

CONVEGNO ACQUE ALTE A VENEZIA – LA SOLUZIONE MoSE
Venezia, 8 febbraio 2020

POTENZIALITA' E LIMITI DEL SISTEMA MoSE

Dalla prospettiva di un consulente della struttura commissariale



PROF. ING. ENRICO FOTI

DIPARTIMENTO INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA

enrico.foti@unict.it

Venezia e il sistema MoSE

Venezia e le acque alte



4 novembre 1966



4 novembre 1966



12 novembre 2019

04/11/1966	194 cm
12/11/2019	187 cm
22/12/1979	166 cm
01/02/1986	159 cm
01/12/2008	156 cm
15/11/2019	154 cm
12/11/1951	151 cm
11/11/2012	149 cm
16/11/2002	147 cm
25/12/2009	145 cm
23/12/2019	144 cm
24/12/2010	144 cm
12/02/2013	143 cm

La difesa dall'acqua alta | necessità di un approccio innovativo

Il sistema di difesa dalle acque alte non doveva:

- i) interferire con il **paesaggio**;
- ii) modificare significativamente gli **scambi idrici alle bocche di porto**;
- iii) interferire con le **attività economiche** che si svolgono attraverso le stesse bocche.

Inoltre, doveva rispettare le caratteristiche di **sperimentaltà, reversibilità e gradualità, etc.**



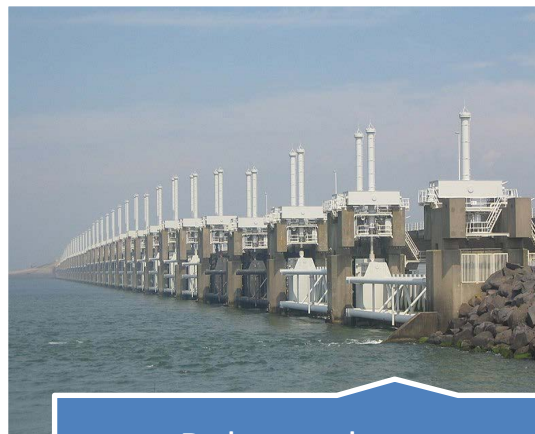
La difesa dall'acqua alta | nel resto del mondo

1974-1984
9 piloni in cls
10 paratoie in
acciaio

Costo 634* M€



Tamigi (UK)



Delta works –
Oosterscheldekering (NL)

1976-1986
65 colonne in cls
62 paratoie in
acciaio

Costo 2.500* M€

1978-2011
25 km
Altezza 8 m

Costo 3.850* M€



San Pietroburgo (RUS)



New Orleans (USA)

2009-2013
200 km in cls
Altezza 8 m

Costo 13.000* M€



*Costo non attualizzato

I problemi idraulico-ambientali in laguna | non solo acqua alta

MAREGGIATE



EROSIONE



INQUINAMENTO



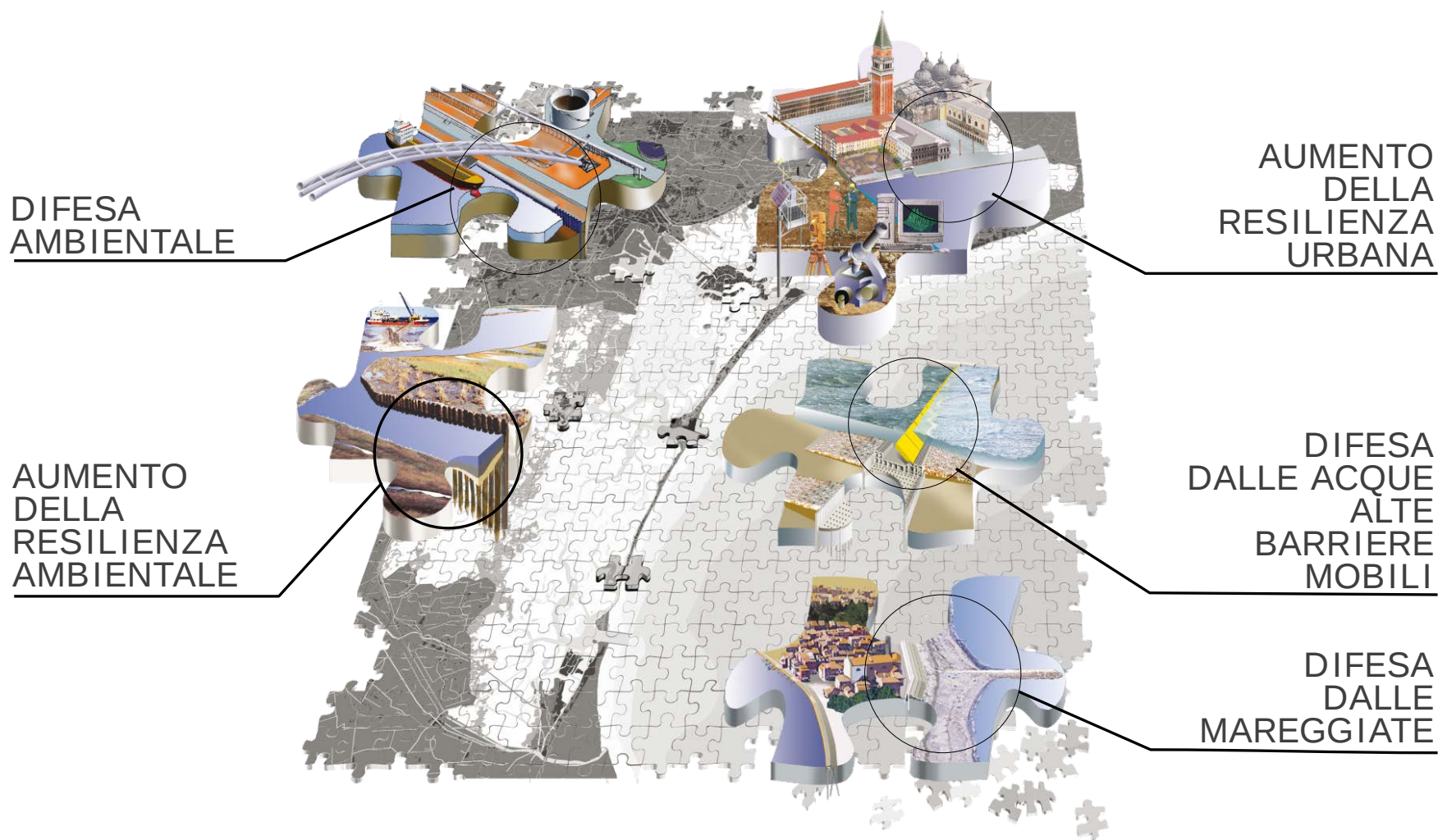
ACQUA ALTA



Fonte: Consorzio Venezia Nuova (CVN)

Fare o non fare. Non c'è provare!

(cit. Maestro YODA)



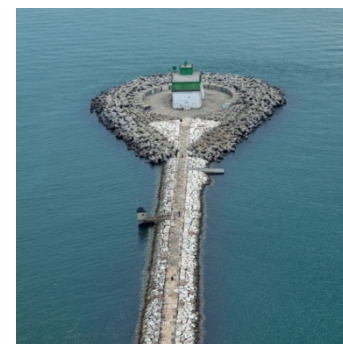
Fonte: Consorzio Venezia Nuova (CVN)



56 km di
spiagge
ricostruite e
protette



12 km di
dune costiere
ricostruite e
naturalizzate



11 km di
frangiflutti
rinforzati



16 km² di
barene
ricostruite e
naturalizzate



40 km di
canali
industriali
bonificati



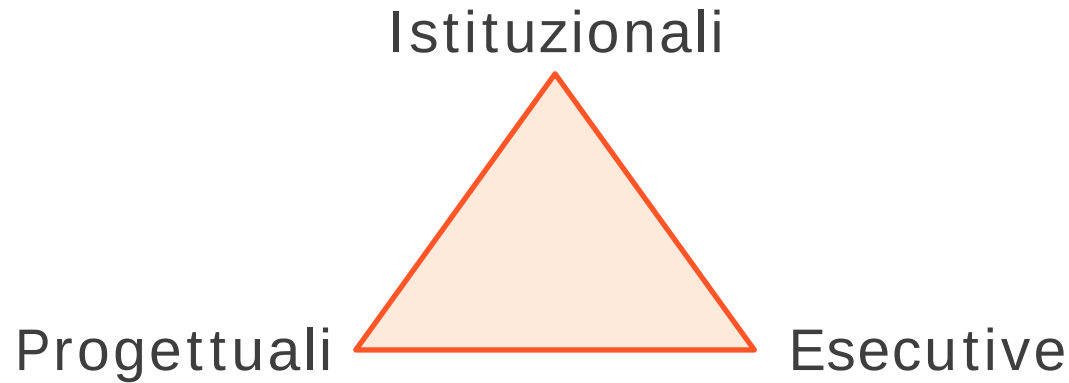
12 isole
minori
recuperate

Innalzamento (cm) min e max del **livello del Mediterraneo** stimato al 2050



PROBABILI CRITICITA' DEL SISTEMA MoSE

Probabili criticità del sistema MoSE



Istituzionali

- Corruzione
- Governance
- Crisi aziende consorziate
- Flussi finanziari
- ...

Progettuali

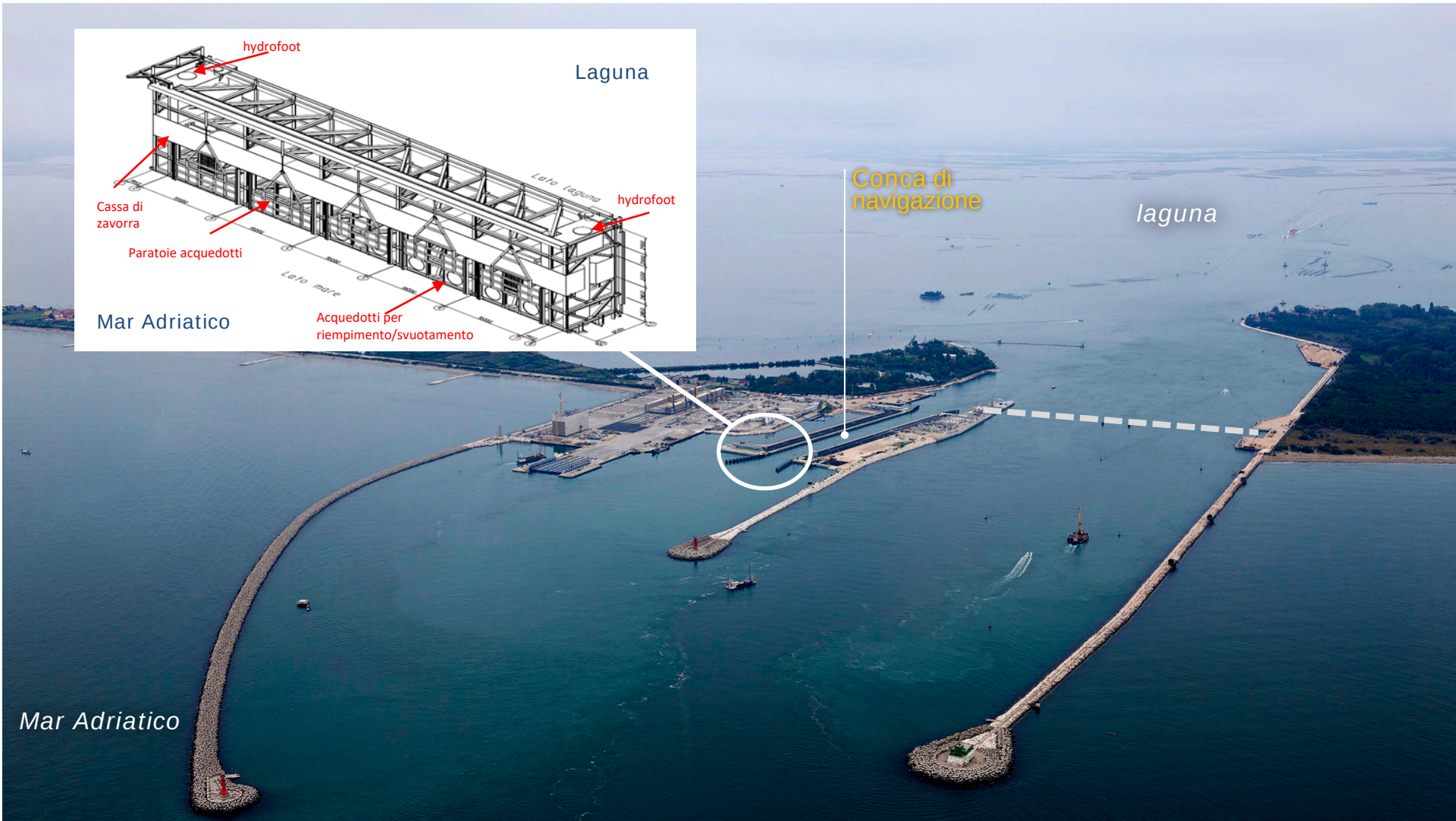
- Conca di navigazione di Malamocco
- Trasporto solido in corrispondenza delle barriere
- Jack-up
- Lunate
- ...

Esecutive

- Cerniere
- Cassoni di spalla alla porta di Malamocco
- Jack-up
- Lunate
- ...

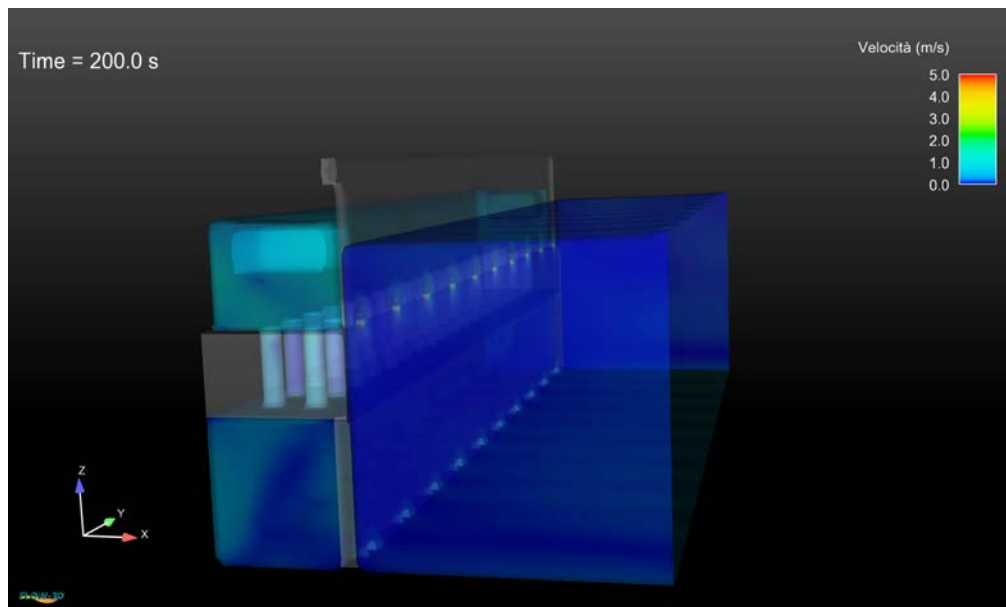
criticità | **esecutive o progettuali?**

porta della conca di navigazione di Malamocco



criticità | esecutive o progettuali?

Danni ai cantieri e alla porta della conca di navigazione di Malamocco (mareggiata del 5 febbraio 2015)



Ocean Engineering
Volume 154, 15 April 2018, Pages 298-310

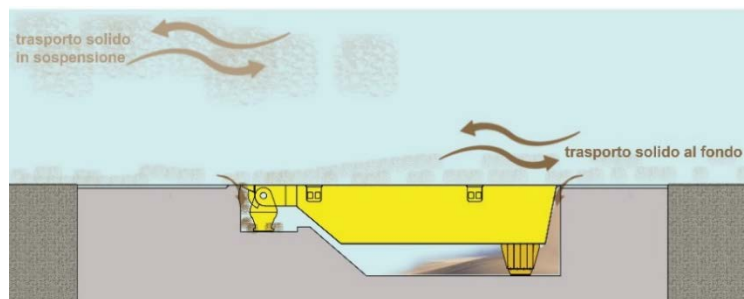


Wave load on a navigation lock sliding gate

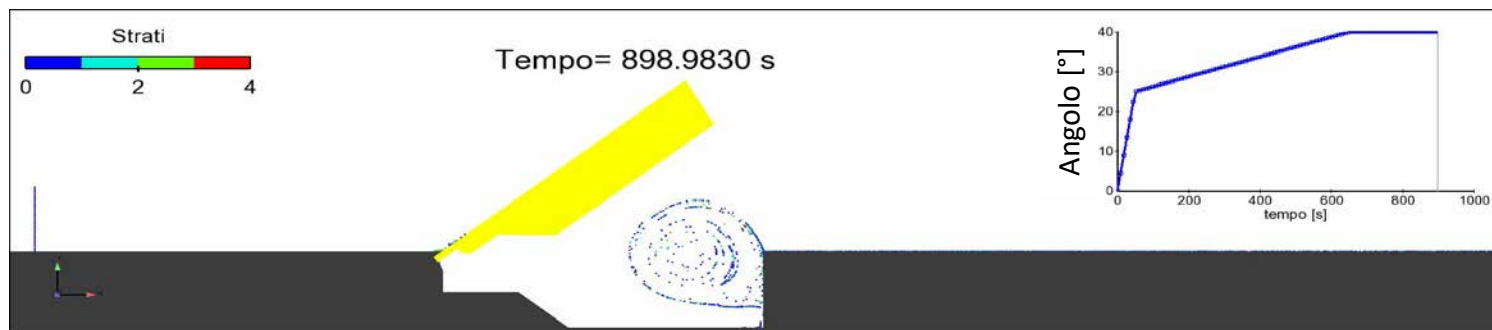
Luca Cavallaro, Claudio Iuppa, Pietro Scandura, Enrico Foti

criticità | esecutive o progettuali?

Studio del trasporto solido alla barriera di Treporti. Probabili cause di insabbiamento (dati relativi ai rilievi del 26 maggio 2016)

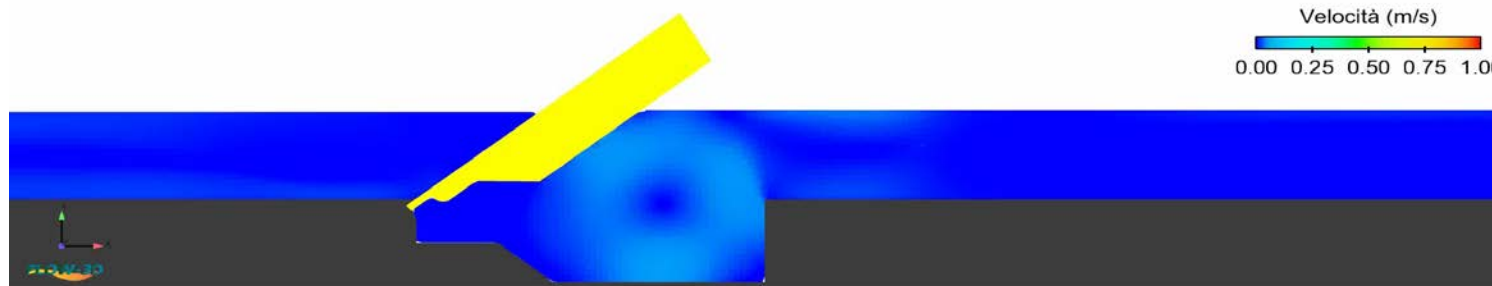


velocità della corrente prima dell'apertura delle paratoie pari a 0.80 m/s.



Flow-3D®

- 480 celle lungo x;
- 112 lungo y;
- larghezza singola cella pari a 4 m



Venezia vulnerabile: l'evento del 12 novembre 2019

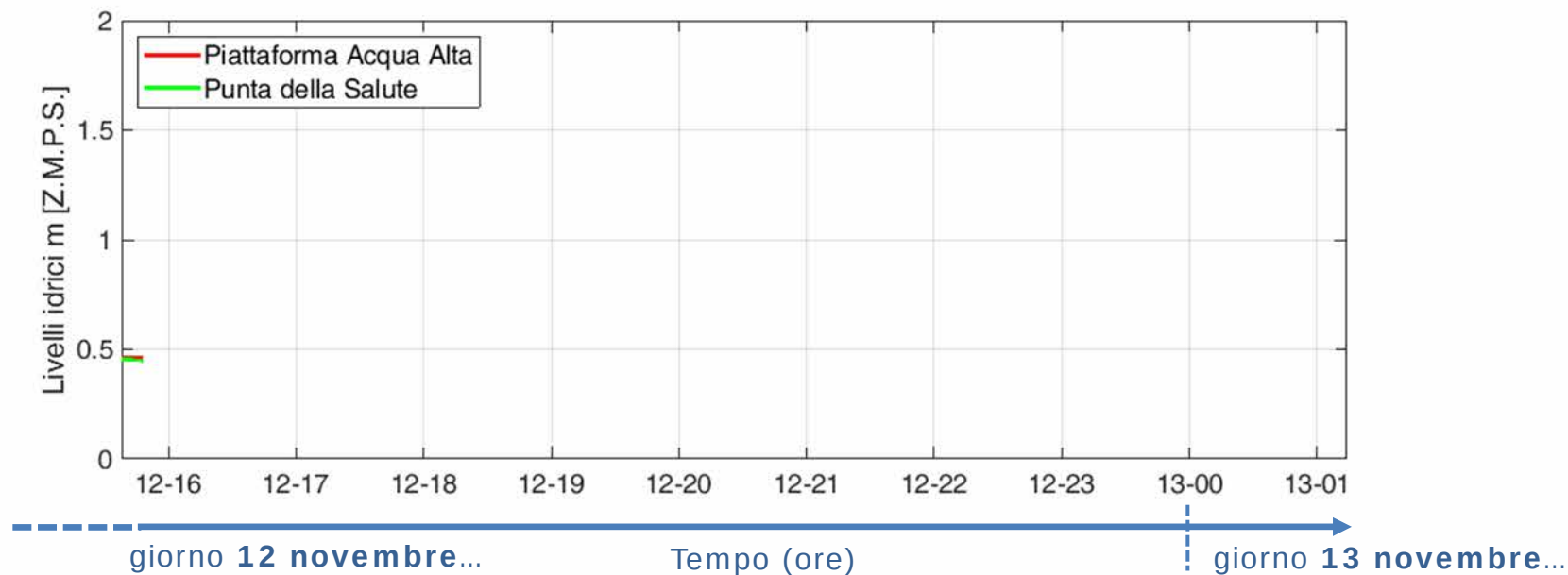
L'evento del 12.11.2019 | **gli effetti in città**

Quote e percentuali di allagamento di Venezia durante l'evento



 Aree allagate

Fonte: www.mosevenezia.eu



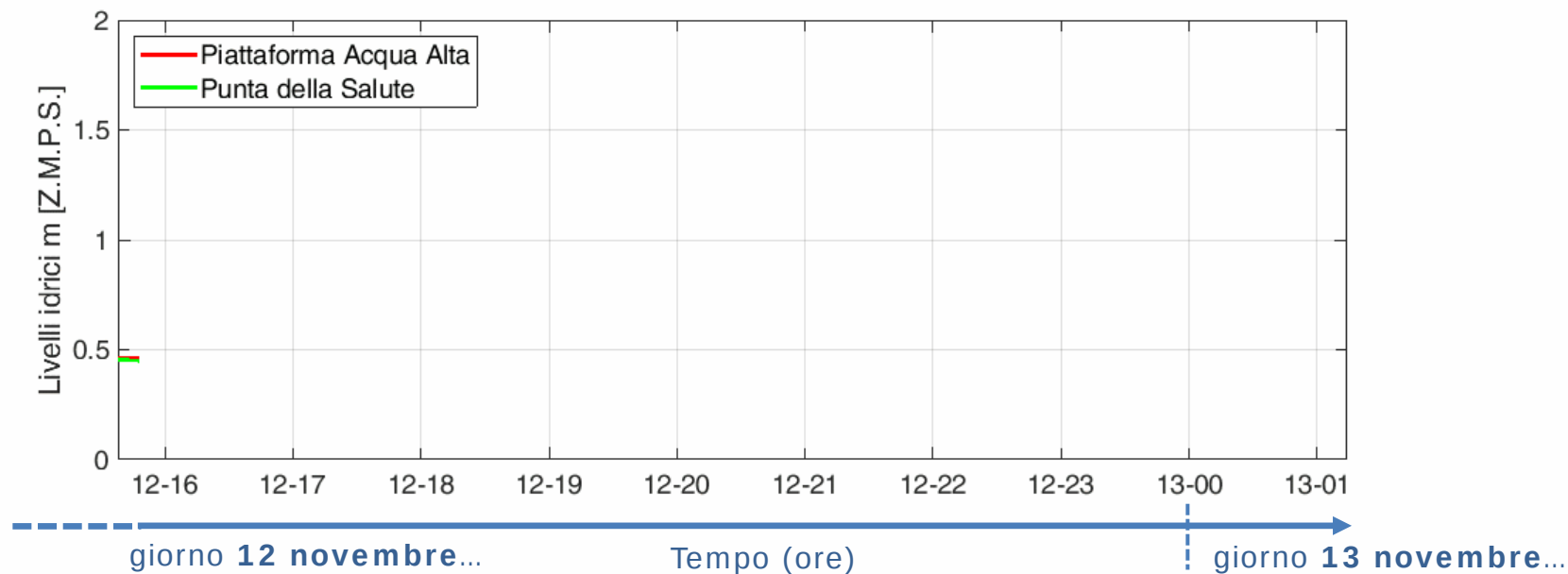
L'evento del 12.11.2019 | **gli effetti in città**

Quote e percentuali di allagamento di Venezia durante l'evento

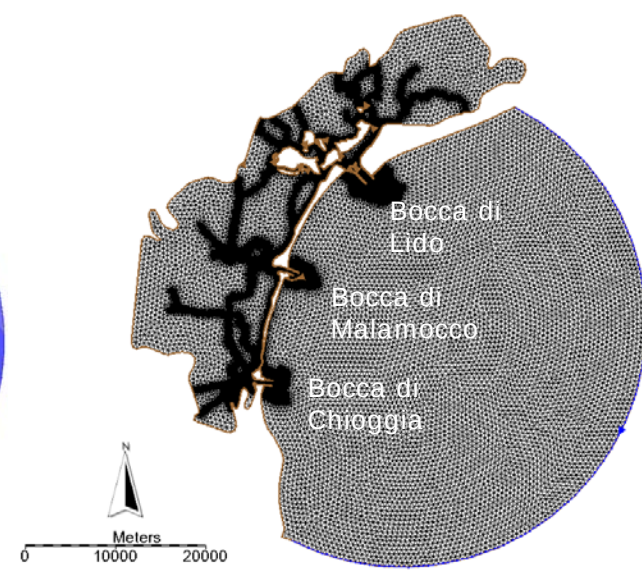
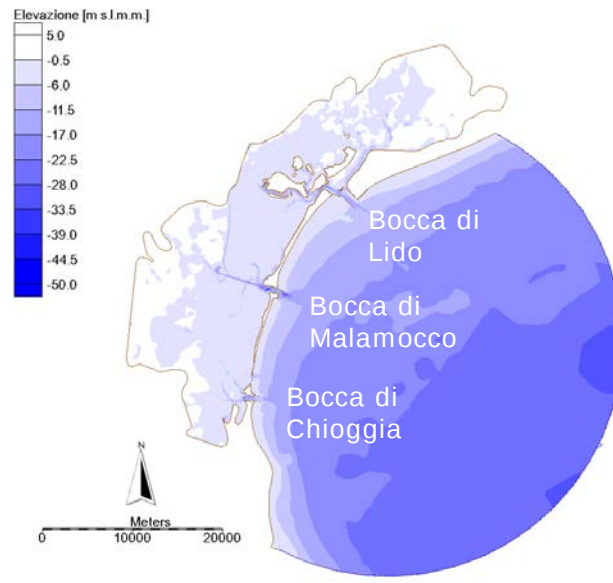
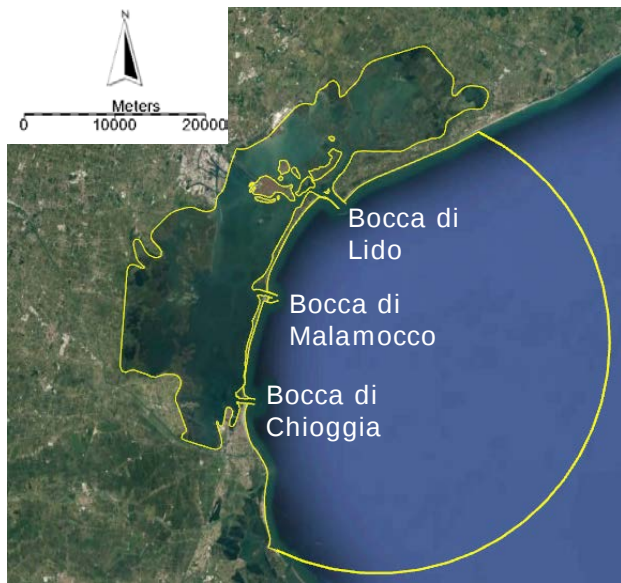


 Aree allagate

Fonte: www.mosevenezia.eu



L'evento del 12.11.2019 | il modello numerico adottato

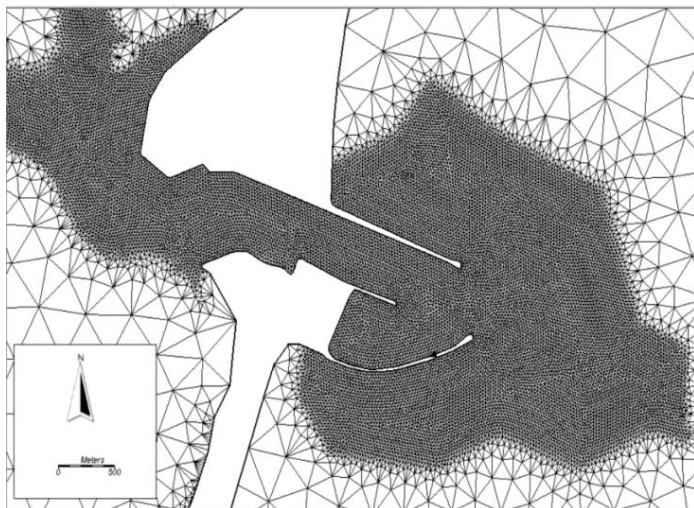


- 141476 nodi
- 278802 celle triangolari (dimensioni ~500m)

In corrispondenza delle bocche e dei canali la dimensione delle celle è raffittita e pari a 25 m

Le condizioni al contorno sono state definite sulla base:

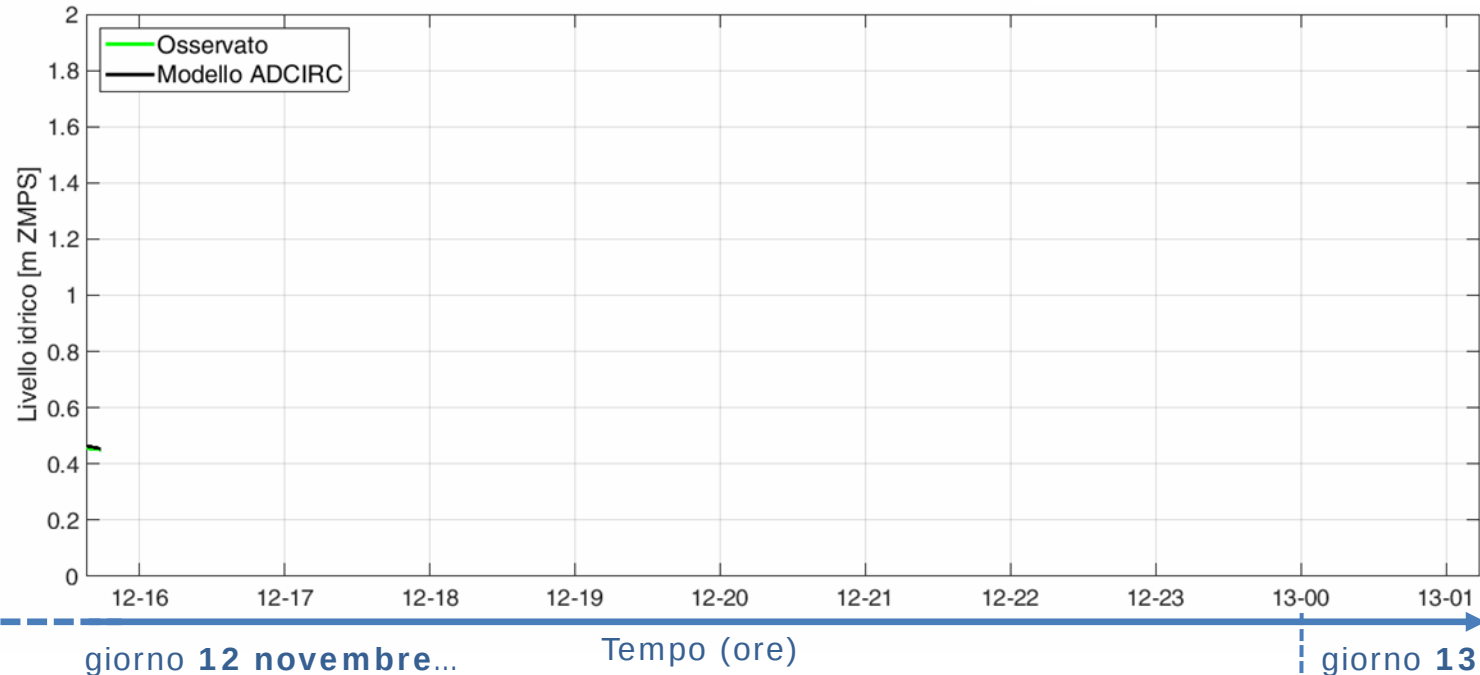
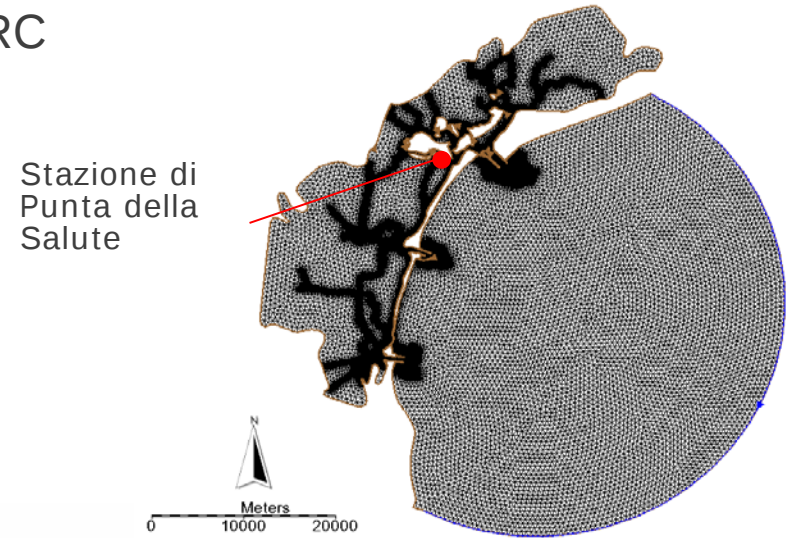
- del livello idrico e del vento (direzione e velocità) rilevati alla piattaforma Acqua Alta del CNR;
- della pressione atmosferica rilevata presso la stazione posta a Palazzo Cavalli.



Particolare della bocca di Malamocco

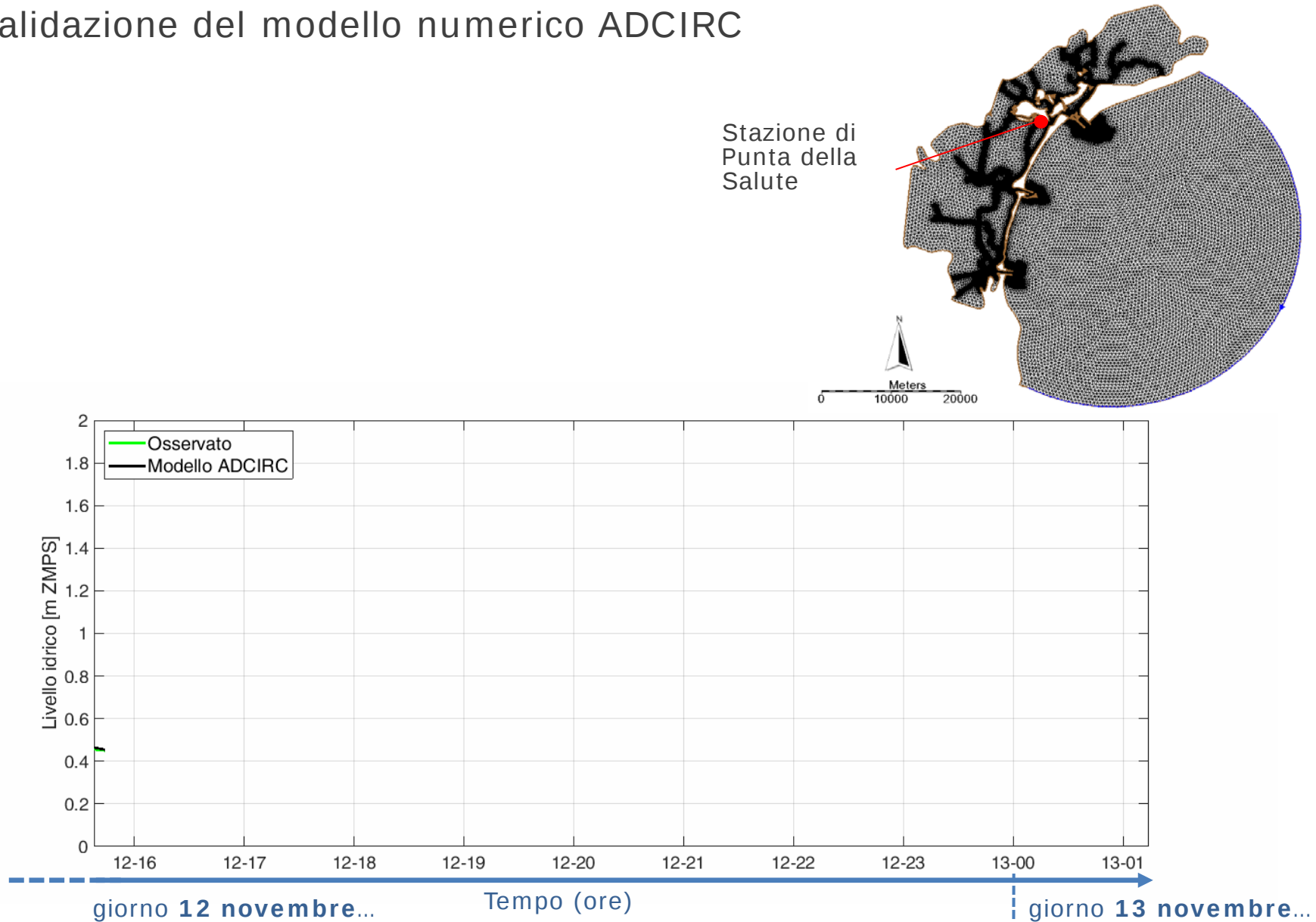
L'evento del 12.11.2019 | la validazione del modello

Validazione del modello numerico ADCIRC

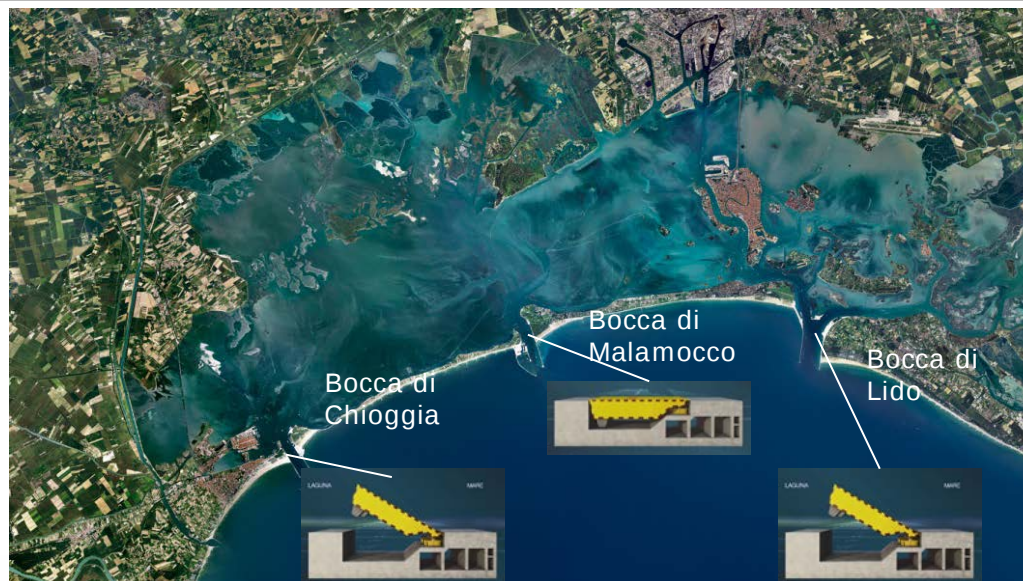


L'evento del 12.11.2019 | la validazione del modello

Validazione del modello numerico ADCIRC



L'evento del 12.11.2019 | plausibili scenari di mitigazione

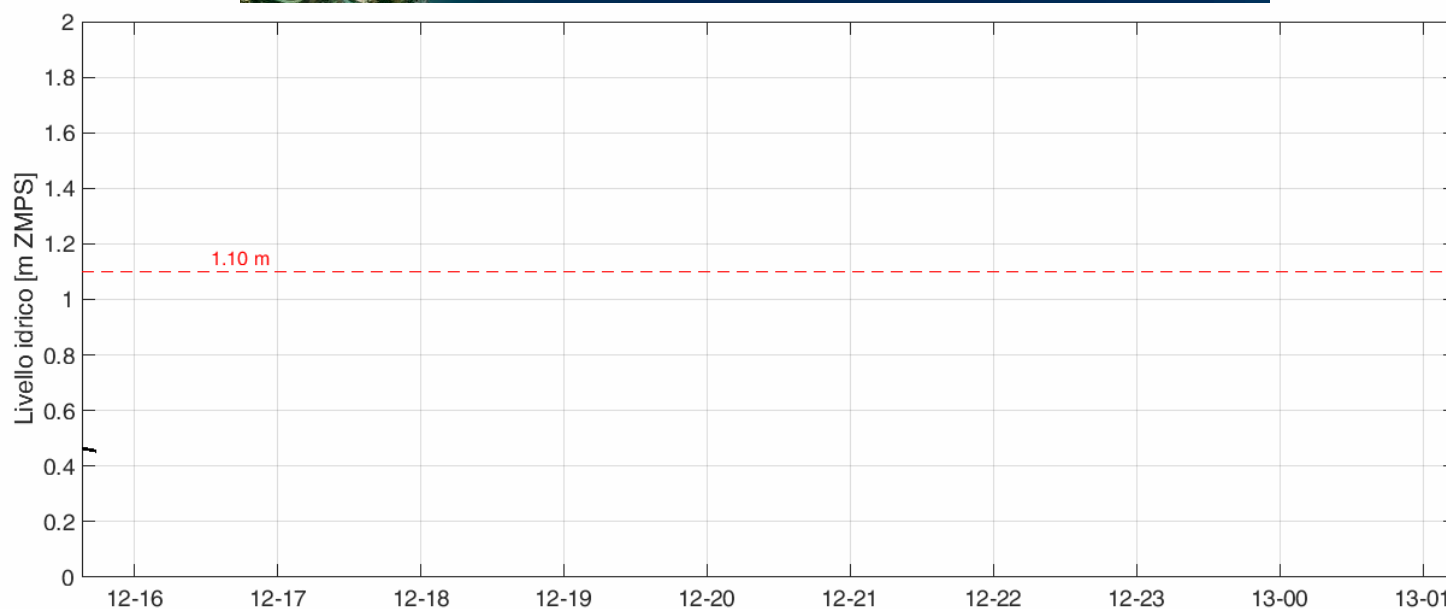
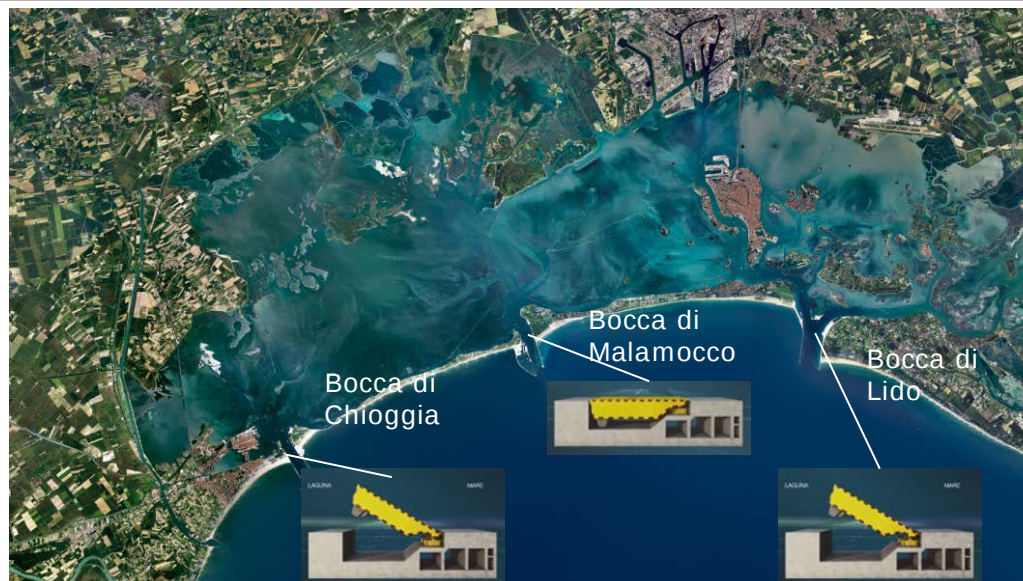


giorno 12 novembre...

Tempo (ore)

giorno 13 novembre...

L'evento del 12.11.2019 | plausibili scenari di mitigazione



giorno 12 novembre...

giorno 13 novembre...

I BENEFICI DOVUTI A NUOVI POSSIBILI SCENARI DI GESTIONE DEL MoSE

Il sistema MoSE come sistema antifragile

Interventi resistenti

Interventi resilienti

Interventi antifragili

Spada di Damocle | fragile



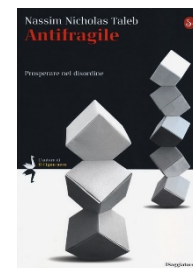
Araba Fenice | resiliente



Idra | antifragile



Fonte: N. Taleb "Antifragile: prosperare nel disordine" (2012)



Venezia | da città resiliente a città antifragile?



TERREMOTO 1117



CROLLO DEL CAMPANILE
DI SAN MARCO 1902



ALLUVIONE 2019

CITTÀ RESILIENTE

CITTÀ ANTIFRAGILE?



Chiesa di Santa Maria Formosa

ANNUS
HORRIBILIS
1106



TRATTATO DI
CAMPOFORMIO 1797



ALLUVIONE 1966



SISTEMA MoSE
OPERATIVO/
ULTERIORI IMPIEGHI
2021?

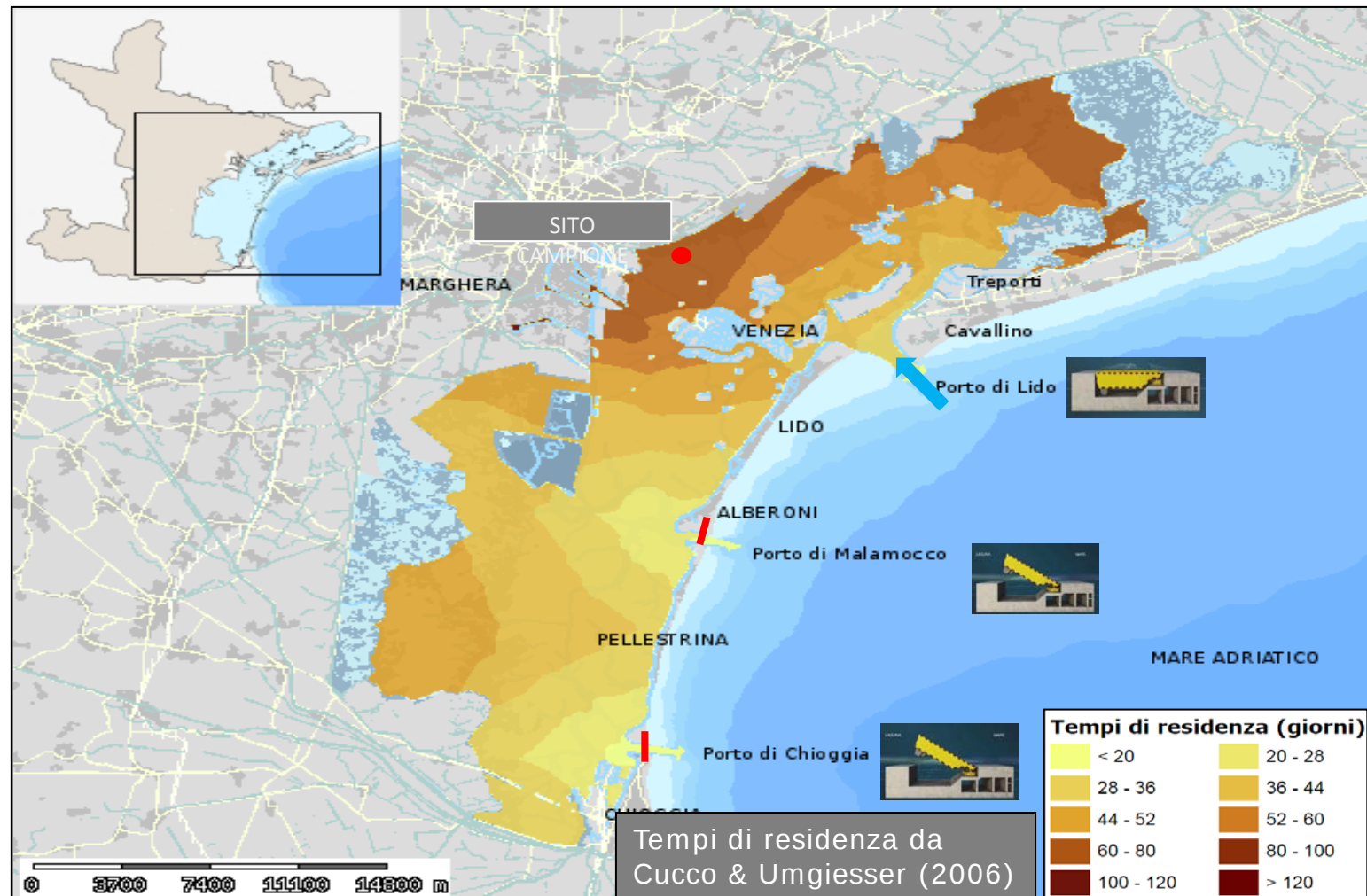
Probabili altri impieghi del MoSE | **circolazione estiva**



(veneziatoday.it)



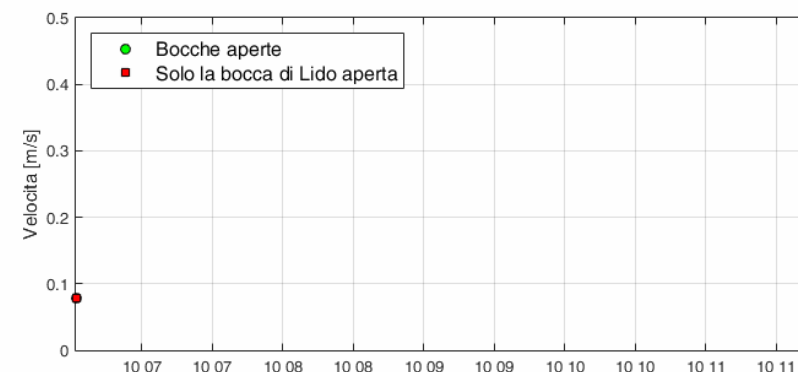
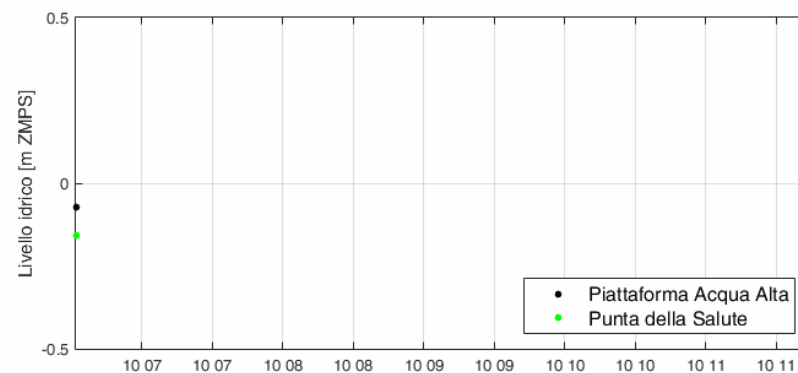
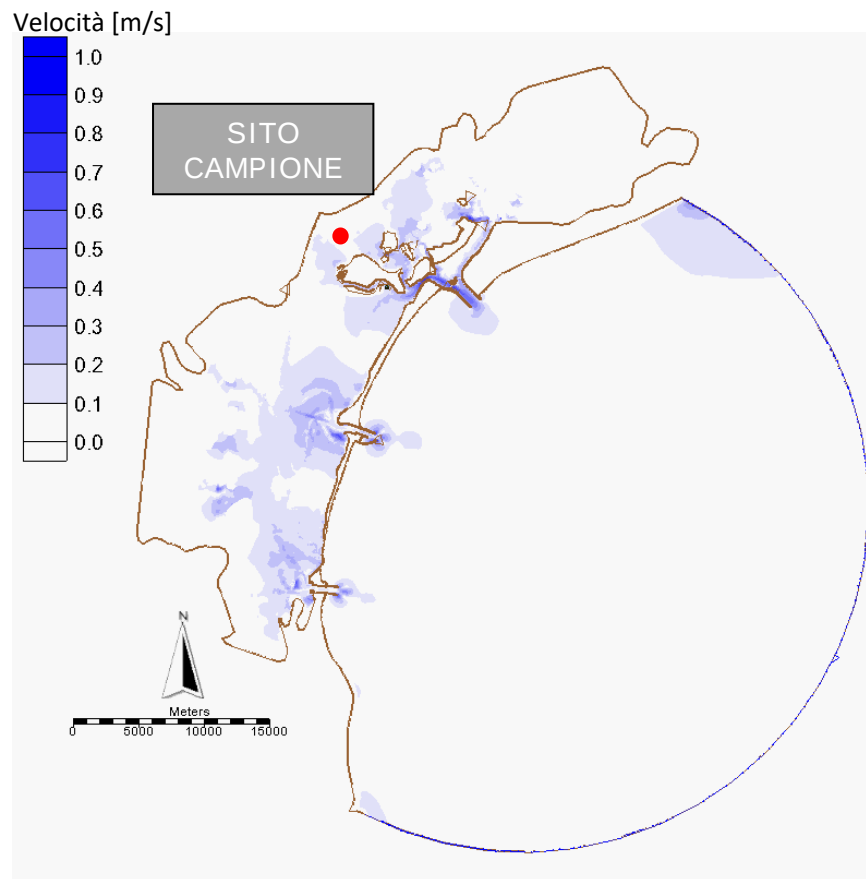
(nuovavenezia.gelocal.it)



(Foti et al., Journal of Marine Science and Engineering, 2017)

Probabili altri impieghi del MoSE | **circolazione estiva**

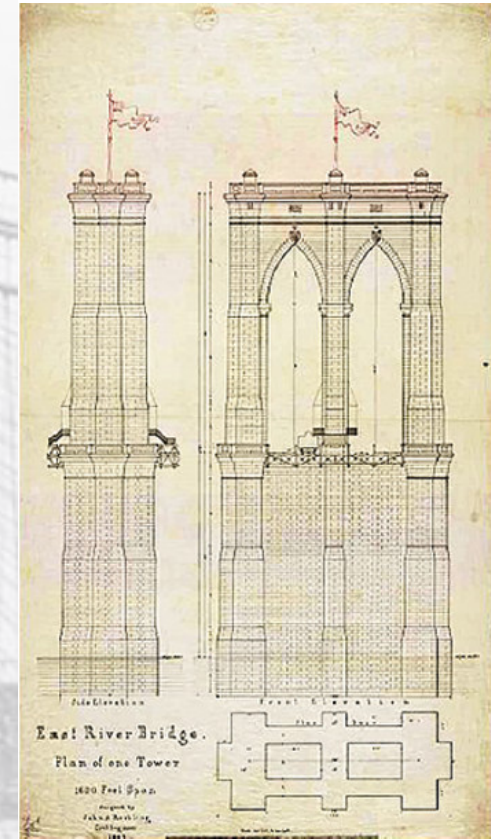
Configurazione con il MoSE in funzione e la sola Bocca di Lido aperta



Le simulazioni sono state effettuate considerando l'evento del 9 agosto 2010

Analogie col passato | Ponte di Brooklyn sull'East River

- I lavori iniziarono nel 1867 per iniziativa di **John Roebling** come capo ingegnere
- Le torri sono appoggiate sulla roccia, che si trova a una profondità di 12 m sotto la linea di galleggiamento sul lato di Brooklyn, e 22 m sotto la linea di galleggiamento sul lato di New York. **Nessun ponte era mai stato costruito a tale profondità.**
- Nel 1869 Roebling si ammalò di tetano e il 22 luglio morì. A ereditare il progetto della costruzione ponte di Brooklyn fu il figlio. Il suo primo compito fu quello di costruire le fondazioni per le torri del ponte. La discesa nel cassone di Brooklyn fu afflitta da ogni genere di **incidenti (incendi, morti per embolia, errori di calcolo, scandali per acciaio scadente, etc.)**.
- L'opera fu completata nel 1883 grazie alle capacità gestionali di **Emily Warren Roebling**.



<https://magazine.darioflaccovio.it/2016/03/10/costruzione-ponte-di-brooklyn/>

Ringraziamenti

Si ringraziano:

- il *Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche del Veneto, Trentino Alto Adige, Friuli Venezia Giulia* e il *Consorzio Venezia Nuova* per le informazioni e i dati forniti
- il gruppo di lavoro del Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAr) dell'Università di Catania che mi coadiuva instancabilmente da anni e che ha contribuito in maniera determinante a elaborare i risultati presentati:



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



- Prof. Ing. Rosaria Ester MUSUMECI;
- Ing. Luca CAVALLARO;
- Ing. Claudia GIARRUSSO;
- Ing. Claudio IUPPA;
- Ing. Martina STAGNITTI;
- Ing. Laura STANCANELLI;
- Ing. Antonino VIVIANO.