COMUNE DI TORRE DEL GRECO

Provincia di Napoli

PIANO URBANISTICO COMUNALE

ATTIVITA' PRODROMICHE PER LA REDAZIONE
DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE E RELATIVI ATTI CONNESSI

Supporto al RUP ex art. 10, comma 7, del D. Lgs. 163/2006

ELABORATI DI ANALISI

REL. **R2**

STUDIO DELL'AGITAZIONE INTERNA PORTUALE

SCALA: _____

DIRIGENTE DEL SETTORE
Arch. Giovanni Falanga

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Dott. Vincenzo Oione

COORDINATORI DEL R.U.P.
Arch. Guido Grosso
Ing. Antonio Russo

IL SINDACO

DIPARTIMENTO
DI SCIENZE APPLICATE
Università di Napoli Parthenope

IL RESPONSABILE SCIENTIFICO
Prof. Ing. G. Benassai

GIUGNO 2011

PREMESSE 2

2. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE ONDOSE ALL'IMBOCCATURA 3

3. TRASFERIMENTO DELLE CARATTERISTICHE DEL MOTO ONDOSO ALL'IMBOCCATURA DELL'AREA PORTUALE 5

Risultati delle simulazioni relative agli eventi ondosi estremi 6

4. STUDIO DELLE CONDIZIONI IDRODINAMICHE ALL'INTERNO DELL'AREA PORTUALE 7

Studio dell'agitazione residua 8

Valori limite di agitazione alla base della verifica 9

5. VERIFICA DELLE CONDIZIONI IDRODINAMICHE ALL'INTERNO DELL'AREA PORTUALE E CONCLUSIONI 10

ELENCO FIGURE 11

PREMESSE

La presente Relazione costituisce parte delle attività prodromiche alla redazione del piano urbanistico comunale della città di Torre del Greco, per quanto attiene alla pianificazione della fascia costiera. In tale contesto, il Comune di Torre del Greco ha commissionato all'Università Parthenope – Dipartimento di Scienze Applicate, uno studio di fattibilità per l'ampliamento dell'attuale struttura portuale e per la realizzazione di una nuova darsena di servizio posta a sud dell'attuale porto di Torre del Greco.

In particolare, nella presente Relazione sono riportati i risultati relativi alle simulazioni dell'agitazione interna relativamente al progetto delle opere portuali di Torre del Greco.

La prima parte dello studio, riportata nello Studio Meteomarino al largo ed a riva, è stata rivolta alla determinazione del clima ondoso di largo ed a riva, con riferimento sia alle condizioni di moto ondoso ordinario, sia agli eventi estremi.

Nella presente Relazione, sulla base dei risultati del citato Studio Meteomarino al largo ed a riva, sono state effettuate le simulazioni dell'agitazione interna portuale sia con riferimento a Tr=50 anni che con riferimento a Tr=5 anni.In particolare, è stata valutata l'agitazione ondosa residua nell'area portuale sia con riferimento all'ampliamento del porto attuale, sia con riferimento alla nuova darsena attraverso un modello numerico per la simulazione dei fenomeni di rifrazione, diffrazione e frangimento, che utilizza la *mild slope equation*. I risultati delle simulazioni hanno consentito di ottimizzare la disposizione e la progettazione delle opere foranee ed interne.

Dal punto di vista operativo, con l'utilizzo del modello numerico di simulazione è stata ottimizzata l'estensione e l'orientamento del prolungamento del molo sopraflutto ed inoltre è stata evidenziata la necessità di progettare la parte terminale del nuovo molo sottoflutto con una struttura antiriflettente.

In sintesi l'utilizzo dei modelli matematici ha consentito di verificare che sia la configurazione dell'ampliamento del porto di Torre del Greco che la configurazione della

nuova darsena rispettano la verifica di agitazione interna, con riferimento alle Raccomandazioni Tecniche dell'AIPCN, di cui si riferirà nel dettaglio.

2. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE ONDOSE ALL'IMBOCCATURA

Nello Studio Meteo-marino al largo ed a riva si è proceduto a definire le condizioni meteomarine che caratterizzano l'idrodinamica costiera nell'area di studio.

A tal fine, determinata dapprima l'esposizione del paraggio al moto ondoso, si è proceduto a ricostruire il clima ondoso di largo, individuando, per ciascuna direzione e per ciascuna classe di altezza d'onda le frequenze di occorrenza medie.

Sono state quindi determinate le caratteristiche delle onde estreme secondo assegnati periodi di ritorno, adattando il set di dati costituito dai massimi di altezza d'onda al picco delle mareggiate stocasticamente indipendenti alla distribuzione probabilistica di Gumbel.

La conoscenza di tali grandezze è di fondamentale importanza nella progettazione di una qualunque opera marittima, in particolare per lo studio dell'agitazione residua all'interno degli specchi d'acqua portuali.

I risultati dello studio meteomarino al largo in termini di distribuzione in frequenza delle classi di altezza d'onda sono riportati in tab. 1, in termini di caratteristiche delle onde estreme con Tr=50 anni sono riportati in tab. 2.

DD (°N)	0<Hs<0.5	0.5<Hs<1	1<Hs<1.5	1.5<Hs<2	2<Hs<2.5	2.5<Hs<3	Hs>3
10	.163	.088	.027	.000	.000	.000	.000
20	.224	.122	.007	.000	.000	.000	.000
30	.204	.075	.014	.014	.000	.000	.000
40	.306	.163	.020	.007	.000	.000	.000
50	.326	.088	.034	.000	.000	.000	.000
60	.401	.122	.068	.000	.000	.000	.000
70	.550	.394	.129	.088	.034	.000	.000
80	.998	1.019	.930	.584	.177	.054	.000
90	1.372	2.010	1.759	.808	.183	.081	.000
100	1.331	1.535	.652	.238	.115	.041	.000
110	.869	.808	.231	.075	.034	.041	.000
120	.815	.632	.272	.095	.034	.000	.007
130	.706	.509	.306	.129	.068	.014	.007
140	.788	.598	.265	.122	.068	.027	.014
150	.625	.625	.183	.061	.034	.007	.000
160	.577	.584	.285	.054	.020	.007	.000
170	.720	.537	.326	.177	.061	.007	.020
180	.754	.713	.285	.102	.143	.027	.014
190	.992	.856	.326	.224	.183	.054	.020
200	1.182	.862	.441	.149	.143	.048	.034
210	1.467	.862	.333	.265	.061	.081	.048
220	1.813	.862	.482	.306	.143	.034	.054
230	1.895	.903	.523	.340	.122	.041	.122
240	2.024	.971	.414	.258	.143	.034	.054
250	2.153	1.229	.611	.346	.129	.102	.034
260	2.866	1.508	.937	.516	.407	.224	.075
270	3.382	2.458	1.691	1.311	.638	.333	.353
280	4.890	2.574	1.277	.795	.333	.163	.115
290	5.005	1.467	.414	.129	.054	.034	.020
300	3.063	1.107	.143	.061	.020	.000	.014
310	1.487	.394	.197	.054	.034	.007	.007
320	.795	.149	.061	.020	.000	.000	.000
330	.482	.095	.041	.000	.000	.000	.000
340	.272	.115	.020	.000	.000	.000	.000
350	.238	.068	.007	.000	.000	.000	.000
360	.394	.122	.020	.000	.000	.000	.000

Tab. 1 – Distribuzione in frequenza delle classi di altezza d'onda per l'ondametro di Ponza

	Tr=50 anni	
DD(°N)	**Hs(m)**	**Ts (s)**
180	3,74	8,29
190	4,59	9,18
200	4,85	9,44
210	4,42	9,01
220	5,58	10,13
230	5,51	10,06
240	5,03	9,62
250	5,2	9,78
260	5,85	10,37
270	6,99	11,34

Tab. 2 Caratteristiche delle onde estreme considerate nella propagazione Tr=50 anni

3. TRASFERIMENTO DELLE CARATTERISTICHE DEL MOTO ONDOSO ALL'IMBOCCATURA DELL'AREA PORTUALE

Le caratteristiche del moto ondoso di largo riferite agli eventi estremi di cui al capitolo precedente sono state trasferite sotto costa, in corrispondenza dell'imboccatura dell'area portuale di Torre del Greco, alla profondità immediatamente al largo delle opere a scogliera esistenti e da realizzare. In particolare, per quanto riguarda l'ampliamento del porto attuale, è stata considerata la profondità di 11.0m, per quanto riguarda il nuovo molo sopraflutto è stata considerata la profondità di 7.0m. Tali valori sono la media delle profondità in corrispondenza delle rispettive imboccature portuali.

Allo scopo, è stato utilizzato un modello matematico in grado di simulare numericamente i fenomeni che hanno luogo nella propagazione del moto ondoso da largo verso la costa. La descrizione del modello è riportata nella relazione R1 – Studio Meteomarino al largo ed a riva.

Il trasferimento delle onde estreme corrispondenti a Tr = 50 anni è stato effettuato nel citato Studio Meteomarino al largo ed a riva con riferimento a tutte le direzioni considerate nella propagazione (da 180°N a 270°N), mentre il trasferimento delle onde estreme corrispondenti a Tr=5 anni è stato effettuato solo con riferimento alle direzioni utilizzate per la verifica dell'agitazione interna portuale, ovvero 180°N, 210°N, 230°N e 270°N.

I valori delle altezze e delle direzioni in corrispondenza delle rispettive imboccature portuali costituiscono i valori di riferimento per la verifica dell'agitazione interna, rispettivamente dell'ampliamento del porto attuale e per la realizzazione della nuova darsena.

I risultati della propagazione sono stati riportati nelle figure da 1A a 10A dello Studio Meteomarino al largo ed a riva con riferimento a Tr=50 anni, nelle figure da 1B a 4B con riferimento a Tr=5 anni.

Risultati delle simulazioni relative agli eventi ondosi estremi

I valori alla base della propagazione degli eventi estremi di moto ondoso associati al periodo di ritorno di 50 anni sono riportati nella tab. 2, quelli alla base della propagazione degli eventi associati al periodo di ritorno di 5 anni sono riportati nella tab. 3.

	Tr=5 anni	
DD(°N)	**Hs(m)**	**Ts (s)**
180	2,26	6,45
210	3,28	7,77
230	4,08	8,67
270	5,15	9,05

Tab. 3 – Caratteristiche della propagazione ondosa utilizzate per la verifica dell'agitazione

I risultati delle simulazioni della propagazione delle onde con periodo di ritorno TR=50 anni sono stati riportati nelle figure da 1.A a 10.A dello Studio Meteomarino al largo ed a riva, i risultati delle simulazioni della propagazione delle onde con periodo di ritorno TR=5 anni sono stati riportati nelle figure da 1.B a 4.B, con riferimento alle direzioni 180°N, 210°N, 230°N, 270°N.

4. STUDIO DELLE CONDIZIONI IDRODINAMICHE ALL'INTERNO DELL'AREA PORTUALE

Una volta ottenute le caratteristiche del moto ondoso in corrispondenza dell'imboccatura, sono state studiate le condizioni idrodinamiche all'interno dell'area portuale, utilizzando idonei modelli matematici.

In particolare, sono state valutate le condizioni di agitazione ondosa residua a tergo delle opere di protezione, legate al fenomeno della diffrazione. La conoscenza di tali

condizioni è indispensabile per la verifica della sicurezza all'ormeggio dei natanti, e fornisce indicazioni utili circa la disposizione delle opere di accosto.

Le batimetriche in corrispondenza dell'area portuale sono state descritte utilizzando rilievi batimetrici disponibili (carte nautiche IIM, rilievi realizzati ad hoc per progettazioni precedenti) di cui si riporta uno stralcio nella fig. A riportata nella relazione R1.

Si riportano nel seguito le principali caratteristiche del modelli matematici utilizzati e i risultati ottenuti.

Studio dell'agitazione residua

Per lo studio della propagazione del moto ondoso a tergo delle opere di protezione è stato utilizzato un modello matematico per la simulazione dei fenomeni di rifrazione, diffrazione e frangimento, che utilizza la *mild slope equation*.

Con riferimento ad un sistema di assi cartesiani x,y,z, con l'asse z verticale avente origine sulla superficie di quiete ed orientato verso l'alto, l'equazione di base si scrive:

$$\vec{\nabla}\left(CC_G\vec{\nabla}\phi\right)+\left(k^2CC_G+i\omega W\right)\phi=0$$

Nell'equazione i simboli hanno il seguente significato:

- C e C_g rappresentano la celerità e la celerità di gruppo dell'onda, e si possono valutare, come lunghezza d'onda L, con riferimento alla teoria lineare, in funzione della profondità.
- ω è la fase dell'onda, espressa in funzione del periodo T, pari 2π/T.
- φ è il potenziale di superficie dell'onda, legato al potenziale di velocità Φ attraverso la relazione:

$$\Phi=\frac{g}{\omega}\phi\frac{\cosh k\left(h+z\right)}{\cosh k\left(kh\right)}e^{-i\omega t}$$

dove κ è il numero d'onda $2\pi/L$, h la profondità del fondale e z il sopralzo della superficie libera rispetto al livello medio.

W rappresenta i termini dissipativi, in termini di densità di energia dell'onda: $W=E_{diss}/E$.

Nel caso in cui si identifichi a priori una direzione prevalente di propagazione dell'onda, che per semplicità si considera coincidente con l'asse della x, la mild slope equation assume, la forma semplificata:

$$\frac{\partial}{\partial x} CC_G \frac{\partial \phi}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \left(k^2 CC_G + i\omega W\right) \phi = 0 \quad \frac{\partial}{\partial x} CC_G \frac{\partial \phi}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \left(k^2 CC_G + i\omega W\right) \phi = 0$$

che prende il nome di parabolic mild slope equation.

Valori limite di agitazione alla base della verifica

Allo scopo di ottimizzare la configurazione scelta in funzione della minimizzazione dell'agitazione interna al nuovo bacino portuale sono stati verificati i due limiti di agitazione interna prescritti dalle Raccomandazioni per la Progettazione dei Porti Turistici (AIPCN) :

(Hs)max = 0,3m con riferimento a Tr=5 anni;

(Hs)max = 0,5m con riferimento a Tr=50 anni.

Per tali due condizioni le simulazioni dell'agitazione interna sono state effettuate con riferimento alle direzioni DD=180°N ; DD=210 °N ; DD=230 °N; DD=270°N

In particolare, sono state considerate le seguenti simulazioni di agitazione residua:

TR=5 anni direzioni 180°N, 210°N, 230°N, 270°N

TR=50 anni direzioni 180°N, 210°N, 230°N, 270°N

per un totale di n. 8 simulazioni, come elencato in dettaglio nell'elenco figure, a cui si fa riferimento.

5. VERIFICA DELLE CONDIZIONI IDRODINAMICHE ALL'INTERNO DELL'AREA PORTUALE E CONCLUSIONI

I risultati delle simulazioni relative all'agitazione residua provocata dalle onde con periodo di ritorno 5 anni e 50 anni, con riferimento alle condizioni di maggiore frequenza e maggiore intensità del moto ondoso tra quelle calcolate, sono illustrate nelle Figure da 1 a 8, in cui l'agitazione ondosa è rappresentata mediante linee a valore costante di altezza d'onda.

Si osserva che le agitazioni più intense in corrispondenza del porto attuale si verificano in corrispondenza delle direzioni 180°N e 210°N, in quanto il molo sopraflutto protegge maggiormente il bacino portuale dalle onde più elevate che provengono dalle direzioni occidentali. Per tali direzioni, configurando alcune banchine con sistemi antiriflettenti, i limiti di agitazione raccomandati dall'AIPCN sono rispettati.

Per quanto riguarda il nuovo bacino portuale, si osserva che quest'ultimo è riparato dall'attuale porto per le direzioni occidentali, mentre è piuttosto riparato anche dalle direzioni meridionali, pertanto i valori di agitazione residua sono compatibili con le raccomandazioni tecniche dell'AIPCN.

In definitiva, considerando che le verifiche delle simulazioni riferite ad un periodo di ritorno di 5 e di 50 anni sono state rispettate, le agitazioni residue risultano sostanzialmente modeste e non sembrano tali da destare particolare preoccupazioni per quanto riguarda la sicurezza all'ormeggio dei natanti, sia per il prolungamento del porto attuale che per il nuovo bacino portuale.

ELENCO FIGURE

Fig.1 Agitazione interna nel porto di Torre del Greco TR 5anni Dir 180°N

Fig.2 Agitazione interna nel porto di Torre del Greco TR 5anni Dir 210°N

Fig.3 Agitazione interna nel porto di Torre del Greco TR 5anni Dir 230°N

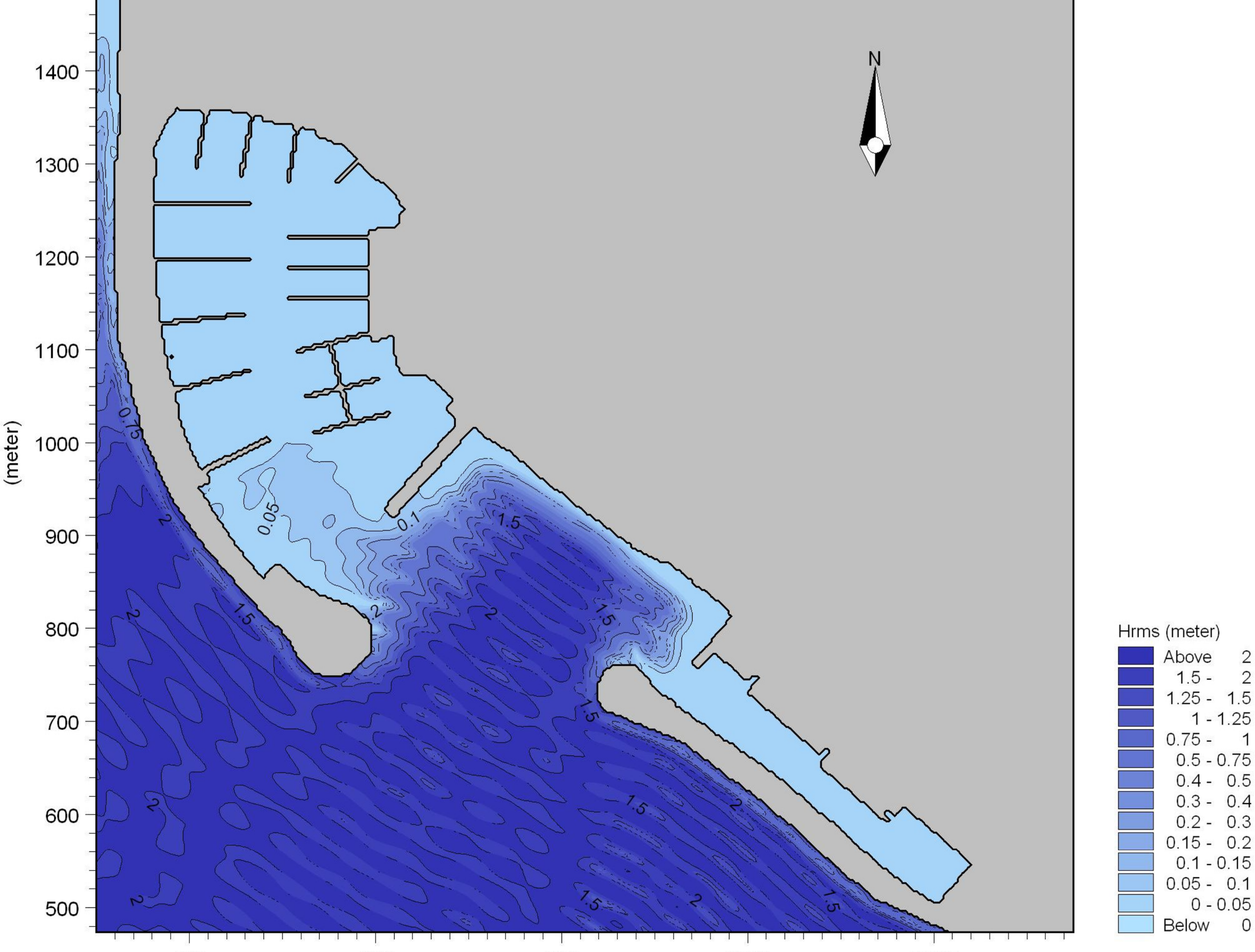
Fig.4 Agitazione interna nel porto di Torre del Greco TR 5anni Dir 270°N

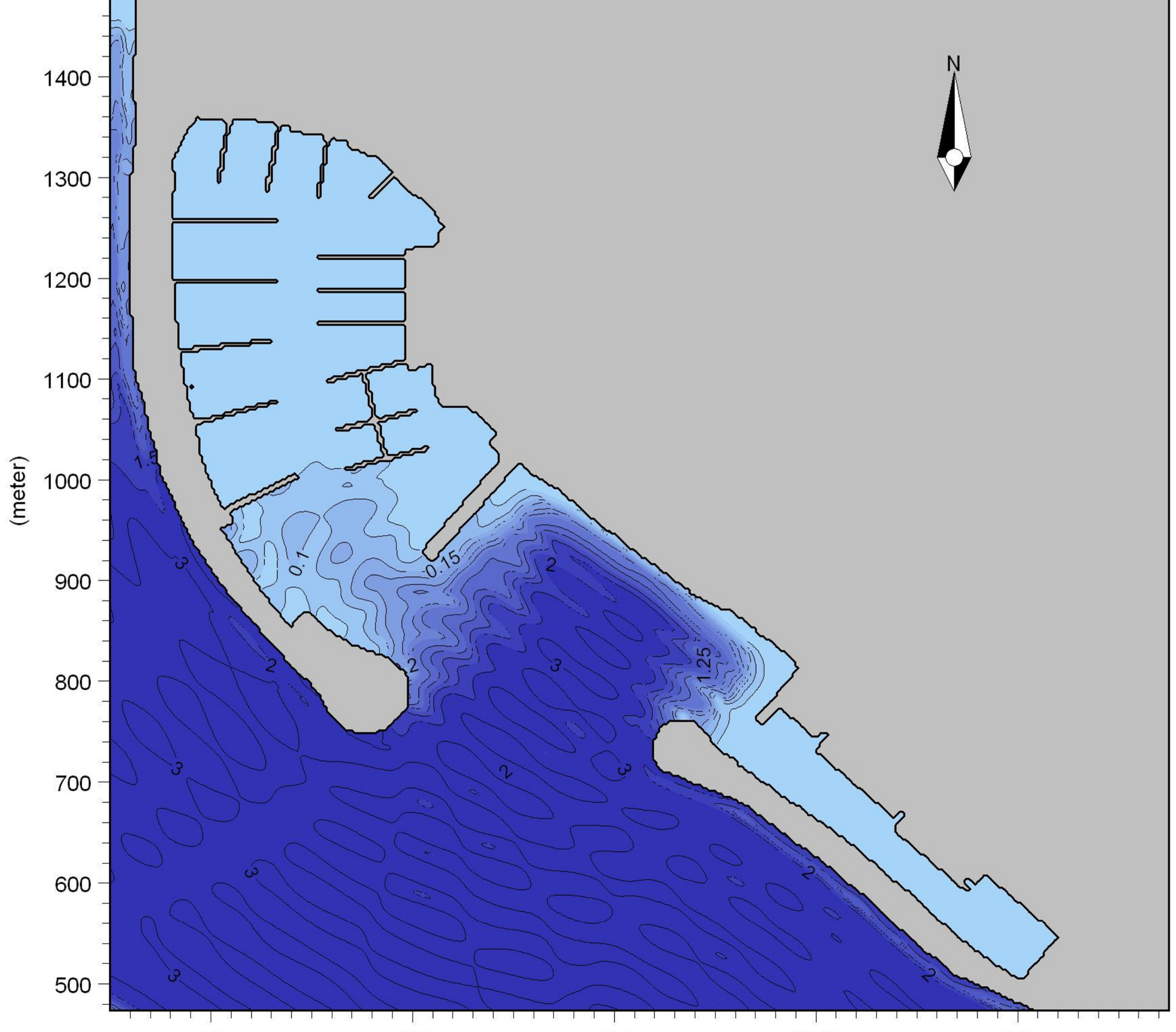
Fig.5 Agitazione interna nel porto di Torre del Greco TR 50anni Dir 180°N

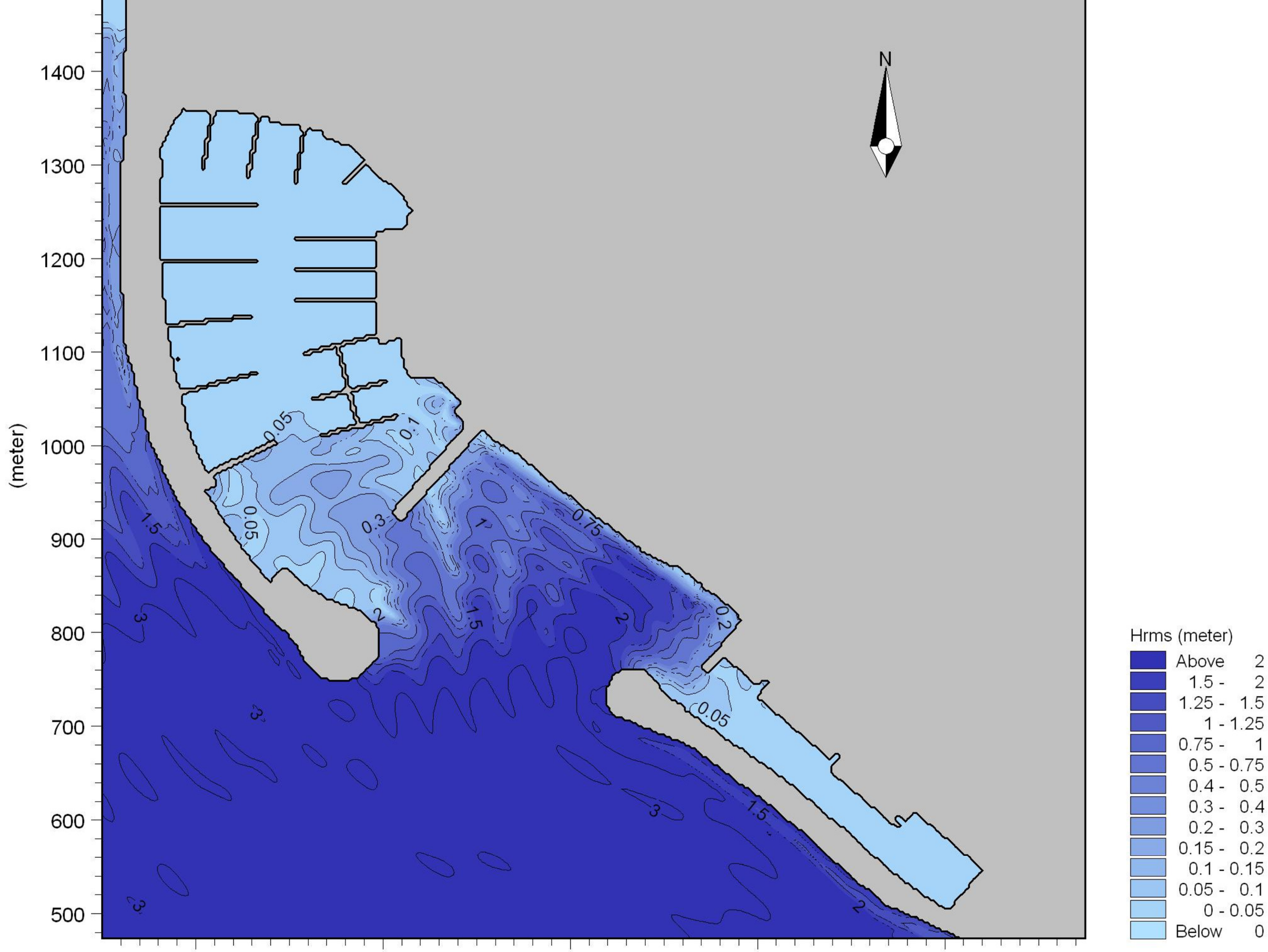
Fig.6 Agitazione interna nel porto di Torre del Greco TR 50anni Dir 210°N

Fig.7 Agitazione interna nel porto di Torre del Greco TR 50anni Dir 230°N

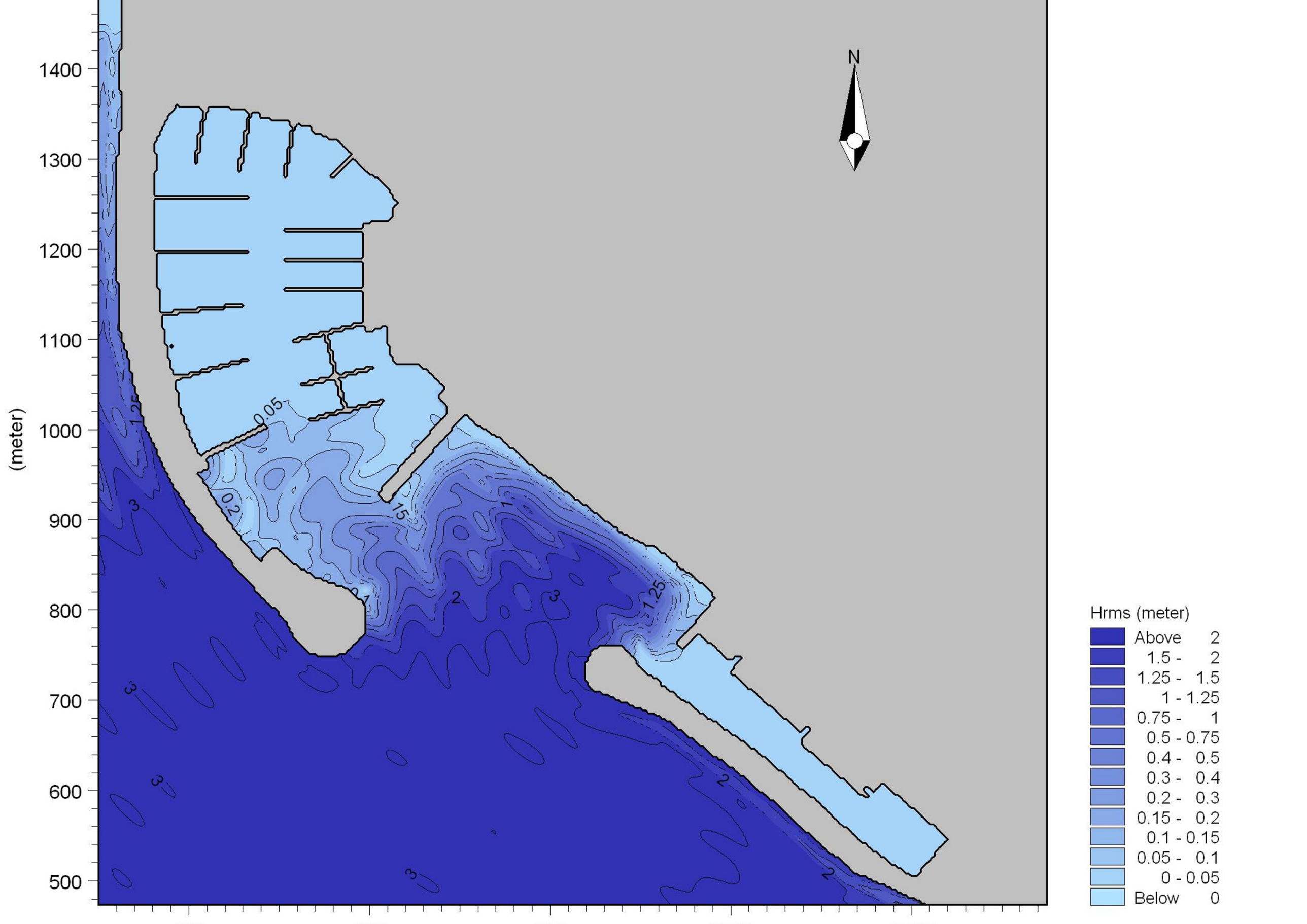
Fig.8 Agitazione interna nel porto di Torre del Greco TR 50anni Dir 270°N

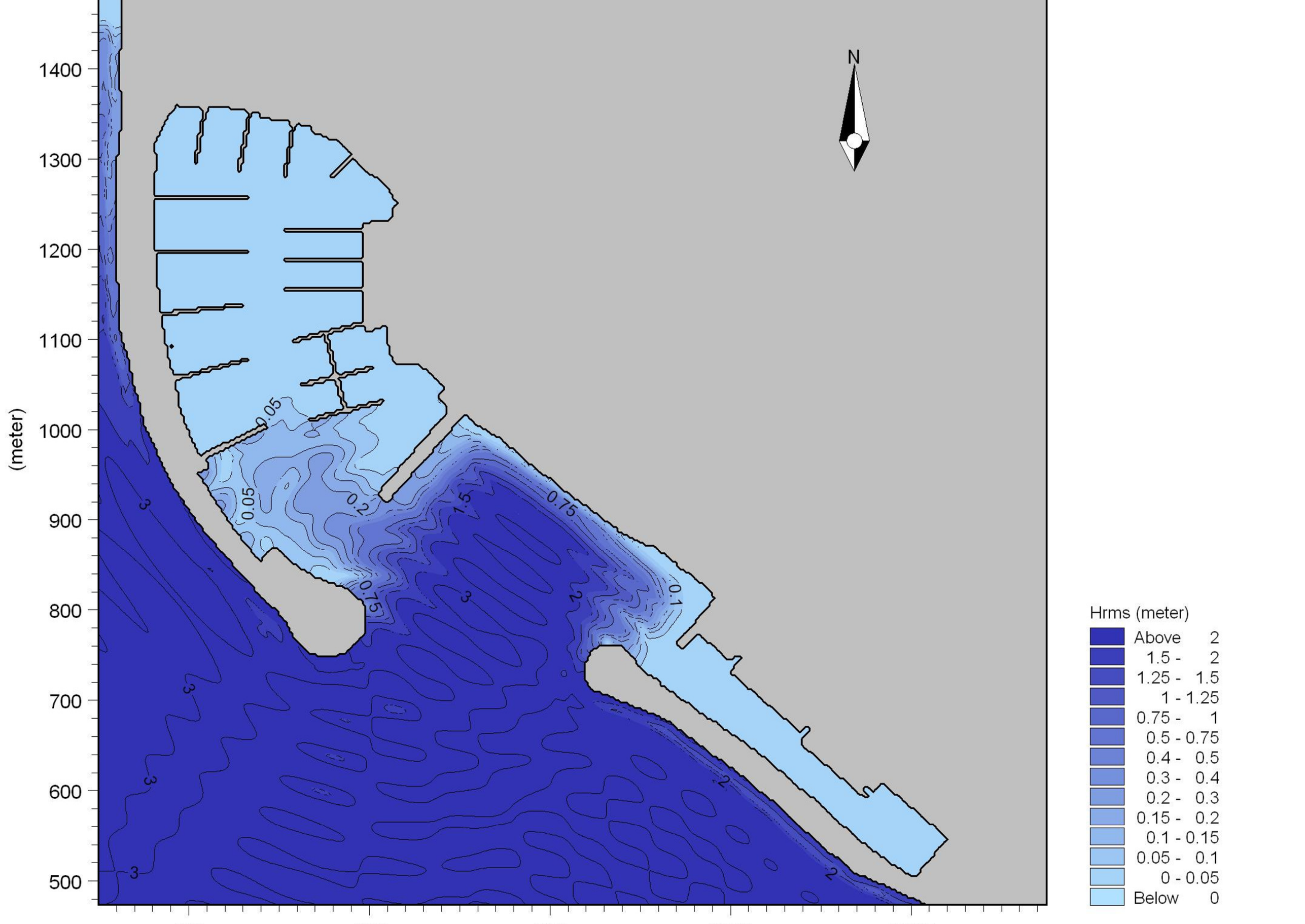

N
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
(meter)
0.05
0.1
0.2
1.5
2
Hrms (meter)
Above 2
1.5 - 2
1.25 - 1.5
1 - 1.25
0.75 - 1
0.5 - 0.75
0.4 - 0.5
0.3 - 0.4
0.2 - 0.3
0.15 - 0.2
0.1 - 0.15
0.05 - 0.1
0 - 0.05
Below 0

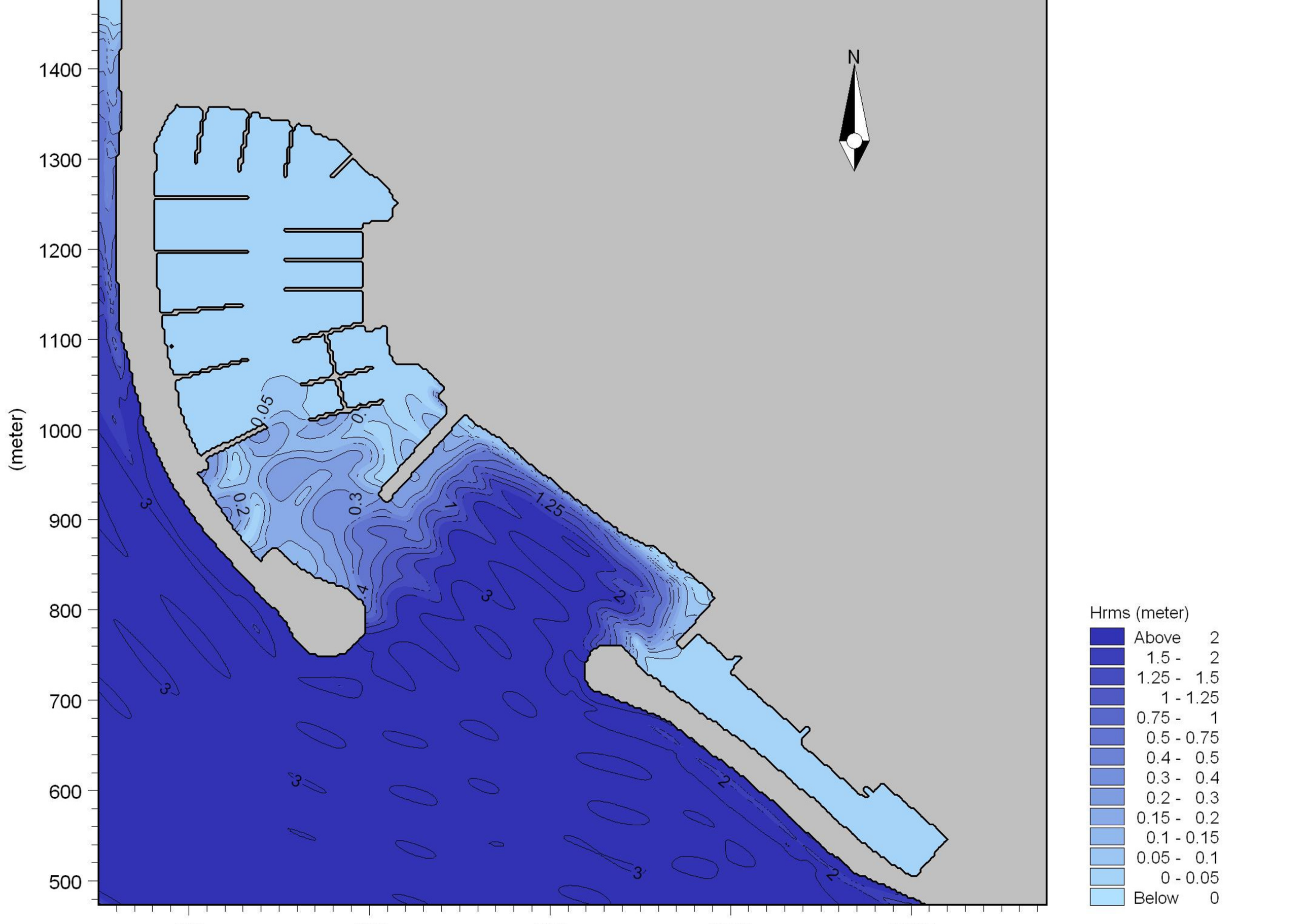

N
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
(meter)
0.1
0.15
1.25
1.5
2
3
Hrms (meter)
Above 2
1.5 - 2
1.25 - 1.5
1 - 1.25
0.75 - 1
0.5 - 0.75
0.4 - 0.5
0.3 - 0.4
0.2 - 0.3
0.15 - 0.2
0.1 - 0.15
0.05 - 0.1
0 - 0.05
Below 0

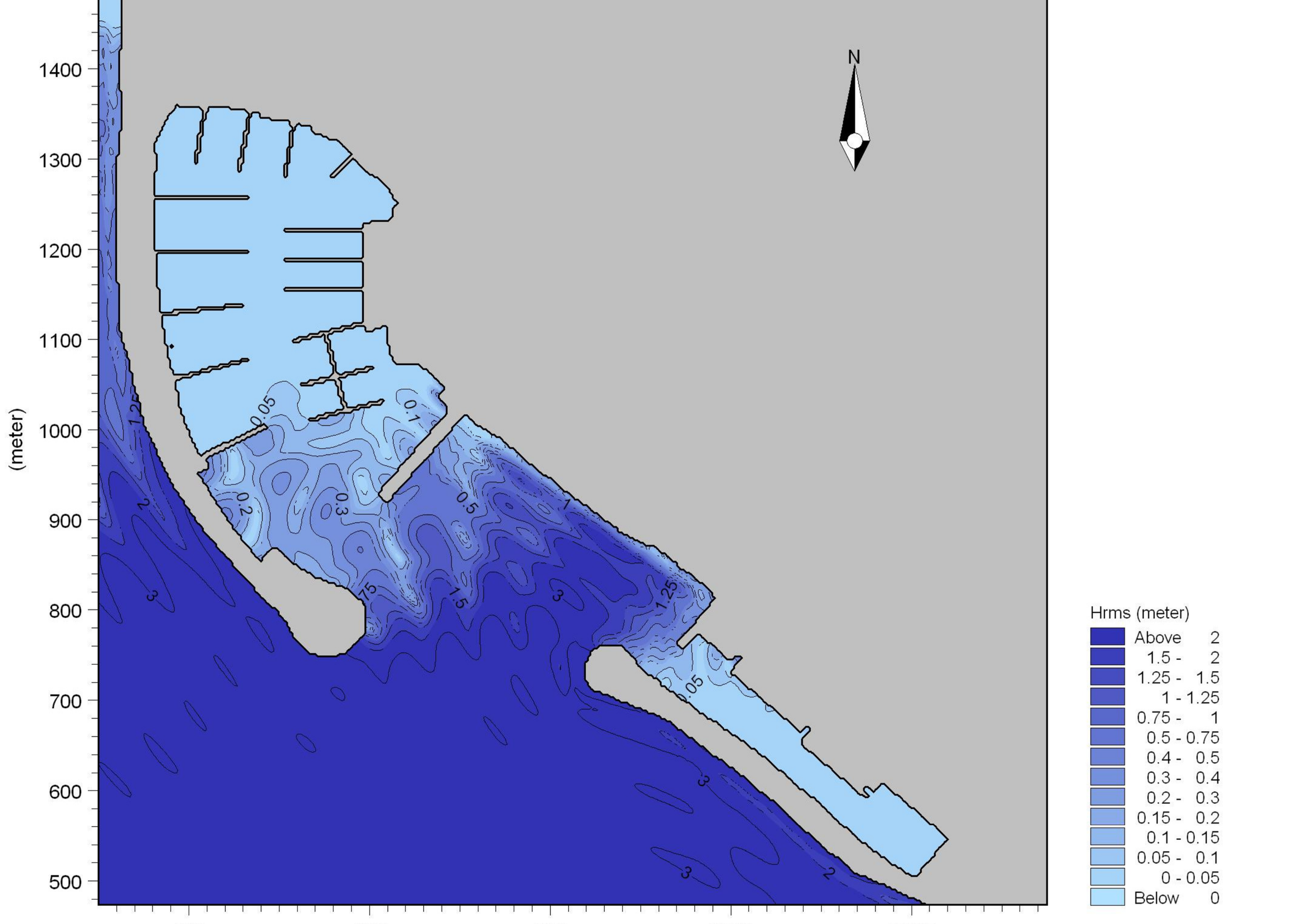


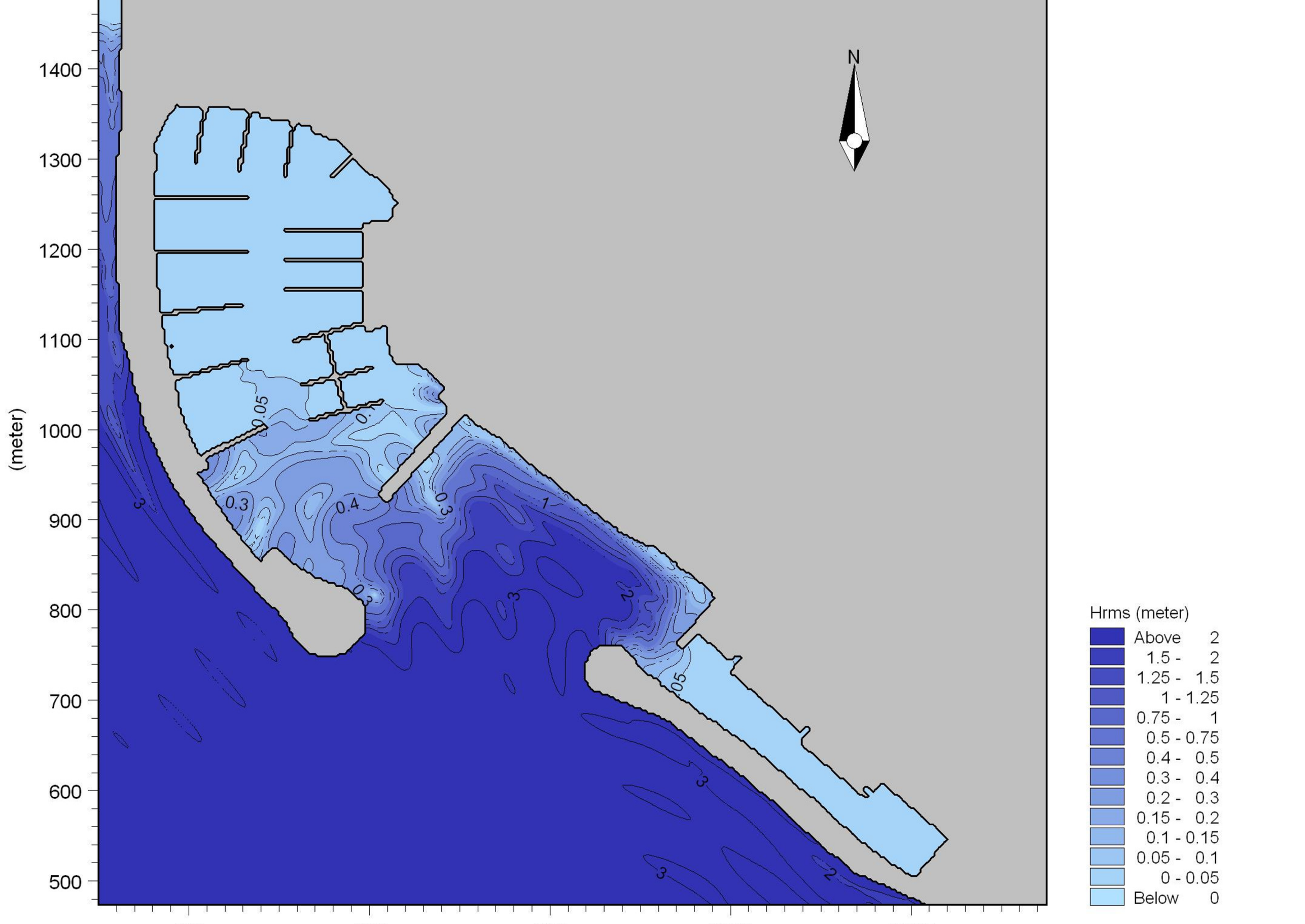
N
(meter)
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
0.05
0.1
0.3
0.75
1
1.5
2
3
0.2
Hrms (meter)
Above 2
1.5 - 2
1.25 - 1.5
1 - 1.25
0.75 - 1
0.5 - 0.75
0.4 - 0.5
0.3 - 0.4
0.2 - 0.3
0.15 - 0.2
0.1 - 0.15
0.05 - 0.1
0 - 0.05
Below 0


(meter)
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
N
0.05
0.2
1.5
1
1.25
2
3
Hrms (meter)
Above 2
1.5 - 2
1.25 - 1.5
1 - 1.25
0.75 - 1
0.5 - 0.75
0.4 - 0.5
0.3 - 0.4
0.2 - 0.3
0.15 - 0.2
0.1 - 0.15
0.05 - 0.1
0 - 0.05
Below 0


N
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
(meter)
0.05
0.2
0.75
1.5
0.75
0.1
3
2
Hrms (meter)
Above 2
1.5 - 2
1.25 - 1.5
1 - 1.25
0.75 - 1
0.5 - 0.75
0.4 - 0.5
0.3 - 0.4
0.2 - 0.3
0.15 - 0.2
0.1 - 0.15
0.05 - 0.1
0 - 0.05
Below 0


N
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
(meter)
0.05
0.2
0.3
0.4
1
1.25
2
3
Hrms (meter)
Above 2
1.5 - 2
1.25 - 1.5
1 - 1.25
0.75 - 1
0.5 - 0.75
0.4 - 0.5
0.3 - 0.4
0.2 - 0.3
0.15 - 0.2
0.1 - 0.15
0.05 - 0.1
0 - 0.05
Below 0


N
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
(meter)
0.05
0.1
0.2
0.3
0.5
1
1.25
1.5
2
3
75
Hrms (meter)
Above 2
1.5 - 2
1.25 - 1.5
1 - 1.25
0.75 - 1
0.5 - 0.75
0.4 - 0.5
0.3 - 0.4
0.2 - 0.3
0.15 - 0.2
0.1 - 0.15
0.05 - 0.1
0 - 0.05
Below 0



N
(meter)
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
0.05
0.1
0.3
0.4
0.3
1
3
0.3
3
2
.05
3
3
2
Hrms (meter)
Above 2
1.5 - 2
1.25 - 1.5
1 - 1.25
0.75 - 1
0.5 - 0.75
0.4 - 0.5
0.3 - 0.4
0.2 - 0.3
0.15 - 0.2
0.1 - 0.15
0.05 - 0.1
0 - 0.05
Below 0