

CARTOGRAFIA NUMERICA

MONITORAGGIO MORFOLOGICO DEL TERRITORIO FERRARESE

La conoscenza altimetrica della rete idrografica e del territorio ferrarese riferita al livello medio mare di Porto Garibaldi

Alberto Pellegrinelli

*Dipartimento di Ingegneria – Lab. Terra&AcquaTech -
Università di Ferrara*

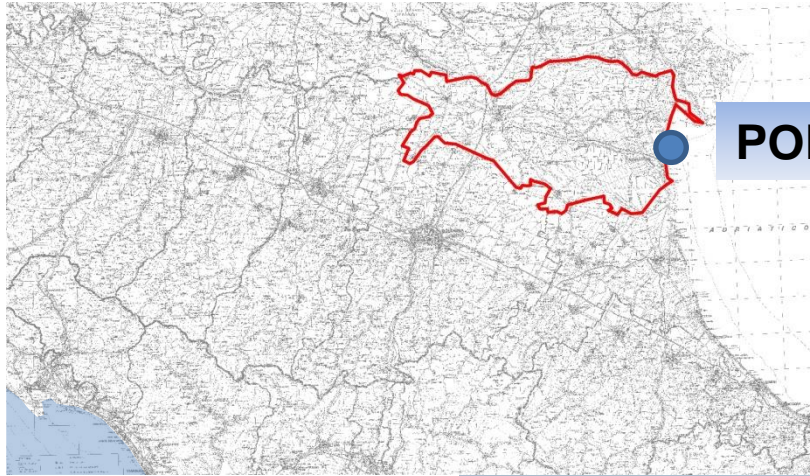
venerdì, 21 febbraio 2020

Le convenzioni ed accordi in atto sul Sistema Informativo Territoriale Locale coinvolgono tecnici qualificati producendo reciproci risparmi ed ottimizzando risorse



Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara e Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara: una collaborazione ormai ventennale

Livello medio mare di Porto Garibaldi: elaborazioni dei dati della Stazione Mareografica Integrata di Porto Garibaldi



PORTO GARIBALDI



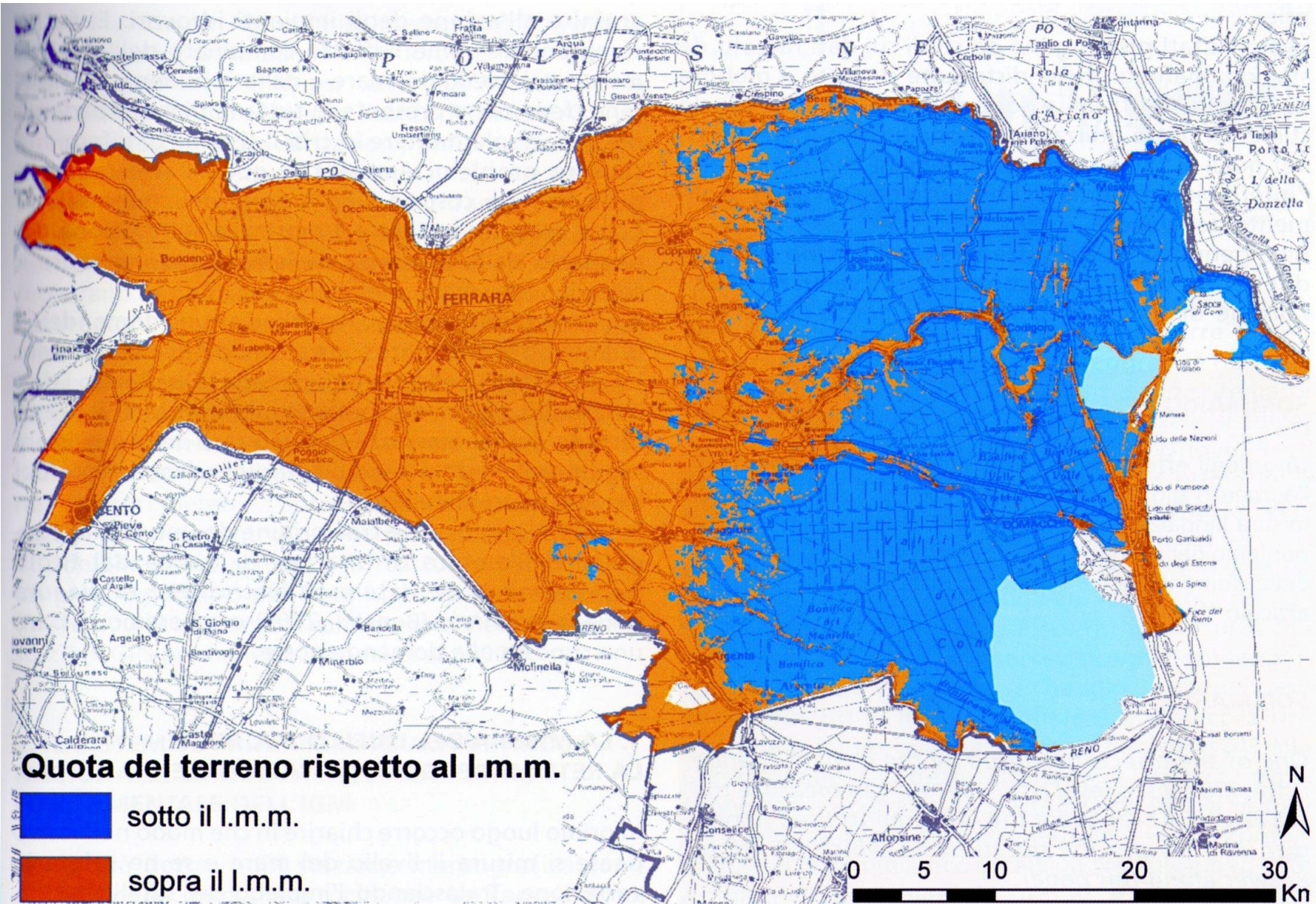
***ARPAE Emilia-Romagna - Struttura Oceanografica Daphne
- Rete Marino Costiera***

Perché una Stazione Mareografica a Porto Garibaldi?

Il territorio delle provincia di Ferrara è caratterizzato da:

- **una Rete Idrografica Principale di circa 200 Km che confluisce in mare (Porto Garibaldi, Volano);**
- **una Rete Secondaria di circa 3300 Km (canali di scolo e canali irrigui);**
- **circa 80 Impianti idrovori/conche;**
- **presenza di fiumi di grande portata (Po, Reno)**

- **40% circa (più di 100.000 ettari) al di sotto del livello medio mare di Genova 1942 (anno centrale del periodo di osservazione del mare 1937-1946 – Mareografo di Genova);**



l.m.m: livello medio mare Genova 1942

inoltre è sempre più evidente che negli ultimi anni si sono verificate mareggiate ed eventi piovosi estremi con frequenza ed intensità sempre maggiori la protezione e previsione degli effetti di questi fenomeni richiede una conoscenza ed un monitoraggio del territorio



giugno 2019 - «Santa Maria Codifiume allagata, basta dare la colpa alle bombe d'acqua ... scolo delle acque degli anni 50»

Mareggiata del 13 novembre 2019 a Goro/Gorino - FE



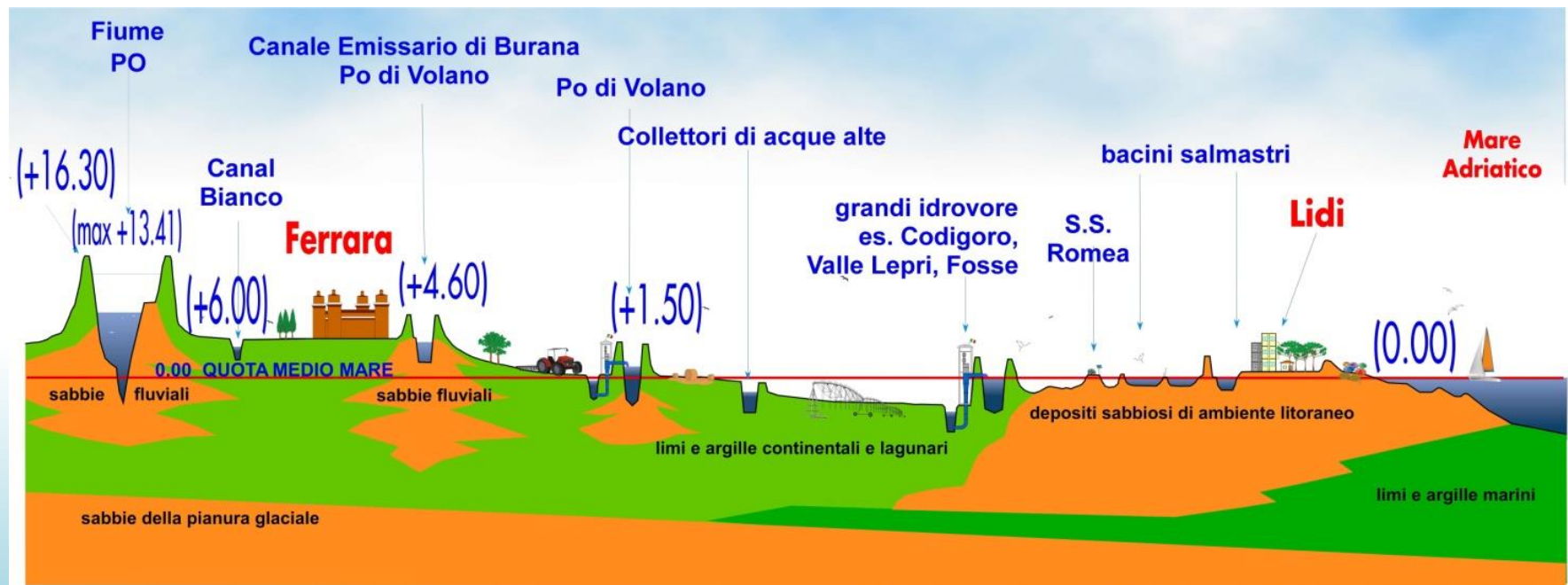
06 settembre 2019: violento nubifragio, Ferrara sott'acqua



**Mareggiata del 5-6 febbraio 2015
Porto Garibaldi - Lido Estensi - FE**

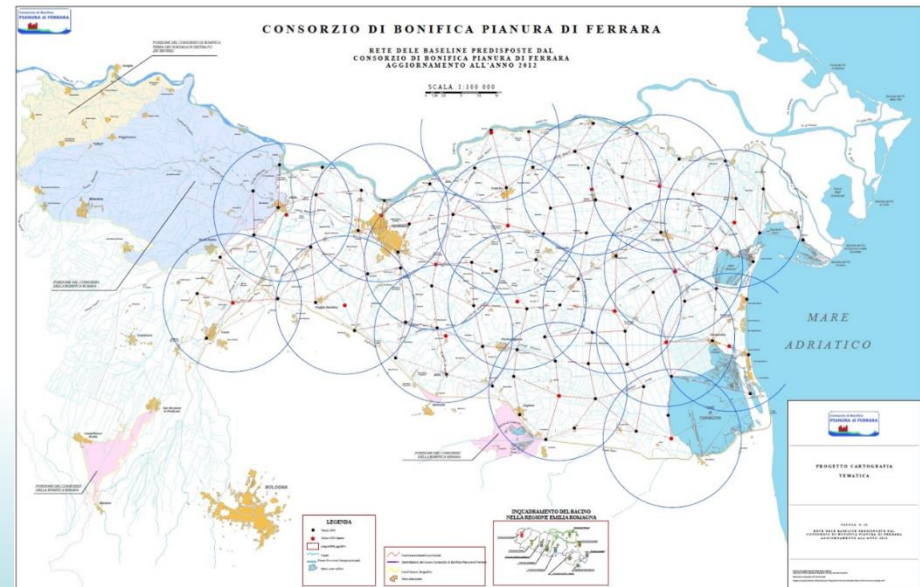
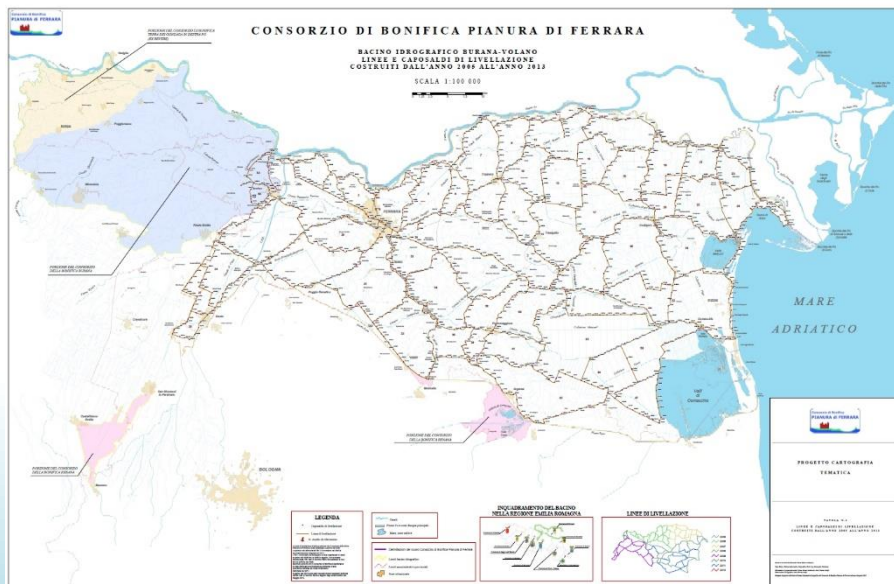
Fondamentale nel territorio ferrarese la conoscenza:

- di informazioni/dati plano-altimetrici soprattutto relativi ai dislivelli del terreno e dei rilevati;
- del livello istantaneo delle acque nella Rete Idrografica;
- del livello istantaneo del mare “locale”;
- del livello medio mare “locale” e della sua variazione (eustatismo) nel tempo.

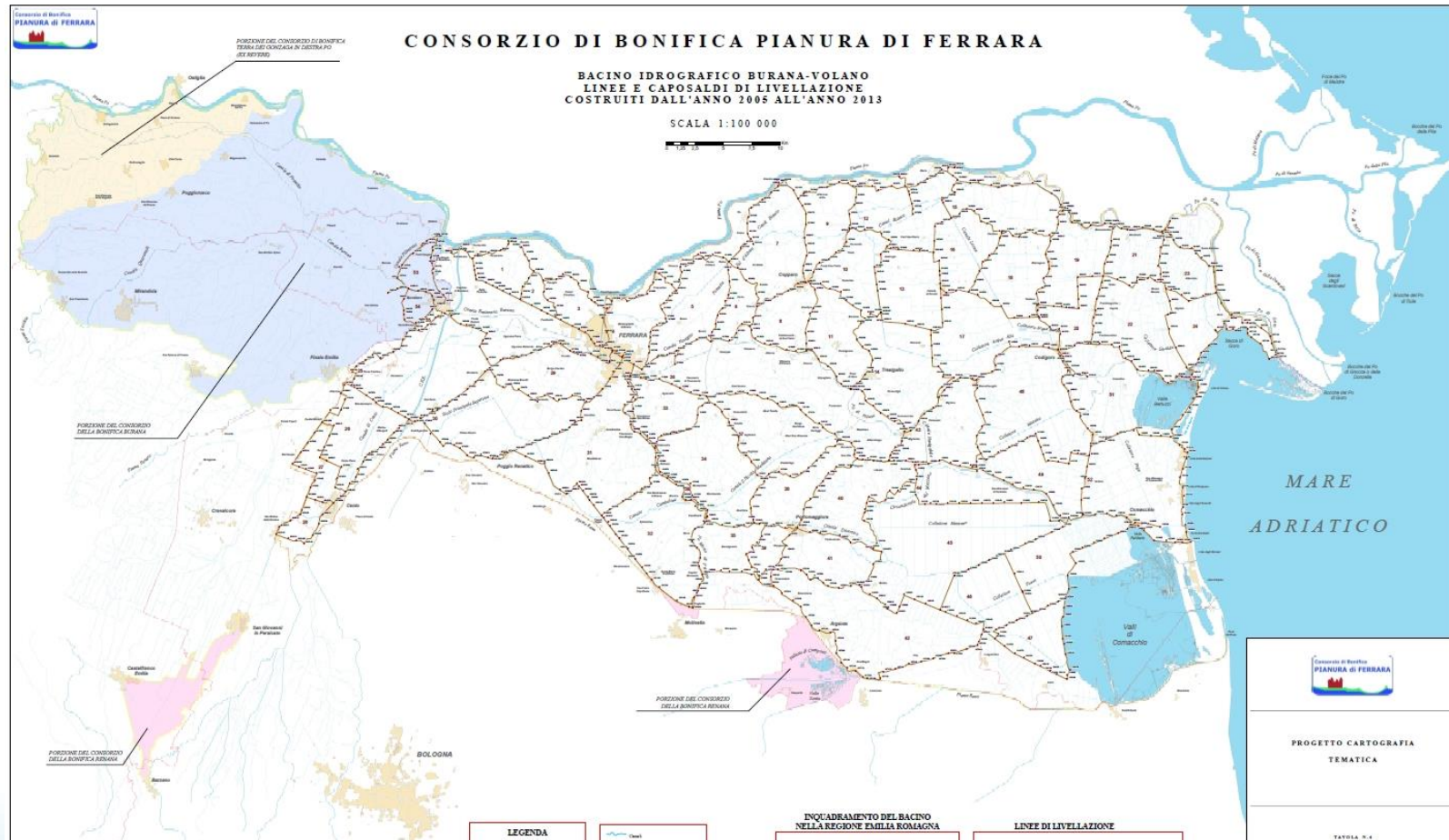


Per soddisfare alle proprie esigenze di gestione e monitoraggio del territorio il Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara ha realizzato due reti topografiche-geodetiche:

- Rete di livellazione geometrica di precisione
- Rete di vertici 3D GNSS



Rete di livellazione geometrica di precisione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara



**circa
1250
caposaldi**

La rete è stata rilevata ed aggiornata più volte a partire dal 2005 fino al 2019. E' organizzata ad anelli, con verifica delle tolleranze sugli errori di chiusura tipici della livellazione di precisione; compensazione ai minimi quadrati

Rete di vertici 3D GNSS del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara – Inquadrata nel sistema ETRS89-ETRF2000(2008)

104 vertici GNSS, 350 baseline, inter-distanza media inferiore a 7 Km, con 18 vertici per master RTK; la quasi totalità dei vertici GNSS sono stati collegati per livellazione o coincidono con i caposaldi di livellazione geometrica



LEGENDA

- Vertice GNSS
- Vertice GNSS Master
- Poligono GNSS
- Canal
- Primo Piano Area Reame principali
- Area area valle
- Linea amministrativa provinciale
- Limitazione del bacino Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
- Linea di confine idrografico
- Area urbanizzata

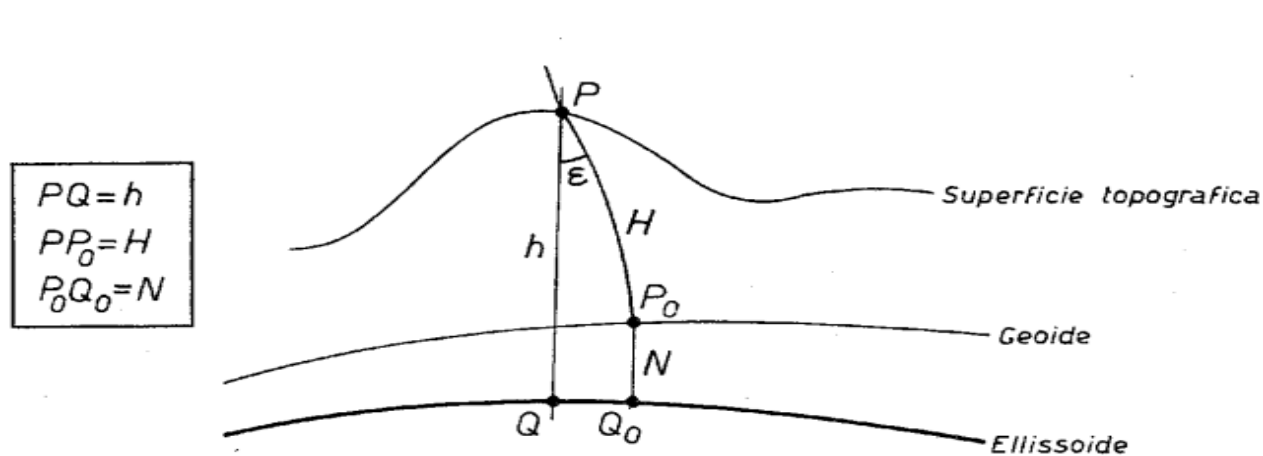
INQUADRAMENTO DEL BACINO NELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROGETTO CARTOGRAFIA TEMATICA

FOGLIO N. 02
RETE DEI PUNTI GNSS PARIQUOTA DAL
CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA
AGGIORNAMENTO ALL'ANNO 2012

.... si parla di quota, ma quale?: ortometrica, geoidica, normale, ellissoidica, geopotenziali ...

Geoide, ellissoide, H, h



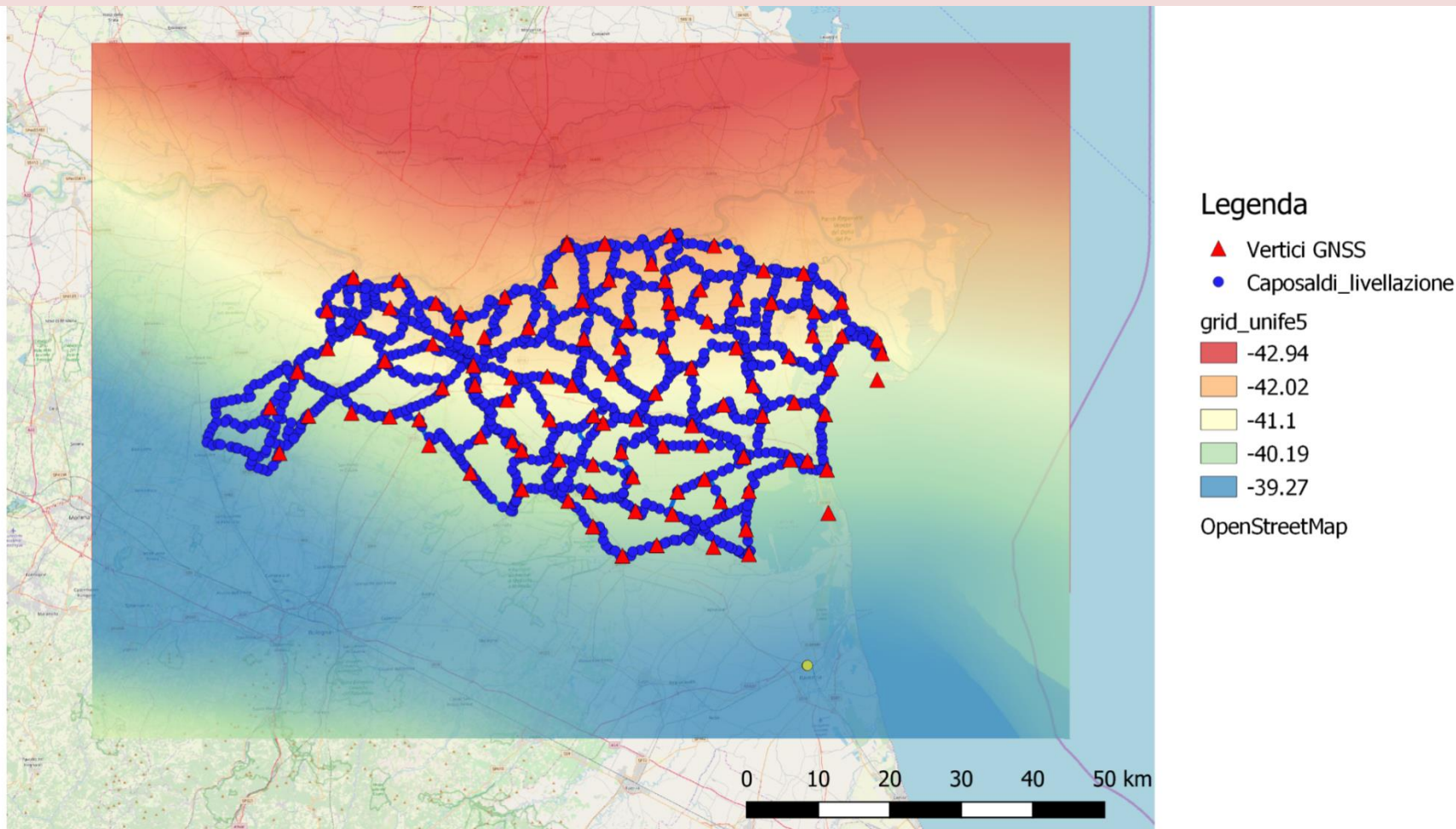
$$H = h - N$$

La quota ortometrica o geoidica **H**: lunghezza della linea della verticale da un punto P al GEOIDE; ha un significato **FISICO (gravimetrico)**

La quota ellissoidica **h**: altezza misurata lungo la normale ellissoidica da P all'ELLISSOIDE. Ha un significato puramente **GEOMETRICO**

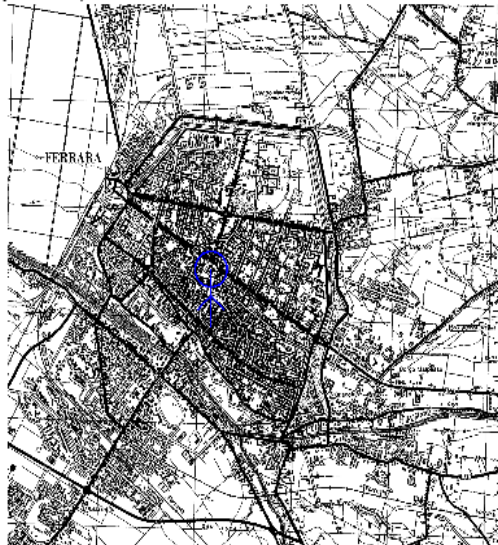
N = ondulazione geoido-ellissoide; modello di ondulazione: globale, nazionale, locale (ITALGEO2005, EGM2008, ITG2009)

.... oppure un modello di ondulazione locale UNIFE05 (in fase di realizzazione UNIFE06) ottenuto per interpolazione dai dati di ondulazione N ricavati dalle Reti del Consorzio di Bonifica



Questo modello consente di passare con facilità e con elevata precisione locale dalle quote ellissoidiche (GNSS) alle quote geoidiche (l.m.m.)

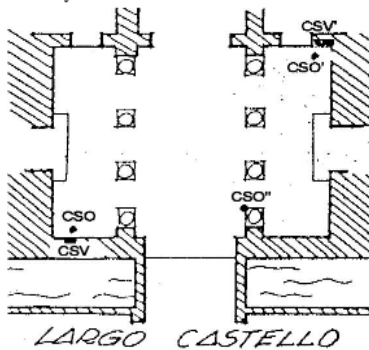
Regione Emilia-Romagna			
Rete Regionale di Controllo della Subsidenza - Archivio Capisaldi di Livellazione			
Caposaldo 000310		Dist. progr. (Km):	
Istituito da: IGMI	anno: 1943 Denom. originaria: NODALE 27		
Località: FERRARA	Comune: FERRARA		(FE)
Coordinate UTM-ED50 (32) Est: 707122 Nord: 4968518 Derivazione: Monografia originale			
Ubicazione: CASTELLO ESTENSE, CORTILE SU LARGO CASTELLO			
Tipologia: Chiusino in ghisa Da istituire <input type="checkbox"/> da ripristinare <input type="checkbox"/> Scomparso <input type="checkbox"/> nell'anno 0			
Stato di Conservazione: Buono		Data ultimo soprall.: 11/2009	Operatore: Bonsignore
Note			
Quota 09/1999	9,8337m s.l.m.	Quota 07/2005	9,8158m s.l.m.
Planimetria (da cartografia 1:50000)		Foglio 185	



Descrizione: NELL'ANGOLO A SINISTRA ENTRANDO NEL CORTILE DA LARGO CASTELLO

Elaborato fuori scala

Fotografia



Inquadramento altimetrico

Rete di Monitoraggio della subsidenza dell'ARPA E-R

Quota ARPA 2005
9.8158 m

Assunta come quota di inquadramento per l'intera rete altimetrica del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara

“Incongruenza” con dato IGM stesso caposaldo, stesso anno

ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE
RETE ALTIMETRICA DI ALTA PRECISIONE
(2004) GeoTools Manager - 1.2

Nazione: ITALIA
Regione: EMILIA ROMAGNA
Provincia: FERRARA
Comune: FERRARA

Serie 100: 076 Ferrara Sud
Serie 25/V: 076 IVSE Ferrara Nord
Serie 50: 185 Ferrara
Serie 25: 185 sez II Ferrara

Progressiva chilometrica:
Quotato: Il caposaldo è stato quotato nell'anno 2006
Ricognito: L'ultima ricognizione effettuata sul caposaldo risale all'anno 2006

in cemento, protetto da lastra
a sinistra entrando nel cortile da Largo

ria in cemento protetto da una lastra
a sinistra entrando nel cortile da Largo

a parete in corrispondenza del CSO.

AI NOD. 27S

CSO CSO' CSV

Largo Castello

ANNOTAZIONI

- SGQ943 12,9533 | RIQ973 12,7255 | RIQ986 12,6129 | RIQ990 12,5720 | RIQ006
- (CSO) SGQ943 C 10,2534 | RIQ973 C 10,0251 | RIQ986 C 9,9120 | RIQ990 C 9,8714 | RIQ006
- (CSO) B del CSO - SGQ943 B 10,0025 | RIQ973 B 9,7743 | RIQ990 B 9,6205 | RIQ006

Coordinate Geografiche
WGS84 **Roma40**
φ: 44°50'19,4" φ: 44°50'17,0"
λ: 11°37'08,5" λ: -00°49'59,0"

GEOGRAFICO MILITARE - Servizio Geodetico - via di Novoli, 93 - 50127 FIRENZE - ☎ 055 417905
055 2732442

Quota 2005

**+ 0.1003 m
rispetto
ARPA 2005**

Proprietà IGM – vietata la copia

perché questa differenza?

Le cause possono essere molteplici:

- errori di misura e di calcolo non individuati nella prima Rete IGM che hanno portato alla quota 1949 di Sasso Marconi (da cui derivano tutte le quote ARPA)
- subsidenza differenziata del territorio combinata con ..;
- ... movimenti geodinamici relativi (innalzamento Appennino);
-

Queste differenze possono generare «confusione», inoltre si tratta comunque di quote del 2005, a loro volta riferite al livello medio mare di Genova 1942 !!

Proposta/Progetto:

definire ed inquadrare le reti anche rispetto ad un riferimento altimetrico LOCALE, aggiornato e monitorato nel tempo

**per il calcolo del livello medio mare locale si
può utilizzare la SMI di Porto Garibaldi**

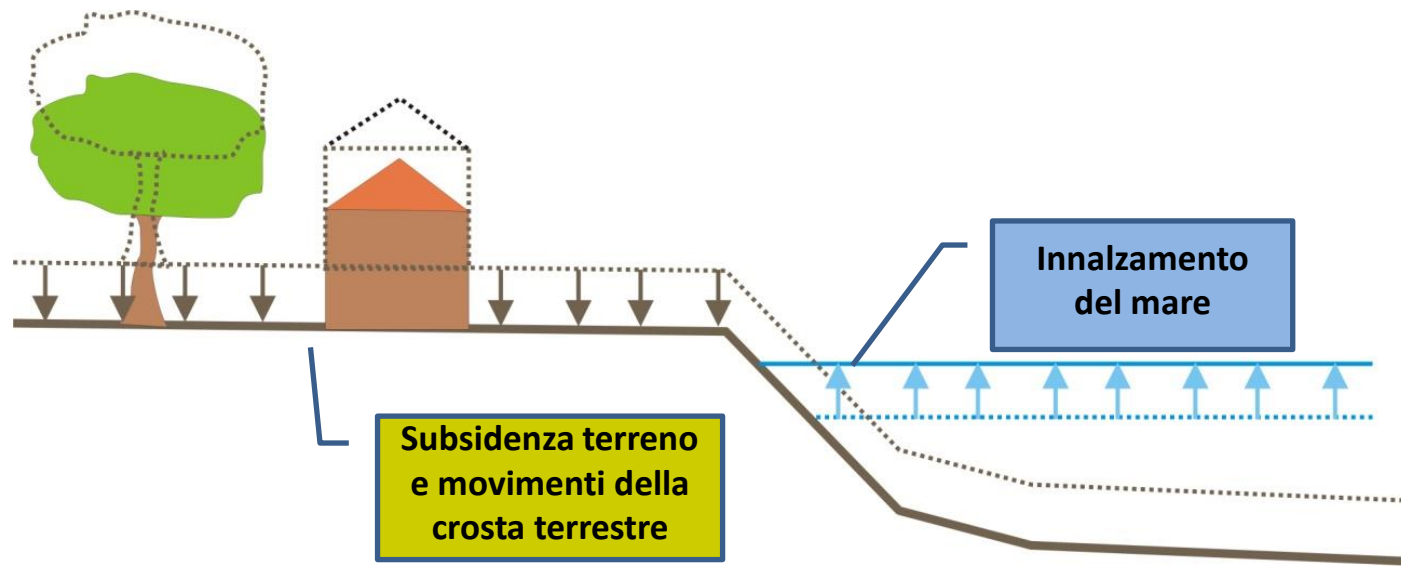
**Stazione
Mareografica
Integrata di
Porto
Garibaldi**

**Operativa da
luglio 2009**



***ARPAE Emilia-Romagna - Struttura Oceanografica Daphne
- Rete Marino Costiera***

Perché una Stazione Mareografica Integrata?



Il mareografo da solo NON basta. Per conoscere il valore dell'eustatismo occorre separare l'innalzamento del livello del mare dai movimenti verticali della costa e delle Stazioni stesse, operazione oggi possibile con le stazioni GPS/GNSS permanenti inquadrare in Reti Geodetiche Nazionali ed Internazionali e co-locate con il mareografo

Lo "strumento" di misura è quindi costituito da:

**Mareografo + Stazione Permanente GPS/GNSS:
Stazione Mareografica Integrata**

GLI STRUMENTI all'interno della Stazione Mareografica Integrata

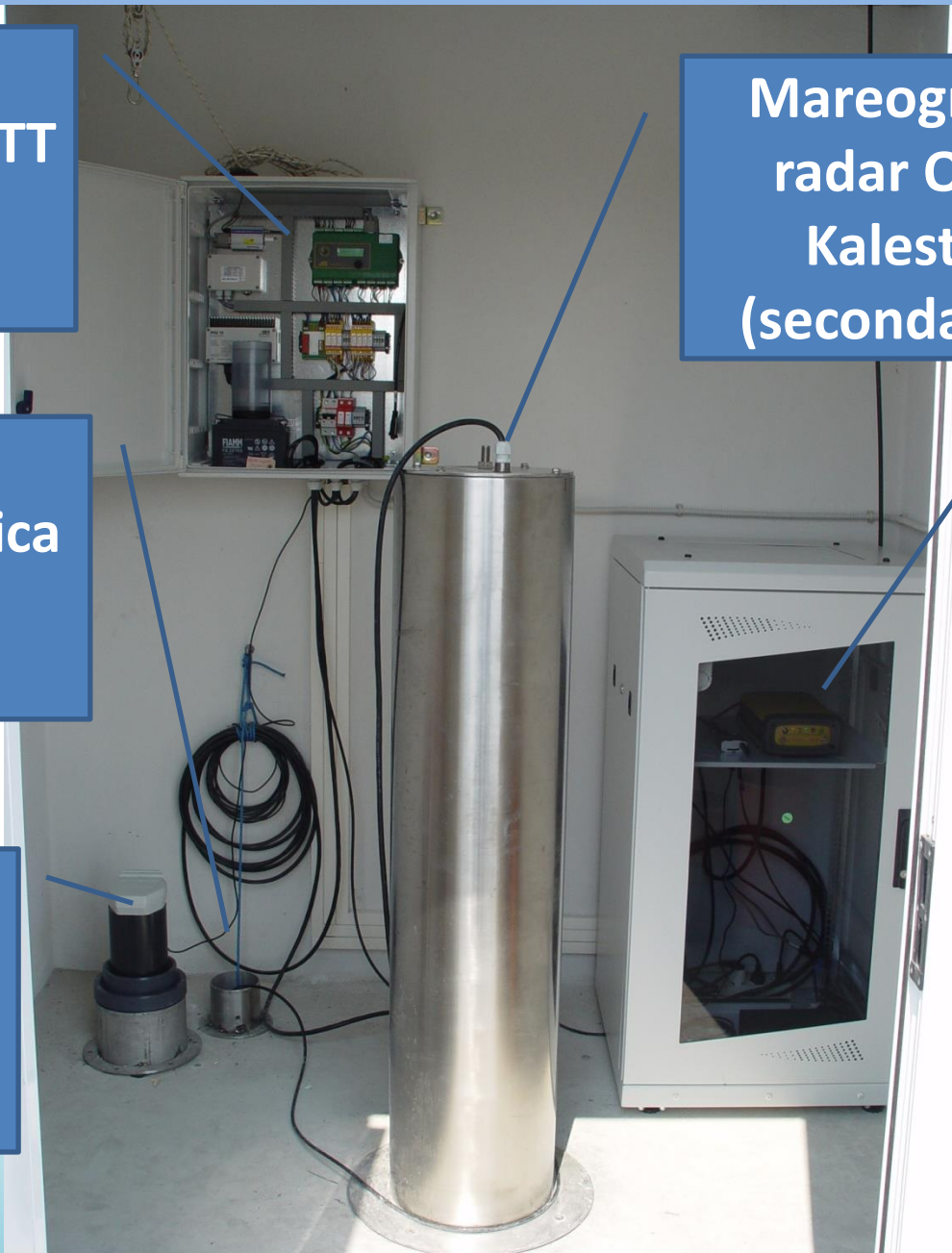
Datalogger OTT
Logosens2

Mareografo
radar OTT
Kalesto
(secondario)

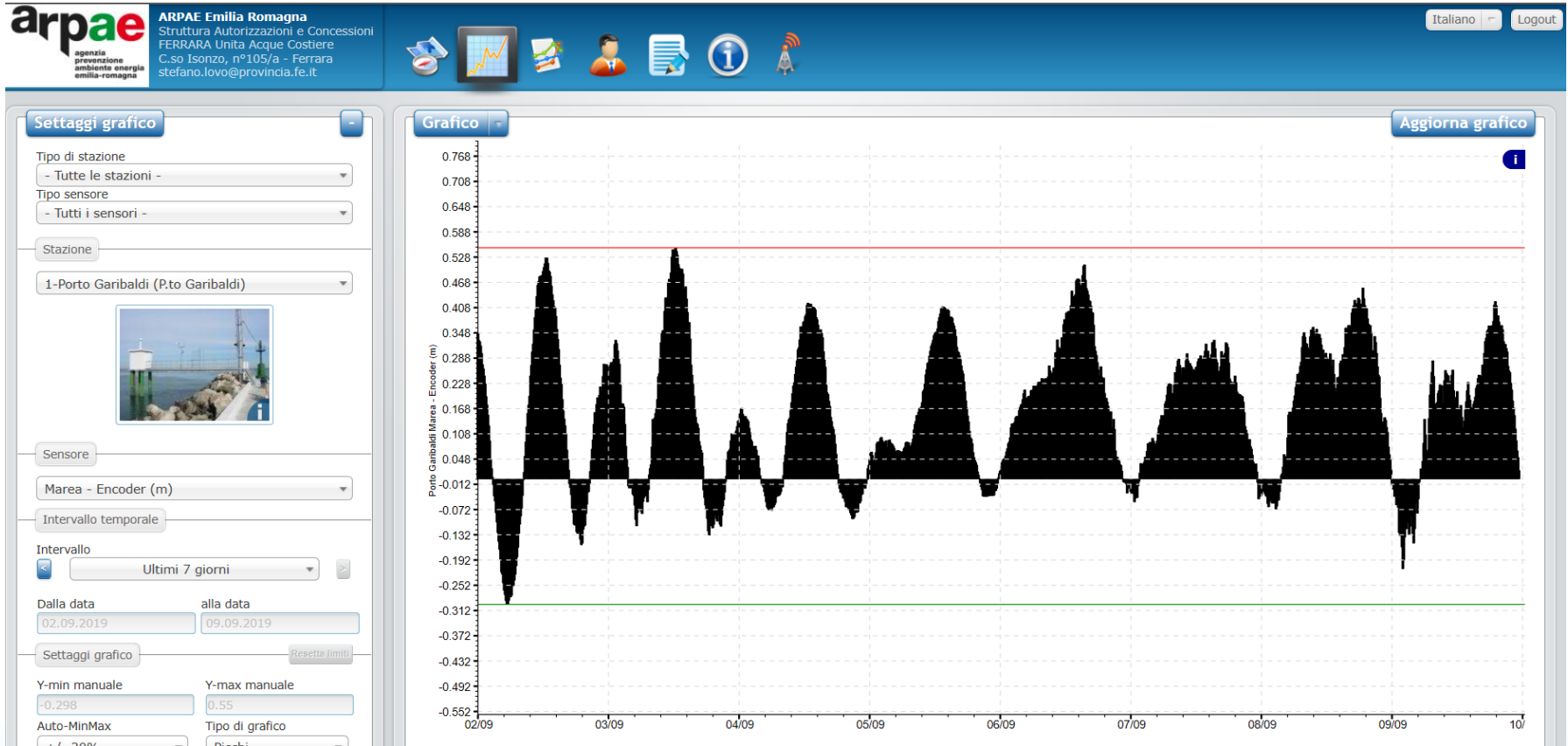
Sonda
Multiparametrica
Hydrolab
Datasonde 5

GNSS + router
UMTS

Mareografo a
galleggiante
OTT SE200
(primario)



GARI: consultazione dati WEB



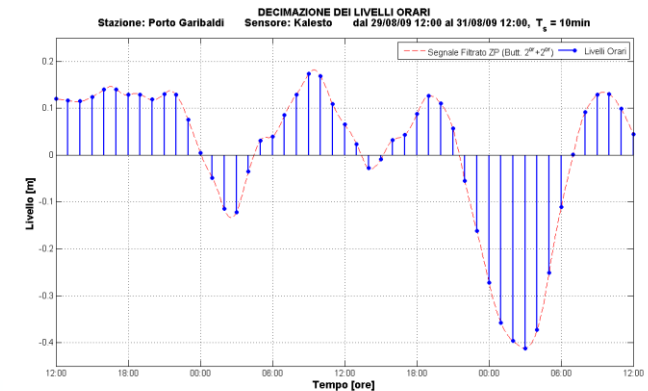
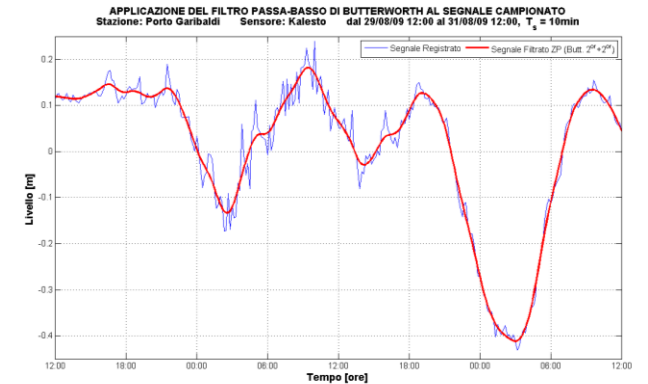
Procedura di elaborazione dati di livello

FILTRAGGIO DEI LIVELLI OSSERVATI
(filtro passa-basso di Butterworth)

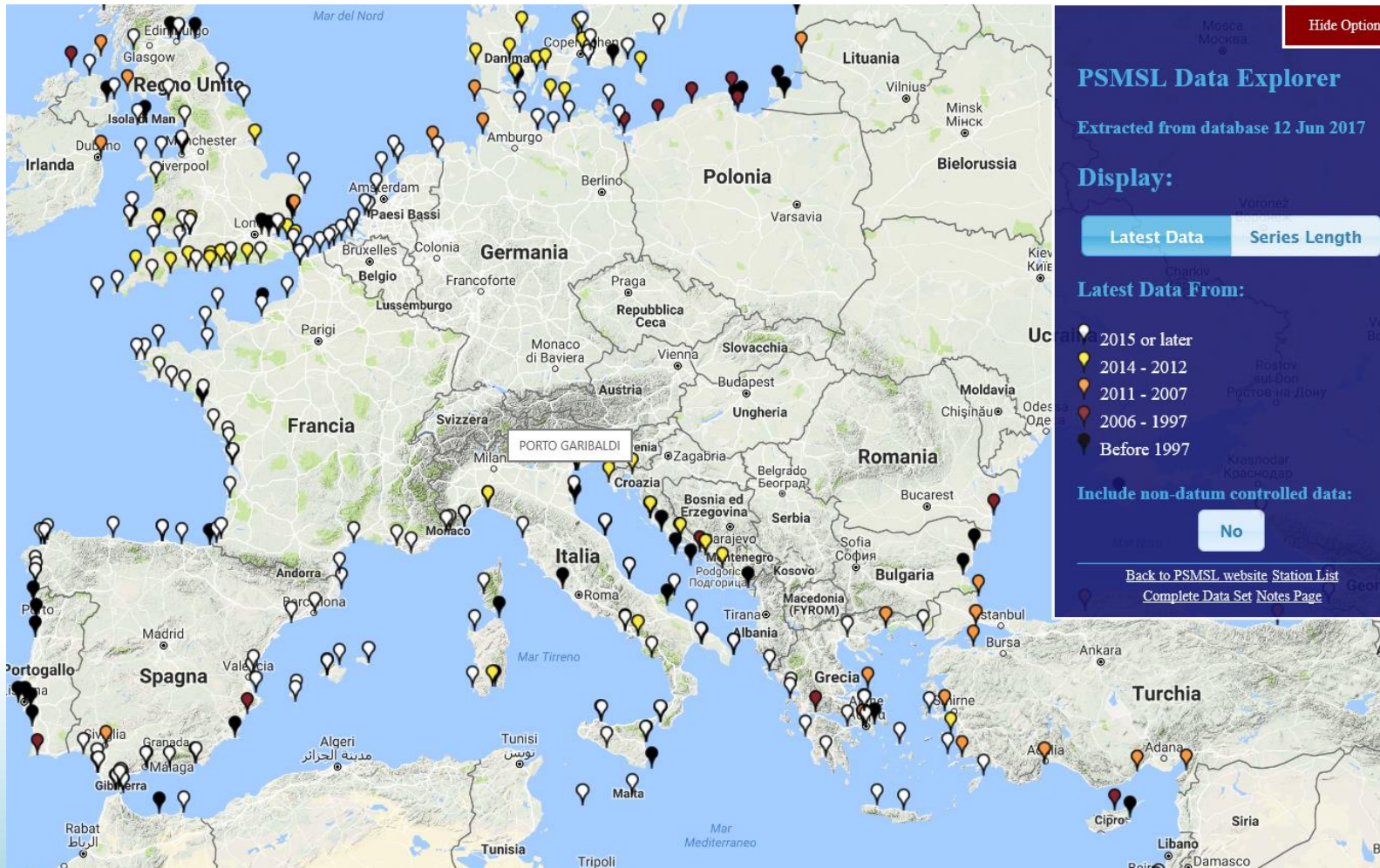
**DECIMAZIONE DEI LIVELLI
ORARI**

**CALCOLO DEI LIVELLI MEDI
GIORNALIERI**
(applicazione del filtro di Doodson)

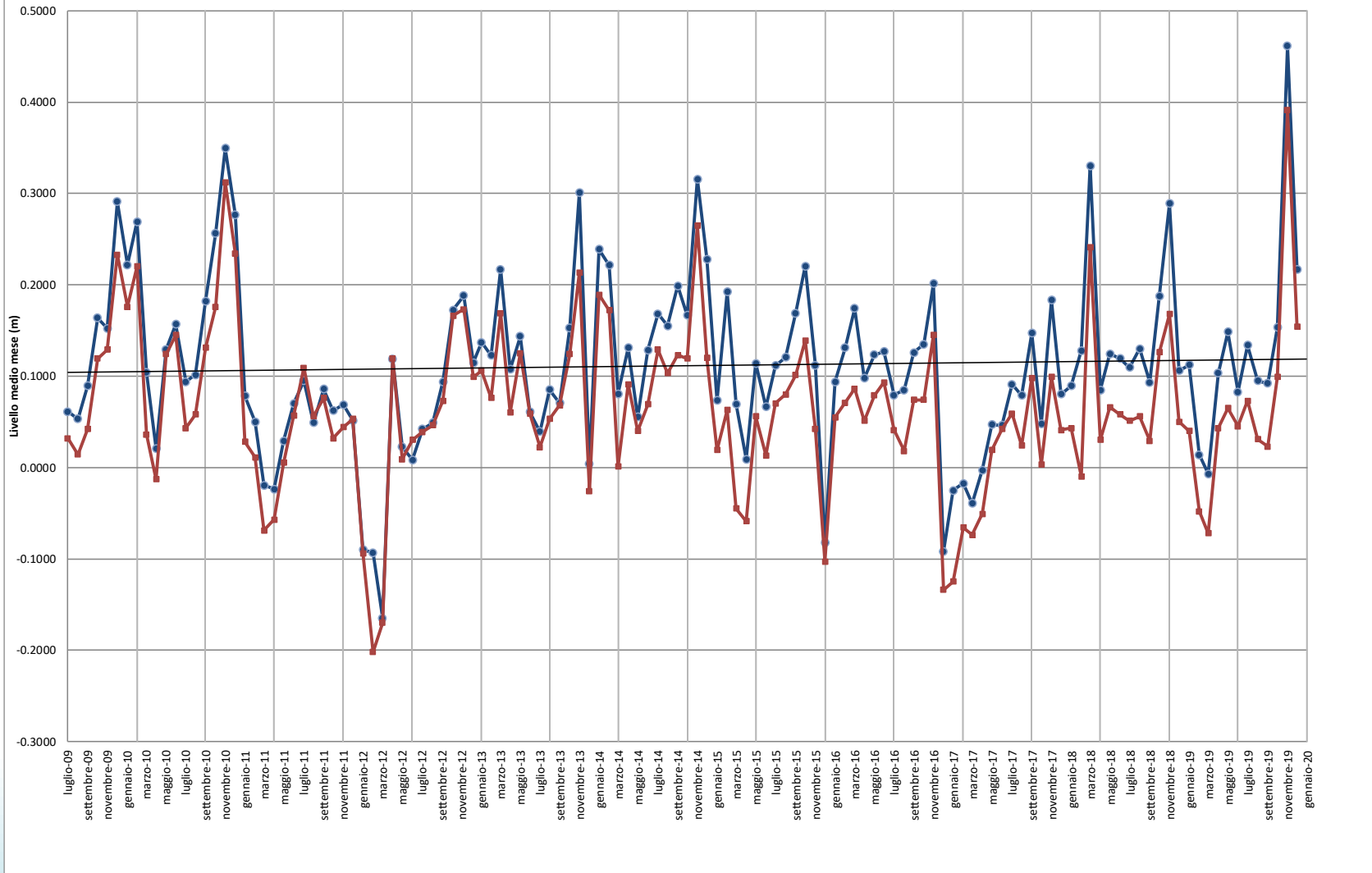
**CALCOLO DEI LIVELLI
MEDI MENSILI
ed ANNUALI**



La procedura è stata riconosciuta dalla PSML
Permanent Service for Mean Sea Level di cui
GARI fa parte, i dati vengono inviati annualmente



Andamento I.m.m. mensile Porto Garibaldi (blu) e Trieste-CNR (rosso) dal lug 2009 a dic. 2019



I.m.m. a Porto Garibaldi dal lug. 2009 a dic. 2019: **+ 0.112 m**
rispetto a I.m.m. Genova 1942

e per il GNSS?



Ricevitore GNSS

(GPS+Glonass")

Mod. TOPCON NET-G3

72 canali, doppia frequenza

Antenna choke-ring + radome

Modello CR-G3

Invio dati tramite router UMTS

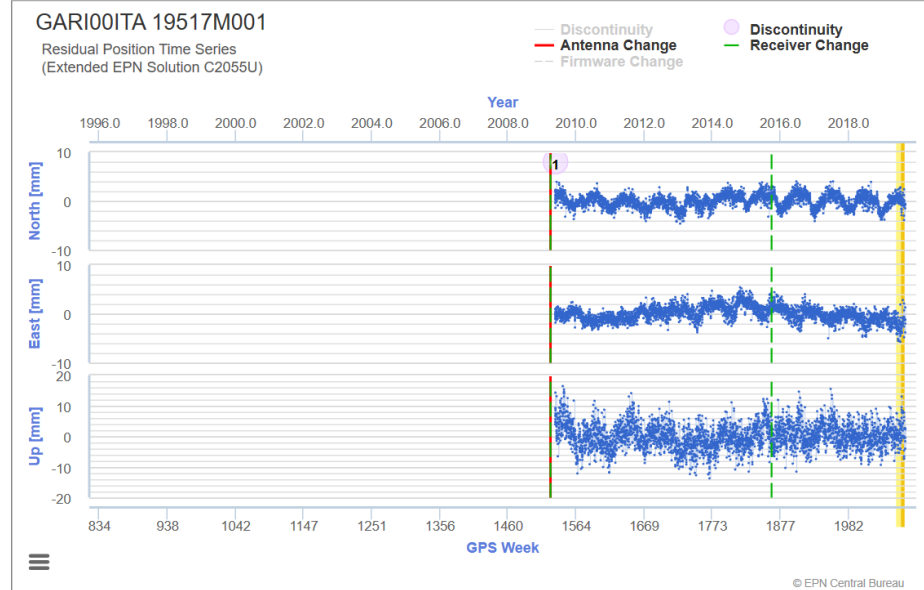
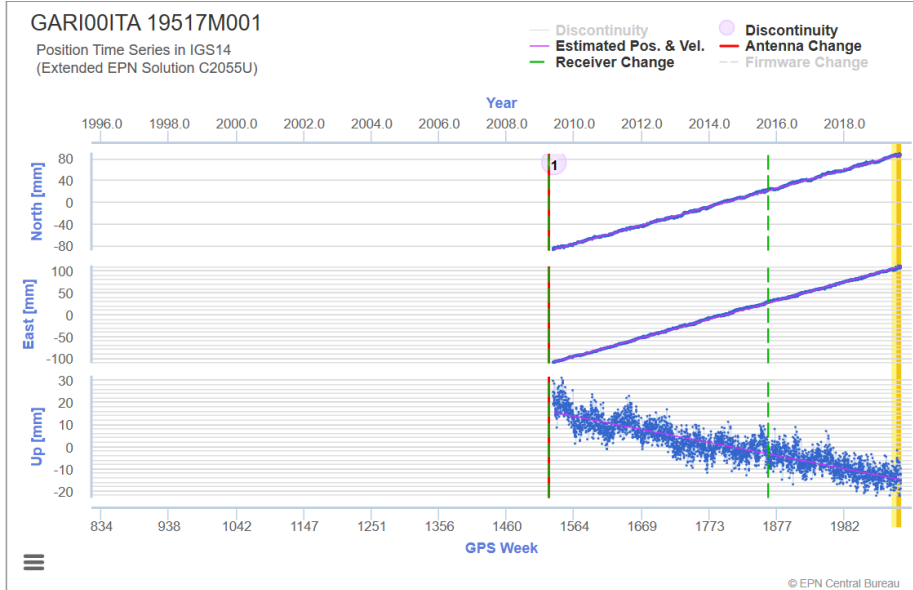


Dal 10/11/09 la stazione GNSS appartiene alla rete EPN EUREF, site name GARI

I dati vengono elaborati da 5 diversi centri di calcolo oltre che localmente per mezzo di una procedura che controlla giornalmente le coordinate della stazione



Serie temporali delle componenti Nord, Est, Up in ITRS (IGS14) ed in ETRS89 (ETRF2008 o ETRF2014)



Frame	V_{North} [mm/yr]	V_{East} [mm/yr]	V_{Up} [mm/yr]
IGS14	17.0 ± 0.01	21.4 ± 0.01	-3.0 ± 0.02

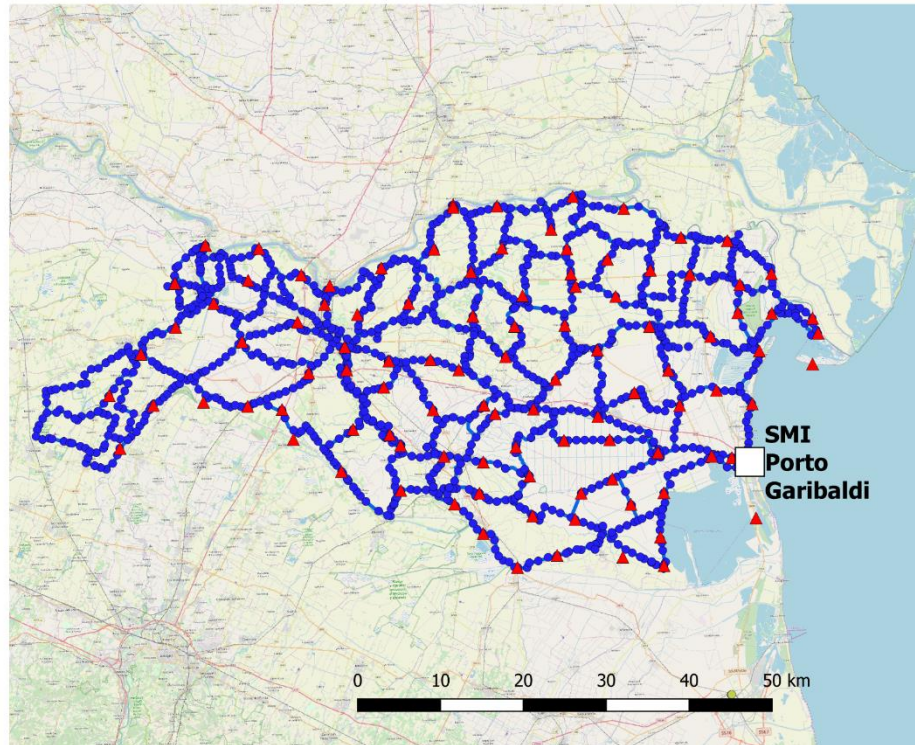
Frame	V_{North} [mm/yr]	V_{East} [mm/yr]	V_{Up} [mm/yr]
ETRF2014	1.5 ± 0.01	0.2 ± 0.01	-3.0 ± 0.02

In conclusione:

I.m.m. a Porto Garibaldi dal lug. 2009 a dic. 2019 depurato della subsidenza della stazione (dai dati GNSS):

+ 0.096 m rispetto a I.m.m. Genova 1942

potrebbe già essere un primo livello medio mare locale Porto Garibaldi 2015.0 da fissare come «zero locale» e da cui ri-quotare le Reti del Consorzio



Legenda

- ▲ Vertici GNSS
 - Caposaldi livellazione
- grid_unife5
- 42.94
 - 42.02
 - 41.1
 - 40.19
 - 39.27
- OpenStreetMap

A livello regionale: Progetto GIN (Geodetic Integrated Network)

Nel 2018 un gruppo di lavoro ARPAE, UniBo, UniFe, ha proposto alla Regione Emilia-Romagna la realizzazione di un progetto di rete integrata (GIN) con l'obiettivo di:

- **determinare il livello medio mare locale (potenziando la rete mareografica in Emilia Romagna);**
- **migliorare la conoscenza della quota dell'area costiera;**
- **collegare ed uniformare il datum altimetrico delle infrastrutture geodetiche**
- **migliorare la conoscenza della quota degli argini fluviali di pianura e dei livelli idrici dei corsi d'acqua.**

Gruppo di lavoro:
Nunzio De Nigris, Michele Di Lorenzo, Maurizio Morelli, Andrea Valentini, (ARPAE); Stefano Gandolfi (UNIBO); Alberto Pellegrinelli (UNIFE)



GRAZIE PER L'ATTENZIONE,

Ing. Alberto Pellegrinelli

**Dipartimento di Ingegneria – Laboratorio Terra&Acqua Tech -
Università di Ferrara**

Telefono: 0532 974859

E-mail: alberto.pellegrinelli@unife.it