



Stazione Appaltante
Regione Siciliana
Comune di S. Stefano di Camastra
Provincia di Messina



Procedura aperta ex art. 183 commi 1-14 d.lgs. 50/2016 s.m.i. per l'affidamento in project financing della concessione di lavori pubblici avente per oggetto la progettazione definitiva ed esecutiva, l'esecuzione dei lavori per la REALIZZAZIONE DEL PORTO TURISTICO E DELLE OPERE CONNESSE NEL COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA nonché della loro gestione economico-finanziaria

C.I.G.67535662F8

C.U.P.H21H07000030003

PROGETTO DEFINITIVO

Concessionario individuato



Rappresentante legale: Cono Bruno

Via Campidoglio, 70 98076 Sant'Agata di Militello (ME)

Titolo elaborato

**STUDIO DELLA PENETRAZIONE
DEL MOTO ONDOSI
ALL'INTERNO DEL PORTO**

Progettista indicato

**ACQUA
TECNO**

Dott. Ing. Paolo Turbolente

Via Ajaccio, 14
00198 Roma



Amministratore Unico:
Prof. Ing. Vincenzo Cataliotti
Direttori tecnici:
Arch. Sebastiano Provenzano
Prof. Ing. Antonio Cataliotti
Via Vittorio Emanuele, 492
90134 Palermo

A.2233.17 | PD | R

SPO 02

Data
Giugno 2017



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

1. PREMESSA	4
2. CONDIZIONI ONDOSE DI RIFERIMENTO	5
3. MODELLI DI CALCOLO UTILIZZATI	6
3.1. SW (Spectral Wave)	6
3.1.1. <i>Definizione della griglia di calcolo (SW)</i>	7
3.1.2. <i>Periodo di simulazione e passo di integrazione</i>	9
3.1.3. <i>Risultati delle simulazioni</i>	9
3.2. BW (Boussinesq Wave)	14
3.2.1. <i>Definizione delle griglie di calcolo</i>	15
3.2.2. <i>Moto ondoso in ingresso</i>	15
3.2.3. <i>Parametri di riflessione</i>	17
3.2.4. <i>Periodo di simulazione e passo di integrazione</i>	19
3.2.5. <i>Risultati delle simulazioni per le onde provenienti da Nord</i>	20
4. CONCLUSIONI	29



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione definitiva del porto turistico di S. Stefano di Camastra (ME), è stato effettuato lo studio di trasferimento largo riva del moto ondoso, e la penetrazione ondosa all'interno del porto mediante l'applicazione del modello matematico Mike 21. Tale studio integra gli studi già condotti per il progetto preliminare.

Nella figura 1 è riportata l'area di studio.

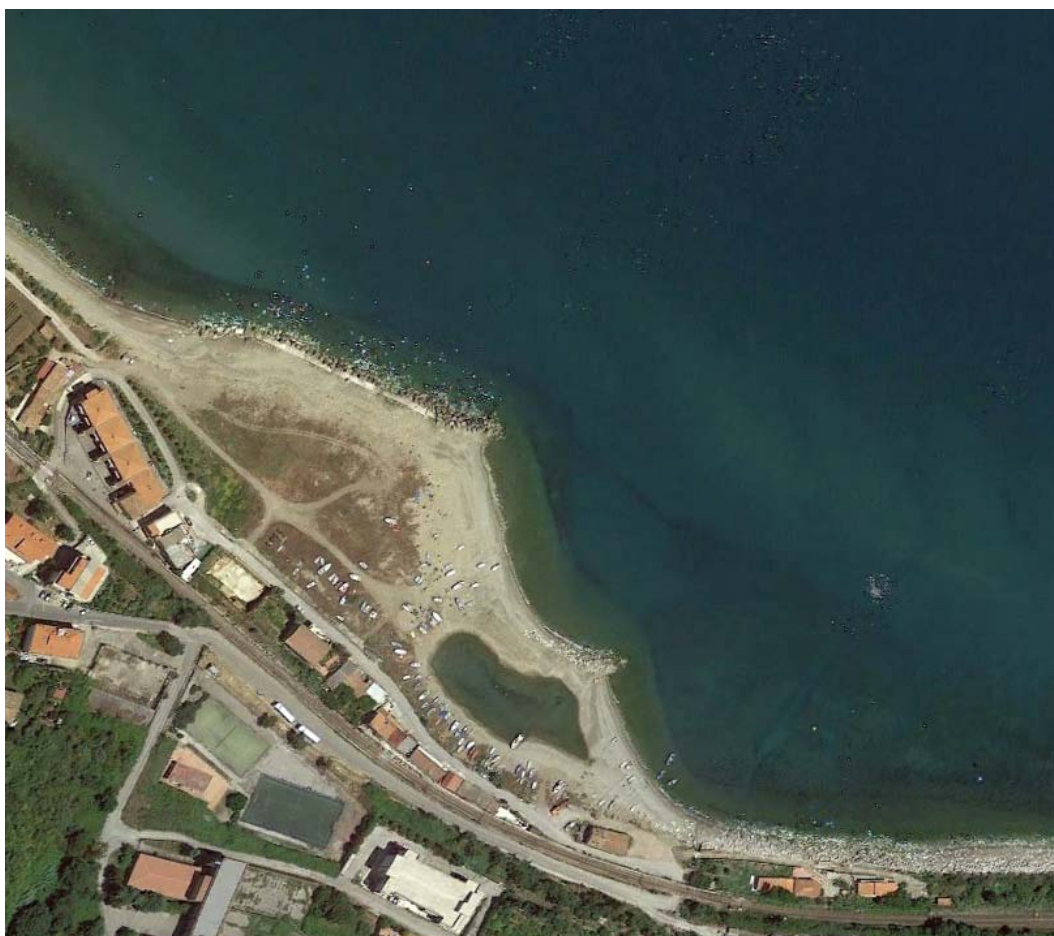


Figura 1. Area di studio



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Per la simulazione numerica bidimensionale è stato utilizzato il modello matematico MIKE 21, sviluppato dal Danish Hydraulic Institute. Esso è basato sulla risoluzione alle differenze finite su griglia strutturata o flessibile, ed è costituito da differenti moduli che implementano le numerose equazioni che governano gran parte dei fenomeni idraulici riscontrabili in un determinato sistema marino.

Nel caso in esame sono stati utilizzati il modello SW (Spectral Wave), che consente di simulare il trasferimento del moto ondoso da largo verso riva tenendo conto di vari fenomeni quali, shoaling, diffrazione, rifrazione, riflessione semplice e l'amplificazione ondosa indotta dal vento che spirava all'interno di esso, ed il modello BW (Boussinesq Wave) che consente di simulare la penetrazione e l'agitazione ondosa all'interno di bacini portuali.

2. CONDIZIONI ONDOSE DI RIFERIMENTO

Per la definizione di moto ondoso (altezza, periodo, direzione di provenienza) in ingresso al porto di S. Stefano di Camastra sono stati utilizzati i dati ricavati dallo studio meteomarinario redatto da Acquatecno S.r.l. per poter poi propagare tali valori all'interno del bacino portuale.

Nella tabella 1 sono riportate le caratteristiche del moto ondoso utilizzato.

Tr [anni]	Hs[m]	Tp[s]	Dir[°N]
2	4.70	10.23	330
	1.90	6.93	45
50	6.80	11.98	330
	4.40	9.94	45

Tabella 1. Condizioni ondose utilizzate per le simulazioni

La scelta di tali dati ondosi è stata fatta per poter analizzare in dettaglio tutte le condizioni ondose all'interno del porto, sia ordinarie e pertanto più frequenti, 2 anni, sia estreme 50 anni, considerando le direzioni di provenienza del moto ondoso più gravose. La propagazione all'interno del dominio di calcolo delle condizioni ondose, individuate precedentemente, viene eseguita dal modello



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

considerando l'intero spettro in termini di direzione e frequenza, utilizzando in particolare onde direzionali irregolari con spettro JONSWAP medio. Nel caso in esame è stata simulata anche la presenza di un innalzamento del livello medio mare di +0.50 m dovuto alle maree ed allo storm-surge.

3. MODELLI DI CALCOLO UTILIZZATI

3.1. SW (Spectral Wave)

Il modello Spectral wave (SW) del codice MIKE 21 viene utilizzato per valutare le trasformazioni del moto ondoso in aree costiere ed off-shore sia per hind-cast che per forecast, il modello è in grado di simulare:

1. crescita dell'onda per effetto del vento
2. interazione non lineare tra le onde
3. dissipazione dovuta al *white capping*
4. dissipazione dovuta all'attrito con il fondo
5. frangimento dell'onda su profondità limitate
6. rifrazione e shoaling dovuti alla morfologia batimetrica
7. diffrazione
8. riflessione semplice

Il modello MIKE 21 SW è basato sulla risoluzione numerica nel dominio e nel tempo dell'equazione di bilancio dell'azione delle onde:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \nabla_x \cdot (c_g A) + \nabla_\theta \cdot (c_\theta A) + \nabla_\sigma \cdot (c_g A) = S$$

Il modello utilizza una formulazione parametrica direzionalmente disaccoppiata ed una formulazione completamente spettrale. La formulazione parametrica direzionalmente disaccoppiata si basa su una parametrizzazione dell'equazione di conservazione dell'azione ondosa. La parametrizzazione viene effettuata nel dominio delle frequenze introducendo lo zeroth, ed il primo momento dello spettro delle onde come variabili dipendenti. La formulazione completamente spettrale si basa sull'equazione di



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

conservazione dell'onda come descritto da Komen et al. (1994) e Young (1999), in cui lo spettro di frequenza direzionale dell'azione dell'onda è la variabile dipendente. Il modulo SW comprende anche due formulazioni per il tempo. Una formulazione quasi stazionaria ed una non stazionaria, in quella quasi stazionaria la variabile tempo viene rimossa come variabile indipendente e viene associata una soluzione stazionaria ad ogni passo temporale. Quando viene utilizzata la soluzione stazionaria non è possibile inserire il vento come forzante. L'immissione delle onde all'interno del dominio di calcolo può essere effettuata utilizzando dei contorni aperti dove poter inserire il moto ondoso di interesse, oppure inserendo dei contorni chiusi ed immettere la forzante del vento. L'output principale di MIKE 21 SW è il campo d'onda residua all'interno della zona di studio.

3.1.1. Definizione della griglia di calcolo (SW)

Per poter avere le giuste condizioni d'onda in prossimità dell'imboccatura portuale si è eseguita una trasposizione ondosa da largo delle onde di riferimento, e sono stati estratti i valori ondosi in prossimità dell'imboccatura portuale da poter utilizzare come condizioni al contorno per la griglia di calcolo all'interno del porto. Per la propagazione da largo delle onde si è utilizzata una griglia di calcolo flessibile con passo di discretizzazione dx e dy pari a 50m a largo e 25 metri in prossimità dell'area portuale.

Le figure 2 e 3 mostrano rispettivamente, la batimetria e la griglia di calcolo utilizzata a largo di s. Stefano di Camastra.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

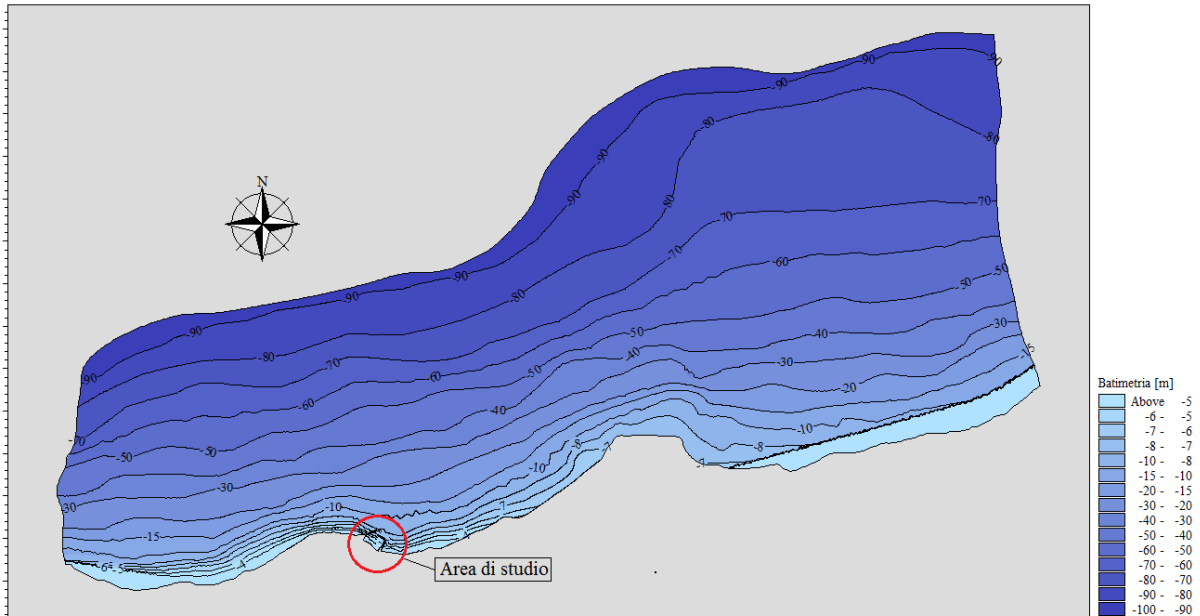


Figura 2. Batimetria a largo di S. Stefano di Camastra

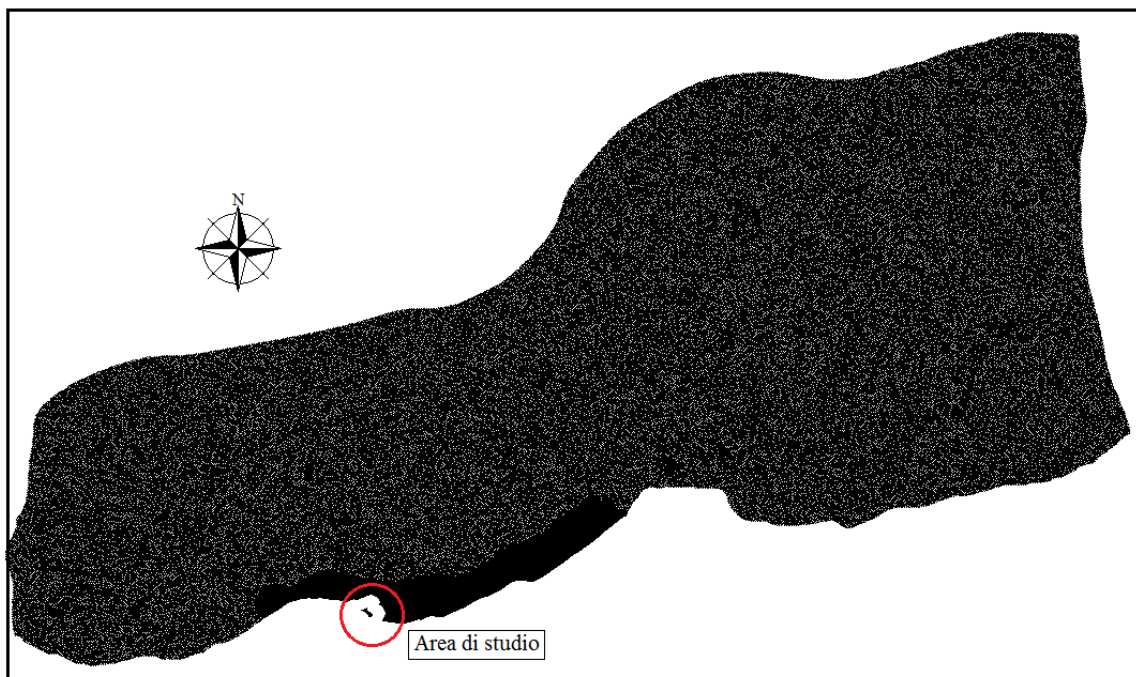


Figura 3. Griglia di calcolo



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

3.1.2. Periodo di simulazione e passo di integrazione

Il periodo di simulazione è stato scelto in modo da poter garantire l'intero sviluppo del moto ondoso all'interno dell'area di studio. Questo periodo è strettamente legato alle dimensioni del dominio di calcolo, nel caso in esame si è scelto un intervallo di tempo pari a 3 ore per la generazione ondosa da largo ai pressi dell'imboccatura portuale, questo risulta sufficiente per lo sviluppo del moto ondoso in tutto il dominio di calcolo.

Il passo successivo è stato impostare un time step sufficiente a garantire la stabilità del modello, nel caso in esame si è scelto pari ad un secondo.

3.1.3. Risultati delle simulazioni

I risultati del modello SW, mostrati nelle figure 4, 5, 6 e 7 presentano i valori di altezza significativa dell'onda avente tempo di ritorno 2 anni e 50 anni provenienti rispettivamente da Nord (330°N) e Nord-Est (45°N). Questi valori sono quelli relativi all'ultimo time-step della simulazione in quanto sono quelli che presentano la situazione di campo di moto ondoso completamente sviluppato e che quindi non risente delle condizioni iniziali di simulazione.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

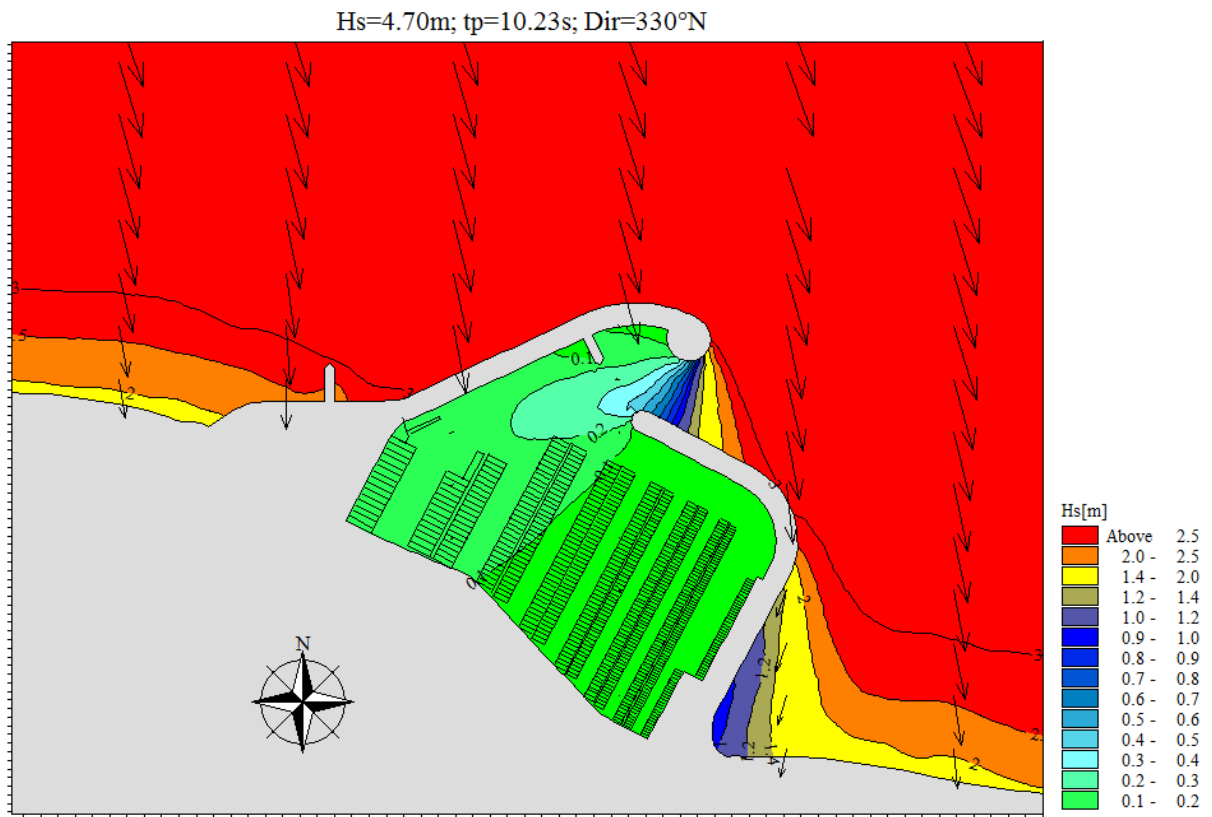


Figura 4. Altezza d'onda con tempo di ritorno di 2 anni proveniente da Nord



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

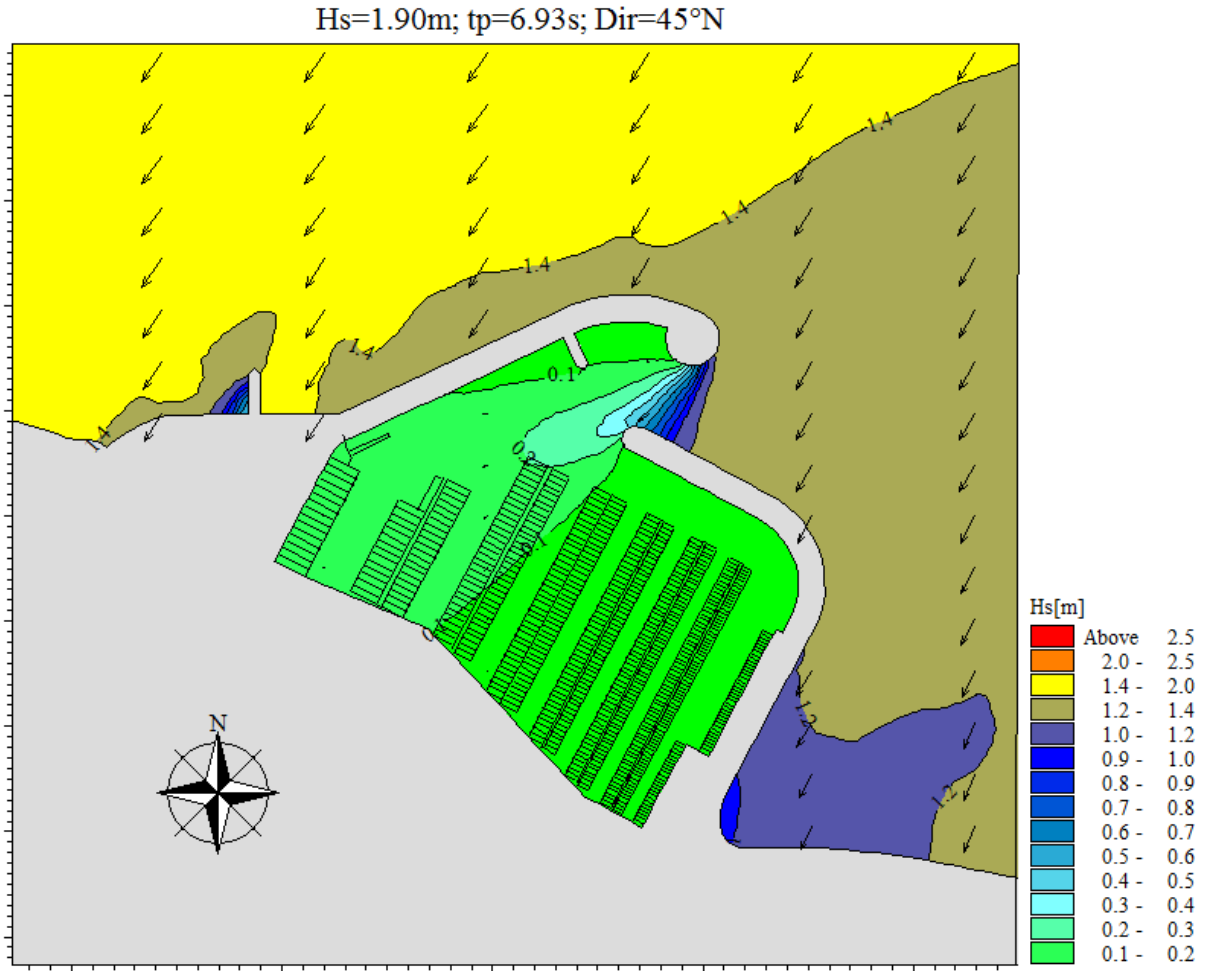


Figura 5. Altezza d'onda con tempo di ritorno di 2 anni proveniente da Nord-Est



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

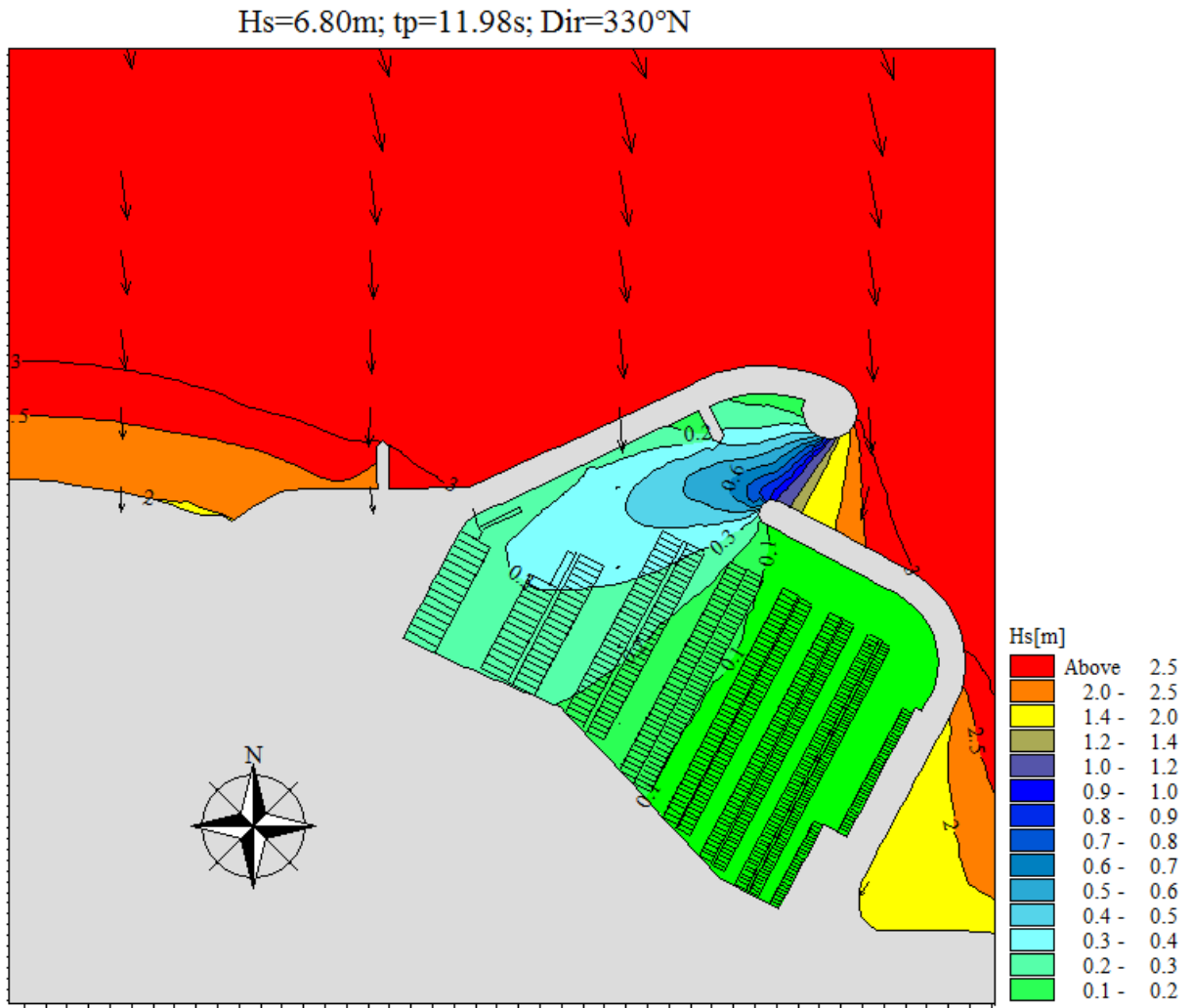


Figura 6. Altezza d'onda con tempo di ritorno di 50 anni proveniente da Nord



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

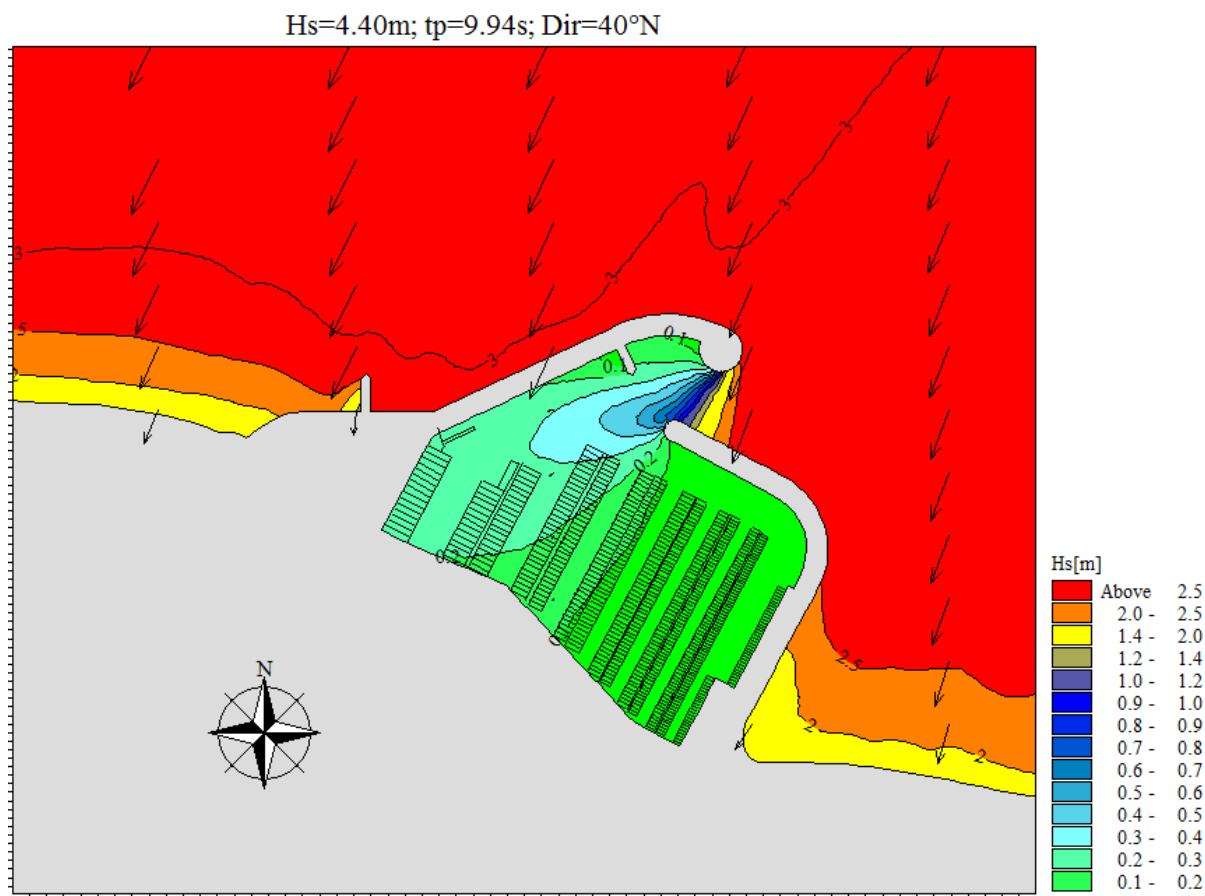


Figura 7. Altezza d'onda con tempo di ritorno di 50 anni proveniente da Nord-Est

Tabella riepilogativa altezze d'onda trasposte a riva (circa 500 m al largo delle opere di difesa)

Tr [anni]	Hs largo [m]	tp largo [m]	Dir largo [°N]	Hs riva [m]	tp riva[s]	Dir riva[°N]
2	4.70	10.23	330	4.17	9.80	343
	1.90	6.93	45	1.39	6.08	31
50	6.80	11.98	330	6.23	11.58	340
	4.40	9.94	45	2.95	8.14	23



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

3.2. BW (Boussinesq Wave)

Per individuare l'agitazione ondosa all'interno del porto turistico di S. Stefano di Camastra e l'interazione tra onde e strutture è stato applicato il modello BW, questo modello è basato sulla risoluzione numerica nel dominio del tempo delle equazioni di Boussinesq in due dimensioni (Madsen et al., 1997) attraverso uno schema implicito alle differenze finite. Le equazioni includono i termini non lineari e la dispersione in frequenza che è introdotta nelle equazioni del moto considerando gli effetti delle accelerazioni verticali sulla distribuzione di pressione. Le equazioni di Boussinesq sono risolte in riferimento ad una formulazione basata sul flusso di quantità di moto con un miglioramento nella descrizione della dispersione lineare. Queste equazioni di Boussinesq estese rendono il modello adatto alla simulazione di onde direzionali che viaggiano da acque profonde ad acque basse. La profondità massima rappresentabile con le equazioni di Boussinesq estese è pari a circa mezza lunghezza d'onda, mentre con la formulazione classica si scende a circa lo 0.22.

Tale modello è in grado di riprodurre l'effetto combinato della maggior parte dei fenomeni che intervengono nella propagazione del moto ondoso in aree costiere e nei porti. Questi includono:

- Shoaling
- Rifrazione
- Diffrazione
- Attrito con il fondo
- Frangimento
- Riflessione parziale

Trasmissione di spettri d'onda (direzione e frequenza) che si propagano in batimetrie complesse. Mike 21 BW include la possibilità di considerare la porosità delle strutture per la simulazione della riflessione parziale e la trasmissione attraverso pali o frangiflutti. Inoltre è possibile applicare dei contorni assorbenti laddove sia necessario simulare l'assorbimento dell'energia ondosa.

L'immissione delle onde all'interno del dominio di calcolo è stata eseguita mediante una linea di generazione del moto ondoso. L'output principale del BW è il campo di agitazione residua all'interno del bacino di studio.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

3.2.1. Definizione delle griglie di calcolo

Per le simulazioni all'interno dell'area portuale è stata costruita una griglia di calcolo utilizzando un passo di discretizzazione dx e dy di 4m in quanto tale modello necessita di almeno 7 punti di calcolo per ogni lunghezza d'onda. Per la simulazione delle onde provenienti da Nord-Est ($45^\circ N$) si hanno 330 punti in direzione x e 330 punti in direzione y , la griglia è stata ruotata di 31° in modo tale da poter avere i fronti d'onda in ingresso ortogonali al contorno della griglia di calcolo. Per la simulazione delle onde provenienti da Nord ($330^\circ N$) si hanno 330 punti in direzione x e 330 punti in direzione y , in questo caso non è stato necessario ruotare la griglia rispetto al Nord.

3.2.2. Moto ondoso in ingresso

Il moto ondoso in ingresso per il calcolo dell'agitazione ondosa all'interno del porto di S. Stefano di Camastra è quello precedentemente individuato (capitolo 2), riferito a onde provenienti da Nord ed da Nord-Est.

Le onde sono state introdotte nel dominio attraverso una linea di generazione interna ad esso per la quale sono stati elaborati i vettori tempovarianti di densità e di flusso, e pendenza della superficie libera. Si è costruito uno strato assorbente lungo i contorni del dominio in modo da poter annullare l'energia ondosa lungo i punti in cui l'onda non può propagarsi, evitando così la generazione di fenomeni di riflessione ondosa inesistenti, lo spessore di questo strato è stato scelto pari a due lunghezze d'onda. La linea di generazione è riportata nella figura x, nella figura x è riportato lo strato assorbente inserito nel dominio di calcolo.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

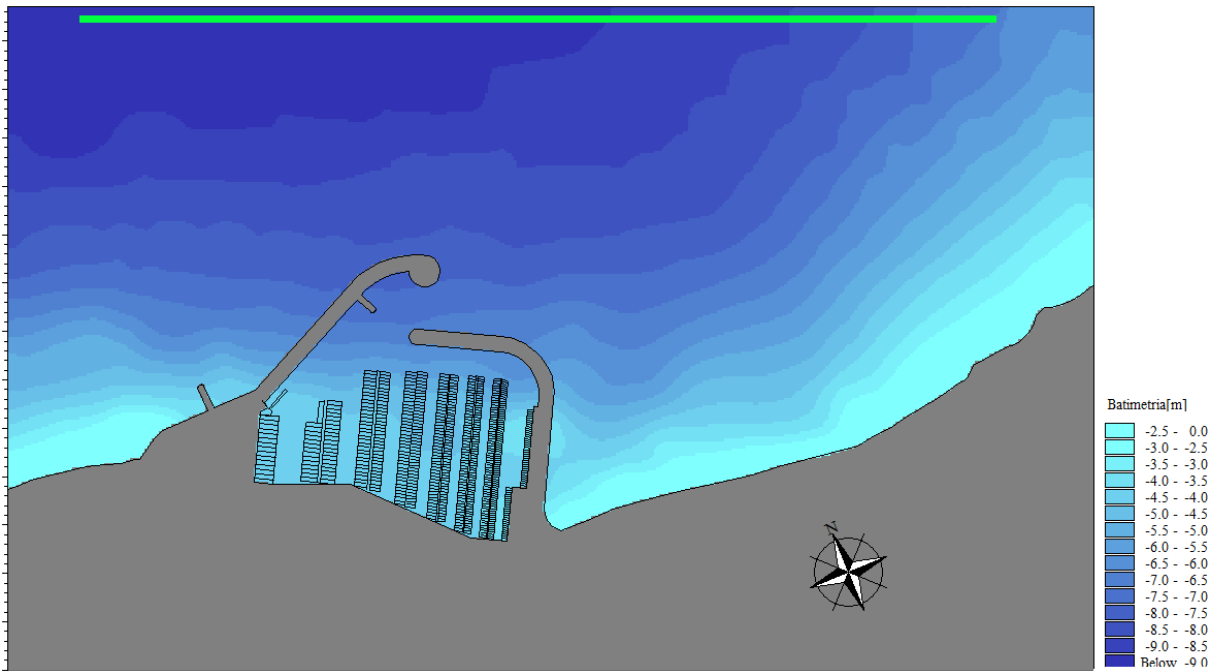


Figura 8. Linea di generazione moto ondoso

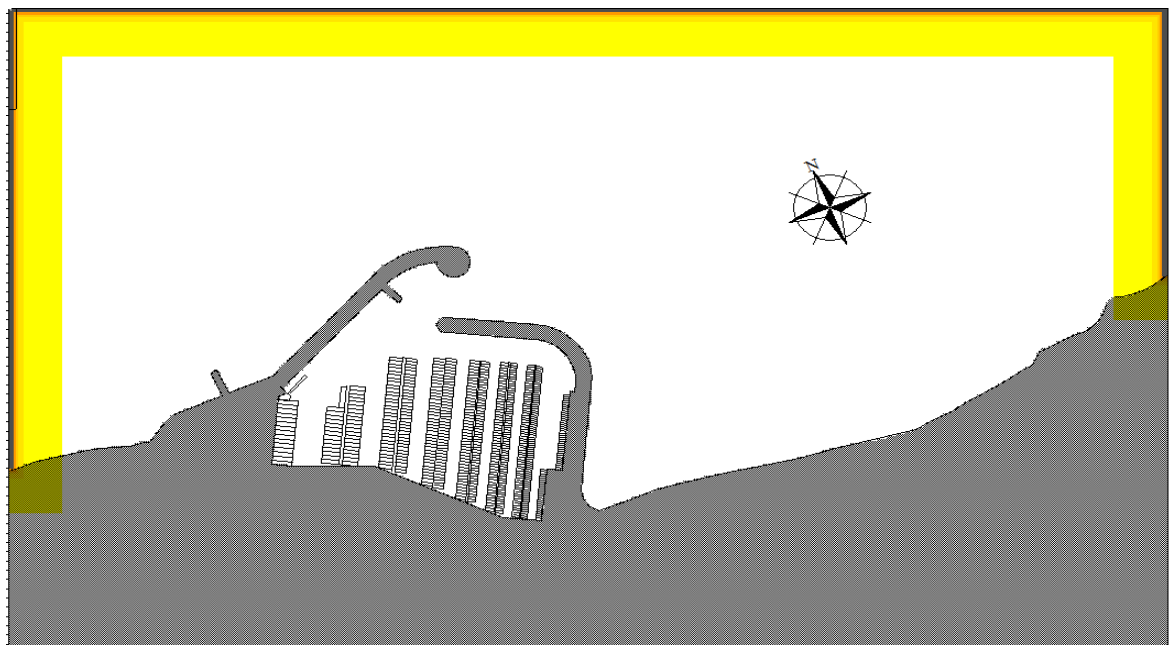


Figura 9. Strato Assorbente



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

3.2.3. Parametri di riflessione

In corrispondenza di tutti gli elementi rigidi del dominio, sono stati definiti dei coefficienti di porosità del materiale che regolano i fenomeni di riflessione dovuti alla presenza delle strutture. Questi coefficienti sono definiti per ogni tratto in funzione delle caratteristiche medie dell'onda incidente e della profondità d'acqua antistante la struttura.

Sulla base delle tipologie di opere presenti nel dominio di simulazione, sono stati adottati i parametri di riflessione riportati in Tabella 2. In funzione di questi si sono stimati i coefficienti di porosità richiesti dal modello numerico.

Tipologia opera	Coefficienti di riflessione
Pareti verticali	1.00
Scogliera	0.35
Spiaggia	0.20

Tabella 2. Coefficienti di riflessione adottati

Nella figura 7 si evidenziano in rosso le pareti verticali, verde le opere a scogliera ed in celeste la spiaggia.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

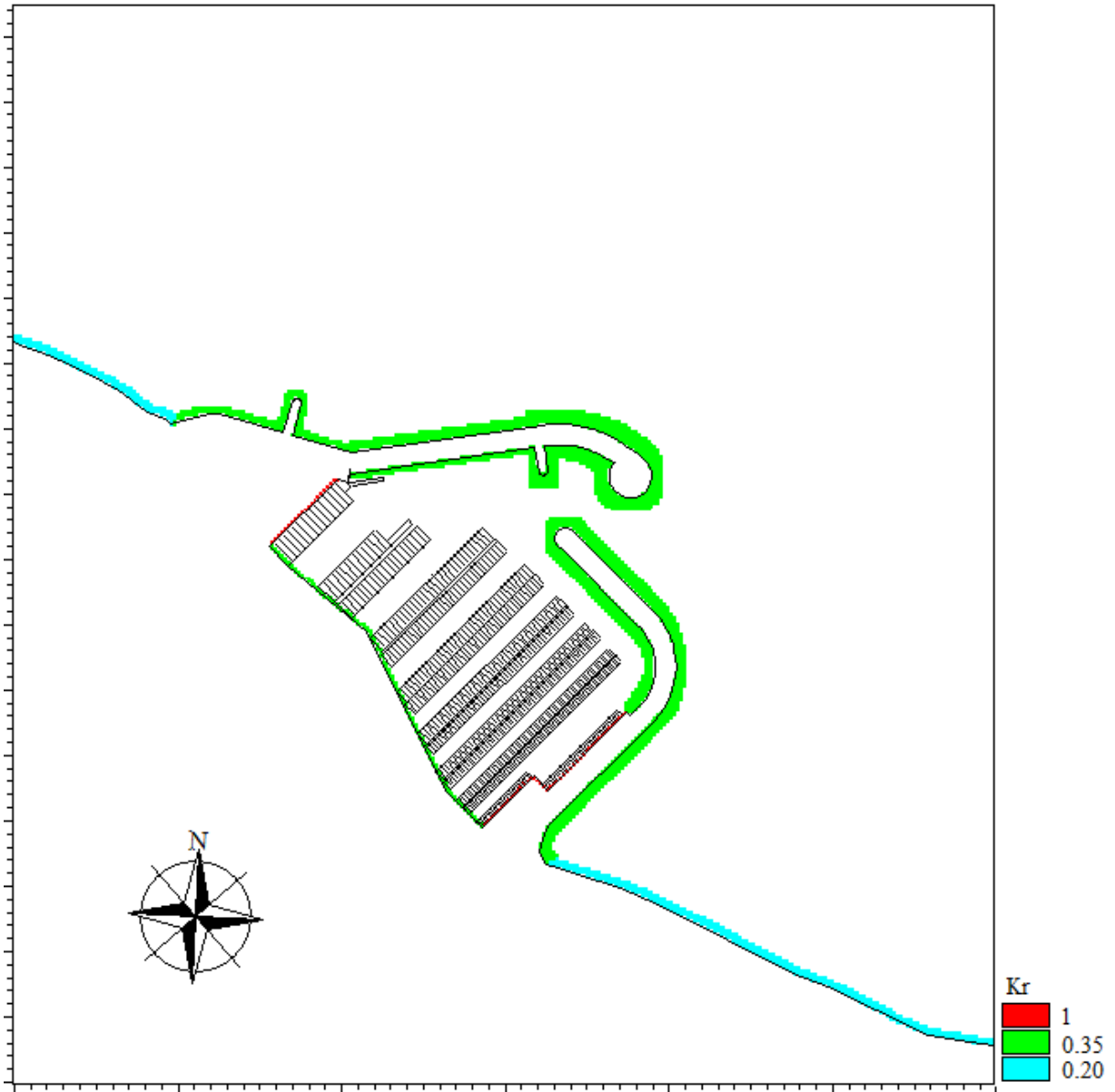


Figura 10. Mappa dei coefficienti di riflessione



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

3.2.4. Periodo di simulazione e passo di integrazione

In aggiunta ai parametri descritti precedentemente, il modello numerico BW ha bisogno di un periodo di simulazione e di un passo temporale di integrazione. Il periodo di simulazione deve essere tale da consentire il completo sviluppo del moto ondoso all'interno di tutto il dominio di calcolo, nel caso in esame, dopo un'accurata analisi, si è utilizzato come tempo di simulazione un'ora in quanto questa è sufficiente per avere uno sviluppo completo del moto ondoso.

Il passo temporale di integrazione è fondamentale per la stabilità del modello stesso ed è funzione della risoluzione spaziale, del numero di Courat e del periodo delle onde utilizzate. Nel caso in esame è stato utilizzato un passo temporale di integrazione pari a 0.1 secondi.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

3.2.5. Risultati delle simulazioni per le onde provenienti da Nord

I risultati dello studio sono mostrati nelle figure x e y rappresentano il campo di valori di altezza significativa (H_s), rispettivamente aventi 2 e 50 anni di tempo di ritorno, ed i coefficienti di disturbo, tale coefficiente è dato dalla seguente relazione:

$$C_d = \frac{H_i}{H_s}$$

dove con H_i si intende l'altezza d'onda incidente e con H_s si intende l'onda di progetto. Quando il C_d è circa uno si ha che l'onda frangente all'opera è prossima a quella a largo, viceversa quando C_d è vicino a zero l'onda frangente all'opera è ridotta notevolmente rispetto a quella a largo.

I valori raffigurati corrispondono all'ultimo stadio del periodo di simulazione che rappresenta la condizione di mare completamente sviluppato.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Onda avente 2 anni di tempo di ritorno proveniente da Nord

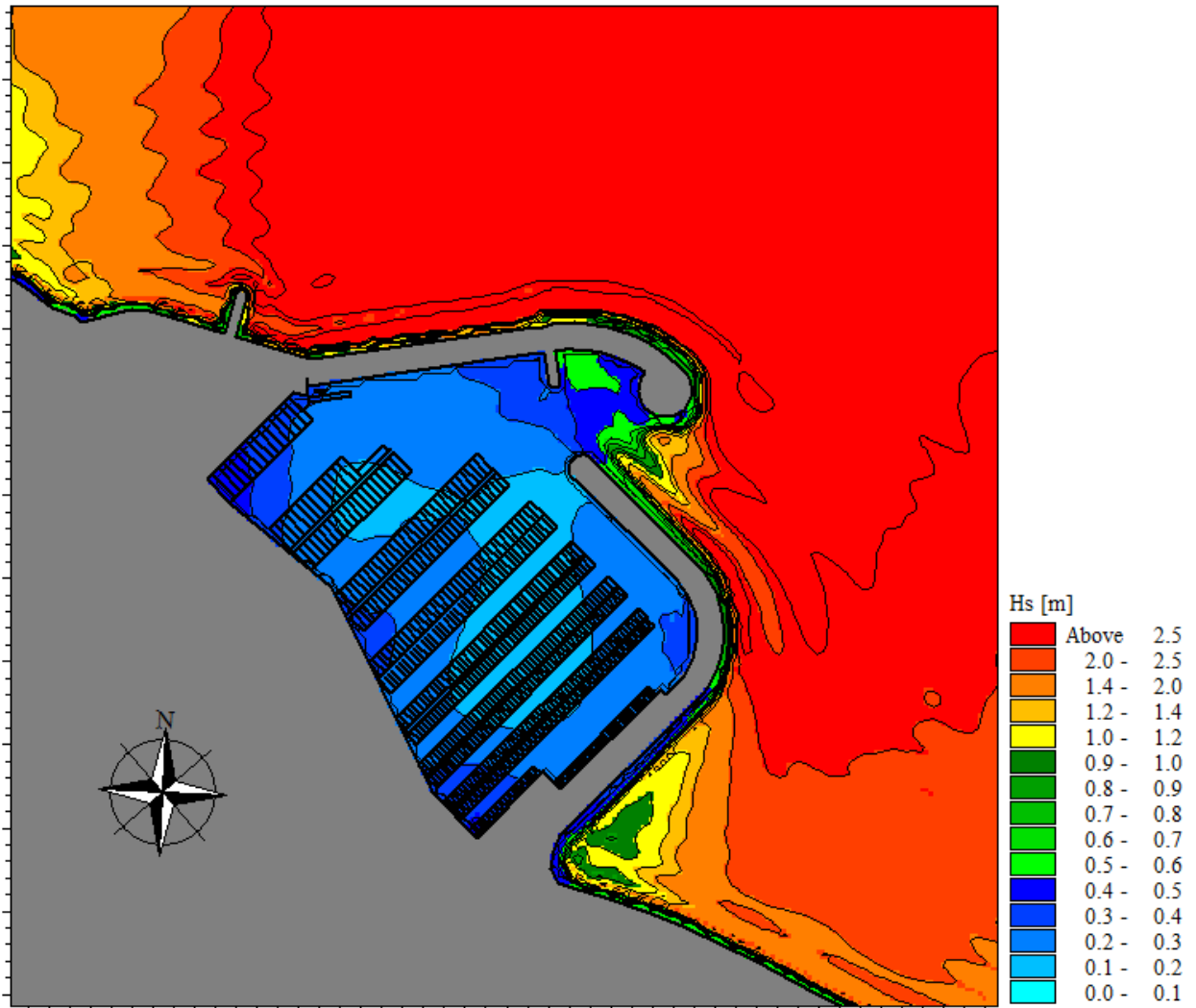


Figura 11. $T_r=2$ anni ($330^\circ N$)



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

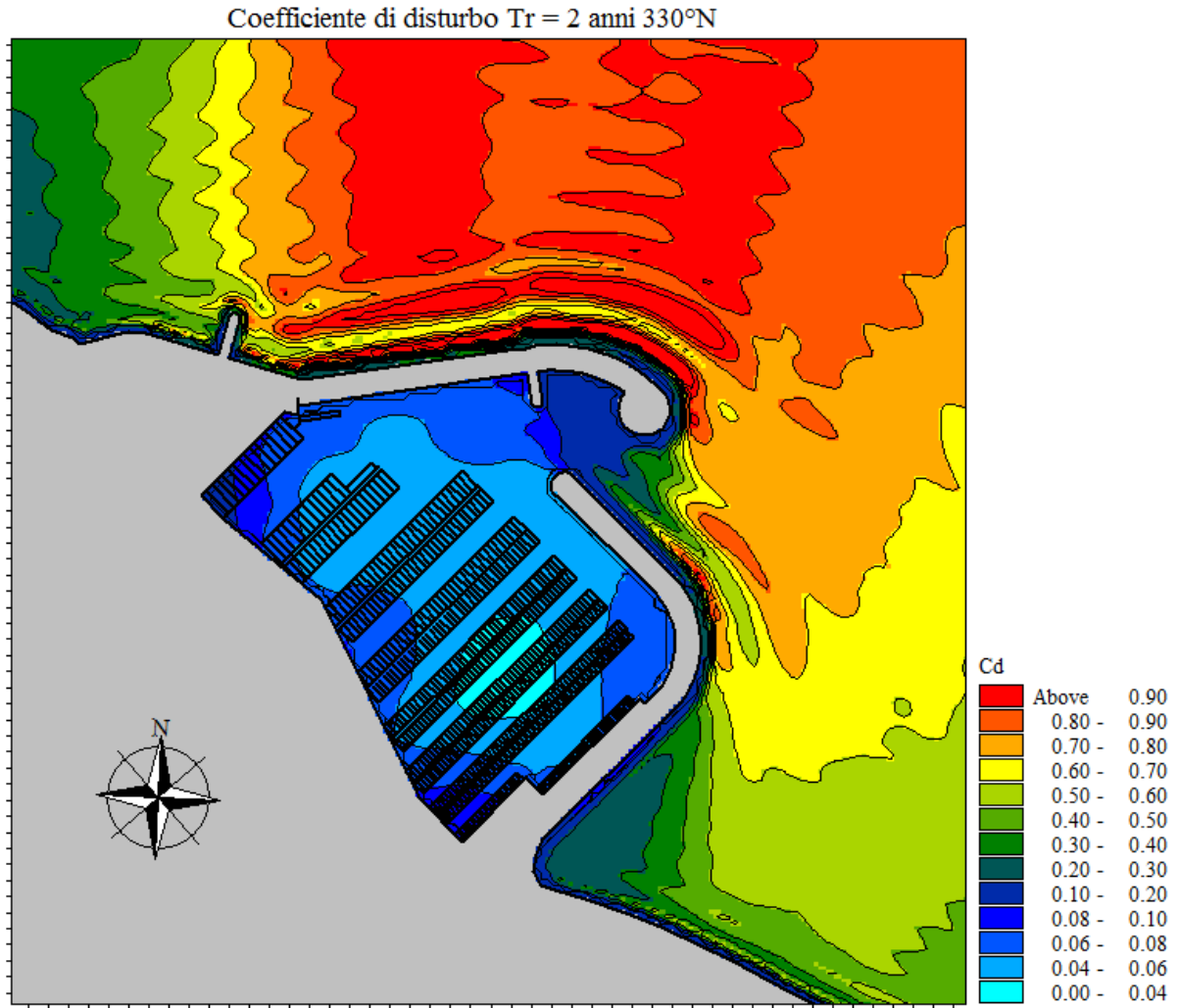


Figura 12. Coefficiente di disturbo onda $T_r=2$ anni proveniente da Nord



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Onda avente tempo di ritorno di 2 anni proveniente da Nord-Est

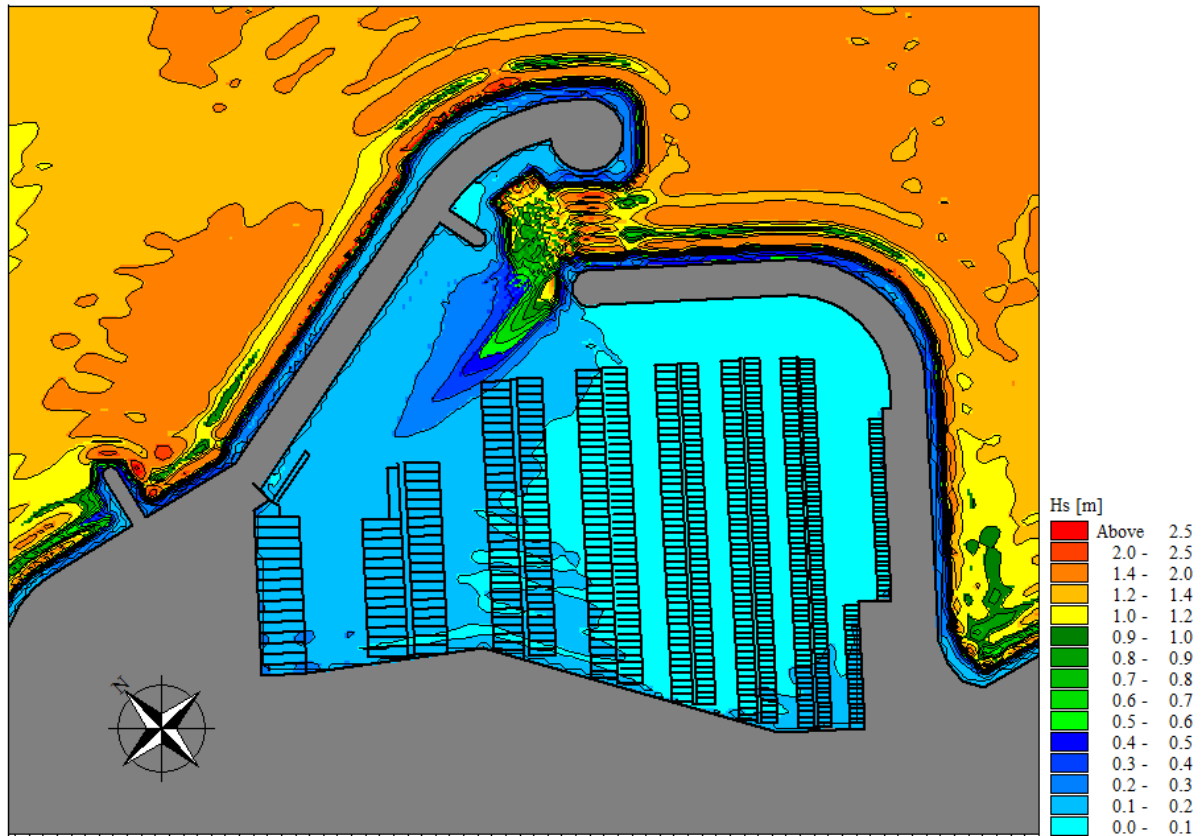


Figura 13. Tr = 2 anni (45°N)



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

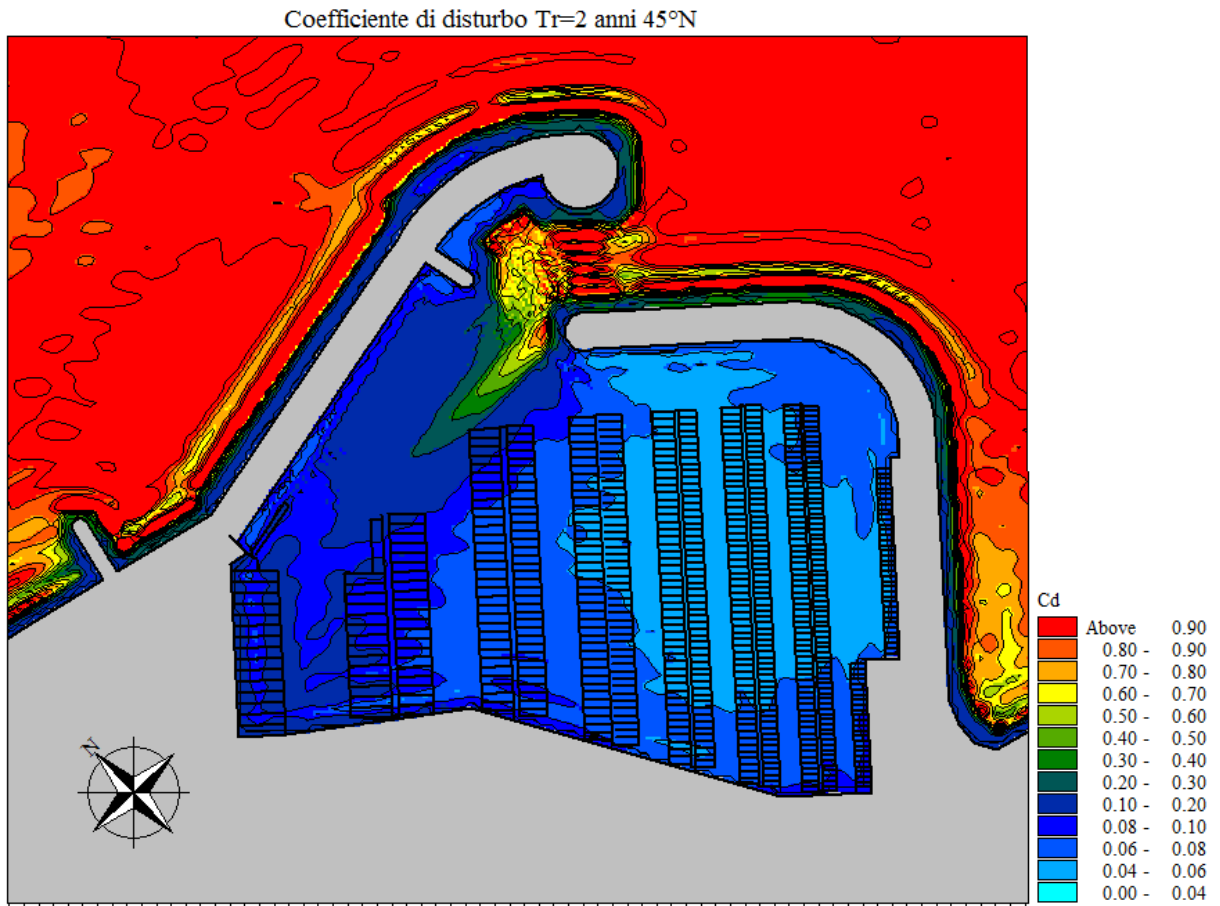


Figura 14. Coefficiente di disturbo onda $T_r=2$ anni proveniente da Nord-Est



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Onda avente tempo di ritorno di 50 anni proveniente da Nord

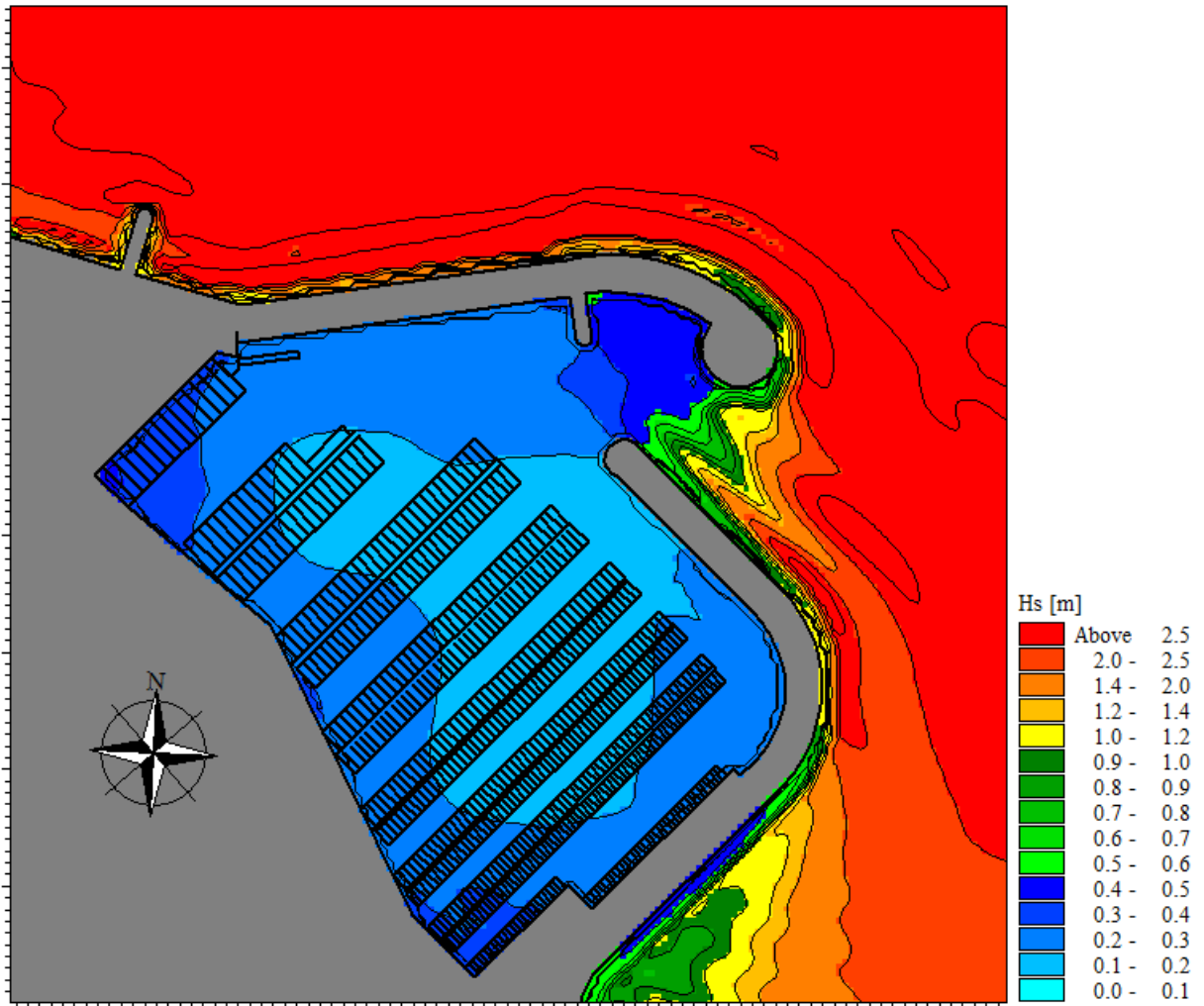


Figura 15. Tr = 50 anni (330°N)



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

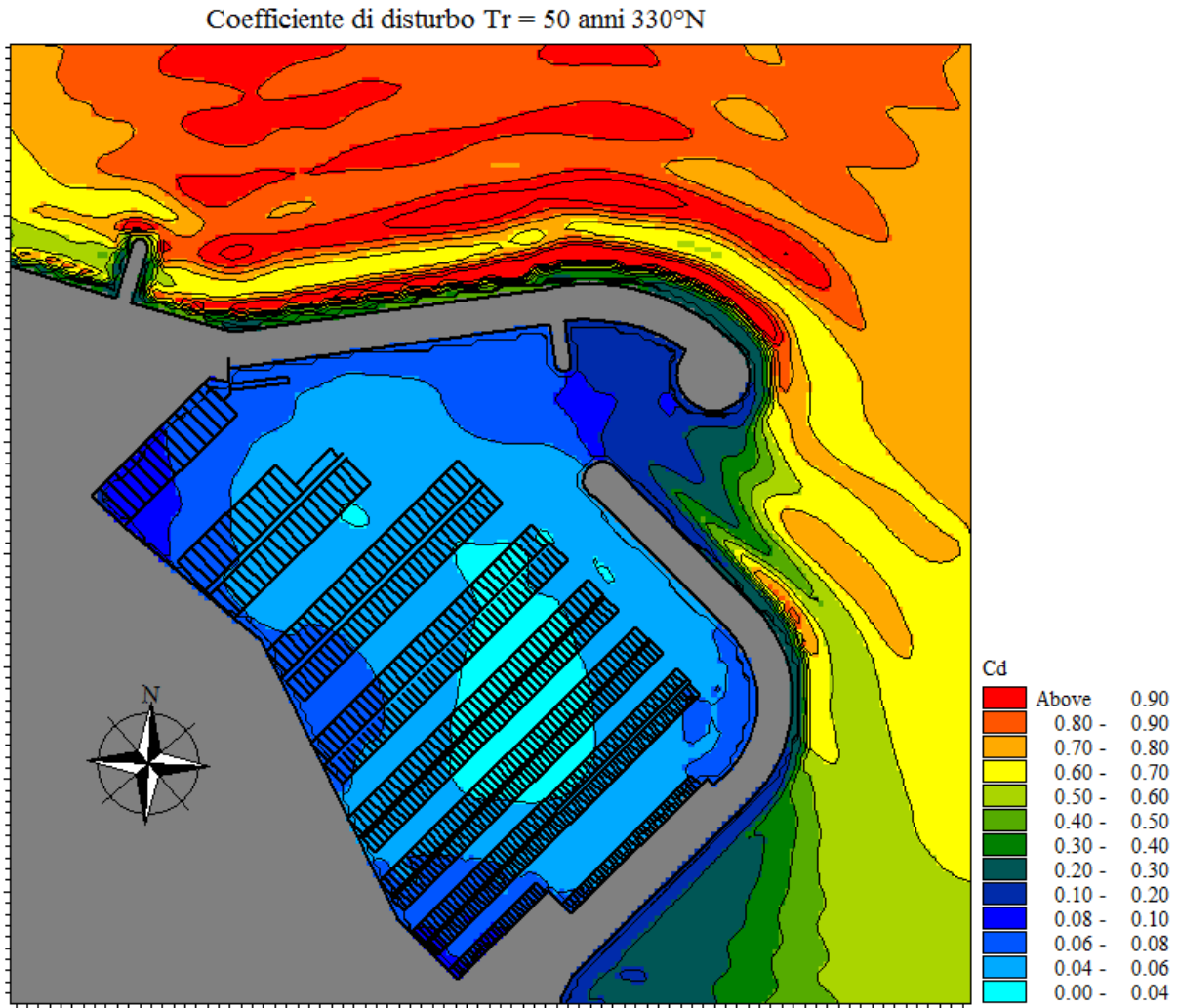


Figura 16. Coefficiente di disturbo onda $T_r=50$ anni proveniente da Nord



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Onda avente tempo di ritorno di 50 anni proveniente da Nord-Est

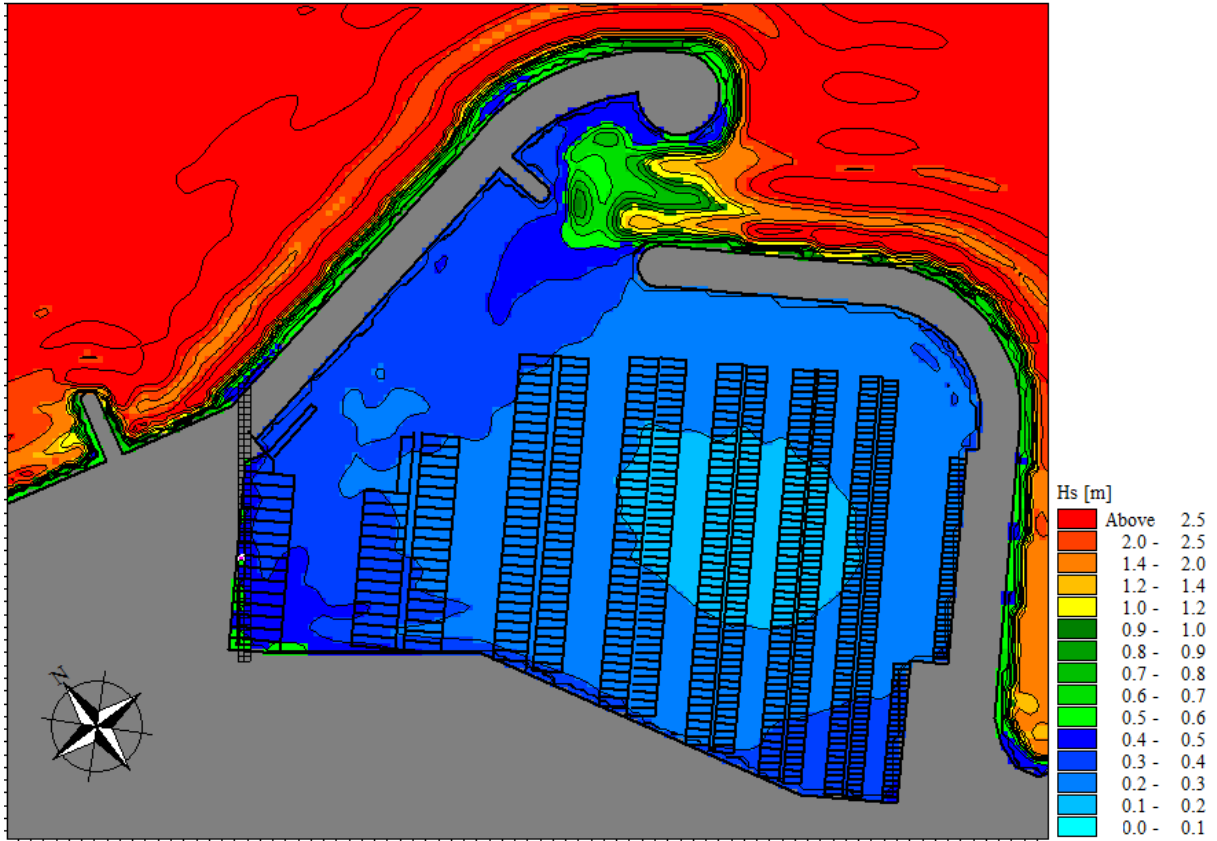


Figura 18. Tr=50 anni 45°N



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Coefficiente di disturbo $T_r=50$ anni $45^\circ N$

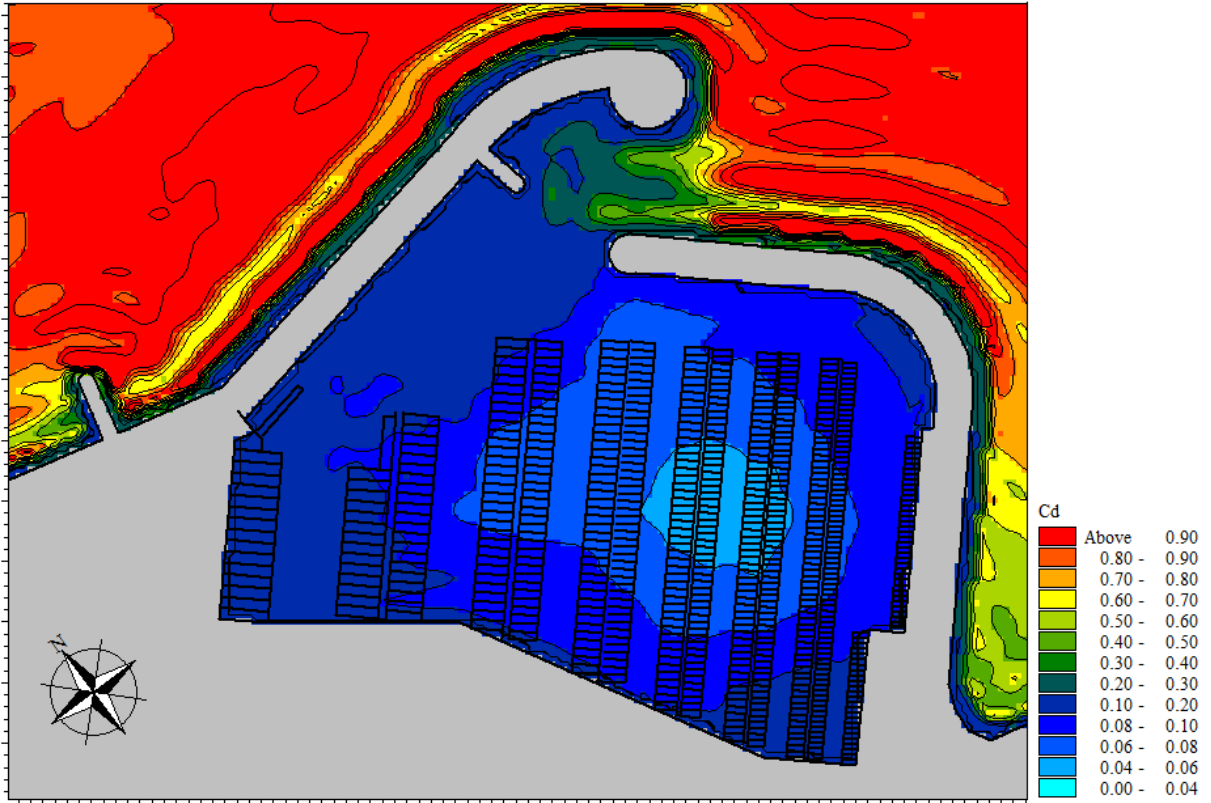


Figura 19. Coefficiente di disturbo onda $T_r=50$ anni proveniente da Nord-Est



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

4. CONCLUSIONI

Il presente studio è stato redatto per poter conoscere l'agitazione ondosa all'interno del porto di S. Stefano di Camastra e valutare così l'efficienza delle opere da realizzare.

Le condizioni ondose in ingresso sono state individuate dallo studio meteomarino redatto da Acquatecno S.r.l. presente all'interno del progetto definitivo.

Da tale studio meteomarino sono state individuate quattro onde rilevanti ai fini dell'agitazione interna, due proveniente da Nord (330°N), associate ad un tempo di ritorno di 50 anni e 2 anni. Le altre due onde provenienti da Nord-Est (45°N), associate anch'esse ad un tempo di ritorno di 50 e 2 anni.

E' stato utilizzato il modello numerico MIKE 21 SW che è basato sulla risoluzione numerica nel dominio e nel tempo dell'equazione di bilancio dell'azione delle onde per la generazione dell'onda di vento. Tale modello è in grado di simulare la crescita dell'onda per effetto del vento, l'interazione non lineare tra le onde, la dissipazione dovuta al white capping, la dissipazione dovuta all'attrito con il fondo, il frangimento dell'onda su profondità limitate, la rifrazione e lo shoaling dovuti alla batimetria, la diffrazione e la riflessione semplice.

Il passo successivo è stato applicare il modello numerico MIKE 21 BW che è basato sulla risoluzione numerica nel dominio del tempo delle equazioni di Boussinesq in due dimensioni (Madsen et al., 1997) attraverso uno schema implicito alle differenze finite. Le equazioni includono i termini non lineari e la dispersione in frequenza che è introdotta nelle equazioni del moto considerando gli effetti delle accelerazioni verticali sulla distribuzione di pressione. Si sono costruite delle griglie di calcolo utilizzando un passo di discretizzazione dx e dy di 4m in quanto tale modello necessita di almeno 7 punti di calcolo per ogni lunghezza d'onda. Per poter permettere l'ingresso dei fronti d'onda, provenienti da Nord-Est, ortogonali alla griglia di calcolo, la mesh per la simulazione è stata ruotata di 31° in modo tale da poter avere i fronti d'onda in ingresso ortogonali al contorno della griglia di calcolo. Tutte le simulazioni hanno una durata temporale di un'ora che risulta essere un periodo sufficiente per l'intero sviluppo del moto ondoso all'interno dell'area.

Per le verifiche dell'agitazione residua all'interno di un porto si è fatto riferimento a:

“Raccomandazioni tecniche per la progettazione dei porti turistici” febbraio 2002., AIPCN (ora Associazione Internazionale di Navigazione), recepite favorevolmente dalla Terza sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

In particolare l'Art. 5 "Agitazione interna" raccomanda i seguenti valori dell'altezza significativa ammissibile all'interno del porto per:

- per le "condizioni limite" un valore pari a 0.50 m
- per le "condizioni di sicurezza" un valore pari a 0.30 m.

Dai risultati ottenuti è emerso che la condizione di agitazione all'interno del porto di S. Stefano di Camastra è accettabile in gran parte del marina in quanto, il range di altezze d'onda varia tra 0.10m e 0.30m (valori stimati dall'onda avente 2 anni di tempo di ritorno) fatta eccezione per le onde aventi tempo di ritorno 50 anni per le quali risulta che, solo una ridotta porzione dello specchio acqueo (inferiore al 2% del totale), per complessivi 4 posti barca posti in prossimità del vertice sud occidentale dello specchio acqueo, è interessato da un'altezza d'onda residua di poco superiore a 0.50m. Tale altezza però non compromette la sicurezza delle imbarcazioni ormeggiate in tale zona in quanto queste appartengono alla IX categoria (lunghezza fuori tutta pari a 32 m).