

Linea 3.1

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

Luigi Tosi¹, Claudia Zoccarato²

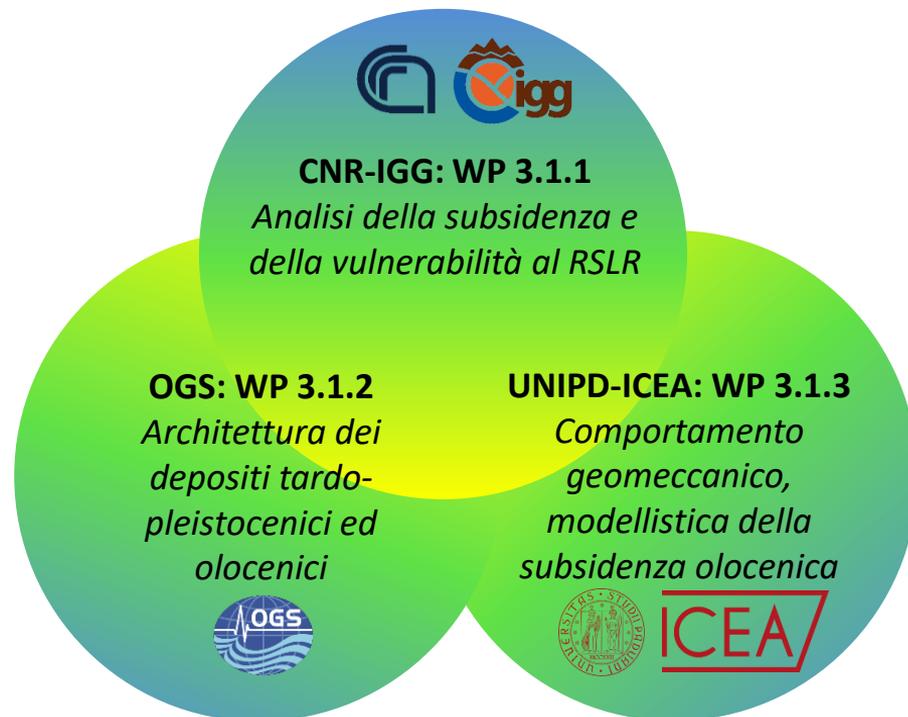
Pietro Teatini², Massimo Zecchin³

¹CNR-IGG, ²UNIPD-ICEA, ³OGS

Nome Cognome	Ente
Luigi Tosi	IGG-CNR
Sandra Donnici	IGG-CNR
Cristina Da Lio	IGG-CNR
Marta Cosma	IGG-CNR
Chiara Cavallina	IGG-CNR
Andrea Fasson	IGG-CNR
Francisco Aldo Cellone	IGG-CNR
Alessandro Bergamasco	ISMAR-CNR
Loris Dametto	ISMAR-CNR
Stefano Pasqual	ISMAR-CNR
Massimo Zecchin	OGS
Mauro Caffau	OGS
Luca Baradello	OGS
Roberto Romeo	OGS
Pietro Teatini	ICEA-UNIPD
Andrea Franceschini	ICEA-UNIPD
Claudia Zoccarato	ICEA-UNIPD
Philip Minderhoud	ICEA-UNIPD
Riccardo Xotta	ICEA-UNIPD
Selena Baldan	ICEA-UNIPD
Paolo Zorzan	ICEA-UNIPD
Veronica Girardi	ICEA-UNIPD

Goal della linea 3.1

Aggiornamento e approfondimento delle conoscenze sulla subsidenza della laguna



Obiettivi e struttura della linea di ricerca

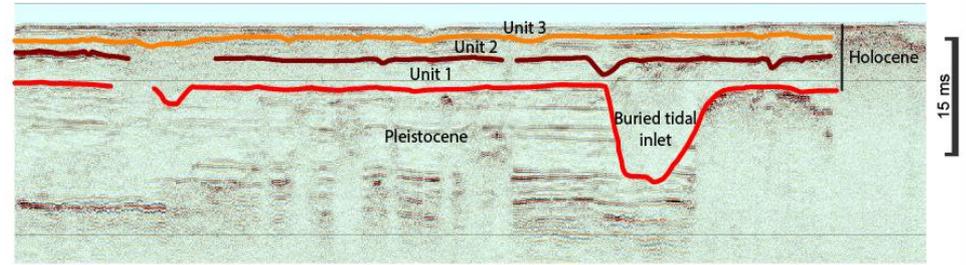
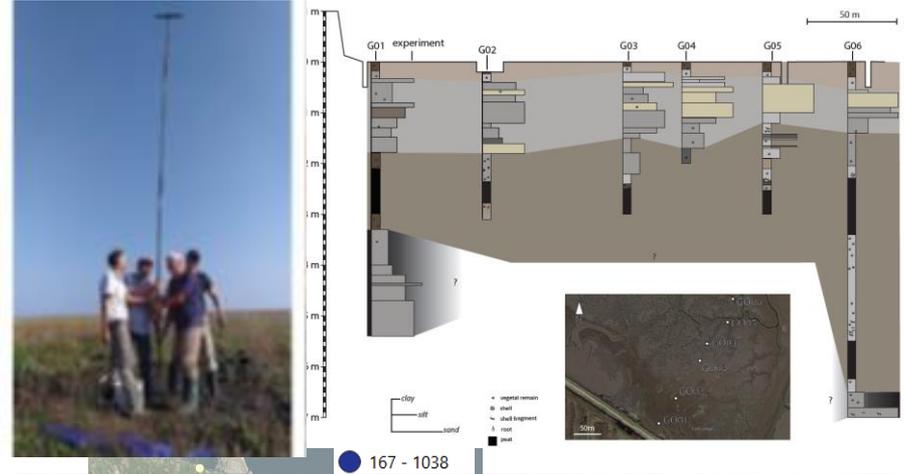
1. Modello 3D dell'architettura stratigrafica olocenica
2. Quantificazione della subsidenza attuale
3. Vulnerabilità delle morfologie lagunari all'innalzamento relativo del livello medio del mare
4. Risposta delle barene al carico indotto
5. Modellazione 3D della subsidenza naturale olocenica



Bibliografia,
cartografia geologica e
geomorfologica



Carotaggi e
sismica ad alta
risoluzione

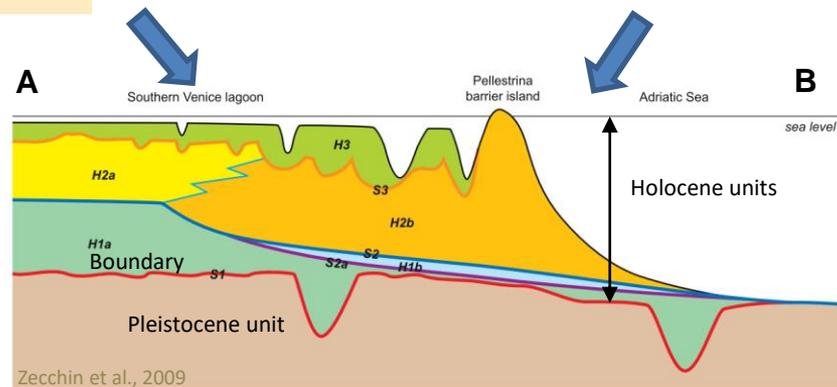
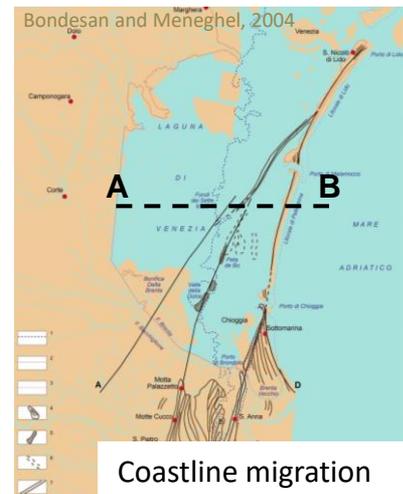
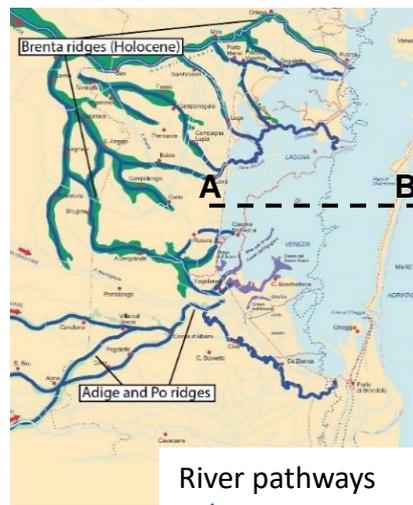


1. Modello dell'architettura stratigrafica olocenica

Realizzare un modello di sintesi dell'architettura stratigrafica della laguna è la prima condizione necessaria per comprendere il ruolo dei depositi olocenici nel controllo della subsidenza.

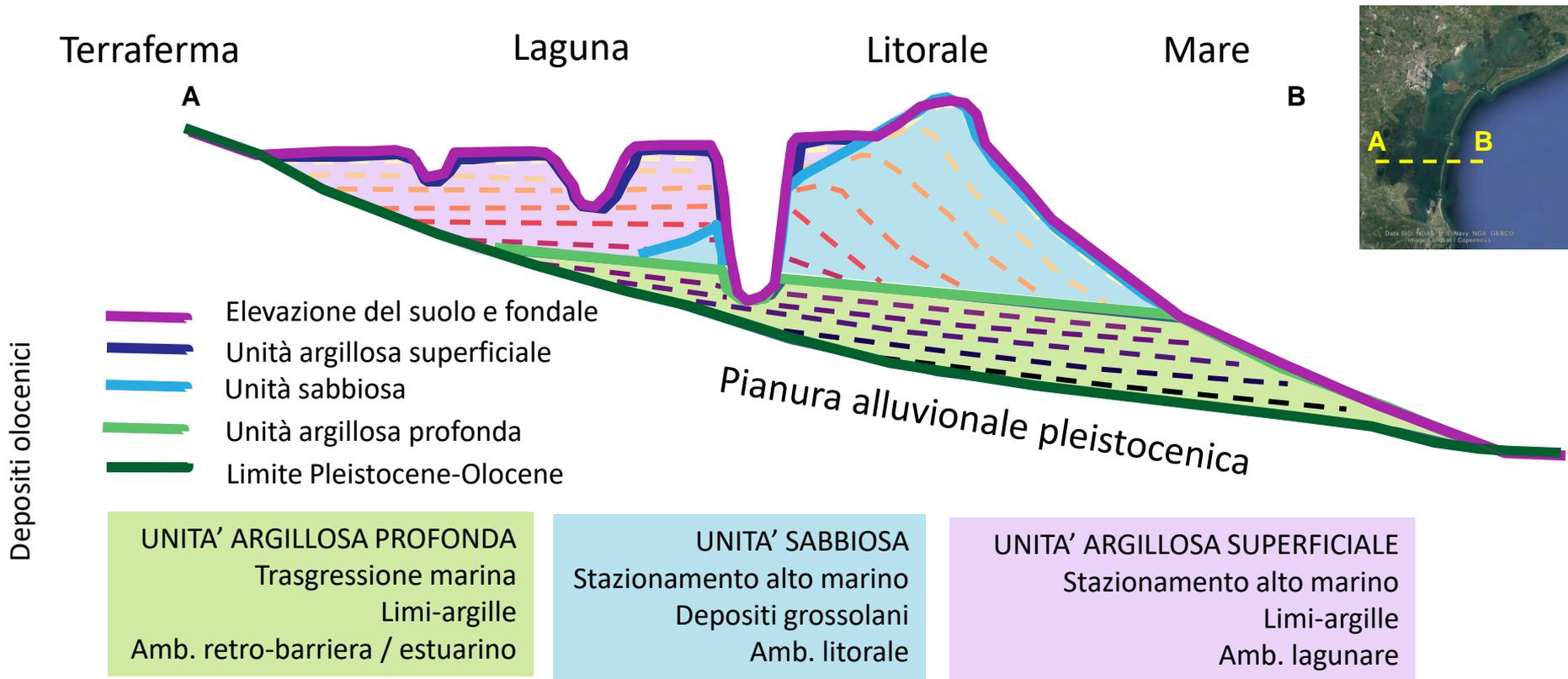
Questo modello è utilizzato:

- per interpretare i meccanismi che governano il processo di compattazione,
- per sviluppare l'analisi di vulnerabilità delle morfologie lagunari,
- come input nei modelli numerici per simulare l'evoluzione dei processi di sedimentazione e subsidenza della laguna.

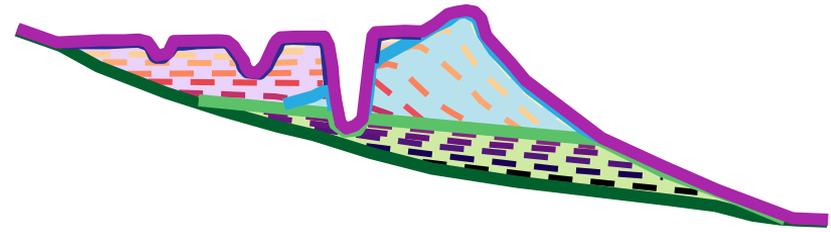
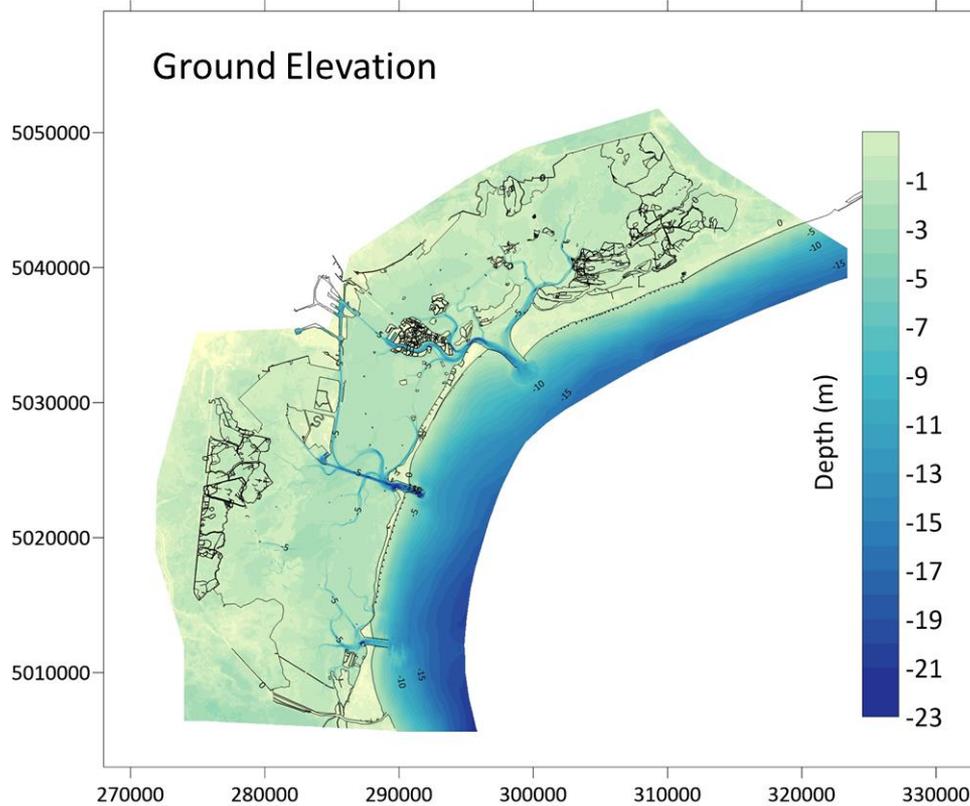


1. Modello dell'architettura stratigrafica olocenica

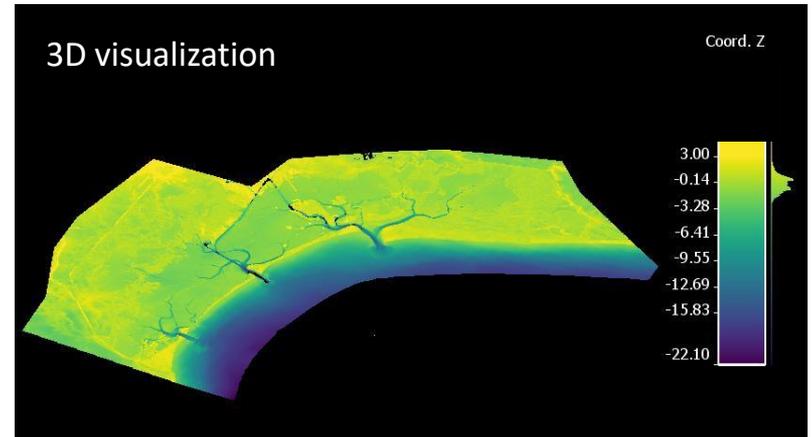
Concettualizzazione del modello stratigrafico di sintesi



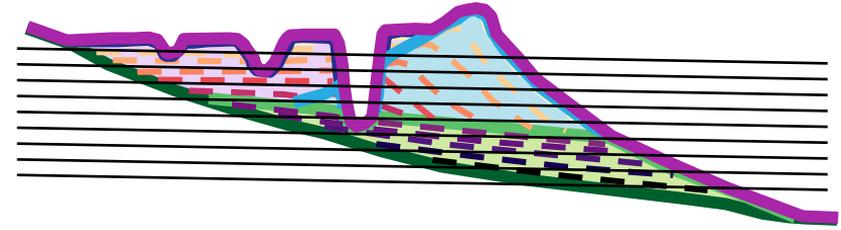
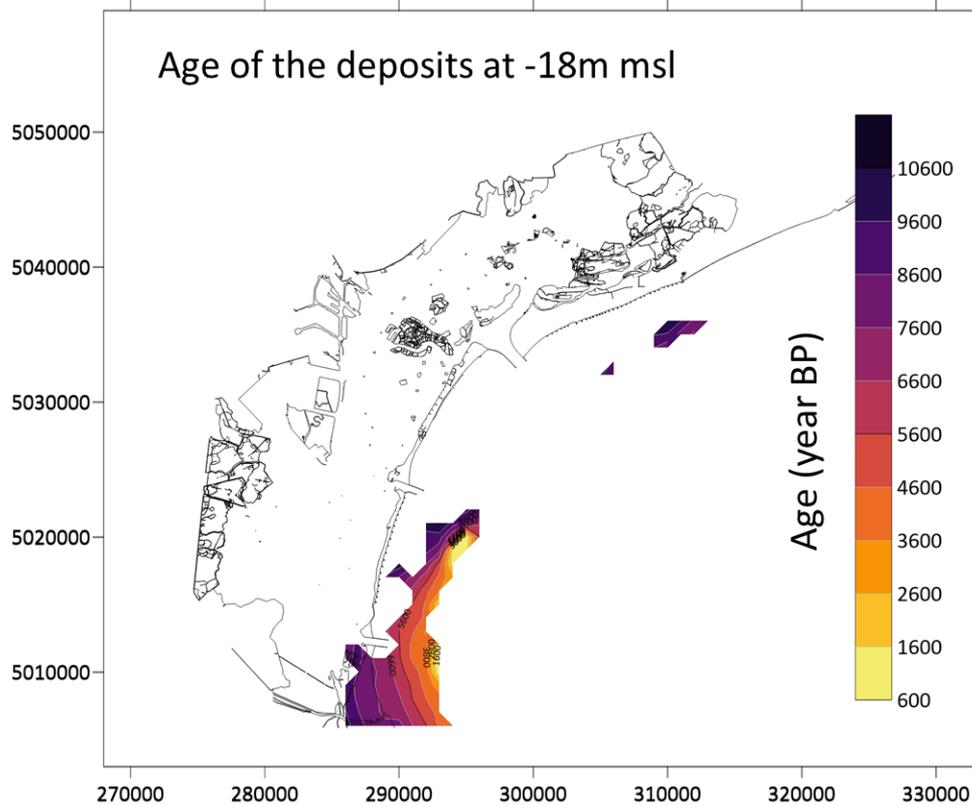
1. Modello dell'architettura stratigrafica olocenica



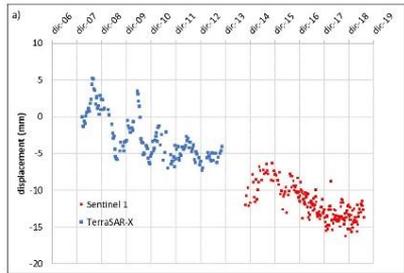
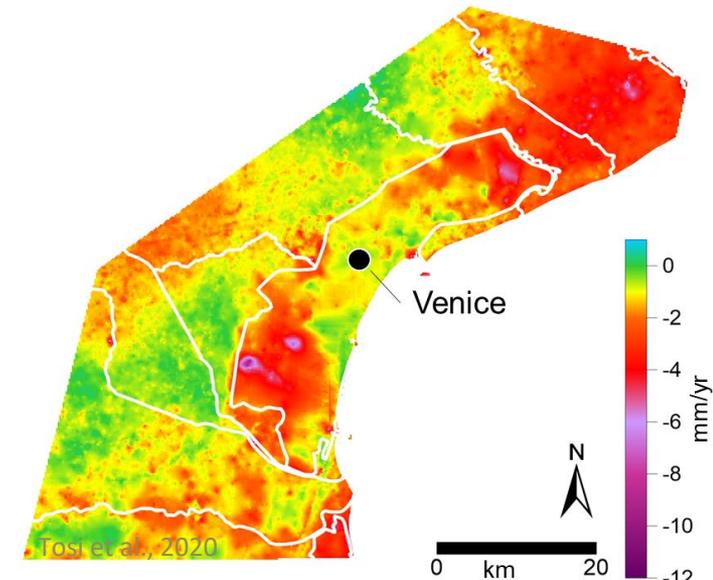
Ground Elevation



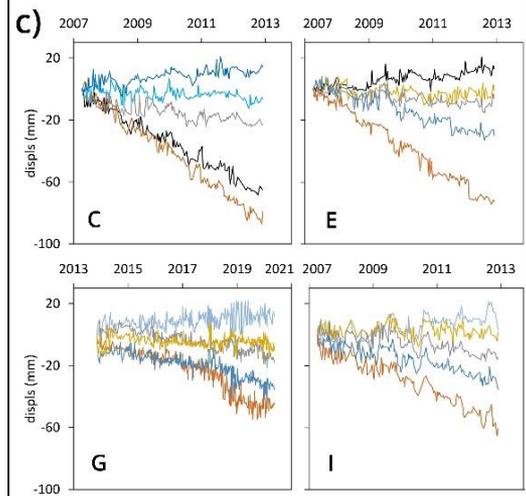
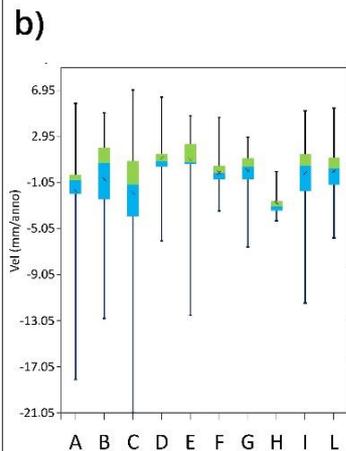
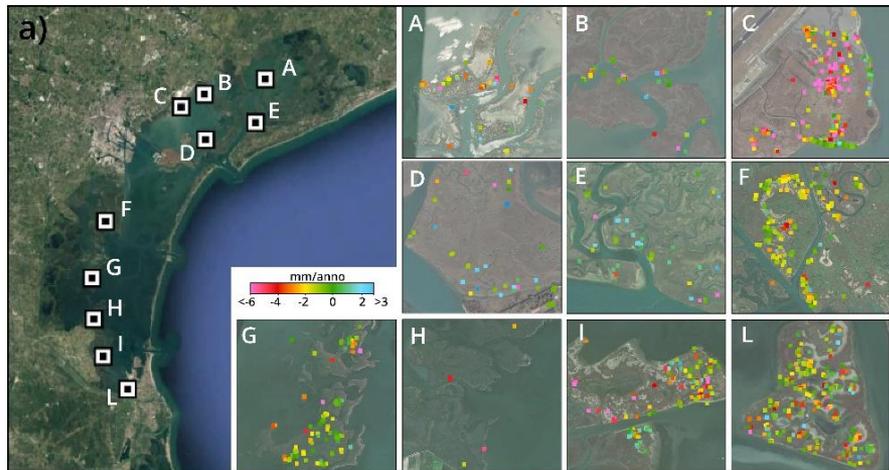
1. Modello dell'architettura stratigrafica olocenica



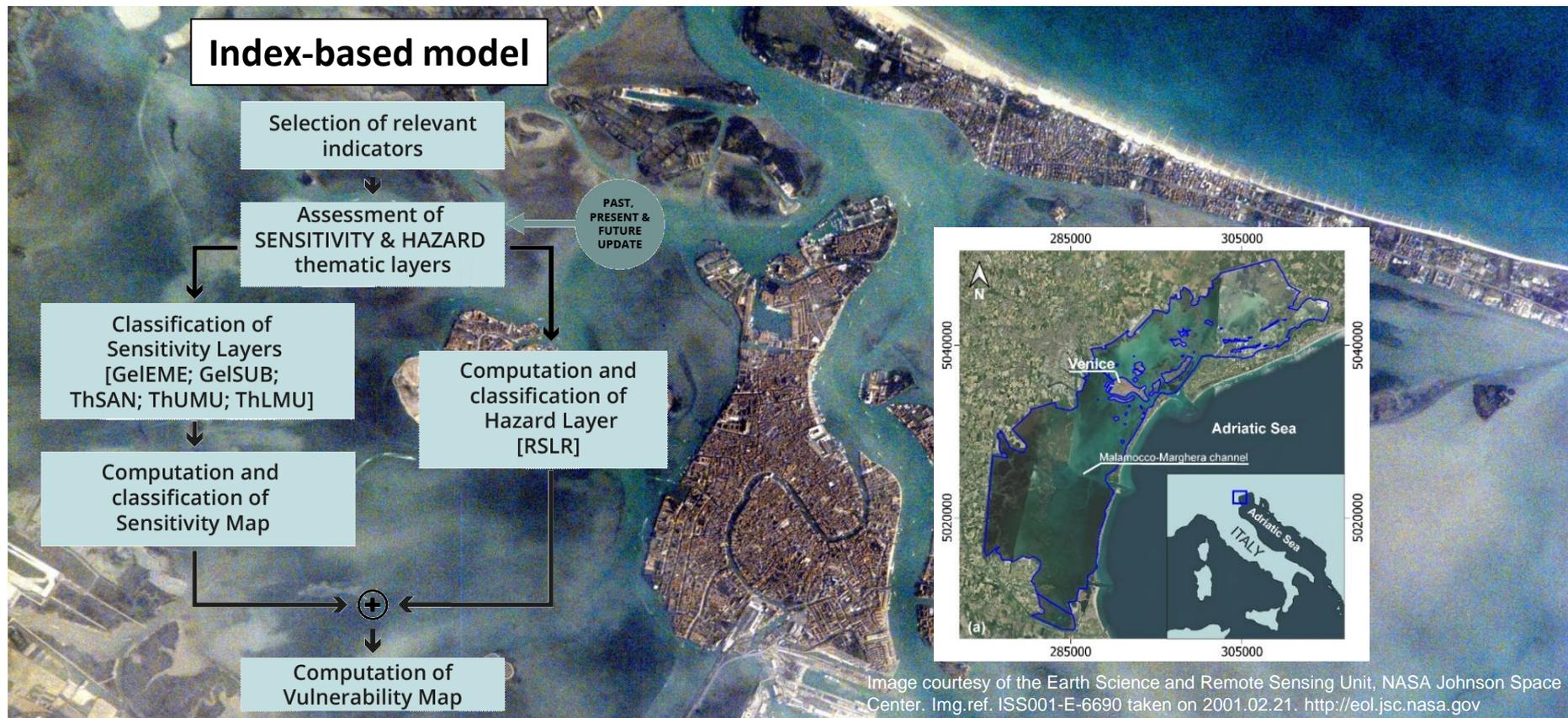
Analisi a scala "regionale"



Analisi a scala di barena

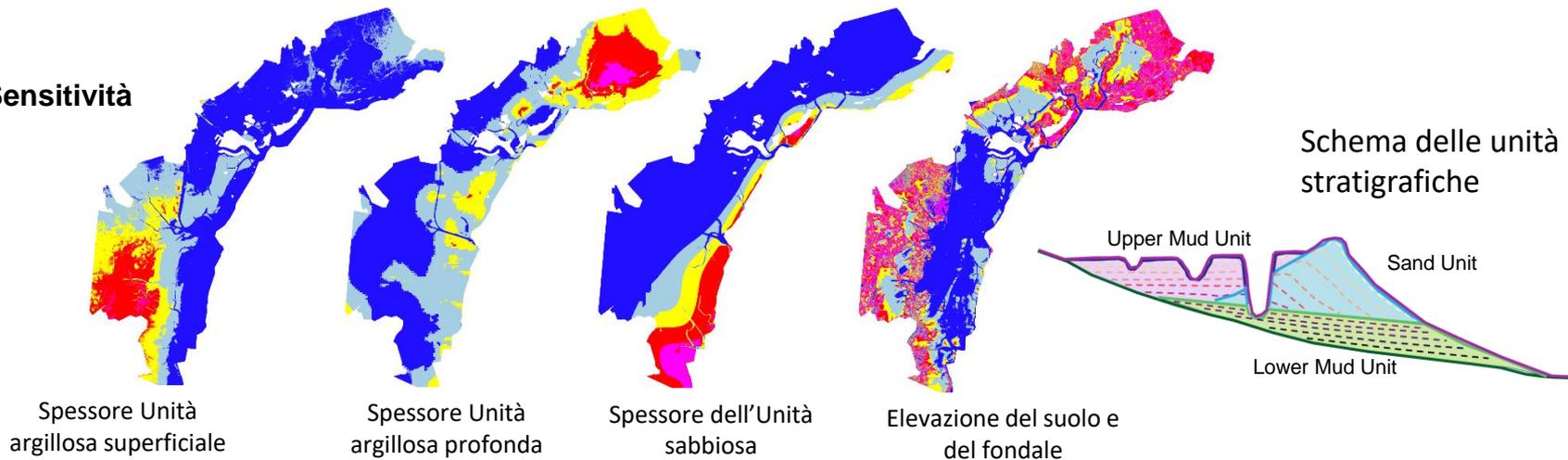


3. Vulnerabilità delle morfologie lagunari all'innalzamento relativo del livello medio del mare



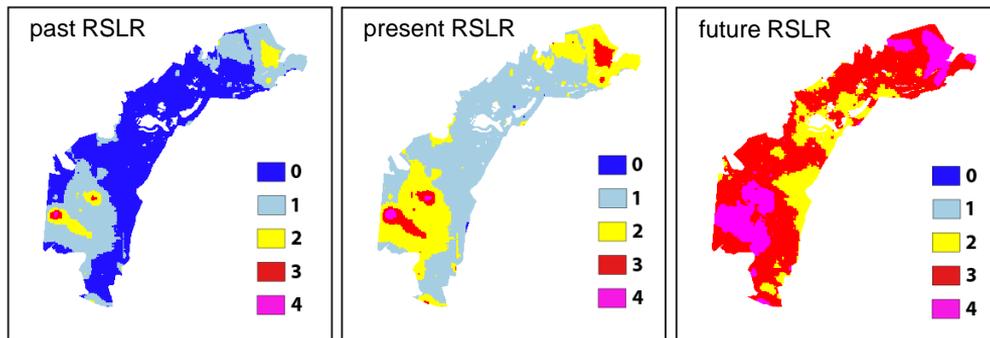
3. Vulnerabilità delle morfologie lagunari all'innalzamento relativo del livello medio del mare

Indicatori di Sensitività



lower **0** **1** **2** **3** **4** higher

Indicatori di Hazard

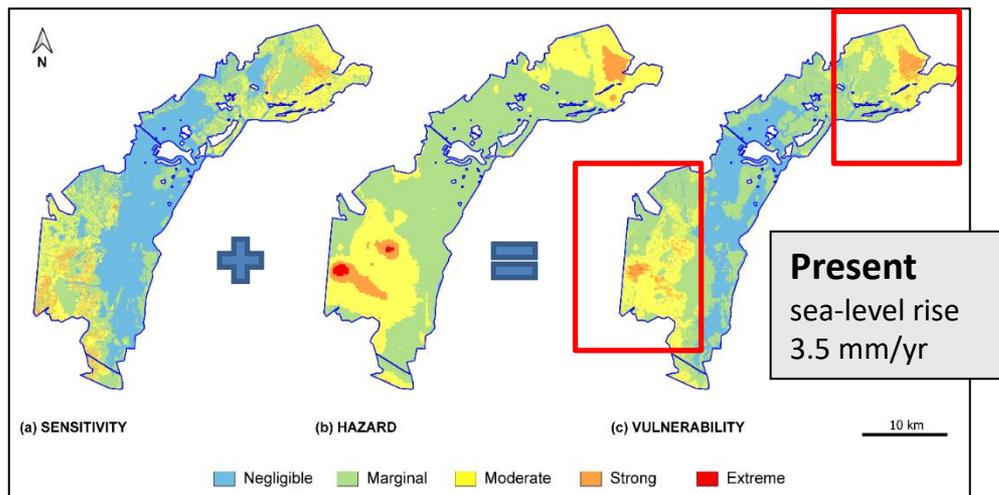


Past sea-level rise
1.5 mm/yr (1990s)

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

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

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



Le condizioni peggiori nella laguna nord-orientale e sud-occidentale riflettono la presenza di un maggior spessore di sedimenti fini e tassi di subsidenza più elevati.

I settori centrale e sud-orientale con vulnerabilità relativamente inferiore si riferiscono alle aree lagunari dove prevalgono i bassi fondali, le unità sabbiose e i tassi di subsidenza inferiori.

Sensitività:

40% trascurabile,
35% marginale,
25% moderato,
0% forte,
0% estremo.

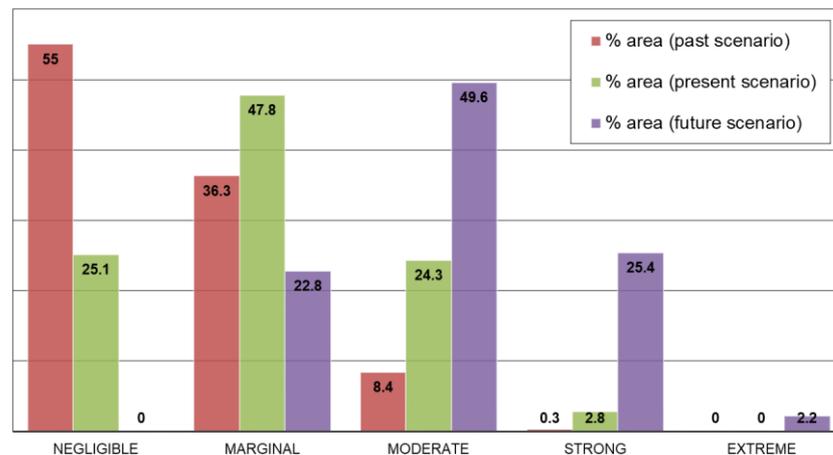
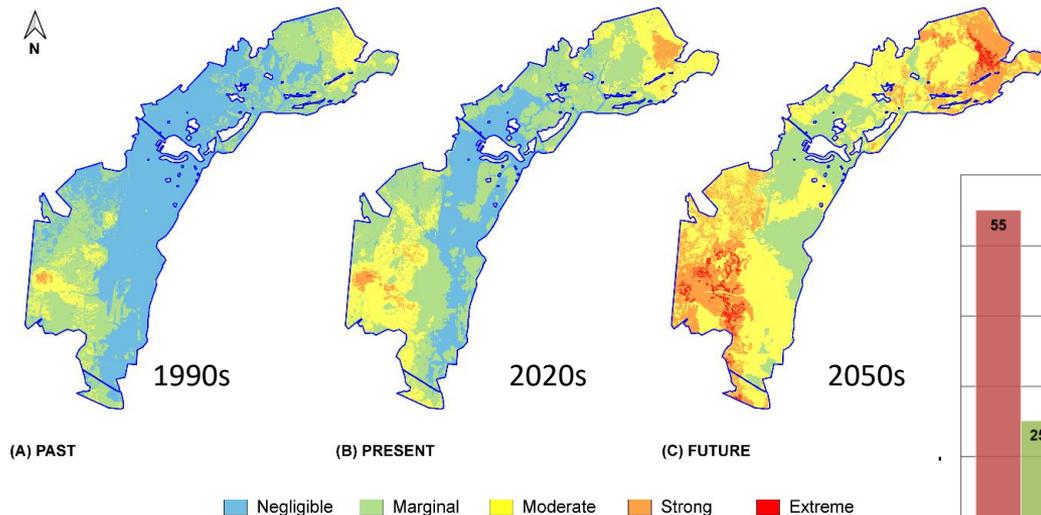
Hazard:

0% trascurabile,
60% marginale,
35% moderato,
5% forte,
0% estremo.

Vulnerabilità:

70% marginal and trascurabile
30% forte e moderato

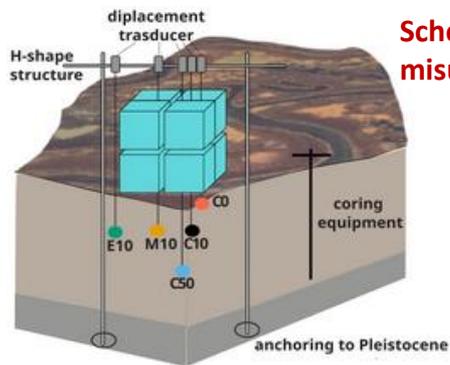
3. Vulnerabilità delle morfologie lagunari all'innalzamento relativo del livello medio del mare



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

4. Risposta delle barene al carico indotto

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

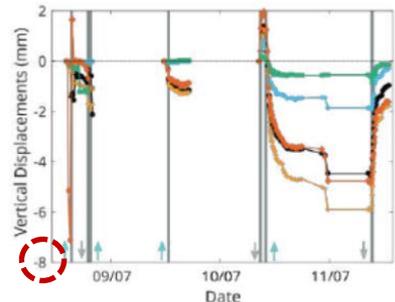
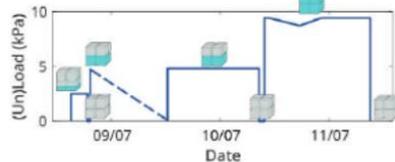


Spostamenti verticali misurati durante le fasi di carico e di scarico dai sensori installati nella barena a varie profondità

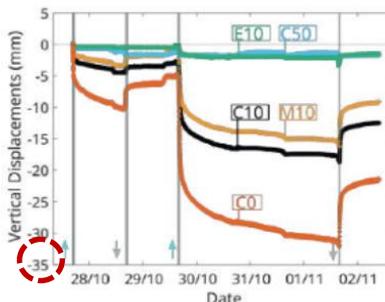
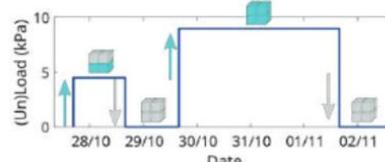


Test di carico sulla superficie della barena di Campalto

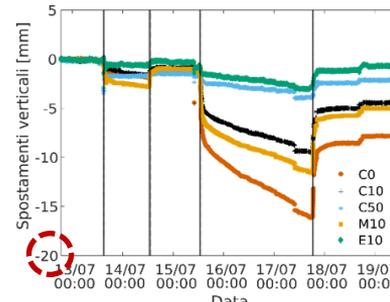
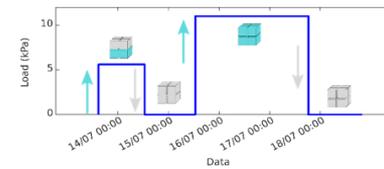
Lazzaretto N. (2019)



La Grisa (2020)

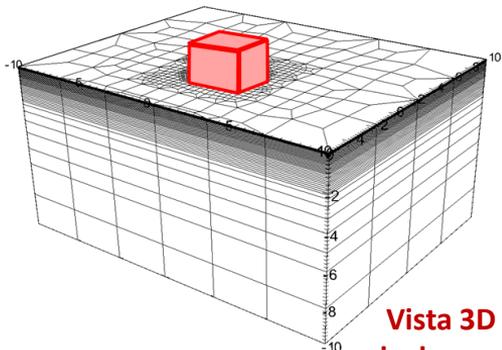


Campalto (2021)



4. Risposta delle barene al carico indotto

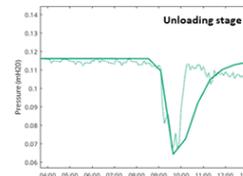
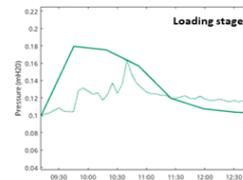
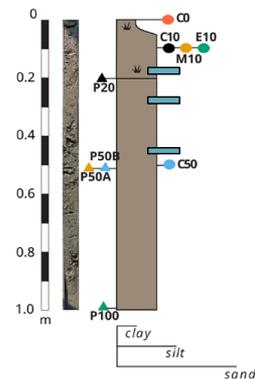
Le proprietà geomeccaniche dei terreni di barena sono ottenute mediante la calibrazione di un modello accoppiato flusso-deformazioni con la risposta ottenuta in-situ



Vista 3D della griglia di calcolo con il carico imposto

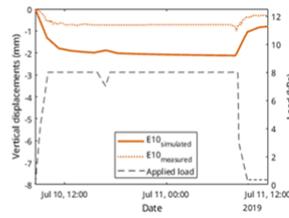
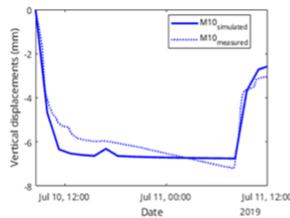
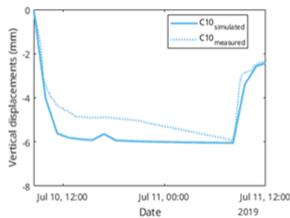
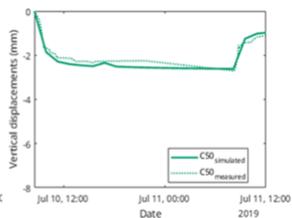
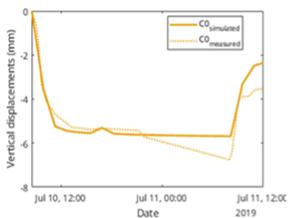
Profilo stratigrafico della barena (1 m)

- Displacements transducers
- ▲ Piezometers
- ▬ Oedometers



Confronto tra sovrappressione misurata e simulata

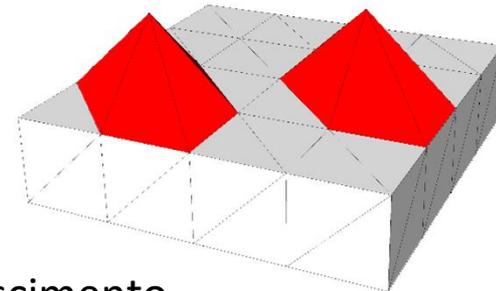
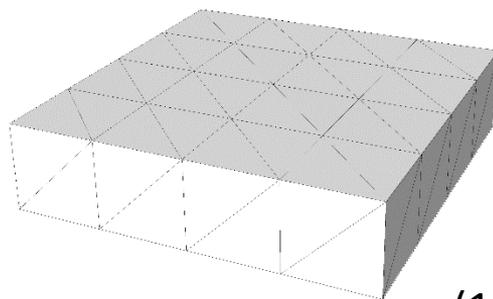
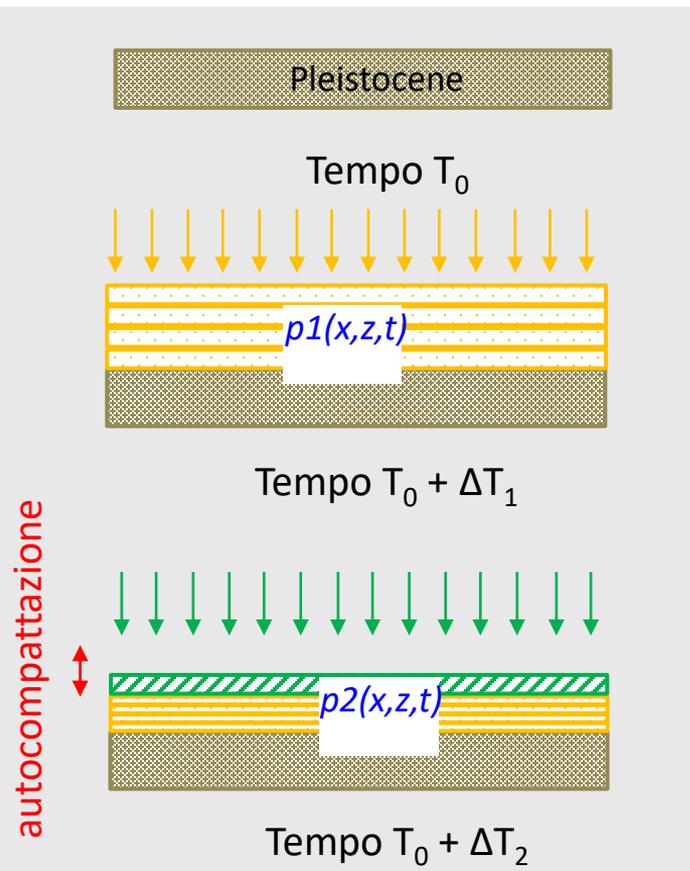
Pianta della griglia di calcolo (barena di Lazzaretto Nuovo)



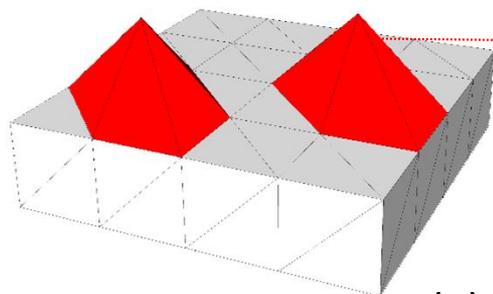
Confronto tra spostamenti misurati e simulati a 0.1 e 0.5 m al di sotto della superficie

5. Modellazione della subsidenza Olocenica

NATSUB3D: simulatore per la stima a medio-lungo termine dell'evoluzione di corpi sedimentari deposizionali (in 3D)



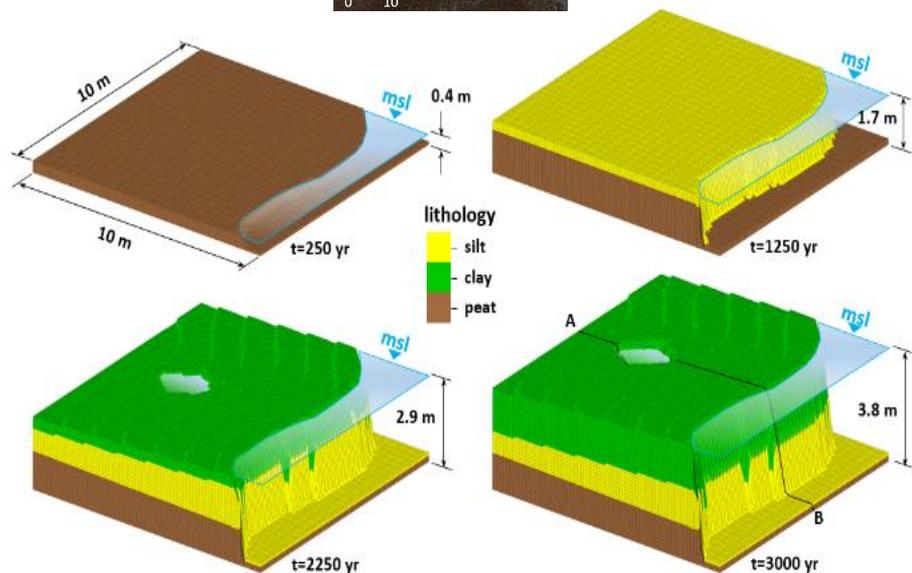
(1) Accrescimento



(2) Autocompattazione

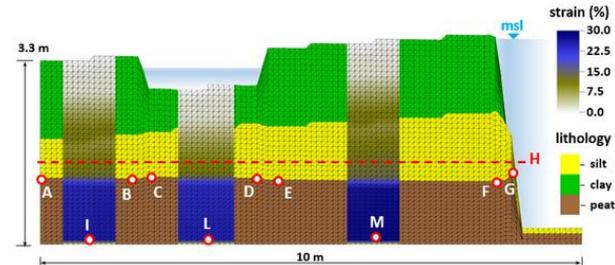
5. Modellazione della subsidenza olocenica

Modellazione dell'evoluzione di una barena

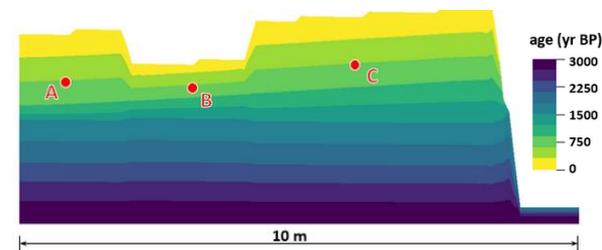


Evoluzione della barena tidale ai tempi 250, 1250, 2250 e 3000 anni. I colori rappresentano diverse litotipi.

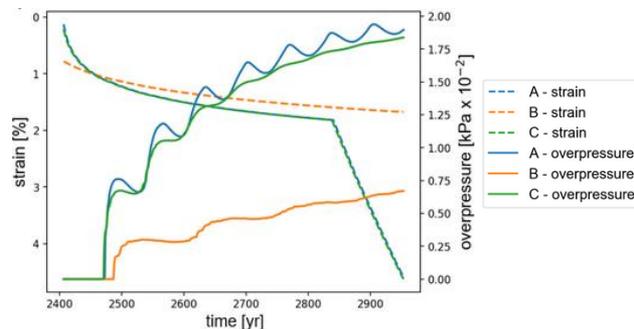
Litologia e deformazione in una sezione verticale



Età dei depositi in una sezione verticale

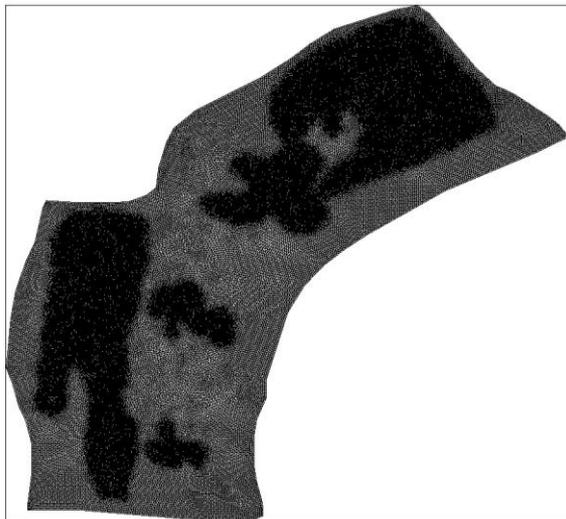


Evoluzione della deformazione e della sovrappressione nel tempo in tre punti specifici



5. Modellazione della subsidenza olocenica

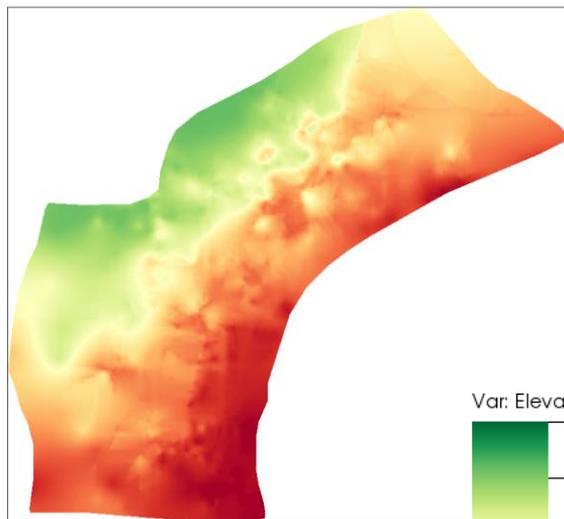
Modellazione della subsidenza alla scala della laguna di Venezia



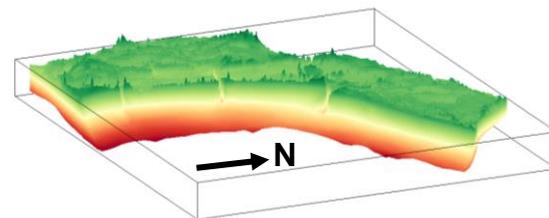
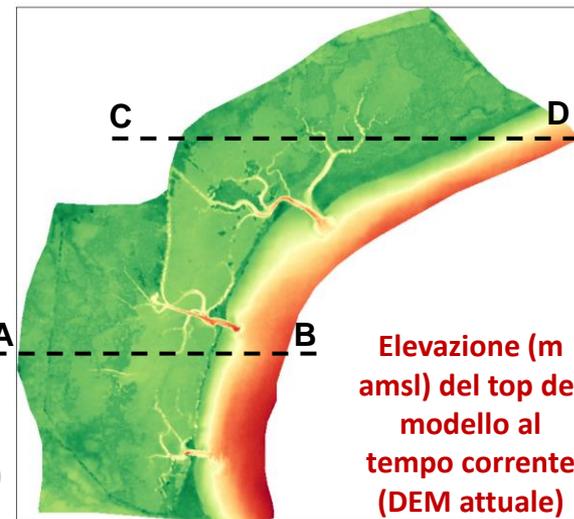
Pianta della griglia di calcolo a 11'000 anni BP. Dimensione elementi da 50 a 200 m (in verticale 0.5 m)

➤ Nodi griglia a 11'000 anni BP: circa 123'000

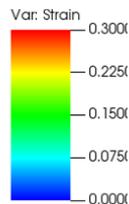
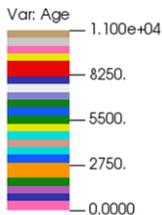
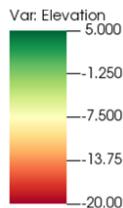
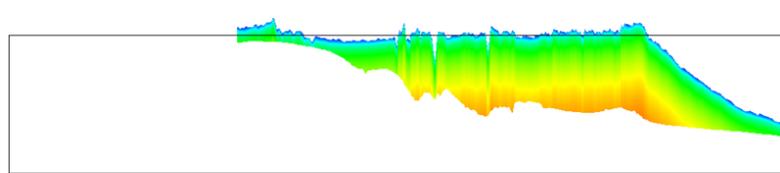
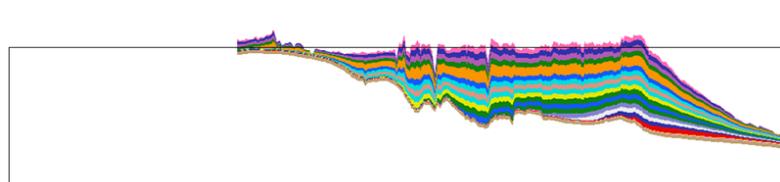
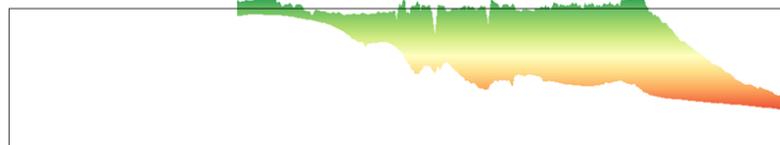
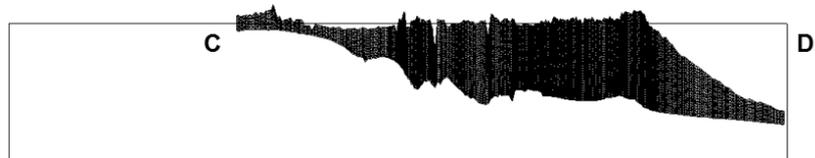
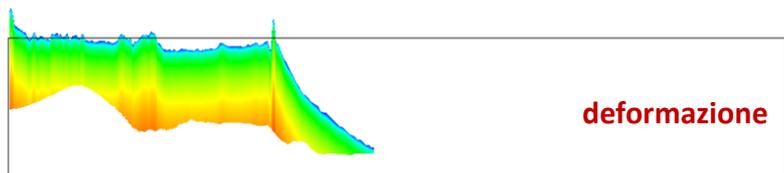
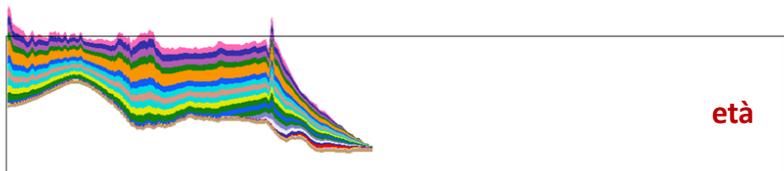
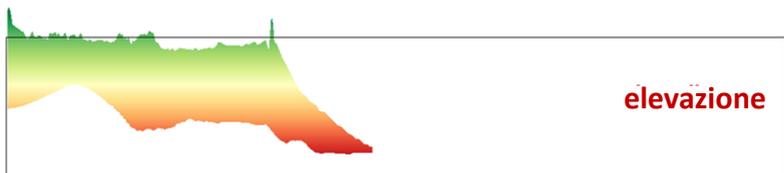
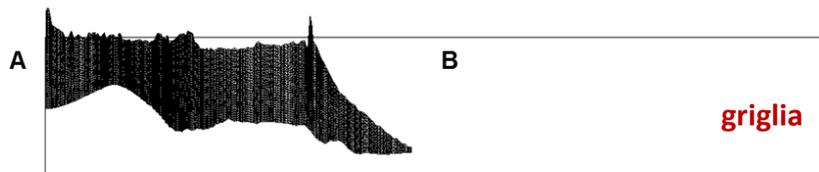
➤ Nodi griglia al tempo corrente: circa 1'444'000



Elevazione (m amsl) del top del modello a 11'000 anni BP (profondità Olocene)



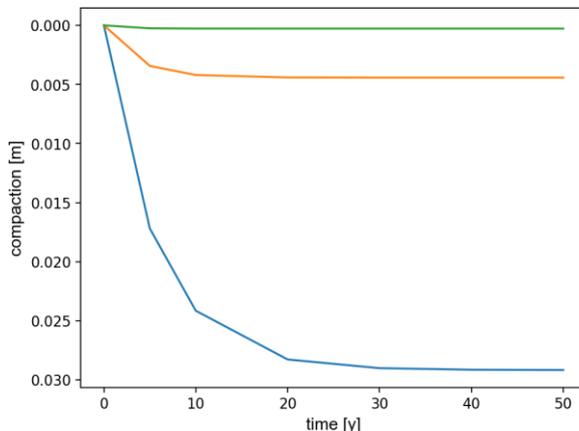
Modellazione della subsidenza alla scala della laguna di Venezia



Risultato del modello NATSUB3D lungo la sezione A-B

Risultato del modello NATSUB3D lungo la sezione C-D

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 ⁻¹)	Holocene compaction (mm)	Deep subsidence (mm year ⁻¹)	δ (mm)	Δ (mm)
SC-1 (reference)	0.0	-	1.0	-80	-176 (-2.2 mm year ⁻¹)
SC-2 (reference)	2.5	138	1.0	-18	-114 (-1.4 mm year ⁻¹)
SC-3 (reference)	5.0	228	1.0	92	-4 (-0 mm year ⁻¹)
SC-2 ^a (RCP2.6)	2.5	138	1.0	-18	-418 (-5.2 mm year ⁻¹)
SC-2 ^a (RCP8.5)	2.5	138	1.0	-18	-828 (-10.4 mm year ⁻¹)

NON LINEAR

Scenarios differ for the accretion rate over the marsh surface and the SLR, considering a constant deep subsidence of 1 mm year⁻¹³⁷ and SLR of 1.2 mm year⁻¹⁴⁶⁻⁴⁸. Parameter δ is the marsh elevation loss/gain between 2020 and 2100; parameter Δ is the net elevation loss/gain of the marsh surface with respect to the 2020-MSL. Negative Δ 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 water⁴⁶.

^aNote 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

Grazie per l'attenzione!

