



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	08/03/2023	1233_PD-A-006_3.doc	Aggiornamento a seguito delle indagini integrative	N. Sguotti	T. Tassi
4	24/07/2023	1233_PD-A-006_4.doc	Aggiornamento in riscontro a Istruttoria VIA [ID VIP 8058]	A. Calzavara	T. Tassi
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:

PARTE GENERALE

1233_PD-A-006_4.docx

Indice generale

1	PREMESSA	2
2	DATI PLUVIOMETRICI	3
2.1	ELABORAZIONE STATISTICA CON METODO DI GUMBEL DELLE PRECIPITAZIONI MASSIME DAL 2003 AL 2017	5
2.2	COMMETTO DEI RISULTATI	7
3	INQUADRAMENTO IDRAULICO	8
4	INTERAZIONE CON IL CANALE SCOLMATORE	10
4.1	STUDI A SUPPORTO DEL PROGETTO DELLA SECONDA VASCA DI CONTENIMENTO (2009)	12
4.2	STUDI A SUPPORTO DEL PRESENTE PROGETTO	14
5	ALLEGATI	19

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:

PARTE GENERALE

1233_PD-A-006_4.docx

1 PREMESSA

L'ampliamento verso Nord delle infrastrutture portuali di Livorno, in conformità al Piano Regolatore Portuale vigente, prevede successive fasi di implementazione. Le opere previste dalla prima fase sono oggetto del presente intervento e comprendono gran parte delle opere foranee e dei dragaggi previsti dal P.R.P., così come la realizzazione di un grande terrapieno destinato ai nuovi piazzali dei terminal ro-ro e Autostrade del Mare. Il terrapieno sarà interamente formato da sedimenti provenienti dai dragaggi. L'intera nuova infrastruttura, nota come Piattaforma Europa, si sviluppa verso mare tra il porto attuale e la foce dello scolmatore dell'Arno, in località Calambrone; tutte le opere insistono quindi sul tratto di litorale oggi impegnato dalle esistenti colmate in via di ultimazione e in corso di restituzione agli usi legittimi.

La presente relazione presenta le analisi idrologiche effettuate a supporto del progetto di gestione delle acque e dei sedimenti all'interno del nuovo terrapieno, nonché le analisi relative all'interazione delle nuove opere in progetto con la foce del canale scolmatore, della quale deve essere garantita l'officiosità. L'esecuzione della colmata all'interno del nuovo terrapieno prevede la presenza di manufatti di sfioro per le acque decantate risultanti dal refluento (prevalentemente) idraulico di dragaggio dei sedimenti. La gestione delle acque deve peraltro tenere in considerazione anche l'apporto delle acque piovane all'interno degli oltre 100 ettari del nuovo terrapieno.

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**.

Si tratta quindi della definizione di un volume addizionale da gestire attraverso la capacità della colmata e quella degli sfioratori presenti.

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:

PARTE GENERALE

1233_PD-A-006_4.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).

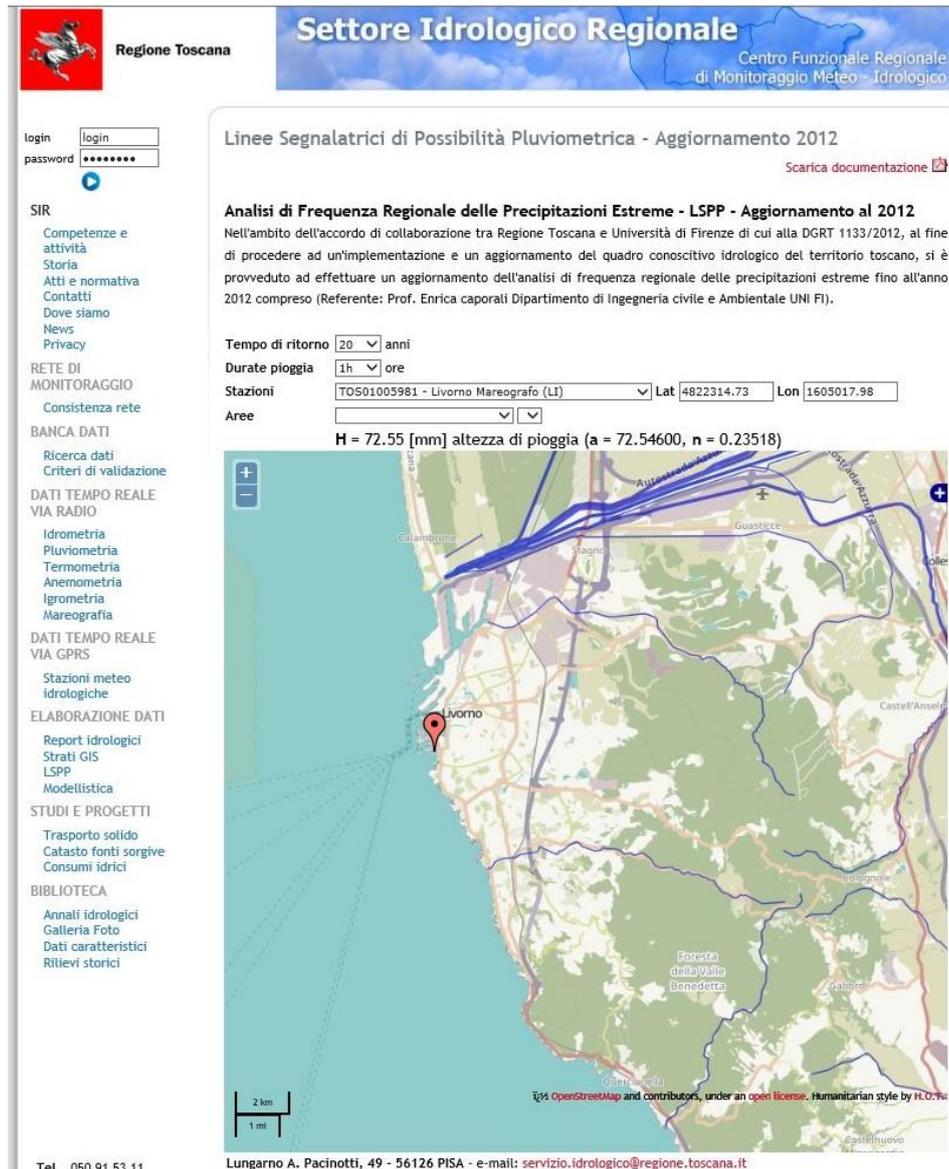


Figura 1 - Esempio di estratto parametri LSPP per la stazione di rilevazione Livorno Mareografo (Servizio Idrologico Regione Toscana, anno 2012)

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:

PARTE GENERALE

1233_PD-A-006_4.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

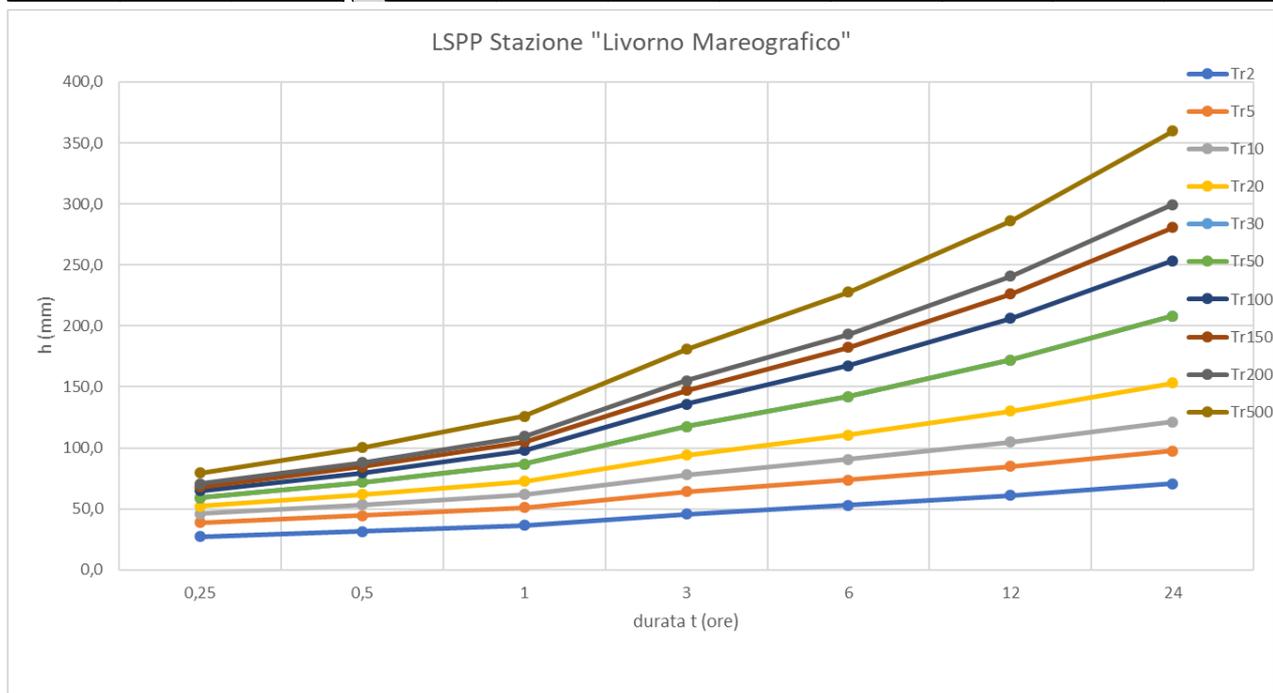


Figura 2 – Altezze di pioggia cumulate alla stazione di Livorno Mareografo (TOS01005981) per diverse durate e tempi di ritorno (analisi sui dati del SIR Toscana del 2012)

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 europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale	Livello progettazione: Progetto Definitivo	Elaborato: PARTE GENERALE 1233_PD-A-006_4.docx
--	---	--

2.1 Elaborazione statistica con metodo di Gumbel delle precipitazioni massime dal 2003 al 2017

I dati pluviometrici rappresentano una serie cui si può accordare significato statistico. Una serie completa, ad esempio, è costituita da tutte le precipitazioni di durata oraria registrate in un lungo periodo. Da esse possono estrarsi serie parziali costituite da valori che eccedono una determinata soglia. La serie che considera i soli valori massimi od estremi che si sono verificati ogni anno è detta serie annuale, ed è a questa che di norma si riferiscono le elaborazioni pluviometriche.

Con riferimento alle serie annuali delle precipitazioni massime (Tabella 1) relative alla stazione di misura delle piogge di Livorno Mareografo, si può determinare la relazione esistente tra l'altezza h delle precipitazioni e la loro durata τ .

Date le precipitazioni massime di data durata, intese come eventi estremi che costituiscono una serie di elementi fra loro indipendenti, si può rappresentare la distribuzione dei valori intermedi secondo una funzione doppio esponenziale:

$$P[H \leq h] = e^{-e^{-\alpha(h-u)}}$$

Avendone la formula analitica, si ottiene la distribuzione e il tempo di ritorno ricordando che, per tempo di ritorno, si intende l'inverso della probabilità cumulata di superamento:

$$Tr = \frac{1}{P[H \geq h]} = \frac{1}{1 - P[H \leq h]} = \frac{1}{1 - e^{-e^{-\alpha(h-u)}}$$

I parametri α e u sono in questo caso liberi, ma quando sono noti consentono di ottenere, fissato h , il tempo di ritorno.

Determinazione dei parametri α ed u noto il tempo di ritorno Tr .

$$h(Tr) = \bar{h} + \frac{y(Tr) - \bar{y}}{S_y} * S_h \quad (1)$$

essendo:

$h(Tr)$ = Valore, incognito, dell'evento caratterizzato da un periodo di ritorno

\bar{h} = Incognito, dell'evento media dei valori relativi ad una colonna $\bar{h} = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N h_i(\tau)$

$y(Tr)$ = Variabile ridotta $y(Tr) = -\ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{Tr}\right)\right]$

S_h = Scarto quadratico medio $S_h = \sqrt{\frac{1}{N-1} * \sum_{i=1}^N (h_i(\tau) - \bar{h})^2}$

S_y = Scarto quadratico medio della variabile ridotta $S_y = \sqrt{\frac{1}{N-1} * \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}$

\bar{y} = Media della variabile ridotta $\bar{y} = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N y_i$

Il termine $\frac{y(Tr) - \bar{y}}{S_y}$ è detto fattore di frequenza.

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: PARTE GENERALE 1233_PD-A-006_4.docx
--	---	--

È importante osservare che i termini \bar{y} e S_y non dipendono dai valori di h , ma solo dal numero N di valori di h .

Riscrivendo l'equazione (1) nella forma:

$$h(T_r) = \bar{h} - \frac{S_h}{S_y} * \bar{y} + \frac{S_h}{S_y} * y(T_r) \quad (2)$$

e detti:

$$moda = \bar{h} - \frac{S_h}{S_y} * \bar{y} \quad \text{il valore con massima frequenza probabile; } \alpha = \frac{S_h}{S_y} * y(T_r), \quad \text{si può procedere}$$

alla determinazione dell'equazione di possibilità pluviometrica.

Tabella 1 – Precipitazioni massime – Sez.B, Tab. 3,4,5 *[[SIR -DATI / Archivio storico](#)]

	5'	10'	15'	20'	30'	1h	3h	6h	12h	24h
2003			9.6		12.2	15.8	23.2	40.0	57.6	67.2
2004			22.6		37.4	54.8	73.4	76.4	78.2	79.8
2005			18.4		23.0	30.6	55.4	65.4	80.6	86.0
2006			20.2		29.6	42.0	89.8	98.2	111.4	129.6
2007			14.2		20.4	22.2	22.4	35.2	48.8	69.8
2008			8.6		16.4	29.4	41.6	44.2	44.2	50.4
2009			24.4		35.6	51.8	76.8	82.0	90.4	95.0
2010			15.6		26.4	39.8	40.2	40.2	58.0	60.0
2011			10.4		12.8	13.6	14.0	20.4	23.0	30.0
2012			17.2		31.2	44.4	69.0	92.4	100.2	101.0
2013			18.8		28.8	37.6	41.8	42.2	55.0	70.6
2014			17.8		30.2	41.0	50.8	52.0	69.0	92.0
2015			17.4		22.4	26.6	42.8	45.4	45.4	52.6
2016			14.0		18.6	27.4	48.6	57.6	61.0	66.0
2017			27.8		41.2	63.4	79.2	131.6	158.4	186.8

Avvalendosi della tabella precedente, riportante le precipitazioni massime disponibili dall'anno 2003 fino all'anno 2017 relative alla stazione pluviometrica di Livorno Mareografo, si sono calcolati i valori della media e dello scarto quadratico medio dei valori osservati per tutte le durate considerate delle quali si voleva conoscere l'altezza di precipitazione. Noti questi, media e scarto quadratico medio della variabile ridotta che come già detto dipendono solo dal numero N dei valori osservati, si sono determinati *moda* e *alpha* e quindi si è risolta l'equazione (2) la quale ha fornito, dato un valore del T_r (tempo di ritorno), l'altezza h della precipitazione di data durata (vedi Tabella 2).

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: PARTE GENERALE 1233_PD-A-006_4.docx
--	---	--

Tabella 2 - Valori dell'altezza h (millimetri) di precipitazione di data durata in funzione del tempo di ritorno. Risultati ottenuti dalla risoluzione dell'equazione (2)

TEMPI DI RITORNO (anni)	ORE				
	1	3	6	12	24
5 hmax (mm) =	49,33	72,36	89,15	104,50	117,51
10 hmax (mm) =	59,44	88,39	110,12	128,63	144,15
20 hmax (mm) =	69,14	103,77	130,24	151,78	169,72
50 hmax (mm) =	81,70	123,68	156,28	181,75	202,80

2.2 Commetto dei risultati

Alla luce dei risultati ottenuti dall'elaborazione statistica con metodo Gumbel delle altezze massime di precipitazione dal 2003 al 2017, si nota un'altezza di pioggia con $Tr=50$ anni e durata 24 ore pari 202.8 mm; dunque, inferiore all'altezza ricavata dall'analisi fornita dal Servizio Idrologico Regionale Toscana (SIR) pari a 208 mm, risulta cautelativo mantenere come altezza di riferimento l'altezza di pioggia fornitaci dal "SIR" per il calcolo del volume d'acqua piovana da invasare nelle casse di colmata.

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:

PARTE GENERALE

1233_PD-A-006_4.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.

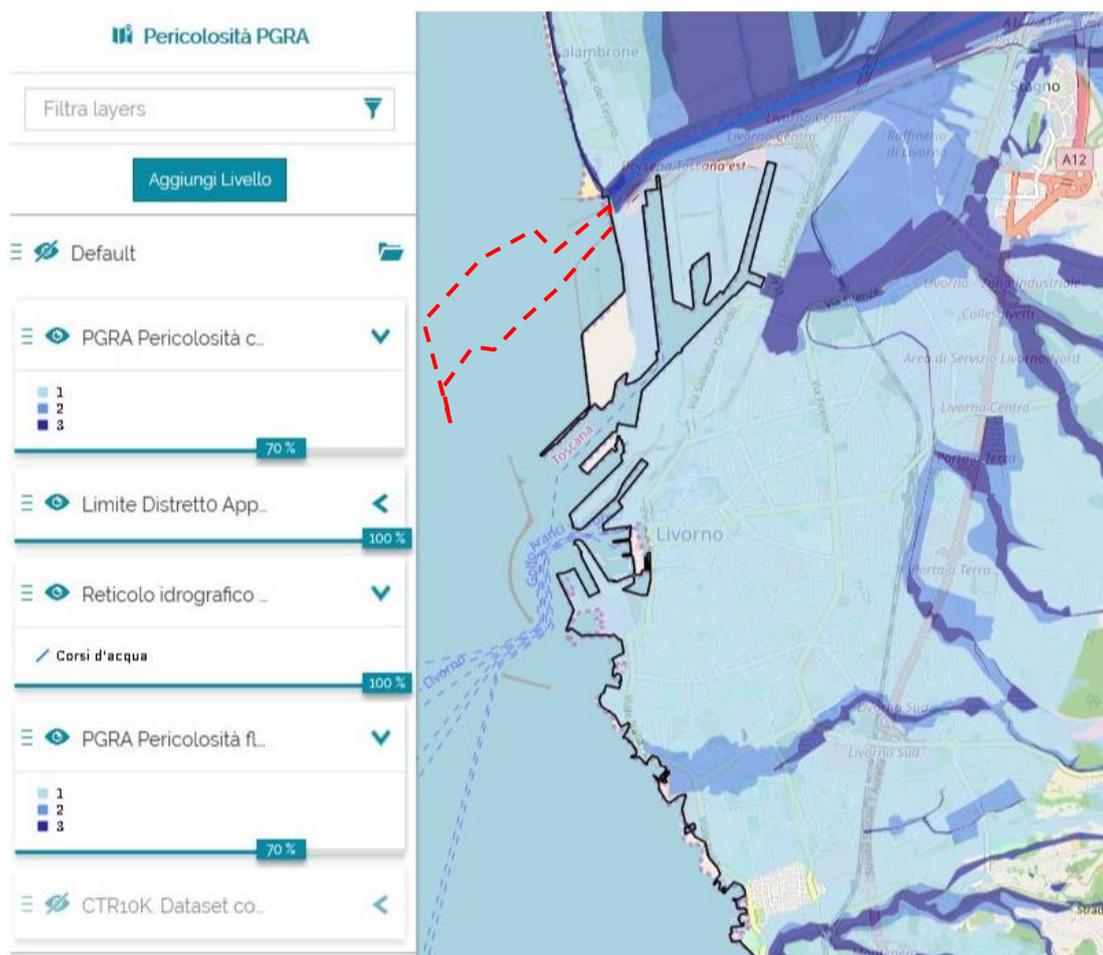


Figura 3 – Mappa di pericolosità da alluvione (PGRA-AdB Arno) con identificata in tratteggio rosso l'area di intervento

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:

PARTE GENERALE

1233_PD-A-006_4.docx

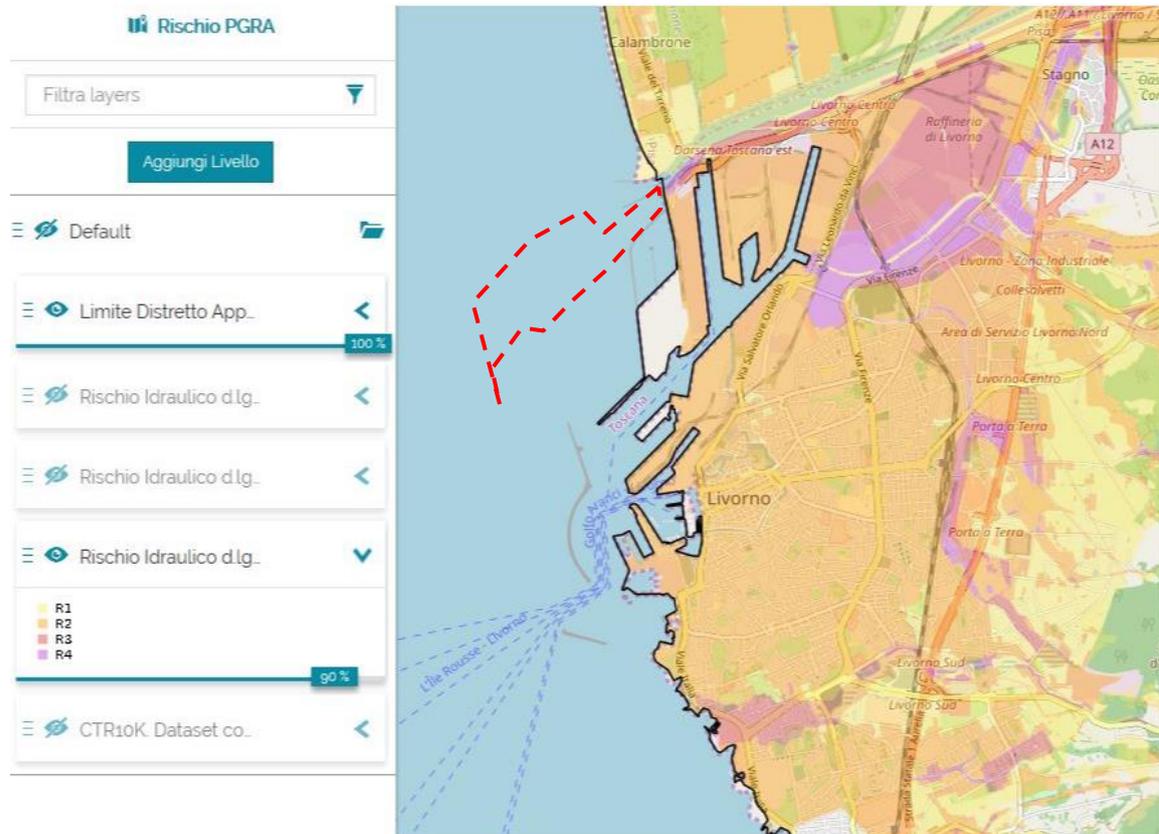


Figura 4 – Mappe di rischio da alluvione (PGRA-AdB Arno) con identificata in tratteggio rosso l'area di intervento

4 INTERAZIONE CON IL CANALE SCOLMATORE

L'area di intervento del presente progetto si sviluppa verso mare a partire dalla esistente "seconda vasca di contenimento sedimenti di dragaggio" ed è localizzata in posizione idraulicamente separata dal deflusso del Canale Scolmatore dell'Arno grazie alle foci armate e alle arginature esistenti, nonché, verso monte, dalla presenza della Darsena Toscana e dal canale di collegamento con lo scolmatore e il Canale dei Navicelli (Figura 5). Non vi è quindi alcuna possibilità che gli eventi di piena dello scolmatore possano interessare la nuova colmata.

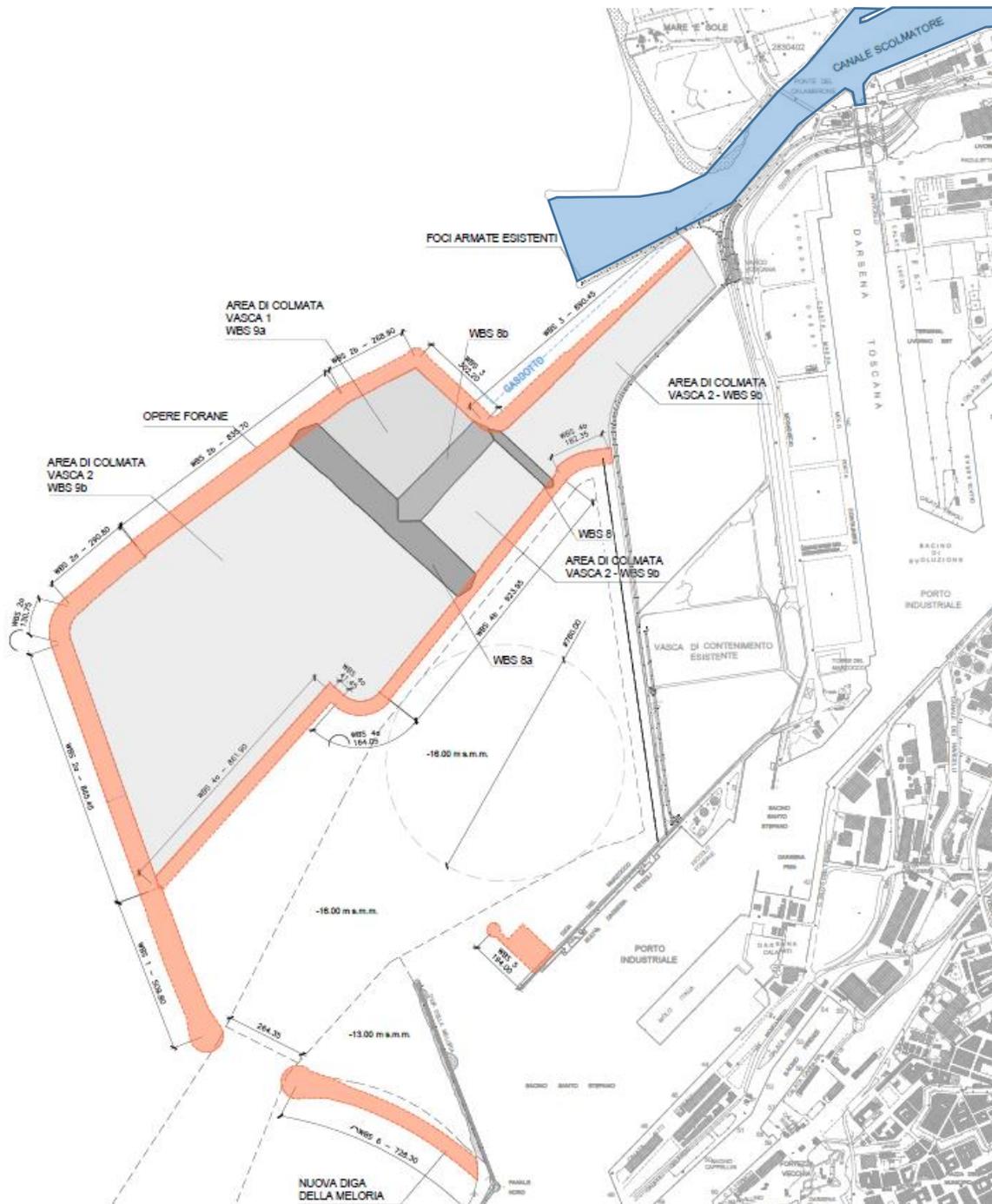


Figura 5 – Inserimento delle opere dell'intervento in progetto su cartografia dello stato di fatto

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: PARTE GENERALE 1233_PD-A-006_4.docx
--	---	--

Per quanto attiene l'interazione dell'opera con il Canale Scolmatore si rilevano i seguenti aspetti:

- studi pregressi (cfr. successivo paragrafo 0) hanno evidenziato come, in assenza di modifiche sostanziali del livello idraulico al contorno (in foce), il profilo liquido del Canale Scolmatore dell'Arno resta pressoché inalterato;
- gli studi condotti nell'ambito del presente progetto (cfr successivo paragrafo 4.2) hanno inoltre evidenziato come, per effetto della presenza delle nuove opere (che non interessano lo scolmatore fino a ben oltre la sezione di sbocco delle armature di foce), non si rilevino modifiche di qualche significatività nei livelli prossimi alla foce.

Si può quindi concludere che la nuova "Piattaforma Europa", nonostante le dimensioni e l'interazione con la dinamica litoranea, risulta collocata in posizione tale da non determinare, direttamente (causando ostacolo al deflusso) o indirettamente (causando incrementi locali di livello), modifiche al regime di deflusso del canale Scolmatore o profili di rigurgito.

Non vengono quindi modificate in alcun modo le ipotesi alla base della classificazione delle aree di rischio/pericolosità idraulica indicate nel PGRA.

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:

PARTE GENERALE

1233_PD-A-006_4.docx

4.1 Studi a supporto del Progetto della seconda vasca di contenimento (2009)

Nel 2009 sono stati redatti una serie di 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”. Tali studi erano stati finalizzati a verificare le interazioni delle (allora) nuove casse di colmata con il deflusso del Canale Scolmatore.

Gli studi (codifica PT27-07-VC-AGG09-R01-00 e PT27-07-VC-AGG09-R03-00) hanno comportato una serie di analisi su modello numerico i cui risultati, ampiamente prevedibili, hanno accertato l’assenza di interazioni delle nuove opere con il deflusso dello scolmatore. Si osserva a tale proposito che le (allora) nuove opere si trovano a valle della sezione di sbocco dell’armatura di foce, in uno specchio acqueo di dimensioni sostanzialmente infinite (per le analisi di cui trattasi) e i cui livelli non possono essere influenzati dalle portate dello scolmatore. Si riportano di seguito i risultati principali, come riferiti nelle conclusioni degli studi citati (testo in corsivo), rimandando agli allegati per eventuali approfondimenti. Le frasi non in corsivo sono commenti degli scriventi, finalizzati ad una migliore contestualizzazione di quanto riportato dagli studi pregressi.

“Il presente studio mette in luce quali siano le condizioni di deflusso della foce del Canale 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 pressochè 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.”

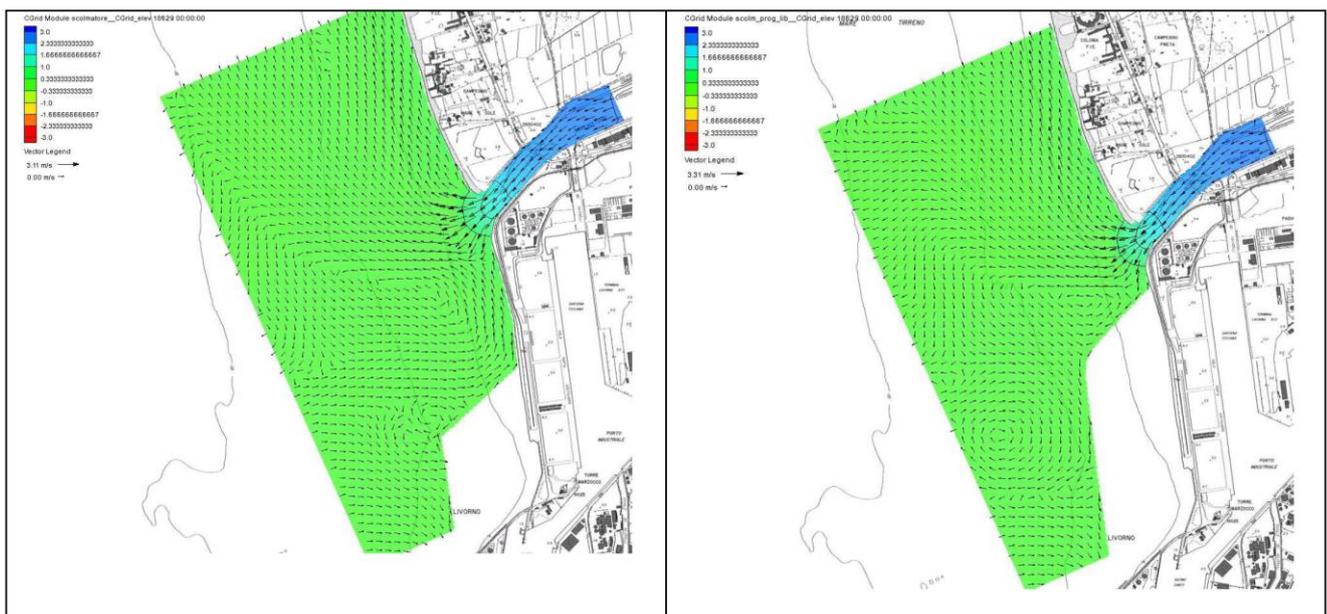


Figura 3 Andamento del profilo liquido e della circolazione idrodinamica dopo 24 h nello stato attuale (sx) e di progetto (dx)

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

Progetto:	Livello progettazione:	Elaborato:
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	Progetto Definitivo	PARTE GENERALE 1233_PD-A-006_4.docx

“La foce dello scolmatore va incontro a fenomeni di continuo insabbiamento che non sono stati mai efficacemente contrastati (e questo ancora prima che venissero realizzate le esistenti colmate, n.d.r.). 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 (da qui la previsione di interventi di manutenzione strategici nell’ambito del presente progetto definitivo, n.d.r.). Tale risultato è meglio evidenziato nella relazione PT27-09-AGG09-RO1-00 in cui sono riportati i risultati dei modelli numerici (mono e bidimensionali) applicati per una portata di 700 m³/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 (...) e di conseguenza non viene modificato il regime idrodinamico alla foce, in quanto restano praticamente invariate le condizioni al controno (...). Tali risultati concidono 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 profino liquido nel Canale Scolmatore risulta pressochè 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.”

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: PARTE GENERALE 1233_PD-A-006_4.docx
--	---	--

4.2 Studi a supporto del presente Progetto

A supporto del presente progetto è stato condotto un approfondito studio su modello matematico finalizzato alla valutazione degli effetti della configurazione di progetto definitivo sulla circolazione idrodinamica indotta dal moto ondoso e da contestuali eventi di piena del Canale Scolmatore d'Arno.

Lo studio segue un approccio metodologico simile a quello utilizzato negli studi descritti nel precedente paragrafo, con il supporto di una modellistica numerica allo stato dell'arte e con ipotesi maggiormente cautelative in termini di portate liquide dello scolmatore.

Gli studi sono stati condotti per diversi scenari, caratterizzati dall'azione di mareggiate particolarmente severe (caratterizzate da altezze d'onda con frequenza media di superamento di 1 g/anno) provenienti da diverse direzioni e per diverse condizioni di portata (media e rara) del Canale Scolmatore. Si rimanda allo "Studio della dinamica litoranea" (Elaborato 1233_PD-D-004) per eventuali approfondimenti relativi agli scenari simulati e ai risultati ottenuti.

Per le finalità del presente elaborato vengono riportati i risultati ottenuti, in termini di livelli idrici, per gli scenari ritenuti più rappresentativi tra quelli relativi all'analisi dell'interferenza del progetto con le portate di piena dello Scolmatore d'Arno (cfr. successiva Tabella 3). Risulta infatti evidente come alcune mareggiate, in particolare quelle di Scirocco, non possano determinare fenomeni di setup nell'area di interesse, mentre altre, in particolare quelle di Maestrale, potrebbero potenzialmente impattare su tale fenomeno.

Nelle successive figure (da Figura 7 a Figura 10) si mettono a confronto, per i due scenari di riferimento (Stato Attuale di Progetto), i risultati delle simulazioni in termini di livelli idrici.

I risultati hanno evidenziato nella configurazione di progetto variazioni minime del livello del mare in prossimità della foce dello scolmatore con valori massimi dell'ordine dei 2 cm.

Tabella 3 – Scenari a cui ci si è riferiti nel presente documento (selezionati tra quelli analizzati nello studio dell'interferenza del progetto con le portate di piena dello Scolmatore d'Arno)

Caso	Configurazione	Mareggiata	Piena Scolmatore
Scolm 3	Stato di fatto	calma	1000 m ³ /s
Scolm 4	Progetto definitivo	calma	1000 m ³ /s
Scolm 5	Stato di fatto	250°N - 1 g/anno	414 m ³ /s
Scolm 6	Progetto definitivo	250°N - 1 g/anno	414 m ³ /s
Scolm 7	Stato di fatto	170°N - 1 g/anno	414 m ³ /s
Scolm 8	Progetto definitivo	170°N - 1 g/anno	414 m ³ /s
Scolm 9	Stato di fatto	290°N - 1 g/anno	414 m ³ /s
Scolm 10	Progetto definitivo	290°N - 1 g/anno	414 m ³ /s

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:

PARTE GENERALE

1233_PD-A-006_4.docx

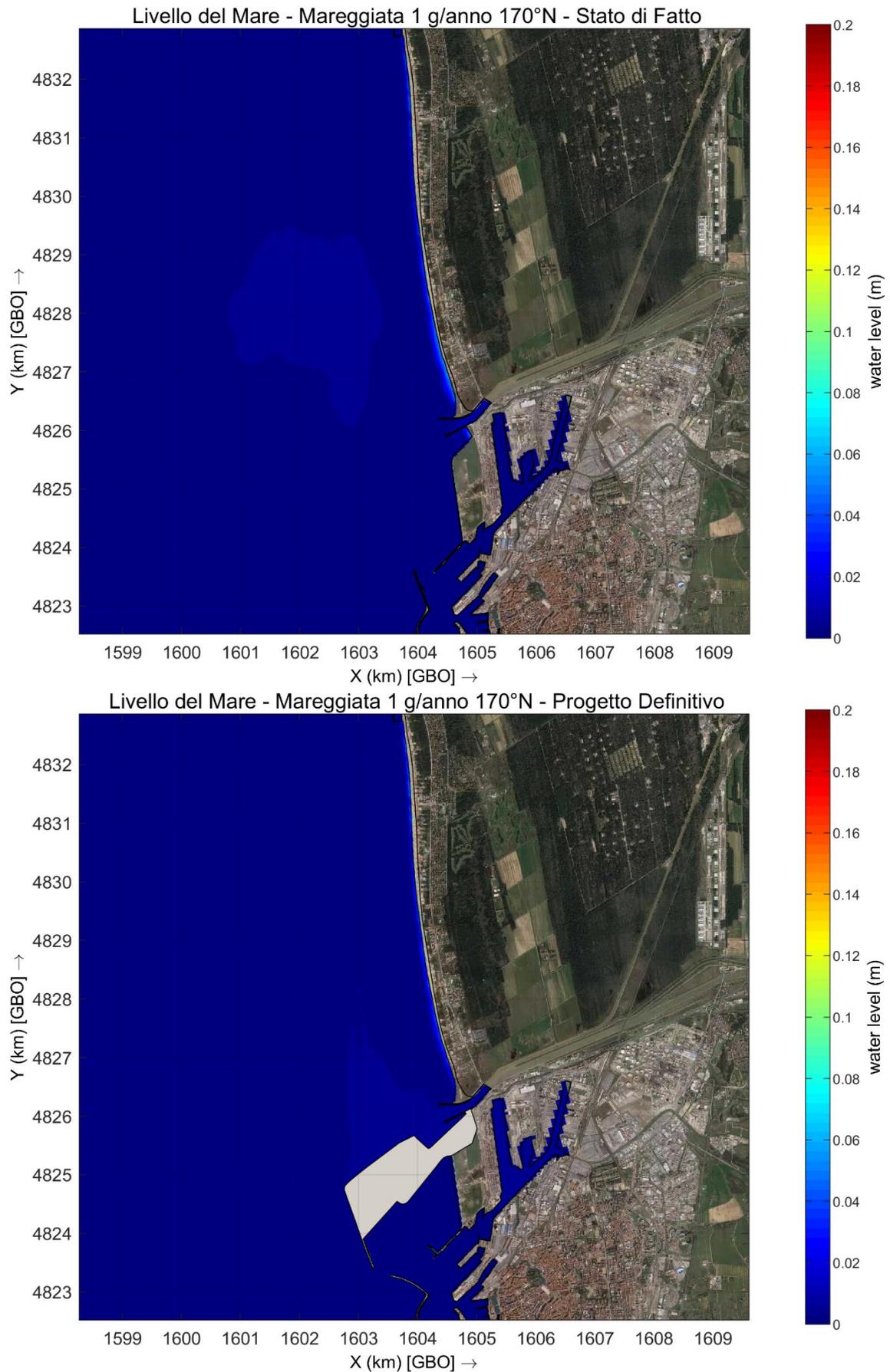


Figura 7 – Livelli idrici per le due configurazioni, relativi allo scenario mareggiata di Mezzogiorno, $Q = 414 \text{ m}^3/\text{s}$

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:

PARTE GENERALE

1233_PD-A-006_4.docx

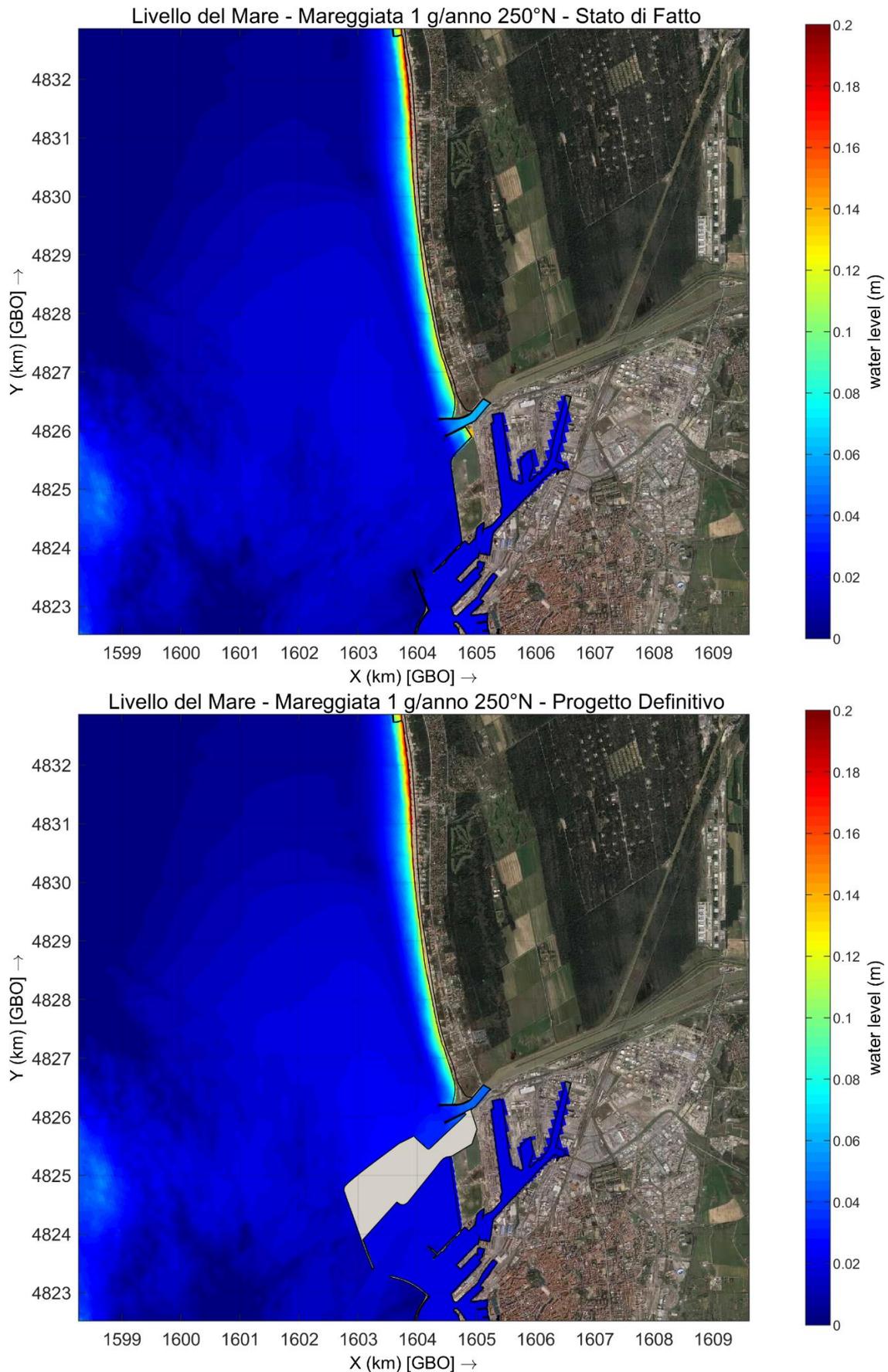


Figura 8 –Livelli idrici per le due configurazioni, relativi allo scenario mareggiata di Ponente, $Q = 414 \text{ m}^3/\text{s}$

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:

PARTE GENERALE

1233_PD-A-006_4.docx

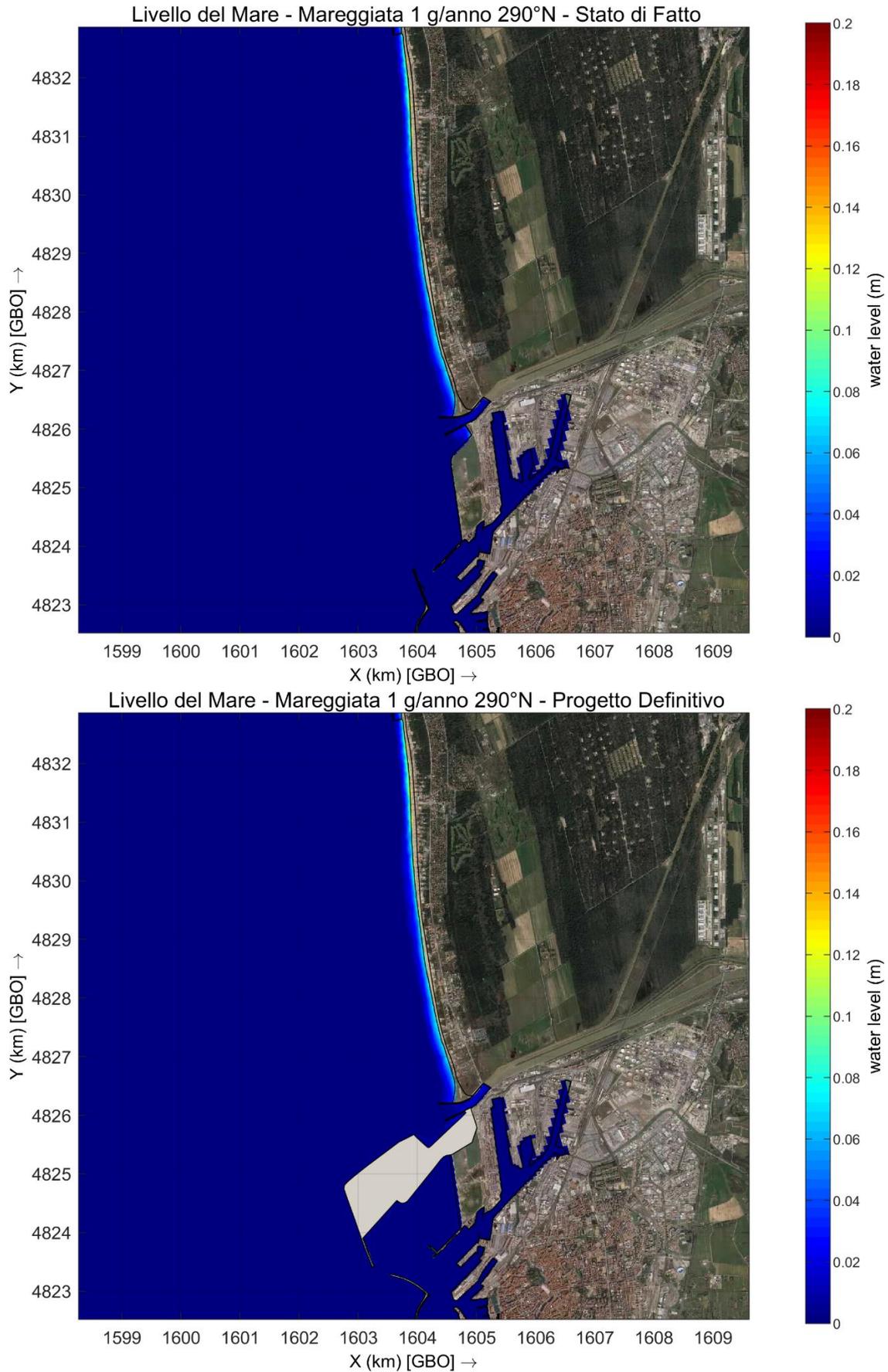


Figura 9 –Livelli idrici per le due configurazioni, relativi allo scenario mareggiata di Mezzogiorno, $Q = 414 \text{ m}^3/\text{s}$

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:

PARTE GENERALE

1233_PD-A-006_4.docx

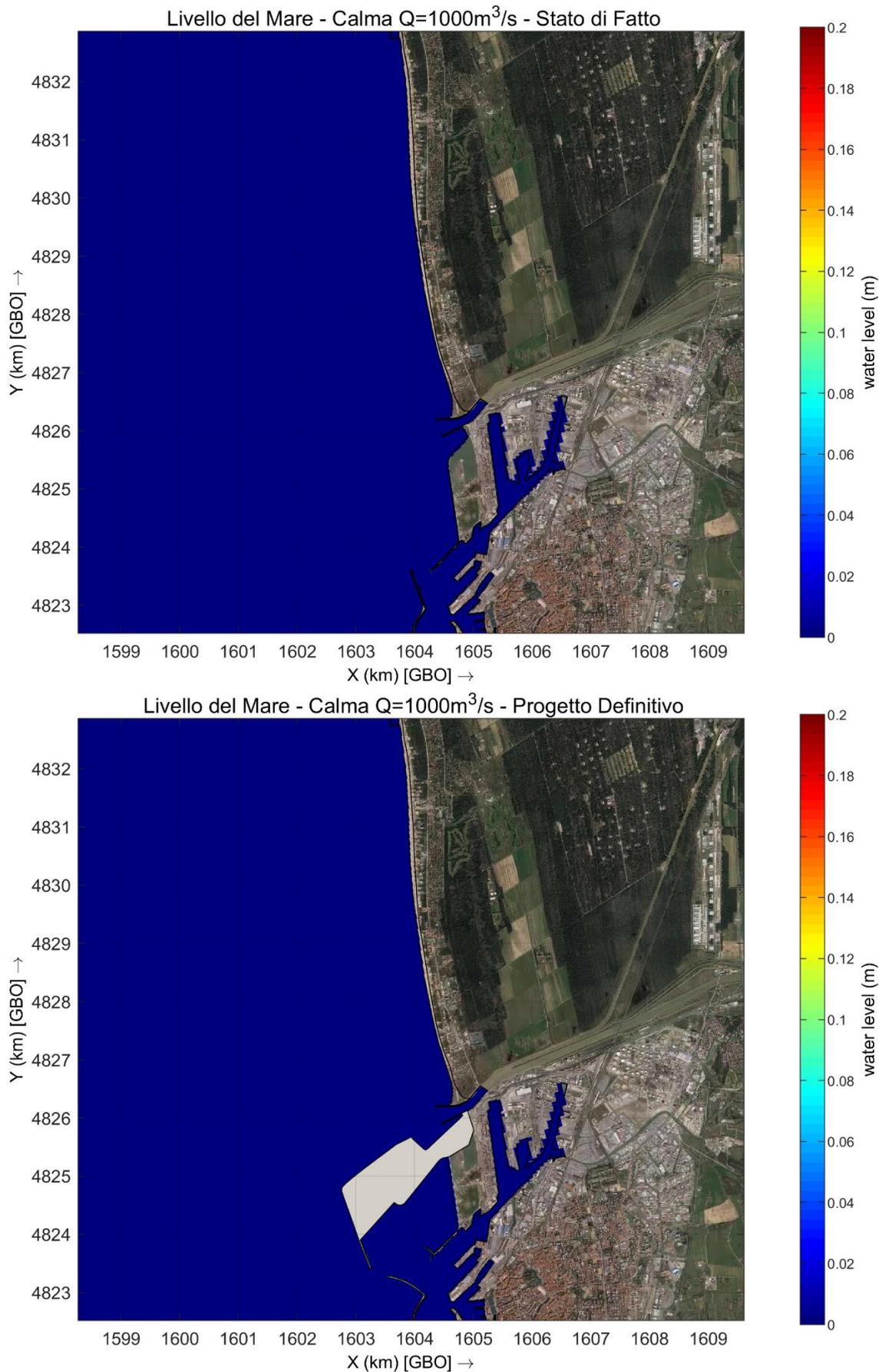


Figura 10 – Livelli idrici per le due configurazioni, relativi allo scenario di calma, $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$

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:

PARTE GENERALE

1233_PD-A-006_4.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
	APPENDICE	26



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.

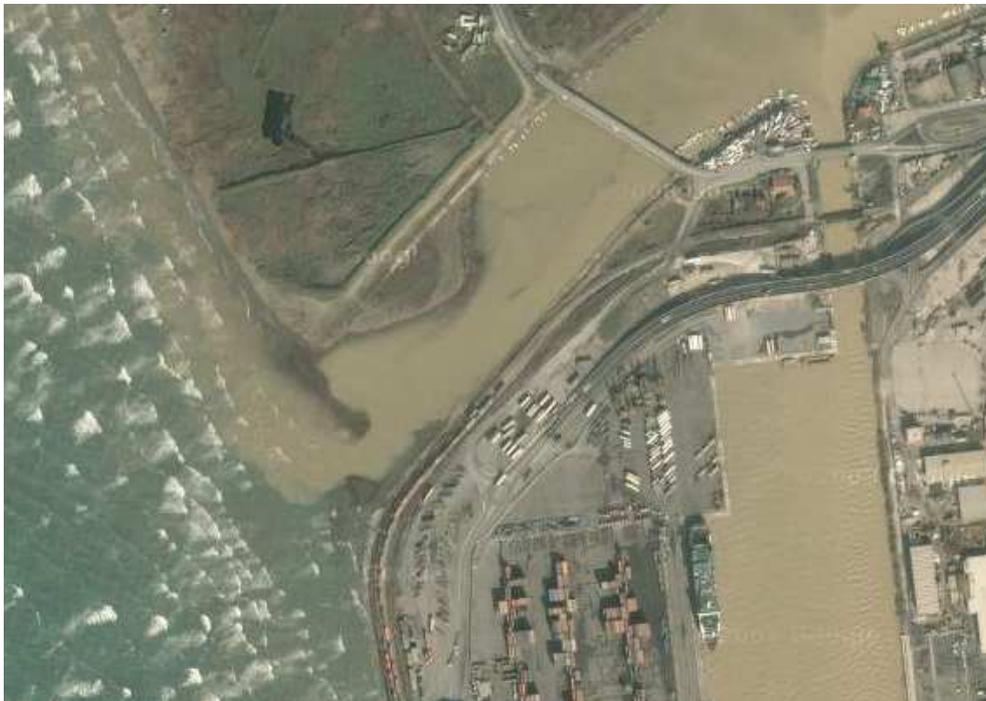


Figura 1 Foce dello scolmatore con la presenza delle barre sabbiose



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 m³/s). In particolare la portata massima che può transitare nel canale senza dar luogo ad esondazioni anche localizzate risulta di circa 700 m³/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 m³/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 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.

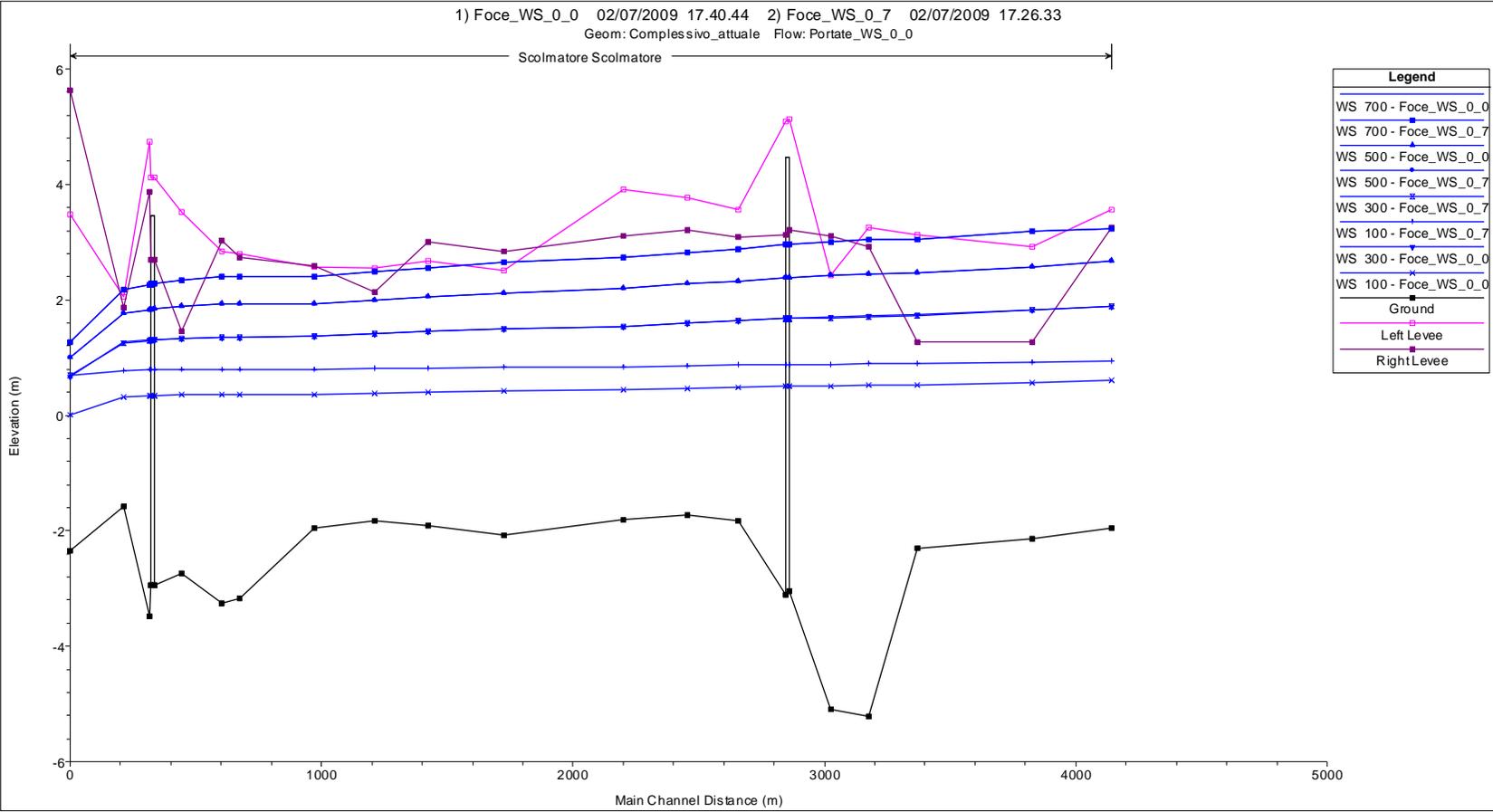


Figura 2 Profilo liquido alla foce dello Scolmatore



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.

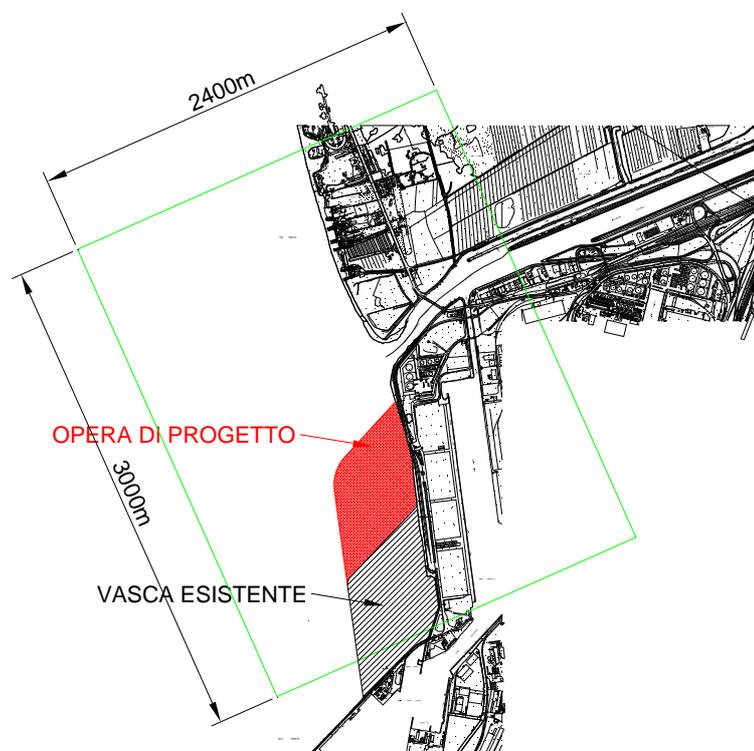


Figura 3 Griglia di calcolo delle modellazioni bidimensionali



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).

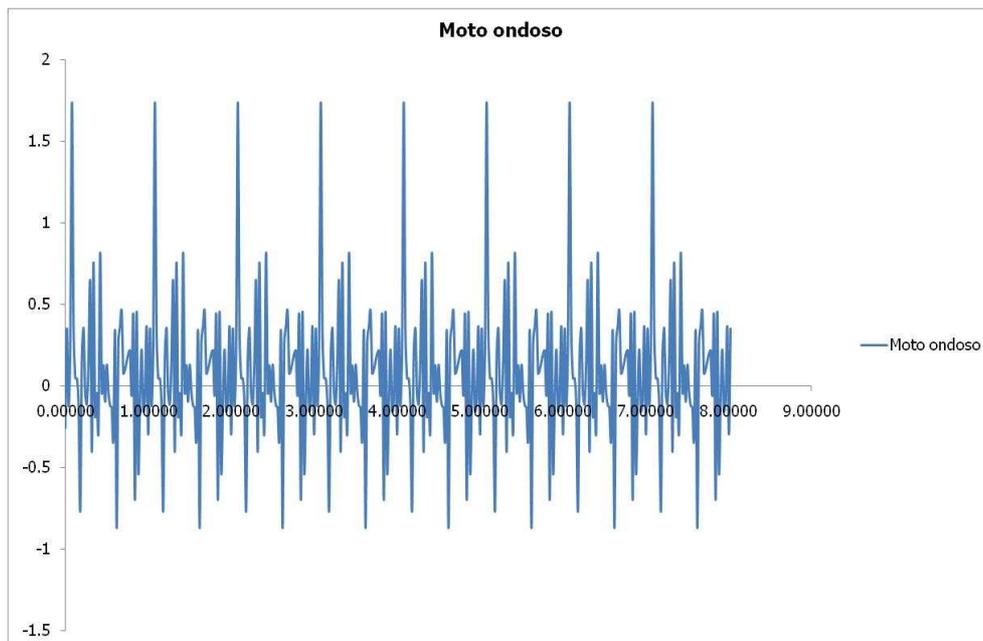


Figura 4 Onda impiegata come condizione al contorno

L'andamento della marea η 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.

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



	A (m)	ω	φ
M2	0.097	28.984	192.130
S2	0.036	30	210.400
N2	0.019	28.439	182.450
K2	0.011	30.082	204.230
K1	0.035	15.041	166.340
O1	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.

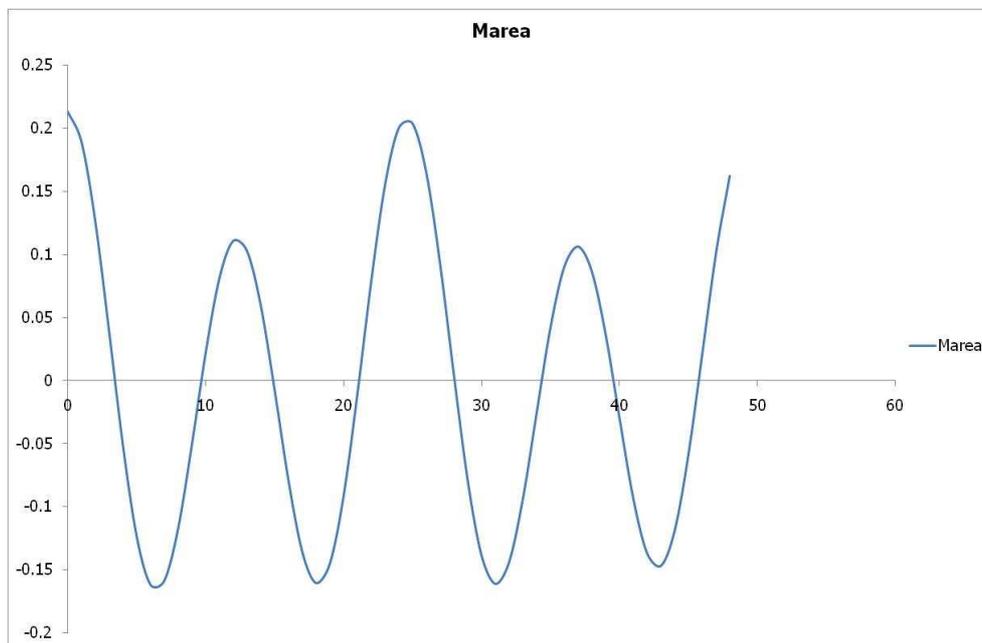


Figura 5 Andamento delle oscillazione di marea (ascissa in ore ed ordinata in m)

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.

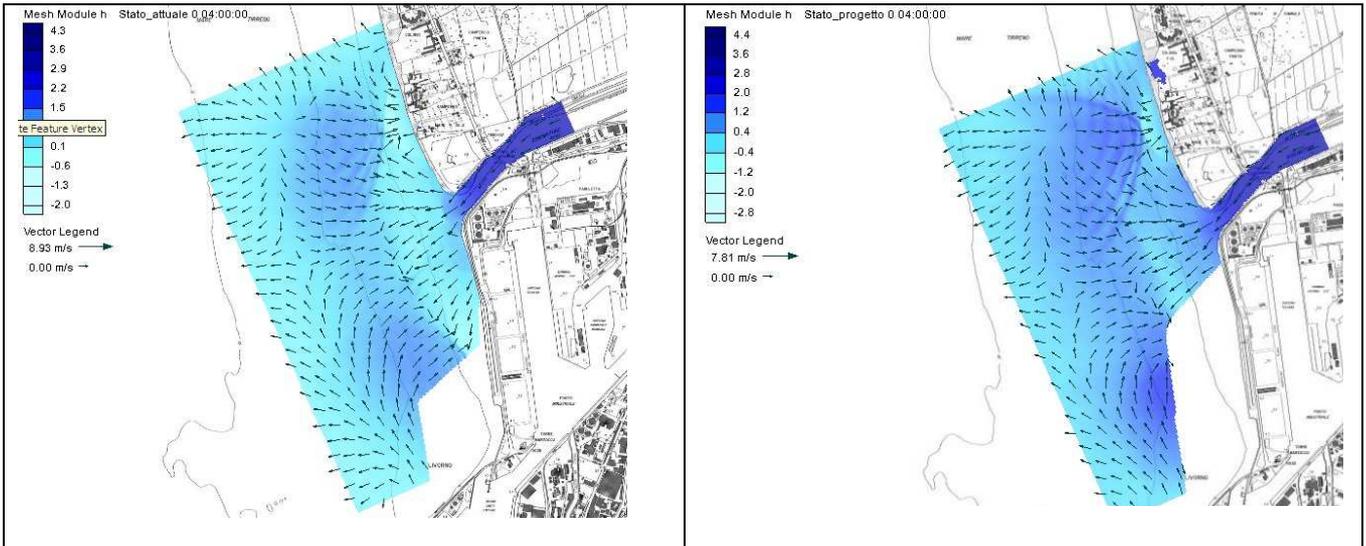


Figura 6 Campo idrodinamico a tempo T=4:00 h (a sinistra stato attuale a destra stato di progetto)

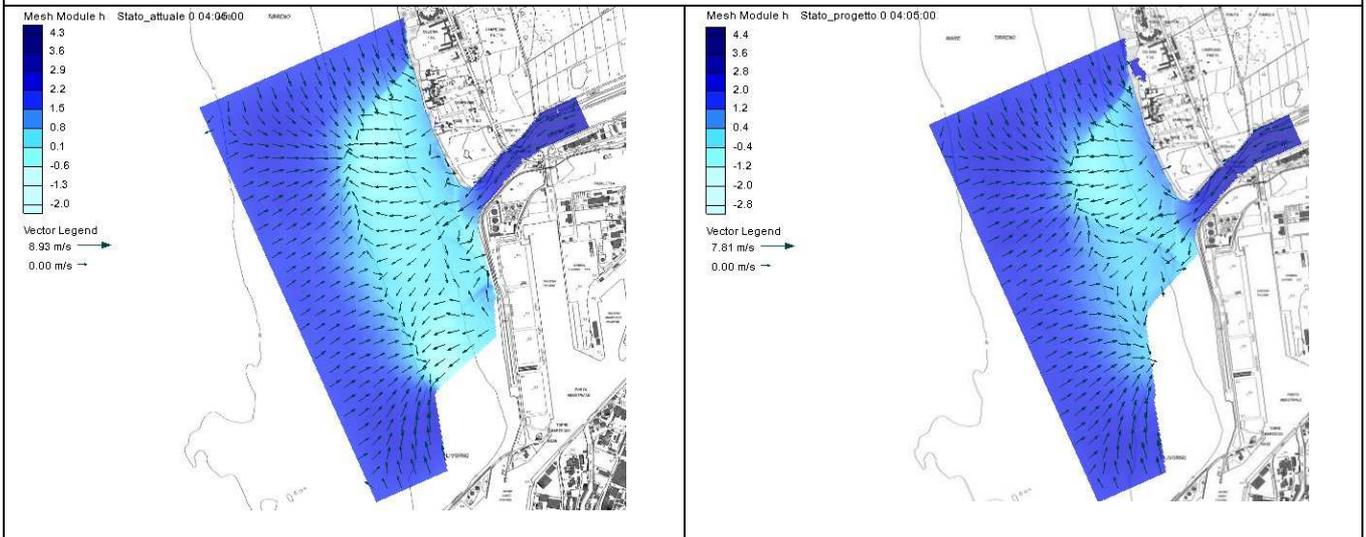


Figura 7 Campo idrodinamico a tempo T=4:05 h (a sinistra stato attuale a destra stato di progetto)

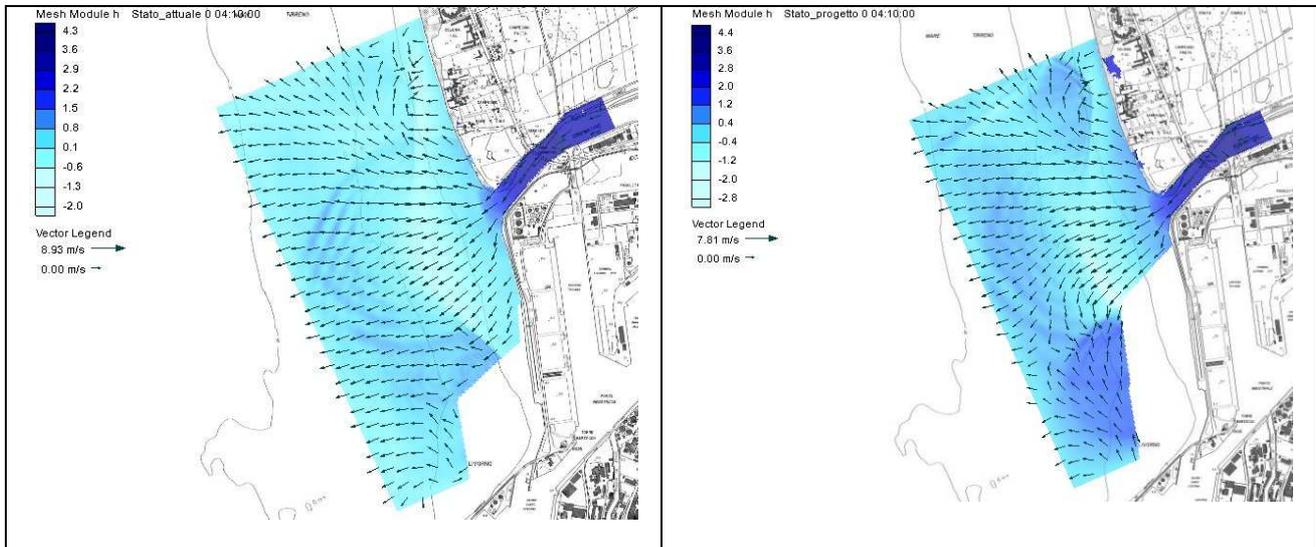


Figura 8 Campo idrodinamico a tempo T=4:10 h (a sinistra stato attuale a destra stato di progetto)

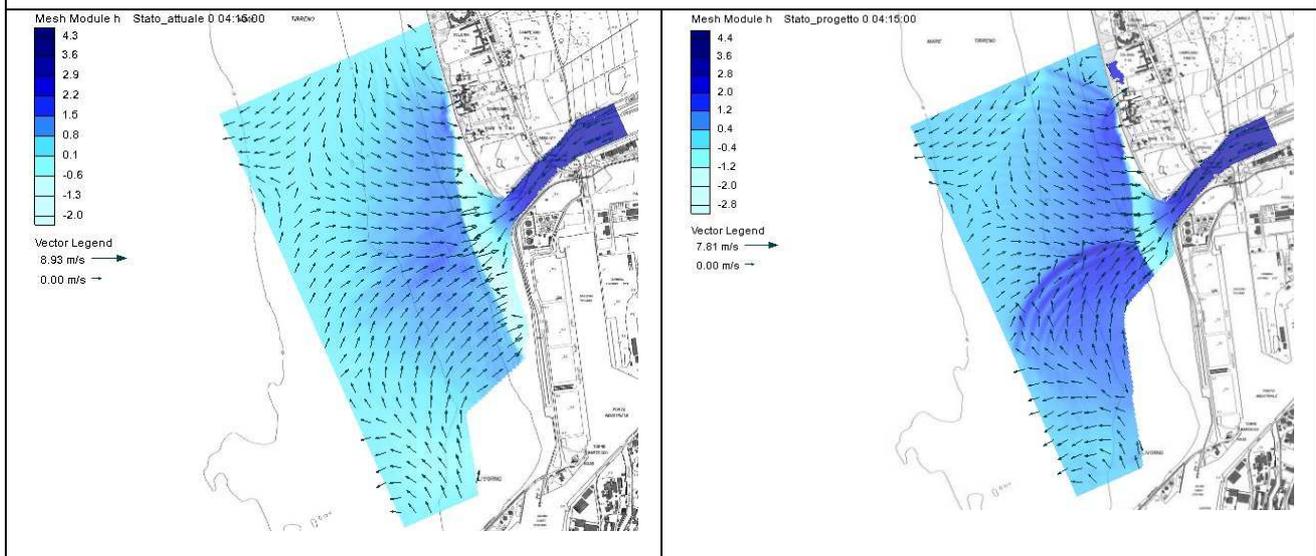


Figura 9 Campo idrodinamico a tempo T=4:15 h (a sinistra stato attuale a destra stato di progetto)

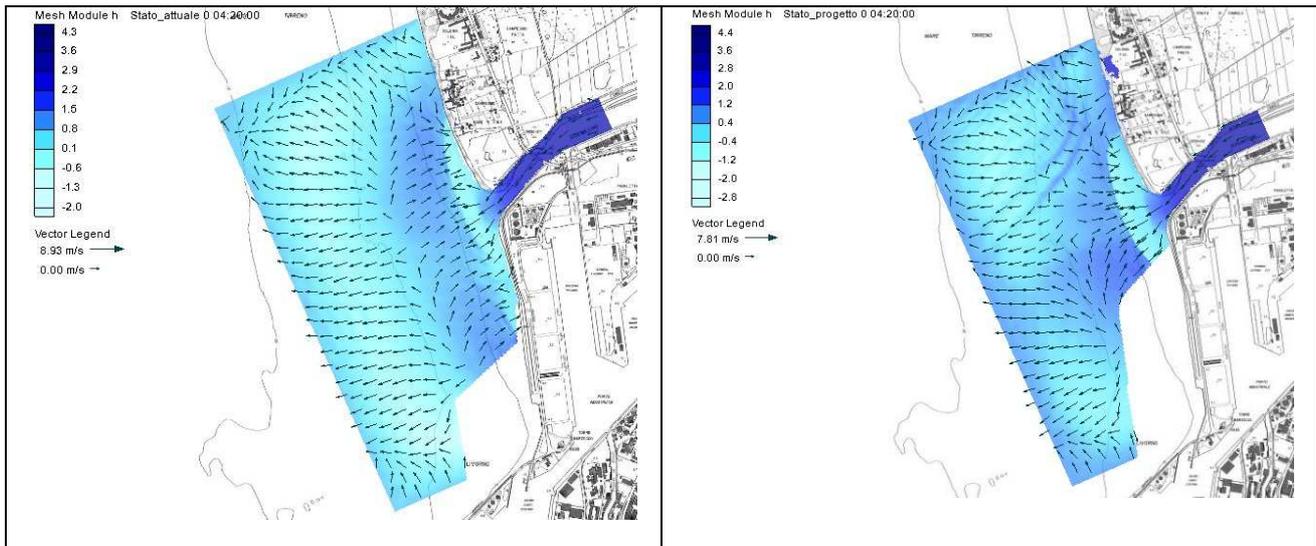


Figura 10 Campo idrodinamico a tempo T=4:20 h (a sinistra stato attuale a destra stato di progetto)

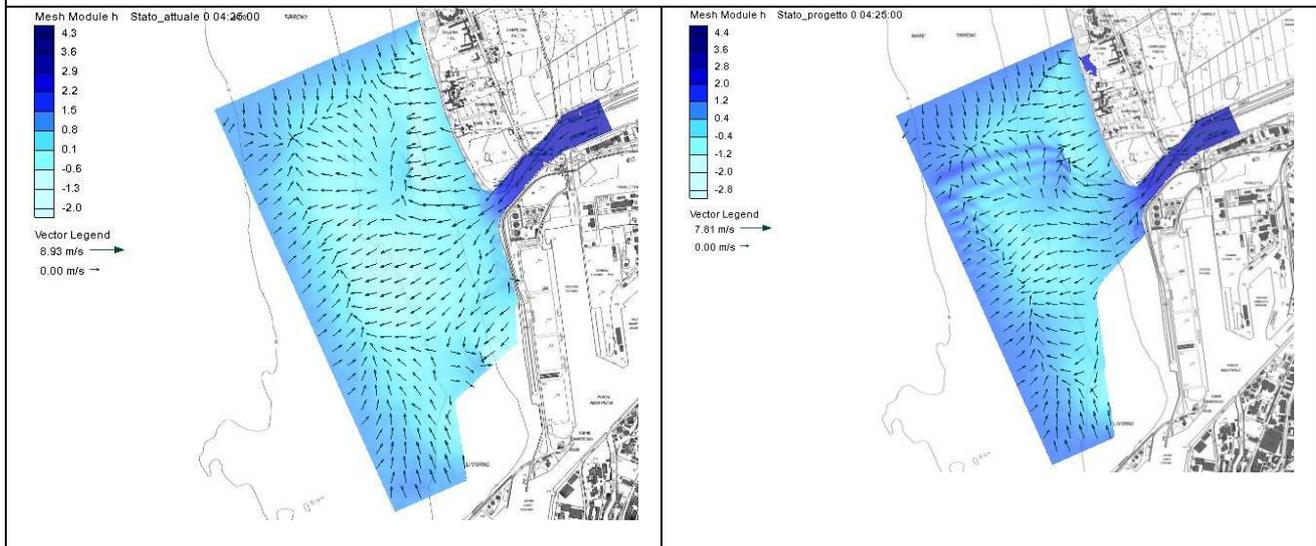
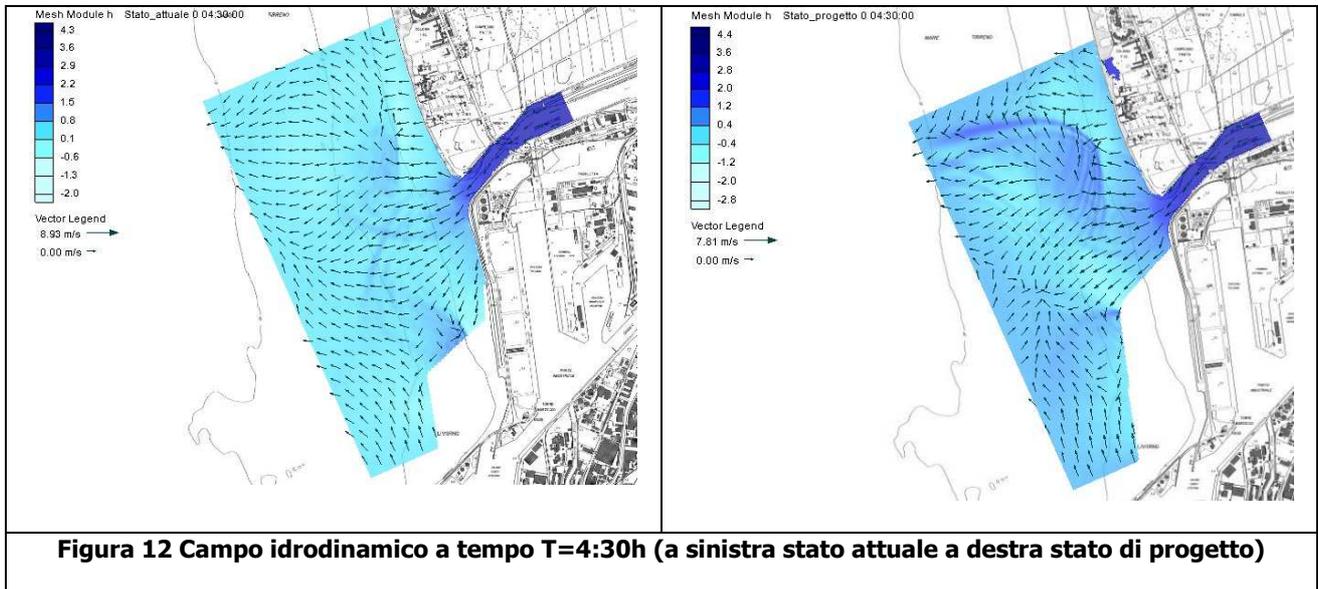


Figura 11 Campo idrodinamico a tempo T=4:25h (a sinistra stato attuale a destra stato di progetto)



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

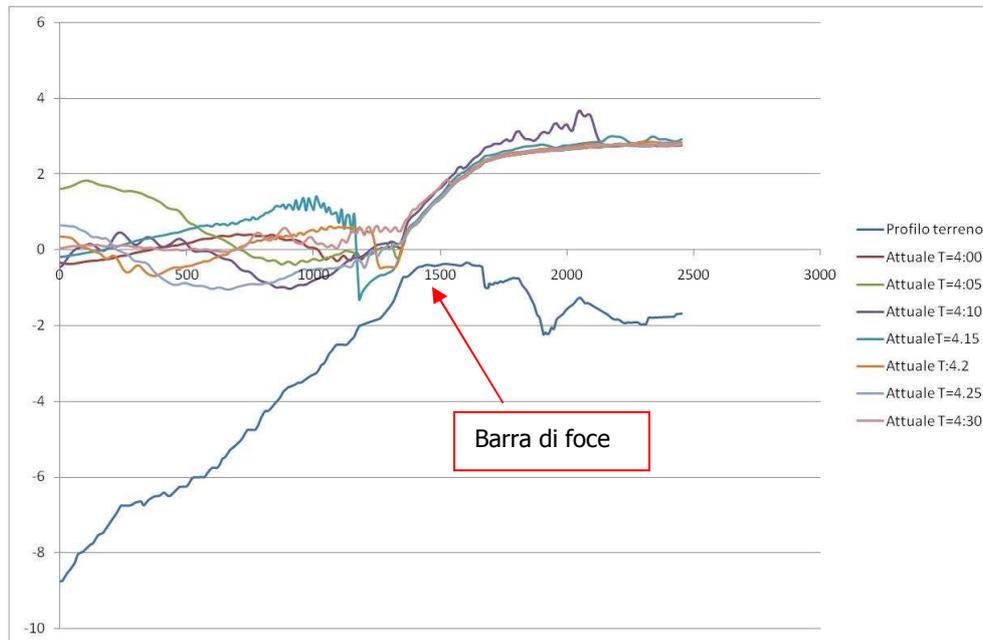


Figura 14 Andamento del profilo liquido nello stato attuale

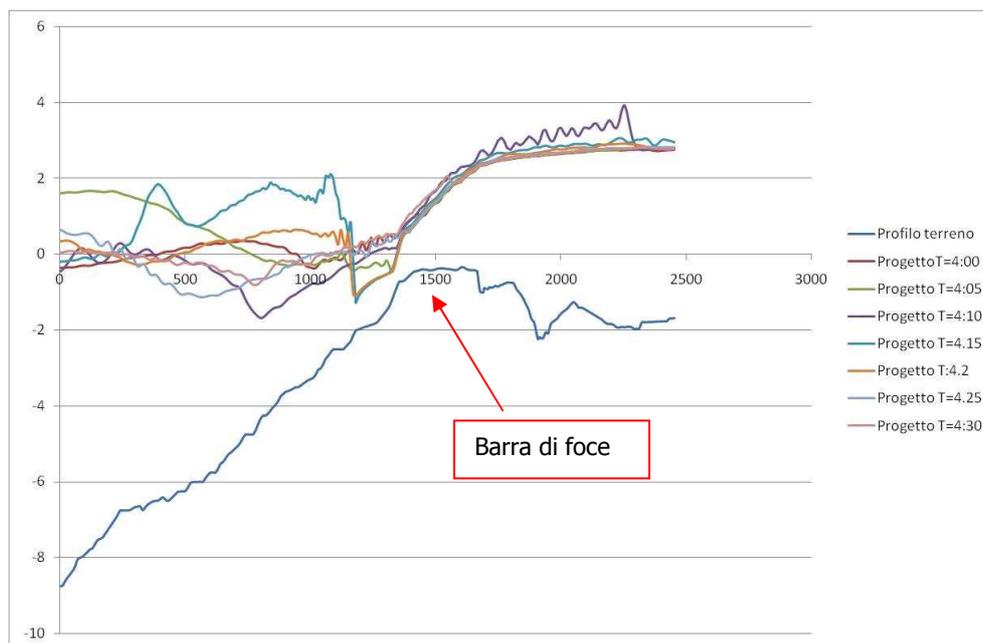


Figura 15 Andamento del profilo liquido nello stato di progetto

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

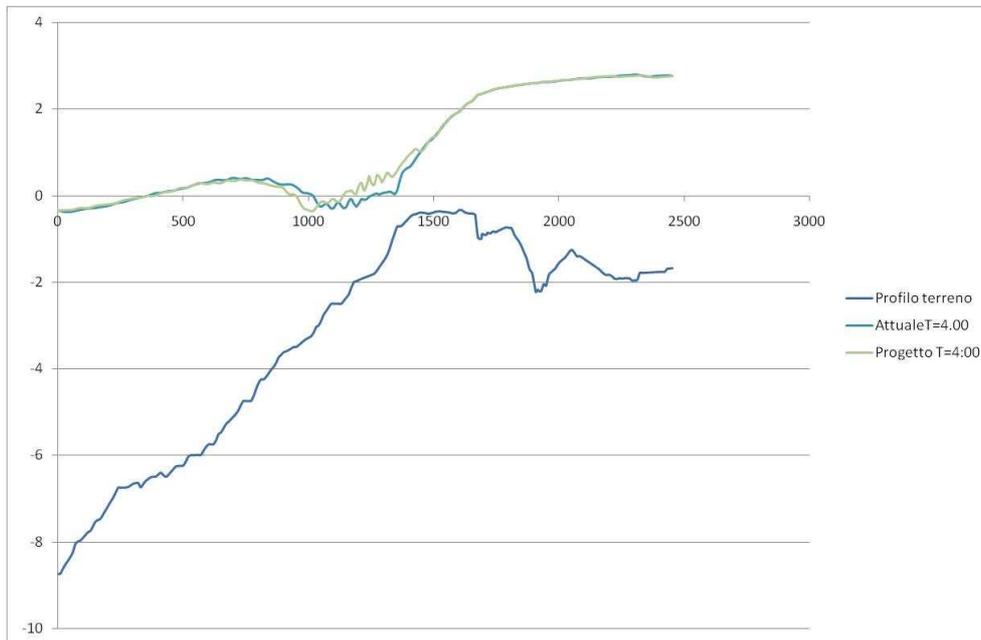


Figura 16 Confronto tra profilo liquido nello stato di attuale e di progetto per T=4:00 h

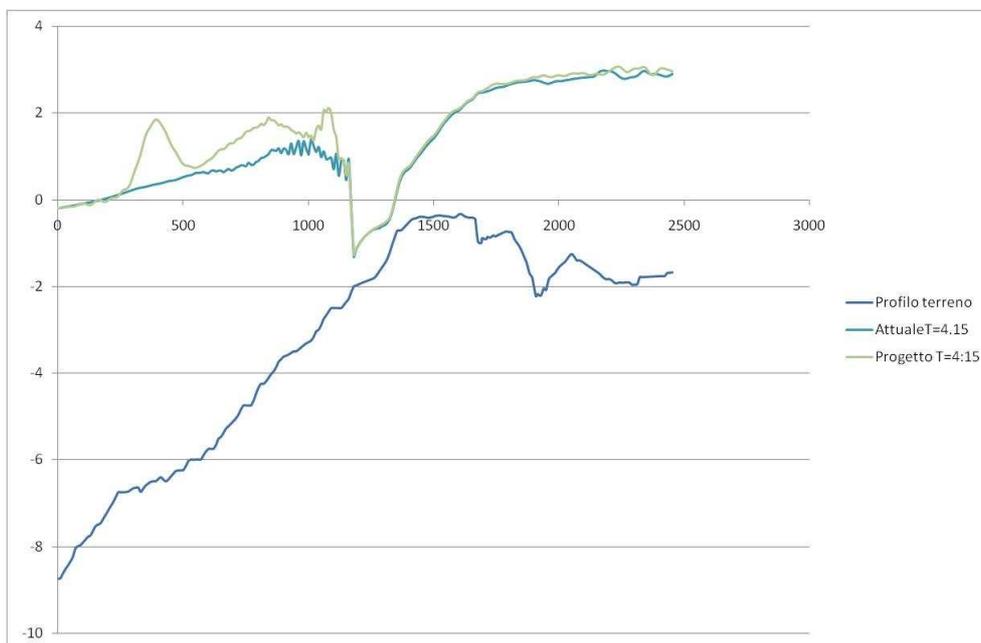


Figura 17 Confronto tra profilo liquido nello stato di attuale e di progetto per T=4:15 h

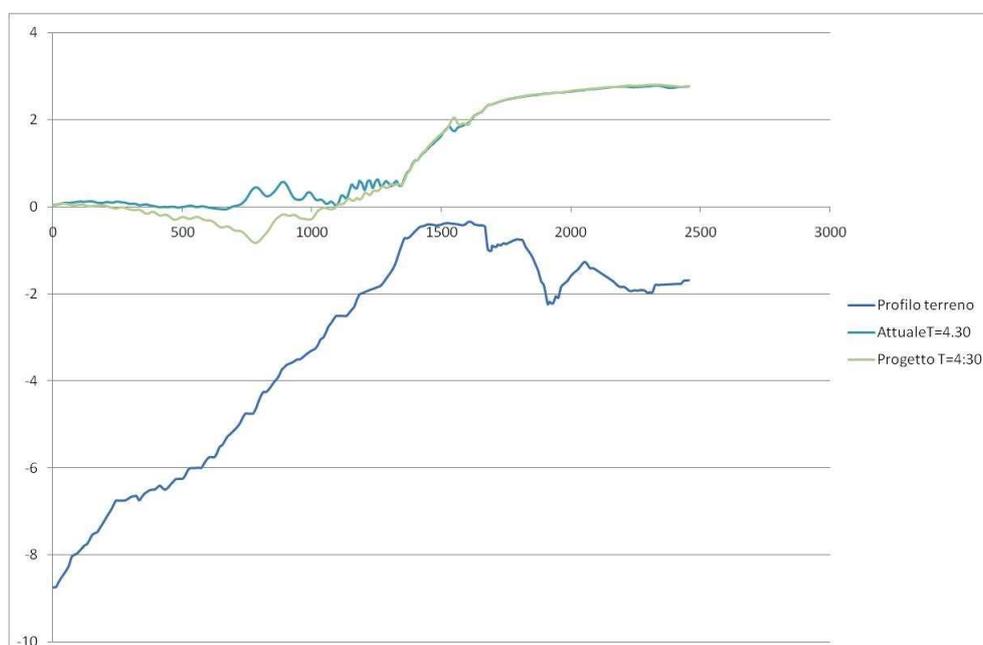


Figura 18 Confronto tra profilo liquido nello stato di attuale e di progetto per T=4:30 h

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.

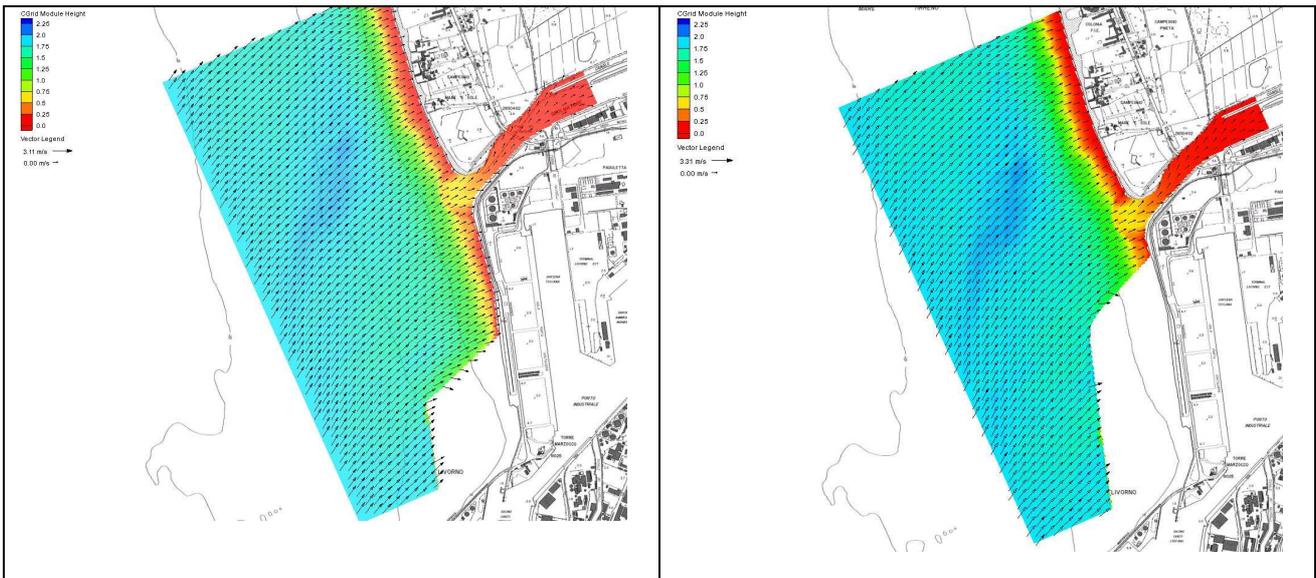


Figura 19 Moto ondoso nello stato attuale (sinistra) e di progetto (destra) per una mareggiata proveniente da libeccio/ponente

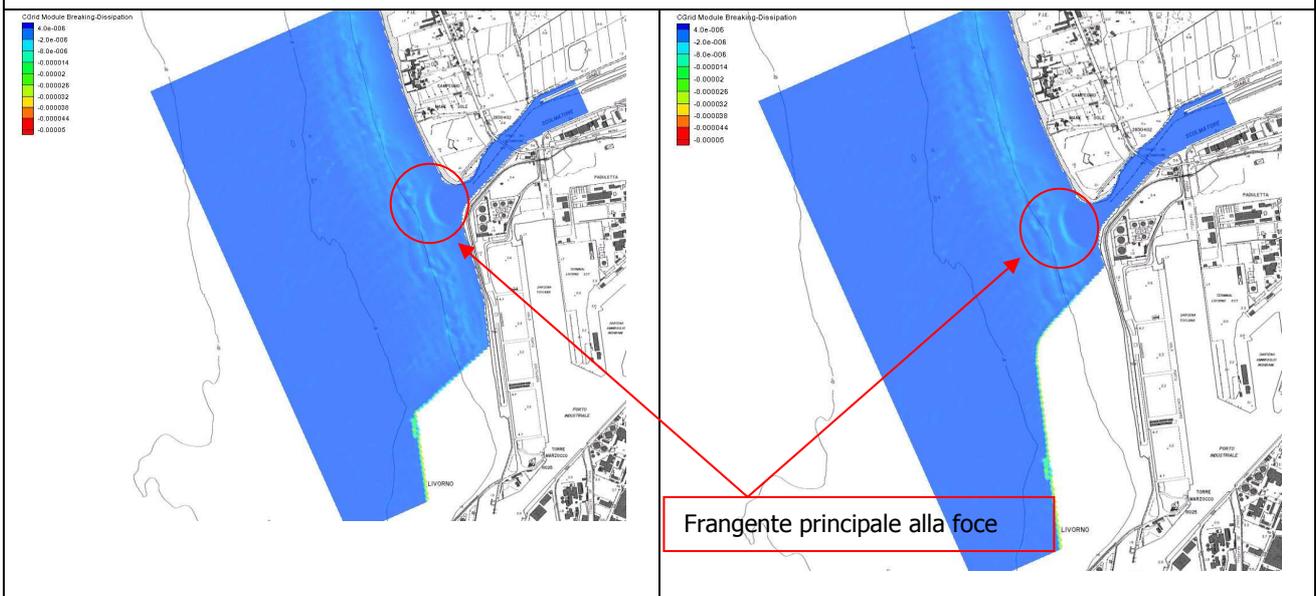


Figura 20 Dissipazione di energia nello stato attuale (sinistra) e di progetto (destra) per una mareggiata proveniente da libeccio/ponente

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.

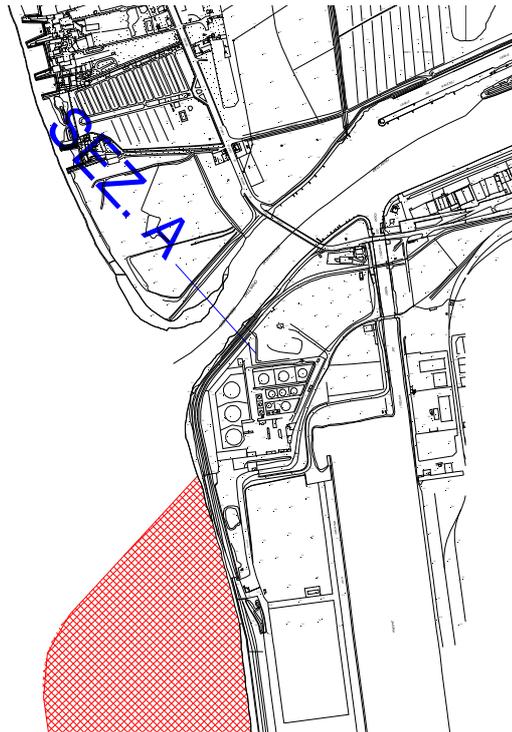
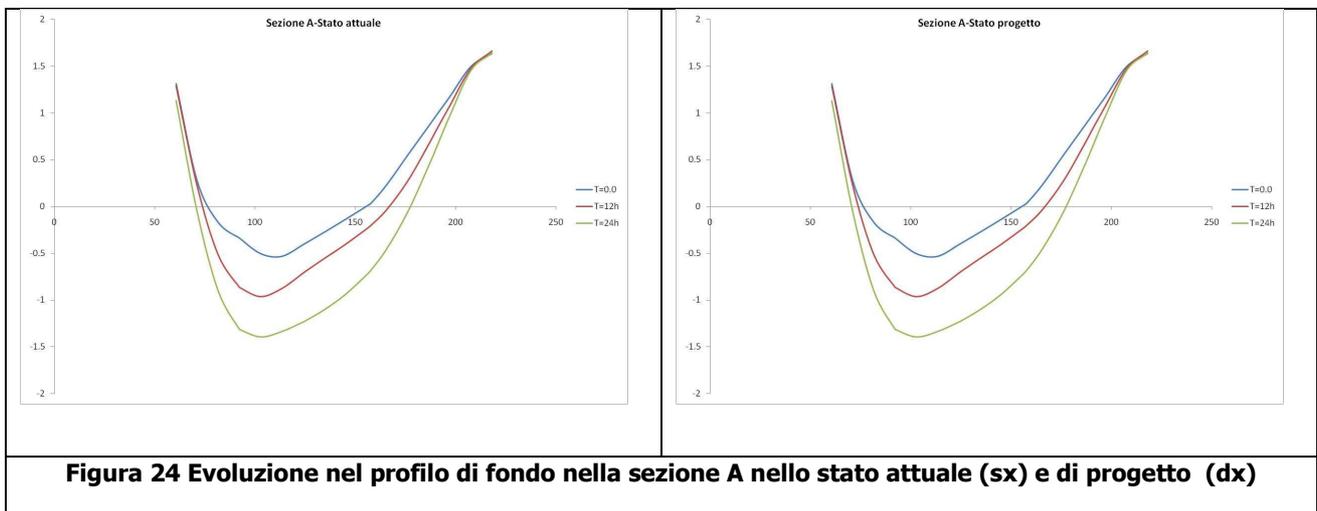


Figura 23 Sezione A in corrispondenza della barra di foce

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).

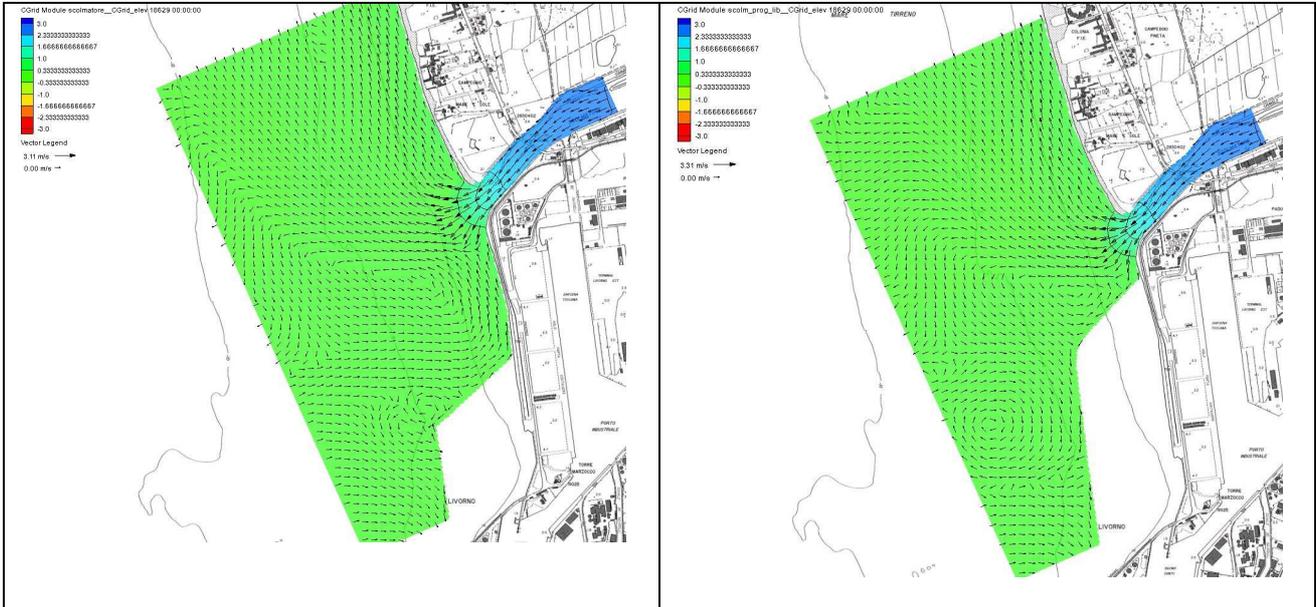


Figura 25 Andamento del profilo liquido e della circolazione idrodinamica dopo 24 h nello stato attuale (sx) e di progetto (dx)

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).

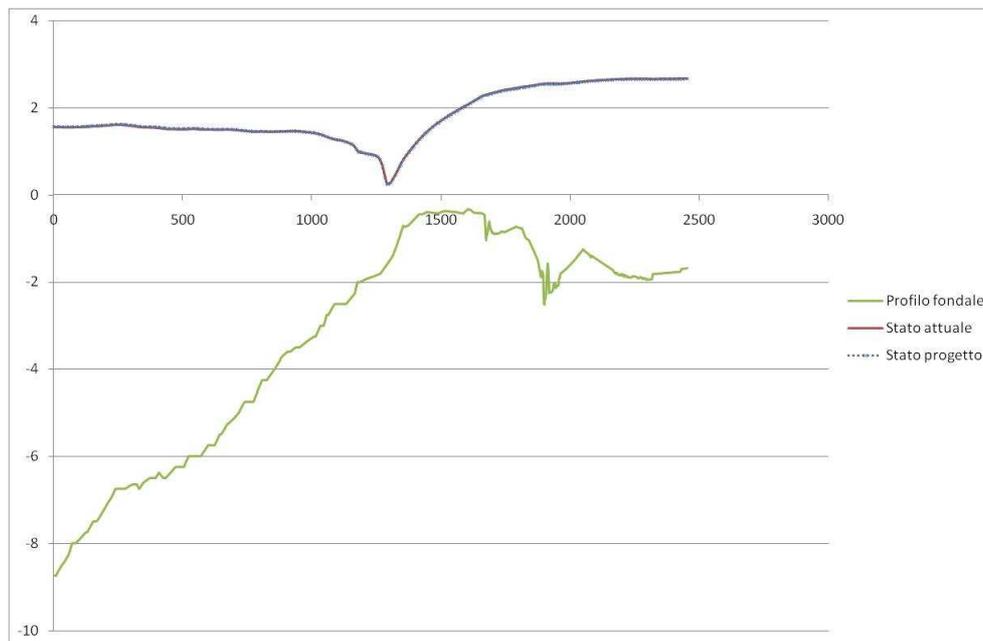


Figura 26 Andamento del profilo liquido dopo 24 h nello stato attuale e di progetto



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.

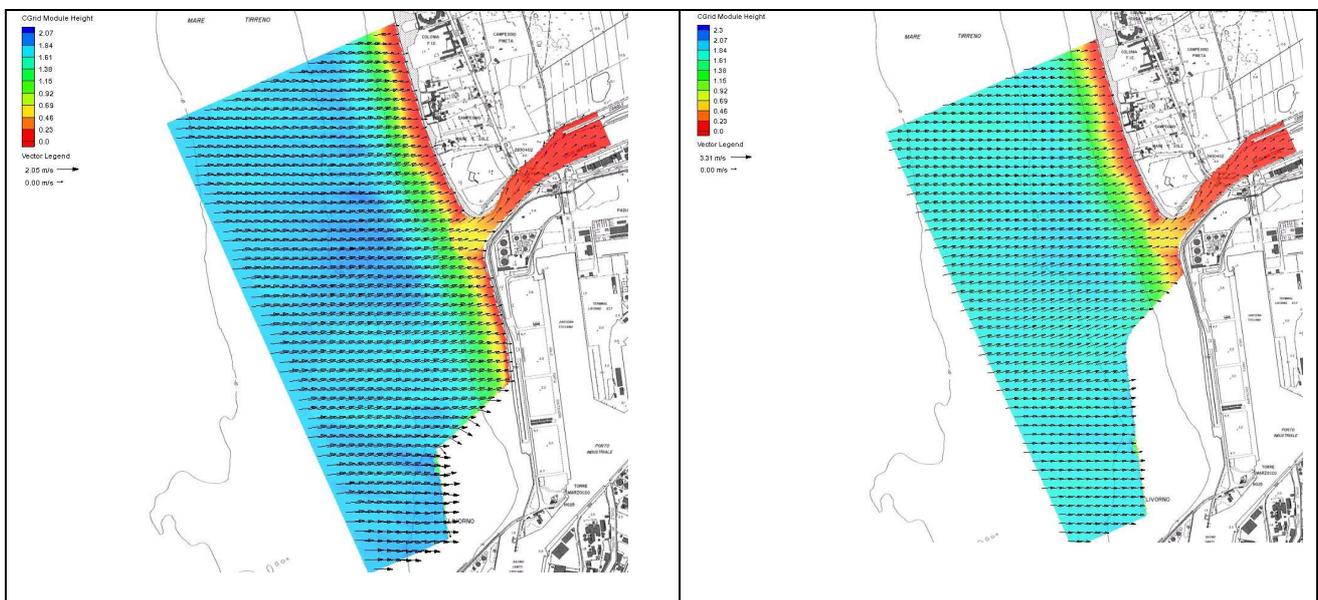


Figura 27 Altezze d'onda nello stato attuale (sinistra) e di progetto (destra) per una mareggiata proveniente da maestrale

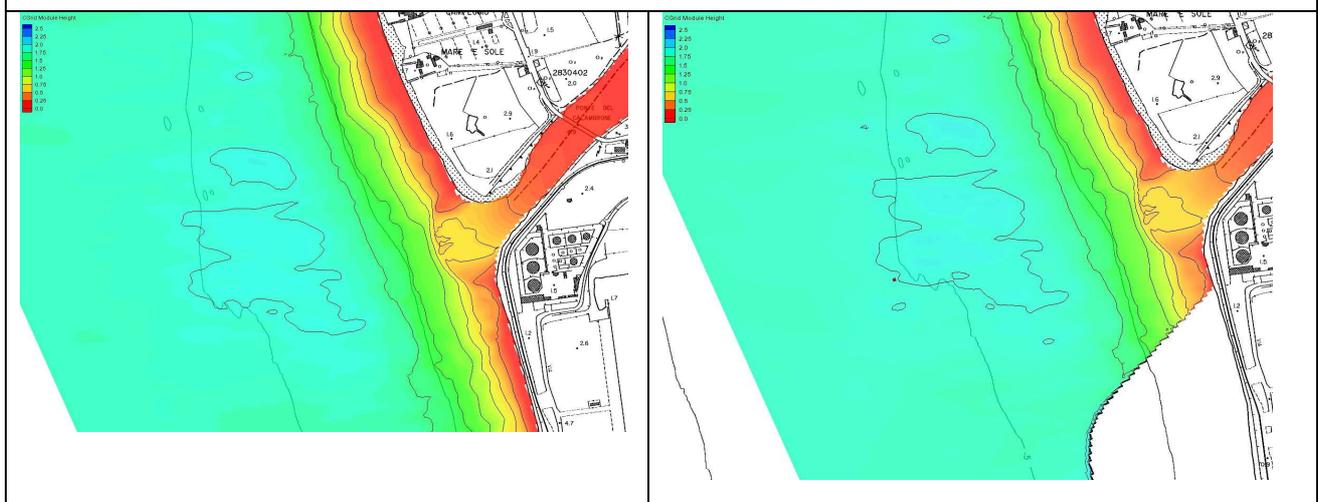


Figura 28 Particolare delle altezze d'onda del moto ondoso nello stato attuale (sinistra) e di progetto (destra) per una mareggiata proveniente da maestrale



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).

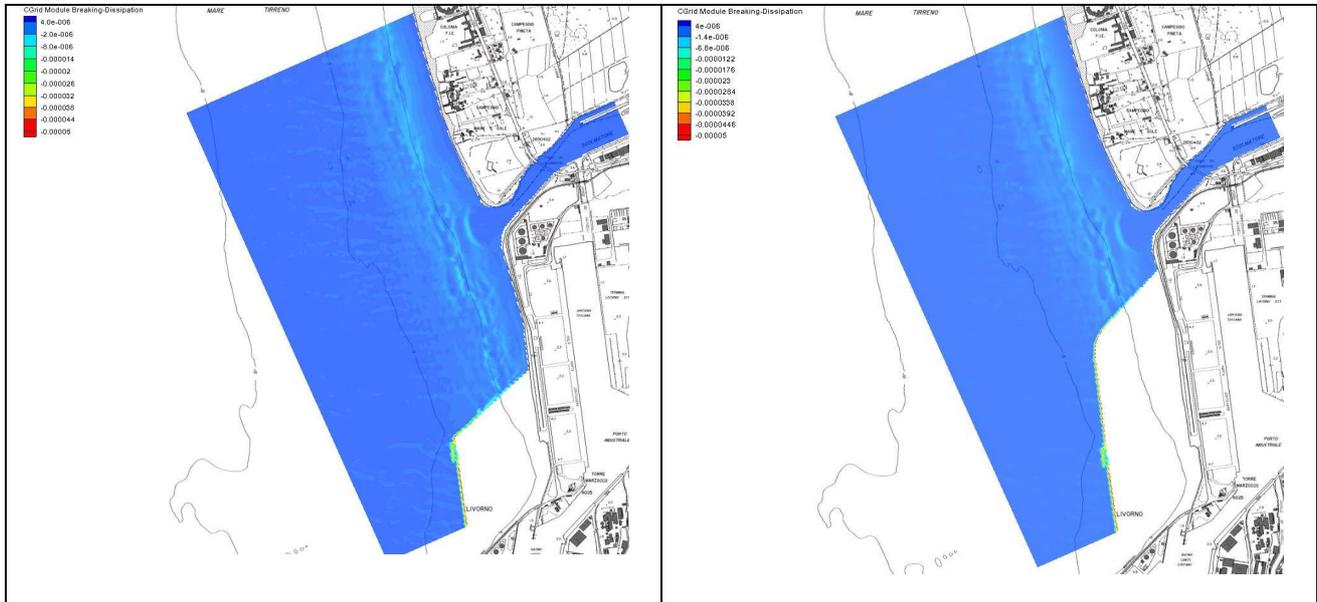


Figura 29 Dissipazione di energia nello stato attuale (sx) e di progetto (dx) per una mareggiata di maestrale

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.

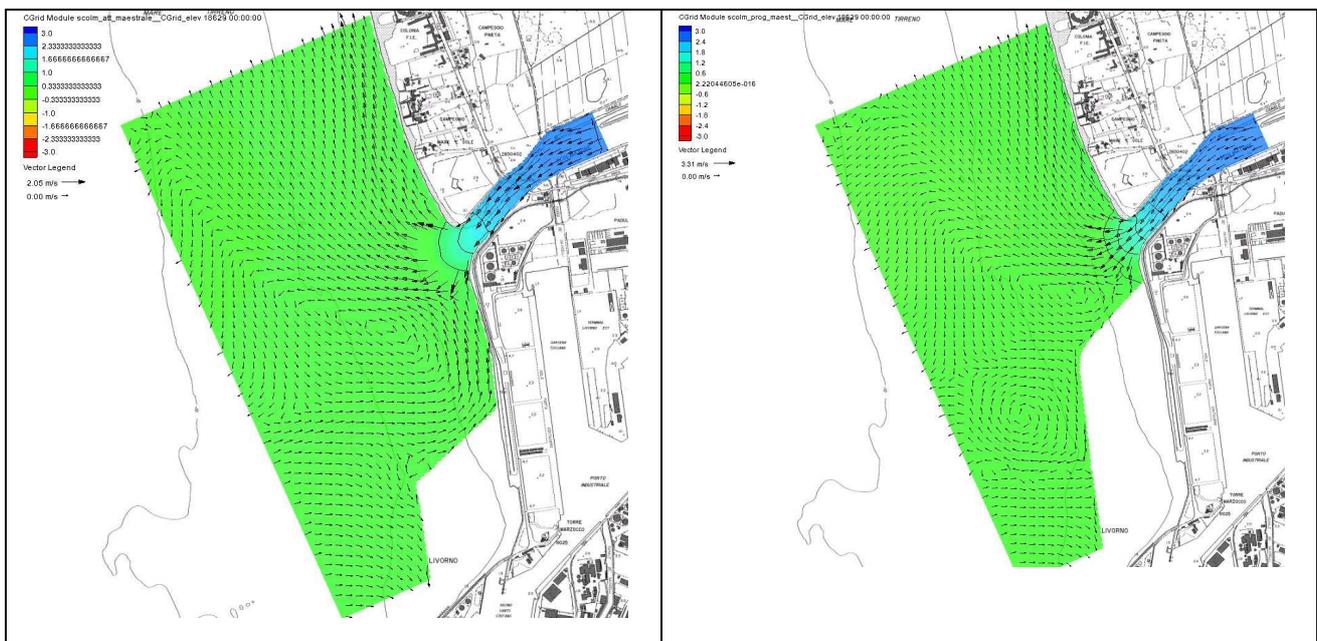


Figura 30 Campo idrodinamico nello stato attuale (sx) e di progetto (dx) per una mareggiata di maestrale



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

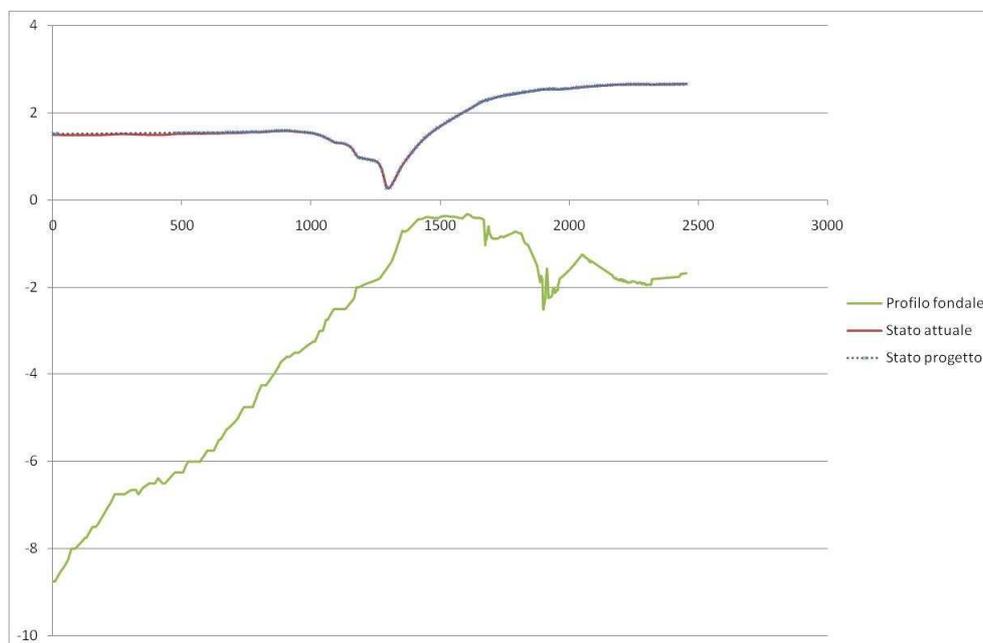


Figura 31 Profilo liquido nello stato attuale e di progetto per una mareggiata di maestrale nella sezione di Figura 13

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.

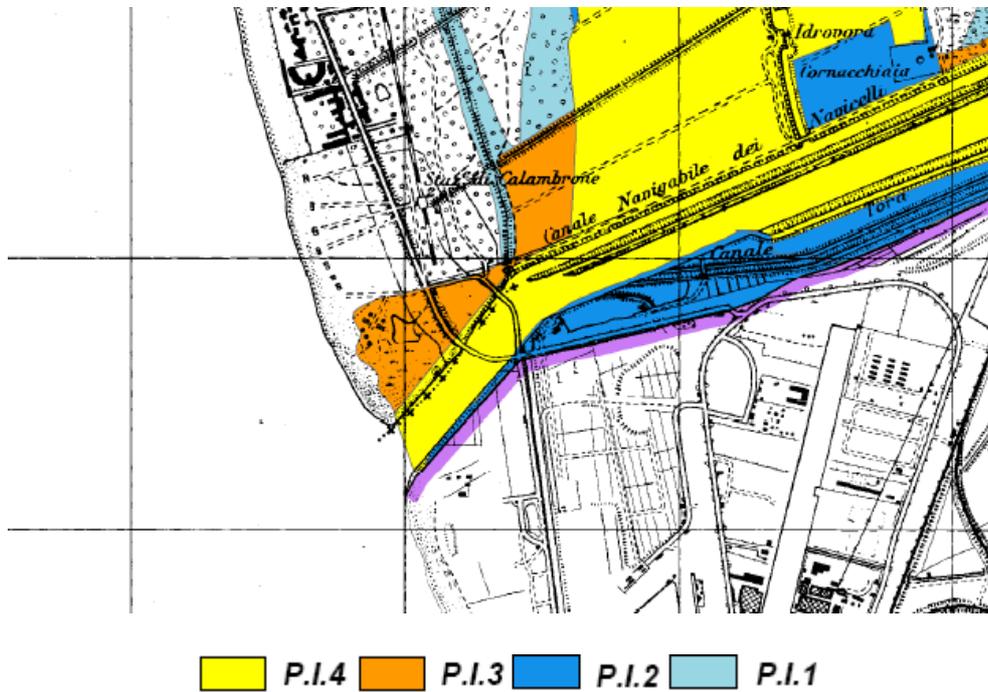


Figura 32 Pericolosità idraulica ai sensi del vigente PAI dell'Autorità di Bacino dell'Arno

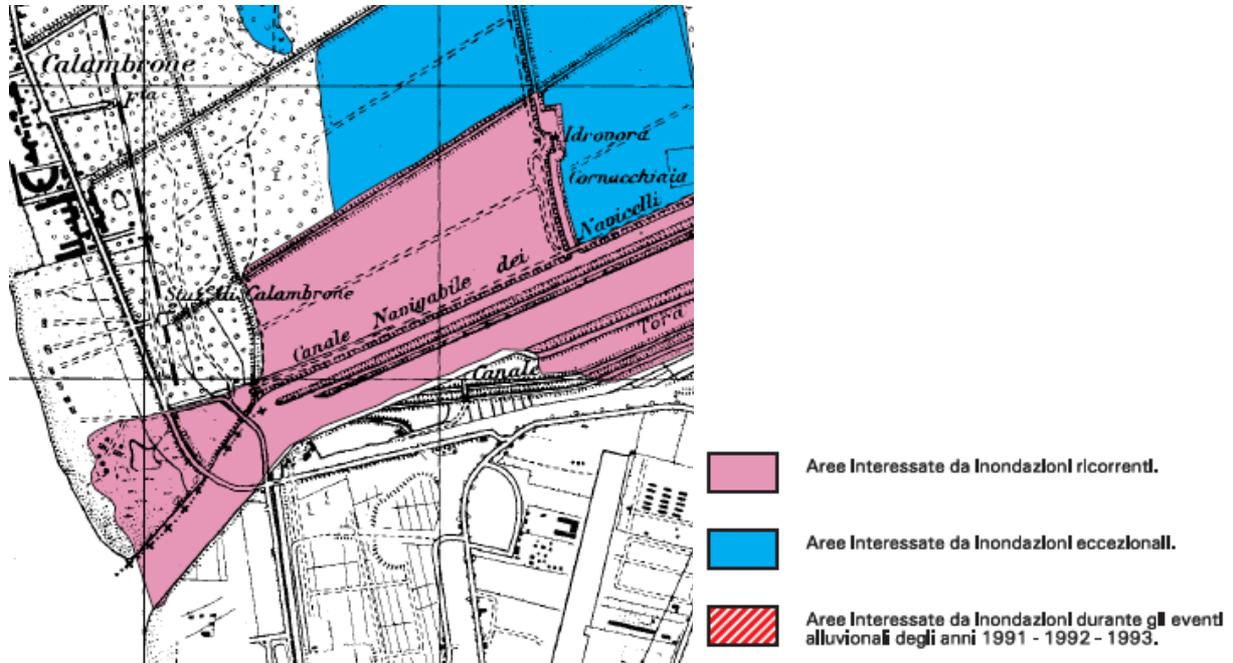


Figura 33 Aree allagabili



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, δ la direzione della corrente, α 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 α , 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 ρ_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, ζ 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:

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

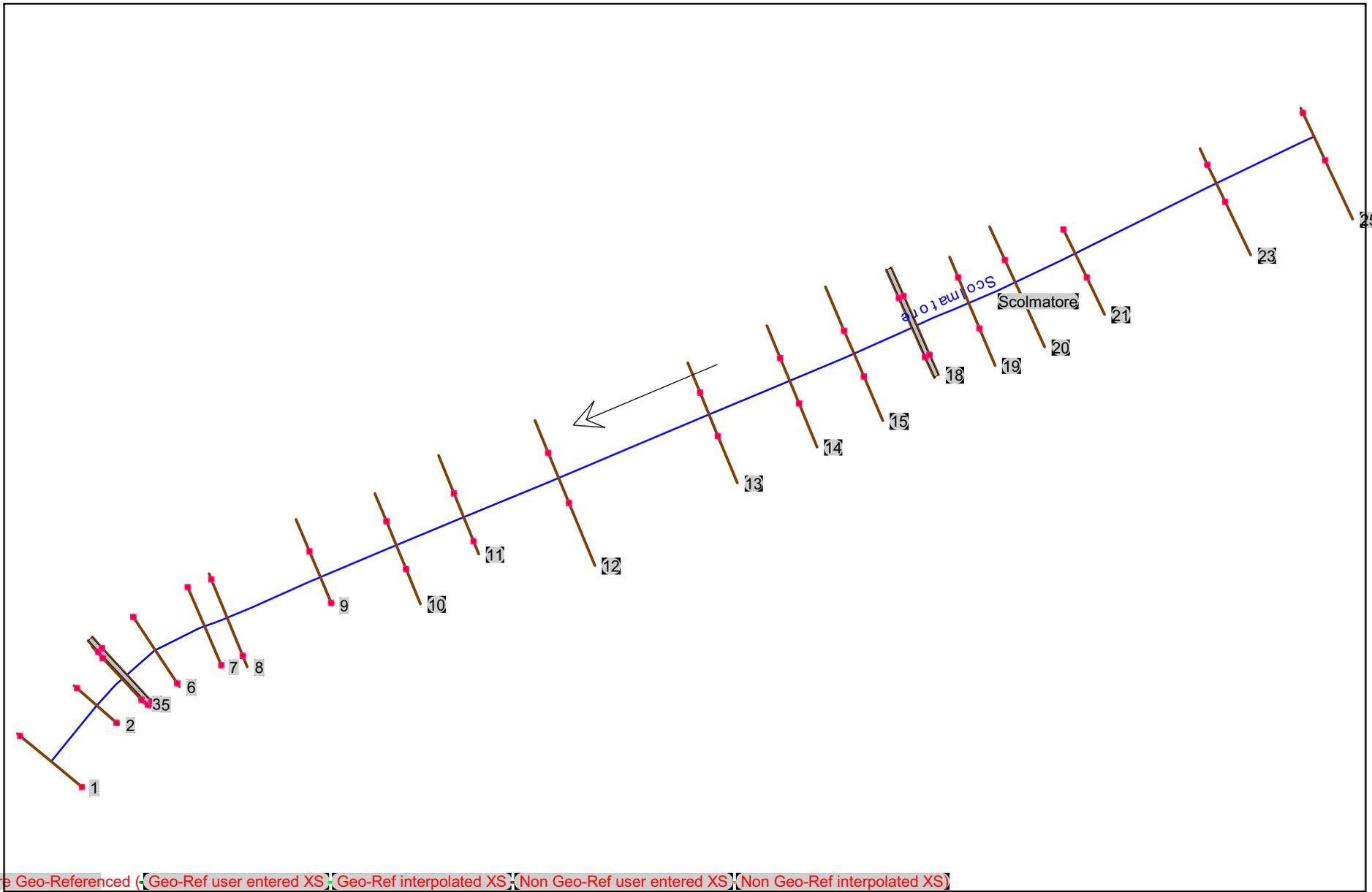
$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - c_f \cdot v + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g \cdot u \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 \cdot H} - \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{\rho}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

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

dove ζ 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, μ il coefficiente di diffusione orizzontale, p la pressione atmosferica, ρ 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.

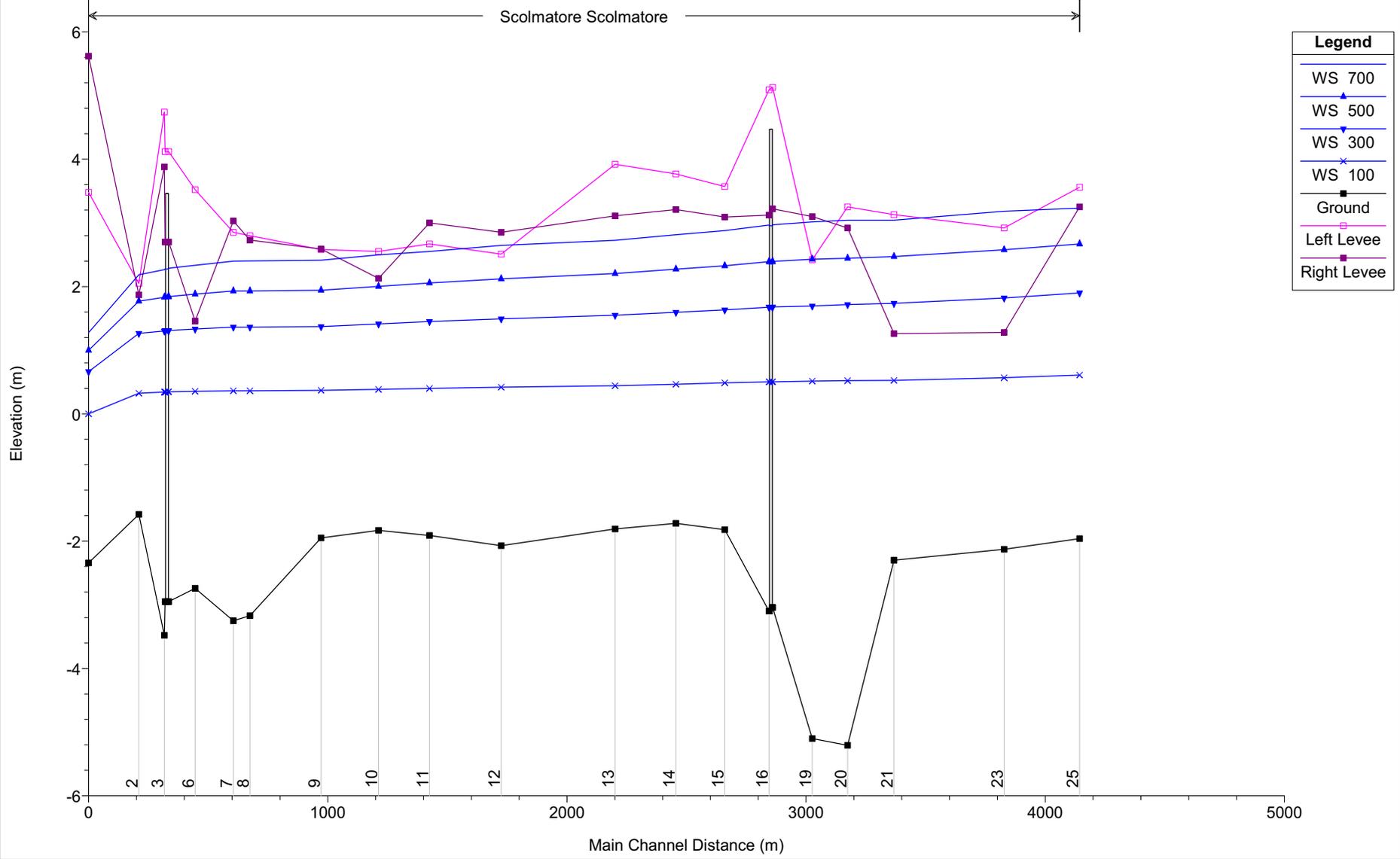
Nel secondo stadio vengono risolte le stesse equazioni ma lungo le altre due direzioni: nella prima fase del secondo stadio lungo x , nella seconda fase del secondo stadio lungo y .



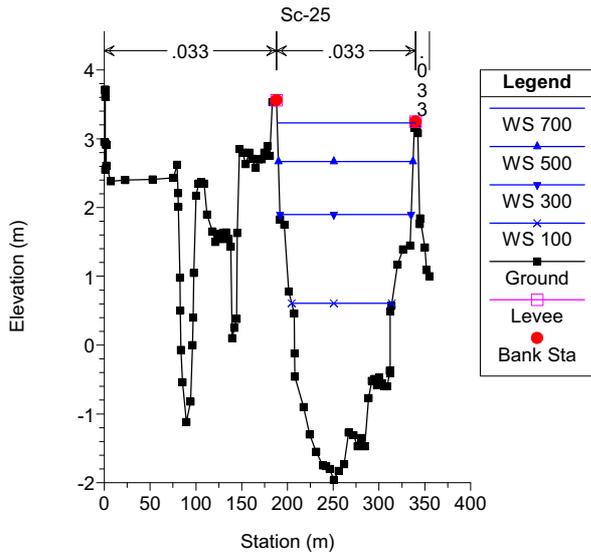
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44

Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0

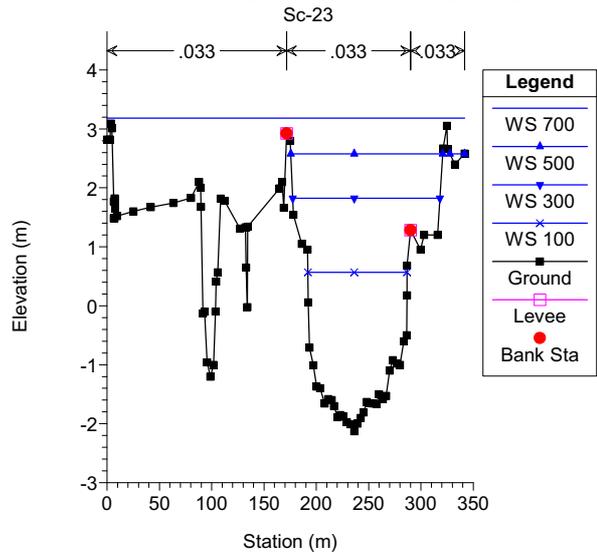
Scolmatore Scolmatore



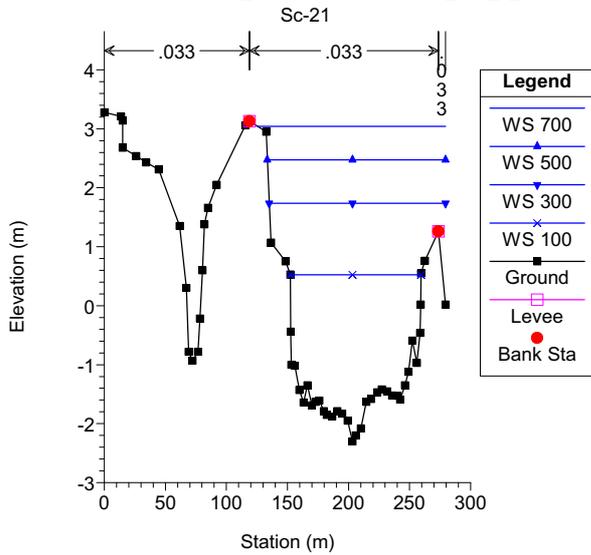
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



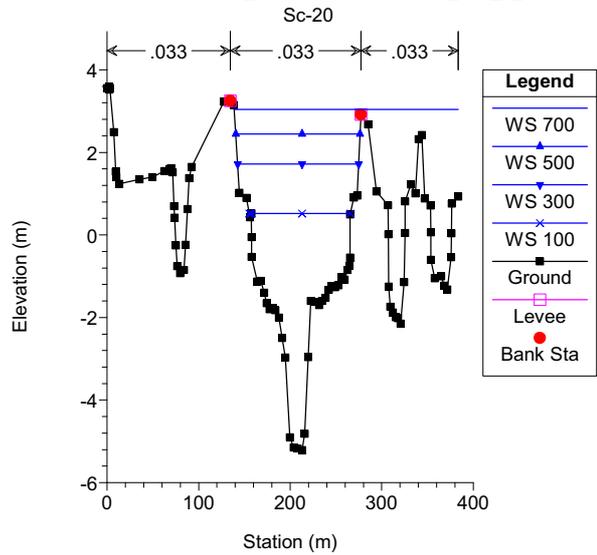
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



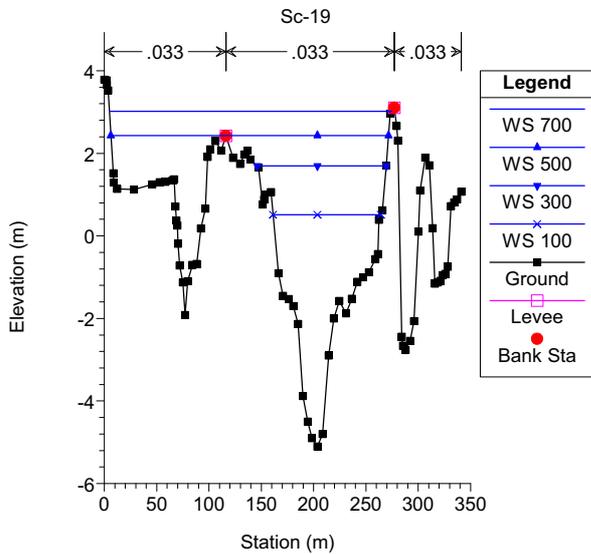
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



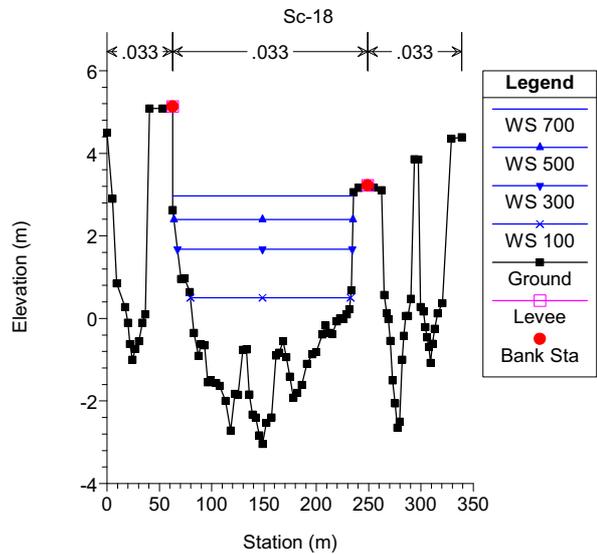
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



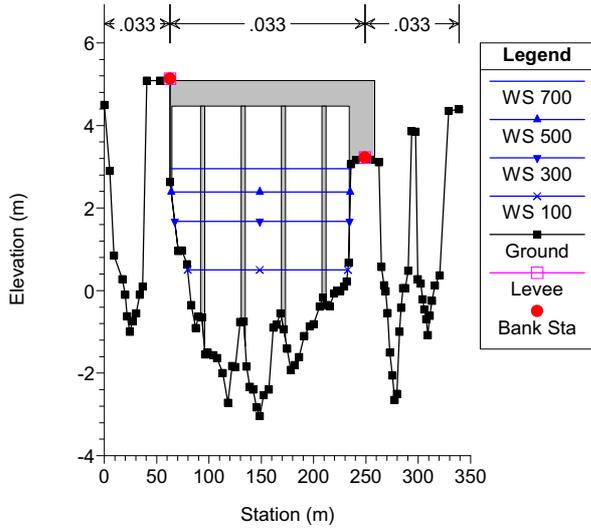
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



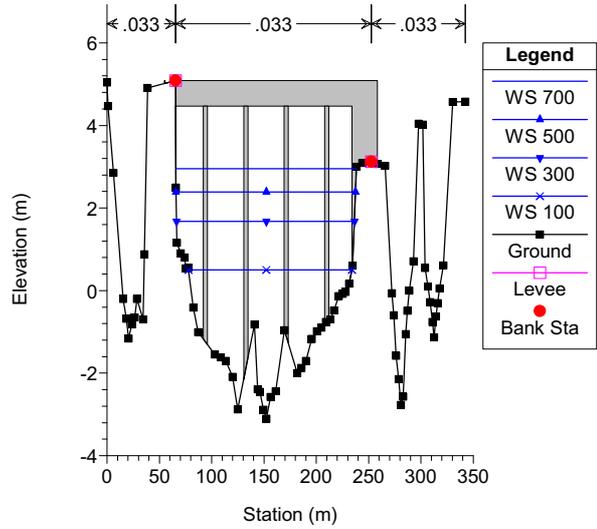
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



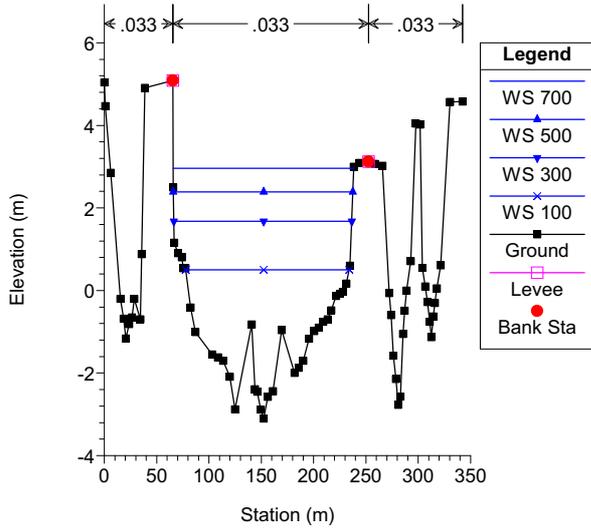
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



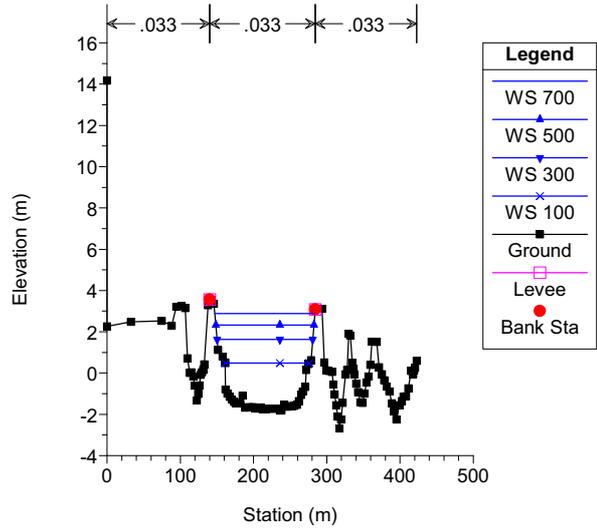
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



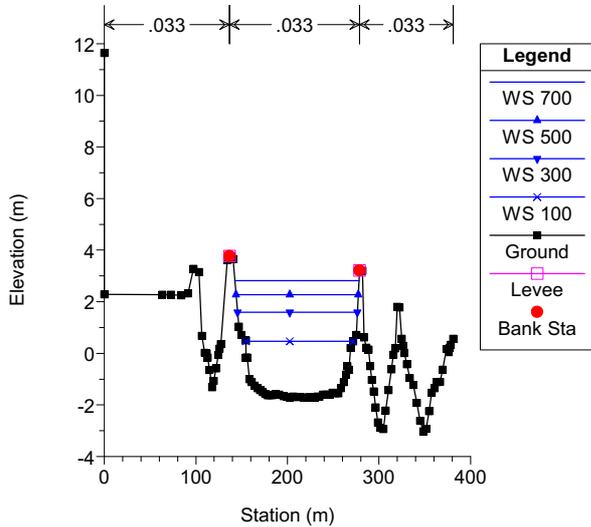
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0
 Sc-16



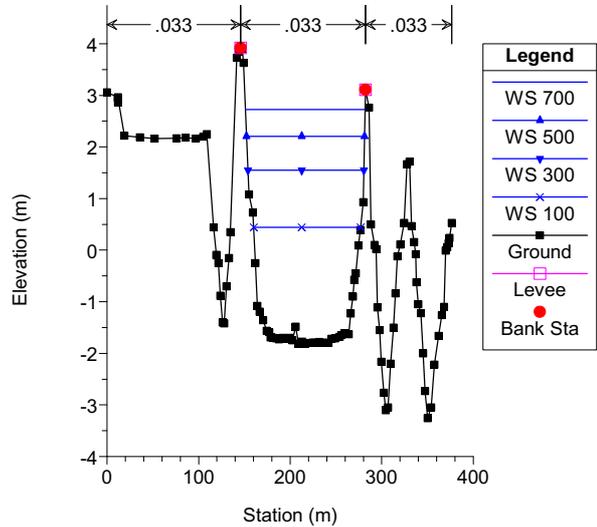
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0
 Sc-15



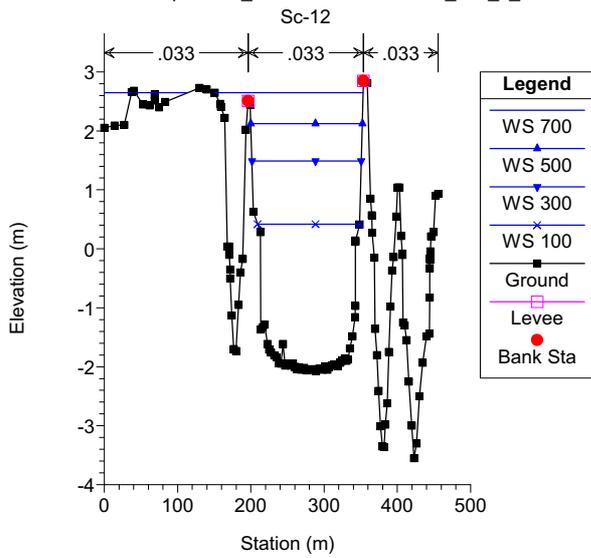
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0
 Sc-14



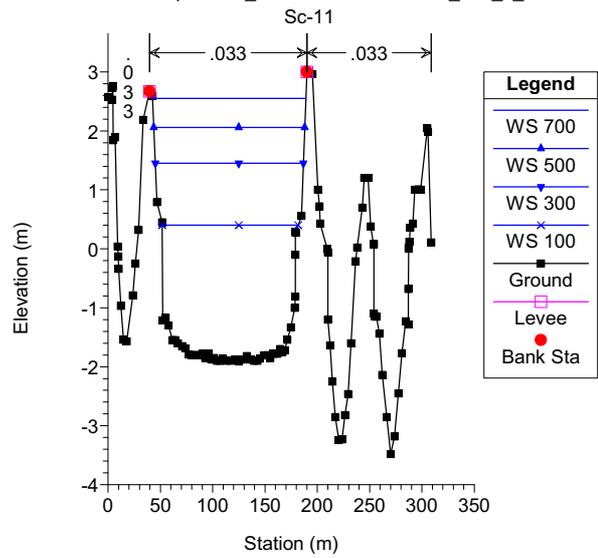
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0
 Sc-13



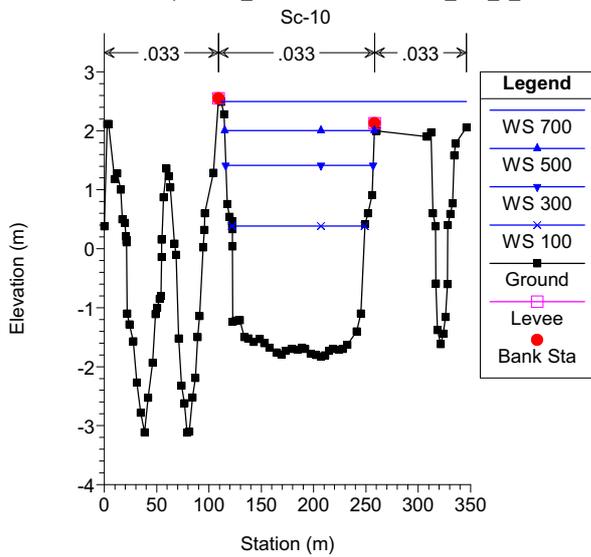
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



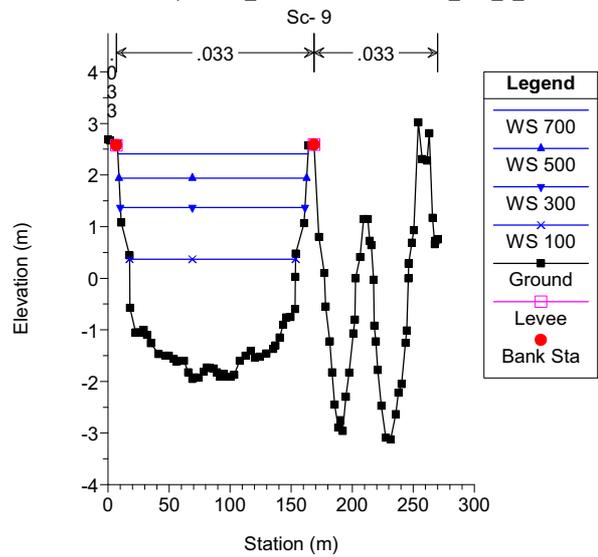
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



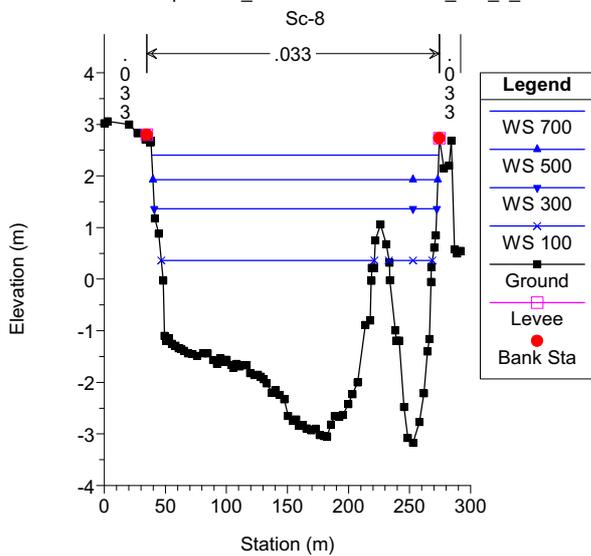
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



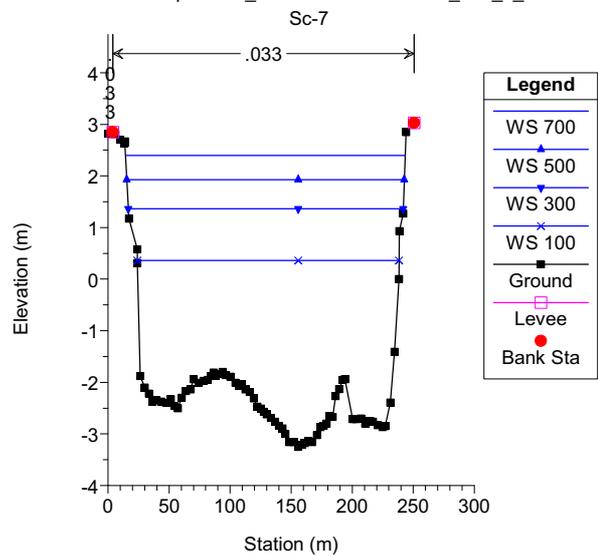
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



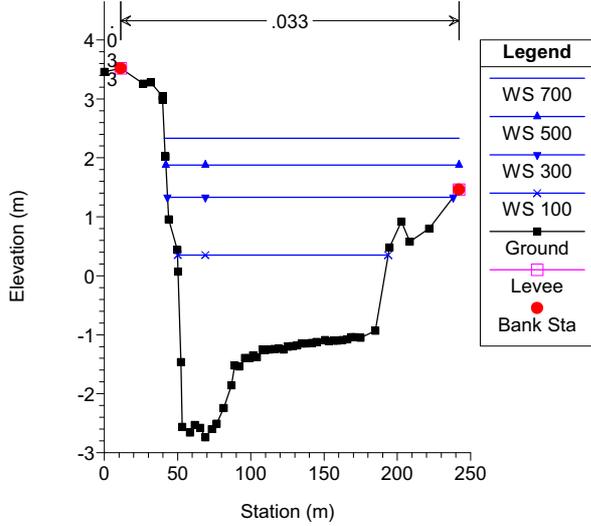
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



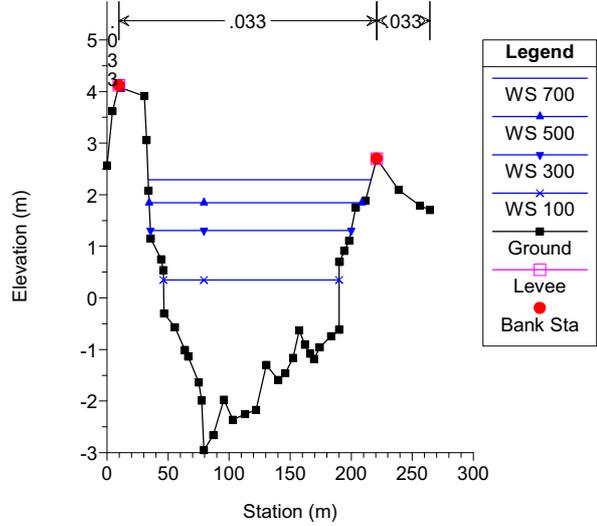
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



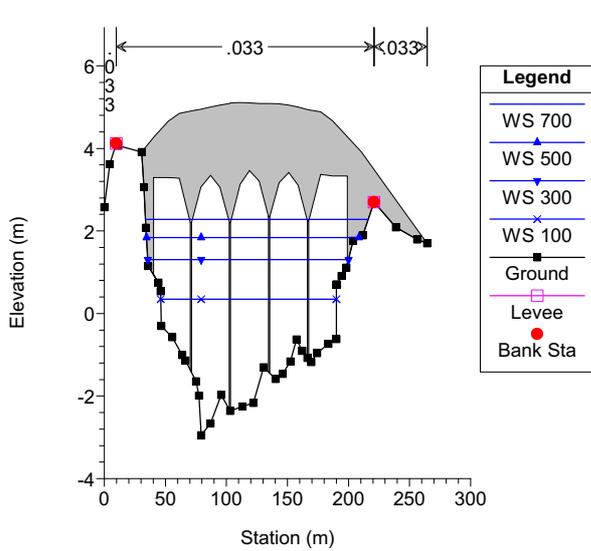
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0
 Sc-6



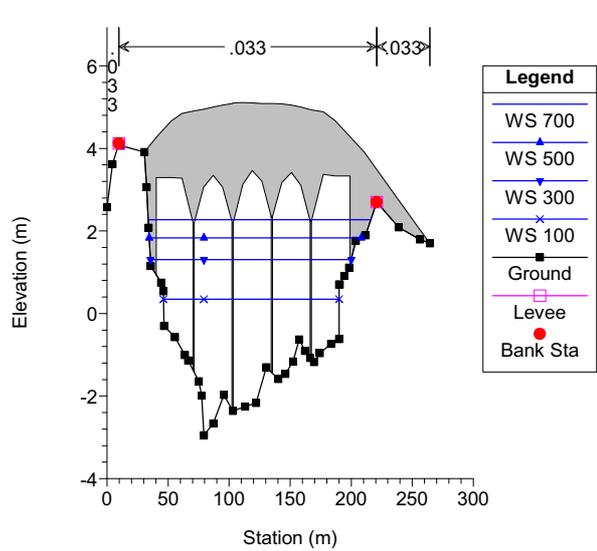
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0
 Sc-5



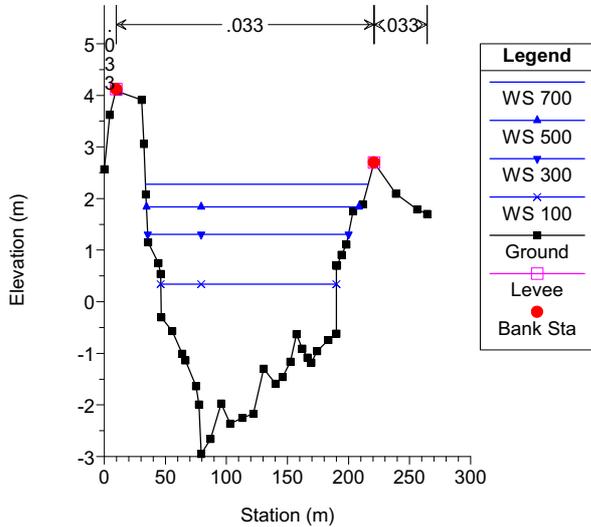
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



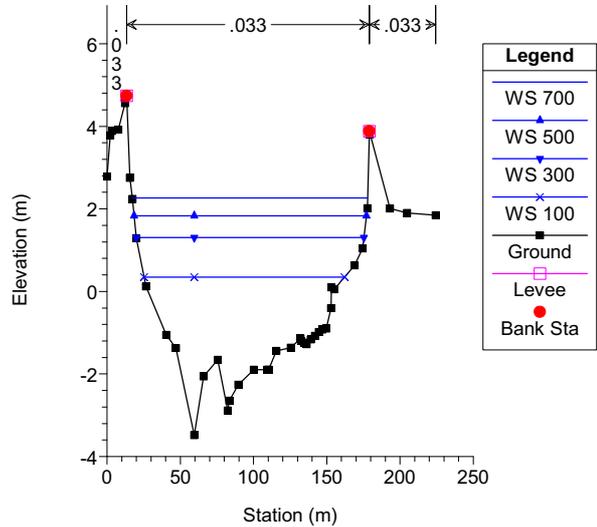
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0



Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0
 Sc-4

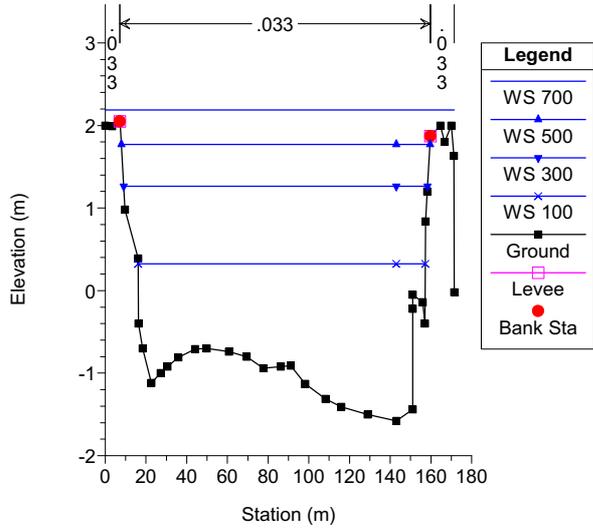


Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_0
 Sc-3



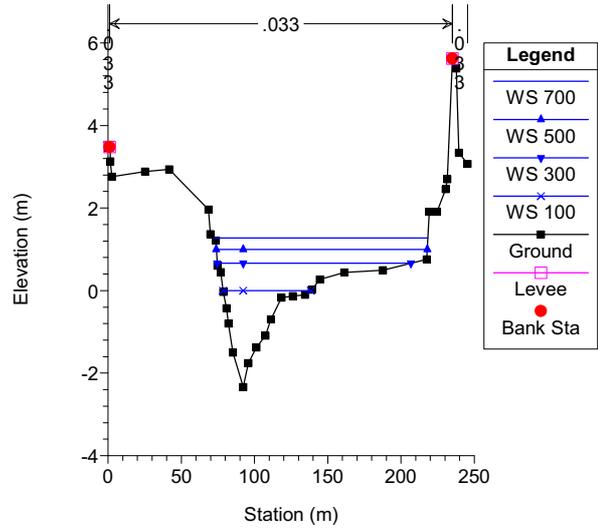
Verifica_foce_WS_0_0 02/07/2009 17.40.44

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

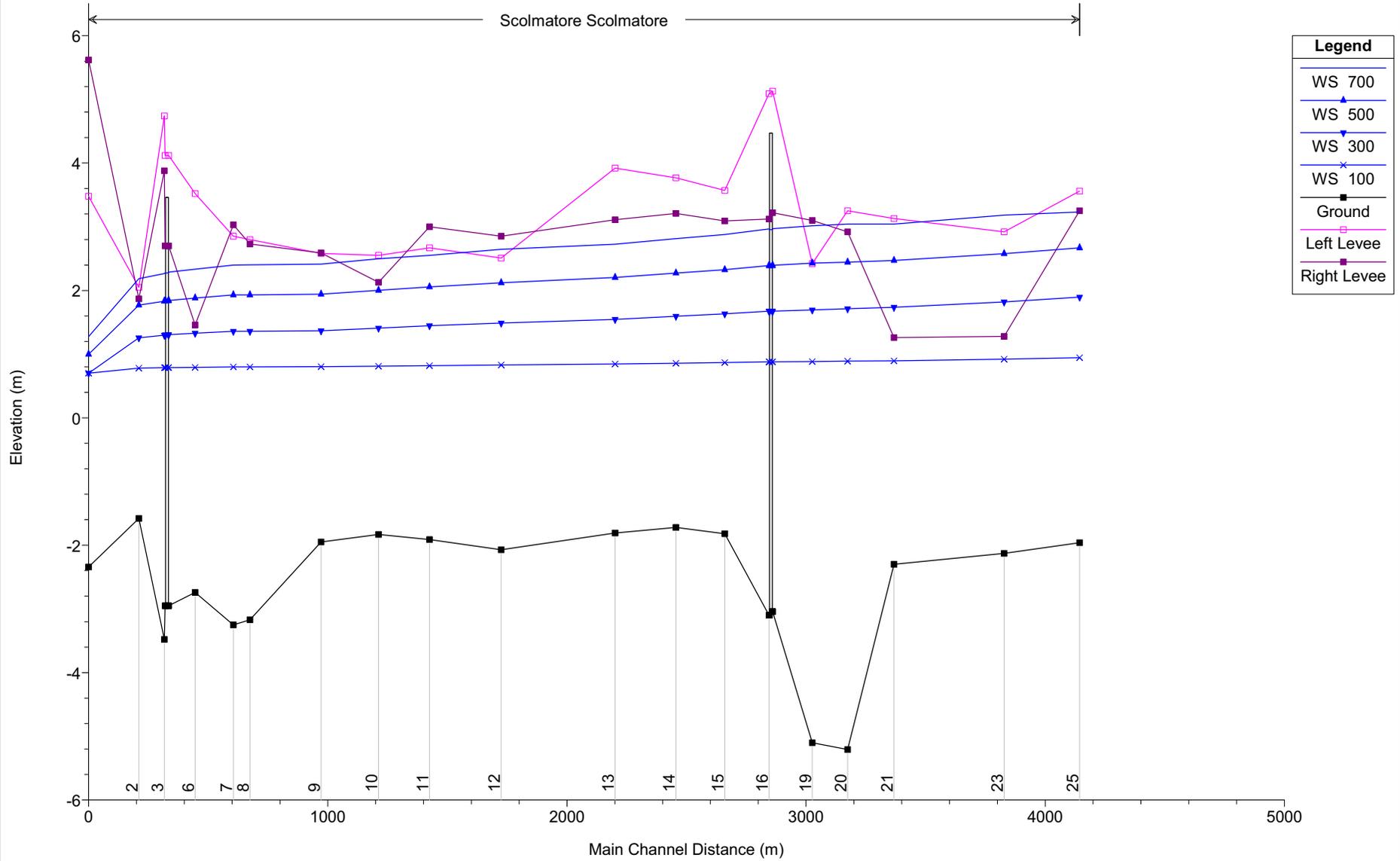
HEC-RAS Plan: Foce_WS_0_0 River: Scolmatore Reach: Scolmatore (Continued)

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

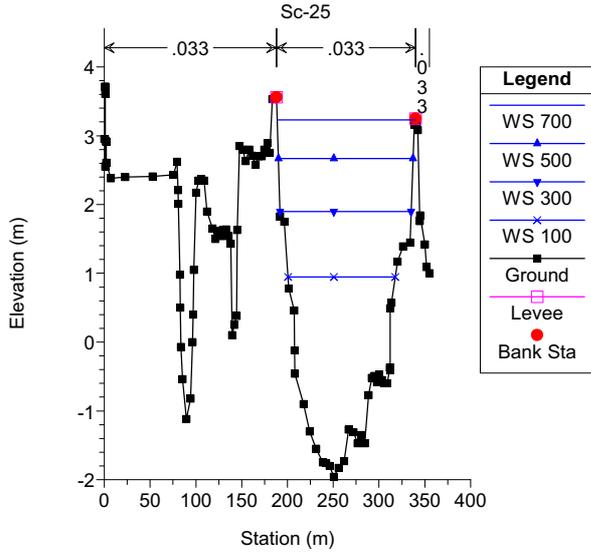
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33

Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7

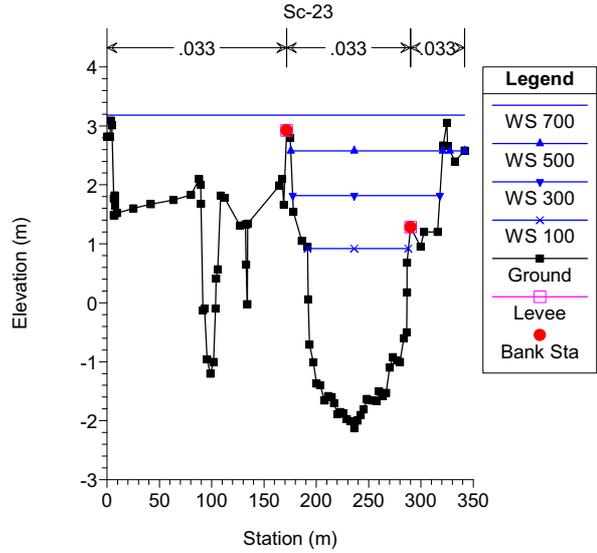
Scolmatore Scolmatore



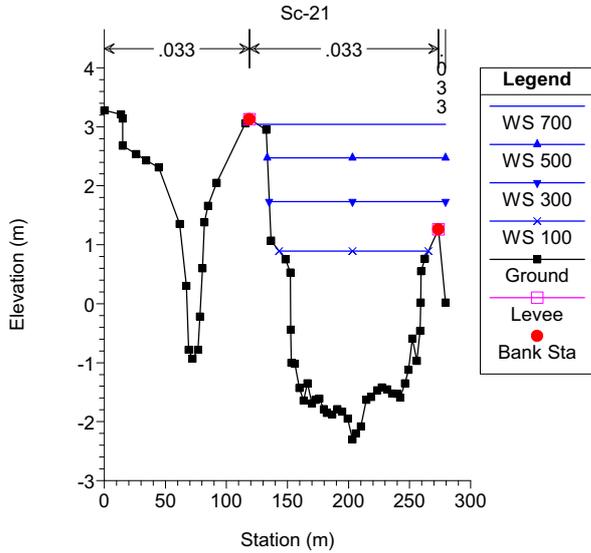
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



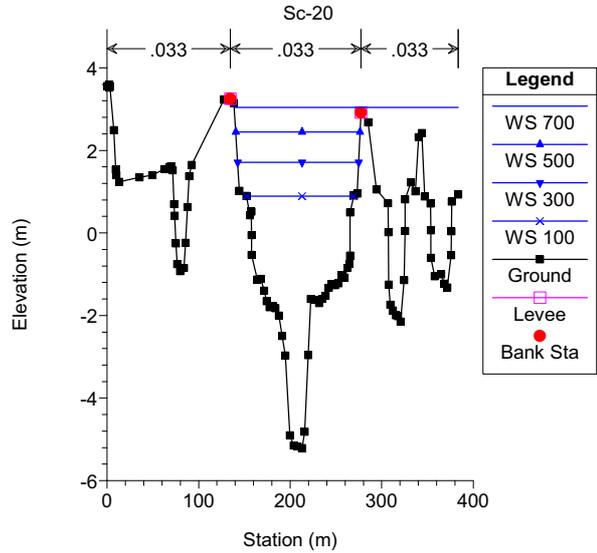
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



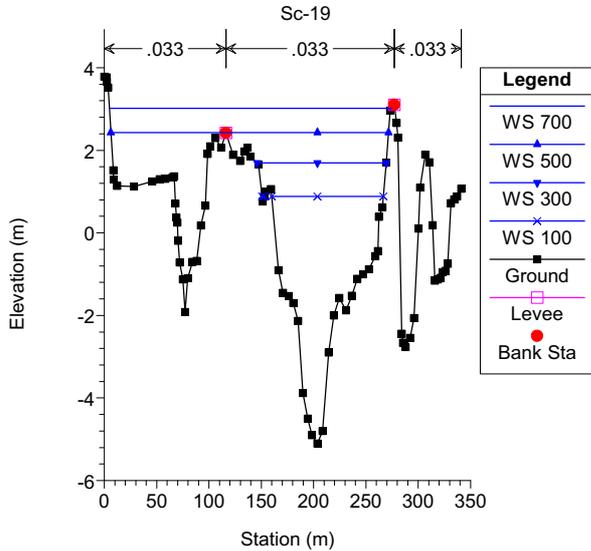
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



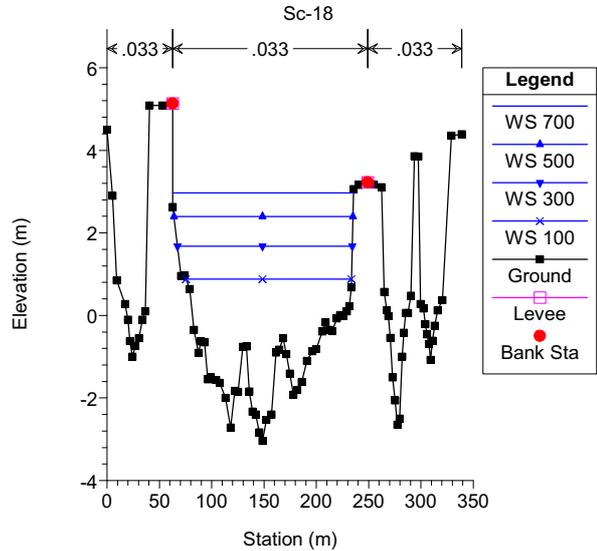
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



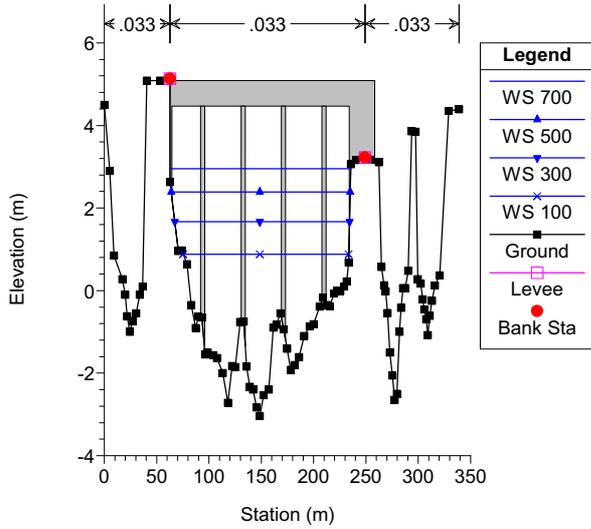
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



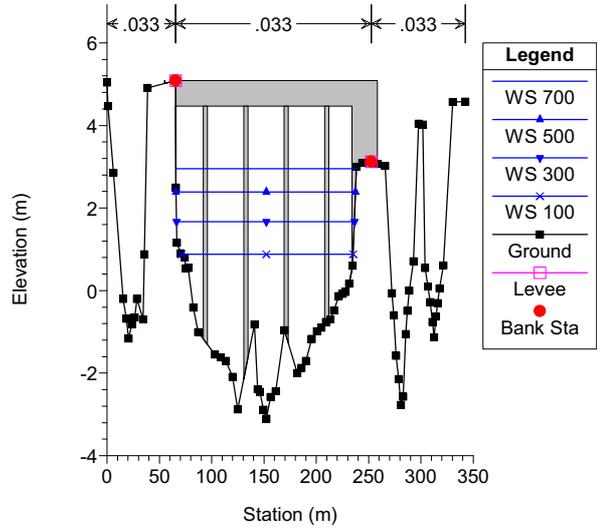
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



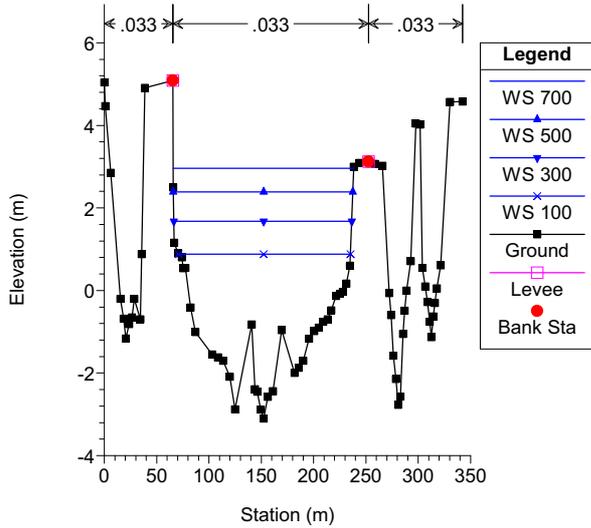
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



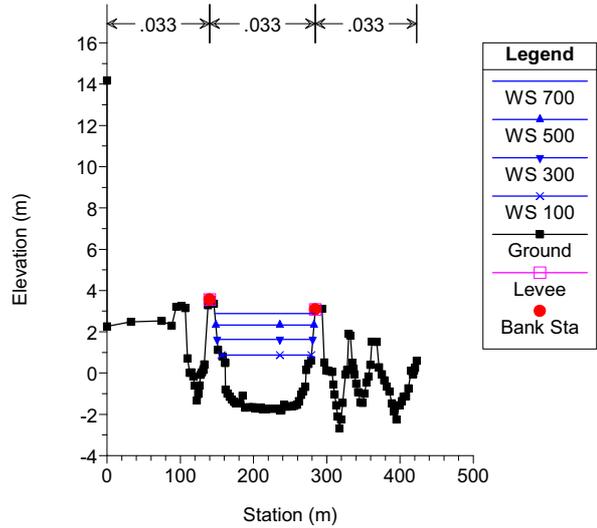
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



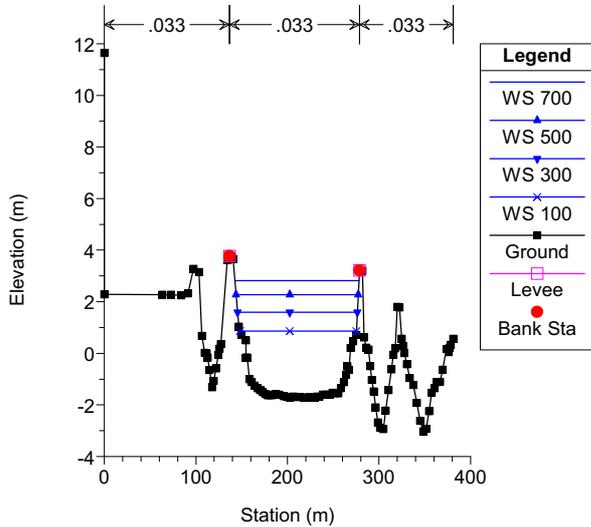
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7
 Sc-16



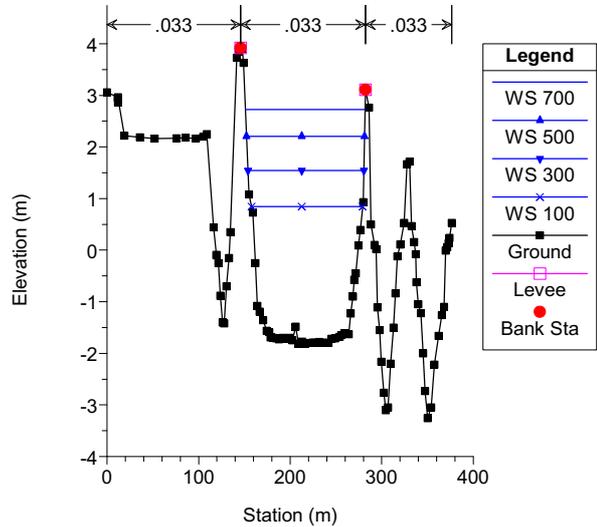
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7
 Sc-15



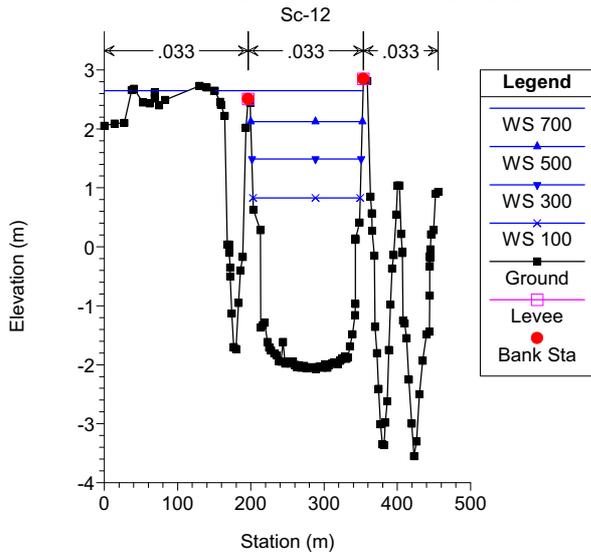
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7
 Sc-14



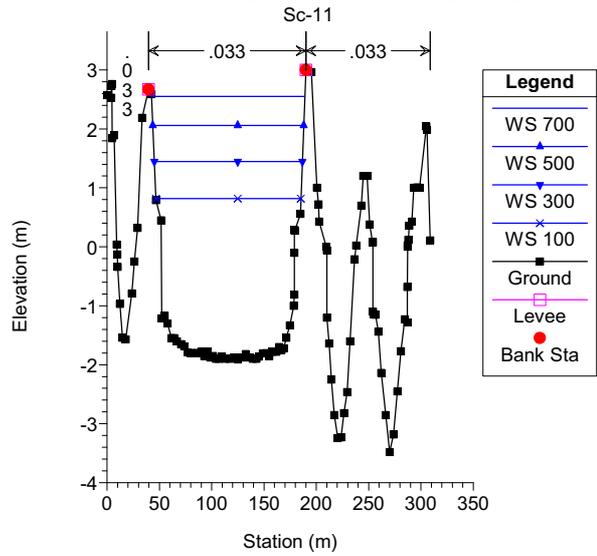
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7
 Sc-13



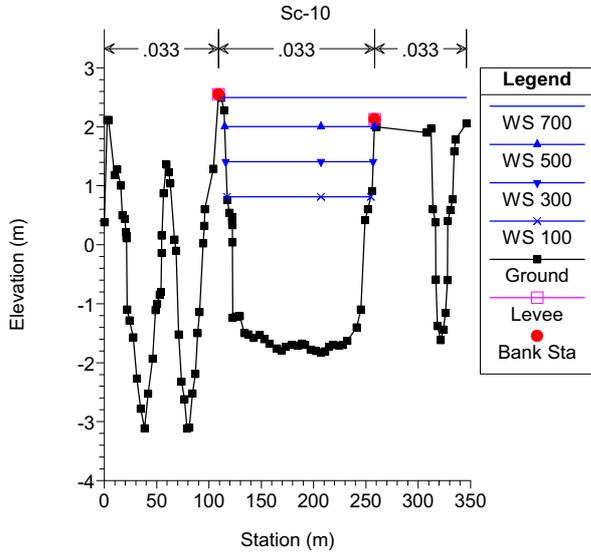
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



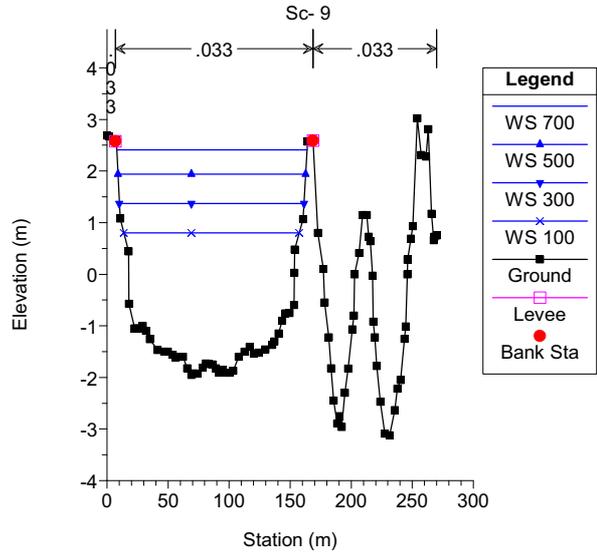
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



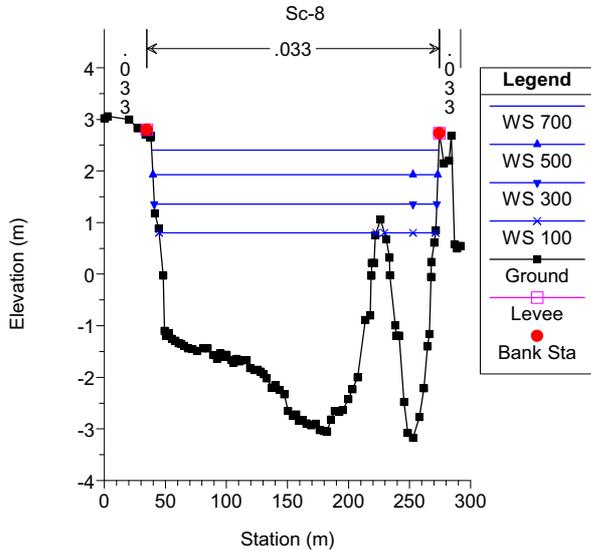
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



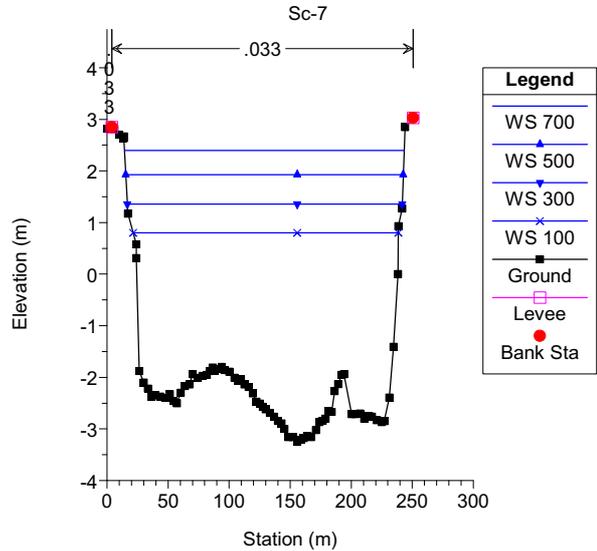
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



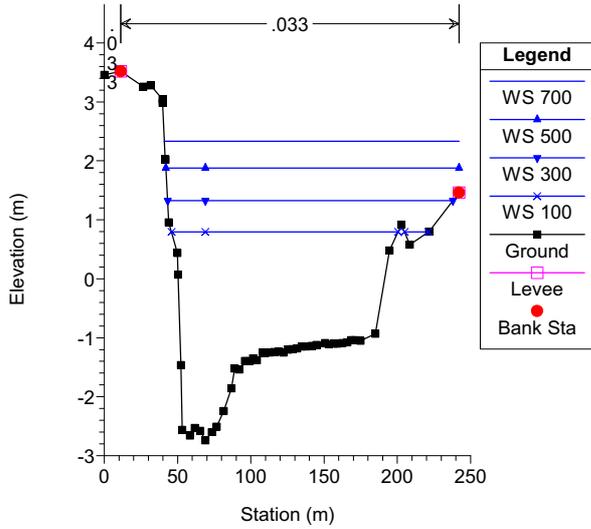
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



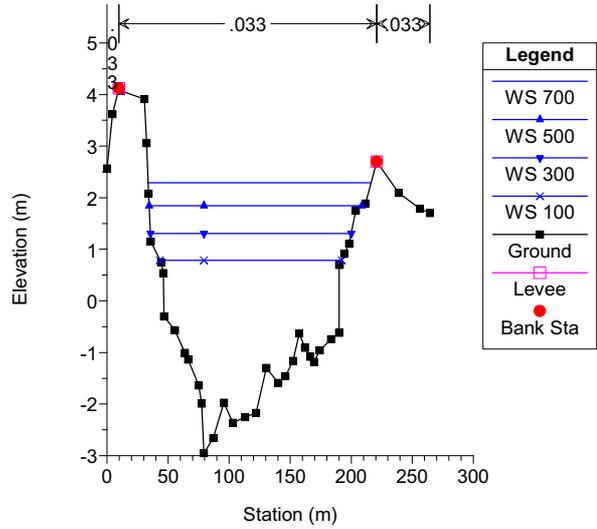
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



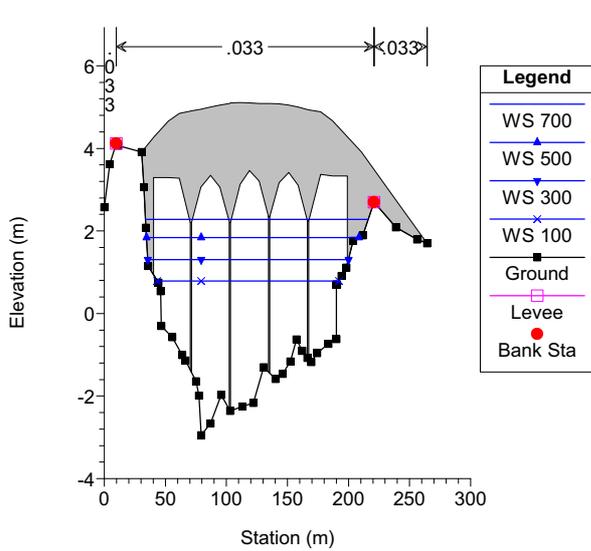
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7
 Sc-6



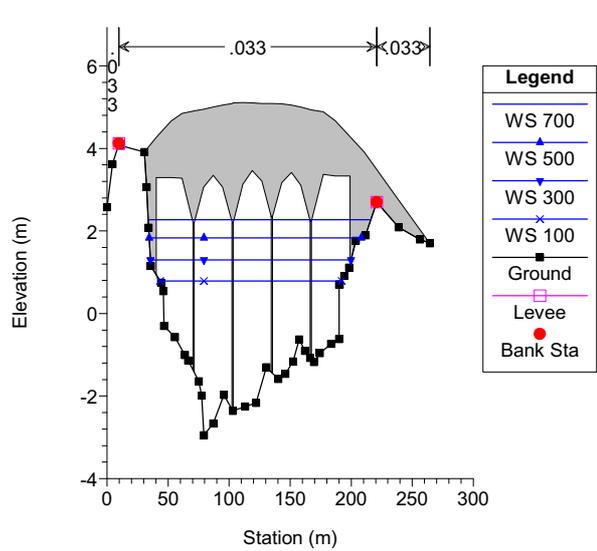
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7
 Sc-5



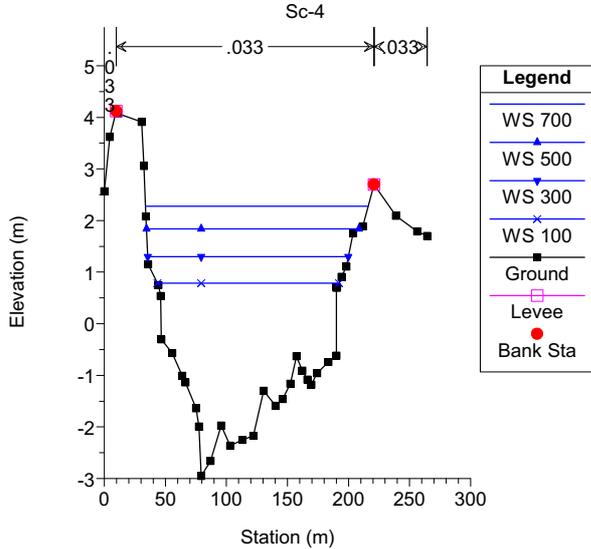
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



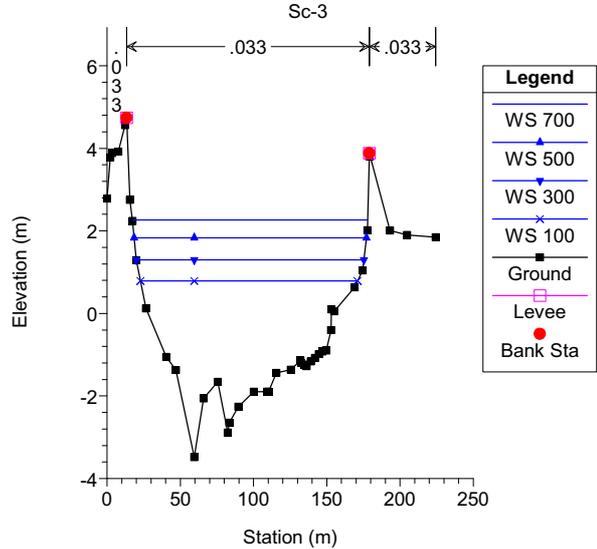
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7



Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7
 Sc-4

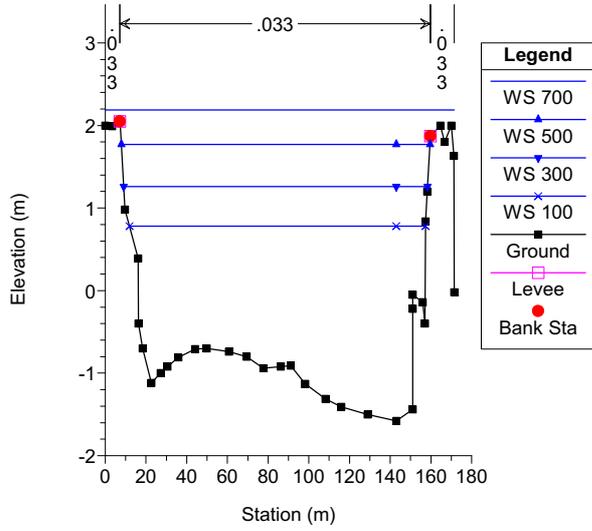


Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33
 Geom: Complessivo_attuale Flow: Portate_WS_0_7
 Sc-3



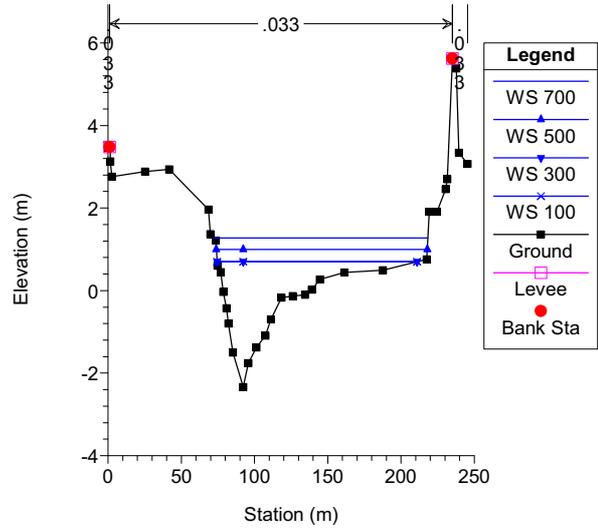
Verifica_foce_WS_0_7 02/07/2009 17.26.33

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	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





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 m³/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 m³/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 m³/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.

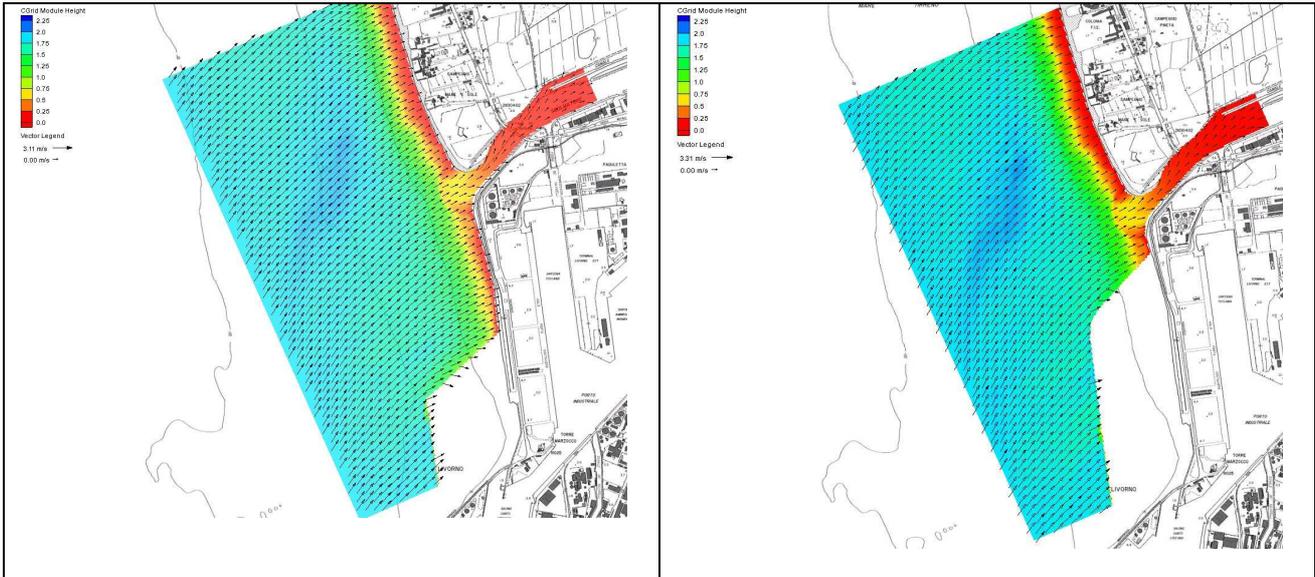


Figura 1 Moto ondoso nello stato attuale (sinistra) e di progetto (destra) per una mareggiata proveniente da libeccio/ponente

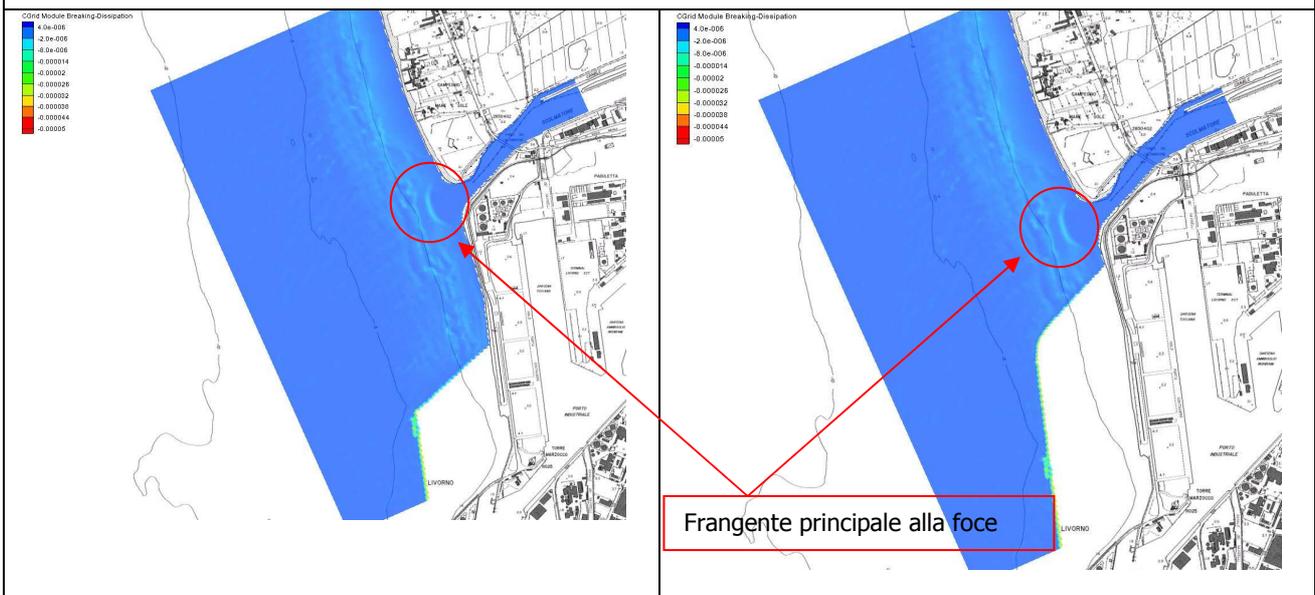


Figura 2 Dissipazione di energia nello stato attuale (sinistra) e di progetto (destra) per una mareggiata proveniente da libeccio/ponente

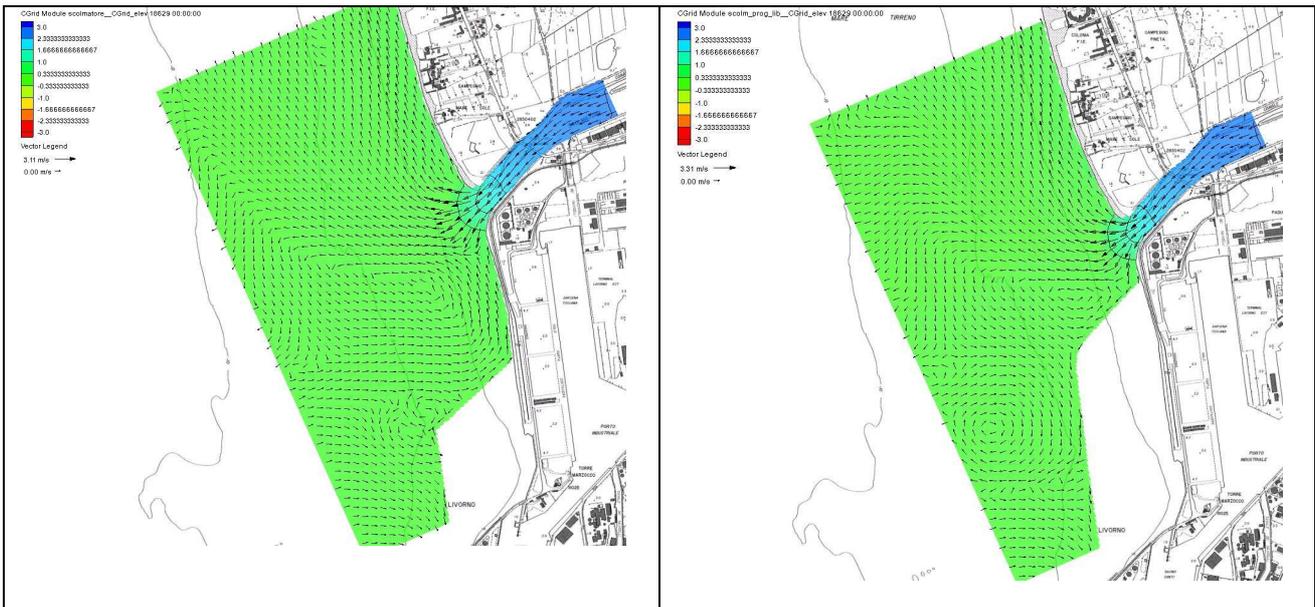


Figura 3 Andamento del profilo liquido e della circolazione idrodinamica dopo 24 h nello stato attuale (sx) e di progetto (dx)

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