

## Nuovi indicatori per lo studio e la gestione della costa emiliano-romagnola

Margherita Aguzzi, Nunzio De Nigris, Mentino Preti e Roberto Mallegni

Arpa Emilia-Romagna, Direzione Tecnica - Via Largo Caduti del Lavoro, 6 - 40121 Bologna  
E mail: maguzzi@arpa.emr.it, ndenigris@arpa.emr.it, mpreti@arpa.emr.it, rmallegni@arpa.emr.it

### Riassunto

Una parte significativa della costa emiliano-romagnola è protetta con varie tipologie di opere dall'erosione, fenomeno che ha iniziato a interessare il litorale a partire dai primi decenni del '900, ma che ha raggiunto la maggior intensità nella seconda metà del secolo. Questo lavoro presenta tre nuovi indicatori costieri che descrivono la tendenza evolutiva del litorale emiliano-romagnolo nella sua complessità, sulla base dell'analisi integrata di un'ampia gamma di dati a disposizione di Arpa Emilia-Romagna, raccolti nell'ambito degli ultimi due rilievi (2000-2006) delle reti regionali di monitoraggio costiero: linea di riva, variazioni di volume della spiaggia, subsidenza, volumi di sabbia portati a ripascimento, volumi di sabbia prelevati, situazione delle opere rigide. L'analisi integrata è indispensabile per il corretto studio di una costa artificializzata come quella emiliano-romagnola, dove cambiamenti dei volumi della spiaggia o della posizione della linea di riva possono essere causati sia da processi naturali, che da interventi antropici. Il primo indicatore, denominato ASPE, ha lo scopo di fornire il quadro del reale stato di criticità della costa e descrive il litorale così come si presenterebbe se non venissero effettuati gli interventi di difesa. Il secondo indice, l'ASE, fornisce indicazioni sullo stato del litorale così come si presenta dopo essere stato oggetto di interventi di protezione. Infine, il terzo indicatore serve a valutare gli effetti prodotti sulle spiagge dalle misure di difesa adottate, al fine di trovare spunti per ulteriori miglioramenti. Sulla base del confronto tra l'ultimo rilievo costiero, effettuato nel 2006, e il precedente del 2000, l'analisi ASPE dimostra che il 48 % della costa regionale è in condizioni critiche: 33 km sono in erosione e 23 km sono in equilibrio precario solo grazie agli interventi di difesa. D'altra parte, l'indicatore ASE dimostra che grazie alla politica di difesa regionale, orientata prevalentemente verso il ripascimento, soltanto il 15 % (17 km) delle spiagge è ancora in erosione. Focalizzando l'analisi sui tratti di litorale che nel periodo di indagine sono stati oggetto di interventi, i dati dimostrano che il ripascimento ha prodotto un generale miglioramento nello stato delle spiagge. Solo in pochi casi non sono stati rilevati significativi cambiamenti. In conclusione i tre indicatori possono essere utilizzati come strumenti di supporto alla gestione della costa perché permettono 1) di definire dove sono necessarie misure di protezione; 2) di valutare l'efficacia degli interventi; 3) di individuare nuove misure più appropriate.

**Parole chiave:** indicatori, gestione difesa costiera, ripascimento, opere rigide, linea di riva, accumulo, erosione, stabilità.

### Abstract

*A significant part of Emilia-Romagna coast is artificially protected by the erosion that started to affect the beaches in the second half of the 20th century. This paper presents three new coastal indicators which describe the evolutionary trends of the Emilia-Romagna littoral in a simple way, starting from the integrated analysis of the whole set of data collected by Arpa Emilia-Romagna with the last two surveys (2000-2006) of the regional coast monitoring networks: beach volume changes, subsidence, nourishment volume, withdrawals volume, coastline trend, hard structures state.*

*The integrated analysis is fundamental for the correct study of an artificial coast such as the Emilia-Romagna littoral, where changes in beach volume or in coastline features can result both from natural processes and from artificial procedures. The first indicator is called ASPE and shows the real state of the beaches if protection procedures had not been carried out. The second indicator is called ASE and its aim is to assess the state of the regional littoral produced by the mitigation works. The third indicator evaluates the effectiveness of defence policy on the Emilia-Romagna coast in order to find suggests for improvements.*

*On the basis of the last available coastal survey (2006) compared with the previous one carried out in 2000, ASPE analysis shows that 48% of the regional coast is in critical conditions: 33 km are in erosion and 23 km are in precarious balance. But on the other hand, as shown by ASE indicator, thanks to the Emilia-Romagna regional defence policy mainly orientated towards nourishment, only 15% of the beaches are still in erosion. Focusing analysis on cells where interventions have been carried out during the six years investigated, the data show that nourishment has produced a general beach improvement. Only in a few cases no changes are noticed. Finally, the three indicators can be used as supporting tools for the management system of the regional coast, because they are able first to define where defence works are needed, then to evaluate the coastal defence system performance and finally to suggest improvements for the coastal protection.*

**Keywords:** *indicators, coastal defence management, nourishment, hard structures, shoreline, accumulation, erosion, stability.*

## Introduzione

Le coste basse e sabbiose sono sistemi molto complessi, difficili da studiare e da gestire. La complessità che le caratterizza è correlata ai differenti e numerosi fattori, di origine sia naturale che antropica, che agiscono su di esse rendendole luoghi estremamente dinamici e variabili. Tra i vari processi che interessano i litorali sabbiosi uno dei più studiati e contrastati è quello dell'erosione costiera.

Una tra le questioni fondamentali che gli studiosi dei sistemi costieri si trovano a dover affrontare è la definizione di criteri di analisi condivisi e in grado di fornire una realistica ricostruzione dello stato delle coste nella loro complessità.

Nell'ultimo decennio, sia in ambito internazionale che locale, ha avuto progressivamente maggiore seguito l'approccio allo studio dei litorali tramite indicatori ambientali in grado di fornire rappresentazioni sintetiche di realtà ambientali complesse (Eurosion 2004; Deduce, 2007; Conscience, 2010).

In questa sede, si intende presentare il lavoro che negli ultimi anni è stato svolto dall'Unità Specialistica Mare Costa Arpa Emilia-Romagna (Arpa ER) per la definizione, appunto, di indicatori in grado di riflettere le effettive condizioni della costa emiliano-romagnola e di portare a sintesi la grande mole di dati raccolti in 30 anni di attività e studi sulla costa regionale. L'iniziativa è nata dall'esigenza di gestire in maniera sistematica e integrata i dati raccolti con le reti regionali di monitoraggio della subsidenza costiera, della linea di riva e della batimetria, che a partire dal 1984 vengono rilevate da Arpa ER ogni 5-6 anni. A questi si aggiungono le informazioni riguardanti gli interventi di difesa effettuati sul litorale (ripascimenti, costruzione/manutenzione di opere rigide) (Idroser, 1981; Idroser, 1996; Preti et al., 2002; 2008; Arpa Emilia-Romagna, 2009; 2010; 2011).

Tradizionalmente, lo stato di un litorale viene definito sulla base dell'analisi evolutiva della linea di riva in termini di tendenza all'accrescimento, alla stabilità e all'erosione. La linea di riva è, infatti, uno dei più importanti indicatori dell'assetto fisico costiero, esso rappresenta uno dei 27 geoindicatori per la valutazione dei cambiamenti ambientali della terra (Li et al., 2001; Berger e Iams, 1996).

La mappatura della linea di riva è però un'operazione molto delicata e a questo proposito esiste un'ampia trattazione dei criteri utilizzati (Dolan et al., 1980; Krauss e Rosati, 1997; Li et al., 2001; Boak e Turner, 2005; Calabrese e Lorito, 2009; Milli e Surace, 2011). L'altro limite della linea di riva è legato all'ambiguità delle informazioni che essa può fornire nel caso di spiagge fortemente antropizzate come quelle, ad esempio, della Regione Emilia-Romagna. Essa da sola non è espressione oggettiva della situazione erosiva del litorale perché risente fortemente della movimentazione artificiale di sabbia sulla spiagge (argini invernali, dragaggi, ripascimenti). Nonostante questi limiti, la linea di riva resta il dato più diffuso e quindi il più utilizzato per l'analisi delle coste ad ampia scala spaziale e temporale. Generalmente ad essa vengono associati anche altri indicatori che forniscono informazioni sul grado di artificialità della costa e quindi, indirettamente, anche

sul grado di criticità: l'estensione delle opere di difesa, il fronte a mare occupato da opere portuali, il volume di sabbia apportata e le aree di ripascimento (Eurosion, 2004b; Deduce, 2007; Ispra, 2008; Barbano, 2011). In questa sede si intende presentare tre degli indicatori utilizzati per l'Annuario regionale dei dati ambientali di Arpa ER ritenuti particolarmente significativi perché in grado di rispondere in maniera oggettiva ad alcune delle domande cruciali che riguardano la costa emiliano-romagnola: 1) quale sarebbe lo stato del litorale se non si intervenisse? 2) quanti e quali sono i tratti critici sui quali sarebbe necessario intervenire? 3) qual è lo stato della costa a valle degli interventi effettuati? 4) quali effetti hanno prodotto gli interventi? 5) dove e come intervenire in futuro?

### **Inquadramento**

L'erosione costiera è un problema che riguarda le spiagge di tutto il mondo: secondo lo studio EUROSION (2004a) in Europa nel 2001 erano 15.000 i chilometri di costa interessati da questo fenomeno, il 15% del totale.

Per quanto riguarda le coste italiane, secondo ISPRA (2008), nel 2000 i litorali in arretramento rispetto a 50 anni prima ammontavano a 1.170 km, il 24% della costa bassa presente nel nostro paese, mentre recenti analisi (Barbano, 2011) riferite al 2007 confrontate con il 2000, evidenziano una diminuzione dei litorali in arretramento a 900 km, il 19% della costa bassa nazionale.

Sempre secondo le stime ISPRA (2008), nel 2000 rispetto agli anni '50, la costa emiliano-romagnola in erosione risultava essere pari a circa 41 km, il 25% del litorale regionale. Infine dati più recenti del 2006 (Arpa, 2012) riguardanti la linea di riva stimano che rispetto al 1983 è in arretramento il 18% della costa regionale (19,5 km).

Lungo la costa emiliano-romagnola (Fig. 1), come in molte altre coste basse e sabbiose (GNRAC, 2006), l'attività antropica ha accelerato e inasprito i processi erosivi, che da sempre operano naturalmente a differenti scale temporali e spaziali sui litorali, interagendo con tali sistemi in maniera diretta e indiretta. Con la regimazione dei bacini fluviali e l'escavazione in alveo è venuta a mancare l'alimentazione sedimentaria delle spiagge. L'estrazione di fluidi (acqua, idrocarburi e gas) dal sottosuolo in prossimità della costa ha portato a un aumento del tasso di subsidenza, producendo quella che in geologia viene definita "accomodation" e che in termini di erosione costiera si traduce in perdita di volume a carico della spiaggia. Il riscaldamento globale sta provocando lo scioglimento dei ghiacciai e un conseguente aumento del livello del mare. La costruzione di strutture rigide per proteggere la costa, la realizzazione di opere portuali e l'urbanizzazione a ridosso delle spiagge hanno prodotto un irrigidimento della costa e una riduzione degli spazi di azione dei processi costieri.

Per contrastare l'erosione costiera sono stati adottati vari approcci: 1) l'utilizzo di difese rigide (es. scogliere in massi), 2) l'utilizzo di difese "morbide" (es. ripascimenti).

Il litorale emiliano-romagnolo ha un fronte mare di 130 km, composto da costa bassa e sabbiosa e da un sistema lagunare deltizio in corrispondenza della foce del fiume Po (Fig. 1).

Oltre la metà delle spiagge regionali (circa 74 km) è protetta da opere rigide di vario tipo. Le più diffuse sono le scogliere parallele emerse che difendono circa 40 km di costa (Preti et al., 2008). I restanti 30 km sono protetti da scogliere radenti, scogliere a cresta bassa, barriere sommerse in sacchi e pennelli. A queste strutture si aggiungono le opere portuali e le darsene che occupano circa 2,5 km di fronte a mare (Arpa, 2012), contribuendo all'artificializzazione della costa regionale e ad aumentarne la complessità.

In molti casi gli interventi con tecniche di difesa rigida hanno ridotto i problemi di erosione locale, ma solo per un tempo limitato, spostando gli stessi sulle località adiacenti e generando inoltre evidenti impatti paesaggistico-ambientali.

Per questi motivi, a partire dagli anni '80, la Regione Emilia-Romagna ha avviato una nuova strategia di difesa basata sul ripascimento: prima utilizzando sabbie di cava a terra e poi favorendo lo sfruttamento di accumuli litoranei e di giacimenti sabbiosi sottomarini (Preti, 2002; Correggiari et al., 2011; Preti et al., 2011a; 2011b).

L'impiego di questa tecnica che produce un immediato ampliamento della spiaggia, ha dimostrato che il ripascimento artificiale, se effettuato con cognizione dei sistemi costieri, con materiali idonei e limitando gli impatti ambientali in fase di prelievo degli inerti, oltre a essere valido sia dal punto di vista della salvaguardia del litorale che da quello economico, favorisce la fruizione turistica delle spiagge.

La variabilità delle caratteristiche geologico-evolutive del litorale regionale e il susseguirsi e sovrapporsi degli interventi hanno determinato una frammentazione della costa in tratti a differente evoluzione, molto complicati da definire con visione unitaria.

Il volume edito da Arpa ER “Stato del litorale emiliano-romagnolo all’anno 2007 e piano decennale di gestione” (Preti et al., 2008) fa uno sforzo in questo senso, presentando, tra l’altro, un resoconto delle condizioni del litorale sulla base degli interventi effettuati e dei dati acquisiti nel 2000 e 2006 con i rilievi delle reti di monitoraggio regionali della costa (della linea di riva, della subsidenza e della batimetria).

Un altro importante contributo alla conoscenza del litorale regionale è “Il sistema mare-costa dell’Emilia-Romagna” (Regione Emilia-Romagna, 2009), un volume che raccoglie una serie di documenti tecnici relativi al Sistema informativo del Mare e della Costa gestito dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli e descrive gli ambiti in cui da 10 anni il Servizio opera allo scopo di fornire utili strumenti per la gestione e la pianificazione territoriale: cartografia, database, studi della dinamica marina e costiera e analisi della vulnerabilità e dei rischi costieri.

Il lavoro di Arpa ER sugli indicatori è iniziato nel 2008, contestualmente ai due lavori appena citati, nell’ambito della redazione dell’Annuario che l’Agenzia pubblica e che si basa sul modello di *reporting* ambientale DPSIR (Determinante-Pressione-Stato-Impatto-Risposta) della Agenzia Europea dell’Ambiente (Arpa ER, 2010; 2011; 2012).

Nell’ambito di tale *report* ambientale, oltre ai tradizionali indicatori di ‘stato’ sulla variazione della linea di riva e a quelli di ‘risposta’ dedicati alle opere rigide e ai ripascimenti, è stato introdotto un ulteriore indicatore di ‘stato’, denominato “Indicatore di Stato del Litorale (ISL)” (Arpa ER, 2009), basato sull’analisi integrata di molteplici elementi: la linea di riva, le variazioni di volume a carico di spiaggia emersa e sommersa, la subsidenza, i ripascimenti, i prelievi e le opere di difesa rigida.

Nel 2010, i criteri dell’ISL sono stati ripresi e sviluppati nell’ambito delle attività volte alla creazione di strumenti di gestione integrata della costa per il progetto Europeo COASTANCE (AA.VV., 2010; 2011a; 2011b; 2012). Questa fase di revisione dell’indicatore ha visto il coinvolgimento dei Servizi Tecnici di Bacino, del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli e del Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica della Regione Emilia-Romagna. Con il contributo di tutti si è giunti alla definizione di un indicatore ribattezzato con

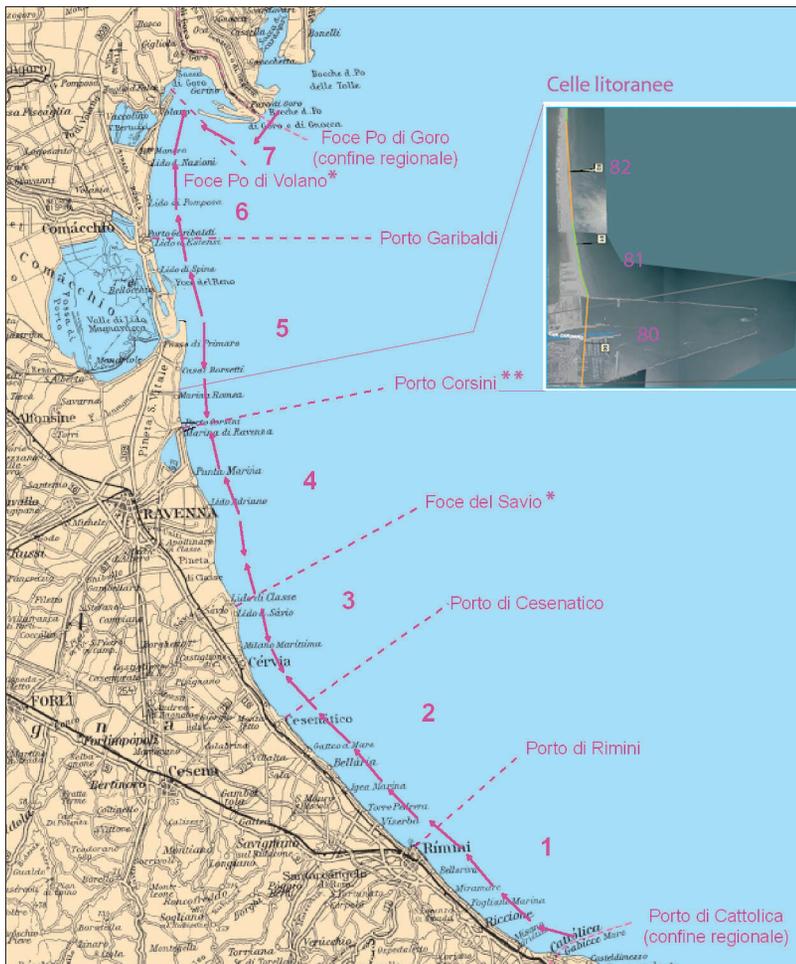


Figura 1 - Suddivisione del litorale nelle “macrocelle” definite da Preti et alii (2008), limitate da lunghi moli portuali o punti nulli del trasporto solido. Le foci del Po di Volano e del Savio corrispondono rispettivamente a un punto di convergenza e un punto di divergenza del trasporto solido lungo costa, che nella mappa è rappresentato dalle frecce. Nel riquadro a destra è riportato il dettaglio di tre “Celle litoranee” poste a nord di Porto Corsini.

l'acronimo ASPE (Accumulo-Stabile-equilibrio Precario-Erosione) e che sarà il primo dei tre trattati nel presente articolo.

Gli altri due indicatori presentati in questa sede sono denominati: "ASE" e "Valutazione degli effetti prodotti dagli interventi".

### **Gli indicatori e la metodologia di analisi integrata**

In letteratura esistono numerose definizioni per il termine indicatore, che possono essere così sintetizzate: un indicatore ambientale è un parametro qualitativo o quantitativo capace di rappresentare una situazione ambientale complessa, cioè lo 'stato' di uno spazio geografico costituito da componenti naturali, biotiche e abiotiche, e da componenti antropiche (Alfen e Seabo, 1993; OEDC, 1994; Scherp, 1994; Cirillo et al., 1995; OEDC, 2005).

I tre indicatori presentati con questo lavoro sono stati definiti partendo dal presupposto che la linea di riva non è unica espressione della spiaggia, ma lo sono anche la morfologia del fondale e la presenza di sistemi di protezione. Per questo essi si basano sull'analisi integrata della variazione della linea di riva, della situazione degli interventi di difesa, delle variazioni di volume a carico della spiaggia, includendo quindi nell'analisi il dato topo-batimetrico. Tale approccio integrato si differenzia da quello tradizionalmente adottato che prevede l'analisi di tali aspetti in maniera separata.

In EuroSION (2004b), ad esempio, gli indicatori utilizzati sono il trend evolutivo della linea di riva, associato e non integrato alla lunghezza del fronte costiero '*engineered*' occupato da strutture di difesa o da strutture portuali, assumendo la presenza di opere come indicazione di erosione passata, presente o probabile futura. Un altro esempio sono le "Linee guida per gli Indicatori" del progetto europeo Deduce (AA.VV., 2007) che riportano un indicatore denominato "Erosione e accrezione costiera" composto da tre cosiddetti 'measurement' che hanno molto in comune con gli indicatori di EuroSION (2004b): 1) lunghezza della costa dinamica (lunghezza della costa in erosione o accrezione); 2) lunghezza dei tratti occupati da opere portuali o difese con opere rigide; 3) aree e volumi di ripascimento.

Infine, va citato il lavoro sui '*Coastal State Indicators*' svolto nell'ambito del progetto Conscience (Van Rijn, 2010; Sutherland, 2010), dove oltre ad indicatori analoghi a quelli sopraccitati, ne sono contemplati altri riferiti alle dimensioni delle dune e della berma e alla pendenza del fondale.

Gli indicatori presentati nel presente articolo si basano sull'analisi integrata di tre principali gruppi di informazioni :

1. variazioni del volume di sabbia a carico di spiaggia emersa e sommersa:
  - perdite/accumuli risultanti dal confronto tra i rilievi topo-batimetrici;
  - perdite legate alla subsidenza;
  - accumuli dovuti ai ripascimenti;
  - perdite causate dai prelievi di sabbia destinata al ripascimento di spiagge in erosione;
2. variazioni della linea di riva:
  - avanzamenti/arretramenti legati a dinamiche marine o a interventi antropici;
3. situazione degli interventi di difesa:
  - presenza o meno di opere rigide di protezione;
  - costruzione di nuove opere nel periodo in esame;
  - manutenzione delle opere nel periodo in esame;
  - realizzazione di ripascimenti nel periodo in esame.

Considerare singolarmente o escludere una di queste informazioni può essere fuorviante. Ad esempio, una perdita di volume può essere legata a fenomeni erosivi, ma anche al prelievo artificiale di sabbia oppure ad abbassamenti del suolo dovuti alla subsidenza. Analogamente, un accumulo può essere causato da processi naturali, ma può rappresentare anche l'effetto di un ripascimento.

La presenza di opere di difesa rigida modifica profondamente le caratteristiche dinamiche e morfologiche della spiaggia, inoltre, le condizioni in cui esse versano e il loro stato di manutenzione sono informazioni necessarie per una corretta analisi del sistema costiero soggetto a intensa gestione.

Infine, variazioni di volume possono interessare anche solo la porzione di spiaggia sommersa e non avere nessuna manifestazione sulla spiaggia emersa dove la linea di riva può apparire stabile.

Questa metodologia di analisi integrata basata sull'utilizzo di indicatori è stata messa a punto su dati riferiti al

periodo 2000-2006 (anni di realizzazione delle ultime due campagne regionali di monitoraggio della costa) già validati ed elaborati con approccio tradizionale nell'ambito dello studio di Preti et al. (2008).

Sono state definite unità territoriali di riferimento a piccola e a grande scala. Come settori di riferimento a grande scala sono state utilizzate sette 'macrocelle' della lunghezza variabile tra 15-30 km, definite dallo studio di Preti et al. (2008). Tali macrocelle corrispondono a segmenti di costa caratterizzati da bilanci sedimentari a se stanti a causa del limitato scambio reciproco di sedimenti grossolani dovuto all'interruzione del trasporto solido *longshore* ad opera di moli portuali oppure legato alla presenza di punti nulli del trasporto stesso (punti di convergenza o divergenza) (Fig. 1).

Come unità elementare di dettaglio è stata adottata la 'cella' introdotta dallo studio di Preti et alii (2008), rielaborata a fini gestionali nell'ambito del progetto europeo Coastance e utilizzata nel 'SICELL-Il sistema gestionale delle celle litoranee' della Regione Emilia-Romagna (AA.VV., 2010).

Le 'celle litoranee di gestione' sono in totale 118, ricoprono tutta la costa inclusa la riva interna della laguna e sommate raggiungono la lunghezza di 140 km. Esse rappresentano tratti costieri della lunghezza variabile da poche decine di metri ad alcuni chilometri, contraddistinti da un'evoluzione della spiaggia emersa e sommersa uniforme strettamente dipendente dalla storia degli interventi di difesa effettuati.

Per discriminare le modificazioni a carico della spiaggia, sono state definite delle soglie di variazione.

Come variazione di volume significativa è stato fissato il valore di 30 m<sup>3</sup>/m sui 6 anni intercorsi tra gli ultimi due rilievi della rete (2000-2006). Per quanto riguarda la linea di riva, sono stati considerati significativi avanzamenti o arretramenti superiori ai 10 m per tratti lunghi almeno 100 m.

Entrambe queste soglie sono state definite sulla base delle conoscenze acquisite negli anni sulla costa regionale (Preti et al., 2008) e sono state utilizzate in maniera flessibile: valutando volta per volta la rappresentatività dei dati e la coerenza tra loro.

### **Indicatore ASPE**

L'indicatore ASPE (Accumulo, Stabile, equilibrio Precario, Erosione) descrive lo stato del litorale emiliano-romagnolo così come si presenterebbe se in un determinato periodo non venissero effettuati gli interventi di difesa. Tale indicatore ha lo scopo di fornire il quadro dello stato reale di criticità della costa.

Come già anticipato, l'ASPE rappresenta la rielaborazione a fini gestionali dell'ISL (Arpa ER, 2009, 2010) effettuata nell'ambito del progetto Coastance (AAVV, 2011) allo scopo di adattare l'analisi alla realtà fortemente antropizzata del litorale emiliano-romagnolo.

L'ASPE si basa sull'analisi intergrata dei tre gruppi di informazioni elencati sopra e descrive lo stato del litorale in termini di tendenza delle spiagge all'erosione, all'accumulo o all'equilibrio con riferimento a un determinato periodo, prevedendo la distinzione di quattro tipi di tratti costieri riportati in Tabella 1 (Fig. 2).

**Tabella 1- Le 4 classi previste dall'indicatore ASPE.**

<b>Classe</b>	<b>Definizione</b>
Accumulo	Tratto di litorale che evidenzia accumuli di sabbia significativi* nel periodo in esame.
Stabile	Tratto di litorale che non evidenzia perdite o accumuli di sabbia significativi* e che non è stato oggetto di interventi di difesa dall'erosione (ripascimenti o opere) nel periodo in esame.
Equilibrio precario	Tratto di litorale che non evidenzia perdite o accumuli di sabbia significativi* e che è stato oggetto di interventi di difesa dall'erosione (ripascimenti o opere) nel periodo in esame.
Erosione	Tratto di litorale che evidenzia perdite di sabbia significative* nel periodo in esame.

\*Sono considerati significativi accumuli o perdite maggiori di 30 m<sup>3</sup>/m.

Nell'individuazione delle classi, ASPE tiene conto della presenza e dello stato di manutenzione delle opere di difesa presenti e utilizza come elemento di riferimento fondamentale la variazione di volume (m<sup>3</sup>/m). Tale variazione si ottiene sottraendo, al valore volumetrico risultante dal confronto tra i rilievi topo-batimetrici del 2000 e 2006, i volumi di sabbia portati a ripascimento e sommando i volumi di sabbia prelevati, relativi sempre al periodo in esame.

Nei casi dubbi, in cui la variazione di volume risulta prossima alla soglia dei 30 m<sup>3</sup>/m, la tendenza della linea di riva assume maggior potere discriminante.

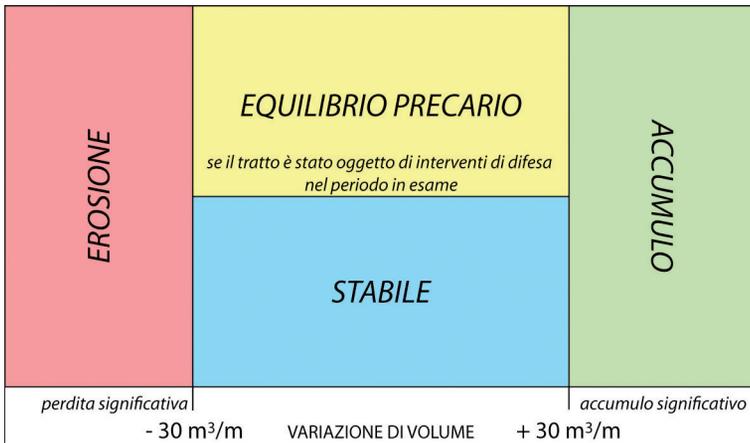


Figura 2 - Schema dell'indicatore ASPE.

l'estensione di costa in stato di criticità con potenziale necessità di interventi di difesa (tratti in equilibrio precario e in erosione).

**Indicatore ASE**

L'ASE (Accumulo, Stabile, Erosione) è un indicatore di 'stato' che, a differenza dell'ASPE, fornisce indicazioni sullo stato del litorale così come si presenta dopo essere stato oggetto di interventi di difesa.

Esso rappresenta un'immagine della costa paragonabile a quella che si ottiene dall'analisi della variazione della linea di riva, perché analogamente a questa l'ASE non tiene in considerazione le cause (naturali o antropiche) che determinano l'assetto della spiaggia.

L'ASE ha però una base dati più sostenuta, perché l'indicatore non si limita a considerare la tendenza della linea di riva, ma ha come riferimento principale le variazioni di volume, includendo così nell'analisi le modificazioni a carico sia della spiaggia emersa che di quella sommersa.

Analogamente all'ASPE, l'ASE descrive la costa in termini di tendenza delle spiagge all'erosione, all'equilibrio o all'accumulo, prevedendo però solo tre classi (Tab. 2, Fig. 3).

Tabella 2 - Le 3 classi previste dall'indicatore ASE.

Classe	Definizione
Accumulo	Tratto di litorale che evidenzia accumuli di sabbia significativi nel periodo in esame.
Stabile	Tratto di litorale che non evidenzia perdite o accumuli di sabbia significativi nel periodo in esame.
Erosione	Tratto di litorale che evidenzia perdite di sabbia significative nel periodo in esame.

La variazione di volume di riferimento considerata in questo caso è il risultato della somma del valore volumetrico ottenuto dal confronto tra i rilievi topo-batimetrici eseguiti con le reti di monitoraggio (volumi 'accumulati e persi'), con i volumi di sabbia prelevati, relativi al medesimo periodo dei rilievi.



Figura 3 - Schema dell'indicatore ASE.

Tra i tratti che non presentano accumuli o perdite significative, ASPE distingue le spiagge realmente stabili, da quelle che invece sono caratterizzate da un equilibrio precario garantito da recenti interventi di difesa o di manutenzione delle opere. Questo indicatore quindi permette di rispondere alle prime due domande citate in introduzione : 1) quale sarebbe lo stato del litorale se non si intervenisse? 2) quanti e quali sono i tratti critici sui quali sarebbe necessario intervenire? ASPE consente infatti di quantificare l'estensione di costa in buono stato (tratti in accumulo e stabili) e

Si tratta quindi di una variazione di volume al lordo dei ripascimenti che inoltre non riconosce come discriminante la presenza o lo stato delle opere rigide. Questo perché l'indicatore serve ad evidenziare gli effetti prodotti dagli interventi di protezione sullo stato della costa Per la stessa ragione manca la classe dedicata ai tratti in equilibrio precario.

L'indicatore è stato inoltre definito in questo modo (i.e. in termini volume-

trici) per poter essere messo a confronto diretto con l'ASPE ed utilizzato nella valutazione degli effetti prodotti sulla costa dalle misure di protezione adottate, come illustrato dal prossimo indicatore. In conclusione l'ASE consente di rispondere alla terza domanda: 3) qual è lo stato della costa a valle degli interventi effettuati? Esso descrive infatti lo stato apparente della costa frutto delle politiche di gestione adottate dalla Regione.

**Indicatore 'Valutazione degli effetti prodotti dagli interventi di difesa della costa'**

Tramite questo indicatore di 'risposta', viene effettuata una valutazione degli effetti prodotti dagli interventi di difesa realizzati sul litorale regionale nel periodo di riferimento dei dati.

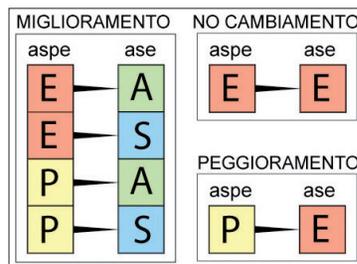
Tale indicatore si applica esclusivamente ai tratti litorali che sono stati oggetto di interventi di difesa (costruzione nuove opere e/o manutenzione opere esistenti e/o ripascimenti).

La valutazione viene effettuata confrontando la classe di appartenenza del tratto in questione all'ASPE, che descrive lo stato del litorale se non fosse stato oggetto di interventi, con l'ASE, che rappresenta invece la spiaggia così come si presenta dopo la realizzazione degli interventi.

L'indice prevede le seguenti situazioni (Fig. 4):

- l'intervento ha prodotto un miglioramento della situazione del tratto costiero interessato (passaggio di classe da ASPE a ASE positivo);
- l'intervento non ha prodotto nessun cambiamento nel tratto costiero interessato (nessun passaggio di classe da ASPE a ASE);
- l'intervento ha causato un peggioramento della situazione del tratto costiero interessato (passaggio di classe da ASPE a ASE negativo).

Questo indicatore permette di rispondere alla domanda : 4) che effetti hanno prodotto gli interventi? e da esso possono essere tratti suggerimenti e indicazioni in merito a 5) dove e come intervenire in futuro.

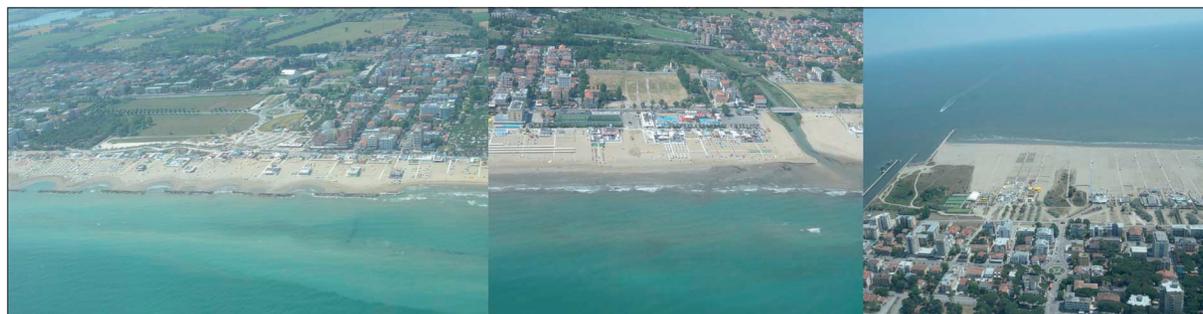


**Figura 4 - Schema dell'indicatore per la valutazione degli effetti prodotti dagli interventi di difesa basato sul confronto tra ASPE e ASE.**

**Esempi di applicazione degli indicatori**

Le prime 6 celle riportate in Tabella 3 rappresentano esempi di tratti di costa in accumulo o stabili. In queste spiagge in buono stato l'ASPE e l'ASE coincidono.

La spiaggia Alba Nord di Riccione e quella di Lido degli Estensi, prive di opere di difesa, e la spiaggia Misano protetta da scogliere parallele emerse sono tratti di litorale in accumulo (Fig. 5). In tutte e tre queste spiagge la linea di riva risulta in avanzamento e, in termini di volume, viene rilevato ovunque un accumulo significativo. L'accumulo di sabbia più rilevante è stato osservato a Lido degli Estensi. Aspetto questo che non sarebbe stato rilevato se non fossero stati conteggiati nel bilancio anche i prelievi: nel periodo indagato da tale tratto di costa infatti sono state dragate ingenti quantità di sabbia.



**Figura 5 - Spiagge in accumulo. Da sinistra: Misano scogliere, Riccione Alba Nord, Lido degli Estensi.**

Cervia, Viserbella e Fogliano Marina sono tre tratti di litorale in condizioni di stabilità (Fig. 6). Mentre la lunga spiaggia di Cervia (4420 m) presenta una indubbia situazione di equilibrio testimoniata sia dalla tendenza della linea di riva che dalla variazione di volume, negli altri due casi l'analisi integrata è stata determinante per riconoscerne la stabilità. Per Viserbella, ad esempio, dove è stato rilevato soltanto un leggero ac-

cumulo (+38 m<sup>3</sup>/m), si è ritenuto opportuno dare maggior peso alla tendenza alla stabilità della linea di riva. Diversamente, a Fogliano Marina dove la linea di riva appare in avanzamento, è stata data maggior rilevanza al dato volumetrico (-5 m<sup>3</sup>/m) in lievissima perdita tuttavia ampiamente compresa nel range di stabilità.



**Figura 6 - Spiagge stabili. Da sinistra: Fogliano Marina, Viserbella e Cervia.**

Le ultime 7 celle riportate in Tabella 3 rappresentano esempi di spiagge soggette a fenomeni erosivi più o meno intensi. Secondo l'indice ASPE tali celle sono classificate come tratti in erosione o tratti in equilibrio. A differenza dei precedenti 6 esempi di spiagge in buono stato, nella maggior parte dei casi queste celle presentano una classificazione ASE differente dall'ASPE perché su di esse sono stati effettuati interventi di difesa di vario genere. Per queste è infatti possibile effettuare una valutazione degli effetti prodotti dagli interventi di protezione adottati tramite confronto tra i due indici.

Riccione centro, Bellaria e Milano Marittima Nord sono spiagge in equilibrio precario, garantito quindi dagli interventi di difesa (Fig. 7). Esse sono tutte e tre spiagge protette da opere e oggetto di ripascimento. Milano Marittima è un esempio tipico di spiaggia in equilibrio precario con variazioni di linea di riva e dei volumi non significative. Grazie ai ripascimenti, a Riccione centro la linea di riva risulta in avanzamento, ma l'accumulo non supera la soglia di significatività dei 30 m<sup>3</sup>/m. A Bellaria, linea di riva e variazione di volume esprimono tendenza opposta: si rileva arretramento della spiaggia e un contestuale, seppur leggero, accumulo di sedimento. Nonostante questo la spiaggia è da considerare in equilibrio precario perché, nel periodo in esame, nella cella sono stati effettuati interventi di ripascimento e anche interventi di manutenzione alle scogliere parallele emerse. In base alla classificazione ASE tutte e tre le celle risultano in accumulo, quindi questo porta a concludere che gli interventi effettuati hanno prodotto un miglioramento della situazione.



**Figura 7 - Spiagge in equilibrio precario. Da sinistra: Riccione Centro, Bellaria e Milano Marittima Nord.**

La spiaggia di Misano protetta dai pennelli e quelle di Riccione Sud, Cesenatico Colonie e Bevano Nord rappresentano 4 esempi di celle in erosione secondo l'indice ASPE (Fig. 8). Sui primi tre tratti nel periodo in esame sono stati effettuati interventi di ripascimento e/o di manutenzione delle opere. A Misano e a Riccione i ripascimenti hanno portato a un netto miglioramento della situazione: entrambe le spiagge risultano in base all'ASE in accumulo e la linea di riva appare infatti stabile nel primo caso e in avanzamento nel secondo.

Per quanto riguarda la spiaggia di Cesenatico Colonie, gli interventi di ripascimento non hanno prodotto sostanziali miglioramenti nella situazione erosiva del tratto, che infatti secondo l'indicatore ASE continua ad essere classificato come in erosione. Questo suggerisce che in futuro sarà necessario apportare un maggior quantitativo di sabbia per un adeguato intervento di ripascimento.

Infine c'è il tratto in erosione collocato nelle vicinanze della foce del fiume Bevano che nonostante versi in condizioni critiche non è stato oggetto di interventi di difesa nel periodo in esame.



Figura 8 - Spiagge in erosione. Da sinistra: Misano zona dei pennelli, Riccione Sud, Cesenatico Colonie e Bevano Nord.

Tabella 3 - Esempi di applicazione degli indicatori.

Periodo di riferimento dei dati: aprile 2000 - aprile 2006							
Cella	Denominazione	Lunghezza (m)	Opere rigide <sup>1</sup>	Accumuli e perdite (m <sup>3</sup> /m)	Realizzazione nuove opere o manutenzione	Ripascimenti (m <sup>3</sup> /m)	Prelievi (m <sup>3</sup> /m)
13	Misano Scogliere	755	SE	99	no	0	24
21	Riccione Alba Nord	1250	-	43	no	0	0
100	Lido degli Estensi	1540	-	37	no	0	160
23	Fogliano Marina	610	-	-5	no	0	0
35	Viserbella	1200	SE	38	no	0	0
55	Cervia	4420	-	-12	no	0	0
15	Riccione Centro	1850	BSS	97	no	68	0
41	Bellaria	2690	SE	37	si	3	0
60	Milano Marittima Nord	1685	SE	60	no	78	0
12	Misano Pennelli	1680	PBSS	70	si	207	0
14	Riccione Sud	1000	BSS	64	si	398	0
51	Cesenatico Colonie	775	-	-58	-	152	0
71	Bevano Nord	1000	-	-111	no	0	0
Periodo di riferimento dei dati: aprile 2000 - aprile 2006							
Cella	Denominazione	Variazione di volume (m <sup>3</sup> /m) = Accumuli e perdite - ripascimenti + prelievi	Linea di riva <sup>2</sup>	ASPE <sup>3</sup>	Accumuli e perdite + prelievi (m <sup>3</sup> /m)	ASE <sup>4</sup>	Valutazione effetti degli interventi
13	Misano Scogliere	123	AV	A	99	A	-
21	Riccione Alba Nord	43	AV	A	43	A	-
100	Lido degli Estensi	197	AV	A	197	A	-
23	Fogliano Marina	-5	AV	S	-5	S	-
35	Viserbella	38	ST	S	38	S	-
55	Cervia	-12	ST	S	-12	S	-
15	Riccione Centro	29	AV	P	97	A	Miglioramneto
41	Bellaria	35	AR	P	37	A	Miglioramento
60	Milano Marittima Nord	-18	ST	P	60	A	Miglioramento
12	Misano Pennelli	-137	ST	E	70	A	Miglioramento
14	Riccione Sud	-334	AV	E	64	A	Miglioramento
51	Cesenatico Colonie	-210	AR	E	-58	E	Nessun cambiamento
71	Bevano Nord	-111	AR	E	-111	E	-

<sup>1</sup>Opere rigide SE: scogliere parallele emerse; P: pennelli; PBSS: pennelli e barriera sommersa in sacchi di sabbia; BSS: barriera sommersa in sacchi di sabbia; SSP: scogliere semisommerse e pennelli.

<sup>2</sup>Linea di riva AV: avanzamento; ST: stabile; AR: arretramento.

<sup>3</sup>ASPE A: accumulo; S: stabile; P: equilibrio precario; E: erosione.

<sup>4</sup>ASE A: accumulo; S: stabile; E: erosione.

### Risultato dell'applicazione degli indicatori alla costa emiliano-romagnola

L'analisi dei dati rilevati con le reti di monitoraggio della costa nel 2000 e 2006 effettuata tramite l'indice ASPE ha permesso di definire lo stato di criticità del litorale all'anno 2006.

Da tale analisi è emerso che la percentuale di spiagge in buone condizioni (in accumulo e stabili) ammonta al 53 % e di conseguenza i tratti di litorale in condizioni precarie e critiche (in equilibrio precario ed in erosione) sono il 47 % (Fig. 9).

Queste percentuali si riferiscono al totale dei tratti che è stato possibile classificare (117,4 km), quindi sono esclusi gli sbocchi di fiumi e canali, le darsene, i porti e la riva interna della sacca di Goro, che sommati tra loro corrispondono a una lunghezza di 22,6 km .

In termini di lunghezze, i tratti in erosione e in accumulo, quindi nelle due opposte condizioni, hanno la stessa estensione: circa 33 km. Non differiscono moltissimo nemmeno le lunghezze dei tratti stabili e in equilibrio precario: rispettivamente circa 29 km e 23 km.

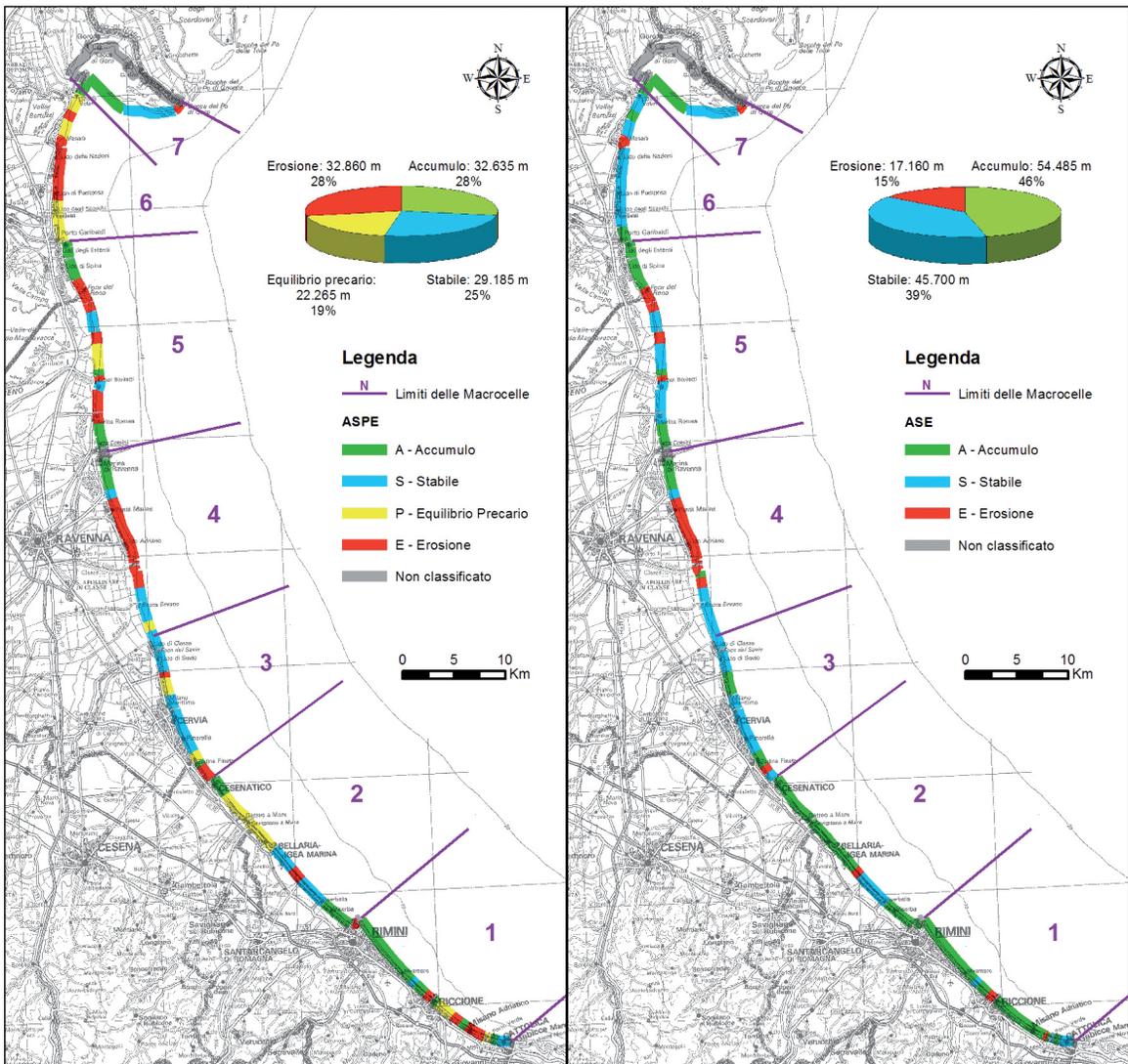


Figura 9 - Stato del litorale emiliano-romagnolo all'anno 2006 in base agli indicatori ASPE e ASE.

Il tratto Cattolica-Rimini (M1) è quello che presenta il maggior numero di chilometri di spiagge in accumulo (Fig. 10). Il litorale compreso tra la Foce del Savio a sud e la foce del Po di Volano a nord (M4, M5 e M6) è quello che invece presenta il maggior numero di chilometri in erosione: in totale circa 24 km.

Il litorale compreso tra il porto di Rimini e la Foce del Savio (M2 e M3) e il tratto corrispondente al sistema deltizio del Po (M7) hanno il minor numero di chilometri di spiaggia in erosione.

In apparenza la macrocella 7 sembrerebbe essere quella con le spiagge nelle migliori condizioni, in realtà è importante precisare che questo tratto lungo 10 km comprende 4,5 km di bocca della Sacca di Goro in corrispondenza della quale è stato rilevato un accumulo. Nonostante questo elemento appartenente all'ambiente lagunare non abbia niente in comune con le spiagge, si è ritenuto opportuno includere nell'analisi anche questo tratto di fronte a mare dal momento che è stato oggetto di interventi di gestione (dragaggi) nel periodo considerato, per rispondere ai fini gestionali dell'indicatore ASPE.

In estrema sintesi l'analisi integrata al 2006 dei dati disponibili tramite l'indicatore ASPE porta a concludere che circa 55 km di costa versa in condizioni di instabilità (Fig. 9).

Rispetto a quanto appena osservato, con l'indicatore ASE emerge il netto miglioramento prodotto dalla realizzazione di ripascimenti e interventi sulle opere rigide effettuati dalla Regione nel periodo in esame, infatti i tratti in accumulo passano dal 28 % al 46 %, quelli stabili dal 25 % al 39 %, mentre quelli in erosione dal 28 % al 15 % (Fig. 9).

La percentuale quindi di spiagge in buone condizioni (in accumulo e stabili) ammonta al 85 % e di conseguenza i tratti di litorale in condizioni critiche sono ridotti al 15 % ed il merito, come vedremo, è prevalentemente attribuibile ai ripascimenti.

Ragionando in termini di lunghezze, tra i circa 54 km di litorale in accumulo secondo l'ASE rientrano sia le spiagge naturalmente in buono stato, che quei tratti critici in cui i ripascimenti hanno prodotto significativi avanzamenti della spiaggia. Lo stesso discorso vale per i 46 km di spiagge stabili. Restano infine solo 17 chilometri di litorale ancora in erosione, tra i quali sono compresi sia tratti critici in cui non si è intervenuti, sia spiagge in cui gli interventi realizzati non sono stati sufficienti a contrastare il fenomeno erosivo.

Nel dettaglio delle varie macrocelle si rilevano le seguenti situazioni (Fig. 10).

Il litorale che versa nelle condizioni peggiori resta quello compreso tra la foce del Savio e Porto Garibaldi (M4 e M5, ~40 km). In questa zona nel periodo 2000-2006 sono stati portati a ripascimento circa 900.000 m<sup>3</sup> di sabbia che non hanno determinato sostanziali cambiamenti.

Diversamente invece, il tratto di litorale compreso tra Cattolica e Cesenatico (M1 e M2, ~40 km) è quello che presenta il maggior numero di chilometri di spiagge in accumulo. Non a caso nel periodo in esame su questa porzione di litorale sono stati portati circa 1,5 milioni di m<sup>3</sup> di sabbia. Altre due zone in buono stato sono quelle comprese tra Cesenatico e Foce Savio (M3) e tra Porto Garibaldi e la foce del Po di Volano (M6) dove si rileva il maggior numero di spiagge stabili. Anche in questo caso, il miglioramento è stato determinato dagli interventi di ripascimento: circa 1 milione di m<sup>3</sup> di sabbia apportati nel periodo di indagine.

Alla luce di quanto sopra espresso la valutazione degli effetti prodotti sul litorale dagli interventi di difesa (ripascimenti e/o costruzione o manutenzione di opere rigide) realizzati dalla Regione nel periodo 2000-2006 è risultata senza dubbio positiva (Fig. 11).

Nel periodo in esame sono stati effettuati prevalentemente ripascimenti e in totale sono stati oggetto di intervento di vario tipo circa 47 km di costa.

Su 38 km di litorale gli interventi hanno avuto effetti positivi e solo su circa 9 km di costa il ripascimento e/o l'opera realizzata non hanno migliorato la situazione.

Analizzando le situazioni di ciascuna macrocella emerge che i migliori risultati sono stati ottenuti nei tratti di costa tra Porto Garibaldi e la Foce del Po di Volano e tra Rimini e Cesenatico (M6 e M2). Risultano soddisfacenti anche gli effetti degli interventi nei tratti tra Cattolica e Rimini, tra Cesenatico e la Foce del Savio e tra Porto Corsini e Porto Garibaldi (M1, M3, M5).

Appare invece necessario rivedere la difesa del litorale compreso tra la Foce del Savio e Porto Corsini (M4) dove, rispetto a un totale di circa 6 km di spiagge oggetto di intervento, su 4 km di costa non sono stati ottenuti miglioramenti significativi.

Un bilancio questo molto positivo che dimostra come le politiche di protezione della costa adottate dalla Regione Emilia-Romagna, orientate prevalentemente verso l'utilizzo del ripascimento, siano state senza dubbio ben indirizzate.

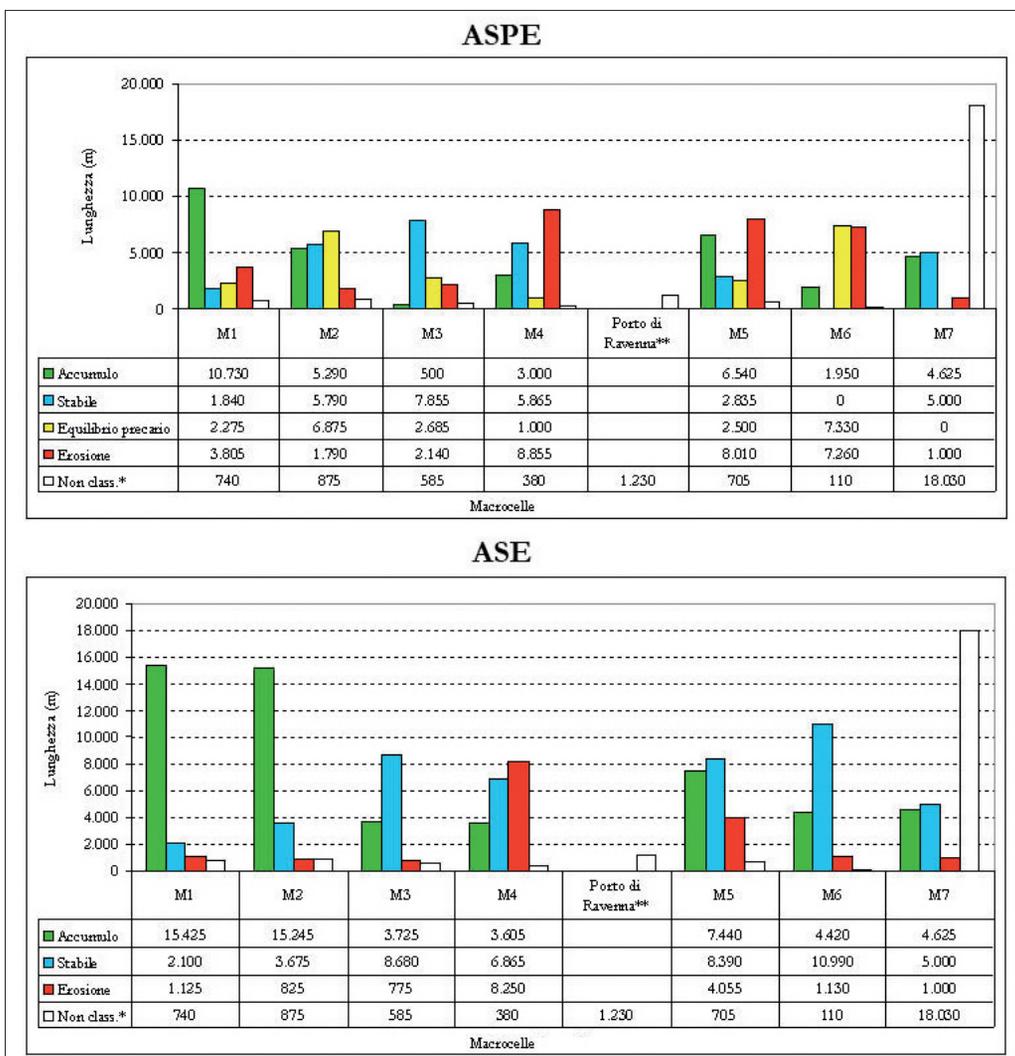


Figura 10 - Dettaglio per macrocella (vedi Fig. 1) dello stato del litorale emiliano-romagnolo in base agli indicatori ASPE e ASE.

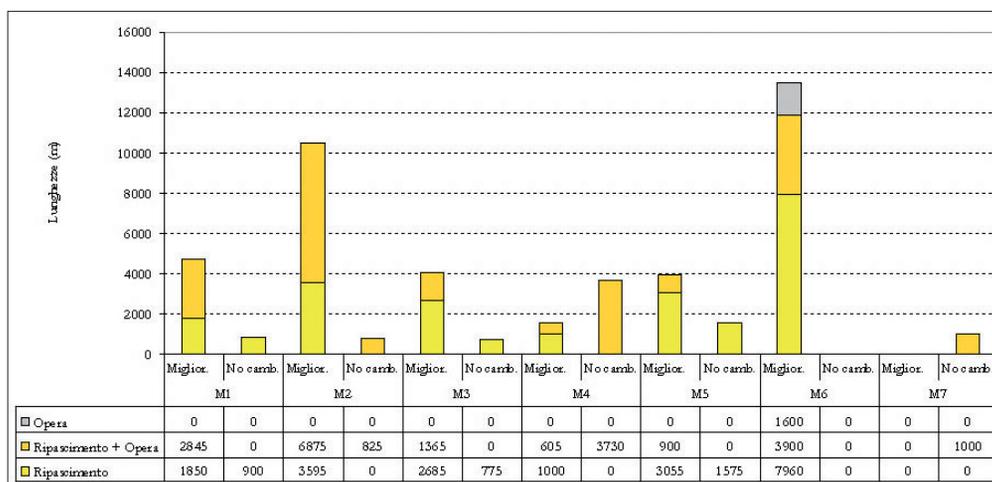


Figura 11 - Valutazioni degli effetti prodotti dagli interventi di fesa realizzati tra il 2000 e il 2006 sul litorale emiliano-romagnolo. Dettaglio per macrocella (vedi Fig. 1).

## Conclusioni

La metodologia di analisi integrata tramite indicatori presentata in questo articolo è stata messa a punto su dati riferiti al periodo 2000-2006 già validati ed elaborati con approccio tradizionale nell'ambito dello studio del litorale regionale di Preti et al. (2008).

Questi indicatori basati sul modello DPSIR permettono di portare a sintesi e sistematizzare la grande quantità di dati che nel suddetto volume viene trattata nel dettaglio.

Essi sono stati ideati allo scopo di contribuire alla creazione di uno strumento di rapida applicazione utile per la gestione del litorale emiliano-romagnolo condiviso da tutti i servizi regionali che operano sulla costa. L'indicatore ASPE, ad esempio, fa già parte del database gestionale del litorale regionale SICELL (AAVV, 2011) in fase di sperimentazione presso la Regione Emilia-Romagna.

Non appena saranno disponibili i dati relativi all'ultima campagna regionale topo-batimetrica realizzata all'inizio del 2012, si procederà a un'ulteriore verifica degli indicatori anche su questo nuovo set di dati.

Affinché in futuro si possa applicare questo approccio alla gestione del litorale emiliano-romagnolo sarà necessario che, come dal 1983 a oggi, la Regione continui a rilevare le forme della costa con cadenza regolare (almeno ogni 5-6 anni) tramite le reti di monitoraggio della costa, fonti indispensabili di dati per questa e per qualsiasi altra tipologia di studio della fascia costiera.

Questo metodo, per ora messo a punto e testato su un litorale tra i più studiati in Italia, potrebbe essere applicato con adeguati adattamenti alle differenti realtà costiere di altre regioni.

## Bibliografia

- AA.VV. (2011) - *Regional policies and littoral management practices. Report phase A Component 4*. Montanari R. e Marasmi C. (a cura di). Territorial action plans for coastal protection and management. Eu project Coastance.
- AA.VV. (2011) - *Definition of sediment management plans elements. Report phase B Component 4*. Montanari R. e Marasmi C. (a cura di). Territorial action plans for coastal protection and management. Eu project Coastance.
- AA.VV. (2011) - SICELL - Nuovi strumenti di gestione dei litorali in Emilia-Romagna. Montanari e Marasmi (a cura di). Regione Emilia-Romagna.
- AA.VV. (2012) - *Formulation of territorial action plans for coastal protection and management. Final report phase C Component 4*. Montanari R. e Marasmi C. (a cura di). Territorial action plans for coastal protection and management. Eu project Coastance.
- Alfsen K.H., Saebo H.V. (1993) - *Environmental quality indicators: background principles and examples from Norway*. Environmental and Resource Economics, 3.
- Arpa Emilia-Romagna (2010) - *Erosione Costiera*. Annuario regionale dei dati ambientali Edizione 2009.
- Arpa Emilia-Romagna (2011) - *Erosione Costiera*. Annuario regionale dei dati ambientali Edizione 2010.
- Arpa Emilia-Romagna (2012) - *Erosione Costiera*. Annuario regionale dei dati ambientali Edizione 2011.
- Cirillo M.C., La Sala E., Palma D. (1995)- *Indicatori e risanamento ambientale: problemi locali e problemi globali*. Working paper, ENEA.
- Barbano A. (2011) - Il sistema informativo geografico costiero ISPRA Coast Expo Ferrara 28 Settembre 2011.
- Berger A.R. e Iams W.J.(1996) - *Geoindicators. Assessing Rapid Environmental Changes in Earth System*. Rotherdam, Brookfield: A.A.Balkema.
- Boak E.H. e Tuner I.L. (2005) - *Shoreline definition and detection: a review*. Journal of Coastal Research, 21 (4): 688-703.
- Calabrese L. e Lorito S. (2009) - *Mappatura della linea di riva da foto aerea*. Il sistema mare-costa dell'Emilia-Romagna Perini L. e Calabrese L. (a cura di). Regione Emilia-Romagna
- Correggiari A., Aguzzi M., Remia A. e Preti M. (2011) - *Caratterizzazione sedimentologica e stratigrafica di giacimenti sabbiosi in Mare Adriatico settentrionale finalizzata all'individuazione delle aree di prelievo*. Studi costieri, 19: 11-31.
- Dolan R., Hayden B.P., May P. e May S. (1980) - *The reliability of shoreline change measurements from aerial photographs*. Shore and beach, 48, 10: 22-29.
- Doody P., Ferriera M., Lombardo S., Lucius I., Misdorp R., Niesing H., Salman A., Smallegange M., Cipria-

- ni L.E., Lanza S., Pranzini E., Randazzo G. (2007) - *Risultati dello studio EuroSION. Sedimenti e spazio per la sostenibilità*. Vivere con l'erosione costiera in Europa.
- EC (2006). Maritime Facts and Figures [http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/pdf/facts\\_fig\\_en\\_bat\\_060523.pdf](http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/pdf/facts_fig_en_bat_060523.pdf) (accessed 27 September 2010).
- EUROSION (2004a) - *Part II Maps and statistics*. Living with coastal erosion in Europe: Sediment and space for Sustainability.
- EUROSION (2004b) - *Part III Methodology for assessing regional indicators*. Living with coastal erosion in Europe: Sediment and space for Sustainability.
- GNRAC (2006) - *Lo stato dei litorali italiani*. Studi Costieri, 10, pp.176.
- IDROSER Spa (1981) - *Piano progettuale per la difesa della costa adriatica Emiliano-Romagnola. Relazione Generale*, pp. 388.
- IDROSER Spa (1996) - *Progetto di piano per la difesa dal mare e la riqualificazione ambientale del litorale della Regione Emilia-Romagna., Relazione generale*, pp. 365.
- Kraus N.C. e Rosati J.T. (1997) - *Interpretation of shoreline position data for coastal engineering analysis*. CTN-II-39, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.
- ISPRA (2008) - *Ambito Costiero*. Vademecum Annuario dei dati ambientali 2008.
- Li R., Di K. E Ma R. (2001) - *A comparative study of shore line mapping techniques*. The 4th International Symposium on computer mapping and GIS for coastal zones management, Halifax, Nova Scotia, Canada, June 18-20, 2001.
- Preti M. (2002) - *Ripascimento di spiagge con sabbie sottomarine in Emilia-Romagna*. Studi Costieri, 5: 107-135.
- Preti M., De Nigris N., Morelli M., Monti M., Bonsignore F., Aguzzi M. (2008) - *Stato del litorale emiliano-romagnolo all'anno 2007 e piano decennale di gestione*. I Quaderni di ARPA.
- Preti M., De Nigris N., Morelli M. (2011) - *Il monitoraggio delle spiagge nel periodo 2002-2005*. Studi costieri, 19: 35-87.
- Preti M., Aguzzi M. Costantino R., De Nigris N. e Morelli M. (2011) - *Il monitoraggio delle spiagge nel periodo 2007-2009*. Studi costieri, 19: 137-198.
- Milli M. e Surace L. (2011) - *Le linee della costa. Defnizioni, riferimenti altimetrici e modalità di acquisizione dati*. Alinea Editrice. Pp. 79.
- OEDC (1994) - OEDC Environmental Indicators, Paris.
- Preti M., De Nigris N., Morelli M., Monti M., Bonsignore F., Aguzzi M. (2008) - *Stato del litorale emiliano-romagnolo all'anno 2007 e piano decennale di gestione*. I Quaderni di ARPA.
- Scherp J. (1994) - *What does an economist need to do know about environment?* Economic Papers 107, European Commission, Brussels.
- Regione Emilia-Romagna (2009) - *Il sistema mare-costa in Emilia-Romagna*. Perini L. e Calabrese L. (a cura di).
- Sutherland J. (2010) - *Guidelines on beach monitorino for coastal erosion*. Deliverable number D15. Conscience.
- Van Rijn L. (2010) - *Description of coastal state indicators*. Deliverable number D9. Conscience.

### Webgrafia

- <http://ec.europa.eu/environment/iczm/ourcoast.htm>  
[www.beachmed.it](http://www.beachmed.it)  
[www.coastance.eu](http://www.coastance.eu)  
[www.conscience-eu.net](http://www.conscience-eu.net)  
[www.deduce.eu](http://www.deduce.eu)  
[www.euroSION.org](http://www.euroSION.org)

Ricevuto il 07/05/2012, accettato il 27/07/2012.