Firmato digitalmente da:
Capannelli Gererado
Firmato il 2025/05/14 17:29
Seriale Certificato: 3207156
Valido dal 18/01/2024 al 18/01/2027
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Geoscape Società Cooperativa
SpinOff dell'Università di Genova
Sede legale Via Varese 2 – CAP 16122 (Ge)
Pec: geoscape@pec.geoscape.it
Mail: info@geoscape.it
P.IVA: 02594600997

Servizio specialistico di valutazione per nuove ipotesi di progetto mediante studio sedimentologico lungo il litorale di Mulinetti – Recco (Genova).

geoscape coop.

Sommario

1. Premessa....2
2. Metodologia d'indagine....2
2.1. Indagini di campagna....2
2.2. Indagine sedimentologica della spiaggia....3
2.4. Determinazione dei profili d'equilibrio....3
3. Caratteri generali....5
4. Dinamica litorale....9
5. Ipotesi progettuale....11
6. Profili d'equilibrio....12
7. CONCLUSIONI....13
8. Bibliografia....14

1. Premessa

Lo Studio Ferretti ha dato incarico a Geoscape di svolgere uno studio sedimentologico del tratto di litorale di Mulinetti. Lo scopo dell'indagine è quello di definire gli aspetti dinamico sedimentari dell'area, con particolare riferimento al tratto relativo alla piccola spiaggia situata allo sfocio di rio Sonega ed individuare soluzioni progettuali in grado di preservare le pile del ponte ferroviario dall'azione del mare.

A tale scopo il lavoro è stato suddiviso in due fasi distinte ma complementari tra loro: la prima indirizzata alla caratterizzazione dell'assetto costiero, allo scopo di analizzare gli aspetti dinamici del litorale ed individuarne gli squilibri morfologico – sedimentari e definire le migliori soluzioni progettuali; la seconda mirata alla determinazione delle caratteristiche tessiturali del materiale più idoneo da utilizzare per il ripascimento, con indicazioni per la stima dei quantitativi necessari.

2. Metodologia d'indagine

2.1. Indagini di campagna

Le indagini batimetriche ed i prelievi di sedimento della spiaggia sommersa (fig. 1) sono stati realizzati dal committente. Il prelievo dei sedimenti della spiaggia emersa è stato realizzato da Geoscape, analogamente alle analisi granulometriche dei campioni.

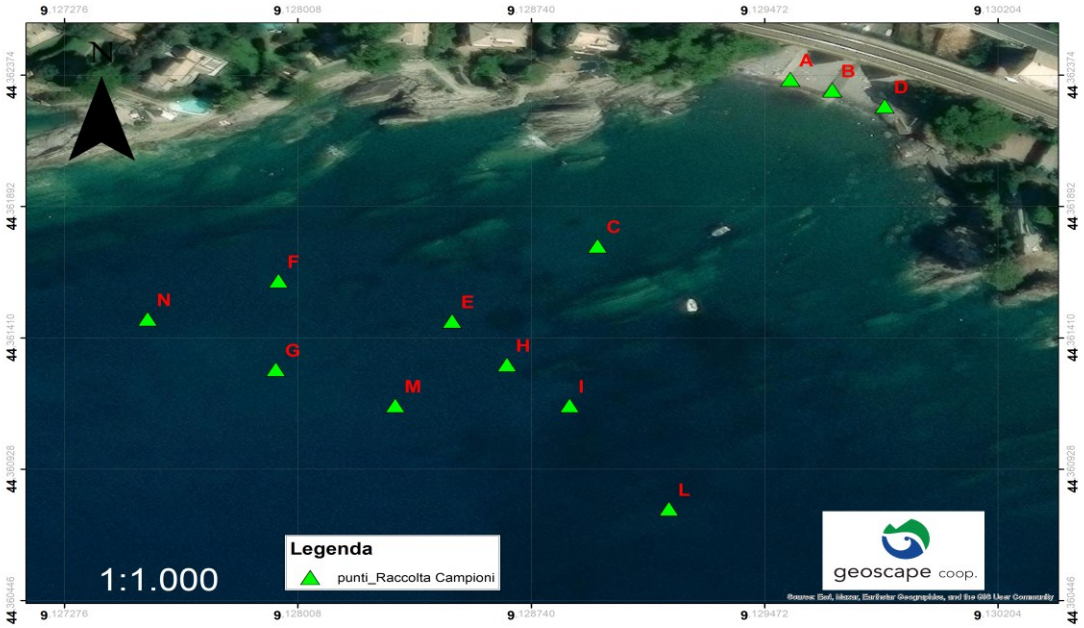


Fig. 1 – Area d'indagine ed ubicazione campioni.

2.2. Indagine sedimentologica della spiaggia

Le indagini dei sedimenti di spiaggia sono state condotte su 12 campioni di materiale prelevati in corrispondenza del tratto di costa prospicente la spiaggia, sia nella parte emersa, sia nella spiaggia sommersa, fino alla profondità massima di circa 10 metri.

Le analisi granulometriche sono state eseguite tramite setacciatura a secco, utilizzando la scala di Wenworth a ½φ allo scopo di determinare le caratteristiche dimensionali ed i parametri statistici sedimentologici.

2.4. Determinazione dei profili d'equilibrio

La determinazione teorica del profilo trasversale d'equilibrio della spiaggia è stata effettuata con la metodologia proposta da Dean (1977), integrata con quella proposta da Van der Meer (1998), per la porzione emersa.

La prima soluzione, comunemente adottata negli studi d'ingegneria idraulica, approssima in modo più o meno corretto il profilo reale, anche in funzione della situazione morfo – sedimentaria contingente. Essa è infatti studiata per litorali oceanici costituiti da sabbie e ghiaie medie completamente esposti al moto ondoso.

L'algoritmo matematico utilizzato per l'ottenimento del profilo è basato sulla semplice relazione tra la distanza da costa (off-shore) e la profondità del fondale:

$d=Ax^m$ in cui: $m = \frac{2}{3}$

Il parametro A (dimensionalmente legato al fattore m per fare assumere a *d* il valore di una distanza) è funzione delle caratteristiche del sedimento (diametro medio) ed agisce sulla forma del profilo di equilibrio.

La seconda metodologia applicata è rivolta all'analisi del profilo dinamicamente stabile di scogliere o spiagge in ghiaia sottoposte all'azione del moto ondoso. Questo modello sperimentale, basato sul concetto di struttura modificabile, permette di determinare numericamente il profilo della spiaggia corrispondente alle condizioni di equilibrio dinamico; a partire dalla situazione iniziale si ottiene una configurazione finale che una volta raggiunta si può considerare stabile.

Il profilo viene quindi descritto attraverso punti significativi. In particolare, si ottiene:

l_r profondità del run up riferita l.m.m.

h_c altezza della berma riferita l.m.m. (altezza max run up)

l_c distanza della berma riferita l.m.m.

h_s profondità dello scalino riferita l.m.m.

l_s distanza dello scalino riferita l.m.m.

h_t profondità di transizione riferita l.m.m.

Nel profilo teorico calcolato sono stati considerati i punti significativi relativi alla spiaggia emersa, cioè profondità del run up, altezza e distanza della berma

I parametri considerati per la definizione del profilo sono:

Hs altezza significativa dell'onda

T periodo dell'onda

N numero delle onde della mareggiata (durata dell'evento)

D50 diametro mediano del sedimento

Δ densità relativa del sedimento

α pendenza della struttura iniziale ipotizzata

Queste metodologie risultano particolarmente utili nella determinazione della granulometria più idonea alla ricostruzione del litorale e nel calcolo delle quantità di materiale da versare. Infatti, una volta stabilito l'avanzamento che si vuole effettuare è possibile, mantenendo o modificando le dimensioni del diametro mediano calcolare il profilo che andrebbe ad assumere il litorale e,

successivamente, determinare la profondità d'intersezione del profilo teorico con quello reale nonché la quantità di materiale necessario alla ricostruzione, espresso in metri cubi per metro lineare.

Comunque, è utile ricordare che i profili descritti dalle equazioni di equilibrio nascono per permettere un'utile approssimazione della reale forma della shoreface da usare per i progetti di ingegneria costiera, ma tutte queste considerazioni vogliono solo fornire una base di partenza per la stima approssimativa dei volumi necessari al ripascimento e non devono essere considerate come determinazioni assolutamente esatte della tessitura dei sedimenti e dei volumi in gioco.

3. Caratteri generali

Il settore oggetto di studio è una tipica pocket beach, cioè una spiaggia limitata lateralmente da sporgenze rocciose che ne contengono il sedimento, la spiaggia è collocata in coincidenza della parte terminale di un piccolo rio, il rio Sonego, che ha un bacino di dimensioni inferiori al Km^2. Questa spiaggia ha un'estensione di circa 25 metri ed è profonda circa 20 metri. A ponente è limitata da affioramenti rocciosi che si estendono per oltre 60 metri verso mare, mentre a levante l'appoggio fornito dall'ammasso roccioso è limitato a pochi metri. In entrambi i lati la costa rocciosa è estremamente frastagliata. Questa particolare morfologia è essenzialmente dovuta alle caratteristiche geologico – strutturali dell'ammasso roccioso. Gli affioramenti, riferibili alla formazione di Monte Antola, sono costituiti da un'alternanza ritmica di bancate calcaree, calcareo – marnose e marne e, nel tratto indagato presentano una giacitura sub – verticale e direzione circa ENE – WSW. A causa delle disuguali caratteristiche geomeccaniche degli orizzonti, è presente una evidente erosione differenziata. Le bancate più tenaci, subendo in minor misura l'abrasione marina, si presentano in rilievo, al contrario quelle più tenere, facilmente erodibili, formano delle depressioni. Questo fenomeno determina appunto la frastagliatura del tratto costiero caratterizzato da porzioni in rilievo che si estendono verso il largo e settori depressi, occupati dal mare.

La morfologia sottomarina desunta dalla carta batimetrica (figura 2) indica la presenza, su tutta l'area, di una piattaforma d'abrasione, cioè un fondale roccioso sub – pianeggiante, in alcuni tratti ricoperto da sedimenti molto grossolani, che si estende dalla battigia fino ad una distanza di oltre 100 metri con profondità inferiori al metro nel primo tratto e massime di circa 2 - 3 metri nel settore più esterno. Analogamente al tratto roccioso emerso, anche quello sommerso mostra una morfologia condizionata dall'assetto geologico strutturale. Si possono osservare le bancate più tenaci affioranti o sub affioranti dal fondale che costituiscono delle vere e proprie digitazioni che si spingono verso il largo separate da depressioni che assumono la forma di canali. Questa situazione è ben evidente

nel tratto di mare antistante la spiaggia, l'irregolare morfologia è solo parzialmente obliterata dalla presenza della copertura sedimentaria, e se ne intuisce la presenza. Si segnala anche la presenza di due depressioni che si sviluppano nella parte centrale della spiaggia separate tra loro da alcuni affioramenti rocciosi semisommersi.

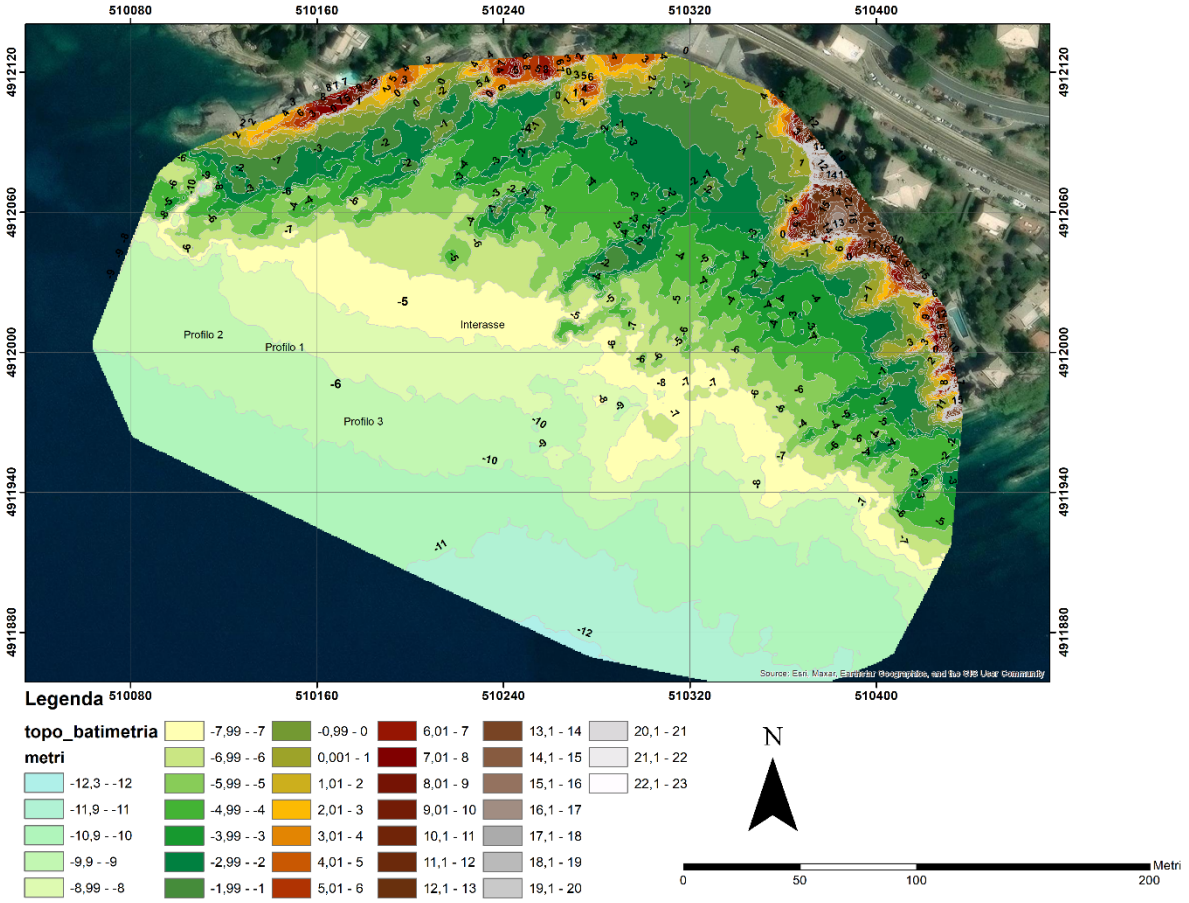


Fig. 2 – Carta batimetrica

Da un punto di vista sedimentologico i risultati delle analisi dei campioni prelevati fornisce una composizione ghiaiosa per la spiaggia emersa con diametro medio fino a 22 mm (Campioni A,B e D), mentre i campioni sommersi evidenziano caratteristiche di tipo sabbioso tra 0,25 e 0,34 mm; si faccia riferimento alla tabella 1 riportata di seguito e alla figura 1 che raffigura i punti campione.

Tabella 1 Risultati analisi Granulometriche

RISULTATI CAMPIONI MULINETTI

							PARAMETRI STATISTICI							
ID	**% TRATTENUTO**	**% PASSANTE**	**% GHIAIA**	**% SABBIA**	**% LIMO**	**% ARGILLA**	**D50**		**DV.ST**	**SKEWNESS**	**CURTOSI**	**MODA (PHI)**	**DIAMETRO (PHI)**	
							MM	**PHI**	**PHI**	**PHI**	**PHI**		**MEDIO (MZ**	**MEDIANO**
A	99,99	0,01	99,77	0,21	0,01	0,00	**16,9821**	-4,0859	0,803	0,262	0,776	-4,70	-3,957	-4,086
B	100	0,00	99,99	0,01	0,00	0,00	**22,1693**	-4,4705	0,982	0,223	1,065	-4,79	-4,286	-4,470
D	99,90	0,10	97,75	2,15	0,10	0,00	**22,0111**	-4,4602	1,065	0,412	1,719	-4,76	-4,215	-4,460
C	97,99	2,01	0,02	97,98	2,01	0,00	**0,2359**	2,0840	0,644	0,129	1,008	1,91	2,138	2,084
E	98,11	1,89	0,01	98,11	1,89	0,00	**0,2675**	1,9025	0,541	0,135	1,057	1,83	1,956	1,902
F	98,27	1,73	0,00	98,26	1,73	0,00	**0,2881**	1,7954	0,606	0,158	1,119	1,75	1,838	1,795
G	97,76	2,24	0,03	97,73	2,24	0,00	**0,2587**	1,9508	0,781	0,156	1,066	1,80	2,021	1,951
H	98,35	1,65	0,13	98,22	1,65	0,00	**0,3362**	1,5728	0,786	-0,043	1,196	1,63	1,548	1,573
I	98,25	1,75	0,20	98,06	1,75	0,00	**0,3372**	1,5684	0,795	-0,045	1,205	1,63	1,541	1,568
L	98,42	1,58	0,19	98,23	1,58	0,00	**0,3367**	1,5703	0,812	-0,053	1,182	1,64	1,536	1,570
M	97,69	2,31	0,04	97,66	2,31	0,00	**0,2398**	2,060	0,777	0,071	1,042	1,87	2,096	2,06
N	97,98	2,02	0,01	97,97	2,02	0,00	**0,2738**	1,8689	0,731	0,224	1,089	1,76	1,957	1,869

4. Dinamica litorale

L'orientazione del tratto indagato è tale che le ondazioni principali provenienti da SW raggiungono frontalmente la spiaggia anche se sono parzialmente ridotte dalla presenza delle sporgenze rocciose di Bordigotto collocate a ponente del sito d'indagine. Conseguentemente la spiaggia si presenta con una linea di riva lineare ma leggermente asimmetrica con un maggiore avanzamento nel lato orientale ad indicare un drift sedimentario rivolto verso levante ed in accordo con la direzione di provenienza del moto ondoso principale. Quindi la dinamica sedimentaria si sviluppa con movimenti prevalentemente trasversali (cross – shore) e movimenti lungo costa più blandi rivolti verso est.

La piattaforma d'abrasione, presente nella spiaggia sommersa, determina un profilo morfodinamico dissipativo, che costituisce una protezione naturale della costa, riducendo l'energia dell'onda che giunge a terra, e quindi, limitando la dispersione dei sedimenti verso il largo. Però la presenza dei citati canali generati dall'assetto geo – strutturale del substrato roccioso, favoriscono la concentrazione del flusso di ritorno in essi generando correnti trasversali che costituiscono una via preferenziale di dispersione dei sedimenti

Le immagini di figura 4 mostrano le correnti in uscita che si formano nel settore centrale ed in quello orientale.

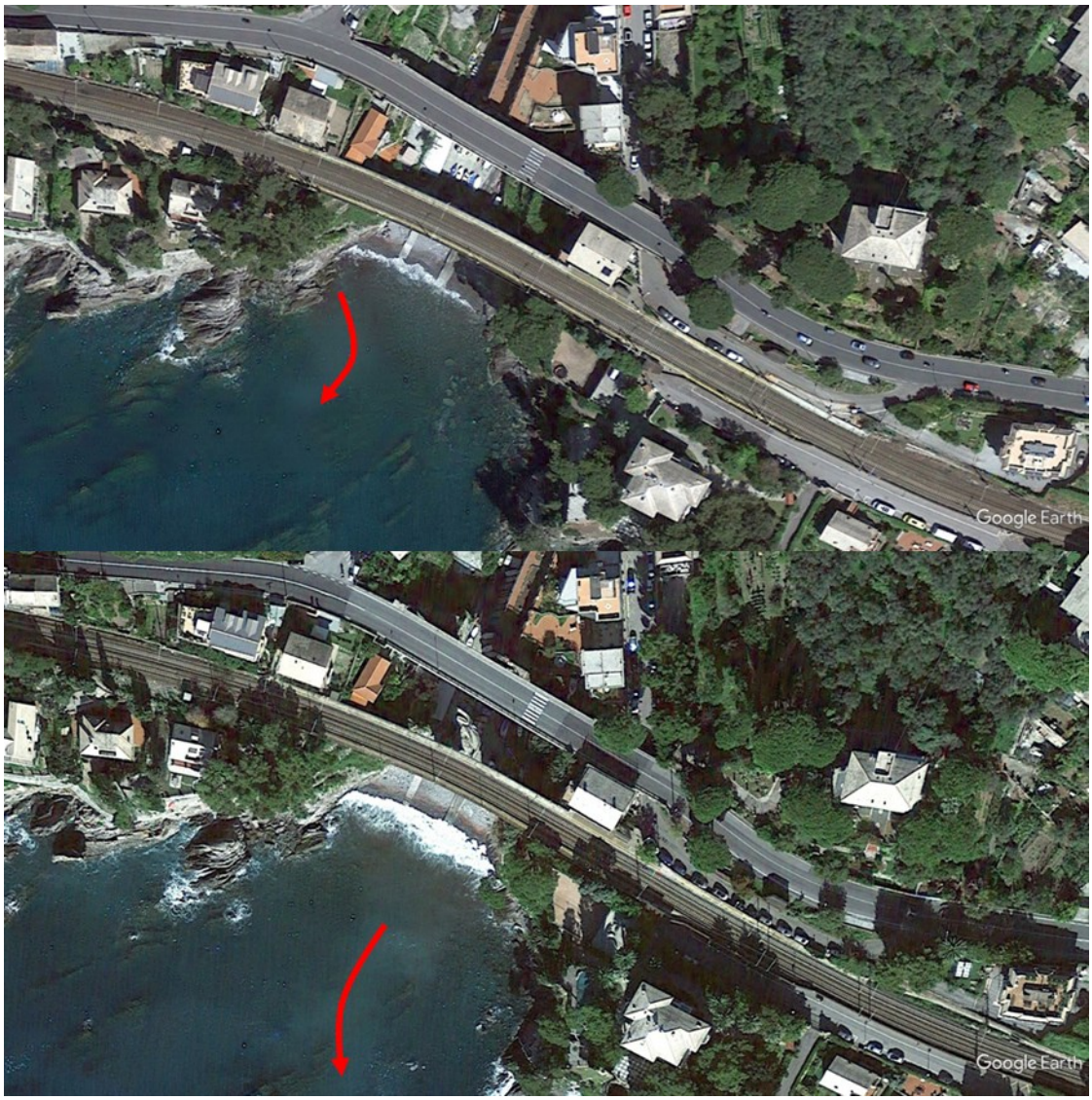


Fig. 4 – Formazione delle rip currents.

Mentre la rip current occidentale si sviluppa in coincidenza della depressione del fondale, quella orientale sfrutta inizialmente le canalizzazioni indotte dalla struttura geologica del fondale ma successivamente si dirige ed oltrepassa gli scogli semi affioranti posti a levante, anche a causa del drift litoraneo rivolto verso levante. Aspetto quest'ultimo evidenziato anche dalla modellazione numerica.



Fig. 5 – Caratterizzazione dei fondali in elaborazione

5. Ipotesi progettuale

Lo studio morfo – sedimentologico dell'area di indagine mostra una spiaggia sostanzialmente stabile. Il deficit sedimentario è imputabile alla pressoché sostanziale assenza di apporti sedimentari naturali ed alla dispersione dei sedimenti verso il largo e verso levante provocati rispettivamente dai flussi trasversali e dalla deriva litoranea. Pertanto, una ipotesi progettuale dovrà essere indirizzata ad interrompere la deriva litoranea, rivolta verso est, ed a limitare i flussi traversali indotti dalle depressioni, oltre ovviamente ad un ripascimento che ripristini il budget sedimentario della spiaggia.

L'intervento dovrebbe prevedere:

- realizzazione di un pennello in coincidenza degli scogli semi affioranti posti nel settore orientale, in grado di fornire un appoggio alla spiaggia ed annullare il flusso di sedimenti verso levante.
- Versamento di materiale grossolano nelle depressioni presenti nel settore occidentale della spiaggia sommersa, dove si concentrano i flussi, allo scopo di attenuarne la velocità.

- Ripascimento di sedimento ghiaioso in grado di produrre un avanzamento della linea di riva di almeno 30 metri, che costituirà l'opera di difesa principale per la protezione del ponte ferroviario

L'intervento così strutturato dovrebbe essere in grado di ridurre la penetrazione del moto ondoso sulla spiaggia mettendo in sicurezza la struttura ferroviaria che non saranno più interessate dall'azione del mare ad eccezione di eventi estremi.

6. Profili d'equilibrio

L'obiettivo che s'intende perseguire è quello di individuare le granulometrie più idonee al ripascimento e stimare il quantitativo necessario a garantire l'avanzamento richiesto.

Per determinare il profilo di equilibrio sono state abbinate le metodologie proposte da Van Deer Mer e Dean. La prima è stata applicata alla porzione di spiaggia emersa, mentre la seconda è stata utilizzata per la spiaggia sommersa.

Il profilo rappresentativo individuato è collocato nel settore centrale della spiaggia e si è ipotizzato un avanzamento di circa 30 metri (figura 7).

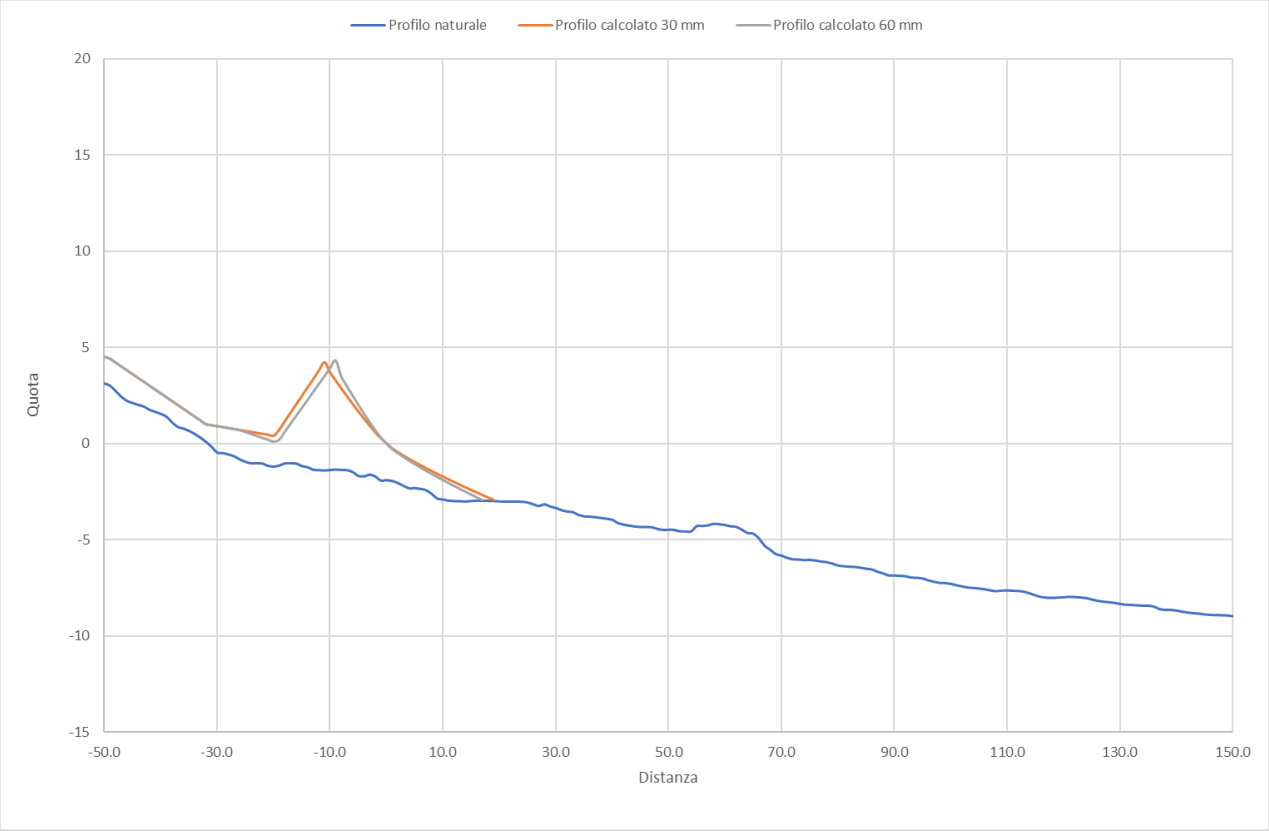


Fig. 7 –profilo d'equilibrio 30 mm (linea arancione)

Conseguentemente i quantitativi richiesti, utilizzando tessiture corrispondenti a 30 mm risultano pari a circa 125 - 130 m^3 per metro lineare ed una profondità d'intersezione collocata 3.0 metri. Tessiture corrispondenti a 60 mm richiedono un quantitativo pari a circa 120 – 125 m^3 per metro lineare e si estendono fino ad una profondità di circa 2.9 metri.

Metodologia Dean				
	Avanzamento (m)	Altezza (m)	Prof. Int. (m)	Volume (m^3)
30 mm	30	4.5	3.0	127
60 mm	30	4.5	2.9	121

		Metodologia Van der Meer	
Durata mareggiata	Lunghezza run up	Altezza berma(m)	Distanza berma (m)
30 mm	20.0	4.2	11.0
60 mm	19	4.2	9.4

Tabella 1 - parametri ottenuti con il profilo teorico di Van der Meer e Dean applicato alla sezione rappresentativa

7. CONCLUSIONI

La spiaggia, come riportato precedentemente, oltre a necessitare di una struttura d'appoggio posta nel settore orientale, richiede una risistemazione della morfologia del fondale allo scopo di limitare la formazione delle rip currents che si sviluppano specie nel settore occidentale della spiaggia. Infine si deve prevedere un ripascimento di sedimenti tessituralmente riferibili alle ghiaie grossolane. Le tessiture dei sedimenti versanti dovrebbero essere quindi comprese tra 30 e 60 mm ed il quantitativo necessario calcolato con il profilo d'equilibrio è compreso tra 120 - 130 m^3 per metro lineare in funzione della tessitura. Poiché l'avanzamento della spiaggia implicherà anche un ampliamento del fronte mare, si è stimato che il quantitativo necessario per il ripascimento sia di circa 8000 m^3.

8. Bibliografia

Bruun, P. (1954) - "Coastal erosion and development of beach profiles." U.S. Army Beach Erosion Board Tech. Memo. No. 44, Beach Erosion Board, U.S. Army Corps of Engrs., Washington, D.C.

Carobene L. & Brambati A. (1975) - Metodo per l'analisi morfologica quantitativa delle spiagge. Boll. Soc. Geo. It., 94: 479-493.

Dean, R.G. (1976) - Beach Erosion: Causes, processes and Remedial Measures. CRC Critical Review of Envir. Control 6 (3): 259-296.

Dean, R.G. (1977) - "Equilibrium beach profiles: U.S. Atlantic and Gulf Coasts." Oc. Eng. Rep. No. 12, Dept of Civ. Eng., Univ. Of Delaware, Newark, Del.
Dean, R.G. (1987) - Coastal Sediment Processes: Characteristics and Application. Journal of Coastal Research 7: 53-84.

Folk, R.L. e Ward, W.C. (1957) – Brazos river bar: a study in the significance of the grain size parameters. J. Sed. Petrol. , 27: 3 – 28.
Gao S., Collins M. (1992) – Net sediment transport patterns inferred from grain – size trends, based upon definition of "transport vectors". Sedim. Geol., 81: 47 – 60.

Kriebel, D.L., Kraus N.C. and Larson M. (1991) - Engineering methods for predicting beach profile response. Amer.Soc.Civil Eng. Coastal Sediments '91, Seattle, WA Vol. 1: 557-571.
Mase H. (1989). Random wave run up height on gentle slope. J. Waterway Port Coast. Ocean Eng. 115 (5): 649 – 661.

Pilkei, O.H., Young, R.S., Riggs, S.R. Smith, A.W., Wu. H.and Pilkei, W.D. (1993). The concept of shoreface profile of equilibrium: A critical review. J. Coastal Res., 9: 255-278.

Van De Meer J. (1998). Rock slope and gravel beaches under wave attack. Delft tech.Univ. Pubbl., n°396.

Work, P.A. and Dean R.G. (1991) Effect of Varying Sediment Size on Equilibrium Beach Profiles. Coastal Sediments ’91, Amer. Soc. Civil Eng.: 890-904.