

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΣΤΟ
ΒΑΡΘΟΛΟΜΙΟ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΓΕΝΕΣΗΣ ΣΕΙΣΜΩΝ ΤΗΣ
ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΡΑΜΗΤΟΠΟΥΛΟΣ Χ. ΠΑΝΤΕΛΗΣ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2006
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Υπεύθυνος Καθηγητής : Α. ΚΥΡΑΤΖΗ

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε κατά το χρονικό διάστημα 2005-2006. Το μεγαλύτερο μέρος της δουλειάς πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γεωφυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Ευχαριστώ θερμά την Καθηγήτρια Σεισμολογίας **Κυρατζή Αναστασία** για την καθοδήγηση και τις συμβουλές που μου έδωσε, για την όσο το δυνατόν καλύτερη και πιο εμπεριστατωμένη ολοκλήρωση της εργασίας, όπως επίσης και για τον εξοπλισμό που χρειάστηκα σε κάποιες στιγμές και αβίαστα μου παρείχε.

Ευχαριστώ επίσης θερμά τον υποψήφιο Διδάκτορα **Μπενετάτο Χριστόφορο** για τις πολύτιμες συμβουλές του και για τις γνώσεις που μου μετέδωσε, καθώς επίσης και για το χρόνο που αφιέρωσε για την επίλυση προβλημάτων που παρουσιάζονταν κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Καραμητόπουλος Χ. Παντελής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας.....	5
1.2 Γενικά.....	5
1.3 Στοιχεία σεισμικών ακολουθιών.....	8
1.4 Ο κύριος σεισμός στο Βαρθολομιά(02/12/02).....	11
1.5 Γεωλογικά στοιχεία περιοχής.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΝ.....	14
2.1 Επεξεργασία κυματομορφών.....	14
2.2 Μέθοδος επαναπροσδιορισμού επικέντρων (relocation).....	16
2.2.1 Εισαγωγή.....	16
2.2.2 Επεξεργασία φάσεων με hypoellipse.....	17
2.3 Αποτελέσματα.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΓΕΝΕΣΗΣ.....	24
3.1 Μέθοδος της πρώτης απόκλισης των επιμηκών κυμάτων.....	24
3.2 Μηχανισμοί γένεσης περιοχής μελέτης.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΡΜΗΝΕΙΑ.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	32
5.1 Πίνακας σεισμολογικών παραμέτρων μετά τον επαναπροσδιορισμό των επικέντρων.....	32
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	35
Software που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των εστιακών παραμέτρων και την προβολή δεδομένων σε χάρτες.....	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι:

- Α. Επαναπροσδιορισμός των επικέντρων (relocation) ενός καταλόγου σεισμών (166 σε αριθμό), οι οποίοι έλαβαν χώρα στην περιοχή του Ιόνιου πελάγους και στις δυτικές περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας (ΒΔ Πελοπόννησο, Ακαρνανία) από τις 10/2/2001 έως τις 31/12/2002, με σκοπό την διεξαγωγή συμπερασμάτων για την γεωμετρία του σεισμογόνου χώρου και άρα του σεισμικού ρήγματος στην περιοχή μελέτης.
- Β. Καθορισμός μηχανισμών γένεσης διακεκριμένων σεισμών από τον κατάλογο. Οι μηχανισμοί γένεσης πραγματοποιήθηκαν για σεισμούς που αφενός μεν είχαν μεγάλο μέγεθος και αφετέρου οι πρώτες αποκλίσεις των P κυμάτων ήταν ευδιάκριτες σε πολλούς σταθμούς του δικτύου καταγραφής. Για αυτό το λόγο μηχανισμοί γένεσης πραγματοποιήθηκαν για σεισμούς, για τους οποίους ο αριθμός των φάσεων (P και S φάσεων) ξεπερνούσε τις 15.

1.2. Γενικά

Η σεισμική δράση στον Ελληνικό χώρο είναι ευρέως διαδεδομένη λόγω της θέσης της στο ένα από τα δύο ηπειρωτικά συστήματα διάρρηξης (Σχ. 1.1). Ως γνωστόν οι σεισμοί αποτελούν γεωδυναμικά φαινόμενα, αποτέλεσμα μιας σχετικά πρόσφατης γεωλογικής

διαδικασίας που ονομάζεται ενεργός τεκτονική. Τα σημαντικότερα γεωδυναμικά φαινόμενα που παρατηρούνται σήμερα είναι αποτέλεσμα της ενεργού τεκτονικής δράσης που λαμβάνει χώρα σε ορισμένες ζώνες της Γης. Αυτές οι ζώνες χωρίζονται σε δύο συστήματα διάρρηξης και ορίζουν τα όρια των μεγάλων λιθοσφαιρικών πλακών. Αυτά είναι:

- Το ηπειρωτικό σύστημα διάρρηξης
- Το σύστημα των μεσοωκεάνιων ραχών

Το ηπειρωτικό σύστημα διάρρηξης αποτελείται από την **Ευρασιατική – Μελανησιακή Ζώνη** (με ανάπτυξη που ξεκινά από το Γιβραλτάρ, περνά τις Άλπεις, τα Βαλκάνια, το Ιράν, τα Ιμαλάια, τη Βιρμανία και καταλήγει στην Ινδονησία) και την **Περειρηνική ζώνη** (Περειρηνικές παράκτιες ζώνες με εξαίρεση τις παράκτιες περιοχές της Βόρειας Αμερικής). Το σύστημα αυτό αποτελεί την περιοχή σύγκλισης των λιθοσφαιρικών και καταστροφής του φλοιού της Γης.

Οι **μεσο-ωκεάνιες ράχες** αποτελούν ανυψώσεις του ωκεάνιου φλοιού οι οποίες διατρέχουν τον Ατλαντικό ωκεανό από Βορρά προς Νότο και διασχίζουν τον Ινδικό και τον Ειρηνικό ωκεανό. Σε αυτό το σύστημα διάρρηξης πραγματοποιείται απόκλιση των λιθοσφαιρικών πλακών και γένεση νέου φλοιού.

Η Ελλάδα βρίσκεται στην Ευρασιατική – Μελανησιακή ζώνη του ηπειρωτικού συστήματος διάρρηξης (Σχ. 1.1). Το Ελληνικό τόξο (Ιόνια Νησιά – Κρήτη – Ρόδος) αποτελεί ένα από τα νησιωτικά τόξα του συστήματος αυτού και η δημιουργία του έγκειται στο γεγονός ότι ο ελληνικός χώρος βρίσκεται στο όριο σύγκλισης δύο μεγάλων λιθοσφαιρικών πλακών, της Ευρασιατικής και της Αφρικανικής. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος για τον οποίο η ενεργός τεκτονική είναι υψηλή στην περιοχή της Ελλάδας και κυρίως στις περιοχές που διαγράφει το Ελληνικό τόξο.



Σχ. 1.1. Θέση της Ελλάδας στο Ηπειρωτικό Σύστημα διάρρηξης. Η παχιά γραμμή παριστάνει τμήμα της ζώνης του ηπειρωτικού συστήματος διάρρηξης.

Το Ελληνικό Τόξο αποτελείται από το εξωτερικό ιζηματογενές τόξο, το οποίο συνδέει τις Δυναρικές Άλπεις με τις Τουρκικές Ταυρίδες, και εσωτερικό ηφαιστειακό τόξο. Η μέση απόσταση των δύο τόξων έχει υπολογιστεί στα 120 Km (Parazachos and Comninakis, 1971). Το ιζηματογενές τόξο αποτελείται από Παλαιοζωικά μέχρι Τριτογενή πετρώματα, ενώ το ηφαιστειακό τόξο από διάφορα ηφαιστειακά νησιά, ενεργά ανδεσιτικά ηφαίστεια θειονίες και ατμίδες (Σουσάκι, Μήλος, Κως). Μεταξύ του ιζηματογενούς και του ηφαιστειακού τόξου υπάρχει το Κρητικό Πέλαγος (λεκάνη του νοτίου Αιγαίου) με μέγιστο βάθος 2000m, ενώ βορειότερα με μέγιστο βάθος θαλάσσιου πυθμένα 1500m, βρίσκεται η τεκτονικής προελεύσεως λεκάνη του βόρειου Αιγαίου.

Συνέχιση της τελευταίας λεκάνης προς τα ανατολικά αποτελούν οι μικρές λεκάνες της θάλασσας του Μαρμαρά (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2002).

Η περιοχή μελέτης της παρούσης διπλωματικής εργασίας (ΒΔ Πελοπόννησος, Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος) αποτελεί τμήμα του ελληνικού τόξου και βρίσκεται σε γειτονία με τη ζώνη των Ιονίων νησιών. Έχει δειχθεί, μετά από έρευνα για την γεωγραφική και κατακόρυφη κατανομή της χρονικά ανεξάρτητης σεισμικότητας στην Ελλάδα και στις γύρω περιοχές, πως η υψηλότερη επιφανειακή σεισμική δραστηριότητα παρατηρείται στη ζώνη των Ιονίων νησιών (Κεφαλονιά, Ζάκυνθος, Λευκάδα). Από τα παραπάνω μπορεί εύκολα να συμπεράνει κανείς, ότι η παρατήρηση των σεισμικών ακολουθιών, στη συγκεκριμένη περιοχή (ζώνη Ιονίων νησιών), αποτελεί επιτακτική ανάγκη για την παρατήρηση της ενεργού τεκτονικής και την καλύτερη κατανόηση των γεωδυναμικών φαινομένων που λέγονται σεισμοί.

1.3. Στοιχεία σεισμικών ακολουθιών

Σεισμική ακολουθία λέγεται το σύνολο των σεισμών που γεννιούνται σε ένα τόπο κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος κατά το οποίο η συχνότητα των σεισμών στον τόπο αυτόν είναι σημαντικά αυξημένη. Σε μία ακολουθία ξεχωρίζει συνήθως ένας σεισμός, του οποίου το μέγεθος είναι σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό των υπολοίπων και είναι ο κύριος σεισμός. Όσοι σεισμοί προηγούνται του κύριου σεισμού καλούνται **προσεισμοί** ενώ όσοι ακολουθούν **μετασεισμοί**. Οι προσεισμοί ενός κύριου σεισμού αποτελούν μια προσεισμική ακολουθία και οι μετασεισμοί αυτού μια μετασεισμική ακολουθία. Οι επιφανειακοί σεισμοί ακολουθούνται σχεδόν πάντοτε από μετασεισμούς, ενώ προσεισμοί συμβαίνουν σπανιότερα. Ο αριθμός των μετασεισμών μιας μετασεισμικής ακολουθίας είναι μεγαλύτερος του αριθμού των προσεισμών της αντίστοιχης προσεισμικής ακολουθίας. Η διαφορά του μεγέθους, M , του κύριου σεισμού και του μεγέθους M_1 , του μεγαλύτερου μετασεισμού είναι, κατά μέσο όρο ίση με 1.2. Δηλαδή:

$$M - M_1 = 1.2$$

Η διαφορά μεγέθους του μεγαλύτερου προσεισμού από το μέγεθος του κύριου σεισμού είναι της τάξης των δύο μονάδων.

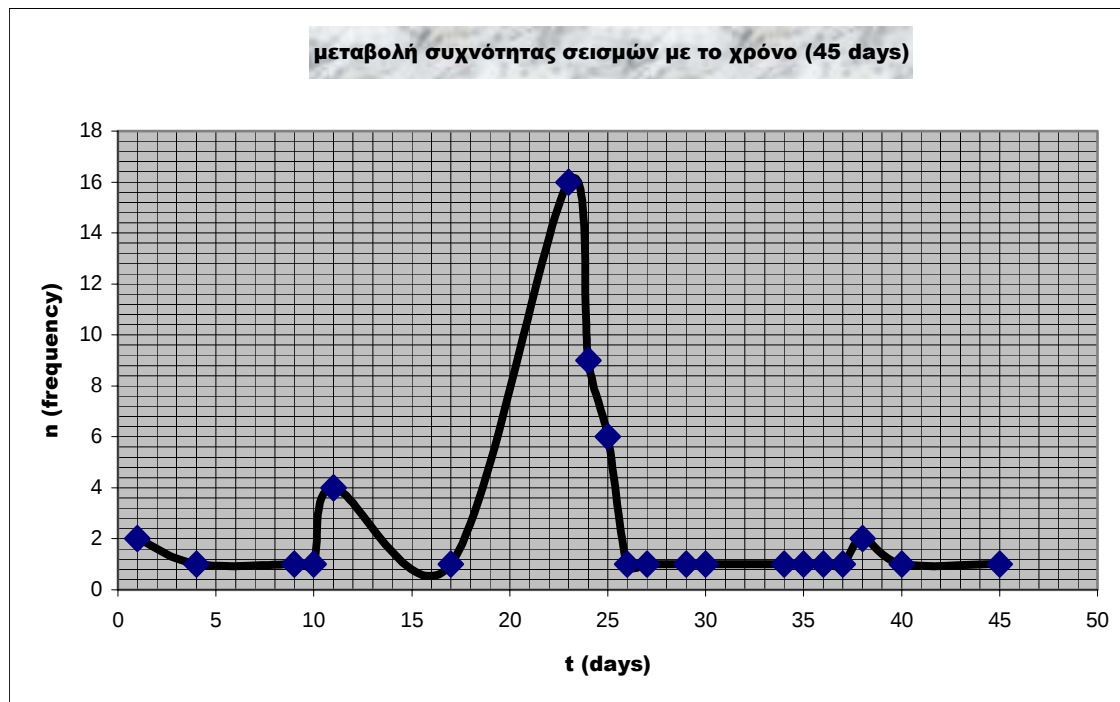
Στην περίπτωση που δεν υπάρχει σεισμός, σε μια σεισμική ακολουθία, που να έχει σαφώς μεγαλύτερο μέγεθος από τους υπολοίπους σεισμούς, τότε λέμε ότι η σεισμική ακολουθία αποτελεί σμήνος σεισμών και τα μέλη αυτής ονομάζονται σμηνοσεισμοί. Οι τελευταίοι συμβαίνουν συνήθως στις ηφαιστειακές περιοχές και είναι γενικά μικροί.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι διακρίνουμε τρεις βασικές κατηγορίες σεισμικών ακολουθιών. Στην πρώτη περίπτωση ο κύριος σεισμός συμβαίνει χωρίς να έχει προηγηθεί γένεση προσεισμών, ενώ ακολουθείται αυτός από μετασεισμούς που η συχνότητά τους ελαττώνεται με το χρόνο. Στη δεύτερη περίπτωση προηγούνται του κύριου σεισμού προσεισμοί και τον ακολουθούν μετασεισμοί. Στην τρίτη περίπτωση δεν υπάρχει κύριος σεισμός και η ακολουθία αποτελεί σμήνος σεισμών. Η συχνότητα των σεισμών του σμήνους αρχικά αυξάνεται συνεχώς μέχρι να αποκτήσει μια μέγιστη τιμή και μετά ελαττώνεται συνεχώς μέχρι να αποκτήσει πάλι την συνηθισμένη της τιμή (Παπαζάχος, 1997).

Κατά την μελέτη της σεισμικής ακολουθίας της παρούσης διπλωματικής εργασίας η αύξηση και ελάττωση της συχνότητας των προσεισμών και μετασεισμών αντίστοιχα φαίνεται στην γραφική παράσταση του σχήματος 1.2. Οι καταγραφές που χρησιμοποιήθηκαν για το συγκεκριμένο διάγραμμα ξεκινούν από τις 09/11/2002 έως τις 24/12/2002 και πάρθηκαν από τον κατάλογο που παρατίθεται στο παράρτημα της παρούσης εργασίας. Το μέγιστο της γραφικής παράστασης αντιστοιχεί στην ημέρα που έλαβε χώρα ο κύριος σεισμός της σεισμικής ακολουθίας ($M_L = 5.3$).

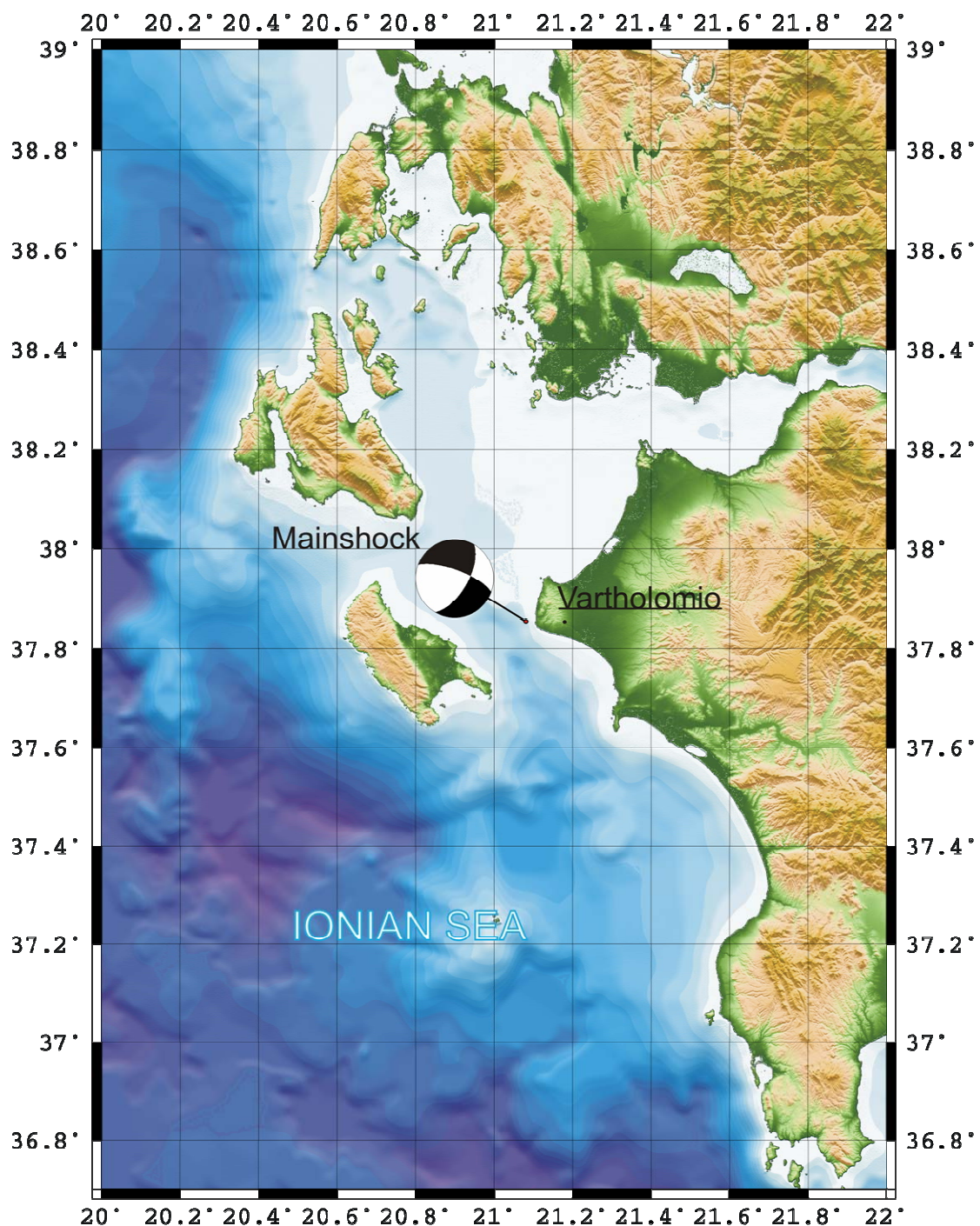
Πίνακας 1.1

t	n
1	2
4	1
9	1
10	1
11	4
17	1
23	16
24	9
25	6
26	1
27	1
29	1
30	1
34	1
35	1
36	1
37	1
38	2
40	1
45	1



Σχ. 1.2. Μεταβολή συχνότητας σεισμών σε συνάρτηση με το χρόνο.

1.4 Ο κύριος σεισμός στο Βαρθολομιο (02/12/2002)



Σχ. 1.3. Επίκεντρο και μηχανισμός γένεσης κύριου σεισμού

Στις 2 Δεκεμβρίου του 2002 ένας μετρίου μεγέθους σεισμός ($M=5.3$) έπληξε το Νοτιοανατολικό Ιόνιο και ιδιαίτερα την χερσόνησο της Κυλλήνης (ΒΔ Πελοπόννησος).

Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του επικέντρου του κύριου σεισμού, μετά το λεγόμενο επαναπροσδιορισμό (relocation) που έλαβε χώρα στην παρούσα εργασία, έχουν γεωγραφικό πλάτος και μήκος $\varphi=37.854^\circ$ και $\lambda=21.081^\circ$ αντίστοιχα (Σχ. 1.3). Ο σεισμός προκλήθηκε από μια διάρρηξη παράταξης (strike-slip) με μία ελαφρώς κανονική συνιστώσα, όπως προκύπτει από τον καθορισμό του μηχανισμού γένεσης του σεισμού. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον καθορισμό του μηχανισμού γένεσης είναι αυτή της πρώτης απόκλισης των P κυμάτων. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η προτεινόμενη λύση βρίσκεται σε συμφωνία με την αντίστοιχη τυπική λύση της περιοχής της Κυλλήνης, όπως προτάθηκε από τους Papazachos et al. το 1998, από Roumelioti et al., καθώς επίσης και με τον μηχανισμό γένεσης που προτάθηκε από το I.T.S.A.K. για τον εν λόγω σεισμό. Η σεισμική κίνηση έγινε κυρίως αισθητή στους δήμους Βαρθολομιού και Κυλλήνης, στο δομημένο περιβάλλον των οποίων σημειώθηκαν και οι περισσότερες βλάβες. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην ίδια περιοχή έλαβε χώρα σεισμός $M=6.0$, τον Οκτώβριο του 1988, με περισσότερες και γεωγραφικά εκτενέστερες βλάβες. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του τότε επικέντρου ήταν $\varphi=37.91^\circ$ και $\lambda=21.06^\circ$.

Σύμφωνα με τη σεισμοτεκτονική κατηγοριοποίηση των ρηγμάτων στον ελληνικό χώρο που έγινε ανάλογα με το είδος και τη γεωγραφική θέση του κάθε ρήγματος (Papazachos et al., 2001), η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην ζώνη των δεξιόστροφων ρηγμάτων στα Ιόνια νησιά. Η ζώνη αυτή αποτελείται από δύο υποζώνες. Η πρώτη περιλαμβάνει την Κεφαλονιά και τη Λευκάδα, ενώ η δεύτερη (στην οποία εμπίπτει και η περιοχή μελέτης) την απέναντι ηπειρωτική Ελλάδα (βορειοδυτική Πελοπόννησος – Ακαρνανία). Από τις διαθέσιμες λύσεις μηχανισμών γένεσης στην περιοχή προκύπτουν για τη δεύτερη υποζώνη τα παρακάτω: Τυπικό ρήγμα $\zeta=37^\circ$, $\delta=83^\circ$, $\lambda=-174$. Τυπικό άξονας P: $\xi=262^\circ$, $\theta=9^\circ$. Τυπικός άξονας T: $\xi=352^\circ$, $\theta=0^\circ$. Από τα παραπάνω διαπιστώνουμε ότι στην περιοχή δεσπόζουν δεξιόστροφα ρήγματα με μια ελαφρώς κανονική συνιστώσα διάρρηξης κλίσης (αρνητικό λ). Το ίδιο συμβαίνει και στην δυτική υποζώνη με τη διαφορά ότι εδώ συναντάμε μια ανάστροφη συνιστώσα διάρρηξης κλίσης (θετικό λ). Χαρακτηριστικό ρήγμα της ζώνης αυτής είναι το δεξιόστροφο ρήγμα μετασχηματισμού της Κεφαλονιάς (CTF, Cephalonia Transform Fault).

Η γένεση των δεξιόστροφων ρηγμάτων στην περιοχή οφείλεται στην προς τα νοτιοδυτικά κίνηση της μικροπλάκας του Αιγαίου σε σχέση με την Ευρασιατική και την Απουλία μικροπλάκα (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2002).

1.5. Γεωλογικά στοιχεία περιοχής

Κρίθηκε σκόπιμο να γίνει μια σύντομη αναφορά στην γεωλογία τόσο της περιοχής μελέτης όσο και γενικότερα της ευρύτερης περιοχής, όχι κατ' ανάγκη για να γίνει συσχετισμός των αποτελεσμάτων της παρούσης εργασίας με τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, αλλά για να έχουμε μια πιο εμπεριστατωμένη και πιο συνολική εικόνα της περιοχής.

Η ευρύτερη περιοχή του Βαρθολομιού, σύμφωνα με τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ (φύλλα Βαρθολομίο & Αμαλίας, 1:50.000), δομείται από τεταρτογενείς σχηματισμούς οι οποίοι επικάθονται σε άλλους μεταλπικούς σχηματισμούς (μειοκαινικά ιζήματα, πλειο-πλειστοκαινικοί σχηματισμοί) μεγάλου πάχους. Οι μεταλπικοί σχηματισμοί επικάθονται ασύμφωνα στους Αλπικούς σχηματισμούς που αποτελούν το υπόβαθρο της περιοχής και ανήκουν στην Ιόνια γεωτεκτονική ζώνη. Προαλπικό υπόβαθρο δεν έχει αποδειχθεί σε όλη τη ζώνη. Υπάρχει όμως η άποψη ότι τα ημιμεταμορφωμένα πετρώματα Πελοποννήσου – Κυθήρων - Κρήτης αποτελούν κοινό ανωπαλαιozoικό υπόβαθρο για τις ζώνες Γαβρόβου – Τριπόλεως και Αδριατικοϊόνιο. Οι πλειο-πλειστοκαινικοί σχηματισμοί συνίστανται από ασβεστιτικούς ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, μάργες, εναλλασσόμενες στρώσεις ιλυωδών άμμων και αργίλων πάχους μεγαλύτερου από 1500 μέτρα. Οι τεταρτογενείς ολοκαινικές αποθέσεις αποτελούνται κυρίως από εναλλασσόμενες στρώσεις άμμων, ιλύων και αργίλων, συχνά σε χαλαρή δομή και πρόσφατες προσχώσεις από άμμους και κροκάλες, λόγω της δράσης χειμάρρων στην ευρύτερη περιοχή. Κατά μήκος της νοτιοδυτικής και βορειοδυτικής παράκτιας ζώνης (Κυλλήνη, λουτρά Κυλλήνης) εμφανίζονται θίνες πάχους 3-4 m, όπου και είχαν παρατηρηθεί εδαφικές διαρρήξεις λόγω ρευστοποίησης κατά τον σεισμό του 1988 (Ι.Τ.Σ.Α.Κ., 2003, Ο Σεισμός του Βαρθολομιού, Ισχυρή Εδαφική Δόνηση Και Συμπεριφορά Των Κατασκευών). Σαν πρώτα αλπικά ιζήματα της Ιονίου ζώνης γενικότερα θεωρούνται οι

εβαπορίτες (Περμοτριάδική ηλικία) με ορισμένες ασβεστολιθικές παρεμβολές. Το πάχος των εβαπορίτων υπολογίστηκε με γεωτρήσεις γύρω στα 1500 m. Πάνω στις γύψους επίκεινται δολομίτες και αμέσως μετά στρώματα ασβεστόλιθων (πάχος 1800m), τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με τη φάση ιζηματογένεσης που έλαβε χώρα στο λεγόμενο ελληνικό «μειογεωσύγκλινο», τον χώρο δηλαδή εκείνο στον οποίο συγκεντρώθηκαν τα ιζήματα της Ιονίου ζώνης κατά τη διάρκεια της Αλπικής ορογένεσης. Η ιζηματογένεση συνεχίστηκε αδιάκοπα όπως και σε όλες τις εξωτερικές Ελληνίδες και τέλος αποθέεται ο φλύσχος του οποίου η σύσταση είναι κυρίως ψαμμιτική-μαργαϊκή στα κατώτερα στρώματα, ενώ προς τα πάνω εξελίσσεται σε εναλλαγές μάργων, μαργαϊκών ασβεστόλιθων και κροκαλοπαγών (Μουντράκης Δ., 1985).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΝ

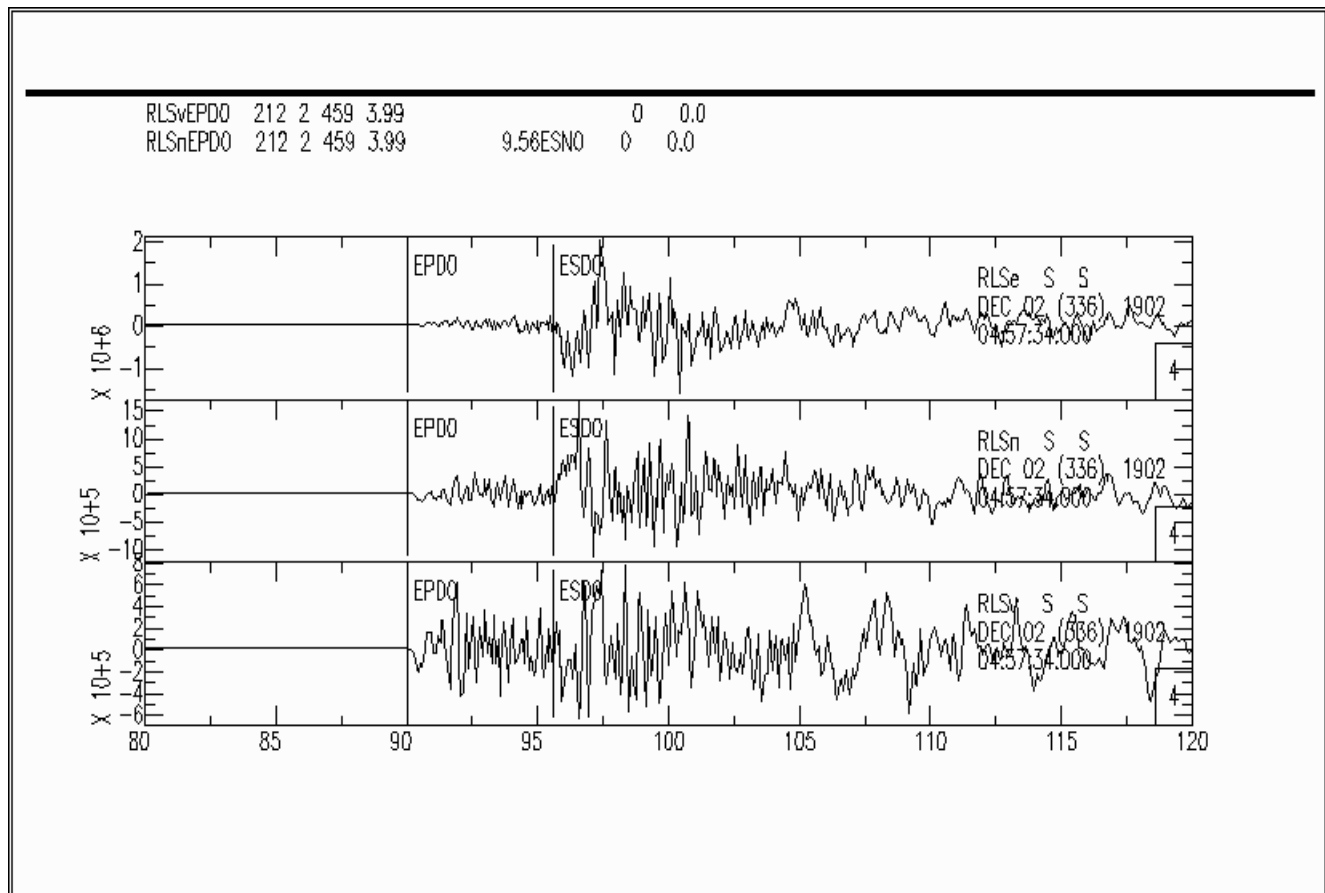
2.1. Επεξεργασία κυματομορφών

Οι κυματομορφές των σεισμών που επεξεργάστηκαν για το λεγόμενο επαναπροσδιορισμό (relocation) των επικέντρων της παρούσης σεισμικής ακολουθίας, πάρθηκαν από τον κατάλογο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών υπό τη μορφή seisan (seisan αρχεία). Αρχικά οι καταγραφές τοποθετήθηκαν συνολικά σε ένα φάκελο (directory) και μέσω της εντολής GSESEI του προγράμματος SEISAN μετατράπηκαν σε INT αρχεία, π.χ. ESR02224801.232_INT. Τα δύο πρώτα νούμερα αντιπροσωπεύουν το έτος της καταγραφής (02), τα υπόλοιπα έξι νούμερα την ώρα της καταγραφής (22:48:01) και τα τελευταία τρία νούμερα την μέρα που έλαβε χώρα ο κάθε σεισμός. Οι μέρες μετρώνται χάριν ευκολίας με το Ιουλιανό ημερολόγιο, αλλά μετατρέπονται εύκολα σε μέρες κανονικού ημερολογίου με τη

βοήθεια πινάκων (π.χ. το 232 αντιστοιχεί στις 20/08 σε μη δίσεκτο έτος). Κατόπιν μέσω του προγράμματος GSE2SAC τα INT αρχεία αποσυμπιέστηκαν από τον GSE αλγόριθμο, μετατράπηκαν σε αρχεία SAC και αποθηκεύτηκαν σε συγκεκριμένο directory με τα αντίστοιχα ονόματά τους, π.χ. ESR02224601.232.

Η ενεργοποίηση των προγραμμάτων έγινε σε λειτουργικό UNIX. Φτάνοντας στο συγκεκριμένο directory πληκτρολογούμε το όνομα του σεισμού που θέλουμε να επεξεργαστούμε. Με την εντολή sac ανοίγει το πρόγραμμα για την ανάλυση των δεδομένων. Για κάθε σεισμό του καταλόγου έχουμε τις αντίστοιχες καταγραφές των σταθμών και κάθε σταθμός έχει γράψει τρεις κυματομορφές, μία για κάθε σεισμόμετρο (συνιστώσα N-S, E-W και Z). Πηγαίνουμε σε κάθε σταθμό με την εντολή r *....*. Για παράδειγμα, αν στο κενό που δημιουργείται ανάμεσα στους αστερίσκους γράψουμε VLS (δηλ. r *VLS*) ανοίγουμε τις κυματομορφές που έγραψε ο σταθμός στα Βαλσαμάτα (Σταθμός **Γεωδυναμικού Ινστιτούτου Αθηνών**). Για κάθε καταγραφή δημιουργούμε ένα χώρο αποθήκευσης, με την εντολή ohpf και το ακόλουθο όνομα της αντίστοιχης εδαφικής δόνησης π.χ. v336.1, στον οποίο αποθηκεύονται οι αντίστοιχες φάσεις (δύο για κάθε σταθμό, μία για την άφιξη των P και μία για την άφιξη των S κυμάτων). Με την εντολή p1 ανοίγουμε το παράθυρο με τις κυματομορφές και μαρκάρουμε τις αφίξεις των S και P κυμάτων.

Την άφιξη των P κυμάτων επιλέγουμε συνήθως να μαρκάρουμε στην καταγραφή της κατακόρυφης συνιστώσας Z, γιατί στα συγκεκριμένα όργανα είναι πιο ευκρινής η πρώτη τους απόκλιση. Στα P κύματα ορίζουμε το βαθμό της αξιοπιστίας του μαρκαρίσματος με μια αριθμητική κλίμακα από το 0 έως 3 (συντελεστής βαρύτητας), το αν η πρώτη απόκλιση ήταν απότομη ή ομαλή (σημειώσαμε I ή E αντίστοιχα) καθώς και τη διεύθυνση της πρώτης απόκλισης, αν ήταν δηλαδή προς τα πάνω ή προς τα κάτω (σημειώσαμε U ή D αντίστοιχα). Το τελευταίο μας βοηθά στο να καθορίζουμε τον μηχανισμό γένεσης ενός σεισμού με τη μέθοδο της πρώτης απόκλισης των P κυμάτων. Εποπτική εικόνα όλων των παραπάνω έχουμε στο σχήμα 2.1.



Σχ. 2.1. Μαρκάρισμα P και S φάσεων με τη χρήση του SAC

2.2. Μέθοδος επαναπροσδιορισμού επικέντρων relocation

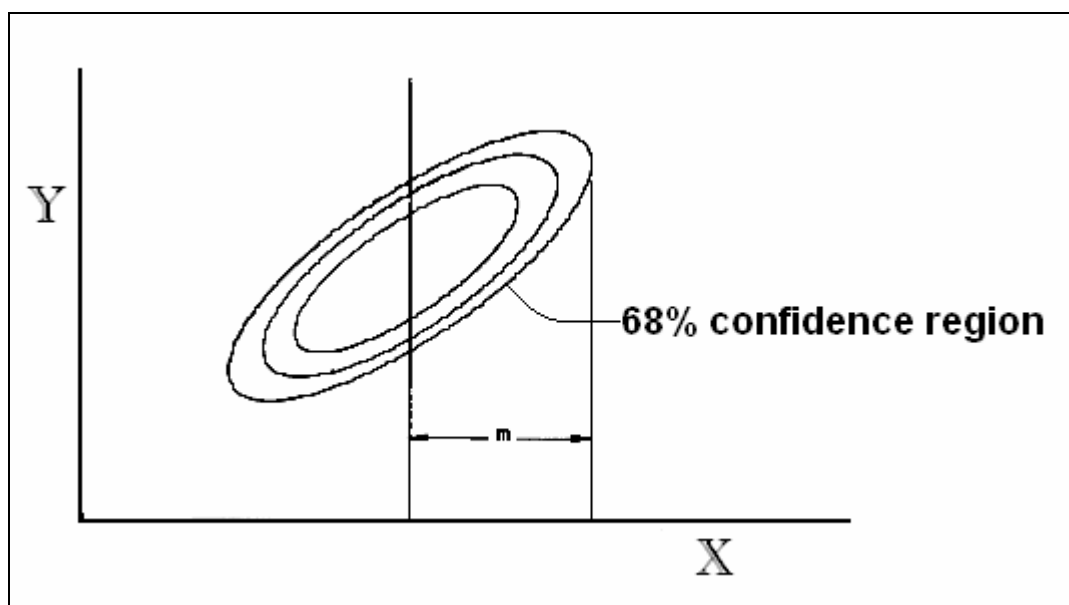
2.2.1. Εισαγωγή

Οι σεισμογόνοι χώροι στο επιφανειακό τμήμα της Γης, αποτελούν χώρους στους οποίους έχουμε τη μέγιστη ενέργεια ελαστικής παραμόρφωσης. Είναι εκείνοι οι χώροι στους οποίους είναι συσσωρευμένη η ενέργεια πριν το σεισμό και στους οποίους ενεργοποιούνται τα σεισμόγονα ρήγματα κατά τη διάρκεια του σεισμού. Οι σεισμογόνοι χώροι συμπίπτουν με τους μετασεισμικούς χώρους, τους χώρους δηλαδή εκείνους όπου βρίσκονται οι εστίες των μετασεισμών. Μάλιστα οι τελευταίοι αυξάνονται με την αύξηση του μεγέθους του κύριου σεισμού (Παπαζάχος, 1997). Με την μέθοδο του επαναπροσδιορισμού των επικέντρων (relocation) προσπαθούμε να εντοπίσουμε, όσο το δυνατόν ακριβέστερα, τις εστίες των μετασεισμών και να απεικονίσουμε σε χάρτες τα επίκεντρα τους, με σκοπό τη διεξαγωγή συμπερασμάτων για τη γεωμετρία του σεισμογόνου χώρου

και άρα του σεισμογόνου ρήγματος. Για παράδειγμα μια αζιμουθιακή κατανομή των epicέντρων των μετασεισμών μας δίνει πληροφορίες για την παράταξη του ρήγματος.

2.2.2. Επεξεργασία των φάσεων με **hypoellipse**

Οι διάφορες φάσεις που μαρκάραμε με τον τρόπο που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.1, χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τον καθορισμό διαφόρων παραμέτρων της σεισμικής εστίας, όπως ο χρόνος γένεσης του σεισμού, οι γεωγραφικές συντεταγμένες του epicέντρου και το εστιακό βάθος. Οι παραπάνω παράμετροι υπολογίστηκαν με τη χρήση του **hypoellipse**, το οποίο αποτελεί ένα πρόγραμμα υπολογισμού εστιακών παραμέτρων. Οι διάφορες παράμετροι στον εστιακό χώρο υπολογίζονται με μία στάθμη εμπιστοσύνης της τάξης του 68%. Η πιθανότητα αυτή ορίζεται με ένα ελλειψοειδές σφάλματος (error ellipsoid), επειδή οι τυχαίες μεταβλητές μας είναι δισδιάστατες. Έχουμε δηλαδή μία συνάρτηση πιθανότητας της μορφής $P(X, Y)$. Γραφική απεικόνιση του ελλειψοειδούς σφάλματος βλέπουμε στο γράφημα παρακάτω (Σχ. 2.2). Περαιτέρω ανάλυση ξεπερνά τους στόχους της παρούσης εργασίας.



Σχ. 2.2. Γραφική απεικόνιση του ελλειψοειδούς σφάλματος

Το **hypoellipse** υπολογίζει τα επίκεντρα σύμφωνα με τη **μέθοδο Geiger**. Τα απαραίτητα δεδομένα, που χρησιμοποιούνται κατά την εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου, είναι οι χρόνοι αναγραφής των επιμηκών κυμάτων (P) και εγκαρσίων (S) σε διάφορους σεισμολογικούς σταθμούς. Οι χρόνοι διαδρομής στο hypoellipse καθορίζονται από μια οριζόντια στρωματογραφική δομή ταχυτήτων, η οποία επιλέγεται ανάλογα με την περιοχή μελέτης. Είναι αυτό που ονομάζουμε «μοντέλο ταχυτήτων». Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο που βλέπουμε στον πίνακα 2.1 (Παναγιωτόπουλος, 1985). Οι τρεις πραγματικές μεταβλητές που ορίζουμε στα διάφορα στρώματα ταχυτήτων του εκάστοτε μοντέλου είναι κατά σειρά, η ταχύτητα των P κυμάτων (σε km/sec), το βάθος από την επιφάνεια της Γης (σε km) και ο λόγος V_p/V_s . Ξεκινούμε πάντοτε για τις πρώτες καταγραφές των μεταβλητών από μηδενικό βάθος.

Πίνακας 2.1. Μοντέλο Ταχυτήτων που χρησιμοποιήθηκε στο hypoellipse (Παναγιωτόπουλος 1985).

		N	V_p (km/sec)	Depth (km)	V_p/V_s ratio
VELOC	1	1	5.5	0.0	2.01
VELOC	1	2	5.6	1.0	1.92
VELOC	1	3	6.1	3.0	1.86
VELOC	1	4	6.5	10.0	1.92
VELOC	1	5	8.0	30.0	1.80

Το hypoellipse χρησιμοποιεί ένα προσωρινό επίκεντρο και ένα προσωρινό χρόνο γένεσης του σεισμού, από πληροφορίες που του εισάγουμε εμείς, και σε συνδυασμό με το μοντέλο ταχυτήτων υπολογίζει τους χρόνους άφιξης των P και S κυμάτων για κάθε σταθμό. Η διαφορά των τελευταίων χρόνων από τους χρόνους άφιξης που μετρήθηκαν αναφέρεται ως απόκλιση (residual) και εκφράζεται ποσοτικά με το **RMS (root-mean-square) residual**. Το RMS residual εκφράζει ουσιαστικά την αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων μας και η μαθηματική του έκφραση είναι:

$$RMS = \left[\frac{\sum_1^N W_i R_i^2}{\sum_1^N W_i} \right]^{1/2}$$

όπου, για τις i φάσεις που μαρκάραμε, $i = 1, \dots, N$, R_i είναι η διαφορά του παρατηρούμενου από τον υπολογισμένο χρόνο άφιξης της κάθε i φάσης και W_i είναι το βάρος που δίνει το πρόγραμμα για την κάθε φάση i .

Η τιμή του RMS εξαρτάται από το κατά πόσο το μοντέλο ταχυτήτων που επιλέξαμε αντιπροσωπεύει την εξεταζόμενη περιοχή, από τον συντελεστή βαρύτητας που σημειώσαμε υποκειμενικά κατά την άφιξη των κυμάτων, καθώς και από τη διαδικασία που χρησιμοποιήσαμε για να εντοπίσουμε τους διάφορους σεισμούς. Το τελικό RMS που αναγράφεται στον τελικό πίνακα για κάθε σεισμική καταγραφή αποτελεί ουσιαστικά το μέσο όρο του RMS όλων των σταθμών του δικτύου καταγραφής. Η ελαχιστοποίηση του RMS για κάθε καταγραφή κρίνεται απαραίτητη για τον βέλτιστο προσδιορισμό των συντεταγμένων του επικέντρου και του χρόνου γένεσης.

Σε γενικές γραμμές οι παράμετροι που πρέπει ορίσουμε στο πρόγραμμα, ώστε να προχωρήσει στον υπολογισμό των εστιακών παραμέτρων είναι οι παρακάτω :

- Όνομα σταθμών (τέσσερις χαρακτήρες) και τοποθεσία αυτών με γεωγραφικό μήκος και πλάτος, καθώς και το υψόμετρο του κάθε σταθμού.
- Εισαγωγή παραμέτρων μοντέλου ταχυτήτων.
- Δημιουργία αρχείου φάσεων όπως αυτές επεξεργάστηκαν και μαρκαρίστηκαν στο SAC.

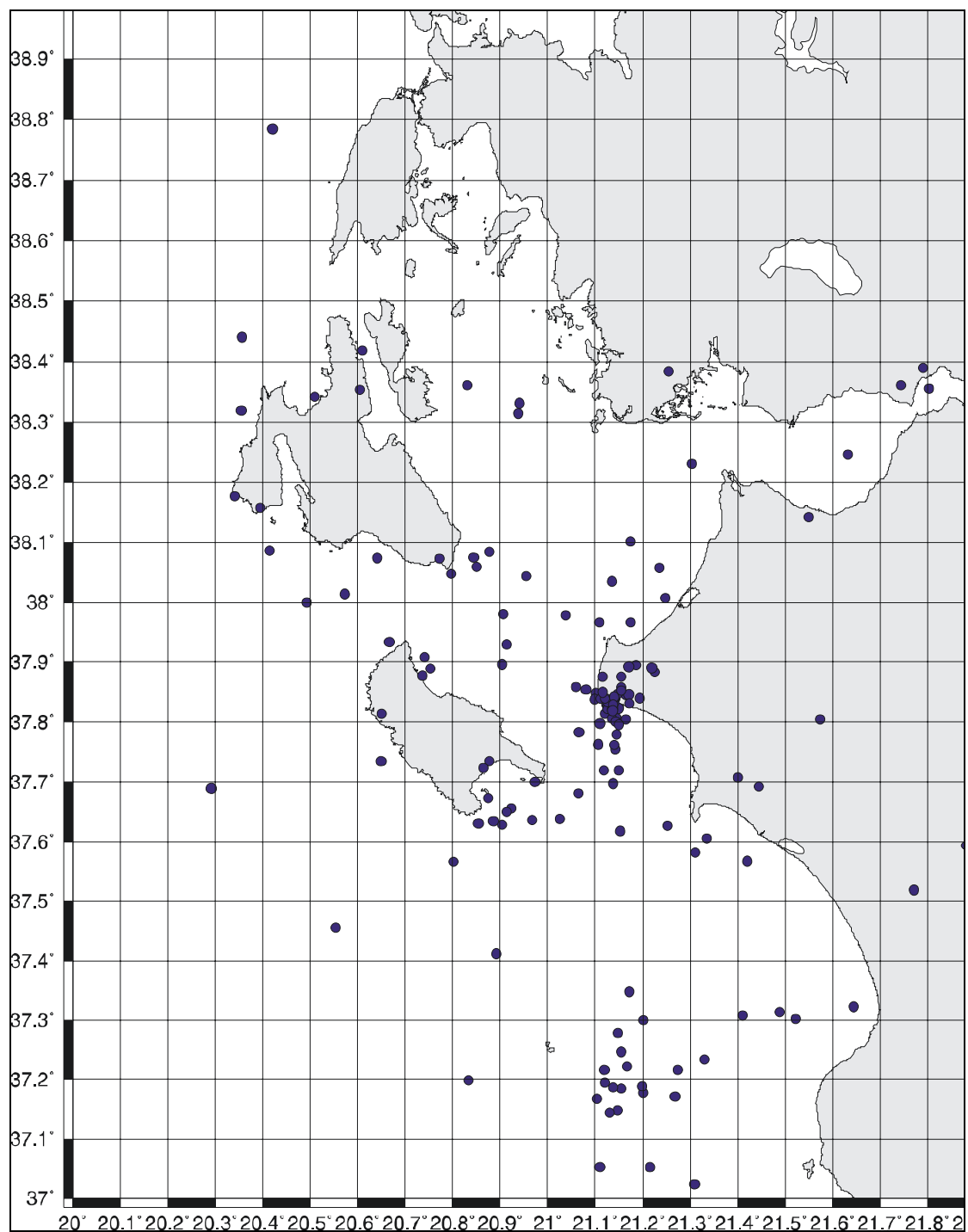
Επίσης ορίσαμε στο πρόγραμμα να υπολογίζει εστιακά βάθη κάτω από δύο χιλιόμετρα (fixed depth: 2km). Η ποσοτική μείωση των RMS επιτεύχθηκε με εκ νέου διορθώσεις του μαρκαρίσματος των φάσεων (των S κυρίως φάσεων ή και αμφότερων των φάσεων λόγω του θορύβου που υπήρχε στις συγκεκριμένες καταγραφές με αποτέλεσμα η πρώτη τους απόκλιση να είναι δυσδιάκριτη). Μετά τις διορθώσεις ξανατρέχαμε κάθε φορά το hypoellipse για την διεξαγωγή των επαναπροσδιορισμών των εστιακών παραμέτρων. Τα τελικά αποτελέσματα αναγράφονται στον τελικό πίνακα που παρατίθεται στο παράρτημα. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην ελαχιστοποίηση των RMS, όσον αφορά τις καταγραφές

που είναι χρονικά κοντά στον κύριο σεισμό (2/12/2002, 4:58), γιατί αυτές μας έδωσαν επίκεντρα σχετικά κοντά στο επίκεντρο του κύριου σεισμού και είναι αυτές που θα μας δώσουν σημαντικές πληροφορίες για την γεωμετρία του σεισμικού ρήγματος. Τα μεγέθη (M_L) των σεισμών που χρησιμοποιούνται στην εν λόγω εργασία πάρθηκαν από την ιστοσελίδα του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου Αθηνών www.gein.noa.gr.

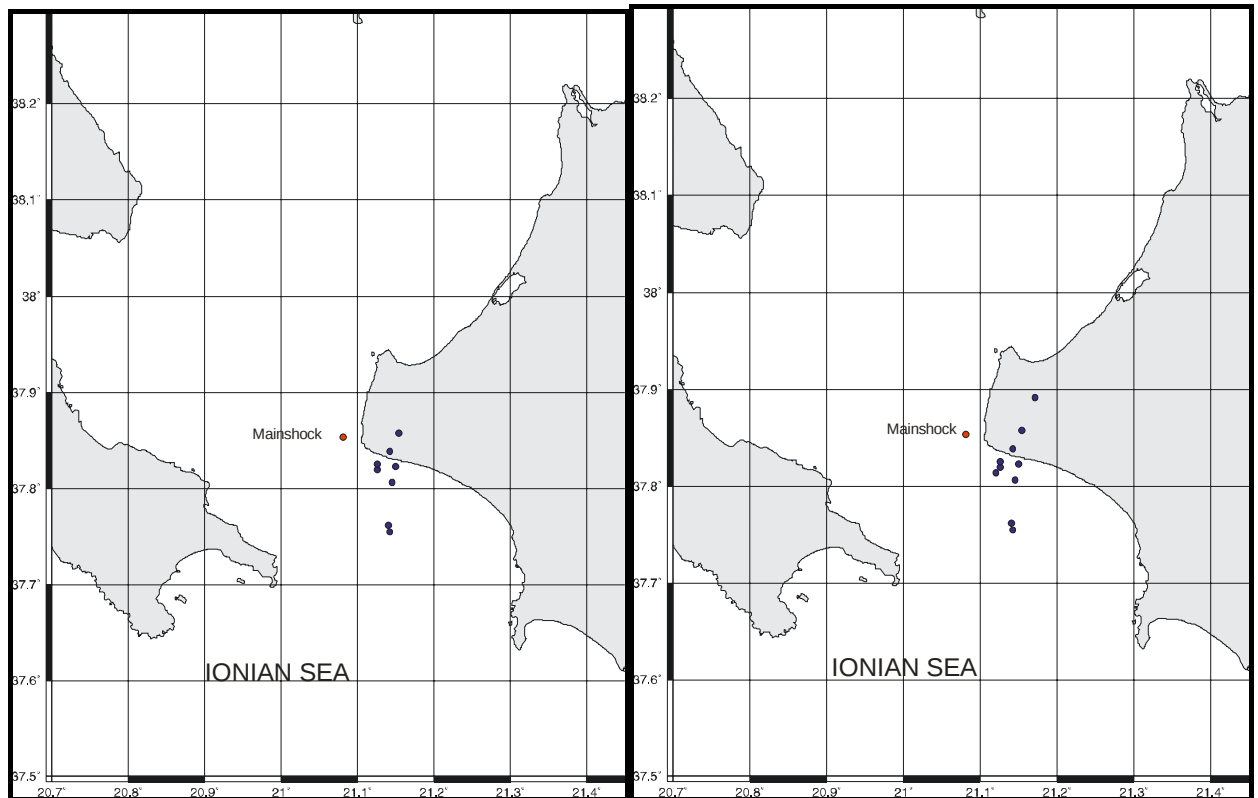
2.3. Αποτελέσματα

Η γεωγραφική κατανομή των επικέντρων όλων των σεισμών απεικονίζεται στον σχήμα 2.3. Η προβολή των επικέντρων έγινε με τη χρήση του προγράμματος **GMT (Generic Mapping Tools)**.

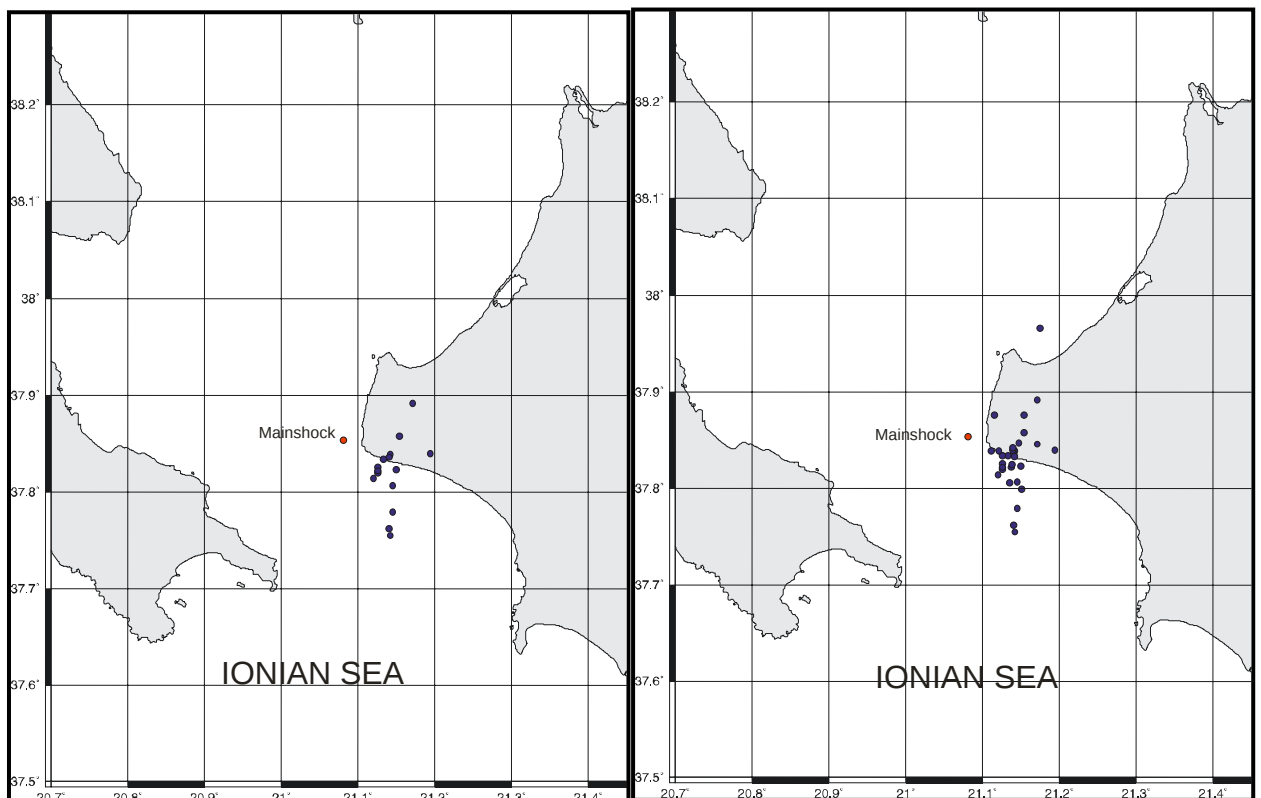
Κρίθηκε ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε τη σεισμικότητα στον χώρο για χρονικό διάστημα ενός μήνα, μετά τη γένεση του κύριου σεισμού. Για την καλύτερη γεωγραφική παρατήρηση της σεισμικότητας κατασκευάστηκαν χάρτες που απεικονίζουν τα επίκεντρα των μετασεισμών έξι, δώδεκα, εικοσιτεσσέρων ωρών, καθώς και μίας εβδομάδας και ενός μήνα μετά τη γένεση του κύριου σεισμού (Σχ. 2.4 - 2.6).



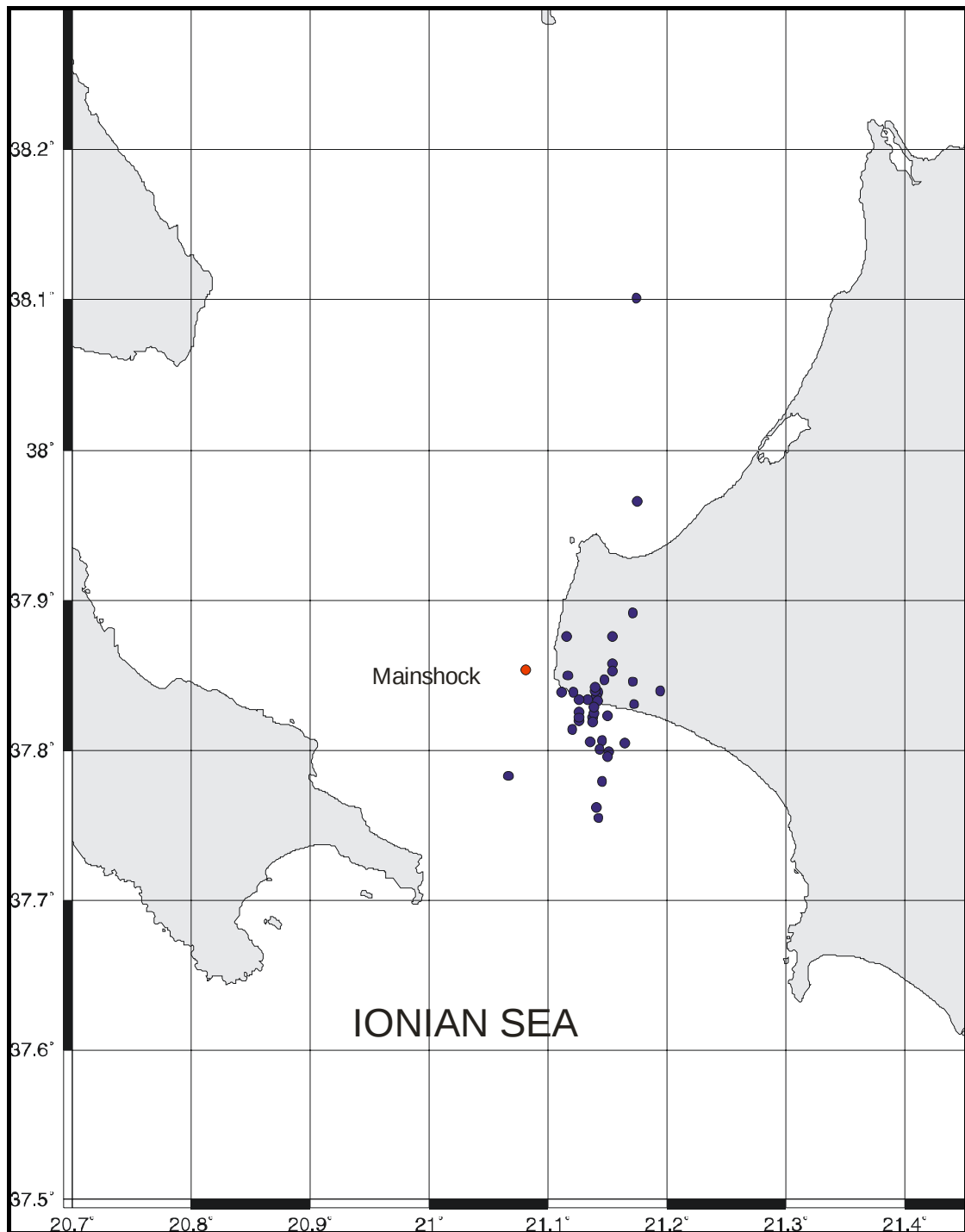
Σχ. 2.3. Γεωγραφική κατανομή επικέντρων



Σχήμα 2.4α & 2.4β. Επίκεντρα Μετασεισμών 6 & 12 ώρες αντίστοιχα μετά τον κύριο σεισμό (Mainshock με κόκκινο χρώμα).



Σχήμα 2.5α & 2.5β. Επίκεντρα Μετασεισμών 24 ωρών & 7 ημερών αντίστοιχα μετά τον κύριο σεισμό (Mainshock με κόκκινο χρώμα).



Σχήμα 2.6. Επίκεντρα σεισμών μετά τον κύριο σεισμό (χρονικό διάστημα ενός μήνα από τις 02/12/02 έως τις 31/12/02)

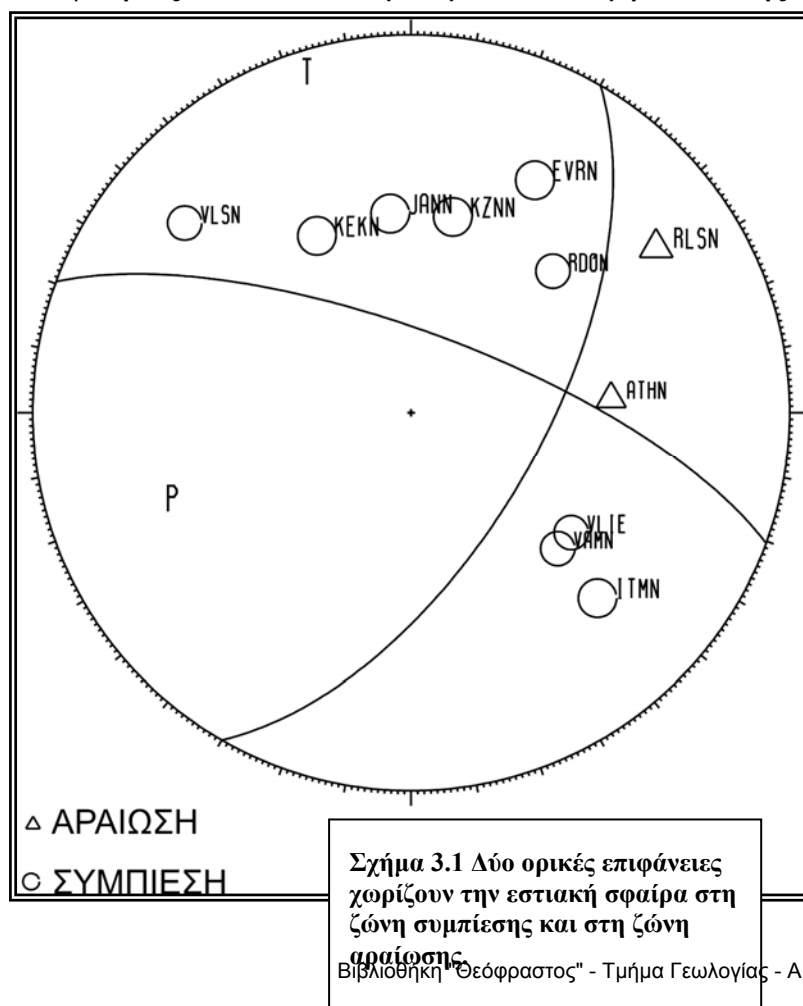
Κατά το χρονικό διάστημα των έξι, δώδεκα και εικοσιτεσσέρων ωρών δεν προέκυψε κάποια σαφής αζιμουθιακή κατανομή των επικέντρων. Με την έλευση όμως του χρόνου, όπως άλλωστε διακρίνουμε και στους δύο τελευταίους χάρτες (σχ.2.5β, 2.6) αρχίζει να γίνεται εμφανής μια γραμμική ανάπτυξη των επικέντρων με προσανατολισμό BBA-NNΔ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΓΕΝΕΣΗΣ

3.1 Μέθοδος των πρώτων αποκλίσεων των επιμηκών κυμάτων

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον καθορισμό των μηχανισμών γένεσης των σεισμών είναι η μέθοδος των πρώτων αποκλίσεων των επιμηκών κυμάτων. Οι πρώτες αποκλίσεις που οφείλονται στα επιμήκη κύματα αναχωρούν ως συμπίεσεις στις δύο κατακορυφήν διέδρες γωνίες που σχηματίζονται από το επίπεδο του ρήγματος και το βοηθητικό επίπεδο και ως αραιώσεις στις δύο άλλες κατακορυφήν γωνίες των επιπέδων αυτών. Κάθε σταθμός γράφει την πρώτη κίνηση ως συμπίεση ή ως αραιώση έξω από τις δύο κατακορυφήν γωνίες που σχηματίζουν το επίπεδο του ρήγματος και το βοηθητικό επίπεδο. Γνωρίζοντας συνεπώς τις γεωγραφικές συντεταγμένες κάθε σταθμού και τη φορά της πρώτης κίνησης σε καθένα από αυτούς θα μπορούσαμε να σημειώσουμε στην επιφάνεια μιας γεωγραφικής σφαίρας κάθε σταθμό με το σύμβολο της συμπίεσης ή της αραιώσης



αντίστοιχα και να χωρίσουμε τη σφαίρα αυτή με δύο περιφέρειες σε τέσσερις ζώνες, από τις οποίες δύο θα περιλαμβάνουν μόνο συμπίεσεις και άλλες δύο μόνο αραιώσεις. Οι περιφέρειες αυτές θα παριστάνουν τις τομές δύο ορικών επιφανειών των P κυμάτων, δηλαδή, του επιπέδου του ρήγματος και του βοηθητικού επιπέδου, με την επιφάνεια της Γης. Επειδή όμως η Γη δεν

είναι ομογενής και άρα οι σεισμικές ακτίνες δεν είναι ευθείες, αλλά καμπύλες, υπάρχει ασάφεια στον διαχωρισμό των συμπίεσεων και των αραιώσεων πάνω στην επιφάνεια της. Αυτό έγκειται στο γεγονός ότι μια καμπυλωμένη σεισμική ακτίνα, που στην εστία είχε συμπιεστική φορά, μπορεί να μπει στην διέδρη γωνία των αραιώσεων. Το παραπάνω πρόβλημα λύνεται αν θεωρήσουμε κάθε σταθμό, όχι στην πραγματική του θέση αλλά σε μία ανηγμένη θέση πάνω στην επιφάνεια της Γης, την οποία θα έτεμνε η σεισμική ακτίνα αν το εσωτερικό της Γης ήταν ομογενές. Η θέση αυτή είναι το σημείο όπου η εφαπτομένη της σεισμικής ακτίνας στην εστία τέμνει την επιφάνεια της Γης. Υπάρχει συγκεκριμένη μεθοδολογία για των υπολογισμό των ανηγμένων θέσεων των σταθμών, η ανάλυση της οποίας ξεπερνά τους στόχους της συγκεκριμένης εργασίας. Αφού υπολογίσουμε τις ανηγμένες θέσεις των σταθμών, τις προβάλλουμε σε οριζόντιο επίπεδο, το οποίο αποτελεί την οριζόντια προβολή του κάτω ημισφαιρίου μιας θεωρητικής σφαίρας (εστιακή σφαίρα). Η τελευταία μέθοδος ονομάζεται **μέθοδος προβολής της εστιακής σφαίρας**. Μπορεί να εφαρμοσθεί η στερεογραφική προβολή της σφαίρας αυτής, οπότε χρησιμοποιείται το δίκτυο Wulf, αλλά συνηθέστερα εφαρμόζεται η **προβολή ίσων εμβαδών**, οπότε χρησιμοποιείται το δίκτυο Schmidt.

Κάθε σταθμός έχει γράψει την πρώτη απόκλιση ως συμπίεση ή ως αραιώση (C ή D αντίστοιχα), την οποία σημειώνουμε πάνω στο οριζόντιο επίπεδο προβολής με τα αντίστοιχα σύμβολα. Με τη βοήθεια των μεσημβρινών του δικτύου που δουλεύουμε (π.χ. δίκτυο Schmidt) χαράζουμε δύο μηδενικές επιφάνειες, οι οποίες αποτελούν το επίπεδο του ρήγματος και το βοηθητικό επίπεδο. Οι επιφάνειες χαράσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να χωρίσουμε το οριζόντιο επίπεδο προβολής σε τέσσερα τμήματα από τα οποία, τα δύο κατακορυφήν να περιέχουν σύμβολα συμπίεσεων και τα άλλα δύο να περιέχουν σύμβολα αραιώσεων (Παπαζάχος, 1997). Στο σχήμα 3.1 έχουμε μια εποπτική εικόνα όλων των παραπάνω. Στο ίδιο σχήμα παρατηρούμε τους άξονες P (άξονας μέγιστης συμπίεσης) και T (άξονας μέγιστου εφελκυσμού), οι οποίοι βρίσκονται πάνω στο επίπεδο δράσης. Το επίπεδο δράσης ορίζεται από τους κινηματικούς άξονες A και C, οι οποίοι αποτελούν τους πόλους των δύο μηδενικών επιφανειών που χαράξαμε προηγουμένως. Το ζητούμενο πρόβλημα είναι να βρούμε ποιο από τα

δύο επίπεδα που ορίσαμε είναι το επίπεδο του ρήγματος και ποιο το βοηθητικό.

Με τη μελέτη των σεισμικών ακολουθιών και τη χωρική κατανομή των εστιών των προσεισμών και μετασεισμών μπορούμε να λύσουμε το δισημάντο πρόβλημα που θέσαμε παραπάνω. Για παράδειγμα μια πυκνή αζιμουθιακή κατανομή προσεισμών και μετασεισμών μιας σεισμικής ακολουθίας θα μπορούσε να υποδείξει το επίπεδο του ρήγματος. Έχει παρατηρηθεί μετά από μελέτη σε αρκετές σεισμικές ακολουθίες πως οι εστίες των προσεισμών και μετασεισμών βρίσκονται πάνω ή κοντά στο ενεργό μέρος του σεισμικού ρήγματος. Μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις οι περισσότεροι μετασεισμοί γεννιούνται κοντά στα δύο άκρα του ρήγματος (**κατά Reid**).

3.2. Μηχανισμοί Γένεσης της περιοχής μελέτης και της ευρύτερης περιοχής

Μηχανισμοί γένεσης καθορίστηκαν σε σεισμούς του καταλόγου για τους οποίους είχαμε μαρκάρι τουλάχιστον 16 φάσεις. Αυτοί οι σεισμοί είχαν τις πιο καθαρές καταγραφές σε όλους τους σταθμούς του δικτύου **Αστεροσκοπείου Αθηνών** και ήταν οι πιο ισχυροί σεισμοί του καταλόγου (Πίνακας 3.1).

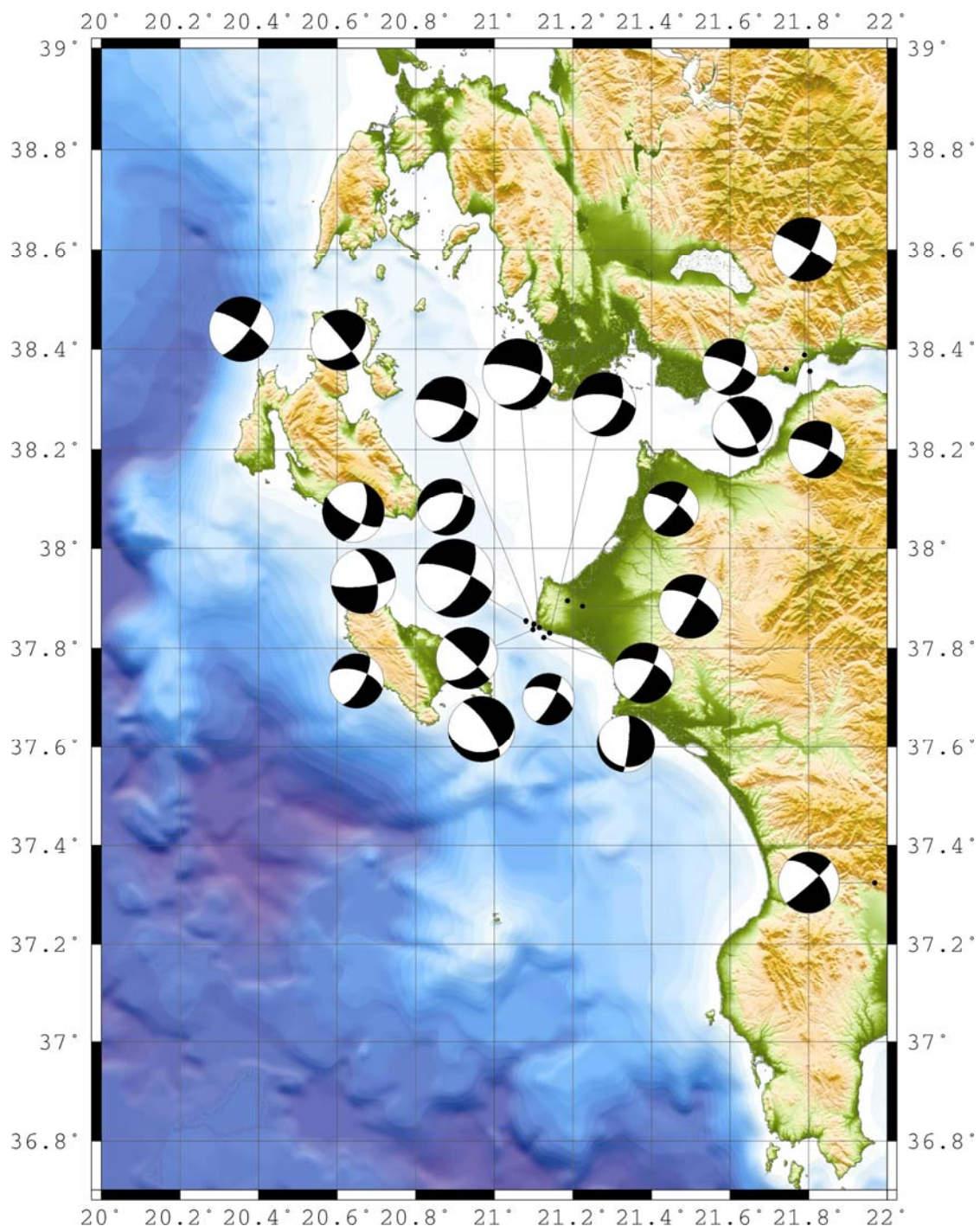
Πίνακας 3.1 Σεισμοί για τους οποίους καθορίσαμε τους μηχανισμούς γένεσης

date	time	latitude	longitude	Depth(Km)	ML	pl.1 az.	pl.1 dip	pl.1 rake	pl.2 az.	pl.2 dip	pl.2 rake	P az.	P dip	T az.	T dip
30/1/2002	20:03	37.606	21.335	2.00	3.9	114	22	-160	5	83	-69	297	48	77	35
30/9/2002	19:58	37.838	21.099	3.00	4.2	46	53	-175	313	86	-37	263	28	5	22
2/12/2002	04:58	37.854	21.081	2.00	5.3	30	62	-160	290	72	-30	247	33	342	7
16/6/2002	12:47	38.440	20.357	2.00	4.4	37	74	-165	303	76	-16	260	21	350	1
9/2/2002	04:55	38.084	20.877	2.00	3.9	30	52	-124	258	49	-54	237	64	143	2
14/9/2002	19:50	37.842	21.114	4.90	4.8	34	40	-155	284	74	-53	233	47	347	20
9/1/2002	09:35	37.884	21.225	2.00	4.3	30	85	-154	298	64	-5	257	22	161	14
19/9/2002	09:19	37.848	21.101	2.00	4.4	30	51	-160	287	75	-41	241	39	343	15
26/10/2002	18:03	37.895	21.186	2.00	3.8	38	80	-159	304	69	-11	263	22	170	7
16/9/2001	02:00	37.193	22.033	2.00	5.2	58	34	-146	299	72	-61	245	54	7	22
25/1/2002	17:54	38.074	20.641	2.00	4.2	120	70	-147	17	59	-24	342	37	246	7
24/12/2001	20:55	38.389	21.790	3.00	4.4	30	75	-175	299	85	-15	254	14	345	7
21/2/2002	18:20	38.356	21.803	3.00	3.9	30	58	-165	292	77	-33	246	32	344	12
24/2/2002	00:31	38.360	21.743	2.00	3.8	30	57	-165	292	77	-34	246	33	345	13
3/12/2002	00:38	37.822	21.126	2.00	4.1	30	76	-146	291	57	-17	255	34	157	12
16/5/2001	16:51	38.246	21.632	15.50	4.1	78	30	-157	328	79	-62	268	48	36	28
30/8/2001	21:28	37.934	20.667	5.70	4.4	83	77	-146	344	57	-16	309	33	210	13
23/9/2001	21:16	37.636	20.967	13.30	4.5	86	30	-146	326	74	-64	267	54	36	25
5/2/2002	20:18	37.734	20.649	2.00	3.7	30	70	-146	287	58	-24	252	38	156	8
11/3/2001	03:50	38.418	20.610	2.00	4.1	54	49	-175	321	86	-41	269	31	15	25
1/1/2002	22:15	37.325	21.968	3.00	4.1	48	85	-146	315	56	-6	277	27	177	20
16/4/2002	19:59	38.000	20.493	19.70	4.0	120	30	-146	360	74	-64	301	54	70	25
30/5/2002	17:18	37.479	22.044	2.00	3.7	73	72	-175	341	85	-18	296	16	28	9
3/8/2002	08:43	37.831	21.141	2.00	4.3	30	52	-146	277	64	-44	238	48	336	7
6/8/2002	19:44	37.697	21.138	2.00	3.5	30	78	-146	292	57	-14	256	32	157	14

Αυτό άλλωστε είναι εύλογο από το γεγονός ότι, όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος ενός σεισμού τόσο πιο αισθητός θα γίνεται στους περιφερειακούς σταθμούς του δικτύου όλης της χώρας και τόσο πιο ευκρινείς θα είναι οι πρώτες αποκλίσεις των P και S κυμάτων. Δεδομένου βεβαίως ότι στις καταγραφές μας δεν θα έχουμε θόρυβο εξαιτίας άλλων παραγόντων.

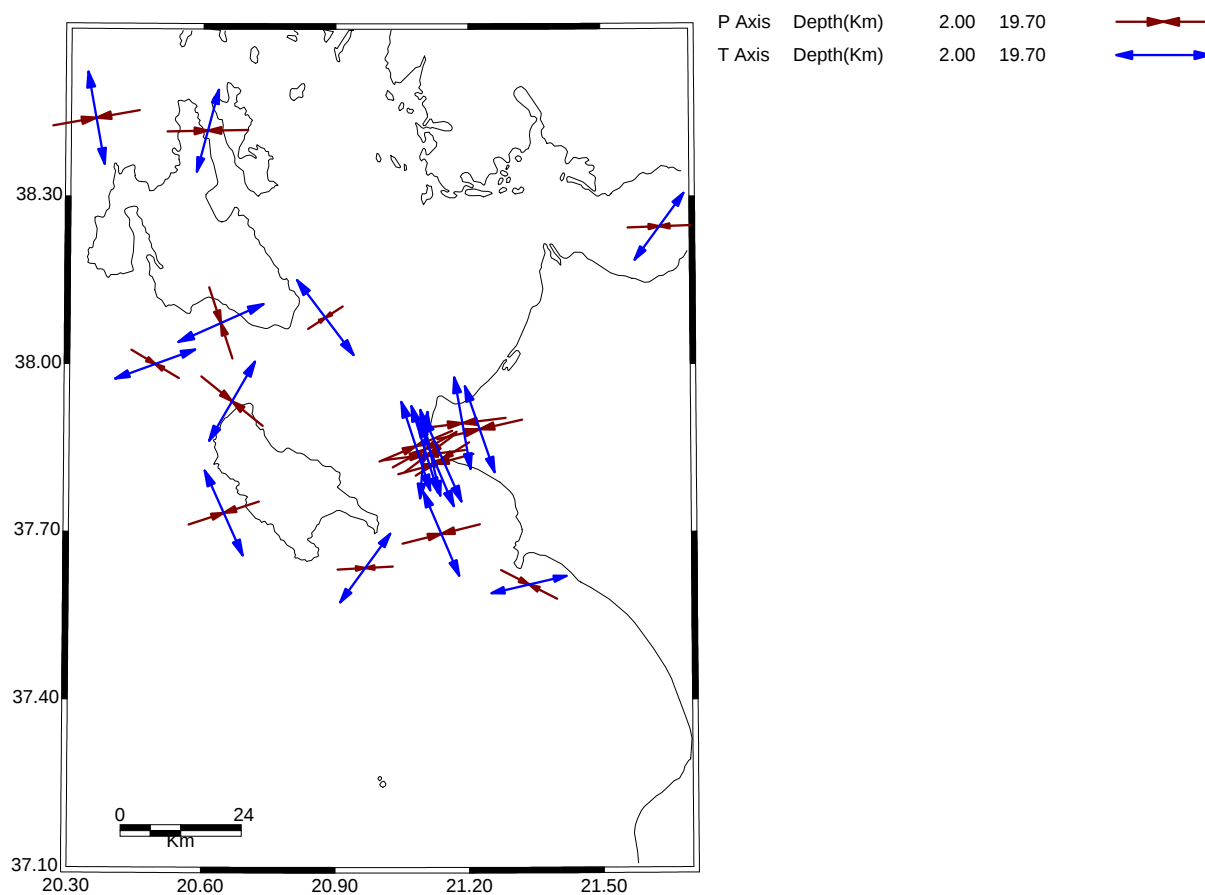
Έτσι μηχανισμοί γένεσης πραγματοποιήθηκαν για τους επιλεγμένους σεισμούς που εμφανίζονται στον πίνακα 3.1, για τους οποίους έχουν μαρκαριστεί τουλάχιστον 16 φάσεις. Στην πράξη για την ηλεκτρονική διεξαγωγή των μηχανισμών γένεσης χρησιμοποιήθηκε το **FPFIT**. Το FPFIT αποτελεί ένα πρόγραμμα γραμμένο σε γλώσσα FORTRAN, το οποίο χρησιμοποιεί τις πρώτες αποκλίσεις των P κυμάτων προς καθορισμό του διπλού ζεύγους επιπέδων (βοηθητικό

επίπεδο και επίπεδο ρήγματος). Με τη βοήθεια του FPLOT μπορούμε να προβάλλουμε ηλεκτρονικά τους μηχανισμούς γένεσης σε οριζόντιο επίπεδο. Όλοι οι μηχανισμοί συγκεντρώθηκαν και αποτυπώθηκαν στον ίδιο χάρτη. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται συνοπτικά στον σχήμα 3.2. Η κατασκευή του χάρτη με τις προβολές των μηχανισμών γένεσης στον ελληνικό χώρο έγινε με την χρήση του προγράμματος **GMT (Generic Mapping Tools)**.

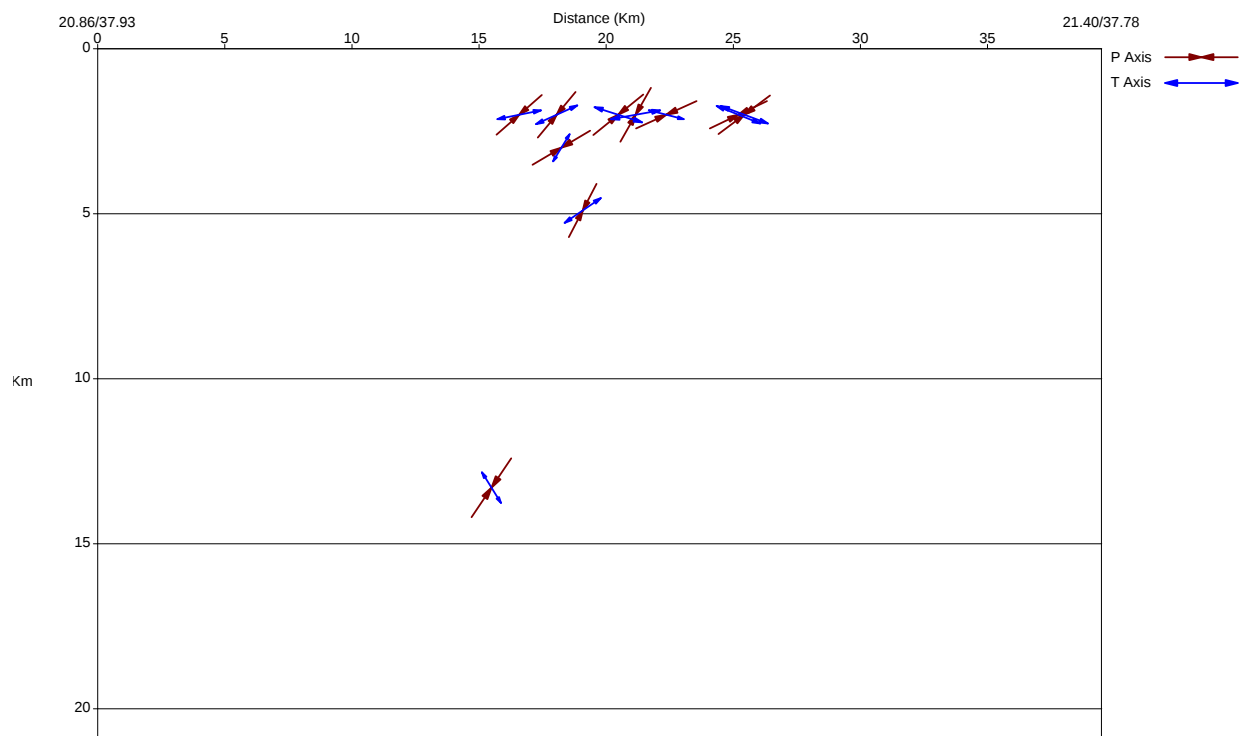


Σχ. 3.2. Μηχανισμοί γένεσης στην περιοχή μελέτης και την ευρύτερη περιοχή

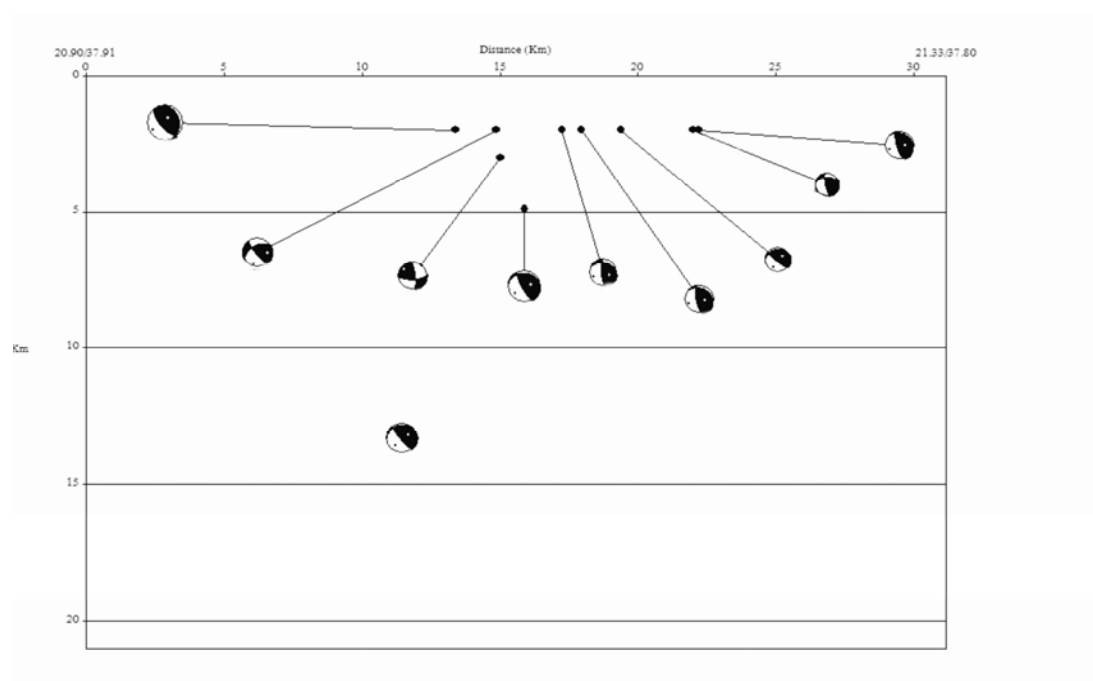
Κρίθηκε σκόπιμο για την καλύτερη παρατήρηση του πεδίου των τάσεων να κατασκευάσουμε τομές στην περιοχή μελέτης. Οι τομές (Σχ. 3.3 και 3.4) και ο χάρτης (Σχ. 3.2) έγιναν χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα **RAKE** (Louvari and Kiratzi, 1997) και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω. Οι P άξονες μέγιστης συμπίεσης εμφανίζονται στις τομές με κόκκινο χρώμα (συγκλίνοντα βέλη), ενώ οι T άξονες μέγιστου εφελκυσμού με μπλε χρώμα (αποκλίνοντα βέλη).



Σχ. 3.2. Προβολή των P και T αξόνων (P με κόκκινο, T με μπλε). Οι P άξονες συμβολίζονται με συγκλίνοντα βέλη ενώ οι T με αποκλίνοντα



Σχ. 3.3. Τομή που απεικονίζει τους P και T άξονες (P με κόκκινο, T με μπλε). Ομοίως και εδώ P άξονες συμβολίζονται με συγκλίνοντα βέλη ενώ οι T με αποκλίνοντα



Σχ. 3.4. Τομή που απεικονίζει μερικούς από τους μηχανισμούς γένεσης που καθορίστηκαν για τους σκοπούς της παρούσης διπλωματικής εργασίας.

Οι οριζόντιοι έως υπο-οριζόντιοι Τ άξονες μέγιστου εφελκυσμού υποδεικνύουν το ότι οι δεξιόστροφες διαρρήξεις παράταξης, που διέπουν την περιοχή μελέτης και τους γειτονικούς σεισμογόνους χώρους, εμφανίζουν και έναν κανονικό χαρακτήρα διάρρηξης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΡΜΗΝΕΙΑ

Στην περιοχή της δυτικής Πελοποννήσου δρουν δεξιόστροφα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης με κατεύθυνση ΒΒΔ – ΝΝΑ. Αυτό τουλάχιστο δείχνουν οι μηχανισμοί γένεσης που έχουν καθοριστεί για την περιοχή. Η ενεργοποίηση αριστερόστροφων δομών (με κατεύθυνση ΒΒΑ – ΝΝΔ) είναι πολύ πιθανό ενδεχόμενο, όμως η έλλειψη τοπικού δικτύου δεν βοηθά στη λεπτομερή απεικόνιση των ρηξιγενών δομών σε μικρή κλίμακα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

5.1. Πίνακας σεισμολογικών παραμέτρων μετά τον επαναπροσδιορισμό των επικέντρων

i	Date	Hour	Sec	Lat.	Lon.	Dep.	No.	iga	P d1	Rms	Az1	Se1	Az2	Se2	Se3	ML
1	10/02/01	16:58	59,49	37,656	20,923	8,6	12	213	65	0,85	309	1,35	218	5,26	3,34	3,9
2	27/02/01	11:39	0,03	38,086	20,414	2	12	258	19	0,84	147	9,37	240	3,89	2,23	4,2
3	28/02/01	00:27	20,66	38,157	20,394	11,2	14	215	17	1,49	57	3,46	309	0,91	1,32	4,0
4	11/03/01	03:50	11,91	38,418	20,61	2	16	150	27	0,23	90	1,16	0	0,68	1,74	4,1
5	16/03/01	21:43	16,24	38,135	21,895	33	6	236	106	0,27	315	1,38	45	5,26	99	3,7
6	31/03/01	18:53	48,16	37,814	20,65	2	6	336	41	0,16	262	26,55	353	3,11	9,8	4,0
7	16/05/01	16:51	55,99	38,246	21,632	15,5	17	98	76	0,91	172	0,98	79	0,83	1,97	4,1
8	16/06/01	12:47	8,15	38,44	20,357	2	21	197	35	1,52	339	0,69	72	1,15	1,65	4,4
9	30/07/01	14:54	19,44	39,577	22,555	2	5	172	64	0,19	224	1	125	5,95	4,6	3,8
10	30/08/01	21:28	34,01	37,934	20,667	5,7	17	213	28	1,75	139	0,73	48	1,64	1,23	4,4
11	05/09/01	07:09	45,85	37,567	21,42	3	9	180	55	1,24	324	0,68	54	1,7	3,82	3,7
12	16/09/01	02:00	51,32	37,193	22,033	2	19	217	97	1,93	89	0,64	221	3,81	0,94	5,2
13	23/09/01	21:16	15,25	37,636	20,967	13,3	17	216	65	0,69	155	0,94	64	2,67	1,51	4,5
14	24/12/01	20:55	45,03	38,389	21,79	3	18	101	46	1,05	25	0,53	116	0,95	1,8	4,4
15	01/01/02	22:15	57,3	37,325	21,968	3	16	130	16	0,73	330	0,63	240	1,37	2,49	4,1
16	09/01/02	09:35	56,44	37,884	21,225	2	20	188	29	1,33	343	0,78	74	1,51	1,86	4,3
17	25/01/02	17:54	29,92	38,074	20,641	2	19	208	13	0,99	236	2,15	140	0,67	1,51	4,2
18	26/01/02	11:03	52,21	37,222	21,167	2	12	226	68	0,61	135	0,74	44	1,87	2,56	4,0
19	26/01/02	11:24	6,83	37,185	21,154	2	6	246	69	0,6	39	2,08	307	0,9	5,68	3,5
20	26/01/02	12:22	54,05	37,234	21,33	2	9	257	54	1,29	155	1,03	249	5,97	2,19	3,8
21	26/01/02	13:18	16,41	37,053	21,11	2	6	297	74	0,99	93	2,95	346	4,76	20,1	3,5
22	26/02/02	13:25	56,87	37,172	21,268	20,8	8	243	59	0,82	303	0,86	63	2,54	4,38	3,6
23	26/01/02	14:57	24,61	37,149	21,147	14,3	8	250	70	0,43	302	0,98	199	2,15	2,81	3,6
24	26/01/02	15:31	41,06	37,348	21,172	10	8	218	70	1,37	118	1,68	13	2,6	15,8	3,7
25	26/01/02	20:05	39,47	38,042	22,339	2	6	161	76	1,55	119	0,91	21	22,58	2,62	4,7
26	26/01/02	20:15	36,3	37,303	21,522	2	11	240	39	2,44	321	0,82	227	4,2	1,54	3,6
27	26/01/02	20:21	27,2	37,178	21,201	3	9	227	65	1,06	309	1,1	216	2,12	5,16	3,5
28	26/01/02	20:25	0,86	37,217	21,119	11,7	14	228	72	0,56	43	1,97	141	0,86	3,02	4,2
29	26/01/02	21:31	10,57	37,309	21,41	2	10	249	48	0,63	325	0,95	234	8,05	2,89	3,5
30	29/01/02	19:03	58,04	38,354	20,605	2	12	151	19	0,71	58	1,29	321	3,07	1,88	3,6
31	30/01/02	20:03	31,72	37,606	21,335	2	26	182	52	2,28	143	0,76	52	1,55	2,28	3,9
32	31/01/02	10:30	35,22	37,594	21,882	0,7	12	125	46	1,16	322	0,65	51	1,1	2,45	3,6
33	05/02/02	20:18	12,8	37,734	20,649	2	17	224	50	0,35	122	1,25	219	3,85	2,06	3,7
34	09/02/02	04:43	52,81	38,059	20,85	3,9	8	165	26	0,82	117	0,69	209	1,87	12,36	3,8
35	09/02/02	04:55	0,53	38,084	20,877	2	21	156	27	1,45	304	0,55	34	0,88	1,51	3,9
36	09/02/02	10:25	27,87	37,627	21,252	2	14	202	52	1,52	343	0,84	251	4,26	2,21	4,1
37	09/02/02	11:00	14,17	37,673	20,875	14,8	14	216	62	0,25	138	0,68	46	1,89	1,29	4,0
38	10/02/02	08:42	19,94	37,681	21,064	2	8	259	55	1,68	17	2,13	206	3,33	3,92	3,5
39	10/02/02	10:11	14,53	37,618	21,153	2	10	312	156	0,5	105	4,63	232	16,66	2,38	3,8
40	10/02/02	12:34	22,41	37,692	21,444	29,8	6	185	41	1,43	67	9,36	164	0,83	12,27	3,6

41	11/02/02	19:38	44,6	37,628	20,904	30,1	6	217	67	1,71	318	1,08	228	2,37	99	3,5
42	12/02/02	14:45	24,03	37,735	20,877	2	8	210	55	1,39	105	1,12	200	4,36	1,95	3,6
43	12/02/02	16:26	57,4	37,763	21,107	6,2	5	184	65	0,75	134	2,27	231	81,21	12,93	3,6
44	12/02/02	23:13	14,66	37,187	21,138	2	9	269	70	0,69	130	1,13	39	2,05	7,16	3,6
45	15/02/02	13:15	27,77	37,168	21,103	3	8	232	73	0,39	135	0,79	43	1,87	2,54	3,6
46	16/02/02	13:12	36,89	37,724	20,864	4,7	9	212	56	0,68	137	0,79	229	1,65	12,33	3,5
47	21/02/02	18:20	43,79	38,356	21,803	3	18	55	44	0,6	92	0,78	1	0,61	1,64	3,9
48	24/02/02	00:31	17,44	38,36	21,743	2	18	53	41	1,06	27	0,59	118	0,73	1,88	3,8
49	04/03/02	02:07	0,19	37,582	21,311	30	10	194	55	1,4	263	2	353	3,21	99	3,7
50	03/04/02	19:26	39,29	38,014	20,573	6,8	11	213	18	0,61	313	1,09	44	3,07	1,54	3,6
51	16/04/02	19:59	47,66	38	20,493	19,7	16	217	86	0,43	75	2,96	178	5,79	1,69	4,0
52	23/04/02	18:02	40,87	37,314	21,488	2	10	243	42	1,34	147	0,82	43	2,24	4,77	3,5
53	13/05/02	17:50	6,68	37,707	21,4	2	12	228	40	1,28	164	0,69	254	8,46	1,78	3,8
54	30/05/02	17:18	5,29	37,479	22,044	2	16	125	35	0,62	37	0,94	291	4,07	2,5	3,7
55	30/05/02	21:43	59,62	37,519	21,772	3	6	177	40	1,46	337	0,72	68	4,95	4,04	3,5
56	09/06/02	06:35	28,98	39,266	22,684	8,7	5	207	47	1,36	137	3,16	241	0,79	26,77	3,6
57	14/06/02	04:06	17,86	37,65	20,913	1,3	8	215	65	1,06	141	0,86	50	1,59	2,54	3,6
58	15/06/02	10:02	34,57	37,566	20,802	2	14	298	71	2,36	229	2,84	321	0,84	1,45	3,8
59	19/06/02	07:14	56,89	37,95	22,182	2	6	211	64	2,09	355	0,8	265	1,7	4,41	3,6
60	26/06/02	00:23	1,71	37,145	21,131	18,2	8	232	71	0,5	189	4,04	303	0,92	2,43	3,7
61	02/07/02	10:45	13,85	37,967	21,109	22,8	10	158	33	1	128	0,7	247	1,09	1,31	3,6
62	03/07/02	05:21	39,59	37,052	21,215	3	10	234	65	1,05	132	0,81	228	1,51	3,15	3,7
63	03/07/02	07:21	35,6	36,299	27,959	14,8	5	180	18	0,09	209	99	300	3,71	99	3,5
64	03/07/02	09:18	41,93	35,87	29,049	2	7	318	641	0,71	235	44,33	140	99	9,89	3,5
65	09/07/02	01:00	10,63	37,638	21,025	3	6	205	61	0,16	137	0,79	47	1,58	4,05	3,5
66	28/07/02	17:16	32,22	38,075	20,844	2	14	164	25	0,44	108	1,82	200	7,18	4,14	4,9
67	01/08/02	20:50	21,28	38,361	20,83	2	9	129	29	1,55	257	0,92	167	2,11	4,74	4,1
68	03/08/02	08:43	57,39	37,831	21,141	2	16	182	38	0,37	90	0,98	359	2,65	4,77	4,3
69	05/08/02	07:15	37,15	37,301	21,202	2	14	224	66	0,94	137	0,71	238	2,54	1,86	3,7
70	06/08/02	19:44	23,86	37,697	21,138	2	15	237	50	0,65	91	1,13	188	3,12	1,85	3,5
71	08/08/02	09:52	18,2	37,323	21,644	1	6	227	30	0,54	144	0,73	236	74,42	2,29	3,5
72	10/08/02	08:08	32,88	37,456	20,554	2	8	312	80	1,75	325	0,99	56	1,74	3,61	3,5
73	20/08/02	22:49	23,24	37,626	22,319	2	8	224	60	1,79	7	0,87	275	1,93	2,63	4,3
74	21/08/02	11:14	24,57	38,177	20,341	2	9	248	22	0,42	112	1,26	207	11,25	3,59	3,8
75	22/08/02	19:51	12,37	37,024	21,309	2	7	264	58	0,85	108	4,84	217	12,89	3,01	3,7
76	27/08/02	23:39	22,18	38,073	20,772	6,2	8	173	20	0,27	38	6	129	0,79	3,86	3,7
77	27/08/02	23:49	57,94	38,342	20,509	17,4	4	180	19	1,35	248	99	338	2,35	99	3,5
78	28/08/02	20:58	13,67	37,72	21,118	30,6	8	188	49	1,79	356	2,98	266	1,46	48,88	3,5
79	09/09/02	12:17	4,02	37,412	20,892	7,2	10	231	88	0,34	113	1,65	23	2,48	8,91	3,7
80	14/09/02	19:50	18,65	37,842	21,114	4,9	21	174	40	0,83	40	0,93	131	0,63	1,38	4,8
81	14/09/02	21:29	57,91	37,798	21,11	3	12	180	43	0,59	221	1,28	131	0,76	3,43	3,5
82	17/09/02	10:16	7,87	38,142	21,55	7,7	9	111	84	0,76	123	0,84	28	2,55	4	3,7
83	17/09/02	15:24	41,2	38,007	21,248	21,2	7	142	20	0,65	274	0,96	10	11,61	3,72	3,6
84	17/09/02	17:17	11,75	38,058	21,235	2	13	150	21	2,09	105	0,65	200	1,46	2,45	3,9
85	19/09/02	09:19	43,63	37,848	21,101	2	20	175	40	0,41	132	0,69	42	0,94	1,9	4,4
86	20/09/02	14:46	23,43	37,689	20,292	14,7	5	275	60	1,65	273	2,41	181	1,54	9	3,6
87	21/09/02	11:21	35,99	37,845	21,165	2	10	169	36	0,99	53	0,98	143	0,67	2,32	3,5
88	25/09/02	17:50	39,09	37,838	21,124	3	10	174	39	0,48	217	1,23	127	0,76	3,85	3,5
89	26/09/02	12:23	8,59	37,805	21,573	19,7	6	173	30	0,7	140	2,19	237	1,92	11,99	3,5
90	28/09/02	16:37	14,68	37,247	21,154	3	9	225	69	0,49	310	0,85	41	2,05	5,4	3,8
91	30/09/02	19:58	12,99	37,838	21,099	3	24	176	41	0,51	317	0,69	50	0,95	1,55	4,2

92	02/10/02	22:15	14,97	37,189	21,199	3	14	226	65	1,5	134	0,75	228	1,55	2,95	4,0
93	03/10/02	05:54	46,92	38,987	19,735	2	5	224	80	2,04	157	1,16	59	6,03	63,9	3,5
94	03/10/02	00:28	49,9	37,217	21,273	2	9	261	58	1,69	312	0,81	217	3,52	1,66	3,7
95	04/10/02	17:28	0,87	37,889	20,753	3	10	209	35	0,45	135	0,77	227	1,77	6,5	3,5
96	04/10/02	20:24	51,01	38,319	20,355	2	11	211	26	0,37	29	3,23	129	2	6,65	3,6
97	06/10/02	03:28	42,18	37,824	21,15	2	9	173	38	0,87	136	0,69	226	1,17	2,45	3,5
98	07/10/02	07:43	5,97	37,195	21,12	2	8	319	101	0,62	284	8,1	17	3,02	13	3,6
99	14/10/02	23:18	4,55	38,044	20,954	19,3	13	158	35	1,06	204	1,59	107	0,76	1,26	4,0
100	15/10/02	01:57	11,04	37,827	21,128	2	6	261	40	0,13	85	0,95	353	2,19	16,78	3,5
101	17/10/02	14:14	1,3	37,908	20,741	1,4	6	261	33	1,24	114	1	206	9,67	1,99	3,6
102	17/10/02	20:22	20,74	37,877	20,737	2	10	213	36	0,94	139	0,78	48	1,51	2,7	3,8
103	24/10/02	11:52	45,7	37,979	21,038	5	10	162	39	1,18	120	0,68	216	1,28	3,16	3,6
104	25/10/02	09:36	31,64	38,047	20,797	20,4	6	176	23	0,12	107	0,94	8	99	3,51	3,5
105	26/10/02	00:12	24,63	36,998	21,092	2	12	242	77	0,64	296	2,08	197	8,01	2,55	3,6
106	26/10/02	18:03	31,67	37,895	21,186	2	20	161	31	2,32	310	0,75	40	0,94	3,08	3,8
107	31/10/02	18:48	25,99	37,278	21,148	1	12	223	70	0,75	137	0,73	45	1,86	2,59	3,6
108	02/11/02	17:10	27,3	37,89	21,219	33,5	8	159	29	0,66	294	1,09	202	1,87	14,35	3,7
109	06/11/02	07:13	53,44	37,896	20,904	0,8	8	188	42	0,44	129	0,74	39	1,18	2,35	3,6
110	07/11/02	04:11	53,12	37,929	20,913	2	8	182	40	0,45	33	1,58	123	0,73	3,57	3,5
111	09/11/02	01:52	42,41	37,7	20,973	2,9	8	204	59	0,65	135	0,79	45	1,54	3,89	3,5
112	09/11/02	21:49	54,08	37,631	20,854	10	14	221	65	1,19	150	0,89	59	1,61	2,3	4,4
113	13/11/02	10:52	11,6	37,635	20,886	3	6	218	66	1,65	310	1,12	42	1,73	5,75	3,6
114	18/11/02	19:04	20,23	37,981	20,907	2	14	174	36	0,54	108	0,79	18	1,27	3,87	3,7
115	19/11/02	19:20	17,43	38,784	20,421	26,3	7	275	69	0,83	128	5,8	245	20,88	2,62	3,5
116	20/11/02	01:50	13,28	37,83	21,124	3	6	175	40	0,15	128	0,77	38	1,26	3,85	3,3
117	20/11/02	02:38	38,17	38,035	21,136	1,9	10	145	29	0,44	110	0,71	200	1,51	3,8	3,4
118	20/11/02	03:46	1,03	37,859	21,059	2	7	253	42	0,44	276	0,94	186	6,81	2,79	3,3
119	20/11/02	22:55	25,75	37,719	21,149	3,6	6	186	47	1,42	311	0,83	41	1,44	31,68	3,6
120	26/11/02	15:36	4,19	38,231	21,304	2	4	237	24	0,03	127	2,44	24	99	6,09	3,2
121	02/12/02	04:58	57,1	37,854	21,081	2	22	176	41	0,49	241	1,23	331	0,74	2,02	5,3
122	02/12/02	05:17	21,53	37,755	21,142	5,8	10	182	44	0,37	270	1,11	180	2,66	5,69	3,4
123	02/12/02	05:28	12,58	37,82	21,126	0,6	8	176	40	0,22	317	0,75	47	1,04	2,37	3,7
124	02/12/02	05:31	45,76	37,762	21,14	8,9	4	273	44	0,1	357	3,68	267	1,08	35,52	
125	02/12/02	06:45	21,2	37,826	21,126	2	8	175	40	0,42	316	0,75	46	1,04	3,4	3,5
126	02/12/02	06:49	55,6	37,807	21,145	2	8	176	40	0,15	268	1,03	358	2,8	11,72	3,1
127	02/12/02	07:02	56,76	37,858	21,154	2	6	169	36	0,63	126	0,77	35	1,22	3,83	3,3
128	02/12/02	08:44	25,89	37,823	21,15	3,3	6	262	39	0,28	268	1,01	358	4,01	38,57	3,1
129	02/12/02	10:47	9,25	37,839	21,142	17,9	6	172	38	0,27	129	0,8	220	1,34	11,54	3,1
130	02/12/02	11:48	47,39	38,384	21,254	9,2	4	263	41	0,13	292	1,03	28	3,5	10,42	3,4
131	02/12/02	12:47	4,19	37,814	21,12	2	8	177	41	0,17	272	1,01	1	2,54	6,66	3,6
132	02/12/02	14:18	20,06	37,892	21,171	14,6	8	248	32	0,06	269	0,98	3	5,48	3,9	3,8
133	02/12/02	17:49	22,06	37,84	21,194	30,3	8	168	34	0,23	177	3,79	267	1,34	20,13	3,3
134	02/12/02	19:07	36,71	37,836	21,14	3	6	259	38	0,2	269	0,99	359	2,95	53,26	3,2
135	02/12/02	20:30	4,89	37,779	21,145	1,9	8	179	42	0,36	321	0,75	51	1,08	3,43	3,4
136	02/12/02	23:01	43,83	37,834	21,133	2	8	173	39	0,36	128	0,77	38	1,23	3,82	3,5
137	02/12/02	23:04	59,93	37,199	20,833	25,3	4	325	111	0,44	88	13,32	186	99	3,65	3,3
138	03/12/02	00:38	57,72	37,822	21,126	2	18	176	40	0,87	126	0,72	35	1,2	2,46	4,1
139	03/12/02	02:28	58,79	38,314	20,938	9,7	4	237	34	0,07	1	5,6	92	0,86	34,48	3,0
140	03/12/02	04:49	48,64	39,057	25,349	30,8	6	178	82	0,18	256	1,11	346	38,17	99	3,2
141	03/12/02	07:58	27,81	37,799	21,151	0,6	7	176	40	0,19	132	0,77	42	1,25	2,65	3,6
142	03/12/02	09:07	23,52	37,806	21,135	6,4	8	177	41	0,4	270	1,03	178	2,62	6,32	3,2

143	03/12/02	10:56	56,39	37,822	21,137	1	6	174	39	0,09	129	0,77	39	1,25	3,84	3,4
144	03/12/02	14:10	40,52	37,825	21,138	3	8	174	39	0,23	317	0,75	47	1,04	4,49	3,6
145	03/12/02	15:28	18,2	37,847	21,147	2,2	10	171	37	0,22	356	0,88	86	2,07	4,78	3,5
146	03/12/02	21:41	35,56	37,833	21,141	0,9	8	173	38	0,06	128	0,77	38	1,22	2,62	3,4
147	04/12/02	01:05	19,84	37,84	21,139	2	8	172	38	0,17	271	0,98	1	2,63	6,52	3,5
148	04/12/02	09:38	3,95	37,876	21,154	18,7	8	166	34	0,13	128	0,83	232	1,17	3,24	3,4
149	04/12/02	09:44	44,95	37,966	21,175	24,5	8	153	28	0,27	274	0,99	8	6,15	2,68	3,4
150	04/12/02	10:37	23,32	37,839	21,111	4,2	4	258	40	0,02	271	0,98	181	4,22	99	3,4
151	04/12/02	14:59	42,47	37,834	21,126	2	8	174	39	0,17	271	0,98	1	2,59	6,57	3,5
152	04/12/02	22:35	15,94	37,839	21,121	2	9	174	39	0,41	127	0,76	37	1,26	3,83	3,8
153	05/12/02	18:48	5,3	37,846	21,171	11	8	169	35	0,14	269	1,02	178	2,95	8,39	3,2
154	06/12/02	02:11	51,54	37,842	21,139	3	6	172	61	0,13	319	0,76	49	1,31	8,6	3,4
155	08/12/02	23:08	40,51	37,876	21,115	2	4	250	37	0,09	272	0,93	182	99	3,18	3,2
156	09/12/02	18:08	34,06	37,801	21,143	3	6	177	41	0,1	131	0,77	41	1,26	3,85	3,4
157	13/12/02	01:19	49,57	37,829	21,138	2	12	174	39	0,27	320	0,63	50	1,12	1,8	3,9
158	14/12/02	13:08	17,19	38,101	21,174	2	4	180	26	0,44	10	99	100	2,21	7,52	3,3
159	15/12/02	17:11	22,05	37,805	21,164	6,2	8	174	39	0,47	268	1,04	177	2,58	6,36	3,3
160	16/12/02	18:06	36,31	37,796	21,15	2	6	177	41	0,15	132	0,77	42	1,26	3,85	3,2
161	17/12/02	02:27	41,78	37,783	21,066	2,8	6	186	47	0,08	131	0,77	41	1,36	3,89	3,1
162	17/12/02	19:46	40,72	37,85	21,116	2	6	173	39	0,33	301	2,02	37	5,6	7,57	3,3
163	19/12/02	06:39	53,87	37,831	21,172	3,4	6	262	36	0,14	266	1,01	356	4,03	38,06	3,1
164	24/12/02	13:11	59,48	37,819	21,137	3	6	175	40	0,18	129	0,77	39	1,25	3,85	3,4
165	25/12/02	05:54	0,7	37,853	21,154	2	4	256	36	0,12	268	0,97	358	3,06	99	3,2
166	31/12/02	09:14	38,35	38,331	20,94	6,2	4	241	35	0,02	92	0,89	2	5,16	99	3,2

Πίνακας 5.1. Αναγράφονται με τη σειρά οι στήλες : i, αριθμός καταγραφής με χρονική σειρά, Date (year/month/day), ημερομηνία καταγραφής, sec, δευτερόλεπτα του λεπτού της ώρας, Lat., γεωγραφικό πλάτος επικέντρου (degrees and minutes), Lon., γεωγραφικό μήκος επικέντρου (degrees and minutes), Dep., το εστιακό βάθος σε Km, No., αριθμός φάσεων που μαρκάραμε για κάθε καταγραφή, iga., μέγιστη αζιμουθιακή απόκλιση των σταθμών σε σχέση με το επίκεντρο (σε degrees), Rms, το root – mean – square residual σε seconds,

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ι.Τ.Σ.Α.Κ., 2003 «Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΑΡΘΟΛΟΜΙΟΥ, ΙΣΧΥΡΗ ΕΛΑΦΙΚΗ ΔΟΝΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ».

Benetatos, Ch., Kiratzi, A., Roumelioti, Z., Stavrakakis, G., Drakatos, G., Latoussakis, I., 2004. The 14 August 2003 Lefkada Island (Greece) earthquake: focal mechanisms of the mainshock and of the aftershock sequence. J. Seismol. (submitted for publication).

Kiratzi A., Louvari El., 2003, Focal mechanisms of shallow earthquakes in the Aegean Sea and the surrounding lands determined by waveform modelling: a new database, Journal of geodynamics.

Louvari, E., Kiratzi A.A., Papazachos B.C., 1999. The Cephalonia transform fault and its extension to western Lefkada island. Tectonophysics 308, 223-236.

Louvari, E. and A. Kiratzi, 1997. Rake: A window's program to plot earthquake focal mechanisms and stress orientation. "Computers and Geosciences", 23, 851-857.

Μουντράκης, Δ. «ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ», 72 σελ., Θεσσαλονίκη, 1985, University Studio Press.

Παναγιωτόπουλος, Δ. Διδακτορική Διατριβή, 1985.

Παπαζάχος, Β. «ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑ» 168 σελ., 284 σελ., 1997, Εκδόσεις ΖΗΤΗ.

Παπαζάχος Β. & Παπαζάχου Κ. «ΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ» 12 σελ., 81 σελ., 2002, Εκδόσεις ΖΗΤΗ.

Roumelioti Z., Kiratzi A., Melis N., 2003. Relocation of the 26 July 2001 Skyros island (Greece) earthquake sequence using the double – difference technique, Physics of the earth and planetary interiors.

Roumelioti Z. , Benetatos Ch., Kiratzi A. , Stavrakakis G. , Melis N., 2004. A Study of the 2 December 2002 (M5.5) Vartholomio (Western Peloponnese, Greece) earthquake and of its largest aftershocks, Tectonophysics.

Software που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των εστιακών παραμέτρων και την προβολή δεδομένων σε χάρτες

SAC - Seismic Analysis Code

A (earthquake) seismic signal analysis package, broadly used. Includes also a mapping utility (MAP). Available after signing an agreement. Source: Lawrence Livermore National Laboratory, USA. Now available from IRIS. Platforms: UNIX (a.o. SUNOS, Solaris), Linux. MatLab interface.

HYPOELLIPSE

For locating regional/local earthquakes with a sparse regional network. Platforms: SUN Unix and PC DOS. John Lahr

FPPFIT, FPPLLOT and FPPAGE

Focal Mechanism determination using first motion P-wave onsets and a grid search approach. USGS software. Platform: Unix. [linux version](#) Focal Mechanism determination using first motion P-wave onsets and a grid search approach.

GSE read and write utilities

Read/write routines for waveform data with 6-byte compression according to GSE2.0/2.1. [Description](#) available. Author: [Stefan Stange](#).

SEISNET

Network Automation Software. See also SEISLOG (above) and SEISAN (under data Processing) Authors: [Lars Ottemöller](#) and [Jens Havskov](#).

GMT

The Generic Mapping Tools. Excellent graphic tools. [European ftp mirror](#). Main authors: [Pål Wessel](#) and [Walter Smith](#)