

LA MAREGGIATA IN ADRIATICO DEL 16 E 17 MAGGIO 2023

GLI EFFETTI DELLE CONDIZIONI METEO ESTREMAMENTE INTENSE ACCADUTE A MAGGIO SONO STATI EVIDENTI ANCHE LUNGO LA COSTA ROMAGNOLA. LE MAREGGIATE SONO STATE PREVISTE IN ANTICIPO E NON HANNO CAUSATO INGENTI DANNI, MA È STATO EVIDENTE QUANTO SIANO IMPORTANTI LE AZIONI DI PREVENZIONE, PIANIFICAZIONE E TUTELA DELLA COSTA.

Dal 2017, la Regione Emilia-Romagna ha inserito anche le mareggiate tra i fenomeni oggetto di allertamento, in coerenza con quanto previsto dal Dlgs 49/2010 che recepisce la direttiva Alluvioni 2007/60. Gli strumenti per l'analisi e la valutazione della criticità costiera sono stati inizialmente sviluppati come prototipo nel contesto del progetto europeo Micore (2008-2011) e successivamente adattati per l'utilizzo operativo all'interno del Centro funzionale regionale. In merito alle competenze, Arpa-Simc fornisce quotidianamente le informazioni sulla pericolosità degli eventi meteo-marini e costieri tramite l'utilizzo operativo della modellistica meteorologica, oceanografica, dello stato del mare e morfodinamica (Harley et al., 2012, 2016; Biolchi et al., 2022), mentre l'Area geologia, suoli e sismica della Regione Emilia-Romagna (Agss-Rer) sviluppa e mantiene le conoscenze necessarie sulle criticità della costa, la banca dati regionale degli impatti da mareggiata, oltre a effettuare la quotidiana valutazione della criticità costiera.

Previsione dell'evento

Il 16-17 maggio 2023, l'Emilia-Romagna si è trovata ad affrontare condizioni meteorologiche estremamente intense, che hanno generato problemi sia dal punto di vista idraulico-idrogeologico sia marino-costiero. La mareggiata che ha interessato la costa romagnola era stata prevista con un adeguato anticipo. Le previsioni del 15 maggio, indicavano venti di bora (provenienti da nord-est) che, nelle prime ore del 16 maggio, avrebbero provocato onde significative con un'altezza intorno ai 2 metri sulla costa regionale. Inoltre, verso le ore 18 dello stesso giorno era atteso un valore poco superiore a 0,8 metri per il livello del mare. Queste previsioni, non completamente sincrone

tra loro, delineavano uno scenario di criticità di lieve entità. Infatti, solamente il livello del mare previsto per il tardo pomeriggio superava di pochi centimetri il valore di riferimento impiegato in regione Emilia-Romagna per l'emissione di un'allerta di criticità costiera (tabella 1). Dal punto di vista meteorologico, lo scenario generale evidenziava un campo di bassa pressione nel canale di Sicilia che preannunciava l'innescio di possibili correnti di scirocco, con conseguenti fenomeni di "acqua alta". La valutazione di questo quadro sinottico, insieme alle previsioni di precipitazioni molto intense, hanno suggerito l'emissione di un'allerta di livello giallo per criticità costiera lungo l'intera costa regionale in entrambe le macroaree di allertamento. Ciò considerando che l'atteso aumento del livello del mare avrebbe potenzialmente ostacolato il deflusso verso il mare delle contemporanee piene dei fiumi e dei torrenti.

Caratteristiche dell'evento e confronto con i dati storici

L'analisi post-evento, in termini di livello del mare e parametri dell'onda, è stata eseguita grazie alla rete di monitoraggio di Arpa, che consente il monitoraggio continuo dei parametri fisici e biogeochimici delle zone marine e costiere e delle zone di transizione regionali. In figura 1 sono rappresentati gli andamenti del livello del mare registrato dal mareografo di Porto Garibaldi (in verde) e dell'altezza dell'onda misurata dalla boa Nausicaa al largo di Cesenatico (in blu) durante l'evento. Tra le ore 12 del 15 maggio (ora locale) e le ore 12 del 18 maggio, il livello del mare ha mostrato oscillazioni ad alta frequenza, comunemente associate a un "moto ondoso sostenuto". In questo periodo, la boa ondometrica

TAB. 1 VALORI DI ALLERTA

Valori di riferimento di onda e livello del mare utilizzati per la valutazione delle allerte di criticità costiera da mareggiata.

Fonte: Perini et al., 2011 e Armadori et al., 2012.

	Onda	Livello del mare	Onda + livello del mare
H_s altezza dell'onda significativa	>3 m	-	>2 m
L_m livello del mare	-	>0,8 m sul medio mare	>0,7 m sul medio mare

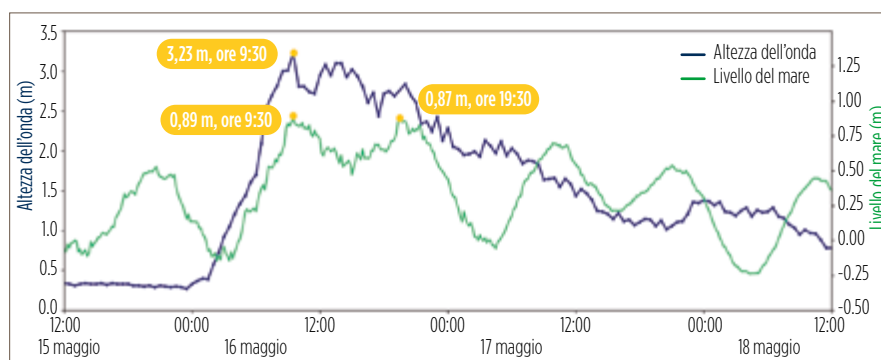


FIG. 1 LIVELLO DEL MARE

Andamento del livello del mare (linea verde) misurato dal mareografo di Porto Garibaldi e dell'altezza dell'onda (linea blu) misurata dalla boa Nausicaa a Cesenatico, per il periodo compreso tra le 12:00 del 15-05-2023 e le 12:00 del 18-05-2023 (ora locale).

ha registrato un repentino aumento dell'altezza dell'onda, che ha raggiunto il picco di 3,23 metri alle 9.30 del 16 maggio. Durante l'evento, il livello del mare ha registrato due picchi sopra il valore di riferimento, con altezze di 0,89 metri e 0,87 metri (figura 1). In particolare, il primo picco di livello ha coinciso perfettamente con il picco dell'onda, il quale superava anch'esso il valore di riferimento per l'allertamento di 2 metri. In base alla metodologia utilizzata per definire le mareggiate (ossia valori di altezza dell'onda superiori al 95° percentile della serie storica dello strumento), la mareggiata ha avuto una durata complessiva di circa 35 ore e mezza. La direzione media di provenienza dell'onda è stata di 60°N (da nord-est), caratteristica di una mareggiata generata dai venti di Bora, in accordo con quanto previsto dal modello meteorologico Cosmo, riferimento per il sistema di protezione civile e operativo presso Arpa-Simc.

Solitamente, la concomitanza dei picchi di onda e di livello rappresenta una condizione di maggiore pericolosità per il litorale, determinando una sopraelevazione del livello del mare che favorisce possibili impatti. Allo scopo di inquadrare l'evento anche con riferimento agli scenari di mareggiata utilizzati per l'elaborazione delle mappe di pericolosità all'inondazione marina, ai sensi della direttiva Alluvioni 2007/60 (Perini et al., 2015), sono stati analizzati i tempi di ritorno (Tr) dei picchi di onda e livello del mare, durante le singole giornate. Dall'analisi è risultato che lo scenario del giorno 16 maggio è assimilabile a un Tr di circa 1 anno per l'onda e a un Tr inferiore a 1 anno per il livello del mare che hanno infatti generato un effetto combinato di lieve entità.

Effetti sulla costa

La mappatura degli effetti sulla costa regionale causati dalla mareggiata del 16-17 maggio 2023 è stata condotta utilizzando la metodologia messa a punto nell'ambito della banca dati regionale degli impatti da mareggiata, denominata *in_Storm*, che prevede l'utilizzo di informazioni provenienti da diverse fonti, tra cui: immagini e segnalazione dei servizi territoriali dell'Agenzia di protezione civile (Arstpc), notizie di cronaca (stampa e web) opportunamente verificate e analisi delle immagini satellitari acquisite dalla regione in occasione dell'evento.

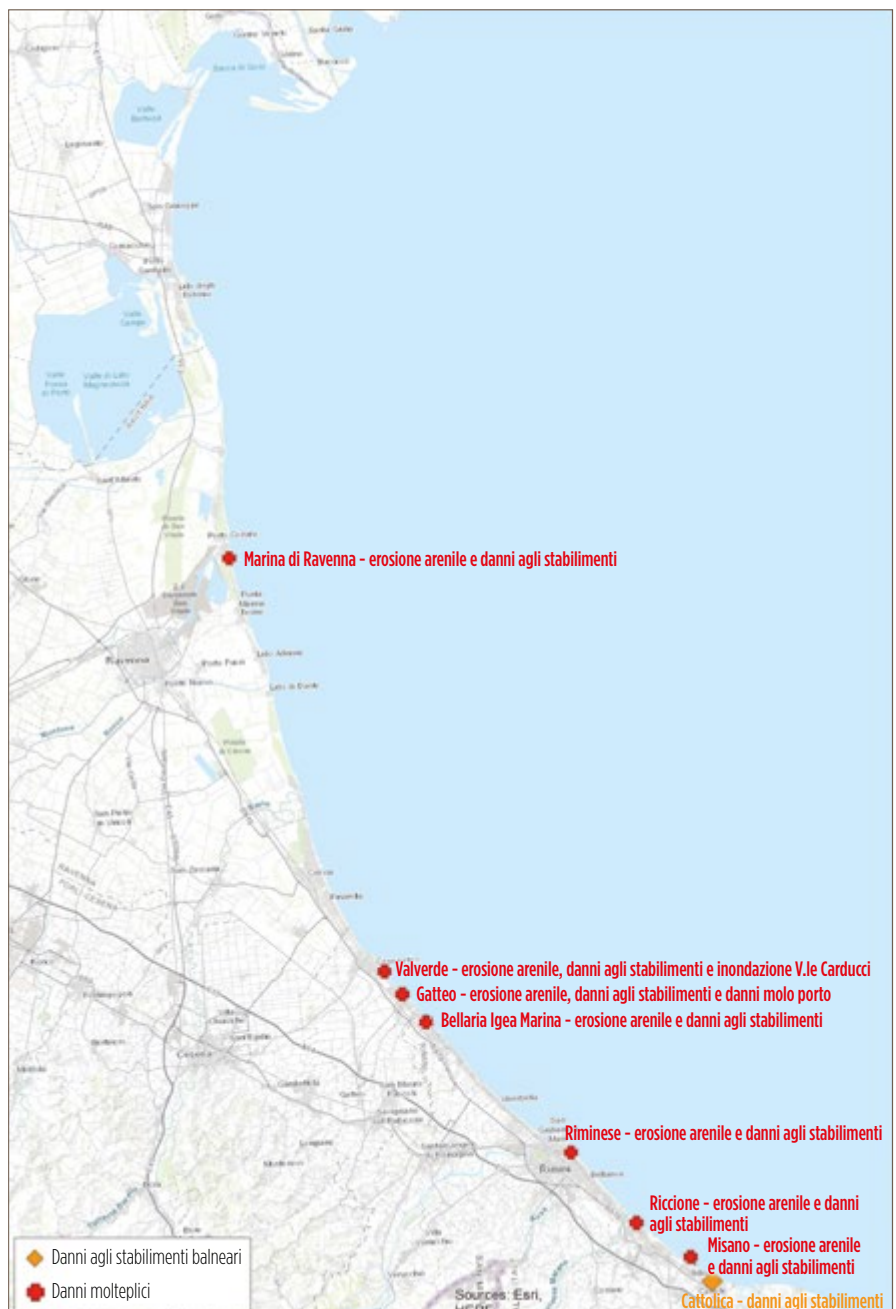


FIG. 2 DANNI DELLA MAREGGIATA
 Sopra, alcune immagini degli impatti lungo il litorale regionale.
 Sotto, la mappa delle località colpite dalla mareggiata del 16-17 maggio 2023.

Come si vede dalla mappa generale in *figura 2 e tabella 2*, che sintetizza gli impatti rilevati, la mareggiata ha causato erosione e inondazione della spiaggia principalmente nella costa meridionale della regione, nelle province di Forlì-Cesena e Rimini. Questi effetti

si sono manifestati principalmente con abbassamenti decimetrici della quota di spiaggia, solo localmente superiori a 0,5 m. L'assenza di dune protettive invernali ha agevolato la propagazione del mare sulla spiaggia, causando l'allagamento di alcune strutture balneari. Solo a Valverde

di Cesenatico la risalita dell'onda sulla spiaggia si è propagata fino alla strada litoranea (viale Carducci), ma senza causare danni rilevanti alle infrastrutture. L'impatto più significativo sulla costa è stato causato dall'ingente quantità di detriti di grandi dimensioni che sono stati spiaggiati, soprattutto vicino alle foci dei fiumi. Questi materiali includono soprattutto tronchi e rami che sono stati sradicati dalle aree compromesse e alluvionate e successivamente trasportati in mare dai fiumi in piena. La rimozione di tali accumuli ha richiesto un massiccio e tempestivo intervento con mezzi meccanici, necessari anche per ripristinare le infrastrutture balneari gravemente colpite dall'evento.

Conclusioni

La mareggiata del 16-17 maggio 2023, pur non avendo generato impatti particolarmente gravi in termini di erosione e inondazione del litorale, è stato un evento rilevante vista la combinazione con le piene fluviali. La sopraelevazione del livello del mare, dovuta alla combinazione dei segnali di onda e di livello (marea astronomica + componente meteorologica), ha fortunatamente preceduto il deflusso a mare delle piene, impedendo che l'effetto barriera, che ha rallentato il deflusso di fiumi e canali, provocasse la tracimazione alle foci dei corsi d'acqua. L'impatto più rilevante per le coste è stato invece il grande volume di detriti trasportati dalle piene fluviali e poi spiaggiati dall'azione dell'onda. È risultata ancora una volta evidente l'importanza di un'accurata pianificazione delle aree costiere attraverso l'implementazione di strategie di gestione integrata del litorale. Questo evento ha sottolineato altresì la necessità di disporre di un sistema di allertamento integrato che consenta di prevedere gli effetti combinati di rischio idraulico e il rischio marino-costiero.

Silvia Unguendoli¹, Luisa Perini², Jessica Lelli², Luis Germano Biolchi¹, Andrea Valentini³

1. Arpa Emilia-Romagna
2. Settore difesa del territorio, Area Geologia, suoli e sismica, Regione Emilia-Romagna
3. Un decade collaborative centre for coastal resilience (Dcc-Cr), Dipartimento di Fisica e astronomia, Università di Bologna

Id	Prov.	Località	Tipologia impatto	Dettaglio	Fonte segnalazione
1	FE	Tutto il territorio provinciale	Accumulo ingenti quantità di materiale inerte e vegetale	Accumulo diffuso, in particolare in prossimità delle foci fluviali	Stampa, Arstpc
2	RA	Tutto il territorio provinciale	Accumulo ingenti quantità di materiale inerte e vegetale	Accumulo diffuso, in particolare in prossimità delle foci fluviali	Stampa, Arstpc
3		Marina di Ravenna	Erosione spiaggia, danni stabilimenti	Impatti diffusi	Stampa
4	FC	Tutto il territorio provinciale	Accumulo ingenti quantità di materiale inerte e vegetale	Accumulo diffuso, in particolare in prossimità delle foci fluviali	Stampa, Arstpc
5		Cesenatico - Gatteo	Erosione spiaggia, inondazione e danni agli stabilimenti, danni opere	Impatti diffusi lungo il litorale, danni molo portuale	Stampa
6		Cesenatico - Valverde	Erosione spiaggia, danni stabilimenti, inondazione aree urbane	Impatti diffusi lungo il litorale, allagamento viale Carducci	Stampa, Arstpc
7	RN	Tutto il territorio provinciale	Accumulo ingenti quantità di materiale inerte e vegetale	Accumulo diffuso, in particolare in prossimità delle foci fluviali	Stampa, Arstpc
8		Bellaria Igea Marina, Rimini, Riccione, Misano	Erosione spiaggia, inondazione e danni stabilimenti	Impatti diffusi lungo il litorale	Stampa, Arstpc
9		Cattolica, Portoverde	Danni stabilimenti	Impatti diffusi	Stampa, Arstpc

TAB. 2 IMPATTI SULLA COSTA
Sintesi delle segnalazioni dei principali impatti sulla costa connessi alla mareggiata del 16-17 maggio 2023.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Armaroli C., Ciavola P., Perini L., Calabrese L., Lorito S., Valentini A., Masina M., 2012, "Critical storm thresholds for significant morphological changes and damage along the Emilia-Romagna coastline, Italy", *Geomorphology*, 143-144, 34-51. doi:10.1016/j.geomorph.2011.09.006.
- 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*, I quaderni di Arpa, pp. 141, Arpa Emilia-Romagna, Bologna, isbn 88-87854-27-5.
- Perini L., Calabrese L., Lorito S., Luciani P., Salerno G., 2015, "Mareggiate, pericolosità in Emilia-Romagna", *Ecoscienza*, 3/2015, pp. 19-21.
- Biolchi L.G., Unguendoli S., Bressan L., Giambastiani B.M.S., Valentini A., 2022, "Ensemble technique application to an XBeach-based coastal Early Warning System for the Northwest Adriatic Sea (Emilia-Romagna region, Italy)", *Coast. Eng.*, 173, 104081, <https://doi.org/10.1016/J.COASTALENG.2022.104081>.
- Harley M.D., Valentini A., Armaroli C., Ciavola P., Perini L., Calabrese L., Marucci F., 2012, "An early warning system for the on-line prediction of coastal storm risk on the Italian coastline", *Coast. Eng. Proc.*, 1, 77, <https://doi.org/10.9753/icce.v33.management.77>.
- Harley M.D., Valentini A., Armaroli C., Perini L., Calabrese L., Ciavola P., 2016, "Can an early-warning system help minimize the impacts of coastal storms? A case study of the 2012 Halloween storm, northern Italy", *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 16, 209-222, <https://doi.org/10.5194/nhess-16-209-2016>.