

Sintesi delle attività di studio a mare nell'ambito del Progetto SCANCOAST e RAISE

a cura di A. Bosman¹ D. Casalbore¹ C. Carmisciano² per SCANCOAST e aggiornamento RAISE di C. Carmisciano

¹Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria (Roma)

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Nell'ambito delle attività di studio delle aree marine prospicienti il Parco delle Cinque Terre, si sono concluse le indagini morfobatimetriche ad alta risoluzione iniziate con il progetto SCANCOAST e completate nell'ambito del PNRR RAISE, finalizzate alla caratterizzazione dei processi gravitativi lungo la fascia costiera. Per quanto riguarda gli studi di Geologia Marina, le attività d'indagine sono state condotte per mezzo di tecnologia multibeam ad alta risoluzione affiancata da un sistema di posizionamento-inerziale di alta precisione di ultimissima generazione messe a disposizione dal CNR-IGAG. Lo studio è stato condotto per mezzo di un'apposita imbarcazione appartenente all'INGV (BIG ONE), progettata per il monitoraggio delle aree marine costiere. I rilievi geofisici hanno permesso d'investigare i fondali della fascia costiera compresi tra Monterosso al Mare e Vernazza da circa 60 m fino a 2-3 m di profondità per una superficie complessiva di circa 3 km². I rilievi sono stati limitati alla profondità di 2-3m (ad eccezione di pochi settori dove si è arrivati quasi alla linea di riva) a causa della presenza di bagnanti e attività ludico-diportistiche. I test di verifica strumentale si sono svolti presso il porto di La Spezia, successivamente seguiti dai rilievi morfobatimetrici ad alta risoluzione nell'area prevista dal rilievo (Fig.1MB).

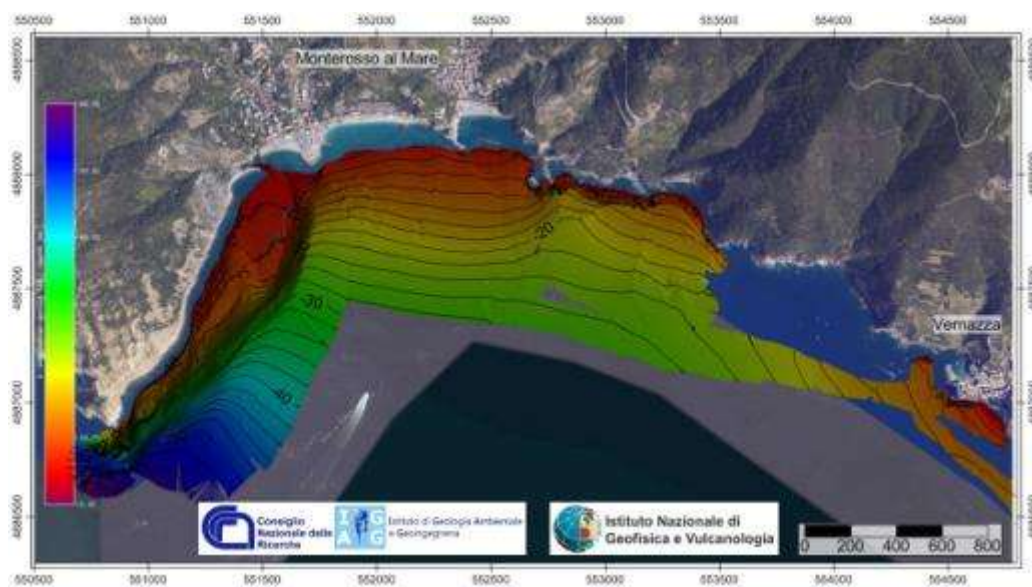
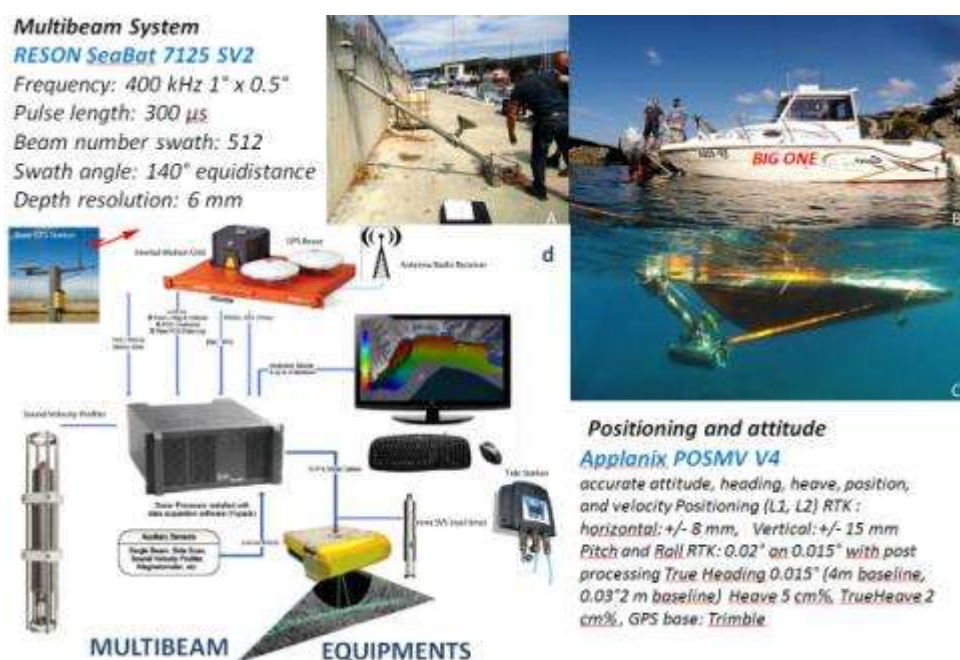


Fig 1MB Mappa morfobatimetrica ad alta risoluzione relativa alla fascia costiera compresa tra Monterosso al Mare e Vernazza, ottenuta mediante tecnologia multibeam (isobate: equidistanza di 2m).

Note tecniche sulle strumentazioni di bordo utilizzate nei rilievi

- Sistema Multibeam SeaBat 7125 Teledyne Reson SV2 doppia frequenza (200-400 kHz) con apertura del fascio di 140° in grado di produrre una copertura pari a circa 5 x, registrazione del backscatter nelle modalità SSS e Snippet. Range di operatività del rilievo batimetrico da 0.5 m a 400 m di profondità.
- Doppia sonda di velocità del suono: in tempo reale per la misurazione delle velocità del suono alla testa del trasduttore e per i profili verticali per il rintracciamento dei segnali acustici lungo la colonna d'acqua (ray-tracing).



Architettura del sistema multibeam impiegata per lo svolgimento delle indagini batimetriche ad alta risoluzione installata sul natante BIG ONE. Sensore MBES a doppia frequenza 200-400 kHz (Reson SeaBat 7125 SV2), sensoristica inerziale e navigazione GPS-RTK APPLANIX POS MV, Sonde di velocità del Suono e stazione mareografica.

- Sistema di posizionamento RTK e PPK con sensore integrato di movimento APPLANIX POSMV in grado di registrare i dati morfobatimetrici attraverso un sistema inerziale. Registrazione dei raw data di navigazione GNSS e inerziali (IMU) per la post elaborazione dei dati, conferendo precisioni e accuratezze centimetriche.
- GPS Base Trimble doppia frequenza (L1/L2) con treppiedi di supporto per antenna geodetica Zephyr.
- Sistema di Trasmissione Radio per correzioni RTK Pacific Crest (150-174 MHz) con alimentazione

- Mareografo portatile (TideMaster Veleport) da installare nelle aree d'indagine con frequenza di campionamento variabile da 1 sec a 30 min con intervallo di campionamento variabile.
- Software di acquisizione dati PDS2000 3.8
- Software gestione compensazioni inerziale e sistema GPS MV POSView
- Software elaborazione dati multibeam Caris Hips & Sips 8
- Software elaborazione dati geodetici (PPK) PosPacMMS e Laica Geo Office
- Software per restituzione e visualizzazione cartografica GlobalMapper
-

Posizionamento del natante e sistema di riferimento

Le indagini batimetriche sono state condotte in modalità Real Time Kinematics (RTK) rispetto ad un ricevitore GPS installato nell'area di lavoro (MR base RTK, Ta.1MB). Le correzioni differenziali (RTK) sono state trasmesse mediante un radio modem ad alta frequenza, fornendo in tempo reale le correzioni di fase al ricevitore di bordo. Il punto geodetico utilizzato durante le indagini batimorfologiche, è stato successivamente inquadrato (post-processing) nella Rete Dinamica Nazionale rispetto alla stazione LASP (Tab. 1MB). Entrambe le stazioni sono inquadrare nel Sistema di Riferimento ERTF 2000 - Rete Dinamica Nazionale IGM.

Base Station	LASP	MR base RTK
		
Latitudine	44° 4' 23.83332" N	44° 08' 36.40462" N
Latitudine	9° 50' 22.75583" E	9° 38' 34.17447" E
Quota ellis.	87.1541 m	50.1889 m
Tipo soluzione:	Fase: tutto fix	
Tipo GNSS:	GPS	
Frequenza	L1 e L2	
Ambiguità:	Sì	

Tab. 1MB - Monografie delle stazioni GNSS di La Spezia, utilizzate per i rilievi batimetrici. MR base RTK è la stazione utilizzata per le acquisizioni in modalità RTK, LASP è la stazione permanente afferente alla RDN-IGM, utilizzata per la determinazione della base RTK e per il post-processing dei dati navigazionali e inerziali.

I dati batimetrici restituiti nell'ambito del progetto di studio sono riferiti alla stazione permanente di LASP, inquadrata nelle rete RDN. Per quanto riguarda invece le quote altimetriche del rilievo batimetrico si è fatto riferimento al livello idrometrico registrato dalla stazione mareografica di La Spezia gestito dalla Rete Mareografica Nazionale dell'ISPRA (Fig. 2MB).

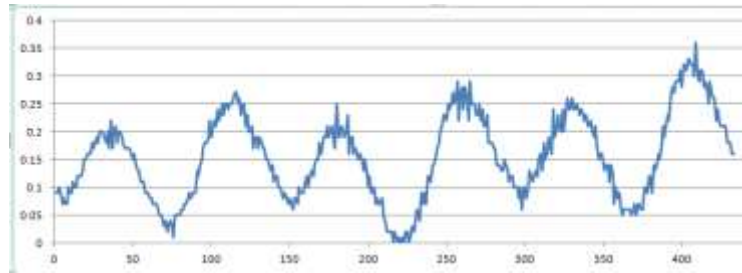


Fig. 2MB - Livello idrometrico registrato dalla stazione mareografica di Genova, afferente alla Rete Mareografica Nazionale (ISPRA), utilizzato per la correzione delle quote sui dati batimetrici.

Tutti i dati raccolti sono stati elaborati con software dedicati; nello specifico i segnali GPS sono stati elaborati con i software Leica Geo Office Combined (LGO) e con POSPac MMS 6.3, mentre per la correzione delle quote, le calibrazioni, l'eliminazione degli artefatti e restituzione dei modelli digitali del terreno, mediante il software idrografico Caris Hips & Sips 8.

Backscatter data

Oltre all'acquisizione dei dati batimetrici ad alta risoluzione, sono stati registrati i dati relativi all'intensità di backscatter che fornisce indicazioni sulla natura e distribuzione dei sedimenti superficiali, permettendo quindi di definire le aree caratterizzate da sedimenti fini, medi e/o grossolani (anche se è importante sottolineare come la risposta d'ampiezza sia influenzata anche da altri parametri, quali la frequenza del segnale emesso, la penetrazione delle onde nel sottofondo ecc.). In figura 3MB è riportata una strisciata multibeam registrata in acqua bassa con la relativa ampiezza del segnale, in cui sono evidenti le aree a sedimento mobile, caratterizzate dalla presenza di mega-ripples e limitate aree caratterizzate da fanerogame marine (P. oceanica).

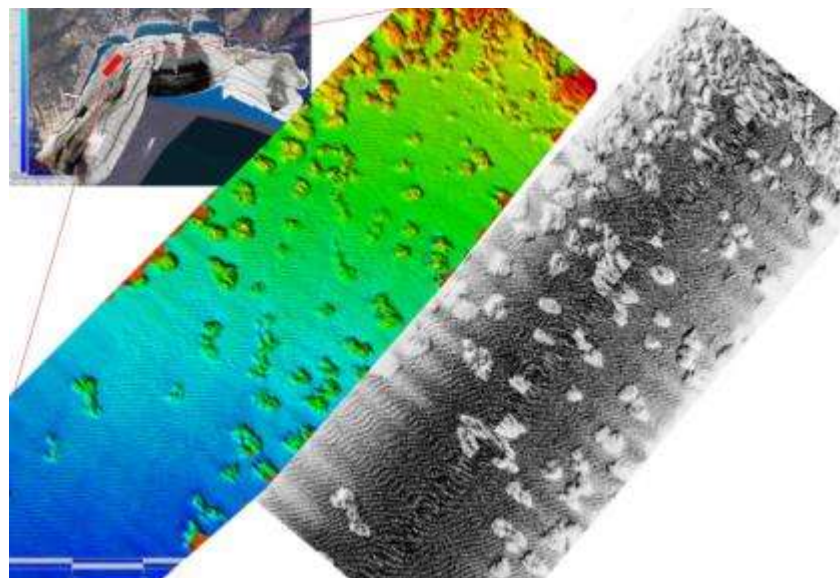


Fig. 3MB - Strisciata multibeam con relativa intensità di backscatter lungo la fascia costiera. Sono evidenti le aree a sedimento mobile testimoniate dalle forme di fondo (medio-alto backscatter) e alcune morfologie rilevate a medio backscatter, attribuite a fanerogame marine.

Caratterizzazione morfologica dell'area di Monterosso al Mare

Dal punto di vista morfologico è possibile suddividere l'area di studio in tre differenti settori: a) il settore occidentale che si estende da Pta Mesco sino al Gigante, b) il settore centrale che si estende dal Gigante a Punta Molinara, infine, il terzo c) relativo ai bassi fondali dell'area marina antistante l'abitato di Vernazza.

Il primo settore (Pta Mesco - Gigante) è stato investigato da circa 3 a 58 m di profondità, seguendo la linea di costa del massiccio di Riva-Semaforo. La morfologia generale evidenzia la presenza di un limitato prisma costiero con ciglio a profondità variabili da circa 10 a 20 m (freccie bianche in fig. 4MB) e un piede ubicato tra i 26 e i 40 m di profondità (freccie gialle in fig. 4MB).

Il tetto del corpo deposizionale presenta un'ampiezza massima (330 m) nell'area antistante il Porto di Ponente e risulta caratterizzato da una morfologia irregolare prodotta dalla presenza di Fanerogame marine intervallate da depositi sabbiosi con mega-ripples. La facies di backscatter (medio - alta) conferma la presenza di una copertura sedimentaria da medio a grossolana e la presenza di estese aree a forme di fondo (dettaglio in fig. 3MB).

La parte più prossima a costa, investigata solo limitatamente per problemi di sicurezza alla navigazione, è caratterizzata, invece, da una facies a blocchi di grandi dimensioni che risultano in diretta continuità con i depositi di blocchi delle porzioni emerse, prodotti dallo smantellamento delle falesie.

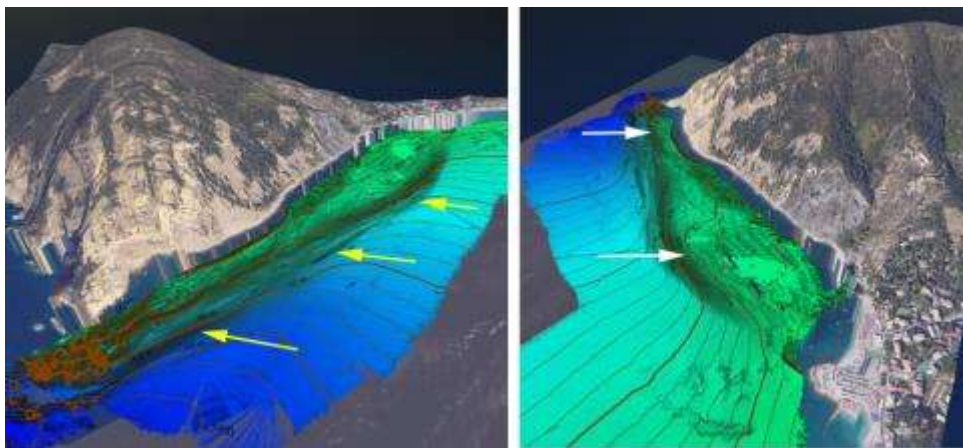


Fig. 4MB Vista 3D del prisma costiero ubicato al piede della falesia Riva-Semaforo. Le frecce in bianco indicano il ciglio del corpo deposizionale, in giallo la chiusura.

La porzione più esterna, che interessa la scarpata frontale del corpo deposizionale (gradienti da 15°-19°), presenta ancora una morfologia irregolare, prodotta dalla presenza di matte di P. oceanica con locali e isolate depressioni a fondo piano che indicherebbero la presenza di sedimento mobile. In questo settore d'indagine è stata individuata una condotta (fig. 6MB) con numerosi corpi morti d'ancoraggio che taglia trasversalmente il prisma costiero. A maggiori profondità (oltre i 30 m) al piede della condotta è stata riconosciuta un'ampia depressione di circa 60 cm che la segue parallelamente e che indicherebbe

un'interazione tra le correnti di fondo e la struttura. Infatti, l'azione della/e corrente/i produrrebbe/ro un'escavazione alla base sino a produrre un'impronta da ostacolo.

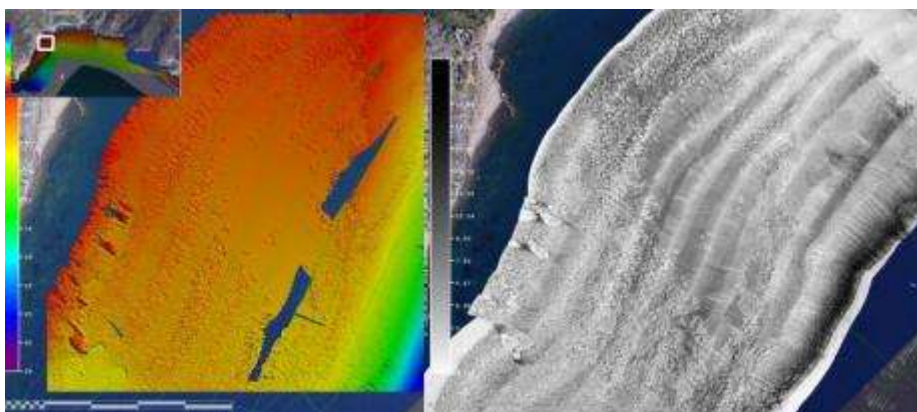


Fig. 5MB Aree a mattoni di P. oceanica, intervallate a sedimento mobile individuate nell'area della fascia costiera sul tetto del prisma costiero. A sinistra il DEM evidenzia anche una facies a blocchi di grandi dimensioni proveniente dallo smantellamento delle porzioni subaeree

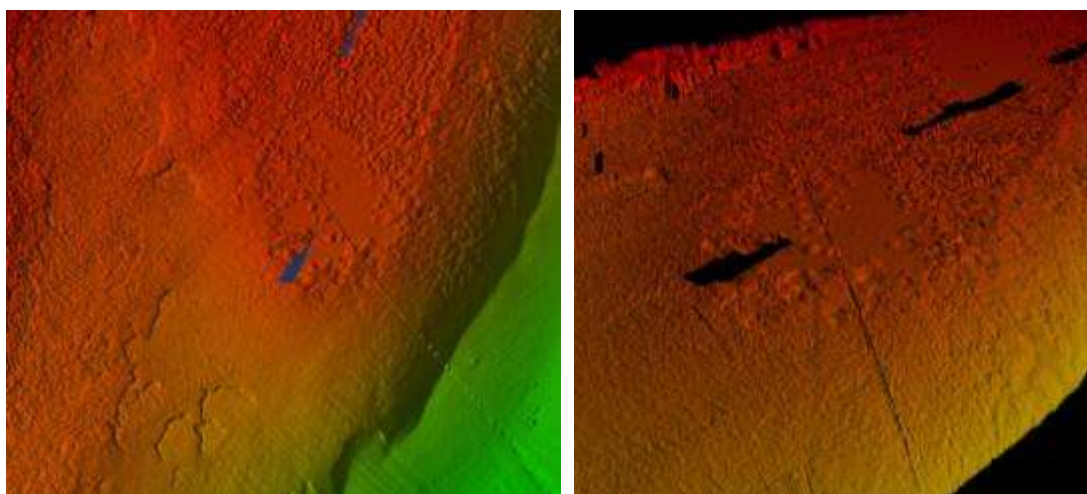


Fig. 6 MB Condotta sottomarina individuata lungo il ciglio e la scarpata frontale del prisma costiero.

Il secondo settore (Gigante - Punta Molinara) si caratterizza per la presenza di un fondale generalmente omogeneo che si approfondisce gradualmente verso mare con gradienti stimati a 1.9°. Verso costa si riconoscono alcune morfologie rilevate attribuite ad accumuli di blocchi di origine antropica messi a difesa dell'attuale parcheggio (Fig. 7MB). Nell'insieme il deposito a blocchi presenta un'altezza di circa 3.5 m e un'ampiezza di circa 80 m.

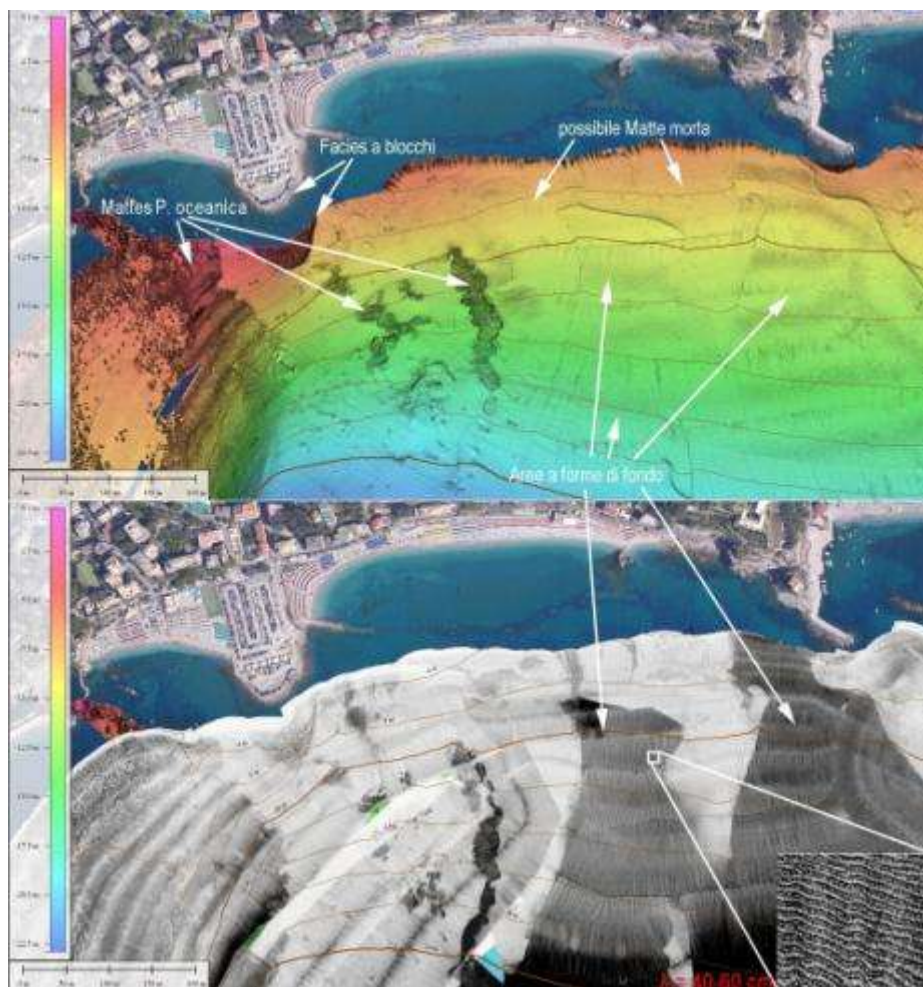


Fig. 7MB Morfologia e backscatter dell'area marina antistante Monterosso.

In questo settore d'indagine la regolare morfologia dei fondali è interrotta da limitate aree a *P. oceanica* e morfologie rilevate rispetto ai fondali circostanti che potrebbero essere attribuite a matte morta.

Sempre in quest'area sono state riscontrate delle aree depresse di circa 10 cm rispetto ai fondali circostanti allungate lungo pendio, caratterizzate da un'elevata intensità di backscatter (Fig. 7MB). L'analisi dettagliata dei dati congiunti (batimetria e backscatter) ha evidenziato nelle sole aree depresse estesi campi di forme di fondo con lunghezza d'onda variabili da 40 a 80 cm (Fig. 7MB). La loro presenza da costa sino alle massime profondità investigate col rilievo batimetrico (28 m), lascerebbe ipotizzare si tratti di forme di fondo prodotte da correnti trattive di fondo, tipo rip-current. Tali forme sono relativamente comuni ove la costa risulta sinuosa e sono state riconosciute in diverse aree marine d'acqua bassa (da 2 a 50 m di profondità) sia nel mediterraneo che in Atlantico e nel Pacifico.

Marginalmente alle aree depresse sono state riscontrate occasionalmente delle morfologie rilevate alcuni decimetri rispetto ai fondali circostanti che si caratterizzano per la loro forma complessa e articolata, attribuite a matte morta.

Nel settore più orientale al Porto di Levante (fig. 8MB) i fondali presentano lo stesso andamento morfologico con aree sub-pianeggianti caratterizzate da bassi gradienti (1-2°) e limitate aree a P. oceanica, confinata alla fascia costiera entro i 20 m di profondità.

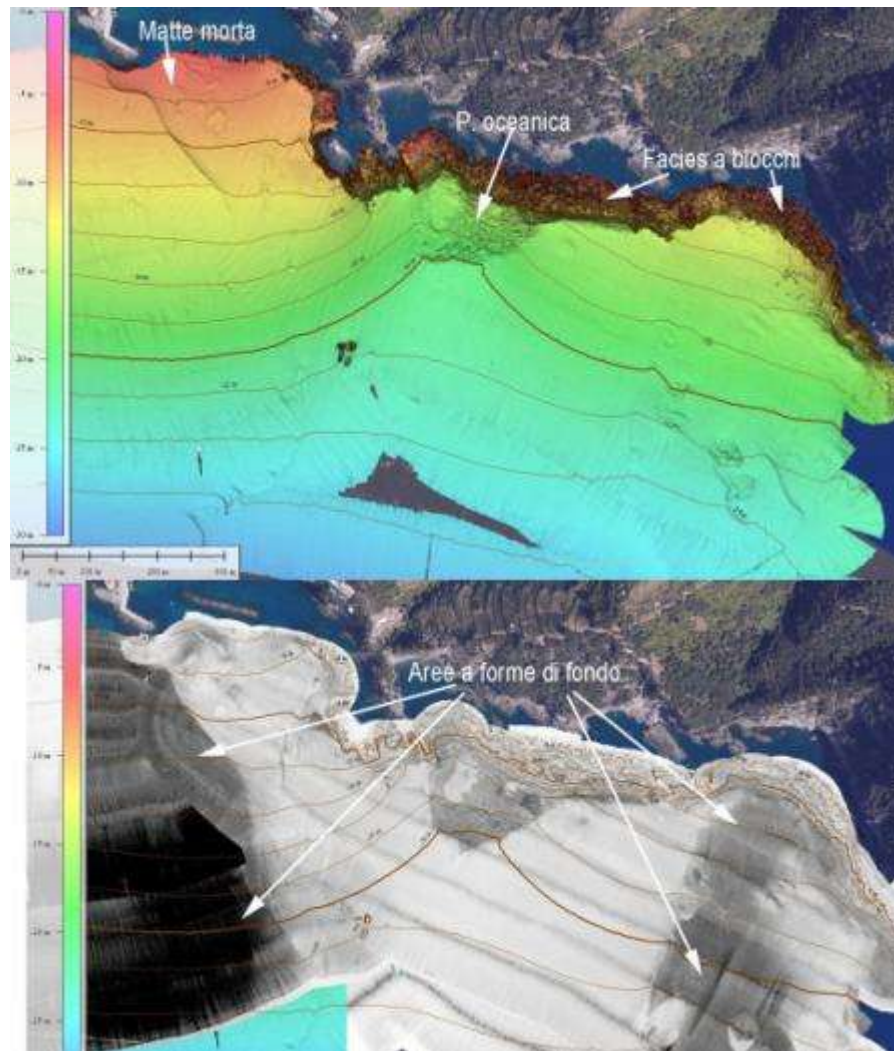


Fig. 8MB Morfologia e backscatter del settore marino orientale al porto di Levante.

Anche qui si riconoscono delle ampie aree depresse allungate verso pendio con numerosi campi di forme fondo presenti al loro interno. Nell'area più prossima a costa sono state riconosciute delle tipiche facies a blocchi prodotte dallo smantellamento delle falesie su cui si imposta P. Oceanica.

Come ultima area d'indagine è stata analizzata la porzione più prossima a costa antistante l'abitato di Vernazza. I dati morfobatimetrici hanno rilevato la presenza di una serie di blocchi di grandi dimensioni (decine di metri) localizzati al piede della falesia. La loro disposizione spaziale, unitamente ai singoli lineamenti che ne caratterizzano i singoli blocchi, lascia ipotizzare si tratti di affioramenti del substrato roccioso parzialmente obliterati da blocchi di minori dimensioni provenienti dallo smantellamento dei versanti emersi.

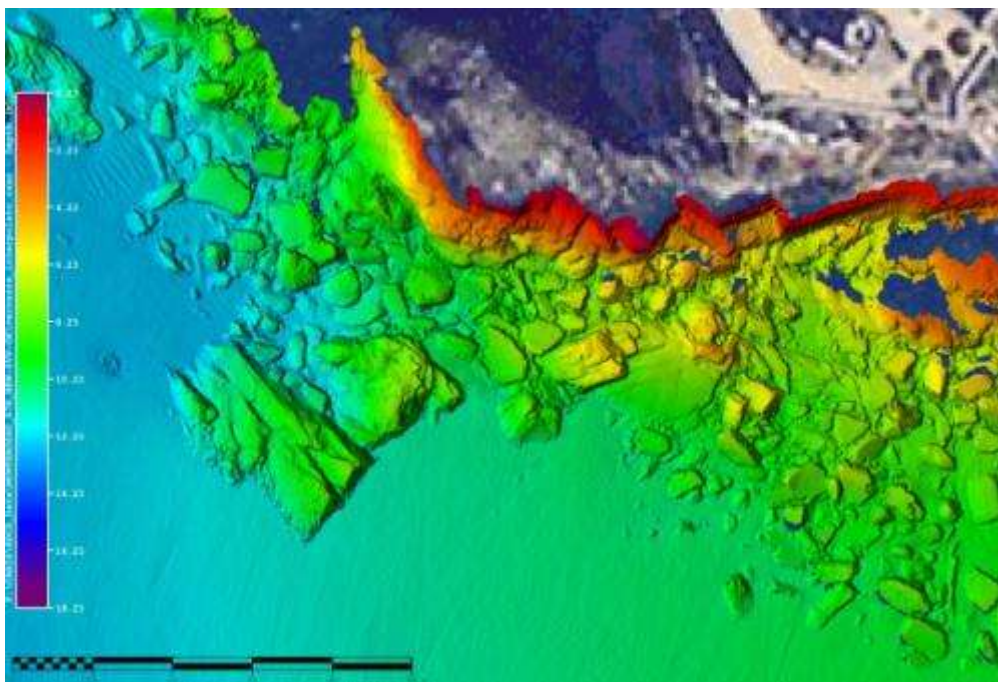


Fig. 9MB Facies a blocchi individuata al piede della falesia dell'abitato di Vernazza. I blocchi di maggiori dimensioni sembrerebbero far parte del substrato roccioso.

Particolare attenzione è stata data all'area marina antistante il settore costiero interessato dal dissesto idrogeologico del 25 ottobre 2011. I rilievi batimetrici, compatibilmente alla sicurezza alla navigazione, hanno permesso di investigare i fondali sino a circa 20 cm di profondità nell'area prossima all'attuale spiaggia ricostituita a seguito dell'evento calamitoso. Qui sono state osservate morfologie di forma regolare di dimensioni pari a circa 3 x 1.5 m e altezze variabili da 1 a circa 1.5 m. Di queste morfologie ne sono state identificate almeno 23 e risultano diffuse a profondità variabili tra 4 e 6 m. Le loro geometrie ben definite lascerebbero ipotizzare si tratti di blocchi di natura antropica, messi a difesa del litorale o portati in mare in occasione dell'evento calamitoso. Tuttavia, solo osservazioni dirette e mirate potrebbero dare ulteriori indicazioni sulla natura antropogenica delle morfologie individuate.

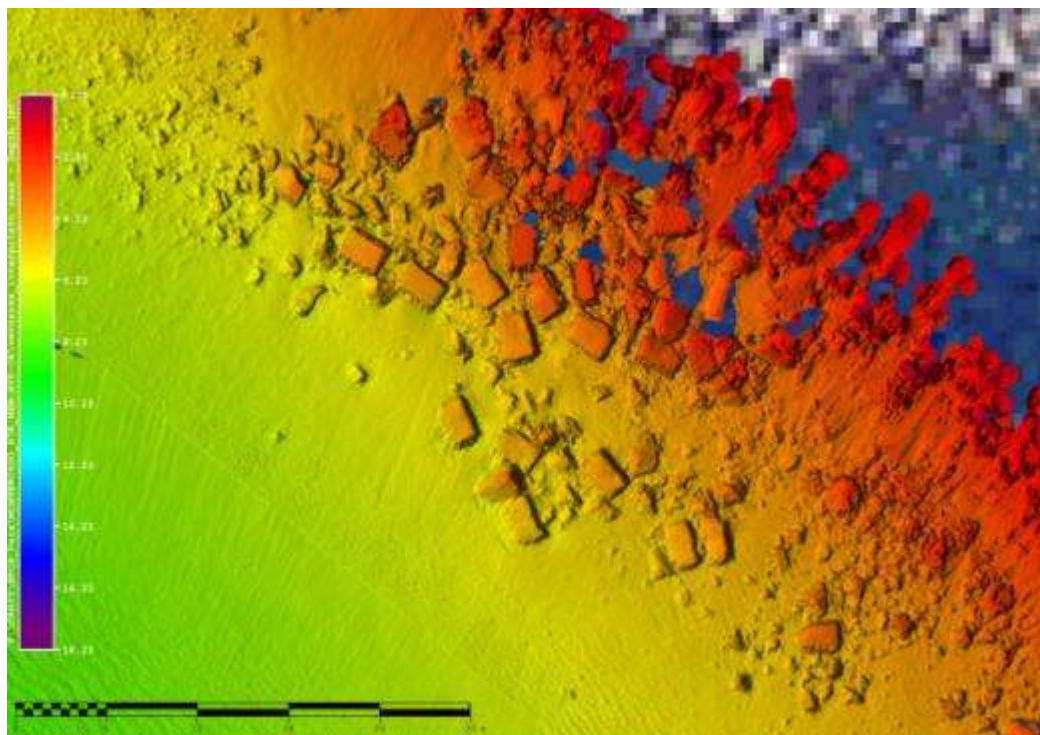


Fig. 10 MB Facies a blocchi individuata nell'area marina antistante la spiaggia artificiale di Vernazza. Sono evidenti i blocchi di natura antropica di dimensioni di 3x1.5 m e di circa 1.5 m di altezza.

Conclusioni analisi multibeam

Le indagini batimetrie ad alta risoluzione condotte nell'ambito del progetto SCANCOAST ed in seguito perfezionate in RAISE, hanno permesso di studiare i fondali prospicienti l'area marina di Monterosso al Mare e Vernazza da circa 3 m sino ad un massimo di 58 m di profondità. La copertura batimetrica di circa 3 km², ha permesso di caratterizzare l'assetto batimorfologico generale dell'area e di definire le diverse unità fisiografiche che caratterizzano l'area oggetto di studio.

Il settore occidentale (Pta Mesco - Gigante) è caratterizzato dalla presenza di un prisma costiero su cui si impostano praterie di fanerogame marine che ne drappeggiano i fondali sino a circa 20 m di profondità. I fondali più prossimi a costa sono invece interessati da una facies a blocchi che segue l'andamento morfologico della linea di riva a formare un cordone in diretta continuità con i depositi provenienti dallo smantellamento dalle porzioni emerse.

Il settore che si estende dal Gigante a Punta Molinara si caratterizza invece per la presenza di fondali sub-pianeggianti a bassi gradienti che sembrano essere dominati dalla presenza di forme canalizzate con estesi campi di forme di fondo prodotte da correnti trattive e da limitate aree da matte morta (da confermare con ispezioni dirette).

L'ultima area investigata, corrispondente alla porzione sommersa di Vernazza, ha evidenziato la presenza di fondali sub-pianeggianti da cui affiorano dei complessi rocciosi del substrato e solo localmente blocchi di origine antropica.