

Previsione dello stato del mare

La previsione operativa dello stato del mare presso il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare avviene attraverso il sistema NETTUNO [1,2], sviluppato in collaborazione con l'ISMAR-CNR di Venezia. Tale sistema attualmente si basa sul modello numerico delle onde di terza generazione WAM [3, 4, 5, 6], implementato da ECMWF (European Center for Medium Weather Forecast). Tale sistema è strutturato sulla base del modello meteorologico COSMO accoppiato in modalità di tipo “one way” al modello spettrale per la previsione del moto ondoso WAM. Il modello numerico dell'atmosfera COSMO fornisce il forzante, ovvero il vento superficiale, senza ricevere alcun feedback dal modello delle onde.

Il concetto fondamentale alla base dei modelli dello stato del mare cosiddetti spettrali, è la rappresentazione del moto ondoso come risultato della sovrapposizione di una serie di onde con caratteristiche differenti: nello specifico ogni componente possiederà una propria altezza, lunghezza d'onda e direzione; nella realtà questo si esplicita, ad esempio, quando in un bacino marino abbiamo la presenza di un mare da vento (cioè in cui il moto è generato dal flusso atmosferico che agisce direttamente in quella zona di mare) sovrapposto ad un mare lungo da altra direzione (il moto ondoso è generato lontano dalla porzione di mare considerata, e si propaga fino all'area di interesse). Per “spettro” intendiamo l'insieme delle energie associate ad ogni singola componente, ciascuna identificata come direzione di propagazione e frequenza, quest'ultima legata alla lunghezza d'onda tramite la velocità di avanzamento. La somma “E” delle energie di tutte le componenti è collegata al parametro “altezza significativa”: essa corrisponde infatti alla stima visiva dell'altezza d'onda che effettueremmo tramite un'osservazione diretta. L'evoluzione del mare è inoltre guidata da una serie di processi (per esempio dissipazione di energia “creste bianche”, rifrazione e frangimento sotto costa, scambi di energia fra le diverse onde) che sono descritti da una serie di equazioni, che costituiscono appunto, insieme a quelle del processo di generazione da parte del vento, il modello fisico – matematico del moto ondoso. Il modulo delle onde, come già accennato, è un'implementazione del modello WAM del centro europeo per le previsioni meteorologiche a media scadenza (ECMWF).

Analogamente a quanto accade per i modelli meteorologici, nel caso delle onde l'informazione viene fornita su un insieme di punti, cioè i nodi di una griglia che descrive appunto il bacino di interesse, la geometria delle coste e la sua batimetria.

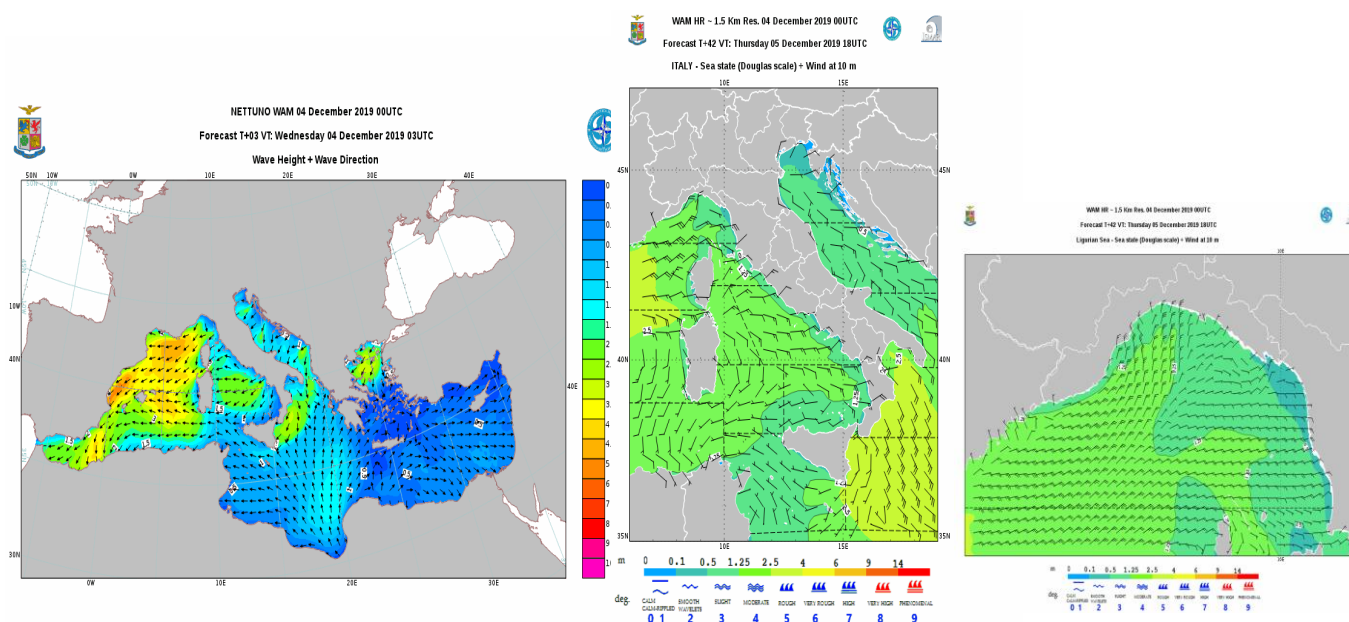
Attualmente presso il COMET (Centro Operativo per la Meteorologia di Pratica di Mare), sono operative due versioni deterministiche del sistema NETTUNO, più una di tipo “ensemble”.

Il sistema di previsione dello stato del mare di tipo deterministico

Il setup deterministico mediterraneo (NETTUNO-ME) consiste in una griglia geografica regolare, che si estende tra le latitudini 30°N – 46°N, e le longitudini -6°E – 36.5°E, ed una griglia spettrale polare (frequenza-direzione). L'integrazione numerica avviene con passo di griglia di 3' (circa 5.5 km), due volte al giorno (00 UTC e 12 UTC), fino a 72 ore (**Fig.1**). Le 36 direzioni delle onde sono equispaziate ad intervalli di $\pi/18$ rad, le 30 frequenze incrementano in progressione geometrica di ragione 1.1 (cioè $f_{i+1}=1.1f_i$), a partire dalla frequenza base $f_0 \approx 0.05$ Hz. Il Mar Mediterraneo è stato schematizzato come un bacino “chiuso”, ovvero escludendo ogni contributo esterno al moto ondoso proveniente dallo Stretto di Gibilterra, considerato come trascurabile.

Esiste anche una configurazione a più alta risoluzione (NETTUNO-IT) integrata sui mari circostanti il territorio italiano con passo griglia di 1' (circa 2 Km), due volte al giorno (00

UTC e 12 UTC), fino a 48 ore. In questo caso la forzante è il campo di vento superficiale prodotto dal modello COSMO-IT. I prodotti forniti sono l'altezza significativa d'onda, la direzione media, il periodo di picco e il periodo medio.



Il modello WAM è stato validato con osservazioni da satellite dall'ISMAR-CNR di Venezia. Lo studio ha messo in evidenza come l'effetto congiunto di un'adeguata risoluzione spaziale e di un accurata stima del vento forzante determini l'aumento della qualità della previsione dello stato del mare.

Il sistema di previsione dello stato del mare di tipo probabilistico (NETTUNO-ME EPS)

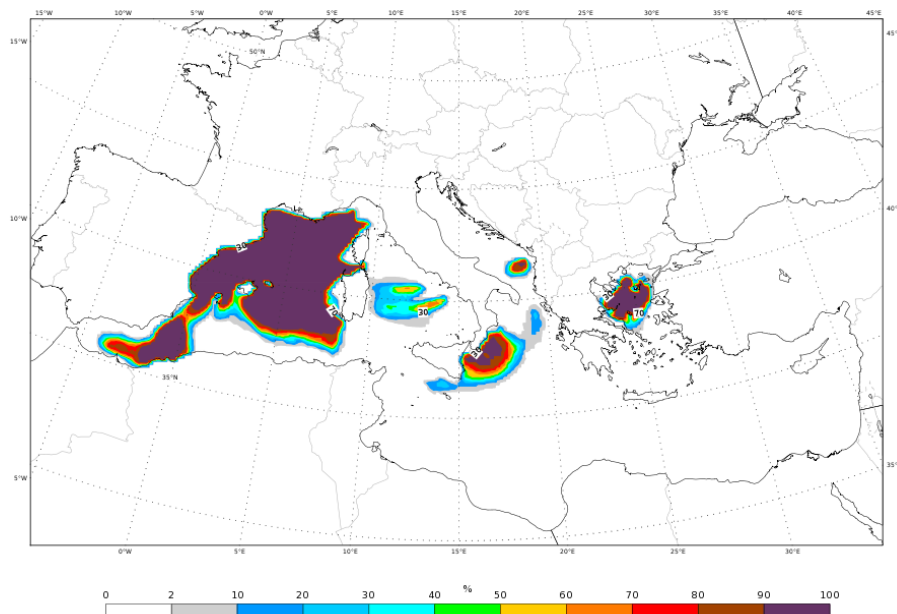
In collaborazione con ISMAR-CNR, è stato implementato un sistema di previsione probabilistica dello stato del mare basato sul sistema NETTUNO e sul COSMO-ME EPS (vd "La previsione probabilistica" nella sezione "Approfondimenti"), chiamato NETTUNO-ME EPS. La previsione probabilistica dello stato del mare è ottenuta forzando il modello delle onde con le 20 previste orarie del vento in superficie di COSMO-ME EPS. NETTUNO-ME EPS consiste pertanto di 20 membri, integrati fino a 48 ore, una volta al giorno (00UTC), nel bacino Mediterraneo. Analogamente a quanto fatto per il sistema COSMO-ME EPS, dalla distribuzione dei 20 membri viene ricavata la previsione probabilistica dei parametri più significativi e la loro incertezza (stimata come il doppio della deviazione standard, nell'ipotesi di gaussianità). Nel corso del 2014 è stata effettuata, a cura dell'ISMAR-CNR, la validazione del sistema NETTUNO-ME EPS [7].

Attualmente nel sistema PROMETEO sono disponibili i seguenti prodotti:

1. Altezza dell'onda > 2.5 m
2. Altezza dell'onda > 4 m
3. Altezza dell'onda > 6 m



NETTUNO_EPS 04 December 2019 00UTC Forecast T+6 VT: Wednesday 04 December 2019 06UTC
Significant wave height probability > 2.5 m



Bibliografia

- [1] 2013 Bertotti, L., L.Cavaleri, L.Loffredo, and L.Torrìsi, “Nettuno: analysis of a wind and wave forecast system in the Mediterranean Sea”. Monthly Weather Review, 141, No.9, 3130-3141. doi: 10.1175/MWR-D-12-00361.1
- [2] 2010 L. Bertotti, L. Cavaleri, C. De Simone, L. Torrìsi, A. Vocino, "Il sistema di previsione del mare "Nettuno". Rivista di Meteorologia Aeronautica, pag. 25.
- [3] Wamdi group (1988), “The WAM model – A Third Generation Ocean Wave Prediction Model”, Journal of Physical Oceanography, 18, 1775-1810.
- [4] Peter Janssen (2004), “The Interaction of Ocean Waves and Wind”, Cambridge University Press.
- [5] Komen et al. (1994), “Dynamics and Modelling of Ocean Waves”, Cambridge University Press.
- [6] Holthuijsen, L.H. (2007), “Waves in Oceanic and Coastal Waters”, Cambridge University Press.
- [7] Pezzutto, P., A. Saulter, L. Cavaleri, C. Bunney, F. Marcucci, L. Torrìsi, S. Sebastianelli(2016), Performance comparison of meso-scale ensemble wave forecasting systems for Mediterranean sea states, Ocean Modeling, 104, pp 171-186