



REGIONE CALABRIA
PROVINCIA DI COSENZA



COMUNE DI AMANTEA

MIGLIORAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL PORTO
TURISTICO DI AMANTEA

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

PROGETTISTI: RTP

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

MANDANTE:



Viale Lazio, n°13
90144 Palermo (PA)



Corso Umberto I, n°154
80138 Napoli (NA)

Progettista Responsabile integrative prestazioni specialistiche
Ing. *Guilermo Migliorino*



Elaborato:

STUDIO MORFODINAMICO

CODIFICA

2019-03

CODICE DOCUMENTO ITC

1	0,1	WW	R,H	1,0
---	-----	----	-----	-----

REV.

0

SCALA

ELABORATO

R10

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
0	12/03/2020	1° EMISSIONE	A. BORSANI	G. CANTISANI	A. BORSANI

Visto:

Il Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Francesco STELLATO

INDICE

STUDIO MORFOLOGICO ED ANALISI STORICA DELLA LINEA DI RIVA DEL LITORALE DI AMANTEA IN LOC. CAMPORA

1. DESCRIZIONE DEL MODELLO GENESIS	2
1.1 Il codice di calcolo	2
1.2 Caratteristiche del modello (vantaggi e limiti).....	8
1.3 Taratura del modello	9
2. IMPOSTAZIONE DEL MODELLO	12
2.1 Discretizzazione del litorale e definizione delle condizioni al contorno	12
2.2 Condizioni di estremità della linea di riva	14
2.3 Diametro medio dei sedimenti	15
2.4 Opere rigide presenti lungo la fascia attiva	15
2.5 Apporto solidi fluviali	16
2.6 Onde di modellazione	17
2.7 Taratura del modello	20
3. SINTESI DEL CLIMA ONDOSO A LARFO E SOTTO COSTA.....	23
3.1 Determinazione dell'esposizione medio climatica del moto ondoso all'interno dell'area dei frangenti	23
3.2 Clima ondometrico al largo.....	24
3.3 Determinazione della profondità di chiusura	26
3.4 Clima ondometrico sottocosta	27
3.5 Flusso energetico del moto ondoso sottocosta	29
4. EVOLUZIONE DEL LITORALE	32
4.1 Configurazioni di simulazione	32
4.2 Descrizione del progetto	33
4.3 Configurazione "A": evoluzione libera del litorale a 2 e 5 anni	34
4.3 Configurazione "B": evoluzione del litorale in ipotesi di progetto a 2 e 5 anni	38
8 CONCLUSIONI	44

STUDIO MORFODINAMICO

La presente relazione descrive lo studio morfodinamico a supporto del progetto dal titolo "MIGLIORAMENTO INFRASTRUTTURALE DEL PORTO TURISTICO DI AMANTEA".

L'intervento oggetto di modellazione è proposto sul tratto di costa in loc. "Campora San Giovanni" del Comune di Amantea (CS).

Al fine di valutare in modo oggettivo le possibili interferenze procurate nel medio e lungo periodo dagli interventi di progetto nei confronti dell'attuale dinamica evolutiva è stato l'utilizzato il modello numerico di spiaggia "GENESIS".

Lo studio viene concepito ai fini di valutare sia la situazione attuale del litorale sia quella futura nonché per la verifica di efficacia degli interventi di progetto.

Il modello adottato consente di valutare avanzamenti ed arretramenti della linea di riva nel corso degli anni indotti dal trasporto solido longitudinale a sua volta causato dal moto ondoso incidente. Il modello è in grado di effettuare un'analisi a grande scala, andando cioè a valutare tali effetti lungo tratti di costa di lunghezza dell'ordine del chilometro.

1. DESCRIZIONE DEL MODELLO GENESIS

1.1 Il codice di calcolo

GENESIS è un sistema di modellazione numerica sviluppato per simulare i cambiamenti a lungo termine della spiaggia, indotti da differenze temporali e spaziali nel trasporto solido lungo riva. Principalmente, è possibile simulare la risposta della linea di riva in presenza di strutture situate vicino alla costa. Sono, altresì, rappresentati movimenti della linea di riva dovuti a ripascimenti della spiaggia o a scarichi di sedimenti dei fiumi. Non è invece possibile simulare il cambiamento indotto dal trasporto trasversale dei sedimenti quale quello associato a tempeste o a variazioni stagionali nel clima ondoso. Si assume che tale processo di trasporto trasversale sia equilibrato su un lungo intervallo di simulazione e pertanto sia trascurabile.

Il sistema di modellazione può essere applicato per una grande varietà di dati di input sull'onda al largo, di configurazioni della planimetria della spiaggia, di strutture costiere e ripascimenti e viene avviato attraverso un'interfaccia di file di dati.

La principale utilità di GENESIS risiede nella possibilità di simulare la risposta della linea di riva a strutture e ripascimenti. Sul tratto di costa modellato, possono essere rappresentate combinazioni e configurazioni arbitrarie di strutture (pennelli, moli, frangiflutti distanziati, scogliere) e ripascimenti. Nelle applicazioni di ingegneria, il tratto modellato viene suddiviso in una serie di celle tramite una griglia di calcolo (Figura 1), dalle centinaia di metri alle decine di chilometri di lunghezza, e i periodi di simulazione vanno dai 6 mesi ai 20 anni, con dati d'onda ad intervalli temporali compresi tra 30 minuti e 6 ore.

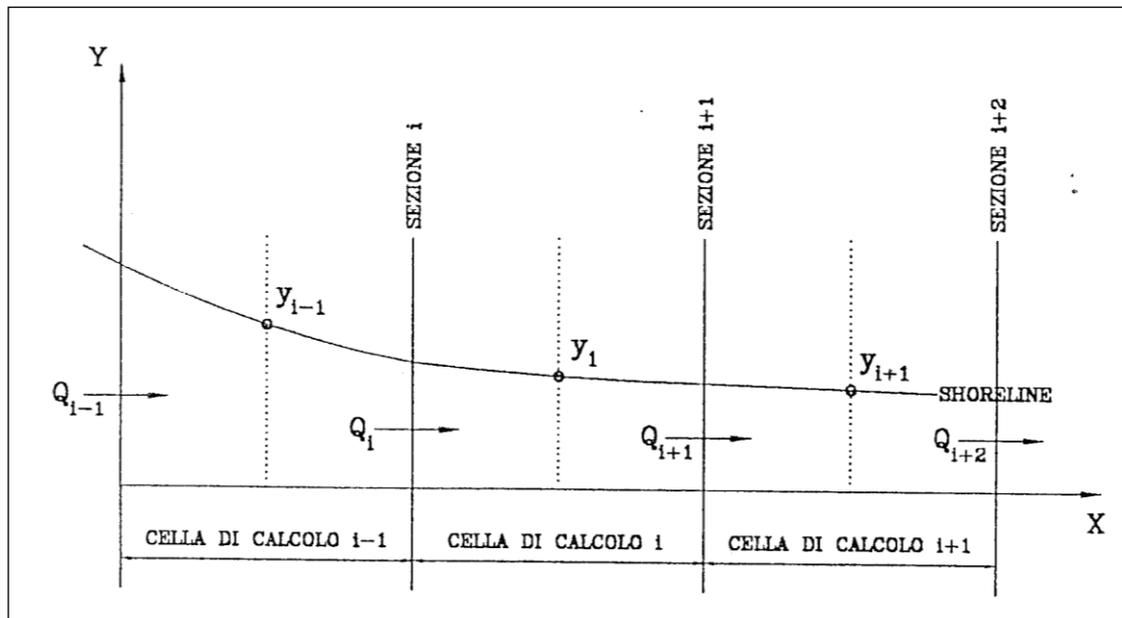


Figura 1 – Schema di calcolo utilizzato dal modello

Il modulo di calcolo che determina lo spostamento della linea di riva in funzione del trasporto solido e la sua variazione nello spazio è basato sulla teoria dei modelli a una linea: tale teoria assume che la forma del profilo di spiaggia in direzione perpendicolare

alla linea di riva si mantenga costante nel tempo, traslando semplicemente verso il largo o verso terra.

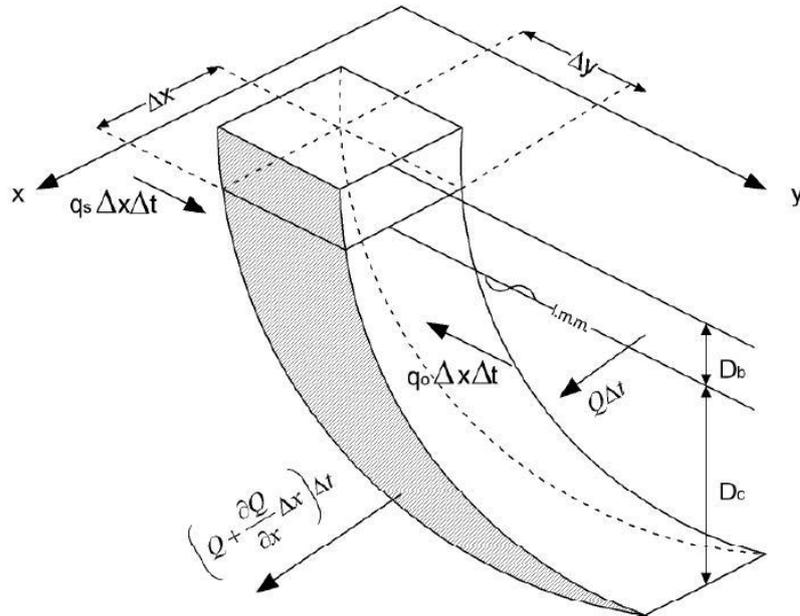


Figura 2 – Schematizzazione del profilo di spiaggia

In questo modo l'evoluzione del profilo completo della spiaggia per unità di lunghezza può essere descritta attraverso la traslazione orizzontale di un unico punto appartenente al profilo stesso. Con questa ipotesi, l'evoluzione del litorale può essere descritta attraverso un'unica linea, ossia la linea di riva.

Una seconda ipotesi geometrica assunta dal modello è che il trasporto solido indotto dal moto ondoso avvenga tra due quote fissate all'interno del profilo trasversale, ovvero la componente longitudinale del trasporto solido litoraneo rimane confinata entro una fascia costiera ("fascia attiva") ed è predominante a lungo termine rispetto alla componente trasversale.

L'equazione di continuità dei sedimenti in una generica sezione, con riferimento ai simboli della Figura precedente, può essere scritta nella forma seguente:

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{(D_b + D_c)} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} + q \right) = 0$$

dove Q rappresenta il trasporto solido longitudinale e q la quantità di materiale eventualmente apportato (ripascimenti) o asportato (dragaggi) dalla generica sezione.

Il trasporto solido longitudinale viene determinato in funzione delle caratteristiche dell'onda al largo e della conseguente onda frangente, della granulometria dei sedimenti e dell'eventuale presenza di opere. È per questo motivo che il modello può essere applicato ad aree costiere per le quali il trasporto solido litoraneo è indotto essenzialmente dall'azione delle correnti connesse alle onde di superficie, mentre può ritenersi trascurabile l'effetto delle correnti di marea o di correnti collegate all'azione diretta del vento.

La formula empirica per il calcolo del trasporto longitudinale è la seguente:

$$Q = \left(H_b^2 c_{gb} \right) \left[a_1 \sin(2\theta_{bs}) - a_2 \cos(\theta_{bs}) \frac{\partial H_b}{\partial x} \right]$$

dove il pedice b è riferito alla condizione di frangimento, H_b è l'altezza significativa dell'onda incidente, θ_{bs} è l'angolo di incidenza rispetto alla normale al litorale nella sezione e c_{gb} la celerità di gruppo. I coefficienti a_1 e a_2 sono funzioni dei due coefficienti K_1 e K_2 , che sono i coefficienti di calibrazione del modello e si determinano attraverso un procedimento di taratura dipendente dal particolare sito in esame.

Il primo termine della formula per il calcolo del trasporto longitudinale corrisponde alla nota formula CERC e tiene conto del trasporto di sabbia lungoriva indotto dalle onde frangenti incidenti obliquamente. Il secondo termine dell'equazione descrive, invece, l'effetto del gradiente lungo riva dell'altezza dell'onda al frangimento $\partial H_b / \partial x$.

Il contributo del gradiente lungo riva dell'altezza dell'onda è solitamente trascurabile rispetto al contributo dovuto all'incidenza delle onde oblique in una situazione di costa aperta. Tuttavia, nella vicinanza di strutture, dove la diffrazione produce una sostanziale modifica nell'altezza d'onda al frangimento, l'aggiunta del secondo termine fornisce risultati migliori nella modellazione.

I coefficienti a_1 e a_2 hanno le seguenti espressioni:

$$a_1 = \frac{K_1}{16(s-1)(1-n)(1.416)^{2.5}}$$

$$a_2 = \frac{K_2}{2(s-1)(1-n)(\tan \beta)(1.416)^{3.5}}$$

dove s indica il rapporto tra il peso specifico del costituente solido del sedimento caratteristico della spiaggia e il peso specifico dell'acqua marina, n la porosità del sedimento in sito e β la pendenza media del profilo di spiaggia dalla linea di riva alla profondità di chiusura.

L'angolo β viene calcolato per ciascuna mareggiata simulata nel modello ed è ottenuto dalla seguente relazione di Dean:

$$\tan \beta = \left(\frac{A^3}{D_{LT0}} \right)$$

dove A è il parametro semiempirico di Dean, e D_{LT0} è la massima profondità interessata dal trasporto solido longitudinale calcolata come:

$$D_{LT0} = (2,3 - 10,9H_s) \frac{H_s}{L_0}$$

dove L_0 rappresenta la lunghezza d'onda e H_s l'altezza significativa in acque profonde. La massima profondità del trasporto lungo riva D_{LT0} viene calcolata dal GENESIS per ciascun passo temporale ed è assunta valida per l'intera estensione lungo riva del tratto modellato.

GENESIS è anche dotato di un modello interno di trasformazione capace di produrre dalle onde al largo la serie di onde frangenti lungo riva da utilizzare nella valutazione del tasso del trasporto di sabbia. Tale modello è applicabile nel caso di un fondo marino costituito da contorni approssimativamente rettilinei e paralleli. Se nel tratto modellato sono localizzate strutture che producono fenomeni di diffrazione la strategia di

risoluzione del modello è di ottenere una prima approssimazione senza tenere conto della diffrazione e poi modificare il risultato considerando i risultati subiti dal campo d'onda per ciascuna sorgente di diffrazione.

Le incognite, omettendo la diffrazione, rimangono tre: l'altezza, la direzione e la profondità dell'onda al frangimento. Le equazioni utilizzate dal modello per la risoluzione del problema sono tre. L'equazione per il calcolo dell'onda frangente che tiene conto dello shoaling e della diffrazione è:

$$H_b = K_r \cdot K_s \cdot H_{rif}$$

in cui H_b è l'altezza d'onda in punto arbitrario, K_r è il coefficiente di rifrazione, K_s è il coefficiente di shoaling e H_{rif} è l'altezza al largo. I coefficienti sono dati dalla teoria lineare.

L'equazione per il frangimento dell'onda a profondità limitata è data da

$$H_b = \gamma \cdot D_b$$

in cui D_b è la profondità al frangimento e γ è una funzione della ripidità dell'onda in acque profonde e della pendenza media della spiaggia.

La terza equazione utilizzata dal modello è la legge di Snell, che specifica l'angolo di incidenza dell'onda ovvero:

$$\frac{(\sin \alpha_b)}{L_b} = \left(\sin \frac{\alpha}{L} \right)$$

in cui α_b e L_b sono l'angolo e la lunghezza d'onda al frangimento e α e L sono le corrispondenti quantità al largo.

Se non ci sono strutture che producono diffrazione, le caratteristiche delle onde non diffratte sono usate come input nelle equazioni del trasporto dei sedimenti. Se, invece, ci sono ostacoli, le altezze e gli angoli delle onde al frangimento sono calcolati nuovamente tenendo conto della diffrazione causata dalle strutture presenti.

1.2 Caratteristiche del modello (vantaggi e limiti)

I modelli di evoluzione della linea di riva, incluso GENESIS, sono volti alla descrizione delle tendenze di lungo termine della forma della spiaggia nel corso del suo approccio verso una configurazione di equilibrio sotto le imposte condizioni d'onda, condizioni al contorno, configurazioni di strutture costiere e altri parametri. In molte applicazioni, è richiesto di calcolare la risposta della linea di riva a seguito di perturbazioni naturali o artificiali, come la costruzione di barriere distanziate, ripascimenti lungo una porzione di spiaggia o deposizione di sabbia da un fiume. Tali perturbazioni inducono delle tendenze a lungo termine che si distinguono dai movimenti casuali di sabbia che si verificano normalmente. In altre parole, i modelli di evoluzione della linea di riva si prestano meglio per il calcolo dei movimenti della linea di riva da una configurazione di equilibrio ad un'altra e non sono applicabili per simulare le fluttuazioni casuali della spiaggia in cui non è possibile individuare alcuna tendenza evolutiva.

La prima e più importante assunzione riguardante i modelli di evoluzione della linea di riva, e quindi anche GENESIS, è che il profilo della spiaggia mantiene una forma costante che è caratteristica di quella particolare costa.

Pelnard-Considère fu il primo a formulare una teoria matematica della risposta della costa sotto l'assunzione che il profilo della spiaggia si muove parallelamente a se stesso. Ciò implica che un qualsiasi punto del profilo è sufficiente per specificare la posizione orizzontale del profilo rispetto ad una linea di riferimento e si può usare una linea di contorno, cui appartengono tutti i punti che si trovano alla quota del medio mare (linea di riva), per descrivere i cambiamenti nella forma in pianta e nel volume della spiaggia, sia che questa venga erosa o accresciuta.

Una seconda assunzione è di tipo geometrico. Si assume che il trasporto della sabbia lungoriva avvenga tra il limite verso riva, che si localizza sulla sommità della berma attiva (di solito assunta pari alla quota di massima risalita), e il limite verso mare, individuato dalla profondità di chiusura. In questo modo si può specificare il perimetro dell'area della sezione trasversale della spiaggia ed è possibile, di conseguenza, computare i cambiamenti in volume.

Il modello richiede anche un'espressione per determinare il tasso netto di trasporto solido lungoriva. Per le coste aperte, cui GENESIS si riferisce, il tasso di trasporto è considerato funzione dell'altezza e della direzione dell'onda al frangimento. La circolazione vicino riva è trascurata.

Infine, il modello deve essere applicato, come già specificato, laddove sia possibile individuare una chiara tendenza evolutiva del comportamento della spiaggia, allo scopo di separare tale tendenza a lungo termine dai movimenti ciclici e casuali della linea di riva, prodotti nel sistema spiaggia dalle mareggiate, dai cambiamenti stagionali nelle onde e dalle fluttuazioni di marea. Ciò implica che i fattori che governano l'evoluzione a lungo termine della spiaggia sono l'azione dell'onda, che produce il trasporto di sabbia lungoriva, e le condizioni al contorno. Questa assunzione solitamente si adatta bene ai progetti d'ingegneria che comprendono pennelli, moli e frangiflutti distanziati.

Si tratta, comunque, di idealizzazioni di processi complessi e pertanto presentano dei limiti. L'assunzione che il profilo della spiaggia si muova parallelamente a se stesso, è violata in prossimità delle strutture. Di conseguenza i risultati devono essere interpretati con cautela. Anche la profondità di chiusura e l'altezza della berma, lungo il tratto modellato, sono considerati costanti, mentre nella realtà possono variare lungo la riva.

La formula del tasso del trasporto solido, considera il trasporto della sabbia come prodotto esclusivamente dalle onde incidenti, senza considerare le correnti di marea, il vento o altre forze agenti; ciò implica che il modello non deve essere usato se le onde frangenti non sono il meccanismo dominante del trasporto lungoriva.

1.3 Taratura del modello

I programmi di evoluzione morfologica a “una linea”, come il GENESIS, per interpretare correttamente i fenomeni di trasporto solido richiedono l'assegnazione di alcuni parametri rappresentativi del sito oggetto di studio. In particolare, le equazioni di corrispondenza fra flusso di energia “long shore” e corrispondente trasporto solido necessitano della definizione di due costanti, precedentemente denominate, K1 e K2, che racchiudono tutte le incertezze teoriche dovute alle approssimazioni introdotte nella schematizzazione della realtà con il modello matematico.

Infatti, i dati di letteratura consigliati dagli Autori sono da considerarsi poco attendibili per la realtà delle coste italiane, visto che la tipologia di costa, di mare, di onde e di fondali è estremamente diversa da quella americana, in cui è stato testato il modello.

La taratura è, quindi, un'operazione estremamente delicata e importante e necessita di attenzione nell'esecuzione e nella successiva interpretazione.

La bontà di una simulazione evolutiva della costa dipende essenzialmente dalla bontà della taratura, che non vuol dire necessariamente che la linea di riva calcolata dal programma debba ricalcare perfettamente la linea di riva rilevata (un caso del genere sarebbe più unico che raro), ma che complessivamente riesca a riprodurre qualitativamente le tendenze di evoluzione della battigia.

E' da precisare, infatti, che l'utilizzo dei modelli matematici è di supporto alla progettazione e mai può essere sostitutivo: i risultati vanno sempre e comunque interpretati sulla base dell'analisi dello stato di fatto e, ancora meglio, dell'evoluzione storica, ponderando adeguatamente gli accadimenti passati e i dati di ingresso, sovente affetti da errori. Infatti, gli errori nella modellazione matematica non sono soltanto dovuti a un difetto di interpretazione della realtà da parte delle equazioni matematiche, ma dipendono anche dalla qualità dei dati a disposizione.

In mancanza di dati, si fa riferimento alle relazioni semi-empiriche di letteratura come quella di Dean, noto il solo diametro mediano del terreno costituente la spiaggia, e di Hellermeier per la definizione della profondità di chiusura.

I rilievi batimetrici a largo sono sicuramente le informazioni più difficili da trovare. Queste si possono ricavare essenzialmente dalle carte nautiche, che hanno un tempo di aggiornamento molto lungo. Per fortuna, gli errori introdotti dalle imperfezioni di queste informazioni sono sicuramente poco significativi rispetto agli altri e quindi, a meno di errori macroscopici o di eventi particolari che hanno sconvolto gli abissi, le carte nautiche fornite dall'Ufficio Idrografico e Mareografico dello Stato forniscono sufficienti approssimazioni.

Un set di dati molto difficile da ottenere con l'approssimazione necessaria è quello che si riferisce alla serie storica delle altezze, periodi e direzioni di provenienza delle onde. La difficoltà risiede sia nel ricercare i dati d'onda a largo, ossia onde che non hanno

subito trasformazioni per effetto dell’interazione col fondale, sia nel propagare queste correttamente fino al frangimento, in quello spazio in cui subiscono modificazioni di altezza e direzione, per effetto dei fenomeni di shoaling e rifrazione. Un altro errore difficile da quantificare e quindi da correggere si riscontra quando si è in presenza di “anomalie batimetriche”.

Una terza fonte di errore sulle onde, da considerare per gli effetti di trasporto solido, risiede nella propagazione delle onde da largo a sottocosta. Senza entrare nel dettaglio, che esula dai contenuti di questo studio, si può dire che la teoria che comunemente si adotta negli studi di idraulica marittima, nota come “teoria lineare”, presuppone delle ipotesi di base di difficile realizzazione:

- onda al frangimento;
- costanza del periodo dell’onda nella sua propagazione;
- fondale fisso;
- attrito sul fondo nullo.

In realtà le onde si propagano in modo diverso, risentono dell’attrito del fondo e subiscono modificazioni per effetto del vento e del frangimento delle piccole onde per raggiunti limiti di ripidità, producendo alterazioni spettrali che vanno a modificare le altezze, i periodi e le direzioni in modo diverso da come previsto dalla teoria lineare. Il GENESIS richiede, come file di input delle onde, che venga definito un clima ondoso che rappresenti un anno “medio”. Per anno medio si intende un anno che contenga una sequenza di eventi ondosi che restituiscano valori di energia scaricata sul litorale mediata negli anni di cui si posseggano dati di onde.

Consapevoli di questi limiti che nascono dalla impossibilità di interpretare adeguatamente i fenomeni naturali, si è proceduto alla taratura del modello, verificando che, almeno qualitativamente, i risultati restituiti possano considerarsi soddisfacenti e perfettamente congruenti con i risultati dell’analisi storica.

2. IMPOSTAZIONE DEL MODELLO

2.1 Discretizzazione del litorale e definizione delle condizioni al contorno

L'area investigata riguarda la costa di Amantea, nella fattispecie il tratto di litorale compreso tra la foce del torrente Torbido e loc. Campora, centrando dunque il porto turistico di Amantea, per una estensione complessiva di circa 3,0 km.

Il tratto di costa complessivo è stato discretizzato considerando un sistema di riferimento con asse delle ordinate X orientato a 255°N (Figura 3) con 300 sezioni disposte ad interasse 10 m per uno sviluppo complessivo di 3000 m. L'origine di questo segmento rappresenta l'origine del sistema di riferimento rispetto al quale vengono ubicati gli elementi costitutivi del litorale.

La rappresentazione grafica schematizza alcuni elementi morfologici di fondamentale importanza rispetto alle dinamiche litoranee costiere, tra cui:

- limite inerodibile;
- barriere emerse esistenti;
- foci fluviali;
- opere trasversali tipo pennelli;
- l'opera portuale.

Il litorale è stato suddiviso, per praticità di rappresentazione, in due fasce, quella di sottoflutto tra la foce del torrente Torbido ed il porto turistico di Amantea e quella di sopraflutto tra il porto turistico di Amantea e loc. Campora San Giovanni.

Nella rappresentazione grafica è stata riposata la risultante energetica del moto ondoso così come calcolata con lo studio meteomarinario del paraggio.

Ulteriore elemento rappresentato è la linea di riva attuale, individuata e misurata rispetto alla base-line come l'intersezione che ognuna di esse ha con i segmenti estremi di ciascuna cella. In seguito è stata individuata la linea al di sotto della quale non è possibile l'erosione (linea inerodibile).

LITORALE DI AMANTEA (CS) - LOC. CAMPORA (PORTO)
SCHEMATIZZAZIONE E GRIGLIA DI CALCOLO

— Inerodibile (in genere: infrastrutture, edifici, ecc...)

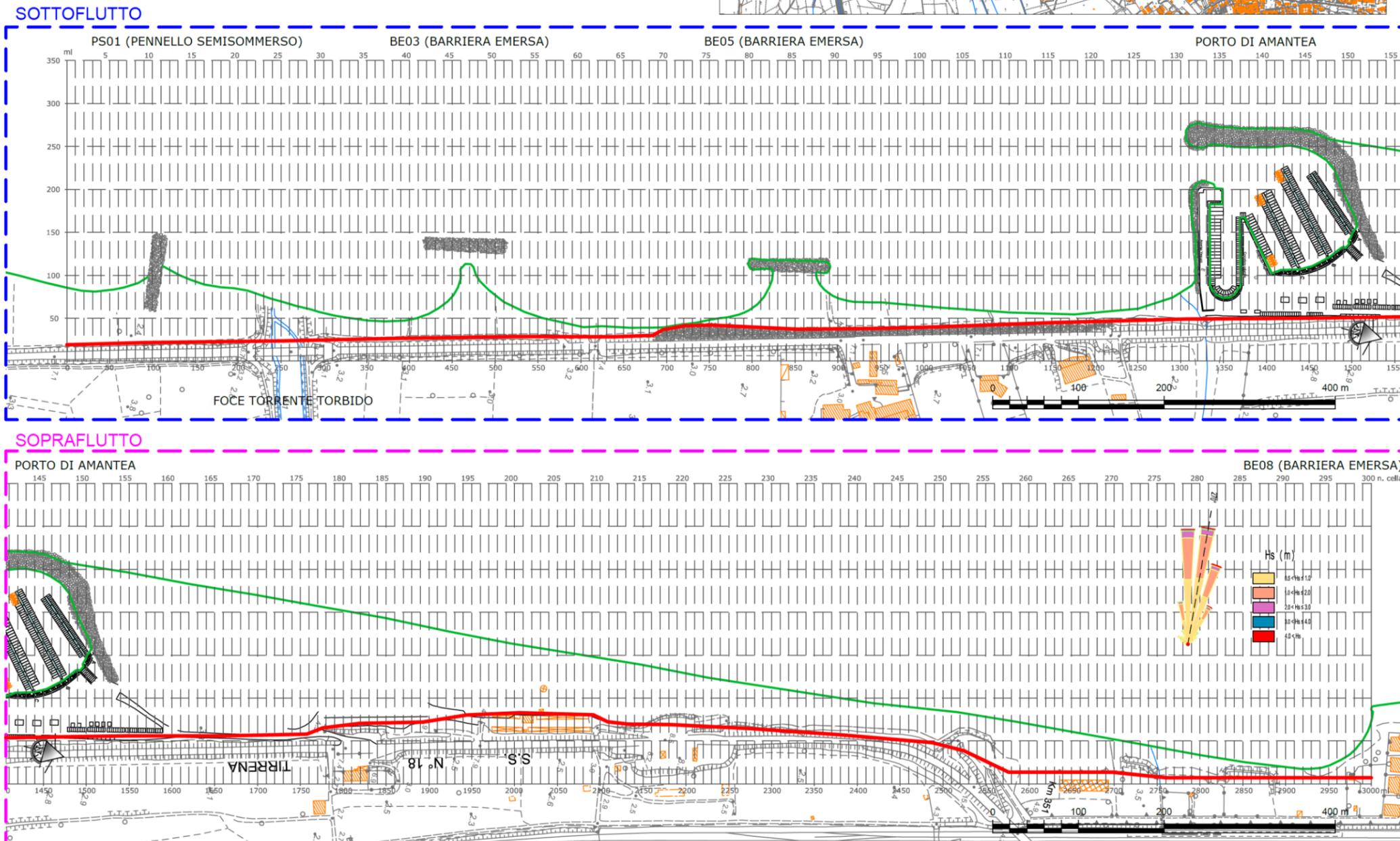
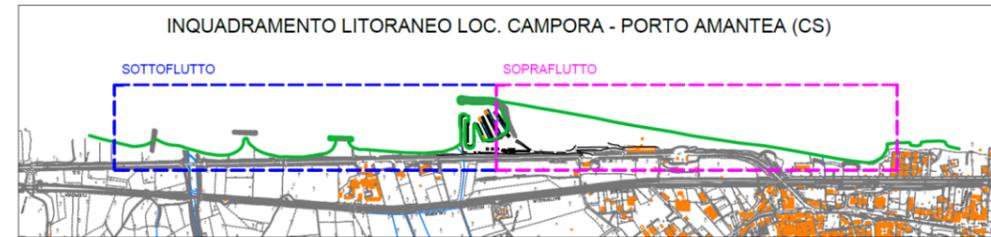


Figura 3: Discretizzazione del litorale su griglia di calcolo

Le opere previste in progetto sono state tutte schematizzate all'interno della predetta cella individuandole in termini di coordinate rispetto al sistema di riferimento adottato.

Inoltre sono state considerate tutte le strutture in mare, naturali e non, che possono avere influenza sulla variazione della linea di riva.

Il clima ondoso sottocosta viene valutato a partire dal clima ondoso a largo, suddividendo le onde di maggior significatività dalle cosiddette "calme" (onde con altezza minore di 0,25 m) ed escludendo le onde singolari (onde alte che hanno bassissime frequenze di apparizione) ma recuperandone e ridistribuendone l'energia associata fra le onde più basse; così viene costruito un clima ondoso morfologicamente equivalente a quello reale che ha il pregio di interagire meglio con la modellazione matematica.

Al fine di tenere conto della particolare orografia dei fondali nella definizione delle condizioni al contorno si è considerata la linea isobata di $-7,0$ m.s.l.m., cui fare riferimento nella simulazione dei fenomeni di propagazione del moto ondoso dal largo verso riva assumendo sino a tale profondità "invariata" la batimetria dei fondali mentre per profondità inferiori sino al frangimento l'orientamento medio dei fondali viene considerato congruente con l'evoluzione della linea di riva.

2.2 Condizioni di estremità della linea di riva

Considerato il tratto di costa del dominio e tenuto conto delle tendenze evolutive registrate nell'ultimo decennio, per le estremità ($X=0$, $X=N+1$) del dominio complessivo sono state ipotizzate le seguenti condizioni:

- condizione estremo $X=0$: $Q_1=0$ pennello in grado di intercettare (totalmente o parzialmente) il flusso delle portate solide (Gated boundary condition).

Tale condizioni al contorno è stata imposta al fine di simulare il punto fisso in corrispondenza della foce armate del fiume Torbido, che ha effettivamente una funzione di punto fisso, sostenendo e favorendo l'allineamento della linea di riva in direzione ortogonale rispetto a quella della risultante medio climatica del flusso di energia associato al moto ondoso.

2.3 Diametro medio dei sedimenti

Nel calcolo della componente longitudinale del trasporto solido associato alle onde frangenti lungo il litorale il modello ad una linea tiene conto delle caratteristiche dei sedimenti presenti lungo il litorale in esame. A tal scopo si è fatto riferimento allo studio di caratterizzazione sedimentologica costiera redatto nell’ambito del presente progetto, dal quale risulta un valore del diametro medio D_{50} pari a 2,5 mm.

2.4 Opere rigide presenti lungo la fascia attiva

Il modello è in grado di simulare la presenza di opere marittime (ad es. scogliere e dighe foranee, pennelli trasversali alla spiaggia) poste all’interno del “dominio”.

Per quanto riguarda le possibili interferenze con i fenomeni di propagazione del moto ondoso il codice di calcolo è in grado di simulare gli effetti di “diffrazione” e “trasmissione” del moto ondoso a tergo delle opere. Per quanto concerne l’influenza delle opere sui fenomeni di trasporto solido il modello è in grado di tenere conto, in funzione della tipologia di opera, della “condizione di discontinuità” imputabile ad ogni singola opera sul bilancio solido.

Nel caso in esame tutte le opere esistenti, nonché quelle di progetto, sono state schematizzate nel modello di calcolo mediante elementi geometrici semplificati.

Il coefficiente di trasmissione da assegnare nelle simulazioni alle eventuali barriere sommerse è stato calcolato con la recente formulazione D’Angremond, Van der Meer, de Jong (1994) per strutture permeabili:

$$C_t = -a \frac{R_c}{H_i} + \left(\frac{B}{H_i} \right)^{-b} (1 - e^{-c \cdot \xi}) \cdot d$$

dove:

R_c è la quota di cresta;

H_i è l’altezza d’onda incidente;

B è la larghezza della berma;

a, b, c, d sono coefficienti che includono la dipendenza dagli altri parametri;

ξ è il numero di Iribarren;

Il secondo termine della relazione è funzione della larghezza di cresta relativa B/H_i e del numero di Iribarren :

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_i / L_{0i}}}$$

in cui la lunghezza d’onda incidente (L_{0i}) è calcolata a largo. La permeabilità della struttura non compare in modo esplicito attraverso un parametro ma è sintetizzata dall’esponente della larghezza di cresta relativa e dal coefficiente d che assume il valore di 0.8 per strutture permeabili e 0.64 per quelle impermeabili. Questa formula si è dimostrata valida per una grande varietà di strutture, sia in massi artificiali che naturali.

2.5 Apporto solidi fluviali

Il modello ad una linea GENESIS è in grado di simulare gli apporti solidi dei fiumi presenti all’interno del “dominio” che possono interferire con il flusso dei sedimenti.

Nel caso specifico non sono stati simulati apporti solidi di materiale in quanto il ridotto apporto imputabile ai fiumi limitrofi è trascurabile e non incide ai fini della morfodinamica della costa.



Figura 4. Bacini idrografici del Savuto e dell’Oliva

2.6 Onde di modellazione

Le forzanti ondometriche del sistema sono state ricavate a partire dai risultati dello studio meteomarinario del progetto stesso a cui si rimanda per i dettagli. L'evoluzione del litorale è stata riprodotta a partire dal regime del moto ondoso al largo del sito in esame rappresentativo delle condizioni medio climatiche nel medio e lungo termine. In seguito il clima ondometrico è stato riportato sottocosta (Figura 5) alla profondità di circa -5 m, mediante l'applicazione del modello di rifrazione diretta spettrale SWAN. La distribuzione delle frequenze di accadimento degli eventi di moto ondoso riportati nel punto, suddivise per classi di altezza d'onda e direzioni di provenienza, è riportata nella Tabella 1.

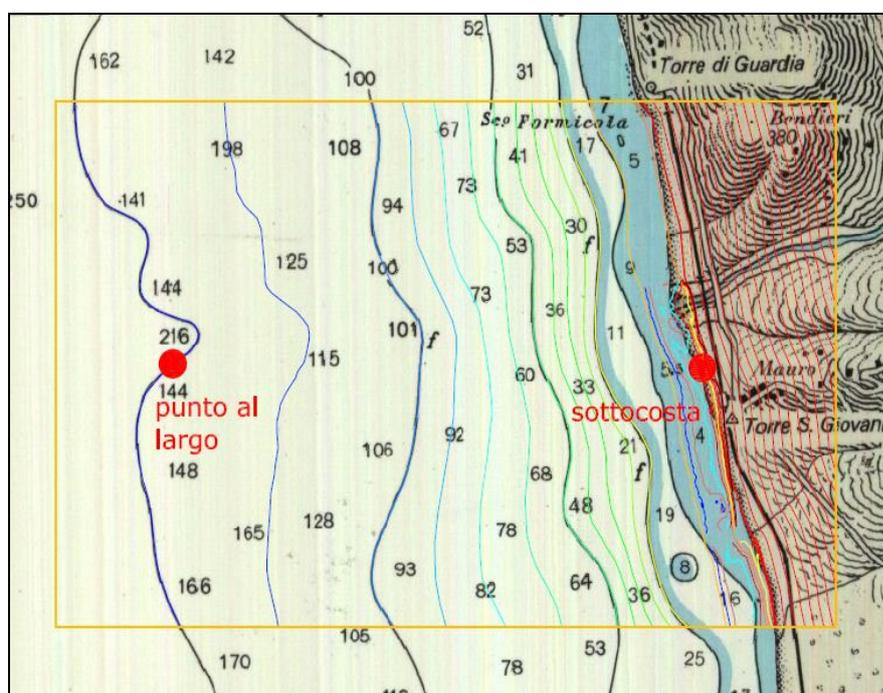


Figura 5: Posizione del punto sottocosta

Il clima ondoso è stato pertanto suddiviso per classi di direzioni medie di provenienza del moto ondoso ricadenti all'interno del settore di traversia del paraggio di Amantea (165° - 345° N), pari cioè a 180° (settore angolare 165° - 195° N), 210° (settore angolare 195° - 225° N), 240° (settore angolare 225° - 255° N), 270° (settore angolare 255° - 285° N), 300°

(sette angolare 285°-315°N) e 330° (sette angolare 315°-345°N), e caratterizzate da uno specifico valore di classe d'altezza d'onda Hs, a partire da 0.5 m, e dai rispettivi valori di Tm e Tp, determinati attraverso le correlazioni altezza-periodo calcolate in precedenza. Dall'analisi dei risultati relativi alla propagazione del moto ondoso sottocosta (per la quale si rimanda allo studio meteo marino) corrispondenti circa alla batimetrica -20 m, si evince una maggiore rotazione delle onde provenienti da largo dalla direzione media pari a circa 270°N, che risultano gli stati di mare tendenzialmente sub-paralleli alla linea di riva del litorale in esame del litorale in esame.

In generale, si osserva che le direzioni di propagazione delle onde per i diversi settori angolari analizzati tendono sostanzialmente a disporsi normalmente al litorale, o meglio i fronti d'onda tendono a disporsi parallelamente alla linea di riva. Le onde più elevate subiscono abbattimenti in altezza più forti, i cui valori massimi sottocosta, alla profondità di circa 20 m, superano in alcuni casi i 6.0 m

In Tabella 1 è mostrato per il paraggio di Amantea in loc. Campora in posizione frontale al porto, il numero di apparizione del moto ondoso alla profondità di circa -20 m nel punto rappresentativo sottocosta.

TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA ANNUALE													
NUMERO	EVENTI	RILEVATI											
Dir (°)	345	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	
	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	Tot.
Hs (m)													
calme	0	0	0	0	0	0	138	446	1233	3157	909	32	5915
.25-0.5	0	0	0	0	0	0	153	541	632	2664	732	71	4793
0.5-1.0	0	0	0	0	0	0	106	387	576	2760	687	72	4588
1.0-1.5	0	0	0	0	0	0	16	48	233	1224	204	22	1747
1.5-2.0	0	0	0	0	0	0	6	21	133	504	68	3	735
2.0-2.5	0	0	0	0	0	0	0	7	39	186	49	0	281
2.5-3.0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	68	25	0	112
3.0-3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	50	7	0	60
3.5-4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	8	0	21
4.0-4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6
4.5-5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
5.0-5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
5.5-6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3

>6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
Tot.	0	0	0	0	0	0	419	1454	2864	10644	2690	200	18271	

Tabella 1: Numero di apparizioni del moto ondoso nel punto sottocosta (-20 m) per il paraggio di Amantea (punto di coordinate: x = 6000 m, y = 2600 m)

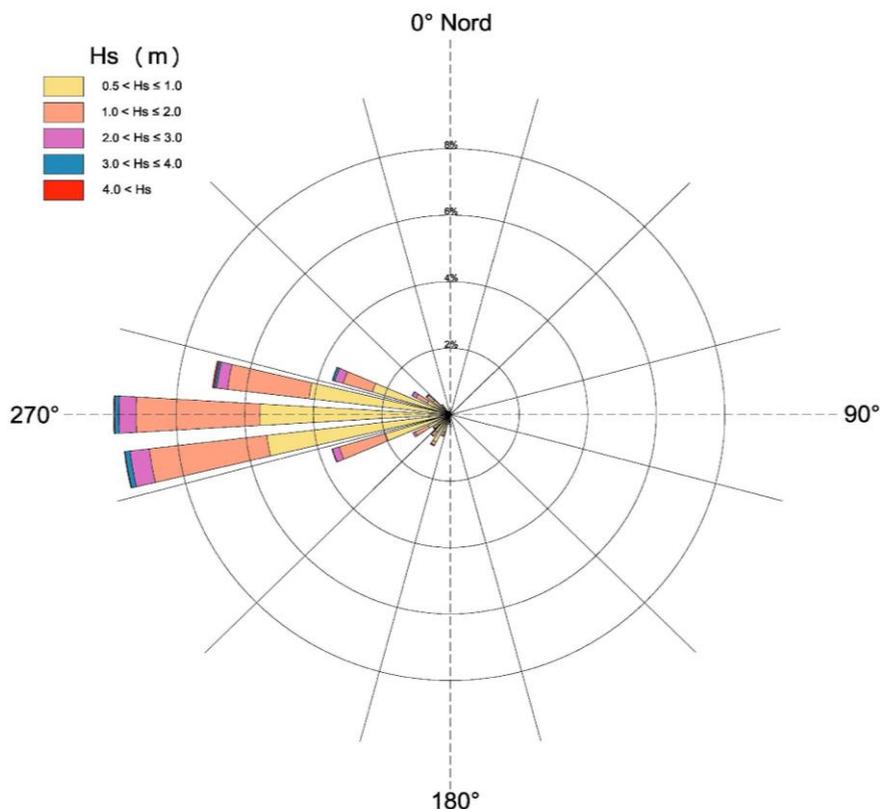


Figura 6: Diagramma polare delle frequenze di apparizione degli eventi di moto ondoso sottocosta (-20 m) per il paraggio di Amantea (punto di coordinate: x = 6000 m, y = 2600 m)

Per quanto riportato, la direzione della risultante energetica degli eventi di moto ondoso reali risulta pressoché coincidente con quella degli stati di mare forniti in input al modello numerico. Quanto appena esposto conferma la validità dei criteri adottati per l'individuazione degli eventi di moto ondoso da assegnare come forzanti del sistema.

2.7 Taratura del modello

La taratura o calibrazione del modello sulla base dei dati storici a disposizione è stata effettuata con una simulazione di controllo utilizzando come linea di base del modello la linea di costa del 2013 ed effettuando una previsione a 5 anni, in modo da ottenere la linea di riva da confrontare con quella rilevata al 2019 (attuale).

L'evoluzione del litorale è stata riprodotta tenendo conto del moto ondoso incidente.

La variabilità spaziale del moto ondoso lungo il litorale è legata all' "offshore contour" che rappresenta una linea batimetrica pressoché parallela alla linea di riva. Infatti per le ipotesi di base del modello, durante le simulazioni il profilo di spiaggia muove traslando parallelamente a se stesso. Pertanto l' "offshore contour" rappresenta il limite lato mare del profilo di spiaggia: oltre tale profondità il fondale non viene modificato dai processi di idrodinamica costiera. L'altezza della fascia attiva, somma della profondità di chiusura e dell'altezza attiva della spiaggia emersa è stata posta pari a 10,24 m sulla base dei risultati forniti dallo studio meteomarinario e dallo studio morfologico.

Dopo una serie di tentativi, eseguiti modificando i parametri di calibrazione del modello al fine di ottenere il migliore adattamento della linea di riva attuale, si è pervenuti ai risultati mostrati in figura (Figura 7).

Dall'esame di tali figure si evince che l'andamento risulta nel complesso molto ben rappresentato. La conferma dell'accuratezza dei risultati ottenuti si ottiene dal basso valore assunto dal parametro CVE "calibration/verification error" che rappresenta la media dei valori assoluti delle differenze tra le Y calcolate dal modello e quelle misurate in ciascun punto del dominio, nel caso specifico pari a 8,47 %.

Ad una prima analisi il risultato del CVE potrebbe sembrare piuttosto alto, in realtà la linea risultante dalla simulazione rappresenta con buona approssimazione i tratti "singolari" e, lo scarto è dovuto essenzialmente alle condizioni al contorno imposte per l'avvio del modello e nei tratti estremi del dominio di calcolo dove il modello GENESIS inizia a "sentire" gli effetti di bordo.

Con le impostazioni risultanti dalla calibrazione del modello numerico è stato possibile ricostruire i fenomeni generali della tendenza evolutiva del litorale. Relativamente ai

bilanci solidi litoranei, negli allegati è riportato l’andamento della sola componente longitudinale del trasporto solido.

Più in dettaglio, nello scenario compreso tra l’anno 2013 ed il 2019 si osserva (Figura 7) che, nell’impostazione del modello numerico, si è tenuto conto anche degli effetti indotti da opere esistenti sul litorale e dalle singolarità morfologiche. Da sud verso nord, rispettivamente:

- effetto di punto fisso per il modello, incidente nel fenomeno del trasporto solido litoraneo indotto dalla presenza nel’estremo sinistro (lato Sud) del dominio di calcolo di un pennello (schematizzato come *non-diffracting groin*) a rappresentazione del pennello semisommerso PS01 di recente realizzazione (2017) ($X_{p1}=110$);
- effetto indotto dalla presenza della barriera emersa del tipo “headless breakwaters” (schematizzato come *seawall*) denominata BE03 di recente realizzazione (2017). Le coordinate del Seawall sono $X_{s1} = 420$ m a $X_{s2}=520$ m;
- effetto indotto dalla presenza della barriera emersa del tipo “headless breakwaters” (schematizzato come *seawall*) denominata BE05 di recente realizzazione (2017). Le coordinate del Seawall sono $X_{s1} = 800$ m a $X_{s2}=900$ m;
- effetto indotto dalla presenza del porto turistico (schematizzato come due *non-diffracting groins* per rappresentare i radicamenti a riva delle opere foranee e un *seawall*). Le coordinate dei due Groins sono rispettivamente $X_{p2}=1300$ m, $X_{p3}=1510$ m, mentre quella del Seawall va da $X_{s1} = 1310$ m a $X_{s2}=1470$ m.

Il risultato della taratura, vedi figura 7, evidenzia quanto segue:

- importante accumulo di sabbia a Nord del molo di sopraflutto del porto turistico, con avanzamento della linea di riva fino all’esterno ovest dello stesso, anche a seguito del corposo intervento di by-pass effettuato nell’anno 2017 che ha visto la mobilitazione di oltre 100.000 mc di sedimenti;
- tendenza erosiva nella zona subito sottoflutto al porto con un fenomeno erosivo continuo, anche se in esaurimento, che però ha direttamente interessato la strada SS18;
- Progressiva rotazione della direzione della spiaggia normalmente a quella dei fronti d’onda.

LITORALE DI AMANTEA (CS) - LOC. CAMPORA (PORTO)
CONFIGURAZIONE DI TARATURA DEL MODELLO GENESIS

- Inerodibile (in genere: infrastrutture, edifici, ecc...)
- Linea di riva 2019 (rilievo)
- Linea di riva 2013 (rilievo)

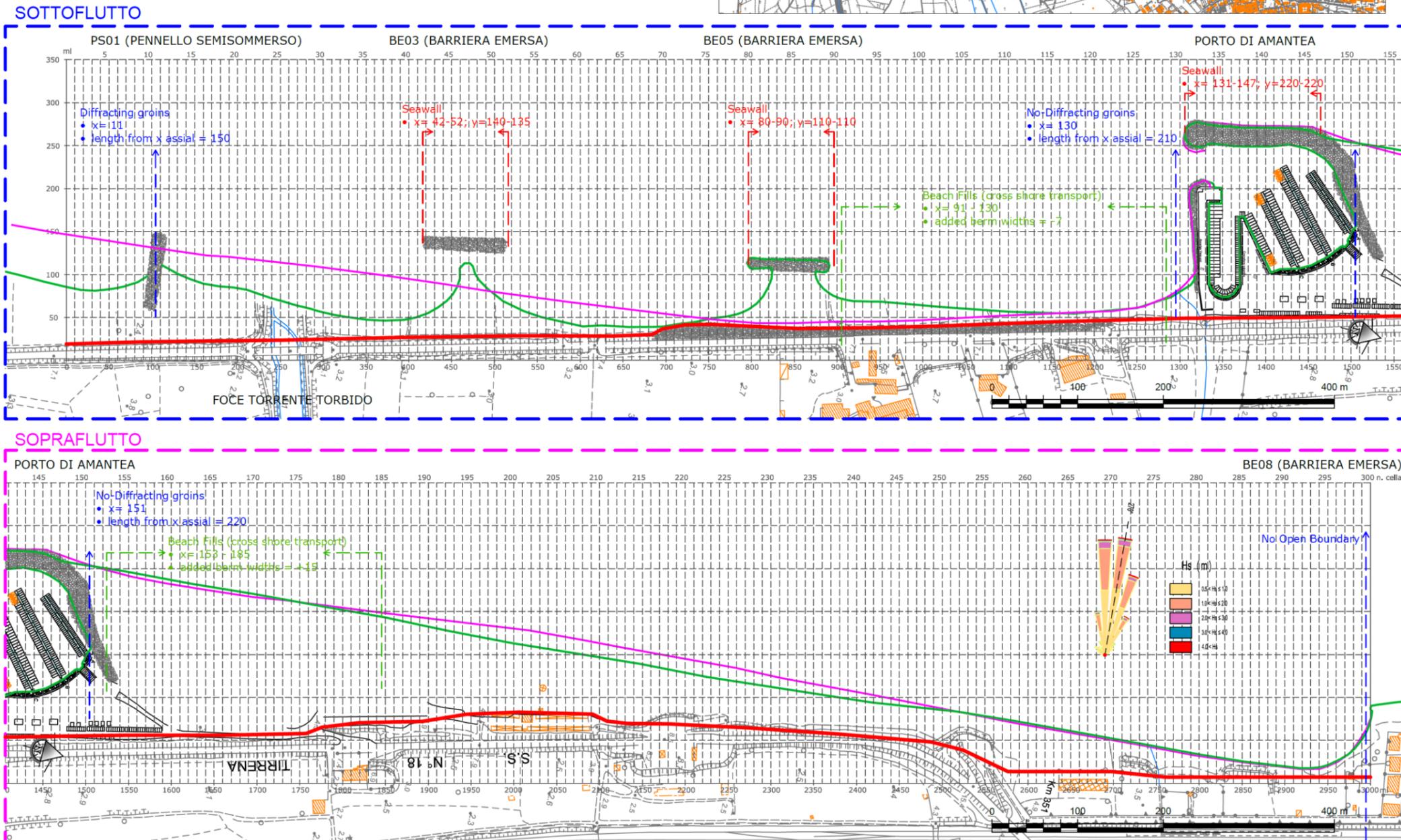
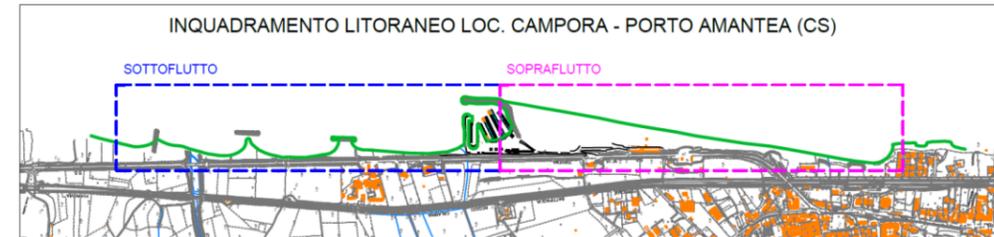


Figura 7: configurazione di taratura del modello GENESIS

3. SINTESI DEL CLIMA ONDOSO A LARFO E SOTTO COSTA

La corretta determinazione delle onde che investono un paraggio rappresenta una base fondamentale nella progettazione degli interventi di ingegneria marittima e nella conoscenza della dinamica evolutiva di un litorale. Ai fini di una successiva progettazione marittima, della modellazione della morfodinamica del litorale di Amantea, risulta essenziale la definizione di un clima meteomarinico medio sottocosta, in prossimità della zona dei frangenti, e di un clima meteomarinico estremo, per la caratterizzazione delle onde di progetto ai fini del dimensionamento delle opere a gettata.

Sulla base del clima meteomarinico al largo, vengono determinate le mareggiate che hanno investito il paraggio di Amantea e viene successivamente effettuata l'analisi degli eventi estremi di moto ondoso per differenti settori direzionali, ai fini della determinazione dell'onda di progetto a prefissato tempo di ritorno. Per i tempi di ritorno più significativi viene successivamente effettuata la propagazione delle onde di progetto fino a sottocosta, ai fini del dimensionamento delle opere previste per il litorale in esame.

Ai fini dell'analisi morfologica e morfodinamica del tratto litoraneo di Amantea, vengono calcolate le onde di modellazione sottocosta, i flussi energetici del moto ondoso al largo e sottocosta, la profondità di chiusura di spiaggia, e il massimo livello di risalita d'acqua sulla spiaggia, sulla base dall'analisi dei livelli marini mareali meteorologici e astronomici e del run-up indotto dal moto ondoso.

3.1 Determinazione dell'esposizione medio climatica del moto ondoso all'interno dell'area dei frangenti

Per poter effettuare l'analisi dell'esposizione del litorale in esame al moto ondoso, il regime ondometrico, al largo di Amantea (derivato dalle registrazioni della boa RON di Cetraro, vedi lo studio meteomarinico) è stato trasferito sottocosta.

3.2 *Clima ondometrico al largo*

L'applicazione del metodo della trasposizione geografica dei dati di moto ondoso (altezza, periodo e direzione) dalla boa ondometrica reale di Cetraro collocata nel punto di coordinate lat 39° 29' 28'' e long 15° 52' 16'' ad una distanza di circa 6 km dalla costa, alla boa virtuale posta al largo del paraggio di Amantea e del metodo per il calcolo delle direzioni del moto ondoso consente la determinazione del clima meteomarinico al largo, con riferimento agli eventi ricadenti nel settore di traversia. Esso rappresenta un settore angolare comprendente tutte le direzioni da cui si presumano possano provenire le agitazioni ondose determinate dai venti foranei. L'arco di circonferenza, centrato sul punto al largo di Amantea, comprendente tutte le direzioni da cui possono provenire i venti foranei nel paraggio in esame è stato ottenuto considerando le possibili direzioni di provenienza delle onde sulla base della particolare esposizione del sito. Per il paraggio in esame, il settore di traversia, sui cui spirano i venti che possono creare significative agitazioni ondose, è compreso tra 195°N e 345°N, per un'ampiezza angolare pari a 150°, non molto dissimile da quello di Cetraro.

In particolare, dall'analisi del clima meteomarinico al largo del paraggio di Amantea, derivante dalla trasposizione dei dati di Cetraro, emergono le seguenti caratteristiche:

- la percentuale degli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda inferiore a 0.25 m, definiti come calme, è pari al 22.76 % circa;
- gli eventi più frequenti provengono, per il 42.13 % del totale dei casi, dal settore angolare 255°-285°N e per il 66.65 % dei casi dal settore 240°-300°N;
- i moti ondosi più intensi, aventi $H_s > 2.5$ m, rappresentano l'1.4 % degli eventi totali, e provengono soprattutto da tre limitati settori angolari (250°-285°N, 285°-315°N e 315°-345°N);

- la trasposizione geografica fa sì che gli eventi ondosi al largo del paraggio in esame tendano a concentrarsi nel settore angolare orientato verso la normale al litorale, la cui direzione media risulta pari a 262°N.

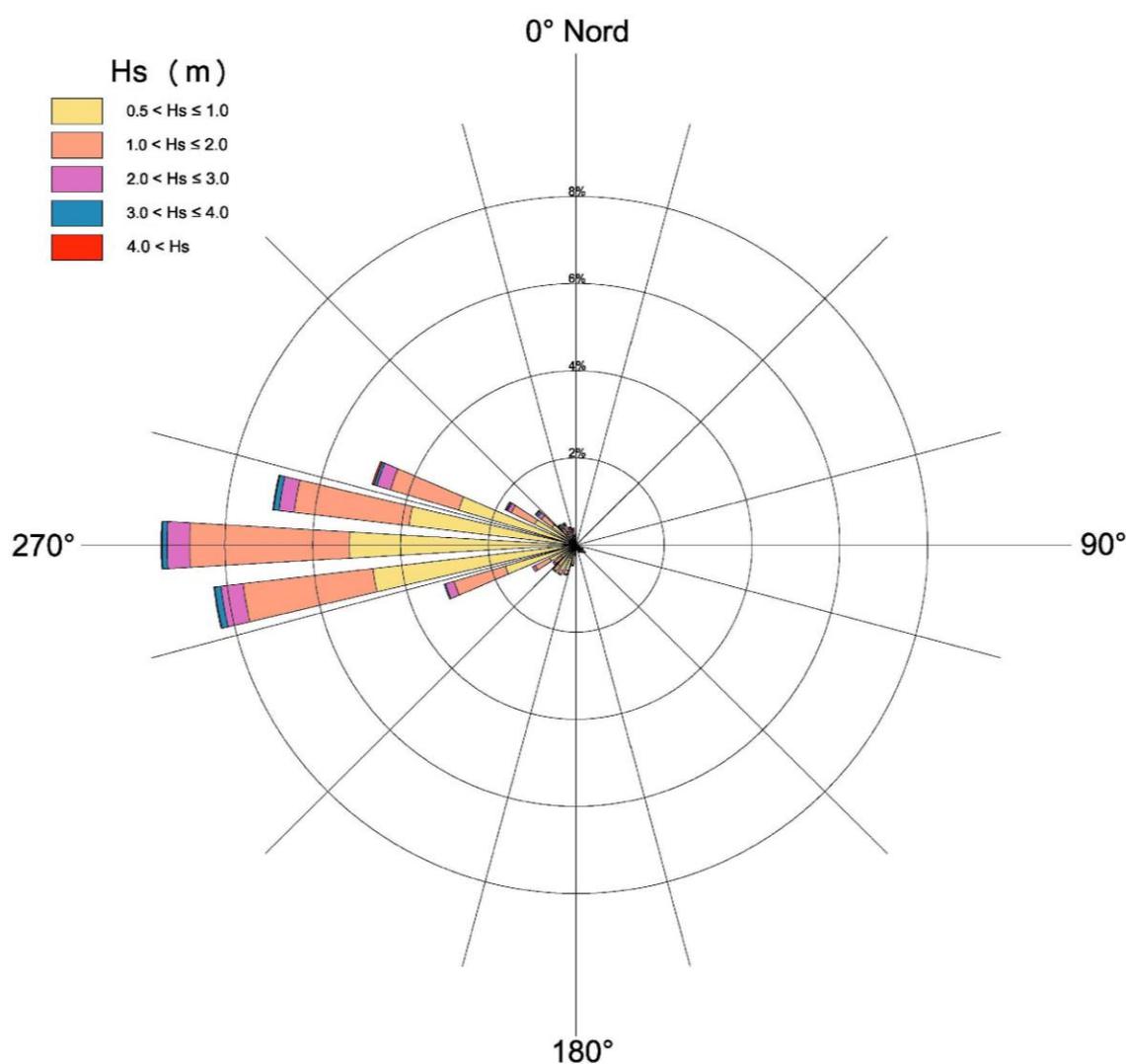


Figura 8: Clima ondometrico al largo di Amantea

3.3 Determinazione della profondità di chiusura

La profondità di chiusura di una spiaggia risulta la massima profondità del fondale in cui un'onda fa sentire i suoi effetti ai fini del trasporto solido litoraneo.

Il calcolo del suo valore può avvenire tramite la comparazione dei rilievi batimetrici delle medesime sezioni effettuate in anni diversi. In mancanza di queste informazioni, come nel caso dei paraggi in esame, si può usare una delle relazioni semiempiriche riconosciute in letteratura.

In particolare, per il paraggio di Amantea si è fatto riferimento alla relazione di Hellermeier, secondo cui:

$$h_c = 1.6H_{0,12}$$

dove:

h_c è la profondità di chiusura;

$H_{0,12}$ è l'altezza d'onda a largo che compare per 12 ore l'anno, nel settore di traversia considerato per il paraggio oggetto di studio.

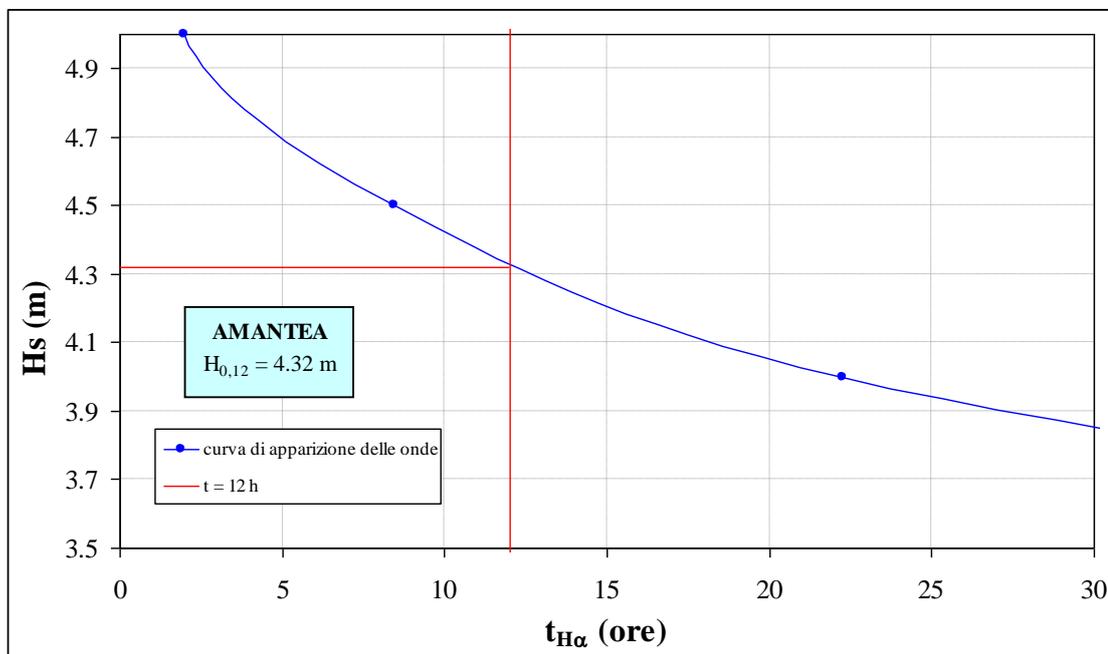


Figura 9: Particolare della curva di apparizione delle onde (paraggio di Amantea)

Dall'intersezione fra la curva di apparizione e la retta, si ricava $H_{0,12} = 4.32$ m (vedi Figura 49) e si determina, attraverso la succitata relazione di Hallermeier, il corrispondente valore della profondità di chiusura, $h_c = 6.91$ m.

3.4 Clima ondometrico sottocosta

Al fine di poter accuratamente caratterizzare l'esposizione medio climatica al moto ondoso all'interno dell'area dei frangenti, il regime ondometrico al largo è stato riportato sottocosta in un punto ubicato frontalmente al porto di Amantea e ricadente alla profondità di 20 m.

A tal fine è stato utilizzato il modello matematico bidimensionale di rifrazione diretta spettrale Swan (sviluppato dal Delft University of Technology), in quanto tale codice è in grado di tenere opportunamente conto dei principali fenomeni fisici presenti nel processo propagativo, rappresentati da:

- rifrazione e shoaling dovuti alle interazioni del moto ondoso con il fondale
- dissipazioni energetiche indotte dal frangimento;
- dissipazioni energetiche indotte dall'attrito sul fondo.

Dal punto di vista operativo, per poter trasferire il clima ondometrico registrato al largo per il punto a riva, sono stati simulati con il modello Swan complessivamente n spettri caratteristici di moto ondoso rappresentativi dei possibili stati di mare che possono verificarsi al largo di Amantea, utilizzando la metodologia descritta nello studio meteomarinò del presente progetto cui si rimanda per i dettagli.

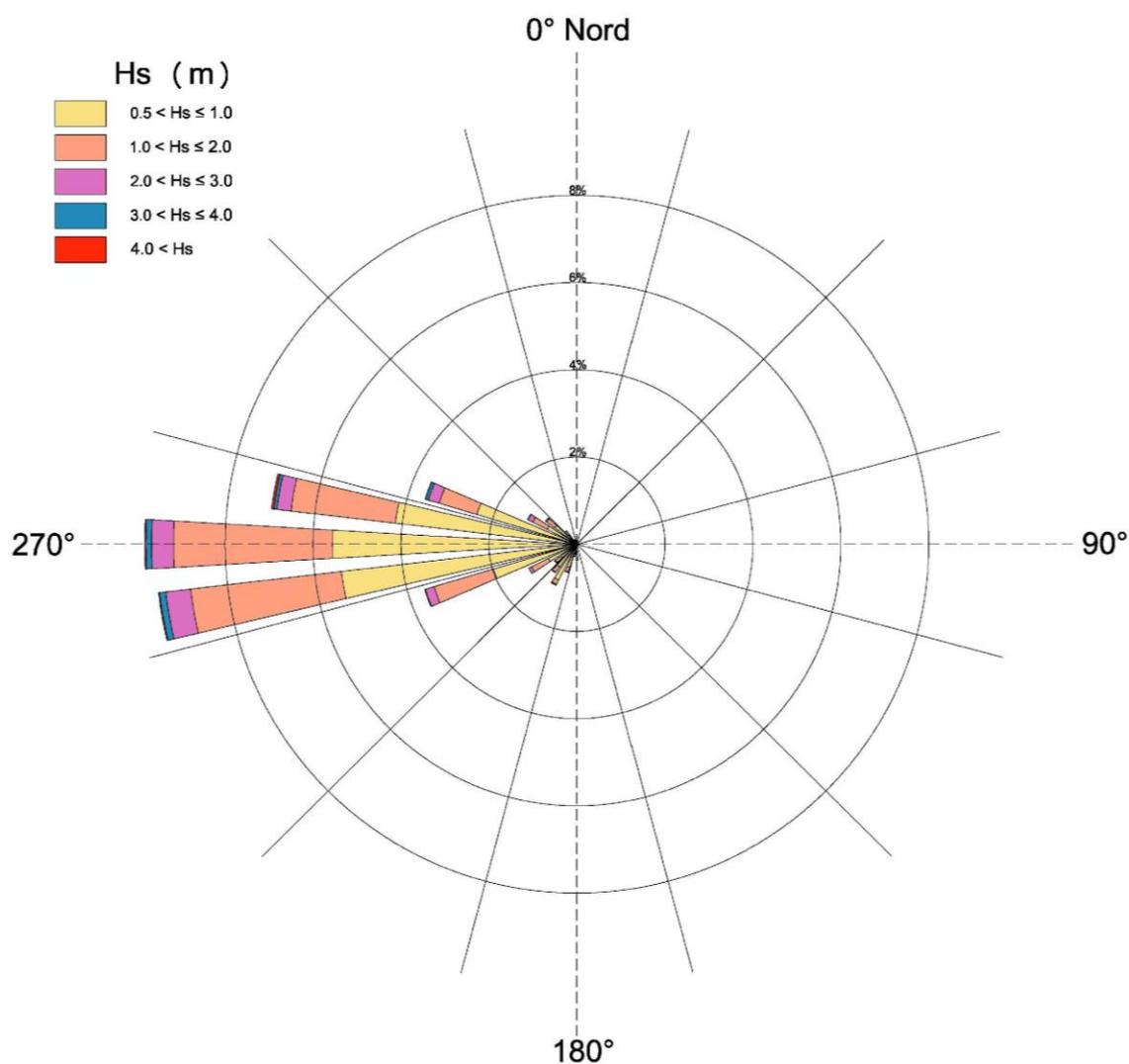


Figura 10: Esposizione medio climatica del litorale al moto ondoso sottocosta

Nella figura 11 è rappresentata l'esposizione medio climatica del litorale al moto ondoso sottocosta in un punto di fronte al porto alla profondità di 20 m, derivata dalla modellazione delle condizioni di largo riportate per il punto sottocosta.

3.5 Flusso energetico del moto ondoso sottocosta

La direzione risultante del flusso energetico del moto ondoso sottocosta lungo un litorale è utile per le considerazioni sul regime della dinamica litoranea. Infatti, la componente longitudinale del trasporto solido può essere correlata alla componente longitudinale del flusso di energia del moto ondoso al frangimento. Poiché il coefficiente di correlazione tra le due quantità risulta essere funzione di alcuni parametri che possono essere individuati solo sulla base della conoscenza storica dell'evoluzione planimetrica del litorale e delle caratteristiche dei sedimenti effettivamente presenti, quando ci si riferisce al solo flusso di energia del moto ondoso frangente, cioè in assenza degli elementi che consentono di calibrare la dipendenza funzionale tra le due quantità, si è soliti fare riferimento al trasporto solido potenziale.

In pratica, la conoscenza della componente longitudinale del flusso di energia del moto ondoso frangente implica la conoscenza del "motore" dei sedimenti (trasporto potenziale); l'effettivo trasporto solido ovviamente dipende sia dalla disponibilità dei sedimenti sia dalle caratteristiche che ne determinano la mobilità. Pertanto la conoscenza di una adeguata serie storica relativa alla componente longitudinale del flusso di energia delle onde al frangimento (trasporto potenziale) consente di determinare in modo accurato il verso del trasporto solido medio annuo, mentre fornisce solo una stima della sua effettiva quantità. Tuttavia tale stima risulta di fondamentale importanza in quanto consente di eseguire numerose considerazioni di interesse applicativo e gestionale.

A tal fine risulta preliminarmente necessario ricostruire il clima ondoso poco oltre la linea di frangenti lungo una serie di punti considerati rappresentativi del litorale in esame.

Per ciascun punto è così possibile determinare, per ogni stato di mare ricostruito, il flusso di energia P del moto ondoso per unità di fronte d'onda. Successivamente, per ogni direzione di provenienza, è possibile determinare il valore medio del flusso energetico del moto ondoso, P_{mj} , degli stati di mare ricadenti nel settore di traversia.

Nel calcolo, in genere, si escludono gli eventi caratterizzati da un'altezza significativa inferiore ai 50 cm, in quanto dal punto di vista energetico e quindi della capacità di

modellazione delle spiagge si possono ritenere trascurabili. In figura 5 è mostrato il diagramma polare del flusso energetico medio annuo sottocosta per Amantea.

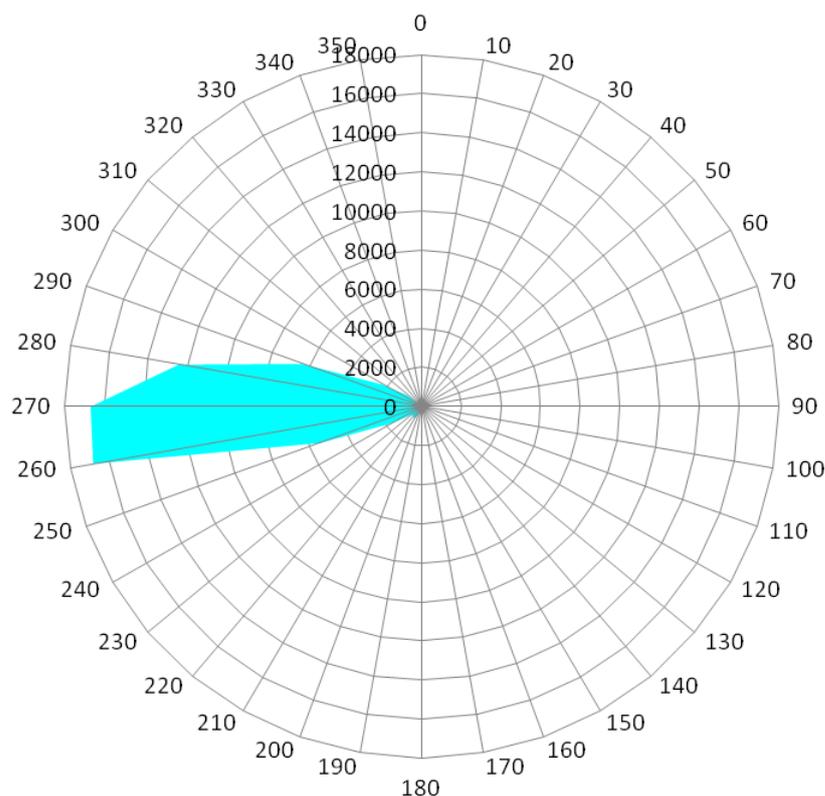


Figura 11: Flusso d'energia medio annuale sottocosta per il paraggio di Amantea

Con riferimento alla morfologia del litorale antistante il punto di calcolo del clima sottocosta per il paraggio in esame, viene riscontrato, dall'analisi della cartografia del luogo, un valore della direzione media del litorale pari a circa 172°N. Pertanto, l'angolo medio alla normale, ϑ_{norm} (°), del litorale rispetto al Nord Cartografico, risulta pari a 262°N.

Si considera, per convenzione, positivo il valore del flusso longshore diretto da Sud a Nord. La sua direzione, $\alpha_{\text{energia}} = 268.7^\circ\text{N}$, è coincidente con la risultante dei flussi energetici sottocosta caratterizzata dalla direzione dall'onda di modellazione annuale.

Pertanto, ne consegue un valore di α (angolo di inclinazione delle onde rispetto alla normale alla linea di costa), pari a:

$$\alpha = \alpha_{\text{energia}} - \alpha_{\text{norm}} = 6.7^\circ$$

I risultati mostrano un valore del flusso longshore medio annuo diretto da Nord verso Sud, negativo per convenzione è pari a:

$$Pls = 2.76 \text{ kW/m}$$

4. EVOLUZIONE DEL LITORALE

Al fine di valutare in modo oggettivo le possibili interferenze procurate nel medio e lungo periodo dagli interventi di progetto nei confronti dell'attuale dinamica evolutiva è stato l'utilizzato il modello numerico di spiaggia "GENESIS".

Lo studio viene concepito ai fini di valutare sia la situazione attuale del litorale sia quella futura nonché per la verifica di efficacia degli interventi di progetto.

Il modello adottato consente di valutare avanzamenti ed arretramenti della linea di riva nel corso degli anni indotti dal trasporto solido longitudinale a sua volta causato dal moto ondoso incidente.

4.1 Configurazioni di simulazione

La prima fase di applicazione del modello GENESIS ha avuto per obiettivo la taratura e calibrazione dello stesso.

La seconda fase di applicazione del modello GENESIS ha avuto per obiettivo la simulazione numerica dell'evoluzione futura della linea di riva in uno scenario di previsione a 2 e 5 anni.

A tal fine sono state considerate due configurazioni di modellazione, la prima relativa allo stato attuale e la seconda relativa allo stato di progetto, come segue:

- Configurazione "A": evoluzione libera del litorale;
- Configurazione "B": evoluzione del litorale in ipotesi di progetto.

Nel complesso per le simulazioni numeriche sono stati considerati i seguenti scenari:

- Scenario "A.1": evoluzione libera al 2022
- Scenario "A.2": evoluzione libera al 2025
- Scenario "B.1": evoluzione al 2022 in ipotesi di realizzazione del progetto
- Scenario "B.2": evoluzione al 2022 in ipotesi di realizzazione del progetto

Nel seguito vengono illustrati nel dettaglio i risultati delle simulazioni degli scenari sopra riportati, condotte con il modello numerico GENESIS.

4.2 Descrizione del progetto

Il Porto di Amantea è da sempre stata un’infrastruttura delicata e complessa, con molte criticità, dal punto di vista strutturale, funzionale ed impiantistico. È stato fondamentale analizzare attentamente le principali criticità per selezionare i miglioramenti strategici che possano portare ad un reale sviluppo dell’infrastruttura portuale, anche in termini di servizi e fruibilità.

Gli interventi di progetto adottati sono i seguenti:

Intervento		Descrizione	Finalità
A	<i>Messa in sicurezza dell’imboccatura portuale</i>	Prolungamento della diga foranea (molo sopraflutto)	Rendere più sicure le condizioni d’ingresso dei natanti nel porto
B	<i>By-pass delle sabbie</i>	By-pass delle sabbie da Nord a Sud dell’area portuale	Limitare l’insabbiamento della diga foranea e garantire il ripascimento della spiaggia a sud del Porto
C	<i>Gestione dei sedimenti accumulati a monte del Porto</i>	Realizzazione di un pennello di raccolta dei sedimenti alla radice alla diga foranea	Intercettare i sedimenti a monte del porto per ridurre insabbiamento dell’imboccatura ed avviarli al by-pass
D	<i>Viabilità di collegamento ultimo miglio</i>	Realizzazione dello svincolo d’ingresso dalla SS18 al Porto	Facilitare l’ingresso all’area portuale dalla SS18
E	<i>Miglioramento impianti</i>	Realizzazione sistema di raccolta e trattamento acque superficiali del Porto	Sistemare la raccolta, il trattamento e lo scarico a mare delle acque superficiali
F	<i>Sistemazione del piazzale portuale</i>	Realizzazione di una nuova pavimentazione del piazzale portuale	Migliorare la funzionalità del piazzale d’ingresso al Porto, dell’area parcheggi e servizi
G	<i>Dragaggio portuale</i>	Dragaggio delle aree interne portuali per riportarle ai fondali necessari all’esercizio	Permettere l’ingresso in sicurezza dei natanti e l’operatività di tutte le banchine

Tabella 2: Descrizione delle opere di progetto

Gli interventi di progetto sono finalizzati ad un miglioramento infrastrutturale generale del porto di Amantea. Non tutti riguardano opere marittime che interferiscono con il trasporto solido litoraneo quindi con la morfodinamica costiera.

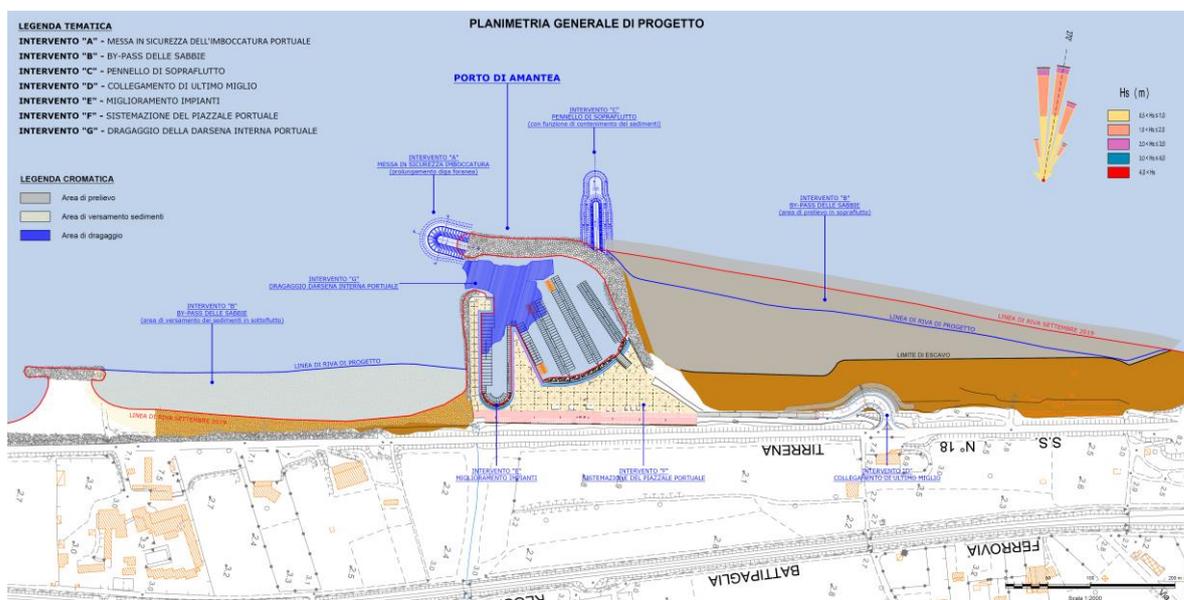


Figura 12: Planimetria di Progetto

Saranno oggetto di verifica su modello GENESIS esclusivamente gli interventi A-B-C in quanto la loro funzionalità idraulica è strettamente connessa alla morfologia litoranea.

4.3 Configurazione "A": evoluzione libera del litorale a 2 e 5 anni

L'evoluzione futura della linea di riva è un'operazione che viene condotta sulla base dei risultati della taratura.

L'evoluzione, quindi, permette di prevedere l'andamento futuro della linea di riva, in un orizzonte temporale comparabile con quello adottato per la taratura.

Nel caso specifico sarà effettuata a 2 e 5 anni in ipotesi di evoluzione libera del litorale, ovvero in assenza di realizzazione di alcun intervento che possa modificare l'assetto morfodinamico del tratto di costa.

Le linee di riva simulate dal modello matematico per gli anni 2022 e 2025 (figura 13) descrivono, in generale, l’equilibrio della spiaggia di sottoflutto ed avanzamento di quella di sottoflutto rispetto al porto turistico di Amantea.

L’analisi dettagliata del comportamento della linea di riva registrata dal modello può essere meglio descritta separando il contesto nord da quello sud rispetto all’infrastruttura portuale.

Evoluzione libera del litorale a 2 e 5 anni – spiaggia di sottoflutto portuale (sud)

Il tratto oggetto di studio, che si estende per circa 1500 metri a sud del porto di Amantea è caratterizzato dalla presenza di tre importanti opere marittime di protezione della costa di recente realizzazione (2017), due scogliere emerse del tipo “headless breakwaters” ed un pennello semisommerso di chiusura.

L’intervento di costruzione delle suddette opere rigide è stato realizzato circa tre anni fa e con esso è stato effettuato un ripascimento di circa 100.000 mc con prelievo di sabbia sul sopraflutto portuale.

Il modello GENESIS registra un trasporto solido longitudinale da nord verso sud ed un andamento della linea di costa pressoché simile a due e cinque anni evidenziando, per altro, l’equilibrio della spiaggia stessa. L’analisi è descrittiva di un tratto di costa protetto da un sistema chiuso di opere rigide che non consente perdite di materiale sabbioso se non di ridotte quantità. Il modello registra esclusivamente movimenti di sabbia all’interno del sistema di opere con leggeri effetti di bordo determinati da andamenti stagionali della risultante energetica del moto ondoso.

Si registra :

- un leggero accumulo di sedimenti a ridosso del pennello PS01 con avanzamento della linea di costa di circa 10/12 metri;
- un avanzamento di circa 5 metri nella parte concava di costa tra il pennello PS01 e la barriera emersa BE03;
- condizioni di equilibrio tra le due barriere emerse BE03 e BE05;
- un leggero arretramento della linea di costa immediatamente a valle del molo di sottoflutto portuale.

In generale è possibile affermare che il tratto di costa che si estende per circa 1500 metri a sud del porto di Amantea, in ipotesi di evoluzione libera, senza realizzazione di alcun intervento, sarà nei prossimi 5 anni in condizioni di equilibrio.

Evoluzione libera del litorale a 2 e 5 anni – spiaggia di sopraflutto portuale (nord)

Il tratto oggetto di studio, che si estende per circa 1500 metri a nord del porto di Amantea non è caratterizzato da qualsivoglia opera rigida che possa alterare o modificare il trasporto solido longitudinale. E' da segnalare l'avvenuto prelievo di materiale sabbioso per una quantità di circa 100.000 mc utilizzata nell'anno 2017 per il ripascimento della spiaggia di sottoflutto.

Il modello GENESIS registra un trasporto solido longitudinale da nord verso sud ed un andamento della linea di costa in avanzamento. In particolare la presenza del porto turistico di Amantea è punto di inerodibilità del itorale e dunque un “punto fisso” di accumulo di sedimenti.

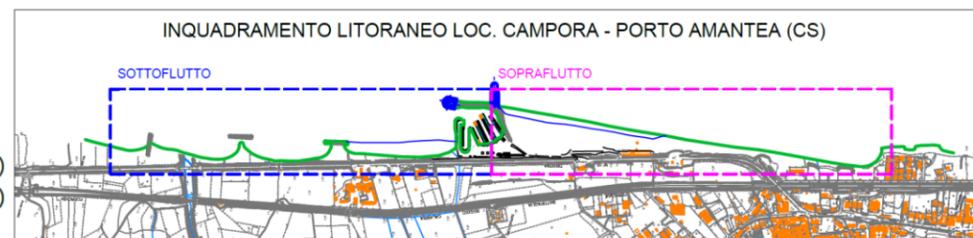
La linea di costa prevista a due e cinque anni è descrittiva di un generale stato di salute del tratto di costa, in particolare si registra un avanzamento medio di circa 7-10 metri nel immediato sopraflutto portuale, per circa 500 metri, da esso. Si registrano condizioni di equilibrio e stabilità nei successivi 100 metri ove la linea di costa, al netto di alcune leggere variazione, resta pressoché stabile.

Si evidenzia per altro che il tratto di costa oggetto di studio è stato circa 3 anni fa privato di circa 100.000 mc di sabbia che, a distanza di soli tre anni, sembra aver completamente recuperato a testimonianza di un rateo anno di trasporto solido litoraneo di almeno 30.000 mc.

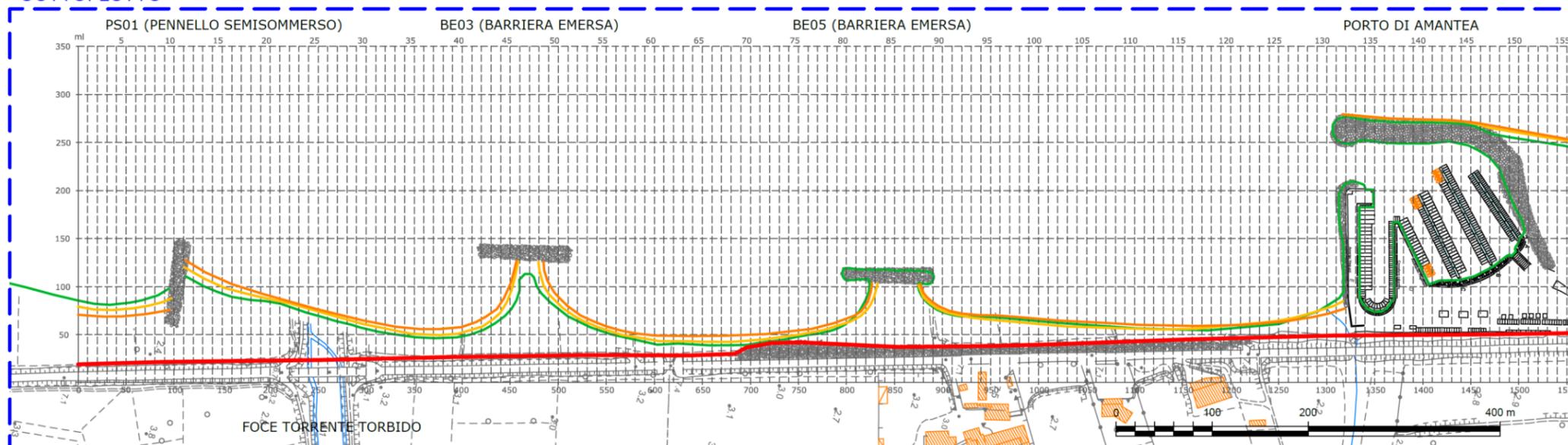
In generale è possibile affermare che il tratto di costa che si estende per circa 1500 metri a nord del porto di Amantea, in ipotesi di evoluzione libera, senza realizzazione di alcun intervento, è in salute.

LITORALE DI AMANTEA (CS) - LOC. CAMPORA (PORTO)
CONFIGURAZIONE "A" - EVOLUZIONE LIBERA DEL LITORALE A 2 E 5 ANNI

- Inerodibile (in genere: infrastrutture, edifici, ecc...)
- Linea di riva 2019 (rilievo)
- Scenario A.1 - Evoluzione libera simulata dal modello per l'anno 2022 (no interventi)
- Scenario A.2 - Evoluzione libera simulata dal modello per l'anno 2025 (no interventi)



SOTTOFLUTTO



SOPRAFLUTTO

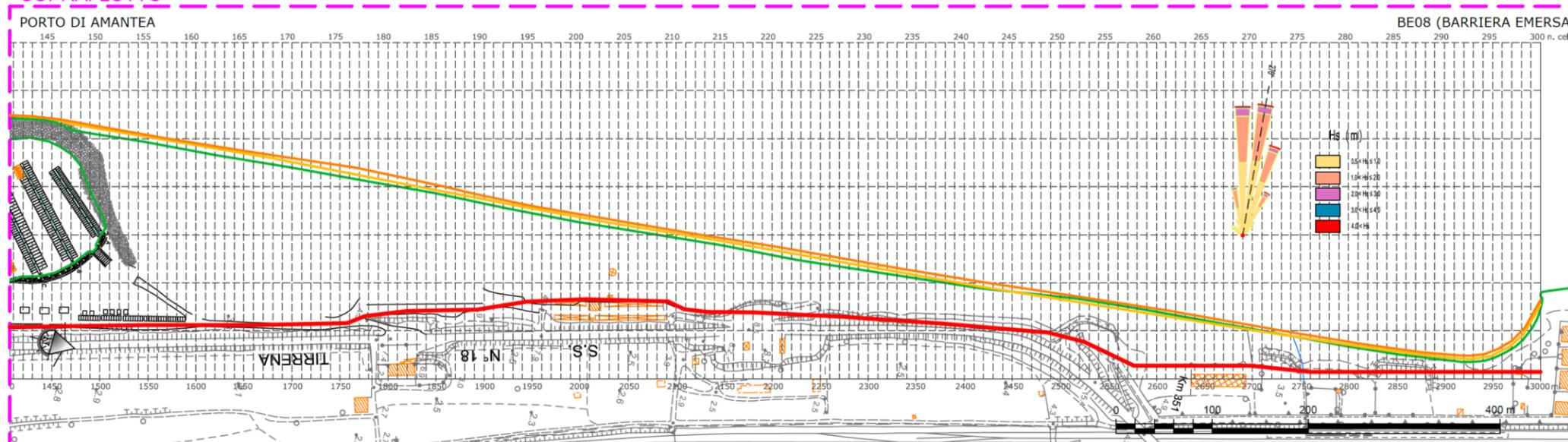


Figura 13: evoluzione libera del litorale – Configurazione "A"

4.3 Configurazione "B": evoluzione del litorale in ipotesi di progetto a 2 e 5 anni

L'evoluzione futura della linea di riva è un'operazione che viene condotta sulla base dei risultati della taratura.

L'evoluzione, quindi, permette di prevedere l'andamento futuro della linea di riva, in un orizzonte temporale comparabile con quello adottato per la taratura.

Nel caso specifico sarà effettuata a 2 e 5 anni in ipotesi realizzazione dell'intervento di progetto che prevede:

- INTERVENTO A: Messa in sicurezza dell'imboccatura portuale attraverso il prolungamento della diga foranea (molo sopraflutto);
- INTERVENTO B: By-pass delle sabbie da Nord a Sud dell'area portuale;
- INTERVENTO C: Realizzazione di un pennello di raccolta dei sedimenti alla radice alla diga foranea per la gestione dei sedimenti accumulati a monte del Porto.

Le linee di riva simulate dal modello matematico per gli anni 2022 e 2025 (figura 14) descrivono, in generale, un ottima risposta in termini di stabilità e resistenza del tratto di costa in sottoflutto ed un discreto recupero dei sedimenti prelevati nel sopraflutto a fronte del by-pass della sabbia.

L'analisi dettagliata del comportamento della linea di riva registrata dal modello può essere meglio descritta separando il contesto nord da quello sud rispetto all'infrastruttura portuale.

Evoluzione del litorale in ipotesi di progetto a 2 e 5 anni –sottoflutto portuale (sud)

Il tratto oggetto di studio, che si estende per circa 1500 metri a sud del porto di Amantea è caratterizzato dalla presenza di tre importanti opere marittime di protezione della costa di recente realizzazione (2017), due scogliere emerse del tipo "headless breakwaters" ed un pennello semisommerso di chiusura a costituire una sorta di sistema diuso per il contenimento dei sedimenti.

L'intervento di costruzione delle suddette opere rigide è stato realizzato circa tre anni fa e con esso è stato effettuato un ripascimento di circa 100.000 mc con prelievo di sabbia sul sopraflutto portuale.

L'unico intervento di progetto che modifica la morfodinamica costiera della spiaggia di sottoflutto portuale è l'intervento "B" che prevede il by-pass con versamento di circa 110.000 mc di sabbia proveniente dal sopraflutto.

Il presente intervento replica quello già eseguito nel 2017 con buoni risultati di protezione della costa e di riequilibrio litoraneo tra sopraflutto e sottoflutto.

Il modello GENESIS registra un trasporto solido longitudinale da nord verso sud ed un andamento della linea di costa pressoché simile a due e cinque anni evidenziando una generale tendenza all'avanzamento del tratto di spiaggia. In particolare il modello evidenzia, già a due anni ma soprattutto a cinque anni dall'esecuzione dell'intervento di progetto che il materiale, circa 110.000 mc di sabbia, versato tra la barriera emersa BE05 ed il molo di sottoflutto portuale, venga progressivamente distribuito all'interno del sistema di opere rigide esistenti. Ciò determina un netto avanzamento del tratto di costa investigato con aumenti dell'ampiezza di spiaggia che di 15-18 metri a ridosso delle opere rigide, più in particolare:

- Si evidenzia un avanzamento della costa di circa 25-28 metri a ridosso del pennello semisommerso PS01 a conferma del fatto che il sistema chiuso di opere rigide di recente costruzione sia un'opera deputata al contenimento di sedimenti. In particolare il modello registra discrete perdite di sedimento verso Sud che avvengono attraverso l'opera PS01 con beneficio del tratto di spiaggia vallivo;
- Tra la barriera emersa BE03 e BE05 si registra un sensibile avanzamento della costa con ampiezze di spiaggia anche di 15 metri;
- Il tratto di costa tra la barriera emersa BE05 ed il radicamento di sottoflutto del porto di Amantea coincide con il sito di versamento del materiale sabbioso di by-pass per un volume di circa 110.000 mc. Assunta come ipotesi di partenza della simulazione con GENEIS l'avvenuta esecuzione del versamento di sabbia, il modello registra per questo tratto un evidente arretramento della costa. Tale aspetto non deve preoccupare e la motivazione è del tutto naturale, ossia il materiale versato, per effetto del trasporto solito longitudinale che va da nord verso sud, viene veicolato dalle correnti verso la zona valliva dove, come sopra evidenziato, resta intrappolato a beneficio delle spiagge di sottoflutto.

In generale è possibile affermare che il tratto di costa che si estende per circa 1500 metri a sud del porto di Amantea, in ipotesi di progetto, sarà nei prossimi 5 anni soggetto ad un netto miglioramento delle condizioni di sicurezza. Il litorale beneficerà di un sensibile avanzamento della costa rispetto alla condizione attuale.

Evoluzione libera del litorale a 2 e 5 anni – spiaggia di sopraflutto portuale (nord)

Il tratto oggetto di studio, che si estende per circa 1500 metri a nord del porto di Amantea non è caratterizzato da qualsivoglia opera rigida che possa alterare o modificare il trasporto solido longitudinale. E' da segnalare l'avvenuto prelievo di materiale sabbioso per una quantità di circa 100.000 mc utilizzata nell'anno 2017 per il ripascimento della spiaggia di sottoflutto.

L'obiettivo principale di progetto è quello di rallentare il processo di insabbiamento dell'imboccatura portuale intervenendo direttamente sulla causa. L'obiettivo indiretto è quello di evitare azioni puntuali di svuotamento stagionale dell'imboccatura, così come eseguiti negli ultimi 10 anni, la cui finalità non è idraulicamente funzionale al riassetto costiero ma è esclusivamente funzionale alla sola fruibilità della darsena.

Il presente intervento replica il by-pass delle sabbie da sopraflutto a sottoflutto, già eseguito nel 2017, e prevede la realizzazione di un pennello di raccolta dei sedimenti alla radice alla diga foranea per la gestione dei sedimenti accumulati a monte del Porto ed il prolungamento della diga foranea.

La problematica di insabbiamento dell'imboccatura portuale deriva dalle caratteristiche idrauliche del sopraflutto e della spiaggia di nord, è quindi intervenendo su di essa che si potrà raggiungere un riequilibrio costiero e risolvere quasi definitivamente il limite di fruibilità della darsena portuale.

In particolare la sabbia che stagionalmente chiude l'imboccatura portuale è quella proveniente dalla spiaggia di sopraflutto che, libera di scorrere lungo la diga foranea, ormai satura di sabbia, raggiunge l'imboccatura portuale ove trova una zona di calma che ne favorisce la sedimentazione ed il deposito.

L'intento di progetto è quello di intervenire sulla dinamica litoraneo al fine di rallentare e ritardare il processo di trasporto solido che avviene lungo la diga foranea rallentando, di conseguenza, l'insabbiamento dell'ingresso al porto.

Per far ciò ci vuole:

- svuotare la spiaggia di sopraflutto tornando ad una condizione teorica di circa 3 anni addietro. Considerato il rateo annuo del trasporto solido litoraneo di circa 30.000/35.000 mc svuotare il sopraflutto di una quantità pari a circa 110.000 mc di sabbia corrispondere a "riavvolgere il nastro" di circa tre anni in dietro nel tempo in termini di dinamica litoranea;
- costruire un pennello contenitore di sedimenti in corrispondenza del molo di sopraflutto del porto. L'obiettivo è quello di avanzare verso ovest il punto fisso di inerodibilità del litorale di circa 50/60 metri rispetto a quello attuale. Così facendo la capacità di contenimento della sabbia nel sopraflutto sarà maggiore e ciò corrisponde a ridurre il movimento di sedimenti lungo la diga foranea del porto.

Il pennello di progetto è dimensionato in modo tale da non arrestare completamente il trasporto solido. La berma di sommità è infatti a quota di +2,00 m.l.m.m. (durante i marosi il pennello sarà scavalcato dai sedimenti) – l'impronta della testata è posata all'inizio della barra sommersa senza intralciare quindi quello che rappresenta il tappeto lungo il quale scorrono i sedimenti costieri. Questo è un limite rispetto agli obiettivi di progetto ma rappresenta, d'altro canto, un vantaggio per le spiagge vallive che ricevono alimentazione durante le mareggiate di tempesta.

Il risultato atteso dalla presenza del pennello di progetto è quindi quello di aumentare la capacità di raccolta dei sedimenti nella spiaggia di sopraflutto ed un rallentamento del processo di insabbiamento dell'imboccatura portuale;

- prolungare la diga foranea per una doppia ragione, allontanare dall'imboccatura portuale il più possibile i sedimenti di frazione più fina che provengono dalla spiaggia di sopraflutto durante i marosi e generare una area di calma che faciliti l'ingresso nel porto alle imbarcazioni in condizioni di emergenza.

Considerato come inizio delle simulazioni l'istante di tempo immediatamente successivo all'esecuzione dei lavori il modello GENESIS registra un ottimo comportamento del litorale di sopraflutto, soprattutto a seguito del prelievo di circa 110.000 mc di sabbia.

Preso come riferimento iniziale la linea di riva di progetto, il modello registra un avanzamento della stessa, nella zona immediatamente adiacente al pennello di nuova costruzione, di circa 20 metri in due anni e di circa 45 metri in cinque anni. Dopo cinque anni la linea di riva attesa ha ampiamente superato la linea di riva attuale.

Tale trend evolutivo si mantiene costante per 350/400 metri dal sopraflutto portuale oltre i quali l'andamento della costa tende ad allinearsi alla linea di riva dello stato attuale (rilievo 2019) a denotare che gli effetti morfodinamici indotti dalla presenza delle opere di progetto si estinguono in tale intervallo di spazio.

Il tratto di costa ancora a nord (dalla cella n°215 in poi fino alla cella n°260), a soli anni dalla realizzazione degli interventi, recupera il riequilibrio costiero ed assorbe gli effetti indotti dal prelievo di sedimenti. A cinque anni dall'intervento si ottiene un avanzamento medio, per il tratto, di circa 7/10 metri nel tratto investigato.

Il tratto di costa più estremo rispetto al dominio di calcolo è caratterizzato da un equilibrio costiero rimarcato da un leggero avanzamento della costa a denotare che gli effetti del by-pass di progetto non hanno effetti morfodinamici in tale zona. Il leggero avanzamento della costa è probabilmente legato alla realizzazione del pennello di sopraflutto che determina una traslazione generale della linea di riva verso ovest.

In generale è possibile affermare che il tratto di costa che si estende per circa 1500 metri a nord del porto di Amantea, in ipotesi di progetto, senza realizzazione di alcun intervento, è assolutamente compatibile con le ipotesi di progetto. Il risultato atteso è un rallentamento del processo di insabbiamento dell'imboccatura portuale. L'arretramento della spiaggia di sopraflutto, per effetto del prelievo di sedimenti, sarà riassorbito nel termine di circa tre anni oltre i quali la linea di riva registrata dal modello supererà la linea di riva attuale (rilievo 2019) conferendo all'arenile una maggiore ampiezza di spiaggia.

Dall'interpretazione del modello si registra quindi una riduzione dell'insabbiamento della imboccatura portuale ma non la risoluzione definitiva al problema che non esiste. È importante specificare che il presente progetto è un miglioramento infrastrutturale del sistema portuale e che la nuova configurazione morfodinamica della costa non dovrà prescindere da periodici interventi di by-pass delle sabbie, secondo le presenti specifiche, finalizzati al mantenimento nel tempo dell'obiettivo di progetto.

LITORALE DI AMANTEA (CS) - LOC. CAMPORA (PORTO)
CONFIGURAZIONE "B" - EVOLUZIONE LITORALE IN IPOTESI DI PROGETTO

- Inerodibile (in genere: infrastrutture, edifici, ecc...)
- Linea di riva 2019 (rilievo)
- Scenario A.1 - Evoluzione libera simulata dal modello per l'anno 2022 (no interventi)
- Scenario A.2 - Evoluzione libera simulata dal modello per l'anno 2025 (no interventi)
- Scenario B.1 - Evoluzione libera simulata dal modello per l'anno 2022 (no interventi)
- Scenario B.2 - Evoluzione libera simulata dal modello per l'anno 2025 (no interventi)

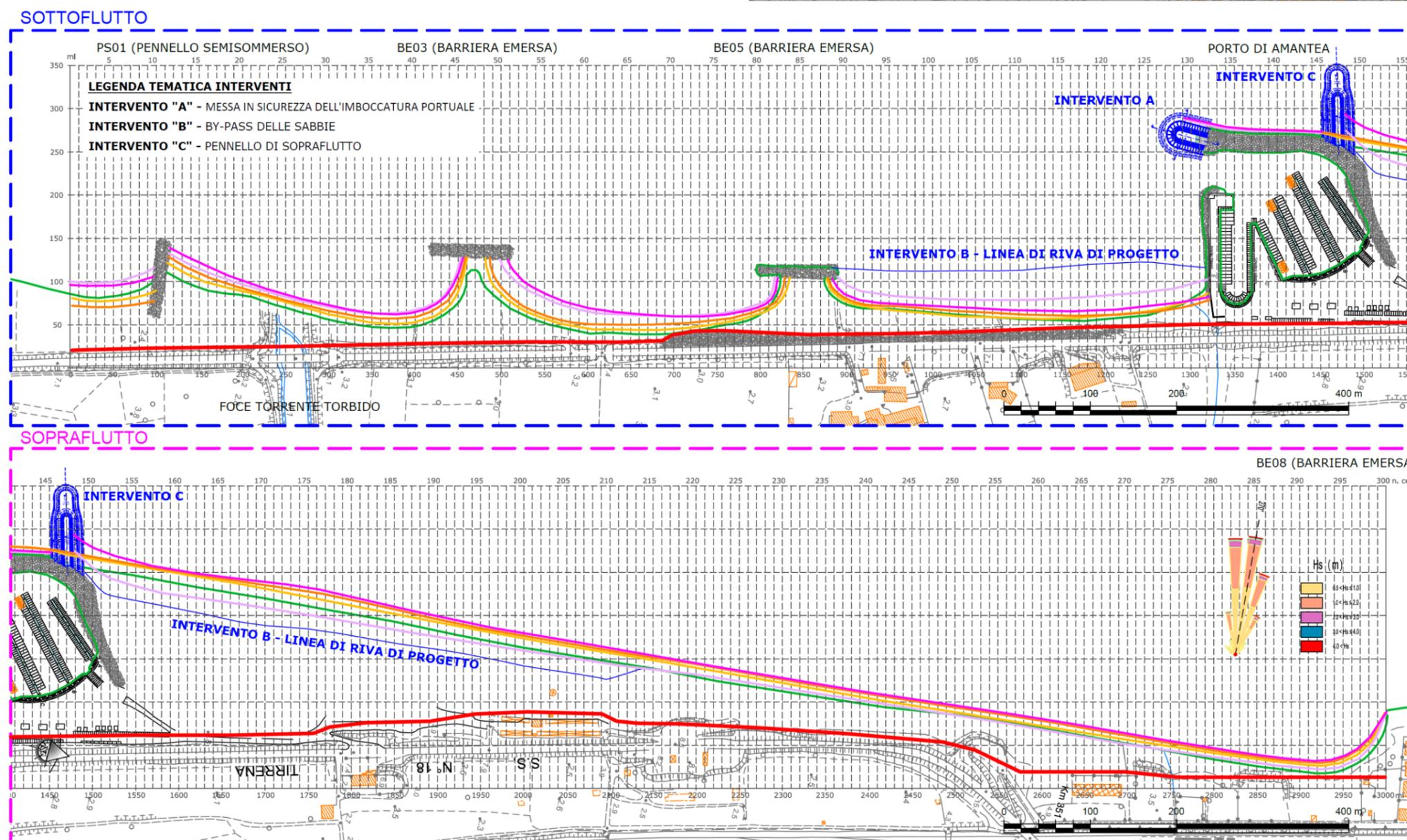
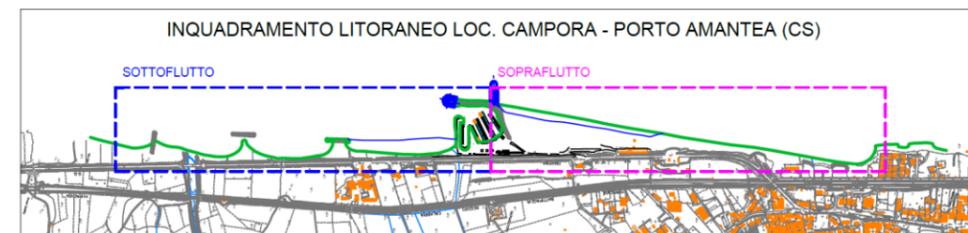


Figura 14: evoluzione del litorale in ipotesi di progetto – Configurazione "B"

8 CONCLUSIONI

Le linee di riva simulate dal modello matematico per gli anni 2022 e 2025 (figura 14) descrivono, in generale, un ottima risposta in termini di stabilità e resistenza del tratto di costa in sottoflutto ed un discreto recupero dei sedimenti prelevati nel sopraflutto a fronte del by-pass della sabbia.

L'analisi dettagliata del comportamento della linea di riva registrata dal modello può essere meglio descritta separando il contesto nord da quello sud rispetto all'infrastruttura portuale.

Evoluzione del litorale in ipotesi di progetto a 2 e 5 anni –sottoflutto portuale (sud)

Il modello GENESIS registra un trasporto solido longitudinale da nord verso sud ed un andamento della linea di costa pressoché simile a due e cinque anni evidenziando una generale tendenza all'avanzamento del tratto di spiaggia. In particolare il modello evidenzia, già a due anni ma soprattutto a cinque anni dall'esecuzione dell'intervento di progetto che il materiale, circa 110.000 mc di sabbia, versato tra la barriera emersa BE05 ed il molo di sottoflutto portuale, venga progressivamente distribuito all'interno del sistema di opere rigide esistenti. Ciò determina un netto avanzamento del tratto di costa investigato con aumenti dell'ampiezza di spiaggia che di 15-18 metri a ridosso delle opere rigide, più in particolare:

- Si evidenzia un avanzamento della costa di circa 25-28 metri a ridosso del pennello semisommerso PS01 a conferma del fatto che il sistema chiuso di opere rigide di recente costruzione sia un'opera deputata al contenimento di sedimenti. In particolare il modello registra discrete perdite di sedimento verso Sud che avvengono attraverso l'opera PS01 con beneficio del tratto di spiaggia vallivo;
- Tra la barriera emersa BE03 e BE05 si registra un sensibile avanzamento della costa con ampiezze di spiaggia anche di 15 metri;
- Il tratto di costa tra la barriera emersa BE05 ed il radicamento di sottoflutto del porto di Amantea coincide con il sito di versamento del materiale sabbioso di by-pass per un volume di circa 110.000 mc. Assunta come ipotesi di partenza della simulazione con GENEIS l'avvenuta esecuzione del versamento di sabbia, il modello registra per questo tratto un evidente arretramento della costa. Tale aspetto

non deve preoccupare e la motivazione è del tutto natura, ossia il materiale versato, per effetto del trasporto solito longitudinale che va da nord verso sud, viene veicolato dalle correnti verso la zona valliva dove, come sopra evidenziato, resta intrappolato a beneficio delle spiagge di sottoflutto.

In generale è possibile affermare che il tratto di costa che si estende per circa 1500 metri a sud del porto di Amantea, in ipotesi di progetto, sarà nei prossimi 5 anni soggetto ad un netto miglioramento delle condizioni di sicurezza. Il litorale beneficerà di un sensibile avanzamento della costa rispetto alla condizione attuale.

Evoluzione libera del litorale a 2 e 5 anni – spiaggia di sopraflutto portuale (nord)

L'obiettivo principale di progetto è quello di rallentare il processo di insabbiamento dell'imboccatura portuale intervenendo direttamente sulla causa. L'obiettivo indiretto è quello di evitare azioni puntuali di svuotamento stagionale dell'imboccatura, così come eseguiti negli ultimi 10 anni, la cui finalità non è idraulicamente funzionale al riassetto costiero ma è esclusivamente funzionale alla sola fruibilità della darsena.

Il presente intervento replica il by-pass delle sabbie da sopraflutto a sottoflutto, già eseguito nel 2017, e prevede la realizzazione di un pennello di raccolta dei sedimenti alla radice alla diga foranea per la gestione dei sedimenti accumulati a monte del Porto ed il prolungamento della diga foranea.

La problematica di insabbiamento dell'imboccatura portuale deriva dalle caratteristiche idrauliche del sopraflutto e della spiaggia di nord, è quindi intervenendo su di essa che si potrà raggiungere un riequilibrio costiero e risolvere quasi definitivamente il limite di fruibilità della darsena portuale.

In particolare la sabbia che stagionalmente chiude l'imboccatura portuale è quella proveniente dalla spiaggia di sopraflutto che, libera di scorrere lungo la diga foranea, ormai satura di sabbia, raggiunge l'imboccatura portuale ove trova una zona di calma che ne favorisce la sedimentazione ed il deposito.

L'intento di progetto è quello di intervenire sulla dinamica litoraneo al fine di rallentare e ritardare il processo di trasporto solido che avviene lungo la diga foranea rallentando, di conseguenza, l'insabbiamento dell'ingresso al porto.

Per far ciò ci vuole:

- svuotare la spiaggia di sopraflutto tornando ad una condizione teorica di circa 3 anni addietro. Considerato il rateo annuo del trasporto solido litoraneo di circa 30.000/35.000 mc svuotare il sopraflutto di una quantità pari a circa 110.000 mc di sabbia corrispondere a "riavvolgere il nastro" di circa tre anni in dietro nel tempo in termini di dinamica litoranea;
- costruire un pennello contenitore di sedimenti in corrispondenza del molo di sopraflutto del porto. L'obiettivo è quello di avanzare verso ovest il punto fisso di inerodibilità del litorale di circa 50/60 metri rispetto a quello attuale. Così facendo la capacità di contenimento della sabbia nel sopraflutto sarà maggiore e ciò corrisponde a ridurre il movimento di sedimenti lungo la diga foranea del porto.
Il pennello di progetto è dimensionato in modo tale da non arrestare completamente il trasporto solido. La berma di sommità è infatti a quota di +2,00 m.l.m.m. (durante i marosi il pennello sarà scavalcato dai sedimenti) – l'impronta della testata è posata all'inizio della barra sommersa senza intralciare quindi quello che rappresenta il tappeto lungo il quale scorrono i sedimenti costieri. Questo è un limite rispetto agli obiettivi di progetto ma rappresenta, d'altro canto, un vantaggio per le spiagge vallive che ricevono alimentazione durante le mareggiate di tempesta.
Il risultato atteso dalla presenza del pennello di progetto è quindi quello di aumentare la capacità di raccolta dei sedimenti nella spiaggia di sopraflutto ed un rallentamento del processo di insabbiamento dell'imboccatura portuale;
- prolungare la diga foranea per una doppia ragione, allontanare dall'imboccatura portuale il più possibile i sedimenti di frazione più fina che provengono dalla spiaggia di sopraflutto durante i marosi e generare una area di calma che faciliti l'ingresso nel porto alle imbarcazioni in condizioni di emergenza.

Considerato come inizio delle simulazioni l'istante di tempo immediatamente successivo all'esecuzione dei lavori il modello GENESIS registra un ottimo comportamento del litorale di sopraflutto, soprattutto a seguito del prelievo di circa 110.000 mc di sabbia.

Preso come riferimento iniziale la linea di riva di progetto, il modello registra un avanzamento della stessa, nella zona immediatamente adiacente al pennello di nuova costruzione, di circa 20 metri in due anni e di circa 45 metri in cinque anni. Dopo cinque anni la linea di riva attesa ha ampiamente superato la linea di riva attuale.

Tale trend evolutivo si mantiene costante per 350/400 metri dal sopraflutto portuale oltre i quali l'andamento della costa tende ad allinearsi alla linea di riva dello stato attuale (rilievo 2019) a denotare che gli effetti morfodinamici indotti dalla presenza delle opere di progetto si estinguono in tale intervallo di spazio.

Il tratto di costa ancora a nord (dalla cella n°215 in poi fino alla cella n°260), a soli anni dalla realizzazione degli interventi, recupera il riequilibrio costiero ed assorbe gli effetti indotti dal prelievo di sedimenti. A cinque anni dall'intervento si ottiene un avanzamento medio, per il tratto, di circa 7/10 metri nel tratto investigato.

Il tratto di costa più estremo rispetto al dominio di calcolo è caratterizzato da un equilibrio costiero rimarcato da un leggero avanzamento della costa a denotare che gli effetti del by-pass di progetto non hanno effetti morfodinamici in tale zona. Il leggero avanzamento della costa è probabilmente legato alla realizzazione del pennello di sopraflutto che determina una traslazione generale della linea di riva verso ovest.

In generale è possibile affermare che il tratto di costa che si estende per circa 1500 metri a nord del porto di Amantea, in ipotesi di progetto, senza realizzazione di alcun intervento, è assolutamente compatibile con le ipotesi di progetto. Il risultato atteso è un rallentamento del processo di insabbiamento dell'imboccatura portuale. L'arretramento della spiaggia di sopraflutto, per effetto del prelievo di sedimenti, sarà riassorbibile nel termine di circa tre anni oltre i quali la linea di riva registrata dal modello supererà la linea di riva attuale (rilievo 2019) conferendo all'arenile una maggiore ampiezza di spiaggia.

Dall'interpretazione del modello si registra quindi una riduzione dell'insabbiamento della imboccatura portuale ma non la risoluzione definitiva al problema che non esiste. È importante specificare che il presente progetto è un miglioramento infrastrutturale del sistema portuale e che la nuova configurazione morfodinamica della costa non dovrà prescindere da periodici interventi di by-pass delle sabbie, secondo le presenti specifiche, finalizzati al mantenimento nel tempo dell'obiettivo di progetto.