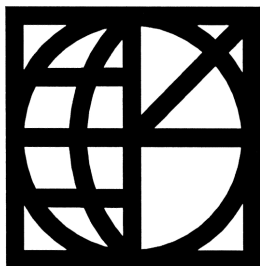


ΚΕΝΤΡΟ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ ΔΙΟΝΥΣΟΥ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΕΜΠ

DIONYSOS SATELLITE OBSERVATORY
DEPARTMENT OF SURVEYING NTUA

ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΝΟΤΙΑ
ΕΛΛΑΔΑ

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΚΕΜΕΡΙΑΔΗΣ



ΖΩΓΡΑΦΟΥ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	III
Ευχαριστίες.....	V
Πρόλογος.....	VII
Περίληψη	IX
Abstract.....	XI
1. Εισαγωγή.....	1
2. Το δορυφορικό σύστημα GPS και τα Συστήματα Αναφοράς.....	3
2.1 Το σύστημα GPS.....	3
2.1.1 Σφάλματα του συστήματος	5
2.1.2 Διόρθωση σφαλμάτων	7
2.2 ITRF - International Terrestrial Reference Frame.....	10
3. Τεκτονική συμπεριφορά του Ελλαδικού χώρου	13
3.1 Δομή του φλοιού της γης – Θεωρία λιθοσφαιρικών πλακών.	13
3.2 Σεισμοί και είδη ρηγμάτων.....	14
3.3 Η τεκτονική του Ελλαδικού χώρου.....	16
4. Δίκτυο – Επίλυση.....	19
4.1 Γενικά	19
4.2 Περιγραφή του δικτύου.....	20
4.3 Περιγραφή της μεθοδολογίας επίλυσης.....	28
4.4 Περιγραφή του πακέτου Bernese	31
4.5 Αποτελέσματα επίλυσης του δικτύου	36
4.5.1 Αποτελέσματα επεξεργασίας των κορυφών του δικτύου	38
4.5.2 Πείραμα προσδιορισμού των συντεταγμένων των σημείων.....	45
4.5.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων με Gammit.....	55
5. Επεξεργασία Αποτελεσμάτων.....	61
5.1 Γενικά	61
5.2 Συλλογή διαθέσιμων επιλύσεων.....	61
5.2 Μετασχηματισμός των διαθέσιμων στοιχείων σε κοινό σύστημα αναφοράς	65
5.2.1 Ο αλγόριθμος μετασχηματισμού ITRF2000↔ITRFxx.....	65
5.2.2 Αποτελέσματα εφαρμογής του μετασχηματισμού	68

5.3 Υπολογισμός τεκτονικών ταχυτήτων	72
5.3.1 Υπολογισμός σφαλμάτων τεκτονικών ταχυτήτων – Η συνάρτηση linest	96
5.3.2 Υπολογισμός τεκτονικών ταχυτήτων με σταθερή την Ευρώπη	100
5.4 Τανυστές Ανηγμένης Παραμόρφωσης	102
5.4.1 Περιγραφή του μοντέλου παραμόρφωσης.....	102
5.4.2 Σχεδίαση έλλειψης παραμόρφωσης για όλη την περιοχή	103
5.4.3 Σχεδίαση ελλείψεων παραμόρφωσης για 3 περιοχές	106
5.4.4 Σχεδίαση ελλείψεων παραμόρφωσης για 2 περιοχές	108
6. Συμπεράσματα.....	111
6.1 Γενικά	111
6.2 Η διαδικασία της επίλυσης.....	111
6.2.1 Επίλυση του δικτύου	111
6.2.2 Πείραμα επίλυσης με διαφορετικές ομάδες σταθερών σταθμών..	111
6.2.3 Σύγκριση επίλυσης με την αντίστοιχη του gamit	112
6.3 Η διαδικασία υπολογισμού των τεκτονικών ταχυτήτων	113
6.3.1 Χάρτης τεκτονικών ταχυτήτων στο ITRF2000.....	113
6.3.2 Χάρτης τεκτονικών ταχυτήτων με σταθερή την Ευρώπη.....	113
6.4 Διαδικασία υπολογισμού τανυστών παραμόρφωσης	114
6.4.1 Τανυστής παραμόρφωσης για ολόκληρο το δίκτυο	114
6.4.2 Τανυστές παραμόρφωσης για τρεις περιοχές του δικτύου.....	114
6.4.3 Τανυστές παραμόρφωσης για δυο περιοχές του δικτύου	114
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	117
Οδηγίες Προγράμματος transitrft	117
Πρόγραμμα transirtf.m σε περίβαλλον Matlab.....	118
Βιβλιογραφία.....	125

Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες στον Καθηγητή κ. Δημήτριο Παραδείση για την ανάθεση και την επίβλεψη αυτής της διπλωματικής εργασίας, όπως και για την ευκαιρία που μου έδωσε να εμβαθύνω σε ένα πολύ ενδιαφέρον επιστημονικό πεδίο αλλά κυρίως για την υπομονή του καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της.

Ευχαριστώ την Καθηγήτρια κ. Καλλιόπη Πάπαζηση, την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Χριστιάννα Μητσακάκη καθώς και τον κ. Ιορδάνη Γαλάνη για την βοήθεια τους κατά την εκπόνηση της διπλωματικής αυτής εργασίας.

Επίσης θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην υποψήφια διδάκτορα Αγγελική Μαρίνου για την πολύτιμη βοήθεια και στήριξη της όλο αυτό τον καιρό.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, άλλα και τους φίλους και συμφοιτητές Ηλία Δάρα, Στέφανο Κατηφέογλου και Ελισάβετ Τσιλιμαντού για την συμπαράσταση τους και βοήθεια τους κατά την διάρκεια των σπουδών μου και της εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Πρόλογος

Σκοπός αυτής διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της τεκτονικής συμπεριφοράς του Νότιου-Ανατολικού Αιγαίου και της Κεντρικής Ελλάδας. Η μελέτη αυτή έγινε μεσώ του υπολογισμού των τεκτονικών ταχυτήτων των σημείων του δικτύου Hellenic Arc. Οι τεκτονικές ταχύτητες των κορυφών του δικτύου και οι τανυστές παραμόρφωσης προέκυψαν από την επεξεργασία της επίλυσης των μετρήσεων GPS, που πραγματοποιήθηκαν κατά την περίοδο 13 με 27 Οκτωβρίου του 2004 και παλιότερων επιλύσεων του Εργαστηρίου Ανώτερης και Δορυφορικής Γεωδαισίας και του Κ.Δ.Δ της Σ.Α.Τ.Μ. του Ε.Μ.Π.

Περίληψη

Σε αυτήν την διπλωματική εργασία μελετάται η τεκτονική συμπεριφορά της Κεντρικής Ελλάδας και του Νότιου-Ανατολικού Αιγαίου. Αρχικά γίνεται μια αναφορά στο Σύστημα GPS καθώς και στο Παγκόσμιο Σύστημα Αναφοράς ITRS υλοποίηση του οποίου είναι τα διάφορα ITRF. Στην συνέχεια παρουσιάζεται συνοπτικά η θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών καθώς και η τεκτονικά ενδιαφέρουσα θέση του Ελλαδικού χώρου μαζί με τα κυριότερα γεωδυναμικά χαρακτηριστικά της όπως το Ελληνικό τόξο και η τάφρος του Βόρειου Αιγαίου. Συνεχίζοντας, παρουσιάζεται αναλυτικά το δίκτυο Hellenic Arc και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό των συντεταγμένων των κορυφών του από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν την περίοδο 13 με 27 Οκτωβρίου 2004 με την χρήση του προγράμματος Bernese v4.2. Οι συντεταγμένες αυτές, στη συνέχεια, συνδυάστηκαν με παλιότερες επιλύσεις του Εργαστηρίου Ανώτερης και Δορυφορικής Γεωδαισίας και του Κέντρου Δορυφόρων Διόνυσου της Σ.Α.Τ.Μ του Ε.Μ.Π. για τον υπολογισμό των ετήσιων τεκτονικών ταχυτήτων των κορυφών του δικτύου και ακολούθησε η γραφική τους απεικόνιση στους χάρτες που συντάχθηκαν. Τέλος υπολογίσθηκαν οι τανυστές παραμόρφωσης και σχεδιάστηκαν οι ελλείψεις παραμόρφωσης για την περιοχή μελέτης. Τα αποτελέσματα που προκύψαν από την εργασία αυτή συμφωνούν με ήδη υπάρχουσες δημοσιεύσεις για την περιοχή, που δείχνουν τεκτονική κίνηση του Ελλαδικού χώρου και πιο συγκεκριμένα του Νότιου-Ανατολικού Αιγαίου σε διεύθυνση NNA με ταχύτητα περίπου 20-30 mm/year, σε σύστημα αναφοράς, όπου θεωρείται σταθερή η Ευρώπη.

Abstract

The present thesis deals with the tectonic displacements in Central Greece and the South-east part of the Aegean Sea. Initially, references to the GPS system as well as to the International Terrestrial Reference System ITRS whose realization takes form in the various ITRF are taking place. Following that, the theory of the lithospheric plates is briefly presented. Immediately afterwards, the tectonically active parts of Greece are discussed and references to geodynamic features like the Greek Trench and the trench in the north part of the Aegean Sea are included. Moving on, the Hellenic Arc network and the methodology that was followed for the calculation of the coordinates of its stations according to the measurements that took place between the 13th and the 27th of October 2004 with the aid of the Bernese v4.2 program, is presented in details. Those coordinates were then combined with data collected from older campaigns. The combination of these data sets led to the calculation of the tectonic velocities per year. The velocities were consequently presented on maps. Finally the strain ellipses were calculated. The above research was found to be in accordance with published studies concerning this particular area. More specifically they refer to the tectonic action in the South-East with velocities up to 20-30 mm/year in a Europe-fixed reference system.

1. Εισαγωγή

Ο Ελληνικός Χώρος επειδή βρίσκεται στο όριο σύγκλισης της Αφρικάνικης λιθοσφαιρικής πλάκας και της Ευρασιατικής παρουσιάζει έντονη γεωτεκτονική συμπεριφορά. Χαρακτηριστικό της έντονης αυτής συμπεριφοράς είναι ότι η Ελλάδα είναι η πρώτη χώρα σε συχνότητα σεισμών ανάμεσα στις χώρες της υπόλοιπης Ευρώπης, όπως επίσης κατέχει και πολύ υψηλή θέση στην παγκόσμια κατάταξη.

Η δημιουργία και η συνεχής εξέλιξη του συστήματος GPS τις τελευταίες δύο δεκαετίες προσφέρει ένα σημαντικό εργαλείο στους επιστήμονες για την μελέτη και την κατανόηση των μηχανισμών που ευθύνονται για την συμπεριφορά αυτή. Οι μετρήσεις που προσφέρει το σύστημα GPS έχουν επισπεύσει την διαδικασία συλλογής γεωδαιτικής πληροφορίας κατά πολύ μεγάλο βαθμό. Πλέον είναι δυνατόν να συλλεχθεί η πληροφορία αυτή σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, ώστε με την μετέπειτα επεξεργασία της να προκύψουν αξιόπιστα συμπεράσματα για την τεκτονική συμπεριφορά της υπό μελέτη περιοχής.

Η παρούσα διπλωματική εργασία που αποτελείται από έξι κεφαλαία ασχολείται με μια τέτοια μελέτη.

Στο δεύτερο κεφαλαίο γίνεται μια συνοπτική περιγραφή του συστήματος GPS καθώς και των σημαντικότερων παραγόντων που επιδρούν στην ποιότητα της πληροφορίας που παρέχει. Επίσης γίνεται και μια σύντομη παρουσίαση του ITRS και του «πλαισίου» που το υλοποιεί, το ITRF.

Στο τρίτο κεφαλαίο παρουσιάζονται μερικά στοιχεία από την θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών καθώς και η χαρακτηριστική θέση του Ελλαδικού Χώρου και τέλος γίνεται αναφορά στην ιδιαίτερη τεκτονική συμπεριφορά που παρουσιάζει.

Στο τέταρτο κεφαλαίο της παρούσας διπλωματικής εργασίας γίνεται εκτενής περιγραφή του δικτύου HELLENIC ARC που μετρήθηκε, παρουσιάζεται το πρόγραμμα και ο τρόπος με τον οποίο έγινε ο υπολογισμός των συντεταγμένων των κορυφών του, καθώς και ένα πείραμα που εκτελέστηκε κατά την διάρκεια της επίλυσης. Επίσης γίνεται μια σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν με μια λύση του MIT.

Στο πέμπτο κεφαλαίο γίνεται η περαιτέρω επεξεργασία των αποτελεσμάτων ώστε να υπολογιστούν οι τεκτονικές ταχύτητες των κορυφών του δικτύου αλλά και οι τανυστές παραμόρφωσης. Παρουσιάζεται επίσης ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε σε περιβάλλον Matlab για τον μετασχηματισμό ανάμεσα σε διαφορετικά ITRF. Τέλος παρατίθενται οι χάρτες που συντάχθηκαν με τις μέσες τεκτονικές μετακινήσεις των σταθμών και οι χάρτες με τις ελλείψεις παραμόρφωσης

Στο έκτο και τελευταίο κεφαλαίο της παρούσας διπλωματικής εργασίας δίνονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά την διάρκεια της εκπόνησης της.

2. Το δορυφορικό σύστημα GPS και τα Συστήματα Αναφοράς

2.1 Το σύστημα GPS

Η γεωδαισία έχει ως κύριο σκοπό τον τρισδιάστατο εντοπισμό σημείων στη φυσική γήινη επιφάνεια (Φ.Γ.Ε.) και την ένταξη αυτών σε κατάλληλο σύστημα αναφοράς. Ο προσδιορισμός της θέσης σημείων στην Φ.Γ.Ε. γίνεται σήμερα και με δορυφορικές μεθόδους, με τη χρήση του Παγκόσμιου Συστήματος Προσδιορισμού Θέσης (GPS). Το σύστημα GPS σχεδιάστηκε και τέθηκε σε επιχειρησιακή λειτουργία το 1994 από τις ΗΠΑ, για να καλυφθούν στρατιωτικές ανάγκες κατά την πλοήγηση αεροσκαφών, πλοίων και άλλων οχημάτων με ακρίβεια και αξιοπιστία.

Το σύστημα GPS διαθέτει σήμερα συνολικά 27 δορυφόρους, αν και ο σχεδιασμός του συστήματος προέβλεπε αρχικά την παρουσία 21 μαζί με 3 επιπλέον ως ανταλλακτικούς. Οι δορυφόροι περιστρέφονται γύρω από την γη με ταχύτητα περίπου 3 km/sec και κατανέμονται συμμετρικά, ώστε να καλύπτουν όλη την επιφάνεια της γης ανά τέσσερεις σε έξι τροχιακά επίπεδα. Κάθε τροχιακό επίπεδο σχηματίζει γωνία 55 μοιρών με το επίπεδο του Ισημερινού. Βρίσκονται σε ύψος 20200 km και έχουν περίοδο περιστροφής 12 ωρών περίπου. Βασικό εξοπλισμό των δορυφόρων αποτελούν τα χρονόμετρα ρουβιδίου και καισίου, ακρίβειας 10^{-12} και 10^{-13} αντίστοιχα.

Αποτελεί ένα παθητικό σύστημα εντοπισμού θέσης και μπορεί να προσδιορίσει ένα σημείο στη Φ.Γ.Ε. μέσω του σήματος τουλάχιστον τεσσάρων δορυφόρων. Κάθε δορυφόρος του συστήματος μεταδίδει ένα μήνυμα ναυσιπλοίας, ένα σήμα που είναι μοναδικό. Η στιγμιαία απόσταση δορυφόρου - δέκτη μετράται έμμεσα από το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την εκπομπή ως την λήψη του ειδικού σήματος που εκπέμπει κάθε δορυφόρος. Η θέση του δέκτη στο τριδιάστατο γεωκεντρικό σύστημα

αναφοράς WGS84 μαζί με την απόκλιση του χρονομέτρου του (σε χρόνο GPS T), υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τις αποστάσεις από τέσσερις ή περισσότερους δορυφόρους.

Το σήμα των δορυφόρων, διαμορφώνεται σε δυαδική μορφή δεδομένων πάνω σε δύο φέρουσες συχνότητες στην περιοχή L του φάσματος των μικροκυμάτων, $L1 = 154 \times 10.23 = 1575.42$ MHz και $L2 = 120 \times 10.23 = 1227.60$ MHz, πολλαπλάσιες της θεμελιώδης συχνότητας 10.23 MHz. Οι δύο φέρουσες συχνότητες διαμορφώνονται από δύο κωδικούς: τον ψευδοτυχαίο C/A (Coarse/Acquisition) και τον ψευδοτυχαίο P (Precise ή Protected). Οι δέκτες του συστήματος συγκρίνουν τους κώδικες που λαμβάνουν από τους δορυφόρους με αντίγραφα των κωδίκων που φτιάχνουν οι ίδιοι. Οι κώδικες αυτοί δεν ταυτίζονται χρονικά και επομένως η διαφορά χρόνου μεταξύ τους πολλαπλασιαζόμενη με την ταχύτητα του φωτός στο κενό c δίνει τη στιγμιαία απόσταση μεταξύ δέκτη και δορυφόρου. Οι κώδικες C/A και P διαμορφώνουν με αλλαγές φάσης 180 μοιρών, την φάση κάθε φέρουσας συχνότητας σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα σύμφωνα με προκαθορισμένες σειρές ψηφίων -1 και 1 που παράγουν οι κώδικες.

Μέτρηση φάσης φέροντος κύματος είναι η διαφορά μεταξύ της φάσης του εισερχόμενου στον δέκτη φέροντος κύματος και της φάσης μιας ονομαστικά σταθερής συχνότητας αναφοράς που παράγεται από το δέκτη [Παραδείσης, 2000]. Οι κωδικοποιημένες πληροφορίες περιλαμβάνονται σε ένα κώδικά D, που είναι κοινός για όλους τους δορυφόρους. Οι πληροφορίες περιλαμβάνουν στοιχεία για την προσεγγιστική τροχιά του δορυφόρου και την απόκλιση του χρονομέτρου και την κατάσταση λειτουργίας για κάθε δορυφόρο. Ο δέκτης λαμβάνοντας όλα τα στοιχεία για τις τροχιές και τις θέσεις των δορυφόρων, προσδιορίζει αυτούς που βρίσκονται πάνω από τον ορίζοντα του τόπου και αναζητά το σήμα τους.

2.1.1 Σφάλματα του συστήματος

Η ακρίβεια μέτρησης της στιγμιαίας απόστασης δέκτη - δορυφόρου διαφοροποιείται ανάλογα με τον κώδικα που χρησιμοποιείται. Η μετρημένη στιγμιαία απόσταση ονομάζεται ψευδοαπόσταση, επειδή είναι επηρεασμένη από συστηματικά σφάλματα.

Οι μετρήσεις περιέχουν ορισμένα σφάλματα όπως είναι τα σφάλματα χρονομέτρων δορυφόρων και δέκτη, τα σφάλματα που προέρχονται από την επίδραση της ιονόσφαιρας και της τροπόσφαιρας και τα σφάλματα σχετιζόμενα με την τροχιά και την γεωμετρία των δορυφόρων. Άλλα σφάλματα που προκύπτουν κατά τη διάρκεια μιας μέτρησης είναι το σφάλμα κέντρωσης του δέκτη καθώς και το σφάλμα μέτρησης του ύψους του.

Η κυριότερη πηγή σφάλματος προέρχεται από τον κακό συγχρονισμό των χρονομέτρων δέκτη και δορυφόρων. Επομένως στον τρισδιάστατο εντοπισμό θέσης, γίνεται χρήση τεσσάρων αποστάσεων από τέσσερις δορυφόρους, για τον υπολογισμό του σφάλματος των χρονομέτρων, ταυτόχρονα με τον υπολογισμό των καρτεσιανών συντεταγμένων του δέκτη.

Σφάλματα προκύπτουν επίσης από τη διέλευση του σήματος μέσα από την ατμόσφαιρα. Σημαντική πηγή σφάλματος είναι η διάθλαση του σήματος στην ιονόσφαιρα. Η επίδραση της εξαρτάται από τη συχνότητα, έτσι μπορεί να γίνει διόρθωση με μετρήσεις ψευδοαποστάσεων από τον κώδικα P και στις δύο συχνότητες και τον σχηματισμό μιας τρίτης μαθηματικής συχνότητας, της L3, που είναι συνδιασμός των δύο, χαρακτηριστικό της οποίας είναι η μειωμένη επίδραση της ιονόσφαιρας. Πηγή σφάλματος θεωρείται ακόμη και η διάθλαση του σήματος στην τροπόσφαιρα. Η επίδραση της τροπόσφαιρας υπολογίζεται από μετρήσεις πίεσης, θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

Σε κάποιες περιπτώσεις γίνεται σκόπιμη υποβάθμιση του συστήματος με αποτέλεσμα τη μείωση της αξιοπιστίας του εντοπισμού. Οι κωδικοποιημένες πληροφορίες που περιλαμβάνονται στον κώδικα D, προέρχονται από το

κέντρο ελέγχου του συστήματος που βρίσκεται στις ΗΠΑ. Η υποβάθμιση γίνεται με δύο διαδικασίες, την "Κρυπτογράφηση" (Antispoofing) και την επιλεκτική διαθεσιμότητα (Selective Availability). Με την κρυπτογράφηση διαφοροποιούνται ορισμένες παράμετροι του σήματος του κώδικα P για να μην χρησιμοποιείται. Με την επιλεκτική διαθεσιμότητα μειώνεται η ακρίβεια των κωδικοποιημένων πληροφοριών (τροχιά του δορυφόρου, διόρθωση των χρονομέτρων, κατάσταση λειτουργίας δορυφόρων), που λαμβάνονται από τον δέκτη. Η διαδικασία αυτή, έπαψε να ισχύει την 1^η Μαΐου 2000 και εφαρμόζεται μόνο η πρώτη.

Στις μετρήσεις φάσης φέροντος κύματος εισάγεται ένας επιπλέον άγνωστος ανά δορυφόρο, η λεγόμενη ασάφεια φάσης που είναι ο άγνωστος ακέραιος αριθμός κύκλων της φέρουσας συχνότητας μεταξύ δορυφόρου – δέκτη. Μόλις ο δέκτης παραλάβει το σήμα του δορυφόρου, εισάγεται ως συστηματικό σφάλμα σε όλες τις συνεχείς μετρήσεις, μέχρι κάποια διακοπή.

Στις μετρήσεις φάσης υπολογίζεται η διαφορά φάσης του σήματος του δορυφόρου την στιγμή εκπομπής t με την φάση του σήματος του δέκτη την στιγμή λήψης T . Η διαφορά φάσης, σε κύκλους, πολλαπλασιαζόμενη με το μήκος κύματος λ μετατρέπεται σε απόσταση. Η διαφορά φάσης φ με αφετηρία την στιγμή T_0 της πρώτης παρατήρησης ισούται με το άθροισμα τριών όρων : α) του μέρους ενός κύκλου F_r (φ) που λαμβάνεται την στιγμή T , β) του πλήθους ακέραιων κύκλων, $Int(\varphi; T_0, T)$ που λήφθηκαν στο διάστημα T_0 ως T και γ) του πλήθους ακέραιων κύκλων $N(T_0)$ που μεσολαβούσαν μεταξύ δορυφόρου και δέκτη την στιγμή T_0

Απώλεια κύκλων είναι η απώλεια ενός αγνώστου ακεραίου αριθμού κύκλων του φέροντος κύματος, λόγω της παρεμβολής κάποιου εμποδίου στη διαδρομή του σήματος από το δορυφόρο στο δέκτη.

Η υπολογιζόμενη απόσταση της διαφοράς φάσης είναι επίσης επηρεασμένη από τα ίδια συστηματικά σφάλματα λόγω ιονόσφαιρας, τροπόσφαιρας, τροχιάς των δορυφόρων και λόγω μη συγχρονισμού των χρονομέτρων δέκτη

– δορυφόρου, όπως και η ψευδοαπόσταση με την προσθήκη επιπλέον της άγνωστης ασάφειας.

2.1.2 Διόρθωση σφαλμάτων

Τα συστηματικά σφάλματα που επηρεάζουν την αξιοπιστία του εντοπισμού, όπως έχει αναλυθεί παραπάνω, αφορούν στην τροχιά και στο χρονόμετρο των δορυφόρων, στη θέση και στο χρονόμετρο των δεκτών και στην καθυστέρηση της διέλευσης του σήματος, λόγω της ιονόσφαιρας και της τροπόσφαιρας, καθώς επίσης και στις υπολογισμένες τιμές των ασαφειών.

Για να γίνει η διόρθωση και η εξάλειψη των συστηματικών αυτών σφαλμάτων χρησιμοποιούνται μαθηματικά μοντέλα για την εκτίμηση του μέγεθους του σφάλματος ή σχηματίζονται διαφορές των παρατηρήσεων για να μειωθούν τα κοινά σφάλματα.

Η επίδραση του συστηματικού σφάλματος εξαιτίας της τροπόσφαιρας, μπορεί να διορθωθεί με τη χρήση του μοντέλου Saastamoinen. Στο μοντέλο της τροπόσφαιρας χρησιμοποιούνται οι τιμές της τυπικής ατμόσφαιρας στην επιφάνεια της θάλασσας (πίεση, θερμοκρασία, σχετική υγρασία). Μοντέλα χρησιμοποιούνται ακόμη για τη διόρθωση των χρονομέτρων δεκτών – δορυφόρων.

Κατά τη διάρκεια μέτρησης μίας βάσης αρκετών km που αποτελείται από δύο δέκτες, επόμενο θεωρείται οι παρατηρήσεις να γίνονται προς τους ίδιους δορυφόρους και να επηρεάζονται από τις ίδιες πηγές σφαλμάτων, από τα χρονόμετρα των δορυφόρων, από την ιονόσφαιρα και την τροπόσφαιρα, όπως επίσης και την τροχιά των δορυφόρων.

Χρησιμοποιώντας συγκεκριμένους συνδυασμούς διαφοράς των παρατηρήσεων φάσης απαλοίφονται ή μειώνονται οι επιδράσεις των κοινών σφαλμάτων. Στη διαφορά των παρατηρήσεων φάσης περιλαμβάνονται: η διαφορά των παρατηρήσεων δύο δεκτών, η διαφορά των παρατηρήσεων του

ίδιου δέκτη σε δύο δορυφόρους και η διαφορά των παρατηρήσεων του ίδιου δέκτη σε δύο διαφορετικές στιγμές. Με απλές, διπλές και τριπλές διαφορές μπορούν να μειωθούν πολύ τα παραπάνω σφάλματα.

Το σφάλμα του χρονομέτρου του δέκτη διορθώνεται με τη δημιουργία απλής διαφοράς μεταξύ δορυφόρων που αποτελούν τη στιγμιαία διαφορά στις πλήρεις στιγμιαίες μετρήσεις φάσης από ένα δέκτη προς δύο δορυφόρους ταυτόχρονα. Το σφάλμα του χρονομέτρου του δορυφόρου διορθώνεται επίσης αρκετά με τη δημιουργία απλής διαφοράς μεταξύ δεκτών και δύο δεκτών προς τον ίδιο δορυφόρο στην ίδια συχνότητα. Με την απλή διαφορά επίσης διορθώνονται τα σφάλματα λόγω ιονόσφαιρας, τροπόσφαιρας και λόγω της θέσης των δορυφόρων (τροχιά).

Με τη δημιουργία διπλής διαφοράς (διαφορά απλών διαφορών μεταξύ δύο δεκτών ως προς δύο δορυφόρους), επιτυγχάνεται μείωση των σφαλμάτων από τα χρονόμετρα των δεκτών λόγω έλλειψης συγχρονισμού. Δημιουργείται τέλος η τριπλή διαφορά (δηλαδή διαφορά δύο διπλών διαφορών σε δύο διαφορετικούς χρόνους), ως προς τους δέκτες, τους δορυφόρους και δύο διαφορετικούς χρόνους παρατήρησης για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων μιας βάσης.

Η διαδικασία υπολογισμού συντεταγμένων από τριπλές διαφορές γίνεται με εξάλειψη της ασάφειας φάσης. Κατα τη διαδικασία αυτή εισάγονται μεγάλα ποσοστά θορύβου. Με τις διπλές διαφορές υπολογίζονται πρώτα οι ακέραιες ασάφειες φάσης και στη συνέχεια οι συντεταγμένες της βάσης.

Ένα μειονεκτήματα των διαφορών είναι η μείωση του πλήθους των χρησιμοποιούμενων παρατηρήσεων (επειδή ως παρατηρήσεις θεωρούνται οι απλές, διπλές, τριπλές διαφορές φάσης) για την εκτίμηση των άγνωστων παραμέτρων

Εκτός από τα συστηματικά σφάλματα για τον υπολογισμό μιας βάσης, πρέπει να συμπεριληφθεί και το τυχαίο σφάλμα που περιέχει κάθε παρατήρηση. Τυχαία σφάλματα θεωρούνται το μέρος των συστηματικών σφαλμάτων, που

απομένει μετά τις διορθώσεις με τα μοντέλα κατά τον σχηματισμό των διαφορών, τα σφάλματα που οφείλονται σε απώλειες κύκλων (cycle slips), οι μικροκινήσεις της κέντρωσης της κεραίας του δέκτη και η λανθασμένη μέτρηση του ύψους της.

2.2 ITRF - International Terrestrial Reference Frame

Τα παγκόσμια συστήματα αναφοράς χρησιμοποιούνται από όλα τα κύρια δορυφορικά συστήματα εντοπισμού και από τα παγκόσμια συστήματα ναυτιλίας. Με την ανάπτυξη της δορυφορικής γεωδαισίας έγινε εφικτή η ίδρυση παγκόσμιων συστημάτων αναφοράς επειδή με την επίγεια γεωδαισία η ίδρυση αυτών ήταν εξαιρετικά δύσκολη.

Το Παγκόσμιο Γήινο Σύστημα Αναφοράς ITRS (International Terrestrial Reference System) είναι ένα καρτεσιανό γεωκεντρικό σύστημα αναφοράς που συνοδεύεται από το ελλειψοειδές του Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς (GRS – Geodetic Reference System) του 1980 (GRS-80).

Το σύστημα αυτό που προσδιορίζεται από την IERS (International Earth Rotation Service), ορίζεται με κέντρο το κέντρο μάζας της γης (γεώκεντρο), με τον άξονα Z να περνάει από το μέσο πόλο της περιόδου 1900-1906 (CIO) (εποχή 1903.0), με τον άξονα X να περνάει από το μεσημβρινό του Greenwich του 1903.0 και ο άξονας των Y να συμπληρώνει το δεξιόστροφο σύστημα.

Το ITRS υλοποιείται με το ITRF (International Terrestrial Reference Frame). Το όποιο αποτελείται από ένα σύνολο σταθμών, με γνωστές τις γεωδαιτικές τους συντεταγμένες και τις ταχύτητες, οι όποιες προήλθαν από μετρήσεις με τεχνικές VLBI, SLR και GPS. Η πρώτη ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος έγινε το 1989. Ετήσιες λύσεις ITRF δημοσιεύονται κάθε χρόνο στην αναφορά του IERS. Κάθε χρόνο δίνονται τα αποτελέσματα της συνόρθωσης νέων παρατηρήσεων, μαζί με τα δεδομένα των προηγούμενων χρόνων, στα οποία παρουσιάζεται βελτιωμένη ακρίβεια. Υπάρχει μια σειρά συστημάτων ITRF για κάθε χρόνο, σε κάθε ένα από τα οποία προστίθεται το έτος της συνόρθωσης (π.χ. ITRF 2000).

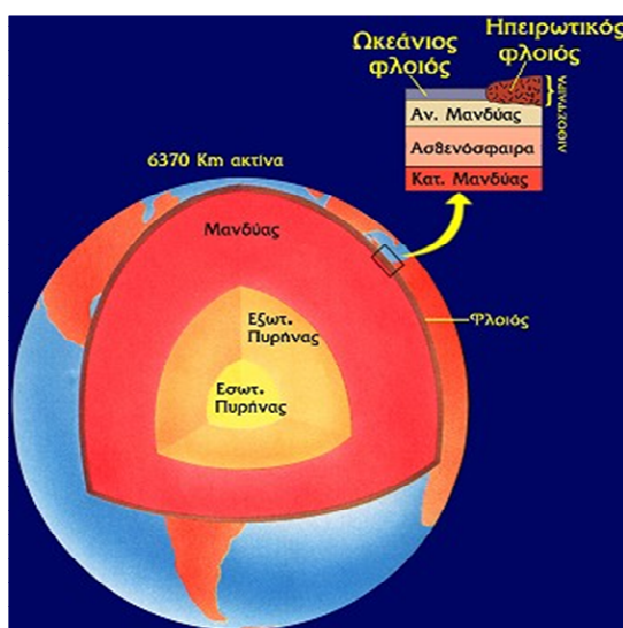
Ο προσανατολισμός του ITRF είναι παράλληλος με αυτόν του WGS-84 (World Geodetic System 1984) Το ελλειψοειδές που χρησιμοποιεί είναι

σχεδόν όμοιο με το ελλειψοειδές GRS 80. και βελτιώθηκε το 1994 με νέες παρατηρήσεις. Το ITRF έχει την ίδια κλίμακα με το WGS-84 και για όλες τις πρακτικές εφαρμογές, οι συνιστώσες των βάσεων είναι ίδιες στα δύο συστήματα. Οι απόλυτες συντεταγμένες των δύο συστημάτων τέλος, συμφωνούν στο επίπεδο του 0.02 m.

3. Τεκτονική συμπεριφορά του Ελλαδικού χώρου

3.1 Δομή του φλοιού της γης – Θεωρία λιθοσφαιρικών πλακών.

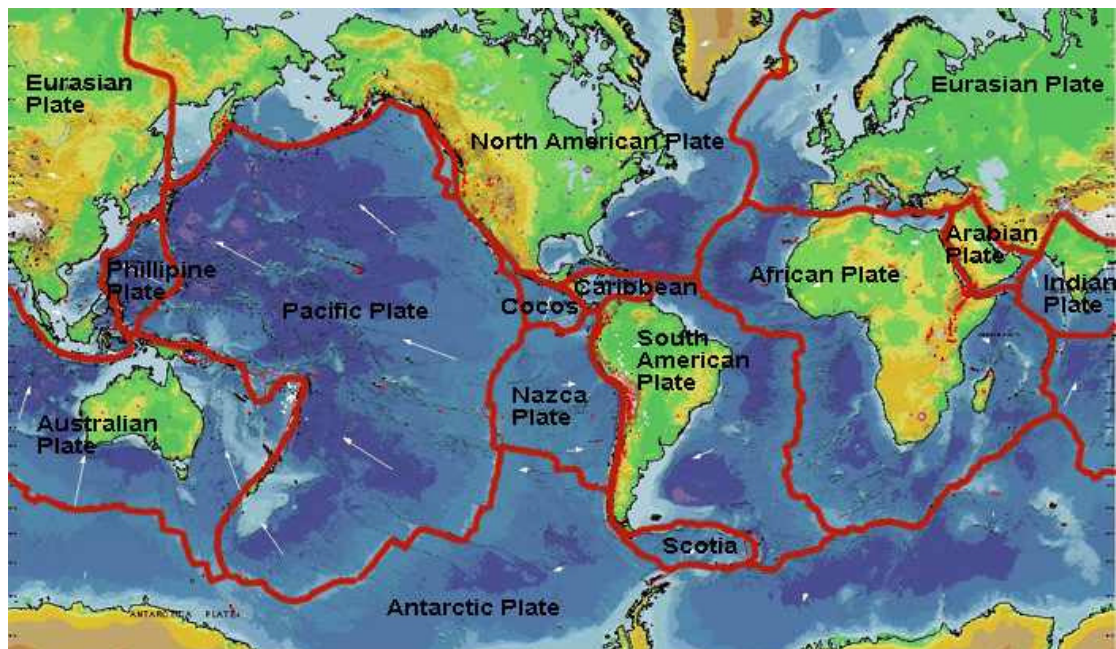
Είναι γνωστό από τη γεωλογία ότι η γη αποτελείται από τρία κύρια στρώματα: το φλοιό, τον μανδύα και τον πυρήνα. Ο πυρήνας βρίσκεται στο κέντρο της γήινης σφαίρας και χωρίζεται σε δυο μέρη, τον εσωτερικό πυρήνα και τον εξωτερικό. Πάνω από τον εξωτερικό πυρήνα είναι ο μανδύας ο οποίος και τον περιβάλλει. Στον μανδύα διακρίνονται τρεις ζώνες ο κατώτερος, η μεταβατική ζώνη και ο ανώτερος μανδύας. Το ανώτερο κομμάτι του μανδύα χωρίζεται στην ασθενόσφαιρα και στον ανώτατο μανδύα ο οποίος μαζί με τον φλοιό της γης σχηματίζουν την λιθόσφαιρα. (Εικόνα 3.1). Η επικρατούσα θεωρία υποστηρίζει ότι η λιθόσφαιρα δεν είναι ενιαία άλλα αποτελείται από επιμέρους τμήματα, τις λιθοσφαιρικές πλάκες οι οποίες κινούνται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους πάνω στην ασθενόσφαιρα. Η επικρατέστερη θεωρία για την κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών θεωρεί ότι στο μεγαλύτερο μέρος της ασθενοσφαίρας η θερμοκρασία είναι κοντά στην θερμοκρασία τήξης του μανδύα με αποτέλεσμα τα πετρώματα να ρέουν πλαστικά.



Εικόνα 3.1 : Η δομή της γης.

Picture 3.1: The structure of earth

Σύμφωνα με την θεωρία των λίθσφαιρικών πλακών η λιθόσφαιρα χωρίζεται σε επτά μεγάλες πλάκες και σε αρκετές μικρότερες. Μια αναπαράσταση των μεγαλύτερων λιθσφαιρικών πλακών απεικονίζεται στην εικόνα 3.2



Εικόνα 3.2: Οι λίθσφαιρικές πλάκες [πηγή: /16/]

Picture 3.2: The lithosphere plates

Οι λίθσφαιρικές πλάκες μπορεί να συγκλίνουν, να αποκλίνουν ή ακόμα και να κινούνται παράλληλα μεταξύ τους. Στα όρια των λίθσφαιρικών πλακών παρουσιάζεται έντονη σεισμική και ηφαιστειακή δραστηριότητα.

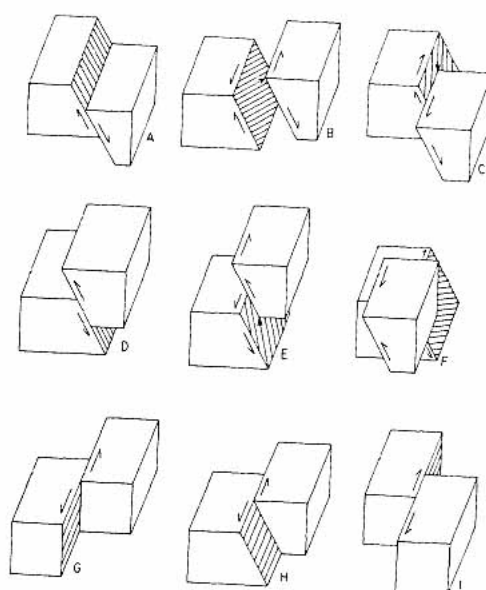
3.2 Σεισμοί και είδη ρηγμάτων

Οι σεισμοί όπως και άλλα γεωδυναμικά φαινόμενα, όπως η ηφαιστειακή δράση οφείλονται κατά κύριο λόγο στην κίνηση των τεκτονικών πλακών. Η σχετική κίνηση των λιθσφαιρικών πλακών αλλά και η σύγκρουση τους αποτελεί τον πρωταρχικό παράγοντα για την δημιουργία των σεισμών.

Αποτέλεσμα της σχετικής αυτής κίνησης των τεκτονικών πλακών είναι η παραμόρφωση των πετρωμάτων που είναι εντονότερη στις περιοχές που

βρίσκονται στα όρια των πλακών. Τα πετρώματα δέχονται μια συνεχή δυναμική φόρτιση, που είναι απόρροια της μετακίνησης των τεκτονικών πλακών, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ισχυρές, συνεχώς αυξανόμενες τάσεις. Όταν οι τάσεις αυτές ξεπεράσουν το όριο αντοχής του πετρώματος τότε παρατηρείται η δημιουργία σεισμικού ρήγματος. Ο χώρος όπου δημιουργήθηκε η διάρρηξη των πετρωμάτων ονομάζεται εστία του σεισμού ενώ η κατακόρυφη προβολή του στην φυσική γήινη επιφάνεια ονομάζεται επίκεντρο. Ενώ από την ολίσθηση των δύο επιφανειών, που αποτελούν το σεισμικό ρήγμα, μέχρι την ισορρόπηση τους προκαλείται ταλάντωση των υλικών σημείων του ρήγματος. Η μετάδοση της ταλάντωσης αυτής μέσα στην επιφάνεια της γης αποτελεί το σεισμικό κύμα.

Τα ρήγματα ταξινομούνται ανάλογα με την διεύθυνση και την φορά κίνησης των δύο πλευρών. Οι κυριότερες κατηγορίες των ρηγμάτων παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3: Οι κυριότεροι τύποι των ρηγμάτων. Α. κανονικό ρήγμα, Β. πλάγιο κανονικό ρήγμα αριστερόστροφο, C. πλάγιο κανονικό ρήγμα δεξιόστροφο, D. ανάστροφο ρήγμα. Ε. πλάγιο ανάστροφο ρήγμα αριστερόστροφο. F. πλάγιο ανάστροφο ρήγμα δεξιόστροφο, G. ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με κατακόρυφη ρηξιγενή επιφάνεια αριστερόστροφο, H. ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με κατακόρυφη ρηξιγενή επιφάνεια δεξιόστροφο, I. ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με κατακόρυφη ρηξιγενή επιφάνεια δεξιόστροφο.

μετατόπισης με κεκλιμένη ρηξιγενή επιφάνεια αριστερόστροφο, Ι. ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με κατακόρυφη ρηξιγενή επιφάνεια δεξιόστροφο.

[πήγη: /17/]

Picture 3.3: Major types of tectonic faults

3.3 Η τεκτονική του Ελλαδικού χώρου

Ο Ελληνικός Χώρος βρίσκεται στα όρια σύγκλισης της Ευρασιατικής και της Αφρικανικής λιθοσφαιρικής πλάκας γεγονός που είναι υπαίτιο για την έντονη σεισμική και ηφαιστειακή δράση που παρουσιάζει. Από μελέτες που έχουν γίνει στη ευρύτερη περιοχή έχει βρεθεί ότι ο Ελληνικός χώρος παρουσιάζει την εντονότερη σεισμική δραστηριότητα μεταξύ των χωρών της Μεσογείου και της Ευρώπης ενώ έρχεται έκτος σε παγκόσμια κατάταξη μετά από την Ιαπωνία, το Ταϊβάν, τα Ιμαλάια, το Ιράν και τη Χιλή.

Τα κυριότερα τεκτονικά γνωρίσματα του ελλαδικού χώρου είναι το Ελληνικό Τόξο και η Τάφρος του βόρειου Αιγαίου. Το Ελληνικό Τόξο (τόξο του Αιγαίου) αποτελεί το όριο επαφής της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας, τμήμα της οποίας είναι το Αιγαίο, και της Αφρικανικής πλάκας τμήμα της οποίας είναι η Ανατολική Μεσόγειος. Οι δύο λιθοσφαιρικές πλάκες συγκλίνουν στην περιοχή αυτή με σχετική ταχύτητα 2.5 εκατοστά το χρόνο, με συνέπεια την καταβύθιση της ωκεάνιας πλάκας της Ανατολικής Μεσογείου, λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας, κάτω από την ηπειρωτική πλάκα του Αιγαίου. Το τόξο που δημιουργείται στην περίπτωση αυτή αποτελείται από την ελληνική τάφρο, το νησιωτικό τόξο, την οπισθοτάφρο και το ηφαιστειακό τόξο.

Η Ελληνική Τάφρος δημιουργείται κατά μήκος της επαφής των δύο λιθοσφαιρικών πλακών. Πρόκειται για ένα σύστημα τάφρων, μία σειρά από βαθιές θαλάσσιες λεκάνες από τη Ρόδο έως και την Κεφαλονιά, που είναι γνωστή και ως ελληνική διάυλος. Το μέγιστο βάθος της εντοπίστηκε νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου, στο Ιόνιο πέλαγος και είναι περίπου 4.500m. Αυτό είναι και το βαθύτερο σημείο της Μεσογείου.

Το νησιωτικό τόξο αποτελείται από μία σειρά διαδοχικών νησιών όπως η Ρόδος, η Κρήτη, τα Κύθηρα και από την Πελοπόννησο. Τοποθετείται παράλληλα ως προς την Ελληνική τάφρο και σε μικρή απόσταση από αυτήν. Το τόξο αυτό δημιουργείται από την παραμόρφωση και ανύψωση κυρίως ιζηματογενών πετρωμάτων του περιθωρίου της Ευρασιατικής πλάκας.

Η οπισθοτάφρος είναι μία θαλάσσια λεκάνη στο Κρητικό πέλαγος, μικρότερου βάθους από την Ελληνική τάφρο. Το μέγιστο βάθος της φτάνει τα 2.000m περίπου. Η λεκάνη αυτή βρίσκεται μπροστά από το νησιωτικό τόξο και ανήκει στην Ευρασιατική πλάκα.

Το ηφαιστειακό τόξο αποτελείται από διαδοχικά ενεργά και ανενεργά ηφαίστεια όπως Μέθανα, Μήλος, Σαντορίνη, Νίσυρος. Η δημιουργία τους οφείλεται σε ανάτηξη υλικού της υποβυθιζόμενης Αφρικανικής πλάκας. Κατά την άνοδό του το υλικό αυτό διαπερνά την Ευρασιατική πλάκα και σχηματίζει τα ηφαίστεια.

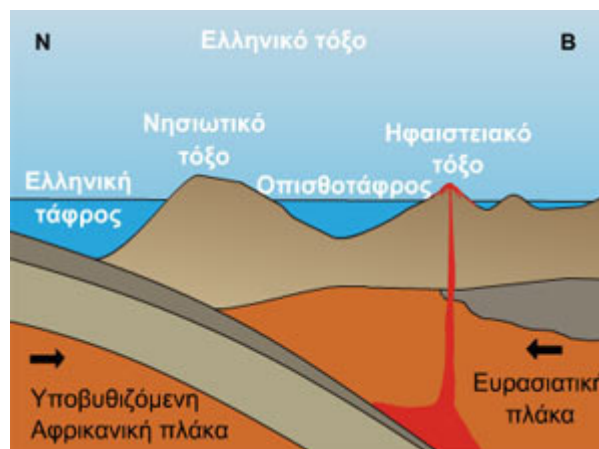
Η κατανομή των σεισμών στο ελληνικό τόξο παρουσιάζει μια πορεία κατά ζώνες με τους επιφανειακούς σεισμούς να εκδηλώνονται κατά μήκος της δίαυλου, τους σεισμούς ενδιάμεσου βάθους από το νησιωτικό έως το ηφαιστειακό τόξο και τους βαθείς σεισμούς βορειότερα από το ηφαιστειακό.

Όσον αφορά στην περιοχή του Β. Αιγαίου, βασικό της μορφολογικό και τεκτονικό χαρακτηριστικό είναι η τάφρος ή η λεκάνη του Βορείου Αιγαίου, με βάθος 1.500m περίπου. Επέκταση της όποιας προς τα Βόρειο- Ανατολικά αποτελούν πιθανώς οι μικρές λεκάνες της θάλασσας του Μάρμαρα.



Εικόνα 3.4: Το ελληνικό τόξο και η λεκάνη του Βόρειου Αιγαίου. [πηγή: /16/]

Picture 3.4: Hellenic Arc and North Aegean Through



Εικόνα 3.5: Σύγκλιση των λιθσφαιρικών πλακών της Αφρικής και της Ευρασίας στο Ελληνικό τόξο. [πηγή: /16/]

Picture 3.5: Collision of the African tectonic plate with the Eurasian at the Hellenic arc

4. Δίκτυο – Επίλυση

4.1 Γενικά

Για την μελέτη της έντονης τεκτονικής συμπεριφοράς που παρουσιάζει ο Ελλαδικός Χώρος πραγματοποιούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα μετρήσεις GPS σε όλη την επικράτεια. Οι μετρήσεις αυτές μπορεί να είναι ένα κομμάτι ενός ερευνητικού προγράμματος, που σκοπό έχει να μελετήσει την συμπεριφοράς της ευρύτερης περιοχής στην όποια ανήκει και ο Ελλαδικός Χώρος, είτε μπορεί να γίνονται σε τοπικό επίπεδο, ώστε να ερευνηθεί η συμπεριφορά περιοχών της Ελλάδας (Κορινθιακός Κόλπος, Γρεβενά κ.α.).

Για τις ανάγκες ενός ερευνητικού προγράμματος που ασχολείται με την τεκτονική συμπεριφορά στη ζώνη σύγκρουσης των λιθοσφαιρικών πλακών της Αραβίας, της Αφρικής και της Ευρασιατικής, έχει ιδρυθεί ένα δίκτυο σταθμών στην περιοχή της κεντρικής Ελλάδας και του Νότιο-ανατολικού Αιγαίου από το πανεπιστήμιο του MIT σε συνεργασία με το Κ.Δ.Δ της Σ.Α.Τ.Μ του Ε.Μ.Π. Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύθηκαν οι μετρήσεις, που έγιναν κατά την περίοδο από τις 15 Οκτωβρίου 2004 μέχρι τις 27 Οκτωβρίου 2004 (ΥΔ 289 - 301). Το δίκτυο που μετρήθηκε αποτελείτο τόσο από βάθρα (pillars) της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στράτου, όσο και από μπουλόνια (markers).

Ο σκοπός των μετρήσεων αυτών ήταν για τον υπολογισμό των τεκτονικών ταχυτήτων της περιοχής, αλλά και για τον υπολογισμό των τανυστών παραμόρφωσης της ευρύτερης περιοχής.

4.2 Περιγραφή του δικτύου

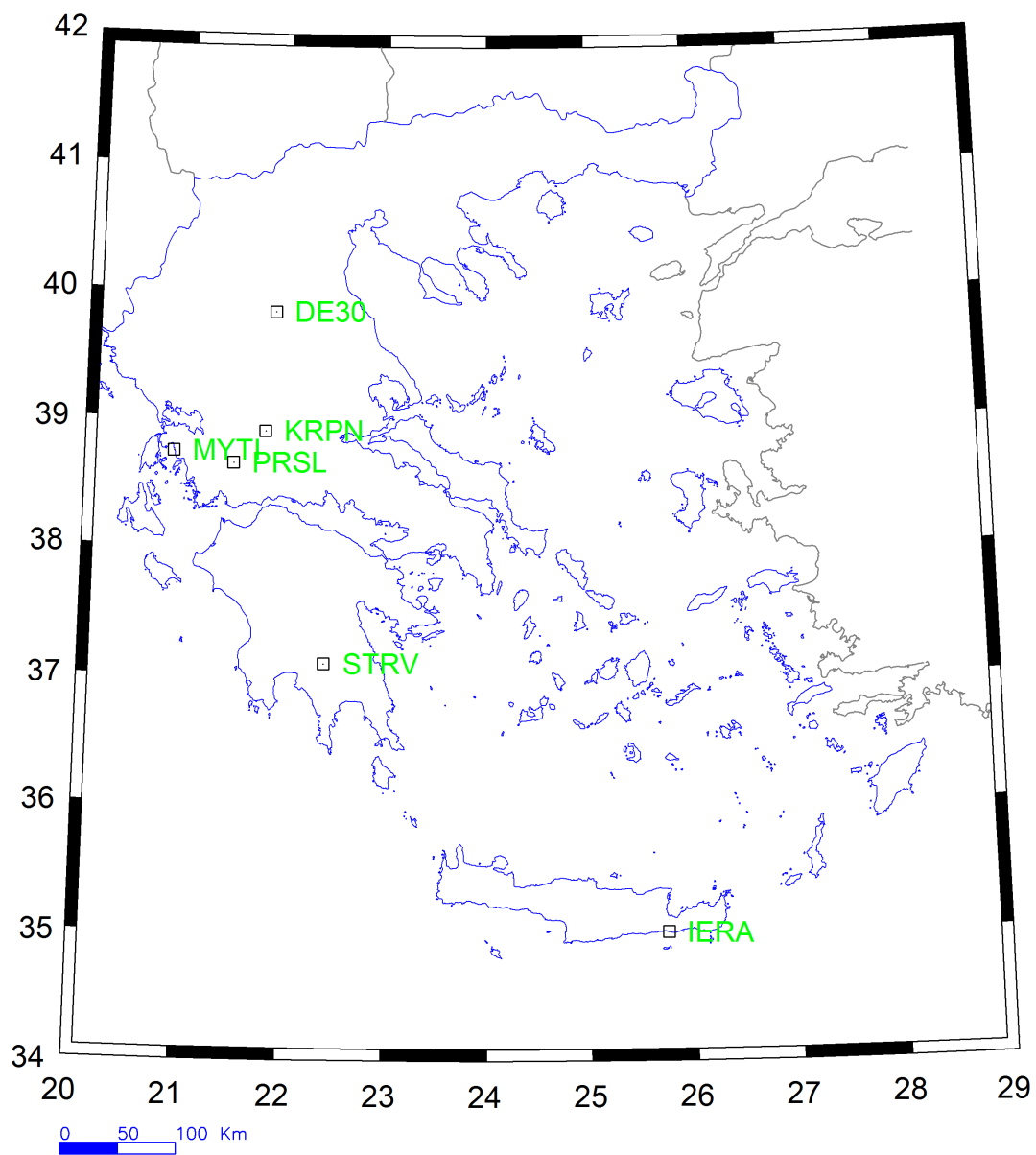
Το δίκτυο που μετρήθηκε κατά την καμπάνια HELLENIC ARC αποτελείται από 26 σταθμούς εκ των οποίων : 6 είναι βάθρα (pillars) της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και οι υπόλοιποι 20 είναι μπουλόνια (markers). Στον πίνακα 4.1 που ακολουθεί φαίνονται τα ονόματα των σταθμών που μετρήθηκαν, το είδος τους (βάθρο ή μπουλόني) και στην περίπτωση που το σημείο είναι βάθρο της Γ. Υ. Σ. δίδεται και ο κωδικός του αριθμός στο Ε.Γ.Σ.Α. 87.

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ	GGRS #
LEON	μπουλόني	
PRSL	βάθρο	015063
CG09	μπουλόني	
IERA	βάθρο	121005
OMAL	μπουλόني	
KRPN	βάθρο	145060
RK06	μπουλόني	
STRV	βάθρο	348046
KRNA	μπουλόني	
ZAKR	μπουλόني	
CG08	μπουλόني	
DAMN	μπουλόني	
XRIS	μπουλόني	
DE30	βάθρο	090030
KRPT	μπουλόني	
CG06	μπουλόني	
RK01	μπουλόني	
CG03	μπουλόني	
THIR	μπουλόني	
RK03	μπουλόني	
TERO	μπουλόني	
KATV	μπουλόني	
NEVA	μπουλόني	
MYTI	βάθρο	130028
1KVL	μπουλόني	
TYLO	μπουλόني	

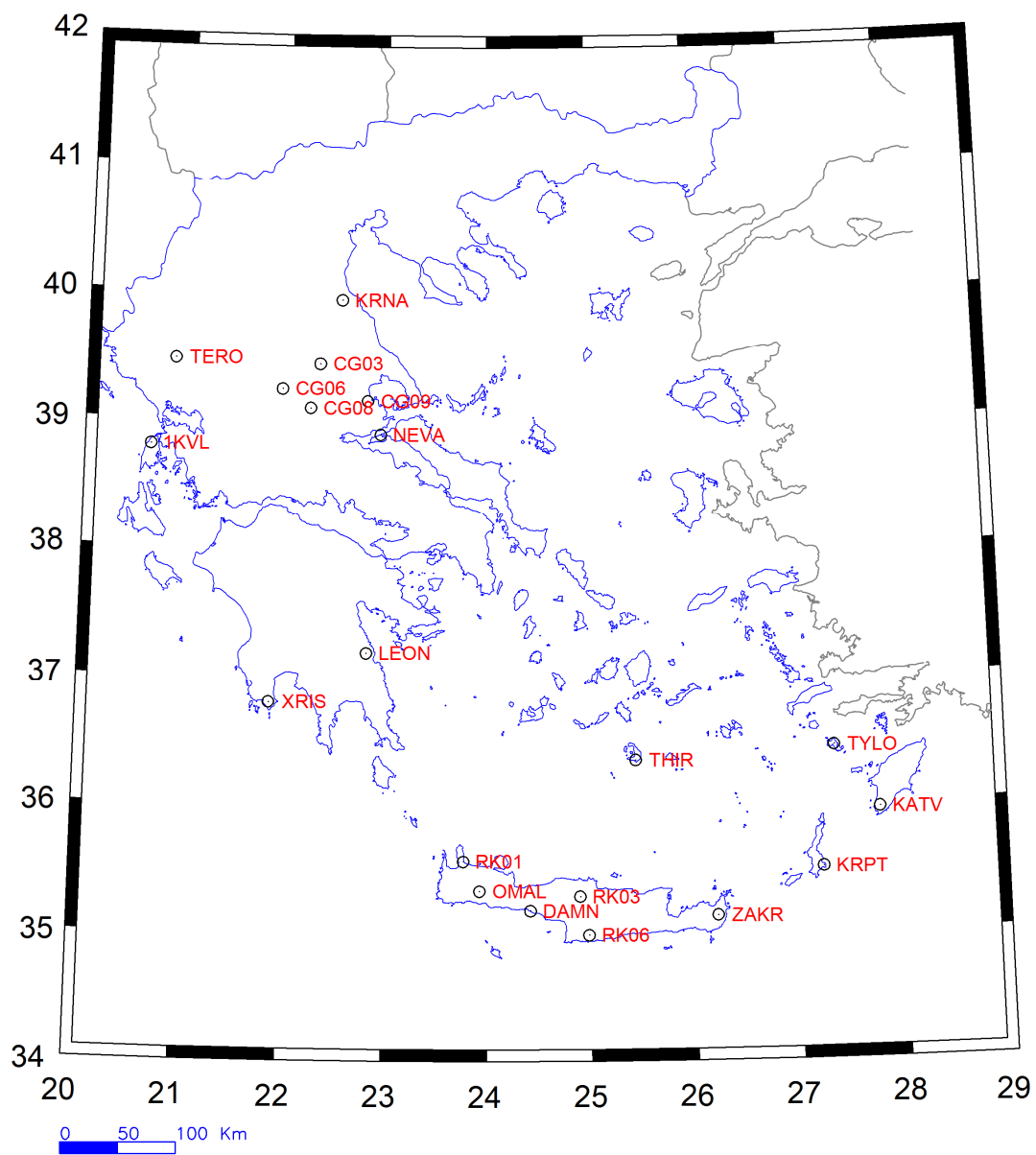
Πίνακας 4.1: Οι σταθμοί του δικτύου και ο κωδικός αριθμός των βάθρων στο ΕΓΣΑ87

Table 4.1: The stations of the network and the GGRS number of the pillars

Στους χάρτες 4.1 και 4.2 που ακολουθούν παρουσιάζεται η θέση των σταθμών που μετρήθηκαν στην καμπάνια HELLENIC ARC. Στον χάρτη 4.1 φαίνεται η θέση των βάθρων της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού ενώ στον χάρτη 4.2 παρουσιάζεται η θέση των μπουλονιών.



Χάρτης 4.1: Η θέση των βάθρων της ΓΥΣ του δικτύου
 Map 4.1: The pillars of the network



Χάρτης 4.2 : Η θέση των μπουλονιών που μετρήθηκαν
 Map 4.2: The markers of the network

Τα σημεία μετρήθηκαν με δέκτες της εταιρίας Trimble και συγκεκριμένα με τον δέκτη TRIMBLE 5700. Οι κεραίες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι Zephyr Geodetic της ίδιας εταιρίας.

Για το στήσιμο της κεραίας στα σημεία με μπουλόκι χρησιμοποιήθηκε τρίποδος ή ειδική βάση με τρικόχλιο. Για τα σημεία που ήταν βάθρα χρησιμοποιήθηκε φορτσαριστή κέντρωση που βιδώθηκε στο σημείο πάνω. Στα βάθρα που παρουσίασαν κάποιο πρόβλημα (δεν ήταν δυνατό να βιδωθεί η ειδική βίδα ή έλειπε το μπουλόκι της ΓΥΣ) χρησιμοποιήθηκε ειδική βάση με τρικόχλιο η οποία κεντρώθηκε στο σημείο. Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται τα σημεία, οι δέκτες και οι κεραίες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια των μετρήσεων καθώς και το κατακόρυφο υψόμετρο τους (από το σημείο αναφοράς της κεραίας μέχρι το μπουλόκι).

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΔΕΚΤΗΣ	ΚΕΡΑΙΑ	Κατακόρυφο υψόμετρο κεραίας (m)
LEON	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	0.9950
PRSL	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	0.1100
CG09	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	1.0660
IERA	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	0.1440
OMAL	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	0.9920
KRPN	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	0.1100
RK06	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	0.1150
STRV	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	0.1780
KRNA	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	0.9380
ZAKR	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	1.2780
CG08	TRIMBLE 5700	TRM39105.00	1.0330
DAMN	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	1.0160
XRIS	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	1.3630
DE30	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	0.1240
KRPT	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	1.1750
CG06	TRIMBLE 5700	TRM39105.00	0.8940
RK01	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	0.1150
CG03	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	1.1170
THIR	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	1.2770
RK03	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	0.1150

Πίνακας 4.2: Οι δέκτες, οι κεραίες και τα κατακόρυφα υψόμετρα τους. (συνεχίζεται)

Table 4.2: The receivers, the antennas and their vertical height (continues)

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΔΕΚΤΗΣ	ΚΕΡΑΙΑ	Κατακόρυφο υψόμετρο κεραίας (m)
TERO	TRIMBLE 5700	TRM39105.00	1.2120
KATV	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	1.1980
NEVA	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	1.1490
ΜΥΤΙ	TRIMBLE 5700	TRM39105.00	0.1210
1KVL	TRIMBLE 5700	TRM39105.00	0.1000
TYLO	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	1.2960

Πίνακας 4.2: Οι δέκτες, οι κεραίες και τα κατακόρυφα υψόμετρα τους.

Table 4.2: The receivers, the antennas and their vertical height

Στον πίνακα 4.3 φαίνονται αναλυτικά ποιες μέρες μετρήθηκε ο κάθε σταθμός όπως επίσης και η συνολική διάρκεια των μετρήσεων. Οι μέρες στον πίνακα 4.3 είναι δοσμένες σε μέρα χρόνου (year date). Η συνολική διάρκεια των μετρήσεων είναι υπολογισμένη από τα αρχεία rinex και όχι από την ώρα έναρξης και λήξης των παρατηρήσεων, που αναφερόταν στα έντυπα υπαίθρου διότι σε πολλές περιπτώσεις χρειάστηκε να γίνει επανεκκίνηση του δέκτη με αποτέλεσμα να παραχθούν πολλαπλά αρχεία rinex, που περιείχαν μόνο μερικά λεπτά παρατηρήσεων.

ΗΜΕΡΑ ΧΡΟΝΟΥ	ΣΤΑΘΜΟΙ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ	
		h	m
287	LEON	7	40
	PRSL	10	0
288	CG09	13	30
	IERA	12	50
	LEON	24	0
	OMAL	9	0
	PRSL	9	50
289	CG09	24	0
	IERA	24	0
	KRPN	8	0
	LEON	15	0
	OMAL	24	0
	PRSL	12	30

Πίνακας 4.3 Ημέρες μέτρησης κάθε σταθμού και συνολικές ώρες παρατήρησης (συνεχίζεται)

Table 4.3: Year date and total observation time for the stations (continues)

ΗΜΕΡΑ ΧΡΟΝΟΥ	ΣΤΑΘΜΟΙ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ	
		h	m
290	CG09	9	0
	IERA	8	0
	KRPN	16	50
	OMAL	7	20
	RK06	10	50
	STRV	14	45
291	KRNA	15	30
	KRPN	24	0
	RK06	24	0
	STRV	24	0
	ZAKR	15	40
292	CG08	10	45
	DAMN	11	40
	KRNA	24	0
	RK06	8	0
	STRV	8	5
	XRIS	11	50
	ZAKR	24	0
293	CG08	24	0
	DAMN	24	0
	DE30	9	15
	KRNA	9	0
	KRPT	8	30
	XRIS	24	0
294	CG06	13	20
	CG08	7	20
	DAMN	8	10
	DE30	24	0
	KRPT	24	0
	RK01	9	20
	XRIS	11	0
295	CG03	9	0
	CG06	24	0
	DE30	9	0
	KRPT	24	0
	RK01	24	0
	THIR	11	0

Πίνακας 4.3 Ημέρες μέτρησης κάθε σταθμού και συνολικές ώρες παρατήρησης (συνεχίζεται)

Table 4.3: Year date and total observation time for the stations (continues)

ΗΜΕΡΑ ΧΡΟΝΟΥ	ΣΤΑΘΜΟΙ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ	
		h	m
296	CG03	24	0
	KRPT	8	40
	RK01	9	10
	RK03	10	40
	TERO	13	0
	THIR	24	0
297	CG03	9	0
	KATV	13	40
	NEVA	10	0
	RK03	24	0
	TERO	24	0
	THIR	14	0
298	KATV	24	0
	MYTI	12	0
	NEVA	24	0
	RK03	9	40
	TERO	7	30
299	1KVL	12	0
	KATV	7	20
	MYTI	8	30
	NEVA	9	40
300	1KVL	24	0
	TYLO	15	30
301	1KVL	4	30
	TYLO	12	15

Πίνακας 4.3 Ημέρες μέτρησης κάθε σταθμού και συνολικές ώρες παρατήρησης

Table 4.3: Year date and total observation time for the stations

4.3 Περιγραφή της μεθοδολογίας επίλυσης

Ο αρχικός προγραμματισμός για την επίλυση του δικτύου ήταν να λυθούν οι κορυφές του ακτινικά από τον μόνιμο σταθμό DIONG του Διόνυσου. Για μεγαλύτερη ακρίβεια οι συντεταγμένες του θα προέκυπταν από την επίλυση αυτού από 4 σταθερούς σταθμούς του εξωτερικού για την εποχή 2004.80 που είναι η μέση εποχή των παρατηρήσεων. Λόγω όμως κάποιου προβλήματος ο DIONG δεν είχε διαθέσιμες παρατηρήσεις για τις μισές περίπου μέρες των μετρήσεων.

Για το παραπάνω λόγο αποφασίστηκε η επίλυση να γίνει κατευθείαν από σταθερούς σταθμούς του εξωτερικού. Οι σταθεροί σταθμοί του εξωτερικού που επιλέχθηκαν ως σταθμοί αναφοράς για την επίλυση του δικτύου ήταν οι παρακάτω μόνιμοι σταθμοί :

- Ο σταθμός ANKR που βρίσκεται στην Άγκυρα της Τουρκίας
- Ο σταθμός BUCU που είναι στο Βουκουρέστι της Ρουμανίας
- Ο σταθμός GRAZ που βρίσκεται στην πόλη Graz της Αυστρίας
- Ο σταθμός MATE στην Μαδέρα της Ιταλίας
- Ο σταθμός NICO που βρίσκεται στην Λευκωσία της Κύπρου
- Ο NOT1 που είναι έκκεντρος σταθμός του NOTO και βρίσκεται στην πόλη Νότο της Ιταλίας
- Ο σταθμός SOFI που είναι στην Σόφια της Βουλγαρίας
- Ο σταθμός WTZR που είναι στην πόλη Wetzlar της Γερμανίας

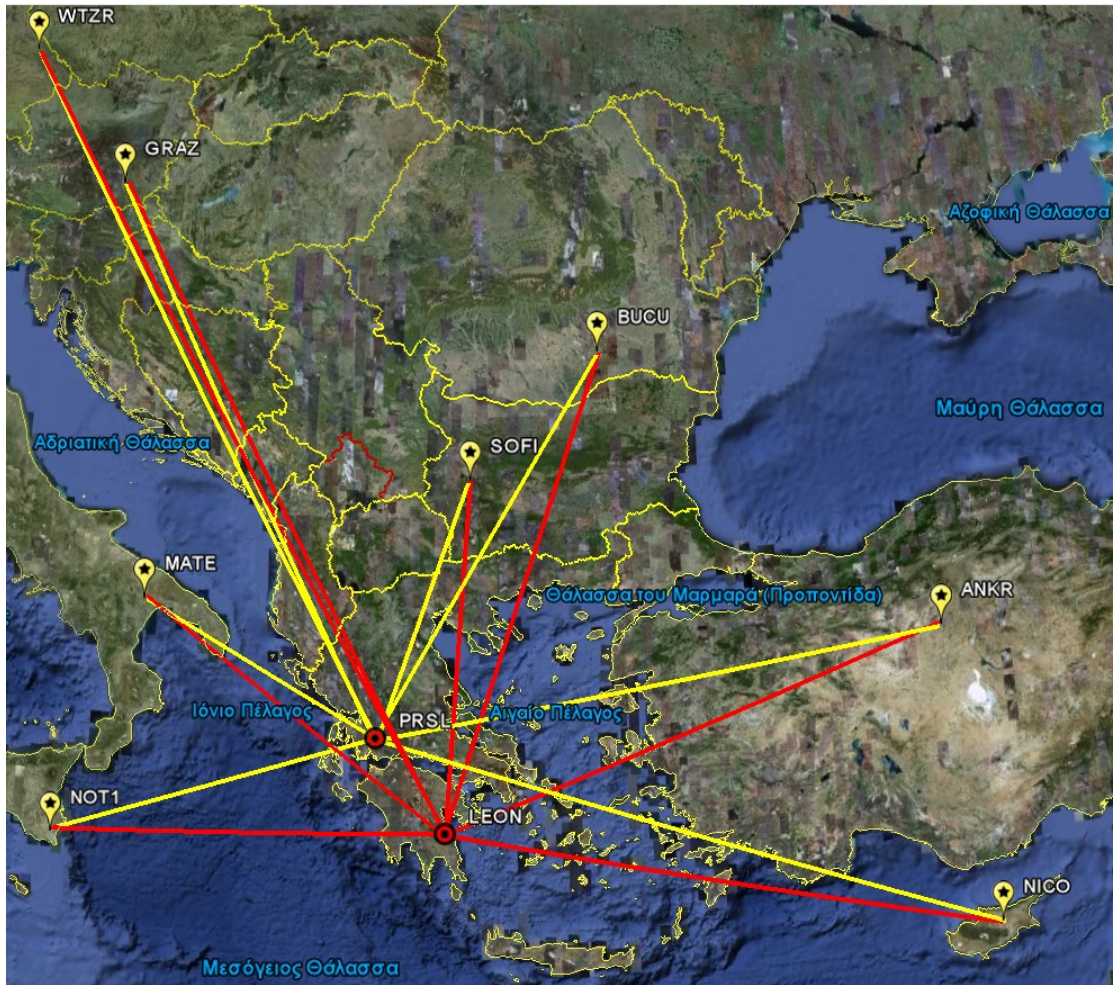
Οι σταθμοί αυτοί αποτελούν μόνιμους σταθμούς του ITRF και η θέση τους φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. (Εικόνα 4.1)



Εικόνα 4.1: Οι σταθεροί σταθμοί

Picture 4.1: The network of the fixed stations

Για κάθε κορυφή του δικτύου δημιουργήθηκαν 8 βάσεις (1 βάση για κάθε σταθερό σταθμό). Συνολικά για την επίλυση του δικτύου δημιουργήθηκαν 208 βάσεις μεταξύ των οκτώ σταθμών αναφοράς και των 26 κορυφών του. Λόγω του μεγάλου αριθμού των βάσεων αλλά και του μεγάλου τους μήκους πρακτικά δεν είναι δυνατόν να απεικονιστούν σε μια εικόνα. Έτσι στην εικόνα 4.2 που ακολουθεί φαίνονται ενδεικτικά, 16 σχηματισμένες βάσεις ανάμεσα στους σταθερούς σταθμούς και τις κορυφές LEON και PRSL του δικτύου.



Εικόνα 4.2:Οι βάσεις που σχηματίστηκαν για τους σταθμούς PRSL και LEON
 Picture 4.2: The bases that were formed for the stations PRSL and LEON

4.4 Περιγραφή του πακέτου Bernese

Για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων των σταθμών που μετρήθηκαν στην καμπάνια Hellenic Arc χρησιμοποιήθηκε το πακέτο λογισμικού Bernese v4.2

Είναι ένα επιστημονικό πακέτο που δημιουργήθηκε από το Αστρονομικό Ινστιτούτο της Βέρνης, της Ελβετίας. Η χρήση αυτού του πακέτου δίνει την δυνατότητα επεξεργασίας δορυφορικών δεδομένων, ώστε να γίνει ο προσδιορισμός των συντεταγμένων των ζητούμενων σταθμών.

Επιγραμματικά τα στάδια που ακολουθήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία ήταν τα εξής:

1. Συλλογή όλων των απαιτούμενων στοιχείων που είναι απαραίτητα για την επεξεργασία. Συγκεντρώθηκαν τα rinex αρχεία των σταθμών αναφοράς για την επίλυση του δικτύου από την ιστοσελίδα <http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/dbDataBySite.cgi>, καθώς και οι απαιτούμενες τροχιές ακρίβειας (precise orbits) όπως και τα αρχεία κίνησης του πόλου από την ιστοσελίδα <http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/dbDataByDate.cgi?defaultType=products>.
2. Δημιουργία καμπάνιας. Δημιουργήθηκε ο κύριος φάκελος εργασίας, καθώς και οι απαιτούμενοι υποφάκελοι στους όποιους τοποθετήθηκαν τα αρχεία που συλλέχθηκαν καθώς και τα αρχεία των μετρήσεων.
3. Ορισμός των sessions της καμπάνιας. Δημιουργήθηκε ξεχωριστό session για κάθε μέρα. Τα ονόματα που δόθηκαν στα sessions ήταν σύμφωνα με τον αριθμό της ημέρας του χρόνου (year date) . Έτσι δημιουργήθηκαν τα sessions 287-301.
4. Δημιουργία ονομάτων και συντμήσεων των σταθμών, Δημιουργήθηκαν τα ονόματα μεγέθους 4 χαρακτήρων, καθώς και οι συντμήσεις τους 2 χαρακτήρων.

5. Μετατροπή των αρχείων rinex στον τύπο αρχείων που διαχειρίζεται το bernese.
6. Δημιουργία ενός αρχείου του πόλου. Δημιουργήθηκε ένα αρχείο πόλου από τον συνδυασμό των διαφορετικών αρχείων κίνησης του πόλου για κάθε εβδομάδα.
7. Υπολογισμός των τροχιών. Μετά από την δημιουργία του αρχείου του πόλου ακολούθησε ο υπολογισμός των τροχιών των δορυφόρων. Σε πρώτη φάση υπολογίστηκαν οι tabular τροχιές, καθώς επίσης παράχθηκε κι ένα αρχείο που περιέχει τις διορθώσεις των χρονομέτρων των δορυφόρων. Τα αρχεία αυτά δημιουργήθηκαν από την επεξεργασία των αρχείων των precise τροχειών μέσα από τον μετασχηματισμό των τροχιών ακρίβειας στο ουράνιο σύστημα αναφοράς με την χρήση των πληροφοριών που περιέχονται στο αρχείο του πόλου. Τα αρχεία των tabular τροχιών περιέχουν την αρχή και το τέλος της εφημερίδας, τον ονομαστικό αριθμό των θέσεων του δορυφόρου καθώς και το χρονικό διάστημα μεταξύ των θέσεων στην τροχιά. Σε δεύτερη φάση τα αρχεία, που προέκυψαν, μετετράπησαν στον τύπο που υποστηρίζει το bernese (standard τροχιές). Η μετατροπή γίνεται από το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας τις θέσεις που περιέχονται στις tabular τροχιές ως ψευδοπαρατηρήσεις για την επίλυση με την μέθοδο των ελαχίστων τετράγωνων.
8. Επεξεργασία των παρατηρήσεων. Το επόμενο στάδιο στην διαδικασία της επίλυσης ήταν η επεξεργασία των παρατηρήσεων.
 - i. Σε πρώτη φάση έγινε ο συγχρονισμός των χρονομέτρων των δεκτών. Το πρόγραμμα υπολογίζει το σφάλμα των χρονομετρών διαβάζοντας τα αντίστοιχα αρχεία, που δημιουργήθηκαν στο προηγούμενο στάδιο τα όποια περιέχουν την πληροφορία για τα χρονόμετρα των δορυφόρων. Στην φάση αυτή έγινε και ο υπολογισμός των προσωρινών συντεταγμένων ζητώντας από το πρόγραμμα να τις υπολογίσει και πραγματοποιήθηκε επανάληψη

της διαδικασίας με τις προσωρινές συντεταγμένες ως αρχείο εισόδου.

- ii. Σε δεύτερη φάση υπολογίστηκαν οι άπλες διαφορές φάσης (δεκτών – δορυφόρων), ενώ επίσης δημιουργήθηκαν και οι βάσεις μεταξύ των σταθμών που μετρήθηκαν και των σταθμών αναφοράς. Χρησιμοποιήθηκε η τεχνική OBS_MAX, όπου το πρόγραμμα βελτιστοποιεί τις απλές διάφορες φάσης σύμφωνα με το μήκος της σχηματιζόμενης βάσης ή με το πλήθος των κοινών παρατηρήσεων για τους σταθμούς που την αποτελούν. Λόγω του ότι κάθε μέρα οι σχηματιζόμενες βάσεις ήταν διαφορετικές, έγινε χρήση του δεύτερου τρόπου βελτιστοποίησης (σύμφωνα με τον αριθμό των κοινών παρατηρήσεων).
- iii. Σε τρίτη φάση ακολούθησε ο έλεγχος για τυχόν απώλειες κύκλων και έγινε η διόρθωση τους. Το πρόγραμμα ελέγχει και βρίσκει τα χρονικά σημεία όπου υπάρχουν απώλειες κύκλων, οι οποίες μπορεί να έχουν προκληθεί από διάφορες αίτιες όπως: κακή λειτουργία του ταλαντωτή του δορυφόρου, παρεμπόδιση του σήματος λόγω εμποδίων, χαμηλή αναλογία σήματος – θορύβου λόγω μεταβολής των ιονοσφαιρικών συνθηκών. Αφού εντοπιστούν οι απώλειες κύκλων το πρόγραμμα διορθώνει αυτές που είναι δυνατόν να διορθωθούν και τελικά αποθηκεύει όλα τα δεδομένα. Στην συνέχεια ακολουθεί μια συνόρθωση των τριπλών διάφορων φάσης για την λύση κάθε μιας βάσης. Οι συντεταγμένες που χρησιμοποιούνται στην συνόρθωση αυτή είναι οι προσωρινές που είχαν υπολογιστεί νωρίτερα. Η λύση της συνόρθωσης αυτής είναι μια ικανοποιητική προσέγγιση της τελικής λύσης. Τα υπόλοιπα των τριπλών διαφορών φάσης αποθηκεύονται σε ένα προσωρινό αρχείο. Λόγω του ότι οι βάσεις ήταν μεγαλύτερες από 10 km χρησιμοποιήθηκε ως συχνότητα έλεγχου η επιλογή combined, η οποία χρησιμοποιεί τον ανεπηρέαστο από την ιονόσφαιρα γραμμικό συνδυασμό των συχνοτήτων L1 και L2.
- iv. Τέταρτη φάση της επεξεργασίας ήταν ο υπολογισμός των μοντέλων της ιονόσφαιρας και της τροπόσφαιρας. Το bernese διαβάσει όλες τις απλές διαφορές φάσης που έχουν σχηματιστεί και επεξεργαστεί

μέχρι αυτό το σημείο και στην συνέχεια σχηματίζει ένα σύνολο γραμμικά ανεξάρτητων διπλών διάφορων φάσης για κάθε εποχή. Πρώτα προσδιορίζεται ένα μοντέλο για την επίδραση της ιονόσφαιρας. Για τον προσδιορισμό του, λόγω του μεγάλου μήκους των βάσεων χρησιμοποιήθηκε ο γεωμετρικά ανεξάρτητος γραμμικός συνδυασμός L4 και διατηρήθηκαν όλοι οι σταθμοί σταθεροί. Το μοντέλο της ατμόσφαιρας που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Extrapolated, το οποίο λαμβάνει αρχικές τιμές στο επίπεδο της θάλασσας και υπολογίζει την πίεση, την θερμοκρασία και την υγρασία στο υψόμετρο του εκάστοτε σταθμού. Για τον υπολογισμό της καθυστέρησης της τροπόσφαιρας χρησιμοποιήθηκε η μαθηματική συσχέτιση των διπλών διάφορων φάσης σύμφωνα με το μοντέλο "correct", το οποίο χρησιμοποιείται όταν επιλύεται ένα δίκτυο.

Για τον υπολογισμό του τοπικού μοντέλου τις τροπόσφαιρας ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε και στο μοντέλο της ιονόσφαιρας με τις μόνες διαφορές να είναι η χρήση του ανεξάρτητου από την ιονόσφαιρα γραμμικού συνδυασμού L3 καθώς και η χρήση ενός μόνο σταθερού σταθμού.

- v. Σε πέμπτη φάση υπολογίστηκαν οι ασάφειες φάσης. Τα μοντέλα ιονόσφαιρας και τροπόσφαιρας, που υπολογίστηκαν στην προηγούμενη φάση χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των ακέραιων ασαφειών φάσης. Για τον υπολογισμό αυτόν επιλέχθηκε ο αλγόριθμος QIF ο οποίος επιτρέπει την επίλυση των ασαφειών φάσης σε ένα βήμα, ακόμα και σε μεγάλες βάσεις (έως 2000 Km) . Χρησιμοποιεί μόνο παρατηρήσεις φάσεων και όχι κώδικα. Οι τιμές των ασαφειών των διπλών διαφορών φάσης στον ανεξάρτητο από την ιονόσφαιρα γραμμικό συνδυασμό L₃, ταξινομούνται από το μικρότερο στο μεγαλύτερο a posteriori $\hat{\sigma}$ και επιλέγονται με την απόλυτη διαφορά των προσδιορισμένων μη ακέραιων και επιλεγμένων ακέραιων τιμών. Ζητήθηκε από το πρόγραμμα να αποθηκεύσει εκτός από τις υπολογισμένες ασάφειες φάσεις και ένα αρχείο εξόδου, όπου φαίνονται τα ποσοστά των ασαφειών που

επιλύθηκαν καθώς και διάφορες άλλες πληροφορίες, όπως π.χ. οι δορυφόροι που δεν συμμετείχαν στην επίλυση.

- vi. Έκτη φάση της επεξεργασίας ήταν ο υπολογισμός των ημερήσιων συντεταγμένων των σταθμών. Χρησιμοποιήθηκε η στρατηγική “elimination” η οποία πρώτα εξαλείφει τις άλυτες ασάφειες φάσης και στην συνέχεια παρεμβάλλει τις υπολογισμένες στις συχνότητες L1 και L2.
- vii. Στην έβδομη φάση έγινε ο σχηματισμός των αρχείων των κανονικών εξισώσεων, ώστε να χρησιμοποιηθούν για την τελική συνόρθωση του δικτύου. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η ίδια με την παραγωγή των συντεταγμένων της προηγούμενης φάσης. Η μόνη διαφορά ήταν ότι δεν διατηρήθηκαν σταθεροί οι σταθμοί αναφοράς, έκτος μόνο από έναν για την εκτέλεση των υπολογισμών.
- viii. Στο τελευταίο στάδιο έγινε προσπάθεια να γίνει η ολική συνόρθωση του δικτύου. Εισήχθησαν οι κανονικές εξισώσεις που παρήχθησαν για κάθε μέρα ξεχωριστά, ώστε να υπολογιστούν οι τελικές συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου. Η συνόρθωση τελικά δεν πραγματοποιήθηκε επειδή η συγκεκριμένη έκδοση του bernese δεν ήταν «σεταρισμένη» για την επίλυση τόσο μεγάλου αριθμού βάσεων

4.5 Αποτελέσματα επίλυσης του δικτύου

Για την επίλυση του δικτύου χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί: ANKR, BUCU, GRAZ, MATE, NICO, NOT1, SOFI και WTZR όπως έχει ήδη αναφερθεί. Οι συντεταγμένες των σταθμών αυτών ήταν γνωστές για την εποχή 1997 και αναφέρονταν στο ITRF2000. Στο πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 4.4) παρουσιάζονται οι συντεταγμένες των παραπάνω σταθμών για την εποχή 2004.80, η οποία είναι η μέση εποχή που μετρήθηκε το δίκτυο, έτσι όπως υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας τις γνωστές ετήσιες ταχύτητες μετακίνησης τους.

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		
	X	Y	Z
ANKR	4121948.525	2652187.920	4069023.735
BUCU	4093760.897	2007793.847	4445129.965
GRAZ	4194423.822	1162702.690	4647245.392
MATE	4641949.560	1393045.420	4133287.445
NICO	4359415.744	2874117.082	3650777.820
NOT1	4934546.240	1321265.003	3806456.104
SOFI	4319372.099	1868687.777	4292063.922
WTZR	4075580.563	931853.794	4801568.122

Πίνακας 4.4: Οι συντεταγμένες των σταθμών αναφοράς για την εποχή 2004.80 στο ITRF2000

Table 4.4: Cartesian coordinates of the fixed stations for the epoch 2004.80 in ITRF2000

Στον πίνακα 4.5 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τύποι των κεραιών, ο κατασκευαστής τους καθώς και τα υψόμετρα τους για τους παραπάνω σταθμούς αναφοράς.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΔΕΚΤΗΣ	ΚΕΡΑΙΑ	Κατακόρυφο υψόμετρο κεραίας (m)
ANKR	AOA SNR-8000 ACT	AOAD/M_T	0.0600
BUCU	ASHTECH Z-XII3	ASH700936D_M	0.0815
GRAZ	ASHTECH UZ-12	ASH701945C_M	1.9640
MATE	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00	0.1010
NICO	AOA SNR-8000 ACT	AOAD/M_T	0.0500
NOT1	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00	0.1010
SOFI	AOA SNR-8000 ACT	AOAD/M_T	0.2200
WTZR	AOA SNR-8000 ACT	AOAD/M_T	0.0710

Πίνακας 4.5: Οι κεραίες και τα κατακόρυφα υψόμετρα των σταθμών αναφοράς
Table 4.5: The type of the antennas and their vertical heights for the fixed stations

4.5.1 Αποτελέσματα επεξεργασίας των κορυφών του δικτύου

Κατά την διαδικασία επίλυσης του δικτύου τα βήματα της, όποιες περιγράφηκαν σε προηγούμενο κεφαλαίο, στο στάδιο της επίλυσης των ασαφειών φάσης πραγματοποιείται κάθε φορά καταγραφή αυτών. Η καταγραφή αυτή στη συνέχεια αναλύθηκε, ώστε να προκύψουν τα ποσοστά επίλυσης των ασαφειών φάσης για κάθε μια βάση ξεχωριστά.

Το ποσοστό επίλυσης ασαφειών φάσης αποτελεί, μαζί με το μήκος των βάσεων, την ποιότητα των δεκτών καθώς και την συνολική διάρκεια των μετρήσεων, έναν πολύ σημαντικό παράγοντα για την ακρίβεια των συντεταγμένων που υπολογίζονται. Για μεγάλες βάσεις άνω των 100 Km το ποσοστό επίλυσης των ασαφειών φάσης που θεωρείται ικανοποιητικό για να συμμετέχει αυτή η βάση στον υπολογισμό των συντεταγμένων είναι 70%. Ποσοστό το οποίο αυξάνεται σε περίπτωση που έχουμε μικρότερες βάσεις (<100 Km) σε 85%.

Στον πίνακα 4.6, που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα ποσοστά επίλυσης των ασαφειών φάσης για όλες τις μέρες που διήρκησαν οι μετρήσεις και για όλες τις βάσεις που σχηματίστηκαν. Ποσοστά τα οποία είναι χρωματισμένα με κόκκινο χρώμα είναι αυτά που δεν πέρασαν το κριτήριο >70% και συνεπώς η βάση αυτή δεν χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των συντεταγμένων. Στα κελιά του πίνακα 4.6, όπου υπάρχει κόκκινη παύλα, σημαίνει ότι ο σταθμός την συγκεκριμένη μέρα δεν είχε διαθέσιμα δεδομένα.

Παρατηρείται ότι παρά το γεγονός των μεγάλων βάσεων που σχηματίστηκαν άλλα και του χρονικού διαστήματος που μετρήθηκαν ορισμένα σημεία συγκεκριμένες μέρες, που μπορεί να ήταν και μικρότερο των 12 ωρών τα ποσοστά επίλυσης των ασαφειών φάσεις είναι ικανοποιητικά.

HMEPA XPONΟΥ	ΣΤΑΘΜΟΙ	ANKR	BUCU	GRAZ	MATE	NICO	NOT1	SOFI	WTZR
287	LEON	74%	81%	76%	78%	58%	71%	80%	81%
	PRSL	70%	76%	63%	72%	59%	71%	71%	65%
288	CG09	85%	92%	75%	83%	-	86%	88%	88%
	IERA	87%	100%	91%	88%	-	82%	87%	96%
	LEON	85%	91%	85%	85%	-	88%	93%	85%
	OMAL	88%	100%	87%	88%	-	83%	88%	94%
	PRSL	85%	77%	73%	67%	-	75%	71%	67%
289	CG09	85%	93%	87%	81%	87%	82%	94%	84%
	IERA	88%	95%	81%	83%	88%	79%	91%	83%
	KRPN	73%	94%	100%	84%	80%	80%	90%	75%
	LEON	90%	88%	88%	83%	76%	78%	93%	81%
	OMAL	85%	93%	89%	82%	88%	80%	91%	83%
	PRSL	81%	81%	73%	78%	77%	74%	76%	70%
290	CG09	95%	95%	84%	92%	89%	81%	0%	80%
	IERA	86%	89%	78%	95%	94%	80%	0%	68%
	KRPN	94%	91%	76%	82%	78%	81%	84%	88%
	OMAL	82%	94%	76%	82%	81%	83%	0%	72%
	RK06	85%	85%	67%	71%	86%	69%	79%	85%
	STRV	89%	90%	76%	82%	86%	81%	79%	89%
291	KRNA	88%	93%	94%	84%	92%	85%	85%	90%
	KRPN	87%	90%	96%	86%	90%	90%	88%	93%
	RK06	92%	95%	91%	85%	87%	88%	90%	86%
	STRV	92%	93%	94%	84%	87%	85%	88%	84%
	ZAKR	89%	86%	88%	81%	89%	82%	92%	82%
292	CG08	79%	90%	100%	82%	90%	78%	95%	86%
	DAMN	86%	95%	100%	89%	91%	91%	100%	83%
	KRNA	95%	89%	88%	83%	97%	88%	86%	86%
	RK06	94%	89%	88%	86%	94%	88%	89%	88%
	STRV	94%	84%	83%	83%	88%	78%	85%	89%
	XRIS	86%	91%	96%	87%	96%	85%	95%	92%
	ZAKR	92%	95%	98%	88%	95%	92%	90%	90%
293	CG08	91%	95%	93%	86%	87%	93%	85%	85%
	DAMN	94%	95%	95%	86%	89%	94%	88%	88%
	DE30	92%	89%	91%	88%	82%	92%	83%	83%
	KRNA	95%	95%	88%	84%	89%	92%	85%	88%
	KRPT	92%	88%	90%	88%	83%	82%	93%	87%
	XRIS	94%	95%	93%	85%	94%	93%	88%	85%
294	CG06	0%	89%	84%	74%	79%	94%	85%	80%
	CG08	69%	93%	93%	94%	100%	90%	94%	87%
	DAMN	63%	83%	83%	98%	94%	83%	89%	88%
	DE30	71%	95%	95%	84%	84%	93%	97%	82%
	KRPT	78%	90%	90%	81%	87%	93%	90%	81%
	RK01	0%	89%	89%	82%	89%	92%	94%	83%
	XRIS	74%	86%	86%	89%	95%	89%	87%	82%

Πίνακας 4.6: Τα ποσοστά επίλυσης των ασαφειών φάσης (συνεχίζεται)

Table 4.6: Ambiguity resolution percentages (continues)

ΗΜΕΡΑ ΧΡΟΝΟΥ	ΣΤΑΘΜΟΙ	ANKR	BUGU	GRAZ	MATE	NICO	NOT1	SOFI	WTZR
295	CG03	-	89%	89%	83%	70%	77%	89%	89%
	CG06	-	81%	93%	89%	87%	83%	98%	83%
	DE30	-	83%	89%	88%	81%	88%	95%	83%
	KRPT	-	88%	95%	86%	89%	90%	93%	84%
	RK01	-	90%	93%	83%	89%	86%	97%	82%
	THIR	-	86%	90%	79%	77%	79%	90%	70%
296	CG03	-	91%	87%	90%	90%	88%	95%	82%
	KRPT	-	95%	89%	95%	89%	82%	89%	83%
	RK01	-	95%	89%	91%	89%	80%	95%	83%
	RK03	-	86%	90%	81%	86%	81%	95%	82%
	TERO	-	88%	83%	90%	92%	88%	96%	81%
	THIR	-	90%	87%	91%	95%	85%	95%	88%
297	CG03	90%	90%	90%	92%	84%	85%	90%	84%
	KATV	92%	85%	82%	82%	89%	88%	88%	86%
	NEVA	73%	71%	77%	78%	70%	71%	65%	64%
	RK03	93%	89%	86%	87%	91%	84%	93%	76%
	TERO	95%	93%	89%	92%	82%	88%	95%	87%
	THIR	89%	93%	84%	86%	83%	79%	96%	90%
298	KATV	95%	91%	88%	83%	95%	78%	90%	34%
	MYTI	97%	68%	76%	63%	69%	61%	77%	38%
	NEVA	91%	83%	87%	86%	87%	77%	87%	35%
	RK03	86%	83%	78%	89%	86%	77%	88%	49%
	TERO	88%	94%	88%	91%	87%	88%	100%	52%
299	1KVL	74%	76%	83%	72%	79%	-	72%	72%
	KATV	87%	83%	78%	81%	78%	-	72%	100%
	MYTI	64%	77%	76%	78%	82%	-	85%	75%
	NEVA	71%	83%	82%	82%	91%	-	78%	84%
300	1KVL	-	94%	83%	84%	93%	80%	72%	89%
	TYLO	-	90%	80%	80%	89%	93%	74%	90%
301	1KVL	72%	71%	71%	81%	56%	64%	76%	53%
	TYLO	51%	88%	79%	78%	77%	81%	88%	83%

Πίνακας 4.6: Τα ποσοστά επίλυσης των ασαφειών φάσης

Table 4.6: Ambiguity resolution percentages

Λόγω του μεγάλου αριθμού των βάσεων, όπως έχει ήδη αναφερθεί, παρουσιάστηκε πρόβλημα κατά το τελικό στάδιο της επίλυσης που ήταν η συνόρθωση ολόκληρου του δικτύου. Για τον λόγο αυτόν δεν μπόρεσαν να παραχθούν οι τελικές συντεταγμένες μέσα από το bernese, άλλα υπολογίστηκαν από τον μέσο όρο της καθημερινής λύσης των συντεταγμένων των σταθμών. Στον πίνακα 4.7 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι καρτεσιανές συντεταγμένες ανά ημέρα λύση των σταθμών που μετρήθηκαν στο ITRF2000.

ΣΤΑΘΜΟΣ	YEAR DATE	X(m)	Y(m)	Z(m)
LEON	287	4690058.7170	1973729.5141	3834235.6143
	288	4690058.7195	1973729.5122	3834235.6155
	289	4690058.7247	1973729.5133	3834235.6202
PRSL	287	4641254.0988	1826964.1695	3962941.9602
	288	4641254.0872	1826964.1587	3962941.9467
	289	4641254.1092	1826964.1725	3962941.9692
CG09	288	4565606.3489	1920347.5768	4005106.2150
	289	4565606.3409	1920347.5724	4005106.2136
	290	4565606.3420	1920347.5747	4005106.2096
IERA	288	4711345.0007	2271190.0464	3638227.0257
	289	4711345.0046	2271190.0471	3638227.0325
	290	4711345.0034	2271190.0440	3638227.0342
OMAL	288	4763029.1894	2113824.9476	3668242.7880
	289	4763029.1930	2113824.9468	3668242.7942
	290	4763029.1894	2113824.9410	3668242.7917
KRPN	289	4615299.7628	1845836.3679	3984776.8945
	290	4615299.7626	1845836.3684	3984776.8850
	291	4615299.7645	1845836.3642	3984776.8943
RK06	290	4742550.7172	2209299.2639	3636502.9266
	291	4742550.7132	2209299.2613	3636502.9211
	292	4742550.7116	2209299.2563	3636502.9227
STRV	290	4709096.0590	1941824.0605	3826289.5654
	291	4709096.0428	1941824.0621	3826289.5514
	292	4709096.0790	1941824.0741	3826289.5806
KRNA	291	4523681.6897	1877869.6110	4073242.3420
	292	4523681.6866	1877869.5987	4073242.3324
	293	4523681.6921	1877869.5961	4073242.3322
ZAKR	291	4685813.4422	2306349.3205	3649863.3754
	292	4685813.4438	2306349.3137	3649863.3724
CG08	292	4588623.8060	1876481.6180	4000362.1402
	293	4588623.8051	1876481.6150	4000362.1362
	294	4588623.7996	1876481.6136	4000362.1304
DAMN	292	4752595.4665	2157817.7331	3653452.8238
	293	4752595.4720	2157817.7325	3653452.8291
	294	4752595.4763	2157817.7311	3653452.8261
XRIS	292	4745949.6196	1905706.0571	3799168.9187
	293	4745949.6237	1905706.0558	3799168.9193
	294	4745949.6225	1905706.0545	3799168.9165
DE30	293	4551946.6446	1827848.9556	4065085.1060
	294	4551946.6520	1827848.9573	4065085.1111
	295	4551946.6511	1827848.9544	4065085.1102

Πίνακας 4.7: Καρτεσιανές συντεταγμένες των σταθμών στο ITRF2000 ανά ημέρα λύσης. (συνεχίζεται)

Table 4.7: Cartesian coordinates of the stations in ITRF2000 from daily solution (continues)

ΣΤΑΘΜΟΣ	YEAR DATE	X(m)	Y(m)	Z(m)
KRPT	293	4623096.2216	2378446.5828	3682712.0965
	294	4623096.2310	2378446.5860	3682712.1001
	295	4623096.2285	2378446.5813	3682712.0992
	296	4623096.2314	2378446.5819	3682712.1005
CG06	294	4588151.2802	1849820.7426	4012934.9790
	295	4588151.2739	1849820.7385	4012934.9738
RK01	294	4754012.6980	2094476.3864	3688191.1863
	295	4754012.7042	2094476.3884	3688191.1875
	296	4754012.6970	2094476.3851	3688191.1814
CG03	295	4563197.8841	1874447.2664	4029837.4684
	296	4563197.8872	1874447.2674	4029837.4691
	297	4563197.8814	1874447.2668	4029837.4649
THIR	295	4644794.1689	2209342.3795	3759334.5937
	296	4644794.1677	2209342.3781	3759334.5943
	297	4644794.1588	2209342.3761	3759334.5844
RK03	296	4728728.8207	2194491.3413	3664012.7777
	297	4728728.8187	2194491.3426	3664012.7742
	298	4728728.8364	2194491.3522	3664012.7891
TERO	296	4607346.5985	1757493.3939	4032361.7659
	297	4607346.5964	1757493.3972	4032361.7669
	298	4607346.5989	1757493.3982	4032361.7667
KATV	297	4573400.0309	2409322.5366	3723881.5606
	298	4573400.0340	2409322.5374	3723881.5682
	299	4573400.0245	2409322.5319	3723881.5594
NEVA	297	4577903.7417	1938012.1239	3982736.9120
	298	4577903.7393	1938012.1226	3982736.9106
	299	4577903.7347	1938012.1175	3982736.9024
MYTI	298	4653903.1864	1776285.0354	3970089.4563
	299	4653903.1917	1776285.0354	3970089.4551
1KVL	299	4658244.8748	1756109.8000	3974606.3851
	300	4658244.8791	1756109.8066	3974606.3867
	301	4658244.8723	1756109.8058	3974606.3822
TYLO	300	4562683.6762	2360785.0212	3767628.0942
	301	4562683.6664	2360785.0201	3767628.0881

Πίνακας 4.7: Καρτεσιανές συντεταγμένες των σταθμών στο ITRF2000 ανά ημέρα λύσης.

Table 4.7: Cartesian coordinates of the stations in ITRF2000 from daily solution

Στον πίνακα 4.8 που ακολουθεί παρατίθενται οι καρτεσιανές συντεταγμένες των σταθμών του δικτύου στο ITRF2000, που προέκυψαν από τον μέσο όρο

των αποτελεσμάτων των ημερήσιων επιλύσεων καθώς και τα τυπικά τους σφάλματα.

ΣΤΑΘΜΟΙ	X(m)	Y(m)	Z(m)
LEON	4690058.7204	1973729.5132	3834235.6167
	±0.0039	±0.0010	±0.0031
PRSL	4641254.0984	1826964.1669	3962941.9587
	±0.0110	±0.0073	±0.0113
CG09	4565606.3439	1920347.5746	4005106.2127
	±0.0043	±0.0022	±0.0028
IERA	4711345.0029	2271190.0458	3638227.0308
	±0.0020	±0.0016	±0.0045
OMAL	4763029.1906	2113824.9451	3668242.7913
	±0.0021	±0.0036	±0.0031
KRPN	4615299.7633	1845836.3668	3984776.8913
	±0.0010	±0.0023	±0.0054
RK06	4742550.7140	2209299.2605	3636502.9235
	±0.0029	±0.0039	±0.0028
STRV	4709096.0603	1941824.0656	3826289.5658
	±0.0181	±0.0074	±0.0146
KRNA	4523681.6895	1877869.6019	4073242.3355
	±0.0028	±0.0080	±0.0056
ZAKR	4685813.4430	2306349.3171	3649863.3739
	±0.0011	±0.0048	±0.0021
CG08	4588623.8036	1876481.6155	4000362.1356
	±0.0035	±0.0022	±0.0049
DAMN	4752595.4716	2157817.7322	3653452.8263
	±0.0049	±0.0010	±0.0027
XRIS	4745949.6219	1905706.0558	3799168.9182
	±0.0021	±0.0013	±0.0015
DE30	4551946.6492	1827848.9558	4065085.1091
	±0.0040	±0.0015	±0.0027
KRPT	4623096.2281	2378446.5830	3682712.0991
	±0.0045	±0.0021	±0.0018
CG06	4588151.2771	1849820.7406	4012934.9764
	±0.0045	±0.0029	±0.0037
RK01	4754012.6997	2094476.3866	3688191.1851
	±0.0039	±0.0017	±0.0032
CG03	4563197.8842	1874447.2669	4029837.4675
	±0.0029	±0.0005	±0.0023
THIR	4644794.1651	2209342.3779	3759334.5908
	±0.0055	±0.0017	±0.0056

Πίνακας 4.8: Οι καρτεσιανές συντεταγμένες στο ITRF2000 των σταθμών και οι τυπικές αποκλίσεις τους (συνεχίζεται)

Table 4.8: Cartesian coordinates of the stations in ITRF2000 and their standard deviation (continues)

ΣΤΑΘΜΟΙ	X(m)	Y(m)	Z(m)
RK03	4728728.8253	2194491.3454	3664012.7803
	±0.0097	±0.0060	±0.0078
TERO	4607346.5979	1757493.3964	4032361.7665
	±0.0013	±0.0023	±0.0005
KATV	4573400.0298	2409322.5353	3723881.5627
	±0.0048	±0.0030	±0.0048
NEVA	4577903.7386	1938012.1213	3982736.9083
	±0.0036	±0.0034	±0.0052
MYTI	4653903.1891	1776285.0354	3970089.4557
	±0.0037	±0.0000	±0.0008
1KVL	4658244.8754	1756109.8041	3974606.3847
	±0.0034	±0.0036	±0.0023
TYLO	4562683.6713	2360785.0207	3767628.0912
	±0.0069	±0.0008	±0.0043

Πίνακας 4.8: Οι καρτεσιανές συντεταγμένες στο ITRF2000 των σταθμών και οι τυπικές αποκλίσεις τους

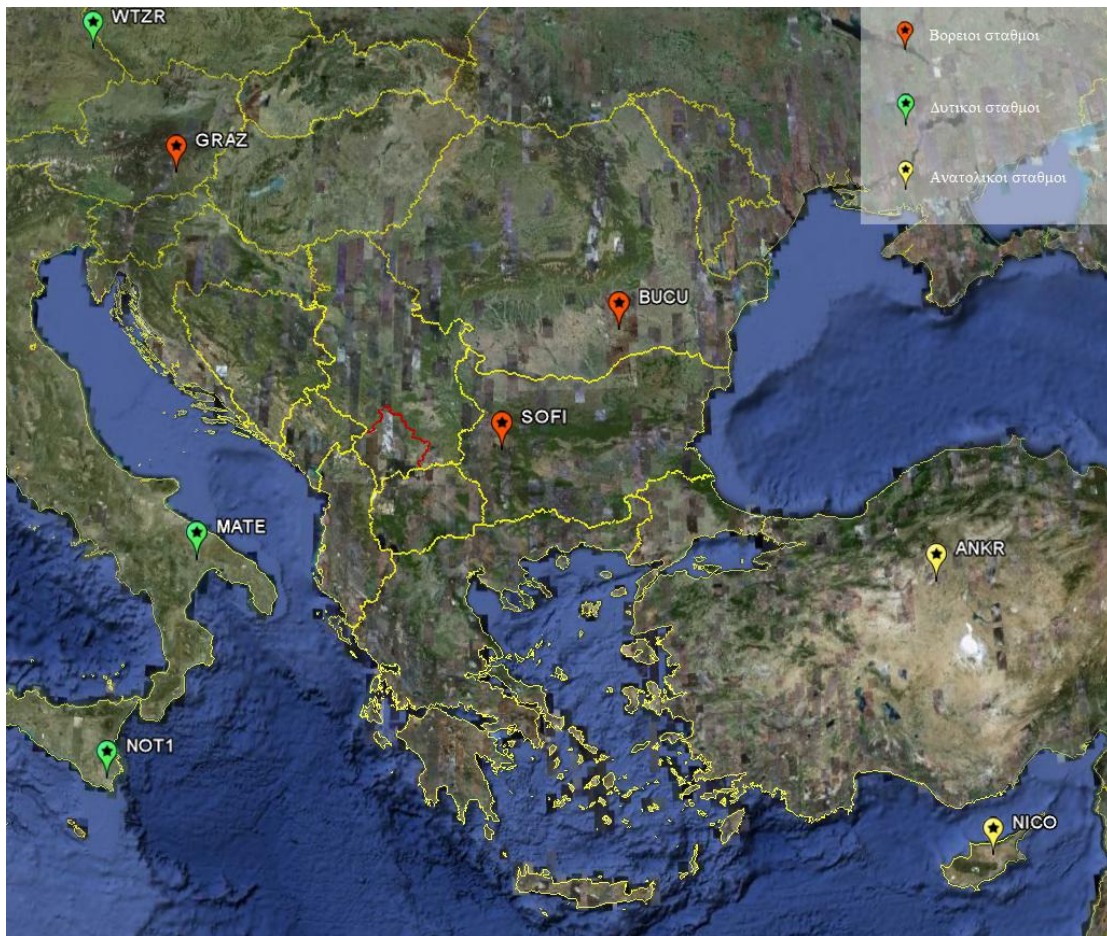
Table 4.8: Cartesian coordinates of the stations in ITRF2000 and their standard deviation

4.5.2 Πείραμα προσδιορισμού των συντεταγμένων των σημείων

Κατά την διάρκεια της επίλυσης οι σταθμοί αναφοράς ομαδοποιήθηκαν σε βόρειους, ανατολικούς και δυτικούς και πραγματοποιήθηκαν τρεις επιπλέον επιλύσεις. Σε κάθε μια επίλυση έγινε ο υπολογισμός των συντεταγμένων του δικτύου λαμβάνοντας σαν σταθερούς τους σταθμούς κάθε μιας ομάδας. Έτσι δημιουργήθηκαν τρία σετ συντεταγμένων: ένα για την επίλυση θεωρώντας σταθερούς μόνο τους ανατολικούς, ένα με τους βόρειους και ένα με τους δυτικούς.

Οι σταθμοί αναφοράς χωρίστηκαν συμφώνα με την γεωγραφική τους θέση ως προς την Ελλάδα. Έτσι οι σταθμοί NOT1, MATE, WTZR ήταν η ομάδα των δυτικών σταθμών, οι BUCU, GRAZ, SOFI ήταν η ομάδα των βόρειων ενώ οι ANKR, BUCU, NICO αποτελούσαν την ομάδα των ανατολικών. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο σταθμός BUCU μπήκε σε δύο ομάδες, ώστε να ο αριθμός των σταθμών σε κάθε ομάδα να είναι ο ίδιος.

Στην εικόνα 4.3 που ακολουθεί φαίνονται οι σταθμοί ομαδοποιημένοι. Με ανοιχτό πράσινο χρώμα είναι η ομάδα των δυτικών, με πορτοκαλί η ομάδα των βόρειων ενώ με κίτρινο η ομάδα των ανατολικών.



Εικόνα 4.3: Οι ομάδες των σταθμών αναφοράς

Picture 4.3: The groups of the fixed stations

Στους πίνακες 4.9, 4.10 και 4.11 που ακολουθούν παρουσιάζονται οι καρτεσιανές συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου που είναι υπολογισμένες θεωρώντας ως σταθερούς τις ομάδες των ανατολικών, βόρειων και δυτικών σταθμών αναφοράς καθώς και η τυπική τους απόκλιση. Οι συντεταγμένες αναφέρονται στο ITRF2000 και έχουν υπολογιστεί με την ίδια διαδικασία που υπολογίστηκαν και οι συντεταγμένες νωρίτερα.

ΣΤΑΘΜΟΙ	X(m)	Y(m)	Z(m)
LEON	4690058.7397	1973729.5504	3834235.6447
	±0.0067	±0.0055	±0.0038
PRSL	4641254.1144	1826964.2029	3962941.9828
	±0.0127	±0.0075	±0.0118
CG09	4565606.3637	1920347.6107	4005106.2360
	±0.0037	±0.0036	±0.0073
IERA	4711345.0219	2271190.0760	3638227.0620
	±0.0042	±0.0017	±0.0038
OMAL	4763029.2090	2113824.9787	3668242.8228
	±0.0053	±0.0040	±0.0018
KRPN	4615299.7911	1845836.4057	3984776.9195
	±0.0041	±0.0032	±0.0025
RK06	4742550.7375	2209299.2938	3636502.9555
	±0.0041	±0.0039	±0.0066
STRV	4709096.0851	1941824.1049	3826289.5957
	±0.0114	±0.0064	±0.0101
KRNA	4523681.7138	1877869.6390	4073242.3572
	±0.0079	±0.0087	±0.0131
ZAKR	4685813.4663	2306349.3467	3649863.4047
	±0.0015	±0.0019	±0.0019
CG08	4588623.8241	1876481.6552	4000362.1593
	±0.0092	±0.0016	±0.0067
DAMN	4752595.4824	2157817.7645	3653452.8507
	±0.0022	±0.0020	±0.0012
XRIS	4745949.6407	1905706.0946	3799168.9457
	±0.0029	±0.0005	±0.0018
DE30	4551946.6738	1827848.9986	4065085.1323
	±0.0057	±0.0021	±0.0043
KRPT	4623096.2553	2378446.6177	3682712.1304
	±0.0119	±0.0037	±0.0049
CG06	4588151.3093	1849820.7843	4012935.0043
	±0.0032	±0.0034	±0.0045
RK01	4754012.7298	2094476.4274	3688191.2170
	±0.0056	±0.0017	±0.0054
CG03	4563197.9126	1874447.3076	4029837.4913
	±0.0112	±0.0058	±0.0097
THIR	4644794.1954	2209342.4142	3759334.6219
	±0.0143	±0.0075	±0.0128

Πίνακας 4.9: Οι καρτεσιανές συντεταγμένες και οι τυπικές αποκλίσεις των κορυφών του δικτύου που προέκυψαν θεωρώντας σταθερούς την ομάδα των ανατολικών σταθμών αναφοράς. (συνεχίζεται)

Table 4.9: Cartesian coordinates and their standard deviations for the network stations that were calculated using the east group of fixed stations (continues)

ΣΤΑΘΜΟΙ	X(m)	Y(m)	Z(m)
RK03	4728728.8473	2194491.3779	3664012.8083
	±0.0080	±0.0049	±0.0073
TERO	4607346.6196	1757493.4355	4032361.7868
	±0.0086	±0.0014	±0.0070
KATV	4573400.0524	2409322.5635	3723881.5903
	±0.0033	±0.0016	±0.0032
NEVA	4577903.7632	1938012.1573	3982736.9333
	±0.0025	±0.0023	±0.0046
MYTI	4653903.1961	1776285.0658	3970089.4683
	±0.0092	±0.0053	±0.0022
1KVL	4658244.9065	1756109.8510	3974606.4167
	±0.0099	±0.0106	±0.0091
TYLO	4562683.7072	2360785.0577	3767628.1268
	±0.0005	±0.0033	±0.0013

Πίνακας 4.9: Οι καρτεσιανές συντεταγμένες και οι τυπικές αποκλίσεις των κορυφών του δικτύου που προέκυψαν θεωρώντας σταθερούς την ομάδα των ανατολικών σταθμών αναφοράς.

Table 4.9: Cartesian coordinates and their standard deviations for the network stations that were calculated using the east group of fixed stations

ΣΤΑΘΜΟΙ	X(m)	Y(m)	Z(m)
LEON	4690058.7301	1973729.5218	3834235.6164
	±0.0014	±0.0026	±0.0035
PRSL	4641254.1179	1826964.1780	3962941.9646
	±0.0170	±0.0119	±0.0164
CG09	4565606.3595	1920347.5894	4005106.2130
	±0.0053	±0.0052	±0.0096
IERA	4711345.0054	2271190.0557	3638227.0210
	±0.0058	±0.0009	±0.0067
OMAL	4763029.2014	2113824.9582	3668242.7889
	±0.0004	±0.0014	±0.0043
KRPN	4615299.7771	1845836.3809	3984776.8897
	±0.0017	±0.0018	±0.0068
RK06	4742550.7225	2209299.2757	3636502.9248
	±0.0092	±0.0089	±0.0156

Πίνακας 4.10: Οι συντεταγμένες και οι τυπικές αποκλίσεις των κορυφών του δικτύου που προέκυψαν θεωρώντας σταθερούς την ομάδα των βόρειων σταθμών αναφοράς (συνεχίζεται)

Table 4.10: Cartesian coordinates and their standard deviations for the network stations that were calculated using the north group of fixed stations (continues)

ΣΤΑΘΜΟΙ	X(m)	Y(m)	Z(m)
STRV	4709096.0715	1941824.0790	3826289.5640
	±0.0192	±0.0067	±0.0132
KRNA	4523681.7064	1877869.6171	4073242.3395
	±0.0052	±0.0098	±0.0080
ZAKR	4685813.4482	2306349.3316	3649863.3694
	±0.0066	±0.0095	±0.0160
CG08	4588623.8172	1876481.6306	4000362.1342
	±0.0059	±0.0033	±0.0058
DAMN	4752595.4745	2157817.7450	3653452.8151
	±0.0074	±0.0019	±0.0080
XRIS	4745949.6278	1905706.0665	3799168.9089
	±0.0068	±0.0034	±0.0062
DE30	4551946.6595	1827848.9678	4065085.1089
	±0.0061	±0.0024	±0.0057
KRPT	4623096.2268	2378446.5937	3682712.0882
	±0.0083	±0.0032	±0.0091
CG06	4588151.2846	1849820.7498	4012934.9738
	±0.0017	±0.0015	±0.0011
RK01	4754012.6985	2094476.3932	3688191.1749
	±0.0044	±0.0017	±0.0025
CG03	4563197.8958	1874447.2777	4029837.4705
	±0.0042	±0.0012	±0.0039
THIR	4644794.1722	2209342.3883	3759334.5879
	±0.0027	±0.0015	±0.0039
RK03	4728728.8288	2194491.3531	3664012.7740
	±0.0119	±0.0069	±0.0100
TERO	4607346.6085	1757493.4047	4032361.7672
	±0.0055	±0.0032	±0.0043
KATV	4573400.0319	2409322.5431	3723881.5551
	±0.0060	±0.0033	±0.0090
NEVA	4577903.7535	1938012.1338	3982736.9112
	±0.0033	±0.0052	±0.0015
MYTI	4653903.1987	1776285.0414	3970089.4585
	±0.0058	±0.0022	±0.0026
1KVL	4658244.8871	1756109.8130	3974606.3842
	±0.0008	±0.0041	±0.0023
TYLO	4562683.6743	2360785.0300	3767628.0825
	±0.0005	±0.0030	±0.0018

Πίνακας 4.10: Οι συντεταγμένες και οι τυπικές αποκλίσεις των κορυφών του δικτύου που προέκυψαν θεωρώντας σταθερούς την ομάδα των βόρειων σταθμών αναφοράς

Table 4.10: Cartesian coordinates and their standard deviations for the network stations that were calculated using the north group of fixed stations

ΣΤΑΘΜΟΙ	X(m)	Y(m)	Z(m)
LEON	4690058.7236	1973729.5035	3834235.6254
	±0.0024	±0.0012	±0.0034
PRSL	4641254.1038	1826964.1566	3962941.9668
	±0.0111	±0.0082	±0.0113
CG09	4565606.3480	1920347.5645	4005106.2204
	±0.0070	±0.0028	±0.0032
IERA	4711345.0100	2271190.0323	3638227.0435
	±0.0084	±0.0026	±0.0077
OMAL	4763029.1968	2113824.9357	3668242.8025
	±0.0025	±0.0039	±0.0035
KRPN	4615299.7661	1845836.3565	3984776.8959
	±0.0019	±0.0042	±0.0058
RK06	4742550.7157	2209299.2459	3636502.9324
	±0.0033	±0.0035	±0.0065
STRV	4709096.0645	1941824.0542	3826289.5736
	±0.0225	±0.0068	±0.0213
KRNA	4523681.6942	1877869.5912	4073242.3415
	±0.0053	±0.0077	±0.0037
ZAKR	4685813.4442	2306349.3020	3649863.3792
	±0.0086	±0.0017	±0.0071
CG08	4588623.8092	1876481.6045	4000362.1444
	±0.0041	±0.0043	±0.0033
DAMN	4752595.4771	2157817.7193	3653452.8390
	±0.0059	±0.0029	±0.0062
XRIS	4745949.6278	1905706.0457	3799168.9293
	±0.0018	±0.0029	±0.0013
DE30	4551946.6487	1827848.9450	4065085.1139
	±0.0046	±0.0022	±0.0032
KRPT	4623096.2309	2378446.5686	3682712.1095
	±0.0057	±0.0025	±0.0044
CG06	4588151.2790	1849820.7315	4012934.9823
	±0.0066	±0.0037	±0.0053
RK01	4754012.7003	2094476.3751	3688191.1932
	±0.0025	±0.0037	±0.0024
CG03	4563197.8854	1874447.2566	4029837.4731
	±0.0017	±0.0004	±0.0005
THIR	4644794.1666	2209342.3663	3759334.5991
	±0.0030	±0.0017	±0.0018

Πίνακας 4.11: Οι συντεταγμένες και οι τυπικές αποκλίσεις των κορυφών του δικτύου που προέκυψαν θεωρώντας σταθερούς την ομάδα των δυτικών σταθμών αναφοράς (συνεχίζεται)

Table 4.11: Cartesian coordinates and their standard deviations for the network stations that were calculated using the north group of fixed stations (continues)

ΣΤΑΘΜΟΙ	X(m)	Y(m)	Z(m)
RK03	4728728.8253	2194491.3323	3664012.7874
	±0.0078	±0.0036	±0.0064
TERO	4607346.6021	1757493.3881	4032361.7738
	±0.0010	±0.0015	±0.0027
KATV	4573400.0381	2409322.5203	3723881.5776
	±0.0043	±0.0079	±0.0016
NEVA	4577903.7444	1938012.1096	3982736.9190
	±0.0070	±0.0046	±0.0045
MYTI	4653903.1956	1776285.0237	3970089.4685
	-	-	-
1KVL	4658244.8755	1756109.7944	3974606.3900
	±0.0088	±0.0034	±0.0086
TYLO	4562683.6743	2360785.0070	3767628.1003
	±0.0019	±0.0018	±0.0011

Πίνακας 4.11: Οι συντεταγμένες και οι τυπικές αποκλίσεις των κορυφών του δικτύου που προέκυψαν θεωρώντας σταθερούς την ομάδα των δυτικών σταθμών αναφοράς

Table 4.11: Cartesian coordinates and their standard deviations for the network stations that were calculated using the north group of fixed stations

Για την σύγκριση των αποτελεσμάτων των διαφορετικών επιλύσεων έγινε η μετατροπή όλων των καρτεσιανών συντεταγμένων σε γεωδαιτικές και στην συνέχεια υπολογίστηκαν οι διαφορές τους αρχικά σε εξηκονταδικές μοίρες και έπειτα έγινε η ανάγωγη τους σε μέτρα με την χρήση των ακτινών καμπυλότητας κατά μεσημβρινό και κατά παράλληλο. Αφαιρέθηκαν από τις γεωδαιτικές συντεταγμένες που υπολογίστηκαν με σταθερούς όλους τους σταθμούς οι συντεταγμένες που υπολογίστηκαν θεωρώντας σταθερούς τους σταθμούς της εκάστοτε ομάδας. Οι διαφορές αυτές παρουσιάζονται στους πίνακες 4.12 έως 4.14.

ΣΤΑΘΜΟΙ	δφ(m)	δλ(m)	δh(m)
LEON	-0.0028	-0.0269	-0.042
PRSL	-0.0012	-0.0276	-0.037
CG09	0.0022	-0.0257	-0.040
IERA	-0.0083	-0.0190	-0.043
OMAL	-0.0080	-0.0232	-0.043
KRPN	0.0034	-0.0258	-0.049
RK06	-0.0059	-0.0203	-0.047
STRV	-0.0009	-0.0269	-0.048
KRNA	0.0071	-0.0249	-0.042
ZAKR	-0.0055	-0.0162	-0.046
CG08	0.0031	-0.0291	-0.041
DAMN	-0.0065	-0.0251	-0.033
XRIS	-0.0028	-0.0290	-0.042
DE30	0.0071	-0.0307	-0.045
KRPT	-0.0022	-0.0184	-0.051
CG06	0.0077	-0.0285	-0.053
RK01	-0.0003	-0.0252	-0.054
CG03	0.0080	-0.0268	-0.047
THIR	0.0003	-0.0197	-0.053
RK03	-0.0034	-0.0202	-0.044
TERO	0.0062	-0.0287	-0.039
KATV	-0.0028	-0.0145	-0.043
NEVA	0.0037	-0.0236	-0.044
MYTI	0.0009	-0.0258	-0.021
1KVL	0.0037	-0.0328	-0.056
TYLO	0.0003	-0.0164	-0.060

Πίνακας 4.12: Οι διαφορές των γεωδαιτικών συντεταγμένων σε μέτρα της επίλυσης με όλους του σταθερούς μείον της επίλυσης με σταθερούς τους ανατολικούς

Table 4.12: The differences of the geodetic coordinates in meters between the all-fixed solution minus the east-fixed solution

ΣΤΑΘΜΟΙ	δφ(m)	δλ(m)	δh(m)
LEON	0.0077	-0.0042	-0.0093
PRSL	0.0093	-0.0031	-0.0210
CG09	0.0123	-0.0077	-0.0160
IERA	0.0117	-0.0079	0.0000
OMAL	0.0108	-0.0076	-0.0110
KRPN	0.0126	-0.0080	-0.0130
RK06	0.0071	-0.0101	-0.0120
STRV	0.0108	-0.0081	-0.0110
KRNA	0.0108	-0.0076	-0.0190
ZAKR	0.0102	-0.0106	-0.0070
CG08	0.0126	-0.0089	-0.0130
DAMN	0.0139	-0.0106	0.0000
XRIS	0.0133	-0.0077	-0.0020
DE30	0.0093	-0.0074	-0.0110
KRPT	0.0111	-0.0101	0.0030
CG06	0.0086	-0.0058	-0.0060
RK01	0.0092	-0.0065	0.0050
CG03	0.0071	-0.0055	-0.0130
THIR	0.0086	-0.0062	-0.0070
RK03	0.0089	-0.0056	-0.0020
TERO	0.0077	-0.0038	-0.0100
KATV	0.0096	-0.0060	0.0000
NEVA	0.0096	-0.0058	-0.0160
MYTI	0.0046	-0.0022	-0.0100
1KVL	0.0093	-0.0041	-0.0110
TYLO	0.0111	-0.0070	0.0000

Πίνακας 4.13:Οι διάφορες των γεωδαιτικών συντεταγμένων σε μέτρα της επίλυσης με όλους του σταθερούς μείον της επίλυσης με σταθερούς τους βόρειους

Table 4.13: The differences of the geodetic coordinates in meters between the all-fixed solution minus the north-fixed solution

ΣΤΑΘΜΟΙ	δφ(m)	δλ(m)	δh(m)
LEON	-0.0074	0.0101	-0.0043
PRSL	-0.0056	0.0116	-0.0060
CG09	-0.0062	0.0108	-0.0050
IERA	-0.0102	0.0152	-0.0080
OMAL	-0.0080	0.0111	-0.0080
KRPN	-0.0043	0.0106	-0.0020
RK06	-0.0099	0.0139	-0.0010
STRV	-0.0065	0.0121	-0.0040
KRNA	-0.0043	0.0116	-0.0040
ZAKR	-0.0074	0.0142	0.0010
CG08	-0.0062	0.0123	-0.0060
DAMN	-0.0105	0.0139	-0.0070
XRIS	-0.0077	0.0117	-0.0080
DE30	-0.0065	0.0097	0.0000
KRPT	-0.0108	0.0141	-0.0030
CG06	-0.0056	0.0091	-0.0020
RK01	-0.0089	0.0108	-0.0010
CG03	-0.0062	0.0100	-0.0010
THIR	-0.0089	0.0112	-0.0020
RK03	-0.0089	0.0119	0.0000
TERO	-0.0049	0.0093	-0.0050
KATV	-0.0117	0.0170	-0.0090
NEVA	-0.0077	0.0130	-0.0070
MYTI	-0.0089	0.0133	-0.0090
1KVL	-0.0062	0.0092	-0.0010
TYLO	-0.0096	0.0134	-0.0020

Πίνακας 4.14:Οι διάφορες των γεωδαιτικών συντεταγμένων σε μέτρα της επίλυσης με όλους του σταθερούς μείον της επίλυσης με σταθερούς τους δυτικούς

Table 4.14: The differences of the geodetic coordinates in meters between the all-fixed solution minus the west-fixed solution

4.5.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων με Gammit

Το δίκτυο της παρούσας διπλωματικής, όπως έχει ήδη αναφερθεί στην αρχή του κεφαλαίου, αποτέλεσε μέρος ενός ευρύτερου ερευνητικού προγράμματος που σκοπό είχε τον μελέτη της τεκτονικής συμπεριφοράς της ζώνης σύγκρουσης των λιθοσφαιρικών πλακών της Αραβίας, της Αφρικής και της Ευρασίας.

Για τις απαιτήσεις του παραπάνω ερευνητικού προγράμματος οι σταθμοί του δικτύου λύθηκαν από το MIT της Μασαχουσέτης με το πρόγραμμα Gammit. Τα αποτελέσματα της επίλυσης αυτής παρουσιάζονται στον πίνακα 4.15 που ακολουθεί. Οι καρτεσιανές συντεταγμένες που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται στο ITRF2000. Η λύση για τον σταθμό OMAL δεν περιλαμβάνεται, διότι λόγω λάθους στην αναγνώριση του σημείου μετρήθηκε κάποιο έκκεντρο και δεν ήταν δυνατή η σύνδεση του με το OMAL.

ΣΤΑΘΜΟΙ	X (m)	Y (m)	Z (m)
LEON	4690058.7125	1973729.5012	3834235.6213
PRSL	4641254.0877	1826964.1513	3962941.9569
CG09	4565606.3359	1920347.5625	4005106.2158
IERA	4711345.0133	2271190.0415	3638227.0508
KRPN	4615299.7666	1845836.3579	3984776.9040
RK06	4742550.7244	2209299.2553	3636502.9410
STRV	4709096.0653	1941824.0598	3826289.5816
KRNA	4523681.6774	1877869.5916	4073242.3369
ZAKR	4685813.4372	2306349.3040	3649863.3804
CG08	4588623.7953	1876481.6059	4000362.1402
DAMN	4752595.4619	2157817.7212	3653452.8318
XRIS	4745949.6156	1905706.0472	3799168.9241
DE30	4551946.6059	1827848.9330	4065085.0799
KRPT	4623096.2161	2378446.5713	3682712.1008
CG06	4588151.2633	1849820.7293	4012934.9745
RK01	4754012.7046	2094476.3847	3688191.1994
CG03	4563197.8730	1874447.2564	4029837.4684
THIR	4644794.1569	2209342.3680	3759334.5961
RK03	4728728.8284	2194491.3392	3664012.7939
TERO	4607346.5851	1757493.3852	4032361.7658
KATV	4573400.0246	2409322.5228	3723881.5694
NEVA	4577903.7330	1938012.1102	3982736.9137
MYTI	4653903.1827	1776285.0279	3970089.4589
1KVL	4658244.8691	1756109.7948	3974606.3891
TYLO	4562683.6631	2360785.0059	3767628.0959

Πίνακας 4.15: Οι καρτεσιανές συντεταγμένες στο ITRF2000 του δικτύου που υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα gamit.

Table 4.15: Cartesian coordinates in ITRF2000 of the stations from gamit solution

Στον πίνακα 4.16 παρουσιάζονται οι διαφορές των συντεταγμένων που υπολογίστηκαν από τα δύο προγράμματα. Τα ΔX , ΔY και ΔZ που παρουσιάζονται προέκυψαν αφαιρώντας από τα αποτελέσματα του gamit τα αποτελέσματα του bernese. Οι ελάχιστες διαφορές που παρατηρούνται στον πίνακα 4.16 είναι 3.1 mm κατά X, 1.9 mm κατά τον άξονα Y και 0.7 mm κατά τον άξονα Z, ενώ οι μέγιστες είναι 43.3 mm, 22.8 mm και 29.2 mm αντίστοιχα. Επίσης παρατηρείται ότι οι μέγιστες διαφορές παρουσιάζονται στον σταθμό DE30.

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
LEON	-0.0079	-0.0120	0.0046
PRSL	-0.0107	-0.0156	-0.0018
CG09	-0.0080	-0.0121	0.0031
IERA	0.0104	-0.0043	0.0200
KRPN	0.0033	-0.0089	0.0127
RK06	0.0104	-0.0052	0.0175
STRV	0.0050	-0.0058	0.0158
KRNA	-0.0121	-0.0103	0.0014
ZAKR	-0.0058	-0.0131	0.0065
CG08	-0.0083	-0.0096	0.0046
DAMN	-0.0097	-0.0110	0.0055
XRIS	-0.0063	-0.0086	0.0059
DE30	-0.0433	-0.0228	-0.0292
KRPT	-0.0120	-0.0117	0.0017
CG06	-0.0137	-0.0112	-0.0019
RK01	0.0049	-0.0019	0.0143
CG03	-0.0112	-0.0105	0.0009
THIR	-0.0082	-0.0099	0.0053
RK03	0.0031	-0.0062	0.0136
TERO	-0.0128	-0.0112	-0.0007
KATV	-0.0052	-0.0125	0.0067
NEVA	-0.0056	-0.0111	0.0054
MYTI	-0.0064	-0.0075	0.0032
1KVL	-0.0063	-0.0093	0.0044
TYLO	-0.0082	-0.0147	0.0048

Πίνακας 4.16: Τα ΔX , ΔY , ΔZ σε m ανάμεσα στις 2 επιλύσεις.

Table 4.16: ΔX , ΔY , ΔZ in meters between the 2 solutions

Για την καλύτερη σύγκριση των διαφόρων που παρουσιάστηκαν ανάμεσα στις λύσεις gamit και bernese υπολογίστηκαν οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των σημείων και για τις 2 λύσεις και στην συνέχεια βρέθηκε η διαφορά τους, αρχικά σε εξηκονταδικές μοίρες και στην συνέχεια με την χρήση των ακτινών καμπυλότητας παραλλήλου και μεσημβρινού έγινε η ανάγωγή τους σε μέτρα.

Στους πίνακες 4.17 και 4.18 παρουσιάζονται οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των σημείων που υπολογίστηκαν από το bernese και το gamit αντίστοιχα. Στον πίνακα 4.19 παρατίθενται οι διαφορές μεταξύ των επιλύσεων gamit – bernese εκφρασμένες σε μέτρα

ΣΤΑΘΜΟΙ	φ			λ			h
	ο	'	"	ο	'	"	m
LEON	37	11	1.69980	22	49	22.59820	944.970
PRSL	38	39	18.56301	21	29	10.96497	716.961
CG09	39	8	52.45562	22	48	43.89493	66.365
IERA	35	0	13.64517	25	44	14.07075	27.326
KRPN	38	54	19.06935	21	47	54.14998	1012.342
RK06	34	58	56.30560	24	58	41.80495	425.704
STRV	37	5	52.37799	22	24	32.74848	375.519
KRNA	39	56	12.59678	22	32	39.49008	984.653
ZAKR	35	7	43.54606	26	12	22.79483	528.235
CG08	39	5	21.95734	22	14	30.19631	529.894
DAMN	35	10	17.37201	24	25	9.99069	30.065
XRIS	36	47	29.19869	21	52	39.41586	476.197
DE30	39	50	18.79531	21	52	41.11590	1323.277
KRPT	35	29	36.09267	27	13	28.14018	248.003
CG06	39	14	12.40633	21	57	28.73981	353.454
RK01	35	33	17.97195	23	46	36.69735	99.166
CG03	39	26	0.53048	22	19	53.86507	370.488
THIR	36	20	46.96378	25	26	18.81552	197.169
RK03	35	16	56.86428	24	53	41.64323	900.783
TERO	39	27	45.29602	20	52	46.48955	416.422
KATV	35	57	5.46231	27	46	50.89695	73.901
NEVA	38	53	17.36910	22	56	41.67238	122.014
MYTI	38	44	31.71132	20	53	26.43174	94.530
1KVL	38	47	28.78298	20	39	21.31371	508.742
TYLO	36	26	23.21470	27	21	27.23504	113.170

Πίνακας 4.17: Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου όπως υπολογίστηκαν από την επίλυση με το Bernese.v4.2

Table 4.17: Geodetic coordinates of the stations from the Bernese v4.2 solution

ΣΤΑΘΜΟΙ	φ			λ			h
	ο	'	"	ο	'	"	m
LEON	37	11	1.70015	22	49	22.59788	944.963
PRSL	38	39	18.56328	21	29	10.96453	716.948
CG09	39	8	52.45595	22	48	43.89460	66.358
IERA	35	0	13.64557	25	44	14.07042	27.344
KRPN	38	54	19.06967	21	47	54.14959	1012.350
RK06	34	58	56.30593	24	58	41.80459	425.720
STRV	37	5	52.37835	22	24	32.74819	375.530
KRNA	39	56	12.59713	22	32	39.48988	984.642
ZAKR	35	7	43.54643	26	12	22.79446	528.230
CG08	39	5	21.95769	22	14	30.19607	529.888
DAMN	35	10	17.3724	24	25	9.99046	30.057
XRIS	36	47	29.19901	21	52	39.41563	476.193
DE30	39	50	18.79559	21	52	41.11569	1323.221
KRPT	35	29	36.09302	27	13	28.13999	247.991
CG06	39	14	12.40663	21	57	28.73959	353.439
RK01	35	33	17.97226	23	46	36.69720	99.177
CG03	39	26	0.5308	22	19	53.86484	370.477
THIR	36	20	46.96415	25	26	18.81530	197.163
RK03	35	16	56.86464	24	53	41.64296	900.791
TERO	39	27	45.29633	20	52	46.48930	416.409
KATV	35	57	5.46268	27	46	50.89661	73.897
NEVA	38	53	17.36942	22	56	41.67205	122.010
MYTI	38	44	31.71158	20	53	26.43155	94.525
1KVL	38	47	28.78328	20	39	21.31344	508.738
TYLO	36	26	23.21509	27	21	27.23467	113.161

Πίνακας 4.18: Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου όπως υπολογίστηκαν από την επίλυση με το gamit

Table 4.18: Geodetic coordinates of the stations from the gamit solution

Από τις διαφορές των δύο επιλύσεων υπολογισμένες στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς που φαίνονται στον πίνακα 4.14 παρατηρήθηκε ότι ο σταθμός DE30, που είχε τις μεγαλύτερες διαφορές στις καρτεσιανές συντεταγμένες παρουσιάζει την μέγιστη διάφορα στο υψόμετρο 5.6 cm. Το γεγονός αυτό δηλώνει ότι είχε γίνει κάποιο χονδροειδές σφάλμα κατά την μεταφορά του υψόμετρου της κεραίας στο αρχείο rinex. Με έλεγχο του αντιστοίχου έντυπου υπαίθρου διαπιστώθηκε ότι είχε σημειωθεί το υψόμετρο ως κατακόρυφο, άλλα υπήρχε υποσημείωση ότι δεν είχε μετρηθεί στο σημείο αναφοράς αλλά σε διαφορετικό σημείο. Η υψομετρική διαφορά αυτών των δύο σημείων όπως προέκυψε από τις τεχνικές προδιαγραφές της κεραίας είναι 6.2 cm που είναι

πολύ κοντά στην διαφορά των που φαίνεται στον πίνακα 4.14. Στην επίλυση που έγινε με το bernese έχει χρησιμοποιηθεί το σωστό υψόμετρο της κεραίας.

ΣΤΑΘΜΟΙ	$\delta\varphi$	$\delta\lambda$	δh
	(m)	(m)	(m)
LEON	0.0108	-0.0079	-0.0070
PRSL	0.0083	-0.0106	-0.0130
CG09	0.0102	-0.0079	-0.0070
IERA	0.0123	-0.0084	0.0180
KRPN	0.0099	-0.0094	0.0080
RK06	0.0102	-0.0091	0.0160
STRV	0.0111	-0.0072	0.0110
KRNA	0.0108	-0.0047	-0.0110
ZAKR	0.0114	-0.0094	-0.0050
CG08	0.0108	-0.0058	-0.0060
DAMN	0.0120	-0.0058	-0.0080
XRIS	0.0099	-0.0057	-0.0040
DE30	0.0086	-0.0050	-0.0560
KRPT	0.0108	-0.0048	-0.0120
CG06	0.0093	-0.0053	-0.0150
RK01	0.0096	-0.0038	0.0110
CG03	0.0099	-0.0055	-0.0110
THIR	0.0114	-0.0055	-0.0060
RK03	0.0111	-0.0068	0.0080
TERO	0.0096	-0.0060	-0.0130
KATV	0.0114	-0.0085	-0.0040
NEVA	0.0099	-0.0080	-0.0040
MYTI	0.0080	-0.0046	-0.0050
1KVL	0.0093	-0.0065	-0.0040
TYLO	0.0120	-0.0092	-0.0090

Πίνακας 4.19: Οι διαφορές των γεωδαιτικών συντεταγμένων gamit μείον Bernese εκφρασμένες σε μέτρα.

Table 4.19: The differences between the geodetic coordinates of the 2 solutions (gamit minus bernese v4.2)

5. Επεξεργασία Αποτελεσμάτων

5.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η παρουσίαση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό των τεκτονικών ταχυτήτων και της τυπικής τους απόκλισης των σημείων του δικτύου HELLENIC ARC και την σύνταξη του χάρτη με τις ετήσιες τεκτονικές ταχύτητες. Τέλος παρατίθενται και οι χάρτες με τις ελλείψεις παραμόρφωσης του δικτύου.

5.2 Συλλογή διαθέσιμων επιλύσεων

Για τον υπολογισμό των τεκτονικών ταχυτήτων του δικτύου χρησιμοποιήθηκαν οι συντεταγμένες που είχαν υπολογιστεί από προγενέστερες επιλύσεις. Έγινε έρευνα σε παλιότερες διπλωματικές του Κ.Δ.Δ. για την εύρεση αυτών που περιείχαν επιλύσεις με κοινά σημεία του δικτύου, καθώς και ζητήθηκε από το πανεπιστήμιο του MIT να στείλει ότι διαθέσιμο δεδομένο είχε στο αρχείο του για τους σταθμούς αυτούς.

Βρέθηκαν παλιότερες συντεταγμένες για 17 από τα 26 σημεία του δικτύου HELLENIC ARC οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 5.1 που ακολουθεί. Επίσης φαίνεται η εποχή και το ITRF που αναφέρονται οι συντεταγμένες αυτές καθώς και σε ποια καμπάνια μετρήθηκαν. Στον πίνακα 5.1 συμπεριλαμβάνεται και το σημείο OMAL που όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφαλαίο αντί αυτού στην καμπάνια HELLENIC ARC μετρήθηκε ένα έκκεντρο του, επειδή όμως βρέθηκαν αρκετές επιλύσεις για παλιότερες εποχές τελικά αποφασίστηκε να υπολογιστεί η τεκτονική του ταχύτητα χωρίς την εποχή 2004.80.

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΕΠΟΧΗ	ITRF	ΚΑΜΠΑΝΙΑ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		
				X(m)	Y(m)	Z(m)
LEON	1988.50	1989	sae	4690058.700	1973729.426	3834235.784
	1988.81	2000	aegean	4690058.542	1973729.383	3834235.765
	1992.41	2000	aegean	4690058.656	1973729.389	3834235.774
	1992.50	1989	sae	4690058.696	1973729.377	3834235.733
	1996.74	2000	aegean	4690058.676	1973729.443	3834235.713
	2004.82	2000	hel_arc	4690058.720	1973729.513	3834235.617
PRSL	1998.79	1992	-	4641254.162	1826964.095	3962941.903
	2004.82	2000	hel_arc	4641254.098	1826964.167	3962941.959
CG09	1989.44	1992	cg	4565606.605	1920347.316	4005106.246
	1991.78	1992	cg	4565606.430	1920347.348	4005106.196
	1993.39	1992	cg	4565606.417	1920347.354	4005106.189
	2004.82	2000	hel_arc	4565606.344	1920347.575	4005106.213
IERA	1997.72	1997	hellnet	4711345.028	2271189.989	3638227.128
	2004.82	2000	hel_arc	4711345.003	2271190.046	3638227.031
OMAL	1988.50	1989	sae	4763030.228	2113818.122	3668244.970
	1988.81	2000	aegean	4763030.063	2113818.064	3668244.944
	1992.41	2000	aegean	4763030.191	2113818.085	3668244.984
	1992.50	1989	sae	4763030.199	2113818.080	3668244.902
	1996.74	2000	aegean	4763030.193	2113818.137	3668244.930
	1997.72	1997	hellnet	4763030.233	2113818.169	3668244.908
STRV	1998.74	1996	singpel	4709096.088	1941824.051	3826289.665
	2004.82	2000	hel_arc	4709096.060	1941824.066	3826289.566
KRNA	1992.41	2000	aegean	4523681.856	1877869.319	4073242.286
	1996.74	2000	aegean	4523681.799	1877869.421	4073242.306
	1998.47	1992	grevena	4523681.860	1877869.458	4073242.333
	2004.82	2000	hel_arc	4523681.689	1877869.602	4073242.336

Πίνακας 5.1: Οι καρτεσιανές συντεταγμένες των σταθμών από προγενέστερες επιλύσεις. (συνεχίζεται)

Table 5.1: Cartesian coordinates for the stations that had previous solutions (continues)

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΕΠΟΧΗ	ITRF	ΚΑΜΠΑΝΙΑ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		
				X(m)	Y(m)	Z(m)
ZAKR	1988.50	1989	sae88	4685813.450	2306349.197	3649863.565
	1988.81	2000	aegean	4685813.249	2306349.122	3649863.520
	1992.41	2000	aegean	4685813.416	2306349.156	3649863.559
	1992.50	1989	sae	4685813.392	2306349.156	3649863.461
	1996.74	2000	aegean	4685813.404	2306349.215	3649863.480
	1997.72	1997	hellnet	4685813.449	2306349.250	3649863.469
	2004.82	2000	hel_arc	4685813.443	2306349.317	3649863.374
CG08	1991.78	1992	cg	4588623.891	1876481.372	4000362.075
	1993.39	1992	cg	4588623.870	1876481.375	4000362.055
	2004.82	2000	hel_arc	4588623.804	1876481.616	4000362.136
XRIS	1988.50	1989	sae	4745949.624	1905706.007	3799169.061
	1988.81	2000	aegean	4745949.487	1905705.961	3799169.049
	1992.41	2000	aegean	4745924.452	1905710.374	3799196.651
	1992.50	1989	sae	4745949.585	1905705.934	3799168.996
	1996.74	2000	aegean	4745949.579	1905705.997	3799169.013
	1997.72	1997	hellnet	4745949.622	1905706.027	3799168.994
	1998.74	1996	singpel	4745949.634	1905706.040	3799168.990
	2000.52	1996	singpel	4745949.622	1905706.044	3799168.961
2004.82	2000	hel_arc	4745949.622	1905706.056	3799168.918	
DE30	1995.39	1992	grevena	4551946.834	1827848.705	4065085.019
	1995.74	1992	grevena	4551946.715	1827848.720	4065085.030
	1996.39	1992	grevena	4551946.829	1827848.807	4065085.116
	1998.47	1992	grevena	4551946.810	1827848.833	4065085.111
	2000.68	1992	grevena	4551946.796	1827848.864	4065085.136
	2004.82	2000	hel_arc	4551946.649	1827848.956	4065085.109
KRPT	1988.50	1989	sae	4623096.238	2378446.396	3682712.318
	1988.81	2000	aegean	4623096.040	2378446.321	3682712.274
	1992.41	2000	aegean	4623096.165	2378446.376	3682712.283
	1992.50	1989	sae	4623096.164	2378446.384	3682712.198
	1996.74	2000	aegean	4623096.187	2378446.459	3682712.221
	1997.72	1997	hellnet	4623096.215	2378446.478	3682712.186
	2004.82	2000	hel_arc	4623096.228	2378446.583	3682712.099

Πίνακας 5.1: Οι καρτεσιανές συντεταγμένες των σταθμών από προγενέστερες επιλύσεις. (συνεχίζεται)

Table 5.1: Cartesian coordinates for the stations that had previous solutions (continues)

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΕΠΟΧΗ	ITRF	ΚΑΜΠΑΝΙΑ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		
				X(m)	Y(m)	Z(m)
CG06	1989.44	1992	cg	4588151.416	1849820.455	4012934.896
	1991.78	1992	cg	4588151.406	1849820.539	4012934.923
	1993.39	1992	cg	4588151.400	1849820.517	4012934.898
	2004.82	2000	hel_arc	4588151.277	1849820.741	4012934.976
CG03	1991.78	1992	cg	4563198.029	1874447.013	4029837.407
	1993.39	1992	cg	4563198.021	1874447.022	4029837.404
	2004.82	2000	hel_arc	4563197.884	1874447.267	4029837.467
THIR	1988.50	1989	sae	4644794.112	2209342.256	3759334.794
	1988.81	2000	aegean	4644793.937	2209342.188	3759334.758
	1992.41	2000	aegean	4644794.075	2209342.228	3759334.777
	1992.50	1989	sae	4644794.080	2209342.220	3759334.704
	1993.70	1989	sea93	4644794.124	2209342.163	3759334.747
	1996.74	2000	aegean	4644794.095	2209342.281	3759334.703
	1997.72	1997	hellnet	4644794.119	2209342.303	3759334.682
2004.82	2000	hel_arc	4644794.165	2209342.378	3759334.591	
KATV	1988.50	1989	sae88	4573400.109	2409322.310	3723881.784
	1988.81	2000	aegean	4573399.928	2409322.234	3723881.740
	1992.41	2000	aegean	4573400.024	2409322.293	3723881.751
	1992.50	1989	sae	4573400.014	2409322.302	3723881.661
	1993.70	1989	sea93	4573399.987	2409322.228	3723881.622
	1996.74	2000	aegean	4573400.018	2409322.381	3723881.677
	1997.72	1997	hellnet	4573400.012	2409322.403	3723881.639
2004.82	2000	hel_arc	4573400.030	2409322.535	3723881.563	
NEVA	1989.80	2000	aegean	4577903.885	1938011.787	3982736.946
	1992.41	2000	aegean	4577903.816	1938011.937	3982736.950
	1996.74	2000	aegean	4577903.779	1938012.003	3982736.937
	2004.82	2000	hel_arc	4577903.739	1938012.121	3982736.908

Πίνακας 5.1: Οι καρτεσιανές συντεταγμένες των σταθμών από προγενέστερες επιλύσεις.

Table 5.1: Cartesian coordinates for the stations that had previous solutions

5.2 Μετασχηματισμός των διαθέσιμων στοιχείων σε κοινό σύστημα αναφοράς

Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφαλαίο το ITRF αποτελεί υλοποίηση του διεθνούς συστήματος αναφοράς ITRS και προκύπτει από την ετήσια συνόρθωση όλων των παρατηρήσεων και των ταχυτήτων των σταθμών που το αποτελούν. Λόγω των περισσότερων παρατηρήσεων που περιέχει κάθε ετήσια συνόρθωση που υπολογίζεται τα ITRF παρουσιάζουν πολύ μικρές διαφορές μεταξύ τους ως προς την θέση, την στροφή και την κλίμακα των αξόνων τους.

Για να πραγματοποιηθεί ο συνδυασμός όλων των διαθέσιμων στοιχείων, ώστε να υπολογιστούν οι τεκτονικές ταχύτητες των κορυφών του δικτύου έπρεπε πρώτα να γίνει ο μετασχηματισμός τους σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς, ώστε να εξαλειφθούν οι διαφορές που προέρχονταν από τους παραπάνω παράγοντες. Για το λόγο αυτόν έγινε η σύνταξη ενός προγράμματος σε περιβάλλον Matlab.

5.2.1 Ο αλγόριθμος μετασχηματισμού ITRF2000↔ITRFxx

Το πρόγραμμα `transitrf` μπορεί να μετασχηματίσει τις καρτεσιανές συντεταγμένες από το ITRF2000 σε ένα οποιοδήποτε ITRF και το αντίστροφο κάνοντας χρήση των σχέσεων 5.1 και 5.2 αντίστοιχα. Οι παράμετροι T_i , D_i , R_i είναι η μετάθεση, η κλίμακα και η στροφή του κάθε άξονα και αναφέρονται στην εποχή t που είναι υπολογισμένες οι συντεταγμένες.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ITRF_{yy}}^t = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ITRF2000}^t + \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{bmatrix}^t + \begin{bmatrix} D & -R_3 & R_2 \\ R_3 & D & -R_1 \\ -R_2 & R_1 & D \end{bmatrix}^t \times \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ITRF2000}^t \quad (5.1)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ITRF2000}^{-t} = \left(\begin{bmatrix} 1+D & -R_3 & R_2 \\ R_3 & 1+D & -R_1 \\ -R_2 & R_1 & 1+D \end{bmatrix}^{-t} \right)^{-1} \times \left(\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ITRFyy}^{-t} - \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{bmatrix}^{-t} \right) \quad (5.2)$$

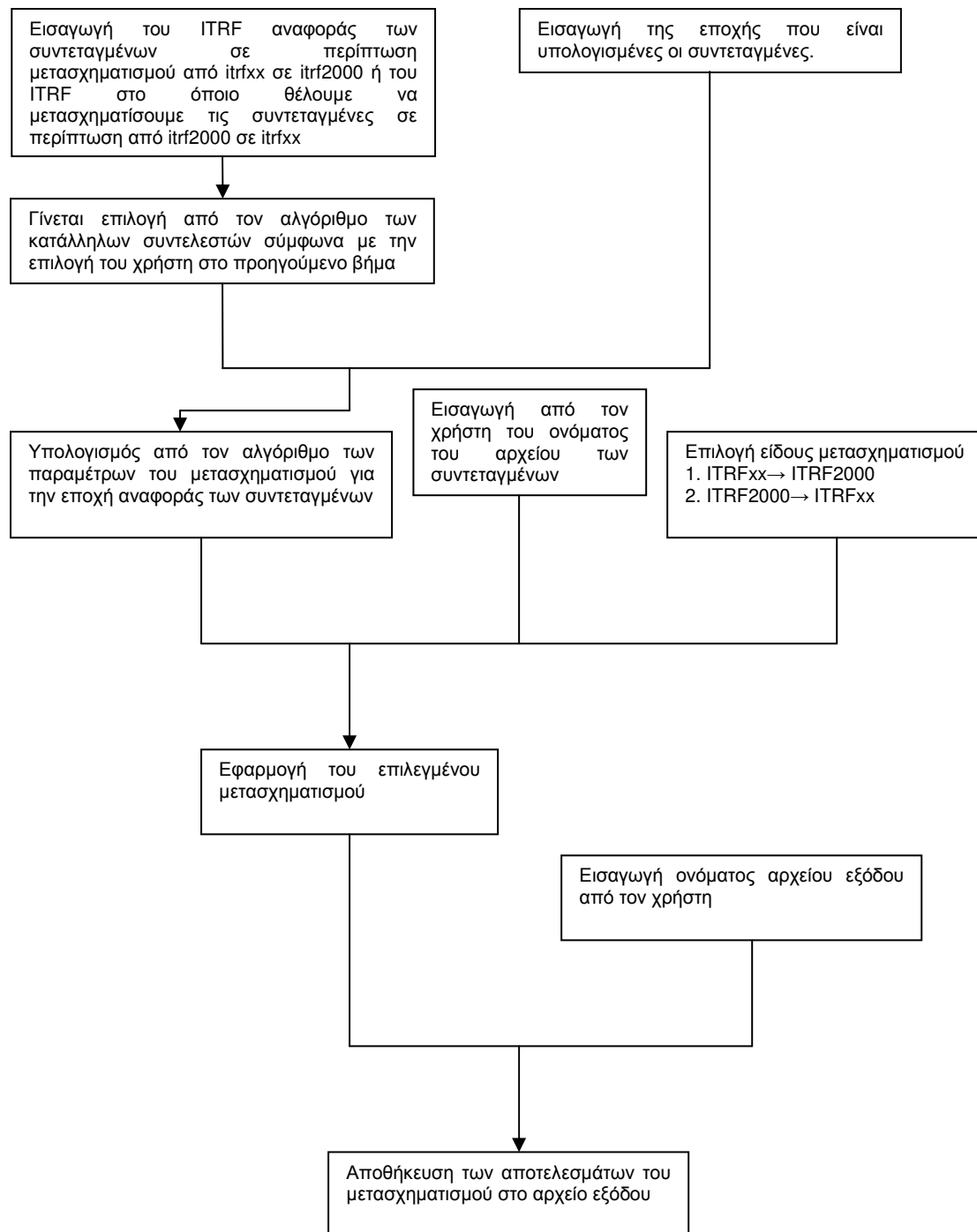
Οι τιμές των παραμέτρων του μετασχηματισμού υπολογίζονται για την εποχή που αναφέρονται οι συντεταγμένες σύμφωνα με την σχέση 5.3. Όπου $P(t)$ είναι η τιμή της παραμέτρου στην εποχή t , $P(\text{epoch})$ η αρχική τιμή της παραμέτρου υπολογισμένη την εποχή epoch και \dot{P} ο ρυθμός μεταβολής της παραμέτρου P .

$$P(t) = P(\text{epoch}) + \dot{P} \times (t - \text{epoch}) \quad (5.3)$$

Όταν ο χρήστης εκτελέσει τον αλγόριθμο μέσα από το περιβάλλον του Matlab του ζητάει να εισάγει σε ποίο ITRF αναφέρονται οι συντεταγμένες που θέλει να μετασχηματίσει καθώς και την εποχή που είναι υπολογισμένες. Στην συνέχεια του ζητάει να εισάγει το όνομα του αρχείου των συντεταγμένων καθώς και το είδος του μετασχηματισμού (ευθύ η αντίστροφο) που θέλει να εφαρμόσει. Τέλος του ζητάει να εισάγει το όνομα του αρχείου εξόδου που θα αποθηκεύσει τα αποτελέσματα του μετασχηματισμού.

Για μεγαλύτερη ευκολία αλλά και για αποφυγή χονδροειδών σφαλμάτων, είτε κατά την εισαγωγή είτε κατά την μετατροπή των μονάδων το πρόγραμμα δεν ζητάει από τον χρήστη να εισάγει τις παραμέτρους του μετασχηματισμού καθώς έχουν ενσωματωθεί στον κώδικα του αλγορίθμου.

Στο διάγραμμα 5.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται το σχεδιάγραμμα ροής του αλγορίθμου `transitrf`.



Διάγραμμα 5.1: Διάγραμμα ροής του προγράμματος transitrft

Diagram 5.1: Flow diagram for the script transitrft

5.2.2 Αποτελέσματα εφαρμογής του μετασχηματισμού

Στον πίνακα 5.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εκτέλεσης του παραπάνω αλγόριθμου. Οι καρτεσιανές συντεταγμένες που δίνονται αναφέρονται στο ITRF2000

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΕΠΟΧΗ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		
		X(m)	Y(m)	Z(m)
LEON	1988.50	4690058.641	1973729.371	3834235.836
	1988.81	4690058.542	1973729.383	3834235.765
	1992.41	4690058.656	1973729.389	3834235.774
	1992.50	4690058.638	1973729.323	3834235.791
	1996.74	4690058.676	1973729.443	3834235.713
	2004.82	4690058.720	1973729.513	3834235.617
PRSL	1998.79	4641254.144	1826964.086	3962941.929
	2004.82	4641254.098	1826964.167	3962941.959
CG09	1989.44	4565606.586	1920347.305	4005106.258
	1991.78	4565606.411	1920347.337	4005106.212
	1993.39	4565606.398	1920347.343	4005106.208
	2004.82	4565606.344	1920347.575	4005106.213
IERA	1997.72	4711345.014	2271189.979	3638227.142
	2004.82	4711345.003	2271190.046	3638227.031
OMAL	1988.50	4763030.169	2113818.066	3668245.023
	1988.81	4763030.063	2113818.064	3668244.944
	1992.41	4763030.191	2113818.085	3668244.984
	1992.50	4763030.140	2113818.025	3668244.961
	1996.74	4763030.193	2113818.137	3668244.930
	1997.72	4763030.219	2113818.159	3668244.922
STRV	1998.74	4709096.074	1941824.042	3826289.680
	2004.82	4709096.060	1941824.066	3826289.566

Πίνακας 5.2: Οι καρτεσιανές συντεταγμένες στο ITRF2000 των κορυφών του δικτύου για τους όποιους συγκεντρώθηκαν παλιότερες επιλύσεις. (συνεχίζεται)

Table 5.2: Cartesian coordinates in ITRF2000 for the stations that had previous solutions (continues)

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΕΠΟΧΗ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		
		X(m)	Y(m)	Z(m)
KRNA	1992.41	4523681.856	1877869.319	4073242.286
	1996.74	4523681.799	1877869.421	4073242.306
	1998.47	4523681.841	1877869.448	4073242.358
	2004.82	4523681.689	1877869.602	4073242.336
ZAKR	1988.50	4685813.391	2306349.140	3649863.618
	1988.81	4685813.249	2306349.122	3649863.520
	1992.41	4685813.416	2306349.156	3649863.559
	1992.50	4685813.334	2306349.100	3649863.520
	1996.74	4685813.404	2306349.215	3649863.480
	1997.72	4685813.435	2306349.240	3649863.482
	2004.82	4685813.443	2306349.317	3649863.374
CG08	1991.78	4588623.871	1876481.362	4000362.091
	1993.39	4588623.851	1876481.364	4000362.073
	2004.82	4588623.804	1876481.616	4000362.136
XRIS	1988.50	4745949.565	1905705.953	3799169.113
	1988.81	4745949.487	1905705.961	3799169.049
	1992.41	4745924.452	1905710.374	3799196.651
	1992.50	4745949.527	1905705.880	3799169.054
	1996.74	4745949.579	1905705.997	3799169.013
	1997.72	4745949.608	1905706.018	3799169.007
	1998.74	4745949.621	1905706.031	3799169.005
	2000.52	4745949.608	1905706.035	3799168.978
	2004.82	4745949.622	1905706.056	3799168.918
DE30	1995.39	4551946.815	1827848.695	4065085.040
	1995.74	4551946.696	1827848.710	4065085.051
	1996.39	4551946.810	1827848.798	4065085.138
	1998.47	4551946.792	1827848.823	4065085.136
	2000.68	4551946.778	1827848.855	4065085.164
	2004.82	4551946.649	1827848.956	4065085.109

Πίνακας 5.2: Οι καρτεσιανές συντεταγμένες στο ITRF2000 των κορυφών του δικτύου για τους όποιους συγκεντρώθηκαν παλιότερες επιλύσεις. (συνεχίζεται)

Table 5.2: Cartesian coordinates in ITRF2000 for the stations that had previous solutions (continues)

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΕΠΟΧΗ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		
		X(m)	X(m)	X(m)
KRPT	1988.50	4623096.179	2378446.339	3682712.371
	1988.81	4623096.040	2378446.321	3682712.274
	1992.41	4623096.165	2378446.376	3682712.283
	1992.50	4623096.106	2378446.327	3682712.257
	1996.74	4623096.187	2378446.459	3682712.221
	1997.72	4623096.201	2378446.469	3682712.199
	2004.82	4623096.228	2378446.583	3682712.099
CG06	1989.44	4588151.397	1849820.444	4012934.908
	1991.78	4588151.386	1849820.528	4012934.939
	1993.39	4588151.381	1849820.507	4012934.916
	2004.82	4588151.277	1849820.741	4012934.976
CG03	1991.78	4563198.010	1874447.002	4029837.423
	1993.39	4563198.002	1874447.012	4029837.422
	2004.82	4563197.884	1874447.267	4029837.467
THIR	1988.50	4644794.053	2209342.200	3759334.847
	1988.81	4644793.937	2209342.188	3759334.758
	1992.41	4644794.075	2209342.228	3759334.777
	1992.50	4644794.022	2209342.164	3759334.762
	1993.70	4644794.066	2209342.107	3759334.807
	1996.74	4644794.095	2209342.281	3759334.703
	1997.72	4644794.105	2209342.293	3759334.696
	2004.82	4644794.165	2209342.378	3759334.591
KATV	1988.50	4573400.051	2409322.253	3723881.837
	1988.81	4573399.928	2409322.234	3723881.740
	1992.41	4573400.024	2409322.293	3723881.751
	1992.50	4573399.956	2409322.245	3723881.719
	1993.70	4573399.930	2409322.171	3723881.682
	1996.74	4573400.018	2409322.381	3723881.677
	1997.72	4573399.999	2409322.393	3723881.653
	2004.82	4573400.030	2409322.535	3723881.563

Πίνακας 5.2: Οι καρτεσιανές συντεταγμένες στο ITRF2000 των κορυφών του δικτύου για τους όποιους συγκεντρώθηκαν παλιότερες επιλύσεις. (συνεχίζεται)

Table 5.2: Cartesian coordinates in ITRF2000 for the stations that had previous solutions (continues)

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΕΠΟΧΗ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		
		X(m)	Y(m)	Z(m)
NEVA	1989.80	4577903.885	1938011.787	3982736.946
	1992.41	4577903.816	1938011.937	3982736.950
	1996.74	4577903.779	1938012.003	3982736.937
	2004.82	4577903.739	1938012.121	3982736.908

Πίνακας 5.2: Οι καρτεσιανές συντεταγμένες στο ITRF2000 των κορυφών του δικτύου για τους όποιους συγκεντρώθηκαν παλιότερες επιλύσεις.

Table 5.2: Cartesian coordinates in ITRF2000 for the stations that had previous solutions

5.3 Υπολογισμός τεκτονικών ταχυτήτων

Για να γίνει ο υπολογισμός των τεκτονικών ταχυτήτων έγινε η μετατροπή των καρτεσιανών συντεταγμένων του πίνακα 5.2 σε γεωδαιτικές. Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες που προέκυψαν από την μετατροπή αυτή καθώς και η εποχή αναφοράς τους παρουσιάζονται στον πίνακα 5.3 που ακολουθεί. Το ελλειψοειδές αναφοράς είναι το GRS80.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΠΟΧΗ	φ			λ			h
		ο	'	"	ο	'	"	m
LEON	1988.50	37	11	1.70798	22	49	22.59414	945.000
	1988.81	37	11	1.70784	22	49	22.59615	944.889
	1992.41	37	11	1.70597	22	49	22.59458	944.979
	1992.50	37	11	1.70723	22	49	22.59238	944.955
	1996.74	37	11	1.70362	22	49	22.59626	944.974
	2004.82	37	11	1.69980	22	49	22.59820	944.970
PRSL	1998.79	38	39	18.56200	21	29	10.96115	716.952
	2004.82	38	39	18.56301	21	29	10.96497	716.961
CG09	1989.44	39	8	52.45435	22	48	43.88069	66.486
	1991.78	39	8	52.45621	22	48	43.88474	66.341
	1993.39	39	8	52.45631	22	48	43.88518	66.331
	2004.82	39	8	52.45562	22	48	43.89493	66.365
IERA	1997.72	35	0	13.64848	25	44	14.06818	27.375
	2004.82	35	0	13.64517	25	44	14.07075	27.326
OMAL	1988.50	35	19	28.45790	23	55	53.40087	1625.403
	1988.81	35	19	28.45764	23	55	53.40247	1625.278
	1992.41	35	19	28.45631	23	55	53.40120	1625.404
	1992.50	35	19	28.45705	23	55	53.39983	1625.332
	1996.74	35	19	28.45448	23	55	53.40303	1625.391
	1997.72	35	19	28.45365	23	55	53.40343	1625.413

Πίνακας 5.2: Γεωδαιτικές συντεταγμένες των σταθμών όλων των διαθέσιμων εποχών. (συνεχίζεται)

Table 5.2: Geodetic coordinates of the stations in all available epochs.(continues)

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΠΟΧΗ	φ			λ			h
		ο	'	"	ο	'	"	m
STRV	1998.74	37	5	52.38087	22	24	32.74740	375.591
	2004.82	37	5	52.37799	22	24	32.74848	375.519
KRNA	1992.41	39	56	12.59460	22	32	39.47639	984.656
	1996.74	39	56	12.59539	22	32	39.48125	984.658
	1998.47	39	56	12.59565	22	32	39.48165	984.730
	2004.82	39	56	12.59678	22	32	39.49008	984.653
ZAKR	1988.50	35	7	43.55487	26	12	22.78946	528.274
	1988.81	35	7	43.55479	26	12	22.79130	528.107
	1992.41	35	7	43.55276	26	12	22.78957	528.264
	1992.50	35	7	43.55355	26	12	22.78902	528.161
	1996.74	35	7	43.55038	26	12	22.79188	528.231
	1997.72	35	7	43.54969	26	12	22.79224	528.265
	2004.82	35	7	43.54606	26	12	22.79483	528.235
CG08	1991.78	39	5	21.95691	22	14	30.18547	529.840
	1993.39	39	5	21.95679	22	14	30.18589	529.815
	2004.82	39	5	21.95734	22	14	30.19631	529.894
XRIS	1988.50	36	47	29.20553	21	52	39.41285	476.241
	1988.81	36	47	29.20521	21	52	39.41436	476.147
	1992.41	36	47	30.34159	21	52	39.95573	475.390
	1992.50	36	47	29.20520	21	52	39.41071	476.155
	1996.74	36	47	29.20235	21	52	39.41431	476.204
	1997.72	36	47	29.20153	21	52	39.41467	476.229
	1998.74	36	47	29.20115	21	52	39.41495	476.241
	2000.52	36	47	29.20064	21	52	39.41530	476.217
	2004.82	36	47	29.19869	21	52	39.41586	476.197
DE30	1995.39	39	50	18.79241	21	52	41.10314	1323.277
	1995.74	39	50	18.79486	21	52	41.10558	1323.203
	1996.39	39	50	18.79415	21	52	41.10720	1323.365
	1998.47	39	50	18.79425	21	52	41.10849	1323.358
	2000.68	39	50	18.79496	21	52	41.10993	1323.375
	2004.82	39	50	18.79531	21	52	41.11590	1323.277

Πίνακας 5.2: Γεωδαιτικές συντεταγμένες των σταθμών όλων των διαθέσιμων εποχών. (συνεχίζεται)

Table 5.2: Geodetic coordinates of the stations in all available epochs.(continues)

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΠΟΧΗ	φ			λ			h
		ο	'	"	ο	'	"	m
KRPT	1988.50	35	29	36.10277	27	13	28.13245	248.035
	1988.81	35	29	36.10271	27	13	28.13435	247.871
	1992.41	35	29	36.10036	27	13	28.13400	247.987
	1992.50	35	29	36.10108	27	13	28.13337	247.911
	1996.74	35	29	36.09765	27	13	28.13655	247.999
	1997.72	35	29	36.09675	27	13	28.13663	247.999
	2004.82	35	29	36.09267	27	13	28.14018	248.003
CG06	1989.44	39	14	12.40462	21	57	28.72649	353.410
	1991.78	39	14	12.40495	21	57	28.72990	353.447
	1993.39	39	14	12.40463	21	57	28.72914	353.422
	2004.82	39	14	12.40633	21	57	28.73981	353.454
CG03	1991.78	39	26	0.52904	22	19	53.85283	370.472
	1993.39	39	26	0.52910	22	19	53.85333	370.468
	2004.82	39	26	0.53048	22	19	53.86507	370.488
THIR	1988.50	36	20	46.97388	25	26	18.81099	197.178
	1988.81	36	20	46.97369	25	26	18.81257	197.036
	1992.41	36	20	46.97145	25	26	18.81163	197.161
	1992.50	36	20	46.97251	25	26	18.81024	197.092
	1993.70	36	20	46.97338	25	26	18.80742	197.131
	1996.74	36	20	46.96872	25	26	18.81321	197.151
	1997.72	36	20	46.96827	25	26	18.81348	197.158
	2004.82	36	20	46.96378	25	26	18.81552	197.169
KATV	1988.50	35	57	5.47167	27	46	50.88658	73.970
	1988.81	35	57	5.47134	27	46	50.88819	73.818
	1992.41	35	57	5.46951	27	46	50.88851	73.916
	1992.50	35	57	5.47023	27	46	50.88807	73.831
	1993.70	35	57	5.47036	27	46	50.88596	73.762
	1996.74	35	57	5.46690	27	46	50.89173	73.901
	1997.72	35	57	5.46645	27	46	50.89252	73.878
	2004.82	35	57	5.46231	27	46	50.89695	73.901
NEVA	1989.80	38	53	17.36995	22	56	41.65722	122.041
	1992.41	38	53	17.37018	22	56	41.66410	122.039
	1996.74	38	53	17.36999	22	56	41.66722	122.024
	2004.82	38	53	17.36910	22	56	41.67238	122.014

Πίνακας 5.2: Γεωδαιτικές συντεταγμένες των σταθμών όλων των διαθέσιμων εποχών.

Table 5.2: Geodetic coordinates of the stations in all available epochs.

Με την χρήση των ακτινών καμπυλότητας κατά μεσημβρινό και κατά παράλληλο υπολογίστηκε η τεκτονική μετακίνηση κάθε σταθμού του δικτύου στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς. Στην συνέχεια έγινε η σύνταξη των αρχικών διαγραμμάτων τεκτονικής μετακίνησης για κάθε σταθμό. Μετά την σύνταξη των διαγραμμάτων αυτών αφαιρέθηκαν οι εποχές στις οποίες οι συντεταγμένες παρουσίαζαν μεγάλη αποχή από την ευθεία της γραμμικής παρεμβολής των διαγραμμάτων. Στη συνέχεια επανασχεδιάστηκαν τα διαγράμματα τεκτονικής μετακίνησης χωρίς αυτές τις εποχές. Οι εποχές που αφαιρέθηκαν για κάθε σταθμό παρουσιάζονται στον πίνακα 5.3.

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΕΠΟΧΕΣ ΠΟΥ ΑΦΑΙΡΕΘΗΚΑΝ
LEON	1988.81
	1992.50
CG09	1989.44
OMAL	1988.81
	1992.50
KRNA	1998.47
ZAKR	1988.81
	1992.50
XRIS	1988.81
	1992.41
	1992.50
DE30	1995.74
	1996.39
KRPT	1988.81
	1992.50
THIR	1992.50
	1993.70
KATV	1992.50
	1993.70

Πίνακας 5.3: Οι εποχές των σταθμών που δεν χρησιμοποιήθηκαν

Table 5.3: The epochs that were not calculated

Στον πίνακα 5.4 παρουσιάζονται οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των τελικών διαγραμμάτων τεκτονικής μετακίνησης.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΠΟΧΗ	φ			λ			h
		ο	'	''	ο	'	''	m
LEON	1988.50	37	11	1.70798	22	49	22.59414	945.000
	1992.41	37	11	1.70597	22	49	22.59458	944.979
	1996.74	37	11	1.70362	22	49	22.59626	944.974
	2004.82	37	11	1.69980	22	49	22.59820	944.970
PRSL	1998.79	38	39	18.56200	21	29	10.96115	716.952
	2004.82	38	39	18.56301	21	29	10.96497	716.961
CG09	1991.78	39	8	52.45621	22	48	43.88474	66.341
	1993.39	39	8	52.45631	22	48	43.88518	66.331
	2004.82	39	8	52.45562	22	48	43.89493	66.365
IERA	1997.72	35	0	13.64848	25	44	14.06818	27.375
	2004.82	35	0	13.64517	25	44	14.07075	27.326
OMAL	1988.50	35	19	28.45790	23	55	53.40087	1625.403
	1992.41	35	19	28.45631	23	55	53.40120	1625.404
	1996.74	35	19	28.45448	23	55	53.40303	1625.391
	1997.72	35	19	28.45365	23	55	53.40343	1625.413
STRV	1998.74	37	5	52.38087	22	24	32.74740	375.591
	2004.82	37	5	52.37799	22	24	32.74848	375.519
KRNA	1992.41	39	56	12.59460	22	32	39.47639	984.656
	1996.74	39	56	12.59539	22	32	39.48125	984.658
	2004.82	39	56	12.59678	22	32	39.49008	984.653
ZAKR	1988.50	35	7	43.55487	26	12	22.78946	528.274
	1992.41	35	7	43.55276	26	12	22.78957	528.264
	1996.74	35	7	43.55038	26	12	22.79188	528.231
	1997.72	35	7	43.54969	26	12	22.79224	528.265
	2004.82	35	7	43.54606	26	12	22.79483	528.235

Πίνακας 5.4: Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των τελικών διαγραμμάτων τεκτονικής μετακίνησης (συνεχίζεται)

Table 5.4: Geodetic coordinates of the stations that were used for the calculation of the tectonic movement diagrams (continues)

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΠΟΧΗ	φ			λ			h
		ο	'	''	ο	'	''	m
CG08	1991.78	39	5	21.95691	22	14	30.18547	529.840
	1993.39	39	5	21.95679	22	14	30.18589	529.815
	2004.82	39	5	21.95734	22	14	30.19631	529.894
XRIS	1988.50	36	47	29.20553	21	52	39.41285	476.241
	1992.41	36	47	30.34159	21	52	39.95573	475.390
	1996.74	36	47	29.20235	21	52	39.41431	476.204
	1997.72	36	47	29.20153	21	52	39.41467	476.229
	1998.74	36	47	29.20115	21	52	39.41495	476.241
	2000.52	36	47	29.20064	21	52	39.41530	476.217
	2004.82	36	47	29.19869	21	52	39.41586	476.197
DE30	1995.39	39	50	18.79241	21	52	41.10314	1323.277
	1998.47	39	50	18.79425	21	52	41.10849	1323.358
	2000.68	39	50	18.79496	21	52	41.10993	1323.375
	2004.82	39	50	18.79531	21	52	41.11590	1323.277
KRPT	1988.50	35	29	36.10277	27	13	28.13245	248.035
	1992.41	35	29	36.10036	27	13	28.13400	247.987
	1996.74	35	29	36.09765	27	13	28.13655	247.999
	1997.72	35	29	36.09675	27	13	28.13663	247.999
	2004.82	35	29	36.09267	27	13	28.14018	248.003
CG06	1989.44	39	14	12.40462	21	57	28.72649	353.410
	1991.78	39	14	12.40495	21	57	28.72990	353.447
	1993.39	39	14	12.40463	21	57	28.72914	353.422
	2004.82	39	14	12.40633	21	57	28.73981	353.454
CG03	1991.78	39	26	0.52904	22	19	53.85283	370.472
	1993.39	39	26	0.52910	22	19	53.85333	370.468
	2004.82	39	26	0.53048	22	19	53.86507	370.488

Πίνακας 5.4: Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των τελικών διαγραμμάτων τεκτονικής μετακίνησης (συνεχίζεται)

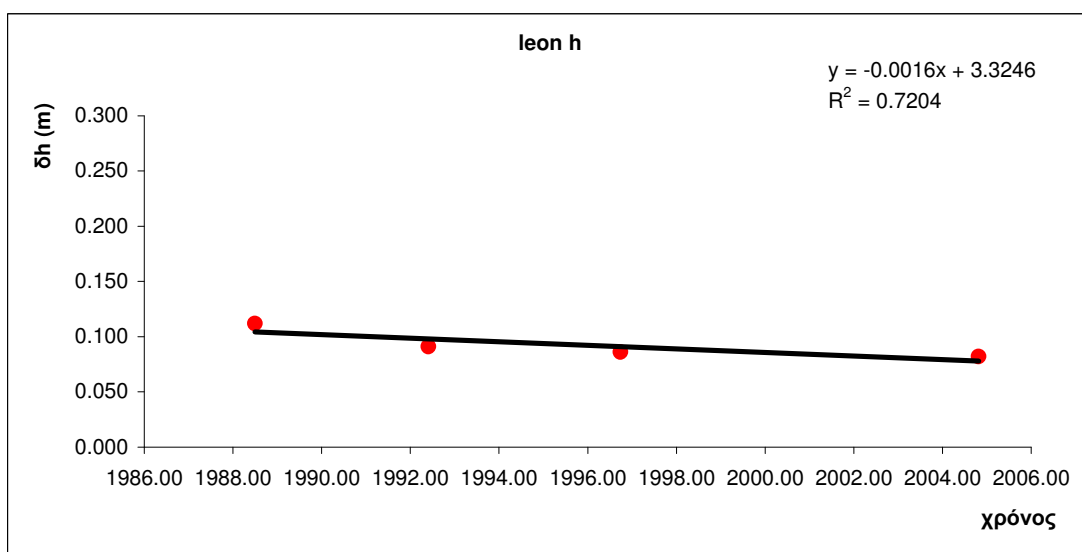
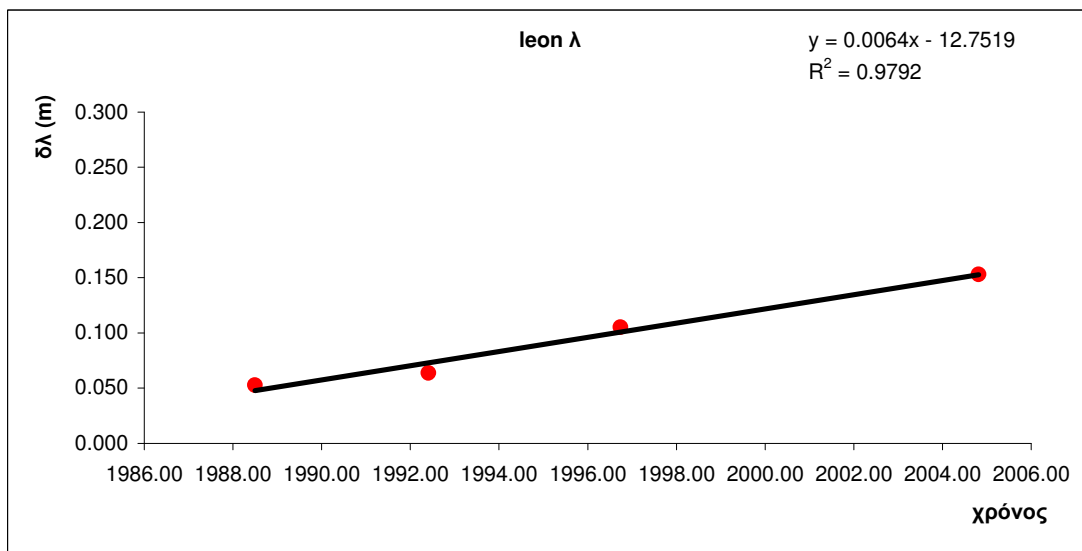
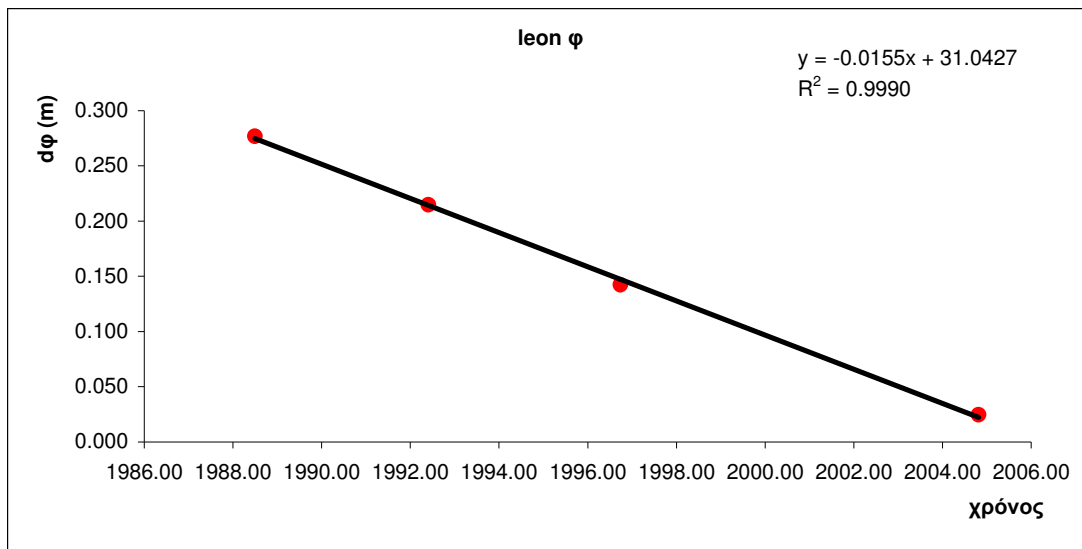
Table 5.4: Geodetic coordinates of the stations that were used for the calculation of the tectonic movement diagrams (continues)

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΠΟΧΗ	φ			λ			h
		ο	'	''	ο	'	''	m
THIR	1988.50	36	20	46.97388	25	26	18.81099	197.178
	1988.81	36	20	46.97369	25	26	18.81257	197.036
	1992.41	36	20	46.97145	25	26	18.81163	197.161
	1996.74	36	20	46.96872	25	26	18.81321	197.151
	1997.72	36	20	46.96827	25	26	18.81348	197.158
	2004.82	36	20	46.96378	25	26	18.81552	197.169
KATV	1988.50	35	57	5.47167	27	46	50.88658	73.970
	1988.81	35	57	5.47134	27	46	50.88819	73.818
	1992.50	35	57	5.47023	27	46	50.88807	73.831
	1996.74	35	57	5.46690	27	46	50.89173	73.901
	1997.72	35	57	5.46645	27	46	50.89252	73.878
	2004.82	35	57	5.46231	27	46	50.89695	73.901
NEVA	1989.80	38	53	17.36995	22	56	41.65722	122.041
	1992.41	38	53	17.37018	22	56	41.66410	122.039
	1996.74	38	53	17.36999	22	56	41.66722	122.024
	2004.82	38	53	17.36910	22	56	41.67238	122.014

Πίνακας 5.4: Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των τελικών διαγραμμάτων τεκτονικής μετακίνησης

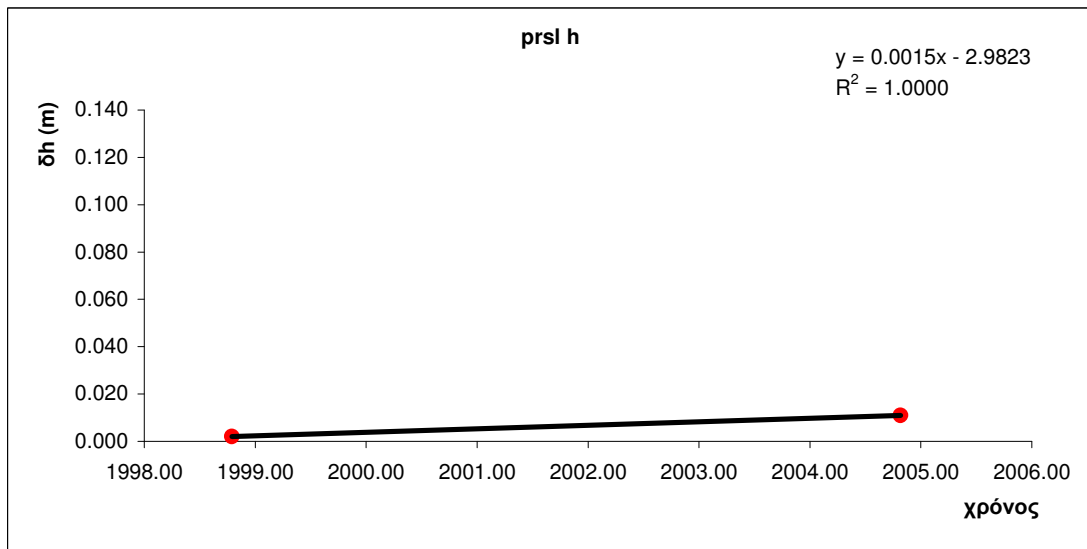
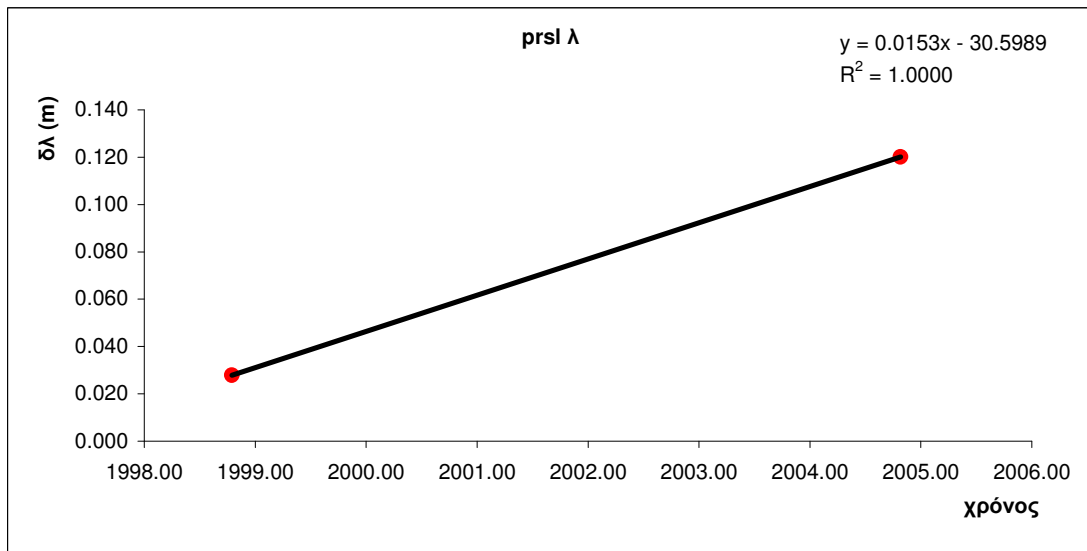
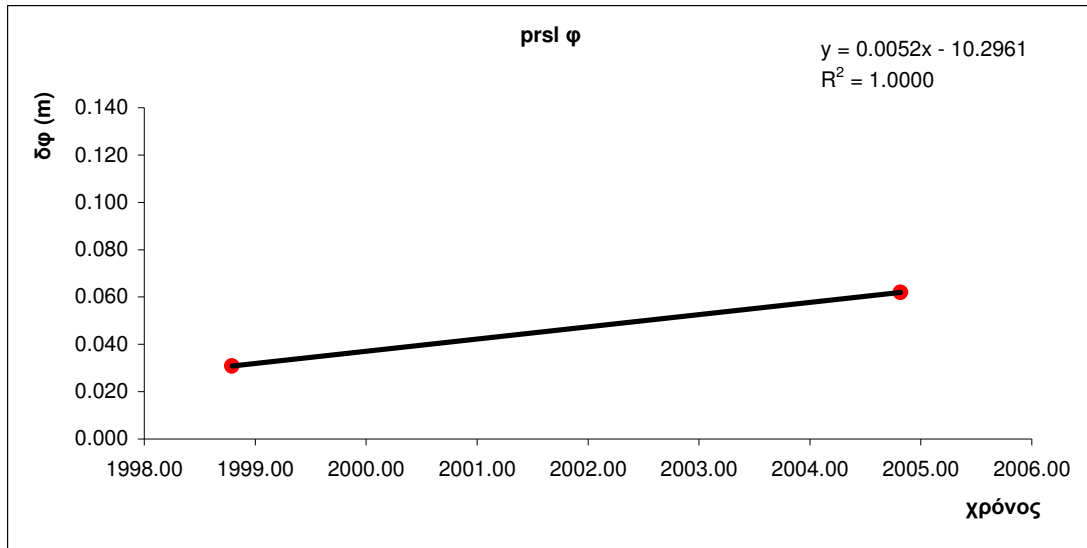
Table 5.4: Geodetic coordinates of the stations that were used for the calculation of the tectonic movement diagrams

Τα διαγράμματα τεκτονικής μετακίνησης των σταθμών του δικτύου παρουσιάζονται στα διαγράμματα 5.1 με 5.17 που ακολουθούν. Στα διαγράμματα επίσης φαίνεται και η ευθεία προσαρμογής, η εξίσωση της καθώς και ο συντελεστής συσχέτισης R^2 της γραμμικής παρεμβολής. Ο συντελεστής αυτός είναι ένας στατιστικός δείκτης που εκφράζει πόσο καλά προσαρμόζονται τα σημεία στην εκάστοτε ευθεία και όσο περισσότερο τείνει στη μονάδα τόσο καλύτερη είναι η προσαρμογή.



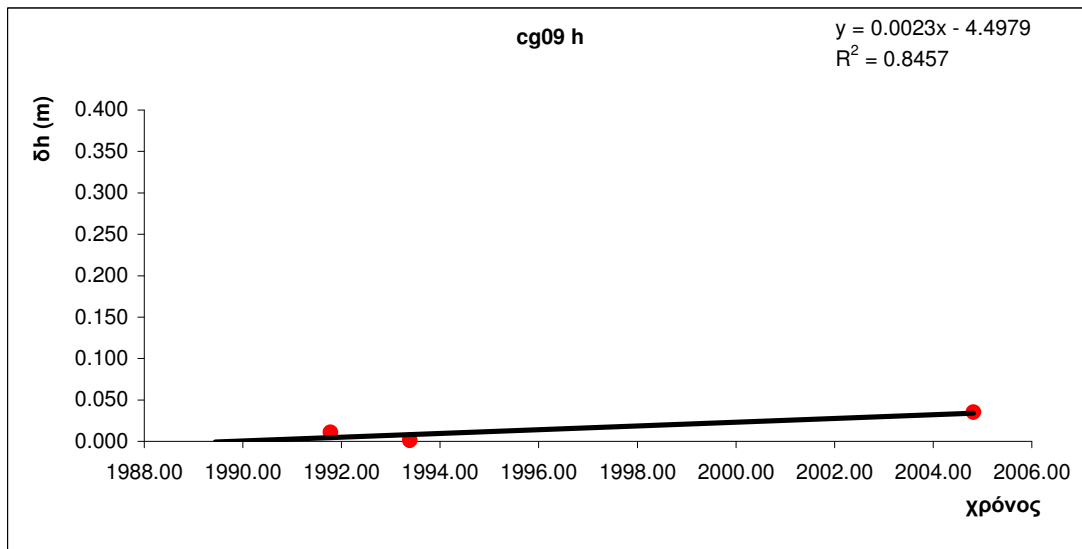
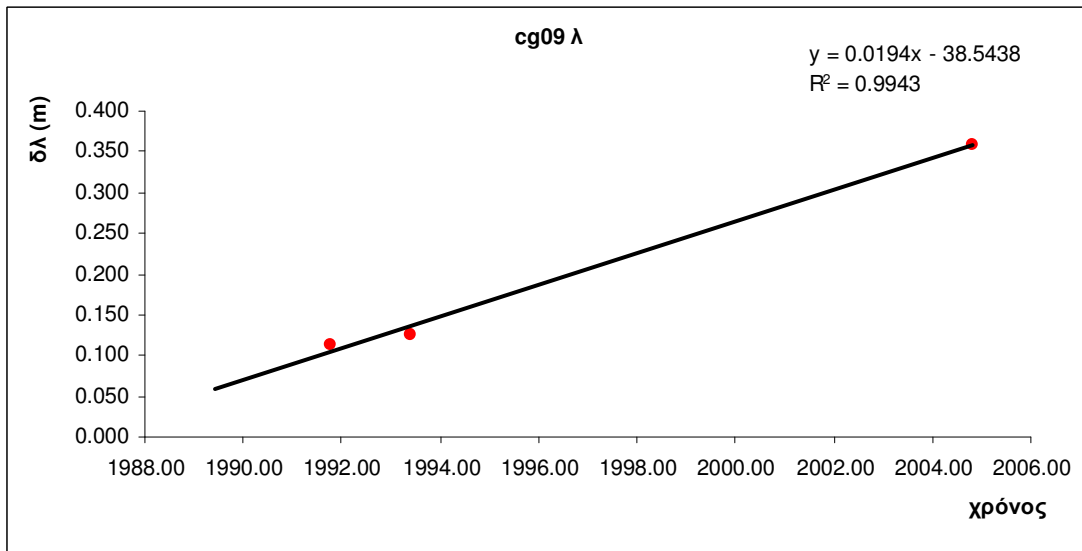
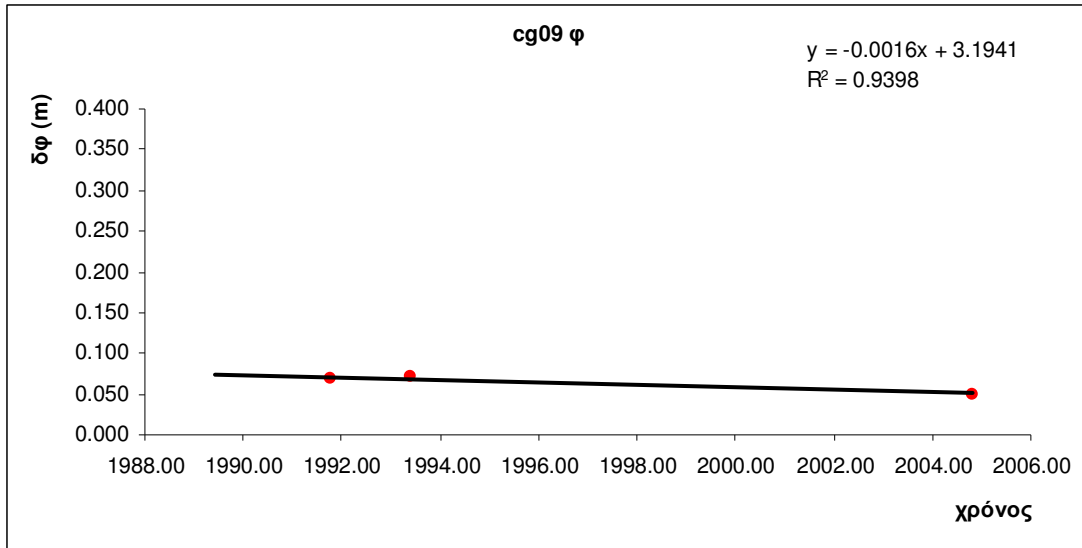
Διάγραμμα 5.1: Τεκτονική μετακίνηση για το σταθμό LEON

Diagram 5.1: Tectonic movement for LEON station



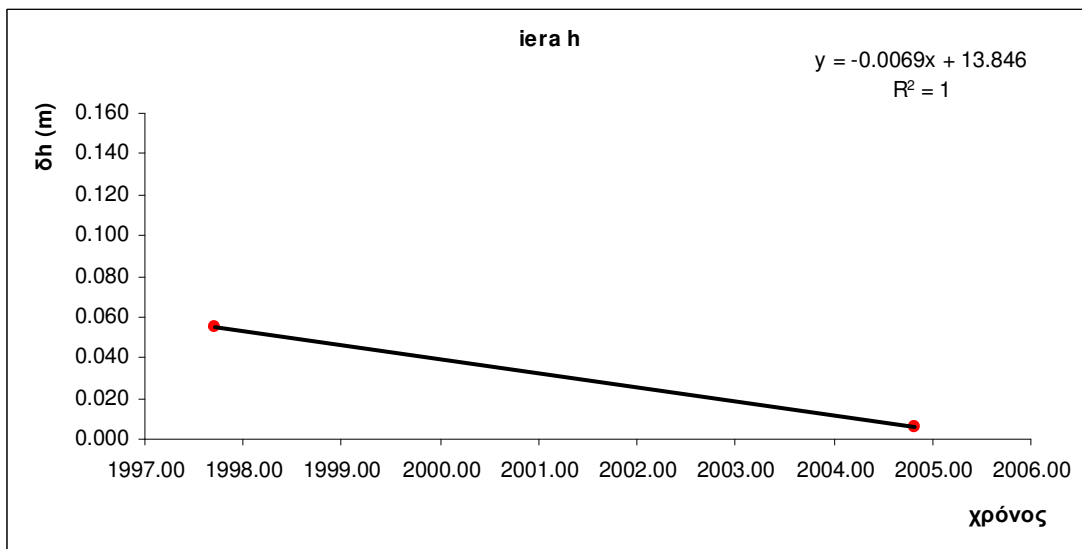
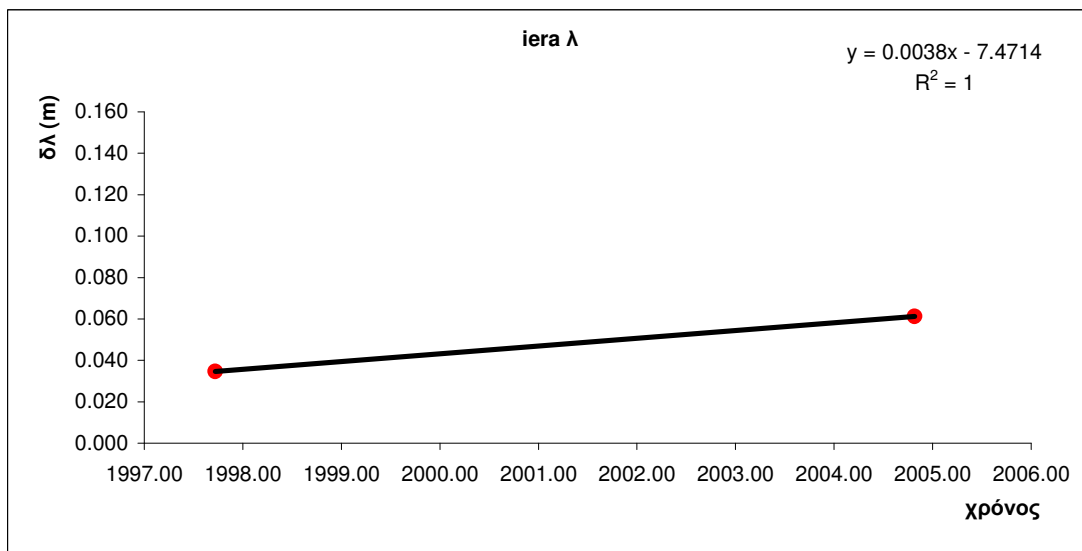
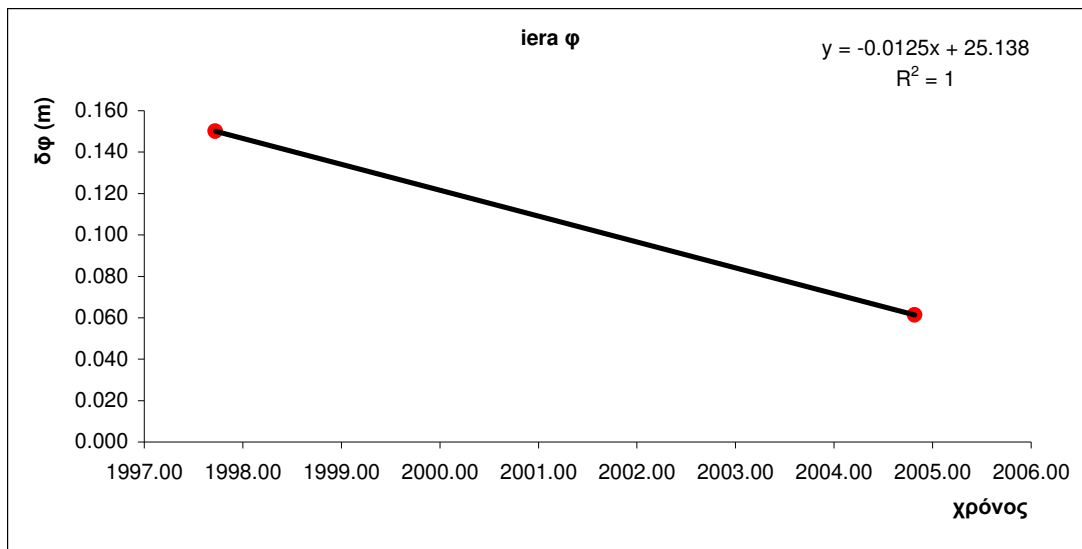
Διάγραμμα 5.2: Τεκτονική μετακίνηση για το σταθμό PRSL

Diagram 5.2: Tectonic movement for PRSL station



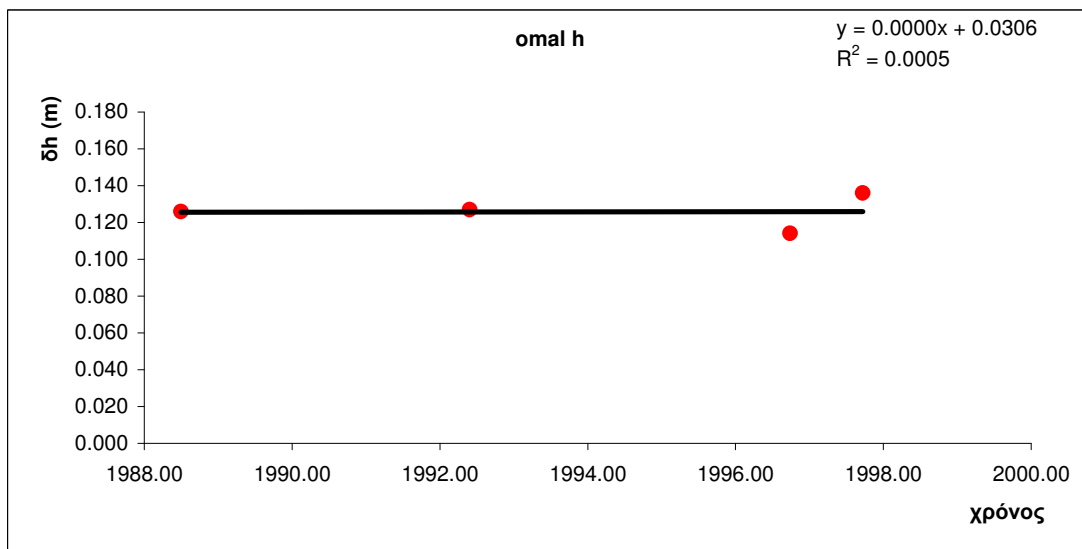
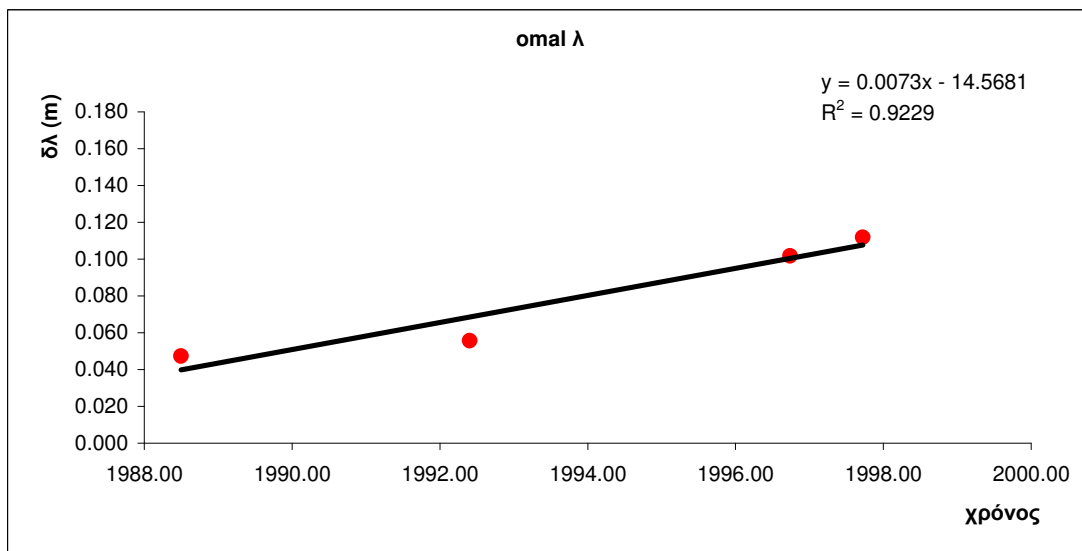
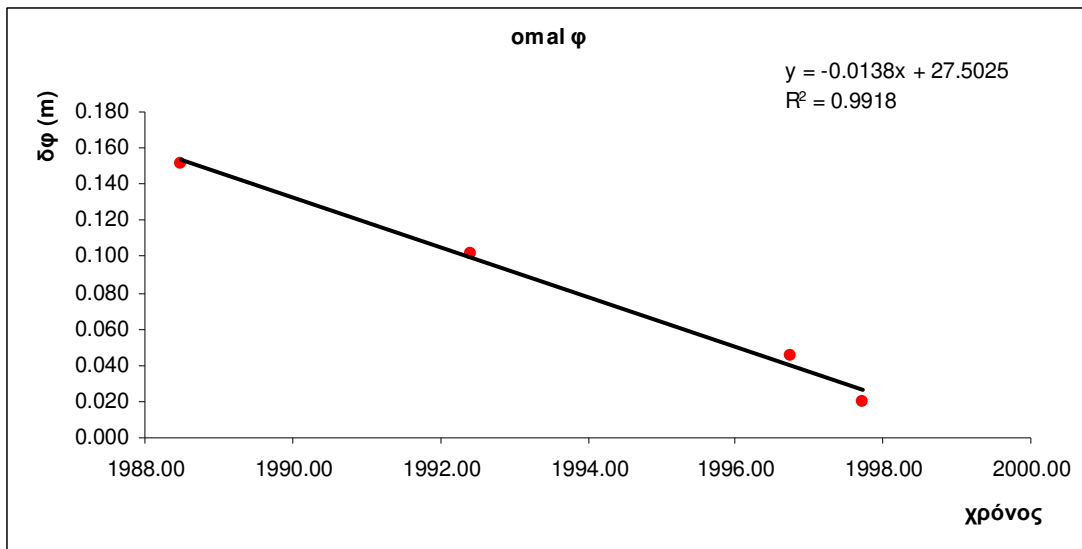
Διάγραμμα 5.3: Τεκτονική μετακίνηση για τον σταθμό GG09

Diagram 5.3: tectonic movement for CG09 station



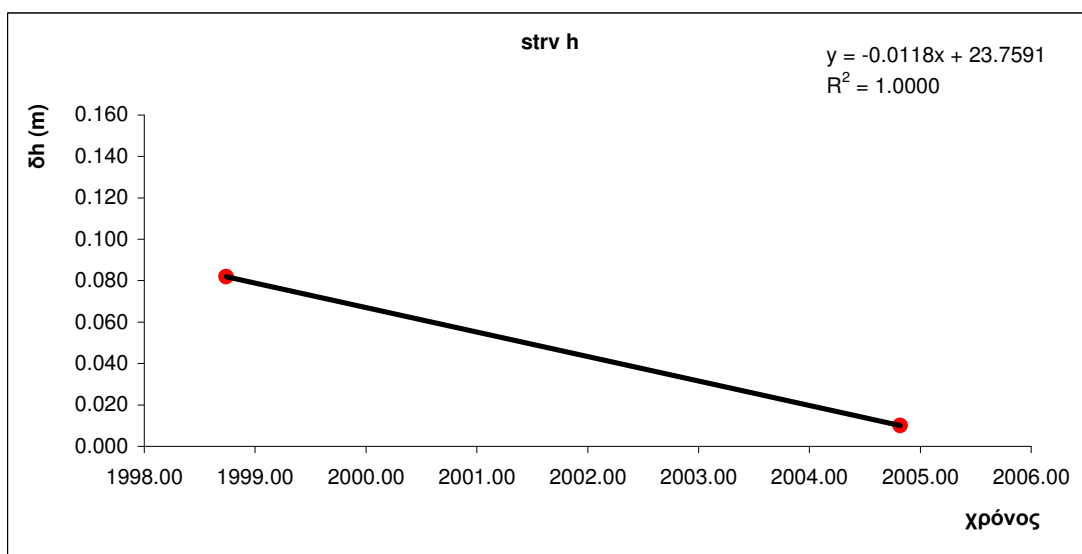
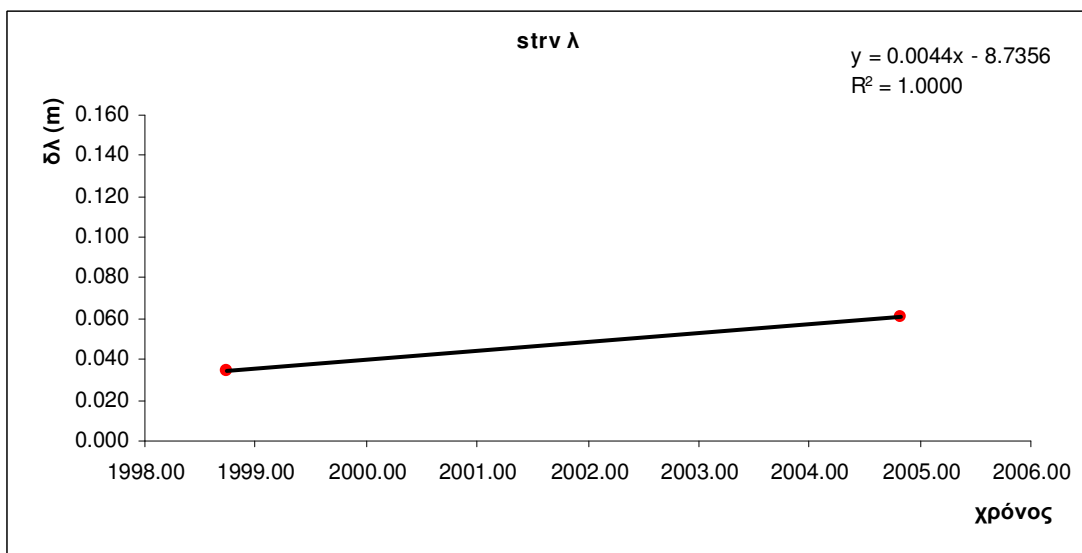
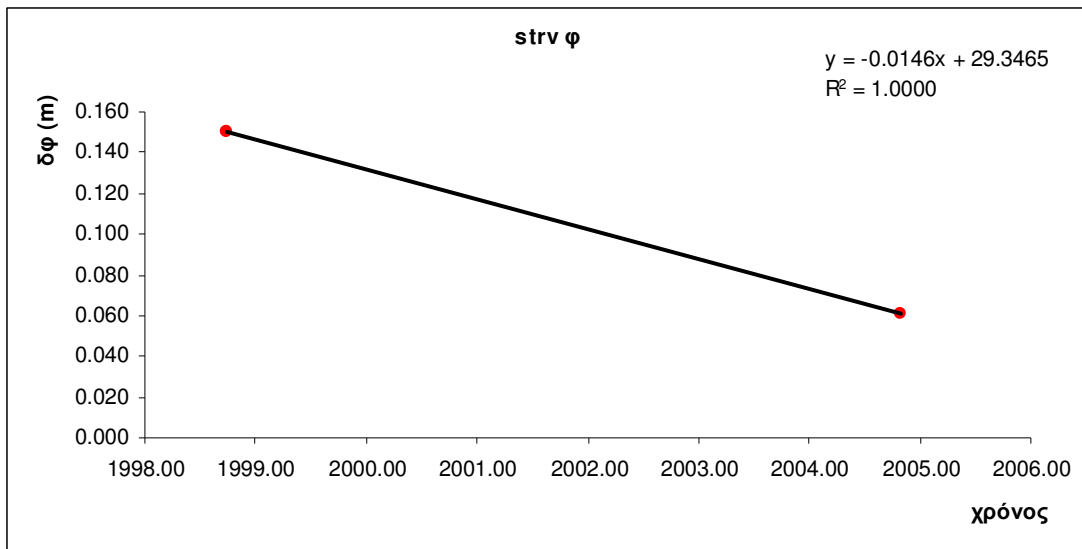
Διάγραμμα 5.4: Τεκτονική μετακίνηση για τον σταθμό IERA

Diagram 5.4: Tectonic movement for IERA station

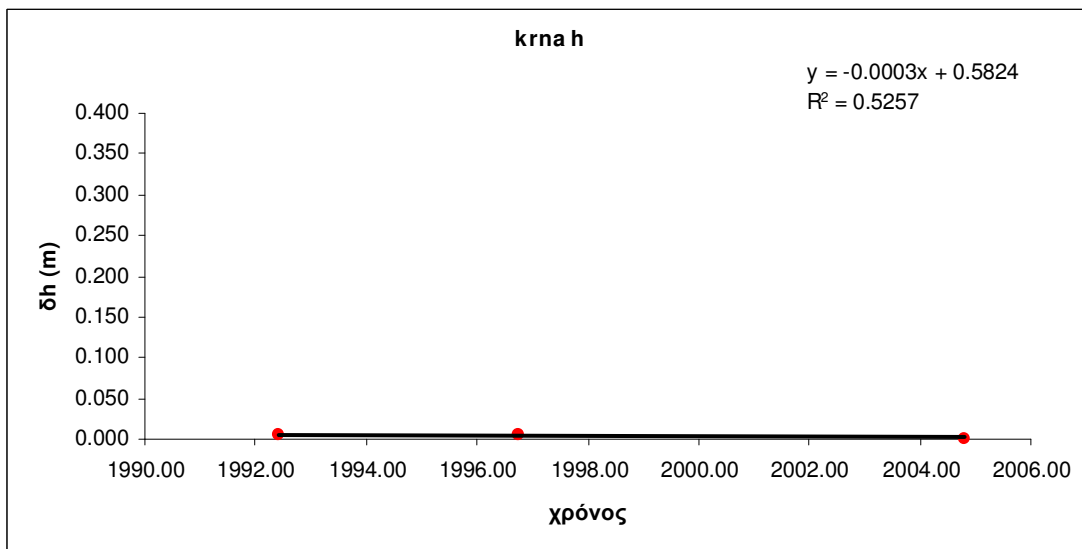
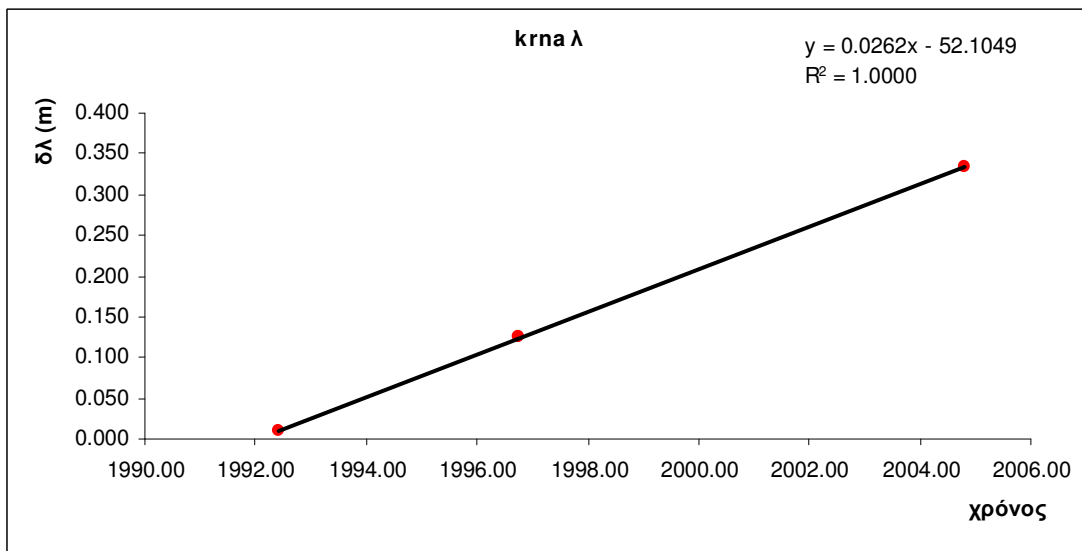
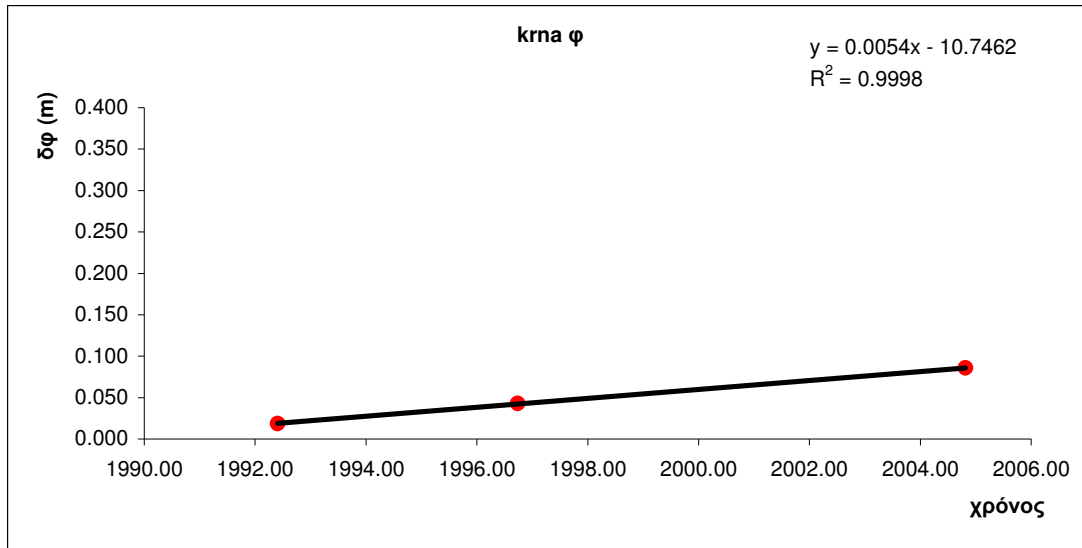


Διάγραμμα 5.5: Τεκτονική μετακίνηση για τον σταθμό OMAL

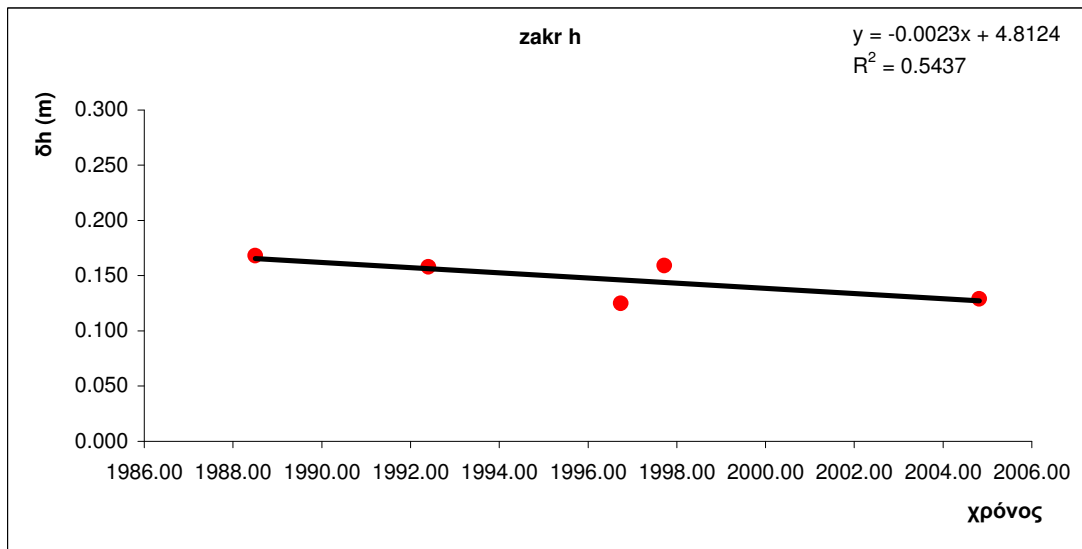
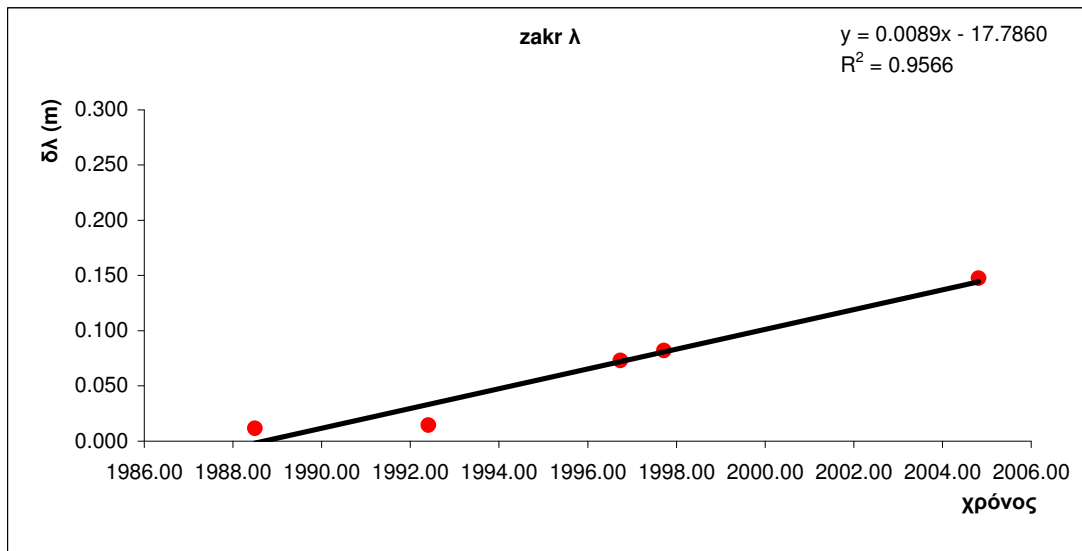
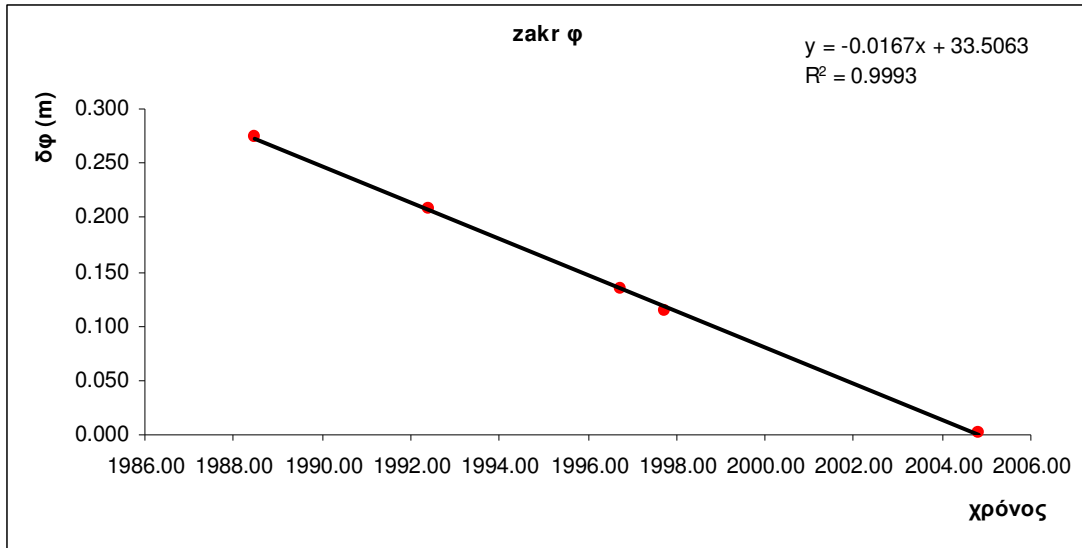
Diagram 5.5: Tectonic movement for OMAL station



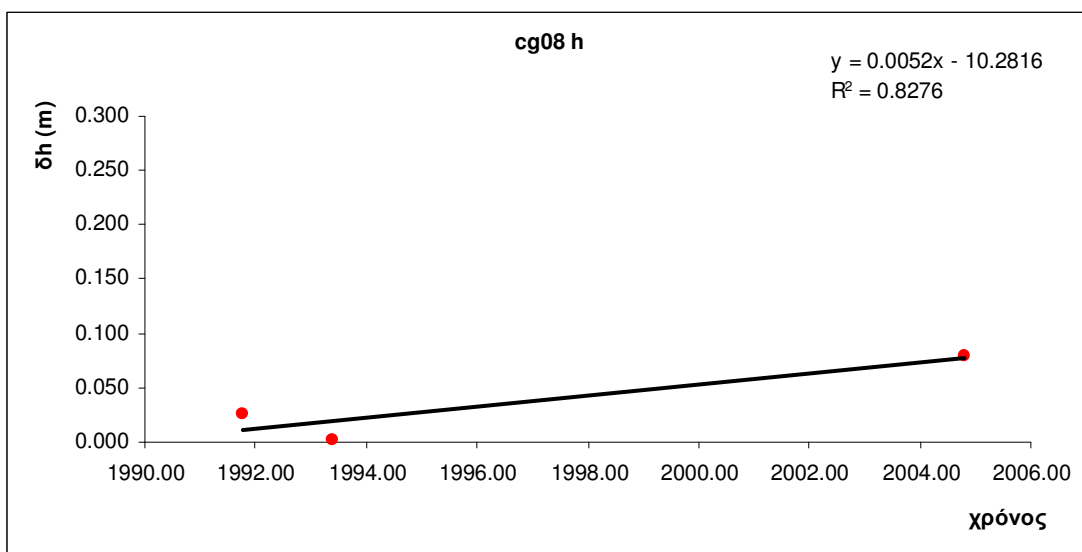
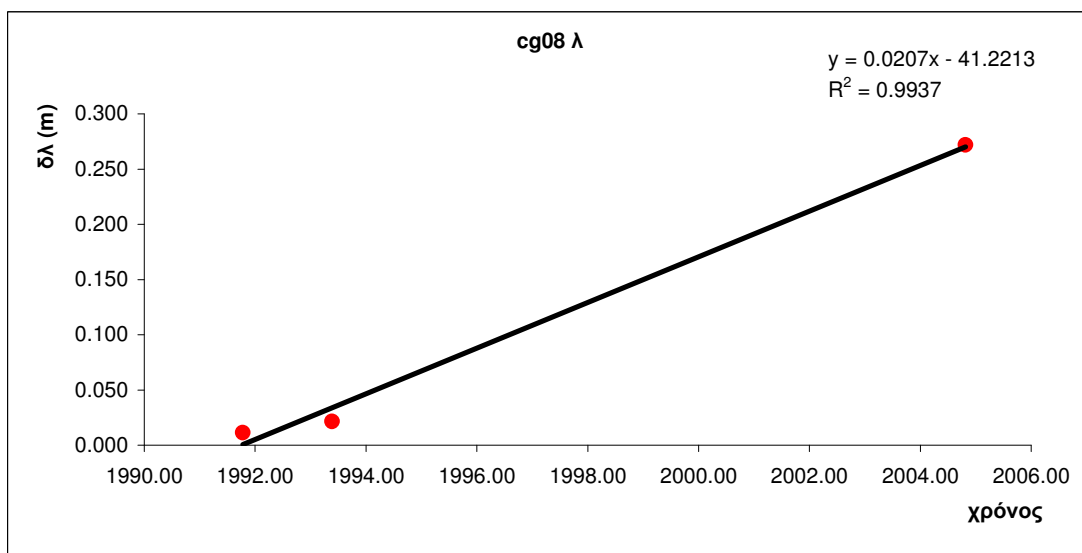
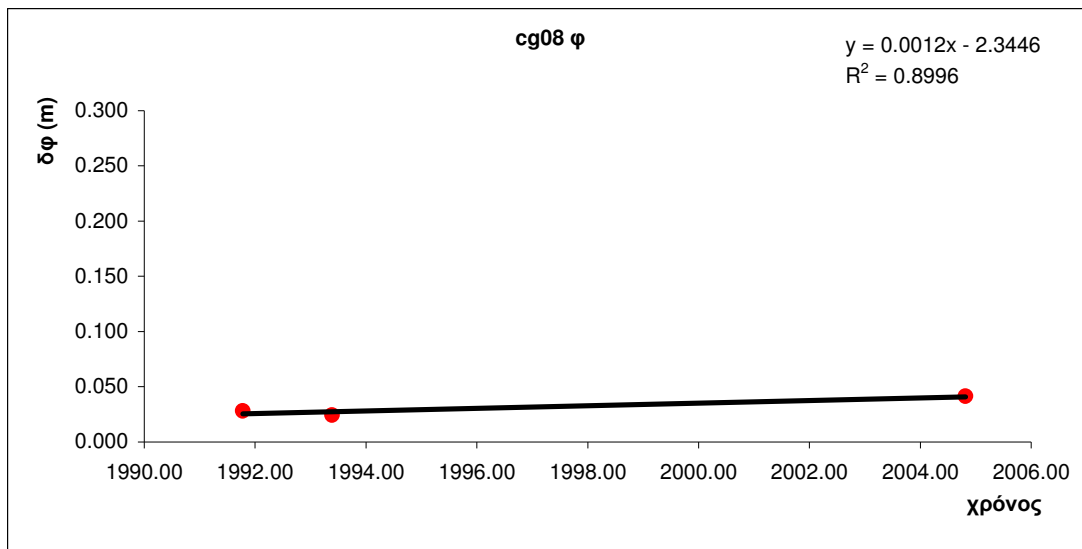
Διάγραμμα 5.6: Τεκτονική μετακίνηση για τον σταθμό STRV
 Diagram 5.6: Tectonic movement for STRV station



Διάγραμμα 5.7: Τεκτονική μετακίνηση του σταθμού KRNA
 Diagram 5.7: Tectonic movement of KRNA station

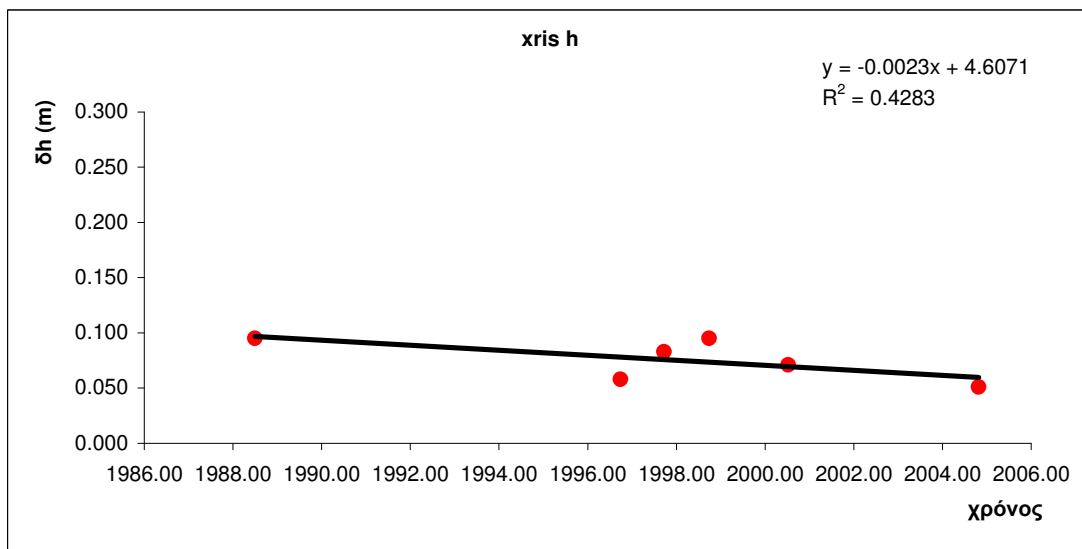
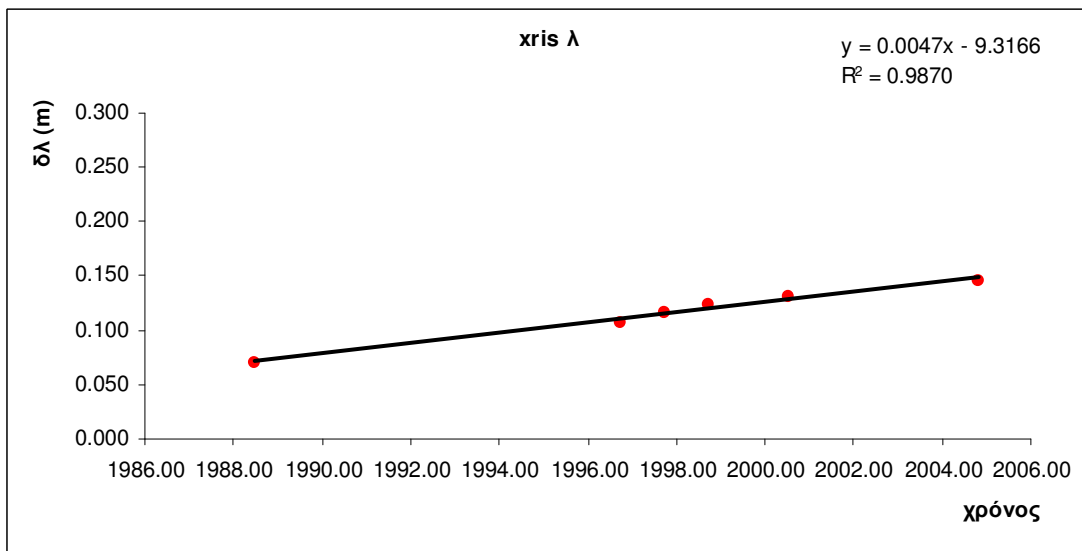
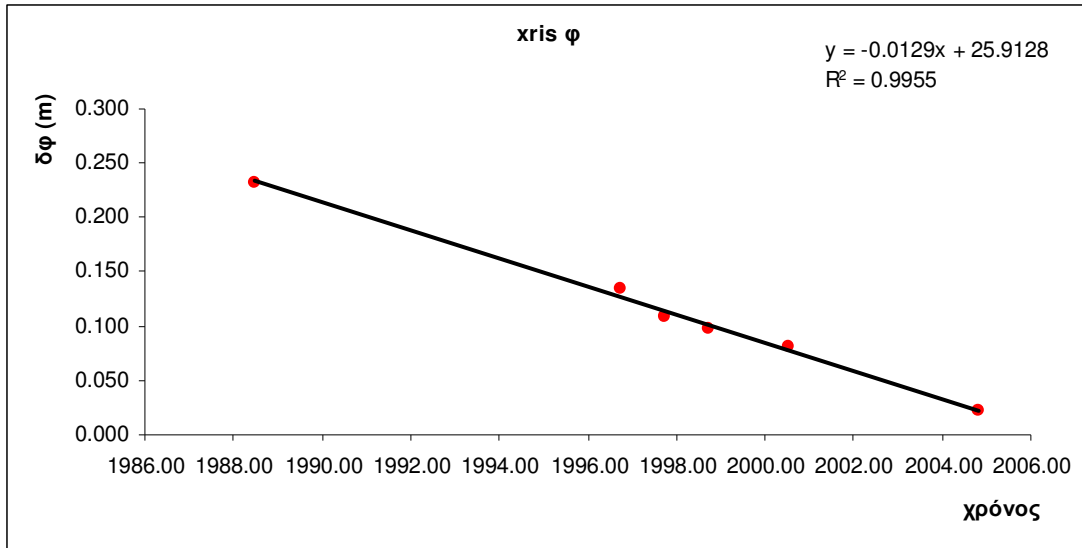


Διάγραμμα 5.8: Τεκτονική μετακίνηση του σταθμού ZAKR
Diagram 5.8: Tectonic movement of ZAKR station



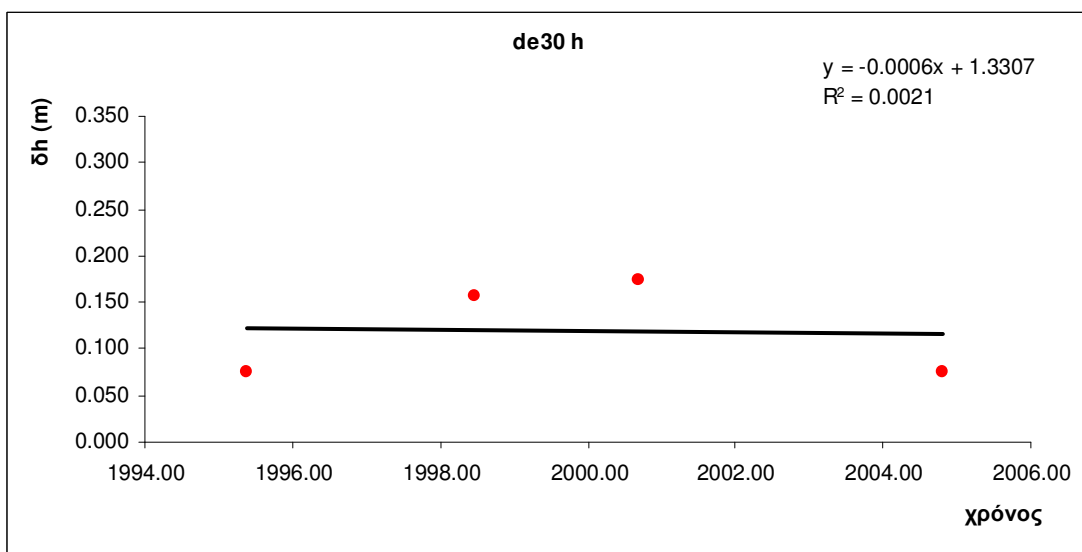
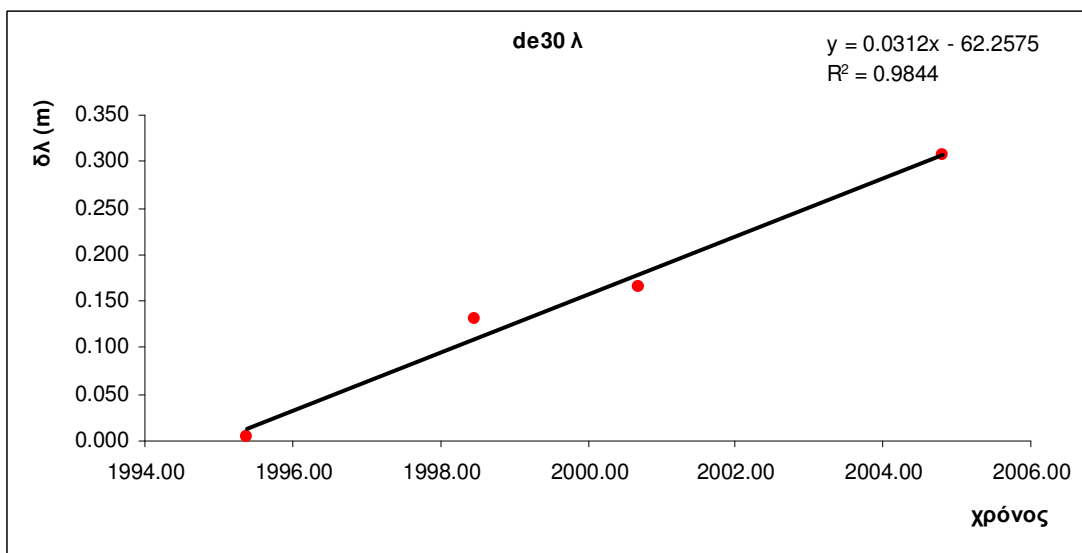
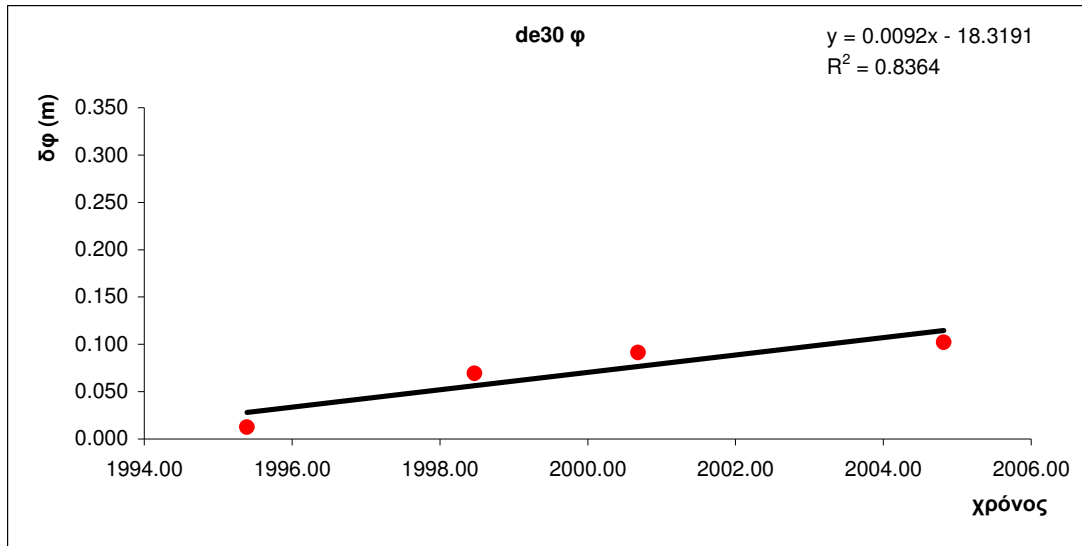
Διάγραμμα 5.9: Τεκτονική μετακίνηση του σταθμού CG08

Diagram 5.9: Tectonic movement of CG08 station



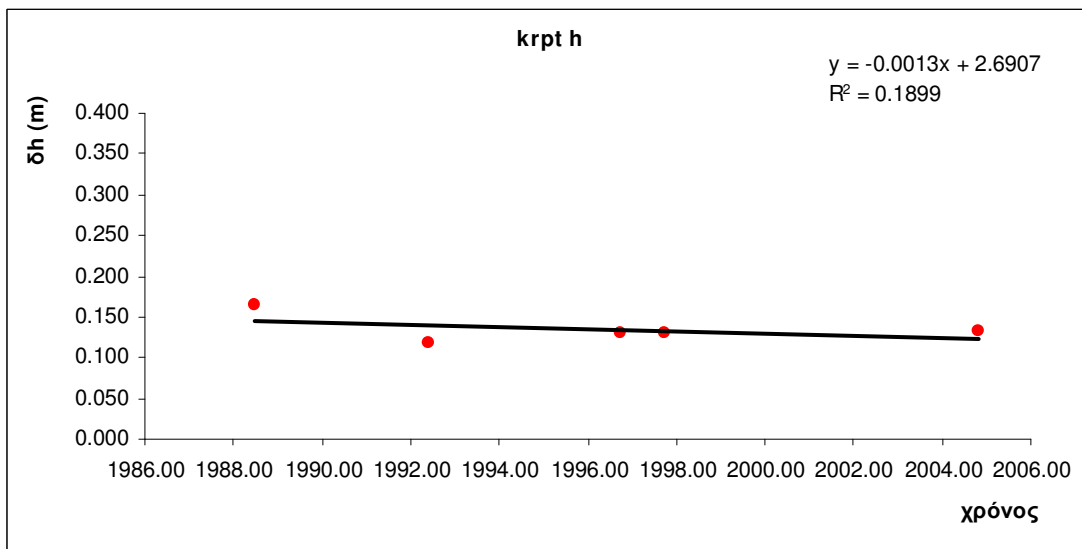
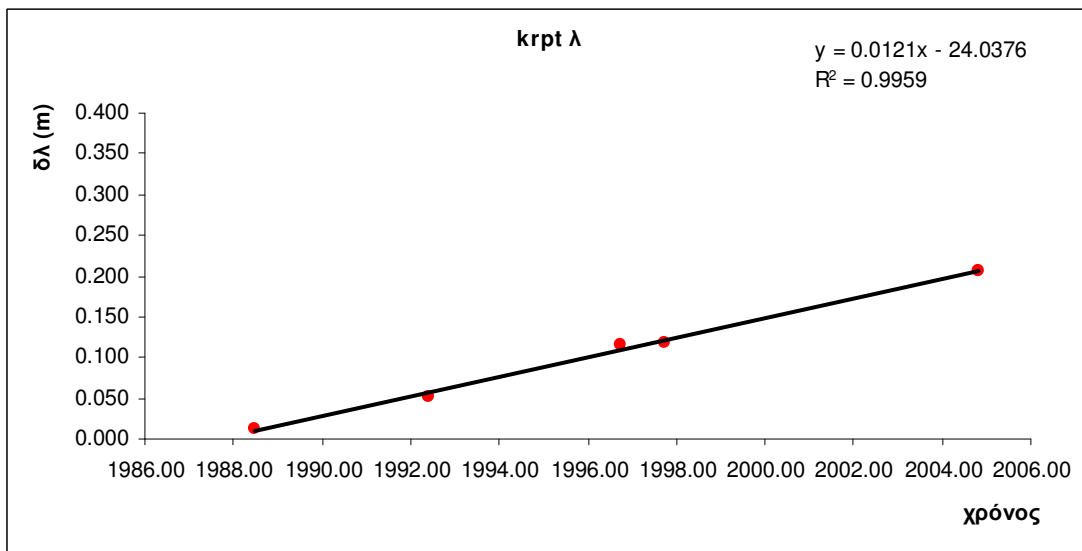
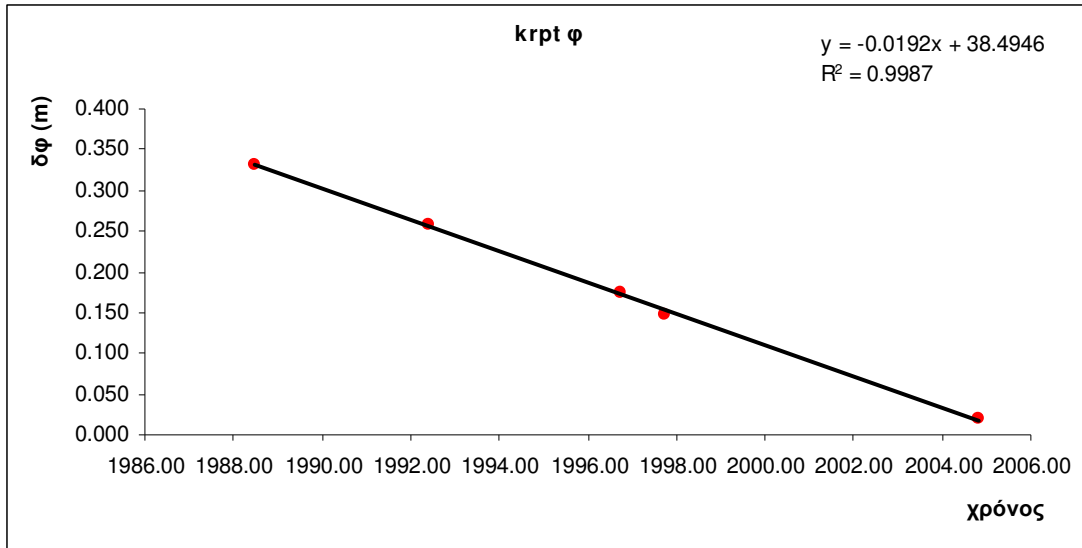
Διάγραμμα 5.10: Τεκτονική μετακίνηση του σταθμού XRIS

Diagram 5.1: Tectonic movement of XRIS station

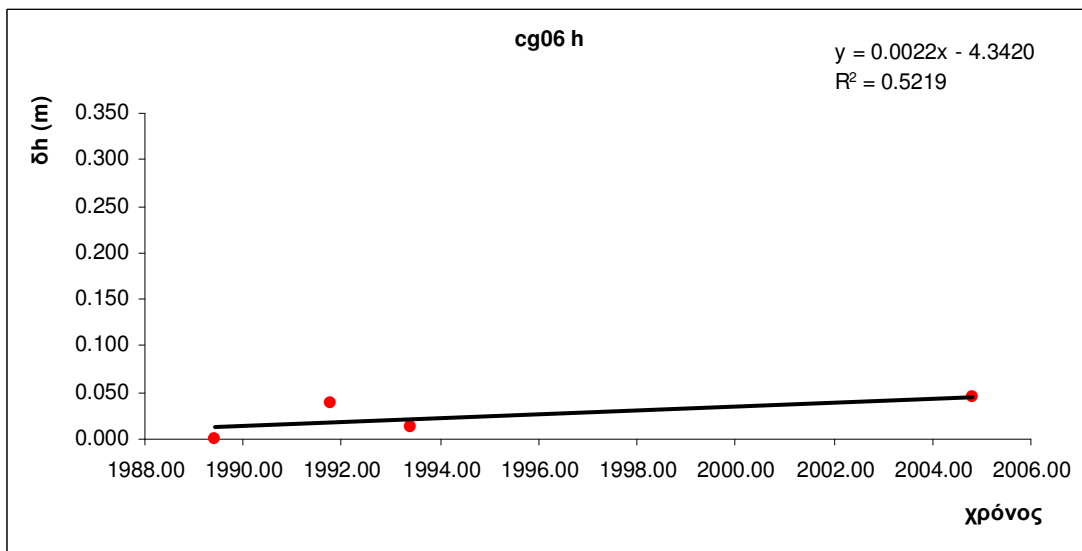
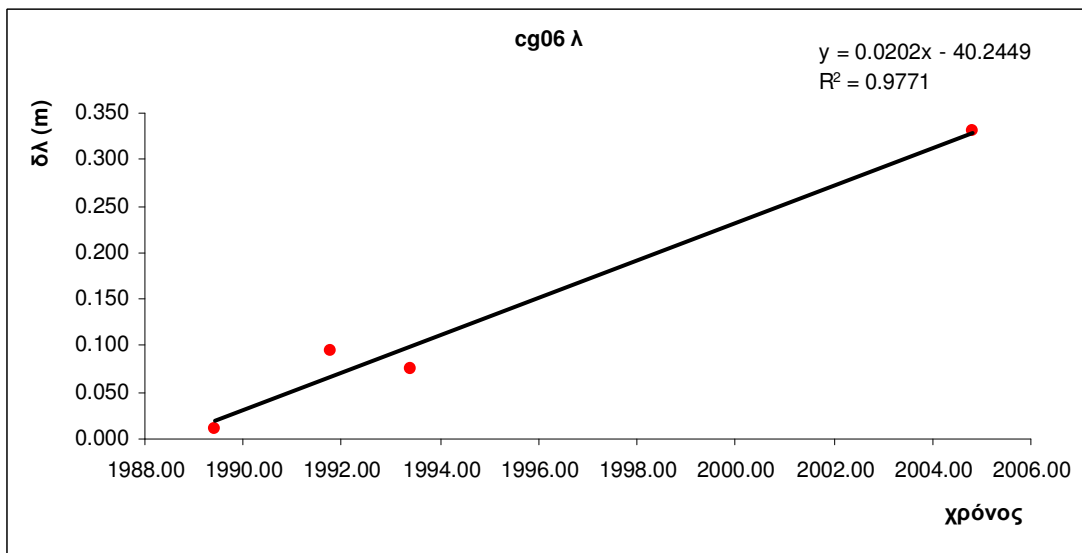
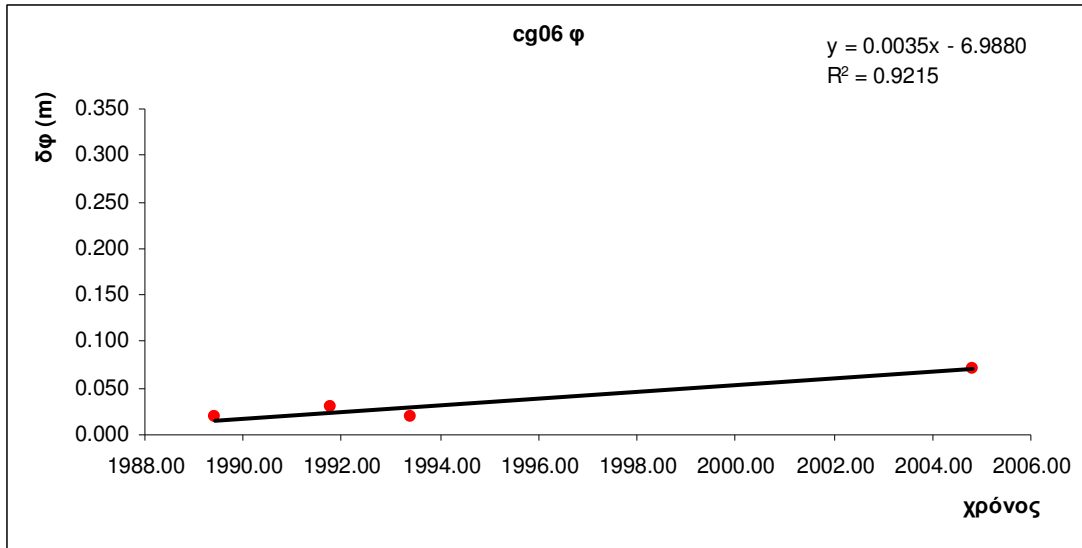


Διάγραμμα 5.11: Τεκτονική μετακίνηση του σταθμού DE30

Diagram 5.11: Tectonic movement of DE30 station

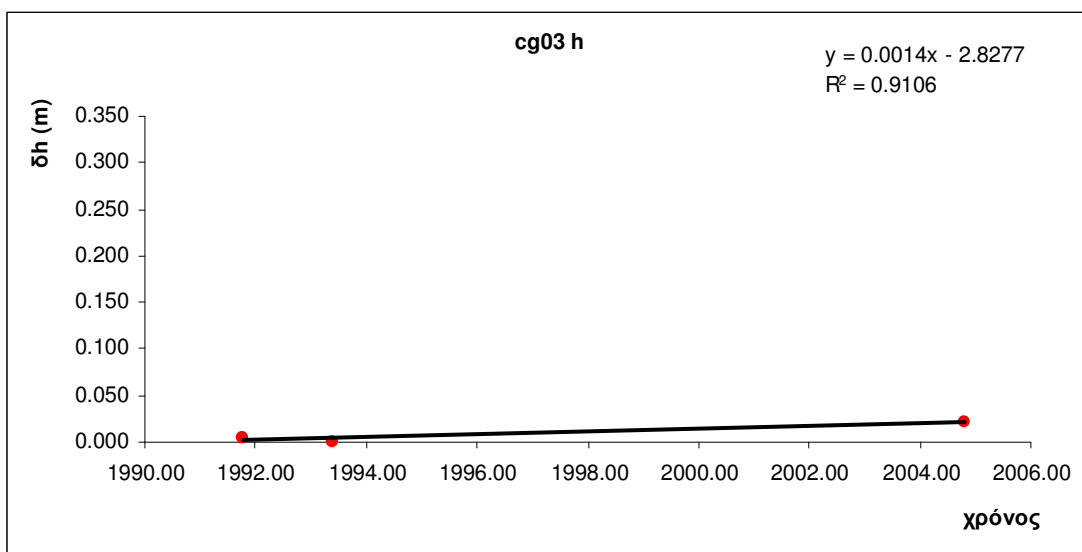
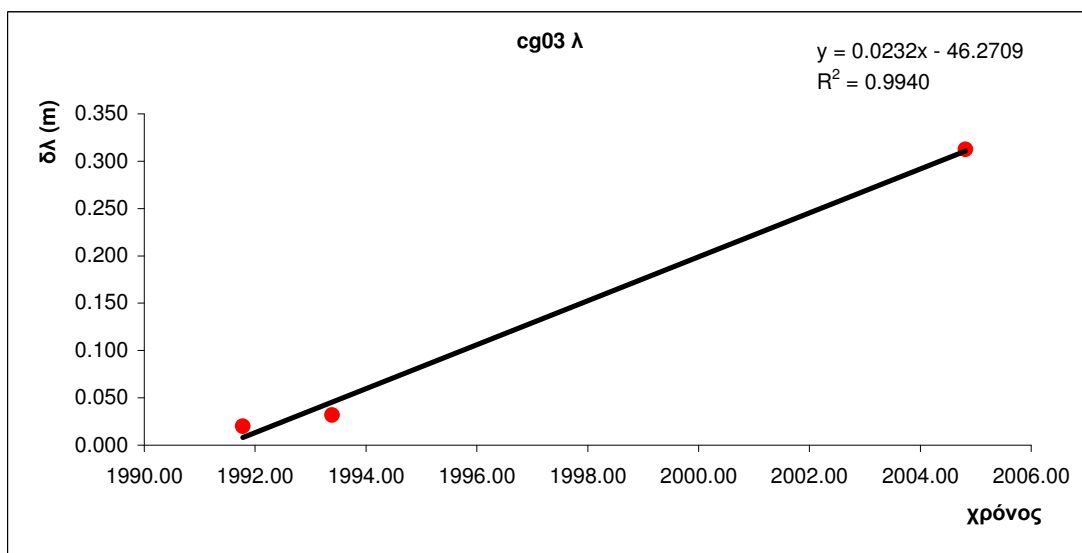
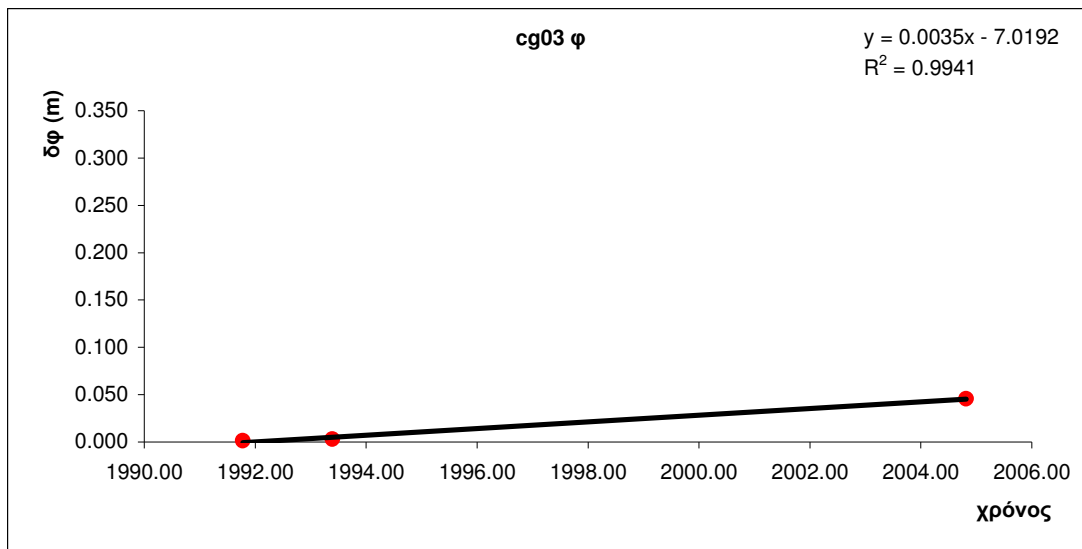


Διάγραμμα 5.12: Τεκτονική μετακίνηση του σταθμού KRPT
 Diagram 5.12: Tectonic movement of KRPT station



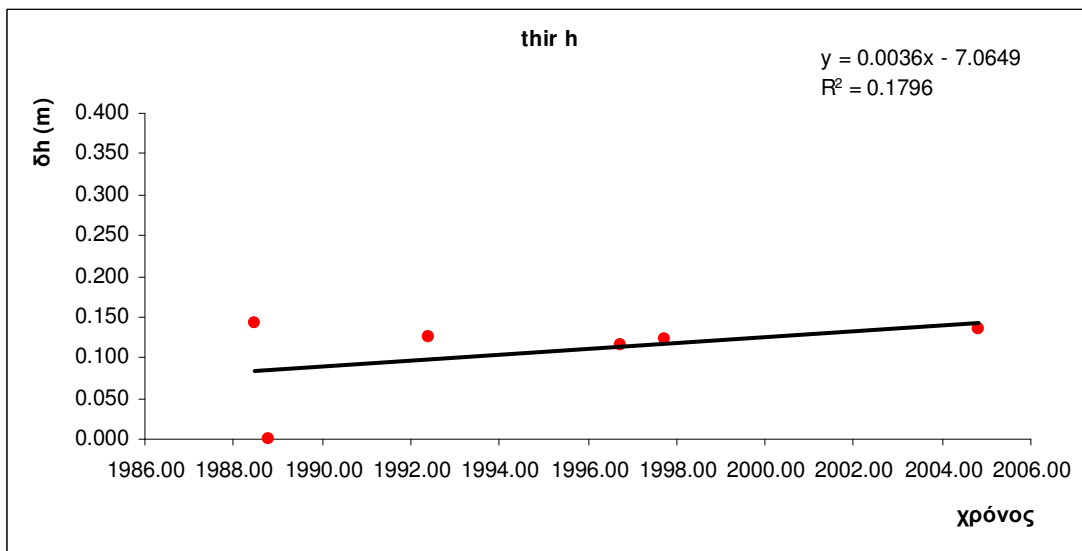
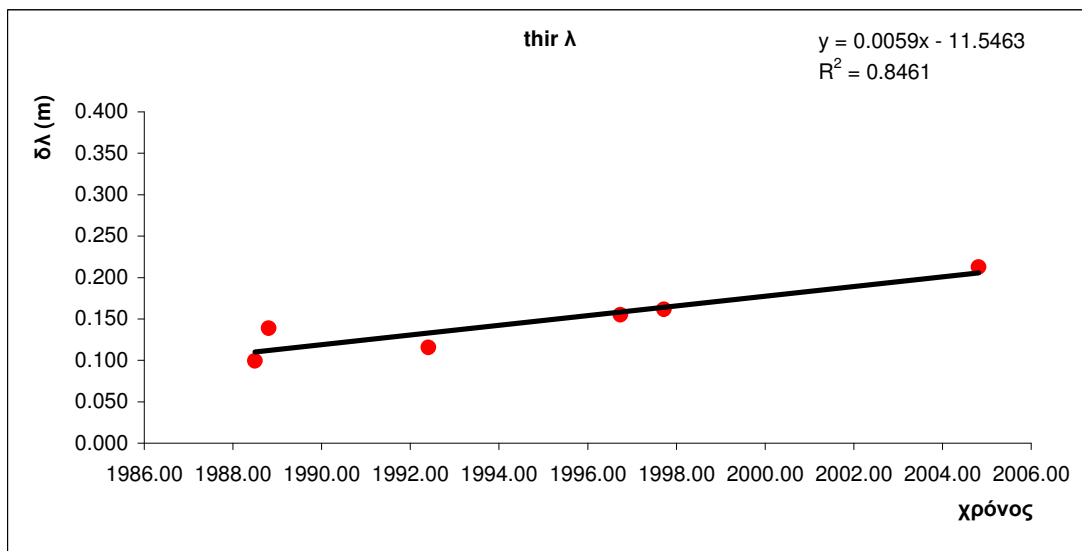
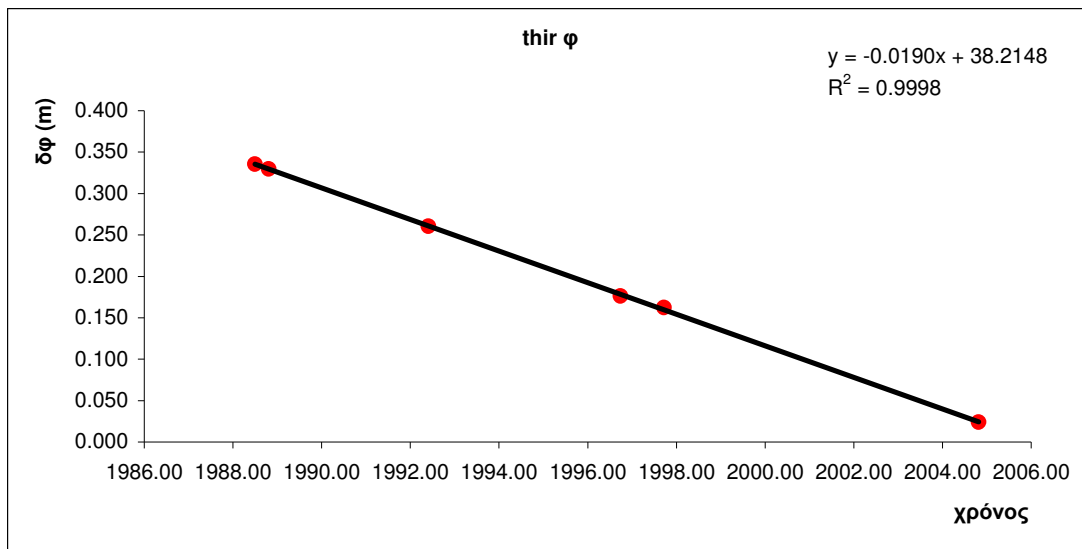
Διάγραμμα 5.13: Τεκτονική μετακίνηση του σταθμού CG06

Diagram 5.13: Tectonic movement of CG06 station



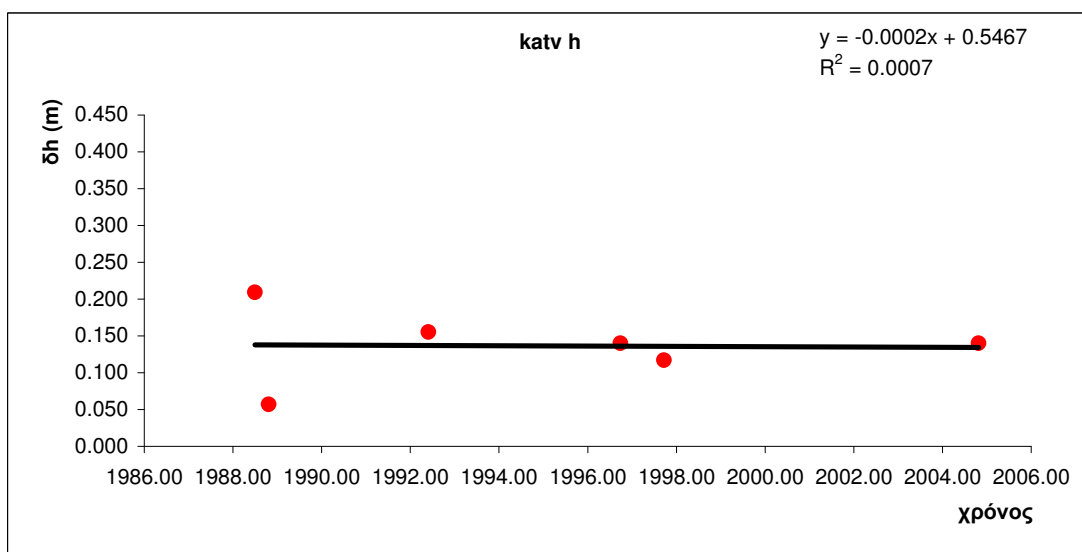
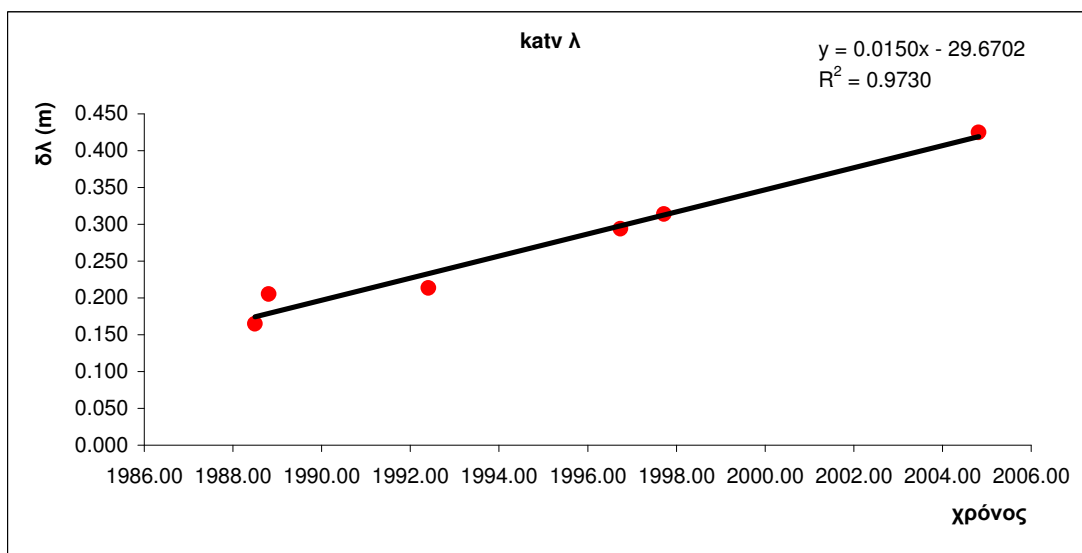
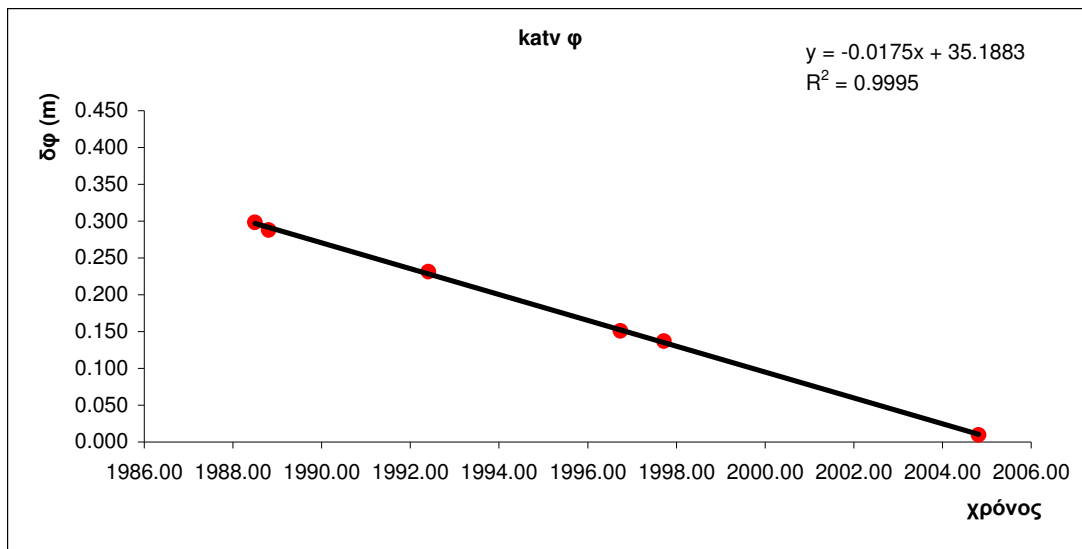
Διάγραμμα 5.14: Τεκτονική μετακίνηση του σταθμού CG03

Diagram 5.14: Tectonic movement of CG03 station



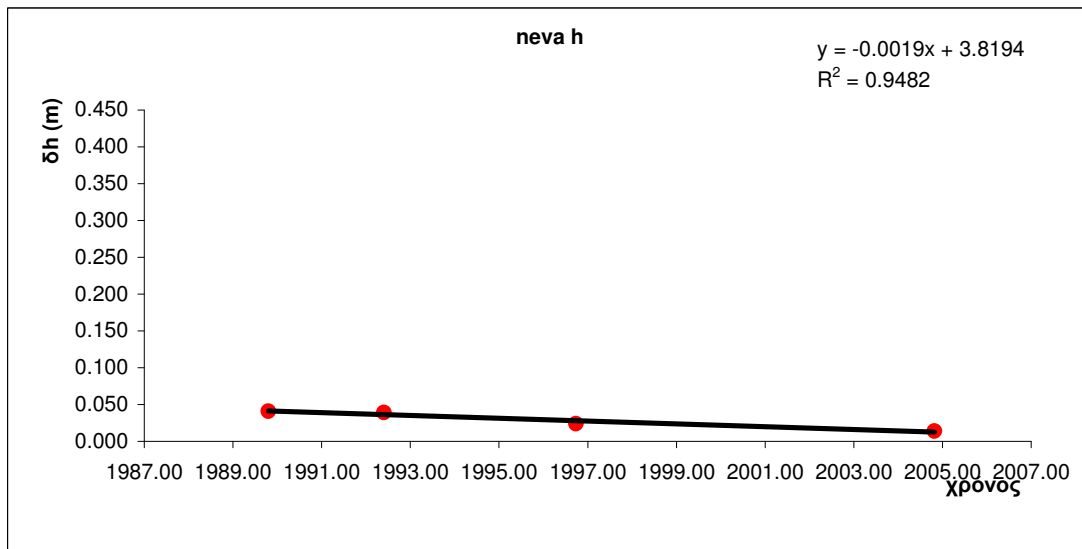
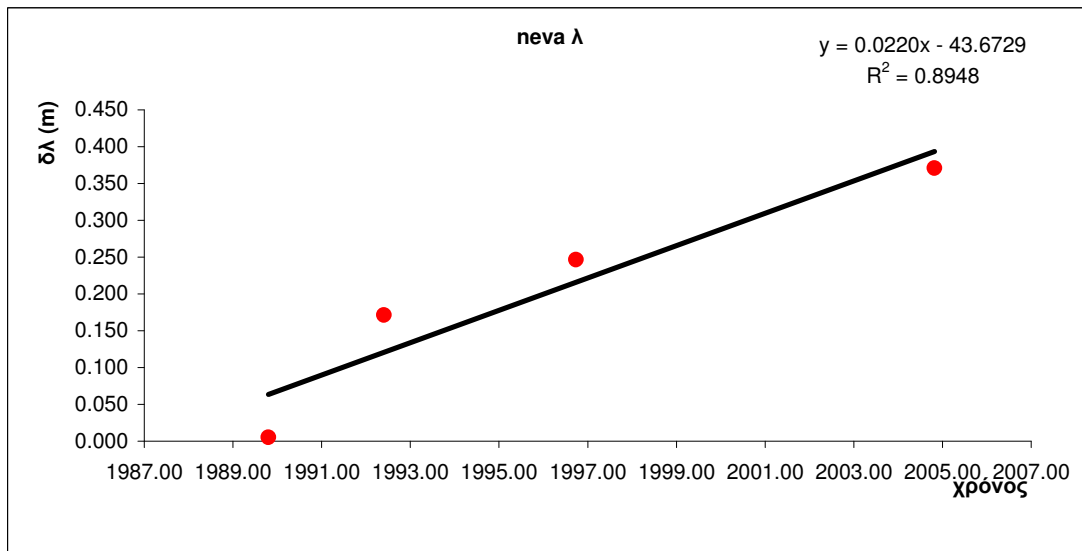
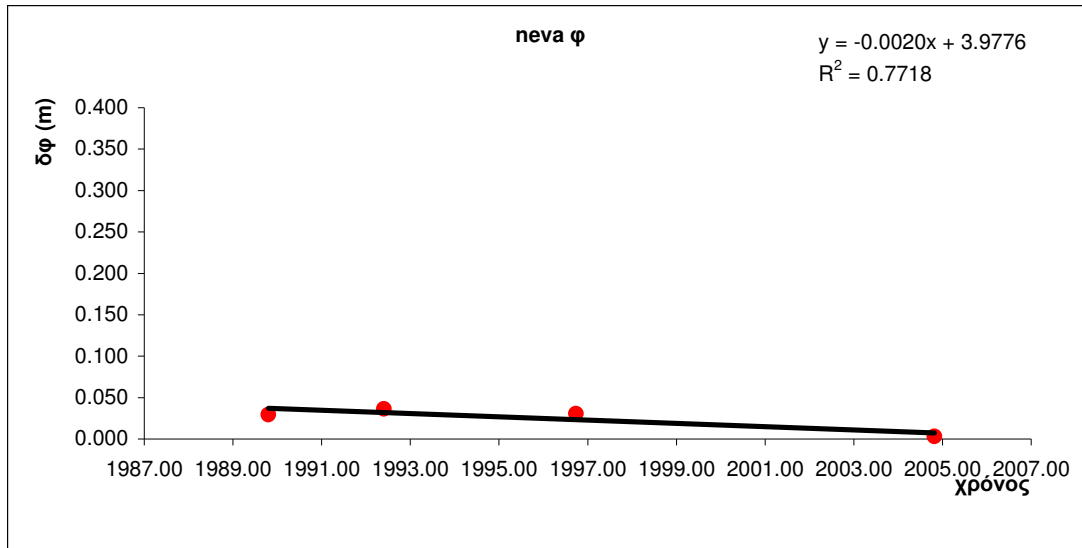
Διάγραμμα 5.15: Τεκτονική μετακίνηση του σταθμού THIR

Diagram 5.15: Tectonic movement of THIR station



Διάγραμμα 5.16: Τεκτονική μετακίνηση του σταθμού KATV

Diagram 5.16: Tectonic movement of KATV station



Διάγραμμα 5.17: Τεκτονική μετακίνηση του σταθμού NEVA
 Diagram 5.17: Tectonic movement of NEVA station

Η ετήσια τεκτονική ταχύτητα των σταθμών προκύπτει από την κλίση της εκάστοτε ευθείας παρεμβολής των παραπάνω διαγραμμάτων. Η ταχύτητα αυτή εκφράζει την μέση τεκτονική κίνηση των σταθμών ανά έτος στο ITRF2000.

Στον πίνακα 5.5 που ακολουθεί παρακάτω παρουσιάζονται οι ταχύτητες που υπολογίστηκαν και εκφράζονται σε m/year.

5.3.1 Υπολογισμός σφαλμάτων τεκτονικών ταχυτήτων – Η συνάρτηση linest

Για τον υπολογισμό των τυπικών σφαλμάτων των τεκτονικών ταχυτήτων χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση linest του προγράμματος excel. Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιεί την μέθοδο των ελάχιστων τετράγωνων για να υπολογίσει την ευθεία που προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα εισαγωγής. Η εξίσωση της ευθείας είναι:

$$y = mx + b \quad (5.4)$$

Όπου η εξαρτημένη μεταβλητή y είναι συνάρτηση της ανεξάρτητης μεταβλητής x . Ο συντελεστής m αντιστοιχεί στην ανεξάρτητη μεταβλητή x και ο όρος b είναι μια σταθερά.

Η εκτέλεση της παραπάνω συνάρτησης επιστρέφει έναν πίνακα που περιέχει μέσα τις παρακάτω στατιστικές παραμέτρους:

- m ο συντελεστής m
- se η τυπική απόκλιση της μεταβλητής m
- b ο σταθερός όρος b
- se_b η τυπική απόκλιση της σταθεράς b
- r^2 ο συντελεστής συσχέτισης. Αποτελεί κριτήριο για την ποιότητα της προσαρμογής.
- se_y η τυπική απόκλιση της μεταβλητής y

- F η στατιστική παράμετρος F που μπορεί να χρησιμοποιηθεί την σύγκριση με τις οριακές τιμές της κατανομής Fisher
- df ο βαθμός ελευθέριας
- ss_{reg} το άθροισμα των τετράγωνων
- ss_{resid} το άθροισμα των υπόλοιπων

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής της παραπάνω συνάρτησης παρουσιάζονται στον πίνακα 5.5 που ακολουθεί. Στους σταθμούς που οι ταχύτητες τους υπολογίστηκαν μόνο από δυο περιόδους δεν εφαρμόστηκε η συνάρτηση `linest` αφού δεν υπήρχε ο πλεονασμός των παρατηρήσεων που χρειάζεται. Σε αυτούς υπάρχει – στο σφάλμα.

ΣΤΑΘΜΟΙ	U_N (m/year)	U_E (m/year)	U_h (m/year)
	σ_o	σ_o	σ_o
LEON	-0.0155	0.0064	-0.0016
	± 0.0003	± 0.0007	± 0.0007
PRSL	0.0052	0.0153	0.0015
	-	-	-
CG09	-0.0016	0.0194	0.0023
	± 0.0004	± 0.0015	± 0.0010
IERA	-0.0125	0.0038	-0.0069
	-	-	-
OMAL	-0.0138	0.0073	0.0000
	± 0.0009	± 0.0015	± 0.0015
STRV	-0.0146	0.0044	0.0044
	-	-	-
KRNA	0.0054	0.0262	-0.0003
	± 0.0001	± 0.0002	± 0.0003
ZAKR	-0.0167	0.0089	-0.0023
	± 0.0003	± 0.0011	± 0.0012
CG08	0.0012	0.0207	0.0052
	± 0.0004	± 0.0016	± 0.0023

Πίνακας 5.5: Οι ετήσιες τεκτονικές ταχύτητες των σταθμών και οι τυπικές τους αποκλίσεις στο ITRF2000 (συνεχίζεται)

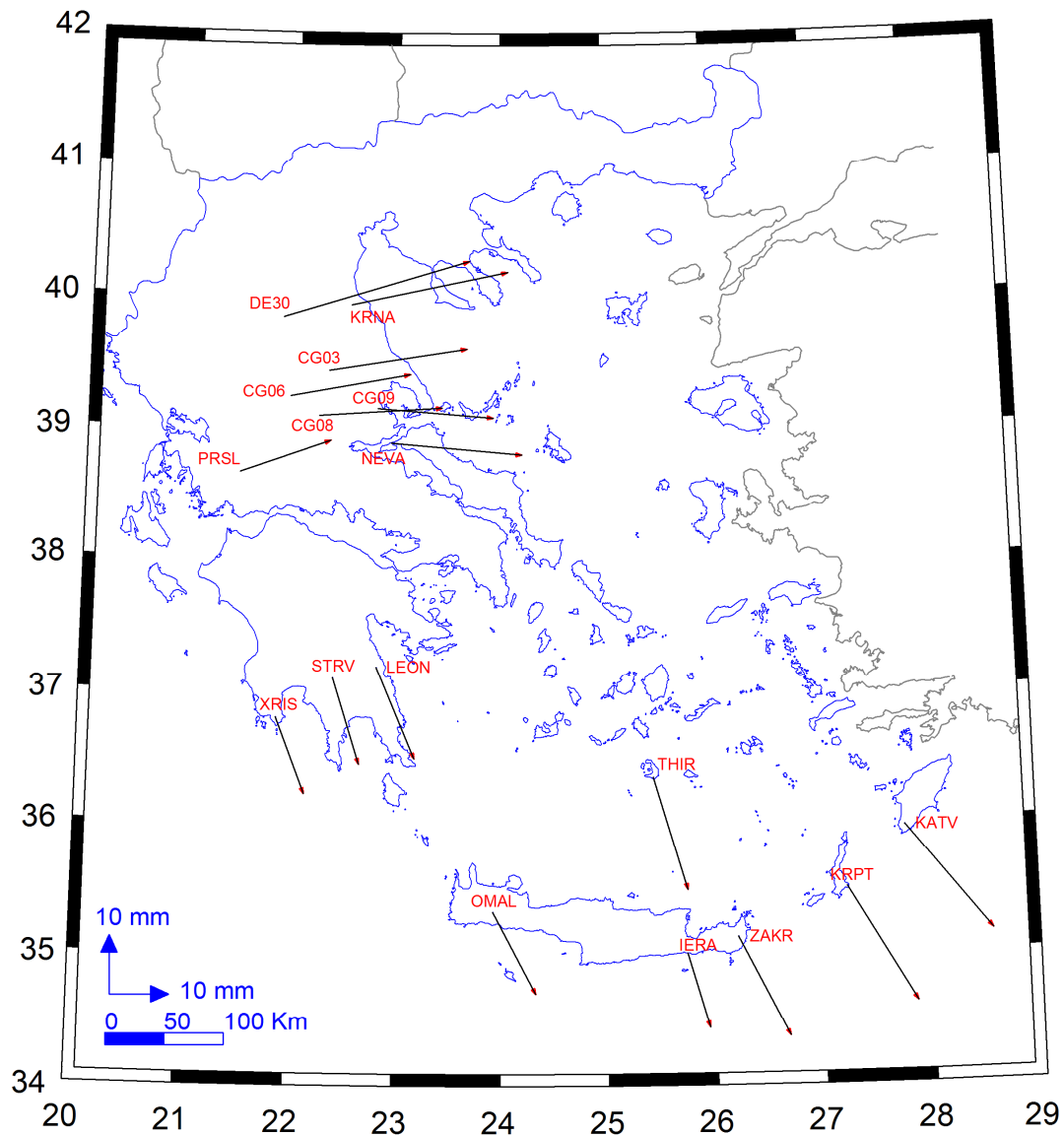
Table 5.5: Annual tectonic velocities of the stations and their standard deviation in ITRF2000 (continues)

ΣΤΑΘΜΟΙ	$U_N(\text{m/year})$	$U_E(\text{m/year})$	$U_h(\text{m/year})$
	σ_o	σ_o	σ_o
XRIS	-0.0129	0.0047	-0.0023
	± 0.0004	± 0.0003	± 0.0013
DE30	0.0092	0.0312	-0.0006
	± 0.0029	± 0.0028	± 0.0092
KRPT	-0.0192	0.0121	-0.0013
	± 0.0004	± 0.0004	± 0.0015
CG06	0.0035	0.0202	0.0022
	± 0.0007	± 0.0022	± 0.0015
CG03	0.0035	0.0232	0.0014
	± 0.0003	± 0.0018	± 0.0004
THIR	-0.0190	0.0059	0.0036
	± 0.0004	± 0.0012	± 0.0038
KATV	-0.0175	0.0150	-0.0002
	± 0.0002	± 0.0013	± 0.0040
NEVA	-0.0020	0.0220	0.0019
	± 0.0008	± 0.0053	± 0.0003

Πίνακας 5.5: Οι ετήσιες τεκτονικές ταχύτητες των σταθμών και οι τυπικές τους αποκλίσεις στο ITRF2000

Table 5.5: Annual tectonic velocities of the stations and their standard deviation in ITRF2000

Οι παραπάνω ταχύτητες χρησιμοποιήθηκαν για την σύνταξη του χάρτη 5.1 που ακολουθεί



Χάρτης 5.1: Οι τεκτονικές ταχύτητες των σταθμών στο ITRF2000

Map 5.1: Annual tectonic velocities of the stations in ITRF2000

5.3.2 Υπολογισμός τεκτονικών ταχυτήτων με σταθερή την Ευρώπη

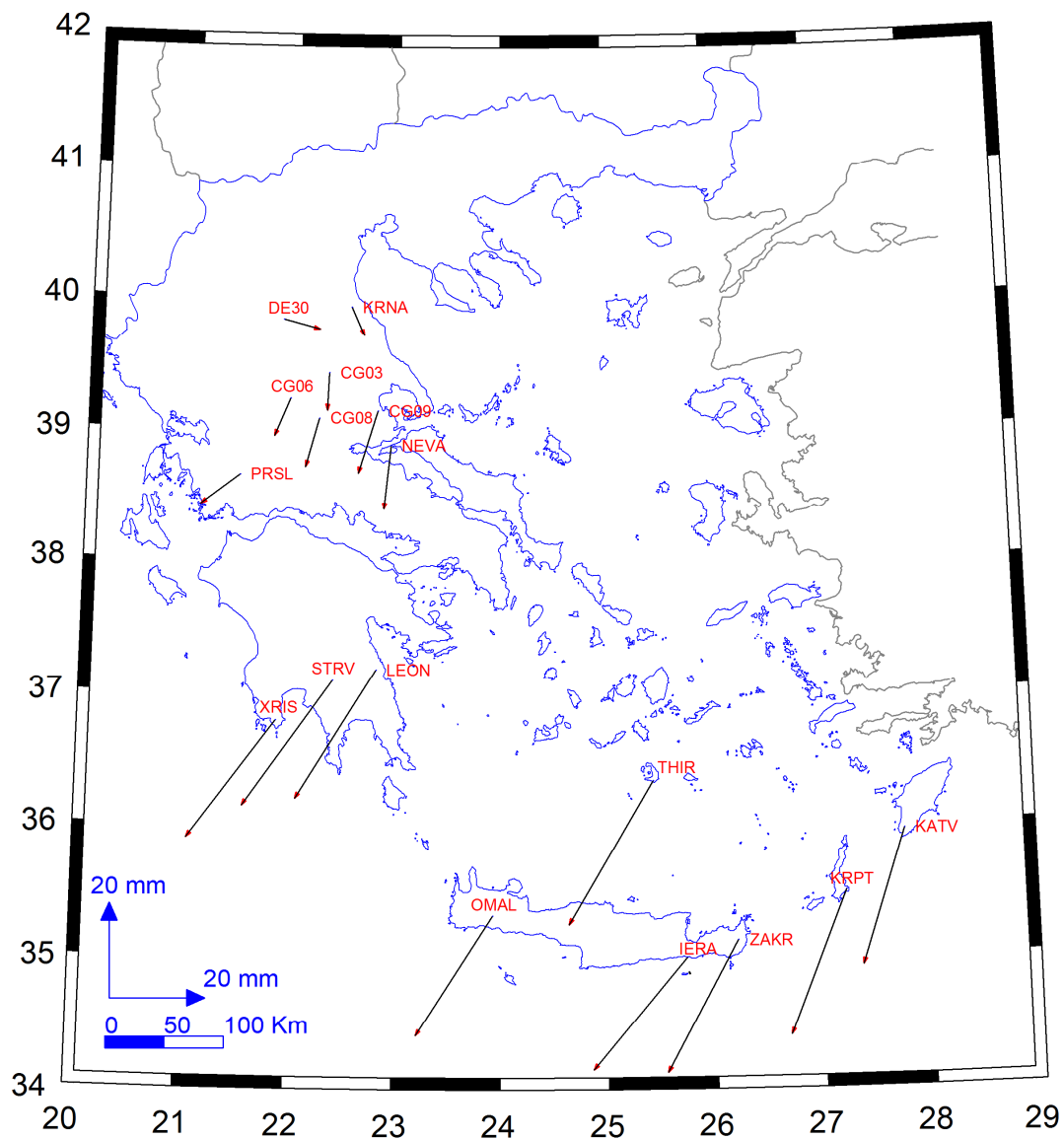
Χρησιμοποιώντας τις ταχύτητες του πίνακα 5.5 υπολογίστηκαν οι ταχύτητες των σταθμών θεωρώντας την Ευρώπη σταθερή. Οι ταχύτητες αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα 5.6 που ακολουθεί.

ΣΤΑΘΜΟΙ	U_N	U_E
	m/year	m/year
LEON	-0.0269	-0.0172
PRSL	-0.0062	-0.0083
CG09	-0.0130	-0.0042
IERA	-0.0239	-0.0198
OMAL	-0.0252	-0.0163
STRV	-0.0260	-0.0192
KRNA	-0.0060	0.0026
ZAKR	-0.0281	-0.0147
CG08	-0.0102	-0.0029
XRIS	-0.0243	-0.0189
DE30	-0.0022	0.0076
KRPT	-0.0306	-0.0115
CG06	-0.0079	-0.0034
CG03	-0.0079	-0.0004
THIR	-0.0304	-0.0177
KATV	-0.0289	-0.0086
NEVA	-0.0134	-0.0016

Πίνακας 5.6: Οι ετήσιες τεκτονικές ταχύτητες των σταθμών σε σύστημα με σταθερή την Ευρώπη.

Table 5.6: Annual tectonic velocities of the stations in a Europe-fixed frame

Οι παραπάνω ταχύτητες χρησιμοποιήθηκαν για την σύνταξη του χάρτη 5.2 που ακολουθεί.



Χάρτης 5.2: Οι ετήσιες τεκτονικές ταχύτητες των σταθμών σε σύστημα με σταθερή την Ευρώπη

Map 5.2: Annual velocities of the stations in a Europe-fixed frame

5.4 Τανυστές Ανηγμένης Παραμόρφωσης

Για την διερεύνηση της τεκτονικής συμπεριφοράς της περιοχής του δικτύου Hellnet μετά από τον υπολογισμό των τεκτονικών ταχυτήτων υπολογίστηκαν και οι τανυστές ανηγμένης παραμόρφωσης.

5.4.1 Περιγραφή του μοντέλου παραμόρφωσης

Εάν $(\delta x, \delta y)$ τα διανύσματα της μετατόπισης των κορυφών του δικτύου και θεωρηθεί ότι η περιοχή παραμορφώνεται ομογενώς τότε τα διανύσματα αυτά μπορεί να θεωρηθούν ότι συνδέονται με τις παραμέτρους παραμόρφωσης σύμφωνα με τις σχέσεις:

$$\delta x = dx + e_x \cdot x + \varepsilon_y \cdot y \quad (5.5)$$

$$\delta y = dy - \varepsilon_x \cdot x + e_y \cdot y \quad (5.6)$$

Όπου,

- dx, dy οι συνιστώσες της μέσης μετάθεσης της περιοχής
- e_x, e_y οι συνιστώσες παραμόρφωσης της κλίμακας κατά τις κύριες διευθύνσεις
- $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ οι γωνίες στροφής κατά τις κύριες διευθύνσεις

Οι παραπάνω σχέσεις σε μορφή πινάκων γράφονται

$$\begin{pmatrix} \delta x \\ \delta y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dx \\ dy \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_x & \varepsilon_y \\ -\varepsilon_x & e_y \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (5.7)$$

$$\delta i = di + E \cdot X \quad (5.8)$$

Όπου E είναι ο τανυστής ανηγμένης παραμόρφωσης, όπου κατά τον προσδιορισμό των τιμών των παραμέτρων του, μπορούν να προκύψουν οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές παραμόρφωσης κλίμακας.

$$e_{\max} = e_1 = \frac{1}{2} \left[(e_x + e_y) + \sqrt{(e_x - e_y)^2 + (\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2} \right] \quad (5.9)$$

$$e_{\min} = e_2 = \frac{1}{2} \left[(e_x + e_y) - \sqrt{(e_x - e_y)^2 + (\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2} \right] \quad (5.10)$$

Προσθέτοντας της παραπάνω τιμές στην μονάδα προκύπτει η έλλειψη παραμόρφωσης που ουσιαστικά εκφράζει το πως παραμορφώνεται ο μοναδιαίος κύκλος που βρίσκεται στο κέντρο βάρους της περιοχής.

5.4.2 Σχεδίαση έλλειψης παραμόρφωσης για όλη την περιοχή

Με την χρήση των ταχυτήτων των 17 σταθμών που υπολογίσθηκαν προηγουμένως προσδιορίσθηκαν οι παράμετροι του μοντέλου με σκοπό να γίνει ο σχεδιασμός μιας έλλειψης παραμόρφωσης για ολόκληρη την περιοχή. Μια τέτοια απεικόνιση είναι δυνατόν να δώσει μόνο μια γενική εικόνα των τάσεων παραμόρφωσης που χαρακτηρίζουν την περιοχή καθώς είναι δυνατόν να περιέχει σφάλματα λόγω της μεγάλης έκτασης που καλύπτει η περιοχή.

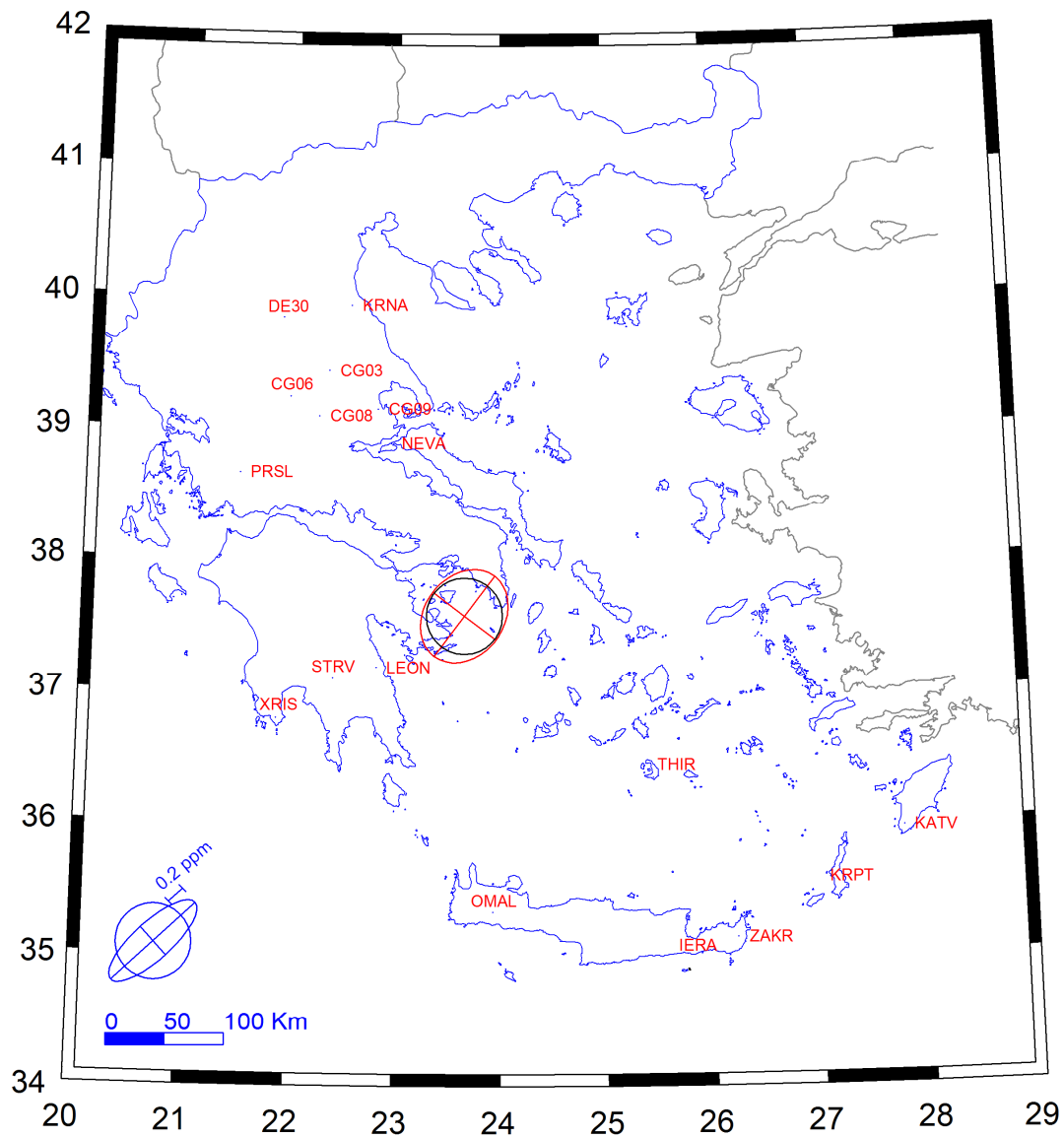
Στον πίνακα 5.7, που ακολουθεί παρουσιάζονται οι παράμετροι που υπολογίσθηκαν για ολόκληρη την περιοχή. Τα X_c και Y_c είναι οι συντεταγμένες του κέντρου βάρους της περιοχής, τα S_x και S_y είναι η μέση μετάθεση, K_x και K_y οι κλίμακες των αξόνων, K_{\max} και K_{\min} οι κύριες κλίμακες, A το αζιμούθιο κατά το οποίο έχουν στραφεί οι άξονες και γ η συνολική παραμόρφωση, που υποδηλώνει την εντατική κατάσταση της περιοχής.

X_c (m)	470004.000
Y_c (m)	4159093.000
S_x (cm)	-0.909
S_y (cm)	-1.830
K_x (ppm)	0.029
K_y (ppm)	0.044
K_{\max} (ppm)	0.064
K_{\min} (ppm)	0.009
Az ($^\circ$)	37.204
γ (ppm)	0.055

Πίνακας 5.7: Οι παράμετροι παραμόρφωσης για όλη την περιοχή

Table 5.7 : Strain parameters for the entire network

Οι τιμές του παραπάνω πίνακα χρησιμοποιήθηκαν για να συνταχθεί ο χάρτης 5.3 που απεικονίζει την έλλειψη παραμόρφωσης για όλη την περιοχή του δικτύου.



Χάρτης 5.3: Η έλλειψη παραμόρφωσης όλης της περιοχής του δικτύου
 Map 5.3: Strain Ellipse of the network

5.4.3 Σχεδίαση ελλείψεων παραμόρφωσης για 3 περιοχές

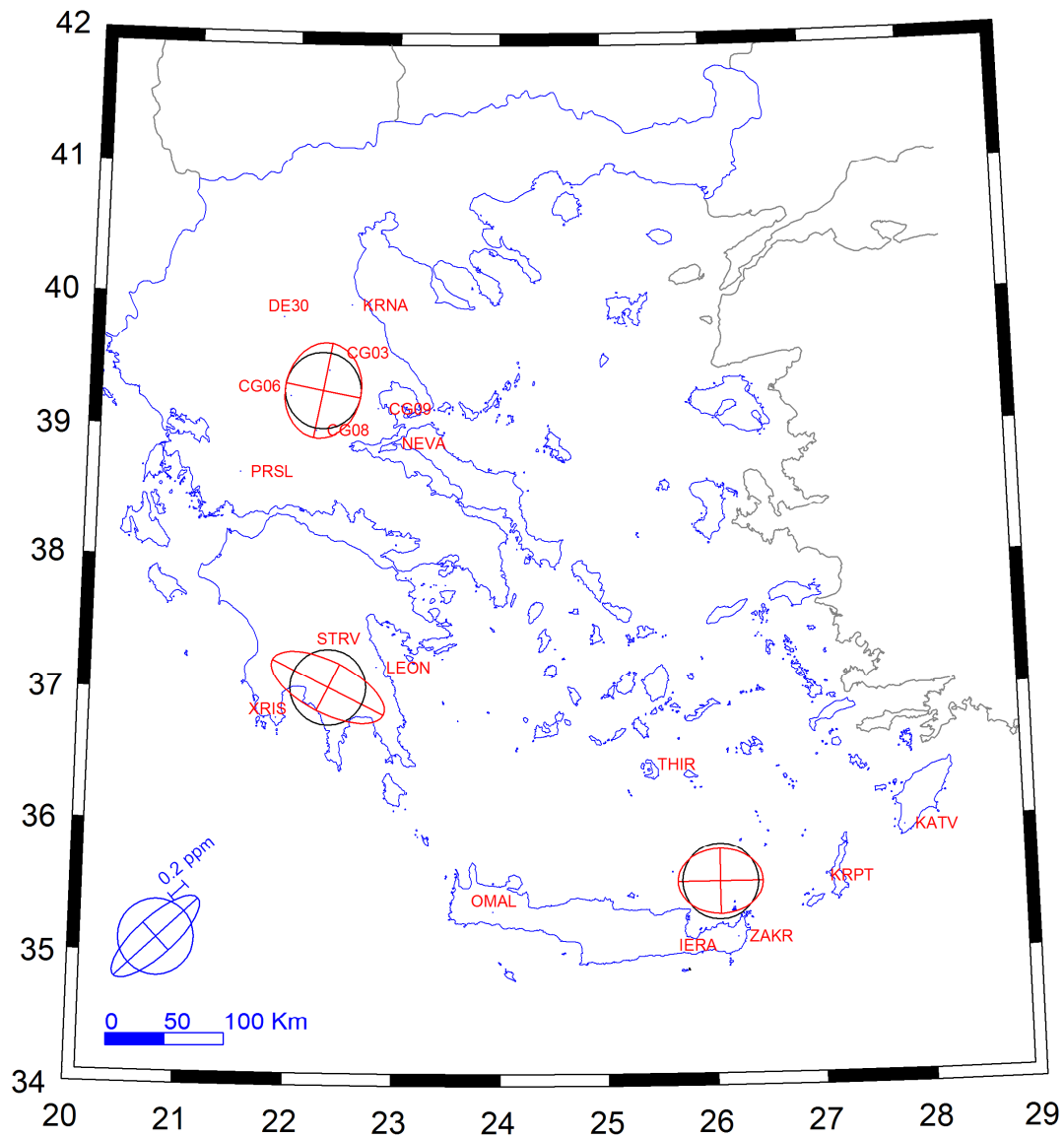
Στην συνέχεια η περιοχή του δικτύου χωρίστηκε σε τρία τμήματα (υποπεριοχές) ώστε να γίνει ο σχεδιασμός των ελλείψεων παραμόρφωσης για κάθε μια ξεχωριστά. Οι περιοχές επιλέχθηκαν βάσει τη θέση των σημείων του δικτύου και ήταν οι Κ. Ελλάδα, η Ν. Πελοπόννησος και το ΝΑ Αιγαίο. Οι παράμετροι παραμόρφωσης που υπολογίστηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα 5.8 που ακολουθεί.

	Κ. Ελλάδα	Ν. Πελοπόννησος	ΝΑ Αιγαίο
X_c(m)	351163.000	354926.000	685997.000
Y_c(m)	4349180.000	4098888.000	3935747.000
S_x (cm)	-0.112	-1.843	-1.477
S_y (cm)	-0.825	-2.573	-2.785
K_x (ppm)	0.003	0.087	0.024
K_y (ppm)	0.049	-0.025	-0.029
K_{max} (ppm)	0.052	0.127	0.024
K_{min} (ppm)	0.000	-0.064	-0.029
Az (°)	11.735	116.987	88.940
γ (ppm)	0.051	0.191	0.053

Πίνακας 5.8: Οι παράμετροι παραμόρφωσης για της 3 υποπεριοχές του δικτύου

Table 5.8: Strain parameters for the 3 regions of the network

Οι τιμές των παραπάνω παραμέτρων χρησιμοποιήθηκαν για την σύνταξη του χάρτη 5.4 όπου απεικονίζονται οι ελλείψεις παραμορφώσεις για τις περιοχές αυτές.



Χάρτης 5.4: Ελλείψεις παραμόρφωσης για τρεις περιοχές του δικτύου
 Map 5.4: Strain Ellipses for three regions of the network

5.4.4 Σχεδίαση ελλείψεων παραμόρφωσης για 2 περιοχές

Τέλος η περιοχή του δικτύου χωρίσθηκε σε δύο τμήματα και υπολογίστηκαν οι παράμετροι παραμόρφωσης που παρουσιάζονται στον πίνακα 5.9. Οι περιοχές που σχηματίστηκαν ήταν:

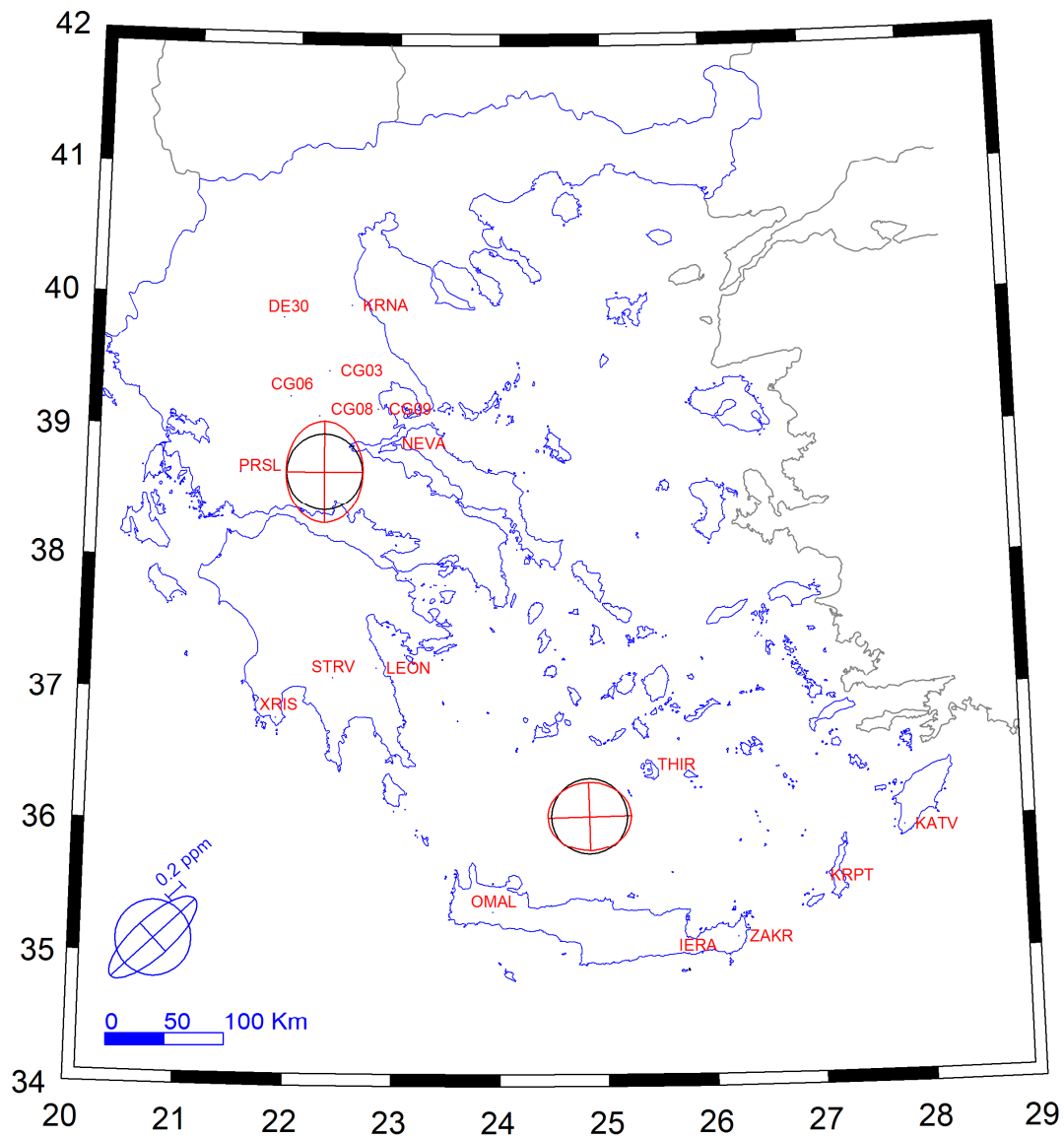
1. Κεντρική Ελλάδα – Νότια Πελοπόννησος
2. Νότια Πελοπόννησος – Νότιο-Ανατολικό Αιγαίο

	1 ^η περιοχή	2 ^η περιοχή
$X_c(m)$	352189	575640
$Y_c(m)$	4280919	3990127
$S_x(cm)$	-0.599	-1.599
$S_y(cm)$	-1.309	-2.714
$K_x(ppm)$	0.003	0.02
$K_y(ppm)$	0.067	-0.019
$K_{max}(ppm)$	0.067	0.02
$K_{min}(ppm)$	0.003	-0.019
$Az(^{\circ})$	0.22	88.276

Πίνακας 5.9: Οι παράμετροι παραμόρφωσης για 2 περιοχές του δικτύου

Table 5.9: Strain parameters for 2 regions of the network

Οι ελλείψεις παραμόρφωσης που προέκυψαν από τις παραπάνω παραμέτρους παρουσιάζονται στον χάρτη 5.5 που ακολουθεί.



Χάρτης 5.5: Ελλείψεις παραμόρφωσης για δυο περιοχές του δικτύου
 Map 5.5: Strain Ellipses for two regions of the network

6. Συμπεράσματα

6.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Πρόκειται για τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την επίλυση του δικτύου, του πειράματος, που έγινε και την σύγκριση των αποτελεσμάτων με την επίλυση του MIT. Όπως επίσης και από την διαδικασία υπολογισμού των τεκτονικών ταχυτήτων, αλλά και από τον υπολογισμό των τανυστών ανηγμένης παραμόρφωσης.

6.2 Η διαδικασία της επίλυσης

6.2.1 Επίλυση του δικτύου

Κατά την επίλυση του δικτύου παρουσιάστηκαν διάφορα προβλήματα όπως η μη ύπαρξη κοινών ημερών παρατηρήσεων για τον σταθμό του Διόνυσου και τους σταθμούς του δικτύου γεγονός, που οδήγησε στην επίλυση του από τους σταθερούς σταθμούς του εξωτερικού οπότε δημιουργήθηκαν μεγάλοι μήκους βάσεις. Το μεγάλο μήκος των βάσεων σε συνδυασμό με διάφορα προβλήματα που προέκυψαν κατά την διάρκεια των μετρήσεων, που ουσιαστικά μείωσαν τον χρόνο συνεχόμενης μέτρησης πολλών σταθμών, οδήγησαν σε μεγάλα τυπικά σφάλματα στα αποτελέσματα της επίλυσης.

6.2.2 Πείραμα επίλυσης με διαφορετικές ομάδες σταθερών σταθμών

Για την επίλυση με σταθερούς σταθμούς την ομάδα των ανατολικών, οι ελάχιστες διαφορές στις συντεταγμένες κατά φ , λ και h ήταν 0.3 mm, 14.5 mm, 21mm αντίστοιχα. Οι μέγιστες που παρατηρήθηκαν ήταν 8.3 mm, 32.8 mm και 60 mm κατά φ , λ , και h . Οι μεγάλες διαφορές που παρουσιάζονται στο

γεωγραφικό μήκος και στο γεωμετρικό υψόμετρο υποδηλώνει ότι το μοντέλο διόρθωσης των σφαλμάτων της ιονόσφαιρας δεν ήταν επαρκές. Πρέπει να τονιστεί ότι το μοντέλο ιονόσφαιρας υπολογίστηκε θεωρώντας σταθερούς όλους τους σταθμούς και ήταν κοινό για όλες τις επιλύσεις.

Στην επίλυση με σταθερούς σταθμούς την ομάδα των βόρειων το παραπάνω φαινόμενο φαίνεται να αμβλύνεται, καθώς οι ελάχιστες διαφορές όπως και οι μέγιστες μειώνονται αισθητά. Έτσι παρατηρούνται ελάχιστες τιμές 4.6 mm, 2.2 mm, 0mm για ϕ , λ , h και μέγιστες τιμές 13.9 mm, 10.6mm και 21mm αντίστοιχα.

Με σταθερούς σταθμούς την ομάδα των δυτικών οι αντίστοιχες ελάχιστες ήταν 4.3mm, 9.1mm, 0mm ενώ οι μέγιστες 11.7mm, 17mm, 9mm για ϕ , λ , h

Καλύτερη επίλυση μπορεί να θεωρηθεί η επίλυση όπου σταθεροί είναι όλοι οι διαθέσιμοι σταθμοί επειδή το μοντέλο της ιονόσφαιρας έχει υπολογιστεί για αυτήν την περίπτωση. Επίσης η γεωμετρία του δικτύου είναι καλύτερη στην περίπτωση αυτή μιας και οι σταθεροί σταθμοί είναι μοιρασμένοι γύρω από το δίκτυο.

6.2.3 Σύγκριση επίλυσης με την αντίστοιχη του gamit

Οι διαφορές που παρατηρούνται κατά το γεωγραφικό πλάτος κυμαίνονται από 8mm έως 12mm. Κατά το γεωγραφικό μήκος παρατηρούνται διαφορές που κυμαίνονται μεταξύ των 3.8 mm και 10.6 mm. Στο γεωμετρικό υψόμετρο οι διαφορές κυμαίνονται από 4mm έως 18mm.

Λόγω του ότι δεν είναι γνώστη η διαδικασία που ακολουθήθηκε από το πανεπιστήμιο του MIT δεν μπορεί να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα για το που ακριβώς οφείλονται αυτές οι διαφορές. Πιθανόν οι παράγοντες που διαμορφώνουν αυτές τις διαφορές να είναι τα μεγάλα σφάλματα της επίλυσης του Bernese, αλλά και η διαφορετική μεθοδολογία που ακολουθεί το gamit για την αντιμετώπιση της ιονοσφαιρικής καθυστέρησης.

6.3 Η διαδικασία υπολογισμού των τεκτονικών ταχυτήτων

6.3.1 Χάρτης τεκτονικών ταχυτήτων στο ITRF2000

Ο σταθμός που παρουσιάζει την ελάχιστη τεκτονική ταχύτητα κατά φ είναι CG09 με ταχύτητα 1.6mm/y ενώ κατά την διεύθυνση του λ είναι ο STRV με ταχύτητα 4.4 mm/y. Οι σταθμοί που παρουσιάζουν τις μέγιστες ταχύτητες κατά φ και λ είναι ο KRPT με ταχύτητα 19.2mm/y και ο DE30 με 31.2 mm/y αντίστοιχα.

Παρατηρείται από τον χάρτη 5.1 ότι δημιουργούνται δυο ομάδες σημείων. Η πρώτη ομάδα περιέχει τα σημεία που βρίσκονται στην Στερεά Ελλάδα που έχουν το χαρακτηριστικό των μεγάλων ταχυτήτων κατά το γεωγραφικό μήκος και διεύθυνση τεκτονικής μετακίνησης ABA. Εξαίρεση στον κανόνα αυτόν αποτελούν τα σημεία CG09 και NEVA που έχουν διεύθυνση ANA. Η δεύτερη ομάδα σημείων είναι τα σημεία της Νότιας Πελοποννήσου και του Νότιο-Ανατολικού Αιγαίου που παρουσιάζουν τις μέγιστες ταχύτητες κατά φ και έχουν διεύθυνση μετακίνησης NNA.

6.3.2 Χάρτης τεκτονικών ταχυτήτων με σταθερή την Ευρώπη

Εάν θεωρηθεί σταθερή η Ευρώπη τότε παρατηρείται μεγάλη αλλαγή στις ταχύτητες των σταθμών. Οι σταθμοί που παρουσιάζουν την ελάχιστη ταχύτητα κατά φ και λ είναι DE30 με ταχύτητα 2.2 mm/y και ο NEVA με 1.6mm/y. Οι σταθμοί που παρουσιάζουν τις μέγιστες ταχύτητες κατά φ και λ είναι ο KRPT με 30.6mm/y και ο IERA με 19.8 mm/y.

Από τον χάρτη 5.2 φαίνεται ότι πάλι δημιουργούνται δυο ομάδες σταθμών όμως αυτή την φορά η διαφοροποίηση τους είναι ως προς το μέτρο της ταχύτητας τους και όχι ως προς την διεύθυνση. Έτσι η ομάδα των σταθμών της Νότιας Πελοποννήσου και του Νότιου-Ανατολικού Αιγαίου παρουσιάζει τις μέγιστες ταχύτητες με διεύθυνση ΝΔ, ενώ η ομάδα των σταθμών της Στερεάς Ελλάδας στην πλειοψηφία της ακολουθεί αυτήν την διεύθυνση αλλά με πολύ

μικρότερες ταχύτητες. Εξαιρέση αποτελούν οι σταθμοί DE30 και KRNA που έχουν διεύθυνση ANA ο πρώτος και NNA ο τελευταίος.

6.4 Διαδικασία υπολογισμού τανυστών παραμόρφωσης

6.4.1 Τανυστής παραμόρφωσης για ολόκληρο το δίκτυο

Τα αποτελέσματα του υπολογισμού των παραμέτρων παραμόρφωσης ολόκληρου του δικτύου φανερώνουν εφελκυστηκές τάσεις 0,06 ppm/year κατά την διεύθυνση BBA και θλιπτικές της τάξης των 0.009 ppm/year κατά την διεύθυνση NNA. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν μόνο την γενική εικόνα της τεκτονικής συμπεριφοράς της περιοχής αφού είναι πιθανό λόγω της μεγάλης επιφάνειας, που καλύπτει να υπεισέρχονται πολλά σφάλματα.

6.4.2 Τανυστές παραμόρφωσης για τρεις περιοχές του δικτύου

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 5.8 άλλα και τον χάρτη 5.4 παρατηρείται ότι η περιοχή της κεντρικής Ελλάδας παρουσιάζει εφελκυστικές τάσεις της τάξης των 0,05 ppm/year κατά την βόρεια διεύθυνση

Για την περιοχή της νότιας Πελοποννήσου παρατηρούνται τάσεις εφελκυσμού τάξεως 0,13 ppm/year και παρουσιάζονται κατά την διεύθυνση NNA, ενώ κατά την διεύθυνση NND παρουσιάζονται θλιπτικές τάσεις μέτρου 0,06 ppm/year.

Στην περιοχή του Νότιο-Ανατολικού Αιγαίου κατά την διεύθυνση της Ανατολής εμφανίζεται εφελκυσμός 0,02 ppm/year ενώ αντιστοίχου μεγέθους θλιπτικές τάσεις εξαφανίζονται κατά την διεύθυνση του Νότου.

6.4.3 Τανυστές παραμόρφωσης για δυο περιοχές του δικτύου

Στην περιοχή της Κεντρικής Ελλάδας και της Νότιας Πελοποννήσου παρουσιάζονται εφελκυστηκές τάσεις 0,07ppm/year κατά την διεύθυνση του

Βορρά. Οι θλιπτικές τάσεις είναι σχεδόν αμελητέες (0,003 ppm/year) και παρουσιάζονται κατά την διεύθυνση της Ανατολής. Συμπεριφορά που πιθανώς να οφείλεται στο ρήγμα του Κορινθιακού Κόλπου

Για την περιοχή της Νότιας Πελοποννήσου και του Νότιου-Ανατολικού Αιγαίου διαπιστώνονται τάσεις εφελκυσμού και θλίψης της τάξεως των 0,02 ppm/year κατά τις διευθύνσεις Ανατολής και Νότου αντίστοιχα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Οδηγίες Προγράμματος `transitr`

1. Τοποθετούμε το `itrftans.m` στο `work directory` του Matlab
2. Τα αρχεία εισόδου αποτελούνται από τρεις στήλες με τα X, Y, Z των σταθμών που θα εφαρμόσουμε τον μετασχηματισμό. Οι σύντεταγμένες πρέπει να είναι στην ίδια εποχή και στο ίδιο ITRF
3. Τόποθετούμε τα αρχεία είσοδου στο `work directory` του Matlab
4. Δίνουμε την εντολή `transitr` και εισάγουμε αυτά που ζητάει το πρόγραμμα

Πρόγραμμα transirtf.m σε περίβαλλον Matlab

```
% Programma Metasximatismou ITRFxx<-->ITRF2000
clear all
clc
format long g

%% Eisagwgi Epoxis kai ITRF
itrf0 = input('Dwse ITRFxx(gia ITRF88 bazoume 88): ');
epoch = input('Epohi twn syntetagmenwn: ');

%% Epilogi twn sintelestwv metasxiamtismou
switch itrf0
    case 88
        T0 = [2.47;1.15;-9.79];
        dT = [0;-0.06;-0.14];
        D0 = (8.95)*eye(3);
        dD = (0.01)*eye(3);
        r10 = 0.1;
        r20 = 0;
        r30 = -0.18;
        dr1 = 0;
        dr2 = 0;
        dr3 = 0.02;
        epoch0 = 1988;
    case 89
        T0 = [2.97;4.75;-7.39];
        dT = [0;-0.06;-0.14];
        D0 = (5.85)*eye(3);
        dD = (0.01)*eye(3);
        r10 = 0;
        dr1 = 0;
        r20 = 0;
        dr2 = 0;
```

```

r30 = -0.18;
dr3 = 0.02;
epoch0 = 1988;
case 90
T0 = [2.47;2.35;-3.59];
dT = [0;-0.06;-0.14];
D0 = (2.45)*eye(3);
dD = (0.01)*eye(3);
r10 = 0;
dr1 = 0;
r20 = 0;
dr2 = 0;
r30 = -0.18;
dr3 = 0.02;
epoch0 = 1988;
case 91
T0 = [2.67;2.75;-1.99];
dT = [0;-0.06;-0.14];
D0 = (2.15)*eye(3);
dD = (0.01)*eye(3);
r10 = 0;
dr1 = 0;
r20 = 0;
dr2 = 0;
r30 = -0.18;
dr3 = 0.02;
epoch0 = 1988;
case 92
T0 = [1.47;1.35;-1.39];
dT = [0;-0.06;-0.14];
D0 = (0.75)*eye(3);
dD = (0.01)*eye(3);
r10 = 0;
dr1 = 0;

```

```

r20 = 0;
dr2 = 0;
r30 = -0.18;
dr3 = 0.02;
epoch0 = 1988;
case 93
T0 = [1.27;0.65;-2.09];
dT = [-0.29;-0.02;-0.06];
D0 = (1.95)*eye(3);
dD = (0.01)*eye(3);
r10 = -0.39;
dr1 = -0.11;
r20 = 0.80;
dr2 = -0.19;
r30 = -1.14;
dr3 = 0.07;
epoch0 = 1988;
case 94
T0 = [0.67;0.61;-1.85];
dT = [0;-0.06;-0.14];
D0 = (1.55)*eye(3);
dD = (0.01)*eye(3);
r10 = 0;
dr1 = 0;
r20 = 0;
dr2 = 0;
r30 = 0;
dr3 = 0.02;
epoch0 = 1997;
case 96
T0 = [0.67;0.61;-1.85];
dT = [0;-0.06;-0.14];
D0 = (1.55)*eye(3);
dD = (0.01)*eye(3);

```

```

r10 = 0;
dr1 = 0;
r20 = 0;
dr2 = 0;
r30 = 0;
dr3 = 0.02;
epoch0 = 1997;
case 97
    T0 = [0.67;0.61;-1.85];
    dT = [0;-0.06;-0.14];
    D0 = (1.55)*eye(3);
    dD = (0.01)*eye(3);
    r10 = 0;
    dr1 = 0;
    r20 = 0;
    dr2 = 0;
    r30 = 0;
    dr3 = 0.02;
    epoch0 = 1997;
otherwise
    disp('Lathos ITRF, to programma ipologizei tous metasximatismous
mono gia ta ITRF 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97')
    return

end

%% Ipologismos parametrwn gia tin epoxi pou einai oi synetagmenes

Tcm = T0 + dT*(epoch - epoch0);
Dppb = D0 + dD*(epoch - epoch0);
r1 = r10 + dr1*(epoch - epoch0);
r2 = r20 + dr2*(epoch - epoch0);
r3 = r30 + dr3*(epoch - epoch0);

```

```

Rmas=[0 -r3 r2;r3 0 -r1;-r2 r1 0];

%% Metatropes monadwn
T = Tcm*(1e-2);
D = Dppb*(1e-9);
R = Rmas*(pi/(180*3600))*(1e-3);

%% Efarmogi metasximatismou
% Eisagwgi Arxeiou Syntetagmenwn kai anagnwsi tou apo to script
arxeioinput = input('Dwse onoma arxeiou syntetagmenwn: ','s');
fid = fopen(arxeioinput,'r');
B = fscanf(fid, '%g %g %g', [3 inf]);
status = fclose(fid);
B = B';
[m,n] = size(B);

% Epilogi metasximatismou
% ITRFxx-->ITRF2000 i ITRF2000-->ITRFxx
metasximatismos = input('Dwse 1 gia metasximtismo ITRFxx-->ITRF2000 i 2
gia ITRF2000-->ITRFxx: ');

%Xrisimoi pinakes IDR, X, B
IDR = eye(3) + D + R;

%Metasximatismos
if metasximatismos == 1
    %ITRFxx-->ITRF2000 sxesi X = IDR\ (C - T)
    for i=1:m
        C = [B(i,1);B(i,2);B(i,3)];
        X = IDR \ (C - T);
        for j=1:n
            APOT(i,j) = X(j);
        end
    end
end
end

```

```

elseif metasximatismos == 2
    %ITRF2000-->ITRFxx sxesi X = IDR * C + T
    for i=1:m
        C = [B(i,1);B(i,2);B(i,3)];
        X = IDR * C + T;
        for j=1:n
            APOT(i,j) = X(j);
        end
    end
else
    disp('Dwsate lathos epilogi stin epilogi tou metasximatismou')
    return
end

%Eisagwgi arxeiou eksodou kai swsimo tw n apotelesamatwn
arxeioout = input('Dwse onoma arxeiou eksodou: ','s');
fid = fopen(arxeioout,'w');
count = fprintf(fid,'%8.4f\t %8.4f\t %8.4f\n', APOT');
status = fclose(fid);

```


Βιβλιογραφία

1. Δ. Πάραδεισης 'Σημειώσεις Δορυφορικής Γεωδαισίας', ΣΑΤΜ Αθήνα Νοέμβριος 2000
2. Γ. Βέης, Χ. Μπιλήρης, Κ. Παπαζήση 'Ανώτερη Γεωδαισία', ΣΑΤΜ, Αθήνα 1995
3. Α. Αλεξούλη – Λειβαδίτη 'Γενική Γεωλογία – Στοιχεία Δυναμικής και Τεκτονικής Γεωλογίας', Αθήνα 2008
4. Α. Αλεξούλη – Λειβαδίτη 'Γενική Γεωλογία – Γεωμορφολογία', Αθήνα 2008
5. Α. Μαρίνου 'Γεωδαιτικός Προσδιορισμός Τεκτονικών Μετατοπίσεων στην Περιοχή της Κοζάνης – Γρεβενών', Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, Αθήνα Μάρτιος 1998
6. Ε. Τομαή – Ζ. Τσαγαννίδου 'Γεωδαιτικός Προσδιορισμός Τεκτονικών Μετατοπίσεων στην Ευρύτερη Περιοχή του Αιγαίου', Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, Αθηνά Οκτώβριος 1998
7. Β. Ζαχαρής 'Παρατηρήσεις Εντοπισμού με το Σύστημα GPS στο Νότιο-Ανατολικό Αιγαίο', Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, Αθηνά Φεβρουάριος 2004
8. Σ. Αντζελέτος 'Γεωδαιτικός Προσδιορισμός Τεκτονικών Μετατοπίσεων στην Νότια Πελοπόννησο', Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, Αθήνα Μάρτιος 2004
9. Σ. Κάτηφεογλου 'Προσδιορισμός Τεκτονικών Παραμορφώσεων στον Ελληνικό Χώρο 1892-1972', Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, Αθήνα Ιούλιος 2005
10. Η. Δάρας 'Επίδραση του Σεισμού της Σουμάτρας το 2004 στη Θέση των Σταθμών GPS Διονύσου και Λευκάδας', Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, Αθηνά Μάρτιος 2006

Δημοσιεύσεις

11. S. McClusky et al 'Global Positioning System constrains on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus',

Journal of Geophysical Research, vol 105, no B3, pages 5695-5719,
March 2000

12. R. Reilinger, S. McClusky, P. Vernant, S. Lawrence et al 'GPS Constraints on Continental Deformation in the Africa-Arabia-Eurasia Continental Collision Zone and Implications for the Dynamics of Plate Interactions' Journal of Geophysical Research, vol 111, no B5, B05411, May 2006

Ιστοσελίδες

13. <http://www.iers.org>
14. <http://sopac.ucsd.edu/>
15. <http://itrf.ensg.ign.fr/>
16. <http://www.conceptum.gr/seismopolis/>
17. <http://www.auth.gr/home/>