

RISCHIO DI INONDAZIONE E SCENARI FUTURI

NUOVI APPROFONDIMENTI SULLA DIRETTIVA ALLUVIONI E SUGLI SCENARI FUTURI PER GLI EFFETTI DI SUBSIDENZA E INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE SONO NECESSARI PER ATTUARE UNA CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO PIÙ AFFIDABILE. I RISULTATI DI STUDI RECENTI CHE RIGUARDANO IL TERRITORIO COSTIERO DELL'EMILIA-ROMAGNA.

L'elevata vulnerabilità della fascia costiera emiliano-romagnola al fenomeno dell'inondazione marina è ben evidente nelle mappe di pericolosità elaborate ai sensi della direttiva Alluvioni 2007/60/CE, recepita con Dlgs 49/2010 (1, disponibile sul sito della Regione Emilia-Romagna <http://bit.ly/mappe-alluvioni>) ed è confermata dagli effetti dei recenti eventi meteo-marini che hanno fortemente danneggiato alcune località costiere nel marzo 2010, nel novembre 2012 e nel febbraio 2015. La frequenza invariata degli eventi di scirocco nell'alto Adriatico, che normalmente caratterizzano questi episodi, il loro possibile inasprimento dal punto di vista energetico (2) e gli scenari

di innalzamento del livello del mare potrebbero aggravare tale panorama. Per questo, nell'ambito delle misure conoscitive previste dal *Piano di gestione del rischio alluvioni* (Pgra) e per la *Strategia regionale per i cambiamenti climatici* (Srcc), sono stati avviati ulteriori approfondimenti sul rischio di inondazione marina e sui possibili scenari futuri. È emerso, infatti, che, nonostante si disponga di potenti strumenti di analisi e di ottime conoscenze sugli eventi storici (3, 4, 5), sia necessario acquisire nuovi dati sulla micromorfologia dei punti di ingressione del mare, sulle caratteristiche di propagazione dell'onda marina nell'entroterra e sui possibili scenari futuri di clima meteomarinario e di assetto

altimetrico della piana costiera. Questi approfondimenti sono indispensabili per attuare una vera classificazione del rischio – rimandata alla seconda fase di attuazione della direttiva Alluvioni –, per migliorare i sistemi di allertamento costiero e per assicurare una corretta programmazione e realizzazione delle opere di difesa costiera.

In questo lavoro vengono brevemente illustrati i risultati relativi agli studi recenti dedicati alla stima del battente idraulico nell'entroterra in caso di inondazione marina e all'analisi degli effetti combinati di subsidenza e innalzamento del livello del mare nel territorio costiero emiliano-romagnolo nel prossimo futuro.

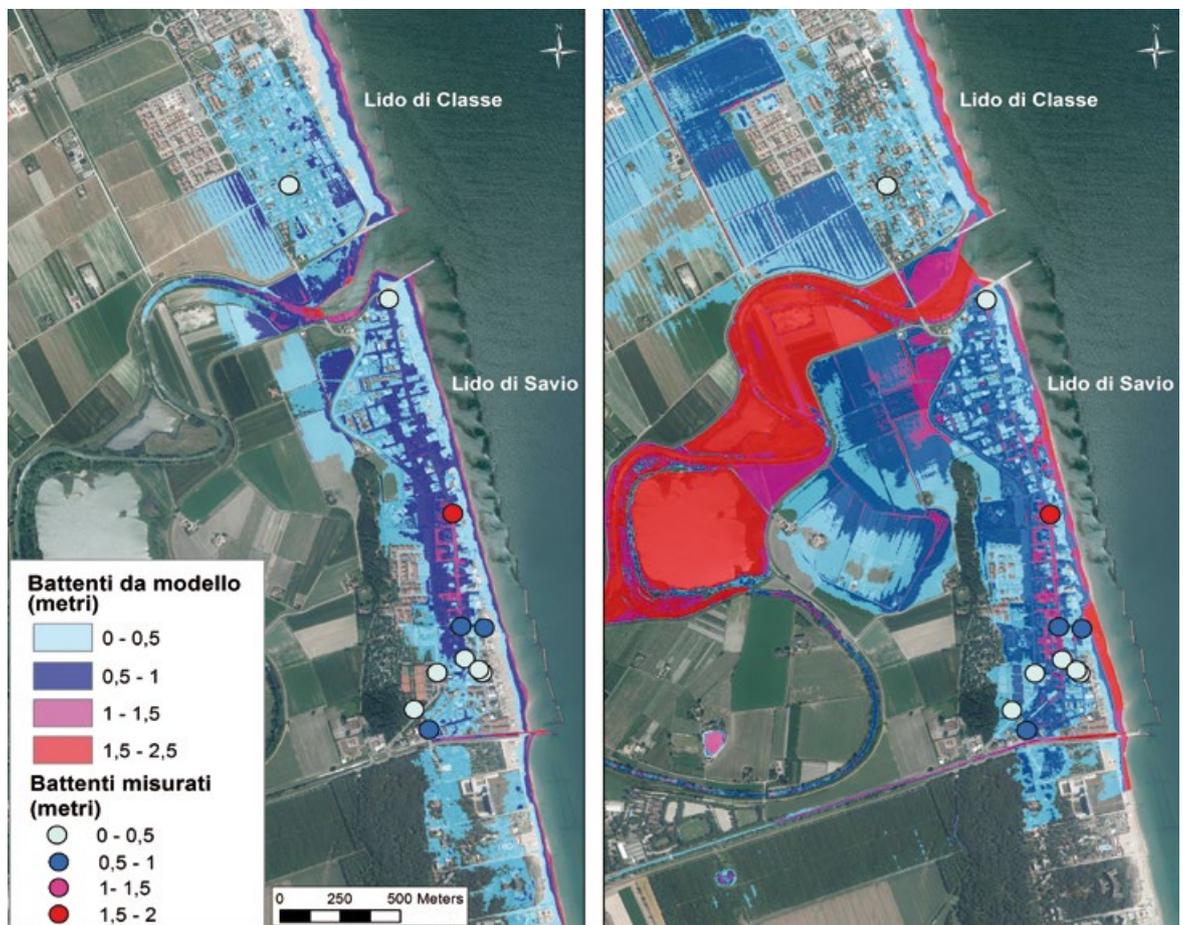


FIG. 1
MODELLI

Confronto tra i risultati del modello in CoastFlood (a) e del modello Mike 21 (a dx) relativamente al calcolo dei battenti in occasione di eventi di inondazione marina per tempi di ritorno (Tr) di 100 anni. La modellazione con Mike 21 considera anche la concomitanza di un evento di piena fluviale con Tr=25 anni. Alle due cartografie sono sovrapposte le quote dell'acqua misurate sulla base delle foto acquisite in occasione della mareggiata che ha colpito le coste regionali il 5-6 febbraio 2015 (5).

Il calcolo del battente

Il calcolo del battente è un nodo cruciale per una valutazione oggettiva del danno, che, sulla base di una condivisione a scala nazionale, si è deciso di non affrontare nella prima fase di attuazione della direttiva Alluvioni, rinviandolo a quella successiva. È tuttavia innegabile che una corretta valutazione del danno, soprattutto in termini monetari, sia indispensabile per valutare i costi/benefici delle azioni di mitigazione previsti da Pgra. Per disporre di un primo quadro informativo nelle località urbane della costa, ove è necessario tradurre in norma le misure di prevenzione previste dal piano, si è deciso di procedere immediatamente alla definizione di una metodologia speditiva per il calcolo dei battenti.

Questa metodologia riprende lo stesso modello di propagazione/smorzamento dell'onda (denominato *in_CoastFlood*), sviluppato per la valutazione della pericolosità da ingressione marina ai sensi della direttiva Alluvioni, come descritto nel lavoro pubblicato su *Ecoscienza* n. 3/2015 (6). In un passaggio intermedio del modello, infatti, viene generata la superficie di smorzamento dell'onda propagata (Smm), che sottratta al modello digitale del terreno ad alta risoluzione (Dtm) consente di calcolare lo spessore della lama d'acqua, assimilabile al battente (B):

$$B = Smm - Dtm$$

La mappa degli spessori così ottenuta è stata collaudata in due modi: attraverso l'applicazione del modello bidimensionale Mike 21 e confrontando i risultati con valori reali misurati in occasione dell'evento di mareggiata del 6-7 febbraio 2015, che è assimilabile a un evento con tempo di ritorno di 100 anni (*figura 1*). I valori sono stati ricavati dall'analisi delle foto panoramiche, precedentemente georeferenziate, che hanno consentito di avere un valore di battente in 52 punti distribuiti nelle principali località inondate. I risultati dell'applicazione del modello Mike 21, invece, sono relativi a un lavoro svolto nel 2010 in collaborazione con l'Università di Bologna, limitatamente alle località Lido di Savio e Cesenatico (7). In tali località è stato effettuato il collaudo della metodologia speditiva per il calcolo del battente d'onda, analizzando solo lo scenario di inondazione per evento con tempi di ritorno di 100 anni.

I risultati ottenuti sono incoraggianti, avendo osservato che i tre approcci forniscono valori di spessore dell'acqua confrontabili; ad esempio, si registrano battenti massimi molto simili: 1,0-1,5

m con *in_CoastFlood* e 1,4-1,6 m con Mike 21. Le lievi differenze tra i modelli possono essere imputabili al fatto che si sono utilizzati Dtm e livelli di sopraelevazione totale della superficie del mare simili ma non identici.

Scenari di cambiamento climatico e subsidenza

Un tema chiave, che è stato affrontato in modo generico nella prima fase della direttiva Alluvioni, e che dovrà essere approfondito in fase di aggiornamento, riguarda gli impatti dei cambiamenti climatici sul rischio di alluvioni. Nel corso del 2016 è stato avviato uno studio specifico, inserito nel quadro delle attività collegate alla Strategia regionale per i cambiamenti climatici e finalizzato a quantificare il potenziale incremento, a fine secolo, delle aree costiere inondabili. Oltre al fattore eustatico è stato considerato anche il contributo della subsidenza, che, localmente, influirà in modo significativo sull'assetto altimetrico della fascia costiera. L'analisi è stata condotta proiettando al 2100 la superficie topografica attuale, utilizzando per il calcolo i valori di subsidenza ottenuti con la più recente campagna interferometrica regionale (2006-2011). Lo studio trova una trattazione estesa nell'ambito di una pubblicazione scientifica in preparazione in collaborazione con l'Università di Urbino, che ha definito gli scenari di innalzamento a partire dalle analisi svolte prodotte in ambito Ipcc (8).

Si sottolinea che la fascia costiera è uno dei settori più vulnerabili per gli effetti dei cambiamenti climatici, infatti il previsto innalzamento del livello del mare potrà avere conseguenze marcate quali: perdita di spiaggia, profonde modificazioni delle zone umide e naturali e degli ecosistemi marino costieri, perdita di aree agricole, salinizzazione degli acquiferi. Nell'ipotesi che la subsidenza attualmente misurata si mantenga costante nel prossimo futuro, questi effetti saranno accelerati e interesseranno ampi settori della piana costiera emiliano-romagnola.

Lo studio ha evidenziato che il settore centrale della costa, ovvero quello ravennate e cesenate, sarà particolarmente soggetto a un incremento delle aree allagabili, a causa del suo assetto altimetrico, e soprattutto per il fatto che i tassi di subsidenza sono tra i più elevati della fascia costiera. Il settore ferrarese, malgrado ampi settori al di sotto del livello del mare nell'entroterra, manifesta una subsidenza minore rispetto al settore centrale e, inoltre, risulta protetto da argini costieri che riducono fortemente la propagazione dell'inondazione marina. La bassa propensione all'allagamento, a esclusione di tratti localizzati, continuerà a caratterizzare il settore meridionale della costa.

Gabriele Bartolini, Luisa Perini, Lorenzo Calabrese, Paolo Luciani

Regione Emilia-Romagna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Perini L., Calabrese L., Salerno G., Luciani P., 2012, "Sea-flood hazard mapping in Emilia-Romagna", in *Proceedings 7th Euregeo Conference*, Bologna, Vol. 1, pp. 334-335.
2. Trincardi F., Barbanti A., Bastianini M., Benetazzo A., Cavaleri L., Chiggiato J., Papa A., Pomaro A., Sclavo M., Tosi L., Umgiesser G., 2016, "The 1966 flooding of Venice: What time taught us for the future", *Oceanography*, 29.
3. Perini L., Calabrese L., Deserti M., Valentini A., Ciavola P., Armaroli C. (a cura di), 2011, *Le mareggiate e gli impatti sulla costa in Emilia-Romagna, 1946-2010*, Arpa Emilia-Romagna, I Quaderni di Arpa.
4. Calabrese L., Fontana D., Landini M., Luciani P., Marucci F., Monti S., Perini L., Salerno G., 2012, "The Sea-storms Database: a project for the governance of coastal areas", in *Atti del LXXXVI Congresso della Società Geologica Italiana*, Rende (CS), 18-20 Settembre 2012. pp. 477-478.
5. Perini L., Calabrese L., Lorito S., Luciani P., 2015, "Il rischio da mareggiata in Emilia-Romagna: l'evento del 5-6 febbraio 2015", *Il Geologo*, volume n. 53, p. 8-17.
6. Perini L., Calabrese L., Lorito S., Luciani P., Salerno G., 2015, "Analisi della pericolosità in Emilia-Romagna", *Ecoscienza*, n. 3, p. 19-21.
7. Zanuttigh B., Perini L., Mazzoli P., 2011, "Scenarios of combine driver and sea water inundation along the Adriatic Coast", *Geophysical Research Abstracts*, vol. 13, EGU2011-1694.
8. Perini L., Calabrese L., Luciani P., Olivieri M., Galassi G. & Spada G. (in review) *Sea-level rise along the Emilia-Romagna coast (Northern Italy) at 2100: scenarios and impacts*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss