

Σπύρος Β. Παυλίδης

Γεωλογία των σεισμών, εισαγωγή στη νεοτεκτονική, μορφοτεκτονική και παλαιοσεισμολογία

University Studio Press,
Θεσσαλονίκη 2003

Ο όρος *γεωλογία των σεισμών* αναφέρεται στη συνεχή τεκτονική δραστηριότητα του φλοιού της Γης και έχει εξελιχθεί την τελευταία εικοσαετία ως ανεξάρτητος κλάδος των γεωεπιστημών. Αυτό οφείλεται στο έντονο ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για το φαινόμενο του σεισμού και της πληθώρας των ειδικών γνώσεων που αποκλήθηκαν στο διάστημα αυτό. Έχει παγκόσμια αναγνωρισθεί ως ένας σημαντικός επιστημονικός κλάδος που αξιολογεί και χρησιμοποιεί ανεξάρτητες παρατηρήσεις που προέρχονται από τη γεωλογία, τη σεισμολογία, τη γεωφυσική, τη σύγχρονη γεωδαισία, τις ραδιοχρονολογήσεις και άλλους κλάδους των γεωεπιστημών. Η αξία της προέρχεται από το γεγονός ότι, μελετώντας με τις μεθόδους της μία τεκτονικά ενεργό περιοχή, συλλέγονται αξιόπιστες πληροφορίες για επαναλαμβανόμενους σεισμικούς κύκλους που έλαβαν χώρα στο παρελθόν, σε χρονικό διάστημα αρκετών χιλιάδων ετών και σε συγκεκριμένα ρήγματά της. Το τελικό αποτέλεσμα (πιθανό μέγεθος παλαιών σεισμών, χρόνος γένεσης, μέσος ρυθμός ολίσθησης, περίοδος επανάληψης κ.ά.) οδηγεί στην επέκταση των καταλόγων σεισμών στο προϊστορικό παρελθόν, χρησιμοποιώντας έτσι στην πληρέστερη εκτίμηση της σεισμικότητας και της δυναμικής κατάστασης των ρηγμάτων της συγκεκριμένης περιοχής, και κατ'επέκταση στη βελτίωση της γνώσης της σεισμικής επικινδυνότητάς της. Επιπλέον, γνωρίζοντας πού, πώς και πόσο παραμορφώνεται μία περιοχή, οι παραπάνω γνώσεις μπορούν να επεκταθούν και στο πού και πότε ανα-

μένεται να συμβεί ο επόμενος σεισμός και πόσο μεγάλος θα είναι. Η προοπτική αυτή, αν και προς το παρόν δεν είναι δυνατή, αποτελεί έναν εφικτό μελλοντικό στόχο.

Το βιβλίο *Γεωλογία των σεισμών* έχει ως κύριο αντικείμενο τη μελέτη του γήινου φλοιού και των ενεργών ρηγμάτων του, και γενικότερα του γεωλογικού περιβάλλοντος στο οποίο εκδηλώνεται το φαινόμενο του σεισμού. Σύμφωνα με αυτό το σκεπτικό αναπτύσσονται οι κύριοι κλάδοι της, που είναι η *ενεργός τεκτονική*, η *μορφοτεκτονική*, η *σεισμοτεκτονική*, η *παλαιοσεισμολογία* και η *νεοτεκτονική*. Η *Γεωλογία των σεισμών* περιλαμβάνει πρόλογο και εννέα κεφάλαια απαραίτητα από υποκεφάλαια. Κάθε κεφάλαιο ξεκινά με αναλυτική εισαγωγή των θεμάτων που θα αναπτυχθούν, ενώ στο τέλος κάθε υποκεφαλαίου και κεφαλαίου δίδεται ενδεικτική βιβλιογραφία για περαιτέρω μελέτη, και στο τέλος του βιβλίου παρατίθεται εκτενής βιβλιογραφία. Η οργάνωση αυτή βοηθά τον αναγνώστη που θέλει να εμβαθύνει σε κάποιο συγκεκριμένο τομέα.

Στον πρόλογο γίνεται προσπάθεια ερμηνείας, από διαφορετικές προσεγγίσεις, του όρου *ενεργός τεκτονική* και της σημασίας που έχει η μελέτη της και τα αποτελέσματά της για το κοινωνικό σύνολο. Επίσης δίνεται ο επικρατών ορισμός για τη *γεωλογία των σεισμών*, το περιεχόμενό της και οι κλάδοι που την απαρτίζουν.

Το πρώτο κεφάλαιο ασχολείται με τη «Μελέτη των σύγχρονων και πρόσφατων γεωλογικών δομών και διεργασιών». Δίνονται πληροφορίες για την εξέλιξη, τα ενδιαφέροντα και τους σκοπούς της *νεοτεκτονικής*, ενώ για την κατανόηση των νεοτεκτονικών διεργασιών παρατίθενται αρκετά στοιχεία για τη γεωλογία του Νεογενοϋς και Τεταρτογενοϋς της Ελλάδας, δηλαδή για την περίοδο των τελευταίων 25 εκατομμυρίων χρόνων. Παρουσιάζονται λοιπόν τα πετρώματα που δημιουργήθηκαν, η παλαιογεωγραφία και το κλίμα, ενώ περιγράφονται πολύ συνοπτικά οι κυριότερες μέ-

θοδοι απόλυτης χρονολόγησης. Θα ήταν χρήσιμο στο κεφάλαιο αυτό να αναπτύσσονταν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια οι τεχνικές ραδιοχρονολόγησης, ώστε να περιληφθούν τόσο κλασικές μέθοδοι, όπως των ισοτόπων του U, του K-Ar, όσο και μέθοδοι οι οποίες αναπτύχθηκαν πρόσφατα, π.χ. δενδροχρονολόγηση ή χρονολόγηση επιφανειών που εκτίθενται σε κοσμική ακτινοβολία.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στις «Πρόσφατες κινήσεις του φλοιού της Γης». Είναι αποδεκτό ότι ο γήινος φλοιός υπόκειται σε συνεχείς κινήσεις διαφορετικού ρυθμού και εύρους. Παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο είναι δυνατόν να πιστοποιηθούν τέτοιες μετακινήσεις, είτε συνέβησαν πριν μερικές χιλιετίες ή τα τελευταία έτη. Ειδικότερα για την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, μετακινήσεις του εδάφους προερχόμενες κυρίως από μεγάλους σεισμούς είναι αποτυπωμένες στα αρχαία μνημεία ή αναφέρονται από τους ιστορικούς. Κάτω από αυτό το πρίσμα περιγράφονται μερικοί από τους σημαντικότερους σεισμούς της αρχαιότητας, δίνοντας έμφαση στις επικρατούσες σύγχρονες γεωλογικές απόψεις, και παρουσιάζεται ο κλάδος της *αρχαιοσεισμολογίας*, δηλαδή η μεθοδολογία μελέτης και πιστοποίησης παλαιών σεισμών από εξέταση αρχαιολογικών θέσεων που έχουν υποστεί τις συνέπειες ισχυρών σεισμικών γεγονότων. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παρουσίαση σύγχρονων γεωδαιτικών τεχνικών της τελευταίας δεκαπενταετίας που χρησιμοποιούνται για την ακριβή μέτρηση εδαφικών μετακινήσεων (GPS), και παρουσιάζεται αρκετά αναλυτικά η σύγχρονη τεχνική της *συμβολομετρίας δορυφορικών εικόνων* (SAR), που χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση της παραμόρφωσης του γήινου ανάγλυφου.

Η «Μορφοτεκτονική» αναπτύσσεται με αρκετά ικανοποιητικό τρόπο στο τρίτο κεφάλαιο και αναφέρεται στους γεωμορφολογικούς δείκτες που συνδέονται με ενεργές τεκτονικές δομές. Παρουσιάζονται αναλυ-

τικά τα χαρακτηριστικά ενός ρηξιγενούς πρானούς και η επιφανειακή εξέλιξή του και περιγράφεται η εξέλιξη της διάχυσης που δίνει τη μαθηματική της έκφραση. Επίσης, περιγράφονται συνοπτικά και δίνονται οι μαθηματικές εκφράσεις των διαφορών μορφοτεκτονικών δεικτών. Αναπτύσσεται η σημασία της μελέτης παράκτιων σχηματισμών καθώς και των αλβουβιακών ριπιδίων για τον προσδιορισμό κατακόρυφων κινήσεων. Πιστεύω ότι θα ήταν χρήσιμη για τους αναγνώστες, και ειδικότερα για την κατανόηση της χρήσης των δεικτών που παρατίθενται, η παρουσίαση εφαρμογών και παραδειγμάτων από τον ελληνικό χώρο.

Το τέταρτο κεφάλαιο ασχολείται με την «Παλαιοσεισμολογία», δηλαδή, σύμφωνα με τον συγγραφέα, «με τη μελέτη της σεισμικής ιστορίας των ρηγμάτων με γεωλογικές μεθόδους και την έκφραση των αποτελεσμάτων της με σεισμολογικούς όρους». Η παλαιοσεισμολογία στηρίζεται κυρίως στη διάνοιξη τάφρων σε κατάλληλες θέσεις, εγκάρσια ή παράλληλα ως προς το ρήγμα, στη μελέτη των διαταραγμένων εδαφικών οριζόντων και, με τη χρήση κατάλληλων μεθόδων χρονολόγησης, στον προσδιορισμό της ηλικίας των παλαιοσεισμών, της μετατόπισης ανά γεγονός, στο ρυθμό ολίσθησης και στην περίοδο επανάληψης μεγάλων σεισμών. Τα θέματα αυτά αναπτύσσονται με πολύ καλό και οργανωμένο τρόπο. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με αναλυτικό πίνακα μεθόδων χρονολόγησης που χρησιμοποιούνται στην παλαιοσεισμολογία. Κατά τη γνώμη μου, θα ήταν χρήσιμο να παρουσιάζονταν στο κεφάλαιο αυτό με πιο αναλυτικό τρόπο τα παραδείγματα παλαιοσεισμολογικής έρευνας που δίνονται στο έβδομο κεφάλαιο.

«Οι σεισμοί ως γεωλογικό φαινόμενο. Σεισμοτεκτονική» είναι το περιεχόμενο του πέμπτου κεφαλαίου, που αποτελεί το συνδυαστικό κρίκο μεταξύ νεοτεκτονικής και σεισμολογίας. Το θέμα του έχει μεγάλο ενδιαφέρον και πρακτική εφαρμογή, δεδομένου

ότι πραγματεύεται τους τρόπους πιστοποίησης ενός ρήγματος ως ενεργού, την εκτίμηση της πιθανότητας δραστηριοποίησής του και του μεγέθους του σεισμού που θα δημιουργηθεί. Για να γίνει αυτό κατανοητό δίνονται αρκετά αναλυτικά γνώσεις για τη θραύση των πετρωμάτων, τη θραυσιγενή τεκτονική, τη σεισμική διάρρηξη και τα επικρατούντα γι' αυτήν μοντέλα, του εμποδίου και φράγματος, τη σεισμική τάση· περιγράφονται αναλυτικά οι συνιστώσες της και οι κύριοι άξονες της και παρουσιάζεται η σχέση τους με τα είδη των σεισμικών ρηγμάτων. Τέλος, με την ανάπτυξη της θεωρίας του Mohr δίνεται πολύ ικανοποιητικά το θεωρητικό υπόβαθρο για την κατανόηση της δημιουργίας των ρηγμάτων. Ακολουθούν ορισμοί ενεργών ρηγμάτων σύμφωνα με διαφορετικά κριτήρια και επιτροπές από διάφορες σεισμογενείς χώρες, όπου γίνονται φανερά η πολικιλία ορισμών και ο διαφορετικός τρόπος προσέγγισης του θέματος. Δίνονται επίσης σχέσεις που συνδέουν τα ποσοτικά χαρακτηριστικά επιφανειακής διάρρηξης με το μέγεθος και τη σεισμική ροπή του σεισμού. Τέλος, δίνονται παραδείγματα από γεωλογικά φαινόμενα, διαρρήξεις, κατολισθήσεις, ρευστοποιήσεις εδαφών και άλλα, που συνόδευσαν μεγάλους επιφανειακούς σεισμούς του ελληνικού χώρου. Στο κεφάλαιο αυτό θα μπορούσαν να περιλαμβάνονται η περιγραφή και οι συνέπειες στις παράκτιες περιοχές των θαλάσσιων σεισμικών κυμάτων (tsunamis).

Στο επόμενο κεφάλαιο δίνεται η «Ποσοτική τεκτονική ανάλυση», δηλαδή εκείνα τα στοιχεία που μπορούν να μετρηθούν σε ένα ρήγμα στο ύπαιθρο (διακλάσεις, γραμμώσεις, αυλακώσεις κ.λπ.) και τα οποία μπορούν να δώσουν πληροφορίες για τις δυνάμεις που επικρατούσαν κατά τη δημιουργία τους, τη μηχανική των τάσεων κ.λπ., και περιγράφονται οι κυριότερες μέθοδοι ανάλυσης που χρησιμοποιούνται σήμερα για τον προσδιορισμό των κυρίων αξόνων της τάσης. Επίσης, περιγράφεται η έννοια

της πολυφασικής τεκτονικής και παρουσιάζεται ο διαχωρισμός των τεκτονικών φάσεων με χρήση παραδειγμάτων από τον ελληνικό χώρο.

Στο έβδομο κεφάλαιο, «Γεωλογία των σεισμών: δομές - παραδείγματα», περιγράφονται πολύ αναλυτικά τυπικές μορφές εφελκυστικής τεκτονικής που οδηγούν στη δημιουργία κανονικών ρηγμάτων, τα οποία είναι αυτά που επικρατούν στη χώρα μας. Παρουσιάζονται συνοπτικά μερικά παραδείγματα αναγνώρισης παλαιοσεισμικών γεγονότων από ρήγματα του ελληνικού χώρου με τη χρήση γεωλογικών κριτηρίων. Επίσης, παρουσιάζονται δομές συμπιεστικής τεκτονικής (ανάστροφα ρήγματα) καθώς και αυτές των ρηγμάτων οριζόντιας μετατόπισης. Τέλος, δίνονται παραδείγματα από τα παγκοσμίως γνωστά ρήγματα του Αγίου Ανδρέα και της Βόρειας Ανατολίας και αφιερώνονται αρκετές σελίδες στην περιγραφή των νεοτεκτονικών και σεισμολογικών χαρακτηριστικών τους.

«Νεοτεκτονική - σεισμοτεκτονική του ελληνικού χώρου»: στο κεφάλαιο αυτό δίνονται με λεπτομέρεια οι σύγχρονες απόψεις για τη γεωδυναμική του ελληνικού χώρου σε σχέση με τις τελευταίες αντιλήψεις από την επικρατούσα θεωρία των τεκτονικών πλακών. Παρουσιάζεται επίσης η νεοτεκτονική εξέλιξη του ευρύτερου χώρου του Αιγαίου και εξετάζονται από νεοτεκτονική άποψη οι περιοχές της Μυγδονίας λεκάνης και της τάφρου του Κορινθιακού Κόλπου, ενώ δίνεται κατάλογος των ιστορικών σεισμών που συνέβησαν σε αυτές, με έμφαση στους πλέον σημαντικούς από αυτούς. Το κεφάλαιο αυτό είναι πολύ σημαντικό για τις εφαρμοσμένες πληροφορίες που περιέχει και πιστεύω ότι θα ενδιαφέρει κάθε αναγνώστη του βιβλίου. Για το λόγο αυτό θεωρώ ότι είναι χρήσιμη η περιγραφή από νεοτεκτονική άποψη και άλλων περιοχών του ελληνικού χώρου (χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε τη Θεσσαλία, τη Στερεά Ελλάδα, την Πελοπόννησο, την Κρήτη) στις οποίες έχουν χαρτογραφηθεί ενεργά ρήγμα-

τα και οι οποίες παρουσιάζουν σεισμοτεκτονικό ενδιαφέρον.

Στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζεται η «Νεοτεκτονική χαρτογράφηση», που αποτελεί μια εξειδικευμένη γεωλογική χαρτογράφηση στην οποία αποτυπώνονται μεταξύ άλλων και τα ενεργά ρήγματα. Παρουσιάζονται σύγχρονες γεωφυσικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη χαρτογράφηση των ενεργών ρηγμάτων, ενώ γίνεται αναλυτική παρουσίαση του καθορισμού ενός ρήγματος ως ενεργού σύμφωνα με τους αντισεισμικούς κανονισμούς διαφόρων χωρών και οργανισμών. Στο θέμα αυτό δίνονται περιληπτικά τα σημεία που άπτονται της γεωλογίας των σεισμών στον ισχύοντα Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ).

Στο τελευταίο κεφάλαιο του βιβλίου, «Εφαρμογές της νεοτεκτονικής. Εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας», περιγράφεται η εφαρμογή των νεοτεκτονικών μεθόδων σε γεωθερμικές έρευνες και σε μελέτες της τεχνικής γεωλογίας και, τέλος, παρουσιάζεται αρκετά αναλυτικά η εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας με γεωλογικά δεδομένα.

Το βιβλίο είναι καλογραμμένο και κατανοητό. Τα πολλά διαγράμματα, σχήματα και φωτογραφίες που παρατίθενται είναι χρήσιμα και συνοδευτικά των επιστημονικών θεμάτων που αναλύονται και διευκολύνουν τον λιγότερο ειδικό αναγνώστη να κατανοήσει τα θέματα στα οποία αναφέρονται. Επιπλέον, τα πολλά παραδείγματα για θέματα που αναπτύσσονται και αναφέρονται σε ρήγματα ή θέσεις από τον ελληνικό χώρο, και όχι μόνο, ξεκουράζουν τον αναγνώστη και προσελκύουν την προσοχή και το ενδιαφέρον του. Σε όλο το βιβλίο είναι αισθητή η προσωπική γνώση του συγγραφέα με παραδείγματα και φωτογραφίες από σεισμούς του ελληνικού χώρου και του εξωτερικού.

Είναι εμφανής η απουσία ενός κεφαλαίου με βασικά σεισμολογικά στοιχεία και όρους όπως το μέγεθος, τα σεισμικά κύματα, η σεισμική διάρρηξη, η παγκόσμια τεκτονική των πλα-

κών, έτσι ώστε ο αναγνώστης που δεν διαθέτει τις απαραίτητες σεισμολογικές γνώσεις να γνωρίσει πολλά από τα θέματα που διαπραγματεύεται το βιβλίο. Κατά τη γνώμη μου, θα ήταν απαραίτητο να συμπεριληφθεί στο τέλος του βιβλίου ένα συνοπτικό λεξιλόγιο των κυριότερων όρων που αναλύονται, καθώς και ένα αλφαβητικό ευρετήριο.

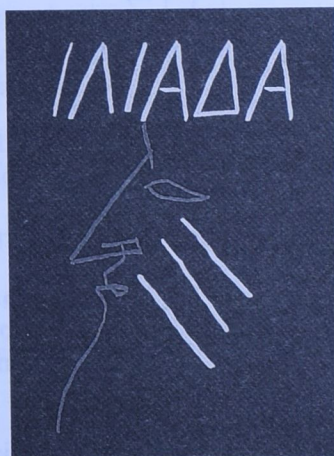
Το βιβλίο αυτό είναι το πρώτο το οποίο εκδίδεται στην Ελλάδα και αναφέρεται σε αυτό τον καινούργιο επιστημονικό κλάδο, ο οποίος παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για τη χώρα μας. Καλύπτει με επιτυχία το κενό μεταξύ των κλασικών συγγραμμάτων της τεκτονικής γεωλογίας και της

σεισμολογίας, απευθύνεται δε, αποτελώντας ένα χρήσιμο και απαραίτητο επιστημονικό βοήθημα, όχι μόνο στους προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές και επιστήμονες των γεωεπιστημών και άλλων συναφών κλάδων, αλλά και σε κάθε αναγνώστη που ενδιαφέρεται να επεκτείνει τις γνώσεις του σε θέματα που σχετίζονται με τους σεισμούς και τη σεισμική επικινδυνότητα. Προς όλους αυτούς ανεπιφύλακτα συνιστάται η χρήση του.

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ
Δρ. Σεισμολόγος - Διευθυντής Ερευνών
Γεωδυναμικό Ινστιτούτο
Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

ΟΜΗΡΟΥ ΙΛΙΑΔΑ - ΟΔΥΣΣΕΙΑ

Μετάφραση
ΙΑΚΩΒΟΣ ΠΟΛΥΛΑΣ
Εικονογράφηση
MIMMO PALADINO



ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

Δύο τόμοι, σε σχήμα 24,5×33 cm, με 652 σελίδες τυπωμένες σε χαρτί M-Real 170 gr. και 202 τετράχρωμα σχέδια φιλοτεχνημένα από τον Mimmo Paladino ειδικά για την έκδοση. Βιβλιοδεσία πανόδετη με χρυσοτυπία. Οι τόμοι ενθέτονται σε ειδική θήκη.