



Venezia2021  
Programma di ricerca scientifica  
per una laguna "regolata"



# Linea 5.1 - Scenari di cambiamento climatico per Venezia e la sua laguna

*Davide Zanchettin<sup>1</sup>, Alvise Benetazzo<sup>2</sup>, Paola Mercogliano<sup>3</sup>, Angelo Rubino<sup>1</sup>, Silvio Davison<sup>2</sup>, Francesco Barbariol<sup>2</sup>, Marianna Adinolfi<sup>3</sup>, Chiara Favaretto<sup>4</sup>, Piero Ruolo<sup>4</sup>, Luca Martinelli<sup>4</sup>, Sara Rubinetti<sup>1</sup> e Mauro Sclavo<sup>5</sup>*

*1 Università Ca' Foscari di Venezia, Dip. Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Venice, Italy.*

*2 Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Istituto di Scienze Marine (ISMAR), Venice, Italy.*

*3 Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), Caserta, Italy.*

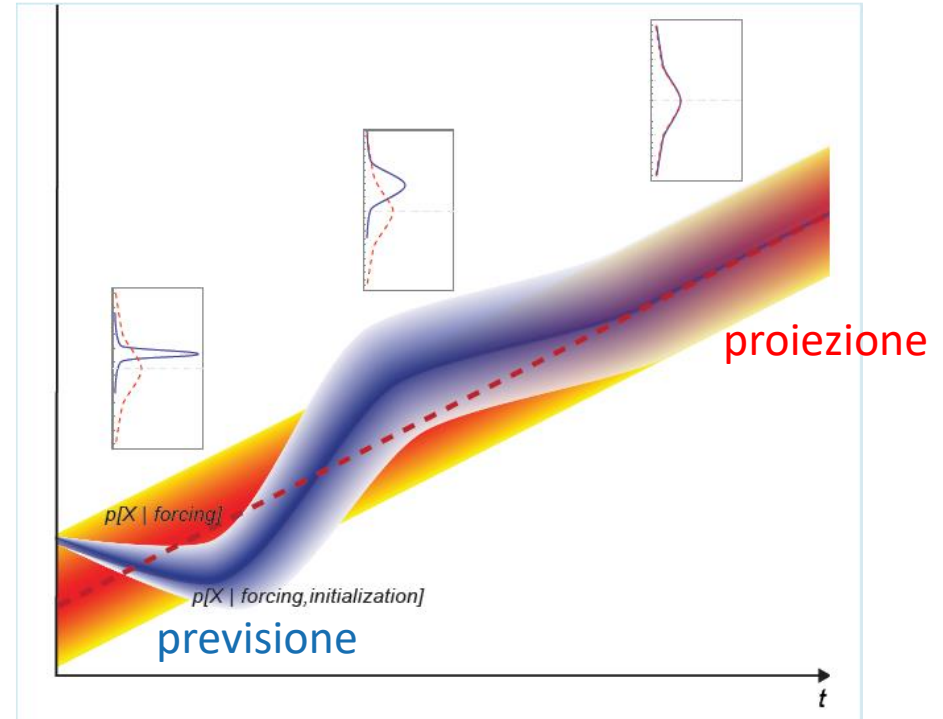
*4 Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (ICEA), Padua, Italy.*

*5 Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) Istituto di Scienze Polari (ISP), Venice, Italy.*

Presentazione dei risultati delle ricerche

Venezia, 12 gennaio 2023, Auditorium "Danilo Mainardi" - Campus di Ca' Foscari, Via Torino 155, Mestre (Ve)

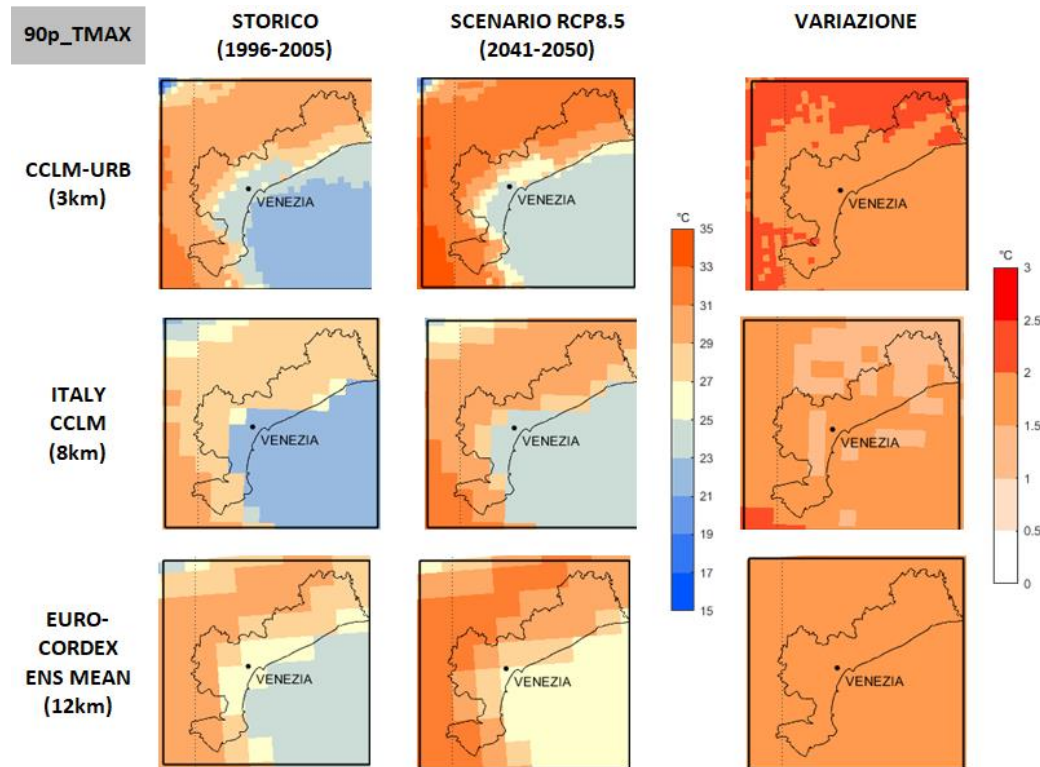
**... la presente proposta di progetto propone di utilizzare metodologie innovative diverse della geofisica, della statistica applicata e della modellistica numerica in un contesto altamente interdisciplinare al fine di definire l'evoluzione più probabile di parametri meteo-climatici rilevanti per la valutazione di rischio ambientale nell'area veneziana nell'arco dei prossimi decenni e l'incertezza associata.**



Mappa del 90° percentile della temperatura massima giornaliera in autunno

## TEMPERATURA DELL'ARIA

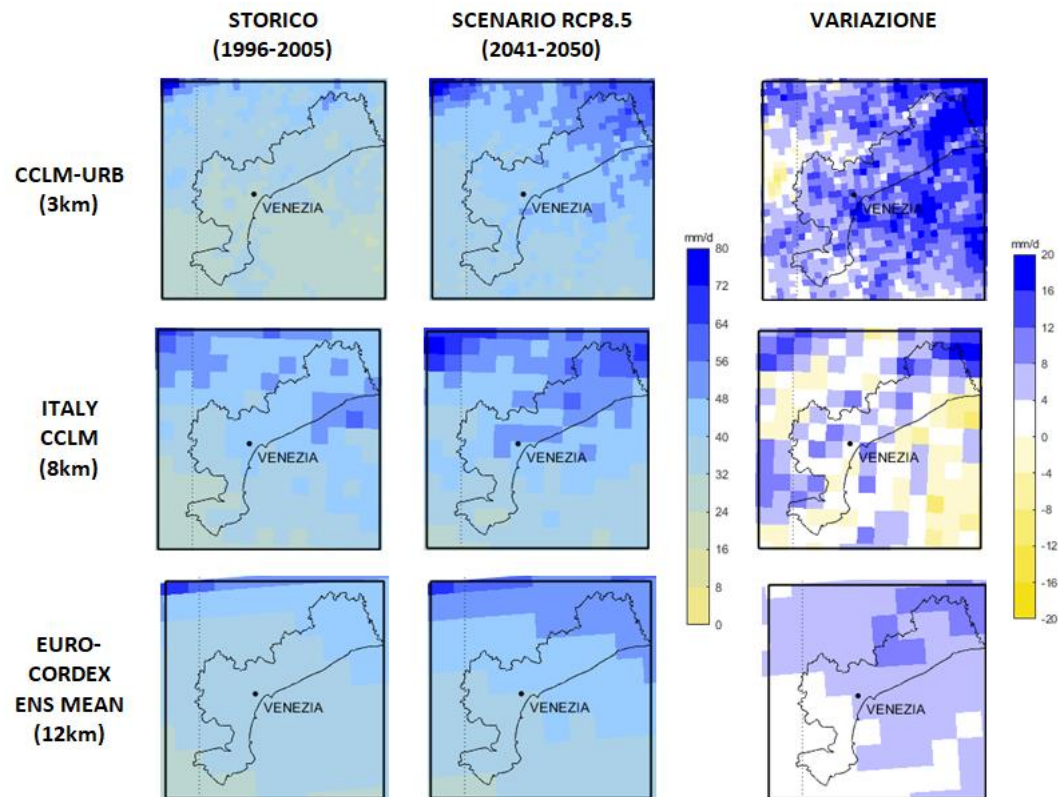
- aumento dei valori medi, minimi e massimi giornalieri che varia nell'intervallo 1.2°C a 1.8°C su dominio della provincia di Venezia.
- aumento del numero di eventi al di sopra del 90° percentile



## Mappa del 99° percentile della precipitazione giornaliera in autunno

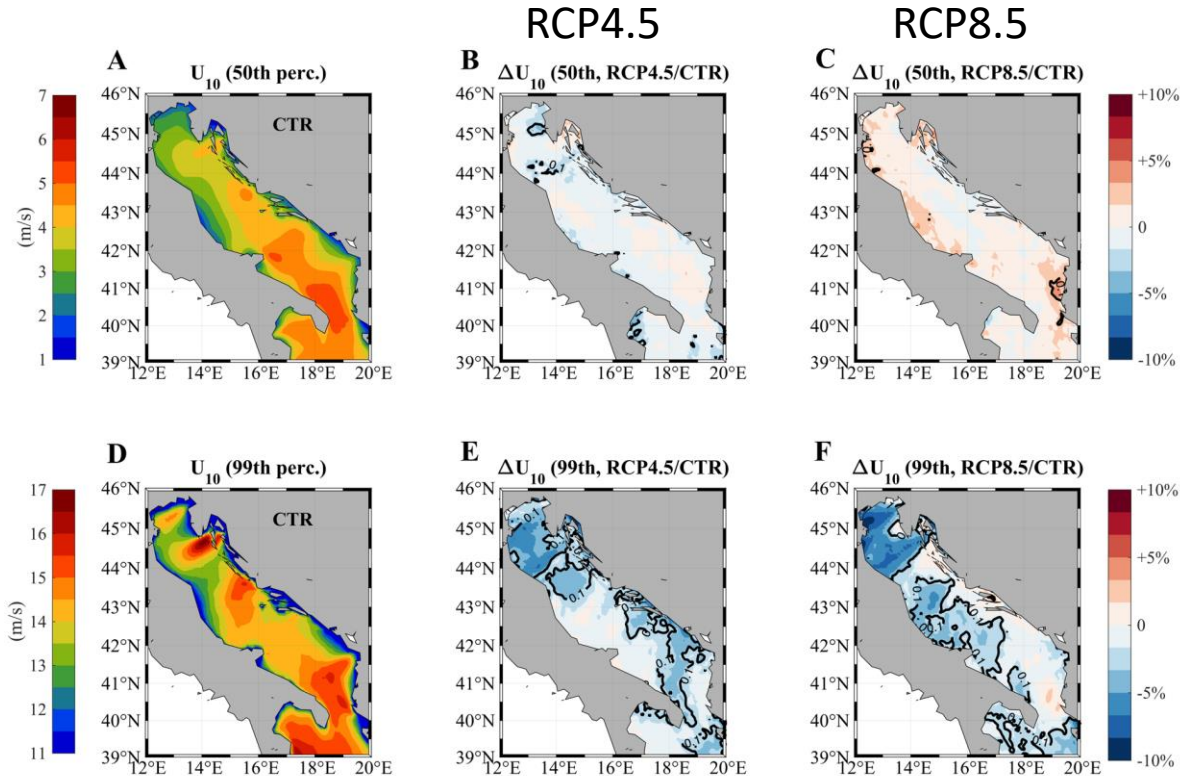
## PRECIPITAZIONI

- **diminuzione delle medie giornaliere estive (circa -12.5%) e aumento delle precipitazioni medie giornaliere autunnali (circa +37%)**
- **aumento della frequenza degli eventi di forte intensità, soprattutto in inverno e in autunno**



## VENTI

- Variazione futura **non significativa** per gli eventi atmosferici (vento) più probabili
- Variazione (**riduzione**) futura **attesa per gli eventi più estremi**, soprattutto nel Nord Adriatico (-10 %)
- RCP8.5 è atteso produrre cambiamenti maggiori di RCP4.5



Correction of ERA5 wind for regional climate projections of sea waves

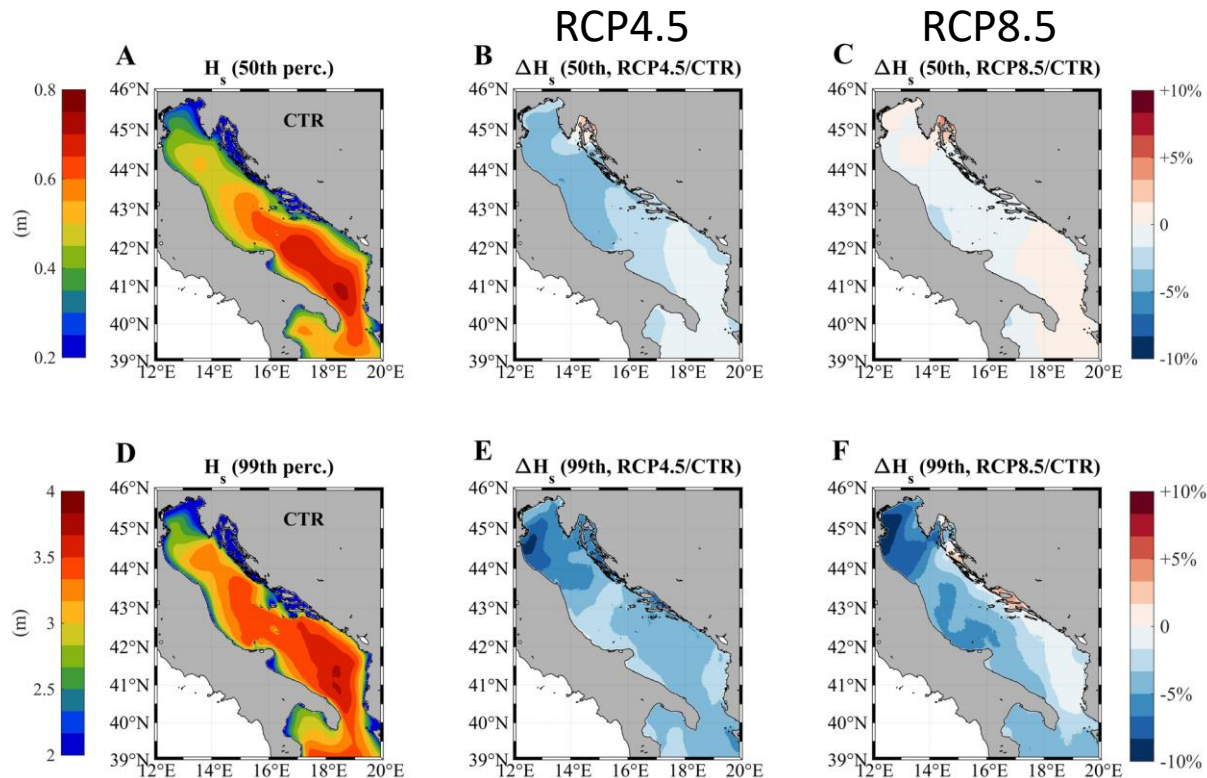
1981-2010 → 2021-2050

## MOTO ONDOSO

- Variazione futura **non significativa** per l'intensità delle mareggiate medie
- **Riduzione futura attesa per gli eventi più estremi, soprattutto nel Nord Adriatico (-10 %)**
- RCP8.5 è atteso produrre cambiamenti maggiori di RCP4.5

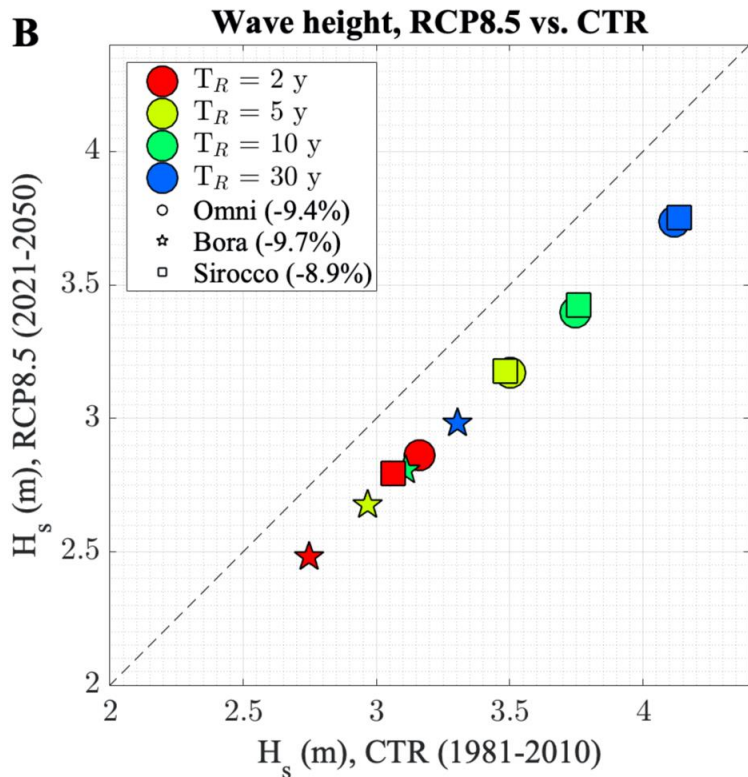


Correction of ERA5 wind for regional climate projections of sea waves



1981-2010 → 2021-2050

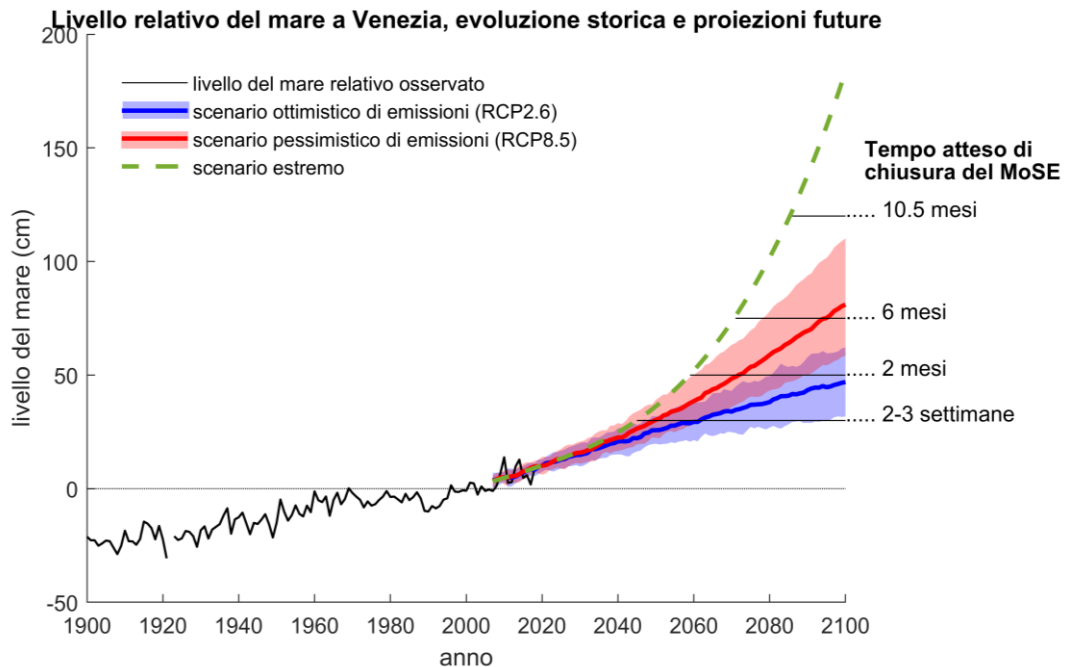
$H_s$ : altezza d'onda significativa



Di fronte alle bocche di porto, **riduzione futura dell'energia del moto ondoso, per tempi di ritorno da 2 a 30 anni** (a sinistra il caso di Malamocco)

## LIVELLO RELATIVO DEL MARE

- **L'aumento del livello relativo del medio mare è la causa principale dell'incremento nella frequenza degli eventi di acqua alta**
- **aumento del livello relativo medio del mare a fine secolo (RCP8.5) compreso tra 58–110 cm rispetto alla media del ventennio 1986-2005**
- **Variazioni statistiche per eventi di acqua alta: l'evento del secolo potrebbe aumentare di 26–35 cm entro metà secolo e di 53–171 cm a fine secolo (RCP8.5)**
- **la chiusura delle bocche a mare per un totale di 3 settimane all'anno è improbabile prima del 2050 ma virtualmente sicuro entro fine secolo**



### Special issue

Articles / Special issues

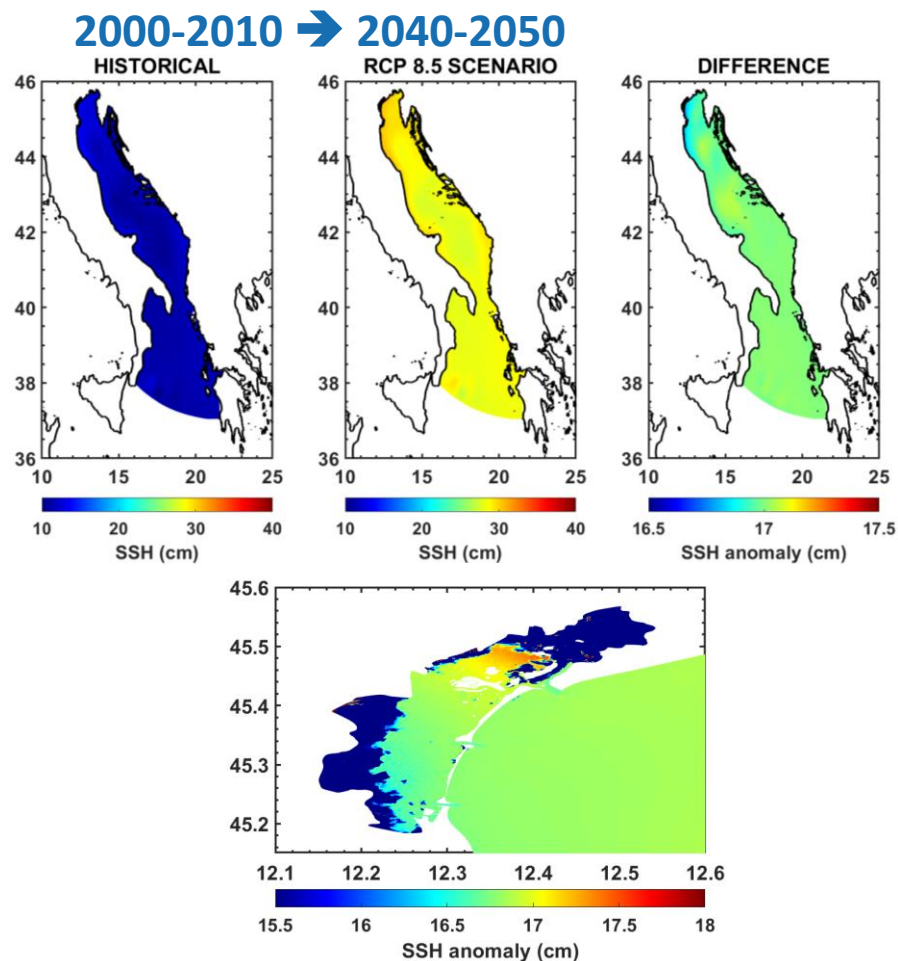
Venice flooding: understanding, prediction capabilities, and future projections

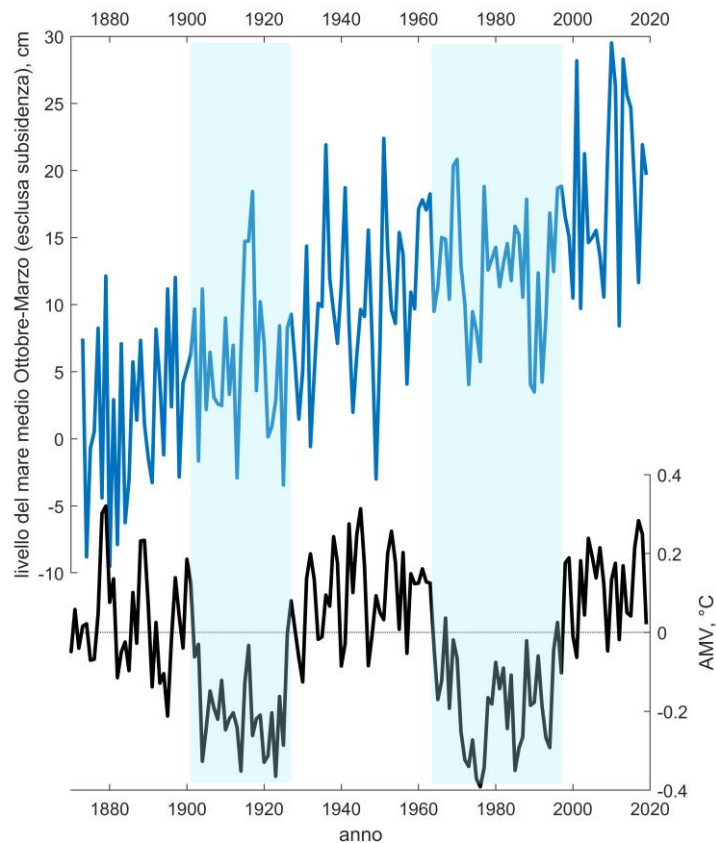
Editor(s): Piero Lionello, Georg Umgiesser, Davide Zanchettin, and Robert Nicholls



## LIVELLO DEL MARE

- Modello numerico FESOM-C:
  - + 17 cm innalzamento del mare
  - Cambiamenti nei venti simulati dal modello COSMO-CL (5.1.1.3, 5.1.2.3)
  - Subsidenza non considerata
- In Adriatico il livello del mare non si discosta in maniera significativa dall'innalzamento di +17 cm imposto all'open boundary.
- All'interno della laguna, **la zona settentrionale appare più esposta all'innalzamento**
- All'interno della laguna **le acque basse cresceranno di più rispetto alle acque alte**, determinando una diminuzione dell'intervallo tra 5° e 95° percentile di circa 1 cm
- Gli **eventi estremi paiono meno intensi** nello scenario rispetto allo storico





- **connessione stabile negli ultimi decenni tra variazioni nel trend del livello del mare a Venezia e nel Nord Atlantico**, dove vi è una forte variabilità interdecadale nella temperatura superficiale dell’oceano descritta tramite il fenomeno noto come Atlantic Multidecadal Variability (AMV).
- **Fasi fredde dell’AMV sono associate a periodi in cui il livello del mare a Venezia è più stabile** (ovvero con minor innalzamento)
- Quali sono le possibili implicazioni di un’imminente transizione dell’AMV dall’attuale fase calda ad una fase fredda?

## Earth and Space Science

RESEARCH ARTICLE  
10.1029/2022EA002494

**Is the Atlantic a Source for Decadal Predictability of Sea-Level Rise in Venice?**

**Key Points:**

- The historical rate of sea-level rise in

D. Zanchettin<sup>1</sup>, S. Rubineti<sup>1,2</sup>, and A. Rubino<sup>1</sup>





Stando ai risultati ottenuti, da qui a metà secolo possiamo attendere per Venezia:

- **Riscaldamento** da 1.2°C a 1.8°C
- Meno piogge in estate (-12%), ma **più precipitazioni d'autunno** (+37%) e d'inverno (e più intense)
- **riduzione dei venti per gli eventi più estremi** (-10%) e un clima ondosso potenzialmente meno energetico, con **riduzione delle mareggiate più intense** (tempo di ritorno 30 anni)
- **Innalzamento del mare non oltre circa 20 cm** (RCP8.5), ma attenzione a modulazione da parte di fenomeni come l'AMV
- Acqua alta: l'evento del secolo potrebbe aumentare anche di 26–35 cm entro metà secolo (RCP8.5)

## Per quanto attiene l'innalzamento del livello del mare a Venezia:

- gli scenari sono affetti da grande incertezza; si tratta chiaramente di un range troppo ampio per poter essere utile ad una discussione costruttiva sul futuro di Venezia. È dunque necessario **continuare a approfondire impegno nella ricerca dedicata alla comprensione dei fatti fondamentali che riguardano le variazioni del livello del mare a Venezia**, incluso lo sviluppo e l'applicazione di modelli numerici.
- la ricerca condotta in Venezia2021 ha permesso per la prima volta di sondare la possibilità di effettuare **previsioni di variazioni del livello del mare a Venezia a scala decennale**. Il traguardo raggiunto è un *proof-of-concept* che richiede ulteriori sforzi e risorse per poter essere definito e testato.

## Ambiti di sviluppo:

- utilizzo di un modello idrodinamico che copra l'intero Mare Mediterraneo e parte dell'Oceano Atlantico orientale
- una connessione più diretta e meglio integrata con proiezioni climatiche e con sistemi per la previsione climatica di medio-termine
- migliore integrazione degli scenari di cambiamento climatico con scenari di subsidenza per la laguna di Venezia

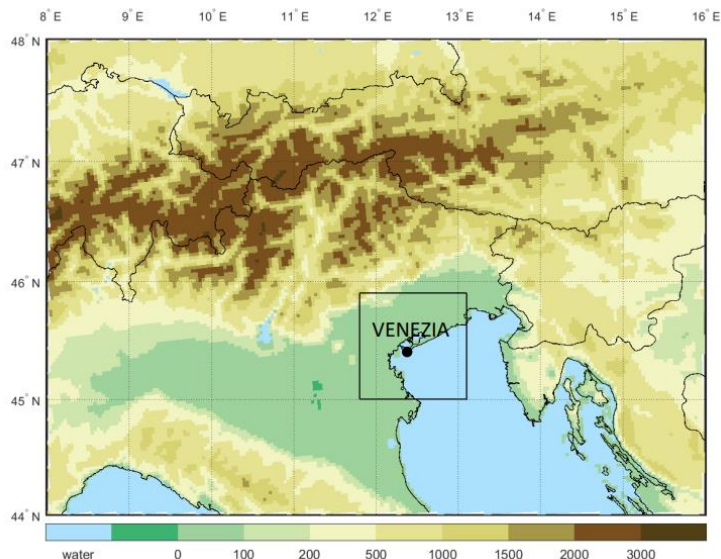
Per quanto attiene **le proiezioni di cambiamento climatico sull'area di Venezia** (ambiti di sviluppo):

- Estensione dei periodi di analisi (almeno 30 anni)
- Validazione dei risultati del modello ad altissima risoluzione con un dataset osservazionale di similare risoluzione spaziale

Per quanto attiene **le previsioni e proiezioni degli effetti del cambiamento climatico sul moto ondoso** (ambiti di sviluppo):

- estensione delle proiezioni climatiche verso la fine del secolo attuale, al fine di coprire il periodo di vita utile del MoSE
- indagine dell'impatto del climate change sulla stabilità e mobilitazione dei litorali del Nord Adriatico
- uso di un ensemble di modelli climatici per stimare l'incertezza delle previsioni future.

### 5.1.1.3 – Previsioni di medio termine modelli numerici del CMCC ad altissima risoluzione .



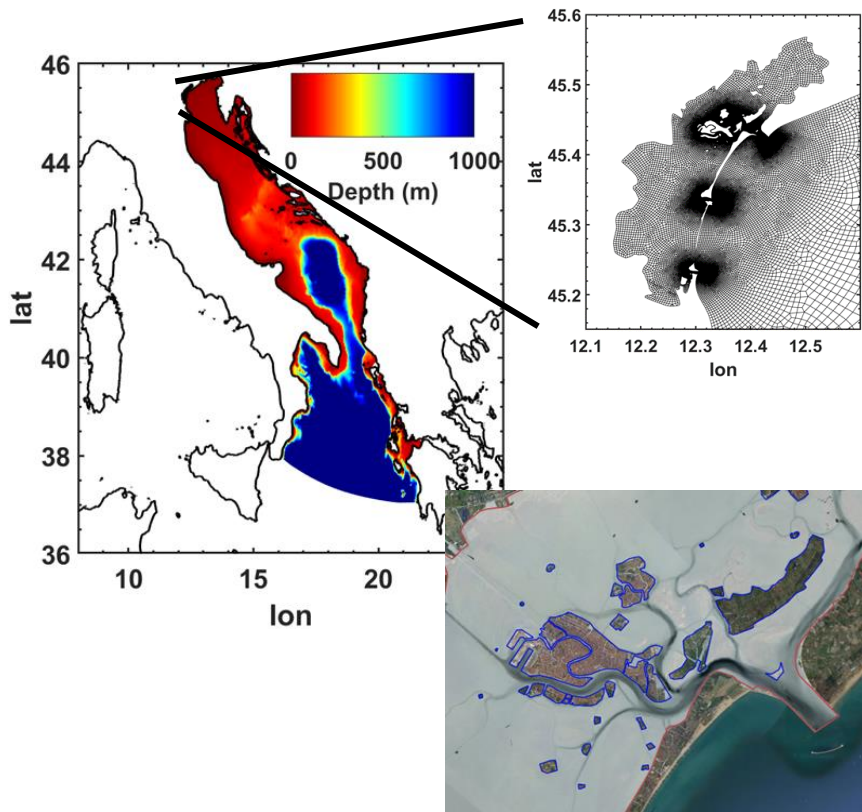
Obiettivo: confrontare sull'area di Venezia e lagunare simulazioni climatiche a diverse risoluzioni (downscaling dinamico) sui periodi di riferimento 1996-2005 e di scenario 2041-2050 secondo IPCC RCP8.5, anche in relazione a fenomeni intensi.

**CCLM-URB 3 km:**  
risoluzione di  $0.0275^\circ$  (circa 3 km), modello regionale COSMO-CLM con parametrizzazione urbana TERRA-URB e convezione esplicita (modello globale: EC-EARTH, circa 80 km).

**ITALY CCLM 8 km:**  
risoluzione di  $0.0715^\circ$  (circa 8 km), modello regionale COSMO-CLM (modello globale: CMCC-CM).

**EURO-CORDEX ENSMEAN:**  
risoluzione  $\sim 12$  km, diversi modelli regionali e diversi modelli globali.

### 5.1.2.3 – Simulazione di eventi di acqua alta a Venezia per diversi scenari di variabilità climatica di larga scala

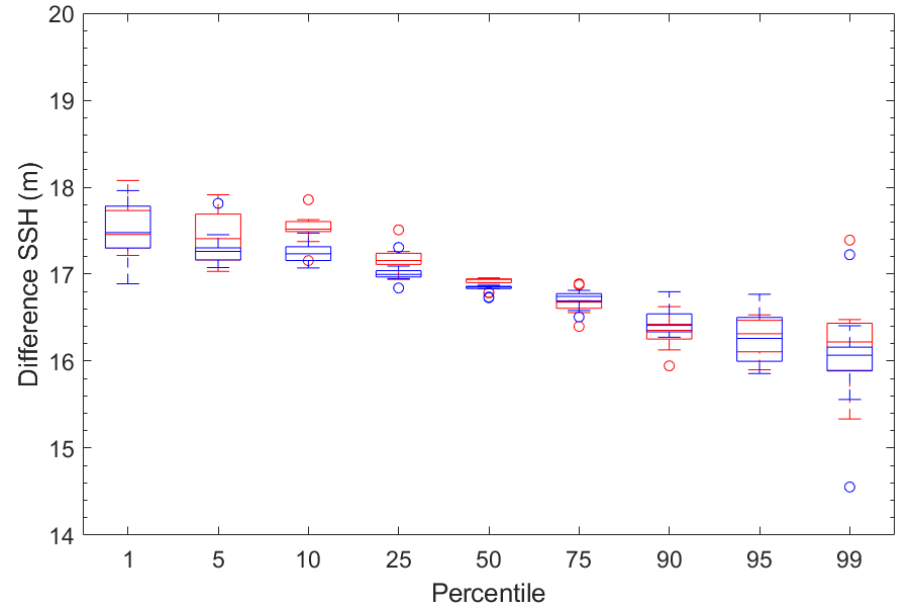
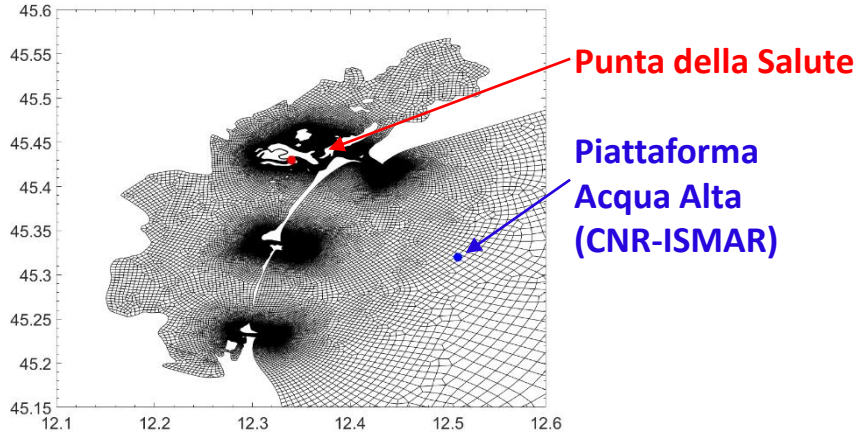


Modello numerico FESOM-C, versione per aree costiere del modello Finite-volumE Sea ice – Ocean Model (FESOM2).  
Unstructured mesh, risoluzione da 6m (in laguna) a 3 km (mare aperto)

11 simulazioni per il periodo storico (2000-2010)

11 simulazioni di scenario RCP8.5 (2040-2050)

- + 17 cm innalzamento del mare
- Cambiamenti nei venti simulate dal modello COSMO-CL
- Subsidenza non considerata



- All'interno della laguna le acque basse cresceranno di più rispetto alle acque alte, determinando una diminuzione dell'intervallo tra 5° e 95° percentile di circa 1 cm
- Gli eventi estremi paiono meno intensi nello scenario rispetto allo storico