

Σεισμοί: μελετώντας πραγματικά σεισμικά δεδομένα

Το φαινόμενο του σεισμού αποτελεί καθημερινή πραγματικότητα για πολλούς ανθρώπους παγκοσμίως. Ο άνθρωπος δεν μπορεί να σταματήσει ένα σεισμό ούτε να κάνει πρόγνωση του πότε και που ακριβώς θα συμβεί ούτε πόσο ισχυρός θα είναι αυτός. Κατα συνέπεια για να ζήσουμε αρμονικά με το φαινόμενο του σεισμού, οφείλουμε να τους κατανοήσουμε, να εκπαιδευτούμε ώστε να γνωρίζουμε τους τρόπους συμπεριφοράς στην περίπτωση σεισμού, να σχεδιάσουμε τις υποδομές μας ώστε να ελαχιστοποιήσουμε την πιθανότητα καταστροφών από τον Εγκέλαδο και τέλος να αναπτύξουμε τεχνολογικές λύσεις οι οποίες θα μπορούν να μας προειδοποιούν έγκαιρα για την εμφάνιση ενός σεισμού, ώστε να μπορούμε να προλάβουμε τις πιο επικίνδυνες συνέπειες.

Η άμεση σύνδεση της Φυσικής πίσω από τους σεισμούς με το σχολικό αναλυτικό πρόγραμμα καθιστά το φυσικό αυτό φαινόμενο ένα μοναδικό «εργαστήριο» για να μάθουν οι μαθητές την επιστημονική μέθοδο, καθώς γίνονται οι ίδιοι μικροί ερευνητές: Ανακαλύπτουν τις αιτίες του σεισμού, μελετούν πραγματικά δεδομένα και μετρούν τις παραμέτρους των σεισμών όπως το επίκεντρο και το μέγεθός τους.

Επιπλέον, οι μαθητές κατανοούν ότι ο σεισμός είναι ένα φυσικό φαινόμενο άμεσα συνδεδεμένο με την κοινωνία. Σε αυτό το πλαίσιο, το σχολείο μπορεί να λειτουργήσει όχι μόνο ως φορέας εκπαίδευσης για τους αυριανούς πολίτες, αλλά και ως κόμβος εκπαίδευσης και ενημέρωσης για την τοπική κοινωνία, όπου οι μαθητές με την βοήθεια των εκπαιδευτικών τους σχεδιάζουν καινοτόμες δράσεις ενημέρωσης και εκπαίδευσης για να φέρουν την επιστήμη της σεισμολογίας πιο κοντά στη γειτονιά τους.

Στις παρακάτω δραστηριότητες παρουσιάζουμε το φαινόμενο του σεισμού και μελετάμε βασικές παραμέτρους του, όπως το επίκεντρό του. Στη συνέχεια προτείνουμε τη χρήση μιας ψηφιακής βάσης σεισμολογικών δεδομένων που καταγράφηκαν από σχολικούς σεισμογράφους με σκοπό την ανάλυσή τους από τους μαθητές.

Οι δραστηριότητες που παρουσιάζονται αναπτύχθηκαν από τους Δρ. Γεώργιο Μαυρομανωλάκη και Εμμανουήλ Χανιωτάκη, Φυσικούς, συνεργάτες του Τμήματος Έρευνας και Ανάπτυξης της Ελληνογερμανικής Αγωγής στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών έργων "Schools Study Earthquakes", "Global Online Science Labs for Inquiry Learning at School" και "Ark of Inquiry".

Ψηφιακά Διδακτικά Σενάρια

Ξεκινάμε με τα ψηφιακά διαδραστικά σενάρια διδασκαλίας για μαθητές Γυμνασίου-Λυκείου:

Σεισμοί : Χρόνος και Επίκεντρο

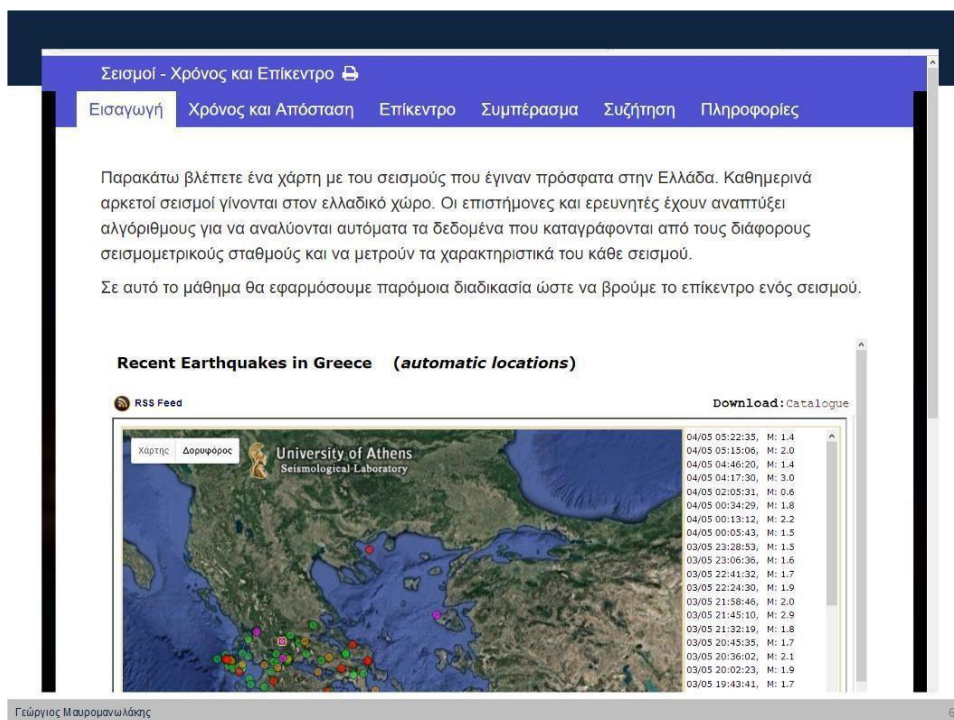
Περιγραφή:

Στη δραστηριότητα αυτή μαθαίνουμε και μελετάμε το φαινόμενο του σεισμού. Μαθαίνουμε πώς βρίσκουμε το επίκεντρο ενός σεισμού.

Σεισμοί : Δραστηριότητα Χρονομέτρησης

Περιγραφή:

Μαθαίνουμε και μελετάμε το φαινόμενο του σεισμού. Μαθαίνουμε πώς βρίσκουμε το επίκεντρο ενός σεισμού. Πιο συγκεκριμένα, σε αυτή τη διαδραστική εκπαιδευτική δραστηριότητα θέλουμε να κατανοήσουμε καλύτερα πώς από τη χρονική διαφορά άφιξης και καταγραφής των δύο σημάτων σε ένα σεισμόμετρο μπορούμε να βρούμε την απόσταση από την οποία προήλθαν τα σεισμικά κύματα.

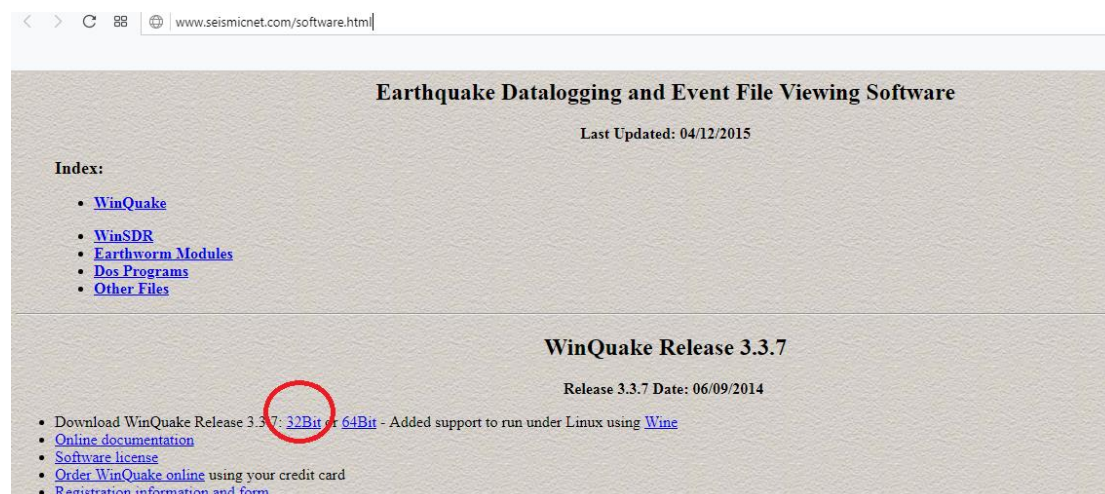


Η δομή των ψηφιακών σεναρίων ακολουθώντας τη λογική της διερευνητικής μεθόδου, περιλαμβάνει καρτέλες που επιτρέπει στους μαθητές να έρθουν σε πρώτη επαφή με τους σεισμούς κάνοντας υποθέσεις βασισμένες στην εμπειρία τους, να χρησιμοποιήσουν τον διαδραστικό χάρτη για την εύρεση του επίκεντρου, να συζητήσουν και να αναλύσουν με την ομάδα τους διαφορετικές ιδέες και λύσεις. Η δομή του σεναρίου μας δίνει τη δυνατότητα να εστιάσουμε το ενδιαφέρον των μαθητών στα βήματα που θα ακολουθήσουν, λέγοντας τους ότι οι ερευνητές όταν συναντούν ένα θέμα που πρέπει να επιλύσουν ακολουθούν την ίδια δομή σκέψης με την ομάδα τους. Ενθαρρύνουμε τους μαθητές να κάνουν λάθη, λέγοντας πως είναι μέρος της διαδικασίας διερεύνησης και δείχνουν την προσπάθεια των μαθητών να επιτύχουν το βέλτιστο αποτέλεσμα. Στο τέλος του σεναρίου, παρατηρούμε πως οι μαθητές δεν καταλήγουν στο ίδιο ακριβώς αποτέλεσμα, γεγονός το οποίο μας δίνει την ευκαιρία να τονίσουμε τις διαφορές μέτρησης και ακρίβειας ανάλογα με τον τρόπο που δουλεύει ο καθένας και να μιλήσουμε για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος.

Μελέτη Σεισμικών Δεδομένων

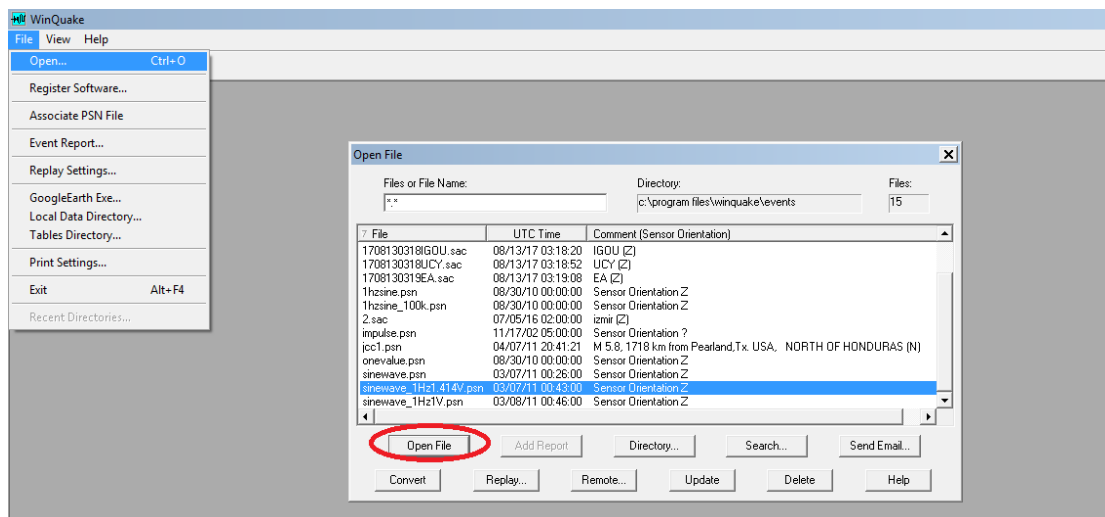
Για τη μελέτη πραγματικών σεισμικών δεδομένων τα οποία λήφθηκαν με σειсмоγράφους από το δίκτυο σχολικών σειсмоγράφων «Schools Study Earthquakes» ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία:

1. Εγκαθιστούμε το πρόγραμμα επεξεργασίας σεισμικών δεδομένων [WinQuake](http://www.seismicnet.com/winquake/) στο μονοπάτι: C:\ProgramFiles\.

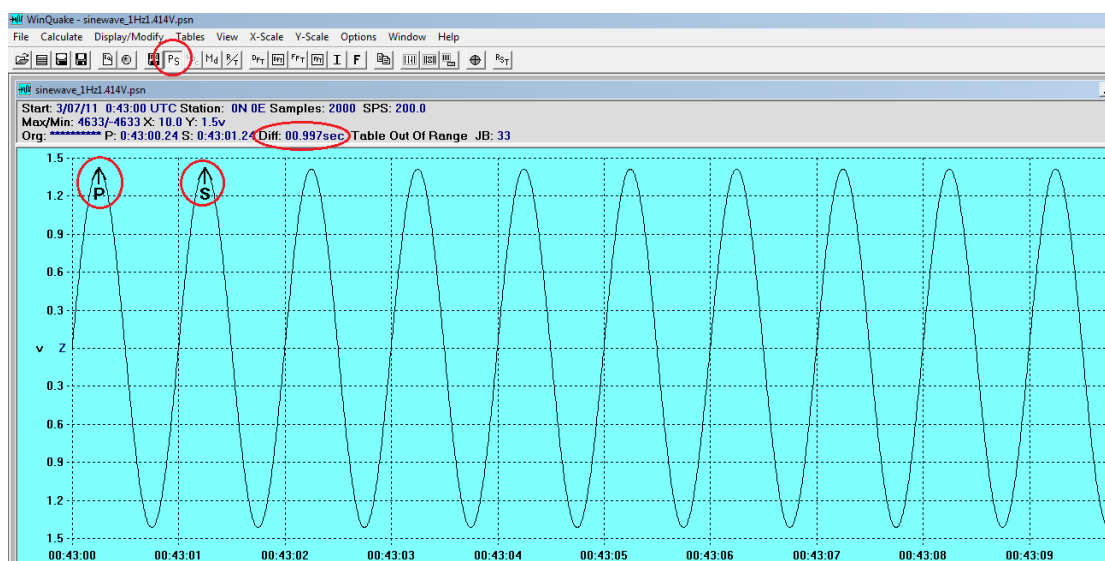


2. Μετά την εγκατάσταση εκκινούμε το WinQuake και δοκιμάζουμε την απεικόνιση δεδομένων: Παρατηρούμε ότι το WinQuake έχει ήδη μία σειρά δεδομένων για εξοικείωση στο μονοπάτι:

C:\Program Files\WinQuake\Events. Τα δεδομένα είναι αποθηκευμένα σε μορφή .psn. Το WinQuake μπορεί να επεξεργαστεί αρχεία που βρίσκονται είτε σε μορφή .psn είτε σε μορφή .sac.



3. Χρησιμοποιήστε την απεικόνιση μιας ημιτονοειδούς κυματομορφής για να εξοικειωθείτε με τα πλήκτρα πλοήγησης: Πιέστε την επιλογή PS και μετακινήστε τα βέλη P και S σε διάφορες θέσεις στην κυματομορφή σας. Παρατηρήστε στην γραμμή δεδομένων πάνω από την κυματομορφή ότι εμφανίζεται η επιλογή Diff που μας δείχνει τη χρονική διαφορά ανάμεσα στις θέσεις που βρίσκονται τα βέλη P και S.



4. Εισέλθετε και πλοηγηθείτε στη [βάση σεισμικών δεδομένων](#) : “Schools Study Earthquakes”

Warning: mysql_connect() [function.mysql-connect]: Headers and client library minor version mismatch. Headers:50628 Library:100134 in /home/ist/public_html/sse-project.eu/conn.php on line 4

The established SSE network of schools in South Eastern Europe and Turkey, monitor and study real-time earthquake data from 10 seismological stations that are located in schools at Bulgaria, Cyprus, Greece, Italy and Turkey. In addition to these SSE network stations, 7 more schools in Greece are participating in the network and provide real time earthquake recordings. Each network station employs the TC1 educational seismometer especially designed for educational purposes and easily assembled by teachers and children. In addition, at each educational seismological station the real time earthquake waveforms are collected by a Windows PC supported with Arduino Drivers and the educational Jamaseis, Winquake and Seis- Gram2K60_SCHOOL earthquake waveform analysis tools. This data are may shared via Teamviewer amongst the network of schools and in this respect teachers play a key role in developing and applying innovative educational tools, in-order to stimulate the interest of students in seismology, physics and mathematics, especially in earthquake prone regions in Southeastern Europe.

The links below contain earthquake waveform files in SAC format as recorded by the SSE project partners ready to be inputted to any of the above mentioned educational analysis tools.

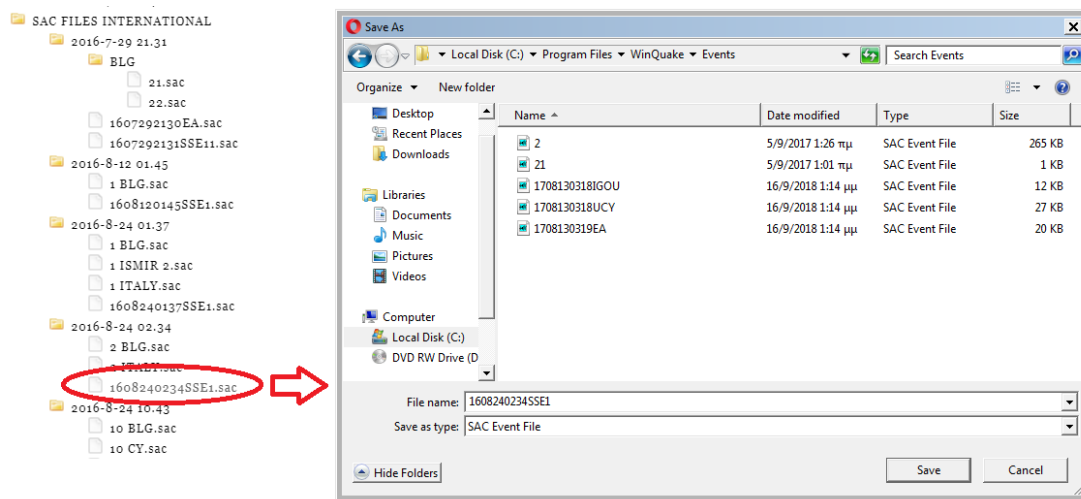
1. Seismic event data base: Event names contain date and UTC time and the doc file in each directory contains a list of all available recorded seismic events.
 - M3-4 SAC files regional: Regional seismic events of magnitudes between 3 and 4 Richter
 - M4 SAC files regional: Regional seismic events of magnitudes greater than 4 Richter
 - SAC files international: Global seismic events of large magnitudes
2. Seismic station database (part 1 and 2): SSE station data inventory 2015-2017.

Seismic Event Database
SSE Seismic Station Database - Part 1
SSE Seismic Station Database - Part 2

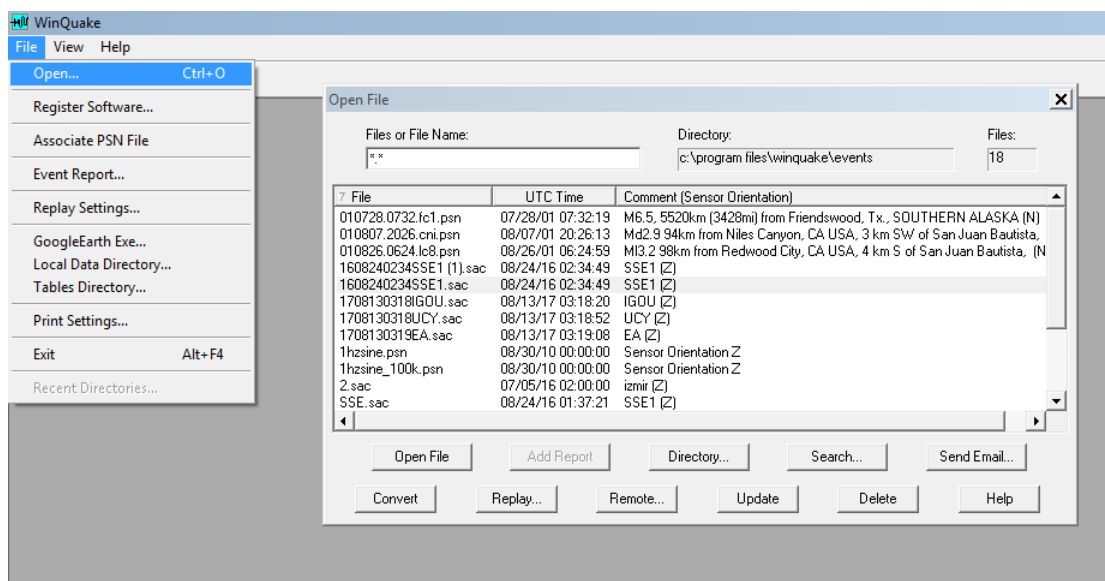
Παρατίθεται το παράδειγμα εντοπισμού σεισμογραμμάτων σεισμού που συνέβη στις 24-8-2016 στις 02.34 και καταγράφηκε απο 3 σταθμούς σχολικών σεισμογράφων.



Αποθηκεύουμε τα επιλεγμένα .sac files στη θέση:
 C:\ Program Files\ WinQuake\ Events

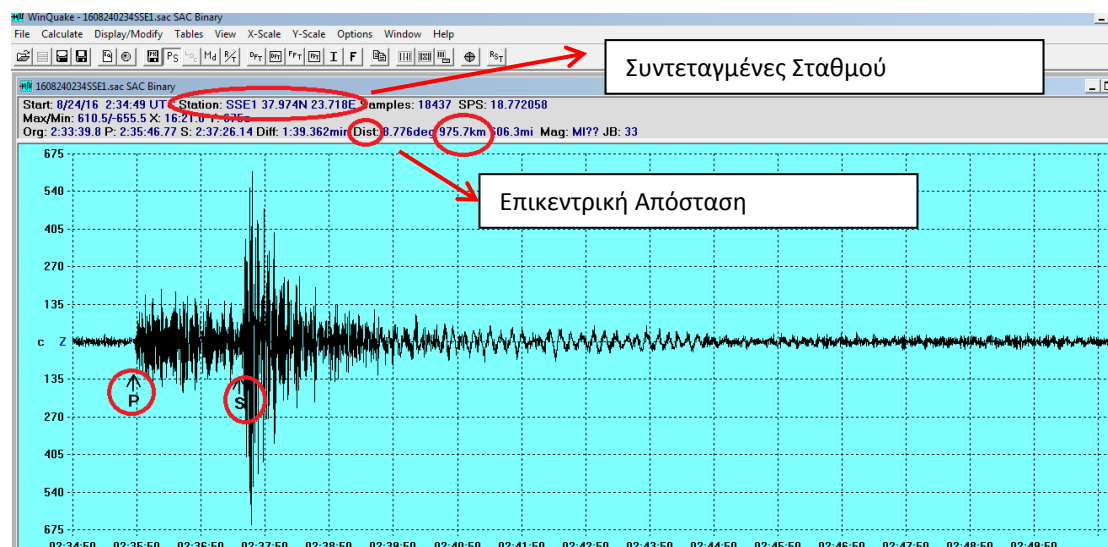


5. Ανοίγουμε τα επιλεγμένα αρχεία στο WinQuake.



Μπορούμε να καταγράψουμε τις συντεταγμένες του σταθμού από τη γραμμή δεδομένων με την παράμετρο : Station.

Τοποθετώντας τους δείκτες P και S στις θέσεις που βλέπουμε την πρώτη άφιξη των P- και S- κυμάτων, βλέπουμε από τη γραμμή δεδομένων την απόσταση του συγκεκριμένου σειсмоγράφου από το επίκεντρο του σεισμού.

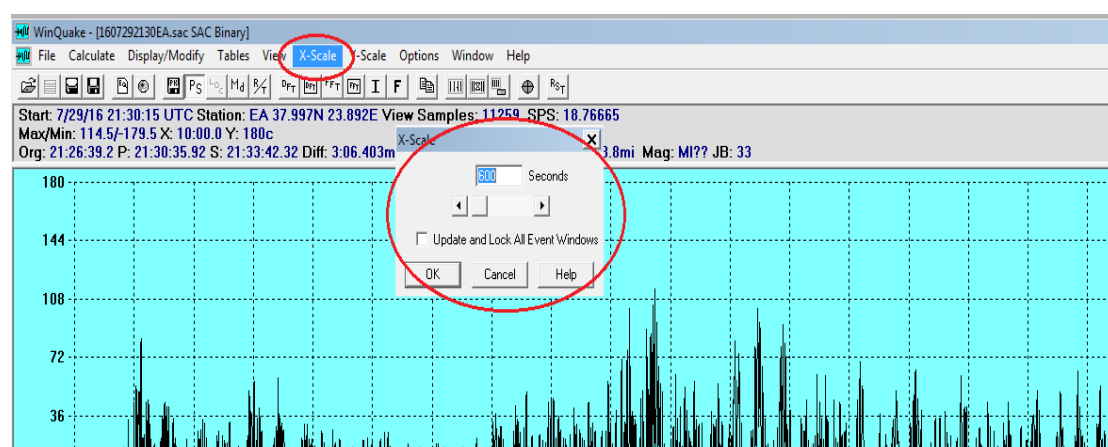


Παράδειγμα εφαρμογής στην τάξη: Σχέση χρόνου άφιξης και επικεντρικής απόστασης

Σε συνέχεια του ψηφιακού σεναρίου: [Σεισμοί-Δραστηριότητα χρονομέτρησης](#) που περιγράφηκε παραπάνω, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πραγματικά δεδομένα από σχολικούς σειсмоγράφους για να βρούμε τη σχέση ανάμεσα σε χρόνους άφιξης και επικεντρικής απόστασης.

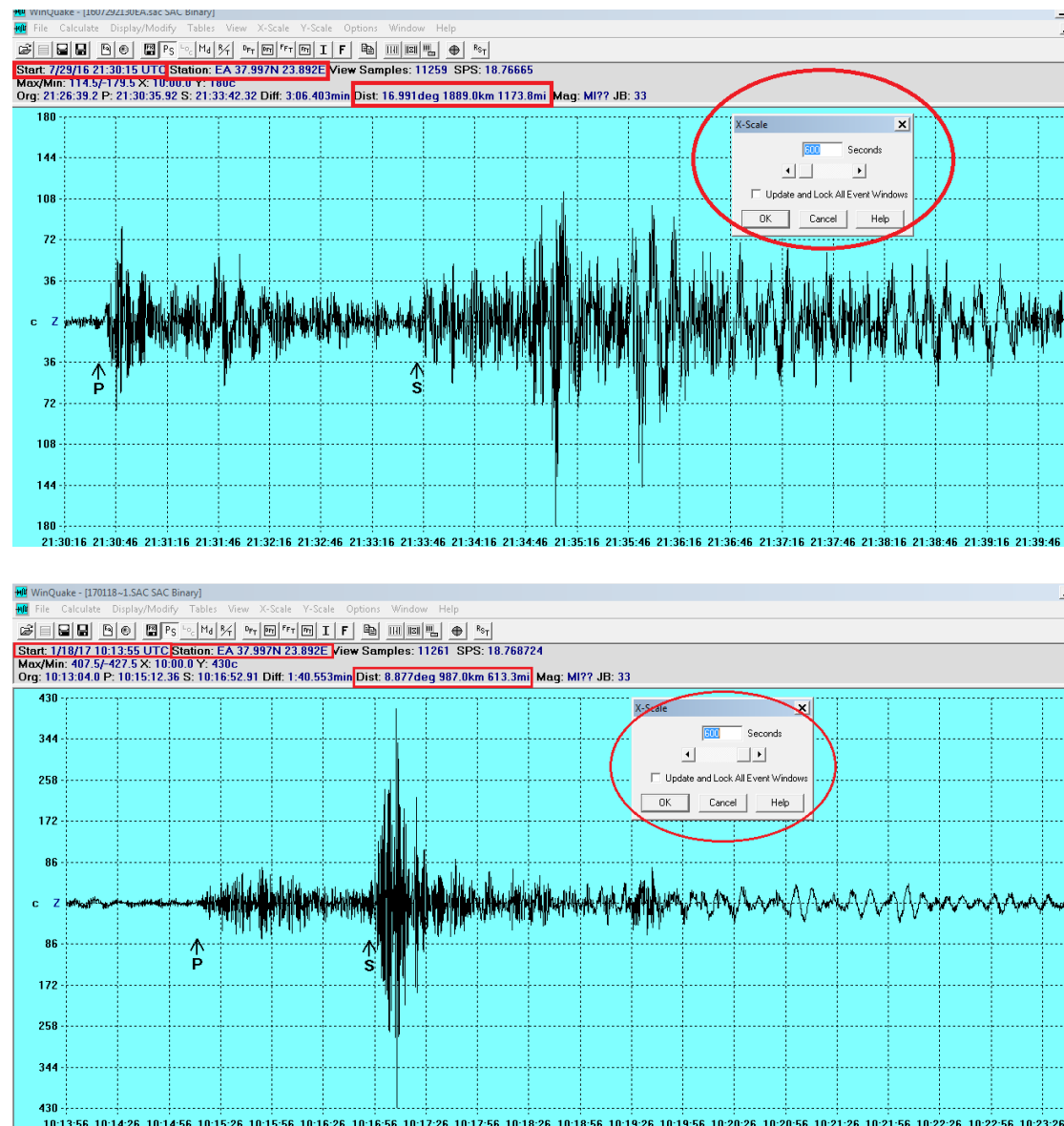
Περιηγούμαστε στη [βάση σεισμικών δεδομένων](#) και να : δούμε καταγραφές του ίδιου σειсмоγράφου για σεισμούς με διαφορετικές επικεντρικές αποστάσεις από αυτόν.

Προσοχή: Φροντίζουμε πάντα η κλίμακα στον άξονα-x (x-scale) να είναι η ίδια. Για να το εξασφαλίσουμε αυτό πηγαίνετε στην επιλογή x-scale και επιλέγετε την τιμή της κλίμακας:



Προσοχή: Συγκρίνουμε σεισμούς που έχουν παρόμοιο βάθος. Την πληροφορία του βάθους θα την βρούμε ξεχωριστά για τους σεισμούς που επιλέγουμε, χρησιμοποιώντας ως αναφορά τη βάση δεδομένων του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου: <http://www.gein.noa.gr/el/>

Παρακάτω παρατηρείτε δύο σεισμούς που καταγράφηκαν από τον σχολικό σειсмоγράφο της Ελληνογερμανικής Αγωγής με επικεντρικές αποστάσεις: 1889km (29/7/2016 21:30 UTC, $\Delta t_{S-P}=3:06.403$ min) και 987km (18/1/2017 10:13 UTC, $\Delta t_{S-P}= 1:40.553$ min) αντιστοίχως. Η κλίμακα στον άξονα των χρόνων ισούται με 600 sec και στις δύο περιπτώσεις.



Παρατηρούμε ότι με τον διπλασιασμό της επικεντρικής απόστασης αυξάνει και η χρονική διαφορά ανάμεσα στον χρόνο άφιξης P- και S- σεισμικών κυμάτων, όπως θα περιμέναμε από τη θεωρία μας. Χρησιμοποιώντας τις τιμές της επικεντρικής απόστασης και της διαφοράς χρόνου S-P μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη σχέση:

$$\Delta t_{S-P} = \left(\frac{1}{u_s} - \frac{1}{u_p} \right) \cdot d_{epicentral}$$

Χρησιμοποιώντας την παραπάνω σχέση μπορούμε να υπολογίσουμε το συντελεστή αναλογίας $C = \left(\frac{1}{u_s} - \frac{1}{u_p} \right)$ ανάμεσα στη χρονική διαφορά S-P (Δt_{S-P}) και την επικεντρική απόσταση ($d_{epicentral}$).

- Χρησιμοποιώντας όσα μάθαμε, επιλέξτε τουλάχιστον 4 σεισμούς από τη βάση δεδομένων του SSE οι οποίοι πληρούν τα παρακάτω κριτήρια: Μετρήθηκαν από τον ίδιο σειсмоγράφο, έχουν παρόμοιο βάθος, έχουν διαφορετικές επικεντρικές αποστάσεις: φροντίστε οι επικεντρικές αποστάσεις να είναι όσο το δυνατόν πιο μεγάλες και οι τιμές τους να απέχουν τουλάχιστον 200km μεταξύ τους.
- Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με τις τιμές Δt_{S-P} και $d_{epicentral}$ που βρήκατε από το πρόγραμμα WinQuake καθώς και τον λόγο των δύο μεγεθών.

Ημερομηνία σεισμού	Δt_{S-P}	$d_{epicentral}$	$\frac{\Delta t_{S-P}}{d_{epicentral}}$

- Βρείτε το μέσο όρο του λόγου των δύο μεγεθών. Αυτός ισούται με το συντελεστή αναλογίας σας: $C = \left(\frac{1}{u_s} - \frac{1}{u_p} \right)$
- Χρησιμοποιώντας τις τιμές της βιβλιογραφίας για την ταχύτητα των κυμάτων –S και –P σε βάθη κοντινά με αυτά τα οποία επιλέξατε, κάνετε μια προσεγγιστική εκτίμηση του συντελεστή C από τη θεωρία (<https://opentextbc.ca/geology/chapter/9-1-understanding-earth-through-seismology/>) και συγκρίνετε με το πειραματικό σας αποτέλεσμα.
- Συζητήστε που θα μπορούσε να σας φανεί χρήσιμη αυτή η μέτρηση που κάνατε.

Στοιχεία επικοινωνίας

Για οποιαδήποτε ερώτηση ή διευκρίνιση μπορείτε να επικοινωνήσετε με τους κους Γ. Μαυρομανωλάκη (email: gmavroma@ea.gr) και Ε. Χανιωτάκη (email: echaniot@ea.gr).