

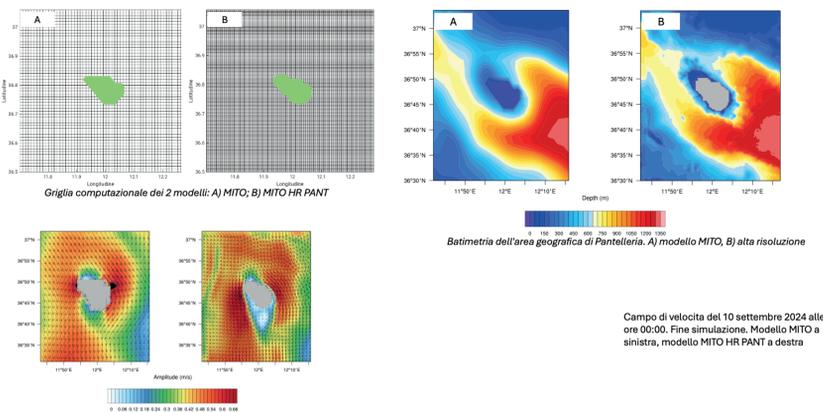
# Progetto 1.8

## "ENERGIA ELETTRICA DAL MARE"

Il progetto "Energia elettrica dal mare", realizzato da ENEA in collaborazione con il Politecnico di Torino, ha come obiettivo lo sviluppo del **PeWEC (Pendulum Wave Energy Converter)**, un dispositivo per la conversione dell'energia delle onde marine in elettricità. Attualmente, il PeWEC ha raggiunto un livello di maturità tecnologica pari a **TRL 4**. Nel corso del progetto sono state condotte attività di ricerca focalizzate sullo sviluppo e sulla manutenzione di sistemi previsionali avanzati per il moto ondoso e la circolazione marina nel Mediterraneo. È stato implementato un modello numerico operativo ad alta risoluzione, basato su **MITgcm** e **WAVEWATCHIII**, capace di fornire previsioni giornaliere fino a cinque giorni. Queste previsioni sono state validate con dati satellitari e osservazioni in situ, permettendo la creazione di dataset affidabili e facilmente accessibili tramite un portale web. Questi dati rappresentano un supporto strategico per la progettazione e ottimizzazione del PeWEC. Parallelamente, è stata sviluppata una configurazione modellistica a risoluzione molto elevata (circa 100 metri) per l'area marina attorno all'isola di **Pantelleria**, sede prevista per l'installazione del dispositivo.

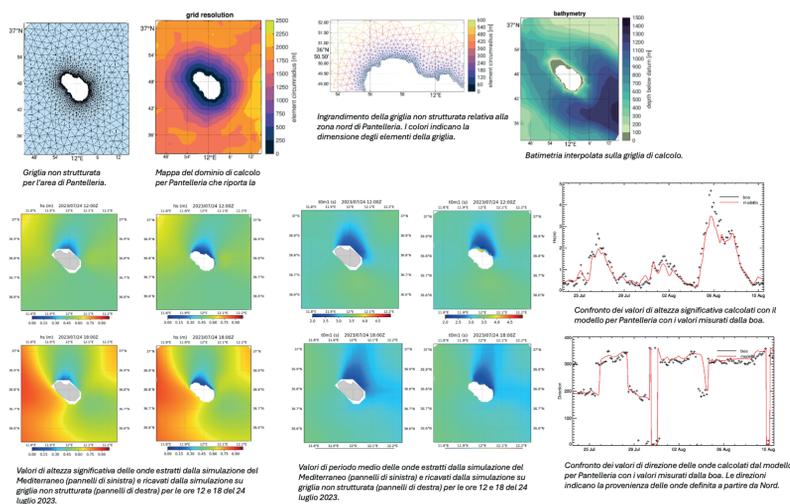
Questo ha consentito una caratterizzazione dettagliata delle condizioni locali di corrente e moto ondoso, fondamentali per la calibrazione del sistema. Sul fronte autorizzativo, il progetto ha ottenuto con successo tutti i permessi necessari per l'estensione spaziale e temporale della concessione marittima a Pantelleria. L'area individuata è conforme ai vincoli ambientali e presenta un impatto minimo sugli habitat protetti, creando così le basi per un'installazione sostenibile del dispositivo. La progettazione preliminare del PeWEC ha coinvolto la definizione e l'ottimizzazione dei suoi sottosistemi principali, tra cui lo scafo, il sistema di conversione a pendolo, il generatore elettrico, l'elettronica di potenza e il sistema di ormeggio. Ogni componente è stato progettato in dettaglio per massimizzare l'efficienza complessiva. L'analisi tecnica ha incluso simulazioni numeriche complesse per valutare l'efficienza energetica del dispositivo, la risposta dinamica del pendolo e le prestazioni globali in termini di potenza e produttività, in relazione alle condizioni ambientali del sito scelto.

### Previsione ad alta risoluzione della circolazione marina per il sito di Pantelleria



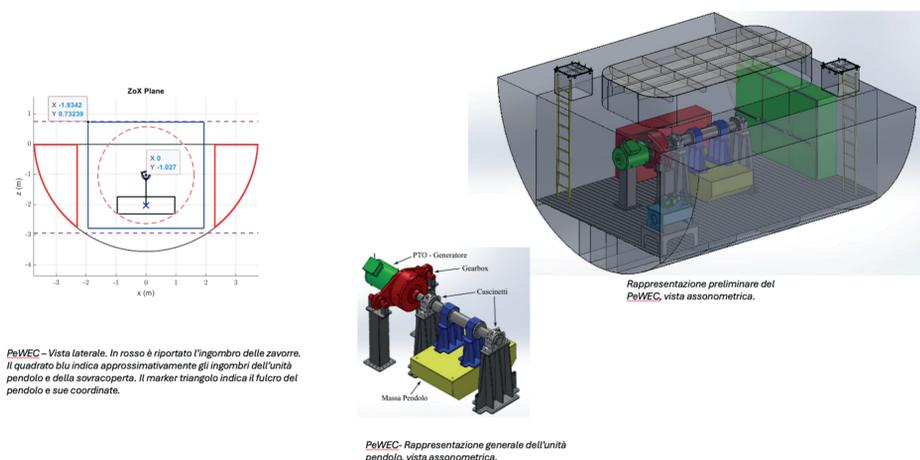
Questa linea di attività si è occupata dello sviluppo, implementazione e validazione di un modello numerico ad alta risoluzione (MITO HR PANT) per la previsione della circolazione marina attorno all'isola di Pantelleria. L'obiettivo era quello di fornire un supporto dettagliato per l'ancoraggio del convertitore di energia dal moto ondoso PeWEC, superando i limiti di risoluzione del preesistente modello regionale MITO. Basato sul codice MITgcm, il nuovo modello utilizza una griglia con una risoluzione orizzontale di circa 500 metri innestata nel modello padre e una batimetria dettagliata da EMODnet. Particolare attenzione è stata dedicata alla gestione delle quattro frontiere aperte per garantire la stabilità numerica. I risultati della simulazione dimostrano la capacità del modello di catturare strutture dinamiche di piccola scala, come vortici locali, assenti nel modello regionale. La coerenza dei trasporti di massa ai bordi valida l'accuratezza della configurazione. Il modello è stato integrato con successo nella catena operativa dell'ENEA e fornisce previsioni giornaliere a cinque giorni.

### Previsione ad alta risoluzione del moto ondoso per il sito di Pantelleria



Questa linea di attività si è occupata dell'implementazione di un modello ad altissima risoluzione per la previsione del moto ondoso nell'area dell'isola di Pantelleria. L'attività è stata finalizzata a supportare la futura installazione del prototipo PeWEC (Pendulum Wave Energy Converter). Utilizzando il modello spettrale di terza generazione WAVEWATCH III (v6.07), è stata sviluppata una griglia non strutturata, generata con OceanMesh2D, che raggiunge una risoluzione di circa 100 metri in prossimità della costa, significativamente più dettagliata rispetto alla precedente configurazione su griglia regolare (1/128°). La batimetria ad alta risoluzione è stata derivata dai dataset del progetto MAGIC, con accurate interpolazioni e trasformazioni in formato NETCDF. Il nuovo modello è stato integrato nella catena operativa ENEA, con aggiornamenti ai processi di nesting e post-processing. La validazione è stata effettuata attraverso confronti con le simulazioni a scala mediterranea e misure dirette da boa ondometrica, evidenziando un miglioramento significativo nella capacità di rappresentare i processi costieri, soprattutto in termini di altezza significativa, periodo e direzione delle onde. In particolare, il modello ha mostrato una migliore risoluzione degli effetti di schermatura e rifrazione attorno all'isola, elementi cruciali per valutazioni affidabili della risorsa energetica.

### Progettazione preliminare del PeWEC



Questa linea di attività si è occupata della progettazione preliminare del dispositivo PeWEC (Pendulum Wave Energy Converter), sviluppata nell'ambito del Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024 per il progetto "Energia elettrica dal mare". L'attività ha riguardato la definizione e ottimizzazione dei sottosistemi principali del convertitore di energia del moto ondoso basato su tecnologia pendolare inerziale. Attraverso l'applicazione di algoritmi genetici di ottimizzazione techno-economica, è stata determinata la configurazione ottimale del dispositivo per il sito di installazione di Pantelleria. Il sistema progettato presenta uno scafo di dimensioni 7,50 m x 6,50 m x 3,56 m con un pendolo interno di massa 10,8 tonnellate, accoppiato a un generatore elettrico tramite sistema di trasmissione. Le simulazioni nel dominio del tempo, condotte utilizzando modelli non lineari ad alta fedeltà, hanno permesso di valutare le prestazioni energetiche del dispositivo considerando le caratteristiche della risorsa ondosa locale. Il controllo reattivo ottimizzato garantisce il rispetto dei vincoli operativi del generatore elettrico, massimizzando l'efficienza di conversione. I risultati mostrano una produttività netta annuale di 5,02 MWh/anno per il sito di Pantelleria. Il lavoro si è concluso con la redazione del capitolato tecnico che definisce le specifiche costruttive e prestazionali del prototipo, fornendo le basi per la successiva fase di realizzazione del convertitore di energia marina PeWEC ottimizzato per le condizioni mediterranee.