

ΣΕΙΣΜΟΙ: ΣΥΧΝΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Δρ Σουλβάνα Πηλείδου, Γεωλογικός Λειτουργός, Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης

Γιατί γίνονται σεισμοί;

Επειδή ο πλανήτης μας είναι γεωλογικά «ζωντανός». Οι δύσκαμπτες λιθοσφαιρικές πλάκες του περιβλήματος της Γης, οι οποίες «επιπλέουν» και μετακινούνται πάνω από το συγκριτικά πιο εύπλαστο εσωτερικό της Γης, βρίσκονται σε συνεχή κίνηση και εκτελούν ένα σοβαρό έργο της ζωής του πλανήτη μας: ανακυκλώνουν το εξωτερικό του περιβλήμα με το να δημιουργούν νέο φλοιό ή να καταστρέφουν τον παλιό φλοιό σπρώχνοντάς τον πίσω στο εσωτερικό της Γης. Ως αποτέλεσμα της κίνησης των πλακών είναι η συσσώρευση τάσεων, που όταν αυτές υπερβούν την αντοχή των πετρωμάτων, αυτά σπάζουν και έτσι προκαλείται ένας σεισμός.

Ποιος ήταν ο εγκέλαδος;

Σύμφωνα με την ελληνική μυθολογία ήταν αρχηγός των Γιγάντων, γιος του Ταρτάρου και της Γης που έπαιξε πρωτεύοντα ρόλο στη Γιγαντομαχία στην οποία και φονεύθηκε από την Αθηνά η οποία αφού τον έτρεψε σε φυγή, έριξε εναντίον του τη Σικελία ή το όρος Αίτνα με το οποίο και τον καταπλάκωσε. Ο Εγκέλαδος κινούμενος και στενάζοντας μέσα στο τάφο του προκαλεί εκρήξεις ηφαιστειών και σεισμούς!

Σχετίζονται οι σεισμοί με καιρικά φαινόμενα;

Τον τέταρτο αιώνα π.Χ. ο Αριστοτέλης εισηγήθηκε ότι τους σεισμούς προκαλούν παγιδευμένα αέρια σε υπόγεια έγκοιλα από τα οποία απελευθερώνονται και σπάζουν τα πετρώματα στην πορεία τους προς την επιφάνεια της Γης προκαλώντας σεισμούς. Πιστεύω πως γι' αυτό το λόγο επικρατεί και ο μύθος σήμερα ότι όταν είναι ζέστη και άπνοια (η λεγόμενη «κουφοπυρά» στη κυπριακή διάλεκτο) επίκειται σεισμός - που θα επαναφέρει τον άνεμο!

Αυτό όμως δεν είναι τίποτε παραπάνω από ένα μύθο. Οι σεισμοί συμβαίνουν στατιστικά κάτω από διάφορες καιρικές συνθήκες. Έχει παρατηρηθεί μια σχέση εκδήλωσης σεισμών σε συνθήκες πολύ χαμηλών ατμοσφαιρικών πιέσεων (λόγω τυφώνων για παράδειγμα) αλλά τα δεδομένα είναι πολύ λίγα για να γίνει στατιστική επαλήθευση της παρατήρησης.

Προαισθάνονται τα ζώα τους σεισμούς;

Είναι γεγονός ότι τα ζώα συμπεριφέρονται αφύσικα από βδομάδες μέχρι και λίγα δευτερόλεπτα πριν από την εκδήλωση ενός σεισμού. Οι σκύλοι γαυγίζουν, τα άλογα χλιμιντρίζουν, τα φίδια, τα πουλιά, τα ποντίκια, τα βατράχια και τα έντομα εγκαταλείπουν αναστατωμένα τις φωλιές τους, τα κουνούπια δεν τσιμπούν κλπ.

Πολυάριθμες αναφορές έχουν γίνει από τα αρχαία χρόνια μέχρι σήμερα και διάφορες εξηγήσεις είναι πιθανές: τα ζώα είναι πολύ πιο ευαίσθητα από τον άνθρωπο και αισθάνονται πρόδρομα φαινόμενα σεισμών όπως είναι μικροπροσεισμοί, τοπικές μικροανωμαλίες του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου της Γης λόγω της συμπίεσης των πετρωμάτων κοντά στο σεισμογόνο ρήγμα, τοπική μεταβολή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης των πετρωμάτων, ανύψωση/καθίζηση του εδάφους, μεταβολές στη στάθμη και θερμοκρασία ή χημική αλλοίωση των υπογείων υδάτων, απελευθέρωση ραδονίου κλπ. Πολλή όμως έρευνα απαιτείται στο θέμα αυτό για να οδηγήσει η μελέτη της συμπεριφοράς των ζώων στη δημιουργία ενός αξιόπιστου μηχανισμού πρόγνωσης σεισμών.

Τι είναι η εδαφική ρευστοποίηση – υπάρχει κίνδυνος στην Κύπρο;

Η ρευστοποίηση του εδάφους παρατηρείται κυρίως σε αμμώδη εδάφη, τα οποία είναι κορεσμένα με νερό, και οφείλεται στην αύξηση της πίεσης του νερού των πόρων λόγω της συνεχούς δόνησης κατά τη διάρκεια ενός σεισμού. Η τριβή μεταξύ των κόκκων του υλικού μειώνεται και αυτό συμπεριφέρεται προσωρινά σαν ρευστό. Έτσι οι κατασκευές σε τέτοιες περιοχές παθαίνουν σημαντικές βλάβες λόγω μερικής βύθισης, κλίσης, κλπ. Επιρρεπείς σε ρευστοποίηση είναι οι παράκτιες περιοχές της νότιας Κύπρου γι' αυτό και ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίδεται στη θεμελίωση ειδικά των πολυόροφων κτιρίων στις περιοχές αυτές. Ρευστοποίηση στην Κύπρο παρατηρήθηκε κοντά στην Αυδήμου και στη Βάσα Λεμεσού λόγω του σεισμού της Πάφου το 1953.

Τι είναι ο σεισμολογικός σταθμός και το σεισμολογικό δίκτυο;

Οι σεισμολογικοί σταθμοί αποτελούνται από πολύ ευαίσθητα όργανα – τα σεισμόμετρα - τα οποία συνεχώς καταγράφουν την εδαφική κίνηση. Μπορούν να ανιχνεύσουν εδαφική μετατόπιση μέχρι και δέκα εκατομμυριοστά του εκατοστόμετρου (10^{-9} m)! Πολλοί τέτοιοι σταθμοί εγκατεστημένοι σε διάφορες θέσεις στην ύπαιθρο καλύπτοντας ομοιόμορφα μια περιοχή/χώρα αποτελούν το σεισμολογικό δίκτυο της περιοχής/χώρας το οποίο «αφουγκράζεται» το έδαφος της σε συνεχή βάση. Στην Κύπρο λειτουργούν τώρα 7 σεισμολογικοί σταθμοί και σύντομα θα λειτουργήσει παράλληλα νέο σεισμολογικό δίκτυο με 10 σταθμούς εξοπλισμένους με νέας γενιάς όργανα. Τα σεισμολογικά δεδομένα συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο στο Σεισμολογικό Κέντρο στη Λευκωσία, όπου γίνεται και η επεξεργασία τους.

Τι είναι οι κλίμακες μέτρησης, το μέγεθος και η ένταση των σεισμών;

Οι σεισμοί μπορεί να είναι από πολύ μικροί και ανεπαίσθητοι μέχρι και κατακλυσμικοί που κάνουν τη Γη να πάλλεται σαν καμπάνα για μήνες! Γι' αυτό και οι κλίμακες μέτρησης μεγέθους των σεισμών, για να μπορούν να συμπεριλάβουν ένα τόσο μεγάλο εύρος μεγεθών, αλλά ταυτόχρονα να είναι και απλές στη χρήση, είναι βασισμένες στο λογάριθμο του πλάτους της εδαφικής δόνησης που μετρούν οι σεισμολογικοί σταθμοί. Αυτό σημαίνει πως μια μονάδα αύξησης μεγέθους σεισμού αντιστοιχεί σε 10 φορές μεγαλύτερο πλάτος δόνησης ή σε 32 φορές περισσότερη ενέργεια. Δηλαδή ένας σεισμός μεγέθους 6 είναι 1000 φορές πιο ισχυρός από ένα σεισμό μεγέθους 4 βαθμών και προκαλεί 100 φορές μεγαλύτερο πλάτος δόνησης. Γι αυτό και λέμε γενικά ότι είναι καλύτερο να έχουμε πολλούς και μικρούς σεισμούς, παρά να έχουμε στην πραγματικότητα χρειάζονται πάρα πολλοί μικροί σεισμοί για να «αντικαταστήσουν» πλήρως ένα σημαντικό σεισμό.

Υπάρχουν πολλές κλίμακες μέτρησης σεισμών - η πιο κοινή και γνωστή για τοπικούς σεισμούς είναι η κλίμακα Richter, παράλο που είναι ακριβής μόνο για σχετικά μικρούς και τοπικούς σεισμούς. Γι' αυτό και για τους μεγάλους σεισμούς του Ειρηνικού Ωκεανού ακούμε συνήθως να ανακοινώνεται το μέγεθος σεισμικής ροπής M_w , το οποίο είναι και το πιο απόλυτο και ακριβές για αυτής της τάξης σεισμούς.

Το μέγεθος του σεισμού αντιπροσωπεύει την ενέργεια που απελευθερώνεται από την εστία του σεισμού, είναι μοναδικό για κάθε σεισμό και δεν εξαρτάται από το σημείο παρατήρησης του. Από την άλλη, η ένταση ενός σεισμού, εκφράζει τον βαθμό στον οποίο ο σεισμός γίνεται αντιληπτός από τον άνθρωπο και το περιβάλλον - φυσικό ή δομημένο. Εξαρτάται από το σημείο παρατήρησης, το μέγεθος του, τη θέση της εστίας του (επίκεντρο και βάθος) και έχει άμεση σχέση με τα χαρακτηριστικά του εδάφους στο σημείο παρατήρησης. Ένας σεισμός γίνεται πιο έντονα αισθητός σε χαλαρά πετρώματα παρά σε σκληρά.

Πως υπολογίζουν οι σεισμολόγοι το επίκεντρο και το βάθος ενός σεισμού;

Διάφορα είδη σεισμικών κυμάτων ξεκινούν τη διάδοση τους από την εστία του σεισμού και φτάνουν στην επιφάνεια της Γης, και εκεί που υπάρχουν σεισμολογικοί σταθμοί, καταγράφονται σαν διαγράμματα μετατόπισης/ταχύτητας σε συνάρτηση του χρόνου - τα λεγόμενα σειсмоγράμματα.

Για καλή τύχη των σεισμολόγων, κάθε είδος κύματος ταξιδεύει μέσα από τα πετρώματα της Γης με διαφορετική ταχύτητα, έτσι ο μεταξύ τους σχετικός χρόνος άφιξης είναι διαφορετικός σε κάθε σταθμό - οπότε με μαθηματικούς υπολογισμούς και τη χρήση κανόνων γεωμετρίας και κάποιες προϋπάρχουσες γνώσεις και παραδοχές για τη δομή της Γης, εντοπίζεται η περιοχή στο εσωτερικό της Γης από το οποίο τα κύματα ξεκίνησαν το ταξίδι τους – αυτή είναι η εστία του σεισμού (επίκεντρο και βάθος).

Υπάρχουν όμως αρκετά πρακτικά προβλήματα τα οποία κάνουν την επεξεργασία αυτή δύσκολη και πολλές φορές χρονοβόρα ή λιγότερο αξιόπιστη. Τα προβλήματα σχετίζονται με την πολύπλοκη δομή της Γης, την περίπλοκη διάδοση των κυμάτων στο εσωτερικό της, την ανελαστικότητα της, την ύπαρξη σεισμικού «θορύβου» στις καταγραφές από άλλες πηγές (π.χ. εκρήξεις σε λατομεία, άνεμος, βροχή, μηχανήματα, οχήματα κλπ). που «μολύνουν» τα δεδομένα, την γεωμετρία του δικτύου και την έλλειψη μετρήσεων από το θαλάσσιο χώρο και πολλά άλλα.

Τι είναι οι προσεισμοί και οι μετασεισμοί;

Προσεισμοί και μετασεισμοί ονομάζονται οι σεισμοί που προηγούνται ή ακολουθούν τον κύριο σεισμό, αντίστοιχα. Προσεισμοί δεν εκδηλώνονται πάντα πριν από ένα μεγάλο σεισμό, ενώ οι μετασεισμοί εκδηλώνονται σχεδόν πάντα μετά από ισχυρούς σεισμούς. Για παράδειγμα μετά από τον σεισμό μεγέθους $M=5.6$ της Λεμεσού στην περιοχή Γεράσας στις 11 Αυγούστου 1999, αισθητοί μετασεισμοί συνεχίστηκαν για πολλούς μήνες. Δυστυχώς ένας σεισμός δεν αναγνωρίζεται σαν «προσεισμός» με σιγουριά πριν από την εκδήλωση του κύριου σεισμού.

Ποιοι σεισμοί προκαλούν ζημιές;

Γενικά μιλώντας, οι σεισμοί με μέγεθος μεγαλύτερο από 4-5 μπορεί να προκαλέσουν ζημιές. Ο πιο σημαντικός παράγοντας δεν είναι το μέγεθος του σεισμού αλλά η ένταση του η οποία εξαρτάται από την απόσταση από το επίκεντρο του σεισμού και τα χαρακτηριστικά του εδάφους και των πετρωμάτων στη θέση της θεμελίωσης.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο σεισμός στο θαλάσσιο χώρο του Μεξικού το 1985 μεγέθους 8.1. Επέφερε εκτεταμένες καταστροφές στην πόλη του Μεξικού, **400km** μακριά από την εστία, λόγω του μαλακού, λιμναίας προέλευσης, αργιλικού υπεδάφους του και σχεδόν καθόλου βλάβες στην υπόλοιπη χώρα.

Γιατί δεν γίνεται ανακοίνωση και για την διάρκεια ενός σεισμού;

Για τον απλό λόγο ότι η διάρκεια για την οποία γίνεται αντιληπτός ένας σεισμός έχει άμεση σχέση με την θέση παρατήρησης του και τα χαρακτηριστικά του εδάφους στη θέση αυτή. Υπάρχει επιπλέον και το υποκειμενικό στοιχείο του παρατηρητή.

Γιατί γίνεται πρόγνωση καιρού αλλά όχι σεισμών;

Δυστυχώς το εσωτερικό της Γης δεν είναι ορατό και προσβάσιμο όπως είναι η ατμόσφαιρα της. Στην ατμόσφαιρα μπορούν να γίνουν μετρήσεις, να παρατηρηθούν εξελισσόμενα καιρικά φαινόμενα και με βάση αυτά να γίνουν προσομοιώσεις για επερχόμενες μεταβολές και καιρικά χαρακτηριστικά. Η μελέτη των διεργασιών του εσωτερικού της Γης όμως είναι σχεδόν αδύνατη. Προσπάθειες όμως γίνονται για πρόγνωση σεισμών με τη μελέτη πρόδρομων φαινομένων, κάποια από τα οποία αναφέρθηκαν πιο πάνω. Προσπάθειες γίνονται επίσης και μέσω θεωριών όπως αυτής των «σεισμικών κενών» και της «θεωρίας ντόμινο». Δυστυχώς οι προσεγγίσεις αυτές ακόμη και αν τελειοποιηθούν, θα μπορούν να δώσουν μια πρώτη εκτίμηση του επικέντρου του προβλεπόμενου σεισμού, αλλά δεν θα μπορούν να διευκρινίσουν με ακρίβεια το χρόνο γένεσης του.

Τι μπορεί να κάνει ο άνθρωπος για να προφυλαχτεί από τους σεισμούς αφού δεν προβλέπονται;

Το σοφότερο που έχει να κάνει ο άνθρωπος είναι να επικεντρωθεί στο να μειώσει τις καταστροφικές συνέπειες των σεισμών, που συμβαίνουν κατά κύριο λόγο στο δομημένο περιβάλλον. Να μην ξεχνάμε ότι οι σεισμοί από μόνοι τους δεν είναι επικίνδυνοι προς τον άνθρωπο όπως είναι άλλα φυσικά φαινόμενα (εκρήξεις ηφαιστειών, πλημμύρες, τυφώνες, ανεμοστρόβιλοι, κλπ) - τα εδαφικά χάσματα που βλέπουμε σε ταινίες να ανοίγουν και να καταπίνουν σπίτια και αυτοκίνητα είναι κατά κύριο λόγο σενάρια επιστημονικής φαντασίας! Ο άνθρωπος ευθύνεται για την καταστροφικότητα των σεισμών λόγω του δομημένου περιβάλλοντος που δημιουργεί γύρω του. Η επένδυση σε αντισεισμικές κατασκευές θα φέρει πιο άμεσα αποτελέσματα της μείωσης απωλειών από σεισμούς παρά η πρόγνωση τους, την στιγμή που η αποτροπή τους είναι αδύνατη!

Ποιος ήταν ο πιο μεγάλος σεισμός στην Κύπρο;

Αυτή η πολύ συχνή ερώτηση είναι κατά κάποιο τρόπο παγίδα. Ο πιο μεγάλος σεισμός δεν είναι και ο πιο καταστροφικός, διότι απλούστατα εξαρτάται από τη θέση της εστίας σε σχέση με τις κατοικημένες περιοχές (και από τα χαρακτηριστικά του εδάφους) όπως έχει προαναφερθεί. Ο πιο μεγάλος σε ένταση είναι ο πιο καταστροφικός.

Ο μεγαλύτερος σε μέγεθος σεισμός του τελευταίου αιώνα κατά τον οποίο υπάρχουν ενόργανες καταγραφές είναι αυτός της 9^{ης} Οκτωβρίου 1996, μεγέθους $M=6.5$ με επίκεντρο στο θαλάσσιο χώρο, περίπου 50km νότιο-δυτικά της Πάφου. Ο σεισμός αυτός δεν προκάλεσε εκτεταμένες ζημιές ούτε άμεση απώλεια ανθρωπίνων ζωών.

Ο πιο καταστροφικός όμως του αιώνα ήταν αυτός της 10^{ης} Σεπτεμβρίου 1953, μεγέθους $M=6.1$ με επίκεντρο το Στρουμπί της Πάφου. Σκοτώθηκαν 40 άνθρωποι, τραυματίστηκαν 100 και 4000 έμειναν άστεγοι. Καταστράφηκαν 1,600 σπίτια ενώ άλλα 10,000 σπίτια και δημόσια κτήρια έπαθαν ζημιές. Συνολικά επηρεάστηκαν 158 χωριά και πόλεις.

Ο πιο καταστροφικός σεισμός που έπληξε την Κύπρο κατά τα τελευταία 2000 χρόνια ήταν πιθανώς αυτός του 76μ.Χ. ο οποίος ισοπέδωσε τη Σαλαμίνα, το Κίτιο και την Πάφο. Είναι δύσκολο όμως να γίνει σύγκριση των σεισμών των αρχαίων εποχών με τους πρόσφατους λόγω έλλειψης ποσοτικών δεδομένων (καταγραφών), των πολύ διαφορετικών χαρακτηριστικών του δομημένου περιβάλλοντος και της έντονης υποκειμενικότητας που χαρακτηρίζει τις ιστορικές μαρτυρίες.

Πότε θα έχουμε τον επόμενο μεγάλο σεισμό στην Κύπρο;

Μας είναι άγνωστο. Ιστορικά δεδομένα δίνουν 26 καταστρεπτικούς σεισμούς σε 2000 χρόνια, δηλαδή 1 καταστρεπτικό σεισμό κάθε περίπου 80 χρόνια. Τα στατιστικά δεδομένα του τελευταίου αιώνα δίνουν ένα αξιοσημείωτο σεισμό κάθε 10 περίπου χρόνια κατά μέσο όρο. Ο τελευταίος σοβαρός σεισμός εκδηλώθηκε τον Αύγουστο του 1999, με επίκεντρο στην Γεράσα Λεμεσού και μέγεθος $M=5.6$. Κανείς όμως δεν μας βεβαιώνει ότι η Γη θα συνεχίσει να εκδηλώνει γεωλογικά φαινόμενα με τους ίδιους ρυθμούς, γι' αυτό και τα στατιστικά δεδομένα δεν πρέπει να θεωρούνται και κανόνας.

Ποιος ήταν ο πιο μεγάλος σεισμός του κόσμου;

Ήταν ο σεισμός της Χιλής του 1960, μεγέθους $M=9.5$. Συνοδεύτηκε από ένα καταστροφικό τσουνάμι μέγιστου ύψους 25 μέτρων που έπληξε ολόκληρο τον Ειρηνικό Ωκεανό και σκόρπισε το θάνατο μέχρι και την Ιαπωνία (17,000km μακριά). Το υπεύθυνο ρήγμα που έδωσε αυτό τον γιγάντιο σεισμό έχει μήκος 1,000km. Τώρα καταλαβαίνουμε γιατί, ενώ οι μαθηματικές κλίμακες μέτρησης σεισμών εξ ορισμού τους δεν θέτουν κάποιο όριο για το μέγιστο σεισμό, η Γη η ίδια μας βάζει (ευτυχώς) ένα μέγιστο όριο στο μέγεθος σεισμών στους 9.5 βαθμούς περίπου - απλά δεν υπάρχουν πιο μεγάλα ρήγματα στη Γη για να δώσουν μεγαλύτερο σεισμό.

Τι να κάνω και τι να ΜΗΝ κάνω κατά τη διάρκεια ενός σεισμού;

Κράτησε τη ΨΥΧΡΑΙΜΙΑ σου – ο πανικός προκαλεί θύματα.

Αν βρίσκεσαι ΜΕΣΑ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ, μείνε εκεί! Προφυλάξου κάτω από ένα στερεό τραπέζι ή στάσου δίπλα από ένα εσωτερικό τοίχο. Μείνε μακριά από παράθυρα, εξωτερικούς τοίχους, τζάκια, και κρεμασμένα αντικείμενα. Βγες από την κουζίνα. Μην τρέξεις σε σκάλες ή να βγεις έξω γιατί μπορεί να πέσεις και να τραυματιστείς από σπασμένα γυαλιά και συντρίμμια. Μην χρησιμοποιήσεις ανελκυστήρα.

Αν βρίσκεσαι ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ πήγαινε σε ανοικτό χώρο μακριά από κτίρια, ηλεκτροφόρα καλώδια και στύλους, φουγάρα και οτιδήποτε μπορεί να πέσει πάνω σου.

ΑΝ ΟΔΗΓΕΙΣ, σταμάτα προσεκτικά και κινήσου μακριά από άλλα οχήματα. ΜΗΝ σταματήσεις κάτω ή πάνω από γέφυρα, κοντά σε δέντρα, στύλους, ηλεκτροφόρα καλώδια. Μείνε μέσα στο αυτοκίνητο μέχρι να σταματήσει η δόνηση.

Αν βρίσκεσαι στο ΒΟΥΝΟ πρόσεχε από βράχους, κατολισθήσεις, δέντρα.

Αν βρίσκεσαι κοντά στη ΘΑΛΑΣΣΑ, να κινηθείς προς περιοχές με μεγάλο υψόμετρο.

Πως μπορώ να πληροφορηθώ για τους σεισμούς της Κύπρου;

Από την ιστοσελίδα του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης (<http://www.moa.gov.cy/gsd>) και από την ιστοσελίδα του Ευρω-μεσογειακού Σεισμολογικού Κέντρου (<http://www.emsc-csem.org>).