COMUNE DI ALASSIO

PROVINCIA DI SAVONA

PROGETTO

Movimento franoso in corso di un tratto di costa costituita da terrapieno posto a sostegno della Strada Statale n. 1 Aurelia nel tratto denominato Via Giancardi

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

ELABORATO	TAV.
RELAZIONE IDRAULICO MARITTIMA	RI

COMMITTENTE

Comune di Alassio
Piazza della Libertà, 3
17021 - Alassio (SV)

PROGETTISTI

ING. STEFANO PUPPO
C.so Mazzini, 413/G - 18038 - SANREMO (IM)

ING. STEFÀNA ROSSI
VIA XX Settembre, 34 - 18038 - SANREMO (IM)

ING. LUCA TARANTINO
VIA XX Settembre, 34 - 18038 - SANREMO (IM)

Dott. Ing. Stefano Puppo
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Imperia
N° 336

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI IMPERIA
STEFANA ROSSI
INGEGNERE
Civile ed Ambientale
A 539

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI IMPERIA
LUCA TARANTINO
INGEGNERE
Civile ed Ambientale
A 673

	CODICE COMMESSA		
0	Prima emissione	11/10/2022	sezioni.dwg
REV.	DESCRIZIONE	DATA	NOME FILE

INDICE

Pag.

1. PREMESSA....2

2. INTERVENTI IN PROGETTO....2

3. INQUADRAMENTO DEL PARAGGIO....2

3.1 TENDENZA EVOLUTIVA....3
3.2 ANALISI BIOCENOSI MARINA....3

4. ANALISI METEO-MARINE....4

4.1 INQUADRAMENTO DEL PARAGGIO....4
4.2 DETERMINAZIONE DELL'ONDA SIGNIFICATIVA AL LARGO....7
4.3 DETERMINAZIONE DELLO STATO DI MARE DI PROGETTO....8

5. DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI COSTITUTIVI....8

1. PREMESSA

Il presente progetto è finalizzato al contenimento e alla riduzione di un movimento franoso di un tratto di costa costituita da un terrapieno posto a sostegno della Strada Statale n. 1 Aurelia nel tratto denominato Via Giancardi ed è finanziato nel piano regionale "Eventi 2019 - piano stralcio degli interventi lettera d), ai sensi dell'art. 25, comma 2 del decreto legislativo 2 gennaio 2018, n. 1 - priorità 1 risorse di cui alle OCDPC nn. 814/2019 ed 839/2022.
I sottoscritti professionisti Ing. Stefano Puppo, Ing. Luca Tarantino, Ing. Stefàna Rossi e Geol. Marco Abbo, associati temporaneamente, sono stati incaricati dal Comune di Alassio di redigere il progetto Definitivo/Esecutivo per la realizzazione delle opere di contenimento del movimento franoso e di protezione della scarpata a sostegno della Strada Statale n. 1.
Con il presente intervento pertanto si intendono eseguire tutte quelle opere di protezione per evitare che l'azione del mare provochi ulteriori smottamenti del terrapieno mettendo a rischio la stabilità della soprastante SS n.1 Aurelia.
Per la redazione del progetto si sono svolte alcune attività propedeutiche necessarie quali un accurato rilievo topografico e una specifica indagine geologico-geotecnica.
Tale documentazione è contenuta negli elaborati di progetto.

2. INTERVENTI IN PROGETTO

L'opera prevista consiste nella realizzazione di una scogliera radente posta al piede del rilevato realizzata con massi naturali di cava, previo salpamento del materiale esistente con selezione dello stesso e riutilizzo. La scogliera si imbaserà mediamente in prossimità dell'attuale battigia per cui non si modificano gli attuali profili di costa restando del tutto ininfluente nei confronti della dinamica litoranea attuale che non verrà pertanto ad essere modificata.
La pendenza della scarpata sarà di 2/1 nel tratto fino alla prima berma, e di 1,5/1 nel secondo tratto. Il profilo a due berme consente di migliorare i fenomeni di risalita del getto di riva preservando efficacemente le opere a protezione della scarpata.
La finitura della scogliera non sarà a piani rigidi, ma presenterà una superficie irregolare che offre un più naturale impatto visivo e garantisce una sufficiente porosità per meglio dissipare l'energia del moto ondoso.
Per una maggiore descrizione degli interventi si rimanda alla relazione generale e agli elaborati grafici.

3. INQUADRAMENTO DEL PARAGGIO

Il tratto di litorale in oggetto, ubicato nel Comune di Alassio (SV), fa parte dell'unità fisiografica compresa tra (codice database regionale)
Il terrapieno in questione è un'opera che risale all'immediato dopoguerra ed è costituito da materiale inerte eterogeneo non protetto.
Una migliore descrizione è riportata nella relazione geologica allegata a firma del dott. Marco Abbo.
Dalla cartografia regionale (opere di difesa della costa) si evince che davanti al terrapieno è presente una scogliera aderente definita "artificiale sommersa" identificata con approssimazione e costituita da massi [codice opera 766].

Tale scogliera, risalente a prima del 1973, è ancora evidente nelle foto aeree fatte con drone ed è costituita prevalentemente da massi di prima e seconda categoria inglobati in una matrice eterogenea di ciottoli, pietrisco e scapolame.
Se da un lato tale struttura non è assolutamente in grado di assolvere a nessun tipo di protezione del terrapieno dall'altro lato rappresenta un ottimo piano di fondazione per una nuova scogliera radente emersa, sempre aderente come previsto dal presente progetto.

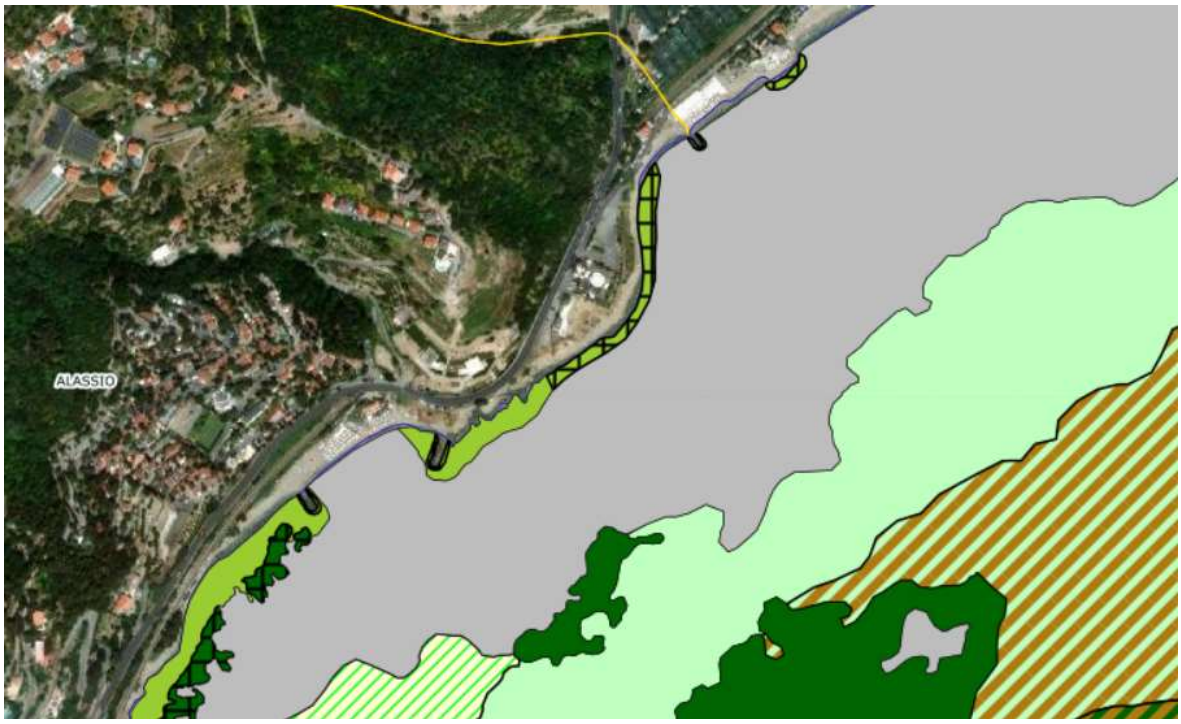


3.1 TENDENZA EVOLUTIVA

L'opera prevista consiste nella realizzazione di una scogliera radente posta al piede del rilevato realizzata con massi naturali di cava, previo salpamento del materiale esistente con selezione dello stesso e riutilizzo. La scogliera si imbaserà mediamente in prossimità dell'attuale battigia per cui non si modificano gli attuali profili di costa restando del tutto ininfluente nei confronti della dinamica litoranea attuale che non verrà pertanto ad essere modificata.

3.2 ANALISI BIOCENOSI MARINA

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". L'intervento si trova totalmente al di fuori della zona del SIC marino legato sostanzialmente alla "prateria di Posidonia oceanica", come risulta dall'immagine seguente.



4. ANALISI METEO-MARINE

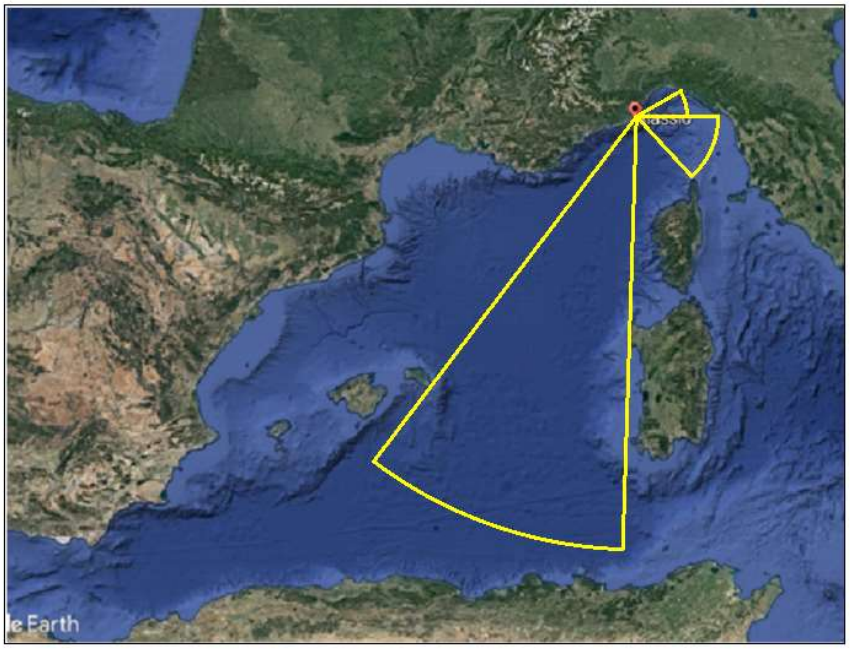
4.1 INQUADRAMENTO DEL PARAGGIO

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) 182° N e l'isola di Aire (Baleari) 218° 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 137°. Da qui provengono i mari più significativi di Levante (Scirocco) con un fetch geografico di circa 200 km.
- Un terzo settore di direzione Nord – Est tra 60° e 90° con un fetch geografico limitato (100 km) ma con venti molto forti che possono instaurare mari con onde significative importanti

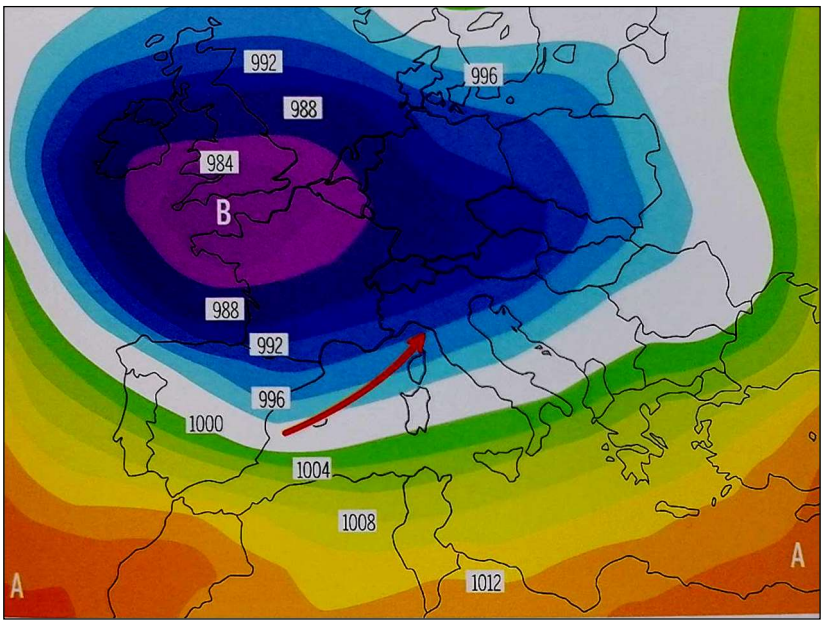
L'esposizione al Sud-Ovest rappresenta dunque la condizione di massima sollecitazione ondosa (Libeccio) che caratterizza le mareggiate più pericolose per questo tratto di costa.

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.



Occorre comunque osservare che il settore di traversia principale per il paraggio in questione si modifica sensibilmente per la presenza di Capo Mele che riduce l'angolo di traversia di ben 20°, così come la presenza dell'isola di Gallinara modifica il settore secondario offrendo uno schermo importante per i mari da est.

4. LIBECCIO LUNGO (LL)	
minimo principale	posizione: Europa continentale
	profondità: tra 965 e 990 hPa (pressione a livello del mare su Genova 988-1000).
fetch	area: tutto il Mediterraneo centro-occidentale
	orientamento asse: Sud-Sudovest/Nord-Nordest
venti sul fetch	direzione prevalente: Sudovest
	intensità: burrasca, fino a burrasca forte
gradiente barico Genova-Annaba	miglior orientamento: Sud-Sudovest/Nord-Nordest
	intervallo di intensità necessario per ottenere mare agitato: 10-15 hPa
	durata in assetto costante: almeno 9 ore circa
moto ondoso	stato: tra agitato e grosso
	periodo onde: 8-12 secondi
condizioni meteo	tempo inizialmente perturbato seguito da variabilità con schiarite associate alla rotazione da Ovest dei venti

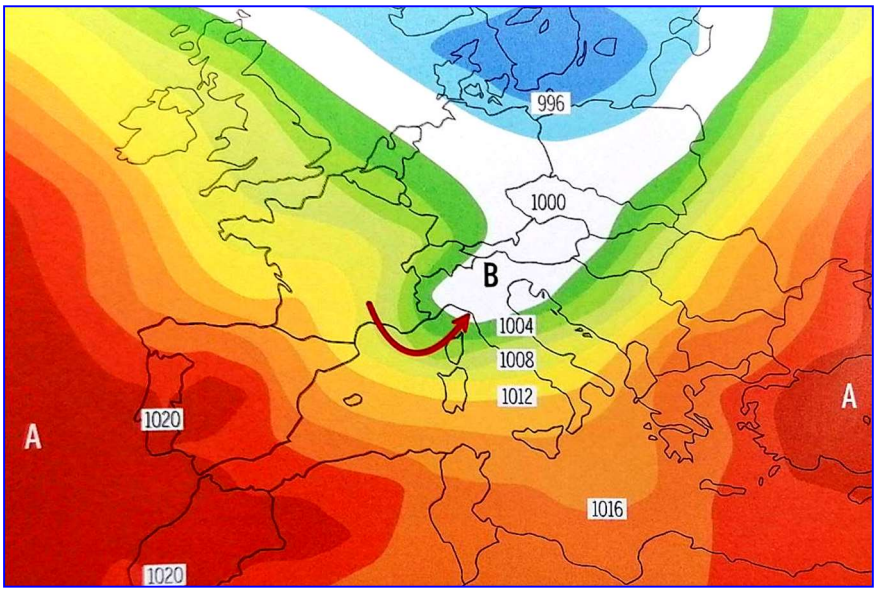


Si fa presente che con direzione da S-SW i fetch efficaci sono pari a circa 300 km, rendendo pericolose anche mareggiate cosiddette di Libeccio-corto e generate da venti di maestrale che nel golfo del Leone ruotano per assumere direzione da S-W. Nelle figure riportate (Wave Watching – Hoepli 2012) si evidenziano le condizioni di mare generate da due situazioni bariche differenti, ma che si stanno verificando sempre più frequentemente generando stati di mare al largo equivalente per direzione ed intensità.

Proprio in conseguenza di queste accentuate situazioni bariche le mareggiate che investono la costa in oggetto assumono valori di notevole intensità con frequenze di accadimento maggiori e quindi con sollecitazioni sulle opere costiere ripetute a distanza di brevi intervalli temporali rendendo quanto mai necessari interventi di ripristino rapidi per evitare che nuove mareggiate investano la costa trovandola in situazioni di precaria stabilità.

Mentre il libeccio lungo caratterizza mareggiate con provenienza dalla massima estensione del fetch a seguito delle caratteristiche delle depressioni atlantiche che si instaurano nel nord ovest dell'Europa e progrediscono verso il Mediterraneo, il libeccio corto si genera in una condizione barica particolare, con la depressione principale nel nord est (penisola scandinava) ed una depreessione secondaria nel nord Italia che genera venti da nord sul golfo del Leone in rotazione verso sud-ovest.

5. LIBECCIO CORTO (LC)	
minimo orografico	posizione: Nord Italia-Mar Ligure
	profondità: tra 984 e 1004 hPa
fetch	area: Mar Ligure e Mar di Corsica, oltre le 100 miglia
	orientamento asse: Sud-Sudovest/Nord-Nordest
venti sul fetch	direzione prevalente: Sudovest
	intensità: fino a burrasca forte
gradiente barico Bonifacio-Genova	miglior orientamento: Sud/Nord
	intervallo di intensità necessario per ottenere mare agitato: 8-10 hPa
	durata in assetto costante: almeno 6-9 ore
moto ondoso	stato: tra agitato e molto agitato
	periodo onde: 7-9 secondi
condizioni meteo	tempo instabile o perturbato, seguito da variabilità con schiarite associate alla rotazione oraria dei venti con il passaggio del minimo



La particolarità di queste mereggiate è che sono caratterizzate dal gradiente termico tra l'aria fredda del Nord e quella calda del Mediterrano e possono portare a fenomeni molto rapidi con altezze d'onda importanti.

4.2 DETERMINAZIONE DELL'ONDA SIGNIFICATIVA AL LARGO

Come detto il progetto si colloca in corrispondenza del terrapieno posto a protezione della statale n. 1 Aurelia, in comune di Alassio ed in prossimità del confine con il Comune di Albenga.
Nel corso degli anni l'azione del mare ha direttamente aggredito il terrapieno provocandone il progressivo arretramento al punto da minacciare seriamente le sovrastrutture esistenti.
Il paraggio in oggetto rientra sostanzialmente in un settore di traversia principale da Sud-Sud-Ovest (180° - 210°) ed uno secondario da Est-Nord-Est (60° - 130°) da tali settori come detto provengono le principali mareggiate che al largo presentano i seguenti valori secondo quanto riportato dalla pubblicazione della Regione Liguria del dicembre 2014 e relativa a "Mappatura della pericolosità da inondazione marina nelle aree costiere della Regione Liguria" di cui si riporta un estratto per la zona 3 in cui ricade l'intervento in oggetto.

ZONA 3 DA CAPO DI VADO A CAPO MELE
Settori di provenienza: levante, scirocco, mezzogiorno, libeccio (al largo)

dir °N	TR (anni)					
	1		50		100	
	H (m)	Tp (s)	H (m)	Tp (s)	H (m)	Tp (s)
60	2.9	7.7	6.2	11.3	6.8	11.7
90	2.0	6.4	4.6	9.7	5.0	10.1
120	1.7	5.9	4.0	9.0	4.4	9.4
150	2.5	7.1	5.4	10.5	5.8	10.9
180	3.1	7.9	6.0	11.0	6.5	11.5
210	3.4	8.3	7.8	12.6	8.5	13.2

Tabella 5: valori di altezza d'onda, periodo e direzione, associati ai diversi periodi di ritorno, derivati dalle elaborazioni di Boccotti.

I valori al largo subiscono una importante rifrazione nella loro evoluzione sotto costa con riduzione dell'altezza d'onda significativa, mantenendo però pressoché invariato il periodo.

4.3 DETERMINAZIONE DELLO STATO DI MARE DI PROGETTO

Occorre tenere presente che l'intervento proposto si colloca al piede del terrapieno, praticamente al limite dell'attuale battigia e che le onde di maggior dimensione frangono ad una certa distanza dal piede stesso per aggredire la scarpata con il conseguente getto di riva successivo al frangimento.
Considerando che la pendenza del fondale pari a circa il 4% si ritiene che la profondità di frangimento delle onde che possono aggredire il terrapieno sia pari a d = 3 m (a circa 75 m dal piede).
In questo caso l'altezza d'onda è pari a 0,78 d = 2,30 m. con tale valore verranno dimensionati i massi della scogliera.

5. 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 profondità del fondale assunto pari a 3,0 m.
La pendenza della mantellata è stata assunta cautelativamente pari a circa 26° (rapporto 2 su 1) nel primo tratto e pari a circa 33° (rapporto 1,5 su 1) nel secondo tratto.
Essendo la scogliera in massi naturali il peso specifico è stato assunto pari a 2.6 t/m3; il peso specifico dell'acqua è stato assunto pari a 1,03 t/m3, da cui risulta Δ = 1,52

Nella seguente tabella viene calcolato il peso dei massi per i due tratti di mantellata assumendo quale onda di progetto quella definita al punto 4.3, ovvero H = 2,30 m.

Elemento	n (3)	Posa in opera	Sezione corrente K_D (2)		Testata K_D		Scarpa
			Onda frangente	Onda non frangente	Onda frangente	Onda non frangente	Cot α
Masso naturale arrotondato	2	alla rinfusa	*1,2*	2,4	*1,1*	1,9	da 1,5 a 3,0
arrotondato	>3	alla rinfusa (4)	*1,6* (4)	3,2	*1,4* (4)	*2,3*	
a spigoli vivi	2	alla rinfusa	2,0	4,0	*1,9*	3,2	1,5
					1,6	2,8	2,0
					1,3	2,3	3,0
a spigoli vivi	<3	alla rinfusa	*2,2*	*4,5*	*2,1*	*4,2*	(5)
a spigoli vivi	2	speciale (6)	5,8	7,0	*5,3*	6,4	(5)
Parallelepipedo (7)	2	speciale (1)	7,0-20,0	*8,5-24,0*	--	--	

peso	specifico
2,65	massi
2,30	onda di progetto
2,00	Kd
1,03	peso specifico acqua di mare
2,00	pendenza
1,57	peso specifico relativo

sezione corrente

2,1	tonn. peso medio singolo masso
0,78	mc volume medio singolo masso

peso	specifico
2,65	massi
2,30	onda di progetto
2,00	Kd
1,03	peso specifico acqua di mare
1,50	pendenza
1,57	peso specifico relativo

sezione corrente

2,8	tonn. peso medio singolo masso
1,04	mc volume medio singolo masso

Si tratta di massi di seconda categoria; tuttavia ai fini di una maggior stabilità dell'opera e vista la particolare esposizione del paraggio si ritiene di utilizzare, sia per la parte inferiore che per quella superiore, massi tra 3.0 e 7.0 tonnellate rientranti tutti nella terza categoria, con un W_{50} pari a 4.0 tonnellate (D_{50} = 1.15 m) equivalente ad un coeff. di Hudson pari a 1.6 normalmente usato per le testate delle scogliere.
Spessore della mantellata

$$r = 2{,}0\ (W_{50}/\gamma s)^{1/3} = 2.30\ m$$

Essendo W_{50} = 4.0 t, γs = 2.65 t/m^3

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 2.30 m.
Poiché ξm > 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 4.50 m circa.

H	**T_m**	**□**	**tan□**	**s_m**	**□m**	**$Ru_{2\%}$**
[m]	*[s]*	*[°]*				*[m]*
2.30	10.8	19	0,3	0,013	3,0684	4,51

Si tenga presente che come periodo di picco dell'onda incidente si è fatto riferimento al massimo periodo riferibile ad un'onda cinquantennale con provenienza al largo da 210° Sud-Ovest ovvero Tp = 12,6 s (Tm = 10.8 s).
Si ritiene tale valore molto elevato per le considerazioni fatte, ma comunque assunto in via cautelativa ai fini della sicurezza.
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.
Il livello di riferimento per la progettazione dell'opera basato su recenti studi effettuati in opere analoghe è calcolato come somma del livello cinquantennale risultante dall'analisi statistica dei dati del mareografo di Imperia e del contributo dell'innalzamento progressivo del livello marino.
Il livello complessivo, per il tempo di ritorno cinquantennale preso a riferimento per la progettazione, è pertanto pari a 0.77 m.
Da ciò risulterebbe un run-up complessivo di 5.28 m.
Pur considerando che la berma superiore è stata collocata a +5.00 m slm e che l'eccesso di run-up è pari solo al 5% dell'intera risalita e pertanto ininfluente nei confronti della protezione della scarpata, si è ritenuto comunque utile, in via del tutto cautelativa, proteggere per un breve tratto il piede della scarpata con massi di prima categoria fino alla quota di +6.60 m slm, garantendo così l'integrità del rivestimento in fibra di cocco della scarpata stessa.

Ing. Stefàna Rossi



Ing. Luca Tarantino



Ing. Stefano Puppo

