

VISTI E APPROVAZIONI:



**Autorità di Sistema Portuale  
del Mare Adriatico Meridionale**

**PORTO DI BRINDISI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**POTENZIAMENTO DEGLI ORMEGGI NAVI RO - RO A COSTA MORENA OVEST  
REALIZZAZIONE DI UN PONTILE CON BRICCOLE**

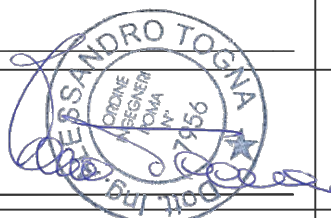
IL PRESIDENTE:

IL SEGRETARIO GENERALE:

IL DIRIGENTE AREA TECNICA:

IL PROGETTISTA:

Prof. Ing. Alessandro TOGNA



IL COORD.RE SICUREZZA PROG.:

Prof. Ing. Alessandro TOGNA

IL RESP.LE DEL PROCEDIMENTO:

IL DIRETTORE DEI LAVORI:

IL COORD.RE SICUREZZA ESEC.:

ELABORATO N.:

**R03A**

ELABORATO:

**RELAZIONE TECNICA  
AGITAZIONE ONDOSA**

DATA :

NOVEMBRE 2018

AGGIORNAMENTO NORMATIVO

Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale - Porto di Brindisi	<i>Potenziamento degli ormeggi navi Ro-Ro a Costa Morena Ovest -          Realizzazione di un pontile con briccole</i>	Progetto Definitivo
--	--	---------------------

**AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE ADRIATICO  
 MERIDIONALE - PORTO DI BRINDISI**

**POTENZIAMENTO DEGLI ORMEGGI NAVI RO-RO A COSTA MORENA  
 OVEST - REALIZZAZIONE DI UN PONTILE CON BRICCOLE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE TECNICA – AGITAZIONE ONDOSA**

**Indice**

1	Premesse .....	2
2	Studio dell'agitazione ondosa portuale .....	3
2.1	<i>Applicazione del sistema di modellazione SMS</i> .....	3
2.2	<i>Discretizzazione dello specchio liquido</i> .....	3
2.3	<i>Definizione delle condizioni al contorno</i> .....	4
2.4	<i>Risultati delle simulazioni</i> .....	5
3	Generazione delle onde all'interno del porto .....	8
4	Conclusioni.....	9

Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale - Porto di Brindisi	<i>Potenziamento degli ormeggi navi Ro-Ro a Costa Morena Ovest - Realizzazione di un pontile con briccole</i>	Progetto Definitivo
--	---	---------------------

## 1 Premesse

La zona interessata dagli ormeggi delle navi Ro-Ro è notevolmente all'interno del Porto di Brindisi. Per la valutazione delle onde massime in tale zona si sono utilizzate due diverse metodologie:

1. Penetrazione delle onde esterne all'interno del bacino portuale
2. Generazione di onde di vento all'interno del bacino portuale.

Nel seguito sono riportati le elaborazioni svolte ed i risultati ottenuti.

Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale - Porto di Brindisi	<i>Potenziamento degli ormeggi navi Ro-Ro a Costa Morena Ovest -          Realizzazione di un pontile con bricole</i>	Progetto Definitivo
--	---	---------------------

## 2 Studio dell'agitazione ondosa portuale

Lo studio è stato condotto applicando il modello matematico agli elementi finiti denominato SMS (Surfacewater Modeling System), che risolve le equazioni non lineari per le acque basse (non linear shallow water equations).

Tale modello consente di simulare la propagazione del moto ondoso all'interno di un bacino portuale tenendo conto dei fenomeni combinati di diffrazione, rifrazione e riflessione, nonché degli effetti dissipativi dovuti al frangimento ed all'attrito sul fondo.

Le simulazioni sono state condotte utilizzando come forzanti gli eventi di moto ondoso più gravosi ai fini dell'agitazione ondosa residua, compatibilmente con le condizioni meteomarine raggiungibili nel paraggio in esame ed in funzione della destinazione d'uso dell'area oggetto di intervento.

In particolare, per la configurazione attuale del porto di Brindisi sono stati determinati i valori del campo d'onda riflesso ed i livelli di agitazione ondosa residua all'interno dell'intero bacino portuale in seguito all'azione incidente del moto ondoso proveniente dalla direzione 70° Nord e caratterizzato dai periodi  $T=6s$  e  $T=8s$ .

### 2.1 Applicazione del sistema di modellazione SMS

Nella fase preliminare dello studio (procedura di pre-processor), è stato utilizzato il codice GFGEN per la costruzione del reticolo geometrico, agli elementi finiti, con cui sono stati discretizzati gli specchi liquidi da simulare. Successivamente, all'interno del modello di calcolo, sono state definite le condizioni al contorno sia in termini di forzanti di moto ondoso (altezza, periodo e direzione dell'altezza d'onda incidente) sia come valori del coefficiente di riflessione da associare ai diversi contorni che caratterizzano gli schemi portuali presi in esame per il porto di Brindisi.

### 2.2 Discretizzazione dello specchio liquido

Per la corretta applicazione della routine di calcolo CGWAVE agli elementi finiti, appartenente al modello SMS, è stato necessario effettuare un'attenta e dettagliata discretizzazione del sistema liquido della configurazione portuale presa come riferimento (Figura 2.1).

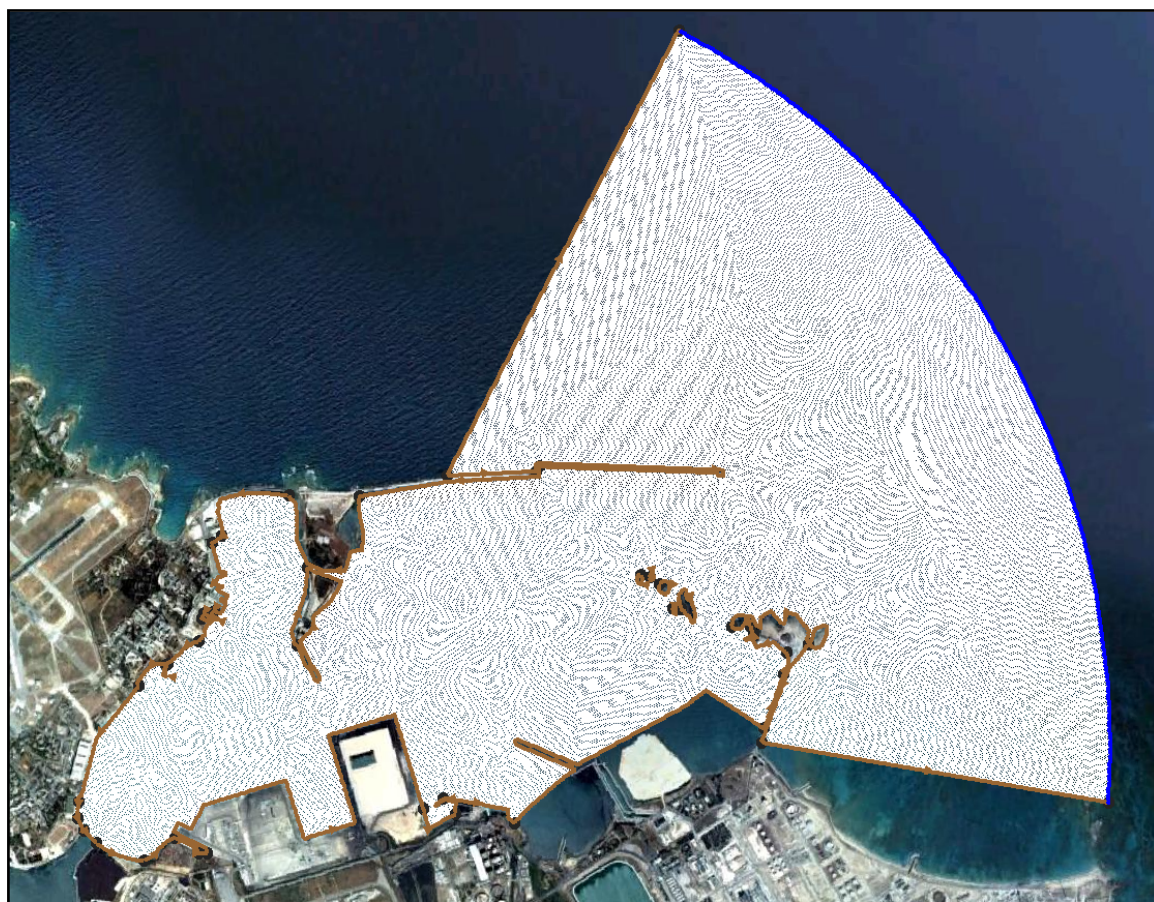


Figura 2.1 – Configurazione attuale: discretizzazione dello specchio liquido.

### 2.3 Definizione delle condizioni al contorno

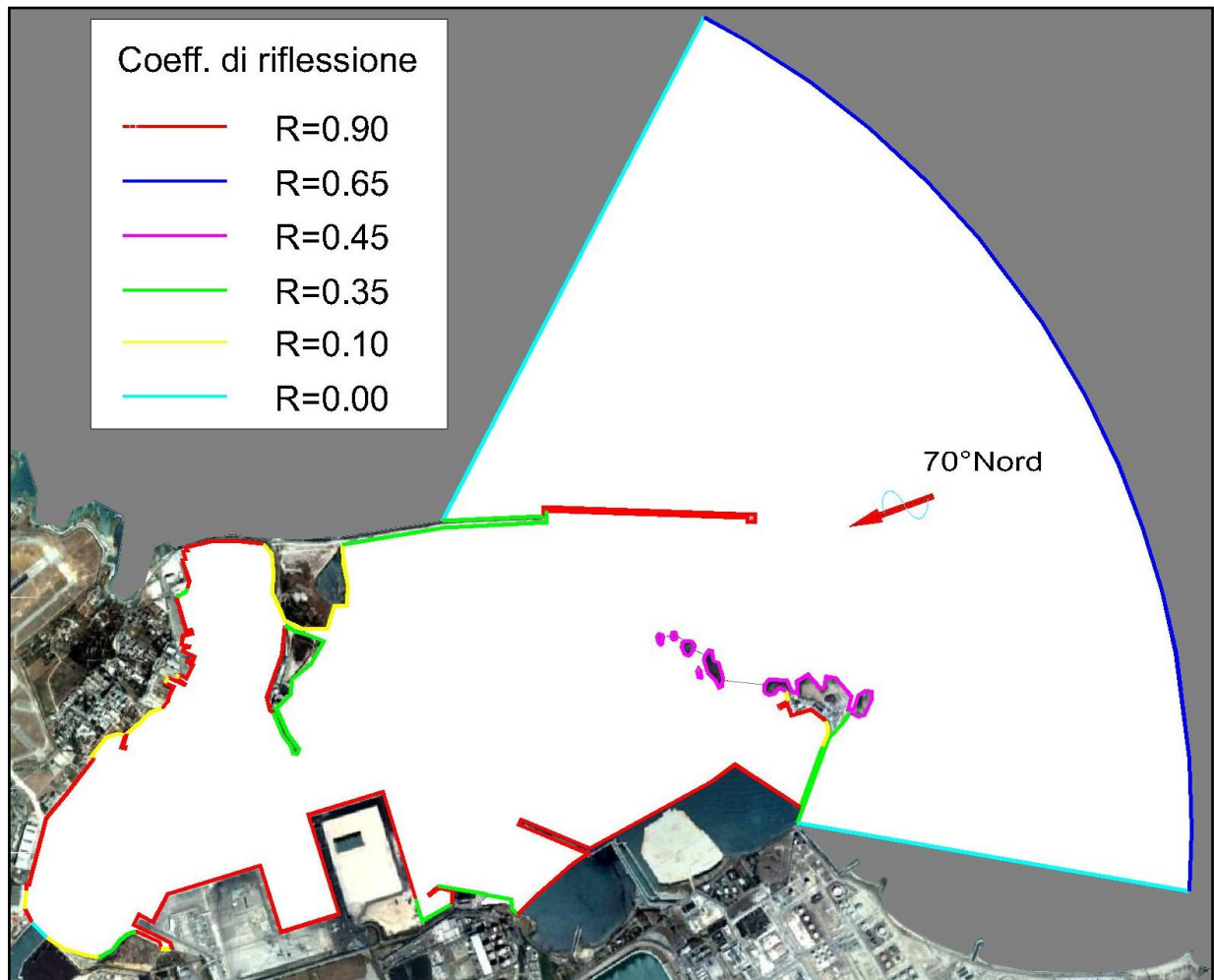
Per la configurazione planimetrica presa in esame, lungo i contorni che rappresentano la linea di costa, sono stati imposti in maniera opportuna i seguenti coefficienti di riflessione  $R$  (Figura 2.2).

- Opere a parete verticale piena  $R = 0.90$ ;
- Opere a parete verticale parzialmente assorbente  $R = 0.65$ ;
- Tratti rocciosi naturali ed opere a scogliera  $R = 0.35$ ;
- Spiagge assorbenti  $R = 0.15$ ;
- Pontili su pali o galleggianti (completamente permeabili)  $R = 0.00$ .

Inoltre, il dominio di calcolo è stato limitato da una linea semicircolare che rappresenta le condizioni in mare aperto, lungo la quale sono state imposte le seguenti forzanti di moto ondoso.

**Tabella 2.1 – Forzanti di moto ondoso imposte come condizioni al contorno per il modello CGWAVE**

Altezza d'onda	Periodo	Direzione
$H_i = 1.0$ m	T= 6 s; 8s	70°N



**Figura 2.2 – Configurazione attuale: indicazione dei coefficienti di riflessione adottati per le simulazioni effettuate con il modello CGWAVE.**

## 2.4 Risultati delle simulazioni

Nella Figura 2.3 e Figura 2.4 è possibile verificare il campo d'onda all'interno del porto di Brindisi nella configurazioni planimetrica attuale conseguente a diversi stati di mare rappresentativi sia delle condizioni ordinarie che estreme.

## CONFIGURAZIONE ATTUALE

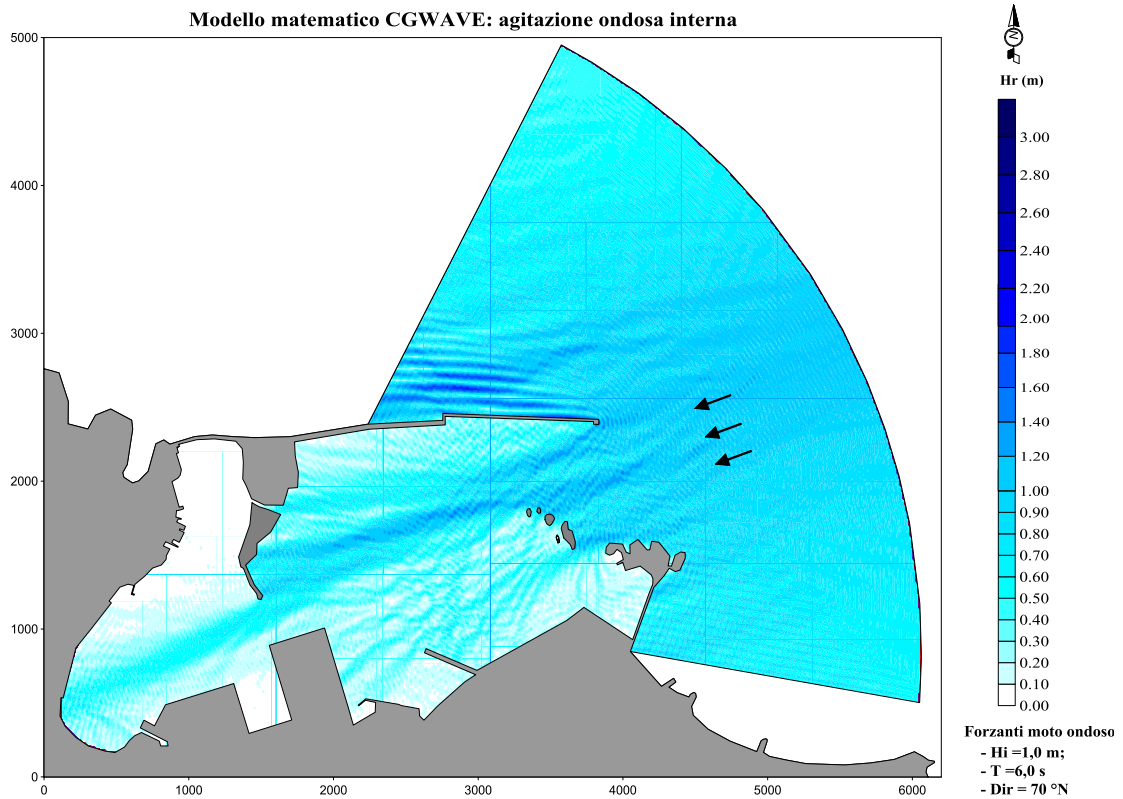


Figura 2.3 – Configurazione attuale: agitazione ondosa interna simulata con il modello CGWAVE  
( $Dir=70^\circ N$ ;  $H = 1.0$  m;  $T = 6.0$  s).

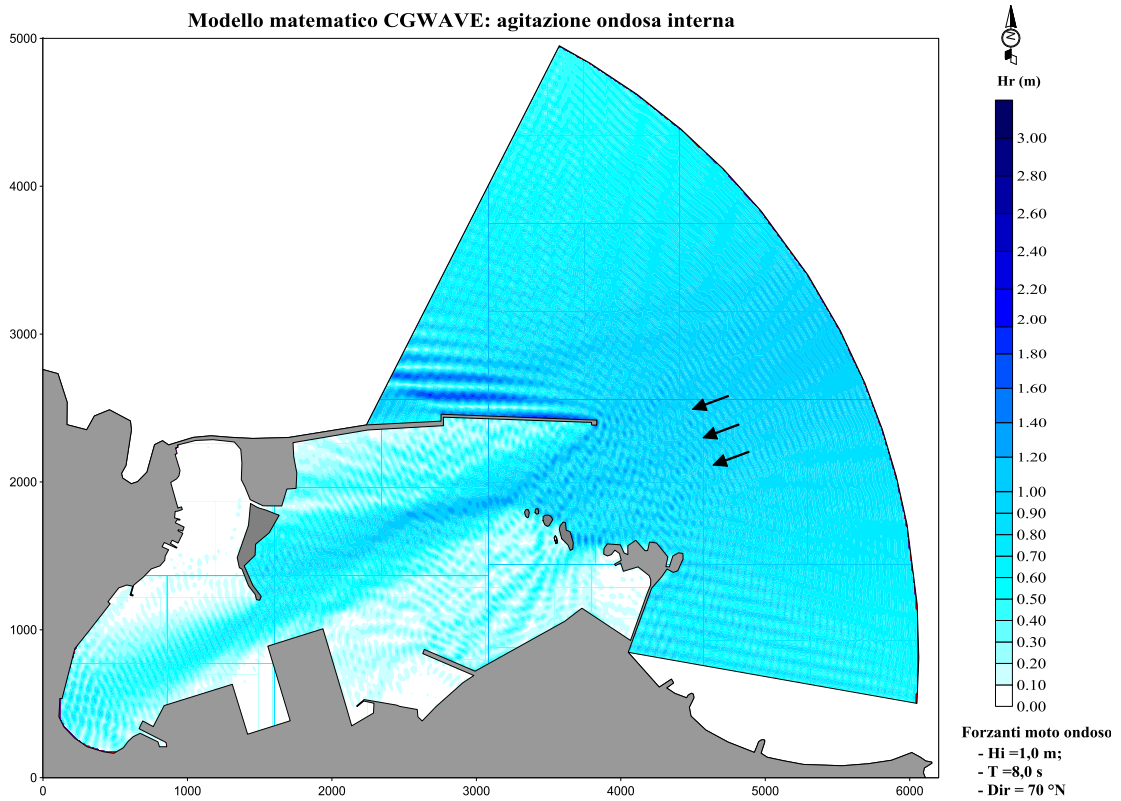


Figura 2.4 – Configurazione attuale: agitazione ondosa interna simulata con il modello CGWAVE  
( $Dir=70^\circ N$ ;  $H = 1,0$  m;  $T=8,0$  s).



### 3 Generazione delle onde all'interno del porto

Il pontile di attracco delle navi Ro-Ro presenta un fetch massimo di circa 1,6 km in direzione Nord.

Supponendo per semplicità l'area di generazione rettangolare di lati 1,6 km x 0,8 km, il fetch efficace (vedi Saville 1954) risulta pari a:  $0,65 \times 1,6 = 1,04$  km.

A favore di sicurezza si è valutata l'onda generata da un vento di 60 Kn (30 m/s) che spira per un tempo lunghissimo, condizioni di fetch limitante.

Per il calcoli si è utilizzato il metodo SMB (Sverdrup-Munk-Bretschneider) modificato da Ijima e Tang (1966), che fornisce le seguenti equazioni:

$$\frac{gH}{U^2} = 0,283 \tanh \left[ 0,53 \left( \frac{gd}{U^2} \right)^{3/4} \right] \tanh \left\{ \frac{0,00565 \left( \frac{gF}{u^2} \right)^{1/2}}{\tanh \left[ 0,53 \left( \frac{gd}{u^2} \right)^{3/4} \right]} \right\}$$

$$\frac{gT}{U} = 7,54 \tanh \left[ 0,833 \left( \frac{gd}{U^2} \right)^{3/8} \right] \tanh \left\{ \frac{0,0379 \left( \frac{gF}{u^2} \right)^{1/3}}{\tanh \left[ 0,833 \left( \frac{gd}{u^2} \right)^{3/8} \right]} \right\}$$

nelle quali

- U= velocità del vento=30 m/s
- F= fetch efficace= 1000 m
- d= profondità dei fondali nell'area di generazione=15 m
- H= altezza significativa dell'onda in m
- T= periodo dell'onda in secondi.

Si ottiene:

$$H_s = 0,48 \text{ m}$$

$$T_s = 1,9 \text{ s}$$

$$L = 1,9 * \sqrt{9,81 * 15} = 23 \text{ m}$$

Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale - Porto di Brindisi	<i>Potenziamento degli ormeggi navi Ro-Ro a Costa Morena Ovest - Realizzazione di un pontile con briccole</i>	Progetto Definitivo
--	---	---------------------

## 4 Conclusioni

Le massime onde che si hanno in corrispondenza del pontile di attracco delle navi Ro-Ro sono molto modeste anche in situazioni estreme.

Per onde che si propagano dall'esterno (Mare Adriatico) all'interno, il fattore di amplificazione (riduzione nel nostro caso) è pari mediamente a 0,3, pertanto, anche con onde associate ad eventi estremi  $H_s = 5.0$  m all'imboccatura, si ha un'onda residua al pontile pari a 1.5 m; accettabile per l'ormeggio delle navi.

L'onda che si forma all'interno del porto con un vento di durata superiore a 20 minuti e velocità di 40 Kn, presenta:

- una direzione di provenienza da N, parallela all'asse della nave;
- un'altezza significativa di 0,48 m;
- un periodo di 1,9 s ed una lunghezza d'onda di 23 m.

Tale onda sia per la direzione, con la quale investe la nave (da prua a poppa), per l'altezza e per la modestissima lunghezza d'onda (da 5 a 9 volte più corta della nave) non provoca alcun effetto, o quasi, sulla nave ormeggiata.