69	125.24	66.49	0.39	391.79
Sez 2 def	1,907.59	212	389.31	391.58	390.50	391.70	0.000701	1.49	141.98	70.28	0.34	
Sez 4	1,810.76	212	388.00	391.58	390.08	391.67	0.000419	1.29	163.86	67.84	0.27	391.60
Sez 4A	1,705.90	212	388.50	391.24		391.53	0.00169	2.40	88.43	45.50	0.52	
Sez 3	1,594.64	212	387.97	390.49		391.20	0.004932	3.72	56.96	29.86	0.86	
Sez 1 def	1,545.51	212	387.77	390.67		390.93	0.001452	2.28	93.15	44.26	0.48	
Sez 2	1,486.57	212	386.90	390.62		390.84	0.001008	2.05	103.52	39.35	0.40	
Sez 1	1,392.45	212	387.30	390.58		390.78	0.000848	1.96	108.24	38.58	0.37	
Sez 27 ril2006	1,275.84	212	386.54	390.56	388.66	390.64	0.000398	1.24	170.30	72.85	0.26	
Sez 28 ril2006	1,094.31	212	385.80	390.34	389.16	390.49	0.000934	1.72	123.22	55.38	0.37	
	1,091.54	Bridge										

 <b>Snamprogetti</b>	 <b>Syndial</b>	COMMESSA 296000	UNITÀ 03
	LOCALITÀ Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	PROGETTO Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 14 di 20	Rev. <b>0</b>



Section	River Sta	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	Quote argine golenale
Sez 29 ril2006	1,088.77	212	385.99	390.31	389.15	390.46	0.000924	1.71	123.69	55.65	0.37	
Sez 30 ril2006	999.78	212	386.66	390.24		390.35	0.000987	1.45	146.37	97.68	0.38	
Sez 30b ril2006	999.28	212	386.96	389.62	389.62	390.29	0.007263	3.65	58.90	43.94	0.99	
Sez 30t ril2006	991.63	212	386.25	388.03	388.65	390.06	0.025025	6.32	33.53	27.74	1.84	

Q. Total                    Portata complessiva defluente nell'intera sezione trasversale  
 Min Ch El                Minima quota del pelo libero nel "canale principale"  
 W.S. Elev                Quota del pelo libero  
 Crit W.S.                Quota critica del pelo libero  
 E.G. Elev                Quota della linea dell'energia per il profilo liquido calcolato  
 E.G. Slope                Pendenza della linea dell'energia  
 Vel Chnl                Velocità media nel canale principale  
 Flow Area                Area totale della sezione liquida effettiva  
 Top Width                Larghezza superficiale della sezione liquida  
 Froude # Chl            Numero di Froude dell'alveo principale

 <b>Snamprogetti</b>	 <b>Syndial</b>	COMMESSA 296000	UNITÀ 03
	LOCALITÀ Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	PROGETTO Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 15 di 20	Rev. <b>0</b>



Tab. 3.b: Risultati della modellazione idraulica –  $Q_{50} = 850 \text{ m}^3/\text{s}$

Section	River Sta	Q Total ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	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 ( $\text{m}^2$ )	Top Width (m)	Froude # Chl
BM082	4687.77	850	400.60	404.24	404.11	404.76	0.002633	3.55	318.41	226.38	0.69
BM083	4307.77	850	400.00	402.14		402.73	0.003738	3.39	251.00	127.36	0.77
BM083.1	4297.77	850	400.00	401.81	401.81	402.66	0.006741	4.06	209.24	126.07	1.01
Sez 1 ril2006	4235.22	850	395.92	401.85	399.26	402.04	0.000419	1.97	443.70	102.20	0.29
	4232.55	Bridge									
Sez 2 ril2006	4229.88	850	396.00	401.84		402.03	0.000427	1.94	442.91	102.16	0.29
Sez 2b ril2006	4210.42	850	395.96	401.82		402.02	0.000465	2.01	428.15	100.22	0.31
Sez 3 ril2006	3986.68	850	395.48	401.09		401.69	0.002013	3.46	253.23	87.32	0.61
Sez 3b ril2006	3812.8	850	394.17	401.02		401.44	0.001043	2.92	307.55	80.42	0.44
Sez 4 ril2006	3774.16	850	393.88	401.00	398.98	401.40	0.000955	2.85	317.47	79.79	0.42
	3771.73	Bridge									
Sez 5 ril2006	3769.3	850	394.03	398.85	399.50	401.20	0.014024	6.79	125.15	52.80	1.41
Sez 21	3736.06	850	395.23	397.61	398.51	400.54	0.021208	7.58	112.10	62.77	1.81
Sez 20	3626.56	850	393.38	398.94	398.14	399.65	0.002574	3.74	227.35	74.17	0.68
Sez 7 ril2006	3589.42	850	395.81	398.96	398.36	399.51	0.002474	3.51	266.59	104.96	0.67
Sez 7b ril2006	3586.19	850	395.82	398.51	398.51	399.46	0.006916	4.60	199.68	105.37	1.04
Sez 8 ril2006	3579.44	850	392.72	396.63	397.44	399.24	0.014126	7.16	118.76	51.60	1.51
Sez 19	3551.56	850	393.46	398.04	397.50	398.41	0.00136	2.95	323.81	105.97	0.51
Sez 18	3494.56	850	393.24	398.02	396.83	398.29	0.000894	2.52	378.02	110.51	0.41
Sez 9 def	3455.37	850	393.81	397.99	396.51	398.26	0.00094	2.51	371.32	107.61	0.42
Sez 17	3416.18	850	392.00	397.98	396.22	398.22	0.000611	2.31	410.00	105.02	0.35
Sez 16	3333.53	850	392.50	397.91	396.23	398.14	0.000664	2.26	406.32	106.80	0.36
Sez. 16A	3278.33	850	392.87	397.57	396.31	397.99	0.001392	3.13	304.19	91.50	0.51

 <b>Snamprogetti</b>	 <b>Syndial</b>	COMMESSA 296000	UNITÀ 03
	LOCALITÀ Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
PROGETTO Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto		Fg. 16 di 20	Rev. <b>0</b>

Section	River Sta	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
Sez 15	3198.76	850	392.90	397.55		397.84	0.000686	2.38	361.93	95.39	0.37
Sez 7 def	3134.37	850	392.39	397.59	395.41	397.74	0.000396	1.82	504.52	121.50	0.28
Sez 14	3088.38	850	391.82	397.59	395.21	397.71	0.00031	1.63	573.63	140.24	0.25
Sez 13	3026.04	850	391.57	397.60	394.92	397.67	0.000186	1.30	716.57	166.90	0.20
Sez 12	2945.57	850	391.73	397.57	394.76	397.65	0.000173	1.34	702.33	148.22	0.19
Sez 12A	2834.49	850	391.20	397.50	394.61	397.59	0.000207	1.48	629.22	129.88	0.21
Sez 11	2819.49	850	392.10	397.47		397.58	0.000215	1.50	581.77	127.51	0.22
Sez 10	2757.77	850	391.95	397.26		397.54	0.00055	2.34	375.54	109.76	0.34
Sez 9	2651.33	850	391.00	397.22		397.49	0.000519	2.31	374.77	77.38	0.33
Sez 9A	2546.07	850	391.00	396.27		397.20	0.003117	4.40	201.84	61.16	0.76
Sez 9B	2418.57	850	390.50	395.07	395.07	396.66	0.00564	5.59	152.26	52.25	1.00
Sez 8	2217.57	850	390.00	394.79		395.20	0.001267	2.86	308.60	95.87	0.49
Sez 7	2101.11	850	390.00	394.85	392.43	395.02	0.000412	1.94	474.45	109.73	0.29
Sez 6	2028.81	850	389.64	394.86	392.13	395.02	0.000368	1.88	490.27	108.11	0.28
Sez 5	1965.69	850	389.33	394.86	392.00	394.96	0.000225	1.52	609.05	128.43	0.22
Sez 2 def	1907.59	850	389.31	394.84	392.00	394.95	0.000232	1.57	587.34	122.09	0.22
Sez 4	1810.76	850	388.00	394.80	391.82	394.93	0.000243	1.67	554.94	111.54	0.23
Sez 4A	1705.9	850	388.50	394.29		394.81	0.001403	3.25	268.52	69.66	0.52
Sez 3	1594.64	850	387.97	392.97		394.49	0.004395	5.63	161.85	47.23	0.90
Sez 1 def	1545.51	850	387.77	393.36		394.13	0.001703	3.93	222.86	50.80	0.59
Sez 2	1486.57	850	386.90	393.29		394.00	0.001496	3.80	237.13	52.99	0.54
Sez 1	1392.45	850	387.30	393.12		393.86	0.001531	3.87	232.89	51.93	0.54
Sez 27 ril2006	1275.84	850	386.54	393.37	390.60	393.58	0.000438	2.12	433.52	118.59	0.31
Sez 28 ril2006	1094.31	850	385.80	392.86	391.00	393.39	0.001322	3.22	263.57	55.89	0.47
	1091.54	Bridge									



 <b>Snamprogetti</b>	 <b>Syndial</b>	COMMESSA 296000	UNITÀ 03
	LOCALITÀ Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	PROGETTO Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fig. 17 di 20	Rev. <b>0</b>

Section	River Sta	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
Sez 29 ril2006	1088.77	850	385.99	392.75	390.95	393.30	0.001374	3.26	260.50	56.38	0.48
Sez 30 ril2006	999.78	850	386.66	392.91		393.10	0.000487	1.97	446.27	121.25	0.31
Sez 30b ril2006	999.28	850	386.96	391.55	391.55	392.98	0.005628	5.43	165.57	58.12	0.99
Sez 30t ril2006	991.63	850	386.25	390.41	391.05	392.82	0.011263	6.93	127.42	57.29	1.38

Q Total                    Portata complessiva defluente nell'intera sezione trasversale  
 Min Ch El                Minima quota del pelo libero nel "canale principale"  
 W.S. Elev                Quota del pelo libero  
 Crit W.S.                Quota critica del pelo libero  
 E.G. Elev                Quota della linea dell'energia per il profilo liquido calcolato  
 E.G. Slope                Pendenza della linea dell'energia  
 Vel Chnl                Velocità media nel canale principale  
 Flow Area                Area totale della sezione liquida effettiva  
 Top Width                Larghezza superficiale della sezione liquida  
 Froude # Chl            Numero di Froude dell'alveo principale



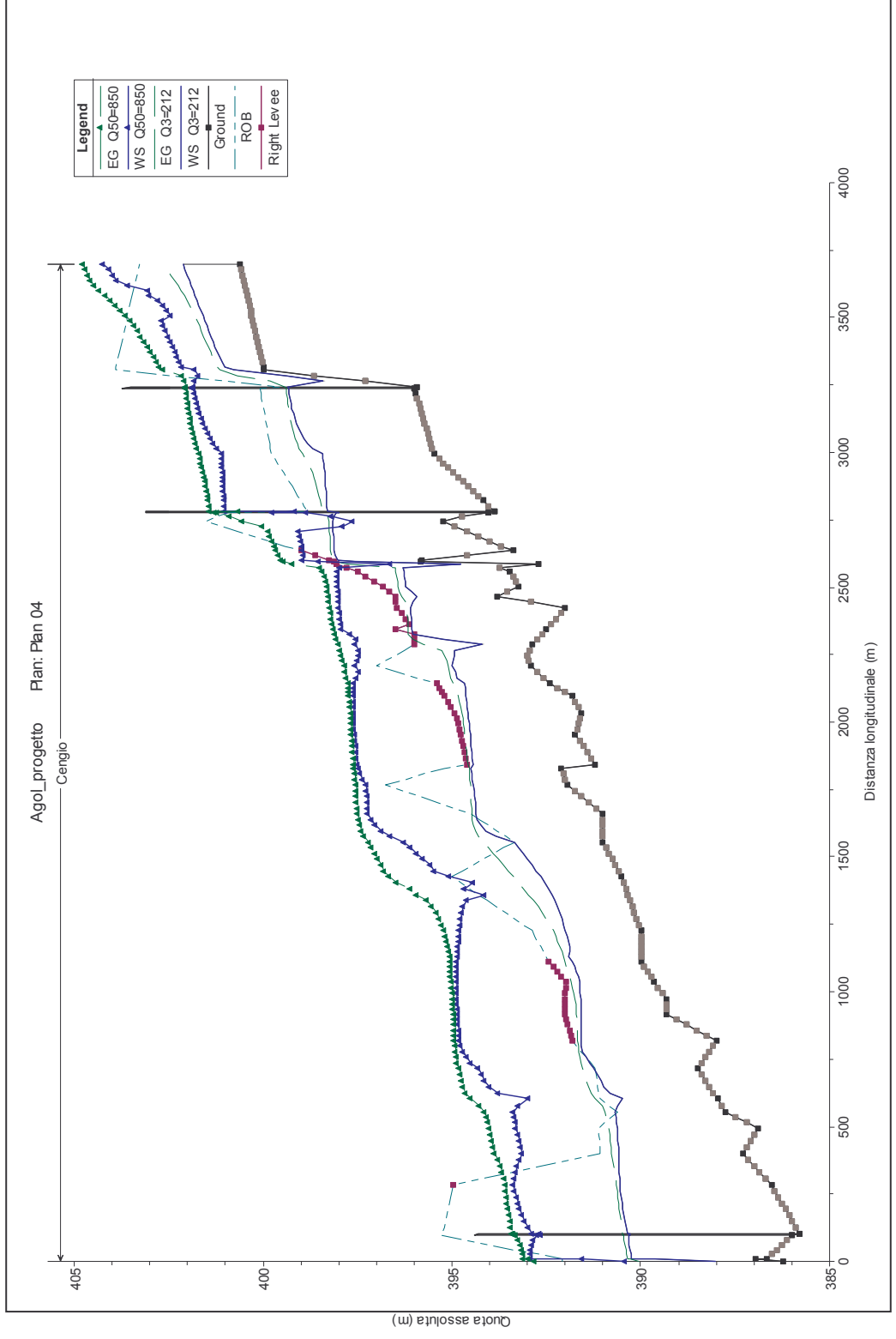


 <b>Snamprogetti</b>	 <b>Syndial</b>	COMMESSA 296000	UNITÀ 03
	LOCALITÀ Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	PROGETTO Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fig. 18 di 20	Rev. <b>0</b>



Fig. 3.a: Profili longitudinali –  $Q_3 = 212 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{50} = 850 \text{ m}^3/\text{s}$



 <b>Snamprogetti</b>	<b>CLIENTE</b>  <b>Syndial</b>	<b>COMMESSA</b> 296000	<b>UNITÀ</b> 03
	<b>LOCALITÀ</b> Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	<b>PROGETTO</b> Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 19 di 20	<b>Rev.</b> <b>0</b>

**FIGG. 3b**

**SEZIONI TRASVERSALI –  $Q_3 = 212 \text{ m}^3/\text{s}$**

 <b>Snamprogetti</b>	<b>CLIENTE</b>  <b>Syndial</b>	<b>COMMESSA</b> 296000	<b>UNITÀ</b> 03
	<b>LOCALITÀ</b> Cengio (SV)	<b>SPC. 03-BE-E-95296</b>	
	<b>PROGETTO</b> Interventi di risanamento del sito di Cengio-Saliceto	Fg. 20 di 20	<b>Rev.</b> <b>0</b>

**FIGG. 3c**

**SEZIONI TRASVERSALI –  $Q_{50} = 850 \text{ m}^3/\text{s}$**