



UNIVERSITY OF  
**PATRAS**  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

# Σημειώσεις διαλέξεων «Στοιχεία Γεωδαισίας»

Διάλεξη 1  
21/02/2023

Λευθεριώτης Γεώργιος  
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος  
Πανεπιστήμιο Πατρών

## Ορισμός

**Γεωδαισία** είναι η επιστήμη της μέτρησης και της χαρτογράφησης της επιφάνειας της γης.

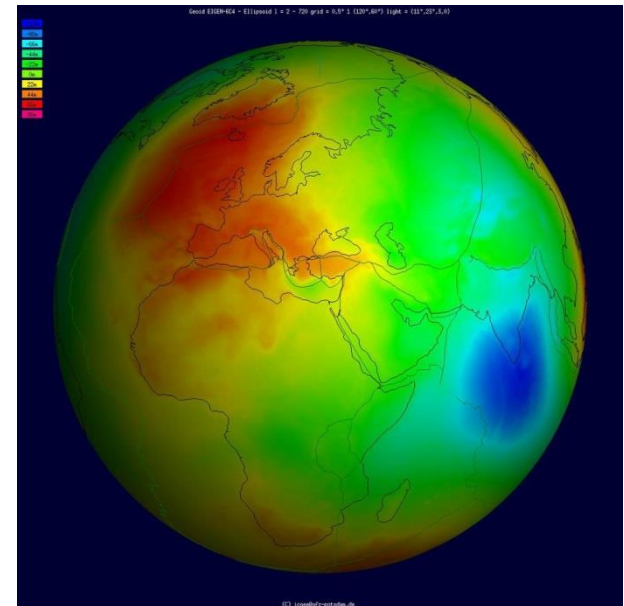
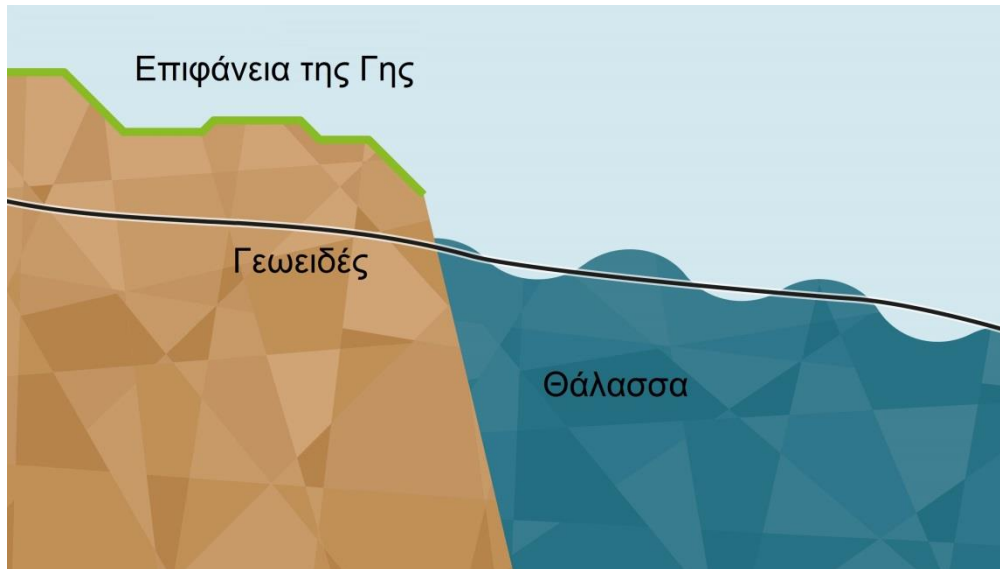
Το όνομα της προκύπτει από τις λέξεις **Γη** και **Δαίω** (= μοιράζω), δηλαδή διαιρώ τη Γη.

### **Αντικείμενο της Γεωδαισίας είναι:**

- Η μελέτη και ο προσδιορισμός του σχήματος και του μεγέθους της γης.
- Προσδιορισμός της θέσης διάφορων σημείων τα οποία σχετίζονται με τη φυσική γήινη επιφάνεια.
- Η μελέτη και ο προσδιορισμός του πεδίου βαρύτητας της γης (**γεωειδούς**).
- Η απεικόνιση της φυσικής επιφάνειας της γης.
- Η παρακολούθηση των μεταβολών των παραπάνω στοιχείων.

## Γεωειδές

Ως **γεωειδές** ορίζεται η ισοδυναμική επιφάνεια του βαρυτικού πεδίου της Γης, το οποίο ταυτίζεται με αρκετή ακρίβεια με τη μέση στάθμη της θάλασσας (ΜΣΘ) πάνω από τους ωκεανούς και συνεχίζεται σε ηπειρωτικές περιοχές ως φανταστική επιφάνεια της ΜΣΘ. Χρησιμεύει ως επιφάνεια αναφοράς για τη μέτρηση ακριβών ανυψώσεων των επιφανειακών χαρακτηριστικών της Γης.



## Εργασίες Γεωδαισίας

- Η επιστήμη της Γεωδαισίας περιλαμβάνει υπαίθριες μετρήσεις με χρήση σύγχρονων ψηφιακών οργάνων όπως είναι οι ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί, οι σαρωτές Laser, οι δέκτες δορυφορικού συστήματος εντοπισμού κ.ά.
- Στη συνέχεια ακολουθεί η επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων και η εκτίμηση των διαφόρων μεγεθών με χρήση μαθηματικών μοντέλων.
- Οι εργασίες της Γεωδαισίας ολοκληρώνονται με τον έλεγχο της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Ο έλεγχος αξιοπιστίας γίνεται με μεθόδους Στατιστικής Ανάλυσης.

## Μετρητικά όργανα

- Κατά τις εργασίες της Γεωδαισίας πραγματοποιούνται μετρήσεις γωνιών, μηκών, υψομετρικών διαφορών, μέτρου και διεύθυνσης του διανύσματος της βαρύτητας και του χρόνου.
- Τα όργανα τα οποία χρησιμοποιούνται για τις επίγειες μετρήσεις των γωνιών είναι τα **θεοδόλιχα** (οπτικομηχανικά ή ψηφιακά).
- Για τις μετρήσεις μηκών χρησιμοποιούνται απλές μετροταινίες (για μικρά μήκη) και τα **EDM**, τα οποία είναι όργανα μέτρησης μήκους με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.
- Το ψηφιακό θεοδόλιχο και το EDM αποτελούν έναν **ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό (total station)**.



Οπτικομηχανικό θεοδόλιχο

## Μετρητικά όργανα

- Για τις μετρήσεις υψομετρικών διαφορών χρησιμοποιούνται κυρίως οι χωροβάτες (οπτικομηχανικοί ή ψηφιακοί) αλλά και οι ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί.
- Ο προσδιορισμός του μέτρου του διανύσματος της βαρύτητας γίνεται με τα βαρυτήμετρα.



Βαρυτήμετρο

Ολοκληρωμένος  
γεωδαιτικός σταθμός  
(total station)



## Ιστορικά Στοιχεία

- Από την αρχαία εποχή, το σχήμα και το μέγεθος της Γης, όπως επίσης και η σχέση της με τα υπόλοιπα ουράνια σώματα, απασχολούσαν την ανθρωπότητα.
- Στην εποχή του Ομήρου (900-800 π.Χ.) είχε διαμορφωθεί η άποψη της **επίπεδης Γης**, ως κυρτός δίσκος που περιβάλλεται από τους ωκεανούς.
- Οι πρώτος ο οποίος διατύπωσε τη θεωρία της **σφαιρικής Γης** ήταν ο **Πυθαγόρας** (582-507 π.Χ.).
- Ο πρώτος που προσδιόρισε επιστημονικά το μέγεθος της Γης με μετρήσεις ήταν ο **Ερατοσθένης** (276-192 π.Χ.), ο οποίος θεωρείται ο πατέρας της Γεωδαισίας. Χρησιμοποίησε για πρώτη φορά τους όρους γεωγραφία, γεωγραφικό πλάτος και μήκος, δημιούργησε χάρτη με μεσημβρινούς και παράλληλους, και υπολόγισε με αρκετά μεγάλη ακρίβεια **την ακτίνα της Γης**.

## Ιστορικά Στοιχεία

### Το πείραμα του Ερατοσθέση

<https://www.youtube.com/watch?v=Mw30CgaXiQw>

Ο Ερατοσθένης παρατήρησε ότι κατά το θερινό ηλιοστάσιο, οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν **κάθιστα** σε ένα πηγάδι της Σιώνης (Ασσουάν).

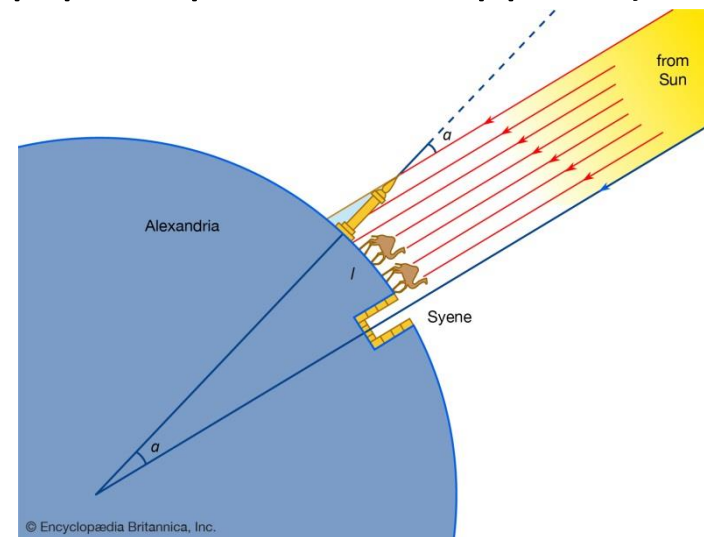
Την ίδια ημέρα υπολόγισε ότι στην Αλεξάνδρεια, που βρίσκεται στον ίδιο περίπου μεσημβρινό, οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν υπό γωνία **7° 12'**.

Με βάση Αιγυπτιακούς χάρτες της εποχής εκτίμησε την απόσταση μεταξύ των δύο πόλεων ίση με 5000 στάδια.

Έτσι, προσδιόρισε την ακτίνα της Γης ίση με **6267 km** (με βάση το Αιγυπτιακό στάδιο  $\approx 157,7$  m) ή ίση με **7380 km** (με βάση το Αττικό στάδιο  $\approx 185$  m).

Ακτίνα της Γης: **R = 6371 km**

Απόκλιση **-2%** ή **15,5%**





## Ιστορικά Στοιχεία

- Η γεωδαισία, όπως επίσης και άλλες επιστήμες, δέχτηκε πλήγμα και παρέμεινε στάσιμη κατά το Μεσαίωνα.
- Το 14<sup>ο</sup> και 15<sup>ο</sup> αιώνα αρκετοί επιστήμονες ασχολήθηκαν ξανά με τον προσδιορισμό του μεγέθους της Γης, ενώ οι πρώτοι που διατύπωσαν τη θεωρία του ελλειψοειδούς σχήματος της Γης ήταν ο **Newton** (1643-1727) και ο **Huygens** (1629-1695).
- Σημαντικά γεγονότα για την εξέλιξη της Γεωδαισίας ήταν η εφεύρεση του **τηλεσκοπίου** και η επινόηση των **λογαρίθμων** τον 17<sup>ο</sup> αιώνα, όπως και η εφεύρεση του πρώτου θεοδόλιχου (theodolite).
- Τον 18<sup>ο</sup> και 19<sup>ο</sup> αιώνα ακολούθησε μεγάλη εξέλιξη της Γεωδαισίας με δημιουργία χαρτών και οριοθέτηση συνόρων κρατών.
- Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα οι επιστήμονες επικεντρώθηκαν στον προσδιορισμό του **γεωειδούς**.

## Ιστορικά Στοιχεία

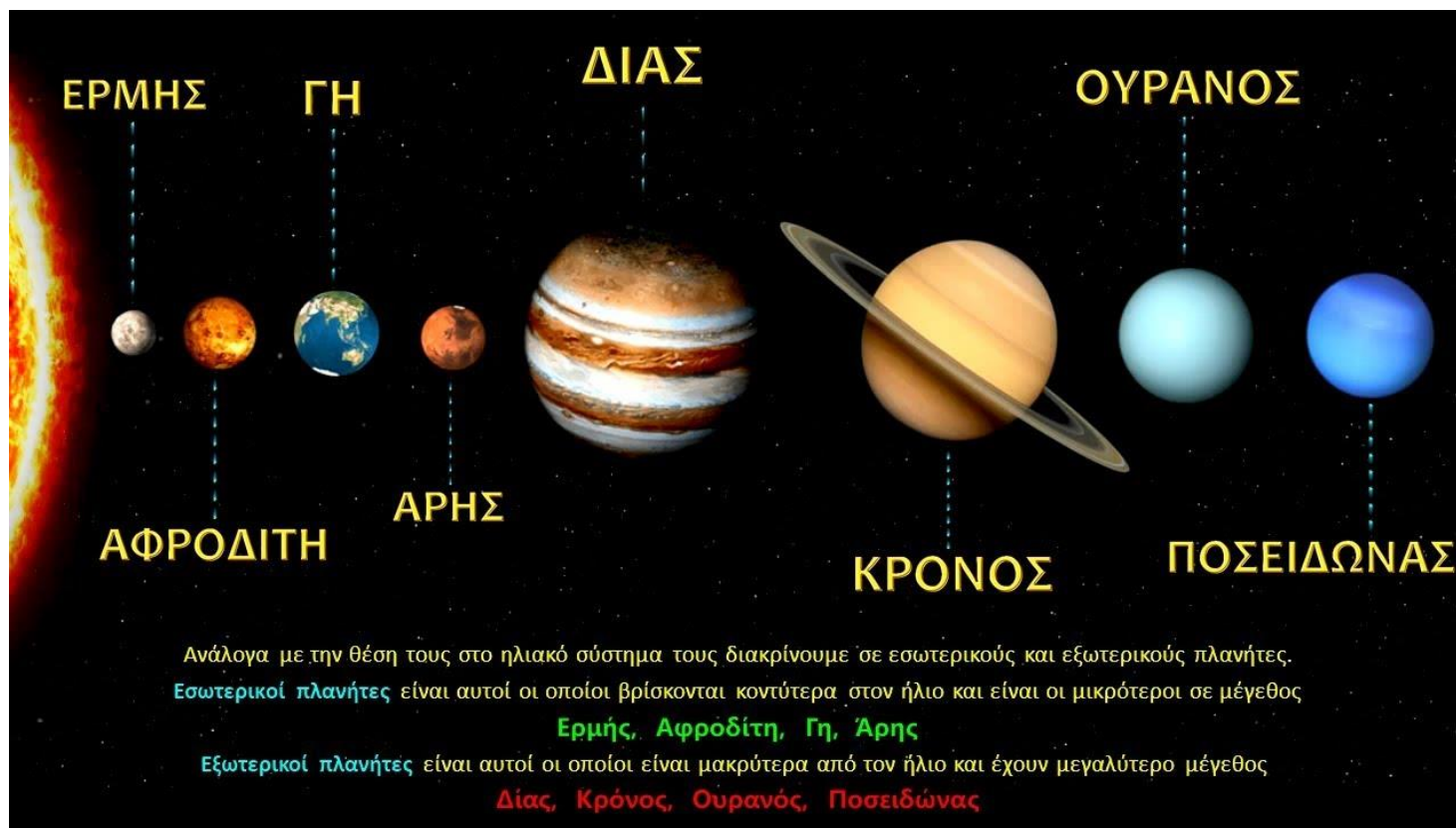
- Τη δεκαετία του 1960 γίνεται η αρχή της **Διαστημικής ή Δορυφορικής Γεωδαισίας** με την εκτόξευση των τεχνητών **δορυφόρων**.
  - Sputnik I & II, USSR, 1957
  - Explorer I, USA, 1958
- Με τη χρήση των δορυφόρων υπολογίζονται οι συντεταγμένες σημείων της Γήινης επιφάνειας (GPS, GLONASS).
- Αναπτύσσεται η δορυφορική αλτιμετρία (satellite altimetry) για τον προσδιορισμό του γεωειδούς, η βαρυτημετρία, η βαθμιδομετρία και η μέτρηση αποστάσεων από δορυφόρο σε δορυφόρο.
- Σήμερα, η Διαστημική ή Δορυφορική Γεωδαισία εφαρμόζεται άμεσα σε γεωδαιτικές εργασίες με την ευρεία χρήση δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού θέσης (**GNSS: Global Navigation Satellite Systems**).

# Στοιχεία Γεωδαισίας

11/27

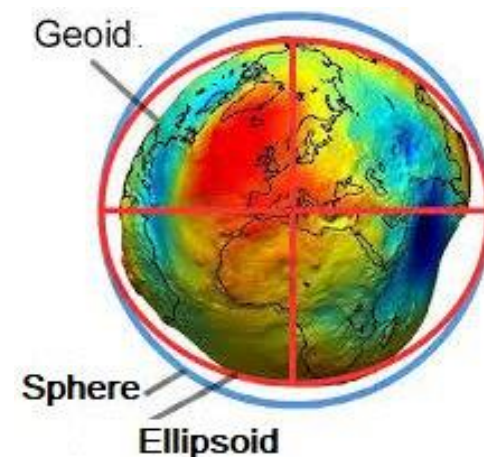
## Πλανήτης Γη

Το **Ηλιακό Σύστημα** αποτελείται από τον Ήλιο και τους οκτώ (8) πλανήτες, οι οποίοι περιστρέφονται σε ελλειπτικές τροχιές γύρω από αυτόν.



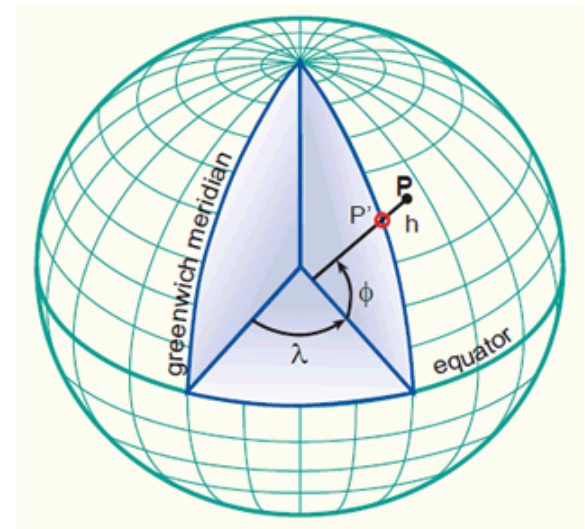
## Πλανήτης Γη

- Ο πλανήτης Γη είναι ο τρίτος (3<sup>ος</sup>) πιο κοντινός πλανήτης στον Ήλιο, ο πιο πυκνός και ο πέμπτος (5<sup>ος</sup>) μεγαλύτερος σε μάζα.
- Δημιουργήθηκε πριν από **4,6 δις χρόνια**, έχει ένα φυσικό δορυφόρο, τη **Σελήνη**, η οποία οφείλεται για την παλίρροια και τη σταθεροποίηση του άξονα περιστροφής της.
- Το σχήμα της είναι σχεδόν σφαιρικό με μέση ακτίνα  **$R = 6371 \text{ km}$** , και προσεγγίζεται με την περιστροφή μίας έλλειψης γύρω από το μικρό της άξονα (**ελλειψοειδές εκ περιστροφής, ΕΕΠ**).
- Τα άκρα του άξονα περιστροφής λέγονται **πόλοι (βόρειος και νότιος)**, ενώ το κάθετο επίπεδο στο κέντρο του άξονα περιστροφής λέγεται **ισημερινό επίπεδο**, η περιφέρεια του οποίου ονομάζεται **ισημερινός**.



## Πλανήτης Γη

- Τα επίπεδα παράλληλα στον ισημερινό και κάθετα στον άξονα περιστροφής λέγονται **παράλληλοι**, ενώ τα επίπεδα που περιλαμβάνουν τον άξονα περιστροφής ονομάζονται **μεσημβρινοί**.
- Κάθε σημείο του ΕΕΠ μπορεί να προσδιοριστεί ως τομή των αντίστοιχων καμπυλών μεσημβρινού και παράλληλου.
- Το μέτρο της γωνίας μεταξύ του πρώτου ( $1^{\text{ου}}$ ) μεσημβρινού (**Greenwich**) και του μεσημβρινού του σημείου λέγεται **γεωδαιτικό μήκος ( $\lambda$ )**, ενώ η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της κάθετης από το σημείο πάνω στο ΕΕΠ και του ισημερινού επιπέδου ονομάζεται **γεωδαιτικό πλάτος ( $\varphi$ )**.
- Οι συντεταγμένες αυτές ( $\varphi, \lambda$ ) ονομάζονται **ελλειψοειδείς ή γεωδαιτικές συντεταγμένες**.



# Στοιχεία Γεωδαισίας

14/27

## Πλανήτης Γη



# Στοιχεία Γεωδαισίας

15/27

## Πλανήτης Γη

- Το εμβαδόν της επιφάνειας της Γης είναι  $E \approx 5,10 \times 10^8 \text{ km}^2$
- Ο όγκος της Γης είναι  $V \approx 1,10 \times 10^{12} \text{ km}^3$
- Η μάζα της Γης είναι  $m \approx 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$
- Η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι:
  - $g_p \approx 9,8322 \text{ m/sec}^2$  στους πόλους
  - $g_e \approx 9,7803 \text{ m/sec}^2$  στον ισημερινό
- Η επιφάνεια της Γης καλύπτεται  $\approx 78\%$  από νερό, ενώ το υπόλοιπο  $\approx 22\%$  αποτελεί την ξηρά.
- Η Γη περιβάλλεται από την ατμόσφαιρα ( $\approx 78\%$  άζωτο,  $\approx 21\%$  οξυγόνο και  $\approx 1\%$  άλλα αέρια) η οποία ασκεί στην επιφάνειά της ατμοσφαιρική πίεση  $P_{\text{atm}} \approx 101325 \text{ N/m}^2$ .



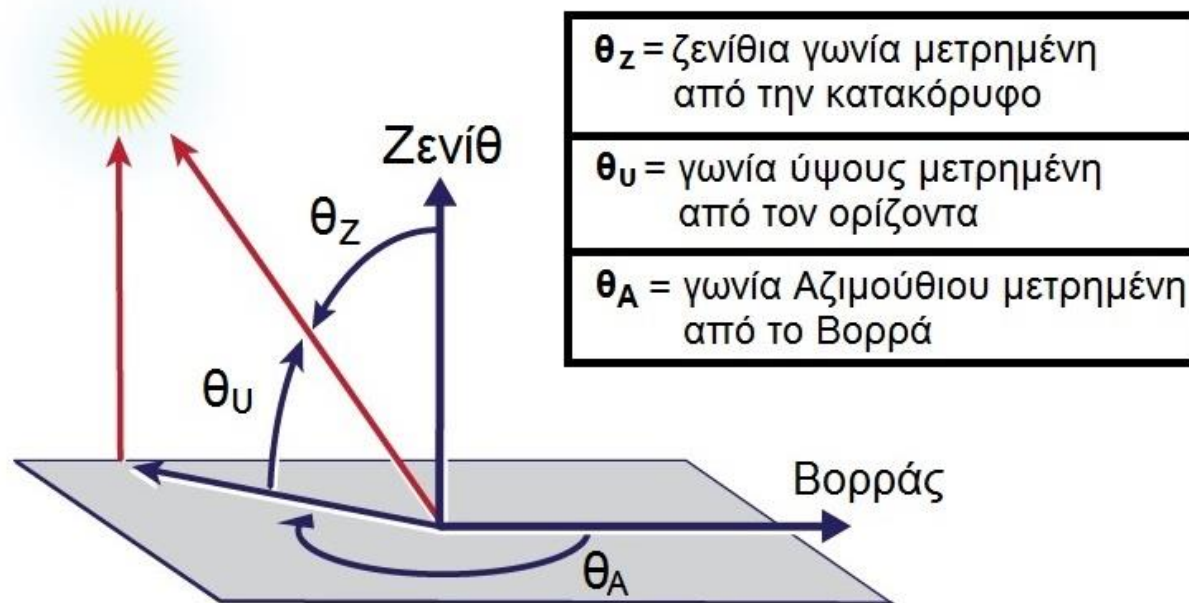
## Βασικοί Ορισμοί

- **Βασική διεύθυνση** για τον ορισμό των εννοιών είναι η **κατακόρυφη**.
- **Οριζόντιο επίπεδο**: Το επίπεδο που είναι κάθετο στην κατακόρυφο.
- **Οριζόντια ευθεία**: Η ευθεία που είναι κάθετη στην κατακόρυφο.
- **Κατακόρυφο επίπεδο**: Το επίπεδο που περιέχει την κατακόρυφο.
- **Απόσταση δύο σημείων A, B**: Η οριζόντια απόσταση των προβολών τους σε ένα οριζόντιο επίπεδο.
- **Εμβαδόν κλειστού πολυγώνου**: Το εμβαδό του πολυγώνου το οποίο σχηματίζουν οι προβολές των κορυφών σε μία επιφάνεια αναφοράς.
- **Υψόμετρο**: Η απόσταση του σημείου από μία επιφάνεια αναφοράς.
- **Αποτύπωση**: Η απεικόνιση της φυσικής γήινης επιφάνειας.
- **Χάραξη**: Η υλοποίηση σημείων γραμμών και επιφανειών πάνω στη φυσική γήινη επιφάνεια.



## Βασικοί Ορισμοί

- **Κλίμακα:** Ο λόγος μίας διάστασης στην απεικόνιση, προς την ίδια διάσταση στο έδαφος.
- **Χάρτης:** Απεικόνιση υπό κλίμακα  $< 1:100000$ .
- **Τοπογραφικό Διάγραμμα:** Απεικόνιση υπό κλίμακα  $> 1:100000$ .
- **Γωνίες:** Ζενίθια, Ύψους, Αζιμούθιου



## Βασικοί Ορισμοί

- **Τοπογραφικός Χάρτης**

Προϊόν συνεργασίας Γεωδαισίας, Τοπογραφίας, Φωτογραμμετρίας και Χαρτογραφίας ( $K < 1:5.000$ )

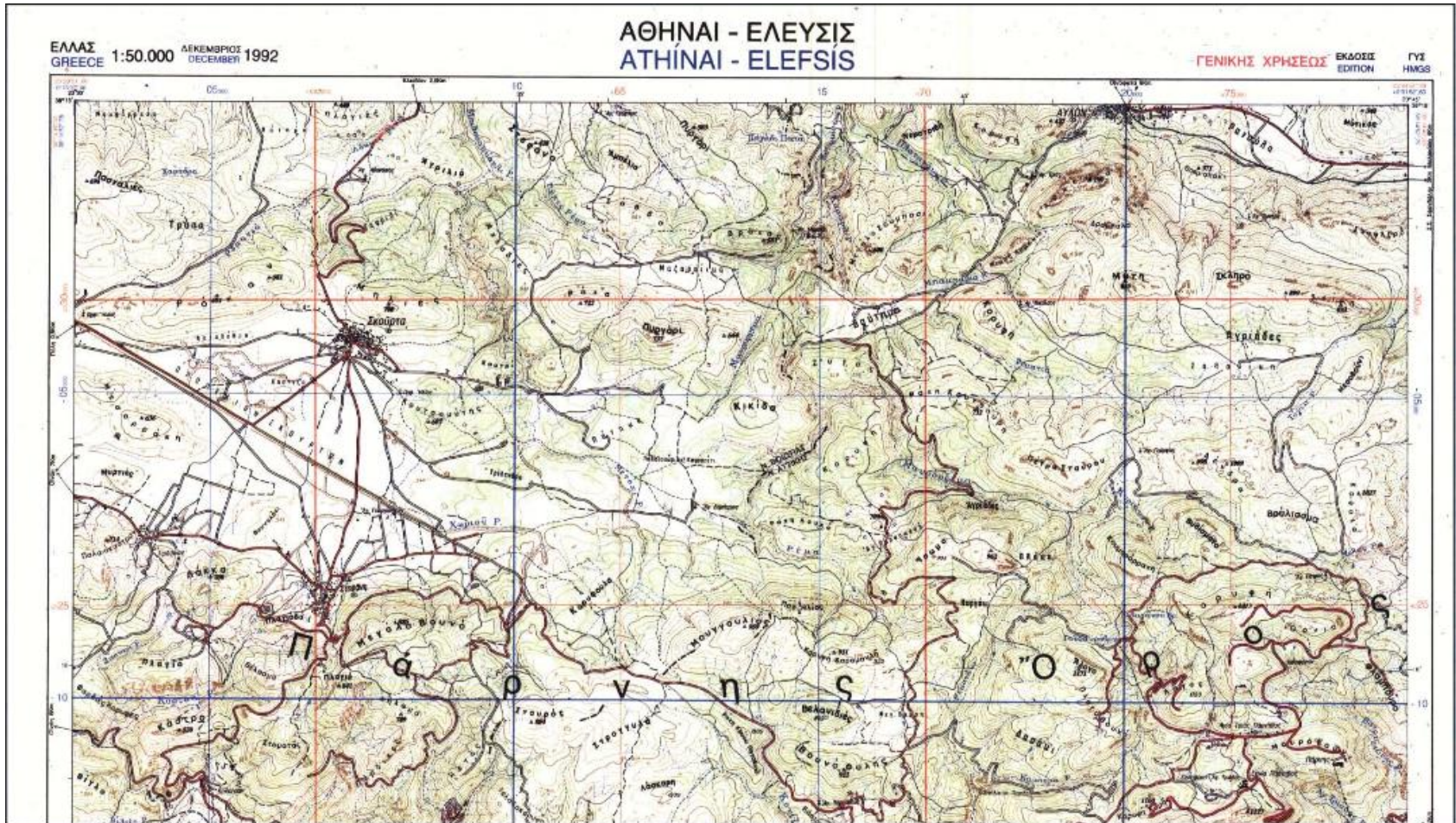
- **Τοπογραφικό Διάγραμμα:**

Μέσο παρουσίασης τοπογραφικών λεπτομερειών με υψηλό επίπεδο μετρητικής αξιοπιστίας (μεγάλες ή μεσαίες τοπογραφικές κλίμακες, 1:200 – 1:1.000)

# Στοιχεία Γεωδαισίας

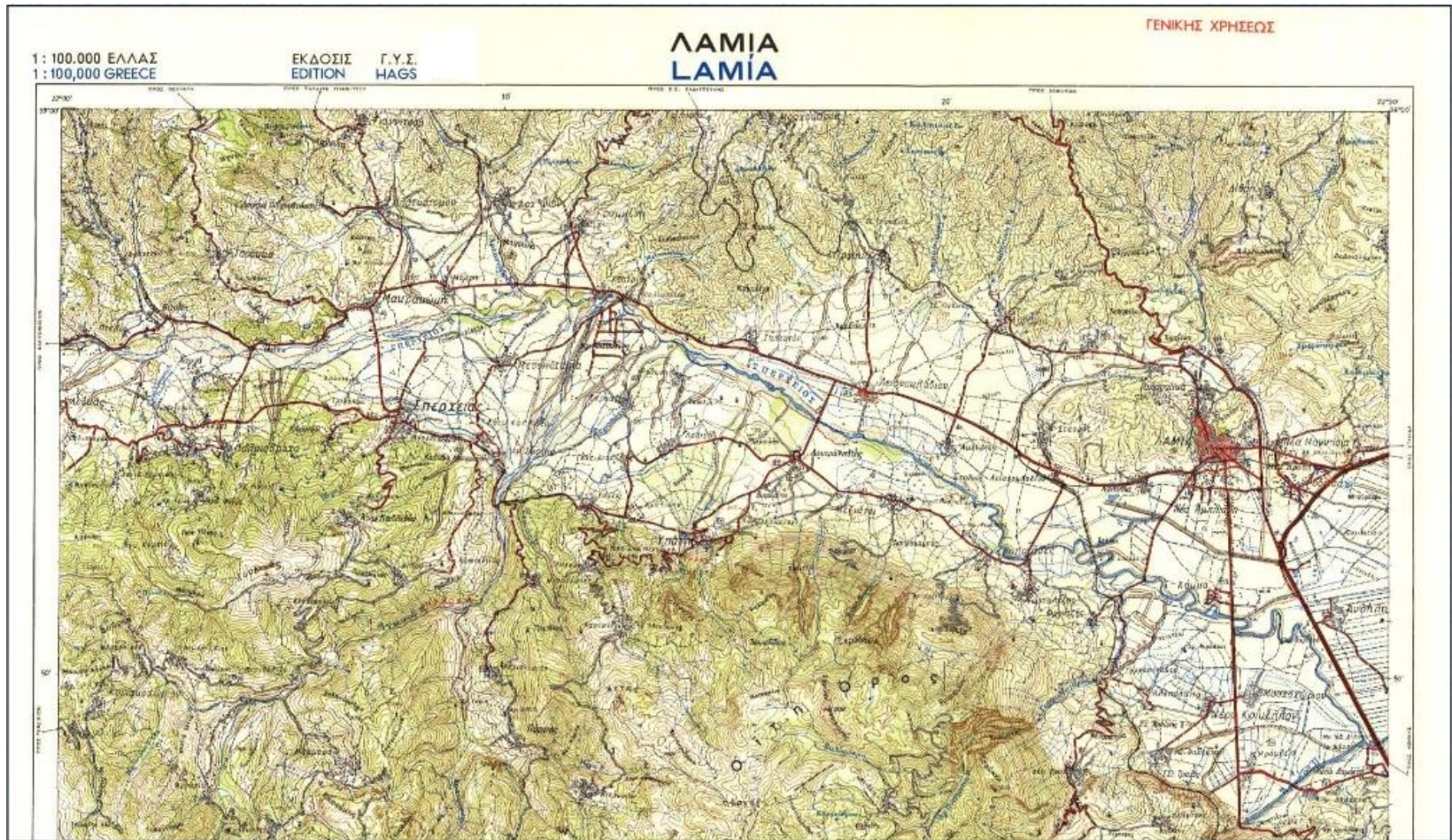
19/27

## Παράδειγμα τοπογραφικού χάρτη



# Στοιχεία Γεωδαισίας

## Παράδειγμα τοπογραφικού χάρτη



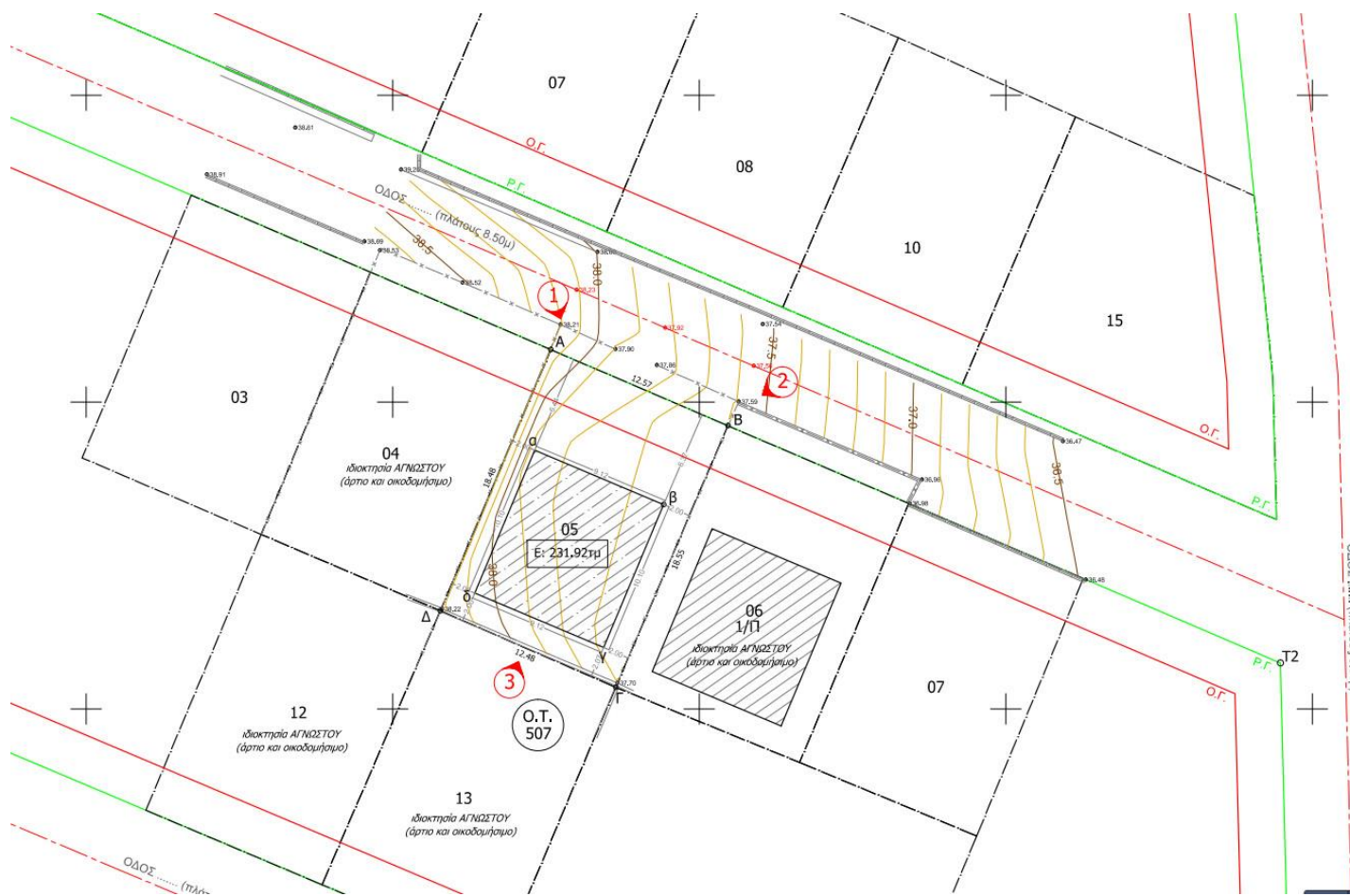
# Στοιχεία Γεωδαισίας

## Παράδειγμα τοπογραφικού διαγράμματος



# Στοιχεία Γεωδαισίας

## Παράδειγμα τοπογραφικού διαγράμματος



## Μονάδες Μέτρησης

- Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται το **Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.)**

### Μονάδες Μέτρησης Μήκους

- Βασική μονάδα μέτρησης του μήκους είναι το **1 μέτρο (1 m)** μαζί με τα διάφορα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσιά του (**Πίνακας 1**).
- Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται μονάδες μέτρησης μήκους του Βρετανικού συστήματος (**Πίνακας 2**).

**Πίνακας 1**

1 Mm	1000000 m
1 km	1000 m
1 dm	0.1 m
1 cm	0.01 m
1 mm	0.001 m
1 $\mu$ m	0.000001 m

**Πίνακας 2**

1 ίντσα (in)	0.0254m
1 πόδι (ft) = 12 in	0.3048m
1 γιάρδα (yard) = 3 ft	0.9144 m
1 μίλι (mile) = 5280 ft	1609.344 m
1 ναυτικό μίλι (naut. mile) = 6076.1 ft	1851.9953 m

## Μονάδες Μέτρησης

### Μονάδες Μέτρησης Επιφάνειας – Όγκου

- Βασική μονάδα μέτρησης επιφάνειας είναι το **τετραγωνικό μέτρο (1 m<sup>2</sup>)**.
- Στην πράξη χρησιμοποιούνται επίσης και τα επόμενα πολλαπλάσιά του **(Πίνακας 3)**.
- Βασική μονάδα μέτρησης του όγκου είναι το ένα κυβικό μέτρο **(1 m<sup>3</sup>)**.
- Για τη μέτρηση όγκου υγρών ή αερίων χρησιμοποιείται το λίτρο **(1 lt)**.

$$1 \text{ lt} = 10^{-3} \text{ m}^3 \quad \text{ή} \quad 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ lt}$$

Πίνακας 3

1 Άριο	100 m <sup>2</sup>
1 Στρέμμα	1000 m <sup>2</sup>
1 Εκτάριο = 10 στρέμματα	10000 m <sup>2</sup>
1 km <sup>2</sup> = 1000 στρέμματα	1000000 m <sup>2</sup>



## Μονάδες Μέτρησης

### Μονάδες Μέτρησης Γωνιών

- Βασική μονάδα μέτρησης των γωνιών στο S.I. είναι το **ακτίνιο(1 rad)**.
- Το ακτίνιο αντιστοιχεί σε μία επίκεντρη γωνία της οποίας το μήκος του τόξου στο οποίο βαίνει είναι ίσο με την ακτίνα του κύκλου.
- Στην πράξη η μέτρηση των γωνιών γίνεται σε **μοίρες, πρώτα και δεύτερα λεπτά της μοίρας ( $^{\circ} \ ' \ ''$ )**, και σε **βαθμούς, πρώτα και δεύτερα λεπτά του βαθμού ( $^{\circ} \ ^c \ ^{cc}$ )**. Τα σύγχρονα όργανα μετρούν τις γωνίες σε βαθμούς.

$$\left. \begin{array}{l} 1^{\circ} = 60' \\ 1' = 60'' \end{array} \right\} \Rightarrow 1^{\circ} = 3600''$$

$$\left. \begin{array}{l} 1^g = 100^c \\ 1^c = 100^{cc} \end{array} \right\} \Rightarrow 1^g = 10000^{cc}$$

**Προσοχή:** Το μέτρο της γωνίας σε μοίρες και δεκαδικά μοιρών δεν είναι ίσο με τον ίδιο αριθμό σε μοίρες, πρώτα και δεύτερα.

$$38.1325^{\circ} \neq 38^{\circ}13'25''$$

## Μονάδες Μέτρησης

### Μονάδες Μέτρησης Γωνιών

Η γενική σχέση για τη μετατροπή των γωνιών από μία μονάδα σε άλλη είναι η επόμενη:

$$\frac{\alpha}{2\pi^{\text{rad}}} = \frac{\mu}{360^{\circ}} = \frac{\beta}{400^{\text{g}}}$$

όπου:  $\alpha$  η γωνία σε ακτίνια  
 $\mu$  η γωνία σε μοίρες  
 $\beta$  η γωνία σε βαθμούς

Ή πιο απλά

$$2\pi^{\text{rad}} = 360^{\circ} = 400^{\text{g}}$$

Για τις μικρές γωνίες ισχύει προσεγγιστικά η σχέση:

$$\gamma^{\text{rad}} \cong \sin \gamma \cong \tan \gamma$$

όπου  $\gamma(\text{rad})$  είναι η γωνία σε ακτίνια.

## Μονάδες Μέτρησης

### Άλλες Μονάδες Μέτρησης

- Χρόνου

1 δευτερόλεπτο (sec)

1 hr = 60 min = 3600 sec, 1 min = 60 sec

- Θερμοκρασίας

Βαθμός Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ )       $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273^{\circ}$

- Ατμοσφαιρική Πίεση

Pascal (Pa)      1 Pa = 1N/m<sup>2</sup>

Στις γεωδαιτικές μετρήσεις χρησιμοποιούνται επίσης:

1 mbar = 100 N/m<sup>2</sup>

1 mm στήλης Hg = 1.33333 mbar

760 mm Hg = 1013.25 mbar = 1 Atm

# Στοιχεία Γεωδαισίας

---

## Βιβλιογραφία

- Μαθήματα Γεωδαισίας, 2<sup>η</sup> Έκδοση, Γ. Γεωργόπουλος, Εκδόσεις Τζιόλα, 2019.
- Στοιχεία Τοπογραφίας, Ε. Στυλιανίδη, Εκδόσεις Δίσιγμα, 2011.
- Εφαρμοσμένη Γεωδαισία, 2<sup>η</sup> έκδοση, Ε. Λάμπρου, Γ. Πανταζής, Εκδόσεις Ζήτη, 2010.