

LE PROSPETTIVE DI RILANCIO DEL PORTO DI VENEZIA

Venerdì 4 novembre 2022 - Ateneo Veneto

Dinamica e resilienza del sistema lagunare veneziano, soggetto alla pressione antropica e ai cambiamenti Climatici

Marco Marani

Luca Carniello, Andrea D'Alpaos, Maria Francesca Caruso, Davide Tognin

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Università degli Studi di Padova

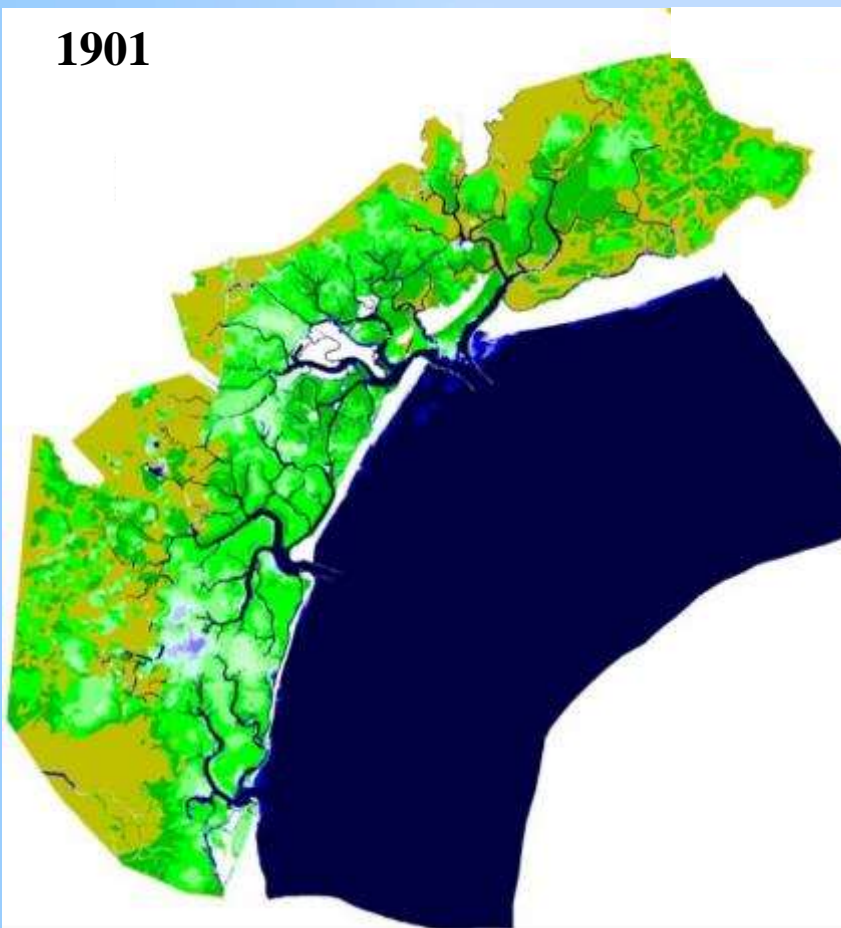
1222·2022
800
ANNI



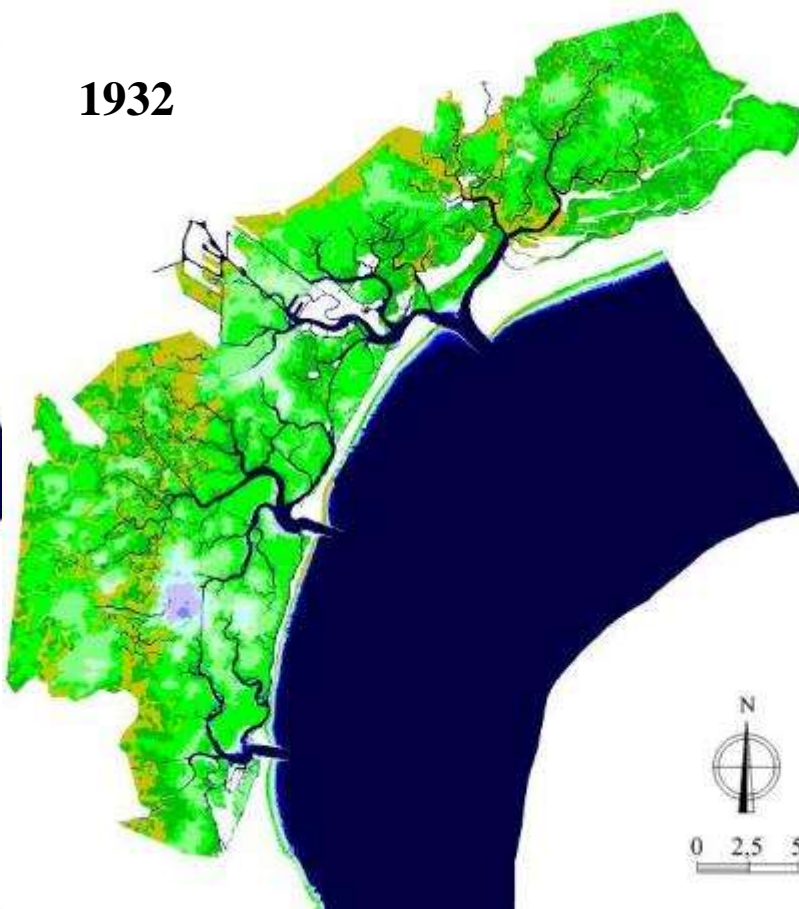
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

La morfologia della Laguna di Venezia nello scorso secolo

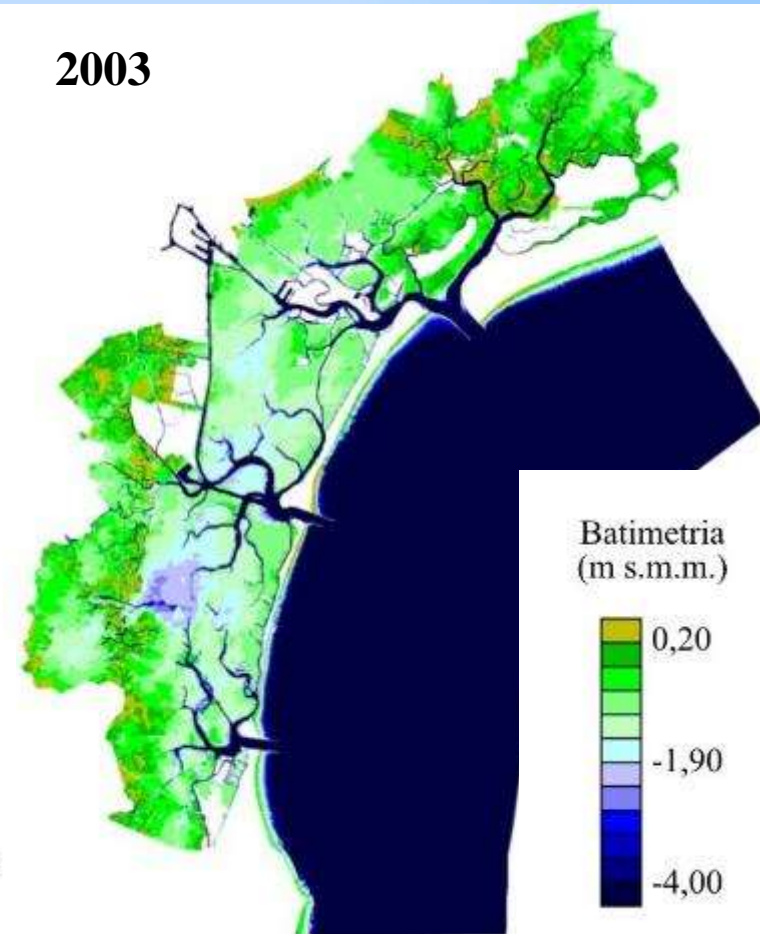
1901



1932



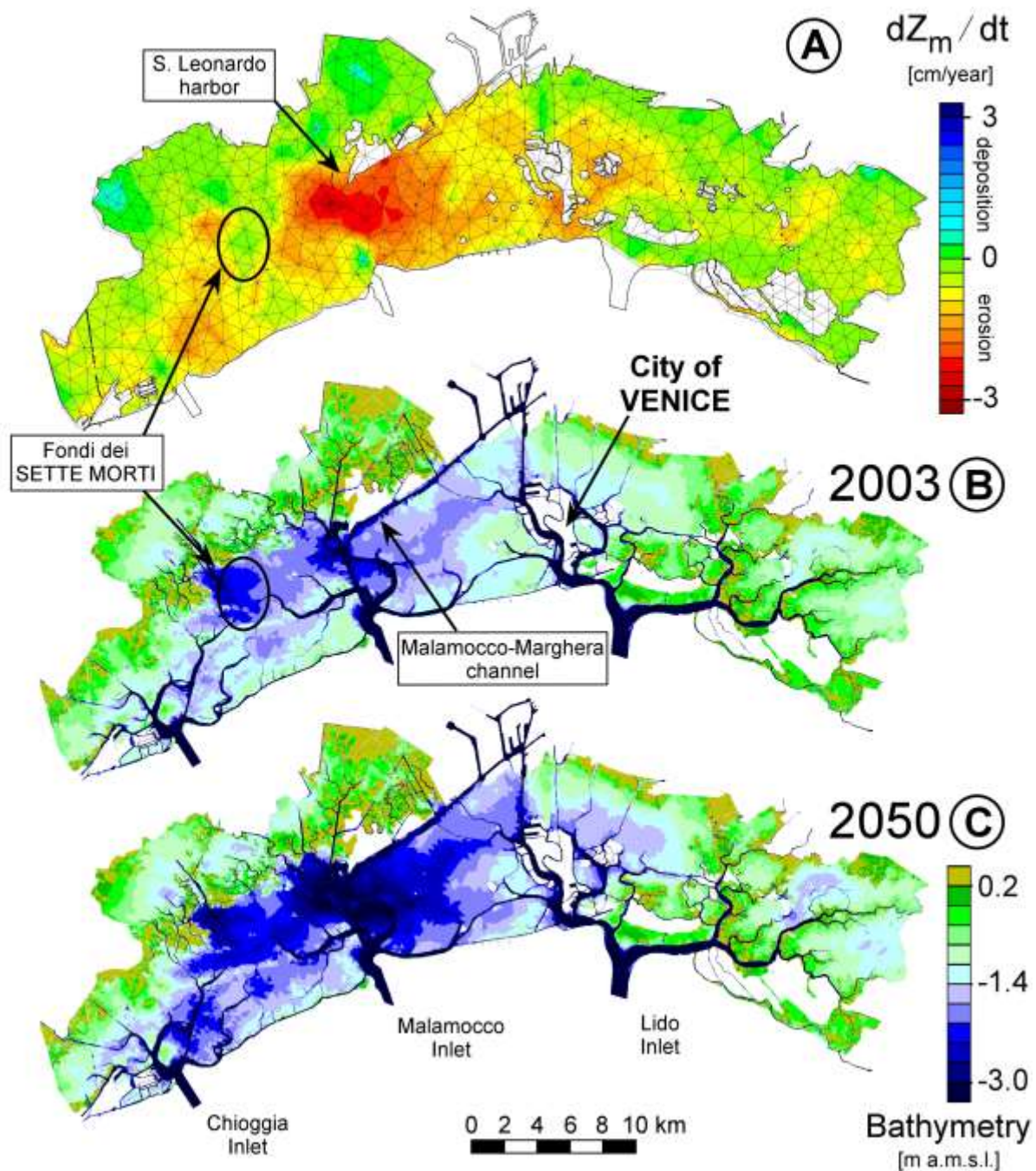
2003



- Erosione dei bassifondali

- Riduzione dell'area Delle barene

(L. D'Alpaos & L. Carniello - Universita' di Padova)



Erosione da bassofondi e velme

Bacino	Tasso erosivo (10^6 m ³ /anno)
Chioggia	0.21
Malamocco	0.74
Lido	0.21
Total	1.16

(Carniello et al., 2009)



Proposte di aggiornamento del Piano Morfologico Laguna di Venezia

**Interventi Prioritari previsti dal
proposto PMLV:**

**Strutture per limitare il trasporto di
sedimenti**

**Si tratta di barene artificiali poste in
fregio al canale Malamocco Marghera
per ridurre il trasporto di sedimento dai
bassifondali circostanti verso il canale
stesso, dove vengono depositati o
trasportati verso il mare.**

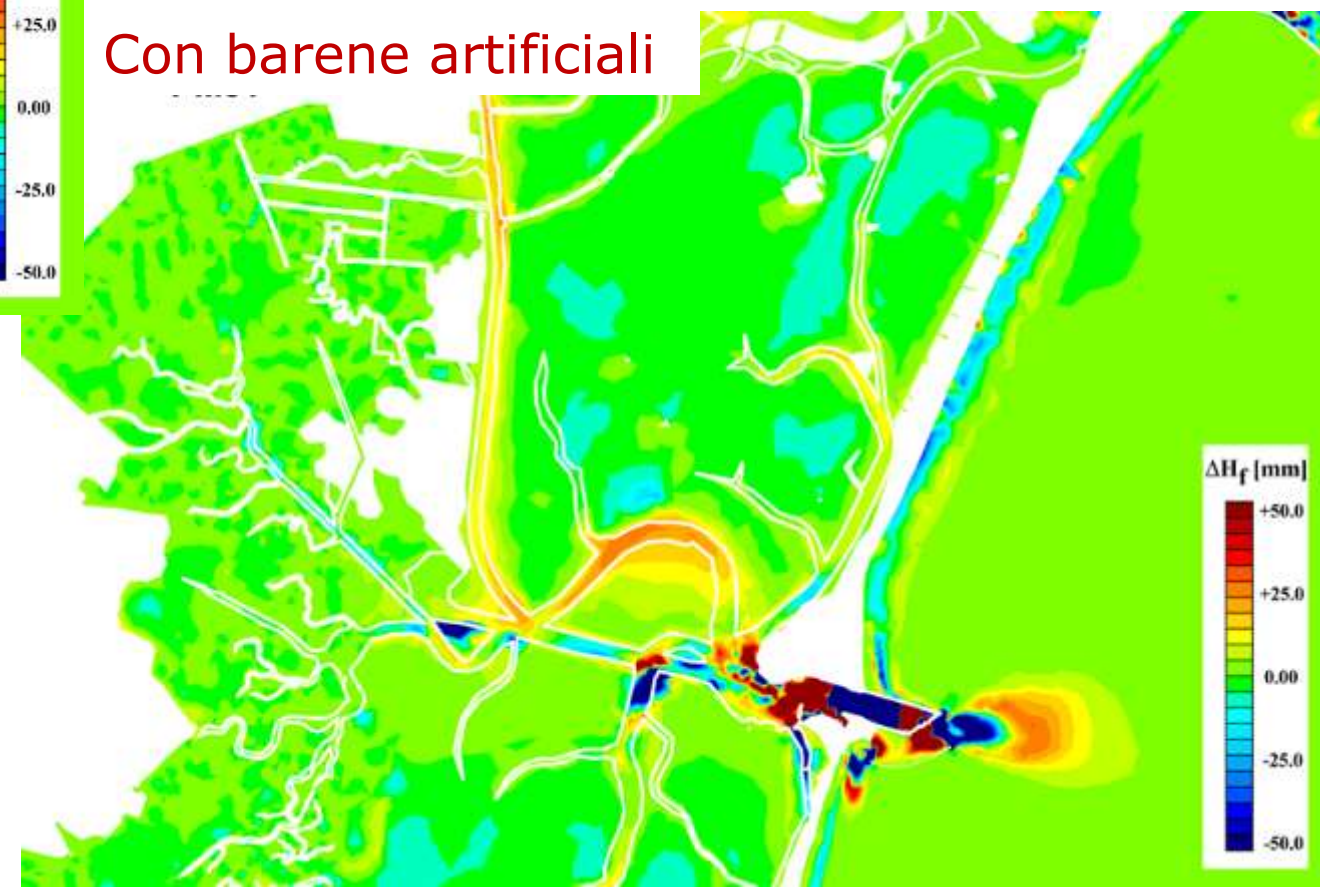


Stato Attuale



I benefici in prossimità del canale Malamocco-Marghera

Con barene artificiali



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



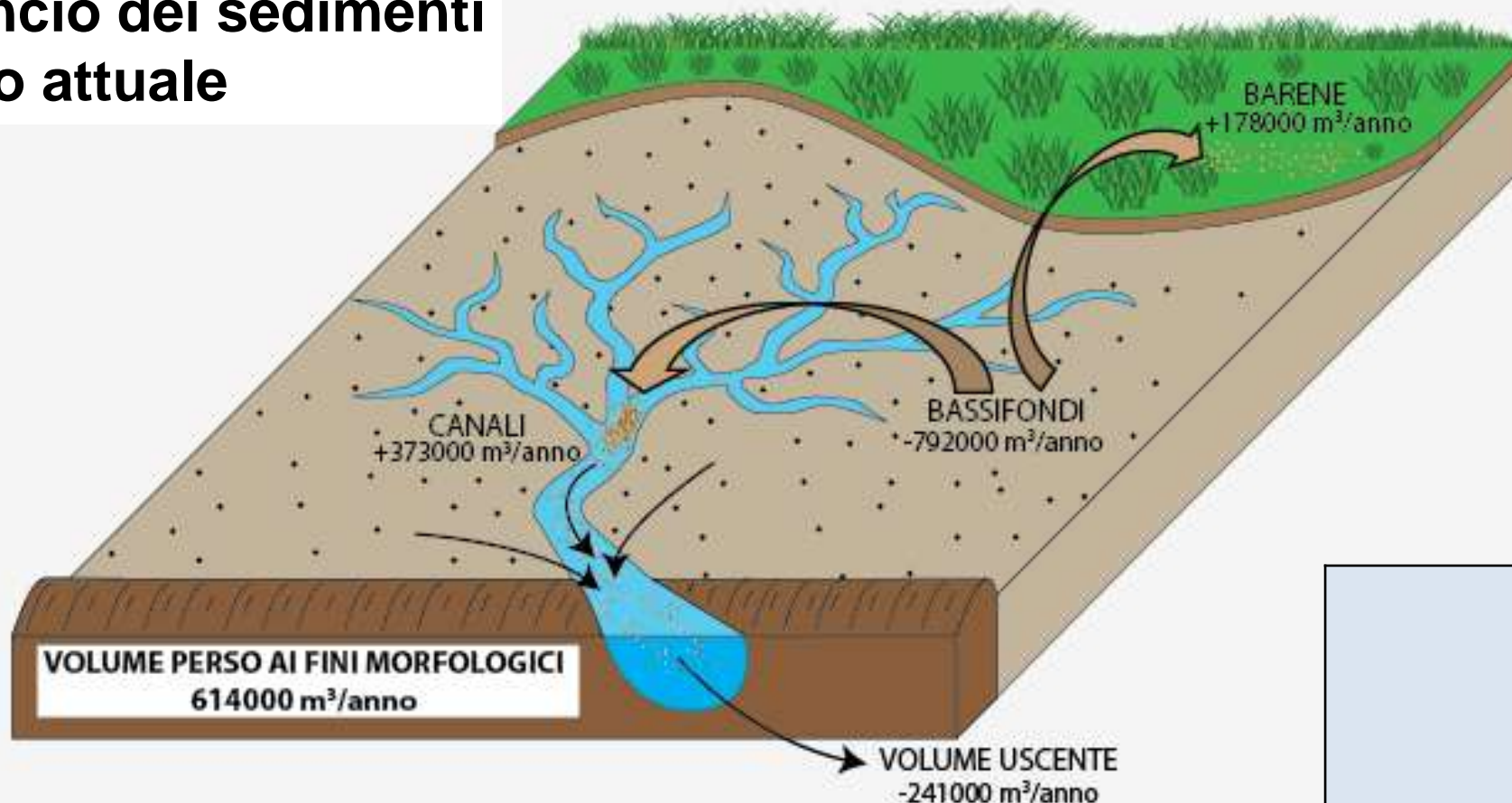
Venezia2021

La conservazione della morfologia



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Bilancio dei sedimenti stato attuale



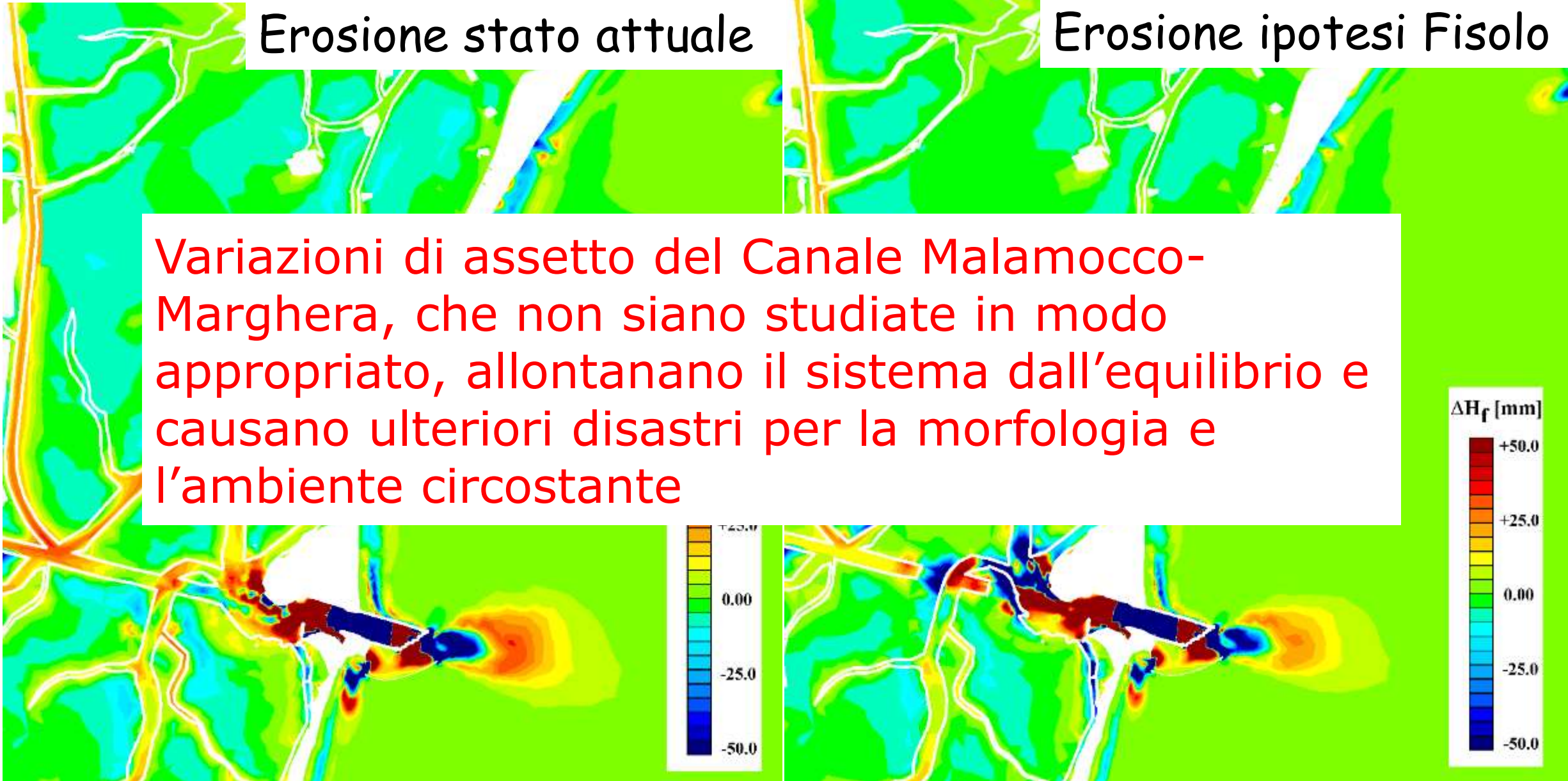
	Sedimenti Erosi/Depositati [m ³ /anno]	
	Stato Attuale	Piano Morfologico
Vol. Sedimenti «perso» ai fini Morfologici	-614000	-179000

FRAGILE, TRATTARE CON CURA: la «Soluzione Fisolo»

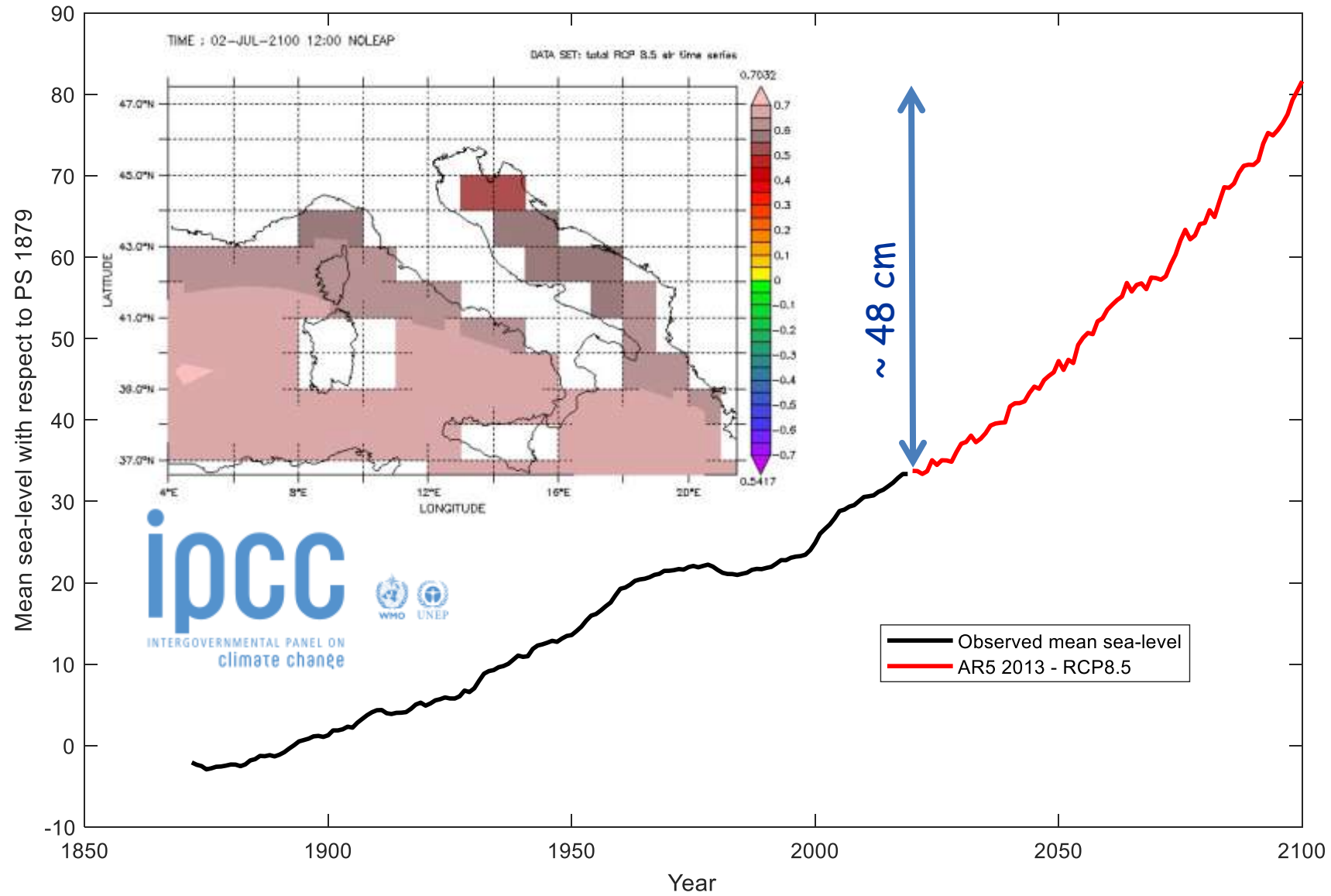
Erosione stato attuale

Erosione ipotesi Fisolo

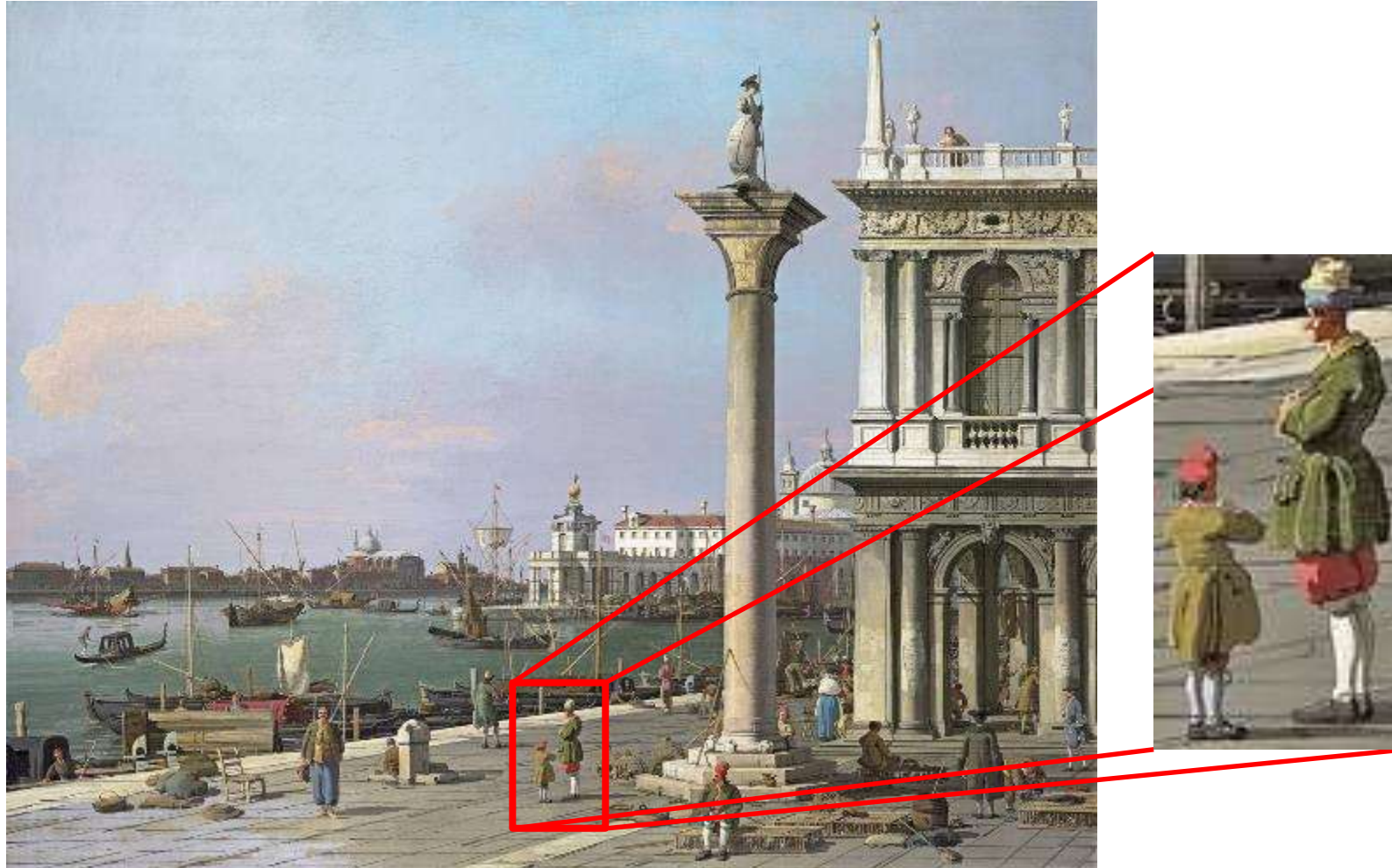
Variazioni di assetto del Canale Malamocco-Marghera, che non siano studiate in modo appropriato, allontanano il sistema dall'equilibrio e causano ulteriori disastri per la morfologia e l'ambiente circostante



E il futuro? Livello a Venezia secondo IPCC 2013 - RCP8.5 (subsidenza = 0)



La mareggiata del 4 Novembre 1966:
effetti di un medio mare che cambia



Canaletto, Il Bacino di San Marco dalla Piazzetta, 1750

La mareggiata del 4 Novembre 1966: effetti di un medio mare che cambia

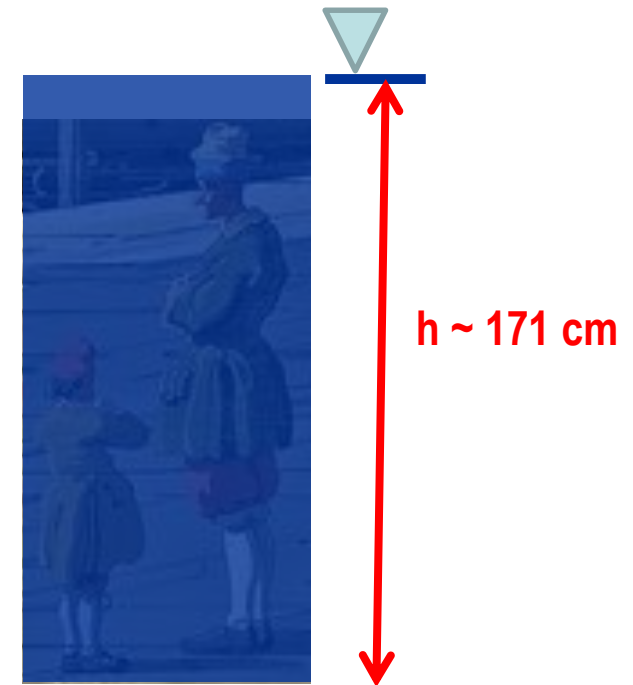
Medio mare del
1750



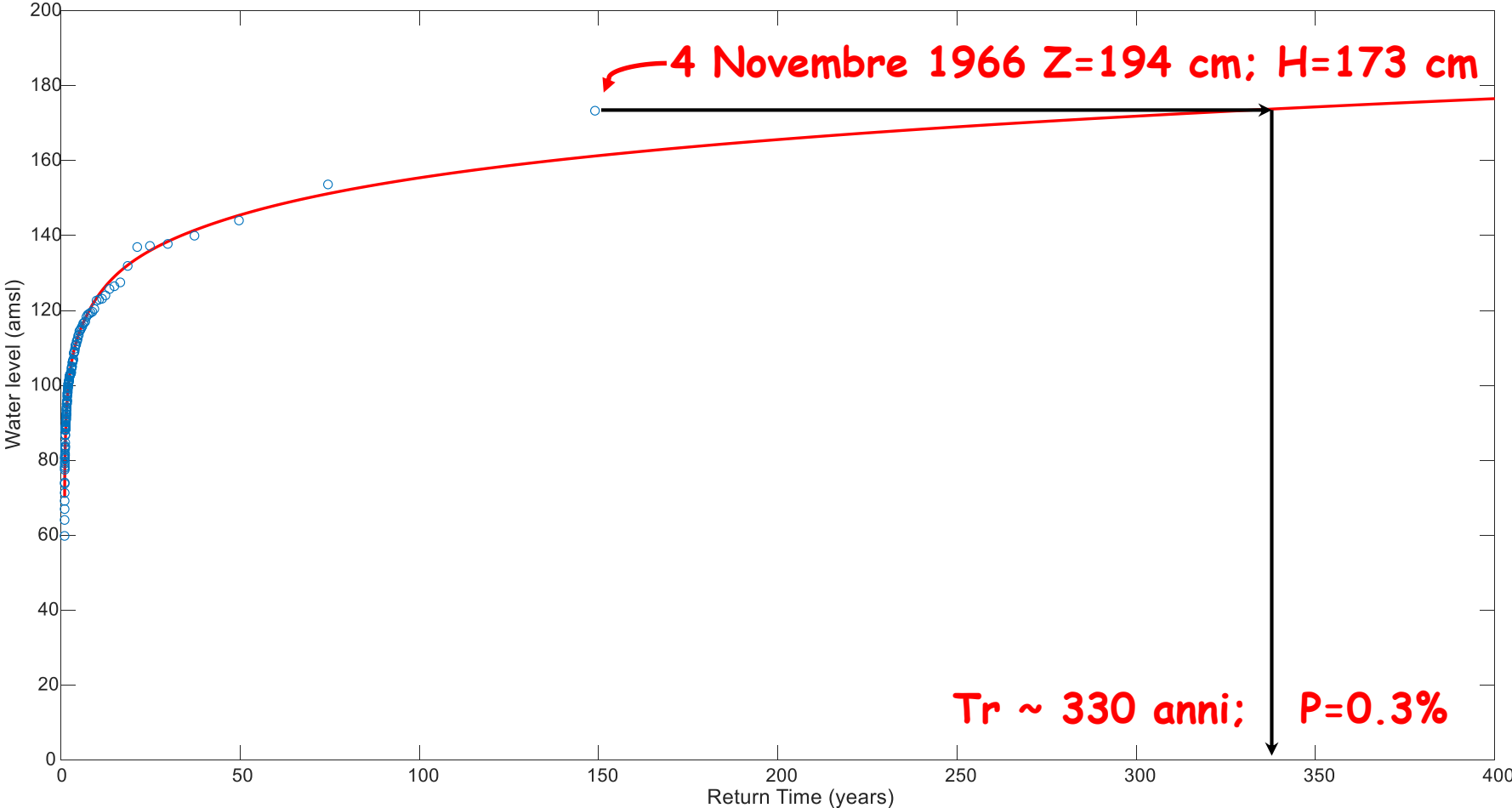
Medio mare del
1966



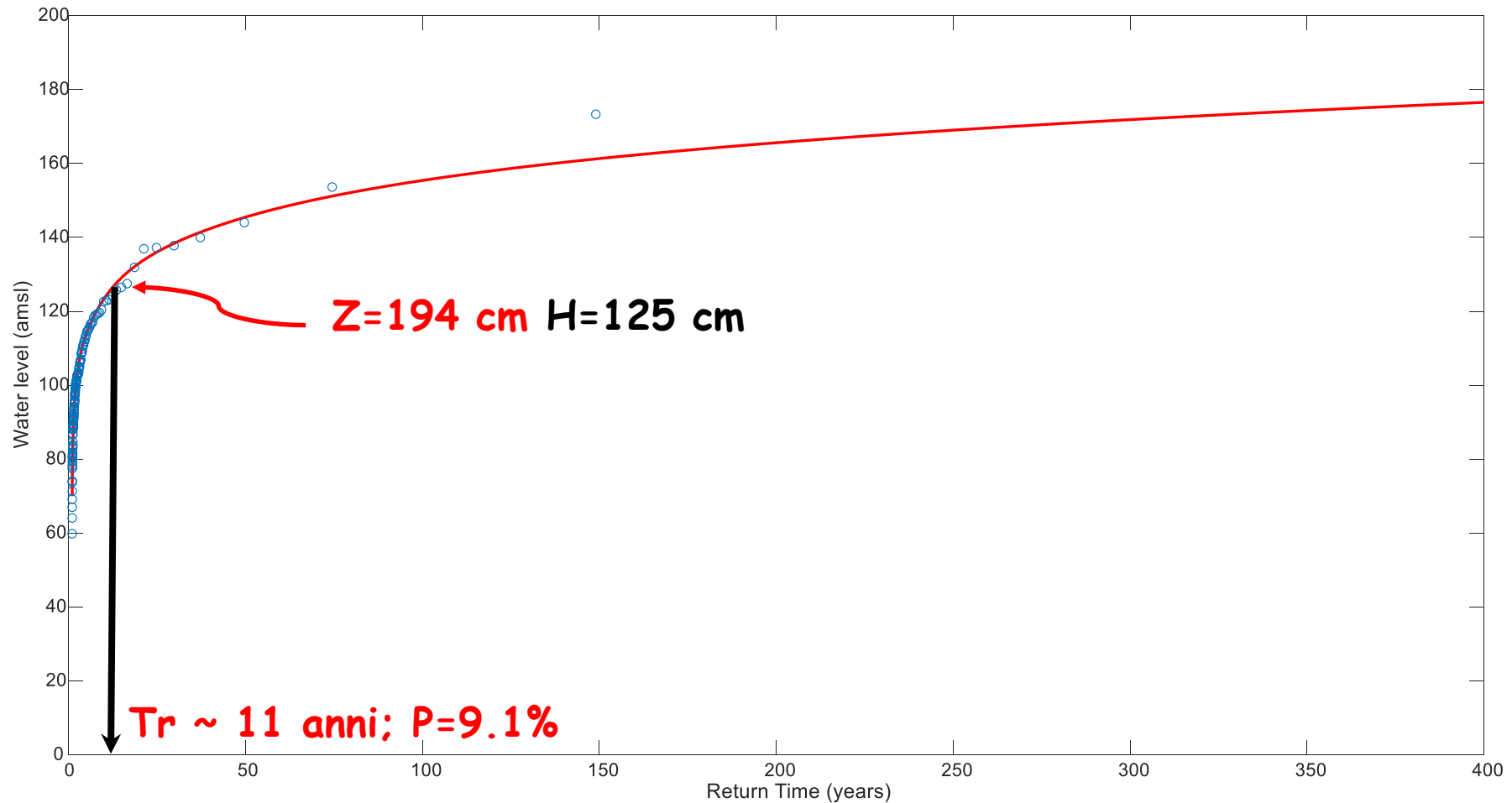
Medio mare
previsto 2100



Probabilità di acque **alte estreme** sulla base delle osservazioni a Venezia 1872-oggi



Proiezione acque alte estreme, anno 2100: $\Delta\text{MSL} = 48 \text{ cm}$ (IPCC RCP8.5)



Il sistema MOSE

Protegge la città da
acque alte estreme

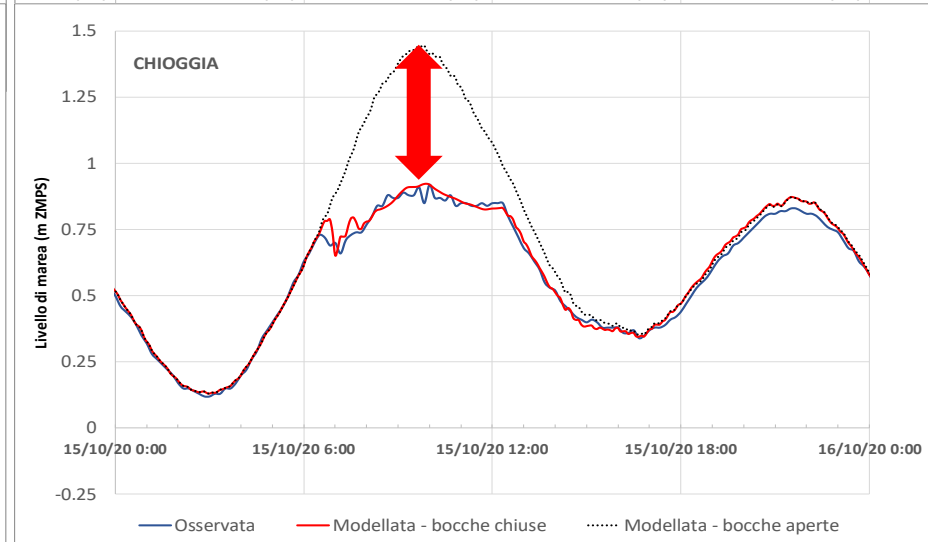
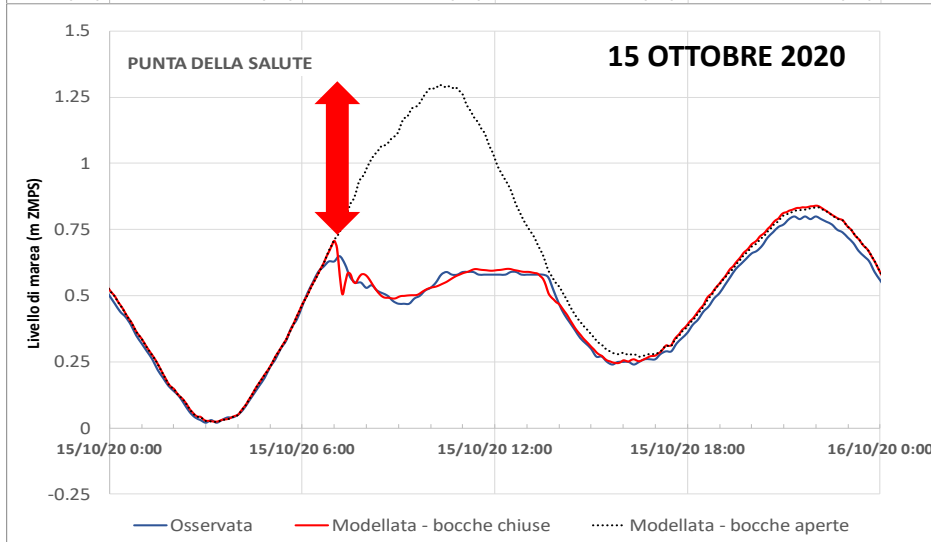
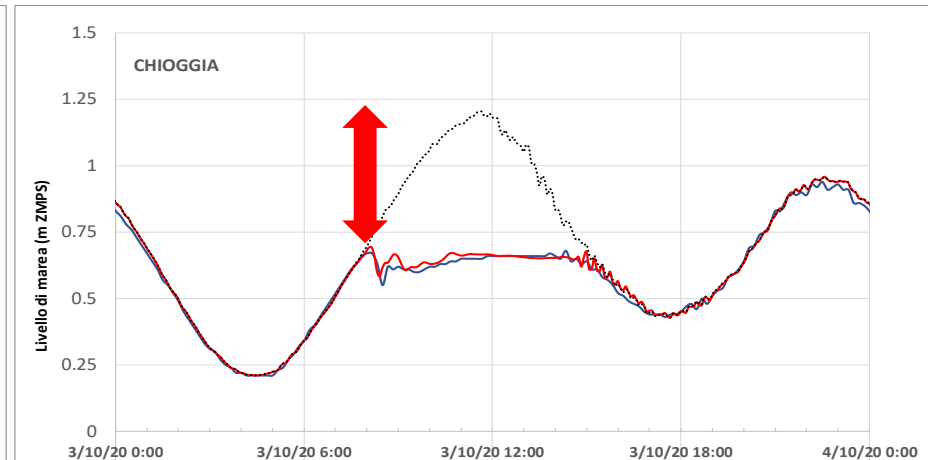
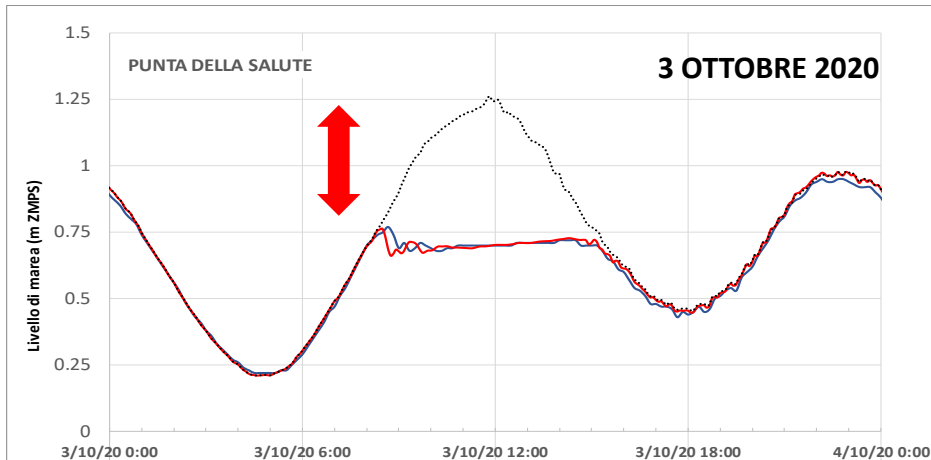
Quali effetti sulla
laguna ?



Previsione e ricostruzione degli effetti delle chiusure alle bocche

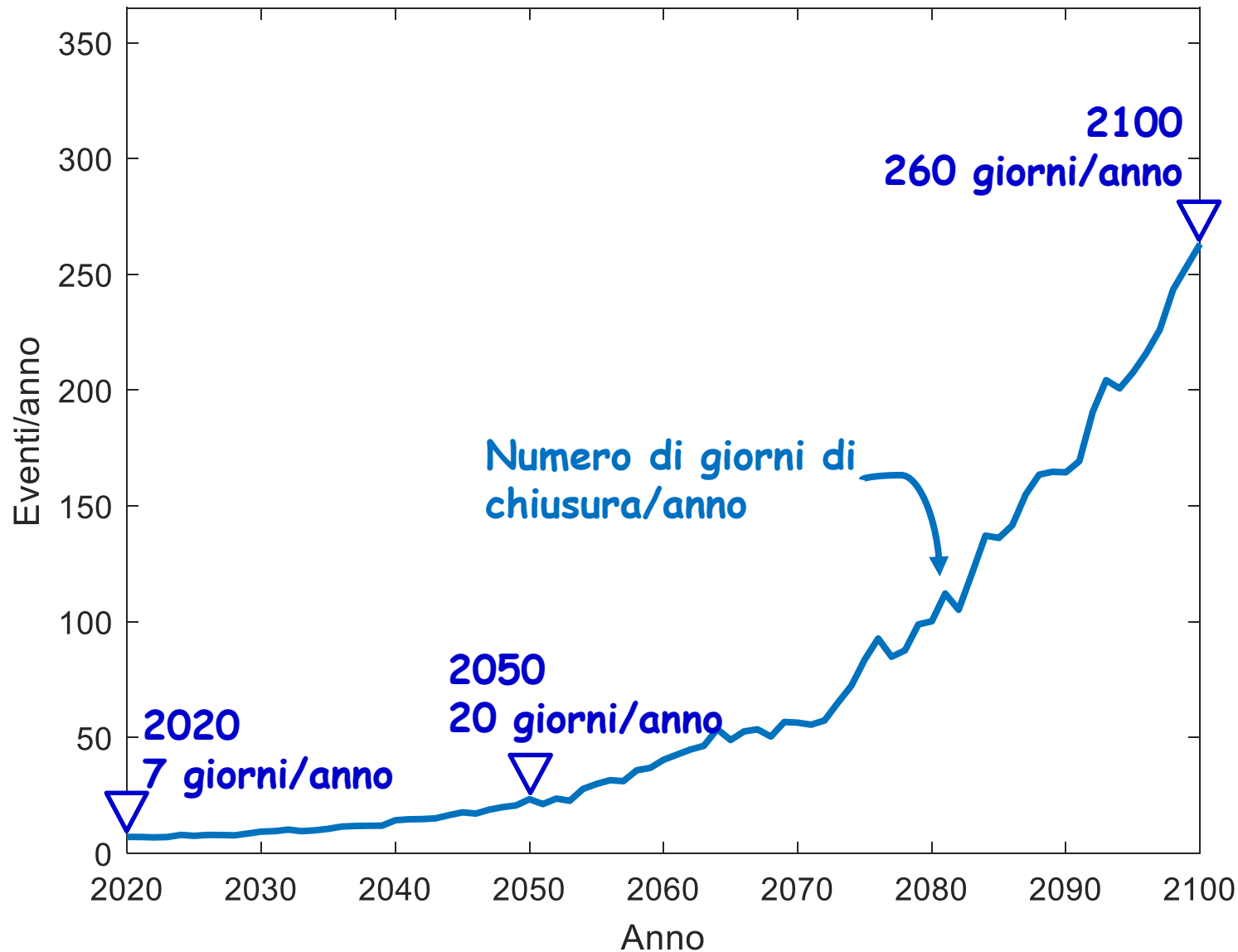


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



(Carniello, Mel, Viero, et al.)

IL MOSE e' dunque utile: ma quante chiusure?



La salvaguardia della città, prioritaria, ha un costo per le attività che si svolgono all'interno del sistema lagunare Veneziano.

Eventi erosivi e bilancio di sedimenti



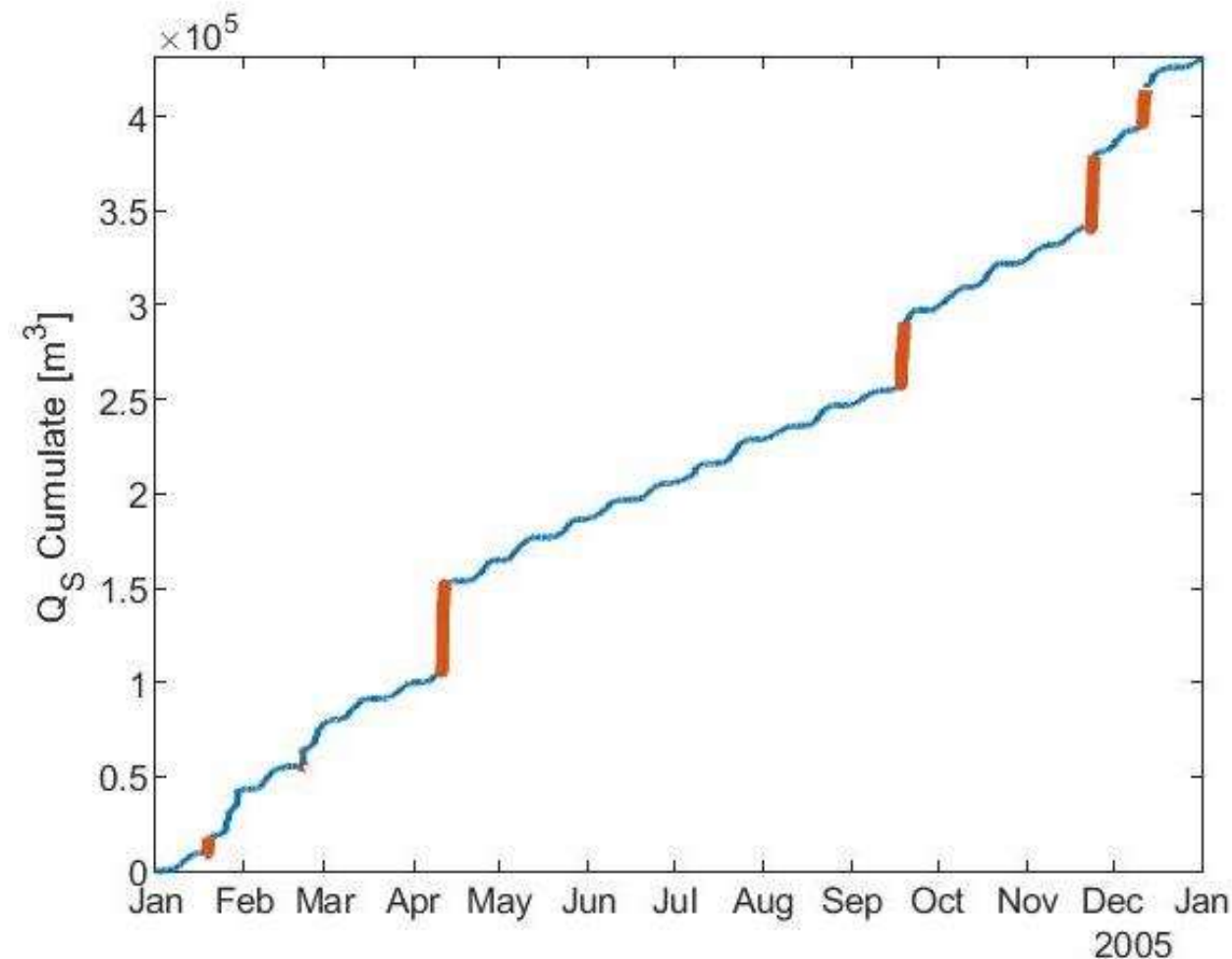
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



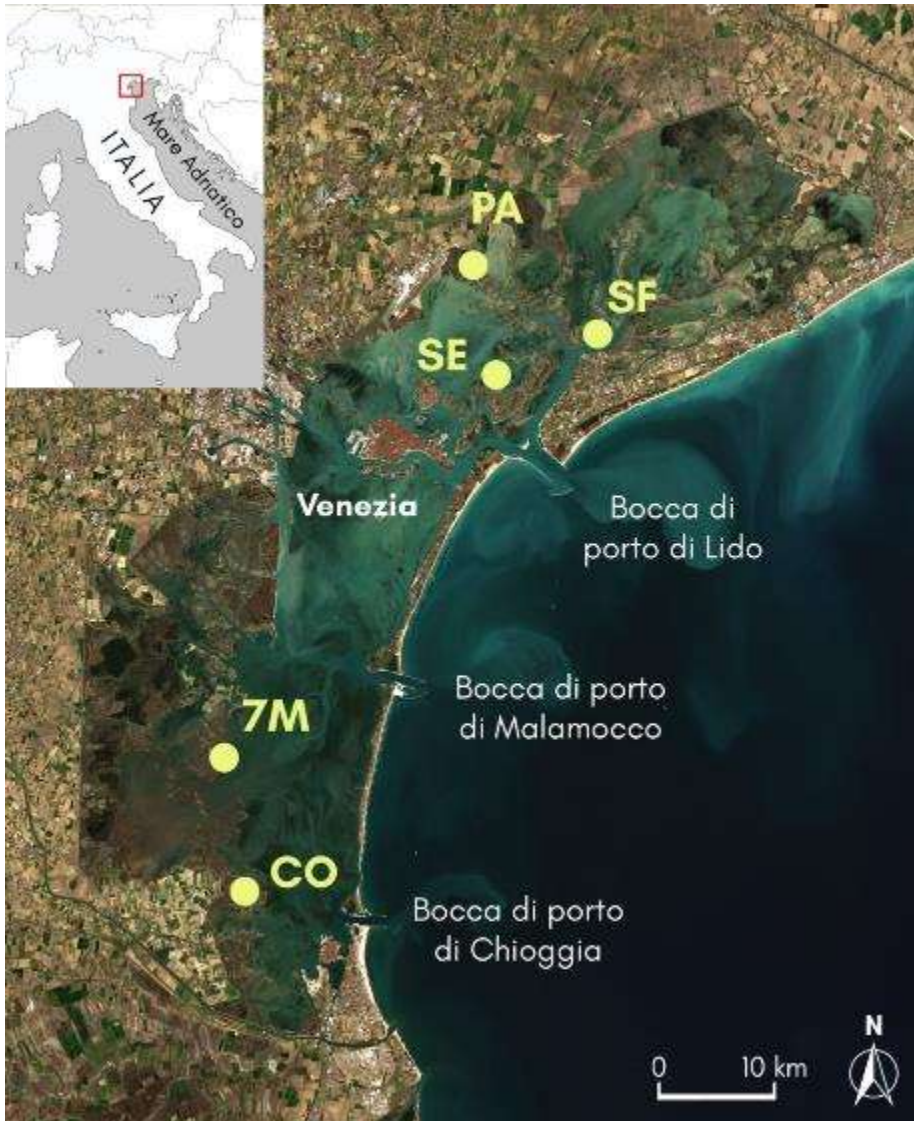
PORTATE SOLIDE USCENTI DALLE BOCCHE

Per anno di riferimento (2005):

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

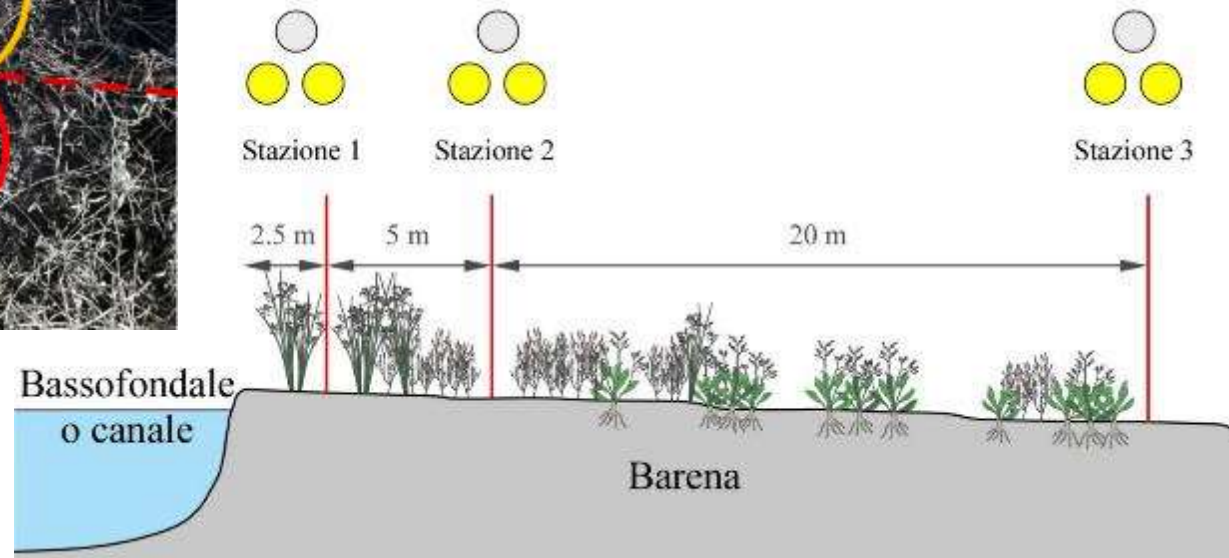


Sedimentazione sulle barene



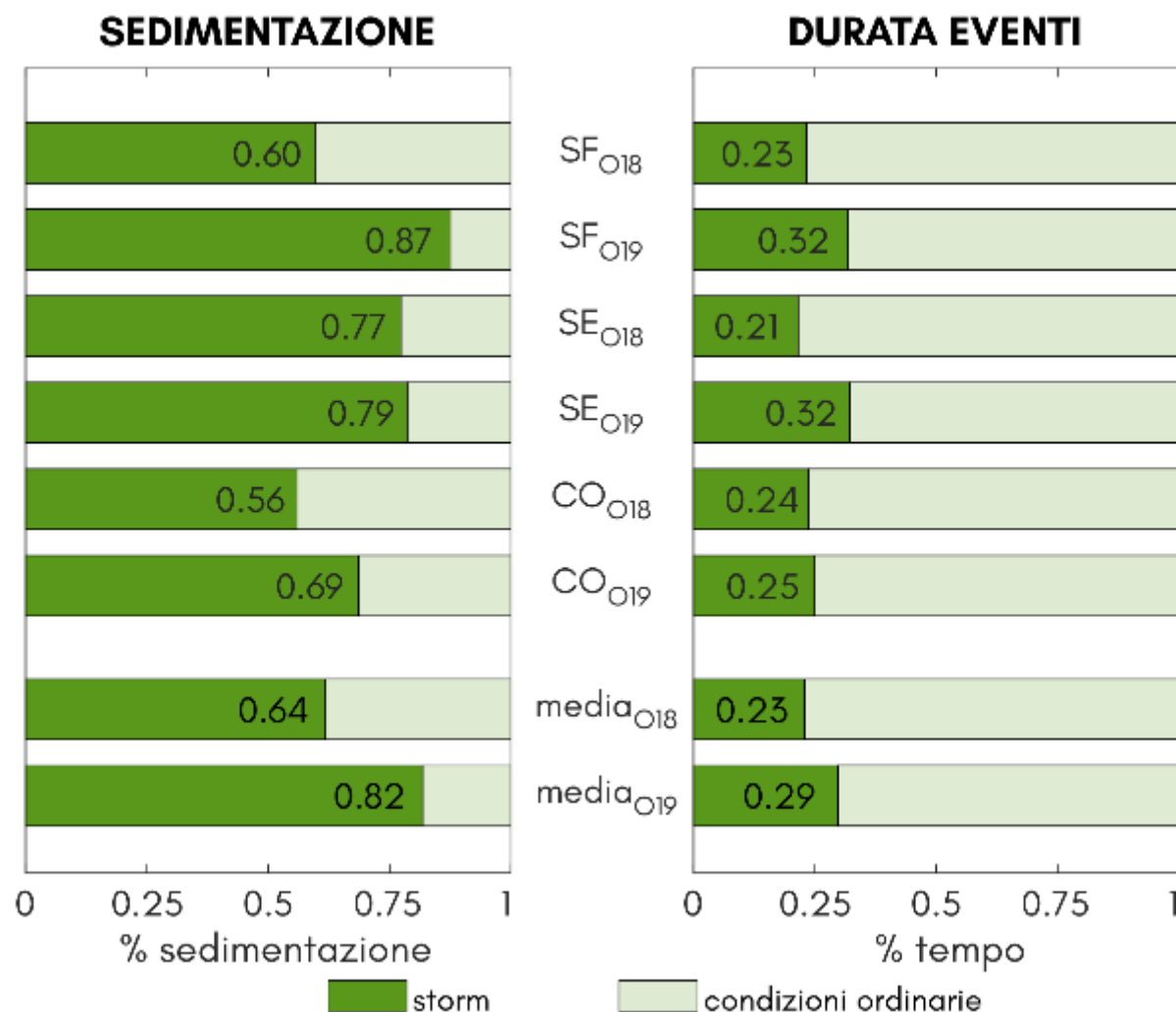
Campagna di misure:

- Ottobre 2018 – Settembre 2021
- Raccolti e analizzati quasi 3000 campioni



Tognin, D., A. D'Alpaos, M. Marani and L. Carniello (2021), Marsh resilience to sea-level rise reduced by storm-surge barriers in the Venice Lagoon. *Nature Geoscience*

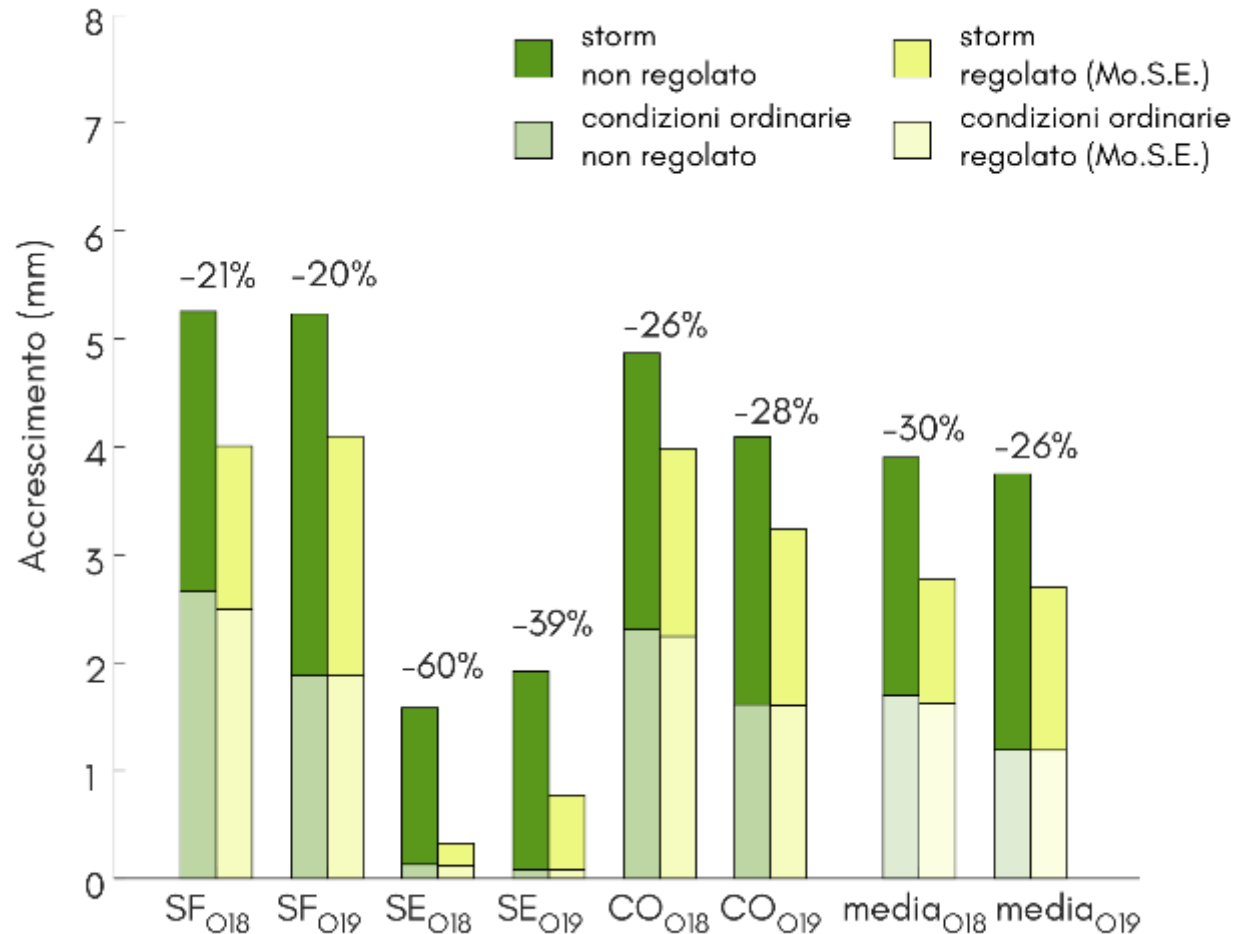
Sedimentazione sulle barene



- 70% della sedimentazione annuale avviene durante periodi di storm
- La sedimentazione sulle barene è fortemente influenzata dal contributo degli storm



Sedimentazione sulle barene



- ✓ La regolazione delle acque alte riduce la sedimentazione annuale di più del 25%
- ✓ Le chiusure del MoSE riducono la capacità delle barene di tenere il passo con l'incremento del medio mare di 1-2 mm/anno
- ✓ La salvaguardia della città, prioritaria, ha dei costi ambientali.

Alcune considerazioni conclusive

L'escavo del Canale Malamocco-Marghera ha creato rapidi cambiamenti della morfologia lagunare e diffusa erosione;

Interventi mirati e basati su modelli matematici permetterebbero di ridurre danni futuri;

Interventi sul Canale Malamocco-Marghera, o nelle sue vicinanze, che non siano attentamente studiati riattiveranno ulteriori processi di degrado morfologico, aggravando le attuali tendenze erosive;

Gli impatti ambientali del MoSE sono quantificabili e possono essere ridotti attivandolo a quote più elevate e ottimizzandone la gestione.

Alcune considerazioni conclusive

Il MoSE è e sarà efficace nel proteggere la città' da acque alte estreme, ma presto (2050?) renderà impossibile l'ordinaria vita del sistema lagunare veneziano.

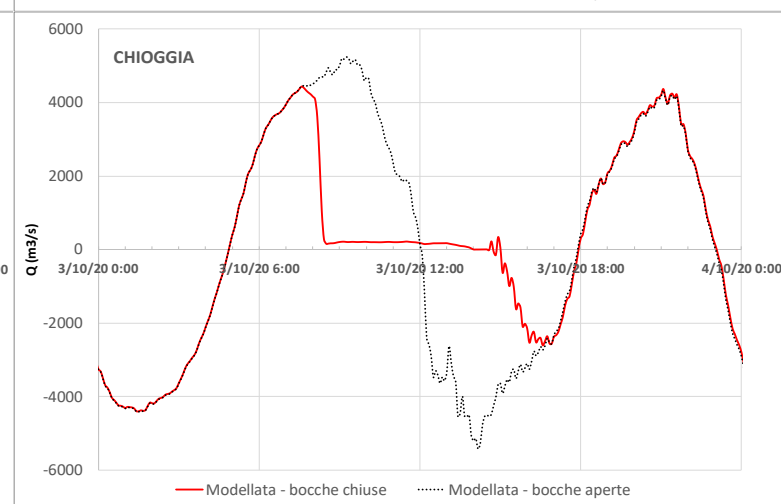
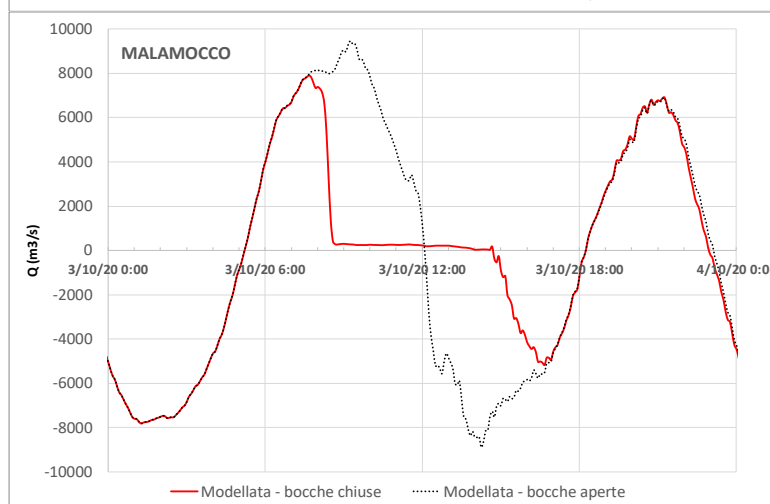
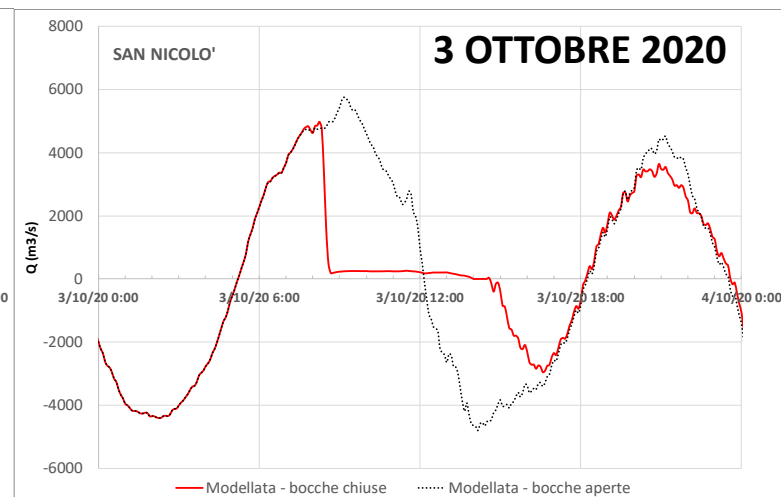
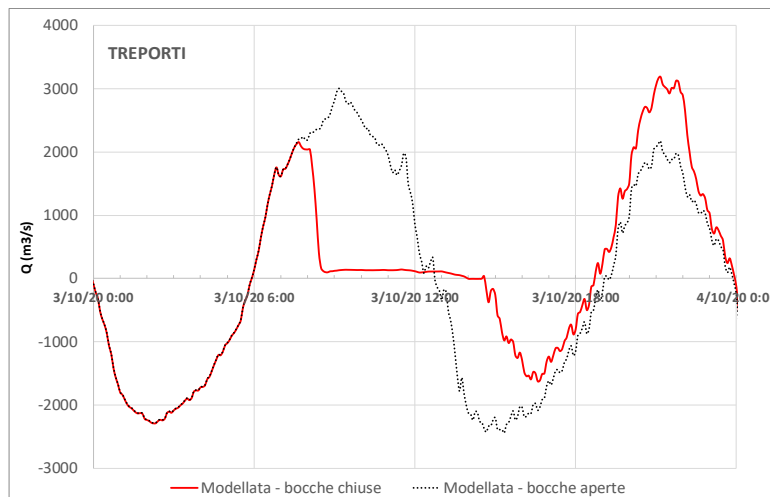
Dobbiamo presto (adesso!) fare scelte nuove e radicali per preservare la città di Venezia e, almeno in parte, il suo ambiente;

Queste considerazioni si applicano ovviamente anche al Porto di Venezia: i modelli di sviluppo adottati dovranno tenere conto degli scenari di cambiamento climatico e delle soluzioni definitive post-MoSE.



1.3.4.4 Quantificazione e caratterizzazione degli scambi di sedimenti tra mare e laguna - Effetto delle chiusure alle bocche

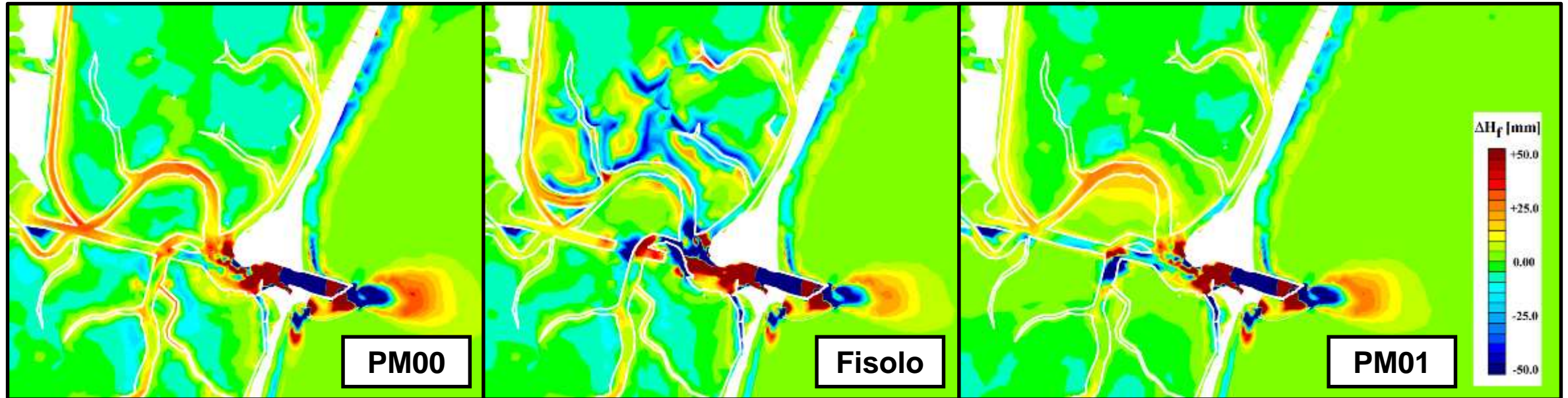
➤ confronto tra le portate modellate a bocche chiuse e a bocche aperte



➤ Variazione dei volumi fluiti su base giornaliera

Fascia Oraria (giornaliera)	V Treporti [Mm³]			V San Nicolò [Mm³]			V Malamocco [Mm³]			V Chioggia [Mm³]			V TOTALE [Mm³]		
	Con Mo.S.E.	No Mo.S.E.	Δ [%]	Con Mo.S.E.	No Mo.S.E.	Δ [%]	Con Mo.S.E.	No Mo.S.E.	Δ [%]	Con Mo.S.E.	No Mo.S.E.	Δ [%]	Con Mo.S.E.	No Mo.S.E.	Δ [%]
3 ott	92.98	132.13	-29.6%	167.65	263.11	-36.3%	296.15	458.67	-35.4%	171.46	266.67	-35.7%	728.2	1120.6	-35.0%
15 ott	97.97	147.78	-33.7%	175.41	301.09	-41.7%	308.86	511.28	-39.6%	195.78	309.79	-36.8%	778.0	1269.9	-38.7%
16 ott	93.10	149.73	-37.8%	195.97	296.93	-34.0%	329.29	524.28	-37.2%	193.13	301.21	-35.9%	811.5	1272.1	-36.2%

«Soluzioni» prive di fondamento tecnico scientifico: il «Fisolo»



Stato attuale

«Soluzione Fisolo»

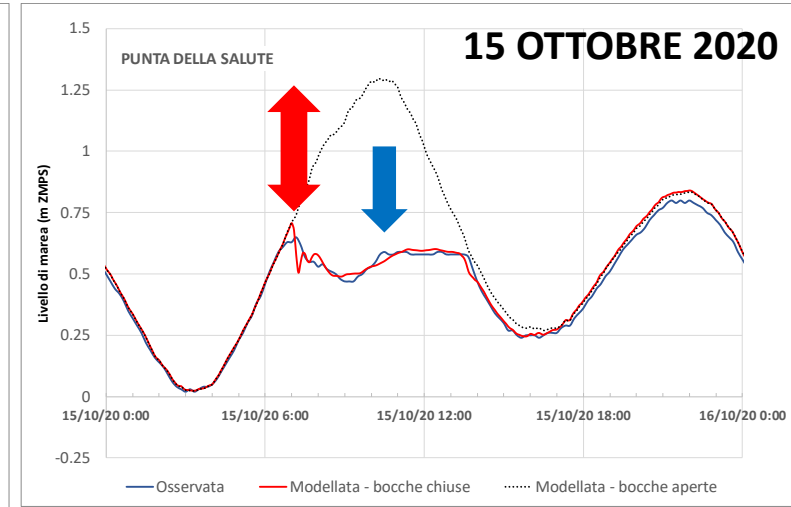
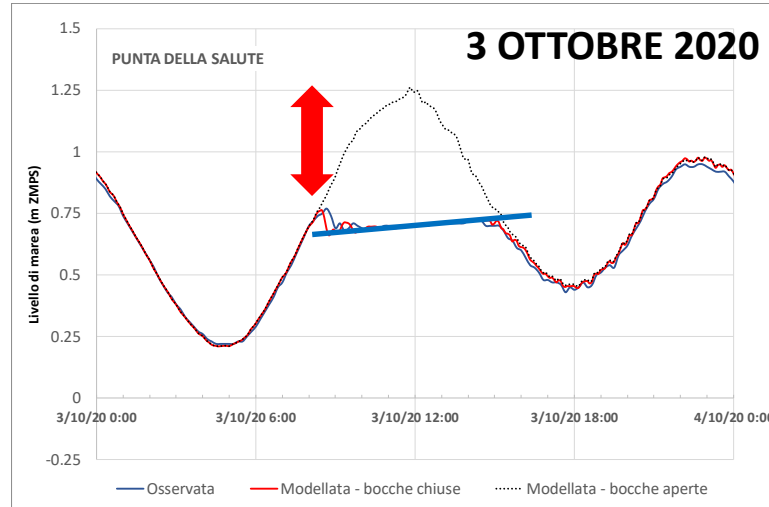
Aggiornamento del Piano Morfologico

- **Soluzione «Fisolo»:** **introduce instabilità** in un'area attualmente stabile dal punto di vista morfologico;
- **Aggiornamento del Piano Morfologico:** **stabilizza** l'area circostante il canale dei Petroli e **limita l'interrimento** di quest'ultimo, oltre che dei canali limitrofi.



1.3.4.4 Quantificazione e caratterizzazione degli scambi di sedimenti tra mare e laguna - Effetto delle chiusure alle bocche

- confronto tra livelli osservati, modellati a bocche chiuse e modellati a bocche aperte
- incremento di livello durante la chiusura è dato dalla somma di:
 - contributo della precipitazione;
 - filtrazione tra le paratoie;
 - azione del vento

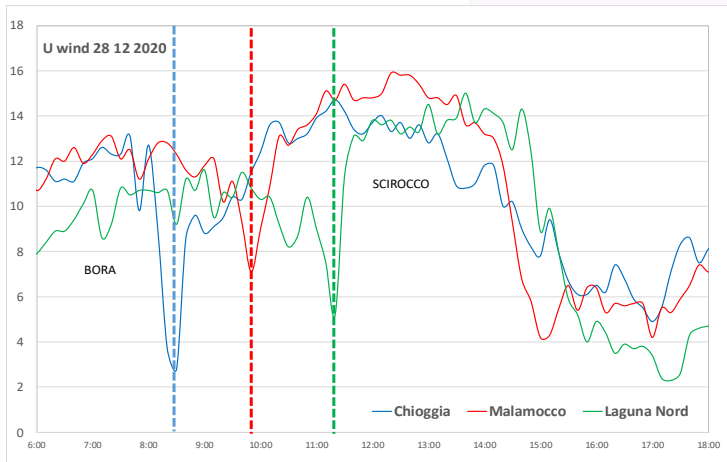


- Il livello massimo in mare non corrisponde con quello che si sarebbe registrato nelle stazioni interne qualora il Mo.S.E. non fosse entrato in funzione.
- Evento del 15 ottobre (Bora) la differenza tra i livelli massimi tra Punta Salute e Chioggia sarebbe stata di 15 cm se le bocche fossero rimaste aperte e raggiunge i 27 cm a bocche chiuse.

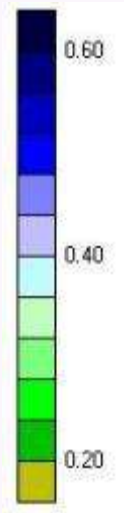
#	Max CNR [m ZMPS]	Max P.ta Salute [m ZMPS]		Max Chioggia [m ZMPS]		Max Burano [m ZMPS]	
		Con Mo.S.E.	No Mo.S.E.	Con Mo.S.E.	No Mo.S.E.	Con Mo.S.E.	No Mo.S.E.
03-ott	1.19	0.77	1.26	0.68	1.20	0.74	1.17
15-ott	1.32	0.65	1.30	0.92	1.45	0.48	1.12
16-ott	1.11	0.53	1.14	0.52	1.15	0.46	1.04

Quantificazione dei livelli in laguna durante eventi di chiusura del MoSE

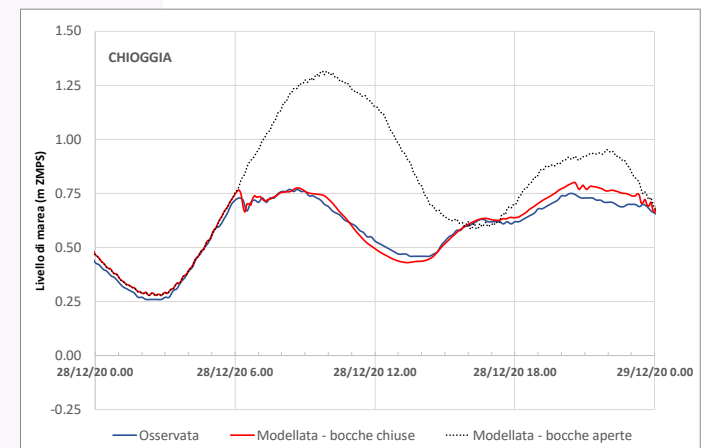
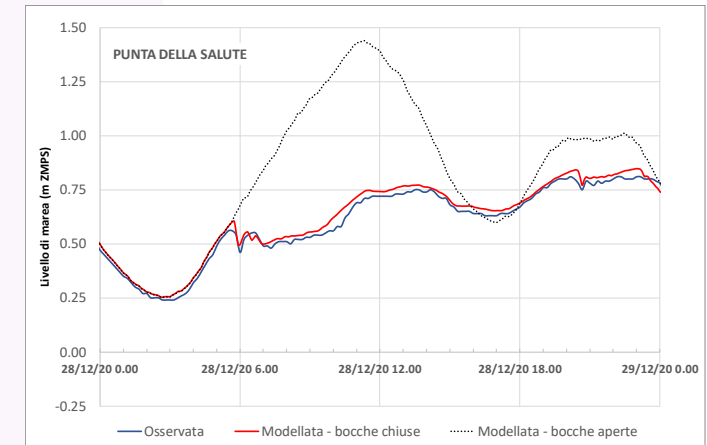
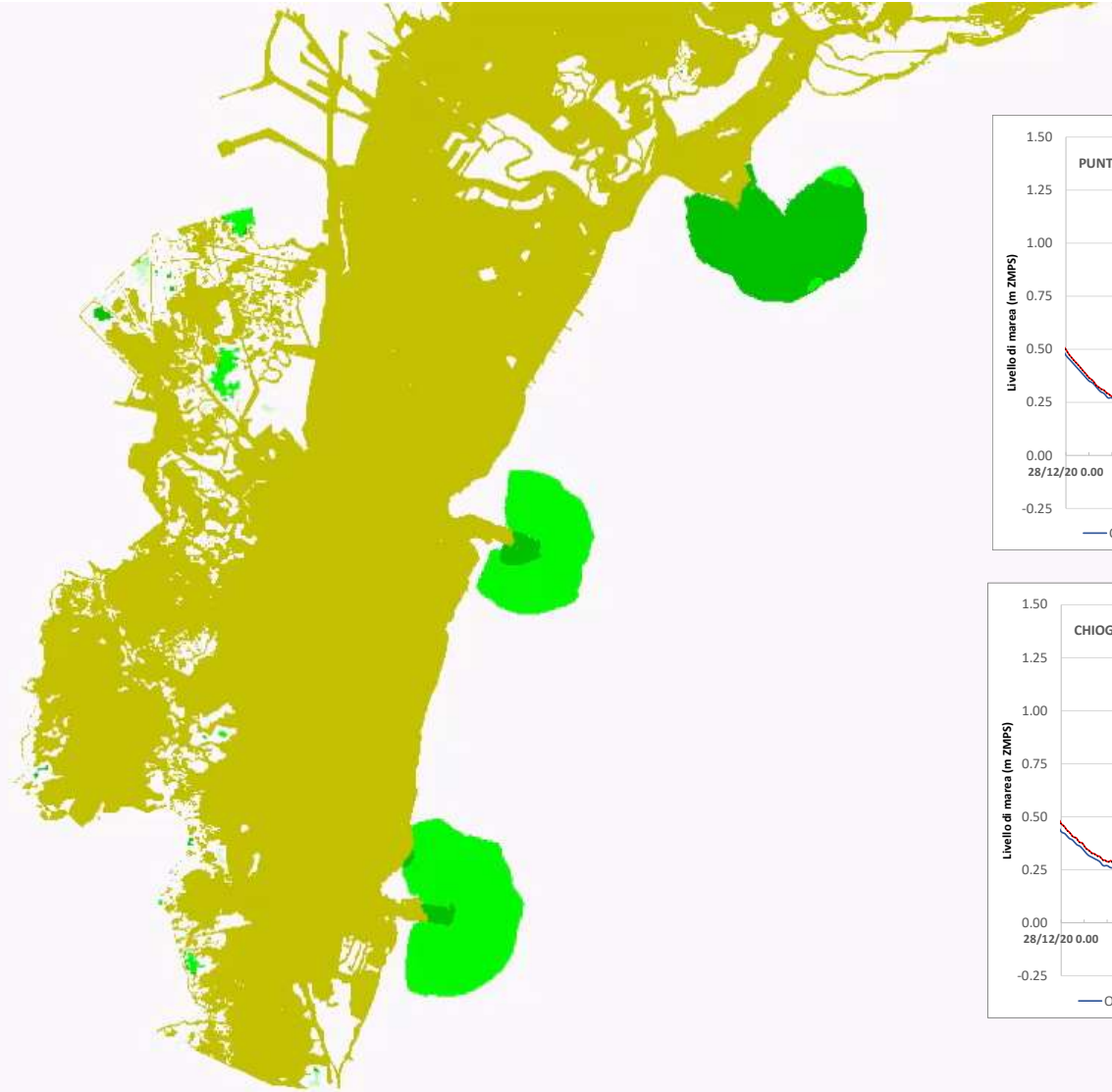
➤ Dinamica dei livelli interni durante la chiusura del 28 dicembre 2020 (vento intenso e con rapide variazioni di direzione)



Livello
[m s.m.m.]



t= 4.000



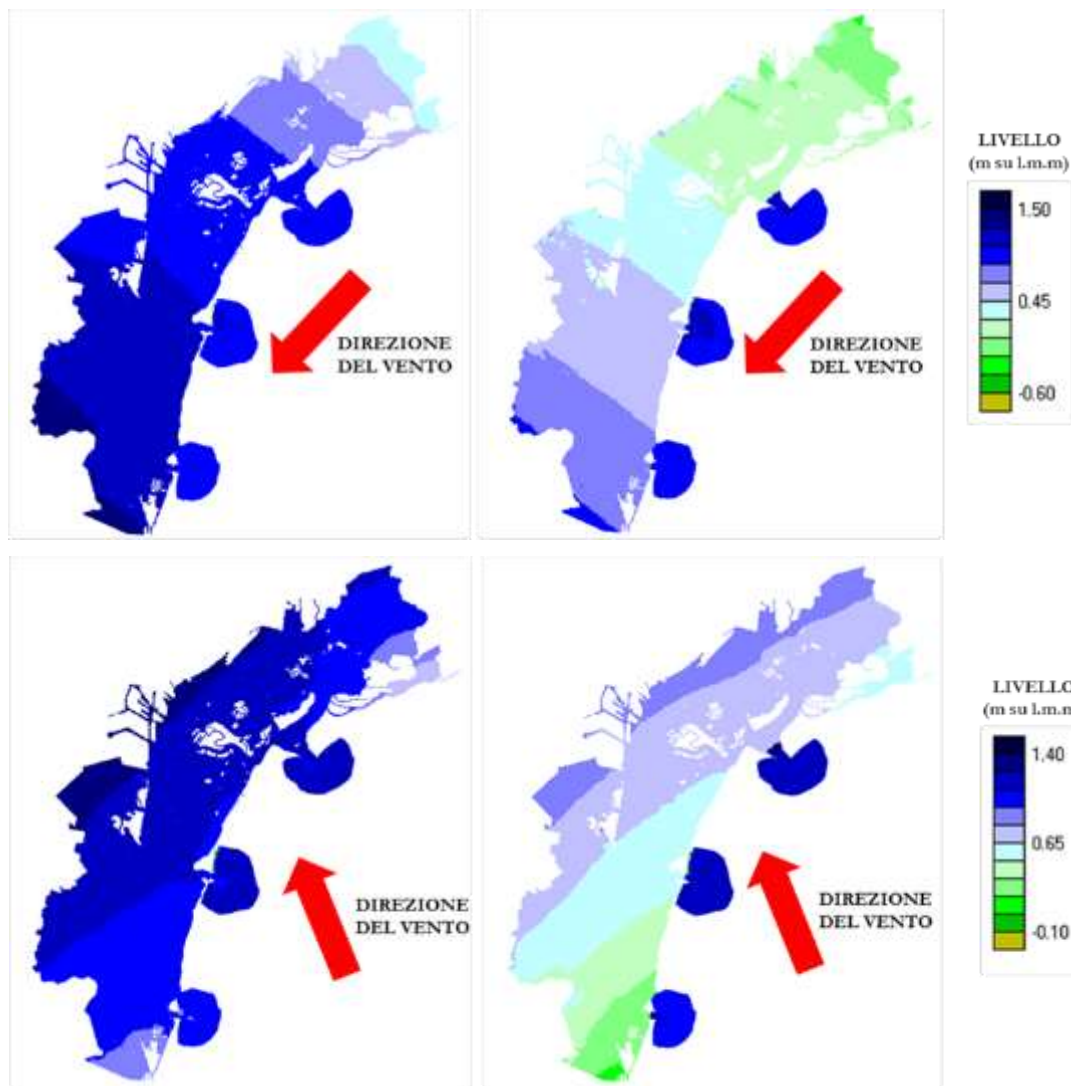
(Carniello,
Mel, Viero,
et al.)



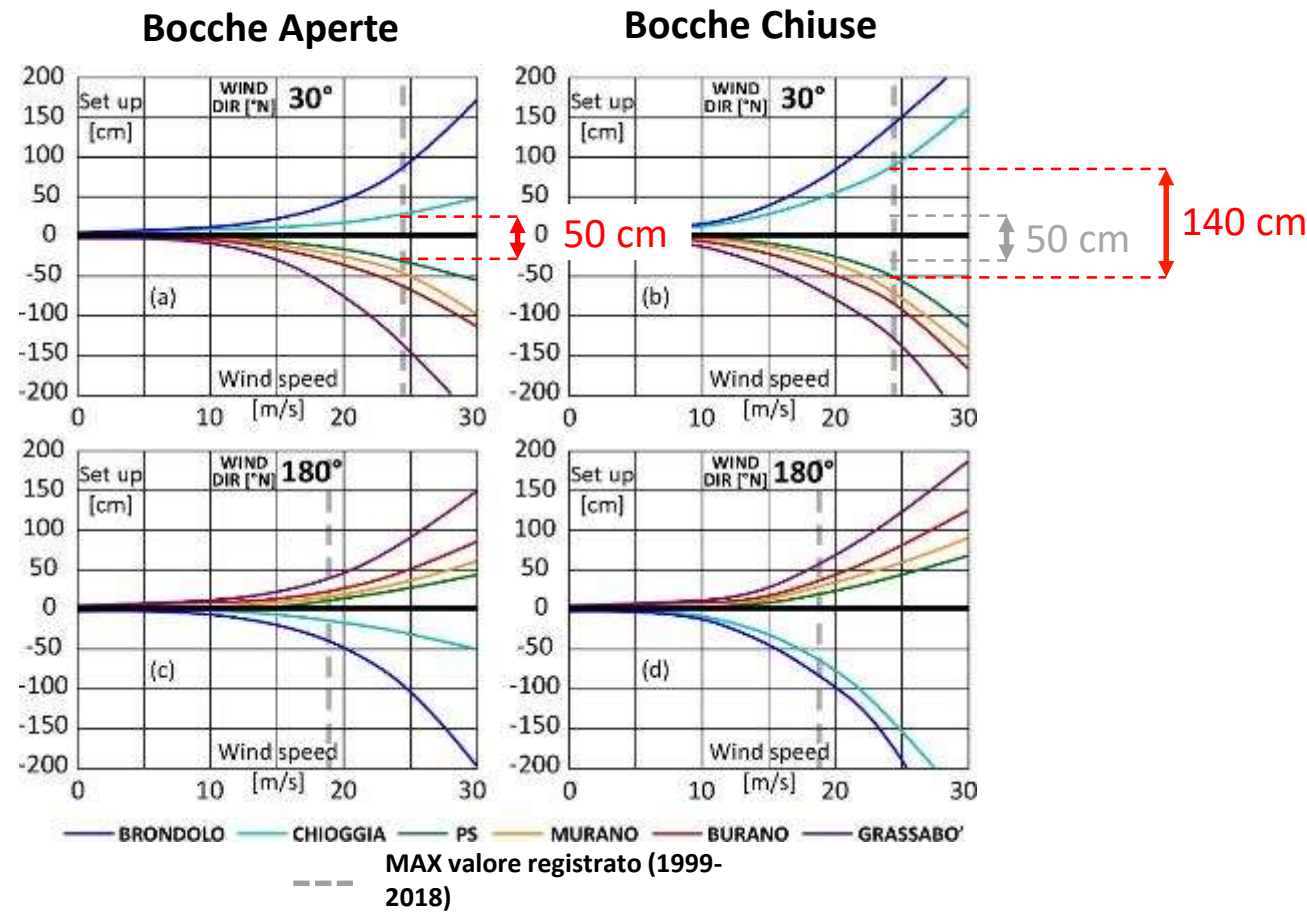
1.3.4.4 Quantificazione e caratterizzazione degli scambi di sedimenti tra mare e laguna - Effetto delle chiusure alle bocche

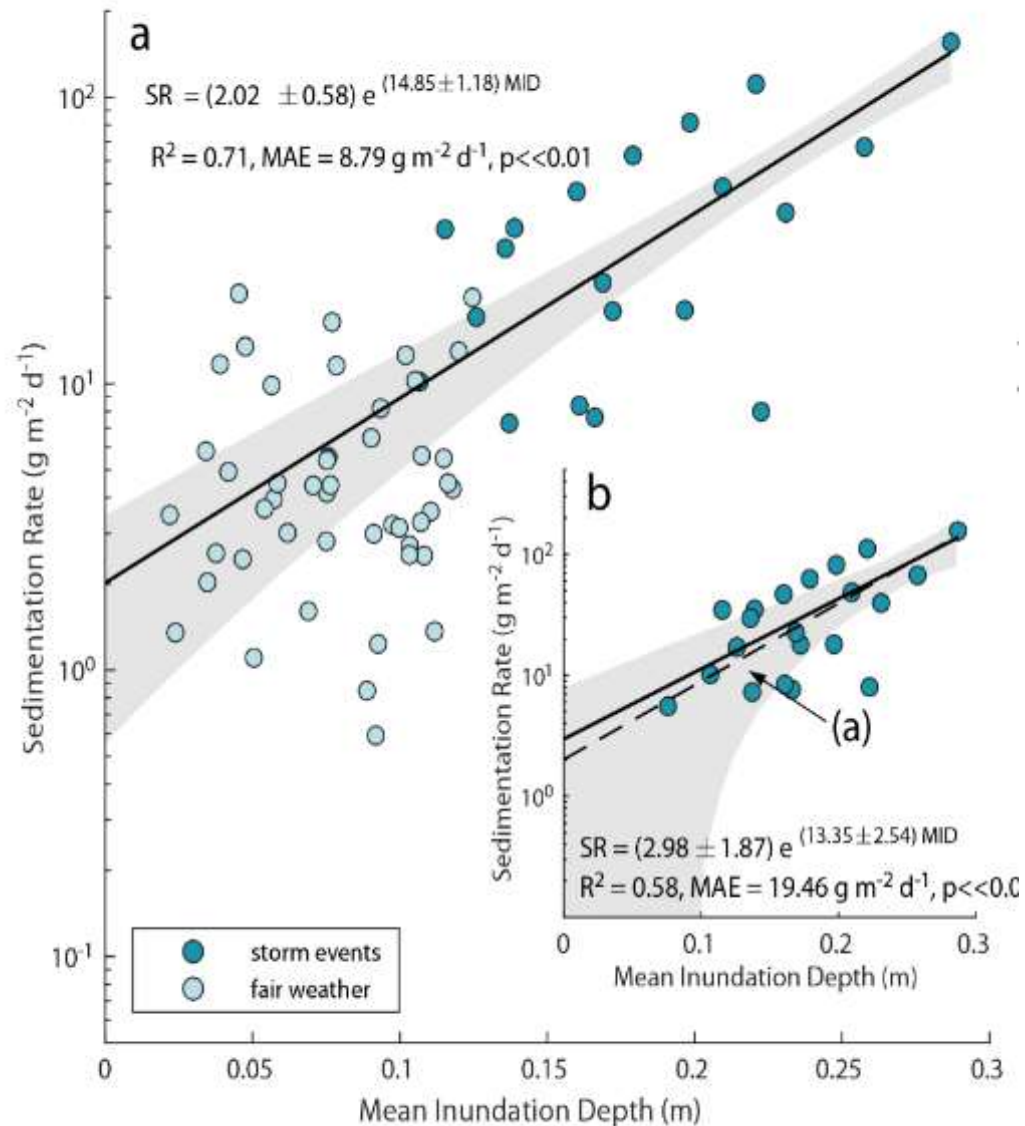
Bocche aperte

Bocche chiuse



- I dislivelli all'interno della laguna a seguito della chiusura delle bocche sono significativamente maggiori rispetto a quelli che si realizzano a bocche aperte

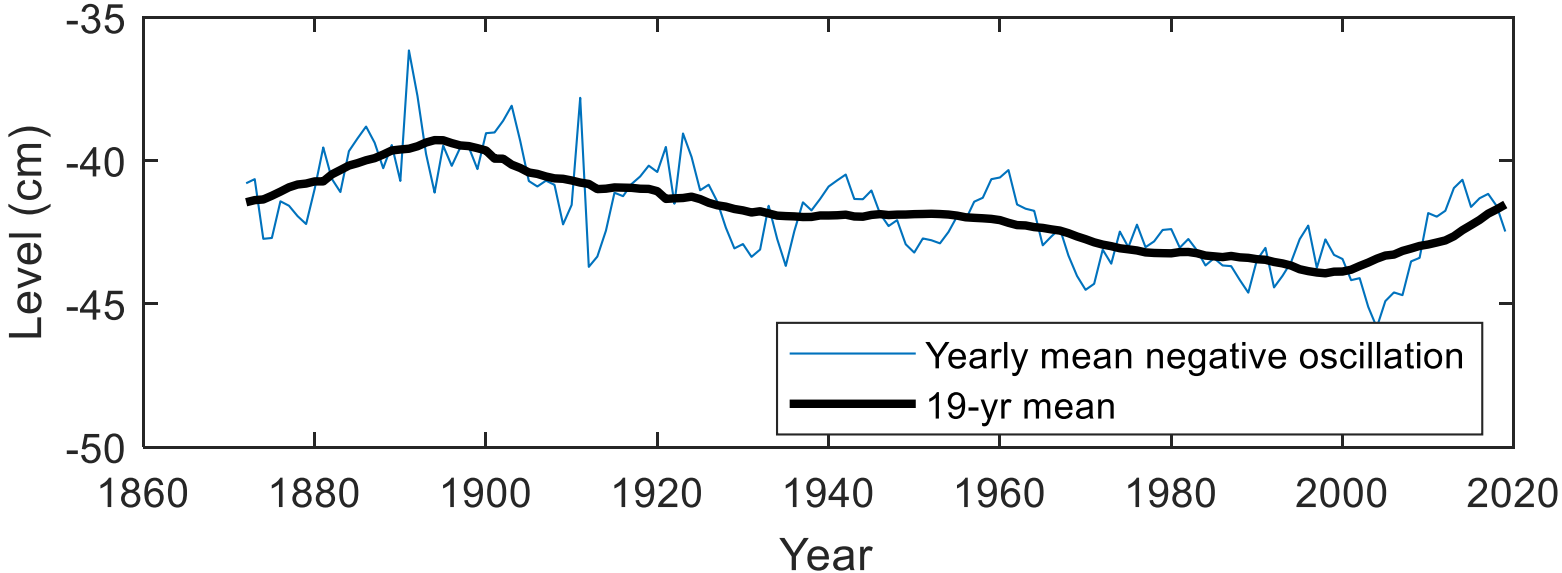
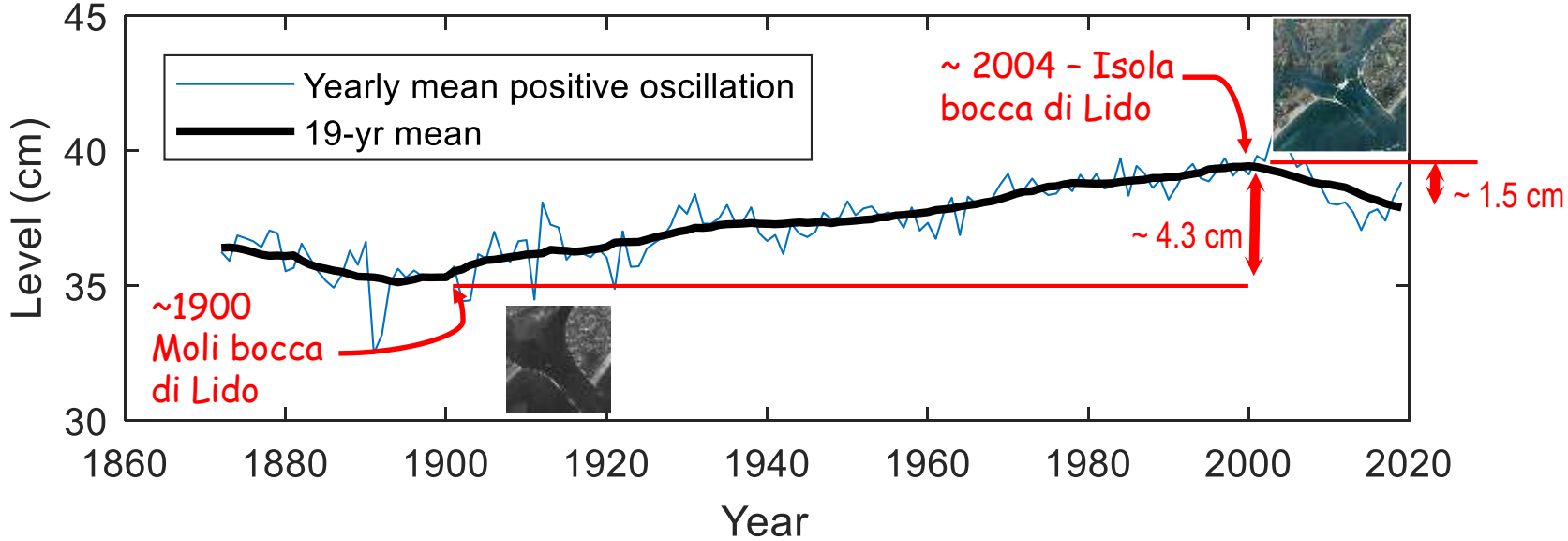




BUT, most of marsh accretion occurs with high water levels during storms: **MOSE closures** reduce the ability of marshes to keep up with sea-level rise by 1-2 mm/year!

(Tognin et al., in press 2021)

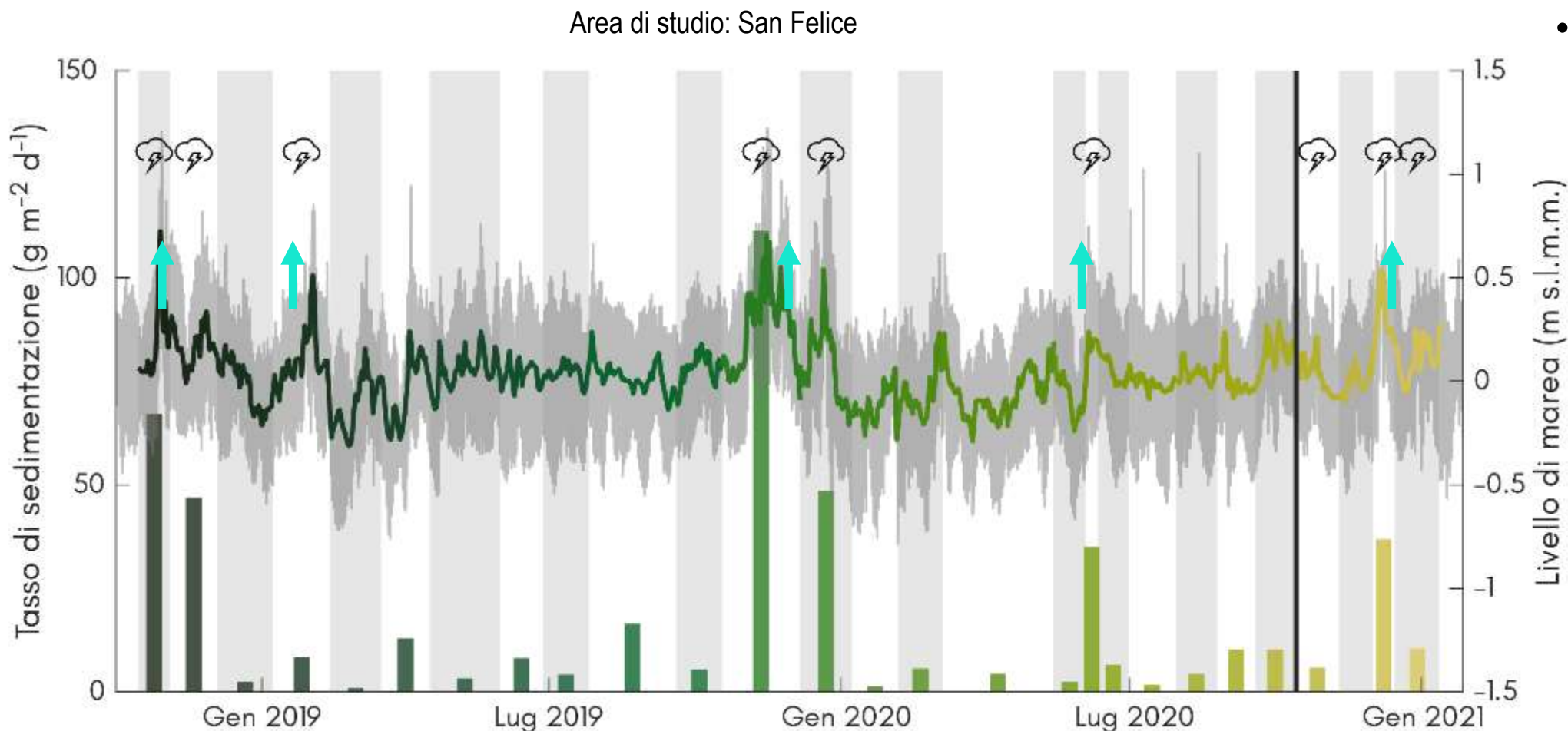
Variazioni delle oscillazioni di marea?



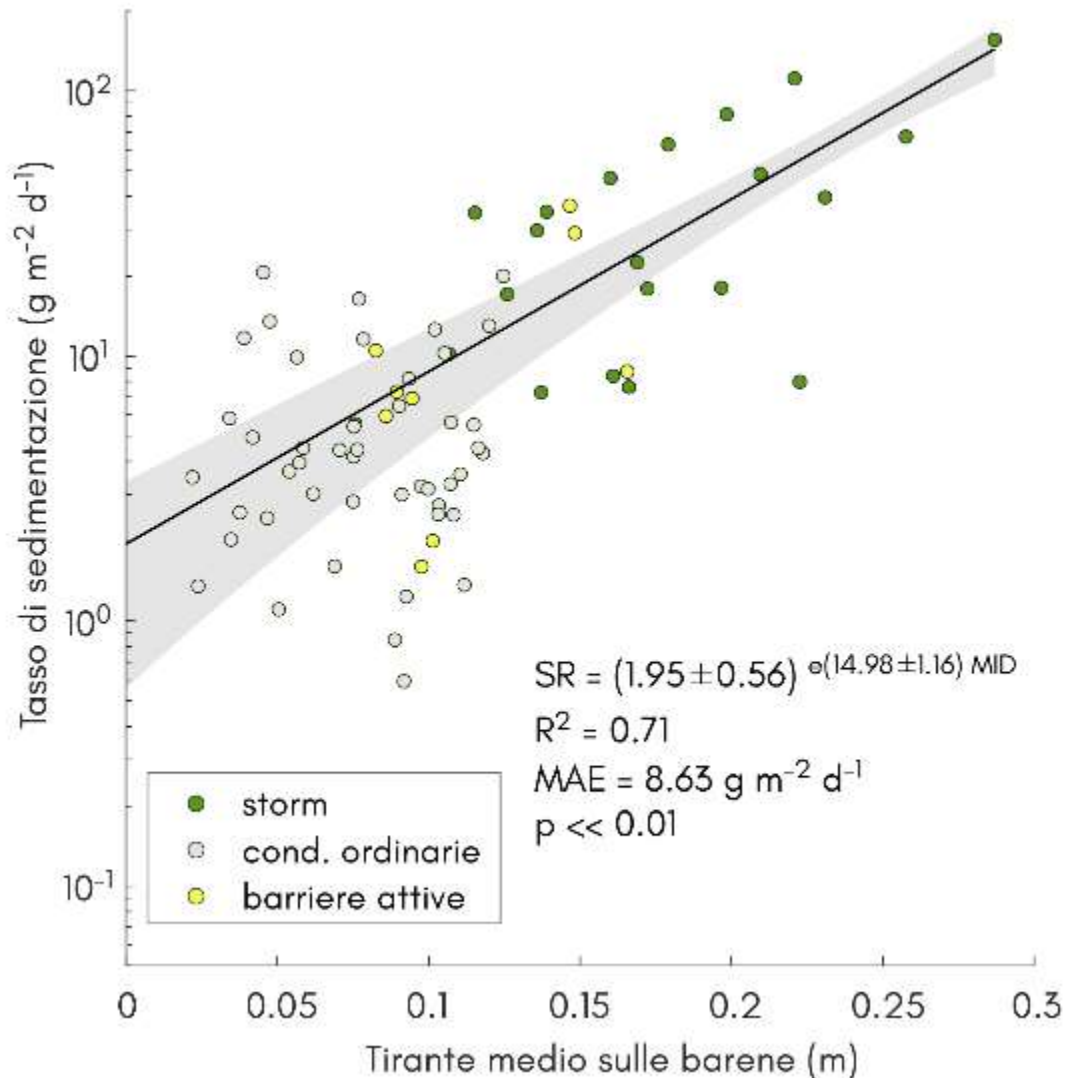
...per esempio si veda Matticchio et al, 2017

Sedimentazione sulle barene

- Aumenta durante le mareggiate
- È ridotta in condizioni ordinarie



Sedimentazione sulle barene

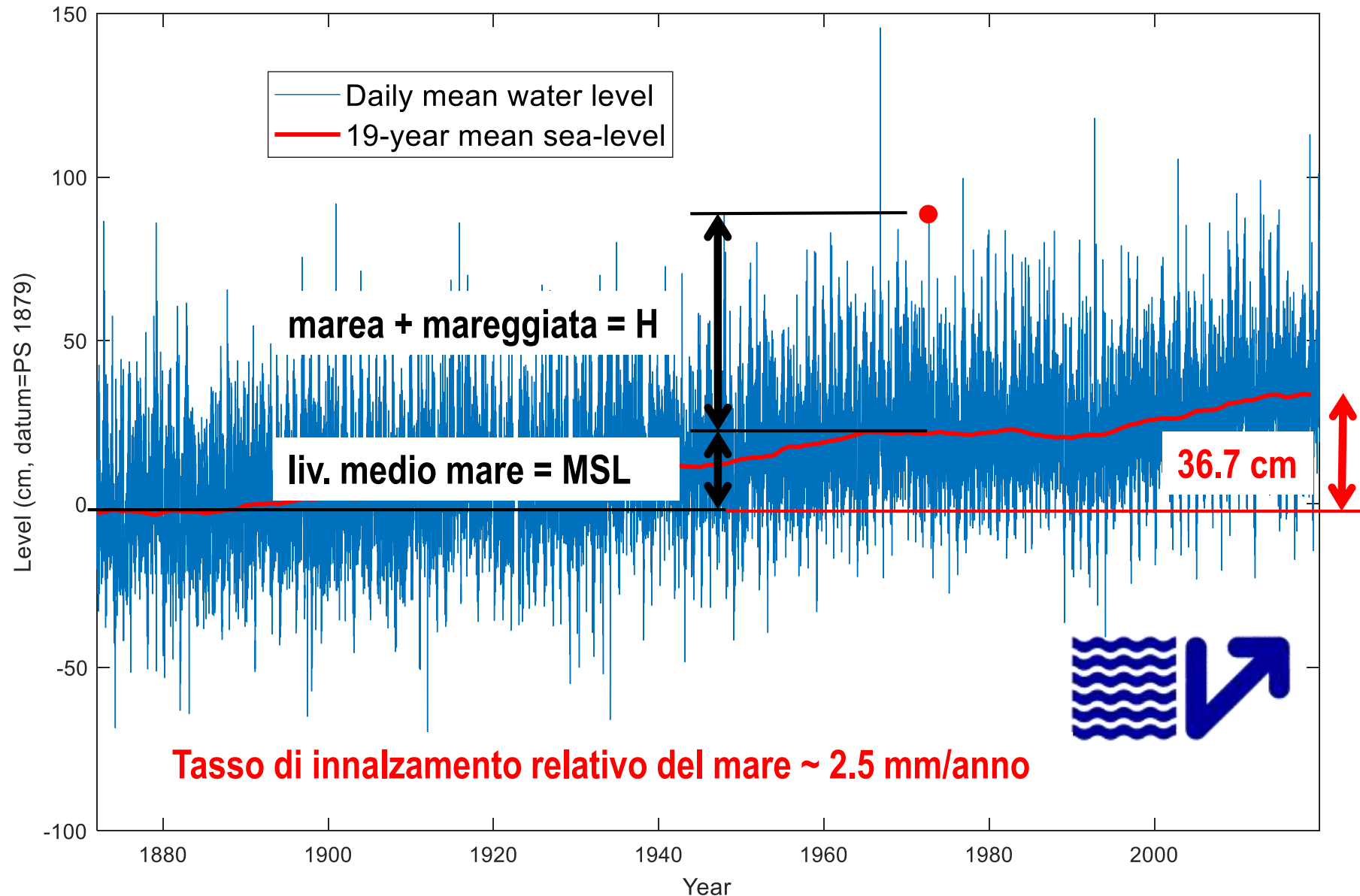


- Il tasso di sedimentazione cresce esponenzialmente con il tirante medio sulle barene
- La regolazione della marea tramite le barriere riduce il tirante sulle barene
- La relazione esponenziale può essere usata per stimare i cambi di sedimentazione a causa della regolazione della acque alte

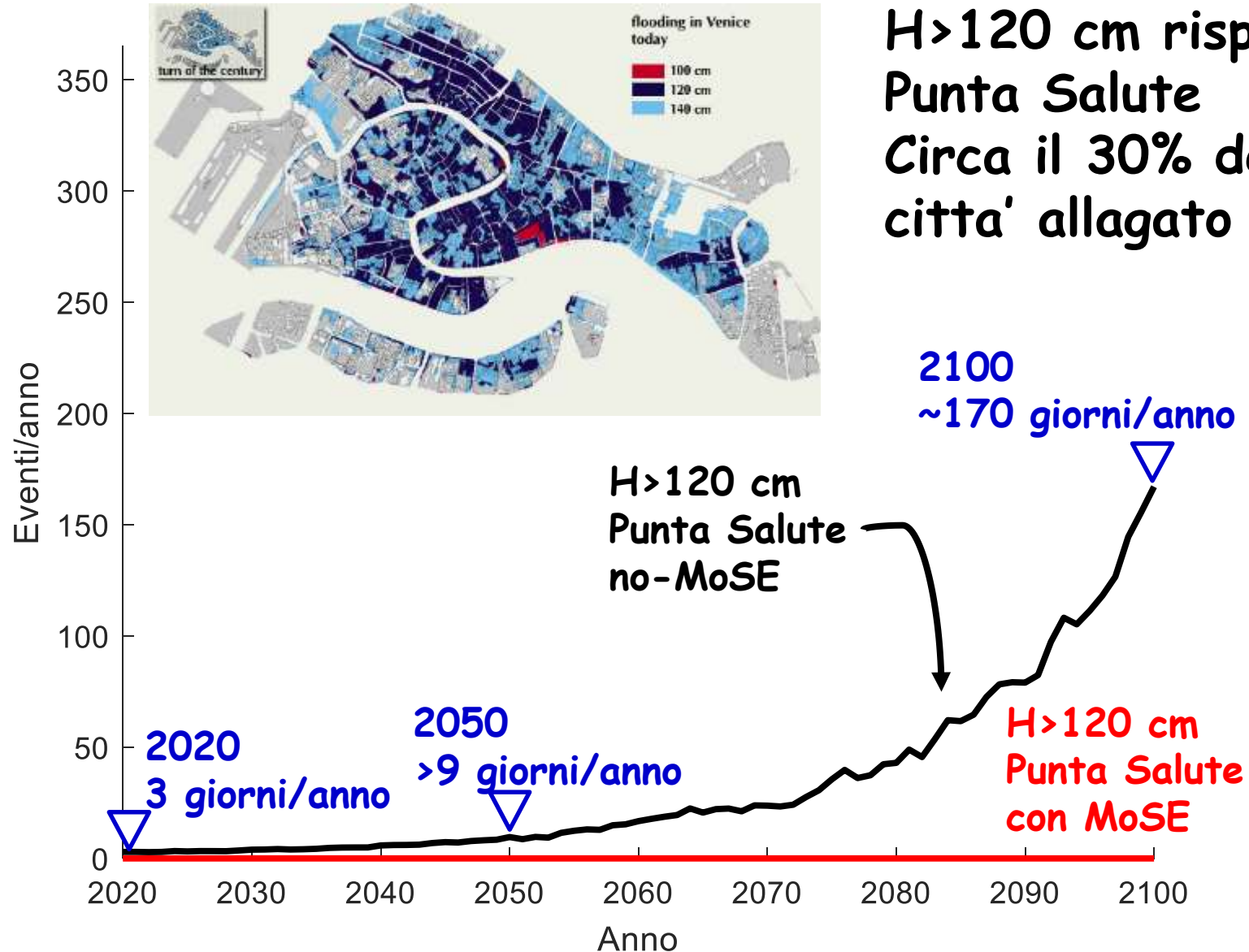


Livelli misurati rispetto al riferimento di Punta della Salute: 1872-2019

(Sorgente: [Centro Maree Comune di Venezia](#))



Sommersioni sopra 120 cm rispetto a Punta Salute fino al 2100



H > 120 cm rispetto a Punta Salute
Circa il 30% della citta' allagato