



AUTORITA' PORTUALE DI GENOVA



PROGETTO DEFINITIVO DELLA NUOVA CALATA AD USO CANTIERISTICA NAVALE ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA SESTRI PONENTE E DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO MOLINASSI

LOTTO 2

FORMAZIONE DI UNA NUOVA CALATA AD USO CANTIERISTICA
NAVALE

STUDIO DI AGITAZIONE ONDOSA

PROGETTISTA INCARICATO DA COCIV



COMMESSA: 4 5 5 0 2 3 7 6 FASE: D LOTTO: 2 TIPO DOC.: R PROGR.: 0 0 5 REV.: B

PROGETTAZIONE


Rev.	Descrizione Emissione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA DOTT. ING. STEFANO SUSANI Sez. A S (t) ri aj civile an ri en a el de n. 23 Dott. Ing. S. Susani
A	Prima Emissione	Polli	30/09/2014	Lo Turco	30/09/2014	Susani	30/09/2014	
B	Recepimento Progetto di Risoluzione Oleodotti	Polli	05/12/2014	Lo Turco	05/12/2014	Susani	05/12/2014	

VERIFICATO:

VALIDATO: AUTORITÀ PORTUALE DI GENOVA

IL RUP	ASSISTENTI AL RUP
Dott. Ing. A. Pieracci	Dott. Geol. G. Canepa Geom. I. Dellepiane Geom. G. Di Luca P.I. F. Piazza Dott. Ing. D. Sciutto Dott. Ing. M. Vaccari Dott. Ing. C. Vincenzi


Comune di Genova				Regione Liguria
<p>Committente:</p> <p>MWH S.p.A</p>				
<p>STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO DI GENOVA, FINALIZZATO ALLA VALUTAZIONE DELLE POTENZIALI VARIAZIONI DELL'AGITAZIONE ONDOSA LEGATE ALLA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CASSA DI COLMATA ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI</p>				
				
Elaborato unico		RELAZIONE TECNICA		
Professionisti:		<p>Ing. MASSIMO TONDELLO Ordine ingegneri della provincia di Padova n. 2771</p>		
Commessa:	HS 684-14	REV: 00	Data: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSI ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

INDICE

<u>1</u>	<u>PREMESSA</u>	<u>4</u>
<u>2</u>	<u>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</u>	<u>5</u>
<u>3</u>	<u>CLIMA METEOMARINO</u>	<u>6</u>
3.1	CLIMA ONDOSI AL LARGO	6
3.2	EVENTI ESTREMI AL LARGO	8
3.3	PERIODO DI PICCO	10
<u>4</u>	<u>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI</u>	<u>11</u>
<u>5</u>	<u>DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI DI MOTO ONDOSI</u>	<u>13</u>
<u>6</u>	<u>STUDIO COMPARATIVO DELL'AGITAZIONE INTERNA</u>	<u>15</u>
6.1	MODELLO MATEMATICO CGWAVE	15
6.1.1	Caratteristiche generali di CGWAVE	15
6.1.2	Cenni sulle formulazioni di CGWAVE	15
6.1.3	Condizioni al contorno	17
6.2	SETTAGGIO DEL MODELLO	19
6.2.1	Caratteristiche delle opere presenti e di quelle previste in progetto	20
6.2.2	Caratteristiche delle mareggiate analizzate	21
6.3	AGITAZIONE ONDOSI NELLA CONFIGURAZIONE ATTUALE	22
6.4	AGITAZIONE ONDOSI NELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO	36
<u>7</u>	<u>CONCLUSIONI</u>	<u>44</u>


REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 1 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSI ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 2.1 - Inquadramento geografico del paraggio (in rosso è cerchiata la zona oggetto di studio).....	5
Fig. 3.1 – Posizione del punto al largo	6
Fig. 3.2 – Rosa del clima al largo	8
Fig. 3.3 – Analisi statistica degli eventi estremi al largo – settore SE	9
Fig. 3.4 – Analisi statistica degli eventi estremi al largo – settore S	9
Fig. 3.5 – Analisi statistica degli eventi estremi al largo – settore SO.....	9
Fig. 3.6 – Risultati della elaborazione della relazione H_S-T_P	10
Fig. 4.1 – Dettaglio area di intervento (in giallo è indicata la zona di realizzazione della nuova colmata).....	11
Fig. 4.2 – Sezione tipologica dei cassoni perimetrali della nuova colmata	11
Fig. 4.3 – Estratto della planimetria di progetto della nuova colmata (disposizione dei cassoni perimetrali).....	12
Fig. 5.1 – Curve di durata per i due settori.....	13
Fig. 6.1 – Condizioni al contorno del modello	18
Fig. 6.2 – Dominio di calcolo impiegato nello studio della penetrazione del moto ondoso	19
Fig. 6.3 – Particolare della mesh di calcolo in prossimità della porzione di specchio acqueo interessato dalla realizzazione della nuova colmata	20
Fig. 6.4 – Coefficienti di riflessione e batimetria impiegati nello studio dell'agitazione interna	22
Fig. 6.5 – TEST 1: SLO, mareggiata da Sud, andamento delle creste	24
Fig. 6.6 – TEST 1: SLO, mareggiata da Sud, altezza d'onda significativa in prossimità dell'imboccatura	24
Fig. 6.7 – TEST 1: SLO, mareggiata da Sud, agitazione ondosa all'interno del bacino portuale	25
Fig. 6.8 – TEST 2: SLO, mareggiata da Sud-Ovest, andamento delle creste	26
Fig. 6.9 – TEST 2: SLO, mareggiata da Sud-Ovest, altezza d'onda significativa in prossimità dell'imboccatura.....	26
Fig. 6.10 – TEST 2: SLO, mareggiata da Sud-Ovest, agitazione ondosa all'interno del bacino portuale.....	27
Fig. 6.11 – TEST 3: SLS, mareggiata da Sud, andamento delle creste	28
Fig. 6.12 – TEST 3: SLS, mareggiata da Sud, altezza d'onda significativa in prossimità dell'imboccatura	28
Fig. 6.13 – TEST 3: SLS, mareggiata da Sud, agitazione ondosa all'interno del bacino portuale.....	29
Fig. 6.14 – TEST 4: SLS, mareggiata da Sud-Ovest, andamento delle creste	30
Fig. 6.15 – TEST 4: SLS, mareggiata da Sud-Ovest, altezza d'onda significativa in prossimità dell'imboccatura.....	30
Fig. 6.16 – TEST 4: SLS, mareggiata da Sud-Ovest, agitazione ondosa all'interno del bacino portuale	31
Fig. 6.17 – TEST 5: SLU, mareggiata da Sud, andamento delle creste	32
Fig. 6.18 – TEST 5: SLU, mareggiata da Sud, altezza d'onda significativa in prossimità dell'imboccatura.....	32
Fig. 6.19 – TEST 5: SLU, mareggiata da Sud, agitazione ondosa all'interno del bacino portuale.....	33
Fig. 6.20 – TEST 6: SLU, mareggiata da Sud-Ovest, andamento delle creste.....	34
Fig. 6.21 – TEST 6: SLU, mareggiata da Sud-Ovest, altezza d'onda significativa in prossimità dell'imboccatura.....	34
Fig. 6.22 – TEST 6: SLU, mareggiata da Sud-Ovest, agitazione ondosa all'interno del bacino portuale	35
Fig. 6.23 – Coefficienti di riflessione e batimetria impiegati nello studio dell'agitazione interna in configurazione di progetto (realizzazione nuova colmata con cassoni)	36
Fig. 6.24 – TEST 1: SLO, agitazione ondosa in configurazione attuale (sopra) e di progetto (sotto).....	38
Fig. 6.25 – TEST 2: SLO, agitazione ondosa in configurazione attuale (sopra) e di progetto (sotto).....	39
Fig. 6.26 – TEST 3: SLS, agitazione ondosa in configurazione attuale (sopra) e di progetto (sotto)	40
Fig. 6.27 – TEST 4: SLS, agitazione ondosa in configurazione attuale (sopra) e di progetto (sotto)	41
Fig. 6.28 – TEST 5: SLU, agitazione ondosa in configurazione attuale (sopra) e di progetto (sotto)	42
Fig. 6.29 – TEST 6: SLU, agitazione ondosa in configurazione attuale (sopra) e di progetto (sotto)	43
Fig. 7.1 – Individuazione delle due zone di riferimento per la determinazione della variazione di altezza d'onda residua	44


REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 2 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

INDICE DELLE TABELLE

Tab. 3.1 - RegISTRAZIONI di moto ondoso ordinate per altezza e direzione di provenienza	7
Tab. 5.1 – Condizioni di moto ondoso al largo	14
Tab. 6.1 – Caratteristiche delle mareggiate considerate nello studio dell'agitazione ondosa	21
Tab. 6.2 – Coefficienti di riflessione degli elementi del contorno inshore	22
Tab. 6.3 – Coefficienti di riflessione degli elementi del contorno inshore	36
Tab. 7.1 – Sintesi dei risultati ottenuti in termini di variazioni dell'altezza d'onda media rilevati all'interno delle due zone nelle configurazioni analizzate	45

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 3 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSI ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

1 PREMESSA

La società Hydrosoil S.r.l. di Noventa Padovana ha ricevuto da MWH S.p.A. l'incarico di studiare la penetrazione del moto ondoso all'interno del Porto Petroli di Genova al fine di valutare il potenziale impatto legato alla realizzazione di una nuova colmata.

Nel dettaglio, lo studio è stato sviluppato come segue:

- esame della documentazione disponibile (in termini di clima meteomarinario, batimetria dell'area, layout delle opere esistenti e future);
- studio della penetrazione del moto ondoso all'interno degli specchi acquei portuali, mediante utilizzo di specifico codice di calcolo;
- analisi comparativa della penetrazione del moto ondoso nella configurazione attuale e di progetto.

Per la definizione del layout e delle caratteristiche delle opere portuali esistenti (banchine, pontili), si è fatto riferimento alla cartografia disponibile e agli elaborati grafici "as built" dei pontili, forniti dal Committente.


Le caratteristiche batimetriche dell'area oggetto di studio sono state ricavate dai più recenti rilievi batimetrici disponibili, eseguiti per conto dell'Autorità Portuale di Genova.

Per quanto riguarda il clima meteomarinario si è fatto riferimento ai dati di moto ondoso al largo ricavati nell'ambito dello "Studio meteomarinario a supporto della progettazione" del "Ripristino della Mantellata esterna Diga foranea e molo di Duca di Galliera" (Ottobre 2010), redatto da DHI Italia per conto dell'Autorità Portuale di Genova.

Il presente studio è stato condotto con il codice di calcolo CGWAVE, sviluppato dal Coastal Engineering Research Center dello U.S. Army Corps of Engineers. Il modello matematico è basato sull'approssimazione ellittica della mild slope equation bidimensionale ed è in grado di simulare correttamente le trasformazioni subite dal moto ondoso nella sua propagazione di fronte e all'interno del bacino portuale (rifrazione, diffrazione, riflessione, frangimento).

I risultati delle simulazioni, riportati nel capitolo 6 e sintetizzati nel capitolo 7, evidenziano come l'intervento in progetto non influenzi in maniera sostanziale il moto ondoso residuo all'interno del bacino portuale. Si osserva infatti che l'agitazione ondosa all'interno del bacino mantiene in linea generale le caratteristiche che si osservano allo stato attuale e, nell'area di intervento e nel suo intorno, non subisce apprezzabili variazioni in termini di altezza d'onda significativa media.

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 4 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona oggetto di intervento è ubicata all'interno del Porto di Genova (Fig. 2.1). Nel dettaglio, l'intervento interessa una porzione di specchio acqueo all'interno del Porto Petroli (Genova Multedo).


Il Porto Petroli è ubicato in adiacenza al terrapieno dell'aeroporto C. Colombo e risulta protetto dagli attacchi ondosi provenienti da SE-SSE, per effetto della presenza della Diga dell'Aeroporto, e dagli attacchi ondosi provenienti da SO-OSO, per effetto della Diga di Voltri e del Molo Multedo.

L'imboccatura del Porto Petroli risulta quindi parzialmente esposta alle mareggiate in grado di penetrare tra le dighe di Voltri e dell'Aeroporto, cioè alle sole mareggiate provenienti dal settore S-SO. Va peraltro segnalato che, anche in caso di eventi classificabili come "estremi", allo stato attuale negli specchi acquei di interesse non si rilevano significativi fenomeni di agitazione legati a risacca o sesse.



Fig. 2.1 - Inquadramento geografico del paraggio (in rosso è cerchiata la zona oggetto di studio)

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 5 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSI ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

3 CLIMA METEOMARINO

Come anticipato in premessa, i dati di moto ondoso impiegati nel presente studio sono stati ricavati dallo "Studio meteomarinario a supporto della progettazione" del "Ripristino della Mantellata esterna Diga foranea e molo di Duca di Galliera" (Ottobre 2010), redatto da DHI Italia per conto dell'Autorità Portuale di Genova.

Di seguito, nei successivi paragrafi, si riporta una breve descrizione dei dati estratti dal sopraccitato elaborato e di interesse per il presente studio.

3.1 Clima ondoso al largo

I dati relativi al clima ondoso al largo, forniti da CREST S.r.l., sono stati ottenuti attraverso un modello di *wave hindcast*. I dati sono stati forniti con passo orario per il periodo 1989-2008 nel punto di coordinate 44.3°N e 8.8 °E, posto circa 10 km al largo di Genova (punto GE01, Fig. 3.1).

A partire dai dati orari è stato ricavato il clima ondoso, ovvero la distribuzione media annua dell'altezza d'onda significativa in relazione alla direzione di provenienza e alla sua frequenza (vedi successiva Tab. 3.1). È stata inoltre ricavata la rosa delle altezze d'onda, costruita per settori di 10° di ampiezza (vedi successiva Fig. 3.2)

I dati mostrano che le mareggiate più intense e più frequenti provengono dalle direzioni comprese tra 190°N e 210°N, con valori massimi di altezza d'onda significativa prossimi ai 5 m. Nel dettaglio si osserva che gli eventi ondosi più frequenti provengono da Libeccio (SSO, 210°N).

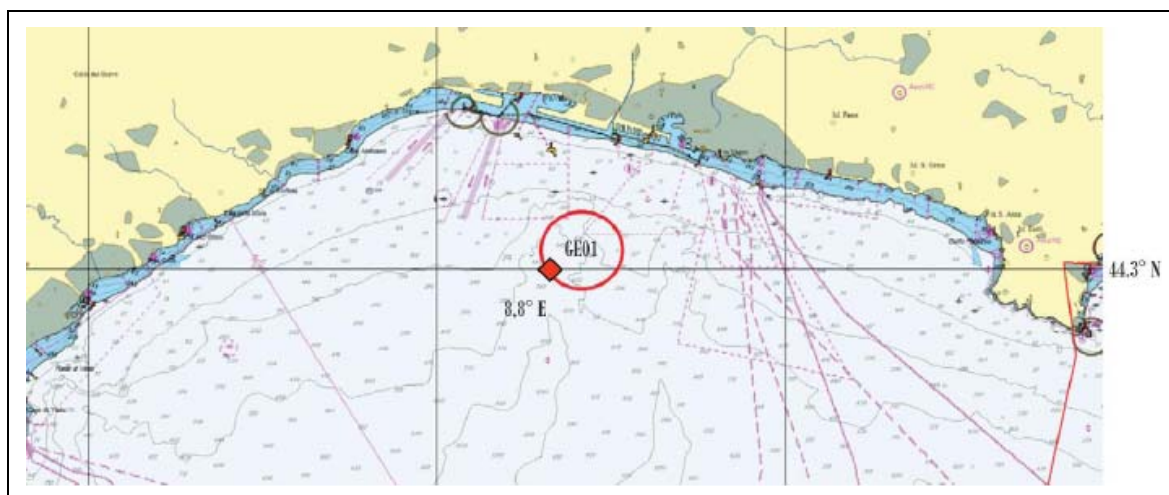



Fig. 3.1 – Posizione del punto al largo

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 6 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

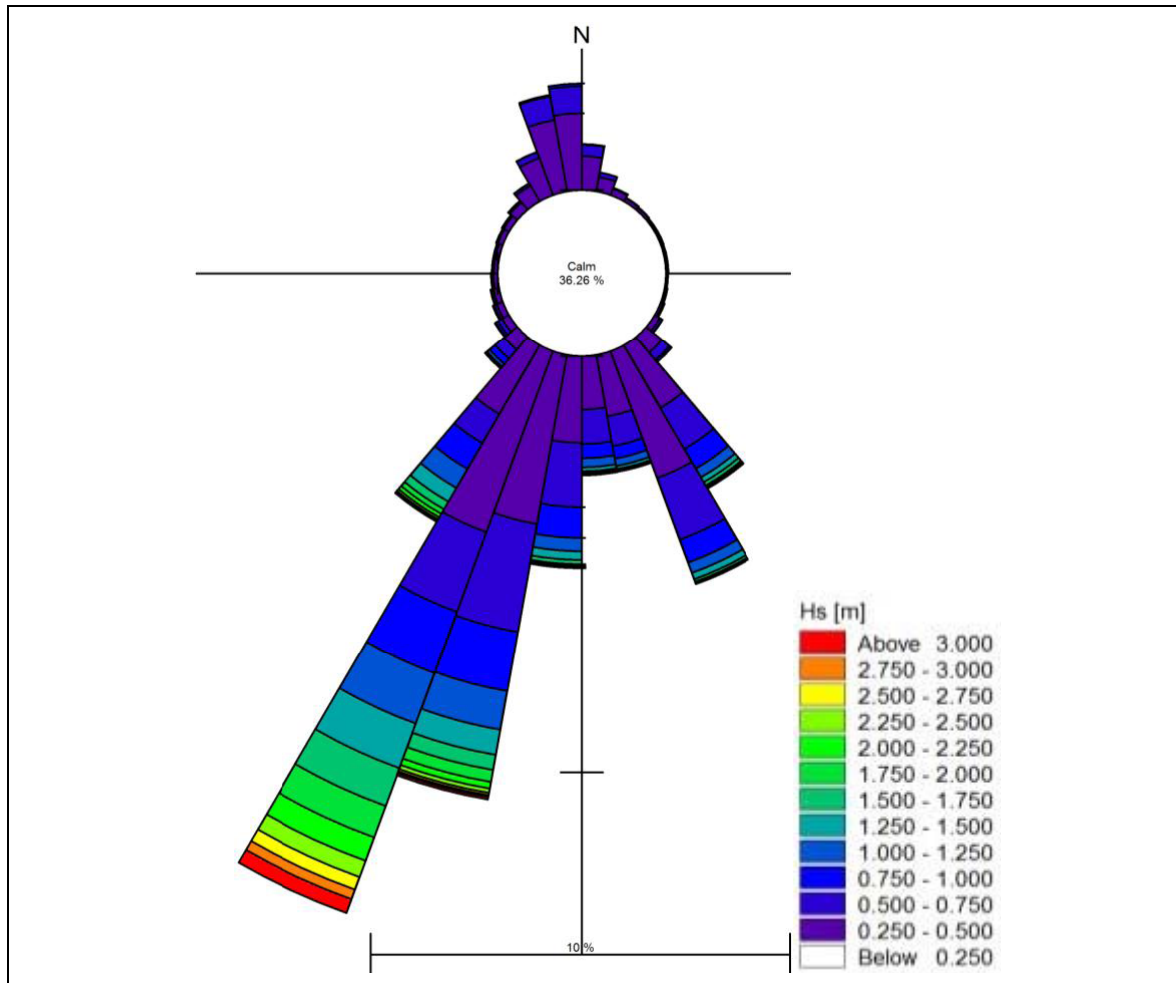


Fig. 3.2 – Rosa del clima al largo


3.2 Eventi estremi al largo

A partire dalle registrazioni orarie, sono state ricavate le mareggiate con altezza d'onda superiore ai 2 m, con un criterio che garantisca l'indipendenza statistica degli eventi individuati. Le mareggiate così ricavate sono state suddivise in tre settori direzionali (SE: 135-165°N, S: 165-195°N e SO: 195-225°N) e sottoposte a elaborazione statistica attraverso la distribuzione di probabilità di Weibull.

Di seguito, dalla Fig. 3.3 alla Fig. 3.5, sono riportati in forma grafica i risultati delle elaborazioni per i tre settori individuati (tempo di ritorno in funzione dell'altezza d'onda significativa, in ascissa): la linea continua rappresenta la stima centrale (valore medio), mentre le linee tratteggiate rappresentano i limiti della fascia di confidenza, ottenuti incrementando e decrementando il valore medio della deviazione standard.

I valori presi a riferimento per l'altezza significativa da assegnare ad eventi estremi sono stati scelti considerando il limite superiore della fascia di confidenza (valore medio incrementato della deviazione standard).

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 8 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

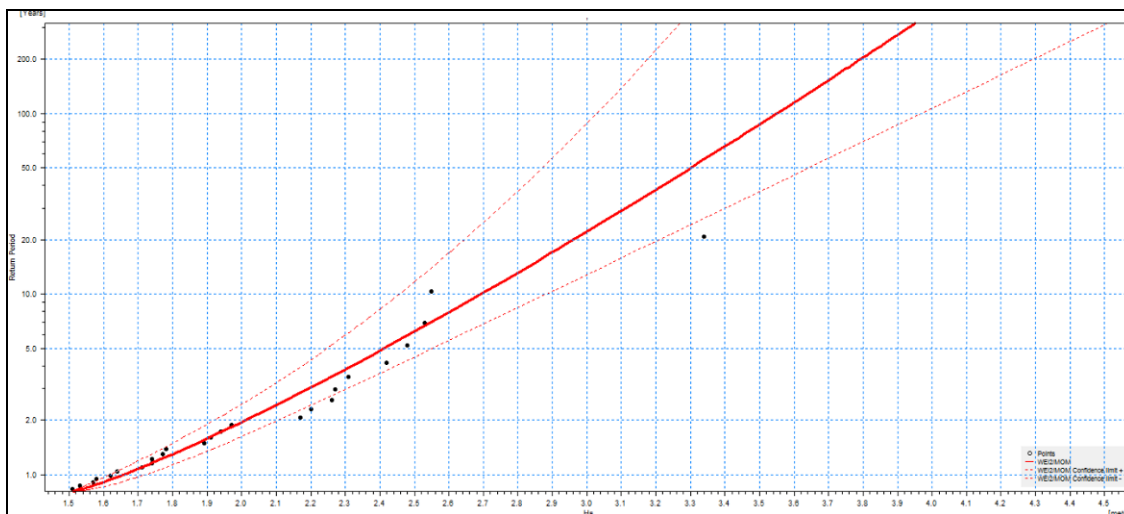


Fig. 3.3 – Analisi statistica degli eventi estremi al largo – settore SE

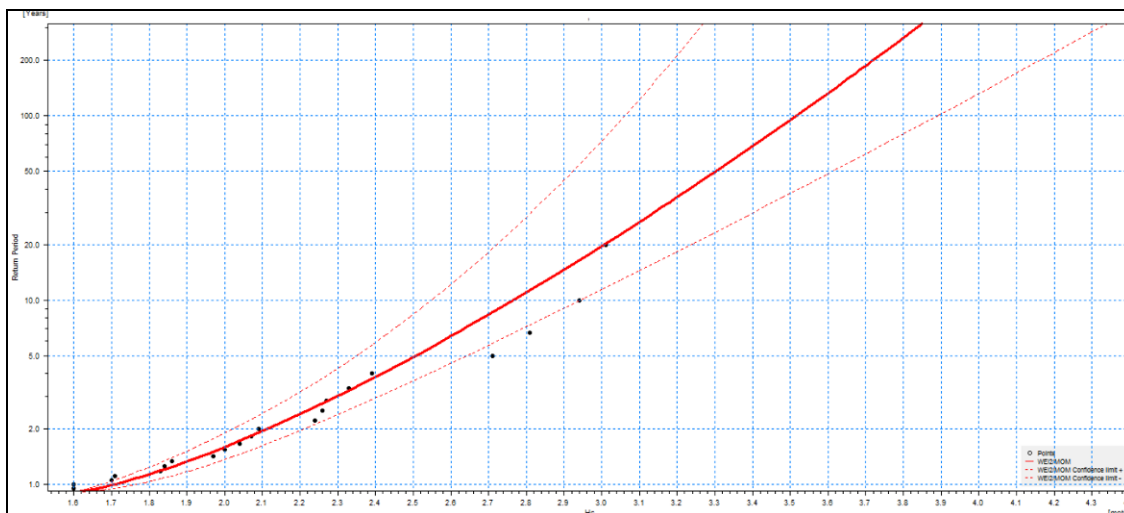


Fig. 3.4 – Analisi statistica degli eventi estremi al largo – settore S

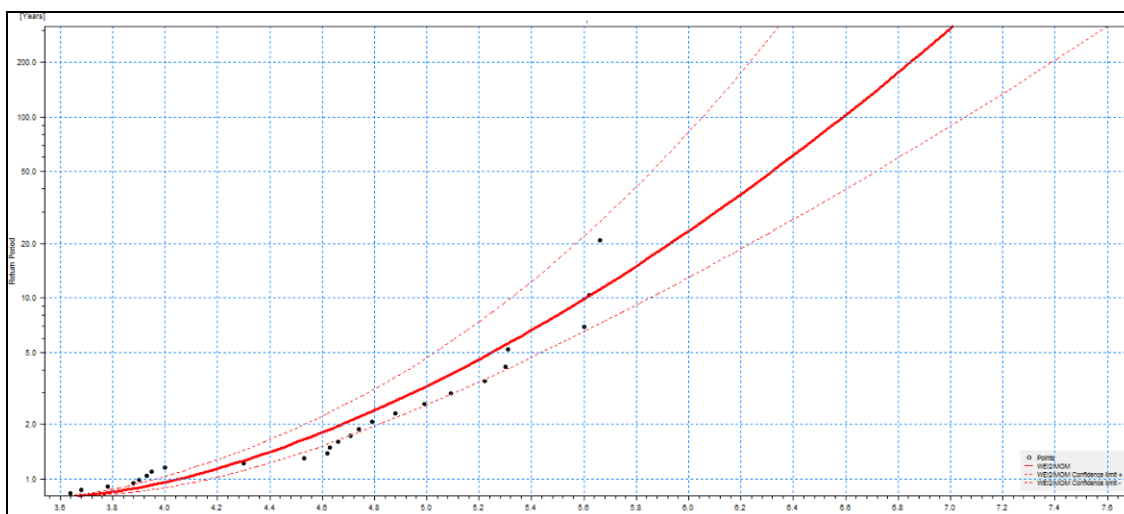



Fig. 3.5 – Analisi statistica degli eventi estremi al largo – settore SO

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 9 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

3.3 Periodo di picco

A partire dai dati disponibili è stata inoltre elaborata una relazione tra altezza d'onda significativa (H_s) e periodo di picco (T_p). Nella successiva Fig. 3.6 si riportano i risultati di tale elaborazione.

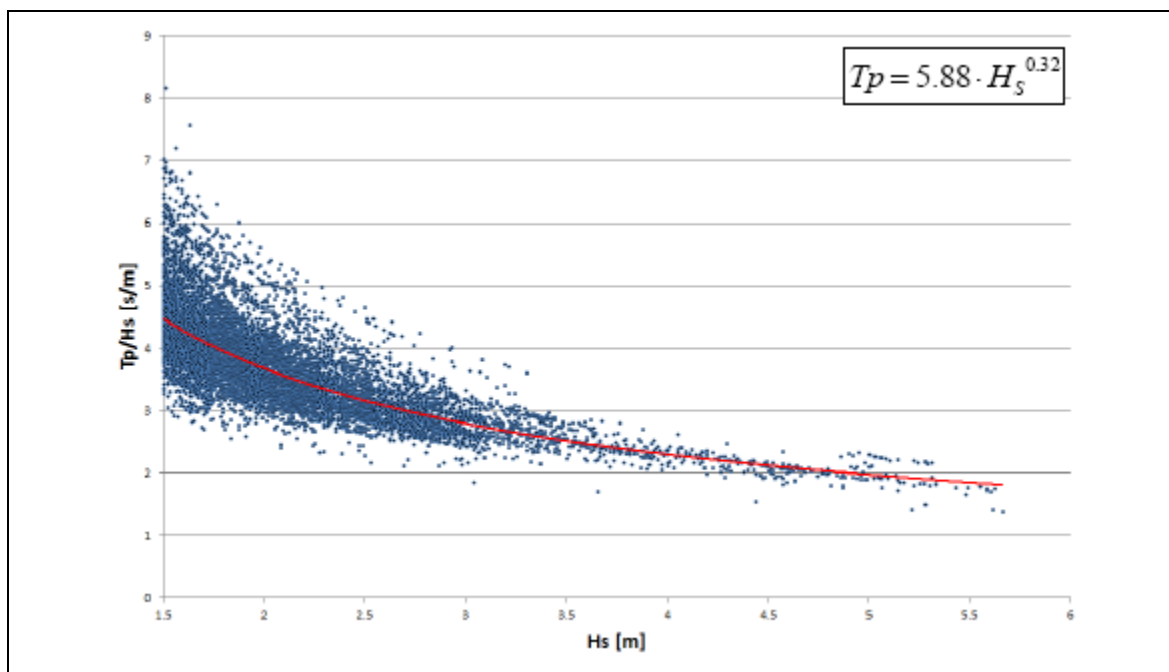



Fig. 3.6 – Risultati della elaborazione della relazione H_s - T_p

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 10 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

L'intervento oggetto di studio prevede la realizzazione di una colmata all'interno del bacino del Porto Petroli di Genova. Nel dettaglio, la porzione di specchio portuale interessata dalla realizzazione della nuova colmata è ubicata tra il pontile Delta e la zona dei bacini di carenaggio (Fig. 4.1).

La colmata sarà conterminata da cassoni a parete verticale di altezza variabile (nella Fig. 4.2 si riporta una sezione tipologica dei cassoni previsti), disposti su un perimetro di lunghezza totale pari a circa 550 m (vedi successiva Fig. 4.3).

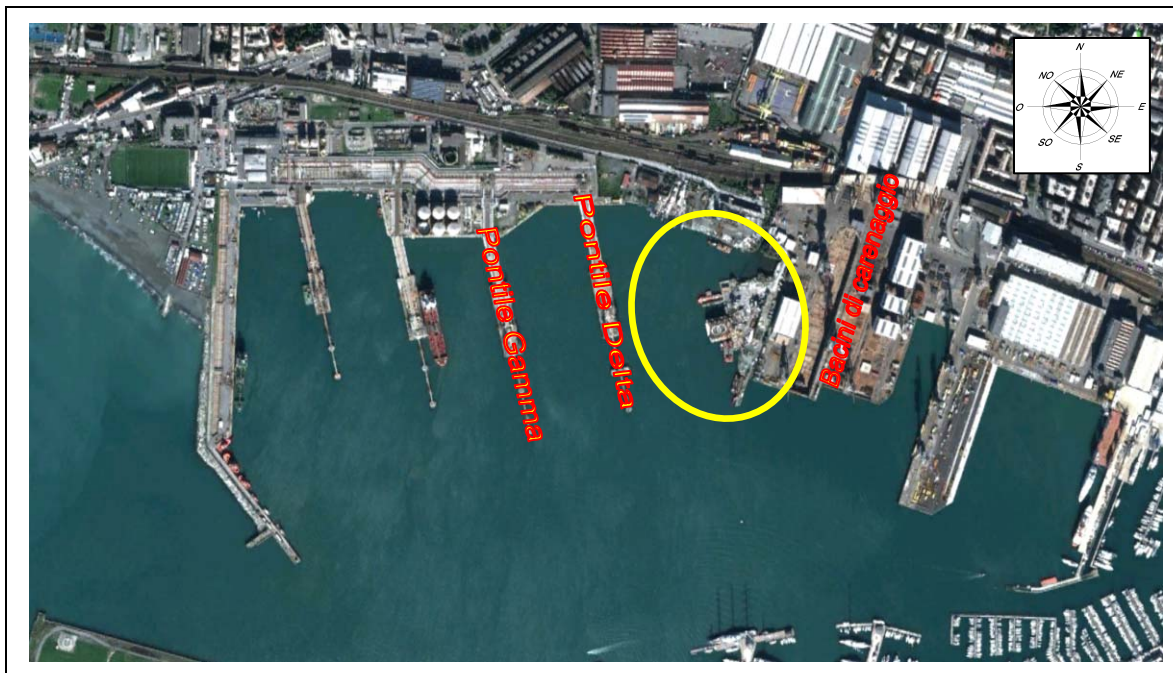


Fig. 4.1 – Dettaglio area di intervento (in giallo è indicata la zona di realizzazione della nuova colmata)

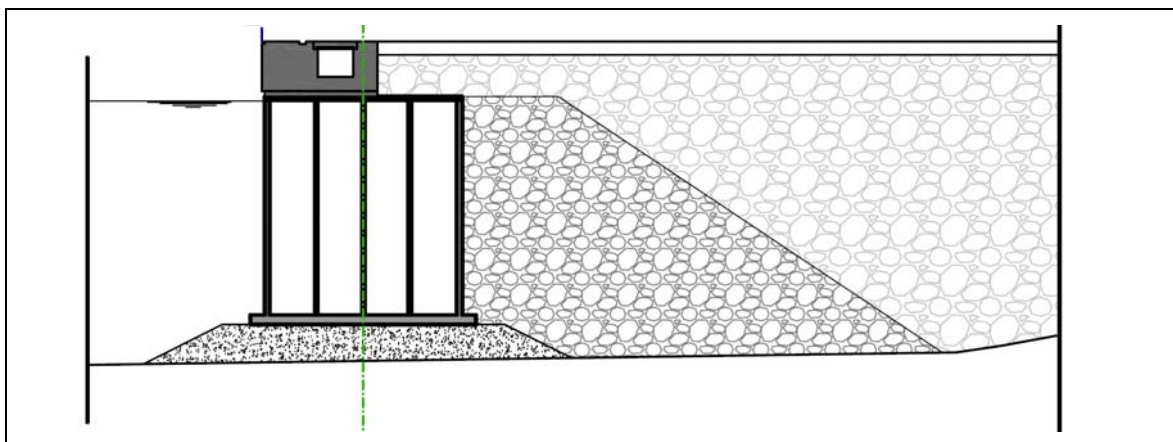



Fig. 4.2 – Sezione tipologica dei cassoni perimetrali della nuova colmata

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 11 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

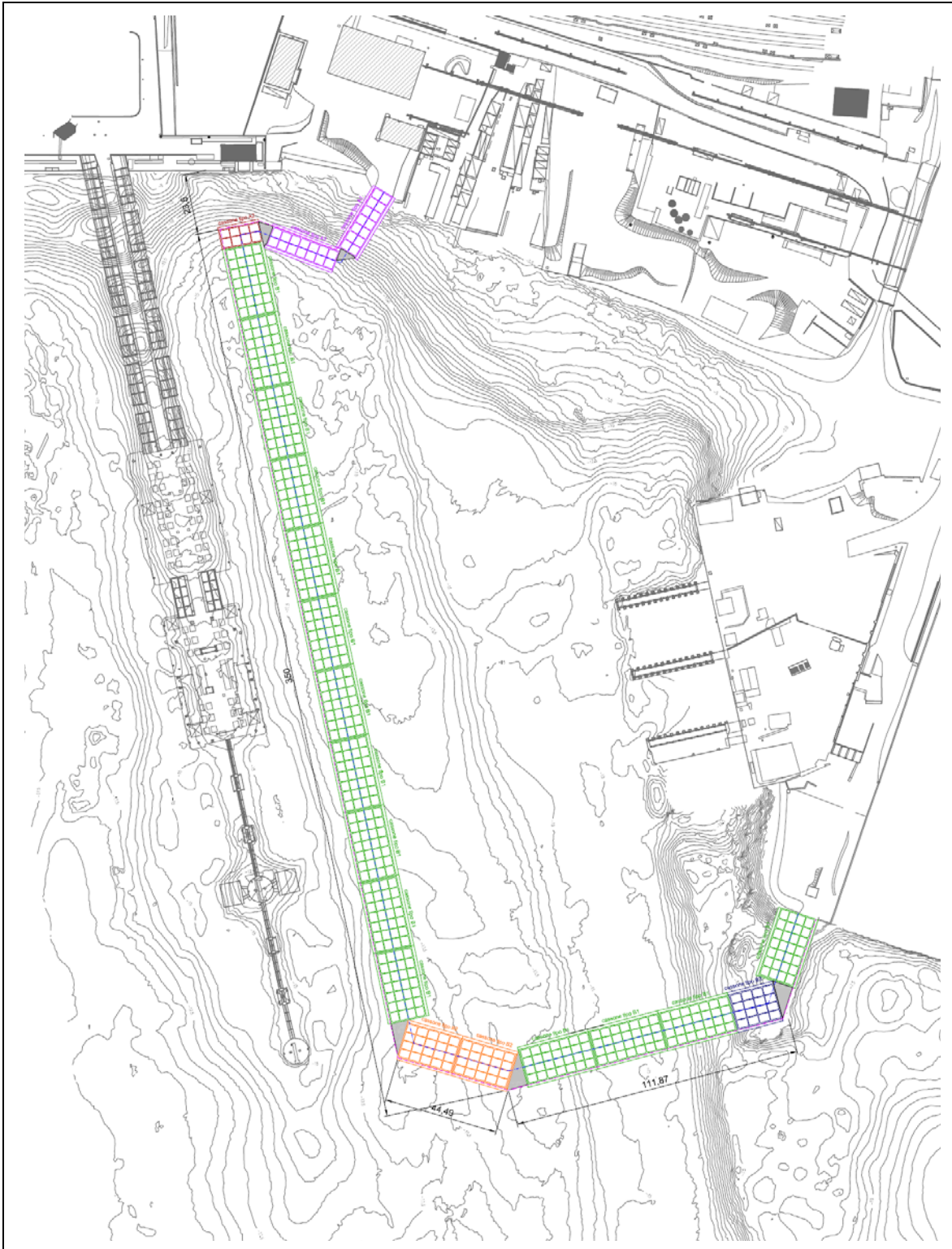



Fig. 4.3 – Estratto della planimetria di progetto della nuova colmata (disposizione dei cassoni perimetrali)

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 12 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

5 DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI DI MOTO ONDOSO

Al fine di fornire un'analisi generale della penetrazione e dell'agitazione ondosa all'interno degli specchi acquei di interesse, sono state individuate delle condizioni di moto ondoso in grado di rappresentare diversi gradi di severità dell'attacco ondoso. Nel dettaglio, sono stati definiti 3 diversi stati limite (SL) associati a differenti probabilità di accadimento: Operativo (SLO, **frequenza 5 gg/anno**), di Servizio (SLS, $T_R=2$ anni) e Ultimo (SLU, $T_R=100$ anni).

Per la definizione delle caratteristiche della mareggiate da associare ai 3 stati limite, si è fatto riferimento ai dati di moto ondoso riportati nel precedente capitolo 3.

A partire dal clima ondoso al largo, in termini di frequenza delle classi di altezza d'onda significativa e direzione di provenienza, è stato possibile ricostruire la curva di durata relative alle registrazioni al largo; questa curva consente di mettere in relazione le caratteristiche di un evento con la sua durata media annuale (Fig. 5.1). La curva di durata è stata ricavata con riferimento ai due settori di interesse per il paraggio in oggetto: S (160-200°N) e SO (200-240°N). Sulla base delle caratteristiche delle curve di durata per i due settori individuati è stato possibile ricavare l'altezza d'onda significativa da associare allo SLO (eventi con frequenza pari a 5 giorni/anno).

A partire dalle elaborazioni statistiche degli eventi estremi eseguite per i diversi settori (cfr. precedente paragrafo 3.2) è stato possibile ricavare le altezze d'onda da associare allo SLS allo SLU (eventi con periodo di ritorno T_R pari rispettivamente a 2 e 100 anni).

Sulla base dell'esposizione dell'imboccatura del Porto Petroli e della rosa del clima (vedi precedente Fig. 3.2), sono state individuate due differenti direzioni di specifico interesse (**180 e 210°N**) da associare alle altezze d'onda così ricavate. In definitiva sono stati individuati 6 eventi. I periodi di picco sono stati associati a ciascun evento a partire dall'altezza d'onda significativa sulla base della relazione tra altezza d'onda e periodo ricavata dai dati a disposizione (vedi precedente Fig. 3.6).

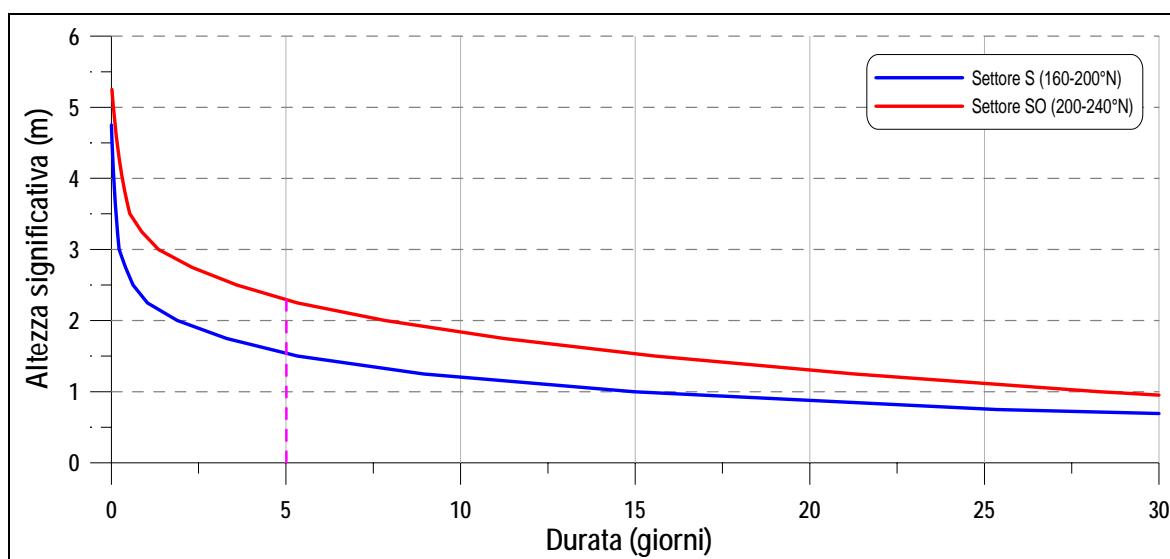



Fig. 5.1 – Curve di durata per i due settori

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 13 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	


 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

Nella successiva Tab. 5.1 si riportano sinteticamente le condizioni di moto ondoso al largo, individuate per i 3 stati limite, e impiegate nello studio.

Settore di provenienza	Evento	Frequenza (giorni/anno)	Tempo di ritorno (anni)	H _s (m)	T _p (s)	Dir (°)
Sud	SLO	5	-	1.54	6.8	180
Sud-Ovest	SLO	5	-	2.30	7.7	210
Sud	SLS	-	2	2.25	7.6	180
Sud-Ovest	SLS	-	2	4.85	9.7	210
Sud	SLU	-	100	3.93	9.1	180
Sud-Ovest	SLU	-	100	7.09	11.0	210

Tab. 5.1 – Condizioni di moto ondoso al largo

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 14 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

6 STUDIO COMPARATIVO DELL'AGITAZIONE INTERNA

Lo studio è stato condotto tramite il codice di calcolo "CGWAVE", sviluppato per lo U.S. Army Corps of Engineers e descritto in dettaglio nel successivo paragrafo 6.1.

Lo studio è stato svolto valutando dapprima l'agitazione interna nella configurazione attuale (paragrafo 6.3) e successivamente nella configurazione di progetto (paragrafo 0); i risultati ottenuti sono stati infine messi a confronto per evidenziare le variazioni.

6.1 Modello matematico CGWAVE

Il modello matematico CGWAVE (Conjugate Gradient WAVE model) è un modello generale di propagazione del moto ondoso, aggiornato allo stato dell'arte. Il modello è applicabile per la stima dei parametri d'onda all'interno di porti, insenature e paraggi con morfologia complessa, in presenza di strutture fisse o mobili.

Il modello, sviluppato su commissione dello U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, è basato sull'approssimazione ellittica della mild slope equation bidimensionale (cfr. 6.1.2) e, in particolare, è in grado di tenere conto di fenomeni dissipativi (dovuti a attrito al fondo, frangimento e dispersione non lineare) e riflessione.

6.1.1 Caratteristiche generali di CGWAVE

Il modello è in grado di simulare i fenomeni di rifrazione, diffrazione, riflessione (dovuta alle linee di riva, alle strutture rigide o mobili e alla batimetria), ed inoltre può tener conto della dispersione non lineare, dei processi di dissipazione dovuta all'attrito e al frangimento..


L'impiego della tecnica agli elementi finiti rende possibile, in CGWAVE, la modellazione di regioni aventi forme complesse. Con questo approccio il dominio di calcolo viene discretizzato con una maglia di elementi triangolari con dimensioni variabili in funzione delle caratteristiche locali del fondale e della lunghezza d'onda (ad esempio, in zone in cui la variazione delle caratteristiche dell'onda è rapida sarà necessario impiegare una risoluzione più elevata). Le condizioni al contorno vengono applicate impiegando un nuovo schema basato sulla approssimazione parabolica (Xu, Pachang e Demirbilek, 1996).

Il sistema di equazioni risultanti dalla discretizzazione viene risolto attraverso l'uso di una procedura iterativa (metodo del gradiente coniugato) introdotta da Pachang (Pachang et al., 1991) e successivamente modificato da Ly (1994).

6.1.2 Cenni sulle formulazioni di CGWAVE

La mild slope equation dapprima sviluppata da Eckart (1952) e successivamente riveduta da Berkhoff (1972,1976) è ad oggi una formulazione generalmente accettata per la stima delle condizioni d'onda in area costiera. La soluzione dell'equazione nella forma bidimensionale, basata sull'approssimazione ellittica, fornisce una buona base per la modellazione della superficie del

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 15 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

mare nelle aree costiere (Chen & Houston, 1987; Chen, 1990; Xu & Pachang). L'equazione può essere scritta come:

$$\nabla \cdot (CC_g \nabla \hat{\eta}) + \frac{C_g}{C} \sigma^2 \hat{\eta} = 0$$

dove:

$\hat{\eta}(x, y)$ funzione complessa della quota della superficie, da cui viene stimata l'altezza d'onda

σ frequenza dell'onda (in radianti/s)

$C(x, y)$ velocità di fase ($= \sigma / k$)

$C_g(x, y)$ velocità di gruppo ($= \partial \sigma / \partial k = nC$) con $n = \frac{1}{2} / \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd}\right)$

$k(x, y)$ numero d'onda ($= 2\pi/L$) collegato alla profondità locale secondo la relazione di dispersione lineare: $\sigma^2 = gk \tanh(kd)$

Termini dissipativi

L'equazione precedente tiene conto dei processi di rifrazione, diffrazione e riflessione in domini di forma arbitraria, ma può essere modificata per includere gli effetti dissipativi dovuti al frangimento (Dally et al, 1985; De Girolamo et al, 1985) e all'attrito al fondo (Dalrymple et al, 1984; Chen, 1986; Liu e Tsay, 1985) secondo la seguente forma:

$$\nabla \cdot (CC_g \nabla \hat{\eta}) + \left(\frac{C_g}{C} \sigma^2 + i\sigma w + iC_g \sigma \gamma \right) \hat{\eta} = 0$$

dove w è un fattore d'attrito e γ è un parametro di frangimento.

In accordo con quanto ricavato da Dalrymple et al. (1984) il modello implementa il fattore di smorzamento dovuto all'attrito nella seguente forma:

$$w = \left(\frac{2n\sigma}{k} \right) \left[\frac{2f_r}{3\pi} \frac{ak^2}{(2kd + \sinh 2kd)\sinh kd} \right]$$


dove a ($= H/2$) è l'ampiezza d'onda e f_r è un coefficiente di attrito che deve essere impostato dall'utente. Questo coefficiente dipende dal numero di Reynolds e dalla scabrezza del fondo e può essere ottenuto dalle formulazioni ricavate da Madsen (1976) e Dalrymple et al. (1984).

Il frangimento viene implementato nel modello secondo la formulazione ricavata da Dally et al. (1985), Demirbilek (1994), Demirbilek et al. (1996b), in cui il parametro di frangimento può essere così espresso:

$$\gamma = \frac{\chi}{d} \left(1 - \frac{\Gamma^2 d^2}{4a^2} \right)$$

dove χ è un parametro che deve essere impostato dall'utente e Γ è una costante empirica (in CGWAVE è impiegato il valore 0.4 in accordo con Dally et al ,1985).

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 16 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

Dissipazione non lineare

In aggiunta ai precedenti meccanismi, nella mild slope equation può essere simulata la dissipazione non lineare. Questo si ottiene includendo una dispersione funzione dell'ampiezza dell'onda, che si è dimostrata particolarmente influente in certe situazioni (Kirby e Dalrymple, 1986).

La relazione di dispersione lineare precedente: $\sigma^2 = gk \tanh(kd)$

viene così modificata:
$$\sigma^2 = gk \left[1 + (ka)^2 F_1 \tanh^5 kd \right] \tanh \{ kd + ka F_2 \}$$

dove:

$$\begin{cases} F_1 = \frac{\cosh(4kd) - 2 \tanh^2(kd)}{8 \sinh^4(kd)} \\ F_2 = \left(\frac{kd}{\sinh(kd)} \right)^4 \end{cases}$$

6.1.3 Condizioni al contorno

Gli elementi che delimitano il dominio di calcolo possono essere suddivisi in due categorie (Fig. 6.1):

- *contorno offshore* lungo il quale viene assegnata l'energia entrante mediante l'assegnazione dello spettro;
- *contorno inshore* che comprende linea di costa e/o strutture permeabili o impermeabili.

Ai diversi elementi che costituiscono il contorno inshore è possibile assegnare differenti coefficienti di riflessione; la condizione al contorno lungo il generico elemento può essere così descritta:

$$\frac{\partial \hat{\eta}}{\partial n} = \alpha \hat{\eta}$$

dove $\alpha = \alpha_1 + i\alpha_2$ è un coefficiente complesso che può essere riscritto come $\alpha = ik(1 - K_r / 1 + K_r)$, dove K_r è il coefficiente di riflessione (Tsay e Liu, 1983; Chen e Houston, 1987) variabile tra 0 (nessuna riflessione) e 1 (riflessione totale).

Le condizioni al contorno offshore vengono applicate secondo lo schema sviluppato da Xu, Pachang e Demirbilek (1996), basato sulla seguente approssimazione parabolica lungo il contorno offshore:


$$\frac{\partial \hat{\eta}_s}{\partial r} + p \hat{\eta}_s + q \frac{\partial \hat{\eta}_s^2}{\partial g^2} = 0$$

dove

$$p = \frac{k^2 r^2 + k_0^2 r^2 + ik_0 r + 1/4}{2ik_0 r^2} \quad \text{e} \quad q = \frac{1}{2ik_0 r^2}$$

dove k_0 è il numero d'onda che corrisponde alla profondità media lungo il contorno.

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 17 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

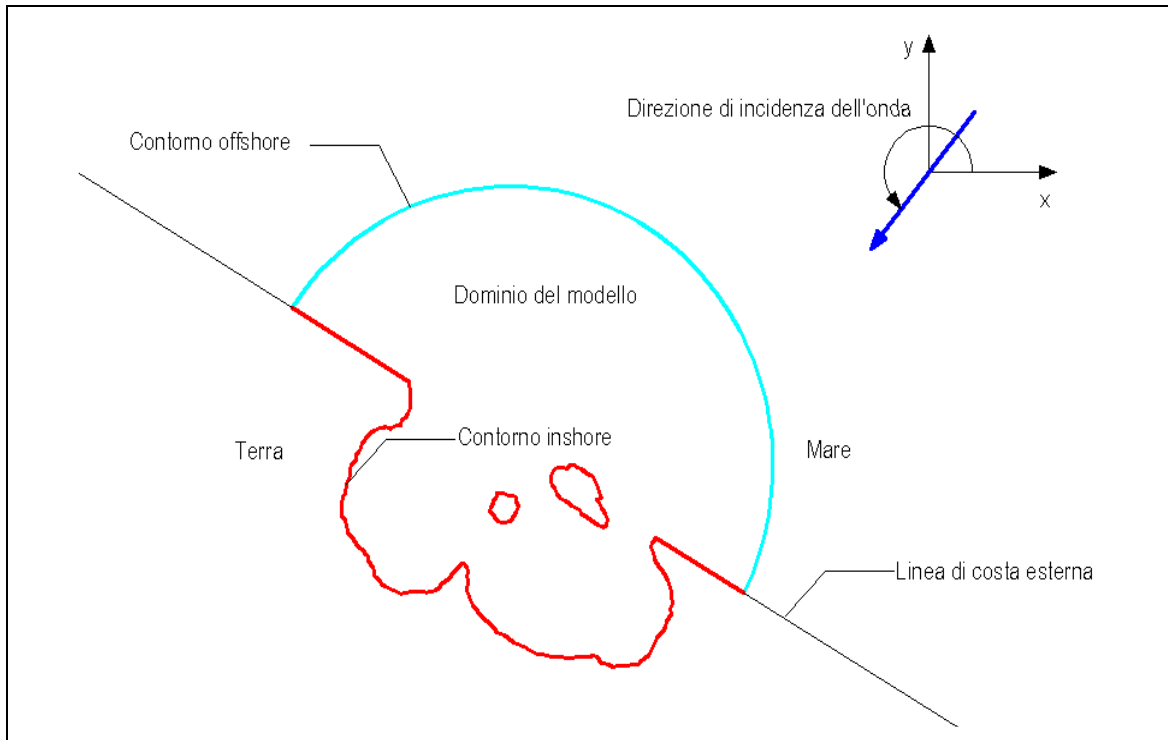



Fig. 6.1 – Condizioni al contorno del modello

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 18 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

6.2 Settaggio del modello

Per lo studio è stato definito un dominio di calcolo che impiega un contorno offshore di tipo semicircolare (Fig. 6.2); il dominio si estende verso il largo fino a profondità dell'ordine dei -65 m s.m.m.. Il contorno inshore del dominio di calcolo è stato definito in modo da riprodurre, per l'analisi in stato attuale, la configurazione della linea di costa e delle opere presenti nella configurazione attuale. Per l'analisi in configurazione di progetto è stato inserito il layout previsto per la nuova colmata.

La batimetria impiegata nel modello è stata ricavata sulla base dei più recenti rilievi batimetrici disponibili, eseguiti per conto dell'Autorità Portuale di Genova, nonché sulla base delle più recenti carte nautiche, per quanto riguarda la batimetria più al largo.

Il dominio così definito è stato ricoperto con una mesh a maglie triangolari formata da elementi di dimensioni variabili dai 12 m, sul contorno offshore, ai 2 m, sul contorno inshore. Tali dimensioni consentono di ottenere la stabilità del modello per tutte le mareggiate simulate, nonché una accurata rappresentazione di tutte le opere presenti all'interno del dominio.

Nella successiva Fig. 6.3 si riporta un dettaglio della mesh di calcolo, nella configurazione attuale, in prossimità della zona interessata dagli interventi

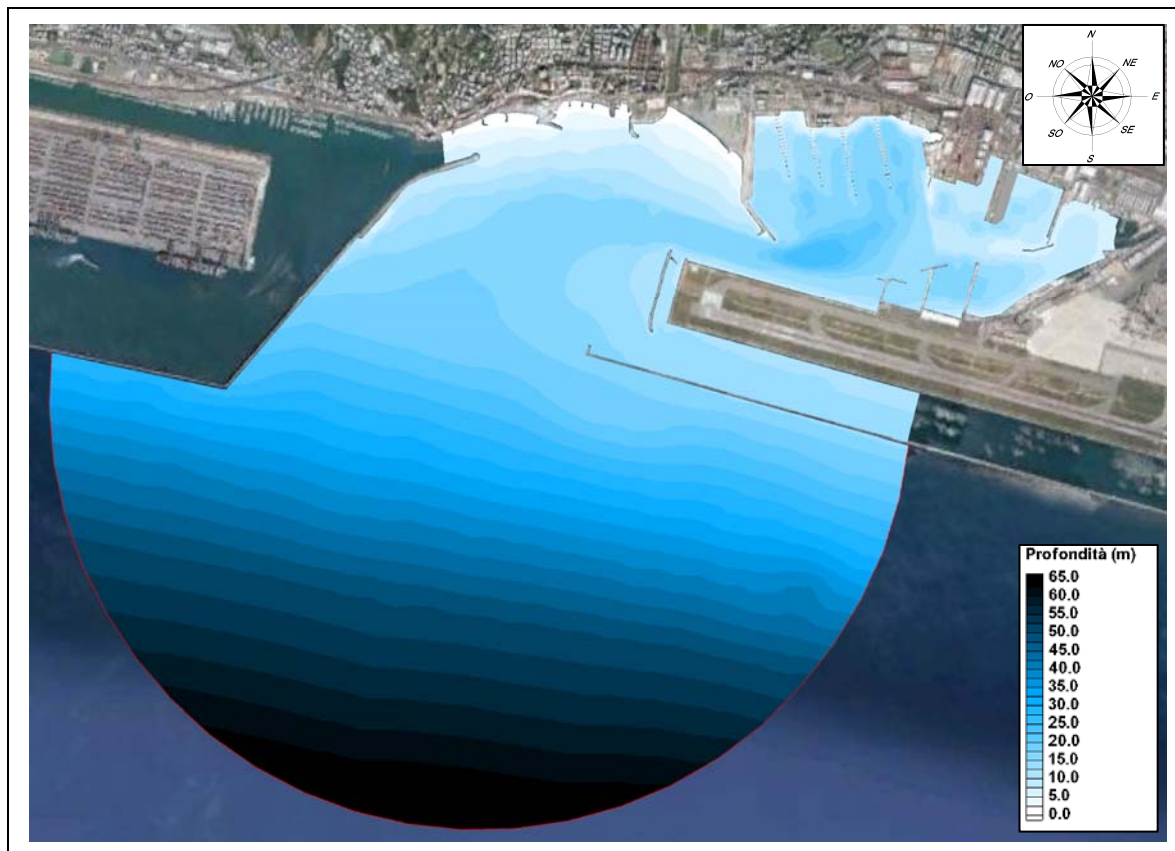



Fig. 6.2 – Dominio di calcolo impiegato nello studio della penetrazione del moto ondosso

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 19 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSI ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

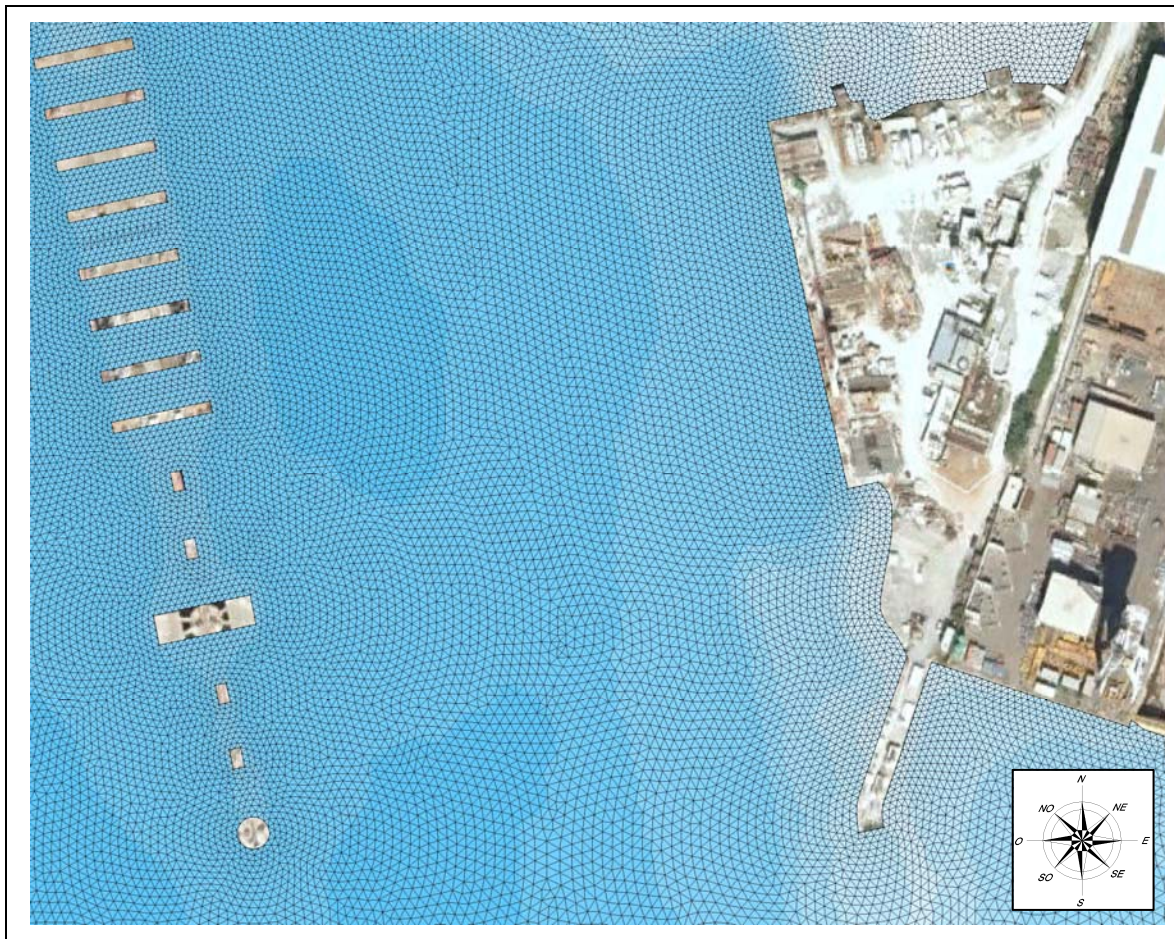


Fig. 6.3 – Particolare della mesh di calcolo in prossimità della porzione di specchio acqueo interessato dalla realizzazione della nuova colmata


6.2.1 Caratteristiche delle opere presenti e di quelle previste in progetto

Per la definizione del layout e delle caratteristiche delle opere portuali esistenti (banchine, pontili), si è fatto riferimento alla documentazione disponibile. In particolare, sulla base della cartografia è stato possibile definire la disposizione in planimetria delle opere presenti sia esternamente al Porto Petroli (dighe, terrapieno dell'aeroporto, costa) che internamente (moli, banchine, pile dei pontili). Nel dettaglio, a partire dagli elaborati grafici "as built" dei pontili è stato possibile inserire all'interno del dominio i piloni di tali strutture. Nel dominio non sono stati inseriti gli elementi considerati "trasparenti" ai fini dell'agitazione ondosa, quali i pontili su pali.

Per quanto riguarda la configurazione delle opere previste, si è fatto riferimento al layout planimetrico di progetto della nuova colmata.

Le caratteristiche delle opere presenti sono state messe in relazione alla capacità di riflettere/dissipare il moto ondoso, al fine di definire per ciascuna di esse uno specifico coefficiente di riflessione. Le strutture a parete verticale, quali le dighe esterne al Porto, le banchine interne e i

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 20 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

piloni, sono state considerate completamente riflettenti; le strutture a gettata e i tratti di sponda in pietrame all'interno del Porto sono state considerate parzialmente riflettenti, mentre i tratti di costa della spiaggia di Pegli sono stati considerati completamente assorbenti.

I cassoni a parete verticale che verranno usati per conterminare la nuova colmata sono stati considerati completamente riflettenti.

I coefficienti di riflessione da associare a ciascun elemento del dominio sono stati ricavati, a partire dalle considerazioni sopra esposte, sulla base della bibliografia tecnica disponibile.

Nei successivi paragrafi 6.3 e 6.4 si riportano nel dettaglio i coefficienti adottati nelle due configurazioni analizzate.

6.2.2 Caratteristiche delle mareggiate analizzate

Le mareggiate analizzate nello studio sono quelle associate agli eventi definiti nel precedente capitolo: Stati Limite Operativo, di Servizio e Ultimo. Le caratteristiche delle mareggiate (altezza, direzione e periodo) da assegnare in input sul contorno del modello sono state ricavate sulla base dei dati meteomarini disponibili (cfr. capitolo 5).


Nel dettaglio, considerato che il contorno del modello di agitazione CGWAVE ha profondità superiori ai 60 m, è stato scelto di assegnare sul contorno del modello le caratteristiche delle mareggiate al largo, in quanto non si ritiene che tali mareggiate subiscano, nel propagarsi dal largo fino a tali profondità, variazioni significative in termini di altezza d'onda e direzione.

Nella successiva Tab. 6.1 si riportano le caratteristiche delle mareggiate considerate nello studio comparativo dell'agitazione ondosa. Si ricorda che le mareggiate provenienti dal settore 180-220°N e, in particolare, quelle provenienti da 210°N, sono quelle caratterizzate da maggior frequenza (cfr. precedente Fig. 3.2).

TEST	Settore di provenienza	Evento	Frequenza (giorni/anno)	Tempo di ritorno (anni)	H _s (m)	T _P (s)	Dir (°)
TEST 1	Sud	SLO	5	-	1.54	6.8	180
TEST 2	Sud-Ovest	SLO	5	-	2.30	7.7	210
TEST 3	Sud	SLS	-	2	2.25	7.6	180
TEST 4	Sud-Ovest	SLS	-	2	4.85	9.7	210
TEST 5	Sud	SLU	-	100	3.93	9.1	180
TEST 6	Sud-Ovest	SLU	-	100	7.09	11.0	210

Tab. 6.1 – Caratteristiche delle mareggiate considerate nello studio dell'agitazione ondosa

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 21 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

6.3 Agitazione ondosa nella configurazione attuale

I valori del coefficiente di riflessione impiegati nello studio dell'agitazione ondosa in configurazione attuale, ricavati dalla bibliografia tecnica sulla base delle caratteristiche di ciascun elemento, sono riportati nella successiva Tab. 6.2 e in Fig. 6.4.

Caratteristiche tratto	Coefficiente di riflessione
Pareti verticali	0.90
Opere a gettata e tratti di costa in pietrame	0.40
Spiaggia	0.10

Tab. 6.2 – Coefficienti di riflessione degli elementi del contorno inshore

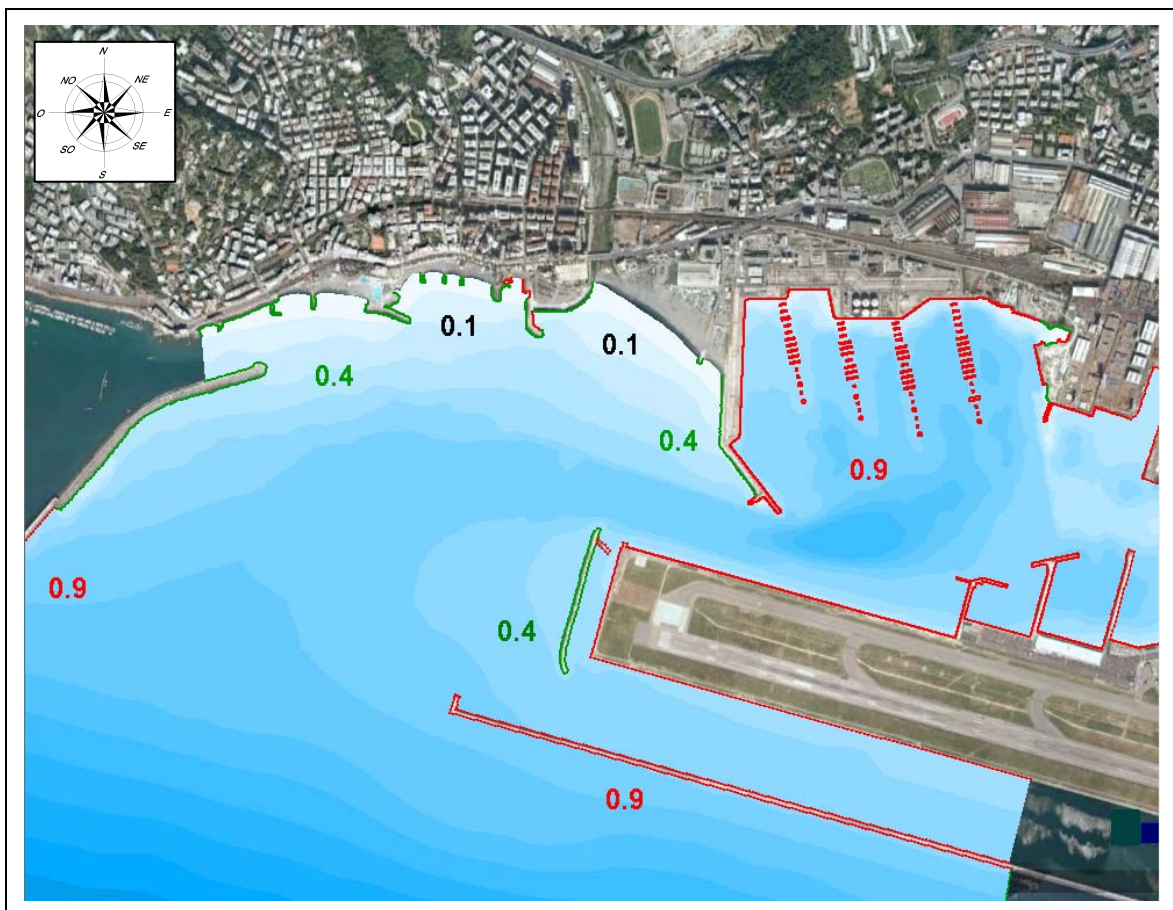



Fig. 6.4 – Coefficienti di riflessione e batimetria impiegati nello studio dell'agitazione interna

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 22 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSI ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

I risultati ottenuti dalle simulazioni della penetrazione del moto ondoso all'interno del Porto Petroli nella configurazione attuale sono riportati nelle figure delle pagine seguenti.

In Fig. 6.5, Fig. 6.8, Fig. 6.11, Fig. 6.14, Fig. 6.17 e Fig. 6.20 viene riportato l'andamento delle creste e dei cavi delle mareggiate. In Fig. 6.6, Fig. 6.9, Fig. 6.12, Fig. 6.15, Fig. 6.18 e Fig. 6.21 sono invece rappresentate, mediante gradazioni cromatiche, le caratteristiche locali della mareggiata: i risultati sono riportati in termini di altezza d'onda significativa nei pressi dell'imboccatura e all'interno del bacino portuale. Si sottolinea che, per facilitare la lettura dei risultati, le simulazioni caratterizzate da altezza d'onda significativa inferiore (TEST 1 e TEST 2) adottano scale cromatiche differenti.

In Fig. 6.7, Fig. 6.10, Fig. 6.13, Fig. 6.16, Fig. 6.19 e Fig. 6.22 i risultati sono riportati in termini di agitazione ondosa nella zona di interesse, limitando la scala cromatica al valore massimo pari a 0.8 m al fine di facilitare la lettura dei risultati.

In linea generale, dai risultati ottenuti si osserva che le mareggiate provenienti da SSO (210°N: TEST 2, TEST 4 e TEST 6), che rappresentano le mareggiate più frequenti, sono in grado di penetrare all'interno del bacino portuale in modo piuttosto limitato.


Le mareggiate provenienti da Sud (180°N: TEST1, TEST 3 e TEST5) penetrano in misura superiore rispetto alle precedenti, anche se per via indiretta, per effetto della riflessione sulla diga di Voltri; di conseguenza determinano un generale aumento dell'altezza significativa in prossimità dell'imboccatura portuale.

Infine, si può osservare che le mareggiate caratterizzate da periodi inferiori sono in grado di generare localmente, nello specchio acqueo di interesse, una maggiore agitazione ondosa; le onde più corte favoriscono infatti l'insorgere di riflessioni multiple tra le strutture presenti e le discontinuità della linea di costa (concavità, angoli, ecc).

In termini numerici, si rileva che il valore medio di altezza d'onda residua all'interno del bacino risulta ampiamente al di sotto dei 50 cm per tutte le simulazioni analizzate. In termini di valori massimi, si può invece osservare che localmente, per effetto di locali concentrazioni di energia dovute a riflessioni multiple, si raggiungono valori anche superiori ai 50 cm. Tale risultato risulta più evidente per le mareggiate provenienti da Sud (TEST 1 e TEST 3), che risultano peraltro essere le meno frequenti.

Si sottolinea comunque che la presenza di navi e imbarcazioni ormeggiate lungo i pontili può diminuire, o comunque modificare, in maniera significativa l'agitazione ondosa all'interno del bacino portuale.

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 23 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

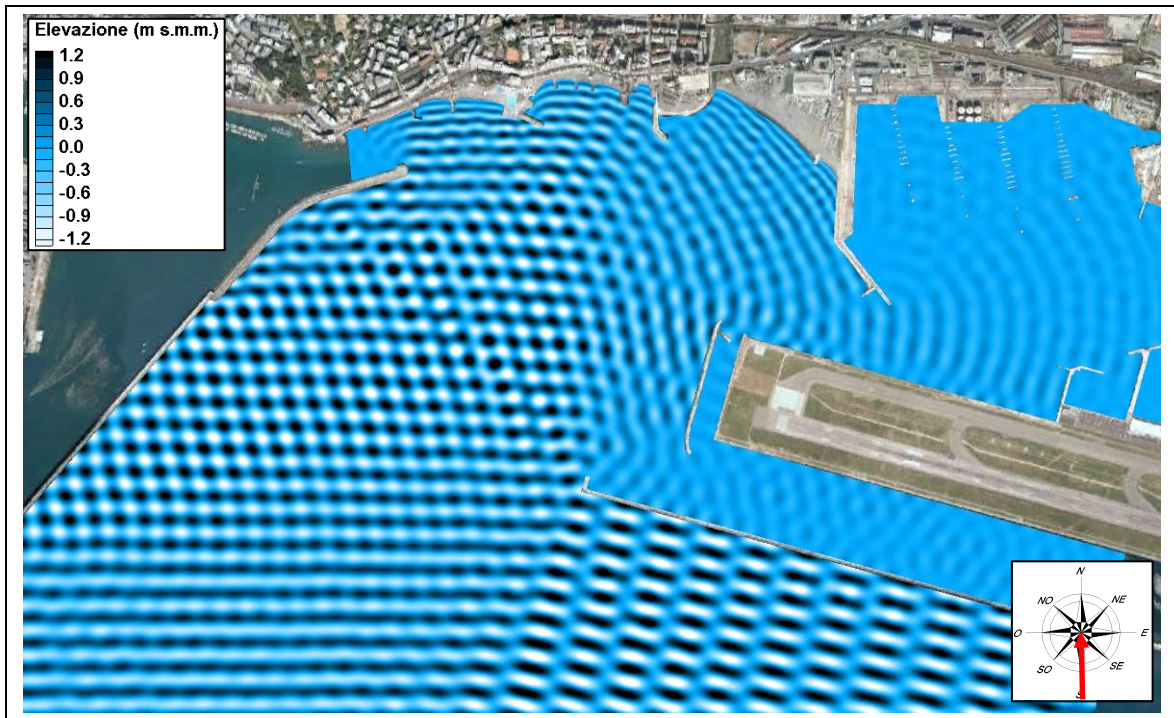


Fig. 6.5 – TEST 1: SLO, mareggiata da Sud, andamento delle creste

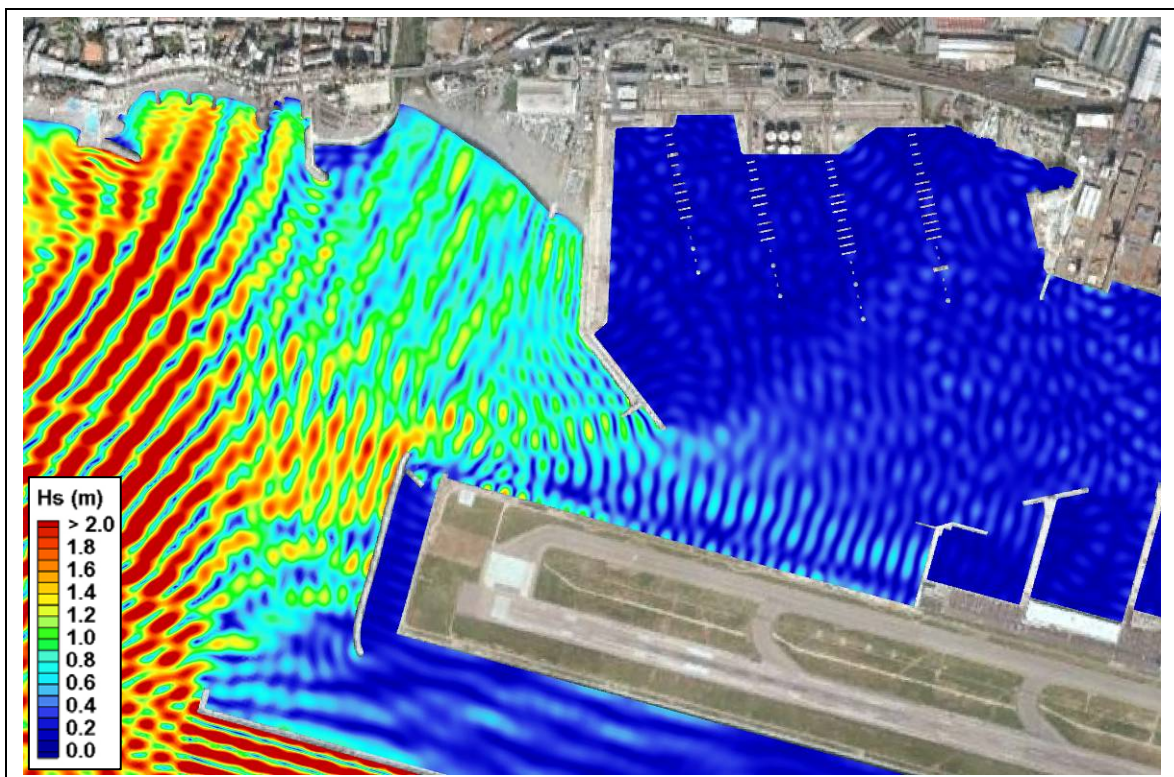



Fig. 6.6 – TEST 1: SLO, mareggiata da Sud, altezza d'onda significativa in prossimità dell'imboccatura

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 24 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

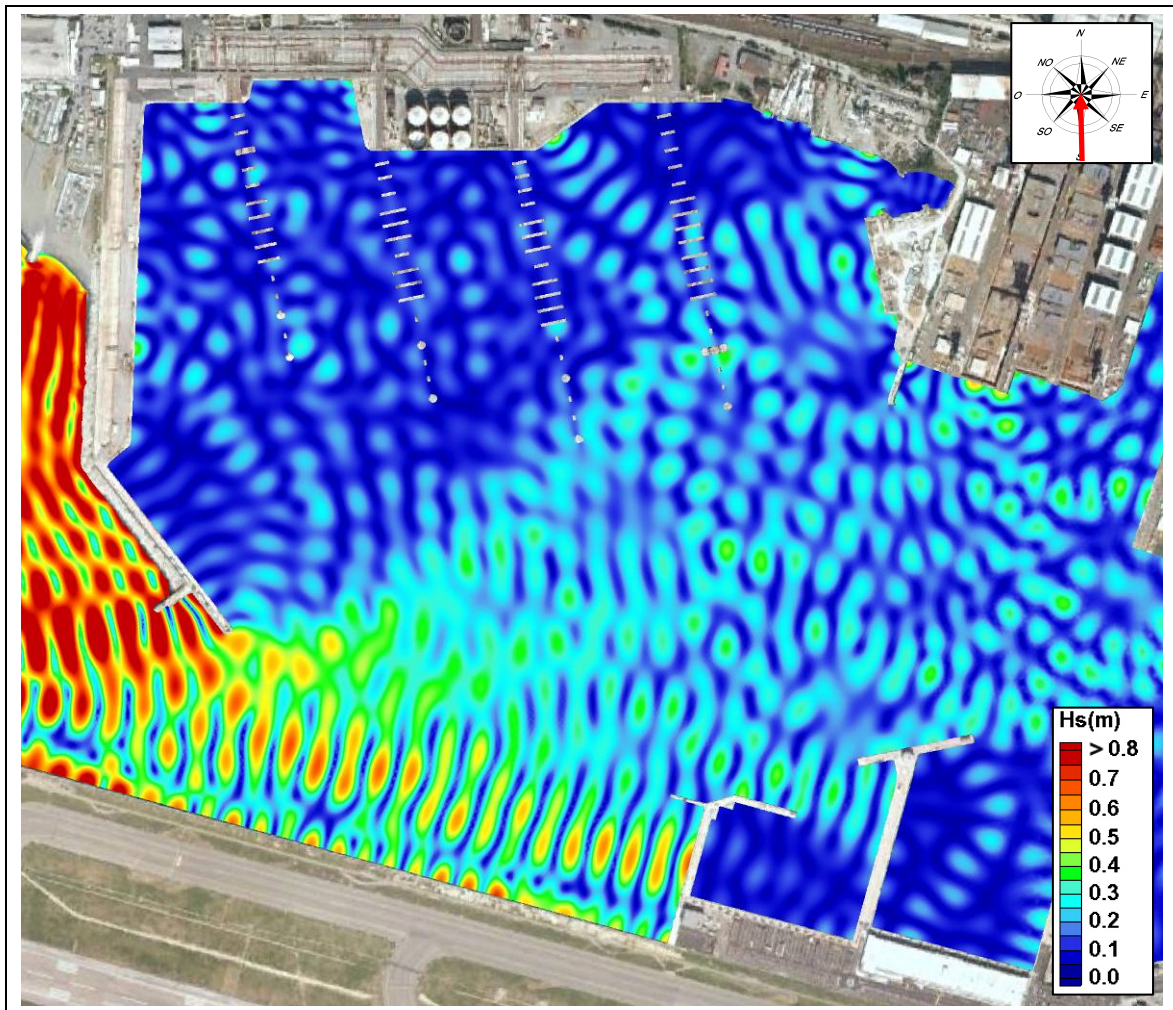



Fig. 6.7 – TEST 1: SLO, mareggiata da Sud, agitazione ondosa all'interno del bacino portuale

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 25 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

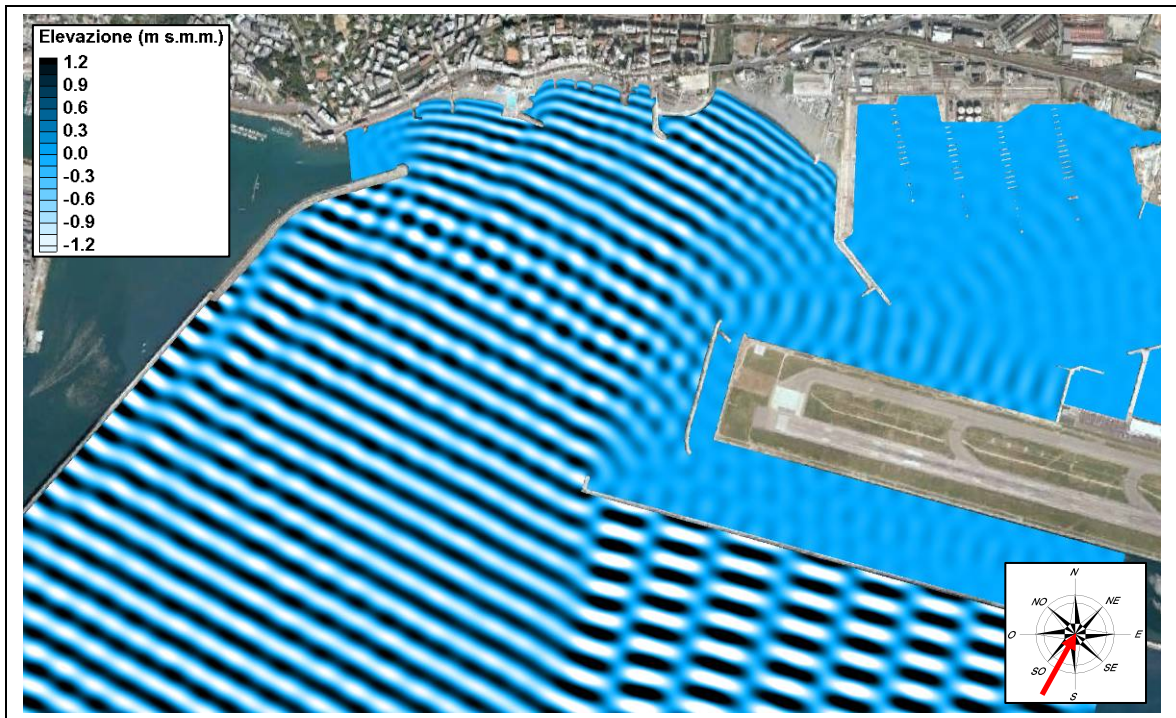


Fig. 6.8 – TEST 2: SLO, mareggiata da Sud-Ovest, andamento delle creste

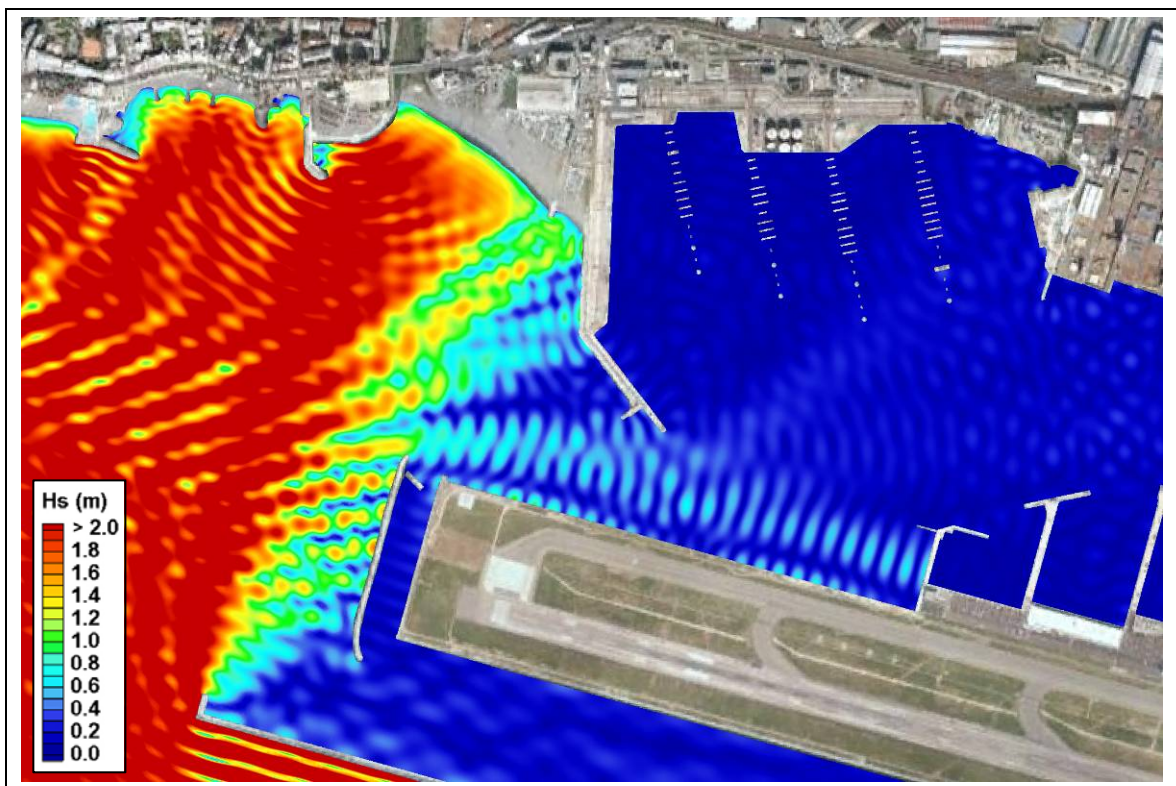



Fig. 6.9 – TEST 2: SLO, mareggiata da Sud-Ovest, altezza d'onda significativa in prossimità dell'imboccatura

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 26 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

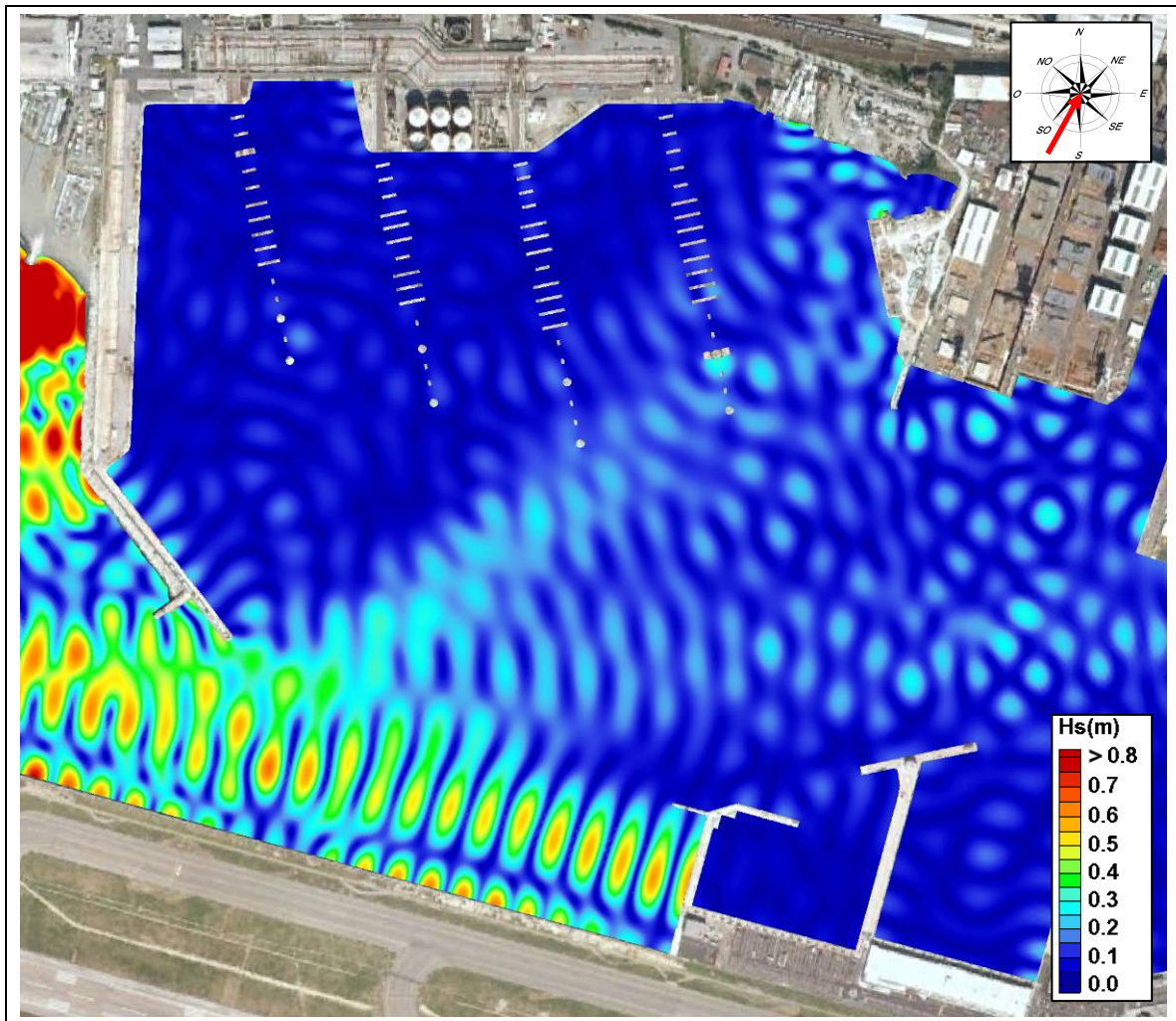



Fig. 6.10 – TEST 2: SLO, mareggiata da Sud-Ovest, agitazione ondosa all'interno del bacino portuale

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 27 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

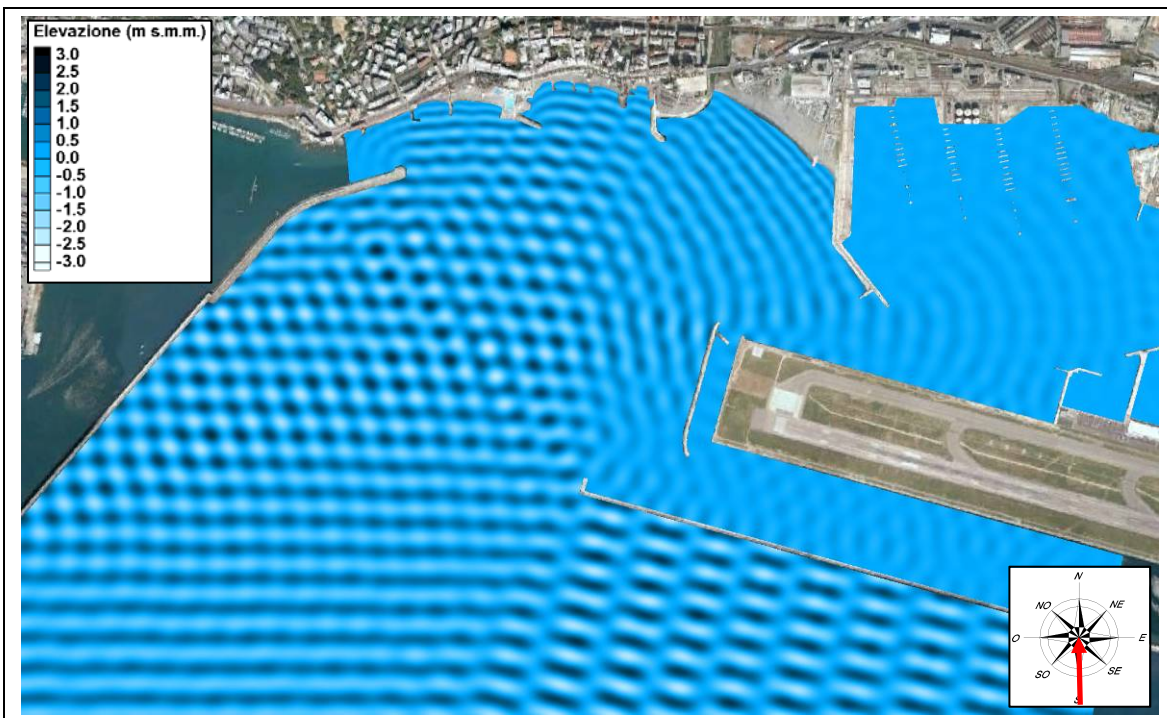


Fig. 6.11 – TEST 3: SLS, mareggiata da Sud, andamento delle creste

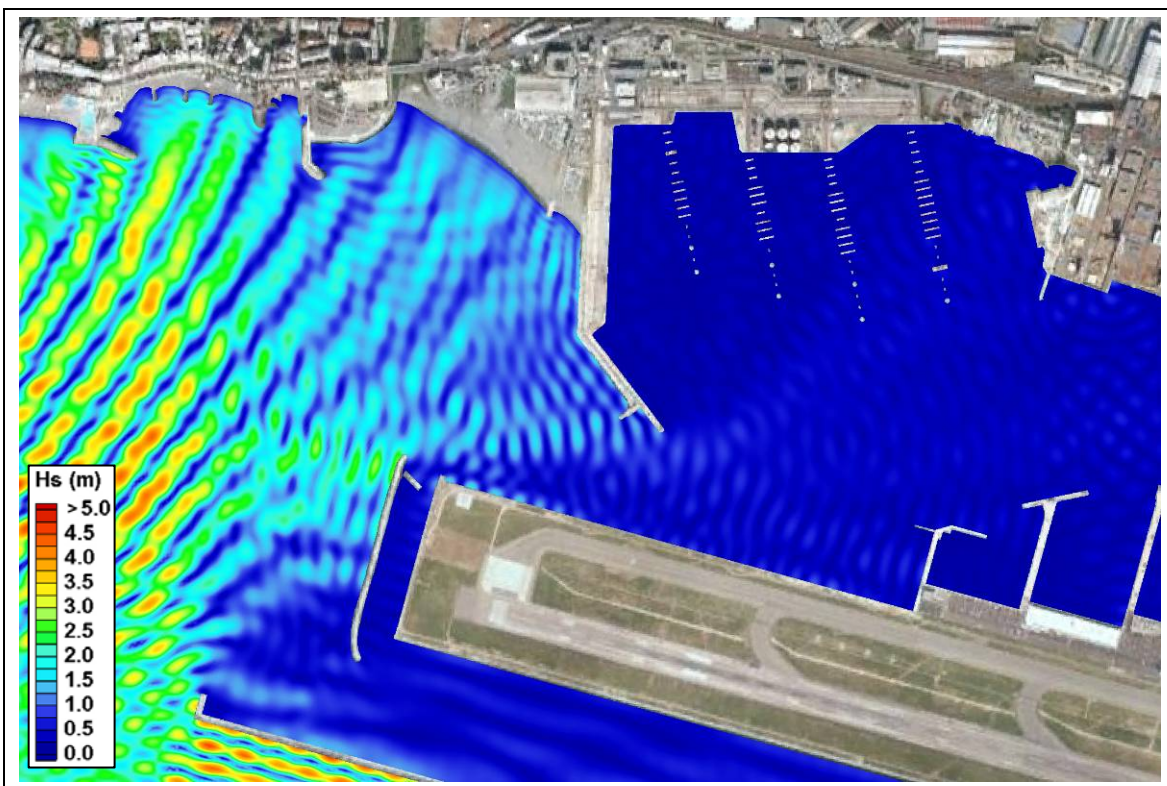



Fig. 6.12 – TEST 3: SLS, mareggiata da Sud, altezza d'onda significativa in prossimità dell'imboccatura

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 28 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil s.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

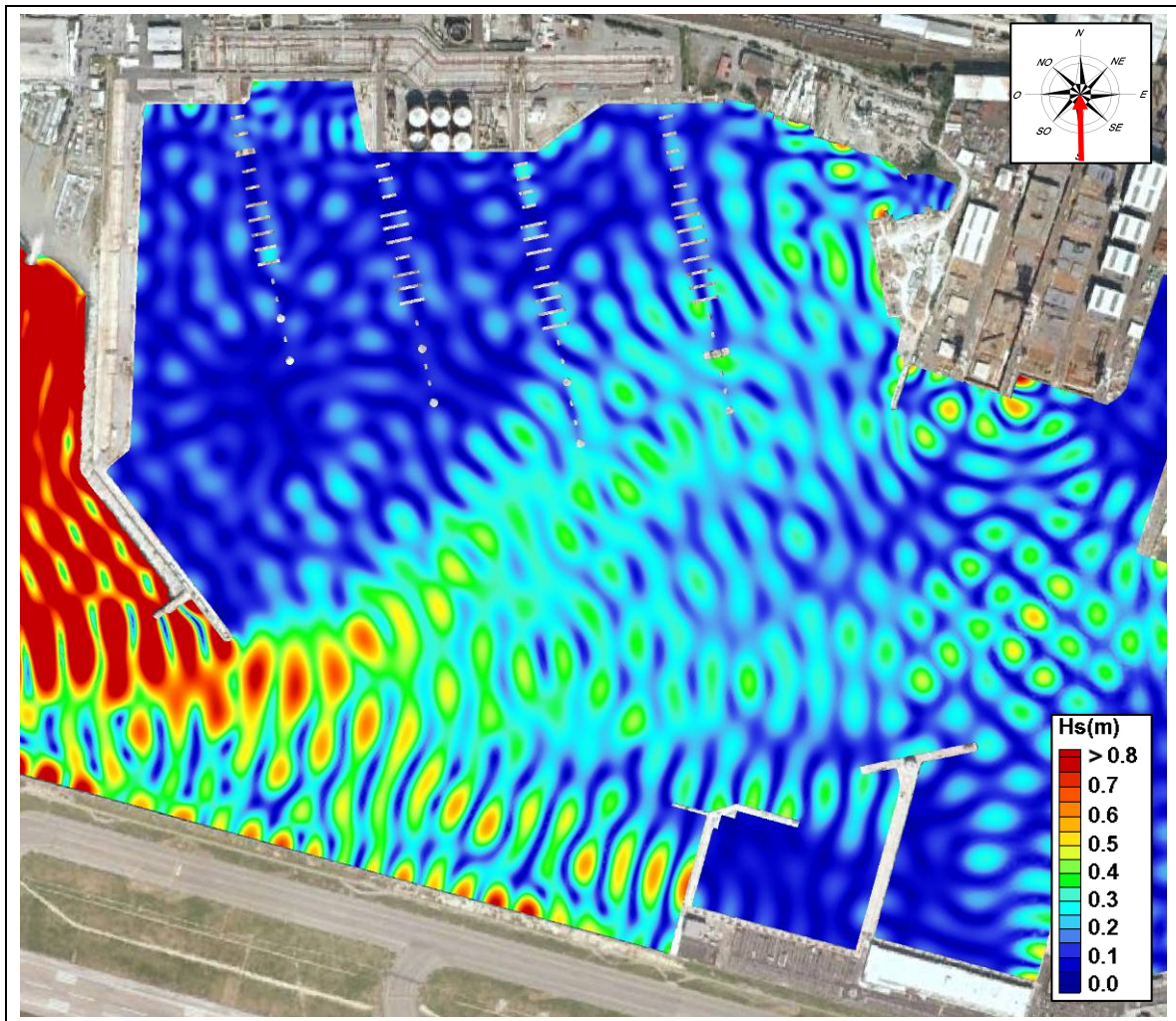



Fig. 6.13 – TEST 3: SLS, mareggiata da Sud, agitazione ondosa all'interno del bacino portuale

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 29 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

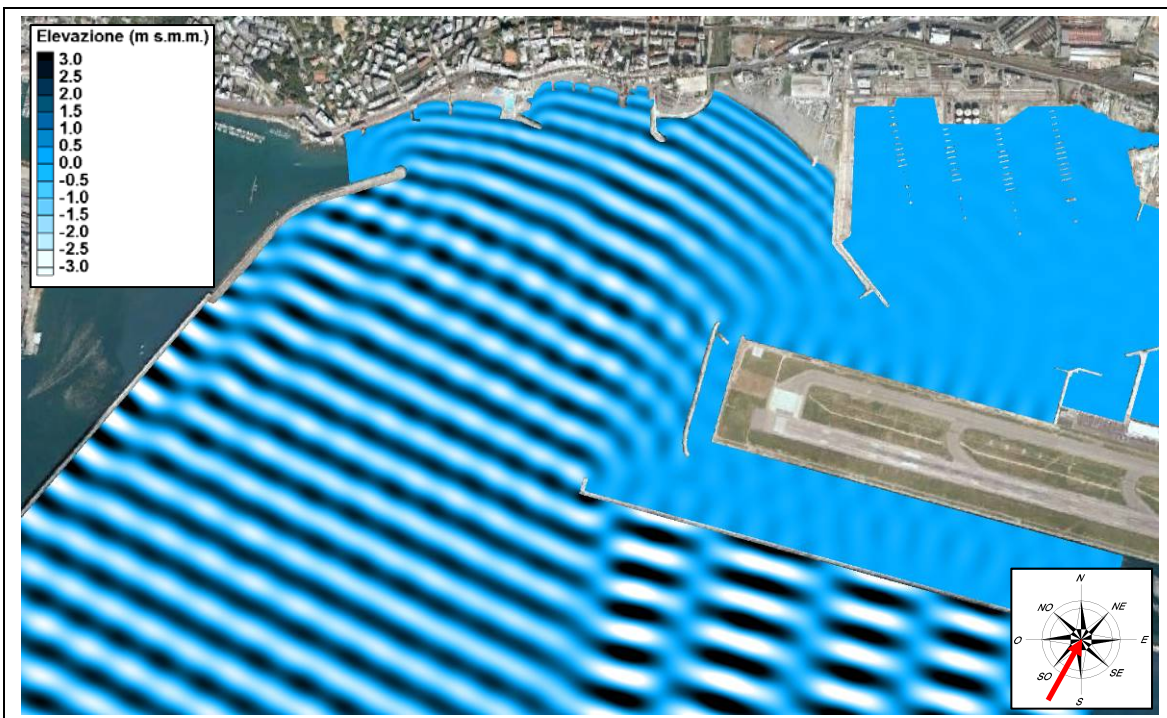


Fig. 6.14 – TEST 4: SLS, mareggiata da Sud-Ovest, andamento delle creste

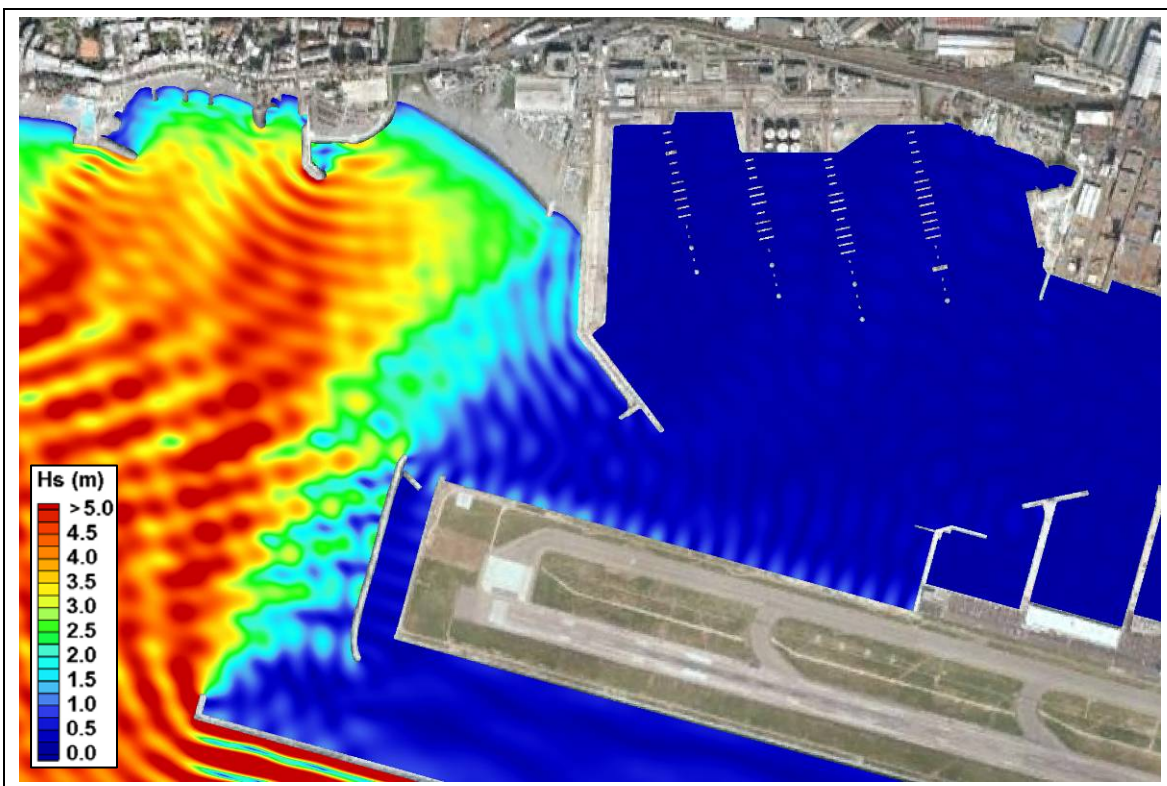



Fig. 6.15 – TEST 4: SLS, mareggiata da Sud-Ovest, altezza d'onda significativa in prossimità dell'imboccatura

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 30 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil s.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

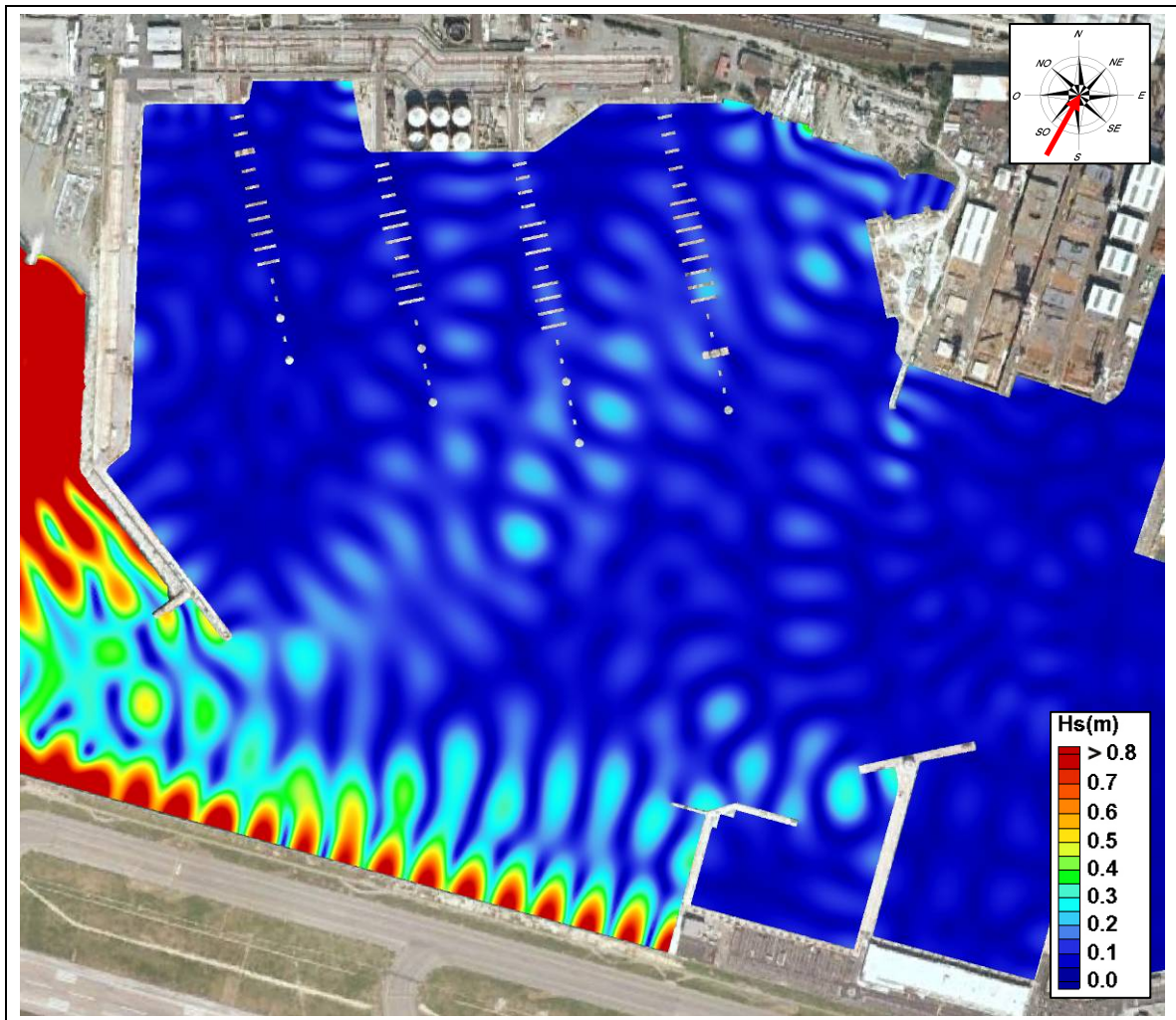



Fig. 6.16 – TEST 4: SLS, mareggiata da Sud-Ovest, agitazione ondosa all'interno del bacino portuale

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 31 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

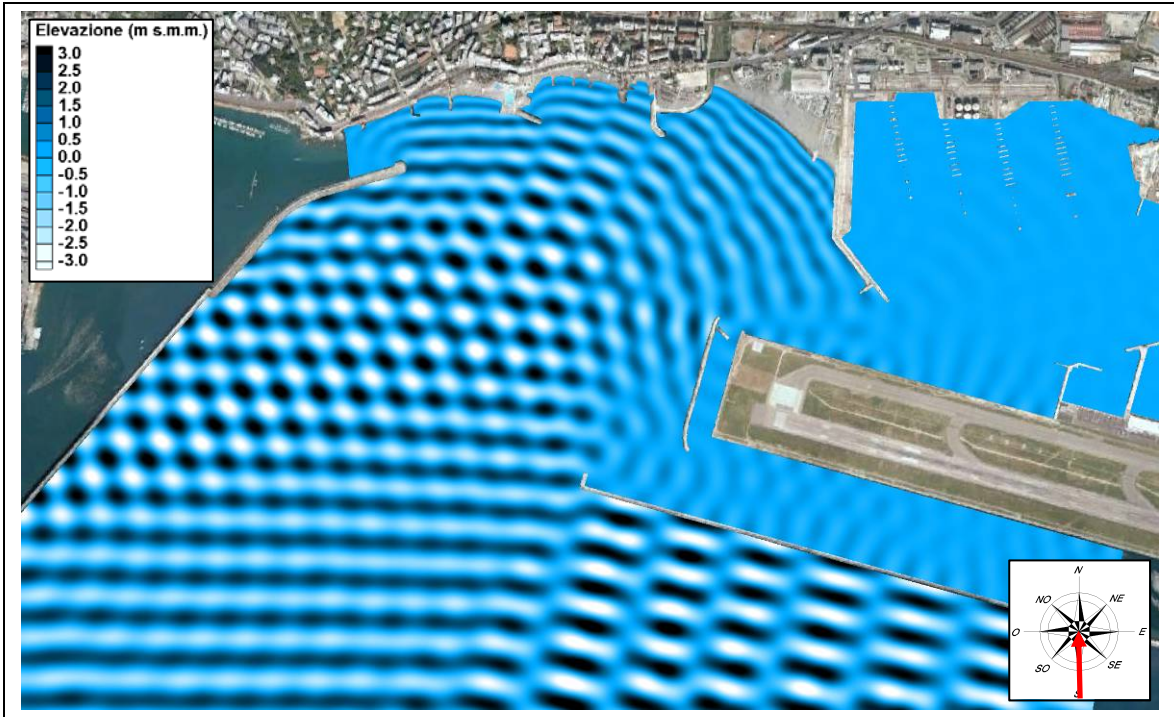


Fig. 6.17 – TEST 5: SLU, mareggiata da Sud, andamento delle creste

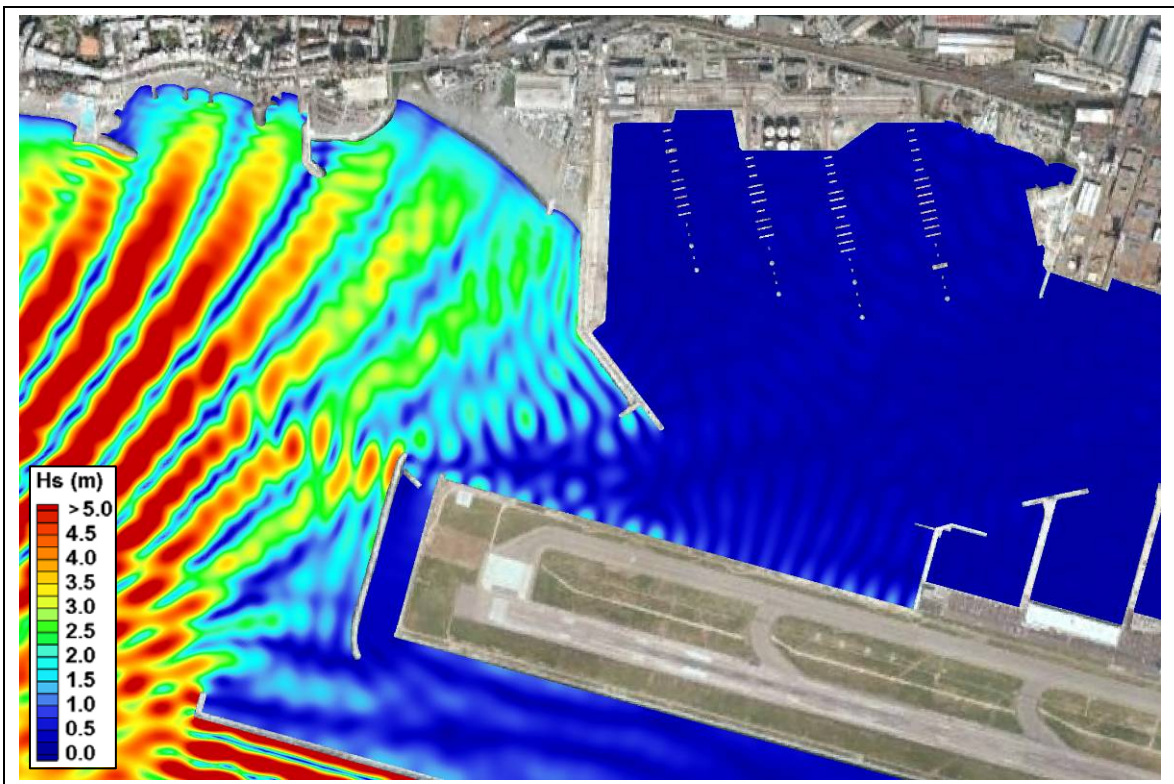



Fig. 6.18 – TEST 5: SLU, mareggiata da Sud, altezza d'onda significativa in prossimità dell'imboccatura

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 32 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil s.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

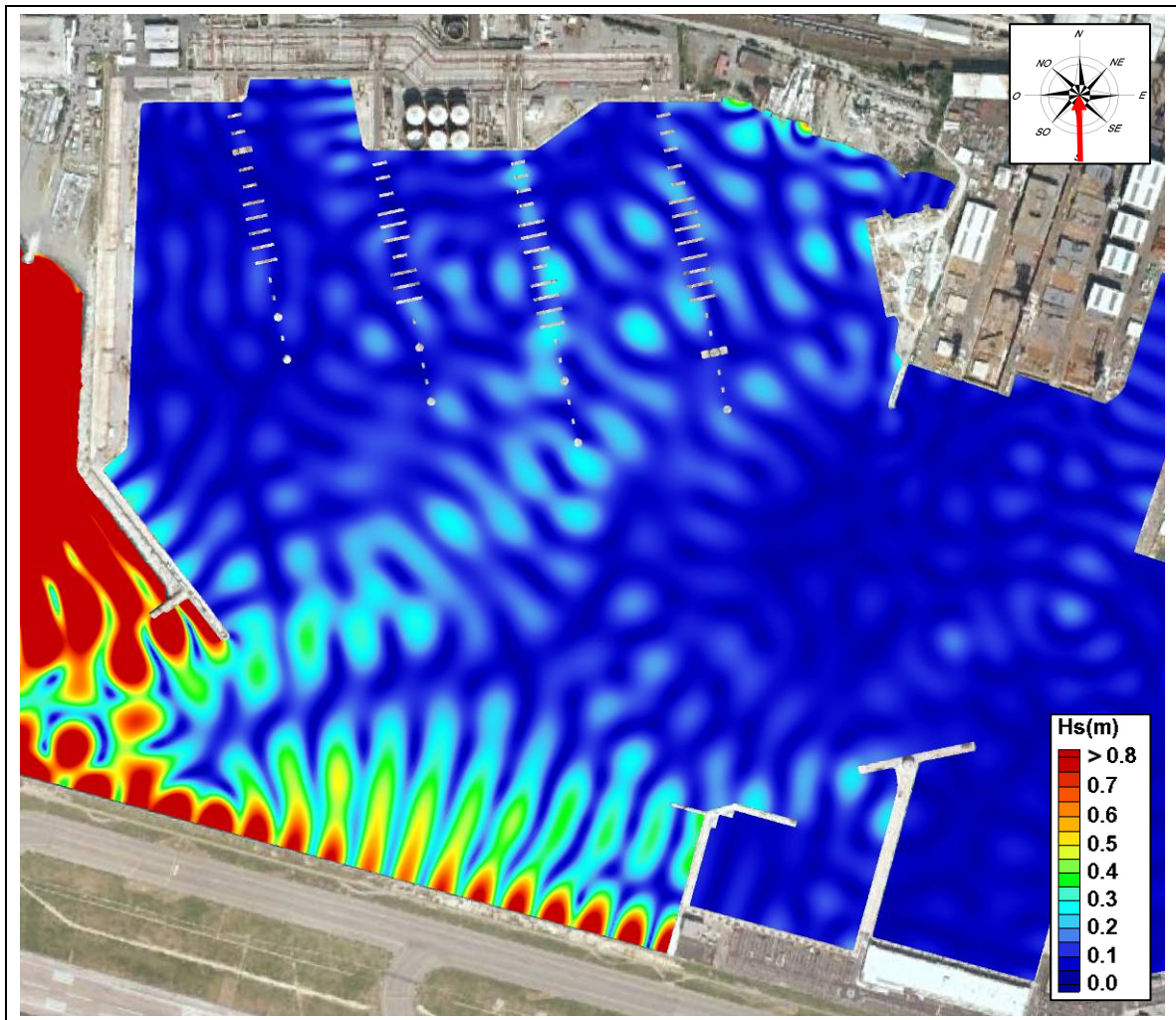



Fig. 6.19 – TEST 5: SLU, mareggiata da Sud, agitazione ondosa all'interno del bacino portuale

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 33 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

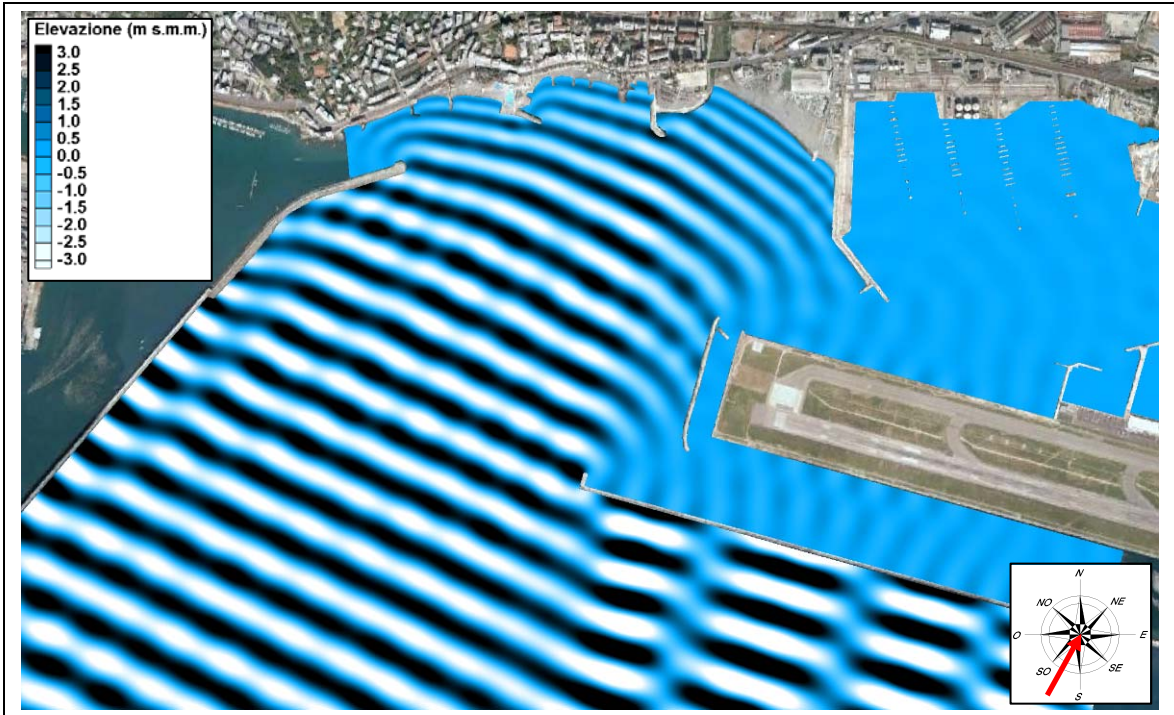


Fig. 6.20 – TEST 6: SLU, mareggiata da Sud-Ovest, andamento delle creste

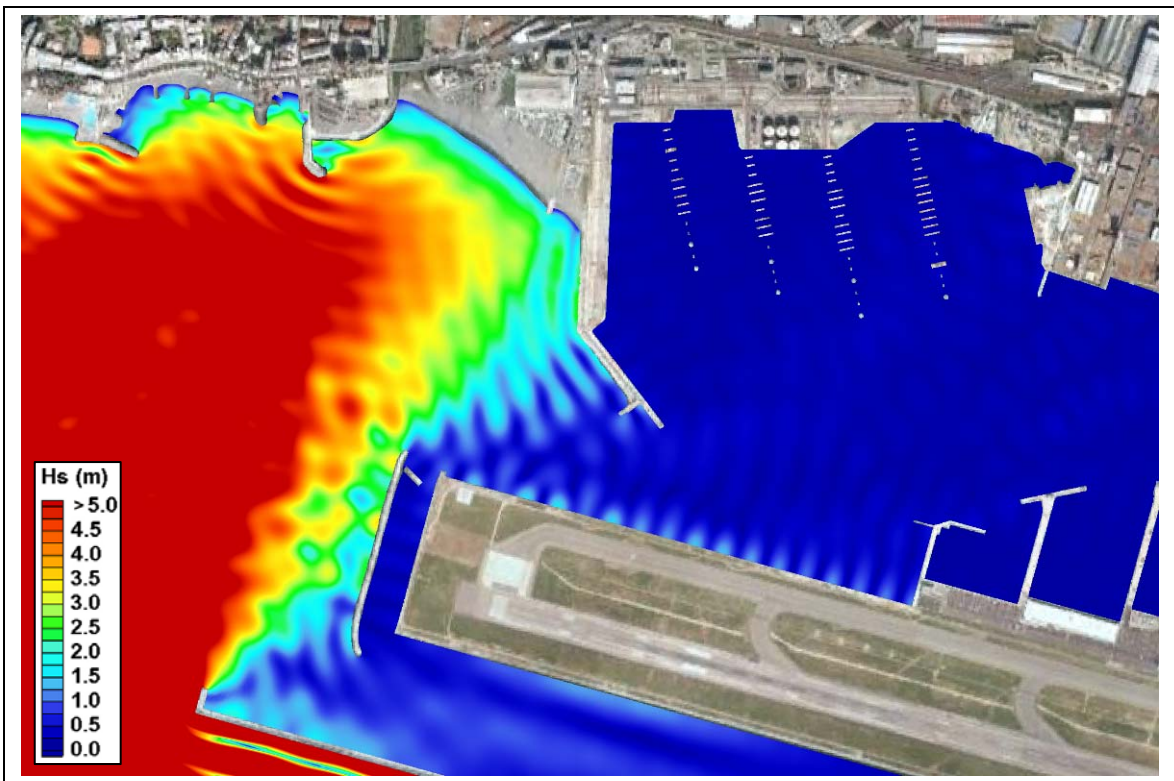



Fig. 6.21 – TEST 6: SLU, mareggiata da Sud-Ovest, altezza d'onda significativa in prossimità dell'imboccatura

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 34 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil s.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

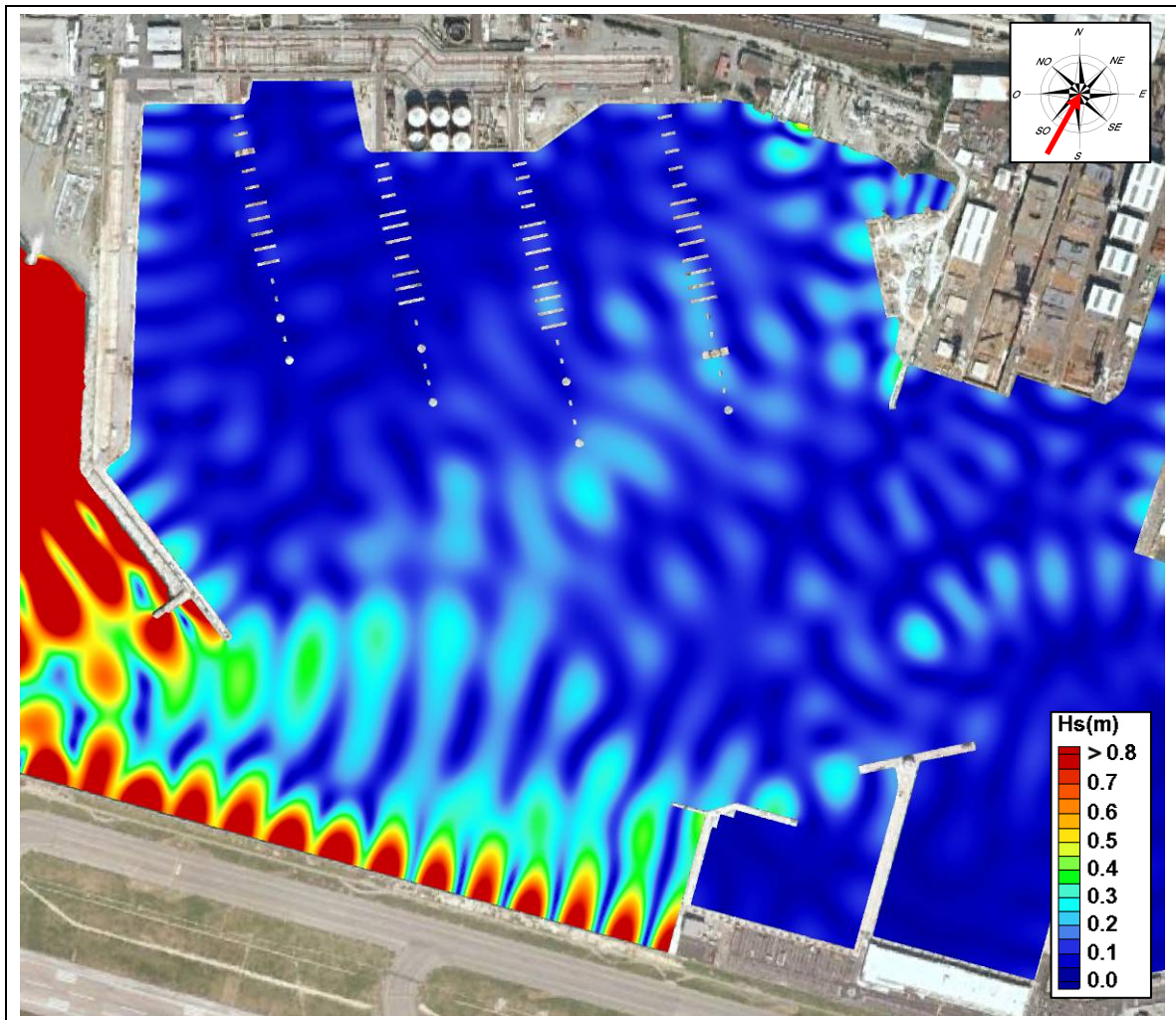



Fig. 6.22 – TEST 6: SLU, mareggiata da Sud-Ovest, agitazione ondosa all'interno del bacino portuale

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 35 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

6.4 Agitazione ondosa nella configurazione di progetto

I valori del coefficiente di riflessione, impiegati nello studio dell'agitazione ondosa nella configurazione di progetto, sono riportati nella successiva Tab. 6.3 e in Fig. 6.23; nella figura si riporta solo il dettaglio dell'area di intervento in quanto le caratteristiche degli altri elementi del dominio rimangono inalterate.

Caratteristiche tratto	Coefficiente di riflessione
Cassoni perimetrali della nuova colmata	0.90
Strutture a parete verticale	0.90
Opere a gettata e tratti di costa in pietrame	0.40
Spiaggia	0.10

Tab. 6.3 – Coefficienti di riflessione degli elementi del contorno inshore

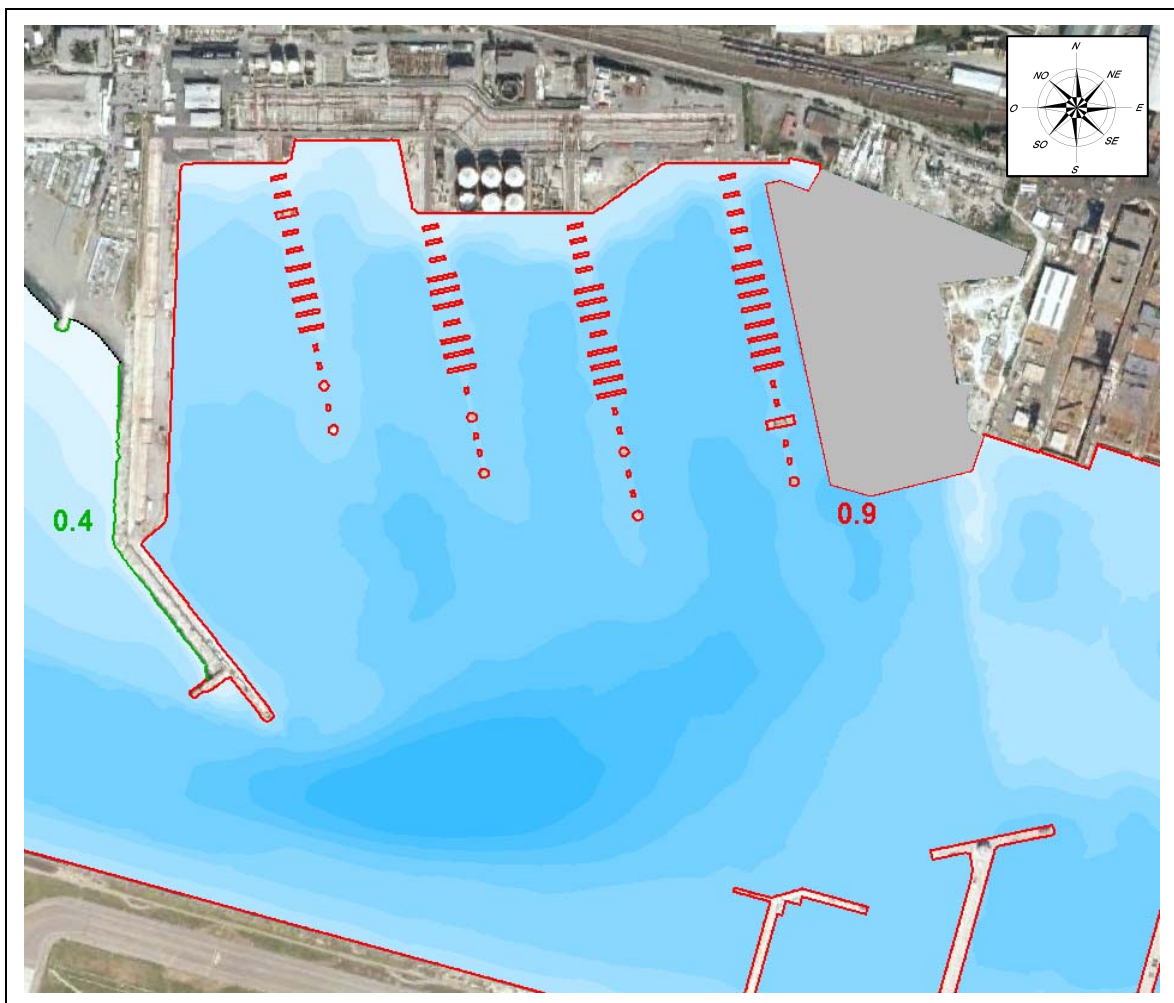



Fig. 6.23 – Coefficienti di riflessione e batimetria impiegati nello studio dell'agitazione interna in configurazione di progetto (realizzazione nuova colmata con cassoni)

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 36 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

I risultati ottenuti dalle simulazioni della penetrazione del moto ondoso all'interno del Porto Petroli nella configurazione di progetto sono riportati nelle figure delle pagine seguenti e messi a confronto con i risultati in configurazione attuale.

Nel dettaglio, dalla Fig. 6.24 alla Fig. 6.29, sono riportati i risultati in termini di agitazione ondosa nella zona di interesse, rappresentati mediante gradazioni cromatiche e limitando la scala cromatica al valore massimo pari a 0.8 m, al fine di facilitare la lettura dei risultati.

Nella parte superiore della figura sono rappresentati i risultati in configurazione attuale, mentre nella parte inferiore sono rappresentati quelli in configurazione di progetto.

Dai risultati ottenuti per le diverse mareggiate si osserva che i risultati mantengono in linea generale le caratteristiche già evidenziate nel precedente paragrafo per la configurazione attuale. Non si evidenziano infatti variazioni di rilievo nel valore medio e nei valori massimi di altezza d'onda residua all'interno del bacino portuale.


Nel dettaglio, si può osservare che la realizzazione della nuova colmata, caratterizzata da una geometria sostanzialmente lineare, diminuisce gli elementi di discontinuità della linea di costa discontinui (concavità, angoli, ecc) che nella configurazione attuale favoriscono fenomeni di riflessione multipla, comportando di conseguenza una seppur minima diminuzione dell'agitazione ondosa nelle aree di bacino comprese tra i pontili Alfa e Delta.

Si può invece osservare un, seppur minimo, incremento dell'agitazione ondosa nell'area a Sud della nuova colmata. Tale incremento, come sarà possibile vedere nel successivo paragrafo, risulta comunque molto limitato e tale da non limitare l'operatività degli accosti.

In definitiva, dal confronto dei risultati nelle due configurazioni analizzate, non si osservano, in linea generale, significative variazioni dell'agitazione ondosa all'interno del bacino

Si rimanda al successivo capitolo 7 per un più completo confronto dei risultati ottenuti per le due diverse configurazioni analizzate.

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 37 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil s.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

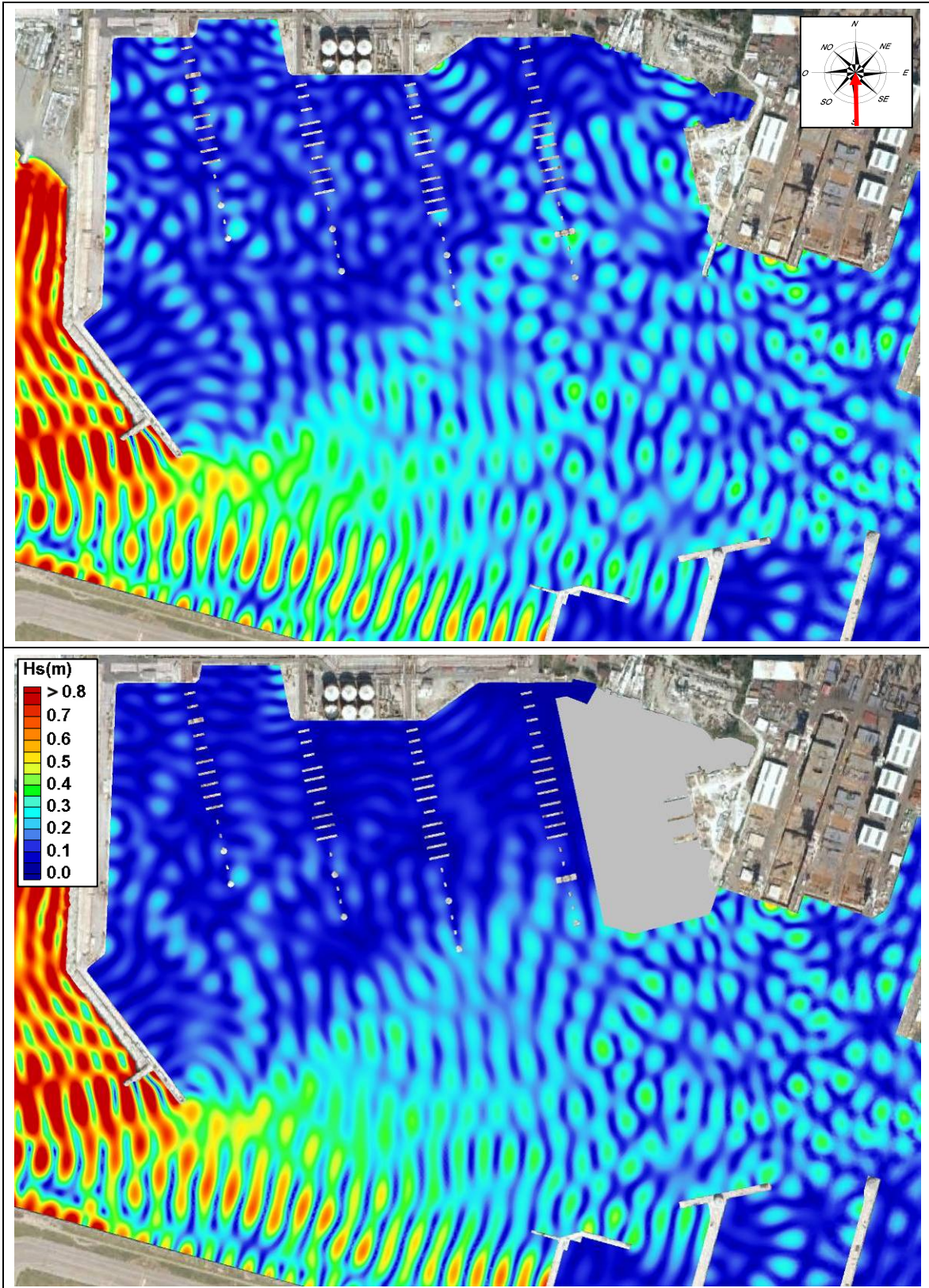



Fig. 6.24 – TEST 1: SLO, agitazione ondosa in configurazione attuale (sopra) e di progetto (sotto)

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 38 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

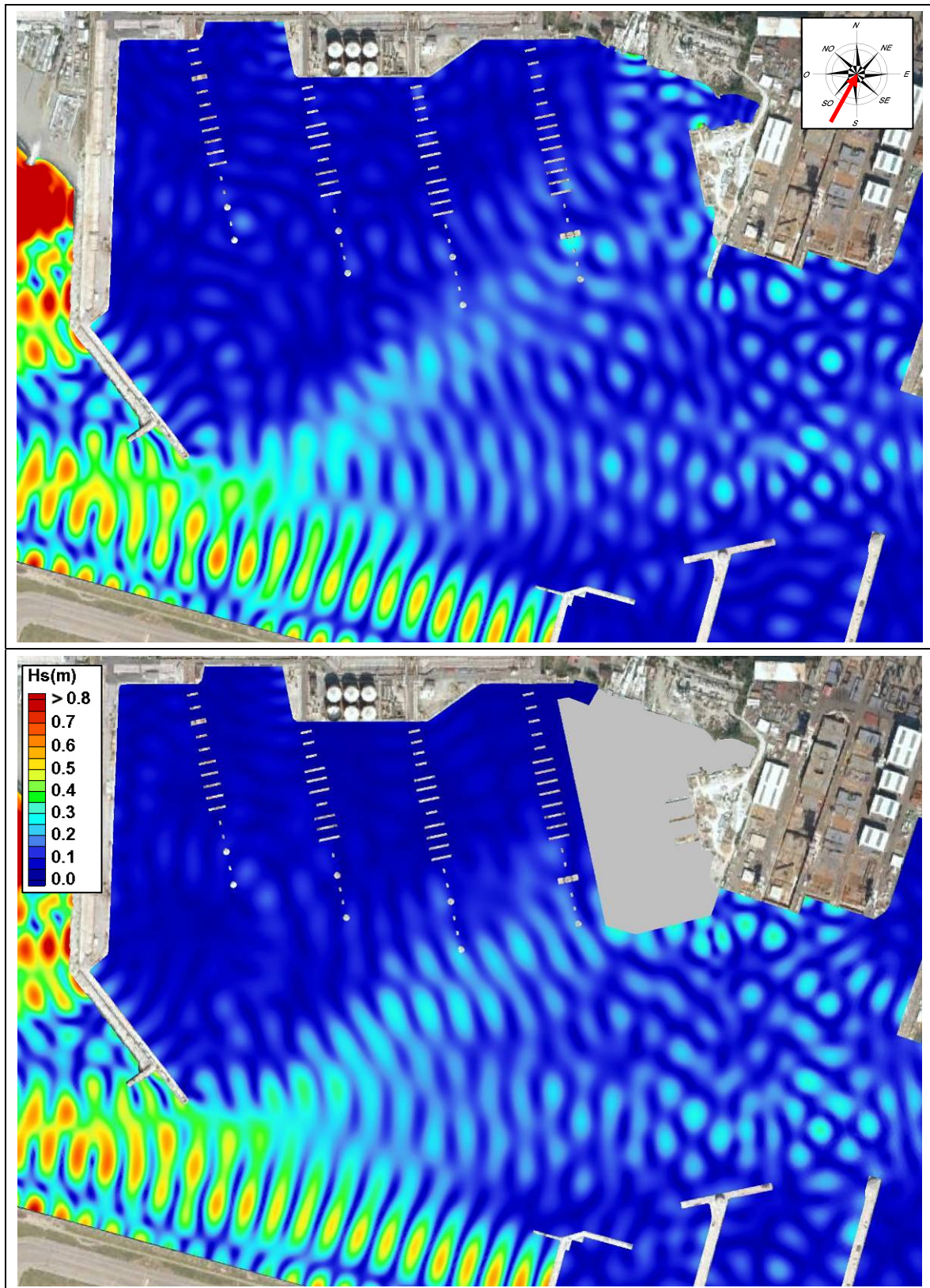



Fig. 6.25 – TEST 2: SLO, agitazione ondosa in configurazione attuale (sopra) e di progetto (sotto)

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 39 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil s.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

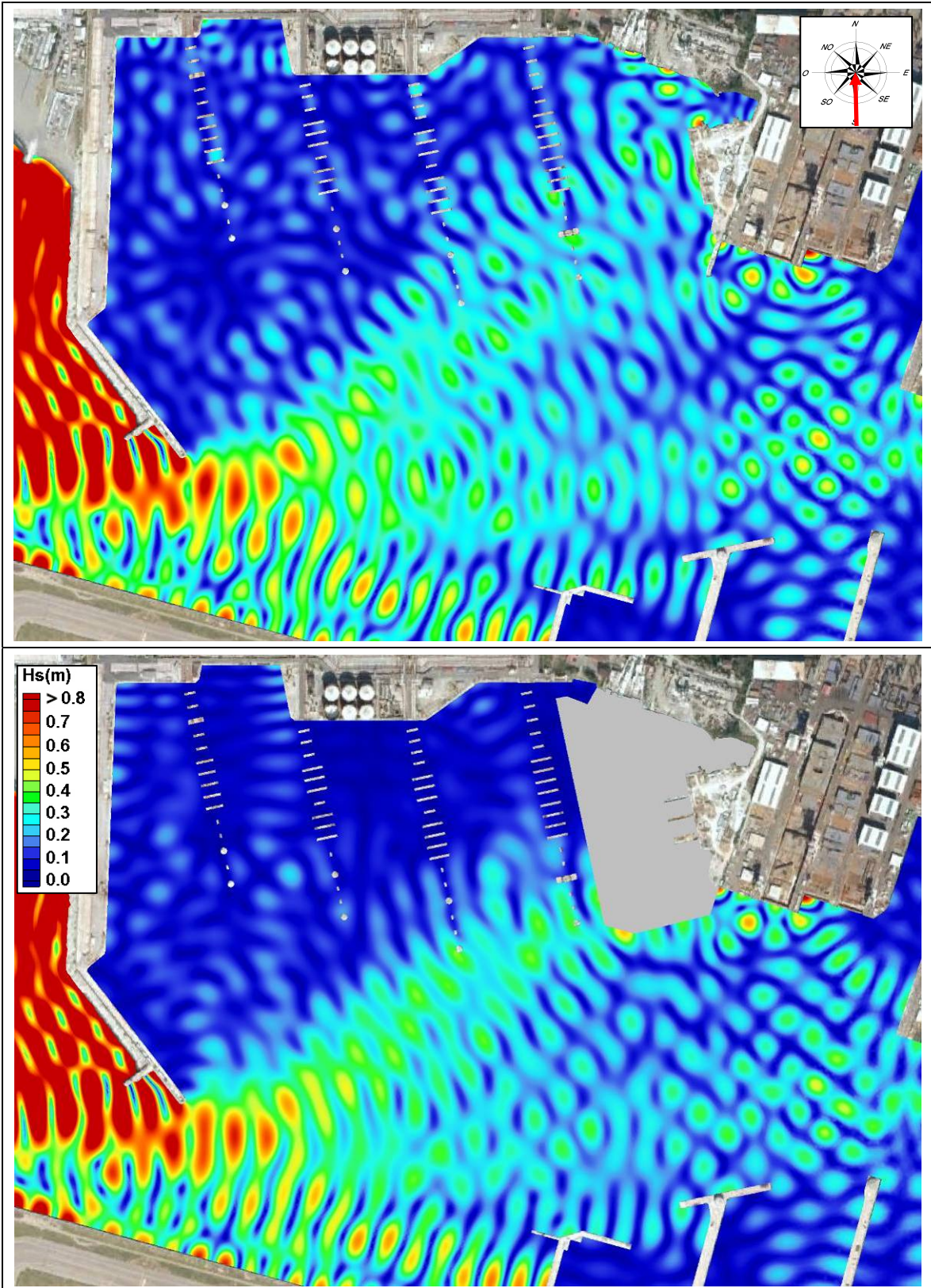



Fig. 6.26 – TEST 3: SLS, agitazione ondosa in configurazione attuale (sopra) e di progetto (sotto)

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 40 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil s.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

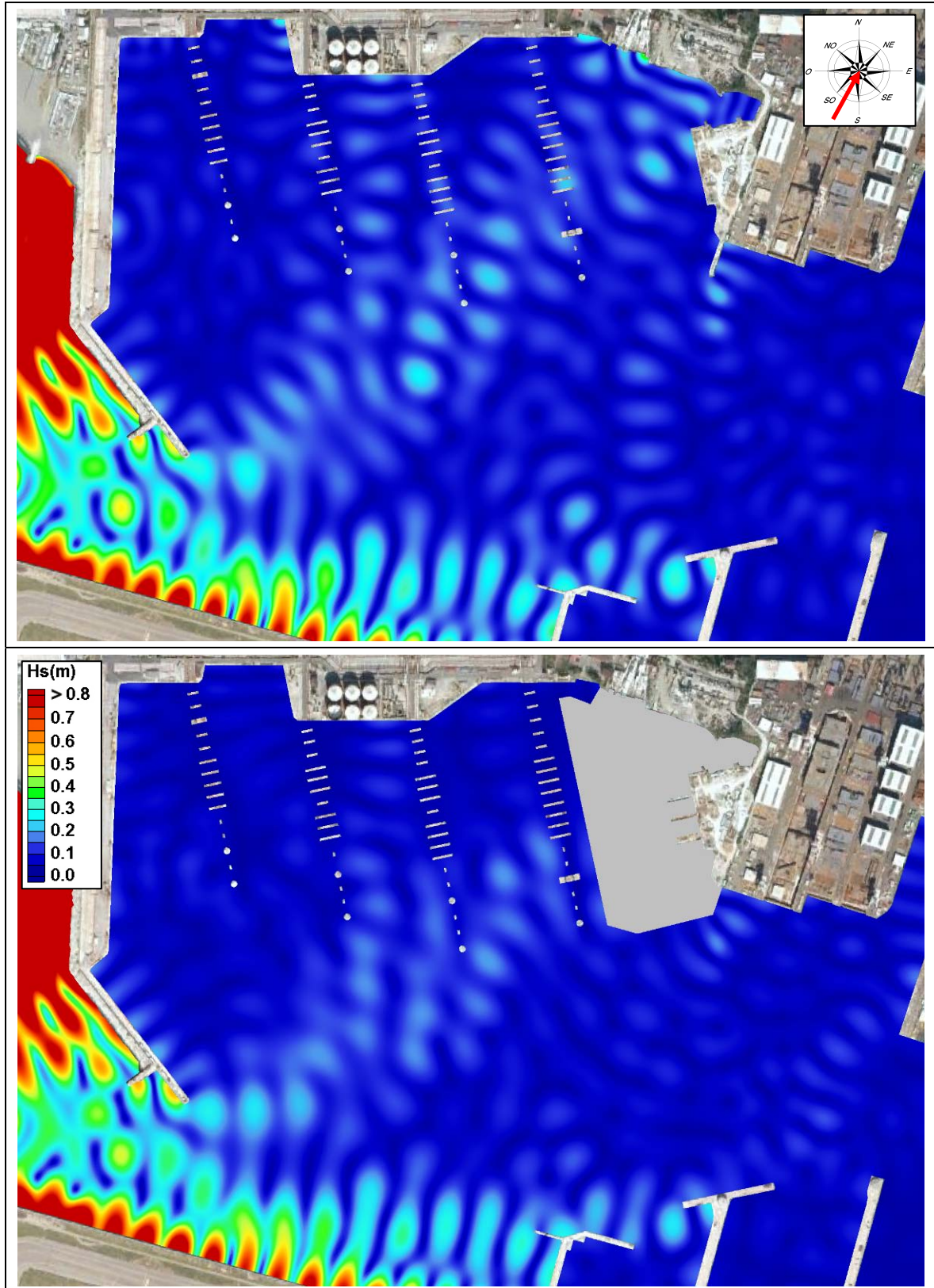



Fig. 6.27 – TEST 4: SLS, agitazione ondosa in configurazione attuale (sopra) e di progetto (sotto)

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 41 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil s.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

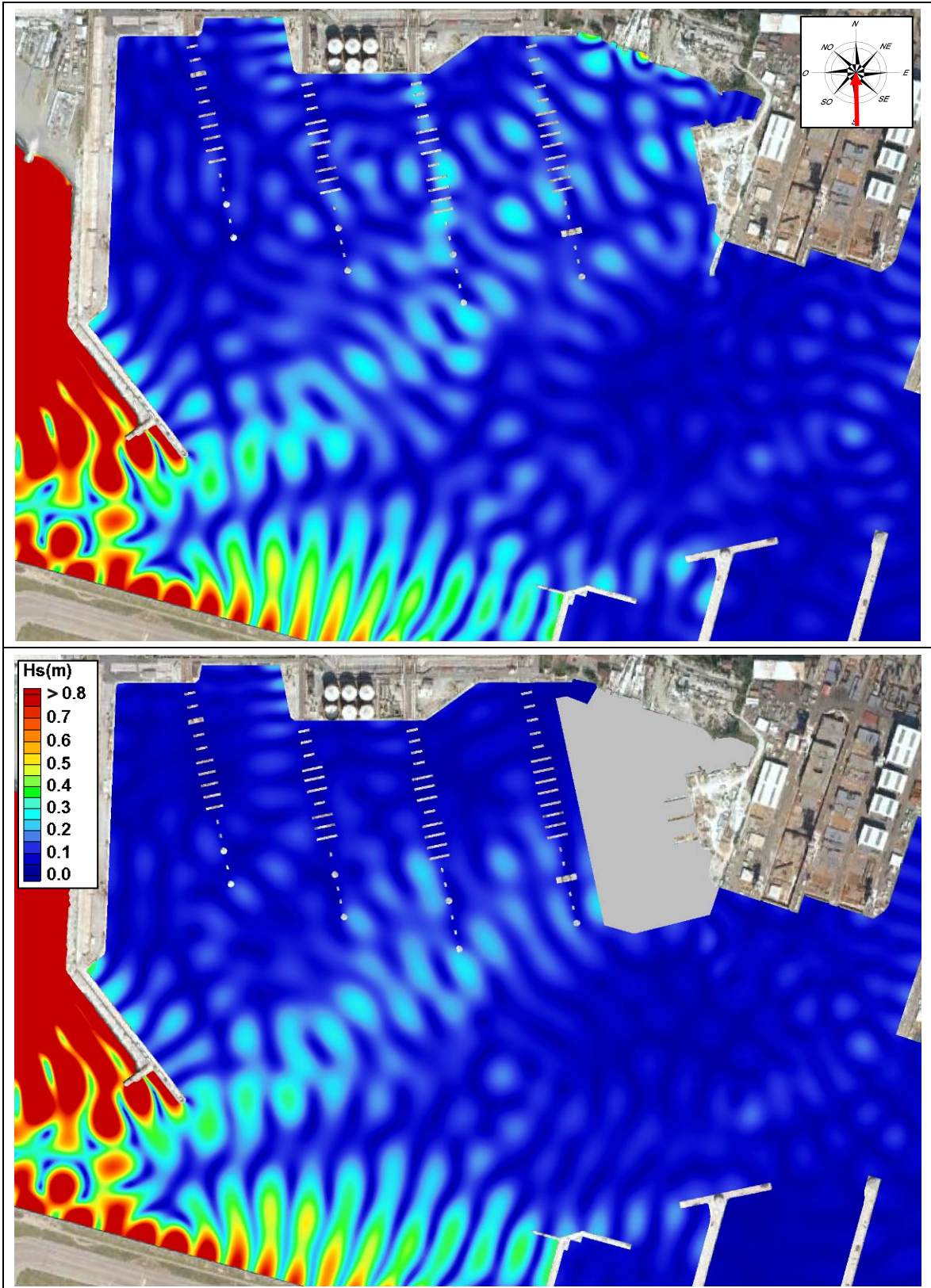



Fig. 6.28 – TEST 5: SLU, agitazione ondosa in configurazione attuale (sopra) e di progetto (sotto)

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 42 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil s.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

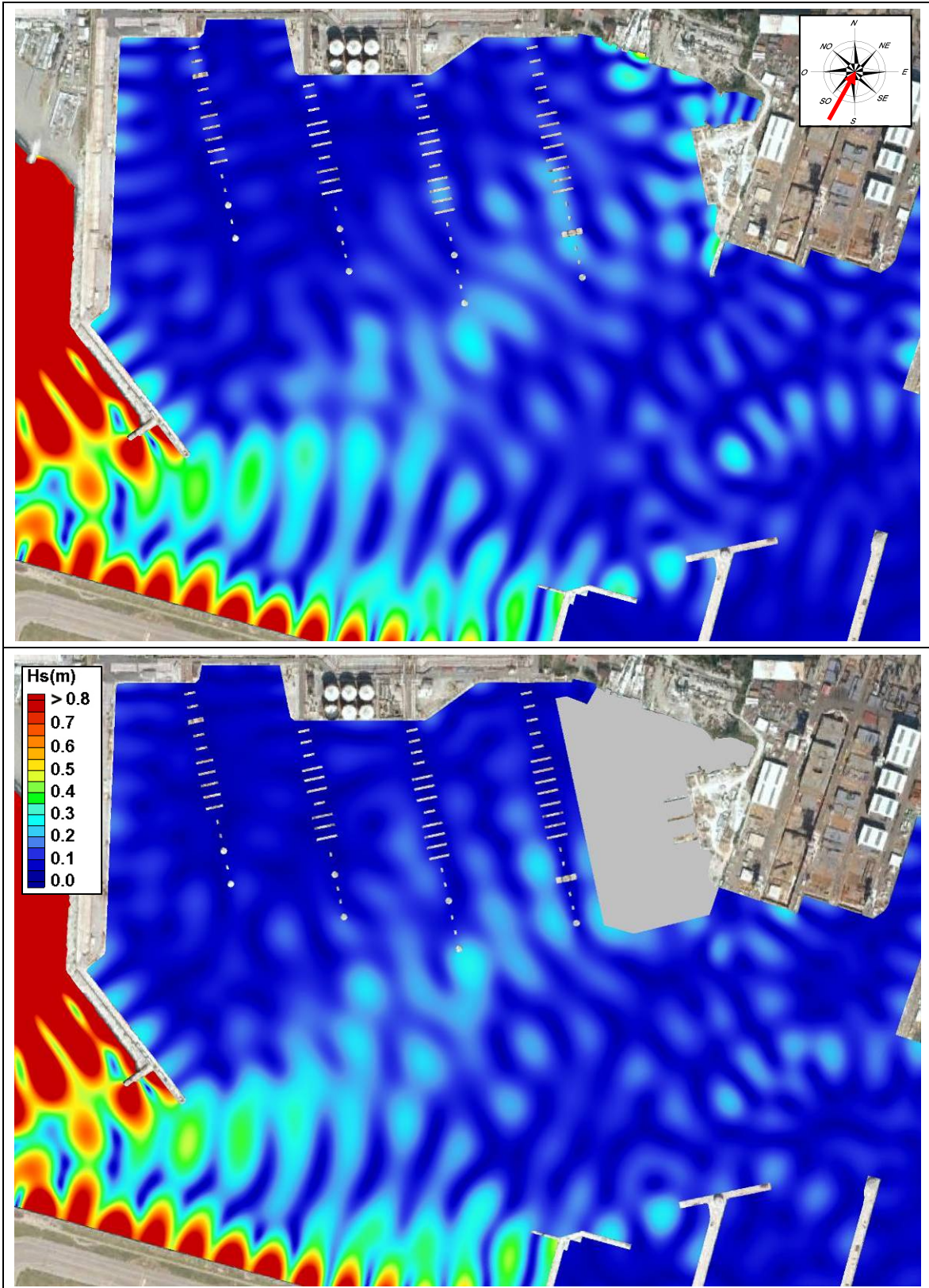



Fig. 6.29 – TEST 6: SLU, agitazione ondosa in configurazione attuale (sopra) e di progetto (sotto)

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 43 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

7 CONCLUSIONI

Lo studio su modello matematico dell'agitazione ondosa residua all'interno del bacino portuale, eseguito con riferimento alle due configurazioni da analizzare (configurazione attuale e di progetto), ha evidenziato come gli interventi in progetto (realizzazione della nuova colmata) non comportino una significativa variazione dell'agitazione interna al bacino portuale, nemmeno in prossimità della nuova colmata.

Per una migliore lettura dei risultati si è proceduto a ricavare, per due zone adiacenti all'area interessata dalla realizzazione della nuova colmata (cfr. successiva Fig. 7.1), la variazione dell'altezza d'onda residua (si sottolinea che nella valutazione è stata esclusa, nella configurazione attuale, l'area in cui verrà realizzata la colmata). I risultati di tale valutazione sono riportati nella successiva Tab. 7.1.

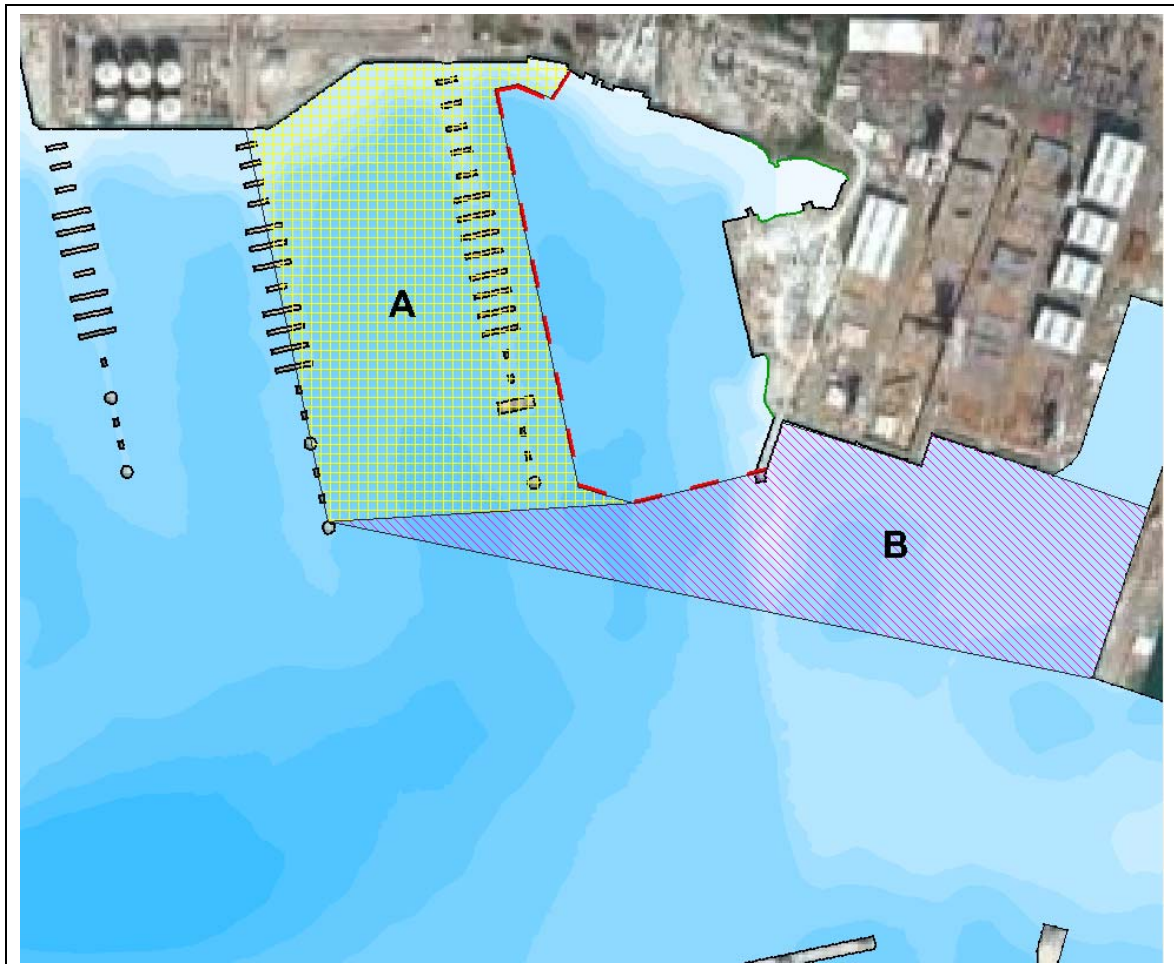



Fig. 7.1 – Individuazione delle due zone di riferimento per la determinazione della variazione di altezza d'onda residua

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 44 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	

 HydroSoil S.r.l.	TITOLO: STUDIO DELLA PENETRAZIONE DEL MOTO ONDOSO ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA	COMMITTENTE: MWH S.p.A.
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA	

Dal confronto dei risultati in termini di altezza d'onda significativa media, all'interno delle due aree considerate, si può osservare che la realizzazione della nuova colmata non determina sostanziali variazioni dell'agitazione ondosa.

In particolare, nella zona compresa tra i pontili Gamma e Delta (zona A), la presenza della nuova colmata comporta addirittura una leggera diminuzione dell'agitazione ondosa, mentre nella zona a ridosso della nuova colmata (zona B) si rilevano incrementi comunque trascurabili dell'agitazione ondosa.

TEST	ZONA	Altezza d'onda media (m)		
		STATO ATTUALE	PROGETTO.	Variazione
1	A	0.13	0.07	-0.05
	B	0.18	0.18	0.00
2	A	0.07	0.05	-0.02
	B	0.11	0.14	+0.03
3	A	0.16	0.10	-0.05
	B	0.22	0.23	+0.01
4	A	0.08	0.05	-0.03
	B	0.06	0.06	0.00
5	A	0.11	0.05	-0.06
	B	0.06	0.06	0.00
6	A	0.10	0.08	-0.02
	B	0.09	0.10	+0.01

Tab. 7.1 – Sintesi dei risultati ottenuti in termini di variazioni dell'altezza d'onda media rilevati all'interno delle due zone nelle configurazioni analizzate

REDATTO: NS	COMMESSA: HS 684-14	REVISIONE: 00	Pagina 45 di 45
VERIFICATO: MT	FILE: HS684-Relazione tecnica-V00.doc	DATA: Ago 2014	