Geoscape Società Cooperativa
SpinOff dell'Università di Genova
Sede legale Via Varese 2 – CAP 16122 (Ge)
Sede operativa Corso Europa 26 – CAP 16132 (Ge)
Pec: geoscape@pec.geoscape.it
Mail: info@geoscape.it
P.IVA: 02594600997

COMUNE DI BOGLIASCO (GE)

Servizio specialistico propedeutico correlato alla redazione del progetto di ripristino del litorale compreso tra la spiaggia sotto la chiesa ed il molo Sbolgi

INDAGINE SEDIMENTOLOGICA

1. Premessa

Il comune di Bogliasco ha dato incarico a Geoscape s.r.l. di svolgere uno studio sedimentologico del tratto di litorale cittadino. Lo scopo dell'indagine è quello di definire gli aspetti dinamico sedimentari dell'area, con particolare riferimento al tratto di costa compreso tra la piccola spiaggia situata ai piedi della falesia su cui è ubicata la chiesa ed il tratto roccioso fino al molo Sbolgi.

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 per entrambe le spiagge.

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 da Geocoste s.n.c. e forniti dal Comune di Bogliasco. Il rilievo topografico ed il prelievo dei sedimenti della spiaggia emersa sono stati realizzati da Geoscape s.r.l. Le analisi granulometriche dei campioni, sono stati realizzati da Geoscape s.r.l.

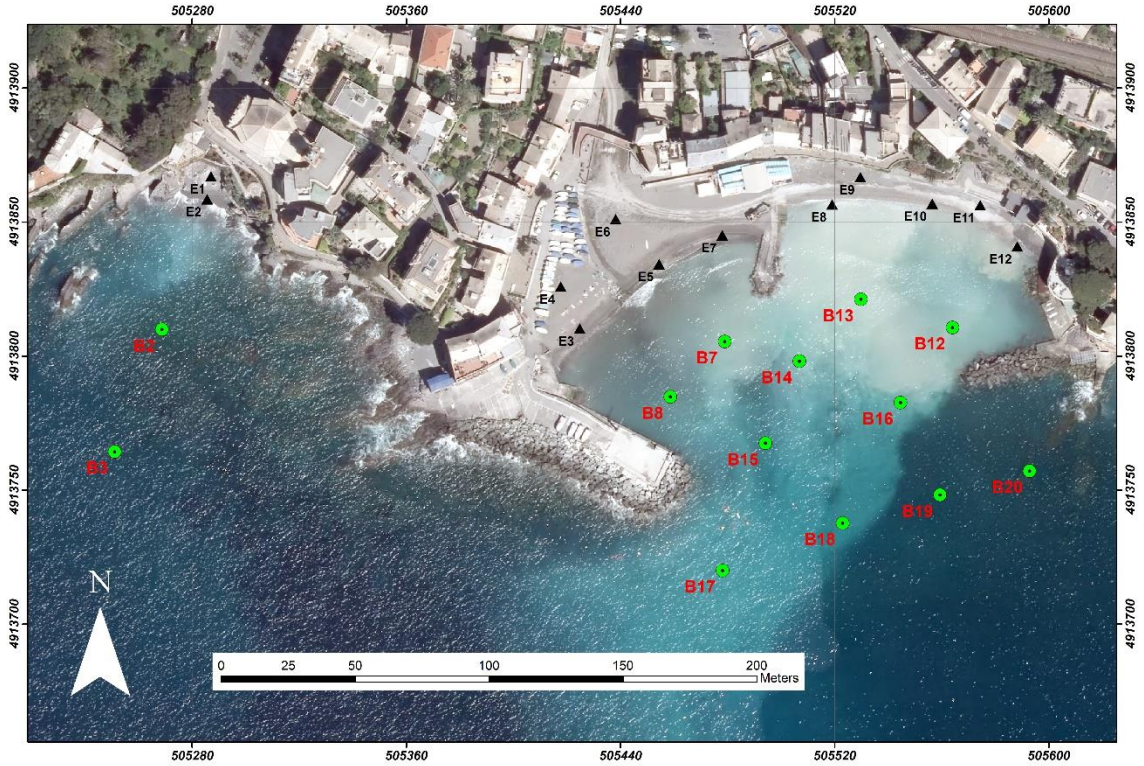


Fig. 1 – Area d'indagine ed ubicazione campioni.

2.2. Indagine sedimentologica della spiaggia

Le indagini dei sedimenti di spiaggia sono state condotte su 4 campioni di materiale prelevati in corrispondenza del tratto di costa prospicente la spiaggia della chiesa, 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), per il tratto di spiaggia antistante la chiesa, e con quella individuata da Van der Meer (1998), per il restante settore di costa.

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 medio – fini e 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) e và ad agire sulla forma del profilo di equilibrio. Il suo modulo risulta compreso tra 0.079 e 0.398.

Risulta evidente che tale metodologia, appunto per i suoi caratteri generali, presenti sostanzialmente una approssimazione del problema, inoltre essa è basata su presupposti teorici limitativi (onda monocromatica, indice di frangimento costante, piani d'onda paralleli alla costa ecc.) è quindi utile ricordare le affermazioni fatte da Pilkei et al. (1993). La trasposizione dei dati desunti dalla modellizzazione dei profili di equilibrio della shoreface nella realtà, devono tenere conto di diversi assunti di base sui profili di equilibrio che talvolta non vengono riscontrati in situazioni reali. Non sempre:

1. il movimento dei sedimenti è guidato solo dalla diffusione legata all'energia delle onde, attraverso la shoreface
2. la shoreface presenta una coltre di sedimenti tanto abbondante da rendere la struttura geologica di fondo totalmente ininfluente sulla forma del profilo.

Nello studio in oggetto i risultati ottenuti sembrano indicare una buona corrispondenza con la situazione reale, ma i profili risultano generalmente più acclivi che nella realtà. Quindi si è ritenuto opportuno in alcuni casi affiancare a questa soluzione anche i risultati ottenuti con la metodologia già proposta in fase preliminare e che risultava essere più conservativa.

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.

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 citando anche in questo caso le enunciazioni di Pilkei relative alla modelizzazione, si può affermare 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.
Quindi bisogna comunque ribadire che tutte queste considerazioni vogliono fornire una base di partenza per la stima approssimativa dei volumi necessari al ripascimento ma 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 un tipico tratto di costa rocciosa dove, nell'estremo di ponente, ai piedi della falesia su cui sorge la chiesa, è presente una piccola pocket beach, cioè una spiaggia limitata lateralmente da sporgenze rocciose che contengono il sedimento. Questa spiaggia ha un'estensione di circa 35 metri ed è profonda 10 metri. A levante è limitata da una struttura in massi, posta

protezione della sovrastante strada, che limita parzialmente il flusso di sedimenti verso levante indotto dal drift litoraneo. Il restante tratto in passato occupato da una spiaggia artificiale, relativamente ampia, realizzata con il materiale di risulta proveniente dal raddoppio autostradale, risulta attualmente caratterizzato da una costa rocciosa 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 NE – SW. A causa delle disuguali caratteristiche geomeccaniche degli orizzonti, è presente una evidente erosione differenziata. Infatti, 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, verso terra, 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, che si estende dalla battigia fino ad una distanza media circa 50 metri con una profondità massima di 3.5 – 4.5 metri. Successivamente il fondale mostra una rottura della pendenza e si approfondisce fino ad oltre 6 metri. Analogamente al tratto roccioso emerso, anche quello sommerso mostra una morfologia condizionata dall'assetto geologico strutturale. Anche in questo caso si possono osservare le bancate più tenaci 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 costa rocciosa mentre, nel tratto antistante la spiaggia, l'irregolare morfologia è obliterata dalla presenza della copertura sedimentaria, anche se in alcuni punti se ne intuisce la presenza. Si segnala però un canale erosivo che si sviluppa nella parte centrale della spiaggia e prosegue in adiacenza alla bancata tenace che ha dato origine allo scoglio affiorante nell''estremo settore occidentale.



Fig. 2 – Carta batimetrica

Sedimentologicamente (figura 3), la spiaggia è caratterizzata da ghiaie fini con diametro medio – 2.85 Φ pari a 7.2 mm nella spiaggia emersa e -1.9 Φ pari a 3.7 mm alla battigia. Questi sedimenti risultano essere discretamente e/o mediocremente classati e con skewness simmetrico. I valori degli indici sedimentologici non sembrano indicare la presenza di vistosi fenomeni erosivi che interessano la spiaggia. La spiaggia sommersa, anche nel tratto costituito da costa rocciosa oltre la piattaforma d'abrasione, è invece caratterizzata da sabbie medie con diametri medi di circa 1.6 – 1.3 Φ pari a 0.33 – 0.39 mm, presentano una discreta classazione e valori dello skewness nulli o leggermente negativi.

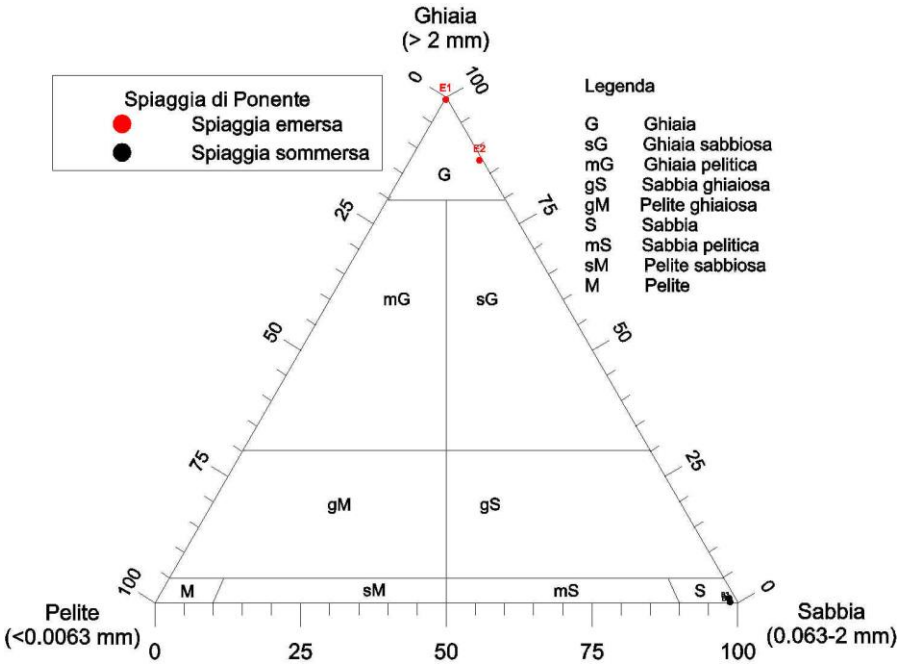


Fig. 3 – Classificazione dei sedimenti (folk & Ward 1967).

Nel settore interessato dalla piattaforma d'abrasione, in coincidenza delle depressioni sono presenti sedimenti misti, costituiti da blocchi, ciottoli, ghiaie e sabbie. Inoltre, in una immagine riferibile all'anno 2015 si può osservare la presenza di un accumulo di ciottoli e massi, con diametro medio compreso tra 30 – 50 cm, collocato nell'immediate vicinanze dove attualmente è ubicato la scogliera a protezione della passeggiata.

4. Dinamica litorale

Il tratto indagato ha un'orientazione tale che le agitazioni ondose principali (SW) lo raggiungono pressoché frontali. Nell'estremo di ponente la spiaggia, con la sua conformazione a tasca, presenta uno sviluppo della linea di riva simmetrico e non si osservano zone di accumulo preferenziale alle estremità della spiaggia. Quindi la dinamica sedimentaria si sviluppa con movimenti prevalentemente trasversali (cross – shore) ed i movimenti lungo costa risultano essere estremamente blandi. La presenza, in tutto il settore, della piattaforma d'abrasione, grazie al suo profilo dissipativo, costituisce una protezione naturale della costa, riducendo l'energia dell'onda che giunge a terra, limitando anche, nel tratto di costa deposita, la dispersione dei sedimenti verso il largo. Però la presenza dei già citati canali generati dall'assetto geo – strutturale del substrato roccioso, costituiscono una via preferenziale di dispersione dei sedimenti. Infatti, le depressioni favoriscono una concentrazione del flusso di ritorno che genera intense correnti trasversali (channel rip). La figura 4 mostra appunto una corrente in uscita che si sviluppa nella depressione posta nel settore centrale della spiaggia, già segnalata

precedentemente, mentre una seconda rip current, di minore intensità, è visibile in coincidenza del limite orientale.



Fig. 4 – Formazione delle rip currents.

Facendo riferimento alla rip current occidentale dalla figura 5 si può osservare che questa si sviluppa in coincidenza del limite di ponente per poi dirigersi verso il centro in coincidenza di una depressione del fondale. Successivamente prosegue in direzione SW fino a giungere ed oltrepassare lo scoglio costituito dalle testate affioranti dei banchi calcareo arenacei. Il percorso del flusso è sicuramente condizionato dalla morfologia del fondale, ma un contributo può essere fornito anche dal deposito grossolano ubicato nella porzione orientale della spiaggia sommersa che lo limita lateralmente. Infatti, la rip current di levante, pur sviluppandosi in un contesto simile al precedente ma con la depressione colmata da sedimento grossolano (ciottoli e massi) perde intensità e va a congiungersi con il flusso principale.

Non si può escludere che fenomeni analoghi siano presenti anche nel tratto di costa rocciosa a causa della presenza di numerosi canali indotti dalla struttura geologica.

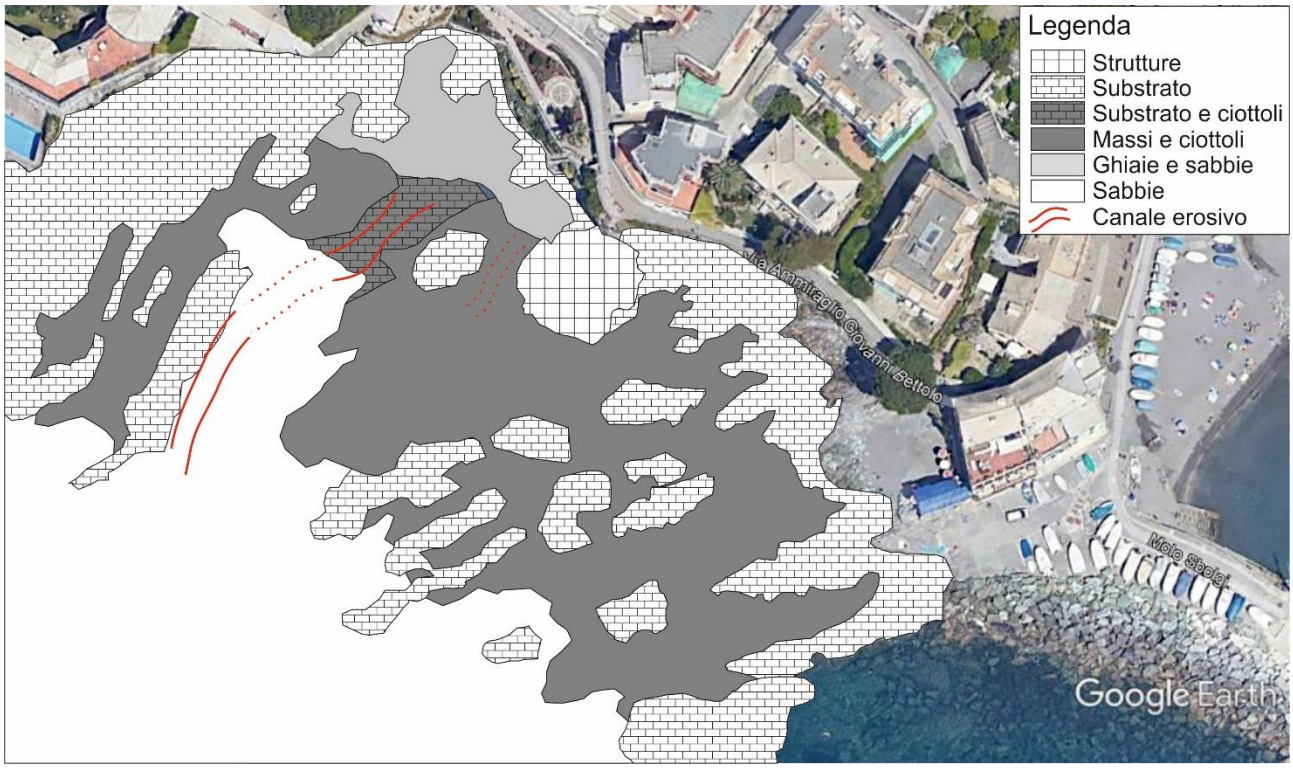


Fig. 5 – Caratterizzazione dei fondali

5. Ipotesi progettuale

Spiaggia di ponente

L'indagine ha evidenziato che questa spiaggia ha un assetto sostanzialmente stabile, le perdite sono imputabili ai flussi traversali, favoriti dalla particolare morfologia del fondale, che disperdono al largo i sedimenti; quindi, una possibile ipotesi progettuale deve prevedere una soluzione che ne limiti l'intensità. Per quanto osservato e descritto precedentemente si potrebbe intervenire effettuando un versamento di materiale grossolano nel tratto iniziale della depressione, spingendosi fino al limite della roccia affiorante. Le caratteristiche dimensionali del materiale dovrebbero essere simili a quello già presente nella spiaggia sommersa adiacente. Successivamente si potrà intervenire con un ripascimento che garantisca un avanzamento di almeno una dozzina di metri della linea di riva. Per quanto riguarda la scogliera aderente che limita la spiaggia a levante, questa è in parte danneggiata, si ritiene opportuno risistemarla ed allungarla di qualche metro anche allo scopo di fornire un maggiore appoggio alla spiaggia.

Costa rocciosa

In questo tratto l'intervento dovrà essere rivolto soprattutto alla difesa delle infrastrutture. Generalmente in queste situazioni le modalità d'intervento più comunemente utilizzate prevedono la realizzazione di scogliere aderenti costituite da massi opportunamente dimensionati.
In questo caso, grazie alla particolare morfologia del fondale, si può ipotizzare la realizzazione di una spiaggia, costituita da materiale molto grossolano che vada a costituire una vera e propria struttura difensiva della costa. Questa tecnica d'intervento è poco nota ma già utilizzata anche in Italia, come nel recupero del litorale di Marina di Pisa (figura 6).



Fig. 6 – La spiaggia di Marina di Pisa

Un'ipotesi d'intervento, adottando il ripascimento come struttura difensiva, dovrebbe prevedere in primo luogo il riempimento dei canali presenti nella piattaforma d'abrasione allo scopo di eliminare potenziali vie di sviluppo di flussi trasversali che potrebbero disperdere al largo il materiale. Realizzare un pennello in coincidenza del limite orientale del tratto allo scopo di fornire maggiore stabilità al versamento. Per la sua realizzazione si potrebbero sfruttare i due affioramenti rocciosi che si sviluppano trasversalmente alla costa, inglobando i medesimi all'interno della struttura e prolungando l'appoggio di una decina di metri.
Infine, si dovrà prevedere il versamento di materiale grossolano, 10 – 15 cm, che garantisca un avanzamento di almeno 20 – 25 metri della costa.

6. Profili d'equilibrio

L'obiettivo che s'intende perseguire con questa analisi è di individuare granulometrie idonee alle aree oggetto di studio ed individuare i quantitativi di materiale necessario agli interventi.

Spiaggia di ponente

In questo caso è stata adottata la metodologia proposta da Dean allo scopo di individuare le granulometrie più stabili per il litorale oggetto di studio ed individuare i quantitativi di materiale necessario al ripascimento.

Si è provveduto ad individuare una sezione rappresentativa del profilo di spiaggia e si è ipotizzato un avanzamento di circa 12 metri.

Profilo sezione 1

La sezione rappresentativa è collocata nel settore centrale della spiaggia ed in base alle considerazioni precedenti, si è utilizzato un profilo del fondale con il canale erosivo parzialmente colmato (figura 7).

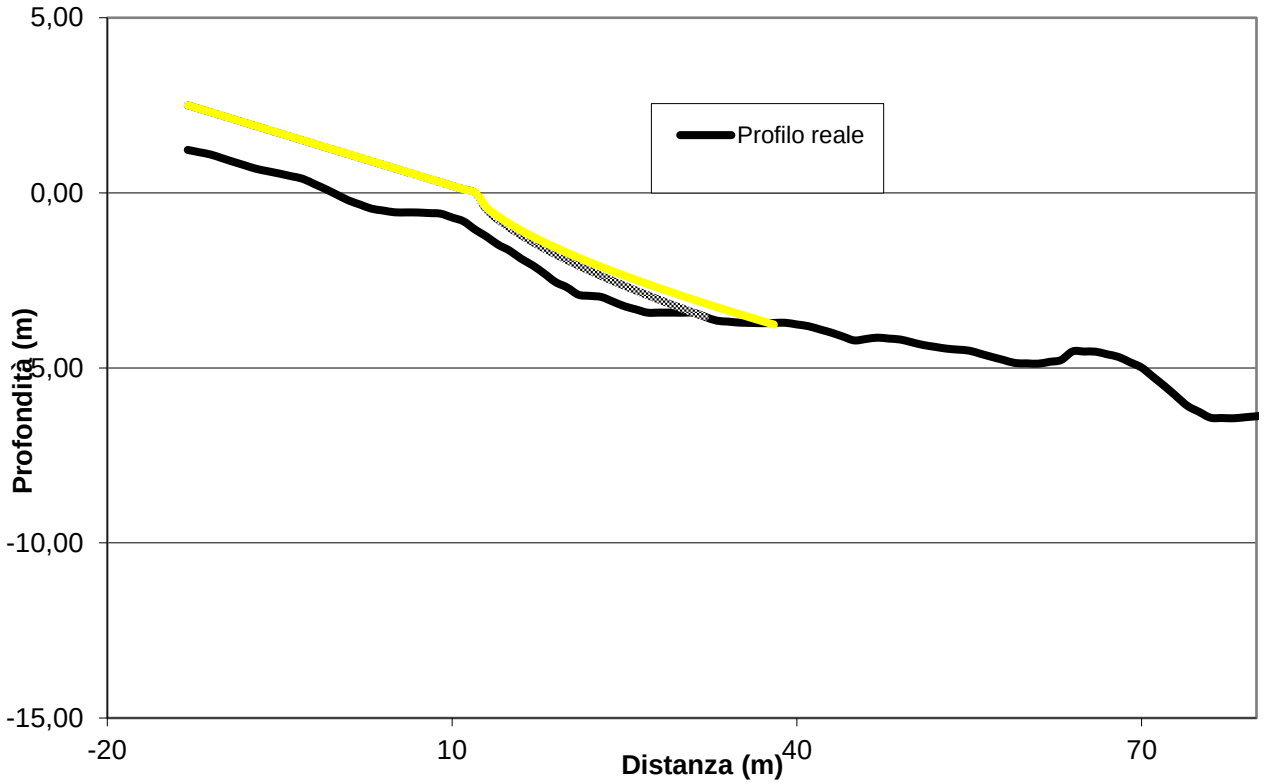


Fig. 7 – Sezione 1 profili d'equilibrio 7 mm (linea gialla) e 10 mm (linea grigia)

Conseguentemente i quantitativi richiesti, utilizzando le tessiture presenti sulla spiaggia o leggermente superiori risultano pari a circa 40 - 45 m^3 per metro lineare ed una profondità d'intersezione collocata 0.5 m.

Metodologia Dean				
Sezione 1				
	Avanzamento (m)	Altezza (m)	Prof. Int. (m)	Volume (m^3)
10 mm	12	2.5	3.5	40.5
7 mm	12	2.5	3.7	46.4

Tabella 1 - parametri ottenuti con il profilo teorico di Dean applicato alla sezione 1

Costa rocciosa

In questo caso invece è stata adottata la metodologia proposta da Van Der Meer che meglio si addice alla determinazione dei profili di spiagge costituite da materiale molto grossolano. Sono state individuate le granulometrie più idonee per la tipologia dell'intervento ed individuati i quantitativi di materiale necessario al ripascimento.

La sezione rappresentativa è collocata nel settore centrale del tratto, dove il substrato roccioso risulta più arretrato. Anche in questo caso, in base alle considerazioni precedenti, si è utilizzato un profilo del fondale con le depressioni parzialmente colmate.

Sono state ipotizzate tre differenti tessiture, 60, 100, 150 mm, e valutata la risposta del ripascimento ad una mareggiata con durata crescente, 1, 12, 24 ore.

I quantitativi richiesti, utilizzando una tessitura pari a 60 mm (tabella 2) risultano compresi tra 46 - 71 m^3 per metro lineare e una profondità d'intersezione collocata mediamente a 2 metri.

Metodologia Van der Meer						
Sezione 1 dimensioni 60 mm						
Durata mareggiata	Avanzamento(m)	Lunghezza run up (m)	Altezza berma(m)	Distanza berma (m)	Prof. Int. (m)	Volume (m^3)
H 1	12	17.6	3.65	7.9	2.2	46
H 12	12	20.0	5.3	10.6	2.1	64
H 24	12	20.7	5.9	11.5	2	71

Tabella 2 - parametri ottenuti con il profilo teorico di Van der Meer applicato alla sezione 1 con dimensioni 60 mm.

Le agitazioni ondose determinerebbero una penetrazione del mare e la formazione di una berma rispettivamente distanti 17 – 20 metri e 8 – 11 metri dalla battigia (figura 8).

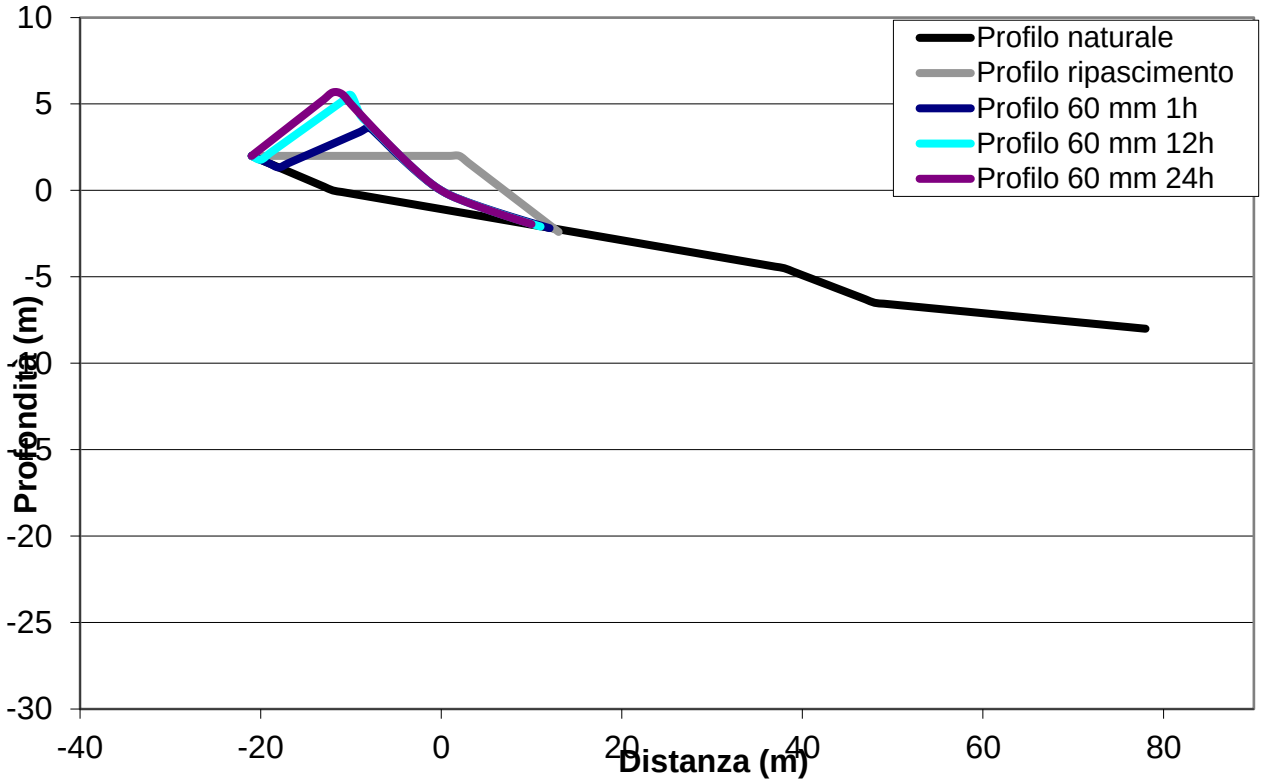


Fig. 8 – Sezione 1 profili d'equilibrio 60 mm

I quantitativi richiesti, utilizzando una tessitura pari a 100 mm (tabella 3) risultano compresi tra 38 - 66 m^3 per metro lineare e una profondità d'intersezione collocata mediamente a 1.7 metri.

Metodologia Van der Meer						
Sezione 1 dimensioni 100 mm						
Durata mareggiata	Avanzamento(m)	Distanza run up (m)	Altezza berma (m)	Distanza berma (m)	Prof. Int. (m)	Volume (m^3)
H 1	11	16.3	3.6	6.9	1.8	38
H 12	11	18.5	5.3	9.3	1.7	56
H 24	11	19.1	5.9	10.1	1.7	66

Tabella 3 - parametri ottenuti con il profilo teorico di Van der Meer applicato alla sezione 1 con dimensioni 100 mm.

Le agitazioni ondose determinerebbero una penetrazione del mare e la formazione di una berma rispettivamente distanti 16 – 19 metri e 7 – 10 metri dalla battigia (figura 9).

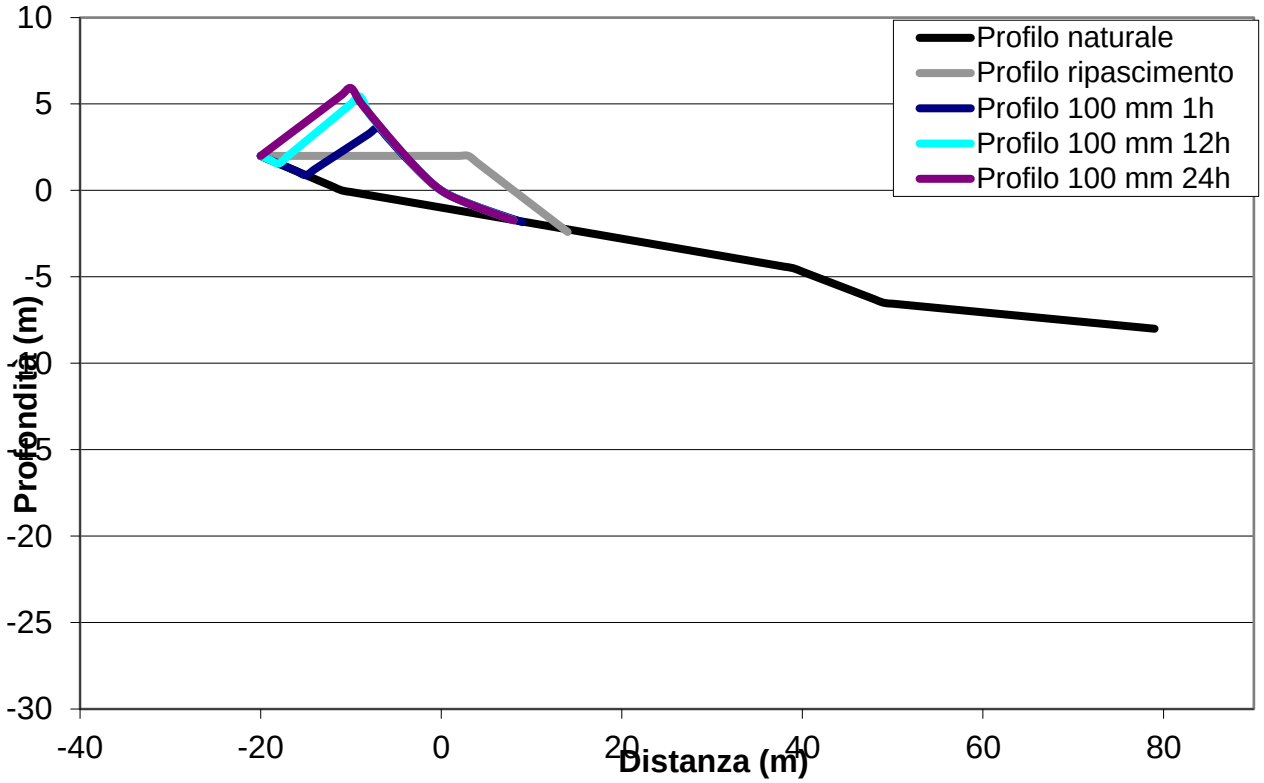


Fig. 9 – Sezione 1 profili d'equilibrio 100 mm

I quantitativi richiesti, utilizzando una tessitura pari a 150 mm (tabella 4) risultano compresi tra 37 - 62 m^3 per metro lineare e una profondità d'intersezione collocata mediamente a 1.4 metri.

		Metodologia Van der Meer				
		Sezione 1 dimensioni 150 mm				
Durata mareggiata	Avanzamento(m)	Lunghezza run up	Altezza berma(m)	Distanza berma (m)	Prof. Int. (m)	Volume (m^3)
H 1	10	15.3	3.6	6.2	1.5	37
H 12	10	17.3	5.3	8.4	1.4	55
H 24	10	18.0	5.9	9.1	1.4	62

Tabella 4 - parametri ottenuti con il profilo teorico di Van der Meer applicato alla sezione 1 con dimensioni 150 mm.

Le agitazioni ondose determinerebbero una penetrazione del mare e la formazione di una berma rispettivamente distanti 15 – 18 metri e 6 – 9 metri dalla battigia (figura 10).

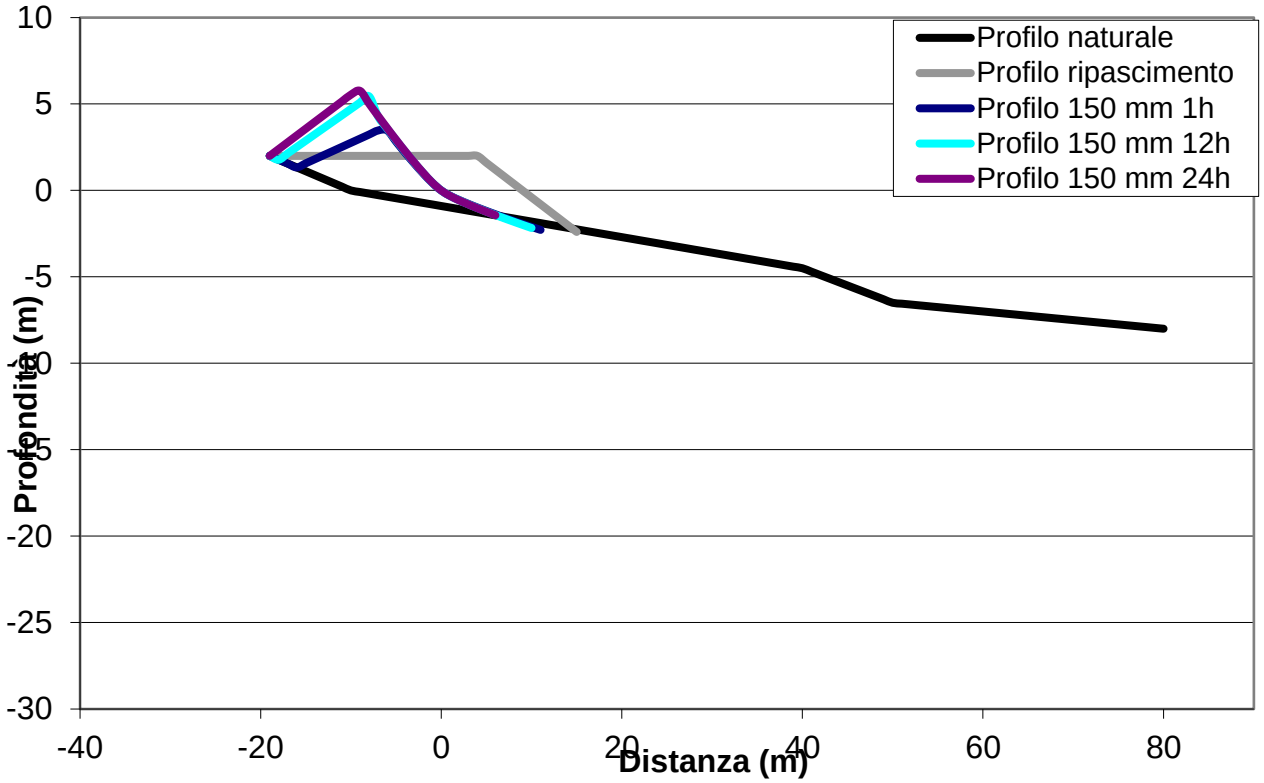


Fig. 10 – Sezione 1 profili d'equilibrio 150 mm

In tutte e tre le configurazioni l'altezza della berma raggiunge rispettivamente le quote 3.6, 5.3 e 5.9 metri in funzione della durata della mareggiata (H1, H2, H24).

8. CONCLUSIONI

Spiaggia di ponente

La spiaggia di ponente, come riportato precedentemente, oltre a richiedere una risistemazione della struttura posta al limite orientale, necessita di una modifica della morfologia del fondale allo scopo di limitare la formazione della rip current che si sviluppa nel settore centrale della spiaggia, accompagnato da un ripascimento. Le tessiture dei sedimenti versanti dovrebbero essere comprese tra 7 e 10 mm ed il quantitativo necessario calcolato con il profilo d'equilibrio è compreso tra 40 e 45 m^3 per metro lineare in funzione della tessitura. Poiché la spiaggia sotto la Chiesa ha una estensione molto irregolare, essendo più profonda nella parte centrale (circa 10 metri) e restringendosi sui lati, si è stimato che il quantitativo necessario per il ripascimento sia di circa 1500 m^3.

Costa rocciosa

Anche in questo tratto si dovrà prevedere la realizzazione, a levante di una struttura di contenimento ed una regolarizzazione della piattaforma d'abrasione con il riempimento delle principali depressioni. Successivamente si potrà procedere con il ripascimento costituito da ciottoli. Sulla base dei risultati

le tessiture consigliate sono quelle più grossolane, 100 e 150 mm. Infatti, garantiscono una minor penetrazione del moto ondoso sulla costa e consentono di utilizzare un quantitativo minore di materiale. Poiché la lunghezza del tratto oggetto dell'intervento è complessivamente pari a circa 60 metri ma con presenza di costoloni di roccia che interrompono la continuità dell'ambito e dato che i quantitativi determinati con i profili di Van der Meer indicano valori compresi tra 60 e 65 m3 per metro lineare, si ritiene necessario un versamento di circa 3000 m^3

Infine, si ritiene opportuno consigliare di valutare l'ipotesi di un piano di manutenzione degli interventi allo scopo di compensare le eventuali perdite. Inizialmente si possono prevedere versamenti annuali pari al 5 – 10% di quelli previsti a progetto, che successivamente possono essere rivisti in funzione dei risultati provenienti dal monitoraggio.

10. 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.

In fede

