



# COMUNE DI CASTIGLIONE DELLA PESCAIA

Progetto di una scogliera soffolta con massi a prolungamento del molo destro del porto-canale di Castiglione della Pescaia per la riduzione dell'insabbiamento - cod CIG Z59209DE35D

PROGETTO DEFINITIVO

## R TEC 01 Relazione tecnica e di calcolo Quadro Tecnico Economico



dic, 2017

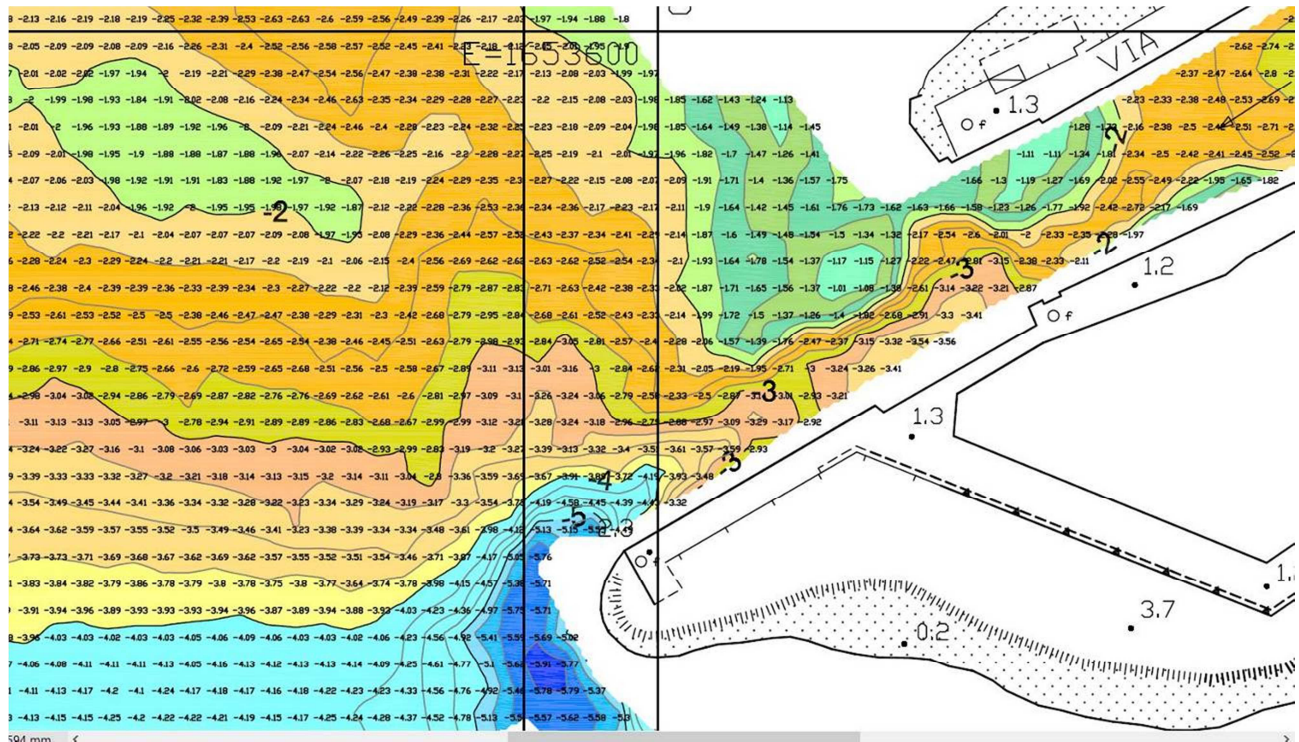
IL PROGETTISTA

Dott. Ing. Francesco Serena

### **SERENA PROGETTI**

Ass. Prof. di Ingegneria di Francesco Serena e Associati I-58100 GROSSETO via D.Lazzaretti 2b p.i. 01483650535  
tel./fax + 39 0564.418980 email: [info@serenaprogetti.it](mailto:info@serenaprogetti.it) [info@pec.serenaprogetti.it](mailto:info@pec.serenaprogetti.it) [www.serenaprogetti.it](http://www.serenaprogetti.it)

Si prevede la costruzione di una scogliera soffolta a prolungamento del molo destro del porto di Castiglione, con lo scopo di limitare il deposito delle sabbie nell'area d'ingresso portuale con conseguente diminuzione dei costi di dragaggio e di ripascimento della spiaggia a nord del porto.



RILIEVO BATIMETRICO DEL 10 GEN 2018

L'opera, mantenendo un fondale adeguato, consentirà con una maggiore sicurezza il transito della corposa flotta peschereccia che staziona nel porto di Castiglione della Pescaia, senza interferire con la funzione turistico-diportistica dell'area.

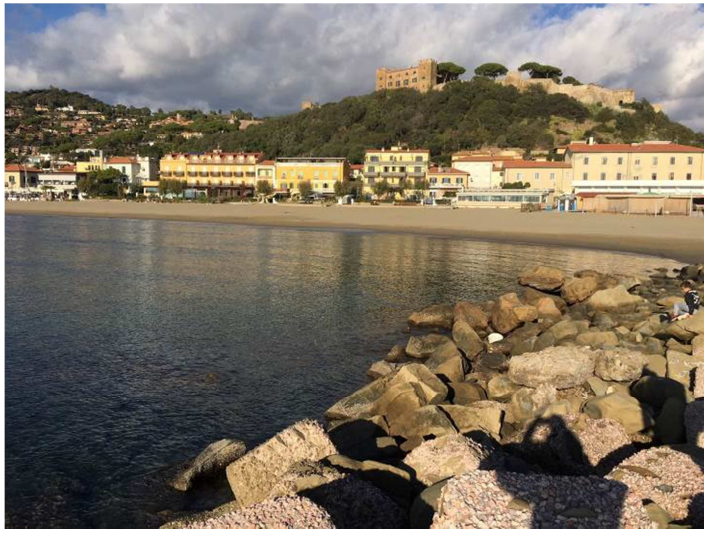
Osservando il rilievo planimetrico sopra allegato, che è stato effettuato dopo le consuete operazioni di dragaggio, si evince che la naturale batimetrica di 1- 1,50 si trova all'attuale altezza del molo destro, quindi per avere un fondale adeguato è indispensabile il suo prolungamento.

La scogliera soffolta sarà realizzata con massi in modo da consentirne una certa flessibilità per future modifiche subordinate agli esiti dei monitoraggi che saranno effettuati con cadenza semestrale, ossia, qualora si presentassero effetti non prevedibili dovuti alle correnti marine, sarà possibile modificare la geometria della

scogliera o rimuoverla. Accertata l' idoneità della scogliera sarà necessario provvedere al suo ricarico ed alla manutenzione a causa del naturale sprofondamento dei massi nel fondale, effetto che generalmente si presenta in modo più accentuato nei primi anni dopo la costruzione.

Per migliorare la sicurezza di accesso delle imbarcazioni al porto, la scogliera sarà di forma leggermente convergente, in modo da diminuire l'altezza dell'onda nell'imboccatura e sarà fondata ad una profondità di 4 metri sul livello del mare, al fine di consentire il dragaggio fino a tale profondità, senza danneggiare l'opera.

L'accesso pedonale alla scogliera non sarà consentito e quindi dovrà essere apposto un cartello di segnalazione.



La scogliera avrà una lunghezza di circa 90 metri ed una larghezza in testa di circa 5 metri, che resterà subito sotto la superficie, ed una pendenza delle scarpate di 1 su 2. Si prevede la realizzazione di un imbasamento di totut-venant di cava dello spessore di cm. 50, un nucleo con massi di 1<sup>^</sup> categoria ovvero del peso da ton. 0,5 a 1, ed il rivestimento con una mantellata di

massi di 3<sup>^</sup> categoria, ovvero del peso da ton. 3 a 5, nei primi 30 metri verso il mare e di categoria inferiore, ovvero di 2<sup>^</sup> categoria, massi da ton. 1 a 3, nei 60 metri subito a ridosso del faro del molo destro del porto.

La testata della scogliera soffolta sarà modellata con una forma allargata e circolare, in modo da attenuare gli effetti del moto ondos.

La lieve pendenza della scogliera oltre ad assicurare la stabilità del paramento, ha la funzione di limitare la riflessione dell'onda con benefici effetti sulla sicurezza del transito delle imbarcazioni. La scogliera sarà segnalata con un fanale rosso posto su un palo infisso nel fondale sabbioso vicino al piede della testa della scogliera, e non direttamente sulla scogliera per consentire il ricarico della mantellata senza dover rimuovere il fanale. Questo dunque sarà istallato su un palo della lunghezza di 12 metri, di diametro mm. 324 flangiato a m. 1 sul livello del mare con una

sovrastuttura di altezza complessiva pari a 7 metri, dotata di scaletta, ed un pannello solare con batteria in modo da evitare altri collegamenti elettrici di alimentazione. Il fanale dovrà essere posizionato a 8 metri di altezza sul mare, avere una luce rossa intermittente 0.5-2.5 sec ed essere visibile da 8 miglia, come prescritto dall'Autorità Marittima.

Tale soluzione, in alternativa al tradizionale faro posto in testa al molo, consente la manutenzione della scogliera con futuri ricarichi a rimodellazione, senza dover rimuovere nemmeno temporaneamente la luce di segnalazione, con conseguente risparmio di costi di gestione e maggiore sicurezza per la navigazione.

Per la costruzione si prevede di operare con mezzi terrestri per quanto riguarda il trasporto e la movimentazione degli inerti, e con una draga aspirante e rifluente per la realizzazione del piano di imposta dall'imbasamento della scogliera alla corretta profondità di progetto. Il dragaggio fino alla profondità di progetto è un lavoro ricorrente, che viene fatto quantomeno una volta all'anno, pertanto oltre alla sabbia non è presente né posidonia né alcun reperto archeologico.



Per accedere alla linea di riva si prevede di realizzare, come opera provvisoria, una pista di larghezza di 6 metri sulla sabbia lungo il paramento esterno del muro paraonde dell'attuale molo destro, pista costituita da una massicciata 70-150 dello spessore di cm. 30 con soprastante uno strato di cm. 20 di materiale stabilizzato, per uno spessore complessivo di inerti dello spessore di cm. 50, sulla quale transiteranno i camion che trasporteranno i massi fino alla costruenda scogliera, transitando sopra questa in retromarcia per procedere allo scarico a ridosso di un escavatore che sarà posizionato sulla scogliera stessa e sposterà i massi per avanzare verso il mare con la costruzione.

In questa prima fase sopra la mantellata, sarà realizzata provvisoriamente una massicciata in tout-venant di larghezza di 5 metri, a filo d'acqua, per poter procedere con sicurezza con i mezzi di cantiere, ovvero con i camion e con l'escavatore,

massicciata che sarà poi parzialmente rimossa una volta completata la scogliera, procedendo a ritroso, in modo da lasciare l'opera soffolta. Il tout-venant da impiegare sopra la scogliera dovrà essere selezionato in modo da non avere inerti inferiori a mm. 70, per salvaguardare la spiaggia, ovvero per evitarne il dilavamento ed il trasporto da parte del moto ondoso.

Il livello del mare è riferito a quello della bassa marea, ovvero allo zero idrografico, che è il livello di riferimento degli scandagli e della profondità dei fondali, che è ottenuto dalla media del livello minimo delle maree sizigiali (LOW). Occorre precisare che tale livello non è il minimo possibile delle maree verificabili (LOWEST), ovvero di quei fenomeni che si verificano raramente, pertanto in quei casi potrebbe succedere che la scogliera soffolta emerga per qualche ora. Ciò ovviamente non provoca alcun effetto, nemmeno paesaggistico, essendo un fenomeno poco frequente e comunque transitorio.

Al fin di garantire la sicurezza del cantiere e di limitare l'interferenza con il traffico portuale l'area sarà recintata a terra, ed a mare sarà delimitata da delle boe segnaletiche ancorate sul fondo.

Le piste saranno opere provvisoriale, come le recinzioni e le baracche di cantiere e le boe di segnalazione in mare che delimiteranno lo specchio acqueo interessato ai lavori.



La nuova opera non interferisce con le strutture del molo in quanto è costruita a fianco di essa sul lato nord e non si sovrappone neppure alla scogliera di protezione e sotto il profilo paesaggistico non vengono mutate le visuali attuali, poiché la sua sommità è sotto il livello del mare.

L'attuale faro rosso, perdendo la funzione di segnalazione della imboccatura del porto, non solo dovrà essere spento, ma anche il corpo in muratura del faro non potrà conservare il colore rosso, pertanto dovrà essere verniciato con apposita vernice a smalto di colore blu, analogamente al corrispondente ex faro verde sul lato sinistro, oggi anch'esso di colore blu.



## Fattibilità dell'opera, utilità ed efficacia

---

Le opere di protezione dell'imboccatura del porto di Castiglione sono inserite in un contesto molto studiato per gli aspetti di evoluzione morfodinamica della costa, con recenti approfondimenti di studi eseguiti nell'ambito di un progetto di protezione delle spiagge, che è in corso di redazione da parte della Regione Toscana.

Nell'ambito di questi studi sono stati analizzati diversi scenari per la protezione di tutto il litorale dal Porto fino al Promontorio di Punta Capezzòlo dove le opere portuali sono state prese in esame.

I modelli morfodinamici eseguiti hanno evidenziato che fra il molo destro e la spiaggia è presente una circolazione vorticoso interessante la sabbia che passa davanti all'imboccatura e viene trasportata verso riva.

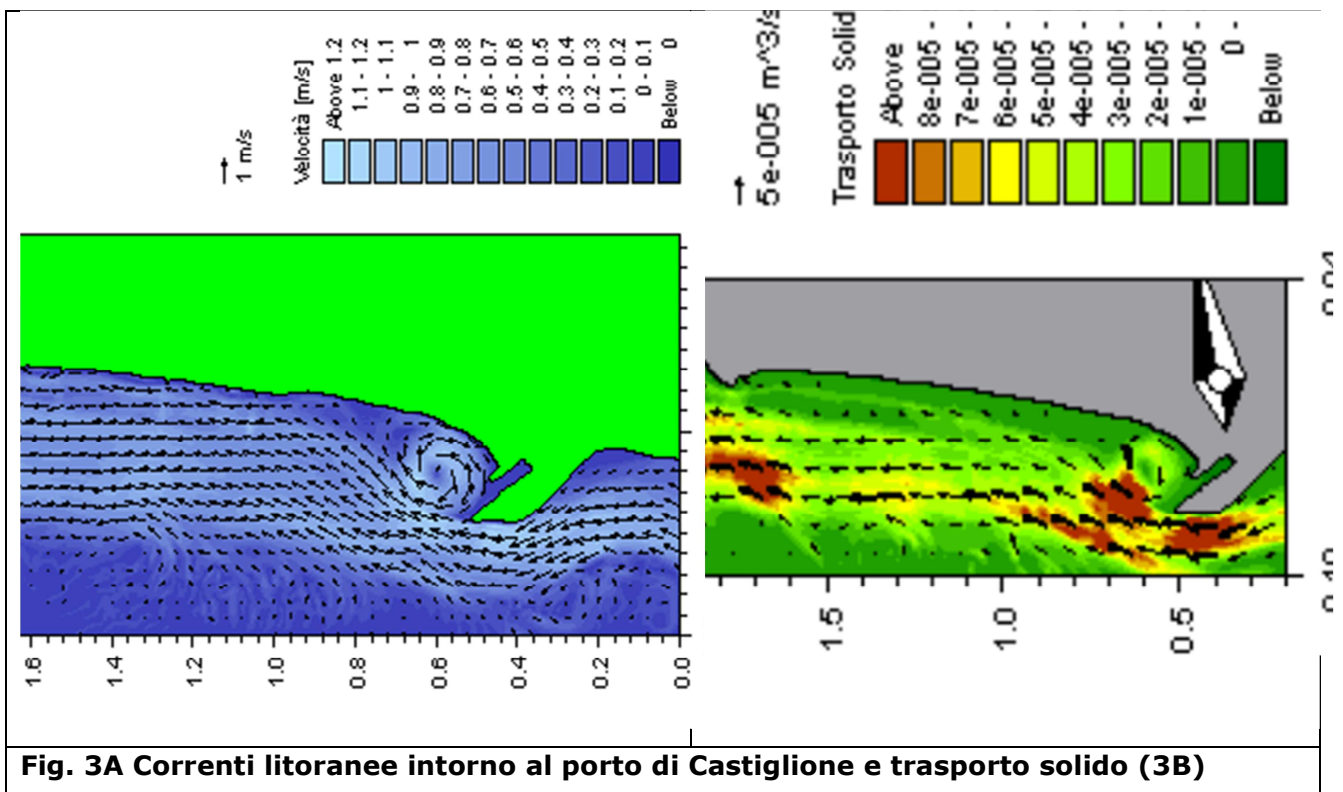
Per quanto riguarda gli effetti delle opere portuali sulla dinamica costiera, si può fare riferimento al recente studio, eseguito da *AM3 Spin off* per conto dell'ufficio del Genio Civile Toscana Sud. " *Ripristino e riequilibrio dell'arenile nel tratto di costa compreso fra Punta delle Rocchette foce del fiume Bruna: studio idrodinamico e del trasporto solido*".

In questo studio sono state simulate numericamente i campi di correnti indotte dalle onde ed il conseguente movimento dei sedimenti del fondo. Considerando che il trasporto solido prevalente è rappresentato dalle sabbie portate a mare dall'Ombrone e che riforniscono le spiagge antistanti l'abitato oltrepassando il molo principale del porto, sono stati sintetizzati i risultati limitatamente alle aree vicine al porto.

Si può osservare nella figura seguente (Fig. 3A) che la corrente trasporta la sabbia e oltrepassa il porto generando una corrente secondaria in prossimità del molo di sottoflutto, con conseguente trasporto dei sedimenti verso il canale di ingresso seguendo una traiettoria con la stessa curvatura della spiaggia.

La corrente principale più al largo non verrebbe interessata da un allungamento del molo di sottoflutto, non più lungo del molo principale; il molo di sottoflutto invece risulterebbe molto efficace ad impedire il trasporto di sabbia verso il canale di ingresso al porto. La figura 3B, dove sono evidenziate in marrone le aree interessate dal trasporto solido, conferma che il tratto dove è prevista la costruzione del molo non

è soggetto a movimenti significativi di sabbia quindi i suoi effetti saranno limitati alle sole aree molto vicine alla nuova opera.



Sulla base degli studi eseguiti si può quindi concludere che il prolungamento del molo di sottoflutto interessa una zona riparata dal molo di sopraflutto ed essendo la nuova opera meno aggettante rispetto ad esso, non modifica le correnti litoranee ed il conseguente trasporto solido, e comunque è efficace ad intercettare il flusso di sedimenti impedendone l'ingresso diretto nel canale di accesso al porto.

Un pennello nettamente emergente potrebbe risultare più efficiente per evitare l'insabbiamento ma modificherebbe il paesaggio, riducendo leggermente la vista del mare dalla spiaggia e modificando l'aspetto dell'ingresso del porto provenendo dal mare, ma soprattutto avrebbe un maggior costo non giustificato dal beneficio economico dovuto alla maggiore efficienza.

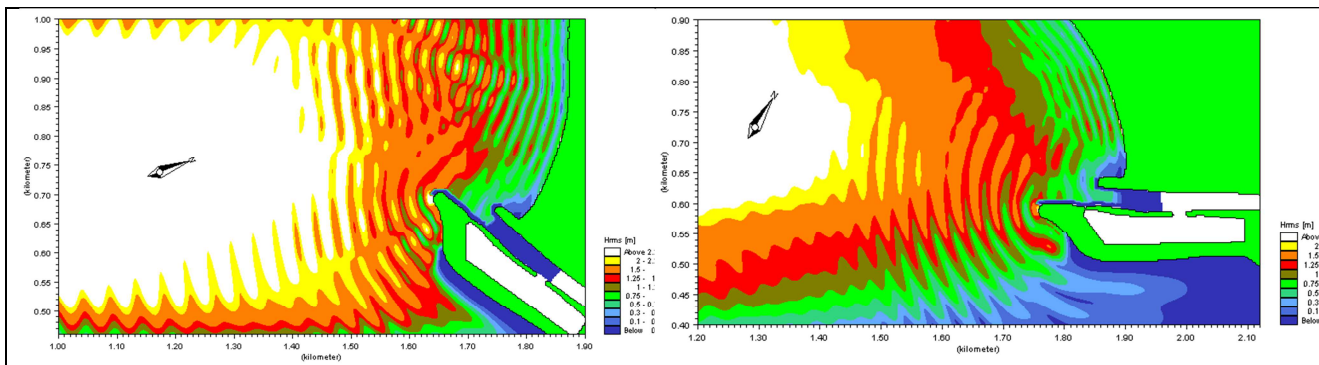
Il progetto ha individuato una soluzione che annulli l'impatto visivo e che comunque risulta efficace a ridurre significativamente l'insabbiamento del porto.

L'efficacia dell'intervento è supportata dallo "Studio meteomarinario propedeutico alla realizzazione di interventi strutturali per la riduzione dei fenomeni di insabbiamento interessanti l'area di accesso al porto canale", commissionato dal Comune ad AM3 Spin-off dell'Università di Firenze, dove gli effetti dell'intervento e l'assenza di impatti



negativi sul litorale è evidenziata sinteticamente da alcune simulazioni del campo di moto ondoso all'imboccatura.

Si può osservare che, anche nello studio di dettaglio, il molo principale di Castiglione esercita una funzione di riparo della zona di imboccatura ed in particolare sul tratto dove è previsto il prolungamento del molo di sottoflutto per le direzioni di provenienza più rappresentative 200°N e 250°N. Quindi il prolungamento del molo di sottoflutto per un tratto che non sporga oltre l'estremità del molo principale non modifica apprezzabilmente il campo di moto e conseguentemente sono prevedibili localizzate variazioni delle onde all'imboccatura, variazioni comunque non significative agli effetti della sicurezza alla navigazione.



**Figura 2 Campo d'onda in prossimità dell'imboccatura per mareggiate da 200°N e 250°N**

Per quanto riguarda gli aspetti ambientali, l'Amministrazione ha incaricato la società *TEA Engineering* che ha redatto lo Studio di Impatto Ambientale sul progetto definitivo, evidenziando che non sono presenti impatti permanenti sull'ambiente marino, che è irrilevante l'impatto sul paesaggio e che gli impatti in fase di cantiere sono molto limitati e, verificata l'assenza di impatti permanenti, non vengono ritenute necessarie misure di compensazione.

Per quanto riguarda la convenienza economica dell'Amministrazione si deve considerare che attualmente sono previsti dragaggi con frequenza quantomeno annuale, con un costo complessivo (considerati gli oneri di progetto, i rilievi e le analisi chimico fisiche per le necessarie autorizzazioni al dragaggio e al deposito sulle spiagge limitrofe o sui fondali antistanti) dell'ordine di €50.000 per ciascun intervento, suscettibile di incremento nel caso di imprevedibili coincidenti mareggiate che potrebbero vanificarne la piena efficacia.

Con la realizzazione dell'opera si stima che i dragaggi necessari saranno ridotti nella frequenza e soprattutto nei volumi, con conseguenti significativi risparmi.

Si osserva che la scelta della scogliera realizzata in massi consente una durabilità dell'intervento nettamente superiore a quella della installazione di geotubi, una delle soluzioni ipotizzate nel progetto preliminare, in quanto i geotubi sono facilmente vulnerabili in caso di urti con grossi tronchi portati dalle mareggiate o urti accidentali con le imbarcazioni, comportando maggiori costi di manutenzione. Quindi, il costo complessivo di un'opera provvisoria formata da geotubi, senza tener conto dei risparmi prima citati per la minor frequenza degli interventi manutentivi di dragaggio, tende ad avvicinarsi al costo della scogliera in massi sino a rendere quella "leggera" sconveniente.

Alle motivazioni strettamente economiche si devono aggiungere le motivazioni dovute alla maggiore sicurezza dell'imboccatura, alla minore agitazione interna del porto durante le mareggiate, ed alla migliore qualità dell'acqua lungo la costa nell'area soggetta alla balneazione.

## Modelli numerici

Per eseguire le verifiche di stabilità del molo è stato fatto riferimento alla sezione in testata in quanto è la più sollecitata dalle azioni del moto ondoso. Lo schema di calcolo assunto è quello di una barriera in massi naturali posta nella zona dei frangenti. La direzione di provenienza delle onde è stata assunta normale alla scogliera in quanto è la più sfavorevole. Il metodo di calcolo utilizzato fa riferimento alle relazioni riportate nel Coastal Engineering Manual Cap VI parte 5.

Le caratteristiche delle onde al largo e delle onde incidenti sulla nuova opera sono state stimate utilizzando i risultati dello "Studio meteomarinario propedeutico alla realizzazione di interventi strutturali per la riduzione dei fenomeni di insabbiamento interessanti l'area di accesso al porto canale" eseguito AM3 Spin-off su incarico del Comune di Castiglione della Pescaia nel 2016.

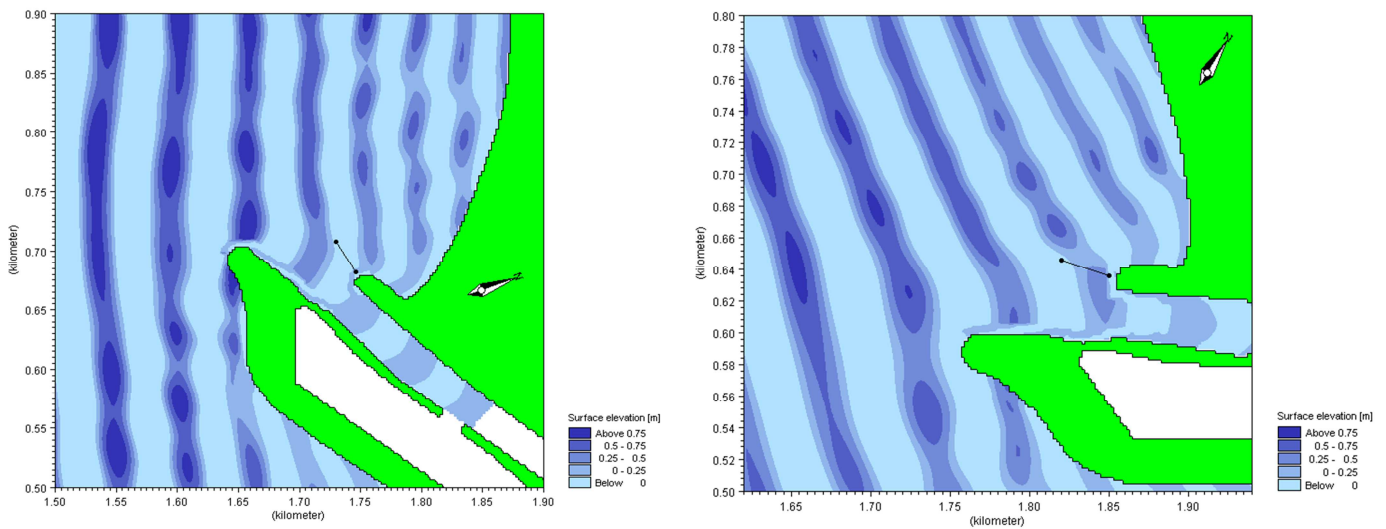
In questo studio è stata eseguita un'analisi statistica per la previsione degli eventi estremi al largo e successivamente sono state propagate le onde dal largo fino alla profondità di 20 m in prossimità del porto.

I valori ottenuti per due diverse direzioni di attacco ondoso (da sud e sud ovest) sono riportati nella tabella seguente. Dalla direzione di nord ovest (Maestrale) le onde previste sono più basse e per l'analisi di stabilità non è necessario prenderle in esame.

**Tabella 1 – Parametri caratteristici delle onde al largo e a costa: valori estratti dalle simulazioni numeriche e relativi ai fondali di 20m ( dallo studio AM3)**

	Ho [m]	Tp [s]	Tm [s]	Dir [°N]		Hs [m]	Tp [s]	Dir [°N]
<b>ONDA 1</b> <b>Tr=20 anni</b> Settore 150°- 200°N	5.9	9.3	7.8	200				
<b>ONDA 2</b> <b>Tr=50 anni</b> Settore 150°- 200°N	6.5	9.4	7.8	200				
<b>ONDA 3</b> <b>Tr=20 anni</b> Settore 200°- 260°N	5.3	9.2	7.7	250				
<b>ONDA 4</b> <b>Tr=50 anni</b> Settore 200°- 260°N	5.9	9.3	7.8	250				
					<b>ONDA 1</b> <b>Tr=20 anni</b> Settore 150°- 200°N	5.0	9.3	201
					<b>ONDA 2</b> <b>Tr=50 anni</b> Settore 150°- 200°N	5.4	9.4	201
					<b>ONDA 3</b> <b>Tr=20 anni</b> Settore 200°- 260°N	4.0	9.2	238
					<b>ONDA 4</b> <b>Tr=50 anni</b> Settore 200°- 260°N	4.4	9.3	238

Con un modello di dettaglio che ha considerato sia la presenza delle opere esistenti sia il rilievo recente dei fondali dopo il dragaggio dell'imboccatura è possibile stimare l'altezza d'onda significativa presente a diversa distanza da riva lungo l'asse della nuova scogliera. (Fig. 3)

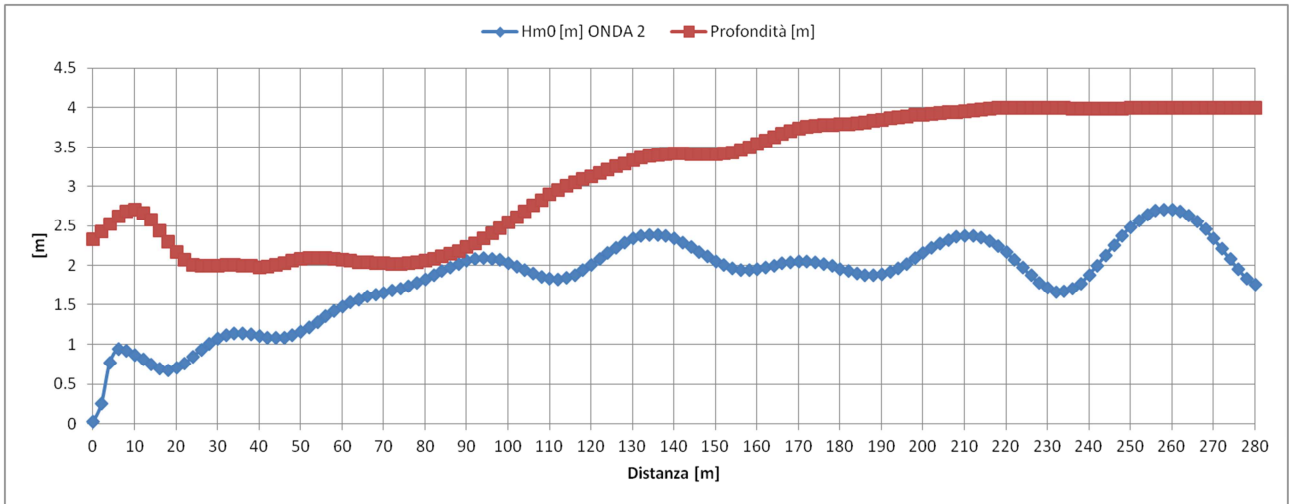


**Fig.3 Campo d'onda nel tratto antistante l'imboccatura del porto di Castiglione (dallo studio AM3)**

Per brevità sono stati riportati i risultati solo delle onde più alte di ciascuno dei due settori di traversia considerati ed è stato scelto per cautela il massimo valore di altezza d'onda incidente sulla struttura che si verifica sulla testata dove è presente la massima profondità.

Il grafico (Figura 1) ottenuto con l'onda 2 (al largo  $H_o=5.4\text{m}$ ,  $T_p=9.4\text{s}$ ,  $\text{Dir}=201^\circ\text{N}$ ) mostra che sulla testata del pennello lungo 90m alla profondità di 2,5 m si ha un valore di altezza d'onda di circa 2,3 m. Il grafico ottenuto con l'onda 4 (altezza a largo  $H_o=4.4\text{m}$ ,  $T_p=9.3\text{s}$ ,  $\text{Dir}=238^\circ\text{N}$ ) mostra un valore di altezza d'onda di 1.70 m sempre alla testata della struttura lunga 90 m.

Considerando solo l'onda più alta proveniente da sud-ovest, e tenendo conto di un incremento di altezza per tener conto degli effetti della marea il modello porterebbe ad una stima dell'altezza d'onda incidente sulla testata della scogliera di almeno 2,6 - 2,7 m associata ad un periodo di 9,4 s.



**Figura 1 – Profilo Hm0 ONDA 2 (in blu) e profondità (in marrone)**

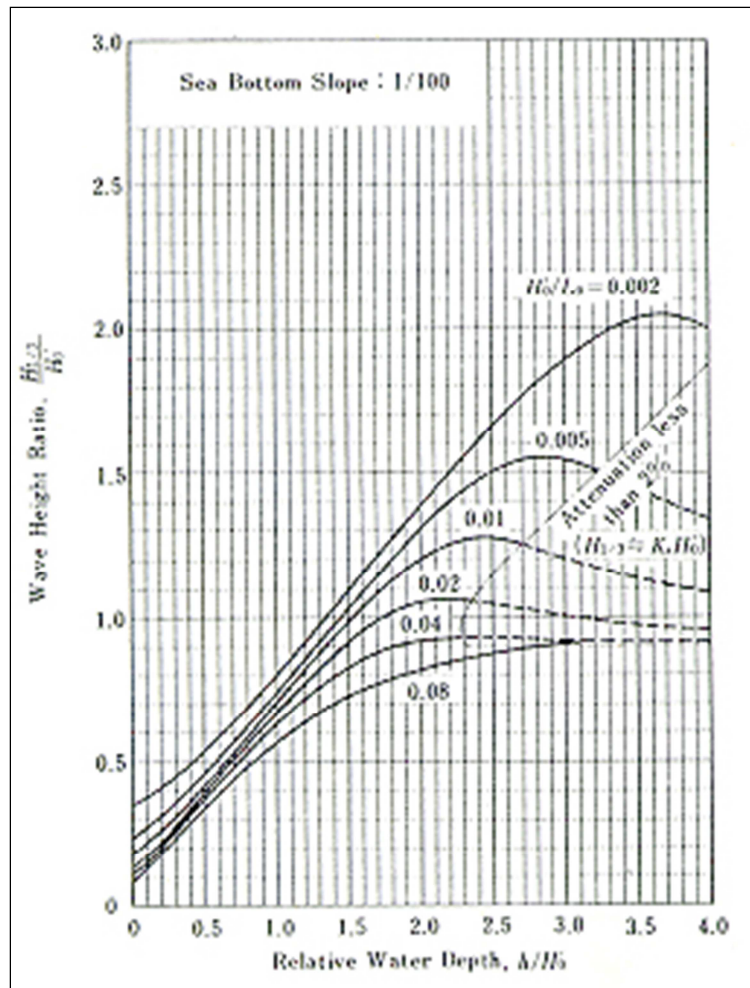
Un’ulteriore verifica sulla stima dell’altezza d’onda incidente è possibile con le relazioni di Goda (1)

Si tratta di un criterio elaborato per onde irregolari per la stima dell’altezza d’onda significativa  $H_s$  nella fascia dei frangenti.

$$H_b = K L_{0m} \left\{ 1 - \exp \left[ \frac{-1.5 \pi h^*}{L_{0m}} \left( 1 + 15 \tan^{\frac{4}{3}} \beta \right) \right] \right\},$$

essendo K un coefficiente compreso tra 0.12 e 0.18, oppure utilizzando il grafico sotto riportato che, date le caratteristiche dell’onda al largo, fornisce il valore dell’altezza d’onda significativa in funzione della profondità al piede della scogliera tenendo conto dei soli effetti bidimensionali.

Il canale di accesso al porto potrà essere dragato per assicurare l’ingresso in sicurezza dei pescherecci alla profondità di 4.0 m ma la massima profondità prevedibile nell’area intorno al nuovo molo, con esclusione del canale di ingresso, è al massimo 3,5 m quindi la scogliera dovrà resistere alle onde frangenti a questa profondità.



**Fig.3 – Relazione di Goda fra profondità relativa ed altezza significativa.**

Per determinare la profondità di progetto che è influente ai fini della stima delle massime altezze d'onda possibili, si dovrà incrementare la profondità a mare calmo per tener conto dell'escursione di marea e dei sovralti di tempesta con i valori sotto riportati:

- livello di mare calmo di fronte alla testata:  $h=3,5$  m;
- escursione di marea astronomica:  $\pm 20$  cm;
- escursione di marea meteorologica:  $\pm 20$  cm;
- escursione dovuta al vento:  $\pm 10$  cm;
- escursione dovuta al set-up d'onda:  $+20$  cm.

La profondità di calcolo con gli incrementi dei sovralti sopra riportati risulta pari a  $h= 4,2$  m e  $H_s = 6,5$  m si ottiene per la profondità relativa:

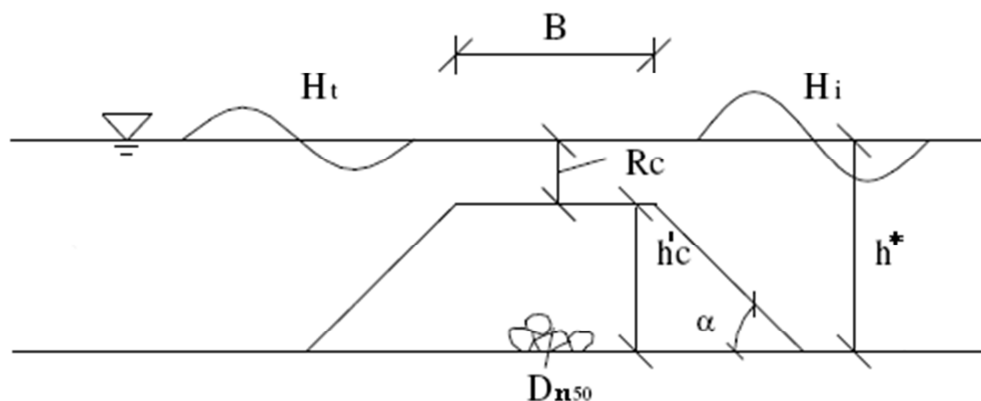
$h/H_o = 0,64$  a cui corrisponde dal grafico un valore di

$H_s/H_o = 0,495$  per un valore di ripidità di 0,04 ed una pendenza del fondo di 1/100

Per i calcoli successivi si assumerà il valore più alto fra le due stime , quindi  $H_s = 3,2$  m

### Progetto strutturale della scogliera

L'immagine a seguire evidenzia i parametri progettuali caratteristici di una barriera longitudinale sommersa o a cresta bassa, tale da essere sormontata dalla maggior parte delle onde durante la mareggiata di progetto.



**Fig. 4: Parametri progettuali caratteristici di una barriera longitudinale sommersa.**

La scelta dei parametri geometrici significativi è stata condotta come descritto di seguito:

- larghezza della berma della scogliera:  $B=5.00$  m;
- Profondità del fondale in prossimità della testata 3,5 m
- Profondità riferita al livello del mare incrementato di sovralti  $h^* =4,2$  m
- quota sul fondo della sommità della scogliera:  $h'_c=3,5$  m se a pelo d'acqua;
- pendenza della scarpata della scogliera:  $\tan\alpha=0.5$  (1:2).

La larghezza della berma e la pendenza della scarpata sono state fissate in base alle scelte comunemente effettuate nella progettazione di pennelli costruiti da terra.

Calcolo del diametro medio dei massi

Le densità impiegate per i massi della scogliera e per l'acqua di mare sono riassunte a seguire:

- densità dell'acqua salata:  $\rho_w=1.025$  t/m<sup>3</sup>;
- densità dei massi della scogliera:  $\rho_s=2.65$  t/m<sup>3</sup>;
- densità relativa immersa:

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} = 1.59$$

Utilizzando il criterio di stabilità per strutture a cresta bassa poste nella fascia dei frangenti si riportato su Coastal Engineering Manual ( parte VI cap 5 ) Si ha:

$$\frac{b'_c}{b^*} = (2.1 + 0.1S) \exp(-0.14 N_s^*)$$

dove, oltre alle grandezze già introdotte:

S è l'area relativa erosa, ovvero un parametro di danno definito come in figura 1.10 ed assunto pari a 2 sulla base delle indicazioni in tabella 1.1;

N\*s è il cosiddetto numero di stabilità spettrale, calcolato come:

$$N_s^* = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} s_{0p}^{-1/3}$$

in cui, oltre alle grandezze già introdotte:

Hs è l'altezza d'onda significativa al piede della struttura, assunta pari a 3,2 m;

h' = altezza della scogliera sul fondo pari a 3,5 m

h\* = profondità di progetto pari a 4,2 m e quindi h'\_c / h\* = 0,83

D<sub>n50</sub> è il lato del cubo il cui peso coincide con quello del masso mediano della mantellata della scogliera, ovvero la grandezza incognita da determinare.

s<sub>0p</sub> è una ripidità fittizia dell'onda calcolata come:

$$s_{0p} = \frac{H_s}{L_{0p}} = 3,2/138 = 0,0231.$$

Il danneggiamento S della scogliera è definito con la seguente convenzione

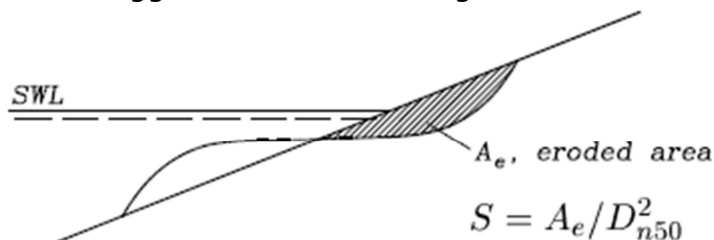


Fig. 5: Definizione del parametro di danno S (CEM, table VI-5-19).



Unit	Slope	Initial damage	Intermediate damage	Failure
Rock	1 : 1.5	2	3-5	8
Rock	1 : 2	2	4-6	8
Rock	1 : 3	2	6-9	12
Rock	1 : 4 - 1 : 6	3	8-12	17

**Tab. 2.1: valori caratteristici del parametro di danno S (CEM, table VI-5-21).**

Imponendo che il danni sia praticamente nullo si assume  $S=1$

Sostituendo i valori nella relazione sopra riportata si ha:

$$\frac{b'_c}{b^*} = (2.1 + 0.1S) \exp(-0.14 N_s^*), \quad 0,83 = (2,1 + 0,1) \exp(-0,14 N_s^*).$$

Da cui  $N_s^* = 6,96$

Da cui si ricava il diametro caratteristico del masso stabile  $D_{n50}=1,01$  m e quindi il suo peso  $M_{50}=\rho_s D_{n50}^3=2,7$  t;

Per sicurezza sono stati previsti due strati di massi per la barriera sommersa prescrivendo massi di terza categoria di peso compreso fra 3 e 5 t, posati su uno strato di massi di seconda categoria da 1000 a 3000 Kg,

Lo spessore dello strato esterno, può essere calcolato a mezzo della seguente formula (CEM, VI-5-122):

$$r = n k_{\Delta} \left( \frac{M_{50}}{\rho_s} \right)^{\frac{1}{3}}$$

dove, assumendo il peso medio dei massi dello strato pari a 4t, e scelti i valori delle altre grandezze:

$n$  - il numero di unità previste nello spessore (nel caso in esame  $n=2$ );

$k_{\Delta}$  - coefficiente dello strato che, per massi di cava spigolosi e posizionati in modo casuale, vale 1 (CEM, table VI-5-51).

Si ottiene lo spessore dello strato dei massi esterni in testata  $r = 2,0$  m

Progetto di una scogliera soffolta con massi a prolungamento del molo destro del porto-canale di Castiglione della Pescaia per la riduzione dell'insabbiamento - cod CIG Z59209DE35D

**PROGETTO DEFINITIVO**

**QUADRO TECNICO ECONOMICO**

somma importo dei lavori	€ 424.525,12
oneri per la sicurezza	€ 19.876,20
<b>SOMMA PER LAVORI E SICUREZZA</b>	<b>€ 444.401,32</b>
<b>SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE</b>	
progettazione, piano di sicur e rel. paesaggistica	€ 28.600,00
verifica di assoggettabilità a VIA	€ 5.500,00
relazione geologica	€ 1.500,00
relazione archeologica	€ 1.000,00
modelli numerici	€ 6.000,00
direzione dei lavori, sicurezza e collaudi	€ 22.220,07
piano di monitoraggio	€ 10.000,00
IVA e C.I.	€ 20.111,63
art.92 D.Lgs 263/2006	€ 10.000,00
somme per lavori non valutabili ed imprevisi	€ 666,98
<b>TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE</b>	<b>€ 105.598,68</b>
<b>IMPORTO COMPLESSIVO</b>	<b>€ 550.000,00</b>