

*7 marzo 2023*

## ***I risultati delle ricerche di Venezia2021***



# **Le nuove conoscenze per una laguna regolata**



*Antonio Marcomini, presidente*

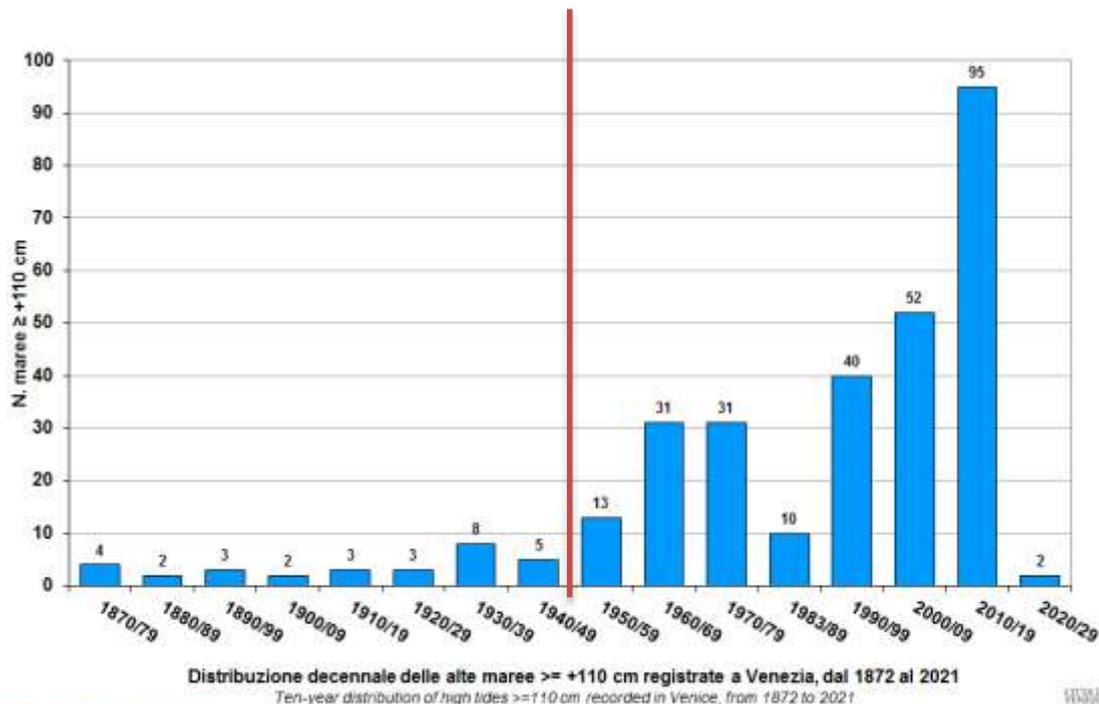
*Pierpaolo Campostrini, direttore*

# Indice della presentazione

- Introduzione
- La salita del livello del mare
- Gli apporti del bacino scolante
- I modelli operativi integrati
- La conservazione della morfologia
- La consistenza dei suoli barenicoli e la subsidenza
- Qualità delle acque e dei sedimenti
- Adattamenti urbani e territoriali al cambiamento del clima- conservazione degli edifici
- Conclusioni, disponibilità dei risultati

# .... l'Acqua Alta a Venezia c'è sempre stata

## Non è vero



Prima del secondo dopoguerra le acque alte erano 2 o 3 per decade

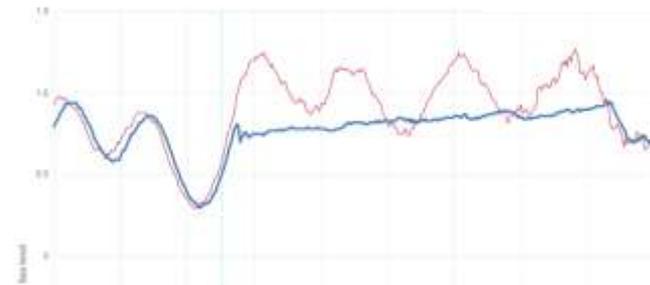
Prima della II guerra mondiale le acque alte **sopra i 130 cm** registrate sono state 2 su 49 occorse (sino al 2020) e di esse ben 42 si sono verificate negli anni successivi al 1978, 16 negli anni dal 2010-2020

# Un cambiamento epocale

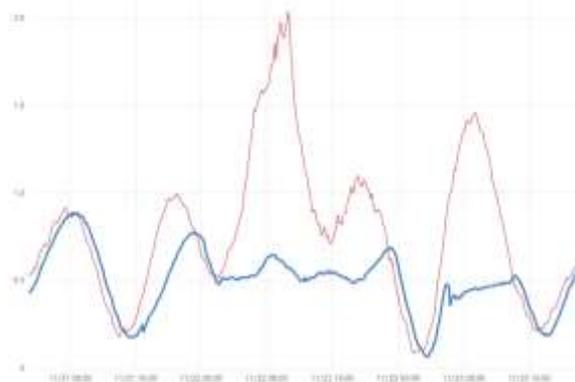
- 3 ott 2020 prima chiusura con differenza livelli mare-laguna



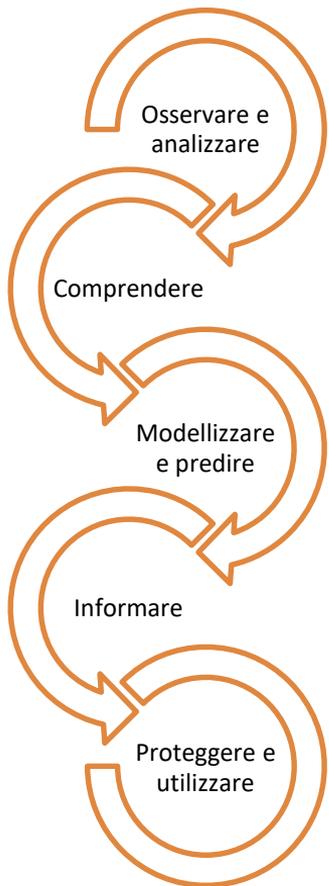
- 4-6 dic 2020 44h30' di chiusura continuativa



- 21- 23 /11/ 2022



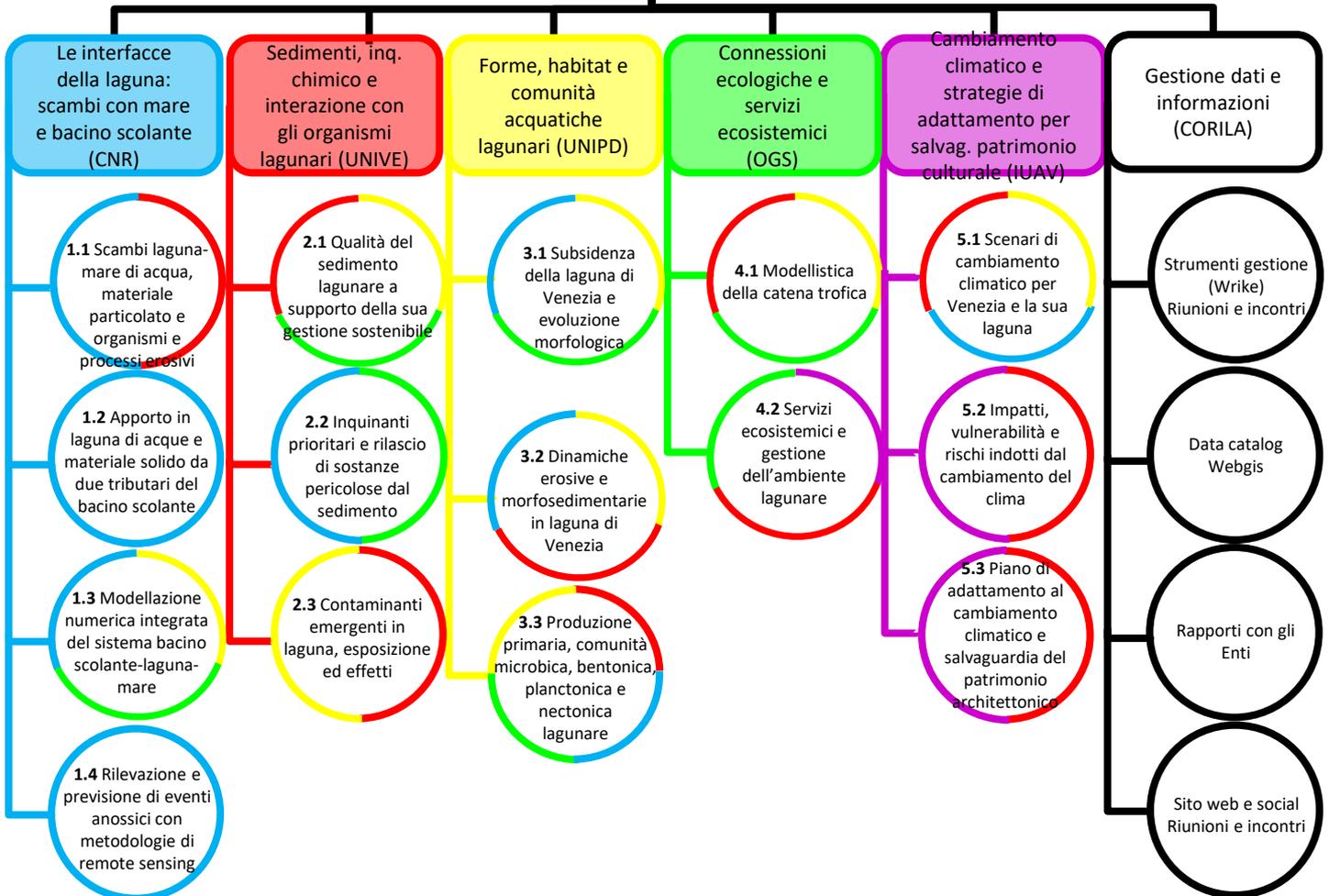
## Obiettivi dichiarati delle ricerche



- Fornire **conoscenze integrate ed aggiornate**, utili per la gestione sostenibile dell’ecosistema della prima laguna regolata del mondo.  
*Una **migliore comprensione scientifica** del funzionamento degli ecosistemi lagunari ne faciliterà la gestione e la pianificazione di interventi.*
- Accompagnare la fase di entrata in funzione operativa del MOSE, valutandone le ricadute ambientali, sociali ed economiche in un’ottica di **sostenibilità**.  
*In particolare, sono stati oggetto di approfondimento i **sistemi osservativi e gli strumenti modellistici/previsionali**, in modo da fornire ulteriori e più precisi strumenti **nel quadro dei cambiamenti climatici globali e dei loro effetti a scala locale**.*
- Completare la descrizione, al livello adeguato di dettaglio, dello stato dell’ambiente antecedente all’operatività del MOSE, in modo da poter valutare in futuro con precisione le variazioni indotte.

5 tematiche

15 linee



# I numeri delle ricerche



5 Tematiche

15 Linee di ricerca

9 Enti di ricerca esteri partecipanti

40 video pubblicati sul sito

>100 articoli pubblicati su riviste o libri (referati)

150 partecipazioni a convegni internazionali

176 deliverable consegnati

186 milestone raggiunti

300 partecipanti alle ricerche

685 follower su facebook

18.224 persone che hanno visto almeno un contenuto «social»

10M € di finanziamento, da parte del Provveditorato alle OO.PP.

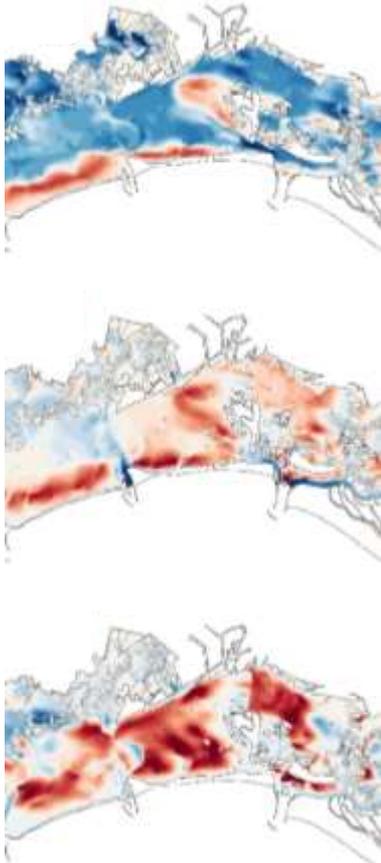
## Risultati delle ricerche. La laguna regolata: «stato zero» ed effetti chiusure



- **Stato ecologico della laguna**
- **Effetto delle chiusure del sistema MOSE su:**
  - le produzioni di molluschi bivalvi
  - l'idrodinamica dei tributari di acqua dolce
  - il processo di sedimentazione sulle barene
  - le specie ittiche sonifere
  - i danni potenziali in città causati dalle alluvioni
  - i pattern di erosione e deposito sedimentario a scala di laguna
  - i dislivelli interni alla laguna in condizioni di vento intenso
  - ecc.

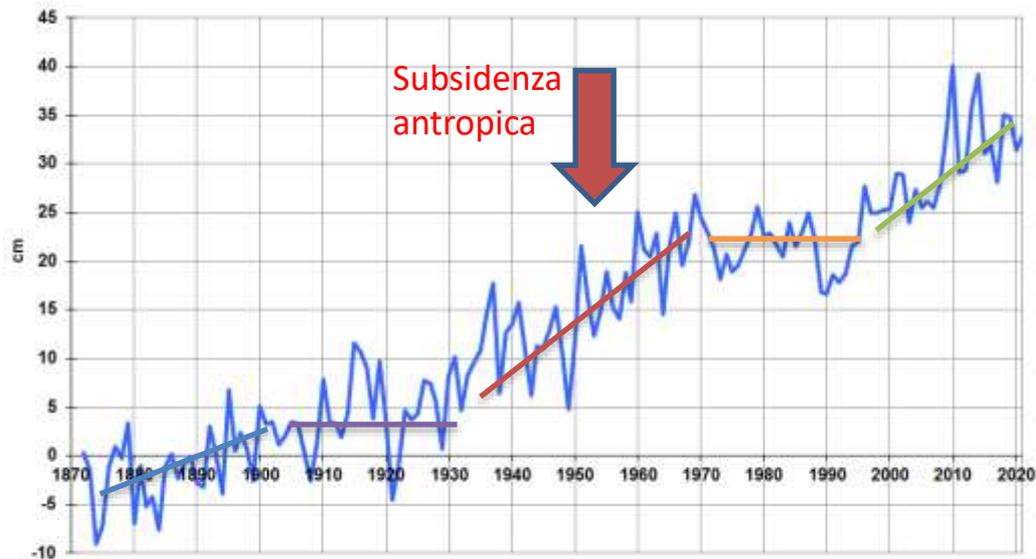


## Risultati. Prevedere cosa accadrà in un contesto di cambiamento del clima



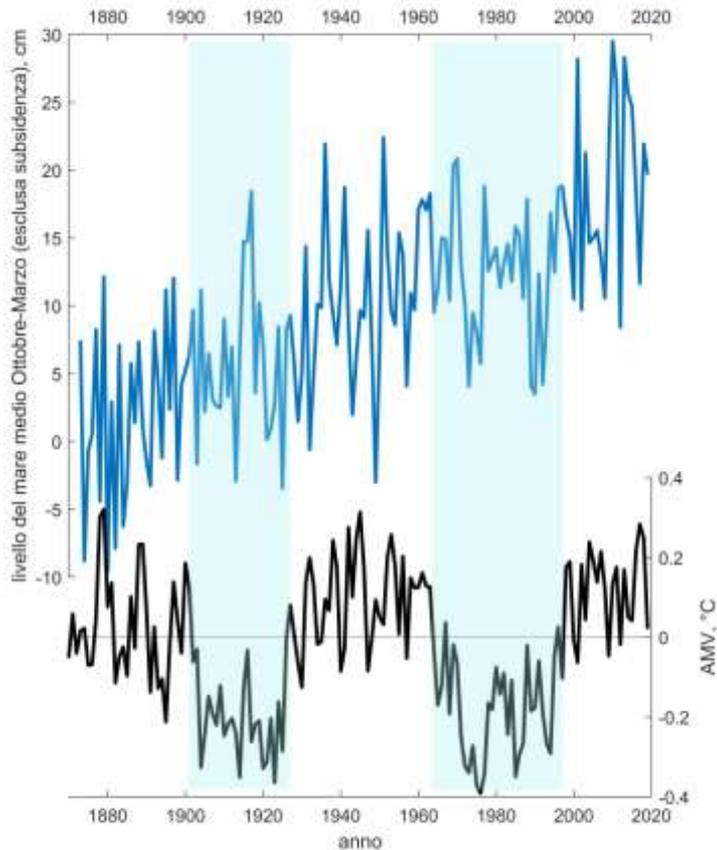
- Consumo dell'ossigeno disciolto per effetto del sedimento.
- Presenza del mercurio in laguna e produzione e rilascio di metilmercurio (MeHg) dal sedimento.
- Cambiamenti nell'ecosistema lagunare (biomasse, rete trofica) al 2050 in diversi scenari.
- Cambiamenti nei servizi ecosistemici della laguna di Venezia.
- Scenari di innalzamento del livello relativo del mare ed eventi estremi.
- Stima dell'impatto economico associato agli eventi alluvionali a Venezia
- Ecc.

# La risalita del l.m. mare: un fenomeno complesso



Variazione del livello medio del mare a Venezia dal 1872 al 2021  
(Changes of the mean sea level in Venice, from 1872 to 2021)

# Togliamo la subsidenza e vediamo possibili correlazioni (statistica)



- **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

**Key Point:**

- The historical rate of sea-level rise in

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

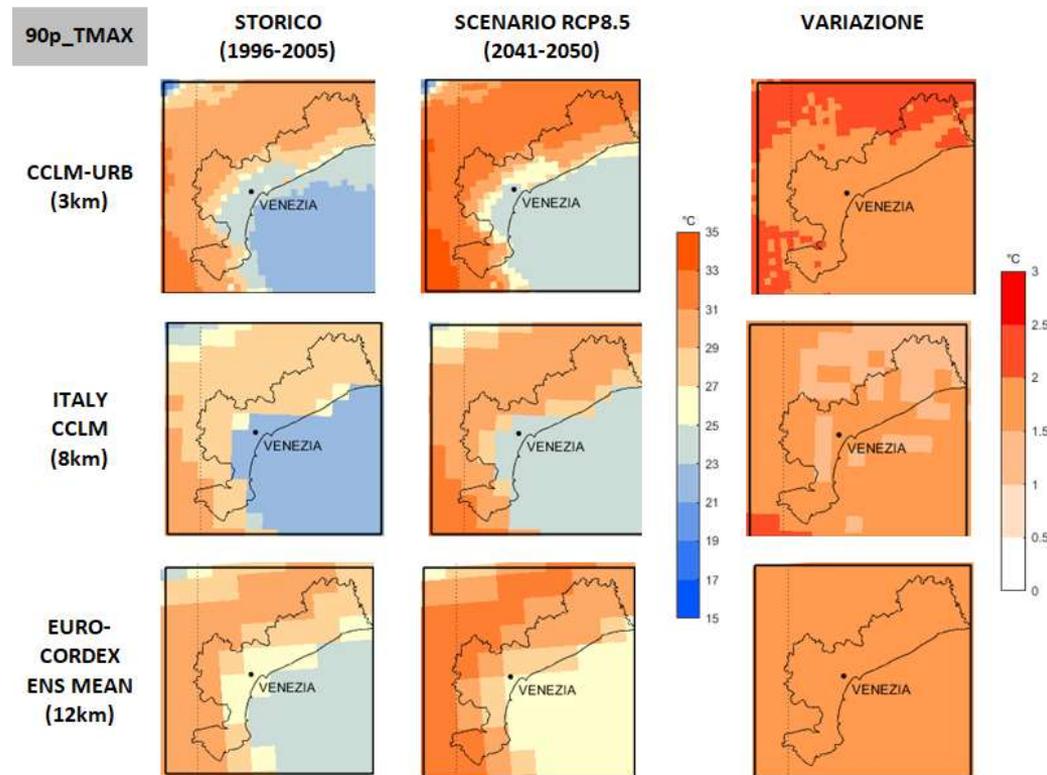
D. Zanchettin<sup>1</sup>, S. Rubinetti<sup>1,2</sup>, and A. Rubino<sup>1</sup>



Mappa del 90° percentile della temperatura massima giornaliera in  
 autunno

**TEMPERATURA DELL'ARIA**

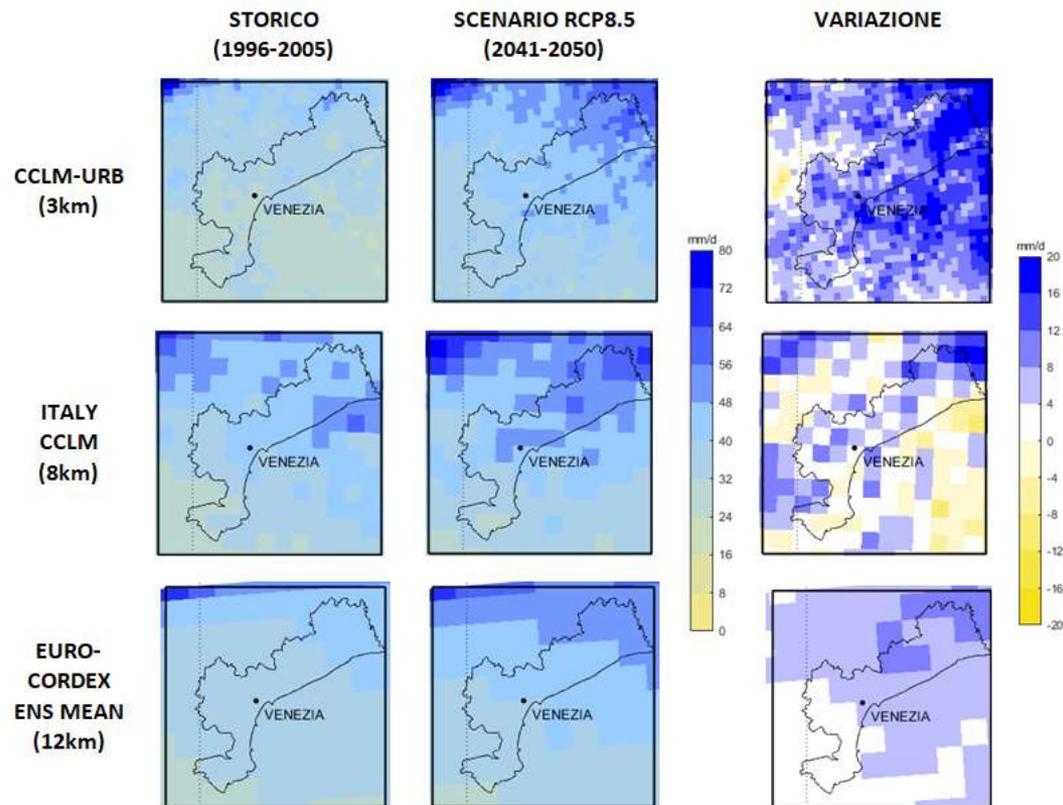
- aumento dei valori medi, minimi e massimi giornalieri che varia nell'intervallo 1.2°C a 1.8°C su dominio della provincia di Venezia.
- aumento del numero di eventi al di sopra del 90° percentile



Mappa del 99° percentile della precipitazione giornaliera in autunno

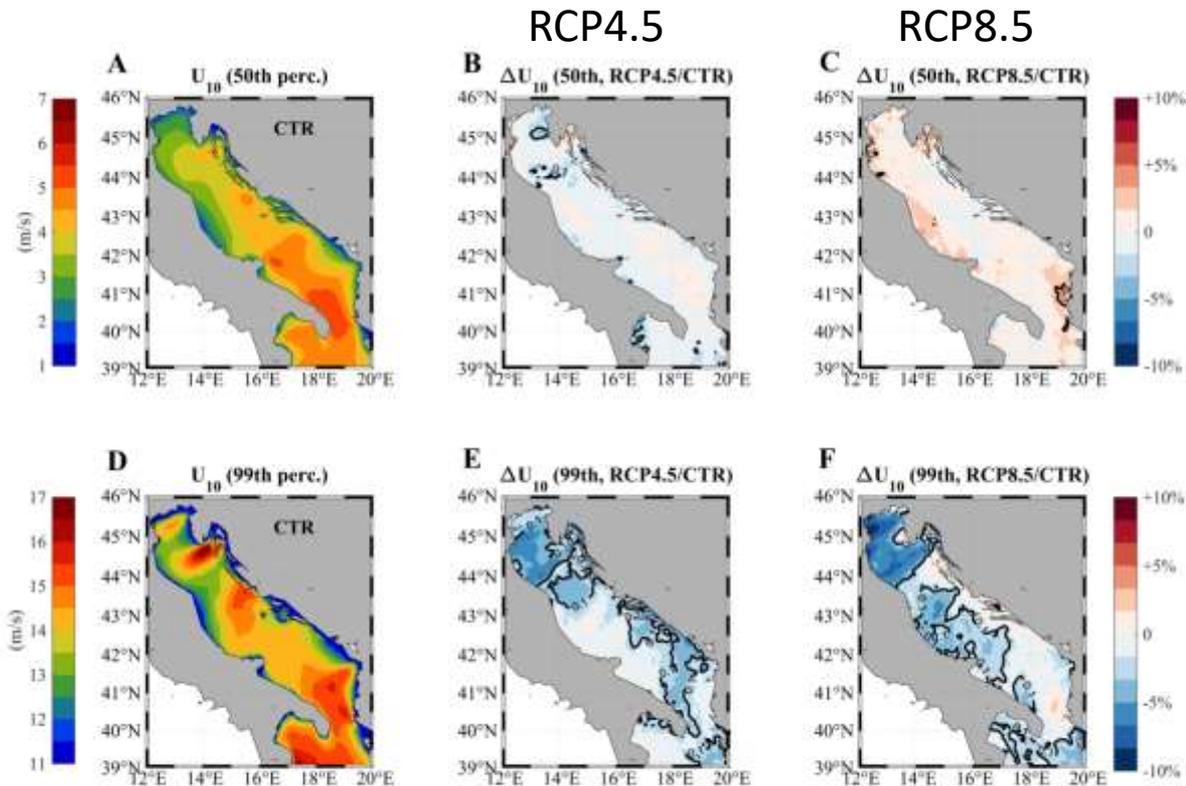
## PRECIPITAZIONI

- **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

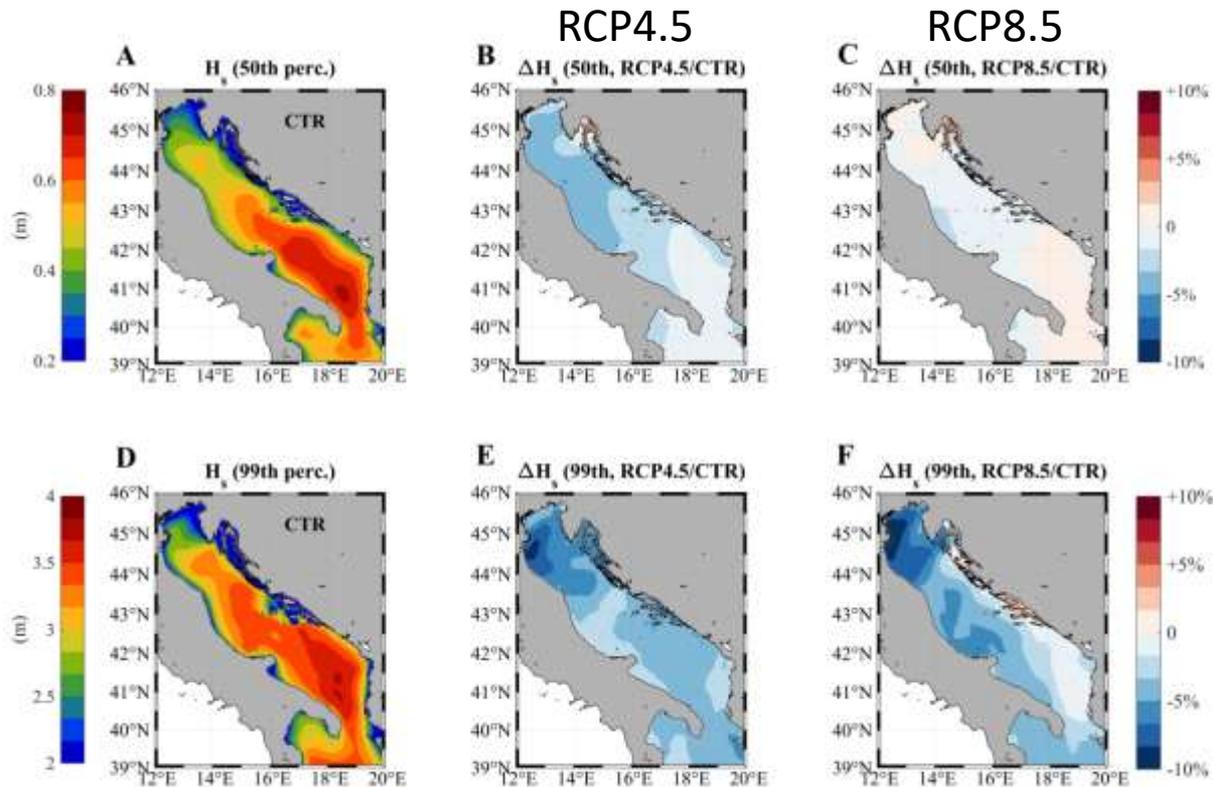


Correction of ERA5 wind for regional climate projections of sea waves

1981-2010 → 2021-2050

## MOTO ONDOSO

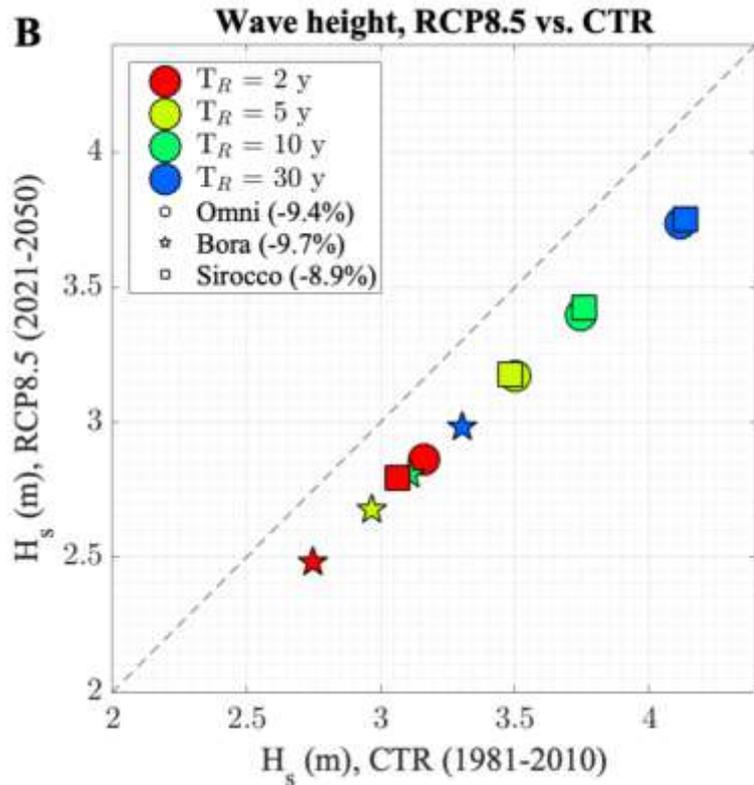
- Variazione futura **non significativa** per l'intensità delle mareggiate medie
- **Riduzione futura attesa per gli eventi più estremi, soprattutto nel Nord Adriatico (-10 %)**
- RCP8.5 è atteso produrre cambiamenti maggiori di RCP4.5



Correction of ERA5 wind for regional climate projections of sea waves

1981-2010 → 2021-2050

$H_s$ : altezza d'onda significativa



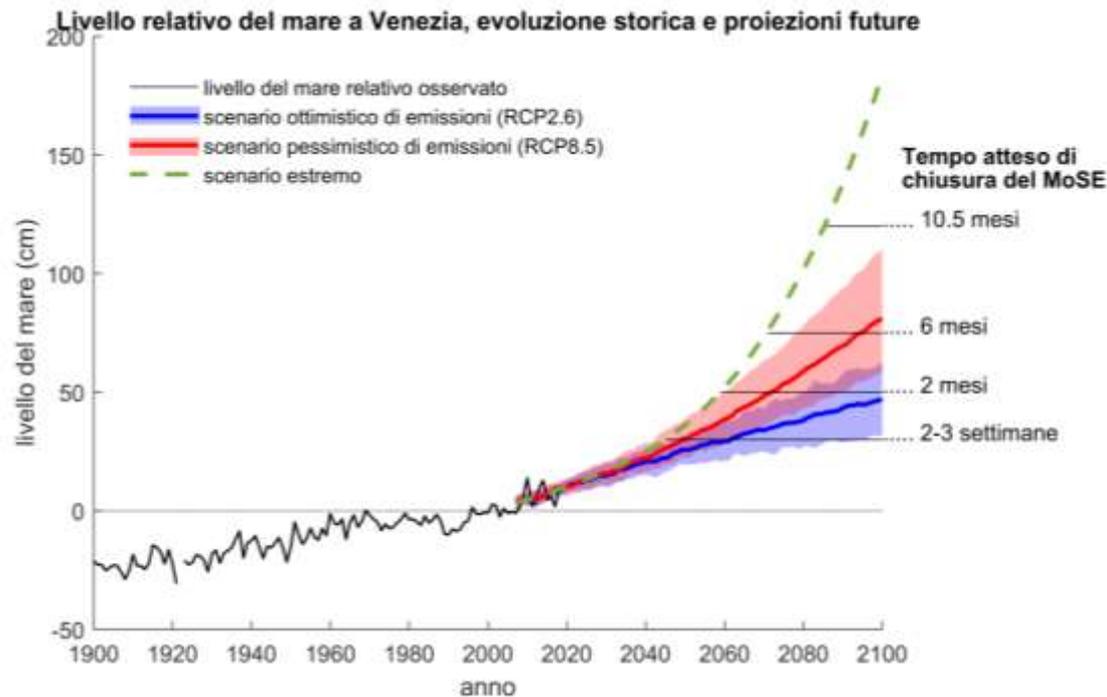
Di fronte alle bocche di porto, **riduzione futura dell'energia del moto ondoso, per tempi di ritorno da 2 a 30 anni**  
*(a sinistra il caso di Malamocco)*

# Conseguenze per Venezia nei diversi scenari globali di emissioni

Chiudere le bocche per un totale di 504 ore all'anno (3 settimane) è **assai poco probabile** entro i prossimi 25 anni (anche nello scenario pessimistico), ma è **virtualmente certo** a fine secolo, anche nel caso di piena attuazione del Paris Agreement (scenario ottimistico)

A fine secolo, per lo scenario ottimistico, chiudere le bocche per 2 mesi all'anno è una possibilità concreta (50%). Per lo scenario pessimistico, ciò è virtualmente certo ed è probabile risulti la necessità di chiudere le bocche per almeno 6 mesi all'anno.

Lo scenario "worst case" indica addirittura che le barriere potrebbero dover rimanere permanentemente chiuse, a fronte di proiezioni dell'incremento del livello relativo del mare di oltre 180 cm



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)

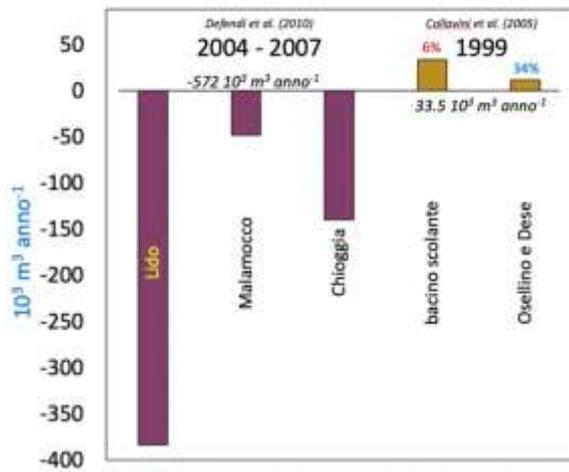
**Apporto in laguna di acque dolci e  
materiale solido da due tributari del bacino  
scolante  
(Osellino e Dese)**

## Contrastare la ‘marinizzazione’ - Preservare le morfologie lagunari

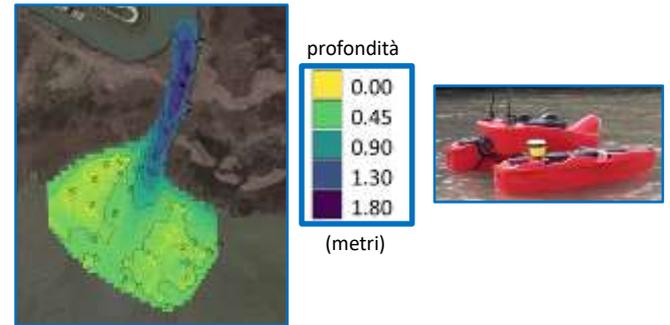
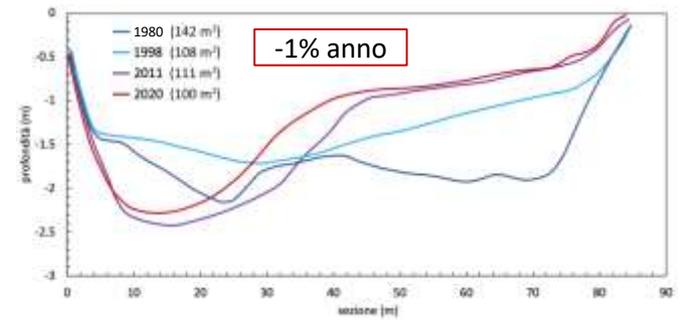
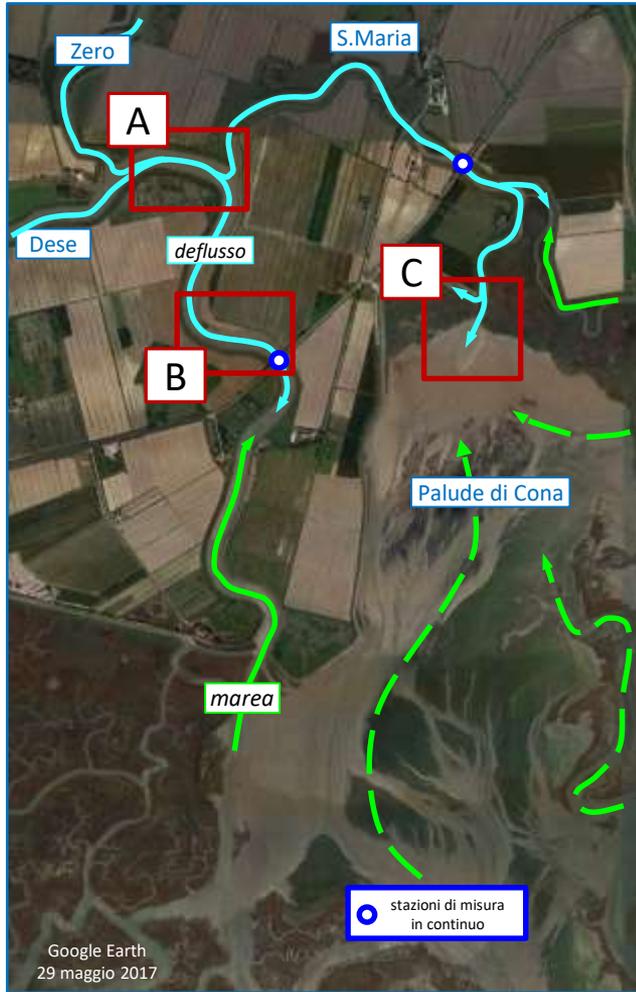
Il carico di particolato dal bacino scolante corrisponde a circa il 6% delle perdite di sedimento della laguna

Sedimentazioni eccessive possono determinare ‘distorsioni’ morfologiche e compromettere il corretto funzionamento dei sistemi di foce, aumentando la stagnazione delle acque e determinando problemi alla navigazione.

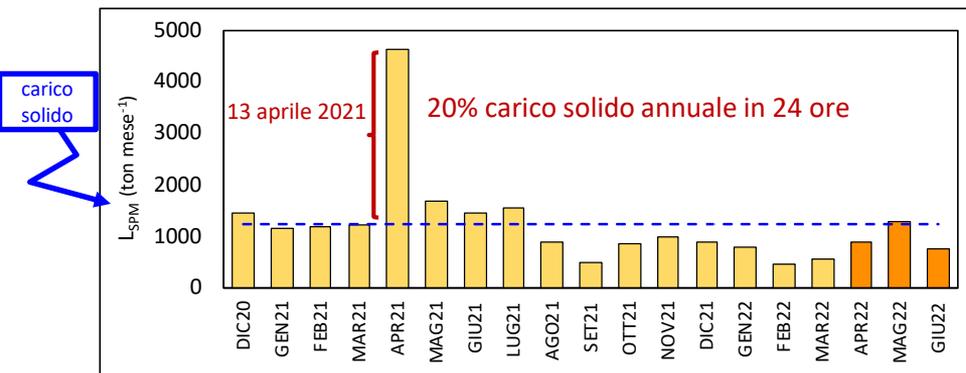
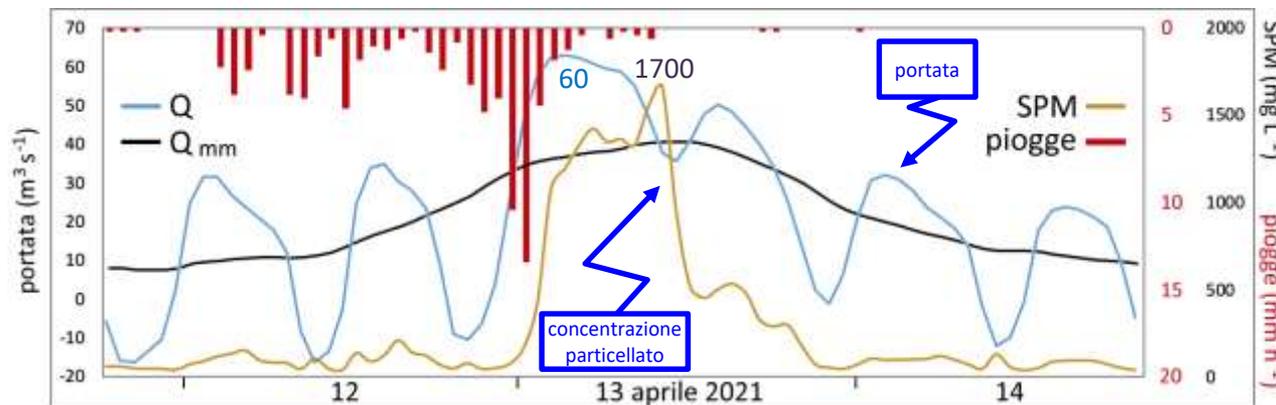
- Sarebbe necessaria la manutenzione dei sistemi di foce
- La rete flussometrica potrebbe misurare la SPM dall’intero bacino
- La chiusura del MOSE determina un importante aumento di energia nel sistema di foce ...
- ... e un aumento dell’incidenza del sedimento sul bilancio dell’ossigeno disciolto e del rischio di crisi anossiche



# “Distorsioni” morfologiche – foce Dese



# Fiume Dese: evento di piena 13 aprile 2021



SAID (Surrogate Analysis and Index Developer -USGS)



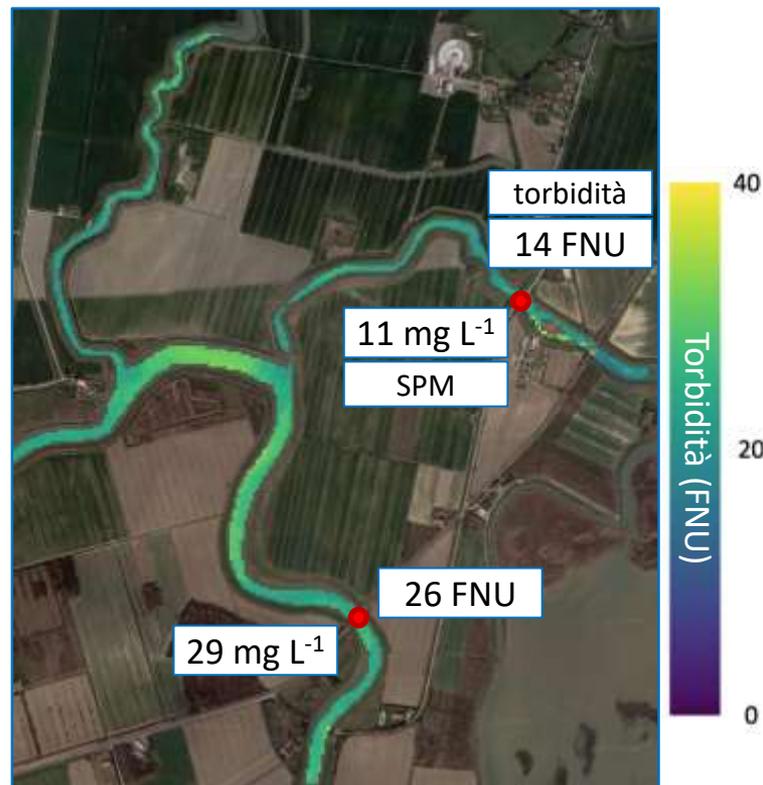
strumentazione acustica

La misura in continuo della concentrazione di particellato (SPM) permette una migliore stima del carico solido ( $L^{SPM}$ ) e di studiare gli eventi di piena con maggior dettaglio.

# Misura in continuo della SPM e torbidità da satellite

... due giorni dopo ...

15 aprile 2021



# “Distorsioni” morfologiche – foce Osellino

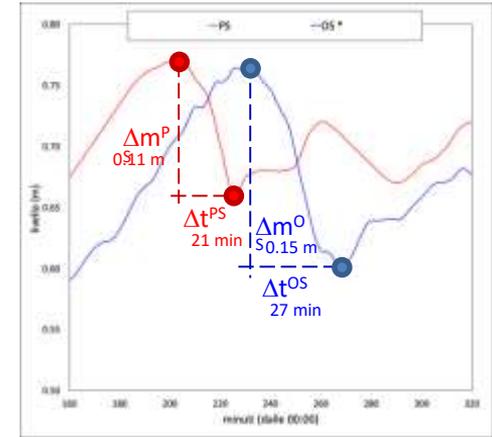
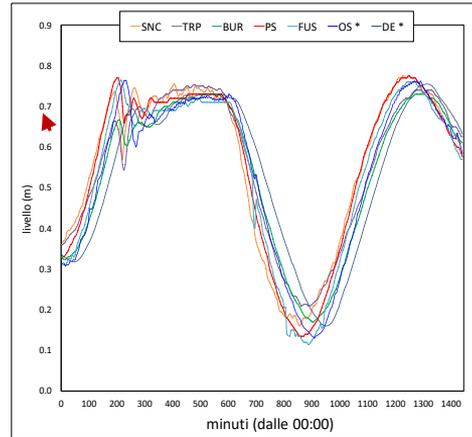




# Effetti delle chiusure del MOSE



Quali effetti sulla dinamica dei sistemi di foce?

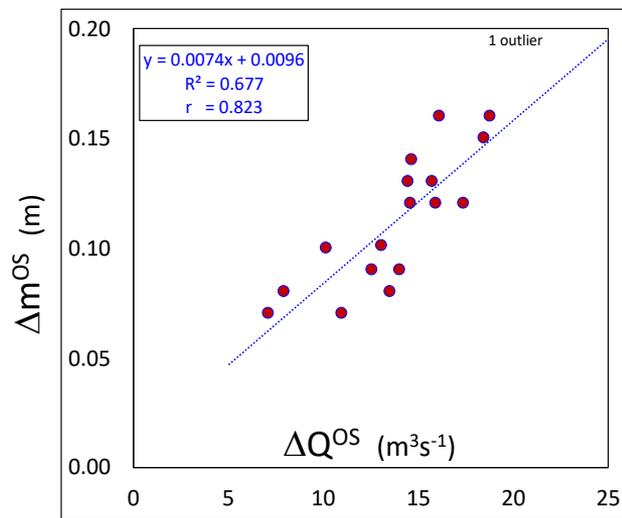
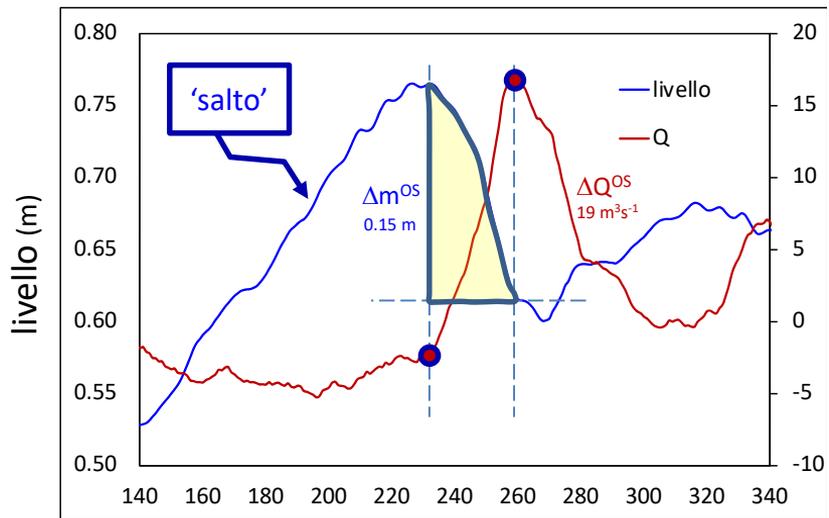


Osellino 2021 (media, n=22)

$\Delta m$ (cm)	$\Delta t$ (min)
$11.4 \pm 3.4$	$25.8 \pm 8.6$

# Effetto delle chiusure del MOSE sul deflusso - Osellino

Rispetto ad un calante di sizige, alla chiusura del MOSE determina una  $\Delta Q/\Delta t$  7 volte superiore



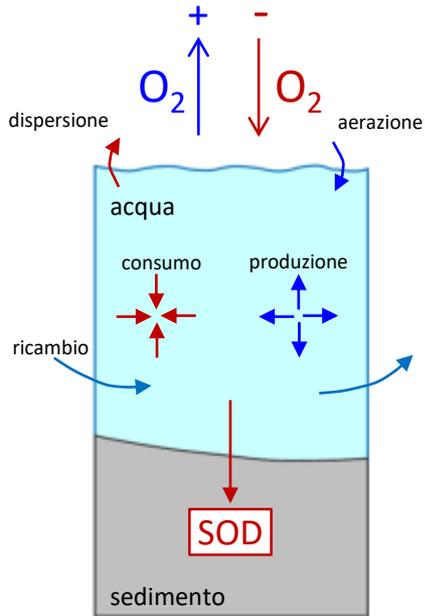


# Effetti delle chiusure del MOSE

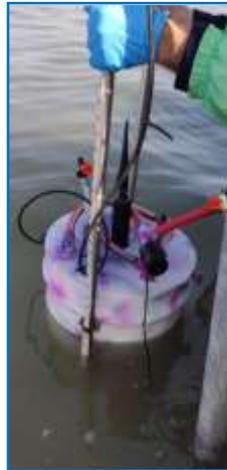


$t_{HYP}$  = Quanto tempo ci vuole perché il sedimento porti la colonna d'acqua all'ipossia?

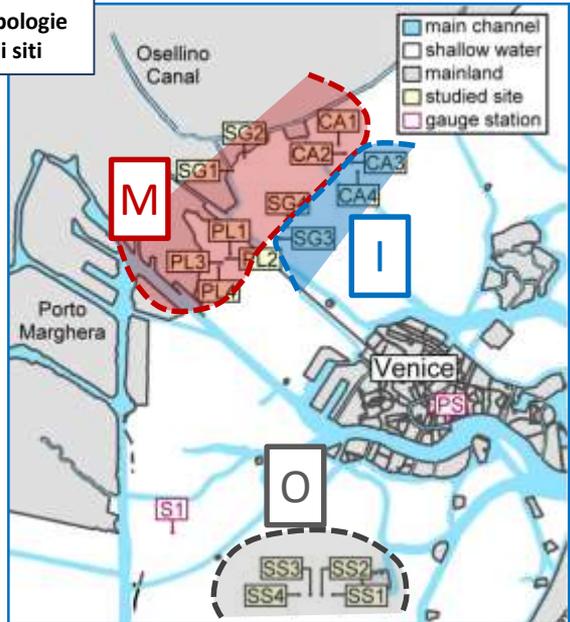
Linea 2.2



141 misurazioni nel 2021

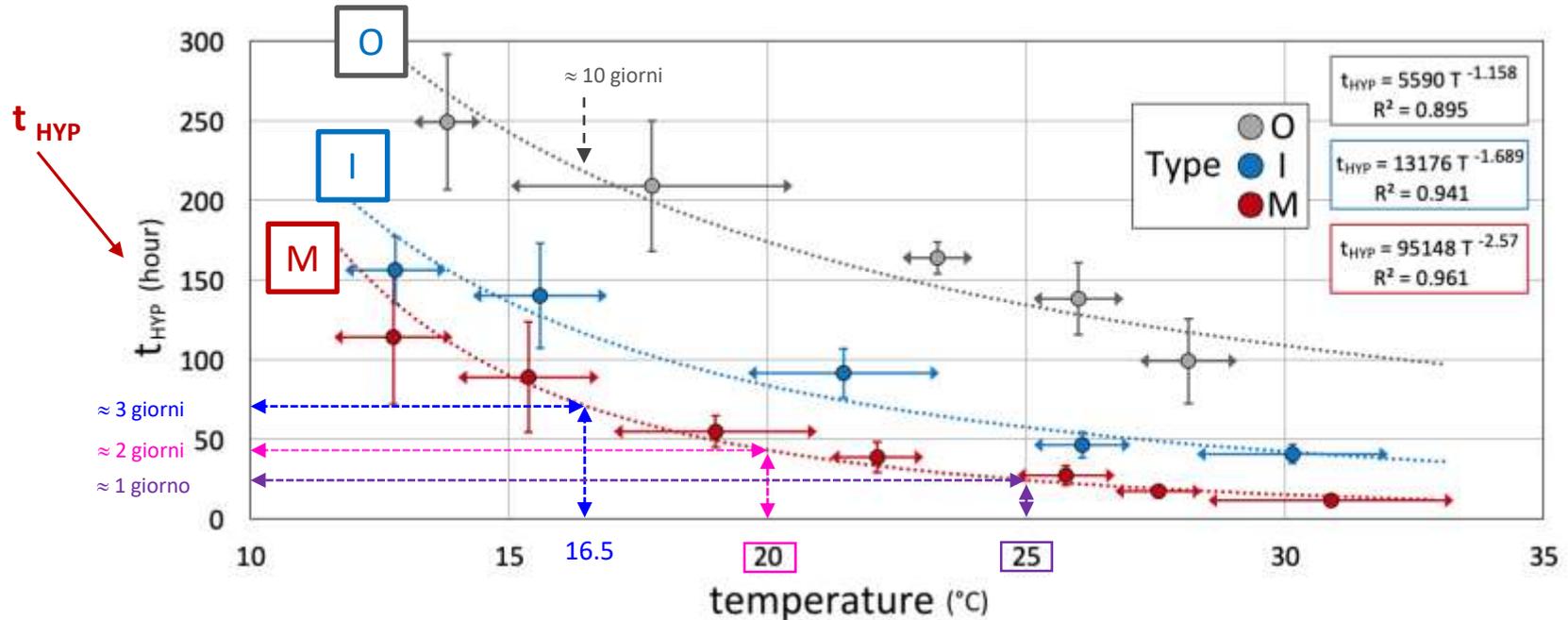


3 tipologie di siti



# Stima del tempo all'ipossia $t_{HYP}$ per effetto del sedimento

In 34 eventi di chiusura del MOSE (3/10/20 – 11/12/21), in un intervallo di T pari a 6.8 - 16.5°C (media 10.1 ± 2.8°C)

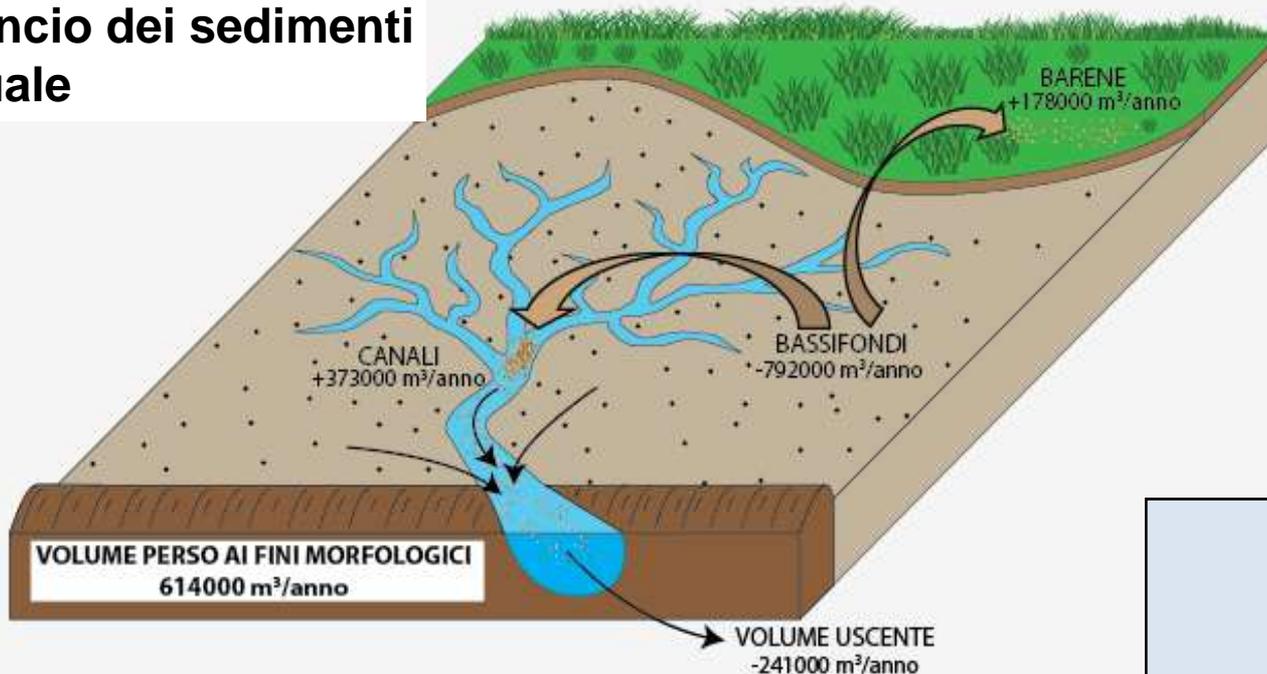


# **Dinamiche erosive e morfosedimentarie in Laguna di Venezia**

# La conservazione della morfologia



## Bilancio dei sedimenti attuale

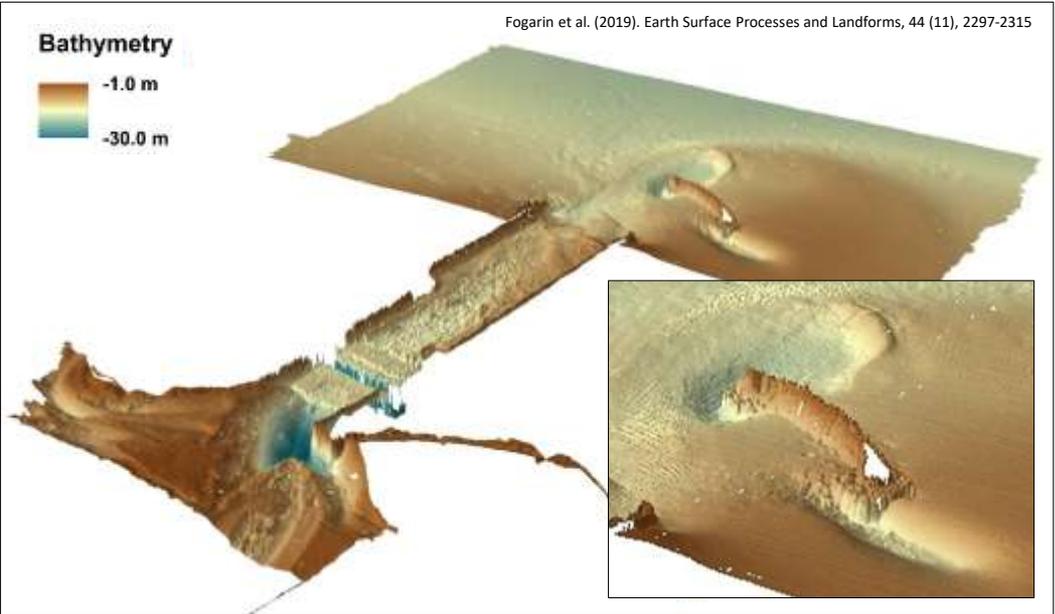


	Sedimenti Erosi/Depositati [m <sup>3</sup> /anno]	
	Stato Attuale	Piano Morfologico
Vol. Sedimenti «perso» ai fini Morfologici	<b>-614000</b>	<b>-179000</b>





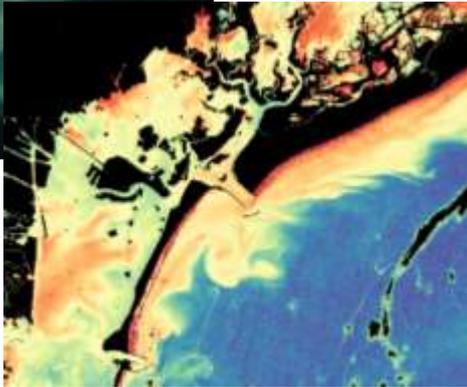
Rappresentazione schematica delle correnti costiere secondo Gatto (1984)



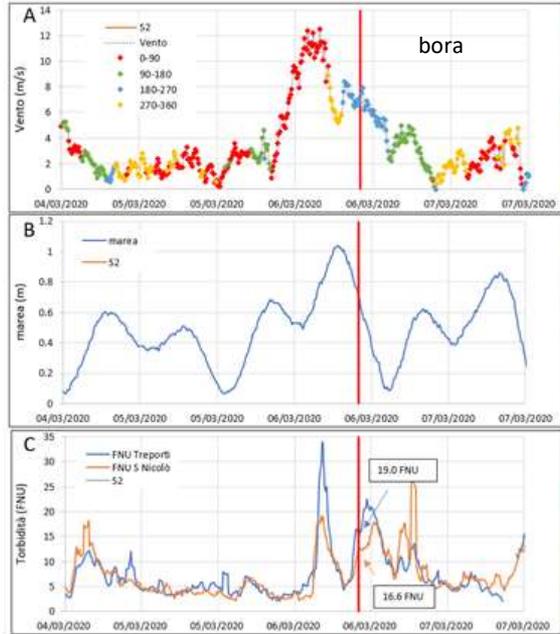
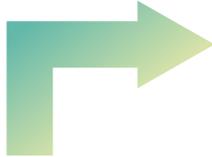
A large green arrow points upwards from the bottom left towards the bathymetry map. To the right, a blue circular logo with a white fish-like shape is positioned next to a yellow arrow-shaped box containing the text 'What's new?'.

**WP1.1.1 - Scambi alle bocche di porto: integrazione tra servizi europei di monitoraggio e previsione dello stato del mare, reti di osservazione a scala nazionale e regionale e le osservazioni in situ**

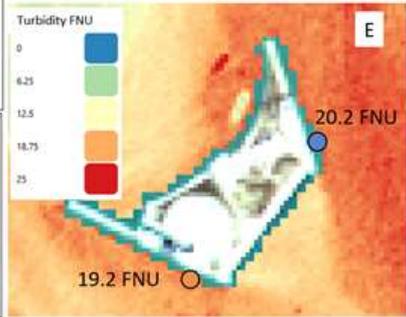
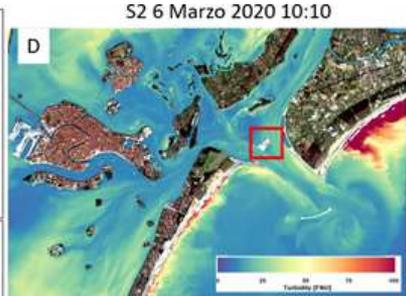
Acquisizione e calibrazione/validazione dati satellitari



Analisi di eventi meteomarinari

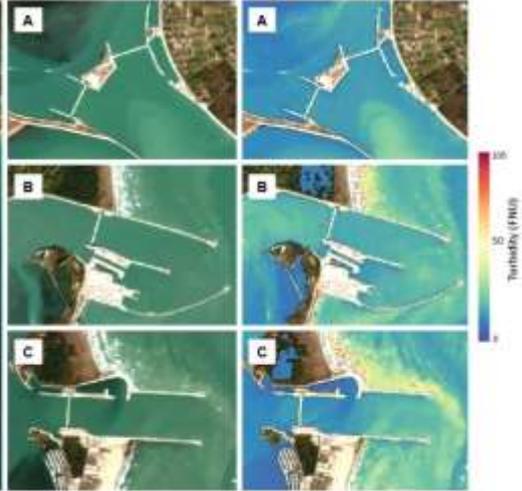
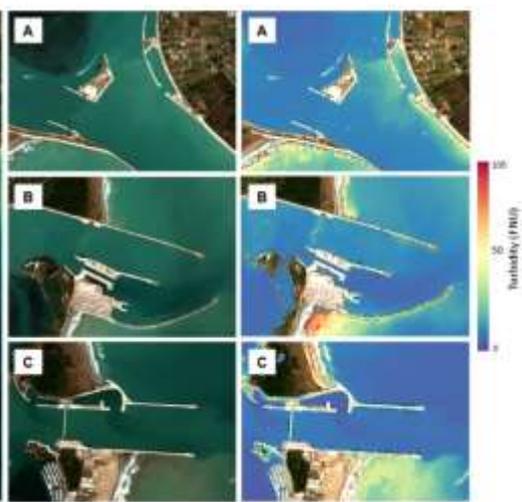
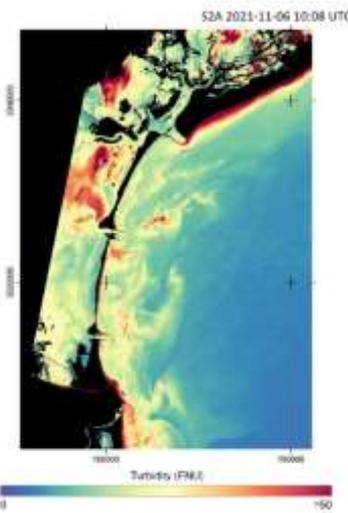
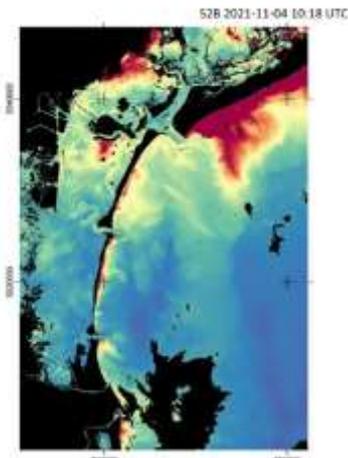
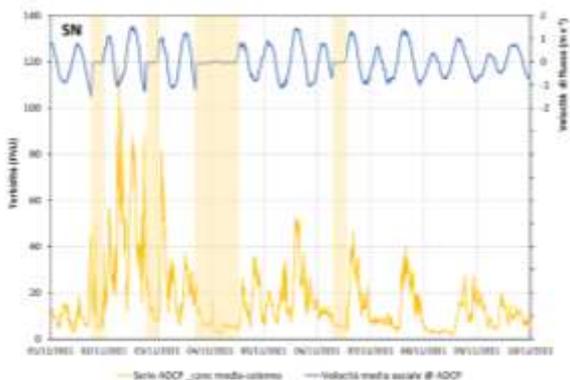
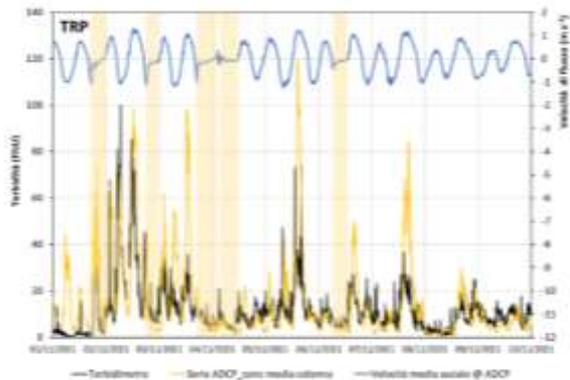


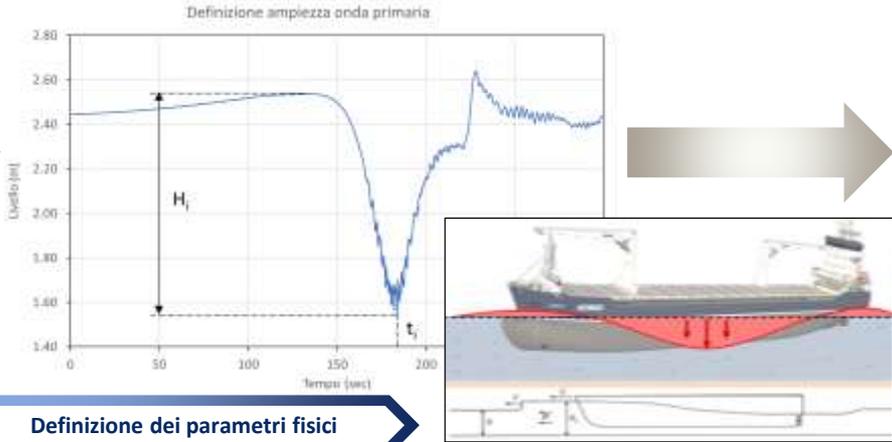
Forzanti meteomarine, flussi ADCP, torbidità stazioni fisse e ADCP



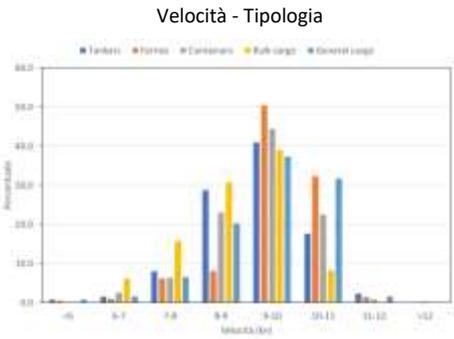
Analisi multi-scala dei processi di trasporto

**Chiusure MoSE e mancato apporto  
(case study 04-06 novembre 2021)**





Definizione dei parametri fisici



**Al via lo studio di accessibilità nautica nel canale Malamocco a Marghera**

12 novembre 2021

Co-finanziato al 50% dall'Unione Europea servirà a massimizzare la sostenibilità della navigazione nei Porti di Venezia e Chioggia



LE PROSPETTIVE DI RILANCIO DEL PORTO DI VENEZIA

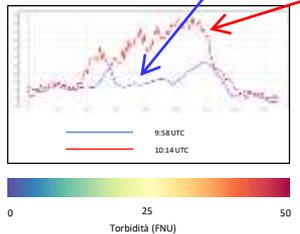
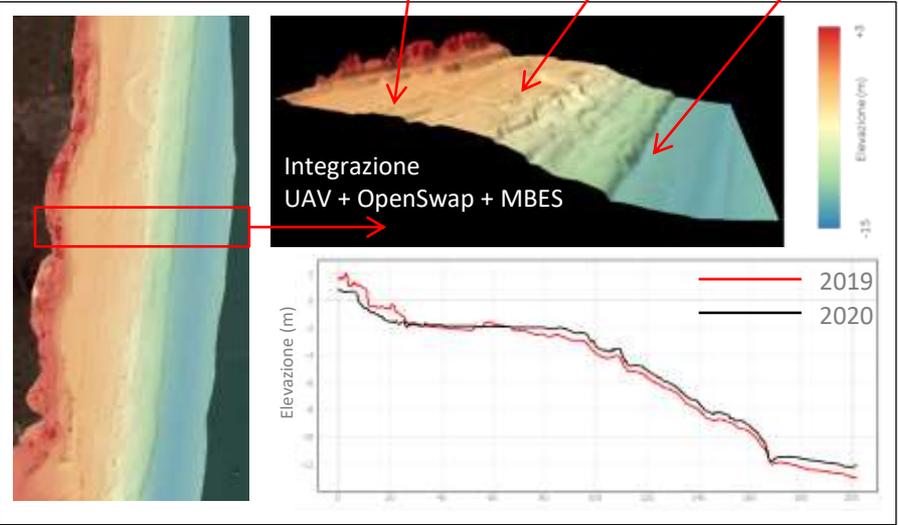
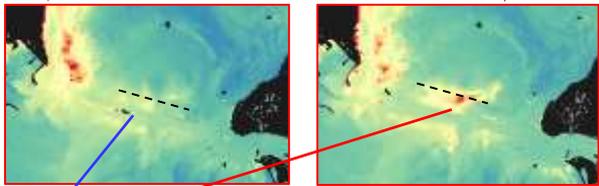
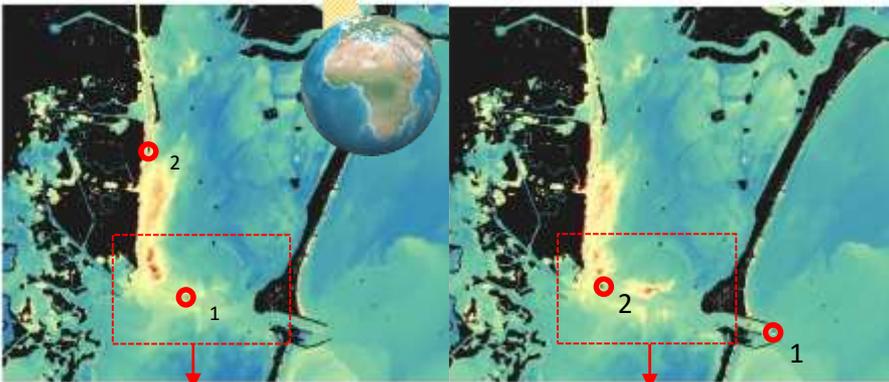
«CHANNELING THE GREEN DEAL FOR VENICE». UN PROGETTO INNOVATIVO PER CONIUGARE L'ACCESSIBILITA' NAUTICA CON I VINCOLI AMBIENTALI (CEF ACTION N. 2019-IT-TM-0095-S)

**WP1.1.1 + WP1.1.2 - Definizione degli impatti sulla morfologia**

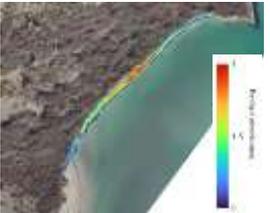


L9 08/01/2022 9:58 UTC

S2 08/01/2022 10:14 UTC



**Variatione dei profili di riva  
Calcolo volumi erosi**



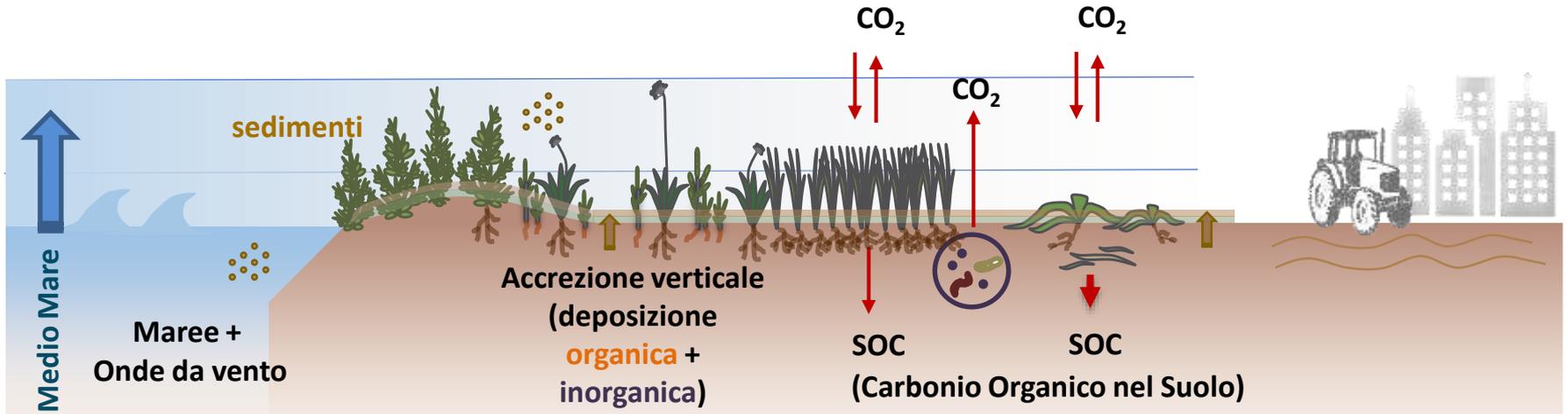
Elevatissima risoluzione (cm)

# Fattori che regolano accrescimento o erosione

Accrescimento verticale = Deposizione – Erosione – Incremento del livello relativo del mare

$$\frac{dz}{dt} = D - E - R$$

Deposizione Inorganica + Deposizione Organica = Tasso di incremento del livello del mare



**Scarsa, se non nulla, disponibilità di sedimento alloctono** (dai fiumi o dal mare), per effetto della diversione dei fiumi e per la costruzione dei moli alle bocche.

**Incremento del livello relativo del mare** per eustatismo e subsidenza.

**Erosione laterale** delle barene ed **erosione verticale dei bassifondi** per effetto dell'onde da vento e da natante.

**Annegamento delle barene** quando non riescono a tenere il passo con il crescent livello relativo del mare

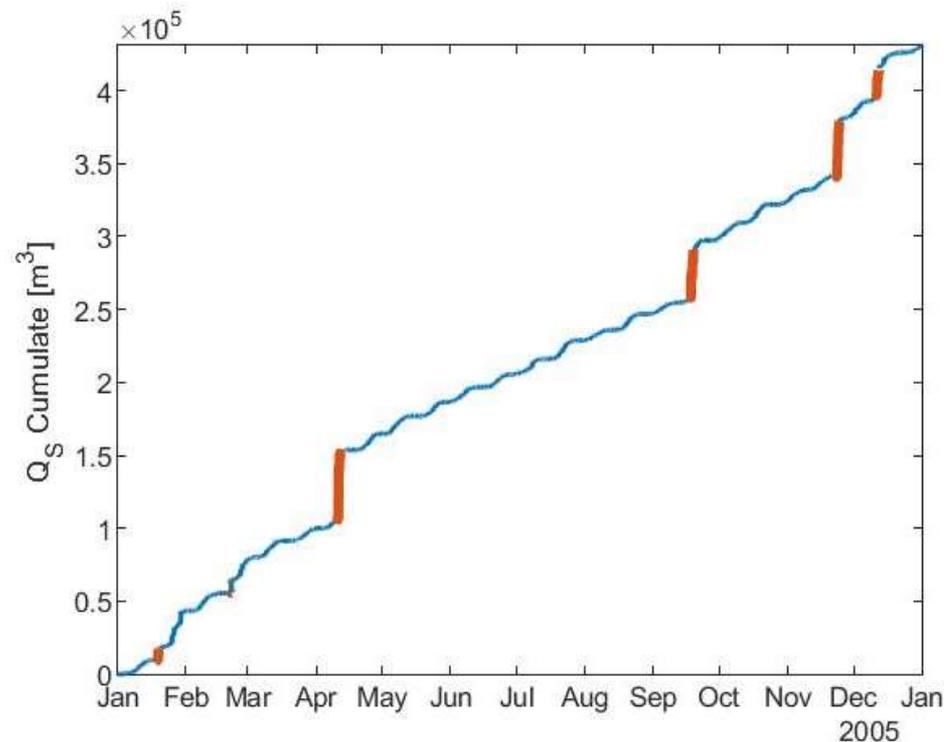
**Perdita netta di sedimenti** in Adriatico per effetto del comportamento asimmetrico delle bocche in seguito alla costruzione dei moli.



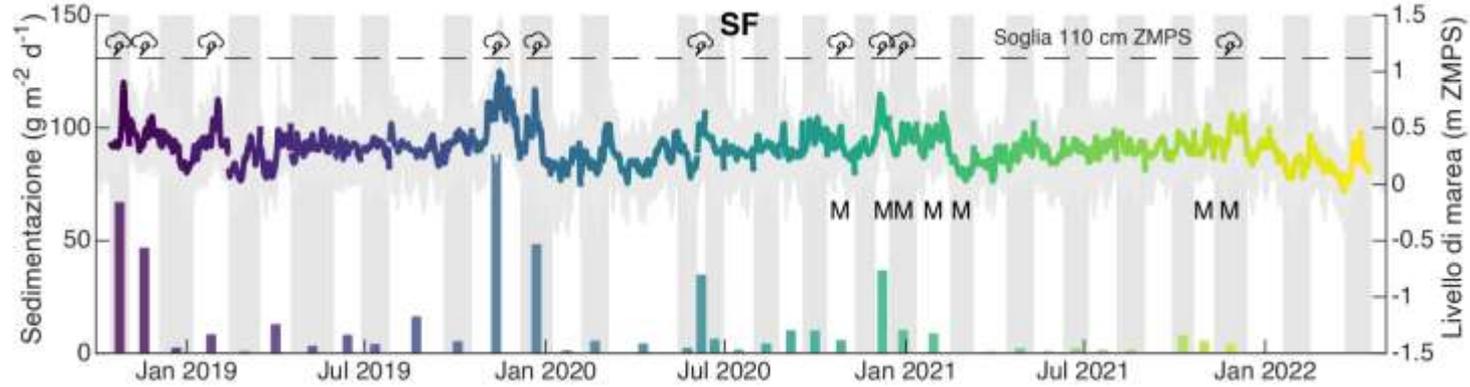
## PORTATE SOLIDE USCENTI DALLE BOCHE

Per anno di riferimento (2005):

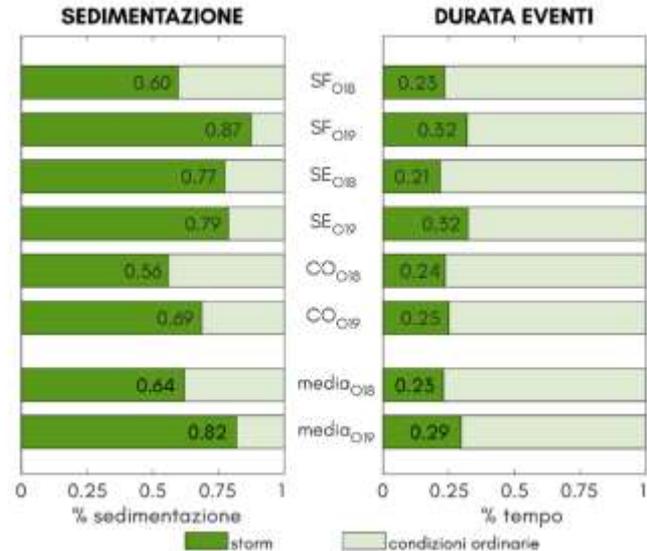
→ 32% del volume totale uscito dalle bocche è concentrato in pochi giorni corrispondenti agli eventi meteo intensi.



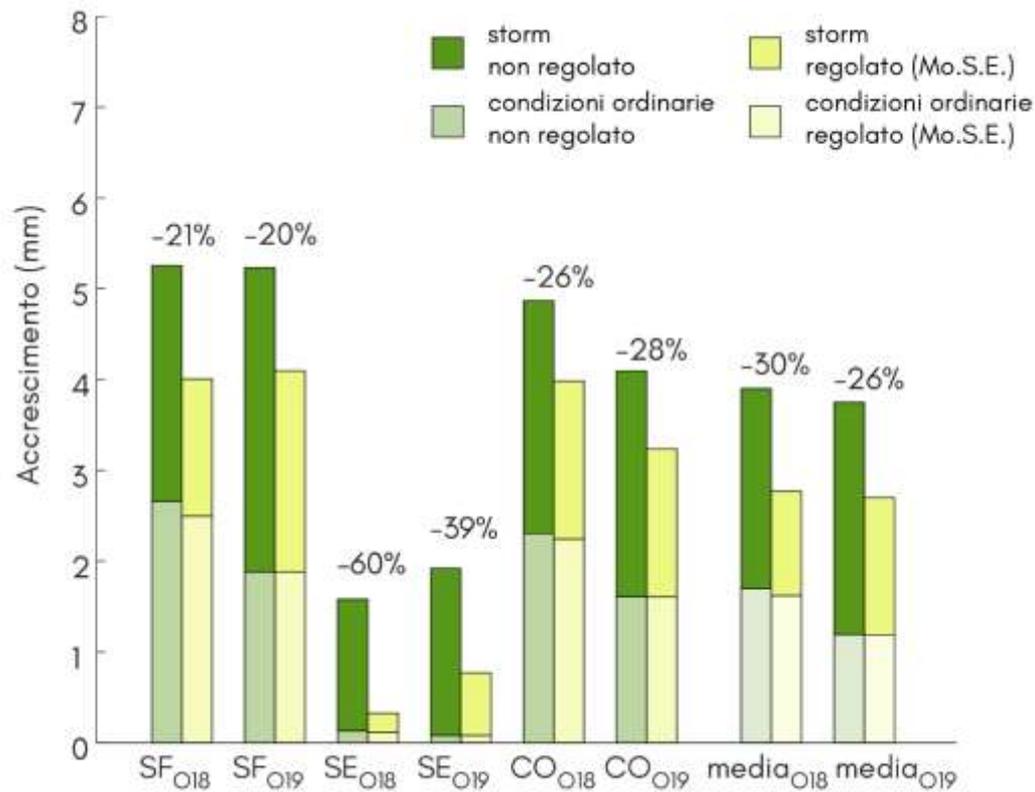
# Forzanti che governano l'accrescimento delle barene



- Il tasso di sedimentazione **cresce esponenzialmente** con il tirante d'acqua sulle barene.
- La sedimentazione sulle barene è fortemente influenzata dal **contributo** delle acque alte/mareggiate.
- **70% della sedimentazione annuale avviene durante gli eventi di acqua alta/mareggiata.**



# Riduzione dei tassi di sedimentazione per effetto della regolazione alle bocche

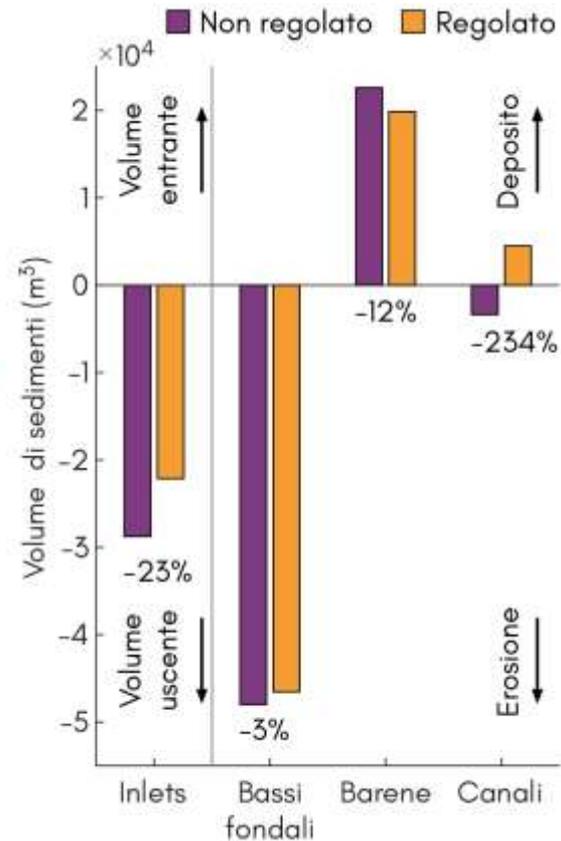
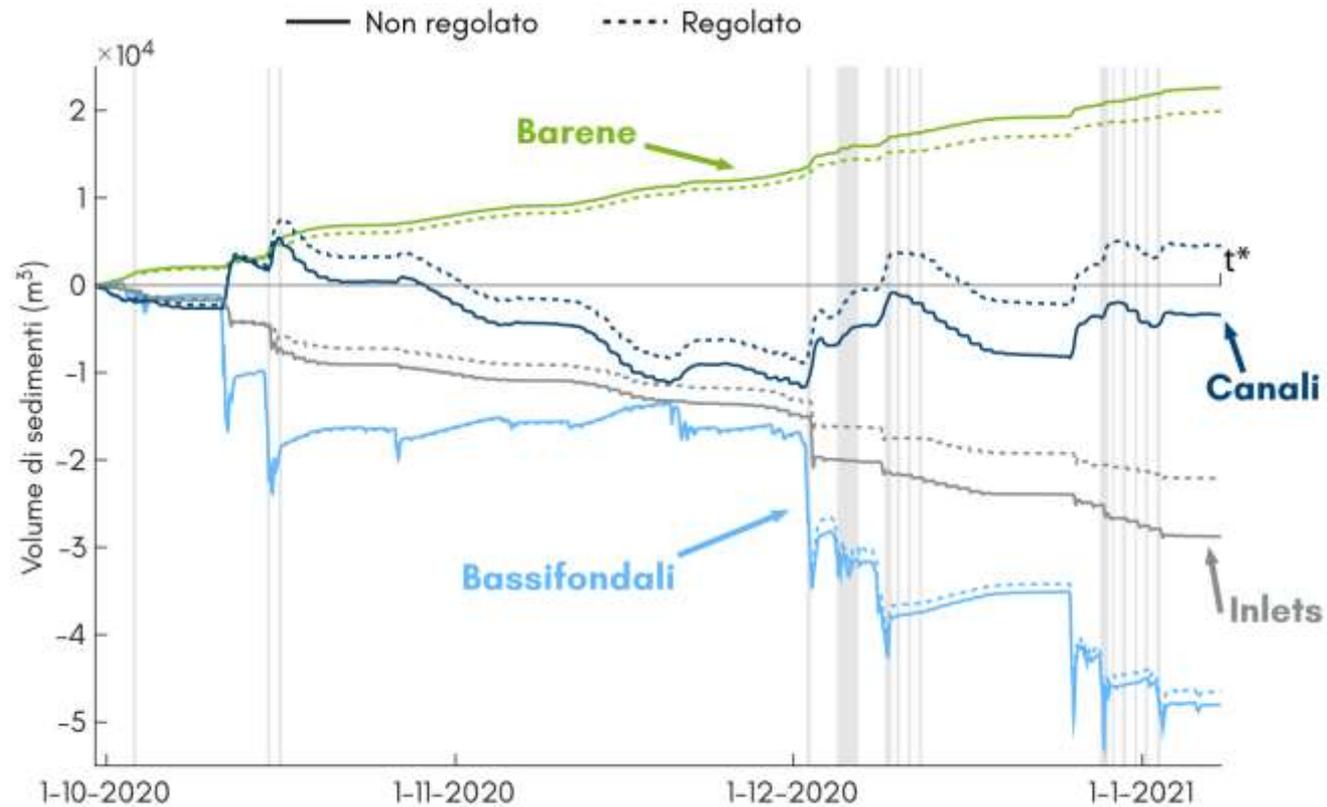


La regolazione delle bocche, con il taglio delle acque alte, **riduce la sedimentazione annuale del 26-30% (scenario ottimistico)**.

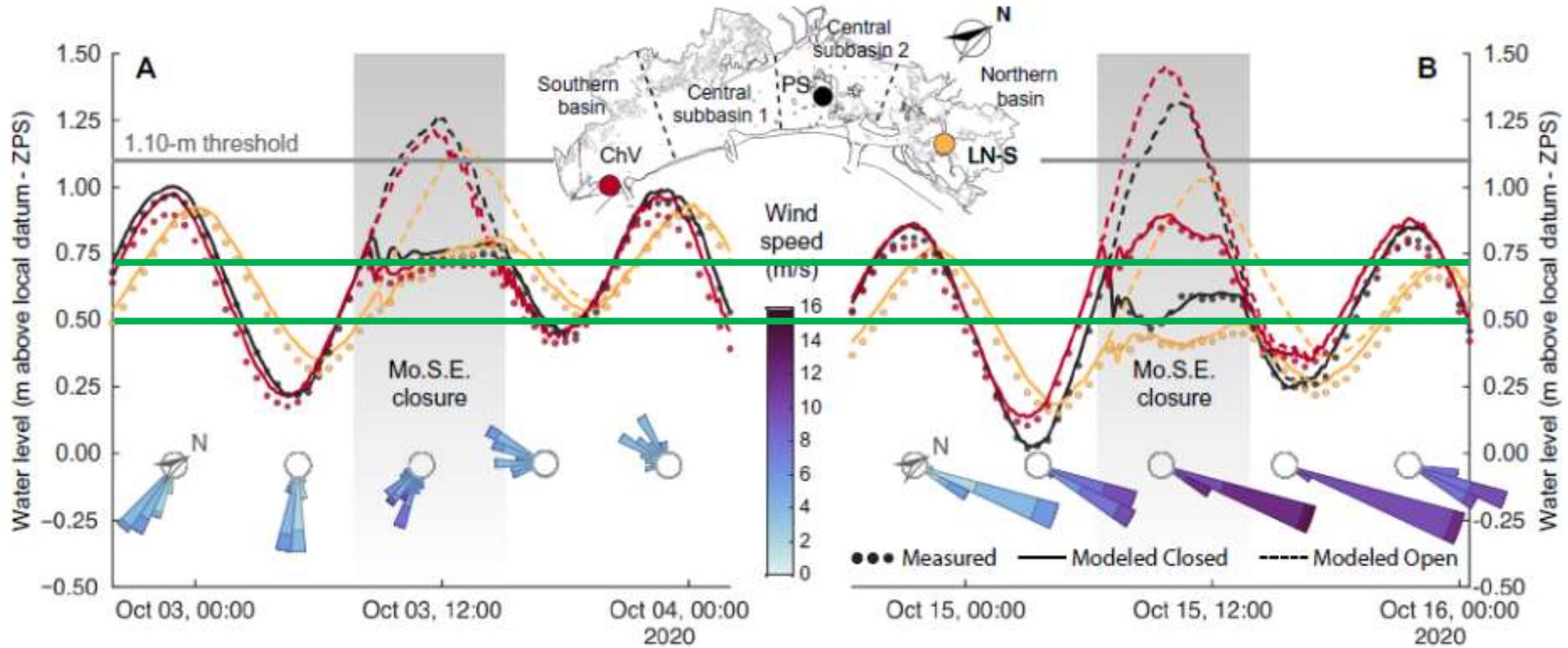
I livelli all'interno della laguna in fase di regolazione e la soglia di allerta influenzano pesantemente tale riduzione (**10% con soglia a 130 cm**).

# Effetti del MoSE sulla morfologia lagunare (UniPD – DICEA)

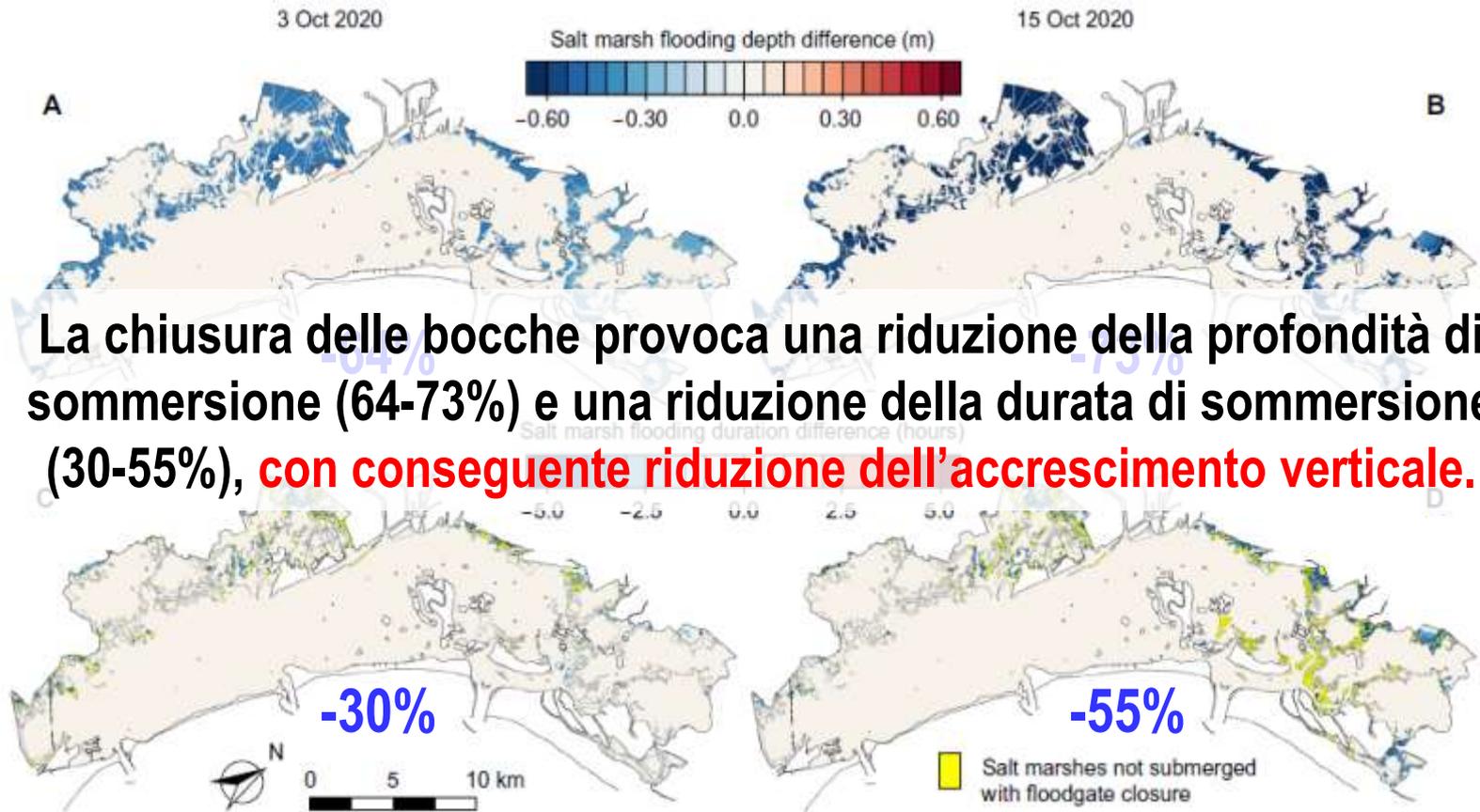
## Chiusure riducono resilienza delle barene a innalzamento del medio mare



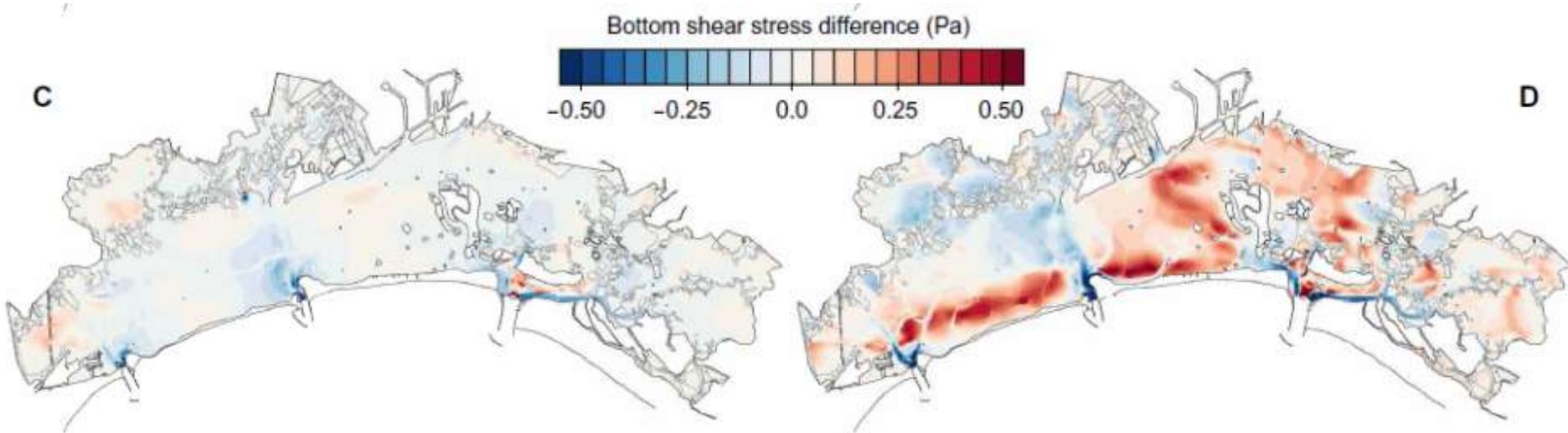
# Analisi degli effetti delle chiusure sulla morfologia



Differenza nel tirante e nella durata della sommersione: bocche regolate – *bocche aperte*

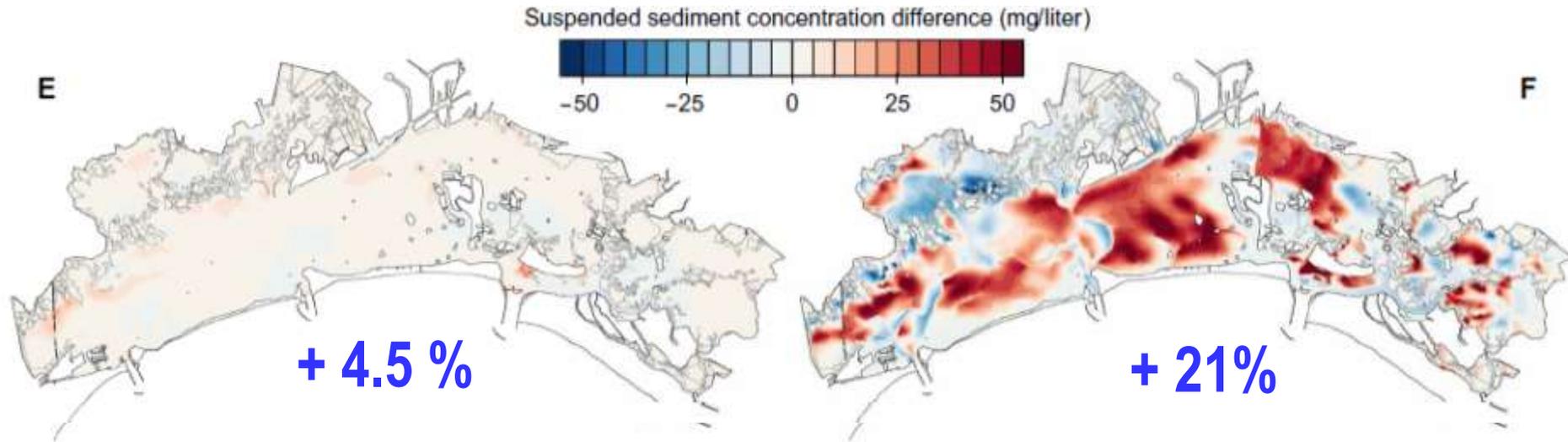


## Differenza nello sforzo al fondo: bocche regolate – bocche aperte



La chiusura delle bocche provoca un aumento dello sforzo tangenziale al fondo nella maggior parte della laguna e **quindi maggiore erosione dei bassifondi**

Differenza nella concentrazione in sospensione: bocche regolate – bocche aperte



La chiusura delle bocche provoca un **aumento della concentrazione in sospensione**, per effetto della più intensa erosione dei bassifondi

# Osservazioni finali

La **difesa di Venezia** e dei centri abitati dalle acque alte è questione irrinunciabile che **non è in discussione**.

Tuttavia, il **ripetuto utilizzo del sistema Mo.S.E.** (sempre più probabile alla luce dei cambiamenti climatici in atto) ha **ripercussioni molto forti sull'ecosistema della Laguna** e, in particolare, sulle barene, che stanno scomparendo con tassi allarmanti.

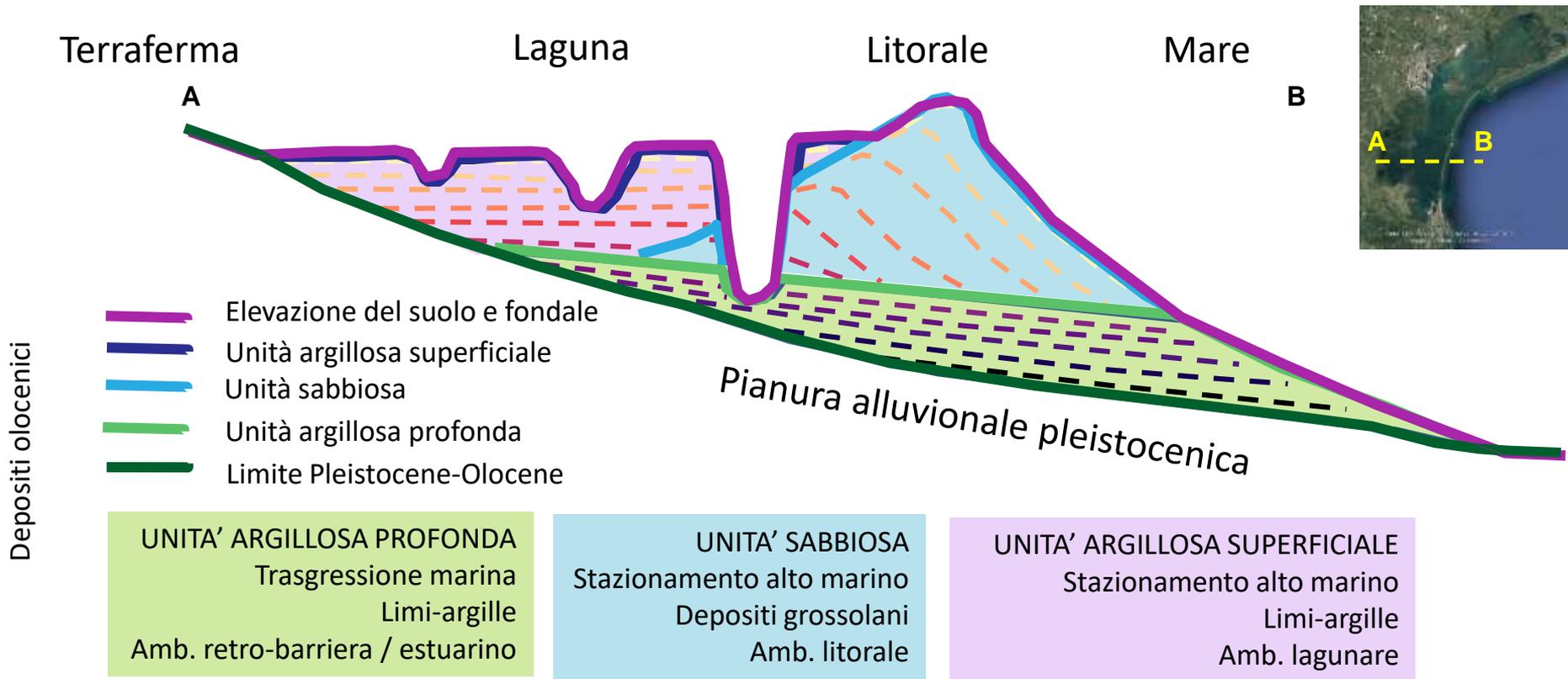
Interventi atti a **mantenere e salvaguardare le morfologie esistenti**, una **migliore e ottimizzata procedura di regolazione delle bocche**, un possibile innalzamento della quota di allerta in previsione delle più frequenti future chiusure, sono **questioni importanti che meritano attenzione**.

# **Subsidenza della laguna di Venezia e evoluzione morfologica connessa a processi erosivi e deposizionali combinati a Relative Sea Level Rise**

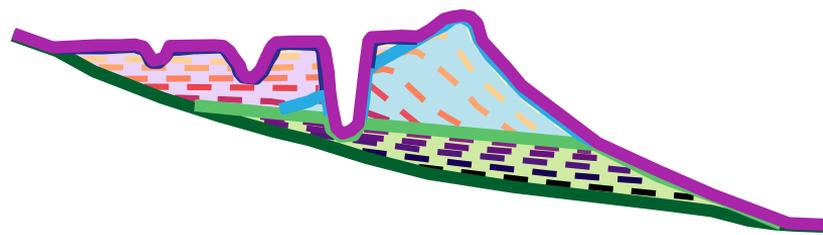
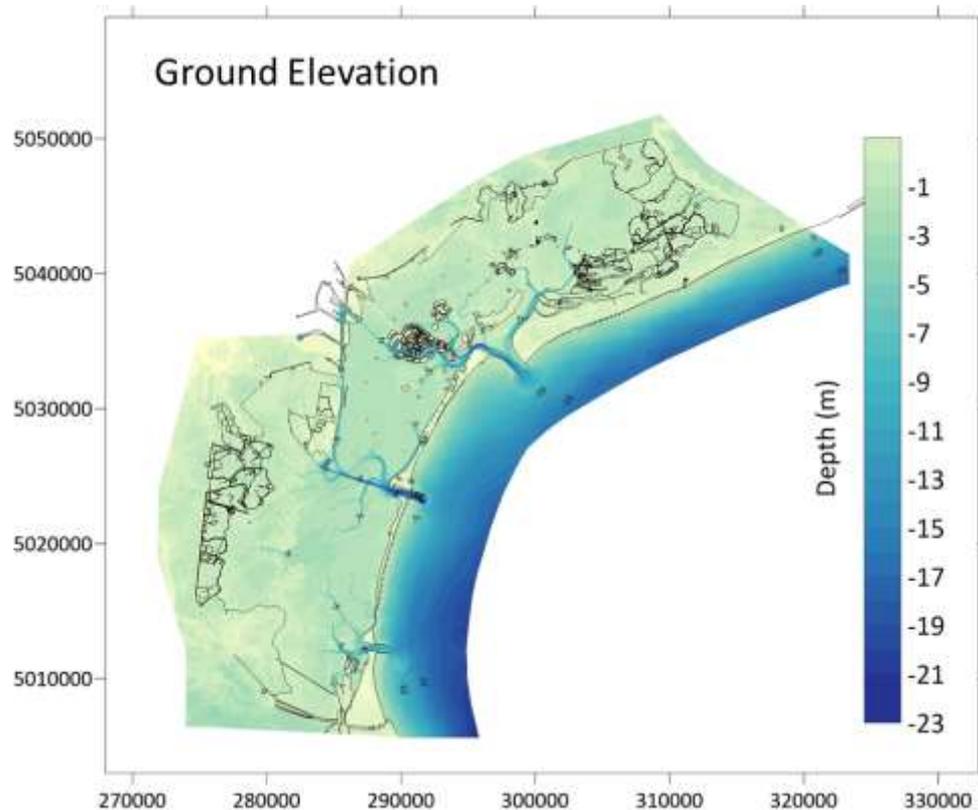
1. Modello 3D dell'architettura stratigrafica olocenica
2. Quantificazione della subsidenza attuale
3. Vulnerabilità delle morfologie lagunari all'innalzamento relativo del livello medio del mare
4. Risposta delle barene al carico indotto
5. Modellazione 3D della subsidenza naturale olocenica

# Modello dell'architettura stratigrafica olocenica

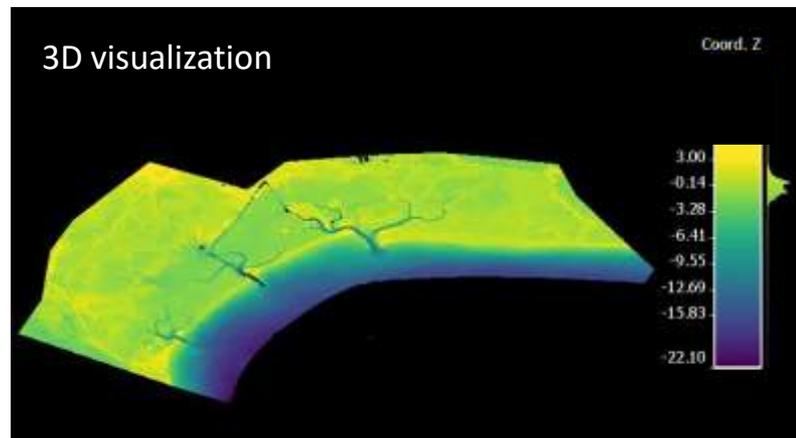
## Concettualizzazione del modello stratigrafico di sintesi



# Modello dell'architettura stratigrafica olocenica



Ground Elevation



# Vulnerabilità delle morfologie lagunari all'innalzamento relativo del livello medio del mare

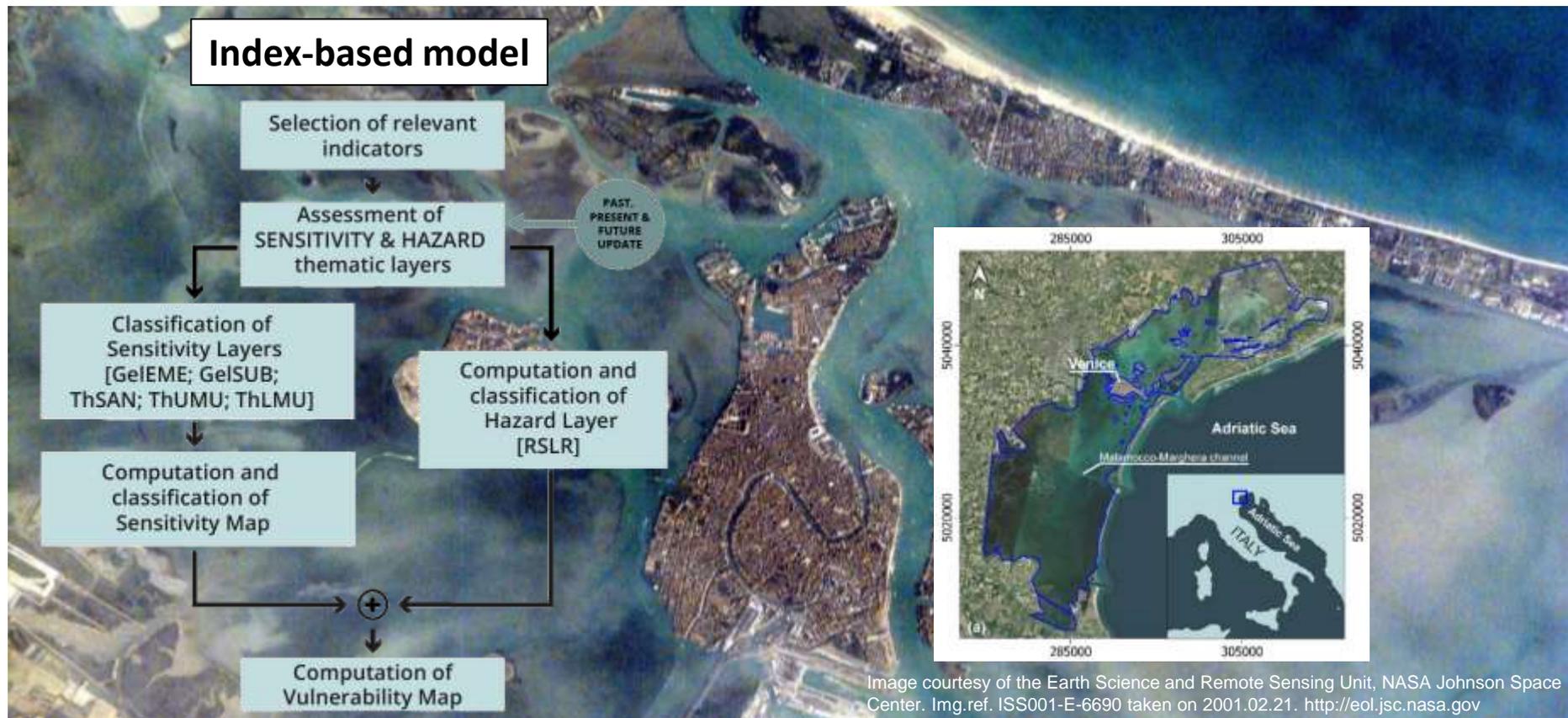
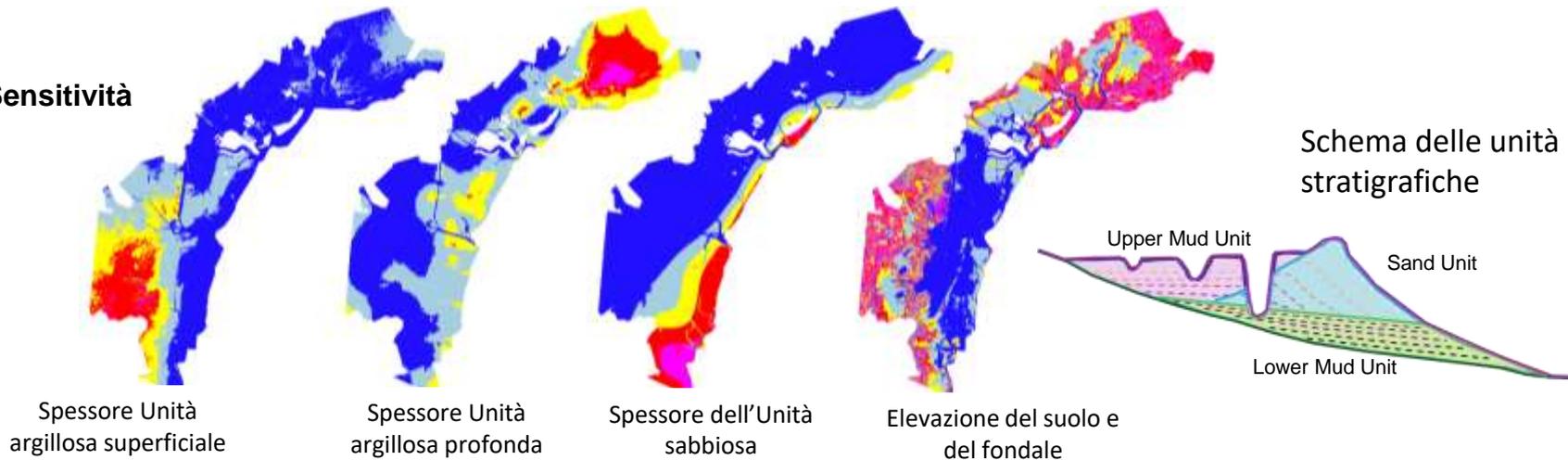


Image courtesy of the Earth Science and Remote Sensing Unit, NASA Johnson Space Center. Img.ref. ISS001-E-6690 taken on 2001.02.21. <http://eol.jsc.nasa.gov>

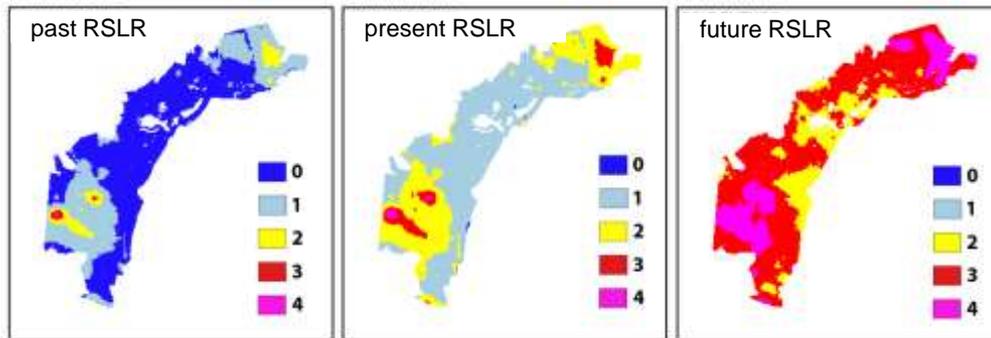
# Vulnerabilità delle morfologie lagunari all'innalzamento relativo del livello medio del mare

## Indicatori di Sensitività



lower 0 1 2 3 4 higher

## Indicatori di Hazard

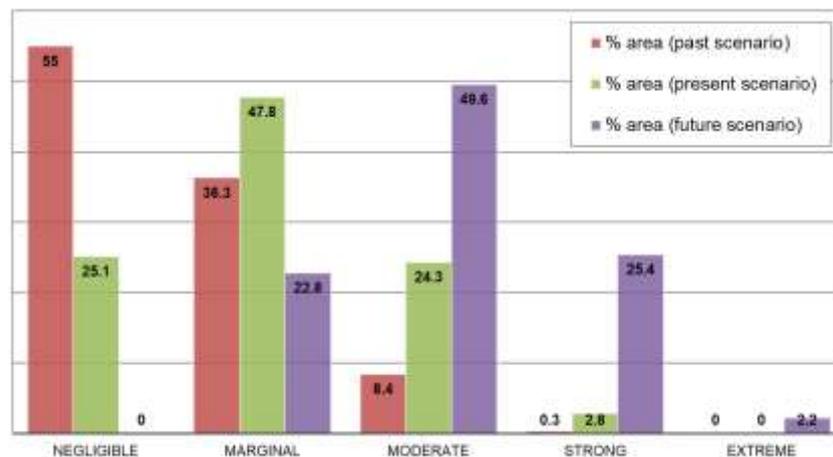
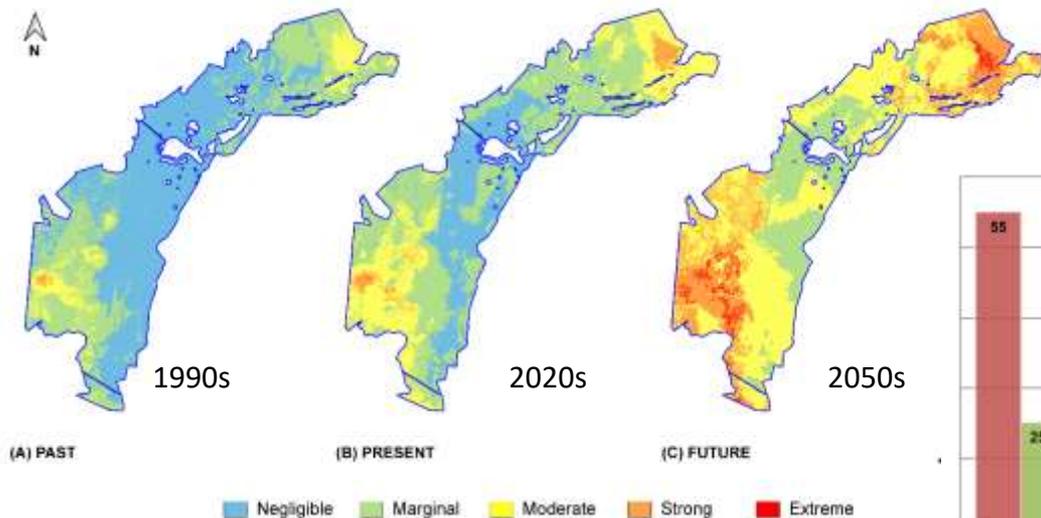


**Past** sea-level rise  
1.5 mm/yr (1990s)

**Present** sea-level rise  
3.5 mm/yr (2020s)

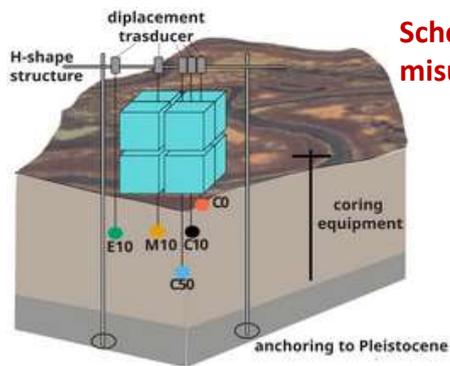
**Future** sea-level rise  
6.5 mm/yr (2050s  
IPCC)

# Vulnerabilità delle morfologie lagunari all'innalzamento relativo del livello medio del mare



Scenario futuro di vulnerabilità: 25% della laguna in condizioni forte, 50% in condizioni moderate, 23% in condizioni marginali, 2% in condizioni estreme.

Tre originali esperimenti di carico per caratterizzare la risposta meccanica di tre barene rappresentative di diversi ambienti deposizionali

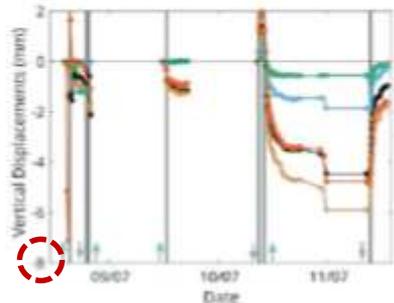
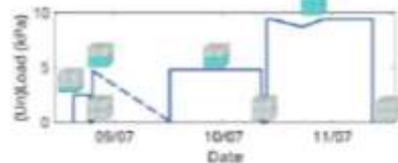


**Schema della prova di carico con la posizione degli strumenti di misura installati e la struttura ancorata al Pleistocene**

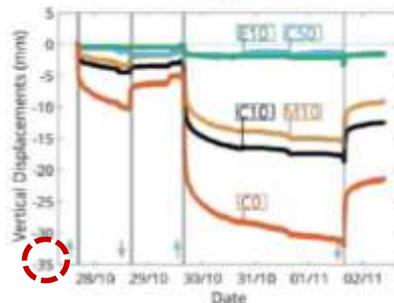
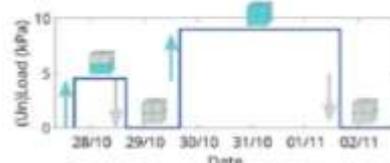


**Spostamenti verticali misurati durante le fasi di carico e di scarico dai sensori installati nella barena a varie profondità**

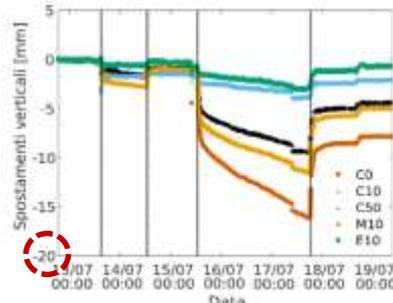
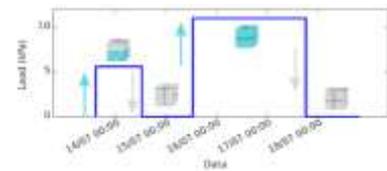
**Lazzaretto N. (2019)**



**La Grisa (2020)**



**Campalto (2021)**

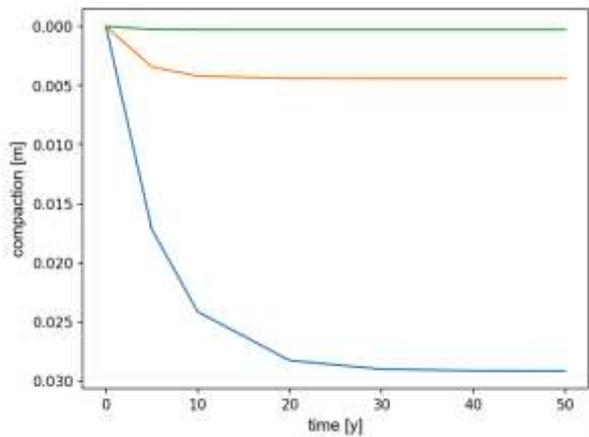


**Test di carico sulla superficie della barena di Campalto**



# 5. Modellazione della subsidenza olocenica

Subsidenza naturale dovuta ad autocompattazione in assenza di sedimentazione



Risultato del modello NATSUB3D nei tre siti dove è stato sviluppata la prova di carico

## Spunti futuri

Affinamento modello geologico

Quantificazione sedimento necessario alle barene

Ruolo apparato radicale

Ripascimenti artificiali

Table 2 Prediction of marsh elevation up to 2100.

Scenario	Accretion (mm year <sup>-1</sup> )	Holocene compaction (mm)	Deep subsidence (mm year <sup>-1</sup> )	$\delta$ (mm)	$\Delta$ (mm)
SC-1 (reference)	0.0	-	1.0	-80	-176 (-2.2 mm year <sup>-1</sup> )
SC-2 (reference)	2.5	138	1.0	-18	-114 (-1.4 mm year <sup>-1</sup> )
SC-3 (reference)	5.0	228	1.0	92	-4 (-0 mm year <sup>-1</sup> )
SC-2 <sup>a</sup> (RCP2.6)	2.5	138	1.0	-18	-418 (-5.2 mm year <sup>-1</sup> )
SC-2 <sup>a</sup> (RCP8.5)	2.5	138	1.0	-18	-828 (-10.4 mm year <sup>-1</sup> )

**NON LINEAR**

Scenarios differ for the accretion rate over the marsh surface and the SLR, considering a constant deep subsidence of 1 mm year<sup>-1</sup> and SLR of 1.2 mm year<sup>-1</sup>. Parameter  $\delta$  is the marsh elevation loss/gain between 2020 and 2100; parameter  $\Delta$  is the net elevation loss/gain of the marsh surface with respect to the 2020-MSL. Negative  $\Delta$  indicates that the vegetated marsh is losing elevation with respect to MSL, possibly leading to a different stable equilibrium, e.g. intertidal flat or subtidal open water.  
 \*Note that these scenarios need correction for the possible increase of accretion rate as consequence of SLR.

Risultato NATSUB2D nella barena di San Felice per vari scenari di sedimentazione e incremento del medio mare

## **Linea 1.3**

# **Modellazione numerica integrata del sistema bacino scolante-laguna-mare**

# Venezia2021 Modello Operativo ISSOS (CNR – M. Bajo)

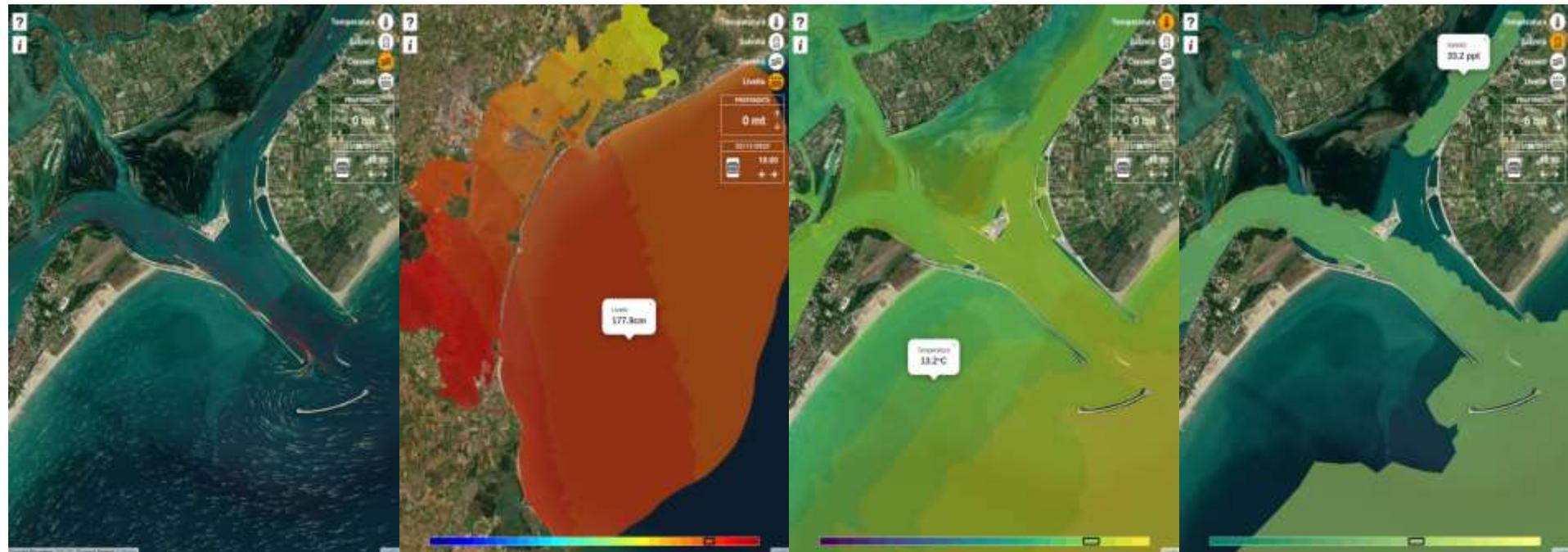
- Interfaccia disponibile all'indirizzo: <https://issos.ve.ismar.cnr.it/>;
- Predisposto per l'assimilazione dei dati osservati in tempo reale
- 3 giorni di previsione e storico disponibile.

CORRENTE

LIVELLO

TEMPERATURA

SALINITA' A 6 METRI



- Estensione della griglia ai punti di chiusura dei bacini
- Simulazione forzata da portate modellate variabili e non da valori nominali costanti



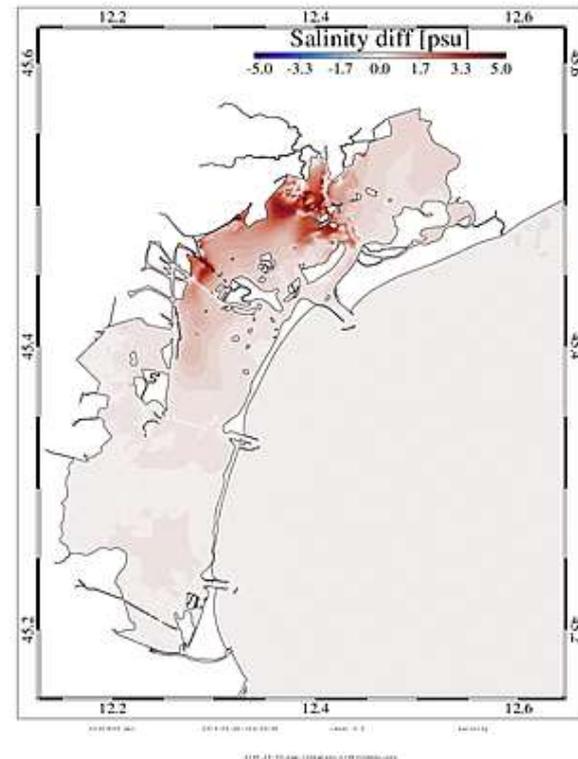
Colmi di portata ben rappresentati.

**Usa portate calcolate dal modello idrologico** permette miglioramento performance

Modello vs. Misure SAMANET:

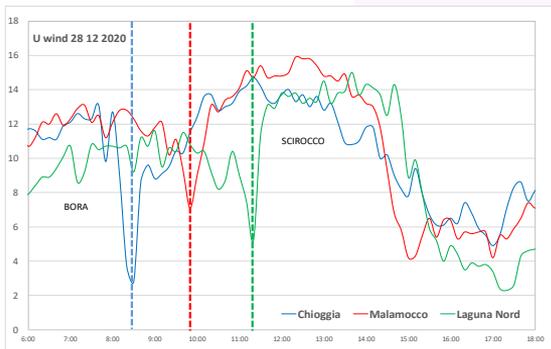
Temperatura - differenze poco significative

Salinità – variazioni oltre 5 PSU.

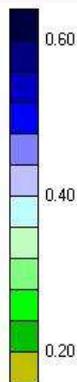


# Quantificazione e caratterizzazione degli scambi di sedimenti tra mare e laguna - Effetto delle chiusure alle bocche (Resp. L. Carniello)

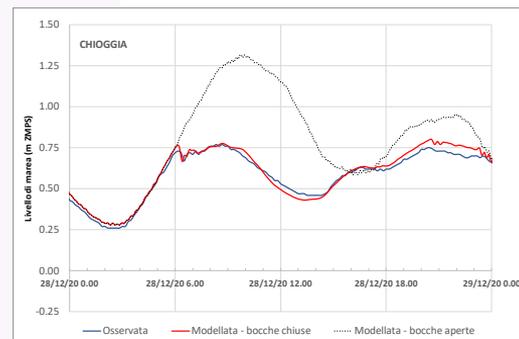
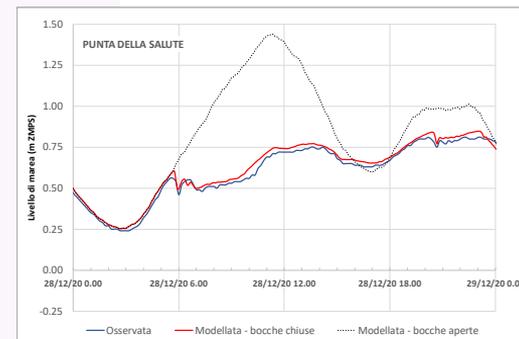
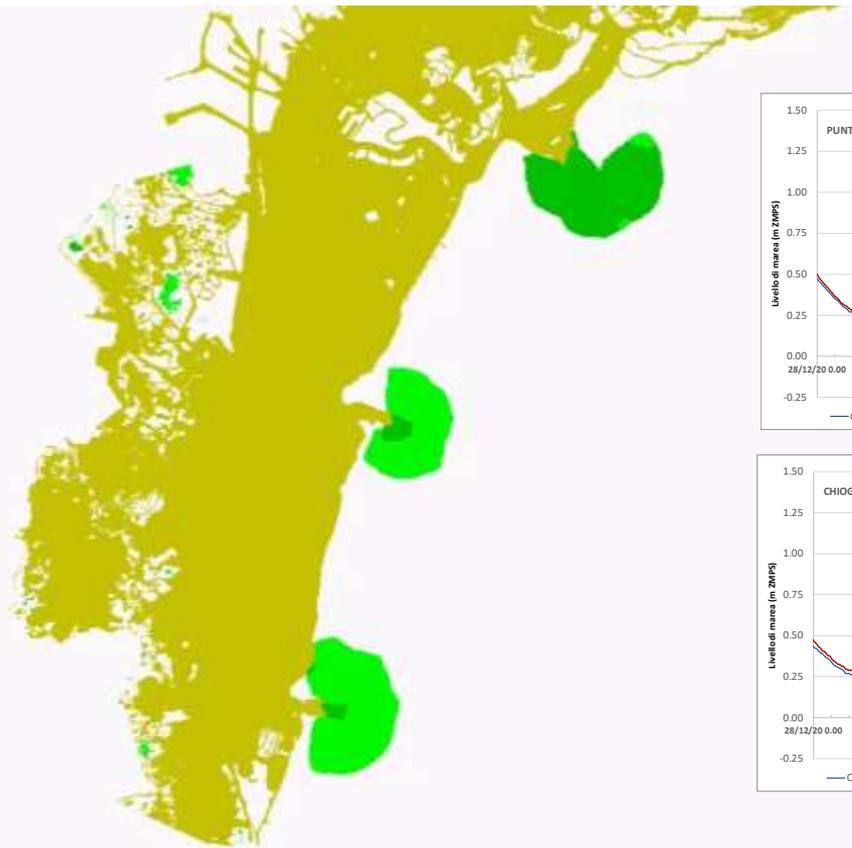
➤ Dinamica dei livelli interni durante la chiusura del 28 dicembre 2020 (vento intenso e con rapide variazioni di direzione)



Livello  
[m s.m.m.]

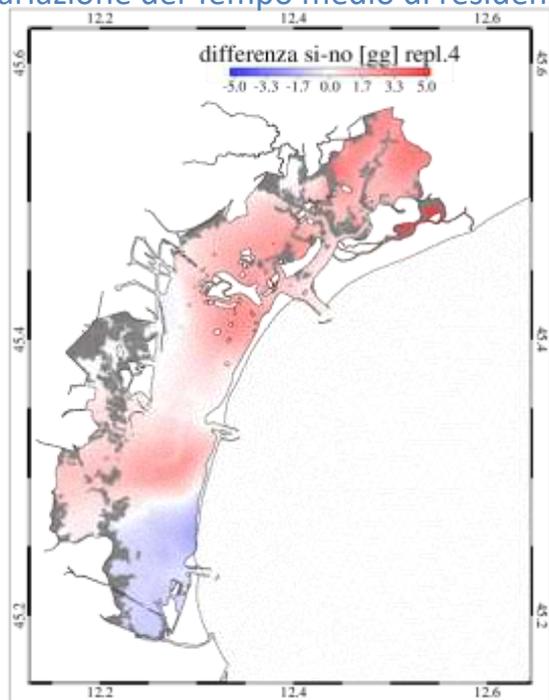


t = 4.000

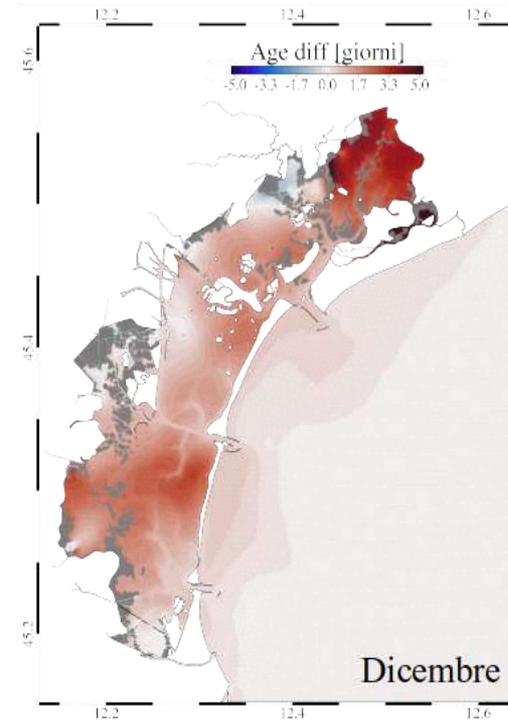
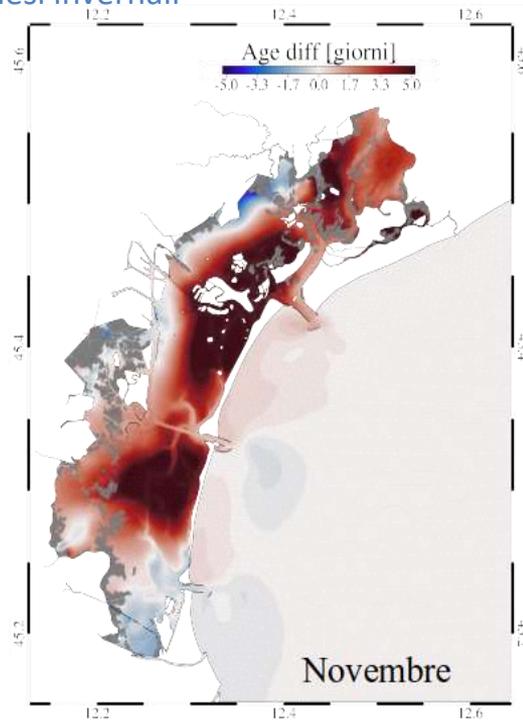


Variazione delle scale di trasporto tra uno scenario ipotetico di uso delle barriere mobili conservativo un anno di riferimento (2019).

Variazione del Tempo medio di residenza mesi invernali



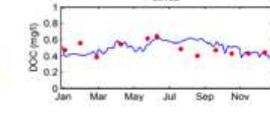
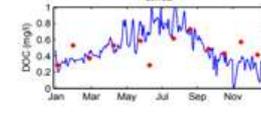
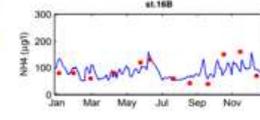
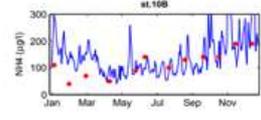
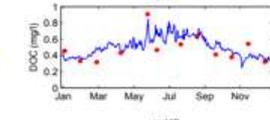
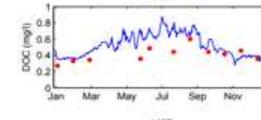
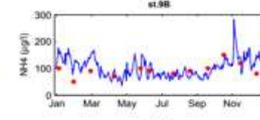
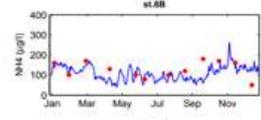
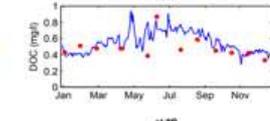
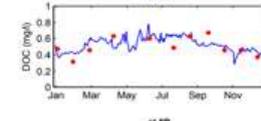
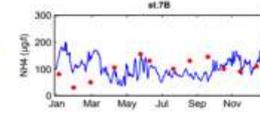
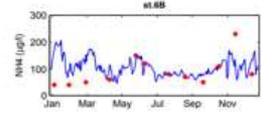
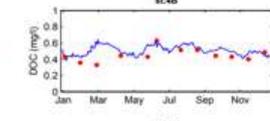
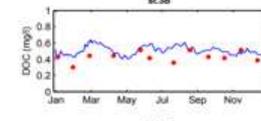
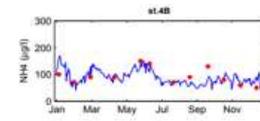
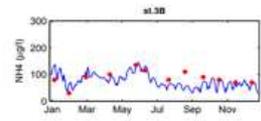
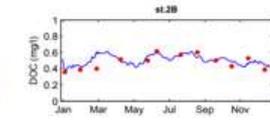
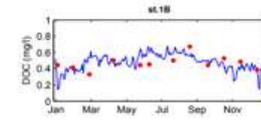
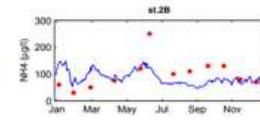
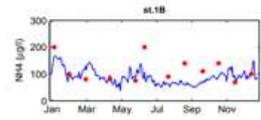
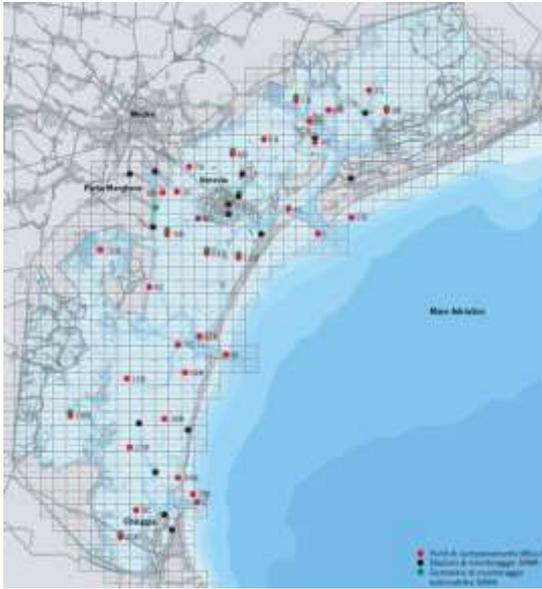
Variazione età mesi invernali





# Modello biogeochimico anno 2005 azoto e carbonio (OGS)

**Finalità :** riprodurre processi biogeochimici in Laguna di Venezia (validazione negli anni 2005, 2008 e 2019)





- Le morfologie lagunari perdono più di 600.000 m<sup>3</sup>/anno;
- Gli interventi previsti nell'aggiornamento al piano morfologico permetterebbero di risparmiarne più di 400.000 m<sup>3</sup>/anno;
- Erosione avviene in larga parte durante eventi tempestosi: il MoSE può certamente interferire con il bilancio dei sedimenti;
- - La riduzione dei tiranti durante le chiusure del MoSE riduce significativamente l'apporto di sedimenti alle barene;
- Modelli suggeriscono ambiti nei quali le operazioni del MoSE è maggiormente impattante: livelli, morfologia e sedimenti, tempi di rinnovo dell'acqua.
- Gestione del MoSE deve ottimizzare la difesa della città, ma possono minimizzare l'impatto sulla morfologia lagunare.
- Strumenti per la valutazione degli effetti del MoSE in scenari di cambiamento climatico

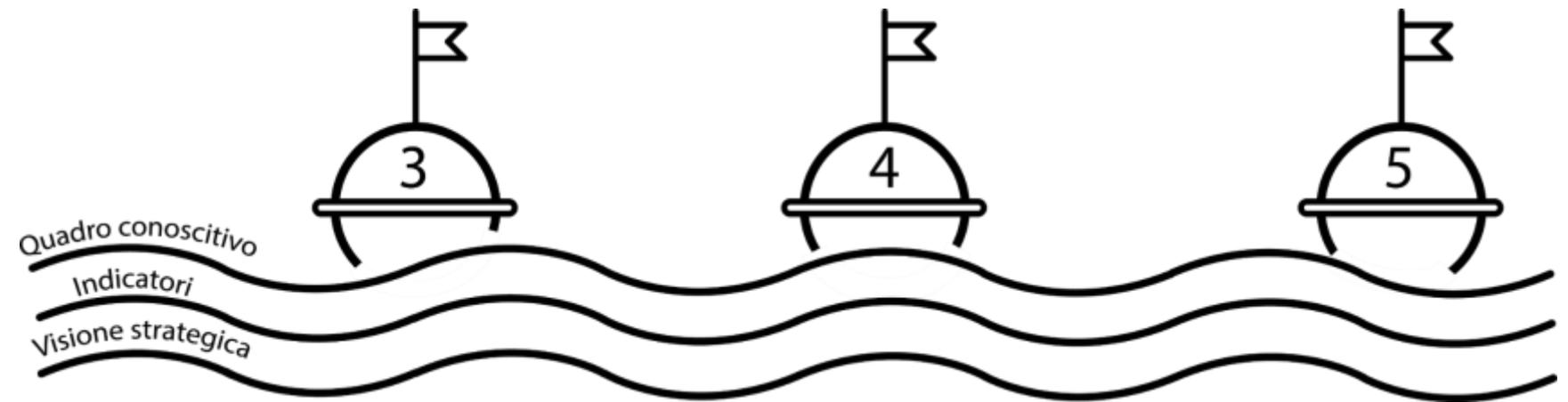
# Qualità del sedimento lagunare a supporto della sua gestione sostenibile

## Obiettivi prefissati e raggiunti

Problematica del riutilizzo dei sedimenti lagunari

Valutazione dello stato di salute dell'ecosistema lagunare e di una sua adeguata gestione

Servizi ecosistemici che la laguna offre all'uomo: quanto "valgono" e come mantenerli per le generazioni future



A

Supportare nuova normativa per la gestione dei sedimenti lagunari

B

Valutare effetti cronici di miscele di contaminanti nei sedimenti

C

Identificare fattori di stress per molluschicoltura dovuti al MOSE

D

Studiare contributo della frazione ultrafine alla distribuzione di contaminanti

E

Mappare i sedimenti della laguna sulla base del potenziale metabolico dei microorganismi

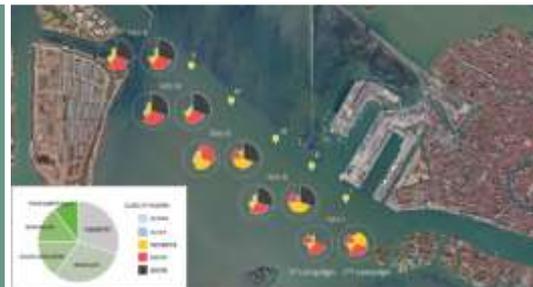


## A

Supportare nuova normativa per la gestione dei sedimenti lagunari

L'approccio integrato WoE ha permesso di ottenere una migliore caratterizzazione del rischio associato ai sedimenti contaminati.

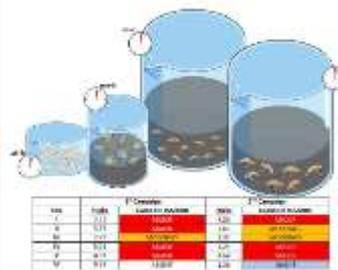
Il ventaglio di evidenze (chimica, bioassay, bioaccumulo, biomarker) si arricchisce ora di una nuova linea in grado di tradurre in un indice quantitativo le alterazioni nei profili di espressione genica.



## B

Valutare effetti cronici di miscele di contaminanti nei sedimenti

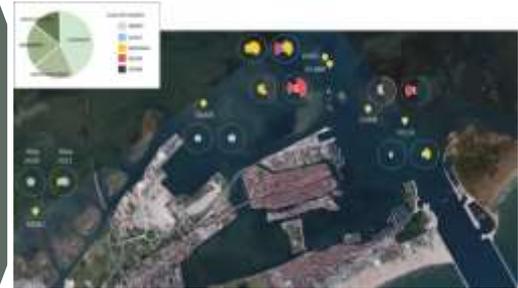
I risultati di bioassay, biomarkers and omics evidenziano come, oltre all'analisi degli effetti di tipo acuto, sia fondamentale indagare gli effetti per esposizioni croniche (più frequenti in ambienti naturali rispetto a quelle acute) e a diversi livelli biologici (organismo, cellula e DNA).



C

Identificare fattori di stress per molluschicoltura dovuti al funzionamento del MOSE

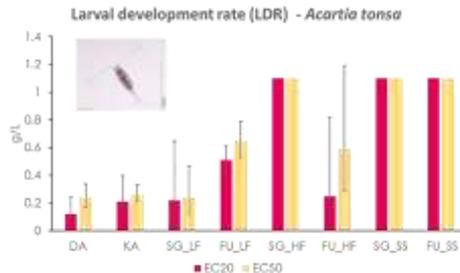
Non sono state evidenziate particolari differenze pre e post-MOSE, sia nei parametri ambientali che nella crescita e mortalità delle vongole e dei mitili. L'applicazione di un approccio WoE ha confermato la mancanza di differenze significative.



## D

Studiare contributo della frazione ultrafine alla distribuzione di contaminanti

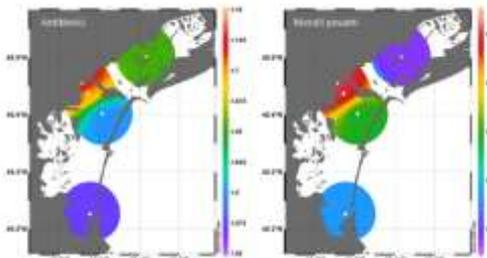
Si può ipotizzare che la frazione ultrafine di per sé sia poco rilevante in termini di effetti sulle specie testate, mentre potrebbe essere maggiormente rilevante il suo ruolo come carrier di potenziali inquinanti presenti nel comparto acquatico.



## E

Mappare i sedimenti della laguna sulla base del potenziale metabolico dei microorganismi

Le aree cronicamente inquinate (Marghera e Tresse) sono risultate hotspot di geni legati alla resistenza agli antibiotici e ai metalli pesanti la cui mobilitazione, a causa del trasporto di sedimenti, potrebbe portare alla diffusione e all'accumulo di questi tratti genetici con potenziali rischi per l'ambiente e la salute.



## Contaminanti emergenti in laguna, esposizione ed effetti

## Obiettivi

**Inquinanti emergenti:** composti chimici che non sono attualmente (o sono stati solo recentemente) regolamentati e su cui esistono preoccupazioni in merito al loro impatto sulla salute umana e sull'ambiente

Stato di contaminazione delle acque, sedimenti e biota della laguna di Venezia; principali sorgenti, distribuzione e destino nell'ambiente acquatico lagunare.

- Approccio sia sperimentale che modellistico.
- Attraverso la valutazione degli effetti ecotossicologici e del rischio ambientale, verranno identificate quali classi o singole sostanze richiedono di essere incluse in future attività di monitoraggio.



**Watch list per la Laguna di Venezia**



Campagne di campionamento di acqua e sedimento:

- Aprile-maggio 2019 - **primavera**
- Ottobre-novembre 2019 - **autunno**
- Luglio 2020 - **estate**
- Gennaio 2021 – **inverno**

Contaminanti analizzati:

- Watch List 2015
- Watch List 2018
- Bisfenolo
- Glifosato
- Fragranze
- PFASs
- Microplastiche

# Definiti i criteri di inclusione nella Watch list lagunare riassunti in un **flow chart**



## Watch list laguna VE

### 14 sostanze:

- Imidacloprid
- Clothianidin
- Thiacloprid
- Acetamiprid
- Ciprofloxacina
- Diclofenac
- EHMC
- PFOS
- Amyl salicylate
- Oranger Crystals
- Hexyl Salicylate
- Peonile
- Ambrofix
- Benzyl Salicylate

## NO Watch list laguna VE

### 12 sostanze:

- E2
- E1
- Erythromycin
- Clarithromycin
- Azithromycin
- Thiametoxan
- Methiocarb
- Oxadiazon
- Metaflumizone
- Glyphosate
- Bisphenol A
- PFOA

### 3 sostanze:

- EE2
- Amoxicillin
- Triallate

# Impatti vulnerabilità e rischi indotti dal cambiamento del clima

## PRINCIPALE OBIETTIVO

Fornire un quadro conoscitivo degli impatti, vulnerabilità e rischi indotti dai cambiamenti climatici sulla laguna di Venezia e la sua città metropolitana.

## 2. Attività e Risultati

IUAV - Maragno

*Sviluppo del modello digitale in 3D del sistema terra-acqua della gronda lagunare e della città metropolitana di Venezia*

### ATTIVITA':

Complessivamente l'attività ha riguardato tre fasi principali:

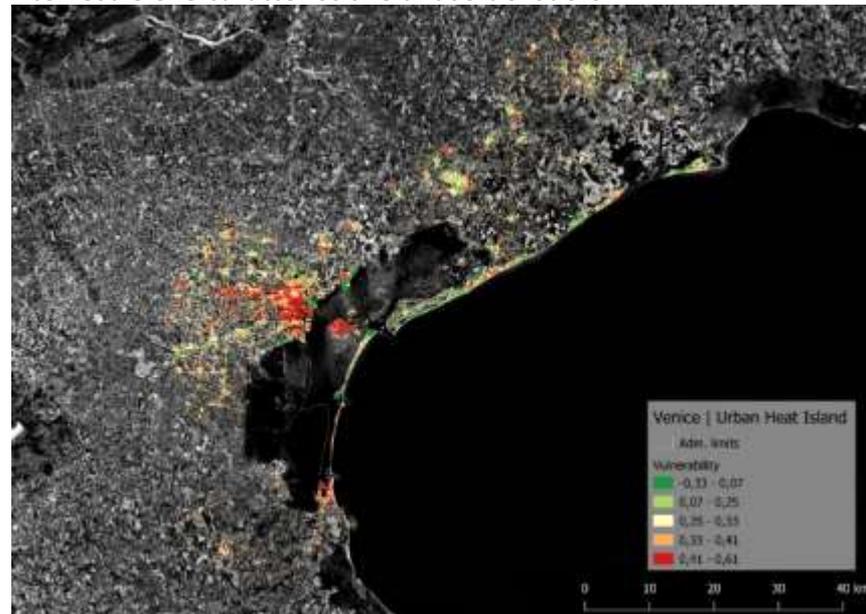
- la costruzione del modello digitale in 3D del sistema lagunare;
- la sperimentazione sul modello integrando gli scenari relativi agli impatti climatici;
- il supporto fornito alle altre Linee di ricerca del progetto.

L'uso combinato del modello 3D con informazioni spaziali prodotte tramite tecniche di *remote sensing* ha consentito lo sviluppo di specifiche metodologie di analisi di supporto alla valutazione della vulnerabilità territoriale e del rischio come esito di impatti generati dall'aumento di frequenza degli eventi estremi: ondate di calore, precipitazioni e mareggiate intense.

Gli impatti considerati hanno riguardato: **isole di calore urbane** (UHI), **inondazioni urbane** (Urban runoff) e **acqua alta** (High Tide).

### RISULTATO:

Es. Valutazione della vulnerabilità territoriale che evidenzia la correlazione spaziale fra lo stato termico della superficie terrestre e le caratteristiche di uso del suolo.



Città Metropolitana di Venezia: vulnerabilità urbana a ondate di calore.

## 2. Attività e Risultati

OGS - Canu

*Applicazione di modelli integrati trasporto-biogeochimica semplificati e modelli di nicchia per la stima degli effetti di possibili scenari di cambiamento climatico*

### ATTIVITA':

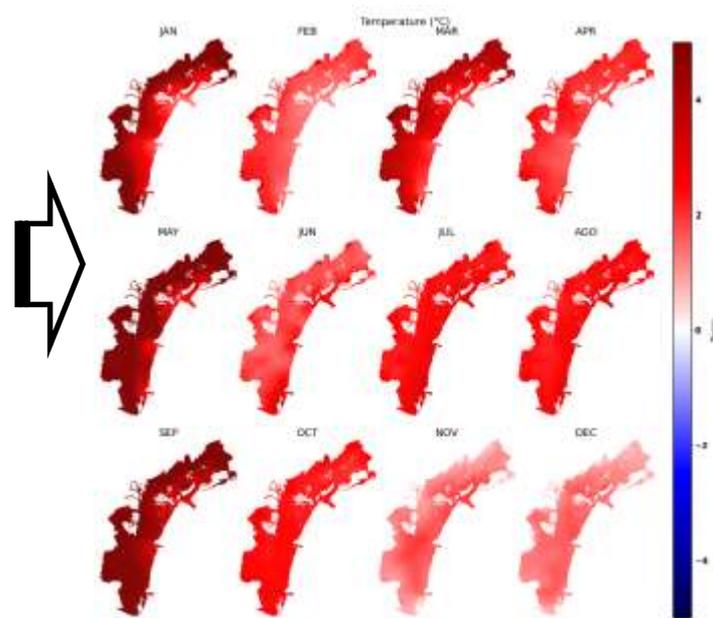
Simulazioni di scenario climatico fisico e biogeochimico della laguna di Venezia.

1. Setup delle simulazioni di scenario RCP 4.5 e RCP 8.5 elaborando i dati climatici, acquisendone di ulteriori (al di fuori del progetto) e producendo delle analisi statistiche per definire le condizioni forzanti meteo e le condizioni chimico-fisiche e biogeochimiche al contorno.
2. Simulazioni di scenario (RCP 4.5 e RCP 8.5) idrodinamico, chimico-fisico e biogeochimico fino al 2100, con MOSE operativo, ad alta risoluzione spaziale e temporale con il modello SHYFEM Venlag\_BIO20.

**Outputs: livello dell'acqua, temperatura, salinità, nutrienti, clorofilla e ossigeno disciolto.**

3. Simulazioni di scenario RCP 8.5 con modello di accrescimento di *Ruditapes philippinarum* integrato al modello biogeochimico per stimare l'effetto potenziale delle alterazioni fisiche e biogeochimiche sulla biomassa di questi bivalvi nelle aree di concessione lagunari nel 'mid-future' (2049) e 'far-future' (2090).

### RISULTATO:



Evoluzione spaziale e temporale dell'anomalia della temperatura media mensile delle acque lagunari per lo scenario futuro RCP 8.5 di medio termine (2049-50). L'anomalia è stata calcolata sulla media mensile degli anni 2019 e 2049.

## 2. Attività e Risultati

*Sviluppo ed applicazione di una metodologia di analisi di vulnerabilità e rischio ai cambiamenti climatici (UNIVE – Critto)*

### MODULO LAGUNARE

#### **ATTIVITA':**

Validazione e configurazione dei modelli di Intelligenza Artificiale (Machine Learning) per gli scenari futuri di classificazione della clorofilla nella laguna di Venezia.

Gli scenari validati per le condizioni storiche (2008-2019 grazie ai dati di qualità dell'acqua monitorati dalla rete SAMANET).

**Stima clorofilla** per condizioni climatiche future:

- scenario RCP 8.5 per gli anni 2049 e 2099,
- e stimate chiusure del Mose per gli anni 2049 e 2090.



#### **RISULTATO:**

Si evidenzia un trend decrescente per i valori di clorofilla più bassi, mentre si nota un **trend crescente per i valori di clorofilla più alti**. A livello stagionale l'estate resta la stagione con i più alti valori di clorofilla in tutti gli scenari, sebbene nel 2099 ci si aspetta anche un **incremento dei valori di clorofilla durante la stagione primaverile**.

## 2. Attività e Risultati

*Sviluppo ed applicazione di una metodologia di analisi di vulnerabilità e rischio ai cambiamenti climatici (UNIVE – Critto)*

### MODULO COSTIERO

#### ATTIVITA':

Rischio di erosione e di variazione qualità dell'acqua.

Sviluppo di un modello a catena multipla “**multi-model chain**” per l'analisi degli scenari di cambiamento climatico a supporto della gestione del **rischio di erosione costiera e della qualità dell'acqua.**

- Analisi nei diversi scenari futuri per tre indicatori: **movimento linea di costa (NSM), coefficiente di attenuazione diffusa della luce (KD) e materiale particolato sospeso (SPM).**



#### RISULTATO:

Predominanza della condizione di **stabilità della linea di costa fino al 2030 e di erosione nella decade 2031 e 2040;** mentre si prospetta un **incremento della deposizione di sedimenti lungo la costa nella decade tra il 2041 e 2050,** la quale è anche associata ad un peggioramento delle condizioni della qualità dell'acqua, in termini di materiale particolato sospeso.

## 2. Attività e Risultati

*Sviluppo ed applicazione di una metodologia di analisi di vulnerabilità e rischio ai cambiamenti climatici (UNIVE – Critto)*

### ATTIVITA':

Mappatura del rischio allagamento da piogge intense per gli scenari futuri (fino al 2050) per la città Metropolitana di Venezia.

Sviluppo di un modello di Machine Learning che considera gli scenari futuri di cambiamento climatico (RCPs 4.5 e 8.5) partendo dai dati storici di piogge intense e da 9 caratteristiche territoriali (es. distanza dai fiumi e dalle strade, permeabilità) che possono contribuire al rischio allagamento da piogge intense.  
→ Individuazione delle aree a maggiore rischio di alluvione da piogge intense



### MODULO TERRESTRE

### RISULTATO:

Stima per gli scenari futuri con **RCP 4.5** di un rischio maggiore di inondazioni pluviali nel primo e quarto trimestre per i tre decenni futuri. Il quarto trimestre del periodo 2041-2050 risulta il più critico.

Nello scenario peggiore **RCP 8.5**, i modelli evidenziano un **aumento consistente di eventi estremi** per i decenni futuri rispetto allo scenario di baseline.

## 2. Attività e Risultati

CMCC – Mysiak, Torresan

*Stima degli impatti economici legati ai fenomeni indotti dai cambiamenti climatici*

### ATTIVITA':

Stima degli impatti economici associati agli eventi alluvionali a Venezia Centro Storico in base a:

- clima storico (2000-2019),
- proiezione del clima che prevede un'elevata concentrazione di gas a effetto serra (2040-2050; RCP 8.5).

Metodo: **modello di danno da alluvione** calibrato ad hoc per la stima dei danni diretti (materiali) e indiretti (interruzione attività produttiva).



### RISULTATO:

Il danno annuale stimato totale diretto e indiretto dovuto alle inondazioni **aumenterà di oltre tre volte** rispetto ai livelli attuali nello scenario RCP 8.5 entro la metà del secolo se il MOSE non viene attivato. Quando il MOSE viene attivato a livelli d'acqua superiori a 130 cm, il danno annuale **si riduce di oltre il 90%**.

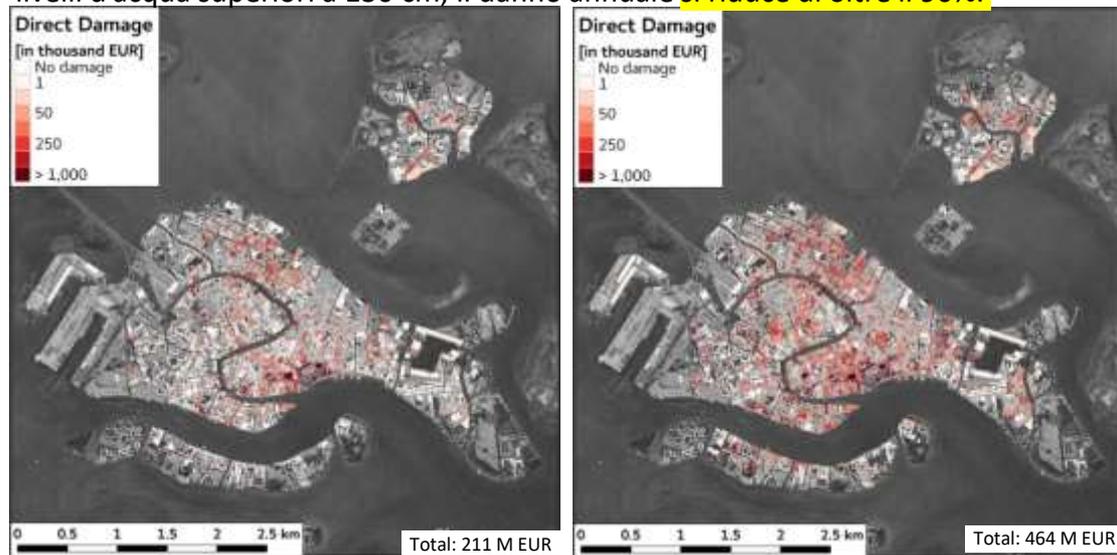


Figura 5. Danni diretti totali agli edifici in migliaia di EUR per eventi con periodo di ritorno pari a 100 anni per il periodo storico (2000-2019) (sinistra) e proiezione delle alte emissioni per il 2040 (destra).

# Piano di adattamento della laguna di Venezia e della Città Metropolitana



**Piano di adattamento territoriale**, che indica misure, azioni e politiche che possono e devono essere messe in atto per mitigare gli impatti del cambiamento climatico come l'eccesso d'acqua (inondazioni, allagamenti, bombe d'acqua, ecc.) e le possibili ondate di calore. In questo modo il territorio potrà dirsi adattato alle diverse condizioni climatiche future.

Carta Azioni e Misure del Piano di adattamento territoriale. (Tipologia 1: arredo urbano; Tipologia 2: comunicazione e sensibilizzazione; Tipologia 3: gestione dei rischi; Tipologia 4: gestione delle acque; Tipologia 5: greening urbano; Tipologia 6: protezione della costa; Tipologia 7: superfici fredde).

## Strategie di intervento

### per la salvaguardia del patrimonio architettonico

- a. Quadro conoscitivo del paesaggio lagunare e relativa mappatura dal punto di vista ambientale e climatico, socio-economico e di *governance*.
- b. Quadro conoscitivo del rapporto architettura, beni culturali, ambiente. Valutazione quantitativa su casi di studio della **distribuzione di umidità e contenuto di sali solubili** in range temporale di oltre 30 anni e integrazione di database sull'entità del processo di umidità di risalita a Venezia.
- c. Modelli ed indicatori per valutazioni di vulnerabilità. Analisi a scala architettonica della vulnerabilità per Palazzo Malipiero e Casa Bizantina, con caratterizzazione dei materiali, forme di degrado e dissesto, lettura stratigrafica e interventi pregressi rilevati. → **Set di indicatori multidisciplinari condivisi dello stato di conservazione**.
- d. Definizione del **piano di monitoraggio e controllo**. Realizzazione di metodologie non invasive, economiche e «smart» per il monitoraggio del processo di risalita capillare nelle murature: rilevazione dell'umidità con sistemi a resistenza, a capacitanza e a microonde, associate a immagini raccolte con Termocamera





Il «sistema MOSE», che include le barriere e l'impermeabilizzazione della piazza rappresenta una **misura di adattamento al Sea Level Rise** che salva la città dai deleteri effetti delle inondazioni ricorrenti (obbiettivo raggiunto!) ed insieme comincia una **esperienza nuova di "laguna regolata"**. Bisogna completare gli interventi in città.

È stato svolto nel 2019-2021 un **grande progetto integrato** multi-Enti e multi-discipline, che fornisce **risultati inter-disciplinari coerenti**. Le ricerche hanno sviluppato **nuova conoscenza** di grande qualità, confrontata a livello internazionale e validata dalle pubblicazioni referate. **Sappiamo da dove si parte**.

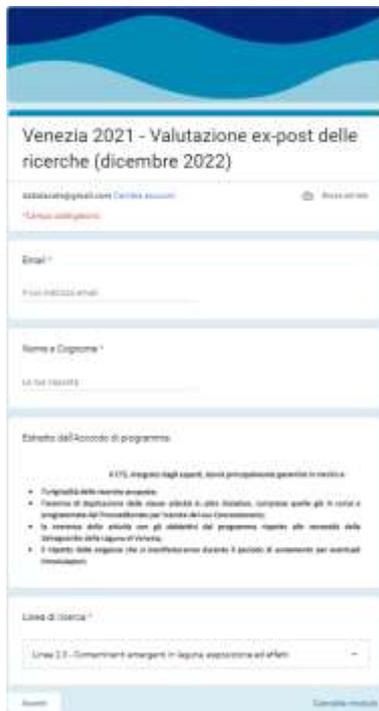
Per il futuro, grazie a Venezia2021, si propongono non solo **nuove metodologie** sperimentate, ma anche un **nuovo sistema integrato di osservazioni e modelli matematici validati**, in grado di fornire gli elementi essenziali di *nowcasting* e di *forecasting*, a breve e a medio-lungo termine. La sfida è quella di **gestione consapevole, sostenibile ed adattativa** non solo del sistema MOSE, ma anche dell'intero insieme città-laguna.

Ciò permetterà anche di cominciare a **pensare oggi agli ulteriori interventi** che dovranno essere progettati e realizzati, prima della fine del secolo corrente, per fare fronte ai diversi effetti del cambiamento del clima.

# Valutazione tecnico- scientifica indipendente

Comitato Tecnico Scientifico composto da:

- Dott. Arturo Accolla, Roma
- Prof. Giuliano Di Baldassarre, Università di Uppsala
- Prof. Giovanni De Marinis, Università degli studi di Cassino e del Lazio Meridionale
- Prof. Francesco Regoli, Università Politecnica delle Marche
- Prof. Michelangelo Russo, Università degli Studi di Napoli Federico II
- Prof. Gianluca Sarà, Università di Palermo
- Prof. Alberto Zirino, Università di San Diego, California



Valutazione *ex ante*

5 Valutazioni *in itinere*

Valutazione *ex post*

- Raggiungimento degli obiettivi
- Valorizzazione dei risultati
- Spunti per il futuro
- Valutazione generale

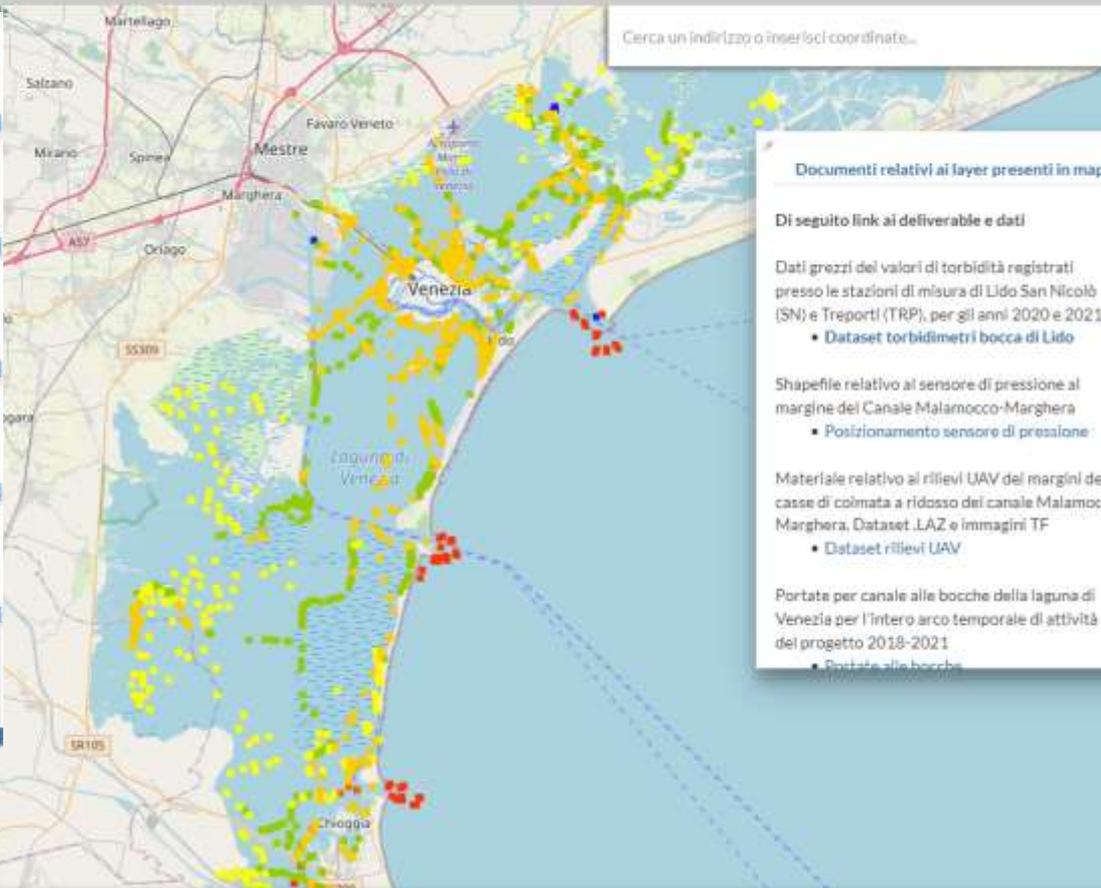

**Dati Venezia2021**

Filtra layers

Aggiungi Livello

- Ostriche
- Monitoraggio ostrich...
  - gold point 100%
  - Monitoraggio ostrich...
    - yellow point 100%
    - Monitoraggio ostrich...
      - dark yellow point 100%
  - Default
  - Stazioni genotipi
    - orange point 100%

- Stazioni impatto rum...
  - red point 100%
- Stazioni monitoraggi...
  - violet point 100%
- Stazioni Microbiche
  - azure point 100%
- Torbidimetri bocche ...
  - gold point 100%
- Monitoraggio acqua ...
  - red point 100%
- Aree studio/campion...
  - orange point 100%



## Documenti relativi ai layer presenti in mappa

## Di seguito link ai deliverable e dati

Dati grezzi dei valori di torbidità registrati presso le stazioni di misura di Lido San Nicolò (SN) e Treporti (TRP), per gli anni 2020 e 2021

- [Dataset torbidimetri bocca di Lido](#)

Shapefile relativo al sensore di pressione al margine del Canale Malamocco-Marghera

- [Posizionamento sensore di pressione](#)

Materiale relativo ai rilievi UAV dei margini delle casse di colmata a ridosso del canale Malamocco Marghera, Dataset .LAZ e immagini TF

- [Dataset rilievi UAV](#)

Portate per canale alle bocche della laguna di Venezia per l'intero arco temporale di attività del progetto 2018-2021

- [Portate alle bocche](#)





HOME

VIDEO

PLAYLIST

COMMUNITY

CANALI

INFORMAZIONI



Caricamenti recenti

I più popolari



Come sta la laguna di Venezia?

65 visualizzazioni • 3 mesi fa



Microplastiche nella laguna di Venezia

26 visualizzazioni • 6 mesi fa



Implementazioni di strategie di intervento per la salvaguardia del patrimonio...

50 visualizzazioni • 6 mesi fa



Linea 3.3 - Valutazione delle variazioni nella struttura funzionale e trofica in Laguna di...

25 visualizzazioni • 7 mesi fa



Laguna regoleta e mantenimento delle barene

125 visualizzazioni • 10 mesi fa



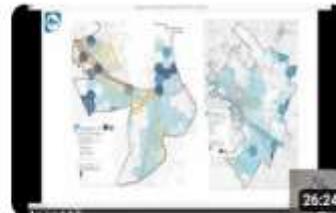
Monitoraggio rete SAMANET e chiusure MoSE nel mese di Dicembre 2020

73 visualizzazioni • 1 anno fa



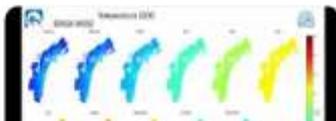
Oltre Venezia2021: nuove opportunità di collaborazione tra Ricerca e Pubbliche...

25 visualizzazioni • 1 anno fa



Piano di adattamento al cambiamento climatico - Venezia

96 visualizzazioni • 1 anno fa



Venezia2021.corila.it

**Grazie dell'attenzione**