

HR Wallingford  
Working with water

**Marina d'Arechi: studi specialistici di supporto alla progettazione**

Dr. Ing. Giovanni Cuomo – HR Wallingford

HR Wallingford  
Working with water

**Studi idraulici di supporto alla progettazione definitiva (modellazione numerica)**

- > Studio del clima ondoso a largo e sottocosta
- > Studio del trasporto potenziale litoraneo dei sedimenti (tra il Porticciolo turistico di Pastena a Nord/Ovest e la foce Fiume Fuorni a Sud/Est)
- > Studio di dettaglio del trasporto di sedimenti nell'interno del porto (in particolare lungo il canale fra il porto turistico e la linea di costa)
- > Studio del ricambio potenziale dei volumi d'acqua protetti (all'interno del Marina e lungo il canale fra il porto turistico e la linea di costa)
- > Studio dell'agitazione residua all'interno del porto.

Page 2 | © HR Wallingford 2012

HR Wallingford  
Working with water

**Studi idraulici di supporto alla progettazione definitiva (modellazione numerica)**

**Studio del trasporto potenziale litoraneo dei sedimenti**

tra il Porticciolo turistico di Pastena a Nord/Ovest e la foce Fiume Fuorni a sud/est

Page 3 | © HR Wallingford 2012

HR Wallingford  
Working with water

**Studi idraulici di supporto alla progettazione definitiva (modellazione numerica)**

**Studio di dettaglio del trasporto di sedimenti nell'interno del porto**

in particolare lungo il canale fra il porto turistico e la linea di costa

Page 4 | © HR Wallingford 2012

HR Wallingford  
Working with water

**Studi idraulici di supporto alla progettazione definitiva (modellazione numerica)**

**Studio del ricambio potenziale dei volumi d'acqua protetti**

all'interno del Marina e lungo il canale fra il porto turistico e la linea di costa

Page 5 | © HR Wallingford 2012

HR Wallingford  
Working with water

**Studi idraulici di supporto alla progettazione definitiva (modellazione numerica)**

**Studio dell'agitazione residua all'interno del porto.**

Breakwater: 80 m extension  
Wave direction: 240 degree W  
Return period: Once per summer

Breakwater: 80 m extension  
Wave direction: 240 degree W  
Return period: Once per summer

Page 6 | © HR Wallingford 2012

**HR Wallingford**  
Working with water

## Modello fisico 3D

- > Obiettivi dello studio
- > Descrizione dei laboratori di HR Wallingford e layout del modello fisico
- > Programma dei test
- > Costruzione del modello fisico
- > Stabilità della mantellata
- > Tracimazione
- > Agitazione interna residua all'imboccatura del porto e agli ormeggi
- > Circolazione all'interno e all'intorno del marina



Page 7 | © HR Wallingford 2012

**HR Wallingford**  
Working with water

## Modellazione fisica 3D

**Obiettivi dello studio:**

- > Confermare la stabilità degli elementi principali della mantellata e più specificatamente dei massi artificiali e naturali,
- > Investigare le portate medie indotte dalla tracimazione ondata in posizioni chiave lungo il frangiflutto principale,
- > Misurare l'agitazione ondata residua all'imboccatura del porto e agli ormeggi,
- > Valutare il campo di circolazione indotto all'interno e nell'intorno del Marina.



Page 8 | © HR Wallingford 2012

**HR Wallingford**  
Working with water

## I laboratori di HR Wallingford

Le strutture di modellazione fisica di HR Wallingford Ltd coprono un'area di 14.400 metri quadri, nel suo sito di 16 ettari a Wallingford, presso Oxford. Le strutture di modellazione sono ripartite in tre laboratori, il più grande è il Froude Modelling Hall, costruito nel 2004.

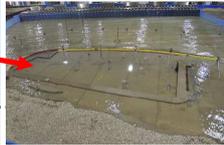
La strumentazione include canalette e bacini di prova per modelli fisici. HR Wallingford possiede 6 bacini con dimensioni variabili da 25 x 32m a 75 x 32m. Il Marina D'Arechi è stato modellato nel Bacino F (37 x 30m). Le onde sono state generate da un battitore d'onda lungo 24 metri composto da 6 unità controllate da un sistema elettronico sincronizzato.




Page 9 | © HR Wallingford 2012

**HR Wallingford**  
Working with water

## Froude Modelling Hall

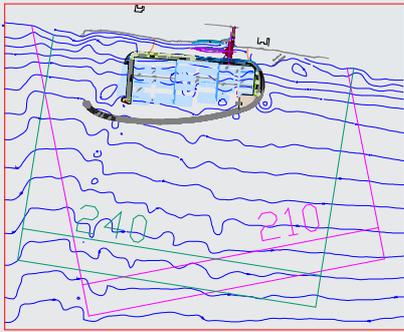
Page 10 | © HR Wallingford 2012

**HR Wallingford**  
Working with water

## Layout del modello fisico

Posizione del modello, del battitore e delle guide d'onda per le due direzioni 210°N e 240°N.

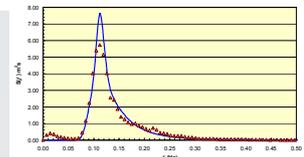
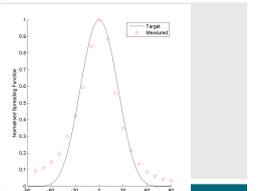
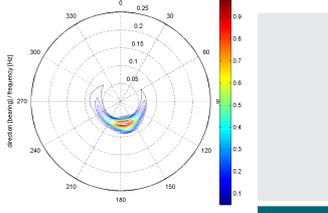
Scala del modello 1:60.




Page 11 | © HR Wallingford 2012

**HR Wallingford**  
Working with water

## Wave Calibration

Page 12 | © HR Wallingford 2012

**Costruzione del modello**

Il Marina è stato modellato a una scala di 1:60 e rispettando la legge di scala di Froude.

I massi componenti il nucleo e filtri del frangiflutto sono stati scalati opportunamente per assicurare la corretta riproduzione della permeabilità del frangiflutto.

I massi naturali utilizzati per la costruzione della mantellata sono stati pesati singolarmente per assicurarne la giusta pezzatura. La densità degli elementi del prototipo è stata assunta pari a 2600 kg/m<sup>3</sup>.



Page 13 | © HR Wallingford 2012

**Costruzione del modello**

Le unità di massi artificiali sono state scalate usando lo stesso metodo ad eccezione fatta per la densità dei massi al prototipo, assunta pari a 2400kg/m<sup>3</sup>.

Tutte le unità sono state costruite e disposte meticolosamente in accordo con le corrispondenti specifiche tecniche da un membro del team di HR Wallingford team per assicurarne la ripetitività.

Durante la costruzione del modello, grande attenzione è stata dedicata a replicare esattamente le modalità di posa che devono essere utilizzate durante la costruzione della struttura di prototipo.



Page 14 | © HR Wallingford 2012

**Programma dei test**

- la stabilità dei massi della mantellata
- l'agitazione ondosa
- le portate di tracimazione

sono state testate in una serie di scenari:

- > Condizione annuale 1:1 anno;
- > Condizione decennale 1:10 anni;
- > Condizione di progetto 1:112 anni;
- > Sovraccarico\*

considerando due direzioni d'onda 210°N e 240°N.

\*la condizione di sovraccarico ha utilizzato altezze d'onda (e periodo associato) e livelli equivalenti a una maggiorazione del 20% rispetto a quelli utilizzati per le condizioni di progetto.



Page 15 | © HR Wallingford 2012

**Criteri per la valutazione del danno strutturale (Massi naturali)**

Per le parti di mantellata protetta da massi naturali le categorie di danneggiamento sono state definite in accordo alle prescrizioni dei codici inglesi BSI 6349 (1991), come riportato in Tabella 1 in cui D<sub>50</sub> è il diametro nominale caratteristico della roccia. Per ogni categoria di danno le BSI 6349 (1991) definiscono una classificazione di danno, come riportato in Tabella 2.

Categoria	Spostamento (% of D <sub>50</sub> )
1	0.2-0.5D <sub>50</sub>
2	0.5-D <sub>50</sub>
3	>D <sub>50</sub>

Danno	Descrizione
Distretto	Danni al Nucleo
Serio	Nucleo scoperto
Significativo	Grossi varchi nella mantellata: 5% delle unità rimosse
Moderato	Varchi nella mantellata: 3% delle unità rimosse
Piccolo	2% delle unità rimosse
Lieve	1% delle unità rimosse
Non-significativo	Nessun danno visibile

Tabella 1

Tabella 2

Page 16 | © HR Wallingford 2012

**Stabilità della mantellata**

Prima dell'inizio e alla fine di ogni test sono state scattate fotografie ad altissima risoluzione e sono stati annotati spostamenti e dislocamenti visibili.



a) Camera view of Location A, Before testing

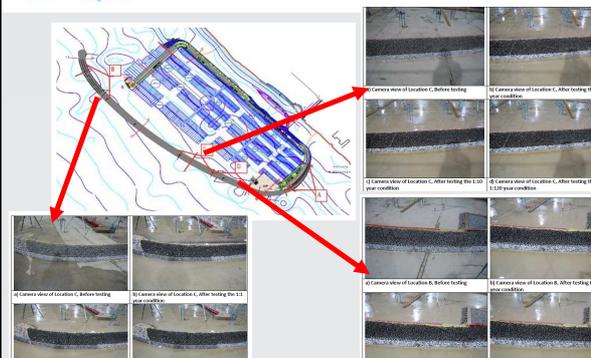
b) Camera view of Location A, After testing the 1:1 year condition

c) Camera view of Location A, After testing the 1:10 year condition

d) Camera view of Location A, After testing the 1:120 year condition

Page 17 | © HR Wallingford 2012

**Stabilità della mantellata**



Camera view of Location C, Before testing

Camera view of Location C, After testing the 1:1 year condition

Camera view of Location C, After testing the 1:10 year condition

Camera view of Location C, After testing the 1:120 year condition

Camera view of Location B, Before testing

Camera view of Location B, After testing the 1:1 year condition

Camera view of Location B, After testing the 1:10 year condition

Camera view of Location B, After testing the 1:120 year condition

Page 18 | © HR Wallingford 2012

## Stabilità della mantellata

**HR Wallingford**  
Working with water

a) Camera view of Location A, before testing  
 b) Camera view of Location A, after testing the 1:1 year condition  
 c) Camera view of Location B, before testing  
 d) Camera view of Location B, after testing the 1:1 year condition  
 e) Camera view of Location C, before testing  
 f) Camera view of Location C, after testing the 1:1 year condition  
 g) Camera view of Location D, before testing  
 h) Camera view of Location D, after testing the 1:1 year condition  
 i) Camera view of Location A, after testing the 1:10 year condition  
 j) Camera view of Location A, after testing the 1:10 year condition  
 k) Camera view of Location B, after testing the 1:10 year condition  
 l) Camera view of Location B, after testing the 1:10 year condition  
 m) Camera view of Location C, after testing the 1:10 year condition  
 n) Camera view of Location C, after testing the 1:10 year condition  
 o) Camera view of Location D, after testing the 1:10 year condition  
 p) Camera view of Location D, after testing the 1:10 year condition  
 q) Camera view of Location A, after testing the 1:112 year condition  
 r) Camera view of Location A, after testing the 1:112 year condition  
 s) Camera view of Location B, after testing the 1:112 year condition  
 t) Camera view of Location B, after testing the 1:112 year condition  
 u) Camera view of Location C, after testing the 1:112 year condition  
 v) Camera view of Location C, after testing the 1:112 year condition  
 w) Camera view of Location D, after testing the 1:112 year condition  
 x) Camera view of Location D, after testing the 1:112 year condition

Page 20 | © HR Wallingford 2012

## Stabilità della mantellata

**HR Wallingford**  
Working with water

**Risultati:**

- > Non è stato osservato alcun movimento dei massi artificiali durante alcuna delle condizioni testate.
- > Non è stato notato nessun movimento dei massi del piede.

> La stabilità della transizione tra i massi artificiali e quelli naturali utilizzati alla radice del frangiflutto è stata confermata.

> Alcuni massi naturali sono stati dislocati lungo la facciata interna del frangiflutto durante i test eseguiti con condizioni estreme di progetto, ma la struttura nel suo insieme è rimasta stabile sia in condizioni di progetto che per quelle di sovraccarico.

Page 20 | © HR Wallingford 2012

## Tracimazione

**HR Wallingford**  
Working with water

La tracimazione è stata misurata, utilizzando dei contenitori tarati, in corrispondenza di tre sezioni della struttura, che sono state identificate le sezioni della struttura più critiche con riguardo alla tracimazione.

Gli standard per le portate ammissibili sono indicati in EurOtop - Overtopping Manual (2007).

**Portate ammissibili:**

- > 0.01 l/s/m - valore al di sopra del quale l'accesso diviene rischioso per i pedoni.
- > 0.4 l/s/m - valore al di sopra del quale le portate divengono pericolose per impianti o equipaggiamenti disposti a 5-10m dalla cresta del frangiflutto.
- > 50 l/s/m e 200 l/s/m - soglie al di sopra delle quali la tracimazione può indurre danni a imbarcazioni di grossa dimensione ormeggiate a tergo del frangiflutto ovvero alle pavimentazioni da esso protette.

**Risultati:**

- > L'accesso ai pedoni dovrebbe essere impedito e le portate di tracimazione divengono pericolose per impianti ed equipaggiamenti ubicati a tergo del frangiflutto per condizioni di moto ondoso con periodo di ritorno di:
  - 1:1 anno per moto ondoso con direzione di 210°N
  - 1:10 anni per moto ondoso con direzione di 240°N
- > La tracimazione non ha mai raggiunto valori che possano essere considerati critici per imbarcazioni di grandi dimensioni ormeggiate a tergo del frangiflutto ovvero alle pavimentazioni da esso protette.

Page 21 | © HR Wallingford 2012

## Tracimazione: Direzione 210N

**HR Wallingford**  
Working with water

Condizione testata	Tracimazione q (l/s/m)
1:1 anno	0
1:10 anni	0.5
1:112 anni	2.7
Sovraccarico	14.1

Condizione testata	Tracimazione q (l/s/m)
1:1 anno	0
1:10 anni	6.2
1:112 anni	12.8
Sovraccarico	18.0

Page 22 | © HR Wallingford 2012

## Tracimazione: Direzione 240N

**HR Wallingford**  
Working with water

Condizione testata	Tracimazione q (l/s/m)
1:1 anno	0
1:10 anni	<-0.01
1:112 anni	1.2
Sovraccarico	3.7

Condizione testata	Tracimazione q (l/s/m)
1:1 anno	0
1:10 anni	<-0.01
1:112 anni	10.2
Sovraccarico	38.7

Condizione testata	Tracimazione q (l/s/m)
1:1 anno	0
1:10 anni	<-0.01
1:112 anni	0.8
Sovraccarico	21.3

Page 23 | © HR Wallingford 2012

## Agitazione ondosa residua

**HR Wallingford**  
Working with water

L'agitazione ondosa residua è stata misurata in corrispondenza:

- dell'imboccatura del marina,
- degli ormeggi interni,
- degli ormeggi estivi.

Le serie storiche di elevazione della superficie sono state misurate usando un totale di 32 sonde.

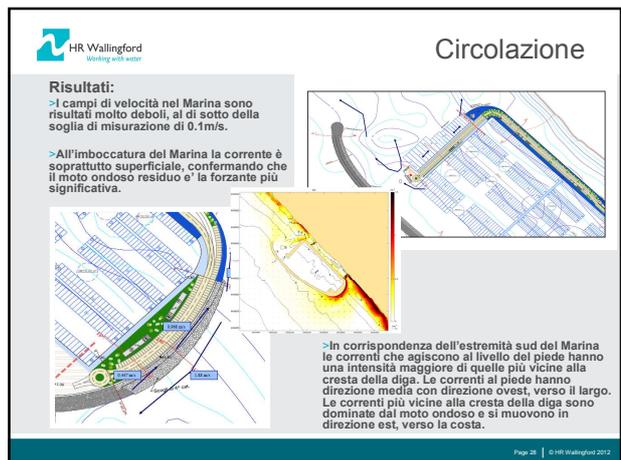
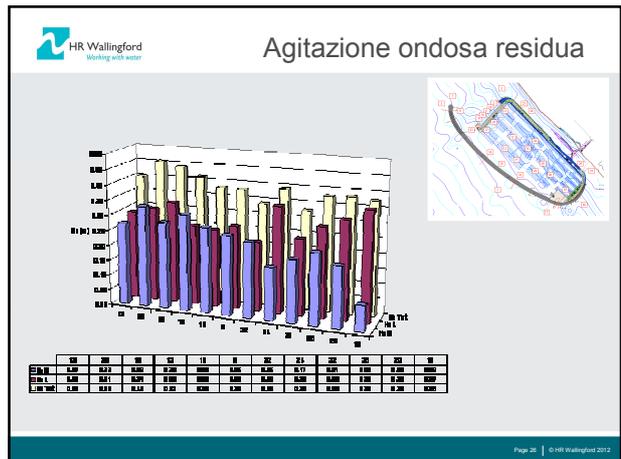
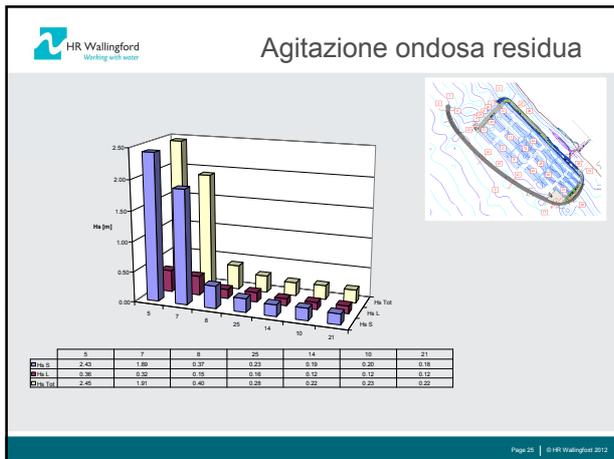
**Misurazione del moto ondoso:**

- > Il moto ondoso è stato monitorato a mezzo di sonde resistive di tipo "twin wire", capaci di risolvere l'elevazione della superficie libera con una precisione di +/-0.1mm (a scala di modello).
- > Le serie storiche di elevazione della superficie libera sono state analizzate spettralmente e statisticamente per ottenere i seguenti parametri:
  - Altezza significativa spettrale,  $H_{sp}$ , calcolata come l'area sottesa dallo spettro.
  - Il periodo di picco dello spettro,  $T_p$ .
  - Il periodo medio spettrale,  $T_{m,sp}$ , che è affetto dalle onde di lungo periodo quando queste sono presenti in modo significativo.

**Risultati:**

- > L'agitazione ondosa si riduce rapidamente non appena si supera la testata del frangiflutto principale per mantenersi poi a livelli accettabili per la navigazione e manovra delle imbarcazioni servite dal Marina in tutta sicurezza anche in condizioni critiche.
- > L'agitazione ondosa è ovunque limitata a valori accettabili sia per la sicurezza che per il confort delle imbarcazioni ormeggiate all'interno del porto.
- > Gli ormeggi estivi sono ubicati in una zona ancora relativamente riparata dall'agitazione ondosa incidente.

Page 24 | © HR Wallingford 2012



HR Wallingford  
Working with water

### Conclusioni

- >Valutazioni effettuate a mezzo di formule semiempiriche e i valori di traccimazione misurati durante le prove su modello suggeriscono che la traccimazione ondosa attesa resta confinata a valori relativamente bassi anche per eventi estremi confermando che la quota di cresta del frangiflutto è appropriata.
- >I massi artificiali che compongono il frangiflutto principale sono rimasti stabili durante tutta la durata dei test e per ogni condizione testata come anche la transizione tra i massi artificiali e quelli naturali utilizzati alla radice del frangiflutto. Alcuni massi naturali sono stati dislocati lungo la facciata interna del frangiflutto durante i test eseguiti con condizioni di estreme di progetto, ma la struttura nel suo insieme è rimasta stabile sia in condizioni di progetto che per quelle di sovraccarico.
- >Le misure di agitazione ondosa e della circolazione hanno confermato i risultati ottenuti con modelli numerici. In particolare, l'agitazione ondosa è accettabile sia in corrispondenza dell'imboccatura che degli ormeggi ubicati all'interno del Marina.

Page 29 | © HR Wallingford 2012

HR Wallingford  
Working with water

**GRAZIE**

[www.hrwallingford.com](http://www.hrwallingford.com)

Dr Giovanni Cuomo  
HR Wallingford  
Howbery Park, Wallingford, Oxfordshire OX10 8BA, United Kingdom  
Tel +44 (0)1491 832414 fax +44 (0)1491 832233 email g.cuomo@hrwallingford.com