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

COMUNE DI BOGLIASCO(GE)

Servizio specialistico propedeutico correlato alla redazione del progetto di ripristino del litorale compreso tra la spiaggia sotto la chiesa ed il molo Sbolgi

Relazione Modellistica

Sommario

1. Premessa 2
2. Generalità sulla modellistica costiera applicata 2
4. Moto ondoso 3
5. Risultati modello 2DH 5
Libeccio 5
Scirocco 8
6. Risultati modello 1D 11
Stato dell'Arte 11
Progetto 14
7. Bibliografia 16

1. Premessa

Il Comune di Bogliasco ha dato incarico la società cooperativa Geoscape di fornire il servizio specialistico propedeutico alla progettazione definitiva degli interventi di mitigazione del rischio idraulico, idrogeologico e di aumento del livello di resilienza **del litorale compreso tra la spiaggia sotto la chiesa ed il molo Sbolgi**

Il presente documento presenta i risultati dello studio modellistico nel tratto di litorale situato tra la spiaggia sotto la chiesa ed il molo Sbolgi.

Lo scopo dell'indagine è quello di definire i principali aspetti idrodinamici dell'area, con particolare riferimento al progetto di mitigazione del rischio idraulico.

A tale scopo il lavoro è stato suddiviso in due fasi distinte ma complementari tra loro: la prima indirizzata alla caratterizzazione dell'assetto costiero mediante modello 2DH (XBEACH), allo scopo di analizzare gli aspetti idrodinamici del litorale, la seconda volta a comprovare l'efficacia dell'intervento previsto da progetto utilizzando un modello 1D (XBEACH-G) per i tratti costa ghiaiosi.

2. Generalità sulla modellistica costiera applicata

La modellistica costiera rappresenta uno strumento innovativo nel campo del coastal management, e di notevole supporto per gli interventi di risistemazione costiera. In questo studio è stato utilizzato il modello XBeach (eXtreme Beach), un modello numerico 1D/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). Inoltre, diverse applicazioni di XBeach lungo le coste liguri, anche in aree non lontane dall'area oggetto di questo studio, sono riportate in letteratura scientifica internazionale (Mucerino et al. 2019; Carpi et al. 2020; Mucerino et al. 2021; Carpi et al. 2021). Dal punto di vista tecnico, 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 (1D)(McCall et al., 2014): particolarmente indicato nel caso di spiagge caratterizzate da un'accentuata acclività, come ad esempio le spiagge ghiaiose. Questa breve introduzione al modello è da intendersi solo come una rapida introduzione allo strumento impiegato, per ulteriori informazioni tecniche e/o approfondimenti, si rimanda alla consultazione del manuale tecnico stilato da Roelvink et al. (2019).

Per quanto concerne l'implementazione di XBeach 2DH lungo la porzione di litorale oggetto di intervento, è stata creata una griglia di calcolo di dimensione 2000 × 530 m, con una maglia di risoluzione variabile di 5 x 5 m al largo e 2.5 x 2.5 m sotto costa. L'ampiezza del dominio di computazionale permette di simulare le dinamiche costiere tenendo debitamente in considerazione le dinamiche al contorno, consentendo di simulare fedelmente la propagazione del moto ondoso. Inoltre, l'elevata risoluzione della griglia di calcolo permette un buon dettaglio in riferimento ai processi idro-morfodinamici. La griglia è stata dunque interpolata sul DEM (Digital Elevation Model) dell'area in esame, debitamente costruito sulla base del progetto di mitigazione del rischio idraulico per l'area in esame.

Per il modello 1D sono stato utilizzati i profili 1 e 3 come da progetto con una risoluzione di 0.1 metro sotto costa ed una risoluzione massima di 10 metri nel settore offshore. Le sezioni sono state ricavate dai rilievi di campo effettuati in precedenza.

4. Moto ondoso

I dati relativi al moto ondoso fanno riferimento all'analisi meteo marine redatte da Regione Liguria e il comune di Bogliasco; lo studio è stato condotto attraverso l'analisi statistica degli eventi estremi dai dati ondametrici della Boa di La Spezia, i quali sono stati trasposti in punto al largo del comune di Bogliasco.

Per le simulazioni 2DH, che verranno descritte nei paragrafi successivi, sono stati utilizzati i parametri del moto ondoso con tempo di ritorno pari a 10 anni sia per il settore di Libeccio che per quello Scirocco (in giallo in tabella 1 e 2).

Tabella 1 Settore Libeccio

SETTORE 190°- 250°			
n° anni osservazione		**13**	
N eventi		**296**	
Nmedio		**22,77**	
Altezza d'onda max registrata		**6,20**	**[m]**
Altezza d'onda media		**2,88**	**[m]**
Scarto q.m.		**0,79**	**[m]**
periodo di ritorno	**dir media [N°]**	**altezza d'onda spettrale**	**periodo di picco**
[anni]		**[m]**	**[s]**
2	220	4,9	10
5	220	5,4	11
10	220	5,9	11
20	220	6,3	11
25	220	6,4	11
50	220	6,9	12
100	220	7,3	12

Tabella 2 Settore Scirocco

SETTORE 150°- 170°			
n° anni osservazione		**13**	
N eventi		**22**	
Nmedio		**1,69**	
Altezza d'onda max registrata		**5,37**	**[m]**
Altezza d'onda media		**2,93**	**[m]**
Scarto q.m.		**0,93**	**[m]**
periodo di ritorno	**dir media[N°]**	**altezza d'onda spettrale**	**periodo di picco**
[anni]		**[m]**	**[s]**
2	160	3,3	8

5	160	4,0	9
10	160	4,5	10
20	160	5,0	10
25	160	5,2	10
50	160	5,7	11
100	160	6,2	11

5. Risultati modello 2DH

Vengono di seguito riportati, divisi per direzione di provenienza del moto ondoso, i risultati derivanti dalla modellizzazione 2DH per il tratto di costa oggetto di intervento.

Libeccio

La modellizzazione 2DH è stata eseguita considerando un moto ondoso con provenienza da sud-ovest e tempo di ritorno decennale (Tabella 1). Si sono simulate 5 ore di forzante ondosa, al fine di ottenere un pieno sviluppo del moto ondoso stesso, e dei fenomeni idrodinamici associati. Allo stato dell'arte (Figura 1) si osserva come l'idrodinamismo costiero sia marcatamente condizionato dalla morfologia costiera. Si osserva come all'interno dell'insenatura della "spiaggia sotto la chiesa" si generi una corrente di ritorno (rip current) evidentemente diretta in direzione del largo. Ulteriori fenomeni cross-shore (frecce rivolte verso il largo) sono chiaramente osservabili spostandosi lungo il tratto di costa considerato (Figura 1). In Figura 2 sono riportati i risultati ottenuti simulando le stesse condizioni di mare, ma considerando la posa delle nuove opere di difesa. Risulta evidente come il pattern idrodinamico non mostri evidenti modifiche, ed i fenomeni cross-shore risultano essere ancora dominanti. Questo aspetto è senz'altro concorde con un idrodinamismo costiero marcatamente condizionato dalla morfologia costiera stessa (insenature alternate a promontori). La presenza delle nuove opere emerse non sembra dunque portare, per il moto ondoso di libeccio, significativi cambiamenti nello schema di sviluppo delle correnti costiere.

Considerazioni differenti possono essere tratte invece riguardo l'effetto di attenuazione del moto ondo incidente dovuto alla presenza delle piattaforme di riempimento sommerse (Figura 3 e Figura 4). Confrontando le Figure 3 (stato dell'arte) e 4 (progetto) appare evidente come i marosi risultino attenuati nel caso di progetto; le altezze d'onda nell'immediato sotto costa sono minori per effetto della maggior dissipazione operata dalla presenza dei riempimenti sommersi.

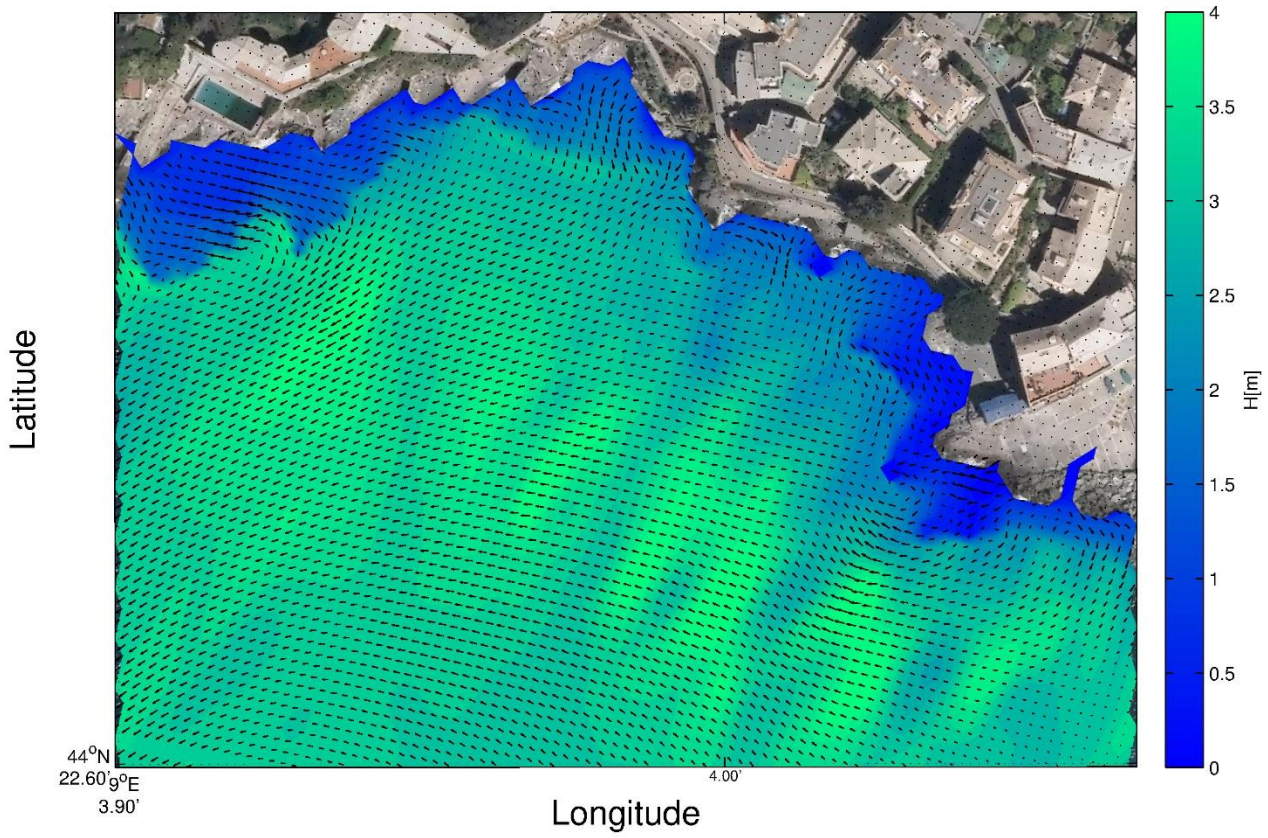


Figura 1. Idrodinamismo costiero associato a moto ondoso di Libeccio - stato dell'arte

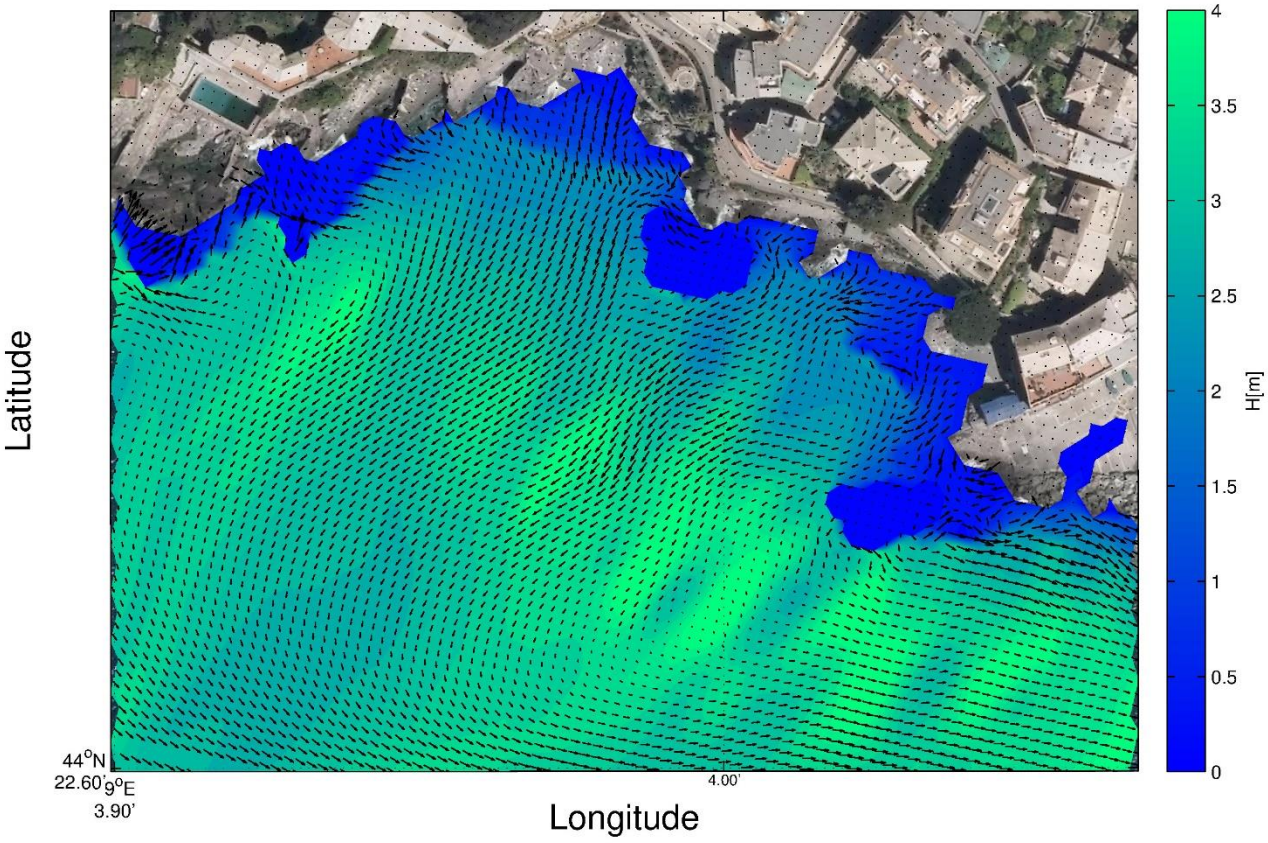


Figura 2. Idrodinamismo costiero associato a moto ondoso di Libeccio - progetto

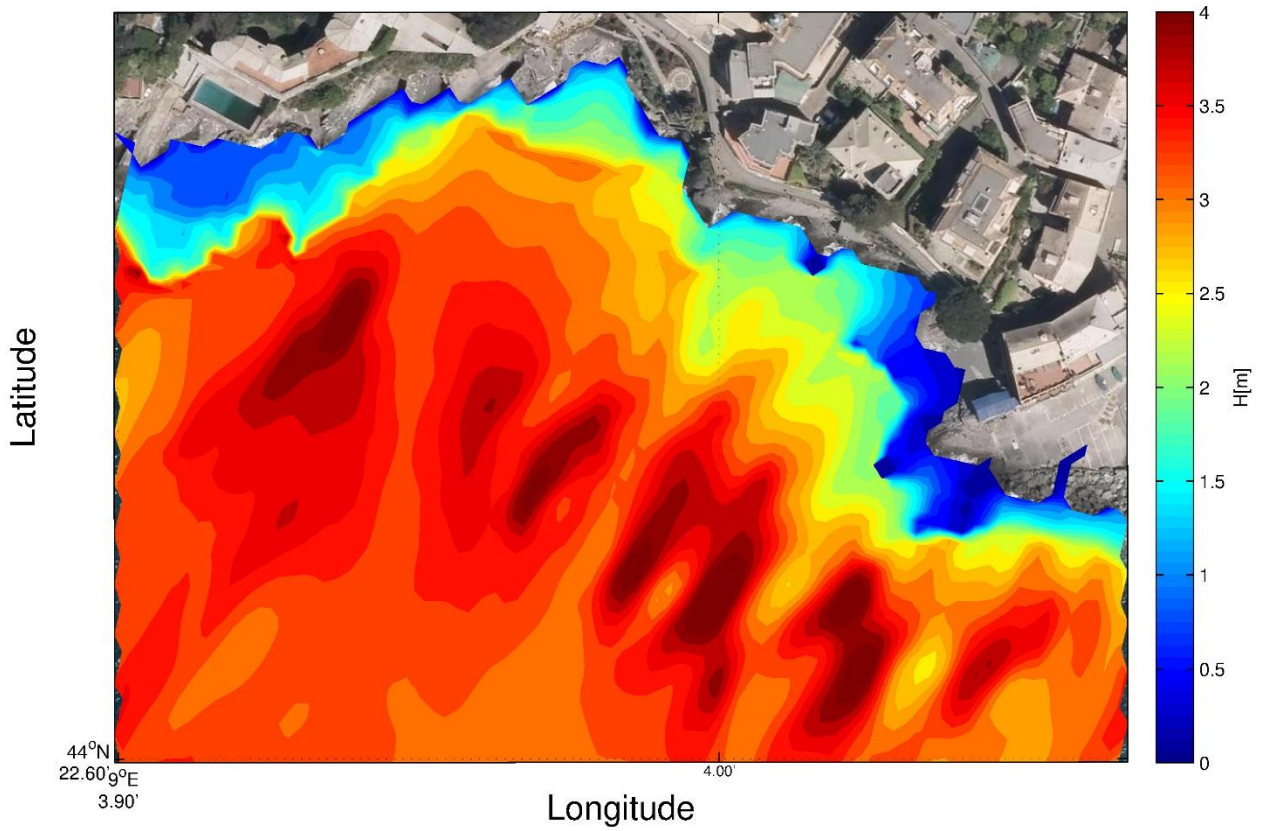


Figura 3. Propagazione del moto ondoso di Libeccio - stato dell'arte

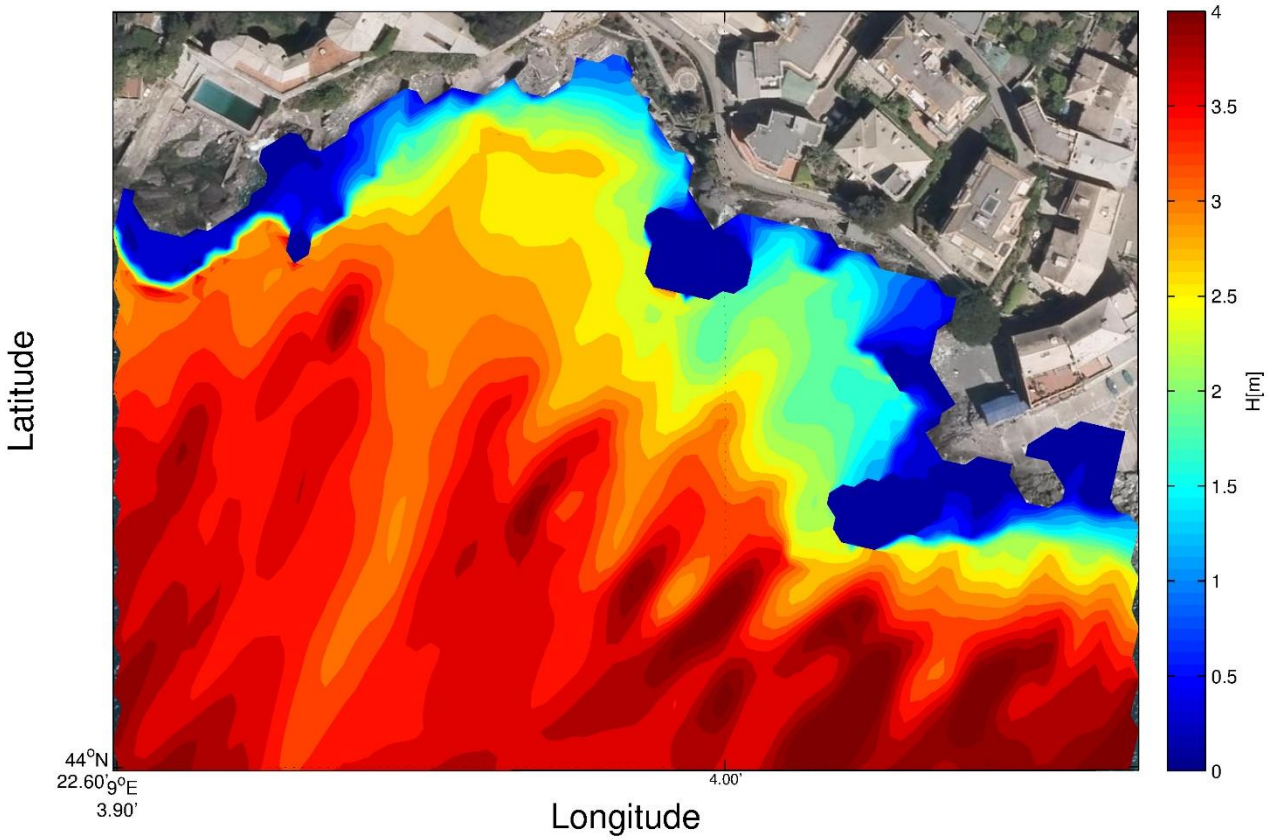


Figura 4. Propagazione del moto ondoso di Libeccio – progetto

Scirocco

La modellizzazione 2DH è stata eseguita considerando un moto ondoso con provenienza da sud-est e tempo di ritorno decennale (Tabella 2). Anche in questo caso, al fine di ottenere un pieno sviluppo del moto ondoso stesso, e dei fenomeni idrodinamici associati, si sono simulate 5 ore di forzante ondosa. Anche nel caso dello Scirocco si osserva come le dinamiche cross-shore siano dominanti, sempre per via dell'evidente effetto della morfologia costiera (Figura 5). Anche in questo caso si nota chiaramente la genesi di una corrente di ritorno all'interno della piccola insenatura della "spiaggia sotto lo chiesa". Anche per lo scirocco si è proceduto a simulare le condizioni post-opera, quindi dopo la posa sia delle opere emerse che sommerse. Anche in questo caso si osserva come il pattern idrodinamico non mostri variazioni macroscopiche, con la costante presenza di fenomeni cross-shore (Figura 6). Un aspetto che si rileva, nel caso del moto ondoso di Scirocco, è la evidente sommersione del pennello da apporre all'estremità di levante dell'area di intervento. Il fenomeno è evidentemente più marcato rispetto a quanto osservato per i marosi di Libeccio, ed è evidentemente correlato con la direzione di provenienza del moto ondoso, maggiormente perpendicolare all'asse longitudinale dell'opera stessa.

Inoltre, anche in questo caso, si osserva l'effetto delle opere di riempimento sommerse. Confrontando Figura 7 e Figura 8 si nota come, in particolare nella porzione orientale del tratto di costa in oggetto, le altezze d'onda nell'immediato sotto costa risultino sensibilmente attenuate.

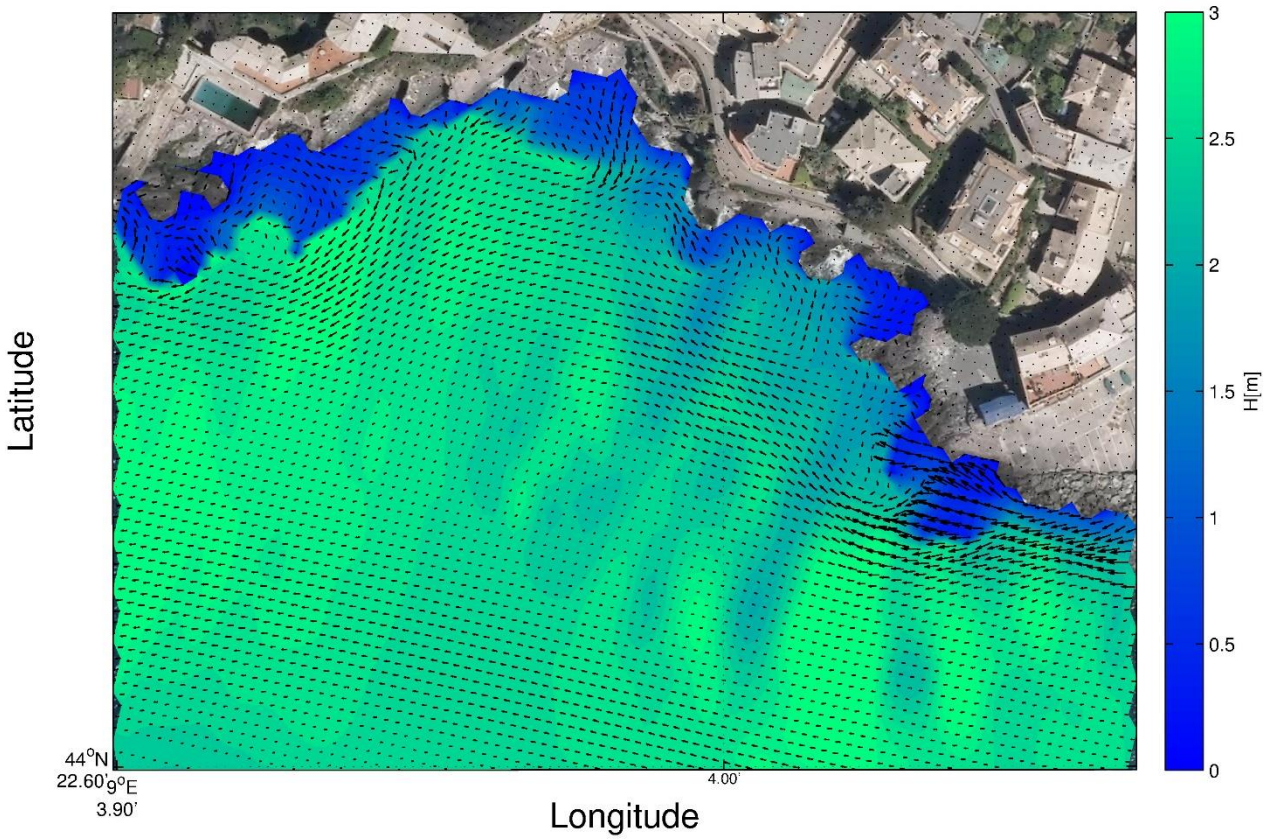


Figura 5. Idrodinamismo costiero associato a moto ondoso di Scirocco – stato dell'arte

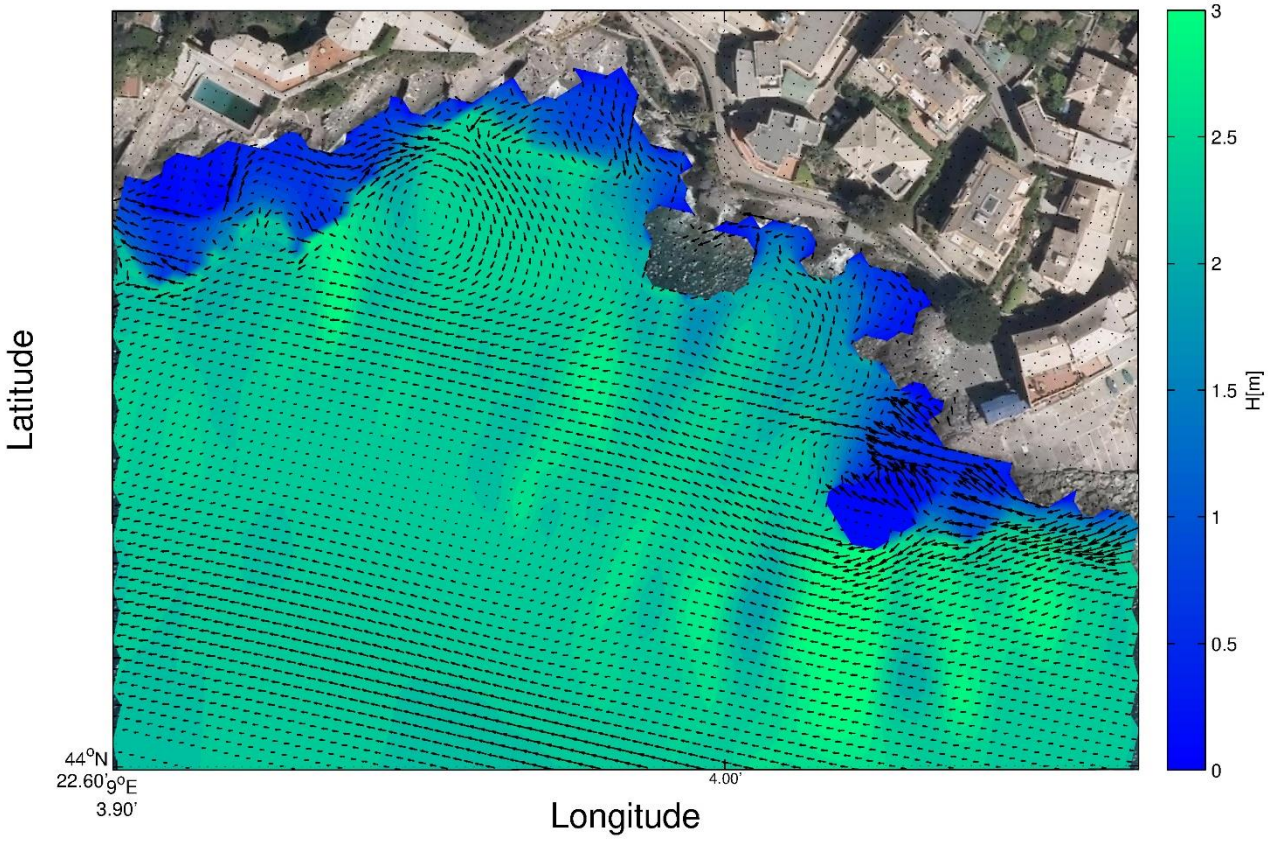


Figura 6. Idrodinamismo costiero associato a moto ondoso di Scirocco – progetto

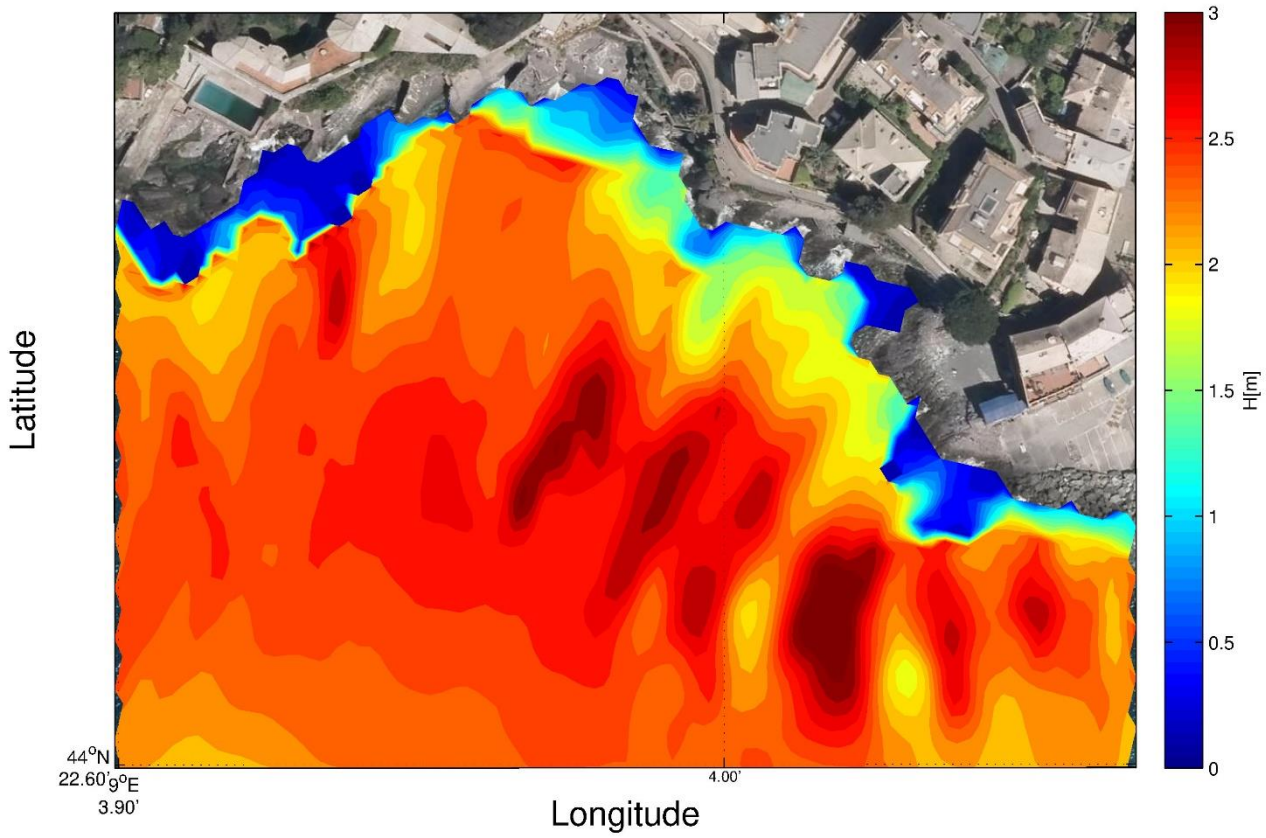


Figura 7. Propagazione del moto ondoso di Scirocco – stato dell'arte

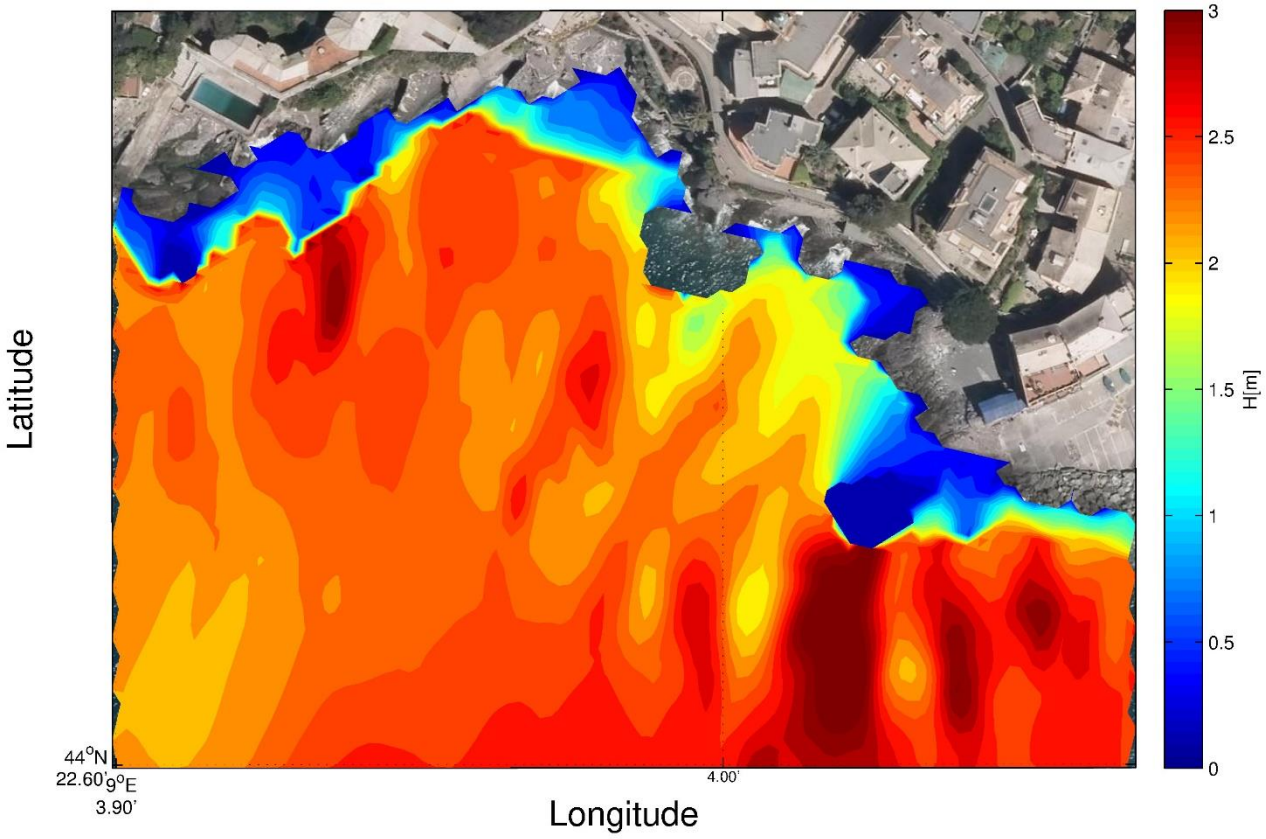


Figura 8. Propagazione del moto ondoso di Scirocco – progetto

6. Risultati modello 1D

Per quanto concerne la modellazione 1D sono stato utilizzati i profili riportati in Figura 9; I principali parametri necessari sono ricavati della relazione sedimentologica precedentemente prodotta e dai dati di campo resi disponibili dalla committenza.

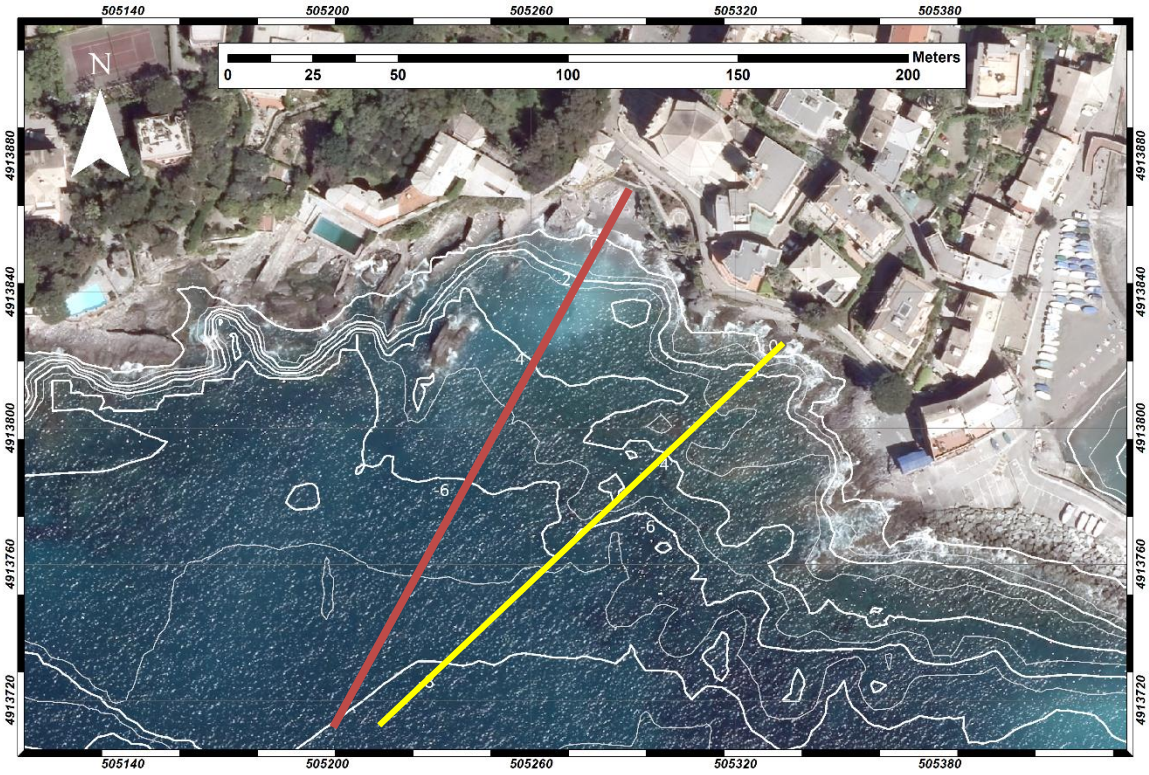


Figura 9. Profili per modello ad una linea; in rosso il profilo 1 e il giallo il profilo 3

L'applicazione del modello 1D ha permesso di individuare le principali differenze tra lo stato dell'arte e l'ipotesi di progetto in riferimento al livello di inondazione che produce un'onda con altezza massima di 3.7 metri e periodo d'onda di 7.5 secondi, considerando il versamento di 45 m^3 per metro lineare lungo il profilo 1, di 65 m^3 nel profilo 3. Da un punto di vista sedimentologico le tessiture utilizzate per il profilo 1 hanno un diametro medio di 7 mm, mentre il materiale versato lungo il profilo 3 è pari a 150 mm. Il materiale è stato disposto come indicato dai risultati ottenuti dalla relazione sedimentologica secondo l'equazioni di Dean e Van Deer Mer.

Stato dell'Arte

In sezione vengono analizzati i risultati estratti dalle simulazioni corrispondenti ad un ora (3600s) con i parametri del moto ondoso sopra descritti; nelle Figure 10 e 12 è riportato la dissipazione del moto ondoso da largo verso costa, rispettivamente per i profili 1 e 3. Da queste immagini si evince il livello massimo di risalita del moto ondoso lungo la falesia. Nelle Figure 11 e 13 viene rappresentata l'evoluzione del wave run-up con risoluzione al secondo per lasso di tempo pari ad un ora; inoltre viene evidenziato, attraverso dei pallini verdi, il wave run-up 2% che rappresenta al meglio la risalita del moto ondoso dal punto di vista progettuale. Da questi risultati emerge che in entrambi i profili il wave run-up 2% supera i 6,2 metri lungo la falesia posta al piede della spiaggia del profilo 1 e del deposito posto al piede della falesia del profilo 3. Nei paragrafi successivi questi dati saranno commenti e confrontati i risultati ottenuti con il progetto previsto.

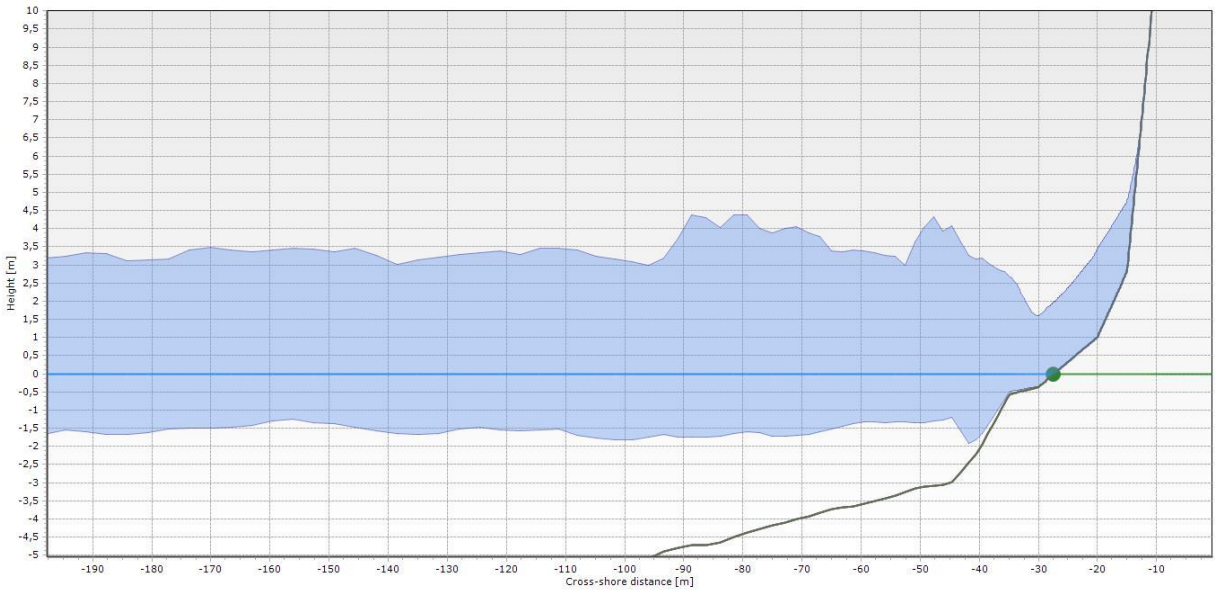


Figura 10. Dissipazione moto ondoso Profili 1 Stato dell'arte

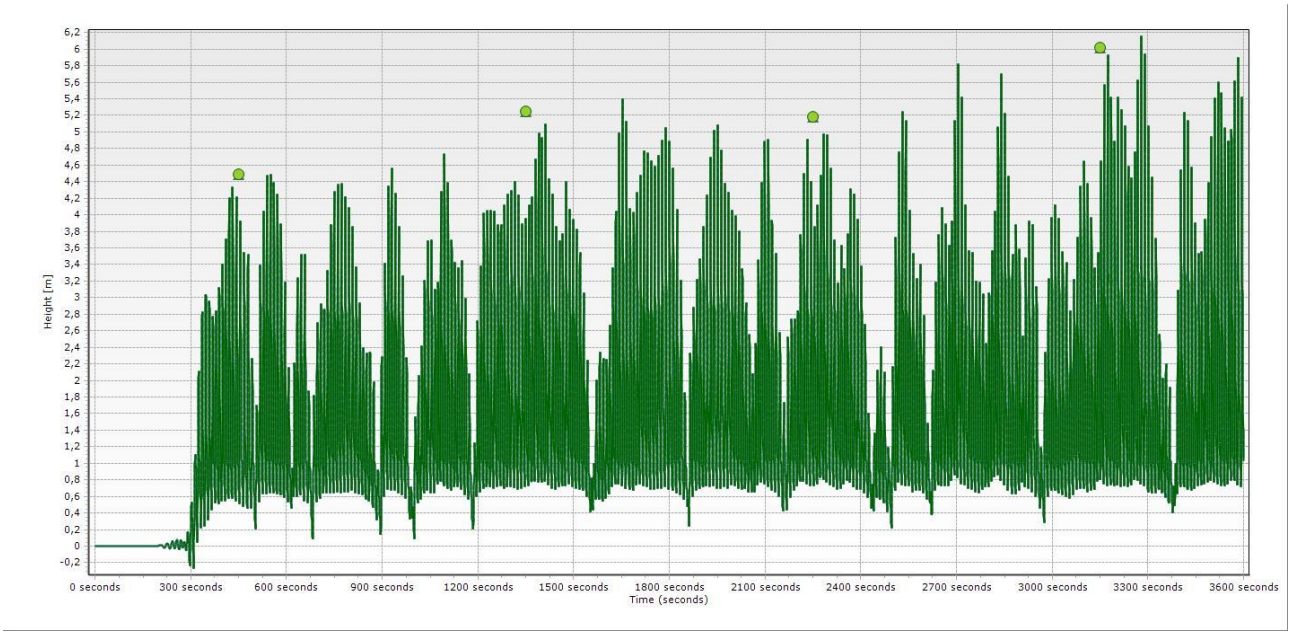


Figura 11. Wave run-up profilo 1 Stato dell'arte

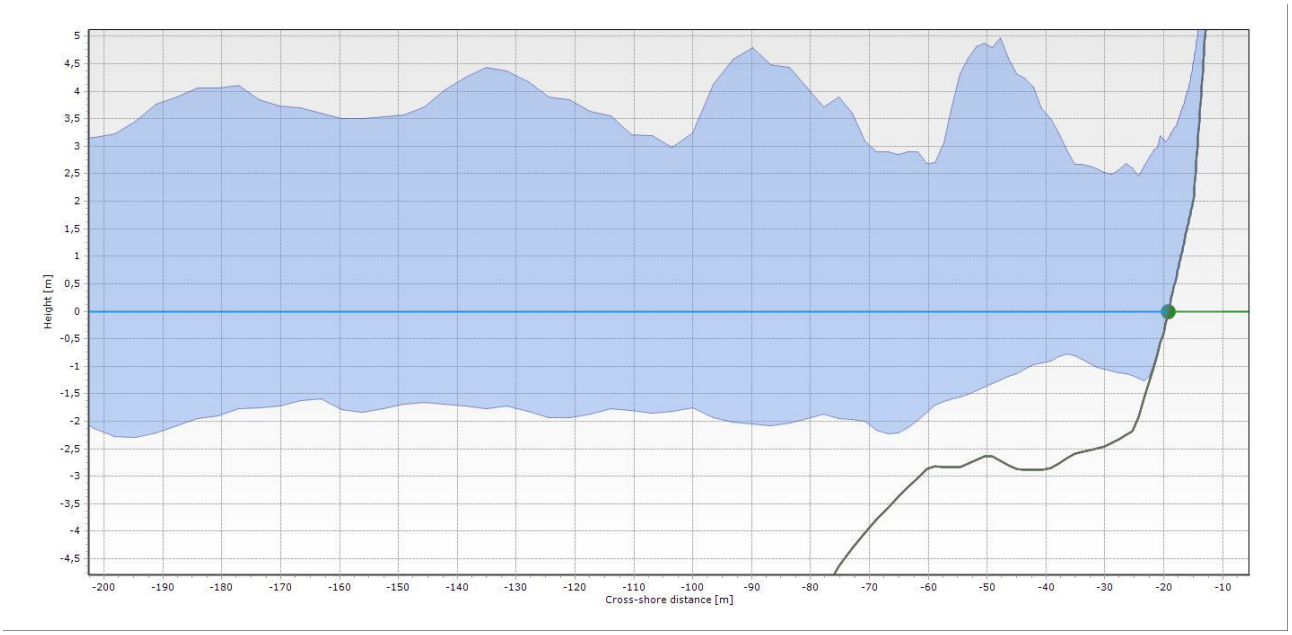


Figura 12. Dissipazione moto ondoso Profilo 3 Stato dell'arte

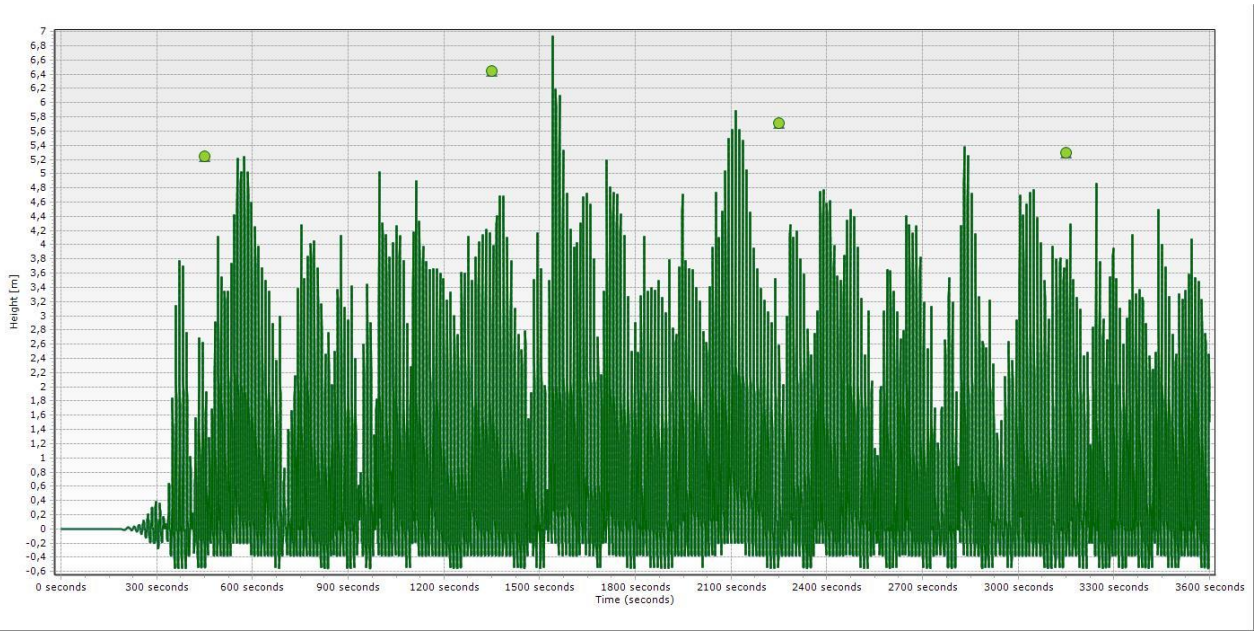


Figura 13. Wave run-up Profilo 3 Stato dell'arte

Progetto

Di concerto con le simulazioni effettuate per lo stato dell'Arte sono stati predisposti gli stessi test per le ipotesi di progetto previste per il profilo 1 e per il profilo 3.

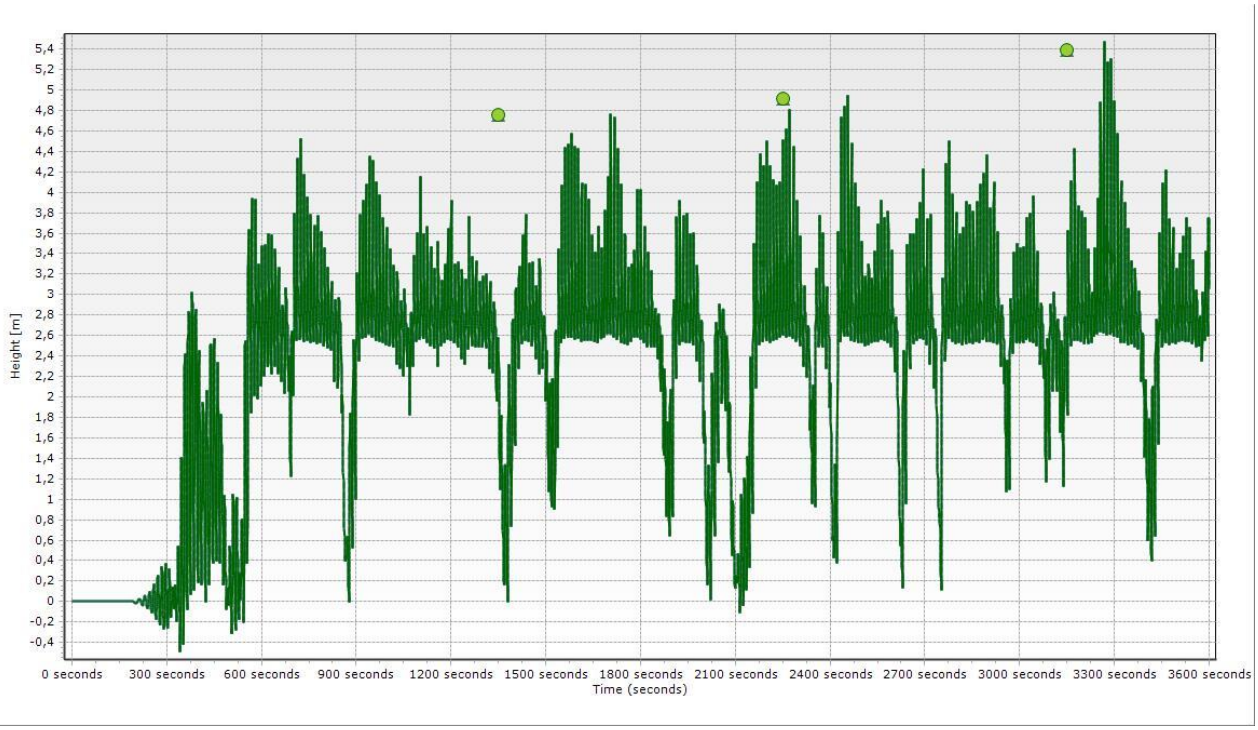


Figura 14. Wave run-up Profilo 1 Progetto

Da Figura 14 è possibile osservare una netta riduzione del Wave run-up e del Wave run-up 2% rispetto allo stato dell'arte per il profilo 1 con circa 1 metro di differenza; questo gap è dovuto al

versamento di materiale che ha reso il profilo maggiormente dissipativo come evidenziato in Figura 15 rispetto a Figura 10.

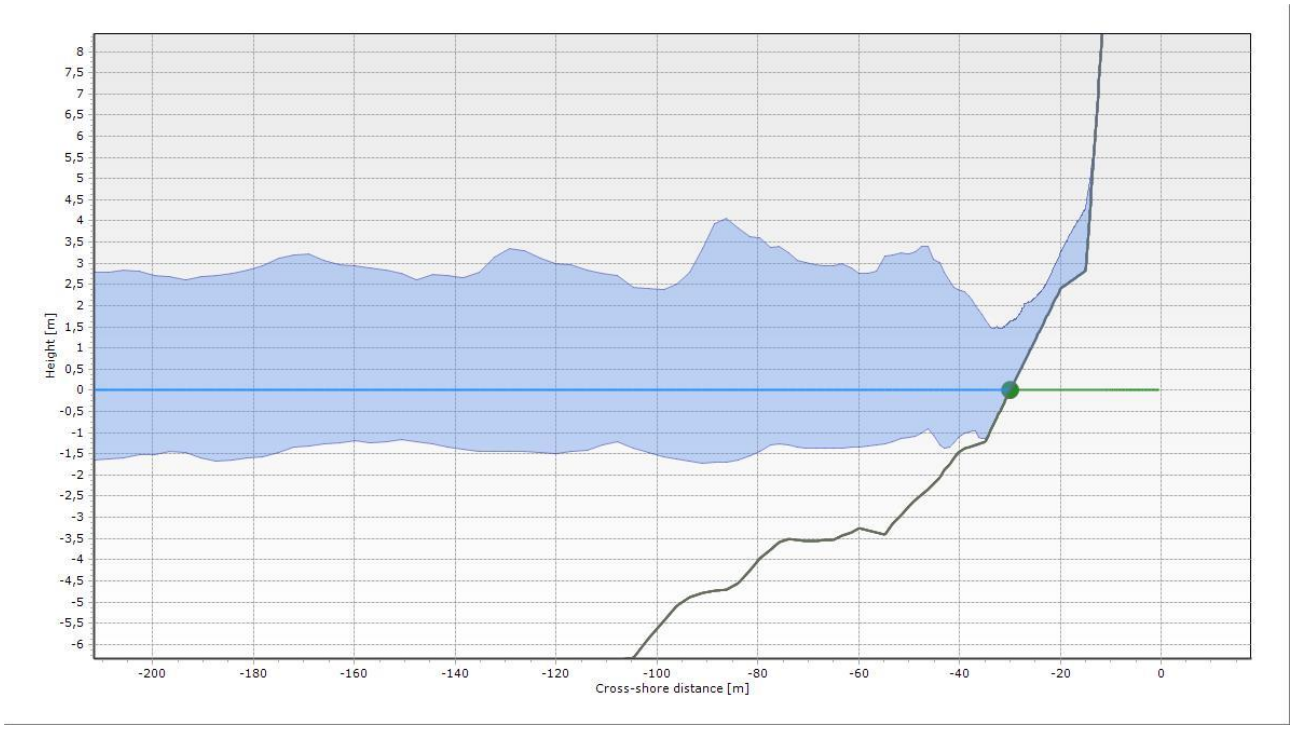


Figura 15 Dissipazione moto ondoso Profilo 1 Progetto

In riferimento al profilo 3, l'ipotesi di progetto formulata prevede la genesi di una berma ciottolosa che dalle simulazioni effettuate, determina una riduzione del flusso d'acqua ai piedi della falesia dato che l'accumulo di materiale si pone da ostacolo (Figura 16)

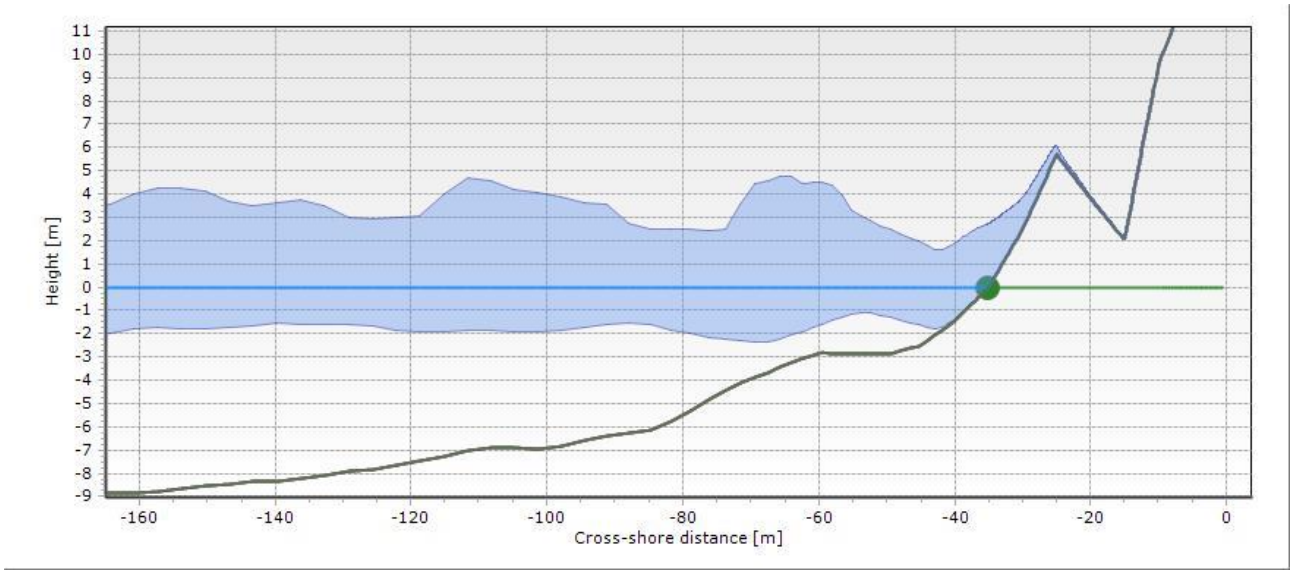


Figura 16. Dissipazione moto ondoso Profilo 3 Progetto

In Figura ~~Figura 17~~ vengono riportati i risultati del wave run up del wave run-up 2% che nel caso del profilo 3 previsto dal progetto, fanno riferimento alla risalita del moto ondoso lungo la berma ipotizzata e non lungo la falesia posta a tergo.

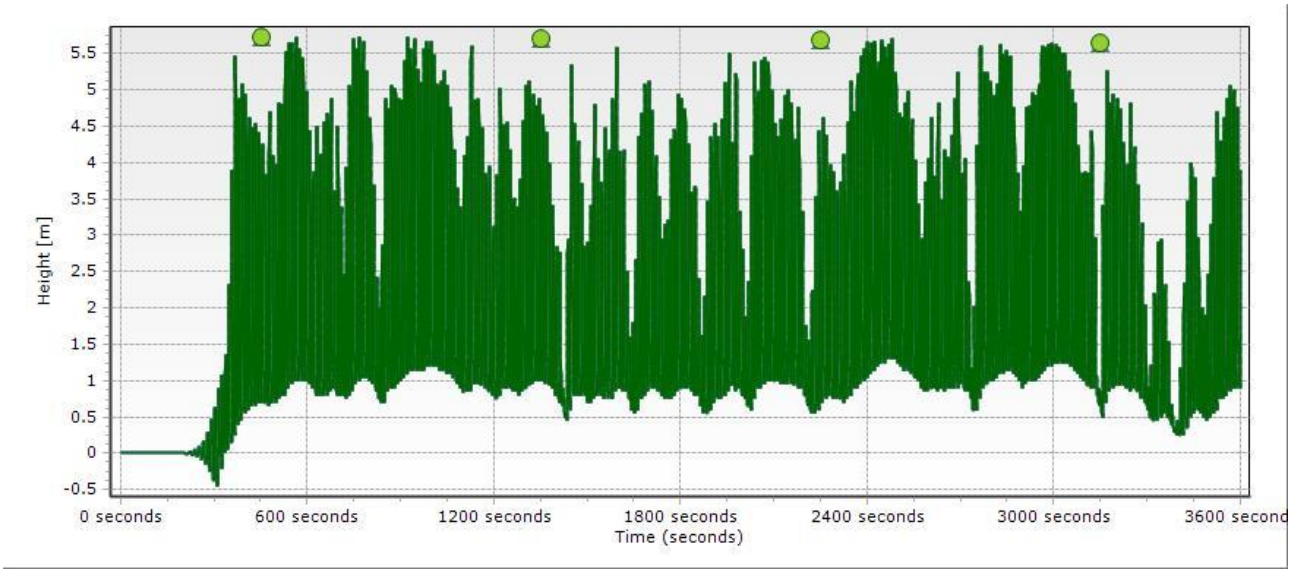


Figura 17. Wave Run-up Profilo 3 progetto

7. Bibliografia

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.

Carpi, L., Mucerino, L., Besio, G., Corradi, N., & Ferrari, M. (2020). MAREGOT project experience: Integrated approach to understanding coastal dynamics behaviour. In 2019 IMEKO TC19 International Workshop on Metrology for the Sea: Learning to Measure Sea Health Parameters, MetroSea (pp. 167-171).

Carpi, L., Bicenio, M., Mucerino, L., & Ferrari, M. (2021). Detached breakwaters, yes or not? A modelling approach to evaluate and plan their removal. Ocean & Coastal Management, 210, 105668.

McCall, R. T., Masselink, G., Poate, T. G., Roelvink, J. A., Almeida, L. P., Davidson, M., & Russell, P. E. (2014). Modelling storm hydrodynamics on gravel beaches with XBeach-G. Coastal Engineering, 91, 231-250.

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.

Mucerino, L., Carpi, L., Schiaffino, C. F., Pranzini, E., Sessa, E., & Ferrari, M. (2021). Rip current hazard assessment on a sandy beach in Liguria, NW Mediterranean. Natural Hazards, 105(1), 137-156.

Regione Liguria. PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO (PTAMC), 2020. Ambito Costiero 17 – unità fisiografiche Cinque Terre e Muzzerone (ART. 41 LEGGE REGIONALE N° 20/2006).

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. (2019). XBeach technical reference: Kingsday release. Delft, The Netherlands: Deltares, Technical report.

In fede

GEOSCAPE SOC. COOP.