

VALUTAZIONE DELLO STATO EROSIVO DELLE SPIAGGE LIGURI: APPLICAZIONE DI UN SISTEMA INFORMATIVO GEOGRAFICO

Marco FERRARI (*), Ileana BALDUZZI (*),
Alessandra BOZZANO (*), Corinna ARTOM (**)

(*) Dip. Te. Ris. Università di Genova, Corso Europa, 26, 16132 Genova,
tel +390103538275, ferrari@dipteris.unige.it

(**) Regione Liguria, Ufficio Aree Demaniali Marittime, Via D'Annunzio, 113, 16121 Genova,
tel +390105484251, corinna.artom@regione.liguria.it

Riassunto

La fascia costiera ha un ruolo fondamentale nell'economia della Liguria, infatti, l'attività turistica della regione ha portato, nel tempo, alla concentrazione della pressione antropica in quest'area ed a rilevanti variazioni ambientali. L'urbanizzazione della fascia costiera si è verificata all'incirca negli ultimi due secoli con la realizzazione dei sistemi di comunicazione (ferrovia e rete viaria), l'espansione dei centri abitati e la costruzione di strutture turistiche alberghiere. Ciò ha alterato in modo permanente i delicati equilibri del territorio costiero.

Il bisogno di comprendere e affrontare il fenomeno dell'erosione costiera che caratterizza le coste liguri ha incoraggiato numerosi studi per individuare le cause delle erosioni indotte dall'occupazione della fascia litoranea e dalle variazioni d'uso del territorio.

La Regione Liguria, all'interno del programma Beachmed INTERREG IIIb, finanziato dall'Unione Europea, in collaborazione con il Dip. Te. Ris. dell'Università di Genova, ha promosso studi al fine di definire, identificare e quantificare i fenomeni erosivi lungo tutta la costa della Liguria. Il primo obiettivo è stato quello di stabilire un metodo opportuno per identificare e quantificare tali fenomeni e, soprattutto, prendere in considerazione l'assetto costiero attuale a seguito dell'urbanizzazione. Successivamente è stata prodotta una cartografia a scala regionale, utilizzando un Sistema Informativo Geografico ed un database associato che contiene non solo i dati morfo-sedimentari, ricavati da studi sul campo e da dati bibliografici, ma che è anche in grado di permettere la valutazione dello stato del litorale.

Abstract

The coastal strip plays a fundamental role in the Ligurian economy. In fact, tourist activity in the region has led to a concentration of human activity in the area and the intense exploitation of its various coastal formations. The urbanisation of the coastal strip began roughly two hundred years ago with the construction of major lines of communication, specifically the coastal railway line to France, and the construction of hotels and other tourist facilities in the main towns. All of this altered the delicate equilibrium of the coastal strip permanently.

The need to understand and combat the erosive phenomena taking place along the Ligurian coast as a result of this urban trend has led to numerous studies to determine its exact causes.

The Ligurian regional government and the University of Genoa have cooperated to undertake studies to identify, define and quantify the erosive phenomena occurring along the entire littoral as part of the E.U. Beachmed INTERREG IIIb Programme. Their first objective was to determine a suitable method for identifying and quantifying the erosive phenomena in relation to the actual, post-urbanisation coastal situation. Subsequently a regional-scale map was produced with the help of a Geographical Information System (GIS) and a database that contained all the morphosedimentary data obtained from fieldwork and bibliographic studies and could be used to evaluate the state of the littoral.

Inquadramento dell'area

Il settore costiero della Liguria, oggetto dello studio, ha uno sviluppo di circa 350 km di cui solo circa 100 km sono costituiti da spiagge. L'assetto geologico-strutturale della regione condiziona in modo significativo l'evoluzione della costa e dei bacini idrografici. L'area mostra una piattaforma continentale generalmente poco estesa o estremamente ridotta nel settore occidentale; essa è solcata da numerosi canyon che rappresentano aree di consistenti *bypass* di sedimenti verso la piana batiale (Fanucci et al., 1976). La presenza di rilievi montuosi che spesso raggiungono il mare presentano una neotettonica tuttora attiva ed hanno determinato spartiacque molto prossimi alla costa e assetti strutturali diversificati tra i settori occidentale ed orientale (Vanossi, 1986). I bacini versanti risultano quindi di dimensioni ridotte, fatta eccezione per i fiumi Roya, Centa, Entella e Magra; sono caratterizzati da elevate pendenze e presentano un regime prevalentemente a carattere torrentizio con un trasporto solido episodico e spesso caratterizzato da sedimenti grossolani. Lo sviluppo geomorfologico risulta quindi costituito da una costa alta che racchiude piccole spiagge a tasca ciottolose e delimita aree in cui l'esistenza di piccole piane costiere favoriscono l'instaurarsi di spiagge di una certa estensione, specie nel margine alpino (Fanucci et al., 1990). Questa particolare conformazione del territorio ligure, oltre a determinare una frammentazione del litorale, che risulta suddiviso in numerose unità fisiografiche, ha condizionato lo sviluppo dei centri abitati e delle strutture portuali nei limitati spazi disponibili che hanno causato un notevole impatto antropico.

Per quanto attiene al clima meteomarinico, la costa, pur con diverse esposizioni dovute all'orientazione dell'arco ligure, risulta soggetta alle agitazioni ondose provenienti da meridione e in particolare da SW (Libeccio) che risulta essere il mare regnante e dominante, con un *fetch* geografico superiore a 800 km, da SE (Scirocco) con un *fetch* geografico di 200 km ed infine il settore di Mezzogiorno, subordinato ai precedenti (I.I.M., 1978; AA.VV., 2004). In generale la dinamica sedimentaria, collegata con il trasporto sottocosta generato dal moto ondoso, risulta quindi condizionata dalle ondate di SW che determinano un flusso detritico principale generalmente rivolto verso oriente, mentre alla traversia di SE è imputabile una deriva sedimentaria secondaria con verso opposto che solo in alcuni settori particolarmente orientati può risultare principale (AA.VV., 1997).

Materiali e metodi

Poiché l'indagine condotta si poneva come obiettivo principale di determinare una metodologia idonea ad identificare e quantificare il fenomeno erosivo e di realizzare una cartografia ed un geodatabase associato che incorporasse i dati bibliografici e di campo, sono stati condotti una serie di rilievi morfosedimentologici lungo 360 sezioni delle spiagge alla scala di 1:25.000, oltre ad una raccolta dei dati già disponibili.

I rilievi sono stati condotti secondo le procedure più usuali (Carobene, Brambati, 1975), quali: ampiezza ed altezza della spiaggia, pendenza, quota e distanza della berma di tempesta. Sono stati effettuati prelievi di sedimento in corrispondenza della battigia, scelta per la sua significatività rispetto alle condizioni energetiche del moto ondoso.

I sedimenti sono stati caratterizzati secondo la classificazione proposta da Folk e Ward (1957) ed inoltre sono stati determinati i principali parametri sedimentologici (media, granulo medio, classazione e *skewness*) secondo le metodiche proposte da Folk (1961).

Valutazione del fenomeno erosivo (parametri indice)

La valutazione dello stato erosivo del litorale è stata effettuata attraverso l'analisi di 5 parametri morfo – sedimentari (Tab. 1) ritenuti indicativi delle condizioni del litorale, secondo le procedure già messe a punto nel progetto Beachmed, Interreg IIIb (Ferrari et al., 2004).

Variazione della linea di riva – determinazione delle variazioni storiche della linea di riva al fine di valutare i fenomeni evolutivi e quantificarne i trend. A tale scopo sono stati utilizzati gli aerofotogrammi dei voli bassi costieri della Regione Liguria per gli anni 1944, 1973, 1983 e 1993. Poiché questa valutazione ha tenuto conto delle caratteristiche del litorale ligure, caratterizzato da spiagge di limitata ampiezza e costituite prevalentemente da sedimenti ciottolosi e ghiaiosi, è stato individuato come valore discriminante dello stato erosivo di un litorale variazioni (V) di 1 m/anno.
Altezza della spiaggia - sono stati messi in relazione l'altezza del profilo di spiaggia ed il <i>run-up</i> per quantificare la capacità di un tratto di litorale di dissipare il moto ondoso ascendente sulla spiaggia stessa; a tale scopo sono stati considerati i valori teorici di <i>run-up</i> elaborati da Mase (1989): <i>run-up</i> massimo (R_{max}), la media dei maggiori 1/3 <i>run-up</i> ($R_{1/3}$) ed il <i>run-up</i> medio (R_{medio}).
Tipo di profilo – questo parametro è rivolto alla determinazione della capacità di una spiaggia di dissipare il moto ondoso in funzione del suo profilo <i>cross – shore</i> ; a tale proposito è stato adottato l'indice “ ϵ ” elaborato da Guza & Inman (1975), indice essenzialmente funzione della pendenza della spiaggia e dei caratteri meteomarinari.
Parametri sedimentologici – la valutazione delle condizioni tessiturali della spiaggia è stata effettuata con l'utilizzo dei parametri statistici sedimentologici classazione (σ) e asimmetria (Skw); il presupposto di partenza è che un tratto di litorale sottoposto a depauperamento subirà l'allontanamento delle frazioni dimensionalmente meno stabili e conseguentemente il fuso granulometrico andrà ad assumere una elevata classazione (bassi valori di σ) e un arricchimento della componente più grossolana (Skw negativo).

Tabella 1 – Parametri morfo-sedimentologici ritenuti descrittivi dello stato della spiaggia

I valori dei parametri morfo – sedimentari (Tab. 2) sono stati immessi in un opportuno algoritmo di calcolo.

Valore	0	1	2	3
Parametro indice				
Variazione linea di riva (V)	$V < 0$ m/a	$0 < V < 1$ m/a	> 1 m/a	$>> 1$ m/a
Altezza spiaggia (H)	$H > R_{max}$	$R_{1/3} < H < R_{max}$	$R_{medio} < H < R_{1/3}$	$H < R_{medio}$
Profilo spiaggia (ϵ)	$\epsilon > 20$	$20 < \epsilon < 2.5$	$2.5 < \epsilon < 1$	$\epsilon < 1$
Classazione sedimenti (σ)	$\sigma > 0.8$	$0.5 \leq \sigma < 0.8$	$0.35 \leq \sigma < 0.5$	$\sigma < 0.35$
Asimmetria sedimenti (Skw)	$Skw > 0.1$	$0.1 < Skw < 0$	$0 < Skw < -0.1$	$Skw < -0.1$

Tabella 2 – Valori attribuiti ai parametri indice

Il valore indice totale ottenuto permette di valutare lo stato erosivo del litorale identificato dal parametro “S”. In base alla grandezza di “S” ottenuta, sono stati definiti quattro classi che si differenziano per diverse entità di intervento (Tab. 3).

	Classificazione	Tipologia d'intervento
$S < 4$	Litorale in avanzamento o stabile	Nessun intervento
$4 \leq S < 8$	Litorale sottoposto a blanda erosione	Interventi di riequilibrio
$8 \leq S < 12$	Litorale sottoposto ad erosione	Interventi di ricostruzione
$S \geq 12$	Litorale sottoposto a forte erosione	Interventi strutturali di ricostruzione

Tabella 3 - Indice d'erosione, classificazione del litorale e tipologia d'intervento.

Geodatabase

I dati ottenuti dalle indagini di campo e dalle successive elaborazioni, sono stati inseriti in una base di dati adeguatamente strutturata alle esigenze del progetto (Ferrari et al., 2005). In particolare sono stati individuati 6 ambiti principali ulteriormente distinti in campi e riportati in Tabella 4.

Elemento	Tipologia	Informazioni
Corsi d'acqua	Lineare	Dimensioni bacino versante; Portata solida; Portata liquida; Litotipi principali
Opere di difesa	Lineare	Tipologia; Caratteristiche strutturali; Dimensioni; Anno di costruzione
Spieggi	Poligonale	Tessitura; Morfologici (ampiezza, altezza, pendenza); Valutazione erosione (valori indice); Indice erosione (classificazione, tipologia intervento)
Urbanizzazione	Poligonale	Tipologia (aree urbane, industriali, agricole.); Dimensioni
Dati morfologici e sedimentologici	Puntuale	Dati morfologici (ampiezza, altezza, pendenza); Dati sedimentologici (tessitura e indici sedimentologici); Valori di <i>run-up</i>
Costa alta	Lineare	Dominio; Unità tettonica; Litotipo

Tabella 4 - Struttura della base di dati

La base di dati, che con la componente geometrica e la metainformazione costituisce il geodatabase (Fig. 1), è strutturata su due differenti livelli: nel primo sono inseriti i dati morfo – sedimentologici che permettono di caratterizzare e definire il litorale; il secondo, invece, prevede l'elaborazione dei dati secondo la metodologia precedentemente descritta e quindi consente di definire le diverse entità degli interventi da programmare per la difesa e/o il ripristino dei litorali in erosione. Dall'analisi delle elaborazioni effettuate emerge come il 29% delle spiagge liguri siano soggette ad erosione (con il 2% ad elevata criticità), che spesso trova la causa principale nella pressione antropica aumentata in modo esponenziale fin dal dopoguerra e che si somma al naturale deficit sedimentario registrato da ampie porzioni del territorio nazionale. Soltanto il 16% degli arenili è da considerarsi stabile o in avanzamento, ma questa condizione è raggiunta in massima parte grazie ai numerosi interventi di difesa e di ripascimento operati nel corso degli anni (Fig. 2). Il restante 55% delle spiagge, pur protette con diverse soluzioni che vanno dalle difese rigide ai ripascimenti periodici, mostrano bilanci sedimentari debolmente negativi che le rendono instabili e suscettibili di periodici interventi manutentivi.

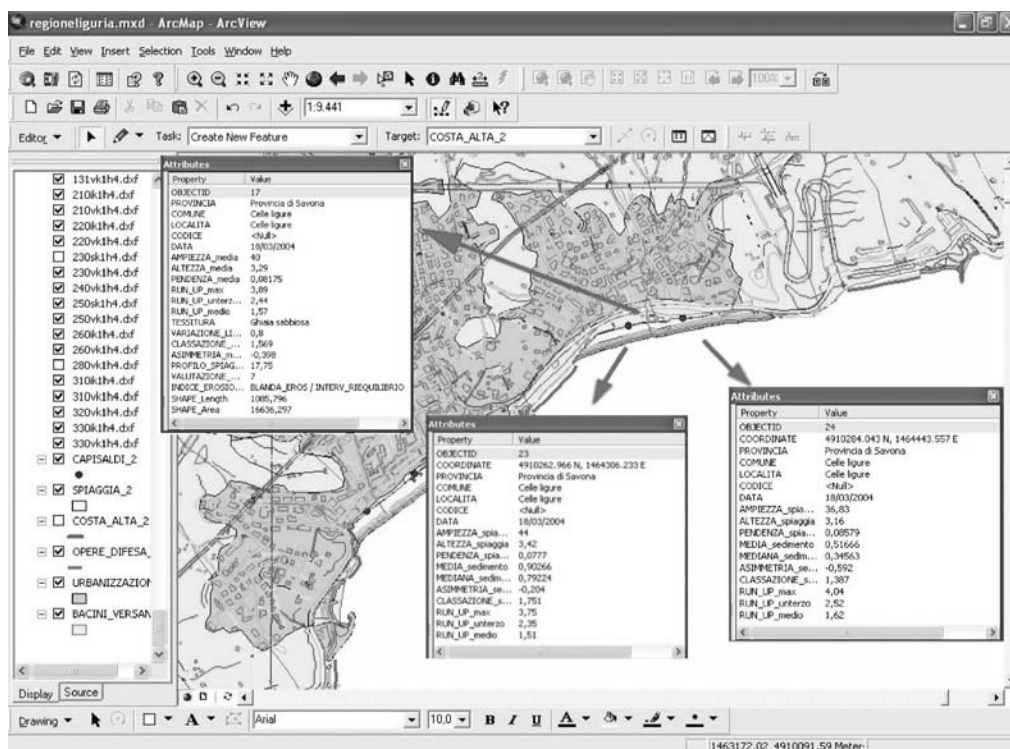


Figura 1 – Visualizzazione dei dati per il litorale di Celle Ligure (Liguria occidentale)

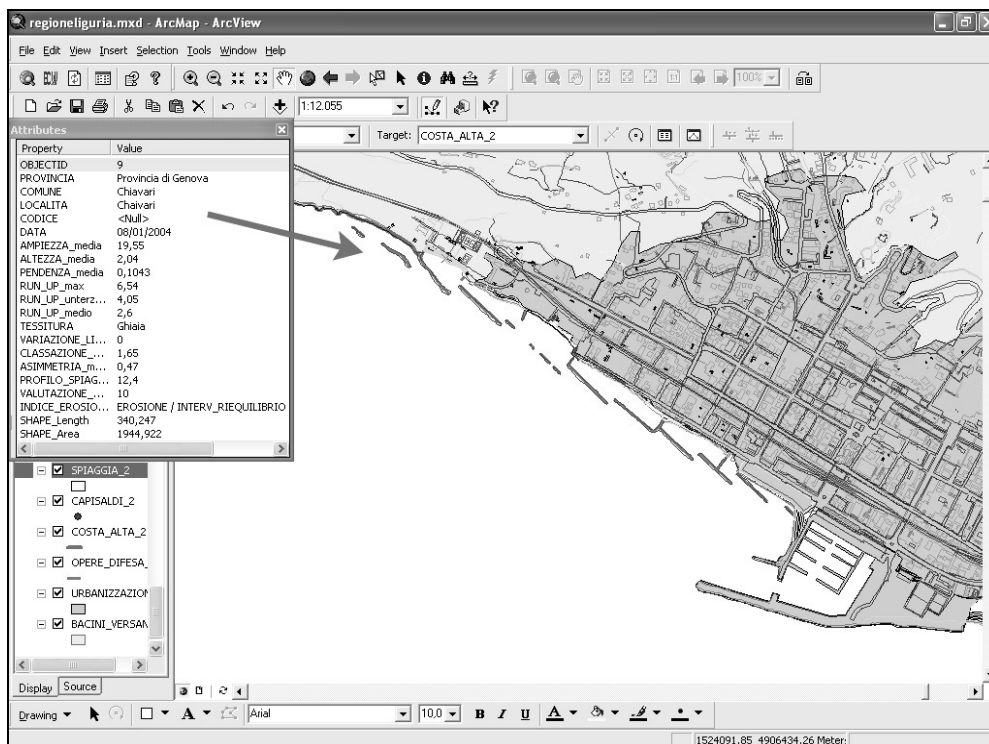


Figura 2 – Costa e infrastrutture della città di Chiavari (Liguria orientale)

La strutturazione del geodatabase risulta costituita, oltre che dalle componenti geometrica ed informativa, anche dalla metainformazione che ne certifica i contenuti dichiarando le condizioni di realizzazione e quindi ne determina le effettive possibilità di riutilizzo. La compilazione della base di dati è stata effettuata secondo i parametri definiti dalla commissione europea e che fanno riferimento allo standard ISO 11179; le informazioni sono state quindi compilate secondo lo standard del *Federal Geographic Data Committee's* (FGDC).

Conclusioni

I dati ottenuti dalle indagini di campo, successivamente implementate su piattaforma GIS con database associato, hanno permesso di ottenere un quadro completo della situazione della costa ligure. I parametri prescelti per la valutazione dell'indice d'erosione costiero si sono dimostrati nella maggior parte dei casi pertinenti ed idonei alla valutazione oggettiva del fenomeno e soprattutto risultano essere significativamente più esaustivi della sola valutazione delle variazioni di ampiezza della spiaggia; infatti, nei litorali studiati, quest'ultima risulta generalmente molto contenuta ed insufficiente a valutare il fenomeno erosivo.

L'applicazione di questa metodologia ha inoltre offerto il vantaggio di poter eseguire confronti tra diversi tratti costieri e, conseguentemente, diviene di fondamentale importanza nella gestione della fascia costiera e nelle azioni di pianificazione territoriale. A tale riguardo risultano molto utili le interrogazioni (*query*), che possono essere rivolte al sistema per individuare le diverse tipologie d'intervento da prevedere nei differenti tratti di litorale.

Infine, l'architettura stessa del sistema offre la possibilità di integrare i dati attuali con successive indagini che potranno portare ad un affinamento sempre maggiore dello studio.

Bibliografia

- AA.VV. (1997), *Atlante delle spiagge italiane*, a cura di: Giuliano Fierro, CNR-MURST., S.EL.CA., pp. 4, tavv. 108
- AA.VV. (2004), *Wind and Wave Atlas of the Mediterranean Sea*, Western European Union, Western European Armaments Organization Research Cell, 34 pp, 386 tavv.
- Carobene L., Brambati A. (1975), "Metodo per l'analisi morfologica quantitativa delle spiagge", *Boll. Soc. Geol. It.*, 94: 479-493
- Fanucci F., Corradi N., Firpo M., Piccazzo M., Tucci S. (1990), "Les côtes de la Mer Ligure: morphologie, dynamique et évolution", *Littoral 1990, Comptes rendus du 1er symposium international de l'Association européenne EUROCOAST*, Marsiglia 9-13 luglio 1990: 82-86.
- Fanucci F., Fierro G., Rehault J.P. (1976), "Evoluzione quaternaria della piattaforma continentale ligure". *Mem. Soc. Geol. It.*, **13**: 233-240.
- Ferrari M., Balduzzi I., Bozzano A., Bolens S. (2004), "Valutazione dello stato d'erosione dei litorali e stima del fabbisogno di sedimenti per il ripascimento delle spiagge liguri", in: *La ricerca di sabbie nel Mar Ligure*, Regione Liguria, 61-71
- Ferrari M., Balduzzi I., Bozzano A., Artom C., (2005), "The use of a GIS to evaluate the erosion of the Ligurian littoral", *International Cartographic Conference, A Coruña, 2005*, CD-ROM file:///D:/htm/pdf/poster/TEMA5/MARCO%20FERRARI.pdf
- Folk R.L., Ward W. (1957), "Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters", *Jour. Sed. Petr.* 27: 3-26.
- Folk R.L. (1961), "Review of grain size parameters", *Sedimentology, Department of Geology University of Texas, Austin*. 143 pp.
- Istituto Idrografico della Marina (1978), *I venti e lo stato del mare*, I. I. M. Genova. 5: 1-14
- Mase H. (1989), "Random Wave Run-up Height on Gentle Slope", *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, Vol 115, 5: 649-661.
- Vanossi M. (1986), "Geologia delle Alpi Liguri", *Mem. Soc. Geol. It.*, **28**: pp 598.