

# UNA NUOVA MODELLISTICA AD ALTISSIMA RISOLUZIONE

ALLO SCOPO DI MIGLIORARE IL MONITORAGGIO DEL SISTEMA LAGUNARE E DI TRANSIZIONE, LA STRUTTURA IDROMETEOCLIMA DI ARPAE HA SVILUPPATO SHYFER, UN MODELLO NUMERICO IDRODINAMICO CHE RAPPRESENTA IN MODO PIÙ DETTAGLIATO E ACCURATO LA GEOMETRIA DEI DIVERSI RAMI DEL FIUME PO CHE CONFLUISCONO IN MARE. I RISULTATI SONO PROMETTENTI.

I modelli idrodinamici comunemente utilizzati per le previsioni operative marino-costiere devono garantire affidabilità e tempestività per rendere disponibili prodotti previsionali in tempo utile a consentire l'adozione di azioni preventive o risolutive durante gli eventi estremi. La Struttura IdroMeteoClima di Arpae (Simc) ha implementato e gestisce operativamente (una corsa al giorno) un modello per le previsioni del livello del mare e delle variabili oceanografiche (temperatura, salinità e correnti) a scala Adriatica (denominato Adriac), con una risoluzione costante di 1 km. Sebbene il modello sia in grado di risolvere i fenomeni oceanografici a grande scala, esso presenta limitazioni nel riprodurre alcune dinamiche a livello di sottobacino. Il delta del Po, ad esempio, rappresenta un'area di transizione molto complessa caratterizzata da batimetrie del fondale e geometrie morfologiche molto variabili e da particolari e delicati processi di interazione tra le caratteristiche idrologiche dei rami fluviali e le

dinamiche marine, come l'ingressione del cuneo salino.

Allo scopo di risolvere in modo accurato tali processi, nell'ambito di tre progetti europei strategici Interreg Italia-Croazia (AdriaClim, Stream e Cascade), Arpae ha collaborato con l'Istituto di scienze marine del Consiglio nazionale delle ricerche (Cnr-Ismar) e con l'Università di Bologna (Unibo) per lo sviluppo e l'implementazione di un modello agli elementi finiti ad altissima risoluzione della costa dell'Emilia-Romagna che include la parte terminale del fiume Po e il suo sistema deltizio.

## Sviluppo di un'implementazione locale agli elementi finiti

I modelli idrodinamici, nonostante siano oggi molto affidabili, presentano ancora diverse limitazioni che rendono la loro implementazione operativa una sfida, soprattutto per piccole scale e domini con

dinamiche particolari. Aree geografiche come il delta del Po, con le sue lagune e i suoi rami fluviali, rappresentano sistemi di transizione molto complessi, fortemente influenzati dagli aspetti locali di interazione *river-sea*.

In questo contesto, è necessario disporre di un modello ad alta risoluzione in grado di rappresentare adeguatamente i processi idrodinamici anche alle scale più piccole. Allo scopo di migliorare la rappresentazione del sistema lagunare e di transizione, è stato scelto di sviluppare una nuova modellistica numerica ad altissima risoluzione basata sul modello agli elementi finiti Shyfer (Umgiesser et al., 2004; <https://github.com/SHYFEM-model/shyfer>). Diverse collaborazioni tecnico-scientifiche nell'ambito di progetti nazionali e internazionali hanno permesso, negli ultimi tre anni, lo sviluppo e l'implementazione operativa di Shyfer, un modello idrodinamico della costa emiliano-romagnola che include il complesso sistema del delta del Po. L'utilizzo di un modello a elementi finiti



FOTO: R. BRANCQUINI - REGIONE ER

permette l'utilizzo di risoluzioni variabili degli elementi all'interno del dominio di calcolo, consentendo così di aumentare la risoluzione della griglia ove necessario, adattandosi al meglio alla morfologia locale e consentendo di rappresentare in modo più dettagliato e accurato la geometria dei diversi rami del fiume Po che confluiscono a mare. A differenza del modello Adriac, dove la portata nei diversi rami viene imposta tramite percentuali predefinite di ripartizione, in Shyfer è possibile imporre in ingresso la portata osservata (o prevista dai sistemi modellistici idrologici) del fiume Po presso la stazione di misura di Pontelagoscuro e lasciare che il modello propaghi e suddivida le portate nei diversi rami in maniera dinamica, fino a raggiungere il mare. È importante sottolineare l'importanza della corretta rappresentazione della portata del fiume Po, in quanto essa influenza direttamente la dinamica delle lagune e delle aree di transizione in generale, nonché la circolazione del mare Adriatico, principalmente nella sua porzione settentrionale.

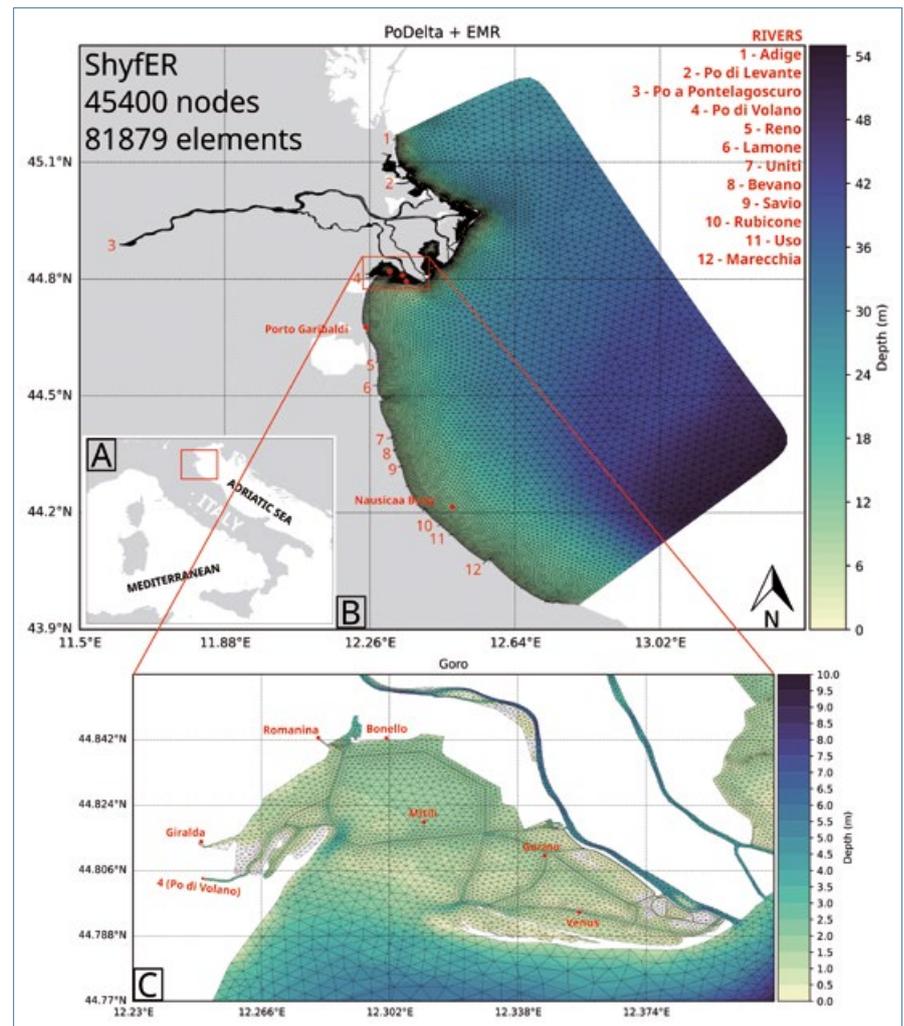
Come visibile nella *figura 1*, Shyfer rappresenta le particolari caratteristiche topo-batimetriche dell'area in modo dettagliato, arrivando a una risoluzione di alcune decine di metri. L'obiettivo principale è quello di migliorare le previsioni idrodinamiche con particolare attenzione al livello del mare, ma anche quello di sviluppare diverse applicazioni del modello come ad esempio la previsione dell'ingressione del cuneo salino all'interno dei diversi rami del Po. Prima di renderlo operativo, sono stati condotti test di sensibilità e di calibrazione dei parametri allo scopo di raggiungere un set di parametri ottimizzato che rappresentasse in maniera più fedele i dati acquisiti dalle stazioni di misura presenti in Emilia-Romagna (nelle *figure 1b e 1c* alcune delle stazioni utilizzate nei test di sensibilità). Operativamente il modello viene forzato dai campi atmosferici previsionali del modello Cosmo, mentre gli output del modello Adriac vengono utilizzati come condizioni oceanografiche al contorno del dominio di calcolo. Per quanto riguarda i fiumi, attualmente l'impostazione operativa utilizza gli ultimi dati misurati nella stazione di Pontelagoscuro in termini di temperatura e portata per il Po, mentre per gli altri fiumi regionali vengono utilizzati valori climatologici. Inoltre, tre idrovore permettono l'ingresso di ulteriore acqua dolce all'interno della Sacca di Goro (Romanina, Giralda e Bonello, come visibile in *figura 1c*). Il modello è attualmente inserito

all'interno delle catene operative del Simc per le previsioni meteo-marine, ma è stato utilizzato anche per alcune applicazioni di dispersione di inquinanti microbiologici in mare e per la modellazione bio-geochimica della Sacca di Goro (accoppiandolo offline con il modello Bfm, Vichi et. al 2007; <https://bit.ly/bfm-model>). Si stanno infine approfondendo le capacità del modello di prevedere in maniera accurata e in specifiche condizioni ambientali, l'instaurarsi del cuneo salino, la sua struttura e la sua propagazione all'interno

dei diversi rami del fiume Po. I risultati sono promettenti e Shyfer potrebbe quindi rappresentare un utile strumento operativo di supporto alle decisioni nei periodi di magra, sempre più frequenti e severi negli ultimi anni, e le cui proiezioni climatologiche, purtroppo, indicano ulteriori intensificazioni in futuro.

**Luis Germano Biolchi, Silvia Unguendoli, Andrea Valentini**

Struttura IdroMeteoClima, Arpa Emilia-Romagna



**FIG. 1 MODELLO SHYFER**

A) Posizione del dominio di calcolo di Shyfer.

B e C) batimetria e griglia di calcolo agli elementi finiti del dominio utilizzato per l'implementazione di Shyfer che mostra i 12 fiumi e le tre idrovore (Giralda, Romanina e Bonello) utilizzati ai confini idrologici e le diverse tipologie di stazioni utilizzate per i test di sensibilità: tre stazioni multiparametriche (Mitili, Gorino e Venus); un mareografo (Porto Garibaldi); e una boa ondometrica (Nausicaa).

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Umgiesser G., Canu D.M., Cucco A., Solidoro C., 2004, "A finite element model for the Venice Lagoon. Development, set up, calibration and validation", *Journal of Marine Systems*, 51(1-4), pp. 123-145, <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2004.05.009>.

Vichi M., Pinardi N., Masina S., 2007, "A generalized model of pelagic biogeochemistry for the global ocean ecosystem. Part I: Theory", *Journal of Marine Systems*, 64(1-4), pp. 89-109, <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2006.03.006>.