

## Ripascimento di spiagge con sabbie sottomarine in Emilia-Romagna

Mentino Preti

ARPA - Ingegneria Ambientale, Regione Emilia-Romagna, Vicolo Carega 3, 40121 Bologna  
mpreti@ia.arpa.emr.it

### Riassunto

Il litorale della Regione Emilia-Romagna ha uno sviluppo di 130 km ed è costituito interamente da costa bassa e sabbiosa.

Come in molte altre zone del mondo, nel corso del '900, anche questo tratto di costa è stato interessato da un notevole aumento demografico e da un forte sviluppo economico.

La presenza di una larga spiaggia di sabbia fine, lunga più di 100 km, ha favorito in particolare lo sviluppo di una vera e propria industria turistico-balneare che, con oltre 40 milioni di presenze annuali con un bilancio di oltre 6 miliardi di Euro, ha raggiunto livelli da primato in Europa. Pesanti sono stati però gli effetti dello sviluppo economico sul sistema ambientale litoraneo: le dune sono state in gran parte spianate, le spiagge erose dal mare e la subsidenza indotta dall'estrazione di acqua e metano ha prodotto un abbassamento di circa 1 m di quasi tutta l'area costiera.

Per contrastare il degrado del litorale e salvaguardare il turismo, la Regione ha avviato nel 1979 una politica innovativa, basata sulla rimozione delle cause dell'erosione e sulla difesa dei tratti critici con il ripascimento artificiale, quale alternativa alle opere rigide.

Tra il 1983 e il 2000, sono stati così portati sulle spiagge 3 milioni di m<sup>3</sup> di sabbia proveniente da cave a terra, da accumuli litoranei e dal dragaggio dei porti.

L'alto costo del materiale di cava, l'impatto ambientale del trasporto via terra e soprattutto l'insufficienza di questi punti di risorsa rispetto al fabbisogno, hanno portato nel 2000 la Regione a finanziare il primo intervento di ripascimento con sabbie sottomarine.

ARPA - Ingegneria Ambientale è stata incaricata di effettuare la ricerca dell'area di prelievo in mare, la progettazione esecutiva e il monitoraggio. Gli uffici regionali, da parte loro, hanno effettuato la Gara d'Appalto, la Direzione Lavori e il Collaudo.

L'intervento ha evidenziato, fin dalla fase di progetto, una serie di specificità tali da renderlo diverso dagli altri realizzati non solo in Italia. Le soluzioni adottate in sede progettuale da ARPA e dall'Impresa esecutrice hanno permesso però di superare tutte le problematiche e di realizzare il lavoro nei tempi stabiliti.

Dal 13 febbraio al 6 aprile 2002, una draga della capacità di 6.000 m<sup>3</sup> ha portato circa 800.000 m<sup>3</sup> di sabbia di ottima qualità su 10 km di costa, frazionati in 9 tratti distinti, distribuiti su 55 km di litorale, determinando un allargamento medio dell'arenile di 30-40 m.

L'intervento ha destato un grande interesse tra gli amministratori regionali e locali, nonché tra gli operatori balneari, riscuotendo consensi pressoché unanimi.

**Parole chiave:** Adriatico, spiaggia, erosione, ripascimento, sabbie sottomarine.

**Introduzione**

In corrispondenza della pianura compresa tra gli Appennini a sud e il delta del Po a nord, il limite tra terra e mare è costituito da una sottile spiaggia bassa e sabbiosa lunga 110 km, interrotta ogni 10-15 km dalle foci di fiumi e torrenti che, con il loro trasporto solido, ne costituiscono la principale fonte di alimentazione. Questa spiaggia, assieme alla parte meridionale del delta del Po, compresa tra le foci del Po di Volano e del Po di Goro, avente un fronte a mare di 20 km, costituisce il litorale della Regione Emilia-Romagna (Fig 1).

Fino ai primi del '900, questo tratto costiero era orlato da un'ampia fascia di dune a cui succedevano, soprattutto nel ravennate e nel ferrarese, vaste superfici depresse occupate da stagni e lagune salmastre, a loro volta intercalate da dorsali emerse ricoperte da pinete e boschi elicei.



Figura 1 - Litorale della Regione Emilia-Romagna.



Questo mosaico naturale di gran pregio paesaggistico-ambientale ha subito nel corso dell'ultimo secolo modificazioni profonde ad opera dell'uomo.

Le dune sono state in massima parte spianate, le paludi bonificate, le superfici boscate fortemente ridotte e le spiagge in buona parte occupate da edifici e stabilimenti balneari.

Come in moltissime altre parti del mondo, causa prima di queste modificazioni è stato l'intenso sviluppo del turismo balneare che ha portato su questa costa all'urbanizzazione di ben 78 km di litorale, di cui 55 km, tra Cattolica e Lido di Classe, senza soluzione di continuità.

L'irrigidimento della linea di riva così attuato, unito alla costruzione di moli portuali sempre più lunghi, agli elevati valori di subsidenza (70-80 cm in 100 anni a Rimini e Bellaria, 1 m ed oltre da Cesenatico al delta del Po, Ravenna compresa) indotti dall'estrazione di acqua e metano dal sottosuolo e alla forte riduzione degli apporti di sabbia al mare da parte dei fiumi causata dalle escavazioni in alveo, hanno fortemente accentuato il grado di vulnerabilità di questo territorio costiero nei confronti del mare.

Negli ultimi 70 anni, 105 dei 130 km di litorale in esame sono stati interessati da processi erosivi, mentre superfici sempre più estese di territorio sono state oggetto di ingressione marina durante forti mareggiate accompagnate da eventi di acqua alta.

A partire all'incirca dal 1930, per contrastare questi fenomeni sono state realizzate, da parte dello Stato, opere di difesa dall'erosione per complessivi 65 km e di contenimento delle ingressioni marine per 30 km circa.

Questo grande sforzo, se da un lato ha permesso di bloccare in buona misura l'avanzata del mare, dall'altro ha prodotto una marcata alterazione dei caratteri paesaggistico-ambientali originali dell'area. Infatti, le opere maggiormente impiegate, le scogliere parallele emerse, si sono rivelate esse stesse causa di erosione, in quanto spostano il fenomeno sui litorali limitrofi.

Il Piano Coste, realizzato dalla società Idroser nel 1981 per conto della Regione, ha reso evidente che il proseguimento della politica di intervento fin lì adottata, avrebbe portato nel giro di qualche decennio alla "bunkerizzazione" di tutta la costa regionale e conseguentemente alla scomparsa della spiaggia naturale, la più pregiata ai fini del turismo balneare. Risultava evidente quindi che la difesa dal mare andava ridefinita in termini del tutto innovativi, in quanto il degrado paesaggistico-ambientale dell'area litoranea aveva raggiunto un livello tale da mettere in crisi l'industria turistico-balneare, che nel frattempo aveva raggiunto il primato europeo.

Per superare questo stato di crisi, il Piano Coste proponeva di sviluppare una strategia articolata in due direttrici: operare per rimuovere le cause dei processi erosivi (riduzione dell'apporto solido fluviale, subsidenza, opere a mare) e difendere i tratti critici non più con le scogliere, ma con il ripascimento artificiale. In pratica, essendo l'equilibrio di una spiaggia strettamente dipendente dal bilancio tra apporti di sabbia da parte dei fiumi e asportazione della stessa ad opera del mare, l'erosione può essere contrastata compensando con apporti artificiali la riduzione del trasporto di sabbia al mare da parte dei fiumi e gli abbassamenti dovuti alla subsidenza.

### L'esperienza del ripascimento in Emilia-Romagna

Il ripascimento artificiale si configura come la tipologia di intervento a minor impatto ambientale per la difesa delle spiagge dall'erosione marina e che in Emilia-Romagna più si concilia con la strategia di lungo termine basata sul riequilibrio delle spiagge ad opera degli apporti fluviali.

In Emilia-Romagna, i primi interventi di ripascimento sono stati effettuati nel 1983 ed hanno interessato 5,6 km di litorale, con un apporto iniziale pari a 538.000 m<sup>3</sup> di sabbia.

In seguito, nel corso degli anni '80 e '90, il campo degli interventi è stato esteso ad altri tratti costieri portando il totale del litorale interessato a superare i 16 km e il volume di sabbia apportata a 3,2 milioni di m<sup>3</sup>.

Di questi, più di 2,5 milioni di m<sup>3</sup> sono stati prelevati da cave a terra, circa 300.000 m<sup>3</sup> da aree litoranee dove si era venuto a creare un surplus di sabbia, circa 200.000 m<sup>3</sup> dal dragaggio delle imboccature dei porti canali ed altri 200.000 m<sup>3</sup> dagli scavi per la realizzazione della nuova darsena di Rimini.

La pluralità delle fonti di prelievo della sabbia sopra elencate evidenzia da un lato, aspetti certamente positivi quali la valorizzazione del materiale proveniente dal dragaggio dei porti, fino a qualche anno fa scaricato in mare al largo della costa, dall'altro, aspetti negativi quali il forte prelievo dalle cave a terra. Il materiale delle cave a terra è risultato in molti casi di scarsa qualità e comunque molto costoso (attualmente circa 15 €/m<sup>3</sup>).

In ogni caso è un doppio non senso curare un guasto ambientale creandone un altro e "buttare in mare" materiale buono per altri usi, tra cui quello edilizio.

Le diverse caratteristiche iniziali dei tratti oggetto di intervento, le diverse tipologie delle opere di contenimento adottate (barriere in sacchi, pennelli in roccia e più recentemente scogliere sommerse), la diversa provenienza delle sabbie (da cava, da accumuli litoranei, dal dragaggio dei porti) hanno permesso di acquisire negli ultimi 20 anni un notevole bagaglio conoscitivo che, per ragioni di spazio, non può essere descritto in questo articolo.

Ciò che va riportato è il giudizio positivo che si è potuto ricavare dall'applicazione del ripascimento artificiale.

Tra gli elementi che hanno contribuito alla formazione di questo giudizio i principali sono la ricostruzione della spiaggia e il riscontro, avvalorato dai numerosi monitoraggi effettuati, che la sabbia fuoriuscita dalle zone di apporto va ad alimentare le spiagge limitrofe garantendone l'equilibrio.

Il beneficio del ripascimento non può quindi essere riferito alla sola zona di intervento, ma ad un tratto di costa molto più esteso.

La differenza quindi rispetto al comportamento delle scogliere è totale. Il ripascimento inoltre non altera i caratteri paesaggistici ed ambientali della zona di intervento e la dinamica litoranea.

Il limite principale del ripascimento artificiale è la sua efficacia temporanea, in quanto la sabbia viene progressivamente asportata dalla zona di intervento dalle mareggiate. Dopo qualche anno, in assenza di apporti integrativi, si ritorna quindi alle condizioni di partenza.

Visti i grandi vantaggi che si hanno sotto il profilo della qualità ambientale, per rendere sistematica l'applicazione del ripascimento artificiale come tipologia di intervento contro l'erosione delle spiagge e più in generale per la difesa del territorio e degli abitanti dal mare, occorre soddisfare due esigenze fondamentali: disporre di grandi quantità di sabbia e applicare il criterio della gestione nella definizione degli interventi.

Il secondo studio di pianificazione generale del litorale emiliano-romagnolo, pubblicato da Idroser per conto della Regione nel 1996, dal titolo: "Progetto di Piano per la difesa dal mare e la riqualificazione ambientale del litorale della Regione Emilia-Romagna" ha reso evidente che, stante i lunghi tempi della ripresa del trasporto solido a mare da parte dei fiumi, le fonti di prelievo delle sabbie a terra o litoranee non sono sufficienti a soddisfare il forte fabbisogno di sabbia causato dai processi erosivi delle spiagge. Per garantire il prosieguo della difesa delle spiagge con il ripascimento non rimane quindi che il ricorso alle risorse sottomarine.

All'inizio del 2000, la Regione Emilia-Romagna ha deciso così di finanziare con £ 21.580.000.000 il primo intervento di ripascimento con sabbie sottomarine delle proprie spiagge.

### **Inquadramento amministrativo e finanziario del progetto**

Nel finanziare il 1° progetto di ripascimento con sabbie sottomarine, la Giunta della Regione Emilia-Romagna si è basata sui positivi risultati delle ricerche di accumuli sabbiosi in Adriatico conseguiti dalla società regionale Idroser nel corso di tre campagne di ricerca, condotte nel 1984, 1987-1988 e nel 1993. Queste ricerche hanno infatti portato alla scoperta di alcuni corpi sabbiosi posti tra 35 e 55 km dalla costa, in cui sono accumulati diverse decine di milioni di m<sup>3</sup> di sabbia (Fig. 2).

I positivi risultati delle ricerche in mare, sommati a quelli altrettanto positivi forniti dagli interventi di ripascimento delle spiagge realizzati con sabbie di cava o litoranee a partire dal 1983, hanno portato la Giunta Regionale ad approvare, con delibera n. 618 del 01-03-2000 il: "Progetto di messa in sicurezza dei tratti critici del litorale emiliano-romagnolo mediante ripascimento con sabbie sottomarine".

Per evitare il ripetersi dei danni causati dagli eventi calamitosi verificatosi tra il 1996 e il 1999 nelle



province costiere emiliano-romagnole, la Protezione Civile Nazionale ha stanziato considerevoli risorse economiche finalizzate alla messa in sicurezza del territorio (Leggi 61/98, 224/99 e O.M. 3027/99).

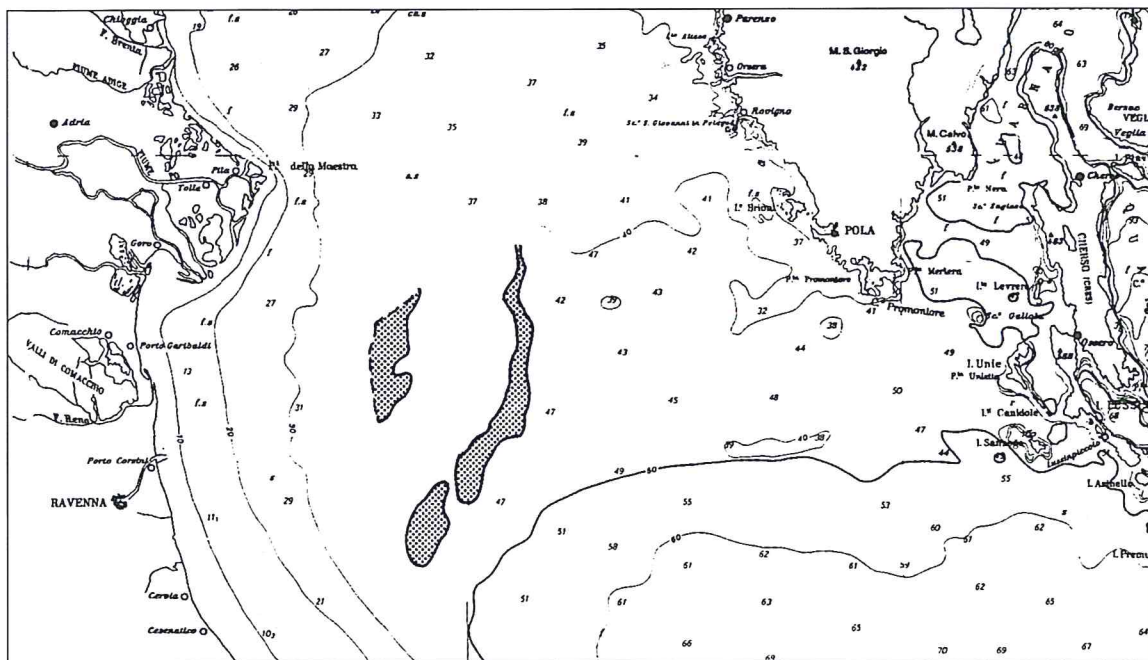


Figura 2 - Adriatico settentrionale: strutture sedimentarie individuate con le ricerche Idroser degli anni '80.

La copertura finanziaria dei numerosi progetti di difesa del territorio e delle spiagge redatti da Comuni, Consorzi di Bonifica e Servizi Difesa del Suolo, è stata assicurata per il 75% dalla Protezione Civile Nazionale e per il 25% dalla Regione stessa.

L'intervento di ripascimento con sabbie sottomarine nasce all'interno del Comitato Tecnico istituito presso il Servizio Protezione Civile Regionale, per l'esame di tutti i progetti avanzati dai vari enti. In quella sede, sono stati infatti illustrati e recepiti due rilevanti aspetti alla base di un progetto finalizzato all'utilizzo di sabbie sottomarine: l'efficacia degli interventi di difesa del litorale è scarsa quando i fondi vengono distribuiti "a pioggia", al di fuori quindi di una logica di gestione complessiva del litorale; la convenienza di un intervento di ripascimento con sabbie sottomarine aumenta con l'aumentare dei volumi movimentati in quanto i costi fissi del cantiere e della draga sono molto elevati.

Per rendere fattibile l'utilizzo delle sabbie sottomarine si è resa necessaria così un'operazione di aggregazione di fondi già destinati alla difesa di 9 tratti di spiaggia in stato di forte criticità, appartenenti a 9 comuni delle province di Rimini, Forlì-Cesena e Ravenna.

Come si vede, alcuni passaggi amministrativi e finanziari avvenuti durante la fase di assegnazione dei fondi si sono tradotti poi in significativi vincoli progettuali. La necessità di dover ripascere 9 spiagge distinte, distribuite in un arco costiero ampio 55 km, con sabbie prelevate su un fondale di 40 m, a 55 km dalla costa, costituiscono indubbiamente delle novità assolute sia per l'esperienza italiana che europea. Stante la complessità del progetto, la Giunta Regionale ha deciso di affidare ad un unico soggetto la ricerca di dettaglio dell'area di prelievo, la progettazione preliminare ed esecutiva, la caratterizzazione fisico-ambientale dell'area di prelievo e delle spiagge da ripascere ed inoltre il monitoraggio della suddetta area durante la fase di prelievo della sabbia.

In considerazione dell'esperienza maturata in 20 anni di attività nel settore della difesa dal mare e nella ricerca di accumuli sabbiosi sottomarini dal gruppo tecnico di Idroser, confluito nel 1996 in ARPA-

Ingegneria Ambientale, la Regione ha incaricato ARPA, il 6 giugno 2000, di procedere all'esecuzione di tutte le attività sopra descritte.

Per la realizzazione di un progetto caratterizzato da un elevato grado di complessità, del tutto nuovo per il litorale emiliano-romagnolo, ARPA-Ingegneria Ambientale ha deciso di integrare le proprie competenze con quelle di strutture altamente specializzate nei settori dell'ingegneria e delle scienze del mare.

Sono stati così coinvolti:

- Istituto di Geologia Marina del CNR di Bologna, per la ricerca di dettaglio dell'area di prelievo in mare.
- IDROTEC Milano, per il supporto tecnico alla progettazione.
- ICRAM Roma, ARPA Daphne e il Dipartimento di biologia animale dell'Università di Modena per la caratterizzazione dell'area di prelievo in mare.

Da parte sua la Regione Emilia-Romagna ha nominato il responsabile del proprio Servizio di Difesa del Suolo di Ferrara come Responsabile del Procedimento ed inoltre si è assunta l'onere della gara d'appalto, della Direzione Lavori e del Collaudo.

### **Ricerche in mare per l'individuazione dell'area di prelievo della sabbia**

Come accennato in precedenza, una vasta superficie di fondali marini antistanti il litorale emiliano-romagnolo, per un totale di circa 2000 km<sup>2</sup>, è stata esplorata nel corso degli anni '80 e '90 mediante campagne geofisiche e geognostiche a maglia larga, finalizzate alla ricerca di accumuli sabbiosi da utilizzare per il ripascimento delle spiagge.

I risultati di questo lavoro sono stati riportati in volumi editi da Idroser per conto della Regione Emilia-Romagna. Di fatto, il primo di questi, pubblicato nel 1985, rappresenta il primo lavoro organico sul tema della ricerca di sabbia in mare uscito in Italia.

Nel momento in cui la Regione ha deciso di realizzare il 1° intervento di ripascimento con sabbie sottomarine, era indispensabile quindi procedere all'individuazione di un'area, ampia 1 km<sup>2</sup>, da cui prelevare circa 1 milione di m<sup>3</sup> di sabbia, avente caratteristiche compatibili con quelle delle spiagge da ripascere.

Prima di avviare la progettazione, si è così proceduto all'esecuzione di campagne geofisiche e geognostiche di dettaglio sui corpi sabbiosi scoperti con le ricerche Idroser.

Il lavoro è stato eseguito direttamente da ARPA-Ingegneria Ambientale con il supporto tecnico-scientifico dell'Istituto di Geologia Marina del CNR di Bologna ed ha riguardato 3 aree, denominate convenzionalmente A, B e C; la cui ubicazione è riportata nella Figura 3.

L'area A riguarda un rilievo morfologico individuato e studiato da Idroser Spa già nel 1987, ad una profondità di 34 m, su cui sono stati effettuati alcuni carotaggi nel 1988 e nel 1993. I risultati ottenuti con queste indagini preliminari portavano a considerare quest'area quella più interessante dal punto di vista della granulometria della sabbia.

L'area B è stata individuata come possibile accumulo di sabbia a seguito di ricerche geofisiche effettuate dall'Istituto di Geologia Marina nel 1992 nell'ambito della redazione della carta Geologica dei Mari Italiani, Foglio NL33 Ravenna (scala 1:250.000), giace su un fondale di 34 m e su di essa sono state effettuate quattro carote da ARPA-Ingegneria Ambientale nel 1996. I risultati ottenuti evidenziano che, sotto una coltre di circa un metro di limo, vi è presenza di sabbia per uno spessore di circa 1 m. L'interesse di quest'area è dato dalla sua vicinanza alla costa.

L'area C è stata individuata da Idroser Spa, su un fondale di 41 m, nel 1984, ed è costituita da due dossi lunghi circa 12-15 km ciascuno (Fig. 3).

Con l'obiettivo di individuare uno strato di sabbia avente uno spessore superiore a 1,5 m, per le tre aree A, B e C è stato progettato uno specifico programma di ricerca articolato in due campagne di indagini: una geofisica e una geognostica. L'indagine geofisica ad alta risoluzione permette di discriminare la successione degli strati subsuperficiali, mentre quella geognostica, grazie al prelievo di carote, evidenzia la natura degli stessi strati.



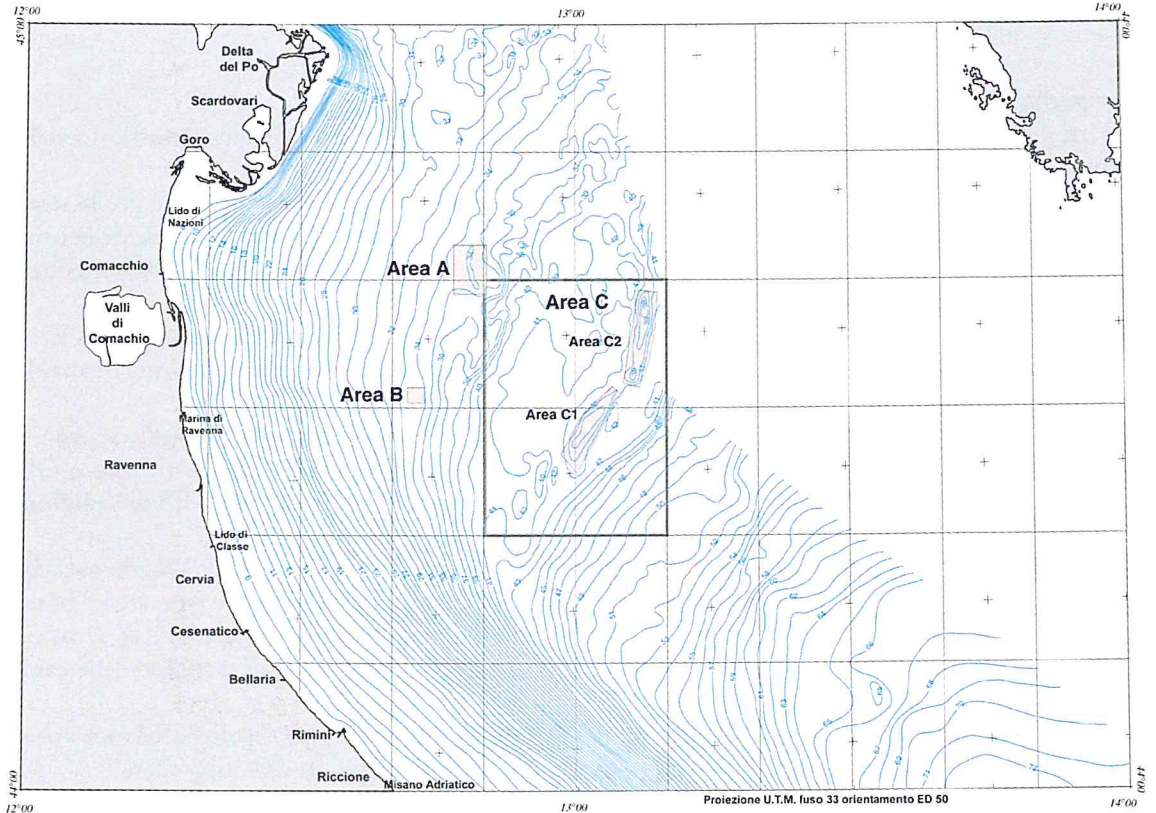


Figura 3 - Planimetria generale con le tre aree d'indagine.

### *Campagna Geofisica*

Nelle aree A e B l'indagine geofisica è stata effettuata dall'Istituto di Geologia Marina con l'utilizzo della Nave Oceanografica Urania del CNR. È stato utilizzato un Sub Bottom Profiler tipo Chirp Sonar, con 16 trasduttori a bassa frequenza (2-7 kHz) montati in chiglia e un'unità di registrazione digitale che ha reso possibile l'acquisizione di profili sismoacustici di alta qualità. La tecnologia Chirp utilizza la trasmissione di un segnale a banda limitata, di durata temporale finita con "Modulazione di Frequenza Lineare", per cui gli impulsi incrementano il range dinamico del sistema di 20÷30 dB rispetto ai Sub-Bottom tradizionali. A differenza di questi ultimi, in cui la risoluzione è inversamente proporzionale alla lunghezza dell'impulso, la risoluzione di un Chirp è proporzionale alla larghezza di banda dell'impulso trasmesso. Pertanto la capacità del Chirp di trasmettere impulsi di lunga durata con una larghezza di banda ampia, si traduce in un'immagine sonar a più alta risoluzione (fino a 4 volte superiore a quella dei sistemi operanti nella stessa gamma di frequenze) e, a causa del significativo aumento di energia trasmessa, in un maggiore range dinamico del sonar.

Nell'area A già oggetto di indagini nel 1988 e 1994, sono stati effettuati 360 km di profili in una superficie di 50 km<sup>2</sup>. Il grigliato di acquisizione è costituito da profili orientati est-ovest distanti l'uno dall'altro 150 m e da profili orientati nord-sud distanti 300 m.

Nell'area B sono stati eseguiti 160 km di profili geofisici a maglia quadrata con lato di 300 m, su una superficie di 25 km<sup>2</sup>.

Nell'area C, oggetto di una successiva campagna geofisica commissionata da ARPA alla G.A.S. s.a.s. di Bologna, sono stati acquisiti profili sismoacustici Chirp Sonar, utilizzando uno strumento con un minor numero di trasduttori trainato in profondità. L'utilizzo dei profili geofisici equidistanti circa 1 km acquisiti da Idroser Spa nel 1984 e di altri acquisiti nel 1992, '95 e '99 dall'Istituto di Geologia Marina, ha portato ad assegnare, per quest'area, un maggior peso all'indagine geognostica.

Nell'ultima campagna geofisica, per l'area C, sono stati raccolti profili per un totale di 110 km su una superficie di 131 km<sup>2</sup>.

### *Campagna Geognostica*

A partire dai risultati della campagna geofisica, è stata impostata la campagna geognostica con l'obiettivo di prelevare complessivamente 40 carote nelle tre aree A, B e C.

La campagna geognostica si è svolta in due fasi; la prima ha interessato le aree A e B, mentre la seconda l'area C e una piccola parte dell'area A dove occorreva completare il quadro d'indagine della prima fase. La prima fase è stata avviata il 29 Agosto 2000 e si è conclusa il 28 settembre 2000, mentre la seconda è stata eseguita a fine novembre 2000.

Al fine di ricavare elementi indicativi sulla natura dei sedimenti superficiali dei dossi dell'area C si è deciso di effettuare, prima della campagna geognostica, il prelievo di 12 campioni con una benna. Per eseguire il lavoro è stata utilizzata la motonave oceanografica Daphne II.

Nell'ambito delle operazioni a mare della campagna geognostica il posizionamento delle stazioni di campionatura è stato realizzato utilizzando un ricevitore GPS differenziale. Questo ricevitore GPS, interfacciato al sistema di navigazione, ha permesso di raggiungere con precisione i siti di campionatura, individuati in precedenza sui profili geofisici acquisiti.

Per le operazioni di carotaggio è stato utilizzato un vibrocarotiere AIMERS-MC LEAN con asta da 6 metri. L'utilizzo e il peso di questo strumento fa sì che, per essere calato in mare e riportato a bordo, il mezzo navale più idoneo sia il pontone, in quanto dotato di un braccio gru superiore ai 12 m e di un ampio spazio libero in coperta, indispensabile per effettuare le operazioni di recupero delle carote (Fig. 4).

La descrizione sedimentologica delle carote è stata eseguita nell'Istituto di Geologia Marina, che è provvisto delle attrezzature necessarie alla loro apertura e allo stoccaggio in cella frigorifera.

### *Risultati*

L'analisi delle caratteristiche sedimentologiche e tessiturali delle sabbie rinvenute nei depositi trasgressivi tardoquaternari del bacino adriatico presenti nelle aree A, B e C ha portato a privilegiare l'area C ed in particolare la porzione centrale della zona C1, come area migliore per il prelievo di sabbia da destinare al ripascimento (Fig.5).

Inoltre, nella zona prescelta lo spessore della sabbia è di circa 3 m, è del tutto assente la copertura di materiali fini e nel complesso del sedimento la percentuale di argilla e limo non supera il 6%.

L'area A è stata scartata, pur essendovi corpi sabbiosi spessi 3 m, per l'elevata variabilità laterale degli stessi. Infatti, a 300 m di distanza da una carota effettuata nel 1993 che aveva evidenziato un livello di 3 m di sabbia, un'altra effettuata nel 2000 ha riportato 3 m di fango.

L'area B, la più vicina alla costa, è stata scartata per l'insufficienza del livello sabbioso (1 m) e per la presenza di 1 m di materiali fini in copertura.

### **Progettazione**

#### *Progetto preliminare*

Come anticipato nei capitoli precedenti, obiettivo del progetto era la messa in sicurezza di 9 tratti del litorale dell'Emilia-Romagna che, in base all'esperienza di gestione della costa realizzata nell'ultimo ventennio, si erano rivelati particolarmente critici dal punto di vista della tendenza all'erosione della spiaggia e della vulnerabilità delle infrastrutture a terra.

A causa dell'erosione dell'arenile ad opera del mare, in queste zone si sono verificati infatti danni consistenti alle infrastrutture di spiaggia e ingressioni marine negli abitati e nelle aree ambientali di grande pregio retrostanti la spiaggia, durante mareggiate di forte intensità associate ad eventi di acqua alta. Visto che la messa in sicurezza delle spiagge regionali non poteva essere attuata con opere rigide, come





Figura 4 - Il carotiere utilizzato per la campagna geognostica 2000 in posizione verticale sul pontone.

dimostra il fatto che quattro dei 9 tratti da proteggere erano già difesi da una fitta serie di scogliere a mare e un quinto da un campo di pennelli molto ravvicinati, l'obiettivo poteva essere raggiunto unicamente allargando la spiaggia mediante apporto di sabbia.

Occorreva quindi attuare un significativo potenziamento del sistema spiaggia, basato su un innalzamento della quota e un allargamento verso mare dell'arenile, in modo da garantire la sicurezza di quanto sta al retro per un periodo di 5-10 anni.

Definite con le ricerche in mare le caratteristiche e la distanza dalla costa dell'area di prelievo della sabbia, occorre sviluppare lo studio, nell'ambito del progetto preliminare, delle modalità e dei mezzi di estrazione, trasporto e scarico della sabbia.

Per questo scopo potevano risultare di grande utilità le esperienze di riferimento derivanti dalla realizzazione d'altri interventi simili.

Infatti, negli ultimi 12 anni, sono stati attuati lungo le coste del Mediterraneo numerosi progetti di ripascimento artificiale con l'impiego di sedimenti prelevati al largo. Questa tecnica è stata largamente applicata in Spagna per la salvaguardia e la ricostituzione di spiagge e, più recentemente, anche in Italia, in particolare a partire dal 1995 per

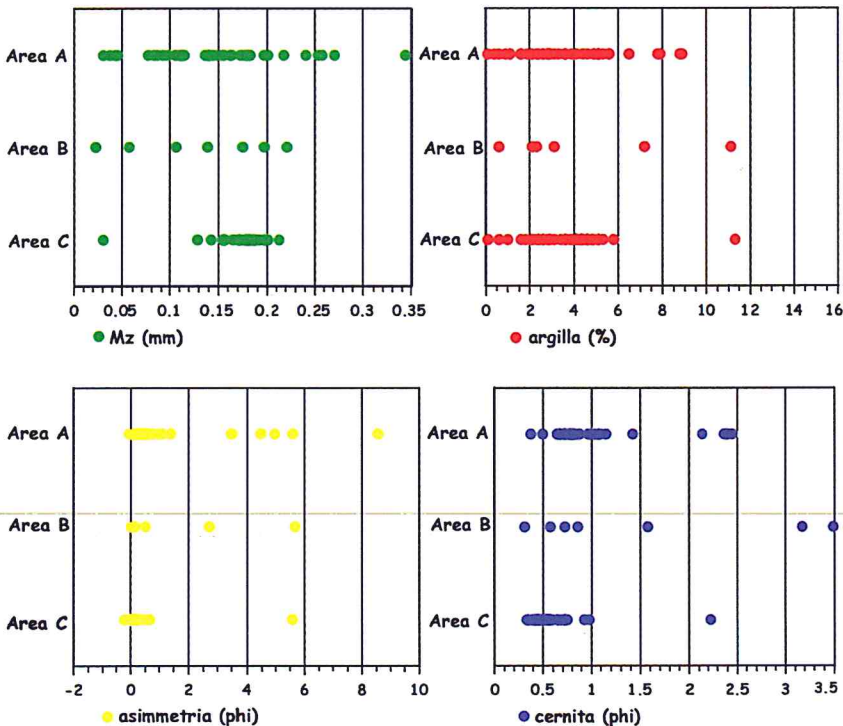


Figura 5 - Media (Mz), Classazione ( $\sigma_i$ ), Asimmetria ( $Sk_i$ ) e percentuale di frazione fine nei sedimenti delle tre aree considerate.

la protezione delle spiagge della laguna di Venezia e nel 1999 nel Lazio, per la protezione di un tratto della spiaggia di Ostia. In tutti i casi le modalità operative generali sono simili.

Per il dragaggio dei sedimenti nell'area del deposito sono state impiegate draghe a strascico autocaricanti e rifluenti. Completato il carico, la draga navigava fino alla zona del ripascimento e si ormeggiava nella posizione più prossima alla costa compatibile con il pescaggio a pieno carico. Nella maggior parte dei casi il refluento è avvenuto tramite una tubazione sommersa, in acciaio, posata tra la spiaggia e un terminale, posto su pontone, cui la draga si connetteva. Nei casi in cui la tubazione era molto corta sono state utilizzate tubazioni galleggianti, le tubazioni di questo tipo vengono comunque utilizzate poco per i rischi elevati di danni in caso di mareggiate ed i problemi di usura, costo e tempi di approvvigionamento. La miscela pompata sulla spiaggia è stata distribuita con tubazioni parallele alla battigia, prolungate e spostate secondo le necessità. Mezzi terrestri provvedevano a profilare il versamento.

Nel riportare questo schema operativo al caso emiliano-romagnolo, è emersa una specificità che si è tradotta ben presto in un notevole problema da risolvere in sede progettuale.

Stante l'elevata profondità dei depositi sottomarini (40 m) e l'elevata distanza dalla costa degli stessi (circa 30 miglia) l'esecuzione del lavoro richiedeva il ricorso ad una grossa draga.

Un mezzo navale di questo tipo ha però un pescaggio a pieno carico di circa 8,5 m per cui per ovvie ragioni di sicurezza non può operare a profondità inferiore ai 10 m.

Le pendenze del fondale davanti al litorale regionale sono del tutto simili a quelle della laguna Veneta e di Ostia nelle zone di Misano e Riccione, cioè a sud, per cui la draga può avvicinarsi alla costa per il refluento fino a circa 2 km. Più a nord invece, davanti a Cesenatico e Cervia, la batimetrica dei 10 m è a circa 5 km dalla costa, il che comporta la necessità di costruire tubazioni molto lunghe, mai realizzate negli interventi effettuati nel Mediterraneo.

Per superare questo ostacolo è stata presa in esame anche la possibilità di creare una zona di deposito intermedio della sabbia prossima alla costa, su un fondale di 12-14 m.

L'ipotesi presentava elementi di notevole interesse non solo ai fini della realizzazione dell'intervento, ma anche per la necessità di manutenzioni future. Per questo, la sua fattibilità è stata sviluppata a tutti i livelli, verificandone anche i costi con alcune imprese di dragaggio. Per costruire la zona di deposito si potevano utilizzare le draghe di elevata produttività dell'ultima generazione (Jumbo dredgers) e per riprendere i materiali mezzi di dimensioni inferiori che possono avvicinarsi a costa. Alla fine, in accordo con gli Uffici Regionali competenti, questa ipotesi è stata abbandonata.

La ragione principale alla base di questa scelta è la natura del fondale, costituito da fanghi molli, nelle aree più indicate per la costituzione del deposito di stoccaggio. Un ingente volume di sabbia sarebbe servito infatti per consolidare un simile terreno e in ogni caso restava sempre il rischio di movimentare insieme fanghi e sabbie nella fase di ripresa, quando invece le sabbie al largo sono praticamente prive di materiali fini.

A questo punto, il progetto preliminare doveva necessariamente far riferimento alla metodologia del trasporto diretto da parte di un'unica draga.

Dopo aver esaminato accuratamente le caratteristiche di un notevole numero di draghe si è visto che, pur con qualche accorgimento, l'operazione poteva essere sviluppata.

La progettazione preliminare veniva così completata con gli schemi di intervento per ognuno dei 9 siti e con un computo metrico preliminare, che consentiva una stima dei costi e il relativo quadro economico.

Dopo aver definito in 10 ore il ciclo operativo della draga (carico, navigazione, ormeggio, pompaggio, disormeggio e navigazione) si è definito il prezzo unitario della sabbia posta in opera valutandola in 22.000 £/m<sup>3</sup>.

Il progetto è stato così realizzato secondo lo schema descritto in precedenza, con l'aggravio dei costi derivanti dalla realizzazione di tubazioni lunghe 4-5 km e dai tempi di pompaggio più lunghi a causa della maggior diluizione della miscela acqua-sabbia che, mediamente è composta per l'80% d'acqua e il 20% da sabbia.



*Progetto esecutivo*

Definite nel progetto preliminare le modalità di esecuzione del dragaggio trasporto e scarico della sabbia, oltre che gli schemi d'intervento per ognuna dei singoli tratti da ripascere, si è passati alla progettazione esecutiva.

Occorre precisare che, pur essendo già definiti a priori il numero dei tratti da ripascere e i relativi finanziamenti, per cui, una volta definito il prezzo unitario anche il volume della sabbia risultava in qualche misura vincolato, tutta la fase progettuale è stata preceduta e accompagnata da una notevole mole di studi finalizzati alla caratterizzazione fisico-ambientale dei 55 km del litorale regionale interessati dall'intervento.

Tali studi hanno riguardato: il clima meteomarinico, la subsidenza, gli apporti fluviali, la sedimentologia e il regime del litorale

I risultati di questi studi sono stati riportati in un elaborato del progetto esecutivo dal titolo "Relazione specialistica idraulico-marittima".

La base conoscitiva acquisita con i suddetti studi ha permesso di elaborare per ognuno dei 9 siti uno specifico progetto esecutivo.

Gli elaborati grafici di progetto riportano, per ogni spiaggia, gli elementi di valutazione sulle tendenze evolutive rilevate negli ultimi anni ed in particolare nel periodo recente, e quindi la documentazione sui fenomeni che gli interventi di progetto debbono contrastare.

Il criterio di progetto che è stato utilizzato consiste nel realizzare, nei tratti più vulnerabili, un versamento tale da assicurare il mantenimento di una spiaggia più ampia ed a quota superiore di quella attuale per un periodo di 5-10 anni.

Definiti i quantitativi per ogni sito (Tab. 1), si è studiata la sezione del versamento e la planimetria dello stesso con i seguenti criteri:

- si è previsto un ripascimento della parte alta della spiaggia emersa a quota il più possibile elevata compatibilmente con le quote della spiaggia e delle infrastrutture esistenti. La sagoma emersa del versamento compresa tra il limite a terra ed una linea definita quale "linea di riferimento" rappresenta la sagoma da rispettare nella costruzione;
- per la pendenza a mare rispetto alla "linea di riferimento" si è imposto un valore medio di 1:20. Questa pendenza rappresenta una valutazione della pendenza media subito dopo il versamento ed ha lo scopo di individuare la forma del versamento necessaria per fornire le quantità previste, quantità che rappresentano l'obiettivo progettuale da conseguire;
- si è quindi studiata la disposizione planimetrica del versamento in modo da ottenere i quantitativi locali previsti ed evitare configurazioni molto diverse da quella naturali, che sarebbero soggette a perdite per trasporto longitudinale più elevate di quelle attuali;
- con l'uso di modelli matematici si è studiata per 2 situazioni campione (Milano Marittima e Riccione) l'evoluzione della forma del profilo trasversale del versamento e della planimetria, in modo da verificare che gli effetti di mareggiata non determinassero asportazioni di materiali tali da creare situazioni di rischio.

Come si vede, stante i limiti del finanziamento (£ 21.580.000.000) e la lunghezza complessiva dei tratti da ripascere (10,1 km), i quantitativi unitari di sabbia sono in genere inferiori ai 100 m<sup>3</sup> per metro lineare. Un quantitativo decisamente modesto se riferito agli interventi di Pellestrina (≈ 400 m<sup>3</sup>/m) o di Ostia (≈ 300 m<sup>3</sup>/m).

Nel progetto esecutivo è stato ulteriormente approfondito il problema del refluito diretto della sabbia dalla draga alla spiaggia, già affrontato nel progetto preliminare. Si è considerato che per evitare eccessive perdite di tempo negli spostamenti delle tubazioni, in tutti i 9 tratti, una soluzione ottimale poteva essere quella di creare 3 punti di scarico diretto nelle 3 località principali e di rifornire le altre spiagge con una seconda movimentazione da effettuare con autocarri. Questa impostazione è riportata nella planimetria generale del progetto (Fig. 6).

Tabella 1 - Spiagge oggetto di intervento, lunghezza dei tratti da ripascere e versamenti di sabbia previsti dal progetto esecutivo.

Località	Lunghezza del tratto interessato (m)	Versamento previsto (m <sup>3</sup> )
Misano Adriatico	1.650	168.000
Riccione (tratto Sud)	2.200	208.000
Igea Marina	1.300	70.000
San Mauro a Mare e Savignano a Mare	550	27.000
Gatteo a Mare	600	18.000
Zadina	1.300	40.000
Milano Marittima	1.500	145.000
Lido di Classe-Foce Bevano	1.000	66.000
Totale	10.100	742.000

Per ogni spiaggia sono stati quindi descritti gli interventi eseguiti e l'evoluzione recente, le caratteristiche del fondale, le linee di riva di partenza e quella di versamento, nonché i profili di versamento per sezioni distanti 100-200 m l'una dall'altra.

L'iter per l'approvazione del progetto si è sviluppato attraverso diversi passaggi avvenuti nel periodo giugno-settembre 2001. ARPA Ingegneria Ambientale ha infatti consegnato il progetto alla Regione il 31 maggio 2001.

I mesi di giugno e luglio sono stati occupati dai tempi tecnici richiesti dall'espletamento della procedura di verifica ambientale (screening), così come previsto dalla normativa regionale in materia. In questo periodo sono stati acquisiti dalla Regione anche i pareri favorevoli da parte dei 9 comuni interessati.

Per l'approvazione del progetto, il Responsabile del Procedimento ha convocato la Conferenza dei

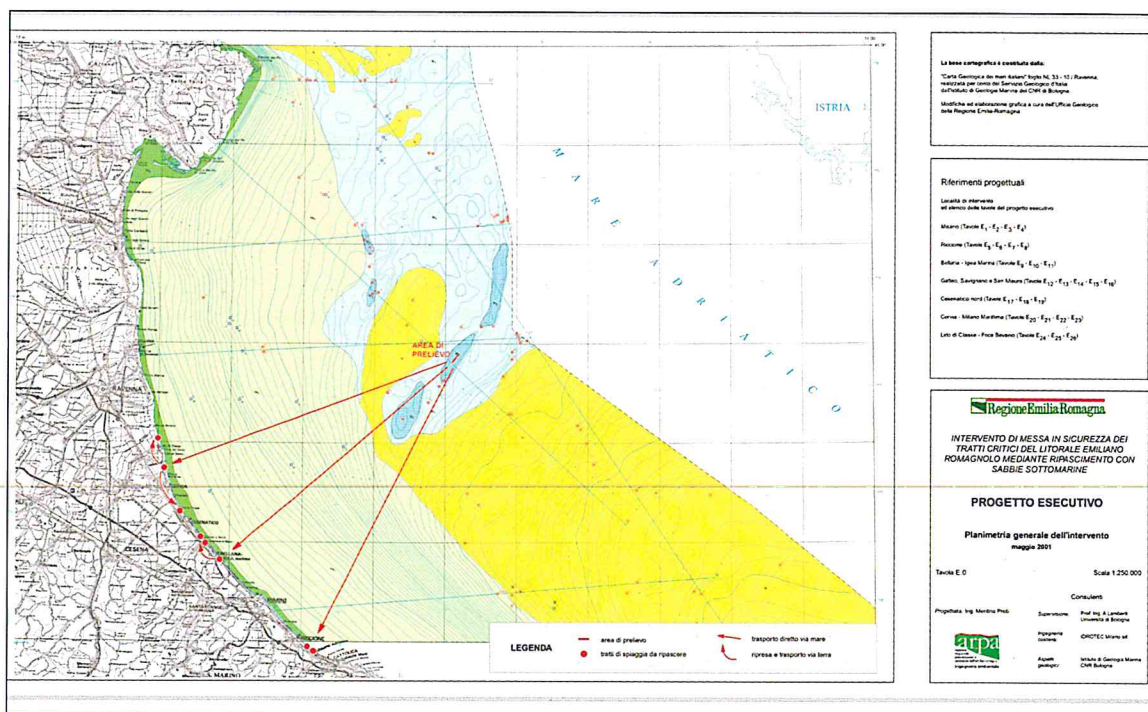


Figura 6 - Planimetria generale del progetto esecutivo.



Servizi per il giorno 7 agosto, ottenendo parere favorevole. In quella sede i rappresentanti del Ministero dell'Ambiente hanno fatto presente però che, in base ad una recente circolare ministeriale, il decreto autorizzativo da parte dello stesso Ministero era subordinato alla discussione del progetto e al voto delle Commissioni Consultive della Pesca interessate.

A seguito delle riunioni delle suddette commissioni avvenute il 21 agosto a Rimini e il 22 agosto a Ravenna, il Ministero dell'Ambiente ha emanato, il giorno 11 settembre, il Decreto con cui autorizzava la Regione a dragare un milione di m<sup>3</sup> di sabbia dall'area di 1 km<sup>2</sup> indicata dal progetto, per il ripascimento dei 9 tratti di spiaggia considerati.

Il 26 settembre veniva così pubblicato sui quotidiani il bando di gara.

### Descrizione dell'intervento

La gara europea per la realizzazione dell'intervento, indetta per conto della Regione dall'Ufficio Difesa del Suolo di Ferrara, si è chiusa il 16 ottobre 2001.

I lavori sono stati assegnati ad un'impresa italiana (Mantovani di Padova) supportata, in quanto a mezzi navali, da un'impresa di dragaggio olandese (Ham).

In sede progettuale la durata complessiva del lavoro era stata fissata in 6 mesi, di cui 2 per la preparazione del cantiere e l'esecuzione dei rilievi di 1° pianta a terra, oltre che per l'esecuzione delle operazioni di bonifica degli ordigni bellici nell'area al largo.

In considerazione del vincolo costituito dal blocco dei lavori lungo costa durante la stagione balneare, posto dalle Autorità Marittime, i 6 mesi suddetti sono stati fissati dal 1° novembre 2001 al 30 aprile 2002.

In realtà il primo importante lavoro, l'assemblaggio delle tubazioni, è iniziato ai primi di gennaio 2002, con un ritardo quindi di 2 mesi rispetto alle previsioni del progetto esecutivo.

Per recuperare il ritardo e rispettare la data del 30 aprile, l'impresa ha impostato un programma di lavoro basato sull'annullamento dei tempi di sosta della draga, derivanti dallo spostamento della tubazione di refluimento da un sito all'altro.

Secondariamente, si è posta l'obiettivo di realizzare il più alto numero possibile di interventi direttamente da mare, evitando così la seconda movimentazione via terra della sabbia con gli autocarri, che avrebbe comportato un allungamento dei tempi.

Per conseguire questi obiettivi sono state realizzate 2 tubazioni, del diametro di 800 mm, lunghe rispettivamente 2 e 4 km.

Le spiagge di Riccione e Cervia sono state scelte come aree di cantiere a terra per l'assemblaggio delle tubazioni in quanto sono prossime alle aree di intervento, molto larghe e lunghe e facilmente raggiungibili dall'autostrada.

Gli spezzoni modulari delle tubazioni, lunghi 9 – 12 m, sono stati portati su queste spiagge mediante autocarri direttamente dalla Germania e dall'Olanda (Fig. 7).

Questi tubi, dello spessore di 20 mm, in parte erano nuovi e in parte già usati per lavori analoghi. Sulla spiaggia, tre squadre specializzate, supportate da apposite strutture mobili, hanno saldato per tutto il mese di gennaio i vari spezzoni di tubo tra di loro. In tal modo, sono state realizzate due tubazioni lunghe più di 2 km ciascuna sulla spiaggia di Cervia e una terza tubazione da 2 km su quella di Riccione (Fig. 8). Terminato questo lavoro, le tubazioni sono state chiuse alle estremità (Fig. 9), quindi spinte da mezzi terrestri in mare.

Una volta in mare, ogni tubazione (in quanto galleggiante) è stata agganciata da un mezzo navale e spostata lungo costa fino alla zona di cantiere, dove un mezzo terrestre l'ha ripresa e portata con un'estremità sulla spiaggia (Fig. 10).

L'altra estremità a mare è stata collegata ad un tratto di circa 100 m di tubazione galleggiante, dotata di un apposito giunto di attacco con la tubazione della draga durante la fase di refluimento (Fig. 11). Il tratto galleggiante della tubazione è indispensabile per la connessione con la draga perché, tolte le piastre di chiusura alle estremità, la tubazione d'acciaio viene calata sul fondo marino.

Per far sì che la draga potesse lavorare 24 ore su 24 ore, l'impresa ha destinato la tubazione di 2 km,



Figura 7 - Riccione: operazione di scarico dei tubi trasportati via terra dal nord Europa.

realizzata a Riccione, agli interventi dell'area sud, dove i fondali sono più acclivi, per cui la draga può avvicinarsi maggiormente alla costa. I due tubi da 2 km ciascuno, realizzati a Cervia, sono stati giuntati in modo da ottenere una tubazione di 4 km, da destinare al ripascimento delle spiagge più a nord, aventi il fondale antistante a leggera pendenza.

In questo modo, quando una tubazione veniva rimessa in galleggiamento, sostituendo aria all'acqua, per spostarla in un altro cantiere, la draga continuava ad operare sull'altra tubazione.

Il lavoro è proceduto così senza intoppi significativi, con un'unica interruzione di 10 giorni consecutivi dovuta al collegamento difettoso tra le due tubazioni di 2 km ciascuna: la riparazione del guasto è stata ritardata da 6 giorni di mare agitato e da 4 giorni di sospensione del lavoro da parte delle Autorità Marittime competenti, per ragioni di sicurezza della navigazione durante il periodo pasquale.

Il primo viaggio della draga è avvenuto il 13 febbraio con destinazione Riccione sud. Durante le prime settimane, il ciclo tipico della draga è risultato di 10 ore, identico quindi a quello di progetto, ed era, per un apporto di circa 6.000 m<sup>3</sup>, così articolato:

– Carico	169 minuti
– Viaggio a pieno carico	138 minuti
– Pompaggio	120 minuti
– Attacco e distacco	20 minuti
– Pulizia tubi	19 minuti
– Viaggio a vuoto	133 minuti

Nelle ultime settimane, forse anche per la riduzione del carico resa necessaria dal dover operare in sicurezza su fondali inferiori ai 10 m, i tempi di un ciclo medio si sono relativamente ridotti, avvicinandosi alle 8 ore.





Figura 8 - Spiaggia di Cervia: in alto, distribuzione lungo due linee dei singoli tubi; in basso, struttura mobile adibita alla saldatura dei singoli elementi.





Figura 9 - In alto: tubazione pronta per il varo sulla spiaggia di Cervia; in basso: piastra di chiusura degli estremi della tubazione per renderla galleggiante.





Figura 10 - In alto: tubazione in galleggiamento manovrata da un mezzo navale durante la fase di avvicinamento alla spiaggia; in basso: la stessa tubazione viene agganciata da una pala meccanica per essere tirata sulla spiaggia.





Figura 11 - Spiaggia di Cervia: operazioni di collegamento tra il segmento galleggiante e la tubazione in acciaio; in basso: in evidenza la congiunzione tra la tubazione della nave e il tratto galleggiante collegato alla tubazione di mandata a terra.



Per quanto riguarda l'esecuzione del ripascimento a terra, due sono le modalità più interessanti che si sono potute riscontrare. Precisato che il ripascimento avviene in avanzamento, quindi aggiungendo tubi flangiati alla tubazione posta lungo la spiaggia, la prima modalità è basata sulla ricostruzione della spiaggia ad opera della sabbia distribuita dal flusso dell'acqua che fuoriesce dal tubo (il ripascimento si spinge così fino al primo tratto della spiaggia sommersa), mentre la seconda si basa sulla realizzazione di un argine a mare (Fig. 12), costruito da alcuni mezzi a terra nell'intervallo tra un viaggio e l'altro della draga, che obbliga la miscela acqua-sabbia a scorrere lungo la spiaggia per più tempo dando modo ad un maggior volume di sabbia di depositarsi; si ottiene così un maggior rialzo della spiaggia, ma anche un maggior gradino tra spiaggia emersa e sommersa.

L'ultimo viaggio della draga è avvenuto il 6 maggio verso la spiaggia antistante la zona ad alto pregio naturalistico, quindi priva di stabilimenti balneari, compresa tra Lido di Classe e la foce del torrente Bevano. Sulla stessa sono state poi fatte convergere tutte e tre le tubazioni da 2 km per essere risezionate e gli spezzoni trasportati verso altri cantieri (Fig. 13).

In Figura 14, la descrizione delle modalità e tecniche di realizzazione del lavoro sopra riportata viene integrata con la rappresentazione di due elementi costruttivi specifici.

### Monitoraggio

In Italia la movimentazione di materiale in ambito marino e litoraneo è subordinata alle indicazioni del Decreto del Ministero dell'Ambiente del 24 gennaio 1996. Il progetto di ripascimento delle spiagge emiliano-romagnole con circa 800.000 m<sup>3</sup> di sabbie sottomarine poteva quindi essere realizzato solo a seguito dell'emissione di un apposito decreto autorizzativo da parte del Ministero dell'Ambiente.

A tal fine, fin dalle prime fasi della progettazione, sono stati contattati i funzionari preposti del suddetto Ministero per definire il programma di massima per la tutela e il monitoraggio dell'area di prelievo. In accordo con ICRAM ed altri Istituti scientifici coinvolti, è stato in seguito definito un articolato programma di caratterizzazione dell'area di prelievo da realizzare prima dell'avvio delle operazioni di dragaggio.

Come accennato precedentemente, l'area di prelievo dista circa 30 miglia dalla costa e corrisponde ad un rettangolo di 500 m x 2000 m di lato, lo spessore della sabbia è di circa 3 m.

Per caratterizzare l'area in tutti i suoi aspetti sono state individuate 9 stazioni di riferimento (diventate poi 10) di cui 3 interne all'area, tutte comunque disposte su due transetti perpendicolari tra loro ed intersecantisi al centro dell'area (Fig. 15). In ogni stazione sono state acquisite, nella primavera 2001, con la motonave Daphne II ed altre imbarcazioni, informazioni relative ai parametri fisico-chimici dell'acqua (trasmissanza, pH, salinità, temperatura, ossigeno disciolto, clorofilla "a" e nutrienti) e dei sedimenti (descrizione macroscopica dei materiali, granulometria, contenuto di elementi in tracce, IPA, PCB, sostanze organoclorurate, sostanza organica), biologici (campionamento della fauna macrobentonica e campagna di pesca a strascico, per la definizione delle specie demersali), e microbiologici dei sedimenti (analisi batteriologiche e virologiche).

In seguito sono state realizzate attività di rilievo indiretto volte alla definizione delle caratteristiche fisiografiche del fondale, tramite Side Scan Sonar e Multibeam.

Contemporaneamente alla caratterizzazione dell'area di prelievo, ARPA Ingegneria Ambientale con la collaborazione delle Sezioni provinciali dell'ARPA di Rimini, Ravenna, Forlì e Ferrara, ha caratterizzato le spiagge da ripascere. I risultati di tutte le attività di caratterizzazione sono stati riportati in due specifici elaborati del progetto esecutivo.

Per verificare l'impatto delle attività di dragaggio sull'ambiente, sul benthos e sulla pesca, sono state realizzate 3 campagne di monitoraggio in corso d'opera nell'area di prelievo e in quella circostante, con prelievo di campioni dalle stesse stazioni individuate durante la fase di caratterizzazione, eseguendo inoltre rilievi Side Scan Sonar, Multibeam e tirate di pesca.





Figura 12 - Modalità di distribuzione della sabbia. In alto: la spiaggia di Riccione ricostruita dal libero fluire verso mare della miscela acqua sabbia. In basso: la spiaggia di Milano Marittima ricostruita contenendo il flusso acqua sabbia con un argine lato mare.



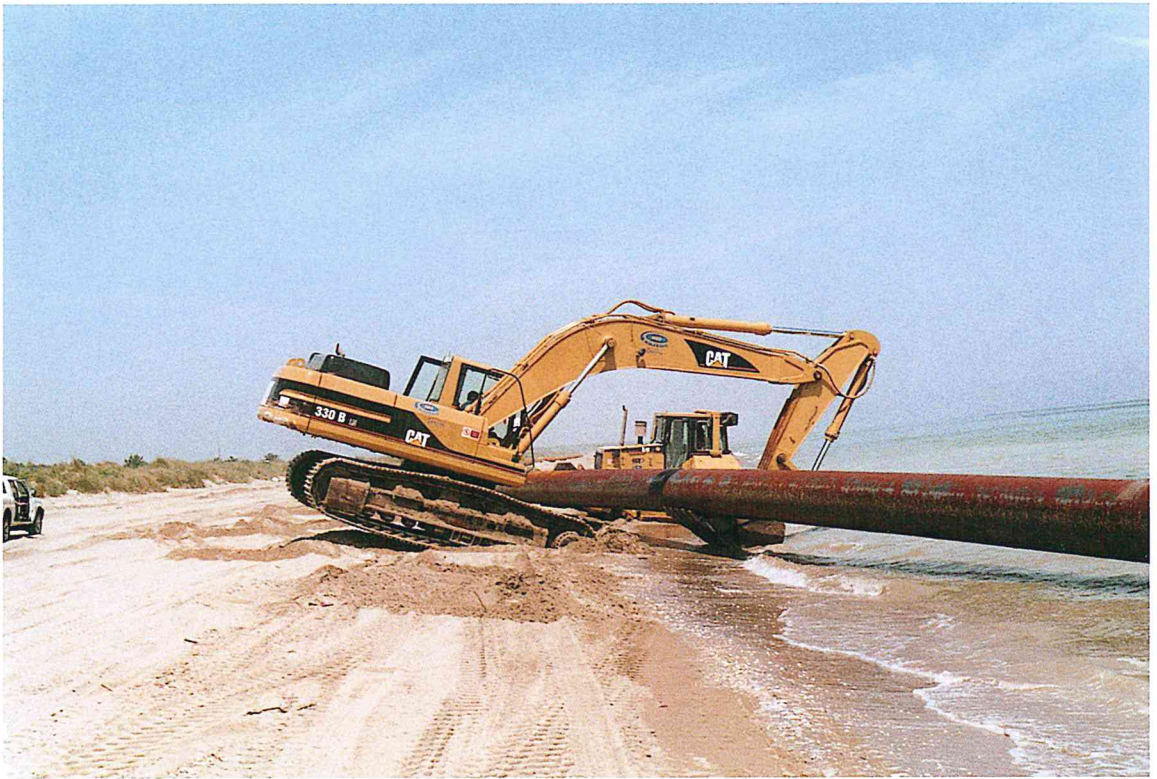


Figura 13 - Operazioni di recupero e risezionatura delle tubazioni a fine lavori.





Figura 14 - Particolari costruttivi delle condotte di mandata della sabbia. In alto: giunto a testata sferica per il collegamento tra due tubazioni lunghe 2 km ciascuna. In basso: elemento a 3 vie, con valvole, per il collegamento della tubazione sommersa di mandata dalla nave con le tubazioni di distribuzione della sabbia sulla spiaggia.







Terminati i lavori, la Regione Emilia-Romagna ha incaricato ARPA di verificare tempi e modalità di ricolonizzazione dell'area da parte delle diverse specie bentoniche e più in generale l'evoluzione dell'intera area di prelievo, mediante l'esecuzione di 5 campagne di monitoraggio da eseguire nel periodo 2002-2005. Il monitoraggio riguarderà anche l'evoluzione delle spiagge oggetto di intervento.

È importante sottolineare che uno dei vincoli principali del progetto, ribadito dal decreto autorizzativo del Ministero dell'Ambiente, era il rispetto da parte della draga dell'area di 1 km<sup>2</sup> assegnata per il dragaggio della sabbia.

Per evitare il possibile verificarsi di violazioni dei limiti dell'area assegnata, è stato impostato un doppio sistema di controllo: in continuo, mediante un'apposita strumentazione installata sulla nave e relativa stazione di controllo presso la Capitaneria di Porto di Ravenna, che permetteva di localizzare in ogni istante rotta e posizione della draga; periodico, mediante rilievi Side Scan Sonar e Multibeam. A lavori finiti è risultato comunque un rispetto pressoché totale dei limiti dell'area assegnata.

### Conclusioni

Nei primi cinque mesi del 2002, la Regione Emilia-Romagna ha realizzato il primo intervento di difesa del proprio litorale mediante il ripascimento con sabbie sottomarine di 9 tratti di spiaggia in stato di forte criticità.

A partire dalle prime fasi della redazione del progetto preliminare, questo intervento ha evidenziato una serie di specificità che lo rendevano del tutto diverso dagli altri realizzati nella laguna Veneta e a Ostia, e più in generale in Europa. Queste caratteristiche peculiari sono:

- elevata distanza dalla costa (30 miglia) e profondità (40 m) dell'area di prelievo in mare;
- elevato numero di tratti di spiaggia da ripascere (9);
- modesta pendenza dei fondali sottocosta (a Cesenatico la -10 m è a 5 km);
- ridotto volume di sabbia da apportare per metro lineare di spiaggia ( $\leq 100 \text{ m}^3$ );
- presenza su 5 dei 9 tratti da ripascere di scogliere o pennelli;
- vincolo a non operare durante la stagione balneare (maggio-settembre).

Tali problematiche hanno reso il progetto altamente complesso e conseguentemente le soluzioni adottate altamente innovative.

A fine lavori risulta che, in 72 giorni, una draga della capacità di 6000 m<sup>3</sup> ha portato circa 800.000 m<sup>3</sup> di sabbia di ottima qualità su 10 km di costa, frazionati in 9 tratti distinti, a loro volta distribuiti su 55 km di litorale.

In tutti i 9 siti, il ripascimento è stato effettuato direttamente dalla draga, quindi senza il ricorso al trasporto via autocarro, per cui l'impatto ambientale a terra è stato minimo.

L'allargamento dell'arenile è stato mediamente di 30-40 m, ma a Riccione sud sono stati raggiunti i 70 m (Fig. 16).

Gli operatori balneari delle aree interessate, che da anni mal sopportano il via vai dei camion che a primavera portano la sabbia dalle cave, hanno assistito, tra l'incredulo e lo stupefatto, al rapido allargamento della loro spiaggia.

Tre erano gli aspetti che, già in fase di progettazione risultavano potenzialmente in grado di intaccare la portata dell'intervento e di ridurre il gradimento da parte degli operatori di spiaggia e più in generale dell'opinione pubblica. Tutti e tre sono diventati puntualmente, in qualche misura, oggetto di cronaca.

Il primo è il colore della sabbia dei dossi sottomarini che inizialmente non era "bionda" come quella delle attuali spiagge, ma grigia. Il tema è passato però subito in secondo piano sia perché ha prevalso la soddisfazione derivante dal forte allargamento della spiaggia, sia perché dopo pochi giorni, il grigio iniziale si è notevolmente attenuato ed infine perché il progetto prevedeva la ricopertura della sabbia apportata con quella di spiaggia, preventivamente accumulata.

Il secondo aspetto, che ha provocato qualche perplessità, è il notevole quantitativo di gusci di molluschi presenti nelle sabbie portate sulla spiaggia di Riccione durante la prima settimana di lavori. Anche





Figura 16 - Riccione sud: la spiaggia prima e dopo l'intervento di ripascimento.



questo tema si è presto stemperato perché lo strato conchigliare è presente nella parte sommitale dell'area di prelievo, quindi con il procedere del dragaggio la percentuale delle conchiglie è via via diminuita. La presenza di conchiglie fossili, aventi un'età di 8-9.000 anni e dimensioni insolite per la costa romagnola, è diventata al contrario una nota di colore in quanto ha destato la curiosità di moltissime persone che armate di paletta e sportina si sono dedicate alla loro raccolta.

Un peso ben diverso ha avuto il terzo tema, ovvero l'impatto ambientale provocato dal dragaggio nell'area al largo, anche perché è stato fatto proprio dalle associazioni di categoria dei pescatori. I loro rappresentanti sostenevano infatti che l'area di dragaggio aveva un elevato valore ambientale perché era all'interno di una zona di riproduzione ittica. Quest'affermazione è stata negata dagli Istituti scientifici specializzati. In ogni caso, la Regione si è impegnata a verificare le modalità e i tempi di ricolonizzazione dell'area da parte delle diverse specie bentoniche, affidando ad ARPA l'incarico per eseguire un articolato programma di monitoraggio negli anni che vanno dal 2002 al 2005.

Per dare risposte certe ai pescatori sui risultati del monitoraggio, la Regione ha inoltre allestito un tavolo di lavoro, presieduto dall'Assessore alla Difesa del Suolo e della Costa, a cui partecipano i rappresentanti delle categorie della pesca, i funzionari regionali interessati e il responsabile del monitoraggio per conto di ARPA.

Nel momento in cui spiagge ridotte a pochi metri di larghezza, da decenni di erosione, sono state ampliate al punto da ritornare alle dimensioni di 30-40 anni fa, le domande che ora tutti si pongono sono: ma quanto tempo resta questa sabbia? e, quando si farà un altro intervento simile?

Queste domande sono, da un lato la conferma dell'elevato gradimento ottenuto dall'intervento appena terminato, dall'altro il presupposto da cui partire per impostare un'avanzata politica di difesa dei litorali, basata su un approccio di tipo gestionale. Prima ancora della gestione integrata della zona costiera, che resta comunque l'obiettivo di fondo su cui si sta indirizzando la giunta della Regione Emilia-Romagna, si può facilmente attuare una politica di gestione degli interventi di difesa.

È sufficiente infatti continuare a sviluppare l'esperienza maturata negli ultimi 20 anni, basata sull'attuazione degli indirizzi forniti dai 2 studi di pianificazione della costa del 1981 e del 1996, supportandola con un adeguato flusso di risorse finanziarie.

In questo periodo infatti, pur tra mille difficoltà, la difesa del litorale in Emilia-Romagna è stata attuata in gran parte operando all'interno di una visione complessiva dei processi, con chiari obiettivi di recupero dei valori ambientali e ottimizzazione delle risorse, quindi nel rispetto dei principi della gestione integrata.

Lo testimoniano le politiche attuate dalla Regione, finalizzate alla riduzione della subsidenza, al ripristino del trasporto solido a mare da parte dei fiumi, a scoraggiare il prolungamento dei moli portuali e la costruzione di nuove scogliere e l'applicazione su larga scala del ripascimento (destinando a questo anche la parte migliore del materiale dragato nei porti). Diversamente non si può escludere un ritorno al passato. Non va dimenticato infatti che, fino alla realizzazione dell'intervento con sabbie sottomarine, per la maggior parte degli operatori turistici la difesa dall'erosione veniva fatta coincidere con l'opera rigida, quindi con le scogliere, un tempo emerse, ultimamente sommerse.

Si tratta di una visione culturale, pur comprensibile, legata al conseguimento d'interessi economici di breve periodo, che sconta però la mancanza di una visione d'insieme del litorale e delle cause del suo dissesto e non considera il forte impatto ambientale che le opere rigide determinano.

Questa cultura va quindi superata, perché senza un'alta qualità ambientale non può esserci sviluppo dell'economia turistico-balneare.



## Bibliografia

- AA.VV. (1981) - *Piano progettuale per la difesa della costa adriatica emiliano-romagnola*. IDROSER, Bologna.
- AA.VV. (1996) - *Progetto di piano per la difesa dal mare e la riqualificazione ambientale del litorale della Regione Emilia-Romagna*. IDROSER, Bologna.
- AA.VV. (1997) - *Carta geomorfologica della pianura padana, Carta altimetrica e dei movimenti verticali del suolo della pianura padana*. M.U.R.S.T, Edizione S.E.L.C.A, Firenze.
- Antoniazzi A. 1976 - *L'erosione marina nel litorale tra Cervia e Pesaro*, C.C.I.A.A., pp.161, Forlì.
- Arca S. e Beretta G.P. (1985) - *Prima sintesi geodetica-geologica sui movimenti verticali del suolo dell'Italia settentrionale*. Boll. Geod. Sc. Aff., XLIV/2: 125-126.
- Bondensan M., Calderoni G., Dal Cin R. (1978) - *Il litorale delle province di Ferrara e Ravenna (Alto Adriatico). Evoluzione morfologica e distribuzione dei sedimenti*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 97: 247-287.
- Bondensan M., Castiglioni G.B., Elmi C., Gabbianelli G., Marocco R., Pirazzoli P.A. e Tomasin A. (1995) - *Coastal Areas at Risk from Storm Surges and Sea - Level Rise in Northeastern Italy*. Journal of Coastal Research, 11: 1354-1379.
- Brambati A. (1984) - *Erosione e difesa delle spiagge adriatiche*. Boll. Oceanol. Teor. Appl. 2: 1-15.
- Bruun P. (1962) - *Sea level rise as a cause of shore erosion*. Proc. ASCE J Waterways Harbour Coastal. 88: 1-117.
- Cecconi G. (1999) - *La protezione dell'ambiente lagunare e costiero Veneziano. In 17° giornata sull'ambiente*. Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, Atti del Convegno Lincei, 161: 157-173.
- Cecconi G. (1997) - *Venezia e il problema delle acque alte. Il rischio di danno al patrimonio urbano a causa della crescita relativa del livello del mare*. Consorzio Venezia Nuova, Quaderni trimestrali, 2: 23-44.
- Cencini A., Cuccoli L., Fabbri P., Montanari F., Semboloni F., Torresani S. e Varani L. (1979) - *Le spiagge di Romagna: uno spazio da proteggere*. Prog. Final. Conserv. Suolo - Sottopr. Dinamica Litorali, C.N.R. Bologna. Quaderno N. 1: 1-159.
- Ciabatti M. (1968) - *Ricerche sull'evoluzione del Delta Padano*, Giorn. Geol., Ser. II XXXIV, 2: 1-26.
- Colantoni P., Gallignani P. (1978) - *Ricerche sulla piattaforma continentale dell'Alto Adriatico*. Progetto Finalizzato Oceanografia e Fondi Marini, Quaderno n. 1: 1-113.
- Colantoni P., Gallignani P. (1980) - *Ricerche sulla piattaforma continentale dell'Alto Adriatico*. Progetto Finalizzato Oceanografia e Fondi Marini, Quaderno n. 2: 1-87.
- Colantoni P., Preti M., Villani B. (1990) - *Sistema deposizionale e linea di riva olocenica sommersi in Adriatico al largo di Ravenna*. Giorn. Geol., 52, pp. 1-18.
- Correggiari A., Roveri M., Trincardi F. (1996) - *Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic Sea*. Il Quaternario, 9: 697-704.
- Fabbri et al. *Carta geologica dei mari italiani*, foglio NL33-10 Ravenna, 1:250.000, Ist. Pol. e Zecca dello Stato, in corso di stampa.
- Lupino P. (2000) - *Giornata di studio sulla difesa delle coste: Esperienze e nuove prospettive nella difesa dei litorali*. Relazione Convegno Regione Lazio, 27 ottobre.
- Pirazzoli P.A. (2000) - *Cambiamenti globali e variazione del livello del mare: meccanismi e tendenze evolutive*, da Mare e Cambiamenti Globali. Aspetti scientifici e gestione del territorio, ed. ICRAM, pp. 15-28.
- Preti M. (1985) - *Ricerca di depositi sabbiosi sul fondo del mare Adriatico da utilizzare per il ripascimento delle spiagge in erosione*. IDROSER, Bologna.
- Preti M. (1990) - *Ricerca di depositi sabbiosi sul fondo del mare Adriatico da utilizzare per il ripascimento delle spiagge in erosione, 2ª campagna*. IDROSER, Bologna.
- Preti M. (1993) - *La difesa del territorio costiero in Emilia-Romagna: esperienze e considerazioni*. In "La difesa dei litorali in Italia", Aminti e Pranzini Ed., Edizioni delle Autonomie, Roma, pp. 283-295.
- Preti M. (1999) - *Eustatismo, subsidenza e linee di intervento per la difesa del territorio costiero in Emilia*



- Romagna. Mare e cambiamenti globali: aspetti scientifici e gestione del territorio*, ICRAM, pp. 167-179.
- Preti M. (1999) - *The Holocene transgression and the land-sea interaction south of the Po delta*. Giorn. Geol., 61: 143-159.
- Salvioni G. (1957) - *I movimenti del suolo nell'Italia centro-settentrionale*. Boll. Geodesia e Sc. Affini, XVI, 3: 325-366.
- Veggiani A. (1960) - *Le cave di sabbia e ghiaia tra Cervia e Ravenna e il loro interesse geologico*. Studi Romagnoli, XI, pp. 3-20.
- Visentini M. e Borghi G. (1938) - *Le spiagge padane*, C.N.R., 137 pp., Roma.