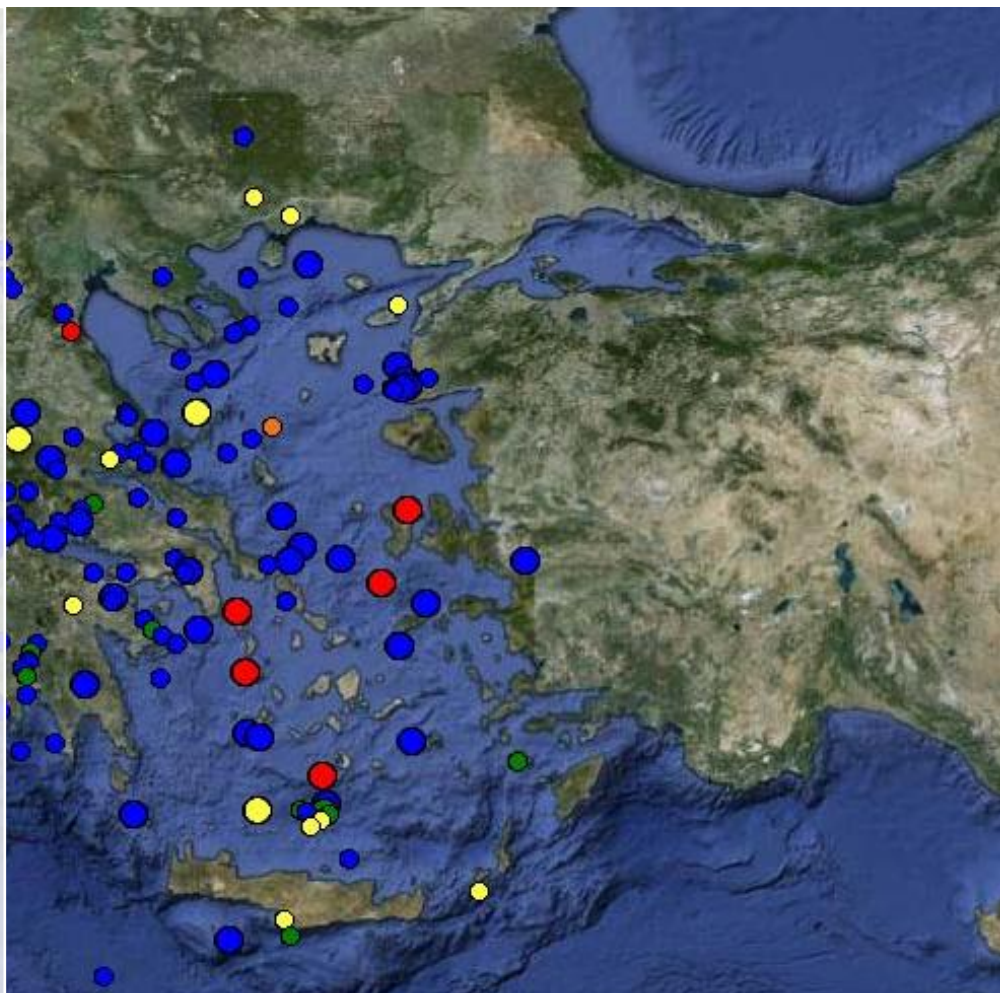


Σχέδιο Μαθήματος: Οι σεισμοί

Διονύσης Παρούτσας

2020



Το γεγονός ότι η χώρα μας τυχαίνει να βρίσκεται σε εκείνο το σημείο της Γης όπου συναντώνται η αφρικανική και η ευρασιατική λιθοσφαιρική πλάκα έχει ως συνέπεια να είναι η πρώτη σε σεισμικότητα χώρα στη Μεσόγειο και σε όλη την Ευρώπη, ενώ βρίσκεται μέσα στις έξι πιο σεισμογενείς χώρες του κόσμου!

Σχέδιο μαθήματος: Οι σεισμοί

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΧΕΔΙΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: ΟΙ ΣΕΙΣΜΟΪ	2
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ	4
ΤΙ ΕΪΝΑΙ ΟΙ ΣΕΙΣΜΟΪ	5
ΣΕΙΣΜΟΪ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	7
ΜΈΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΕΝΟΣ ΣΕΙΣΜΟΥ	8
ΤΑ ΣΕΙΣΜΙΚΆ ΚΥΜΑΤΑ	11
ΆΛΛΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΥΜΆΤΩΝ	13
ΠΩΣ ΒΡΪΣΚΟΥΜΕ ΤΟ ΕΠΪΚΕΝΤΡΟ ΚΑΙ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΝΟΣ ΣΕΙΣΜΟΥ	16
ΠΩΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕ ΤΗΝ ΑΠΌΣΤΑΣΗ ΑΠΌ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟ ΚΈΝΤΡΟ ΓΙΑ ΝΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΪΣΟΥΜΕ ΤΟ ΕΠΪΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ	18
ΓΙΝΟΜΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΟΣ	20
ΤΪ ΈΜΑΘΑ;	28
ΟΙ ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	30
ΟΙ ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΚΕΝΑ	35

Περιγραφή του σεναρίου

Διάρκεια: 2-3 διδακτικά δώρα

Σκοπός - στόχοι:

Τα παιδιά να είναι σε θέση να:

1. Κατανοούν τον τρόπο υπολογισμού του επικέντρου ενός σεισμού με τριγωνισμό των μετρήσεων τριών διαφορετικών σειсмоγραφικών σταθμών.

2. Έχουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για να αποφεύγουν τις καταστρεπτικές συνέπειες μιας σεισμικής δόνησης

3. Διαπιστώνουν ότι καμία περιοχή στην Ελλάδα δεν είναι σεισμικά απρόσβλητη
Συμβατότητα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών:

1. Στη Γεωγραφία της Στ' τάξης υπάρχει ειδική ενότητα για τους σεισμούς

2. Στα Μαθηματικά της Στ' τάξης διδάσκεται ο υπολογισμός των ποσοστών και η κλίμακα των χαρτών

Διαθεματική προσέγγιση:

Πολιτική Αγωγή, Γεωγραφία, Ιστορία, Γλώσσα, Μαθηματικά, Φυσική

Χωρισμός ομάδων: Η τάξη μπορεί να χωριστεί σε ομάδες των 4 παιδιών η κάθε μία με βάση την ομαδοσυνεργατική μέθοδο

Προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών ως προς τη χρήση ΤΠΕ

1. Μικρή γνώση χειρισμού συναρτήσεων στο Excel

2. Μικρή γνώση χρήσης επεξεργαστή κειμένου

Λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν

1. Ελεύθερο λογισμικό: Google Earth, Javascript

2. Λογισμικό με χρήση άδειας: Microsoft Word

Εξοπλισμός εφαρμογής

1. Η γωνιά του υπολογιστή, βιντεοπροβολέας και σύνδεση στο διαδίκτυο.

2. Εκτυπωτής για την δημιουργία των φύλλων εργασίας

3. Μπορεί να υλοποιηθεί και εξ αποστάσεως με καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό

Φύλλα εργασίας

Χάρτες για συμπλήρωση με τους σεισμούς που έγιναν στην περιοχή
Πληροφοριακό διδακτικό υλικό για τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται το μέγεθος και το επίκεντρο ενός σεισμού.

Φύλλα εργασίας για υπολογισμό σεισμικού επικέντρου και μεγέθους

Ηλεκτρονικά ερωτηματολόγια δημιουργημένα ειδικά για τους στόχους του παρόντος μαθήματος

Προτεινόμενη κατανομή χρόνου και ύλης:

1ο δώρο: α) Τί είναι οι σεισμοί, β) Σεισμοί στην Ελλάδα, γ) Μέτρηση του μεγέθους ενός σεισμού

2ο δώρο: α) Τα σεισμικά κύματα, β) Πώς βρίσκουμε το επίκεντρο και το μέγεθος ενός σεισμού, γ) Γίνομαι σεισμολόγος, δ) Τι έμαθα;

Τι είναι οι σεισμοί

Σεισμός ονομάζεται το τράνταγμα ή η δόνηση που προκαλείται από ξαφνική αποδέσμευση ενέργειας στα έγκατα της γης. Συνήθως συνδέονται με τη θραύση ή μετακίνηση πετρωμάτων. Η συνεχής αναπροσαρμογή της θέσης τους έχει ως αποτέλεσμα τις μετασεισμικές δονήσεις

Το σημείο μέσα στη Γη όπου αρχίζει το ρήγμα ονομάζεται **εστία** ή υπόκεντρο. Το σημείο που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους ακριβώς πάνω από την εστία ονομάζεται **επίκεντρο**.

Πιο αναλυτικά:

Οι μετακινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών μέσα στον φλοιό της Γης συσσωρεύουν πίεση και αναγκάζουν τα πετρώματα να παραμορφώνονται. Η αποθηκευμένη ενέργεια συσσωρεύεται με τον ίδιο τρόπο που μαζεύει ενέργεια ένα συσπειρωμένο ελατήριο. Όταν η πίεση ξεπεράσει τελικά τη δύναμη του πετρώματος, αυτό σπάει κατά μήκος ενός ρήγματος, εκεί που είναι πιο αδύνατο. Έτσι, η αποθηκευμένη ενέργεια απελευθερώνεται ξαφνικά ως σεισμός.

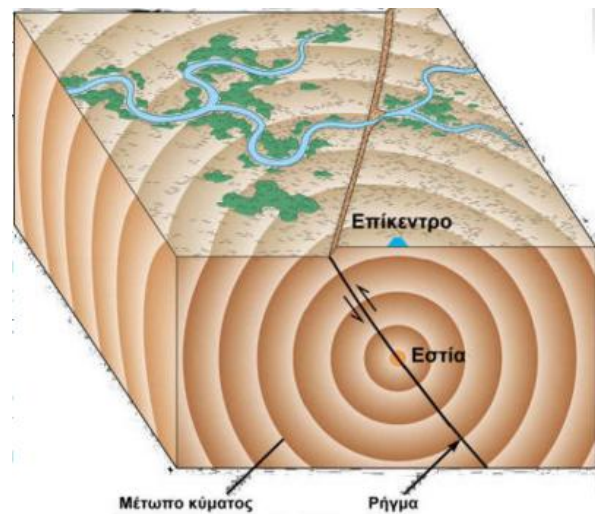
Τότε ξεσπούν έντονες δονήσεις, που ονομάζονται σεισμικά κύματα, τα οποία εξαπλώνονται από το αρχικό σημείο ρήξης, την εστία, **όπως τα κύματα σε μια λίμνη**. Αυτά τα κύματα είναι που δονούν το έδαφος και μπορεί να ταξιδέψουν σε μεγάλες αποστάσεις προς όλες τις κατευθύνσεις. Κοντά στην εστία, τα κύματα μπορεί να είναι πολύ μεγάλα, κι έτσι να προκαλέσουν καταστροφές..

Γιατί γίνονται σεισμοί και πού;

Αν ρίξουμε μια ματιά στα σημεία της γης που γίνονται οι περισσότεροι σεισμοί είναι ολοφάνερο ότι το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικής δραστηριότητας συγκεντρώνεται σε έναν αριθμό διακριτών σεισμικών ζωνών. Για παράδειγμα γύρω από τις ακτές του Ειρηνικού Ωκεανού, ή στη μέση του Ατλαντικού. Αυτές οι σεισμικές ζώνες φανερώνουν με μεγάλη σιγουριά ότι η θεωρία της μετακίνησης των τεκτονικών πλακών είναι ισχυρή.

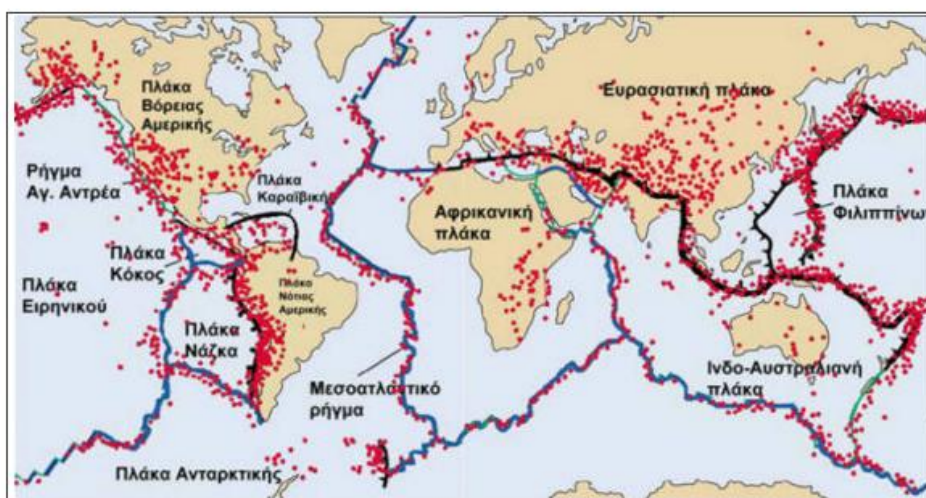
Τι λέει όμως αυτή η θεωρία;

Το εξωτερικό κέλυφος της Γης, (η Λιθόσφαιρα), αποτελείται από έναν αριθμό άκαμπτων τμημάτων που λέγονται τεκτονικές πλάκες. Αυτές οι πλάκες κινούνται συνεχώς με ρυθμούς λίγων εκατοστών το χρόνο (περίπου όσο γρήγορα μεγαλώνουν τα νύχια σας), καθοδηγούμενες από δυνάμεις βαθιά μέσα στη Γη. Κάτω από τις λιθοσφαιρικές πλάκες, βρίσκεται λεγόμενη Ασθενόσφαιρα.



Η Ασθενόσφαιρα, παρ' όλο που αποτελείται από στερεά υλικά όπως άμμος και πέτρες, συμπεριφέρεται σαν υγρό σε πολύ μεγάλες χρονικές κλίμακες, κι έτσι μπορούν να "επιπλέουν" πάνω της οι λιθοσφαιρικές πλάκες και να μετακινούνται. Η ασθενόσφαιρα δηλαδή λειτουργεί σαν ένα γιγαντιαίος μεταφορικός ιμάντας που μετακινεί τις πλάκες που βρίσκονται από πάνω. Αυτές, σύμφωνα με τη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών, βρίσκονται σε αέναη κίνηση στη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου, και μας δείχνουν ότι ο πλανήτης μας είναι ζωντανός. Το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικής δραστηριότητας της Γης συμβαίνει κοντά στα όρια αυτών των πλακών.

Η εξωτερική λιθόσφαιρα αποτελείται από δώδεκα περίπου μεγάλες πλάκες και αρκετές μικρότερες. Στο εσωτερικό της κάθε πλάκας, τα πετρώματα του γήινου φλοιού κινούνται ως ενιαίο άκαμπτο σώμα με μικρή κάμψη και δεν υπάρχουν πολλά ηφαιστεια ή σεισμοί. Στα όριά τους όμως, εκδηλώνεται το 80% της ηφαιστειακής και σεισμικής δραστηριότητας.



Πάνω: Σ' αυτόν τον χάρτη βλέπουμε ότι οι περισσότεροι σεισμοί συμβαίνουν σε κάποιες στενές ζώνες, συχνά γύρω από τις άκρες των ηπείρων ή στη μέση των ωκεανών.

Στα σημεία ακριβώς όπου οι πλάκες συγκρούονται ή όπου η μία πλάκα, ανεβαίνει πάνω στην άλλη, συσσωρεύονται τεράστιες πιέσεις και είναι οι περιοχές όπου συμβαίνουν οι περισσότεροι σεισμοί.

Σεισμοί στην Ελλάδα

Οι σεισμοί και τα ηφαίστεια είναι δύο γεωλογικά φαινόμενα που έχουν κοινά αίτια δημιουργίας. Συνυπάρχουν στις περιοχές τις οποίες ονομάζουμε τεκτονικά ενεργές ζώνες και οι οποίες είναι κατά κανόνα όπως είπαμε και παραπάνω, τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών. Εμφανίζονται δηλαδή εκεί όπου οι λιθοσφαιρικές πλάκες είτε πλησιάζουν-συγκλίνουν μεταξύ τους (και επομένως συγκρούονται) είτε αποκλίνουν-απομακρύνονται η μία από την άλλη. Συχνά εμφανίζονται σεισμοί και εκεί όπου οι λιθοσφαιρικές πλάκες κινούνται παράλληλα.

Χώρες με έντονη σεισμικότητα και ηφαιστειότητα είναι η **Ισλανδία** (που αποτελεί την πλέον ηφαιστειογενή χώρα της Ευρώπης), η **Ιταλία** και βέβαια η **Ελλάδα**. Στην Ισλανδία γεωθερμικά φαινόμενα όπως οι εντυπωσιακοί **θερμοπίδακες** (γκέιζερς) αναδεικνύουν την έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα της περιοχής.

Σεισμική δραστηριότητα εκδηλώνεται επίσης στην Ισπανία, στην Κροατία, στην Αλβανία και σε άλλα ευρωπαϊκά κράτη που βρίσκονται στα όρια μεγάλων ή μικρότερων λιθοσφαιρικών πλακών.

Η Ελλάδα βρίσκεται πολύ κοντά στο όριο σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών της Ευρασίας και της Αφρικής. Η μετακίνηση αυτών των δύο πλακών οδηγεί στη σύγκρουσή τους σε ένα μέτωπο μεγαλύτερο των δύο χιλιάδων χιλιομέτρων κατά μήκος της νότιας Ευρώπης! Επειδή η απόσταση της Ελλάδας από το μέτωπο της σύγκρουσης είναι μικρή, η χώρα μας έχει σχεδόν καθημερινά σεισμούς, μικρού ή μεγάλου μεγέθους, ενώ στον τόπο μας δρουν και αρκετά ηφαίστεια.

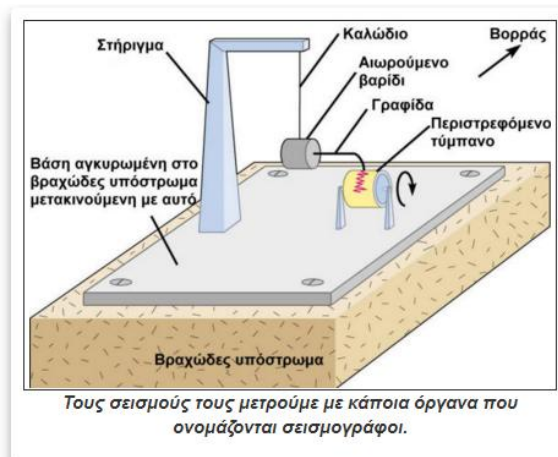
Το γεγονός ότι η χώρα μας τυχαίνει να βρίσκεται σε εκείνο το σημείο της Γης όπου συναντώνται η αφρικανική και η ευρασιατική λιθοσφαιρική πλάκα έχει ως συνέπεια να είναι η πρώτη σε σεισμικότητα χώρα στη Μεσόγειο και σε όλη την Ευρώπη, ενώ βρίσκεται μέσα στις έξι πιο σεισμογενείς χώρες του κόσμου!

Είναι χαρακτηριστικό πως κάθε χρόνο συμβαίνουν στη χώρα μας **περισσότεροι σεισμοί από όσους σε όλη την υπόλοιπη Ευρώπη**, αποτελεί όμως ευτύχημα για τη χώρα μας το ότι οι πιο πολλοί σεισμοί γίνονται κάτω από τη θάλασσα. Ωστόσο, όλες οι περιοχές της Ελλάδας δεν έχουν την ίδια σεισμικότητα. **Η περιοχή κατά μήκος του νοτιού τόξου που δημιουργούν τα νησιά του Ιονίου, η Κρήτη και η Ρόδος είναι η πιο σεισμογενής στον ελλαδικό χώρο.** Ενεργά ηφαίστεια υπάρχουν στα Μέθανα, στη Μήλο, στη Νίσυρο κ.α., όμως το πιο σημαντικό από όλα τα ελληνικά ηφαίστεια είναι αυτό της Σαντορίνης. Όλα τα παραπάνω συγκροτούν το ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου.

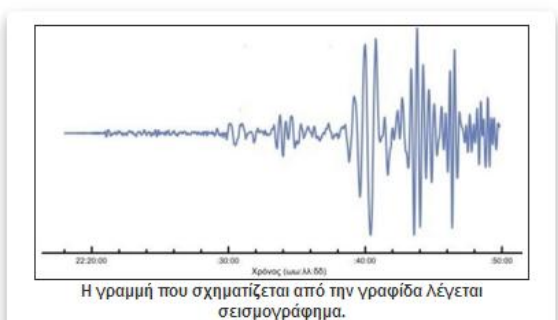
Η ύπαρξη θερμομεταλλικών και ιαματικών πηγών σε πολλά σημεία της χώρας μας συνδέεται στενά με την ηφαιστειακή δράση. Περίπου 750 θερμομεταλλικές πηγές είναι γνωστές στη χώρα μας, 80 από τις οποίες έχουν αναγνωριστεί επίσημα ως ιαματικές. Ιαματικές πηγές υπάρχουν, ενδεικτικά, στην Αιδηψό, στα Μέθανα, στην Τραϊανούπολη Έβρου, στο Λουτράκι Κορινθίας, στην Αριδαία, στην Υπάτη Φθιώτιδας κ.α.

Μέτρηση του μεγέθους ενός σεισμού

Ο **σειсмоγράφος**, (ή **σεισμόμετρο**), είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και καταγραφή σεισμών. Γενικά, αποτελείται από ένα βαρίδι συνδεδεμένο σε μια σταθερή βάση. Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, η βάση κινείται αλλά το βαρίδι, λόγω της αδράνειας παραμένει ακίνητο. Η κίνηση της βάσης λοιπόν καταγράφεται με μια γραφίδα σε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο πάνω σε χαρτί, μαγνητική ταινία ή άλλο μέσο εγγραφής. Αυτή η καταγραφή είναι ανάλογη με την κίνηση του βαριδιού σε σχέση με τη γη, αλλά μπορεί να μετατραπεί μαθηματικά σε μια καταγραφή της απόλυτης κίνησης του εδάφους.



Το **σειсмоγράφημα** είναι μια ταινία χαρτιού που καταγράφει τα σεισμικά κύματα. Με μια ματιά στο σειсмоγράφημα μπορούμε να καταλάβουμε αν ο σεισμός ήταν πολύ ισχυρός ή όχι. Όσο πιο πλατιές γραμμές έχει, δηλαδή, τόσο πιο δυνατός ήταν ο σεισμός. Στη διπλανή εικόνα φαίνεται πώς μοιάζει ένα σειсмоγράφημα. Παρακάτω θα εξηγήσουμε και τι σημαίνουν αυτές οι γραμμές.



Η γραμμή που σχηματίζεται από την γραφίδα λέγεται **σειсмоγράφημα**.

Μπορούμε να φτιάξουμε μόνοι μας έναν σειсмоγράφο με πολύ απλά υλικά, όπως φαίνεται στην διπλανή εικόνα. Μόλις το φτιάξουμε, το βάζουμε πάνω σε ένα τραπέζι, ένας συμμαθητής μας κουνάει το τραπέζι πίσω-μπρος κι εμείς τραβάμε σταθερά το χαρτί, πάνω στο οποίο ο μαρκαδόρος θα καταγράψει την κίνηση. Όσο πιο δυνατό "σεισμό" κάνει ο συμμαθητής μας, τόσο μεγαλύτερες θα είναι οι κορυφές του σειсмоγραφήματος που θα πάρουμε.



Φτιάξε τον δικό σου σειсмоγράφο.

Θα χρειαστείς: 1 κουτί, 1 πλαστικό ποτήρι, 1 μαρκαδόρο, πετραδάκια για βάρος, λίγο σπάγκο, και μια λωρίδα χαρτί

Ποιά είναι η μονάδα μέτρησης ενός σεισμού

Όπως είπαμε, μπορούμε να καταλάβουμε πόσο μεγάλος είναι ένας σεισμός κοιτάζοντας το μέγεθος του σήματος απευθείας στο σειсмоγράφημα.

Το 1932 ο **Τσαρλς Ρίχτερ** επινόησε την πρώτη κλίμακα μεγέθους για τη μέτρηση των σεισμών και γι' αυτό η κλίμακά του έμεινε γνωστή ως "κλίμακα Ρίχτερ". Ο Ρίχτερ παρατήρησε τους σεισμούς της Καλιφόρνια ώστε να έχει μια βάση για τις μετρήσεις του. Έτσι μπορούσε να υπολογίσει το μέγεθος ενός σεισμού συγκρίνοντας το πλάτος του σήματος με έναν παλιότερο σεισμό που είχε μετρήσει ήδη.

Η κλίμακα Ρίχτερ μετράει το **συνολικό ποσό ενέργειας** που εκλύεται, ανεξάρτητα από την ένταση. Με βάση αυτή την κλίμακα, το το πλάτος ενός σεισμού μεγέθους 6 είναι **δέκα φορές** μεγαλύτερο από έναν σεισμό μεγέθους 5. Αυτό σημαίνει ότι ένας σεισμός μεγέθους 4.1 είναι περίπου 3 φορές μεγαλύτερος από έναν σεισμό 4.0.

Έκτοτε, έχουν επινοηθεί κι άλλες κλίμακες βασισμένες στην διαφορά του χρόνου άφιξης των σεισμικών κυμάτων όπως παρατηρούνται στο σειсмоγράφημα. Ωστόσο, πολλές δεν καταφέρνουν να περιγράψουν ακριβώς τους μεγάλους σεισμούς. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη μιας ακόμη κλίμακας που ονομάζεται κλίμακα μεγέθους ροπής. Το πλεονέκτημά της είναι ότι σχετίζεται πιο ξεκάθαρα με τις φυσικές ιδιότητες της πηγής του σεισμού, και λαμβάνει υπόψη το μέγεθος του ρήγματος, το πόσο μετακινήθηκαν τα πετρώματα, πόση ενέργεια χρειάστηκε για να ξεπεραστεί η τριβή που συγκρατούσε τα πετρώματα στη θέση τους και πολλές ακόμη παραμέτρους.

Πάντως παρά τις αδυναμίες που έχει η κλίμακα του Ρίχτερ, εξακολουθεί ακόμη και σήμερα να χρησιμοποιείται ευρέως γιατί είναι αρκετά ευνόητη. Στον παρακάτω πίνακα βλέπετε τους βαθμούς της κλίμακας Ρίχτερ και το ισοδύναμο των αποτελεσμάτων ενός σεισμού σε έκρηξη TNT (δυναμίτη). Υπάρχουν επίσης και παραδείγματα σεισμών της κάθε τάξης.

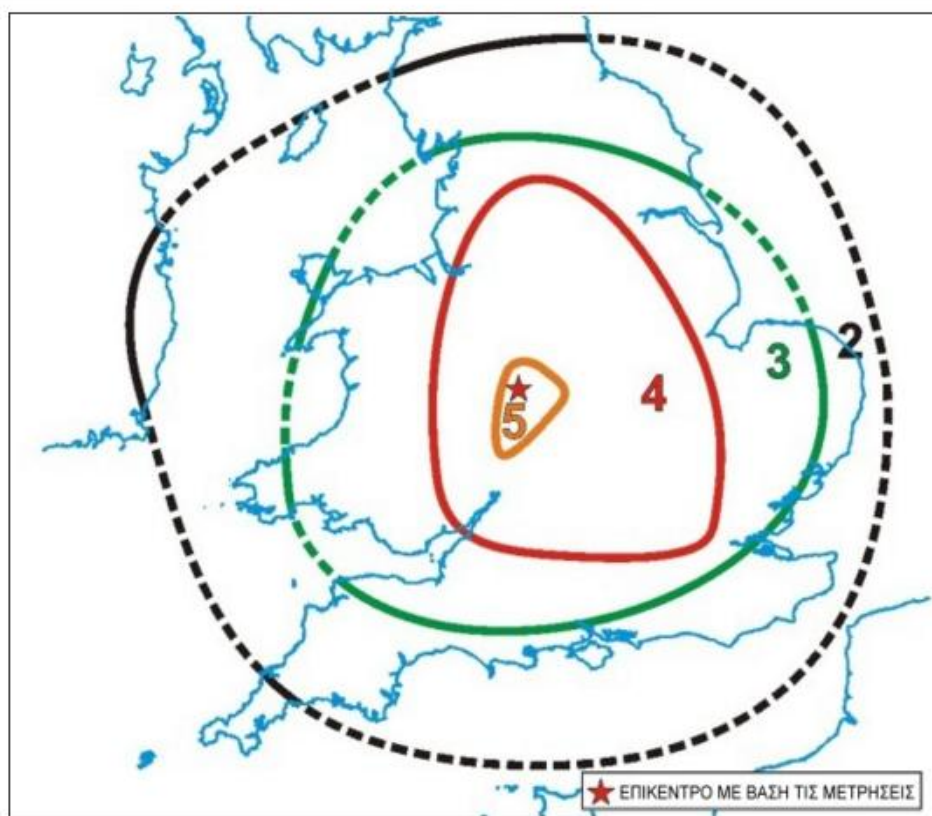
Μέγεθος	Ισοδύναμο TNT	Παράδειγμα
1.0	15 κιλά	Έκρηξη σε εργοτάξιο διάνοιξης δρόμων
2.0	1 τόνος	Μεγάλο λατομείο ή έκρηξη σε ορυχείο
3.0	29 τόνοι	
4.0	1 κιλότονος	Μικρή ατομική βόμβα
5.0	32 κιλότονοι	Ατομική βόμβα στο Ναγκασάκι
6.0	1 megάτονος	Σεισμός της Πάρνηθας το 1999 (5,9 ρίχτερ, 143 θύματα)
7.0	32 megάτονοι	Η ισχύς της μεγαλύτερης θερμοπυρηνικής βόμβας Σεισμός στους Σοφάδες το 1954 με 25 θύματα
8.0	1 γιγατόνος	Σαν Φρανσίσκο το 1906 και Ρόδος το 1856 (8,2 ρίχτερ, 618 θύματα)
9.0	32 γιγατόνοι	Σεισμός Ινδικού Ωκεανού 2004 (9,1 ρίχτερ, 280.000 θύματα σε 14 χώρες και τεράστιο τσουνάμι)

Ένταση

Ενώ η κλίμακα Ρίχτερ μετράει την ποσότητα της ενέργειας που εκλύεται, **δεν μπορεί να μετρήσει την ένταση** ενός σεισμού. Αυτή καθορίζεται από τις παρατηρούμενες επιπτώσεις, δηλαδή από τις ζημιές. Σε κάθε σεισμό η ένταση μειώνεται ανάλογα με την απόσταση από το επίκεντρο. Οι επιστήμονες και οι μηχανικοί καταγράφουν τις ζημιές και φτιάχνουν χάρτες που δείχνουν πού συνέβησαν οι περισσότερες καταστροφές σαν τον παρακάτω. Οι χάρτες αυτοί λέγονται "μακροζημικοί".

Η Ευρωπαϊκή Κλίμακα Μακροζημικής Έντασης

- 1 - Ανεπαίσθητος - ανιχνεύεται μόνο από σεισμικά όργανα
- 2 - Πολύ αδύναμος - αισθητός από πολύ λίγα άτομα
- 3 - Αδύναμος - αισθητός από μερικούς ανθρώπους σε εσωτερικούς χώρους
- 4 - Αισθητός - Τον αισθάνονται πολλοί άνθρωποι, τα παράθυρα και οι πόρτες τρίζουν
- 5 - Ισχυρός - μερικά μικρά αντικείμενα πέφτουν
- 6 - Ελαφρώς επιβλαβής - Κάποια αντικείμενα πέφτουν από τα ράφια
- 7 - Επιβλαβής - πέφτουν κομμάτια καπνοδόχων και καμπαναριά
- 8 - Πολύ επιβλαβής - μεγάλες ρωγμές στους τοίχους
- 9 - Καταστροφικός - κάποια σπίτια καταρρέουν
- 10 - Πολύ καταστροφικός - πολλά σπίτια καταρρέουν
- 11 - Ολέθριος - τα περισσότερα συνηθισμένα κτίρια καταρρέουν
- 12 - Πλήρως ολέθριος - σχεδόν όλες οι κατασκευές πάνω και κάτω από το έδαφος υφίστανται ζημιές ή καταστρέφονται



Πάνω: Μακροζημικός χάρτης για έναν σεισμό που έγινε το 2002 στο Ντάντλεϊ της Μεγ. Βρετανίας, μεγέθους 4,7 ML.

Τα σεισμικά κύματα

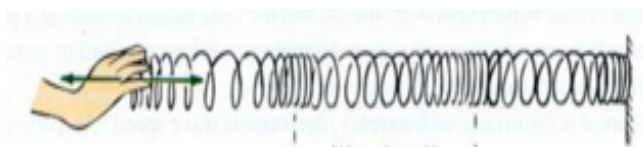
Αφού μιλήσαμε γενικά για τους σεισμούς, τώρα είναι καιρός να περάσουμε σε πραγματικά επιστημονικά δεδομένα.

Οι σεισμοί και οι υπόγειες εκρήξεις μπορούν να απελευθερώσουν πολλή ενέργεια. Αυτή η ενέργεια εκπέμπεται από την πηγή της με διάφορους τρόπους. Μερικές από αυτές τις δονήσεις θα κινηθούν σαν κύματα κατά μήκος του εδάφους και θα ταξιδέψουν **όπως τα κύματα της θάλασσας**. Και ενώ κάποια από αυτά τα κύματα μπορούν να ταξιδέψουν **βαθιά μέσα στον πλανήτη**, κάποια άλλα κινούνται μόνο **κατά μήκος της επιφάνειας**. Οι επιστήμονες μελετώντας αυτά τα είδη των κυμάτων μπορούν να εντοπίσουν πού συνέβη ένας σεισμός αλλά και να καταλάβουν πώς είναι φτιαγμένος ο πλανήτης μας εσωτερικά. Τα **επιφανειακά κύματα δεν πάνε πολύ μακριά**, αλλά είναι **πολύ δυνατά** και είναι αυτά που δημιουργούν τις καταστροφές κοντά στο επίκεντρο του σεισμού. Τα υπόγεια όμως κύματα μπορούν να ταξιδέψουν σε ολόκληρη τη γη και να τα συλλάβουν σειсмоγράφοι που βρίσκονται στην άλλη άκρη του πλανήτη. Υπάρχουν δύο τύποι υπόγειων κυμάτων και καθένας από αυτούς ταξιδεύει με διαφορετικές ταχύτητες. Αυτό ακριβώς βοηθάει τους επιστήμονες να τα ξεχωρίσουν. Εάν τα κύματα έφταναν την ίδια στιγμή στα όργανα μέτρησης, θα ήταν πολύ δύσκολο να ξεχωρίσουμε τα είδη τους. Μια άλλη σημαντική διαφορά μεταξύ αυτών των τύπων κυμάτων είναι ο τρόπος με τον οποίο "κουνάνε" το υλικό μέσα στο οποίο κινούνται. Ας δούμε πιο αναλυτικά αυτούς τους τύπους υπόγειων σεισμικών κυμάτων και σε τι μας χρησιμεύουν.

Διάβασε καλά αυτό το κεφάλαιο, γιατί μετά έχει μια μεγάλη έκπληξη! Θα χρησιμοποιήσεις τα πραγματικά εργαλεία των σεισμολόγων για να καταγράψεις έναν σεισμό!

Κύματα P (Π) και S (Σ)

Αυτή η εικόνα δείχνει πώς κινείται ένα κύμα Π. Κάθε σημείο του ελατηρίου κινείται εμπρός-πίσω, κάνοντας μια ταλάντωση κατά μήκος της κατεύθυνσης του κύματος.



Κύματα Π

Σεισμολόγοι είναι οι επιστήμονες που μελετούν τους σεισμούς. Μελετούν επίσης και τον τρόπο με τον οποίο η ενέργεια ενός σεισμού εξαπλώνεται στην επιφάνεια της Γης αλλά και μέσα στα βαθύτερα στρώματα του πλανήτη μας. Όπως είπαμε στην προηγούμενη παράγραφο υπάρχουν δύο είδη υπόγειων κυμάτων, τα γρήγορα και τα λιγότερο γρήγορα. Τα πιο γρήγορα σεισμικά κύματα τα ονομάζουμε κύματα Π. Αυτό το "π" σημαίνει "πρωτεύον, πρώτο". Ο λόγος που τα ονόμασαν έτσι είναι γιατί είναι τα πρώτα που φτάνουν στους σειсмоγράφους, όταν γίνει ένας σεισμός κάπου μακριά.

Τα κύματα Π ταξιδεύουν με ταχύτητα **6 χιλιομέτρων ανά δευτερόλεπτο** (21600 χλμ/ω) στην επιφάνεια της Γης. Πιο βαθιά μέσα στον πλανήτη όμως, όπου οι πιέσεις είναι υψηλότερες και το υλικό είναι συνήθως πιο πυκνό, αυτά τα κύματα μπορούν να ταξιδέψουν με ταχύτητα έως και 13 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο (ή 46800 χλμ/ω).

Για να πάρετε μια ιδέα πόσο μεγάλη είναι αυτή η ταχύτητα, δείτε τον παρακάτω πίνακα και κάντε μόνοι σας τις συγκρίσεις.

Ταχύτητα αυτοκινήτου στην εθνική οδό	0,036 χλμ/δευτ ή 130 χλμ/ω
Ταχύτητα φόρμουλα 1 σε ευθεία	0,080 χλμ/δευτ ή 310 χλμ/ω
Ταχύτητα ήχου στον αέρα	0,340 χλμ./δευτ. ή 1224 χλμ/ω
Ταχύτητα σφαίρας	0,7 χλμ./δευτ. ή 25000 χλμ/ω
Ταχύτητα πυραύλου Falcon 9	11 χλμ./δευτ. ή 40000 χλμ/ω

Σκεφτείτε! Τα κύματα Π ταξιδεύουν με ταχύτητες ανάμεσα σε αυτής της σφαίρας και του μεγαλύτερου πυραύλου... Δηλαδή, αφού η διάμετρος της γης είναι 12742 χλμ, τότε, αν γίνει αυτή τη στιγμή ένας σεισμός στη χώρα μας, οι σειсмоγράφοι στην Αυστραλία που βρίσκεται στην άλλη άκρη της γης, θα καταγράψουν τα πρώτα κύματα σε 980 δευτερόλεπτα ή μετά από 15 λεπτά περίπου το συντομότερο.

Ο τρόπος με τον οποίο ταξιδεύουν μέσα στα πετρώματα είναι ίδιος με αυτόν που ταξιδεύουν τα ηχητικά κύματα στον αέρα. Δηλαδή, κινούνται ως κύματα πίεσης. Όταν ένα κύμα πίεσης περνά από ένα συγκεκριμένο σημείο, το υλικό από το οποίο διέρχεται κινείται συνέχεια πίσω-μπρος, στην ίδια κατεύθυνση με την οποία κινείται το κύμα. **Τα κύματα Π μπορούν να ταξιδέψουν σε όλα τα υλικά**, είτε είναι στερεά, είτε υγρά είτε αέρια. Αυτή είναι και η μεγάλη τους διαφορά από το άλλο είδος κυμάτων, τα οποία συνήθως ταξιδεύουν μόνο μέσω στερεών σωμάτων (όπως είναι τα βράχια και οι πέτρες).

Κύματα S

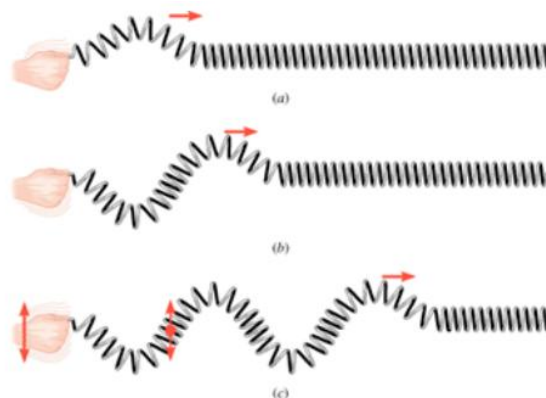
Ο επόμενος τύπος υπόγειων σεισμικών κυμάτων είναι τα **κύματα Σ**. Ονομάστηκαν έτσι διότι συνήθως είναι το δεύτερο σετ κυμάτων που συνακολουθεί μετά τα πρωτεύοντα κύματα που φτάνουν στους σειсмоγράφους από έναν μακρινό σεισμό. Έτσι λοιπόν δεν μας εκπλήσσει που ονομάστηκαν S από το πρώτο γράμμα της αγγλικής λέξης "Secondary" που θα πει δευτερεύον. Εμείς όμως θα τα λέμε Σ, και θα το θυμόμαστε από τη λέξη "Συνακόλουθα".

Αυτή η εικόνα δείχνει πώς κινείται ένα κύμα S. Προσέξτε το κόκκινο σημάδακι. Κινείται πάνω-κάτω, κάνοντας μια ταλάντωση **κάθετα** στην κατεύθυνση του κύματος.

Γενικά, τα κύματα S μεταδίδονται με ταχύτητα 40% πιο αργά από τα κύματα Π. Έτσι, κοντά στην επιφάνεια της Γης κινούνται με **ταχύτητα 4 χιλιομέτρων ανά δευτερόλεπτο** ή 14400 χλμ την ώρα.

Καθώς ένα κύμα S περνάει μέσα από ένα υλικό, τα σημεία από όπου περνάει κινούνται πάνω - κάτω, ή κάθετα προς κατεύθυνση που κινείται το κύμα). Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο τα κύματα S μερικές φορές λέγονται και **εγκάρσια κύματα**. Το «εγκάρσιο» προέρχεται από τις αρχαίες ελληνικές λέξεις εν + κείρω, που θα πει "ψαλιδίζω, κουρεύω" και από αυτή τη λέξη προέρχονται και οι λέξεις κορμός, κέρμα, κατακερματίζω κλπ.)

Τα κύματα S δεν μπορούν να ταξιδέψουν στα υγρά ή τα αέρια. Αυτό συμβαίνει επειδή οι τύποι των τάσεων που δημιουργούνται από αυτά τα κύματα μπορούν να μεταδοθούν μόνο στα στερεά υλικά.



Άλλες χρήσεις των σεισμικών κυμάτων

Το μεγαλύτερο βάθος που έχει σκάψει ο άνθρωπος είναι **λιγότερο από τεσσερισήμισι χιλιόμετρα** κάθετα στο φλοιό της Γης. Επομένως, δεν μπορούμε να ξέρουμε στα σίγουρα τι υπάρχει στα χιλιάδες χιλιόμετρα βράχων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια. Οι γεωλόγοι όμως, χρησιμοποιούν συχνά τα σεισμικά κύματα για να χαρτογραφήσουν με λεπτομέρεια την εσωτερική δομή του πλανήτη μας. Για παράδειγμα, ο χρόνος που χρειάζεται τα κύματα Π και τα κύματα Σ για να ταξιδέψουν μέσα στο υπέδαφος, και στη συνέχεια να επιστρέψουν ξανά στην επιφάνεια βοηθούν τους επιστήμονες να υπολογίσουν **τι υπάρχει χιλιόμετρα κάτω από τα πόδια μας**. Σκάβουν δηλαδή μια βαθιά τρύπα, βάζουν μέσα εκρηκτικό, κάνουν μια μικρή έκρηξη και καθώς το κύμα ταξιδεύει προς τα κάτω αυτοί μετρούν πόση ώρα κάνει να πάει και να γυρίσει κι έτσι υπολογίζουν το βάθος. Αν τα κύματα Σ σταματήσουν εντελώς, σημαίνει ότι συνάντησαν κάποιο υγρό, ίσως νερό ή πετρέλαιο ή ίσως λιωμένο μάγμα. Έτσι ανακαλύπτουν αν υπάρχει πετρέλαιο σε μια περιοχή, διότι δεν είναι δυνατό να σκάσουμε τόσο βαθιά. Αυτό ονομάζεται "**σεισμική έρευνα**", και φυσικά δεν προκαλεί σεισμούς όπως λένε ορισμένοι, διότι η έκρηξη που γίνεται είναι πολύ μικρή. Ο όρος "σεισμική έρευνα", αναφέρεται στα κύματα και όχι στους "σεισμούς".

Η μελέτη των σεισμικών κυμάτων δεν μας είναι χρήσιμη μόνο για την πρόβλεψη των σεισμών, αλλά χρησιμοποιείται επίσης και για τη μελέτη των ιδιοτήτων του εσωτερικού της Γης.

Όμως, αυτά που γνωρίζουμε για το εσωτερικό της Γης προέρχονται δεν προέρχονται από σεισμικές έρευνες, αλλά από τη μελέτη των κυμάτων που δημιουργούν οι φυσικοί σεισμοί. Τα κύματα των μεγάλων σεισμών, **διαπερνούν ολόκληρη τη Γη** και μας δίνουν ζωτικές πληροφορίες για το πώς είναι στο εσωτερικό της. Καθώς την διαπερνούν, **διαθλώνται** (λυγίζουν), όπως οι ακτίνες του φωτός κάμπτονται όταν περνούν μέσα από ένα γυάλινο πρίσμα. Επειδή η ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων εξαρτάται από την πυκνότητα του υλικού που διασχίζουν, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον χρόνο μετάδοσής τους για να χαρτογραφήσουμε την αλλαγή στην πυκνότητα και να δείξουμε ότι η Γη αποτελείται από πολλά στρώματα. Έτσι έχουμε ανακαλύψει ότι η Γη αποτελείται από τα εξής επίπεδα:

Τον Φλοιό: αυτό το εύθραυστο εξωτερικό στρώμα ποικίλλει σε πάχος από 25 έως 60 χλμ κάτω από τις ηπείρους και από 4 έως 6 χλμ κάτω από τους ωκεανούς. Ο ηπειρωτικός φλοιός έχει αρκετά περίπλοκη δομή και είναι κατασκευασμένος από πολλά διαφορετικά είδη πετρωμάτων.

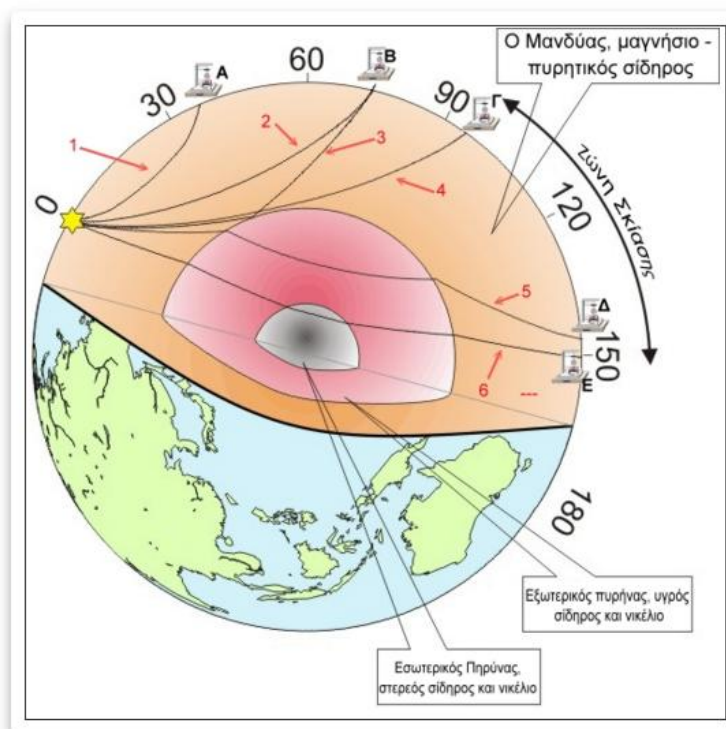
Τον Μανδύα: κάτω από το φλοιό βρίσκεται ο πυκνός μανδύας, που εκτείνεται σε βάθος 2890 χλμ. (απόσταση περίπου από την Ελλάδα ως τη Γερμανία) Αποτελείται από πυκνούς πυριτικούς βράχους. Τόσο τα κύματα P όσο και τα S ταξιδεύουν μέσω του μανδύα, αποδεικνύοντας ότι είναι συμπαγής. Ωστόσο, υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι τμήματα του μανδύα συμπεριφέρονται ως υγρό στη διάρκεια πολύ μεγάλων γεωλογικών χρονικών διαστημάτων, με τους βράχους να κυλούν αργά σαν να βρίσκονται πάνω σε γιγαντιαίους ιμάντες μεταφοράς.

Τον Πυρήνα: σε βάθος 2890 χλμ. βρίσκεται το όριο μεταξύ του μανδύα και του πυρήνα της γης. Ο πυρήνας αποτελείται από σίδηρο και γνωρίζουμε ότι υπάρχει

σε βάθος 2890 χλμ. βρίσκεται το όριο μεταξύ του μανδύα και του πυρήνα της γης. Ο πυρήνας αποτελείται από σίδηρο και γνωρίζουμε ότι υπάρχει

επειδή διαθλά τα σεισμικά κύματα δημιουργώντας μια «ζώνη σκίασης» σε αποστάσεις μεταξύ 103° και 143°. Γνωρίζουμε επίσης ότι το εξωτερικό μέρος του πυρήνα είναι υγρό, επειδή τα κύματα S δεν μπορούν να το περάσουν.

Για να καταλάβουμε πώς μπόρεσαν οι επιστήμονες να υπολογίσουν τη σύσταση του εσωτερικού της γης **ας δούμε ένα παράδειγμα**. Ας υποθέσουμε ότι γίνεται ένας μεγάλος σεισμός στην περιοχή 0° όπου υπάρχει το **αστεράκι** στην παρακάτω εικόνα.



- Στο σεισμολογικό κέντρο Α, **3 λεπτά** μετά την έναρξη του σεισμού φτάνουν τα πρώτα κύματα Π. Αμέσως μετά φτάνουν και τα S. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι η **διαδρομή 1** που ακολούθησαν τα κύματα είναι γεμάτη βράχια, διότι τα κύματα S μπορούν να μεταδοθούν μόνο σε στερεά σώματα. Άρα, ο μανδύας της γης σε αυτό το σημείο είναι στερεός και όχι υγρός.

- Στο σεισμολογικό κέντρο Β, **5 λεπτά** μετά το σεισμό φτάνουν τα πρώτα κύματα Π και αμέσως μετά φτάνουν και τα S. Είναι αυτά που ακολουθούν τη **διαδρομή 2**. Ξαφνικά όμως μόλις τελειώσει η καταγραφή των κυμάτων S, ο σειсмоγράφος αρχίζει να σημειώνει ξανά κύματα Π (P) χωρίς να ακολουθήσουν κύματα S. **Τι έχει συμβεί;** Είναι τα κύματα που ακολούθησαν τη **διαδρομή 3** που είναι μεγαλύτερη, γι' αυτό άργησαν λίγο. Τα κύματα S δεν μπόρεσαν να μπουν στον **εξωτερικό πυρήνα** γιατί είναι υγρός. Μπήκαν όμως τα κύματα P, αλλά επειδή μίκρυνε η ταχύτητά τους "στράβωσε" η πορεία τους, ξαναβγήκαν προς τα αριστερά, και έφτασαν λίγο αργότερα στον σταθμό Β. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι ο εξωτερικός πυρήνας είναι υγρός.

- Στο σεισμολογικό κέντρο Γ, **7 λεπτά** μετά το σεισμό φτάνουν τα πρώτα κύματα Π και αμέσως μετά φτάνουν και τα S. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι, όπως και στην πρώτη περίπτωση, η **διαδρομή 4** που ακολούθησαν τα κύματα είναι γεμάτη βράχια, διότι τα κύματα S μπορούν να μεταδοθούν μόνο σε στερεά σώματα. Άρα και πάλι διαπιστώνουμε ότι ο μανδύας της γης είναι στερεός και όχι υγρός σε αυτό το βάθος.

- Τώρα, από το γεωγραφικό πλάτος 103° ως το 143° , **κανένα σειсмоγραφικό κέντρο δεν παίρνει κύματα από το σεισμό**. Υπάρχει μια "γκρίζα ζώνη". Γιατί συμβαίνει αυτό; Μα φυσικά διότι τα κύματα Π διαθλώνται (αλλάζουν πορεία) προς τα πάνω ή προς τα κάτω κι έτσι διαπιστώνουμε για μια ακόμη φορά ότι ο εξωτερικός πυρήνας είναι υγρός. Εννοείται ότι κύματα S δεν περνάνε από τον υγρό εξωτερικό πυρήνα, έτσι κι αλλιώς.

- Στο σεισμολογικό κέντρο Δ, **10 λεπτά μετά τον σεισμό**, φτάνουν μόνο κύματα Π. Για ποιο λόγο; Είναι αυτά που ακολούθησαν τη **διαδρομή 5**, χάθηκαν τα S, διότι δεν περνάνε από υγρά και πέρασαν μόνο τα κύματα Π. Και πάλι από αυτό συμπεραίνουμε ότι ο εξωτερικός πυρήνας είναι υγρός.

- Τέλος στο σεισμολογικό κέντρο Ε, **9 λεπτά μετά το σεισμό**, φτάνουν μόνο κύματα Π. Κι εδώ καταλαβαίνουμε ότι στη **διαδρομή 6** χάθηκαν τα κύματα S, διότι συνάντησαν υγρό. Γιατί όμως έφτασαν τα κύματα Π γρηγορότερα στο Ε, κι ας είναι πιο μακριά από το Δ; Απλά γιατί φαίνεται ότι ο **ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ** πυρήνας της γης είναι **στερεός** και τα κύματα εκεί κινήθηκαν πιο γρήγορα, προσπέρασαν αυτά που έκαναν την διαδρομή 5 κι έφτασαν γρηγορότερα στο σεισμολογικό κέντρο Ε, απ' ότι αυτά που κινούνταν προς το σεισμολογικό κέντρο Δ.

Οι σεισμολόγοι από όλες τις χώρες συνεργάζονται, στέλνουν ο ένας στον άλλο τις μετρήσεις τους και τις ώρες άφιξης των κυμάτων κι έτσι γίνονται οι έρευνες που μας δείχνουν από τι είναι φτιαγμένος ο πλανήτης μας στο εσωτερικό του αφού φυσικά δεν μπορούμε να σκάσουμε τόσο βαθιά και να δούμε με τα μάτια μας.

Πώς βρίσκουμε το επίκεντρο και το μέγεθος ενός σεισμού

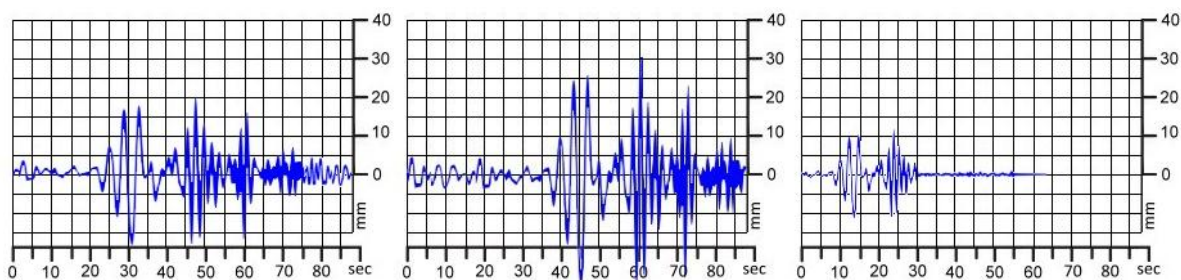
Για να βρούμε πού έγινε ένας σεισμός και πόσο μεγάλος ήταν, δεν χρειαζόμαστε τίποτε άλλο παρά να μελετήσουμε το σειсмоγράφημα και να κάνουμε κάποιες πράξεις. Ας δούμε πρώτα πώς διαβάζεται το σειсмоγράφημα:

Ένα σειсмоγράφημα χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη: Το **αριστερό** με τις μικρές ταλαντώσεις και το **δεξί** με τις μεγάλες. Οι μικρές ταλαντώσεις καταγράφουν τα **υπόγεια** κύματα P και S, όπως είδαμε πιο πάνω. Τα κύματα P έχουν πολύ μικρό πλάτος. Έτσι μόλις φτάσει το πρώτο κύμα S, το ξεχωρίζουμε αμέσως, γιατί η ταλάντωση αυξάνεται απότομα, χωρίς βέβαια να γίνεται πολύ μεγάλη. Στη συνέχεια μόλις τελειώσουν οι δονήσεις από το κύμα S, αρχίζει ο "πραγματικός" σεισμός και οι ταλαντώσεις γίνονται πολύ μεγάλες ώστε σίγουρα ξεχωρίζουμε ότι πρόκειται για τα **επιφανειακά** και ζημιογόνα κύματα. Αυτό που μας ενδιαφέρει λοιπόν είναι το αριστερό κομμάτι, με τα κύματα Π και S.

Έτσι, στις επόμενες τρεις εικόνες υπάρχουν τα σειсмоγραφήματα από τρεις διαφορετικούς σεισμούς. Δεν εμφανίζονται τα επιφανειακά κύματα, μόνο τα υπόγεια δηλαδή τα Π και τα S.

Κοίταξε προσεκτικά κάθε ένα από τα παρακάτω σειсмоγραφήματα και απάντησε στις εξής ερωτήσεις:

- Σε ποιο σημείο αρχίζουν τα κύματα Π;
- Σε ποιο σημείο αρχίζουν τα κύματα S;
- Πόσο πλάτος έχει το μεγαλύτερο κύμα;



Λύση:

Σε όλες τις εικόνες τα κύματα Π αρχίζουν στο 0.

- Στην πρώτη εικόνα τα κύματα S αρχίζουν στο 25ο δευτερόλεπτο και το μεγαλύτερο έχει πλάτος 20 χιλιοστά.
- Στη δεύτερη εικόνα τα κύματα S αρχίζουν στο 40ό δευτερόλεπτο και το μεγαλύτερο έχει πλάτος 30 χιλιοστά.
- Στην τρίτη εικόνα τα κύματα S αρχίζουν στο 10ο δευτερόλεπτο και το μεγαλύτερο έχει πλάτος 12 χιλιοστά.



Τώρα που ξέρουμε πώς να διαβάζουμε το σειсмоγράφημα καιρός να το αναλύσουμε και να δούμε **πού έγινε** ο σεισμός και **πόσο μεγάλος** ήταν. Για να το κάνουμε αυτό θα χρησιμοποιήσουμε την κλίμακα που έφτιαξε ο Ρίχτερ.

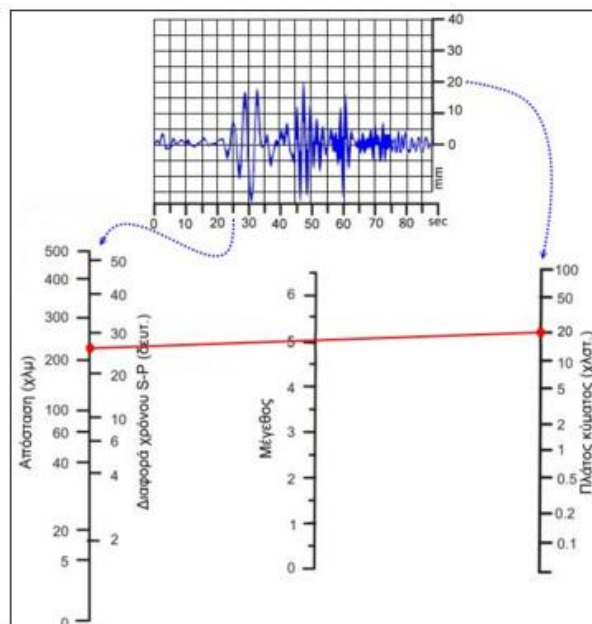
Ας δούμε πώς χρησιμοποιούμε αυτή την κλίμακα σε συνδυασμό με το σειсмоγράφημα που είδαμε παραπάνω.

- Πρώτα πρώτα κοιτάζουμε πόσα δευτερόλεπτα διαφορά είχαν τα δύο κύματα, το Π και το S. Στην περίπτωση του πρώτου σεισμού, η διαφορά αυτή είναι 25 δευτερόλεπτα.

- Πάμε και σημειώνουμε μια τελεία στην αριστερή γραμμή, εκεί που λέει **"διαφορά χρόνου"** στο σημείο που είναι τα **25 δευτερόλεπτα**. Σύμφωνα με το διάγραμμα, το επίκεντρο του σεισμού αυτού ήταν 215 χιλιόμετρα μακριά.

- **Μετά, μετράμε το πλάτος του ισχυρότερου κύματος.** Σε αυτό το σειсмоγράφο, το πλάτος είναι 20 χιλιοστά. Βρίσκουμε τα 20 χιλιοστά στη δεξιά πλευρά του γραφήματος και βάζουμε κι εκεί ένα σημάδι.

- **Τέλος, τοποθετούμε** έναν χάρακα, ενώνοντας τα σημεία που έχουμε τσεκάρει. Το σημείο όπου θα περάσει ο χάρακας την μεσαία γραμμή στο γράφημα σηματοδοτεί το μέγεθος (ισχύ) του σεισμού. Αυτός ο σεισμός είχε μέγεθος 5,0.



Πώς χρησιμοποιούμε την απόσταση από το σεισμολογικό κέντρο για να προσδιορίσουμε το επίκεντρο του σεισμού

Ωραία! Ας συνεχίσουμε.... Μέχρι στιγμής έχουμε τα εξής δεδομένα: Ξέρουμε ότι ο σεισμός έγινε 215 χιλιόμετρα μακριά από εμάς, που είμαστε στην Αθήνα. Πού έγινε όμως ακριβώς; Κοντά σε ποια πόλη; Για να το βρούμε χρειαζόμαστε έναν χάρτη όπως αυτός της διπλανής εικόνας. Κι έναν διαβήτη.



Όπως όλοι οι χάρτες, έτσι κι αυτός, κάτω αριστερά έχει μια γραμμή με την κλίμακά του. Αυτή η γραμμή μας λέει πόσο μικρότερος είναι ο χάρτης από την πραγματική Ελλάδα. Εδώ γράφει ότι ένα εκατοστό στο χάρτη, ισούται με πέντε εκατομμύρια εκατοστά πραγματικής απόστασης. Δηλαδή ένα εκατοστό είναι 50.000 μέτρα, ή αλλιώς 50 χιλιόμετρα.

Τέλεια! Δηλαδή, εγώ που θέλω να βρω πού πέφτουν τα 215 χιλιόμετρα πώς θα το κάνω; **Πανεύκολα!!!**

Απλά διαιρώ τα χιλιόμετρα που μου έδειξε το σχεδιάγραμμα του Ρίχτερ, με το 50 της κλίμακας. Δηλαδή $215 : 50 = 4,3 \text{ εκ}$. Παίρνω τώρα τον διαβήτη, τον ανοίγω 4,3 εκ και με κέντρο την Αθήνα φτιάχνω έναν κύκλο.

Τώρα μάλιστα! Πού έγινε ο σεισμός; Σε ποια πόλη; Στη Λάρισα; Στον Άγιο Ευστράτιο; Στη Χίο; Στην Αμαλιάδα; Ή μήπως σε κάποιο άλλο από τα χιλιάδες σημεία που φτιάχνουν τον κύκλο; Όλα αυτά τα σημεία και οι πόλεις απέχουν από την Αθήνα 215 χιλιόμετρα!!!

Για να λύσουμε το πρόβλημα, ήρθε η ώρα να πάρουμε τηλέφωνα. Χρειαζόμαστε δύο γνωστούς ή συνεργάτες σε δυο άλλα σεισμολογικά κέντρα για να διασταυρώσουμε τις πληροφορίες μας. Ας υποθέσουμε, λοιπόν, ότι έχουμε συνεργασία με τα Σεισμολογικά Εργαστήρια Ιωαννίνων και Πάτρας. Μετά την επικοινωνία μας, μας δίνουν τις εξής πληροφορίες:

	Απόσταση	Μέγεθος
Εργαστήριο Ιωαννίνων	210 χλμ	5,0
Εργαστήριο Πατρών	63 χλμ	5,0

Όπως είναι φυσικό, και τα δύο εργαστήρια βρήκαν το ίδιο μέγεθος με μας, αλλά διαφορετικές αποστάσεις. (Αν και μερικές φορές, τα εργαστήρια διαφωνούν μεταξύ τους ΚΑΙ για το μέγεθος, πράγμα φυσικό αν σκεφτεί κανείς ότι μια μικρή αλλαγή στη μέτρηση του πλάτους του κύματος ή της διαφοράς στην ώρα άφιξης μεταξύ των κυμάτων P και S μπορεί να δώσει διαφορετικό μέγεθος).

Παίρνουμε λοιπόν τις δύο αποστάσεις και τις διαιρούμε πάλι με το 50, που είναι η κλίμακα του χάρτη μας. Οι ακτίνες των κύκλων θα είναι α) $210:50=4,2$ εκ και β) $63:50=1,26$ εκ.

Βρίσκουμε πόσο θα ανοίξουμε το διαβήτη μας και ζωγραφίζουμε και πάλι δύο κύκλους με κέντρο αυτή τη φορά τα Γιάννενα και την Πάτρα αντίστοιχα, όπως φαίνεται στον διπλανό χάρτη.

Κι έτσι τώρα πια ξέρουμε πού έγινε ο Σεισμός 1. Έγινε στο μοναδικό σημείο που απέχει 215 χιλιόμετρα από την Αθήνα, 210 χιλιόμετρα από τα Γιάννενα και 63 χιλιόμετρα από την Πάτρα.

Είναι το σημείο όπου τέμνονται οι τρεις κύκλοι και



βρίσκεται στην Δυτική Πελοπόννησο, κοντά στην Αμαλιάδα!!!

Κατά συνέπεια καταλήγουμε στον εξής κανόνα:

Χρειαζόμαστε μετρήσεις από τουλάχιστον τρεις σταθμούς για να βρούμε το επίκεντρο. Η τομή των κύκλων των οποίων η ακτίνα είναι ισοδύναμη με την απόσταση από τον σεισμό δίνει στο επίκεντρο. Αυτή η μέθοδος λέγεται "τριγωνισμός"

ΓΙΝΟΜΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΟΣ

Τώρα χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες και τις γνώσεις που αποκτήσατε, προσπαθήστε να βρείτε σε ποιο σημείο έγιναν οι τέσσερις σεισμοί που περιγράφουν τα παρακάτω δεδομένα χρησιμοποιώντας τα παρακάτω εργαλεία:

- α) τον υπολογιστή σεισμικού μεγέθους σε κλίμακα Ρίχτερ,
- β) τον χάρτη, και
- γ) ένα μολύβι και χαρτί για να κάνετε τους υπολογισμούς σας.

Με αυτά τα εργαλεία, συμπληρώστε τα πεδία που είναι κενά στους παρακάτω πίνακες και πατήστε το κουμπί ελέγχου για να δείτε πώς τα πήγατε.

ΟΔΗΓΙΕΣ

1. Ξεκινήστε με τον πρώτο από τους σεισμούς της επόμενης σελίδας και κοιτάξτε τα **δεδομένα** του
2. Πηγαίνετε στη σελίδα με τον Υπολογιστή Σεισμικού Μεγέθους και βάλτε ένα σημαδάκι, στο κατάλληλο ύψος της **δεξιάς** κλίμακας του μετρητή για να εισάγετε το **πλάτος του κύματος** .
3. Δείτε τις ώρες άφιξης των κυμάτων, κάντε την **αφαίρεση** και γράψτε τη χρονική διαφορά P-S στον πίνακα.
4. Βάλτε ένα σημαδάκι στο κατάλληλο ύψος της **αριστερής** κλίμακας ανάλογα με τη διαφορά που βρήκατε.
5. Εντοπίστε το **μέγεθος σε ρίχτερ** , **ενώνοντας τα σημάδια που βάλατε με έναν χάρακα**.
6. Εντοπίστε την **απόσταση σε χιλιόμετρα** στην αριστερή κλίμακα και συμπληρώστε την και αυτή στον πίνακα.
7. Τέλος, κάντε τη διαίρεση της απόστασης σε χιλιόμετρα με την κλίμακα (χλμ/50) και συμπληρώστε την **ακτίνα σε εκατοστά** που θα βρείτε.
8. Πηγαίνετε στη σελίδα με τον χάρτη και χαράξτε έναν κύκλο με κέντρο την αντίστοιχη πόλη και ακτίνα αυτή που βρήκατε στο προηγούμενο βήμα.
9. Επαναλάβετε τη διαδικασία για όλες τις πόλεις και βρείτε πού έγινε ο σεισμός στα σημεία τομής των τριών κύκλων.
10. Επαναλάβετε τη διαδικασία για όλους τους σεισμούς

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΕΙΣΜΟΥ 1

	Ωρα άφιξης κύματος P	Ωρα άφιξης κύματος S	Πλάτος κύματος σε χιλιοστά	Διαφορά P-S	Μέγεθος σεισμού	Απόσταση σε Χλμ	Ακτίνα σε εκατοστά
Αστεροσκοπείο Αθηνών	14:10:10	14:10:36	4				
Σεισμογραφικό Κέντρο Ιωαννίνων	14:10:08	14:10:32	5				
Σεισμογραφικό Κέντρο Πατρών	14:10:00	14:10:10	20				

Το επίκεντρο του **πρώτου** σεισμού εντοπίζεται στην περιοχή _____

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΕΙΣΜΟΥ 2

	Ωρα άφιξης κύματος P	Ωρα άφιξης κύματος S	Πλάτος κύματος σε χιλιοστά	Διαφορά P-S	Μέγεθος σεισμού	Απόσταση σε Χλμ	Ακτίνα σε εκατοστά
Αστεροσκοπείο Αθηνών	15:12:00	15:12:35	2.5				
Σεισμογραφικό Κέντρο Ιωαννίνων	15:11:55	15:12:17	10				
Σεισμογραφικό Κέντρο Πατρών	15:11:59	15:12:31	20				

Το επίκεντρο του **δεύτερου** σεισμού εντοπίζεται στην περιοχή _____

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΕΙΣΜΟΥ 3

	Ωρα άφιξης κύματος P	Ωρα άφιξης κύματος S	Πλάτος κύματος σε χιλιοστά	Διαφορά P-S	Μέγεθος σεισμού	Απόσταση σε Χλμ	Ακτίνα σε εκατοστά
Αστεροσκοπείο Αθηνών	02:35:42	02:36:07	20				
Σεισμογραφικό Κέντρο Ιωαννίνων	02:35:32	02:35:47	70				
Σεισμογραφικό Κέντρο Πατρών	02:35:37	02:35:57	40				

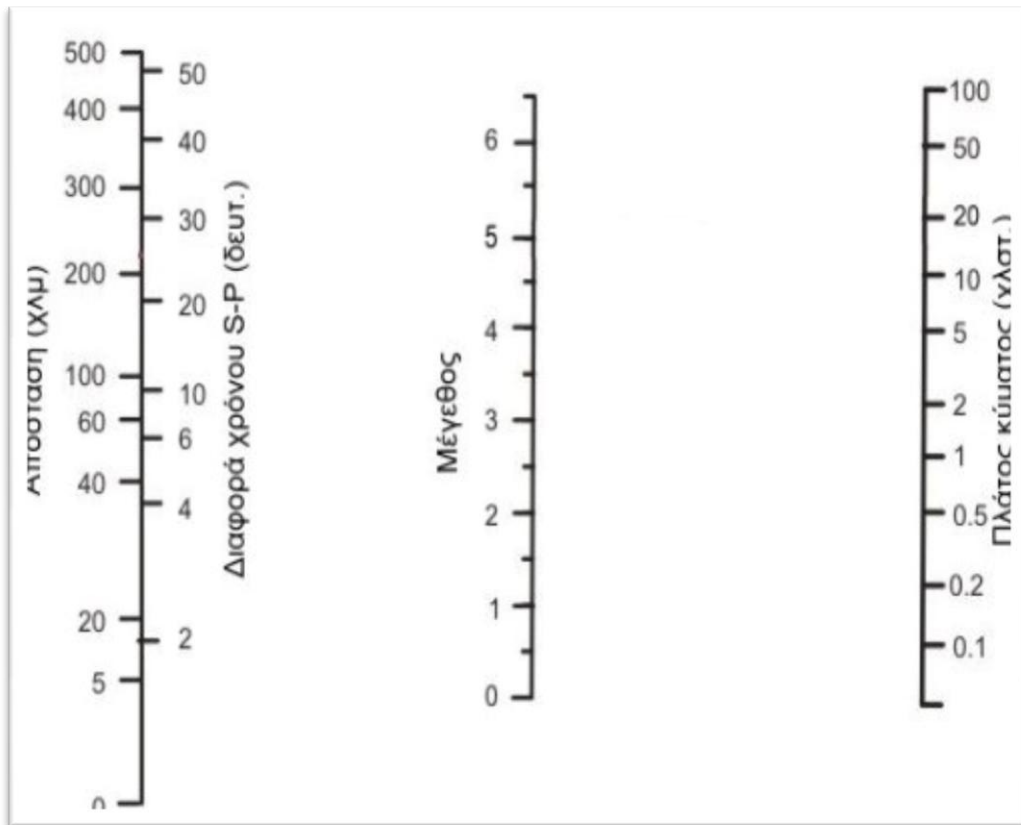
Το επίκεντρο του **τρίτου** σεισμού εντοπίζεται στην περιοχή _____

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΕΙΣΜΟΥ 4

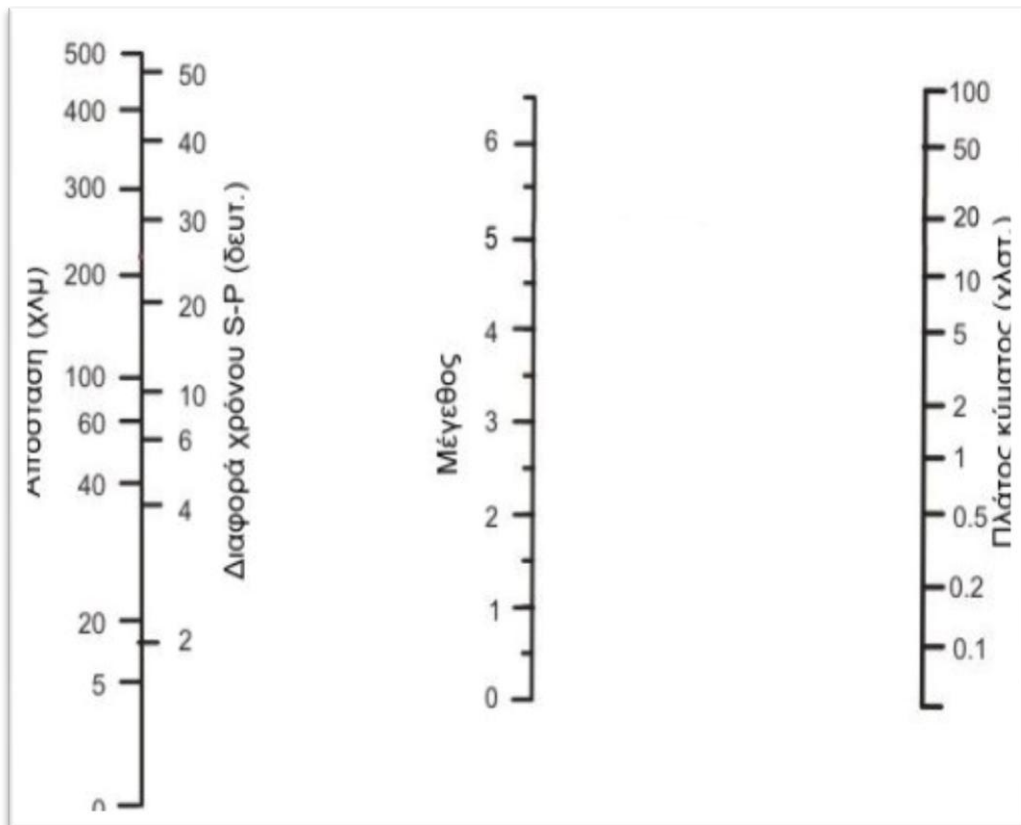
	Ωρα άφιξης κύματος P	Ωρα άφιξης κύματος S	Πλάτος κύματος σε χιλιοστά	Διαφορά P-S	Μέγεθος σεισμού	Απόσταση σε Χλμ	Ακτίνα σε εκατοστά
Αστεροσκοπείο Αθηνών	19:15:27	19:15:54	11				
Σεισμογραφικό Κέντρο Ιωαννίνων	19:15:26	19:15:52	2.2				
Σεισμογραφικό Κέντρο Πατρών	19:15:10	19:15:20	9				

Το επίκεντρο του **τέταρτου** σεισμού εντοπίζεται στην περιοχή _____

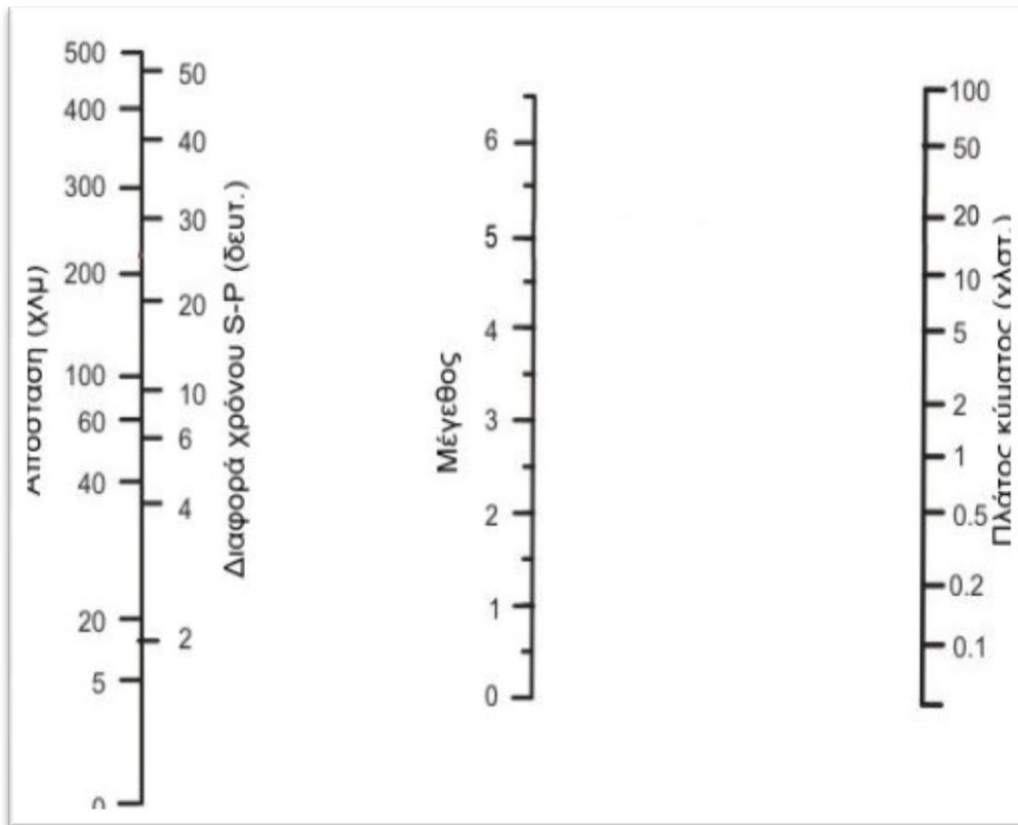
ΚΛΙΜΑΚΑ ΡΙΧΤΕΡ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ



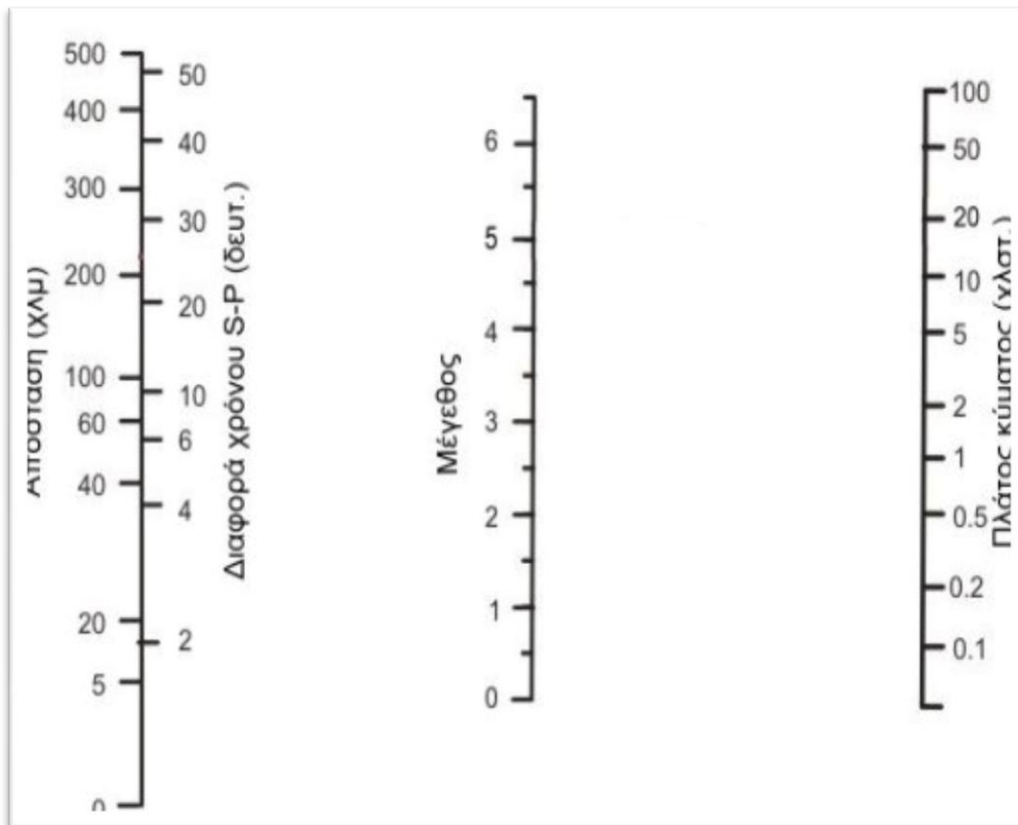
ΚΛΙΜΑΚΑ ΡΙΧΤΕΡ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ



ΚΛΙΜΑΚΑ ΡΙΧΤΕΡ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥ ΤΡΙΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ



ΚΛΙΜΑΚΑ ΡΙΧΤΕΡ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥ ΤΕΤΑΡΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ



ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΤΟΥ 1^{ΟΥ} ΣΕΙΣΜΟΥ



Κλίμακα χάρτη: 1 εκ=50χλμ

ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΤΟΥ 2^{ΟΥ} ΣΕΙΣΜΟΥ



Κλίμακα χάρτη: 1 εκ=50χλμ

ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΤΟΥ 3^{ΟΥ} ΣΕΙΣΜΟΥ



Κλίμακα χάρτη: 1 εκ=50χλμ

ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΤΟΥ 4^{ΟΥ} ΣΕΙΣΜΟΥ



Κλίμακα χάρτη: 1 εκ=50χλμ

Τι έμαθα;

1. Το σημείο μέσα στη Γη όπου αρχίζει το ρήγμα ονομάζεται, (1) _____, (επίκεντρο, εστία)
2. Το σημείο που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους όπου έγινε ο σεισμός ονομάζεται, (2) _____, (εστία, επίκεντρο)
3. Το εξωτερικό κέλυφος της Γης ονομάζεται, (3) _____, (μανδύας, λιθόσφαιρα, πυρήνας, ατμόσφαιρα) και αποτελείται από έναν αριθμό άκαμπτων τμημάτων που λέγονται, (4) _____, (αρχιτεκτονικές, ακτινικές, τεκτονικές, στερεές, πλάκες)
4. Η λιθόσφαιρα αποτελείται από, (5) _____, (δέκα, έντεκα, δώδεκα, δεκαπέντε, περίπου μεγάλες πλάκες)
5. Κάτω από τις λιθοσφαιρικές πλάκες, βρίσκεται η λεγόμενη, (6) _____, (υπολιθόσφαιρα, ασθενόσφαιρα, σπηλαιόσφαιρα, υπόγειο) η οποία παρ' όλο που αποτελείται από στερεά υλικά, συμπεριφέρεται ως, (7) _____, (στερεό, υγρό, αέριο, πλάσμα) στο πέρασμα εκατομμυρίων χρόνων)
6. Οι περιοχές όπου συμβαίνουν οι περισσότεροι σεισμοί είναι αυτές όπου, (8) _____, (οι πλάκες απομακρύνονται, οι πλάκες συγκρούονται, γίνεται πόλεμος, λιώνουν οι πάγοι)
7. Η Ελλάδα βρίσκεται πολύ κοντά στο όριο σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών της, (9) _____, (Αμερικής, Ανταρκτικής, Ευρασίας, Ωκεανίας) και της, (10) _____, (Αφρικής, Ασίας, Ευρώπης, Λιθουανίας)
8. Επειδή η απόσταση της Ελλάδας από το μέτωπο της σύγκρουσης είναι μικρή, η χώρα μας έχει, (11) _____, (σχεδόν καθημερινά, μια φορά την εβδομάδα, μια φορά τον μήνα, μια φορά τον χρόνο) σεισμούς, και γι' αυτό είναι η, (12) _____, (πρώτη, δεύτερη, τρίτη, τελευταία), σε σεισμικότητα χώρα σε όλη την Ευρώπη.
9. Ευτυχώς όμως οι πιο πολλοί σεισμοί γίνονται, (13) _____, (μέσα σε σπηλιές, πάνω στα βουνά, κάτω από τη θάλασσα, μέσα στις πόλεις)
10. Το όργανο που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και καταγραφή σεισμών λέγεται, (14) _____, (ανεμόμετρο, θερμόμετρο, πιεσόμετρο, σεισμόμετρο)
11. Η ταινία χαρτιού όπου καταγράφονται τα σεισμικά κύματα ονομάζεται, (15) _____, (εγκεφαλογράφημα, σειсмоγράφημα, καρδιογράφημα, τηλεγράφημα)
12. Η κλίμακα Ρίχτερ είναι λογαριθμική. Αυτό σημαίνει ότι ένας σεισμός μεγέθους 6 ρίχτερ είναι, (16) _____, (πέντε, δέκα, δεκαπέντε, εκατό) φορές μεγαλύτερος από έναν σεισμό μεγέθους 5 ρίχτερ.
13. Τα πιο γρήγορα σεισμικά κύματα τα ονομάζουμε, (17) _____, (κύματα Α, κύματα Β, κύματα Σ, κύματα Κ)

14. Τα κύματα Π μπορούν να ταξιδέψουν, (18) _____, (μόνο στα υγρά, σε όλα τα υλικά, με τρένο, στο διάστημα)
15. Τα κύματα S μεταδίδονται πιο, (19) _____, (άνετα, γρήγορα, αργά, πριν, από τα κύματα Π)
16. Τα κύματα S δεν μπορούν να ταξιδέψουν, (20) _____, (δίχως άδεια, στα στερεά, στα υγρά ή τα αέρια, αν δεν έχουν εισιτήριο)
17. Τα σεισμικά κύματα χρησιμοποιούνται και για τη μελέτη των ιδιοτήτων, (21) _____, (της θάλασσας, του αέρα, του εσωτερικού της Γης, της επιφάνειας της Γης)
18. Ο φλοιός της γης αποτελείται από, (22) _____, (στερεό σίδηρο και νικέλιο, πυκνούς πυριτικούς βράχους, υγρό σίδηρο και νικέλιο, διαφορετικά είδη πετρωμάτων)
19. Ο μανδύας της γης αποτελείται από, (23) _____, (στερεό σίδηρο και νικέλιο, πυκνούς πυριτικούς βράχους, υγρό σίδηρο και νικέλιο, διαφορετικά είδη πετρωμάτων)
20. Ο εξωτερικός πυρήνας της γης αποτελείται από, (24) _____, (στερεό σίδηρο και νικέλιο, πυκνούς πυριτικούς βράχους, υγρό σίδηρο και νικέλιο, διαφορετικά είδη πετρωμάτων)
21. Ο εσωτερικός πυρήνας της γης αποτελείται από, (25) _____, (στερεό σίδηρο και νικέλιο, πυκνούς πυριτικούς βράχους, υγρό σίδηρο και νικέλιο, διαφορετικά είδη πετρωμάτων)
22. Για να βρούμε το μέγεθος ενός σεισμού χρειάζεται να ξέρουμε, (26) _____, (τη διαφορά Π-Σ και το ελάχιστο πλάτος κύματος, τη διαφορά Π-Σ και το μέγιστο πλάτος κύματος, τη διαφορά Σ-Π και το μέγιστο πλάτος κύματος, τη διαφορά Σ-Π και το ελάχιστο πλάτος κύματος)
23. Χρειαζόμαστε μετρήσεις από τουλάχιστον, (27) _____, (έναν, δύο, τρεις, τέσσερις), σταθμούς για να βρούμε το επίκεντρο ενός σεισμού. Αυτή η μέθοδος λέγεται, (28) _____, (γώνιασμα, διασταύρωση, τριγωνισμός, τετραγωνισμός)

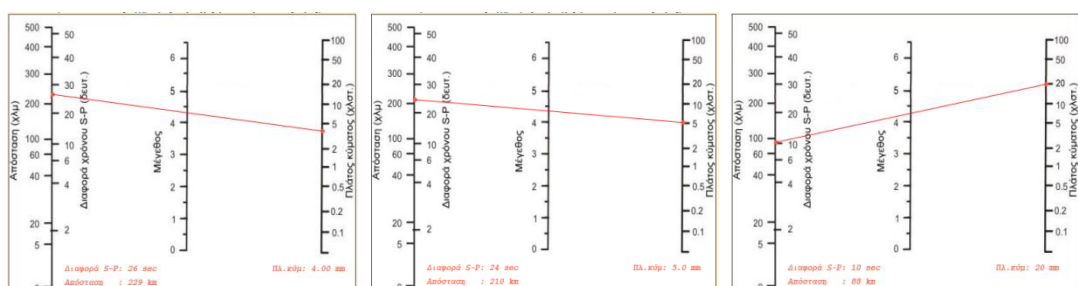
ΟΙ ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΓΙΝΟΜΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΟΣ

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΕΙΣΜΟΥ 1

	Ωρα άφιξης κύματος P	Ωρα άφιξης κύματος S	Πλάτος κύματος σε χιλιοστά	Διαφορά P-S	Μέγεθος σεισμού	Απόσταση σε Χλμ	Ακτίνα σε εκατοστά
Αστεροσκοπείο Αθηνών	14:10:10	14:10:36	4	26	4,4	230	4,6
Σεισμογραφικό Κέντρο Ιωαννίνων	14:10:08	14:10:32	5	24	4,4	210	4,2
Σεισμογραφικό Κέντρο Πατρών	14:10:00	14:10:10	20	10	4,4	88	1,75

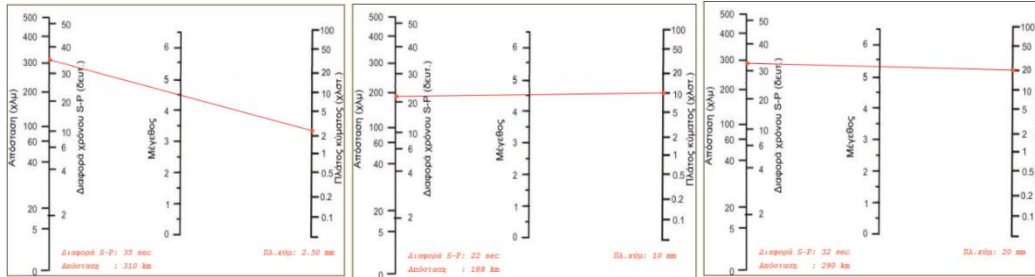
Το επίκεντρο του **πρώτου** σεισμού εντοπίζεται στην περιοχή της Ζακύνθου



ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΕΙΣΜΟΥ 2

	Ωρα άφιξης κύματος P	Ωρα άφιξης κύματος S	Πλάτος κύματος σε χιλιοστά	Διαφορά P-S	Μέγεθος σεισμού	Απόσταση σε Χλμ	Ακτίνα σε εκατοστά
Αστεροσκοπείο Αθηνών	15:12:00	15:12:35	2.5	35	4,5	313	6,26
Σεισμογραφικό Κέντρο Ιωαννίνων	15:11:55	15:12:17	10	22	4,5	190	3,8
Σεισμογραφικό Κέντρο Πατρών	15:11:59	15:12:31	20	32	4,5	290	5,8

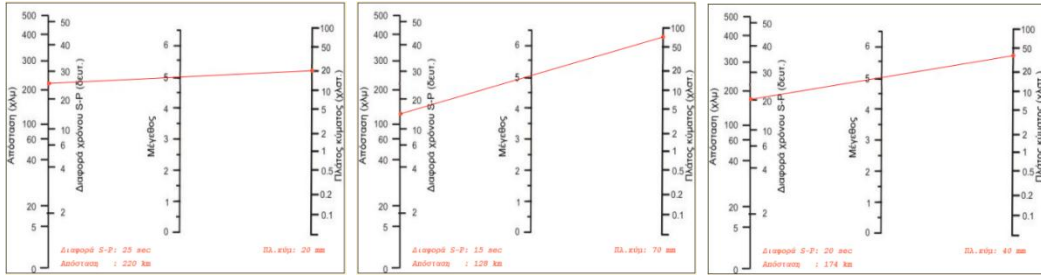
Το επίκεντρο του **δεύτερου** σεισμού εντοπίζεται στην περιοχή της Θεσσαλονίκης



ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΕΙΣΜΟΥ 3

	Ωρα άφιξης κύματος P	Ωρα άφιξης κύματος S	Πλάτος κύματος σε χιλιοστά	Διαφορά P-S	Μέγεθος σεισμού	Απόσταση σε Χλμ	Ακτίνα σε εκατοστά
Αστεροσκοπείο Αθηνών	02:35:42	02:36:07	20	25	5	217	4,34
Σεισμογραφικό Κέντρο Ιωαννίνων	02:35:32	02:35:47	70	15	5	130	2,6
Σεισμογραφικό Κέντρο Πατρών	02:35:37	02:35:57	40	20	5	174	3,48

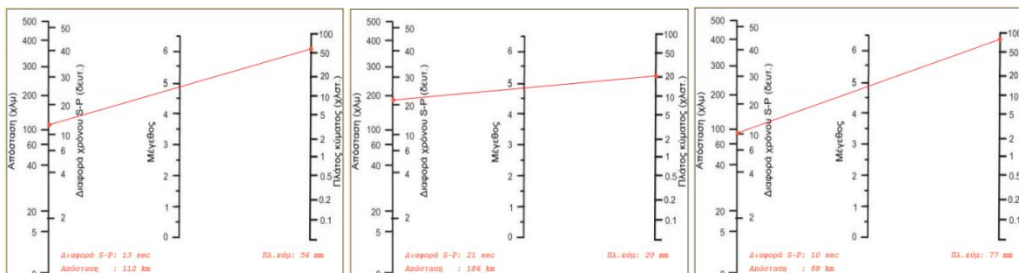
Το επίκεντρο του **τρίτου** σεισμού εντοπίζεται στην περιοχή της Λάρισας



ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΕΙΣΜΟΥ 4

	Ώρα άφιξης κύματος P	Ώρα άφιξης κύματος S	Πλάτος κύματος σε χιλιοστά	Διαφορά P-S	Μέγεθος σεισμού	Απόσταση σε Χλμ	Ακτίνα σε εκατοστά
Αστεροσκοπείο Αθηνών	19:15:27	19:15:40	56	13	4,9	112	2.2
Σεισμογραφικό Κέντρο Ιωαννίνων	19:15:26	19:15:47	20	21	4,9	186	3.7
Σεισμογραφικό Κέντρο Πατρών	19:15:10	19:15:20	77	10	4,9	88	1,8

Το επίκεντρο του **τέταρτου** σεισμού εντοπίζεται στην περιοχή της Αταλάντης



ΟΙ ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΚΕΝΑ

1. εστία	15. σειсмоγράφημα
2. επίκεντρο	16. δέκα
3. λιθόσφαιρα	17. κύματα Π
4. τεκτονικές	18. σε όλα τα υλικά
5. δώδεκα	19. αργά
6. ασθινόσφαιρα	20. στα υγρά ή τα αέρια
7. υγρό	21. του εσωτερικού της Γης
8. οι πλάκες συγκρούονται	22. διαφορετικά είδη πετρωμάτων
9. Ευρασίας	23. πυκνούς πυριτικούς βράχους
10. Αφρικής	24. υγρό σίδηρο και νικέλιο
11. σχεδόν καθημερινά	25. στερεό σίδηρο και νικέλιο
12. πρώτη	26. τη διαφορά Π-Σ και το μέγιστο πλάτος κύματος
13. κάτω από τη θάλασσα	27. τρεις
14. σεισμόμετρο	28. τριγωνισμός