

IL RIFERIMENTO ALTIMETRICO PER LE ALLERTE MARINE

LA MODELLISTICA PREVISIONALE DI ALLERTAMENTO MARINO-COSTIERO A SERVIZIO DELLA PROTEZIONE CIVILE ADOTTA UN SISTEMA DI RIFERIMENTO VERTICALE LOCALE CHE GARANTISCE LA CONTINUITÀ TRA MARE E TERRA. IL PROGETTO DI RETE GEODETICA INTEGRATA MIGLIORA LA QUALITÀ DEI DATI TOPO-BATIMETRICI E NE SEMPLIFICA IL PROCESSAMENTO.

La regione Emilia-Romagna dispone di sistema modellistico previsionale integrato (Valentini et al., 2014), gestito da Arpa-Simc (Struttura IdroMeteoClima), che propaga le informazioni meteo-marine dalla grande scala (bacino Adriatico) alla scala locale (costa). Con un sistema modellistico previsionale integrato, si intende una catena di modelli numerici che girano in cascata e con dipendenze interconnesse, e che forniscono progressivamente la previsione a maggiore dettaglio. Nel caso della catena di Arpa-Simc, la previsione del livello del mare viene calcolata dal modello operativo oceanografico *AdriaRoms*, che tiene conto delle maree, della circolazione marina e delle condizioni atmosferiche, mentre lo stato del mare (moto ondoso) viene calcolato dal modello di onde *Swan-Meditare*. Per entrambi, le condizioni atmosferiche vengono fornite dalle previsioni del modello operativo atmosferico *Cosmo*, all'origine della catena. L'ultimo modello

della catena previsionale è il modello morfologico *XBeach*, che serve a valutare l'impatto dell'evento meteo-marino previsto sulla costa e che viene guidato dalle previsioni del livello del mare e delle onde (prodotte dai modelli meteo-marini precedenti). Le previsioni prodotte da questo sistema sono utilizzate quotidianamente dal Centro funzionale regionale per valutare il rischio in mare e sulla costa e, in caso di evento, per l'emissione di bollettini e di allerte di Protezione civile (allertameteo.regione.emilia-romagna.it). Le allerte marino-costiere sono di due tipi: le allerte per lo stato del mare e le allerte per mareggiata (o criticità costiera). Queste ultime indicano il rischio che possano verificarsi condizioni di criticità per il litorale (come inondazioni, erosione dell'arenile ecc.) causate da particolari condizioni di livello del mare e di onde, mentre le allerte per lo stato del mare indicano il rischio derivante da uno stato di moto ondoso agitato o peggiore (onde superiori

a 2,5 m). In entrambi i casi ci si riferisce a soglie di allertamento predefinite per l'altezza d'onda e per il livello del mare. Queste informazioni vengono sintetizzate attraverso alcuni indicatori di impatto (*Storm Impact Indicator*, *Sii*), che forniscono informazioni circa l'ingressione del mare sulla spiaggia e che vengono calcolati a partire dal livello massimo del mare sulla costa (*run-up*), previsto dal modello *XBeach*. Il modello oceanografico lavora con un sistema e un piano di riferimento verticale proprio, al quale si riferiscono le previsioni del livello del mare, che è, per definizione, la distanza tra la superficie libera dell'acqua e una superficie di riferimento. Ma appunto, quale riferimento altimetrico? Per le allerte e per i modelli costieri, il livello del mare è riferito al medio mare locale, con la quota zero in corrispondenza della linea di costa. I modelli costieri, infatti, lavorando su domini rappresentati da parti emerse

DIFESA DEL TERRITORIO

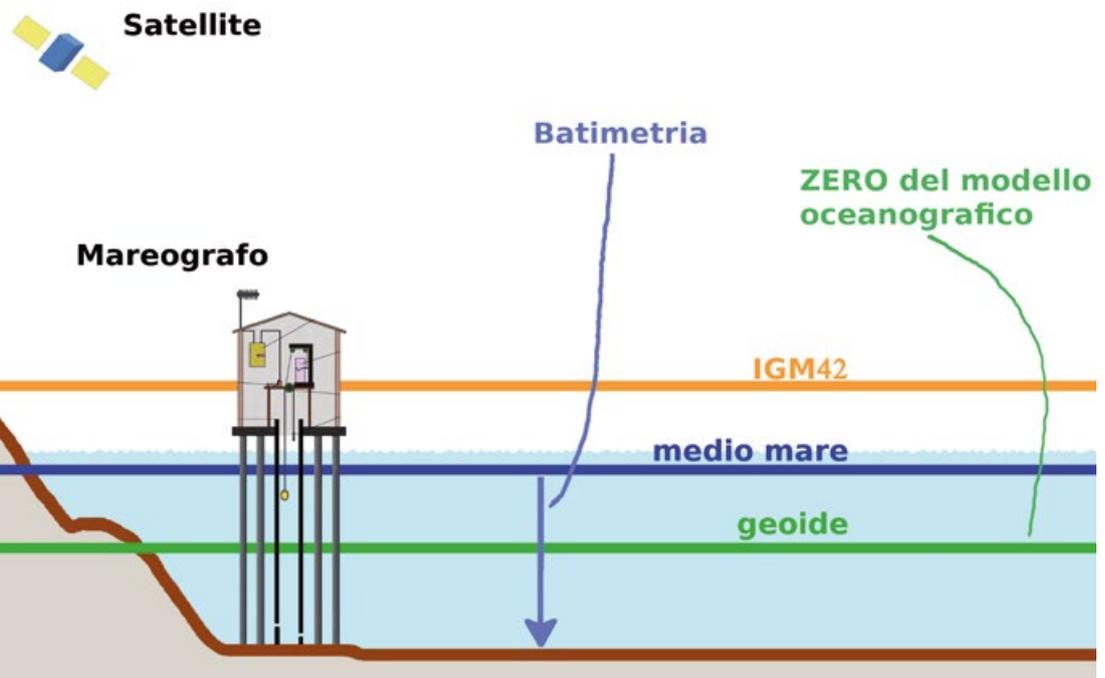


FIG. 1
RIFERIMENTO VERTICALE

Schema semplificato dei sistemi di riferimento verticali a costa. Il geode (in verde), è una superficie a gravità costante, zero di riferimento di un modello oceanografico; il livello medio del mare (in blu) è identificato da misure di lungo periodo di dati mareografici o satellitari. Per i rilievi topobatimetrici, in Emilia-Romagna, viene utilizzata la rete geodetica costiera (Rgc) regionale riferita allo zero Igm (in arancione).

e parti sommerse, necessitano di una continuità tra la terra e il mare (la topografia e la batimetria) e la linea di costa rappresenta l'interfaccia di separazione, il riferimento per considerare le rispettive quote, positive o negative. Diversamente, i modelli oceanografici a grande scala considerano la costa solo come il bordo, il limite del dominio: per il calcolo della dinamica e dello stato degli oceani a grande scala vengono infatti trascurati i fenomeni di interazione costiera, che richiedono risoluzioni maggiori e la soluzione di fenomeni specifici. Per questo motivo, in un modello oceanografico, i riferimenti verticali della batimetria e del livello del mare possono anche non essere coerenti (e spesso non lo sono).

Di conseguenza, bisogna ricondurre la previsione del livello del mare prodotto dal modello oceanografico al sistema di riferimento verticale locale. In questo modo, si garantisce l'essenziale continuità tra mare e terra e ci si assicura che i rispettivi valori siano confrontabili.

Il raccordo viene effettuato a partire dalla definizione di medio mare locale: in un sistema costiero, lo zero coincide con il livello del mare medio locale, identificato con il calcolo della media di una lunga serie di misurazioni mareografiche (l'ideale sarebbero i 19 anni del ciclo metonico, per avere un intero ciclo lunare).

Lo zero di un modello oceanografico, invece, giace su una superficie a gravità costante e può essere quindi associato alla superficie di un geode, che viene considerata la superficie (a gravità costante) che meglio approssima la superficie media del mare. Su piccola scala, le differenze tra il geode e il livello medio del mare sono apprezzabili e i diversi riferimenti non possono essere usati in modo intercambiabile (*figura 1*). Nello specifico, si calcola quindi la superficie media del livello del mare del modello e la si riporta alla quota del medio mare locale sottraendo la differenza tra questi due valori.

Il modello morfologico, inoltre, lavorando a risoluzioni molto alte (dell'ordine dei metri), necessita di un rilievo topo-batimetrico preciso e coerente nel tempo. Arpae a tale scopo utilizza la rete geodetica costiera (Rgc) regionale, che è stata realizzata nel 2017, e che, con il progetto *Geodetic Integrated Network* (Gin), si vuole riferire a un sistema di riferimento verticale rispetto al medio mare locale: in questo modo vengono uniformati i sistemi di riferimento dei rilievi di spiaggia. Questo semplifica notevolmente il processamento dei dati e aumenta anche la qualità e la coerenza dei dati topo-batimetrici.

La trasformazione tra diversi sistemi di riferimento, infatti, è un processo impegnativo e delicato: richiede

solitamente diversi passaggi tra sistemi la cui definizione non è sempre precisa, introducendo così errori e approssimazioni. Una difficoltà risiede nel fatto che i modelli oceanografici a grande scala presentano incertezze intrinseche e spesso anche incongruenze nel sistema di riferimento verticale.

Se il sistema di allertamento costiero dipende da un sistema di riferimento verticale e si vuole avere una buona previsione, risulta quindi determinante uniformare, raffrontare e raccordare i diversi riferimenti verticali di tutti i sistemi modellistici che compongono la catena operativa. L'informazione che concorre alla previsione utilizzata per l'allerta si propaga, infatti, lungo tutta la catena operativa, di cui bisogna quindi avere una visione esaustiva e complessiva.

**Lidia Bressan, Silvia Unguendoli,
Andrea Valentini, Tiziana Paccagnella**

Struttura Idro-Meteo-Clima,
Arpa Emilia-Romagna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

A. Valentini, T. Paccagnella, A. Russo, A. Coluccelli (2014), "Catene di previsione e modellistica, le applicazioni", *Ecoscienza*, 6/2014, www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2014_6/valentini_et_al3_es06_14.pdf



Effetti della mareggiata del 12 novembre 2019 nei pressi del delta del Po.