



C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi
University Consortium for Research on Great Hazards
University of Salerno – “Federico II” University of Naples
www.cugri.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



ORDINE
INGEGNERI
GENOVA

“TEMPESTE ESTREME”

Aspetti tecnici, gestionali ed assicurativi



**Massime altezze d'onda in stati di mare in tempesta:
stato dell'arte della modellistica e dell'osservazione per la sicurezza in mare**

**Francesco Barbariol
(CNR-ISMAR)**

**Seminario Telematico nel quadro della Genoa Shipping Week
tenuto Martedì 5 Ottobre 2021 - Ore 15.00
sulla Piattaforma dell'Ordine degli Ingegneri di Genova**

Massime altezze d'onda in stati di mare in tempesta: stato dell'arte della modellistica e dell'osservazione per la sicurezza in mare

Francesco Barbariol

Alvise Benetazzo

Luigi Cavaleri

Silvio Davison

CNR – Istituto di Scienze Marine (ISMAR), Venezia

“TEMPESTE ESTREME”

Aspetti tecnici, gestionali ed assicurativi

Genova Shipping Week 2021

5 ottobre 2021

Massime altezze d'onda individuali H_{\max} (vs $\max(H_s)$)

- perchè è importante misurarle/stimarle
- osservazioni ed evidenze sperimentali
- approccio spazio-temporale (definizioni)
- nuovi approcci teorici
- modellistica numerica e applicazioni

Introduzione: perchè stimare H_{max}

Singole onde individuali di altezza ragguardevole rappresentano un **pericolo per la navigazione durante le tempeste.**

Tali onde possono colpire navi passeggeri, portacontainer, petroliere, barche da pesca e strutture offshore o costiere, a volte con conseguenze catastrofiche.



Figure 1

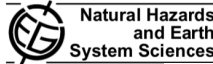
Locations of 22 supercarriers assumed to be lost after collisions with rogue waves between 1969 and 1994. Figure copyright C. Kharif and E. Pelinovsky, used with permission.

Introduzione: perchè stimare H_{max}



La comunità scientifica si sta occupando dell'argomento da diverso tempo, più intensamente dal 2000, con programmi di ricerca, studi e workshop

Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, 533–537, 2008
www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/8/533/2008/
© Author(s) 2008. This work is distributed under
the Creative Commons Attribution 3.0 License.



The predictability of the “Voyager” accident

L. Bertotti and L. Cavaleri

Institute of Marine Sciences, Castello 1364/A, 30122 Venice, Italy

Received: 16 January 2008 – Revised: 13 May 2008 – Accepted: 13 May 2008 – Published: 30 May 2008



Journal of Geophysical Research: Oceans

RESEARCH ARTICLE
10.1002/2015JC011161

Crossing sea state and rogue wave probability during the Prestige accident

Karsten Trulsen¹, José Carlos Nieto Borge², Odin Gramstad^{1,3,4}, Lotfi Aouf⁵, and Jean-Michel Lefeuvre^{5,6}

Key Point:
• Discuss the crossing sea state and
rogue wave probability during the
Prestige accident

¹Department of Mathematics, University of Oslo, Norway. ²Department of Signal Theory and Communications, University



JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 117, C00J10, doi:10.1029/2012JC007923, 2012

Rogue waves in crossing seas: The Louis Majesty accident

L. Cavaleri,¹ L. Bertotti,¹ L. Torrisi,² E. Bitner-Gregersen,³ M. Serio,⁴ and M. Onorato^{4,5}

Received 27 January 2012; revised 22 March 2012; accepted 26 March 2012; published 12 May 2012.

I risultati della ricerca vengono recepiti dagli organismi regolatori (es. DNV) che definiscono i **criteri per la stima delle massime altezze d'onda individuali in uno stato di mare**



RECOMMENDED PRACTICE

DNVGL-RP-C205

Edition August 2017

Environmental conditions and environmental loads

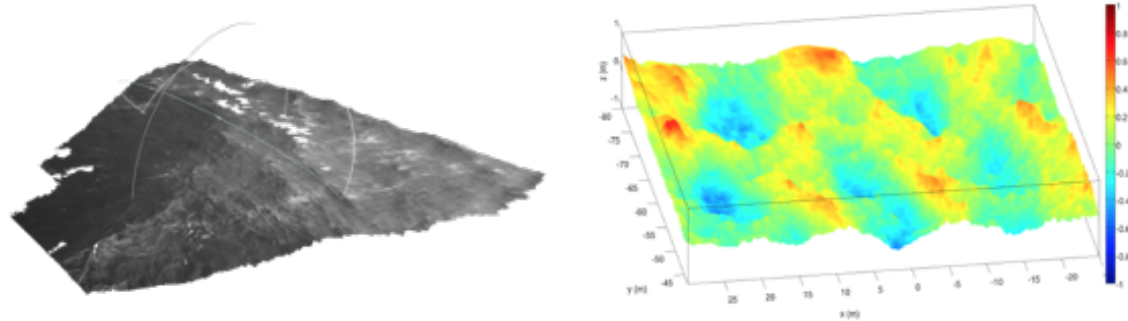
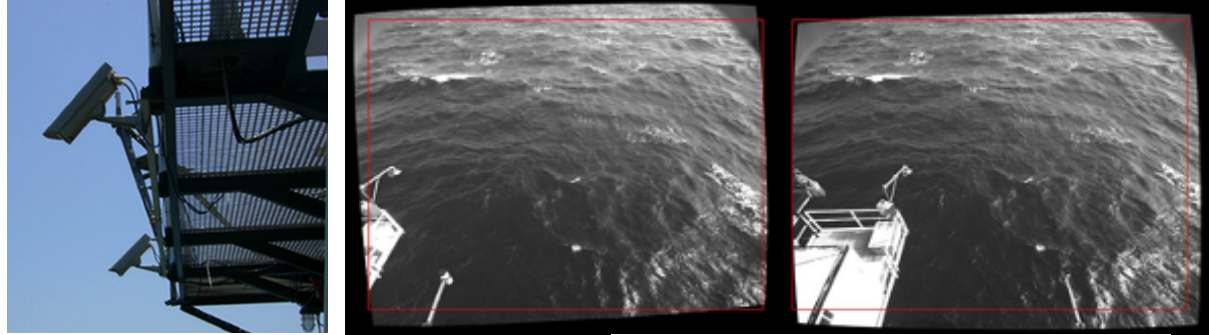


Osservazioni/misure su ...

1) un punto

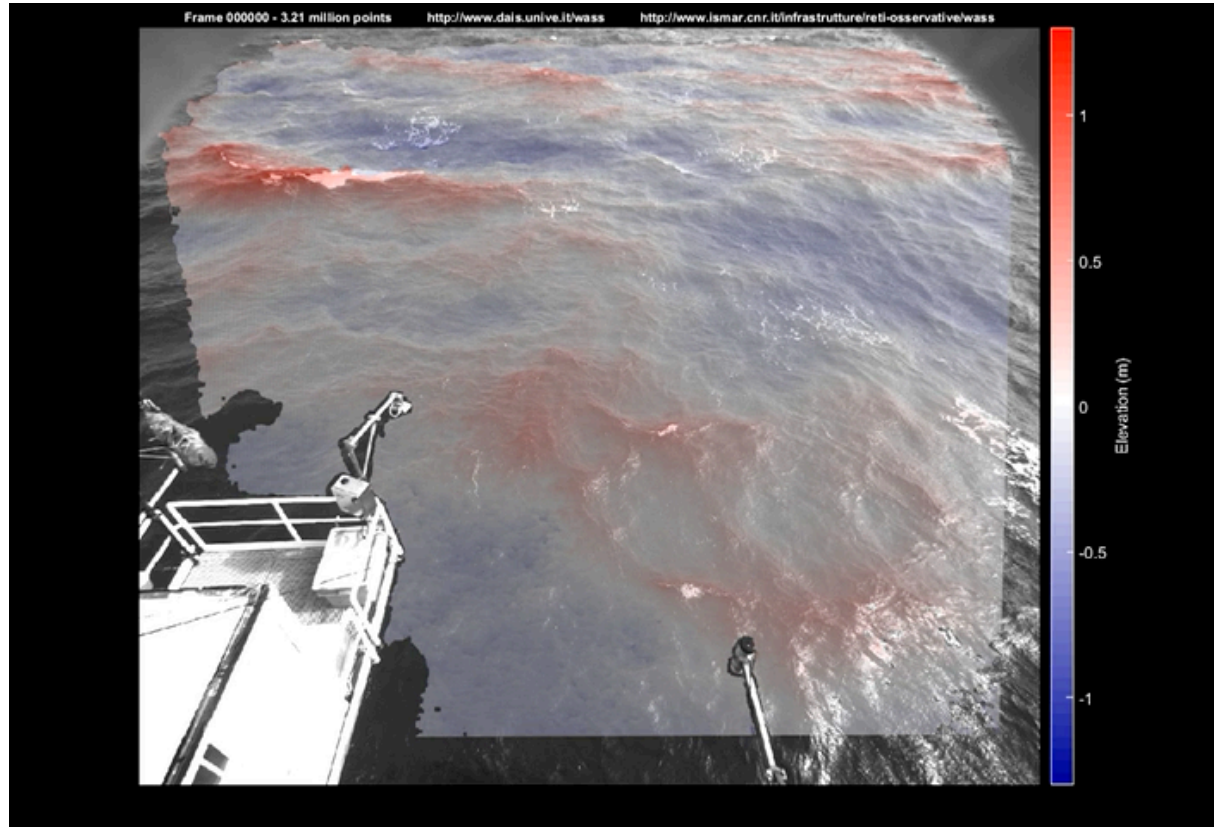


2) un'area



Wave Acquisition Stereo System (WASS), Benetazzo et al 2006,
Bergamasco et al 2017

Osservazioni spaziali (WASS)

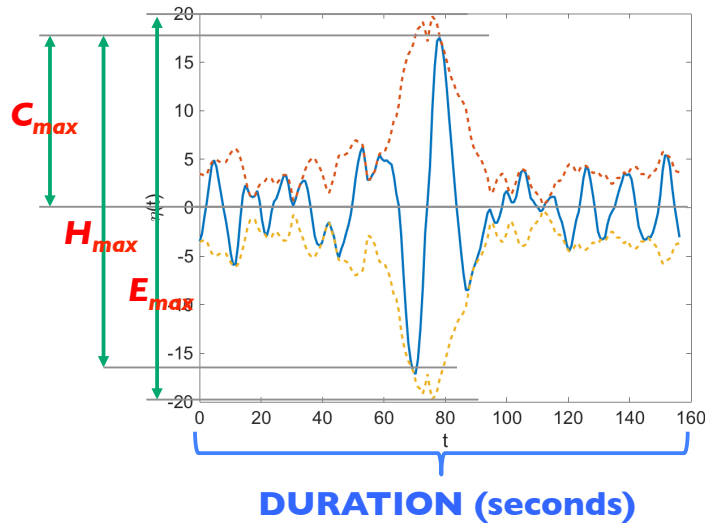


Benetazzo et al 2015

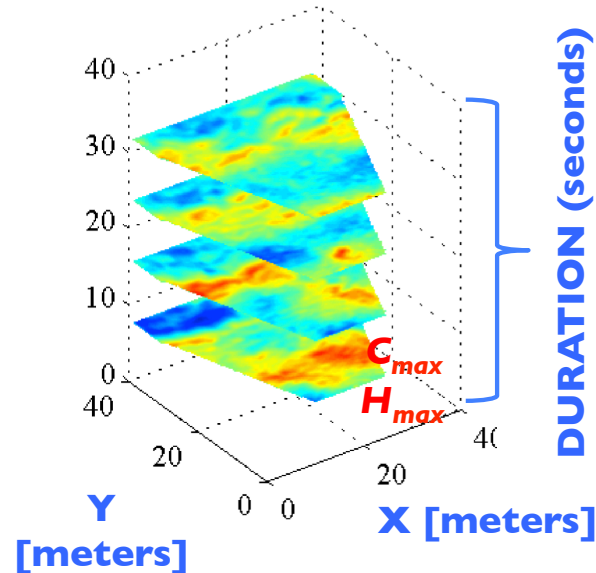
Approccio spazio-temporale

Qual'è la massima altezza d'onda (di cresta) che si può verificare in ... ?

1) un punto



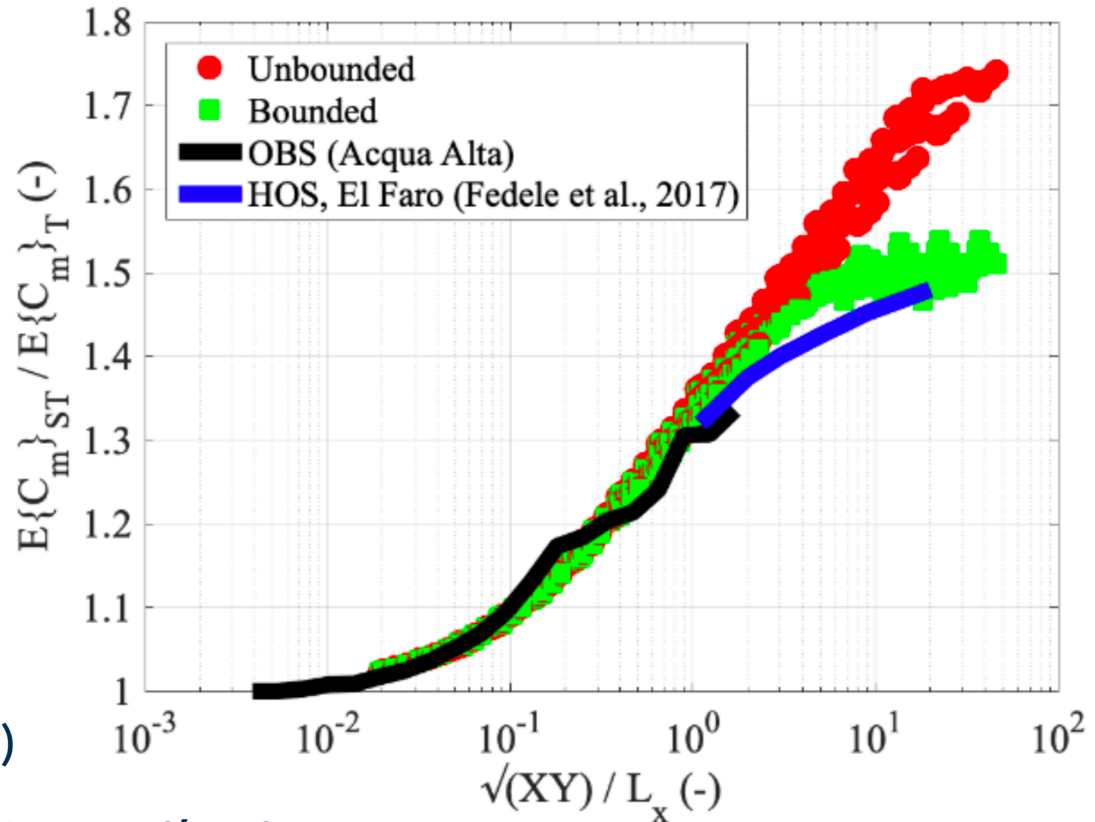
2) un'area



Evidenza sperimentale

L'altezza massima della superficie dell'onda (cresta) osservata su una data area durante un intervallo di tempo (**space-time extreme**) è molto più grande di quella osservata in un dato punto (**time extreme**).

Analogamente per le altezze d'onda: effetto della **short-crestedness** (geometria 3D, dinamica dei gruppi)



Stima più realistica delle altezze d'onda massime

Nuovi approcci teorici

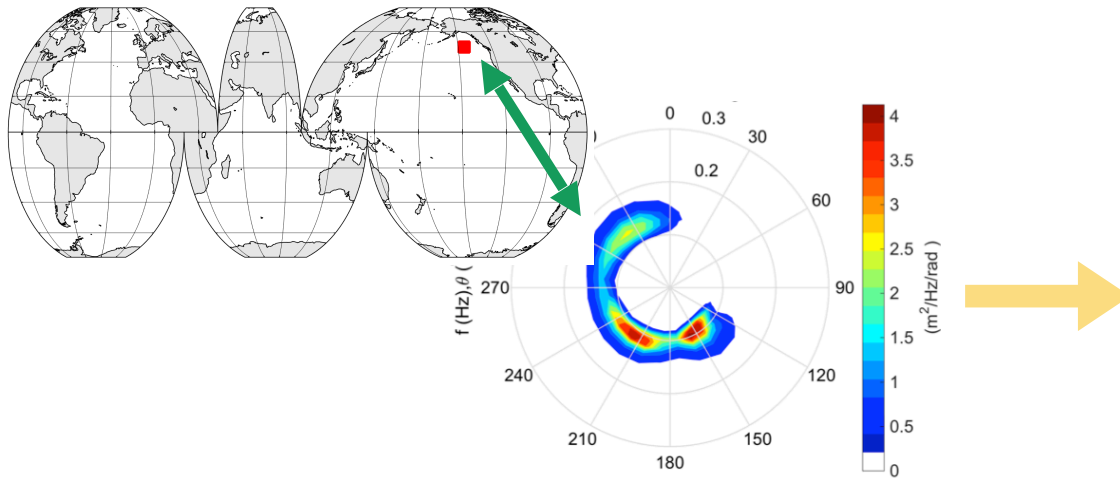
Le onde sono un fenomeno naturale random → approccio STATISTICO

Stima della probabilità e del valore atteso della massima altezza d'onda (di cresta) in uno stato di mare, in ...

- 1) un punto: TIME EXTREMES (durata D)
(Forristall, 2000; Naess, 1985 – DNV, 2017)
- 2) un'area: SPACE-TIME EXTREMES (durata D , area XY)
considerano geometria 3D e short-crestedness
(Quasi-determinismo spazio-temporale – Boccotti 2000;
Fedele 2012, Benetazzo et al., 2015)

Modellistica e applicazioni

I modelli per la stima della massima altezza d'onda attesa in uno stato di mare sono stati implementati nei modelli numerici d'onda stato dell'arte (es. WW3, WAM, ...)



Valori attesi di:

- altezze d'onda massima
- altezze di cresta massima in un'area XY e durata D

Opportunità per stimare le altezze d'onda (di cresta) massime per diversi scopi/applicazioni

Previsione delle onde massime

Freak Wave Warning System – ECMWF
(Janssen, 2003, 2014)

Approccio statistico space-time e time extremes implementato in WAVEWATCH III e WAM

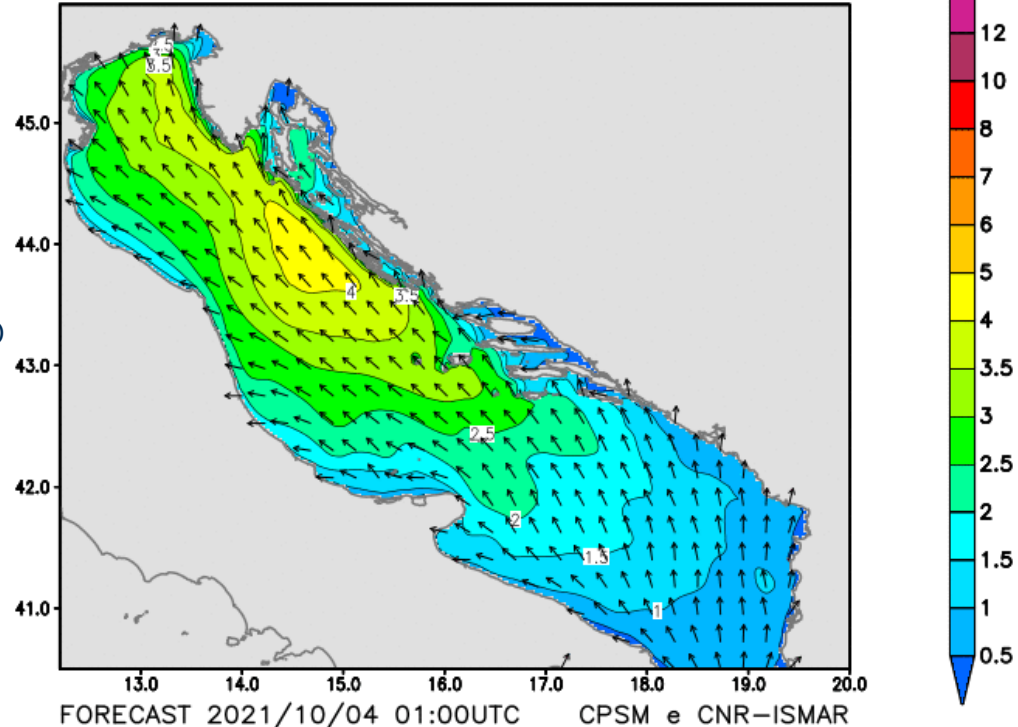
(Barbariol et al., 2017; Benetazzo et al. 2021)

Validato con dati di boe/radar e stereo video
(Barbariol et al., 2017, 2019; Benetazzo et al. 2021)

Sistema di previsione PELMO (CPSM,
Comune di Venezia, CNR-ISMAR):

- WW3 + IFS-ECMWF
- 100x100 m², 60 minuti (nave portacontainer, piattaforma offshore)

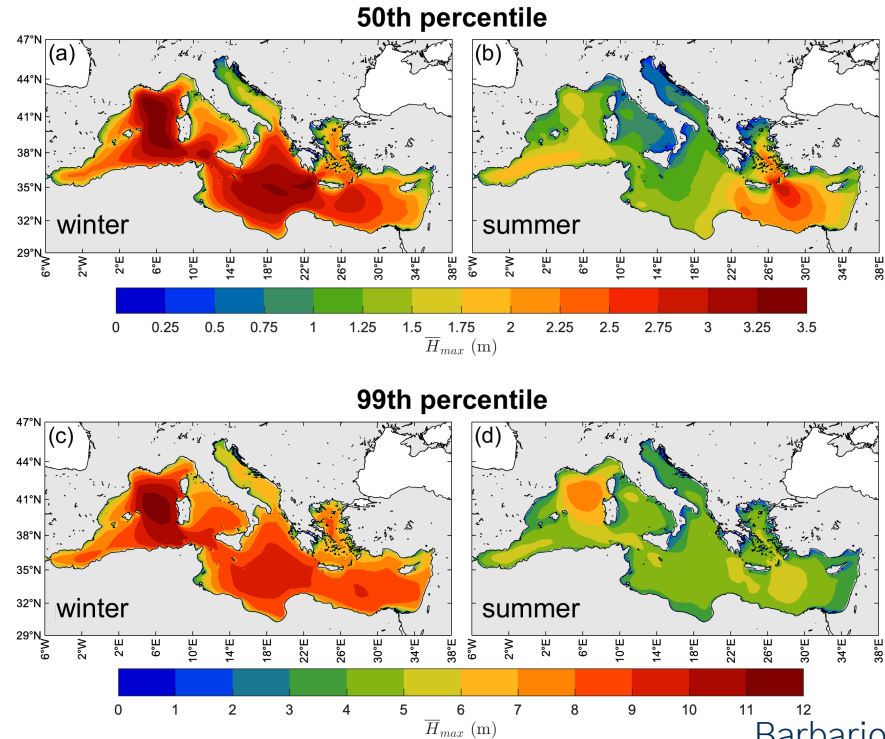
Altezza d'onda massima (m) e direzione media
Previsione valida per 2021/10/04 01:00UTC



Climatologia delle onde massime

Combinando moderne **reanalisi atmosferiche** (ECMWF-ERA5) e modelli d'onda regionali si ottiene la climatologia delle onde massime (100x100 m², 20 minuti)

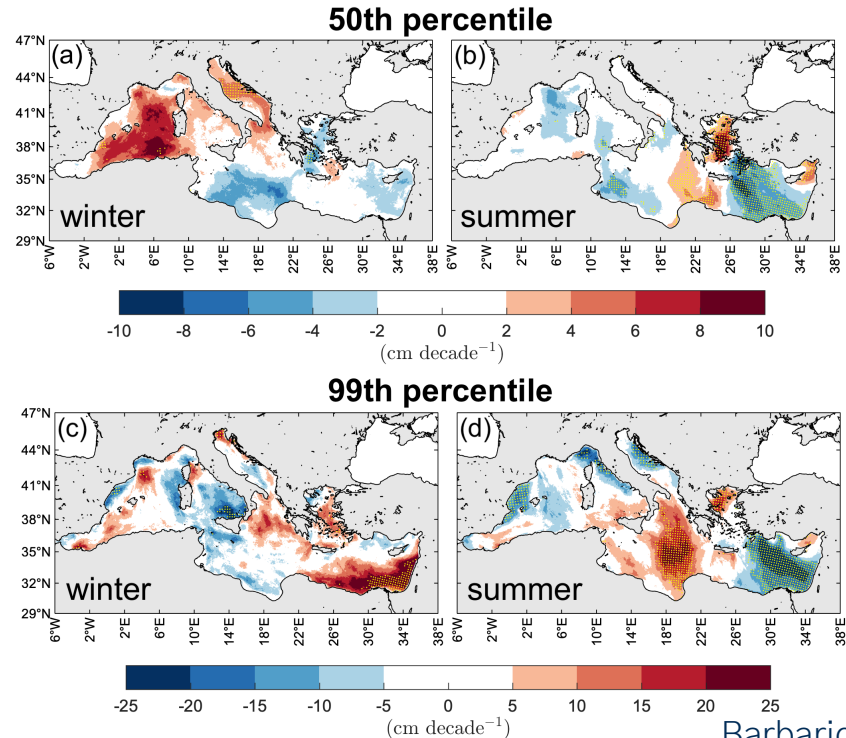
Condizioni tipiche ed estreme
a scala regionale/stagionale
MAR MEDITERRANEO
(1981-2019)



Climatologia delle onde massime

Combinando moderne **reanalisi atmosferiche** (ECMWF-ERA5) e modelli d'onda regionali si ottiene la climatologia delle onde massime (100x100 m², 20 minuti)

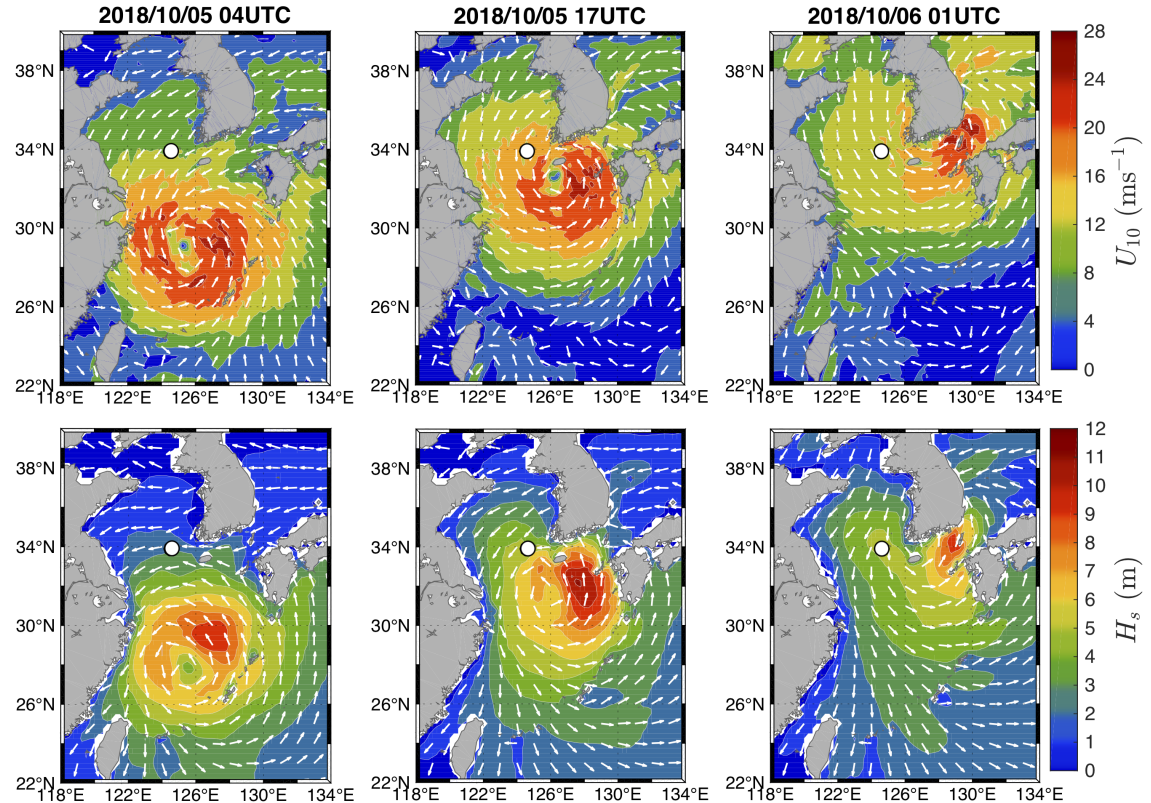
Variazione
delle condizioni tipiche ed estreme
a scala regionale/stagionale
MAR MEDITERRANEO
(1981-2019)



Eventi ciclonici e onde massime

Combinando **previsioni atmosferiche ad alta risoluzione** (ECMWF-IFS) e modelli d'onda regionali si possono studiare gli stati di mare e le **onde massime durante cicloni** (uragani, tifoni)

Tifone Kong-rey, 2018
Mare cinese orientale

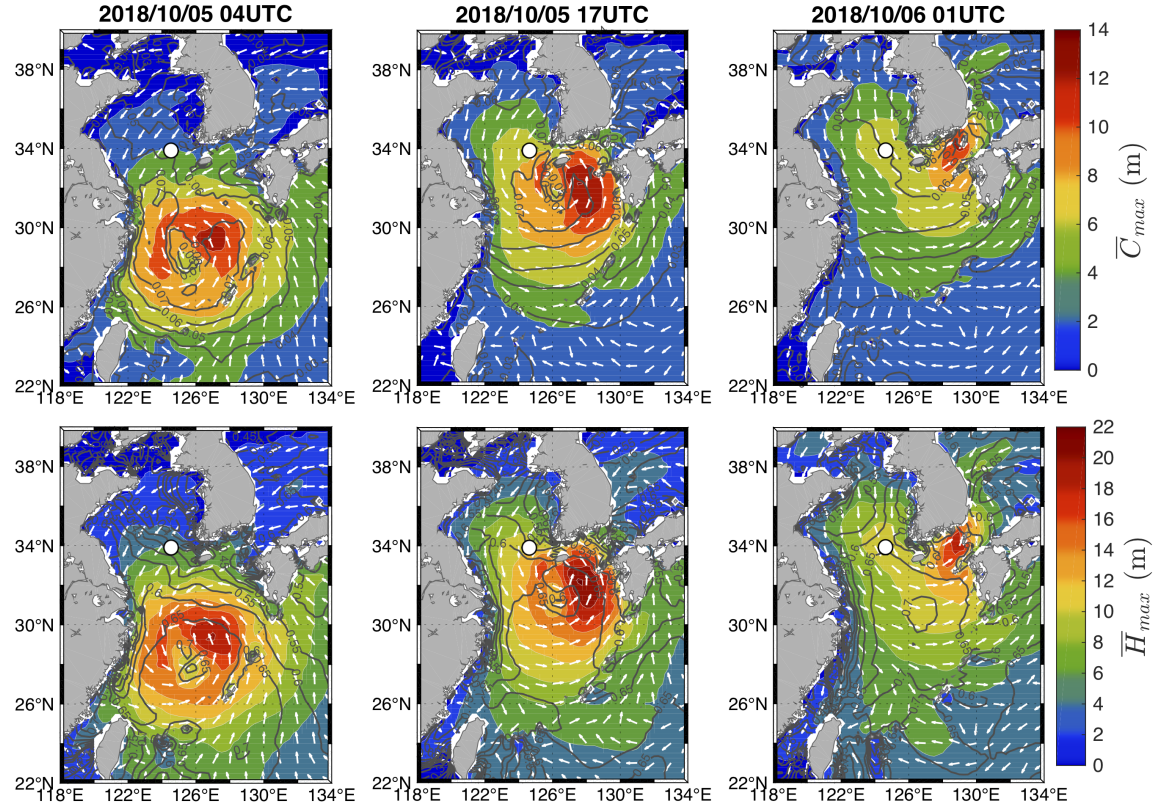


Eventi ciclonici e onde massime

Combinando **previsioni atmosferiche ad alta risoluzione** (ECMWF-IFS) e modelli d'onda regionali si possono studiare gli stati di mare e le **onde massime durante cicloni** (uragani, tifoni)

Studio del **ruolo dei parametri dello stato di mare** sulla generazione di onde massime

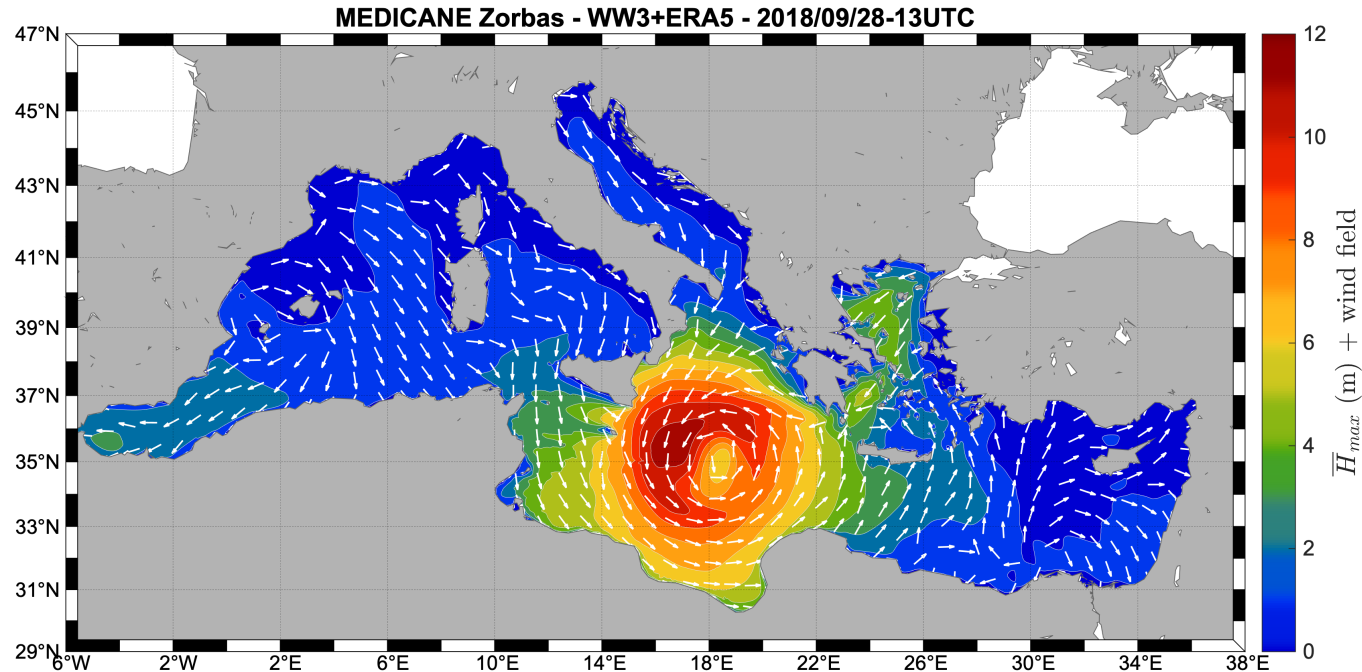
Tifone Kong-rey, 2018
Mare cinese orientale



Eventi ciclonici e onde massime

Combinando **reanalisi atmosferiche** (ECMWF-ERA5) e modelli d'onda regionali si possono studiare gli stati di mare e le **onde massime** durante cicloni mediterranei (**MEDICANEs**)

Uragano mediterraneo
ZORBAS, sett. 2018



Take-home messages

- le altezze d'onda massime durante le tempeste costituiscono un pericolo per la navigazione
- nuovi metodi osservativi consentono di osservare il mare in 3D (+ tempo)
- evidenza sperimentale: le onde su un'area sono più alte rispetto ad un punto
- nuovi approcci teorici tengono conto della geometria 3D delle onde e consentono di una stima più realistica delle altezze d'onda massime
- i modelli numerici consentono la stima delle altezze d'onda massime per la sicurezza della navigazione

Grazie per l'attenzione
Domande?