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
Tel. 3336539873
P.IVA: 02594600997

SERVIZIO DI VALUTAZIONE DEL PROGETTO DI RIEQUILIBRATURA DELLA SPIAGGIA DI OSPEDALETTI, MEDIANTE MODELLISTICA APPLICATA SU DIVERSI SCENARI

Determinazione N.96 del 5 giugno 2020 CIG Z012D3653F

21 SETTEMBRE 2020

Sommario

1.Il modello matematico XBeach 2DH 2

1.1 Breve descrizione del modello matematico 2

1.2 Propagazione del moto ondoso 3

1.3 Valutazione numerica dell'idrodinamica costiera 7

1.4 Valutazione numerica dell'intervento di ripascimento 11

2. Valutazione e analisi dell'esposizione da inondazione marine in relazione al progetto di ripascimento 15

2.1 Risultati del Run-up 2% ottenuti per i differenti profili per i due stati di mare considerarti 20

2.2 Carta inondazione Stimata 21

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

Il comune di Ospedaletti ha dato incarico a Geoscape Soc. Coop. di svolgere uno studio Idro-morfodinamico mediante modellistica numerica del tratto di litorale della cittadina, compreso tra la struttura portuale e Capo Nero. Lo scopo dell'indagine è quello di valutare e analizzare il nuovo assetto, con particolare riferimento al settore centro - orientale, che sarà oggetto di un intervento di ricostruzione del litorale mediante ripascimento protetto. A tale scopo il lavoro è stato suddiviso in tre fasi distinte ma complementari tra loro: la prima indirizzata alla caratterizzazione della propagazione del moto ondoso, allo scopo di analizzare gli aspetti idrodinamici del litorale anche alla luce dell'inserimento delle nuove strutture; la seconda mirata alla determinazione delle principali correnti indotte da moto ondoso; la terza, mediante modello numerico, valutare l'intervento di ripascimento protetto determinando il nuovo assetto e effettuare una stima dell'inondazioni marine confrontando lo stato dell'arte con i risultati ottenuti per il nuovo progetto.

1.Il modello matematico XBeach 2DH

1.1 Breve descrizione del modello matematico

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, al fine di ottenere simulazioni numeriche di fenomeni quali la propagazione delle onde, l'idrodinamica costiera, il trasporto sedimentario, le variazioni del fondale, le variazioni spettrali delle onde e delle 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. Quanto fin qui riportato è da intendersi come una breve introduzione allo strumento utilizzato; 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 sull'area in esame, è stata costruita una griglia computazionale

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

a risoluzione variabile, da 10 m offshore a 5 m nell'area della spiaggia, in modo da ottenere un'elevata risoluzione senza compromettere le performance computazionali. Per quanto riguarda i parametri sedimentologici ed i parametri d'onda, sono stati utilizzati quelli forniti dalla committenza; In relazione alle caratteristiche dell'area in esame, ed agli obiettivi ricercati, XBeach è stato impostato in modalità "*Surfbeat*", al fine di simulare la morfodinamica della spiaggia; e in modalità "*Non-hydrostatic*", per la valutazione degli scenari di inondazione marina.

1.2 Propagazione del moto ondoso

La propagazione del moto ondoso lungo il litorale di Ospedaletti è stata simulata mediante l'implementazione di una griglia di calcolo a risoluzione variabile; da 10 metri (offshore) a 5 metri (nell'area costiera) e considerando un dominio computazionale ampio, al fine di rappresentare al meglio la propagazione del moto ondoso. Il margine offshore del dominio è stato posizionato in prossimità della batimetrica della -80, al fine simulare correttamente l'interazione onde-fondale. La propagazione del moto ondoso è stata simulata per le componenti di Libeccio (Direzione media = 220 °N) e Scirocco (Direzione media = 150 °N), le quali rappresentano storicamente le principali direttrici di provenienza del moto ondoso per il Mar Ligure, e per l'area in esame stessa. Vengono di seguito riportati (in forma grafica) e commentati i risultati ottenuti.

In Figura 1 viene riportata la propagazione delle onde di Libeccio lungo il litorale di Ospedaletti. Come si evince chiaramente dall'immagine, in virtù dell'esposizione del litorale, questo appare sicuramente esposto al Libeccio. Questo aspetto appare evidente sia osservando la freccia che indica la direzione di provenienza di treni d'onda, sia osservando la disposizione stessa dei fronti d'onda, i quali, già a buona distanza dalla costa, mostrano un buon grado di parallelizzazione rispetto ad essa.

In Figura 2 viene riportata un'illustrazione della propagazione delle onde di Scirocco, ed anche in questo caso il litorale appare piuttosto esposto. Anche in questo caso, la freccia che indica la direzione di provenienza del moto ondoso fornisce un'indicazione dell'esposizione del litorale di Ospedaletti allo Scirocco.

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

Passiamo dunque ad analizzare i risultati riguardanti la propagazione del moto ondoso considerando la presenza delle nuove opere. La presenza delle nuove opere modifica la propagazione del moto ondoso sottocosta, portando ad un certo grado di dissipazione del moto ondoso stesso sull'area in esame. Sia per quanto riguarda il Libeccio (Figura 3), sia per lo Scirocco (Figura 4), si nota come i valori di altezza d'onda siano minori nell'area delle spiagge oggetto di intervento. Questo aspetto è dovuto alla presenza delle nuove opere e delle spiagge createsi che, interagendo con i il moto ondoso incidente, ne determinano una diversa propagazione sulla spiaggia.

In conclusione, i risultati mostrano come il tratto di litorale in esame non presenti particolari ridossi, e risulti esposto sia alle mareggiate di Libeccio (storicamente più intense), sia a quelle di Scirocco. Per questo motivo si suggerisce, in fase di progettazione, di tenere in dovuta considerazione entrambe le direttrici. La presenza delle nuove opere determina sicuramente una modificazione nella propagazione del moto ondoso sulle spiagge in esame, la quale andrà a determinare una modificazione nella circolazione litorale (risultati esposti nel paragrafo successivo).

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

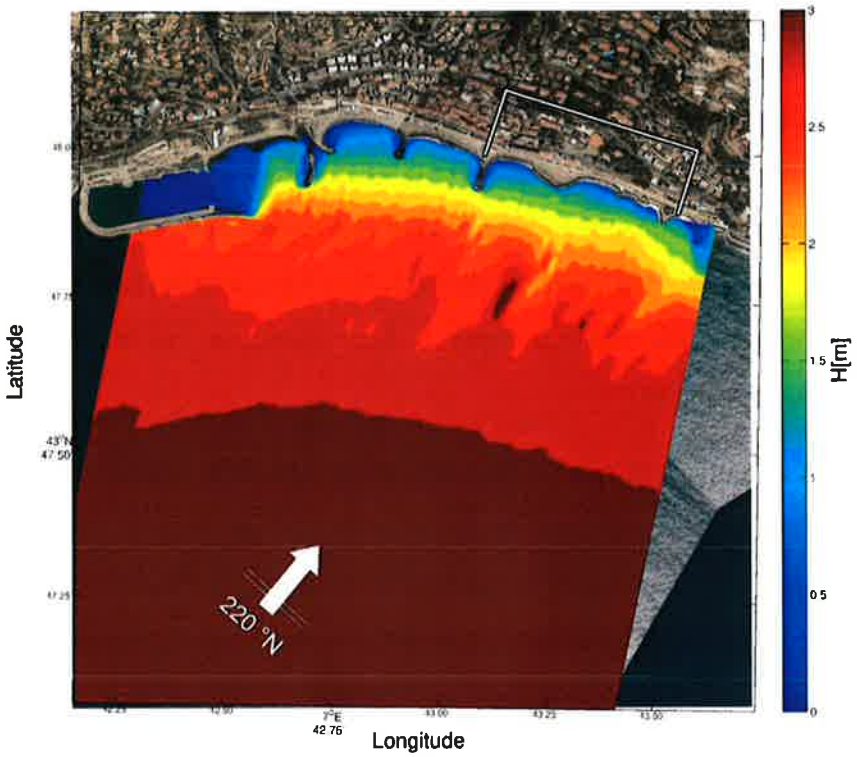


Figura 1. Propagazione del moto ondoso proveniente da Libeccio (SO), direzione media 220 °N.

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

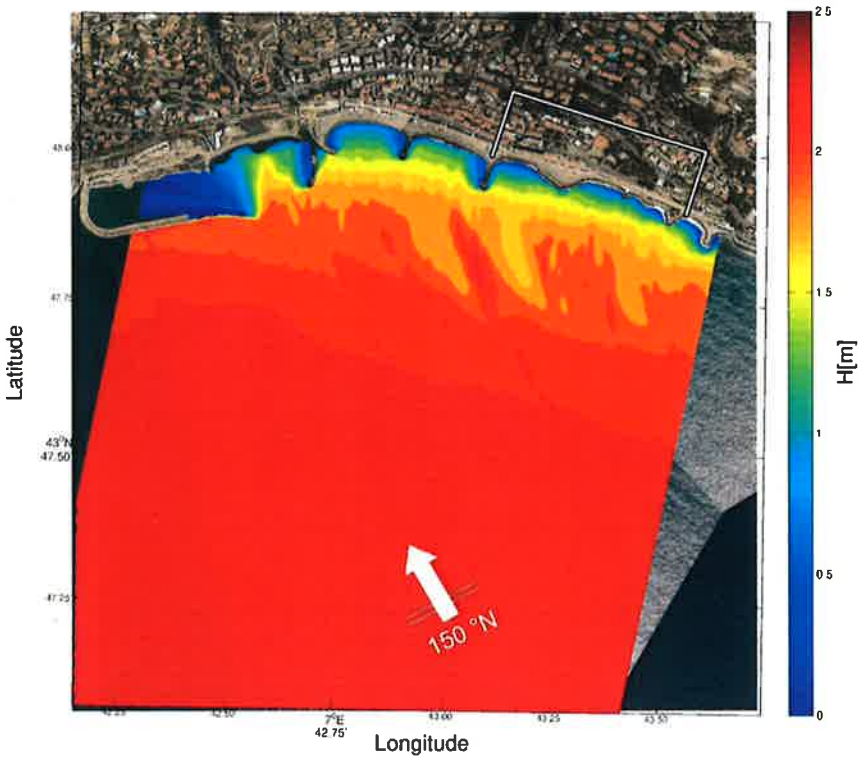


Figura 2. Propagazione del moto ondoso proveniente da Scirocco (SE), direzione media 150 °N.

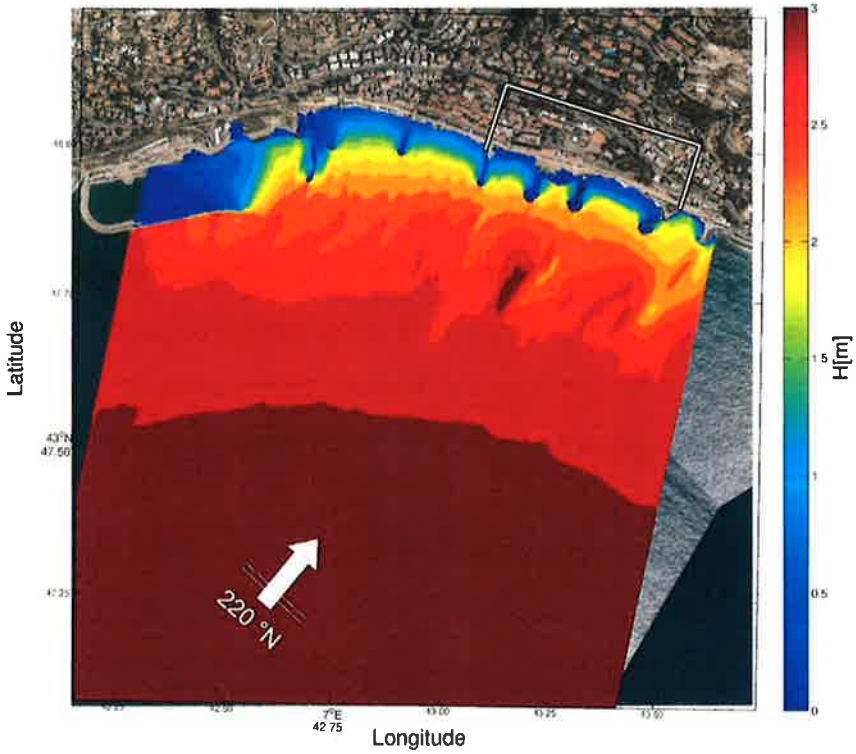


Figura 3. Propagazione del moto ondoso proveniente da Libeccio (SO), direzione media 220 °N, scenario con le nuove opere.

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

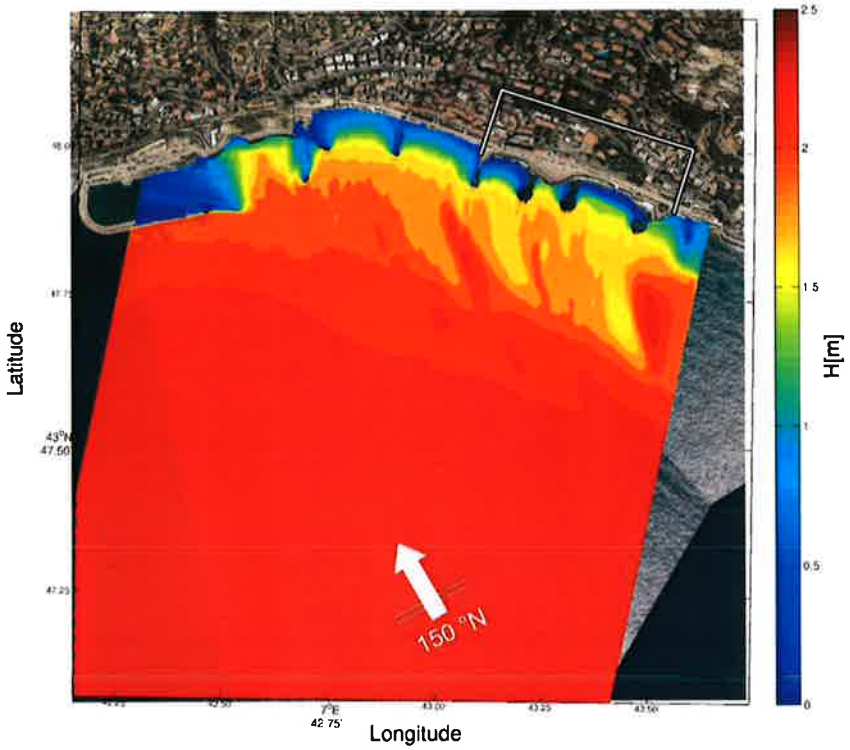


Figura 4. Propagazione del moto ondoso proveniente da Scirocco (SE), direzione media 150 °N, scenario con le nuove opere.

1.3 Valutazione numerica dell'idrodinamica costiera

Come anticipato nel paragrafo precedente, vediamo ora i risultati riguardo la simulazione dell'effetto delle nuove opere sull'assetto dell'idrodinamica costiera. In Figura 5 e Figura 6 vediamo come, secondo le simulazioni modellistiche effettuate, si sviluppa l'idrodinamismo allo stato dell'arte, rispettivamente per le ondazioni di Libeccio (Figura 5) e Scirocco (Figura 6).

In Figura 5, i vettori mostrano come l'idrodinamismo sia principalmente diretto verso est. Questo aspetto risulta chiaro se focalizziamo l'attenzione in prossimità della linea di riva. Tale sviluppo delle correnti è concorde con una forzante ondosa proveniente da Libeccio (sud-ovest), e suggerisce una dinamica di trasporto sedimentario, per le spiagge oggetto di indagine, disposta da ovest verso est.

Una situazione differente la osserviamo guardando i risultati riferiti ad una forzante ondosa proveniente da Scirocco (Figura 6). In questo caso si osserva come i vettori siano disposti principalmente in direzione costa-largo, determinando così una dinamica principalmente cross-shore. Tale risultato non deve sorprendere, poiché risulta concorde con una propagazione del

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

moto ondoso dalle direttrici di Scirocco. Tali risultati suggeriscono dunque una possibile dinamica sedimentaria ti tipo cross-shore.

Una volta inquadrato l'andamento dell'idrodinamismo locale, passiamo dunque a valutare i risultati riferiti allo scenario di riassetto costiero mediante la posa di nuove opere. Per quanto concerne il caso di un moto ondoso proveniente da Libeccio, l'effetto delle nuove opere appare evidente (Figura 7). Non si osserva più una dinamica di trasporto diretta da ovest verso est, ma la circolazione litorale appare marcatamente condizionata dalla presenza dei tre nuovi pennelli. Entrambe le due nuove spiagge mostrano un'idrodinamismo riferibile ad una morfologia imbaiata, seppur artificialmente. In particolare, osservando il tratto di costa posto tra il nuovo pennello ad est del piazzale, ed il pennello ricurvo posto all'estremità orientale, è evidente come l'idrodinamismo sia spiccatamente diretto in direzione costa-largo. Anche per quanto riguarda il tratto di costa posto ad ovest del piazzale si denota una probabile dinamica cross-shore, seppur meno accentuata. In questo caso, focalizzando l'attenzione in prossimità della riva, si nota anche un certo grado di trasporto est-ovest. Inoltre, va segnalato come, la presenza delle nuove strutture, determina il verificarsi di fenomeni riflettivi presso la massicciata del piazzale (che risulta ora essere posta tra i due nuovi pennelli), i quali vanno a condizionare l'idrodinamica costiera. Questo aspetto è evidente se si osservano i vettori di trasporto posti "a distanza dalla linea di riva", oltre le testate dei pennelli.
Anche per quanto riguarda il caso di un moto ondoso proveniente da Scirocco, è evidente l'effetto delle nuove opere sull'idrodinamismo locale (Figura 8). Tuttavia, in questo caso, si evince come il generale sviluppo cross-shore, osservato per lo stato dell'arte (Figura 6), non appare stravolto. Quello che si osserva è una ulteriore ortogonalizzazione dei vettori rispetto alla costa, un loro leggero decremento in termini di intensità (intensità proporzionale alla dimensione delle frecce), probabilmente legato all'interazione tra moto ondoso e nuova spiaggia (maggior dissipazione).

In conclusione, la presenza delle nuove opere determina una sostanziale modificazione dell'idrodinamismo locale, in particolare se si considera il caso di un moto ondoso proveniente dalle direttrici di Libeccio. La tendenza è quella passare da una dinamica longshore ad una spiccatamente cross-shore. Occorre considerare come gli eventi di Libeccio siano quelli storicamente più intensi, e quindi l'idrodinamismo associato ad essi merita particolare attenzione.

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

L'impostarsi di una dinamica cross-shore potrebbe indicare una diminuzione in termini di perdita di materiale in direzione longshore. Tuttavia, in seguito ad intensi eventi di mareggiata (Libeccio in particolare) non si può aprioristicamente escludere una perdita di materiale dovuta allo scavallamento del pennello ricurvo posto ad est.

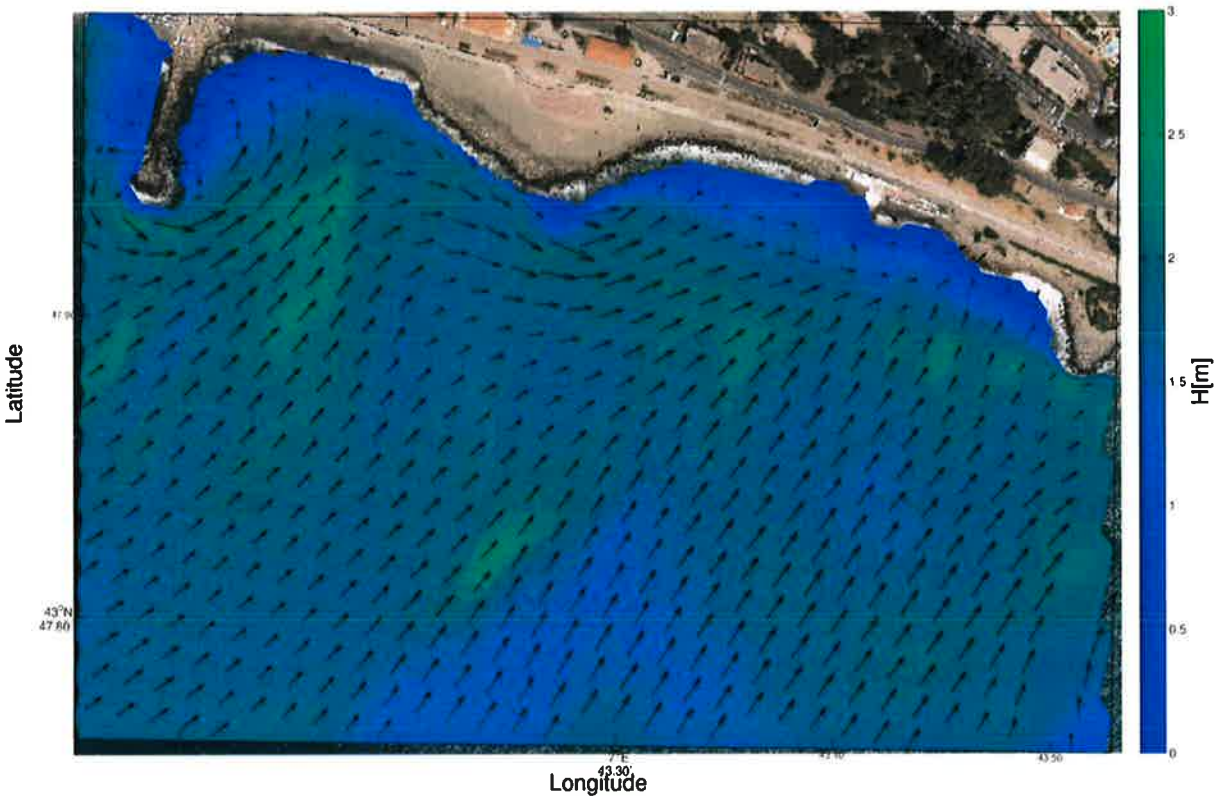


Figura 5. Vettori del trasporto litoraneo nel caso di moto ondoso proveniente da Libeccio (SO) – stato dell'arte.

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

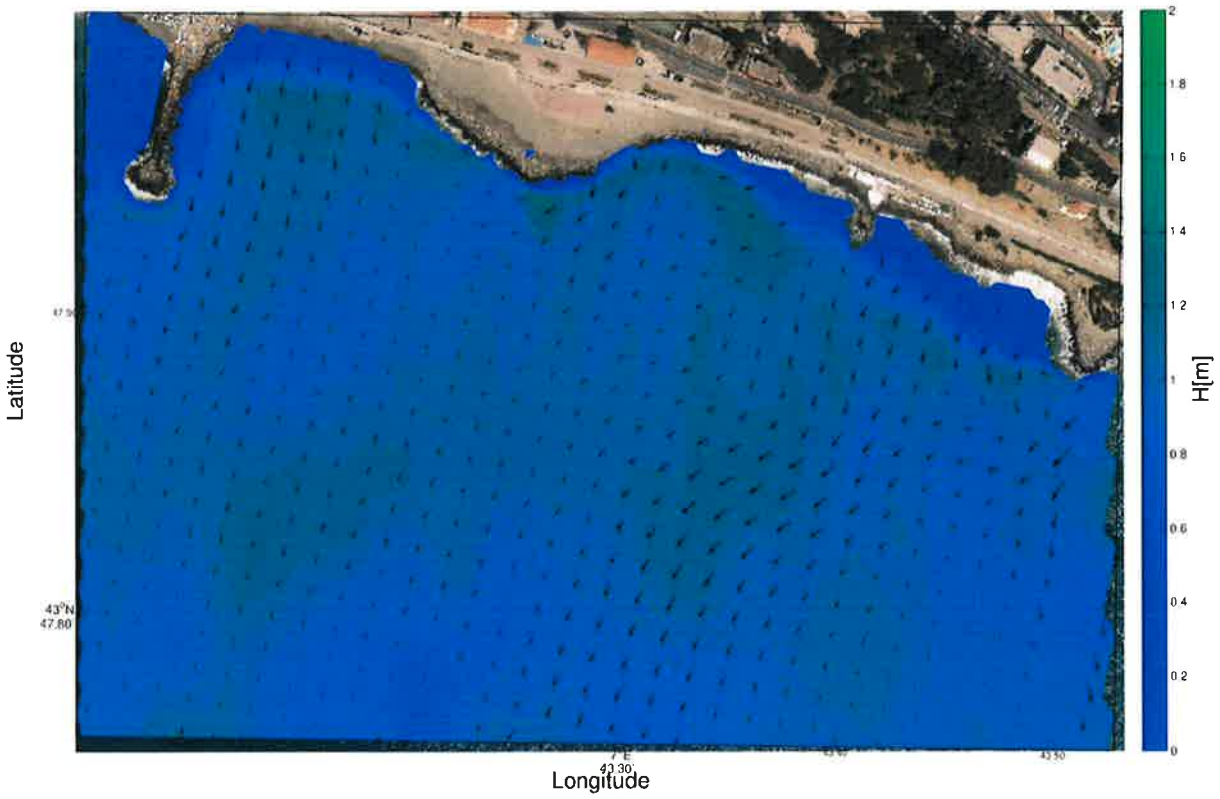


Figura 6. Vettori del trasporto litoraneo nel caso di moto ondoso proveniente da Scirocco (SE) – stato dell'arte.

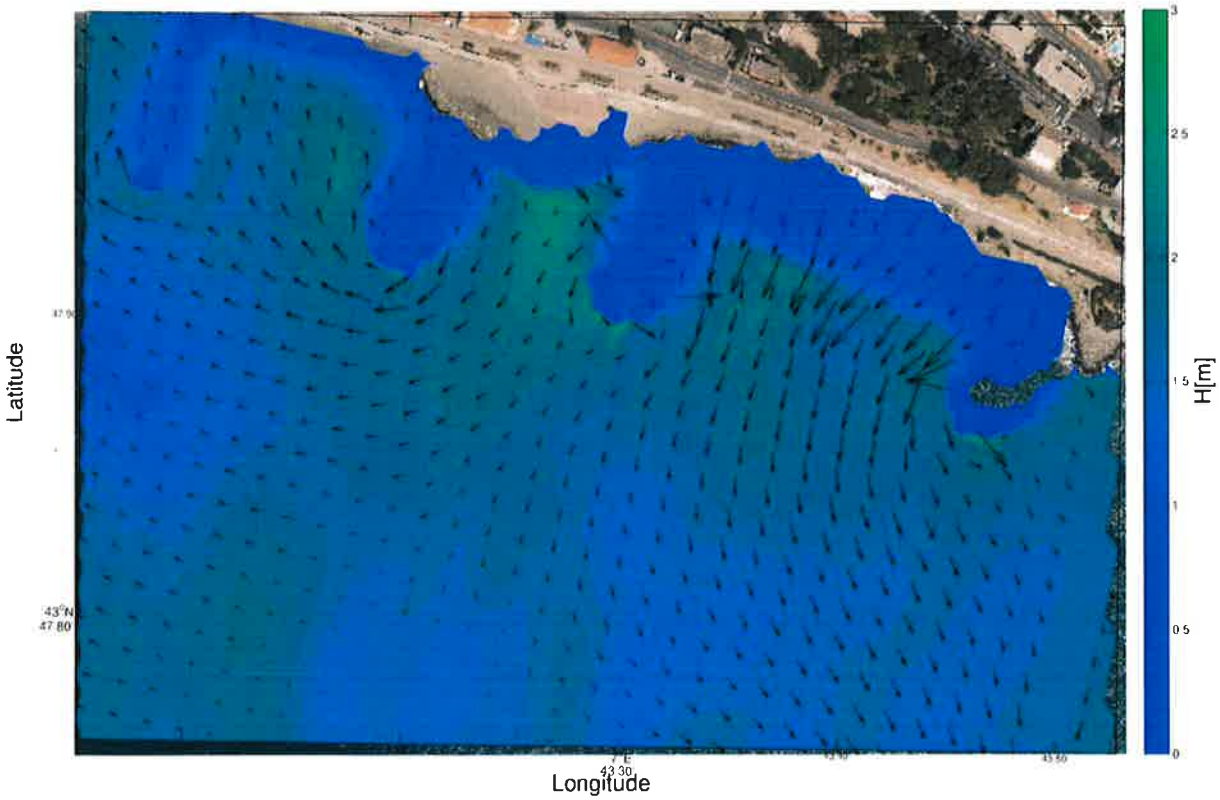


Figura 7. Vettori del trasporto litoraneo nel caso di moto ondoso proveniente da Libeccio (SO) – nuovo scenario.

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

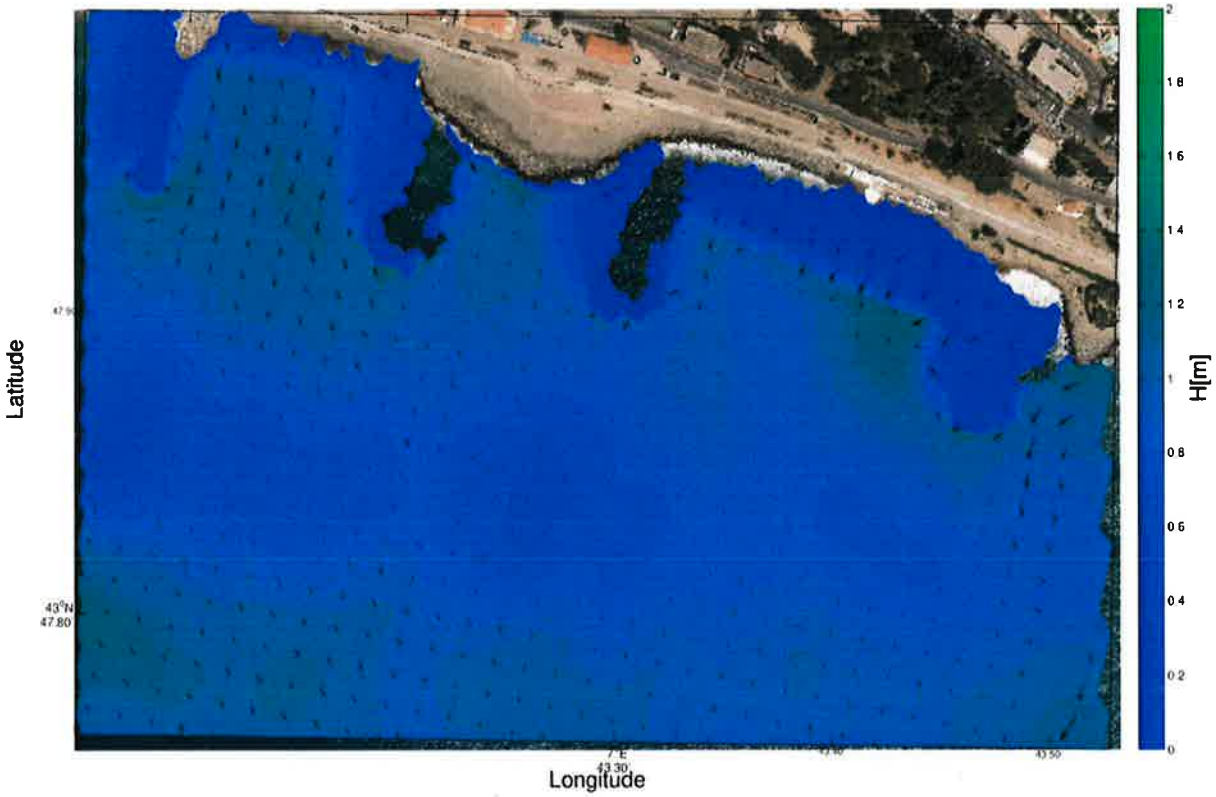


Figura 8. Vettori del trasporto litoraneo nel caso di moto ondoso proveniente da Scirocco (SE) – nuovo scenario.

1.4 Valutazione numerica dell'intervento di ripascimento

Nel contesto dell'intervento di risistemazione costiera si riportano di seguito, come richiesto dalla committenza, i risultati della simulazione numerica al fine di valutare l'ipotesi di progetto in esame. come già anticipato in precedenza, al fine delle simulazioni numeriche è stato implementato XBeach 2DH utilizzando una griglia di calcolo a risoluzione variabile (10 m offshore – 5 m in spiaggia). Una volta simulata la posa del materiale, si è proceduto con le simulazioni modellistiche. Come forzante ondosa sono stati utilizzati i dati meteo-marini forniti dal committente. 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.

È stata eseguita la simulazione di un ripascimento complessivo di 60000 m^3 di materiale ghiaioso (D50 = 10 mm, D90 = 15 mm) per circa 56 ore, così suddiviso: 20000 m^3 presso la spiaggia ad ovest del piazzale, 40000 m^3 presso la spiaggia posta ad ovest del piazzale. Inoltre, come richiesto dalla

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

committenza, è stato ulteriormente simulato (28 ore) il caso di un ripascimento di 20000 m^3 presso la spiaggia posta a est del piazzale.

Per quanto riguarda la spiaggia posta ad ovest del piazzale, con un ripascimento di 20000 m^3, la simulazione modellistica mostra un avanzamento della spiaggia di circa 20 m (Figura 9). L'estensione della spiaggia passerebbe dunque dai circa 15-20 m dello stato dell'arte, ai 35-40 metri del nuovo scenario. In Figura 10 e Figura 11 si può apprezzare un profilo di spiaggia esplicativo.

Per quanto concerne la spiaggia posta a est del piazzale, delimitata a oriente dal nuovo pennello ricurvo, occorre fare alcune premesse riguardo alla modellistica eseguita. Allo stato dell'arte si presenta una situazione piuttosto complessa, caratterizzata dalla presenza di diverse strutture rigide (es. massicciata di blocchi lapidei, piccolo pennello nella zona centrale). Non si ha la presenza di una spiaggia continua, ma di alcune piccole spiagge intervallate dalle strutture stesse. Per questo motivo, quando d'ora in poi si farà riferimento all'avanzamento della linea di riva, non si indicherà il solo avanzamento della spiaggia, ma la vera è propria creazione di una "spiaggia ex-novo". Passiamo dunque ai risultati ottenuti.

Simulando la posa di un ripascimento da 40000 m^3 si ottiene un avanzamento della linea di riva nell'ordine dei 15 – 25 m, con una spiaggia che assume il tipico andamento a "doppia parabola", caratterizzato da maggior accrescimento (accumulo) nell'area alla radice dei pennelli, e minor accrescimento (erosione) nell'area centrale. Quindi, considerando delle opere presenti allo stato dell'arte, ma che andrebbero rimosse in quanto superflue, si stima una spiaggia con estensione tra i 30 ed i 40 m.
Differentemente, come ci si potrebbe ragionevolmente aspettare, simulando un ripascimento di 20000 m^3, si osserva un avanzamento più contenuto della linea di riva. In questo caso si denota un avanzamento medio di circa 10 m, eccezion fatta per la porzione di spiaggia posta alla base del pennello ricurvo (a est), dove, per via dei fenomeni di accumulo si osserva un avanzamento nell'ordine di 20 m.

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

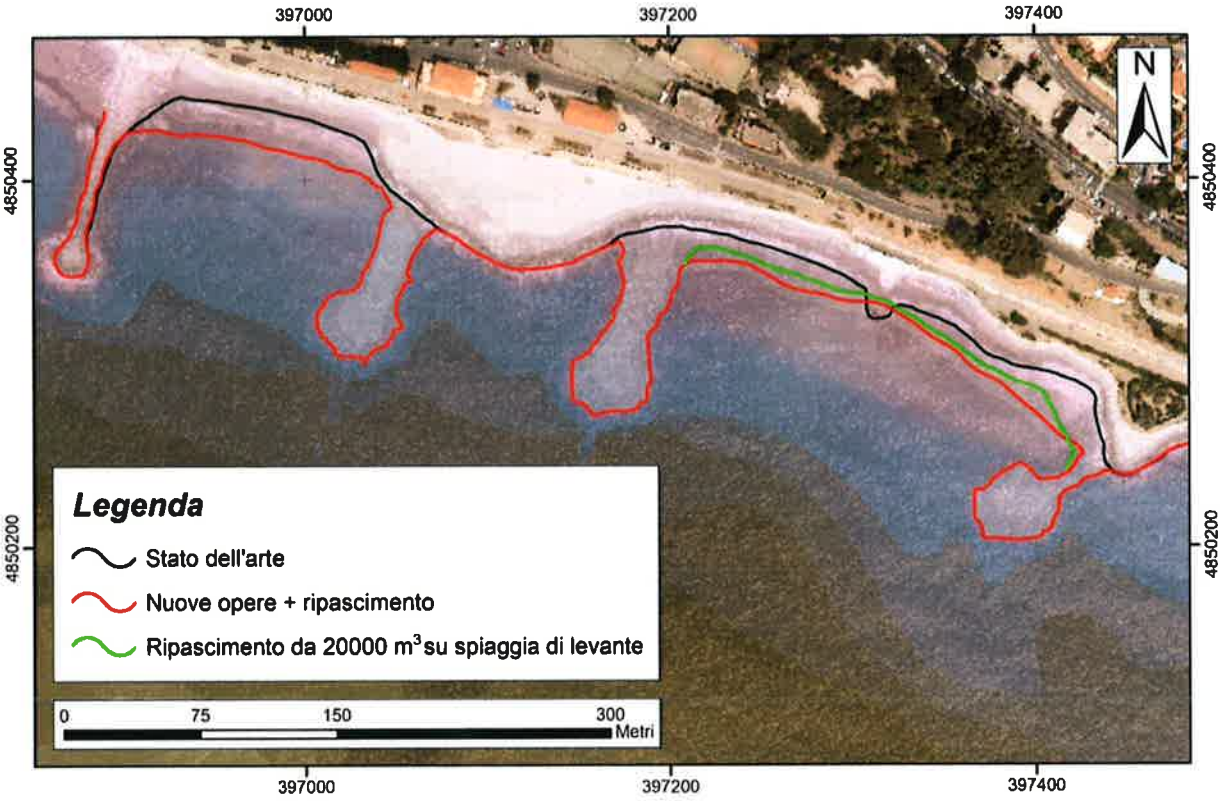


Figura 9. Linea di riva allo stato dell'arte e post-intervento di risistemazione costiera.

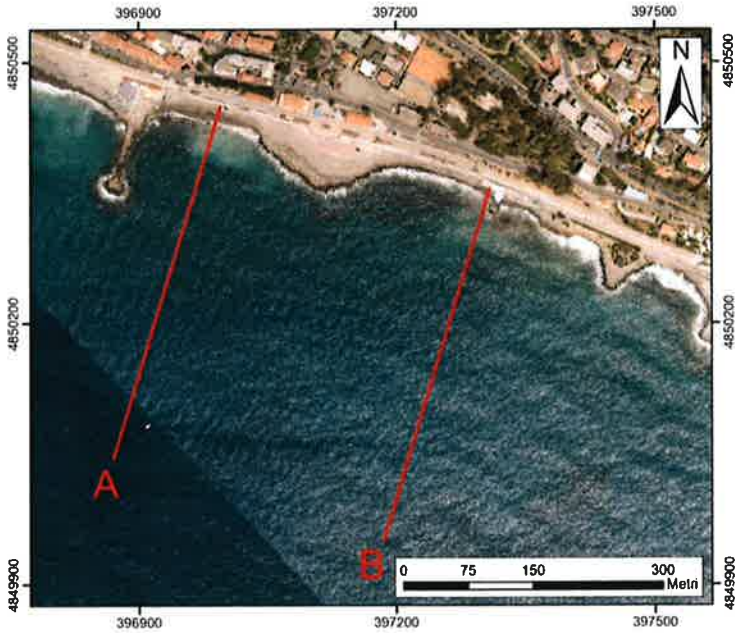


Figura 10. Posizione dei due profili esplicativi.

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

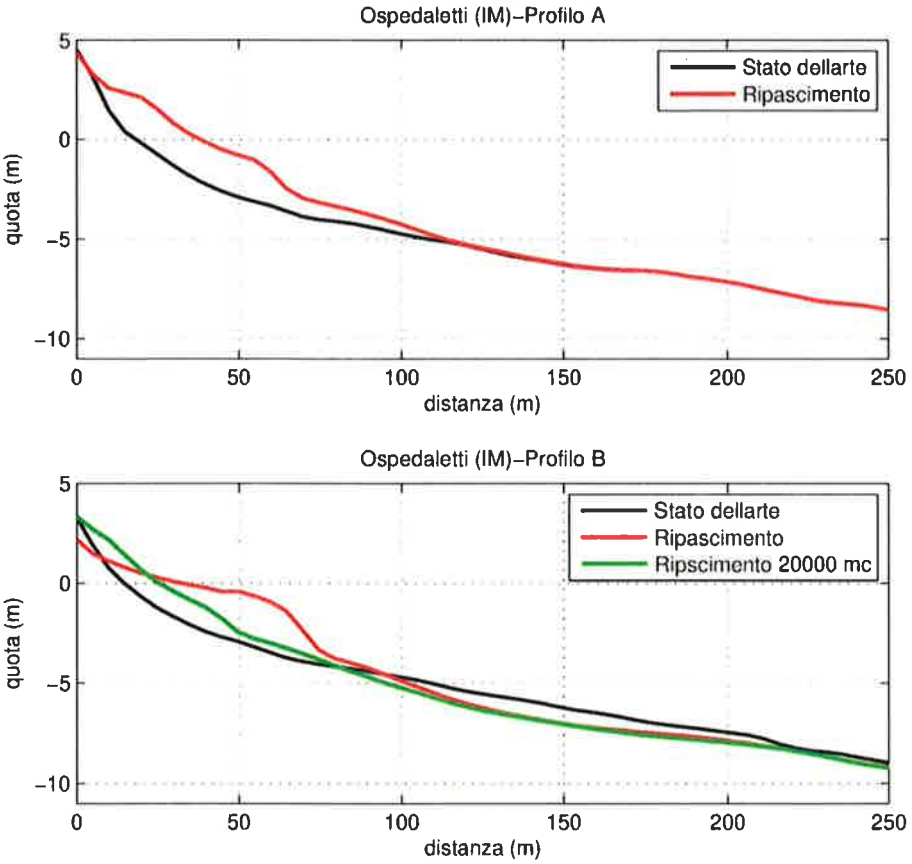


Figura 11. Profili esplicativi dell'avanzamento di spiaggia in risposta all'intervento di rinascimento. Nel profilo B viene riportato anche il caso di un ripascimento di 20000 m³.

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

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 protetto rispetto all'attacco del moto ondoso, per i mari con direzione 195°-255°N, in base ai risultati ottenuti con **Xbeach 2DH** e **XBeachG 1D**; per quest'analisi si è tenuto in considerazione il tratto di costa soggetto a modifica e a maggior risoluzione, i profili posti lungo le due spiagge e il piazzale, risultati maggiormente esposti ai marosi. Lo Studio è stato focalizzato sull'analisi del Wave Run-up, ossia della risalita del moto ondoso lungo i profili in esame; sia per il modello 2DH che per l'1D è stato valutato il valore di Wave Run-up per lo Stato dell'arte e per lo scenario di ripascimento protetto con granulometria media (D50) di 10/15 mm come richiesto dalla committenza. Le condizioni al contorno del moto ondoso utilizzate sono quelle fornite dal committente per tempi di ritorno di un anno e cinquanta anni, come riportate in tabella:

TR	1 ANNO	50 ANNI
HS [M]	5.03	7,12
TP [S]	8.97	10.67
DIR M [°]	195-255	195-255

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.

Nella prima fase di questo studio è stata simulata la possibile inondazione del tratto di costa in esame mediante l'utilizzo del modello Xbeach 2DH come nei precedenti paragrafi. I primi test sono stati condotti considerando le condizioni di clima ondoso relative al tempo di ritorno di 1 anno. I risultati (Figura 12) mostrano un evidente riduzione dell'inondazione marina rispetto allo stato dell'arte soprattutto nella zona a ridosso della spiaggia di ponente e del piazzale; il limite di cui è affetto questo risultato è sostanzialmente la risoluzione orizzontale del modello, pari a 5 metri, che non permette una valutazione quantitativa del run-up, in quanto di dimensioni maggiori rispetto al dato necessario per il calcolo del run-up 2%. Questo risultato viene comunque riportato in quanto fornisce una stima del differente impatto che la mareggiata

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

ha sulla nuova spiaggia ipotizzata in precedenza. A questo punto dell'indagine, per fornire alla committenza una stima quantitativa del comportamento idrodinamico del nuovo assetto è stato utilizzato il modello 1D, implementato su tre profili rappresentativi (figura 13).

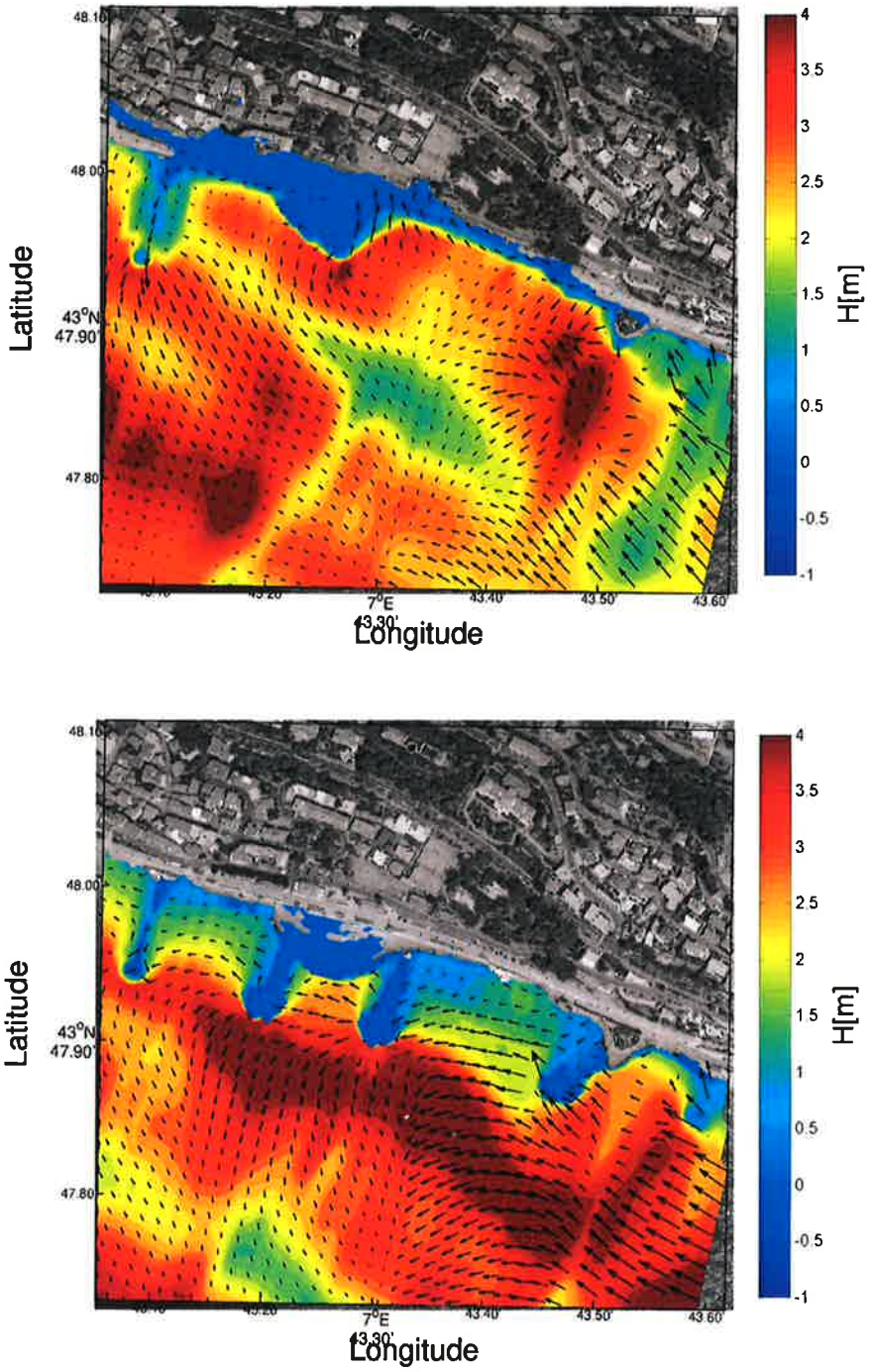


Figura 12 Risultati ottenuti con il modello XBeach 2DH

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

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 al largo 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.

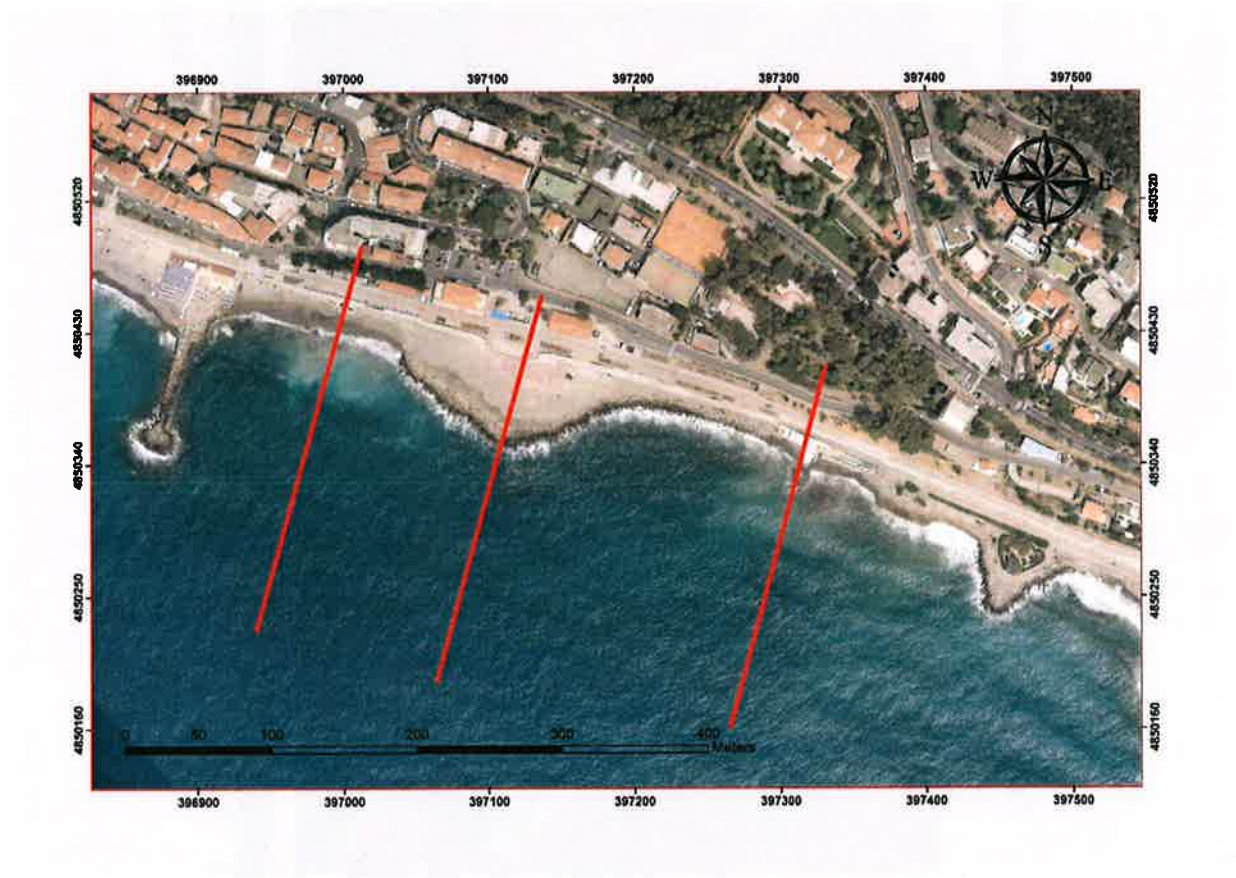


Figura 13 Profili utilizzati per la modellazione in 1D

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

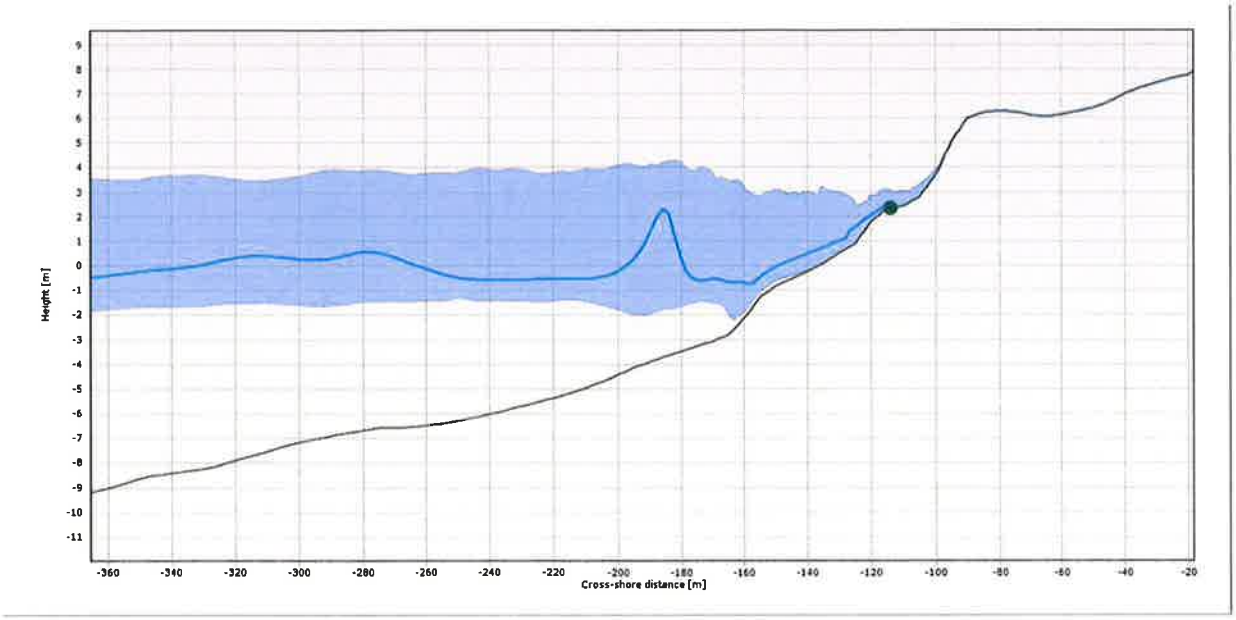


Figura 14 Simulazione dell'inondazione della spiaggia di ponente

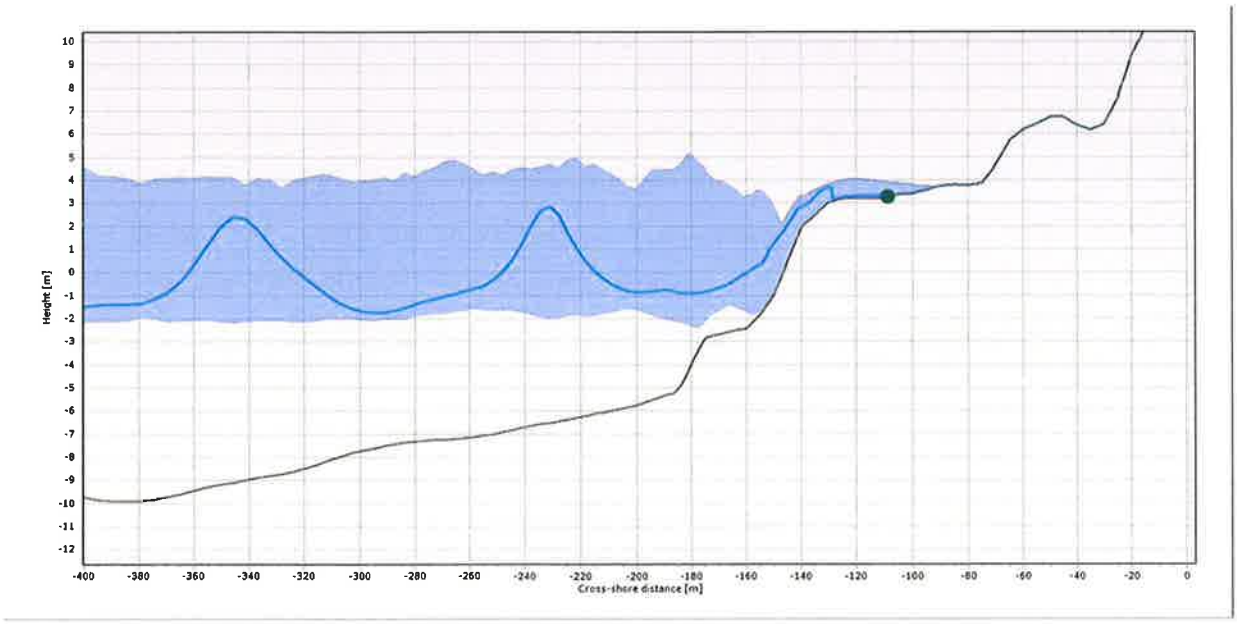


Figura 15 Simulazione dell'inondazione del piazzale progettato

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

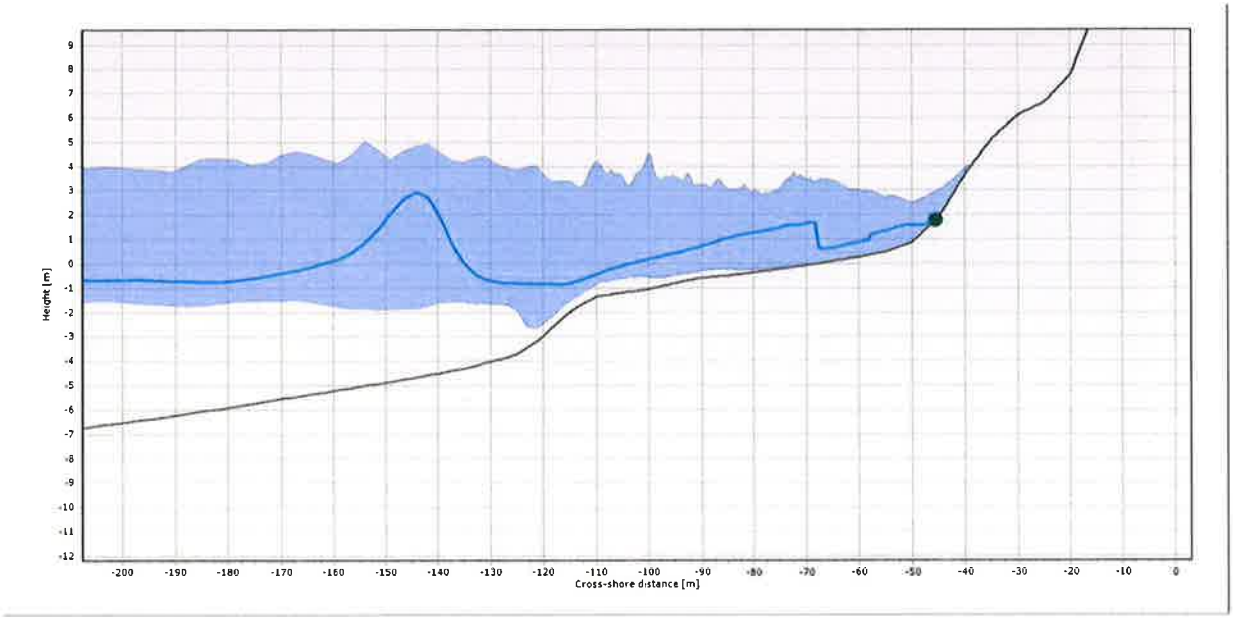


Figura 16 Simulazioni dell'inondazione della spiaggia di levante

Di seguito sono riportati i risultati delle simulazioni, sui profili riportati in figura 14, 15 e 16 per gli stati di mare incidenti; per i tre diversi profili ***(Ante-opera e Post opera)*** sono state analizzate le quote di run up per le due simulazioni. Nelle immagini che vengono riportate (Figura 17) 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: VERDE Scuro – oscillazione della risalita del moto ondoso, il Run up 2% è rappresentato con un pallino verde chiaro, di seguito viene riportata un'immagine esplicativa (Figura 17)

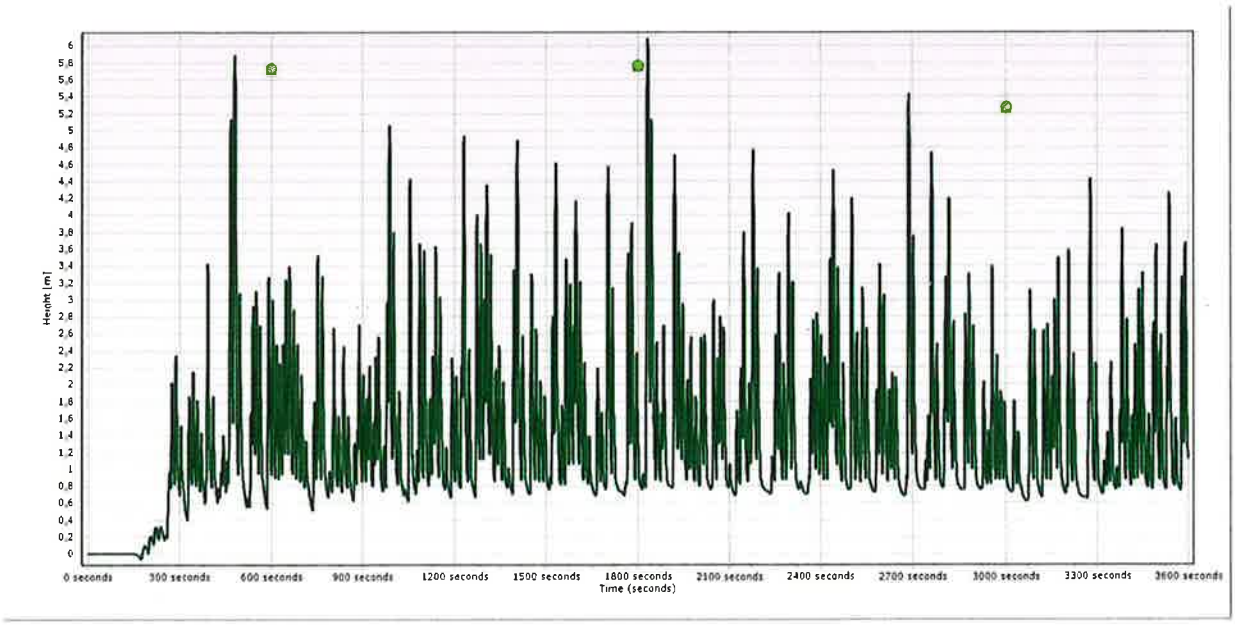


Figura 17 esempio di simulazione del Run-up lungo la spiaggia di levante

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

2.1 Risultati del Run-up 2% ottenuti per i differenti profili per i due stati di mare considerarti

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 il valore medio riportato in tabella.

Tabella 2 Risultati ottenuti delle simulazioni per l'inondazione del tratto di costa in esame

	Tempo di ritorno 1 anno		**Differenza (Arte – Scenario)**
Profili	**R2 Arte (m)**	**R2 Scenario (m)**	
Spiaggia Ponente	*5.20*	*3.90*	***1.30***
Piazzale	*5.50*	*3.91*	***1.59***
Spiaggia Levante	*4.83*	*3.75*	***1.08***
	Tempo di ritorno 50 anno		**Differenza (Arte – Scenario)**
Profili	**R2 Arte**	**R2 Scenario**	
Spiaggia Ponente	*6.12*	*4.53*	***1.59***
Piazzale	*6.34*	*5.27*	***1,07***
Spiaggia Levante	*6.45*	*5.62*	***0,83***

Nella Tabella 2 sono riportati i confronti tra l'inondazione lungo il profilo ante-opera (R2 Arte) e quello post-opera (R2 Scenario). Dai risultati si evince una riduzione, in quota, fino a un 1.59 metri per gli stati di mare con Hs di 5.03 e 7.12 metri, mentre la differenza minima si riscontra lungo la spiaggia di levante con 0,83 metri per mari con tempo di ritorno di 50 anni. La modifica strutturare del piazzale risulta avere una

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

maggior efficacia per stati di mare con tempo di ritorno pari a 1 anni rispetto al quella con maggior potenza.

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 18 è riportato il piano di inondazione per lo stato dell'arte e del ripascimento protetto per stati di mare con tempo di ritorno pari ad 1 anno; in rosso viene riportato il risultato ottenuto per lo stato dell'arte e in arancio sono riportati i risultati per il ripascimento protetto.

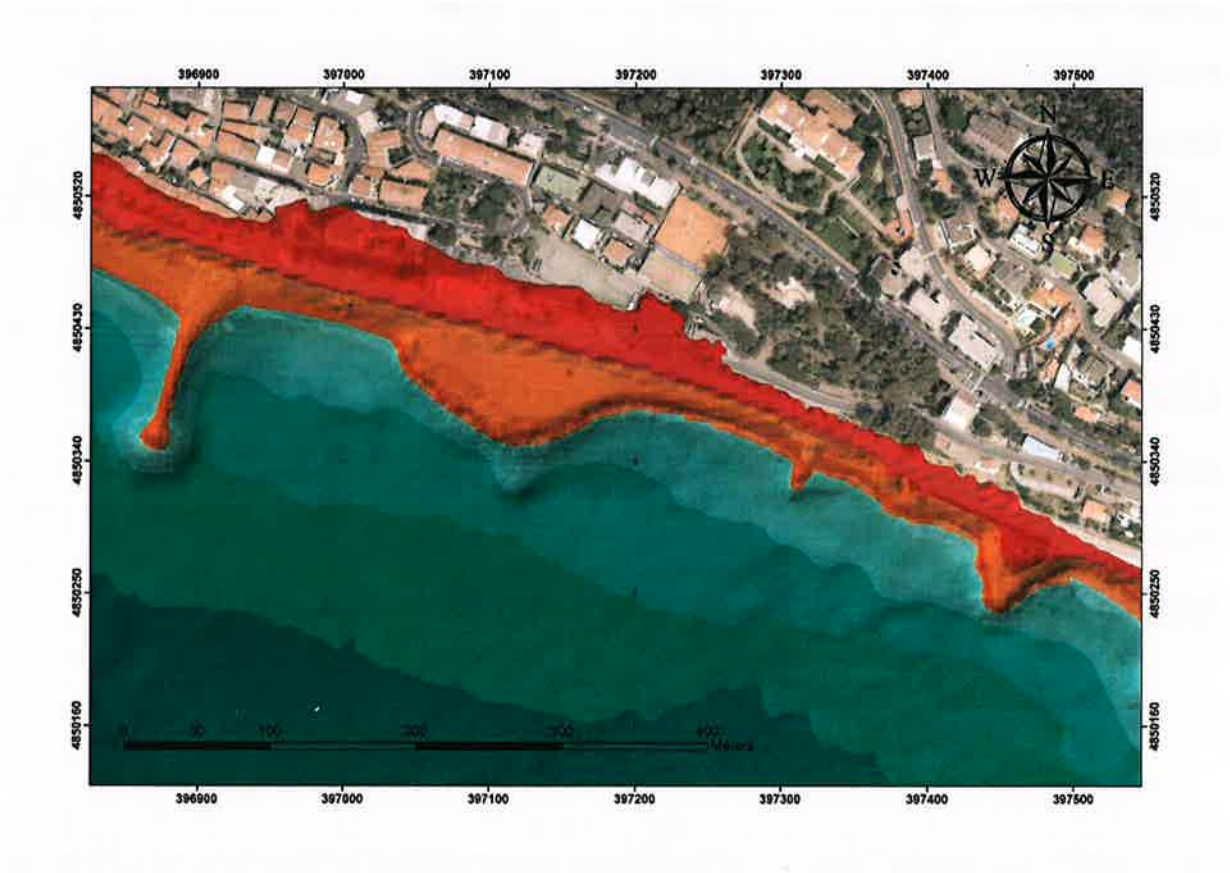


Figura 18 Inondazione per lo stato dell'arte(rosso) e ripascimento protetto (arancio) Tr 1 anno

In maniera analoga, è stata redatta la carta dell'inondazione per gli stati di mare con tempi di ritorno di 50 anni (Figure 19), dalla quale si evince la maggior risalita del moto ondoso sia per lo stato dell'arte che per il

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

ripascimento protetto. Per entrambe le carte è stata presa in considerazione la massima escursione di run-up ottenuta dalle simulazioni effettuare in questo lavoro, l'utilizzo di questo parametro è dovuto dalle necessità di considerare il rischio massimo per una corretta valutazione della vulnerabilità dell'area in riferimento alle norme di Protezione Civili previste.

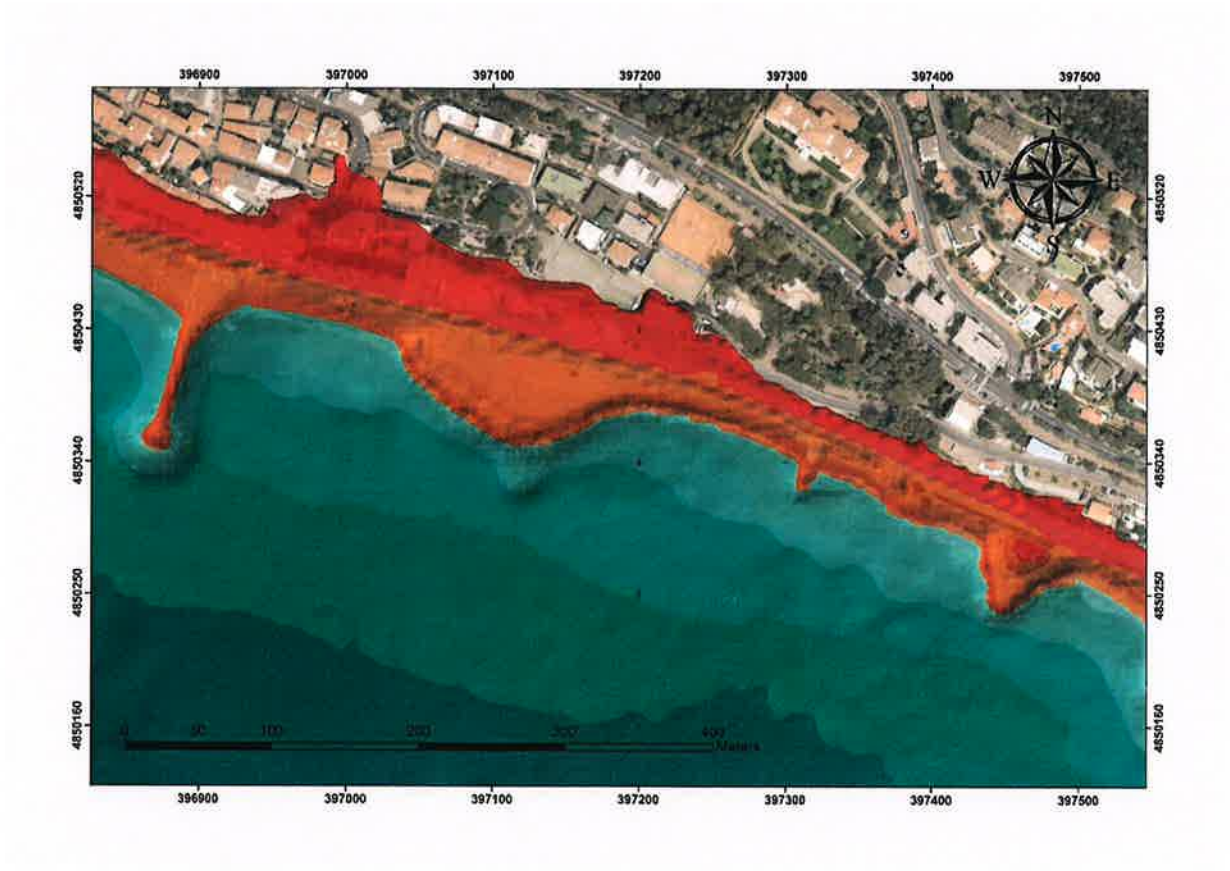


Figura 19 Inondazione per lo stato dell'arte(rosso) e ripascimento protetto (arancio) TR 50 anni

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.

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.

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

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.

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