Firmato digitalmente da
Stefana Rossi
CN = Rossi Stefana
O = Ordine degli Ingegneri della Provincia di Imperia
C = IT

COMUNE DI OSPEDALETTI

PROVINCIA DI IMPERIA

CONDOMINIO CABINE AL MARE

PROGETTO DI RIPRISTINO E AMPLIAMENTO DELLE OPERE DI PROTEZIONE A MARE

Relazione tecnico illustrativa

Computo metrico estimativo

Richiedente: Condominio Cabine al Mare
Lungomare C. Colombo
18014 – Ospedaletti (IM)

Sommario

PREMESSA 3
INQUADRAMENTO DEL PARAGGIO 3
EVOLUZIONE STORICA DEL LITORALE 4
RILIEVO DELLO STATO ATTUALE 6
TENDENZA EVOLUTIVA 9
ANALISI BIOCENOSI MARINE 10
ANALISI METEO-MARINE 10
Inquadramento del paraggio 10
Determinazione dell'onda significativa al largo 11
Determinazione dello stato di mare di progetto 14
INTERVENTI IN PROGETTO 14
Dimensionamento degli elementi costitutivi 17
Modalità esecutive 20
Stima economica dei lavori 22

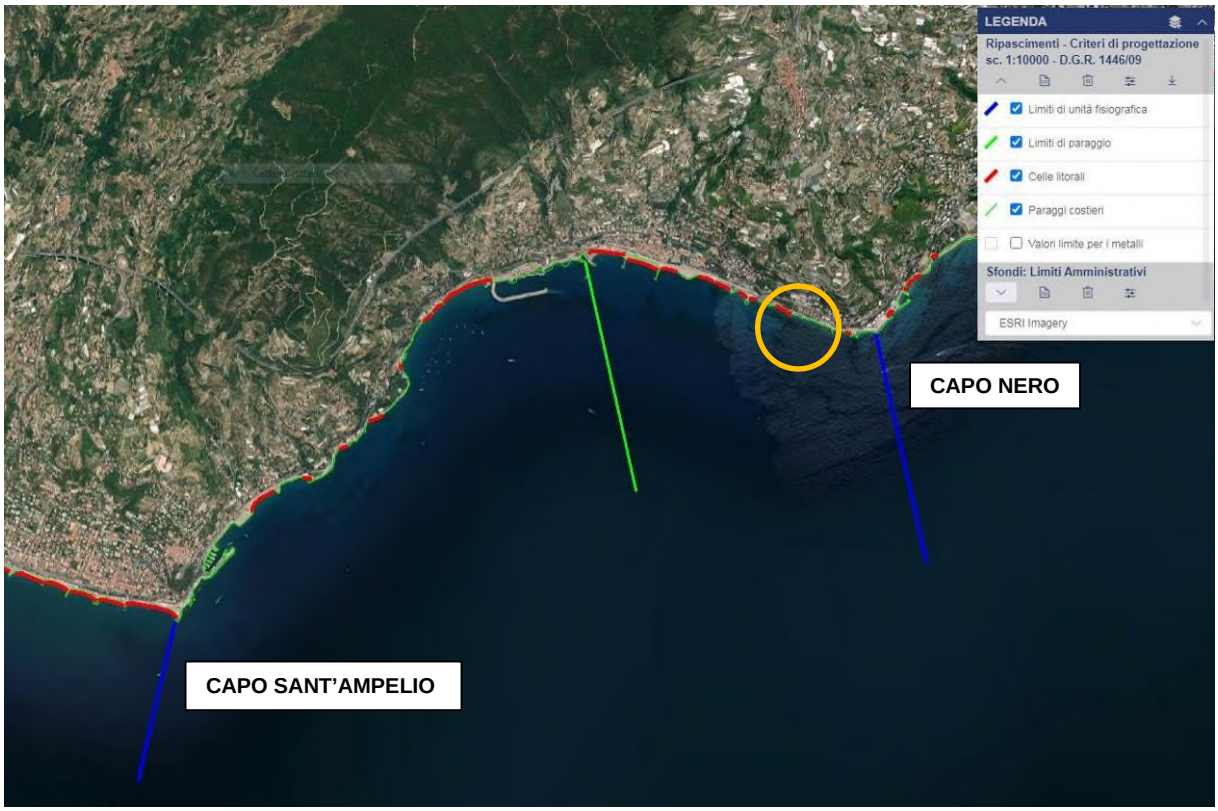
PREMESSA

Il condominio Cabine al Mare, sito in Ospedaletti Lungomare Cristoforo Colombo, ha in concessione un'area demaniale di 487,80 m che comprende una scogliera radente realizzata a protezione del fabbricato (Pratica n. 4009 del Servizio demanio Marittimo del Comune di Ospedaletti).

I sottoscritti Ingg. Stefàna ROSSI e Luca TARANTINO hanno ricevuto incarico dal Condominio per valutare gli interventi di miglioria da apportare alla scogliera che, in diverse occasioni, è stata superata dalla risalita delle onde durante le mareggiate eccezionali, provoncando il danneggiamendo di alcune proprietà site al primo piano del condominio.

INQUADRAMENTO DEL PARAGGIO

Il tratto di litorale in oggetto, ubicato nel Comune di Ospedaletti, fa parte dell'unità fisiografica compresa tra Capo Sant'Ampelio e Capo Nero (codice database regionale UF_02).



In questa unità fisiografica sono presenti due porti turistici, quello di Bordighera e quello di Ospedaletti (di cui risultano completate una parte delle opere a mare tra cui il molo di sopraflutto quasi totalmente). Entrambi ricadono all'interno dello stesso paraggio, che è caratterizzato soprattutto da una costa rocciosa e da opere di protezione del litorale con piccole spiaggie in materiale ciottoloso.

L'altro paraggio, invece, è caratterizzato da spiagge protette da pennelli per la parte del centro di Ospedaletti, e difese aderenti soprattutto verso levante, a protezione di infrastrutture o edifici, intervallate dalla costa rocciosa.

Dalla cartografia regionale risulta infatti una scogliera artificiale radente a protezione del fabbricato condominiale (vedi fotografie seguenti).



EVOLUZIONE STORICA DEL LITORALE

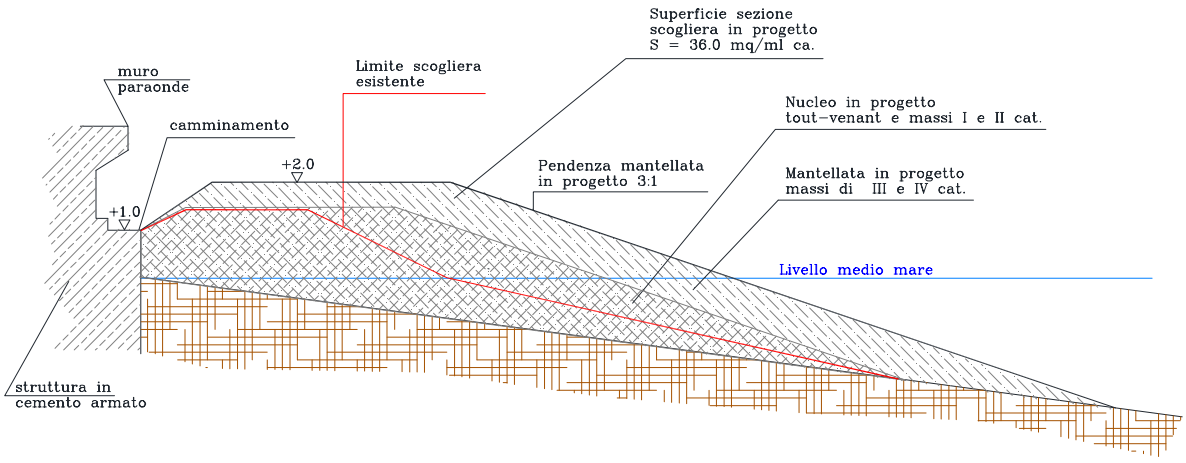
Nell'immagine seguente sono riportati i diversi limiti della linea di costa a partire dal 1944 (in cui sicuramente il condominio non era ancora stato costruito) fino al 2016.

Prima della realizzazione del complesso immobiliare il tratto di costa in oggetto presentava una linea di riva molto più arretrata (probabilmente una spiaggia), mentre contestualmente alla realizzazione del condominio risulta fosse già stata realizzata una prima opera di

protezione radente in scogli naturali (progetto del geom. Liparulo protocollata al Comune di Ospedaletti nel 1972).



Alla fine degli anni novanta gli ingg. Stefano PUPPO e Stefàna ROSSI di Sanremo hanno predisposto e diretto i lavori di rifiorimento della scogliera relativamente ai quali si è ritrovato un elaborato con la rappresentazione della sezione di progetto.



Nel 2011 la scogliera, danneggiata da alcune forti mareggiate verificatesi nel corso degli anni, è stata oggetto di un intervento di manutenzione straordinaria su progetto dell'Ing. Stefano Negro di Sanremo.

RILIEVO DELLO STATO ATTUALE

La situazione odierna della scogliera è riportata nella tav. U in cui sono riportate planimmetria e sezione di rilievo.

La scogliera nelle condizioni attuali ha un piano di berma di larghezza variabile da 7 m (lato levante) a 10 m (lato ponente) e posto ad una quota sul livello del mare di 2,2 m nella parte di levante e di 2,7 m a ponente. La scarpata verso mare ha una pendenza di circa 45° (1:1) e il piede si trova su un fondale di ca. -1,0/-1,5 m.

Come si evince dall'osservazione dell'elaborato grafico citato e della documentazione fotografica riportate di seguito, lo stato attuale della scogliera appare in discrete condizioni, senza evidenze di crolli o dissesti, nè si rilevano tratti in cui i massi siano stati spostati, sebbene le differenze tra le quote del piano di berma potrebbero essere sinonimo di locali 'assestamenti' del manufatto.

Ciononostante, con le ultime mareggiate del 2018 e 2019, il condominio ha subito diversi danni – in particolare le unità immobiliari del piano terra – che pur essendo a quota superiore del piano di berma sono state interessate dal run up dell'onda incidente.

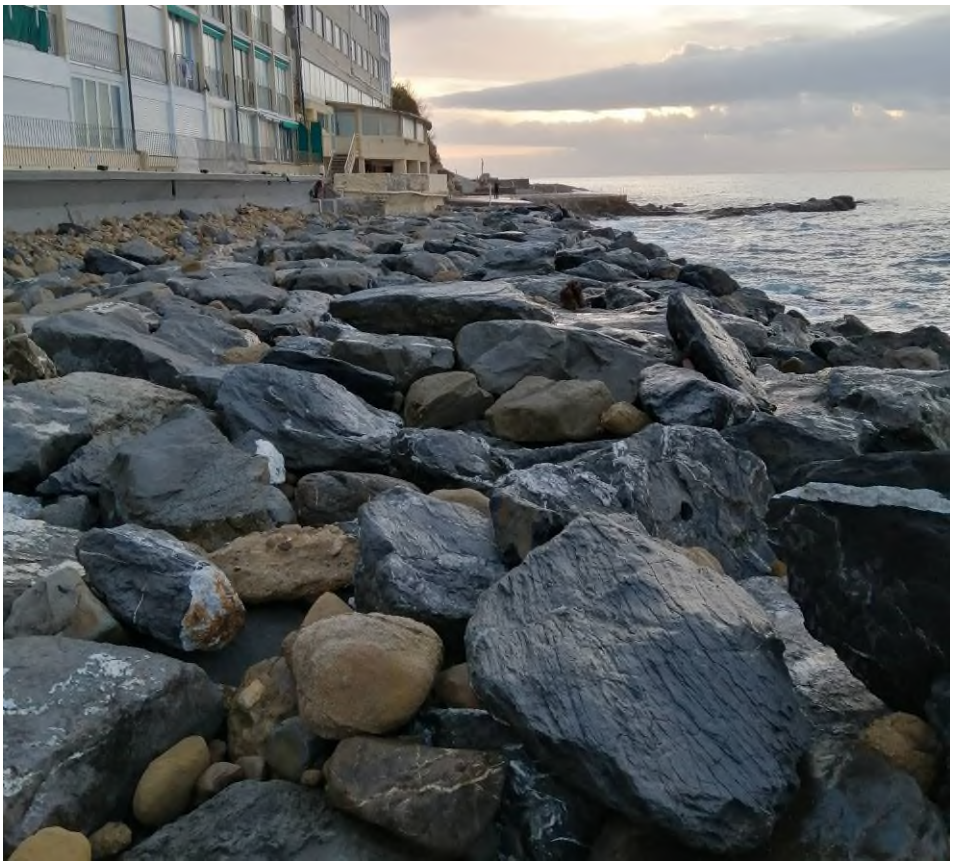


Foto 1: particolare scogliera esistente da ponente verso levante



Foto 2: particolare scogliera esistente da ponente verso levante con vista sul condominio prospicente al mare



Foto 3: vista frontale del piano terra del condominio e del sottostante del muro paraonde

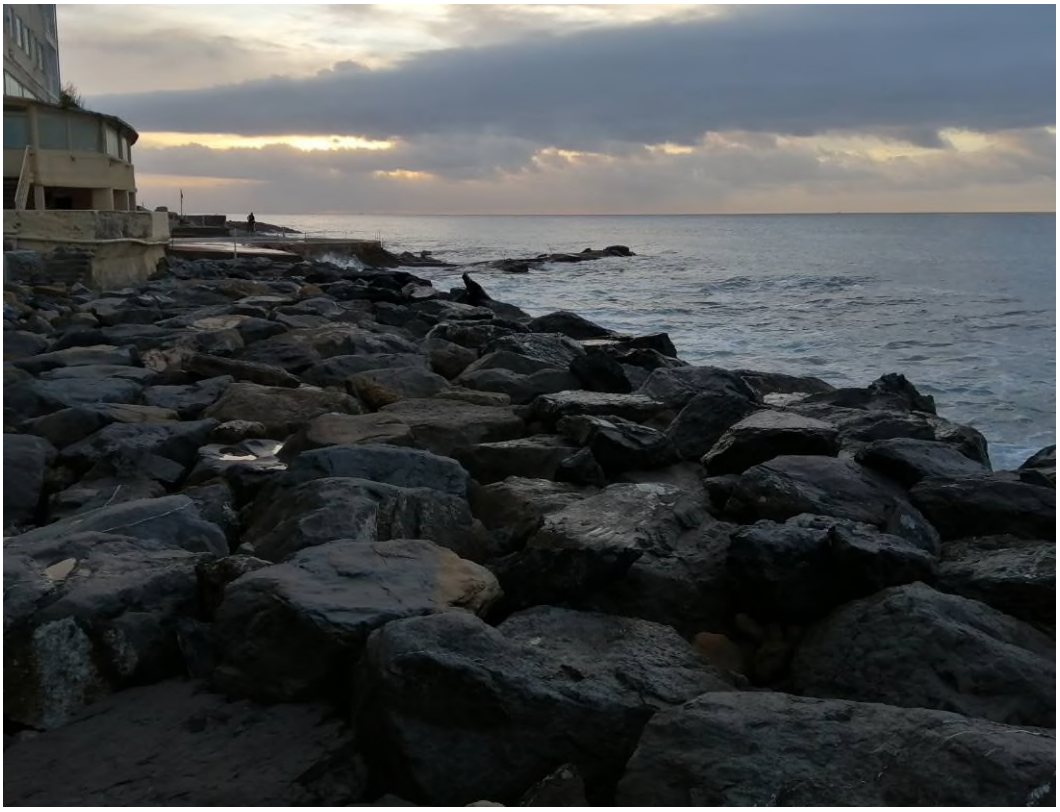


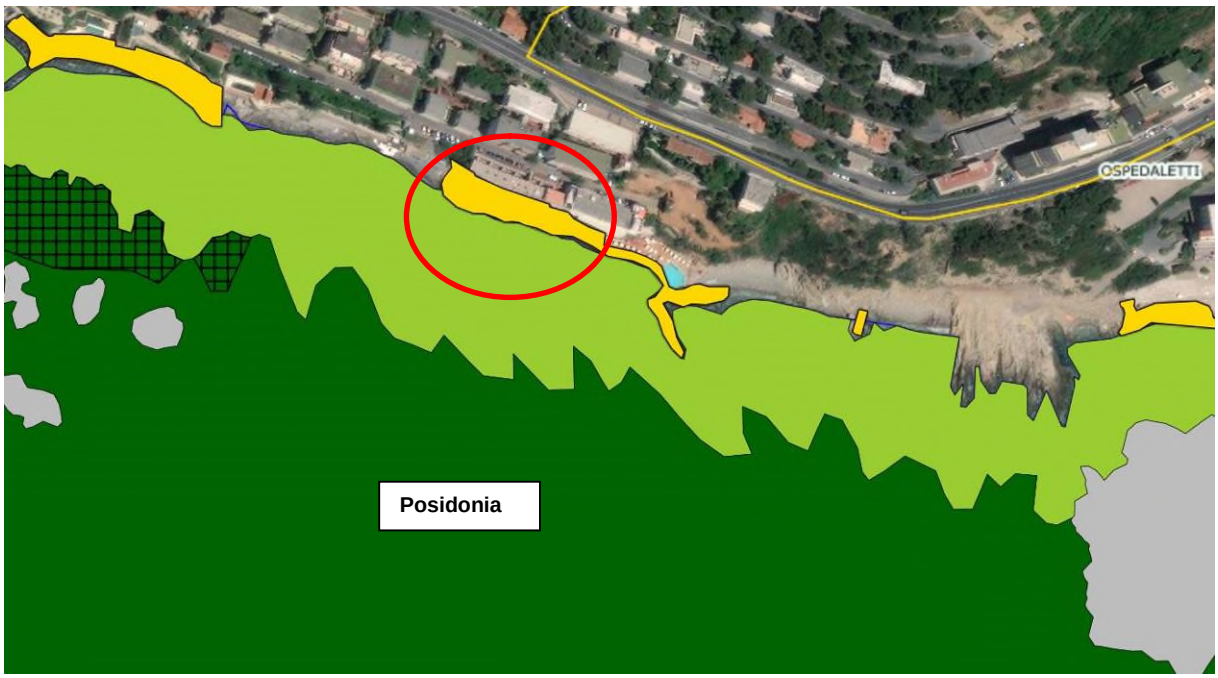
Foto 4: particolare scogliera esistente vista da ponente verso levante

TENDENZA EVOLUTIVA

Per quanto riguarda la dinamica litoranea, il paraggio in oggetto è caratterizzato da un trasporto solido prevalente da ponente verso levante, in virtù dell'esposizione del paraggio in relazione all'andamento della disposizione della costa. Si precisa però che la disponibilità di sedimenti nell'area in oggetto risulta piuttosto limitata per via dello scarso apporto di materiale solido da parte dei torrenti presenti nell'unità fisiografica, che è inoltre caratterizzata dalla presenza di una costa piuttosto rigida, che non favorisce la formazione di spiagge naturali.

ANALISI BIOCENOSI MARINE

Dal punto di vista degli habitat marini, nella zona antistante il litorale, è presente un'area identificata nell'atlante degli habitat marini 2020 come "*biocenosi delle alghe fotofile infralitorali su substrato duro*" che funge un po' da cuscinetto con la zona del SIC marino legato sostanzialmente alla "prateria di Posidonia oceanica", come risulta dall'immagine seguente.



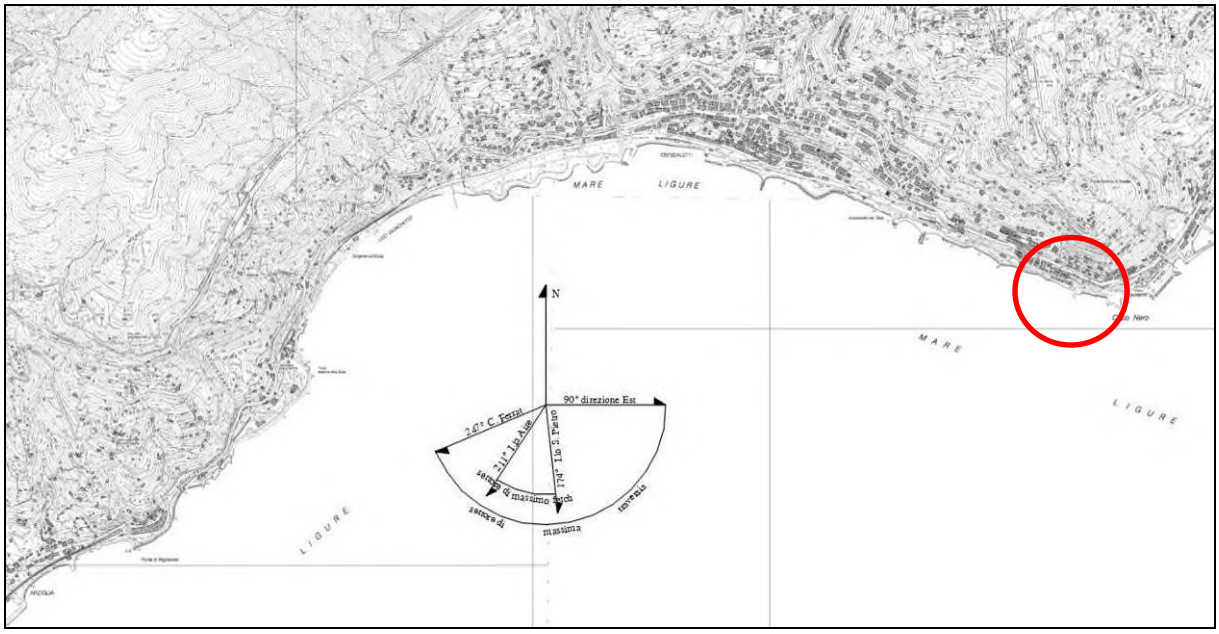
ANALISI METEO-MARINE

Inquadramento del paraggio

Dal punto di vista nautico, il tratto di costa in oggetto è inquadrato in un settore di traversia delimitato come segue:

- Traversia principale: tra l'isola di San Pietro (Sardegna) 174° N e l'isola di Aire (Baleari) 213° N con fetch geografico di circa 800 km.
- Traversia secondaria: è costituita dal secondo quadrante ed è geograficamente compresa tra la direzione est (90° N) e la tangente alle coste della Corsica per una direzione media 135°. Da qui provengono i mari più significativi di Levante (Scirocco) con un fetch efficace di circa 200 km.

L'esposizione al Sud-Ovest rappresenta dunque la condizione di massima sollecitazione ondosa (Libeccio) che caratterizza le mareggiate più pericolose per questo tratto di costa.
Le altezze d'onda di progetto, da utilizzare per il dimensionamento delle opere di protezione (fondamentalmente per ricavare il peso dei massi naturali), saranno pertanto quelle con provenienza da libeccio.



Determinazione dell'onda significativa al largo

L'onda di progetto adottata per il proporzionamento di un opera marittima è in generale costituita da una tipica onda "estrema" che in questa trattazione, seguendo le relazioni proposte da Boccotti, è rappresentata da un'onda significativa, la quale descrive uno stato di mare.
La trattazione analitica definita da Boccotti si basa sull'originale concetto di mareggiata triangolare equivalente alla mareggiata reale.
Gli studi di Boccotti fanno riferimento a circa 5800 stime visuali di altezza d'onda significativa rilevate dai capitani delle navi in transito nel Mar Ligure.
I risultati sono stati la valutazione di $P(H_s > h)$, ovvero della probabilità che l'altezza d'onda superi un valore di soglia h, e il periodo di ritorno $R(H_s > h)$, che rappresenta l'intervallo di

tempo che mediamente intercorre tra due consecutive realizzazioni di una mareggiata nella quale H_s supera una soglia h.

Il lavoro svolto da Boccotti è proseguito in quella che viene definita "previsione direzionale", ovvero sono stati valutati $P(H_s > h)$ e $R(H_s > h)$ per i diversi settori di provenienza delle onde nell'area ligure.

I valori di $R(H_s > h)$, per i settori di 30° riportati nei grafici di Boccotti, sono stati ricavati nell'ipotesi che la direzione di propagazione delle onde, durante una mareggiata, rimanga costante (ovvero si conservi entro lo stesso settore di 30°) per tutto il tempo in cui H_s si mantiene al di sopra della soglia h.

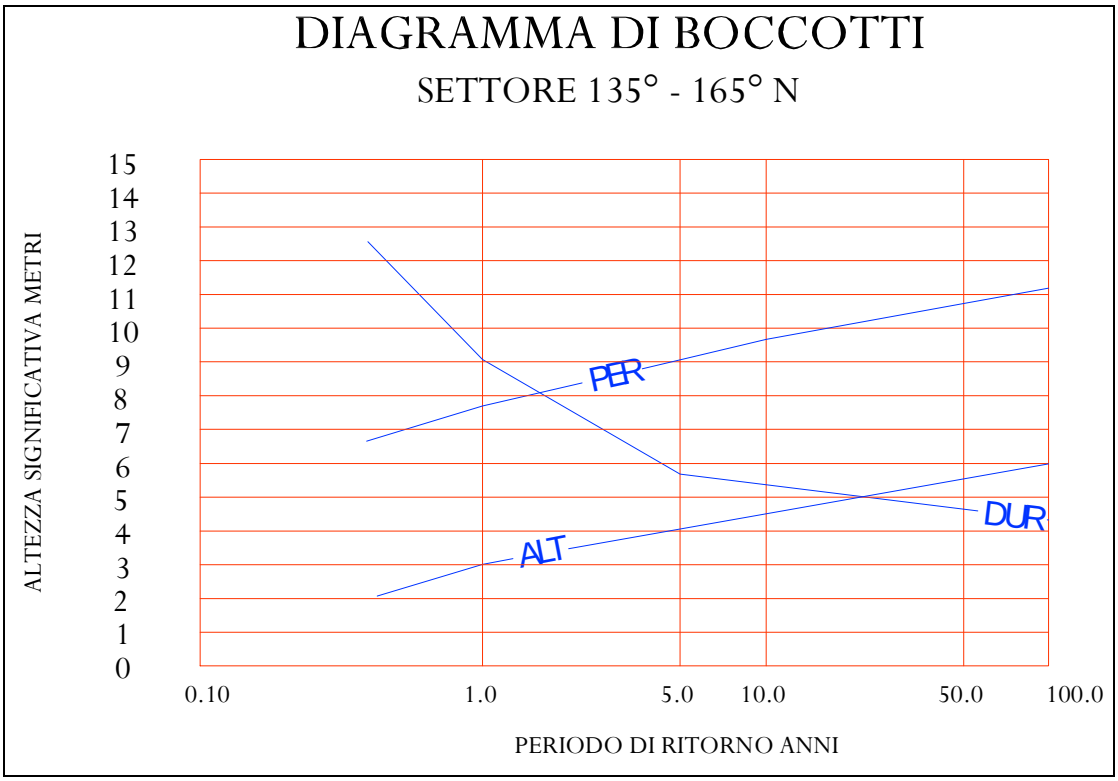


Figura 1: diagramma di Boccotti – Scirocco

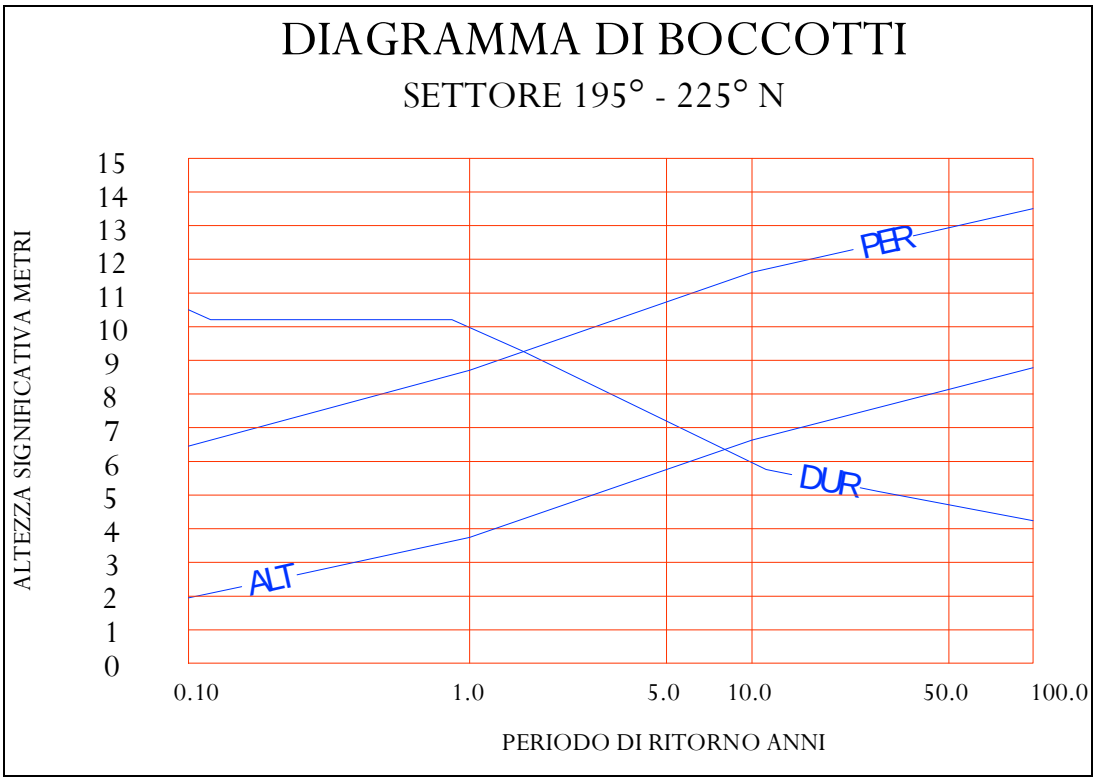


Figura 2: diagramma di Boccotti – Libeccio

Tramite la tecnica delle linee di regressione (metodo dei minimi quadrati), sono state ottenute delle relazioni analitiche che bene approssimano i dati osservati; per la direzione di Libeccio - SSW (195° - 225° N), in funzione del tempo di ritorno, si ottiene:

$$H_s = 1.065 \cdot \ln(R(H_s) + 3.96$$

Il periodo dominante o di picco associato all'altezza d'onda significativa è calcolato con l'espressione corrispondente allo spettro JONSWAP:

$$T_d = 9\pi \cdot \sqrt{\frac{H_s}{4g}}$$

Per lo studio dell'evoluzione dell'onda, però, è fondamentale il periodo significativo che si considera come invariante della propagazione. Esso risulta dalla seguente formula proposta da Boccotti:

$$T_s = 0.95 \cdot T_d$$

Determinazione dello stato di mare di progetto

Il periodo di ritorno dell'onda di progetto, necessario per i dimensionamenti delle scogliere, viene definito in conformità alle Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996). Il periodo di ritorno dipende dalla vita tecnica dell'opera e dalla massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera.

Nel caso in esame la durata di vita per le opere è stata assunta pari a 15 anni trattandosi di infrastrutture ad uso specifico e con livello di sicurezza richiesto pari a 1.

La probabilità di danneggiamento incipiente, trattandosi di opere flessibili, è stata posta pari a 0.5, assumendo un rischio per la vita umana limitato e una bassa ripercussione economica.

Pertanto il tempo di ritorno viene a essere pari a:

$$T_{rp} = T_v / [-\ln(1-P_f)] = 22 \text{ anni}$$

dove:

T_v = vita dell'opera

P_f = probabilità di danneggiamento

Cautelativamente è stato assunto un tempo di ritorno di progetto pari a 25 anni.

La direzione che produce la situazione più gravosa per l'opera in progetto è quella di Libeccio. Dalle relazioni esposte ai paragrafi precedenti si ricavano le caratteristiche dell'altezza d'onda al largo.

- Altezza d'onda al largo: Hs = 7.39 m
- Periodo dominante (di picco): Td = 12.27 s
- **Periodo significativo: Ts = 11.59 s**
- **Periodo medio: T_m = 0.8*Td = 9.27 s**
- Lunghezza d'onda al largo: L = 209.6 m

<u>INTERVENTI IN PROGETTO</u>

Le opere in progetto hanno l'obiettivo di contenere il fenomeno di run up (risalita dell'onda).

Le soluzioni progettuali per ottenere tale effetto possono essere:

- Innalzamento del piano di berma;
- Modifica della pendenza della scarpata verso mare.

La prima soluzione è stata esclusa in quanto la sopraelevazione di tutta la scogliera di fatto andrebbe a vanificare il seppur modesto effetto del muro paraonde, senza peraltro risolvere definitivamente il problema del run-up. Inoltre tale soluzione porterebbe la quota della berma praticamente alla stessa quota del piano terra del condominio, con evidenti problemi di sicurezza e privacy degli alloggi, oltreché un impatto paesaggistico non trascurabile.

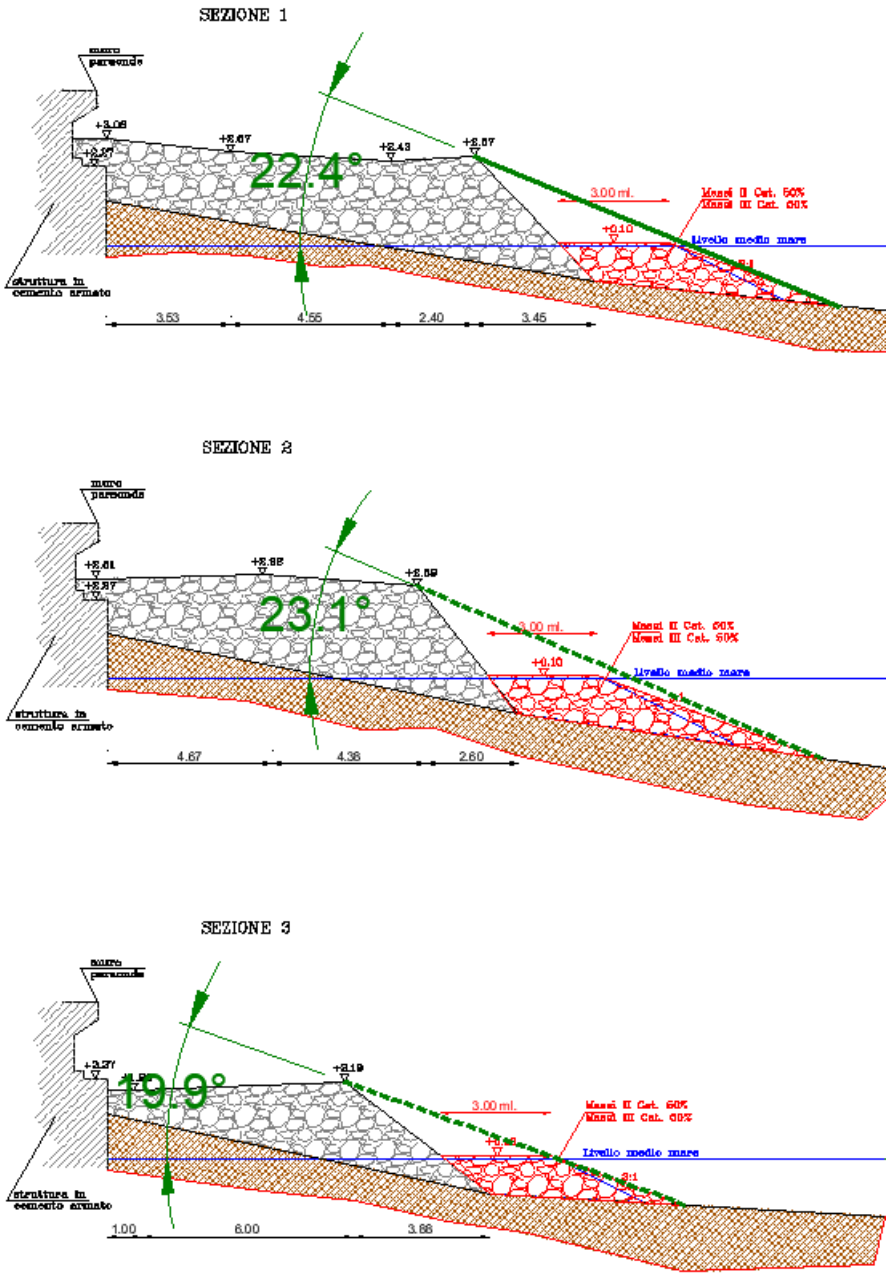
La modifica della scarpata verso mare, che ha il vantaggio di non avere le problematiche sopra citate, potrebbe essere realizzata in due modi: mediante smantellamento dell'attuale scarpata e sua ricostruzione con una nuova pendenza oppure realizzando una berma intermedia.

Premesso che entrambe le ipotesi comportano un avanzamento verso mare del piede, la seconda soluzione appare di più veloce e facile realizzazione in quanto limita fortemente gli interventi sulla struttura attuale, e di conseguenza riduce gli effetti sull'ambiente marino e costiero.

La costruzione della berma intermedia, davanti al piede dell'opera esistente, portebbe la pendenza media della scarpata ad un valore di 21.8° come da dimostrazione grafica in figura seguente.

Poiché uno dei principali parametri delle formulazioni per il calcolo del run-up è proprio la pendenza della scarpata, tale soluzione garantisce una buona riduzione della risalita dell'onda sulla scogliera (vedi calcoli di seguito riportati).

L'intervendo andrebbe ad interessare i ca. 60 m di sviluppo della scogliera antistante il condominio ed in concessione allo stesso, andandosi a raccordare, lato levante, con la scogliera esistente.



Ai fini dell'autorizzazione all'immersione in mare, ai sensi dell'art. 109 del D.L.gs. 152/2006, da una stima preliminare dei volumi, si prevedono le seguente quantità:

- fornitura materiale di cava certificato per pista di accesso 160 mc
- fornitura massi di II° e III° categoria 330 t

Si precisa che il materiale necessario a realizzare la pista di accesso sarà versato sulla scarpata esistente e sulla mantellata della scogliera al fine di agevolare il treansito dei mezzi d'opera sulla stessa.

Dimensionamento degli elementi costitutivi

Per il dimensionamento dei massi della mantellata delle scogliere in progetto (difesa aderente e pennelli perpendicolari), si fa riferimento alla formula di Hudson che viene di seguito riportata:

$$W_{50} = \frac{\gamma_s H^3}{K_D \Delta^3 \cot \beta}$$

dove:

W peso dei massi (tonn)

γs peso specifico dei massi (tonn/mc)

H onda di progetto (m)

$\Delta = \gamma s/\gamma a - 1$ con γa densità acqua di mare (tonn/mc)

β angolo della scarpata

K_D coefficiente idrodinamico di stabilità (assunto pari a 2)

Dalla formula precedente si ricava il D_{n50} (diametro nominale minimo che almeno il 50% del materiale deve avere), secondo la relazione seguente:

$$W = \rho_r . D_{n50}^3$$

L'onda di progetto assunta al piede della mantellata, in via preliminare, è stata calcolata con la nota relazione per onde frangenti:

$$H_f = 0.78\ d$$

dove d è la profonidtà del fondale assunto pari a 2,0 m.

La pendenza della mantellata è stata assunta cautelativamente pari a circa 26° (rapporto 2 su 1).

Essendo la scogliera in massi naturali il peso specifico è stato assunto pari a 2.6 t/m^3; il peso specifico dell'acqua è stato assunto pari a 1,03 t/m^3, da cui risulta Δ = 1,52

Con i dati sopra riportati si ottiene un peso medio dei massi pari a 0,8 t che secondo la convenzionale suddivisione appartengono alla I° categoria:

H	γ_s	γ_a	Δ	cotβ	β	K_D	W	Ns	D_{50}
[m]	*[t/m³]*	*[t/m³]*			*[°]*		*[t]*		*[m]*
1,60	2,60	1,03	1,52	2	26,6	2	0,8	1,59	0,7

Ad analogo risultato si perviene utilizzando le formulazioni di Van der Meer:

H	γ_s	γ_a	Δ	tgα	α	P	ξ_m	N	S	Ns	D_{50}	W
[m]	*[t/m³]*	*[t/m³]*			*[°]*						*[m]*	*[t]*
1.6	2.60	1.03	1.52	0.5	26.6	0.5	5.72	4000	2	1.86	0.57	0.5

A favore di sicurezza, comunque, tenuto anche conto della pezzatura dei massi esistenti, la scogliera verrà realizzata prevendendo una fornitura del 50% di massi di II° categoria e 50% di III° categoria.

Per la determinazione della risalita dell'onda sulla scogliera (run-up) si fa riferimento alle formule sperimentali di Van der Meer.

Il campo di applicazione di tali equazioni è relativo a scogliere in massi naturali, aventi un valore di permeabilità pari a 0.5÷0.6, come quella in oggetto.

$$R_{u2\%}/H_s = a \cdot \xi_m \qquad se \qquad \xi_m < 1.5$$

$$R_{u2\%}/H_s = -b\xi_m^c \cdot \qquad se \qquad \xi_m > 1.5$$

dove i coefficienti hanno i seguenti valori

a = 0.96

b = 1.17

c = 0.46

e i simboli i seguenti significati:

Hs = altezza d'onda al piede della mantellata

ξ_m = n° di Irribarren

Il parametro ξm (surf similarity parameter), che serve per determinare il modo di frangere dell'onda sulla mantellata, viene calcolato con la seguente espressione:

$$\xi_m = \frac{tg\alpha}{\sqrt{\frac{H_s}{L_{0m}}}}$$

dove:

α = pendenza media della scogliera

L_{0m} = lunghezza d'onda al largo riferita al periodo medio

Nel calcolo del run-up si è assunta come altezza d'onda al piede quella usata per le verifiche di stabilità, ovvero pari a 1.6 m.

Poiché ξm è maggiore di 1.5 si utilizza la seconda delle due formule suesposte per il calcolo del run-up.

Dai calcoli si evince che il valore di risalita dell'onda è pari a 3.4 m circa.

H	**T_m**	**β**	**tanβ**	**s_m**	**ξ_m**	**$Ru_{2\%}$**
[m]	*[s]*	*[°]*				*[m]*
1,60	9,27	21,8	0,4	0,012	3,66	3,4

A ciò si deve aggiungere il sovralzo complessivo del livello del mare, da intendersi come sommatoria di diversi contributi, ovvero il sovralzo di marea, quello barico e quello dovuto al moto ondoso.

Per quanto riguarda i primi due contributi si adottano, per semplicità, valori tipici dedotti dalla letteratura, che per il Mar Ligure sono:

sovralzo di marea = 0.30 m

sovralzo barico = 0.40 m

Per la determinazione del sovralzo dovuto al moto ondoso che si genera nella zona compresa tra la linea dei frangenti e la linea di riva (detto set-up) si utilizza la nota formula della letteratura:

$$S_w = 0.19 \cdot H_f \cdot \left(1 - 2.82\sqrt{\frac{H_f}{gT^2}}\right)$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

H_f = altezza d'onda al frangimento

T = periodo medio

Nel calcolo del set-up si è assunta come altezza d'onda al frangimento quella relativa alla profondità di 5 m, e pari pertanto a 3,9 m.

Dai calcoli si ricava il valore di Sw pari a 0,60 m.

H_f	$\mathbf{T_m}$	S_w
[m]	*[s]*	*[m]*
3,90	9,27	0,60

Sommando tutti i contributi ed adottando un coefficiente di riduzione per tener conto della non contemporaneità (pari a 0.6), si ottiene il sovralzo complessivo del livello del mare pari a 0,78 m.

Il massimo valore raggiunto dall'acqua risulta pertanto pari alla somma del sovralzo e del run-up: tale valore viene stimato in ca. 4,2 m.

Tale valore è superiore alla cresta della berma (quote variabili da +2.20 a +2.70 m sul l.m.m.) ma il muro restostante, che arriva fino a quota + 4.40 m sul l.m.m. dovrebbe impedire la tracimazione dell'onda a tergo dello stesso.

Si fa presente che nella configurazione attuale, ovvero con pendenza media della scarpata lato mare di circa 45°, il solo run-up teoricametne sarebbe pari a ca 5,2 m, che sommato al sovralzo del mare porta il massimo livello dell'acqua a quasi 6,0 m.

Il presente progetto, pertanto, garantisce una riduzione della risalita dell'onda di circa il 25/30 %.

Modalità esecutive

La costruzione dell'opera in progetto potrà avvenire da terra, mediante realizzazione di una rampa di accesso sulla scarpata che dalla strada Lungomare C. Colombo porta alla scogliera esistente (soluzione già utilizzata in passato).



Foto 5: Vista della scarpata su cui verrà realizzata la pista di acceso e saranno calati i massi. La linea blu indica la soprastante Via Colombo

Quindi l'intervento potrà essere realizzato predisponendo una pista di cantiere – fatta versando del tout venant di cava sopra l'esistente scogliera - senza pertanto sversamento di materiale di piccola pezzatura in mare.

Stima economica dei lavori

La stima economica dei lavori è di ca. € 75.000,00, inclusi oneri per la sicurezza ed esclusa iva e spese tecniche.

La durata dei lavori è stimata in ca. 40 gg.

Sanremo, agosto 2022

Ing. Stefàna Rossi



Ing. Luca Tarantino



	Descrizione lavorazioni da eseguire	**UM**	**V [mc]**	**Ore [h]**	**Percentuale**	**Peso [t/mc]**	**Peso totale [t]**	**Prezzo unitario**	**Costo totale [€]**
	Installazione/disinstallazione cantiere (rimozione/riposizionamento recinzione e cordoli, eventuale taglio piante, …)								5.000.00
85.D10.F10.011	*Provvista e posa in opera di tout-venant di cava per la formazione di nucleo di scogliera, pesato su autocarro e versato via terra*								
	Per realizzazione pista accesso alla scogliera	**mc**	160				160	48.57	7.771.20
85.D10.D10.021	*Provvista e posa in opera di massi naturali di SECONDA CATEGORIA, da 1001 a 3000 kg, provenienti direttamente da cave liguri, posti in opera via terra, pesati su autocarro, escluso sommozzatore.*								
	Nuovo piede scogliera	**t**	330		50%	2.5	371.25	65.80	24.428.25
85.D10.D10.033	*Provvista e posa in opera di massi naturali di TERZA CATEGORIA, da 3001 a 7000 kg, provenienti direttamente da cave dell'alto Piemonte, resi nella PROVINCIA DI IMPERIA, verificabili da documenti di trasporto e posti in opera via terra, pesati su autocarro, escluso sommozzatore. Nel caso si debbano usare massi di altra provenienza si dovrà procedere alla redazione di nuove analisi.*								
	Nuovo piede scogliera	**t**	330		50%	2.5	371.25	78.14	29.009.48
AT.N02.A20.040	Escavatore oltre 13 t fino a 20 t.								
	Movimentazione e riposizionamento massi scogliera esistente	**h**		80				93.66	7.492.80
							742.5		
									73.701.73
	ONERI PER LA SICUREZZA	**3%**							**2.211.05**
								TOTALE	**75.912.78**