CENTRO STUDI SUGLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI
RESEARCH CENTER ON CLIMATE CHANGE IMPACTS
Via Badaloni, 2 – I 45100 – Rovigo - ITALY

UNIVERSITÀ DI PADOVA
Dipartimento
di Ingegneria Civile,
Edile e Ambientale - ICEA

Quale probabilità di un nuovo novembre 1966 entro il 2100?

Marco Marani
Dipartimento ICEA e
Centro Studi sugli Impatti dei Cambiamenti Climatici
Università di Padova

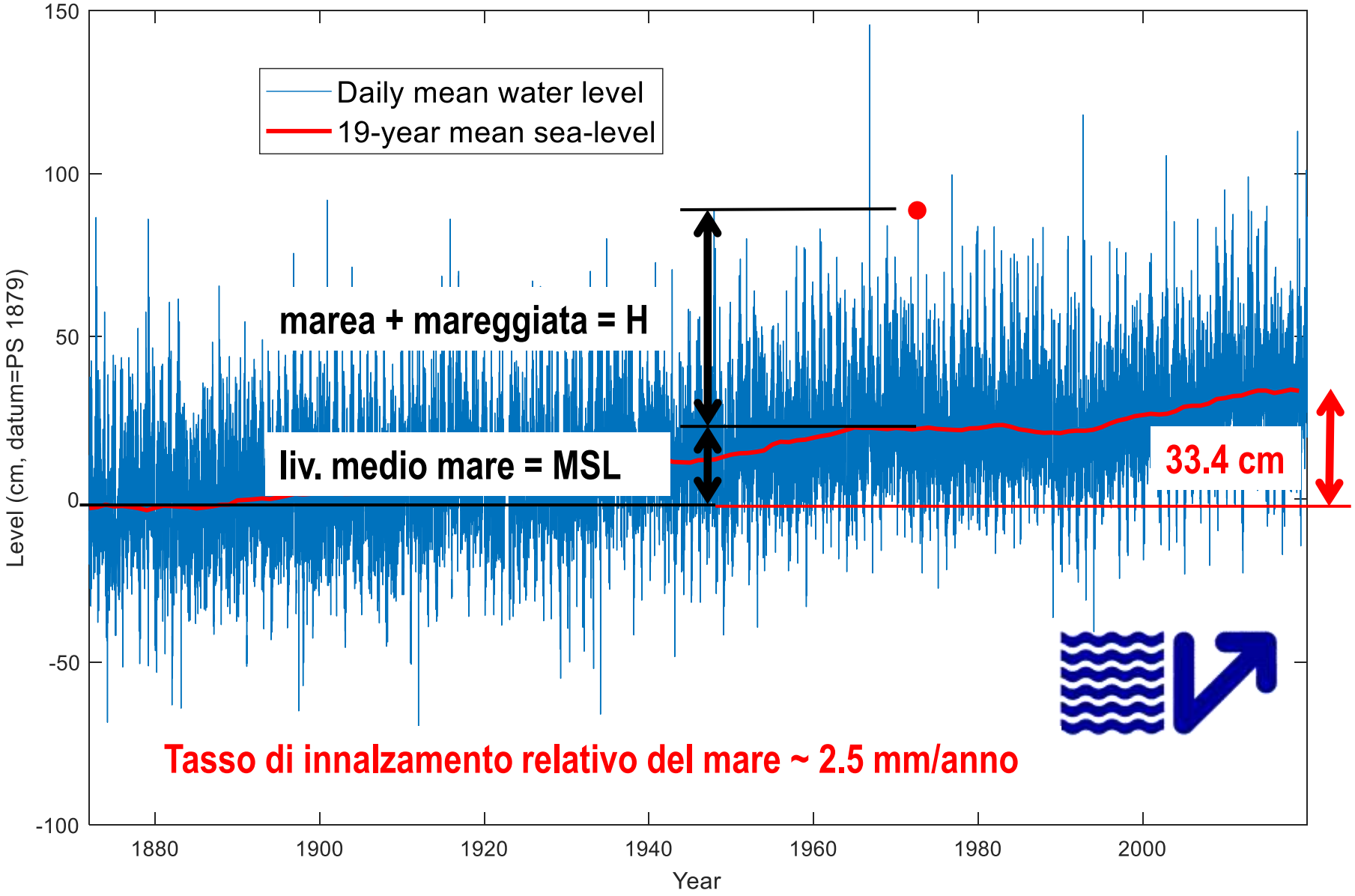
60 Anni dall'alluvione del 4/11/1966

Co-organizzatori

Segreteria Organizzativa:
FONDAZIONE INGEGNERI VENEZIANI

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

(Sorgente: Centro Maree Comune di Venezia)



I livelli marini misurati a Venezia

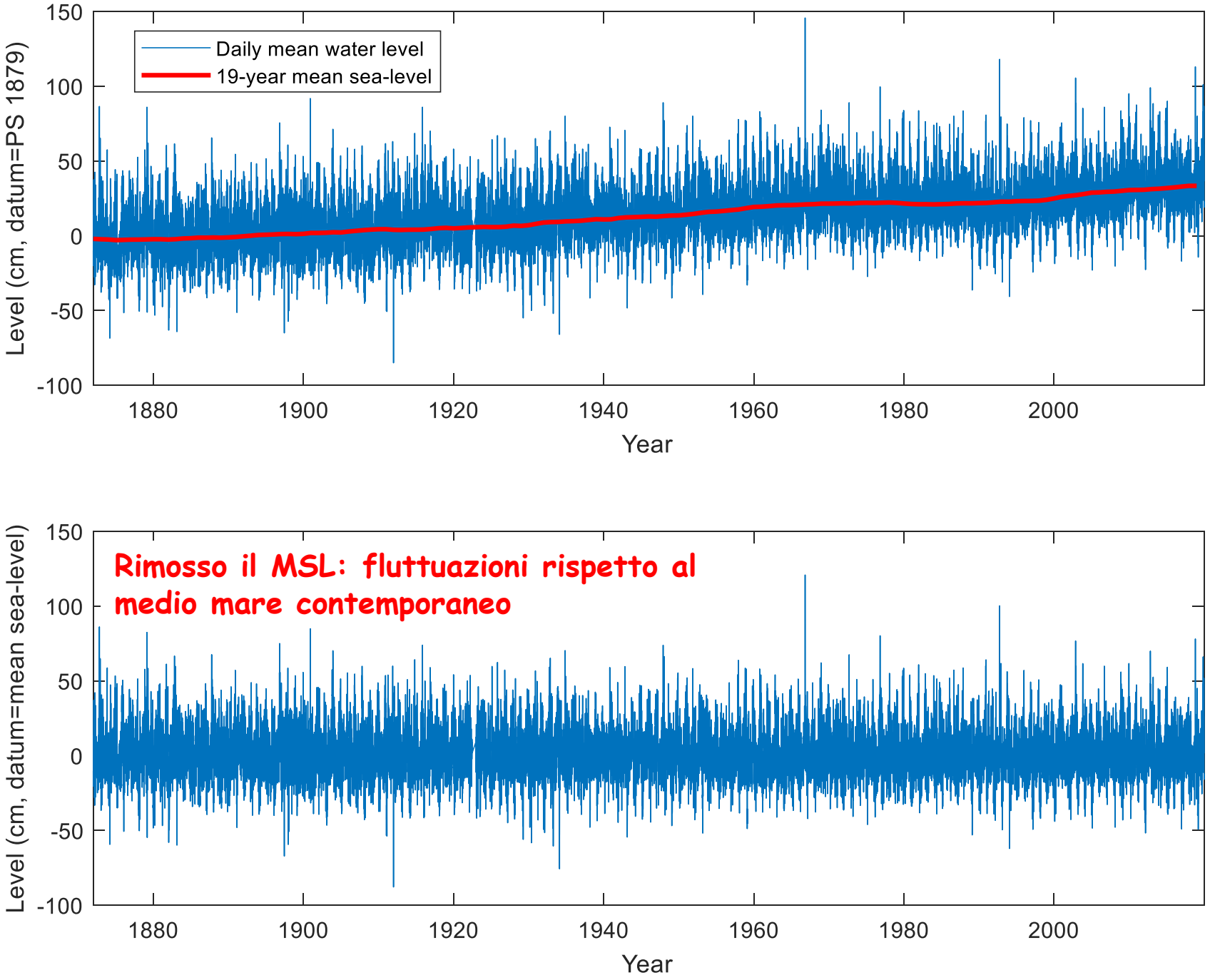


Metodo diretto. Il livello di marea istantaneo e' scritto:

$$Z = MSL + X + Y = MSL + H$$

Dove MSL e' il medio mare corrente. X e' il livello della marea astronomica, Y e' la storm surge.

$H = X + Y = Z - MSL$ Rimuoviamo il MSL variabile


Daily mean water level
19-year mean sea-level
Level (cm, datum=PS 1879)
150
100
50
0
-50
-100
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
Year
Rimosso il MSL: fluttuazioni rispetto al medio mare contemporaneo
Level (cm, datum=mean sea-level)
150
100
50
0
-50
-100
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
Year

Analisi degli eventi estremi di mareggiata secondo una teoria non-asintotica

La distribuzione dei massimi annuali:

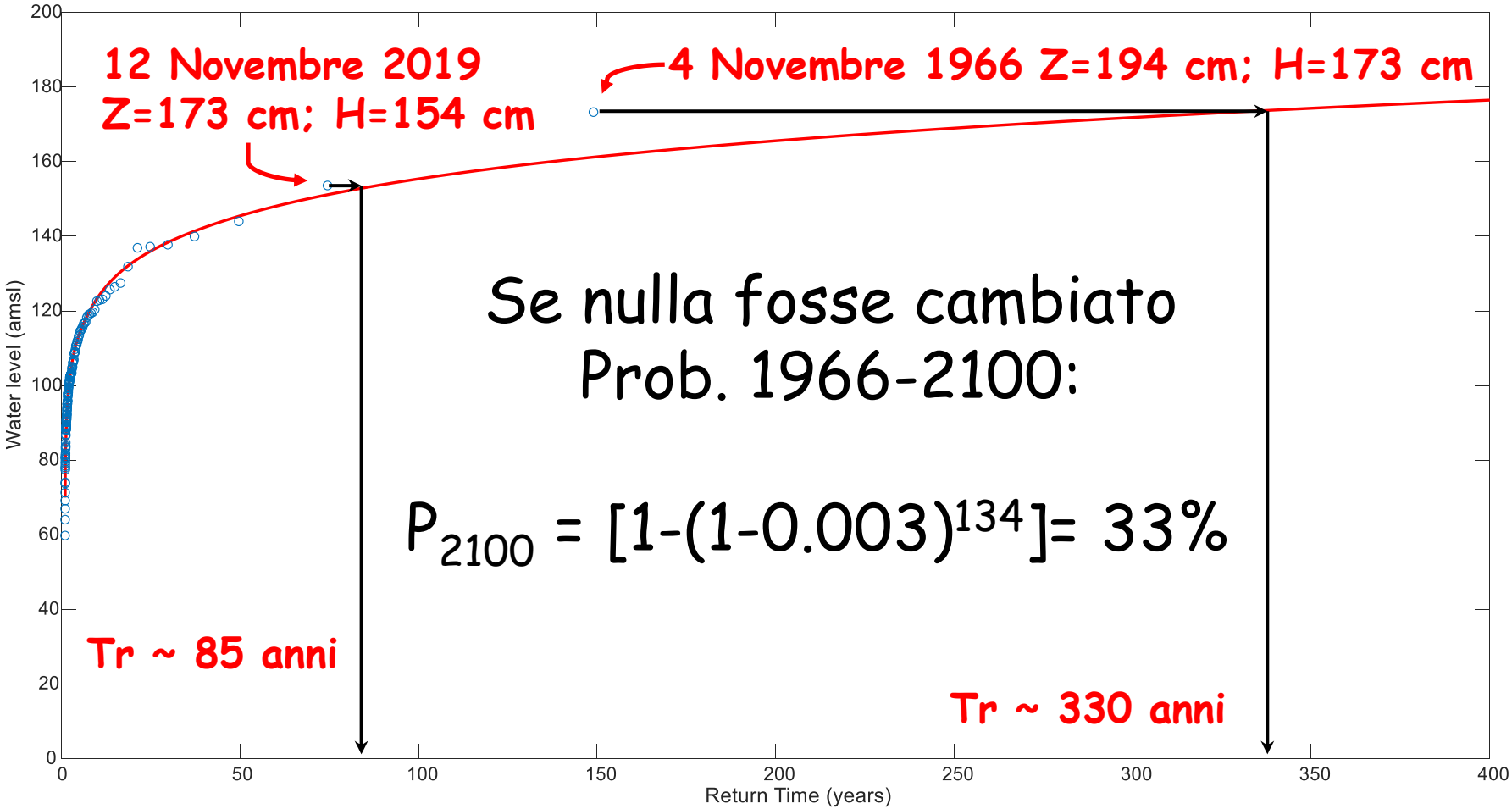
$$\mathrm{G}(x) \cong \frac{1}{T}\sum_{j=1}^{T} F(x;\overrightarrow{\theta_j})^{n_j}$$

Tempo di ritorno di x: x(Tr)

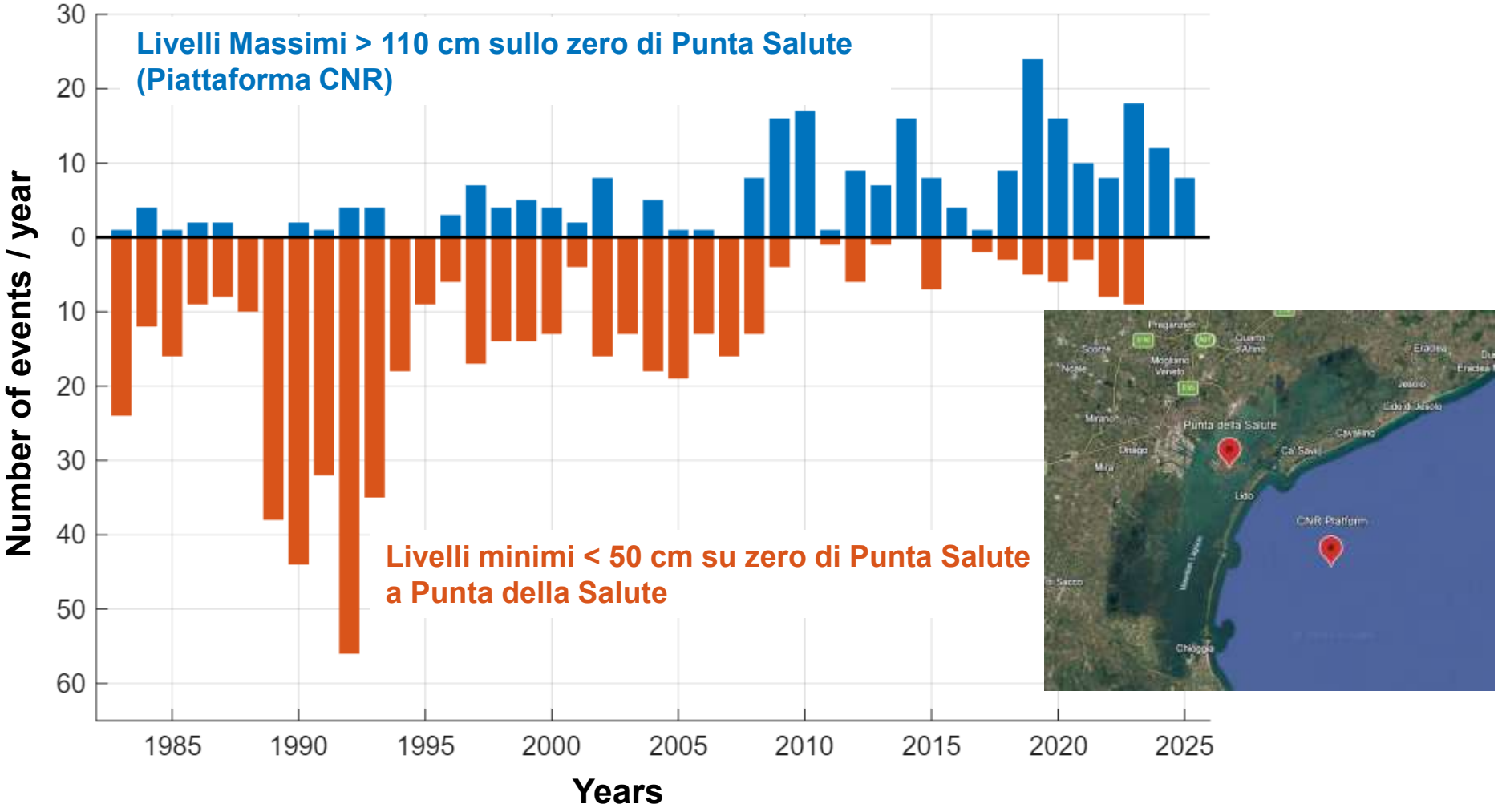


Marani and Ignaccolo, 2015; Zorzetto et al., 2016

Applicazione analisi dei valori estremi ai livelli rispetto al medio mare contemporaneo



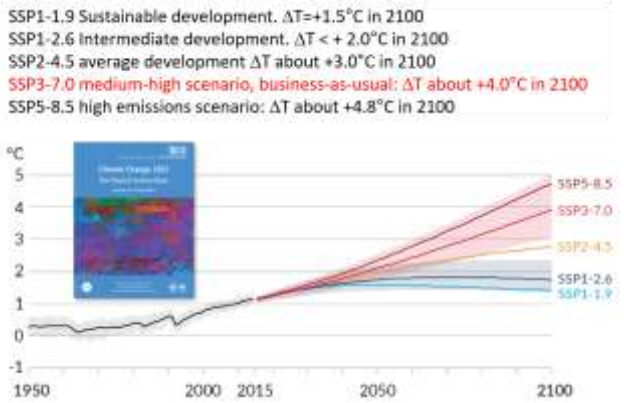
Acque Alte e livelli minimi in tempi recenti



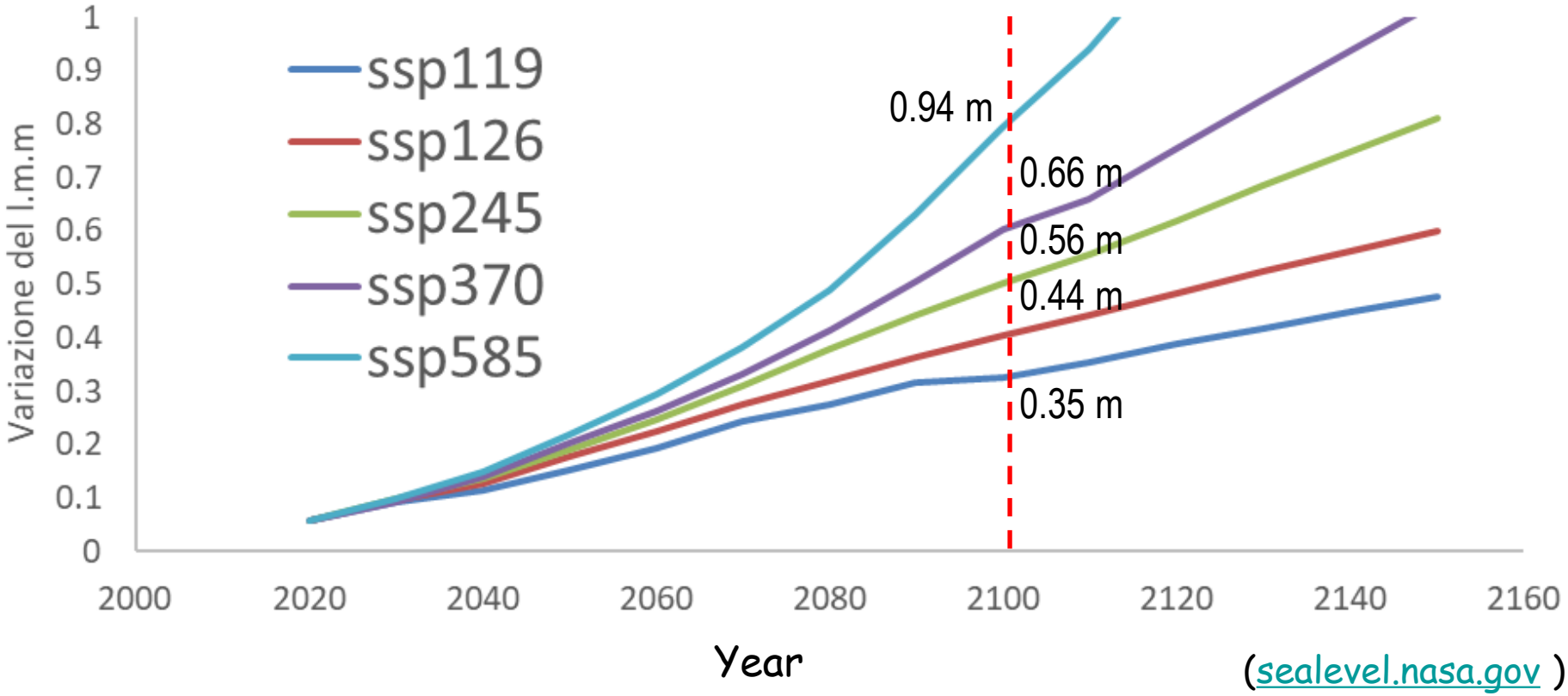
Cosa ci riserva il futuro?

Linee Guida Europee: Proiezioni IPCC 2023 SSP3-7.0

ΔMedio mare=0.66 m - ΔT=4 °C nel 2100

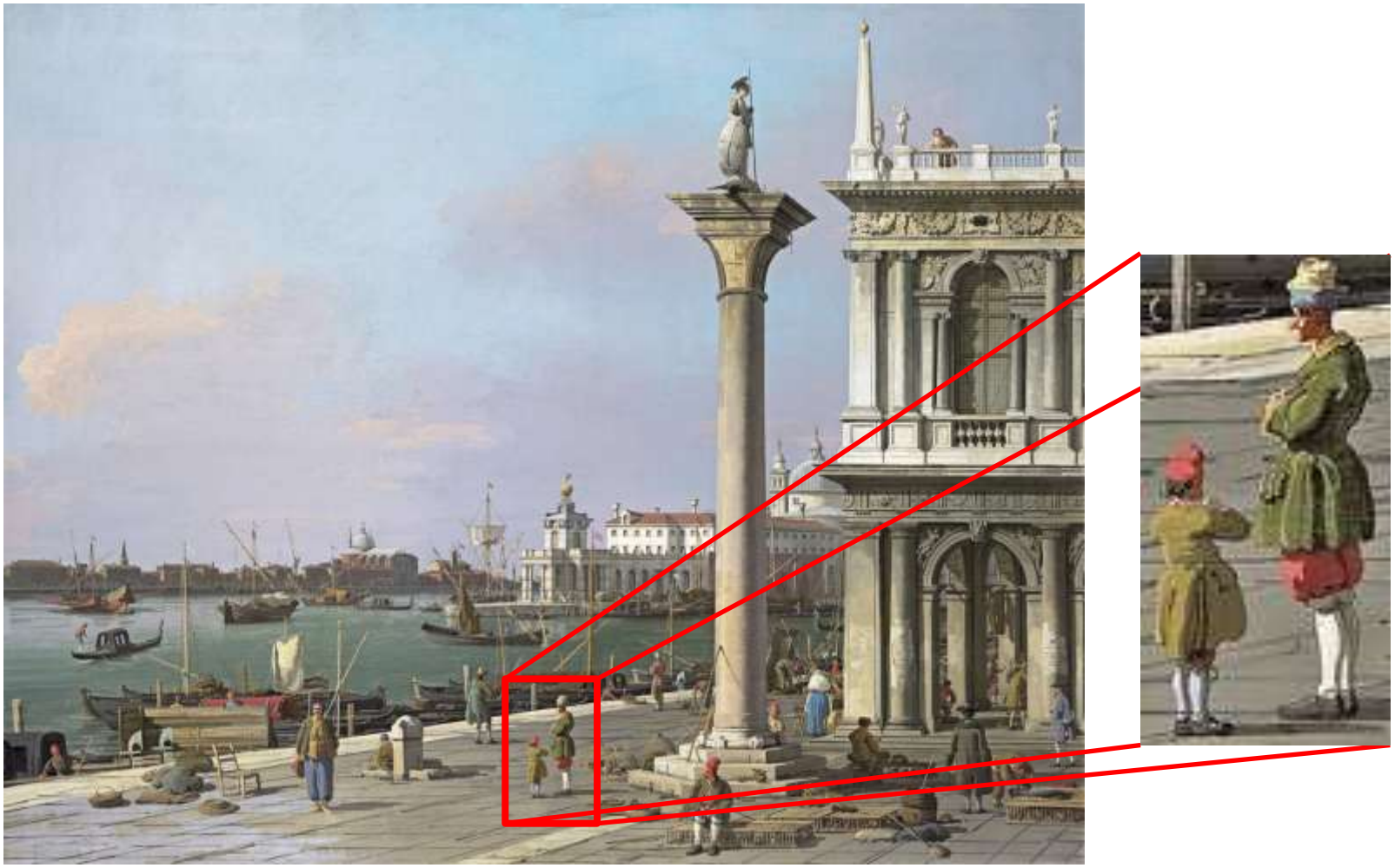


Incremento del medio mare proiettato, rispetto a 1850-1900



(sealevel.nasa.gov)

La sommersione nella città di Venezia – 4 Novembre 1966

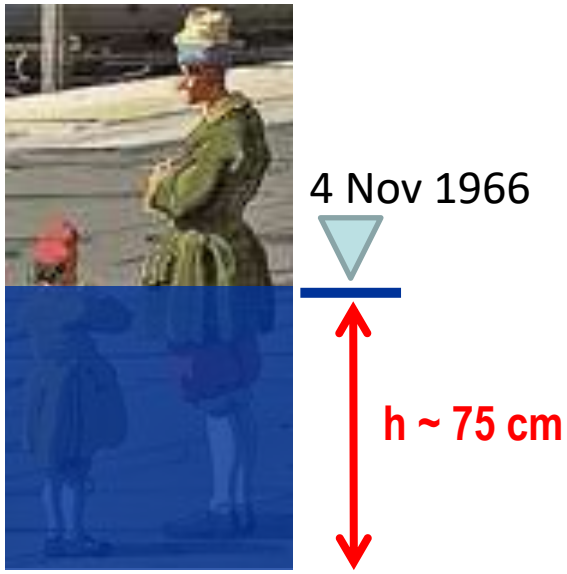


Canaletto, Il Bacino di San Marco dalla Piazzetta, 1750

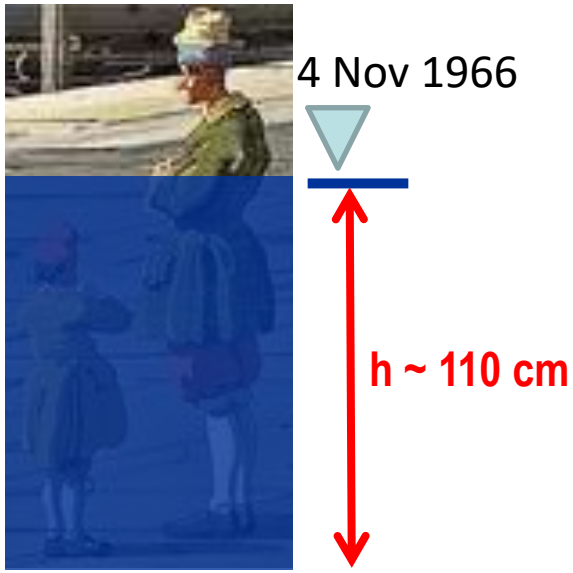
Gli effetti di un evento simile al 4 Novembre 1966 nei secoli

$$Z_t = MSL_t + H_{1966}$$

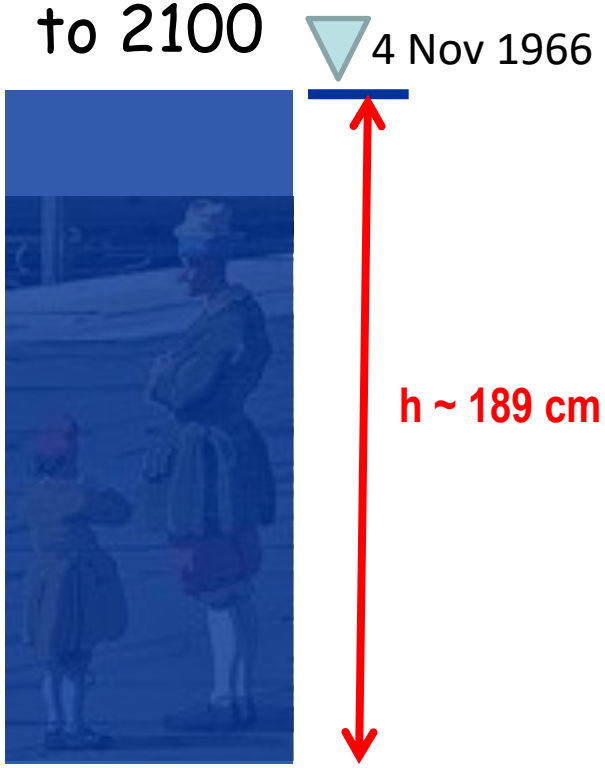
Z for
MSL in 1750



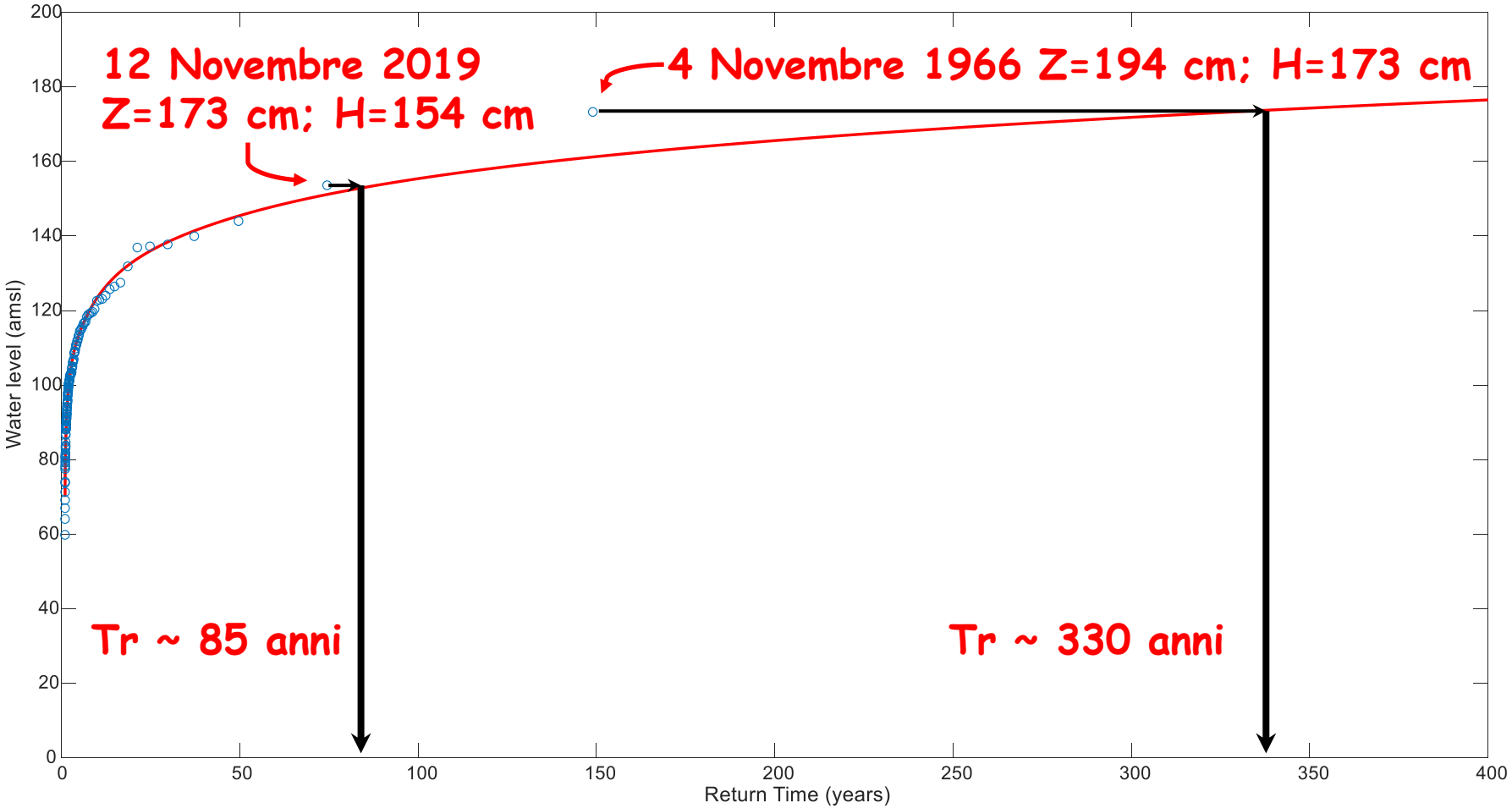
Z for
MSL in 1966



Z for
MSL projected
to 2100

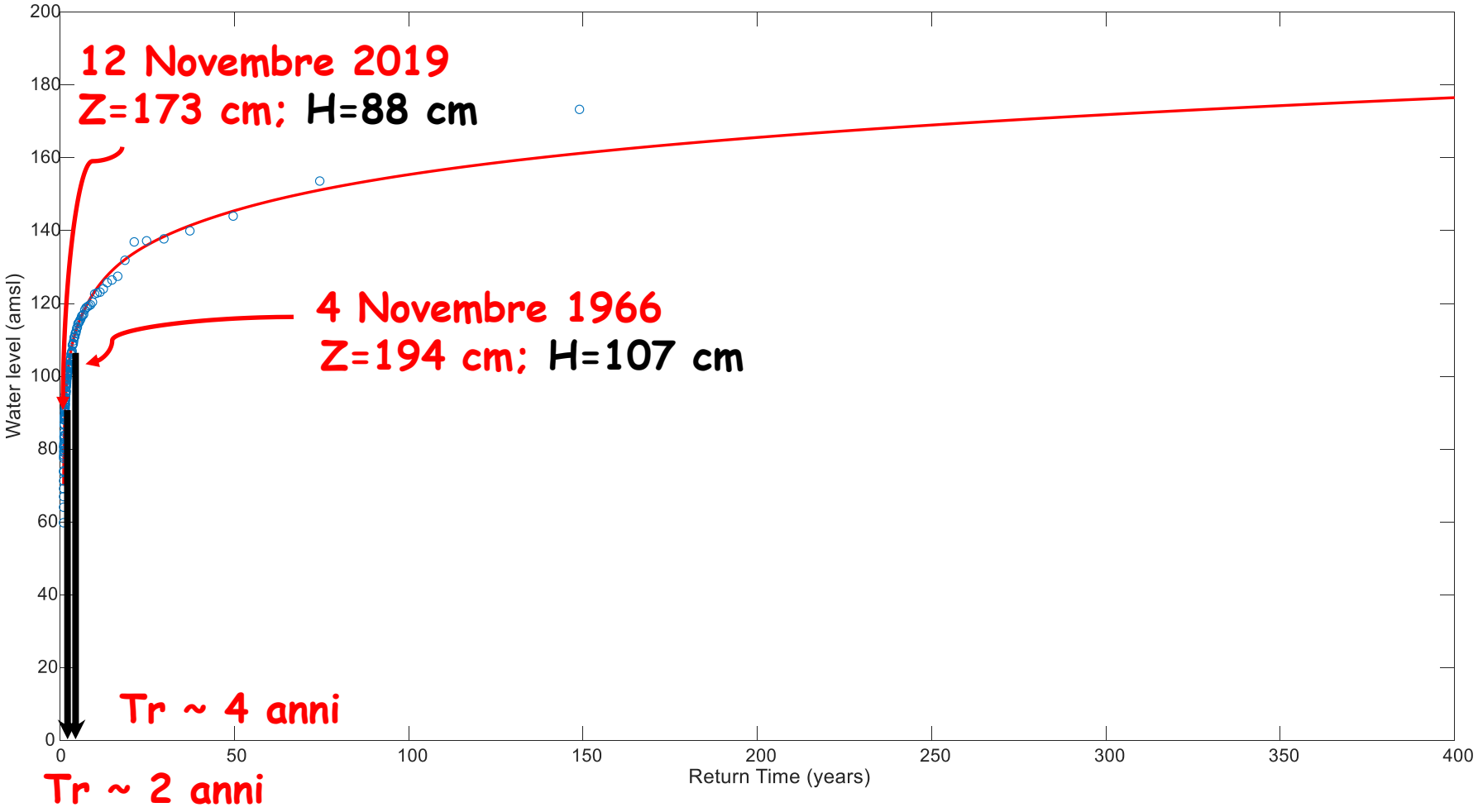


Acque alte estreme rispetto al livello del mare attuale (2020)….



… al 2100, secondo lo scenario SSP3-7.0

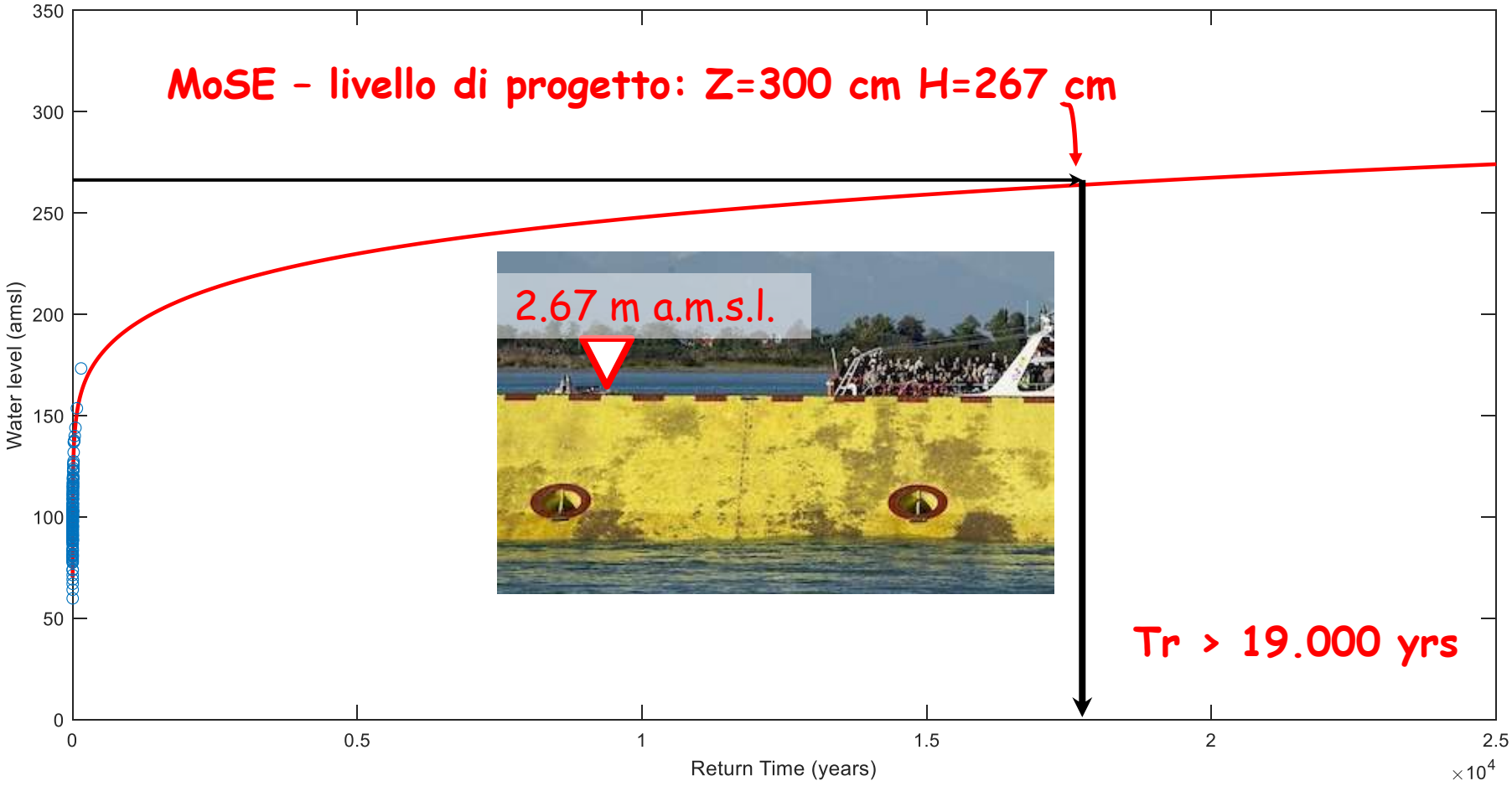
ΔMSL= 66 cm



MoSE, livello di progetto: Z=300 cm (G. Cecconi, pers. com.)

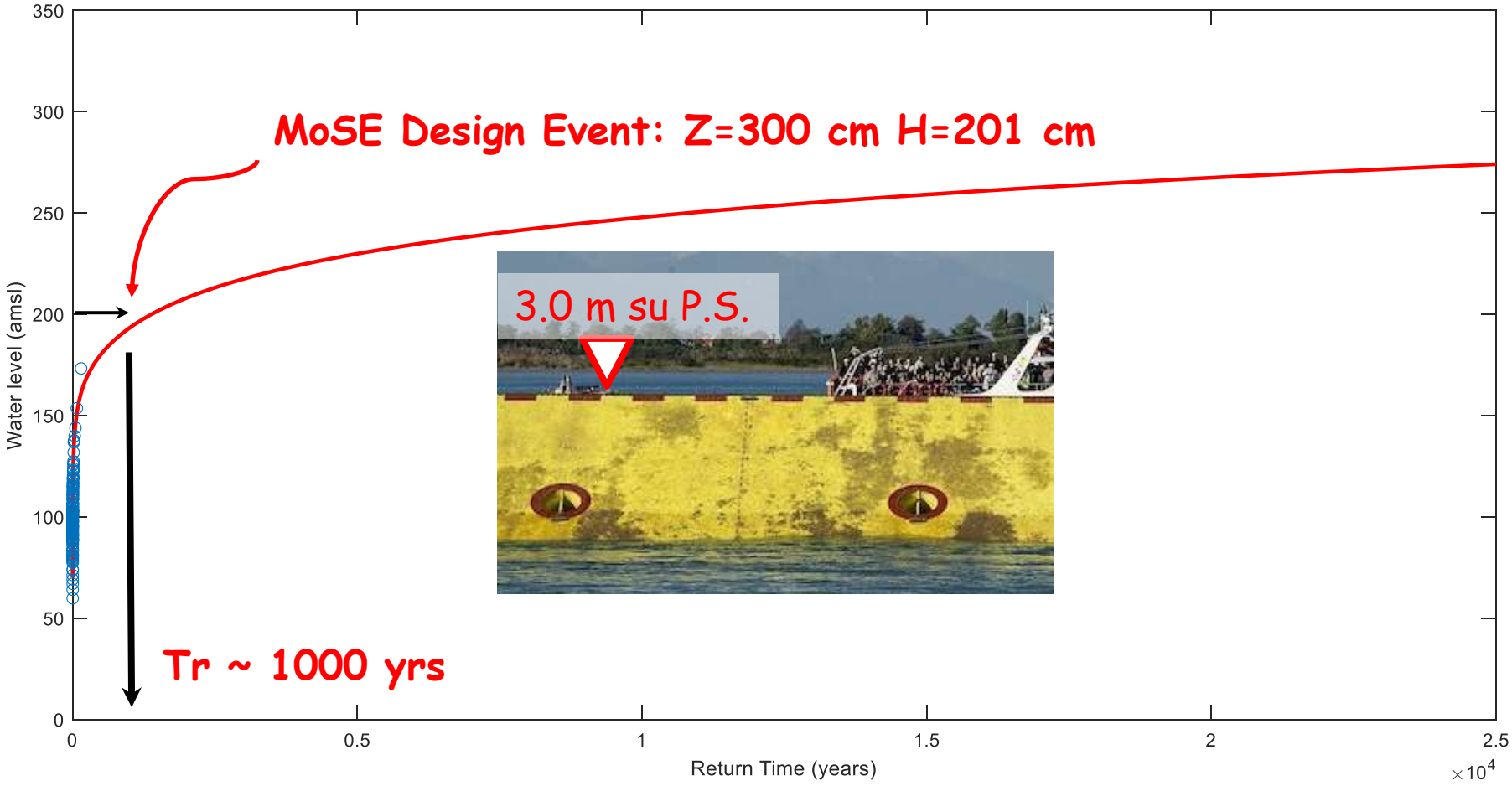
ΔMSL = 33.4 cm dal 1870 a oggi:

H= 300 cm – 33.4 cm ~ 267 cm a.m.s.l.

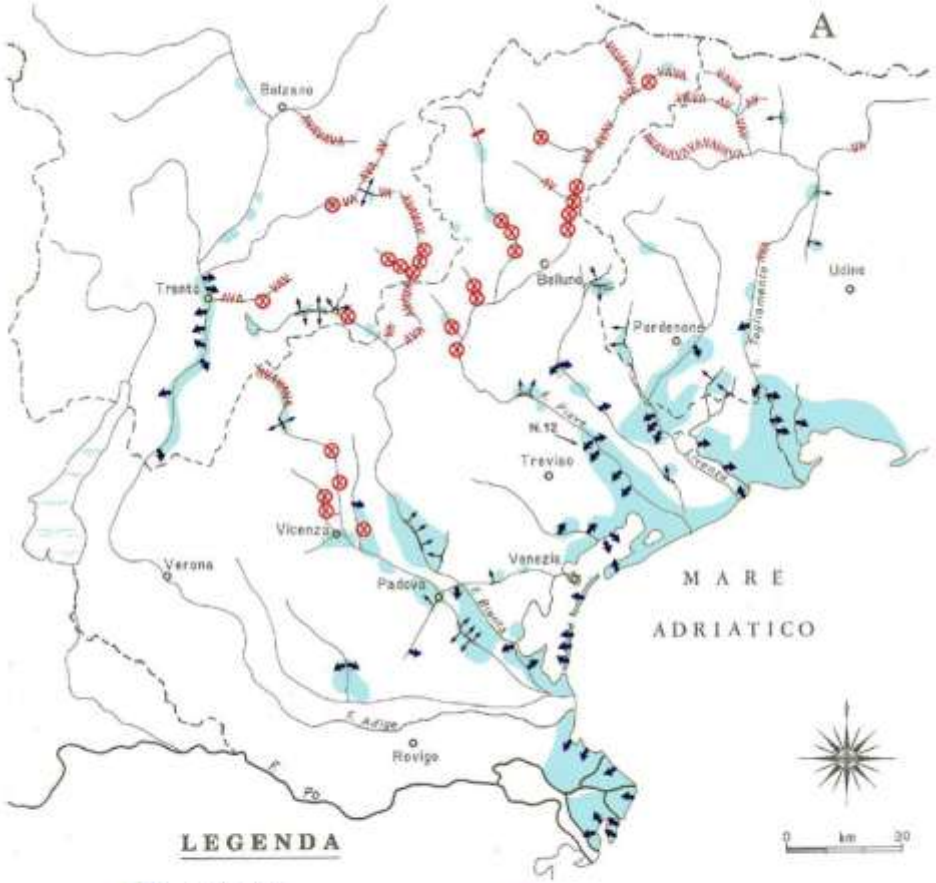


MoSE design: 300 cm compared to PS 1879 (G. Cecconi, com pers)

In 2100 (H= 300 cm – 99.4 cm ~ 201 cm)



Non solo mareggiate… la precipitazione 3-4 nov 1966





Da Deppo (2016)

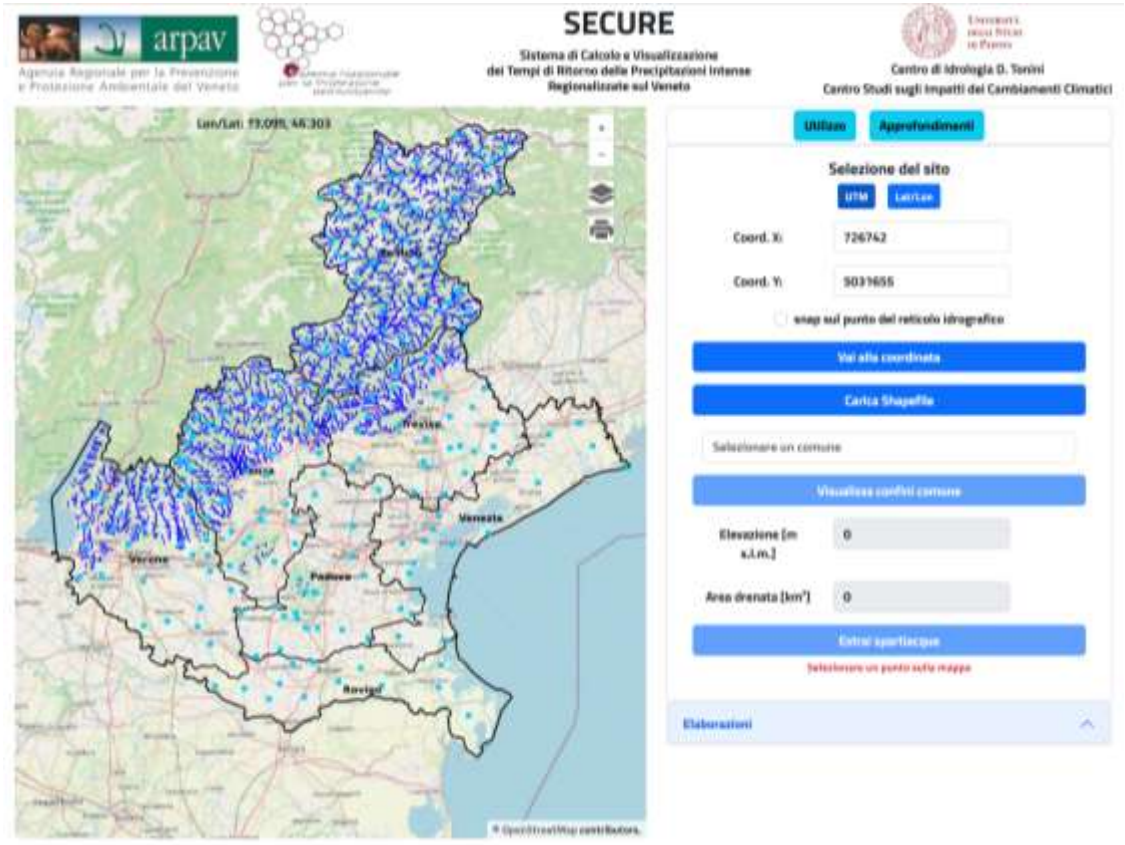
Bacino	intensità medie orarie massime J (mm/h) per la durata di 24 ore
Isonzo	13,7 (Uccea)
Tagliamento	17,2 (Oseacco)
Livenza	18,8 (Claut)
Piave	22,9 (Bosco Cansiglio)
Brenta	9,4 (San Martino di Castrozza)
Bacchiglione	12,5 (Posina)
Adige alto	4,7 (Merano)
Adige medio e basso	7,0 (Folgaria)

Il calcolo delle SLPP per il Veneto

STIMA DELLE PIOGGE ESTREME IN SITI DOTATI E PRIVI DI MISURE A TERRA

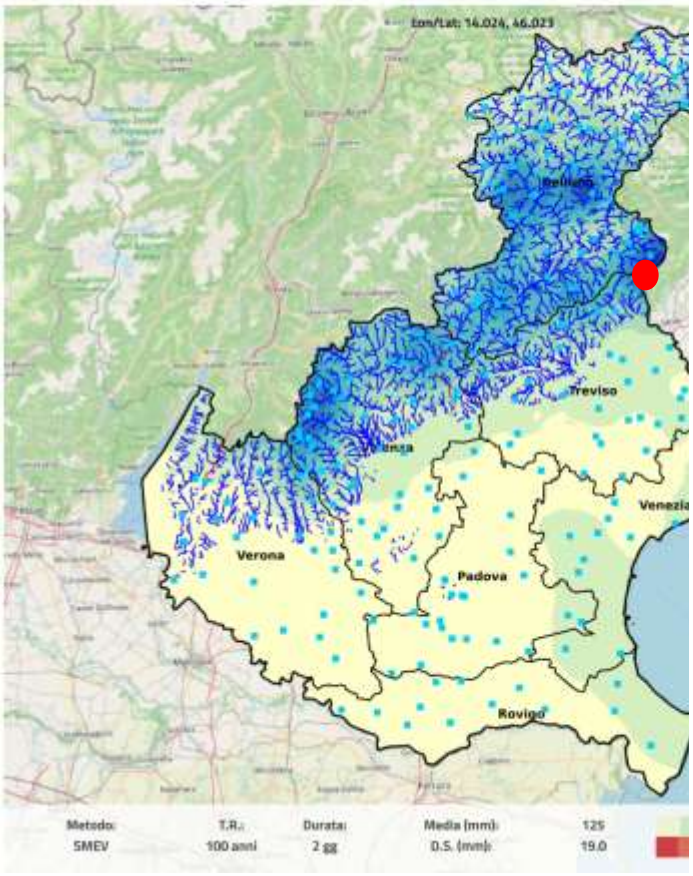
- Regione del Veneto (Italia)
- 500 m di risoluzione spaziale
- Tempi di ritorno tra 2 e 300 anni
- Durate tra 5’ e 5 giorni
- 3 distribuzioni dei valori estremi (EV)
  1. Gumbel
  2. GEV
  3. Simplified Metastatistical Extreme Value (SMEV)





https://rainyapp.arpa.veneto.it/

Un esempio di tempo di ritorno per 3-4 nov. 1966

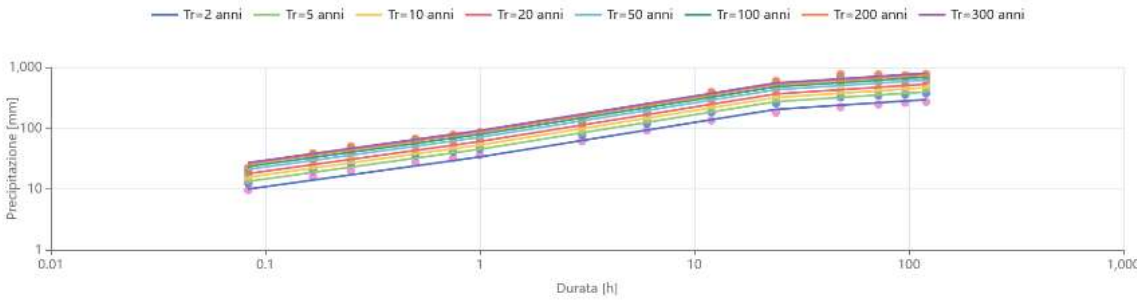


Bosco Cansiglio:
22.9 mm/ora – 550 mm in 24 ore

GEV Gumbel SMEV

Calcola quantili

Scarica Excel



Quantili Stimati (mm)

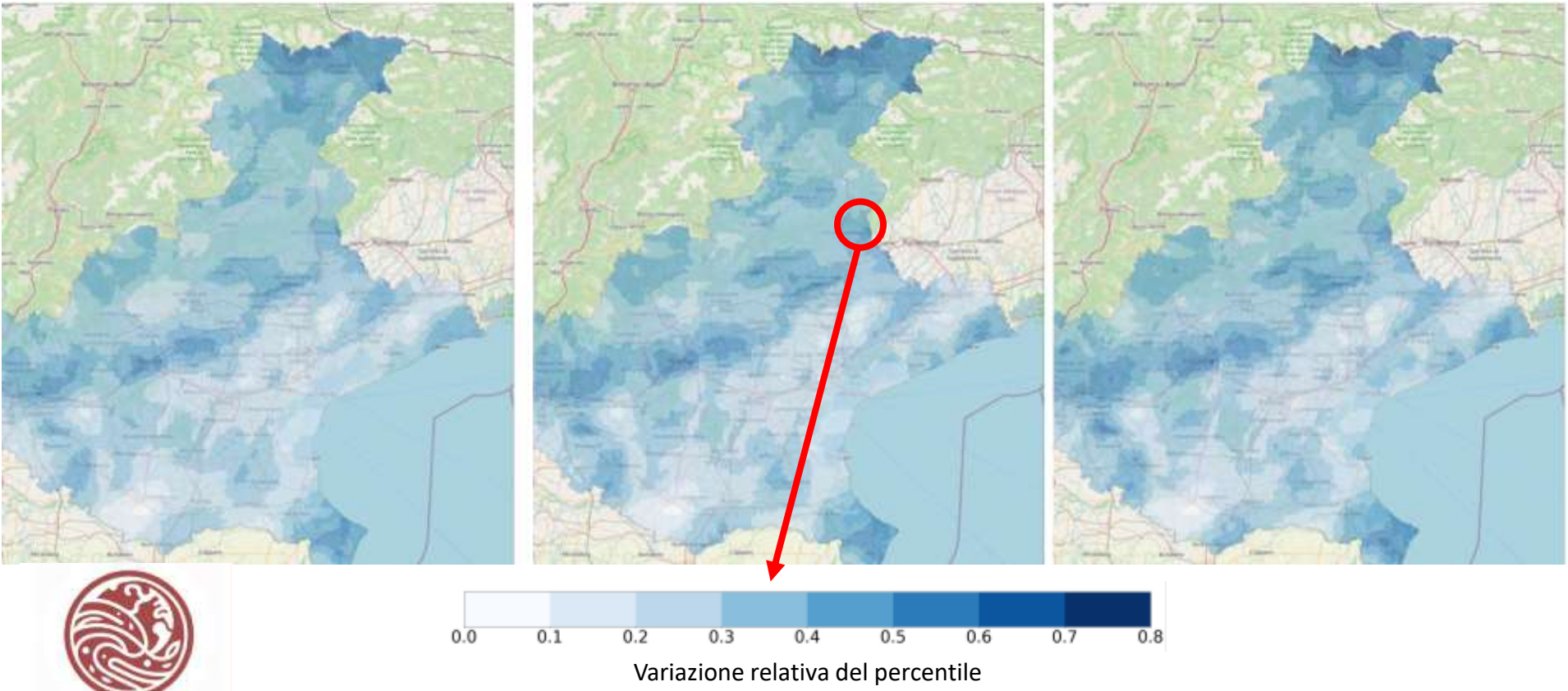
Durata	Tempo di ritorno (anni)						
	2	5	10	20	50	100	200
5 min	9.7	12.3	14.1	15.9	18.1	19.8	21.5
10 min	15.8	20.5	23.7	26.8	30.9	34.0	37.1
15 min	19.9	26.1	30.2	34.3	39.7	43.9	48.0
30 min	27.1	35.0	40.4	45.9	53.1	58.6	64.0
45 min	32.2	41.3	47.7	53.8	62.1	68.6	74.8
1 h	36.1	46.1	53.0	59.7	68.6	75.4	82.3
3 h	61.1	77.3	88.2	98.8	112.6	123.0	133.4
6 h	91.7	119.2	138.1	156.5	180.9	199.5	218.3
12 h	133.9	183.0	217.7	252.6	299.9	336.9	
1 gg	179.2	255.2	310.6	366.6	443.1	503.7	566.8
2 gg	222.3	321.8	394.2	468.0	569.4	649.5	
3 gg	244.8	345.2	415.7	486.0	580.2	653.0	727.3
4 gg	262.2	360.8	427.9	493.2	579.0	644.1	709.5
5 gg	271.5	376.6	447.6	516.3	606.0	673.7	740.6

Linee guida della Commissione Europea: Scenario SSP3-7.0 Proiezioni Climatiche al 2100 da 13 modelli (EU CORDEX Flagship Program) a 3 km e 1 ora di risoluzione

Tr=100 anni

Tr=200 anni

Tr=300 anni



CENTRO STUDI SUGLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Eventi “tipo 1966” nel 2100 avranno un intensificazione del 30-40%:

Alcune considerazioni finali

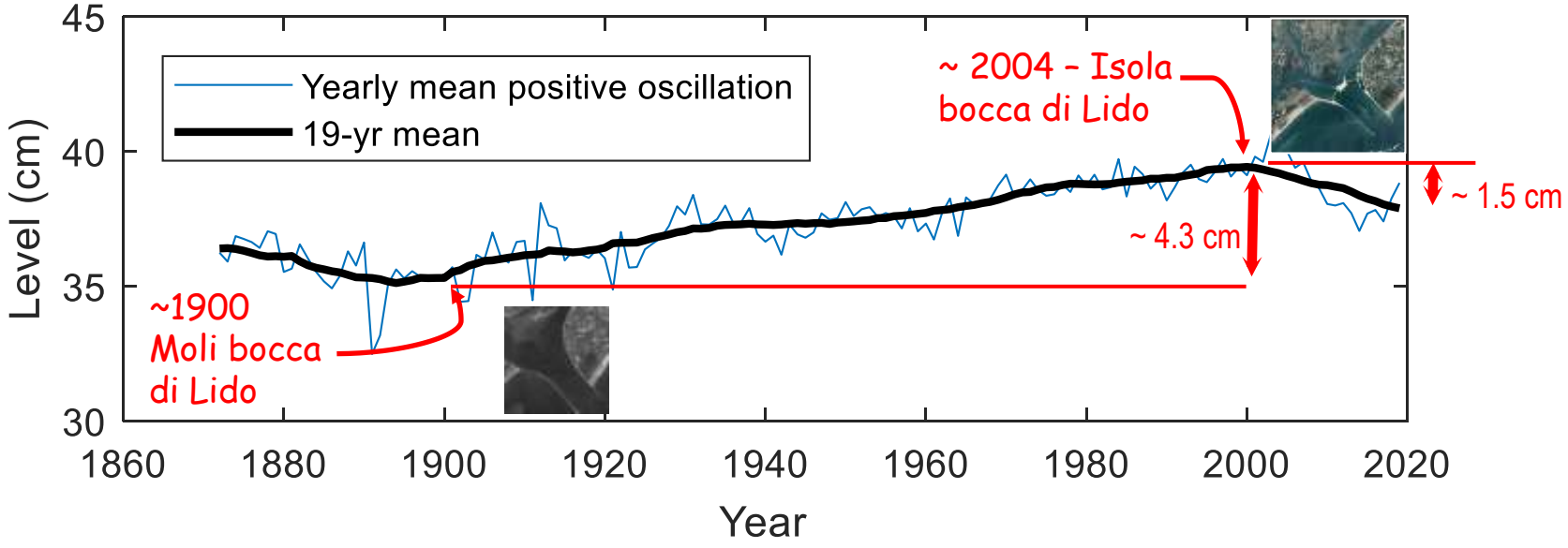
- Acque alte 1966 e 2019 hanno Tr ~ 330 anni e Tr ~85 anni in termini di deviazione dal rispettivo medio mare;

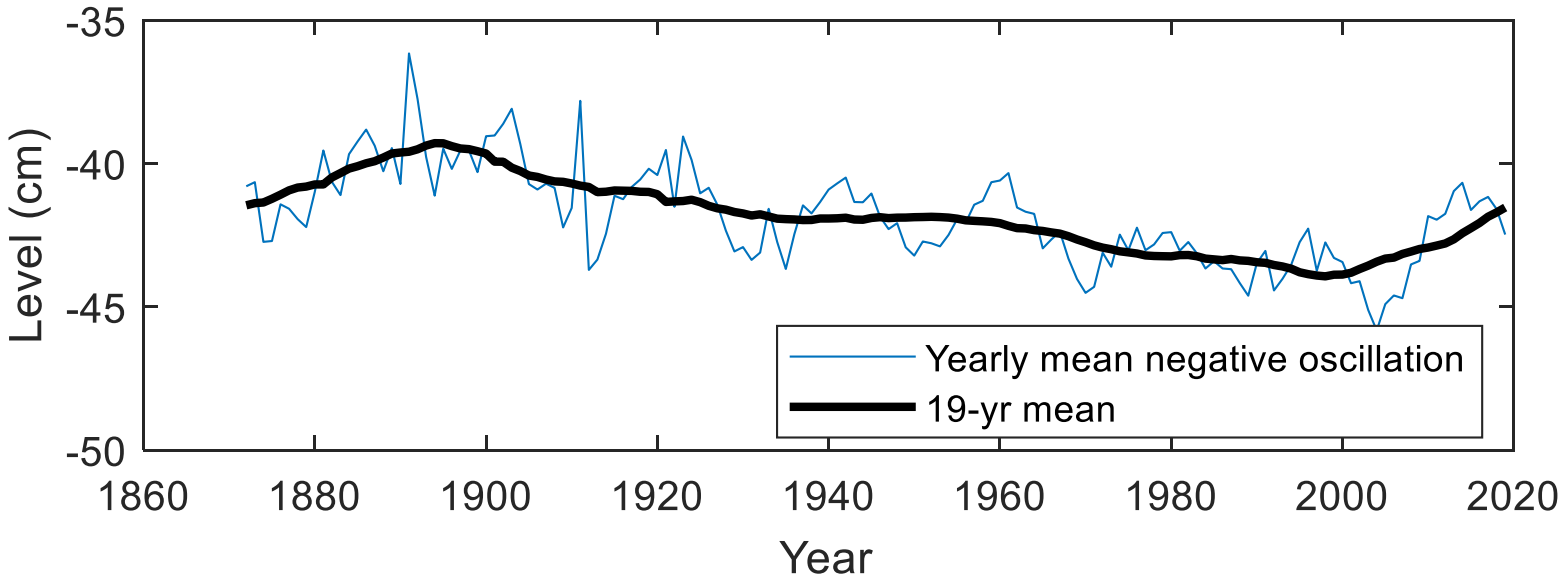
- Tr si riducono al crescere del medio mare: secondo lo scenario di riferimento europeo un evento "tipo 1966" ricorrerà in media una volta ogni 4 anni;

- Precipitazioni "tipo 1966" si intensificheranno nell'ordine del 30-40% alla fine del secolo

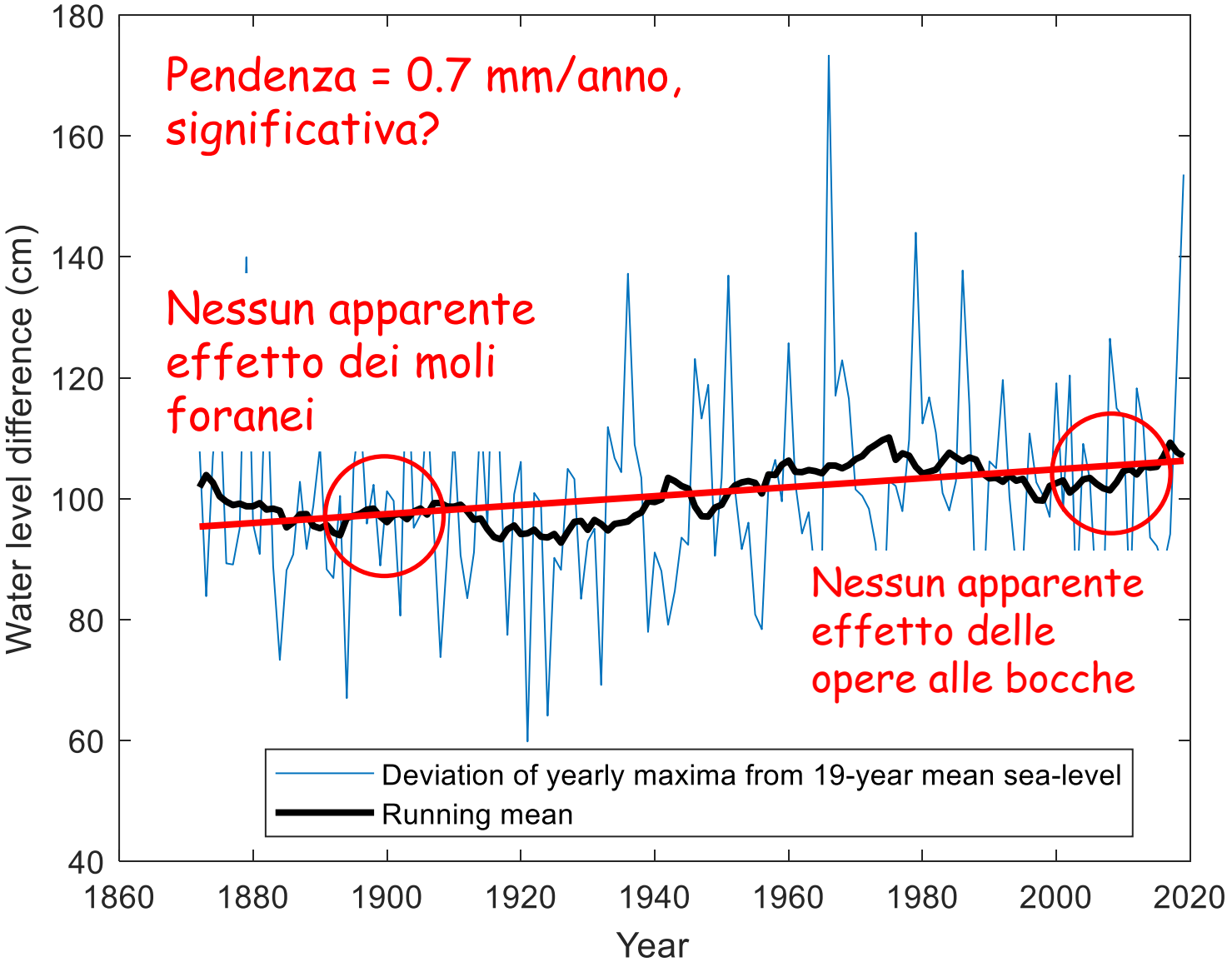
- Adattamento è imperativo: abbiamo le conoscenze per informare la prassi ingegneristica… dobbiamo scegliere di applicarli

Variazioni delle oscillazioni di marea?

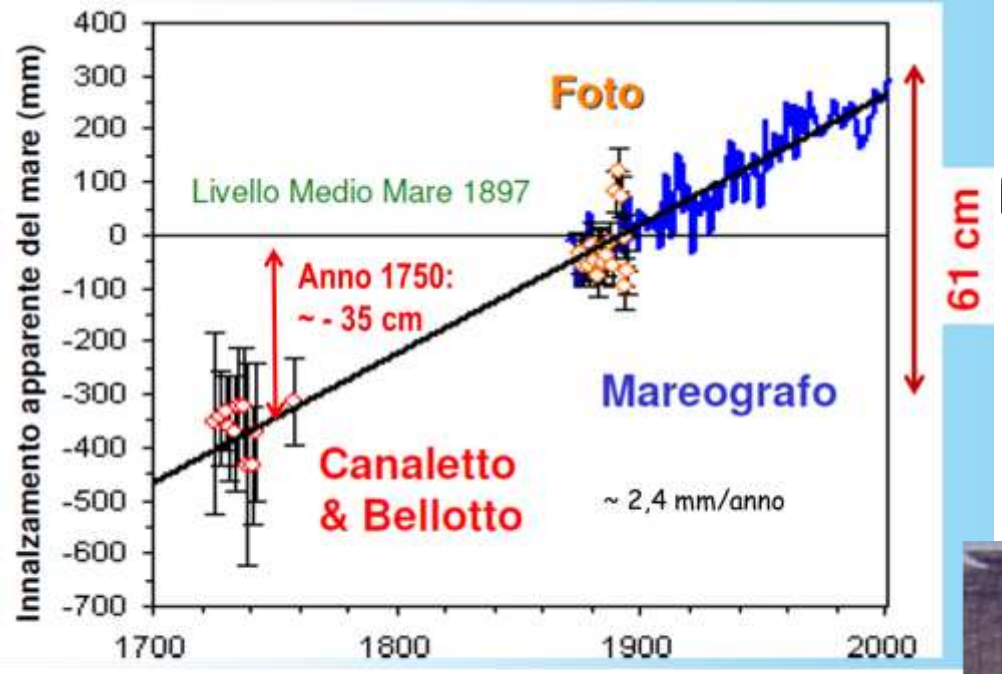




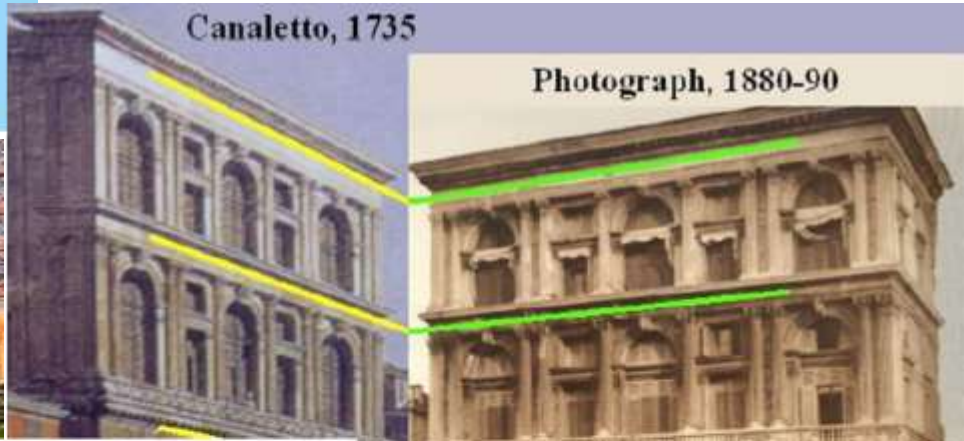
Variazioni dei valori massimi annuali?

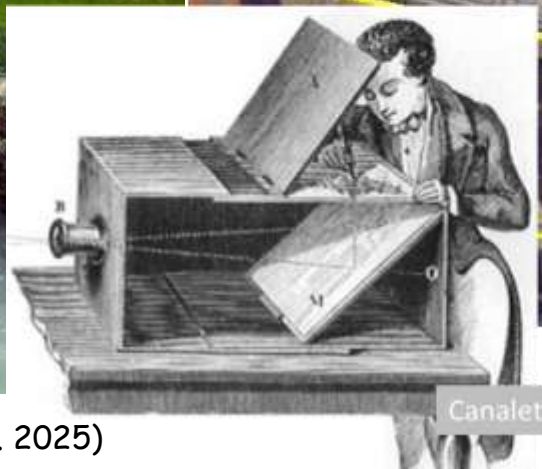


The reconstruction of the relative sea level rise from Canaletto's paintings *(Camuffo, 2001)*



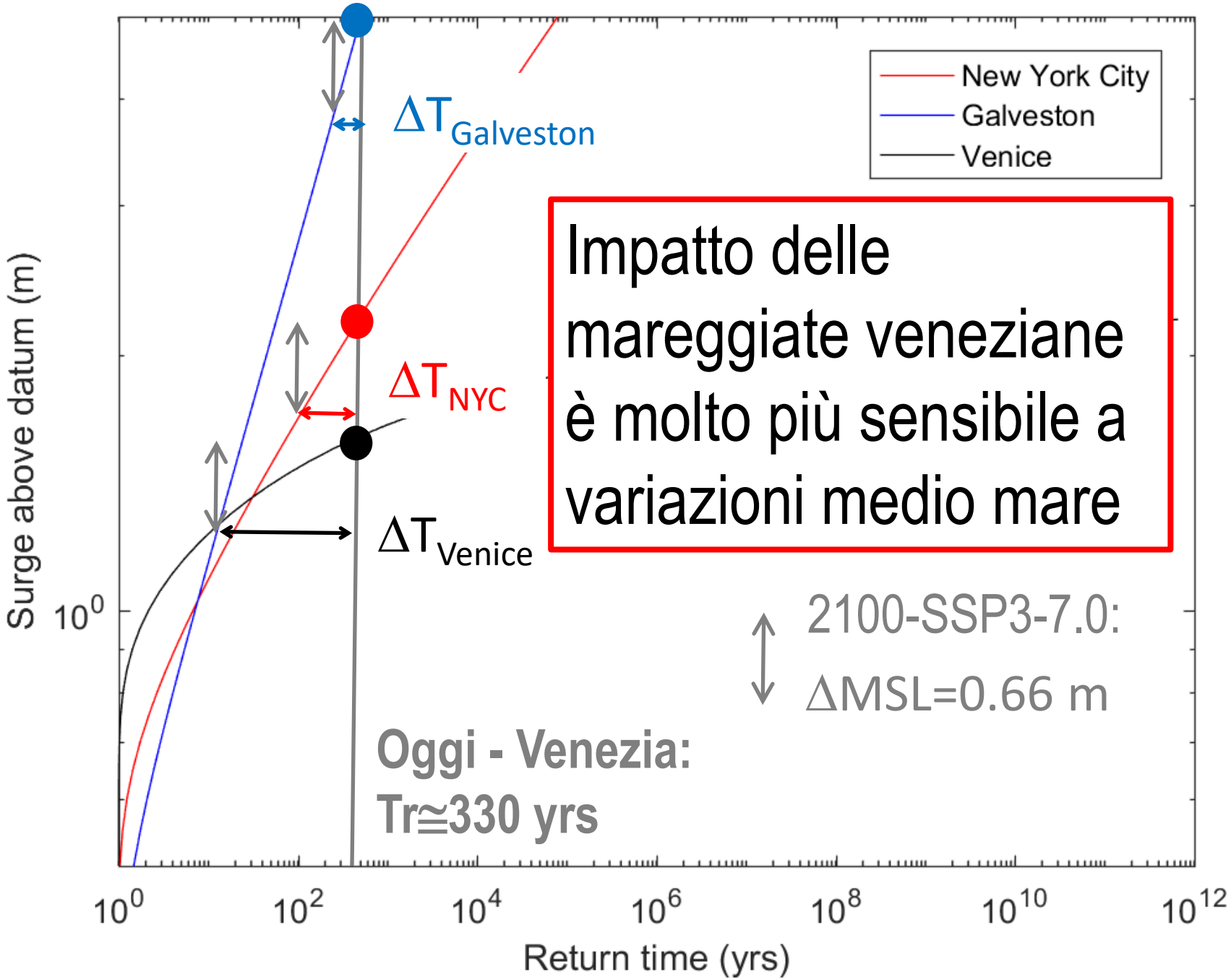






Canaletto and the 'Camera obscura'

(Palazzo Belloni Battagia - Foto di Alvio Renzini, ca. 2025)


New York City
Galveston
Venice
ΔT Galveston
ΔT NYC
ΔT Venice
Impatto delle mareggiate veneziane è molto più sensibile a variazioni medio mare
2100-SSP3-7.0:
ΔMSL=0.66 m
Oggi - Venezia:
Tr≅330 yrs
Surge above datum (m)
10^0
10^0
10^2
10^4
10^6
10^8
10^10
10^12
Return time (yrs)