

Confronto tra i rilievi topo-batimetrici eseguiti con metodi tradizionali e quello ALB effettuati nel 2006 nel tratto costiero Rimini-Ravenna

Mentino Preti (¹), Nunzio De Nigris (^{1,3}), Matteo Monti (²)

(¹) ARPA Emilia-Romagna Direzione Tecnica, Largo Caduti del Lavoro, 6 - 40122 Bologna,
tel. 0515281210, fax 0515281261, mpreti@arpa.emr.it

(²) Zoppellari & Associati s.r.l., Viale V. Randi, 37 - 48121 - Ravenna,
tel. 0544 404872, fax 0544 281136, matteo@zeiassociati.it

(³) ndenigris@arpa.emr.it

Riassunto

Il monitoraggio dell'evoluzione morfologica della spiaggia attiva è fondamentale per la conoscenza del fenomeno erosivo e della sua quantificazione.

Dal 1983, la Regione Emilia-Romagna, con il supporto tecnico-scientifico dell'Area Mare-Costa di ARPA, effettua il monitoraggio topo-batimetrico dei 130 km di costa regionali.

Nel periodo 2006-2008, nell'ambito del progetto europeo Beachmed-e si è deciso di confrontare un rilievo topo-batimetrico eseguito con ecoscandaglio e multibeam con uno ALB, nel tratto di costa tra Rimini e Ravenna. Il rilievo ALB è stato effettuato nei mesi di maggio-giugno 2006 dalla Tenix Lads Corporation per conto dell'ENI, quello con ecoscandaglio da ARPA nel mese di marzo. Dall'analisi statistica della variabile casuale $\Delta_{\text{ALB-Eco}}$, data dalla differenza di quota tra i due rilievi, è risultato che la quota misurata con il sistema ALB è sistematicamente più profonda di quella rilevata con il multibeam. In condizioni di buona trasparenza dell'acqua tale differenza è valutabile in $\%_{\text{mean}} \# 17 \pm 9\text{cm}$. La differenza tra i due metodi di rilievo aumentare, in valore assoluto, nelle zone dove la torbidità dell'acqua è maggiore.

Infine, il sistema ALB permette di acquisire un maggior numero di punti in minor tempo, e di rilevare contemporaneamente la spiaggia emersa, quella sommersa e le opere di difesa emerse.

I costi dei due metodi di rilievo sono comparabili quando si rilevano aree di almeno 50-100 km².

Abstract

Monitoring the morphological evolution of the beach is necessary to understand and measure erosion.

Since 1983, Emilia-Romagna Region with ARPA's technical-scientific support (Sea-Coast Unit) effects topographic and bathymetric survey of 130 km of region coastline.

In the period 2006-2008, within the European project Beachmed-e it was decided to compare echosounder and ALB detection systems along the stretch of coast between Rimini and Ravenna. ALB survey was carried out during the months of May-June 2006 by Tenix Lads Corporation on behalf of ENI, the one with echosounder by ARPA during the months of February and March.

The statistical analysis of the random variable $\Delta_{\text{ALB-Trad}}$, the difference of depth between the two surveys, evaluate that the depth measured with the ALB system is systematically deeper than that measured with the multibeam. When water transparency is good the average of the difference of depth is $\%_{\text{mean}} \# 17 \pm 9\text{cm}$. The difference of depth between the two methods increases in absolute value when the turbidity increases.

Finally, the ALB system allows to acquire a greater number of points in less time, and simultaneously detect the emerged and submerged beach, and emerged defense structure. The costs of the two survey system are comparable when it detect areas of at least 50-100 km².

Introduzione

Il litorale emiliano-romagnolo è costituito da 130 km di costa bassa e sabbiosa, soggetta a continue trasformazioni morfologiche tipiche di un ambiente dinamico in perenne evoluzione (Preti et al., 2002), che si sviluppa dalla foce del Tavollo, a sud, che segna anche il confine tra il Comune di Cattolica e Gabicce, fino alla foce del Po di Goro, a nord (Fig. 1).



Fig. 1 Litorale emiliano-romagnolo

La Regione Emilia-Romagna per monitorare i processi erosivi che interessavano il proprio litorale ha istituito fin dal 1983 la rete topo-batimetrica per il monitoraggio della spiaggia emersa, intertidale e sottomarina fino alla batimetrica dei 10 m. La rete topo-batimetrica è gestita dall'Unità Specialistica Mare e Costa dell'ARPA Emilia-Romagna.

L'ARPA effettua anche il monitoraggio degli effetti lungo la costa dei vari interventi che si realizzano, quali costruzioni di nuove darsene, realizzazioni di scogliere parallele emerse e a cresta bassa e interventi di ripascimento.

La necessità di effettuare un numero sempre maggiore di rilievi e in tempi sempre più ristretti ha portato a utilizzare metodologie e metodi di rilevamento sempre più innovativi.

La contemporanea disponibilità di un rilievo batimetrico effettuato con ecoscandaglio e uno con il sistema ALB, del tratto di costa che va dai moli del portocanale Rimini ai moli di Porto Corsini (Ravenna), ha permesso di verificare l'accuratezza e l'economicità del sistema ALB lungo il litorale emiliano-romagnolo.

Lo studio e il confronto dei due sistemi è stato effettuato nell'ambito del progetto europeo Interreg III C Sud, Beachmed-e sottoprogetto OpTIMAL.

Materiali e metodi

Nei primi mesi del 2006, la Geosystem Parma ha effettuato, per conto di ARPA, la quarta campagna topo-batimetrica della rete regionale (Preti, 2007). In particolare, il tratto moli di Rimini-Porto Corsini è stato rilevato nei mesi di febbraio-marzo. Il rilievo è stato realizzato con metodi tradizionali: DGPS, singlebeam e multibeam. Sono stati rilevati 128 profili topo-batimetrici perpendicolari alla costa, equidistanti mediamente 500 m, e 220 km di profili paralleli alla costa, compresa la linea di riva. Inoltre, in un tratto di costa di 1800 m, a Igea Marina, è stato effettuato un rilievo di maggior dettaglio con profili perpendicolari equidistanti 100 m e 6 profili longitudinali. In totale sono

stati rilevati circa 4.657.000 punti (Preti et al., 2007). I profili perpendicolari alla costa si estendono fino al massimo della batimetria dei 10 m.

La Tenix LADS Corporation, con il supporto logistico della Compagnia Generale Ripreseeree, ha realizzato, per conto dell'ENI, un rilievo topo-batimetrico con la tecnologia ABL su un tratto di costa lungo circa 50 km tra i moli di Rimini e quelli di Ravenna (Tenix LADS corporation, 2006).

Tra il 22 maggio e il 12 giugno 2006, sono stati effettuati 12 voli con il sistema LADS MK II e acquisiti oltre 15,5 milioni di punti distribuiti secondo una griglia di 5m x 5 m, su un'area di circa 540 km². Il rilievo batimetrico si è esteso fino a un massimo dei 25 m.

Il fattore che maggiormente influenza l'accuratezza del rilievo ALB è la torbidità dell'acqua, sono stati quindi acquisiti sia i dati di trasparenza misurati dalla Tenix sia quelli rilevati dall'ARPA Daphne (Fig. 2).

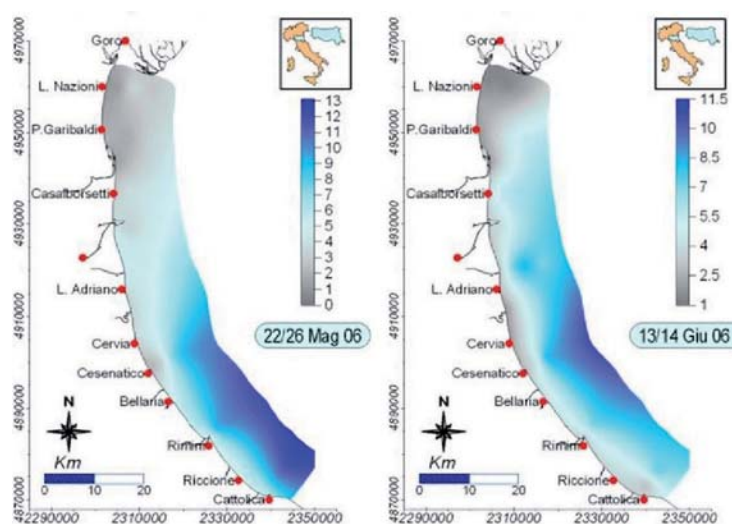


Fig. 2 Valori della trasparenza nel periodo maggio-giugno 2006 (mappe elaborate da Arpa Daphne)

Infine, per tener conto delle possibili variazioni batimetriche determinate dall'energia del moto ondoso, nell'intervallo di tempo intercorso fra il rilievo con ecoscandaglio e quello LiDAR, si sono acquisiti i dati meteomarinari di questo intervallo per determinare la profondità di chiusura. Sono stati utilizzati i dati messi a disposizione dall'ARPA SIM ottenuti usando il modello di ricostruzione delle condizioni meteomarine SWAM.

Analisi qualitativa e statistica

Partendo dai punti rilevati sono stati creati i modelli digitali del terreno (DTM) mediante il metodo di *Triangolazione con Interpolazione Lineare*. I DTM permettono poi di creare le carte topografiche e batimetriche. L'elevato numero e l'omogenea distribuzione spaziale dei punti rilevati con il sistema ALB permettono di ben identificare le foci fluviali, le barre di fondo, la spiaggia emersa e quella sottomarina e le opere rigide quali scogliere parallele emerse, darsene, etc... (Figg. 3 e 4). Le zone in bianco identificano aree dove il valore della quota è risultato anomalo e quindi scartato.

Nella figura 5 si riporta la mappa ottenuta dalla differenza tra il DTM ottenuto con il sistema ALB e quello con i sistemi tradizionali di tratto di costa tra il porto di Rimini e Foce Uso. Si nota che il rilievo topo-batimetrico tradizionale rileva profondità maggiori di quello ALB fra la battigia e le scogliere, viceversa sui fondali oltre le scogliere. Questo risultato trova conferma negli studi di Milli e Surace (2006) e di Intelmann (2006), nei quali si afferma che le misure realizzate tramite singlebeam e multi-beam sono rispettivamente più profonde e meno profonde di quelle ottenute con il sistema ALB.

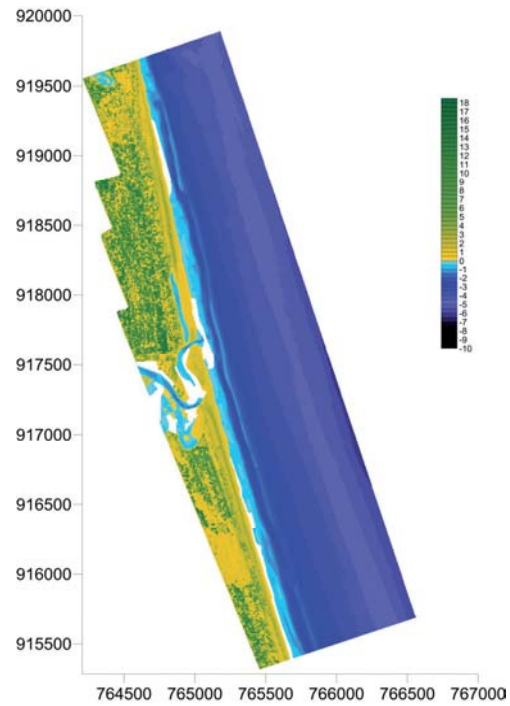


Fig. 3 Foce Bevano: carta topo-batimetrica ottenuta con i dati rilevati con il sistema ALB.

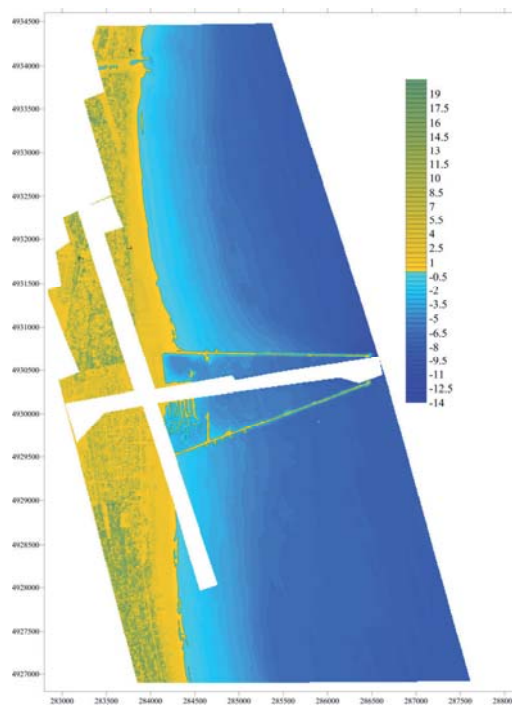


Fig. 4 Porto Corsini: carta topo-batimetrica ottenuta con i dati rilevati con il sistema ALB.

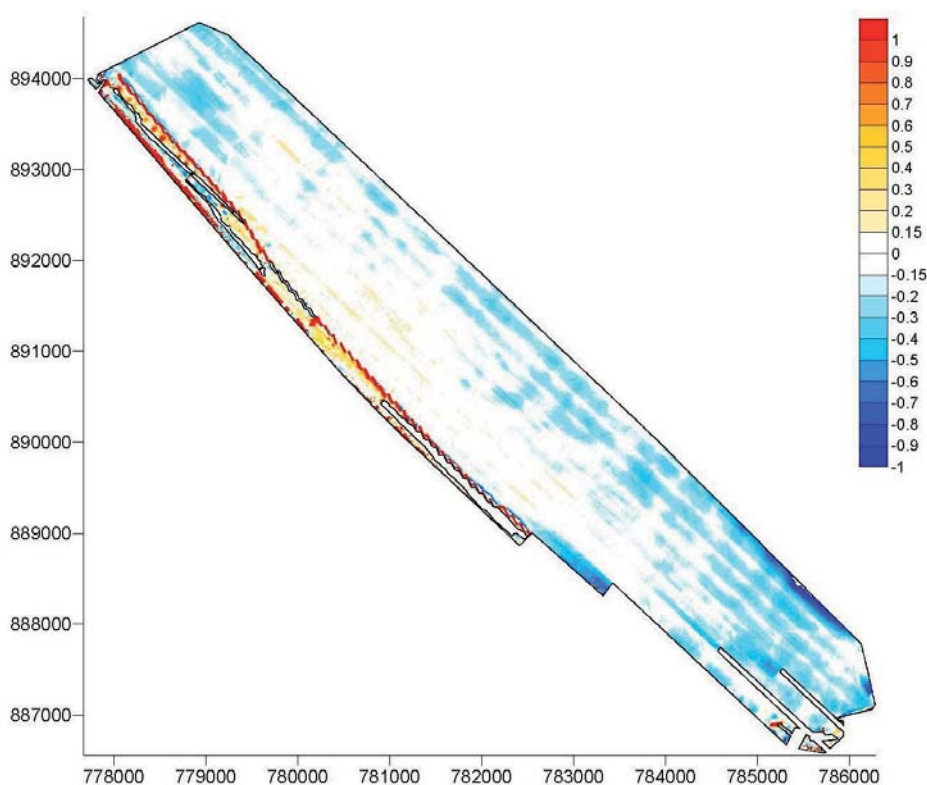


Fig. 5 Rimini-Foce Uso: mappa delle differenze di quota tra il rilievo ALB e quello tradizionale.

Si è proceduto poi con l'analisi statistica per valutare la media della differenza di quota rilevata tra i due sistemi. Come variabile è stata presa la differenza di quota rilevata tra il sistema ALB e quello tradizionale: $\Delta_{\text{ALB-Trad}}$. Prendendo in esame tutti i punti dalla spiaggia emersa fino alla batimetria dei 10 m si è ottenuta una distribuzione di probabilità non assimilabile ad una gaussiana. Questo indica che la variabile è affetta da un errore sistematico. Questo errore va ricercato negli interventi di manutenzione delle spiagge, nella maggior torbidità nella zona tra battigia e scogliere e nelle condizioni meteomarine nel periodo intercorso tra i due rilievi. Utilizzando le formule di Hallermeier (1981) e Birkemeier (1985) e i dati meteomarini di questo periodo si è calcolato la profondità di chiusura, la quale è risultata pari a 5 m.

Eliminando tutti i punti della spiaggia emersa e quelli della spiaggia sottomarina fino alla batimetria dei 5 m, la variabile $\Delta_{\text{ALB-Trad}}$ segue una distribuzione di probabilità assimilabile ad una gaussiana quindi è rappresentabile statisticamente con la sua media e lo scarto quadratico.

Nel tratto di costa tra il porto di Rimini e la foce dell'Uso la media della variabile $\Delta_{\text{ALB-Trad}}$ è risultata pari a $\Delta_{\text{mean}} = -17 \pm 9$ cm, molto vicino alla precisione strumentale del Lidar dichiarato dalla Tenix, pari a 15 cm.

Il valore Δ_{mean} non è costante su tutto il tratto Rimini-Ravenna esaminato ma tende a variare da zona a zona. Ad esempio nel tratto foce Fiumi Uniti – Marina di Ravenna varia tra -38 cm e -43 cm, mentre nel tratto Milano Marittima – Foce Fiumi Uniti varia tra -53 cm e -65 cm. Confrontando i risultati dei valori medi variabile $\Delta_{\text{ALB-Trad}}$ con la mappa della torbidità (Fig. 2) si nota come al diminuire della trasparenza dell'acqua aumenta il Δ_{mean} , andamento questo che conferma che l'accuratezza del rilievo Lidar diminuisce con l'aumentare della torbidità.

Risultati

Il sistema ALB permette di acquisire un elevato numero di punti quotati, distribuiti omogeneamente, in tempi molto minori rispetto ai sistemi tradizionali. È possibile rilevare contemporaneamente sia la spiaggia emersa e sottomarina sia tutte le opere rigide presenti sulla costa (scogliere, darsene, etc). La buona distribuzione spaziale dei punti rilevati permette di ben rappresentare elementi che presentano una variabilità spaziale come le barre sommerse.

Con l'analisi statistica si è valutata in $\Delta_{\text{mean}} = -17 \pm 9$ cm la media della differenza di quota misurata tra il sistema ALB e il multibeam. Questo valore però tende ad aumentare con l'aumento della torbidità dell'acqua.

I costi di rilevamento con il sistema ALB sono dell'ordine 1.000-2000 €/km² per aree di almeno 50-100 km².

Ringraziamenti

Si ringrazia l'ENI per aver messo a disposizione i dati del rilievo Lidar 2006.

Bibliografia

- Intelmann, S. (2006), "*Comments on Hydrographic and Topographic LIDAR Acquisition and Merging with Multibeam Sounding Data Acquired in the Olympic Coast National Marine Sanctuary*", Marine Sanctuary Conservation Series ONMS-06-05, 1-16, Silver Spring, Maryland
- Milli, M., Surace, L., (2006) "*Tecniche innovative e tradizionali a confronto nella realizzazione di rilievi batimetrici costieri: un caso di studio*", Bollettino SIFET 2/2006: 11-31.
- Intelmann S. (2006) Comments on Hydrographic and Topographic Lidar A
- Preti M., De Nigris N., Morelli M., Monti M., Bonsignore F., Aguzzi M. (2009) *Stato del litorale emiliano-romagnolo all'anno 2007 e piano decennale di gestione*, I quaderni di Arpa, Bologna, 270.
- Preti M., Monti M., De Nigris N., Morelli M. (2007) "Bathymetric survey: a comparison between Ariborne LiDAR Bathymetry (ALB) and conventional methods of measure" *Beach Erosion Monitoring*, Pranzini E. Wetzell L., Firenze, 163-182.
- Preti M., Bonsignore F., Guerrero M., Marinelli L., Grandi L., De Nigris N. (2002) *Stato del litorale emiliano-romagnolo all'anno 2000*, I quaderni di Arpa, Bologna, 123.
- Tenix LADS Corporation (2006) *Report of survey: Ravenna Coast, Italy 2006*.