

# **Analisi preliminare dell'utilizzo delle sabbie dragate dal fiume Po per il ripascimento del litorale Emiliano Romagnolo**

Caterina Zoppi<sup>1</sup>, Barbara Zanuttigh<sup>2</sup>

1 Studio Zoppi – Piazza Diaz, 3 – 60123 Ancona

2 DICAM Università di Bologna – Viale Risorgimento 2 – 40136 Bologna

Il litorale Emiliano-Romagnolo è costituito da 130 Km di costa bassa e sabbiosa che si estende dalla foce del torrente Tavollo alla foce del Po di Goro.

Purtroppo si stima che la maggior parte delle spiagge sia in erosione; in particolare:

- in Italia l'erosione è pari al 42%;
- in Emilia-Romagna è pari al 24%.

L'equilibrio di un litorale sabbioso è estremamente dinamico e dipende dall'interazione di diversi fattori:

- il moto ondoso e le correnti,
- il trasporto eolico,
- gli apporti sedimentari fluviali,
- la subsidenza (naturale o indotta),
- i fenomeni tettonici di sollevamento/abbassamento del settore costiero,
- le variazioni eustatiche del livello marino,
- le attività antropiche.

Esso è oggi compromesso dall'uso intensivo del territorio e dalla concomitanza di interventi artificiali e fenomeni naturali. L'estesa urbanizzazione e lo sviluppo dell'agricoltura, la diminuzione dell'apporto di sedimenti da parte dei fiumi, la presenza di opere costiere, il prelievo di acqua e metano dal sottosuolo e i marcati tassi di subsidenza hanno fortemente accentuato la vulnerabilità della costa Emiliana-Romagnola oggi soggetta ad estesi processi erosivi. Dagli anni '30 lo Stato ha realizzato opere di difesa dall'erosione per 65 km di litorale, ed opere di contenimento dalle ingressioni marine per circa 30 km. Questi interventi hanno permesso di contenere, in buona misura localmente, l'avanzata del mare ma hanno anche prodotto una marcata alterazione dei caratteri paesaggistici - ambientali originali della costa.

Tra le opere di difesa si identificano le opere artificiali protettive classificabili in:

- opere parallele alla costa, emerse o semisommerse, create per far sì che l'onda non franga sulla riva ma sulla struttura stessa;
- opere perpendicolari alla costa, pennelli, utilizzati per interrompere il trasporto delle sabbie lungo riva;
- opere radenti, paratie, muri di sponda e rivestimenti, utilizzate laddove vi siano situazioni di rischio per infrastrutture stradali e ferroviarie, o per edifici urbani situati in prossimità della costa.

È ormai dimostrato come la presenza d'infrastrutture costiere, quali opere portuali e opere di difesa rigide, condizioni l'andamento delle correnti che determinano il trasporto delle sabbie contribuendo così ad accentuare l'erosione. In generale si può affermare che l'equilibrio di una spiaggia è strettamente correlato al bilancio dei sedimenti in entrata e in uscita da essa. In ragione di questa evidenza la Regione ha spostato la sua azione verso tipi di difesa "soft", trovando nel ripascimento artificiale con sabbie litoranee e/o sottomarine la soluzione ottimale per la difesa delle spiagge dall'erosione.

Il ripascimento è in intervento di difesa costiera che consiste nel ricostruire la spiaggia erosa mediante l'impiego di materiale idoneo. Poiché tali attività comportano la movimentazione di milioni di mc di sedimento, oltre all'aspetto tecnico-progettuale ed economico, è fondamentale rivolgere l'attenzione agli aspetti ambientali, soprattutto in un ambiente ricco di emergenze naturalistiche come il bacino Mediterraneo.

Per effettuare un ripascimento occorre considerare diversi fattori:

- identificazione del sito e del tratto di intervento;
- valutazione di quanta sabbia versare per metro lineare di spiaggia;
- tipologia di sabbia da utilizzare;
- cava di prestito
- valutazione sulla configurazione che il volume di spiaggia deve assumere;
- necessità di eventuali opere collaterali.

Il ripascimento può essere effettuato con materiale proveniente da differenti siti:

- cave di terra;
- cave sottomarine (sabbie relitte);
- residui (ad esempio dal dragaggio di darsene portuali)
- alvei fluviali.

Se il ripascimento avviene da terra è effettuato mediante camion o con condotte by-pass delle sabbie.

Se il ripascimento avviene via mare è effettuato tramite dragaggio e trasferimento in sabbiodotto o attraverso il lancio con bettolina.

E' quindi importante ed è proprio il punto focale dello studio in esame evidenziare il problema della fonte di sabbia con la conseguente ricerca di nuove soluzioni di approvvigionamento.

Il costo del materiale prelevato da cave a terra è di 20-30 €/mc. Per il suo elevato costo, è questa una sabbia utilizzata solamente per la riconfigurazione di arenili di alto pregio turistico o se richiesto un materiale specifico difficilmente reperibile in zone di recupero.

Il costo del materiale prelevato da cave sottomarine è di 15 €/mc.

Queste sabbie sono state utilizzate in Emilia-Romagna nel 2002, nell'ambito del "Progettone 1: programma degli interventi di messa in sicurezza dei tratti critici del litorale Emiliano-Romagnolo mediante ripascimento con sabbie sottomarine".

Sono stati prelevati 800.000 mc di sabbia da un dosso sottomarino di granulo medio compreso tra 0,16 e 0,20 mm, distribuiti su 8 spiagge, per una lunghezza complessiva di 9 Km.

Ciò che si vuole esaminare a questo punto è la fattibilità di prelievo della sabbia da una nuova fonte di approvvigionamento situata lungo il corso del fiume Po, in prossimità dello sbarramento di Isola Serafini.

Infatti, in presenza di sbarramenti si ha il passaggio a valle di un ridotto quantitativo di sabbia, stimabile nell'ordine di 0,2/0,3 Mmc/anno.

Si assiste dunque ad un accumulo di materiale a monte dello sbarramento che necessita di essere dragato.



*Particolare della sabbia presente a Isola Serafini*

Si è dunque eseguita un'analisi granulometrica delle sabbie del fiume Po; i dati sono estrapolati dall'analisi del corso fluviale, esteso per 490 Km, suddiviso in 9 "tratti omogenei": dal "tratto omogeneo A" al "tratto omogeneo I".

Le analisi di laboratorio eseguite sono finalizzate all'acquisizione della:

- composizione granulometrica dei campioni: eseguite per setacciamento, mediante l'uso di setacci in acciaio "Endecotts", aventi diametro pari a 200 mm. I limiti inferiori e superiori dei setacci sono stati stabiliti in corrispondenza dei diametri: 0,062 mm (limite inferiore delle sabbie); 25 mm (ciottoli medi).
- mineralogia e litologia dei componenti sabbiosi: per le sabbie è stata eseguita la determinazione petrografica dei frammenti litici e la composizione mineralogica dei granuli monominerali mediante microscopio ottico in luce riflessa. La metodologia di analisi prevede l'uso della frazione di dimensione comprese tra 0,25 e 0,50 mm.

Da queste analisi si è evidenziato che la sabbia di idonee caratteristiche ai fini del ripascimento è quella presente nel "tratto omogeneo D", tratto Trebbia-Adda, caratterizzato dalla presenza di depositi sabbiosi ben selezionati, da grossolani a molto fini, con un diametro medio di 0,6 mm.

Valutata la presenza di sabbie idonee per il ripascimento, è stato necessario identificare un sito di intervento nel quale le sabbie del Po fossero compatibili con quelle presenti: Misano Adriatico.

Le granulometrie per le due sabbie sono:

- sabbia di Misano: 0,2 mm;
- sabbia del Po: 0,6 mm.

L'obiettivo è quello di valutare l'efficienza del ripascimento e come si modifica l'entità del trasporto solido nei due casi (sabbia 0,2 mm e sabbia 0,6 mm).

E' stato necessario valutare prima il clima meteomarinico del paraggio tramite un' analisi statistica dei dati della boa di rilevazione della stazione metarifera Azalea. Il fine è quello di ricostruire il clima tipico annuo di una serie limitata di onde con l'obiettivo fondamentale di mantenere invariata l'energia ondosa del paraggio.

Per il calcolo del trasporto solido si è scelto un modello matematico ad una linea basato sulle seguenti ipotesi:

- versamento della sabbia a riva fino alla profondità di chiusura;
- assenza di opere di difesa rigide.

Utilizzando la formula di Kamphuis si è calcolato il trasporto solido nei due casi:

- sabbia 0,2 mm già presente a Misano: 48.151 mc/anno da SUD verso NORD;
- sabbia 0,6 mm: 18.816 mc/anno da SUD verso NORD.

Se si tiene però conto del fatto che non è simulato un vero e proprio ripascimento, essendo la spiaggia già in equilibrio, è opportuno considerare una differenza di erosione con fattore 2.

In ogni caso, l'utilizzo di una sabbia con granulometria 0,6 mm è cautelativa.

In conclusione si può affermare che:

- sabbia 0,2 mm: ripascimento 100.0000 mc ogni 2 anni;
- sabbia 0,6 mm: ripascimento 100.000 mc ogni 5 anni.

Attenendosi ai dati storici si va pertanto ad operare su una riduzione dei versamenti in frequenza, piuttosto che in volume. Questa considerazione è peraltro perfettamente compatibile con le estrazioni dal fiume Po. Infatti a causa degli elevati costi delle operazioni di dragaggio e trasporto di materiale dal Po e della disponibilità di materiale accumulato dietro lo sbarramento, è opportuno prelevare ingenti quantitativi di materiale con frequenze di estrazione superiori ai 3 anni.

E' inoltre buona norma prevedere 2 monitoraggi:

- il primo al termine del primo anno;
- il secondo al termine del terzo anno;

per valutare se al termine del terzo anno si verificano o meno condizioni per cui va eseguito un ulteriore versamento.

Valutate quindi:

- la compatibilità della sabbia presente a Isola Serafini con quella di Misano Adriatico;
- l'entità del trasporto solido longshore;
- la quantità di sabbia da portare a ripascimento: 100.000 mc ogni 5 anni;

sono da valutare le ipotesi di trasporto del materiale:

- trasporto su gomma: da Isola Serafini a Misano Adriatico;
- trasporto fluvio-marittimo:
  - o da Isola Serafini a Porto Garibaldi: fluviale;
  - o da Porto Garibaldi a Misano Adriatico: marittimo

In entrambi i casi si individueranno i mezzi disponibili al trasporto di sabbia, i costi, relativi al carico e alla lunghezza del percorso e i tracciati possibili.

Poiché la sabbia prelevata sul fiume Po, è ipotizzabile come demaniale, per determinare il costo di quest'ultima, si fa riferimento unicamente al prezzo del trasporto che andrà poi confrontato con i prezzi dei materiali reperibili dalle fonti oggi in uso. Per essere competitivo, il progetto in esame dovrebbe comportare costi inferiori o almeno paragonabili a quelli noti.

*Ipotesi di trasporto su gomma:*



*Percorso stradale Monticelli d'Ongina (Isola Serafini) - Misano Adriatico*

Per capire se il trasporto su gomma possa essere o no una valida alternativa per il trasporto di sabbia da Isola Serafini a Misano Adriatico sarà necessario valutare:

- quantitativo di sabbia che si vuole trasportare: 100.000 mc ogni 5 anni, 165.000 tonnellate;
- lunghezza del percorso: 290 Km;
- costo degli autocarri relativo ad ogni tratta andata e ritorno: 650 € a camion;
- numero degli autocarri necessari: 40 mezzi al giorno;
- numero dei viaggi: 5300 viaggi circa.

Moltiplicando quindi il numero dei viaggi per il costo complessivo relativo ad ogni tratta, si ottiene:

**5.300 x 650 €/camion = 3,4 Milioni di Euro circa.**

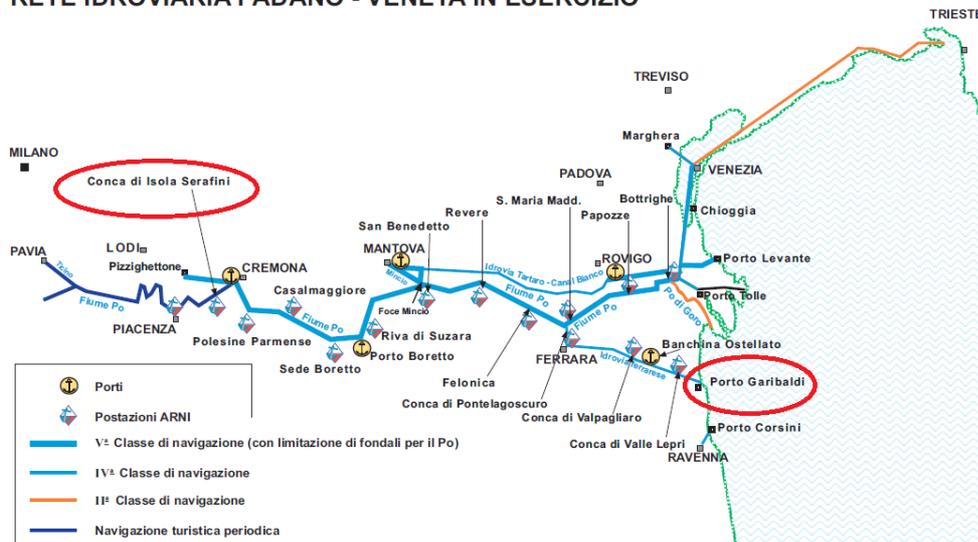
Il risultato parla chiaro, il trasporto su gomma è impensabile sia in termini economici che in termini di inquinamento che si verrebbe a produrre.

Ipotesi di trasporto fluvio-marittimo:

Anche in questo caso, per valutare la convenienza economica dell'idrovia occorre stimare:

- quantitativo di sabbia che si vuole trasportare: 165.000 tonnellate;
- lunghezza del percorso:
  - o Isola Serafini – Porto Garibaldi (tratto fluviale): 150 miglia;

**RETE IDROVIARIA PADANO - VENETA IN ESERCIZIO**



- o Porto Garibaldi – Misano Adriatico (tratto marittimo): 45 miglia



- costo di ogni mezzo relativo ad ogni tratta andata e ritorno:
  - o motonave fluviale: 2.000 €/giorno;

- motonave marittima: 6.500 €/giorno;
- numero di viaggi:
  - tratta fluviale: 280 viaggi circa;
  - tratta marittima: 100 viaggi circa.

Si valutano ora i costi relativi le singole tratte:

tratta fluviale:

- costo totale: 280 viaggi x 4000 € = 1,12 Milioni di Euro circa
- **costo della sabbia in base al trasporto:** 6,93 €/tonnellata o 11,4 €/mc

tratta marittima:

- costo totale: 100 viaggi x 6500 € = 650 Mila Euro circa
- **costo della sabbia in base al trasporto:** 4,06 €/tonnellata o 6,7 €/mc

Complessivamente il prezzo della sabbia è di **10,99 €/tonnellata o 18,1 €/mc.**

Per valutare se l'intervento sia economicamente vantaggioso o meno, occorre eseguire un confronto con le altre due fonti di approvvigionamento trattate:

- da cave a terra;
- da depositi sottomarini.

Per quel che concerne il confronto con le cave a terra, il costo della sabbia trasportata con mezzi fluvio – marittimi è sicuramente inferiore:

- 20 €/mc, materiale di cava a terra;
- 18,1 €/mc materiale prelevato dal Po.

Il confronto con le sabbie sottomarine è invece diverso.

Infatti il costo della sabbia sottomarina, comprensivo di fornitura e posa in opera, si aggira attorno ai 15,50 €/mc. Tale valore è evidentemente inferiore rispetto ai 18,1 €/mc della sabbia del Po.

Si devono però considerare gli aspetti legati alle tempistiche di ripascimento e ai diametri delle sabbie utilizzate.

Si è infatti dedotto, dalle modellazioni precedenti, che un utilizzo di sabbia prelevata dal Po, di granulometria 0,6 mm, ha nel complesso un costo superiore rispetto alla sabbia prelevata da giacimenti sottomarini, ma necessita di interventi condotti ad intervalli temporali ben più ampi.

Si valutano quindi i costi complessivi relativi alle due possibili granulometrie: 0,2 mm e 0,6 mm.

*Sabbia con granulometria 0,1-0,2 mm:*

- quantità di sabbia da portare a ripascimento: 100.000 mc ogni 2 anni;
- costo della sabbia prelevata da cava sottomarina: 15,50 €/mc;
- 1.550.000 Euro;
- essendo questo tipo di intervento da effettuare ogni 2 anni, il costo è di 775.000 Euro all'anno;
- questo costo è comprensivo di trasporto e posa in opera.

### *Sabbia con granulometria 0,6 mm:*

- quantità di sabbia da portare a ripascimento: 100.000 mc ogni 5 anni;
- costo della sabbia prelevata dal fiume Po: 18,1 €/mc;
- 1.810.000 Euro;
- essendo questo tipo di intervento da effettuare ogni 5 anni, il costo è di 352.000 Euro all'anno;
- questo costo è comprensivo di trasporto e posa in opera.

Il fatto di poter eseguire l'intervento ogni 5 anni determina quindi una diminuzione del costo della sabbia anche rispetto al prelievo da cava sottomarina.

Il motivo per cui è stata scelta la spiaggia di Misano Adriatico è stato dettato dalla somiglianza delle due sabbie determinata dal confronto dell'analisi granulometrica. Va inoltre detto che in passato questa spiaggia era caratterizzata da ciottoli e per questo si è pensato di non danneggiare l'aspetto paesaggistico apportando materiale con granulometria di poco superiore a quella attualmente presente.

Se quindi in prima istanza il costo della sabbia prelevata dal Po può sembrare fortemente condizionato dal trasporto, considerando i tempi tecnici di intervento, questo risultato subisce delle modifiche rivelandosi più vantaggioso.

Per avere delle valutazioni attendibili dei costi del materiale in relazione alla sua fonte di prelievo, si devono valutare molteplici aspetti:

- il sito di intervento;
- le modalità di intervento;
- l'intervallo temporale con il quale eseguire i versamenti;
- i costi di trasporto.

## **Conclusioni**

L'obiettivo di questa tesi è stato quello di fornire delle soluzioni alternative alle fonti di approvvigionamento dei materiali da ripascimento.

Infatti questi tipi di interventi stanno sempre più prendendo piede nel nostro paese come risposte al crescente problema dell'erosione costiera. Purtroppo però la questione fondamentale a riguardo è incentrata sulla ricerca dei materiali idonei.

Ecco che lo spunto qui offerto potrebbe fornire una valida alternativa al prelievo dei materiali da cave a terra e da cave sottomarine.

Sono state eseguite indagini per determinare le tempistiche di intervento dalle quali si è visto che un ripascimento eseguito con le sabbie del Po, di granulometria 0,6 mm, può essere effettuato ogni 5 anni, diversamente da quanto avviene per l'uso di sabbie di granulometria 0,2 mm, attualmente in uso, effettuato ogni 2 anni.

In secondo luogo sono state valutate le modalità di trasporto della sabbia del Po:

- trasporto su gomma;
- trasporto fluvio – marittimo.

La prima soluzione appare del tutto inadeguata sia dal punto di vista economico che ambientale.

La seconda, in parte potrebbe essere accettata, ma è comunque indice di una forte mancanza nelle nostre realtà. Infatti, essendo il trasporto idroviario poco sviluppato in Italia, si assiste ad una richiesta eccessiva in termini economici, dettata dall'assenza di una concorrenza diretta nel settore.

Il motivo di questo scarso sviluppo va ricercato nella politica dei trasporti attuata dai Governi negli anni passati, che hanno sovvenzionato altri progetti piuttosto che privilegiare le vie navigabili.

Tra i vari problemi che bloccano lo sviluppo della rete, si possono annoverare:

- mancanza di uno standard ottimale;
- relazioni di traffico limitate;
- manutenzione dei fondali navigabili;
- flotte limitate;
- inefficienza o mancanza di vie di accesso al mare.

La fattibilità è quindi da considerare positiva ma ha permesso di evidenziare dei problemi inerenti alle reti di trasporto idroviario. Sarebbe un peccato non poter utilizzare un materiale disponibile in natura per via di problematiche relative alla mobilità. La speranza è quella di poter un giorno progredire anche in questa direzione

## Bibliografia

- Mentino Preti, *Stato del litorale emiliano-romagnolo all'anno 2007 e piano decennale di gestione*, Quaderni ARPA - Regione Emilia Romagna
- Ugo Tomasicchio, *Manuale di ingegneria portuale e costiera*, BIOS
- Luisa Nicoletti, Daniela Paganelli, Massimo Gabellini, *Aspetti ambientali del dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento: proposta di un protocollo di monitoraggio*, Quaderni ICRAM
- Barbara Zanuttigh, *Idraulica Marittima*. edito da ALMA-DL Alma Mater Università di Bologna e depositato presso la BNCF, 2006
- Mentino Preti, *Ripascimento di spiagge con sabbie sottomarine*, ARPA
- Autorità di Bacino del fiume Po, *Aggiornamento delle analisi morfologiche e del bilancio del trasporto solido dell'asta del fiume Po da confluenza Stura di Lanzo all'incile del delta (periodo 2002-2005) e report di valutazione*
- Paolo Spezzani, Giuliano di Baldassarre, Alberto Montanari, *Idraulica del Po e scenari di trasporto solido alo stato attuale e in presenza di sbarramenti*, ARPA rivista n.4 luglio-agosto 2009
- Consorzio navigare sul Po, *La navigazione sul fiume Po*
- Italo Galvani, *Il trasporto merci nel Po e nell Idrovia Feffarese*, ARNI Azienda Regionale per la Navigazione Interna
- Mirko Castagnetti, *Artificial surfing reefs per la difesa e la riqualificazione della costa: ipotesi progettuale a Cattolica (Rn)*, tesi di laurea, Bologna 2009
- Andrea Marullo, *Dissesto altimetrico del fiume Po e ipotesi di riutilizzo delle sabbie di dragaggio per il ripascimento del litorale*
- Provincia di Piacenza, PIAE 2001, *Relazione Tecnica*
- Vittorio Molinari, *Piano del trasporto merci della logistica*

- Autorità di Bacino del Fiume Po, *Il recupero morfologico ed ambientale del fiume Po*