



**HEPOS Workshop**

# Χωροστάθμηση με GPS

*Βασικές αρχές, προβλήματα  
και προκαταρκτικά αποτελέσματα*

***Χ. Κωτσάκης, Κ. Κατσάμπαλος, Δ. Αμπατζίδης***

*Τομέας Γεωδαισίας και Τοπογραφίας  
Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*

Η παρούσα εργασία έχει χρησιμοποιήσει δεδομένα τα οποία διατέθηκαν στο πλαίσιο του έργου της Τεχνικής Βοήθειας (ΤΕ-ΒΟ) που παρέχει το ΤΑΤΜ/ΑΠΘ στην Κτηματολόγιο ΑΕ για την ολοκλήρωση του συστήματος ΗΕΡΟΣ



Το έργο της Τεχνικής Βοήθειας για το ΗΕΡΟΣ εντάσσεται στο μέτρο 5.3 του Ε.Π. 'Κοινωνία της Πληροφορίας' και συγχρηματοδοτείται σε ποσοστό 80% από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και 20% από Εθνικούς Πόρους.

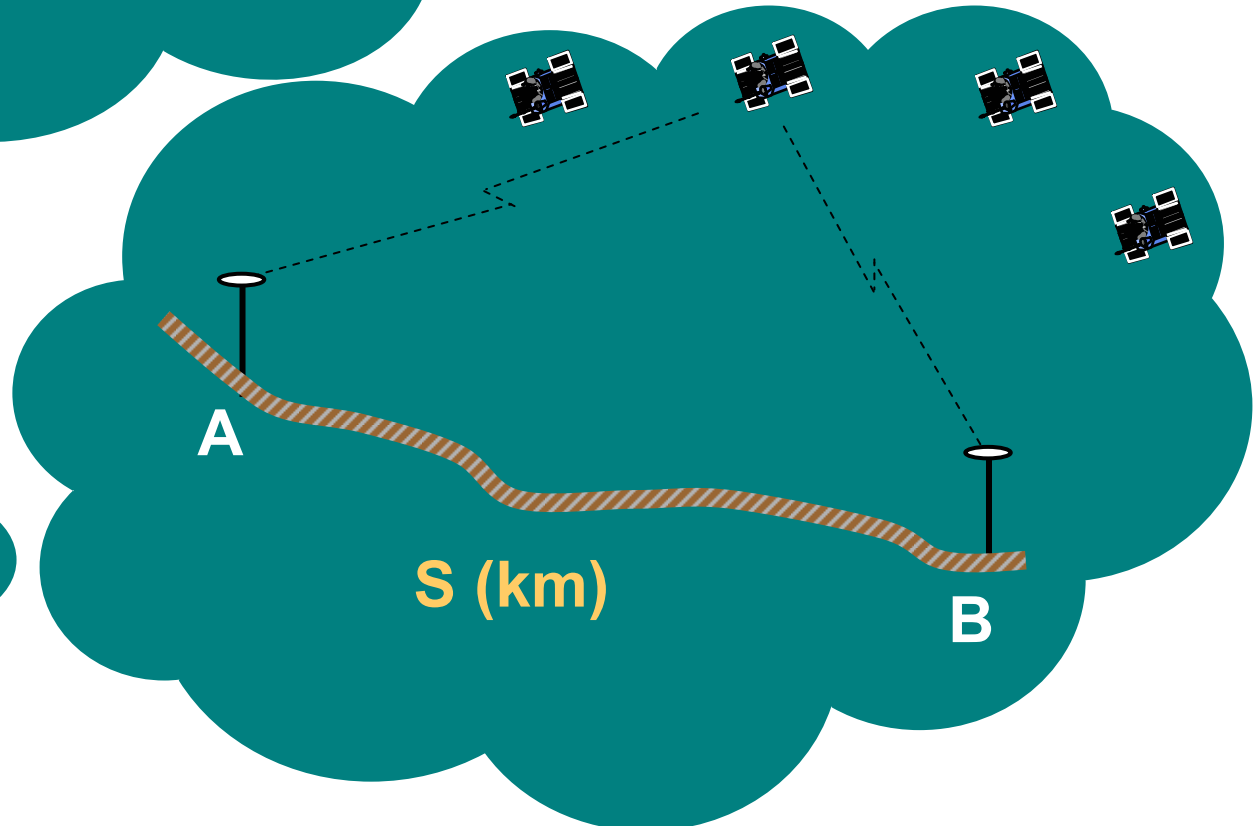
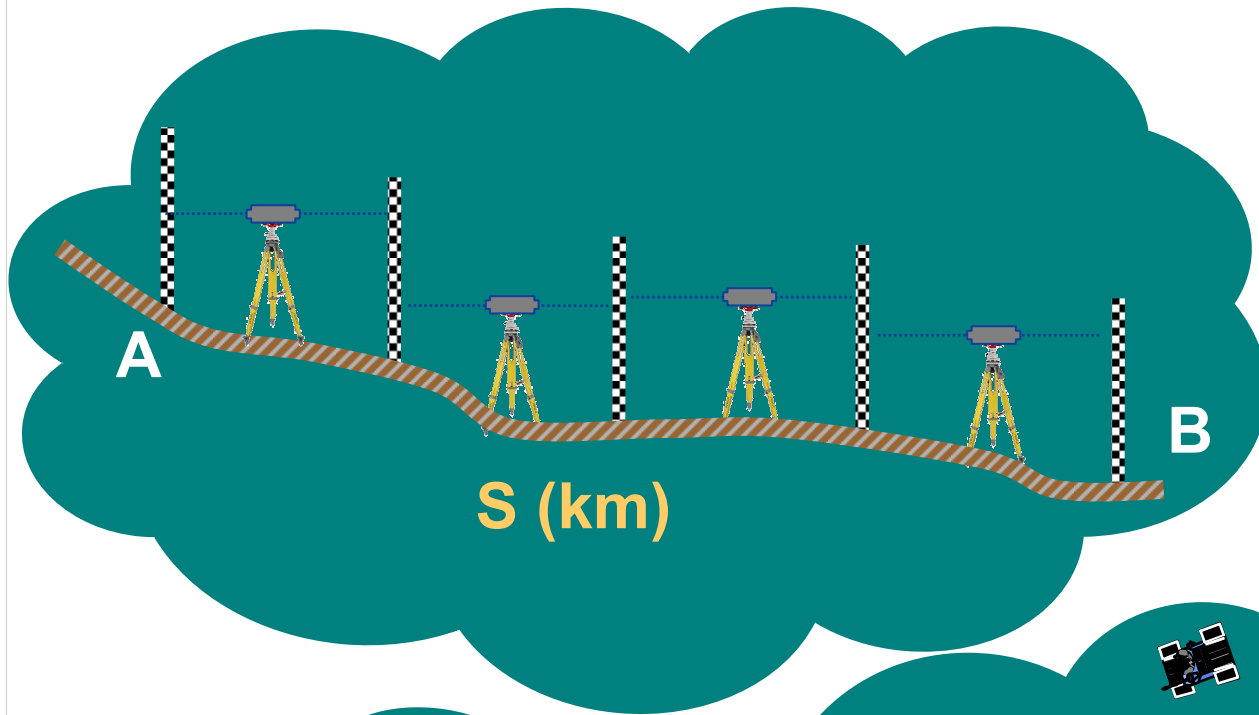


# Εισαγωγή

Πως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το σύστημα HEPOS, ή γενικότερα δορυφορικές μετρήσεις GPS, για να προσδιορίσουμε:

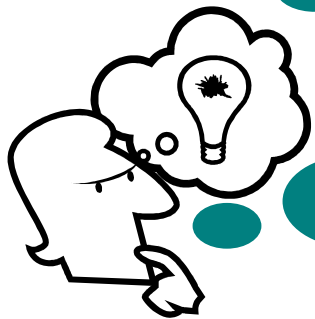
- *απόλυτες υψομετρικές θέσεις ως προς τη μέση στάθμη της θάλασσας;*
- *σχετικές υψομετρικές διαφορές σε ένα φυσικό κατακόρυφο σύστημα αναφοράς;*
- *απόλυτες υψομετρικές θέσεις ή υψομετρικές διαφορές **συμβατές** με ένα τοπικό (εθνικό) χωροσταθμικό σύστημα αναφοράς;*

Ακρίβεια;  
Χρόνος;  
Κόστος;  
κ.ά

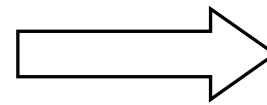
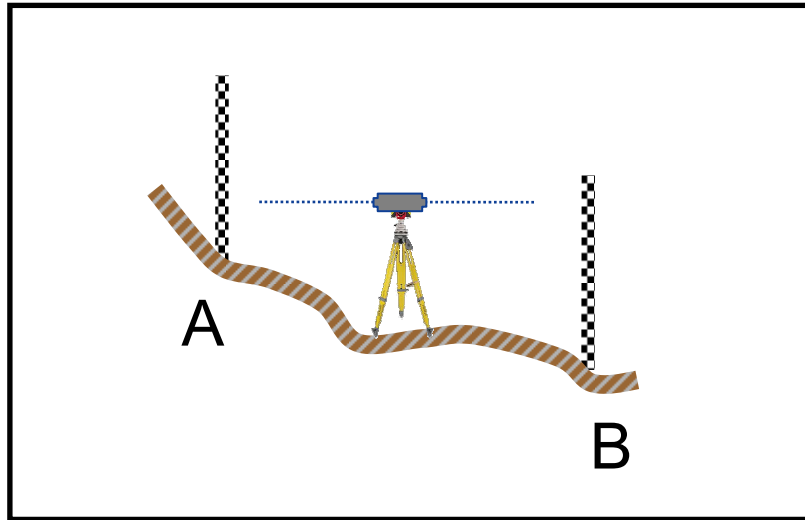


$\Delta H_{AB}$

$\Delta h_{AB}$

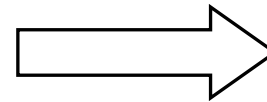
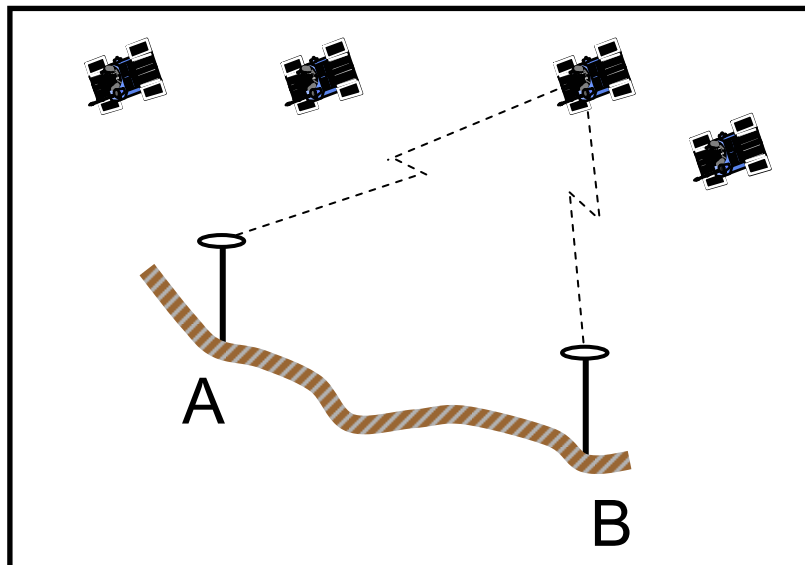
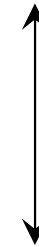


# Τι γίνεται με το γεωειδές;



$\Delta H_{AB}$

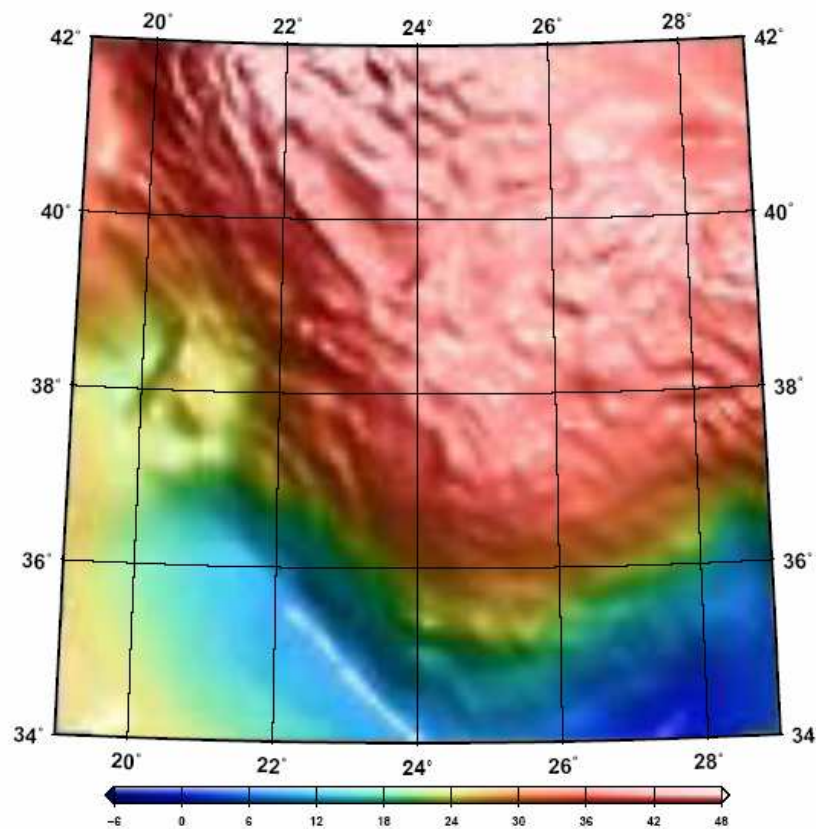
γεωειδές



$\Delta h_{AB}$

# Γεωειδές για τον Ελλαδικό χώρο (αναπαράσταση 5' x 5')

## EGM08

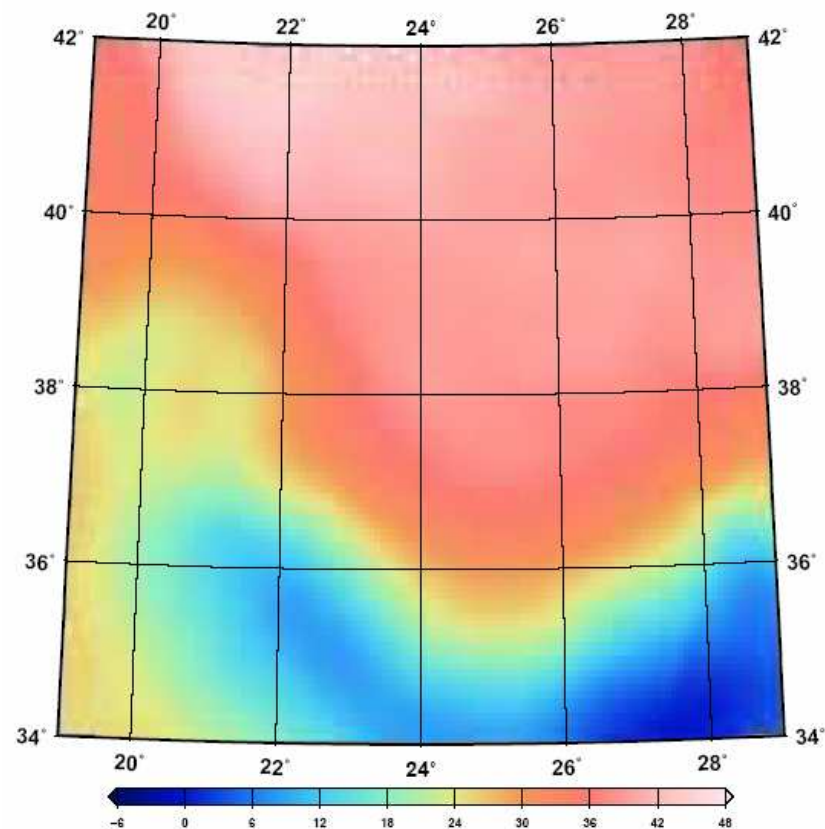


egm2008-8220

N, 0.08° x 0.08°

wrms about mean / min / max = 11.38 / -0.03793 / 45.96 meter

## EGM96



egm96-8221

N, 0.08° x 0.08°

wrms about mean / min / max = 11.36 / 0.1895 / 44.61 meter

# Υψομετρικός προσδιορισμός θέσης

- Επιφάνεια Αναφοράς
- Τρόπος προβολής σημείων
- Κλίμακα μέτρησης υψών  
(κατά μήκος της προβολής)

Κατακόρυφο  
Σύστημα  
Αναφοράς

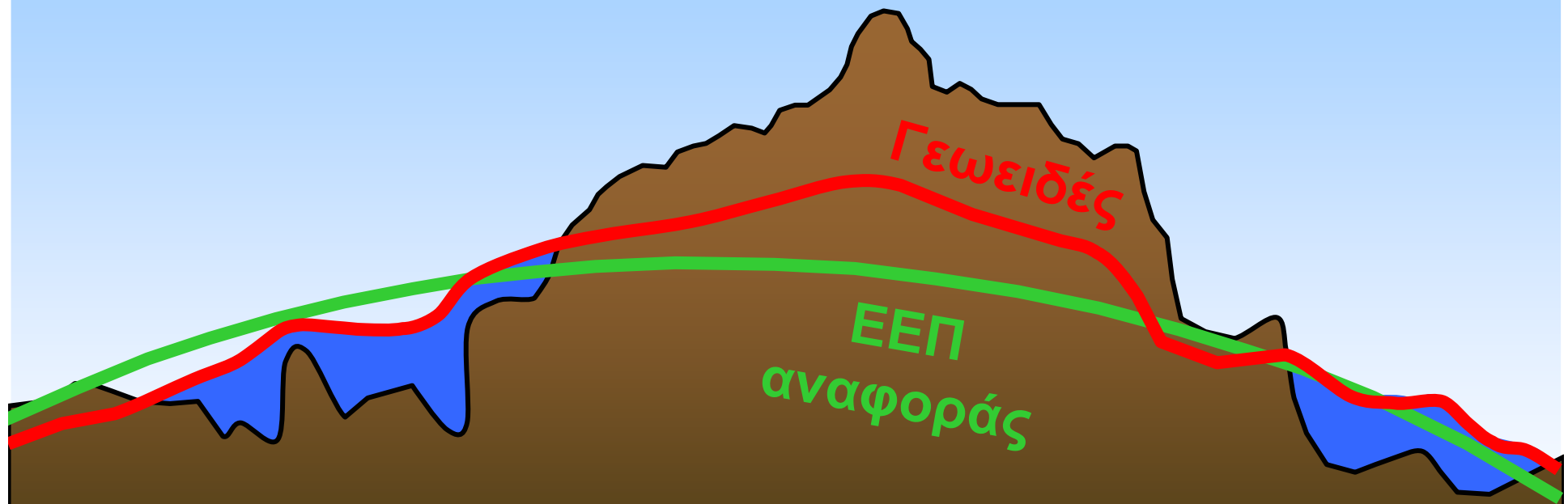
- 'Θεμελιώδεις' σημείο/σημεία  
( $H = 0$ )
- 'Χωροσταθμικές αφετηρίες'

Κατακόρυφο  
Πλαίσιο  
Αναφοράς

- *Μετρήσεις, αναγωγές, μετασχηματισμοί*

# Βασικές επιφάνειες αναφοράς

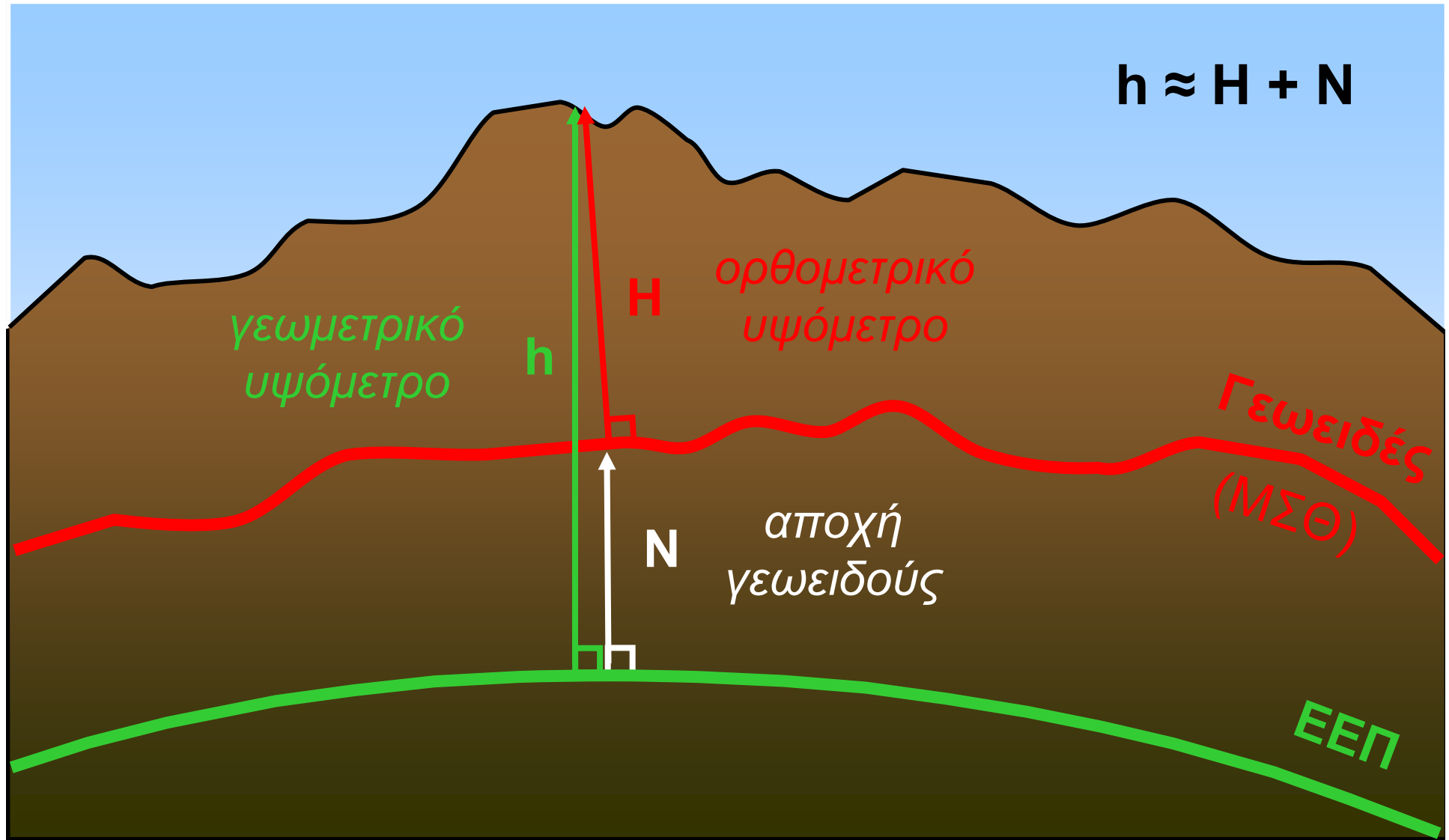
*Το γεωειδές είναι μία φυσική (ισοδυναμική) επιφάνεια αναφοράς που συμπίπτει με τη ΜΣΘ*



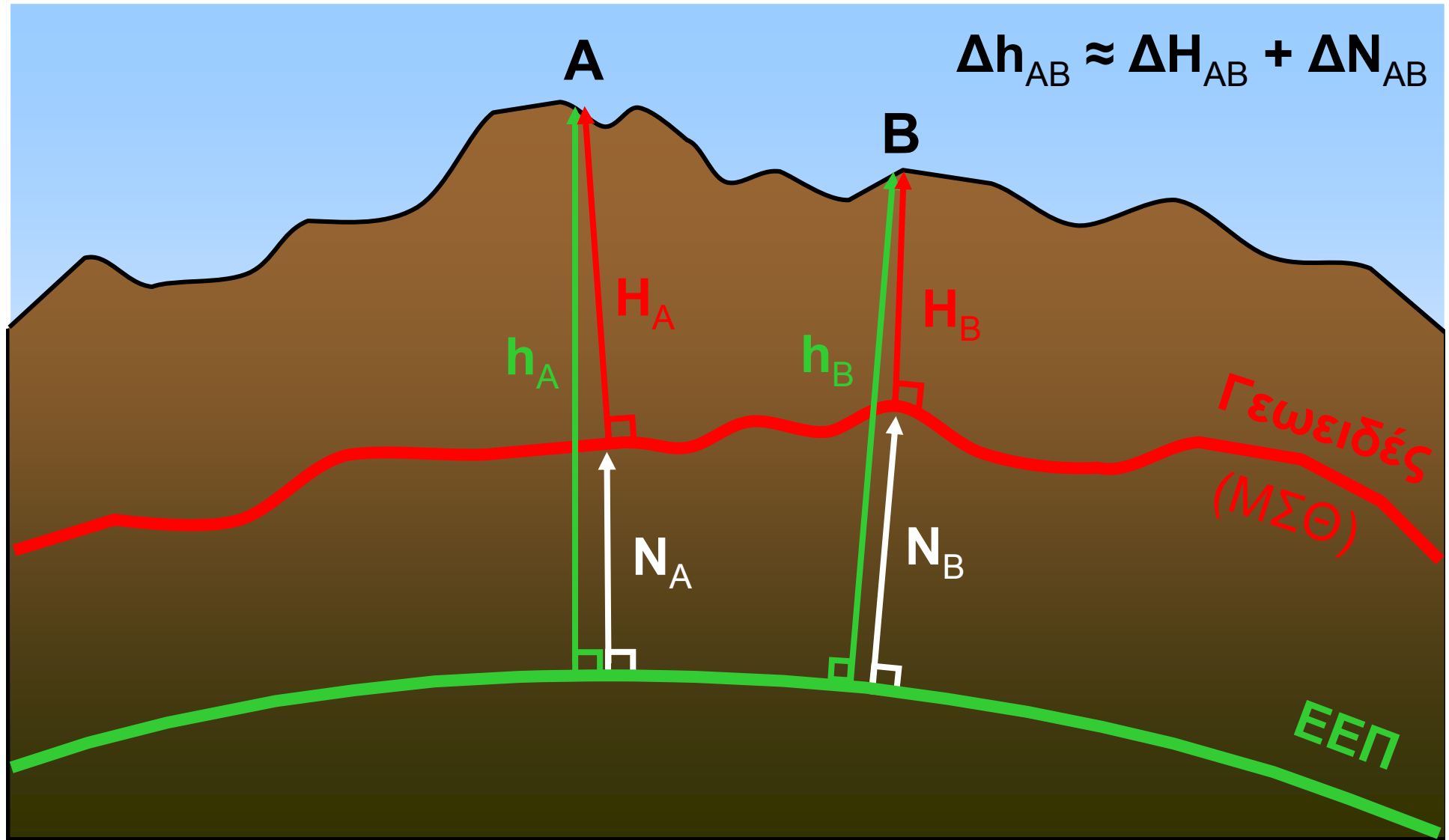
*Το ΕΕΠ είναι μία μαθηματική επιφάνεια αναφοράς που προσεγγίζει το γεωειδές (σε τοπική ή παγκόσμια κλίμακα)*



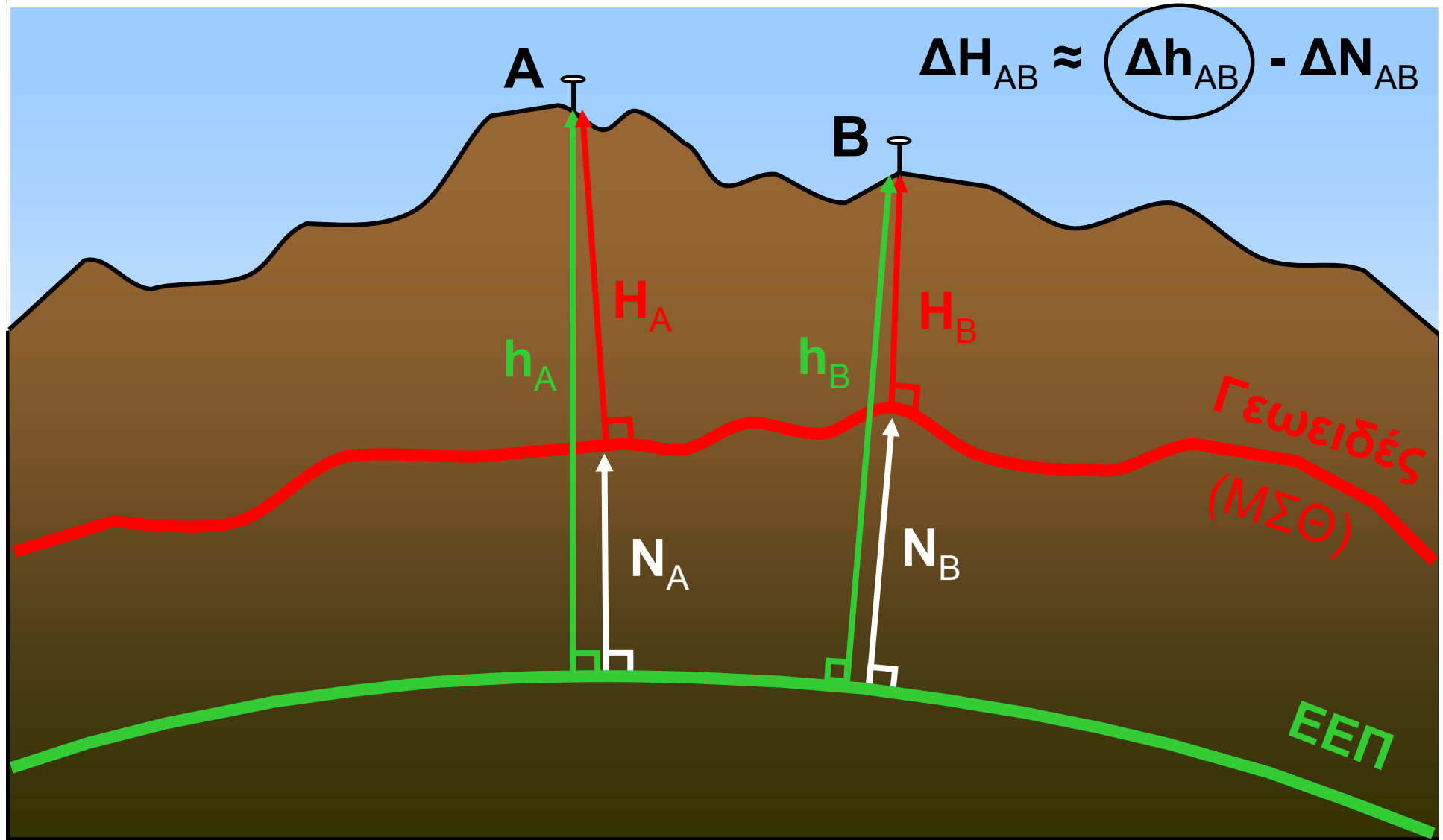
# Τύποι υψομέτρων



# Τύποι υψομέτρων



# Χωροστάθμηση με GPS



# Η πιο απλή προσέγγιση...

Μία υπερ-απλουστευμένη προσέγγιση στο πρόβλημα της χωροστάθμησης με GPS βασίζεται στην παραδοχή:

$$\Delta h_{AB} \approx \Delta H_{AB}$$

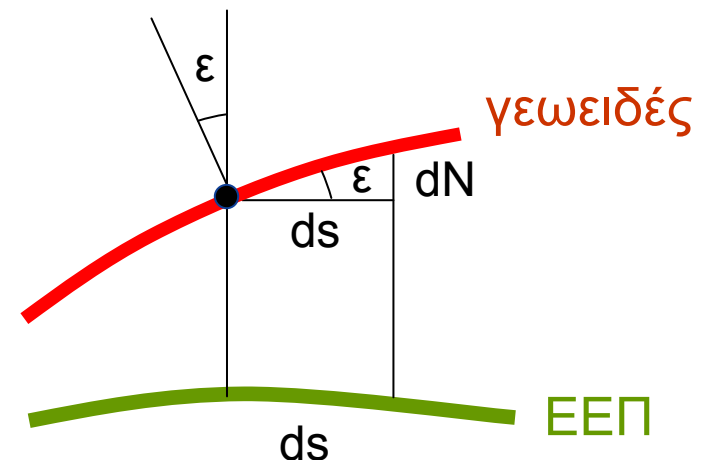
θεωρώντας ότι το γεωειδές δεν παρουσιάζει μεταβολή στο υψόμετρο του (σε σχέση με το ΕΕΠ αναφοράς) για την περιοχή που μας ενδιαφέρει, δηλ.

$$\Delta N_{AB} \approx 0$$

**Όμως:**

$$\varepsilon = 20''$$

$$dN/ds = 10 \text{ cm/km}$$



# Η πιο απλή προσέγγιση...

Μία υπερ-απλουστευμένη προσέγγιση στο πρόβλημα της χωροστάθμησης με GPS βασίζεται στην παραδοχή:

$$\Delta h_{AB} \approx \Delta H_{AB}$$

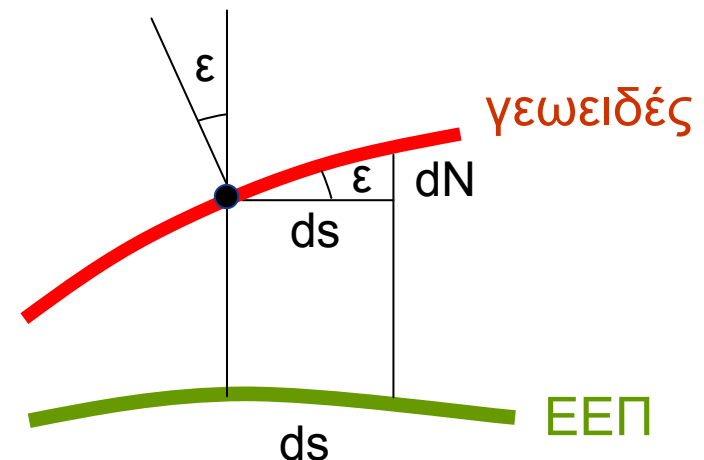
θεωρώντας ότι το γεωειδές δεν παρουσιάζει μεταβολή στο υψόμετρο του (σε σχέση με το ΕΕΠ αναφοράς) για την περιοχή που μας ενδιαφέρει, δηλ.

$$\Delta N_{AB} \approx 0$$

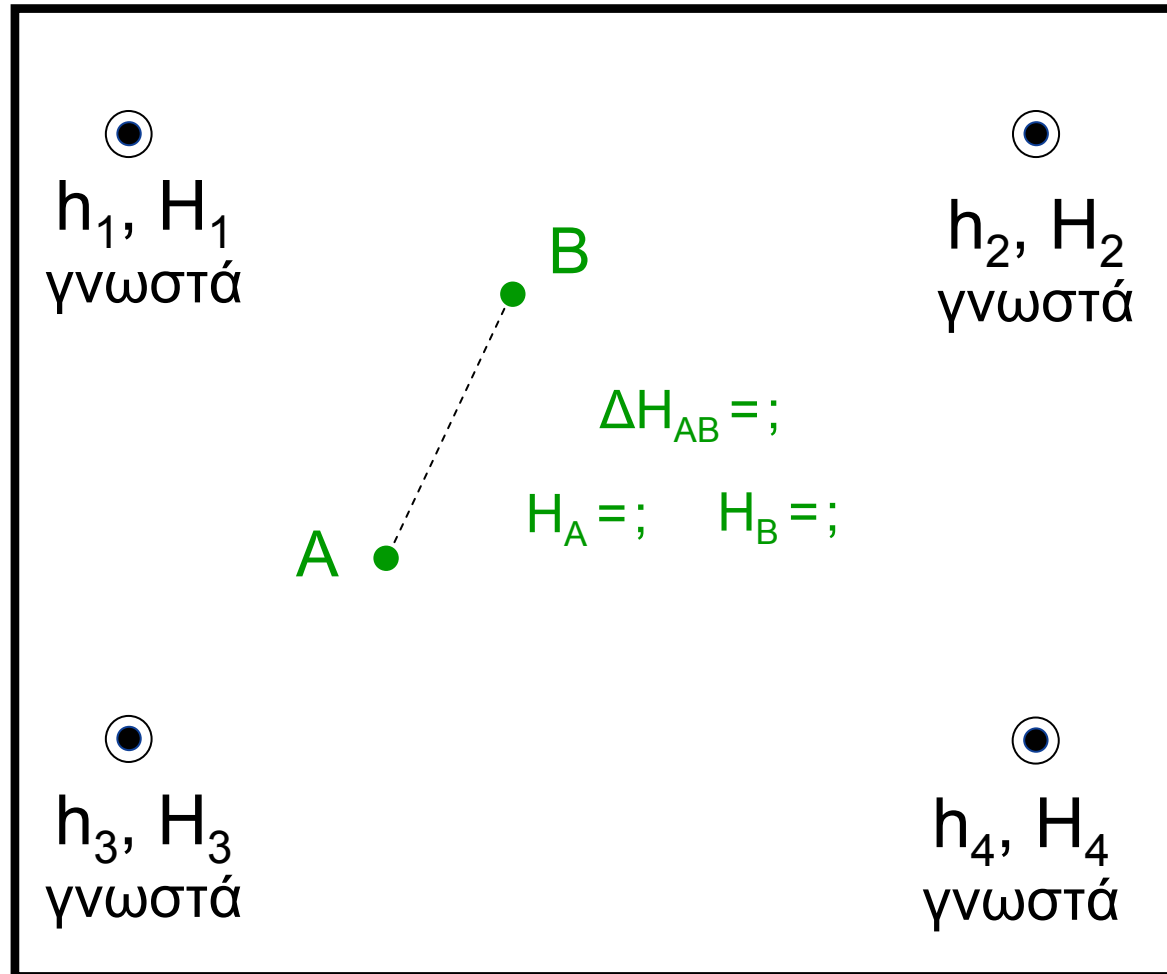
**Όμως:**

$$\varepsilon = 2''$$

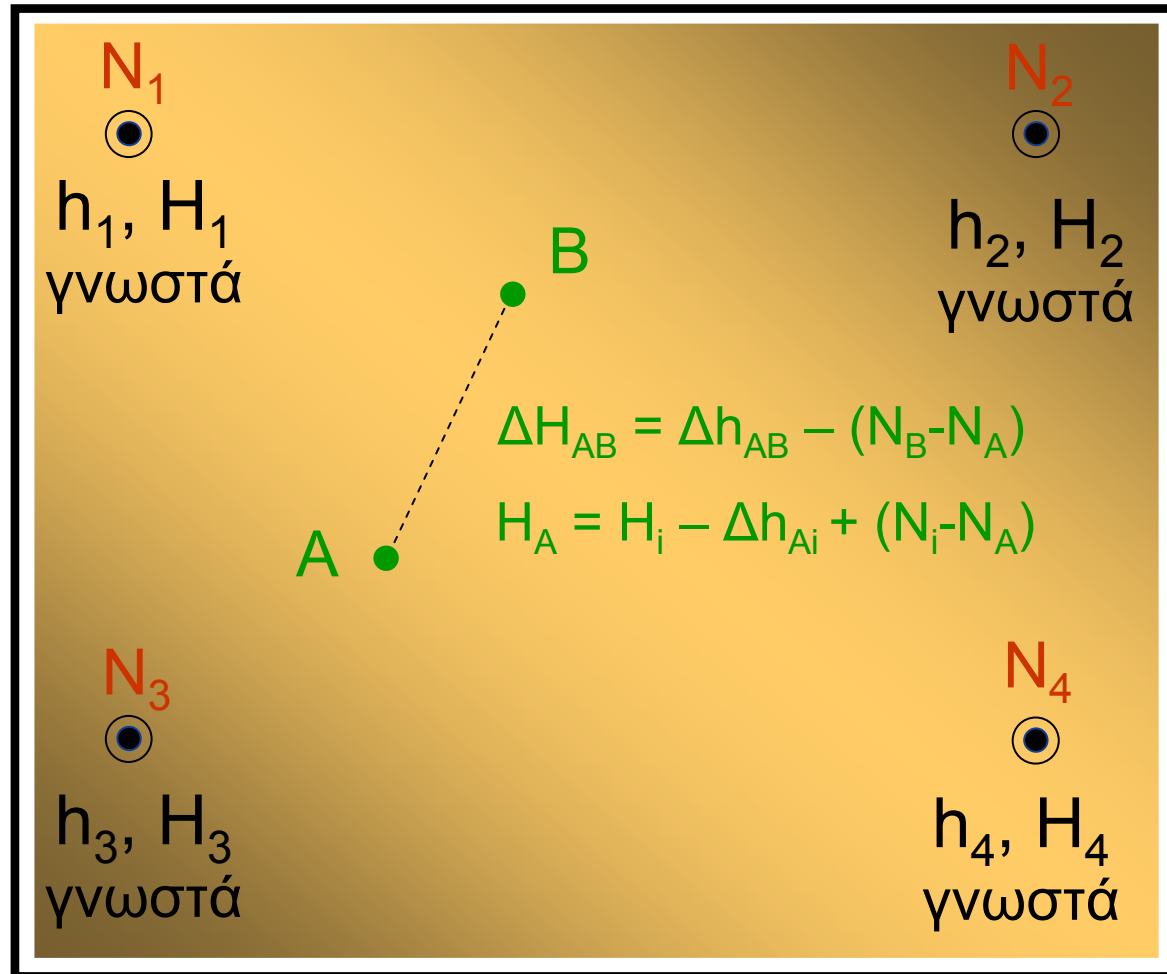
$$dN/ds = 1 \text{ cm/km}$$



# Μία άλλη "τοπική" προσέγγιση...



Δημιουργία εμπειρικού τοπικού γεωειδούς  
μέσω βέλτιστης παρεμβολής κάποιου  
απλού παραμετρικού μοντέλου  $N = f(x,y)$



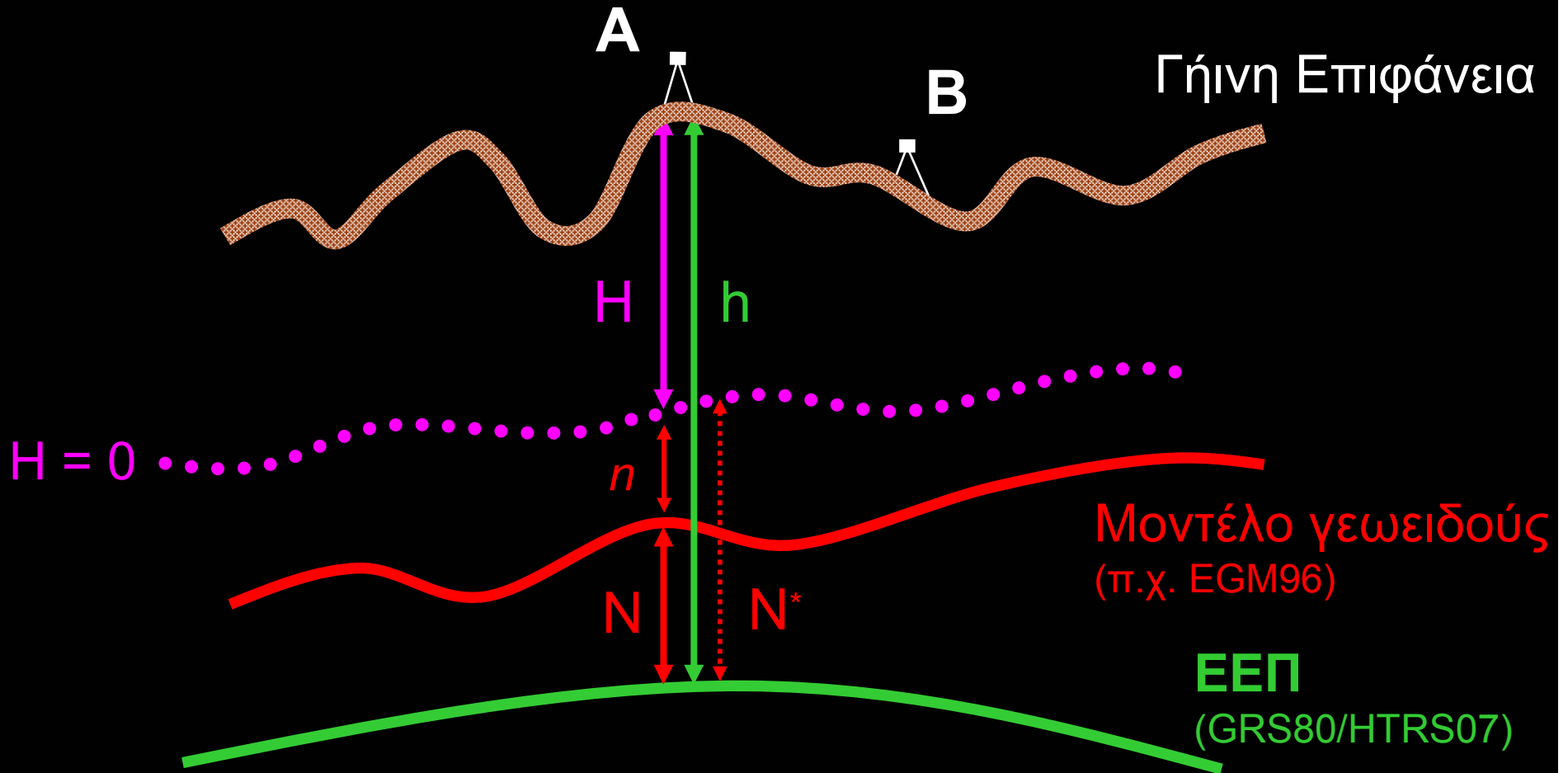
## **Αν το ζητούμενο είναι:**

να αντιμετωπιστεί το θέμα της χωροστάθμησης με GPS αξιοποιώντας το σύστημα HEPOS σε εθνική κλίμακα, με έναν ενιαίο τρόπο που θα παρέχει **συνάφεια** και **δεδομένη ακρίβεια** ως προς το Εθνικό Χωροσταθμικό Σύστημα Αναφοράς ...

**τότε πρέπει να ακολουθηθεί μία πιο γενική και αυστηρή προσέγγιση.**



# Βασικό Πρόβλημα



$$h \neq H + N$$

$$\Delta H_{AB} = \Delta h_{AB} - \Delta N_{AB} - \Delta n_{AB}$$

$$h = H + N + \textcircled{n}$$

$$\Delta H_{AB} = \Delta h_{AB} - \Delta N_{AB}^*$$

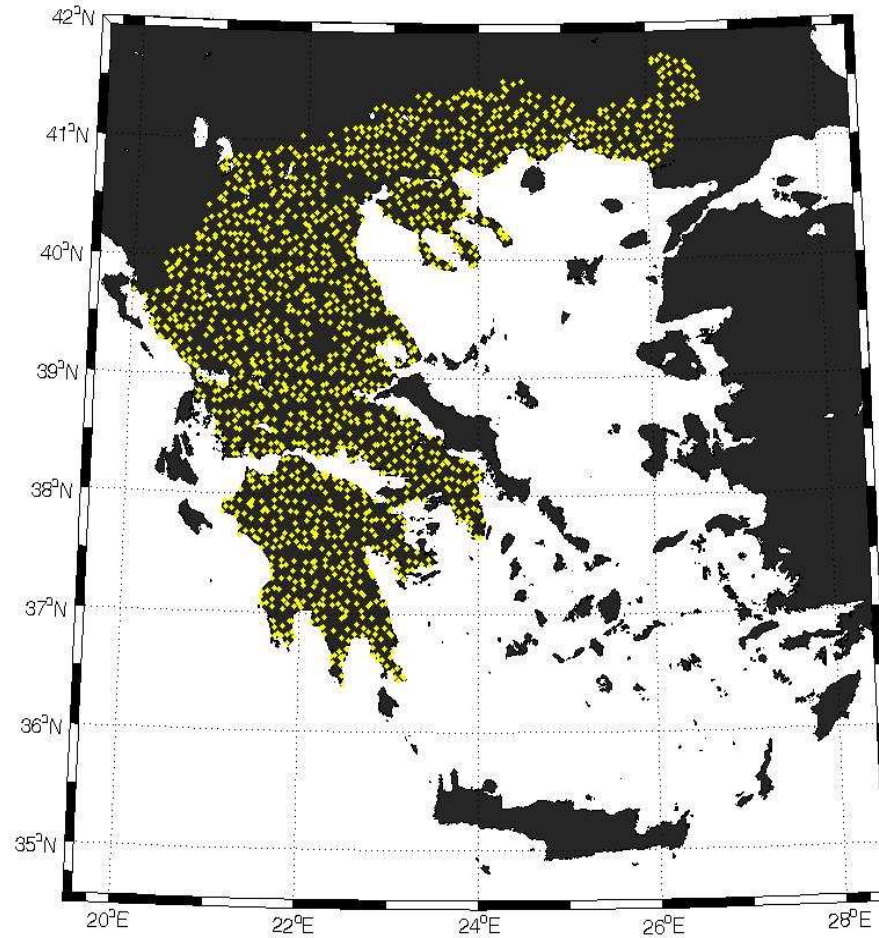
# Εκτίμηση της μέσης αποχής μεταξύ γεωειδούς και ΕΧΣΑ στην ηπειρωτική Ελλάδα

Models	Bias
EGM08 ( $n_{\max}=2190$ )	-0.377
EIGEN-GL04C ( $n_{\max}=360$ )	-0.283
EIGEN-CG03C ( $n_{\max}=360$ )	-0.270
EIGEN-CG01C ( $n_{\max}=360$ )	-0.231
GGM02C ( $n_{\max}=200$ )	-0.313
EGM96 ( $n_{\max}=360$ )	-0.446

\* values in m

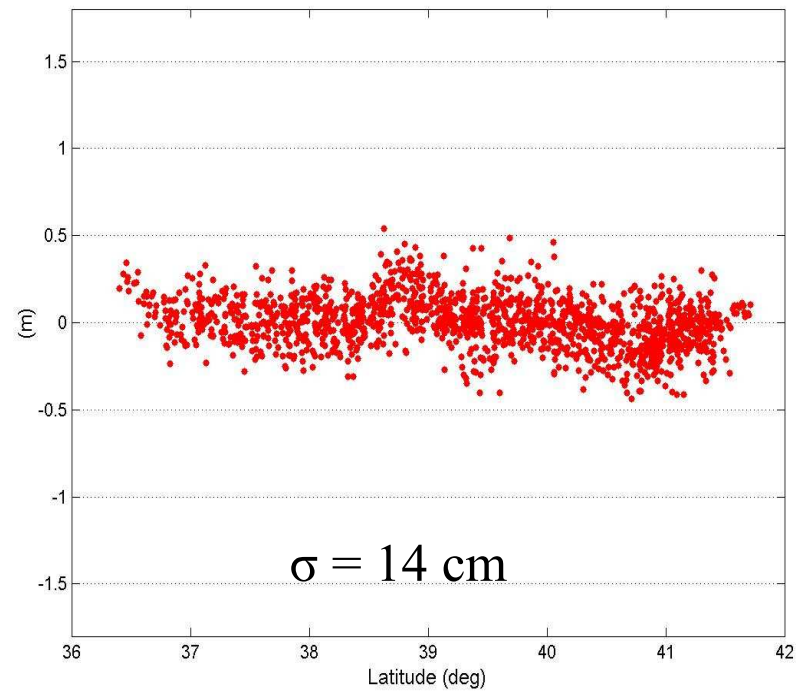


# 1542 σημεία (ηπειρωτική Ελλάδα)

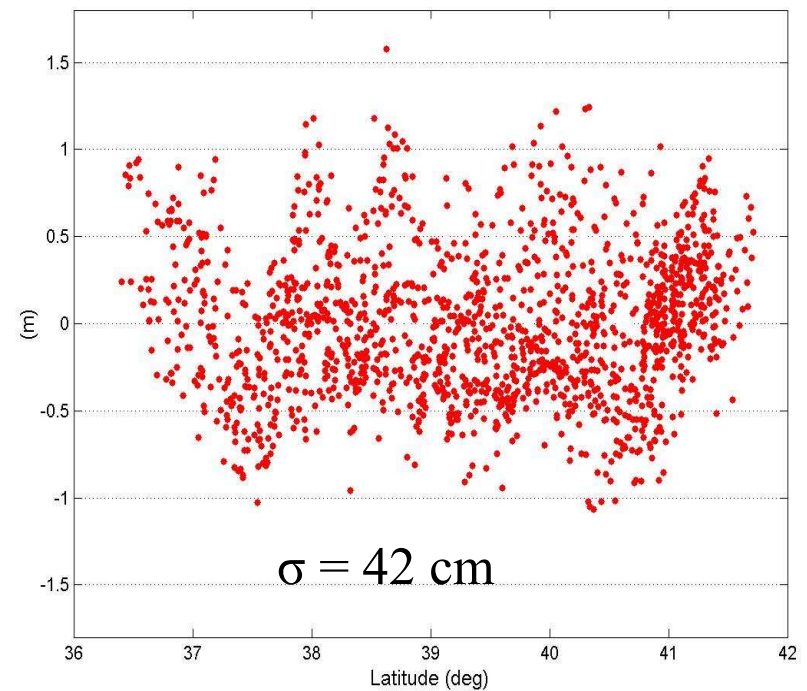


# Lat-dependent variations of h-H-N

EGM08

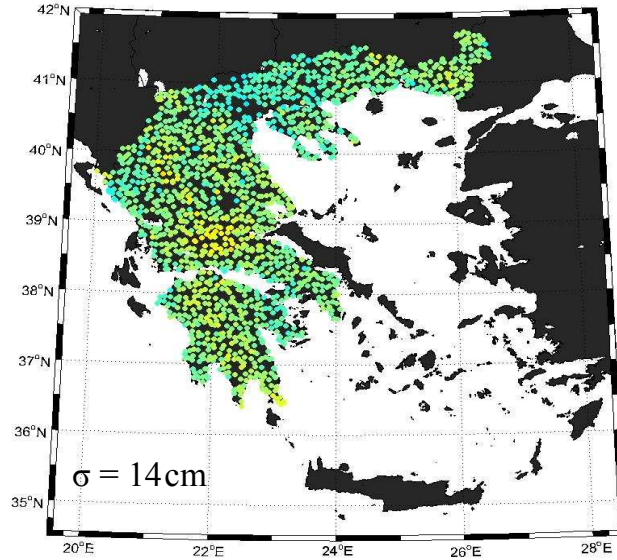


EGM96

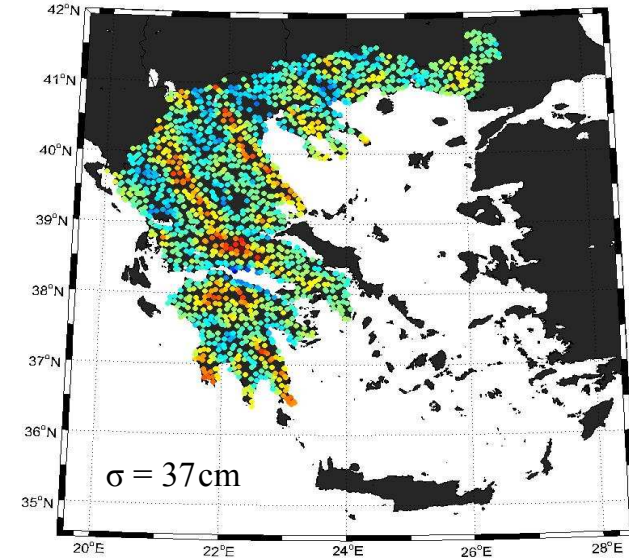


# Scatter plots for h-H-N

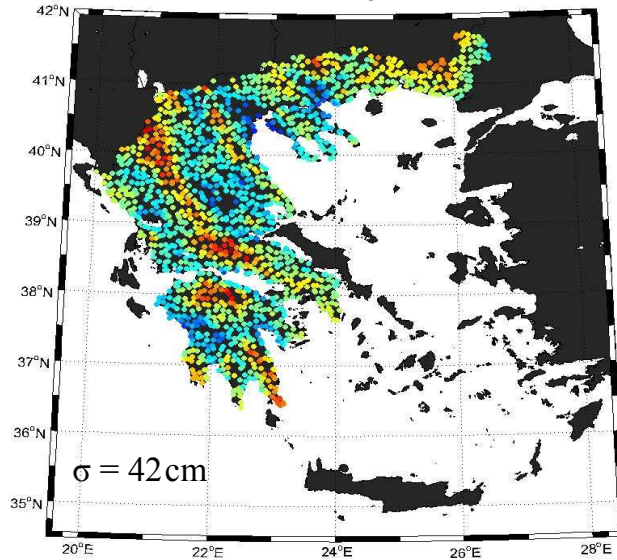
EGM08 ( $n_{\max}=2190$ )



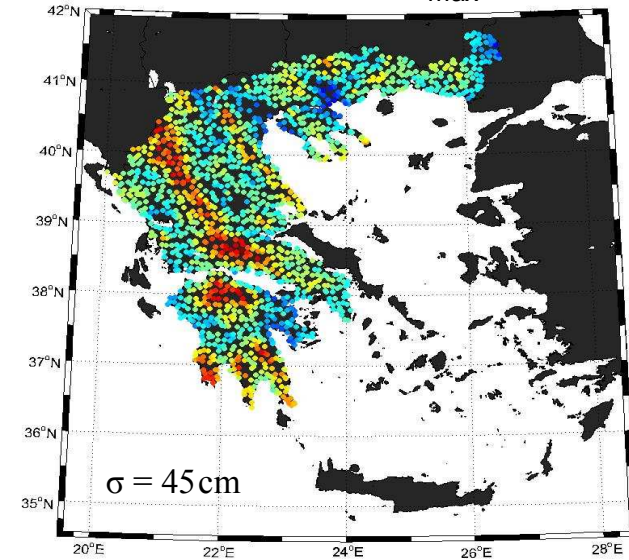
EGM08 ( $n_{\max}=360$ )



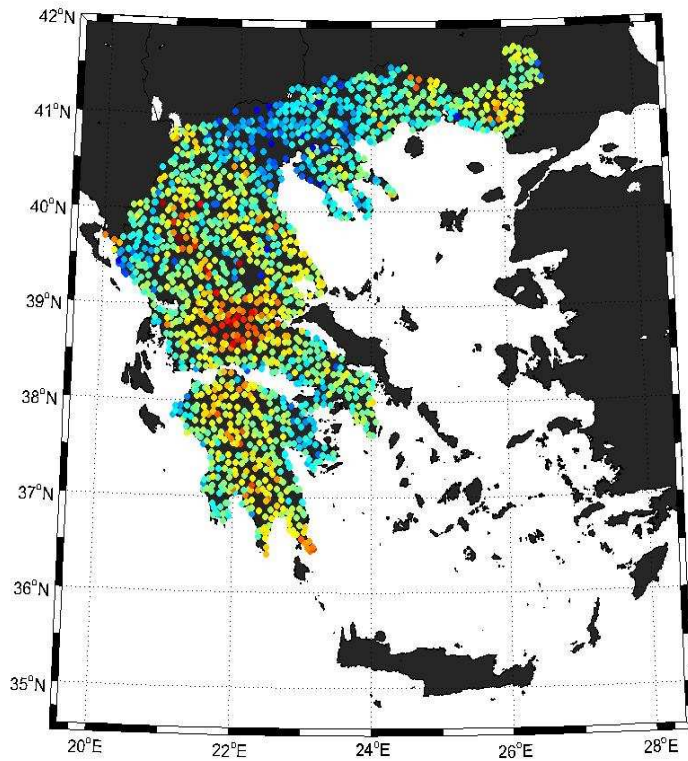
EGM96 ( $n_{\max}=360$ )



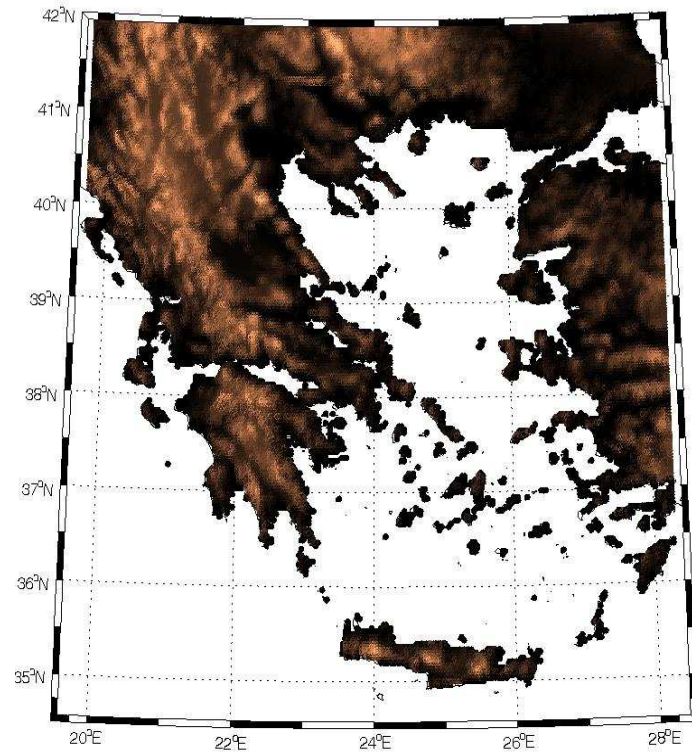
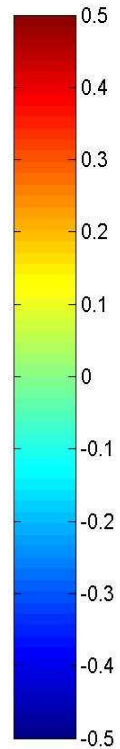
EIGEN-GL04C ( $n_{\max}=360$ )



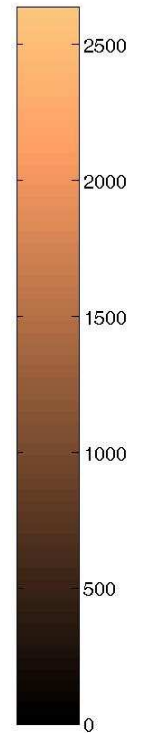
# Residuals h-H-N vs. Topo heights (after bias fit)



EGM08 ( $n_{\max}=2190$ )



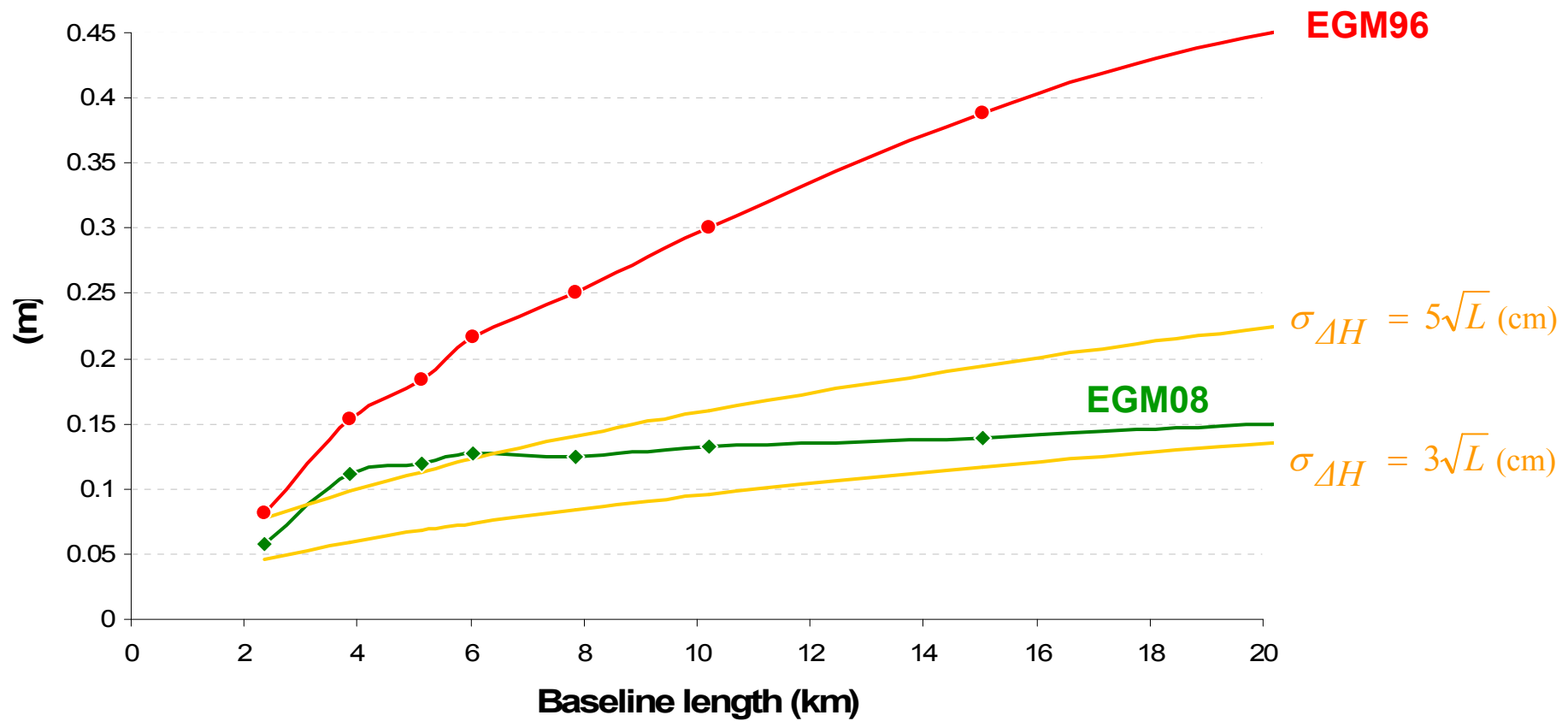
ETOPO2 DTM



# Δυνατότητα για χωροστάθμηση με GPS?

Std values for

$$\Delta H_{ij}^{GPS} - \Delta H_{ij}$$





**Ευχαριστώ για την προσοχή σας !**