

LA RETE GEODETICA INTEGRATA PER LA GESTIONE DELLA COSTA

UNA CONOSCENZA APPROFONDATA DELL'ASSETTO MORFOLOGICO DEL TERRITORIO È ESSENZIALE PER IL SUPPORTO ALLE POLITICHE DI DIFESA DELLA COSTA. IN EMILIA-ROMAGNA IL MONITORAGGIO DEL FENOMENO EROSIVO E DELL'EVOLUZIONE DELLA MORFOLOGIA È PARTITO NEL 1979 E HA VISTO NEL TEMPO CONTINUI AGGIORNAMENTI TECNOLOGICI.

La costa emiliano-romagnola comprende 110 km di spiaggia bassa e sabbiosa, da Cattolica alla foce del Po di Volano, e il sistema barriera-laguna della Sacca di Goro nella parte nord. I primi fenomeni erosivi sulla costa regionale hanno avuto inizio negli anni 20-30 del secolo scorso, a causa del prolungamento di alcuni moli portuali, che hanno generato un blocco nel trasporto solido lungo costa. In seguito, a partire dagli anni 50, il rapido sviluppo urbanistico delle località turistiche e il conseguente aumento della pressione antropica su tutto il litorale hanno contribuito all'incremento dell'erosione delle spiagge. In particolare, le principali cause di erosione individuate sono:

- la riduzione del trasporto solido fluviale a causa dell'estrazione di inerti dagli alvei e la realizzazione di opere idrauliche per la regimazione
- la subsidenza, accentuata dalle pratiche di estrazione di fluidi dal sottosuolo
- la realizzazione di moli che determinano l'arresto del trasporto solido lungo costa con modifiche macroscopiche dell'assetto della linea di riva (Rimini, Cesenatico, Porto Garibaldi)
- l'urbanizzazione intensa e la rimozione di gran parte delle dune costiere
- la realizzazione delle stesse opere rigide di difesa che causano problematiche nelle aree non protette (scogliera-erosione-scogliera).

A oggi, ben 85 km della costa regionale sono stati interessati dal fenomeno erosivo.

La Regione Emilia-Romagna ha reagito con prontezza alla problematica dell'erosione costiera, approvando nel 1979 la Lr n.7, che prevedeva la redazione di un piano progettuale per la difesa della costa. Nel 1984 è stato approvato il *Piano progettuale per la difesa della costa*, che ha promosso l'istituzione delle reti regionali per il monitoraggio dell'erosione costiera: monitoraggio morfologico (rilievo della linea di riva e del profilo di spiaggia),



1

misura della subsidenza e monitoraggio sedimentologico. Tali reti, gestite dall'Unità monitoraggio costiero e dalla Direzione tecnica di Arpa, permettono di valutare i processi erosivi e di fornire indicazioni a supporto delle politiche di difesa e di gestione della costa. Per il monitoraggio dell'evoluzione morfologica delle spiagge sono state realizzate periodiche campagne di rilievi topo-batimetrici: 1984, 1993, 2000, 2006, 2012 e l'ultima nel 2018. Nella prima campagna sono stati rilevati 15.000 punti lungo 150 sezioni perpendicolari alla costa, fino alla batimetrica degli 8-10 m, costituenti la prima rete regionale topo-batimetrica. Nel corso degli anni, grazie anche alla disponibilità di nuove tecnologie di posizionamento satellitare (Gps) e di rilievo batimetrico (ecoscandaglio *multibeam*), la rete è stata notevolmente ampliata: nel 2012 e nel 2018 sono stati rilevati circa 1.000 km di profili topo-batimetrici, acquisendo oltre 6 milioni di punti quotati.

Altri rilievi sono stati svolti a livello locale, in riferimento alla realizzazione di interventi di difesa, per valutarne l'efficacia e gli effetti sul litorale, o come supporto a determinate attività. In particolare, per grandi interventi di ripascimento ("Progettoni" 2002, 2007 e 2016), per nuove darsene e moli portuali (Rimini e Cattolica), per il riassetto e la riqualificazione di opere di difesa (Viserba, Igea Marina, ...) e a supporto della modellistica ingegneristica costiera e del sistema di allertamento per il rischio costiero della regione Emilia-Romagna (*Early Warning System*).

L'importanza dei rilievi eseguiti per attività di monitoraggio è strettamente connessa a una loro periodica disponibilità, per consentire confronti tra le misure a distanza di tempo. Il corretto

1 Stazionamento Gns su vertice della Rete geodetica costiera (Rgc), per la misura delle coordinate.

inquadramento altimetrico dei rilievi è dunque fondamentale per ottenere confronti e stime accurate.

Diverse sono le reti presenti in Emilia-Romagna utilizzabili come riferimento altimetrico per i rilievi di monitoraggio costiero, quale, ad esempio, la *Rete regionale di controllo della subsidenza*, che all'impianto (1984) era costituita da una serie di capisaldi equidistanti circa 500 m. La loro quota ortometrica, fino al 2005, è stata periodicamente determinata con misure di livellazione geometrica di alta precisione. Dopo il 2005, la subsidenza è stata misurata tramite sistemi interferometrici satellitari e la rete dei capisaldi, perdendo la sua funzione originaria, è stata abbandonata.

La mancata manutenzione ha determinato la progressiva scomparsa di capisaldi (tasso del 5-10% annuo) a causa di lavori sulle strutture, adeguamenti o demolizioni. Un'altra criticità è data dal fatto che la rete non sia stata pensata per misure Gps o Gns, perciò i capisaldi, causa la loro posizione, la presenza di alberi, strutture o edifici, non sempre risultano adatti allo stazionamento di strumenti satellitari.

Altre reti presenti sul territorio sono quelle di stazioni permanenti per i servizi di posizionamento in tempo reale (Nrtk). Tali reti non sempre soddisfano le necessità di accuratezza altimetrica richiesta per il monitoraggio morfologico. Inoltre, le prestazioni sono garantite all'interno della rete, ma decadono nelle aree esterne (es. area costiera) e nel caso in cui siano di proprietà di ditte o istituzioni private, condizioni contingenti potrebbero modificare l'erogazione del servizio fino a farlo cessare. In seguito ad analisi di questo tipo, è stata dunque riscontrata la necessità di istituire una nuova rete come supporto alle attività di monitoraggio morfologico costiero, costituita da vertici stazionabili con strumentazioni Gns, posti in prossimità della costa e in siti tali da garantirne il più possibile la loro stabilità e la conservazione nel tempo.

Nel biennio 2016-2017, grazie a un finanziamento regionale e alla collaborazione tra Arpae e al dipartimento Dicam dell'Università di Bologna, è stata progettata e realizzata la *Rete geodetica costiera* (Rgc). Nella sua realizzazione, si è cercato di riutilizzare il più possibile vertici e/o capisaldi appartenenti a reti esistenti in modo da evitare inutili duplicazioni, con vantaggi anche in termini economici. All'impianto la Rgc è costituita da 40 vertici, posti mediamente a una interdistanza di circa 4 km, e solo 6 di nuova istituzione.

Attraverso lo stazionamento di strumentazione Gns sono state misurate le coordinate dei vertici con precisione centimetrica sia in planimetria che in quota, e riferite al sistema nazionale ETRS89 - ETRF2000 (epoca di riferimento 2008.0), secondo il Dm 10 novembre 2011 (foto 1). La quota ortometrica dei singoli vertici è stata determinata aggiornando l'ultima misura di livellazione disponibile (2005) con i modelli di subsidenza ottenuti dall'analisi interferometrica. Le monografie dei vertici sono disponibili sul portale di Arpae (www.arpae.it/cartografia, figura 1). Disporre di un sistema di riferimento piano-altimetrico omogeneo e aggiornato risulta particolarmente significativo per le attività di rilevamento, in quanto anche piccole variazioni possono impattare significativamente sul risultato finale. A questo proposito, un esempio pratico ha permesso di valutare gli effetti generati da un bias di circa 15 cm in quota, riscontrato tra i rilievi di prima e seconda pianta relativi a un recente intervento di ripascimento. Questa differenza ha determinato inizialmente una quantificazione di 50.000 m³ di volume di sabbia in più, rispetto a quella realmente apportata, con il conseguente rischio di un significativo aggravio economico.

Tutte queste considerazioni rafforzano l'importanza di un potenziamento della Rete geodetica costiera e la sua estensione a scala regionale, fino alla realizzazione di una Rete geodetica integrata regionale (*Geodetic Integrated Network - Gin*). Per raggiungere tale scopo sarà necessario intraprendere diverse azioni:

- infittire la rete esistente portandola a una densità di un vertice ogni 2 km lungo costa, tale da garantire la consistenza della rete in caso di scomparsa di alcuni capisaldi e al contempo per ridurre la distanza tra le aree di rilievo e i vertici stessi, con vantaggi in termini di tempi e di costi
- irrobustire la Rgc con nuovi vertici collocati nell'immediato entroterra, che permetterebbero di passare da uno schema di calcolo a poligonale a uno a rete
- collegare la Rgc con il livello medio mare locale dei mareografi regionali di Porto Garibaldi e di Ravenna
- irrobustire la rete di stazioni permanenti Gns lungo costa
- uniformare, in termini altimetrici, il datum d'altezza delle principali infrastrutture geodetiche
- effettuare una livellazione geometrica di precisione lungo l'intero litorale regionale. La realizzazione della rete geodetica integrata è il necessario supporto alla conoscenza dell'assetto morfologico del territorio. In un contesto di cambiamenti climatici, la conoscenza del territorio e delle dinamiche che su di esso insistono è di fondamentale importanza per riuscire a sviluppare piani di adattamento che mirino a mitigare il rischio.

Nunzio De Nigris¹, Maurizio Morelli¹, Stefano Gandolfi², Enrica Vecchi²

1. Unità Monitoraggio costiero e supporto alla gestione della costa, Arpae Emilia-Romagna
2. Dipartimento di Ingegneria civile, chimica, ambientale e dei materiali (Dicam), Università di Bologna

FIG. 1
RETE GEODETICA
COSTIERA

Distribuzione dei vertici lungo il litorale emiliano-romagnolo.

