

Servizi climatici per l'area euro-mediterranea: focus sul livello del mare

I servizi climatici consentono di offrire un servizio con un potenziale valore economico e sociale molto elevato a supporto dei processi decisionali e per la messa a punto di soluzioni innovative per tutti gli operatori per i quali sia imprescindibile tenere conto del clima e dei suoi cambiamenti.

DOI 10.12910/EAI2024-051

di Roberto Iacono, Adriana Carillo, Massimiliano Palma, Alessandro Dell'Aquila, Laboratorio Modelli e Servizi Climatici - ENEA

L'interesse nei confronti della variabilità climatica e delle sue mutazioni su scala locale, negli ultimi anni, si è allargato ben oltre la comunità scientifica, per coinvolgere in maniera sempre più diretta le amministrazioni, i decisori politici e gli stakeholder locali. Il termine 'servizi climatici' assume un significato ampio: trasformare dati climatici e altre informazioni rilevanti relative al clima in prodotti adattati alle esigenze specifiche degli utenti, nonché di generale utilità per la società. I servizi climatici consentono di offrire un servizio con un potenziale valore economico e sociale molto elevato a supporto dei processi decisionali e per la messa a punto di soluzioni innovative per tutti gli operatori per i quali sia imprescindibile tenere conto del clima e dei suoi cambiamenti. Nel bacino Mediterraneo, caratterizzato dalla presenza di una popolazione costiera di milioni di persone, la variazione del livello del mare costituisce una delle variabili di maggiore interesse. Recentemente sono state implementate diverse iniziative a livello nazionale ed europeo per lo sviluppo di servizi

volti a fornire alle amministrazioni competenti e alla cittadinanza informazioni focalizzate sull'innalzamento del mare e del suo impatto.

Livello del mare osservato e proiezioni future

Il report dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) del 2021 ^[1] riporta un tasso di crescita media del livello del mare a scala globale di circa 2.3 mm/anno per il periodo 1971-2018, che sale a 3.7 mm/anno nell'ultimo decennio. Il principale fattore di crescita è l'espansione termica, che viene calcolata con modelli globali; altri processi, quali la perdita di massa dei ghiacciai e l'aggiustamento isostatico, vengono valutati per mezzo di modelli specifici.

Nel report IPCC 2021 sono stati introdotti nuovi scenari climatici (SSP - Shared Socioeconomic Pathways) che tengono conto sia della crescita demografica ed economica che degli effetti dello sviluppo tecnologico e politico sulle emissioni future. Si basano su diverse visioni del futuro che vanno da una situazione di sviluppo sostenibile (SSP1) ad una crescita rapida basata su fonti fossili (SSP5).

Le simulazioni danno un aumento del livello globale del mare per il 2100 (rispetto al periodo di riferimento 1995-2014) che va da circa 45 cm nello scenario SSP1-2.6 (basse emissioni) a circa 77cm nello scenario SSP5-8.5 (emissioni molto alte).

La distribuzione geografica del cambiamento del livello del mare non è, però, omogenea, ma è influenzata dalla dinamica oceanica locale. Nel caso del Mar Mediterraneo i modelli globali non sono in grado di simulare correttamente la circolazione del bacino, poiché non riescono a risolvere i complessi processi, con scale dell'ordine del chilometro, che avvengono nello Stretto di Gibilterra. Ciò ha portato in ENEA allo sviluppo di modelli regionali accoppiati sulla zona Euro-Mediterranea, ad alta risoluzione, e con una componente marina capace di descrivere correttamente le dinamiche locali. Con questi modelli sono state realizzate simulazioni dell'area Euro-Mediterranea per differenti scenari di emissione, con orizzonte temporale del 2100 ^[2].

I risultati ottenuti con il nostro modello di circolazione sono riportati nella Figura 1, che mostra l'altezza mensile

del livello del mare calcolata in corrispondenza di alcuni importanti porti italiani. Si può notare che, mentre i valori medi non sono molto diversi da quelli del modello globale, la variabilità e quindi i valori estremi, importanti dal punto di vista dei rischi, sono molto più elevati nel caso delle simulazioni regionali.

Possibili applicazioni nell'area Mediterranea

La topografia costiera può essere influenzata da processi geologici, come subsidenza, tettonica, ed erosione, che avvengono su diverse scale spaziali e temporali. Per poter valutare adeguatamente i rischi locali sono quindi necessarie una conoscenza dettagliata della topografia costiera attuale, una stima attendibile della sua variazione nel tempo dovuta ai principali processi geologici, e una proiezione accurata della variazione del livello del mare nella zona adiacente.

A tal fine, è stata recentemente sviluppata in ENEA una metodologia innovativa per l'individuazione delle aree costiere a rischio di inondazione [3]. L'approccio integra su una piattaforma GIS i migliori modelli digitali delle coste italiane attualmente disponibili (2 o 5 m di dettaglio spaziale), dati costieri di elevazione forniti dai modelli oceanografici regionali ad alta risoluzione dell'ENEA, e stime del moto verticale del terreno fornite dallo European Ground Motion Service, un nuovo servizio, a scala paneuropea, che utilizza dati interferometrici di grande accuratezza e alta risoluzione raccolti da satelliti di ultima generazione (Sentinel-1) negli ultimi sei anni. Il prodotto integrato che viene fornito consiste in dettagliate mappe costiere di inondazione, a diversi orizzonti temporali.

La nuova metodologia è stata finora utilizzata in alcune piane costiere,

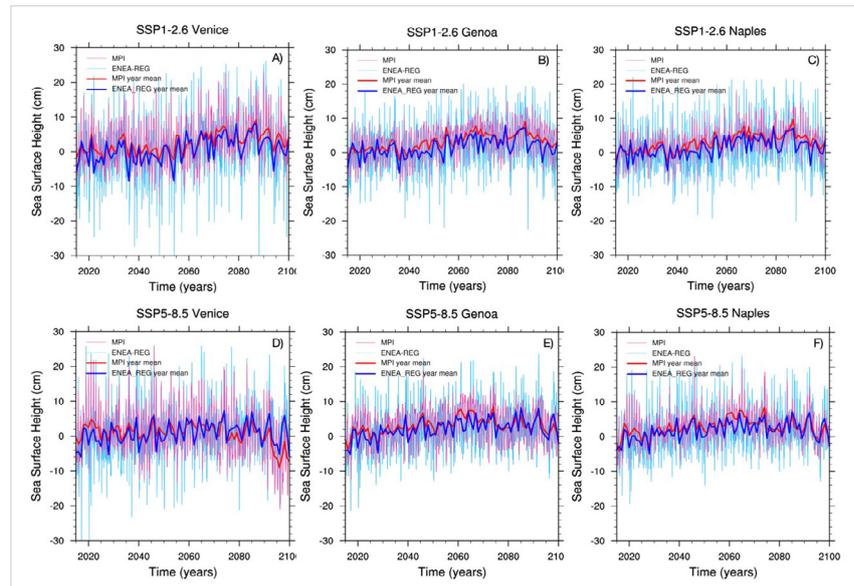


Figura 1: Andamenti del livello del mare calcolati per Venezia, Genova e Napoli con il modello globale MPI-ESM1-2-HR e con il modello regionale ENEA_REG. Valori medi mensili e annuali per lo scenario SSP1-2.6 (A, B, C) e SSP5-8.5 (D, E, F) rispetto alla media sulla simulazione del periodo storico 1995-2014.

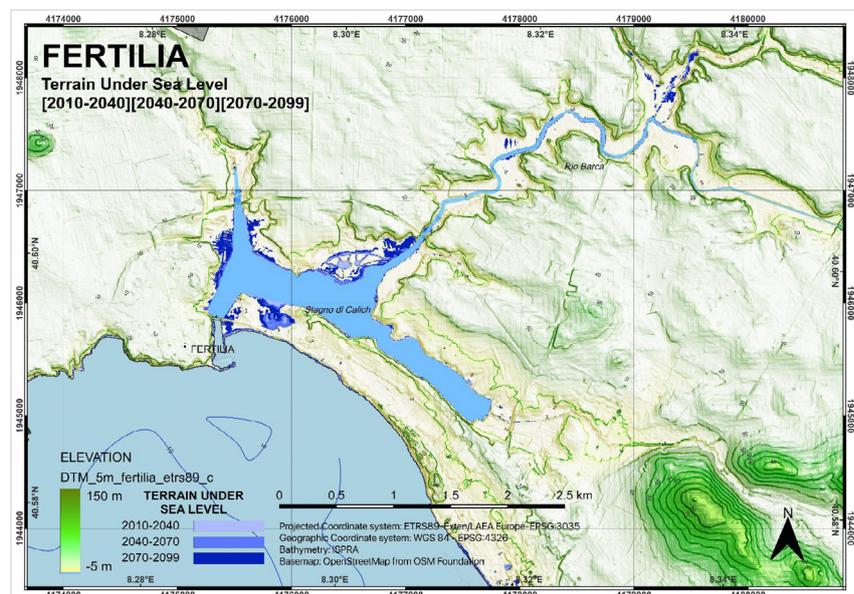


Figura 2: Mappa futura di inondazione nella regione di Fertilia (scenario SSP5-8.5), che tiene anche conto delle componenti geologiche. I tre diversi toni di azzurro indicano il progredire dell'area inondata durante i 90 anni coperti dalla simulazione.

tra cui Alghero-Fertilia (Figura 2), in Sardegna, e Marina di Campo, nell'isola d'Elba, in siti che ospitano infrastrutture portuali a rischio, e in aree

di grande rilevanza socioeconomica (Venezia, Roma) per le quali sono pervenute specifiche richieste da parte delle amministrazioni locali.

Questo prototipo di servizio climatico potrà essere costantemente migliorato nel tempo, utilizzando gli sviluppi futuri previsti per ognuna delle sue componenti, e raffinamenti dei metodi con cui l'informazione sul livello del mare viene trasferita a terra, per esempio, attraverso lo sviluppo di modelli ad altissima risoluzione della dinamica nella fascia marina costiera innestati nei modelli a scala di bacino attualmente utilizzati.

Prospettive Progettuali

Lo sviluppo di servizi climatici per la valutazione e mitigazione dei rischi connessi all'aumento del livello del mare è sostenuto in ENEA da una linea di attività di modellistica oce-

anografica di lungo termine. Nell'ultimo decennio l'accordo di programma MISE-ENEA (Ricerca di Sistema Elettrico) ha permesso lo sviluppo, la validazione e il mantenimento di un modello oceanografico operativo ad altissima risoluzione per la previsione a breve termine della circolazione mediterranea ^[4]. È stato anche sviluppato un modello analogo, a più bassa risoluzione spaziale, adatto a simulazioni oceaniche di lunga durata, per lo studio del clima presente e per la realizzazione di proiezioni climatiche pluridecennali basate sui vari scenari di emissione ^[5], i cui risultati, insieme a quelli delle simulazioni con il modello regionale accoppiato

precedentemente menzionato, sono stati e vengono utilizzati nell'ambito di diversi progetti di ricerca europei. Tra questi CoCliCo (Horizon 2020), che sta sviluppando una nuova piattaforma open source per fornire a stakeholders e decisori politici informazioni dettagliate sui rischi costieri, presenti e futuri, lungo tutte le coste europee. **L'ultimo anello di questa catena è il progetto Horizon MOIRAI, da poco approvato, che consentirà di migliorare gli attuali modelli oceanografici di tipo climatico, anche mutuando tecniche e parametrizzazioni sviluppate negli ultimi anni nel contesto della modellistica operativa.**

Per info: roberto.iacono@enea.it

Bibliografia

1. B. Fox-Kemper, H.T. Hewitt, C. Xiao, et al. (2021), "Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis." Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1211-1362
2. A. Anav, M. Antonelli, S. Calmanti, A. Carillo, F. Catalano, A. Dell'Aquila, R. Iacono, S. Marullo, E. Napolitano, M. Palma, G. Pisacane, G. Sannino, M.V. Struglia (2024), "Dynamical downscaling of CMIP6 scenarios with ENEA-REG: an impact-oriented application for the Med-CORDEX region," *Climate Dynamics*, 62, 3261-3287.
3. S. Cappucci, A. Carillo, R. Iacono, L. Moretti, M. Palma, G. Righini, F. Antonioli, G. Sannino (2024), "Evolution of Coastal Environments under Inundation Scenarios Using an Oceanographic Model and Remote Sensing Data," *Remote Sensing*, 16, 2599.
4. M. Palma, R. Iacono, G. Sanino, A. Bargagli, A. Carillo, B.M. Fekete, E. Lombardi, E. Napolitano, G. Pisacane, M.V. Struglia (2020), "Short-term, linear, and non-linear local effects of the tides on the surface dynamics in a new, high-resolution model of the Mediterranean Sea circulation," *Ocean Dynamics*, 70, 935-963.
5. G. Sannino, A. Carillo, R. Iacono, E. Napolitano, M. Palma, G. Pisacane, M.V. Struglia (2022), "Modelling present and future climate in the Mediterranean Sea: a focus on sea-level change," *Climate Dynamics*, 59, 357-391.