

Monitoraggio geofisico di aree sottomarine in Mare Adriatico

Nunzio De Nigris (*), Margherita Aguzzi (*), Gianna Fabi (**),
Sarine Manoukian(**), Mentino Preti (*)

(*) Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente (ARPA), Largo Caduti del Lavoro 6, 40127 Bologna, Italia,
maguzzi@arpa.emr.it

(**) Istituto di Scienze Marine (ISMAR), CNR, 60125 Ancona, Italia, s.manoukian@ismar.cnr.it

Riassunto

Scopo del lavoro è lo studio dell'impatto ambientale determinato sul fondale del mare Adriatico Settentrionale dal prelievo di 800.000 m³ di sabbia nel 2002 e 815.000 m³ nel 2007 da 3 aree appartenenti a 2 dossi (A e C1) distanti circa 46 e 57 km dalla costa, giacenti rispettivamente alle profondità di circa 34 m e 39 m.

Entrambi i dossi sono attribuibili a cordoni litoranei relitti e la sabbia è stata utilizzata per il ripascimento delle spiagge in erosione del litorale emiliano-romagnolo.

Le 3 aree sono state oggetto di diverse campagne di monitoraggio geofisico mediante ecoscandaglio (*singlebeam* e *multibeam*) e *side scan sonar* nel periodo 2001-2009, prima, durante e dopo le operazioni di dragaggio.

I rilevamenti hanno permesso di riscontrare, da un lato, il rispetto dell'area di prelievo prevista dal progetto da parte della draga e, dall'altro, le modificazioni apportate al fondale.

Nel 2002 la sabbia è stata prelevata da una sola area del dosso C1 (C1P02), mentre nel 2007 da 2 aree distinte appartenenti al dosso C1 e al dosso A (C1P07 e AP07).

I rilevamenti hanno evidenziato che la draga ha operato seguendo rotte circolari e che gli approfondimenti del fondale hanno raggiunto punte di 2 m nel dosso C1 e di 3 m nel dosso A.

Nelle 3 aree, il monitoraggio non ha evidenziato significative attenuazioni nel tempo dei solchi prodotti dal dragaggio.

Abstract

The aim of this study is to assess the environmental impact of dredging activities on the seabed in the North Adriatic Sea. The operations involved the removal of 800,000 m³ of sand in 2002 and 815,000 m³ in 2007 from three areas belonging to two rises, A and C1, located at 46 km and 57 km offshore and at a mean depth of 34 m and 39 m respectively.

Both the rises are part of relict sandbars and the sand was used for eroded beach nourishment along the Emilia-Romagna coast.

Geophysical surveys using singlebeam and multibeam echosounders and side scan sonar were carried out in all the three areas between 2001 and 2009, before, during, and after the dredging activities.

The acoustic investigations were an effective tool to verify the observance from the dredging company of the extraction area as provided in the project and to identify any change occurred on the seafloor.

In 2002 the sand was removed only from one area of C1 (C1P02), while in 2007 two different areas belonging to C1 and A (C1P07 and AP07) were involved in the extraction activities.

The surveys showed that the dredge worked following circular tracks and that the maximum deepening picks reached 2 m and 3 m in C1 and A respectively.

No significant attenuation of the dredging tracks was recorded over time in the three areas.

Introduzione

Nell'ambito di due progetti di messa in sicurezza di tratti critici del litorale emiliano-romagnolo mediante ripascimento con sabbie sottomarine effettuati dalla Regione Emilia-Romagna nel 2002 e nel 2007 (Preti, 2011) denominati di seguito rispettivamente Progetto 1 e 2, l'Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente (ARPA) ha ricevuto l'incarico di individuare le aree di prelievo in mare Adriatico delle sabbie e di eseguirne il monitoraggio fisico e ambientale successivi allo sfruttamento.

Nel 2002 sono stati prelevati 800.000 m³ di sabbia da un'area (di seguito C1P02) collocata sul dosso C1, mentre nel 2007 815.000 m³ da due aree appartenenti al dosso C1 e al dosso A, denominate C1P07 e AP07.

Queste tre aree di prelievo sono state scelte sulla base di dati acquisiti nell'ambito di una serie di campagne di ricerca in mare condotte nel 2000 da ARPA in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine (ISMAR) di Bologna (Fig. 1; Correggiari et al., 2011).

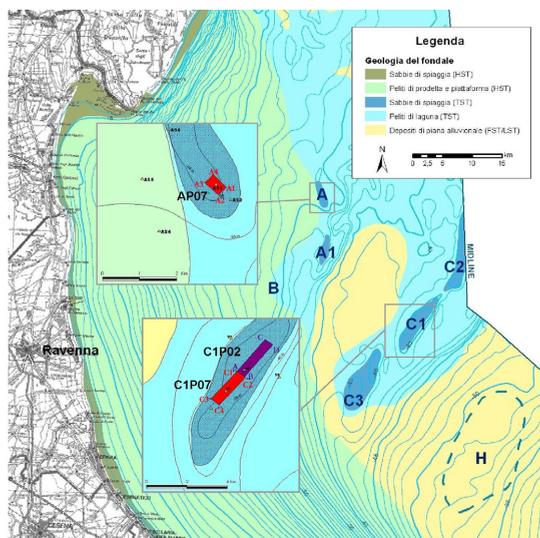


Figura 1. Ubicazione delle aree oggetto di prelievo nel 2002 e 2007 (C1P02, C1P07, AP07) sulla carta geologica della piattaforma nord adriatica (modificata da Fabbri et al., 2001).
A, A1, B, C1, C2, C3 e H: accumuli sabbiosi sottomarini.

Per il monitoraggio fisico, volto allo studio dell'impatto indotto sul fondale dalle operazioni di prelievo, ARPA si è avvalsa del supporto del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine (ISMAR) di Ancona che ha svolto una serie di campagne di rilevamento geofisico nel periodo 2002-2004 e nel periodo 2006-2009.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti a partire dai rilievi *Multibeam* (MBES) e *Side Scan Sonar* (SSS) effettuati sulle tre aree oggetto di dragaggio.

I due sistemi impiegati forniscono informazioni dettagliate sulla batimetria e il *backscatter* del fondale marino utili per la definizione della zona circoscritta alle operazioni di dragaggio, verificare l'impatto fisico e ottenere informazioni sugli attributi morfologici del fondale.

Materiali e metodi

I rilievi batimetrici del fondale sono stati effettuati tramite il sistema MBES in dotazione alla M/R "Tecnopeca II" di proprietà del CNR-ISMAR di Ancona.

L'area oggetto di dragaggio nel 2002, collocata sul dosso C1 (C1P02), è stata rilevata anche con metodologia SSS C-Max CM 800 102/325 kHz.

Nell'ambito del Progettone 1, i rilievi acustici dell'area C1P02 sono stati effettuati durante le operazioni di dragaggio e a distanza di 7, 18 e 31 mesi. Nel giugno 2009, a 7 anni dalla fine dei lavori, ARPA ha deciso di ripetere il rilievo di quest'area per verificare eventuali modificazioni del fondale.

Da progetto il sito di prelievo delle sabbie, di forma rettangolare (area C1P02; Fig. 1), ha un'estensione di 1 km², con i lati di 500 m x 2000 m.

Ad eccezione del primo rilievo, effettuato in concomitanza con le operazioni di dragaggio, l'area effettivamente monitorata è stata estesa alle dimensioni di 3200 m x 1580 m, per garantire una visione del fondale circostante i lavori.

Nel 2007, nell'ambito del Progettone 2, sono stati prelevati 815.000 mc di sabbia da 2 aree distinte: una, denominata C1P07, collocata sul dosso C1 a sud di quella sfruttata nel 2002 e una collocata sul dosso A (AP07, Fig. 1). Particolare attenzione è stata rivolta al monitoraggio degli impatti indotti dal dragaggio su quest'ultimo dosso, dove le sabbie, a differenza del C1, non sono affioranti all'interfaccia acqua sedimento, ma giacciono al di sotto di una coltre pelitica spessa alcuni decimetri.

Le due aree (AP07, C1P07) sono state oggetto di rilievo nel 2006, prima dell'intervento, e nel luglio 2007, 1 mese dopo l'attività di dragaggio.

Nel giugno 2009, è stato eseguito un ulteriore rilievo batimetrico sull'area AP07, a 2 anni dal dragaggio del 2007.

L'area C1P07, utilizzata nell'ambito del Progettone 2, presenta forma rettangolare con lati di 1.900 m x 550 m, mentre l'area di dragaggio del 2007 AP07, ha dimensioni decisamente inferiori rispetto alla precedente (500 m x 300 m).

In entrambi i casi sono state monitorate aree con estensioni maggiori di quelle previste dal progetto di dragaggio (per la AP07 = 1050 m x 750 m; per la C1P07 = 2550 m x 950 m). Inoltre, sia per l'area AP07 che per l'area C1P07, il rilievo è stato concluso eseguendo un transetto perpendicolare a quelli precedenti per un'ulteriore verifica della correttezza dei dati acustici.

Infine, ARPA ha utilizzato i dati batimetrici di prima pianta (precedenti al dragaggio) e seconda pianta (successivi al dragaggio) per elaborare i DTM delle tre aree interessate dal prelievo di sabbia allo scopo di calcolare la quantità di sedimento asportato da ciascuna zona.

Metodologia di rilievo MBES

L'MBES è un ecoscandaglio multifascio ad alta risoluzione che lavora ad una frequenza di 300 kHz (può operare in acque basse da meno di 1 m sino a oltre 150 m di profondità) garantendo una copertura totale del fondale. Tale sistema, che risponde a tutti gli standard suggeriti dall'International Hydrographic Organization (IHO, 1998; 2008), consta di tre parti (Fig. 2):

- una stazione di controllo;
- una o due teste sonar (trasduttori) montate sulla chiglia della M/N da ricerca Tecnopescia II (Figg. 2b, 2c) e dotate di due differenti array, uno per la trasmissione e uno per la ricezione dei dati;
- un'unità di elaborazione centrale: pilota i due array della testa sonar per la formazione dei fasci in trasmissione e in ricezione, riconosce il fondale e gestisce l'interfaccia con il sistema di posizionamento DGPS, la girobussola e l'unità MRU (*Motion Reference Unit*) per la correzione di beccheggio e rollio.

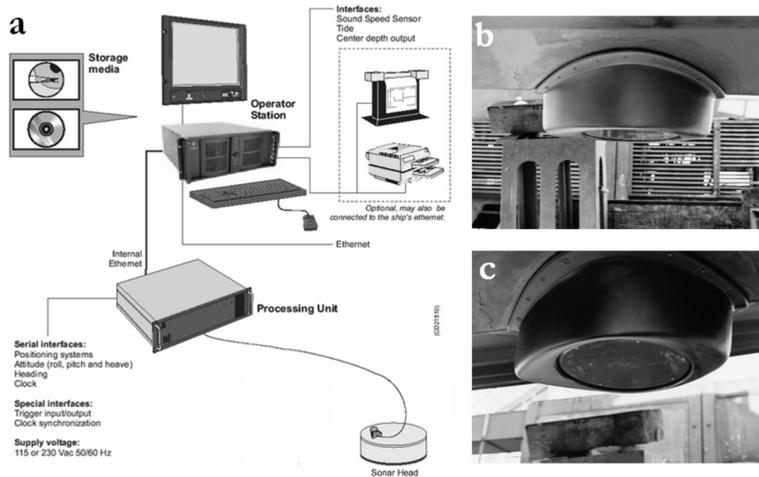


Figura 2. Schema del sistema MBES EM3000, da “Multibeam echo sounder – The new generation high performance shallow water multibeam” Kongsberg Maritime AS, in dotazione alla M/N da ricerca “Tecnopesca II” (a) e testa sonar (trasduttore) montata sulla chiglia della motonave (b, c).

Durante i monitoraggi tra il 2002 e il 2004, è stato utilizzato il modello Kongsberg EM3000 a singola testa sonar. Per ogni ciclo di misura il sistema genera in trasmissione un fascio acustico (ping) ampio 130°, mentre in ricezione vengono formati 127 fasci (beam) di 1,5°, a ciascuno dei quali corrispondono altrettanti punti di misure batimetriche. Questo sistema consente di coprire sezioni ampie sino a quattro volte la profondità, con una cadenza di 25 scansioni al secondo.

Nel 2007 il sistema è stato sostituito col nuovo e più avanzato modello Kongsberg EM3002 a singola testa. A differenza del precedente, l’EM3002 è in grado di utilizzare 254 beam. Infine, nel monitoraggio del 2009 il sistema è stato integrato con una seconda testa sonar raddoppiando il numero del beam (508) e incrementando il fascio acustico da 130° a 200°, arrivando a coprire sezioni ampie sino a dieci volte la profondità.

L’MBES è connesso a un sistema di posizionamento satellitare differenziale DGPS collegato a un satellite geostazionario, a una girobussola e a una sonda per misure della velocità del suono lungo l’intera colonna d’acqua che viene calata in mare prima dei rilevamenti ed è indispensabile per ottenere la corretta distanza tra l’oggetto battuto (fondale, banchine, ecc.) e la testa sonar. Questa misurazione viene eseguita più volte durante il giorno a causa della variabilità della densità dell’acqua con la temperatura.

Durante l’acquisizione dei dati acustici l’imbarcazione ha mantenuto una velocità media di 3,5 nodi compiendo dei transetti paralleli tra di loro previamente stabiliti.

Seguendo tale schema di navigazione e impostando il cono di acquisizione del trasduttore a 90°, la sovrapposizione del dato di acquisizione è risultata del 5-10%, garantendo la totale copertura dell’area richiesta.

Il post-processing dei dati registrati è stato condotto utilizzando i software *Neptune* (Simrad) e *CARIS HIPS&SIPS* che hanno permesso di correggere i posizionamenti palesemente errati, apportare la correzione dei dati di marea forniti dall’APAT – Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici di Roma e applicare filtri statistici alle misure batimetriche. Per la realizzazione grafica è stato utilizzato il software *C-Floor* (Roxar) che ha consentito di effettuare un’ulteriore elaborazione dei dati concernente, ad esempio, la scala di grandezza e l’intervallo batimetrico da applicare alla cartografia. Inoltre, utilizzando il medesimo software si

sono realizzate alcune sezioni di computo sia perpendicolari che longitudinali ai transetti di navigazione confrontando i profili ottenuti dai diversi monitoraggi.

Metodologia di rilievo SSS

L' SSS è un sistema di rilevamento che permette di identificare le diverse litologie presenti sul fondale marino (sabbie, ghiaia, roccia, fango, Posidonia, Cymodocea, ecc.) sulla base della diversa risposta acustica che danno questi litotipi (Fig. 3). Il sistema sonar si avvale della tecnologia 'digitale' avanzata per produrre immagini SSS ad alta risoluzione e viene utilizzato anche per la ricerca di oggetti dispersi sul fondale (es. relitti).

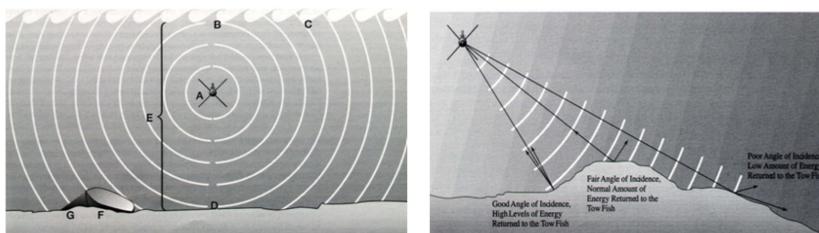


Figura 3. Tecnologia SSS, da "Sound Underwater Images – A guide to the generation and interpretation of Side Scan Sonar data" J. P. Fish & H. A. Carr.

Il SSS si avvale di due componenti principali:

- unità di acquisizione a bordo;
- *tow-fish* in mare.

Il sistema di acquisizione a bordo si compone di:

- sistema di registrazione digitale *workstation* integrata;
- drive magneto-ottico;
- stampante laser per immagini SSS (Alden 9315CTP);
- *drive* di backup formato *exabyte*.

Il sistema a mare *tow-fish* consiste invece di 2 trasduttori a doppia frequenza LF-HF 105-325 KHz (bassa ed alta risoluzione).

Durante l'acquisizione SSS sono stati utilizzati una bassa frequenza (105 KHz) e un range laterale di 100 m per ciascun canale. La scelta è ricaduta su questi parametri sia per ottenere le migliori immagini, sia per uniformità di acquisizione con il rilievo MBES. I dati acquisiti sono stati successivamente processati ed elaborati presso gli uffici della Geomarine S.a.s. utilizzando il software OCTOPUS 461.

Il sistema di posizionamento dell'SSS ha lavorato con una unità di ricezione *SkyFix* a 12 canali operante a bordo del mezzo navale a cui sono state collegate due antenne, una per il GPS e l'altra per le correzioni differenziali. La posizione di bordo è stata determinata mediante la ricezione dei segnali GPS, trasformate in coordinate geografiche, alle quali sono state successivamente applicate le correzioni differenziali ricevute tramite il satellite *Inmarsat*. La posizione di bordo così corretta è stata inviata al computer di navigazione attraverso una porta seriale. L'accuratezza della posizione dipende da diversi fattori (atmosferici, militari) e varia da 0,5 a 3,0 m.

Il sistema di navigazione del SSS soddisfa solitamente le richieste di comunicazione sia con i sensori di fix sia con le periferiche del computer e l'interfaccia modulare è adattabile a qualsiasi combinazione di input dai sensori esterni per permettere un'elaborazione in tempo reale. Il software di navigazione permette di eseguire rilievi su linee di indagine con fix predefiniti, il cui numero può essere incrementato o diminuito di qualsiasi valore e può gestire due sistemi di posizionamento, inclusi GPS, DGPS, sistemi *range/range* e *range/bearing*.

Per un accurato posizionamento satellitare il software di navigazione opera usando il DGPS, mentre una trasformazione a 7 parametri permette la traslazione del posizionamento al datum locale. Le opzioni del software facilitano la registrazione dei dati DGPS bruti per una successiva elaborazione, ottenendo una posizione finale estremamente accurata e nel contempo permettendo di configurare le informazioni sullo schermo del navigatore e del pilota. È stato infatti possibile definire l'immagine grafica della nave e creare un file archivio delle linee di rilievo, delle linee di costa e altri parametri relativi alla navigazione. Per il controllo di qualità, alla fine di ogni linea è anche possibile stampare istogrammi di deviazione dalla rotta, di distanze tra i fix, di intervallo tra i fix o di qualità dei dati di navigazione.

Metodologia di analisi ed elaborazione dati

I dati dei rilievi MBES effettuati tra il 2001 e il 2009 sulle tre aree sono stati sottoposti ad analisi per eliminare le eventuali anomalie, quindi si è proceduto alla loro elaborazione per ricavare i DTM di ciascuna area. In totale sono stati ottenuti 6 DTM dell'area C1P02, 2 dell'area CP07 e 3 dell'area AP07. Da questi sono stati ricavate carte batimetriche, carte delle differenze di quota e sezioni longitudinali e trasversali.

Allo scopo di verificare se il fondale di ciascuna area abbia subito delle variazioni nei periodi successivi alle operazioni di dragaggio, è stato effettuato un confronto preliminare qualitativo tra le carte batimetriche e tra le sezioni e una successiva analisi quantitativa consistente nel calcolo delle differenze di quota sulla base dei DTM.

Nei casi in cui sono state riscontrate significative variazioni di quota, è stata effettuata l'analisi statistica delle stesse (media e deviazione standard) che ha fornito elementi aggiuntivi utili a individuare le cause dei cambiamenti di quota (processi naturali, metodo di rilievo, ecc.).

Infine, per calcolare il volume di sabbia prelevata dalla draga nell'ambito dei due interventi, è stata effettuata la differenza dei DTM delle tre aree ottenuti dai rilievi precedenti e subito successivi al dragaggio.

Per l'area C1P02, come già accennato, sono stati utilizzati il rilievo antecedente i lavori effettuato con singlebeam (con maglie rettangolari di 300x500 m) da ISMAR-CNR di Bologna e il rilievo multibeam (con maglie di 1x1 m) acquisito da ISMAR-CNR di Ancona dopo il prelievo. Mentre, per le aree AP07 e C1P07, sono stati impiegati due rilievi multibeam a maglia di 1x1 m eseguiti da ISMAR CNR di Ancona.

Risultati dei rilievi eseguiti nel periodo 2001-2009 sull'area C1P02

Nel maggio 2002 una draga della capacità di 6.000 m³ ha prelevato 800.000 m³ di sabbia dall'area C1P02, collocata sul dosso C1. Essendo tra le tre aree dragate quella più indagata, se ne riporta di seguito la descrizione. Nell'arco di 8 anni (2001-2009) è stata infatti oggetto di 6 campagne di rilievo batimetrico. L'area è situata su un fondale compreso tra 38,75 m e 39,25 m di profondità. Le operazioni di dragaggio, rappresentate da linee circolari (Fig. 4), sono state effettuate prevalentemente all'interno della zona assegnata.

Le quote registrate con la prima campagna di monitoraggio variavano generalmente da 39,50 a 40,50 m, raggiungendo solo in alcuni punti della parte centrale dell'area i 41,00 - 41,25 m. Mediamente è stata quindi rispettata la quota di approfondimento prevista dal progetto, pari a 1 m.

L'analisi qualitativa delle carte batimetriche e dei profili ottenuti dai rilievi eseguiti tra il 2002 e il 2009 ha evidenziato una serie di variazioni di quota che in un primo momento sono state ricondotte a una leggera attenuazione delle asperità del fondale.

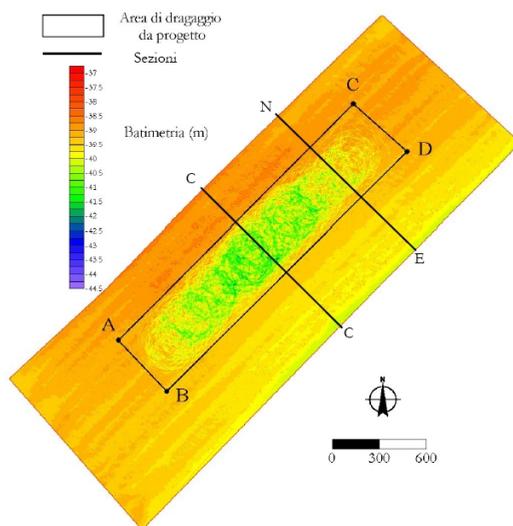


Figura 4. Area C1P02: carta batimetrica del dicembre 2002.

Questa prima interpretazione è stata confutata da successive analisi.

Dal confronto delle 4 carte batimetriche ottenute dai rilievi effettuati dopo la fine del dragaggio è risultato che le tracce lasciate dalla draga non diminuiscono nel tempo, ma risultano di volta in volta più o meno marcate.

In corrispondenza dei fondali esterni all'area dragata, rimasti invariati negli anni, le carte delle differenze di quota evidenziano delle variazioni paragonabili a quelle rilevate nella zona di dragaggio.

I profili rilevati nei diversi periodi risultano in molti tratti paralleli tra loro e/o leggermente traslati lateralmente. In particolare, si osservano anomali incrementi di quota in corrispondenza degli alti morfologici.

Dall'analisi statistica delle variazioni di quota calcolate tramite la differenza di DTM risulta che la media delle variazioni di quota è poco superiore al centimetro tra il 2002 e il 2003 e di circa 6 cm tra il 2003-2004 e 2004-2009; la relativa deviazione standard si mantiene su valori compresi tra ± 16 e ± 19 . La media delle variazioni di quota è di un solo centimetro se si confronta il rilievo 2002 con quello del 2009, mentre la deviazione standard è di ± 21 cm.

In sintesi, quindi, sia l'analisi qualitativa che quantitativa inducono a concludere che il fondale dragato nel 2002 non ha subito significative variazioni nei successivi 7 anni e che le variazioni di quota riscontrate rientrano nel *range* degli errori della metodologia di rilievo impiegata.

Conclusioni

Nell'ambito dei monitoraggi successivi a due interventi di ripascimento con sabbie sottomarine che hanno comportato il prelievo, nel 2002 e nel 2007, di 1.615.000 m³ di sabbie da 3 aree (C1P02, AP07, C1P07) collocate sul fondale del mare Adriatico settentrionale, i rilievi batimetrici con multibeam hanno messo in evidenza come il dragaggio abbia prodotto una marcata irregolarità del fondo marino nelle aree interessate dal prelievo.

L'azione del dragaggio è rappresentata da solchi circolari che evidenziano come la maggior parte delle operazioni sia avvenuta all'interno delle zone indicate dai due progetti esecutivi, alcune fuoriuscite sono state riscontrate lungo il perimetro delle due aree sfruttate nell'ambito dell'intervento del 2007 (AP07 e C1P07).

Mentre il sistema MBES ha evidenziato in dettaglio le alterazioni batimetriche del fondale, l'SSS è stato in grado di porre in risalto alcuni piccoli accumuli di materiale fuori dell'area di prelievo indicandone la diversa litologia in comparazione con il sedimento superficiale circostante.

Il monitoraggio post-intervento è stato condotto solo sulle aree C1P02, che è stata indagata per una durata di 8 anni, e sull'area AP07, che è stata studiata per 2 anni. Sull'area C1P07 sono stati effettuati solo i rilievi prima e dopo il dragaggio.

Nell'area C1P02, dragata nel 2002, i rilievi di monitoraggio post-intervento hanno evidenziato inizialmente delle variazioni di quota che dopo una approfondita analisi qualitativa e quantitativa sono state definite non significative e presumibilmente imputabili al metodo di rilievo in mare. In sintesi, nell'area C1P02 a 7 anni di distanza dal dragaggio il fondale non ha subito sostanziali modificazioni. Anche nell'area AP07, a due anni dal prelievo, i rilievi non mostrano particolari attenuazioni dei solchi di dragaggio.

Tra le varie elaborazioni, ARPA ha calcolato anche la quantità di sedimento prelevato da ciascuna area sulla base dei rilievi in mare e conseguentemente lo scostamento dai volumi di dragaggio quantificati con i rilievi effettuati sulle spiagge dalla Direzione Lavori, in accordo con l'impresa che ha eseguito il lavoro di dragaggio, trasporto e scarico delle sabbie sulla spiaggia.

Per le aree AP07 e C1P07 si è riscontrato una sostanziale coincidenza tra i due risultati.

Per quanto riguarda l'area C1P02, il volume ottenuto dal confronto dei rilievi eseguiti sull'area dragata è superiore del 16% a quello fornito dalla Direzione lavori. Questa differenza di volume è stata determinata dalla differente modalità e strumentazione utilizzata per il rilievo di prima pianta (*singlebeam*) e di seconda pianta (*multibeam*).

Nel complesso, i risultati ottenuti rendono concreta la possibilità di poter considerare tale approccio un utile sistema di verifica dei volumi di ripascimento, normalmente misurati a terra o sulla draga per quantificare l'importo dovuto all'impresa esecutrice.

In sintesi, i rilievi effettuati nell'arco di 8 anni da ARPA sulle aree di prelievo della sabbia in Mare Adriatico, e le successive analisi ed elaborazioni dei dati hanno permesso di fornire risposte ai seguenti aspetti:

- rispetto dell'area di prelievo indicata nel progetto esecutivo da parte della draga;
- forma ed entità delle modificazioni determinate dalle operazioni di dragaggio sul fondale;
- riduzione nel tempo delle asperità lasciate dalla draga sul fondale;
- verifica di eventuali processi di sedimentazione;
- calcolo dei volumi prelevati.

L'entità pratica e scientifica dei risultati ottenuti dimostra quindi la validità del monitoraggio, dei metodi e degli strumenti impiegati.

Nel volume monografico N. 19 di Studi Costieri, vengono riportati in 8 articoli a carattere scientifico metodologie e risultati dei monitoraggi fisici e ambientali che hanno riguardato le aree di prelievo della sabbia in mare e le spiagge oggetto di ripascimento dei Progettoni 1e 2.

Bibliografia

Preti M. (2011), "Ripascimento delle spiagge con sabbie sottomarine in Emilia-Romagna: monitoraggio 2001-2009", *Studi Costieri*, 19: 216

Correggiari A., Aguzzi M., Remia A., Preti M., et al. (2011), "Caratteristiche sedimentologiche e stratigrafiche dei giacimenti sabbiosi in Mare Adriatico Settentrionale utilizzabili per il ripascimento costiero", *Studi Costieri*, 19:11-31

IHO (2008), IHO Standards for Hydrographic Surveys, *Special Publ.*, 44, 5th edition

Fabbi A., Argnani., Bortoluzzi G., Correggiari A., Gamberini F., Ligi M., Penitenti D., Roveri M. e Trincardi F. (2001), "Note illustrative della Cartografia Geologica dei mari italiani scala 1:250.000: Foglio NL33-10 Ravenna".

IHO (1998), IHO Standards for Hydrographic Surveys, *Special Publ.*, 44. 4th edition