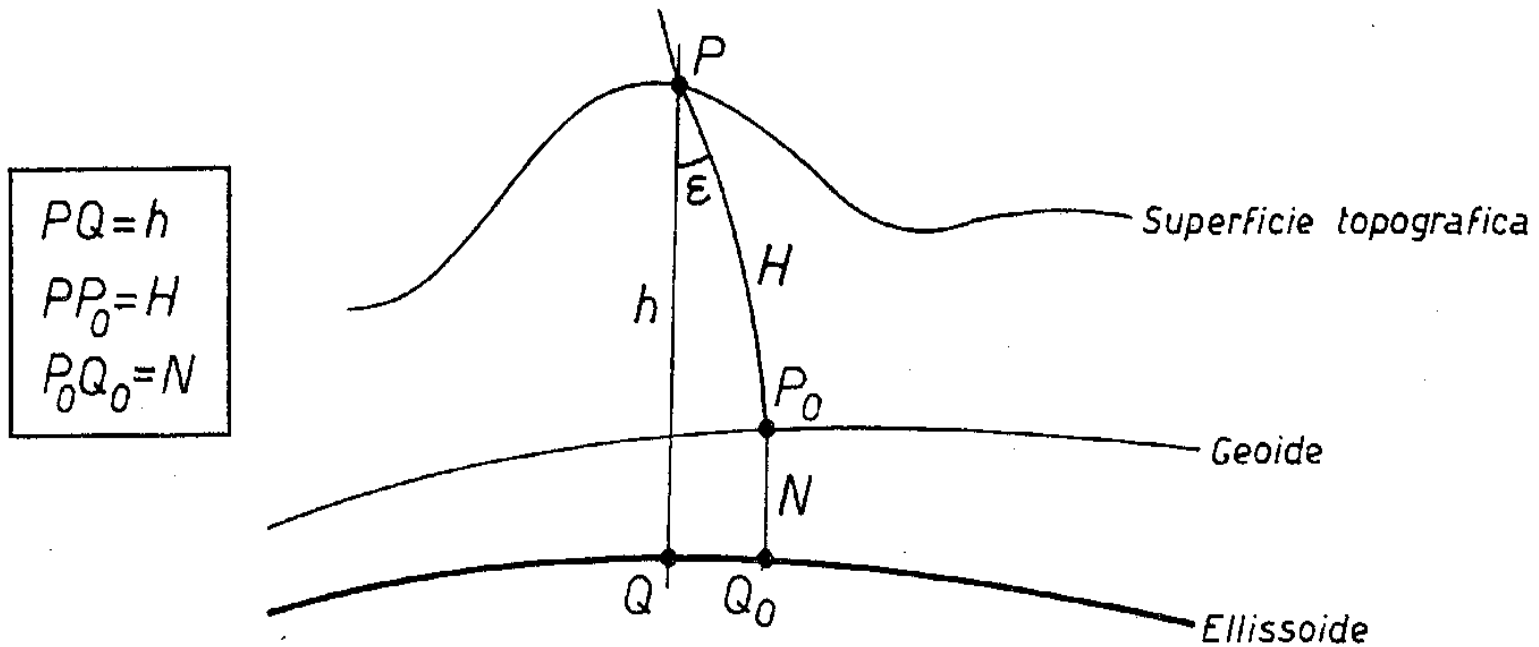


# **Metodologie di utilizzo dei servizi RTK e il problema della quota**

R. BARZAGHI, *DIAR, Politecnico, Milano*

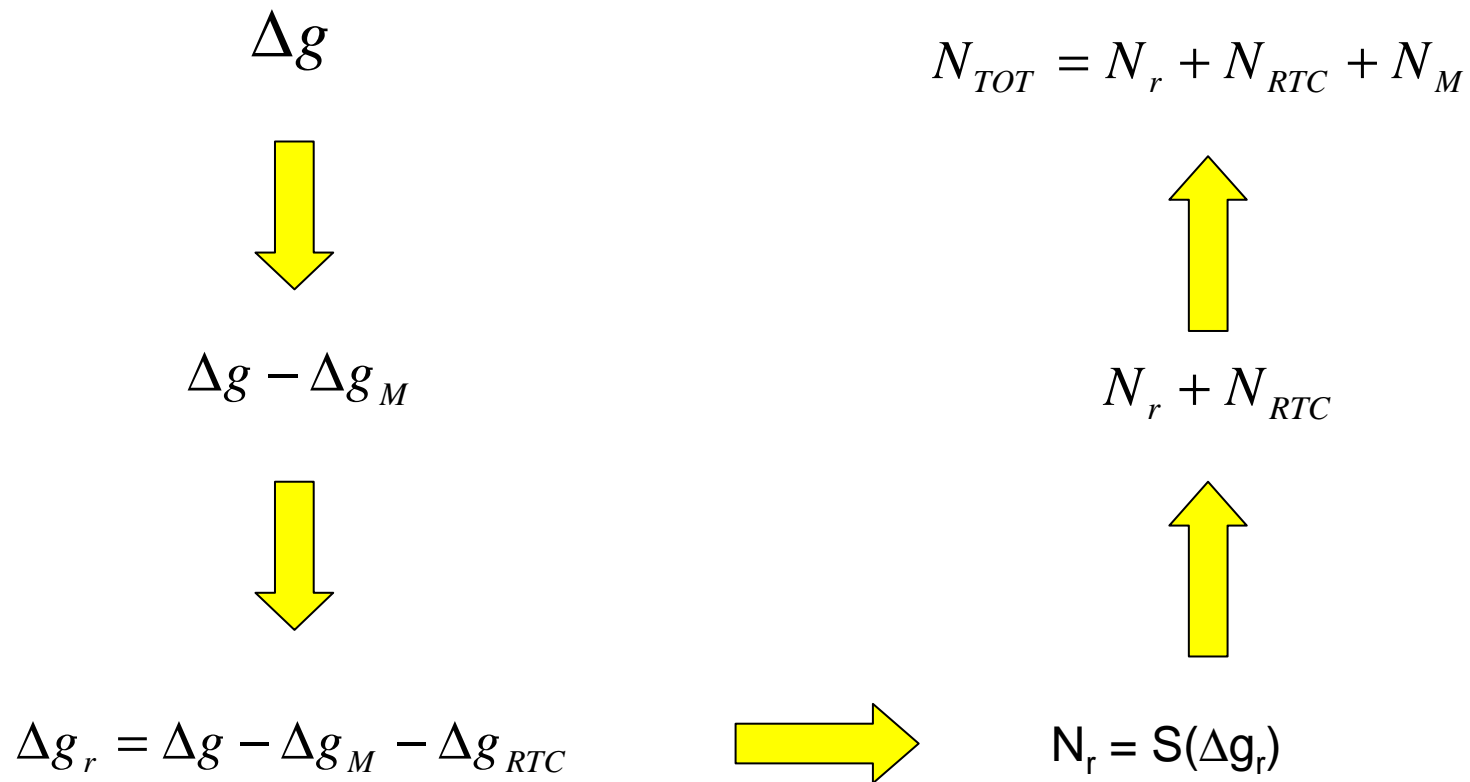
# Geoide, ellissoide, H, h



$$H \sim h - N$$

# La metodologia di stima del geoida gravimetrico

La tecnica "remove-solve-restore"



# La verifica della precisione ottenuta

La precisione della stima del geode viene di solito ricavata per confronto con  $N_{GPS/lev} = h-H$  dopo aver stimato e rimosso l'effetto legato ai differenti sistemi di riferimento

$$\begin{aligned} N_{grav} &= N_{GPS/lev} + \Delta N(\theta, \lambda) = \\ &= N_{GPS/lev} + dx \sin \theta \cos \lambda + dy \sin \theta \sin \lambda + dz \cos \theta \end{aligned}$$

$$\theta = 90^\circ - \phi$$

# Le più recenti stime del geoidi in Italia

## ITALGEO2005:

- geoidi basato su **SOLI** dati gravimetrici
- tecnica di stima “remove-solve-restore”
- FastCollocation per la stima della componente  $N_r$

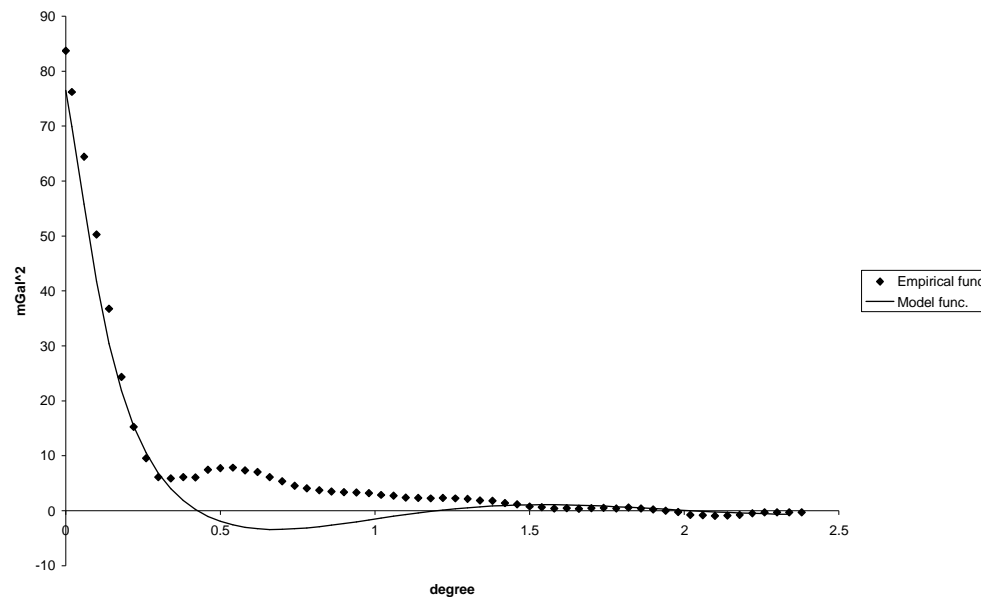
## Geoidi integrato :

- geoidi basato su dati gravimetrici e dati GPS/livellazione  $N_{\text{GPS/lev}} = h-H$
- tecnica di stima “remove-solve-restore”
- formula di collocazione a finestre per la stima della componente  $N_r$

# La stima ITALGEO2005

- l'effetto topografico è stimato usando il DTM SRTM 100 m x 100 m
- GPM98CR è il modello globale utilizzato per rappresentare la componente a bassa frequenza del geopotenziale
- si applica la formula collocazione (nella versione FastCollocation) per la stima della componente  $N_r$

$$\hat{N}_r = \sum C_{N\Delta g} \left[ C_{\Delta g\Delta g} + \sigma_n^2 I \right]^{-1} \Delta g_r$$



# Le statistiche delle fasi “remove” & “restore”

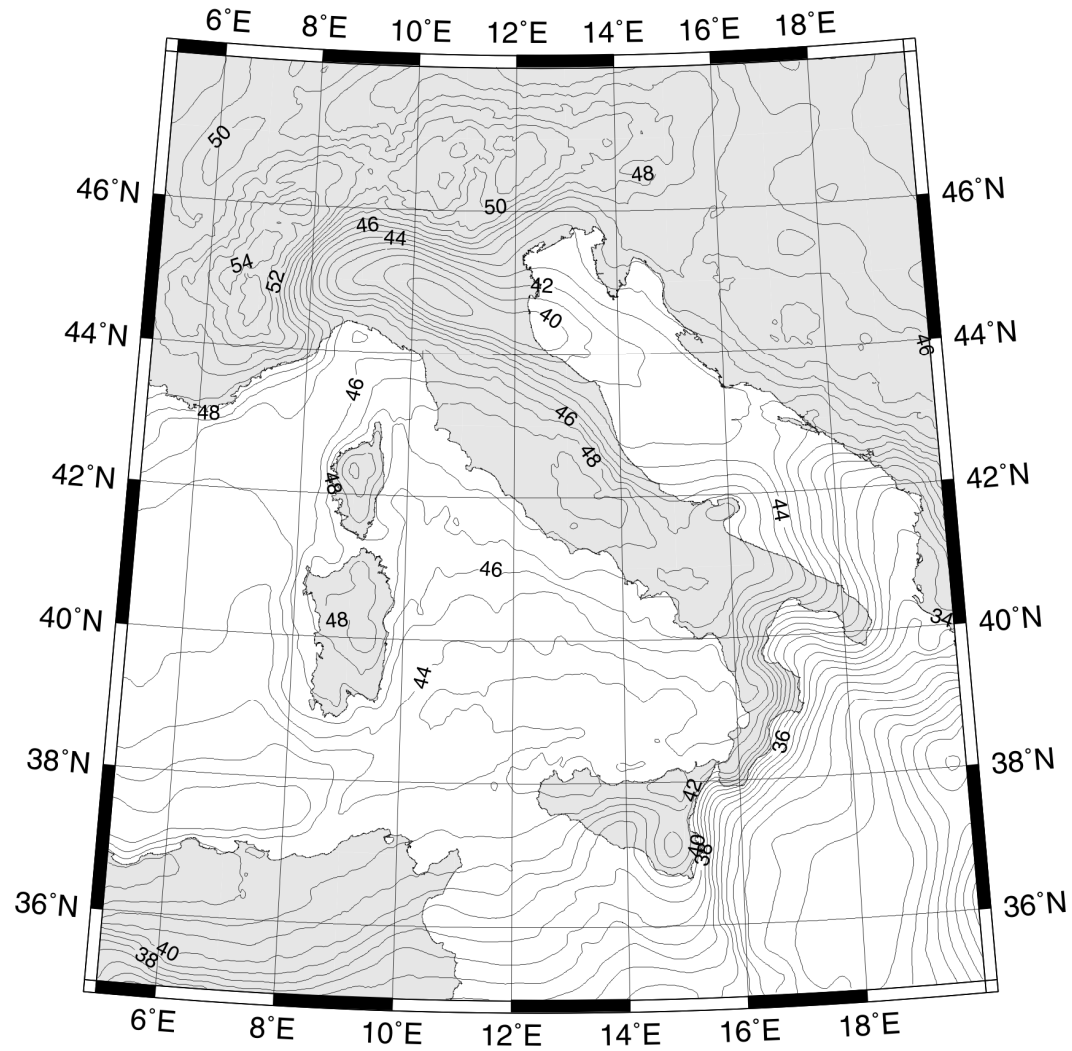
	$\Delta g_0$	$\Delta g_0 - \Delta g_M$	$\Delta g_r$	$\Delta g_r^G$
#	310660	310660	310660	176341
E (mgal)	11.52	-6.58	-1.14	0.73
$\sigma$ (mgal)	63.934	23.99	10.69	9.14
Min(mgal)	-162.55	-228.65	-274.55	-84.356
Max(mgal)	269.71	168.01	106.64	105.63

“remove”

	$N_r$	$N_r + N_M$	$N = N_r + N_M + N_{RTC}$
#	176341	176341	176341
E(m)	0.21	43.88	43.90
$\sigma$ (m)	0.39	5.93	5.96
Min(m)	-0.72	20.85	20.83
Max(m)	1.67	55.16	55.51

“restore”

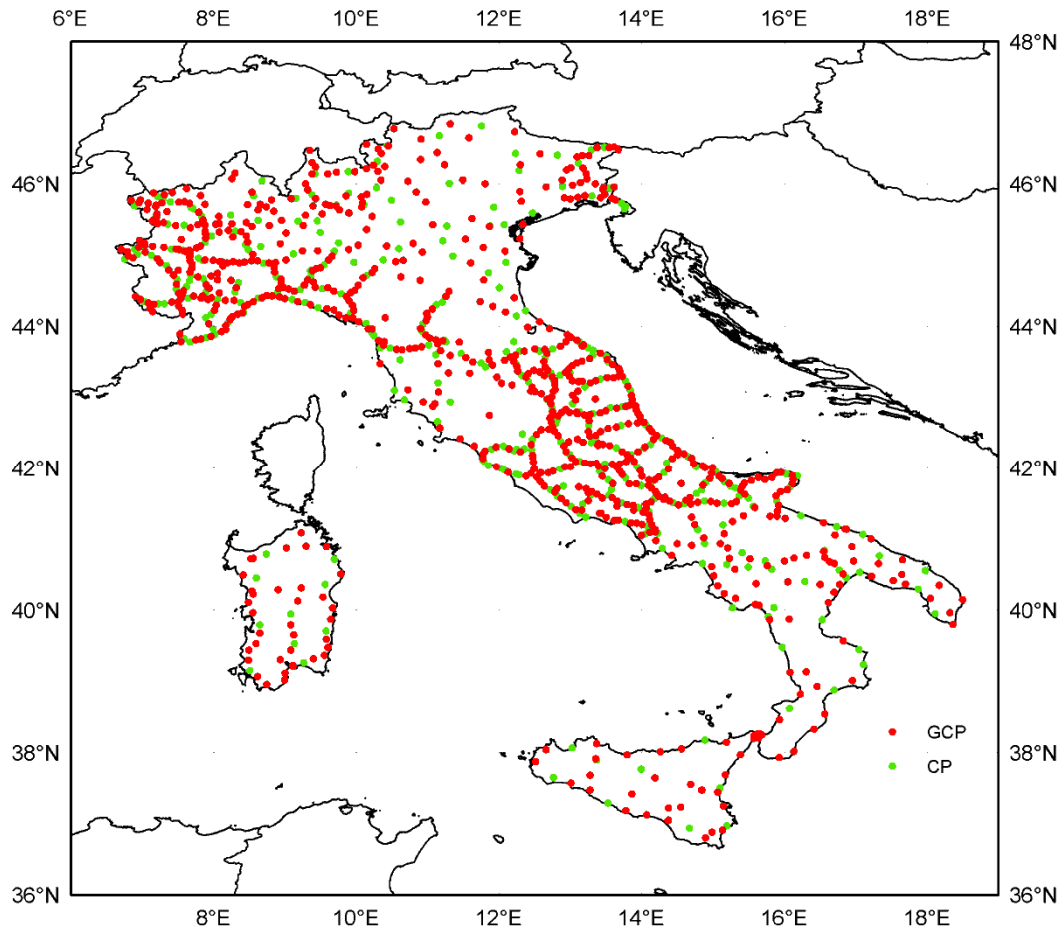
# Il geoido gravimetrico italiano ITALGEO2005 (e=1 m)



## La stima del geoida integrato (2007)

- i dati di gravità e di ondulazione  $N_{\text{GPS/lev}} = h-H$  sono usati congiuntamente
- GPM98CR è il modello globale utilizzato per rappresentare la componente a bassa frequenza del geopotenziale
- l'effetto topografico è stimato usando il DTM SRTM 100mx100m
- si usa la formula di collocazione per la stima della componente  $N_r$
- la formula di collocazione viene usata con dati selezionati entro una zona avente raggio di  $3^\circ$

# La suddivisione dei punti doppi GPS/lev in Data Point (DP) e Control Point (CP)



**Punti rossi: DP (n=768)**

**Punti verdi: CP (n=300)**

## La formula di collocazione per la stima della componente $N_r$

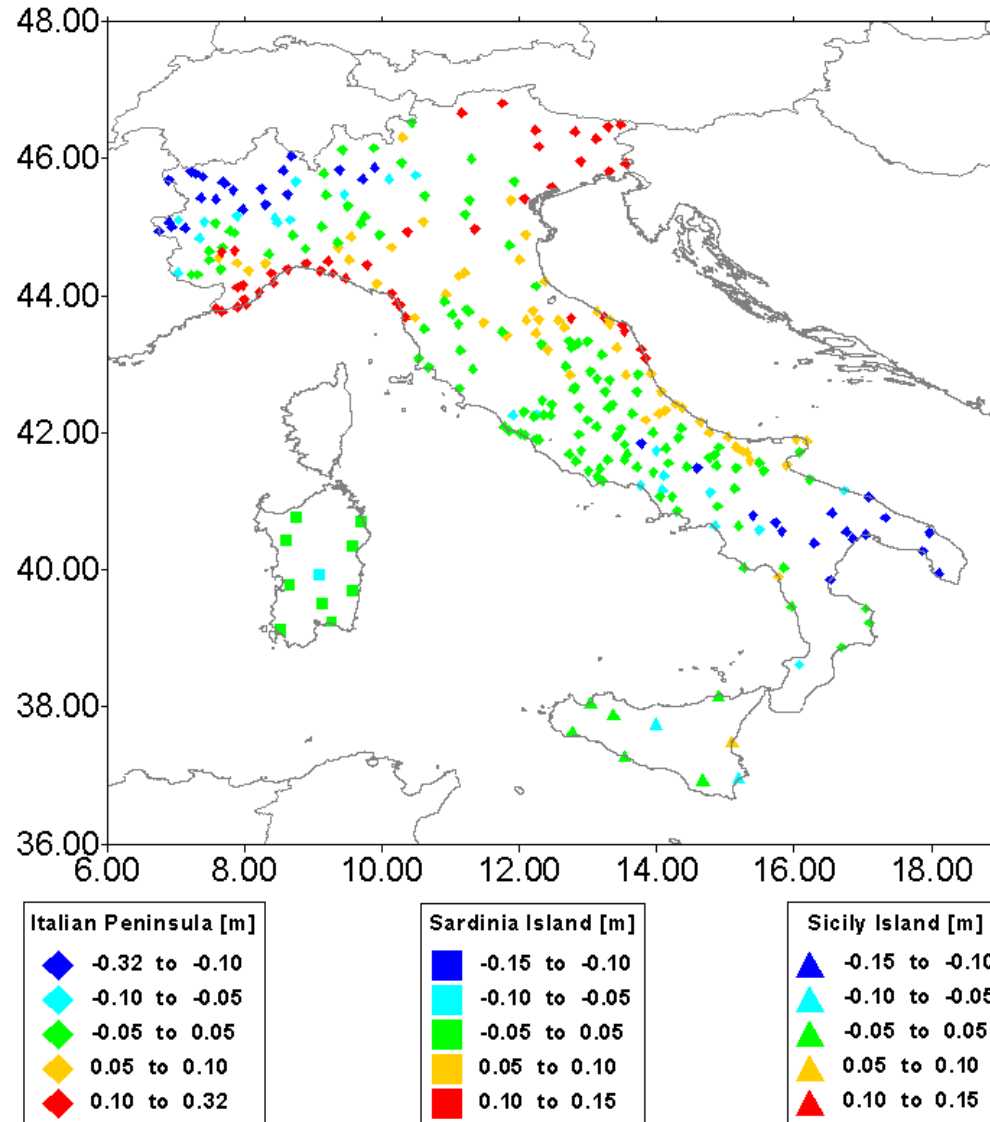
$$\hat{N}_r = \sum [C_{N\Delta g}, C_{NN}] [C_{\delta H \delta H}]^{-1} \begin{bmatrix} \Delta g_r + n_g \\ N_r + n_r \end{bmatrix} = \sum [C_{N\Delta g}, C_{NN}] [C_{\delta H \delta H}]^{-1} \begin{bmatrix} X_g \\ X_N \end{bmatrix} = \sum [C_{N\Delta g}, C_{NN}] \begin{bmatrix} s_g \\ s_N \end{bmatrix}$$

$$C_{\delta H \delta H} = \begin{bmatrix} C_{\Delta g \Delta g} & C_{\Delta g N} \\ C_{N \Delta g} & C_{NN} \end{bmatrix}$$

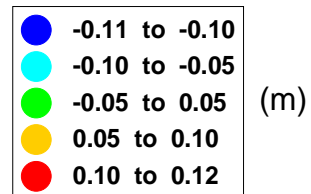
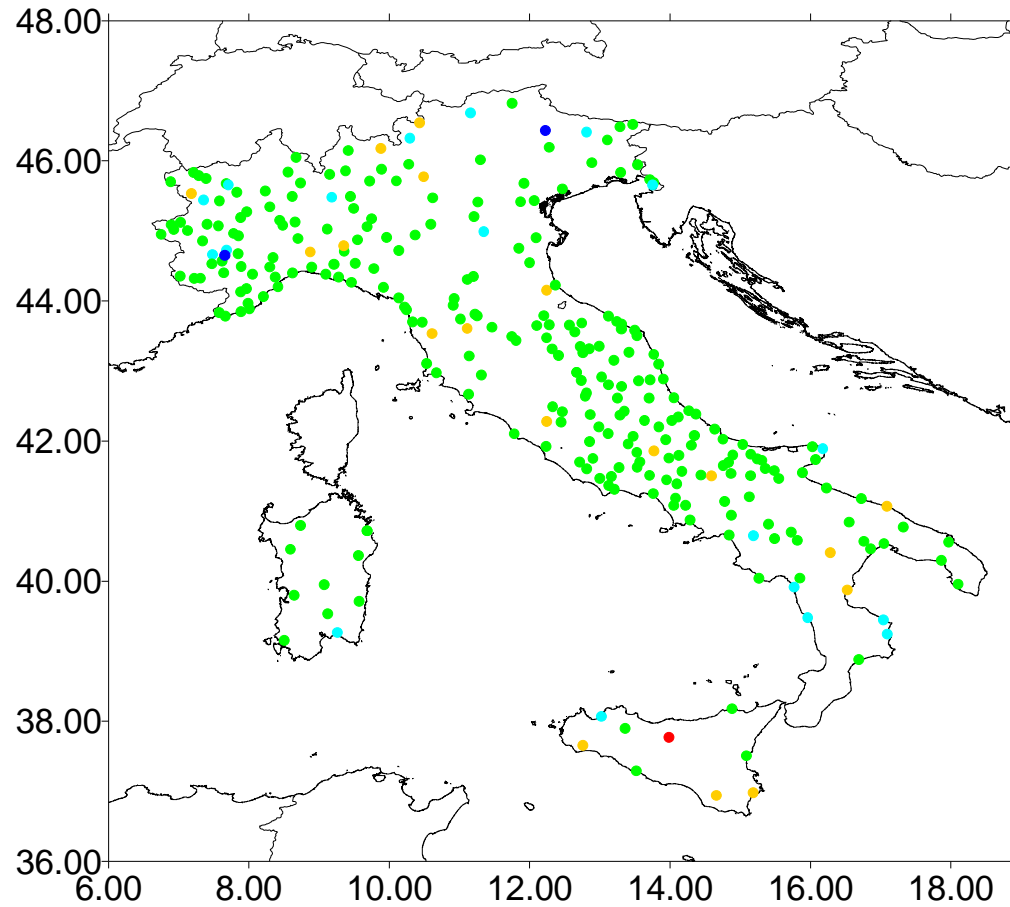
$$\begin{bmatrix} C_{\Delta g \Delta g} & C_{\Delta g N} \\ C_{N \Delta g} & C_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_g \\ s_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_g \\ X_N \end{bmatrix}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} s_N = (C_{NN} + C_{ng} C_{gg}^{-1} C_{gn})^{-1} (X_N - C_{Ng} C_{gg}^{-1} X_g) \\ s_g = C_{gg}^{-1} (X_g - C_{gN} s_N) \end{array} \right.$$

# La precisione delle stime ottenute: ITALGEO2005

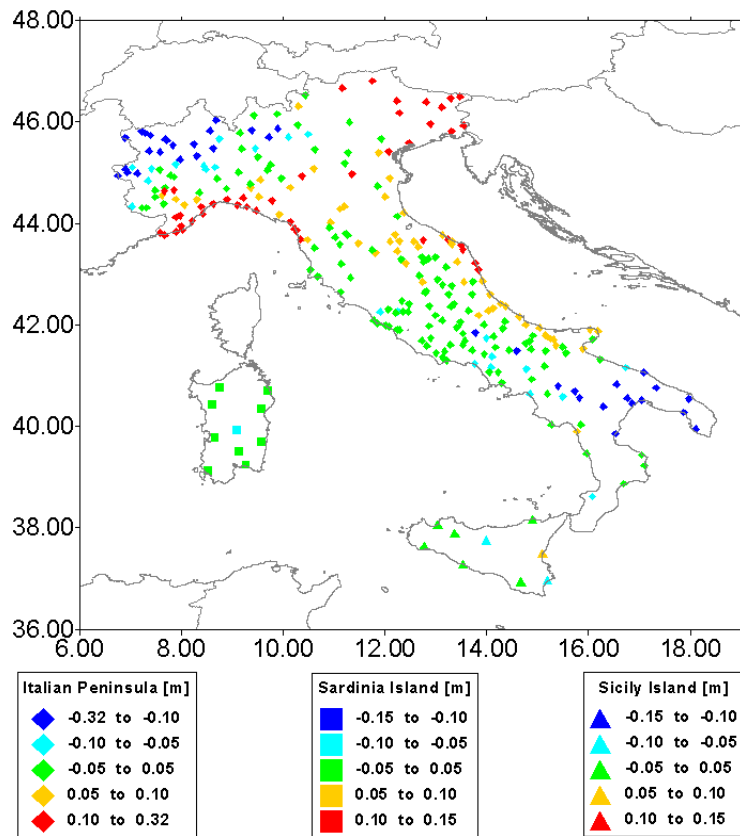


# La precisione delle stime ottenute: stima integrata

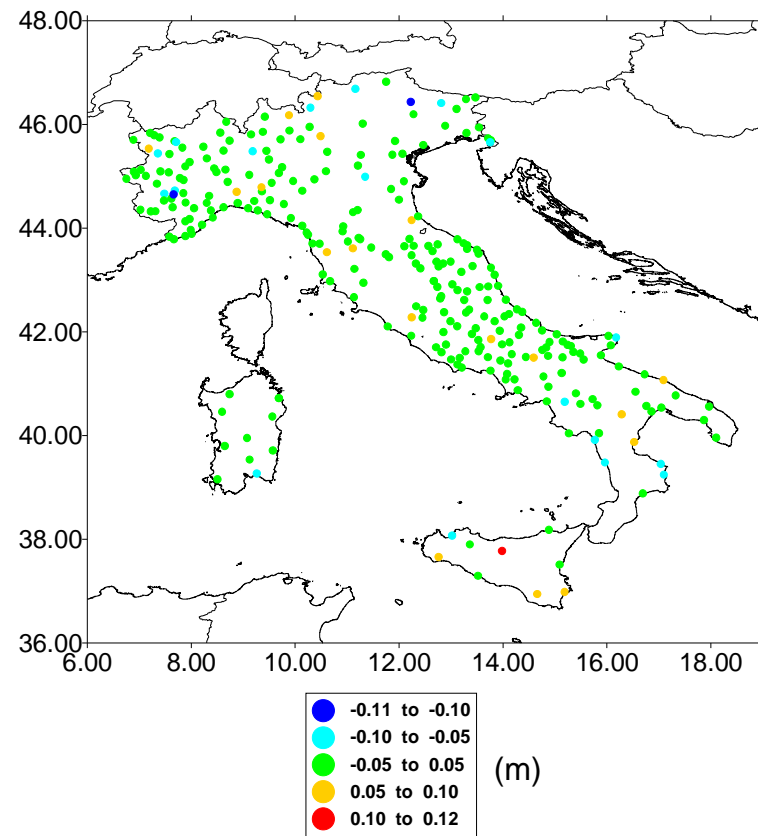


$N_{GPS/lev} - \hat{N}$	
CP	
#	300
E(m)	0.00
$\sigma$ (m)	0.03
Min(m)	-0.11
Max(m)	0.12

# ITALGEO2005



# GEOIDE INTEGRATO



# La precisione delle stime ottenute in Friuli Venezia Giulia

---

$N_{GPS/lev} - \hat{N}_{TALGEO2005}$	
Geotrav	
#	37
E(m)	0.11
(m)	0.07
Min(m)	-0.11
Max(m)	0.24

---

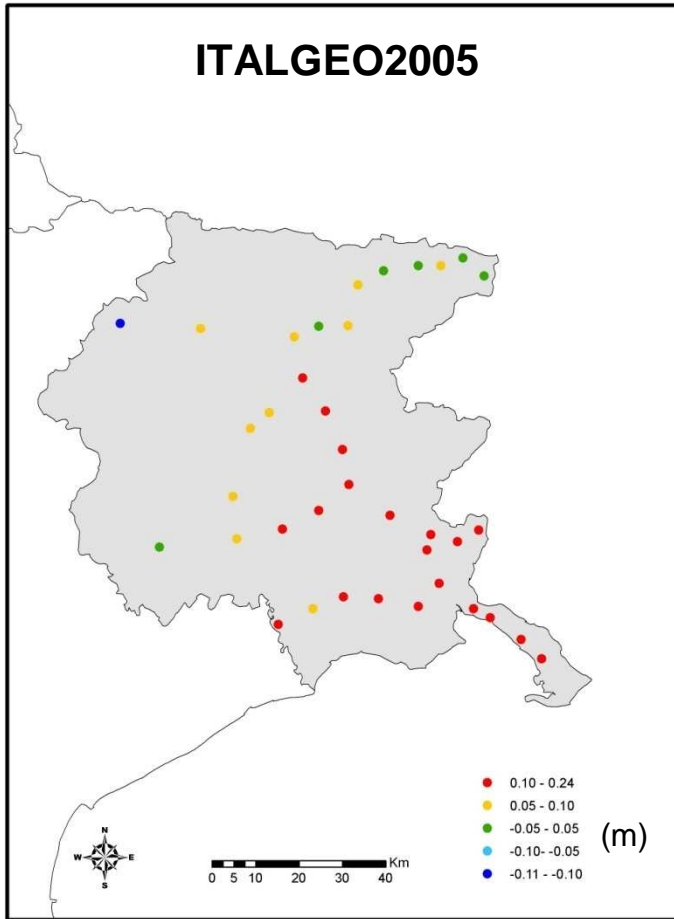


---

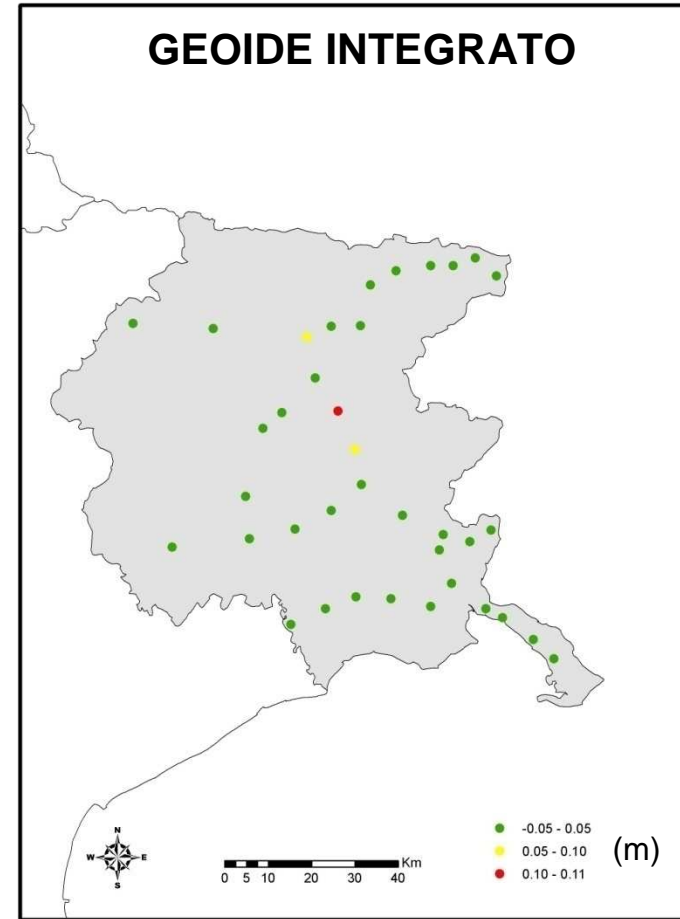
$N_{GPS/lev} - \hat{N}_{geoide\ integrato}$	
Geotrav	
#	37
E(m)	0.02
$\sigma$ (m)	0.03
Min(m)	-0.04
Max(m)	0.11

---

## ITALGEO2005

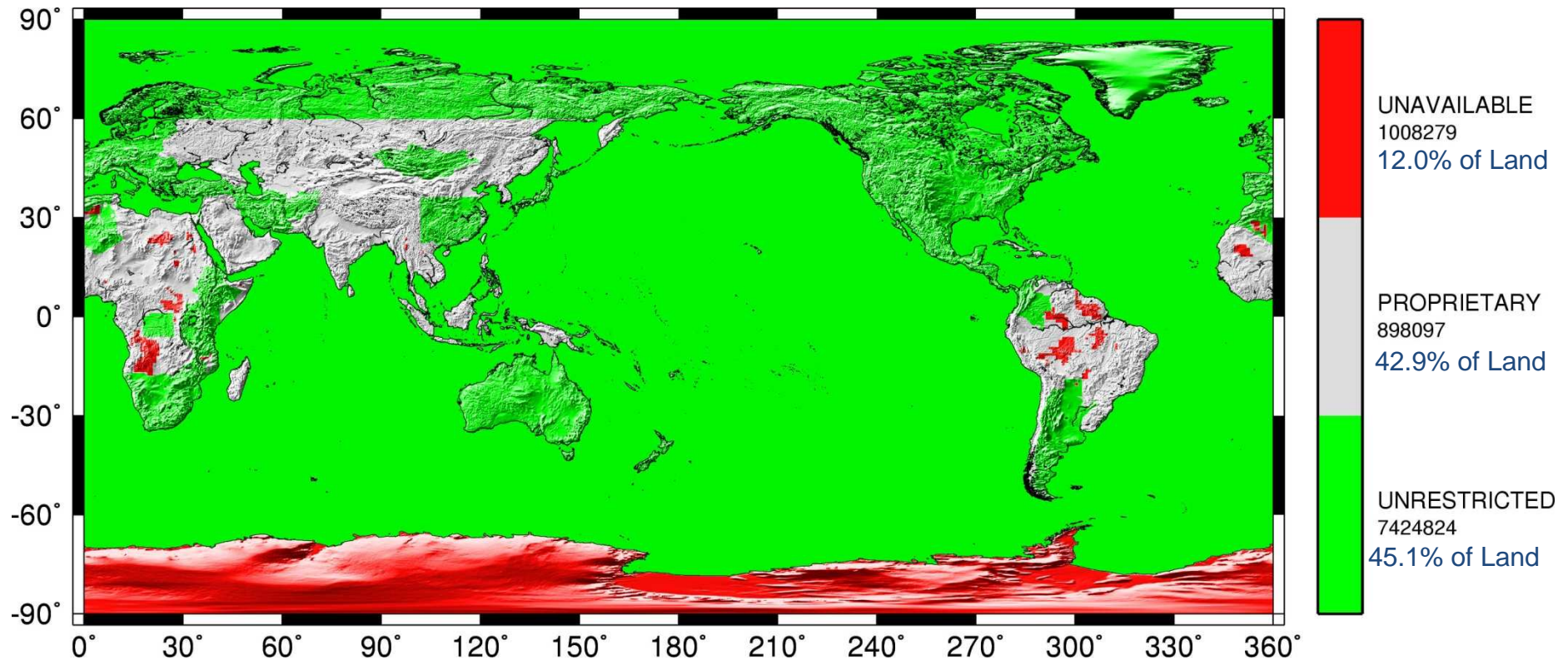


## GEOIDE INTEGRATO



# Il nuovo modello globale EGM2008 (n=2160) (Nikolaos PAVLIS – NGA)

Le aree con dati di gravità a densità media 5'x5'



# La precisione di EGM2008 nell'area italiana

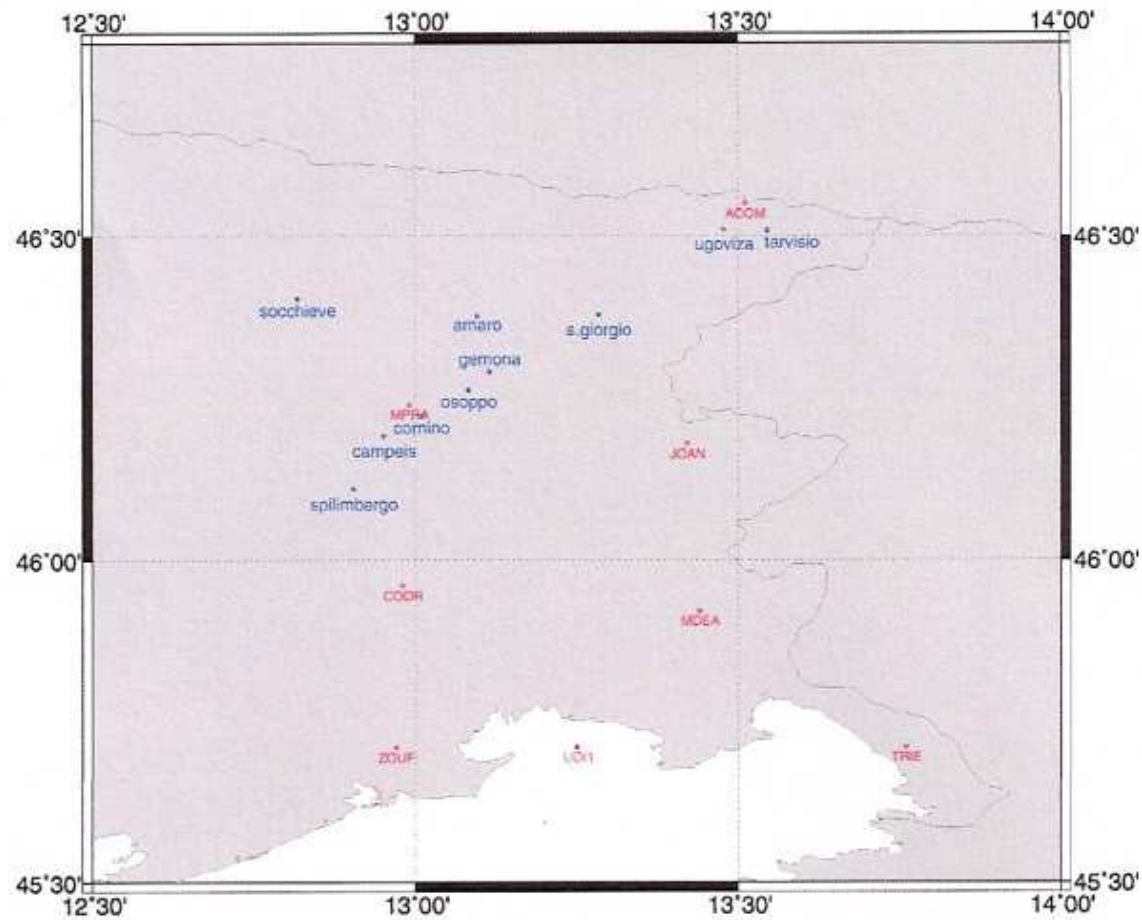
---

	$N_{\text{ITALGEO05}} - N_{\text{GPS/lev}}$	$N_{\text{GPM98CR}} - N_{\text{GPS/lev}}$	$N_{\text{EGM2008}} - N_{\text{GPS/lev}}$
#	977	977	977
E(m)	0.00	0.00	0.00
$\sigma$ (m)	0.12	0.35	0.10
Min(m)	-0.50	-1.30	-0.33
Max(m)	0.32	0.64	0.34

---

# I test GPS-RTK eseguiti nell'area friulana

STAZIONI PERMANENTI FRedNet (ROSSO) E PUNTI IGM RILEVATI (BLU)



I punti rilevati nel 2008

- rilievo di 13 punti IGM95 in modalità GPS-RTK (collegamento alla stazione più vicina) con registrazione dei dati per elaborazione in Post Processing (PP)
- acquisizione dati per 10' con frequenza di campionamento a 1"
- trasformazione al sistema della rete IGM95 mediante formule stimate per l'area friulana
- confronto tra coordinate di monografia e stime ottenute sia in modalità RTK che in PP

E(m)	-0,027	-0,015	0,060	-0,020	-0,014	0,012
$\sigma$ (m)	0,017	0,014	0,054	0,024	0,023	0,048
Max(m)	-0,002	0,015	0,134	0,019	0,024	0,112
Min(m)	-0,071	-0,037	-0,018	-0,063	-0,067	-0,062
	Differenze monografia IGM-RTK			Differenze monografia IGM-PP		
	dN	dE	dU	dN	dE	dU