
Collegio degli Ingegneri di Venezia

Giornata di studio

“Eustatismo e Subsidenza: stato delle conoscenze e conseguenze attese sulla morfologia e sull’ecosistema della laguna di Venezia”

Mestre, 7 maggio 2018

Il livello medio mare a Venezia Le serie storiche, illustrazione delle tecniche di misura e di analisi ed i risultati aggiornati

Ing. Maurizio Ferla

Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA)

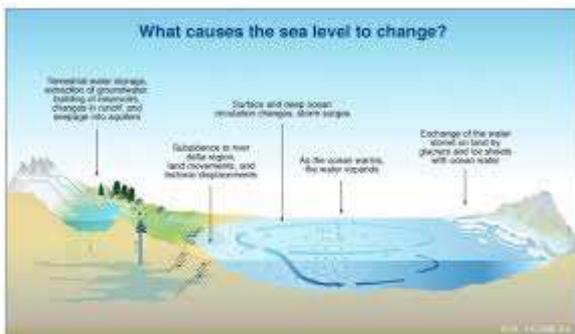
Centro Nazionale per la caratterizzazione ambientale e la protezione della fascia costiera, la climatologia marina e l’oceanografia operativa

Via Vitaliano Brancati 60 - 00144 ROMA

www.isprambiente.it - email: maurizio.ferla@isprambiente.it

Il riscaldamento del pianeta e l'innalzamento globale del livello medio del mare

“Global mean sea level will continue to rise during the 21st century. Under all RCP scenarios the rate of sea level will *very likely* exceed that observed during 1971-2010 due to increased ocean warming and increased loss of mass from glaciers and ice sheets”.
(2013 - 5^o Assessment Report IPCC- 12th Session of WG1)

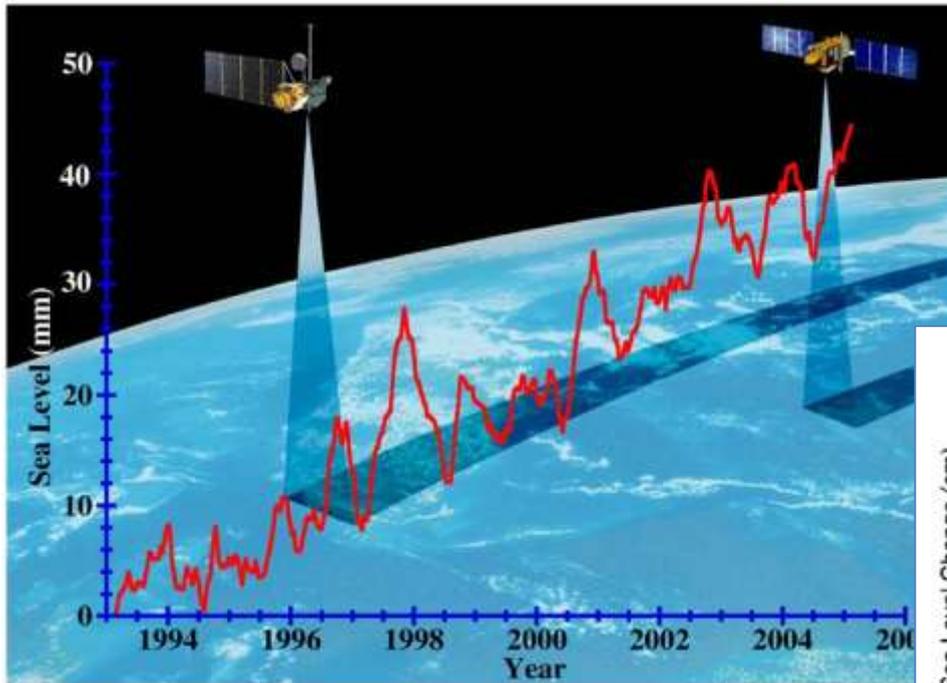


Proiezioni al 2100:

- 28-61 cm (scenario ottimistico)
- 52-98 cm (scenario pessimistico)

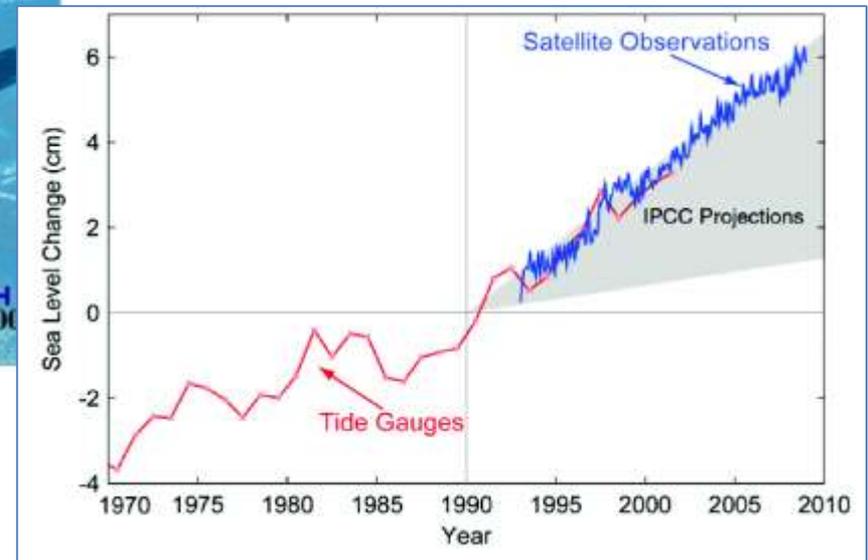


IL MONITORAGGIO DEL LIVELLO DEL MARE OSSERVAZIONI SATELLITARI



- ❑ Monitoraggio di grandi porzioni di superficie del mare (oceani)
- ❑ Informazioni relativamente recenti (20-25 anni)

Buon accordo con i monitoraggi puntuali lungo la costa (mareometri)



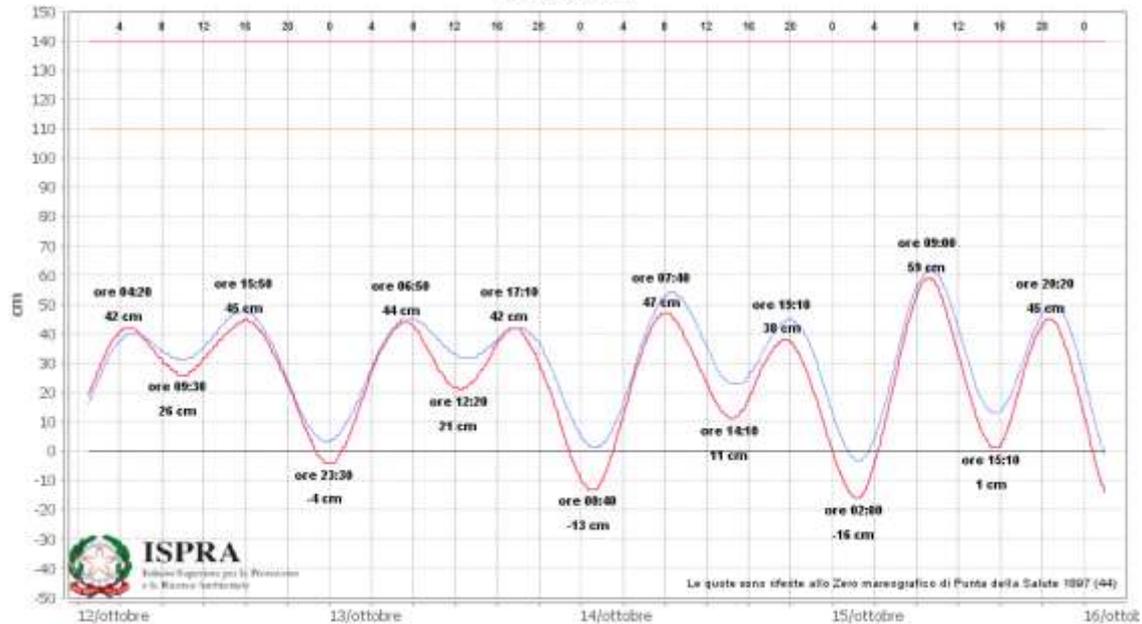
IL MONITORAGGIO DEL LIVELLO DEL MARE LE OSSERVAZIONI IN SITU – I MAREOMETRI



Punta della Salute

■ prevista ■ rilevata ■ astronomica

La marea e' normale



LA RETE MAREOGRAFICA NAZIONALE (RMN)

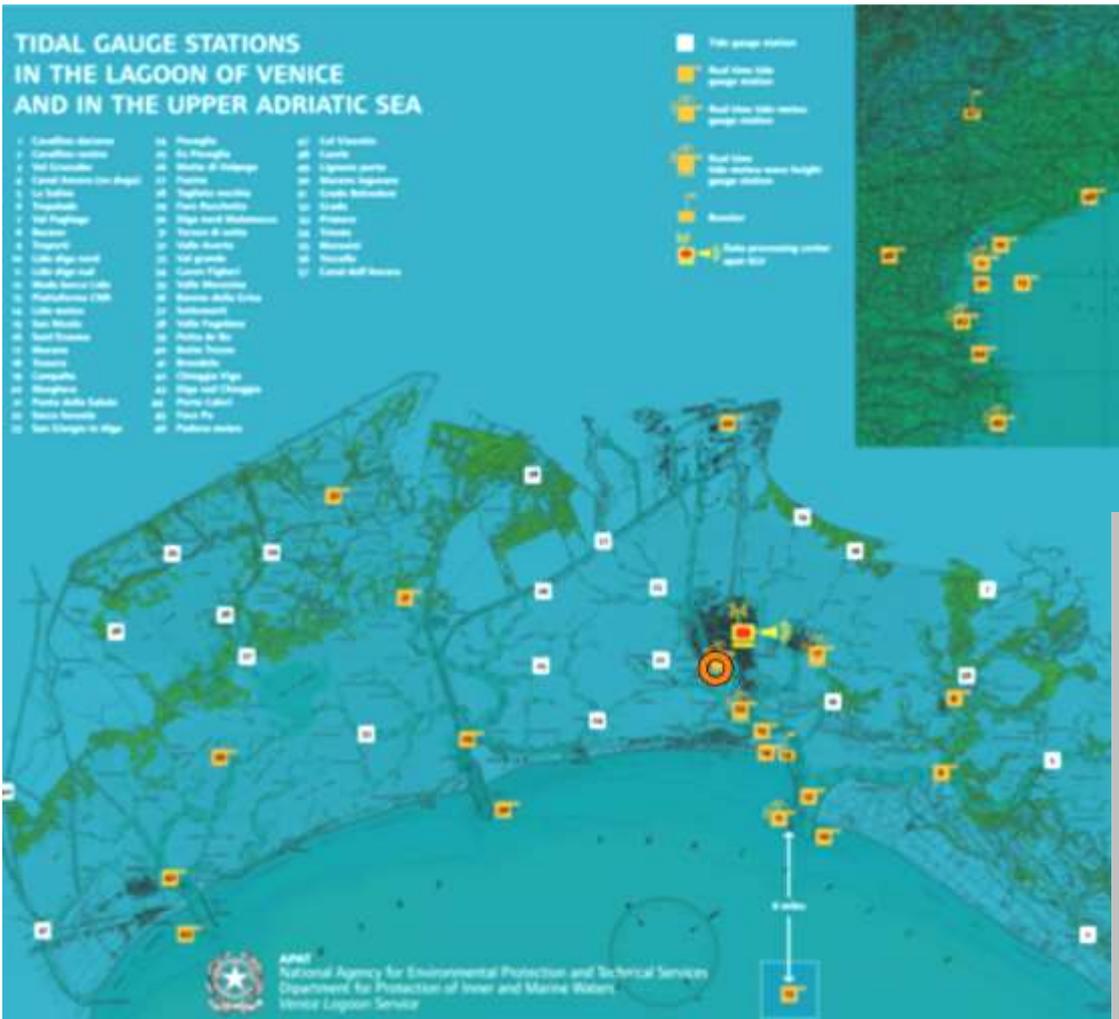


36 stazioni di osservazione in tempo reale (livello, pressione atm, velocità e direzione del vento, temperatura acqua).

FUNZIONI PRINCIPALI

- Misurazione della marea a grande scala (7.500 km di coste);
- Data-assimilation modelli di previsione sorm surge in Alto Adriatico
- Data provider Centro Allerta Tsunami (INGV) in applicazione Direttiva PCM 17 febbraio 2017 sul Sistema Nazionale Allertamento Maremoti (SiAM)

LA RETE MAREOGRAFICA DELLA LAGUNA DI VENEZIA DELL'ALTO ADRIATICO (RMLV)



-50 stazioni mareografiche (DD, VV, P,)
-2 osservatori meteo
-3 stazioni CGPS (Punta Salute, bocca di Lido, Grado)
-1 correntometro ADCP in bocca di Lido

STAZIONI MAREOGRAFICHE FUNZIONANTI IN LAGUNA DI VENEZIA IL 4 NOVEMBRE 1966

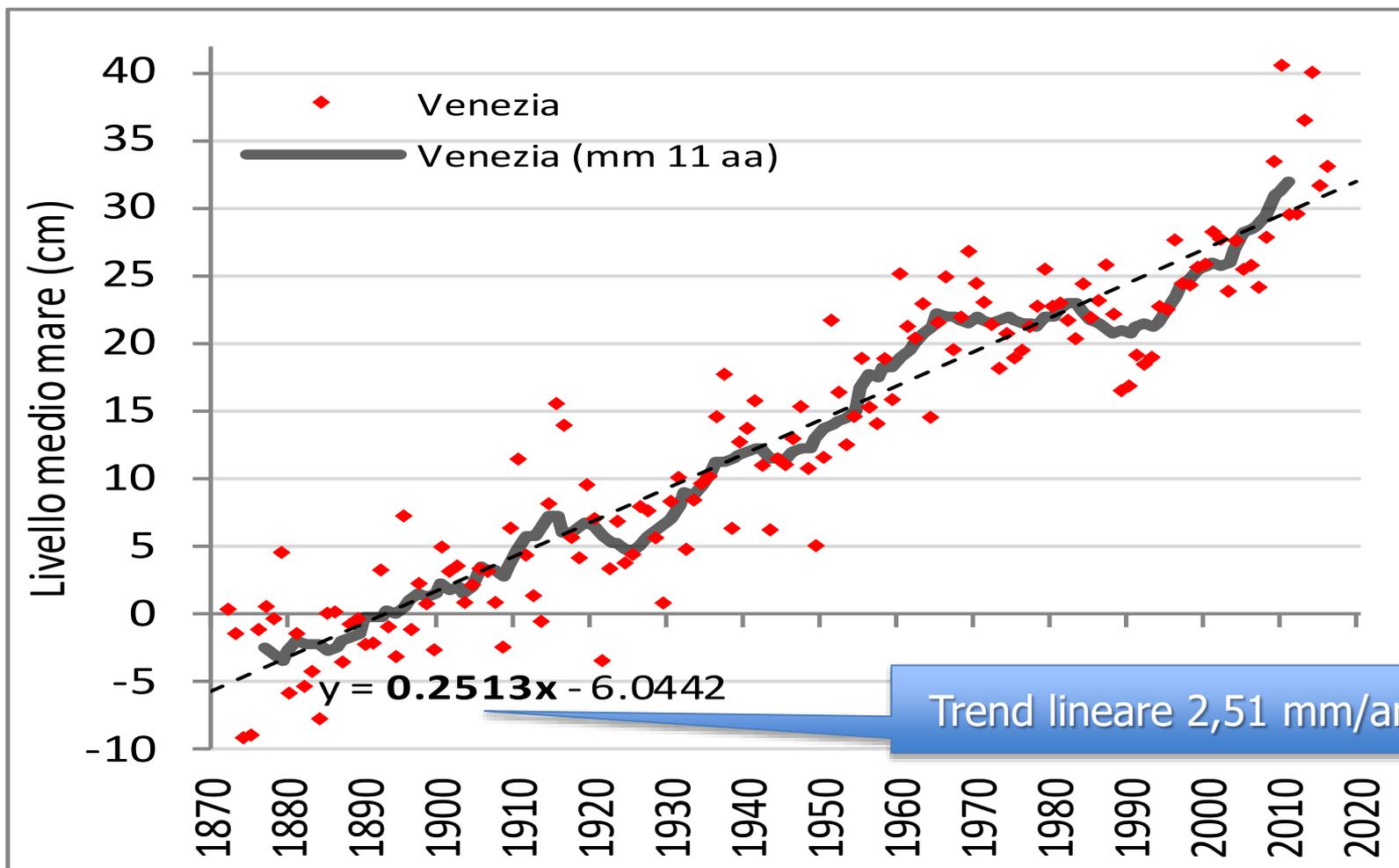


ALTRE STAZIONI FUNZIONANTI IL 4 NOVEMBRE 1966 IN ALTO ADRIATICO

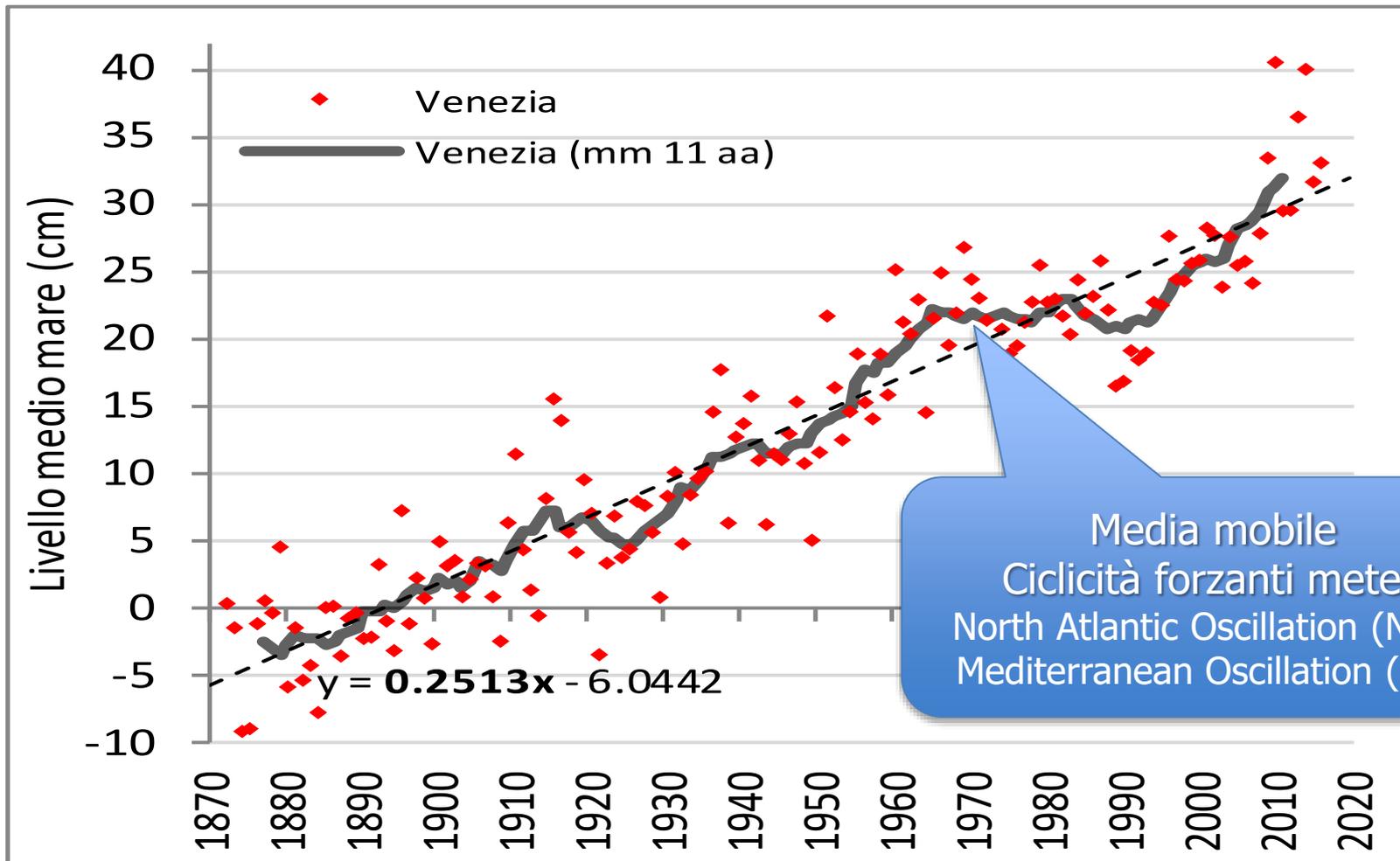
- GRADO 171 cm
- COTELLAZZO (foce Piave) 181 cm

Venezia 1872 – 2017

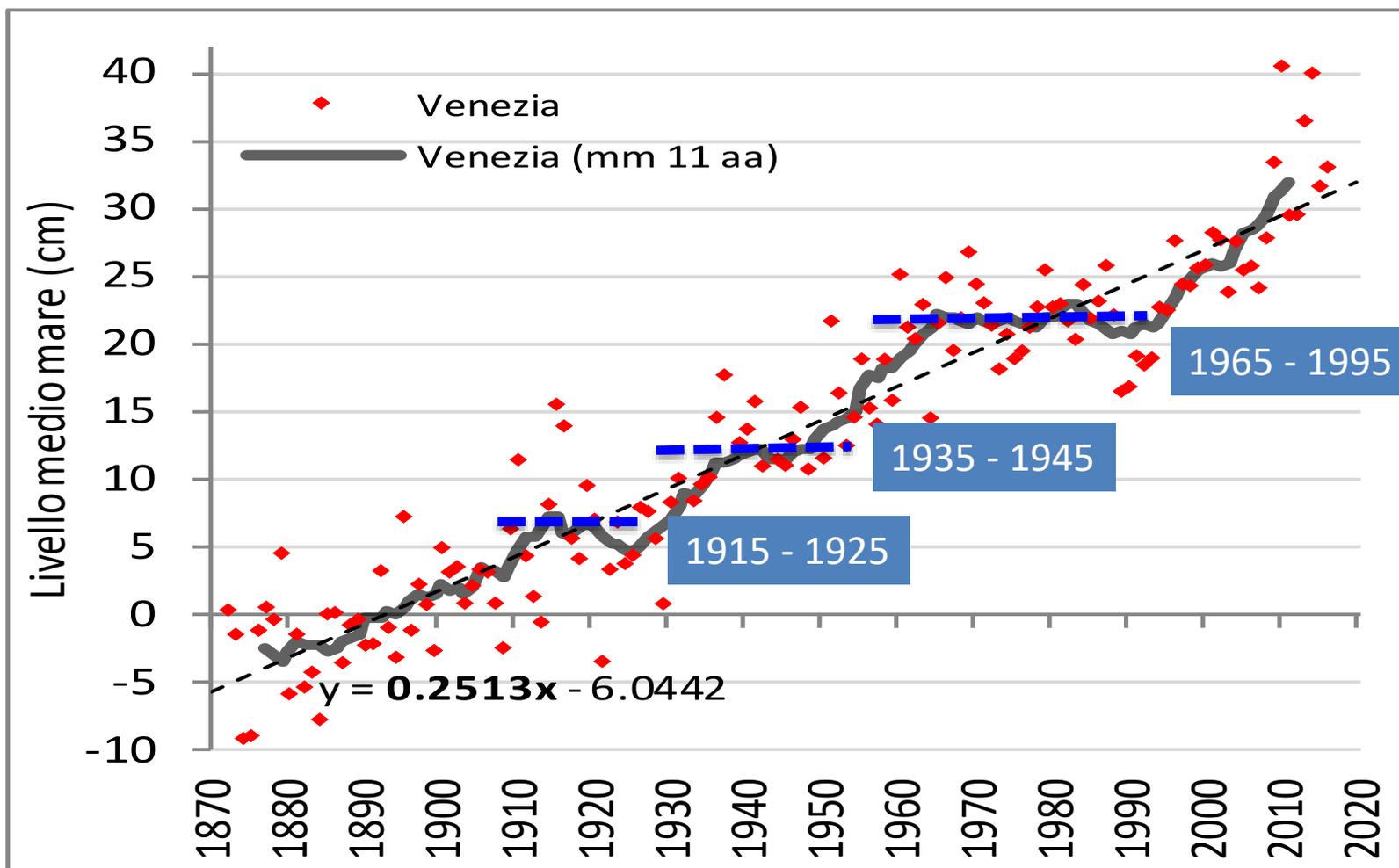
145 anni di osservazioni mareografiche



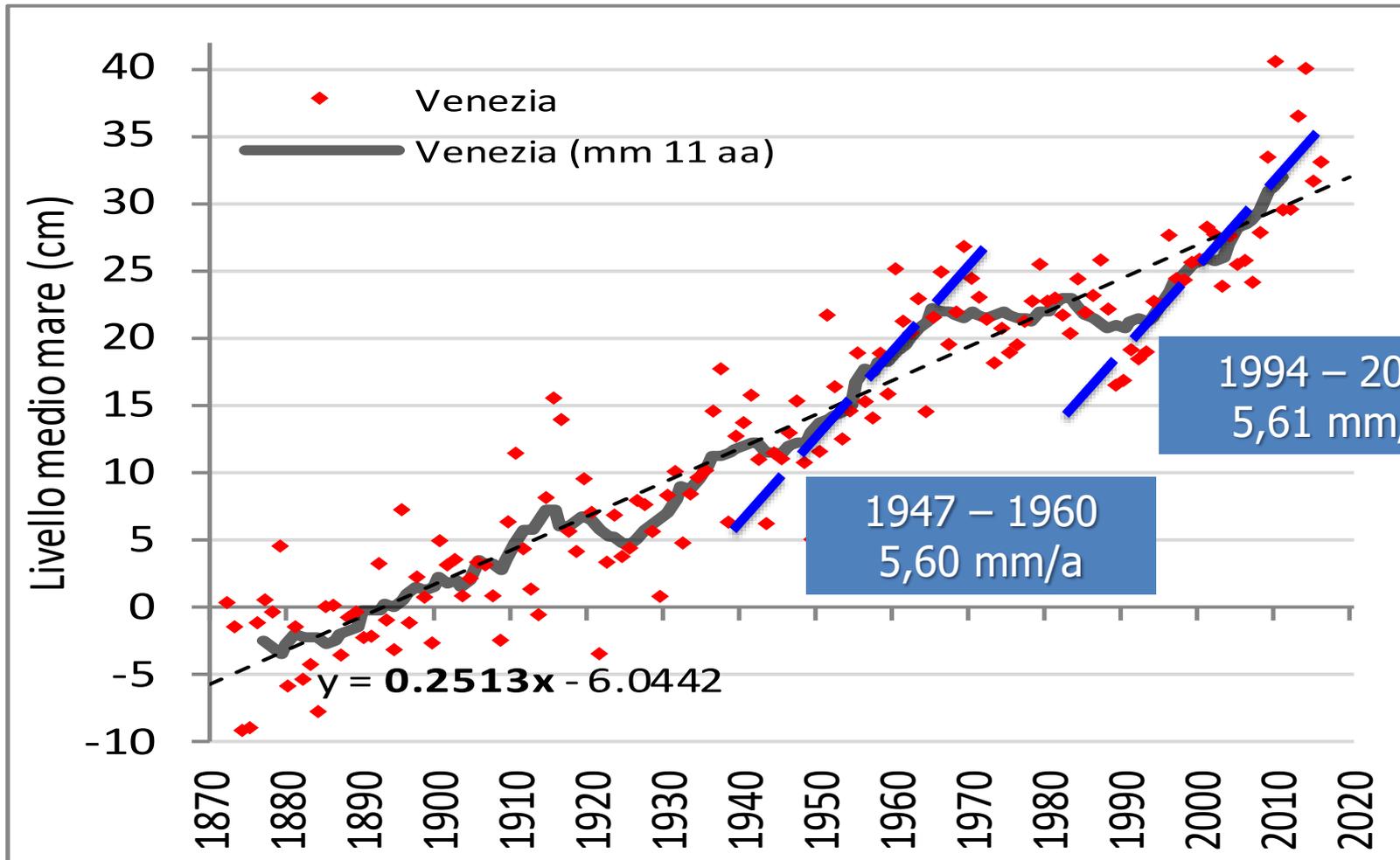
Venezia 1872 – 2017 145 anni di osservazioni mareografiche



Venezia 1872 – 2017 145 anni di osservazioni mareografiche



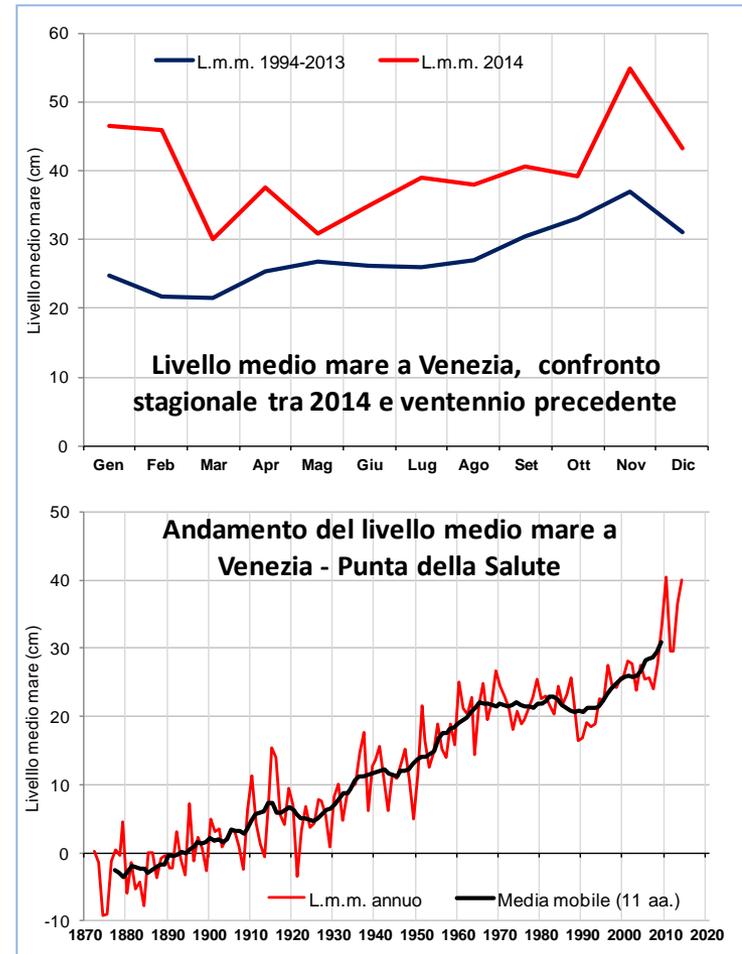
Venezia 1872 – 2017 145 anni di osservazioni mareografiche



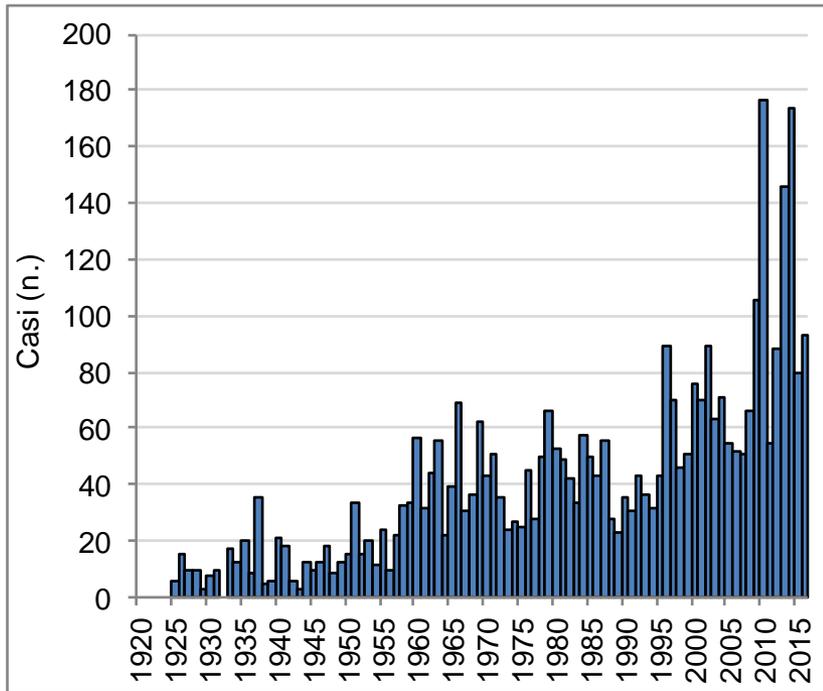
2010 e 2014: due anni record per il l.m.m. a Venezia



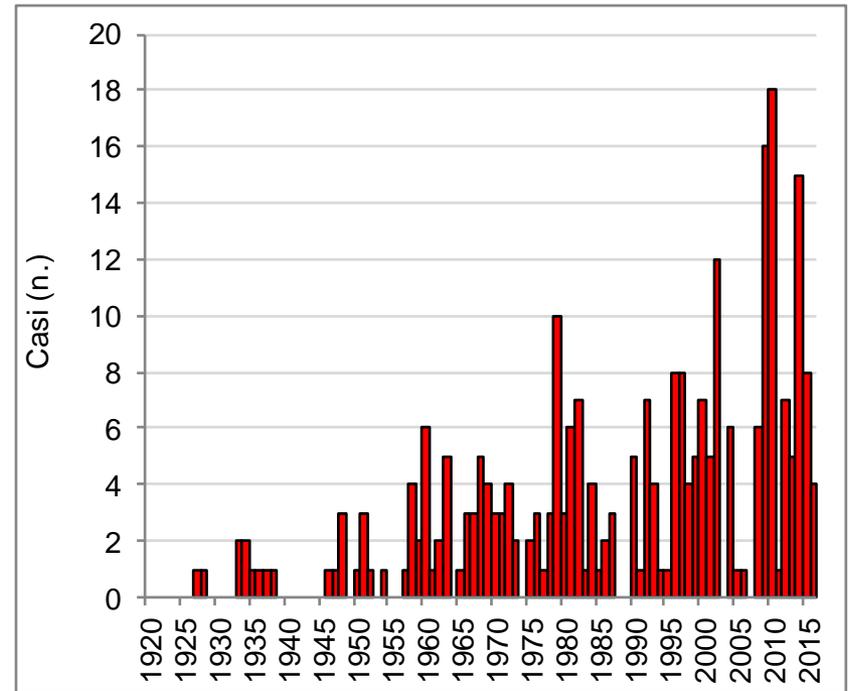
2010:
un anno da ricordare
per l'eccezionale
crescita del livello medio mare
a Venezia e nel nord Adriatico



Aumento della frequenza dei casi di "acqua alta"

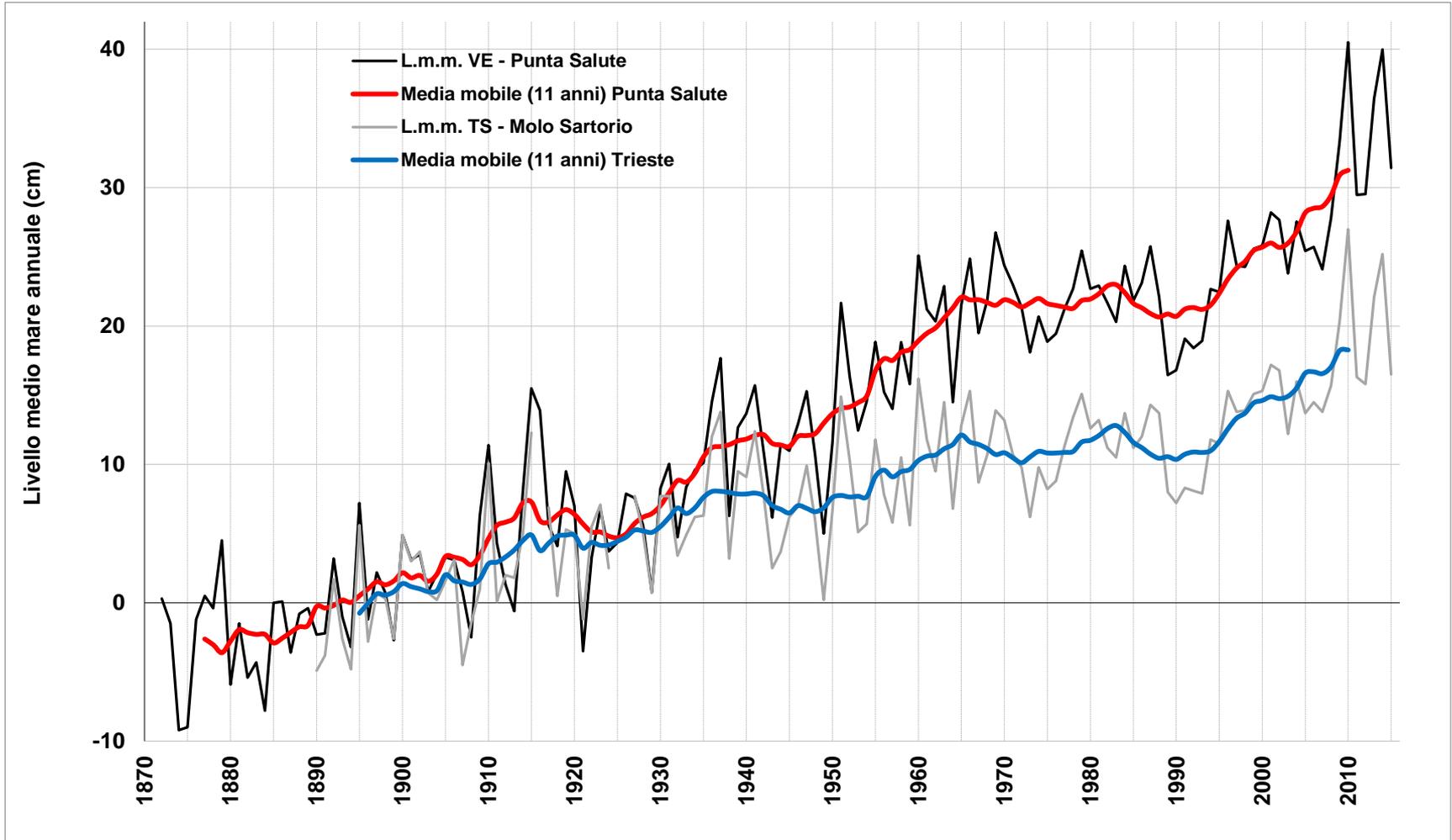


Venezia - Punta della Salute: numero di casi con massimi valori di marea tra 80 e 109 cm sullo ZMPS.

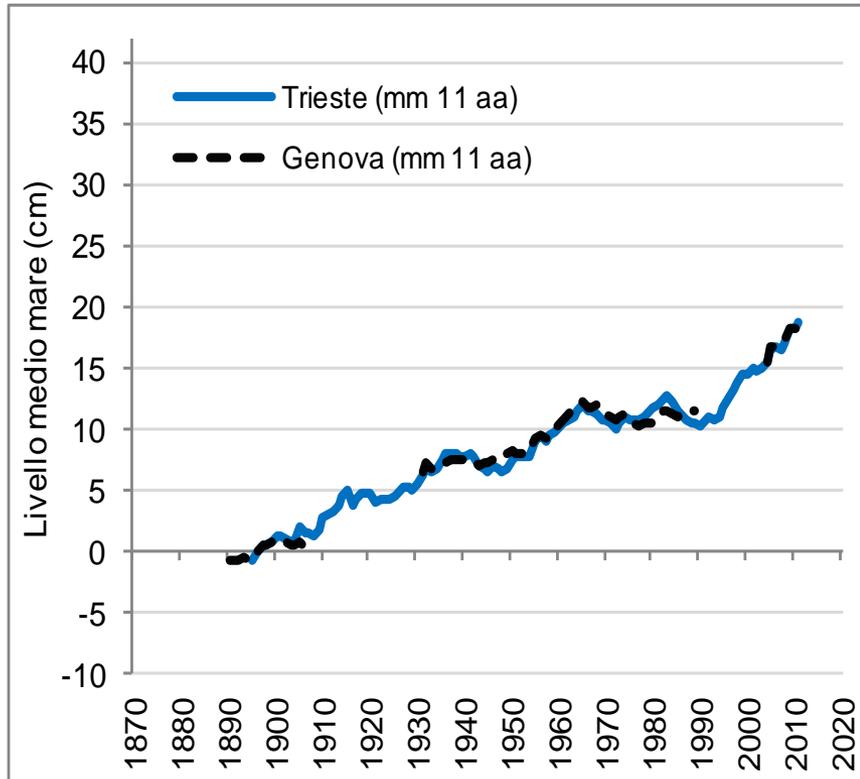


Venezia - Punta della Salute: numero di casi con massimi valori di marea $\geq +110$ cm sullo ZMPS.

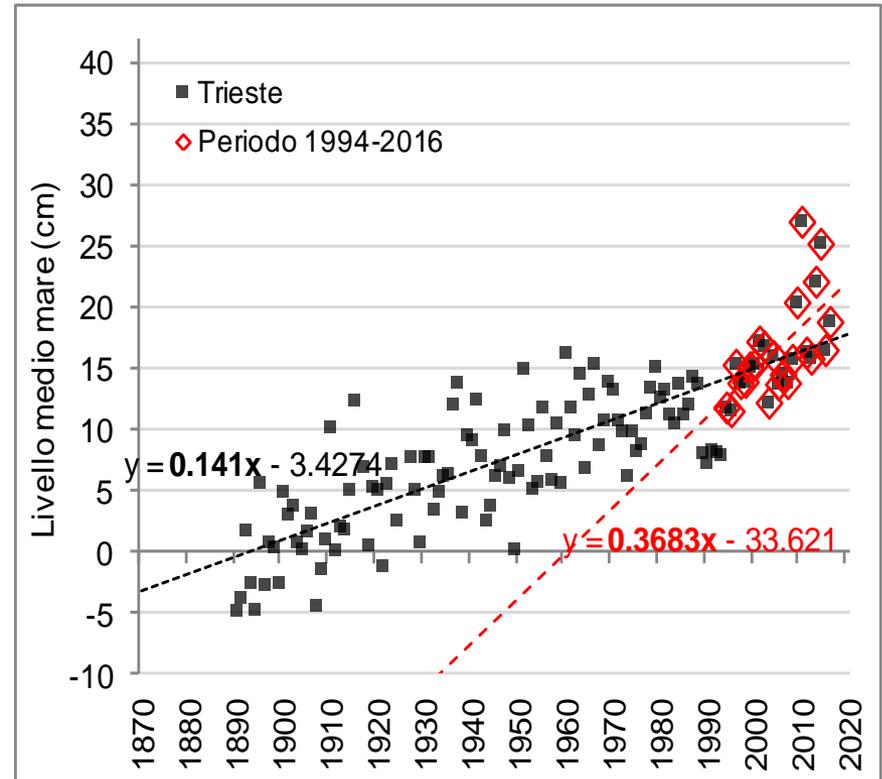
Il confronto Venezia - Trieste



I MAREOGRAFI DI GENOVA (I.I.M.) E DI TRIESTE (CNR – ISMAR). DUE SERIE STORICHE ULTRACENTENARIE

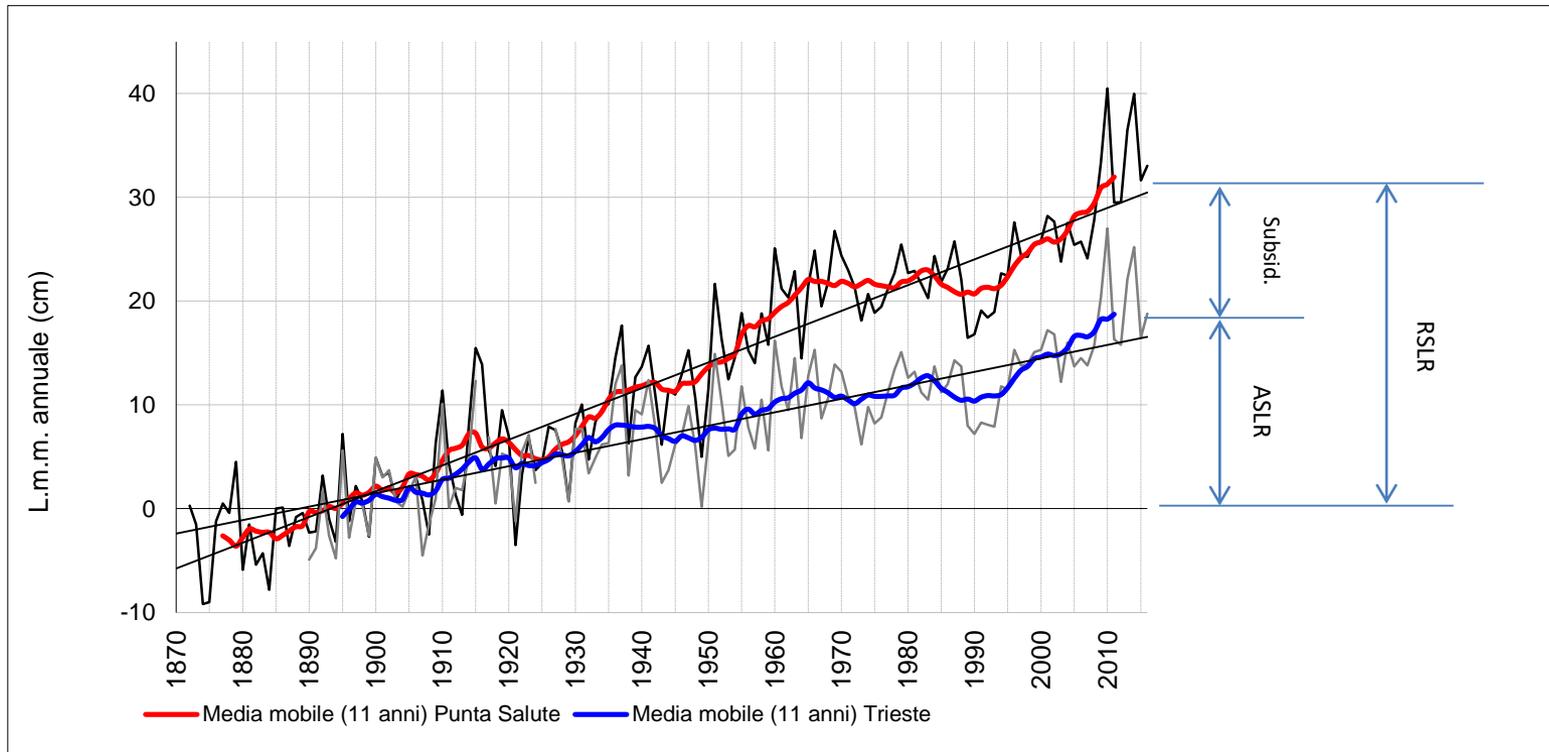


TASSO DI CRESCITA MEDIO SUL
LUNGO PERIODO
1,4 MM/ANNO



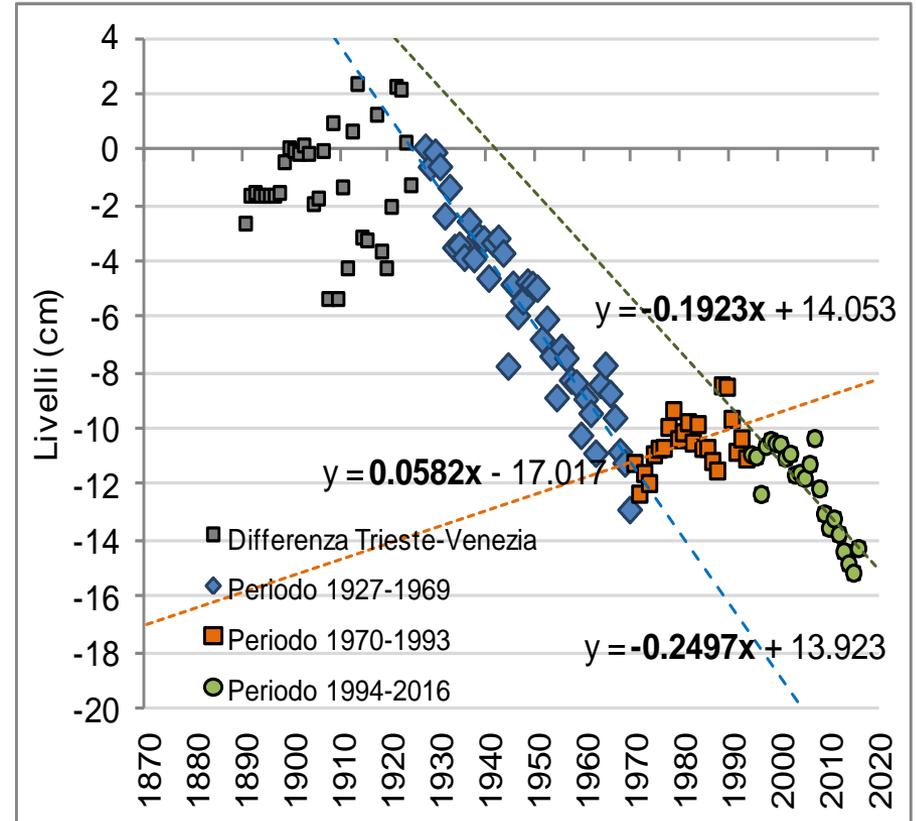
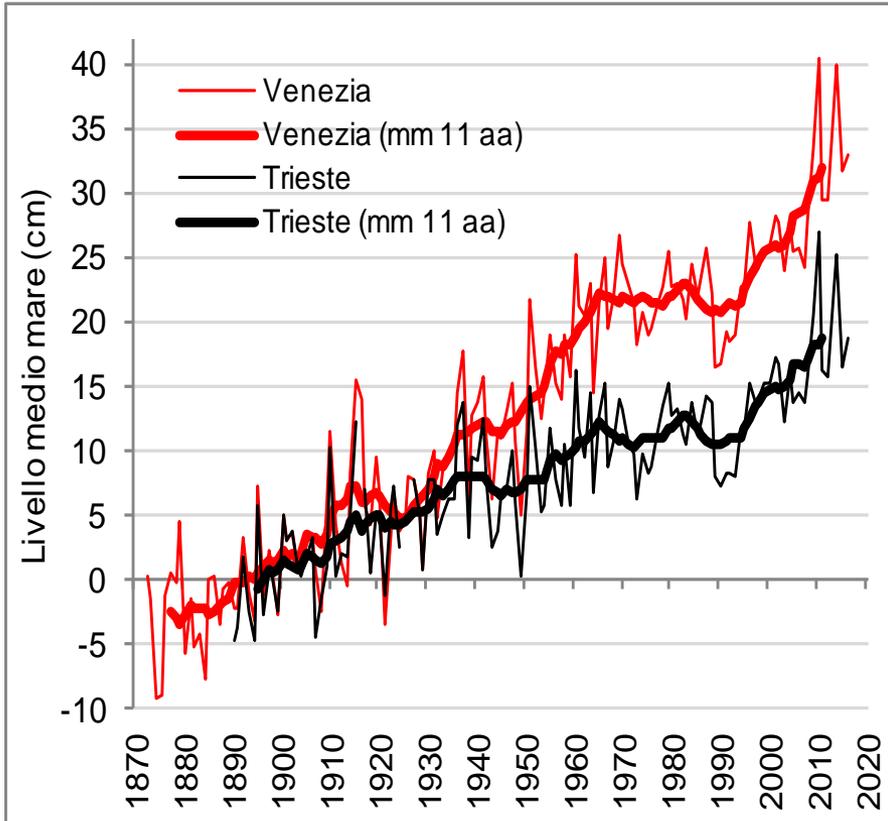
TASSO DI CRESCITA NELL'ULTIMO
VENTENNIO A TRIESTE (1994-2016)
3,68 MM/ANNO

IL CONFRONTO VENEZIA – TRIESTE UN CRITERIO DI STIMA DELLA SUBSIDENZA LOCALE



	Venezia - Punta della Salute		
	RSLR (mm/yr)	ASLR (mm/yr)	Subsid.(mm/yr)
100 anni	2,5	1,4	1,1
20 anni	5,6	3,7	1,9

LA DIFFERENZA TRIESTE - VENEZIA



-1^ FASE 1927 -1969: Trend negativo – 2,49 mm/anno

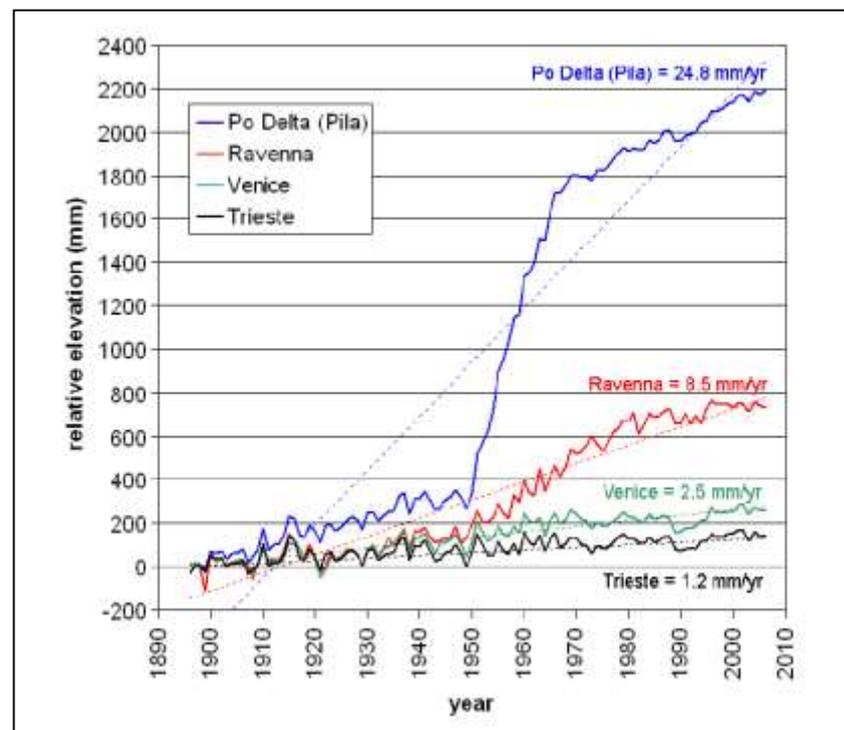
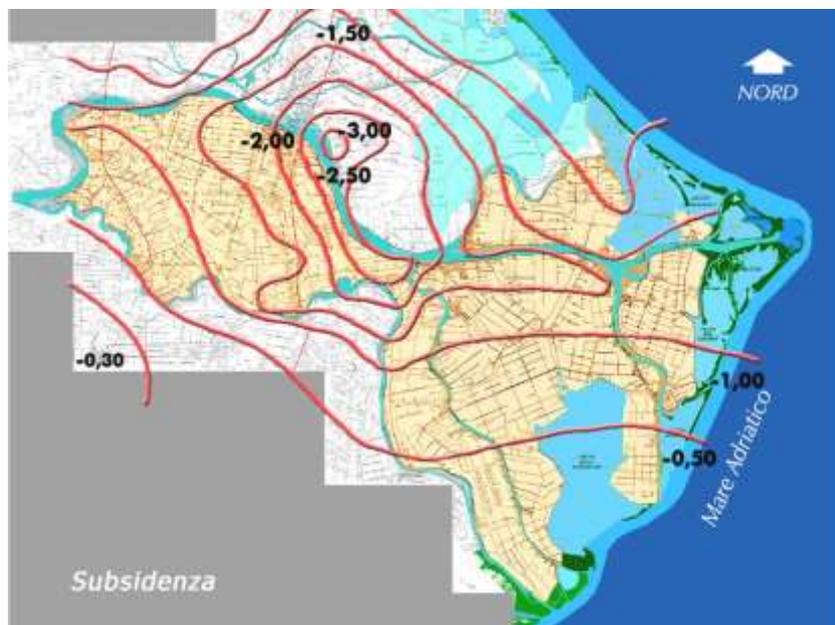
-2^ FASE 1970 - 1993: Stabilità (rebound)

-3^ fFASE 1994 -2016: Trend negativo – 1,92 mm/anno

LA SUBSIDENZA IN IN ALTO ADRIATICO

Variazioni del livello medio mare misurato in diverse località dell'Alto Adriatico.

In 100 anni	Sea Level Rise	Eustatismo	Subsidenza
Trieste	12 cm	12 cm	0 cm
Venezia	25 cm	12 cm	13 cm
Ravenna	85 cm	12 cm	73 cm
Delta Po	248 cm	12 cm	236 cm

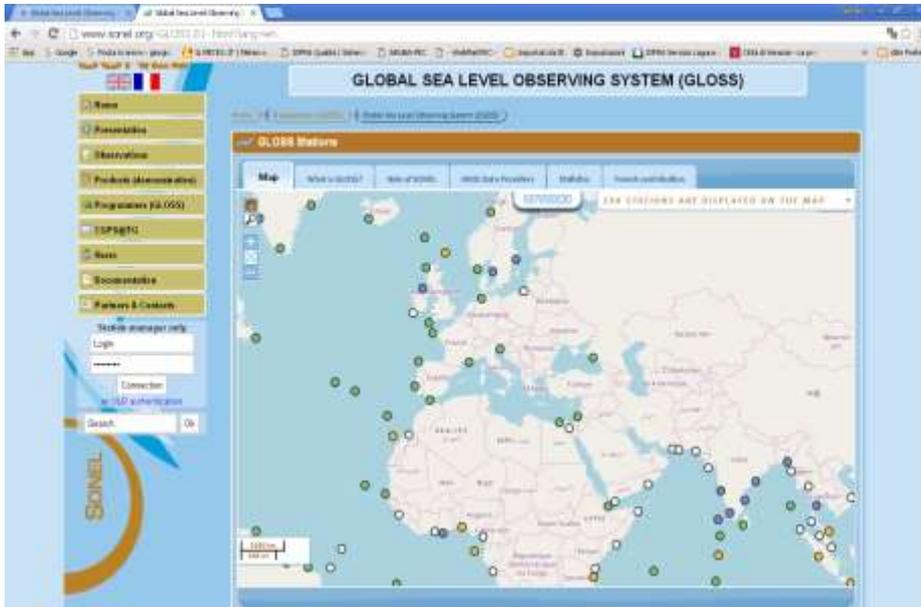
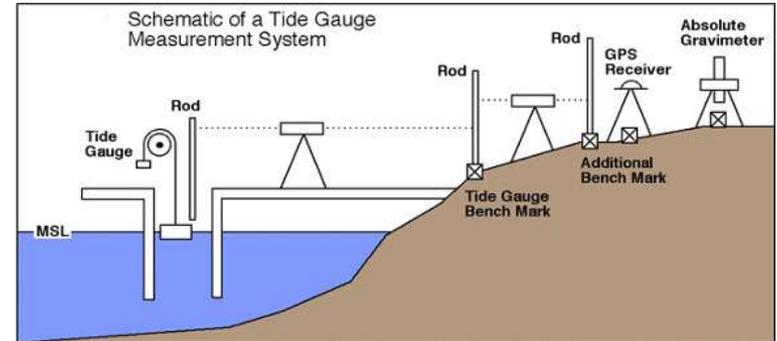


MISURE PUNTUALI VARIAZIONI RELATIVE DEL L.M.M.

RSLR (Relative Sea Level Rise) - Mareografo
Variazioni altimetriche del suolo (**SUBSIDENZA**) - CGPS.

RSLR - SUBSIDENZA = ASLR (Eustatismo)

Stazione Integrata = Mareografo + CGPS



Principali organismi Internazionali:

- IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission)-UNESCO;
- ESEAS (European SeaLevel Service, Commissione Europea);
- GLOSS (Global Sea Level Observing System, auspici di IOC, WMO, JCOMM);
- PSMSL (Permanent Service for Mean Sea Level);
- EUREF (European Reference Frame) – EPN(EUREF Permanent Network GPS);
- IGS (International GPS Service for geodynamics).
- TIGA project (Tide Gauge Benchmark Monitoring Pilot Project of the IGS)

LA STAZIONE MAREOGRAFICA REGOLATRICE DI PUNTA DELLA SALUTE VENEZIA CANALE DELA GIUDECCA (GPS + MAREOGRAFO)

Ubicazione



Trasmissione dati

ADSL Telecom Italia ADSL SMART, configurato Classic1 IP (REC 1483/1577) a indirizzo statico
IP = 82.90.253.108, N° telefono: 041-5284159.

Ethernet Server Seriale MOXA 5210 fornito e configurato da Leica Geosystems Spa (IP
192.168.1.100 - Gatw 192.168.1.1 - Subnet 255.255.255.0 - collegato su P1 alla P3 del 530 -
VEL 115.200 bps - Pwd = 1897)

COLLEGAMENTO GPS A CAPOSALDO MAREOGRAFICO



Rilievi topografici di collegamento tra antenna GPS e piastrina mareografica

I rilievi iniziali sono stati eseguiti da CNR Zambon-Marchesini

		Base GPS	Borchia Est	Borchia Ovest	Mareografo	IGM- Chiesa	Pil UIMA	d-b	d-a
26/05/05	Rif.VE1897	11,99793	11,99993		1,81810	1,31431		-10,18183	-10,17983
01/04/08	IGM- Chiesa	11,78182	11,78347	11,79840	1,53061	1,0953	1,39248	-10,25286	-10,25121
		0,21611	0,21646		0,28749	0,21901		0,07103	0,07138

($0,21901 - 0,21611 = 0,0029$) Risulterebbe un cedimento della Base GPS di 0,3 mm circa.

sula di

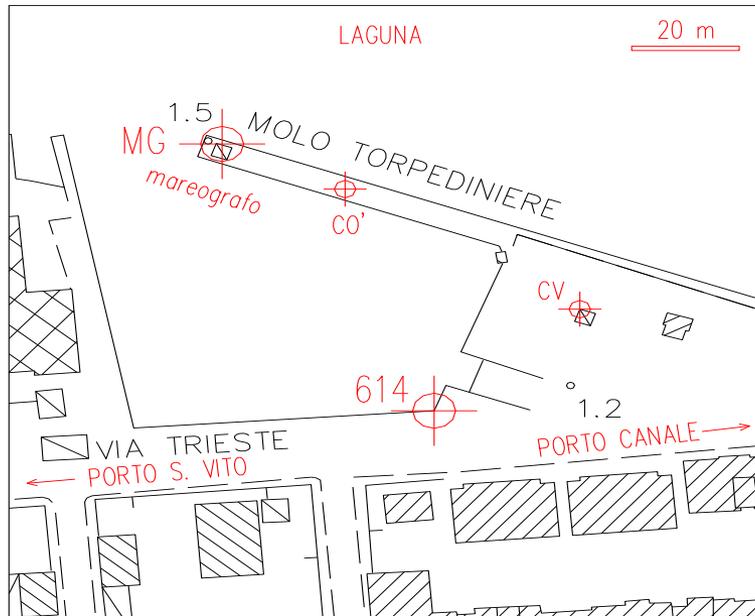
STAZIONE INTEGRATA DI GRADO (GPS + MAREOGRAFO)



P90	Nuovo CS	Staffa GPS	614CO	614CO'	MG	Lamina
1,6600	1,5012	4,5715	1,3572	1,3171	1,3380	<u>1,5432</u>

Da quanto sopra, risulterebbe confermata la quota di 1,54 m s.l.m. (IGM) da sempre attribuita alla lamina di riferimento interna al pozzetto del mareografo di Grado.

Grado



STAZIONI CGPS PERMANENTI IN AMBITO LAGUNARE

Dai primi anni '90 sono state installate 20 stazioni CGPS

Generalmente il periodo di "vita" di una stazione CGPS supera i 10 anni,

Attualmente ne risultano attive e funzionanti solo 5 (3 in centro storico cittadino, 1 al Lido ed 1 a Chioggia).

Name	Inst. date	Interrupt. date	Dur.(years)	Dome Num.	Property / Ref. Agency
VE NE	Marzo 1995	Luglio 2007	12	12741M001	Telespazio spa / ASI
VEN2	Gennaio 1999 (?)	Agosto 2005 (?)	6 (?)	no	?
CAVA	Maggio 2001	Febbraio 2011	10	no	Cons.Venezia Nuova
SFEL	Luglio 2001	Febbraio 2011	10	no	Cons.Venezia Nuova
TREP	Agosto 2001	Febbraio 2011	10	no	Cons.Venezia Nuova
VOLT	Marzo 2004	Gennaio 2008	4	no	Cons.Venezia Nuova
MSTR	Novembre 2001	Giugno 2014 (?)	12 (?)	19069M001	UNIPD
VE01	Novembre 2001 (?)	Febbraio 2011 (?)	10 (?)	no	Ag.Territorio / UNIPD
VEAR	Ottobre 2002	Settembre 2010 (?)	8 (?)	no	CNR-ISMAR / UNIPD
PCAV	~ 2004 (?)	Active	~13 (?)	no	CPSM Comune VE
PSA2	~ 2004 (?)	Giugno 2013	~9 (?)	no	CPSM Comune VE
PELL	(?)	Giugno 2013	~6 (?)	no	CPSM Comune VE
PORT	(?)	Giugno 2010	~6 (?)	no	CPSM Comune VE
TREP	(?)	Luglio 2014	~6 (?)	no	CPSM Comune VE
VA AV	(?)	Luglio 2014	~6 (?)	no	CPSM Comune VE
VENI	Marzo 2016	Active	9	18849M001	CNR-ISMAR / UNIPD
VEN1	Ottobre 2008	Active	10	19513M001	e-geos spa / ASI
PSAL	Settembre 2009	Active	8	19513M002	ISPRA / UNIPD
LIDO	Settembre 2010	Luglio 2014	4	No	ISPRA
CGIA	Maggio 2011	Active	6	19552M001	Privato / UNIPD

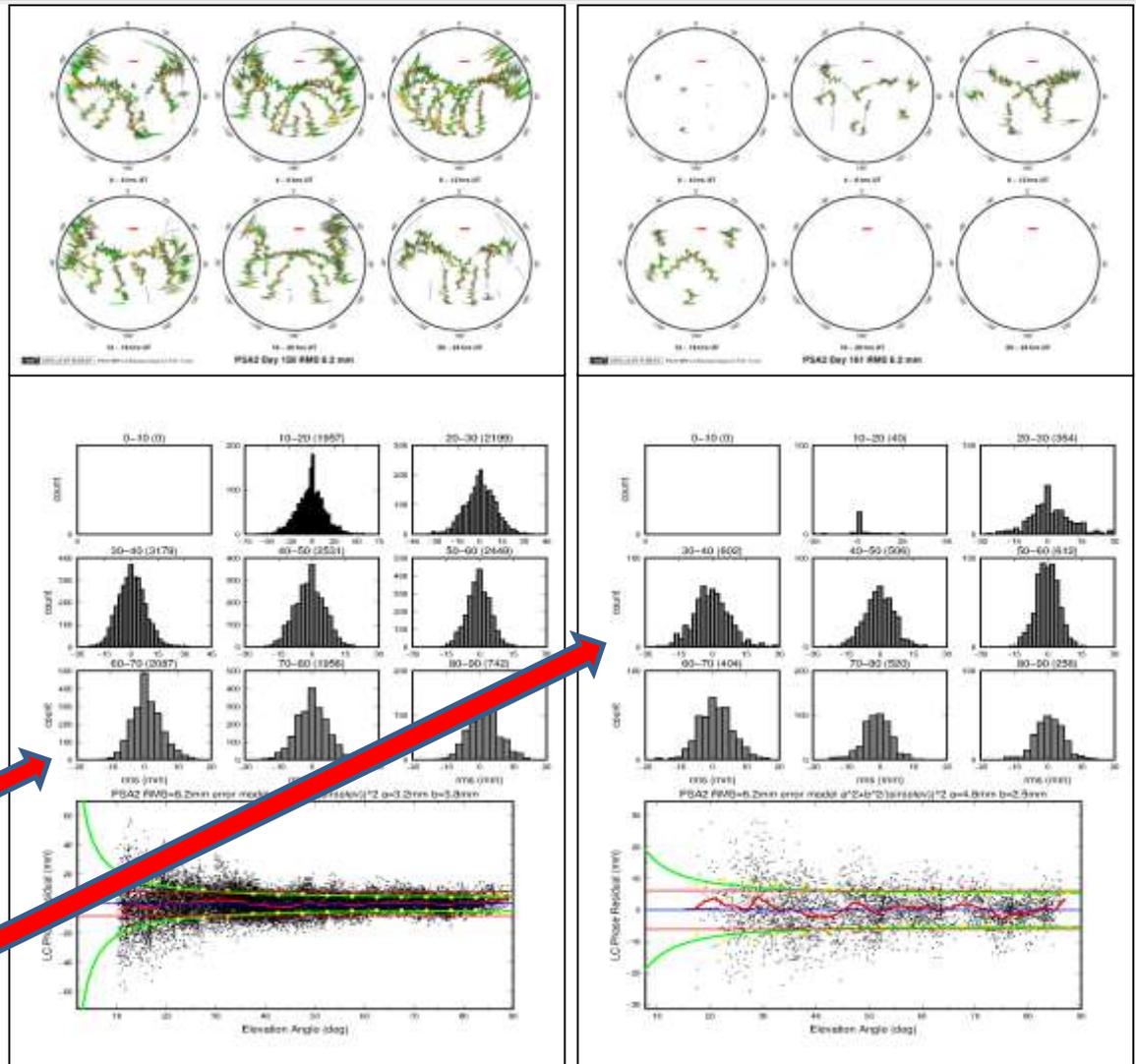
Elaborazione Dati giornalieri

(Rinex delle stazioni, orbite satellitari, effemeridi lunari e solari, parametri troposferici e ionosferici, ecc..., tutti i file elaborati giorno per giorno)

L'analisi di parametri numerici (ma soprattutto grafici) individua errori e/o problemi improvvisi o gradualmente.

Segnale BUONO

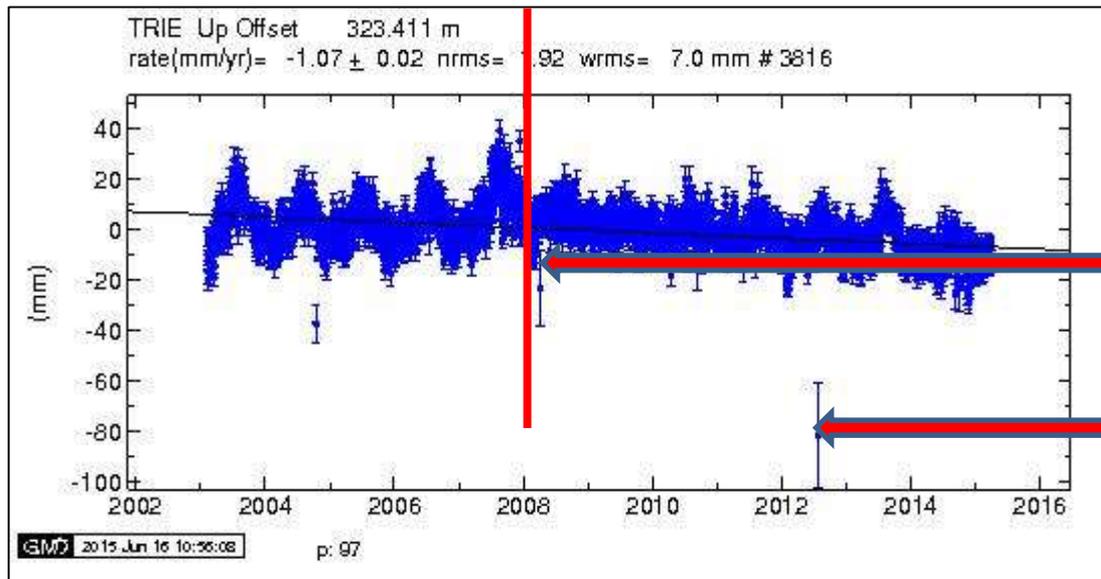
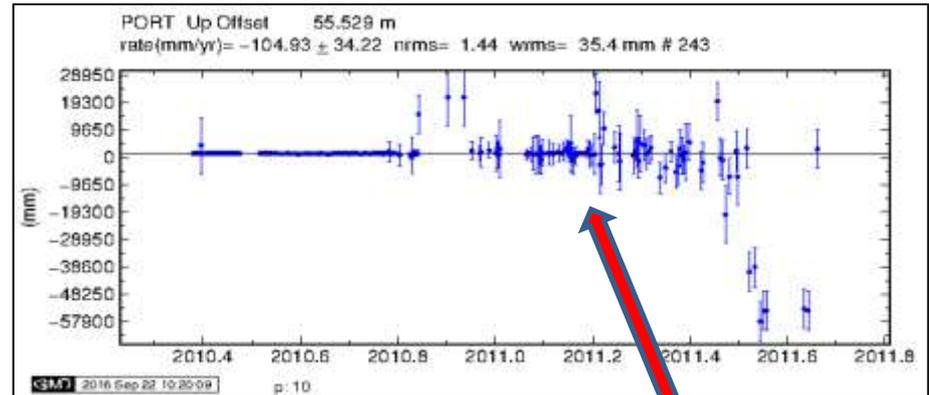
Segnale SCADENTE



ELIMINAZIONE O CORREZIONE DEI FILE GIORNALIERI INUTILIZZABILI

Analisi lungo periodo (es. annuale)

I risultati, numerici e grafici, consentono di individuare "outlier" o discontinuità (es. terremoti, improvvisi dissesti, variazioni strumentali, ecc...) da eliminare o correggere



Disturbo progressivo ...
(crescita arborea)

Discontinuità
(modifiche alla
monumentazione)

Outlier (da correggere
o eliminare dall'analisi)

2015 – UNA PRIMA BANCA DATI DI MISURE CGPS PER LA LAGUNA DI VENEZIA UN PERCORSO DI RECUPERO DI DATI POCO CONOSCIUTI E NON DIVULGATI

□ Maggio 2015 - Inserimento delle stazioni GPS ISPRA in Rete GPS Regione Veneto, con attivazione servizio RTK e distribuzione Rinex 24h30sec sul web

□ Maggio 2016 – Accredитamento presso MIT (USA) per acquisizione software di post-processing Gamit/Globk in ambiente Linux ed installazione.

□ Luglio 2016 - Acquisizione dei file Rinex (dal 2010 a tutto il 2015) messi a disposizione dal CPSM di tutti i loro apparati CGPS, ed inizio dell'elaborazione dati.

□ Settembre 2016 – Completamento delle verifiche sul funzionamento della Rete GPS2000 afferente al CPSM.

□ Gennaio 2017 – Stipula convenzione tra ISPRA e OGS-CRS (Centro Ricerche Sismologiche di OGS, sede di Udine) per collaborazione scientifica e distribuzione dei dati Rinex tramite portale della Rete FredNet, assistenza in loco per piccola manutenzione alla stazione ISPRA di Grado.

□ Agosto 2017 – Rapporto analisi dati GPS a Venezia e Laguna dal 2010 al 2015. Analisi di subsidenza su dati di circa 10 stazioni in laguna e arco costiero Alto Adriatico (da Porto Garibaldi a Trieste).

□ (http://www.venezia.isprambiente.it/ispra/index.php?action=download&upload_id=173860)



2016 ATTIVITA' DI POST-PROCESSING SUI DATI DI 7 STAZIONI CGPS (PERIMETRO LAGUNARE E CENTRO STORICO) – PERIODO 2010 – 2015



- ❑ Indicazioni puntuali sui movimenti verticali del suolo veneziano registrati in 5,5 anni
- ❑ Andamento concorde delle 4 stazioni in centro storico
- ❑ Abbassamento -1,33/-1,56 mm/anno
- ❑ Valore medio stimato 1,45 mm/anno




ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale


Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

RICERCA MARINA

L'INNALZAMENTO DEL
LIVELLO MEDIO DEL MARE
A VENEZIA:
EUSTATISMO E SUBSIDENZA

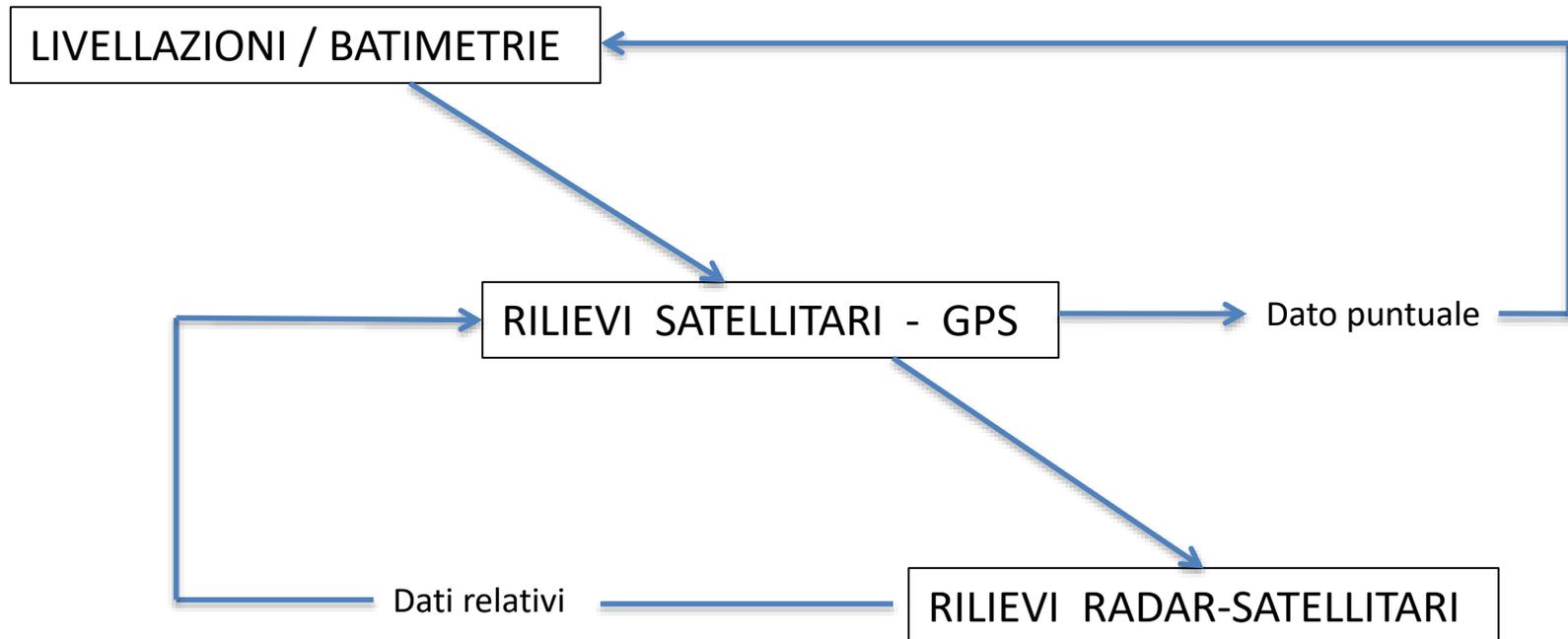
10/2017

Quaderni

CONSIDERAZIONI RELATIVE AL PERIODO 1994 – 2016

- ❑ RSLR – Venezia 5,6 mm/anno in netta ripresa dopo il ventennio 1970-90
- ❑ SLR – Trieste 3,7 mm/anno impennata rispetto al precedente ventennio (1,4 mm/anno media 127 anni)
- ❑ Stima subsidenza Venezia centro storico 1,9 mm/anno in ripresa rispetto al ventennio precedente
- ❑ 1,5 mm/anno stima subsidenza Venezia CGPS (4 stazioni) nel periodo 2010-2015

IL MONITORAGGIO DELLA SUBSIDENZA



Ogni metodologia di rilievo ha i propri punti di forza e punti deboli, ed i risultati migliori non possono prescindere da un ragionato concorso di tutte e tre le tecniche di rilievo.

QUALE DESTINO PER GLI AMBIENTI LAGUNARI?



Processi di generazione

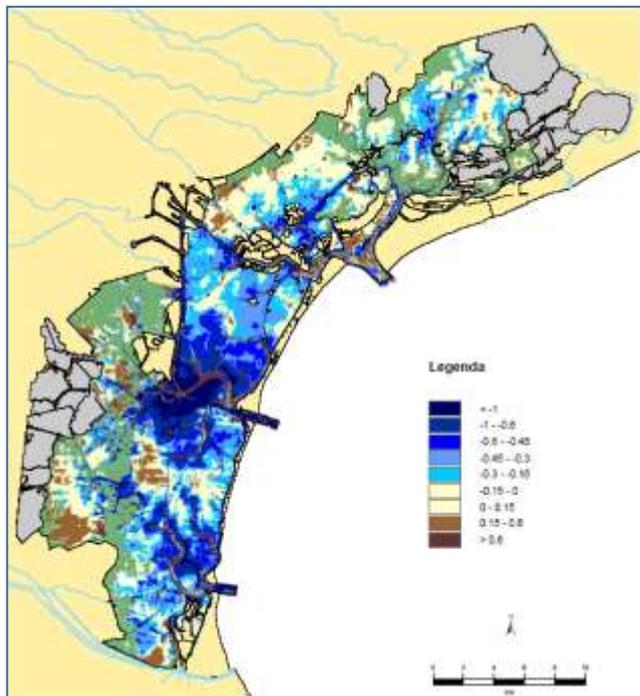
- Avanzamento verso mare delle foci fluviali;
- Avanzamento del mare verso l'interno (debolezza dei cordoni litoranei – bocche lagunari)
- Combinazione dei due processi

SCHEMATIZZAZIONE

- a. lagune a marea regulate (Venezia, Marano-Grado);
- b. lagune chiuse o debolmente alimentate (Comacchio);
- c. lagune interrate/prosciugate e utilizzate per l'agricoltura (laguna di Eraclio, ecc.);
- d. lagune restituite artificialmente all'acqua (fitodepurazione);

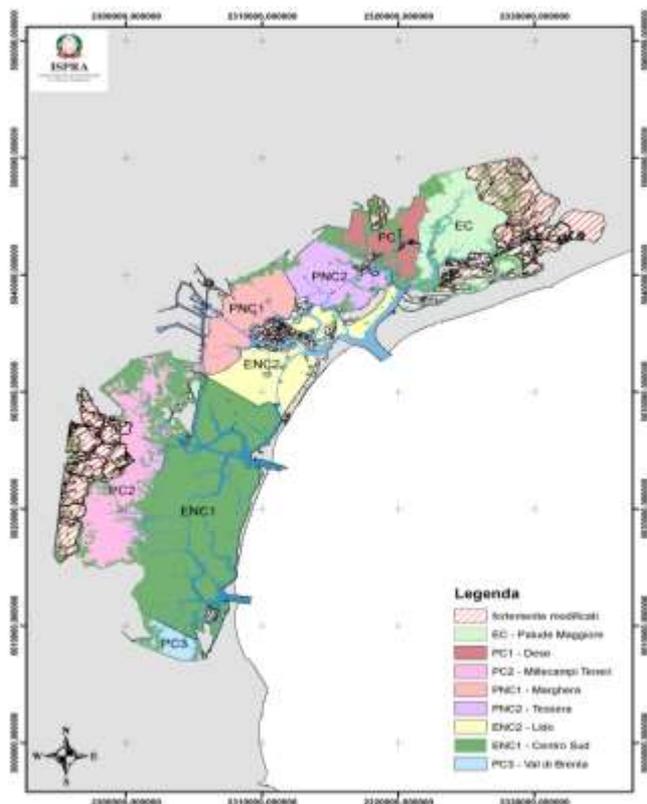
La conservazione delle lagune tra regole ed azioni Il caso della Laguna di Venezia

Gli ultimi 40 anni: Nuove criticità per la laguna



- Accrescimento dei processi di degrado morfologico (moto ondoso generato dalla navigazione e dal vento);
- Perdita di sedimento attraverso le bocche;
- Approfondimento dei fondali;
- Stato ecologico delle acque lagunari giudicato "a rischio" rispetto agli obiettivi di qualità ex Direttiva 2000/60 (WFD);
- Contaminazione dei sedimenti;
- SIN Porto Marghera;
- Compatibilità tra portualità e salvaguardia;

Lo stato dei corpi idrici della Laguna di Venezia



Piani di Monitoraggio ISPRA – ARPAV

(Cicli 2010-12 e 2013-15 ex Direttiva 2000/60)

- Classificazione ecologica non buona
- Anomalie nel sedimento e nei comparti biologico

COD. CL. REGIONALE (SWB, REG. CO. D)	SUPERFICIE (SPRODUCO)	NOME_C	EBB (ITOP)ANFON	EBB (MACRO)VERTEBRAT	EBB (MACRO)FITTE	EBB (PALUA)ITICA	PARAMETRI CHIMICI FISICI	INDICANTI SPECIFICI IN ACQUA (Art. 18 DM 26/03/01)	STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO (Art. 1A DM 26/03/01)
EC	IT05EC	Fakale Maggiore	ND	SCARSO	SUFFICIENTE	ND	BUONO	BUONO	SCARSO	BUONO
ENC1	IT05ENC1	Centro sud	ND	BUONO	BUONO	ND	SUFFICIENTE	BUONO	BUONO (*)	BUONO
ENC2	IT05ENC2	Lido	ND	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	ND	SUFFICIENTE	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO
ENC3	IT05ENC3	Chioggia	ND	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	ND	SUFFICIENTE	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO
ENC4	IT05ENC4	Baia Sessola	ND	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	ND	SUFFICIENTE	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO
PC1	IT05PC1	Dese	ND	SUFFICIENTE	SCARSO	ND	SUFFICIENTE	BUONO	SCARSO	BUONO
PC2	IT05PC2	Millescoli Toreri	ND	BUONO	SCARSO	ND	BUONO	BUONO	SCARSO	BUONO
PC3	IT05PC3	Val di Brenta	ND	SUFFICIENTE	SCARSO	ND	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	SCARSO	BUONO
PC4	IT05PC4	Teneri	ND	SUFFICIENTE	SCARSO	ND	SUFFICIENTE	BUONO	SCARSO	BUONO
PNC1	IT05PNC1	Marghera	ND	SUFFICIENTE	SCARSO	ND	SUFFICIENTE	BUONO	SCARSO	BUONO
PNC2	IT05PNC2	Tessera	ND	SUFFICIENTE	SCARSO	ND	BUONO	BUONO	SCARSO	BUONO
VLM	IT05VLM	Valle laguna centro nord	ND	ND	ND	ND	SUFFICIENTE	BUONO	ND	BUONO
VUS	IT05VUS	Valle laguna centro-sud	ND	ND	ND	ND	SUFFICIENTE	BUONO	ND	BUONO
CS	IT05CS	Centro Storico	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	BUONO

- Misure di miglioramento ambientale che includano tutti i determinanti (apporti BS; uso del suolo; aree di transizione; aree costiere; uso del mare)
- 400 Mln il volume medio giornaliero scambiato con il mare (2 cicli di marea)
- Connettività mare – laguna influenza la distribuzione della fauna ittica

Collegio degli Ingegneri di Venezia

Giornata di studio

“Eustatismo e Subsidenza: stato delle conoscenze e conseguenze attese sulla morfologia e sull’ecosistema della laguna di Venezia”

Mestre, 7 maggio 2018

Il livello medio mare a Venezia Le serie storiche, illustrazione delle tecniche di misura e di analisi ed i risultati aggiornati

Ing. Maurizio Ferla

Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA)
Centro Nazionale per la caratterizzazione ambientale e la protezione della fascia costiera, la climatologia marina e l’oceanografia operativa

Via Vitaliano Brancati 60 - 00144 ROMA

www.isprambiente.it - email: maurizio.ferla@isprambiente.it

GRAZIE PER L’ATTENZIONE