COMUNE DI SESTRI LEVANTE

PROVINCIA DI GENOVA

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO, IDROGEOLOGICO E DI AUMENTO DEL LIVELLO DI RESILIENZA DELLA BAIA DELLE FAVOLE E DELL'APPRODO DI SESTRI LEVANTE MEDIANTE DRAGAGGIO

CUP E17C20000020001

PROGETTO DEFINITIVO

Oggetto: DOCUMENTAZINE PROGETTUALE

Argomento: RELAZIONE SEDIMENTOLOGICA

REDATTO NEL MESE DI GENNAIO 2022 DA:

- Ing. Guido FERRI
- Collaboratore Ing. Delfino Christian

- Geoscape (spin off università di Genova)
  modellistica e studio sedimentologico

R.U.P.
Ing. Annalisa Fresia

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

Servizio specialistico propedeutico correlate alla redazione del progetto degli INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO, IDROGEOLOGICO E DI AUMENTO DEL LIVELLO DI RESILIENZA DELLA BAIA DELLE FAVOLE E DELL'APPRODO DI SESTRI LEVANTE MEDIANTE DRAGAGGIO - CUP E17C20000020001

Relazione Sedimentologica

Contents

1. Premessa 2
2. Metodologia d'indagine 3
3. Caratteri generali 3
4. Dinamica litorale 8
5.Prolungamento del molo foraneo 13
6. Caratterizzazione sedimentologica dei depositi 15
7.Caratterizzazione sedimentologica delle carote 19
8.Considerazioni finali 24
9.Bibliografia 25

1. Premessa

Il Comune di Sestri Levante ha dato incarico al RTP (***Raggruppamento temporaneo di Professionisti - Dott. Luigi Mucerino, Prof. Marco Ferrari, Dott. Luca Carpi, Dott. Ing. Guido Ferri & Dott. Ing. Christian Delfino)***di fornire il servizio specialistico di progettazione definitiva degli interventi di mitigazione del rischio idraulico, idrogeologico e di aumento del livello di resilienza della baia delle favole e dell'approdo di Sestri Levante mediante dragaggio.

Il presente documento presenta i risultati dello studio sedimentologico nel tratto di litorale situato tra le Rocche di Sant'Anna a Nord e la struttura portuale di Sestri Levante a Sud.

Lo scopo dell'indagine è quello di definire gli aspetti sedimentologici dell'area, con particolare riferimento alla definizione di potenziali aree di dragaggio.

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 sedimentari del litorale, la seconda volta alla ricerca ed all'individuazione, nella spiaggia sommersa, di potenziali depositi, allo scopo di valutare, attraverso la caratterizzazione dimensionale, la loro idoneità per un eventuale utilizzo come materiale di ripascimento per le spiagge della baia delle Favole.

2. Metodologia d'indagine

Le indagini dei sedimenti di spiaggia sono state condotte su campioni di materiale prelevati in corrispondenza della battigia e nella spiaggia sottomarina fino alla profondità massima di circa 8 metri (fig. 1).

Le analisi granulometriche sono state eseguite tramite setacciatura a secco, utilizzando la scala di Wenworth a ½ Φ allo scopo di determinare le caratteristiche dimensionali ed i parametri statistici sedimentologici. Sulla base delle risultanze ottenute, sono state realizzate le carte di distribuzione dei principali parametri statistici dimensionali (media, deviazione standard e skewness).

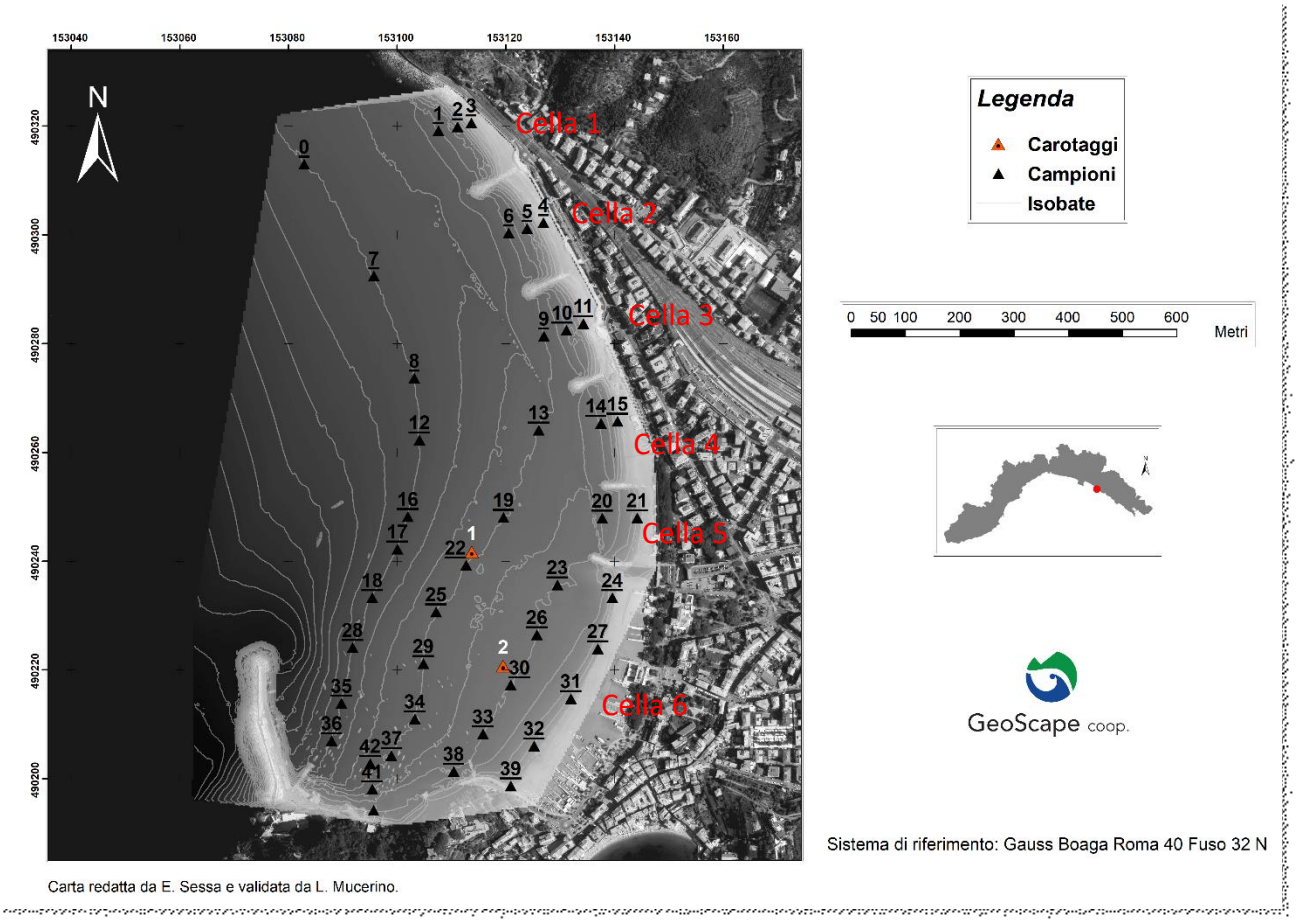


Fig. 1 – Area d'indagine ed ubicazione campioni.

3. Caratteri generali

Campioni Superficiali

Il litorale oggetto di studio è identificabile come il tipico litorale misto, caratterizzato da sabbie e ghiaie nella porzione emersa, sabbie grossolane in battigia, sabbie medio – fini e finissime nella spiaggia sommersa (fig. 2).

In particolare, in battigia, si osservano le tessiture maggiori nel settore settentrionale (cella 1) con valori del diametro medio (M_z) maggiori di -1 Φ corrispondente a 2 mm (ghiaie). Procedendo verso meridione le tessiture medie tendono a diminuire attestandosi su valori compresi tra 0 ed 1 Φ, corrispondenti a 0.5 – 1 mm (sabbia grossolana), nella cella 2, -1 e 0 Φ corrispondenti a 1 – 2 mm (sabbia molto grossolana), nelle celle 3, 4, 5. Infine nella cella 6 sono presenti sabbie molto grossolane nel settore settentrionale che, procedendo verso sud sono sostituite da sabbie grossolane.

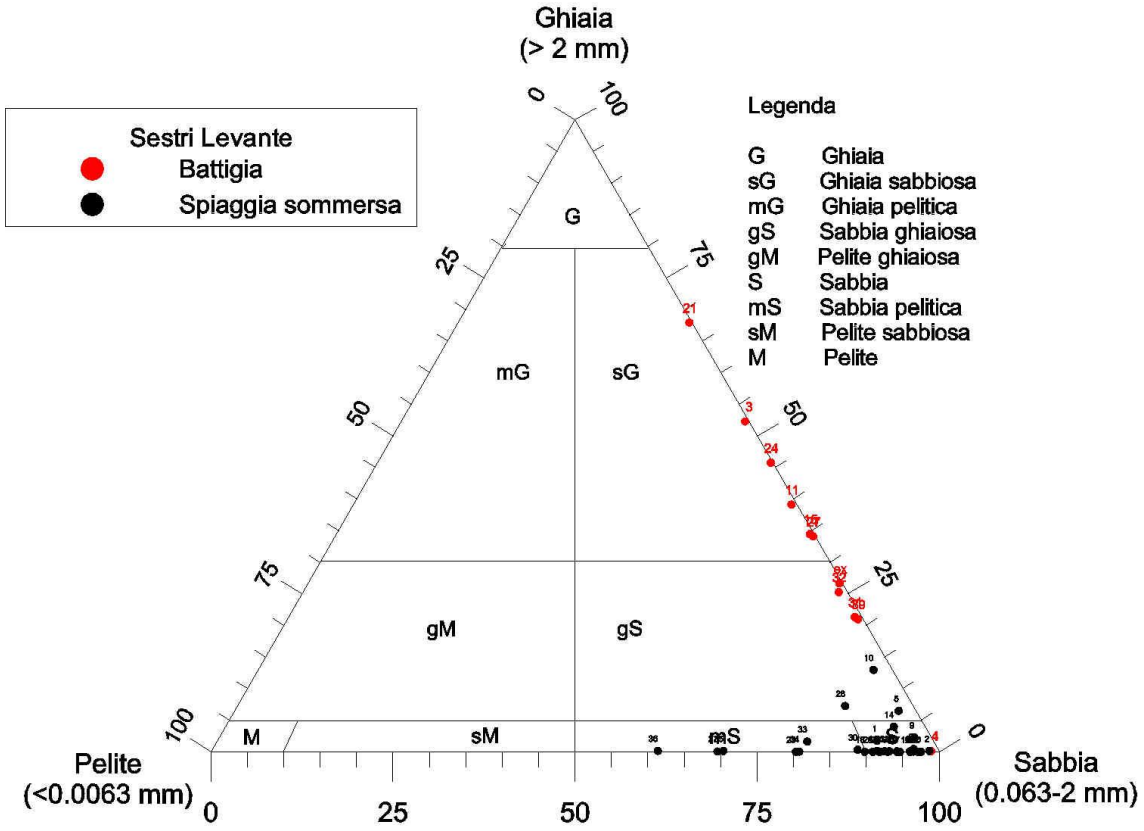


Fig. 2 – classificazione dei sedimenti (folk & Ward 1967).

Nella spiaggia sommersa I sedimenti mostrano una dimensione media decisamente inferiore con valori compresi tra 0.063 – 0.5 mm (4 e 1 Φ). Si segnala la presenza di un ampio settore, compreso tra le batimetriche 5 – 8 metri e prospicente la foce del T. Gromolo, caratterizzato da sabbie fini (diametro medio maggiore di 0.125 mm (minore di3 Φ) che presumibilmente sono ricollegabili al trasporto solido in caso di eventi alluvionali eccezionali del corso d'acqua stesso. Inoltre, i campioni della spiaggia sommersa nel settore meridionale più prossimo alla struttura portuale presentano notevoli quantitativi di frazione fine, anche con valori superiori al 30% (fig. 3).

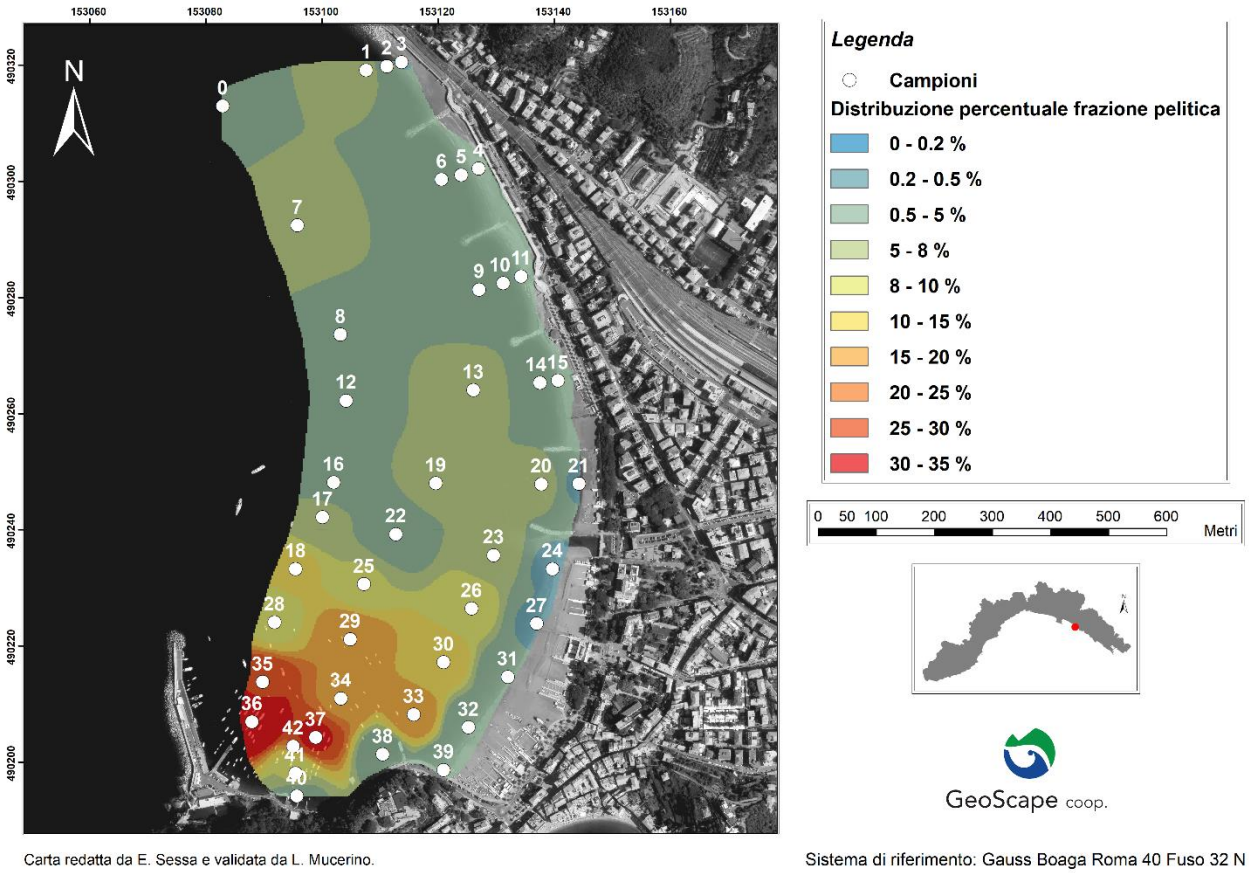


Fig. 3 – Distribuzione percentuale della frazione pelitica.

Questa situazione è anche ben evidenziata nella carta di distribuzione relativa all'indice sedimentologico media espresso in mm (fig. 4). L'immagine mostra una distribuzione delle isolinee con andamento circa parallelo alla linea di riva e con valori crescenti procedendo verso le profondità maggiori.

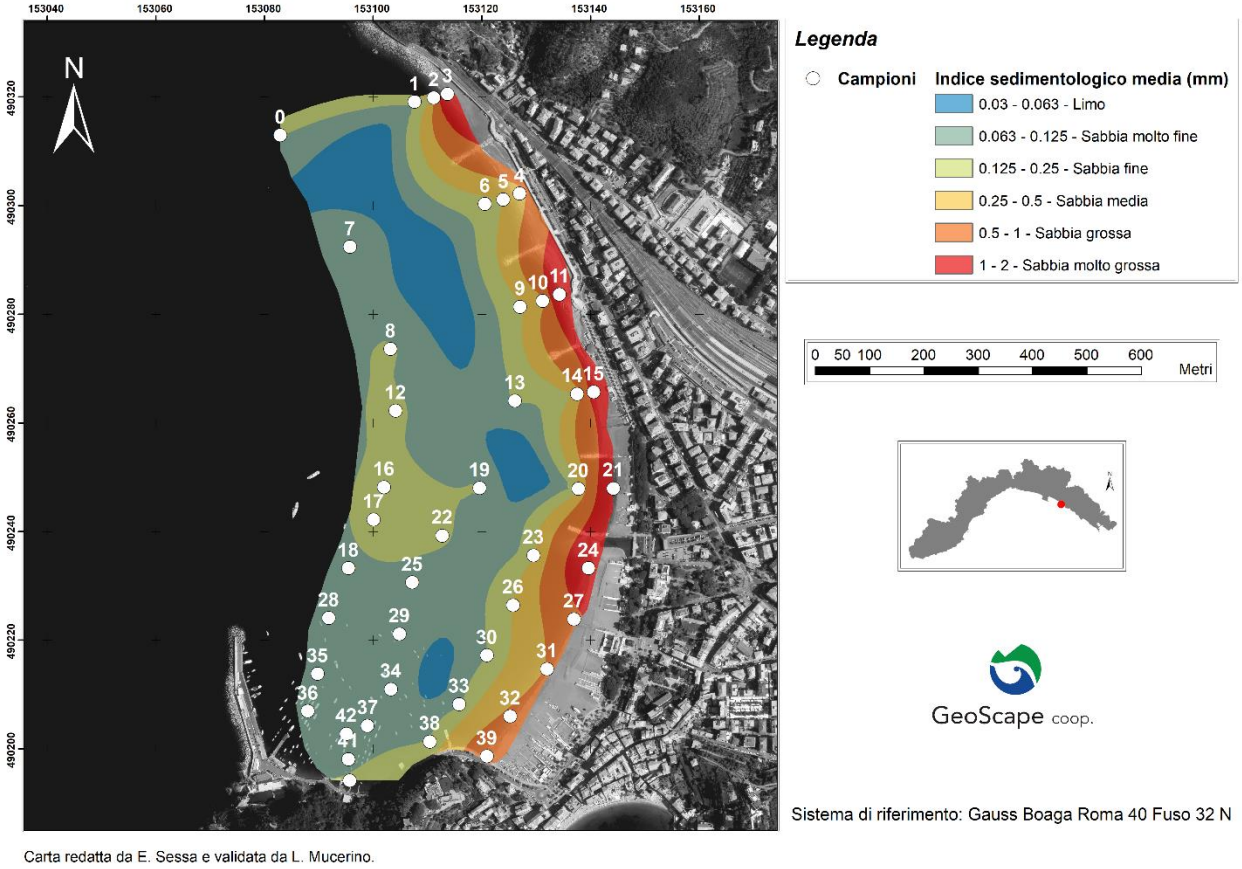


Fig. 4 – Distribuzione dell'indice sedimentologico media (espessa in mm).

Le distribuzioni relative agli altri indici sedimentologici contribuiscono a caratterizzare ulteriormente l'area d'indagine. La classazione dei sedimenti in battigia (fig. 5) mostra una maggiore classazione nelle celle 1 e 2, con valori inferiori a 0.8 (sedimenti discretamente classati), mentre il restante tratto di litorale presenta una classazione superiore ad 1.4 (sedimenti poco classati). Tutta la spiaggia sommersa è caratterizzata da sedimenti discretamente o ben classati (valori inferiori a 0.8).

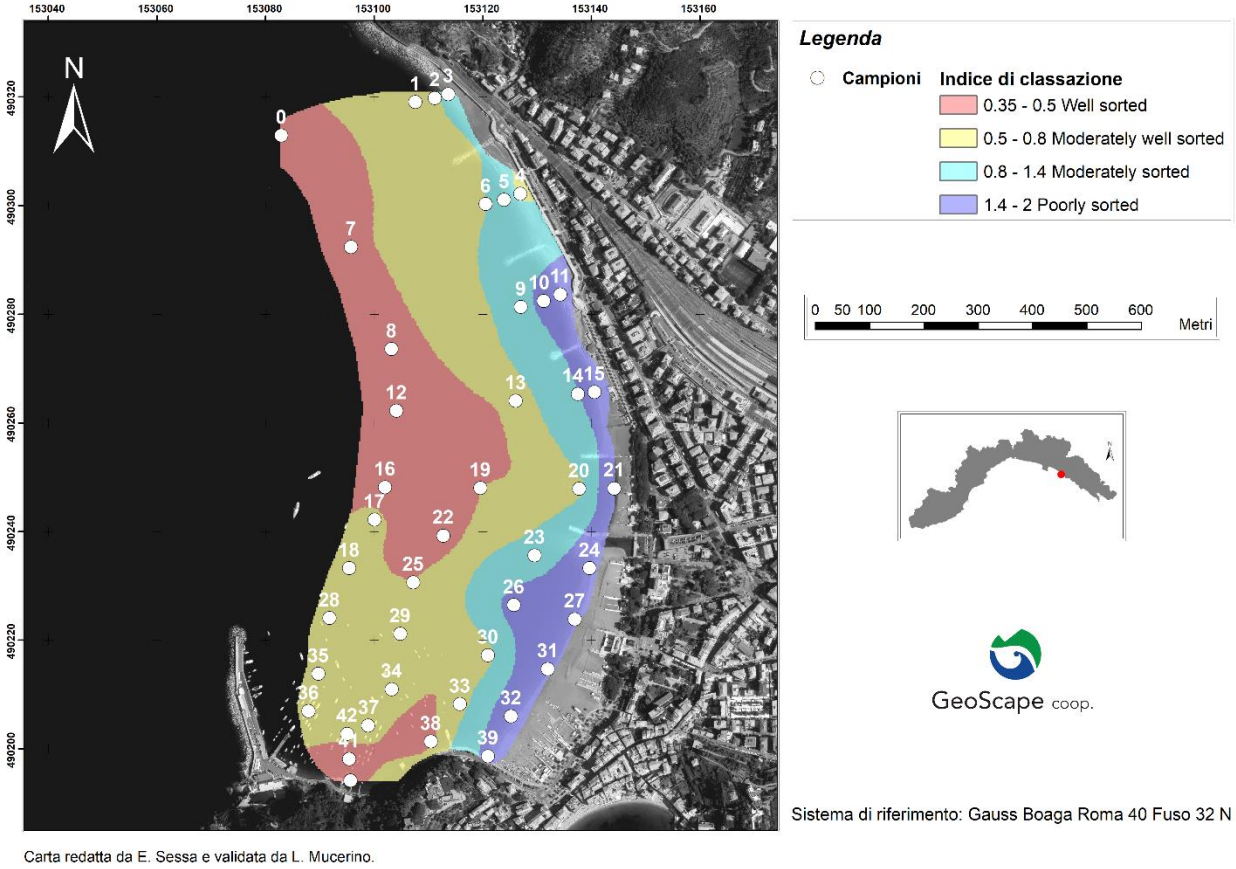


Fig. 5 – Distribuzione dell'indice sedimentologico classazione.

La distribuzione del parametro sedimentologico skewness (fig. 6) evidenzia valori negativi di questo parametro in coincidenza delle celle 1, 3 e 4, ad indicare la presenza di sedimenti molto elaborati e privati delle frazioni meno competenti che potrebbero indicare, specie laddove sono presenti sedimenti ben classati, la presenza di un litorale sottoposto a depauperamento. Mentre le celle 2, 5 e, parzialmente, la cella 6 mostrano valori nulli o positivi del parametro. In questo caso associando la lettura al parametro classazione si può ipotizzare un settore sottoposto a fenomeni di accumulo.

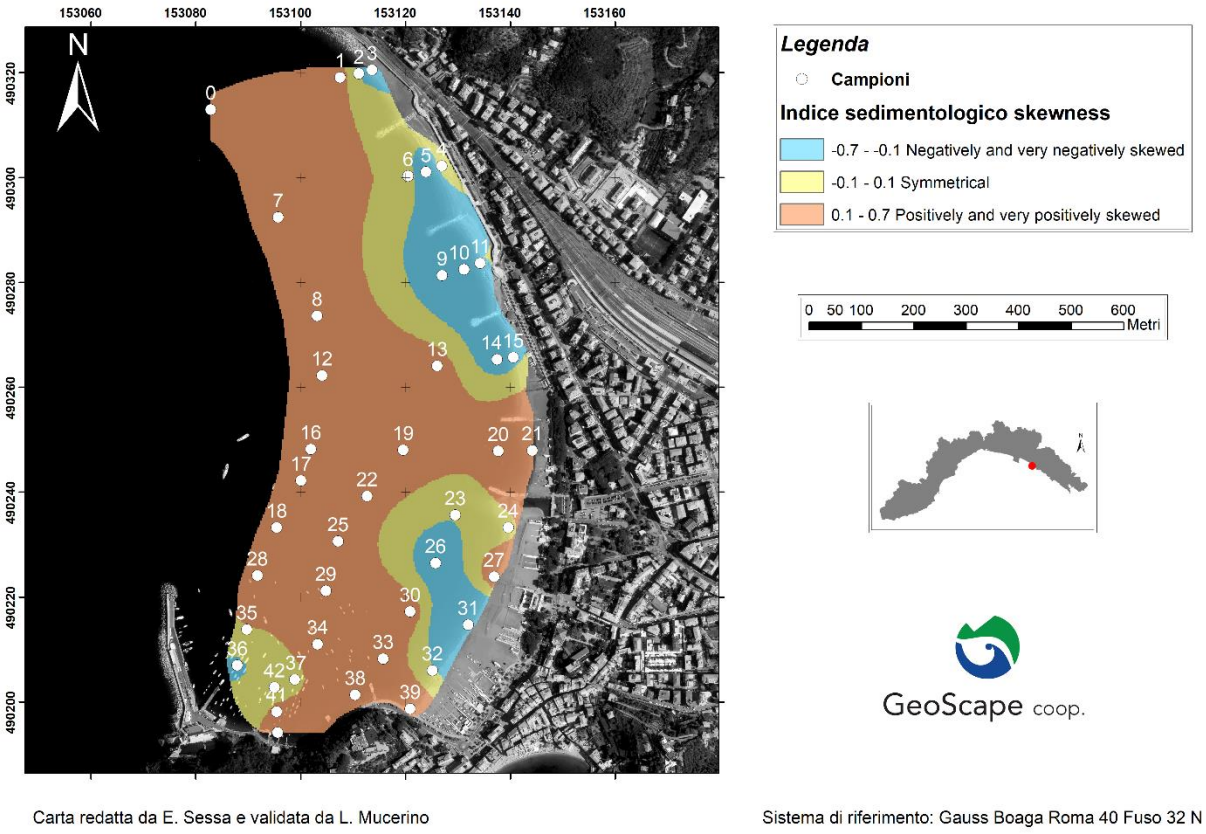


Fig. 6 – Distribuzione dell'indice sedimentologico skewness.

4. Dinamica litorale

Gli studi pregressi hanno sempre individuato una deriva litoranea rivolta verso sud in tutto il tratto costiero, causata principalmente dalla presenza della struttura portuale che, oltre a generare un ampio settore protetto, modifica i piani d'onda favorendo il flusso verso meridione. In realtà dallo studio sedimentologico effettuato emerge una situazione decisamente più complessa.

L'assetto meteomarino dell'area di indagine riportato nel PTAMC Ambito 15 (fig. 7), individua le agitazioni ondose dominanti quelle provenienti da 220°. I piani presentati mostrano come queste agitazioni interessino le celle 1 e 2 con angolo nullo o di pochi gradi verso nord, generando conseguentemente un flusso sedimentario ortogonale alla spiaggia o addirittura rivolto verso nord. Situazione simile si osserva nella parte settentrionale della cella 3, mentre nel settore meridionale le onde lo raggiungo con un angolo rivolto verso meridione. Nelle restanti celle (4, 5, 6) lo sviluppo dei piani d'onda ha una direzione di flusso rivolta verso meridione.

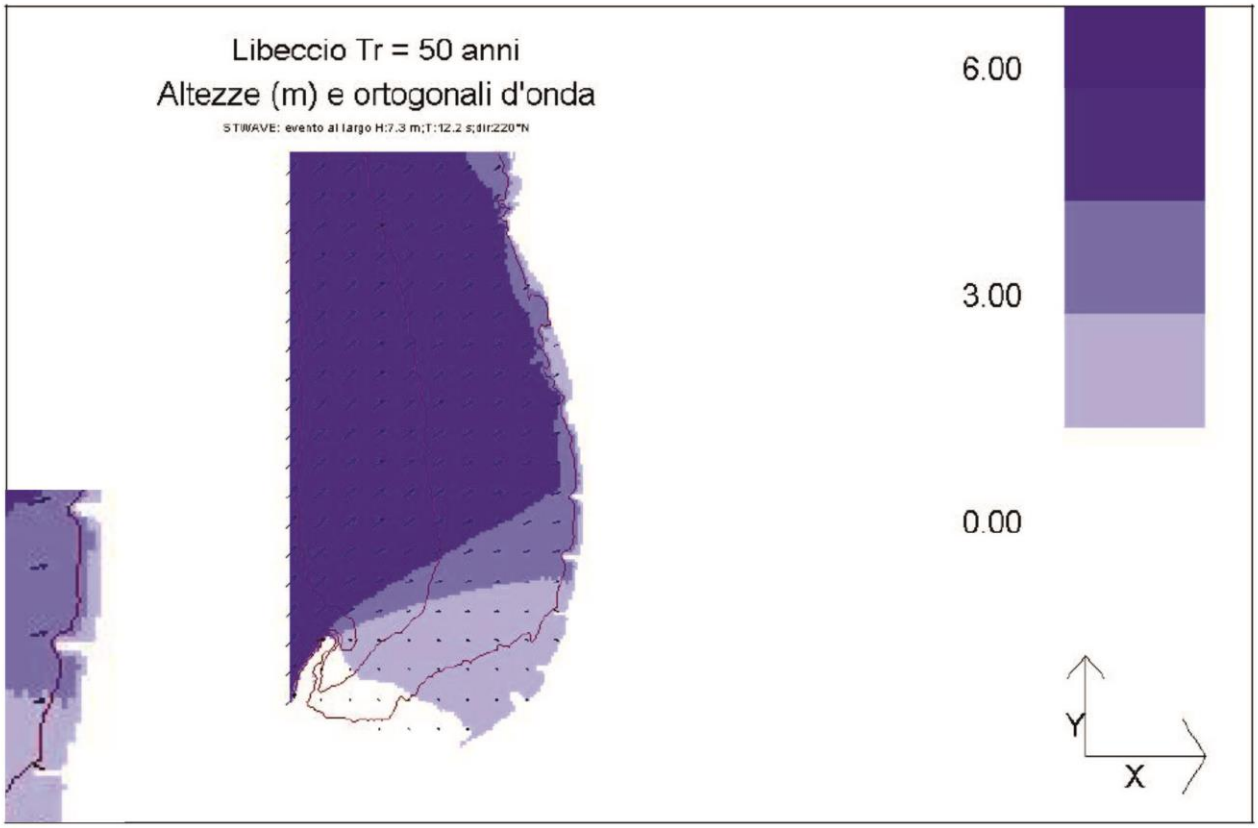


Fig. 7 – Piani d'onda presenti nel P.T.A.M.C. di Regione Liguria e dettaglio delle celle 2 e 3.

Lo sviluppo della spiaggia nelle differenti celle, desunto dall'osservazione di immagini zenitali (google earth, google maps, foto aeree Regione Liguria), mostra nella cella 1 un'ampiezza maggiore a meridione nella porzione protetta dal pennello ed una spiaggia che, procedendo verso nord, si mantiene costante. La cella 2 mostra una spiaggia ben equilibrata con un'ampiezza leggermente maggiore nel lato settentrionale che sembra indicare un modesto drift verso nord. La cella 3 presenta un'arcuatura della linea di riva che potrebbe essere causata dalla scogliera posta al centro della falcatura, ma potrebbe anche indicare la presenza di una divergenza del drift.

Infine, le successive celle sono caratterizzate da un aumento dell'ampiezza procedendo verso meridione, situazione tipica di litorali sottoposti ad un drift unidirezionale, in questo caso verso meridione.

La situazione descritta sembra essere confermata dalla distribuzione del granulo medio alla battigia (fig. 8). Le celle 1 e 3 che, per differenti motivi sono sottoposte ad una maggior perdita di sedimenti mostrano le dimensioni medie maggiori, al contrario della cella 2, sostanzialmente stabile e/o in leggero accumulo, e delle celle 4, 5 e 6, in accumulo, dove si osservano tessiture minori.

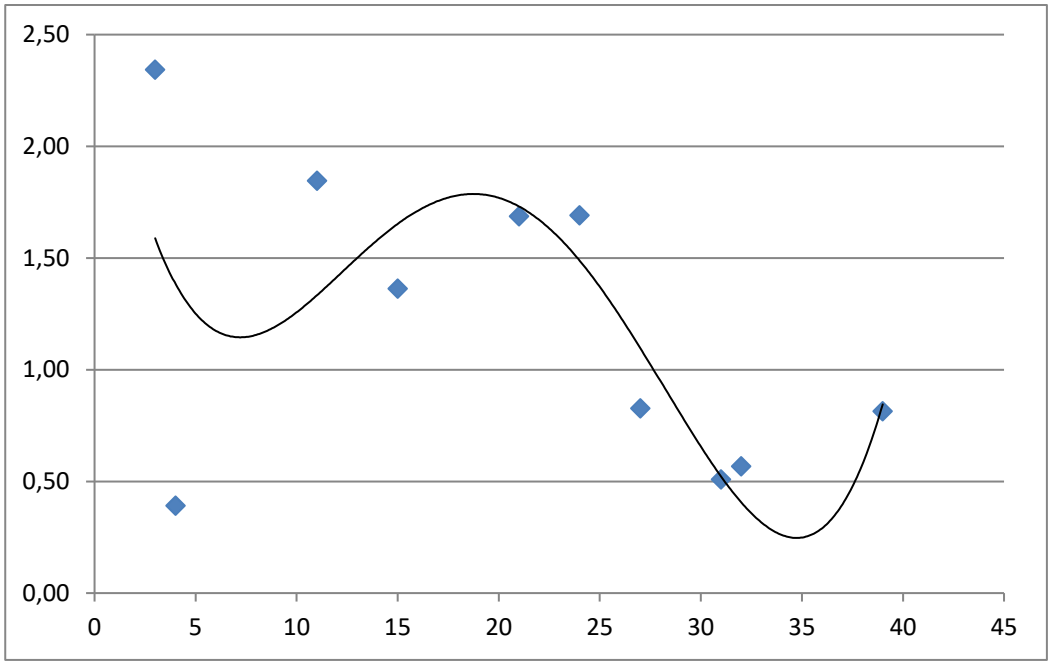


Fig. 8 – Distribuzione dell'indice sedimentologico media (espressa in mm) alla battigia.

Per meglio comprendere la dinamica sedimentaria dell'area è stata realizzata la carta dei vettori di trasporto utilizzando la metodologia di Gao & Collins (1992). Questa tecnica è basata sulle variazioni spaziali dei parametri statistici dimensionali Media, Classazione e Skewness. In questo caso si osserva un modesto flusso rivolto verso settentrione nelle celle 1 e 2, una rotazione del flusso nella cella 3 ed un flusso netto rivolto verso sud nelle restanti celle (fig. 9). Giova ricordare che questa metodologia mostra i vettori di trasporto indotti dall'ultimo evento ondoso, conseguentemente può non essere rappresentativa delle condizioni più frequenti che interessano il litorale.

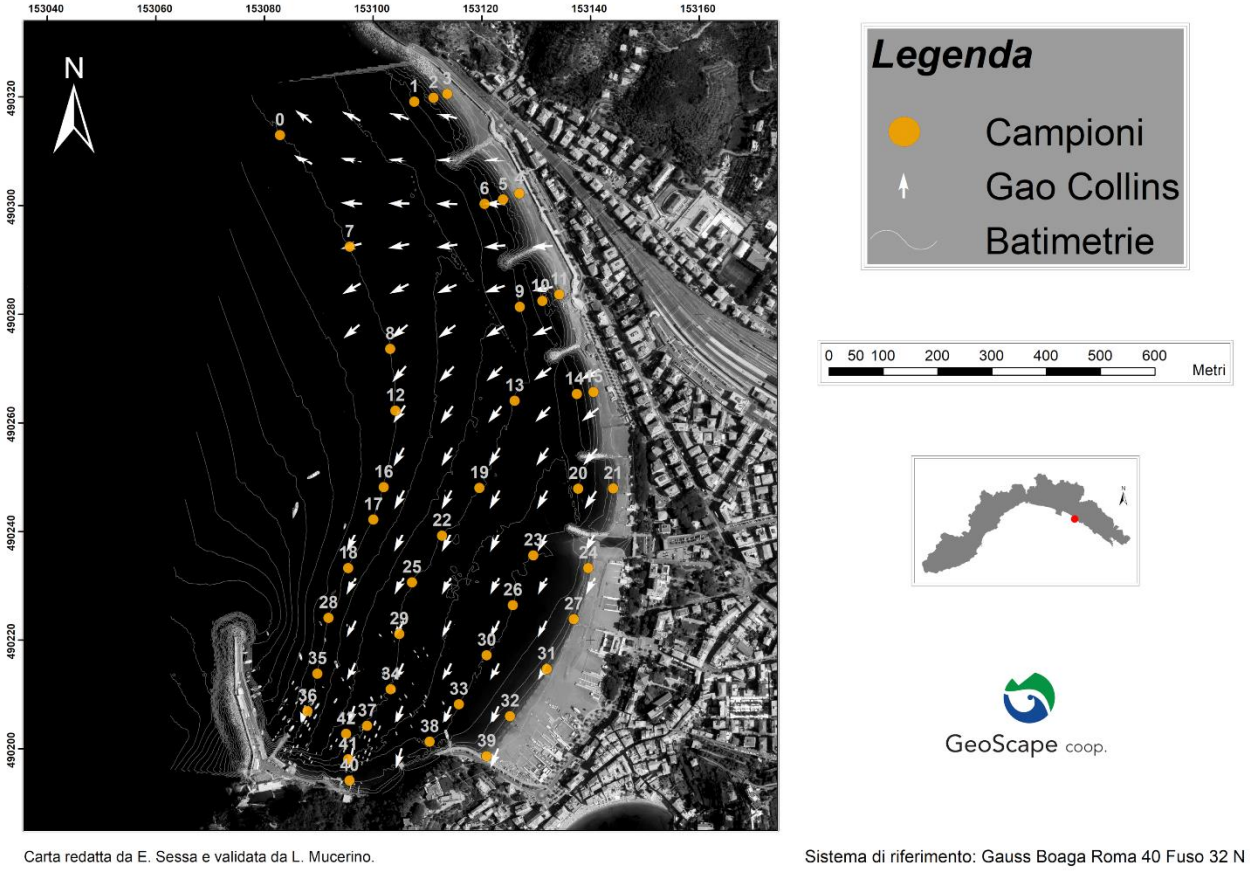


Fig. 9 – Vettori di trasporto individuati con la metodologia proposta da Gao & Collins.

La metodologia proposta da Hsu ed Evans (1989) permette di determinare la posizione teorica della linea di riva in funzione della posizione dell'ostacolo e della direzione di provenienza del moto ondoso. Essa è stata applicata al litorale oggetto di studio. Le direzioni di provenienza del moto ondoso adottate sono rispettivamente 220° N e 240° N.

Per quanto riguarda l'agitazione ondosa proveniente da 220° N si osserva che il punto di divergenza indotto dalla struttura coincide con la cella 3 (fig. 10). Utilizzando la direzione di provenienza 240° N il settore interessato dal fenomeno coincide anche in questo caso con la cella 3, ma in posizione più meridionale (fig. 11). Quindi essenzialmente in accordo con le indagini di campo.

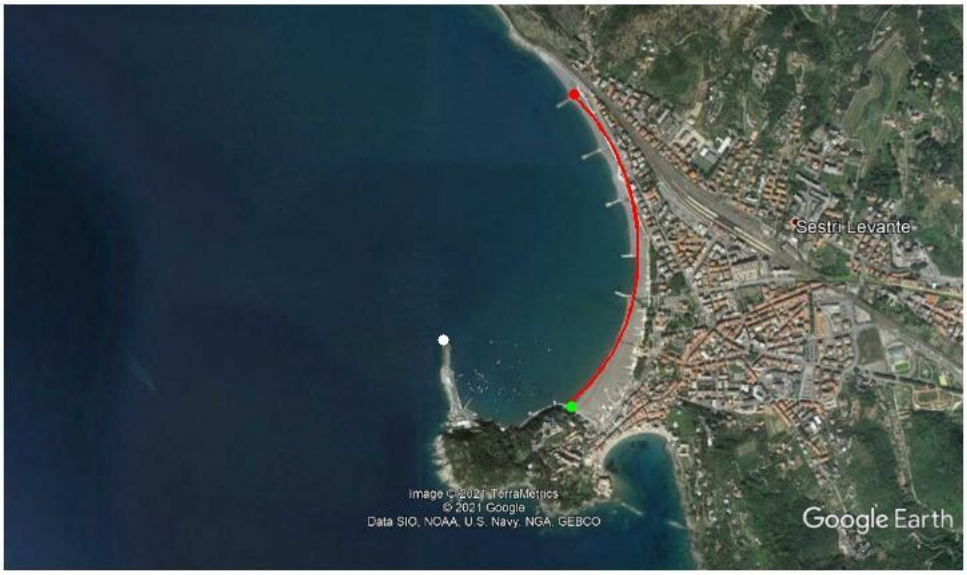


Fig. 10 – Linea di riva potenziale determinata con la metodologia di Hsu (direzione di provenienza moto ondoso 220° N).

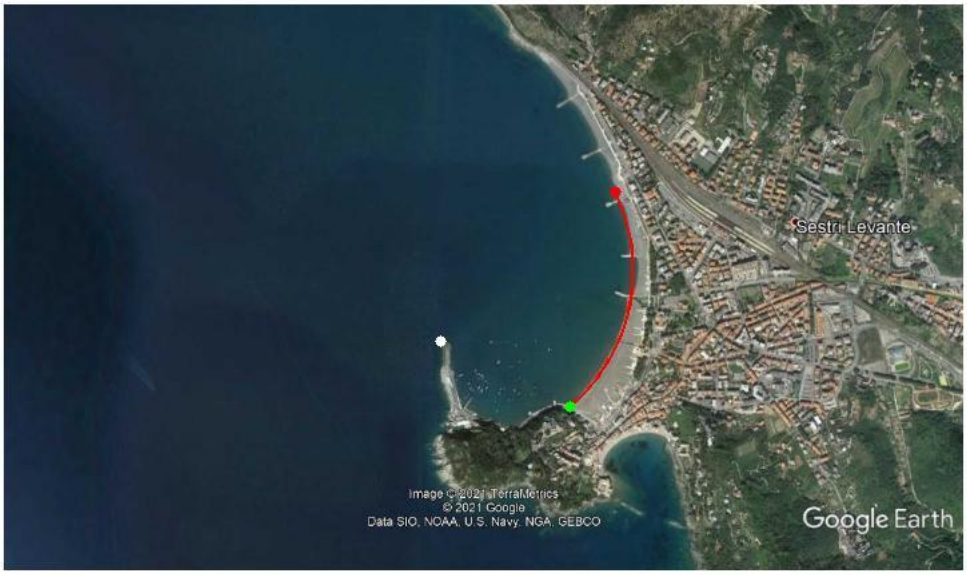


Fig. 11 – Linea di riva potenziale determinata con la metodologia di Hsu (direzione di provenienza moto ondoso 240° N).

Il modello elaborato in questo studio (cfr. relazione modellistica), conferma la dinamica sedimentaria già descritta in tutte le celle ad eccezione della prima. In questo settore compare una componente relativamente importante rivolta verso meridione. Evidentemente la cella 1 presenta

una dinamica sedimentaria estremamente complessa e mutabile in funzione di variazioni anche minime della direzione di provenienza delle agitazioni ondose meridionali, ma anche dipendente dalla loro intensità. Questa spiegazione potrebbe trovare giustificazione nell'orientamento di questo settore, NW – SE, rispetto al restante tratto di litorale, NNW – SSE. Le agitazioni ondose più intense e con periodo maggiore, subiscono una rotazione maggiore che favorisce il flusso verso meridione.

Sulla base di queste considerazioni si può ipotizzare che il litorale della Baia delle Favole, quando interessato da agitazioni ondose meridionali presenta un drift litoraneo rivolto a meridione nelle celle 4, 5 e 6 a causa della presenza del molo foraneo del porto. Nella cella 3 termina l'influenza della struttura ed è presente una divergenza del drift la cui posizione varia in funzione delle caratteristiche del moto ondoso. La cella 2 mostra una dinamica sedimentaria prevalentemente trasversale, ma con anche una componente settentrionale. Infine la cella 1, come indicato in precedenza, ha una dinamica estremamente variabile.

La situazione descritta ovviamente condiziona lo sviluppo della spiaggia sommersa. Essenzialmente si osserva un profilo di spiaggia maggiormente acclive nel settore settentrionale, direttamente esposto alle agitazioni ondose. Al contrario l'estremo meridionale mostra una spiaggia sommersa interessata, nel settore ridossato dalla struttura portuale, da un importante accumulo di sedimenti, indotti dal drift litoraneo in questo caso rivolto verso sud. Inoltre, in questo tratto di fondale si segnala anche una porzione di esso caratterizzata da sedimenti dimensionalmente maggiori riferibili, come già riportato precedentemente, ad eventi alluvionali del T. Gromolo. Quindi in un'ottica di dragaggio dei fondali, anche allo scopo di utilizzare il materiale per il ripascimento, questo accumulo è sicuramente quello più indicato.

5.Prolungamento del molo foraneo

In relazione al progetto di risistemazione della testata del molo foraneo e del suo prolungamento sono state realizzate, anche in questo caso utilizzando la metodologia proposta da Hsu, le mappe relative al nuovo assetto del litorale della baia delle Favole. Anche in questo caso sono state considerate agitazioni ondose provenienti d 220° N e 240° N.

I risultati mostrano un modesto ampliamento verso nord dell'influenza della struttura. In particolare, con agitazioni ondose da 220° N l'estensione del nuovo tratto di costa interessato dal fenomeno risulta essere maggiore (fig. 12) ed andrebbe a collocarsi al limite tra cella 2 e cella 3, determinando un modesto incremento del flusso verso meridione.



Fig. 12 – Linea di riva potenziale determinata con la metodologia di Hsu con il molo modificato (direzione di provenienza moto ondoso 220° N).

Nel caso di agitazioni ondose provenienti da 240° N, il disequilibrio risulterebbe meno marcato. Rimanendo circoscritto alla cella 3. Però anche in questo caso si assisterebbe ad un modesto aumento del flusso di sedimenti verso meridione (fig. 13).



Fig. 13 – Linea di riva potenziale determinata con la metodologia di *Hsu* con il molo modificato (direzione di provenienza moto ondoso 240° N).

6. Caratterizzazione sedimentologica dei depositi

La valutazione dell'idoneità del deposito, individuati nella spiaggia sommersa del settore meridionale, potenzialmente utilizzabili per il ripascimento della spiaggia di Sestri Levante è stata effettuata utilizzando la metodologia di Hobson (1977), proposta dallo Shore Protection Manual e segnalata da Regione Liguria nei "Criteri generali da osservarsi nella progettazione degli interventi stagionali di ripascimento degli arenili".

Questa metodologia si basa essenzialmente sul confronto delle caratteristiche dei sedimenti della spiaggia con i potenziali sedimenti da utilizzare per il ripascimento. Questo confronto è effettuato attraverso l'utilizzo degli indici sedimentologici Media e Classazione calcolati secondo le formule proposte da Inman (1957). I risultati ottenuti forniscono, attraverso diagrammi costruiti sperimentalmente, il fattore di riempimento, inteso come il quantitativo di materiale artificiale necessario ad ottenere un quantitativo unitariodi sedimento naturale, ed il fattore di ripascimento, cioè la durata del materiale artificiale sulla spiaggia rispetto a quello naturale.

I possibili settori interessati dal ripascimento sono stati individuati nelle celle 1 e 2 all'estremo settentrionale e, in base alle loro caratteristiche tessiturali, il confronto non è stato effettuato solo con i sedimenti presenti in battigia ma anche in quelli presenti nella spiaggia sommersa.

Per quanto riguarda le caratteristiche tessiturali del sedimento naturale della cella 1 sono stati individuati i campioni 3 (battigia), 2 (-3 metri) e 1 (- 5 metri). Questi sedimenti presentano valori del parametro Media rispettivamente pari a -1.29 Φ (2.44 mm), 1.94 Φ (0.26 mm), 2.75 Φ (0.15 mm) e valori della classazione rispettivamente corrispondenti a 1.09, 0.69, 0.56, indicanti un sedimento costituito da ghiaie mediocremente classate nella porzione emersa e sabbie fini discretamente classate in quella sommersa.

Per la cella 2 sono stati individuati i campioni 4 (battigia), 5 (-3 metri) e 6 (- 5 metri). Questi sedimenti presentano valori del parametro Media rispettivamente pari a 1.35 Φ (0.39 mm), 1.83 Φ (0.28 mm), 2.34 Φ (0.20 mm) e valori della classazione rispettivamente corrispondenti a 0.53, 0.85, 0.55, indicanti un sedimento costituito da sabbie medie ben classate nella porzione emersa e sabbie fini discretamente classate in quella sommersa.

I campioni 12, 13, 16, 17, 19, 22, 23, 26 sono stati scelti come rappresentativi del deposito sottomarino. Essi sono caratterizzati da valori del parametro media compresi tra 1.84 Φ (0.28 mm) e 2.95 Φ (0.13 mm), mentre la classazione presenta valori compresi nell'intervallo 0.31 ed 1.65. Questi parametri identificano il sedimento come sabbie fini da mediocremente a ben classate. Costituisce eccezione il campione 26 costituito da sabbie medie poco classate.

Per quanto riguarda la cella 1, i risultati ottenuti mostrano una sostanziale inadeguatezza all'utilizzo di questo materiale sulla spiaggia emersa, mentre risultano tutti compatibili per la spiaggia sommersa più esterna e solo i campioni 23 e 26 per quella più interna. Il coefficiente di riempimento varia tra 1.05 (campione 23) e 4 (campione 12) (fig. 14).

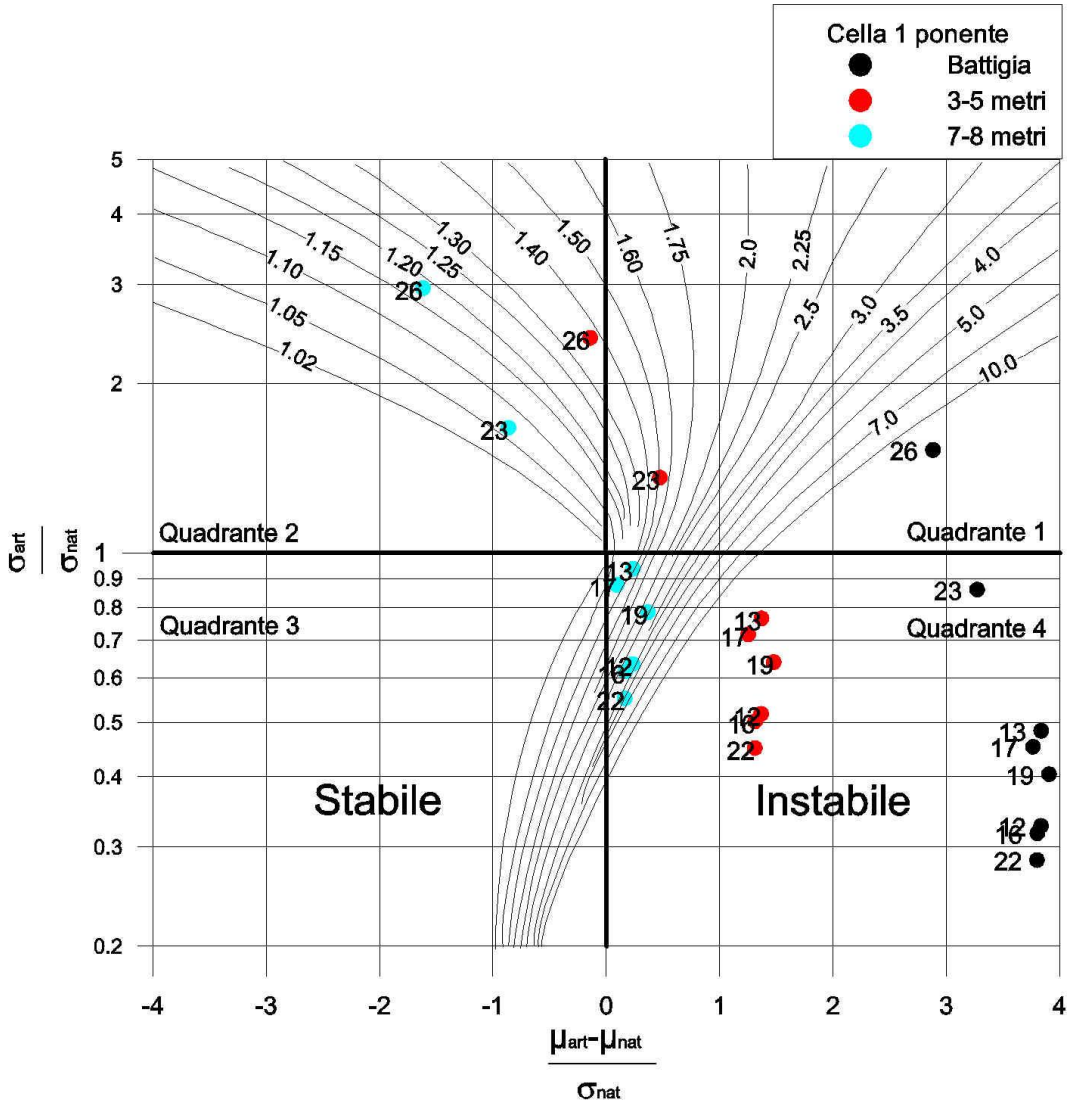


Fig. 14 – Diagramma del fattore di riempimento proposto da Hobson (1975) relativo alla cella 1.

Conseguentemente il fattore di ripascimento indica una efficienza pressoché nulla in battigia, risulta più efficiente nella spiaggia sommersa, con valori superiori a 1/7 e fino a 3/2 per la spiaggia sommersa esterna e valori meno performanti in quella più interna (con valori che raggiungono anche il valore 6) (fig. 15).

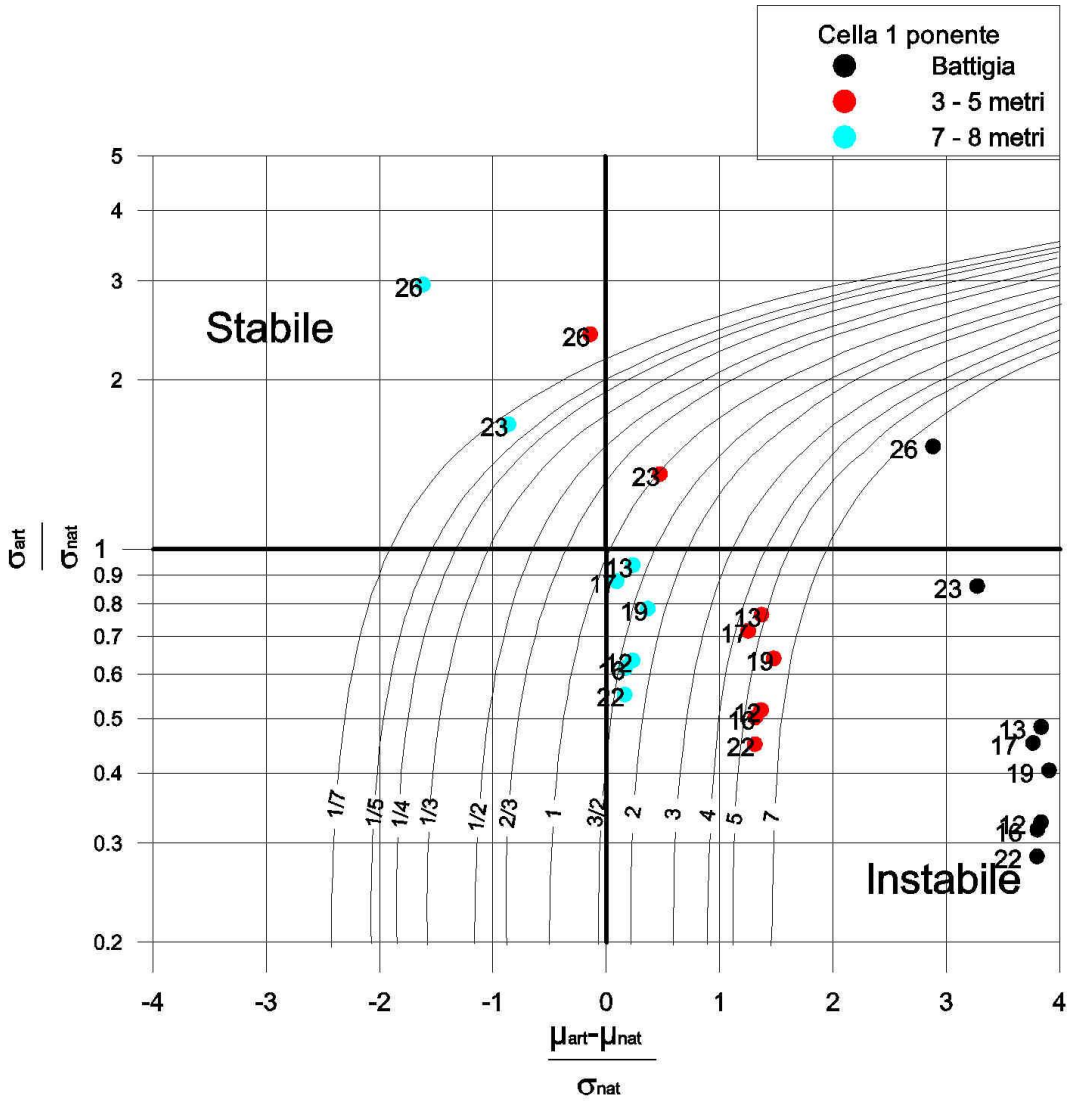


Fig. 15 – Diagramma del fattore di ripascimento proposto da Hobson (1975) relativo alla cella 1.

L'applicazione della metodologia proposta da Hobson nella cella 2 mostra una sostanziale idoneità dei campioni 23 e 26 sia per la spiaggia emersa che per quella sommersa. I restanti risultano inadeguati, ad eccezione dei campioni 13 e 17 per la porzione più esterna della spiaggia sommersa (fig. 16).

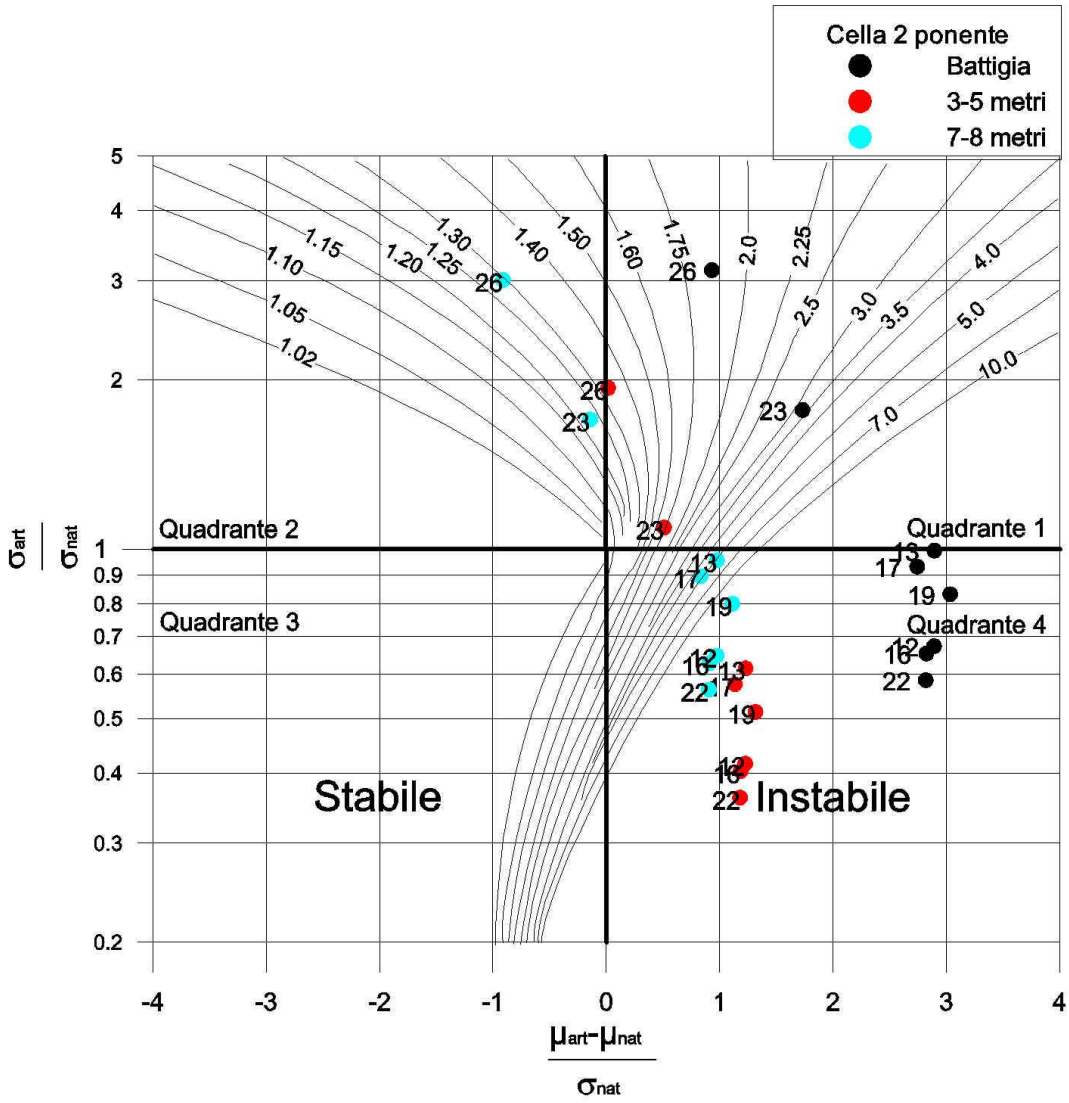


Fig. 16 – Diagramma del fattore di riempimento proposto da Hobson (1975) relativo alla cella 2.

Per quanto riguarda il fattore di ripascimento questi risulta essere buono, in tutta la spiaggia, per i campioni 23 e 26, con una stabilità decisamente inferiore per i restanti prelievi (fig. 17).

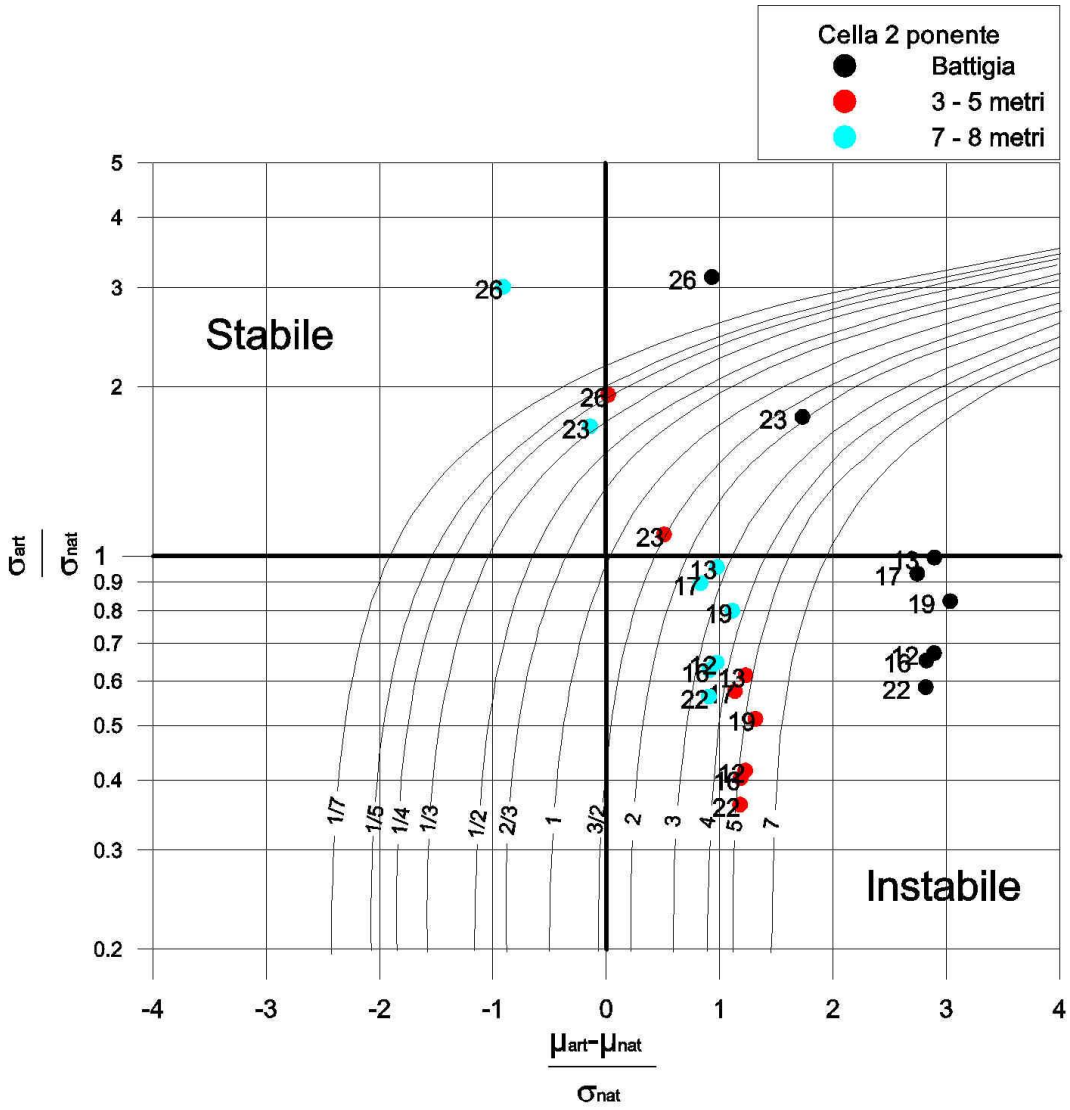


Fig. 17 – Diagramma del fattore di ripascimento proposto da Hobson (1975) relativo alla cella 2.

7.Caratterizzazione sedimentologica delle carote

Nelle 2 celle indagate è stato effettuato il prelievo di 2 carote, di lunghezza di circa 1 metro, ognuna rappresentativa della stratigrafia del deposito. In ciascuna di esse, allo scopo di ricostruire le variazioni tessiturali del deposito con la profondità, sono state effettuale 6 analisi granulometriche.

Area 1

Il deposito risulta essere omogeneo, tutti i campioni analizzati sono classificabili come sabbie (fig. 18).

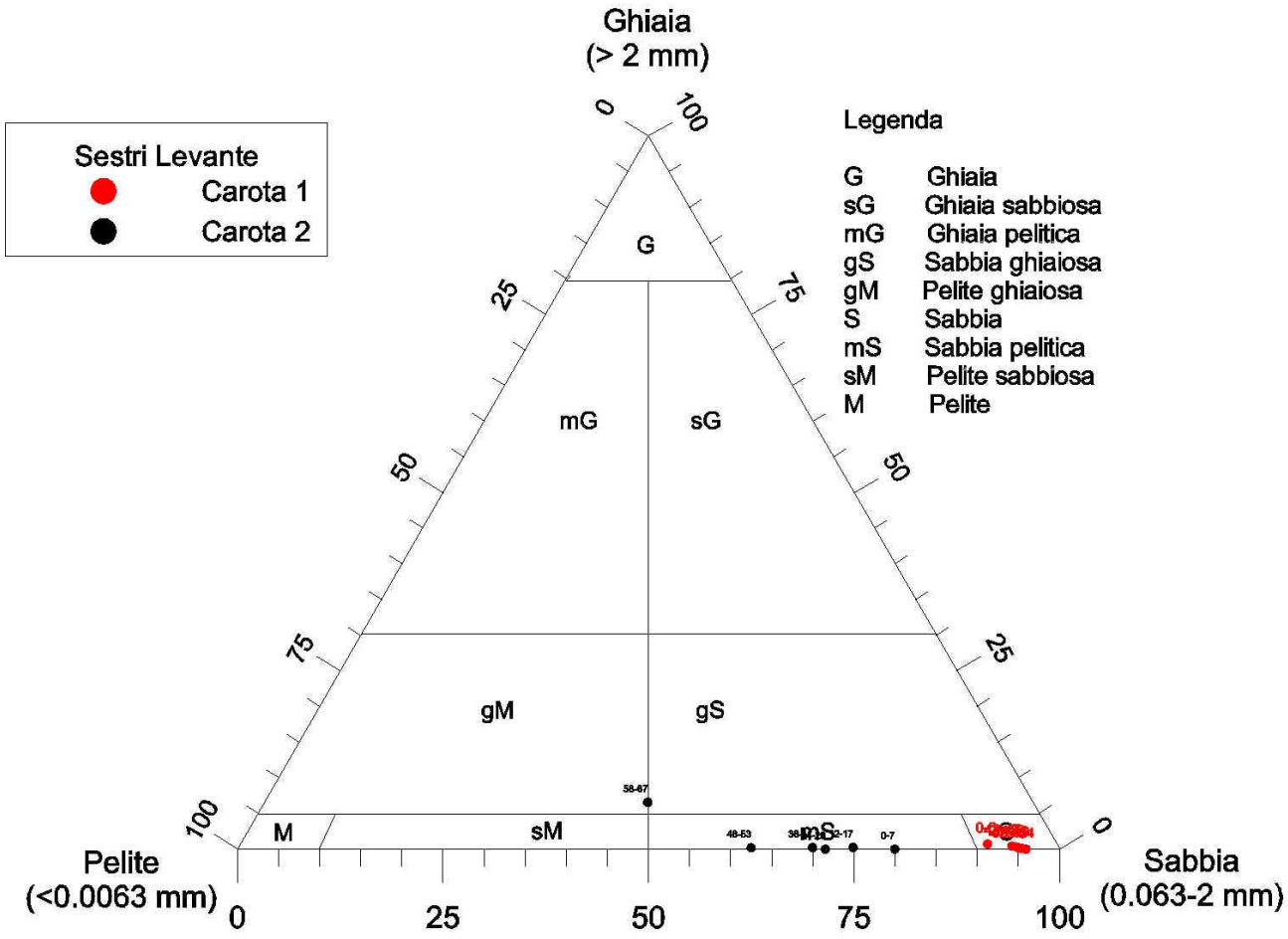


Fig. 18 – classificazione dei sedimenti (folk & Ward 1967) provenienti dalle carote.

Infatti come mostrato in fig. 19 le percentuali di sabbia si mantengono sempre al di sopra del 90%. La componente pelitica è ridotta e compresa tra 4% e 8%. La componente ghiaiosa risulta invece trascurabile sempre inferiore a 1%.

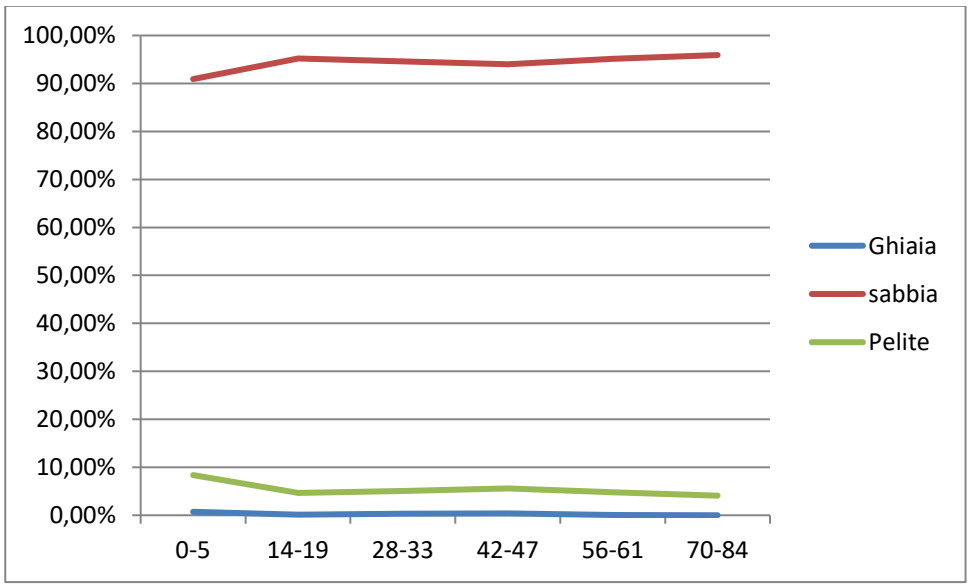


Fig. 19 - Distribuzione percentuale delle componenti ghiaia, sabbia e pelite nella carota 1

Infine le dimensioni medie del sedimento mostrano anch'esse una sostanziale uniformità con valori compresi tra 0.120 – 0.157 mm (fig. 20). Quindi i risultati confermano le valutazioni effettuate dalla caratterizzazione dei depositi superficiali.

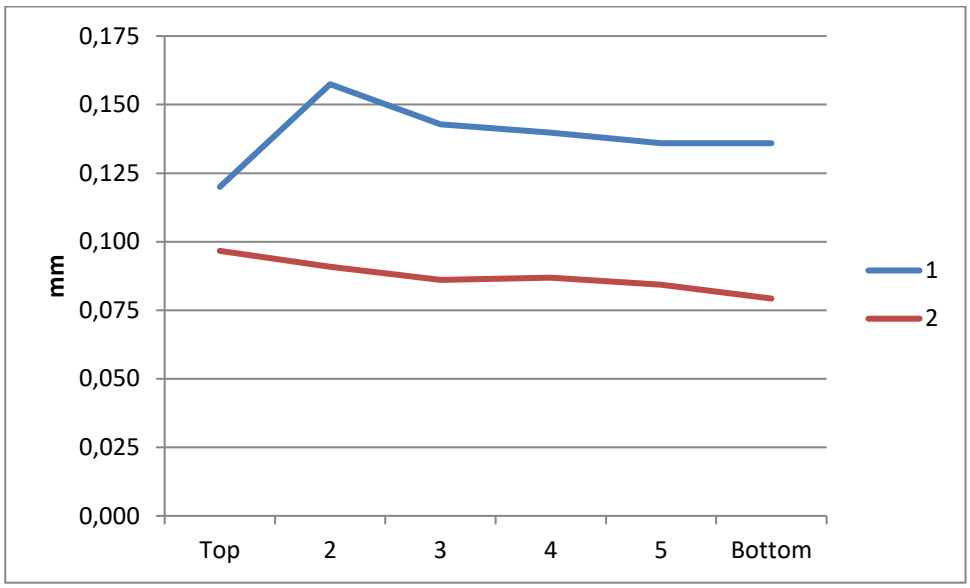


Fig. 20 – Distribuzione del parametro media nelle carote

Area 2

Il deposito presenta una maggiore disomogeneità rispetto al precedente, anche se tutti i campioni sono classificabili come sabbie pelitiche. Costituisce eccezione il campione 58-67, dove è presente una componente ghiaiosa rappresentativa, classificabile come pelite ghiaiosa (fig. 18). Questa disomogeneità tessiturale è ben descritta in fig. 21. Si osserva come la componente sabbiosa abbia un trend discendente con la profondità, passando da valori pari a 80% in superficie, a valori inferiori al 50% a -1 metro. Tendenza opposta è mostrata dalla componente pelitica, con valori minimi in superficie, circa 20%, massimi a -1 metro, di poco inferiori a 50%. La componente ghiaiosa non risulta essere rappresentativa ad eccezione del già citato campione profondo, circa 6.5%. Le dimensioni medie del sedimento ovviamente sono condizionate da questa distribuzione e conseguentemente si assiste ad una contenuta riduzione del diametro medio con la profondità, con valori che variano tra 0.1 – 0.08 mm (fig. 20). Anche in questo caso i risultati confermano le valutazioni effettuate dalla caratterizzazione dei depositi superficiali.

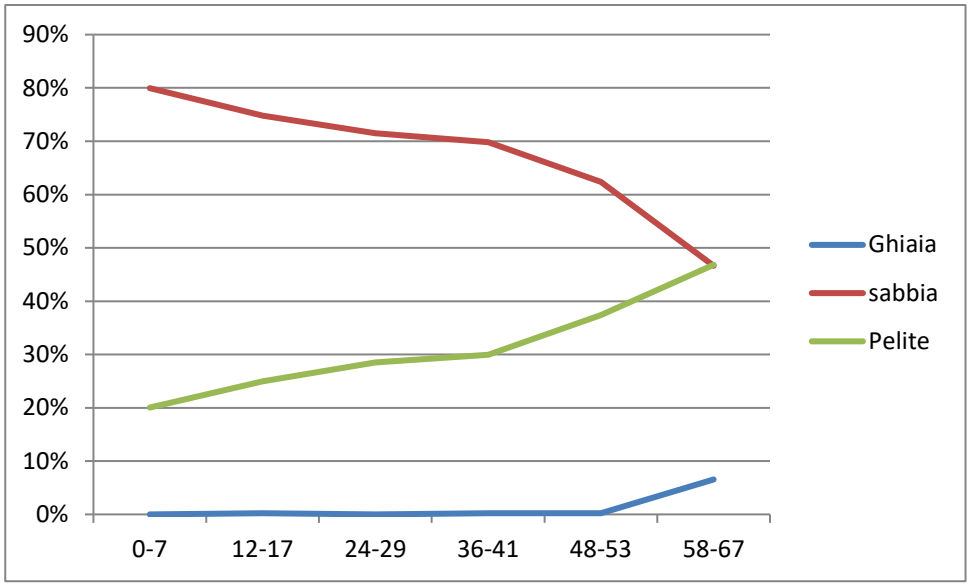


Fig. 21 – Distribuzione percentuale delle componenti ghiaia, sabbia e pelite nella carota 2

Ipotesi di utilizzo del materiale dragato

Sulla base dei risultati emersi dallo studio dei sedimenti e delle valutazioni sulla dinamica sedimentaria della baia delle Favole è possibile fornire alcune considerazioni utili per la collocazione dei sedimenti dragati.

- Le caratteristiche sedimentologiche delle potenziali aree di dragaggio sono tali da risultare poco idonee al loro utilizzo per il ripascimento della spiaggia emersa ma compatibili con quella sommersa. In particolare, il settore A mostra valori della frazione fine inferiori ai limiti previsti da Regione Liguria e tessiture medie comprese tra 0.15 – 0.25 mm. Il settore B invece presenta valori della componente fine decisamente superiori ai limiti consentiti ed anche le tessiture medie risultano essere decisamente inferiori (circa 0.10 mm), pertanto non è auspicabile utilizzarli a scopo di ripascimento (fig. 22)

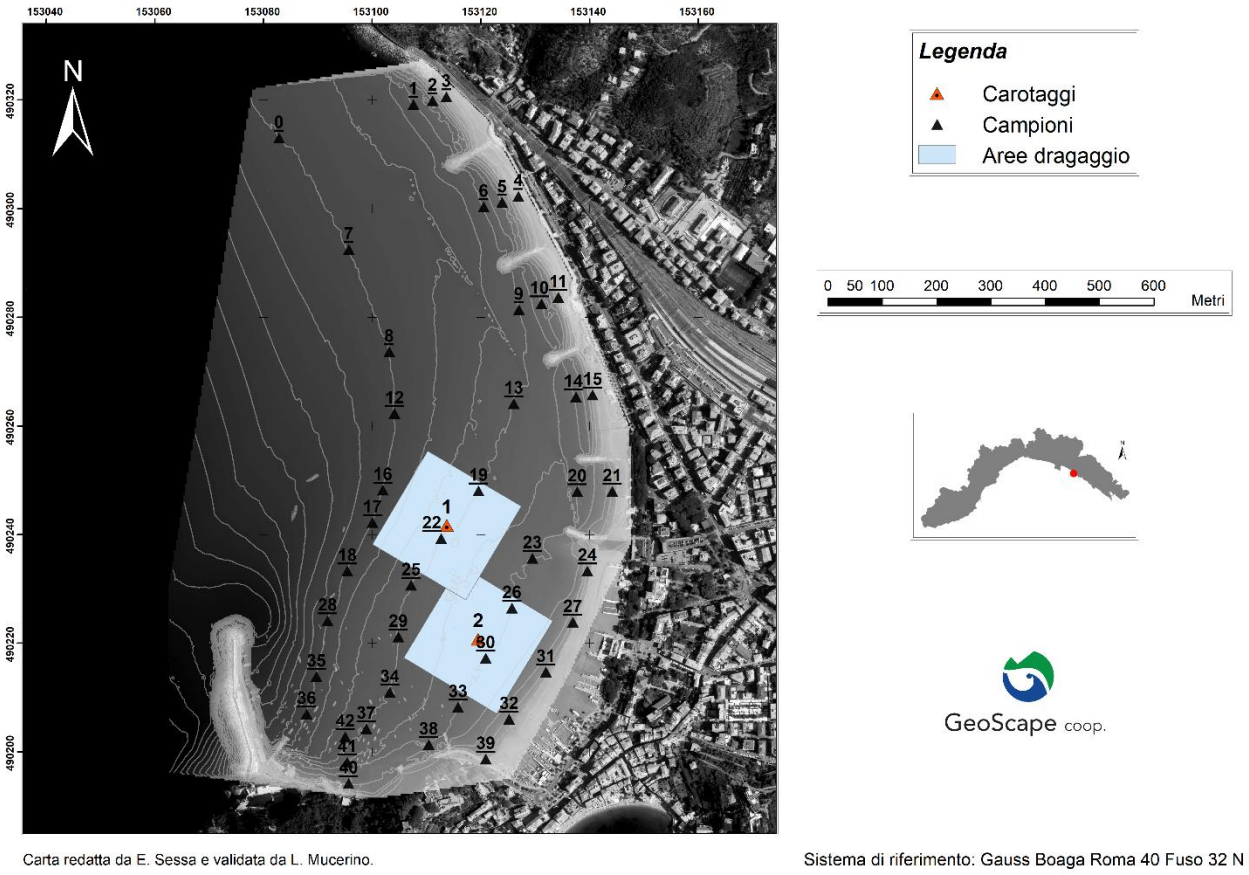


Fig. 22 – Aree di dragaggio.

- La dinamica sedimentaria della baia delle Favole indica un flusso sedimentario costante, verso meridione, che interessa le celle 4, 5, 6 con qualsiasi provenienza delle ondazioni considerate. La cella 3 è sede di una divergenza la cui posizione varia in funzione della direzione di provenienza del moto ondoso. La cella 2 mostra una deriva trasversale e/o blandamente settentrionale. Infine, la cella 1 sembrerebbe essere interessata da una deriva estremamente variabile. Conseguentemente il versamento di sedimenti, instabili nella spiaggia emersa nelle celle 3, 4, 5 comporterebbe una rapida deriva nell'area di dragaggio. Un eventuale ripascimento nelle celle 1 e 2 se opportunamente contenuto garantirebbe una maggiore stabilità.
- Il confronto del materiale dell'area di dragaggio A con i sedimenti presenti nelle celle 1 e 2 mostra come questo risulti sostanzialmente instabile nella porzione emersa della cella 1 e relativamente stabile, almeno quello ubicato a minori profondità, nella cella 2. Al contrario nella spiaggia sommersa il deposito risulta essere più idoneo nella cella 1 rispetto alla 2.

In relazione a quanto espresso precedentemente si può ipotizzare di utilizzare nelle celle 1 e 2 il materiale proveniente dall'area di dragaggio A. Materiale che solo in minima parte contribuirà ad alimentare la spiaggia emersa, circa 5 – 10% nella cella 1 e 10 – 20% nella cella 2, ma contribuirà invece ad alimentare la spiaggia sommersa rendendola maggiormente dissipativa e quindi garantendo anche una maggiore protezione alla spiaggia emersa. Allo scopo di garantire una maggiore stabilità ai sedimenti della spiaggia sommersa potrebbe essere adottata una soluzione come quella utilizzata ad Ospedaletti (Vacchi et al. 2021), con la realizzazione di un setto sommerso, in prosecuzione dei pennelli presenti nelle celle 1 e 2, fino ad una profondità di almeno 7 metri. La struttura dovrebbe essere in grado di garantire un appoggio alla spiaggia sommersa in modo da limitare o addirittura annullare il drift litoraneo verso meridione che, in base a quanto esposto, dovrebbe essere meno intenso rispetto alle celle meridionali.

Infine, per quanto riguarda in quantitativi estraibili si può ipotizzare, in base ai risultati desunti dalle indagini sedimentologiche delle carote, che indicano uniformità nelle caratteristiche tessiturali dei sedimenti, di poter dragare almeno fino alla profondità di 1 metro. Quindi, trattandosi di un'area con maglia di 200 metri centrata sulla carota, questa avrà una superficie di circa 40.000 m^2, per un totale di circa 40.000 m^3.

8.Considerazioni finali

L'indagine sedimentologica ha permesso di fornire alcune considerazioni generali sulla dinamica sedimentaria dell'area, anche in relazione alle modifiche previste al molo foraneo del porticciolo ed alla possibilità di dragaggio nella spiaggia sommersa di sedimenti utili al ripascimento.

In particolare si osserva:

- il litorale è costituito nella sua parte emersa prevalentemente da ghiaie e sabbie grossolane, occasionalmente medie (cella 2), mentre la parte sommersa presenta sabbie fini.
- La dinamica sedimentaria dell'area mostra un trasporto essenzialmente rivolto verso meridione, con un settore di divergenza indotto dalla presenza della struttura portuale, variabile in funzione della direzione di provenienza del moto ondoso.
- Nel settore meridionale sono state individuate 2 potenziali aree di dragaggio, la prima (area 1) costituita da sabbie medie, la seconda (area 2) che a causa dell'abbondanza della frazione fine risulta essere inadeguata ad un utilizzo a scopo di ripascimento.
- L'area 1 presenta caratteristiche tessiturali poco adatte al ripascimento della spiaggia emersa, ma idonee a quella sommersa.

- In considerazione della dinamica sedimentaria dell'area è possibile ipotizzare l'utilizzo fino a un massimo di circa 40.000 m^3 di materiale prelevato nell'area 1 ed immesso nelle celle settentrionali 1 e 2.
- Allo scopo di fornire maggiore stabilità al deposito si può prevedere la realizzazione di due setti sommersi, a prosecuzione dei pennelli settentrionali che si spingano fino ad una profondità di almeno 7 metri.

9.Bibliografia

Folk RL. 1966. A review of grain-size parameters. Sedimentology 6: 73–93.

Folk RL, Ward WC. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology 27: 3–26.

Hobson R.D. 1977. Review of design elements for beach fill evaluation. U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Technical Memorandum, TM-77-6: 1-51

Hsu JRC, Evans C (1989) Parabolic bay shapes and applications. Proc. Inst. Civ. Eng. 87:557–570

Inman DL. 1952. Measures for describing the size distribution of sediments. Journal of Sedimentary Petrology 22: 125–145.

Vacchi M., Berriolo G., Schiaffino C.F., Rovere A., Anthony E.A., Corradi N., Firpo M. and Ferrari, M (2020). Assessing the efficacy of nourishment of a Mediterranean beach using bimodal fluvial sediments and a specific placement design. Geo-Marine Letters 40:687–698.