

# Scenari di cambiamento climatico e impatti sul Triveneto

**Marco Marani**

*Università' di Padova*

1222 · 2022  
**800**  
ANNI



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

Ordine Ingegneri Venezia  
**CLIMATE CHANGE**  
Collegio Ingegneri Venezia

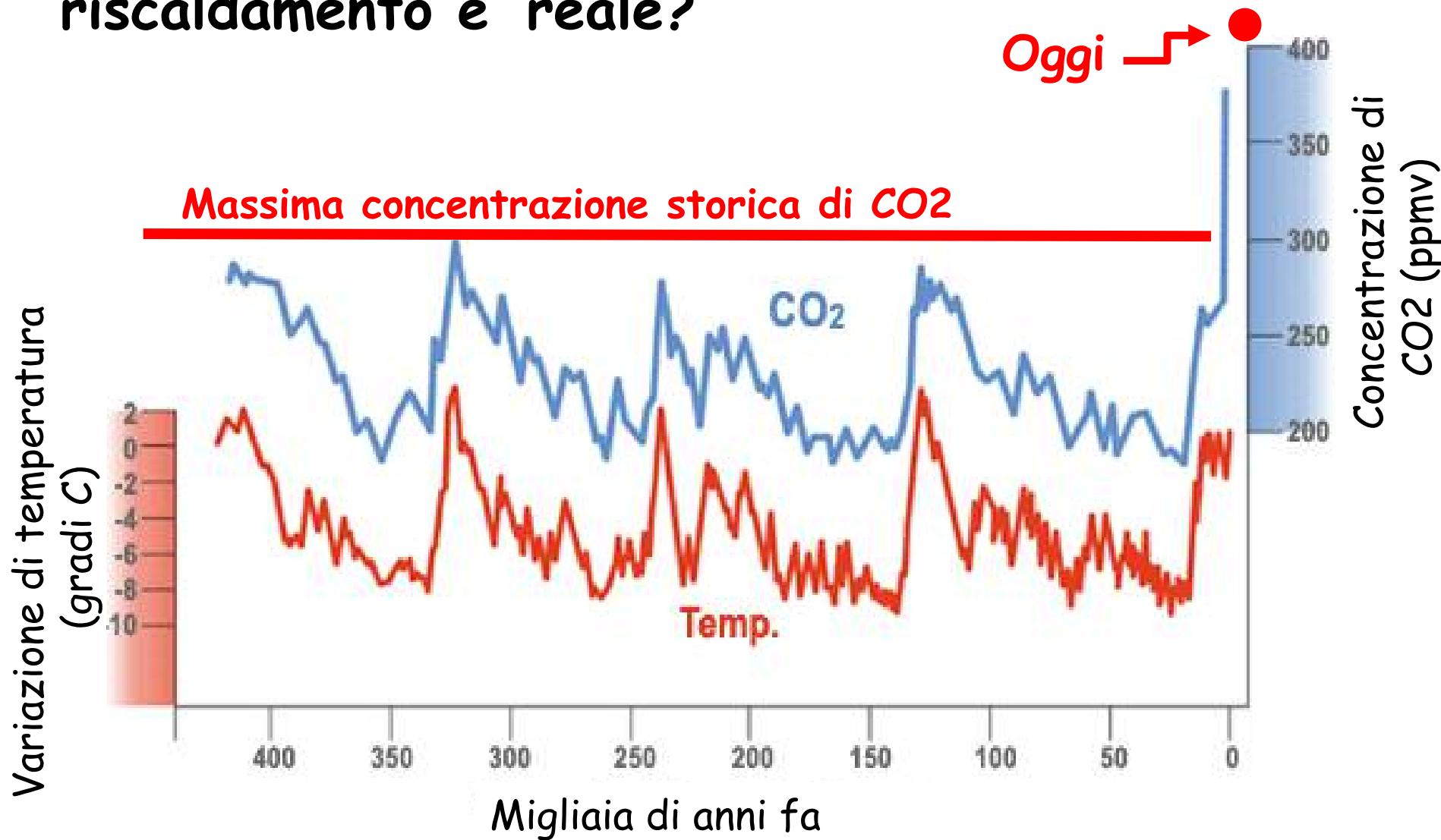


ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI VENEZIA

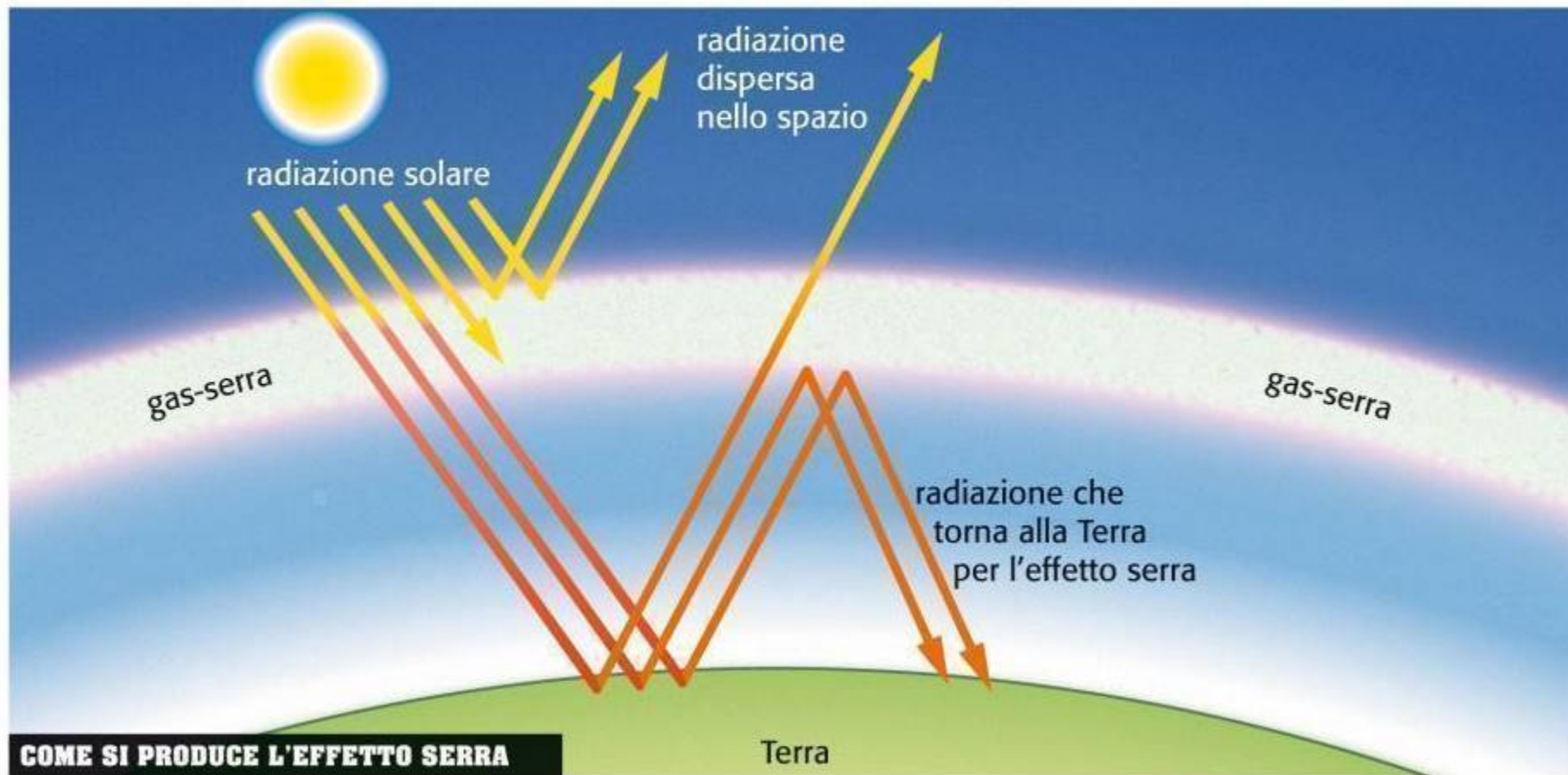
COLLEGIO INGEGNERI VENEZIA

Venezia, Scuola Grande San Rocco, 23 Luglio 2020

# Temperatura negli ultimi 400.000 anni: il riscaldamento e' reale?



# L'effetto serra (Vapor d'acqua, CO<sub>2</sub>, Metano, NO<sub>2</sub>, ...)



**ZANICHELLI**

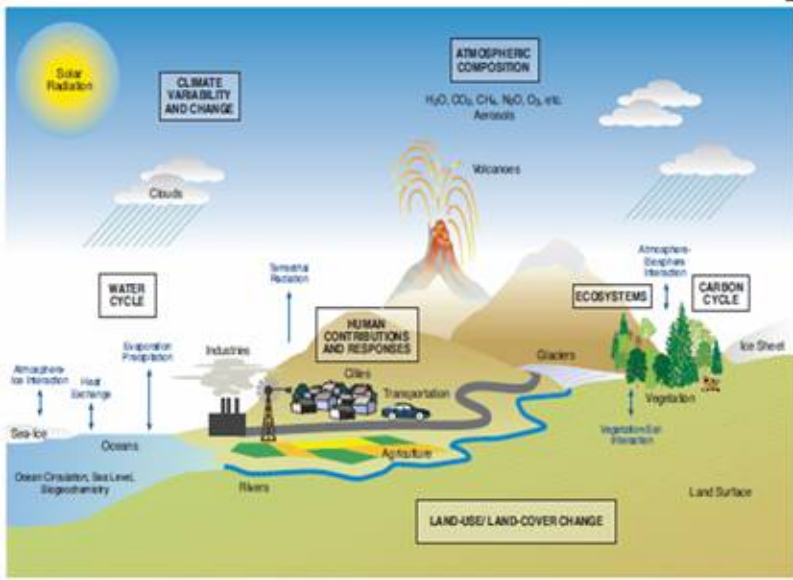
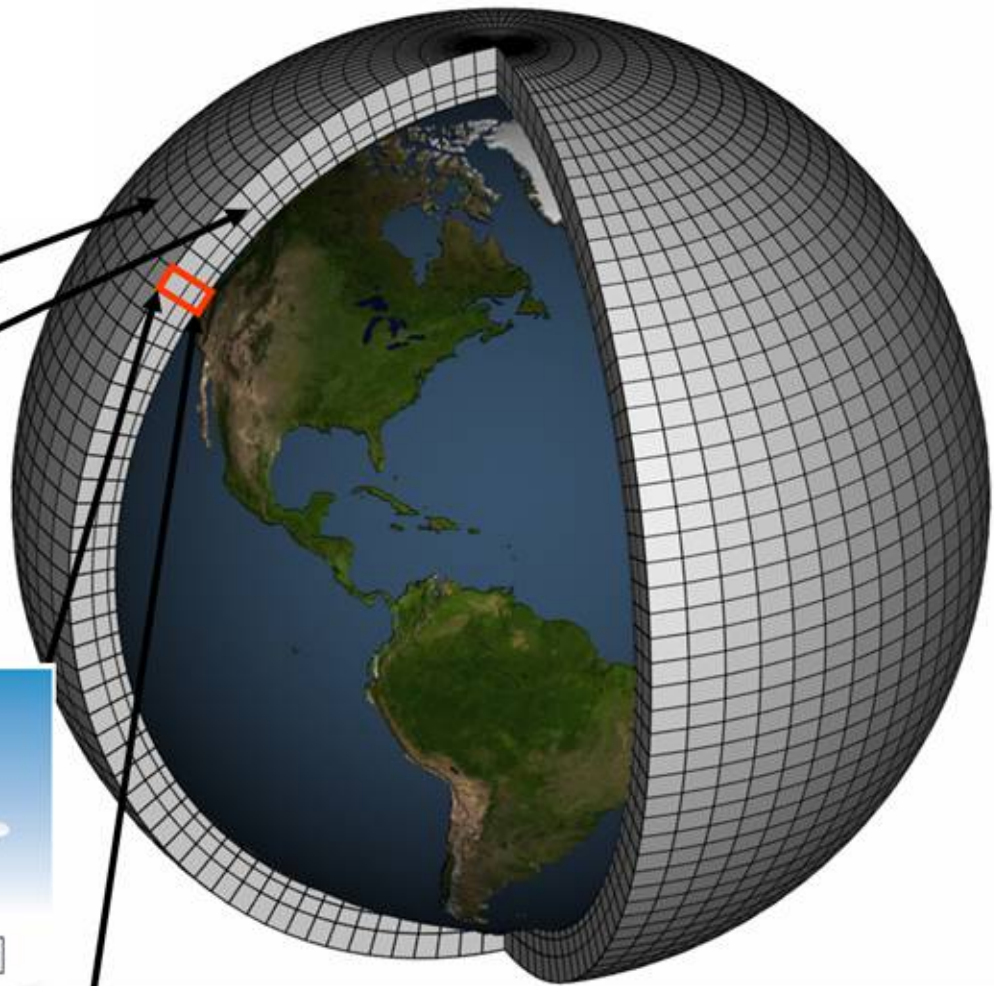


Lo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) e' un'organizzazione di governi che sono membri delle Nazioni Unite o dell'Organizzazione Mondiale della Meteorologia. IPCC ha attualmente 195 membri. Migliaia di scienziati da tutto il mondo contribuiscono volontariamente il loro tempo per fornire ai governi l'informazione scientifica necessaria a sviluppare politiche climatiche.

# Modelli Climatici Globali

Horizontal Grid (Latitude-Longitude)

Vertical Grid (Height or Pressure)



NOAA – GFDL

[http://www.gfdl.noaa.gov/pix/model\\_development/climate\\_modeling/climate\\_model.png](http://www.gfdl.noaa.gov/pix/model_development/climate_modeling/climate_model.png)

# Il Sistema climatico globale: dobbiamo descrivere tutte le scale, fino a quella della singola particella

# 1.

*How*

Scala Planetaria



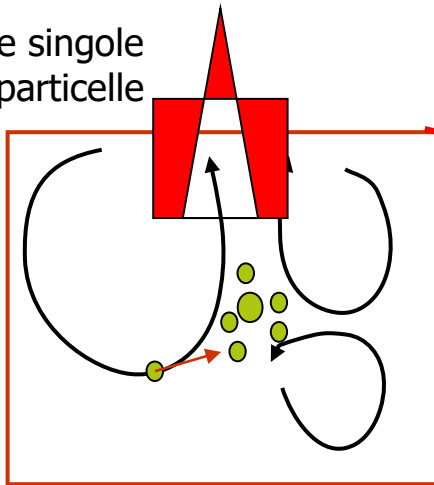
~10.000 km

Scala dei sistemi nuvolosi



~100 km

Scala delle singole particelle



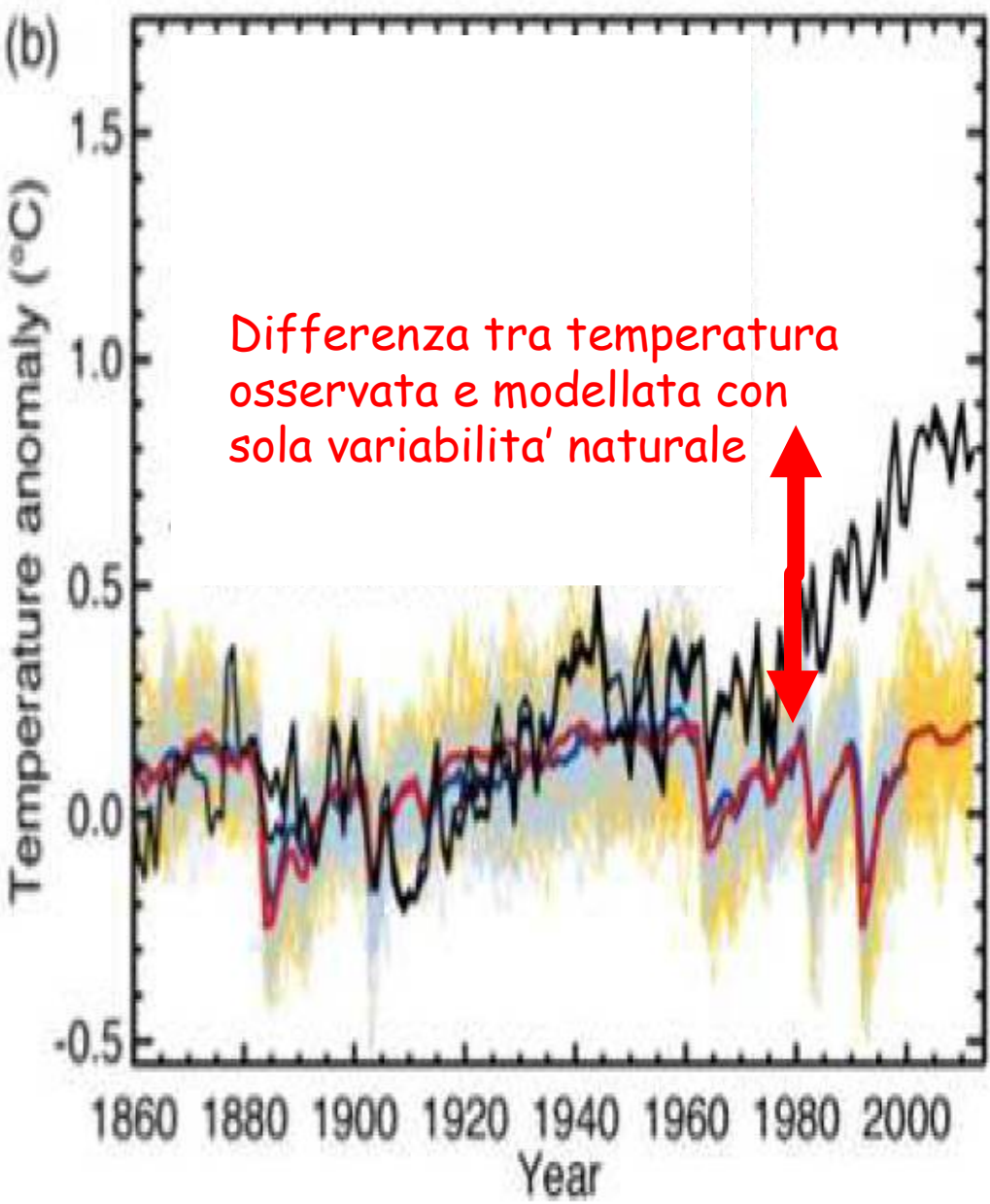
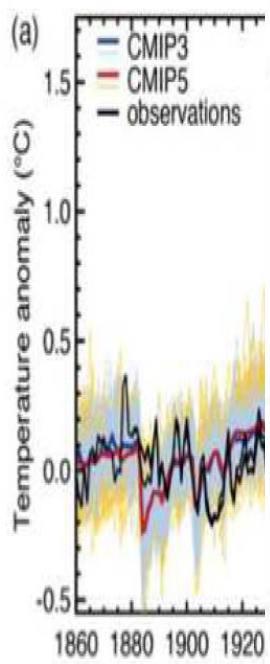
~1  $\mu\text{m}$  - 1m

Scala della singola nuvola

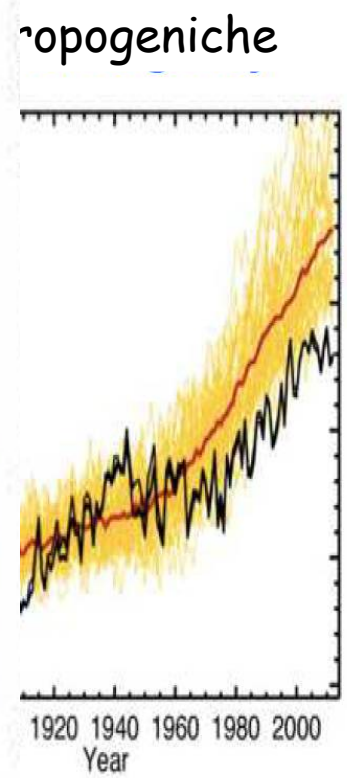


~1 km

Possiamo dimostrare falsa l'ipotesi che le  
 variazioni  
 naturali + antropogeniche



Differenza tra temperatura  
 osservata e modellata con  
 sola variabilita' naturale



(IPCC 2013, Fig TS.9)

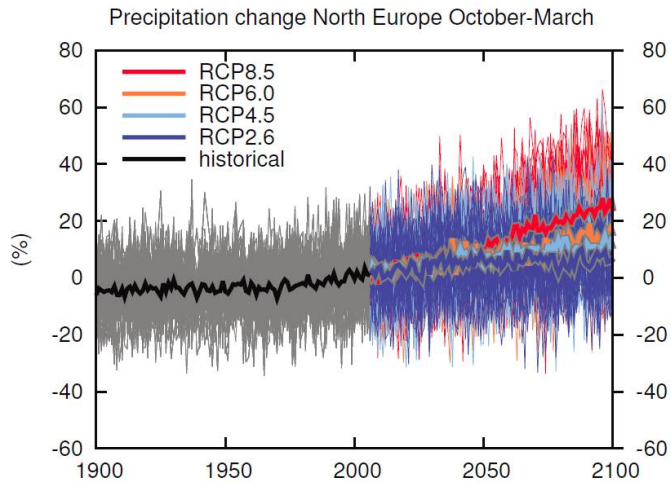
# QUINDI

Al meglio delle nostre  
conoscenze, **NON** siamo in grado di  
spiegare il  
riscaldamento osservato se non  
introducendo le emissioni umane di  
gas serra

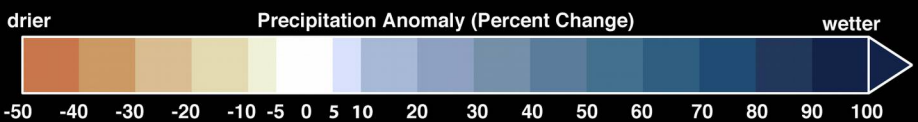


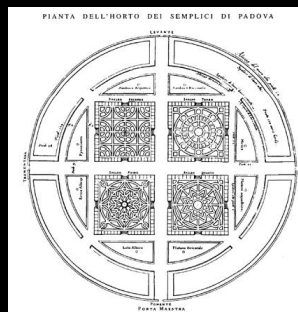
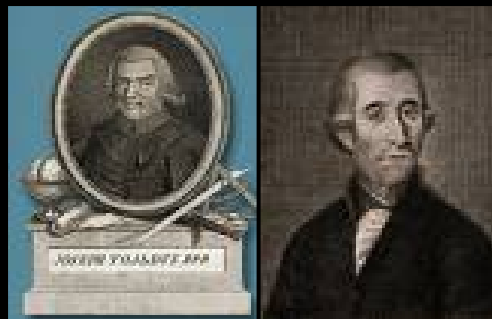
# QUALI EFFETTI SULLA PRECIPITAZIONE?

<https://svs.gsfc.nasa.gov/index.html>



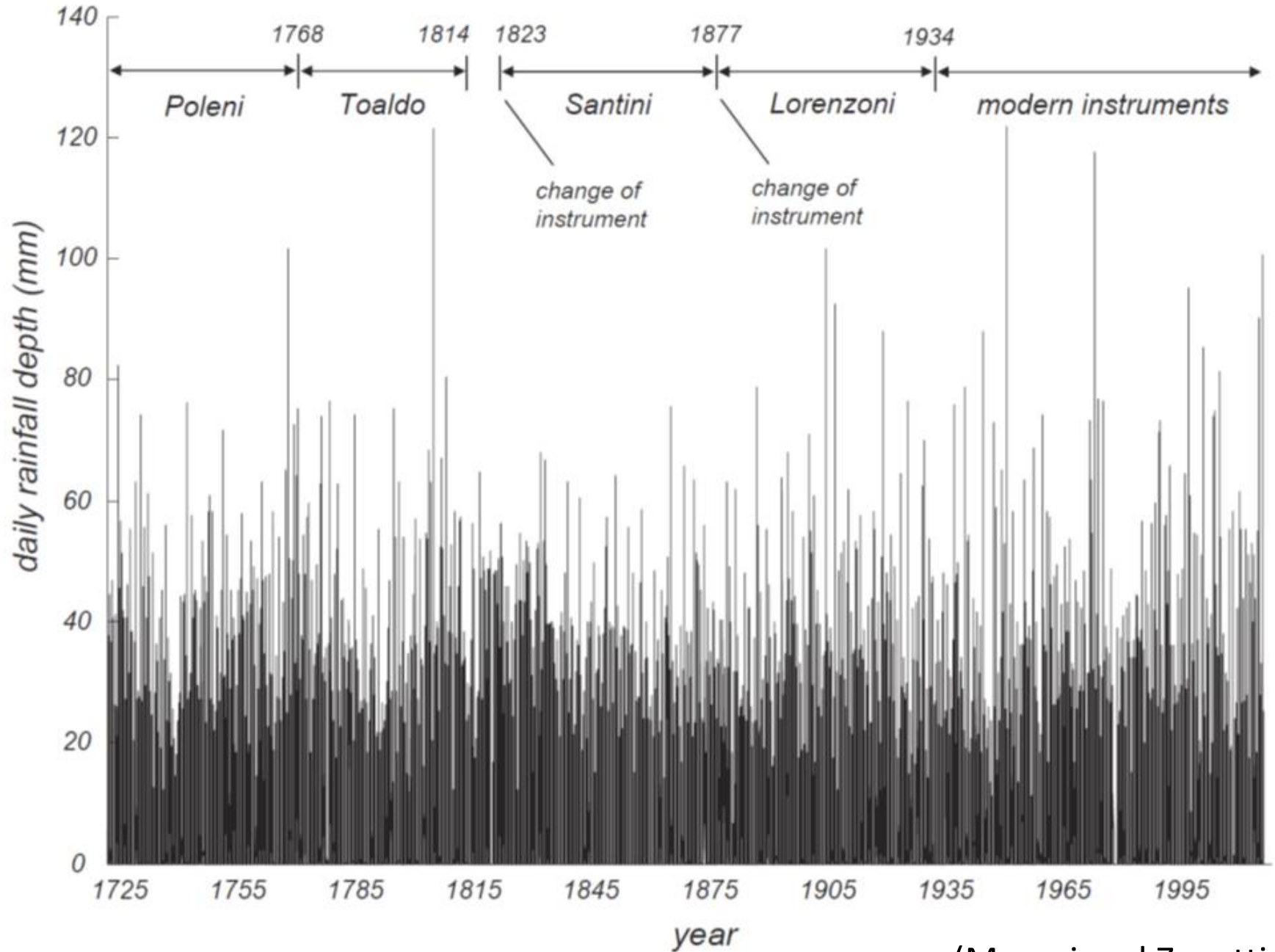
valori = variazione rispetto alla media osservata nel periodo 1971-2000.







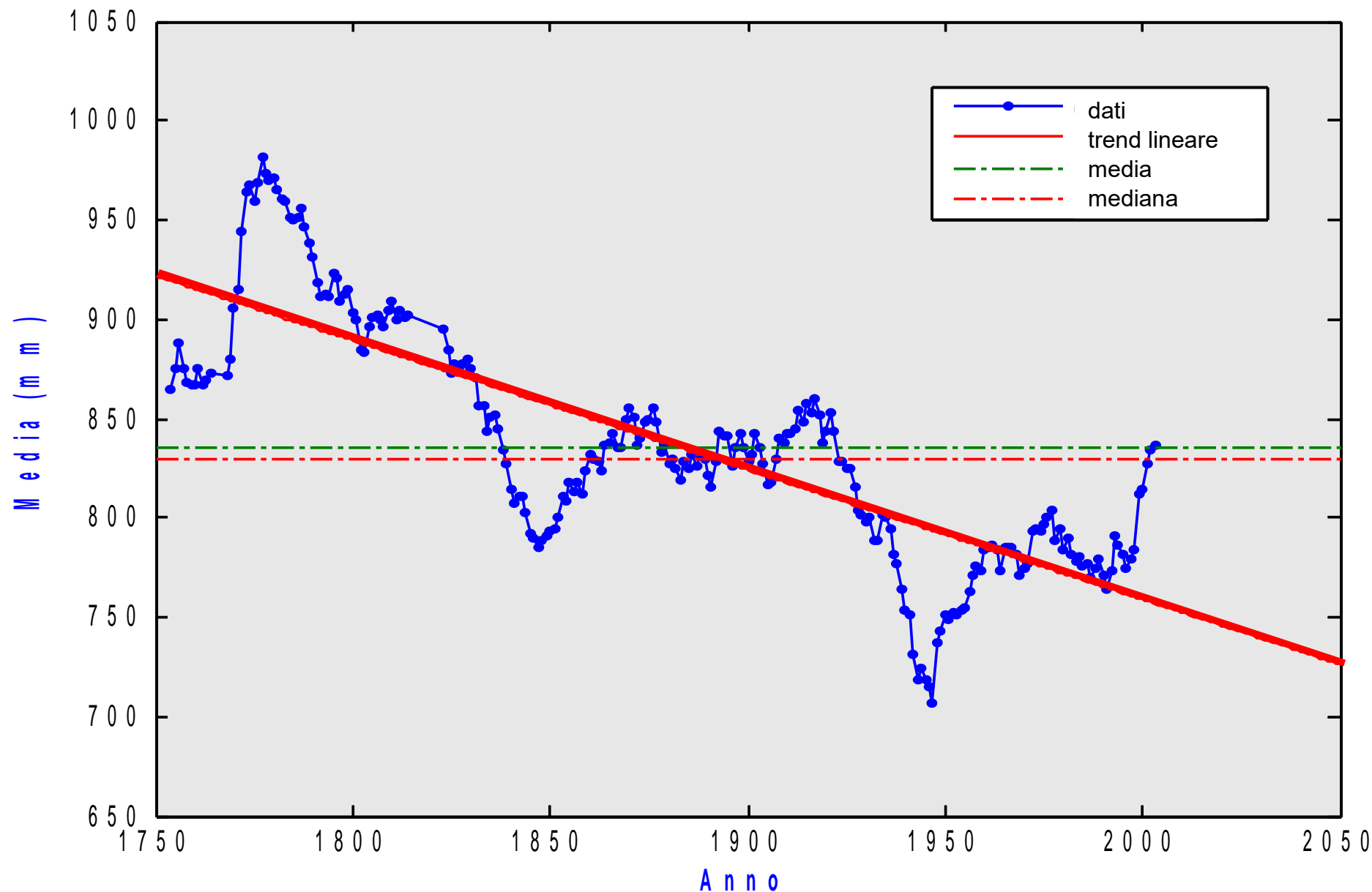
# La precipitazione giornaliera a Padova 1725-oggi



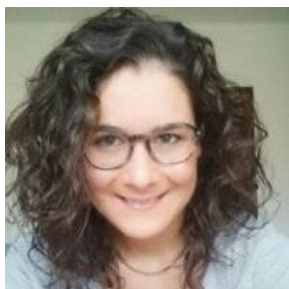
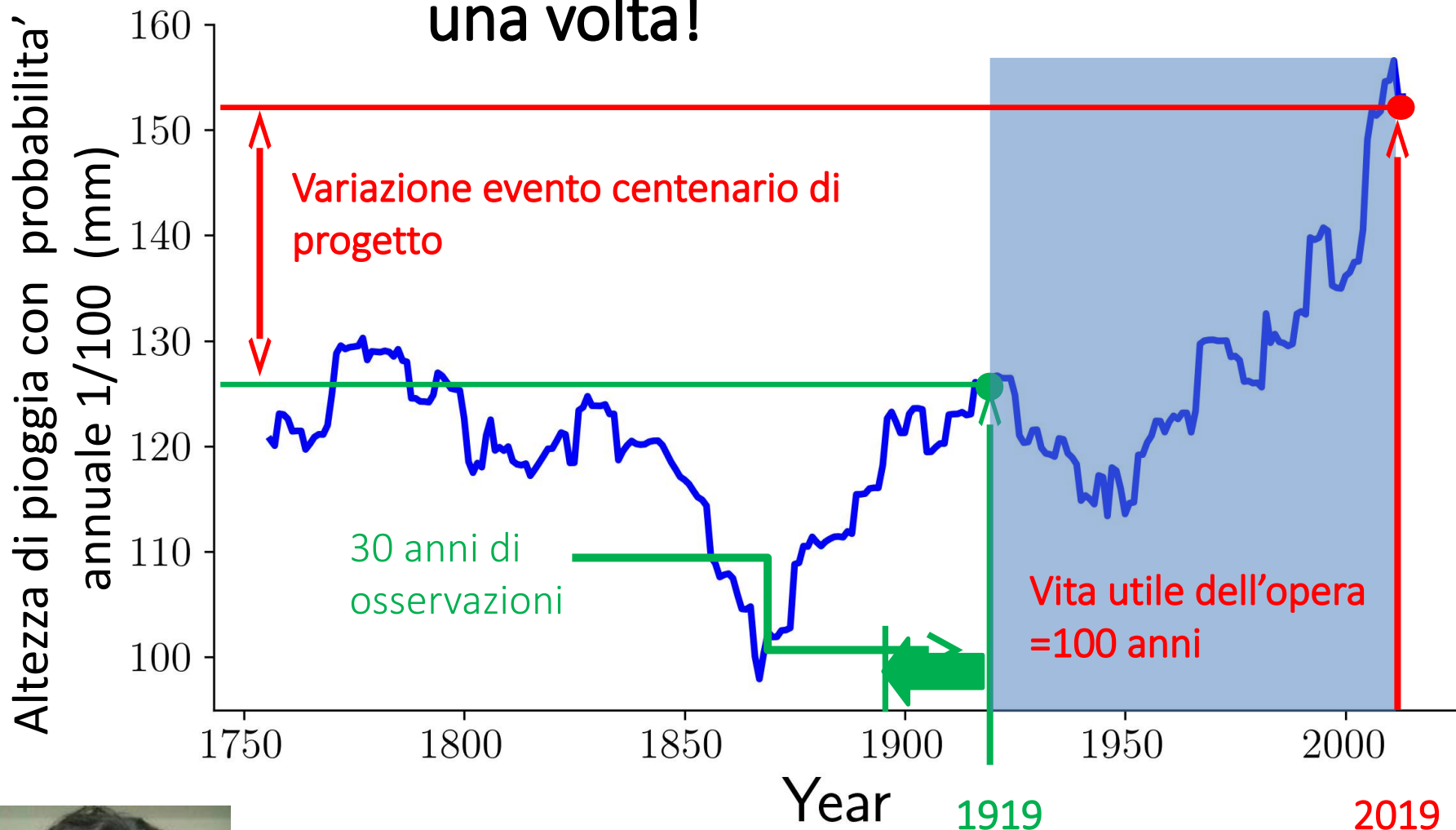
(Marani and Zanetti, 2015)

# Pioggie a Padova: riduzione delle medie annuali

*(su finestre mobili di 30 anni)*

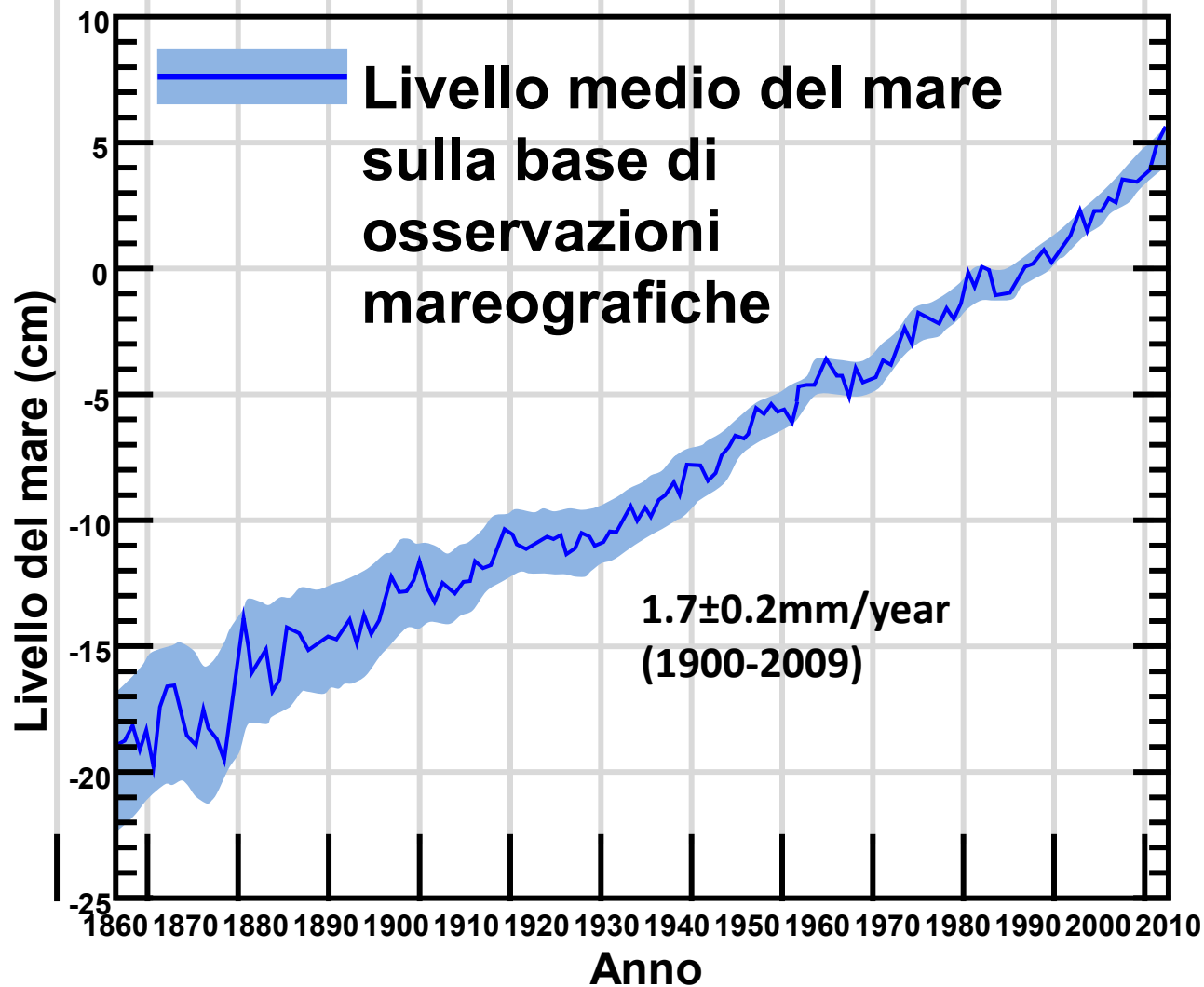


# ESTREMI DI PIOGGIA: Il futuro non e' piu' quello di una volta!



(Marani and Zanetti, WRR 2015;  
Zorzetto et al., submitted, 2020)

# Incremento del livello medio del mare globale



# Innalzamento del livello del mare medio globale

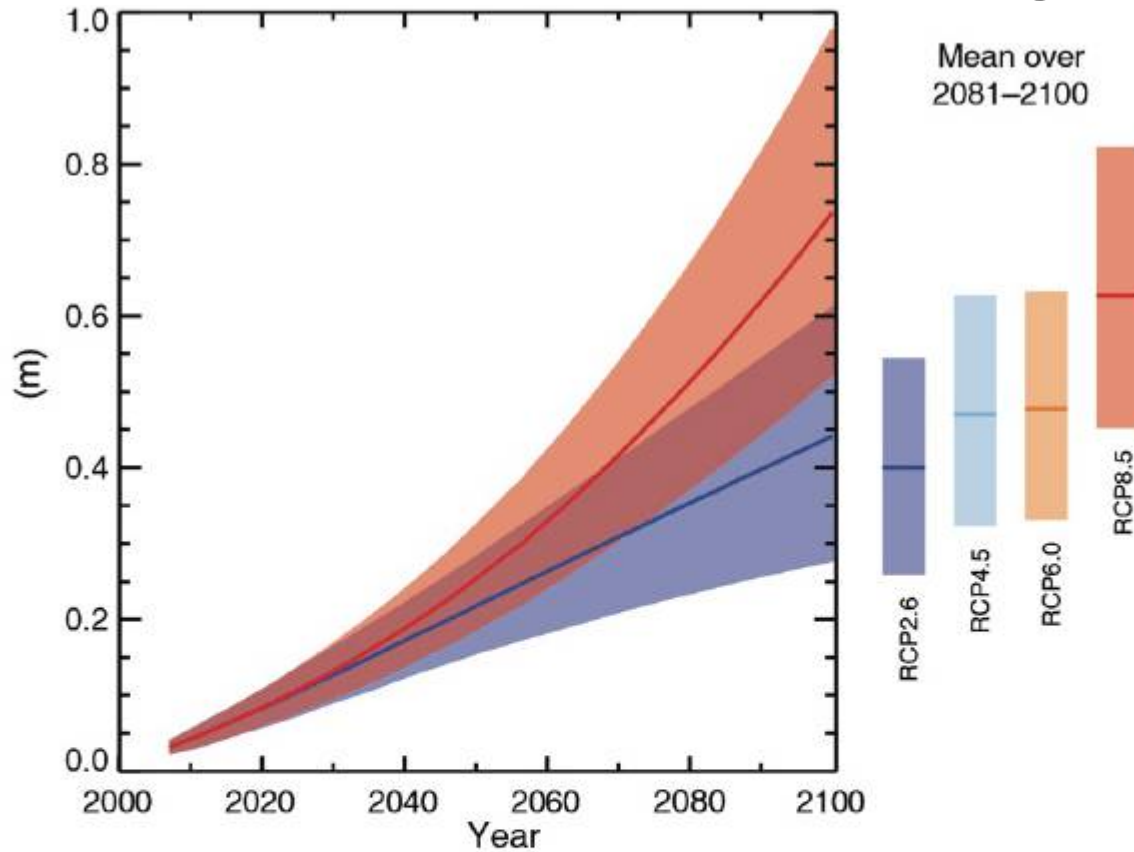


Fig. SPM.9

RCP2.6 (2081-2100), intervallo probabile

26 to 55 cm

RCP8.5 (2081-2100), intervallo probabile

45 to 82 cm



# Livelli marini misurati a Venezia



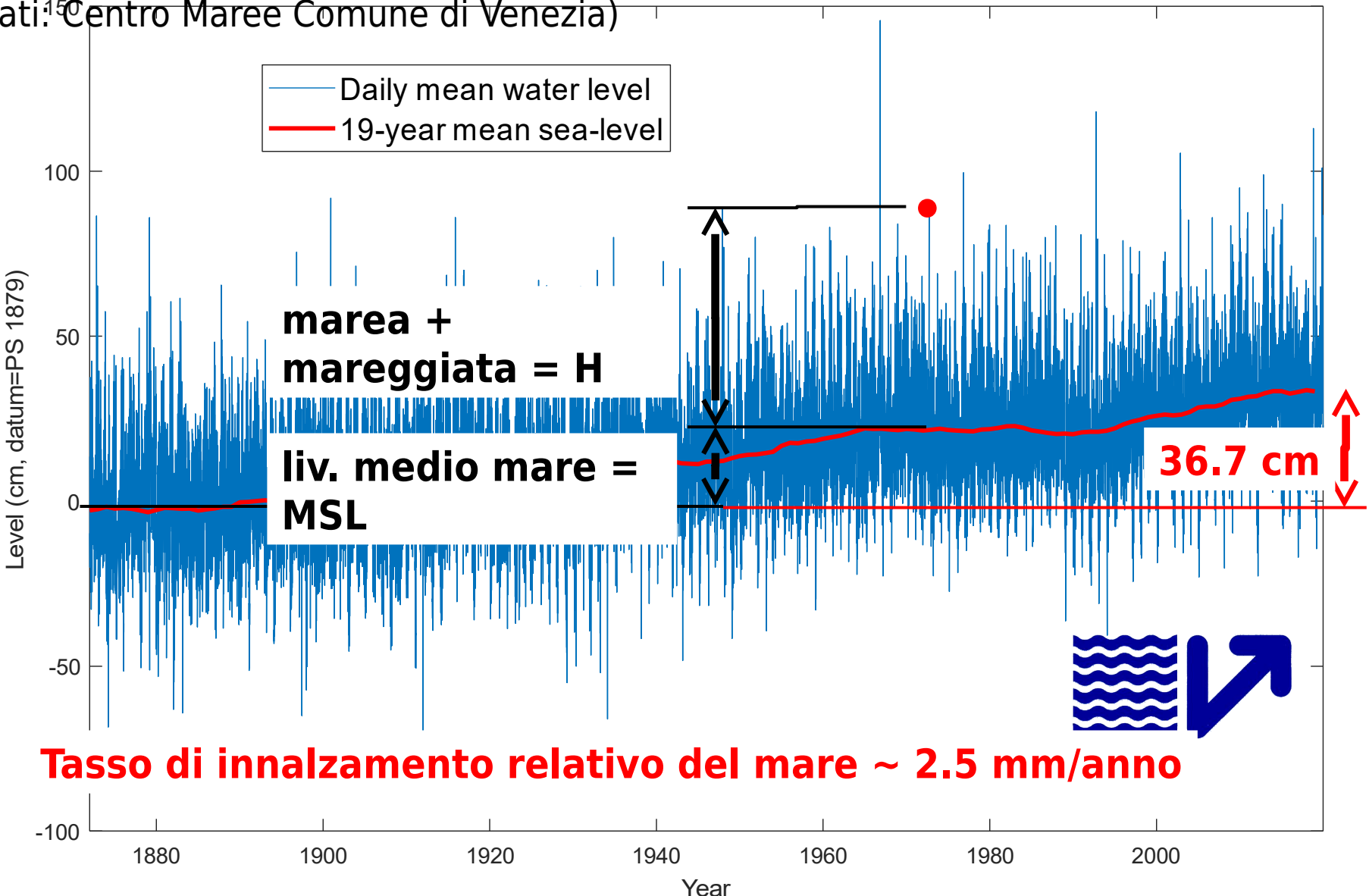
Mareografo di Punta della Salute, Venezia

Livello di marea istantaneo:

$Z = \text{medio mare} + \text{marea astronomica} + \text{mareggiata}$

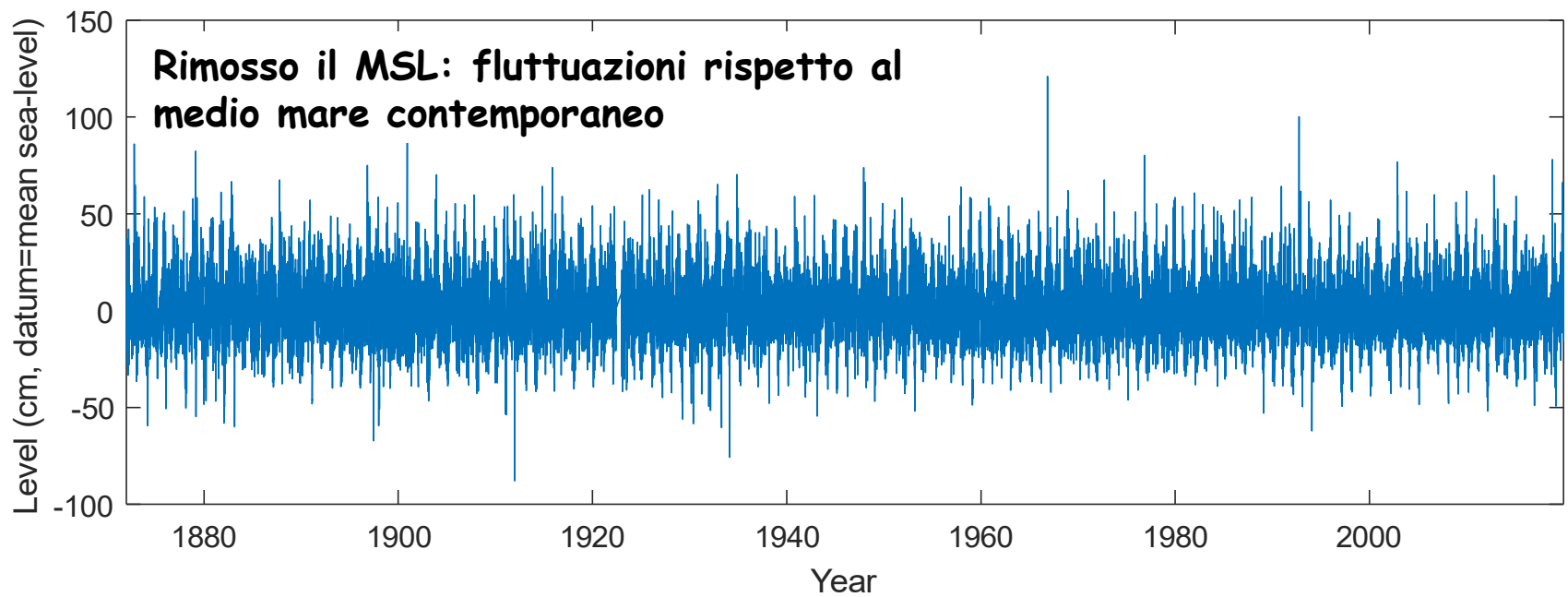
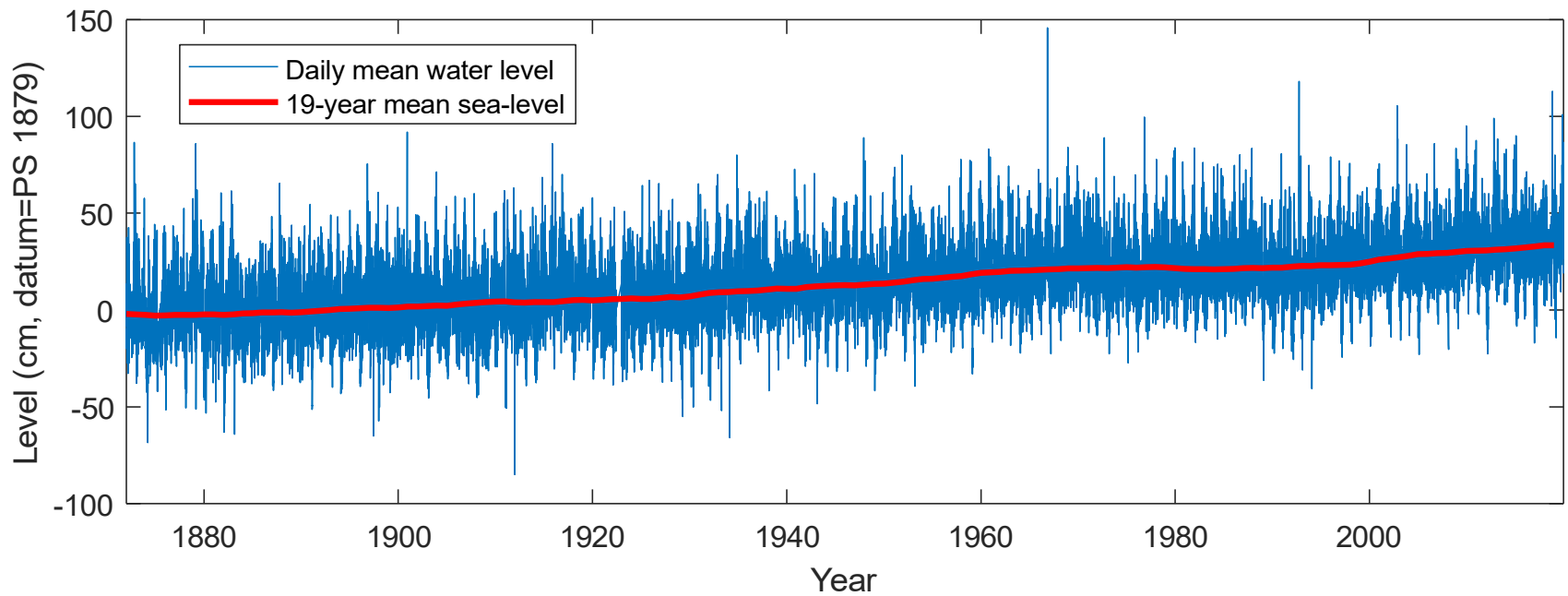
# Livelli misurati rispetto al riferimento di Punta della Salute: 1872-2019

(dati: <sup>150</sup>Centro Marea Comune di Venezia)

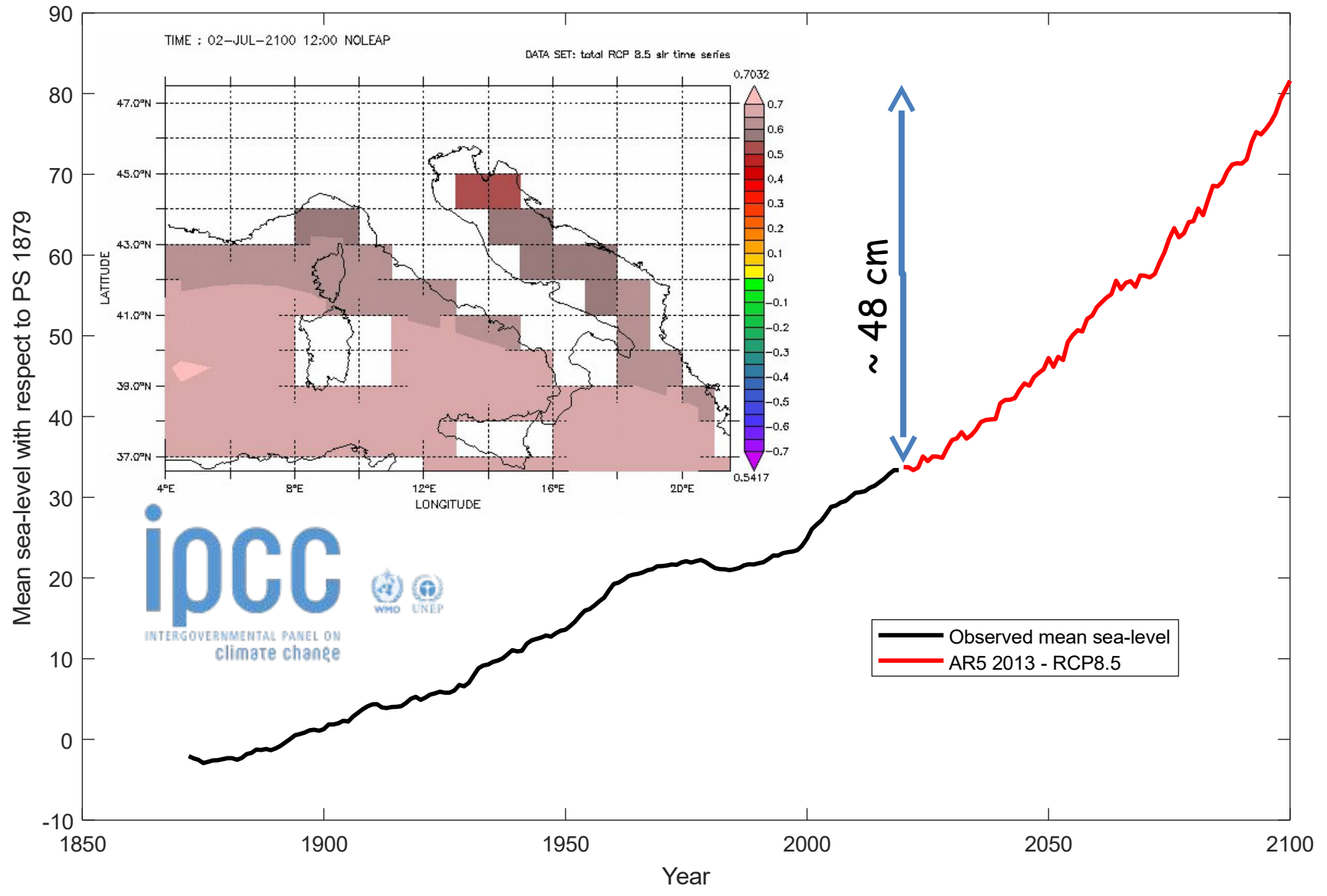


36.7 cm

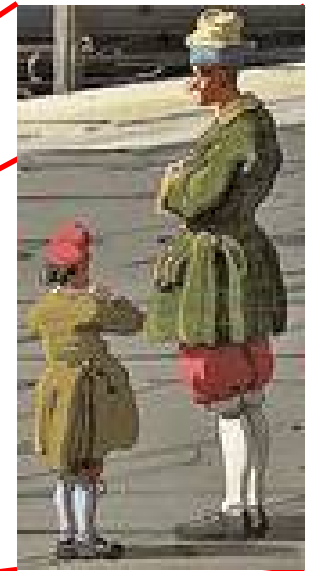
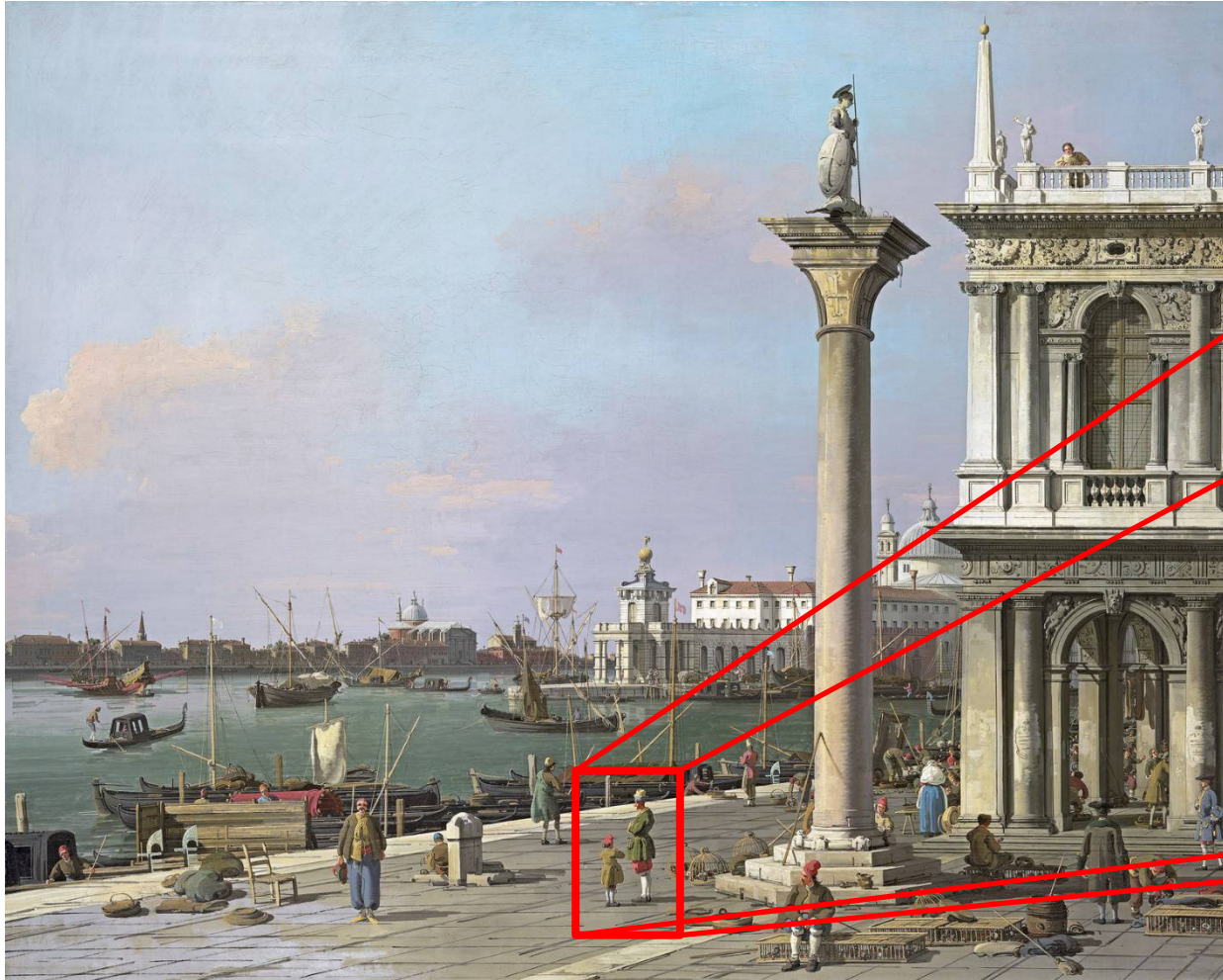
**Tasso di innalzamento relativo del mare ~ 2.5 mm/anno**



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



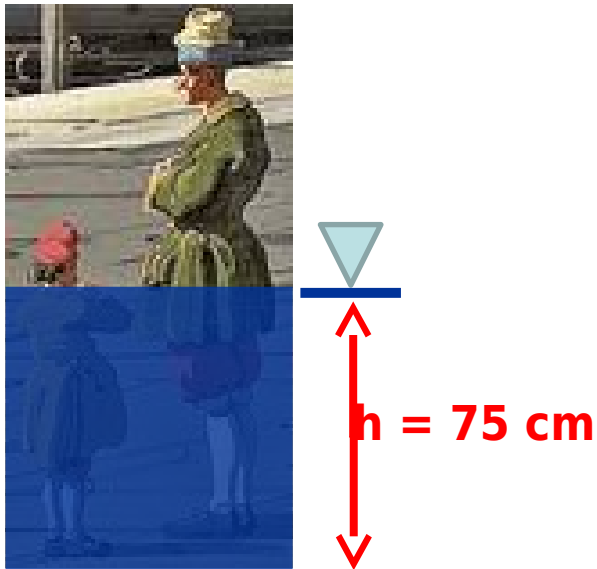
# La mareggiata del 4 Novembre 1966: effetti di un medio mare che cambia



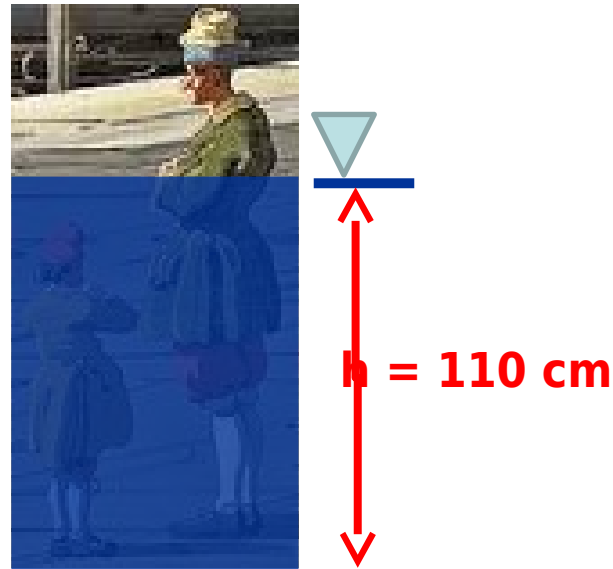
Canaletto, Il Bacino di San Marco dalla Piazzetta, 1750

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

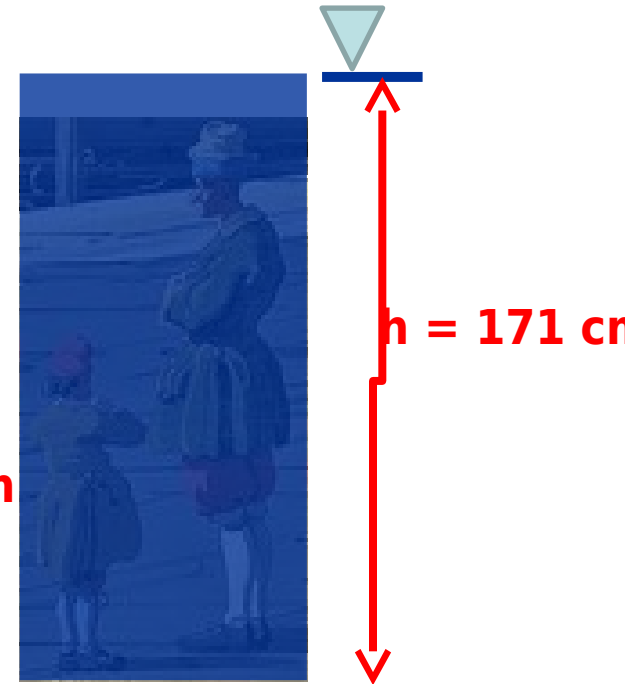
Medio mare del  
1750



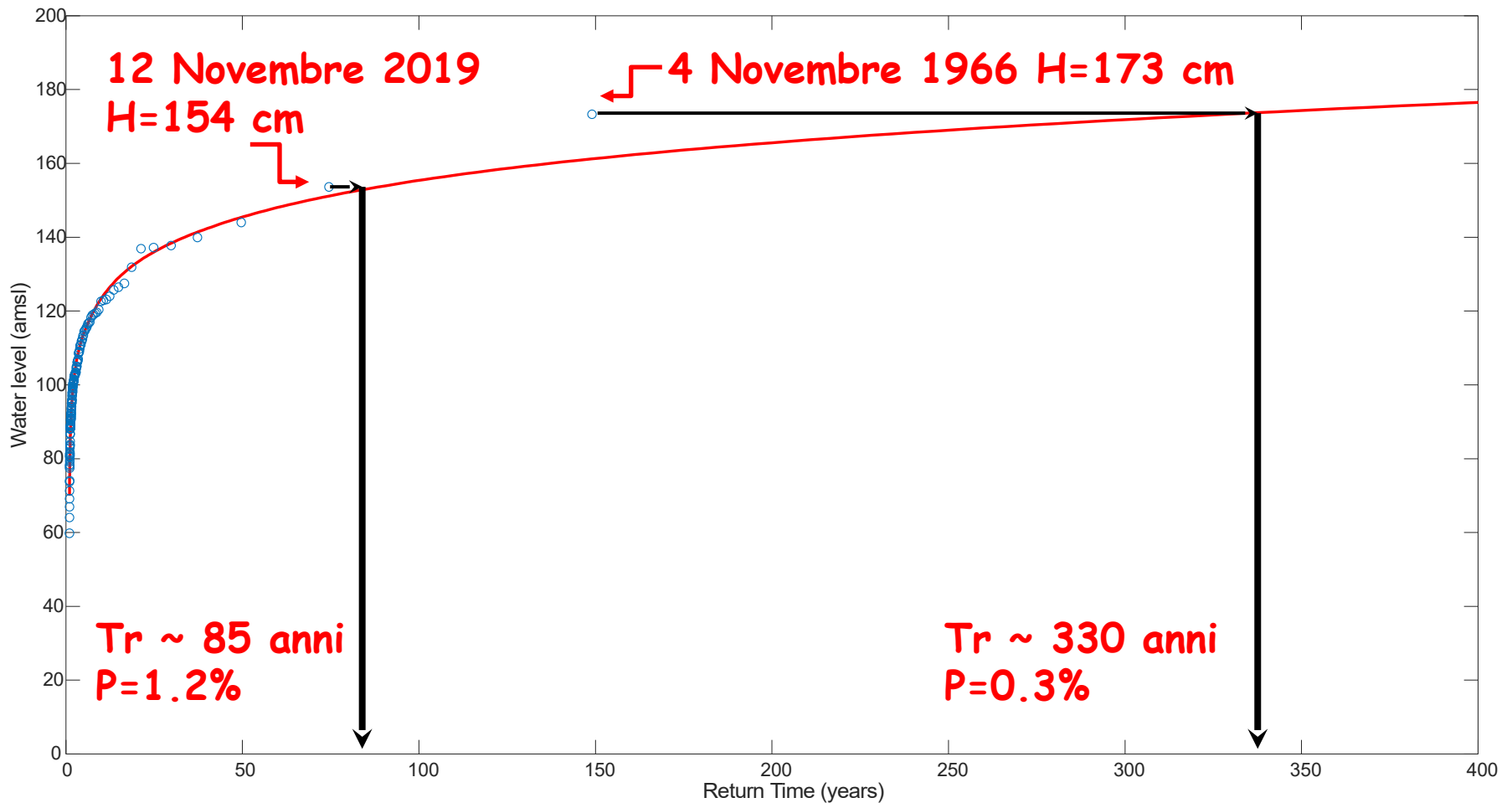
Medio mare del  
1966



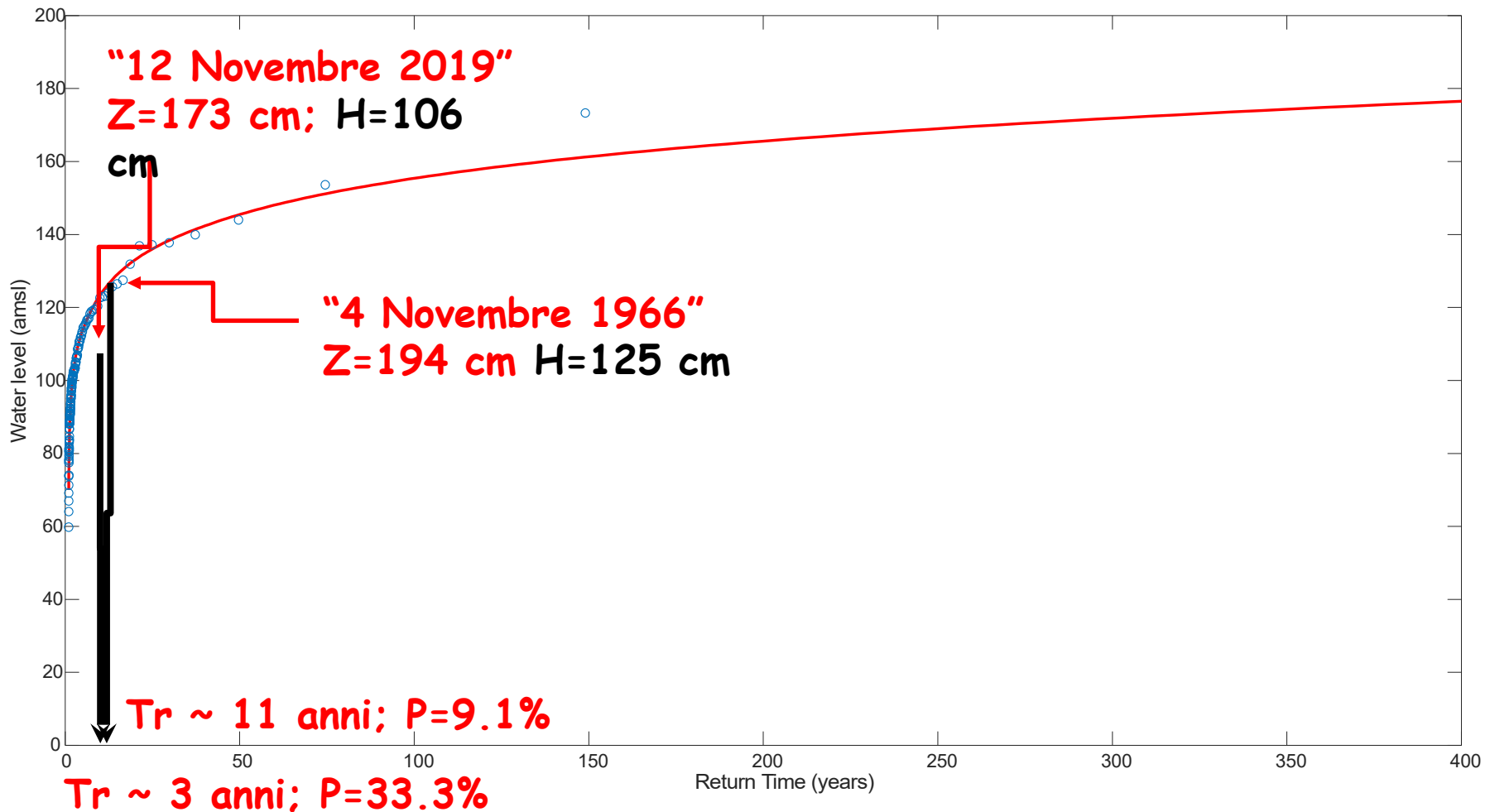
Medio mare  
previsto 2100



# Acque alte estreme: rispetto a medio mare "contemporaneo"

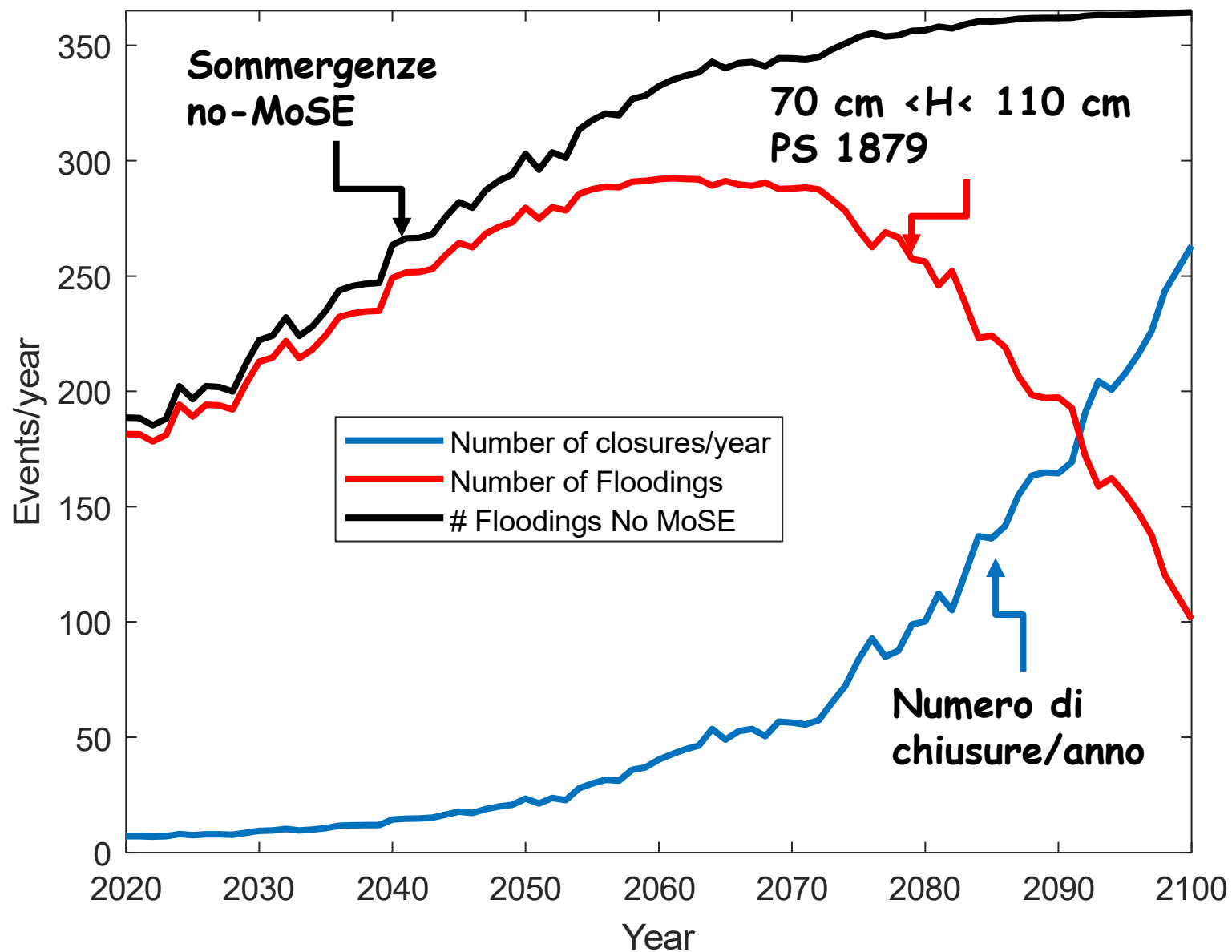


# Proiezione acque alte estreme, anno 2100: $\Delta\text{MSL} = 48 \text{ cm}$





# IL MOSE e' dunque utile: ma quante chiusure?



# Alcune considerazioni conclusive

Al meglio delle nostre conoscenze e' un fatto che il clima stia cambiando in modo sistematico per cause antropiche

I cambiamenti climatici producono effetti osservabili attorno a noi. Aumento del livello medio del mare riduzione delle precipitazioni, aumento di piogge intense: **esasperazione degli estremi.**

# Cultura ingegneristica del rischio idrogeologico?

Mancano:

1. una preparazione ingegneristica ad analisi dei fenomeni a scala regionale/globale che inducono eventi calamitosi originati dal clima;
2. mancano strumenti applicativi adeguati a dimensionare interventi in a un clima che cambia;

Opportunita' per la comunita' degli ingegneri di essere protagonista positivo di fronte a cambiamenti climatici

.....Grazie

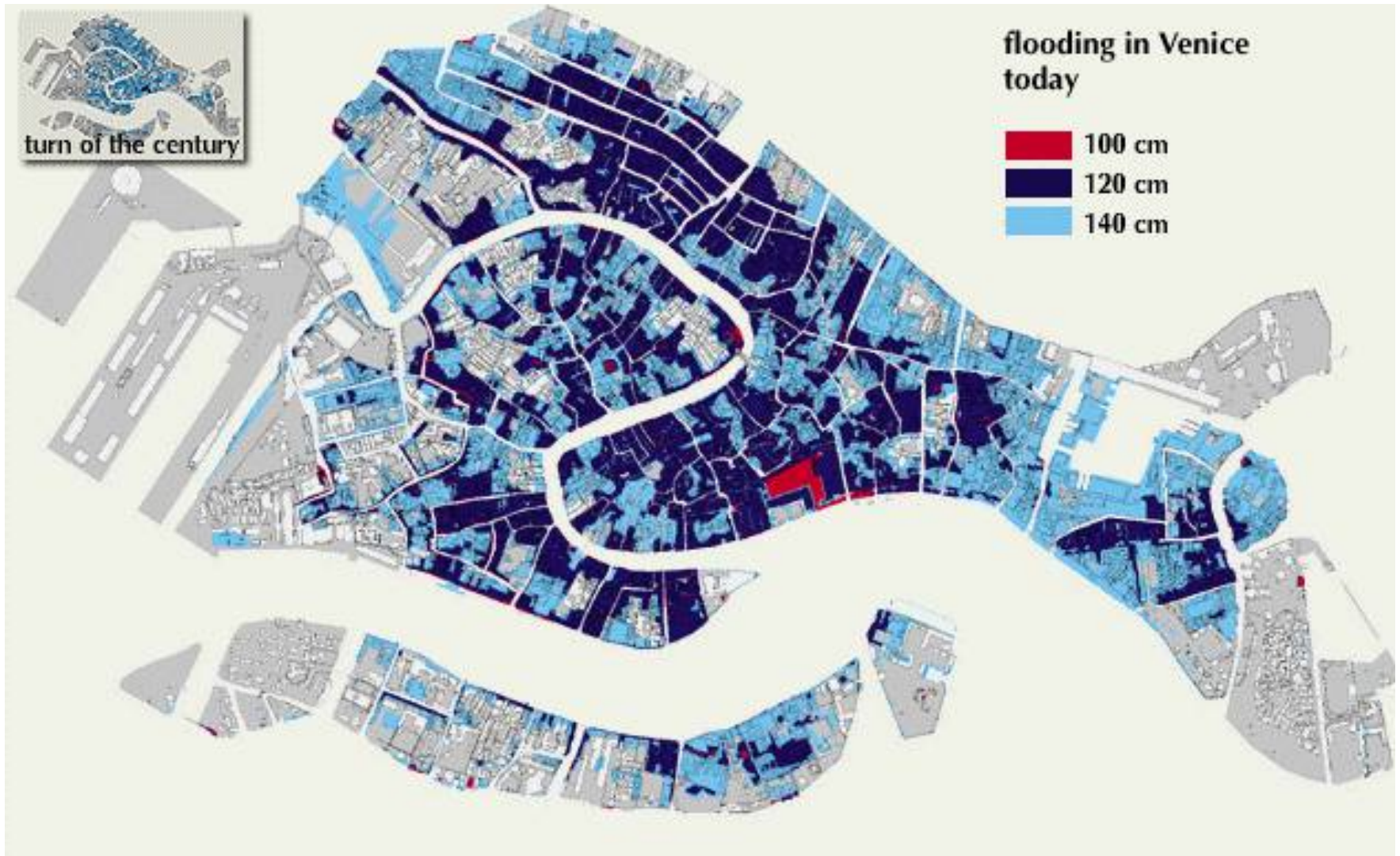
# Alcune considerazioni sul MOSE

E' progettato per entrare in funzione al livello 110 cm sullo zero di punta della salute: avrebbe evitato gli effetti dell'evento del 12 novembre 2019

Sara' di costosa manutenzione, a causa della tipologia progettuale, ma non piu' costoso degli effetti che potra' evitare nel corso della sua vita utile

Non e' una soluzione definitiva, entro 50-70 anni dovra' chiudersi cosi' spesso che la laguna e la citta' ne verranno pesantemente affetti...

## Innalzamento del livello del mare.....



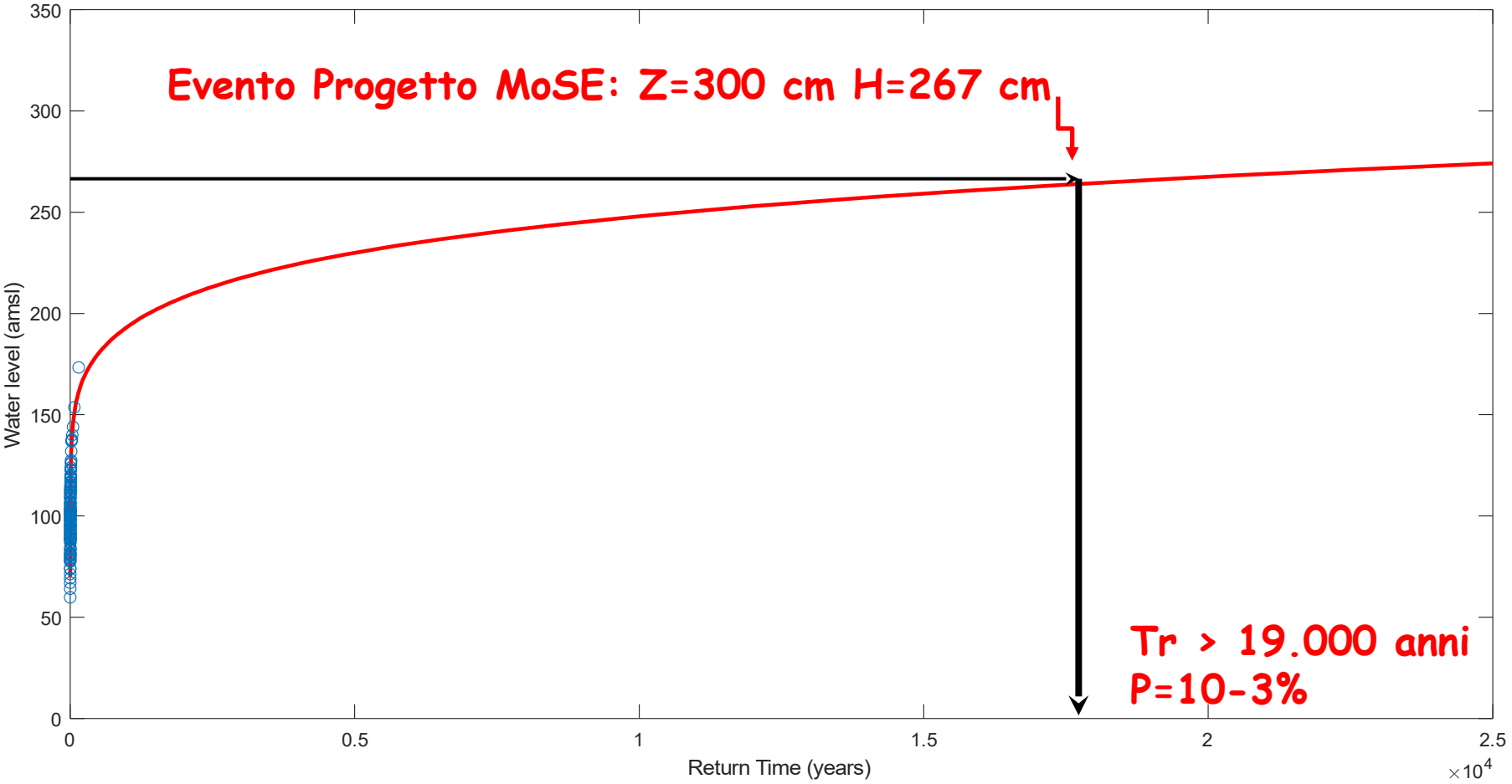
Aree rosse + blu indicano le zone che saranno sommerse dalla marea due volte al giorno in scenari moderati entro il 2100.

# Alcune considerazioni finali

- MEVD: stima di eventi estremi con minima incertezza;
- Applicazioni a piogge, piene, uragani e, ora, acque alte;
- Acque alte 1966 e 2019 hanno  $Tr \sim 330$  anni e  $Tr \sim 85$  anni in termini di deviazione dal rispettivo medio mare;
- $Tr$  si riducono al crescere del medio mare:  $\sim 11$  anni e  $\sim 3$  anni nello scenario IPCC-RCP8.5 nel 2100;
- MoSE ha indubbia efficacia ma presenterà presto criticità rispetto ad acque alte ordinarie: tempo di trovare la prossima soluzione?

Design MoSE: 300 cm rispetto PS 1879 (G. Cecconi, com. pers.)

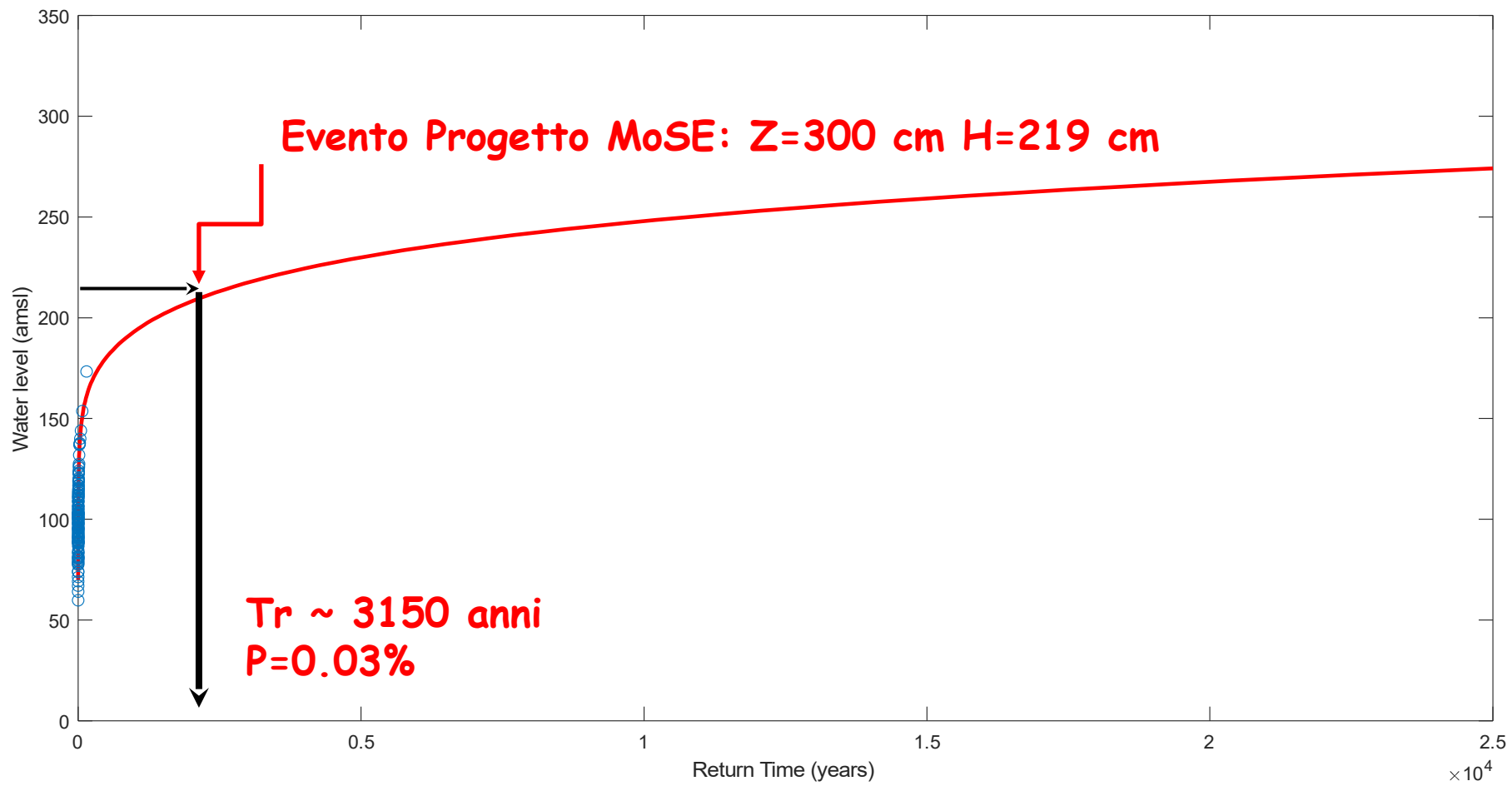
OGGI: H= 300 cm - 33.4 cm ~ 267 cm



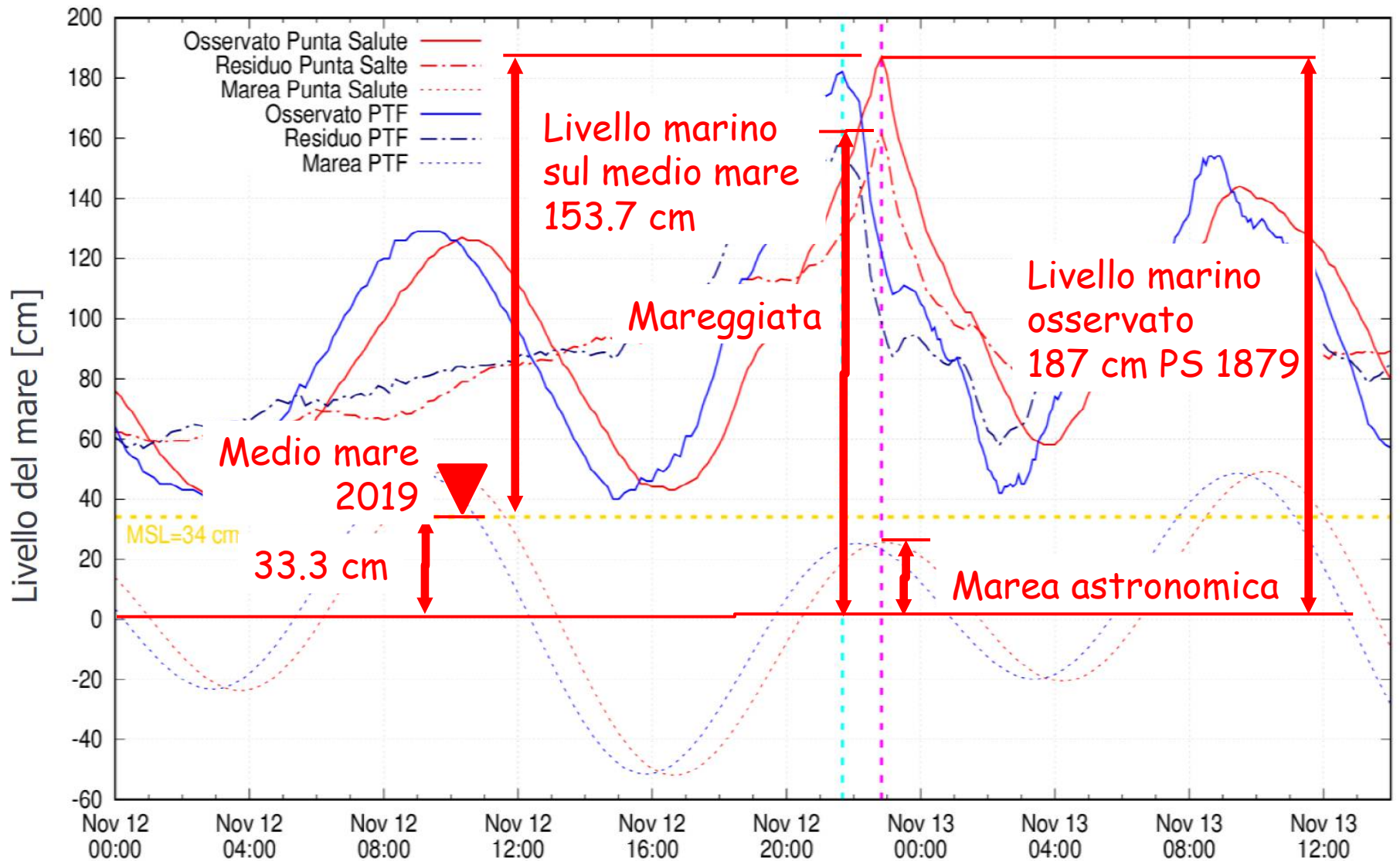


Design MoSE: 300 cm rispetto PS 1879 (G. Cecconi, com pers)

Nel 2100:  $H = 300 \text{ cm} - 81.4 \text{ cm} \sim 219 \text{ cm}$

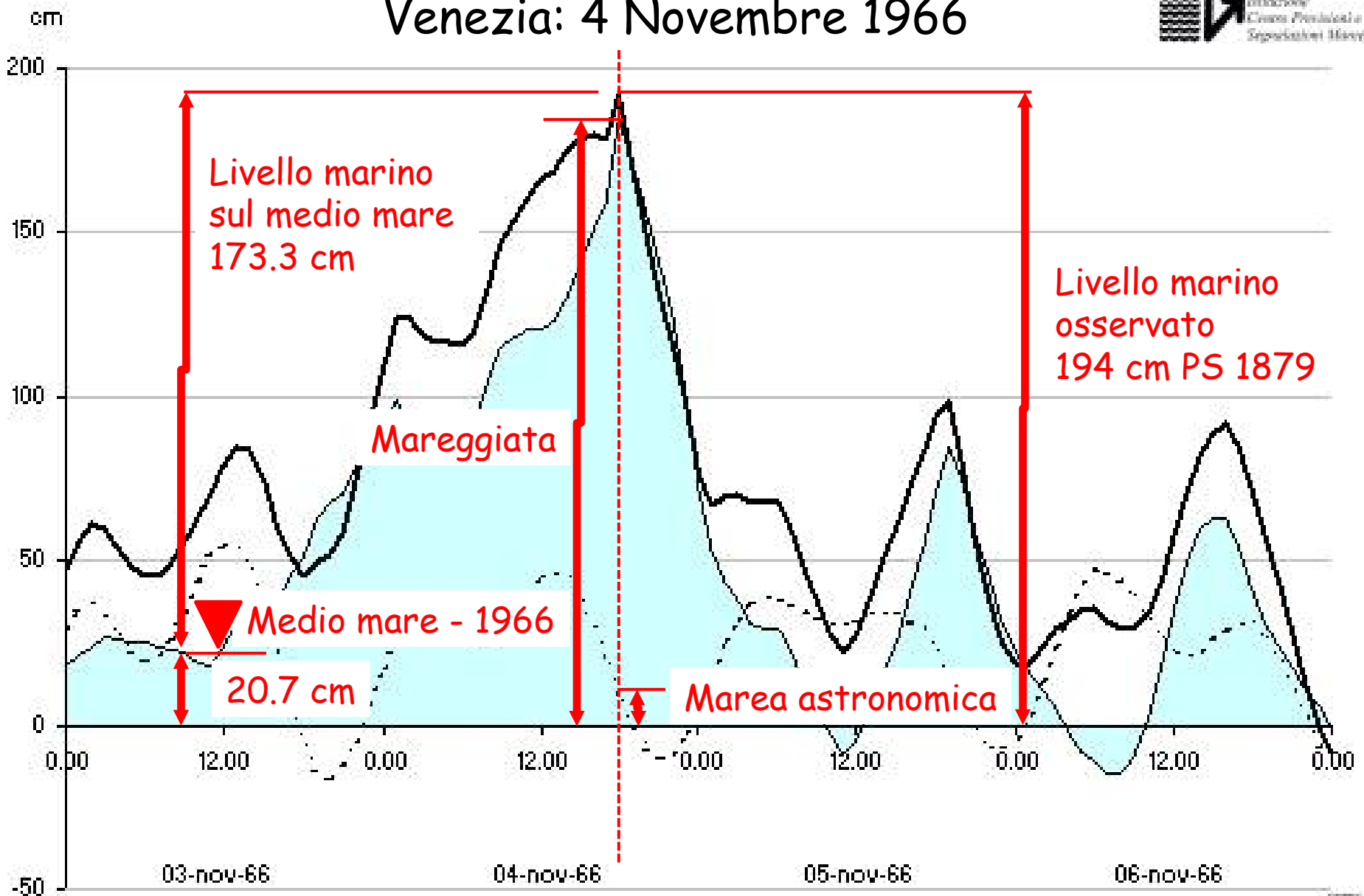


# Venezia: 12 Novembre 2019



(CNR - ISMAR, 2020)

# Venezia: 4 Novembre 1966



contributo meteorologico marea osservata Punta Salute marea astronomica

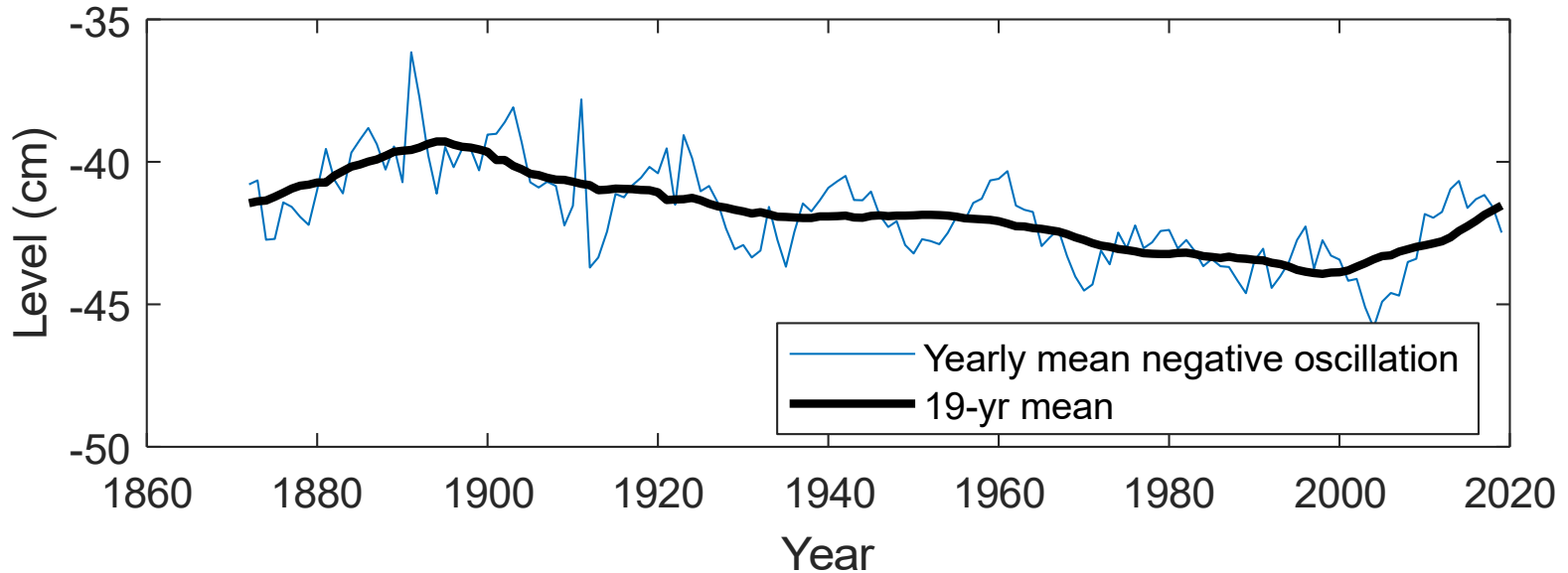
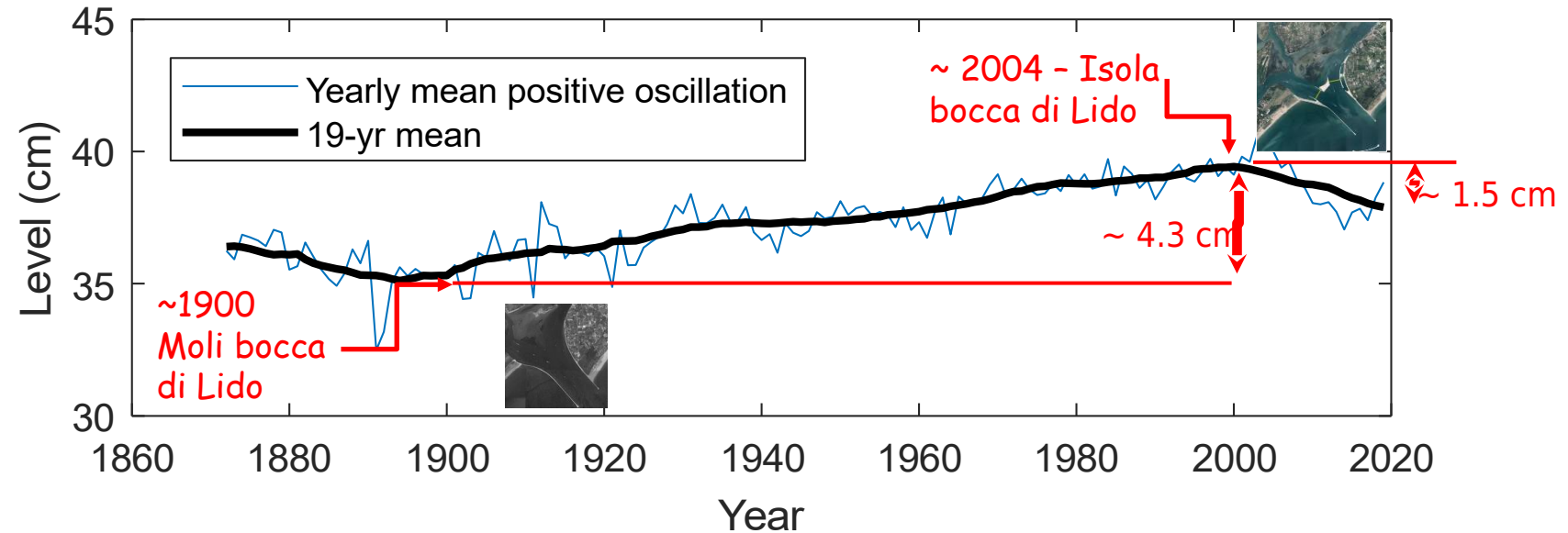
# Eventi estremi a confronto

	4 Novembre 1966	12 Novembre 2019	Differenza
<b>Max livello marino rispetto PS 1897</b>	194 cm	187 cm	7 cm
<b>Max livello marino Rispetto medio mare dell'epoca</b>	173 cm	154 cm	19 cm

**Qual e' la probabilita' che eventi di questa entita' si presentino il prossimo anno?**

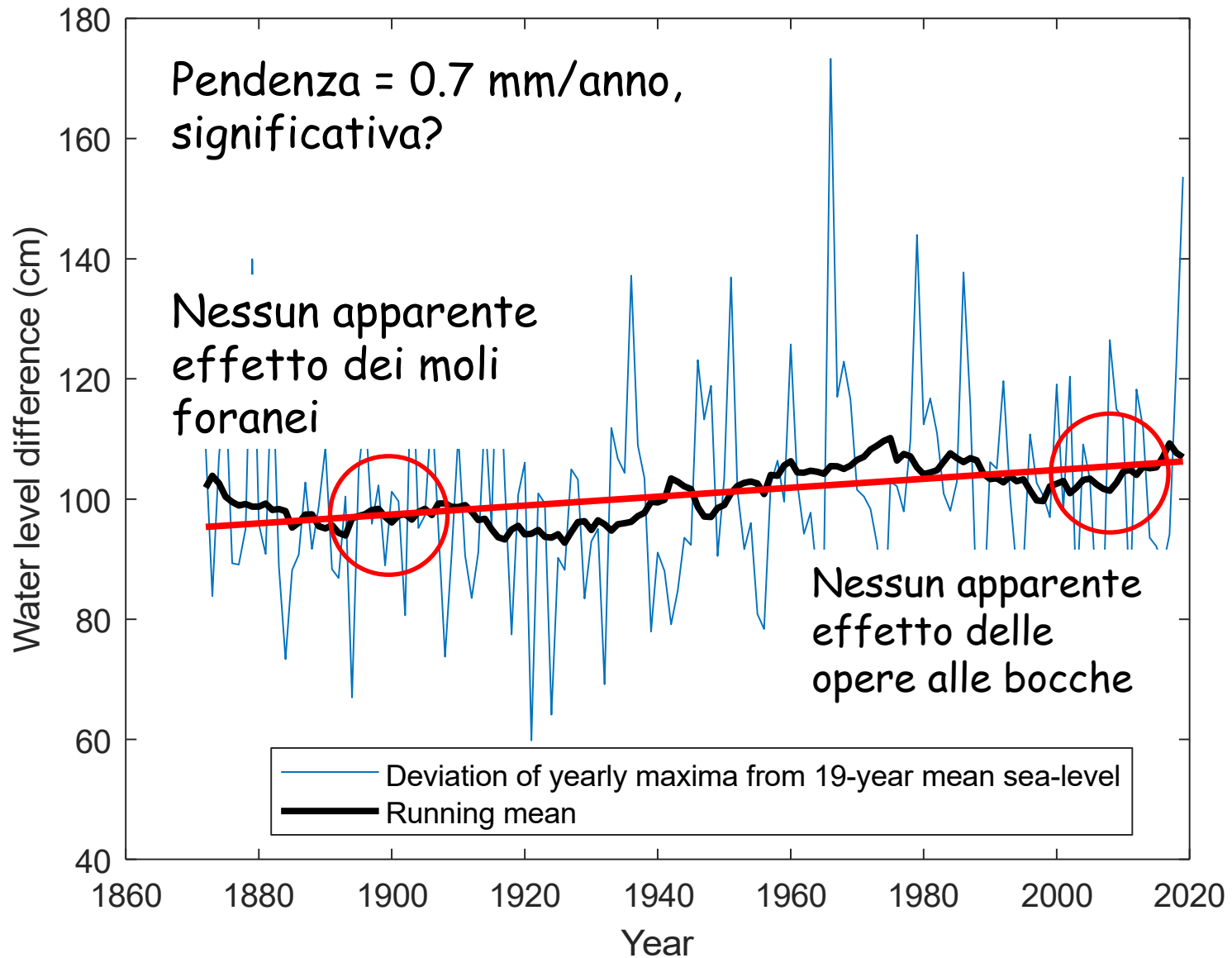
**Quale la probabilita' che eventi si questa entita' si presentino fra 100 anni?**

# Variazioni delle oscillazioni di marea?



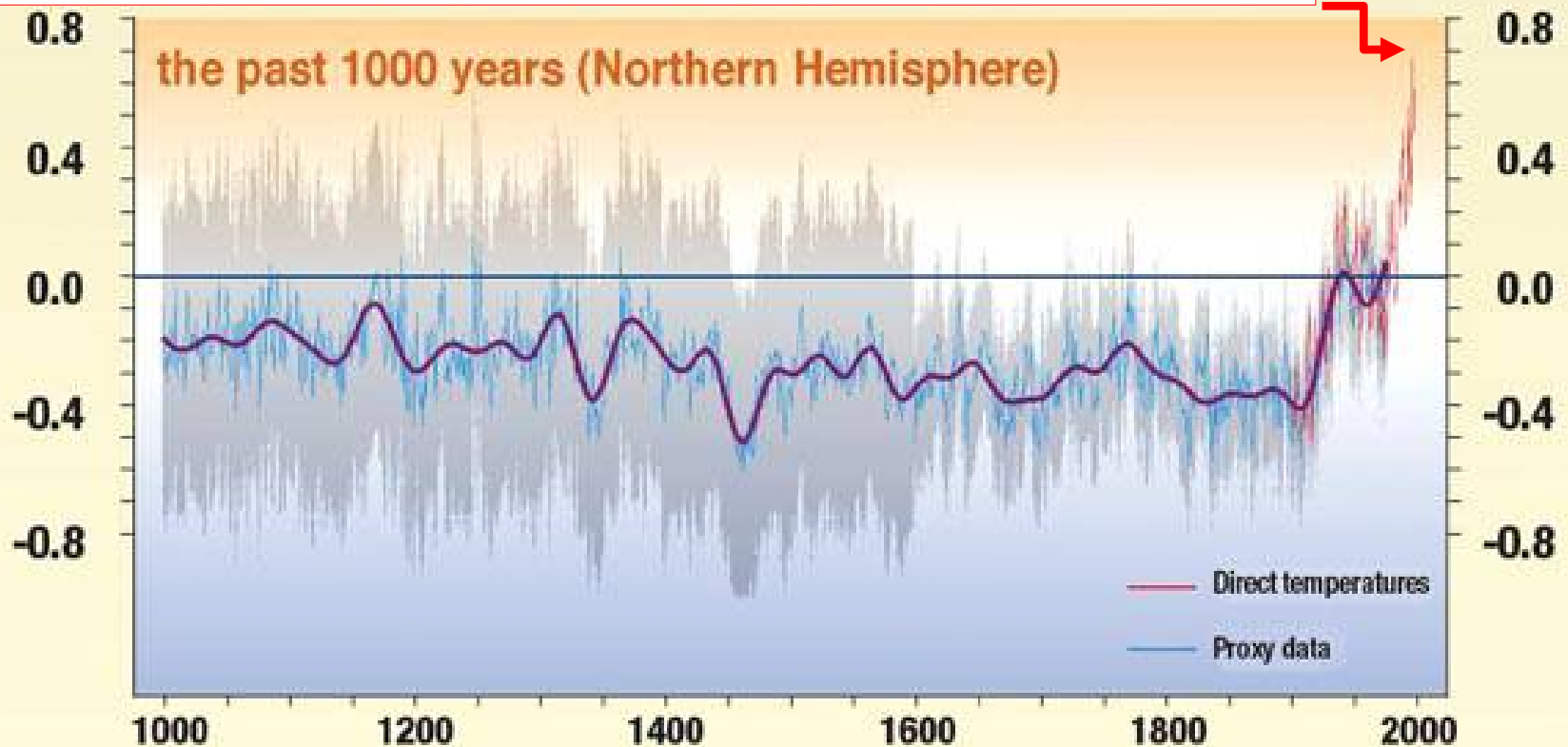
...per esempio si veda Matticchio et al, 2017

# Variazioni dei valori massimi annuali?



# La temperatura nell'emisfero settentrionale negli ultimi 1000 anni

Temperatura oggi: circa 1 grado al di sopra del periodo pre-industriale



(Mann et al., 1999)