

PROGETTO DEFINITIVO
MAGGIO 2021

	<div style="text-align: center;">  <p>SAVONA – VIA PIA 130 R – FAX 019/8386702 – TEL 019/829463 CELL. 335/303133 – E-MAIL ing.gaggero@libero.it</p> </div>		
<p style="text-align: center;">EI. I</p>	<p style="text-align: center;">COMUNE DI FINALE LIGURE</p> <hr/> <p style="text-align: center;">MESSA IN SICUREZZA CON CONSOLIDAMENTO DELLA TESTATA DEL MOLO DI SOTTOFLUTTO DEL PORTO DI CAPO SAN DONATO</p>		
	<p style="text-align: center;">STUDIO MARINO DELLA RISACCA ALL'INTERNO DELLO SPECCHIO ACQUEO</p>		
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center;">NP 2216</td> <td style="width: 70%;"></td> </tr> </table>	NP 2216	
NP 2216			
<p>Maggio 2021</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">NP 2216 Finale L. porto</td> <td style="width: 70%;"> Dott. ing. Paolo GAGGERO C.F. GGGPLA49H271480F Collaboratore Dott. Ing. Luca Rossi </td> </tr> </table>	NP 2216 Finale L. porto	Dott. ing. Paolo GAGGERO C.F. GGGPLA49H271480F Collaboratore Dott. Ing. Luca Rossi
NP 2216 Finale L. porto	Dott. ing. Paolo GAGGERO C.F. GGGPLA49H271480F Collaboratore Dott. Ing. Luca Rossi		



COMUNE DI FINALE LIGURE



MESSA IN SICUREZZA CON CONSOLIDAMENTO DELLA TESTATA DEL MOLO DI SOTTOFLUTTO DEL PORTO DI CAPO SAN DONATO

EI. I: STUDIO MARINO DELLA RISACCA ALL'INTERNO DELLO SPECCHIO ACQUEO

La penetrazione dell'onda attraverso la bocca portuale del Porto turistico di Capo San Donato provoca importanti fenomeni di risacca che con rilevante frequenza danneggiano gli ormeggi dei pontili galleggianti e delle imbarcazioni che conseguentemente subiscono danni urtando con la banchina e le unità a fianco. Il soggiorno in barca durante eventi meteomarini anche modesti non è confortevole.

Le onde che più interessano il fenomeno sono quelle provenienti dai settori ESE e SSO.



Mentre le agitazioni provenienti da ESE sono più dirette verso l'entrata del porto, quelle di SSO giungono a riva con maggiore altezza e pertanto ambedue gli scenari rivestono particolare importanza per il caso in esame.

Il tema è stato studiato con la consulenza di HS Marine s.r.l., che ha scritto la relazione tecnica compiegata, previe valutazioni che il nostro studio ha elaborato con i tecnici modellisti



Regione
Liguria

Comune di
Finale Ligure

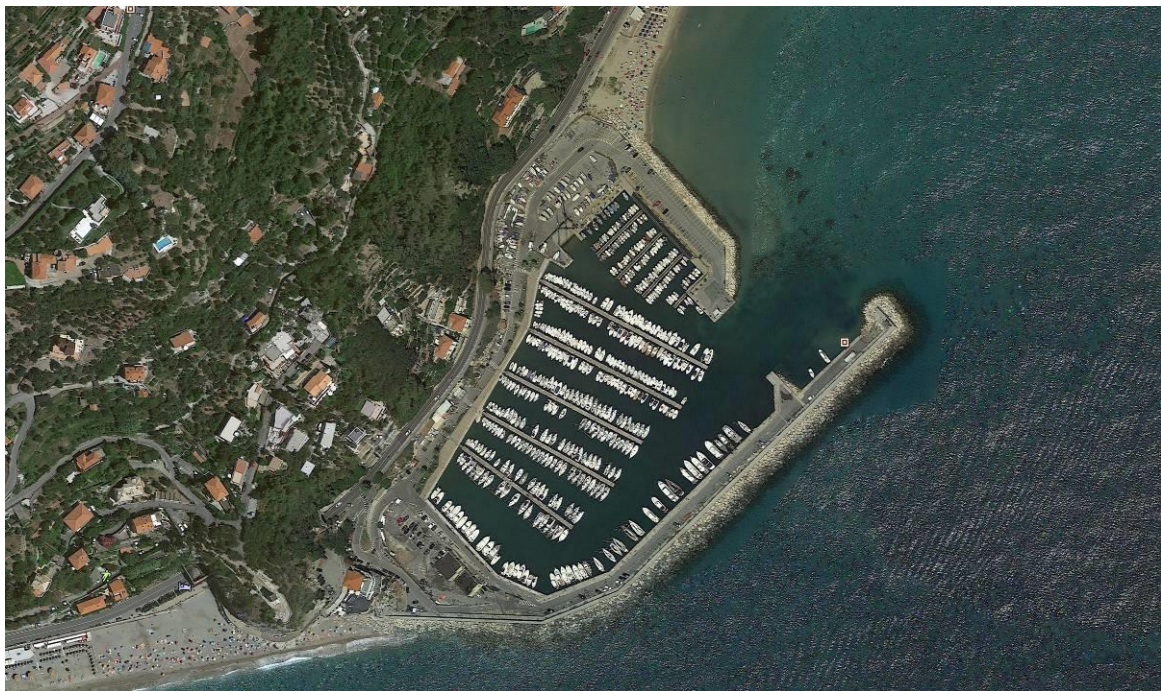


Committente:



Dott. Ing. Paolo Gaggero

STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE



Elaborato UNICO

RELAZIONE TECNICA

Professionisti:



Ing. MASSIMO TONDELLO
Ordine ingegneri della provincia
di Padova n. 2771


Ing. NICOLA SGUOTTI
Ordine ingegneri della provincia
di Padova n. 4389



Commessa: HSM801-18

REV: 00


Data: Dicembre 2018

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

INDICE


<u>1</u>	<u>PREMESSA</u>	<u>5</u>
<u>2</u>	<u>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</u>	<u>6</u>
2.1	FETCH GEOGRAFICI ED EFFICACI	6
<u>3</u>	<u>REGIME DELLE MAREE</u>	<u>9</u>
3.1	STATISTICA DEGLI EVENTI ESTREMI DI MAREA	9
<u>4</u>	<u>CARATTERISTICHE DEL CLIMA ONDOSO</u>	<u>11</u>
<u>5</u>	<u>CONFIGURAZIONI ANALIZZATE</u>	<u>14</u>
5.1	CONFIGURAZIONE ATTUALE	14
5.2	IPOTESI PROGETTO 1	16
5.3	IPOTESI PROGETTO 2	17
5.4	IPOTESI PROGETTO 2 – FASE 2	18
5.5	IPOTESI PROGETTO 2 – STRALCIO	19
<u>6</u>	<u>STUDIO DELL'AGITAZIONE ONDOSA</u>	<u>20</u>
6.1	MODELLO MATEMATICO CGWAVE	20
6.1.1	Caratteristiche generali di CGWAVE	20
6.1.2	Cenni sulle formulazioni di CGWAVE	20
6.1.3	Condizioni al contorno	22
6.2	SETTAGGIO DEL MODELLO	24
6.2.1	Definizione del dominio di calcolo	24
6.2.2	Caratteristiche delle mareggiate analizzate	25
6.2.3	Caratteristiche delle opere presenti e di quelle previste in progetto	27
6.2.3.1	<i>Coefficienti di riflessione</i>	27
6.3	AGITAZIONE ONDOSA IN CONFIGURAZIONE ATTUALE	29
6.3.1	Configurazione attuale - TEST 1 - Mareggiata ordinaria da ESE	30
6.3.2	Configurazione attuale - TEST 2 - Mareggiata ordinaria da SSO	31

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 1 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.3.3	Configurazione attuale - TEST 3 – Mareggiata severa da ESE	32
6.3.4	Configurazione attuale - TEST 4 - Mareggiata severa da SSO	33
6.4	AGITAZIONE ONDOSA IN CONFIGURAZIONE DI PROGETTO 1	34
6.4.1	Ipotesi di progetto 1 - TEST 1 - Mareggiata ordinaria da ESE	35
6.4.2	Ipotesi di progetto 1 - TEST 2 - Mareggiata ordinaria da SSO	36
6.4.3	Ipotesi di progetto 1 - TEST 3 – Mareggiata severa da ESE	37
6.4.4	Ipotesi di progetto 1 - TEST 4 - Mareggiata severa da SSO	38
6.5	AGITAZIONE ONDOSA IN CONFIGURAZIONE DI PROGETTO 2	39
6.5.1	Ipotesi di progetto 2 - TEST 1 - Mareggiata ordinaria da ESE	40
6.5.2	Ipotesi di progetto 2 - TEST 2 - Mareggiata ordinaria da SSO	41
6.5.3	Ipotesi di progetto 2 - TEST 3 – Mareggiata severa da ESE	42
6.5.4	Ipotesi di progetto 2 - TEST 4 - Mareggiata severa da SSO	43
6.6	AGITAZIONE ONDOSA IN CONFIGURAZIONE DI PROGETTO 2 FASE 2	44
6.6.1	Ipotesi di progetto 2 Fase 2 - TEST 1 - Mareggiata ordinaria da ESE	45
6.6.2	Ipotesi di progetto 2 Fase 2 - TEST 2 - Mareggiata ordinaria da SSO	46
6.6.3	Ipotesi di progetto 2 Fase 2 - TEST 3 – Mareggiata severa da ESE	47
6.6.4	Ipotesi di progetto 2 Fase 2 - TEST 4 - Mareggiata severa da SSO	48
6.7	AGITAZIONE ONDOSA IN CONFIGURAZIONE DI PROGETTO 2 STRALCIO	49
6.7.1	Ipotesi di progetto 2 Fase 2 - TEST 3 – Mareggiata severa da ESE	50
7	<u>CONCLUSIONI</u>	51

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 2 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 2.1 – Inquadramento geografico del paraggio (in rosso è cerchiata la zona oggetto di studio).....	6
Fig. 2.2 – Fetch geografici per il paraggio oggetto di studio	7
Fig. 2.3 – Fetch efficaci per il paraggio oggetto di studio	8
Fig. 4.1 – Rosa del moto ondoso annuale. Composizione boa scalare della Cote d'Azur nodo modello CEP. Periodo dal 17 Marzo 1999 al 31 Marzo 2004.	12
Fig. 5.1 – Layout del porto e rilievo MBES recentemente eseguito	14
Fig. 5.2 – Layout del porto nella configurazione attuale.....	15
Fig. 5.3 – Layout del porto nell'ipotesi di progetto 1.....	16
Fig. 5.4 – Layout del porto nell'ipotesi di progetto 2.....	17
Fig. 5.5 – Layout del porto nell'ipotesi di progetto 2 – Fase 2.....	18
Fig. 5.6 – Layout del porto nell'ipotesi di progetto 2 - Stralcio	19
Fig. 6.1 – Condizioni al contorno del modello	23
Fig. 6.2 – Dominio di calcolo impiegato nello studio della penetrazione del moto ondoso	24
Fig. 6.3 – Particolare della mesh di calcolo in prossimità e all'interno del porto – Configurazione attuale	25
Fig. 6.4 – Coefficienti di riflessione impiegati nello studio dell'agitazione ondosa – Configurazione attuale	28
Fig. 6.5 – Coefficienti di riflessione impiegati nello studio dell'agitazione ondosa Ipotesi progetto 2 – Fase 2.....	28
Fig. 6.6 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE ($T_P = 6$ s, $DIR = 110^\circ N$), andamento delle creste	30
Fig. 6.7 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione	30
Fig. 6.8 – TEST 2: mareggiata ordinaria da SSO ($T_P = 6$ s, $DIR = 200^\circ N$), andamento delle creste	31
Fig. 6.9 – TEST 2: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione	31
Fig. 6.10 – TEST 3: mareggiata severa da ESE ($T_P = 10$ s, $DIR = 110^\circ N$), andamento delle creste.....	32
Fig. 6.11 – TEST 3: mareggiata severa da ESE, coefficiente di diffrazione	32
Fig. 6.12 – TEST 4: mareggiata severa da SSO ($T_P = 10$ s, $DIR = 200^\circ N$), andamento delle creste.....	33
Fig. 6.13 – TEST 4: mareggiata severa da SSO, coefficiente di diffrazione	33
Fig. 6.14 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE ($T_P = 6$ s, $DIR = 110^\circ N$), andamento delle creste	35
Fig. 6.15 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione	35
Fig. 6.16 – TEST 2: mareggiata ordinaria da SSO ($T_P = 6$ s, $DIR = 200^\circ N$), andamento delle creste	36
Fig. 6.17 – TEST 2: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione	36
Fig. 6.18 – TEST 3: mareggiata severa da ESE ($T_P = 10$ s, $DIR = 110^\circ N$), andamento delle creste	37
Fig. 6.19 – TEST 3: mareggiata severa da ESE, coefficiente di diffrazione	37
Fig. 6.20 – TEST 4: mareggiata severa da SSO ($T_P = 10$ s, $DIR = 200^\circ N$), andamento delle creste.....	38
Fig. 6.21 – TEST 4: mareggiata severa da SSO, coefficiente di diffrazione	38
Fig. 6.22 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE ($T_P = 6$ s, $DIR = 110^\circ N$), andamento delle creste	40
Fig. 6.23 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione	40
Fig. 6.24 – TEST 2: mareggiata ordinaria da SSO ($T_P = 6$ s, $DIR = 200^\circ N$), andamento delle creste	41
Fig. 6.25 – TEST 2: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione	41
Fig. 6.26 – TEST 3: mareggiata severa da ESE ($T_P = 10$ s, $DIR = 110^\circ N$), andamento delle creste	42
Fig. 6.27 – TEST 3: mareggiata severa da ESE, coefficiente di diffrazione	42
Fig. 6.28 – TEST 4: mareggiata severa da SSO ($T_P = 10$ s, $DIR = 200^\circ N$), andamento delle creste.....	43
Fig. 6.29 – TEST 4: mareggiata severa da SSO, coefficiente di diffrazione	43
Fig. 6.30 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE ($T_P = 6$ s, $DIR = 110^\circ N$), andamento delle creste.....	45
Fig. 6.31 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione	45
Fig. 6.32 – TEST 2: mareggiata ordinaria da SSO ($T_P = 6$ s, $DIR = 200^\circ N$), andamento delle creste	46
Fig. 6.33 – TEST 2: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione	46
Fig. 6.34 – TEST 3: mareggiata severa da ESE ($T_P = 10$ s, $DIR = 110^\circ N$), andamento delle creste.....	47
Fig. 6.35 – TEST 3: mareggiata severa da ESE, coefficiente di diffrazione	47
Fig. 6.36 – TEST 4: mareggiata severa da SSO ($T_P = 10$ s, $DIR = 200^\circ N$), andamento delle creste.....	48
Fig. 6.37 – TEST 4: mareggiata severa da SSO, coefficiente di diffrazione	48
Fig. 6.38 – TEST 3: mareggiata severa da ESE ($T_P = 10$ s, $DIR = 110^\circ N$), andamento delle creste	50
Fig. 6.39 – TEST 3: mareggiata severa da ESE, coefficiente di diffrazione	50

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 3 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	



	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

Fig. 7.1 – TEST 3 - Confronto risultati configurazione 2 e configurazione 2 Stralcio	52
Fig. 7.2 – TEST 1 - Confronto risultati per le diverse configurazioni	53
Fig. 7.3 – TEST 2 - Confronto risultati per le diverse configurazioni	54
Fig. 7.4 – TEST 3 - Confronto risultati per le diverse configurazioni	55
Fig. 7.5 – TEST 4 - Confronto risultati per le diverse configurazioni	56

INDICE DELLE TABELLE

Tab. 3.1 – Valori massimi annuali della marea meteorologica	9
Tab. 3.2 – Risultati dell'analisi statistica dei livelli estremi	10
Tab. 4.1 – Tabella del clima ondoso (annuale). Composizione boa scalare Cote d'Azur e nodo modello CEP.	13
Tab. 4.2 – Tabella H _s -T _p . Composizione boa scalare della Cote d'Azur e nodo modello CEP.	13
Tab. 6.1 – Tabella del clima ondoso (annuale).	26
Tab. 6.2 – Caratteristiche delle mareggiate considerate nello studio dell'agitazione interna	26
Tab. 6.3 – Coefficienti di riflessione degli elementi del contorno	27
Tab. 7.1 – Coefficienti di diffrazione massimi e medi all'interno del porto per le diverse configurazioni	51
Tab. 7.2 – Variazione del coefficiente di diffrazione rispetto allo stato attuale per le diverse configurazioni	52

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 4 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

1 PREMESSA

La società HS marine S.r.l. ha ricevuto dal Dott. Ing. Paolo Gaggero l'incarico di approfondire la conoscenza dell'agitazione ondosa all'interno del porto turistico di Finale Ligure.

Lo studio è stato condotto al fine di analizzare le criticità esistenti e di individuare gli interventi più idonei a ridurre l'agitazione ondosa interna al bacino.

La presente relazione descrive dapprima le indagini e le analisi condotte sui dati meteomarini disponibili e successivamente lo studio su modello dell'agitazione ondosa all'interno del porto che è stato condotta con riferimento alla configurazione attuale e a diverse configurazioni di progetto.


Gli studi sono stati condotti, in accordo con il Committente, per alcuni eventi meteomarini ritenuti più significativi per l'esposizione del paraggio e le caratteristiche meteo marine locali, con riferimento a 4 diverse configurazioni di progetto.

I risultati ottenuti hanno permesso di valutare l'efficacia delle soluzioni proposte in termini di riduzione dell'agitazione ondosa interna al bacino rispetto alla configurazione attuale.

Più in dettaglio, la redazione dello studio è stata articolata sviluppando i seguenti temi:

- inquadramento geografico del paraggio;
- regime delle maree;
- caratteristiche del clima ondoso;
- studio della penetrazione del moto ondoso all'interno del bacino.

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 5 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di studio è ubicata nel settore centrale del versante occidentale della costa ligure e ricade nel territorio del comune di Finale Ligure.

Il porto turistico in questione è ubicato a Nord-Est di Finale Ligure in corrispondenza di Punta S. Donato, tra il Capo di Caprazoppa (a Sud-Ovest) e Punta Crena a Nord-Ovest (Fig. 2.1).

Il settore di traversia è costituito prevalentemente dagli eventi provenienti dal II e dal III quadrante. Più precisamente, il settore risulta limitato a Ovest dal Capo di Caprazoppa e Est da Punta Crena, e risulta compreso indicativamente tra 90°N e 250°N.




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

2.1 Fetch geografici ed efficaci

I fetch geografici (ossia le cosiddette “lunghezze di mare libero”), determinati in funzione dell'esposizione del paraggio, sono graficamente rappresentati nella seguente Fig. 2.2.

Per quanto concerne invece la determinazione dei fetch efficaci, in questo contesto è stata utilizzata la procedura proposta da Seymour (1977). Seymour, per tenere in considerazione i fenomeni che avvengono all'interno del settore di traversia del paraggio, fa riferimento al fetch efficace definito dalla seguente relazione:

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 6 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

$$F_{eff\varphi} = \frac{\sum_{\varphi_i=\varphi-90^{\circ}}^{\varphi+90^{\circ}} X_i \cos^3(\varphi_i - \varphi)}{\sum_{\varphi_i=\varphi-90^{\circ}}^{\varphi+90^{\circ}} \cos^2(\varphi_i - \varphi)},$$

dove $F_{eff\varphi}$ rappresenta il fetch efficace nella direzione φ , X_i il fetch geografico nella i -esima direzione e φ_i l'angolo della i -esima direzione.

Poiché nel Mar Mediterraneo (e quindi nell'area di interesse) i fronti di vento presentano un'ampiezza massima di 400 km e una dimensione su cui spira il vento pari a circa 500 km, i fetch geografici (X_i) da inserire nel calcolo del fetch efficace sono state limitati con riferimento all'estensione massima delle aree battute dal vento. I risultati ottenuti sono rappresentati graficamente nella successiva Fig. 2.3

Dai risultati ottenuti si può notare che i massimi fetch corrispondono alle direzioni di Mezzogiorno e sono dell'ordine dei 300 km (circa 1.6 NM), mentre per le direzioni di Levante-Scirocco i fetch sono dell'ordine dei 200 km (1.1 NM)

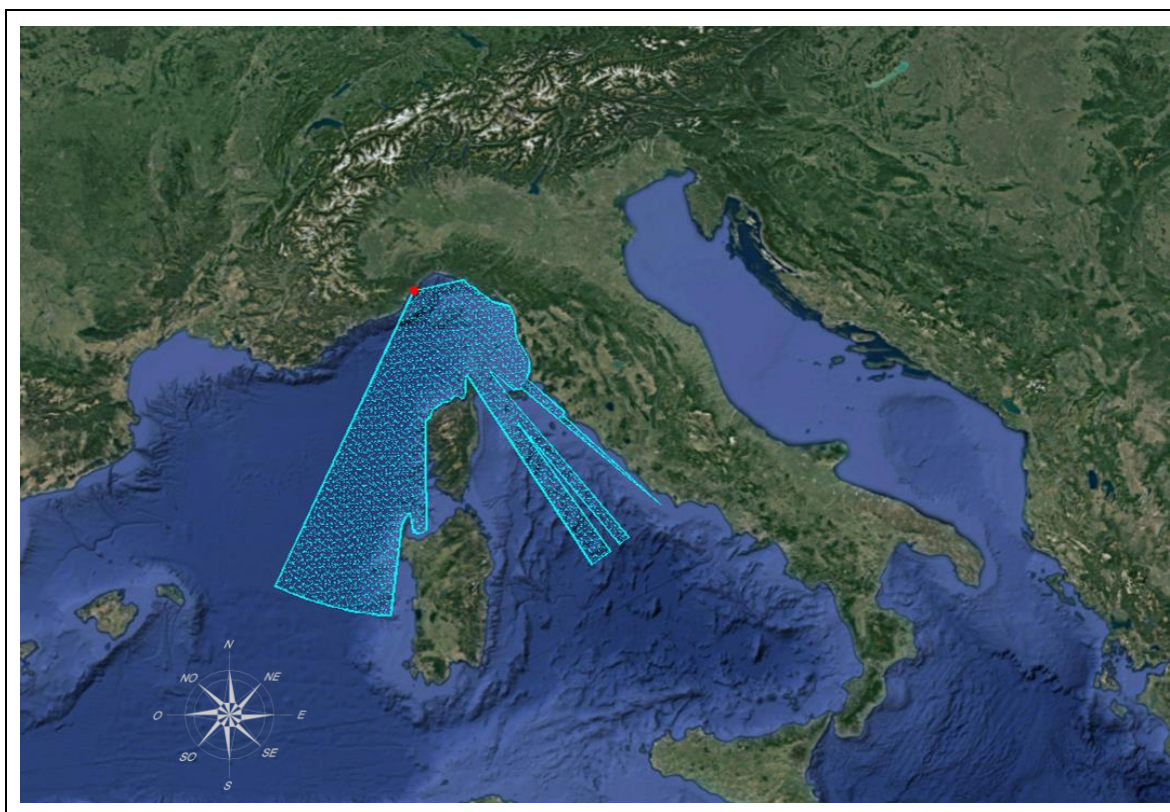



Fig. 2.2 – Fetch geografici per il paraggio oggetto di studio

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 7 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

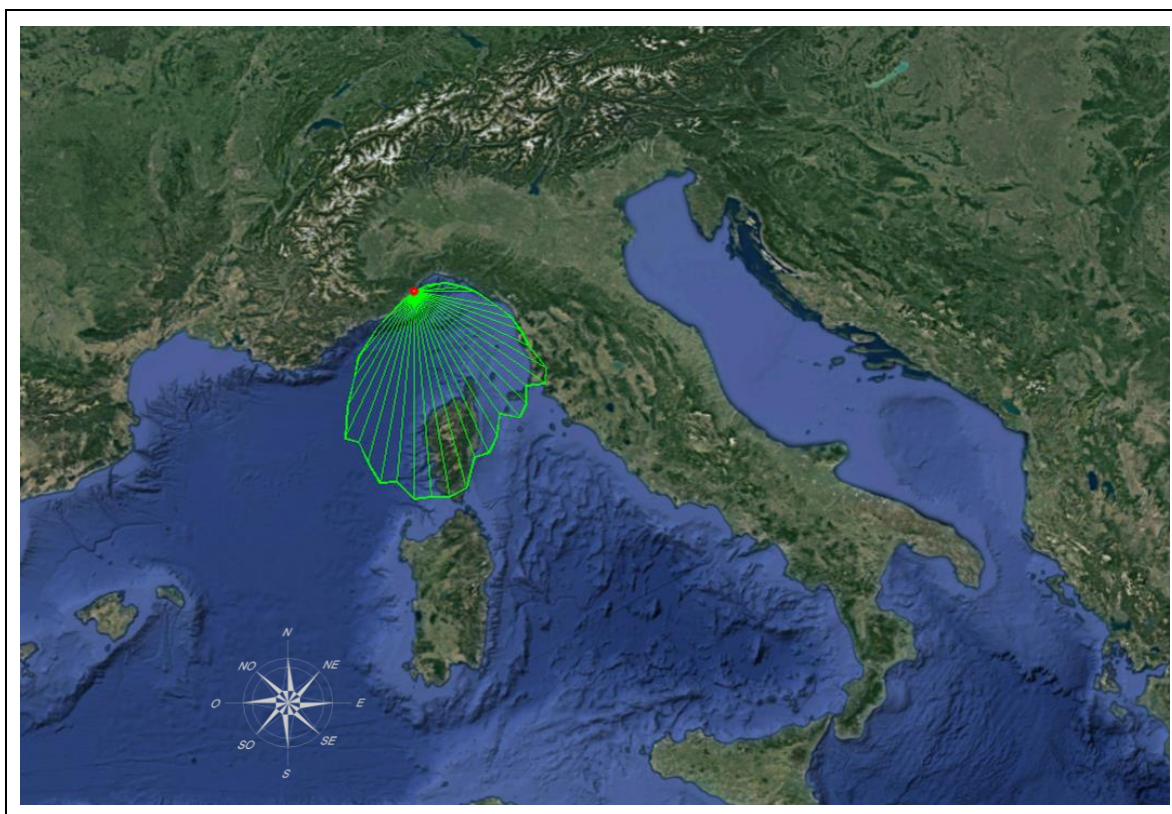



Fig. 2.3 – Fetch efficaci per il paraggio oggetto di studio

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 8 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

3 REGIME DELLE MAREE

I livelli di marea utilizzati ai fini del presente studio si riferiscono ai dati mareografici della stazione di Genova forniti dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale dei Servizi Tecnici Nazionali, confluiti nell'APAT (Agenzia per l'Ambiente ed il Territorio) e ora nell'I.S.P.R.A., per il periodo 1998÷2008. I dati hanno formato orario e sono riferiti al livello del medio mare I.G.M..

Le variazioni del livello marino definiscono un segnale complesso, che può considerarsi il risultato delle interazioni tra due componenti fondamentali: la marea astronomica, di natura periodica e causata dalle forze di attrazione combinate della luna e del sole, e la cosiddetta componente meteorologica, aleatoria e dovuta agli effetti indotti sulla superficie marina dalle variazioni delle condizioni atmosferiche.

Per poter eseguire un'analisi statistica della componente meteorologica del segnale di marea, e fare quindi previsioni di livello legate al tempo di ritorno, le registrazioni di marea sono state elaborate al fine di separare le due componenti astronomica e meteorologica.

La marea meteorologica, $\eta_m(t)$, può essere determinata eliminando dal segnale registrato, $\eta(t)$, le oscillazioni dovute alle componenti di frequenza tipiche della banda diurna della marea astronomica, $\eta_a(t)$. Gli effetti meteorologici, infatti, influenzano largamente le componenti armoniche sub-mareali dello spettro di frequenza del livello marino comprese nella banda limitata dalle componenti mareali diurna e mensile. Pertanto la componente meteorologica $\eta_m(t)$ è stata determinata applicando al mareogramma rilevato $\eta(t)$ un opportuno filtro orario passa-basso, in grado di trattenere le componenti semidiurna e diurna della marea lasciando passare i contributi associabili a frequenze più basse.

La marea astronomica è, quindi, data dalla differenza tra il mareogramma registrato e quello residuo ottenuto applicando il filtro passa-basso, ovvero il mareogramma meteorologico.

Nella successiva Tab. 3.1 sono riportati, per i diversi anni di registrazione considerati, i valori massimi della componente meteorologica della marea.


Anno	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
$\eta_{m,max}$ (m)	0,27	0,33	0,40	0,30	0,46	0,44	0,37	0,29	0,33	0,32	0,28

Tab. 3.1 – Valori massimi annuali della marea meteorologica

3.1 Statistica degli eventi estremi di marea

A partire dai valori dei massimi annuali di marea è stato possibile effettuare una statistica degli estremi utilizzando la distribuzione di probabilità di Gumbel e la distribuzione Tipo III di Pearson. I risultati dell'elaborazione sono riportati nella successiva Tab. 3.2, con riferimento a valori del tempo di ritorno di 1, 5, 10, 20, 50 e 100 anni.

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 9 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

Per determinare il livello estremo complessivo, occorre sommare al valore massimo stimato del contributo meteorologico un valore rappresentativo delle più elevate altezze di marea astronomica. A tale proposito sono stati individuati, per l'intero periodo 1998÷2008 e relativamente a ciascun giorno mareale, i valori delle più elevate alte maree astronomiche.

Facendo la media di tali dati si è stimata la marea astronomica di riferimento per il calcolo dei livelli estremi complessivi, che è risultata pari a +0.12 m.

I valori estremi complessivi del livello marino sono indicati nella successiva Tab. 3.2.


Dai risultati ottenuti si può osservare che livelli marini superiori ai 50 cm sono associati ad eventi con tempo di ritorno superiore ai 5 anni.

Si segnala che in occasione dei recenti eventi eccezionali avvenuti il 29-30 ottobre 2018, associati a venti caratterizzati da velocità dell'ordine degli 80-100 nodi, sono stati rilevati livelli del mare dovuti a storm surge eccezionale dell'ordine del metro.

T_r (anni)	M. Meteorologica (m)		M. Astronomica (m)	Livello marino (m)
	Pearson (tipo III)	Gumbel		
1	0,26	0,26	0,12	0,38 / 0,38
5	0,40	0,41	0,12	0,52 / 0,53
10	0,43	0,46	0,12	0,55 / 0,58
20	0,46	0,50	0,12	0,58 / 0,62
50	0,50	0,56	0,12	0,62 / 0,68
100	0,53	0,61	0,12	0,65 / 0,73

Tab. 3.2 – Risultati dell'analisi statistica dei livelli estremi

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 10 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

4 CARATTERISTICHE DEL CLIMA ONDOSO

Per la definizione delle caratteristiche del moto ondoso sono stati analizzati tutti i dati disponibili e gli studi relativi al tratto di costa oggetto di interesse.

In definitiva, le caratteristiche del clima ondoso impiegate nel presente studio per l'individuazione delle condizioni d'onda da analizzare nello studio su modello, sono state ricavate dal Progetto Preliminare relativo al "Concorso di progettazione per la definizione di interventi di riqualificazione degli arenili".

In particolare, nell'elaborato "INDAGINI PUNTO d) EX ART.18 D.P.R. 554/99" sono riportati i dati di moto ondoso provenienti da diverse fonti e viene svolta un'analisi critica di tali fonti. Le fonti di informazione del moto ondoso riportate nell'elaborato sono di seguito elencate:

- Atlante delle onde e del vento del Mediterraneo (ISMAR);
- Dati Boa direzionale di La Spezia (RON);
- Dati composizione boa Cote d'Azur e nodo modello CEP (METEO FRANCE);
- Dati Hindcast (OCEANWEATHER);
- Dati visuali KNMI.

Dall'analisi critica è emerso che la fonte più significativa per l'area oggetto di studio è Meteo France.

L'insieme dei dati forniti dal Meteo France è costituito da dati strumentali registrati dalla Boa "Cote d'Azur" ubicata al largo di Sanremo e dai dati di tipo hindcast del modello CEP (Meteo France).

La boa scalare della Cote d'Azur è situata in un punto di coordinate 43.4° N di latitudine e 7.8° E di longitudine, con profondità 2300m.


Il punto utilizzato dal modello CEP è posto accanto alla boa della Cote d'Azur, con coordinate geografiche 43,5° N di latitudine e 8° E di longitudine, e quindi in acque profonde. Il periodo di registrazione considerato in questo studio è compreso tra il 17 Marzo 1999 al 31 Marzo 2004, corrispondente ad un intervallo di tempo pari a 5 anni. I dati hindcast (cioè di tipo predittivo a posteriori) sono stati ottenuti dal Dipartimento di Clima Meteo-marino della Meteo France mediante un modello di predizione del moto ondoso (CEP).

I dati strumentali dalla boa hanno una maggior precisione sulle misure ottenute con altri metodi, ma la registrazione non è continua, a causa di vuoti (o intervalli di tempo senza registrazione) di notevole importanza, ed inoltre non contengono informazione sulla direzione di provenienza delle onde. I dati del modello CEP, invece, presentano un insieme temporalmente continuo di valori, malgrado la affidabilità degli stessi dipenda dalla bontà del modello predittivo e, a sua volta, quest'ultimo dipenda dall'affidabilità dei dati di vento disponibili.

Poichè la boa scalare della Côte d'Azur ed il nodo CEP sono situati a poca distanza l'una dall'altro e le loro registrazioni sono simultanee in un dato intervallo di tempo, è stato possibile effettuare un'analisi dei valori di altezza d'onda "ora per ora" di entrambe le fonti di informazione.

Mediante la composizione dei dati di entrambe le fonti per intervalli di tempo simultanei, è stato ottenuto un insieme con dati della boa (H_s e T_p) ed informazioni direzionali ricavate dal nodo CEP.

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 11 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

A partire da questo nuovo campione è stato quindi definito il regime di moto ondoso in acque profonde, come se si trattasse di una boa direzionale reale.

La distribuzione per settori del moto ondoso annuale a partire dai dati ottenuti dalla composizione boa scalare della Cote d'Azur e nodo modello CEP è rappresentata nelle successive Tab. 4.1 e Fig. 4.1. Nella Tab. 4.2 viene inoltre riportata la corrispondenza H_s-T_p che rappresenta la distribuzione dei periodi di picco in funzione dell'altezza d'onda.

Dalla tabella e dalla rosa del clima ondoso si ricava che le mareggiate caratterizzate da maggiori altezze d'onda provengono principalmente dal settore di Libeccio (SSW-SW), con altezze d'onda fino a 5.5 m, e secondariamente dal settore di Scirocco (ESE-SE) con altezze fino a 5 m.

Dalla tabella H_s-T_p si ricava che i periodi di picco associati alle mareggiate caratterizzate da altezze d'onda maggiori sono pari a 10 s; per altezze d'onda più ordinarie (2.5 m) i periodi di picco risultano essere pari a 6 s.

Si segnala che in occasione dei recenti eventi meteomarinari eccezionali avvenuti il 29-30 ottobre 2018, associati a venti caratterizzati da velocità dell'ordine degli 80-100 nodi, sono state registrate alla Boa di Capo Mele altezze d'onda significativa dell'ordine dei 10 m con direzione di provenienza di Scirocco.

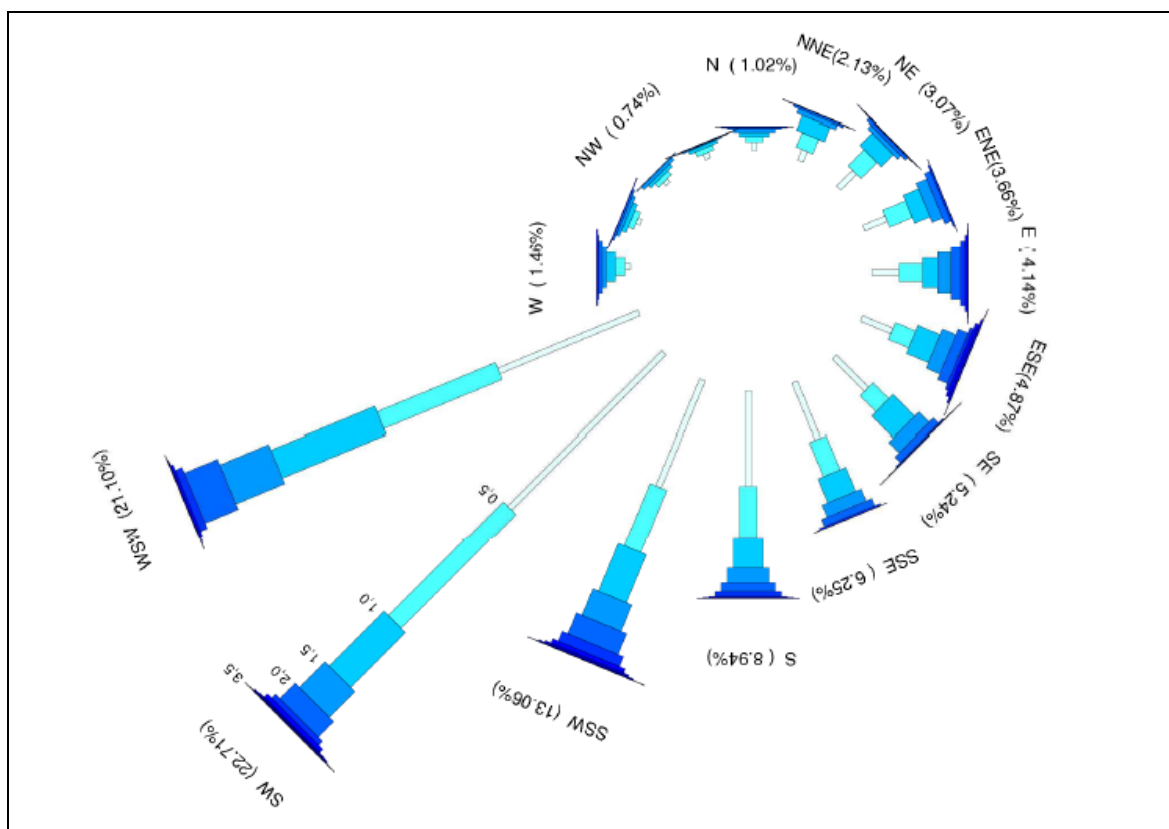



Fig. 4.1 – Rosa del moto ondoso annuale. Composizione boa scalare della Cote d'Azur nodo modello CEP Periodo dal 17 Marzo 1999 al 31 Marzo 2004

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 12 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	


Hs (m)	0.0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	%	TOTALE
<i>Settore</i>													
N	23	14	12	10	4	2	1	0	0	0	0	1.02	66
NNE	31	43	42	13	6	1	1	0	0	0	0	2.13	137
NE	62	63	47	13	10	1	1	1	0	0	0	3.07	198
ENE	67	68	46	31	18	5	1	0	0	0	0	3.66	236
E	75	65	42	37	26	13	6	1	2	0	0	4.14	267
ESE	91	61	66	41	29	9	10	6	0	1	0	4.87	314
SE	126	62	84	40	20	4	0	1	0	1	0	5.24	338
SSE	168	101	71	36	21	5	1	0	0	0	0	6.25	403
S	263	146	82	42	24	14	2	2	1	0	0	8.94	576
SSW	317	189	144	79	62	29	12	5	4	0	1	13.06	842
SW	603	450	214	100	60	15	13	2	5	1	1	22.71	1464
WSW	419	354	311	146	99	20	7	3	1	0	0	21.10	1360
W	16	26	25	11	11	3	2	0	0	0	0	1.46	94
WNW	12	16	13	9	6	0	2	0	0	0	0	0.90	58
NW	12	14	10	10	2	0	0	0	0	0	0	0.74	48
NNW	16	14	9	3	1	1	1	0	0	0	0	0.70	45
%	35.70	26.16	18.90	9.63	6.19	1.89	0.93	0.33	0.20	0.05	0.03	100	
TOTALE	2301	1686	1218	621	399	122	60	21	13	3	2		6446

**Tab. 4.1 – Tabella del clima ondoso (annuale)
Composizione boa scalare Cote d'Azur e nodo modello CEP**

Tp-Hs	0-0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-4.5	4.5-5	5-5.5	TOTAL
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	71	148	1	0	0	0	0	0	0	0	0	220
6	1136	1626	638	360	24	0	0	0	0	0	0	3784
8	463	421	344	383	287	173	39	12	1	0	1	2124
10	66	13	68	44	25	11	19	11	10	5	1	273
12	21	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	23
14	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
18	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
20	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
28	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	1778	2209	1052	787	337	184	58	23	11	5	2	6446

**Tab. 4.2 – Tabella Hs-Tp
Composizione boa scalare della Cote d'Azur e nodo modello CEP**

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 13 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

5 CONFIGURAZIONI ANALIZZATE

Per lo studio su modello dell'agitazione ondosa all'interno del porto sono state considerate diverse configurazioni progettuali al fine di valutare l'efficienza degli interventi ipotizzati. Nel dettaglio è stata dapprima analizzata la configurazione attuale e successivamente 4 diverse configurazioni progettuali che prevedono parziali modifiche alle testate del sopraflutto e del sottoflutto, e alle banchine interne. Le diverse configurazioni analizzate vengono di seguito elencate e brevemente descritte, la descrizione completa è riportata nei successivi paragrafi:

- **CONFIGURAZIONE ATTUALE;**
- **IPOTESI PROGETTO 1:** la configurazione progettuale prevede modifiche alla testata del molo di sottoflutto e di un tratto del lato interno del molo di sopraflutto;
- **IPOTESI PROGETTO 2:** la configurazione progettuale prevede modifiche alle testate dei moli di sottoflutto e del sopraflutto;
- **IPOTESI PROGETTO 2 – FASE 2:** la configurazione progettuale costituisce la fase successiva dell'ipotesi di progetto 2 e prevede di intervenire sulle banchine interne al porto per renderle parzialmente antiriflettenti;
- **IPOTESI PROGETTO 2 – PARZIALE:** la configurazione progettuale corrisponde alla realizzazione parziale della configurazione di progetto 2, prevedendo la sola modifica alla testata del molo di sopraflutto.

5.1 Configurazione attuale

Per la definizione della configurazione attuale sono state impiegate tutte le informazioni disponibili: la planimetria della disposizione delle opere e delle banchine del porto, le informazioni ricavabili dalle immagini satellitari, e i più recenti rilievi locali disponibili.

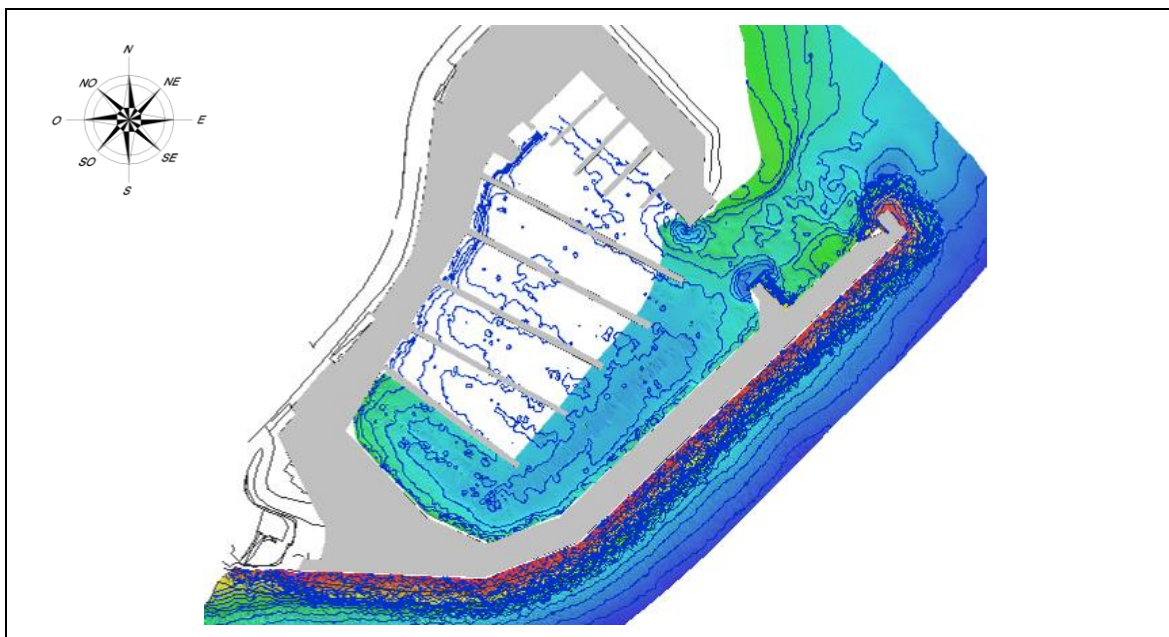



Fig. 5.1 – Layout del porto e rilievo MBES recentemente eseguito

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 14 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	


Per tener conto dei lavori di dragaggio che devono in ogni caso essere eseguiti per garantire l'operatività dell'imboccatura, la batimetria è stata modificata considerando un approfondimento dei fondali in corrispondenza del canale di ingresso al porto, fino alla profondità -4 m s.m.m..

Il layout del porto nella configurazione attuale, analizzato nello studio su modello, è riportato nella successiva Fig. 5.2



Fig. 5.2 – Layout del porto nella configurazione attuale

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 15 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

5.2 Ipotesi progetto 1

L'ipotesi di progetto 1 prevede la modifica della testata del molo di sottoflutto mediante la realizzazione di un prolungamento di circa 30 m con scogliera in massi naturali.


L'intervento prevede inoltre la realizzazione di un tratto di scogliera di lunghezza pari a circa 60 m lungo il lato interno del molo di sopraflutto a partire dalla testata, e la ricarica della scogliera a ridosso del molo martello.

Il layout del porto nella configurazione di progetto 1, analizzato nello studio su modello, è riportato nella successiva Fig. 5.3.



Fig. 5.3 – Layout del porto nell'ipotesi di progetto 1

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 16 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

5.3 Ipotesi progetto 2


L'ipotesi di progetto 2 prevede la modifica delle testate dei due moli. Nel dettaglio per la testata del molo di sottoflutto si prevede la realizzazione di un ingrossamento in scogliera di massi naturali. Per quanto riguarda la testata del molo di sopraflutto si prevede la realizzazione di un prolungamento di circa 15 m in direzione NNO, con scogliera in massi naturali.

Il layout del porto nella configurazione di progetto 2, analizzato nello studio su modello, è riportato nella successiva Fig. 5.4.



Fig. 5.4 – Layout del porto nell'ipotesi di progetto 2

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 17 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

5.4 Ipotesi progetto 2 – Fase 2

Questa configurazione progettuale costituisce la fase successiva della configurazione di progetto 2 e prevede l'ipotesi di intervenire sulle banchine interne al porto per renderle parzialmente antiriflettenti. In particolare si prevede di intervenire sui tratti maggiormente interessati dal fenomeno di riflessione diretta del fronte d'onda in grado di penetrare attraverso l'imboccatura portuale, ovvero il lato Sud-Ovest e un tratto del lato Nord-Ovest del bacino.


La definizione degli interventi da eseguire per la Fase 2 richiede una verifica delle condizioni delle banchine esistenti e l'individuazione delle più idonee modifiche finalizzate a ridurre la riflessione. Considerate le caratteristiche delle banchine e le possibili tipologie di interventi realizzabili, si prevede comunque che il beneficio ottenuto in termini di riduzione della riflessione risulti limitato.

Il layout del porto nella configurazione di progetto 2 – Fase 2, analizzato nello studio su modello, è riportato nella successiva Fig. 5.5.



Fig. 5.5 – Layout del porto nell'ipotesi di progetto 2 – Fase 2

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 18 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

5.5 Ipotesi progetto 2 – Stralcio

Questa configurazione progettuale corrisponde alla realizzazione parziale della configurazione di progetto 2, nell'ipotesi in cui fosse possibile realizzare solo uno stralcio degli interventi previsti dalla configurazione di progetto.

Nel dettaglio lo stralcio progettuale interessa la sola modifica alla testata del molo di sopraflutto, per il quale è previsto la realizzazione di un prolungamento di circa 15 m in direzione NNO, con scogliera in massi naturali.

Il layout del porto nella configurazione di progetto 2 – Stralcio, analizzato nello studio su modello, è riportato nella successiva Fig. 5.6.

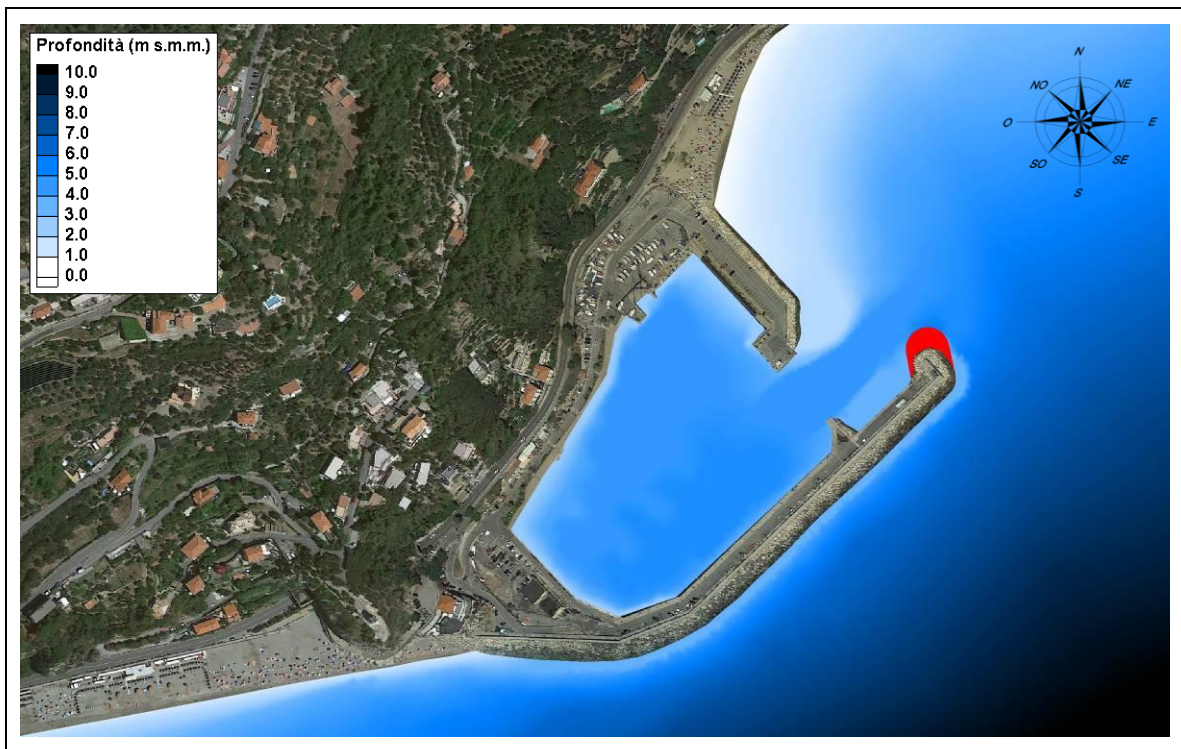



Fig. 5.6 – Layout del porto nell'ipotesi di progetto 2 - Stralcio

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 19 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6 STUDIO DELL'AGITAZIONE ONDOSA

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 l'agitazione interna all'interno del bacino portuale di Finale Ligure, per le diverse configurazioni individuate nel precedente paragrafo; la valutazione è relativa ad alcune condizioni ondose ritenute caratteristiche in relazione al clima meteomarinario e alla configurazione geografica del paraggio (cfr. successivo 6.2.2).

Lo studio ha permesso di analizzare l'efficacia delle diverse soluzioni progettuali in termini di riduzione dell'agitazione ondosa.

6.1 Modello matematico CGWAVE

Il modello matematico CGWAVE (Coniugate 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 modellizzazione della superficie del

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 20 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: 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 (= σ / 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).

Dissipazione non lineare

In aggiunta ai precedenti meccanismi, nella mild slope equation può essere simulata la dissipazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 21 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

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:

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

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: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 22 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

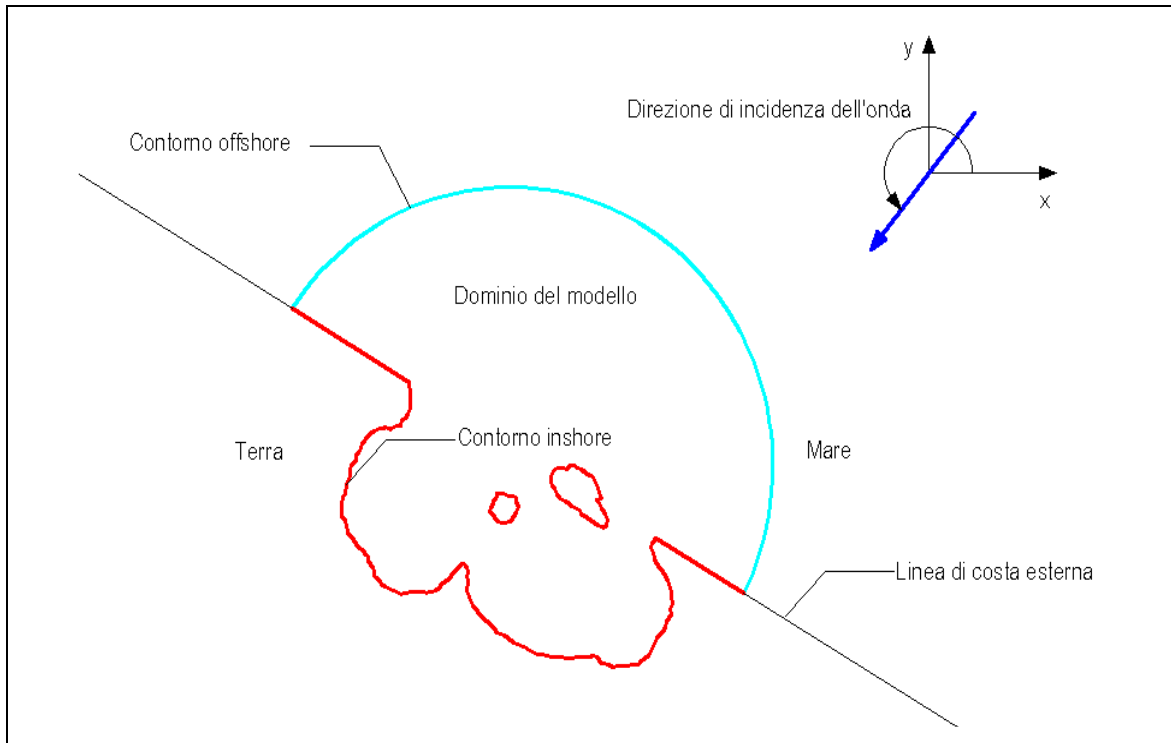



Fig. 6.1 – Condizioni al contorno del modello

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 23 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.2 Settaggio del modello

6.2.1 Definizione del dominio di calcolo

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 -70 m s.m.m..

Il contorno inshore del dominio di calcolo è stato definito in modo da riprodurre la configurazione della linea di costa, del layout del porto e delle opere presenti.

Il dominio così definito è stato ricoperto con una mesh a maglie triangolari formata da elementi di dimensioni variabili da 15 m, sul contorno offshore, a 1.5 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.

La batimetria impiegata nel modello è stata ricavata sulla base delle più recenti carte nautiche e dei recenti rilievi locali resi disponibili, tenendo conto del previsto dragaggio dei fondali dell'imboccatura. Nella successiva Fig. 6.3 si riporta un dettaglio della mesh di calcolo in prossimità del porto.

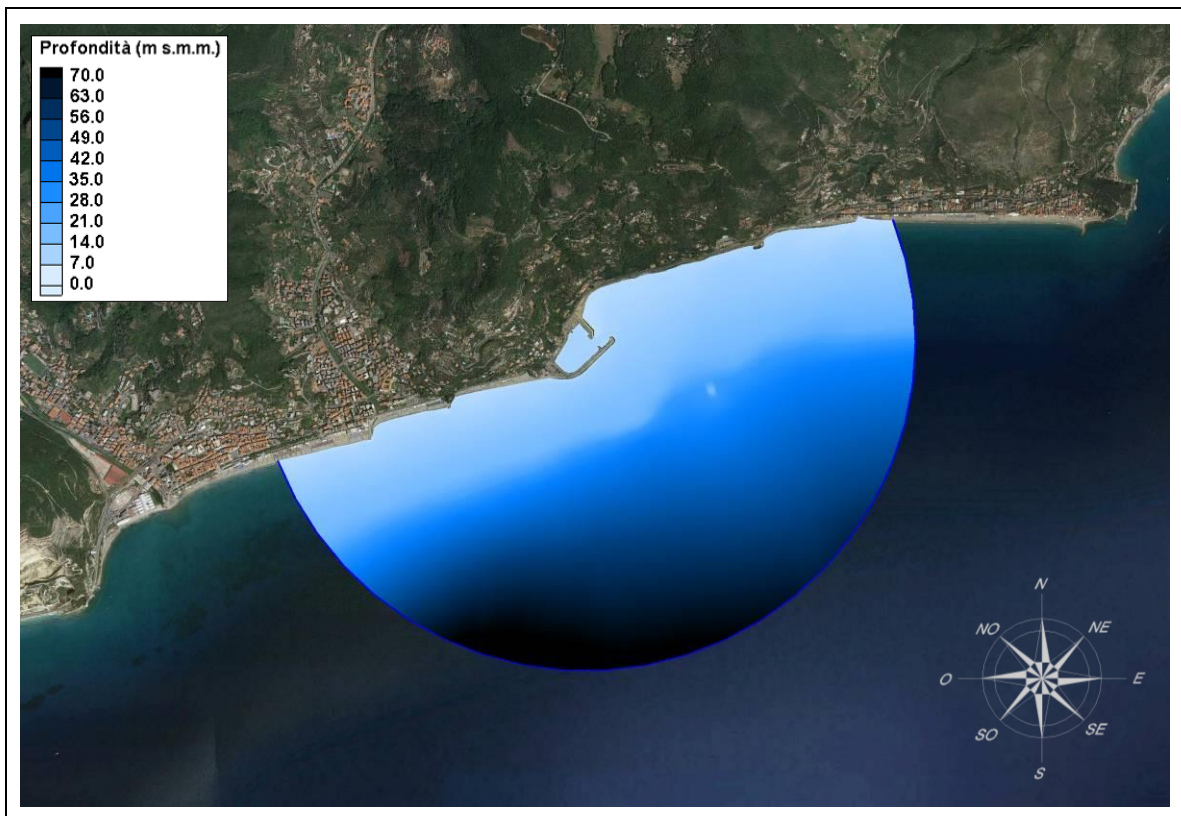


Fig. 6.2 – Dominio di calcolo impiegato nello studio della penetrazione del moto ondoso

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 24 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	


	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	



Fig. 6.3 – Particolare della mesh di calcolo in prossimità e all'interno del porto – Configurazione attuale

6.2.2 Caratteristiche delle mareggiate analizzate


Le mareggiate impiegate nello studio sono state ricavate sulla base delle risultanze delle analisi del clima ondoso, riportate nel precedente paragrafo 4, e sulla base dell'esposizione geografica del paraggio.

Nel dettaglio, il paraggio risulta esposto agli eventi provenienti dal II e dal III quadrante e l'analisi del clima ondoso ha evidenziato che gli eventi caratterizzati da maggiori altezze d'onda e frequenze provengono da SSO-SO (cfr. successiva Tab. 6.1); secondariamente si osservano eventi caratterizzati da elevate altezze d'onda (fino a 5 m) provenienti anche da ESE-SE.

Sulla base delle analisi sopra riportate si sono individuate alcune mareggiate significative sia in termini di altezza d'onda e frequenza di apparizione, che in termini di capacità di penetrazione all'interno del porto. In particolare le mareggiate in grado di penetrare in misura maggiore sono quelle provenienti dal II settore e in particolare quelle provenienti da E-ESE, mentre le mareggiate caratterizzate dalle maggiori altezze d'onda sono quelle provenienti da SSW-SW.

In definitiva si è scelto di adottare due direzioni di provenienza: ESE (110°N) associata alle mareggiate caratterizzate da elevate altezze d'onda e in grado di penetrare maggiormente all'interno del bacino portuale e SSW (200°N) associata alle mareggiate più frequenti e caratterizzate da

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 25 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

maggior altezza d'onda significativa.

Alle direzioni così individuate sono state associate due diverse condizioni di attacco ondoso: la prima rappresentativa di condizioni più ordinarie, caratterizzata da altezza d'onda pari a 2.5 m e la seconda rappresentativa di condizioni piuttosto severe, caratterizzata da altezza d'onda pari a 5 m.

I periodi da associare alle diverse mareggiate così ottenute sono stati ricavati sulla base della distribuzione H_S-T_P (cfr. precedente paragrafo 4, Tab. 4.2)

Infine, considerato che le profondità dei fondali in prossimità dell'imboccatura (dell'ordine dei 3.5 – 4 m s.m.m.) inducono il frangimento per le mareggiate caratterizzate da maggior altezza d'onda, si è ritenuto opportuno associare agli eventi individuati, un sovrizzo di marea rappresentativo di condizioni gravose ma non estreme. Si è quindi assunto un livello di marea pari a 50 cm (cfr precedente paragrafo 3.1).

Nella Tab. 6.2 si riportano le caratteristiche delle mareggiate considerate nello studio dell'agitazione ondosa.


Hs (m)	0.0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	%	TOTALE
<i>Settore</i>													
N	23	14	12	10	4	2	1	0	0	0	0	1.02	66
NNE	31	43	42	13	6	1	1	0	0	0	0	2.13	137
NE	62	63	47	13	10	1	1	1	0	0	0	3.07	198
ENE	67	68	46	31	18	5	1	0	0	0	0	3.66	236
E	75	65	42	37	26	13	6	1	2	0	0	4.14	267
ESE	91	61	66	41	29	9	10	6	0	1	0	4.87	314
SE	126	62	84	40	20	4	0	1	0	1	0	5.24	338
SSE	168	101	71	36	21	5	1	0	0	0	0	6.25	403
S	263	146	82	42	24	14	2	2	1	0	0	8.94	576
SSW	317	189	144	79	62	29	12	5	4	0	1	13.06	842
SW	603	450	214	100	60	15	13	2	5	1	1	22.71	1464
WSW	419	354	311	146	99	20	7	3	1	0	0	21.10	1360
W	16	26	25	11	11	3	2	0	0	0	0	1.46	94
WNW	12	16	13	9	6	0	2	0	0	0	0	0.90	58
NW	12	14	10	10	2	0	0	0	0	0	0	0.74	48
NNW	16	14	9	3	1	1	1	0	0	0	0	0.70	45
%	35.70	26.16	18.90	9.63	6.19	1.89	0.93	0.33	0.20	0.05	0.03	100	
TOTALE	2301	1686	1218	621	399	122	60	21	13	3	2		6446

Tab. 6.1 – Tabella del clima ondoso (annuale).

TEST	Caratteristiche mareggiata	H_S (m)	T_P (s)	Dir (°N)	Livello (m s.m.m.)
TEST 1	ESE ordinaria	2.50	6.00	110	0.50
TEST 2	SSO ordinaria	2.50	6.00	200	0.50
TEST 3	ESE severa	5.00	10.00	110	0.50
TEST 4	SSO severa	5.00	10.00	200	0.50

Tab. 6.2 – Caratteristiche delle mareggiate considerate nello studio dell'agitazione interna

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 26 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.2.3 Caratteristiche delle opere presenti e di quelle previste in progetto

Per la definizione del layout e delle caratteristiche delle opere esistenti (moli, banchine, ecc.), nonché delle caratteristiche della costa nel tratto oggetto di studio, si è fatto riferimento alla cartografia disponibile e alle informazioni fornite dal Committente. Sulla base delle informazioni disponibili, è stato possibile definire la planimetria delle opere che costituiscono l'esistente porto di Finale Ligure e del tratto di costa in adiacenza, prevalentemente costituito da costa sabbiosa e da scogliera.

Le caratteristiche delle opere 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 banchine, sono state considerate completamente riflettenti, mentre le strutture a gettata, quali i moli, i pennelli lungo il litorale e la scogliera posta a protezione della strada statale sono state considerate parzialmente riflettenti. I tratti di litorale costituiti da sabbia/ghiaia sono invece stati considerati completamente assorbenti.

Per quanto riguarda gli interventi previsti in progetto, si prevede che le modifiche alle testate dei moli vengano realizzate mantenendo la medesima tipologia costruttiva: opera a scogliera, e conseguentemente parzialmente riflettente.

Per gli interventi di trasformazione delle banchine esistenti, previste nella fase 2 della configurazione di progetto 2, si ipotizza di essere in grado di ottenere una limitata riduzione della riflessione.

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 (cfr. successivo paragrafo 6.2.3.1).

6.2.3.1 Coefficienti di riflessione

Il contorno inshore è stato suddiviso in diversi tratti, ciascuno dei quali corrispondente ad una diversa tipologia e ad un diverso comportamento nei confronti dell'onda incidente cui è stato associato il relativo coefficiente di riflessione.

I valori del coefficiente di riflessione, per ciascuna tipologia di elemento considerata, sono sintetizzati in Tab. 6.3. A titolo di esempio, nelle successive Fig. 6.4 e Fig. 6.5 viene riportato il dominio di calcolo in cui vengono indicati i valori dei coefficienti di riflessione associati alle opere, per la configurazione attuale e per la configurazione di progetto 2 – fase 2.

Descrizione tratto	Coeff. di riflessione
Banchine a parete verticale	0.90
Opere a gettata (scogliera, pennelli)	0.35
Versante in roccia	0.50
Banchine antiriflettenti in progetto	0.80
Costa sabbioso/ghiaiosa	0.15

Tab. 6.3 – Coefficienti di riflessione degli elementi del contorno

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 27 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	


	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	




Fig. 6.4 – Coefficienti di riflessione impiegati nello studio dell'agitazione ondosa – Configurazione attuale



Fig. 6.5 – Coefficienti di riflessione impiegati nello studio dell'agitazione ondosa ipotesi progetto 2 – Fase 2

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 28 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.3 Agitazione ondosa in configurazione attuale

I risultati ottenuti dallo studio dell'agitazione ondosa su modello matematico CGWAVE in configurazione attuale sono riportati nei successivi paragrafi: i risultati delle simulazioni in termini di agitazione ondosa in prossimità e all'interno del porto sono riportati nelle figure da Fig. 6.6 a Fig. 6.13.

Nel dettaglio, in Fig. 6.6 (TEST 1), Fig. 6.8 (TEST 2), Fig. 6.10 (TEST 3) e Fig. 6.12 (TEST 4) è riportato l'andamento delle creste della mareggiata, in Fig. 6.7 (TEST 1), Fig. 6.9 (TEST 2), Fig. 6.11 (TEST 3) e Fig. 6.13 (TEST 4) viene invece rappresentata, mediante gradazioni cromatiche, l'agitazione ondosa all'interno del bacino portuale in termini di coefficiente di diffrazione (C_d).

Si è infatti scelto, per una miglior leggibilità dei risultati, di rappresentare i risultati dell'agitazione ondosa attraverso il coefficiente adimensionale, ottenuto dal rapporto tra l'altezza d'onda trasformata (per i fenomeni di propagazione, diffrazione e frangimento) in un qualsiasi punto del dominio e l'onda fornita in input al modello, che viene definito coefficiente di diffrazione.

Inoltre, per meglio evidenziare le aree caratterizzate da maggiori valori del coefficiente di diffrazione, si è scelto di limitare la scala cromatica al valore 0.3.


Dai risultati ottenuti si osserva che le mareggiate provenienti da ESE (110°N) sono in grado di penetrare all'interno del porto in misura maggiore rispetto a quelle da SSO (200°N).

In termini di agitazione ondosa si può osservare che le mareggiate ordinarie, caratterizzate da minor periodo, determinano coefficienti di diffrazione maggiori, con valori di picco prossimi a 0.2 per le mareggiate da ESE (TEST 1). Le mareggiate severe, caratterizzate da periodi maggiori, determinano coefficienti di diffrazione massimi compresi tra 0.05 (mareggiata da SSO, TEST 4) e 0.15 (mareggiata da ESE, TEST 3).

Si ricorda comunque che le mareggiate ordinarie analizzate sono caratterizzate da altezze d'onda in input pari a 2.5 m e quelle severe da altezze d'onda in input pari a 5 m, conseguentemente in termini di altezza d'onda residua all'interno del porto le mareggiate severe determinano valori maggiori.

Infine, dall'osservazione dei campi di agitazione ondosa si ricava che la zona più critica, caratterizzata dai maggiori coefficienti di diffrazione, risulta essere il lato Sud-Ovest e il tratto più meridionale del lato Nord-Ovest.

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 29 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.3.1 Configurazione attuale - TEST 1 - Mareggiata ordinaria da ESE

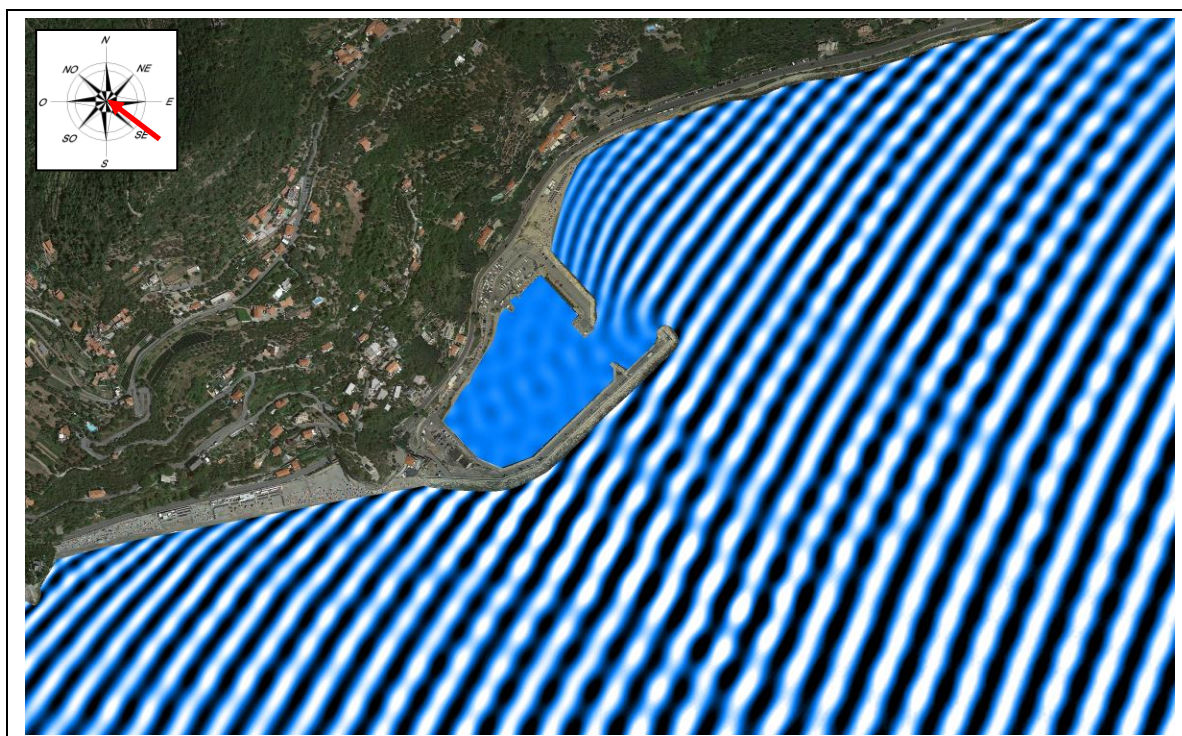


Fig. 6.6 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE ($T_P = 6$ s, DIR = 110 °N), andamento delle creste

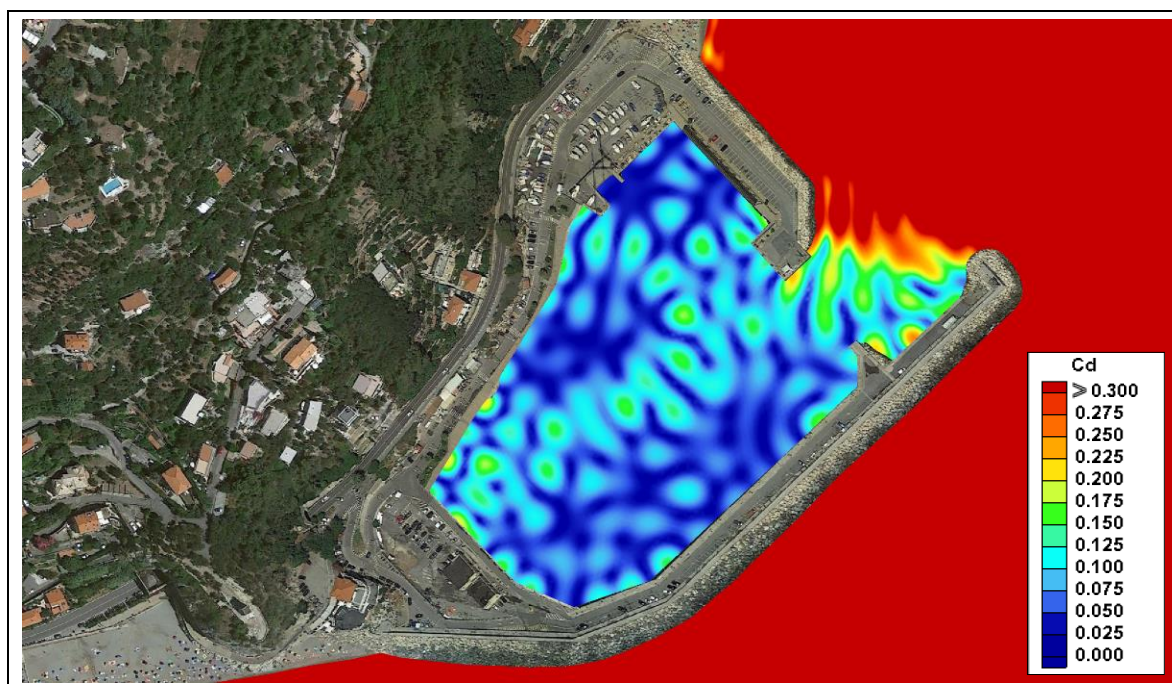



Fig. 6.7 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 30 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.3.2 Configurazione attuale - TEST 2 - Mareggiata ordinaria da SSO

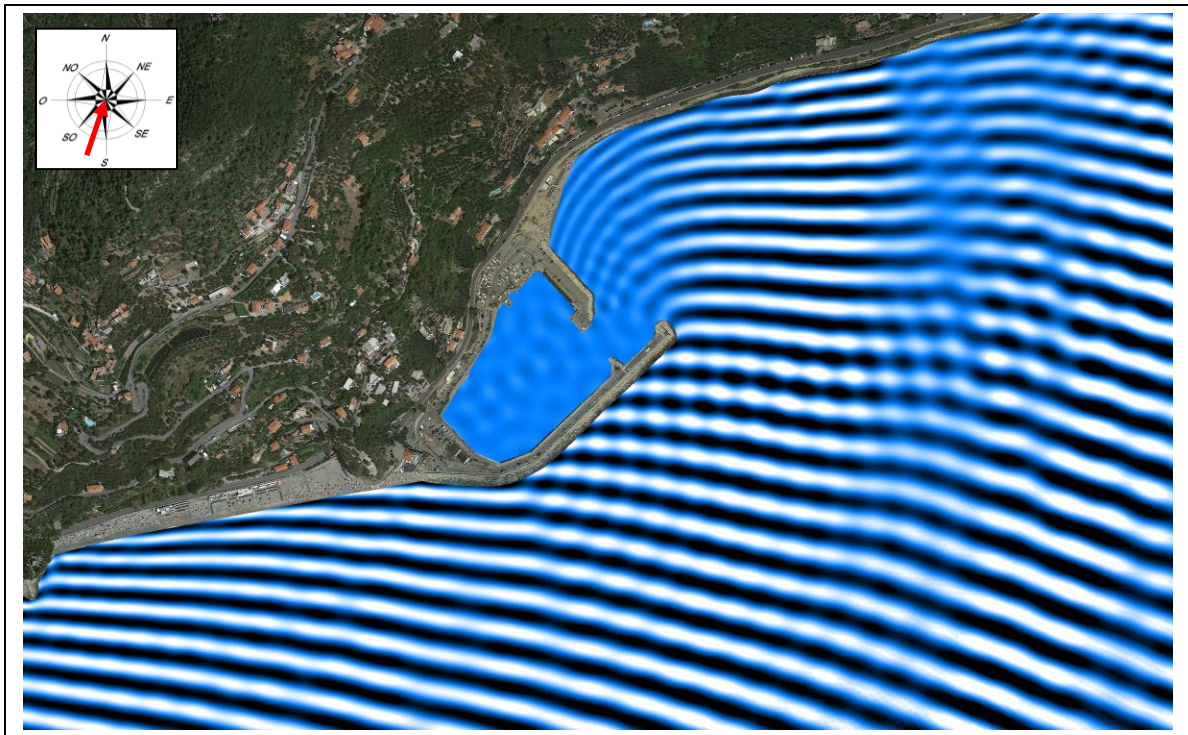


Fig. 6.8 – TEST 2: mareggiata ordinaria da SSO ($T_P = 6$ s, DIR = 200 °N), andamento delle creste

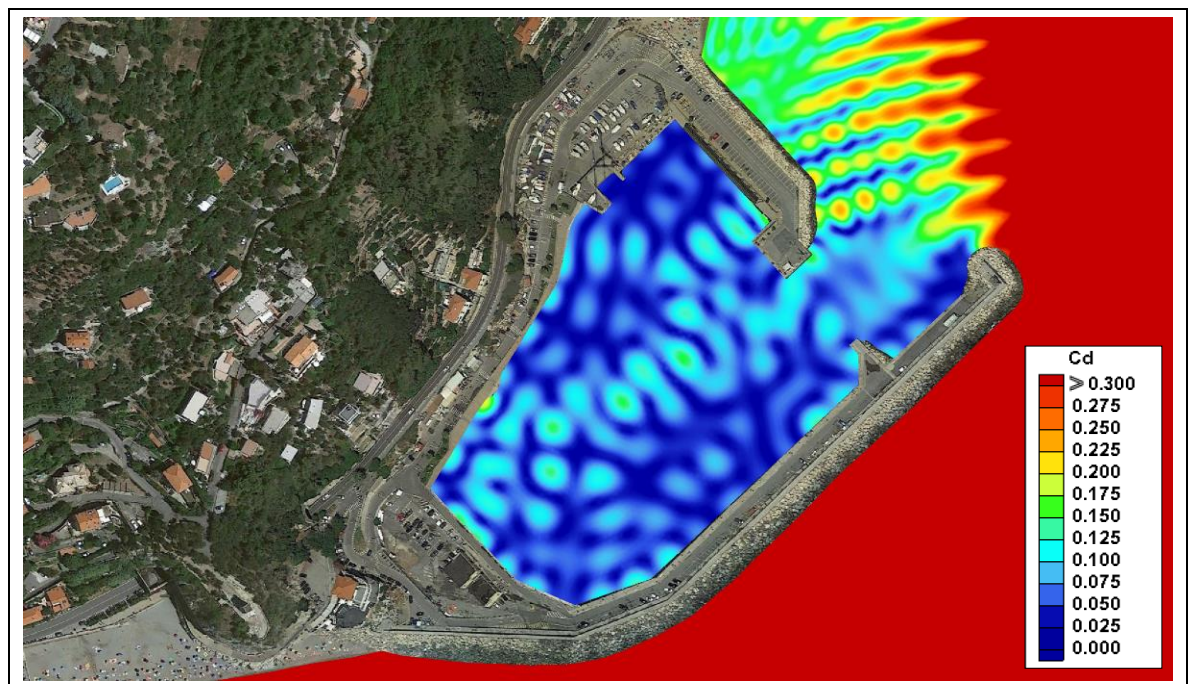



Fig. 6.9 – TEST 2: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 31 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.3.3 Configurazione attuale - TEST 3 – Mareggiata severa da ESE

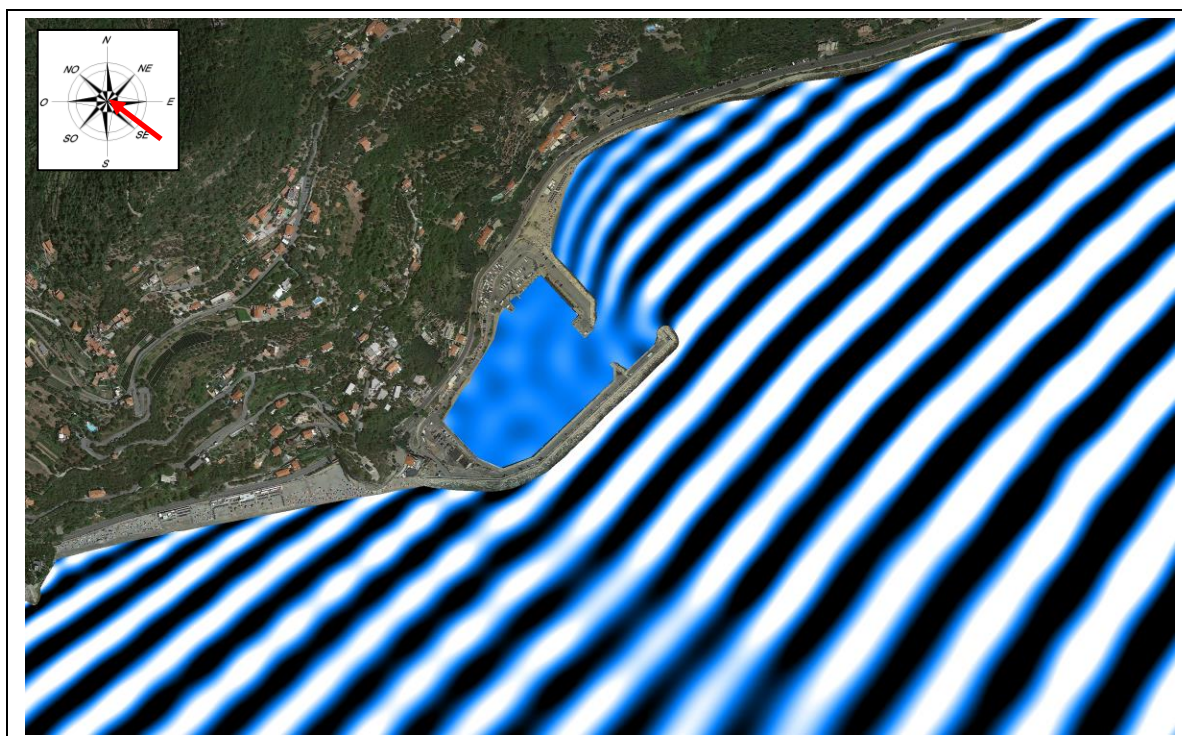


Fig. 6.10 – TEST 3: mareggiata severa da ESE ($T_P = 10$ s, DIR = 110 °N), andamento delle creste

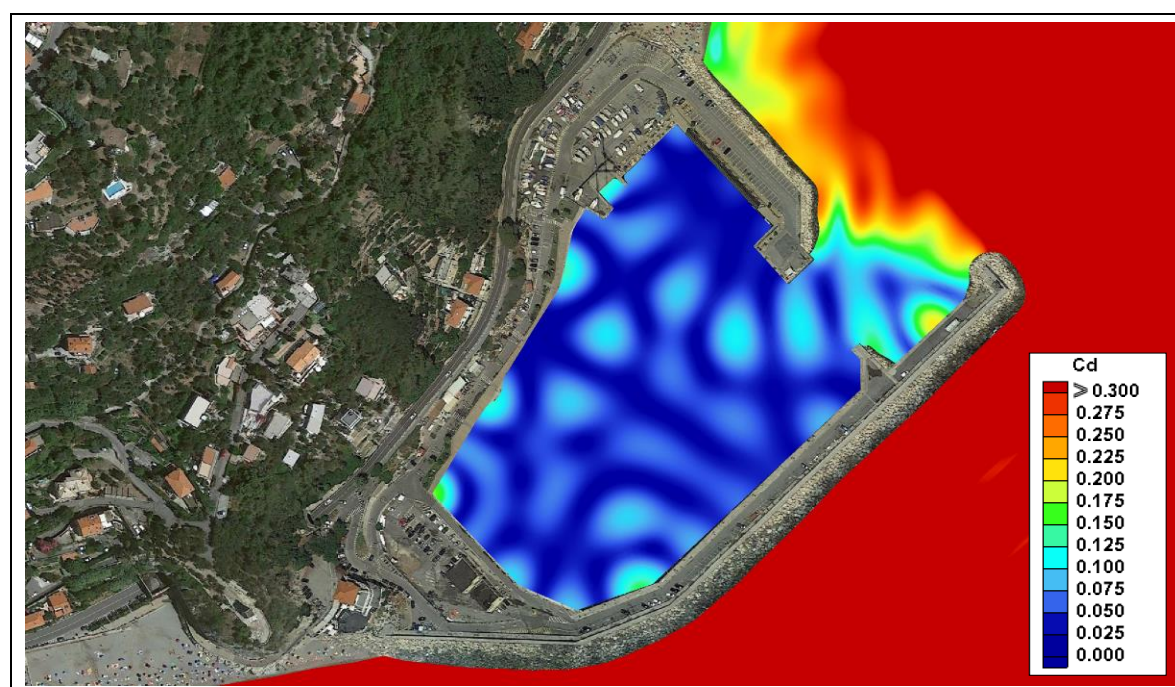



Fig. 6.11 – TEST 3: mareggiata severa da ESE, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 32 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.3.4 Configurazione attuale - TEST 4 - Mareggiata severa da SSO

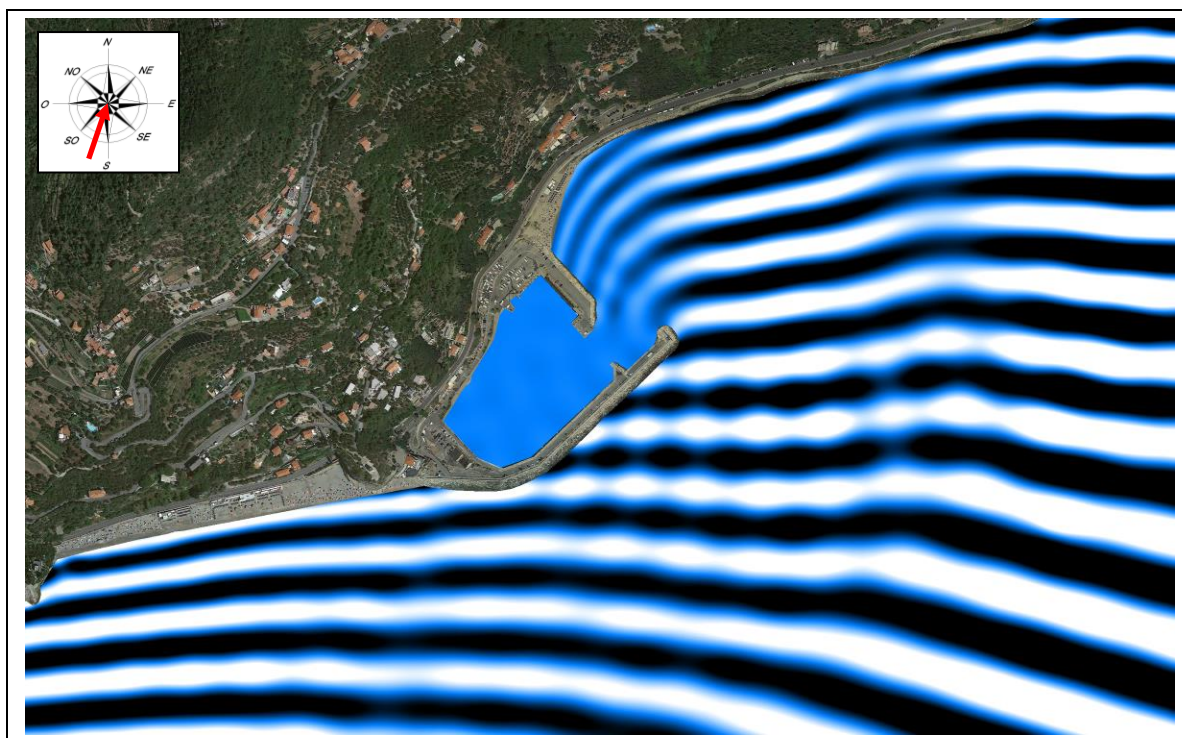


Fig. 6.12 – TEST 4: mareggiata severa da SSO ($T_P = 10$ s, DIR = 200 °N), andamento delle creste

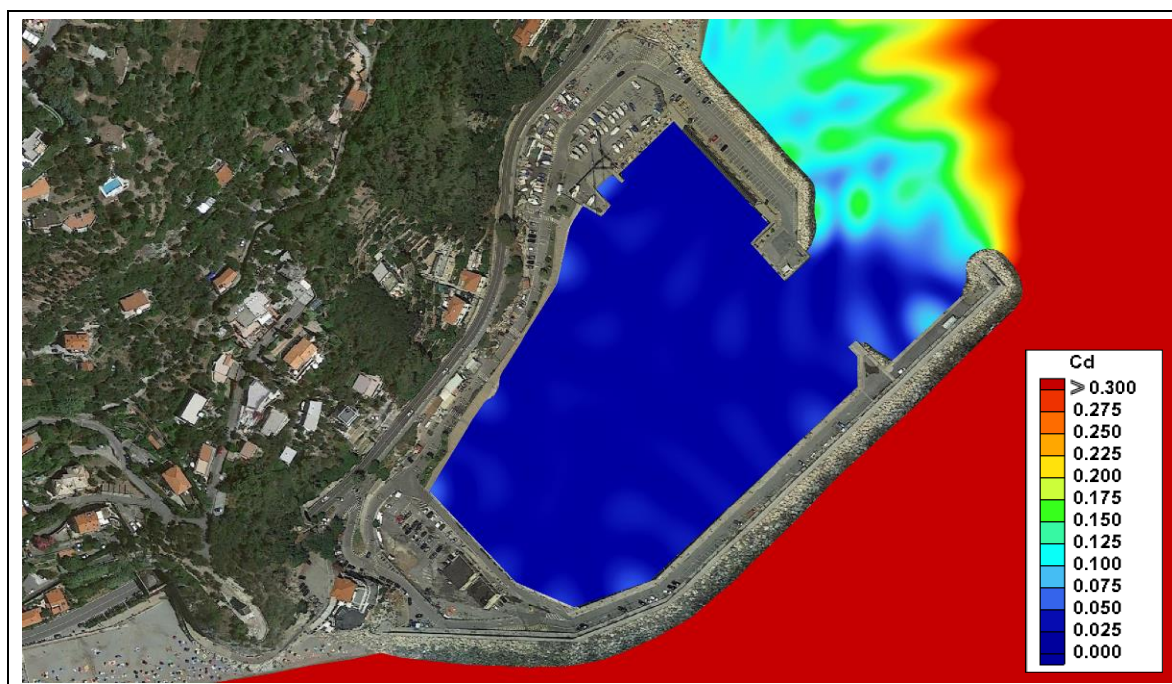



Fig. 6.13 – TEST 4: mareggiata severa da SSO, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 33 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	


6.4 Agitazione ondosa in configurazione di progetto 1

I risultati ottenuti dallo studio dell'agitazione ondosa su modello matematico CGWAVE in configurazione di progetto 1 sono riportati nei successivi paragrafi: i risultati delle simulazioni in termini di agitazione ondosa in prossimità e all'interno del porto sono riportati nelle figure da Fig. 6.14 a Fig. 6.21.

Nel dettaglio, in Fig. 6.14 (TEST 1), Fig. 6.16 (TEST 2), Fig. 6.18 (TEST 3) e Fig. 6.20 (TEST 4) è riportato l'andamento delle creste della mareggiata, in Fig. 6.15 (TEST 1), Fig. 6.17 (TEST 2), Fig. 6.19 (TEST 3) e Fig. 6.21 (TEST 4) viene invece rappresentata, mediante gradazioni cromatiche, l'agitazione ondosa all'interno del bacino portuale in termini di coefficiente di diffrazione. Anche in questo caso, per meglio evidenziare le aree caratterizzate da maggiori valori del coefficiente di diffrazione, si è scelto di limitare la scala cromatica al valore 0.3.

Dai risultati ottenuti si osserva che la configurazione analizzata determina limitati benefici in termini di riduzione del coefficiente di rifrazione. In particolare per le mareggiate provenienti da ESE (TEST 1 e TEST 3), che determinano i valori maggiori di coefficiente di diffrazione, si osserva che i campi di agitazione ondosa risultano piuttosto simili a quelli in configurazione attuale. Solo per la mareggiata severa proveniente da SSO (TEST 4) si osserva una sensibile riduzione dell'agitazione.

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 34 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.4.1 Ipotesi di progetto 1 - TEST 1 - Mareggiata ordinaria da ESE

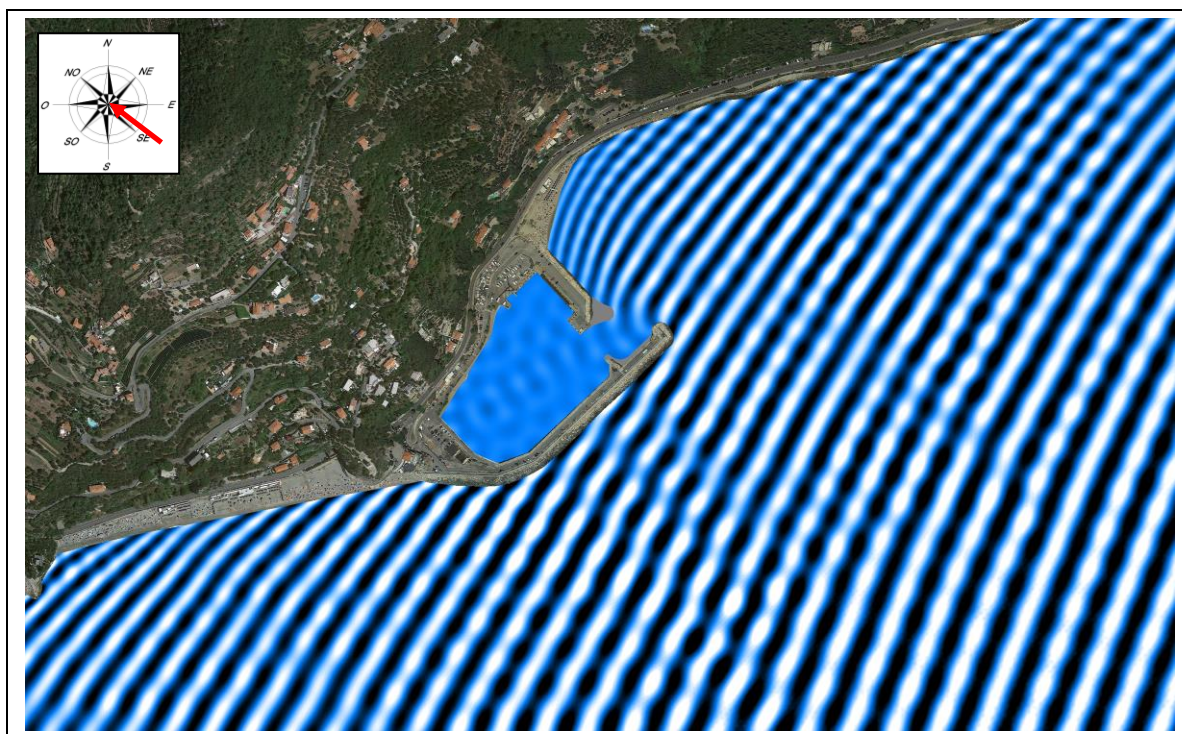


Fig. 6.14 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE ($T_p = 6$ s, $DIR = 110^\circ N$), andamento delle creste

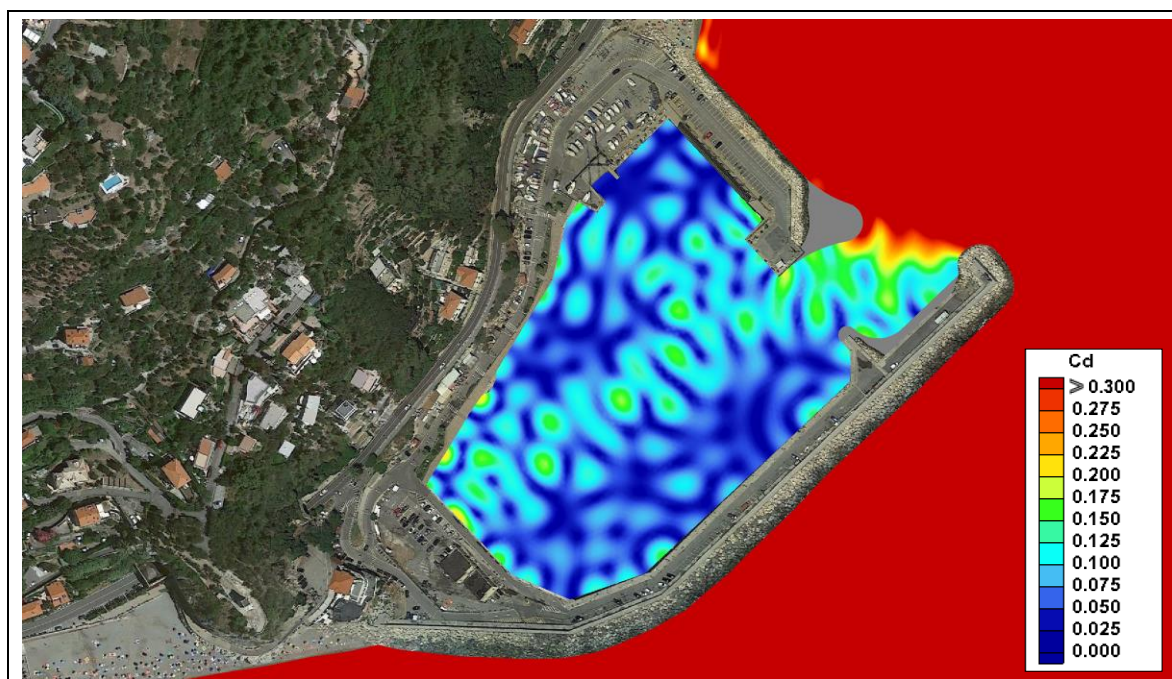



Fig. 6.15 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 35 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.4.2 Ipotesi di progetto 1 - TEST 2 - Mareggiata ordinaria da SSO

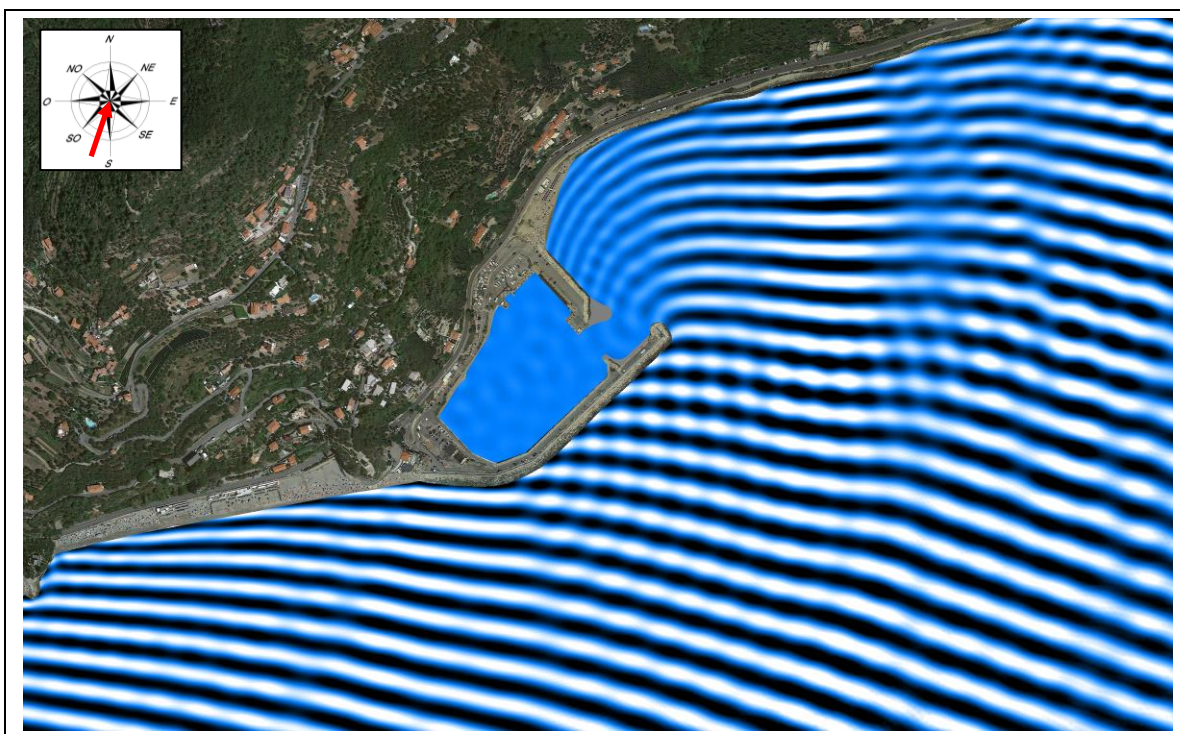


Fig. 6.16 – TEST 2: mareggiata ordinaria da SSO ($T_p = 6$ s, $DIR = 200^\circ N$), andamento delle creste

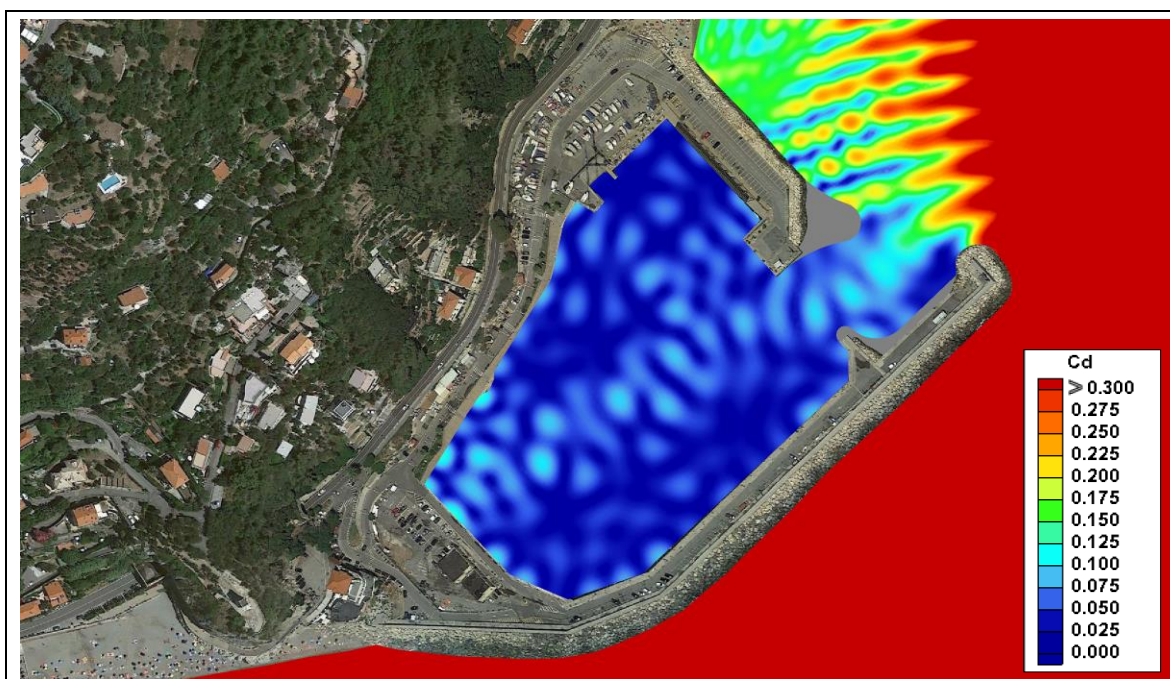



Fig. 6.17 – TEST 2: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 36 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.4.3 Ipotesi di progetto 1 - TEST 3 – Mareggiata severa da ESE

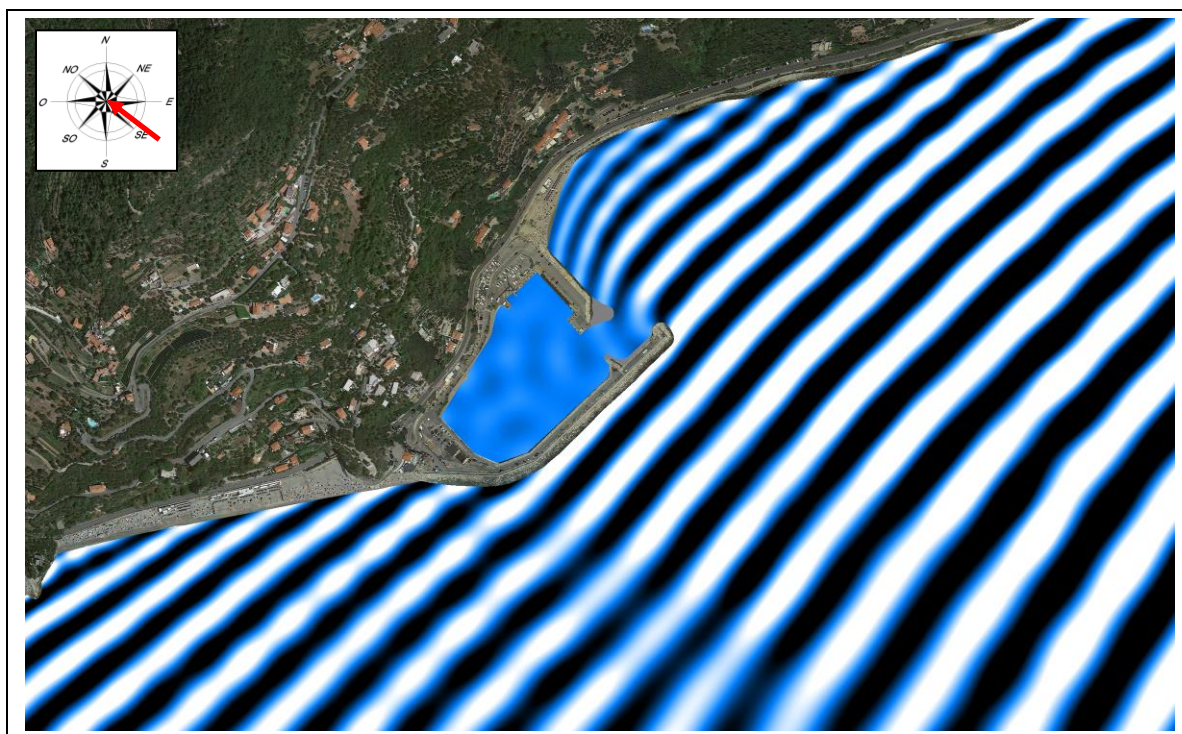


Fig. 6.18 – TEST 3: mareggiata severa da ESE ($T_P = 10$ s, DIR = 110 °N), andamento delle creste

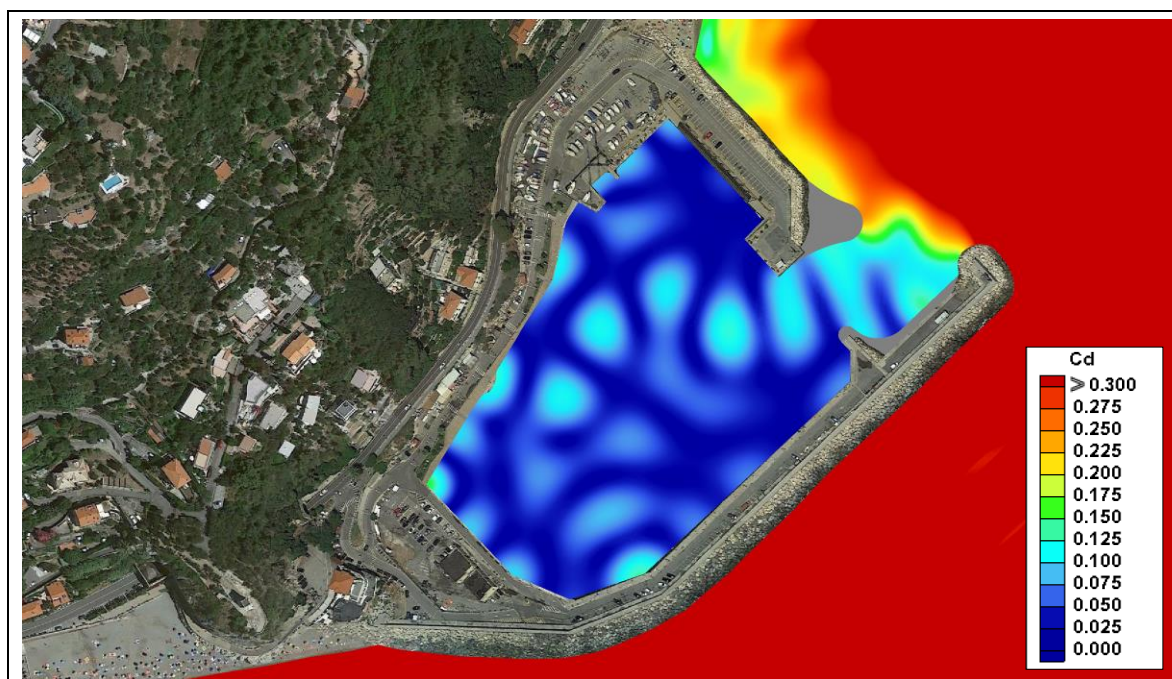



Fig. 6.19 – TEST 3: mareggiata severa da ESE, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 37 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.4.4 Ipotesi di progetto 1 - TEST 4 - Mareggiata severa da SSO

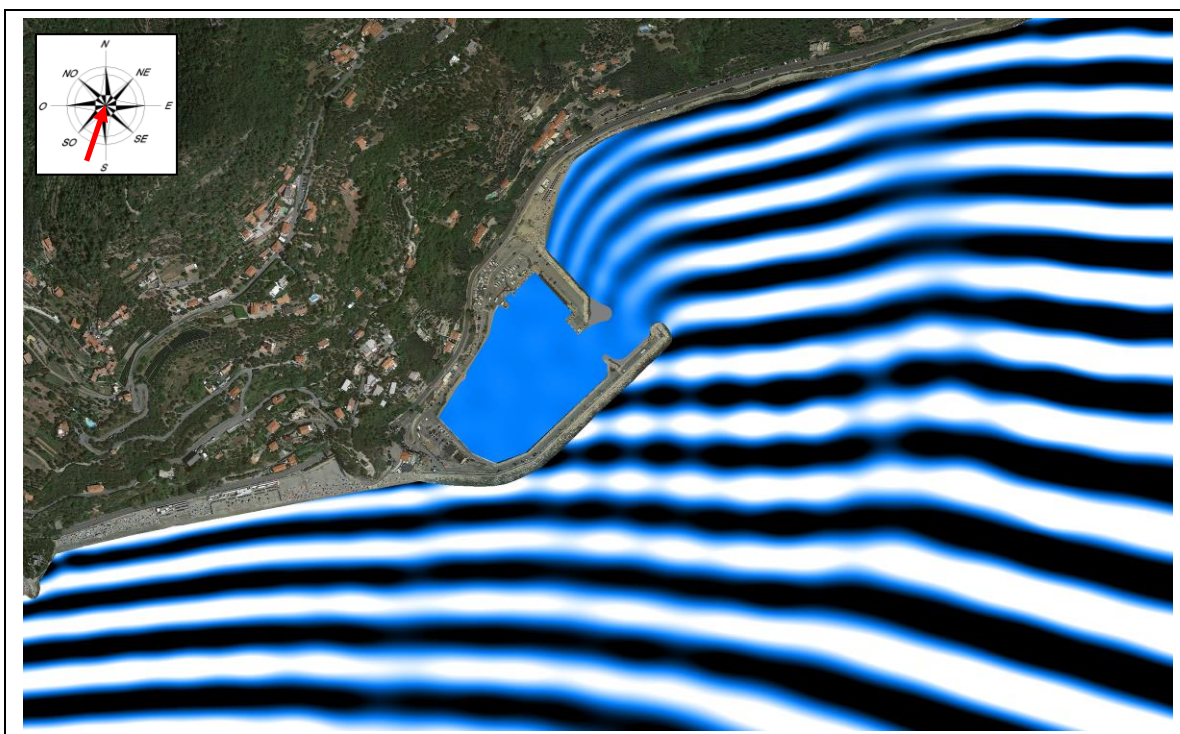


Fig. 6.20 – TEST 4: mareggiata severa da SSO ($T_P = 10$ s, $DIR = 200^\circ N$), andamento delle creste

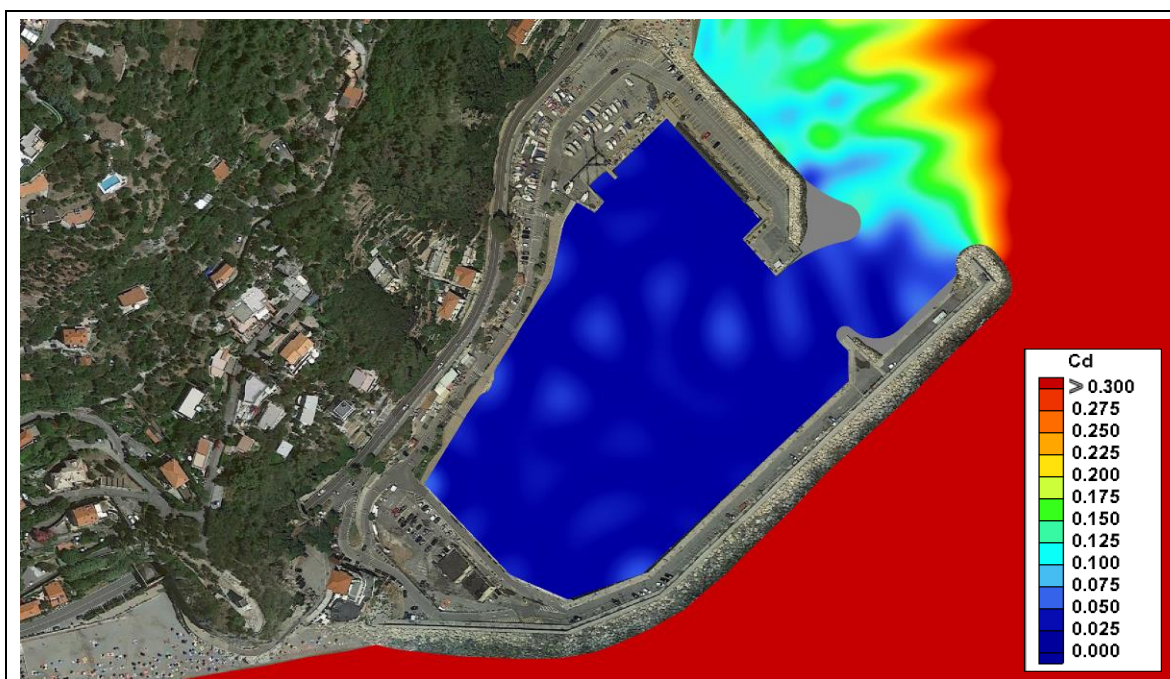



Fig. 6.21 – TEST 4: mareggiata severa da SSO, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 38 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.5 Agitazione ondosa in configurazione di progetto 2


I risultati ottenuti dallo studio dell'agitazione ondosa su modello matematico CGWAVE in configurazione di progetto 2 sono riportati nei successivi paragrafi: i risultati delle simulazioni in termini di agitazione ondosa in prossimità e all'interno del porto sono riportati nelle figure da Fig. 6.22 a Fig. 6.29.

Nel dettaglio, in Fig. 6.22 (TEST 1), Fig. 6.24 (TEST 2), Fig. 6.26 (TEST 3) e Fig. 6.28 (TEST 4) è riportato l'andamento delle creste della mareggiata, in Fig. 6.23 (TEST 1), Fig. 6.25 (TEST 2), Fig. 6.27 (TEST 3) e Fig. 6.29 (TEST 4) viene invece rappresentata, mediante gradazioni cromatiche, l'agitazione ondosa all'interno del bacino portuale in termini di coefficiente di diffrazione. Anche in questo caso, per meglio evidenziare le aree caratterizzate da maggiori valori del coefficiente di diffrazione, si è scelto di limitare la scala cromatica al valore 0.3.

Dai risultati ottenuti si osserva che il prolungamento del molo di sopraflutto, associato alla modifica della testata del molo di sottoflutto determina notevoli benefici in termini di riduzione del coefficiente di rifrazione.

Infatti, per tutte le mareggiate si osserva che i campi di agitazione ondosa risultano piuttosto attenuati; in termini di coefficienti di diffrazione si può osservare che la mareggiata ordinaria da ESE (TEST 1), determina valori di picco prossimi a 0.17, mentre la mareggiata severa da ESE (TEST 3) determina coefficienti di diffrazione massimi inferiori a 0.1.

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 39 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.5.1 Ipotesi di progetto 2 - TEST 1 - Mareggiata ordinaria da ESE

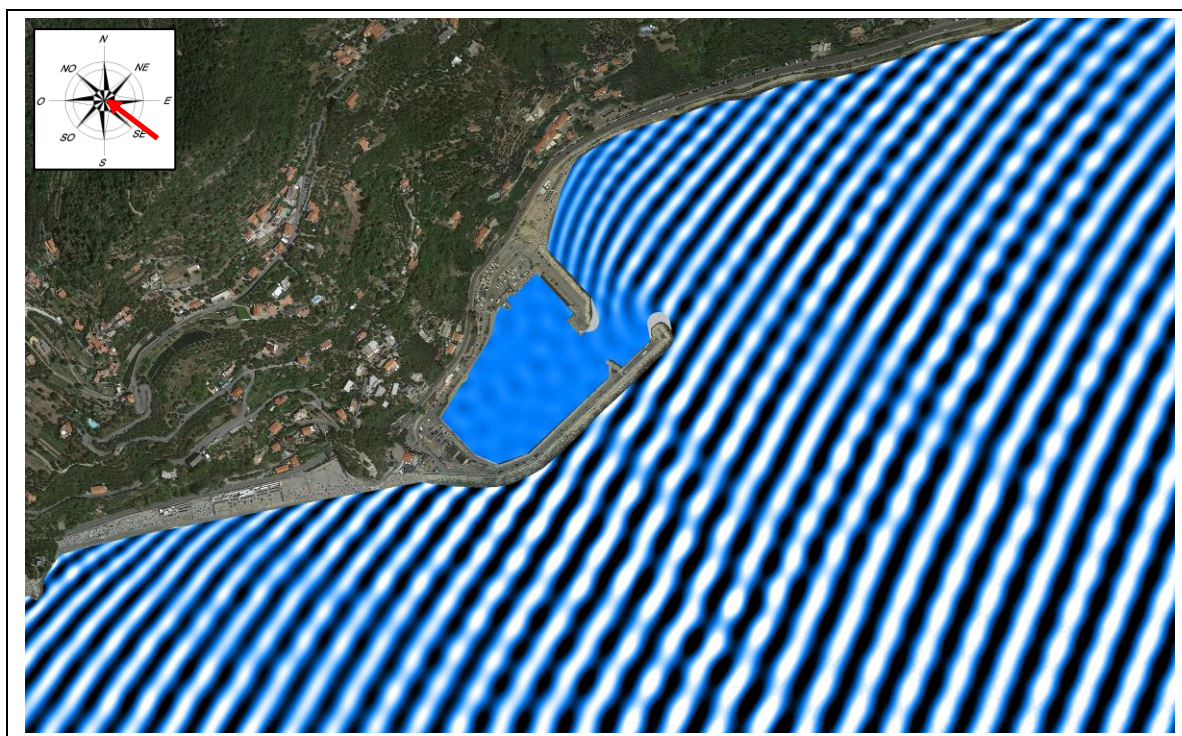


Fig. 6.22 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE ($T_P = 6$ s, $DIR = 110^\circ N$), andamento delle creste

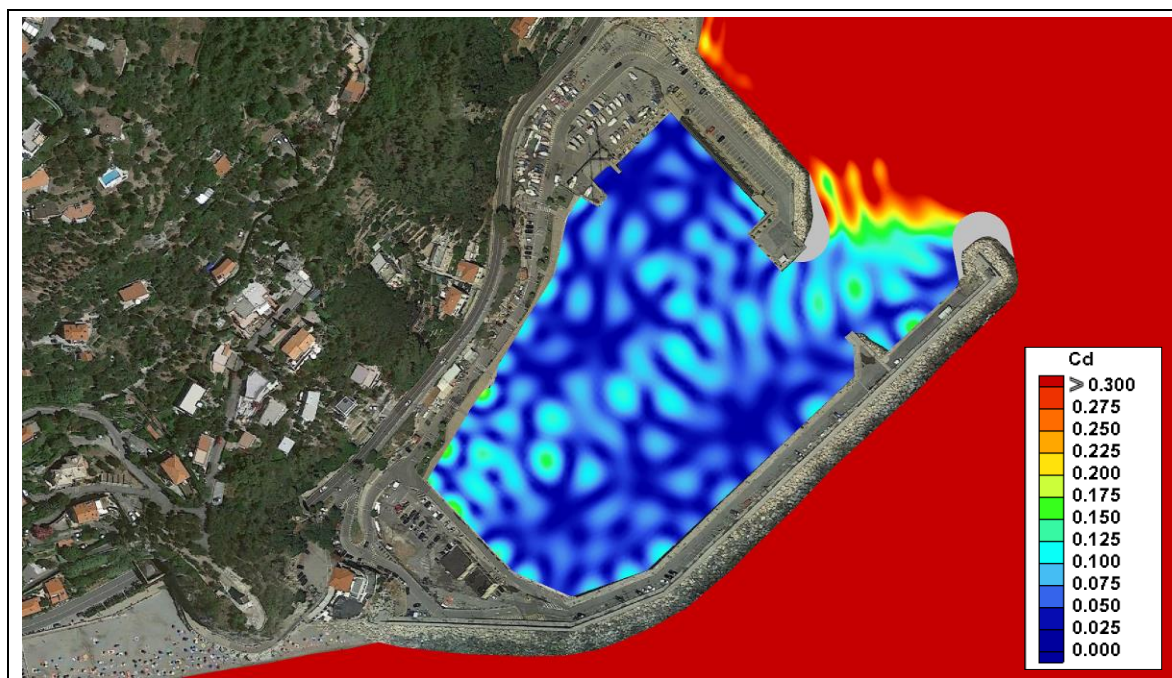



Fig. 6.23 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 40 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.5.2 Ipotesi di progetto 2 - TEST 2 - Mareggiata ordinaria da SSO

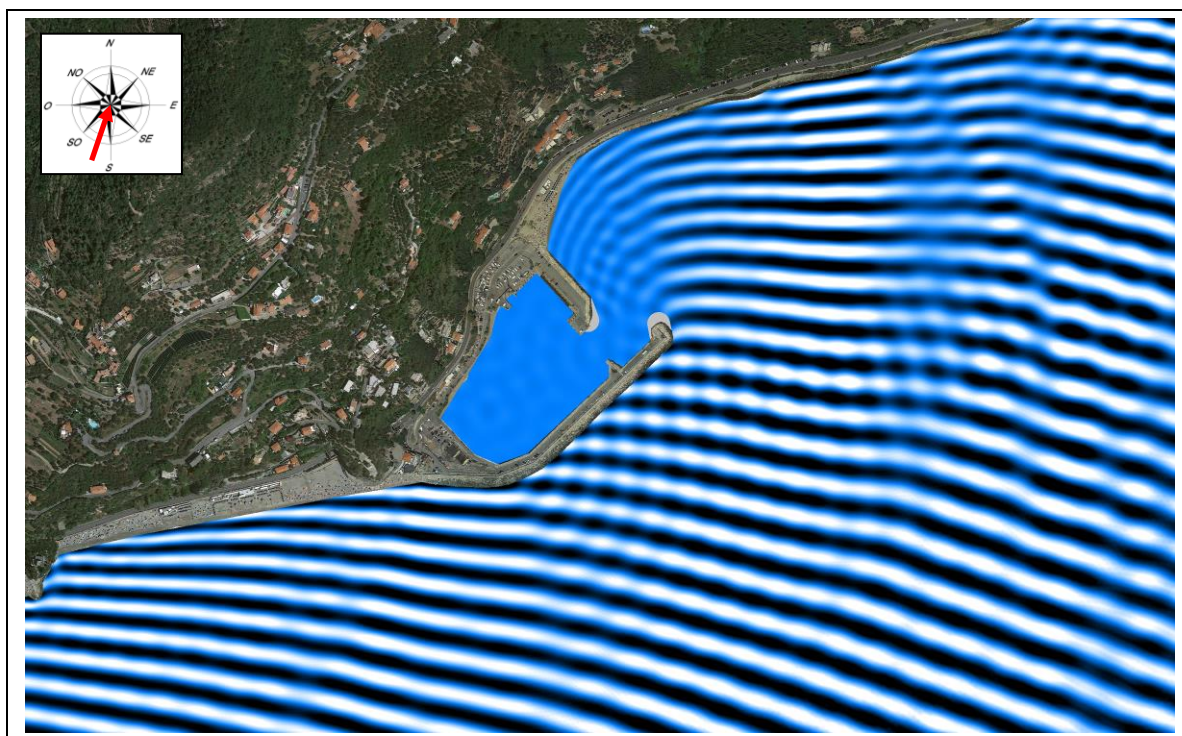


Fig. 6.24 – TEST 2: mareggiata ordinaria da SSO ($T_p = 6$ s, DIR = 200 °N), andamento delle creste

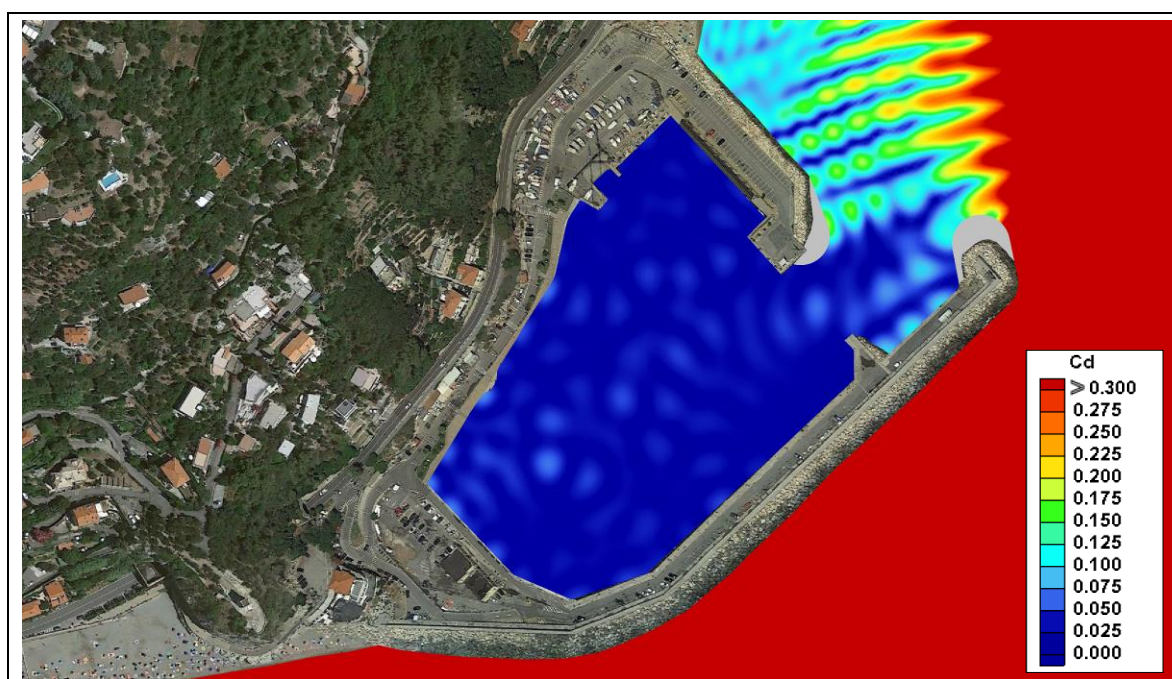



Fig. 6.25 – TEST 2: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 41 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.5.3 Ipotesi di progetto 2 - TEST 3 – Mareggiata severa da ESE

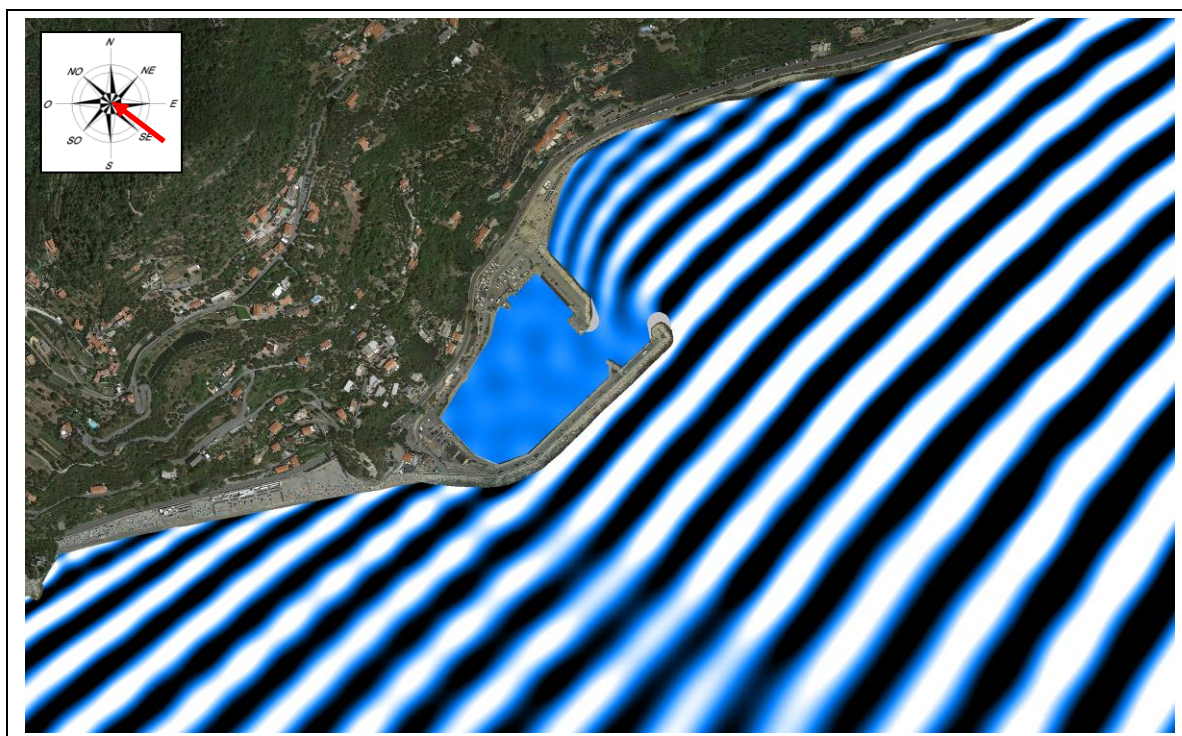


Fig. 6.26 – TEST 3: mareggiata severa da ESE ($T_P = 10$ s, DIR = 110 °N), andamento delle creste

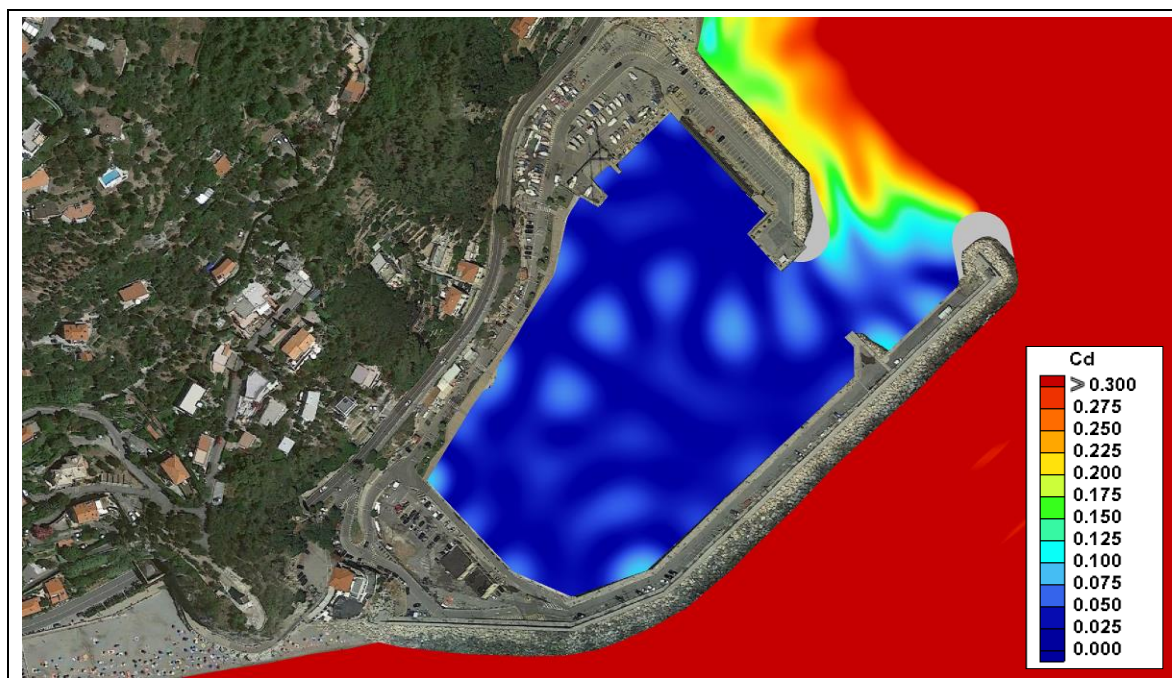



Fig. 6.27 – TEST 3: mareggiata severa da ESE, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 42 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.5.4 Ipotesi di progetto 2 - TEST 4 - Mareggiata severa da SSO

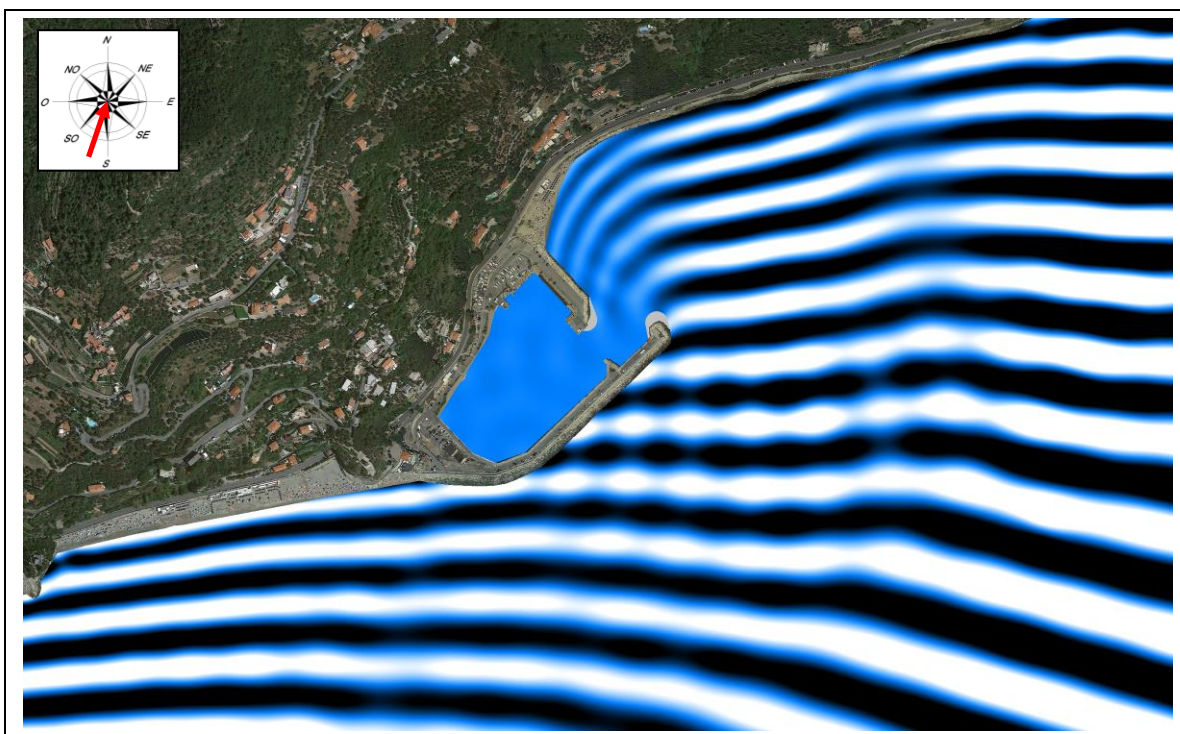


Fig. 6.28 – TEST 4: mareggiata severa da SSO ($T_P = 10$ s, DIR = 200 °N), andamento delle creste

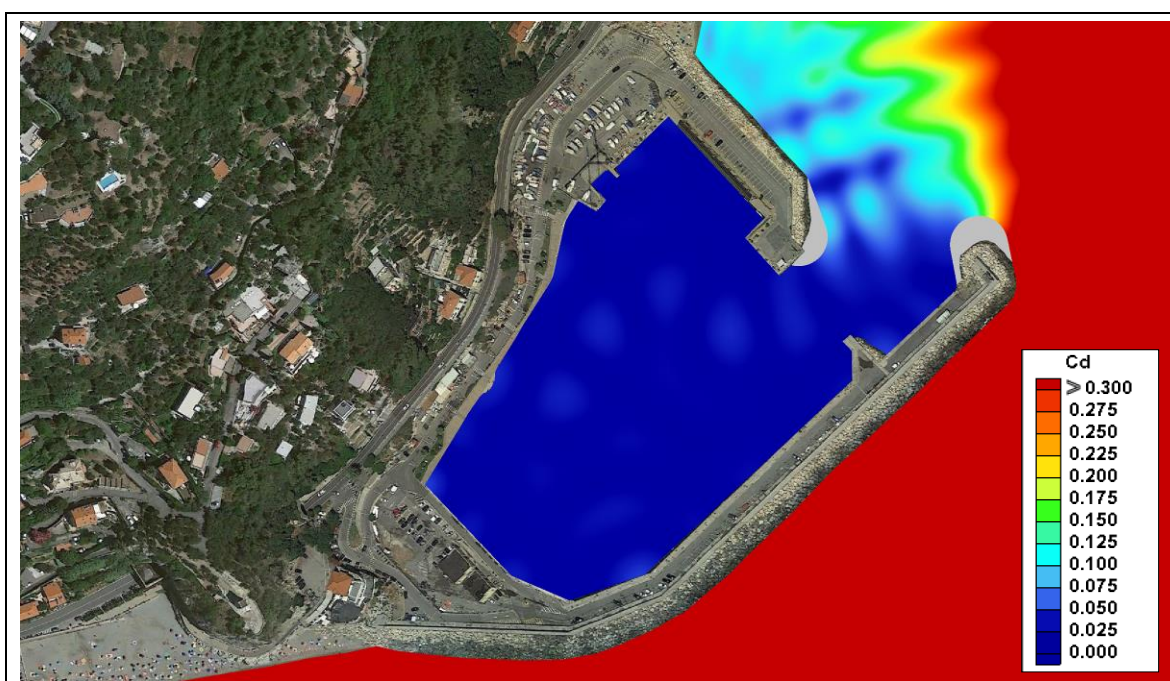



Fig. 6.29 – TEST 4: mareggiata severa da SSO, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 43 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.6 Agitazione ondosa in configurazione di progetto 2 Fase 2


I risultati ottenuti dallo studio dell'agitazione ondosa su modello matematico CGWAVE in configurazione di progetto 2 - Fase 2 sono riportati nei successivi paragrafi: i risultati delle simulazioni in termini di agitazione ondosa in prossimità e all'interno del porto sono riportati nelle figure da Fig. 6.30 a Fig. 6.37.

Nel dettaglio, in Fig. 6.30 (TEST 1), Fig. 6.32 (TEST 2), Fig. 6.34 (TEST 3) e Fig. 6.36 (TEST 4) è riportato l'andamento delle creste della mareggiata, in Fig. 6.31 (TEST 1), Fig. 6.33 (TEST 2), Fig. 6.35 (TEST 3) e Fig. 6.37 (TEST 4) viene invece rappresentata, mediante gradazioni cromatiche, l'agitazione ondosa all'interno del bacino portuale in termini di coefficiente di diffrazione.

Anche in questo caso, per meglio evidenziare le aree caratterizzate da maggiori valori del coefficiente di diffrazione, si è scelto di limitare la scala cromatica al valore 0.3.

Dai risultati ottenuti si osserva che l'inserimento di elementi antiriflettenti all'interno del bacino, ottenuta mediante la trasformazione delle banchine esistenti, determina una ulteriore riduzione del coefficiente di rifrazione.

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 44 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.6.1 Ipotesi di progetto 2 Fase 2 - TEST 1 - Mareggiata ordinaria da ESE

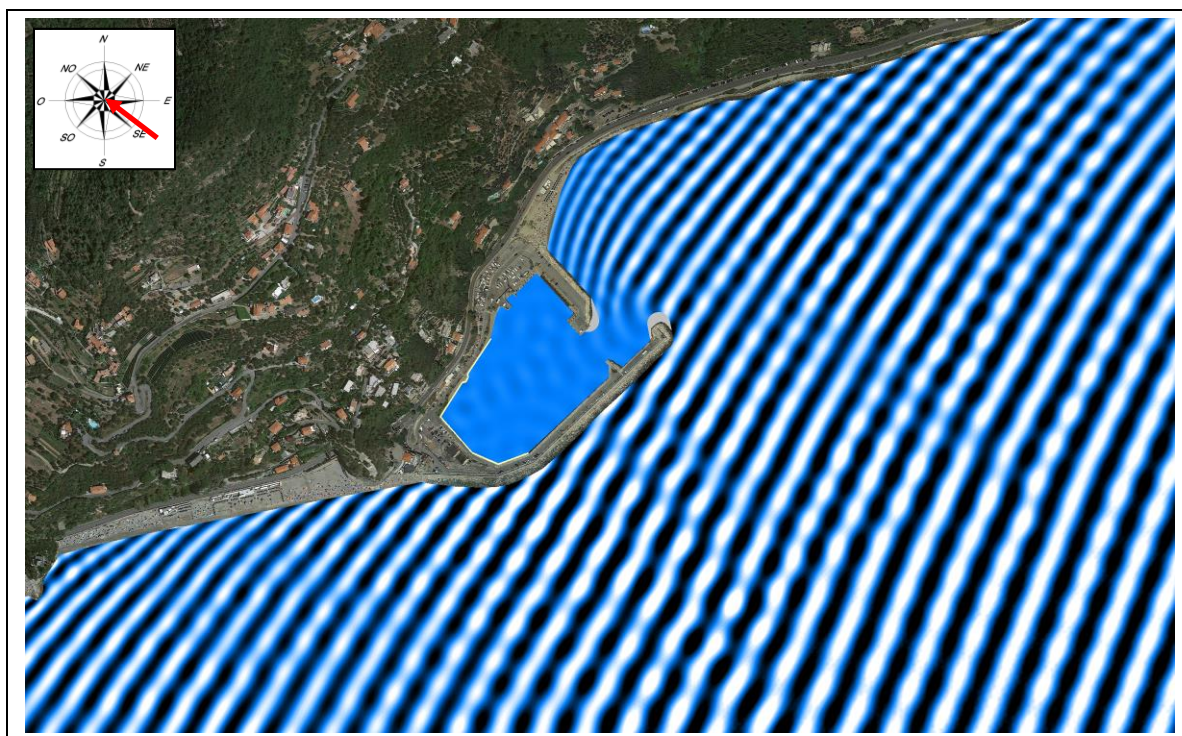


Fig. 6.30 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE ($T_p = 6$ s, $DIR = 110^\circ N$), andamento delle creste

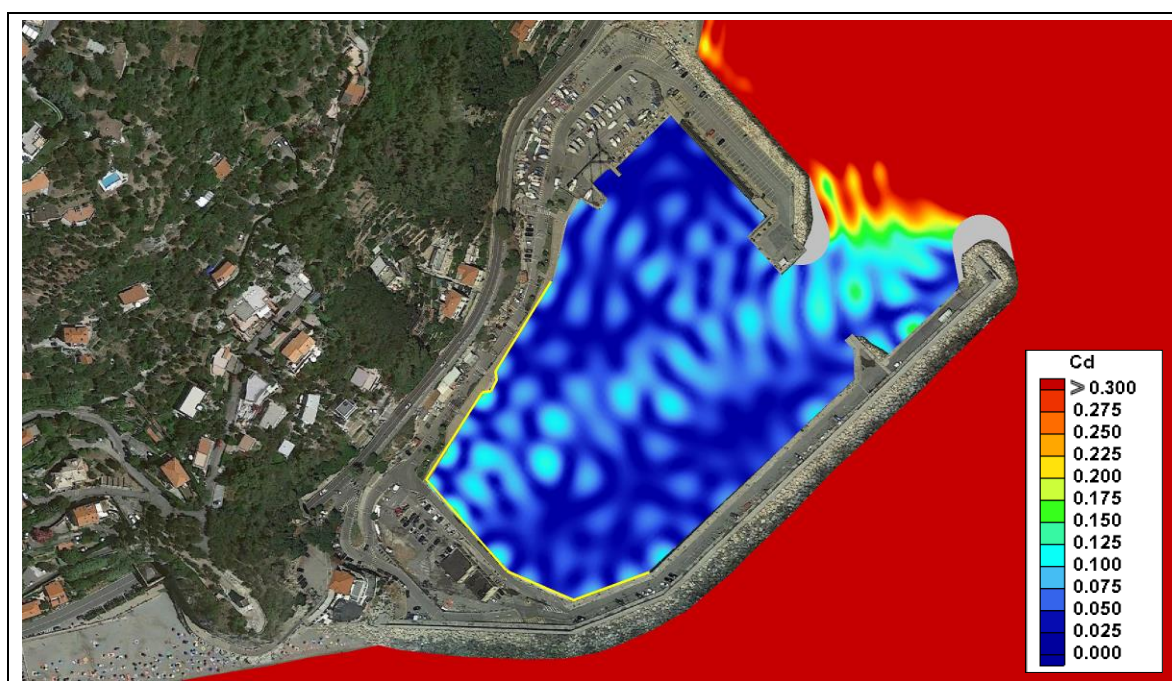



Fig. 6.31 – TEST 1: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 45 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.6.2 Ipotesi di progetto 2 Fase 2 - TEST 2 - Mareggiata ordinaria da SSO

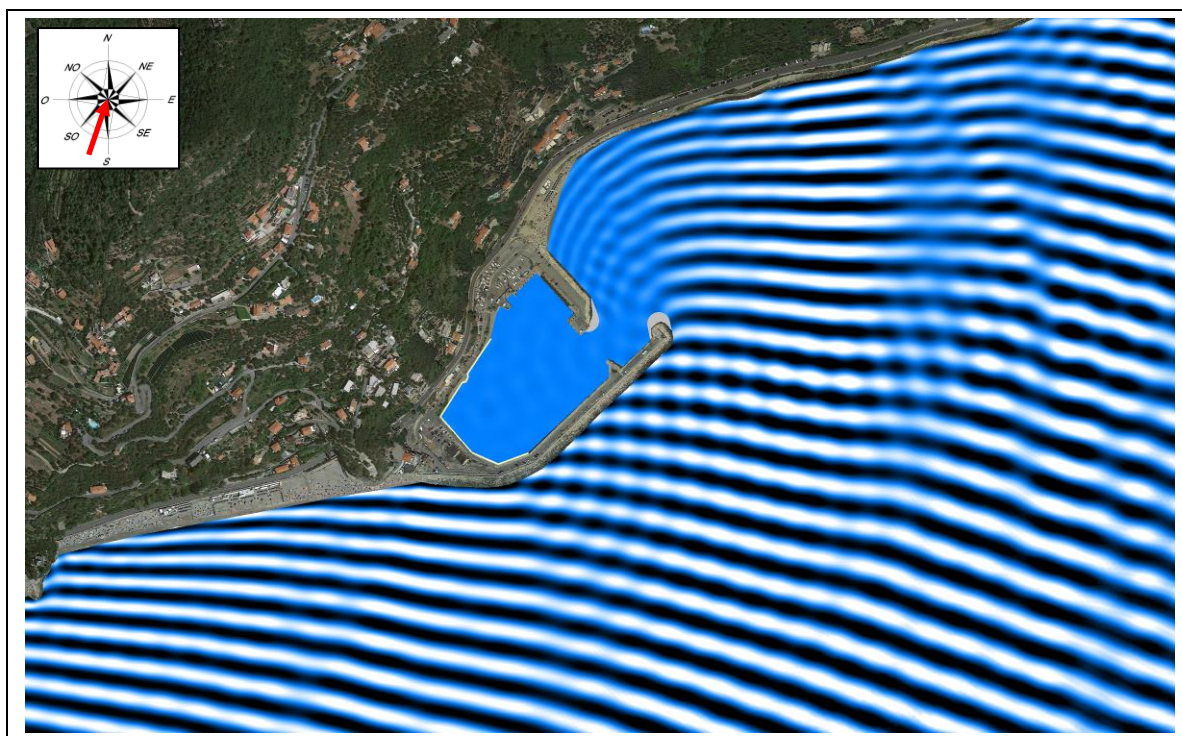


Fig. 6.32 – TEST 2: mareggiata ordinaria da SSO ($T_p = 6$ s, DIR = 200 °N), andamento delle creste

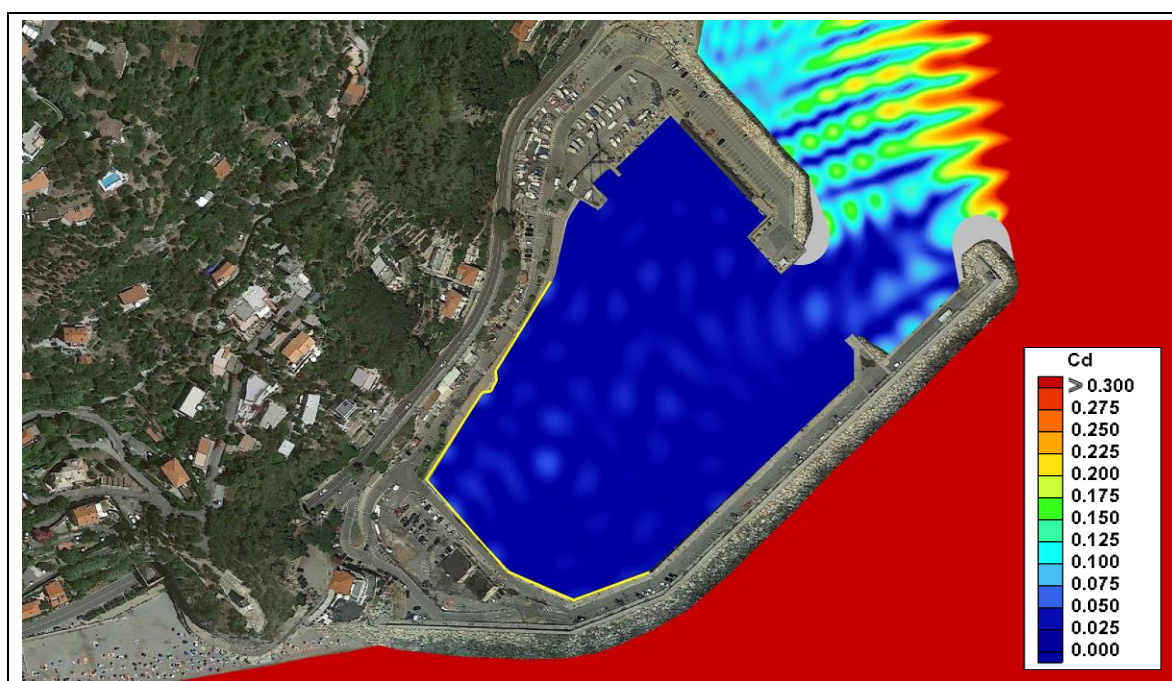



Fig. 6.33 – TEST 2: mareggiata ordinaria da ESE, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 46 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.6.3 Ipotesi di progetto 2 Fase 2 - TEST 3 – Mareggiata severa da ESE

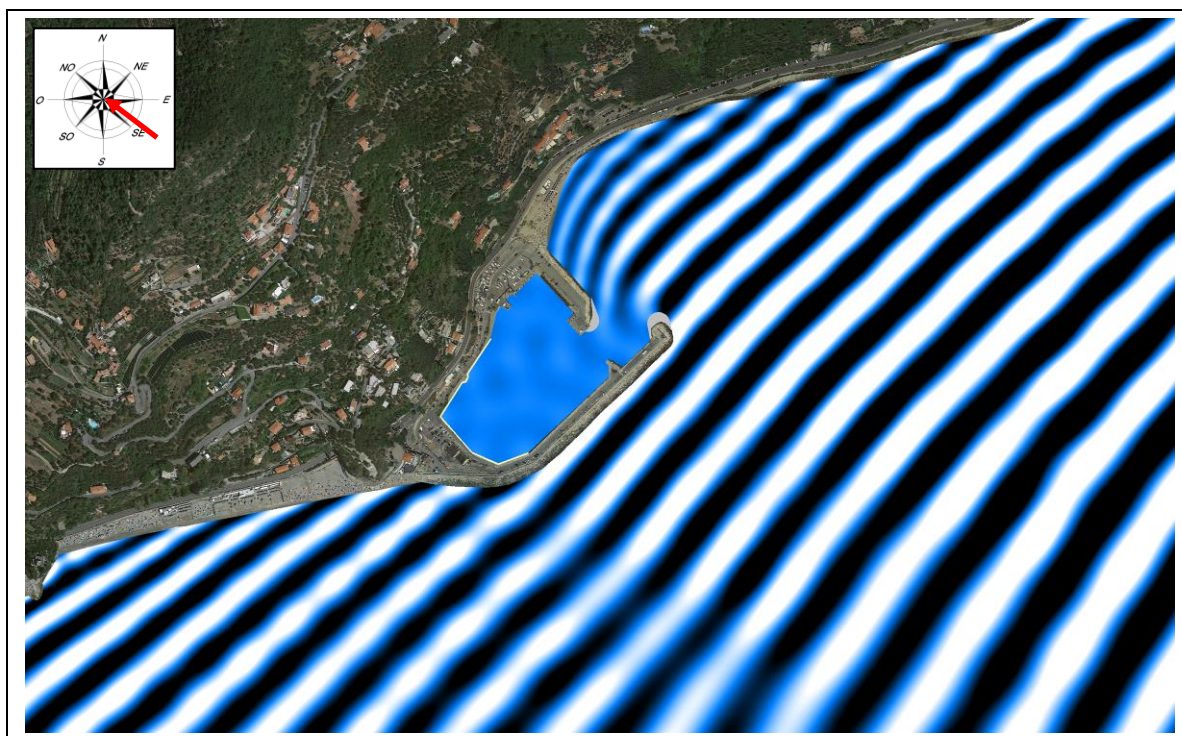


Fig. 6.34 – TEST 3: mareggiata severa da ESE ($T_P = 10$ s, DIR = 110 °N), andamento delle creste

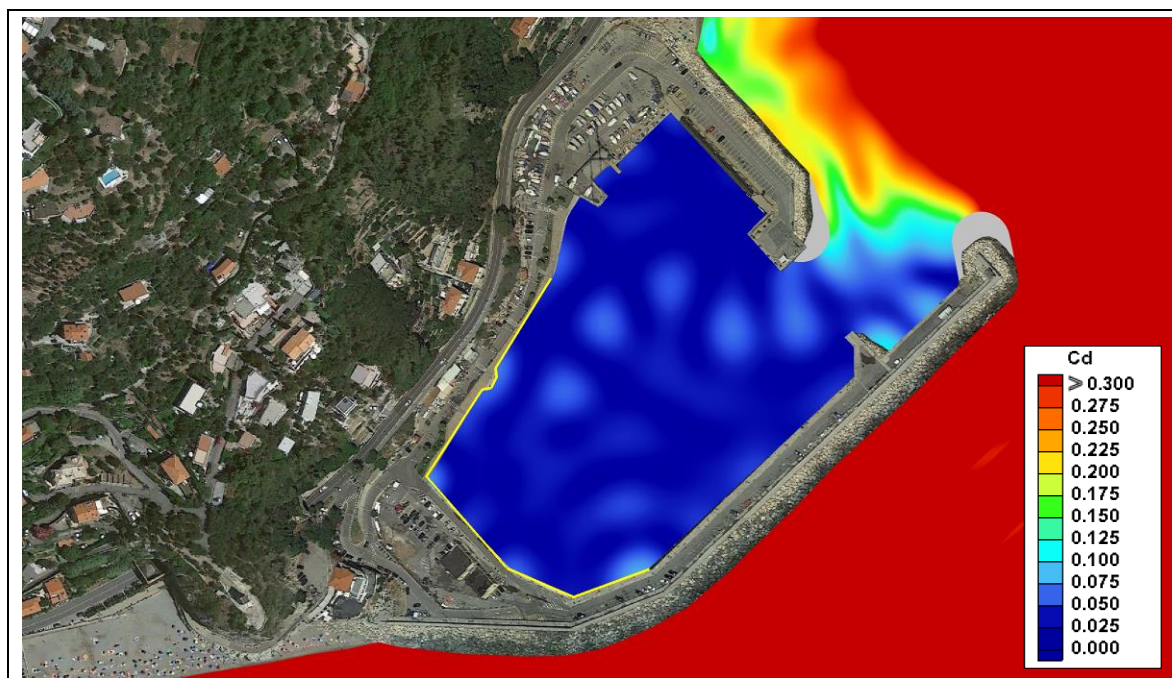



Fig. 6.35 – TEST 3: mareggiata severa da ESE, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 47 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.6.4 Ipotesi di progetto 2 Fase 2 - TEST 4 - Mareggiata severa da SSO

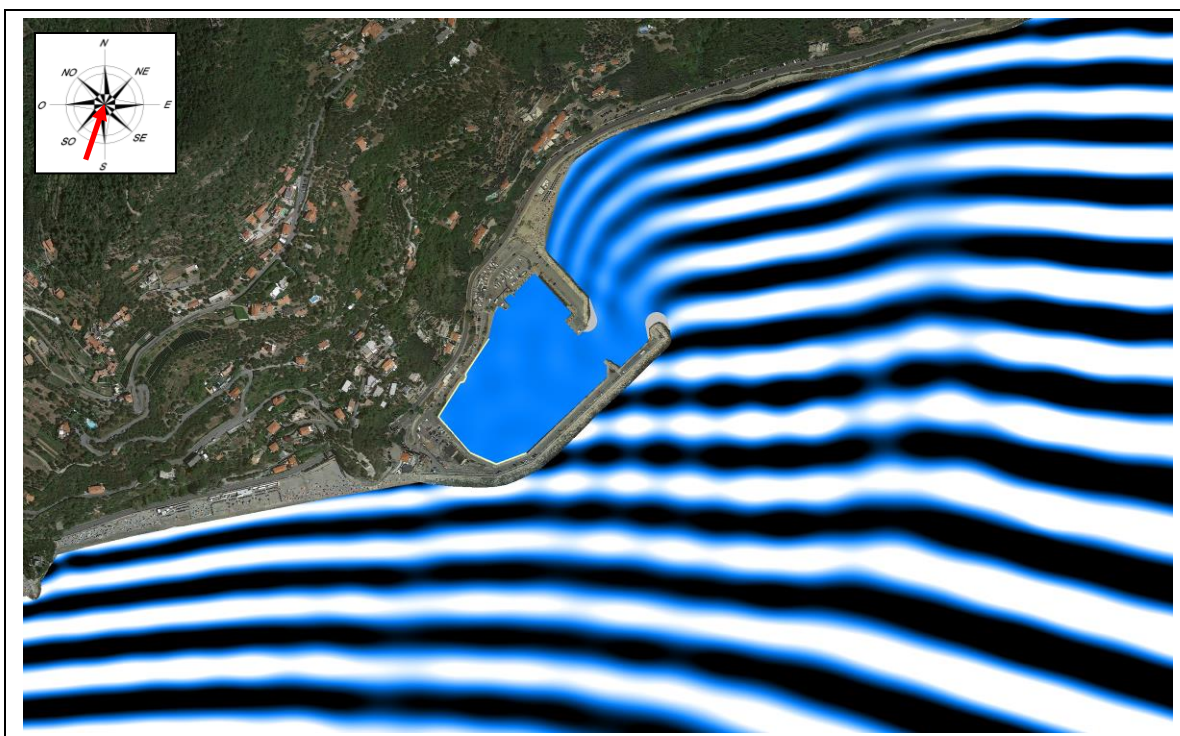


Fig. 6.36 – TEST 4: mareggiata severa da SSO ($T_P = 10$ s, $DIR = 200^\circ N$), andamento delle creste

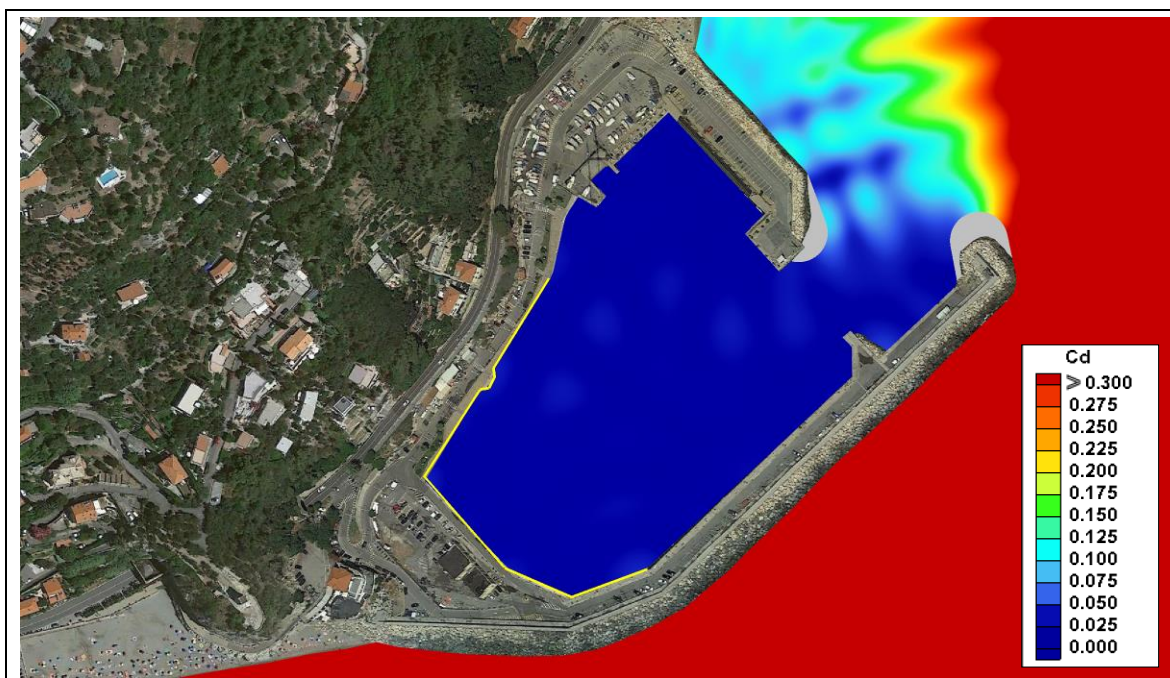



Fig. 6.37 – TEST 4: mareggiata severa da SSO, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 48 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.7 Agitazione ondosa in configurazione di progetto 2 Stralcio

I risultati ottenuti dallo studio dell'agitazione ondosa su modello matematico CGWAVE in configurazione di progetto 2 Stralcio sono riportati di seguito.

Per questa configurazione progettuale l'analisi è stata limitata alla mareggiata più significativa: la mareggiata severa da ESE (TEST 3).


I risultati delle simulazioni in termini di agitazione ondosa in prossimità e all'interno del porto sono riportati in Fig. 6.38 e Fig. 6.39.

Nel dettaglio, in Fig. 6.38 è riportato l'andamento delle creste della mareggiata, in Fig. 6.39 viene invece rappresentata, mediante gradazioni cromatiche, l'agitazione ondosa all'interno del bacino portuale in termini di coefficiente di diffrazione.

Anche in questo caso, per meglio evidenziare le aree caratterizzate da maggiori valori del coefficiente di diffrazione, si è scelto di limitare la scala cromatica al valore 0.3.

Dai risultati ottenuti si osserva che nel caso in cui la configurazione di progetto 2 dovesse essere realizzata per stralci, la realizzazione del solo prolungamento del molo di sopraflutto determina notevoli benefici in termini di riduzione del coefficiente di riflessione, comparabili con quelli ottenuti con la configurazione di progetto completa.

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 49 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

6.7.1 Ipotesi di progetto 2 Fase 2 - TEST 3 – Mareggiata severa da ESE

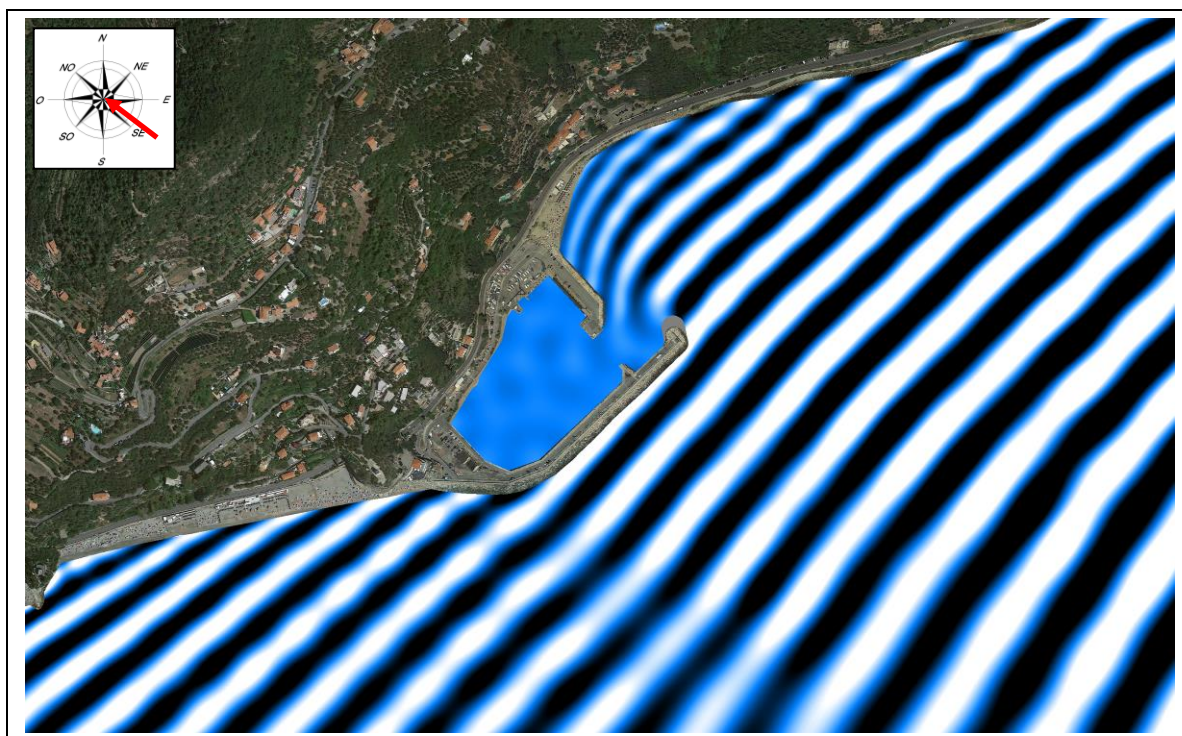


Fig. 6.38 – TEST 3: mareggiata severa da ESE ($T_P = 10$ s, DIR = 110 °N), andamento delle creste

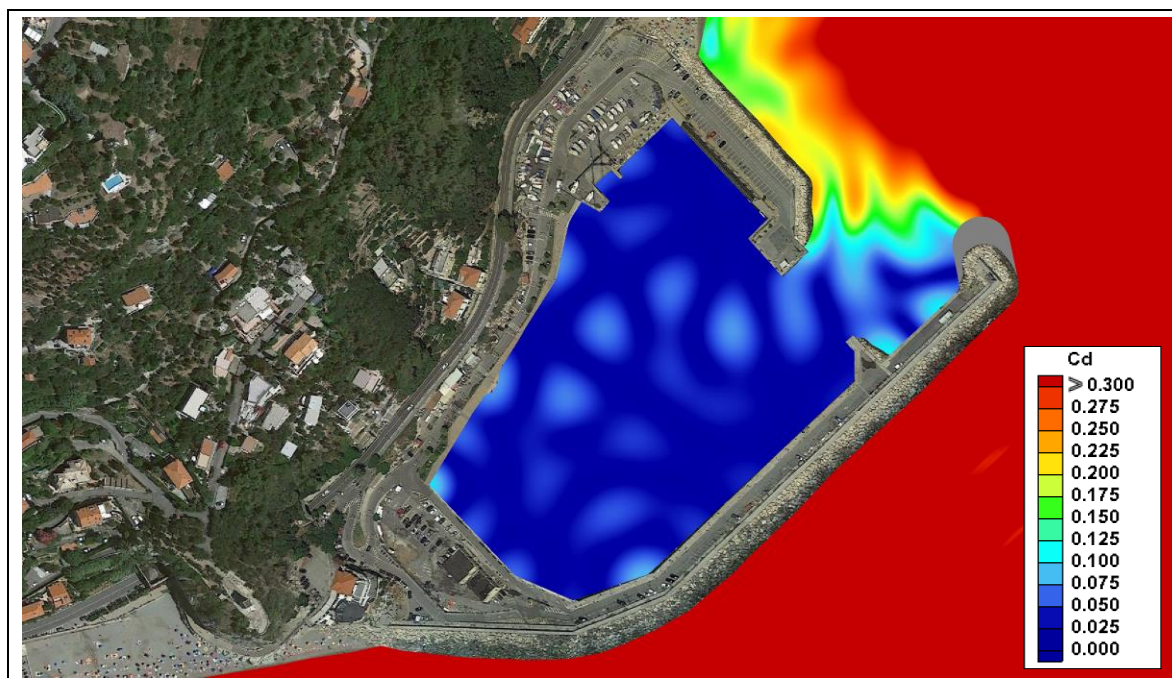



Fig. 6.39 – TEST 3: mareggiata severa da ESE, coefficiente di diffrazione

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 50 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

7 CONCLUSIONI

Lo scopo degli interventi analizzati nel presente documento è quello di ridurre l'agitazione ondosa all'interno del bacino del porto di Finale Ligure. I risultati ottenuti dalle simulazioni nelle diverse configurazioni di progetto sono stati messi a confronto per verificare la prestazione delle diverse soluzioni in termini di riduzione dell'agitazione ondosa rispetto alla configurazione attuale.

Nelle successive Fig. 7.2, Fig. 7.3, Fig. 7.4 e Fig. 7.5 sono messi a confronto i campi di agitazione ondosa ottenuti per le diverse configurazioni, ad esclusione della configurazione "2 stralcio". In merito a quest'ultima configurazione, è stato riportato in Fig. 7.1 il confronto dell'agitazione ondosa ottenuta rispetto alla configurazione 2 completa.

La valutazione dell'efficienza delle diverse soluzioni progettuali è stata eseguita in termini di riduzione percentuale del coefficiente di diffrazione all'interno del bacino portuale.

Nel dettaglio, sono stati dapprima ricavati il coefficiente di diffrazione massimo ($C_{d, max}$), rappresentativo del picco di altezza d'onda residua nel bacino, e il coefficiente di diffrazione medio ($C_{d, med}$), rappresentativo dell'agitazione ondosa media all'interno del bacino. I valori di tali coefficienti per le diverse configurazioni sono riportati in Tab. 7.1. Nella successiva Tab. 7.2 è riportata, per le diverse ipotesi di progetto, la riduzione percentuale dei due coefficienti rispetto alla configurazione attuale.

Si ritiene comunque più significativa, al fine della valutazione dell'efficacia della soluzione progettuale, la riduzione in termini di coefficiente di diffrazione medio in quanto quello massimo rappresenta un risultato riferito a situazioni puntuali di picco di altezza d'onda.


Dai risultati ottenuti si osserva che la configurazione di progetto 1 determina limitati benefici, ad eccezione della mareggiata severa di SSO, mentre la configurazione di progetto 2 porta a notevoli riduzioni del coefficiente di riflessione per tutte le mareggiate analizzate.

Si osserva inoltre che l'introduzione di elementi antiriflettenti all'interno del bacino (configurazione 2 – fase 2) porterebbe ad una ulteriore sensibile riduzione dei coefficienti di rifrazione.

TEST	DIR (°N)	T _P (s)	STATO ATTUALE		IPOTESI 1		IPOTESI 2		IPOTESI 2 FASE2		IPOTESI 2 STRALCIO	
			C _{d,max}	C _{d,med}	C _{d,max}	C _{d,med}	C _{d,max}	C _{d,med}	C _{d,max}	C _{d,med}	C _{d,max}	C _{d,med}
1	110	6	0.209	0.063	0.199	0.062	0.170	0.048	0.134	0.041	-	-
2	200	6	0.186	0.051	0.115	0.034	0.062	0.017	0.048	0.014	-	-
3	110	10	0.159	0.040	0.125	0.039	0.082	0.025	0.071	0.022	0.087	0.023
4	200	10	0.053	0.014	0.052	0.014	0.039	0.012	0.032	0.010	-	-

Tab. 7.1 – Coefficienti di diffrazione massimi e medi all'interno del porto per le diverse configurazioni

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 51 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

	TITOLO: STUDIO SU MODELLO DELL'AGITAZIONE ONDOSA ALL'INTERNO DEL PORTO TURISTICO DI FINALE LIGURE	COMMITTENTE: Dott. Ing. Paolo Gaggero
	ELAB.: RELAZIONE TECNICA	

La realizzazione dello stralcio dell'ipotesi progettuale 2 porta comunque ad una significativa riduzione del coefficiente di diffrazione (cfr. Fig. 7.1), comparabile con quella ottenibile con la configurazione completa (escluse banchine antiriflettenti).

Dai risultati si osserva, infatti, che il coefficiente di diffrazione massimo risulta leggermente maggiore nello stralcio (riduzione di circa il 36% contro circa il 39 % per la configurazione completa), mentre il coefficiente di diffrazione medio risulta addirittura leggermente inferiore per la configurazione di stralcio (riduzione del 41.5% contro il 38.3% per la configurazione 2).

TEST	DIR (°N)	T _P (s)	S. ATTUALE IPOTESI 1		S. ATTUALE IPOTESI 2		S. ATTUALE IPOTESI 2 FASE 2		S.ATTUALE IPOTESI 2 STRALCIO	
			C _{d,max}	C _{d,med}	C _{d,max}	C _{d,med}	C _{d,max}	C _{d,med}	C _{d,max}	C _{d,med}
1	110	6	-4.8%	-1.6%	-18.7%	-23.8%	-35.9%	-34.9%	-	-
2	200	6	-38.2%	-33.3%	-66.7%	-66.7%	-74.2%	-72.5%	-	-
3	110	10	-7.4%	-2.5%	-39.3%	-38.3%	-47.4%	-45.0%	-35.6%	-41.5%
4	200	10	-1.9%	-0.7%	-26.4%	-14.9%	-39.6%	-29.1%	-	-

Tab. 7.2 – Variazione del coefficiente di diffrazione rispetto allo stato attuale per le diverse configurazioni

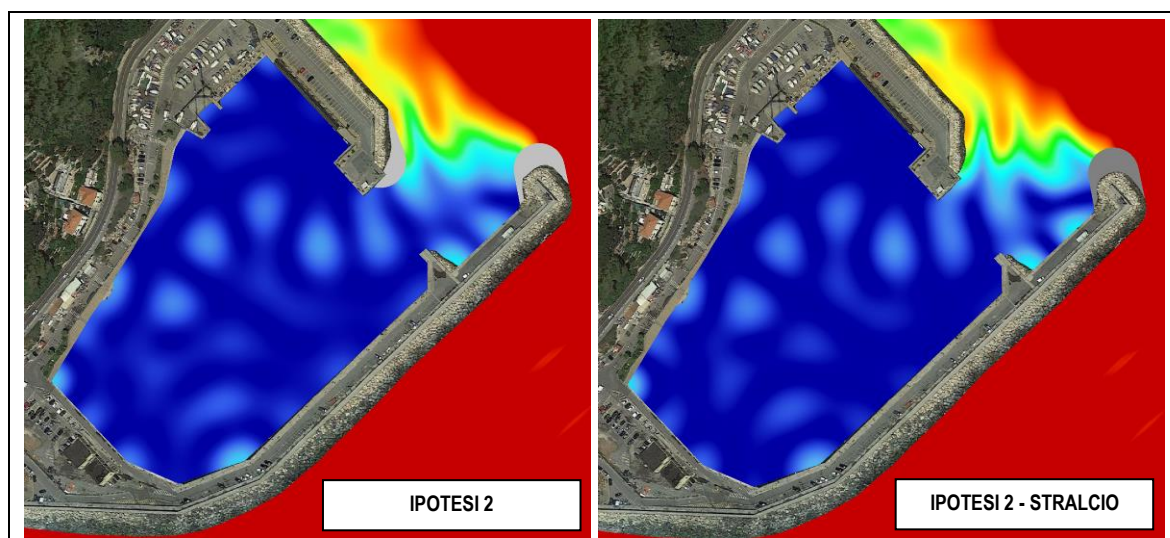


Fig. 7.1 – TEST 3 - Confronto risultati configurazione 2 e configurazione 2 Stralcio

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 52 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

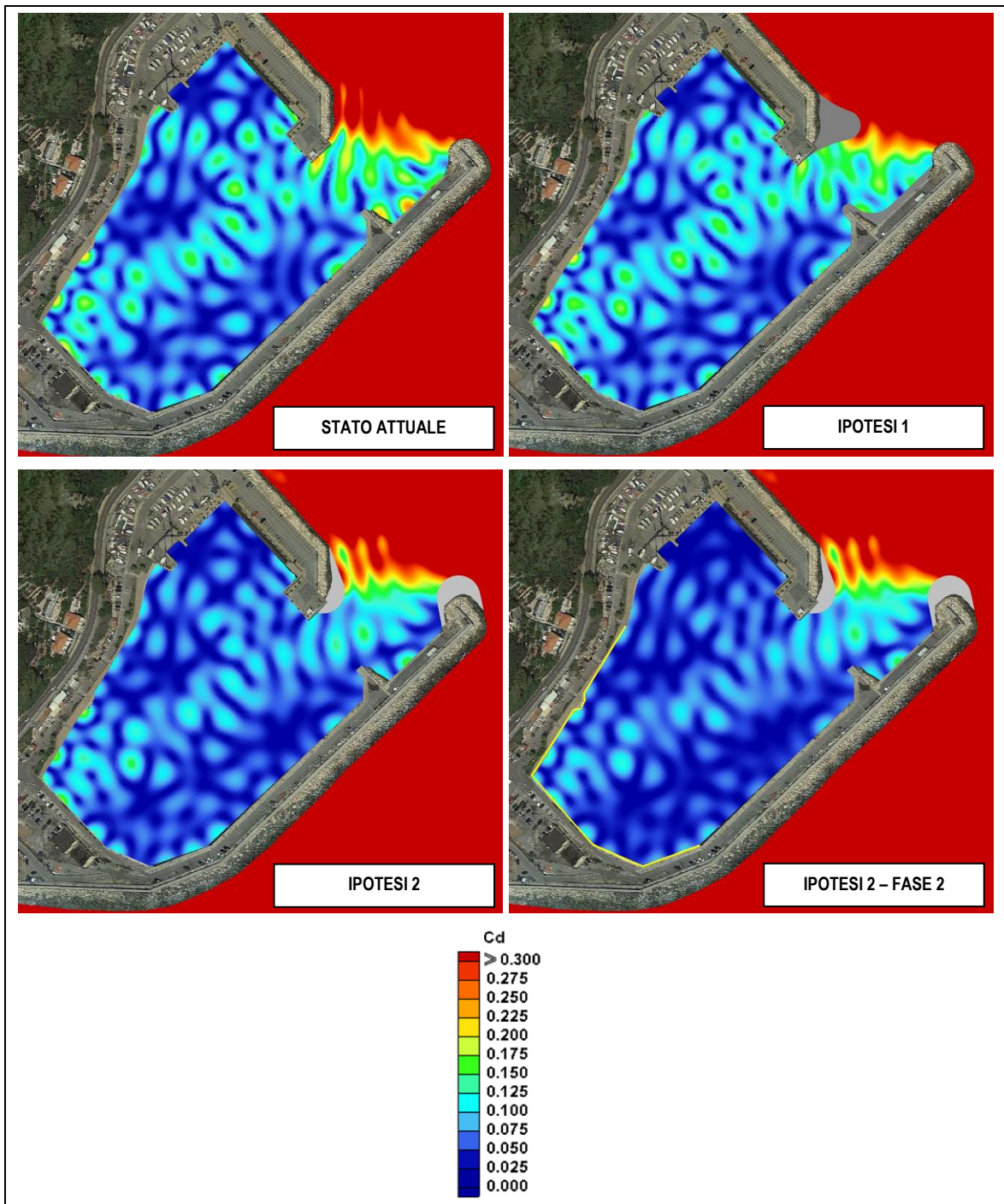


Fig. 7.2 – TEST 1 - Confronto risultati per le diverse configurazioni

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 53 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

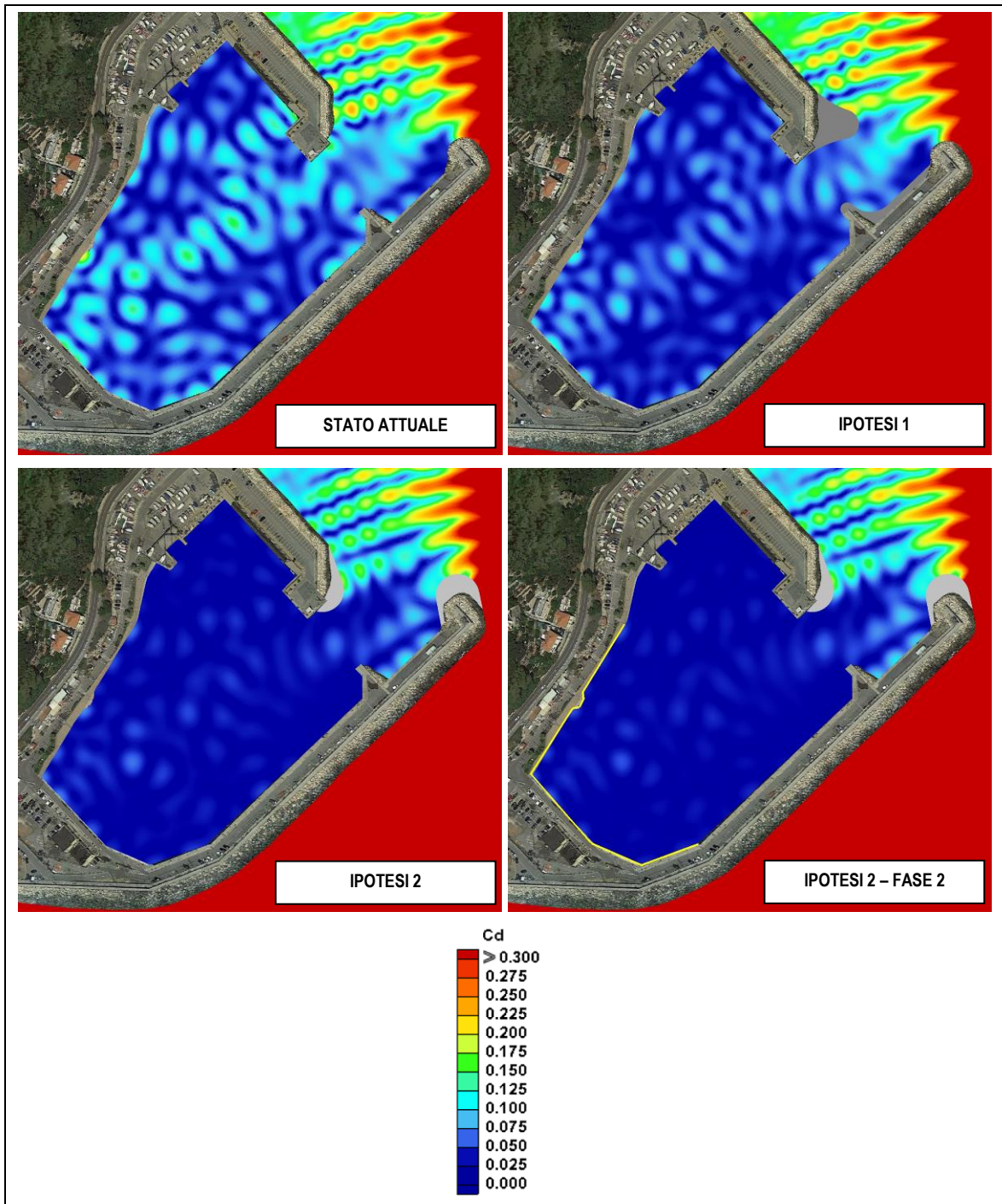


Fig. 7.3 – TEST 2 - Confronto risultati per le diverse configurazioni

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 54 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

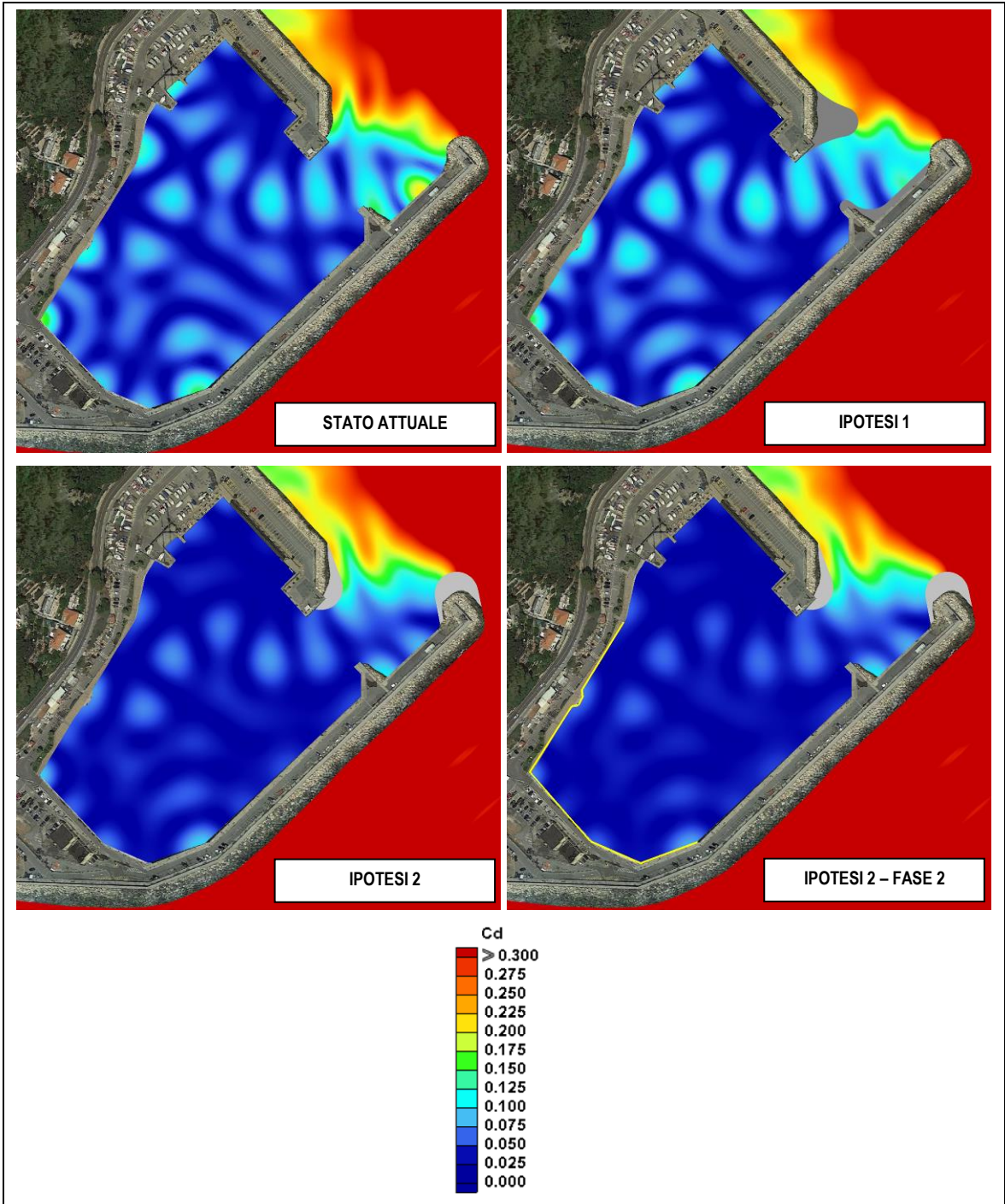


Fig. 7.4 – TEST 3 - Confronto risultati per le diverse configurazioni

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 55 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	

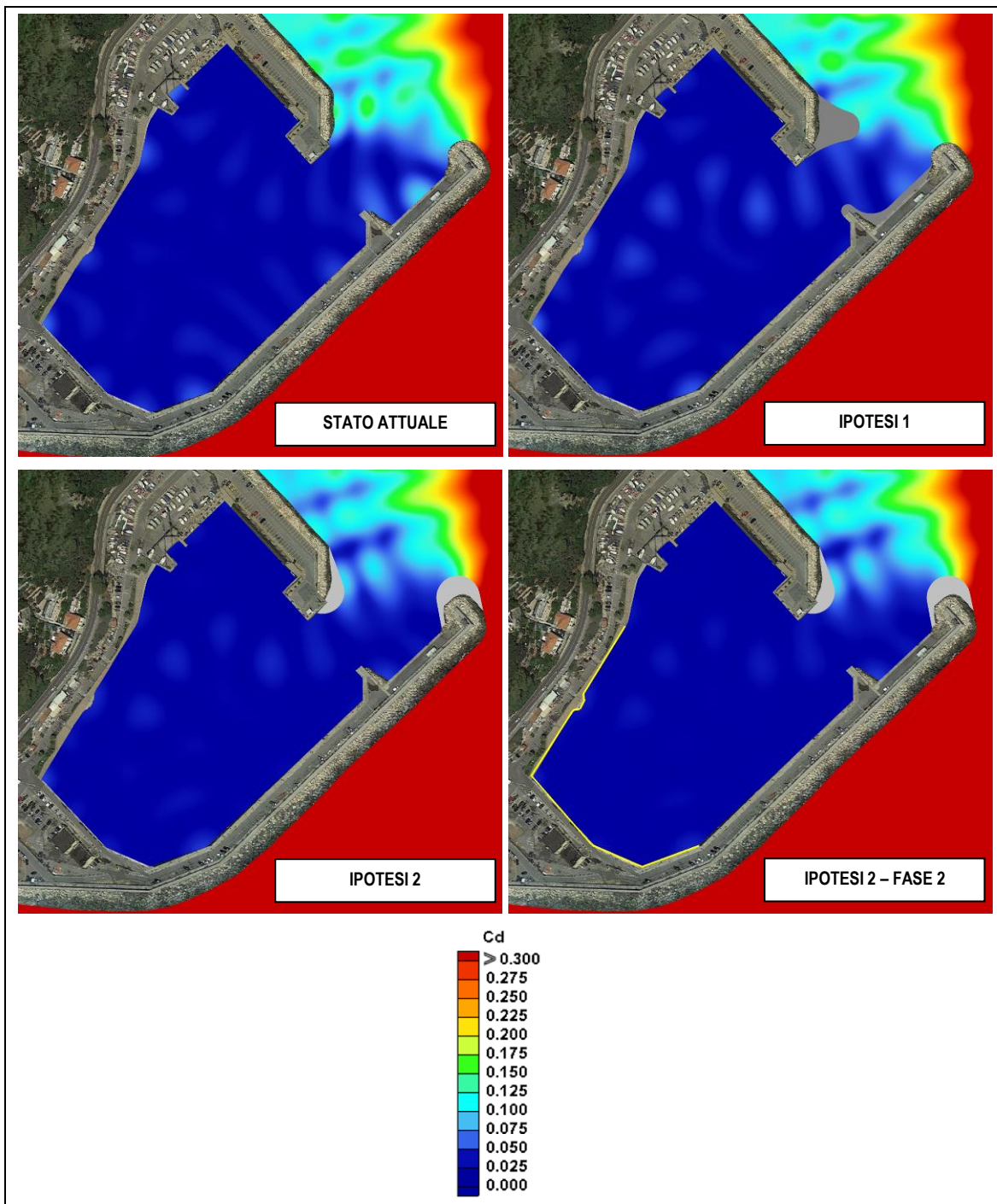


Fig. 7.5 – TEST 4 - Confronto risultati per le diverse configurazioni

REDATTO: NS	COMMESSA: HSM801-18	REVISIONE: 00	Pagina 56 di 56
VERIFICATO: MT	FILE: EL. I - Studio marino della risacca all'interno dello specchio acqueo(corpo)	DATA: Dic. 2018	