



Repubblica Italiana

Commissione Nazionale di Studio dei Flussi di Marea Meteorologica per la Sicurezza della Navigazione di Approccio Portuale, delle Opere Marittime di Costa e Fondale e dell'Ambiente Marino Portuale

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - CONSUPLP - Sez. III
(DD.PP. Prot. 23/RIS, 09.06.2006; Prot. n. 240/A7-2103, 2007; Prot. 4377, 23.09.2009)

risultati ufficiali

Idrostatica di Bacino Portuale-Costiero 2008-2018: Applicazioni di Meteomareografia Newtoniana

O.Faggioni

Università di Roma «Sapienza» DICEA - Università di Genova DITEN - Università del Sannio Dip. Ing. - INGV Sez. Roma2 - ISPRA Servizio Mareografico

elementi bibliografici fondamentali

International Scientific Publications

- **Faggioni O., Leoncini D., Soldani M., Metrological analysis of geo-potential gravity field for Harbor Waterside Management and Water Quality Control, *International Journal of Geophysics*, Hindawy Publishing Corp., Vol. 2013, 12 pp, 2013.**
- **Faggioni O., Arena G., Bencivenga M., Bianco G., Bozzano R., Canepa G., Lusiani P., Nardone G., Piangiamore G., Soldani M., Surace L., Venzano G., The newtonian approach in the meteorological tide waves forecasting: preliminary observations in theEast Ligurian harbours, *Annals of Geophys*, 49 (6), 2006**

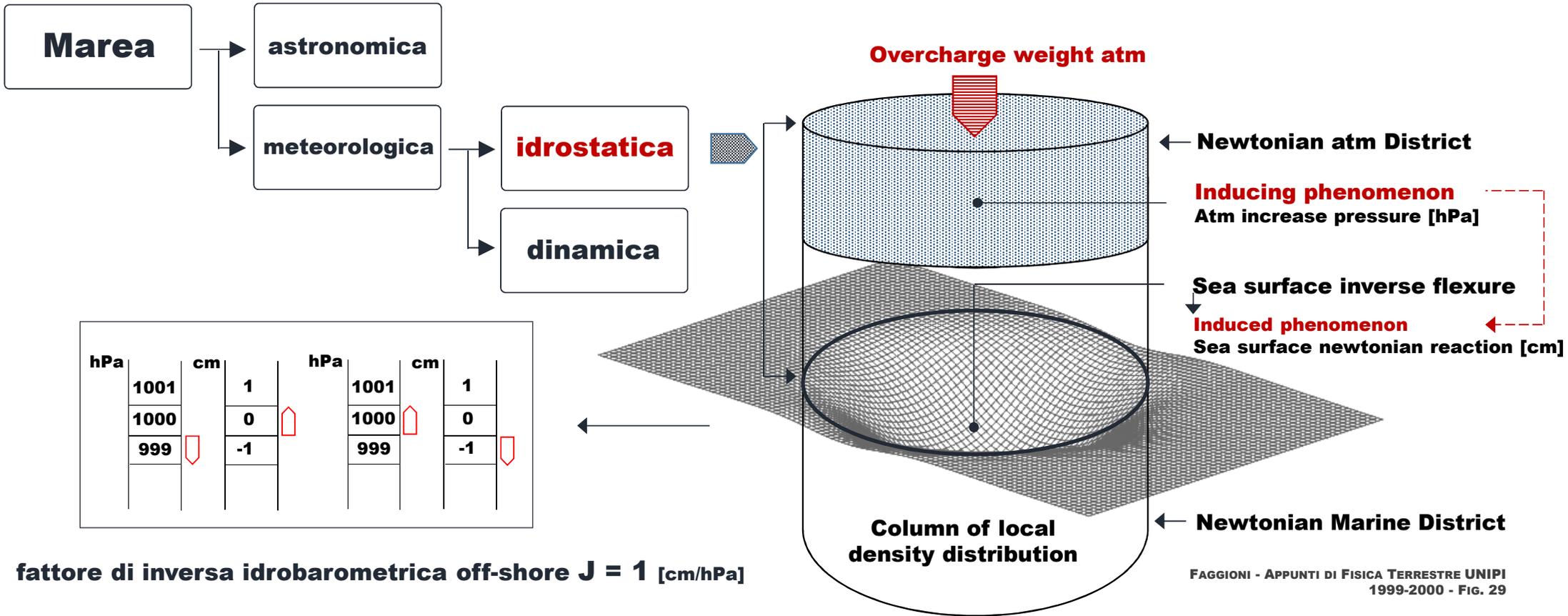
Internatinal Proceedings

- **Faggioni O., Soldani M., Piangiamore G.L., Ferrante A., Bencivenga M., Arena G., Nardone G., Harbour Water Management for Port Structures and Sea Bottom Design, Coast Proximity Navigation Management, Water Quality Control, *Proceedings of Mediterranean Days of Coastal and Port Engineering MDCPE*, October 7-9, Palermo, Italy, 2008**

National Proceedings

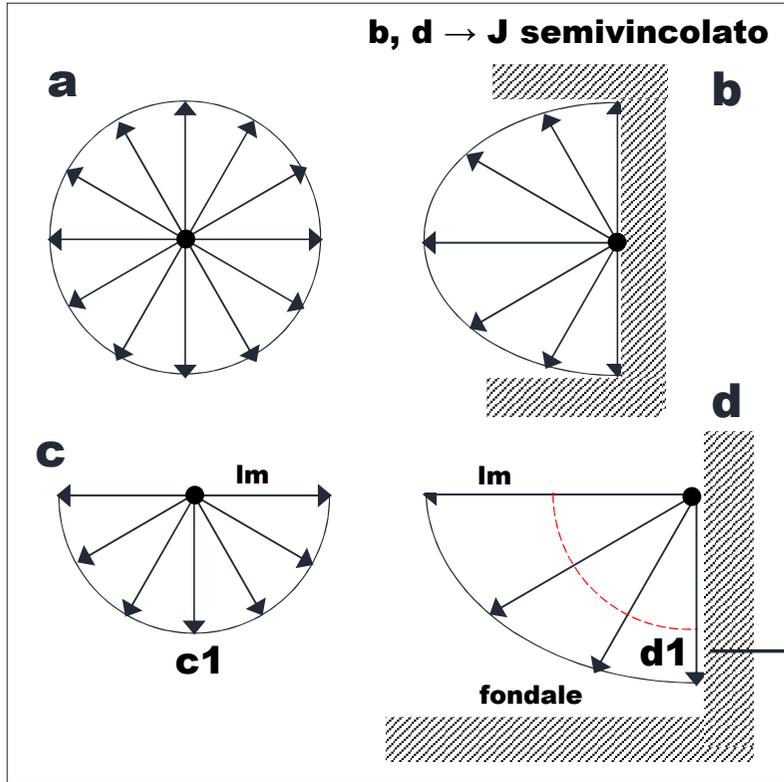
- **Soldani M., Regazzoni C.S., Bozzano R., Faggioni O., Musso M., Misure ambientali in mare aperto: sviluppo di tecnologie per l'acquisizione di dati meteo-mareografici misurati da una boa oceanografica in Mar Ligure, *Atti XXIII Congr. GNGTS*, Roma, Italy, 2004**

il fenomeno: compensazione idrostatica (inversa idrobarometrica)

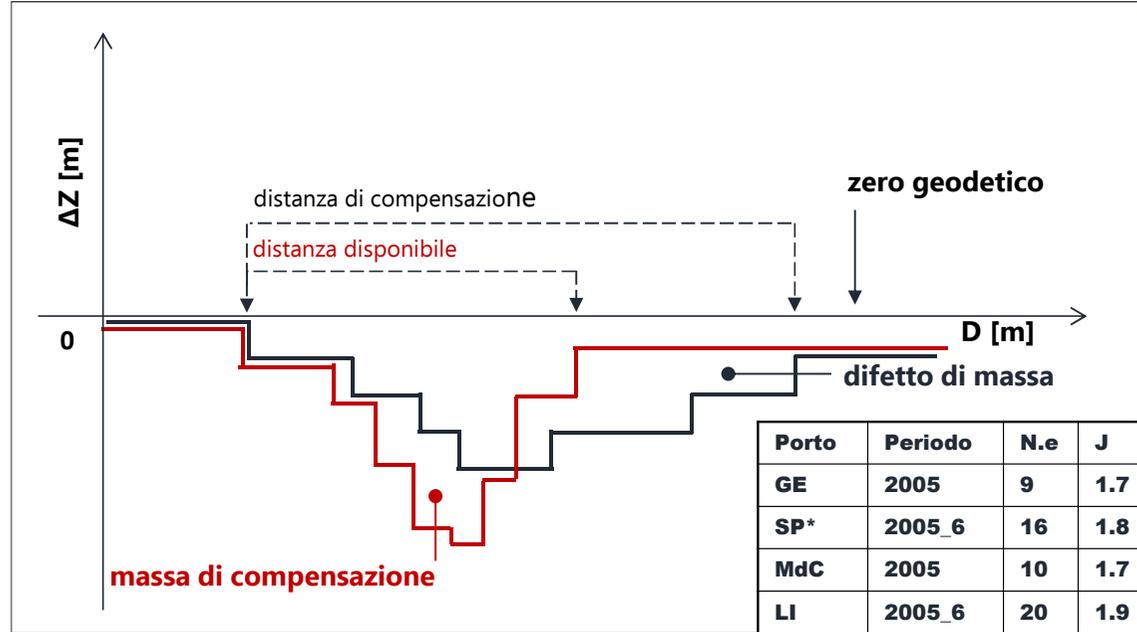


quantizzazione del fenomeno in bacini semivincolanti (es. porti) - «J»

a, b → piano XY; c, d piano XZ



 vincolo



d1 - c1 → differenziale di spinta di compensazione verticale

Porto	Periodo	N.e	J	Var
GE	2005	9	1.7	0.3
SP*	2005_6	16	1.8	0.2
MdC	2005	10	1.7	0.3
LI	2005_6	20	1.9	0.2
Pbm	2007_12	54	1.7	0.3
CA	2011_12	16	1.5	0.4
Cvt	2006_9	35	1.9	0.2
BA	2011_12	19	1.8	0.3
AN	2010_12	25	1.9	0.5
RA	2007	10	2.2	0.4

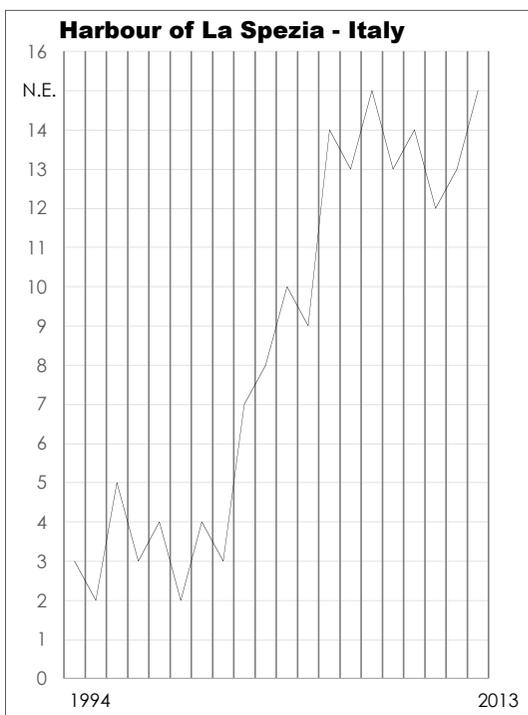
ampiezza e occorrenza del fenomeno (porto di La Spezia)

Meteomarea Newtoniana - La Spezia

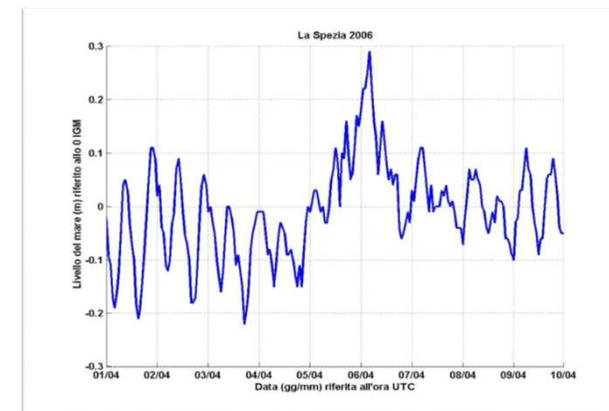
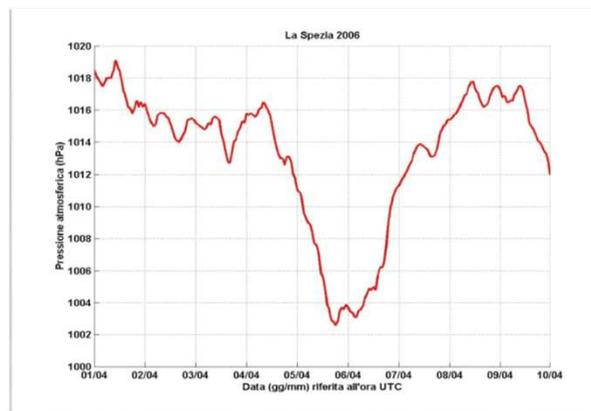
occorrenza temporale

esempio quantitativo

Anno	N.E.
1994	3
1995	2
1996	5
1997	3
1998	4
1999	2
2000	4
2001	3
2002	7
2003	8
2004	10
2005	9
2006	14
2007	13
2008	15
2009	13
2010	14
2011	12
2012	13
2013	15



Porto della Spezia - Evento 05-07/04/2006



Classe Evento: STANDARD

$\Delta P = 13 \text{ [hPa]} \rightarrow \Delta h = 45 \text{ [cm]}$

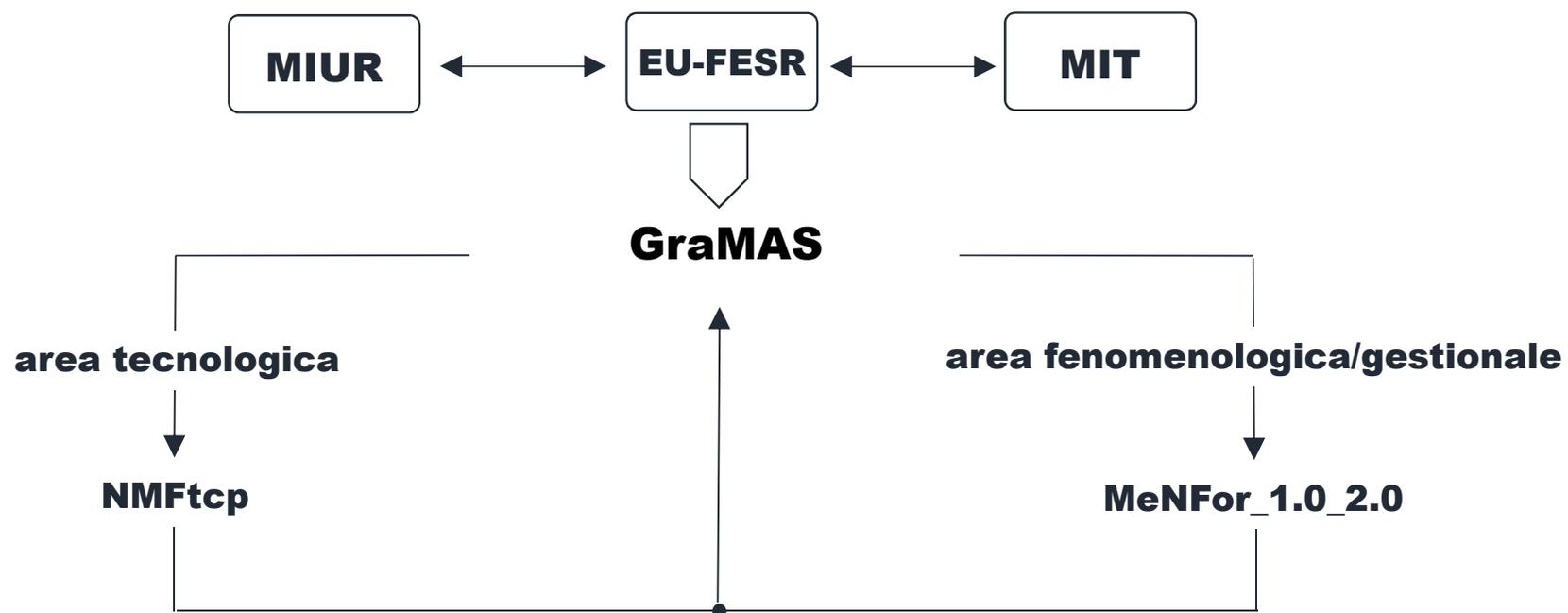
Comp. Mareale Standard (max) = 23 [cm]

Comp. Mareale Newtoniana (max) = 22 [cm]

Inversa Idrobarometrica Portuale $J = 1.7 \text{ [cm/hPa]}$

Fenomeni considerati:
Marea idrobarometrica $A > 35 \text{ [cm]}$
Durata $> 2160 \text{ [min]}$

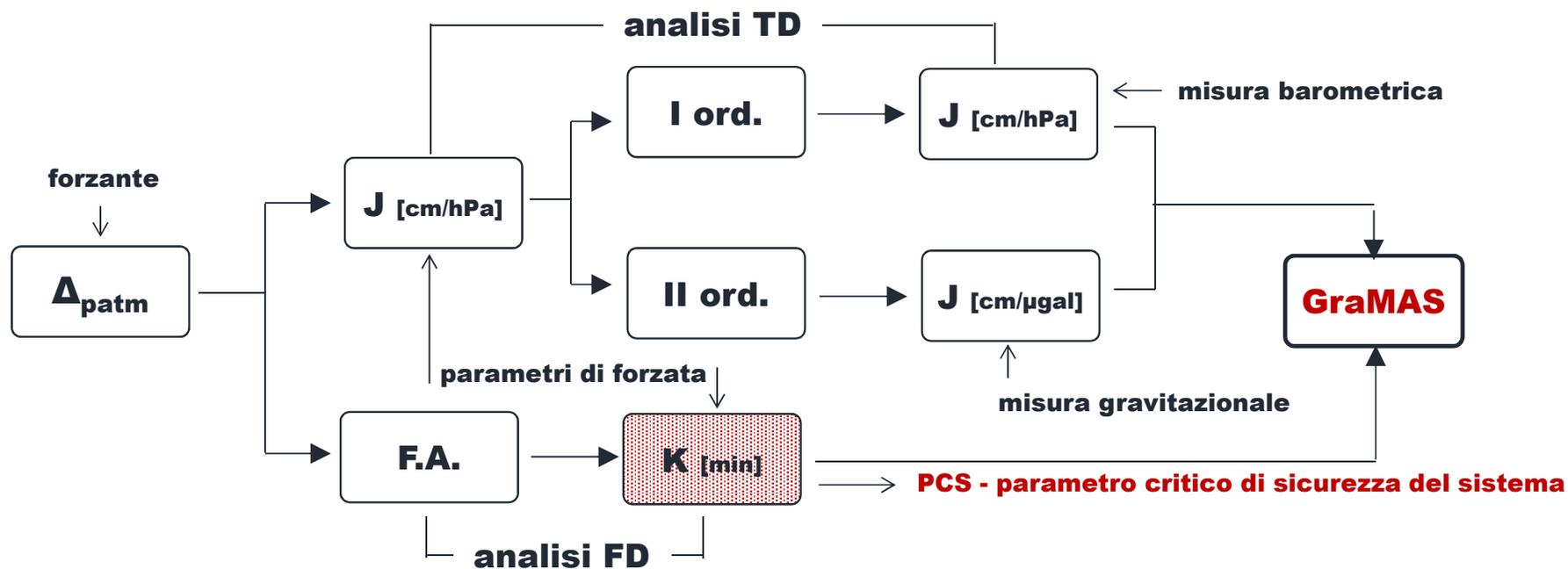
organizzazione della ricerca nazionale area GraMAS (2006-2018)



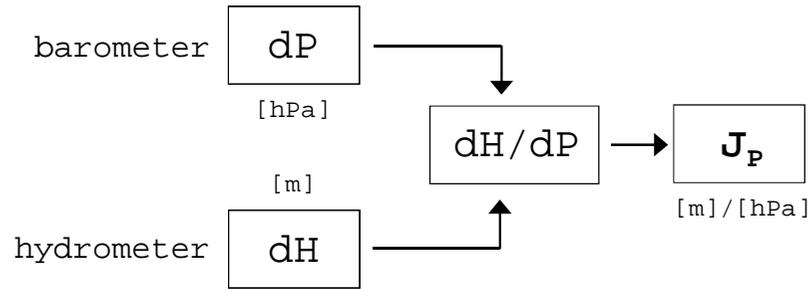
protocolli operativi GraMAS

obiettivi:

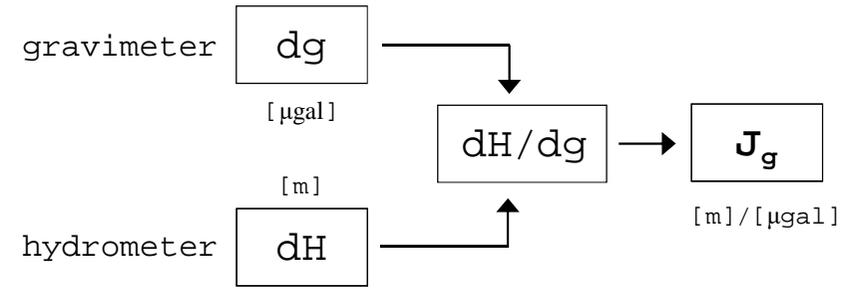
- 1 misura rapporto ampiezza forzante idrostatica meteorologica - ampiezza forzata portuale
- 2 misura stabilimento di porto newtoniano idrostatico meteomareografica
- 3 sistema automatico gestione/previsione ampiezza e tempo variazione batimetria portuale



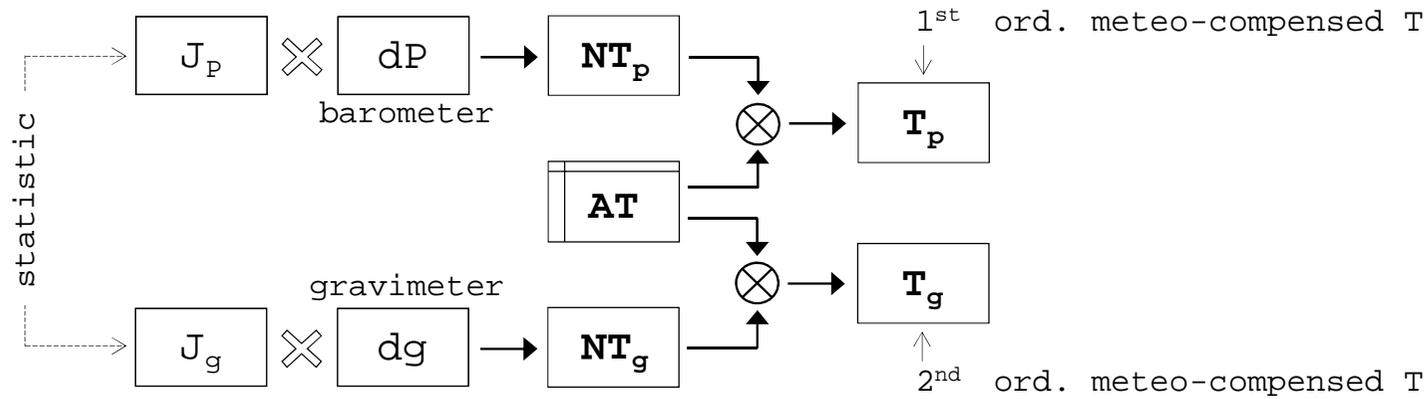
flussi aree computazionali GraMAS



sub-flow 1

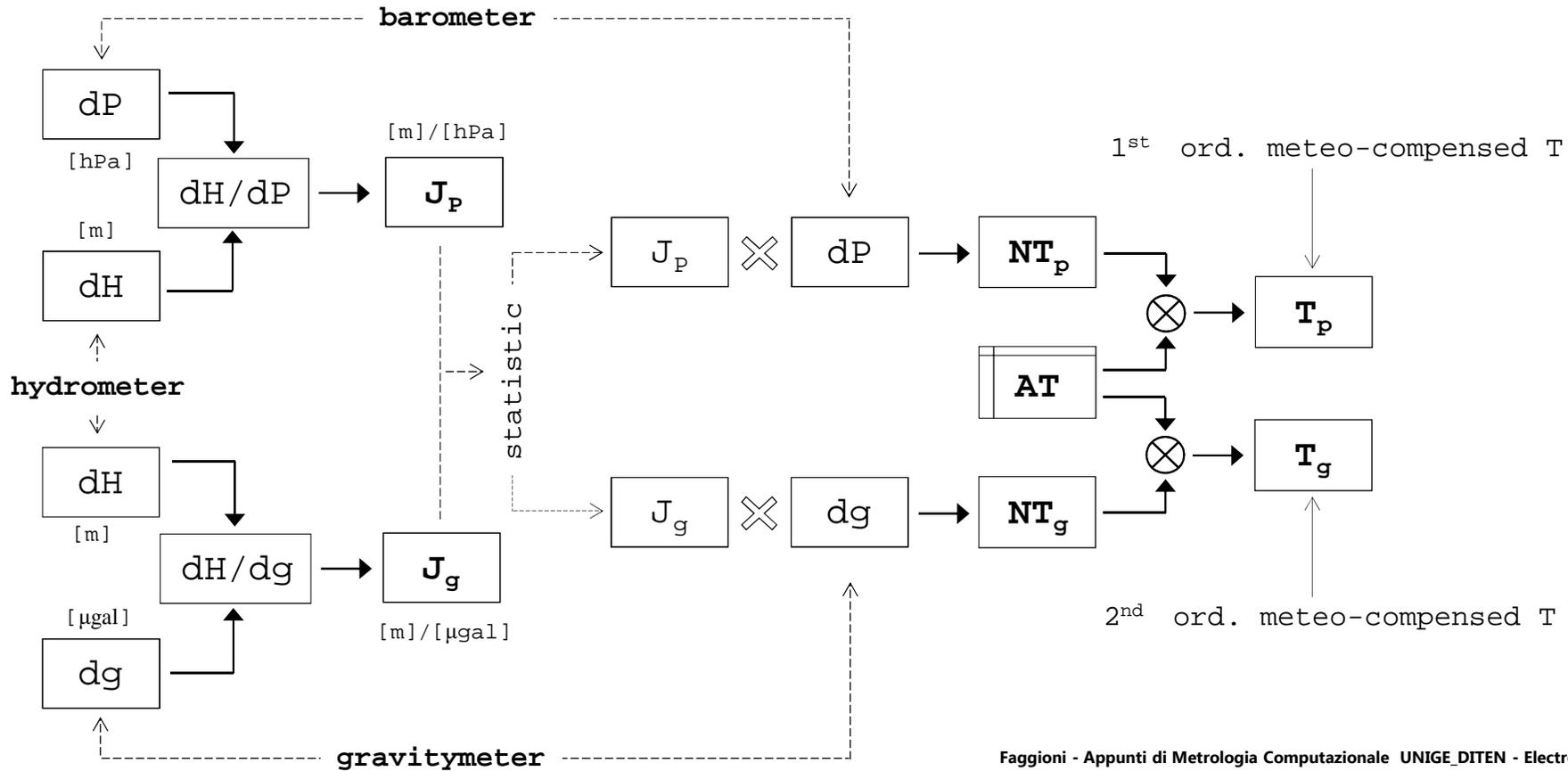


sub-flow 2

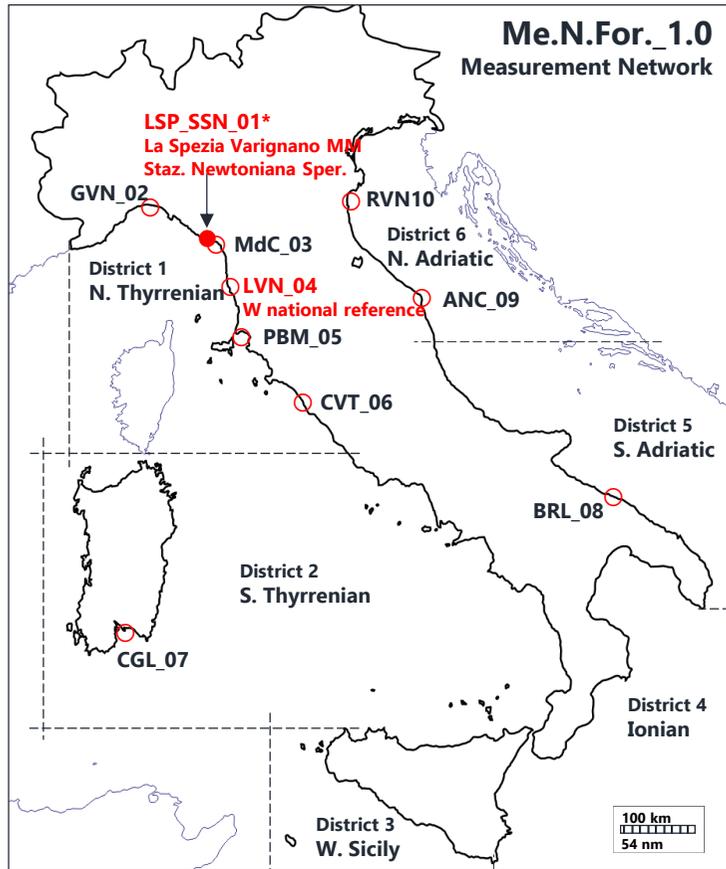


sub-flow 3

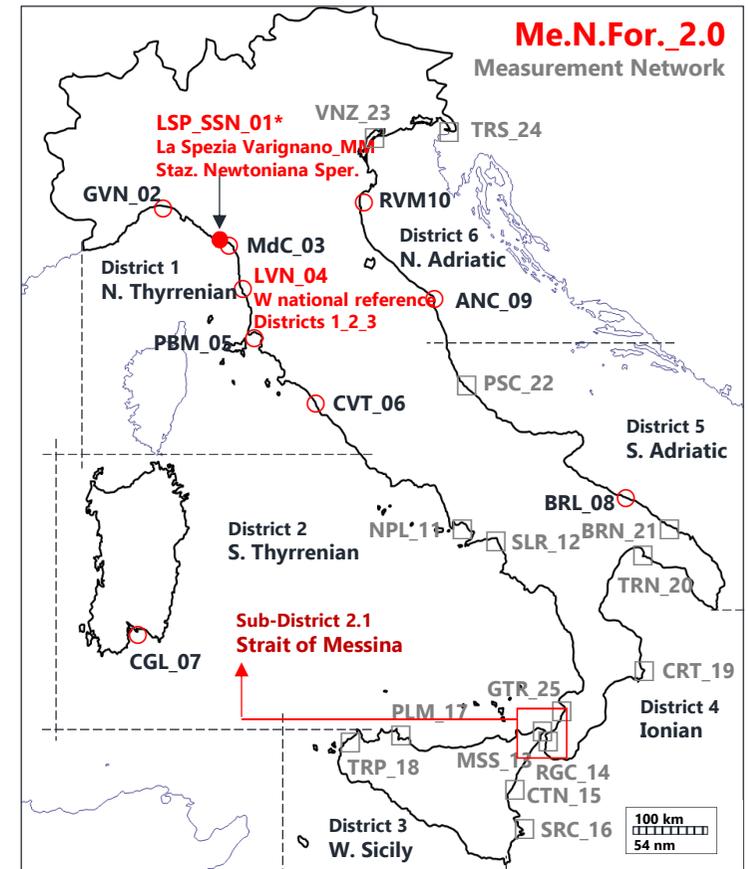
flusso computazionale di sistema GraMAS (ampiezza sopralzo idrostatico)



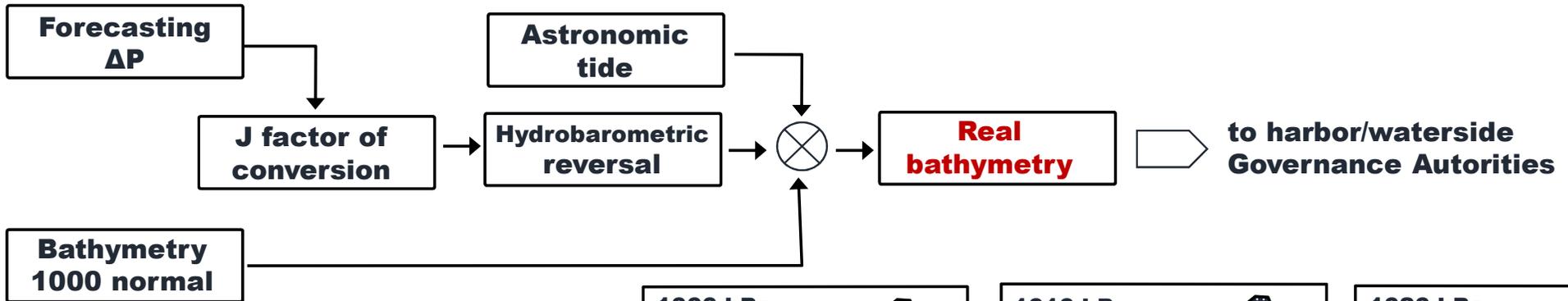
network sperimentale GraMAS: il progetto MeNFor



AP	anno	EP Conv.
Ancona	2010 2012	INGV OGS
Bari	2011 2012	OGS OGS
Cagliari	2011	OGS
Civitavecchia	2006 2009 2012	INGV INGV OGS
Genova	2005	INGV
La Spezia	2006	INGV
Livorno	2005 2006 2018	INGV INGV INGV
M. Di Carrara	2005	INGV
Piombino	2007 2011	INGV OGS
Ravenna	2007	INGV
Regione Toscana	2007 2009	INGV INGV
Provincia SP	2006 2007 2009	INGV INGV INGV

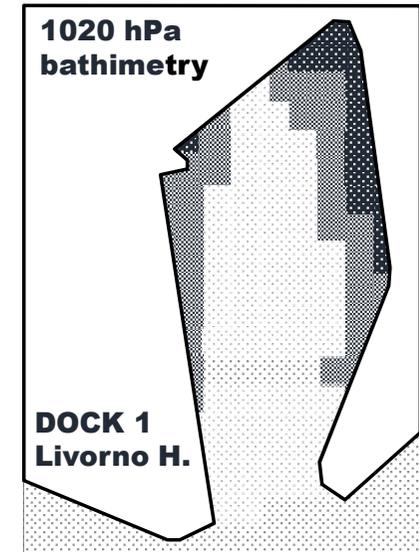
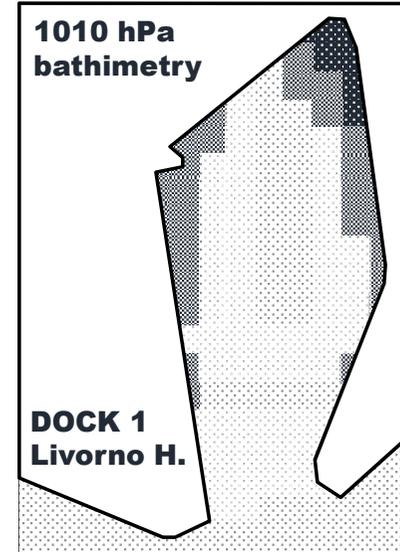
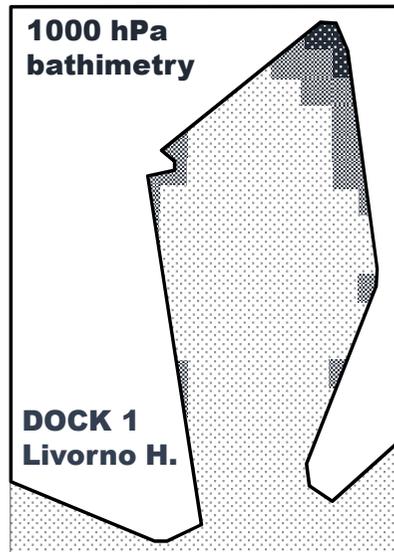


porto di Livorno: variazione di fondale da forzante idrostatica



HWSM the LIVORNO experiment 2008

Cartografia elettronica:
 Evoluzione automatica (in tempo reale (ed in previsione) della batimetria del «dock 1» in adeguamento idrostatico alla variazione della pressione atm del distretto atmosferico locale

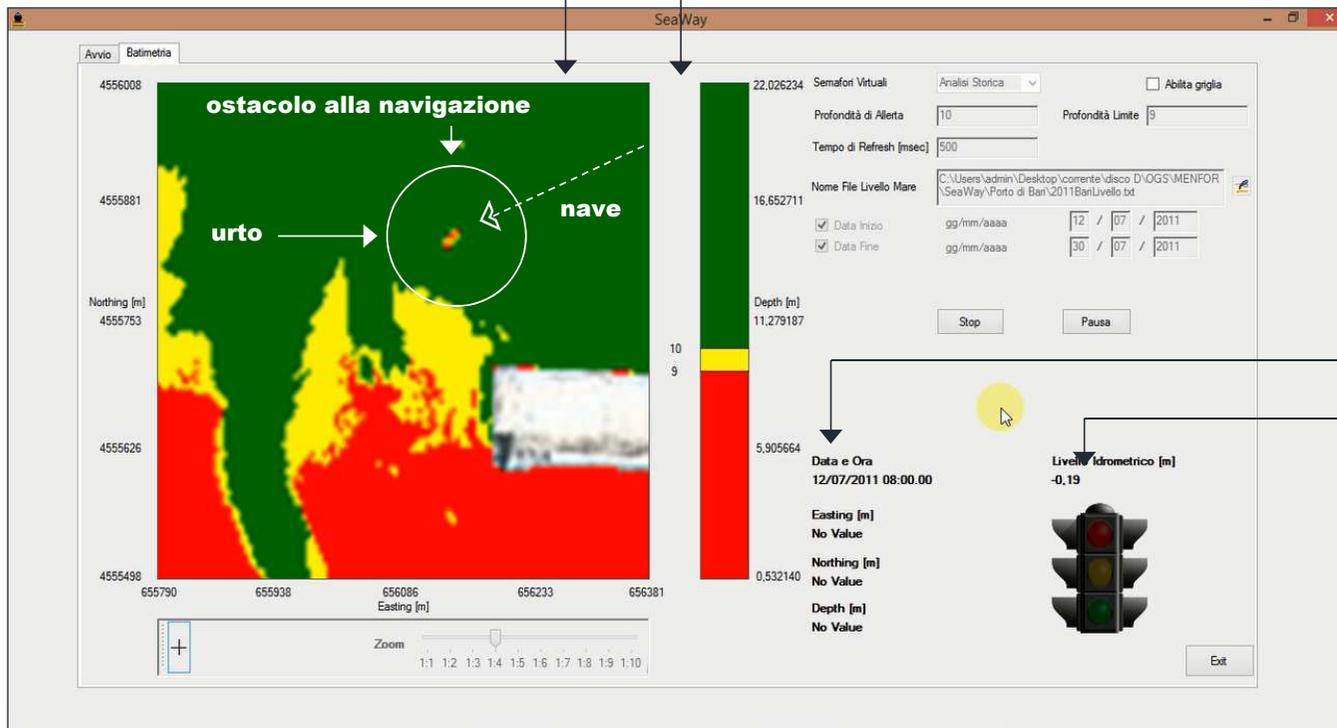


cartografia elettronica autocompensante: porto di Bari

Analisi interpretativa-previsionale del franco d'acqua reale di bacino per la sicurezza della navigazione

rotta di approccio al porto di Bari

acqua libera → condizioni di semaforo verde



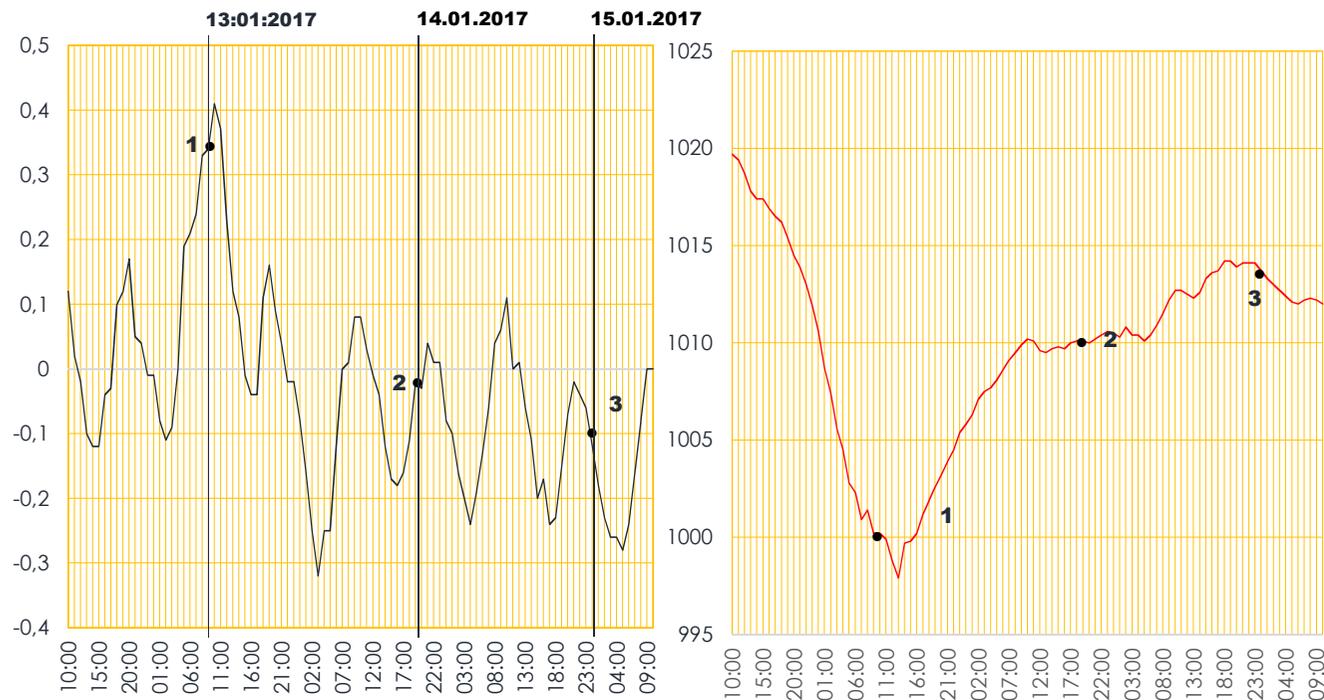
la nave urta anche se transita in area di presenta sicurezza (verde) perché al momento del transito le condizioni di basso idrostatico di bacino alzano, rispetto alla superficie del mare, una singolarità morfologica (artificiale) del fondale.
 L'applicazione di «seaway» previene questo tipo di incidenti.

tempo dell'incidente
condizioni idrostatiche di bacino

refloating Nave Sogma – Porto di Livorno

Nave Sigma: 13-15_01_2017 analisi di refloating

da: presentazione analisi refloating DIREZIONARE Livorno 21_11_2017 – Faggioni, Soldani, Vivaldi



- 1. 09:00-13:01 Stranding - P 1000 [hPa]**
- 2. 19:00-14:01 Cable breacking - P 1010 [hPa]**
- 3. 24:00-15:01 Refloating - P 1013 [hPa]**

Tab. 1 - sea level

- 1. 09:00-13:01 Stranding - Δh +0.34 [m]**
- 2. 19:00-14:01 Cable breacking - Δh -0.02 [m]**
- 3. 24:00-15:01 Refloating - Δh -0.1 [m]**

Data Service - ISPRA Serv. Mareografico

diminuzione acqua franca per aumento P_{atm} : emersione ostacolo di fondale

esempio modellistico di contatto per diminuzione di acqua franca dovuta a inversa idrostatica

ipotesi modellistica

stessa nave, stesso carico, stesso pescaggio

condizione 1: via aperta

condizione 2: contatto con il fondale

causale differenza di admittance capability

condizione 1: pressione atm standard

condizione 2: pressione atm standard 20 [hPa]

ipotesi Livorno

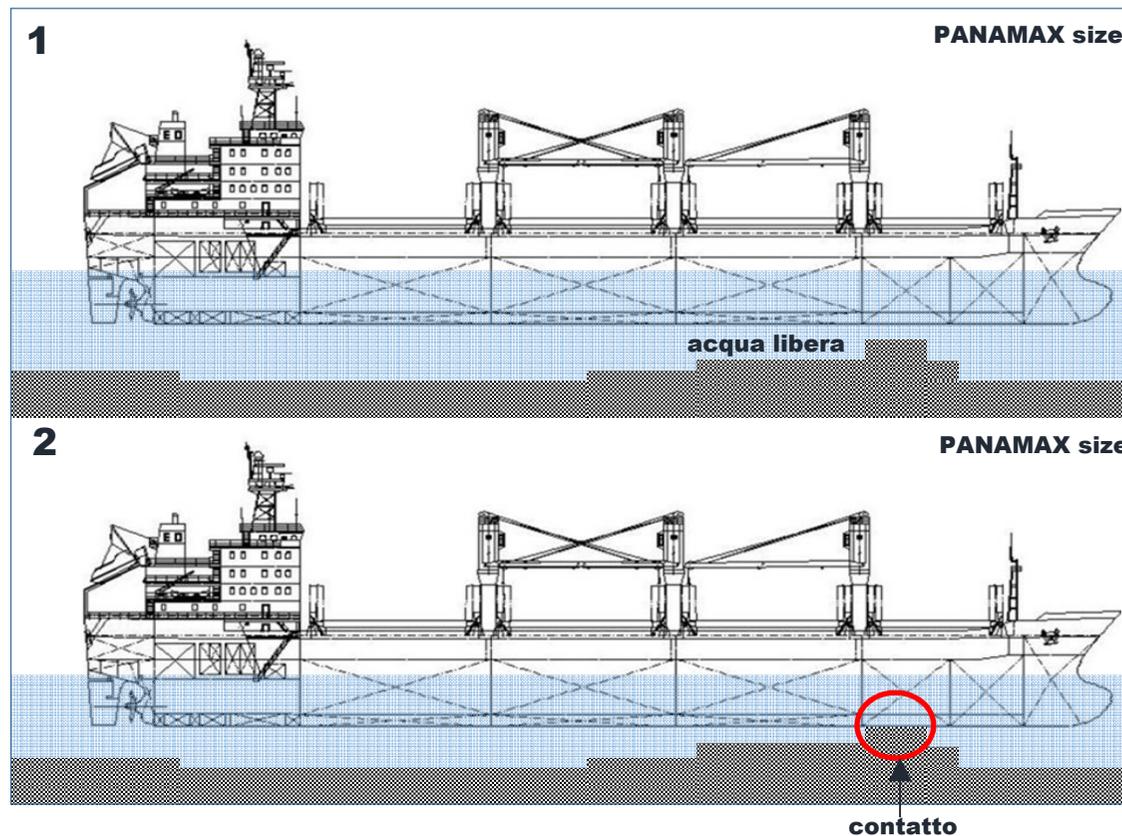
$$J_{Li} = 1.9 \text{ [cm/hPa]}$$

$$\Delta cm = 1.9 \text{ [cm/hPa]} \times 20 \text{ [hPa]} = 38 \text{ [cm]}$$

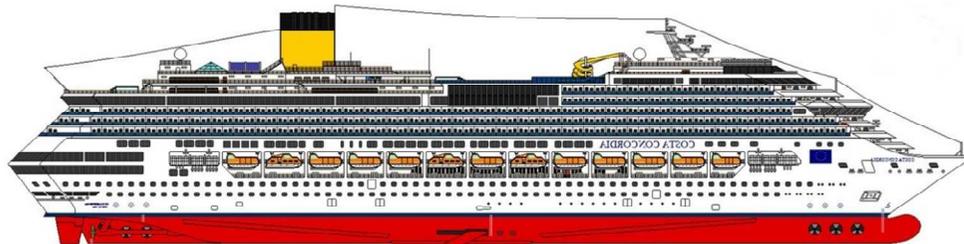
inversa idrobarometrica

diminuzione di acqua franca di 38 [cm]

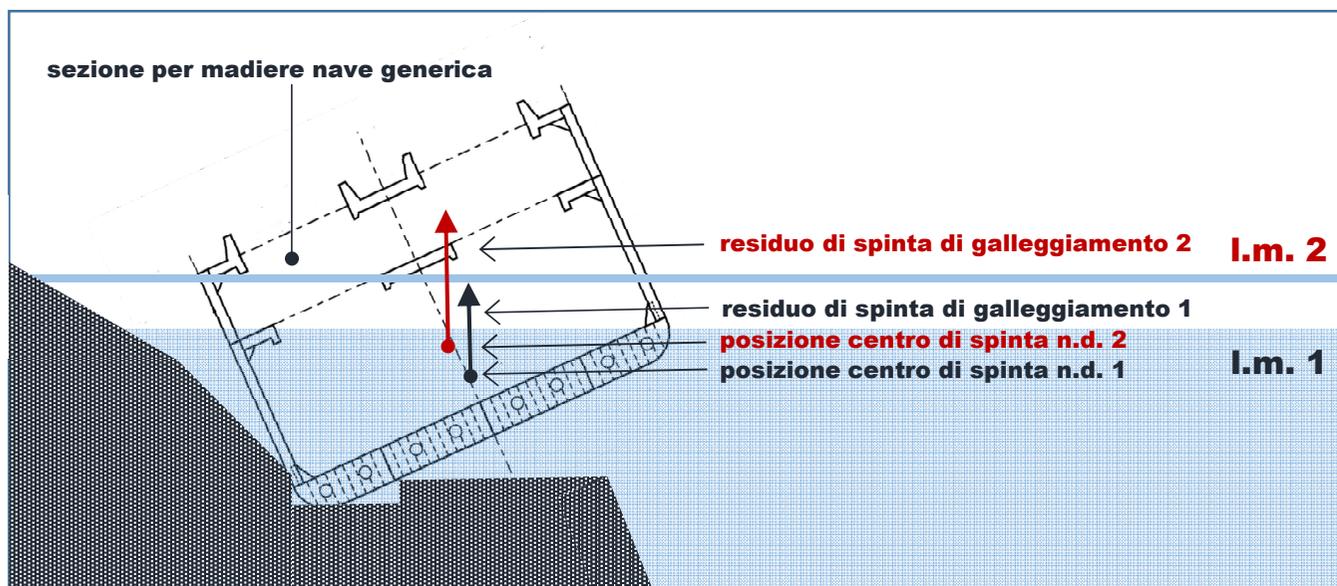
morfologia di fondale



Nave Concordia: controllo variazioni spinta di galleggiamento resid



Controllo stabilità relitto incaglio Isola del Giglio



tipologia rischio:

refloating spontaneo durante i lavori

possibile sequenza eventi:

diminuzione della pressione atm, conseguente aumento del I.m., **aumento spinta di galleggiamento residua**, refloating spontaneo

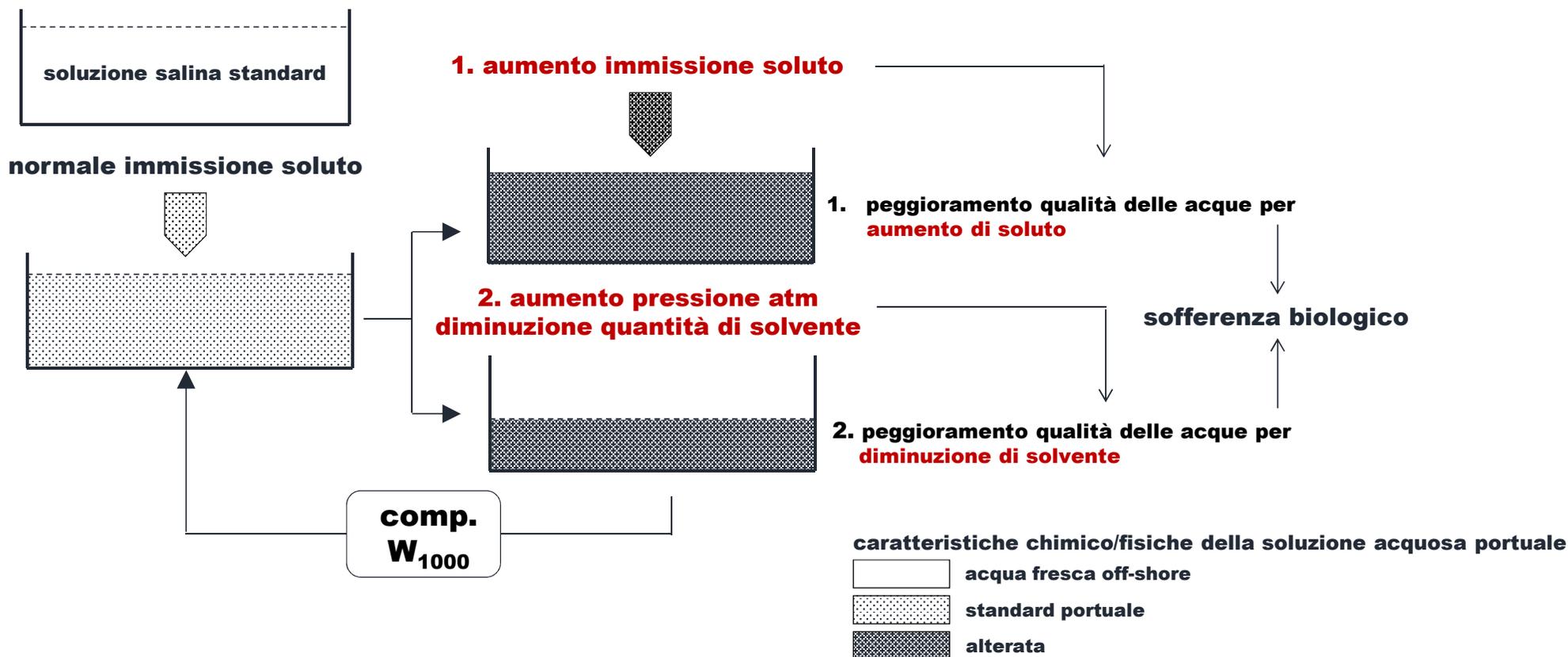
intervento Gra.M.A.S.

controllo previsionale sopralzi
 meteomareografici straordinari

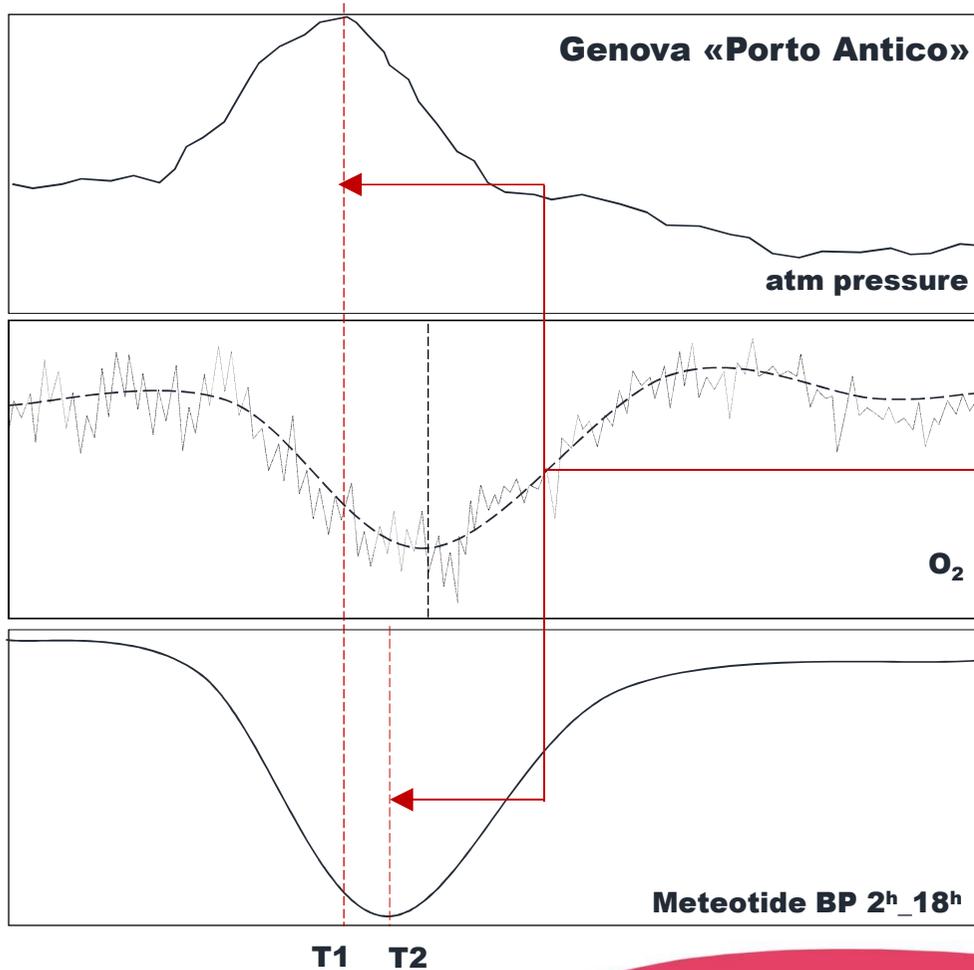
posizione sensori

mareografici standard (ISPRA): LI
 Mareografici newtoniani: SP (MM)

controllo cause diminuzione qualità delle acque di bacino portuale



esempio di controllo cause variazione titolo O₂ porto di Genova



X time = 96 [h]
Y₁ pressure = [hPa]
Y₂ O₂ % [normalized to 1^{ft} value]
Y₃ meteotide [m]

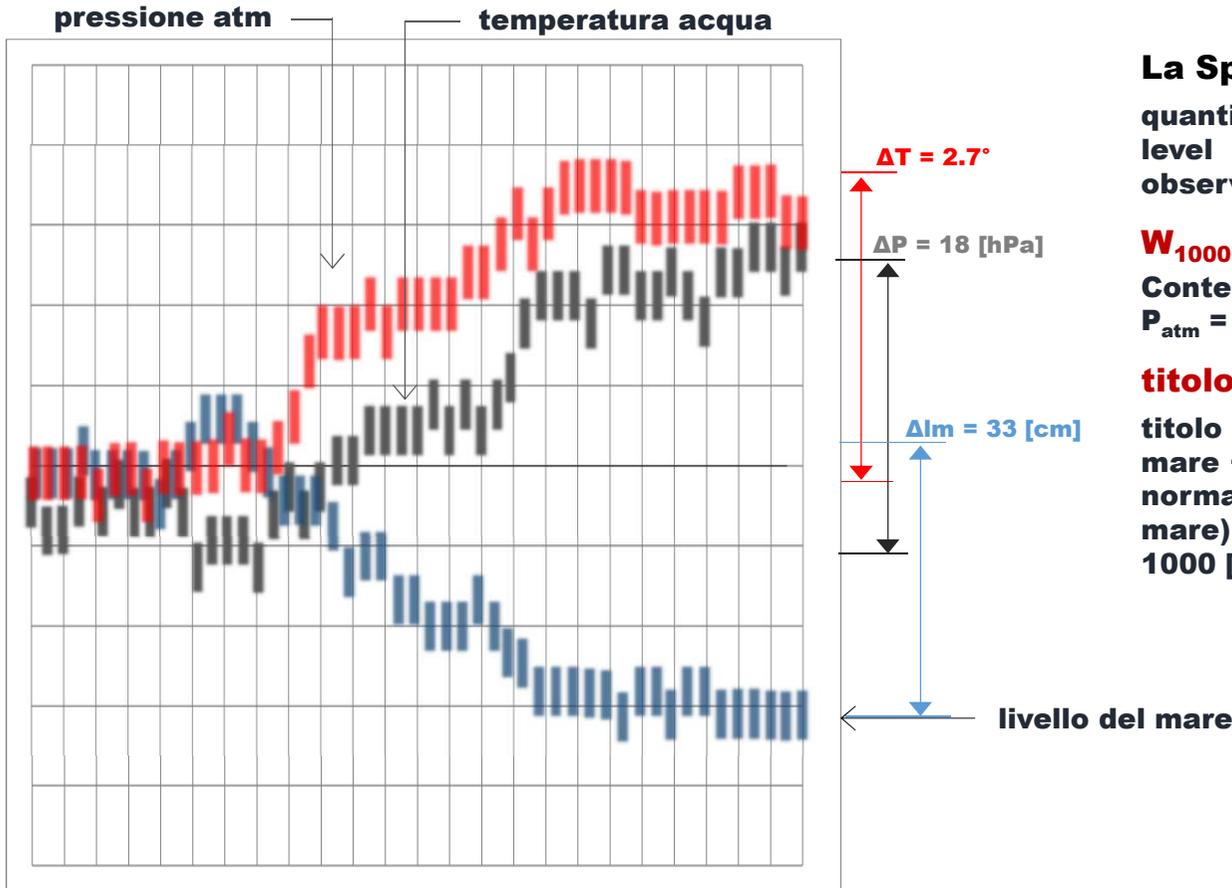
Max P_{atm} t=T1
O₂ % Δt=8^h45^{min}
Meteotide Δt=5^h50^{min}

max amplitudes differential time
k newtonian «stabilimento di porto»
k = T1_{forzante} - T2_{forzata}

Correlation between O₂ and atm pressure variation


non-institutional data

concetto di «acqua mille» W_{1000} : Forzante P_{atm} , 1^a forzata Δl_{Im} , 2^a forzata ΔT°



[Day 0 → 5]

La Spezia Harbor:

quantitative relationship between pressure, sea level and water temperature (preliminary observations)

W_{1000} (acqua 1000)

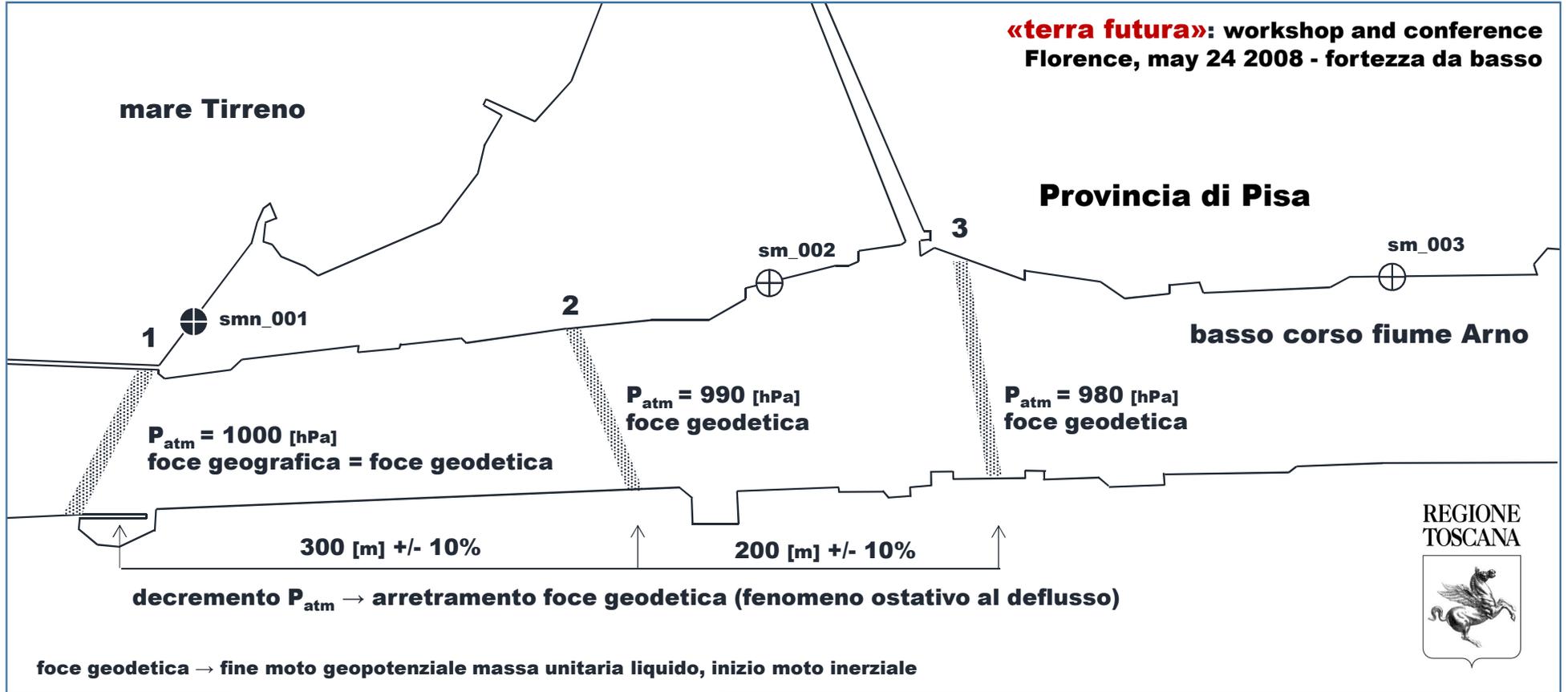
Contenuto di acqua di mare nel bacino considerato a $P_{atm} = 1000$ [hPa]

titolo standard

titolo chimico della soluzione «quantità acqua di mare + soluti chimici estranei» rilevata a $P = k$ [hPa] normalizzato alla quantità di solvente (acqua di mare) contenuta nel bacino considerato a $P_{atm} = 1000$ [hPa]



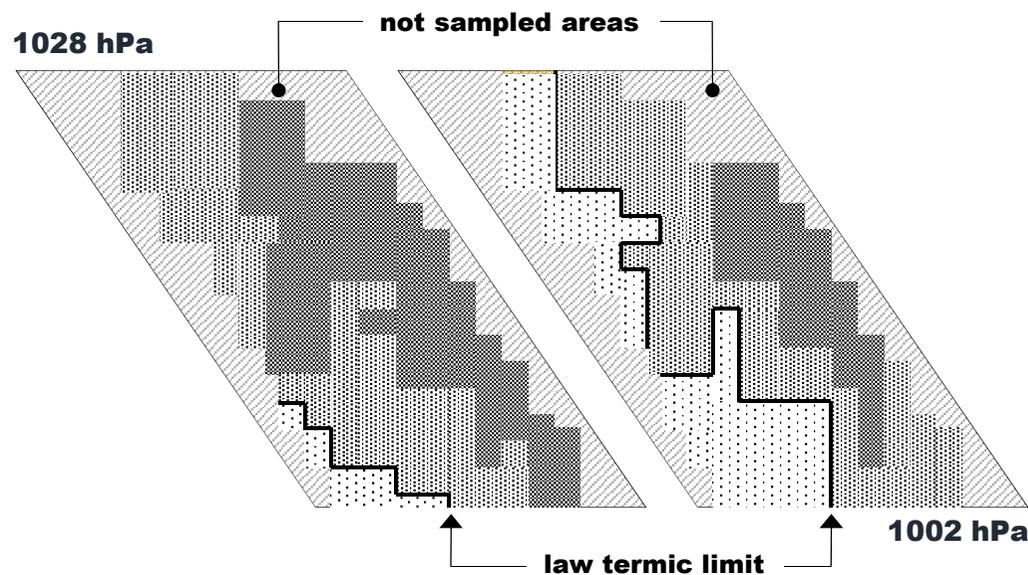
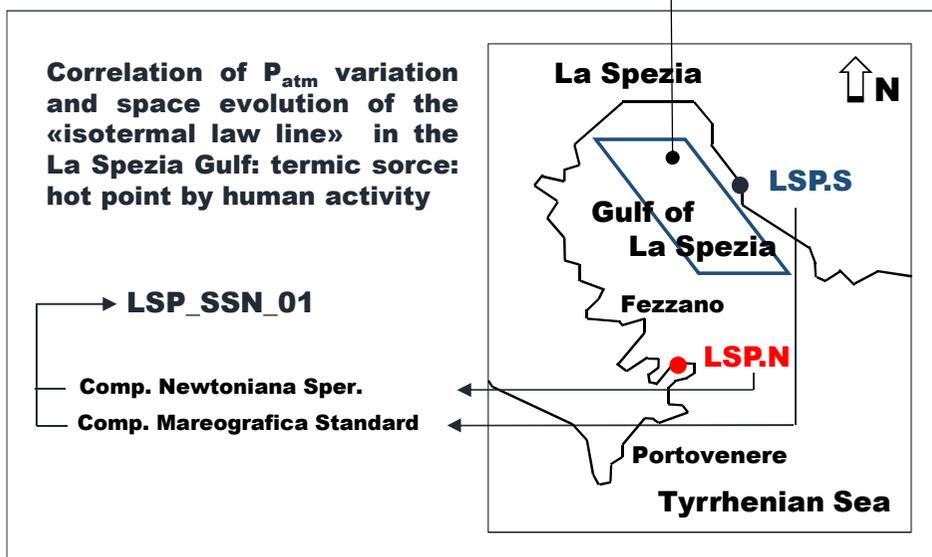
regressione foce geodetica Fiume Arno - capacità di deflusso



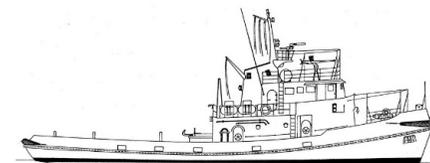
GRAMAS: Newtonian hydrostatic Coherence Arno River - Tyrrhenian Sea

esempio di controllo cause variazione T° golfo di La Spezia

harbour/gulf of La Spezia

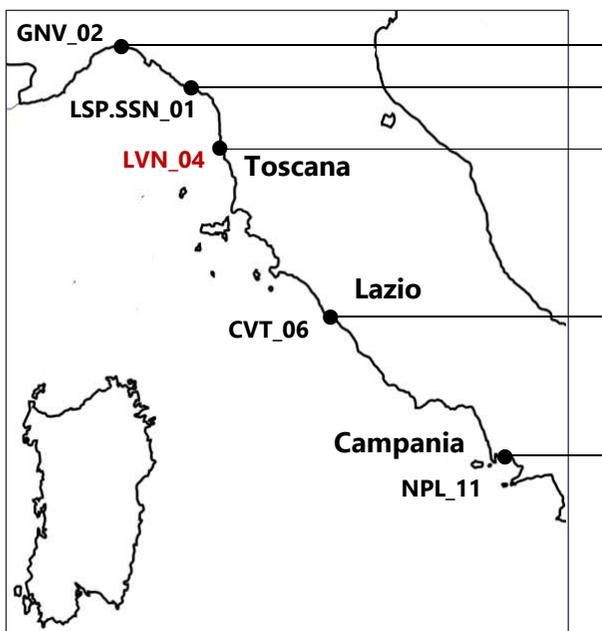


-  on law termic parameter
-  out < 5% law termic parameter
-  out > 5% law termic parameter



INTERREG ITA-FRA Maritime - 2016_19 progetto GraMAS - su richiesta di AP Piombino

dalla presentazione a CP DIRZIONAMARE Livorno - 23_11_2017 o.Faggioni, M.Soldani, M.Vivaldi

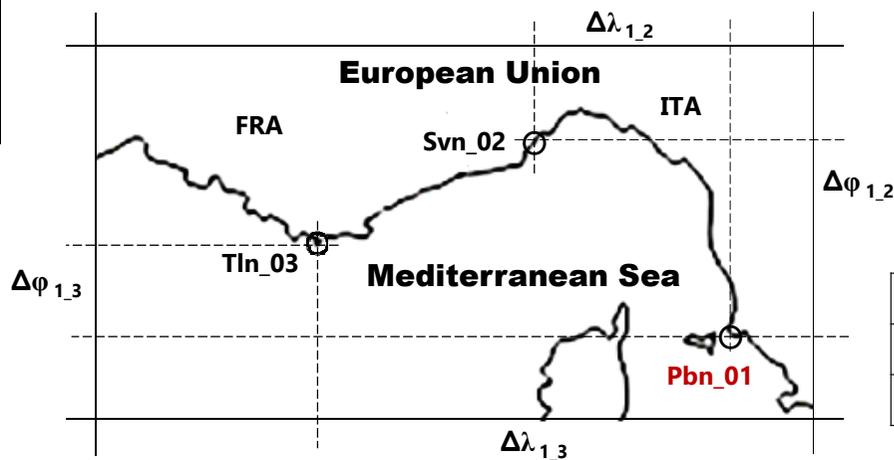


European Commission - INTERREG IT-FR Maritime - 2016_19

Asse 2: Protezione e valorizzazione delle risorse naturali e culturali, gestione delle risorse naturali e culturali e gestione dei rischi
Lotto 2: Monoazione 3 anni
Titolo: Sistema di monitoraggio per la previsione e la gestione dell'insabbiamento dei porti
Stato: Ammesso a finanziamento -1.743 [M€]

HWSM-Italy

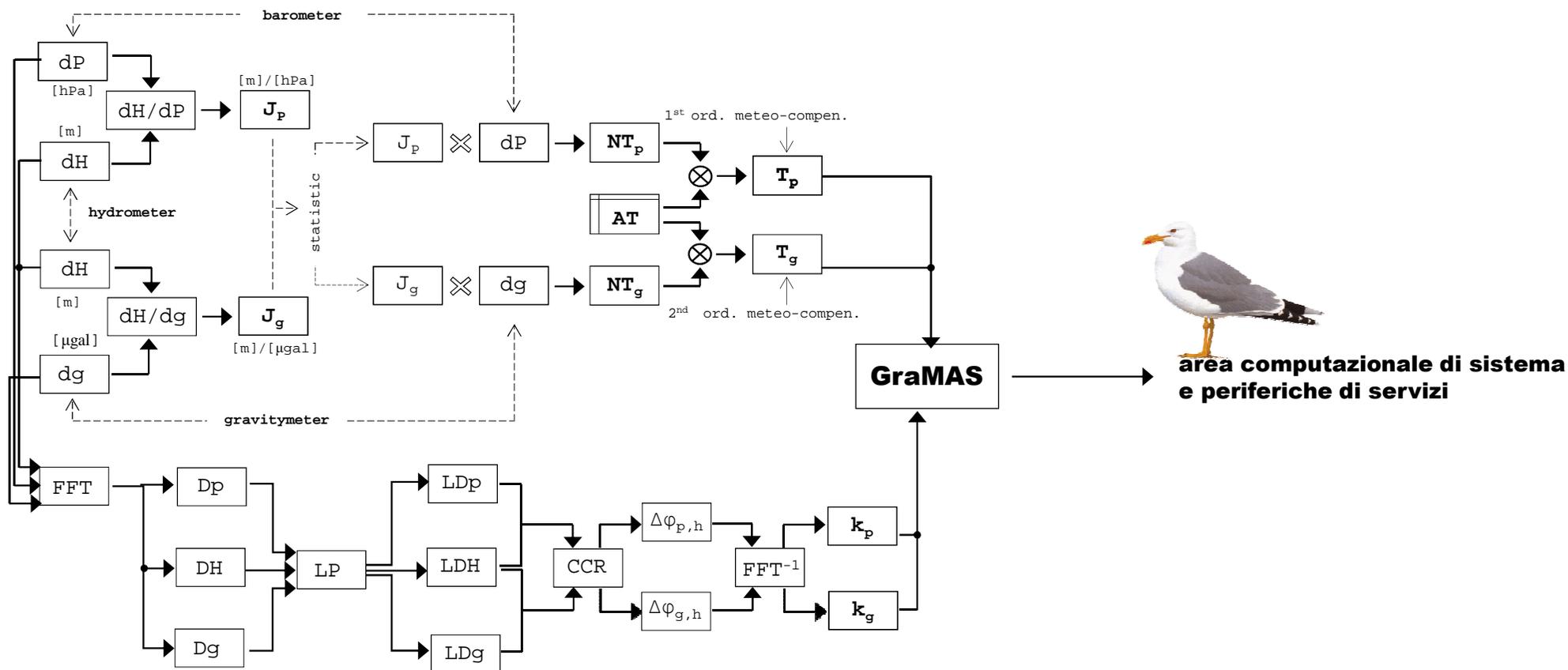
Italian Harbour Waterside Safety and Management network



	φ	$\Delta\varphi_{sis}$	λ	$\Delta\varphi_{sis}$
Pbn	42,93	0,00	10,55	0,00
Svn	44,30	1,37	8,48	-2,07
Tln	43,12	0,19	5,91	-4,64

Diagramma di flusso protocollo GraMAS - AP Piombino

GraMAS area di misura e calcolo parametri



«k» = Δθ = criticità di sistema

$$14.1 \quad \left. \begin{matrix} h_t \\ g_t \\ p_t \end{matrix} \right\} \rightarrow FFT \rightarrow \left. \begin{matrix} H_{fz} \\ G_{fz} \\ P_{fz} \end{matrix} \right\} \begin{matrix} RIT_{Iord} = \theta H_{fz} - \theta P_{fz} = \Delta\theta_{HP}(fz) \\ RIT_{IIord} = \theta H_{fz} - \theta G_{fz} = \Delta\theta_{HG}(fz) \end{matrix}$$

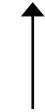
$$14.2 \quad \theta_{H_{fz}}^{(n)} = \tan^{-1} \left(+ \frac{b_{H_{fz}}^{(n)}}{a_{H_{fz}}^{(n)}} \right), \theta_{G_{fz}}^{(n)} = \tan^{-1} \left(+ \frac{b_{G_{fz}}^{(n)}}{a_{G_{fz}}^{(n)}} \right), \theta_{P_{fz}}^{(n)} = \tan^{-1} \left(+ \frac{b_{P_{fz}}^{(n)}}{a_{P_{fz}}^{(n)}} \right)$$

$$14.3 \quad a_{H_{fz}, G_{fz}, P_{fz}}^{(n)} = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} H_{fz}, G_{fz}, P_{fz} \cos \omega_n t \, dt$$

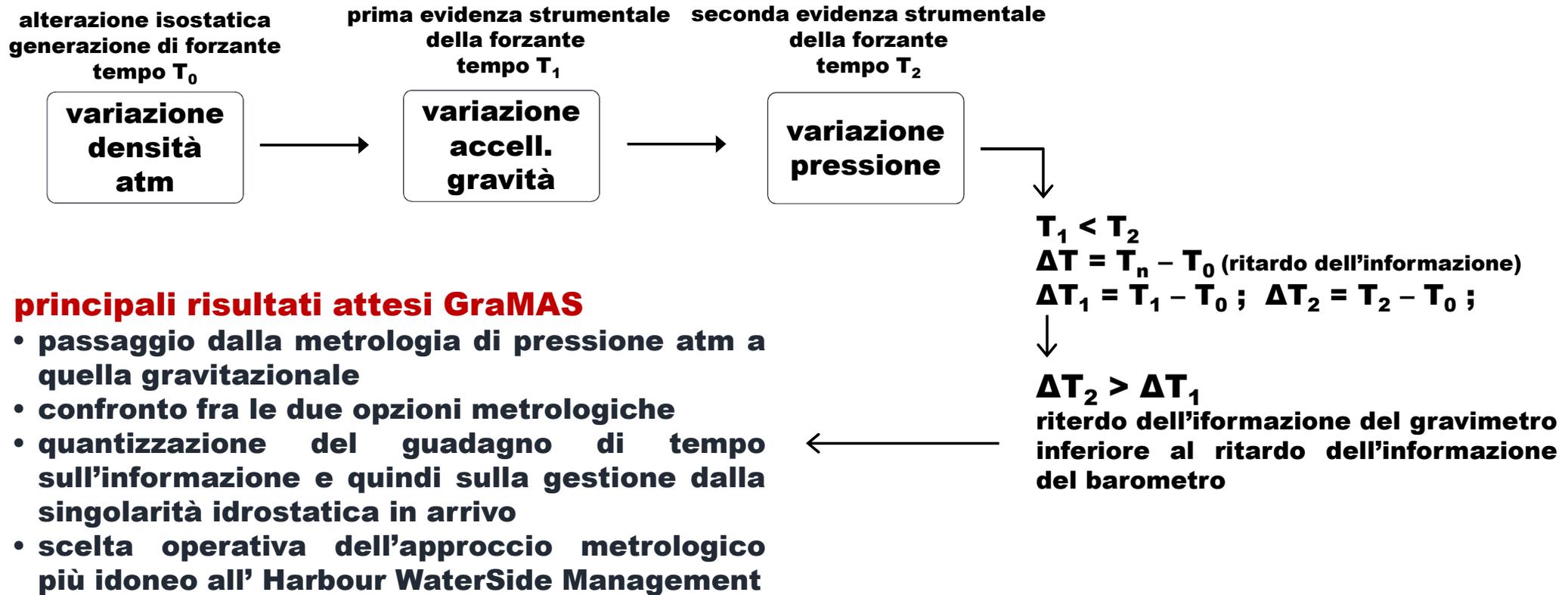
$$14.4 \quad b_{H_{fz}, G_{fz}, P_{fz}}^{(n)} = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} H_{fz}, G_{fz}, P_{fz} \sin \omega_n t \, dt$$

$$14.3 \quad \Delta\theta_{HP} = \tan^{-1} \left(+ \frac{\frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} H_{fz} \sin \omega_n t \, dt}{\frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} H_{fz} \cos \omega_n t \, dt} \right) - \tan^{-1} \left(+ \frac{\frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} P_{fz} \sin \omega_n t \, dt}{\frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} P_{fz} \cos \omega_n t \, dt} \right) \rightarrow \text{indice k}$$

carta nautica portuale
elettronica a compensazione

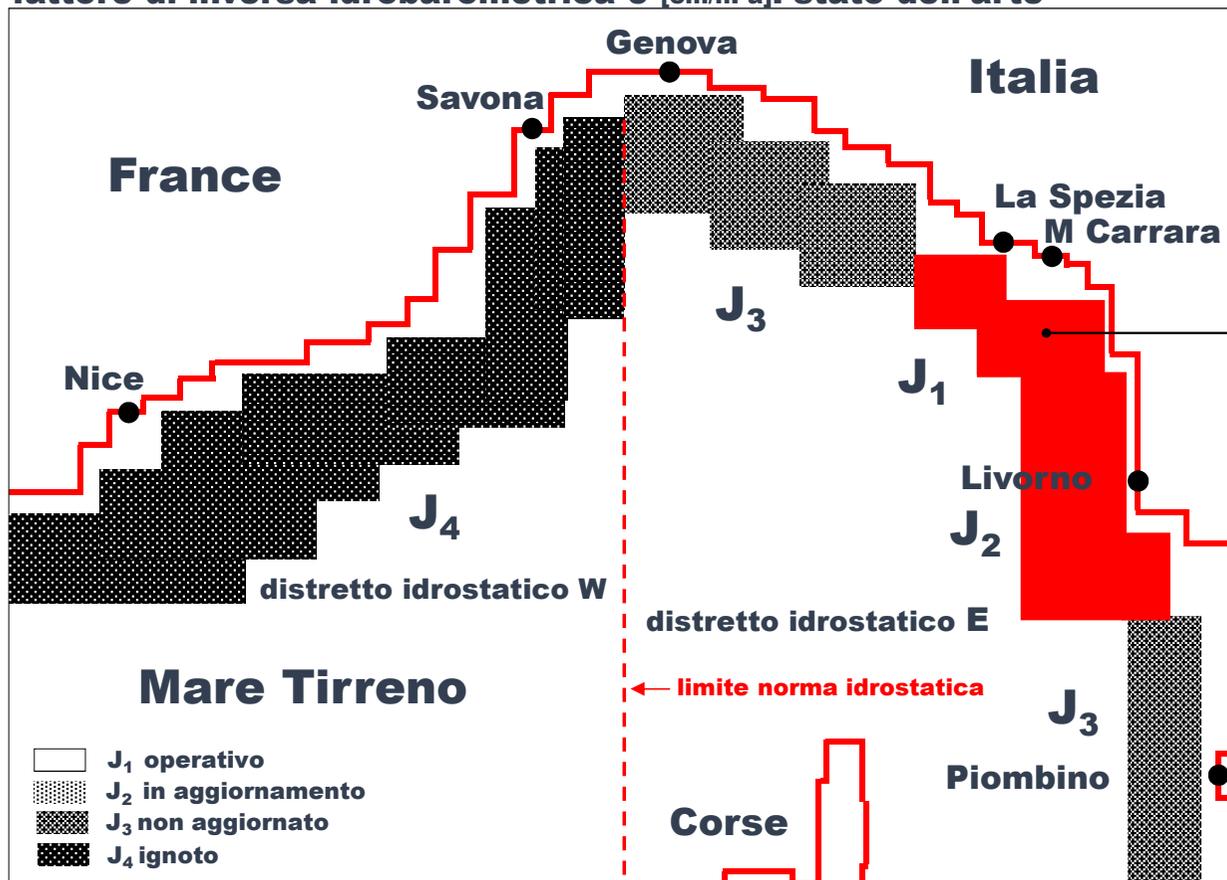


GraMAS: introduzione dell'analisi metrologica di lettura della forzante «f_(g)»



GraMAS: competenze di avvio progetto (ampiezza meteomaree)

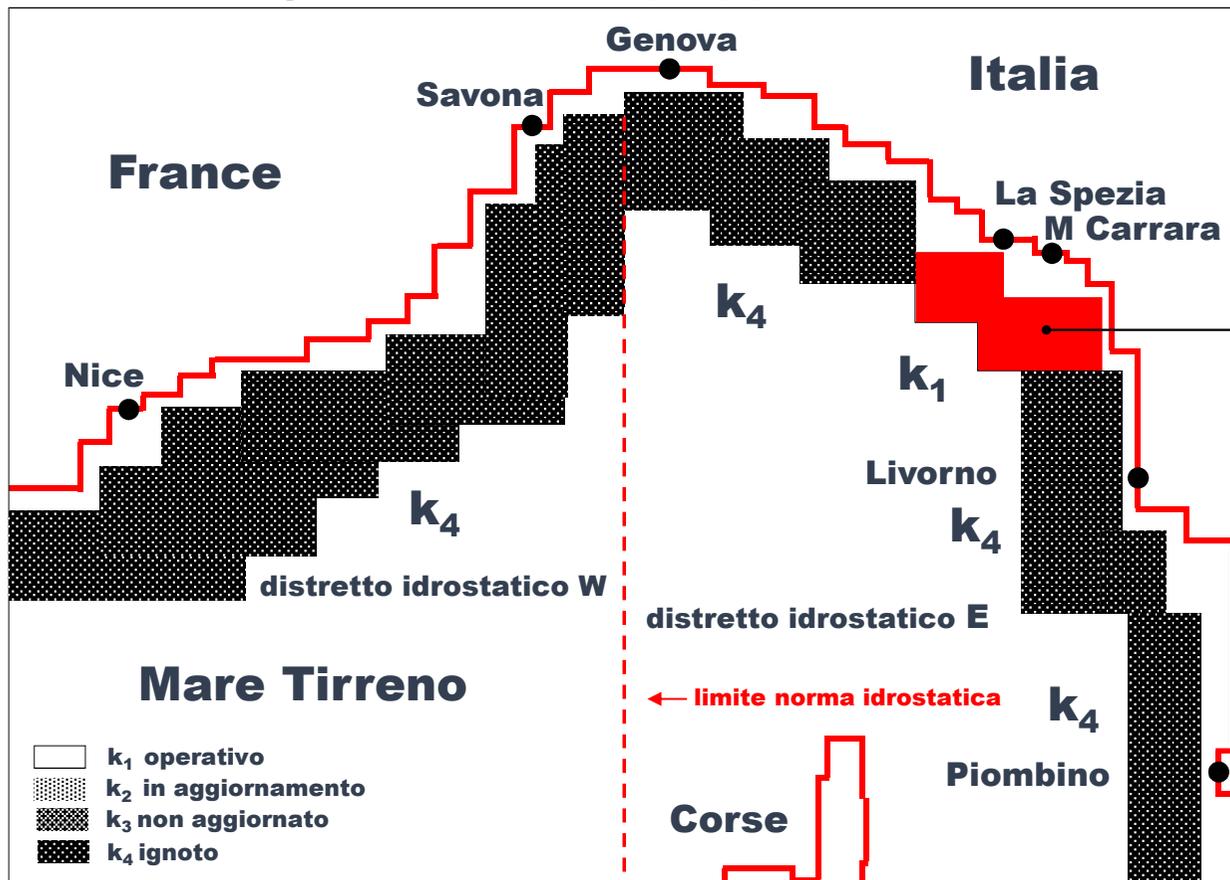
fattore di inversa idrobarometrica J [cm/hPa]: stato dell'arte



attività svolta in collaborazione con Marina Militare Italiana

GraMAS competenze di avvio progetto (ritardo meteomaree)

stabilimento di porto newtoniano k [cm/ μ gal]: stato dell'arte



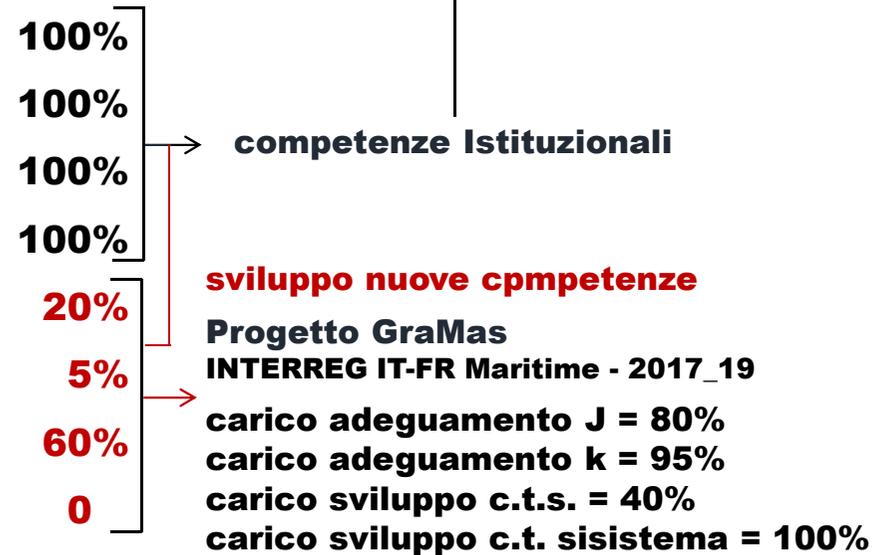
GraMAS - stato dell'arte e carico di lavoro

area progettuale GraMAS - stato dell'arte delle competenze nazionali

 UNIROMA «Sapienza», UNIGE, UNISANNIO, ISPRA, INGV



- **comprensione del fenomeno**
- **capacità metrologiche**
- **competenze numerico-computazionali**
- **validazione sperimentale sistema**
- **disponibilità parametro J (area GraMAS)**
- **disponibilità parametro k (area GraMAS)**
- **capacità tecnologica sperimentale**
- **capacità tecnologica di sistema (area GraMAS)**



question time

