

Definizione della linea di costa italiana e delle opere di difesa

Angela Barbano (*), Stefano Corsini (*), Massimo Paone (*), Claudio La Mantia (**)

(*) APAT, Dip. Tutela delle Acque Interne e Marine – Serv. Difesa delle Coste, Via Curtatone, 3, 00185 Roma, Italia, angela.barbano@apat.it, stefano.corsini@apat.it, massimo.paone@apat.it

(**) Planetek Italia, Via Massaua 12, 70123 Bari, Italia, lamantia@planetek.it

Sintesi

Il presente articolo descrive le metodologie e le tecnologie adottate per il progetto di definizione della linea di costa italiana e delle opere di difesa realizzato da A.P.A.T in collaborazione con Planetek Italia s.r.l.. Il progetto è finalizzato allo studio dello stato delle coste italiane e alla loro evoluzione.

La caratterizzazione della linea di costa è stata effettuata mediante fotointerpretazione e digitalizzazione a video a partire dalla base di dati costituita dalle ortofoto a colori IT2000, realizzata nel biennio 1998/1999. Questa prima attività ha prodotto la più recente ed uniforme rappresentazione a scala nazionale 1:25.000 dell'assetto morfologico della costa italiana e ha consentito la localizzazione e la classificazione delle opere di difesa attuate negli ultimi decenni per la protezione dei litorali dai fenomeni erosivi e dai rischi naturali.

La linea di costa ricavata dalle ortofoto è stata successivamente sovrapposta e confrontata con la linea di costa estratta dalla cartografia storica di riferimento IGM a scala 1:25.000. Questa seconda attività ha consentito, mediante opportune elaborazioni, l'analisi estesa ad un arco temporale di circa 40-50 anni delle variazioni della linea di riva e l'individuazione e classificazione delle aree territoriali in avanzamento e in arretramento.

Abstract

This article describes the methodologies and technologies used in the project for the detection and classification of the Italian coastline and coastal protection works developed by APAT in collaboration with Planetek Italia srl.. The project aims at getting the facts (statistics) about Italian coastline status and how it has changed during last decades. From this perspective the coastline characterization at a national scale has been carried out by means of photo-interpretation and on screen digitalization from digital color orthophoto IT2000 acquired on 1998/1999. This activity has produced an updated and consistent chart at a national scale 1:25.000 of Italian coastline morphological structure, together with the detection and classification of coastal protection works, developed during the last decades to protect coastline from erosion and natural risks. Further work produced a comparison of the coastline detected from digital color orthophoto with the coastline detected from historical reference IGM cartography scale 1:25.000. This approach based upon a customized processing method, facilitate the detection and analysis of coastline modifications (erosion/advancement) during a period of approximately 40-50 years.

Cartografia e dati di riferimento

Per la realizzazione del progetto è stata utilizzata la seguente banca dati:

- 1) ortofoto digitali a colori IT2000 relative alla copertura della costa italiana (Figura 1);
- 2) cartografia storica di riferimento IGM a scala 1:25000 in formato digitale e linea di costa da questa estratta in formato digitale vettoriale (Figura 2);
- 3) reticolo delle tavole IGM 1:25000 e delle ortofoto IT2000;

- 4) mappa della suddivisione del litorale nazionale per unità fisiografiche;
- 5) mappa dei confini comunali dei comuni costieri di tutta Italia;
- 6) atlante delle Spiagge del CNR, specifiche IntesaGIS e ulteriori monografie disponibili.

La copertura del territorio italiano, fornita con le ortofoto digitali a colori realizzate con il volo IT2000, è stata la sorgente delle informazioni per quanto riguarda la digitalizzazione della linea di costa. La cartografia IGM in scala 1:25000 e la linea di costa è stata utilizzata per la valutazione dei tratti di costa modificati in avanzamento e in arretramento.

Tutti gli altri strati informativi sono stati utilizzati come riferimento per la classificazione e codifica dei tratti di costa e per la produzione di diversi tematismi.

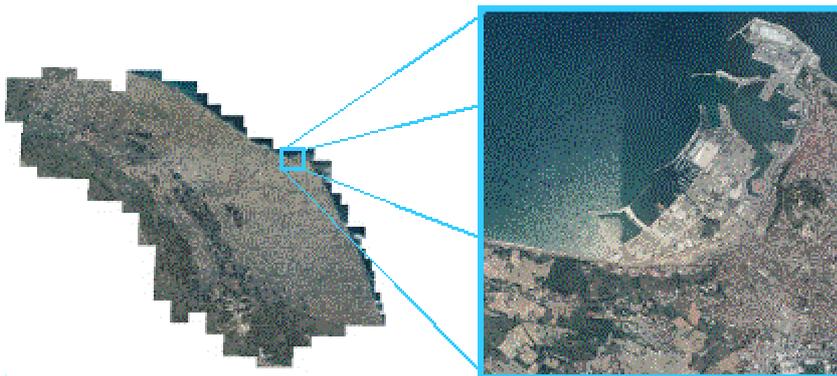


Figura 1: Ortofoto digitali a colori a copertura regionale con risoluzione nominale del pixel di 1m x 1m.

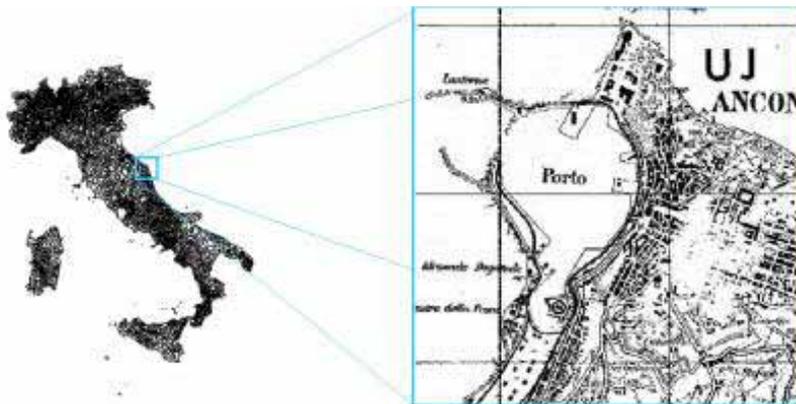


Figura 2: Cartografia tradizionale IGM in scala 1:25000 informatizzata e mosaicata a realizzare uno strato informativo continuo su tutto il territorio nazionale.

Metodologia e tecnologia operativa

Il progetto è stato sviluppato in due fasi. La metodologia predefinita di caratterizzazione della costa è stata inizialmente sperimentata su tratti di litorale pari a circa il 10% dell'intero territorio nazionale, relativi alle coste delle regioni Toscana e Marche. Questa fase sperimentale del progetto ha condotto:

- alla definizione dettagliata delle procedure operative di delimitazione e di fotointerpretazione delle caratteristiche della costa e delle specifiche dei prodotti;
- alla progettazione della base dati e alla classificazione definitiva degli attributi di interesse (tipo di costa, opere, modificazione, etc.).

Nella seconda fase lo studio è stato esteso a tutto il territorio nazionale italiano, procedendo per regioni. La consistenza della metodologia e dei prodotti è stata verificata per tutta la durata del progetto, determinando delle revisioni ed ulteriori approfondimenti, p.e. nelle procedure di calcolo delle modificazioni.

La banca dati vettoriale della linea di costa e delle opere di difesa è stata realizzata in ambiente GIS, utilizzando il software ArcInfo 9 della famiglia ArcGIS della ESRI. Un software che, disponendo di

numerose ed idonee funzionalità di gestione, analisi ed editing dei dati vettoriali, ha consentito di svolgere le attività senza la necessità di ricorrere ad altri strumenti.

L'attività di fotointerpretazione e digitalizzazione della linea di costa è stato svolto tracciando a video il limite terra-mare visibile sulla base raster delle ortofoto, messe a disposizione in formato ECWP (*Enhanced Compression Wavelet Protocol*) attraverso un accesso riservato via internet.

Il geodatabase, su cui è stato eseguito l'editing di caratterizzazione dei tratti di costa, è stato progettato e schematizzato in UML (*Unified Modeling Language*), secondo una struttura rigida della banca dati e una classificazione degli attributi cui gli operatori incaricati dell'editing si sono attenuti.



Figura 3: Esempio di editing della linea di costa

Delimitazione e descrizione della linea di costa

La linea di costa, intesa come confine ultimo tra terraferma e mare, è stata acquisita con continuità anche in presenza di manufatti (opere di difesa e portuali, moli, ecc.), che da essa si dipartono, ne fanno parte integrante e con cui la stessa mantiene la consistenza topologica.

In corrispondenza delle foci di corsi d'acqua sono state acquisite le sponde per un tratto di 500m verso l'entroterra e la linea di costa è stata raccordata agli estremi delle sponde mediante un tratto fittizio. La linea di costa digitalizzata è stata classificata in:

- **naturale**,
- **artificiale**, in corrispondenza dei manufatti ed opere marittime,
- **fittizio**, in corrispondenza delle foci dei fiumi, per il tratto che raccorda gli estremi delle sponde del corso, e di alcune tipologie di opere marittime e di difesa (Figura 4).

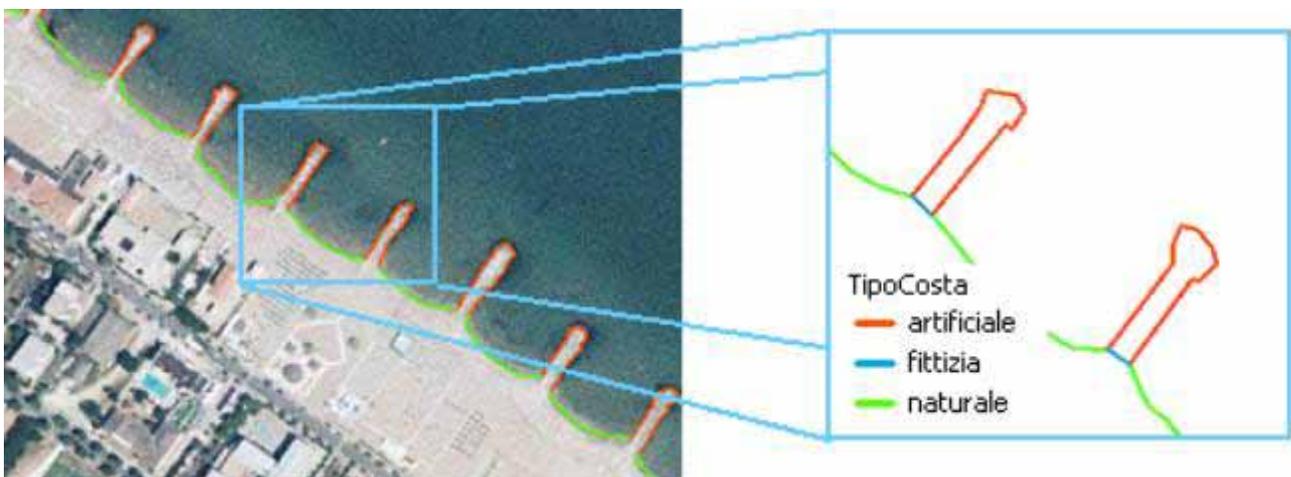


Figura 4: Editing della linea di costa in presenza di manufatti

Per i tratti di costa naturale sono stati individuati i tratti di **costa alta** e di **costa bassa**; ove possibile la costa bassa è stata, inoltre, distinta in sabbiosa, ciottolosa e rocciosa.

Tutte le **opere di difesa** dei litorali visibili con le ortofoto, incluse le opere emerse e sommerse non direttamente collegate alla linea di costa, sono state digitalizzate e catalogate per tipologia.

Analisi delle modifiche alla linea di costa

L'analisi delle modifiche della linea di costa è stata effettuata mediante un confronto tra la linea di costa di riferimento (estratta dalla cartografia IGM in scala 1:25000) e la linea di costa digitalizzata (estratta dalle ortofoto digitali a colori IT2000, risoluzione spaziale di 1m) a meno di tutti i manufatti e corsi d'acqua, che sono stati sostituiti con i relativi tratti fittizi. Il confronto tra le due linee di costa è stato escluso anche in corrispondenza dei tratti di costa per cui sono state evidenziate delle incongruenze topografiche e per le zone a copertura militare o industriale.

Il risultato del confronto ha consentito la suddivisione della linea di costa digitalizzata dalle ortofoto in più tratti contigui classificati per variazione (**avanzamento, erosione, stabilità**) rispetto alla linea di costa IGM di riferimento e una corrispondente valutazione complessiva delle modifiche spaziali e nel tempo dei litorali italiani.



Figura 5: Linea di costa classificata per tipologia di modifica

Per l'analisi delle variazioni della linea di riva sono state generate due fasce di interesse (*buffer*) ampie 5 e 30m e sub-parallele alla linea di costa di riferimento ricavata dai mosaici IGM.

La fascia dei 5 m contiene la linea di riferimento IGM e gli eventuali errori di graficismo.

La fascia dei 30 m, determinata sperimentalmente, contiene gli errori di coregistrazione delle due linee, derivanti dalle operazioni di scansione delle carte IGM, di mosaicatura e georeferenziazione.

I tratti di costa digitalizzati dalle ortofoto, per sovrapposizione e analisi spaziali, sono stati identificati come modificati (avanzati/arretrati) solo se comprendevano almeno un punto avente distanza dalla linea di costa di riferimento uguale o superiore a 30m, mentre tutti gli altri tratti sono stati definiti stabili.(Figura 6)

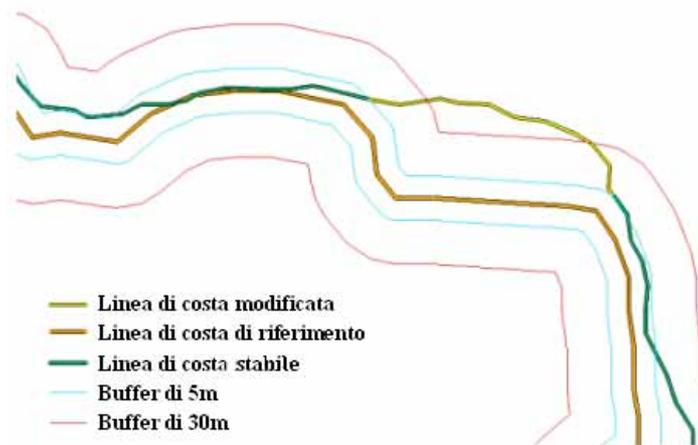


Figura 6: schema identificazione tratti modificati

E' stato determinato per ogni tratto l'entità media e massima della variazione. Per ogni singolo tratto di costa soggetto a modifiche è stata estrapolata l'area totale persa o acquisita, evidenziata dall'intersezione della linea di costa IGM di riferimento e di quella digitalizzata dalle ortofoto. La stima dell'entità media della variazione è stata ottenuta dividendo l'area calcolata per la lunghezza del tratto di costa IGM di riferimento modificatosi. In Figura 7 è mostrata una schematizzazione della metodologia descritta.



Figura 7: Schema della metodologia per il calcolo della entità media della variazione.

L'entità massima della variazione è stata calcolata mediante la generazione di più *buffer* sub-paralleli alla linea di costa IGM di riferimento e aventi distanza incrementale di 5m l'uno dall'altro. Il *buffer* più grande intersecante il tratto di costa modificatosi determina quindi l'entità massima della variazione con una precisione maggiore o uguale a 5m.

Accuratezza di restituzione e tolleranza

L'accuratezza della cartografia prodotta è relativa ad una scala di rappresentazione di 1:25.000. A questa scala, considerando un errore di graficismo di 0,2 mm., l'errore massimo consentito risulta di 5m che si traduce in una tolleranza di 5 pixel per l'errore di digitalizzazione. Con riferimento specifico alle opere lineari quali moli, banchine e quant'altro risulta ben definito e visibile sulle ortofoto, l'errore massimo previsto è stato di 3m.

Al fine di rientrare entro tali tolleranze si è proceduto alla digitalizzazione a partire da una visualizzazione a video ad una scala di 1:5.000 delle ortofoto digitali, che è stata incrementata fino ad una scala di 1:3.000 per i tratti di costa in cui sono presenti opere lineari.

Conclusioni

Il risultato finale del progetto è stata la **mappa della linea di costa dell'intero territorio italiano**.

I prodotti cartografici in scala 1:25.000 costituiscono la base di riferimento per l'analisi delle evoluzioni della linea di riva, delle azioni naturali ed antropiche che intervengono a modificarla. Gli archivi, in pubblicazione, sono compatibili con la struttura dei database del SINA (Sistema Informativo Nazionale Ambientale) dell'APAT.

L'individuazione e la classificazione delle opere di difesa marittima costituiscono un utile strumento per lo studio degli interventi attuati per la protezione delle coste dai fenomeni erosivi.

Il confronto tra i dati vettoriali estratti dalle banche dati raster delle ortofoto e della cartografia IGM ha consentito, nonostante la notevole differenza di scala (ortofoto 1:10.000 e cartografia IGM 1:25.000), la valutazione delle variazioni intervenute sulla fascia costiera nazionale in arco temporale di circa 40-50 anni.

Gli elaborati statistici stilati a conclusione del progetto a scala nazionale, per unità amministrative e per unità fisiografiche rappresentano uno strumento aggiornato per l'analisi dello stato delle coste nel panorama nazionale italiano, esempio in Figura 8.

Regione: Campania							
Provincia: Napoli Coste 244 Km							
Tipo costa	Descrizione	Litologia	Lunghezza		Opere		
			[m]	[%]	N°	[%] N°	[%] Dim.
Totale			243.970	100,0			
Naturale			201.055	82,4			
	Alta		134.065	66,7			
	Bassa		66.990	33,3			
		Sabbiosa	50.340	75,1			
		Ciottolosa	84	0,1			
		Rocciosa	12.230	18,3			
		Non definito	4.336	6,5			
Artificiale			21.960	9,0	587	100,0	100,0
	Radente a gettata		14.535	66,2	108	18,4	44,8
	Radente a muro		5.131	23,4	39	6,6	13,0
	Scogliere emerse con varchi				74	12,6	17,0
	Scogliere emerse senza varchi				11	1,9	2,9
	Scogliere sommerse con varchi				29	4,9	5,3
	Scogliere sommerse senza varchi				12	2,0	3,3
	Pennelli obliqui emersi				25	4,3	4,0
	Pennelli obliqui sommersi				4	0,7	1,1
	Pennelli ortogonali emersi				34	5,8	3,3
	Pennelli ortogonali sommersi				8	1,4	1,5
	Pennelli a T emersi				7	1,2	1,1
	Pennelli a T sommersi				1	0,2	0,2
	Pennelli a Y emersi				0	0,0	0,0
	Isolotti				20	3,4	2,5
	Opere miste				15	2,6	
	Foci armate				7	1,2	
	Opere portuali				48	8,2	
	Altro (lidi, pontili, ecc.)		2.294	10,4	145	24,7	
Fittizia			20.955	8,6			
	Collegamento porto		14.168	67,6			
	Collegamento opera		6.715	32,0			
	Collegamento foce del fiume		72	0,3			

	Lunghezza	
	[m]	[%]
Coste	243.970	100,0
Stabili	197.808	81,1
Modificate	31.710	13,0
Non definito*	14.452	5,9
Coste modificate	31.710	13,0
Arretramento	10.425	4,3
Avanzamento	21.285	8,7

	Lunghezza	
	[m]	[%]
Coste	66.991	100,0
Stabili	44.026	65,7
Modificate	22.752	34,0
Non definito*	213	0,3
Coste modificate	22.752	34,0
Arretramento	7.921	11,8
Avanzamento	14.831	22,1

Figura 8: Esempio di report statistico a scala provinciale