

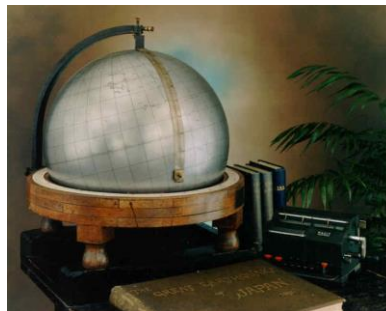
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

Ιδιότητες των σεισμικών πηγών στην Ελλάδα με έμφαση στη λεπτομερή μελέτη των σεισμών ενδιάμεσου βάθους του νοτίου Αιγαίου

Φορείς Εκτέλεσης του Έργου

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τομέας Γεωφυσικής
Συντονιστής και Επιστημονική υπεύθυνος: Αναστασία Κυρατζή,
Καθηγήτρια

Πανεπιστήμιο Αθήνας, Τομέας Γεωθερμίας και Γεωφυσικής
Επιστημονικός Υπεύθυνος: Κων/νος Μακρόπουλος, Καθηγητής



**Θεσσαλονίκη
Σεπτέμβριος 2002**

Στόχοι του προγράμματος

1. Ο λεπτομερής καθορισμός των ιδιοτήτων των σεισμικών πηγών των σεισμών της Ελλάδας, τόσο των επιφανειακών όσο και των σεισμών ενδιάμεσου βάθους του νοτίου Αιγαίου
2. Ο καθορισμός του μηχανισμού γένεσης όλων των σεισμών με μέγεθος $M > 5$, τόσο των επιφανειακών αλλά ιδιαίτερα των σεισμών ενδιάμεσου βάθους για τους οποίους δεν έχει πραγματοποιηθεί σχετική μελέτη στη χώρα μας
3. Ο καθορισμός του μηχανισμού γένεσης των σεισμών μέσου μεγέθους της χώρας μας, με σύγχρονες μεθοδολογίες, προκειμένου να αποκτήσουμε πληροφόρηση για περιοχές που δεν έχουμε καθόλου δεδομένα από μεγάλους σεισμούς ή από μικροσεισμούς
4. Η λεπτομερής αποτύπωση της χρονικής και χωρικής μεταβολής του πεδίου των τάσεων
5. Η αναγνώριση του επιπέδου του ρήγματος από ένα πλήθος μηχανισμών γένεσης, ο υπολογισμός των διανυσμάτων ολίσθησης και η σύγκριση αυτών με γεωδαιτικές μετρήσεις GPS
6. Η αποτύπωση σε χάρτη των ενεργών ρηγμάτων, των μηχανισμών γένεσης των σεισμών, της σεισμικότητας.
7. Ο συνδυασμός των ανωτέρων σεισμοτεκτονικών πληροφοριών για την εκτίμηση του σεισμικού δυναμικού των ρηγμάτων της χώρας μας

Σημασία του έργου στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του ΟΑΣΠ και για τη χώρα γενικότερα

Είναι κοινή αντίληψη μεταξύ των επιστημόνων ότι η κατανόηση των ιδιοτήτων της εστίας είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας, την αξιόπιστη προσομοίωση των ισχυρών εδαφικών κινήσεων στο κοντινό πεδίο και βέβαια για τη χάραξη ορθολογικής αντισεισμικής πολιτικής. Έτσι, πιστεύουμε ότι τα αποτελέσματα του παρόντος έργου είναι εξαιρετικά σημαντικά τόσο για τα αντικείμενα του ΟΑΣΠ, όσο και για τη χώρα μας γενικότερα. Το έργο έδωσε στον ΟΑΣΠ τη δυνατότητα χρήσης μιας πλήρους βάσης δεδομένων καθώς και μια σαφή αντίληψη για τις ιδιότητες των σεισμικών πηγών στη χώρα μας. Συνήθως το μέλλον αντιγράφει το παρελθόν έτσι υπάρχει μια ορθολογική εκτίμηση για την εξέλιξη μελλοντικών σεισμικών ακολουθιών.

Σύντομη περιγραφή του αντικειμένου του έργου

Είναι γνωστό ότι η χάραξη αντισεισμικής πολιτικής πρέπει πάντα να βασίζεται σε μια βαθιά και λεπτομερή γνώση των ιδιοτήτων της εστίας των σεισμών. Είναι επίσης γνωστό ότι κανείς προβλέπει τι θα γίνει στο μέλλον, αφού έχει μελετήσει με λεπτομέρεια την εξέλιξη παλαιών σεισμικών ακολουθιών τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο. Οι τελευταίοι σεισμοί στη χώρα μας, αλλά και διεθνώς, έδειξαν ότι ο σεισμικός κίνδυνος είναι μεγάλος

και αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια. Αυτό κατά κύριο λόγο σχετίζεται με τη συγκέντρωση πληθυσμού στις μεγάλες αστικές πόλεις. Ο σεισμός της Αθήνας μας δίδαξε ότι και σεισμοί μέσου μεγέθους μπορούν να έχουν σοβαρές συνέπειες όταν συμβαίνουν σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Ακόμα μας δίδαξε ότι η γνώση μας για τα ενεργά ρήγματα της χώρας είναι ελλιπής γιατί πολλοί σεισμοί έχουν μεγάλη περίοδο επανάλληψης και δεν υπάρχουν ενόργανες καταγραφές για την αξιόπιστη μελέτη τους.

Για να βελτιώσουμε τη γνώση μας για τη διαδικασία διάρρηξης και για τις ιδιότητες των σεισμικών πηγών θα πρέπει να αξιοποιήσουμε τις ενόργανες καταγραφές από τη γένεση ισχυρών σεισμών αλλά κατά κύριο λόγο από τη γένεση σεισμών μέσου μεγέθους ($M \sim 4$). Η αλματώδης ανάπτυξη των παγκόσμιων σεισμολογικών δικτύων αλλά και η βελτίωση του εξοπλισμού και η ανάπτυξη των σεισμολογικών δικτύων στη χώρα μας παρέχουν υψηλής ακρίβειας ψηφιακά δεδομένα για λεπτομερή μελέτη των ιδιοτήτων της εστίας. Η αξιοποίηση αυτών των δεδομένων για το σκοπό αυτό είναι αντικείμενο της πρότασης. Τα δεδομένα είναι αξιόπιστα και ψηφιακά, η τεχνογνωσία με την προσεκτική σύνθεση της ερευνητικής ομάδας είναι εξασφαλισμένη και επιπροσθέτως υπάρχει μια μακροχρόνια δουλειά υποδομής απαραίτητη για την επιτυχή εκπλήρωση των στόχων.

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί σειρά από σεισμοτεκτονικές μελέτες στο χώρο του Αιγαίου, οι οποίες όμως, κατά κύριο λόγο, αφορούν τους επιφανειακούς σεισμούς ($h < 40$ Km). Για τους σεισμούς ενδιάμεσου βάθους στη χώρα μας δεν έχει πραγματοποιηθεί συστηματική μελέτη. Το θέμα αυτό χρίζει ιδιαίτερης προσοχής καθώς τα ιστορικά στοιχεία υποδεικνύουν ότι η νότια και κεντρική Ελλάδα, καθώς και οι ακτές της Α. Μεσογείου, έχουν επανειλημμένα πληγεί από σεισμούς ενδιάμεσου βάθους, μεγέθους ~ 8.2 . Αν σκεφθεί δε κανείς ότι στις περιοχές αυτές συγκεντρώνεται μια σημαντική μερίδα της οικονομικής ζωής του τόπου (μεγάλα ξενοδοχεία, τουρίστες κλπ) αντιλαμβάνεται την ανάγκη πραγματοποίησης μιας λεπτομερούς σχετικής έρευνας. Για τους λόγους αυτούς, πρωταρχικός στόχος του έργου είναι ο ακριβής προσδιορισμός των μηχανισμών γένεσης των σεισμών ενδιάμεσου και ο καθορισμός των ιδιοτήτων της εστίας τους. Προσομοιώθηκε η αναμενόμενη ισχυρή κίνηση από ένα τέτοιο σεισμό ενδιάμεσου βάθους ($M \sim 7.5$) σε επιλεγμένες θέσεις, αφού εξασφαλίσαμε αξιόπιστες παραμέτρους για τη σεισμική πηγή. Ελέγχθηκε το συχνотικό περιεχόμενο του φάσματος πλάτους της κίνησης σε σχέση με τις συχνότητες που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τους μηχανικούς.

Πέρα από την οργάνωση βάσεων δεδομένων με όλες τις απαραίτητες πληροφορίες έγινε και μια συνδυαστική ερμηνεία όλων των αποτελεσμάτων σε σχέση με τα δεδομένα από τις γεωδαιτικές μετρήσεις για την Ελλάδα, οι οποίες τα τελευταία χρόνια έχουν πυκνώσει σημαντικά.

Μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν

Χρησιμοποιήθηκαν οι πλέον σύγχρονες μεθοδολογίες για τον καθορισμό της γεωμετρίας του ρήγματος, όπως η μέθοδος της αντιστροφής των κυμάτων

χώρου (McCaffrey et al., 1991) για δε τον καθορισμό των παραμέτρων της εστίας έγινε φασματική ανάλυση μακρινού –πεδίου, με βάση τις ψηφιακές αναγραφές από τα παγκόσμια δίκτυα σειсмоγράφων.

Για τους τοπικούς σεισμούς και τους σεισμούς μεσαίου μεγέθους ο καθορισμός των ιδιοτήτων των σεισμικών πηγών έγινε με τη μεθοδολογία των Dreger & Helmberger (1991). Εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στην Ελλάδα, και περιλαμβάνει την αντιστροφή κυματομορφών σε κοντινές αποστάσεις από την πηγή. Οι τιμές των παραμέτρων της εστίας καθορίστηκαν από φασματική ανάλυση. Για τον καθορισμό της χρονικής και χωρικής μεταβολής του πεδίου των τάσεων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος αντιστροφής του Gephart (1990) η οποία δίνει τη δυνατότητα του καθορισμού του επιπέδου του ρήγματος από ένα πλήθος μηχανισμών γένεσης. Η αναγνώριση του επιπέδου του ρήγματος από τα δυο επίπεδα κίνησης (κύριο και βοηθητικό) έχει εξαιρετική σημασία. Πρώτον γιατί μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε μια σαφή εικόνα της παράταξης και κλίσης των ρηγμάτων, και κατά δεύτερο λόγο γιατί επιτρέπει τον καθορισμό των διανυσμάτων ολίσθησης. Αυτά είναι άμεσα συγκρίσιμα με τις διευθύνσεις κίνησης που προκύπτουν από γεωδαιτικές παρατηρήσεις.

Για την προσομοίωση της ισχυρής σεισμικής κίνησης χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι των Beresnev and Atkinson (1998, 1999) και Irikura (1983), Kamae et al., (1998).

Δημοσιεύσεις στο πλαίσιο του προγράμματος

1. Drakos, A., Stiros, S. and A. Kiratzi (2002). Fault parameters of the 1980 Volos (central Greece) earthquake (Mw=6.5) from inversion of repeated leveling data. "**Bulletin of the Seismological Society of America**", 91, 1673-1684.
2. Roumelioti, Z., **Kiratzi, A.**, Theodoulidis, N. and C. Papaioannou (2002). S-wave spectral analysis to retrieve the source parameters of the 1995 Kozani-Grevena (NW Greece) aftershock sequence. "**J. of Seismology**", 6, 219-236.
3. Roumelioti, Z. and **A. Kiratzi** (2002). Stochastic Simulation of Strong-Motion Records from the 15 April 1979 (M 7.1) Montenegro (Yugoslavia) Earthquake. "**Bulletin of the Seismological Society of America**", 92, 1095-1101.
4. **Kiratzi, A.** (2002). Stress tensor inversions along the westernmost North Anatolian Fault Zone and its continuation into the North Aegean Sea. "**Geophysical Journal International**," 151, 360-376.
5. Roumelioti, Z., **Kiratzi, A.**, Theodoulidis, N., Kalogeras, I. and G. Stavrakakis (2002). Source directivity during the September 7, 1999 (Mw 5.9) Athens (Greece) earthquake obtained from strong-motion records. "**Pure and Applied Geophysics**", in press.
6. Papazachos, B., Karakostas, V., **Kiratzi, A.**, Margaris, V., Papazachos, C. and E. M. Scordilis (2002). Uncertainties in the estimation of earthquake magnitudes in Greece. "**Journal of Seismology**", in press.
7. Benetatos, C., Roumelioti, Z., **Kiratzi, A.** and Melis, N. (2002). Source Parameters of the **M** 6.5 Skyros island (North Aegean Sea) Earthquake of July 26, 2001. "**Annals of Geophysics**" (former Annali di Geofisica), 45(3), in press.
8. Roumelioti, Z., Dreger, D., **Kiratzi, A.**, and Theodoulidis, N. (2002). Slip distribution of the September 7, 1999 Athens earthquake inferred from an

- empirical Green's function study. "**Bulletin of the Seismological Society of America**", in press.
9. Polatidis, A., **Kiratzis, A.**, Hatzidimitriou, P. and B. Margaritis (2002). Attenuation of shear-waves in Central Greece for frequencies from 0.6 to 16 Hz. "**Tectonophysics**", in review.
 10. Roumelioti, Z., **Kiratzis, A.** and D. Dreger (2002). The source process of the July 26, 2001 Skyros Island (Greece) earthquake. "**Geophysical Journal International** ", submitted.
 11. Roumelioti, Z., **Kiratzis, A.** (2002). Relocation of the July 26, 2001 Skyros Island (Greece) Earthquake Sequence Using the Double-Difference Technique. "**Phys. of the Earth and Planet. Int.**", submitted.
 12. **Kiratzis, A.** and E. Louvari (2002). Focal mechanisms of shallow earthquakes in the Aegean Sea and the surrounding lands determined by waveform modeling: a new database. "**Journal of Geodynamics**", submitted.

Σύνθεση της ερευνητικής ομάδας

Τομέας Γεωφυσικής, ΑΠΘ

Συντονιστής: Αναστασία Α Κυρατζή, Καθηγήτρια ΑΠΘ

Νέοι ερευνητές

Χριστόφορος Μπενετάτος, μεταπτυχιακός φοιτητής

Ζαφειρία Ρουμेलιώτη, MSc, ΑΠΘ, μεταπτυχιακή φοιτήτρια

Αντώνης Πολατίδης, MSc

Μαρία Παναγιώτου, MSc

Ελένη Λούβαρη, MSc, PhD., ΑΠΘ

Έμπειροι ερευνητές

Παναγιώτης Χατζηδημητρίου, Αναπλ. Καθηγ. ΑΠΘ

Μανώλης Σκορδίλης, Λέκτορας ΑΠΘ

Συνεργάτης: Θεοδουλίδης Νικόλαος, Dr, αναπλ. Ερευνητής ΙΤΣΑΚ

Τομέας Γεωφυσικής και Γεωθερμίας, Πανεπιστήμιο Αθήνας

Επιστημονικός Υπεύθυνος: Κωνσταντίνος Μακρόπουλος, Καθηγητής

Νικόλαος Βούλγαρης, επ. καθηγ., ΠΑ

Παναγιώτης Παπαδημητρίου, Επ. καθηγ., ΠΑ

Ανδρέας Τζάνης, Dr, ΠΑ

Βίκυ Κουσκουνά, επίκ. Καθ., ΠΑ

Γιώργος Καβίρης, φυσικός, ΠΑ