



COMUNE DI ROMA

LIDO DI OSTIA

COMUNE DI ROMA
DIPARTIMENTO IX
Politiche di Attuazione degli Strumenti Urbanistici

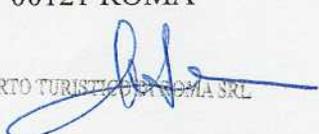
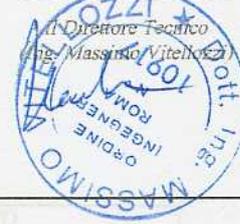
18 FEB 2010 10588

PORTO DI ROMA

PROGETTO DI AMPLIAMENTO



PROGETTO DEFINITIVO

0	Febbraio 2010	EMISSIONE			
INDICE	DATA	MODIFICHE	DISEGNATO	CONTROLLATO	APPROVATO
CONCESSIONARIO: PORTO TURISTICO DI ROMA s.r.l. Largo del Porto di Roma 5 - Ostia Lido 00121 ROMA  PORTO TURISTICO DI ROMA SRL		PROGETTAZIONE: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  MODIEME s.r.l. Via Monte Zebio 40 - 00195 ROMA Il Direttore Tecnico (Prof. Ing. Alessandro Tognoli) </div> <div style="text-align: center;">  SEACON s.r.l. Viale Parioli, 60 - 00197 Roma Il Direttore Tecnico (Ing. Massimo Vitelliozzi) </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;">   </div>			
PROGETTO	ELABORATO	SCALA	TITOLO		
146 10 09 SEA	R 008		STUDIO DELLE AGITAZIONI INTERNE		

INDICE

1.	PREMESSE	2
2.	CENNI SUL MODELLO MATEMATICO ADOTTATO	3
3.	CLIMA METEOMARINO DI PROGETTO	4
4.	CONFIGURAZIONE ED IPOTESI DI CALCOLO	6
5.	ANALISI DEI RISULTATI DEL MODELLO	7
5.1	Sommario dei risultati	7
5.2	Analisi dei risultati nelle varie condizioni	7

1. PREMESSE

Nell'ambito del presente studio vengono valutati l'agibilità dell'imboccatura ed il livello di agitazione ondosa della nuova zona di ormeggio proposta nel presente Progetto Definitivo di ampliamento del "Porto Turistico di Roma", attraverso l'impiego di un modello matematico di simulazione effettuata per le condizioni meteomarine maggiormente significative e sfavorevoli.

Per la definizione delle condizioni di moto ondoso all'imboccatura portuale, sono stati utilizzati i dati dell'ondametro di Civitavecchia elaborati nell'allegato "R-003 - Studio del Moto Ondoso".

Lo studio della penetrazione delle onde di breve periodo all'interno dello specchio acqueo portuale è stato affrontato utilizzando un modello matematico completo della rifrazione, diffrazione e riflessione del moto ondoso, in grado di simulare i principali fenomeni idrodinamici concomitanti che regolano la propagazione del moto ondoso all'interno della struttura portuale, per le condizioni ondose considerate più rappresentative.

Per l'applicazione del modello sono stati utilizzate quattro diverse ondatazioni:

- $H_{so} = 2,75$ m. $T_p = 7$ s. ; con frequenza di accadimento pari a circa 2,87 gg/anno per eventi provenienti da 135° - 215° N, corrispondente ad un'onda sottocosta con $H_s = 2,40$ m. ;
- $H_{so} = 4,80$ m. $T_p = 10$ s. ; rappresentativa di un tempo di ritorno di 50 anni per eventi provenienti da 135° - 215° N, corrispondente ad un'onda sottocosta con $H_s = 4,10$ m. ;
- $H_{so} = 3,80$ m. $T_p = 7$ s. ; con frequenza di accadimento pari a circa 0,37 gg/anno per eventi provenienti da 215° - 315° N, corrispondente ad un'onda sottocosta con $H_s = 3,50$ m. ;
- $H_{so} = 5,70$ m. $T_p = 10$ s. ; rappresentativa di un tempo di ritorno di 50 anni per eventi provenienti da 215° - 315° N, corrispondente ad un'onda sottocosta con $H_s = 5,30$ m. ;

Le frequenze di accadimento di 2,87 giorni/anno e di 0,37 giorni/anno è rappresentativa delle condizioni "estreme usuali", mentre il tempo di ritorno 50 anni definisce le condizioni estreme a lungo periodo.

2. CENNI SUL MODELLO MATEMATICO ADOTTATO

La determinazione dello stato di agitazione interno ad una struttura è un problema complesso, che richiede la determinazione delle condizioni di agitazione stazionaria, note le condizioni al contorno di onde provenienti dal largo, la struttura portuale, la profondità all'interno del porto, la capacità riflettente delle strutture interne.

Il modello matematico bidimensionale agli elementi finiti CGWAVE è stato sviluppato dall'Università del Maine su commissione del "U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station" ed è basato sull'equazione ellittica dell'onda che si propaga su fondali a lieve pendenza, (conosciuta anche come "combined refraction-diffraction equation") prima proposta da Eckart (1952) ed in seguito trattata da Berkhoff (1972, 1976) e altri, che è utilizzata per stimare le condizioni del moto ondoso a ridosso delle coste.

CGWAVE è in grado di simulare contemporaneamente gli effetti della rifrazione, della diffrazione, della riflessione causata dalla variazione di profondità e dalle strutture, della dissipazione dell'energia dell'onda dovuta all'attrito con i fondali e al frangimento e l'effetto della dispersione non lineare dell'ampiezza dell'onda.

CGWAVE analizza la trasformazione dell'onda a basse profondità nelle vicinanze della costa, quindi appartiene a quella classe di modelli matematici che operano in "local scale", ed utilizza come interfaccia grafico e risolutore il modello SMS (Surface-water Modelling System) prima e dopo i processi operativi. Il metodo classico "super-element", così come il nuovo metodo di approssimazione parabolica sviluppato recentemente (Xu, Panchang and demirbilek 1996), vengono utilizzati per studiare la condizione al contorno "open boundary".

Per risolvere le equazioni discretizzate viene utilizzata una procedura iterativa (metodo del gradiente coniugato) introdotta da Panchang e altri (1991) e modificata da Li (1994).

La trattazione teorica completa del modello può essere reperita su una delle pubblicazioni menzionate in bibliografia. (Demirbilek, Panchang 1998: "CGWAVE: A Coastal Surface water wave Model of the Mild Slope Equation").

3. CLIMA METEOMARINO DI PROGETTO

Le condizioni di moto ondoso utilizzate nel presente studio sono state desunte dalla elaborazione dei dati dell'ondametro di Civitavecchia i cui risultati sono riportati nell'allegato "R-003 - Studio del Moto Ondoso".

Il modello matematico è stato applicato per le direzioni rifratte di provenienza 165°N (rappresentativa del settore 135°-215°) e 235°N (rappresentativa del settore 215°-315°), simulando le seguenti situazioni:

- la situazione di condizione meteomarina 'estrema usuale', caratterizzata da altezze d'onda estreme con $T_r < 1$ anno, per le direzioni 165°N e 235°N;
- la situazione di condizione limite di operatività dell'imboccatura, caratterizzata da eventi estremi con $T_r = 50$ anni, per la direzione 165°N (massima onda non frangente in corrispondenza della testata del molo sopraflutto);
- la situazione di condizione meteomarina estrema con onda frangente sull'imboccatura, caratterizzata da eventi estremi con $T_r = 50$ anni, per la direzione 235°N per la stima della penetrazione del moto ondoso all'interno del bacino portuale in condizioni di inoperatività dell'accesso al porto (down-time).

L'altezza d'onda limite al frangimento in corrispondenza dell'imboccatura portuale è stata valutata attraverso la relazione di Kamphuis (1991):

$$H_{lim} = 0,095 e^{4M} L_{Pi} \tanh(2\pi d_b / L_{Pi})$$

dove:

M e' la pendenza del fondo
 d_b e' la profondita' al piede dell'opera.

Nel caso in argomento il tirante d'acqua in corrispondenza dell'imboccatura è pari a -7.50 metri dal l.m.m., ed H_{lim} risulta pari a circa 4,50 metri.

L'elaborazione statistica dei dati triorari ha consentito di individuare la frequenza di accadimento per classi di altezza e direzione che fornisce il seguente dato complessivo:

ALTEZZA D'ONDA	Frequenza %	Giorni/anno
$H \geq 4,5$ m	0,025	≈0,10
$3,5 \text{ m} \leq H < 4,5$ m	0,13	≈0,50
$2,5 \text{ m} \leq H < 3,5$ m	1,04	≈3,90
$H < 2,5$ m	98,80	≈360,50

Il valore di altezza d'onda 4,5 metri rappresenta – come detto - l'altezza limite al frangimento in corrispondenza della testata del molo sopraflutto posizionata su fondale di (- 7,5-8,0) m. dal l.m.m. ed i dati della precedente tabella indicano che :

- per $H \geq 4,5$ m. le onde giungono frangenti in corrispondenza della testata del molo sopraflutto dalla direzione 235°N , e che pertanto la corrispondente frequenza pari al 0.025 % ,ossia pari a circa 0,10 gg/a su base statistica media annua, rappresenta il tempo di inoperatività dell'imboccatura portuale (“down-time”), ossia il tempo di persistenza temporale del frangimento delle onde;
- per $3,5 \text{ m} \leq H < 4,5 \text{ m}$, con onda non frangente, si hanno le “ condizioni limite di operatività” , ossia le peggiori condizioni di operatività dell'accesso al porto , che si verificano con frequenza di accadimento pari al 0,13 % , corrispondente a circa 0,50 gg/a ;
- per $2,5 \text{ m} \leq H < 3,5 \text{ m}$, con onda non frangente, si hanno le “ condizioni estreme usuali” , che si verificano con frequenza di accadimento pari al 1,04 % , corrispondente a circa 3,90 gg/a ;
- per $H < 2,5 \text{ m}$, con frequenza di accadimento pari al 98,80 % , corrispondente a circa 360,50 gg/a l'imboccatura è in condizioni di agevole operatività evidenziando che per 297 dei 360,50 giorni l'altezza d'onda incidente ha valori inferiori ad 1,0 m.

Per le direzioni rifratte di provenienza 165°N (rappresentativa del settore $135^\circ\text{-}215^\circ$) e 235°N (rappresentativa del settore $215^\circ\text{-}315^\circ$), la frequenza di accadimento degli eventi di moto ondoso caratterizzati da altezza d'onda pari a circa 2,40 metri per il primo settore e 3,50 metri per il secondo settore , corrisponde ad un tempo di ritorno inferiore ad un anno.

In definitiva, le condizioni di moto ondoso sottocosta utilizzate nel modello di propagazione dell'onda e di valutazione delle agitazioni interne sono le seguenti, relative ad una onda rifratta in corrispondenza della batimetria – 10 m:

Direzione (°N)	Tempo di ritorno (anni)	Altezza d'onda significativa (m)	Periodo (sec)
165°	<1	2,40	7
235°	<1	3,50	7
165°	50	4,10	10
235°	50	5,30	10

4. CONFIGURAZIONE ED IPOTESI DI CALCOLO

Come accennato in premessa la configurazione analizzata prevede la creazione di una nuova darsena di ormeggio ottenuta - a seguito di valutazioni comparative preliminari – mediante la realizzazione di:

- di un molo di sopraflutto , di lunghezza pari a 1.630 m. , imbasato su fondali massimi di (-8,50) m. dal l.m.m., radicato a terra sulla esistente scogliera radente posta a protezione delle aree dell'Idroscalo, e banchinato lungo il paramento interno ;
- di un molo di sottoflutto, radicato sull'attuale Molo Est , che si sviluppa per 280 m. sino a delimitare la nuova imboccatura portuale di ampiezza 70 m., posta su fondale di (-7,50) m. dal l.m.m. , anch'esso banchinato lungo il paramento interno;
- di banchine di riva che delimitano il nuovo specchio acqueo portuale , realizzate in larga parte a rivestimento esterno degli attuali moli di protezione , previo salpamento delle scogliere di mantellata ;
- di nuovi pontili di ormeggio in c.a. fondati su pali infissi prefabbricati; così come evidenziato nelle allegate tavole di progetto .

Si è utilizzata una mesh di calcolo triangolare formata da un numero complessivo di 97.814 elementi e 50.576 nodi rappresentativi della morfologia dei fondali.

Il modello matematico impiegato, come detto, consente il calcolo dell'altezza d'onda stazionaria in funzione degli effetti di rifrazione, diffrazione, riflessione: introducendo i dati relativi al clima meteomarinico di progetto si ottengono all'interno i valori "effettivi" di altezza d'onda residua.

Nello sviluppo delle condizioni al contorno del modello matematico sono stati assunti i seguenti coefficienti di riflessione :

- per le opere di scogliera : un coefficiente pari a 0,4 in funzione della pendenza della mantellata per le scogliere di protezione della nuova darsena di ormeggio;
- per le opere di banchina : un coefficiente di riflessione pari a 0,9 per quelle con struttura a parete verticale;

Si precisa che i nuovi pontili di ormeggio essendo fondati su pali , non provocano riflessione e quindi non sono stati considerati nella mesh di calcolo.

5. ANALISI DEI RISULTATI DEL MODELLO

5.1 Sommario dei risultati

I risultati sono riportati in forma grafica e tabellare, con la restituzione dei valori dell'altezza d'onda stazionaria in cm (H onda reale).

I risultati del modello in forma numerica come **H onda reale** (altezza d'onda stazionaria espressa in cm), mediata sull'area di ogni singola maglia, sono riportati nelle figure allegate (**Tavv. 1÷ 4**).

5.2 Analisi dei risultati nelle varie condizioni

L'analisi viene condotta sia per le condizioni "estreme usuali", ossia di breve periodo (frequenza stimata circa 2,87 giorni/anno per la direzione di provenienza 165°N e 0,37 giorni/anno per la direzione 235°N), sia per le condizioni estreme di lungo periodo ($T_r = 50$ anni); le due condizioni di moto ondoso esaminate sono quelle provenienti dalle direzioni 165° e 235°N , (vedi par. 3).

Ai fini della valutazione dei risultati del modello matematico, si considerano i valori medi nelle seguenti zone (evidenziate nella **Tavola 5.1**):

- 1) AVAMPORTO (Zona 1);
- 2) IMBOCCATURA (Zona 2);
- 3) NUOVE ZONE DI ORMEGGIO (Zona 3);

Nella **Tabella 5.1** si riassumono i risultati del modello in termini di valore di onda reale media espresso in centimetri nelle zone sopra indicate.

AMPLIAMENTO PORTO DI ROMA	<i>Configurazione di Progetto</i>			
	$T_r < 1$ anno		$T_r = 50$ anni	
ZONA	DIR. 165°N $H_s = 2.40$ m	DIR. 235°N $H_s = 3.50$ m	DIR. 165°N $H_s = 4.10$ m	DIR. 235°N $H_s = 5.30$ m
Avamporto (Z.1)	80	30	110	50
Imboccatura (Z.2)	70	15	80	25
Ormeggi (Z.3)	15	5	25	5

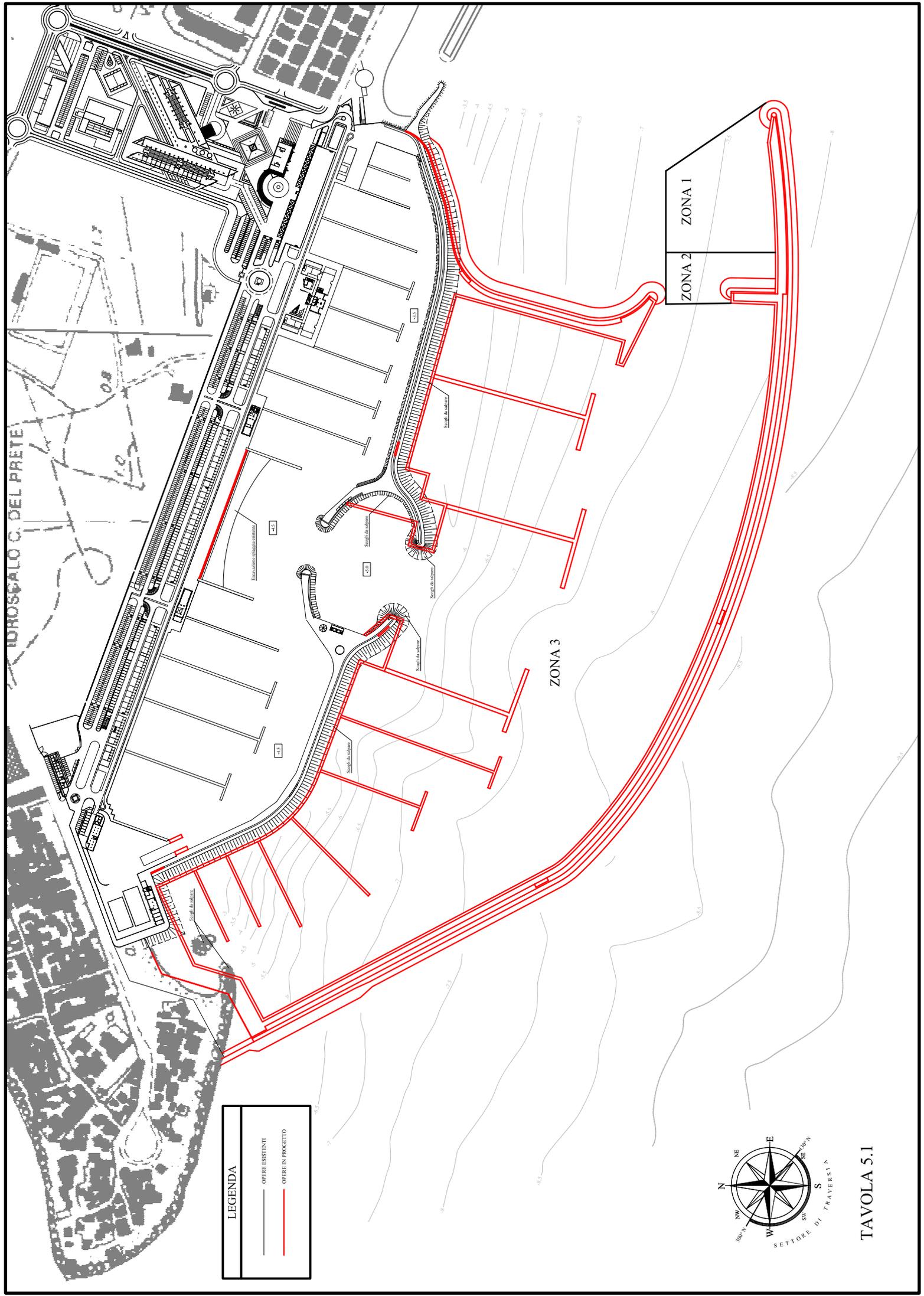
Tabella 5.1 - Altezza d'onda reale media (cm)

Dall'esame dei risultati si può osservare come l'agitazione percentuale residua sia di entità superiore per la direzione 165°N , in particolare nelle zone “Avamporto” ed imboccatura , meno protette verso la propagazione dell'onda di Scirocco rispetto a quella di Libeccio .

I risultati mostrano come l'agitazione residua media nella zona di ormeggio , per entrambe le direzioni di provenienza , sia leggermente superiore per la condizione ‘estrema’ che non per quella ‘usuale’. Ciò in quanto sia l'onda estrema con altezza al largo 4.80 m per la direzione 165° N che quella con altezza al largo 5.70 m per la direzione 200° N , che risulta frangente dalla batimetrica -10 fino a riva e quindi limitata dal fondale , hanno un'altezza maggiore nei pressi dell'imboccatura rispetto all'onda usuale (altezza al largo 2,75 m per la direzione 165° N e 3,80 m per la direzione 200° N).

Dall'analisi dei risultati ottenuti si rileva in definitiva che la *configurazione proposta nel progetto di ampliamento del “Porto Turistico di Roma”*:

- consente le manovre di ingresso in presenza di agitazione residua limitata in piena operatività dell'imboccatura , per la grande parte degli eventi di moto ondoso che si verificano su base statistica annua , fino alle condizioni “estreme usuali” , caratterizzate da un'altezza d'onda di $H_s = 2.4$ m da 165°N e $H_s = 3,5$ m. da 235°N che giungono non frangenti in corrispondenza della testata del molo sopraflutto , per un totale di 364,40 gg/a (98,80 % di frequenza di accadimento) ;
- consente comunque manovre di ingresso in condizione limite di operatività dell'imboccatura , per altezze d'onda sino a 4,5 m. (massima onda non frangente da 165°N in corrispondenza della testata del molo sopraflutto) che si verificano per 0,50 gg/a (1,04 % di frequenza di accadimento) ; per un totale di operatività della struttura portuale pari a 364,40+0,50 gg/a (99,84 % di frequenza di accadimento) ;
- comporta tempi di inoperatività, per la presenza di ondate frangenti in corrispondenza della testata del molo sopraflutto , pari a circa 2,4 h/a (0,10 giorni annui) (down-time), da considerarsi irrilevanti agli effetti della gestione della struttura portuale in sicurezza
- determina, in tutte le condizioni meteomarine (anche quelle estreme con $T_r = 50$ anni) , piene condizioni di sicurezza all'ormeggio lungo i nuovi fronti , in quanto i valori medi di altezza d'onda residua riscontrati nelle diverse condizioni hanno valori compresi tra 5 e 25 cm.



OSPEDALE C. DEL PRETE

LEGENDA

	OPERE ESISTENTI
	OPERE IN PROGETTO



TAVOLA 5.1

