COMUNE DI SANTO STEFANO AL MARE - Prot 0006959 del 21/08/2020 Tit 10 Cl 11 Fasc

Geoscape Società Cooperativa
SpinOff dell'Università di Genova
Sede legale Via Varese 2 – CAP 16122 (Ge)
Sede operativa Corso Europa 26 – CAP 16132 (Ge)
Pec: geoscape@pec.geoscape.it
Mail: info@geoscape.it
P.IVA: 02594600997

Servizio di consulenza per la valutazione del progetto di ripascimento lungo la costa di Santo Stefano al Mare (Imperia)

Modellistica numerica su scenario Ante e Post opera

Il Marchio "Spin off dell'Università degli Studi di Genova" testimonia esclusivamente il rapporto di derivazione universitaria della società spin off, pertanto, il presente documento non è direttamente ascrivibile all'Università degli Studi di Genova

Sommario

1. Il modello XBeach 3

1.1. Breve descrizione del modello numerico e della sua implementazione 3

1.2 Propagazione del moto ondoso 3

1.3 Valutazione dell'intervento di ripascimento 5

2. Valutazione e analisi dell'esposizione da inondazione marine in relazione al progetto di ripascimento 8

2.1 Risultati ottenuti per i differenti profili 9

2.2 Carta inondazione Stimata 12

Bibliografia citata 14

1. Il modello XBeach

1.1. Breve descrizione del modello numerico e della sua implementazione

XBeach (eXtreme Beach) è un modello numerico 2DH open-source per la simulazione dell'idro-morfodinamica costiera, distribuito da Deltares (www.deltares.nl), ed ampiamente apprezzato dalla comunità tecno-scientifica internazionale (Roelvink et al., 2009, Bolle et al., 2011, Mucerino et al., 2019). Il modello risolve coppie di equazioni sul piano orizzontale, relative a propagazione delle onde, correnti, trasporto sedimentario, variazioni del fondale, variazioni spettrali delle onde e correnti al contorno (Roelvink et al., 2015). Per quanto riguarda la simulazione dei processi idrodinamici, XBeach possiede tre differenti opzioni: i) Stationary wave model: utile, ad esempio, per simulare i processi morfodinamici in condizioni di relativa bassa energia; ii) Surfbeat mode: indicato quando l'attenzione è portata sui fenomeni idro-morfodinamici nearshore (es. correnti costiere, zona di swash); iii) Non-hydrostatic mode: particolarmente indicato nel caso di spiagge caratterizzate da un'accentuata acclività, come ad esempio le spiagge ghiaiose. Questa breve introduzione è da intendersi solo come una breve introduzione allo strumento impiegato, per ogni ulteriore informazione tecnica di dettaglio si rimanda alla consultazione del manuale tecnico stilato da Roelvink et al. (2015). Per quanto concerne l'implementazione del modello, è stata costruita una griglia computazionale a risoluzione variabile, da 20 m offshore a 5 m presso l'area di indagine, in modo da ottenere una buona risoluzione senza tuttavia compromettere le performance computazionali. Per quanto riguarda i parametri sedimentologici, è stato utilizzato il valore di D50 fornito dalla committenza (10 mm). Per quanto concerne i dati del clima ondoso si è fatto riferimento a quelli riportati dallo Studio su modello numerico eseguito dall'Università di Firenze. I dati topo-batimetrici, necessari all'implementazione delle matrici di calcolo, sono stati forniti dalla committenza, ad eccezione del dato LiDAR e delle batimetrie offshore, forniti dalla Regione Liguria.

1.2 Propagazione del moto ondoso

Come già accennato nel paragrafo 1.1, La propagazione del moto ondoso lungo il tratto di costa oggetto dell'indagine è stata simulata mediante l'implementazione di una griglia di calcolo a risoluzione variabile. Questa soluzione ha permesso di simulare lo sviluppo del moto ondoso

dalla zona offshore, consentendo di simulare al meglio i processi di interazione onde-fondale. Il margine offshore del dominio è stato posizionato in prossimità della batimetrica della -60. Sulla base dell'orientazione della costa, è stata modellizzata la propagazione del moto ondoso per le componenti provenienti da SO (Direzione media = 235 °N) con Hs 3.00 metri e Tp 7.50 secondi e da S-SE (Direzione media = 160 °N) con Hs 2.00 metri e Tp 6.50 secondi. Vengono quindi di seguito riportati (Figura 1) e commentati i risultati ottenuti.

Data l'orientazione della costa, l'area di indagine questa risulta essere particolarmente esposta alle direttrici di SO e S-SE mentre, anche per via della presenza della struttura portuale ad est della spiaggia oggetto di indagine, quest'ultima risulta relativamente protetta dalle direttrici di SE. Questo appare piuttosto evidente osservando i risultati riportati in Figura 1. Dai risultati di denota come, nei due casi considerati, la disposizione dei fronti d'onda in prossimità della costa appaia relativamente simile; pur tuttavia mostrando una maggiore esposizione alla direttrice SO. Questo fatto è riferibile alle differenze che invece si riscontrano osservando la propagazione del moto ondoso dalla regione offshore. La propagazione delle onde provenienti da SO appare relativamente più regolare. Questo fatto è presumibilmente attribuibile al fatto che, per via dell'orientazione della costa, il processo di rotazione delle onde risulta più attenuato. Diversamente, se osserviamo la propagazione delle onde del largo provenienti da S-SE, si evidenzia un deciso e più marcato processo di rotazione dei fronti d'onda. Il processo di rotazione delle onde, dovuto all'interazione tra queste ed il fondale, porta ad una dissipazione dell'energia, il che si traduce con una minore esposizione del litorale stesso. Inoltre, per le direttrici S-SE, la spiaggia in esame sembra risentire anche del ridosso offerto dalla presenza della struttura portuale ad est. In aggiunta, occorre ricordare come la direttrice SO presenti un fetch più esteso rispetto alla direttrice S-SE. Infine, si riporta una nota relativa alla propagazione del moto ondoso in relazione alla morfologia sottomarina. Osservando i risultati in Figura 1, si nota come, per entrambe le direttrici considerate, la propagazione appare a tratti irregolare. Questo fatto è attribuibile alla morfologia sottomarina che, sulla base dei dati disponibili, risulta essere piuttosto irregolare.

In conclusione, i risultati mostrano come la spiaggia oggetto di intervento sia particolarmente esposta alle mareggiate provenienti da SO. Tuttavia, in sede di pianificazione costiera, ed in particolare osservando la propagazione dell'onda sotto costa, anche le mareggiate provenienti dai quadranti S-SE non sono da trascurare.

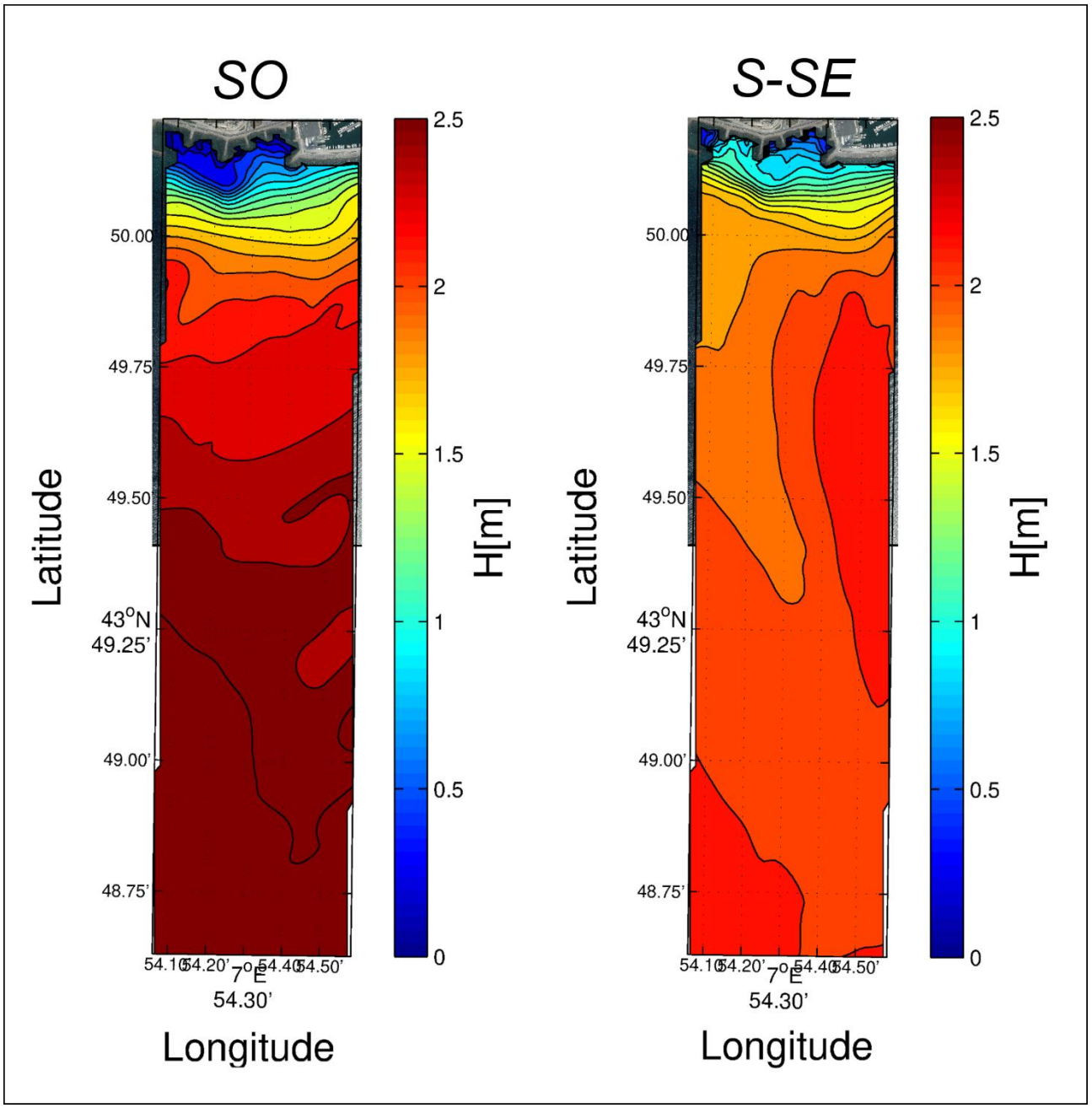


Figure 1 Propagazione del moto ondoso per le direttrici di SO e S-SE.

1.3 Valutazione dell'intervento di ripascimento

si riportano di seguito, come richiesto dalla committenza, i risultati della simulazione numerica di un intervento di risistemazione costiera da attuarsi nel tratto di litorale immediatamente a ponente della struttura portuale della Marina degli Aregai. L'intervento previsto prevede l'eliminazione del secondo pennello procedendo dal porticciolo verso ovest, la modifica del terzo pennello, mediante un prolungamento di circa 20 metri con angolo di 45° verso est (rispetto all'asse della struttura attuale), ed un ripascimento con entità di 10000 mc (D50 = 10 mm) da

effettuarsi una volta terminati gli interventi sulle strutture. Anche in questo caso, come già descritto nelle sezioni precedenti, è stato implementato il modello XBeach 2DH utilizzando una griglia di calcolo a risoluzione variabile, al fine di ottenere una migliore risoluzione nell'area di intervento. Una volta disposta la posa del materiale, si è proceduto con le simulazioni modellistiche. Come forzante ondosa sono stati simulati eventi provenienti dalle direttrici SO e S-SE, con Altezza d'onda di 5.03 metri e Periodo d'onda di 8.97 secondi, come indicato dalla studio dell'Università di Firenze. Una volta settato il modello, si è proceduto a forzare il clima ondoso, sino al raggiungimento di una situazione di apparente equilibrio, caratterizzata da limitati processi di erosione e/o accumulo. Vediamo dunque i risultati ottenuti.

In Figura 2 vediamo il confronto tra la linea di riva allo stato dell'arte e la linea di riva risultante dalla simulazione dell'intervento di risistemazione costiera. Come si vede chiaramente, allo stato dell'arte, la spiaggia in esame risulta divisa in due settori distinti dalla presenza di un pennello. La porzione orientale mostra la presenza di una piccola spiaggia con sviluppo a parabola, che si appoggia sul piccolo pennello posto a est. La porzione occidentale mostra invece chiari i segni dell'erosione, la spiaggia risulta sostanzialmente erosa, e il muro della passeggiata risulta direttamente esposto ai marosi.

Una volta eliminato il pennello centrale, modificato quello occidentale, ed eseguito il ripascimento, vediamo come i risultati delle simulazioni mostrano una condizione diversa. La spiaggia appare in progradazione, con un avanzamento che va dai 10 ai 40 metri. Il profilo assunto risulta essere piuttosto acclive, in relazione alla granulometria del materiale di ripascimento (ghiaie). Considerando la massima risoluzione del modello impiegato (5 m), occorre evidenziare come i risultati potrebbero essere affetti da un certo grado di sovrastima o sottostima. La nuova spiaggia mostra uno sviluppo a parabola, con una maggiore estensione nella porzione orientale (Fig.3). Tale morfologia è attribuibile all'effetto della dinamica costiera locale, evidentemente influenzata dal moto ondoso proveniente da SO. Si tratta di un aspetto da tenere debitamente in considerazione, poiché non si può escludere un eventuale trasporto di materiale verso la piccola spiaggetta adiacente alla struttura portuale.

Nei paragrafi successivi vengono riportati in dettaglio i risultati in termini esposizione all'inondazione marina.

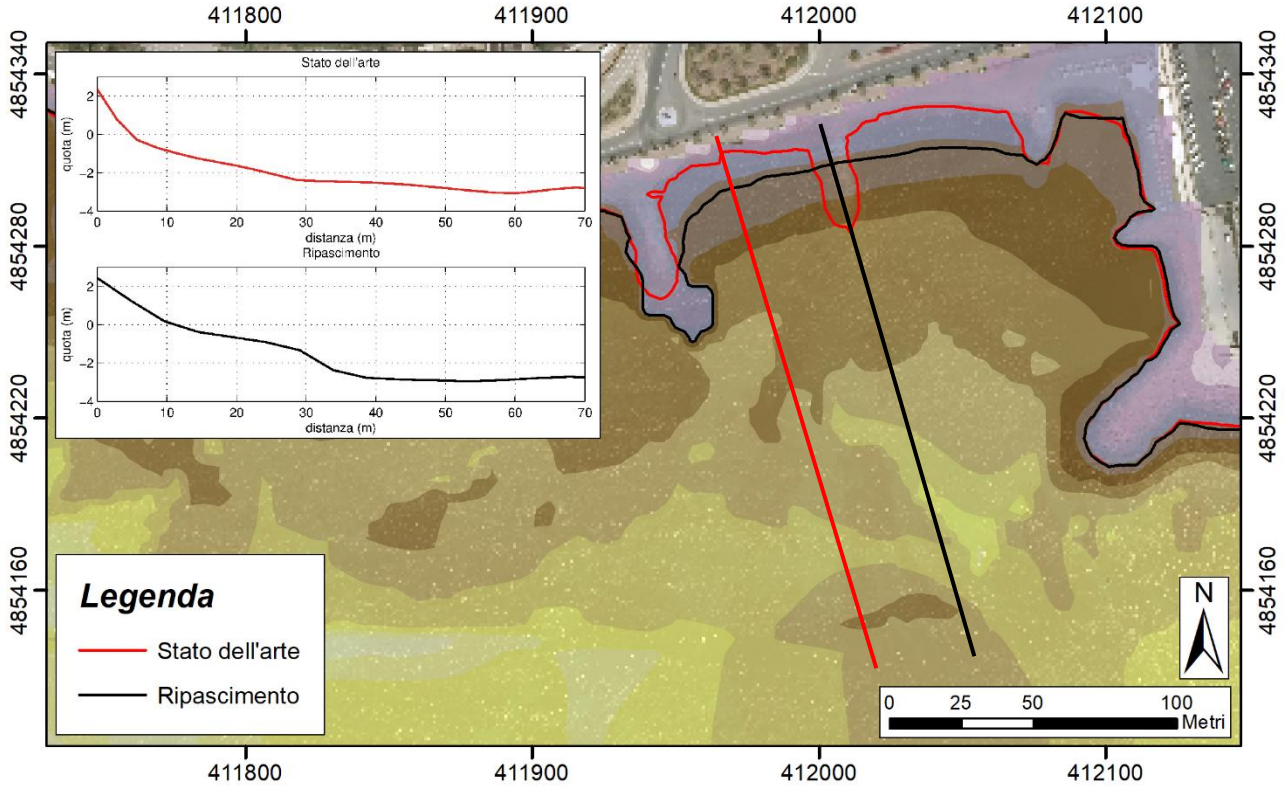


Figure 2 Confronto tra lo stato dell'arte e la simulazione dell'intervento di risistemazione costiera.

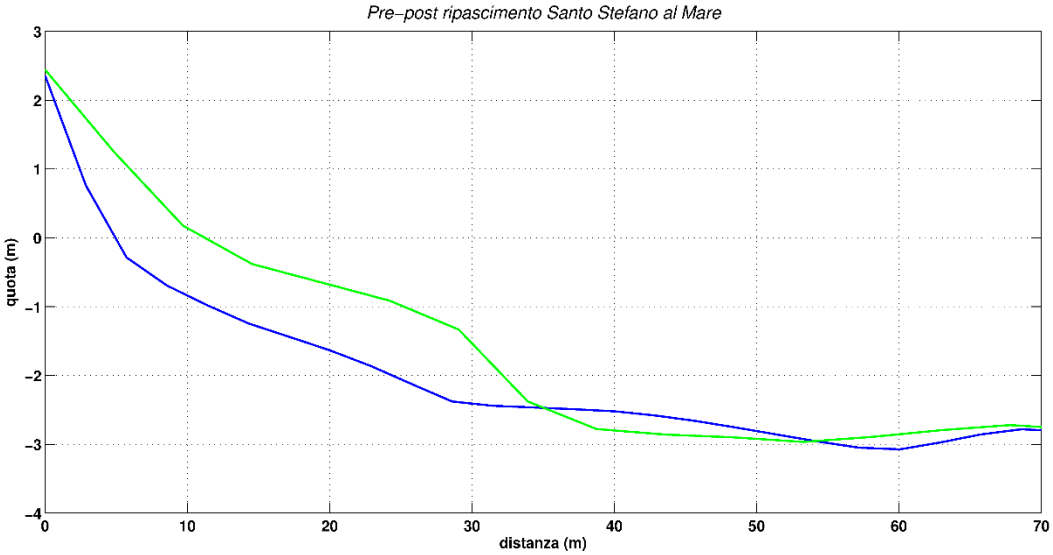


Figure 3 Zoom - Confronto Ante- post opera: in blu: Ante opera; Post opera: Verde

2. Valutazione e analisi dell'esposizione da inondazione marine in relazione al progetto di ripascimento

In questo capitolo è stata valutata l'efficacia dell'ipotesi di ripascimento (10000 mc) rispetto all'attacco del moto ondoso, per i mari di SO (Libeccio), in base ai risultati ottenuti con XBeach; per quest'analisi si è tenuto in considerazione i profili posti lungo la porzione centrale del litorale, risultati maggiormente esposti ai marosi per entrambi gli scenari. Lo Studio è stato focalizzato sull'analisi del Wave Run-up, ossia della risalita del moto ondoso lungo i profili in esame; per il profilo è stato valutato il valore di Wave Run-up per lo Stato dell'arte e il Ripascimento in ghiaia di 10000 mc con granulometria media (D50) di 10 mm. Le condizioni al contorno del moto ondoso utilizzate sono quelle fornite dal committente, Onda di prova, TR1 e TR10, come riportate in tabella:

MOTO ONDOSO

TR	Onda di prova (Wprova)	1 anno (W5)	10 anni (W6)
HS [M]	3.00	5.03	5.89
TP [S]	6.50	8.97	10.01
DIR M [°]	235	235	235

Tabella 1. Dati meteo marini; fonte: Università di Firenze

Per lo studio del fenomeno dell'inondazione è stato preso in considerazione il Run-up 2%(R2), il quale rappresenta il valore medio del 2% dei valori più alti di risalita del moto ondoso; questo parametro statistico viene di norma utilizzato per lo studio e la progettazione di opere costiere e ripascimenti strutturali.

In questa fase è stato utilizzato ***XBeach-G 1D***, che rispetto a ***XBeach***, è stato implementato per valutare il comportamento delle spiagge in ghiaia (Post-opera) in risposta agli eventi estremi su profilo; la risoluzione della griglia varia da 15 metri allargo fino 0.2 metri sulla spiaggia emersa. Questa tipologia di spiagge presentano caratteristiche morfodinamiche completamente diverse rispetto ai litorali sabbiosi, in quanto il flusso montante verso terra (upwash) è maggiore rispetto a quello verso mare (downwash): la minor compattezza dei sedimenti determina una rilevante penetrazione (groundwater control) del flusso montante all'interno della colonna dei sedimenti che quindi riduce la forza di trasporto verso mare. Questo determina un'acclività maggiore del profilo di spiaggia, rendendola riflettente al moto ondoso.

Di seguito sono riportati i risultati delle simulazioni, sui profili riportati in figura 2 per gli stati di mare sopra indicati; per i due diversi profili ***(Ante-opera e Post opera)*** sono state analizzate le quote di run up per le tre simulazioni. Nelle immagini che vengono riportate nelle pagine seguenti viene mostrato la classica oscillazione del Wave run-up, costituita da una fase di risalita ed una fase di discesa lungo il profilo; inoltre, le escursioni sono rappresentate in modo che a seconda del colore, siano associate ad un profilo differente, ossia: VERDE – Ante-opera, BLU – Post-opera; invece il Run up 2% è rappresentato con un pallino ARANCIO per ante opera e un pallino ROSSO – Post-opera.

Infine, per ogni profilo viene riportata una tabella riassuntiva che permette di visualizzare al meglio i valori di run-up associati ai differenti stati di mare. E le principali differenze osservate.

2.1 Risultati ottenuti per i differenti profili

In questa sezione sono riportati i risultati ottenuti come descritto in precedenza; per una corretta elaborazione dei dati di inondazione è stato applicato un tempo di simulazione pari a 3600 s (1 ora) per ogni scenario, dal quale è stato possibile estrarre tre valori di Run up 2% per calcolare un valore medio di questo.

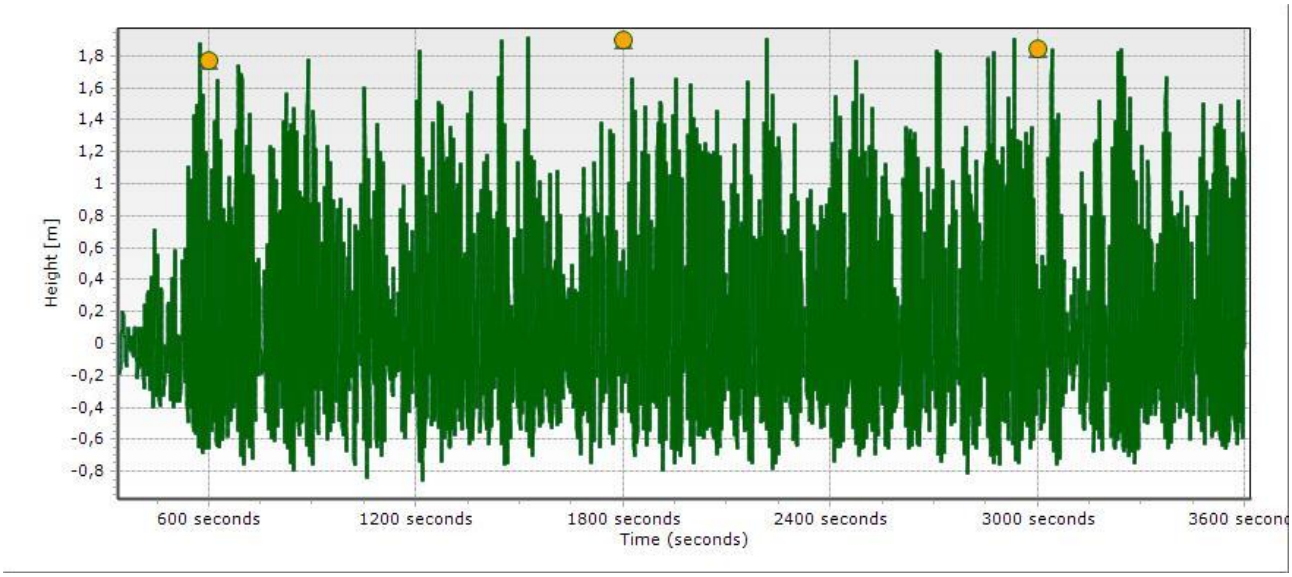


Figure 4 Risultati Wprova ante opera.

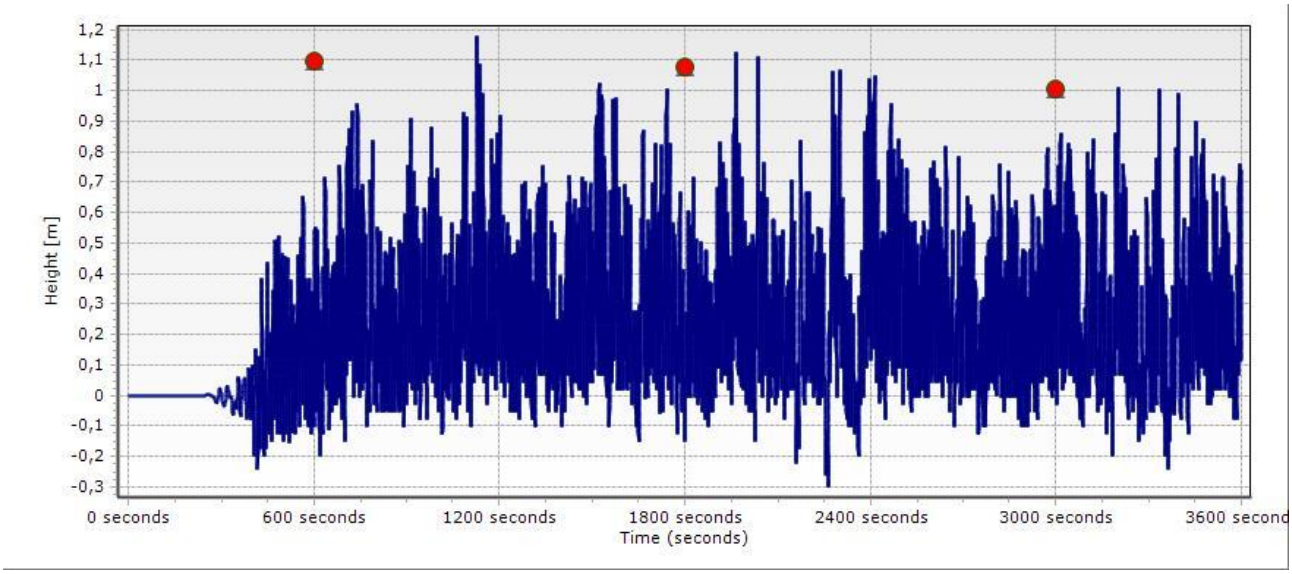


Figure 5 Risultati Wprova_post ripascimento.

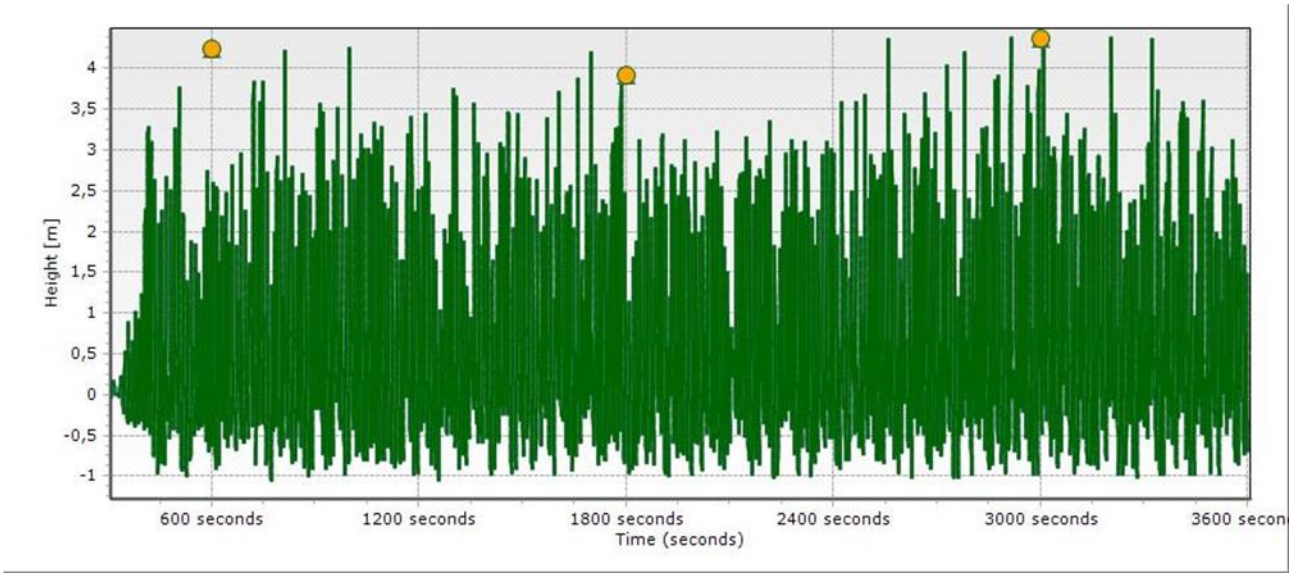


Figure 6 Risultati W5 ante opera.

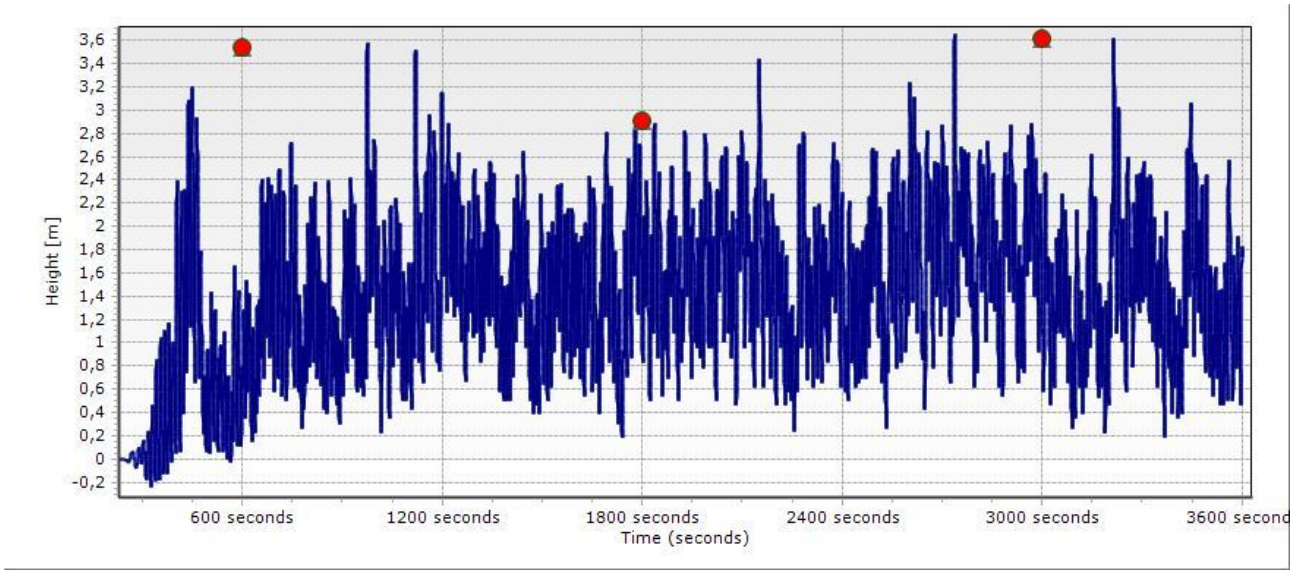


Figure 7 Risultati W5 post ripascimento.

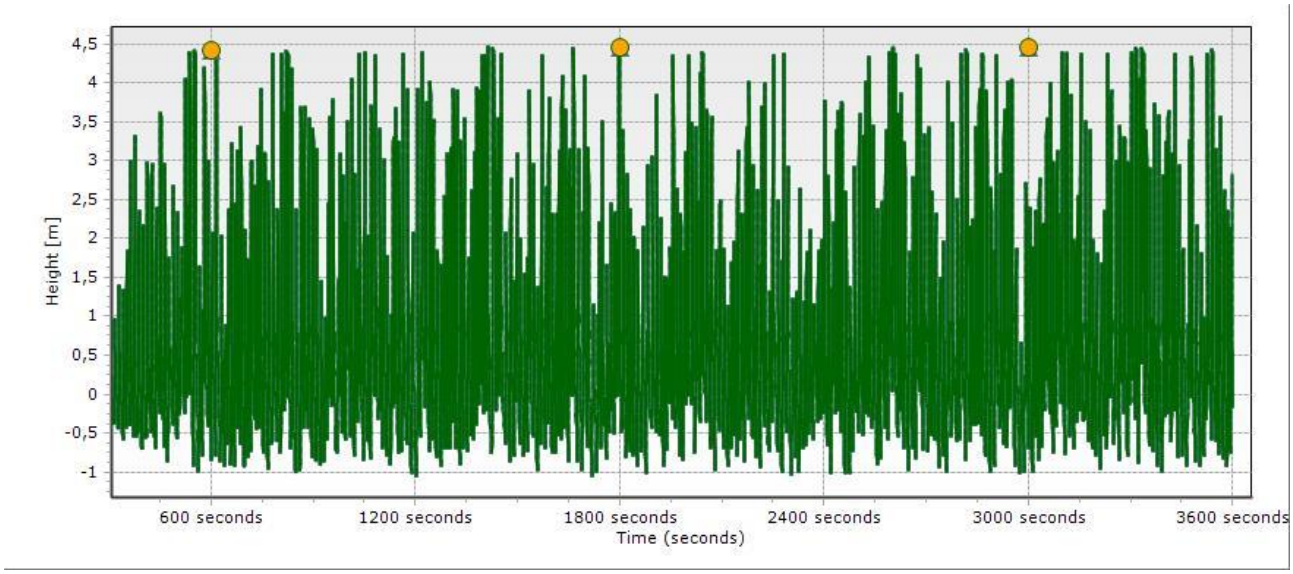


Figure 8 Risultati W6 ante opera.

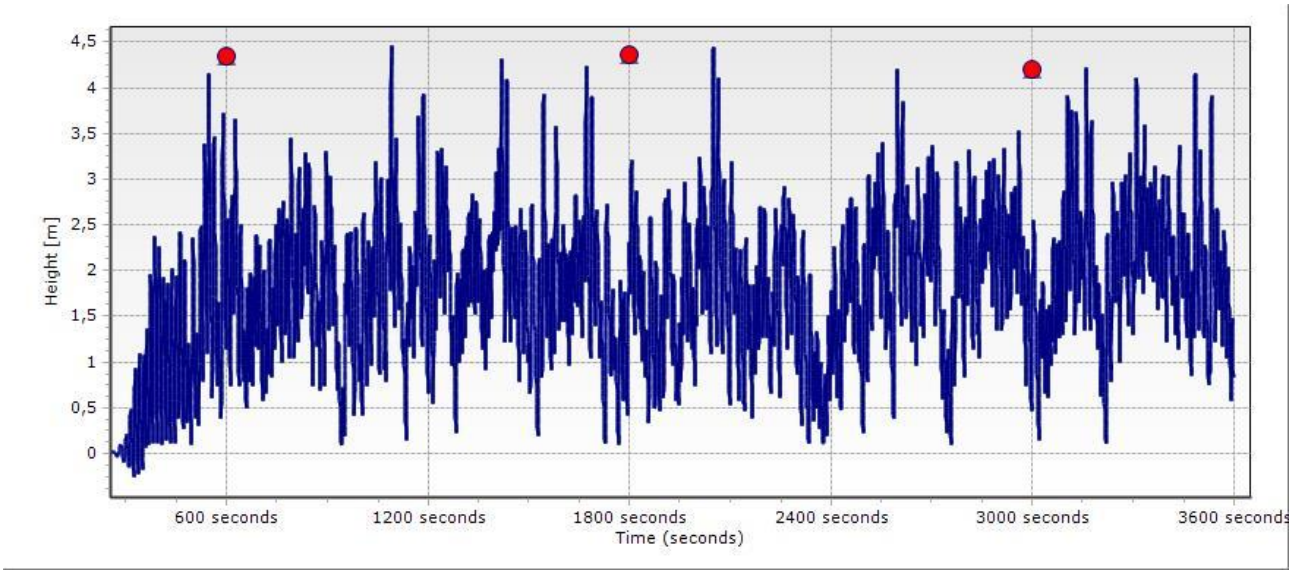


Figure 9 Risultati W6 post ripascimento.

Nella Tabella 2 sono riportati i confronti tra l'inondazione lungo il profilo ante-opera e il quello post-opera. Dai risultati si evince una riduzione, in quota, di 0.80 metri per gli stati di mare con Hs di 3.00 e 5.03 metri, mentre con tempo di ritorno pari a 5 anni (5.89 Hs) la differenza è nettamente inferiore, in quanto non supera i 0.2 metri. Quest'ultimo risultato evidenza l'inefficacia del ripascimento per una certa soglia di energia che impatta la costa di Santo Stefano al Mare.

TR	HS (M)	TP (S)	R2% ANTE-OPERA (M)	R2% POST-OPERA (M)	DIFFERENZA ANTE/POST
PROVA	3.00	7.50	R2-Wprova= 1.85	R2-Wprova= 1.05	0.80 m
1 ANNO	5.03	8.97	R2-W5 = 4.10	R2-W5= 3.30	0.80 m
5 ANNI	5.89	10.01	R2-W6 = 4.25	R2-W6= 4.45	0.20 m

Tabella 2 Risultati ottenuti per I due profili considerati

2.2 Carta inondazione Stimata

In base ai risultati ottenuti sono state redatte due carte, che raffigurano i risultati ottenuti per wave Run up 2% per gli scenari di ante opera e di post-opera. In Figura 10 è riportato il piano di inondazione per lo stato dell'arte; in verde viene riportato il risultato ottenuto con l'onda di prova con 3 metri di altezza d'onda significativa (Wprova), e in rosso sono riportati i risultati per i TR di 1 e 10 anni (W5 e W6).

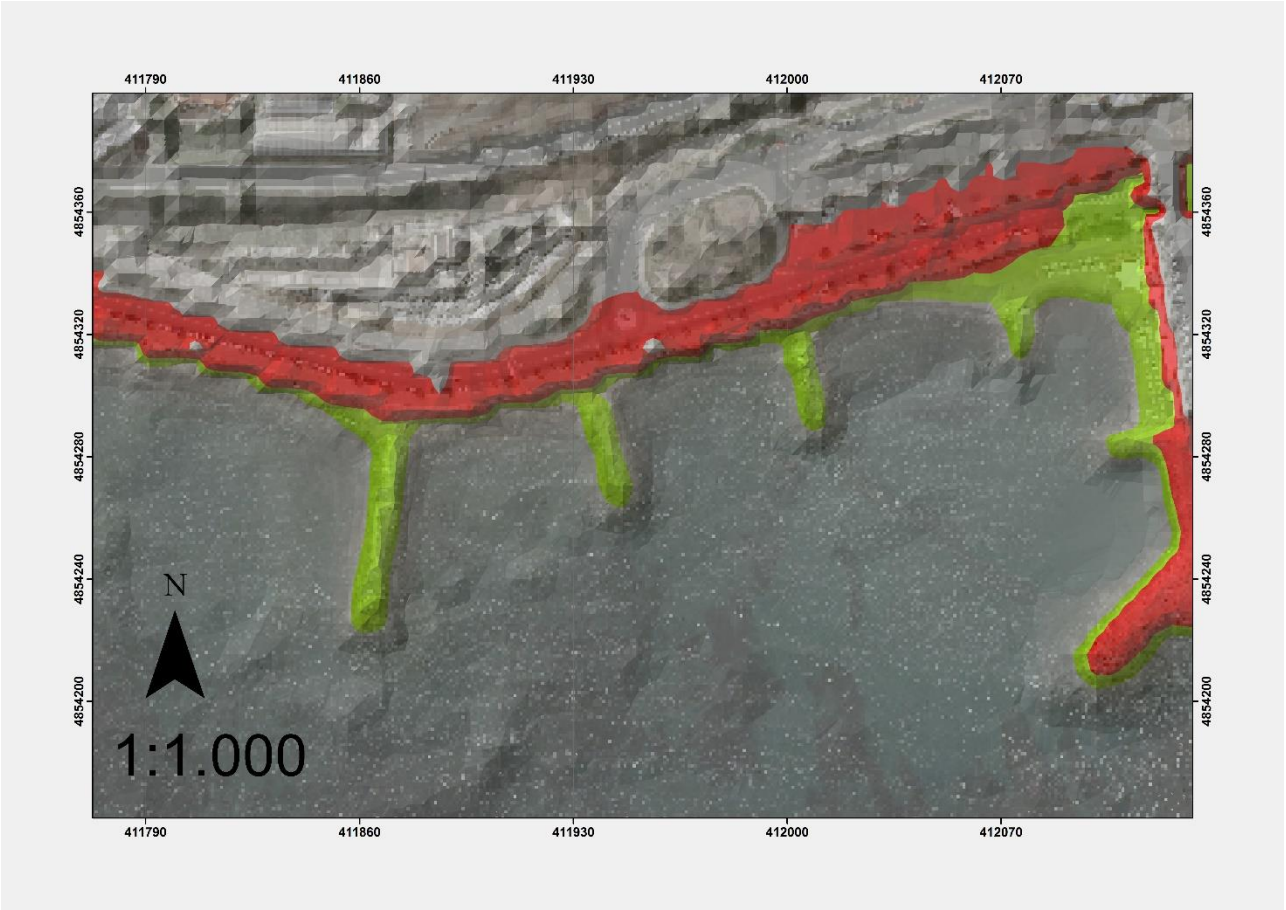


Figure 10 Inondazione per lo stato dell'arte.

Per l'inondazione del possibile scenario di risistemazione del litorale mediante l'utilizzo di materiale ghiaioso, i livelli di inondazione sono tre: Verde (WProva), Arancio (W5) e Rosso (W6). Il confronto tra le carte fornisce le sostanziali differenze già discusse in questa relazione. Dalle figure 10 e 11 si evince la mancanza del colore arancio nello stato dell'arte; questo è dovuto ai risultati ottenuti delle inondazioni, dove il Run-up passa da 1.85 metri per l'onda di prova a 4.10 metri per W5, inondando il tessuto urbano, diversamente dallo scenario post-ripascimento.

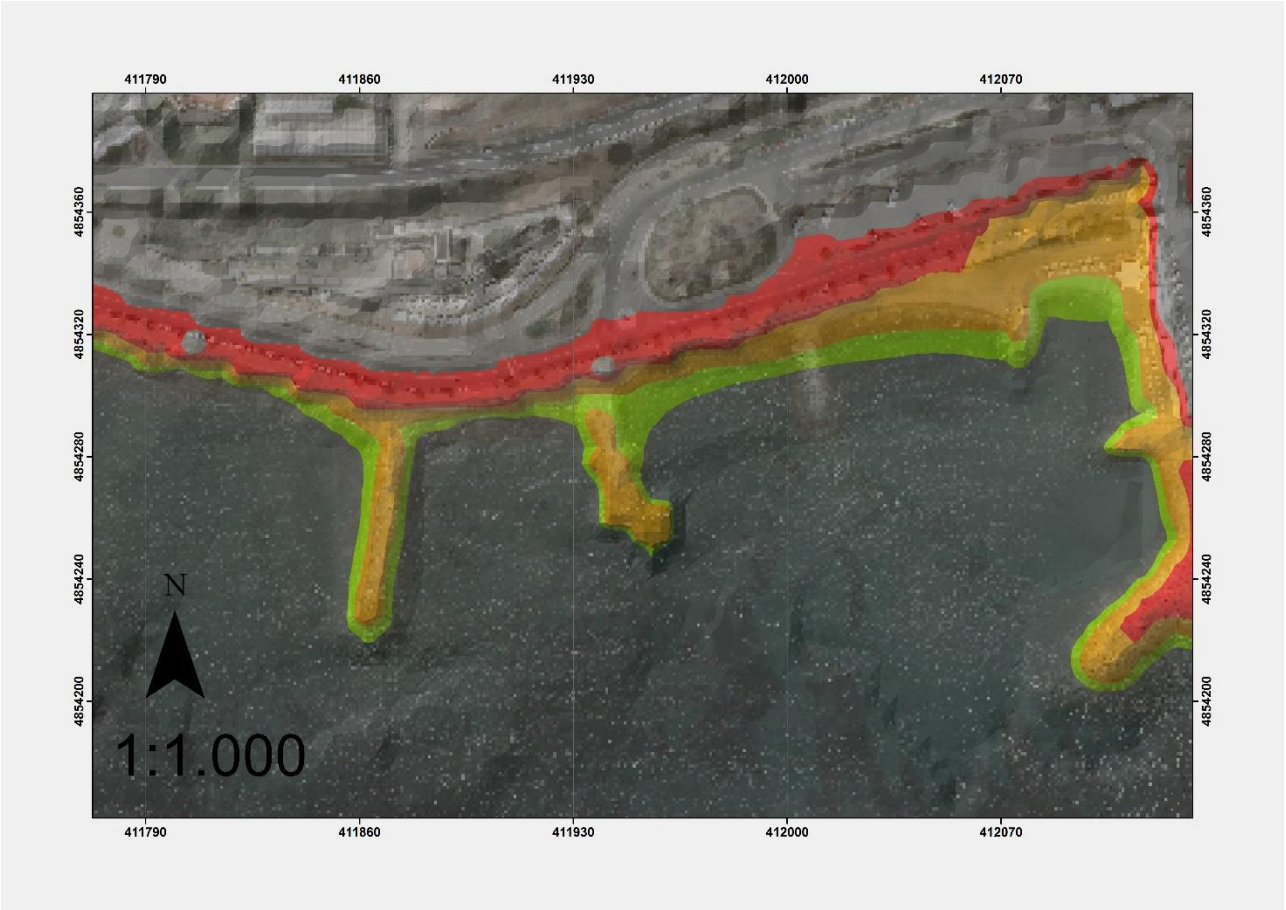


Figure 11 Inondazione per il nuovo scenario.

Bibliografia citata

Aminti P.L. (2006), Studio su modello numerico per la verifica degli interventi proposti sulla Spiaggia di Ospedaletti(IM)-Università di Firenze Dipartimento di Ingegneria,1-29

Bolle, A., Mercelis, P., Roelvink, D., Haerens, P., & Trouw, K. (2011). Application and validation of XBeach for three different field sites. *Coastal Engineering Proceedings*, *1*(32), sediment-40.

Roelvink, D. (2011). A guide to modeling coastal morphology, volume 12. World Scientific.

Roelvink, D., Van Dongeren, A., McCall, R., Hoonhout, B., Van Rooijen, A., Van Geer, P., De Vet, L., Nederhoff, K., and Quataert, E. (2015). XBeach technical reference: Kingsday release. Delft, The Netherlands: Deltares, Technical report.

Mucerino, L., Albarella, M., Carpi, L., Besio, G., Benedetti, A., Corradi, N., Firpo M. & Ferrari, M. (2019). Coastal exposure assessment on Bonassola bay. *Ocean & coastal management*, *167*, 20-31.