



Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale  
Scali Rosciano, 6 - 57123 Livorno, Italia

R.U.P. ing. Enrico Pribaz  
D.E.C. ing. Ilaria Lotti

R.T.P.



30035 Mirano (VE)  
Viale Belvedere, 8/10  
www.fm-ingegneria.com

Tel. +39 041 5785 711  
Fax +39 041 4355 933  
portolivorno@fm-ingegneria.com



P.O. Box 1132  
3800 BC Amersfoort  
The Netherlands  
www.royalhaskoningdhv.com

Tel. +44 (0)207 222 2115  
Fax +44 (0)207 222 2659  
info@rhdhv.com



35027 Noventa Padovana (PD)  
Via Panà 56/a

Tel. +39 049 8945 087  
Fax +39 049 8707 868  
mail@hsmarinesrl.com



31027 Spresiano (TV)  
Via Tiepolo, 8  
www.gtgeo.it

Tel. +39 0422 8870 31  
Fax +39 0422 8895 89  
info@gtgeo.it

PROGETTO

**PROGETTAZIONE PRELIMINARE E DEFINITIVA DELLE  
OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI  
NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA  
PIATTAFORMA EUROPA, COMPRESO LO STUDIO DI  
IMPATTO AMBIENTALE E LA VALUTAZIONE DI INCIDENZA  
AMBIENTALE**

EMISSIONE

**PROGETTO DEFINITIVO**

TITOLO

**A - PARTE GENERALE**  
Relazione idrologica e idraulica

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.
1	31/05/2021	1233_PD-A-006_1.doc	Riscontro Rapporto di Ispezione no. IT20056AR-0PP del 19/3/2021	L. De Benetti	T. Tassi
2	31/10/2022	1233_PD-A-006_2.doc	Aggiornamento a seguito della caratterizzazione ambientale	C. Scarpa	T. Tassi
3					
4					
5					

ELABORATO N.

**A006**

DATA: 04/09/2020	SCALA: -	FILE: 1233_PD-A-006_0.doc	J.N. 1233/'19
PROGETTO L. Masiero	DISEGNO L. De Benetti	VERIFICA L. Masiero	APPROVAZIONE T. Tassi

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della piattaforma europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto Definitivo

Elaborato:

DOCUMENTI DI SUPPORTO

1233\_PD-A-006\_2.docx

## Indice generale

1	PREMESSA	2
2	DATI PLUVIOMETRICI	3
3	INQUADRAMENTO IDRAULICO	5
4	INTERAZIONE CON IL CANALE SCOLMATORE	7
5	ALLEGATI	10

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della piattaforma europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto Definitivo

Elaborato:

DOCUMENTI DI SUPPORTO

1233\_PD-A-006\_2.docx

## 1 PREMESSA

Il layout del presente progetto della Piattaforma Europa, nell'area portuale di Livorno, prevede la realizzazione di casse di colmata per lo stoccaggio/riutilizzo del materiale di dragaggio proveniente dal fondale marino fronte porto.

La presente relazione presenta le analisi pluviometriche di supporto al progetto di gestione delle volumetrie di stoccaggio dei dragaggi nelle casse di colmata.

Le casse di colmata saranno dotate di sfioro per le acque più "pulite" che hanno effettuato il processo di sedimentazione, ma dovranno considerare anche un adeguato volume disponibile per le acque piovane superficiali.

Alla luce della durata del cantiere e dei possibili effetti di un evento meteorico intenso, si valuta cautelativo considerare come **altezza di pioggia da invasare quella di durata 24 ore e tempo di ritorno 50 anni.**

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della piattaforma europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto Definitivo

Elaborato:

DOCUMENTI DI SUPPORTO

1233\_PD-A-006\_2.docx

## 2 DATI PLUVIOMETRICI

Per le piogge estreme relative alla città di Livorno è possibile fare riferimento ai risultati delle analisi fornite dal Servizio Idrologico Regionale Toscana (SIR) sulla base dei dati pluviometrici raccolti dalle diverse stazioni pluviografiche regionali con almeno 30 anni di serie storiche, aggiornati al 2012 (vedi Figura 4).

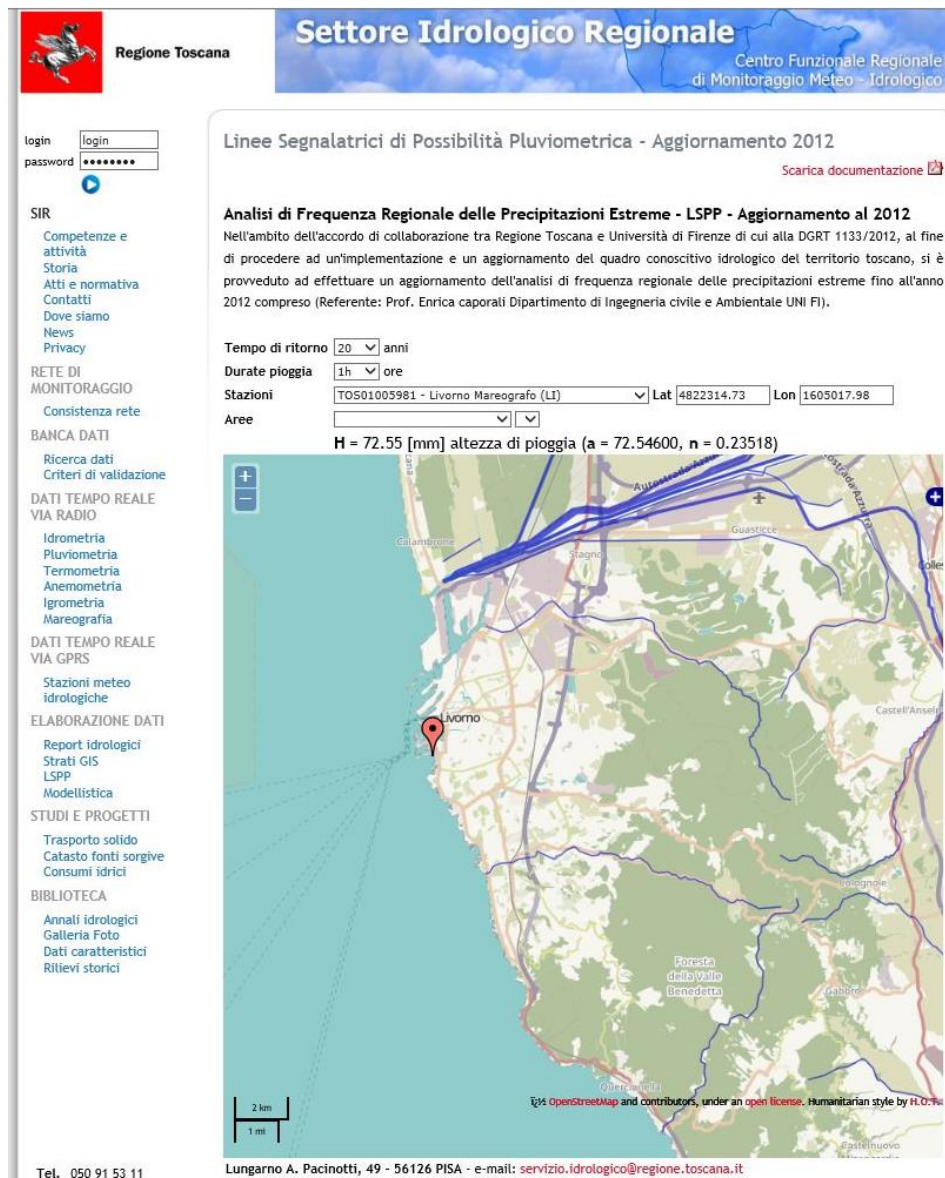


Figura 1 - Esempio di estratto parametri LSPP per la stazione di rilevazione Livorno Mareografo (Servizio Idrologico Regione Toscana, anno 2012)

Si riportano di seguito i parametri delle curve LSPP (Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica) a due parametri, nella forma  $h=a*t^n$ , relative alla stazione pluviografica "Livorno Mareografo [TOS01005981]" e le relative altezze di pioggia calcolate per diverse durate e tempi di ritorno.

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della piattaforma europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto Definitivo

Elaborato:

DOCUMENTI DI SUPPORTO

1233\_PD-A-006\_2.docx

Tr	a	n	t=	h=a*t^n [mm]							Tr
				0,25	0,5	1	3	6	12	24	
2	36,274	0,20995		27,1	31,4	36,3	45,7	52,8	61,1	70,7	Tr2
5	51,123	0,20335		38,6	44,4	51,1	63,9	73,6	84,7	97,6	Tr5
10	61,901	0,21159		46,2	53,5	61,9	78,1	90,4	104,7	121,3	Tr10
20	72,546	0,23518		52,4	61,6	72,5	93,9	110,6	130,1	153,2	Tr20
30	78,752	0,25316		55,4	66,1	78,8	104,0	124,0	147,7	176,1	Tr30
50	86,772	0,27512		59,3	71,7	86,8	117,4	142,1	171,9	208,0	Tr50
100	97,982	0,29903		64,7	79,6	98,0	136,1	167,4	206,0	253,4	Tr100
150	104,68	0,31021		68,1	84,4	104,7	147,2	182,5	226,3	280,6	Tr150
200	109,54	0,31663		70,6	88,0	109,5	155,1	193,2	240,6	299,6	Tr200
500	125,86	0,33052		79,6	100,1	125,9	181,0	227,6	286,1	359,8	Tr500

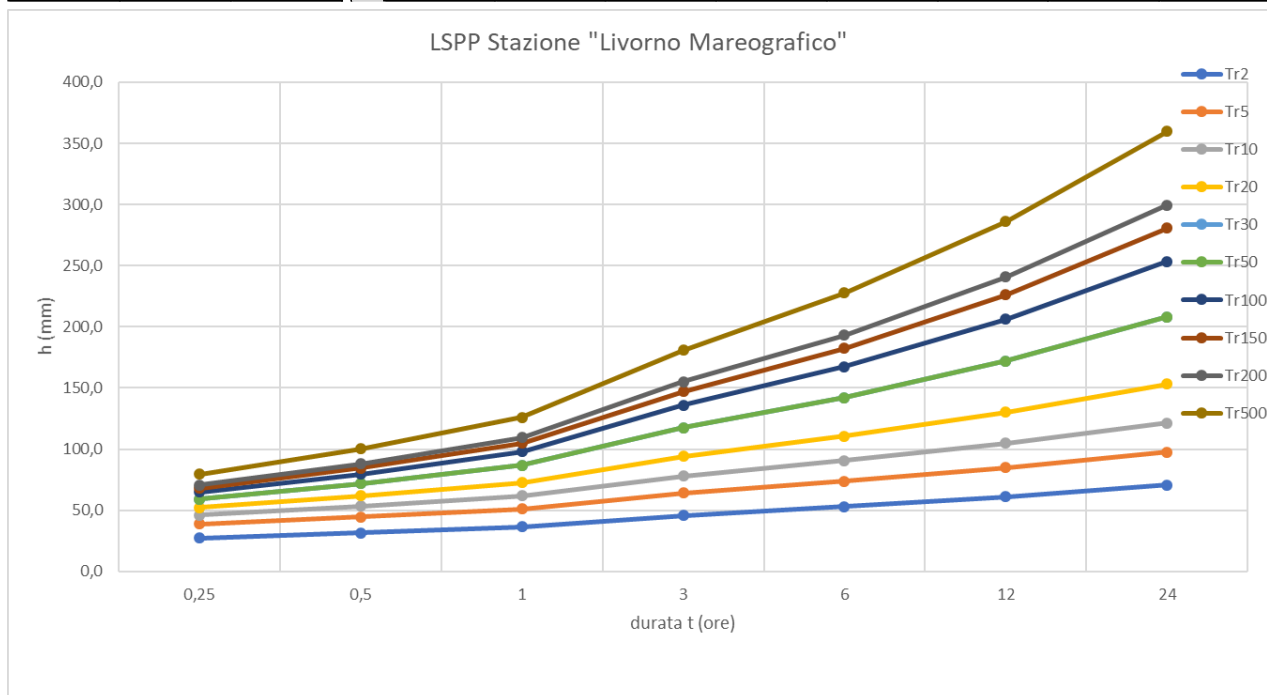


Figura 2 – Altezze di pioggia cumulate alla stazione di Livorno Mareografo (TOS01005981) per diverse durate e tempi di ritorno (analisi sui dati del SIR Toscana del 2012)

Le registrazioni analizzate non consentivano di avere un numero sufficiente di dati sulle durate inferiori all'ora (scrosci), per cui non sono state considerate nelle analisi statistiche del SIR. È possibile utilizzare cautelativamente le LSPP su base oraria anche per gli scrosci, sovrastimando le reali altezze di pioggia.

I valori di pioggia che abbiamo visto, forniti dalle più aggiornate analisi con LSPP a due parametri fornite dal SIR nel 2012, risultano più cautelativi rispetto a quelli forniti nel 2006 dall'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa relativamente alla stazione di Livorno [1960] con curve a 3 parametri (a,m,n) sulla base dei dati di pioggia fino al 1996 (Analisi delle precipitazioni intense delle stazioni del compartimento di Pisa-LSPP, anno 2006).

In particolare, per Tr=50 anni e durata 24 ore, quest'ultime LSPP riportavano una pioggia cumulata h=148.1 mm, contro i più cautelativi 208.0 mm delle LSPP a 2 parametri del SIR.

Il valore di riferimento **h=208 mm**, che **sarà utilizzato per il calcolo del volume d'acqua piovana da invasare nelle case di colmata**, risulta peraltro in linea con il recente evento più gravoso del 10 settembre 2017 che ha fatto registrare 186.8 mm in 24 ore.

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della piattaforma europea, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto Definitivo

Elaborato:

DOCUMENTI DI SUPPORTO

1233\_PD-A-006\_2.docx

### 3 INQUADRAMENTO IDRAULICO

L'area portuale in studio ricade a sud del Canale Scolmatore dell'Arno e all'interno del bacino "Toscana Costa", normato dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) che costituisce, ai sensi dell'art. 65 comma 8 del decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152, uno stralcio territoriale e funzionale del Piano di bacino distrettuale del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale.

Secondo il PGRA l'area del porto è classificata con (vedi Figura 3 e Figura 4):

- pericolosità da alluvione bassa (P1) corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale;
- rischio da alluvione medio (R2).

Secondo il P.A.I. del Fiume Arno, l'area del porto è classificata con:

- Pericolosità idraulica moderata (P.I.1), comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $200 < Tr \leq 500$  anni.

Come si evince dalle stesse mappe del PGRA, l'area d'intervento non ricade tra quelle a rischio o a pericolosità idraulica, fatto evidente perché l'area attualmente è su sedime marino.

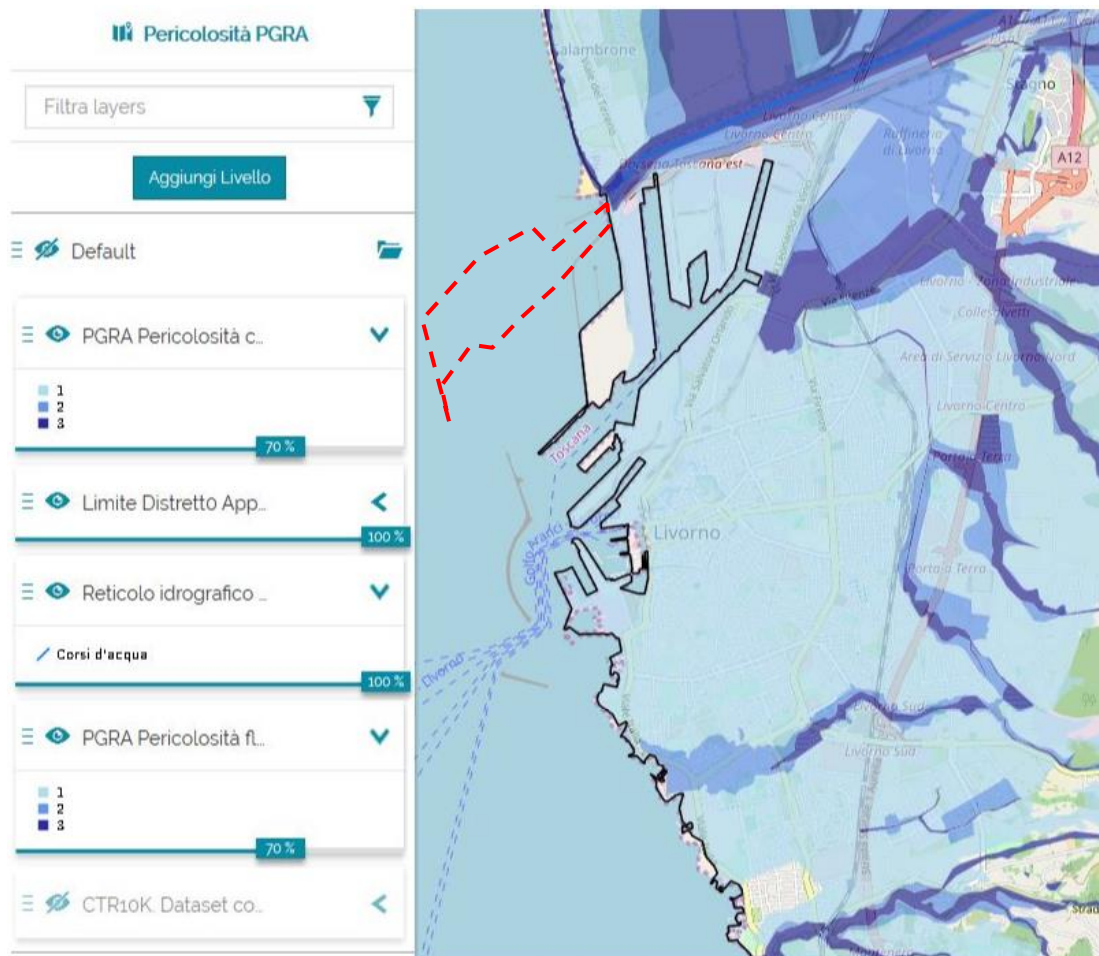


Figura 3 – Mappa di pericolosità da alluvione (PGRA-AdB Arno) con identificata in tratteggio rosso l'area di intervento



Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della piattaforma europea, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto Definitivo

Elaborato:

DOCUMENTI DI SUPPORTO

1233\_PD-A-006\_2.docx

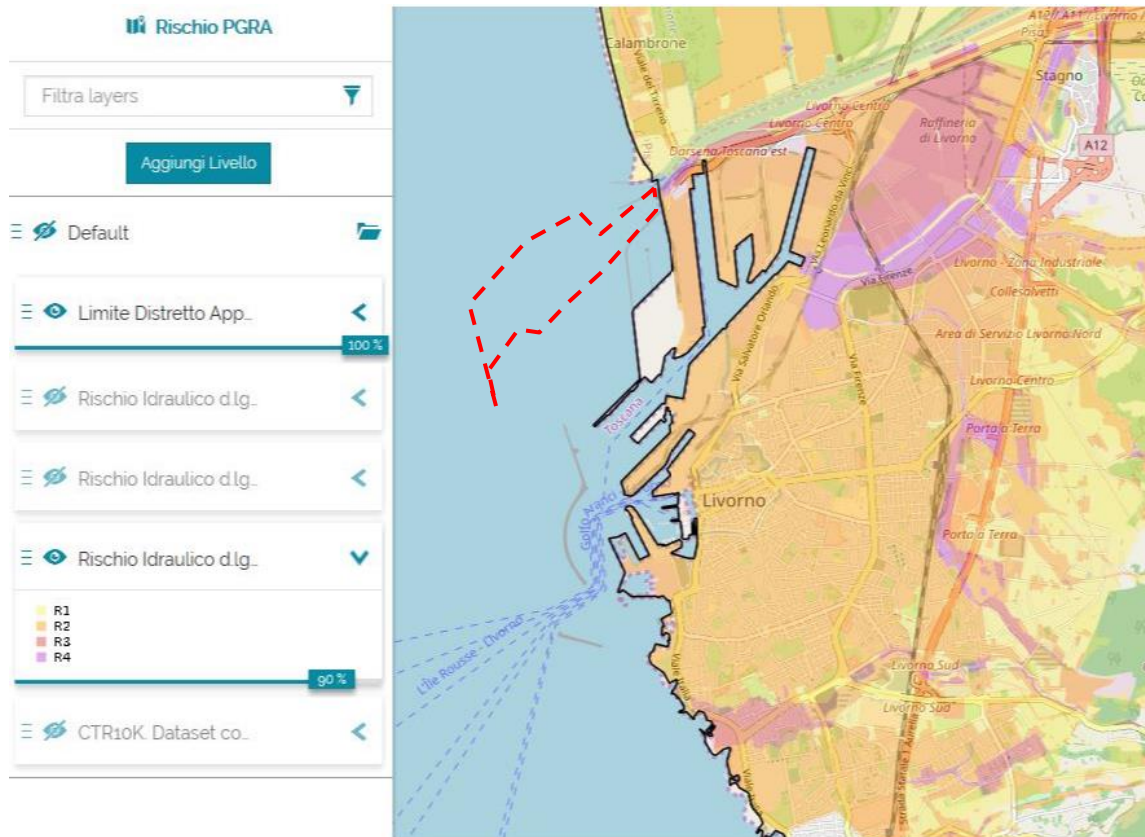


Figura 4 – Mappe di rischio da alluvione (PGRA-AdB Arno) con identificata in tratteggio rosso l'area di intervento





Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della piattaforma europea, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto Definitivo

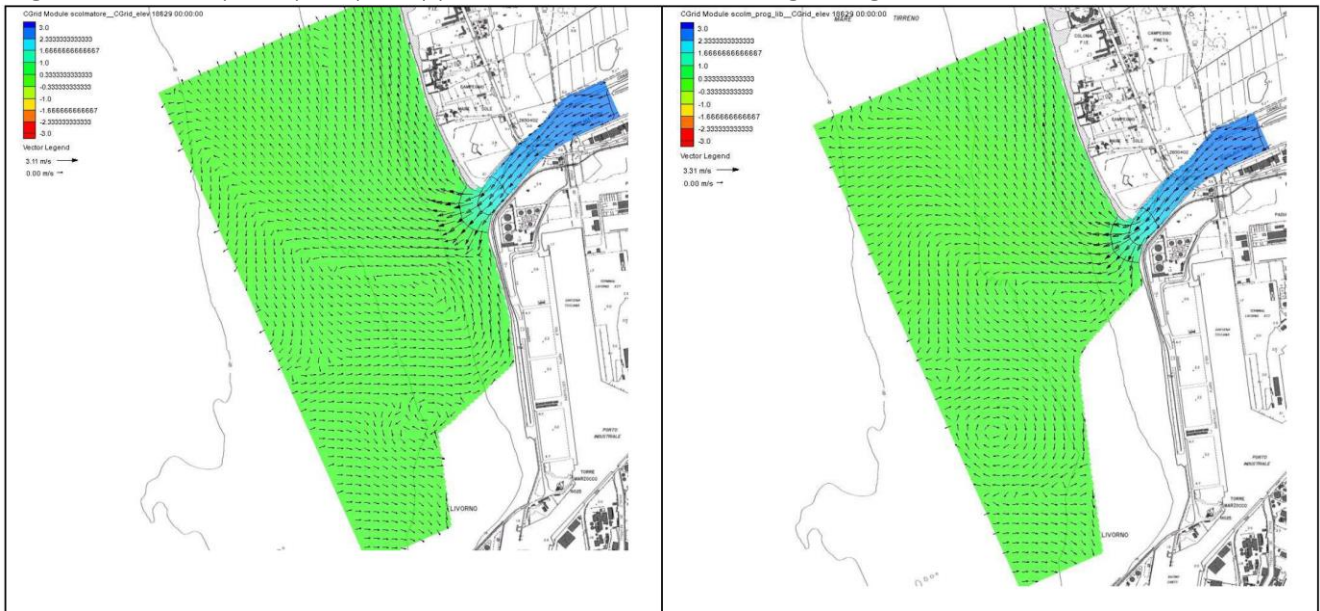
Elaborato:

DOCUMENTI DI SUPPORTO

1233\_PD-A-006\_2.docx

Nel 2009 sono stati redatti degli studi idraulici a firma degli ing. Verzoni e Chiavaccini per la “Realizzazione della seconda vasca di contenimento per sedimenti di dragaggio del porto di Livorno”, finalizzati a verificarne le interazioni con il deflusso del Canale Scolmatore.

Gli studi hanno codifica PT27-07-VC-AGG09-R01-00 e PT27-07-VC-AGG09-R03-00 e se ne citano di seguito i risultati principali, per approfondimenti si rimanda agli allegati.



**Figura 3 Andamento del profilo liquido e della circolazione idrodinamica dopo 24 h nello stato attuale (sx) e di progetto (dx)**

Figura 6 – Estratto dallo studio PT27-07-VC-AGG09-R03-00

Il presente studio mette in luce quale siano le condizioni di deflusso della foce dello Scolmatore nell'area intorno alla Nuova Vasca di contenimento. Lo studio effettuato con modellazioni mono e bidimensionali ha evidenziato che il regime del corso d'acqua è influenzato prevalentemente dalla barra di foce e non dalle condizioni al contorno che si verificano per l'effetto congiunto delle mareggiate e della marea. La barra come evidenziato in altri studi presenta scarsa mobilità, è regolata dal moto ondoso e può essere rimossa solo in presenza di rilevanti portate del Canale Scolmatore. L'opera proposta non produce sostanziali modifiche sul livello idraulico al contorno e di conseguenza il profilo liquido nel canale scolmatore risulta pressoché inalterato per le diverse condizioni di mareggiate esaminate (da libeccio/ponente e da maestrale). Si può concludere pertanto che non vi sono interferenze tra la nuova opera ed il deflusso del canale Scolmatore e che quindi non si prevedono variazioni del rischio idraulico delle aree circostanti la foce.

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della piattaforma europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto Definitivo

Elaborato:

DOCUMENTI DI SUPPORTO

1233\_PD-A-006\_2.docx

La foce dello Scolmatore va incontro a fenomeni di continuo insabbiamento che non sono stati mai efficacemente contrastati. Nel tratto finale è presente una barra sabbiosa che riduce la larghezza del Canale a solo una decina di metri e la profondità massima ad 1 metro; la sezione di progetto del tratto terminale aveva una savanella centrale di larghezza 48,00 metri col fondo a quota -3,50 m s.l.m. e due zone laterali larghe 42 ,00 metri poste a quota +1,00 m s.l.m.

Tale barra condiziona pesantemente il deflusso della foce tanto che il regime idraulico diventa condizionato dai livelli liquidi che si verificano in corrispondenza della barra di foce e non dalle condizioni meteomarine allo sbocco. Tale risultato è meglio evidenziato nella relazione PT27-09-AGG09-R01-00 in cui sono riportati i risultati dei modelli numerici (mono e bidimensionali) applicati per una portata di 700 m<sup>3</sup>/s e per le principali condizioni di moto ondoso incidente (libeccio/ponente e maestrale).

La nuova opera non incide in maniera apprezzabile sul moto ondoso e sui frangenti che regolano i livelli idrici sottocosta (Figura 1 e Figura 2) e di conseguenza non viene modificato il regime idrodinamico alla foce, in quanto restano praticamente invariate le condizioni al contorno (Figura 3).

Tali risultati coincidono con quanto asserito in altri studi (Pagliara e Milano, 2004) secondo cui i livelli idrici alla foce non dipendono dalle condizioni del mare (e anche dall'eventuale presenza di vento) che quindi non rivestono particolare importanza sull'andamento di piena dello Scolmatore.

In conclusione l'opera proposta non produce sostanziali modifiche sul livello idraulico al contorno e di conseguenza il profilo liquido nel canale Scolmatore risulta pressoché inalterato per le diverse condizioni di mareggiate esaminate (da libeccio/ponente e da maestrale). Pertanto non sono da attendersi interferenze tra la nuova opera ed il deflusso del canale Scolmatore.

In conclusione, l'opera di progetto "Piattaforma Europa", alla luce della sua posizione in ambito marino e protetta dal deflusso del Canale Scolmatore dell'Arno grazie alle foci armate esistenti, in linea con le conclusioni degli studi idraulici relativi alla "seconda vasca di colmata" esistente, non produrrà sostanziali modifiche sul livello idraulico al contorno e di conseguenza sul profilo liquido nel canale Scolmatore, non modificando così le aree di rischio/pericolosità idraulica del PGRA.

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della piattaforma europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto Definitivo

Elaborato:

DOCUMENTI DI SUPPORTO

1233\_PD-A-006\_2.docx

## 5 ALLEGATI

Si allegano gli studi idraulici a firma degli ing. Verzoni e Chiavaccini di Prima Ingegneria:

- Allegato 1: PT27-07-VC-AGG09-R01-00, data Giugno 2009
- Allegato 2: PT27-07-VC-AGG09-R03-00, data Giugno 2009



**Autorità Portuale di Livorno**



**REALIZZAZIONE DELLA SECONDA VASCA DI CONTENIMENTO PER SEDIMENTI  
DI DRAGAGGIO DEL PORTO DI LIVORNO  
INTEGRAZIONE AL SIA**

**Oggetto: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE  
Studio delle interferenze con il Canale Scolmatore dell'Arno**

Revisione	Codice Elaborato	Data	Redatto	Approvato
00	PT27-07-VC-AGG09-R01-00	Giù 2009	P. Chiavaccini	M. Verzoni

**I tecnici:**

Ing. Maurizio Verzoni

Ing. Pietro Chiavaccini

**Il responsabile del procedimento:**

Ing. Giovanni Motta



**PRIMA**  
VIA G. GIVININI N. 8 57128 LIVORNO  
P.I.: 01530730496 TEL/FAX 0586 581272  
WWW.PRIMAINGENNERIA.IT





---

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	LE MODELLAZIONI .....	4
2.1	IL MODELLO MONODIMENSIONALE.....	4
2.2	I MODELLI BIDIMENSIONALI .....	7
2.3	IL MODELLO NON STAZIONARIO TUFLOW.....	8
2.4	IL MODELLO D'ONDA CMS .....	16
2.4.1	MAREGGIATA DI LIBECCIO/PONENTE.....	16
2.4.2	MAREGGIATA DI MAESTRALE.....	21
3	RISCHIO IDRAULICO .....	23
4	CONCLUSIONI.....	25
	<b>APPENDICE .....</b>	<b>26</b>





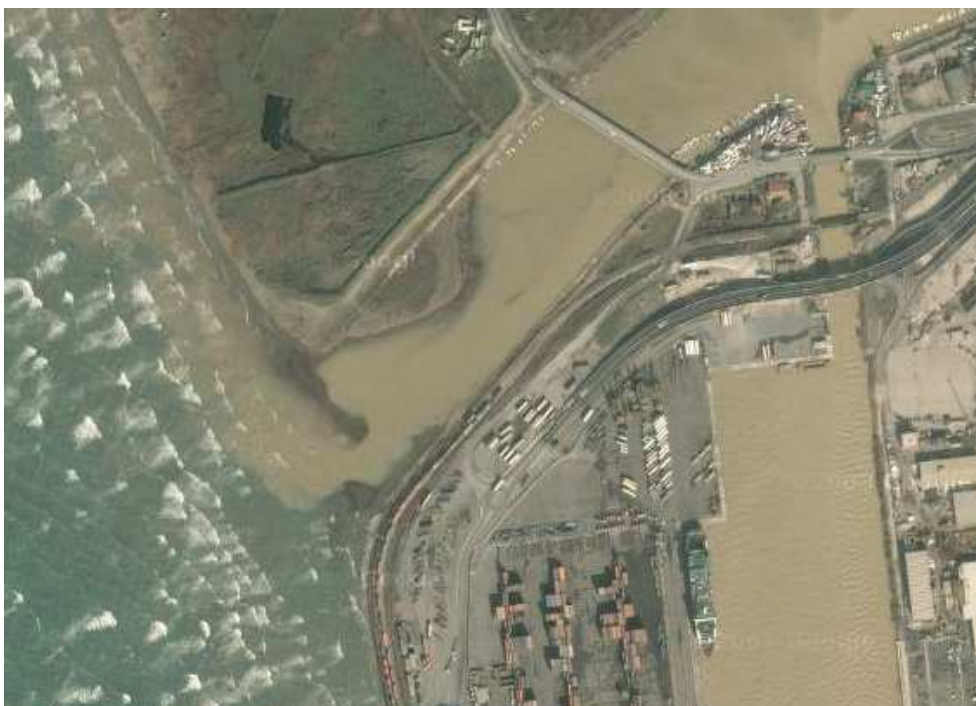
## 1 PREMESSA

---

La nuova vasca di contenimento verrà realizzata immediatamente a sud del Canale Scolmatore dell'Arno. Durante la fase istruttoria della VIA, è emersa la necessità di valutare le interferenze tra le opere proposte ed il deflusso delle acque, con particolare riferimento alle modificate condizioni al contorno per le direzioni principali di provenienza del moto ondoso (W e NW).

Lo Scolmatore d'Arno, partendo dall'opera di presa ubicata presso Pontedera, segue la direzione Sud-Ovest attraversando la pianura compresa tra Pontedera (PI) e Guasticce (LI), e sfocia nel mar Tirreno circa 1 km a Nord del porto di Livorno.

La foce dello Scolmatore, che attualmente non è caratterizzata dalla presenza di alcuna opera di protezione, è soggetta a fenomeni di forte interrimento con formazione di una barra sabbiosa emergente. Questa impedisce, di fatto, il funzionamento a pieno regime del canale, per il formarsi di notevoli rigurgiti verso monte, assai estesi in ragione della bassa pendenza dell'asta principale, che influenzano negativamente la capacità di deflusso della rete idrica minore confluyente in prossimità della foce.



**Figura 1 Foce dello scolmatore con la presenza delle barre sabbiose**





Come evidenziato in recenti studi della Provincia di Pisa (Progetto preliminare dell'Adeguamento idraulico e navigabilità del canale Scolmatore d'Arno) nelle condizioni attuali lo Scolmatore non è in grado di far defluire la portata di progetto iniziale (pari a 1400 m<sup>3</sup>/s). In particolare la portata massima che può transitare nel canale senza dar luogo ad esondazioni anche localizzate risulta di circa 700 m<sup>3</sup>/s.

Di seguito si illustrano i risultati principali delle analisi effettuate per determinare l'eventuale interferenza dell'opera con il deflusso delle acque. In particolare saranno mostrati i principali risultati di calcolo ottenuti sia con modellazione monodimensionale che con quella bidimensionale sicuramente più attendibile per valutare l'effetto sulla circolazione idrodinamica alla foce.

Al fine della simulazione è stato impiegato il rilievo batimetrico più recente disponibile (fornito dall'Autorità Portuale) ed i rilievi topografici del corso d'acqua fino a circa 1500 m dalla foce eseguiti dal Provveditorato delle OO.PP della Toscana nel 2002 ed allegati al citato progetto di adeguamento idraulico predisposto dalla Provincia di Pisa.

Per quel che riguarda i dati d'onda sono stati impiegati quelli risultanti dall'analisi del clima meteo marino e riportati nella relazione specifica allegata al progetto.

## **2 LE MODELLAZIONI**

---

### **2.1 IL MODELLO MONODIMENSIONALE**

Al fine di evidenziare meglio le criticità presenti nel tratto in esame è stata eseguita una modellazione monodimensionale in moto permanente con il software Hec Ras. Tale modellazione consente di definire gli aspetti principali del deflusso alla foce dello Scolmatore e di valutare l'incidenza delle condizioni al contorno scelte.

Il tratto analizzato ha un'estensione di circa 4 km e comprende 25 sezioni comprese le opere d'arte (ponti ed attraversamenti). La verifica è stata condotta per 4 portate (100, 300, 500 e 700 m<sup>3</sup>/s) con due condizioni al contorno, pari ad un livello liquido allo sbocco di 0.0 e 0.7 m sul l.m.m. Il coefficiente di scabrezza (in termine di coefficiente di Manning) è stato fissato in 0.033 valore cautelativo data la regolarità geometrica della sezione ed impiegato in altri studi (Pagliara e Milano 2004- Studio specialistico per la fattibilità di interventi di sistemazione della Foce del Canale Scolmatore).



Per entrambe le condizioni al contorno scelte si osserva che:

- il profilo liquido risulta pressoché indisturbato dalla presenza del ponte di Calambrone e le perdite di carico risultano pertanto trascurabili;
- le quote liquide sono determinate dal rigurgito indotto dalla sezione e non dal valore assunto al contorno. In particolare per portate superiori a  $300 \text{ m}^3/\text{s}$ , il livello liquido alla sezione iniziale discosta da quello fissato come contorno (0.0 m sul l.m.m o 0.7 m sul l.m.m) a dimostrazione del fatto che il regime è regolato dalle caratteristiche della sezione di valle ed in particolare dalla presenza della barra di foce. Solo per una portata di  $100 \text{ mc/s}$  (valore ampiamente inferiore alle capacità massime di deflusso) il profilo liquido parte dalla quota della condizione al contorno fissata.
- Pertanto si ritiene che le variazioni sul profilo liquido per effetto della presenza della nuova vasca di contenimento possa essere valutata esclusivamente attraverso modellazioni bidimensionali che possano tenere conto dell'agitazione del moto ondoso e della possibilità di rimuovere la barra di foce.

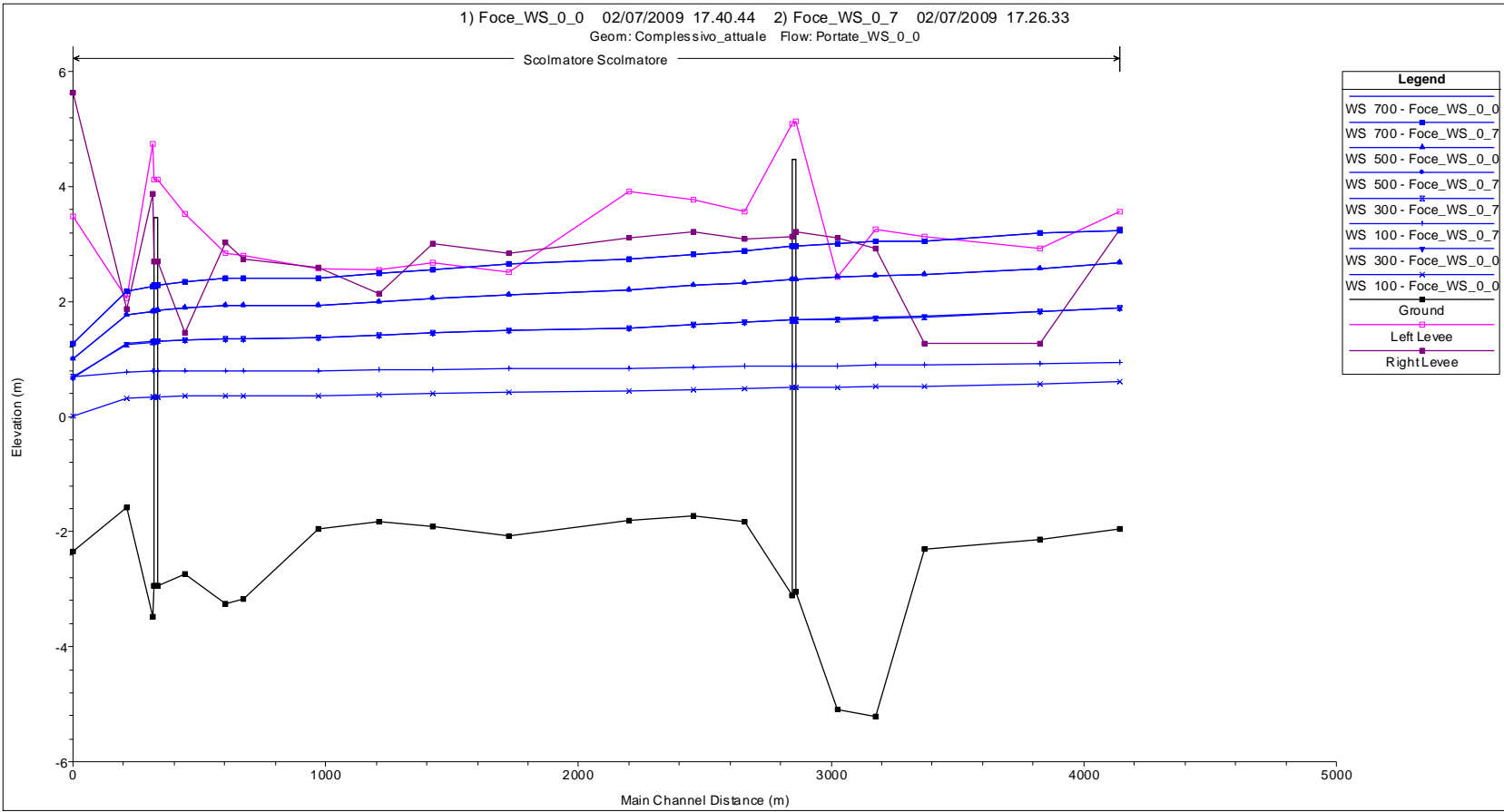


Figura 2 Profilo liquido alla foce dello Scolmatore



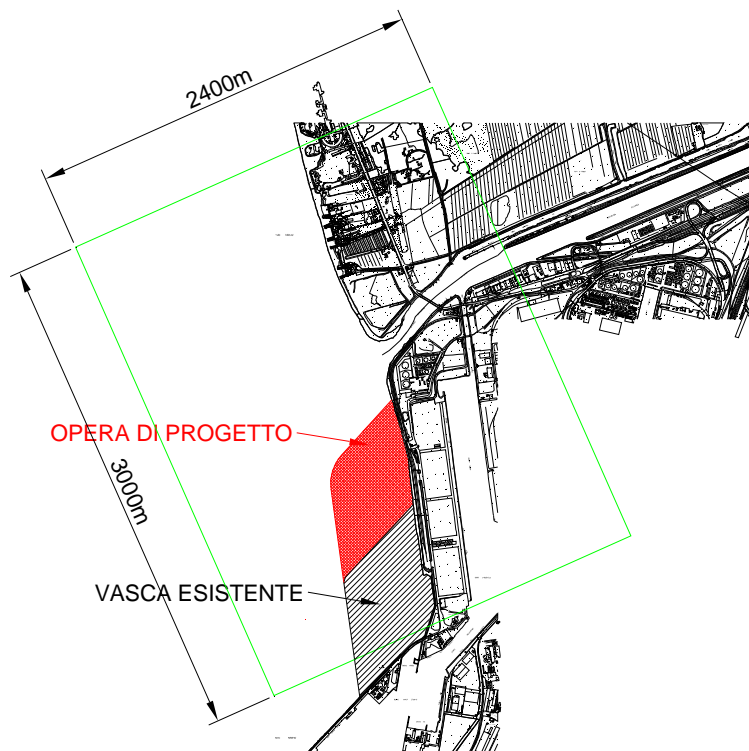
## 2.2 I MODELLI BIDIMENSIONALI

Come illustrato precedentemente per comprendere l'eventuale interazione tra la nuova opera ed il deflusso dello scolmatore, si è proceduto ad effettuare una analisi con modellazione bidimensionale. Per avere un quadro completo sono stati impiegati due modelli capaci di fornire informazioni distinte ed utili a comprendere i fenomeni in atto.

Entrambi i modelli sono stati impiegati su una griglia di dimensione 3x2.4 km (Figura 1), sufficientemente ampia per descrivere la circolazione idrodinamica alla foce e le eventuali interazioni con le nuove opere. Le celle di calcolo sono quadrate con dimensione 10 m.

Il primo modello impiegato (TufLOW®- descritto brevemente in appendice) consente di simulare il deflusso in condizioni non stazionarie e di valutare pertanto nel tempo l'andamento della superficie liquida e delle correnti.

Il secondo modello (CMS-Flow®- anch'esso descritto brevemente in appendice) è propriamente un modello di propagazione del moto ondoso accoppiato ad un modello di circolazione idrodinamica ed è capace di definire l'azione delle opere marittime in termini di riflessione, rifrazione e diffrazione. In più il modello consente di valutare il trasporto solido e la capacità del deflusso di rimuovere la barra di foce.



**Figura 3 Griglia di calcolo delle modellazioni bidimensionali**

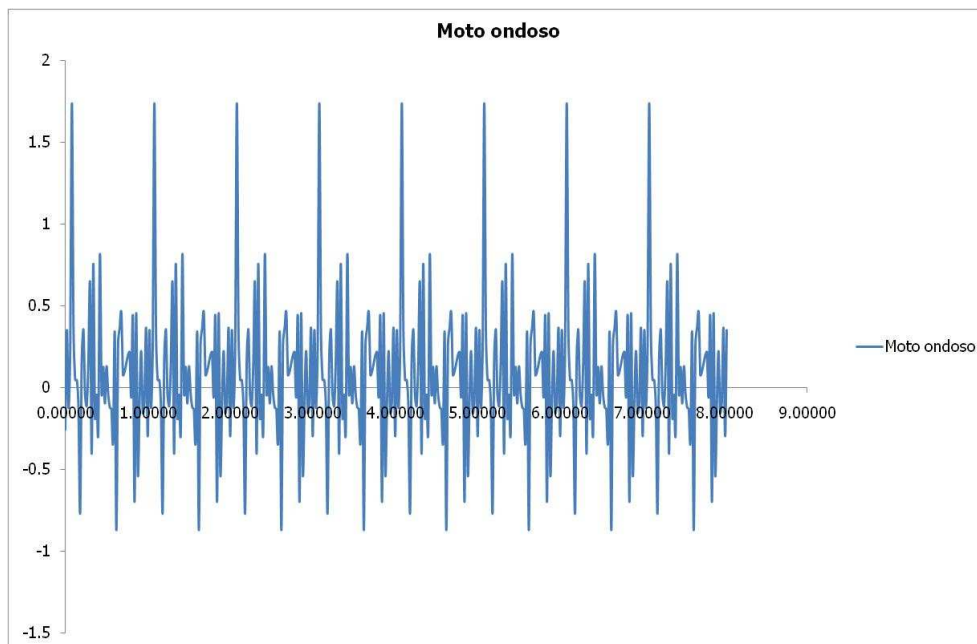


Si fa notare che in entrambi i casi non è stata considerata la possibilità del corso d'acqua di esondare (in particolare vi sono aree allagabili in destra idraulica), in quanto tale aspetto esula dall'oggetto della trattazione mirata a valutare l'influenza sul deflusso della nuova opera.

## 2.3 IL MODELLO NON STAZIONARIO TUFLOW

L'analisi è stata condotta per una portata nello scolmatore di 700 mc/s. Come condizioni al contorno è stato considerato l'effetto di una mareggiata da libeccio/ponente (per effetto delle secche della Meloria onde da tali direzioni di provenienza si comportano in maniera analoga), così come determinata dai modelli di propagazione moto ondoso riportato nello studio meteomarinò allegato al progetto.

In particolare è stata considerata una mareggiata di durata 8h con altezza d'onda (dislivello tra cavo e cresta) di circa 2.5 m (Figura 4) .



**Figura 4 Onda impiegata come condizione al contorno**

L'andamento della marea  $\eta$  è stata definita mediante le costanti armoniche principali M2, S2, N2, K2, K1 ed O1 (i cui parametri per il sito di Livorno sono riportati in Tabella 1), sommate con la relazione che segue.

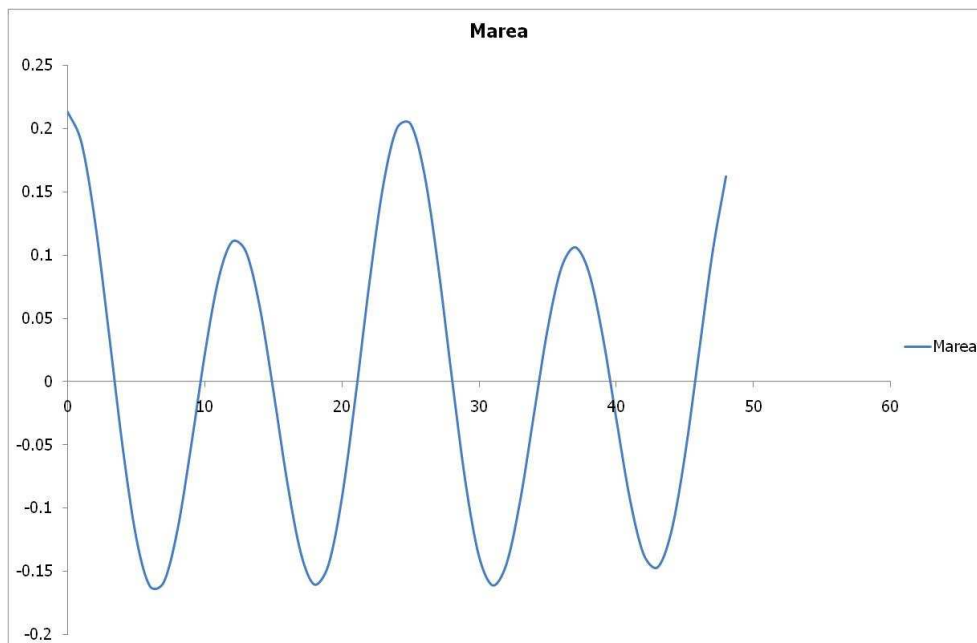
$$\eta(t) = \sum A \cos(\omega t + \varphi)$$



	<b>A (m)</b>	$\omega$	$\varphi$
<b>M2</b>	0.097	28.984	192.130
<b>S2</b>	0.036	30	210.400
<b>N2</b>	0.019	28.439	182.450
<b>K2</b>	0.011	30.082	204.230
<b>K1</b>	0.035	15.041	166.340
<b>O1</b>	0.015	13.943	86.720

**Tabella 1 Costanti armoniche per la definizione delle oscillazioni di marea**

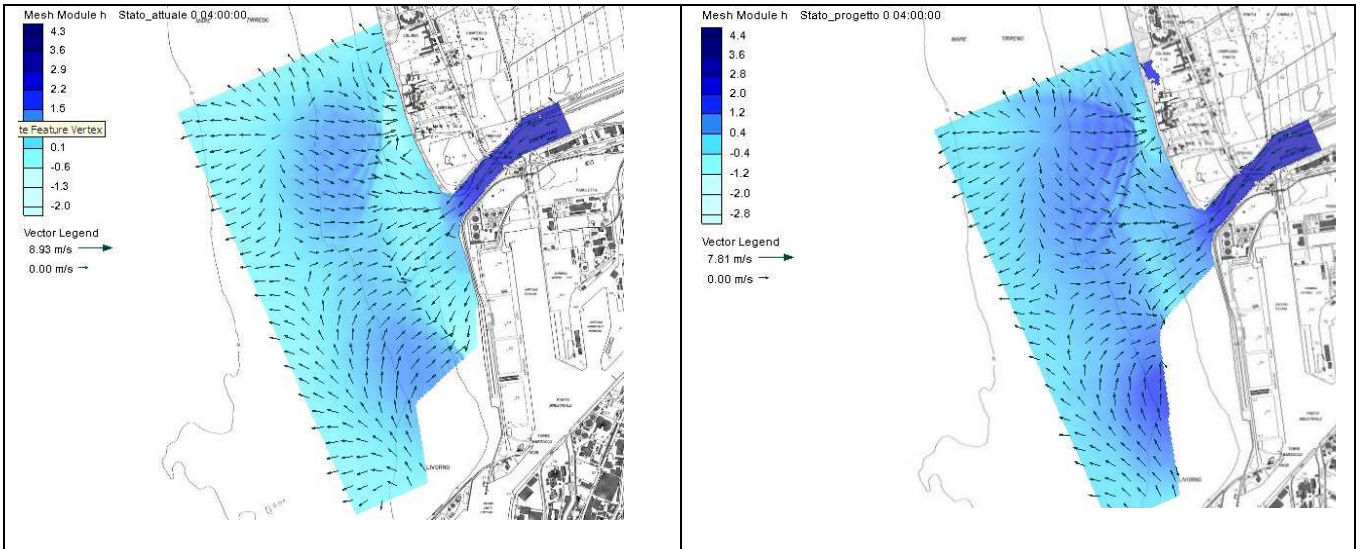
L'andamento del livello di marea è riportato in Figura 5, in cui è evidente che il dislivello tra alta e bassa è di circa 35-40 cm, valore coerente con il risultato dei mareografi.



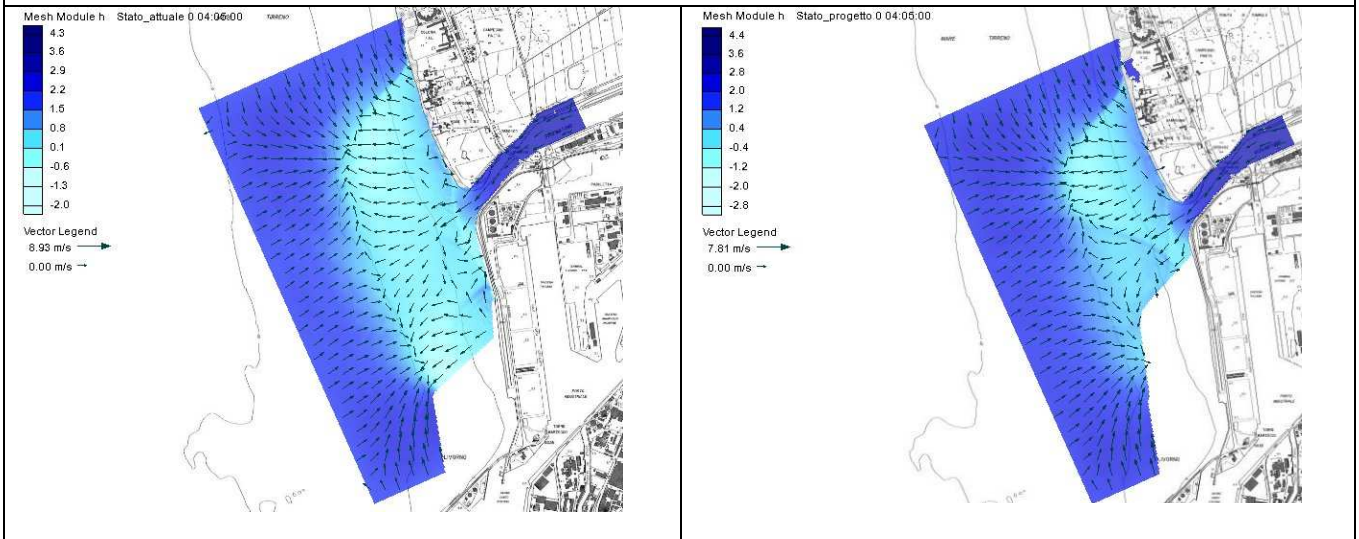
**Figura 5 Andamento delle oscillazione di marea (ascissa in ore ed ordinata in m)**

La simulazione è stata condotta sia nello stato attuale che in quello con l'opera presente per una durata complessiva di circa 5 h. I risultati (evidenti nelle figure che seguono) estrapolati nell'intervallo tra 4:00 e 4:30 h (tale intervallo è stato scelto perché riferito a condizioni a regime) con passo temporale 5 minuti hanno evidenziato una sostanziale invariabilità del campo idrodinamico e del profilo liquido in particolare in corrispondenza della foce.

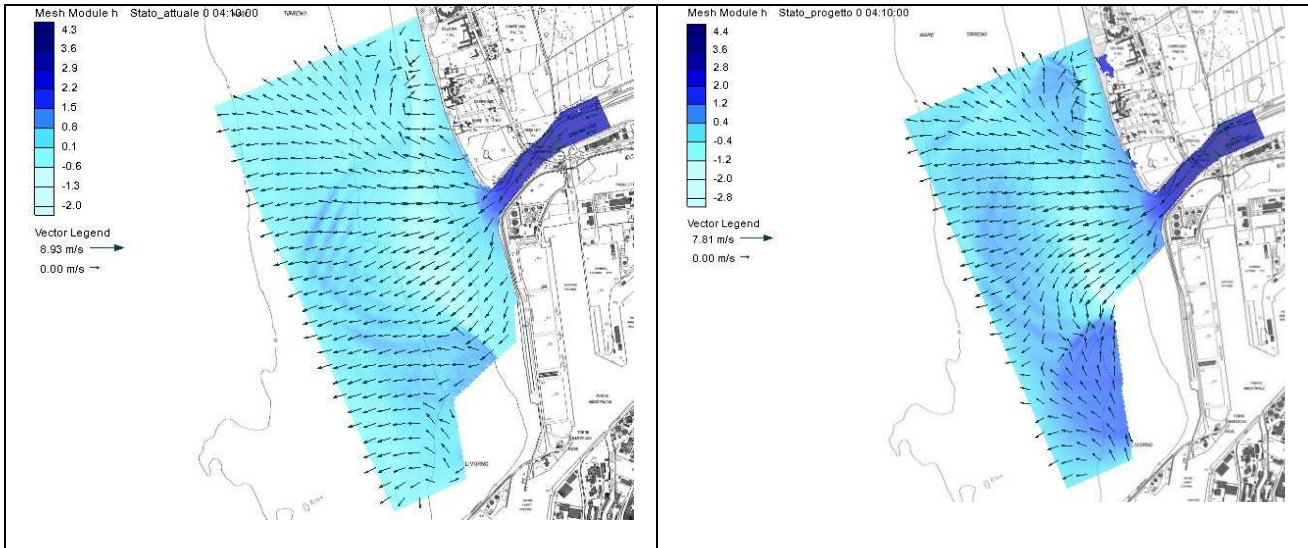




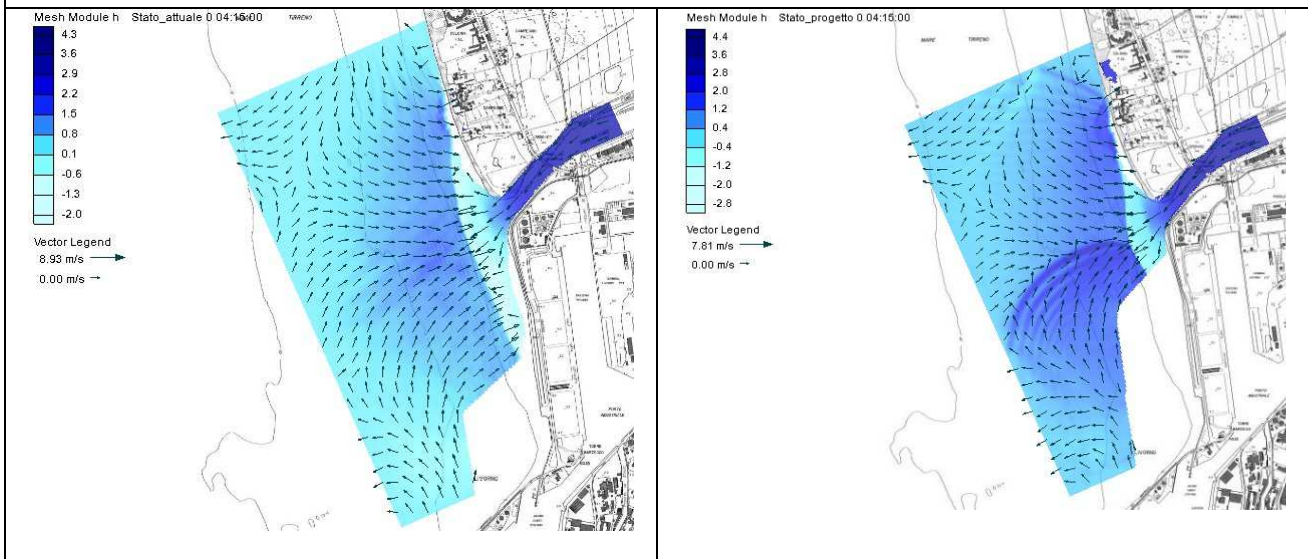
**Figura 6 Campo idrodinamico a tempo T=4:00 h (a sinistra stato attuale a destra stato di progetto)**



**Figura 7 Campo idrodinamico a tempo T=4:05 h (a sinistra stato attuale a destra stato di progetto)**

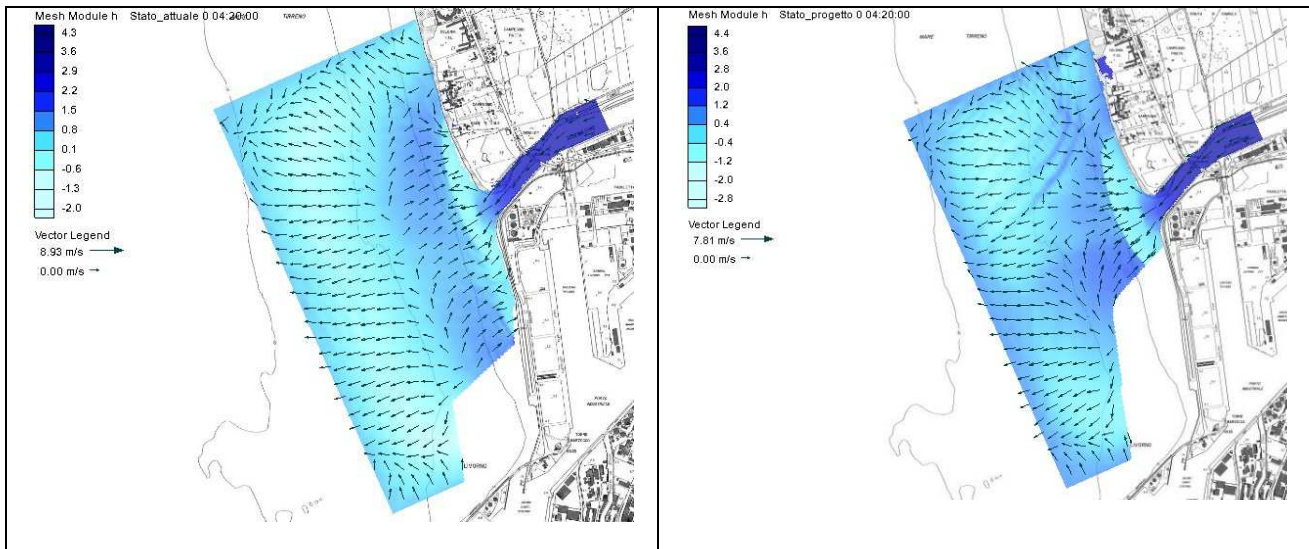


**Figura 8 Campo idrodinamico a tempo T=4:10 h (a sinistra stato attuale a destra stato di progetto)**

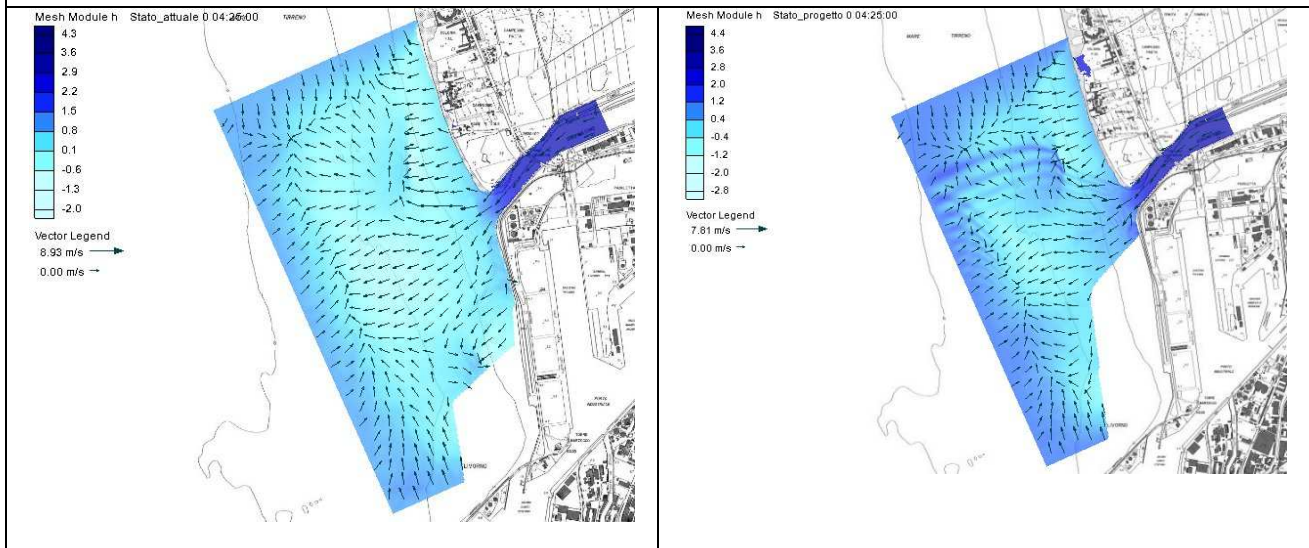


**Figura 9 Campo idrodinamico a tempo T=4:15 h (a sinistra stato attuale a destra stato di progetto)**

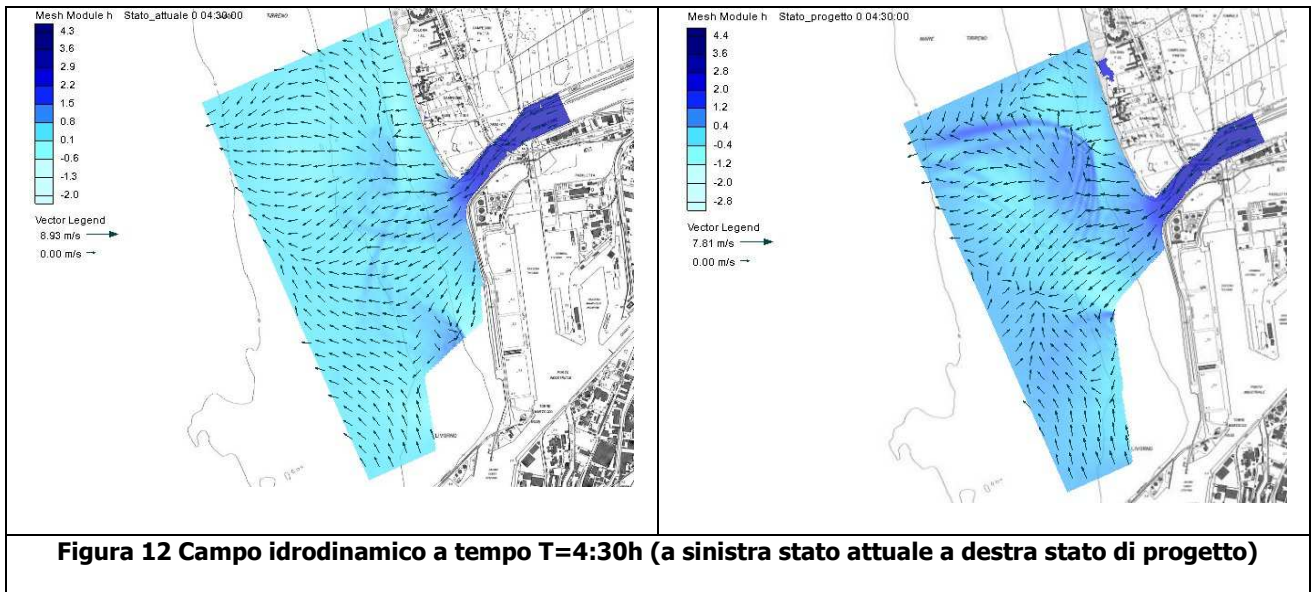




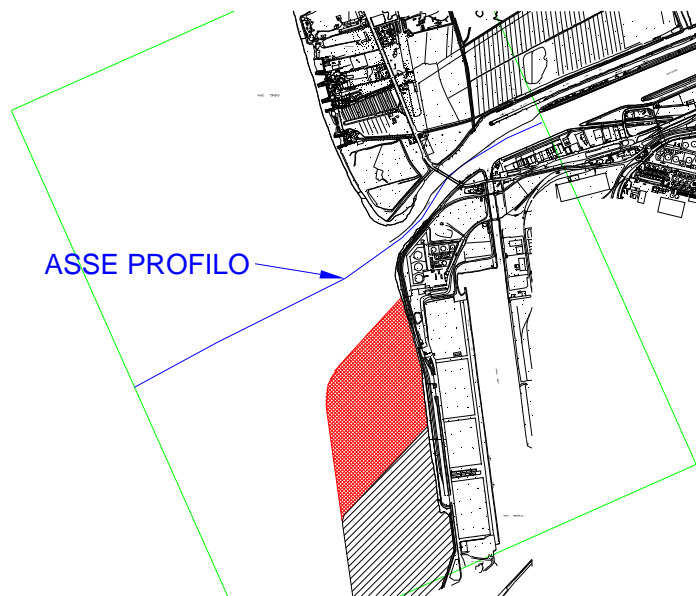
**Figura 10 Campo idrodinamico a tempo T=4:20 h (a sinistra stato attuale a destra stato di progetto)**



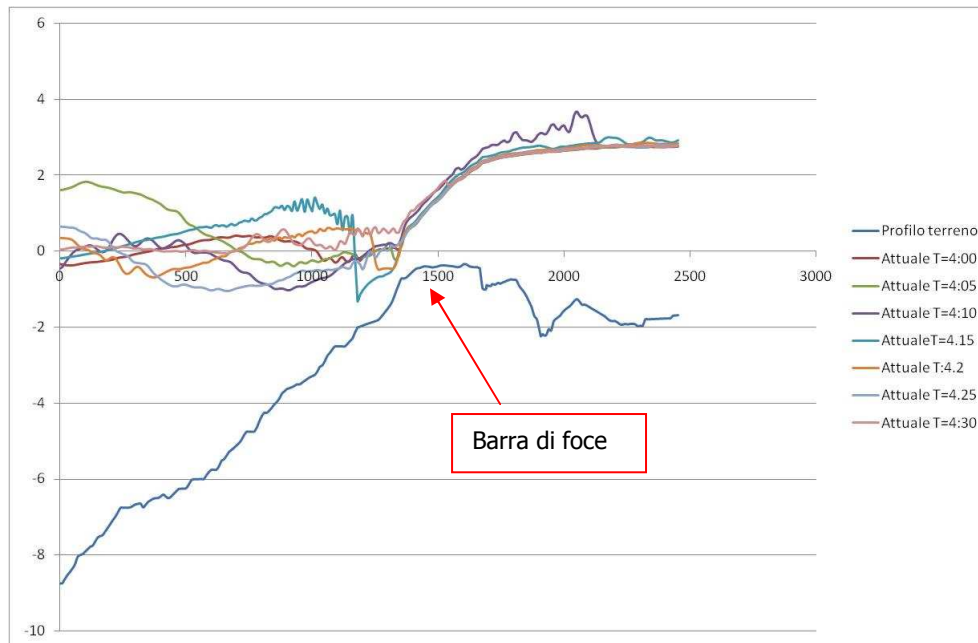
**Figura 11 Campo idrodinamico a tempo T=4:25h (a sinistra stato attuale a destra stato di progetto)**



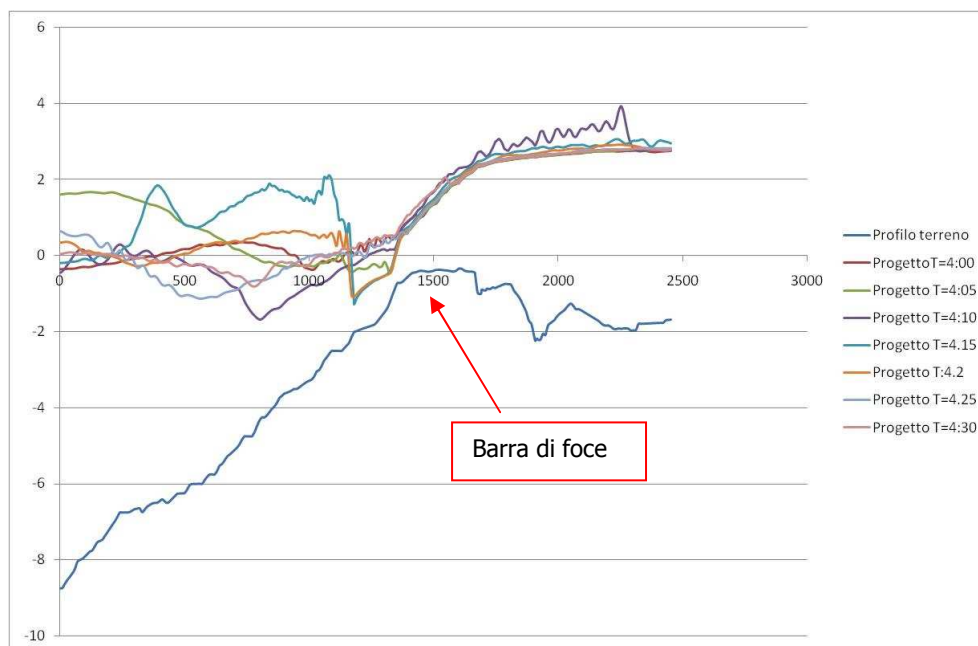
L'andamento del profilo liquido effettuato in asse al canale (Figura 13) in tale intervallo (Figura 14 e Figura 15) evidenzia differenze solo nella parte a mare (dovute alla presenza o meno della vasca stessa), ma non nella parte fluviale che rimane in pratica influenza dalla presenza della barra di foce che come già evidenziato con il modello monodimensionale regola il deflusso del profilo liquido.



**Figura 13 Profilo investigato**

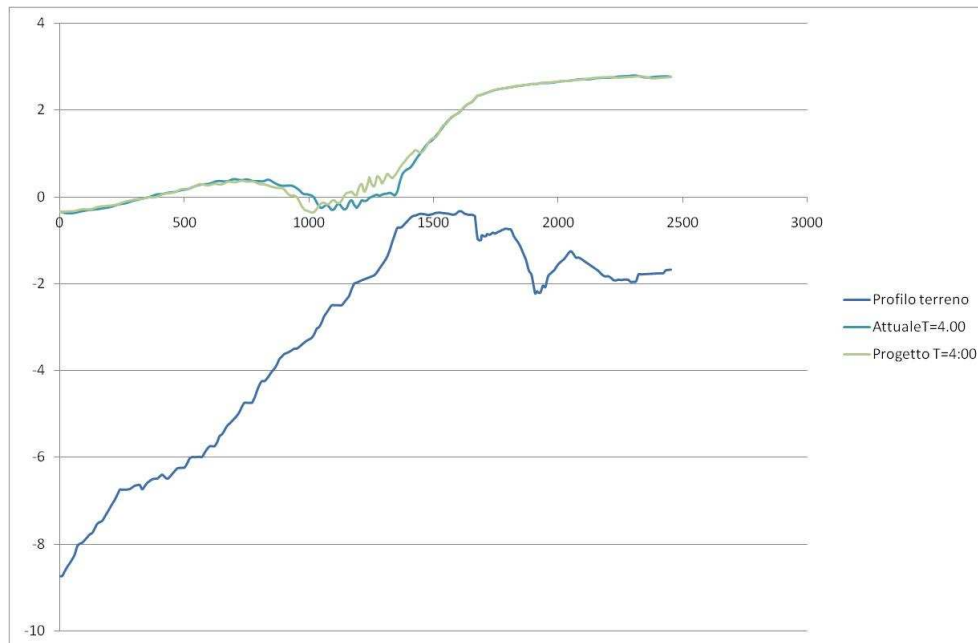


**Figura 14 Andamento del profilo liquido nello stato attuale**

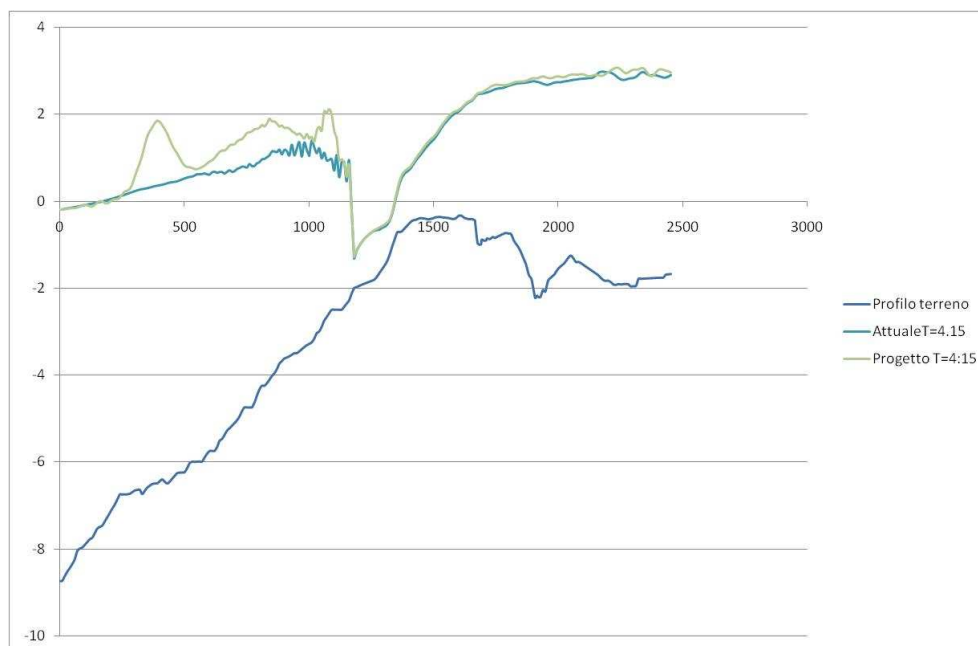


**Figura 15 Andamento del profilo liquido nello stato di progetto**

Più in particolare si riportano alcuni confronti tra profili liquidi attuali e di progetto per alcuni step di calcolo dove si evidenzia la modesta variazione del profilo liquido nella parte fluviale della foce

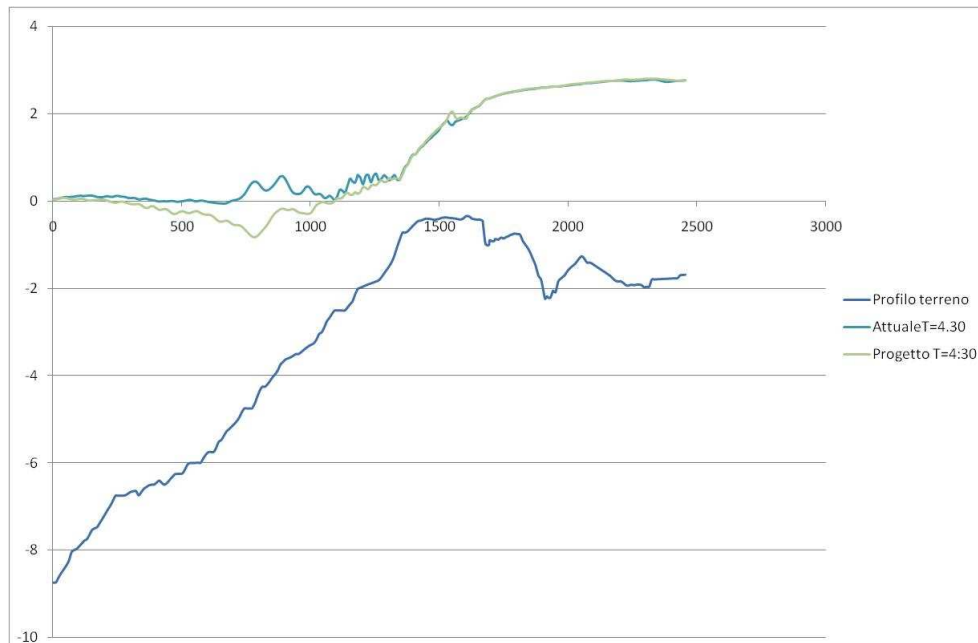


**Figura 16 Confronto tra profilo liquido nello stato di attuale e di progetto per T=4:00 h**



**Figura 17 Confronto tra profilo liquido nello stato di attuale e di progetto per T=4:15 h**





**Figura 18 Confronto tra profilo liquido nello stato di attuale e di progetto per T=4:30 h**

## 2.4 IL MODELLO D'ONDA CMS

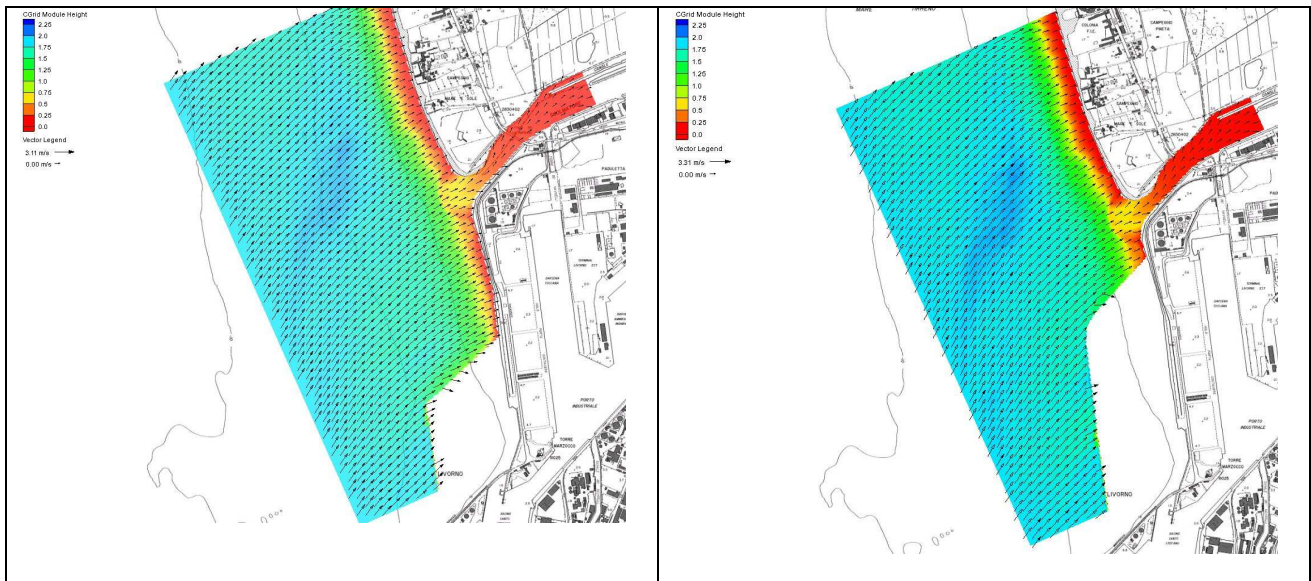
Il modello impiegato consente rispetto al precedente di considerare:

- Direzione dell'onda in ingresso (in particolare è possibile differenziare il comportamento per mareggiate di libeccio/ponente e di maestrale)
- Fenomeni propri della propagazione del moto ondoso (rifrazione, diffrazione moto ondoso)
- Trasporto solido e modifica morfologica dei fondali.

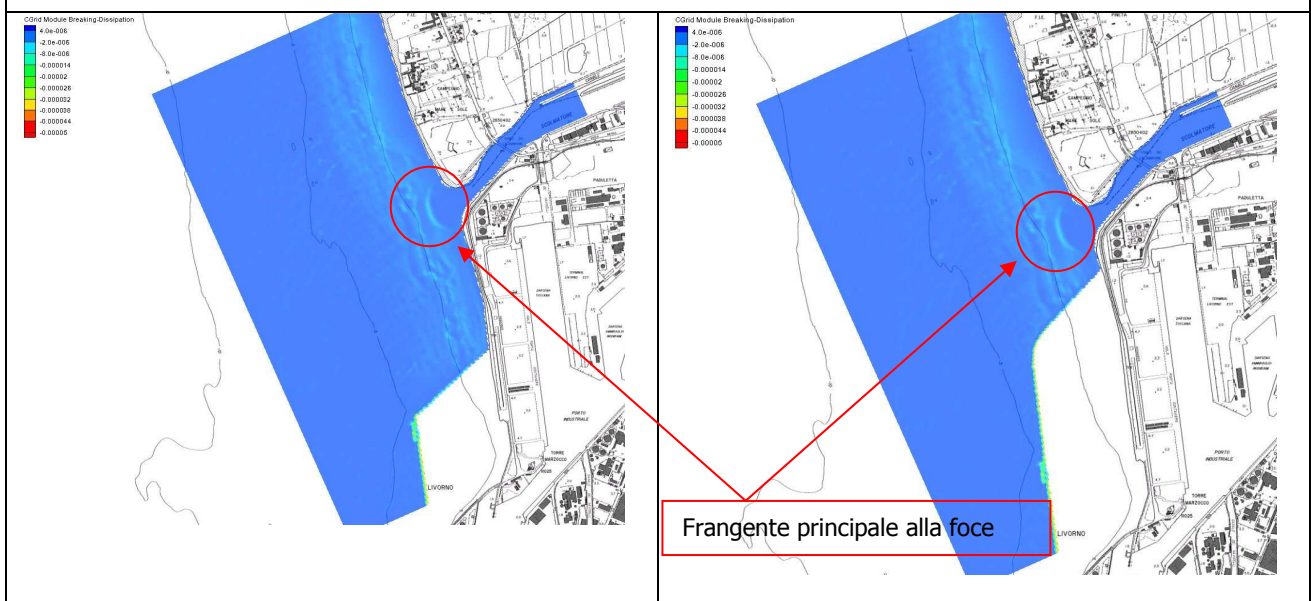
L'applicazione è stata effettuata per le mareggiate di maestrale e di libeccio/ponente che come già evidenziato nello studio meteo marino allegato al progetto sono quello che incidono maggiormente sul tratto di costa in oggetto. La durata complessiva dell'evento è stata di 24 h.

### 2.4.1 MAREGGIATA DI LIBECCIO/PONENTE

L'onda di ingresso per tali direzioni di provenienza (che sottocosta tendono ad avere la stessa direzione a causa dell'effetto indotto dalle secche della Meloria) ha un'altezza di circa 2 m e, come evidente nelle figure che segue, l'attenuazione del risulta estremamente simile.



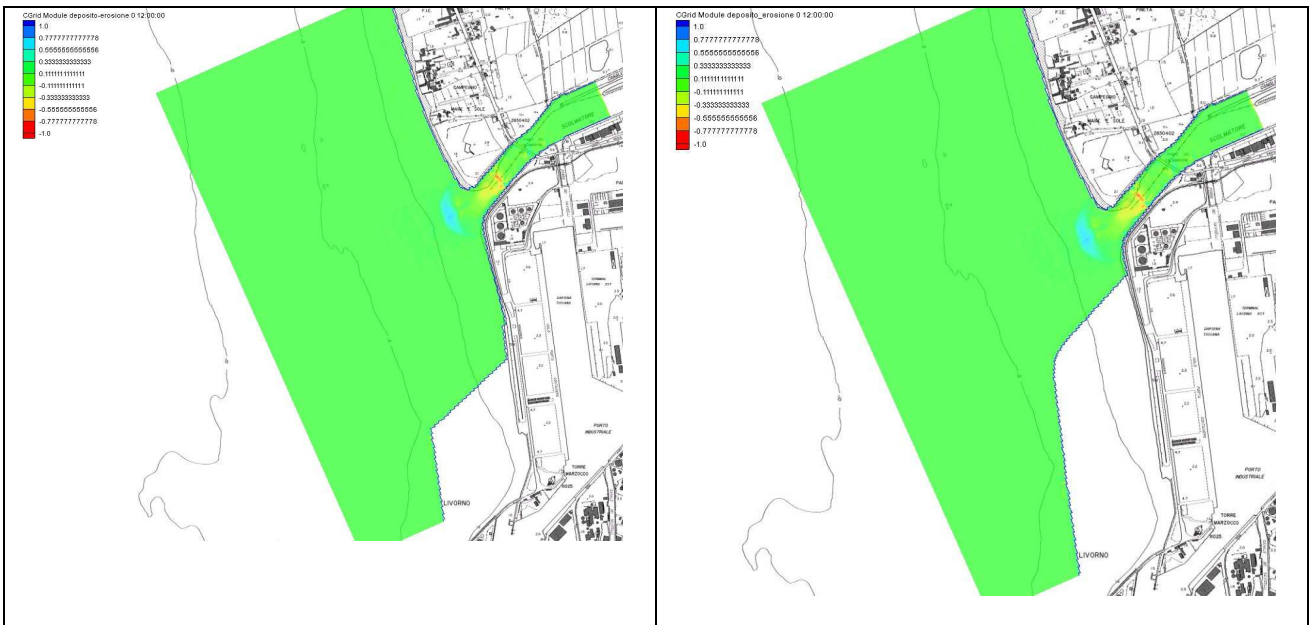
**Figura 19 Moto ondoso nello stato attuale (sinistra) e di progetto (destra) per una mareggiata proveniente da libeccio/ponente**



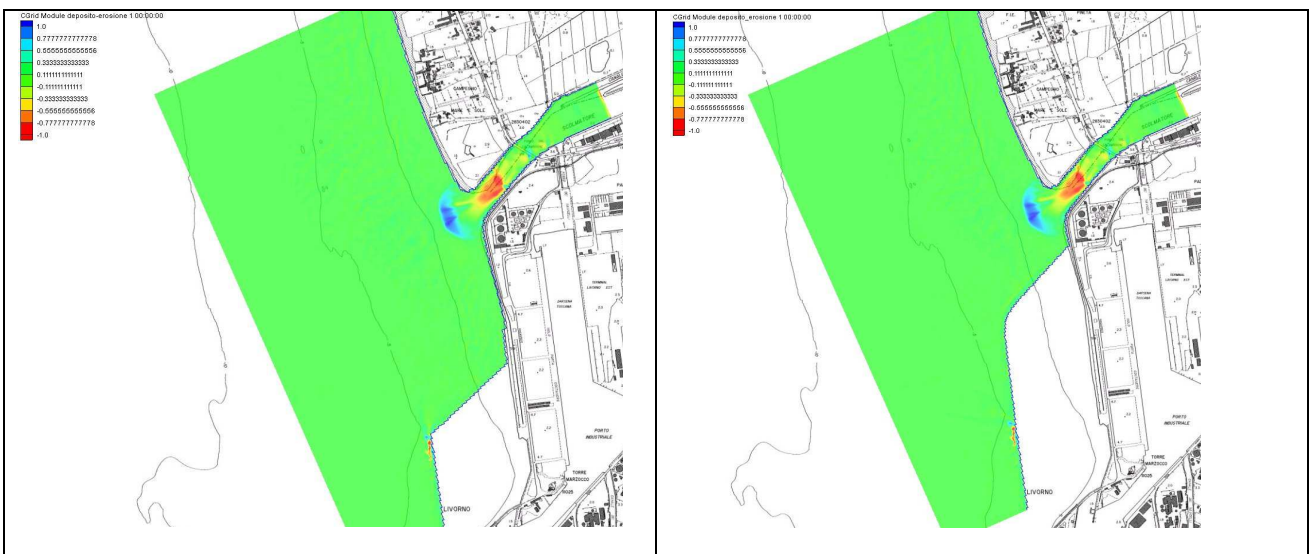
**Figura 20 Dissipazione di energia nello stato attuale (sinistra) e di progetto (destra) per una mareggiata proveniente da libeccio/ponente**

L'andamento della dissipazione d'energia, che è legata ai frangenti, mostra una variabilità modesta con un frangente principale che si verifica in prossimità della foce in (Figura 20) e che risulta inalterato per effetto della nuova opera.

L'esame dell'evoluzione del fondale (valutata per una diametro dei sedimenti pari a 0.2 mm) mostra che per la mareggiata in oggetto si ha una tendenza alla messa in moto del materiale sedimentato alla barra. Il materiale tende ad essere trasportato e riceduto nelle immediate vicinanze della foce laddove si verifica l'espansione della corrente.

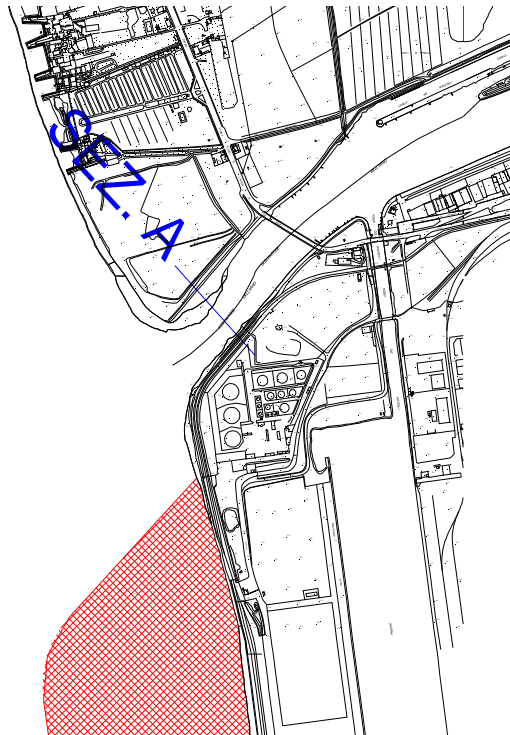


**Figura 21 Andamento del deposito e dell'erosione dopo 12 h nello stato attuale (sx) e di progetto (dx)**



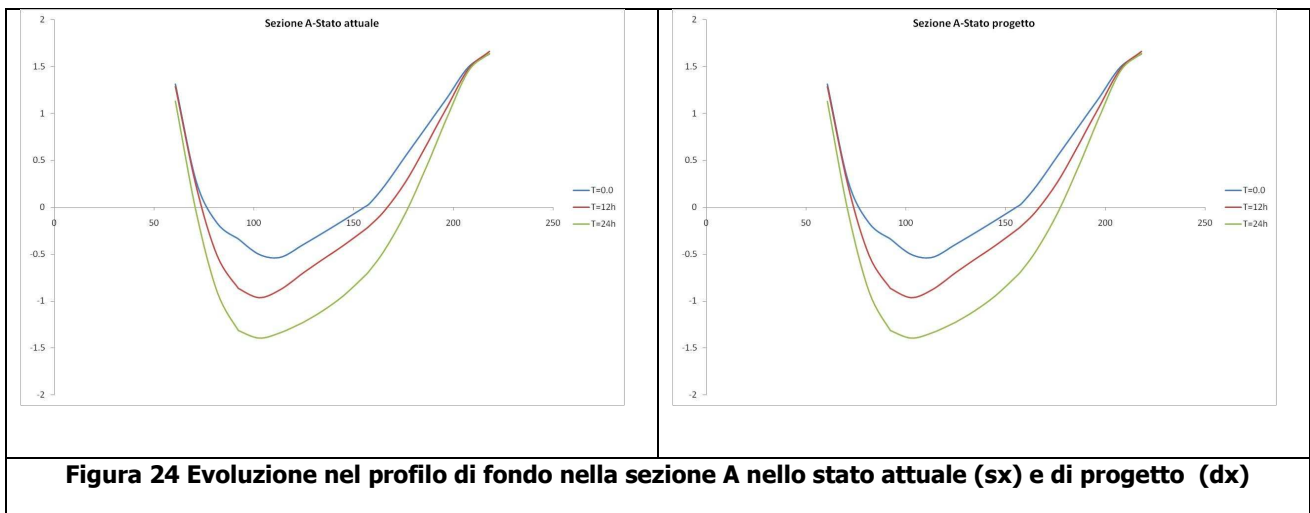
**Figura 22 Andamento del deposito e dell'erosione dopo 24 h nello stato attuale (sx) e di progetto (dx)**

Nella sezione A (Figura 23) in corrispondenza della barra di foce si ha la tendenza all'erosione nella parte centrale e nella sponda destra.



**Figura 23 Sezione A in corrispondenza della barra di foce**

Nelle due condizioni investigate (con l'opera o meno) non si registrano significative differenze (Figura 24) e la tendenza complessiva è di uniformare il fondale a quello delle parti limitrofe.

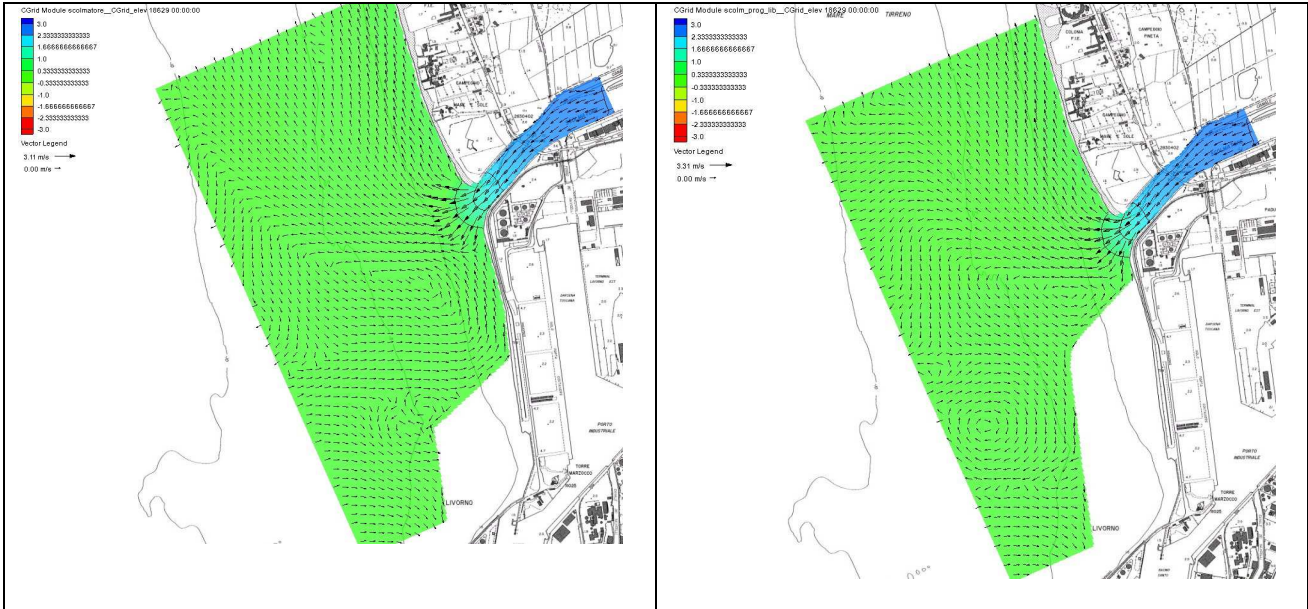


Da notare che la determinazione sopra, da considerare valida dal punto di vista qualitativo, evidenzia comunque la difficoltà di spostamento della barra di foce stessa, che subisce significative variazioni solo in un tratto circoscritto ed in presenza di portate significative (la modellazione è stata fatta per 700 mc/s).



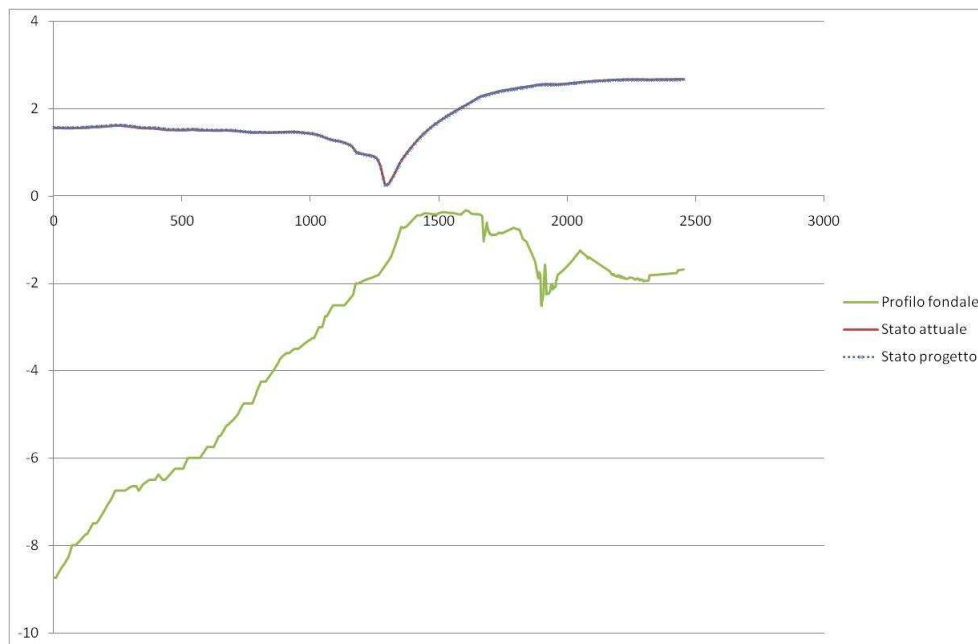


Per quanto riguarda il profilo liquido non si assiste a variazioni apprezzabili del profilo in presenza o meno dell'opera o della circolazione idrodinamica principale delle correnti in uscita dalla foce (Figura 25).



**Figura 25 Andamento del profilo liquido e della circolazione idrodinamica dopo 24 h nello stato attuale (sx) e di progetto (dx)**

Il valore del profilo liquido a monte nella sezione di riferimento (Figura 13) risulta pari a 2.66 m valore del tutto analogo a quello determinato con la modellazione non stazionaria (Figura 14 e Figura 15) e che contribuisce a dimostrare la validità del modello impiegato (Figura 26).

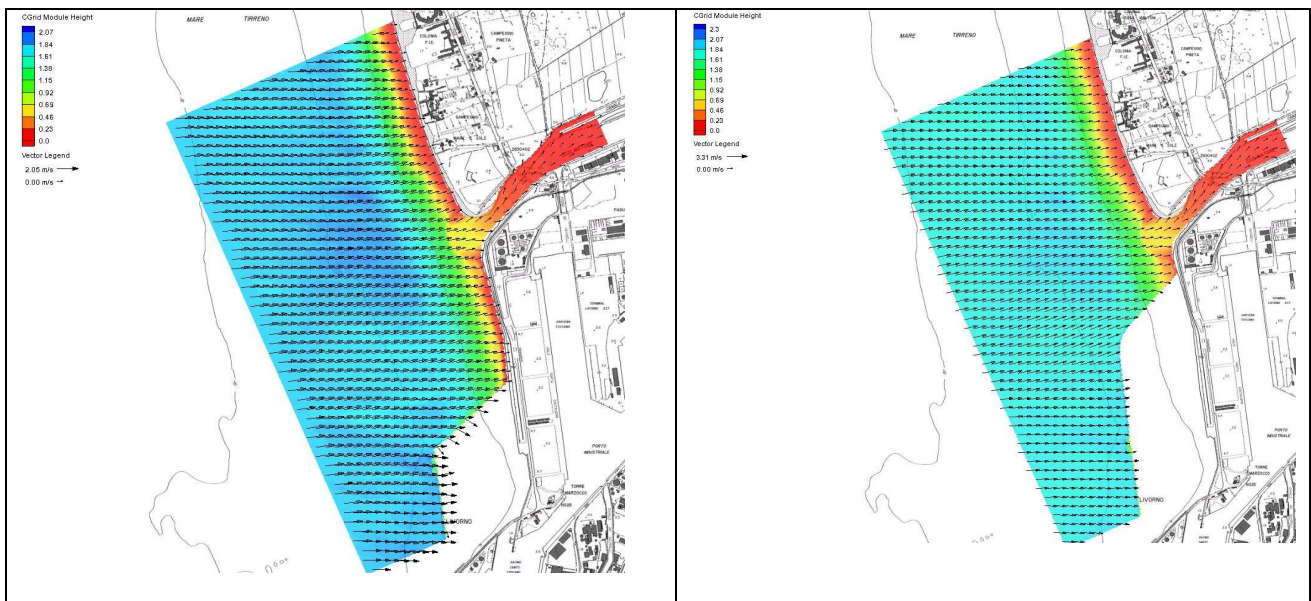


**Figura 26 Andamento del profilo liquido dopo 24 h nello stato attuale e di progetto**

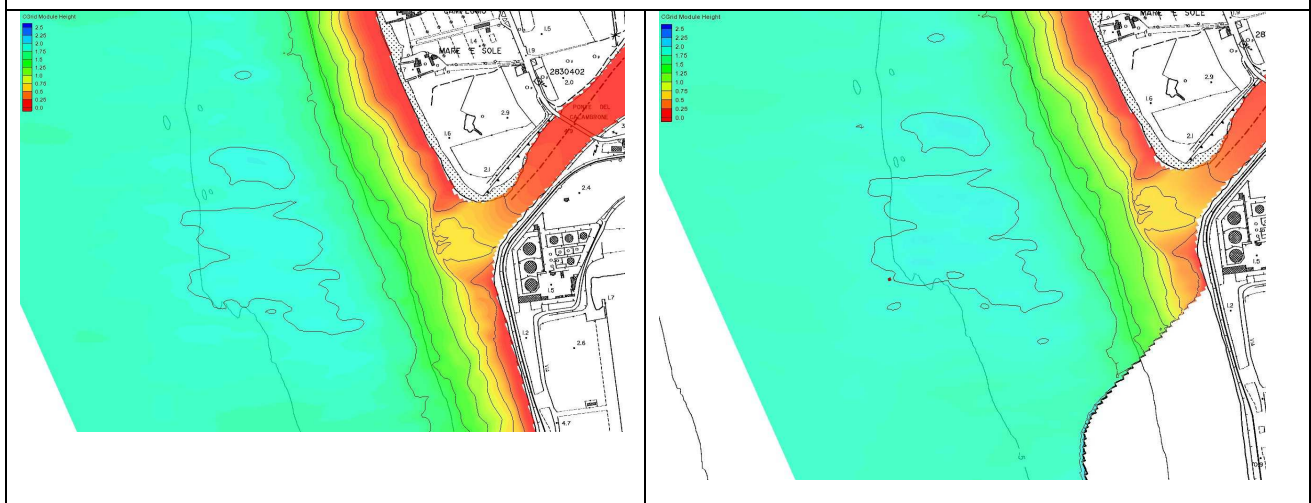


## 2.4.2 MAREGGIATA DI MAESTRALE

La presenza delle secche della Meloria fa sì che la mareggiata di maestrale si disponga con un angolo di circa 270°N al contorno della griglia di calcolo. Il valore dell'altezza d'onda risulta di circa 1.6 m ed il suo comportamento non definisce sostanziali modifiche per quanto riguarda il deflusso alla foce (Figura 27 e Figura 28). La riflessione indotta dalla nuova opera infatti risulta poco rilevante, anche perché come evidenziato nello studio meteomarinario allegato al progetto le onde tendono ad orientarsi quasi tutte perpendicolarmente alla riva. Per tale motivo la riflessione è presente prevalentemente sul lato della vasca parallela alla riva, riducendosi sul lato corto in vicinanza della foce.



**Figura 27 Altezze d'onda nello stato attuale (sinistra) e di progetto (destra) per una mareggiata proveniente da maestrale**

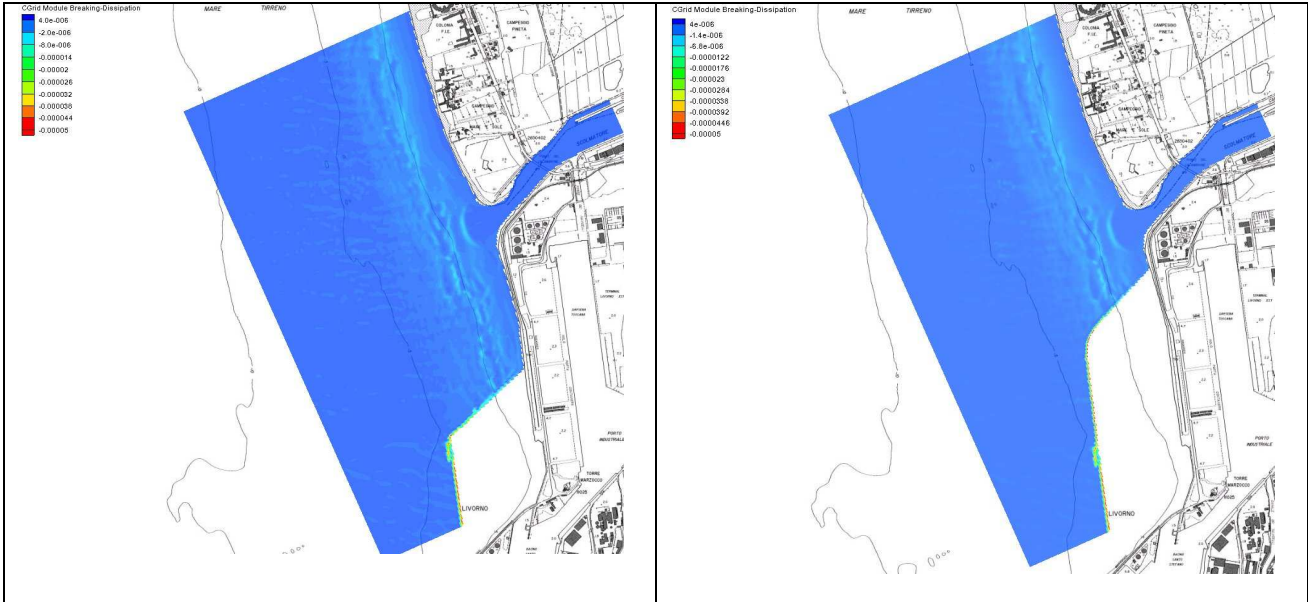


**Figura 28 Particolare delle altezze d'onda del moto ondoso nello stato attuale (sinistra) e di progetto (destra) per una mareggiata proveniente da maestrale**



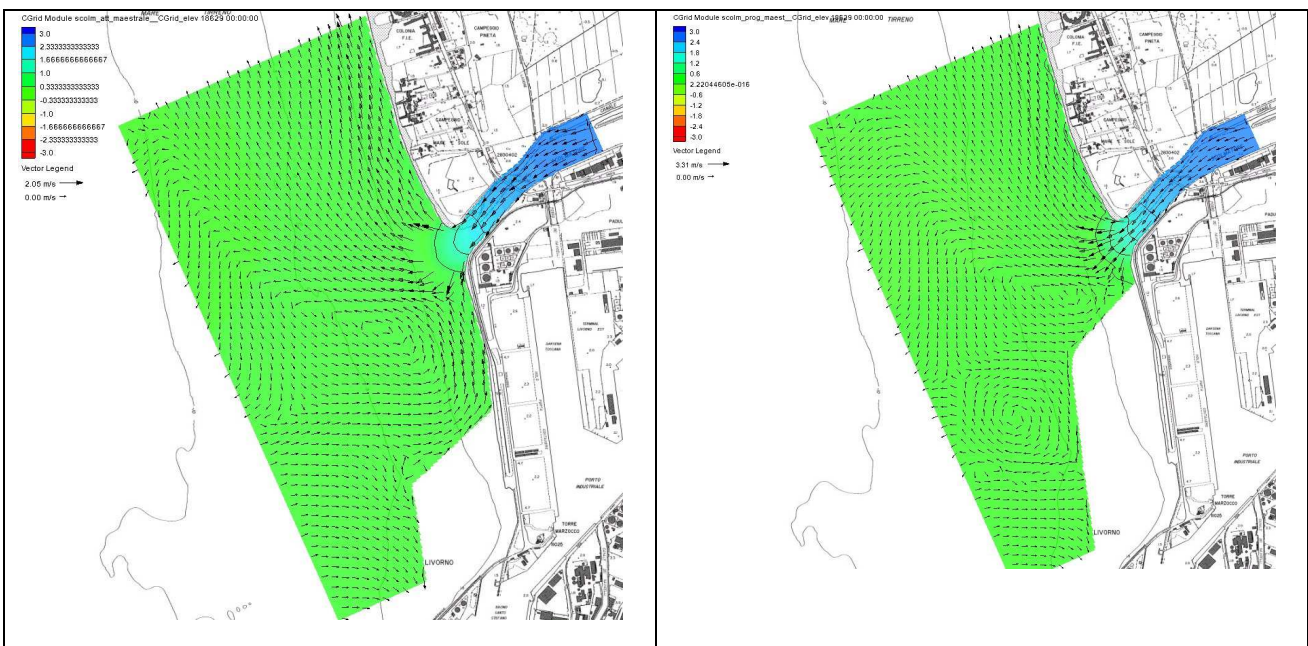


La dissipazione di energia e quindi il frangimento risulta analogo nelle due condizioni specialmente nel tratto antistante la foce che è anche quello che definisce maggiormente le condizioni al contorno per il deflusso dello scolmatore (Figura 29).



**Figura 29 Dissipazione di energia nello stato attuale (sx) e di progetto (dx) per una mareggiata di maestrale**

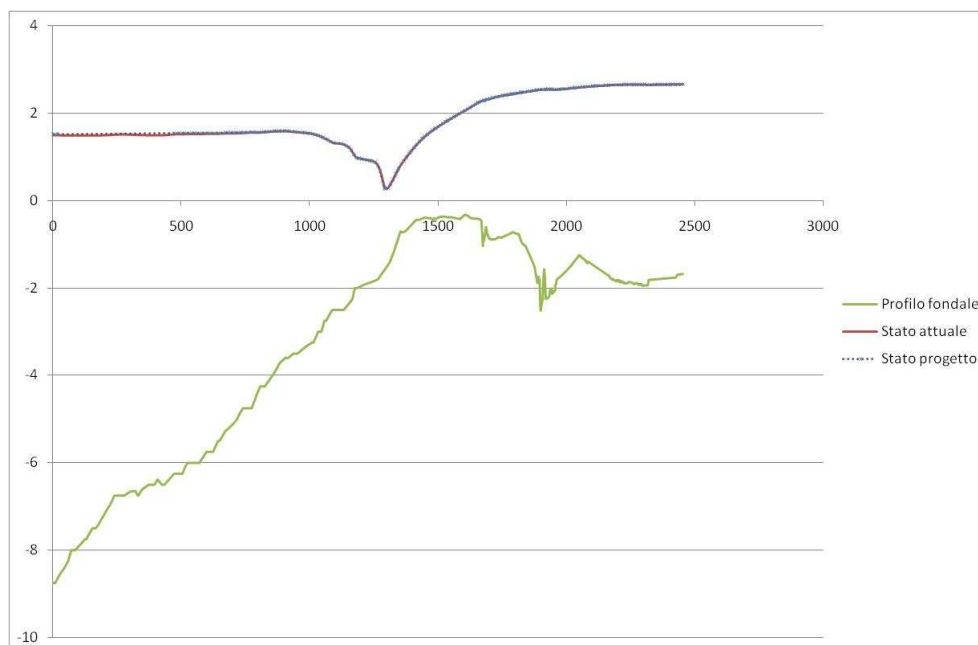
Infine la variazione del campo idrodinamico (Figura 30) risulta poco influenzata dalla presenza o meno della vasca tendendo comunque la corrente in uscita a deviare verso nord.



**Figura 30 Campo idrodinamico nello stato attuale (sx) e di progetto (dx) per una mareggiata di maestrale**



Anche in questo caso il profilo liquido assume andamento analogo con valore massimo all'ingresso di circa 2.66 m (Figura 31).



**Figura 31 Profilo liquido nello stato attuale e di progetto per una mareggiata di maestrale nella sezione di Figura 13**

### 3 RISCHIO IDRAULICO

L'analisi condotta ha consentito di stabilire che il deflusso alla foce dello Scolmatore risulta prevalentemente influenzato dalla barra di foce, che, abbastanza stabile e influenzata dal regime di moto ondoso viene rimossa solo in presenza di elevate e durature portate. La foce dello Scolmatore ai sensi del vigente PAI del Bacino del F. Arno (Figura 32) è caratterizzata da una pericolosità idraulica molto elevata (IV) in asse al canale ed elevata (III) in sponda destra. Tale pericolosità è dovuta alla possibilità di allagamenti dovuti ad insufficienze arginali, evidenziate anche nel presente lavoro (Figura 33).

Come evidenziato l'intervento in oggetto non interessa alcuna zona perimetrata o soggetta a rischio idraulico e, non modificando il deflusso delle acque alla foce, non produce aggravamenti di rischio su tutto il corso d'acqua che risulta prevalentemente influenzato dalla barra di foce esistente e non dalle condizioni meteo marine che si verificano nel tratto di costa antistante la foce.

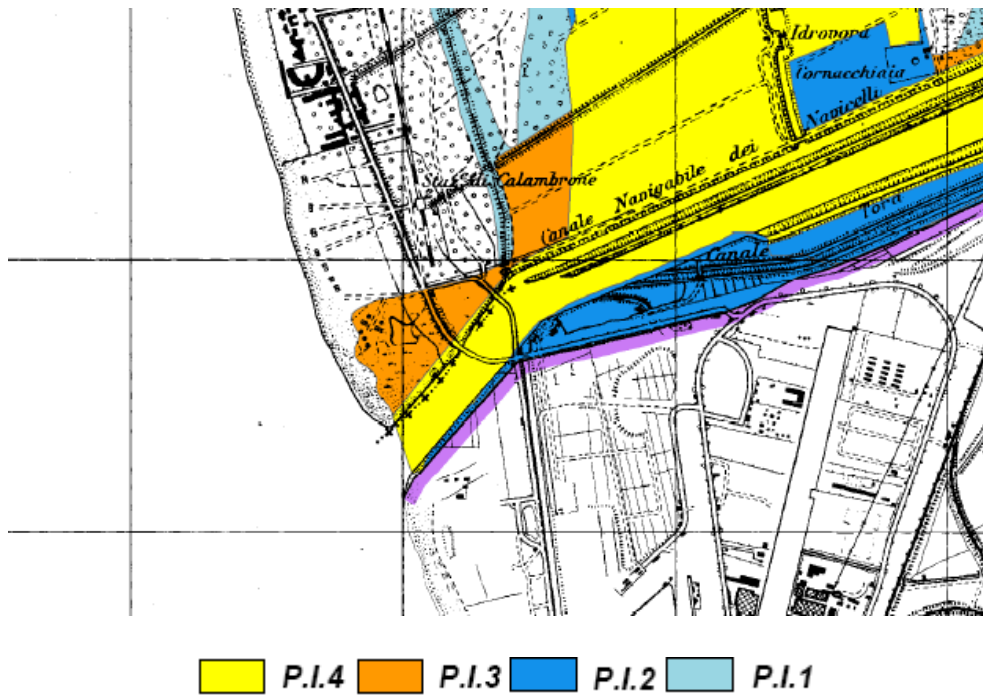


Figura 32 Pericolosità idraulica ai sensi del vigente PAI dell'Autorità di Bacino dell'Arno



Figura 33 Aree allagabili



---

## 4 CONCLUSIONI

---

Il presente studio mette in luce quale siano le condizioni di deflusso della foce dello Scolmatore nell'area intorno alla Nuova Vasca di contenimento. Lo studio effettuato con modellazioni mono e bidimensionali ha evidenziato che il regime del corso d'acqua è influenzato prevalentemente dalla barra di foce e non dalle condizioni al contorno che si verificano per l'effetto congiunto delle mareggiate e della marea. La barra come evidenziato in altri studi presenta scarsa mobilità, è regolata dal moto ondoso e può essere rimossa solo in presenza di rilevanti portate del Canale Scolmatore. L'opera proposta non produce sostanziali modifiche sul livello idraulico al contorno e di conseguenza il profilo liquido nel canale scolmatore risulta pressoché inalterato per le diverse condizioni di mareggiate esaminate (da libeccio/ponente e da maestrale). Si può concludere pertanto che non vi sono interferenze tra la nuova opera ed il deflusso del canale Scolmatore e che quindi non si prevedono variazioni del rischio idraulico delle aree circostanti la foce.

Si allega alla presente il fascicolo dei risultati della modellazione monodimensionale.

Livorno, giugno 2009

I tecnici

Ing. Maurizio Verzoni

Ing. Pietro Chiavaccini



---

## APPENDICE

---

In appendice si riportano i codici di calcolo dei modelli utilizzati, tratti dai capitoli dei manuali riguardanti le equazioni che governano le simulazioni. Nell'elenco puntato che segue, accanto ad ogni modello è riportato il riferimento al manuale dal quale queste informazioni sono tratte.

- CMS-FLOW (ex Wave-Action Balance Equation Diffraction (Wabed Model: Tests of Wave Diffraction and Reflection at Inlets. L. Lin et al. Luglio 2006).
- TUFLOW (Two-dimensional Unsteady Flow Model- WBM Oceanics-1991)

Il modello CMS-FLOW è quello che meglio si adatta allo studio del moto ondoso in acque basse ed in presenza di strutture perché tiene conto sia dei fenomeni di rifrazione che di diffrazione. Il modello è di recente elaborazione e tra il materiale bibliografico a disposizione, oltre alla pubblicazione appena citata, vi è quella dal titolo Wabed Model in the SMS: Part 2. Graphical Interface di Z. Demirbilek et al. Maggio 2007, che descrive gli aspetti del modello legati all'interfaccia grafica. Sebbene la pubblicazione riguardante il codice di calcolo e la descrizione delle equazioni che governano il modello non sia ancora disponibile, nell'articolo del luglio 2006, è riportato il confronto tra i risultati ottenuti da esperienze di laboratorio e quelli forniti dall'applicazione del codice di calcolo Wabed. Nella pubblicazione, dunque, sono comprovate l'efficienza e l'affidabilità del modello. Tale modello rappresenta una evoluzione del modello STWAVE di cui si descrivono le principali caratteristiche

### CODICE DI CALCOLO DEL MODELLO STWAVE

Il modello STWAVE è un modello alle differenze finite e si basa sull'equazione di equilibrio dell'azione dell'onda. Le onde sono modellate mediante uno spettro bidimensionale della densità di azione e l'interazione delle onde con le correnti è valutata considerando la relazione:

$$w_r^2 = gk \tanh(kd)$$

dove  $w$  è la frequenza angolare,  $r$  il pedice che indica che il sistema di riferimento è relativo alla corrente,  $k$  il numero d'onda,  $d$  la profondità di acqua.

Nel sistema di riferimento assoluto al relazione diviene:

$$w_a = w_r + kU \cos(\vartheta - x)$$





dove  $a$  è il pedice che indica il sistema di riferimento assoluto,  $U$  è la velocità della corrente,  $\delta$  la direzione della corrente,  $\alpha$  la direzione ortogonale all'onda. Il numero d'onda  $k$  è determinato iterativamente, risolvendo le due equazioni.

Il modello STWAVE è in grado di tenere conto gli effetti di rifrazione, shoaling, diffrazione e frangimento. Per tenere conto dei fenomeni di rifrazione e di shoaling è necessario conoscere la celerità dell'onda  $C$  e quella di gruppo  $C_g$ . La direzione di entrambe le celerità è  $\alpha$ , ortogonale all'onda ed i moduli sono così calcolati:

$$C_r = w_r / k \quad C_g = 0.5C_r \left( 1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right)$$

In termini assoluti le celerità si calcolano:

$$C_a = C_r + U \cos(\delta - \alpha)$$

$$(C_{ga})_i = (C_{gr})_i + (U)_i$$

dove  $i$  è la notazione tensoriale per le componenti in direzione  $x$  e  $y$ . In questo caso, la direzione della celerità dell'onda è sempre quella ortogonale mentre la direzione della celerità di gruppo è data:

$$\mu = \tan^{-1} \left( \frac{C_{gr} \sin \alpha + U \sin \delta}{C_{gr} \cos \alpha + U \cos \delta} \right)$$

La direzione della celerità di gruppo è fondamentale nel caso si debbano descrivere le interazioni onde-corrente. Infatti con le correnti l'energia delle onde si muove lungo la direzione della celerità di gruppo mentre, nel caso si consideri solo l'azione delle onde le direzioni delle due celerità coincidono. Tenendo conto dell'interazione onde-correnti l'equazione che governa la conservazione dell'azione dello spettro d'onda lungo la direzione di propagazione della celerità di gruppo è data:

$$(C_{ga})_i \frac{\delta}{\delta x_i} \frac{C_a C_{ga} \cos(\mu - \alpha) E(w_a, \alpha)}{w_r} = \sum \frac{S}{w_r}$$

dove  $E$  è la densità di energia dell'onda divisa per  $\rho_w$ , la densità dell'acqua,  $S$  l'energia sorgente.

Gli effetti dei fenomeni di diffrazione, invece, sono valutati attraverso la relazione:

$$E_j(w_a, \alpha) = 0.55E_j(w_a, \alpha) + 0.225[E_{j+1}(w_a, \alpha) + E_{j-1}(w_a, \alpha)]$$



dove  $E$  è la densità di energia in una data frequenza e direzione e  $j$  è il pedice che indica la colonna della griglia.

Infine, i limiti per il frangimento sono calcolati secondo la formula di Miche:

$$H_{m0_{max}} = 0.1L \tanh(kd)$$

Il TUFLOW (Two-dimensional Unsteady FLOW) è un modello bi-dimensionale alle differenze finite in grado di simulare inondazioni e variazioni di marea e comprende sia il programma ESTRY (1D, quasi-2D) sia l'algoritmo di soluzione completamente bidimensionale.

ESTRY è un potente programma in grado di modellare matematicamente le inondazioni e le maree sviluppato da WBM Oceanics Australia e applicato con successo su migliaia di casi relativi sia a semplici corsi d'acqua (1D) che a situazioni complesse (2D). Il modello si basa sulla soluzione numerica delle equazioni di continuità e della quantità di moto in condizioni non permanenti, considerando anche i termini inerziali.

$$B \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(Au)}{\partial x} = 0 \text{ (Equazione di continuità 1D)}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + k \cdot |u| \cdot u = 0 \text{ (Quantità di moto 2D)}$$

dove  $u$  è la velocità alla profondità ed alla larghezza medie,  $\zeta$  è il livello liquido,  $t$  il tempo,  $x$  la distanza,  $A$  l'area della sezione,  $B$  la larghezza,  $k$  il coefficiente che tiene conto delle perdite di energia:  $K = \frac{g \cdot n^2}{R^{4/3}}$  dove  $n$  è il coefficiente di Manning,  $R$  il raggio idraulico e  $g$  l'accelerazione di gravità.

Tali equazioni sono risolte nel TUFLOW mediante la tecnica di Runge-Kutta alle differenze finite e la soluzione 1D è determinata tenendo conto di termini fondamentali quali la propagazione delle onde, l'attrito al fondo (equazione di Manning), i termini inerziali.

Unitamente agli scenari di un normale canale a pelo libero, ESTRY è inoltre in grado di modellare regimi di corrente subcritici e supercritici, canali non inerziali, tombini circolari e rettangolari, ponti, stramazzi, strutture definite dall'utente e canali unidirezionali.

Per quanto riguarda l'algoritmo completamente bidimensionale, il TUFLOW risolve le equazioni bidimensionali del livello liquido in acque basse (SWE). Queste sono utilizzate per modellare le



onde lunghe causate, per esempio, dalle maree, dalle piene o da improvvisi ed importanti innalzamenti del livello liquido. Tali equazioni sono ricavate sotto le ipotesi che lungo la verticale la velocità orizzontale sia uniforme e sia trascurabile l'accelerazione rendendo dunque valida la distribuzione idrostatica delle pressioni. Queste ipotesi sono valide dove la lunghezza d'onda è molto più grande della profondità d'acqua. Quanto appena descritto si traduce nelle equazioni differenziali riportate di seguito:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} = 0 \quad (\text{Equazione di continuità 2D})$$

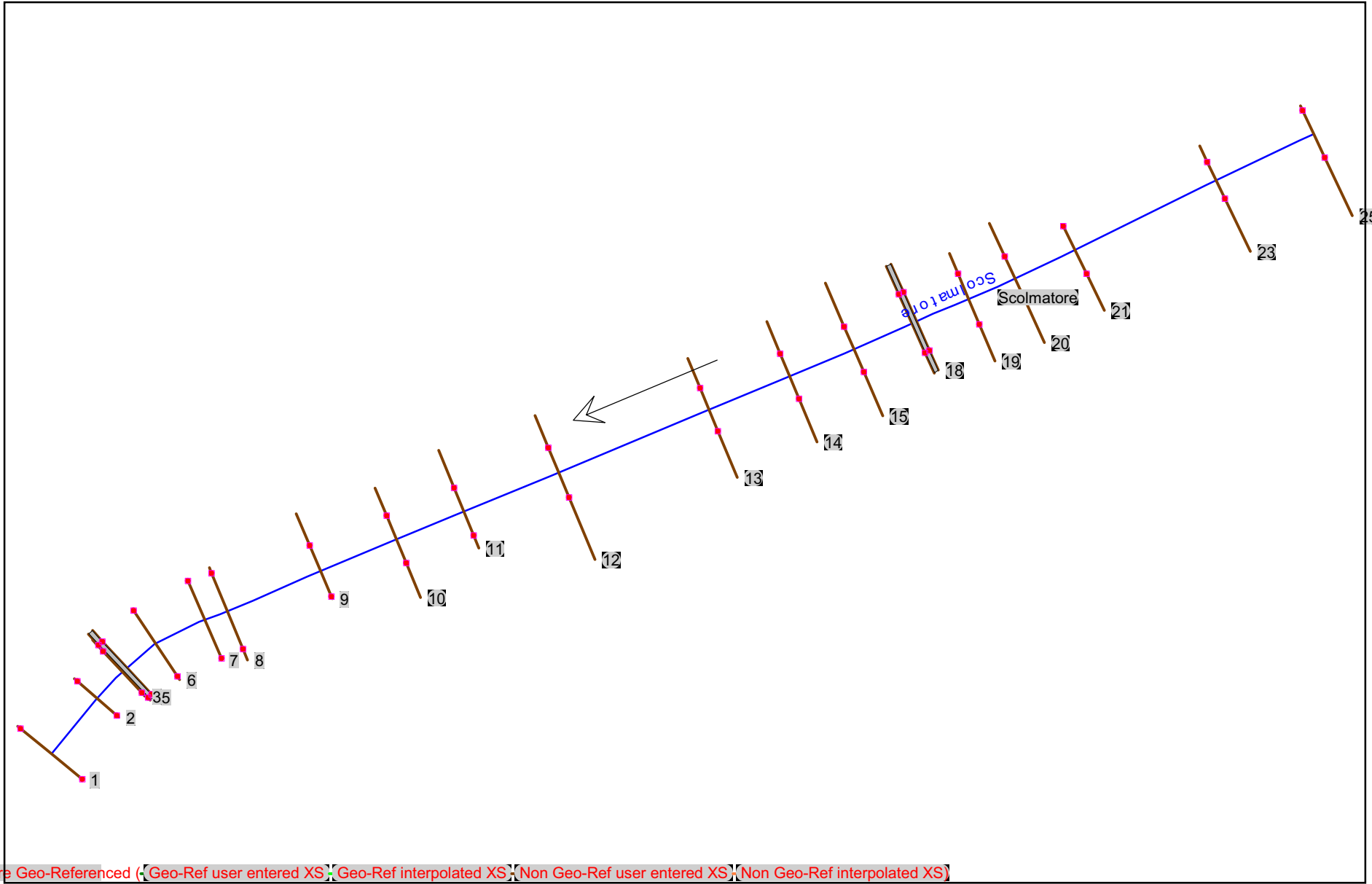
$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - c_f \cdot v + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g \cdot u \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 \cdot H} - \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = F_x \quad (\text{Quantità di moto lungo l'asse x})$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + c_f \cdot u + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + g \cdot v \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 \cdot H} - \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = F_y \quad (\text{Quantità di moto lungo l'asse y})$$

dove  $\zeta$  è l'elevazione della livello liquido,  $u$  e  $v$  le componenti della velocità alla profondità media rispettivamente lungo l'asse  $x$  e  $y$ ,  $H$  la profondità d'acqua,  $t$  il tempo,  $x$  ed  $y$  le distanze lungo le rispettive direzioni,  $c_f$  il coefficiente di Coriolis,  $C$  il coefficiente di Chezy,  $\mu$  il coefficiente di diffusione orizzontale,  $p$  la pressione atmosferica,  $\rho$  la densità dell'acqua,  $F_x$  e  $F_y$  la somma delle componenti delle forze esterne lungo l'asse  $x$  e  $y$ , rispettivamente. I termini delle equazioni appena scritte sono da attribuirsi a differenti fenomeni fisici: la propagazione delle onde dovute alle forze gravitazionali, i fenomeni di diffusione ed avvezione, le azioni delle forze esterne come attrito al fondo, rotazione della terra, vento, le onde e la pressione barometrica.

La procedura di calcolo per risolvere tali equazioni è composta di due stadi ognuno dei quali avente due fasi. Nella prima fase del primo stadio, il programma risolve l'equazione della quantità di moto lungo  $y$  per la velocità lungo tale direzione attraverso un metodo del tipo predictor/corrector. Nella seconda fase del primo stadio, viene calcolato il livello liquido e la velocità lungo l'asse  $x$  risolvendo le equazioni di continuità e della quantità di moto.

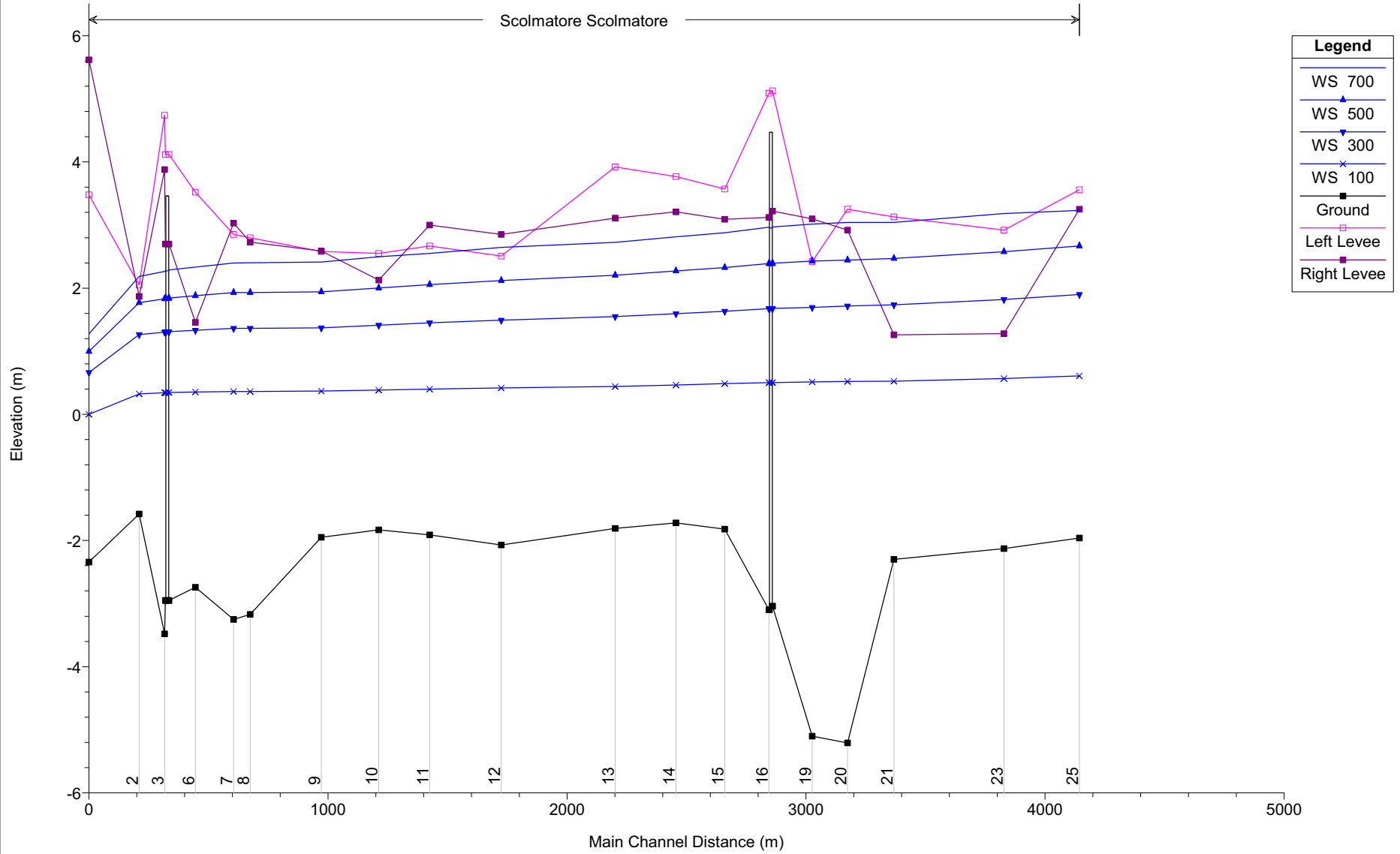
Nel secondo stadio vengono risolte le stesse equazioni ma lungo le altre due direzioni: nella prima fase del secondo stadio lungo  $x$ , nella seconda fase del secondo stadio lungo  $y$ .



Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44

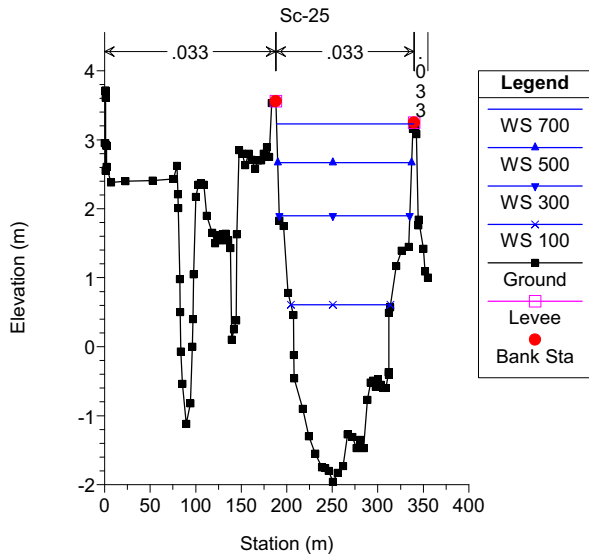
Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0

Scolmatore Scolmatore

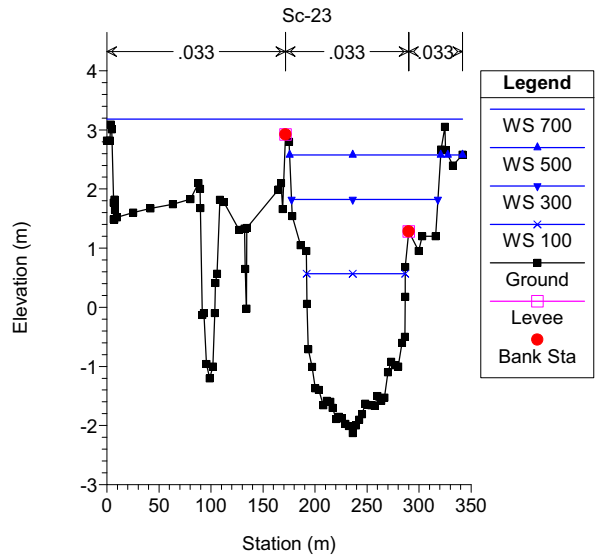




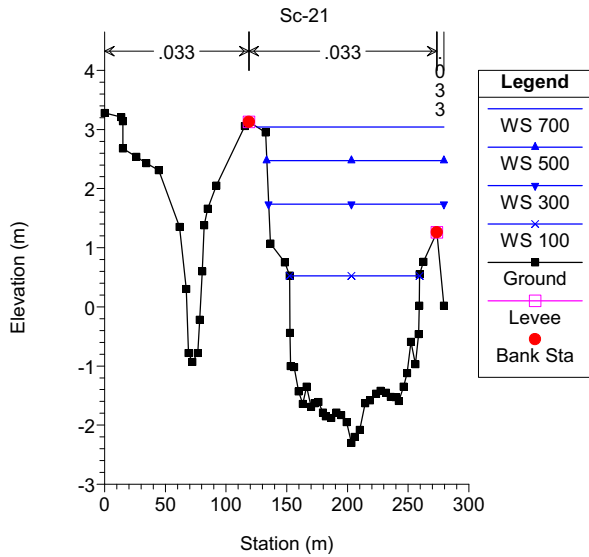
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



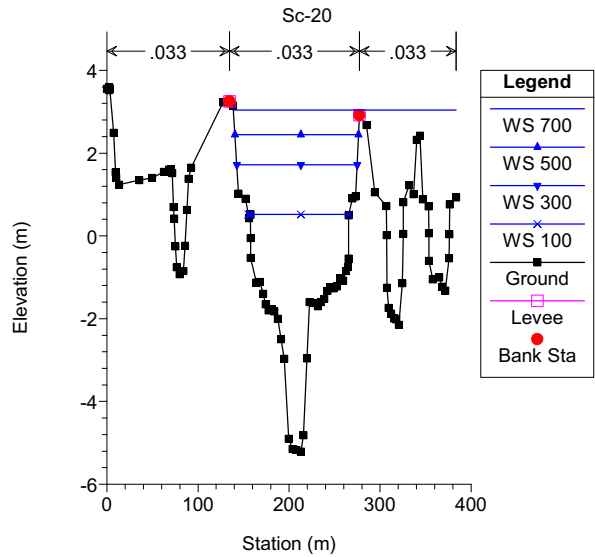
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



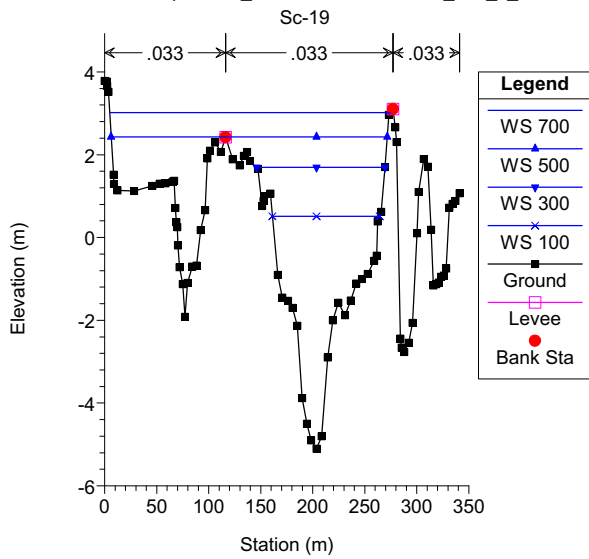
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



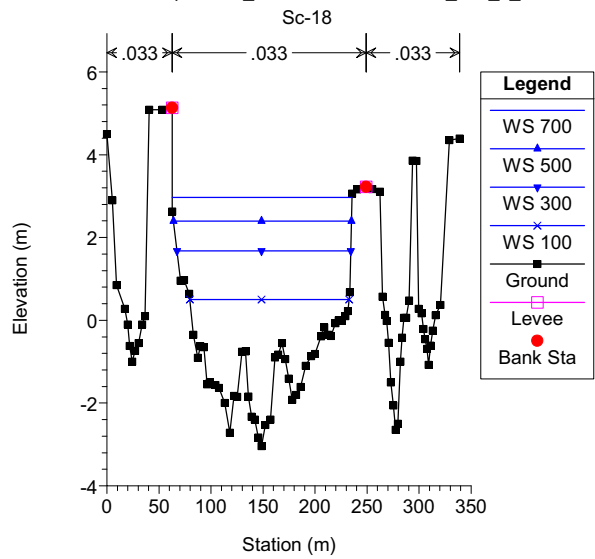
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



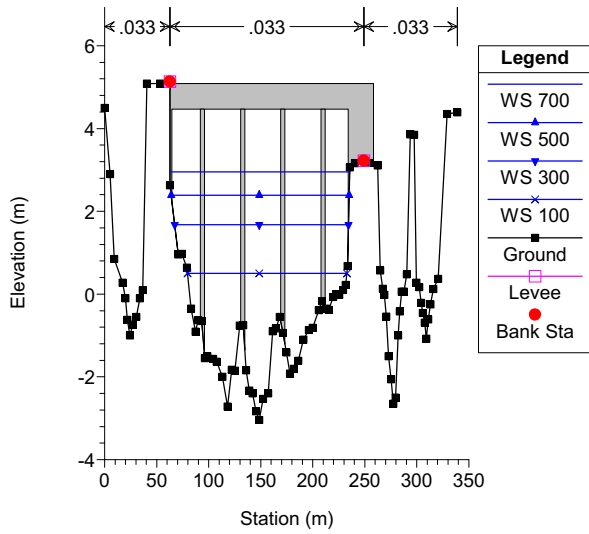
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



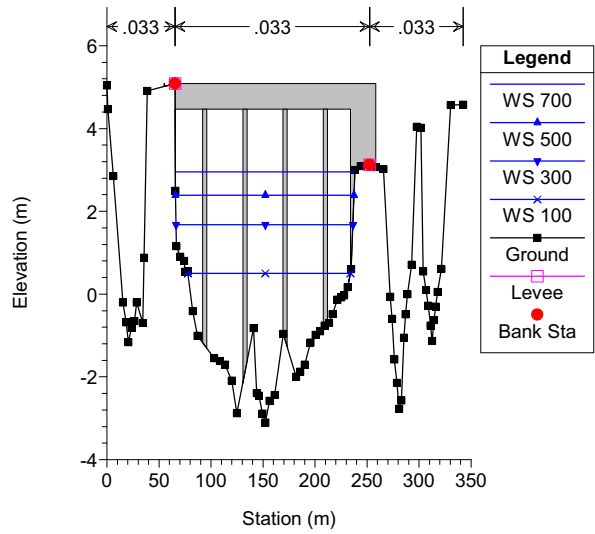
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



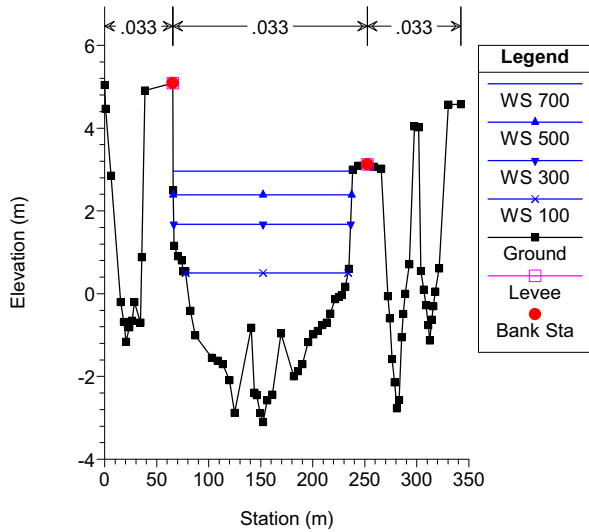
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



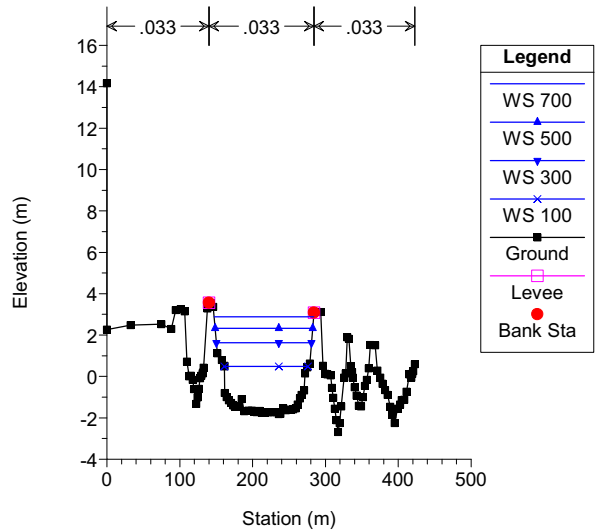
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



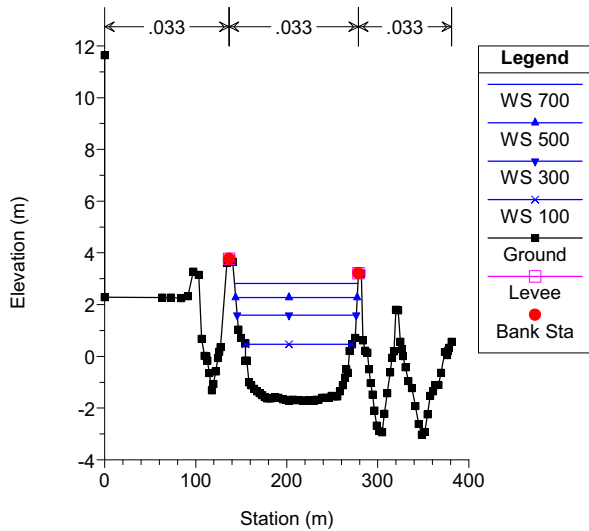
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0  
 Sc-16



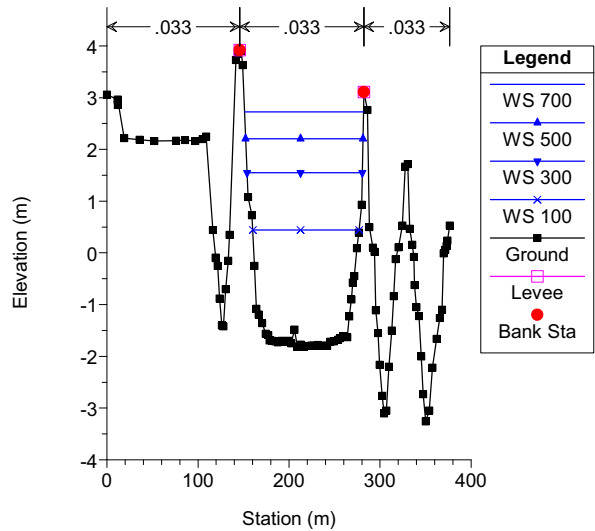
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0  
 Sc-15



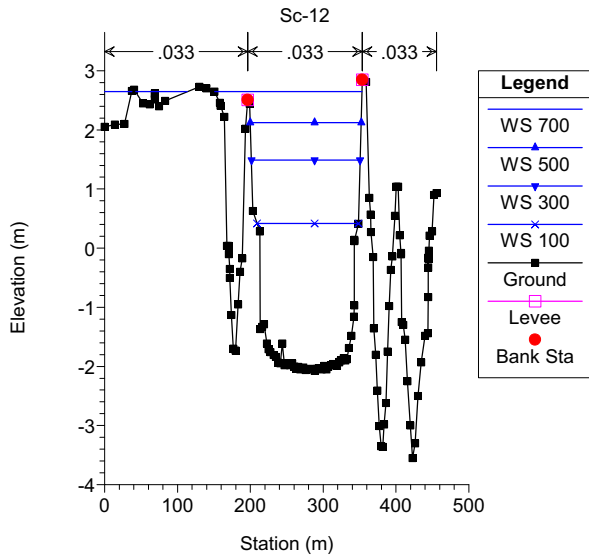
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0  
 Sc-14



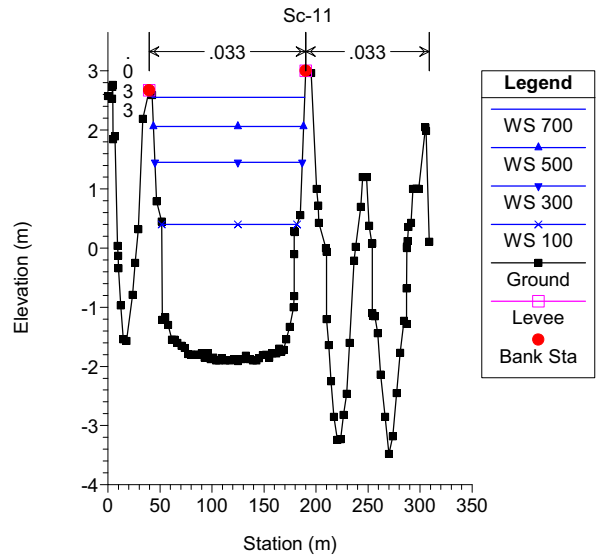
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0  
 Sc-13



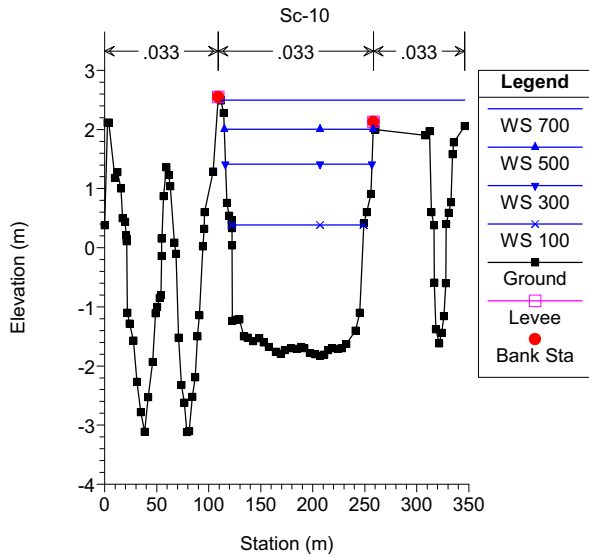
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



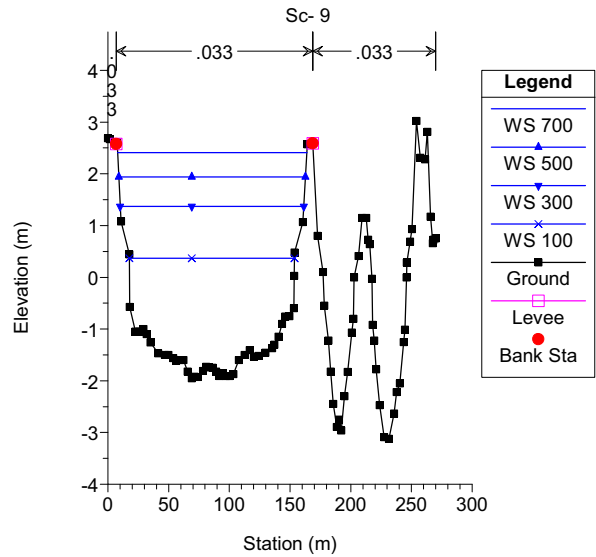
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



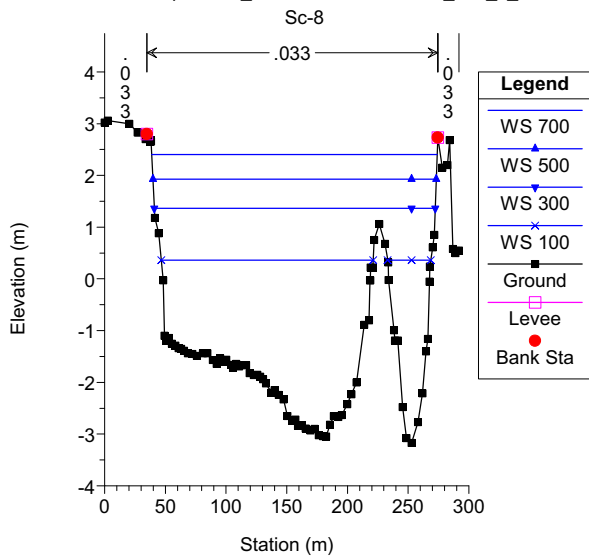
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



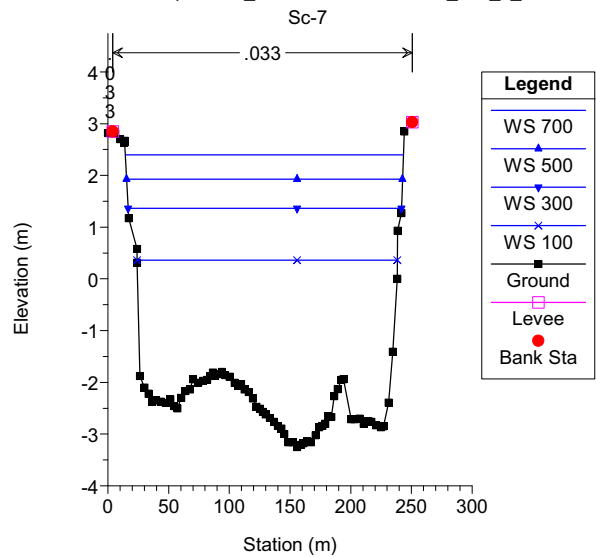
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



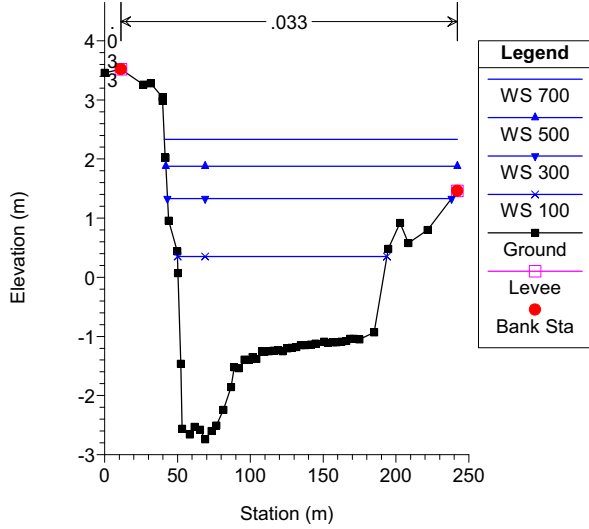
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



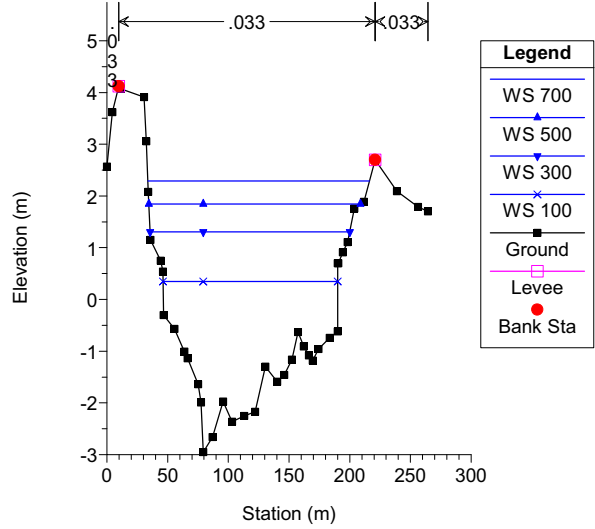
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



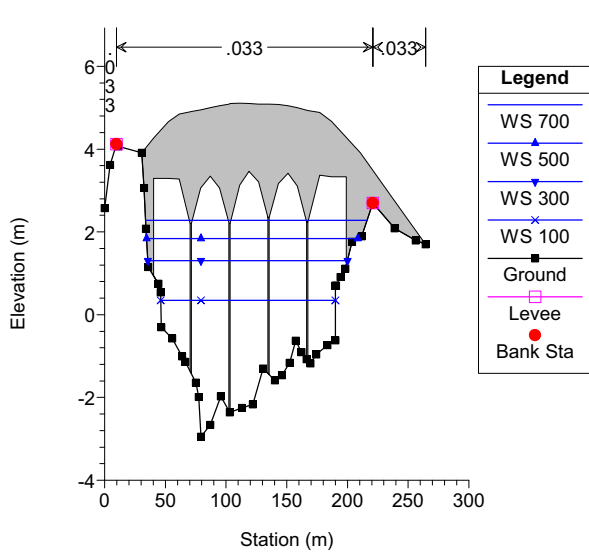
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0  
 Sc-6



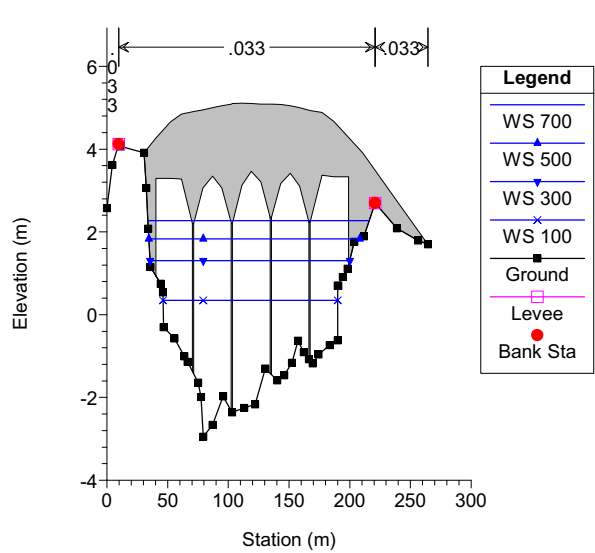
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0  
 Sc-5



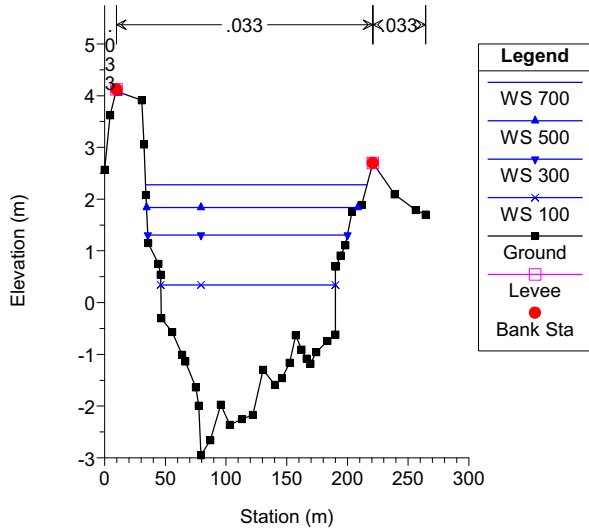
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



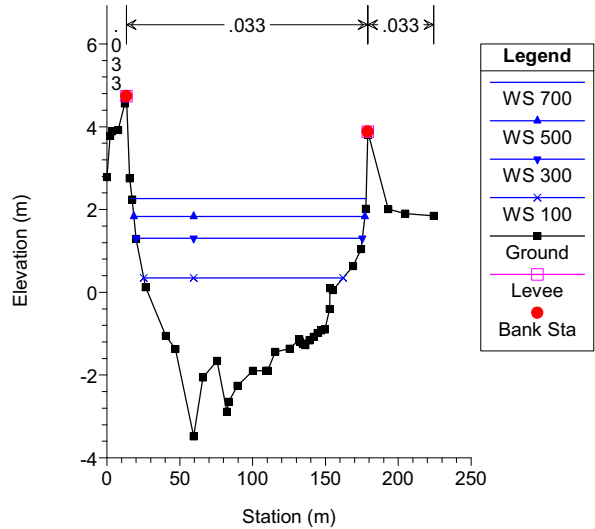
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0



Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0  
 Sc-4

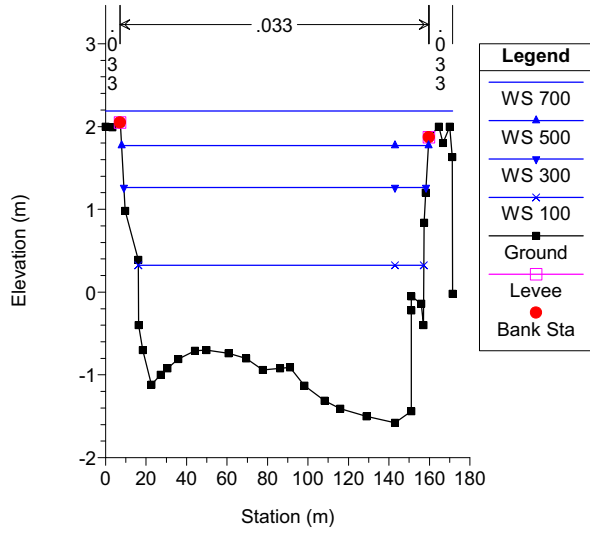


Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0  
 Sc-3



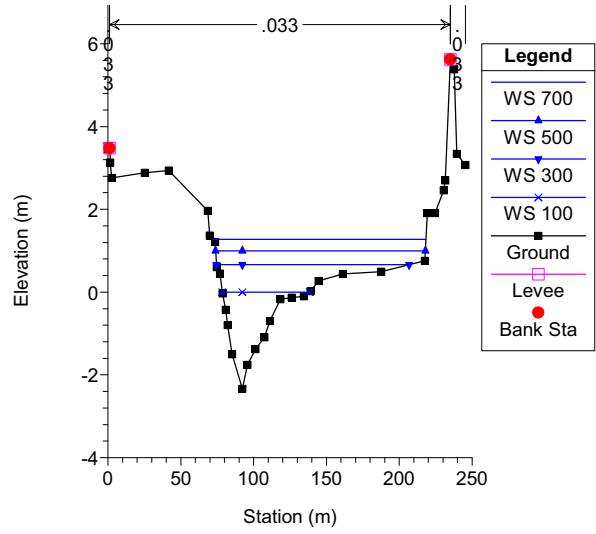
Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44

Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0  
Sc-2



Verifica\_foce\_WS\_0\_0 02/07/2009 17.40.44

Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_0  
Sc-1





HEC-RAS Plan: Foce\_WS\_0\_0 River: Scolmatore Reach: Scolmatore

Reach	River Sta	Profile	Q Total (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
Scolmatore	25	700	700.00	-1.96	3.23	0.44	3.31	0.000322	1.27	549.85	151.04	0.21
Scolmatore	25	500	500.00	-1.96	2.67	0.11	2.73	0.000274	1.07	466.36	147.23	0.19
Scolmatore	25	300	300.00	-1.96	1.90	-0.28	1.93	0.000237	0.85	354.26	143.22	0.17
Scolmatore	25	100	100.00	-1.96	0.61	-0.94	0.62	0.000143	0.52	191.64	109.30	0.13
Scolmatore	23	700	700.00	-2.13	3.18	0.28	3.23	0.000184	1.04	841.55	341.82	0.16
Scolmatore	23	500	500.00	-2.13	2.58	-0.08	2.64	0.000271	1.16	453.16	159.09	0.19
Scolmatore	23	300	300.00	-2.13	1.82	-0.50	1.86	0.000220	0.90	344.03	140.73	0.17
Scolmatore	23	100	100.00	-2.13	0.57	-1.12	0.58	0.000111	0.51	195.37	94.82	0.11
Scolmatore	21	700	700.00	-2.30	3.04	0.08	3.12	0.000285	1.23	575.20	154.03	0.20
Scolmatore	21	500	500.00	-2.30	2.47	-0.25	2.52	0.000228	1.03	491.02	145.92	0.18
Scolmatore	21	300	300.00	-2.30	1.74	-0.64	1.77	0.000181	0.79	384.47	144.35	0.15
Scolmatore	21	100	100.00	-2.30	0.53	-1.18	0.54	0.000085	0.45	222.50	106.88	0.10
Scolmatore	20	700	700.00	-5.21	3.04	-0.61	3.07	0.000110	0.85	909.24	244.47	0.13
Scolmatore	20	500	500.00	-5.21	2.44	-0.99	2.49	0.000151	0.92	542.29	135.78	0.15
Scolmatore	20	300	300.00	-5.21	1.72	-2.13	1.74	0.000101	0.67	445.07	132.22	0.12
Scolmatore	20	100	100.00	-5.21	0.52	-3.60	0.53	0.000035	0.34	296.05	110.20	0.07
Scolmatore	19	700	700.00	-5.10	3.02	-0.55	3.05	0.000158	0.92	835.86	269.74	0.15
Scolmatore	19	500	500.00	-5.10	2.43	-1.02	2.46	0.000150	0.82	679.40	265.25	0.14
Scolmatore	19	300	300.00	-5.10	1.70	-2.00	1.72	0.000123	0.74	407.53	123.50	0.13
Scolmatore	19	100	100.00	-5.10	0.51	-3.36	0.52	0.000041	0.37	272.84	102.75	0.07
Scolmatore	18	700	700.00	-3.04	2.97	0.02	3.02	0.000193	1.03	676.46	172.92	0.17
Scolmatore	18	500	500.00	-3.04	2.39	-0.32	2.43	0.000164	0.87	577.45	171.21	0.15
Scolmatore	18	300	300.00	-3.04	1.68	-0.73	1.70	0.000125	0.66	456.40	167.04	0.13
Scolmatore	18	100	100.00	-3.04	0.50	-1.44	0.51	0.000074	0.37	266.81	153.04	0.09
Scolmatore	17		Bridge									
Scolmatore	16	700	700.00	-3.10	2.96	-0.22	3.01	0.000161	0.98	714.14	172.61	0.15
Scolmatore	16	500	500.00	-3.10	2.39	-0.52	2.42	0.000133	0.81	615.55	171.66	0.14
Scolmatore	16	300	300.00	-3.10	1.68	-0.89	1.70	0.000098	0.61	493.50	170.04	0.11
Scolmatore	16	100	100.00	-3.10	0.50	-1.53	0.51	0.000052	0.33	298.90	156.36	0.08
Scolmatore	15	700	700.00	-1.82	2.88	0.10	2.97	0.000317	1.32	530.62	136.81	0.21
Scolmatore	15	500	500.00	-1.82	2.33	-0.23	2.39	0.000261	1.10	455.83	134.02	0.19
Scolmatore	15	300	300.00	-1.82	1.63	-0.60	1.67	0.000191	0.82	364.24	130.53	0.16
Scolmatore	15	100	100.00	-1.82	0.49	-1.12	0.50	0.000095	0.45	220.50	114.70	0.10
Scolmatore	14	700	700.00	-1.72	2.81	0.09	2.90	0.000319	1.33	528.03	135.71	0.21
Scolmatore	14	500	500.00	-1.72	2.27	-0.24	2.34	0.000261	1.10	455.34	133.62	0.19
Scolmatore	14	300	300.00	-1.72	1.60	-0.62	1.63	0.000189	0.82	365.69	130.99	0.16
Scolmatore	14	100	100.00	-1.72	0.47	-1.12	0.48	0.000095	0.45	222.06	116.94	0.10
Scolmatore	13	700	700.00	-1.81	2.73	0.00	2.82	0.000328	1.36	515.56	130.86	0.22
Scolmatore	13	500	500.00	-1.81	2.20	-0.32	2.27	0.000262	1.12	447.82	129.00	0.19
Scolmatore	13	300	300.00	-1.81	1.55	-0.71	1.58	0.000183	0.82	363.89	126.65	0.16
Scolmatore	13	100	100.00	-1.81	0.44	-1.22	0.45	0.000086	0.44	228.33	116.94	0.10
Scolmatore	12	700	700.00	-2.07	2.65	-0.44	2.69	0.000178	1.01	749.07	310.47	0.16
Scolmatore	12	500	500.00	-2.07	2.12	-0.73	2.16	0.000166	0.91	550.69	152.23	0.15
Scolmatore	12	300	300.00	-2.07	1.49	-1.06	1.51	0.000109	0.66	455.54	149.29	0.12
Scolmatore	12	100	100.00	-2.07	0.42	-1.52	0.42	0.000045	0.34	298.50	139.13	0.07
Scolmatore	11	700	700.00	-1.91	2.55	-0.28	2.63	0.000269	1.22	574.77	146.58	0.20
Scolmatore	11	500	500.00	-1.91	2.06	-0.57	2.11	0.000209	0.99	502.97	144.27	0.17
Scolmatore	11	300	300.00	-1.91	1.45	-0.91	1.48	0.000138	0.72	416.15	141.43	0.13
Scolmatore	11	100	100.00	-1.91	0.40	-1.37	0.41	0.000057	0.37	271.54	129.88	0.08
Scolmatore	10	700	700.00	-1.83	2.50	-0.14	2.57	0.000273	1.19	643.76	234.84	0.20
Scolmatore	10	500	500.00	-1.83	2.00	-0.43	2.06	0.000251	1.05	473.94	143.25	0.19
Scolmatore	10	300	300.00	-1.83	1.41	-0.78	1.44	0.000168	0.77	390.34	140.89	0.15
Scolmatore	10	100	100.00	-1.83	0.39	-1.23	0.39	0.000072	0.40	250.01	126.84	0.09
Scolmatore	9	700	700.00	-1.95	2.41	-0.07	2.49	0.000327	1.26	553.85	155.89	0.21
Scolmatore	9	500	500.00	-1.95	1.94	-0.36	2.00	0.000262	1.04	480.95	153.74	0.19
Scolmatore	9	300	300.00	-1.95	1.37	-0.68	1.40	0.000179	0.76	394.18	151.14	0.15
Scolmatore	9	100	100.00	-1.95	0.37	-1.18	0.38	0.000079	0.40	249.16	135.83	0.09
Scolmatore	8	700	700.00	-3.17	2.40	-0.97	2.43	0.000095	0.74	945.56	235.12	0.12
Scolmatore	8	500	500.00	-3.17	1.93	-1.21	1.95	0.000073	0.60	835.02	233.37	0.10
Scolmatore	8	300	300.00	-3.17	1.36	-1.56	1.37	0.000046	0.43	703.13	231.26	0.08
Scolmatore	8	100	100.00	-3.17	0.36	-2.19	0.37	0.000016	0.21	481.57	209.88	0.04
Scolmatore	7	700	700.00	-3.25	2.40	-1.41	2.42	0.000065	0.67	1047.95	229.02	0.10
Scolmatore	7	500	500.00	-3.25	1.93	-1.62	1.94	0.000047	0.53	940.41	227.24	0.08
Scolmatore	7	300	300.00	-3.25	1.36	-1.88	1.37	0.000027	0.37	812.13	225.09	0.06
Scolmatore	7	100	100.00	-3.25	0.36	-2.34	0.36	0.000008	0.17	593.80	214.31	0.03
Scolmatore	6	700	700.00	-2.74	2.33	-0.11	2.40	0.000307	1.12	624.48	201.12	0.20
Scolmatore	6	500	500.00	-2.74	1.88	-0.39	1.92	0.000263	0.94	533.24	200.05	0.18
Scolmatore	6	300	300.00	-2.74	1.33	-0.72	1.36	0.000195	0.71	424.09	194.90	0.15

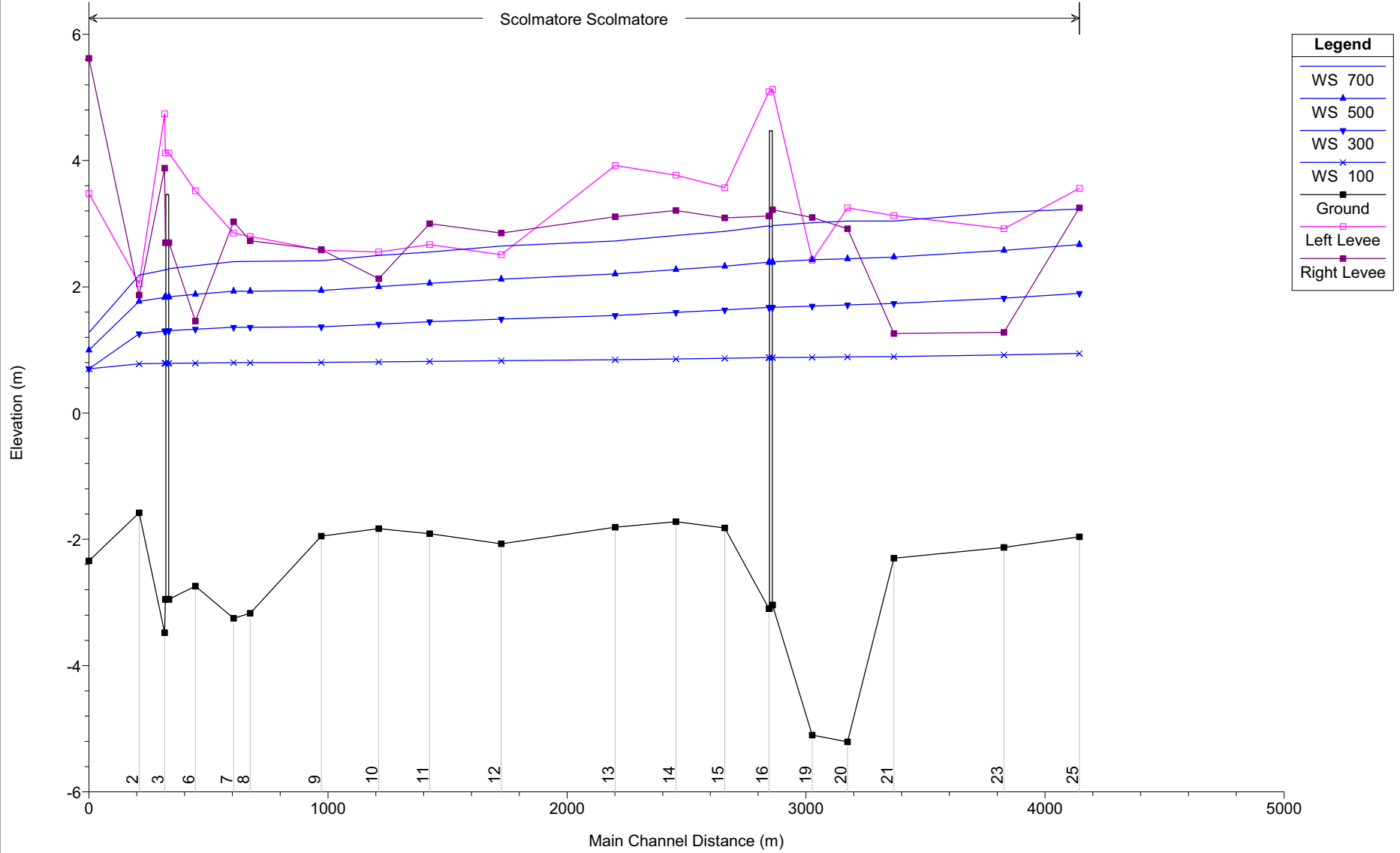
HEC-RAS Plan: Foce\_WS\_0\_0 River: Scolmatore Reach: Scolmatore (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (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
Scolmatore	6	100	100.00	-2.74	0.35	-1.48	0.36	0.000077	0.39	257.33	143.85	0.09
Scolmatore	5	700	700.00	-2.95	2.29	-0.15	2.36	0.000347	1.21	579.20	182.48	0.22
Scolmatore	5	500	500.00	-2.95	1.84	-0.43	1.89	0.000273	1.00	499.59	174.37	0.19
Scolmatore	5	300	300.00	-2.95	1.31	-0.82	1.34	0.000176	0.73	409.98	164.48	0.15
Scolmatore	5	100	100.00	-2.95	0.35	-1.54	0.35	0.000071	0.38	263.32	143.89	0.09
Scolmatore	4.5		Bridge									
Scolmatore	4	700	700.00	-2.95	2.28	-0.15	2.35	0.000351	1.21	577.26	182.34	0.22
Scolmatore	4	500	500.00	-2.95	1.84	-0.43	1.89	0.000274	1.00	498.37	173.95	0.19
Scolmatore	4	300	300.00	-2.95	1.31	-0.82	1.33	0.000176	0.73	409.32	164.44	0.15
Scolmatore	4	100	100.00	-2.95	0.34	-1.54	0.35	0.000071	0.38	263.11	143.89	0.09
Scolmatore	3	700	700.00	-3.48	2.27	-0.20	2.35	0.000352	1.28	546.99	160.61	0.22
Scolmatore	3	500	500.00	-3.48	1.83	-0.52	1.89	0.000278	1.05	477.45	158.57	0.19
Scolmatore	3	300	300.00	-3.48	1.30	-0.90	1.33	0.000184	0.76	394.49	155.32	0.15
Scolmatore	3	100	100.00	-3.48	0.34	-1.60	0.35	0.000076	0.40	252.46	136.66	0.09
Scolmatore	2	700	700.00	-1.58	2.19	0.33	2.30	0.000563	1.49	472.48	171.44	0.27
Scolmatore	2	500	500.00	-1.58	1.77	0.05	1.85	0.000465	1.24	404.14	151.65	0.24
Scolmatore	2	300	300.00	-1.58	1.26	-0.28	1.30	0.000329	0.91	327.87	149.37	0.20
Scolmatore	2	100	100.00	-1.58	0.32	-0.70	0.34	0.000203	0.52	191.28	141.10	0.14
Scolmatore	1	700	700.00	-2.34	1.27	1.27	1.94	0.009796	3.61	193.94	146.22	1.00
Scolmatore	1	500	500.00	-2.34	1.00	1.00	1.53	0.010513	3.24	154.13	143.91	1.00
Scolmatore	1	300	300.00	-2.34	0.66	0.66	1.07	0.011572	2.82	106.47	132.08	1.00
Scolmatore	1	100	100.00	-2.34	0.00	-0.41	0.20	0.005386	1.98	50.52	59.85	0.69

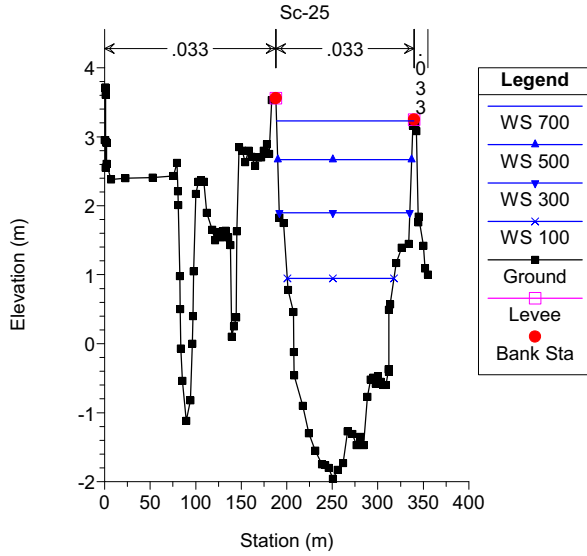
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33

Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7

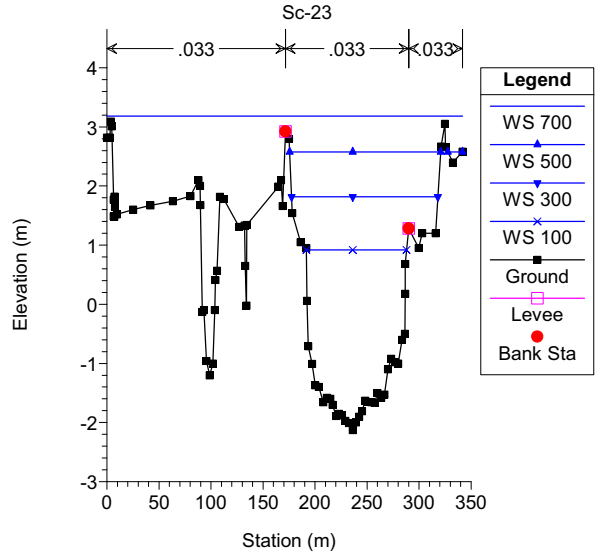
Scolmatore Scolmatore



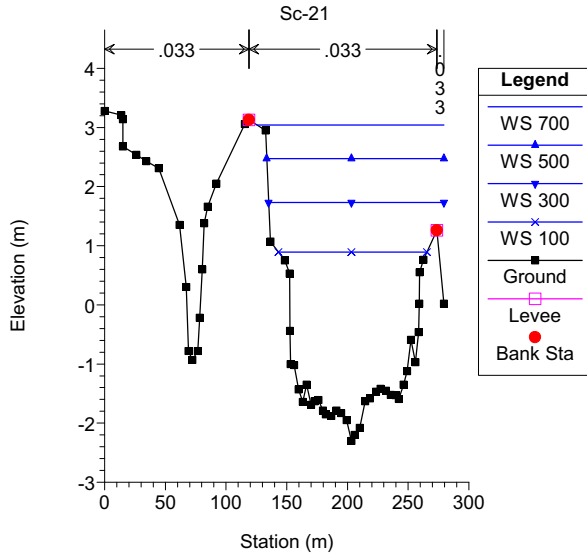
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



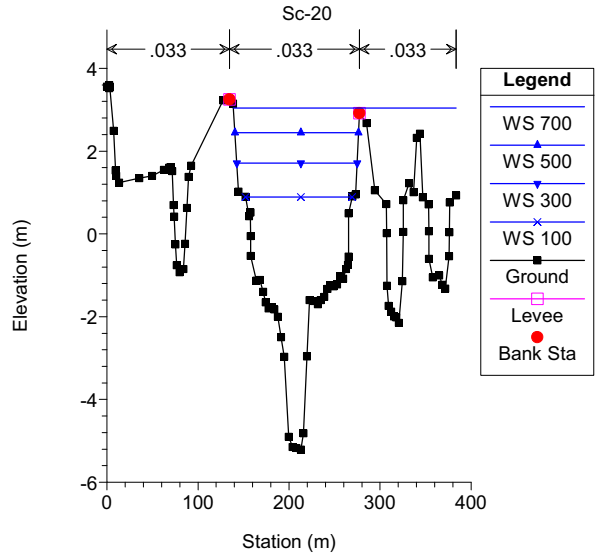
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



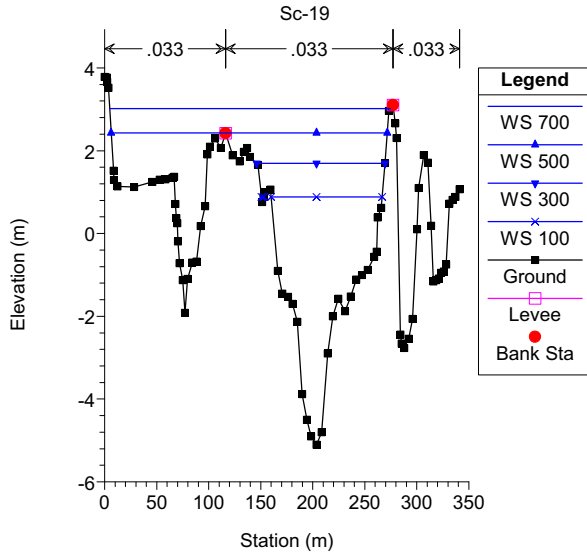
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



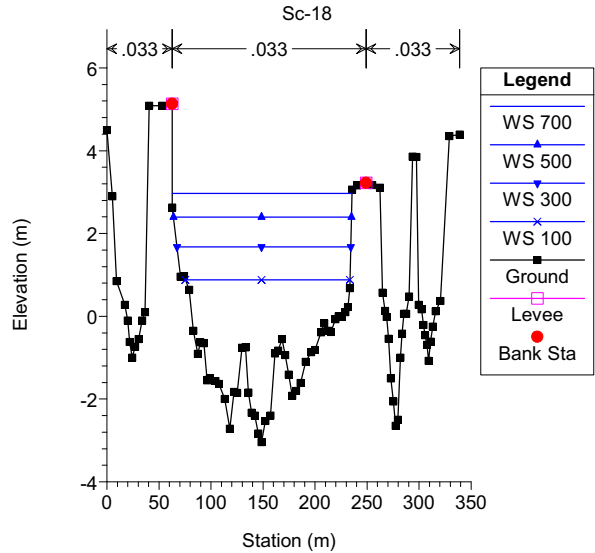
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



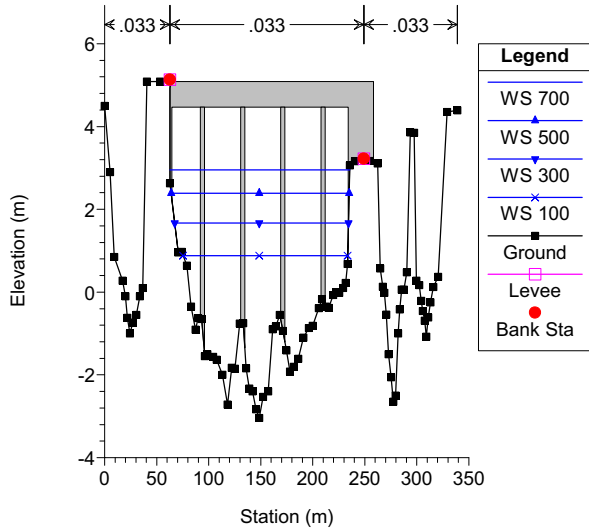
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



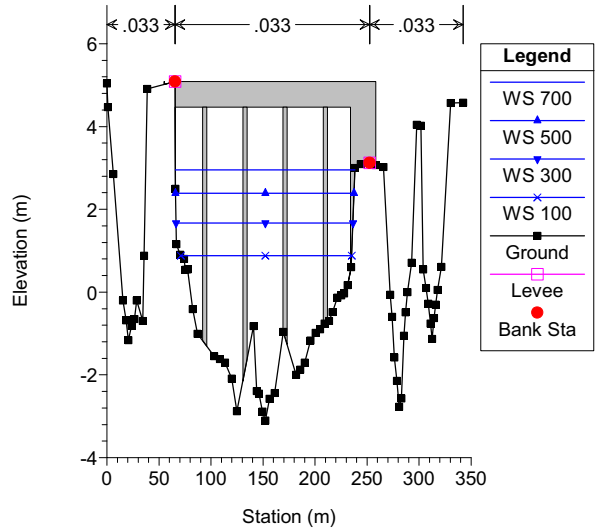
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



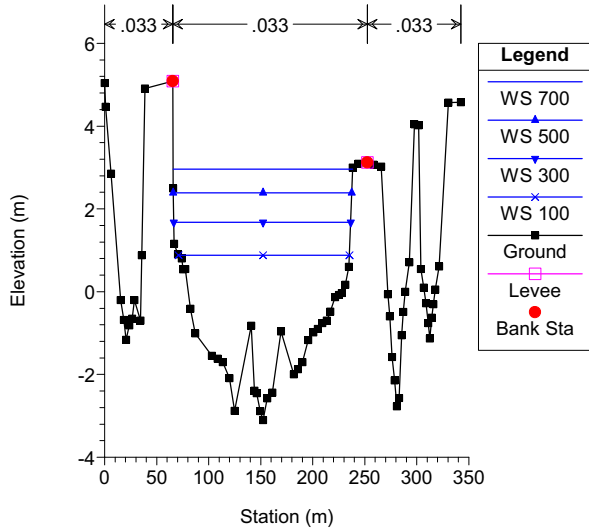
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



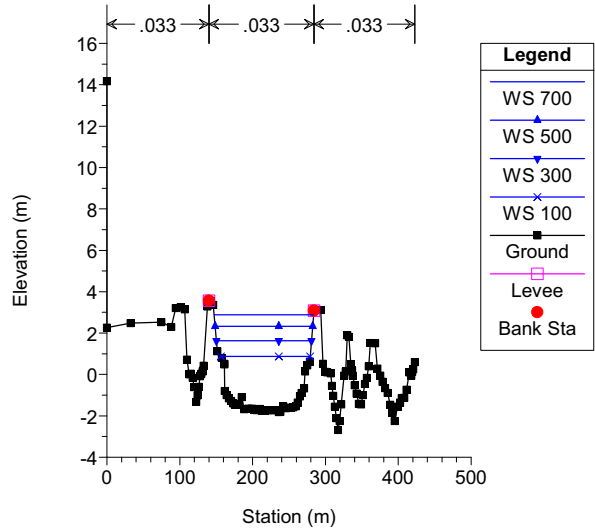
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



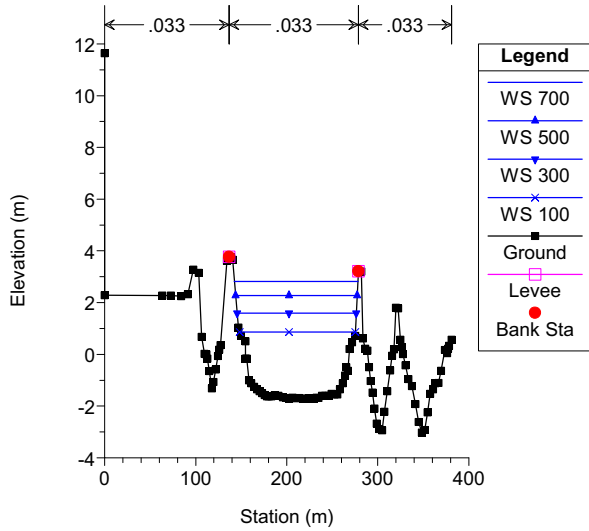
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7  
 Sc-16



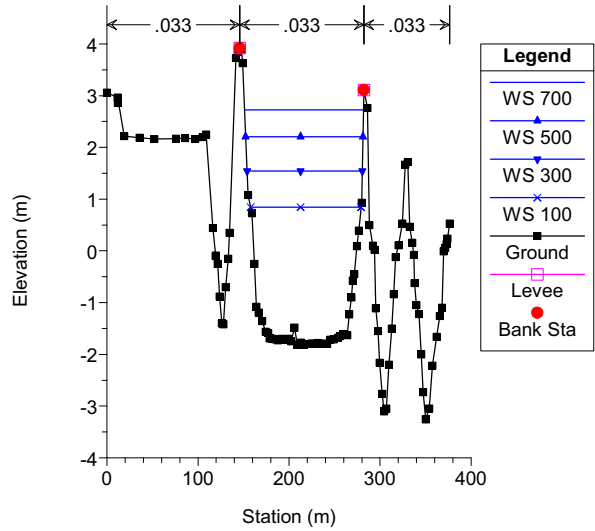
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7  
 Sc-15



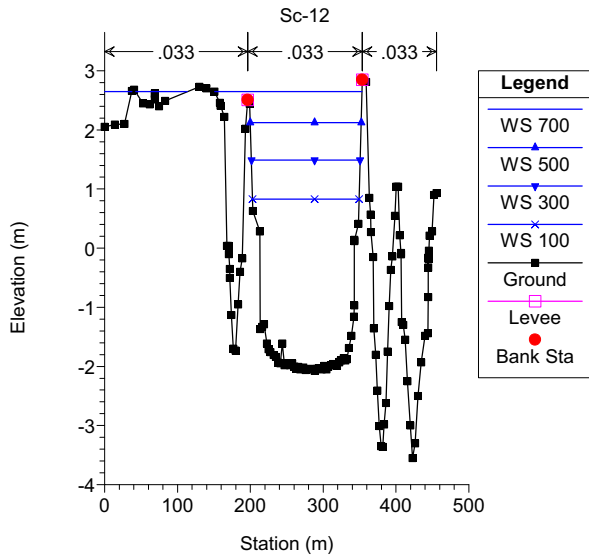
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7  
 Sc-14



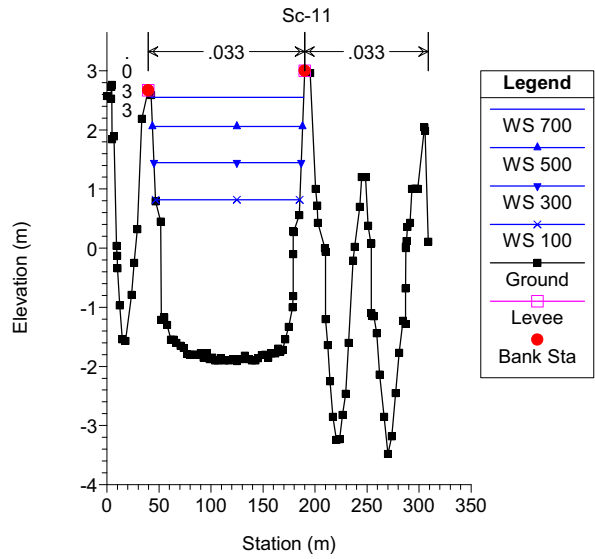
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7  
 Sc-13



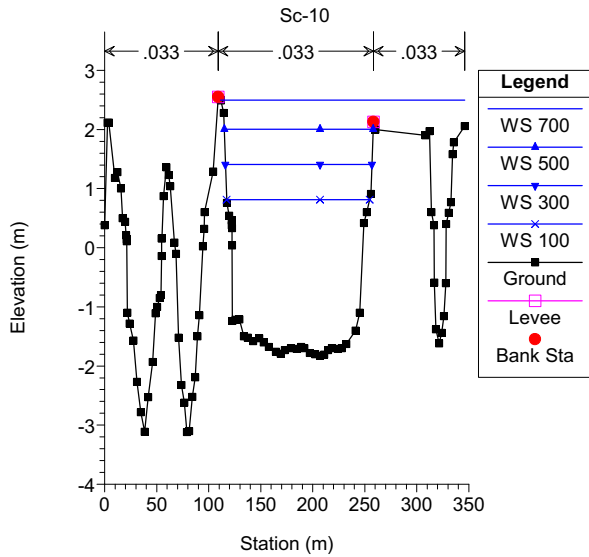
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



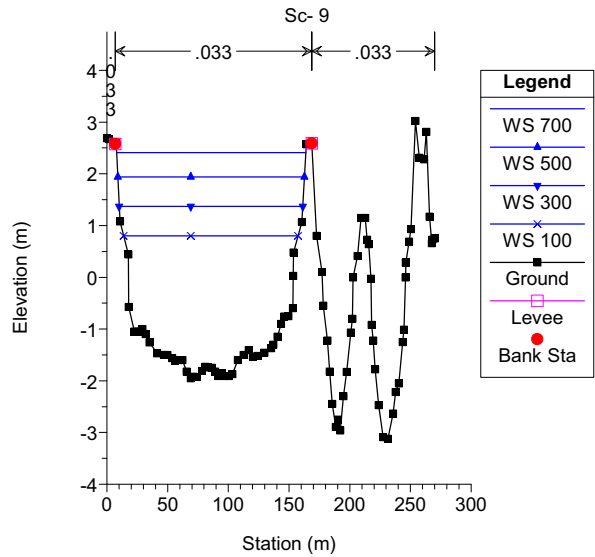
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



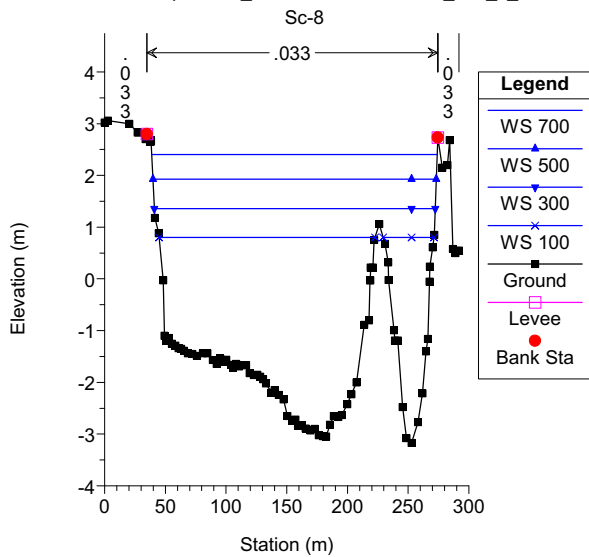
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



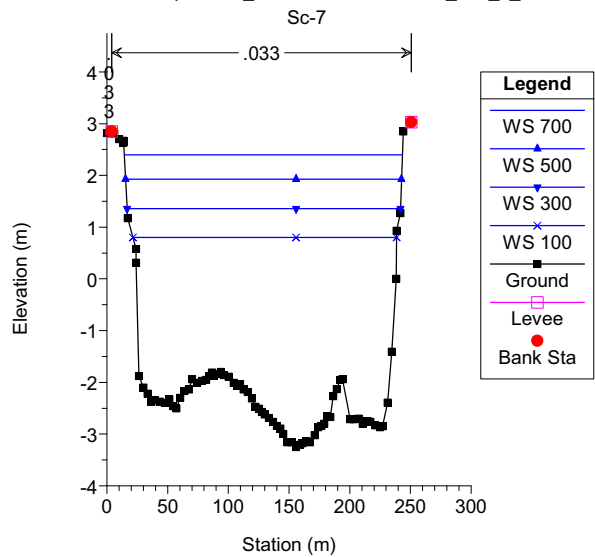
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7

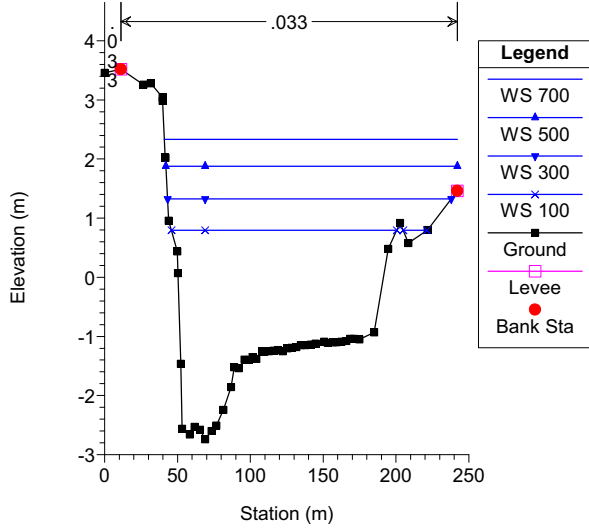


Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7

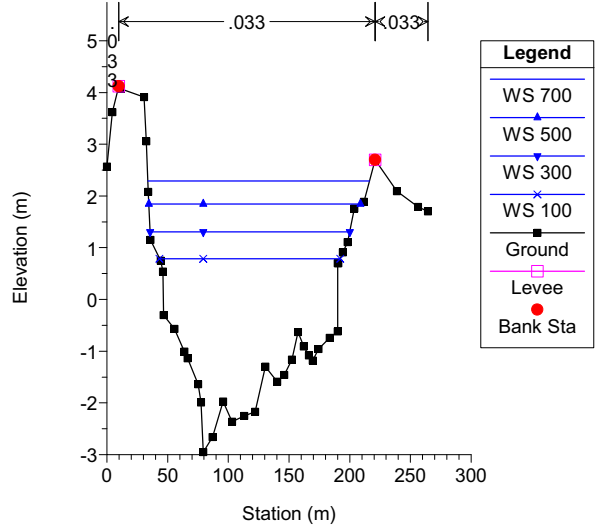




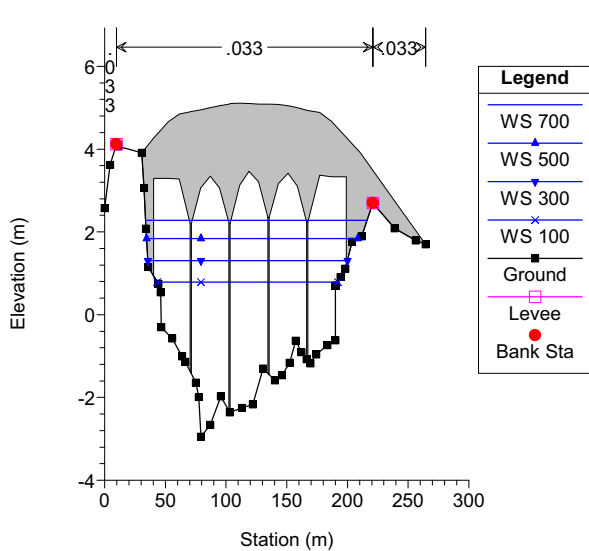
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7  
 Sc-6



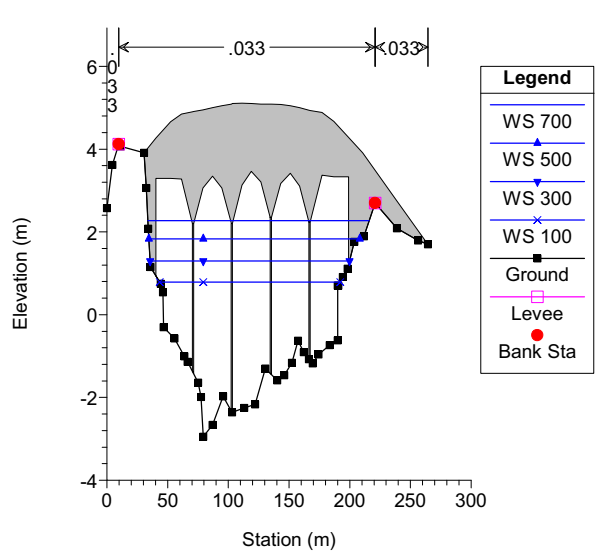
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7  
 Sc-5



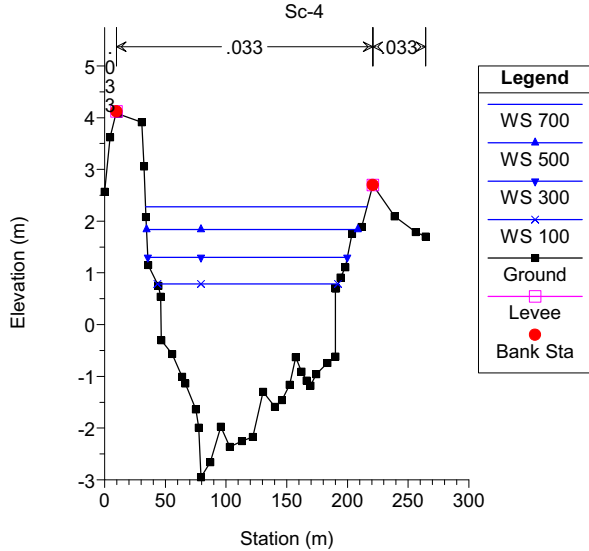
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



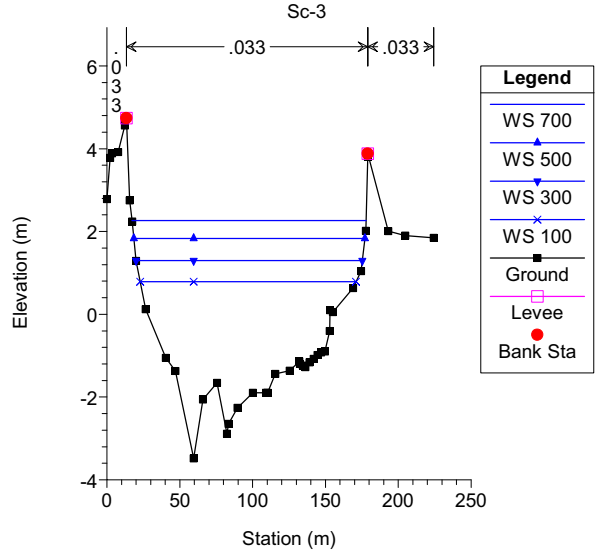
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7



Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7  
 Sc-4

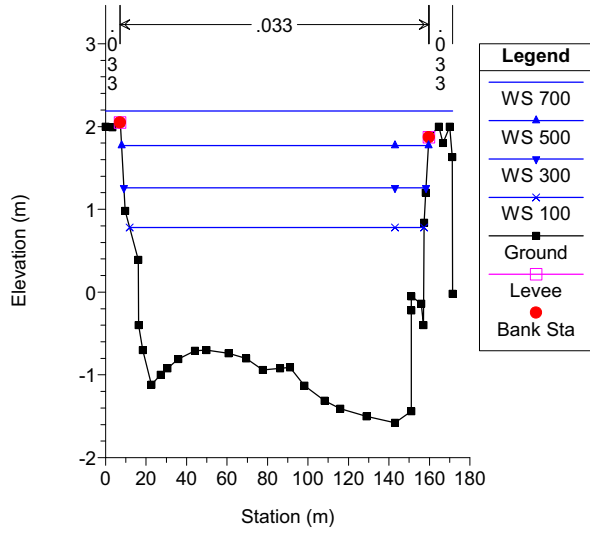


Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33  
 Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7  
 Sc-3



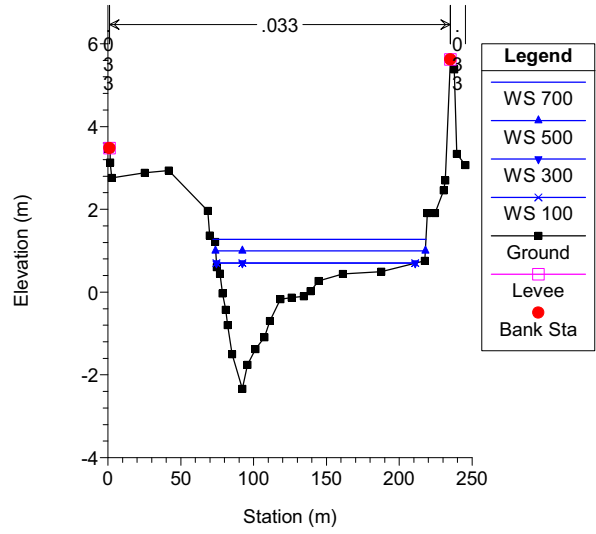
Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33

Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7  
Sc-2



Verifica\_foce\_WS\_0\_7 02/07/2009 17.26.33

Geom: Complessivo\_attuale Flow: Portate\_WS\_0\_7  
Sc-1



HEC-RAS Plan: Foce\_WS\_0\_7 River: Scolmatore Reach: Scolmatore

Reach	River Sta	Profile	Q Total (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
Scolmatore	25	700	700.00	-1.96	3.23	0.44	3.31	0.000322	1.27	549.85	151.04	0.21
Scolmatore	25	500	500.00	-1.96	2.67	0.11	2.73	0.000274	1.07	466.36	147.23	0.19
Scolmatore	25	300	300.00	-1.96	1.90	-0.28	1.93	0.000238	0.85	353.97	143.21	0.17
Scolmatore	25	100	100.00	-1.96	0.95	-0.94	0.95	0.000085	0.43	229.98	117.25	0.10
Scolmatore	23	700	700.00	-2.13	3.18	0.28	3.23	0.000184	1.04	841.55	341.82	0.16
Scolmatore	23	500	500.00	-2.13	2.58	-0.08	2.64	0.000271	1.16	453.16	159.09	0.19
Scolmatore	23	300	300.00	-2.13	1.82	-0.50	1.86	0.000220	0.90	343.72	140.72	0.17
Scolmatore	23	100	100.00	-2.13	0.92	-1.12	0.93	0.000067	0.44	228.95	96.27	0.09
Scolmatore	21	700	700.00	-2.30	3.04	0.08	3.12	0.000285	1.23	575.20	154.03	0.20
Scolmatore	21	500	500.00	-2.30	2.47	-0.25	2.52	0.000228	1.03	491.02	145.92	0.18
Scolmatore	21	300	300.00	-2.30	1.73	-0.64	1.77	0.000181	0.79	384.11	144.34	0.15
Scolmatore	21	100	100.00	-2.30	0.89	-1.18	0.90	0.000057	0.38	264.21	122.57	0.08
Scolmatore	20	700	700.00	-5.21	3.04	-0.61	3.07	0.000110	0.85	909.24	244.47	0.13
Scolmatore	20	500	500.00	-5.21	2.44	-0.99	2.49	0.000151	0.92	542.29	135.78	0.15
Scolmatore	20	300	300.00	-5.21	1.71	-2.13	1.74	0.000102	0.67	444.74	132.20	0.12
Scolmatore	20	100	100.00	-5.21	0.89	-3.60	0.89	0.000024	0.30	338.05	116.99	0.06
Scolmatore	19	700	700.00	-5.10	3.02	-0.55	3.05	0.000158	0.92	835.86	269.74	0.15
Scolmatore	19	500	500.00	-5.10	2.43	-1.02	2.46	0.000150	0.82	679.40	265.25	0.14
Scolmatore	19	300	300.00	-5.10	1.69	-2.00	1.72	0.000123	0.74	407.21	123.39	0.13
Scolmatore	19	100	100.00	-5.10	0.88	-3.36	0.89	0.000028	0.32	312.03	108.68	0.06
Scolmatore	18	700	700.00	-3.04	2.97	0.02	3.02	0.000193	1.03	676.46	172.92	0.17
Scolmatore	18	500	500.00	-3.04	2.39	-0.32	2.43	0.000164	0.87	577.45	171.21	0.15
Scolmatore	18	300	300.00	-3.04	1.68	-0.73	1.70	0.000125	0.66	455.97	167.02	0.13
Scolmatore	18	100	100.00	-3.04	0.88	-1.44	0.88	0.000040	0.31	325.12	158.15	0.07
Scolmatore	17		Bridge									
Scolmatore	16	700	700.00	-3.10	2.96	-0.22	3.01	0.000161	0.98	714.14	172.61	0.15
Scolmatore	16	500	500.00	-3.10	2.39	-0.52	2.42	0.000133	0.81	615.55	171.66	0.14
Scolmatore	16	300	300.00	-3.10	1.67	-0.89	1.69	0.000099	0.61	493.06	170.03	0.11
Scolmatore	16	100	100.00	-3.10	0.88	-1.53	0.88	0.000030	0.28	359.11	164.11	0.06
Scolmatore	15	700	700.00	-1.82	2.88	0.10	2.97	0.000317	1.32	530.62	136.81	0.21
Scolmatore	15	500	500.00	-1.82	2.33	-0.23	2.39	0.000261	1.10	455.83	134.02	0.19
Scolmatore	15	300	300.00	-1.82	1.63	-0.60	1.67	0.000192	0.82	363.89	130.51	0.16
Scolmatore	15	100	100.00	-1.82	0.87	-1.12	0.88	0.000056	0.38	266.16	122.73	0.08
Scolmatore	14	700	700.00	-1.72	2.81	0.09	2.90	0.000319	1.33	528.03	135.71	0.21
Scolmatore	14	500	500.00	-1.72	2.27	-0.24	2.34	0.000261	1.10	455.34	133.62	0.19
Scolmatore	14	300	300.00	-1.72	1.59	-0.62	1.63	0.000190	0.82	365.32	130.98	0.16
Scolmatore	14	100	100.00	-1.72	0.86	-1.12	0.86	0.000055	0.37	270.04	126.95	0.08
Scolmatore	13	700	700.00	-1.81	2.73	0.00	2.82	0.000328	1.36	515.56	130.86	0.22
Scolmatore	13	500	500.00	-1.81	2.20	-0.32	2.27	0.000262	1.12	447.82	129.00	0.19
Scolmatore	13	300	300.00	-1.81	1.55	-0.71	1.58	0.000184	0.83	363.52	126.64	0.16
Scolmatore	13	100	100.00	-1.81	0.84	-1.22	0.85	0.000048	0.36	275.89	121.32	0.08
Scolmatore	12	700	700.00	-2.07	2.65	-0.44	2.69	0.000178	1.01	749.07	310.47	0.16
Scolmatore	12	500	500.00	-2.07	2.12	-0.73	2.16	0.000166	0.91	550.69	152.23	0.15
Scolmatore	12	300	300.00	-2.07	1.49	-1.06	1.51	0.000110	0.66	455.07	149.28	0.12
Scolmatore	12	100	100.00	-2.07	0.83	-1.52	0.83	0.000026	0.28	357.82	146.21	0.06
Scolmatore	11	700	700.00	-1.91	2.55	-0.28	2.63	0.000269	1.22	574.77	146.58	0.20
Scolmatore	11	500	500.00	-1.91	2.06	-0.57	2.11	0.000209	0.99	502.97	144.27	0.17
Scolmatore	11	300	300.00	-1.91	1.45	-0.91	1.47	0.000138	0.72	415.68	141.42	0.13
Scolmatore	11	100	100.00	-1.91	0.82	-1.37	0.82	0.000033	0.30	328.04	138.49	0.06
Scolmatore	10	700	700.00	-1.83	2.50	-0.14	2.57	0.000273	1.19	643.76	234.84	0.20
Scolmatore	10	500	500.00	-1.83	2.00	-0.43	2.06	0.000251	1.05	473.94	143.25	0.19
Scolmatore	10	300	300.00	-1.83	1.41	-0.78	1.44	0.000169	0.77	389.85	140.88	0.15
Scolmatore	10	100	100.00	-1.83	0.81	-1.23	0.82	0.000040	0.33	306.34	137.39	0.07
Scolmatore	9	700	700.00	-1.95	2.41	-0.07	2.49	0.000327	1.26	553.85	155.89	0.21
Scolmatore	9	500	500.00	-1.95	1.94	-0.36	2.00	0.000262	1.04	480.95	153.74	0.19
Scolmatore	9	300	300.00	-1.95	1.37	-0.68	1.40	0.000180	0.76	393.63	151.12	0.15
Scolmatore	9	100	100.00	-1.95	0.80	-1.18	0.81	0.000042	0.32	309.40	143.60	0.07
Scolmatore	8	700	700.00	-3.17	2.40	-0.97	2.43	0.000095	0.74	945.56	235.12	0.12
Scolmatore	8	500	500.00	-3.17	1.93	-1.21	1.95	0.000073	0.60	835.02	233.37	0.10
Scolmatore	8	300	300.00	-3.17	1.36	-1.56	1.37	0.000046	0.43	702.27	231.25	0.08
Scolmatore	8	100	100.00	-3.17	0.80	-2.19	0.80	0.000009	0.17	575.00	219.60	0.03
Scolmatore	7	700	700.00	-3.25	2.40	-1.41	2.42	0.000065	0.67	1047.95	229.02	0.10
Scolmatore	7	500	500.00	-3.25	1.93	-1.62	1.94	0.000047	0.53	940.41	227.24	0.08
Scolmatore	7	300	300.00	-3.25	1.36	-1.88	1.36	0.000027	0.37	811.29	225.07	0.06
Scolmatore	7	100	100.00	-3.25	0.80	-2.34	0.80	0.000005	0.15	687.57	217.07	0.03
Scolmatore	6	700	700.00	-2.74	2.33	-0.11	2.40	0.000307	1.12	624.48	201.12	0.20
Scolmatore	6	500	500.00	-2.74	1.88	-0.39	1.92	0.000263	0.94	533.24	200.05	0.18
Scolmatore	6	300	300.00	-2.74	1.33	-0.72	1.35	0.000196	0.71	423.34	194.77	0.15

HEC-RAS Plan: Foce\_WS\_0\_7 River: Scolmatore Reach: Scolmatore (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (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
Scolmatore	6	100	100.00	-2.74	0.79	-1.48	0.80	0.000045	0.31	324.33	170.90	0.07
Scolmatore	5	700	700.00	-2.95	2.29	-0.15	2.36	0.000347	1.21	579.20	182.48	0.22
Scolmatore	5	500	500.00	-2.95	1.84	-0.43	1.89	0.000273	1.00	499.59	174.37	0.19
Scolmatore	5	300	300.00	-2.95	1.31	-0.82	1.33	0.000176	0.73	409.33	164.44	0.15
Scolmatore	5	100	100.00	-2.95	0.79	-1.54	0.79	0.000036	0.31	327.58	148.78	0.07
Scolmatore	4.5		Bridge									
Scolmatore	4	700	700.00	-2.95	2.28	-0.15	2.35	0.000351	1.21	577.26	182.34	0.22
Scolmatore	4	500	500.00	-2.95	1.84	-0.43	1.89	0.000274	1.00	498.37	173.95	0.19
Scolmatore	4	300	300.00	-2.95	1.30	-0.82	1.33	0.000177	0.73	408.67	164.40	0.15
Scolmatore	4	100	100.00	-2.95	0.79	-1.54	0.79	0.000036	0.31	327.47	148.75	0.07
Scolmatore	3	700	700.00	-3.48	2.27	-0.20	2.35	0.000352	1.28	546.99	160.61	0.22
Scolmatore	3	500	500.00	-3.48	1.83	-0.52	1.89	0.000278	1.05	477.45	158.57	0.19
Scolmatore	3	300	300.00	-3.48	1.30	-0.90	1.33	0.000184	0.76	393.88	155.29	0.15
Scolmatore	3	100	100.00	-3.48	0.79	-1.60	0.79	0.000040	0.32	316.01	148.15	0.07
Scolmatore	2	700	700.00	-1.58	2.19	0.33	2.30	0.000563	1.49	472.48	171.44	0.27
Scolmatore	2	500	500.00	-1.58	1.77	0.05	1.85	0.000465	1.24	404.14	151.65	0.24
Scolmatore	2	300	300.00	-1.58	1.26	-0.28	1.30	0.000331	0.92	327.25	149.35	0.20
Scolmatore	2	100	100.00	-1.58	0.78	-0.70	0.79	0.000080	0.39	256.33	145.58	0.09
Scolmatore	1	700	700.00	-2.34	1.27	1.27	1.94	0.009796	3.61	193.94	146.22	1.00
Scolmatore	1	500	500.00	-2.34	1.00	1.00	1.53	0.010513	3.24	154.13	143.91	1.00
Scolmatore	1	300	300.00	-2.34	0.70	0.66	1.07	0.010323	2.69	111.60	136.36	0.95
Scolmatore	1	100	100.00	-2.34	0.70	-0.41	0.74	0.001147	0.90	111.60	136.36	0.32



**Autorità Portuale di Livorno**



**REALIZZAZIONE DELLA SECONDA VASCA DI CONTENIMENTO PER SEDIMENTI  
DI DRAGAGGIO DEL PORTO DI LIVORNO  
INTEGRAZIONE AL SIA**

**Oggetto: QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE  
Interferenze tra le opere ed il deflusso del canale Scolmatore**

Revisione	Codice Elaborato	Data	Redatto	Approvato
00	PT27-07-VC-AGG09-R03-00	Giu 2009	P. Chiavaccini	M. Verzoni

**I tecnici:**

Ing. Maurizio Verzoni

Ing. Pietro Chiavaccini

**Il responsabile del procedimento:**

Ing. Giovanni Motta



**PRIMA**  
VIA G. GIVININI N. 8 57128 LIVORNO  
P.I: 01530730496 TEL/FAX 0586 581272  
WWW.PRIMAINGENNERIA.IT





Lo Scolmatore è un canale artificiale realizzato negli anni '60 per la messa in sicurezza della pianura pisana. Lo scopo dell'opera è di ricevere una quota parte delle portate dell'Arno attraverso una serie di paratoie ubicate presso Pontedera. La portata iniziale di progetto era di circa 1400 m<sup>3</sup>/s, ma recenti indagini hanno evidenziato che, per effetto di interrimenti, subsidenze e cedimenti arginali la portata massima che può defluire nel corso d'acqua senza rilevanti fenomeni di esondazione è di circa 700 m<sup>3</sup>/s. Il raggiungimento di tale valore di portata è legato ad eventi meteorici superiori alle 24h (corrispondente al tempo di corrivazione del F. Arno alla sezione di testa del Canale), valore che consente di non considerare le portate degli affluenti (T. Tora, T. Isola, Canale Allacciante Usciana) che hanno tempi di corrivazione minori.

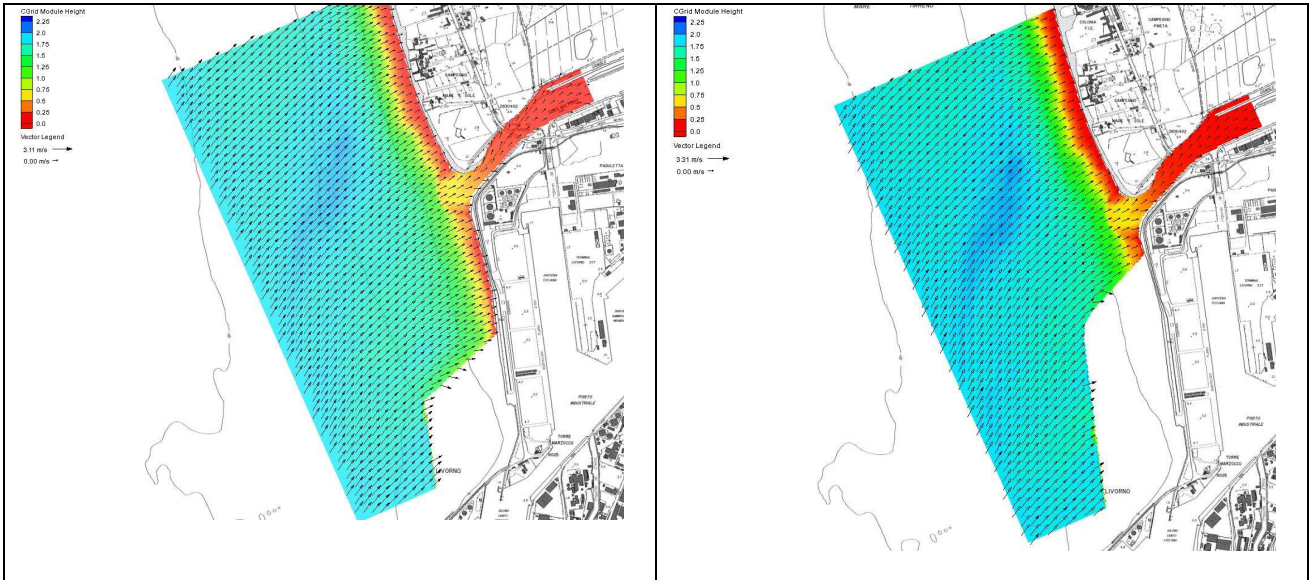
La foce dello Scolmatore va incontro a fenomeni di continuo insabbiamento che non sono stati mai efficacemente contrastati. Nel tratto finale è presente una barra sabbiosa che riduce la larghezza del Canale a solo una decina di metri e la profondità massima ad 1 metro; la sezione di progetto del tratto terminale aveva una savanella centrale di larghezza 48,00 metri col fondo a quota -3,50 m s.l.m. e due zone laterali larghe 42 ,00 metri poste a quota +1,00 m s.l.m.

Tale barra condiziona pesantemente il deflusso della foce tanto che il regime idraulico diventa condizionato dai livelli liquidi che si verificano in corrispondenza della barra di foce e non dalle condizioni meteomarine allo sbocco. Tale risultato è meglio evidenziato nella relazione PT27-09-AGG09-R01-00 in cui sono riportati i risultati dei modelli numerici (mono e bidimensionali) applicati per una portata di 700 m<sup>3</sup>/s e per le principali condizioni di moto ondoso incidente (libeccio/ponente e maestrale).

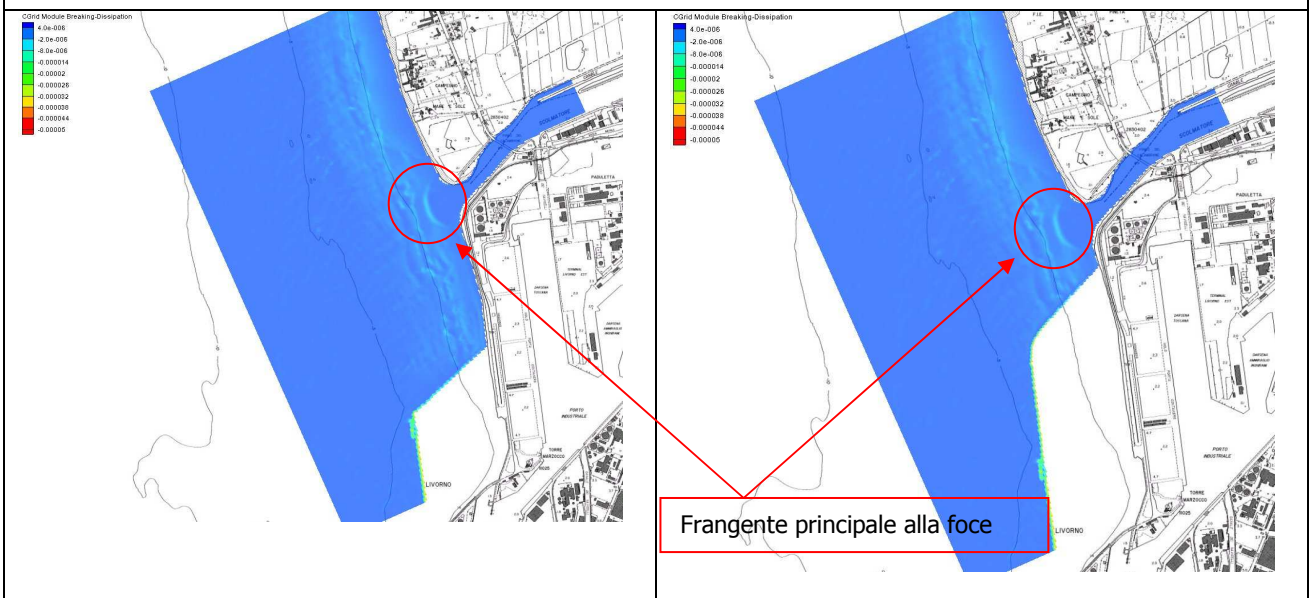
La nuova opera non incide in maniera apprezzabile sul moto ondoso e sui frangenti che regolano i livelli idrici sottocosta (Figura 1 e Figura 2) e di conseguenza non viene modificato il regime idrodinamico alla foce, in quanto restano praticamente invariate le condizioni al contorno (Figura 3).

Tali risultati coincidono con quanto asserito in altri studi (Pagliara e Milano, 2004) secondo cui i livelli idrici alla foce non dipendono dalle condizioni del mare (e anche dall'eventuale presenza di vento) che quindi non rivestono particolare importanza sull'andamento di piena dello Scolmatore.

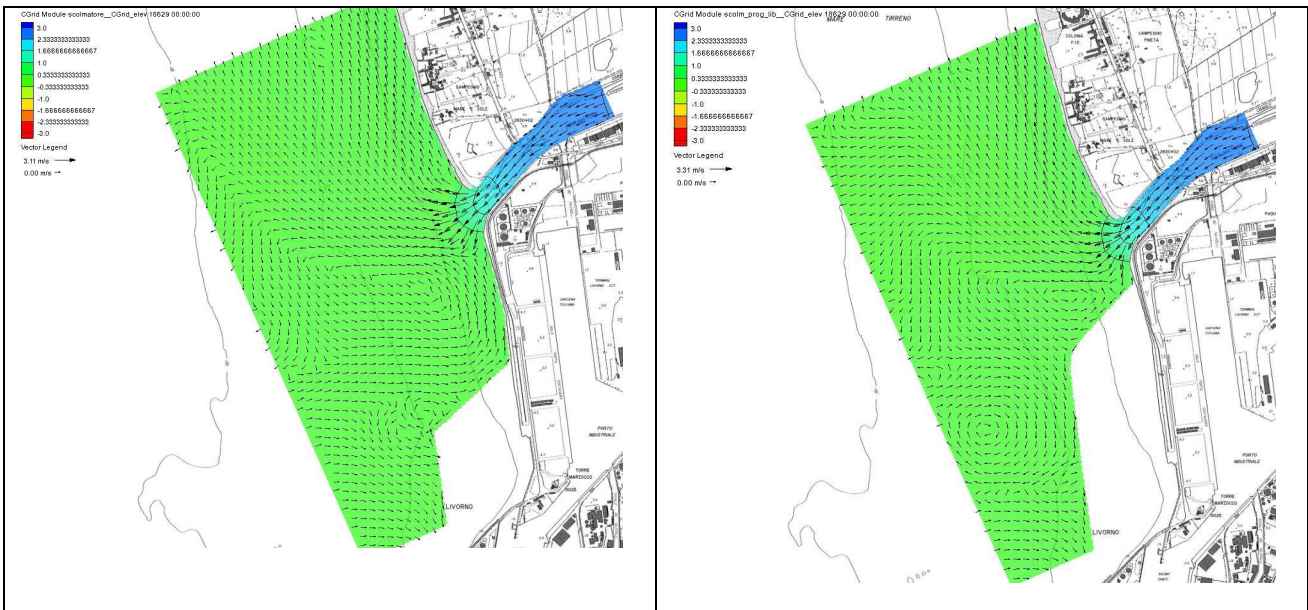




**Figura 1 Moto ondoso nello stato attuale (sinistra) e di progetto (destra) per una mareggiata proveniente da libeccio/ponente**

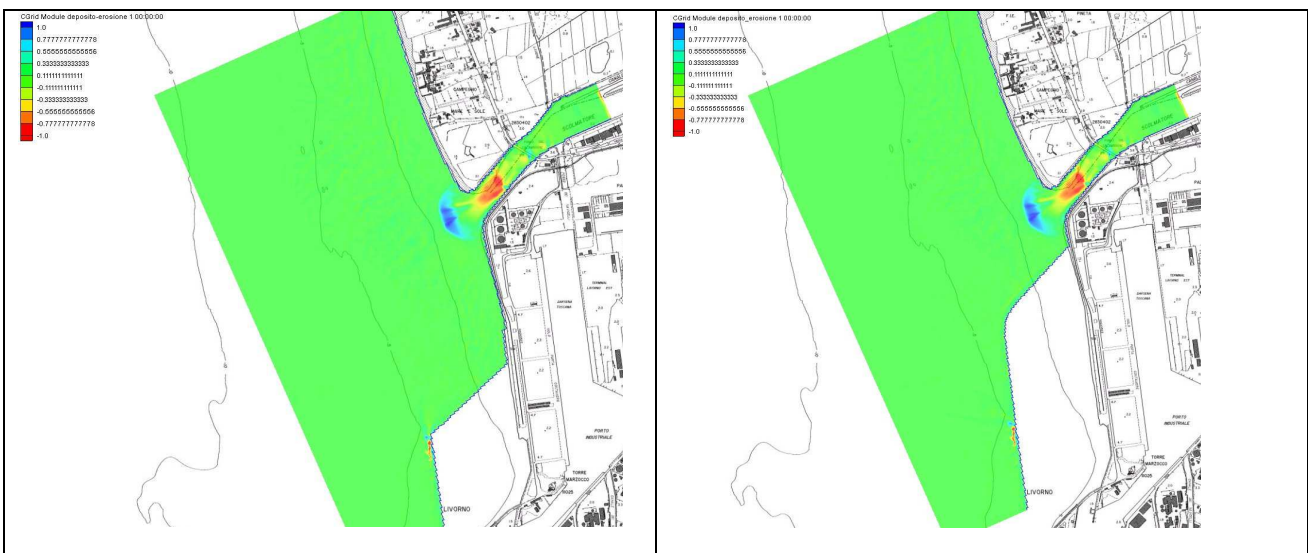


**Figura 2 Dissipazione di energia nello stato attuale (sinistra) e di progetto (destra) per una mareggiata proveniente da libeccio/ponente**



**Figura 3 Andamento del profilo liquido e della circolazione idrodinamica dopo 24 h nello stato attuale (sx) e di progetto (dx)**

Il deflusso rimane pertanto principalmente influenzato dalla barra di foce. I citati studi (Pagliara e Milano, 2004) hanno evidenziato che fino a portate di  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  non si hanno apprezzate variazioni del fondo mobile e solo successivamente si hanno tendenze all'erosione che modificano il profilo del corso d'acqua con abbassamenti anche di 0.5 m. Tali valori sono stati confermati anche nelle modellazioni del presente lavoro (PT27-09-AGG09-R01-00) che hanno evidenziato una analoga tendenza allo spostamento dei sedimenti sia nello stato attuale che in quello di progetto (Figura 4)



**Figura 4 Andamento del deposito e dell'erosione dopo 24 h nello stato attuale (sx) e di progetto (dx)**



---

In conclusione l'opera proposta non produce sostanziali modifiche sul livello idraulico al contorno e di conseguenza il profilo liquido nel canale Scolmatore risulta pressoché inalterato per le diverse condizioni di mareggiate esaminate (da libeccio/ponente e da maestrale). Pertanto non sono da attendersi interferenze tra la nuova opera ed il deflusso del canale Scolmatore.

Livorno, giugno 2009

I tecnici

Ing. Maurizio Verzoni

Ing. Pietro Chiavaccini