

Dinamica sedimentaria della spiaggia di Alassio e valutazione dell' idoneità dei sedimenti di cava per il suo ripascimento artificiale

Marco Ferrari², Serena Ferri¹, Enzo Pranzini¹, Valentina Rosas¹, Chiara F. Schiaffino²

¹Di.S.Ter. - Università degli Studi di Firenze, Borgo Albizi, 28 - 50122 Firenze

²Di.S.T.A.V. - Università degli Studi di Genova, corso Europa 26, 16132 Genova

Riassunto

Alassio è una delle più importanti località turistiche della Liguria, grazie sia alla bellezza del piccolo borgo marinaro sia alla sua spiaggia, caratterizzata da sabbia chiara e fondali a bassa pendenza, caratteristiche rare nel litorale ligure.

Questa spiaggia, a partire dalla seconda metà del secolo scorso, è stata interessata da blandi fenomeni erosivi che nel sommarsi ne hanno ridotto in modo significativo l'ampiezza, andando a minacciare l'attività turistica che su di essa si basa.

Allo scopo di porre freno al fenomeno erosivo, si sono avviate indagini volte alla progettazione di un intervento di recupero.

Le indagini, presentate in questo studio, hanno previsto, oltre alla ricostruzione dell'evoluzione del litorale e delle sue caratteristiche morfodinamiche, anche un'approfondita analisi delle caratteristiche tessiturali e cromatiche dei sedimenti del luogo al fine di effettuare un ripascimento artificiale con sedimenti di cava, che non alteri le caratteristiche paesaggistiche e di fruibilità dell'arenile.

Parole chiave: dinamica litorale, erosione, sedimenti, ripascimento, colorimetria.

Abstract

Alassio is one of the most important tourist resorts of Liguria, thanks to both the beauty of small seafaring village and its beach. The coast in Alassio is characterized by clear sand and a sea bottom with low slope, rare features along the Ligurian coast.

In the second half of the last century, the beach in Alassio was affected by mild erosion. The continuous succession of such erosive events has significantly reduced the amplitude of the beach, with several consequences for the tourist industry on which it is based.

In order to curb the erosion, it was began some investigations for design a recovery action.

The investigations are presented in this study. It was carried out a reconstruction of the coast evolution, an analysis of morphodynamic characteristics and in-depth examination of textural and chromatic characteristics of local sediments.

These investigations are fundamental in order to make an artificial nourishment with quarry sediments which doesn't modify the landscape features and the usability of the beach.

Keywords: coastal dynamics, erosion, sediment, nourishment, colorimetry.

Introduzione

Il presente studio ha come obiettivo l'analisi delle caratteristiche morfologiche e sedimentologiche del litorale di Alassio (Liguria occidentale), al fine di definirne le tendenze evolutive ed acquisire informazioni utili per intraprendere un intervento di recupero della spiaggia.

Alassio ha sempre goduto di intensi flussi turistici grazie alla spiaggia caratterizzata da sabbia quarzosa dal colore chiaro ed alla trasparenza delle acque antistanti. Alla fine del XX secolo, però, l'arenile entrò in una fase di lenta ma progressiva erosione (Fierro et al., 2010) che ha determinato la riduzione della qualità dell'offerta turistica.

La ricostituzione di uno stock sedimentario idoneo, non solo a soddisfare le richieste del settore turistico, ma anche a formare una spiaggia sufficientemente ampia per assorbire gli eventi estremi, diventa quindi un obiettivo prioritario nell'ambito della Gestione Integrata della Zona Costiera del litorale ligure, ed il ripascimento artificiale rappresenta l'azione più efficace per raggiungere tale obiettivo in tempi ragionevoli (Basterretxea et al., 2007; McFarland et al., 1994; Capobianco et al., 2002; Van Leeuwen et al., 2007).

Ampie spiagge apportano benefici per le comunità costiere poiché rappresentano una protezione del centro abitato ed un elemento capace di incrementare il flusso turistico. Proprio per questo motivo, le spiagge sono considerate come "risorsa dinamica naturale" che genera valore economico (Gopalakrishnan et al. 2011) e, dunque, la conservazione della loro ampiezza diventa elemento essenziale.

Aspetti tecnici fondamentali per la corretta progettazione di un intervento di ripascimento sono la conoscenza dell'evoluzione recente del litorale, e delle sue caratteristiche morfologiche e sedimentologiche, nonché la determinazione delle caratteristiche tessiturali e colorimetriche dei sedimenti da impiegare (Pranzini et al., 2008). Quest'ultimo aspetto ha assunto una notevole importanza negli ultimi anni in quanto, pur non influenzando la buona riuscita del ripascimento, determina negli *stakeholders* una percezione innaturale dell'intervento che dequalifica la spiaggia inducendo un deprezzamento del valore economico della stessa (Pranzini, 2008).

In questo studio vengono presentati i risultati relativi alle indagini preliminari realizzate attraverso un'indagine storico-evolutiva e dinamico-sedimentaria della spiaggia di Alassio, nell'ottica di pianificare un intervento di ripascimento per il suo recupero. Sono inoltre presentate le caratteristiche tessiturali e cromatiche dei campioni di sedimenti di cava allo scopo di valutarne l'idoneità per il ripascimento.

Area di studio

La spiaggia di Alassio (Fig. 1), orientata NE - SW, si estende per circa 3 km ed è compresa fra Capo Santa Croce, a Nord, e il tratto di costa rocciosa coincidente con Nostra Signora di Porto Salvo, a Sud, mentre a monte è confinata dal drift litoraneo e dalla passeggiata e da strutture antropiche ad uso turistico ed insediativo.

La spiaggia è alimentata dai corsi d'acqua a carattere torrentizio con bacini idrografici di ridotte dimensioni che si sviluppano su litotipi riferibili ai flysh marnoso-arenacei del ponente ligure caratterizzati da alternanze di calcari, calcari marnosi, marne e silt marnosi. (Vanossi et al., 1984).

La spiaggia è sabbiosa, ha un'ampiezza compresa fra i 10 e i 20 metri e non ospita alcuna opera di difesa rigida, anche se il pontile, lungo circa 150 m, avendo una radice impermeabile lunga pochi metri, può agire come un pennello di dimensioni ridotte (Fig. 2).

La spiaggia sottomarina è caratterizzata da pendenze modeste fino alla profondità di 10 metri (circa 3%) che fanno assumere alla spiaggia un profilo morfodinamico dissipativo; a profondità maggiori di 10 metri si registra una variazione di pendenza (circa 8%).

Il tratto di litorale in analisi presenta il clima meteo-marino tipico della costa ligure occidentale, con la predominanza di agitazioni ondose provenienti dai settori meridionali (Ferrari et al., 2006; Cattaneo Vietti et al., 2010). Dal settore di SW provengono le agitazioni ondose più frequenti e più intense con un fetch di oltre 800 km con onde di altezza (Hs) 4 m e periodo (Ts) di 7.5 s per tempi di ritorno di un anno. Il settore secondario di SE ha un fetch di circa 200 km ed è caratterizzato da onde al largo annuali con altezza (Hs) di 2.8 m e periodo (Ts) di 5.8 s. Valori analoghi sono individuabili anche per le onde provenienti da Sud, nonostante il fetch sia inferiore (circa 180 km). Il litorale di Alassio, in particolare, risulta protetto dalle agitazioni ondose principali grazie al promontorio di capo Mele che, generando

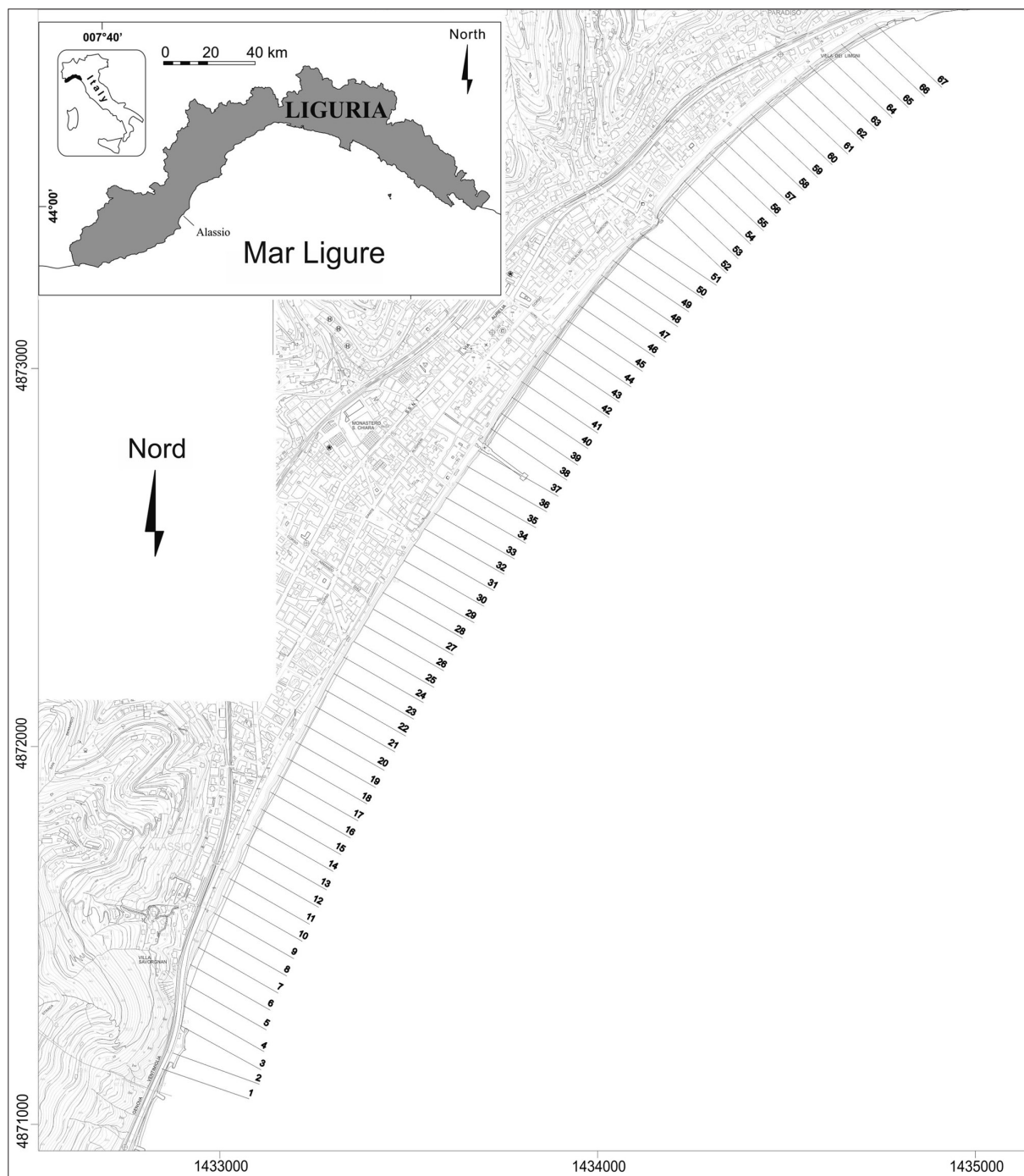


Figura 1 - Posizione della spiaggia di Alassio e settori nei quali è stato suddiviso il litorale per l'analisi dell'evoluzione della linea di riva.

una forte diffrazione, determina una riduzione dell'energia delle onde. Conseguentemente la costa risulta esposta principalmente alle agitazioni ondose di SE che la investono frontalmente. In concomitanza con le mareggiate più intense provenienti da questo settore si registrano gli eventi erosivi più gravi, in quanto l'orientazione della spiaggia fa sì che il movimento dei sedimenti ad opera di queste onde sia prevalentemente perpendicolare alla costa, con un trasferimento del materiale dalla spiaggia emersa a quella sommersa (Fierro et al., 2010), anche se questo può poi ritornare verso riva con onde di tipo costruttivo.

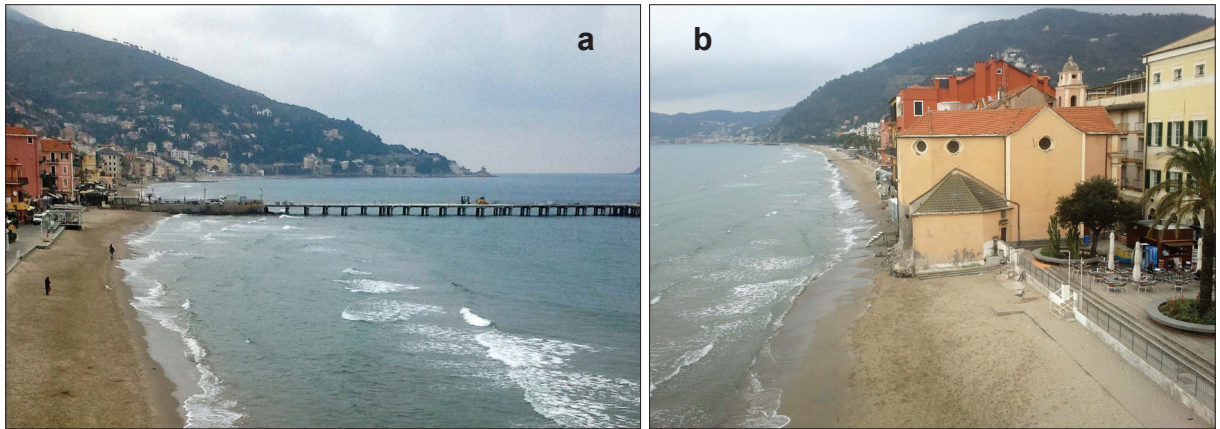


Figura 2 - La spiaggia di Alassio verso nord (a) e verso sud (b).



Tali processi erosivi, seppur eccezionali, si ripetono periodicamente ed in alcuni tratti del litorale causano la scomparsa dell'arenile; in particolare si segnalano quelli avvenuti negli anni 1934 e 1957, quando si sono registrati arretramenti della linea di riva di oltre 20 metri, ed in tempi più recenti, nel 2000 e nel 2011, quando si è assistito alla riesumazione di un substrato ciottoloso che è presente sotto ai depositi sabbiosi (Fig. 3).

Figura 3 - Alassio: la mareggiata di Scirocco ha riesumato il substrato ciottoloso (foto 2011).

Materiali e Metodi

Le indagini di campo, effettuate nel Novembre 2011, hanno previsto l'acquisizione della posizione della linea di riva tramite metodo topografico diretto utilizzando il sistema di radio-posizionamento satellitare differenziale GPS in modalità RTK. Il dato ottenuto è stato riportato sulla cartografia tecnica regionale CTR in scala 1:5000, su cui sono state importate anche le linee di riva degli anni 1944, 1973, 1983, 1993, 2003 digitalizzate da fotografie aeree.

Lungo la spiaggia sono stati tracciati 67 transetti equidistanziati e perpendicolari alla costa, lungo i quali è stata effettuata l'analisi dell'evoluzione della linea di riva (Fig. 1).

In occasione di questo studio è stato eseguito il rilievo topo-batimetrico dal limite della spiaggia emersa fino alla batimetrica dei 20 m; sono anche stati raccolti 88 campioni di sedimento posizionati su 11 profili ortogonali a riva distanti fra loro circa 300 m, a partire dalla quota +1 m e fino a -9 m (Fig. 4).

I campioni sono stati sottoposti ad analisi granulometrica mediante setacciatura meccanica a secco con intervallo di $1/2 \phi$. Sulla base delle percentuali relative a ciascuna classe granulometrica sono stati tracciati gli istogrammi di frequenza e le curve cumulative in scala log-probabilistica. Da queste, si sono ricavati, per interpolazione lineare, i percentili necessari al calcolo dei parametri grafici di Folk e Ward (1957): Media (Mz), Classazione (\square) ed Asimmetria (Sk); si è registrato anche il valore del Primo percentile e la percentuale di Frazione fine, intesa come quella avente dimensioni inferiori a 0.063 mm o 4ϕ . Sulla base dei risultati

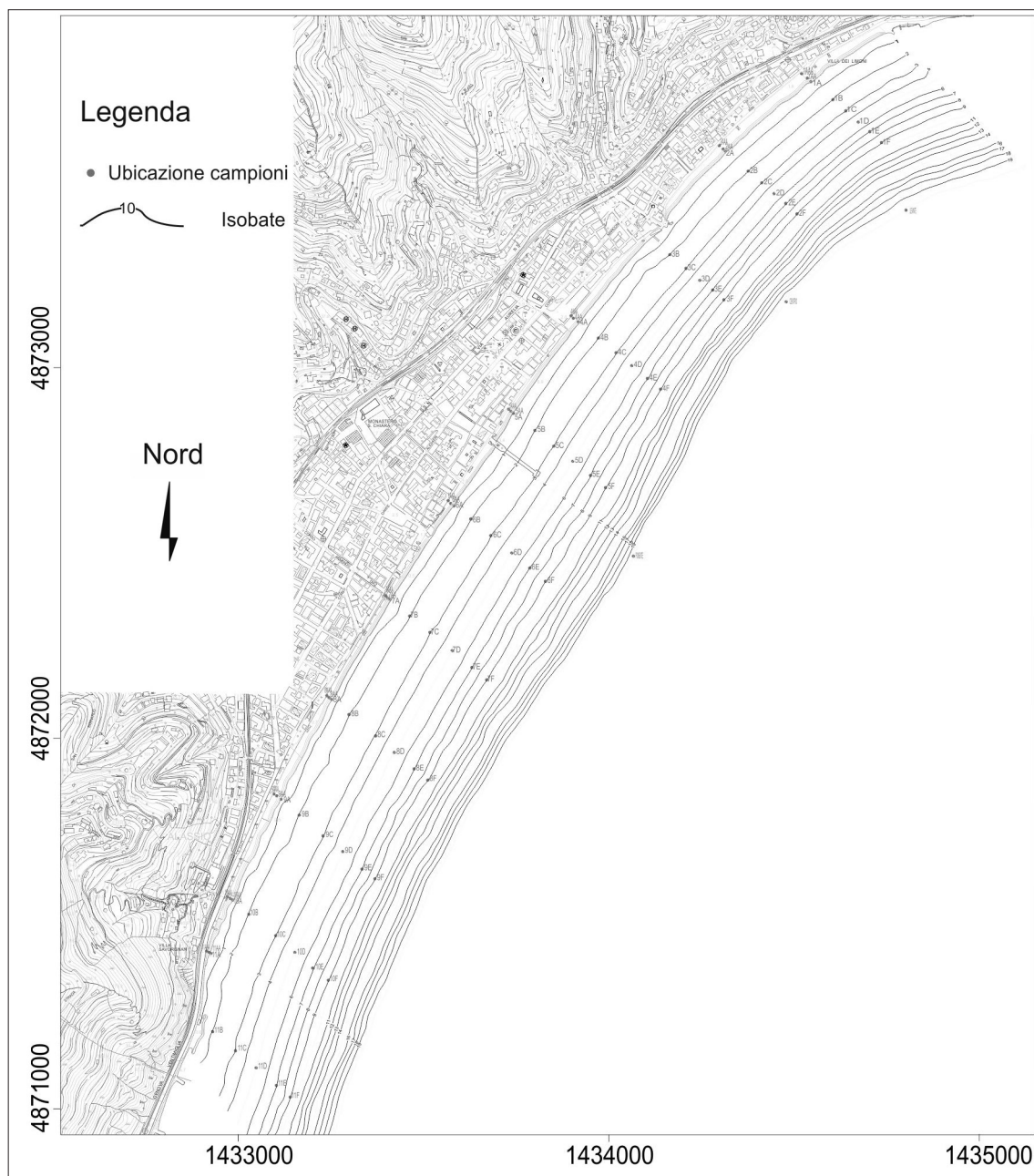


Figura 4 – Il litorale di Alassio: carta batimetrica ed ubicazione campioni.

ottenuti, si sono realizzate le carte in scala 1:10.000 (riprodotte nelle figure successive in scala adattata) degli indici sedimentologici e dei vettori di trasporto utilizzando sia il modello proposto da Gao e Collins (1992), sia quello basato sulla sola riduzione delle dimensioni dei sedimenti nella direzione di trasporto (*downdrift fining*).

E' stata quindi effettuata una indagine sui materiali sabbiosi prodotti in alcuni impianti di vagliatura di sedimenti provenienti da cave fuori alveo ed i campioni raccolti sono stati messi a confronto con i materiali nativi per valutarne la compatibilità tessiturale e colorimetrica.

Per definire i limiti dimensionali dei sedimenti idonei al ripascimento artificiale, si è fatto riferimento ai sedimenti presenti sulla spiaggia emersa (campioni prelevati a 0,0, 0,5 e 1,0 m s.l.m.) costituendo un unico campione composito con i 33 prelevati lungo gli 11 profili, ma eliminando le frazioni granulometriche con

dimensioni superiori a 0 phi che, per la loro bassa frequenza, si ritiene non contribuiscano a determinare il profilo della spiaggia e la sua stabilità. Ottenuta così la distribuzione granulometrica di riferimento, è stata tracciata la curva cumulativa che è stata poi traslata di +/- 1/2 phi per ottenere il fuso granulometrico entro il quale dovrebbe ricadere la curva dei sedimenti idonei al ripascimento. La valutazione di idoneità è stata effettuata anche attraverso il calcolo dell'Indice di stabilità (Pranzini, 1999).

La misurazione del colore dei sedimenti è stata effettuata con un colorimetro Konica Minolta CR-410 e per ogni campione sono state fatte 10 letture poi mediate. Lo spazio colore utilizzato è il CIEL*a*b*, che costituisce un riferimento codificato e certificato dalla Commission Internazionale de l'Éclairage (CIE); l'Illuminante adottato è il D65, che corrisponde allo spettro solare in condizioni di cielo sereno. Sono state quindi calcolate le coordinate del baricentro della nuvola di punti (Valori medi) e la distanza di ciascun campione del campione medio attraverso la formula:

$$\Delta E^*ab = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

Il campo di idoneità dei sedimenti per il ripascimento è stato definito sulla base della percezione dell'occhio umano delle variazioni cromatiche e sui dati del gradimento degli utilizzatori delle spiagge (Pranzini, 2008). Il colore del campione composito nativo della spiaggia di Alassio è stato poi confrontato con il colore dei 5 campioni di cava, calcolandone la reciproca distanza euclidea e verificando che il campione di sabbia di cava rispettasse i limiti desiderati.

Analisi evolutiva della spiaggia di Alassio in epoca storica

Le prime informazioni relative alla spiaggia di Alassio sono deducibili dalla planimetria di Matteo Vinzoni riferibile al 1773. In questa mappa è osservabile il litorale della cittadina costituito da due falcature. La prima si sviluppa dal saliente roccioso di Nostra signora di Porto Salvo, che separa la spiaggia di Alassio da quella di Laigueglia, fino a giungere ad un promontorio roccioso sul quale sarà realizzato in seguito il "Torrione". La seconda inizia da quest'ultimo e giunge fino alle pendici di Capo S. Croce. La posizione della linea di riva, pur considerando l'approssimazione della planimetria, sembra essere decisamente più arretrata di quella attuale, specialmente nel tratto meridionale dove, in prossimità di Nostra Signora di Porto Salvo, la spiaggia ha un'ampiezza limitata.

Le informazioni storiche successive indicano un periodo di sensibile avanzamento di tutte le spiagge comprese tra Capo Mele e Capo S. Croce, dove è presente una spiaggia continua costituita da sabbie fini (Ascari et al., 1937). Tale avanzamento coincide con una fase erosiva delle spiagge poste sopraflutto, oltre Capo Mele. Fenomeni erosivi, sebbene di ridotta intensità, si manifestano agli inizi del XIX secolo e coincidono con la realizzazione di un molo a Laigueglia. La struttura determina l'interruzione del drift litoraneo e causa sensibili arretramenti nei settori posti sottoflutto, in particolare a Porto Salvo e, in minor misura, ad Alassio. Anche le successive oscillazioni che si registrano sulla spiaggia di Alassio sono riconducibili ad avvenimenti che si verificano nei settori posti sopraflutto. In particolare, negli anni successivi alla II guerra mondiale, si osserva un avanzamento della spiaggia dell'ordine dei 10–20 m nel settore meridionale, che coincide con una fase erosiva del litorale di Laigueglia. La successiva realizzazione di una discarica in prossimità di Capo Mele contribuisce ad alimentare non solo la spiaggia di Laigueglia, ma anche quella di Alassio. L'attuale fase erosiva è cominciata negli anni 1970; inizialmente il fenomeno ha interessato le spiagge sopraflutto e solo in seguito si è esteso ad Alassio. Anche in questo caso, le perdite di sedimento sono imputabili a modifiche dell'assetto costiero nei settori sopraflutto, ed in particolare alla costruzione del porto di Andora, oltre Capo Mele (Fierro et al. 2010). Negli ultimi anni il processo erosivo si è accentuato andando ad interessare tutto il litorale. Il confronto fra la linea di riva rilevata nell'ambito del presente studio (2011) e quella del 2003 fornita dalla Regione Liguria evidenzia un arretramento medio del litorale di 3,75 m, mentre gli arretramenti maggiori sono compresi tra i 5 ed i 10 m (Fig. 5). Un valore consistente se si pensa all'esigua profondità dell'arenile e in considerazione del fatto che il profilo topografico non può arretrare per la presenza continua di strutture rigide.

La scarsa resilienza del sistema spiaggia potrebbe portare ad una completa scomparsa dell'arenile, con un danno incalcolabile per l'economia di questa città, basata essenzialmente sul turismo balneare e ciò ha spinto gli amministratori locali ad effettuare interventi sperimentali volti alla sua protezione. Nel 2003 è stato operativo per un anno, in via sperimentale, un sistema di drenaggio della spiaggia su di un tratto di 200 di

litorale ad ovest del pontile (Bowman et al., 2006; 2007). Nel 2007 è stata realizzata una difesa parallela in geocontenitori riempiti di sabbia ad est del pontile, ma di essa non vi è più traccia come rilevato dalle indagini batimetriche. Interventi che non hanno sortito i risultati auspicati.

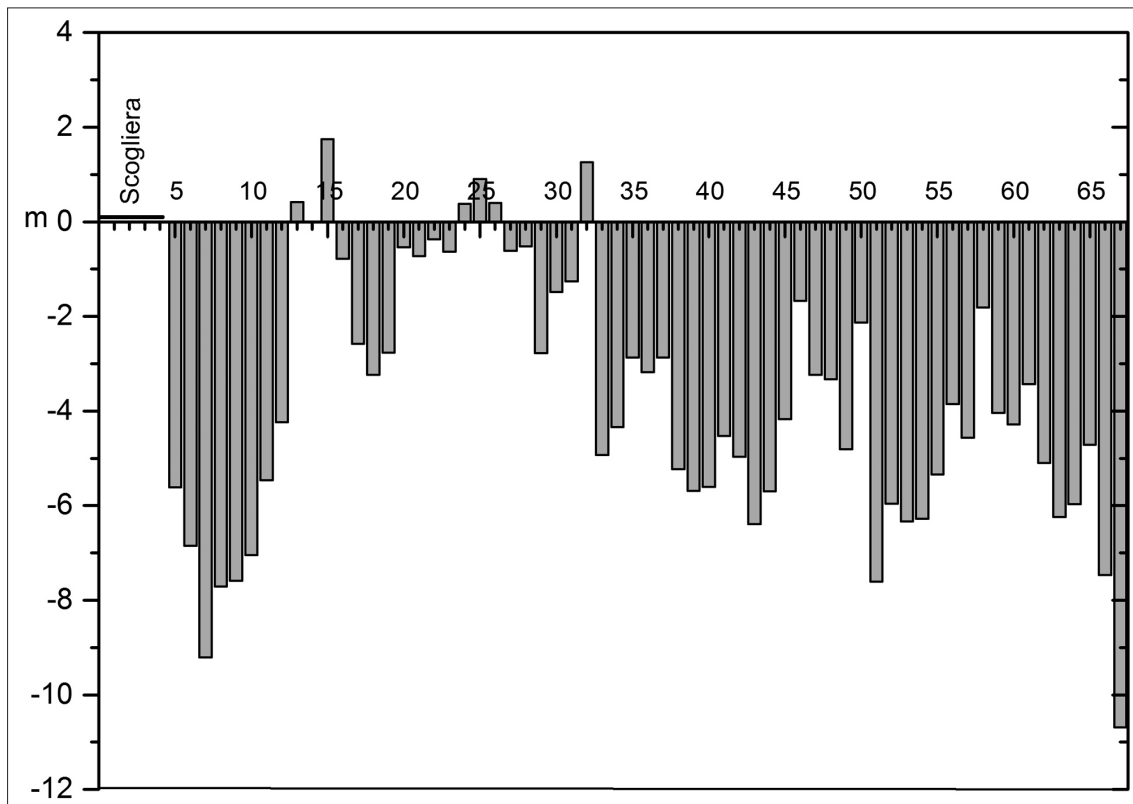


Figura 5 - Variazioni della linea di riva nel periodo 2003 - 2011.

Sedimentologia

I sedimenti della spiaggia di Alassio non presentano una forte variabilità dimensionale, essendo i valori della Media compresi tra 0.36 e 3.13 phi, ricadendo quindi nel range *sabbia grossolana* + *sabbia molto fine* nella classificazione di Krumbein (1934).

A causa di questa scarsa variabilità, la carta della distribuzione areale della Media è stata disegnata con equidistanza di $\frac{1}{2}$ phi, al fine di mettere in luce eventuali differenze nella distribuzione dei sedimenti (Fig. 6a). In particolare, si nota una naturale diminuzione delle dimensioni verso largo e la localizzazione dei sedimenti più grossolani lungo lo *step*.

Al contrario, i valori della Classazione hanno un range piuttosto esteso, andando da 0.25 (*molto ben classati* nella scala verbale di Folk e Ward, (1957) a 2.42 phi (*molto poco classati*). Analogamente a quanto avviene per la Media, la variabilità maggiore si riscontra in corrispondenza della battigia e dello *step* (0.25 - 2.42 phi), mentre i sedimenti di spiaggia sommersa, presentano un range inferiore, da 0.25 a 1.33 phi (da *molto ben classati* a *poco classati*), con valori maggiori localizzati fra i 3 e i 7 m di profondità (Fig. 6b).

La dimensione del Primo percentile della distribuzione granulometrica (rappresentativa delle dimensioni dei granuli più grossi presenti in un campione) assume valori compresi tra -4.08, (*ghiaia grossolana*) e 2.05 phi, (*sabbia fine*).

Sull'origine di questi granuli di dimensioni anche centimetriche si può ipotizzare che siano riconducibili ai depositi ghiaiosi-ciottolosi, segnalati precedentemente, che emergono in battigia durante le mareggiate estreme e da queste spinti sul fondale antistante. Dalla distribuzione areale di questo parametro, rappresentata dalla carta in Figura 6c, è interessante notare come questi granuli siano presenti in una fascia pressoché

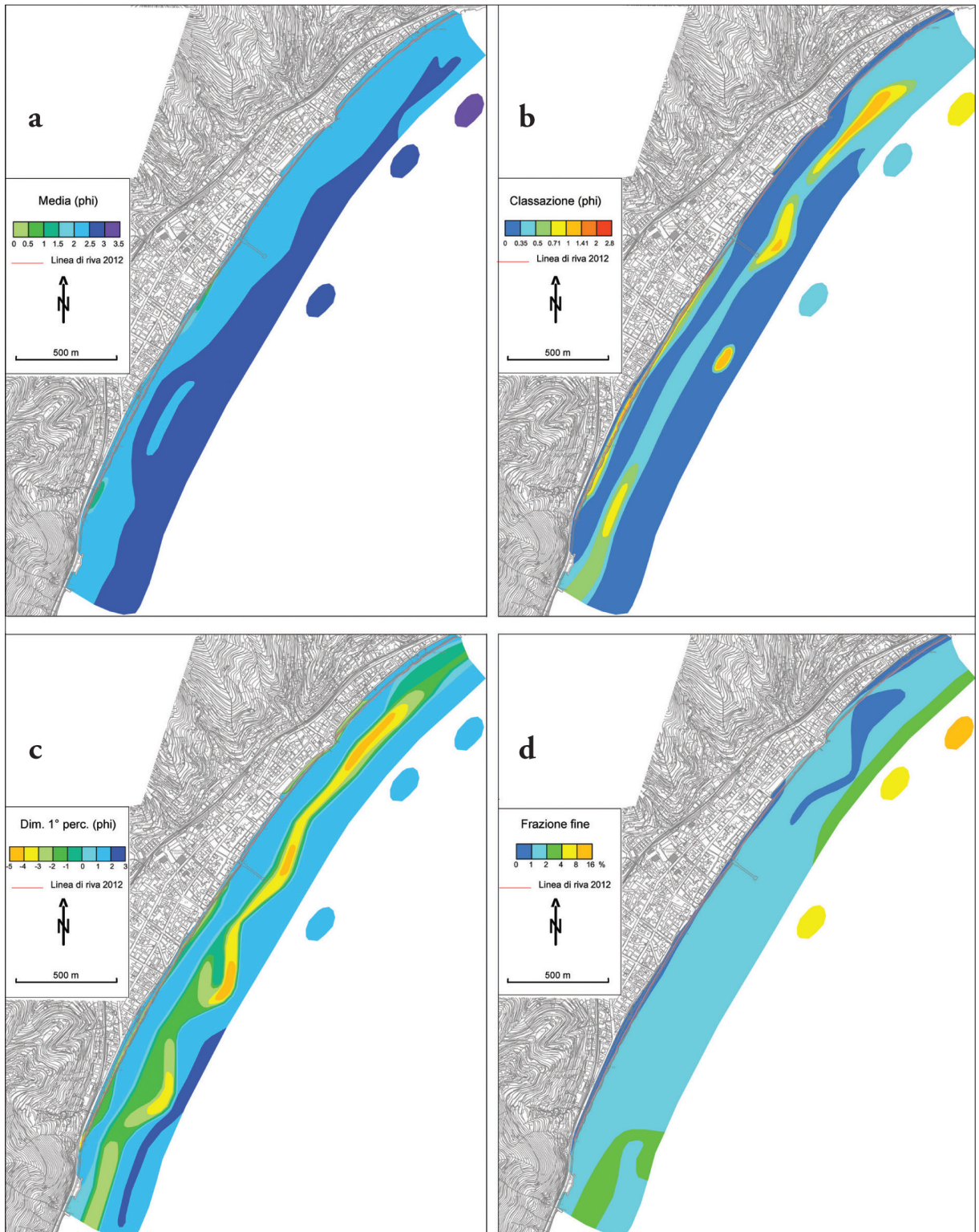


Figura 6 – Spiaggia di Alassio: a) Dimensioni medie (M_z) dei sedimenti; b) Classazione (ϕ) dei sedimenti; c) Dimensioni del Primo percentile dei sedimenti; d) Percentuale di frazione fine nei sedimenti.

continua e disposta fra i fondali compresi fra i 3 ed i 6 metri, aspetto che sembra confermare il controllo del moto ondoso sulla loro dinamica.

Infine la frazione fine, rappresentata dalle particelle con dimensioni inferiori a 0.063 mm (limi e argille), risulta essere scarsamente rappresentata. Tutti i sedimenti hanno una percentuale di frazione fine estremamente modesta e compresa fra lo 0.05% e il 4.84%; solo i campioni più profondi raggiungono valori più elevati. La carta della distribuzione areale della percentuale della frazione fine (Fig. 6d) conferma quanto esposto precedentemente e, dalla distribuzione areale di questo valore, si nota una ancor più forte carenza nella parte centrale del litorale, forse indicativa di un maggiore livello energetico del moto ondoso.

Direzioni del trasporto sedimentario

I vettori di trasporto sedimentario calcolati con il modello proposto da Gao e Collins (1992) (Figura 7a), delineano un *drift* in direzione NE-SO nella parte settentrionale dell'area di studio, tendenza che diviene meno netta avvicinandosi al pontile. Nel tratto meridionale si osserva, infatti, un *drift* in direzione opposta ed i due drift confluiscono proprio in corrispondenza del pontile stesso. Invece, all'estremità settentrionale del paraggio studiato, sembra che i flussi abbiano una decisa componente *cross-shore*.

Anche le direzioni di trasporto calcolate in base al processo di *downdrift fining*, individuano due settori più o meno distinti: uno a Sud con flussi long-shore, nonostante la modesta tendenza della riduzione delle dimensioni verso il largo, ed un flusso cross-shore a Nord che sembra prevalente (Fig. 7b). Nell'insieme, l'analisi dei possibili flussi sedimentari ottenuti mostra una dinamica complessa nonostante la morfologia regolare della costa e dei fondali. Simile complessità era già emersa in studi precedenti e, anche in quel caso, in corrispondenza del pontile era stata evidenziata una zona di convergenza (Bowman et. al., 2007).

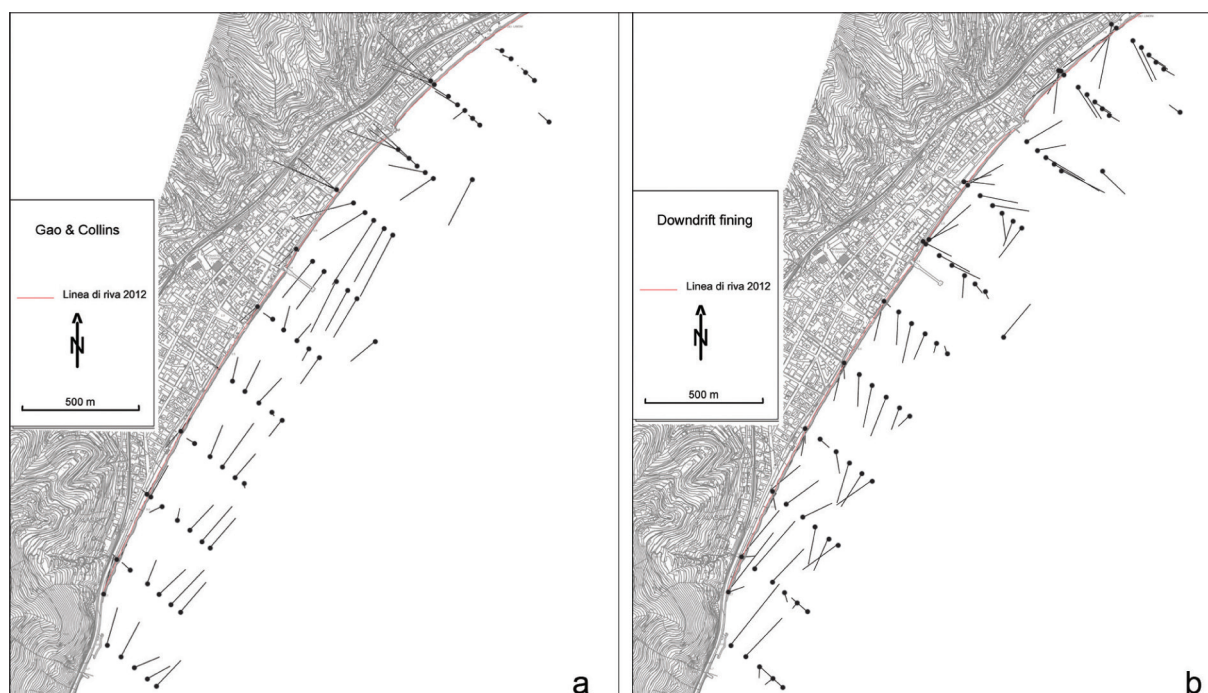


Figura 7 - Carta dei vettori di trasporto dei sedimenti: a) ottenuti col metodo proposto da Gao & Collins (1992); b) ottenuti dal confronto dei valori di Media.

Valutazione della compatibilità dei sedimenti di nearshore ai fini del ripascimento della spiaggia di Alassio

Il campione sedimentario composito di Alassio è stato confrontato con 4 campioni di sedimenti di cava terrestre al fine di valutarne la compatibilità sedimentologica e cromatica.

Definizione del fuso granulometrico:

Per quanto riguarda la compatibilità granulometrica, come si può osservare in Tabella 1, i materiali di cava sono solo leggermente più grossolani di quelli della spiaggia di Alassio, fatta eccezione per il campione n° 656, che ha dimensioni medie di 2 mm maggiori a quelle della spiaggia nativa. La Classazione è peggiore per i campioni 620 e 621-L, mentre la percentuale di frazione fine è inferiore in tutti i casi. Queste differenze sono evidenti nei grafici che mettono a confronto le distribuzioni granulometriche di questi materiali e quella dei sedimenti nativi (Fig. 8).

Tabella 1 - Parametri statistici e Indice di stabilità dei 4 campioni di cava e del composito della spiaggia di Alassio.

	Composito	Composito tagliato	620	621-L	656	Ticino
Mz (phi)	2,17	2,21	2,04	2,11	-1,29	1,81
Mz (mm)	0,22	0,22	0,24	0,23	2,44	0,29
σ_1	0,49	0,35	0,53	0,65	0,22	0,30
% fine	0,69	0,72	0,49	0,45	0,01	0,01

La curva cumulativa dei sedimenti di ripascimento esce dai limiti imposti dal fuso granulometrico stabilito solo per il campione n° 656, mentre gli altri campioni ricadono all'interno dell'intervallo di accettabilità sedimentologica. Per quanto riguarda l'Indice di stabilità (Is) dei vari campioni, questo è sempre superiore a 0,50, valore che indica una stabilità analoga a quella dei sedimenti nativi. Il solo campione 656 risulta abbondantemente maggiore, ad indicare un'elevata stabilità dovuta alle dimensioni maggiori rispetto al sedimento nativo. Sebbene siano richieste dimensioni leggermente maggiori dei sedimenti di ripascimento per aumentare la stabilità della spiaggia e la sua maggiore espansione per un determinato volume versato (Dean, 2002), il campione 656 non può essere considerato idoneo al ripascimento del litorale di Alassio, dato che modificherebbe la fruibilità turistica e la pendenza della spiaggia.

Colorimetria

Il confronto del colore del materiale di cava con il colore del campione sedimentario composito di spiaggia ha evidenziato che i quattro campioni di cava hanno un colore leggermente diverso da quello della sabbia della spiaggia di Alassio (Tab. 2). In particolare i campioni 620 e 621-L risultano idonei come valori di luminosità (dL^*) e componente rosso-verde (da^*), ma escono dal range di accettabilità essendo spostati verso il giallo (db^*) rispetto al sedimento nativo. Il campione 656 risulta essere il meno idoneo: sia i valori di luminosità (dL^*), che di componente giallo-blu (db^*) escono fuori dai limiti imposti dal precedente rapporto. Soltanto il campione Ticino, fra quelli analizzati, può essere considerato ottimale per un

Tabella 2 - Confronto fra le coordinate colorimetriche dei vari campioni analizzati e distanza euclidea dalla sabbia di Alassio.

	Giudizio	$L^*(D65)$	$a^*(D65)$	$b^*(D65)$	$\Delta L^*(D65)$	$\Delta a^*(D65)$	$\Delta b^*(D65)$	$\Delta E^*_{ab}(D65)$
Alassio	-----	55,53	1,48	10,75				
620	NG	53,72	2,59	14,49	-1,81	1,11	3,74	4,30
621-L	NG	54,24	2,45	15,02	-1,29	0,97	4,27	4,57
656	NG	49,79	1,03	7,37	-5,74	-0,45	-3,38	6,68
Ticino	OK	54,06	2,39	14,25	-1,47	0,91	3,50	3,90

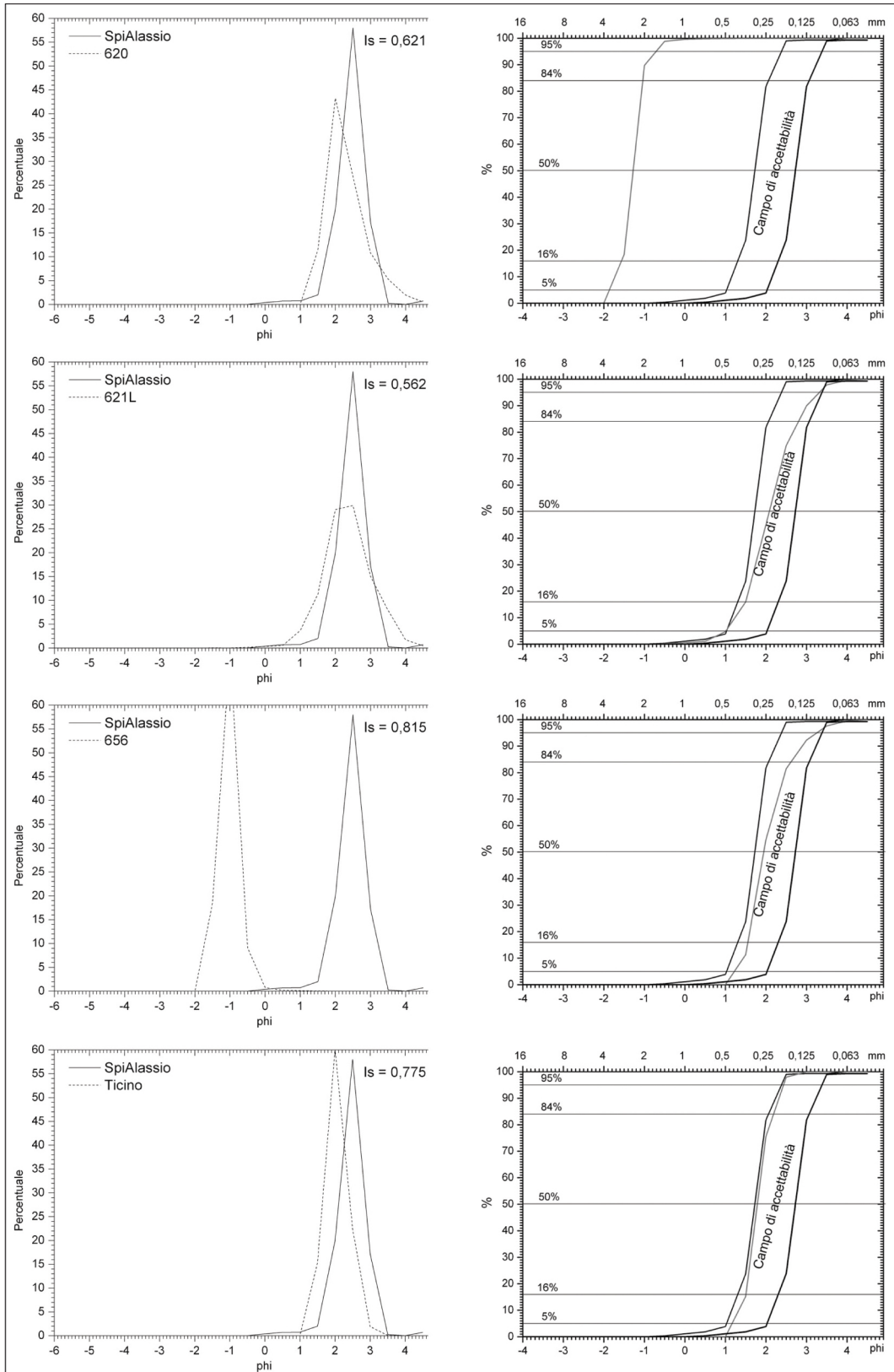


Figura 8 - Confronto fra la distribuzioni granulometrica dei sedimenti nativi e quella dei materiali di ripascimento.

eventuale ripascimento della spiaggia di Alassio per quanto riguarda le sue caratteristiche cromatiche, in quanto tutte le sue componenti, da^* , db^* , dL^* , risultano ricadere all'interno del campo di accettabilità definito, pur risultando leggermente spostate verso giallo rispetto ai sedimenti nativi (Fig. 9).

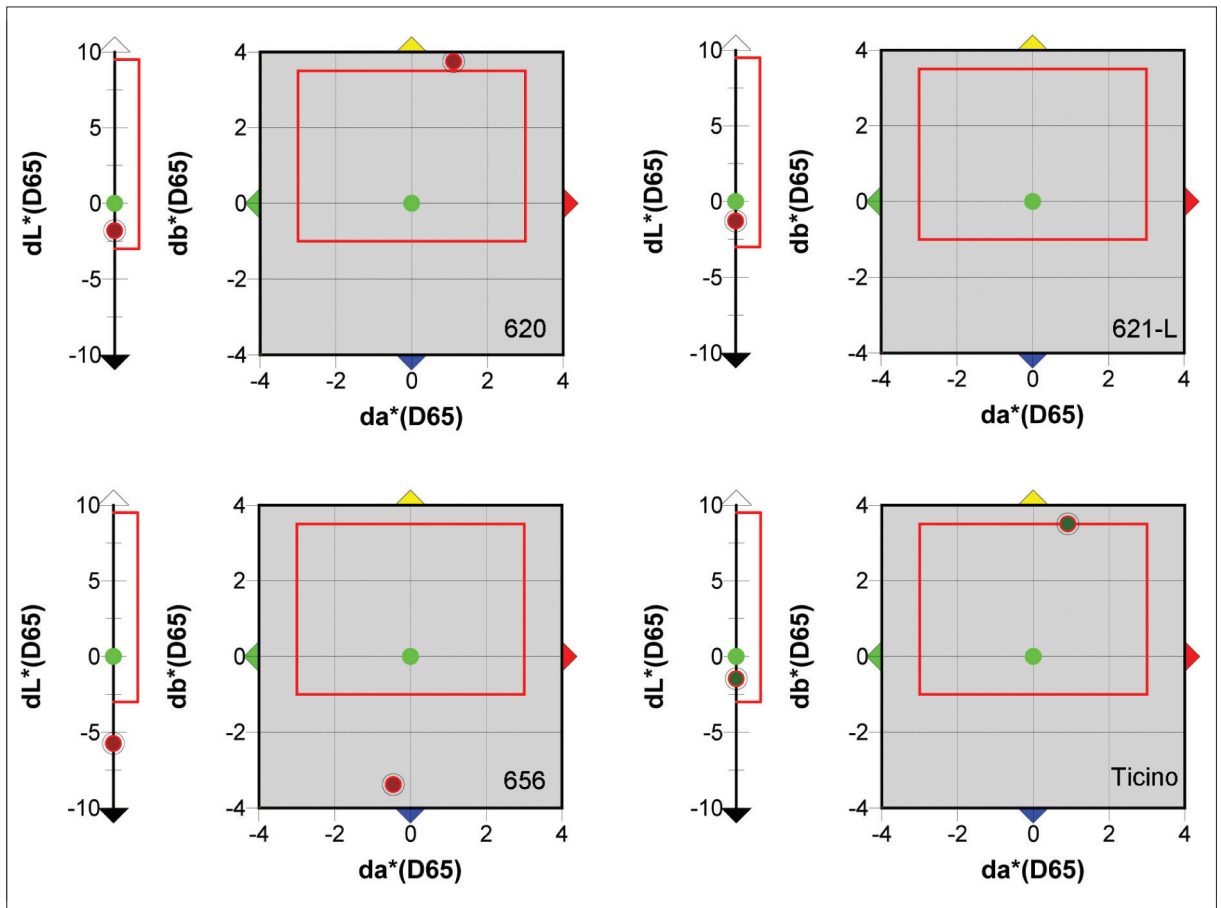


Figura 9 - Posizione dei punti rappresentativi dei vari colori sull'asse della Luminosità (L^*) e sul piano del cromatismo (a^*, b^*) relativamente a quella del campione della spiaggia di Alassio (rappresentato in verde). In verde scuro i campioni cromaticamente compatibili e in rosso quelli incompatibili. I rettangoli rossi indicano i campi di compatibilità.

Conclusioni

La spiaggia di Alassio è sempre stata caratterizzata da un equilibrio instabile caratterizzato da modeste variazioni della linea di riva. In particolare, i fenomeni di avanzamento o arretramento della spiaggia sono sempre stati riconducibili agli avvenimenti che hanno interessato negli anni i settori posti sopraflutto. Infatti, essendo gli apporti diretti dei corsi d'acqua estremamente modesti, una notevole importanza viene assunta dagli apporti sedimentari dovuti al drift litoraneo e costituiti da sabbie. In particolare, l'attuale fenomeno erosivo è riconducibile anche alla realizzazione del porto di Andora, che ha interrotto il drift litoraneo riducendo l'input sedimentario della spiaggia di Alassio.

Le indagini sedimentologiche hanno dimostrato che la spiaggia di Alassio è sottoposta a due differenti dinamiche sedimentarie: la prima, caratterizzata da un flusso sedimentario longshore convergente in coincidenza del centro cittadino, la seconda, posta a Nord, caratterizzata da una dinamica cross-shore. Questa situazione dinamico-sedimentaria favorisce la possibilità di un intervento di recupero del litorale utilizzando il solo ripascimento artificiale.

Per quanto riguarda l'idoneità dei sedimenti di cava, si può osservare che tre dei quattro campioni analizzati, 620, 621-L e Ticino, hanno caratteristiche granulometriche tali da essere considerati sabbie idonee

per il ripascimento dei litorali. Fra tutti, quello più idoneo sembrerebbe il campione “Ticino”, che si allontana meno dal fuso granulometrico nella parte delle sabbie più grossolane, quelle che modificherebbero maggiormente la fruibilità della spiaggia. Il suo Indice di stabilità ($I_s = 0,775$) indica che sarebbe maggiormente stabile rispetto ai sedimenti nativi. Anche dal punto di vista cromatico il campione “Ticino” risulta essere quello più idoneo. Infatti si colloca all’interno del campo di accettabilità per tutti e tre i parametri, mentre i campioni 620 e 621-L sono significativamente più gialli e si collocano all’esterno dell’area di accettabilità. Il campione 656 è sensibilmente più lontano dal campione di riferimento con una colorazione tendente al blu.

Bibliografia

- Ascari M., Baccino L., Sanguineti G. (1937) - *Ricerche sulle variazioni delle spiagge italiane*. Le spiagge della riviera ligure. C.N.R. Ed., Roma. pp. 328.
- Basterretxea G., Orfila A., Jordi A., Fornòs J.J., Tintoré T. (2007) - *Evaluation of small volume renourishment strategy on a narrow Mediterranean beach*. *Geomorphology*, 88, 139–151.
- Bowman D., Bresci D., Danese C., Ferri S., Pranzini E. (2006) - *Risposta di una spiaggia all'applicazione di un drenaggio artificiale: il BMS di Alassio*. *Studi costieri* 11, 133 - 144.
- Bowman D., Ferri S., Pranzini E. (2007) - *Efficacy of beach dewatering - Alassio, Italy*. *Coastal Engineering* 54, 791 - 800.
- Capobianco M., Hanson H., Larson M., Steetzel H., Stive M.J.F., Chatelus Y., Aarninkhof S., Karambas T. (2002) - *Nourishment design and evaluation applicability of model concepts*. *Coastal Engineering* 47, 113-135.
- Cattaneo Vietti R., Albertelli G., Aliani S., Bava S., Bavestrello G., Benedetti Cecchi L., Bianchi C. n., Bozzo E., Capello M., Castellano M., Cerrano C., Chiantore C., Corradi N., Cocito S., Cutroneo L., Diviaco G., Fabiano M., Faimali M., Ferrari M., Gasparini G.P., Locritani M., Mangialajo L., Marin V., Moreno M., Morri C., Orsi Relini L., Pane L., Paoli C., Petrillo M., Povero P., Pronzato R., Relini G., Santangelo G., Tucci S., Tunesi L., Vacchi M., Vassallo P., Vezzulli L., Wurtz M. (2010) - *The Ligurian sea: present status, problems and perspectives*. *Chemistry and Ecology* 26, 319- 340.
- Dean, R.G. (2002) - *Beach Nourishment Theory and Practice*. Advanced Series on Ocean Engineering – Volume 18, World Scientific Publishing, River Edge, NJ, 399 pp.
- Ferrari M., Bolens S., Bozzano A., Fierro G., Gentile R. (2006) - *The port of Genoa - Voltri (Liguria Italy): A case of updrift erosion*. *Chemistry and Ecology* 22, 361- 369.
- Fierro G., Berriolo G., Ferrari M. (2010) - *Le spiagge della Liguria occidentale – analisi evolutiva*. Regione Liguria, Genova: pp. 1- 174.
- Folk RL, Ward WC. (1957) - *Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters*. *Journal of Sedimentary Petrology* 27, 3–26.
- Gao S., Collins M. (1992) - *Net sediment transport patterns inferred from grain–size trends, based upon definition of “transport vectors”*. *Sedimentary Geology*, 81, 47-60.
- Gopalakrishnan S., Smith M.D., Slott J.M., Murray A.B. (2011) - *The value of disappearing beaches: a hedonic pricing model with endogenous beach width*. *Journal of Environmental Economics and Management* 61, 297–310.
- Krumbein W.C. (1934) - *Size Frequency distributions of sediments*. *Journal of sedimentary petrology* 4, 65 - 77
- McFarland, S., Whitcombe, L., Collins, M. (1994) - *Recent shingle beach renourishment schemes in the UK. Some preliminary observations*. *Ocean and Coastal Management* 25, 143-149.
- Pranzini E., Simonetti D., Vitale G. (2008) - *Il colore della sabbia: indagine sul gradimento dei frequentatori di spiagge naturali e di spiagge oggetto di ripascimento artificiale*. *Studi costieri* 15, 109 - 120
- Pranzini E. (2008) - *Il colore della sabbia: percezione, caratterizzazione e compatibilità nel ripascimento artificiale delle spiagge*. *Studi costieri* 15, 89 - 108
- Pranzini E. (1999) - *Indice di stabilità (I_s) per la stima dell'idoneità dei materiali all'alimentazione artificiale delle spiagge*. *Studi costieri* 1, 75 - 83.
- Van Leeuwen S., Dodd N., Calvete D., Falquéa A. (2007) - *Linear evolution of a shoreface nourishment*. *Coastal Engineering* 54, 417-431.

- Vanossi M., Cortesogno L., Galbiati B., Messiga B., Piccardo G.B. Vanucci R. (1984) - *Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi, ipotesi*. Atti del Convegno "Geologia delle Alpi Liguri", -Genova, 11-16 Giugno 1984. 5 - 75.
- Vinzoni M. (1773) – *Il dominio della Serenissima Repubblica di Genova in terraferma (Riviera di Ponente)*. Biblioteca Civica Berio. Genova.

Ricevuto il 05/05/2014, accettato il 15/09/2014.