

**Prestazioni di diverse configurazioni di rampe caratterizzanti  
un convertitore di energia da onde per sormonto:  
applicazione al Porto di Ancona**

**Saeed Osouli<sup>1</sup>, Matteo Postacchini<sup>2</sup>, Ivan Sabbioni<sup>3</sup>, Maurizio Brocchini<sup>4</sup>**

<sup>1,2,4</sup> Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura,  
Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy

<sup>3</sup> Mentucci Aldo Costruzioni, Senigallia, Italy  
s.osouli@pm.univpm.it, m.postacchini@staff.univpm.it,  
m.brocchini@staff.univpm.it, ivan@mentuccialdo.it

## **Introduzione**

Le onde oceaniche rappresentano una fonte di energia rinnovabile ed ecologicamente sostenibile, offrendo numerosi vantaggi, tra cui un'elevata densità energetica, la prevedibilità delle caratteristiche ondose e una minima dispersione di energia durante la propagazione. L'Overtopping Breakwater for Energy Conversion (OBREC) è un sistema innovativo progettato per sfruttare l'energia delle onde oceaniche. Questa tecnologia è ancora nelle fasi iniziali di sviluppo. I dispositivi OBREC vengono integrati in dighe foranee esistenti o in progetto, consentendo una riduzione dei costi di costruzione e manutenzione. Un prototipo di questo sistema è previsto per l'installazione nel Porto di Ancona.

## **Materiali e Metodi**

### *Dati Osservati e Modellati*

Il confronto dei dati ha mostrato una scarsa concordanza tra le caratteristiche delle onde rilevate dalla Boa di Ancona e il modello Copernicus. Pertanto, le onde sono state selezionate in base ai dati della boa utilizzando la funzione di densità di probabilità congiunta e successivamente trasferite all'area costiera considerando il modello di Goda (Goda, 2010).

### *Onde in Acque Shallow*

Per monitorare la circolazione delle onde all'interno del porto, è stato utilizzato FUNWAVE-TVD, un modello di risoluzione delle onde. Si basa su equazioni di tipo Boussinesq, in cui le equazioni di Reynolds sono integrate sulla profondità dell'acqua, modellando la struttura verticale senza risolverla direttamente (Shi et al., n.d.).

### *Interazione Onde-Struttura*

Per questa valutazione è stato utilizzato il modello FLOW-3D (Flow Science, 2023). Le superfici libere sono state modellate con la tecnica Volume of Fluid (VOF) e le equazioni di Navier-Stokes sono state applicate con una mesh strutturata. In questa sezione, la diga frangiflutti è stata simulata su scala di laboratorio. Come condizione al contorno per le onde, sono state utilizzate onde con caratteristiche simili a quelle di (Vicinanza et al., 2014). Tuttavia, invece dello spettro JONSWAP, al generatore di onde sono state impostate onde non lineari di Stokes ( $H = 0,15$  m,  $T = 1,86$  s,  $d =$

0,3 m). Per confrontare diverse pendenze, la geometria è stata progettata in AutoCAD e i file STL corrispondenti sono stati importati in FLOW-3D. Maggiori dettagli sono riportati nella Figura 1. Il dominio numerico misura 17 m di lunghezza, 0,75 m di larghezza e 0,7 m di altezza, con una dimensione della cella uniforme di 0,025 m in tutte le direzioni, per un totale di 571.200 celle. Il volume d'acqua sormontato è stato calcolato oltre la rampa per un tempo di simulazione di 100 secondi.

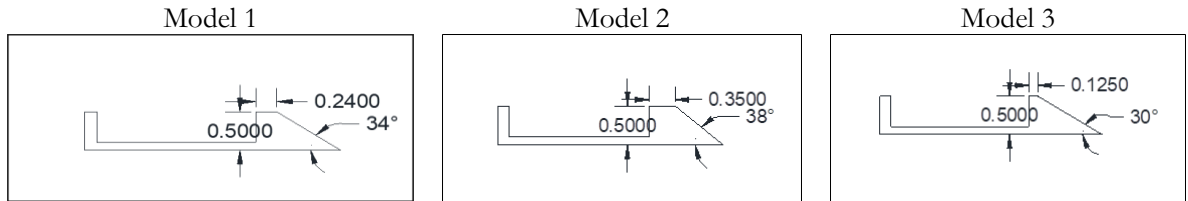


Figura 1. Diverse pendenze delle rampe.

## Risultati

Sulla base dei risultati ottenuti, l'inclinazione della rampa influisce significativamente sulla portata d'acqua. La pendenza di 30° produce il volume maggiore (0,14 m<sup>3</sup>), mentre le pendenze di 34° e 38° generano rispettivamente 0,1 m<sup>3</sup> e 0,09 m<sup>3</sup> Figura 2.

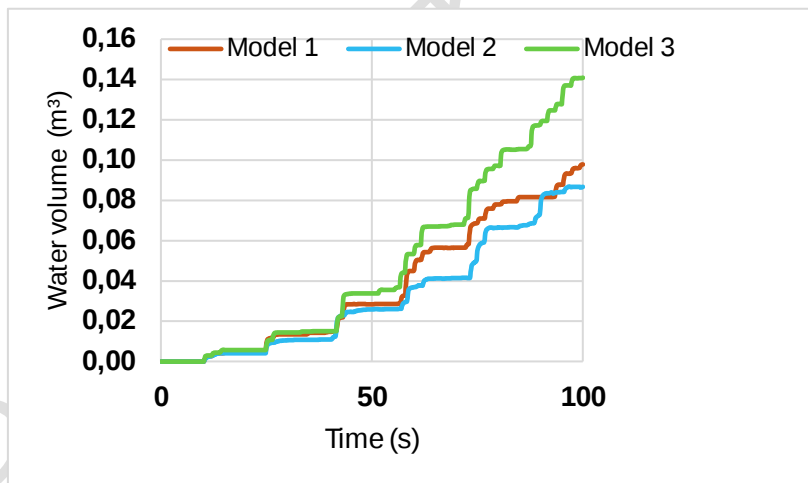


Figura 2. Effetto delle pendenze della rampa sul deflusso dell'acqua.

## Conclusione

I risultati dei test di sormonto mostrano che l'inclinazione frontale può influenzare la portata d'acqua sormontata di circa il 35%, passando dal volume minimo a quello massimo. Per la valutazione su scala reale, i risultati di FUNWAVE-TVD saranno utilizzati per progettare il dispositivo nel porto di Ancona.

## Ringraziamenti

Financial support has been provided by the European Union's (EU) Horizon Europe Framework Programme (HORIZON) via SEDIMARE (Grant Agreement No. 101072443), an MSCA Doctoral Network (HORIZON-MSCA-2021-DN-01).

## Bibliografia

- Flow Science, Inc., 2023. *FLOW-3D, Version ~ 2023R1*. <https://www.flow3d.com/>
- Goda, Y., 2010. Random seas and design of maritime structures. In *Advanced Series on Ocean Engineering (Vol. 33)*.
- Shi F., Kirby, J.T., Tehranirad B., Harris J.C., Grilli S. (n.d.). FUNWAVE-TVD Fully Nonlinear Boussinesq Wave Model with TVD Solver Documentation and User's Manual (Version 2.0).
- Vicinanza D., Contestabile P., Quvang Harck Nørgaard J., Lykke Andersen T., 2014. Innovative rubble mound breakwaters for overtopping wave energy conversion. *Coastal Engineering*, 88, 154-170. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2014.02.004>

Manoscritto ricevuto il 03/02/2025; accettato il 04/11/2025