



*HEPOS και σύγχρονα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς:
Θεωρία και υλοποίηση, προοπτικές και εφαρμογές.*

HEPOS workshop
25-26/9/2008

Συνδιοργάνωση: ΤΑΤΜ/ΑΠΘ και ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΕ

Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς με έμφαση στο ΕΓΣΑ '87

Γ. Βέης, ομότιμος καθηγητής της ΣΑΤΜ/ΕΜΠ

ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΣΤΗ ΚΛΑΣΙΚΗ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ

Η επιλογή μεταξύ των διαφόρων ΓΣΑ που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να στηρίζεται:

- α. Όσον αφορά το Datum.**
 - 1. Στην καλή προσαρμογή του στο τοπικό γεωειδές**
 - 2. Στην εύκολη σύνδεσή του με τα παγκόσμια συστήματα**
 - 3. Στην κατά προτίμηση χρήση του GRS 80**
- β. Όσον αφορά το δίκτυο που υλοποιεί το σύστημα**
 - 1. Στη σωστή κλίμακα και σωστό προσανατολισμό**
 - 2. Στην υψηλή ποιότητα των μετρήσεων και των υπολογισμών**
 - 3. Στην καλή τοπική (<20km) και στο σύνολο της χώρας ακρίβεια θέσεως**
- γ. Όσον αφορά το προβολικό σύστημα**
 - 1. Στον μικρό αριθμό «κέντρων»**
 - 2. Στη συμμορφία της απεικόνισης και στις μικρές παραμορφώσεις**
 - 3. Στην απλότητα των υπολογισμών και αναγωγών**

ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΣΤΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ

- α. ορίζεται με το Γεώκεντρο**
 - τον άξονα περιστροφής της γης και τις μεταβολές του
 - το πεδίο βαρύτητας της γης και τις μεταβολές του
 - άλλα γεωδυναμικά και γεωφυσικά δεδομένα
- β. υλοποιείται με λίγους σταθμούς που παρακολουθούν τους δορυφόρους και υπολογίζουν τις τροχιές τους**
- γ. ο εντοπισμός γίνεται χωρίς να είναι απαραίτητο (αλλά είναι καλό) να υπάρχει δίκτυο βοηθητικών σταθμών**



Οι εργασίες για την καταμέτρηση άρχισαν αμέσως (σελ. 69)

ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

DATUM	ΑΦΕΤΗΡΙΑ	ΕΛΛΕΙΨΟΕΙΔΕΣ*	ΔΙΚΤΥΟ	ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ	ΠΡΟΒΟΛΗ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ (ΠΑΛΑΙΟ BESSEL)	ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ	BESSEL	ΠΑΛΑΙΟ (ΠΡΟ 1940) ΜΕ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΕΙΣ	ΠΡΟ ΤΟΥ 1940 ΜΕ ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΕΙΣ	HATT	ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΠΙΟ ΔΙΑΔΕΔΟΜΕΝΟ
" ΕΛΛΗΝΙΚΟ (ΝΕΟ BESSEL)	" ΚΤΥΠΑΣ	" "	" ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΟ 1975	" 1982	ΕΜΠ 3 HATT	ΥΠ.ΠΕ.ΧΩ.-Δ.Ε. Γ.Υ.Σ. ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΑΚΟΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΤΕΙ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ
ED 50	POTSDAM	HAYFORD	ΠΑΛΑΙΟ (ΠΡΟ 1940) ΜΕ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΕΙΣ	1950 ΜΕ ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΕΙΣ	UTM	
WGS 72	ΓΕΩΚΕΝΤΡΟ	WGS 72	ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ (DOPPLER)	1972	_____	ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ
WGS 84	ΓΕΩΚΕΝΤΡΟ	GRS 80	ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ (DOPPLER + GPS)	1984	_____	ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ
BTS	ΓΕΩΚΕΝΤΡΟ	GRS 80	ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ	ΝΕΑ ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ ΚΑΘΕ ΧΡΟΝΟ	_____	ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ
ΕΓΣΑ 87	ΓΕΩΚΕΝΤΡΟ ΜΕΤΑΤΕΘΗΜΕΝΟ	GRS 80	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑ 75 ΜΑΖΙ ΜΕ ΔΟΡΥΦΟΡΙ- ΚΕΣ	1987	ΕΜΠ (UTM με $\lambda_s=24$)	ΕΛΛΗΝΙΚΟ + ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ

ΕΠΙΓΕΙΑ

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ

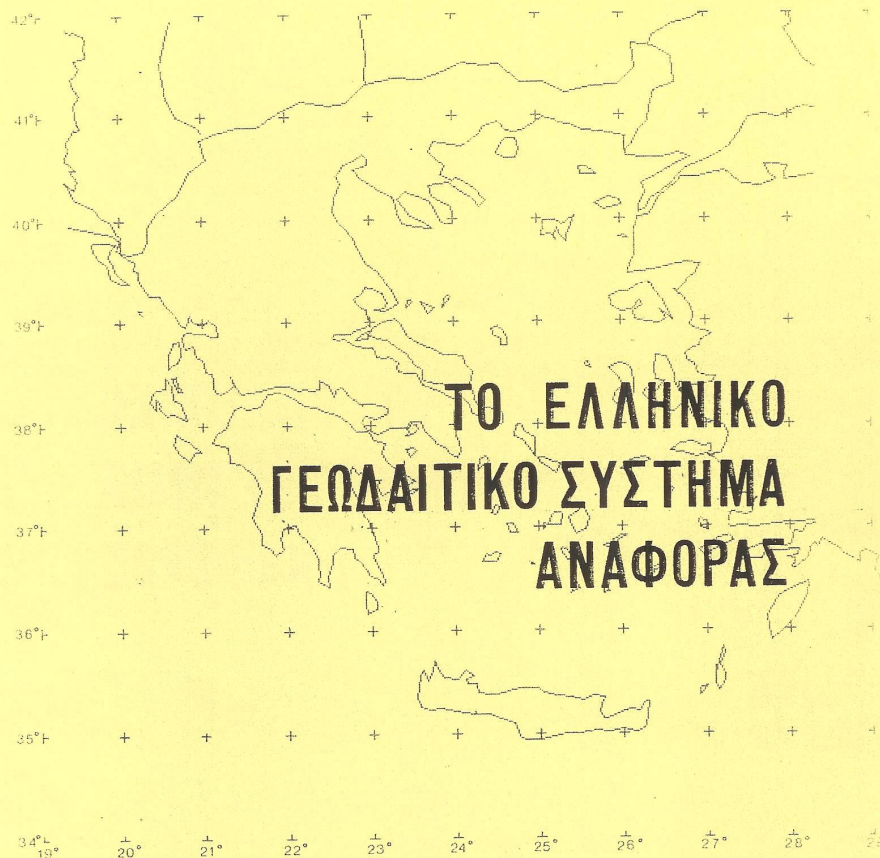
ΕΠΙΓΕΙΑ

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ

* BESSEL	a=6 377 397.155	f=1/299.1528128
HAYFORD	a=6 378 388	f=1/297
WGS 72	a=6 378 135	f=1/298.26
GRS 80	a=6 378 137	f=1/298.2572236

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ & ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΕΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ



ΑΘΗΝΑ

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 1987

HEPOS Workshop: Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς με έμφαση στο ΕΓΣΑ '87

ΕΓΣΑ '87 – ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ

- 1. Να ικανοποιεί όλες τις επιστημονικές, τεχνικές και νομικές απαιτήσεις της χώρας με έμφαση το κτηματολόγιο.**
- 2. Απλό, εύχρηστο και φιλικό στους χρήστες, κατανοητό στους πολίτες.**
- 3. Χρησιμοποίηση υπαρχουσών επίγειων και δορυφορικών γεωδαιτικών εργασιών.**
- 4. Εύκολη χρήση στις μελλοντικές τοπογραφικές εργασίες τόσο με επίγειες όσο και με δορυφορικές μεθόδους.**
- 5. Εύκολη ένταξη υπαρχουσών τοπογραφικών και χαρτογραφικών εργασιών.**
- 6. Πρόβλεψη μελλοντικών εξελίξεων – Διάρκεια.**
- 7. Δυνατότητα συνεχών βελτιώσεων χωρίς ανατροπές**

ΕΓΣΑ '87 – ΠΡΩΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑ

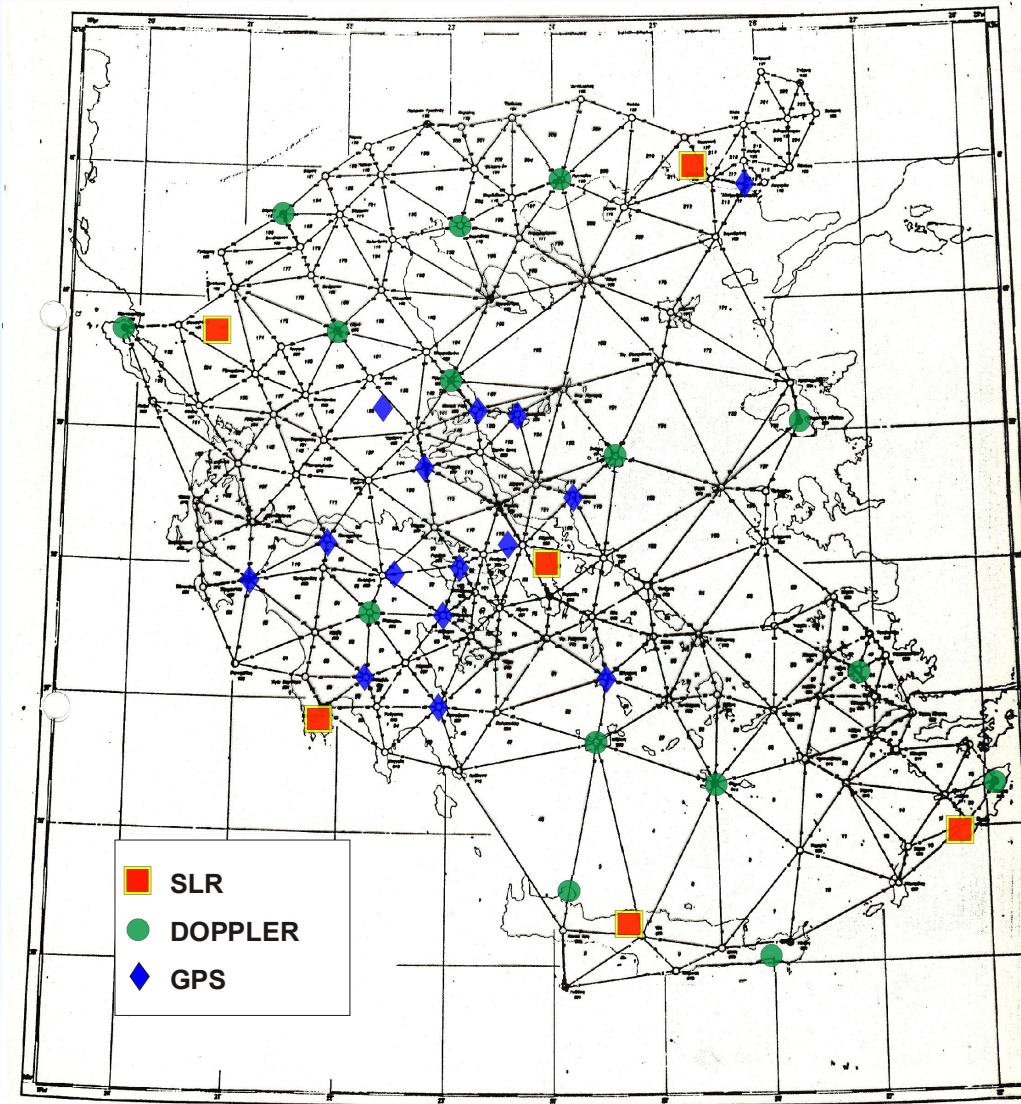
- **Παγκόσμιο σύστημα**
- **Ευρωπαϊκό σύστημα**
- **Ελληνικό (Εθνικό) σύστημα**

ΕΓΣΑ '87 – ΑΡΧΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

- **Δίκτυο 1ης τάξεως ΓΥΣ**
- **Ακριβείς θέσεις στο ITRF '87 (BTS)**
 - Διόνυσος**
 - 5 SLR**
 - 15 GPS**
 - 15 doppler**
- **Γεωειδές στο GRS '80**
- **Παρακολούθηση των εξελίξεων στο διεθνή χώρο**

ΕΓΣΑ

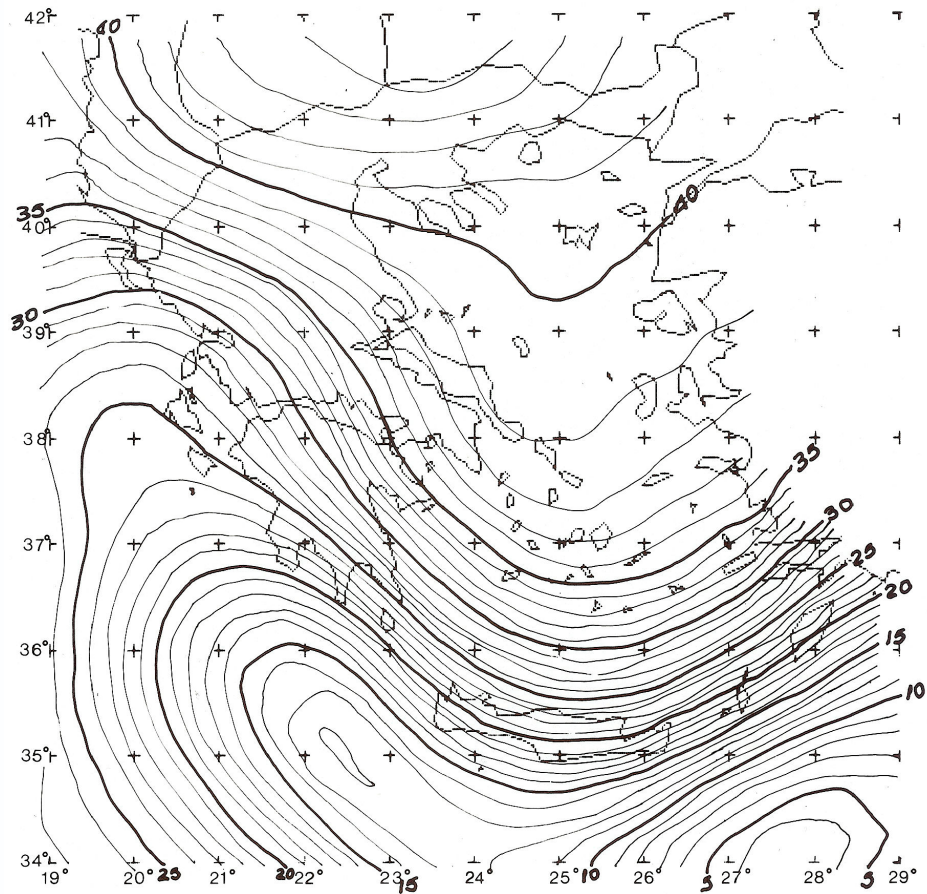
ΕΝΤΑΞΗ ΣΗΜΕΙΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ 1ης ΤΑΞΕΩΣ



ΕΓΣΑ '87 – ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

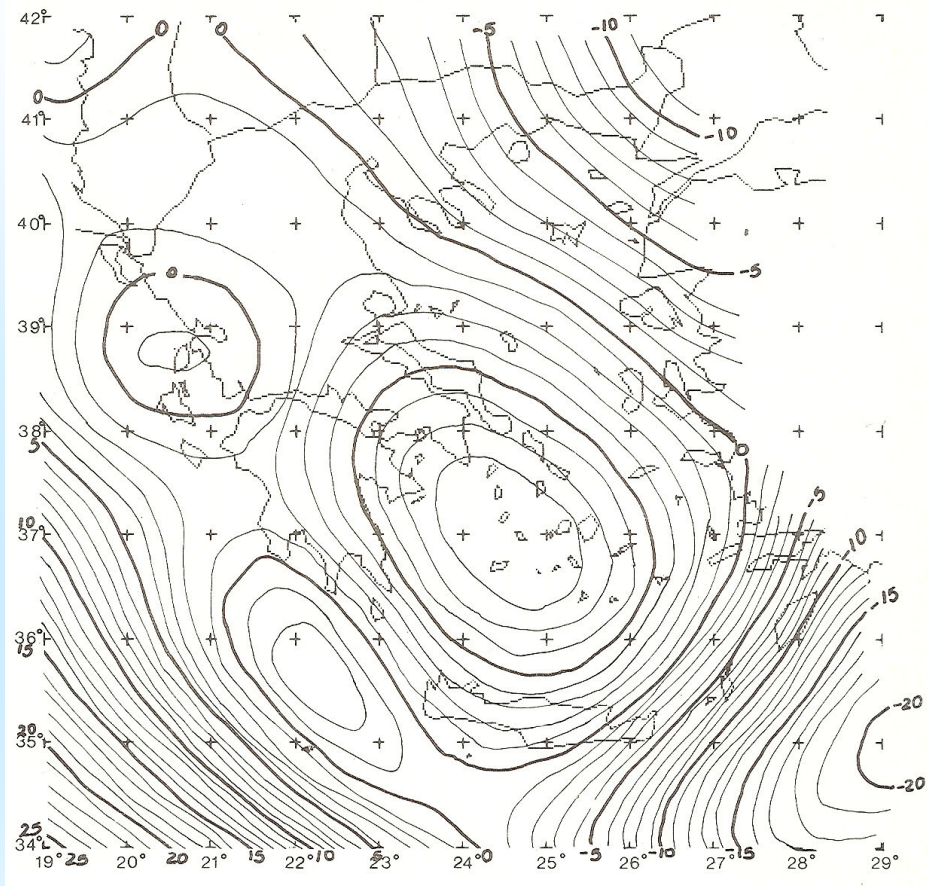
- 1. Επιλογή Ελλειψοειδούς.**
- 2. Επιλογή αφετηρίας και προσδιορισμός θέσης στο ITRF (BTS).**
- 3. Εύρεση εκκεντρότητας μέσω προσαρμογής του γεωειδούς.**
- 4. Συντεταγμένες αφετηρίας στο ΕΓΣΑ '87
(συμβατικός ορισμός datum).**
- 5. Συνόρθωση του Δικτύου I στο νέο σύστημα (ΕΓΣΑ '87)**
- 6. Προσαρμογή του Δικτύου στον προσανατολισμό και την κλίμακα του ITRF.**
- 7. Υπολογισμός όλων των τριγωνομετρικών στο ΕΓΣΑ '87.**
- 8. Επιλογή Νέου Προβολικού Συστήματος και μετατροπή όλων των συντεταγμένων στο νέο σύστημα.**
- 9. Πίνακες για μετατροπή των παλαιών συστημάτων (Hatt) καθώς και του ED 50 στο ΕΓΣΑ.**

Το ΕΓΣΑ '87 ορίζεται με τις συντεταγμένες όλων των (περίπου 30000) τριγωνομετρικών σημείων.



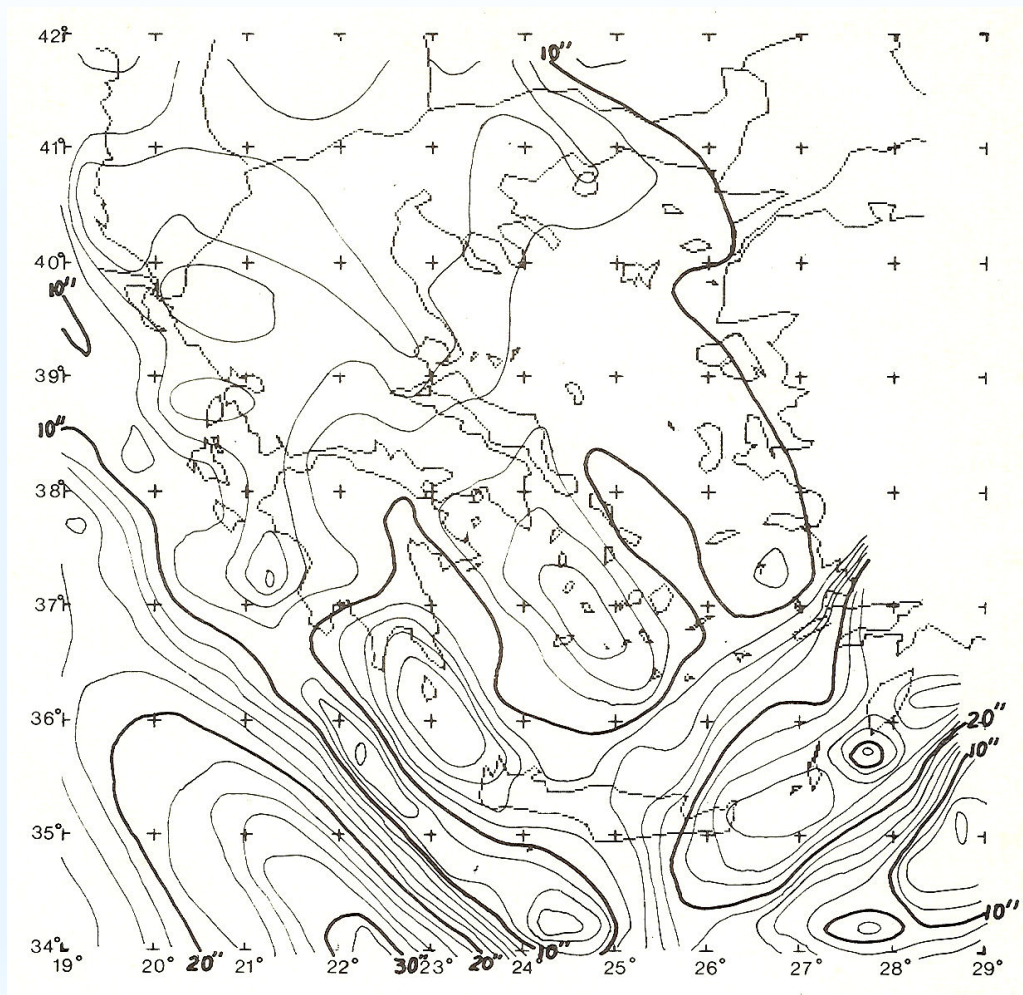
ΟΜΑΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟ (50km) ΓΕΩΕΙΔΕΣ ΣΤΟ ΓΕΩΚΕΝΤΡΙΚΟ ΕΛΛΕΙΨΟΕΙΔΕΣ ΤΟΥ GRS '80

ΣΧ. 3



ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΟ (ΟΜΑΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟ) ΓΕΩΕΙΔΕΣ ΣΤΟ ΕΓΣΑ '87

ΣΧ. 4



$$\xi = + 9'' .3436$$

$$\eta = + 6'' .1574$$

$$\Delta N = 32.18 \text{ m}$$

ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΟΛΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ © ΣΤΟ ΕΓΣΑ '87

ΣΧ. 6

ΕΓΣΑ '87 – ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

- 1. Επιλογή Ελλειψοειδούς.**
- 2. Επιλογή αφετηρίας και προσδιορισμός θέσης στο ITRF (BTS).**
- 3. Εύρεση εκκεντρότητας μέσω προσαρμογής του γεωειδούς.**
- 4. Συντεταγμένες αφετηρίας στο ΕΓΣΑ '87
(συμβατικός ορισμός datum).**
- 5. Συνόρθωση του Δικτύου I στο νέο σύστημα (ΕΓΣΑ '87)**
- 6. Προσαρμογή του Δικτύου στον προσανατολισμό και την κλίμακα του ITRF.**
- 7. Υπολογισμός όλων των τριγωνομετρικών στο ΕΓΣΑ '87.**
- 8. Επιλογή Νέου Προβολικού Συστήματος και μετατροπή όλων των συντεταγμένων στο νέο σύστημα.**
- 9. Πίνακες για μετατροπή των παλαιών συστημάτων (Hatt) καθώς και του ED 50 στο ΕΓΣΑ.**

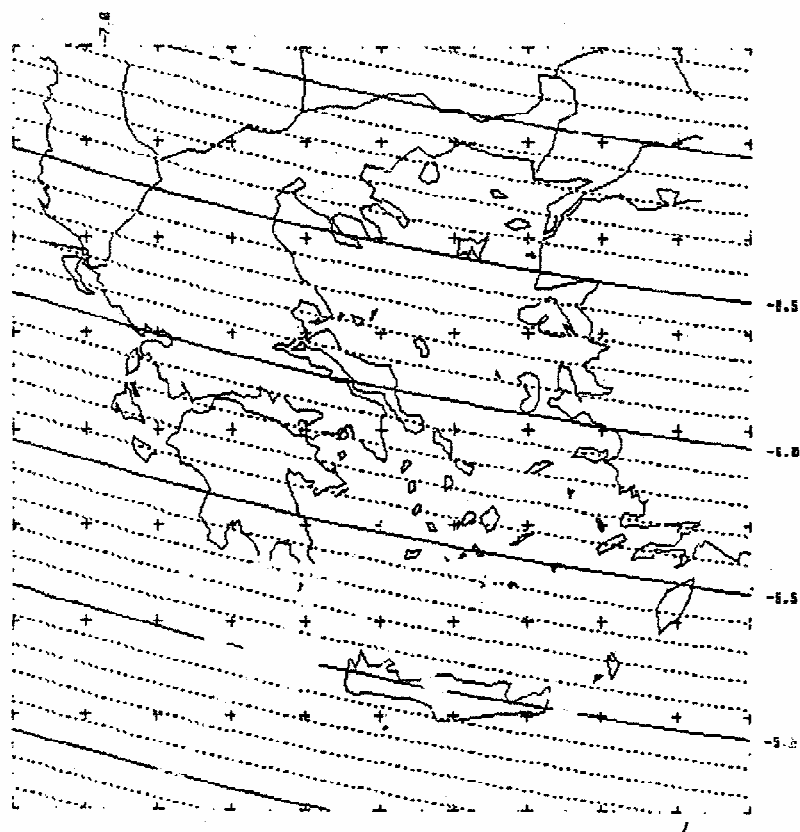
Το ΕΓΣΑ '87 ορίζεται με τις συντεταγμένες όλων των (περίπου 30000) τριγωνομετρικών σημείων.

ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΓΣΑ '87 ΜΕΧΡΙ ΚΑΙ ΙVης ΤΑΞΕΩΣ

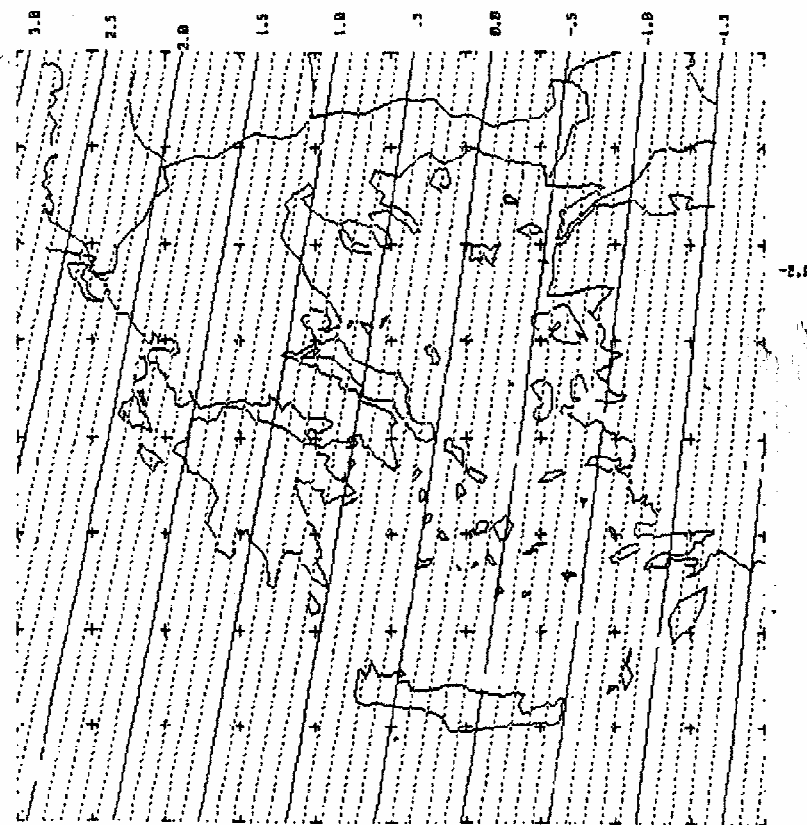




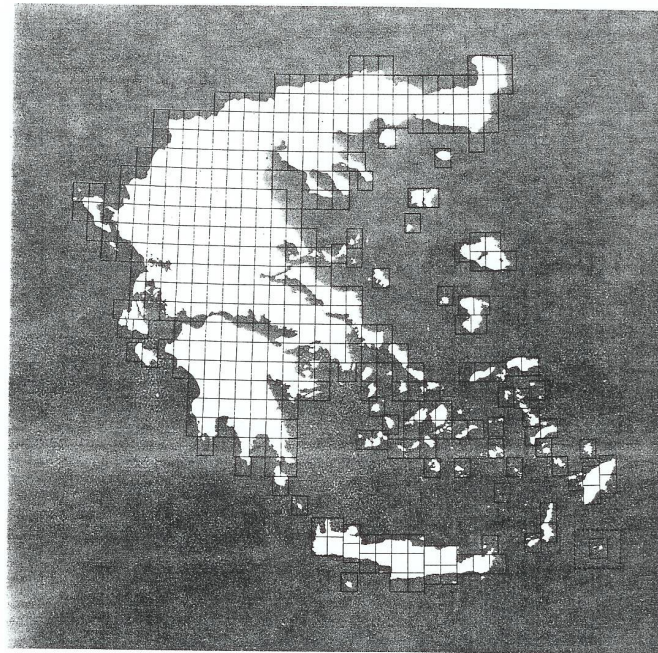
ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΔΑΤUM ΣΤΟ ΕΓΣΑ 87



$\delta\varphi''$



$\delta\lambda''$



ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ
ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Από το Σύστημα HATT (Παλαιό Datum)
στο Σύστημα Ε.Γ.Σ.Α '87 (Νέο Datum)

ΕΚΔΟΣΗ 1η
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 1995

HEPOS Workshop: Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς με έμφαση στο ΕΓΣΑ '87

Π Ι Ν Α Κ Α Σ

Υπολογισθέντων Συντελεστών Μετατροπής από το Σύστημα HATT στο Σύστημα ΕΓΣΑ '87

Κέντρα Φύλλων Χαρτών Κλίμακας 1:100.000					Περιλαμβανόμενα Φύλλα Χαρτών Κλίμακας 1:50.000		Υπολογισθέντες Πολυωνυμικοί Συντελεστές 2ου Βαθμού							
Φο		Λο			Κωδικός	Όνομα	Αi	Τιμή	Βi	Τιμή				
·	'	±	·	'										
37	45	-	1	15	136	Κανδήλα	A0	364905.80	B0	4179006.59				
					238	Νεμέα	A1	0.9997169	B1	-0.0164035				
							A2	0.0163973	B2	0.9997233				
							A3	-1.53 E-09	B3	0.23 E-09				
							A4	1.99 E-09	B4	-0.36 E-09				
							A5	-0.37 E-09	B5	-3.35 E-09				
					361	Τρίπολις	A0	364905.84	B0	4179006.52				
							A1	0.9997185	B1	-0.0164152				
							A2	0.0164218	B2	0.9996990				
							A3	-1.32 E-09	B3	0.49 E-09				
							A4	2.71 E-09	B4	-0.14 E-09				
							A5	0.36 E-09	B5	-4.69 E-09				
									173	Κόρινθος	A0	408952.17	B0	4178401.68

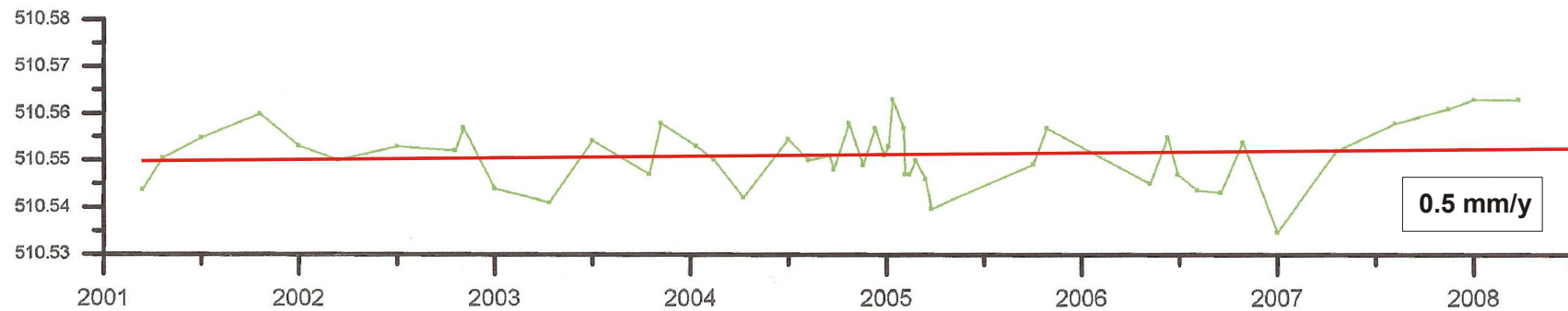
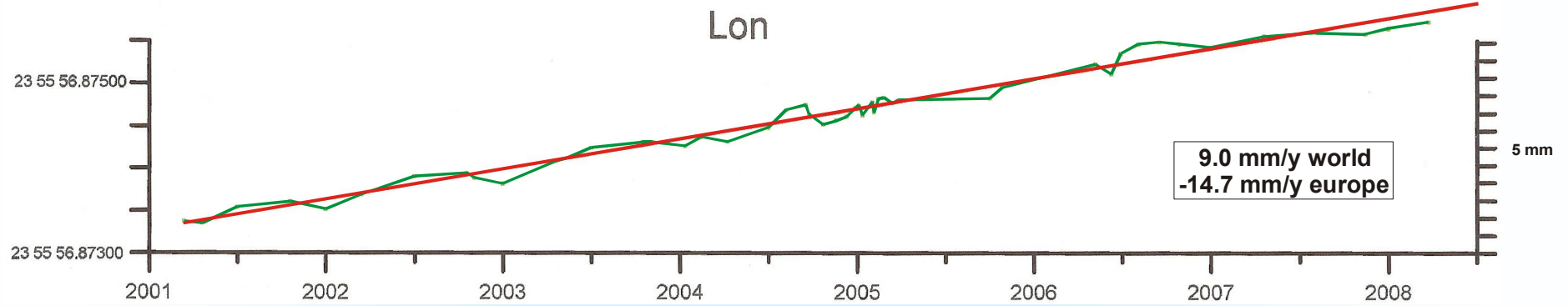
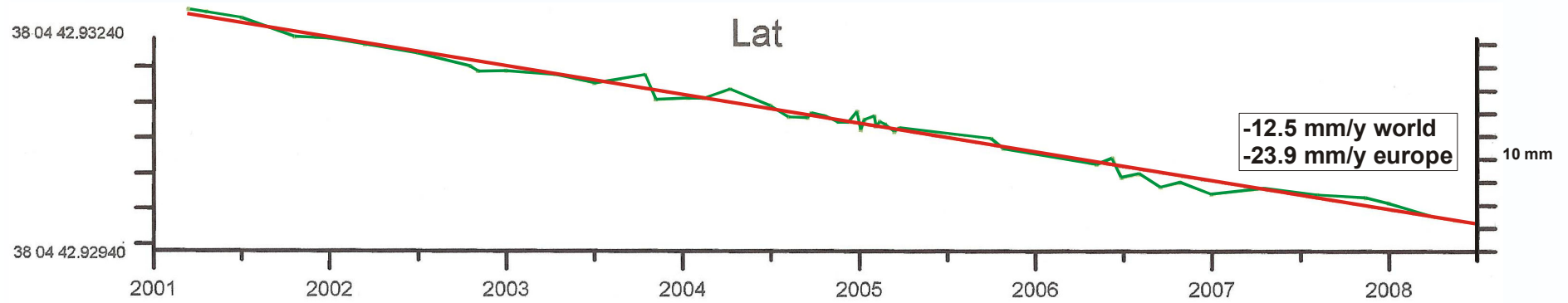
$$X = X_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 y + \alpha_3 xy + \alpha_4 x^2 + \alpha_5 y^2$$

$$Y = Y_0 + \beta_1 x + \beta_2 y + \beta_3 xy + \beta_4 x^2 + \beta_5 y^2$$

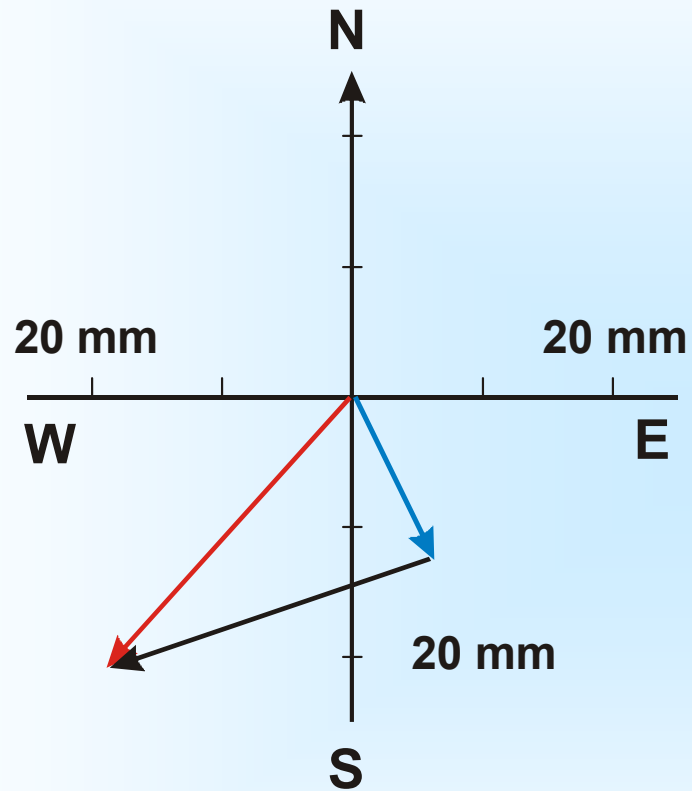
ΤΙ ΓΙΝΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ

- **Πως επηρεάζουν τις συντεταγμένες**
- **Πως επηρεάζουν τα συστήματα**

DION A ITRF 2000 Solutions



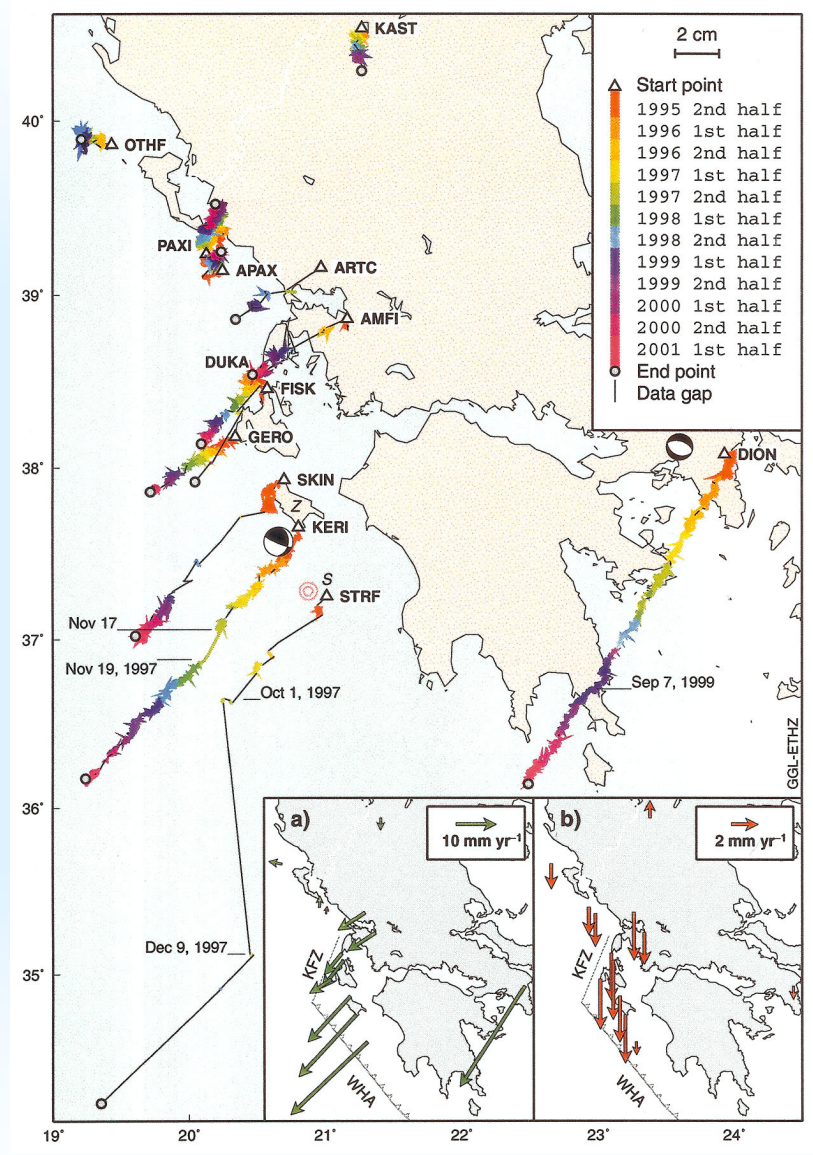
ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΔΙΟΝΥΣΟΥ

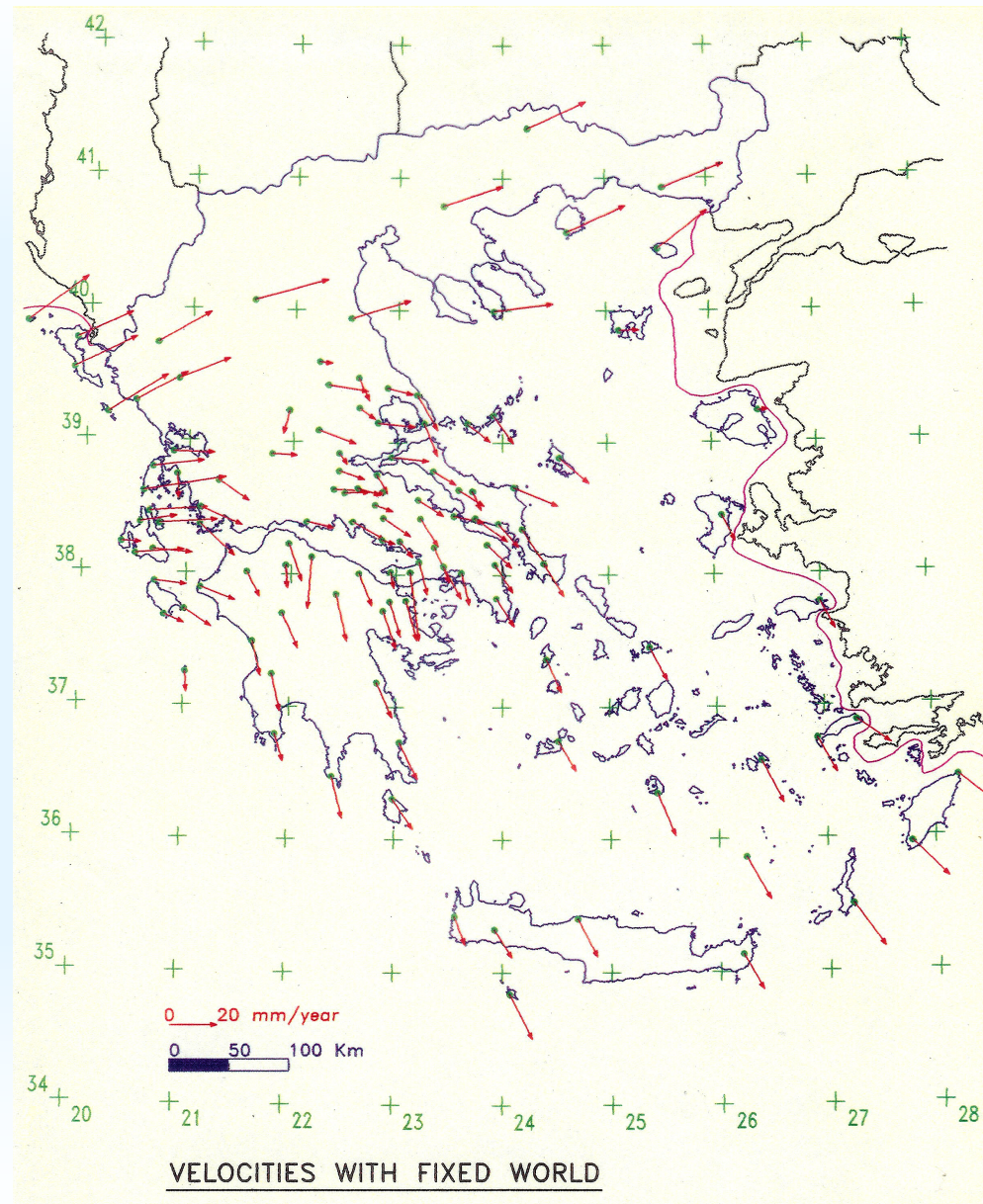


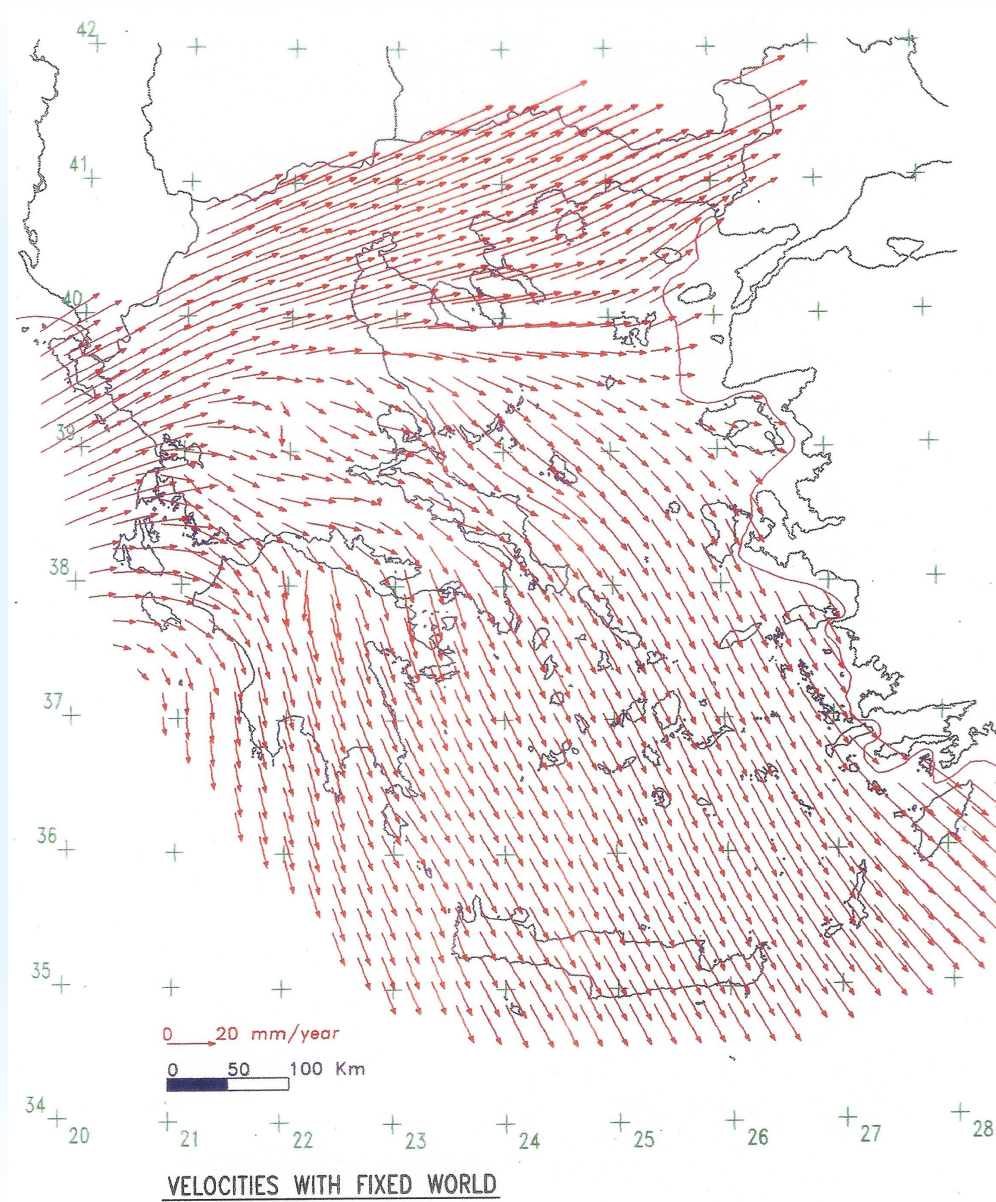
→ D/W 14mm/y

→ D/E 29mm/y

→ E/W 26mm/y

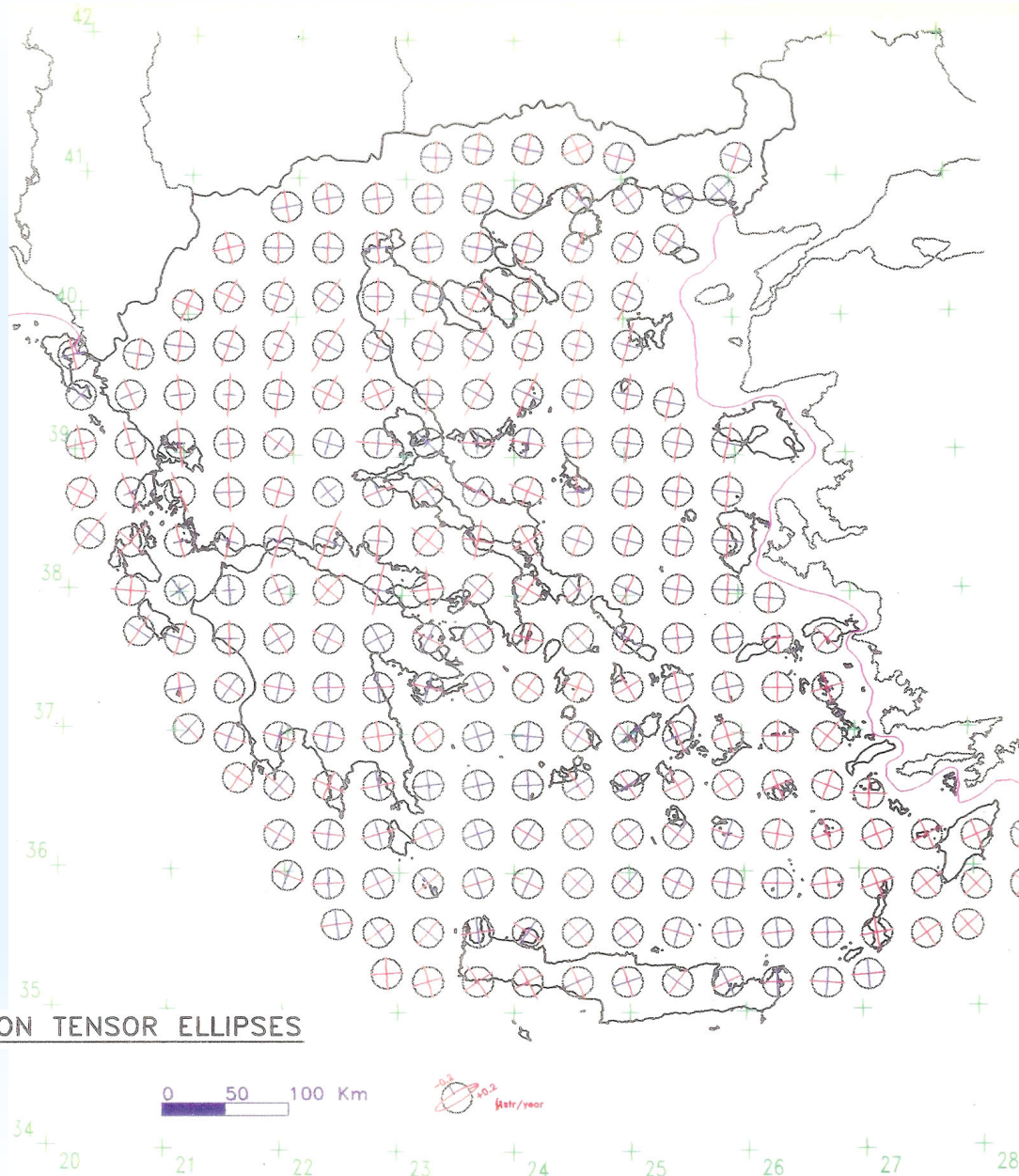






HEPOS Workshop: Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς με έμφαση στο ΕΓΣΑ '87

DEFORMATION TENSOR ELLIPSES



ΕΓΣΑ '87 – Η ΣΥΝΕΧΕΙΑ

- Το ΕΓΣΑ '87 χρειάζεται αξιολόγηση για αναθεώρηση ή αντικατάσταση.
- Θα εξαρτηθεί:
 - από τη σημερινή ποιότητά του.
 - από τις τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν στο μέλλον για τον εντοπισμό.
- Θα πρέπει:
 - έλεγχος του δικτύου με νέα δορυφορική λύση υψηλής ακριβείας.
 - Κατάρτιση πινάκων, διαγραμμάτων, μοντέλων κλπ. για τις απαραίτητες διορθώσεις.
 - Αξιολόγηση των διορθώσεων.
 - Σε περίπτωση (πολύ πιθανόν) σημαντικών μεταβολών, καθιέρωση νέου συστήματος.

ΕΓΣΑ '87 – ΣΚΕΨΕΙΣ ΓΙΑ ΕΝΑ ΝΕΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

**[με βάση ότι αυξάνονται οι δορυφορικοί εντοπισμοί
χωρίς να εγκαταλείπονται οι επίγειοι]**

- **Να παραμείνει Ελληνικό προσανατολισμός και κλίμακα του ITRF προσαρμογή στο τοπικό γεωειδές**
- **Να μη περιλαμβάνει ταχύτητες να παγώσει σε μια «εποχή» π.χ. 2010 (ΕΓΣΑ 2010?)**
- **Με βάση μια ειδική δορυφορική καμπάνια να ορισθεί δίκτυο 0^{ης} τάξεως (HEPOS) και να ενταχθούν τα τριγωνομετρικά του ΕΓΣΑ '87**
- **Να ετοιμασθούν αλγόριθμοι για την αμφίδρομη μετατροπή ΕΓΣΑ '87 – Νέο Σύστημα**
- **Να υπολογισθεί πεδίο σε κίλιμετρο 50 km (ή 25km)**
- **Να καθιερωθεί νέο Προβολικό Σύστημα 3^ο**

Το θέμα του γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς της χώρας μας, έχει απασχολήσει ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια τον κλάδο των τοπογράφων και όσων ασχολούνται με γεωδαιτικά και χαρτογραφικά θέματα.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και των δυνατοτήτων της, για υψηλές ακρίβειες στις τοπογραφικές μετρήσεις, για πολύπλοκους υπολογισμούς και αρχιεοθέτηση σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές, και για αυτόματες χαρτογραφικές διαδικασίες, ή αδυναμία των συστημάτων αναφοράς που βρίσκονται σε χρήση άρχισε να προβληματίζει πολλούς. Η λύση του προβλήματος γινόταν ακόμα πιο επιτακτική με την λειτουργία του Οργανισμού Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας (Ο.Κ.Χ.Ε.), που ενόψει της ανάληψης μεγάλων προγραμμάτων κτηματογράφησης και χαρτογράφησης έπρεπε να ξεκινήσει με το καλύτερο δυνατό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς, αφού αποτελεί και τη βάση για όλες τις εργασίες.

Για να γίνει σήμερα μία καλή εκλογή θα πρέπει να συνδιαστούν επίγειες και δορυφορικές γεωδαιτικές μετρήσεις. Στη χώρα μας έχουμε ικανοποιητικά τέτοια στοιχεία και σε ποσότητα και σε ποιότητα.

Τα επίγεια στοιχεία προέρχονται από τη Γ.Υ.Σ και τα δορυφορικά από το Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου του Ε.Μ. Πολυτεχνείου.

Ήδη η Γεωδαιτική και Γεωφυσική Επιτροπή του Κράτους (ΓΓΕΚ) είχε αναλάβει από καιρό μία πρωτοβουλία για την επιλογή ενός νέου γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς. Ο Ο.Κ.Χ.Ε. με τις υποχρεώσεις που του ανέθετε ο ιδρυτικός του νόμος, ανέλαβε αμέσως με την ίδρυσή του τον συντονισμό για την υλοποίησή του. Η όλη εργασία έχει πάντως στηριχθεί στο έργο που προσέφεραν με μεγάλη προθυμία τόσο η Γ.Υ.Σ. όσο και το Ε.Μ.Π. και στη μεγάλη τους συνεργασία.

Πιστεύεται ότι το προτεινόμενο εδώ γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς είναι ένα από τα τελειότερα και πιο σύγχρονα που υπάρχουν και μπορεί άνετα να καλύψει τις ανάγκες για τουλάχιστον την επόμενη εικοσαετία.

Στην εκλογή του συστήματος αυτού, εκτός των άλλων, έπαιξε ρόλο και η "φιλικότητά" του στους διάφορους χρήστες, δεδομένου ότι αυτοί είναι εκείνοι που θα πρέπει να εξυπηρετηθούν καλύτερα. Είναι επομένως φυσικό να είναι ευπρόσδεκτες παρατηρήσεις και προτάσεις που θα βελτιώσουν ακόμα περισσότερο το Νέο αυτό "Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς".

Γ. ΒΕΝΕ

Αθήνα, Δεκεμβριος 1987