



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΞΑΡΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ SOMA/KIRKAGAC ΤΗΣ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΤΟΥΡΚΙΑΣ, 2019-2020



ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
Α.Ε.Μ.: 5078

Επίβλεψη:

Ε. Παπαδημητρίου, Καθηγήτρια Σεισμολογίας, Τομέας Γεωφυσικής

Π. Παραδεισοπούλου, Ε.ΔΙ.Π. Τομέας Γεωφυσικής Α.Π.Θ.

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2020





ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5078

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΞΑΡΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ SOMA/KIRKAGAC ΤΗΣ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΤΟΥΡΚΙΑΣ, 2019-2020

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Γεωφυσικής,

Επίβλεψη:
Ε. Παπαδημητρίου, Καθηγήτρια Σεισμολογίας
Π. Παραδεισοπούλου, Ε.ΔΙ.Π.



© Βασίλειος Αναγνώστου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωφυσικής, 2020
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΞΑΡΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ SOMA/KIRKAGAC ΤΗΣ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΤΟΥΡΚΙΑΣ, 2019-2020 – *Διπλωματική Εργασία*

© Vasileios Anagnostou, School of Geology, Dept. of Geophysics, 2020
All rights reserved.

STUDY OF THE SEISMIC EXCITATION IN THE SOMA/KIRKAGAC AREA OF
WESTERN TURKEY, 2019-2020 – *Bachelor Thesis*

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



Περιεχόμενα

Πρόλογος και στόχοι της πτυχιακής.....	6
1. Εισαγωγή.....	7
1.1 Σεισμοτεκτονικό καθεστώς του ευρύτερου Ελληνικού χώρου	7
1.2 Τεκτονικές και γεωφυσικές ιδιότητες της περιοχής μελέτης.....	10
1.3 Σεισμικότητα στην περιοχή μελέτης	15
1.4 Προηγούμενες μελέτες στην περιοχή	20
1.5 Εισαγωγικές έννοιες στην ανάλυση σεισμικών ακολουθιών	21
2. Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων.....	24
2.1 Συλλογή δεδομένων	24
2.2 Επαναπροσδιορισμός εστιακών συντεταγμένων (Relocation)	26
3. Χωροχρονική κατανομή της ακολουθίας	35
3.1 Εισαγωγή	35
3.2 Χωρική κατανομή	39
3.3 Χρονική κατανομή	45
3.4 Συμπεράσματα	49
Βιβλιογραφία.....	50
Παράρτημα.....	54



Πρόλογος και στόχοι της πτυχιακής

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Προπτυχιακών σπουδών του Τμήματος Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και έχει ως θέμα την μελέτη της σεισμικής έξαρσης στην περιοχή των πόλεων Soma και Kırkağaç, την περίοδο Μαΐου 2019- Μαΐου 2020.

Οι βασικοί στόχοι της διπλωματικής εργασίας αυτής είναι:

- Η μελέτη της σεισμικής δραστηριότητας στην περιοχή με επαναπροσδιορισμό των εστιακών παραμέτρων των σεισμών
- Συσχέτιση της κατανομής των επικέντρων με τις σεισμοτεκτονικές ιδιότητες της υπό μελέτης περιοχής και αναλυτική διερεύνηση της γεωμετρίας της περιοχής που δραστηριοποιήθηκε

Στο Πρώτο κεφάλαιο, περιγράφεται το σεισμοτεκτονικό καθεστώς του ευρύτερου Ελληνικού χώρου και της περιοχής μελέτης. Περιγράφονται 3 από τους ισχυρότερους σεισμούς της περιοχής που συνέβησαν τον 20^ο αιώνα και δίνονται στοιχεία για ιστορικούς σεισμούς στην περιοχή. Τέλος, γίνεται αναφορά σε προηγούμενες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή καθώς και μια εισαγωγή σε έννοιες ανάλυσης σεισμικών ακολουθιών.

Στο Δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την λήψη δεδομένων και την επεξεργασία τους. Περιγράφεται η μέθοδος επαναπροσδιορισμού των εστιακών συντεταγμένων και γίνεται ανάλυση των στατιστικών σφαλμάτων RMS ERH και ERZ.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η χωρική και χρονική κατανομή των σεισμών της σεισμικής ακολουθίας και η περιγραφή των λύσεων μηχανισμών γένεσης των ισχυρότερων εξ αυτών. Η χωρική και χρονική κατανομή των σεισμών της ακολουθίας εξετάζεται, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για το σεισμογόνο χώρο. Τέλος, συνοψίζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη της σεισμικής ακολουθίας.

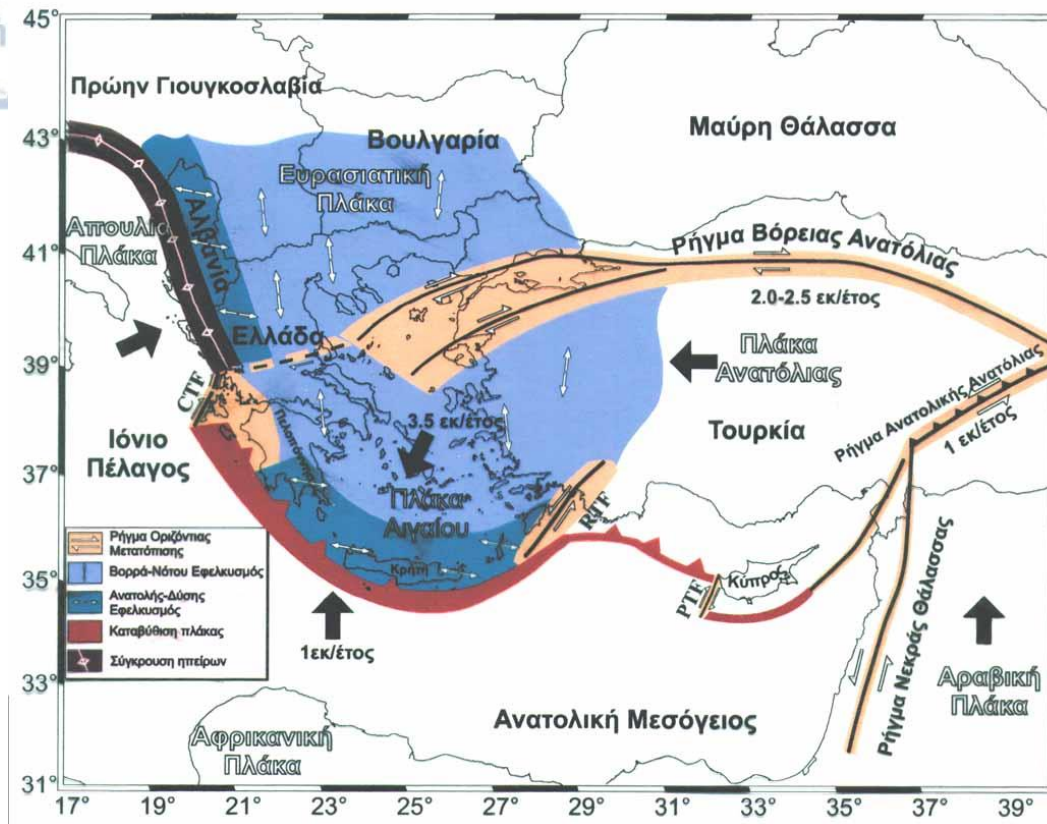
Η παρούσα διπλωματική εργασία έγινε υπό την επίβλεψη της Καθηγήτριας Σεισμολογίας του Τομέα Γεωφυσικής, κυρίας Ελευθερίας Παπαδημητρίου και της Δρ. Σεισμολογίας και μέλος ΕΔΙΠ κυρίας Παρθένας Παραδεισοπούλου, τις οποίες και ευχαριστώ θερμά για την υποστήριξη, τις συμβουλές και την καθοδήγηση που μου προσέφεραν για κάθε τομέα της συγγραφής της.

Για τη δημιουργία των σχημάτων και των χαρτών, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Generic Mapping tools (GMT), έκδοση 6.1.1 (Wessel and Smith, 2019).

1. Εισαγωγή

1.1 Σεισμοτεκτονικό καθεστώς του ευρύτερου Ελληνικού χώρου

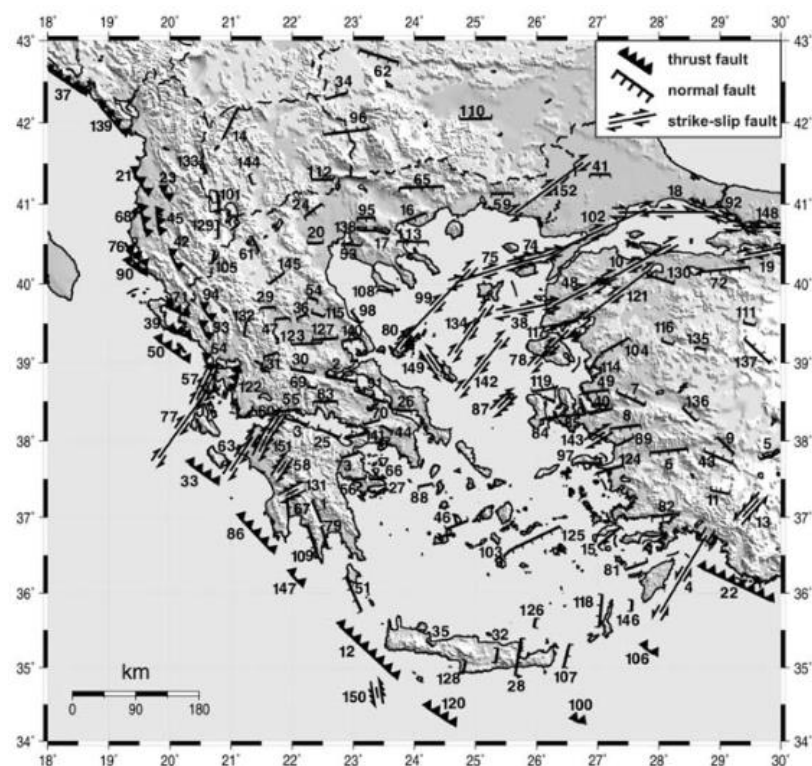
Η ενεργός τεκτονική της Ελλάδας είναι ένα πολύπλοκο και πολύ ενδιαφέρον επιστημονικό ζήτημα που μελετάται διαρκώς, με συνεχείς αναθεωρήσεις παλαιότερων θεωριών και προσθήκες νέων δεδομένων χάρη σε σύγχρονες επιστημονικές μεθόδους. Η Ελλάδα ανήκει στο ορογενετικό σύστημα των Άλπεων, στη ζώνη διάρρηξης Ευρασίας-Μελανησίας και βρίσκεται συγκεκριμένα στην περιοχή σύγκλισης της Αφρικανικής λιθοσφαιρικής πλάκας με την Ευρασιατική. Πλέον των κύριων αυτών λιθοσφαιρικών πλακών, στην περιοχή του Αιγαίου δραστηριοποιούνται τρεις μικρότερες δευτερεύουσες πλάκες και οι κινήσεις τους διαμορφώνουν το σεισμοτεκτονικό καθεστώς του ευρύτερου χώρου του Αιγαίου. Πιο αναλυτικά, ωθούμενη από το Νότο και την Αραβική κύρια λιθοσφαιρική πλάκα η οποία κινείται κατά μήκος του ρήγματος της Νεκράς Θάλασσας, η μικροπλάκα της Ανατολίας αναγκάζεται σε προς τα Δυτικά κίνηση, κατά μήκος του δεξιόστροφου ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας. Η κίνηση αυτή γίνεται με μια ταχύτητα περίπου 2.5 cm/y και μεταφέρεται στην περιοχή του Αιγαίου (McKenzie, 1970). Το κύριο σεισμοτεκτονικό χαρακτηριστικό όμως της περιοχής και συγκεκριμένα η κατάδυση του ωκεάνιου φλοιού της Ανατολικής Μεσογείου κάτω από την μικροπλάκα του Αιγαίου, έχει ως αποτέλεσμα την προς τα Νοτιοδυτικά κίνηση της μικροπλάκας αυτής με ταχύτητα 3.5 cm/y. Η προς βορά κίνηση της Αφρικανικής λιθοσφαιρικής πλάκας πραγματοποιείται με ταχύτητα 1cm/y. Στο μέτωπο σύγκρουσης των δύο πλακών, η σχετική κίνηση είναι περίπου 4.5cm/y. Με βάση τα στοιχεία αυτά ένα σεισμοτεκτονικό και κινηματικό μοντέλο της περιοχής, προτάθηκε από τους Parazachos et al. (1998), στο οποίο φαίνονται τόσο οι κύριες λιθοσφαιρικές πλάκες, όσο και οι μικρότερες (Σχ.1.1.1). Η κατάδυση που λαμβάνει χώρα στο Νότιο Αιγαίο, προτάθηκε για πρώτη φορά από τους Parazachos and Comninakis (1969; 1971) έπειτα από τον καθορισμό των εστιών και των μηχανισμών γένεσης των σεισμών ενδιάμεσου βάθους στο Νότιο Αιγαίο και την κατανομή αυτών σε ζώνη Benioff.



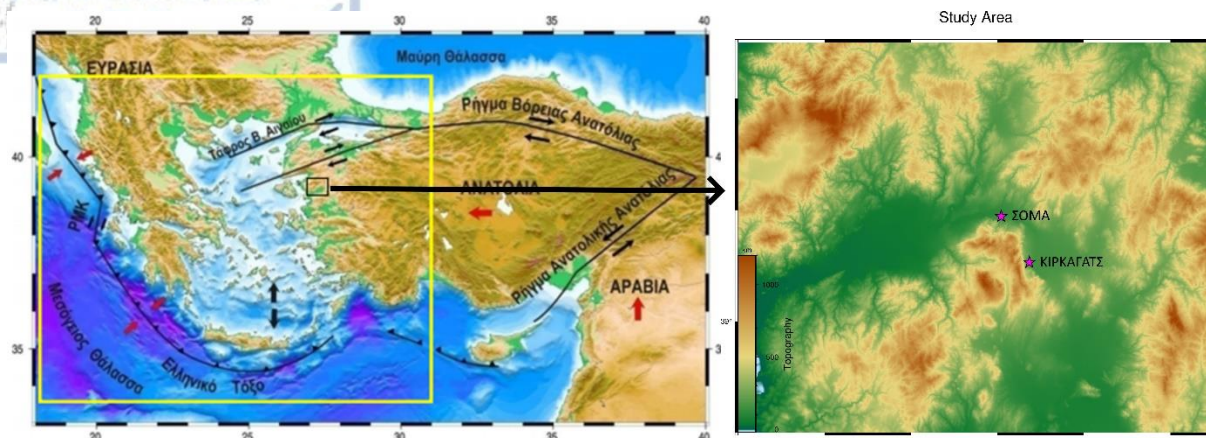
Σχήμα 1.1.1: Ενεργός γεωδυναμική κατάσταση και κινήσεις πλακών στον ευρύτερο Ελληνικό χώρο (Parazachos et al. 1998)

Η κατάδυση του ωκεάνιου φλοιού στο νότιο Αιγαίο έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας ζώνης ανάστροφων ρηγμάτων παράλληλη με τη ζώνη κατάδυσης, με μια διεύθυνση του άξονα μέγιστης συμπίεσης ΒΑ-ΝΔ σε πλήρη συμφωνία με την διεύθυνση της κατάδυσης (Parazachos et al., 1984). Η ζώνη ανάστροφων ρηγμάτων επεκτείνεται προς τα ΒΔ, παράλληλα με τις ακτές της Δυτικής Ελλάδας μέχρι και την Αλβανία, επηρεαζόμενη και από την αριστερόστροφη κίνηση της μικροπλάκας της Απουλίας η οποία περιστρέφεται προς τις ακτές της Αλβανίας και της Δυτικής Ελλάδας. Η ζώνη αυτή διακόπτεται από το δεξιόστροφο ρήγμα μετασχηματισμού της Κεφαλονιάς, το οποίο προτάθηκε με τη μελέτη του ισχυρού σεισμού του 1983 ($M_s=7.0$) από τους Scordilis et al. (1985). Η ζώνη αυτή οριζόντιων δεξιόστροφων ρηγμάτων στο Ιόνιο, μέλος της οποίας αποτελεί το ρήγμα μετασχηματισμού της Κεφαλονιάς, οφείλει την ύπαρξη της στις σχετικές κινήσεις των πλακών της Ανατολίας προς δυτικά και του Αιγαίου προς τα ΝΔ (McKenzie, 1978). Η κατάδυση της ωκεάνιας πλάκας κάτω από την Ευρασιατική στο χώρο της Ανατολικής Μεσογείου είναι επίσης υπεύθυνη για το σχηματισμό του Ελληνικού νησιωτικού τόξου, με όλες τις χαρακτηριστικές δομές που απαντώνται σε ένα ενεργό ηπειρωτικό περιθώριο (περιφερειακή τάφρος, εξωτερικό ιζηματογενές τόξο, λεκάνη μπροστά από το τόξο, ηφαιστειακό τόξο, οπισθοτόξια λεκάνη) (Μουντράκης, 2010).

Βάσει των παραπάνω, οι τάσεις που επικρατούν σήμερα στον Ελληνικό χώρο λόγω των κινήσεων των κύριων πλακών και των μικροπλακών της περιοχής, είναι κατά κύριο λόγο συμπιεστικές στο εξωτερικό μέρος του Ελληνικού τόξου, όπως έχουν δείξει σεισμολογικές και γεωλογικές μελέτες, με ανάστροφα ρήγματα και ισχυρά παραμορφωμένα ιζήματα. Η γενική διεύθυνση των συμπιεστικών τάσεων είναι ΒΑ-ΝΔ, σχηματίζοντας τα προαναφερθέντα ανάστροφα ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ. Αντίθετα, σε όλο το χώρο εσωτερικά του Ελληνικού τόξου, οι τάσεις που παρατηρούνται είναι εφελκυστικές, με πληθώρα σημαντικών κανονικών ρηγμάτων που έχουν παρατηρηθεί έπειτα από γεωφυσικές μελέτες και μελέτη σημαντικών σεισμών στον Ελληνικό χώρο. Οι εφελκυστικές αυτές τάσεις έχουν διεύθυνση Α-Δ σε μία ζώνη πλησίον της ζώνης ανάστροφων ρηγμάτων στο Νότιο Αιγαίο και στις ακτές της Δυτικής Ελλάδας, μέχρι και την Αλβανία, με τα κανονικά ρήγματα σε αυτές τις περιοχές να έχουν διεύθυνση Β-Ν. Οι εφελκυστικές αυτές τάσεις εμφανίζονται με διεύθυνση σχεδόν Β-Ν στις υπόλοιπες περιοχές του Ελληνικού χώρου, μέχρι τα βόρεια σύνορα της χώρας με τη Βουλγαρία και τη Βόρεια Μακεδονία, καθώς και δυτικά παράλια της Τουρκίας. Τα κανονικά ρήγματα που προκύπτουν έχουν διεύθυνση Α-Δ. Αξίζει τέλος να σημειωθεί ότι οι παραπάνω εφελκυστικές τάσεις, επαναδραστηριοποιούν παλαιότερα κανονικά ρήγματα, ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης καθώς και παλαιότερα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης, τα οποία πλέον λειτουργούν επίσης ως κανονικά ρήγματα, διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ. (Papazachos et.al. 1984). Τα σημαντικότερα σεισμογόνα ρήγματα στον ευρύτερο Ελληνικό χώρο απεικονίζονται στο σχήμα 1.1.2. Το σχήμα 1.1.3 δείχνει τα κύρια όρια λιθοσφαιρικών πλακών, την σχετική τους κίνηση καθώς και τη θέση της περιοχή μελέτης.



Σχήμα 1.1.2: Τα κύρια ρήγματα επιφανειακών σεισμών στον ευρύτερο Ελληνικό χώρο (Παπαζάχος και συνεργάτες, 2001)



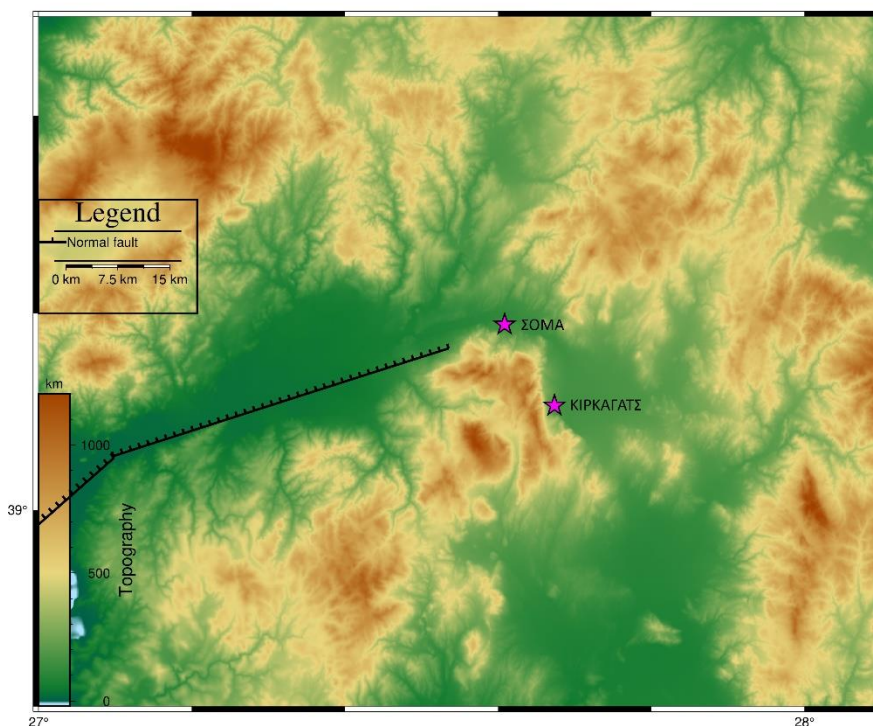
Σχήμα 1.1.3: Η ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας και τα κύρια ενεργά όρια αυτής. Εντός του μαύρου πλαισίου περικλείεται η περιοχή μελέτης, η οποία απεικονίζεται δίπλα με τις κυριότερες πόλεις αυτής. (Τροποποιημένο από Παραδεισοπούλου, 2009)

1.2 Τεκτονικές και γεωφυσικές ιδιότητες της περιοχής μελέτης

1.2.1 Τεκτονικά στοιχεία

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη Δυτική Τουρκία, περιλαμβάνει εντός των ορίων της τις πόλεις Soma και Kirkağaç, 95 χιλιόμετρα βορειοανατολικά της πόλης της Σμύρνης και παρουσιάζεται μαζί με τα κυριότερα ρήγματά της στο σχήμα 1.2.1. Η περιοχή αποτελεί μέρος της Δυτικής Ανατολίας, μιας από τις πιο ραγδαία επεκτεινόμενες περιοχές του πλανήτη και επηρεάζεται άμεσα από τις Β-Ν διευθύνσεως εφελκυστικές τάσεις που επικρατούν στο εφελκυστικό πεδίο του Αιγαίου, με το ρυθμό επέκτασης του φλοιού να φθάνει τα 30-40 mm/y (Burç Oral et al., 1995). Το κυριότερο χαρακτηριστικό της περιοχής της Soma, και κατ' επέκταση ολόκληρης της Δυτικής Ανατολίας, είναι τα τεκτονικά βυθίσματα, διεύθυνσης Α-Δ, άμεσα συνδεδεμένα με τα ενεργά κανονικά ρήγματα που τα περικλείουν. Συγκεκριμένα στη Soma, η ομώνυμη λεκάνη σχηματίζεται από κανονικά ρήγματα που αποκλίνουν από τη γενικότερη διεύθυνση των ρηγμάτων της περιοχής, με την λεκάνη και τα ρήγματα που την οριοθετούν να έχουν μια διεύθυνση σχεδόν Β-Ν (Bozkurt, 2001). Η λεκάνη έχει μήκος 15 χιλιομέτρων και πλάτος που φθάνει τα 2,7 χιλιόμετρα και γειτνιάζει με τη τάφρο του Kirkağaç στα ανατολικά και του Bakircay στα Δυτικά. Σε πολλές έρευνες, οι 3 αυτές λεκάνες θεωρούνται ως μία, με την ονομασία Bergama Graben, διεύθυνσης Α-Δ (Westaway, 1990; Yilmaz et al., 2000). Ως μια ενιαία δομή, η εν λόγω τάφρος έχει μήκος 60 χιλιομέτρων και πλάτος 5 χιλιομέτρων, με τα κανονικά ρήγματα που την οριοθετούν να εμφανίζουν χαρακτηριστικά οριζόντιας μετατόπισης ανά θέσεις, με αριστερόστροφη συνιστώσα στα δυτικά και δεξιόστροφη συνιστώσα στα ανατολικά της πόλης της Περγάμου. Τα κύρια ρήγματα στη βόρεια πλευρά της λεκάνης, εμφανίζουν μεγάλη κλίση ($>70^\circ$)

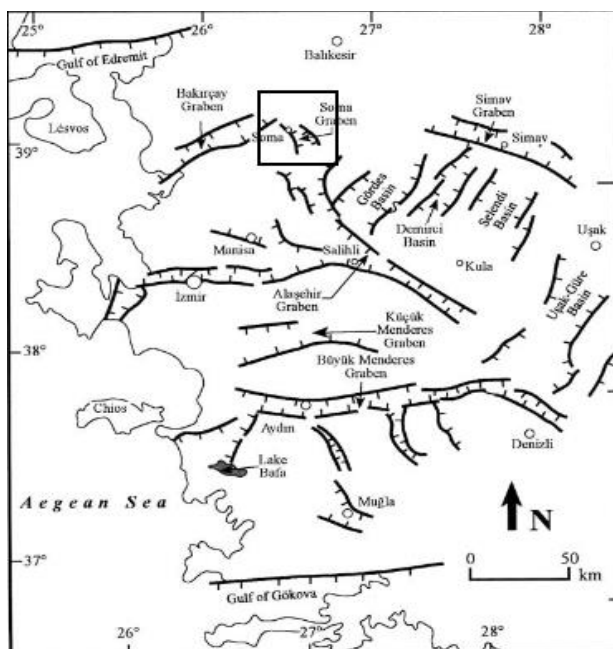
προς νότο, με τα ρήγματα που οριοθετούν τη νότια πλευρά του βυθίσματος να είναι αντιθετικά ως προς το κύριο σύστημα ρηγμάτων, με μικρότερες κλίσεις προς βορά. Η ηλικία σχηματισμού των παραπάνω λεκανών από χρονολογήσεις των ιζημάτων αυτών, τοποθετείται στο κάτω-Μέσο Μειόκαινο (Yilmaz et al., 2000). Συγκεκριμένα, η περιοχή της Soma χαρακτηρίζεται από ποικιλομορφία ρηγμάτων, καθώς πέρα από τα κανονικά ρήγματα Α-Δ διεύθυνσης που είναι συνηθισμένα στον ευρύτερο χώρο παρατηρούνται και δεξιόστροφα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης (Nalbant et al. 1998). Μερικά από τα πιο σημαντικά ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης και ο γενικός προσανατολισμός αυτών, φαίνονται στα σχήματα 1.2.2, 1.2.3 και 1.2.4 παρουσιάζοντας και τις δύο διαφορετικές προσεγγίσεις για τη γεωμετρία των λεκανών της Δυτικής Ανατολίας. Οι παραπάνω δομές καθώς και οι κινήσεις αυτών και των γύρω περιοχών, επηρεάζονται άμεσα από το νότιο κλάδο του γειτονικού ρήματος της Βόρειας Ανατολίας, το οποίο ελέγχει την κύρια κίνηση της πλάκας της Ανατολίας προς τα Δυτικά, και συμβάλλει στην ταχύτατη επέκταση του φλοιού που παρατηρείται στη Δυτική Τουρκία.



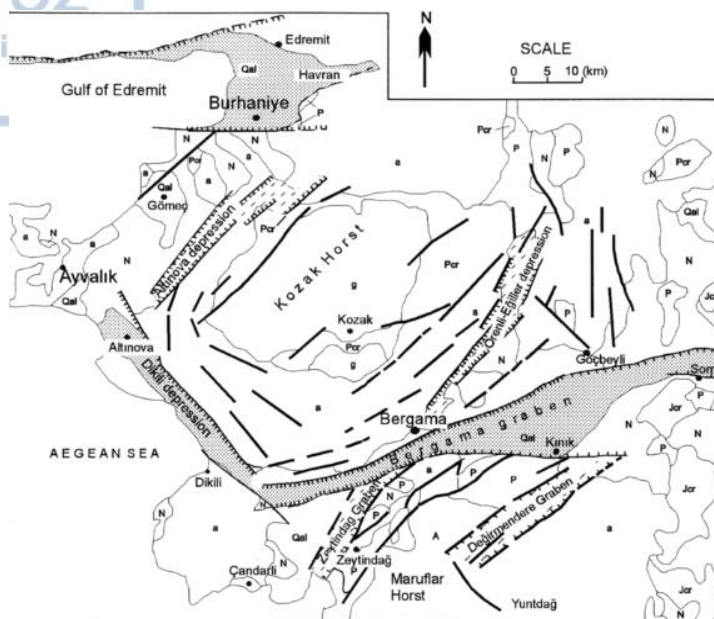
Σχήμα 1.2.1: Ευρύτερη περιοχή μελέτης. Εμφανίζονται οι κυριότερες πόλεις και τα ρήγματα της περιοχής (στοιχεία ρηγμάτων από Paradisopoulou, 2010)

Στο σχήμα 1.2.2 (Bozkurt, 2001) παρουσιάζεται ο χάρτης της περιοχής της Δυτικής Ανατολίας και οι σημαντικότερες τεκτονικές δομές της περιοχής. Στο σχήμα αυτό, η λεκάνη της Soma θεωρείται μία ξεχωριστή λεκάνη, ορισμένη από κανονικά ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ με τη λεκάνη του Bakircay στα Ανατολικά να εμφανίζεται ως ξεχωριστή δομή. Στο σχήμα 1.2.3 (Yilmaz et al., 2000) η λεκάνη της Soma θεωρείται ως μέλος της μεγαλύτερης λεκάνης της Bergama, ορισμένη από κανονικά ρήγματα Α-Δ διεύθυνσης. Στο σχήμα 1.2.4 (Sümer et al., 2018) παρουσιάζονται οι τεκτονικές δομές της βορειοδυτικής Ανατολίας. Στο σχήμα αυτό, στην περιοχή της Soma τοποθετούνται εκτός των συνηθισμένων για την περιοχή κανονικών ρηγμάτων, δεξιόστροφα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης, ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης τα οποία κάμπτονται στα νότια τμήματά τους, παίρνοντας μια σχεδόν Α-Δ παράταξη.

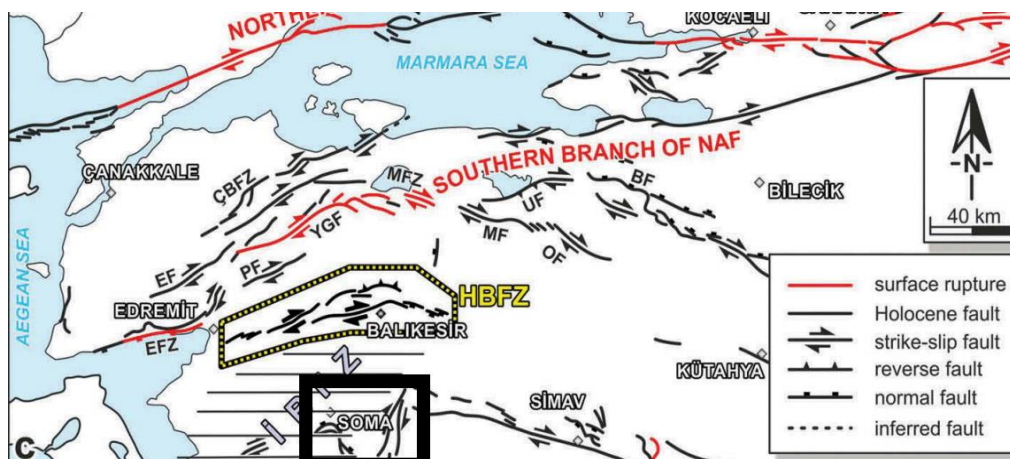
Για τους χάρτες που κατασκευάστηκαν στην παρούσα εργασία, ελήφθησαν δεδομένα για τα ρήγματα της περιοχής από τις εργασίες των Bozkurt (2001), Yilmaz et al. (2000) και Sümer et al. (2018). Από την περιοχή μελέτης διέρχεται το σχεδόν Α-Δ διεύθυνσης σύστημα κανονικών ρηγμάτων της Περγάμου, που ορίζει τα νότια όρια της λεκάνης της Περγάμου. Τα ρήγματα αυτά έχουν κλίση 35° προς βορά. Στα σχήματα της παρούσας εργασίας, το σύστημα αυτό χαρτογραφείται με βάση τα δεδομένα της Παραδεισοπούλου (2009).



Σχήμα 1.2.2: Τεκτονικά στοιχεία της περιοχής της Δυτικής Ανατολίας. Στο πλαίσιο περικλείεται η περιοχή μελέτης, Η λεκάνη της Soma εμφανίζεται εδώ ως αυτόνομη, ορισμένη από κανονικά ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ (Τροποποιημένο από Bozkurt, 2001)



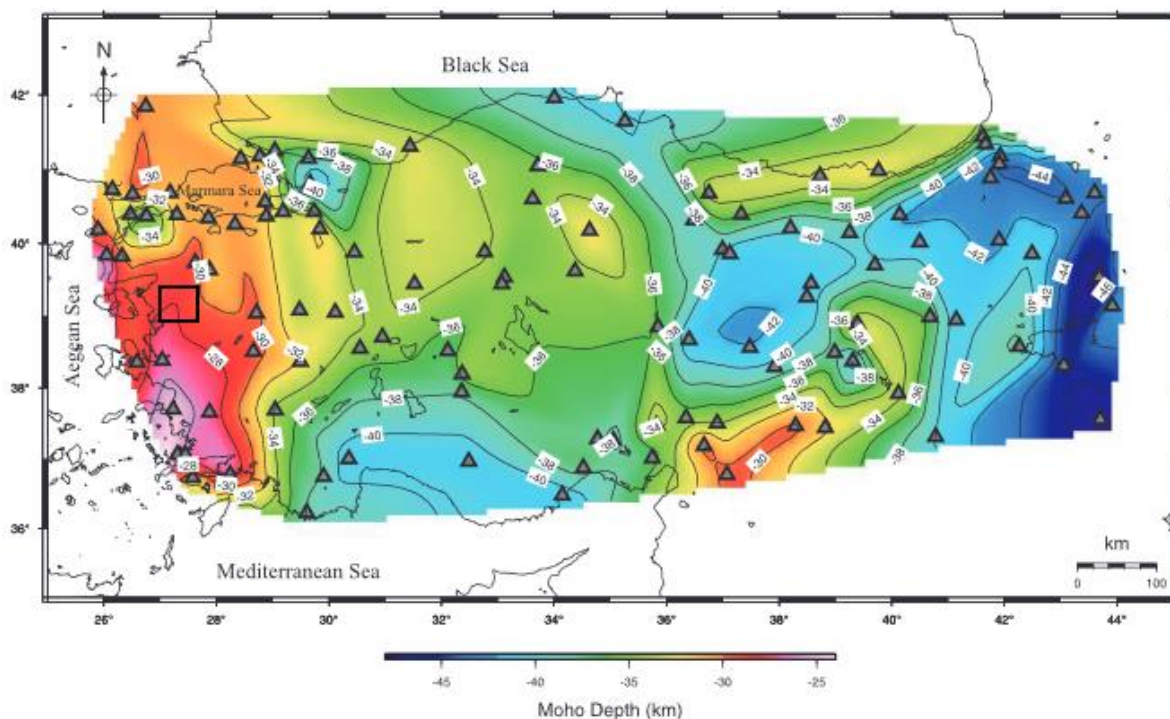
Σχήμα 1.2.3: Τεκτονικά στοιχεία της περιοχής της Δυτικής Ανατολίας. Εδώ η λεκάνη της Soma αντιμετωπίζεται ως προς τα Ανατολικά επέκταση της μεγάλης τάφρου της Bergama (Τροποποιημένο από Yilmaz et al., 2000)



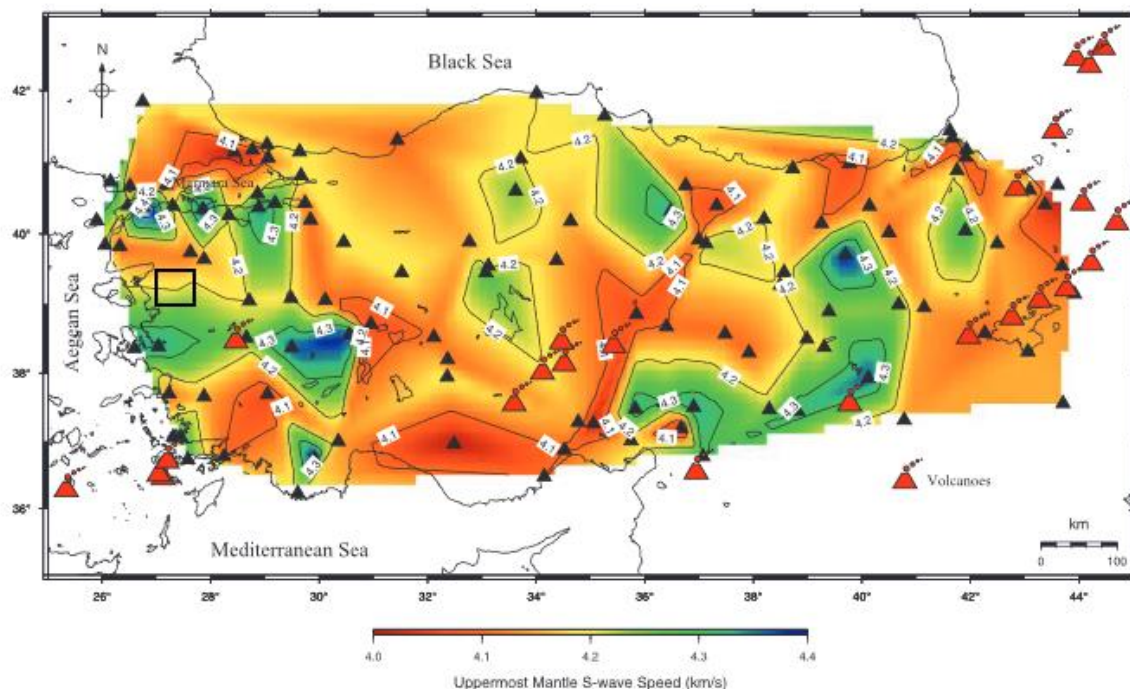
Σχήμα 1.2.4: Τεκτονικά στοιχεία της περιοχής της βορειοδυτικής Ανατολίας. Εντός του περιγράμματος η περιοχή μελέτης, η οποία χαρακτηρίζεται τόσο από τα χαρακτηριστικά κανονικά ρήγματα της περιοχής, όσο και από οριζόντια μετατόπιση ρήγματα (Τροποποιημένο από Sümer et al., 2018).

1.2.2 Γεωφυσικά στοιχεία

Σύμφωνα με στοιχεία μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν από τους Tirel et al. (2004), οι μικρότερες τιμές πάχους φλοιού στον Ελληνικό χώρο, παρατηρούνται στην περιοχή του Βορείου Αιγαίου, με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 23 και 28 χιλιομέτρων. Οι τιμές αυτές είναι σημαντικά μικρότερες από την τιμή πάχους που υπολογίστηκε από τον McKenzie (1978) για την περίοδο άνω Ολιγοκαίνου που είναι ίση με 50 χιλιόμετρα. Η απότομη λέπτυνση του φλοιού στο χώρο του Βορείου Αιγαίου σχετίζεται άμεσα με τις κινήσεις της Αφρικανικής πλάκας σε σχέση με τη λιθόσφαιρα του Αιγαίου. Οι μετρήσεις αυτές συμφωνούν με μεταγενέστερες μετρήσεις του βάθους της ασυνέχειας Moho που πραγματοποιήθηκαν και υπολογίζουν το πάχος του φλοιού στην ευρύτερη περιοχή μελέτης μεταξύ 26 και 28 χιλιομέτρων. Οι τιμές αυτές είναι από τις χαμηλότερες στο χώρο της Τουρκίας, όπως φαίνεται και από το σχήμα 1.2.5 και σχετίζονται άμεσα με την ταχύτατη επέκταση του φλοιού στο χώρο του Βορείου Αιγαίου. Επιπλέον μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από την ίδια ερευνητική ομάδα σχετικά με τις ταχύτητες των S κυμάτων στον ανώτατο μανδύα, δίνουν για την περιοχή μελέτης ταχύτητες μεταξύ 4.2 και 4.3 km/s (Tezel et al., 2013). Η κατανομή των ταχυτήτων για το χώρο της Τουρκίας, παρουσιάζεται στο σχήμα 1.2.6.



Σχήμα 1.2.5: Το βάθος της ασυνέχειας Mohorovicic στην Τουρκία. Η περιοχή μελέτης βρίσκεται εντός του ορθογώνιου πλαισίου (Τροποποιημένο από Tezel et al., 2013)



Σχήμα 1.2.6: Οι ταχύτητες των S κυμάτων στον ανώτατο Μανδύα στην Τουρκία. Η περιοχή μελέτης βρίσκεται εντός του ορθογώνιου πλαισίου (Τροποποιημένο από Tezel et al., 2013)

1.3 Σεισμικότητα στην περιοχή μελέτης

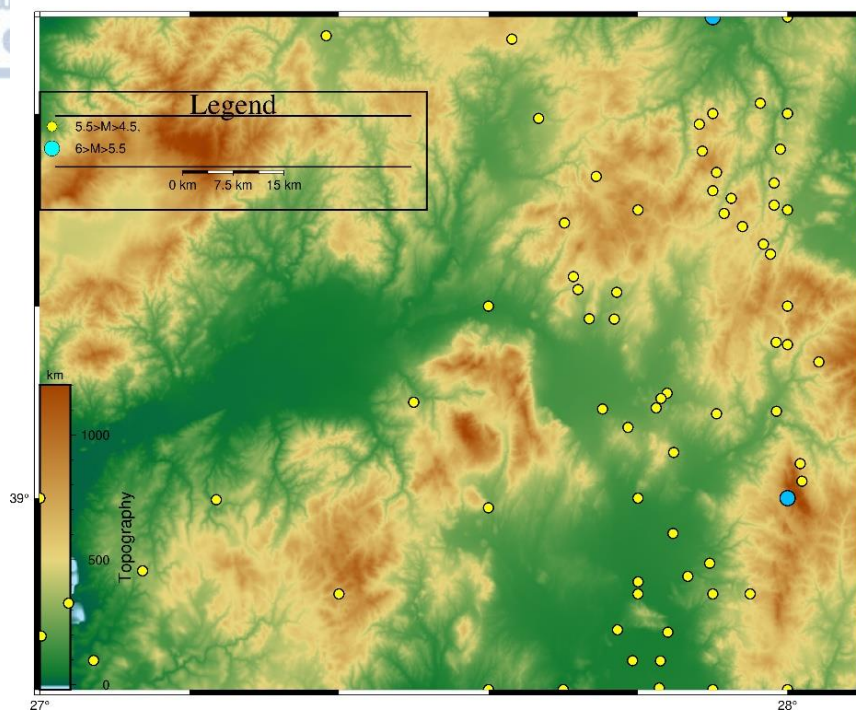
1.3.1 Εισαγωγικά και ορισμοί

Ως **σεισμικότητα** μιας περιοχής αποκαλούμε μια ποσότητα η τιμή της οποίας είναι ανάλογη της συχνότητας και της ισχύος των σεισμών που συμβαίνουν σε αυτή. Η σεισμικότητα διακρίνεται σε ιστορική και ενόργανη ανάλογα εάν η καταγραφή της βασίζεται σε ιστορικές πληροφορίες ή ενόργανες καταγραφές αντίστοιχα. Με τον όρο **ενόργανη σεισμικότητα** αναφερόμαστε στις μελέτες σεισμικότητας που πραγματοποιήθηκαν με χρήση σύγχρονων οργάνων, δηλαδή από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα και έπειτα. Στον ευρύτερο ελληνικό χώρο υπάρχει πλούσιο υλικό ιστορικής σεισμικότητας για 25 αιώνες. Η σεισμικότητα μεταβάλλεται χωρικά, ως εξαρτώμενη από την ενεργό παραμόρφωση λόγω ύπαρξης ενεργών πληθυσμών ρηγμάτων. Η χρονική μεταβολή της σεισμικότητας σε έναν τόπο είναι δύσκολο να διερευνηθεί και πολλά μοντέλα θεωρούν τη γένεσή της ως **χρονικώς ανεξάρτητη** και ο υπολογισμός της γίνεται βάσει μοντέλων που βασίζονται στην υπόθεση ότι η σεισμικότητα σε έναν τόπο εξαρτάται μόνο από τις τεκτονικές δυνάμεις που ασκούνται σε αυτόν και είναι ανεξάρτητη από το χρόνο γένεσης και το μέγεθος προηγούμενων σεισμών στον τόπο αυτόν. Με τον τρόπο αυτό, υπολογίζεται μόνο η μέση σεισμικότητα σε ένα τόπο μελέτης και κατά συνέπεια η χωρική κατανομή της. Σε σπανιότερες περιπτώσεις, για τον υπολογισμό της σεισμικότητας σε μια περιοχή εφαρμόζονται μοντέλα που

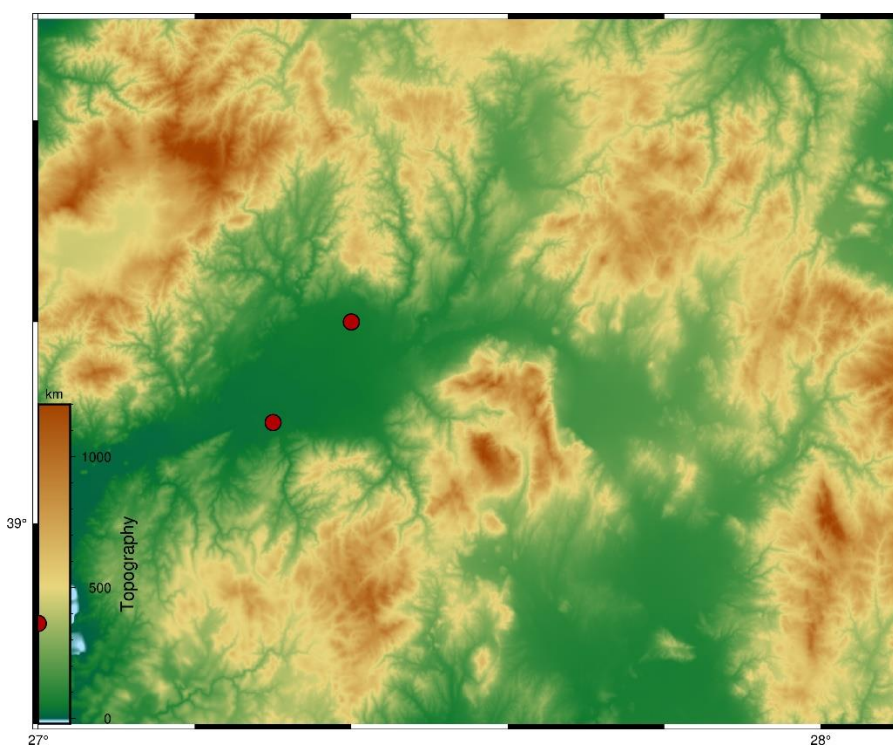
βασίζονται στην υπόθεση ότι υπάρχει χρονική μεταβολή της σε έναν τόπο και συνεπώς αυτή εξαρτάται από το μέγεθος και το χρόνο γένεσης προηγούμενων σεισμών. Σε αυτές τις περιπτώσεις η σεισμικότητα θεωρείται ως **χρονικώς εξαρτώμενη**. Ο υπολογισμός της τιμής της σεισμικότητας για μια περιοχή παρουσιάζει μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον, καθώς αποτελεί μέτρο για την σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής. Επιπλέον, παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την ενεργό τεκτονική της μελετώμενης περιοχής και τις δομές της. Ο ποσοτικός υπολογισμός της σεισμικότητας γίνεται με χρήση δεδομένων σεισμικών παραμέτρων (επικεντρικές συντεταγμένες, εστιακό βάθος, μέγεθος σεισμού).

1.3.2 Σεισμικότητα περιοχής μελέτης

Ο κατάλογος του παραρτήματος 2 περιλαμβάνει τους σημαντικότερους ιστορικούς και σύγχρονους γνωστούς σεισμούς, μεγέθους $M \geq 4.5$ που έχουν γίνει στην περιοχή μελέτης. Τα δεδομένα έχουν ληφθεί από τη σελίδα του σεισμολογικού σταθμού του Α.Π.Θ και συγκεκριμένα έχουν φιλτραριστεί από τον κατάλογο σεισμών (550 π.Χ. -2010 μ.Χ.) που περιλαμβάνει όλους τους γνωστούς σεισμούς με $M \geq 4.5$ που έγιναν σε περιοχή που ορίζεται από το πλαίσιο $33.0^\circ - 43.0^\circ \text{B}$, $18.0^\circ \text{A} - 30.0^\circ \text{A}$. Τα στοιχεία είναι ομογενή ως προς το μέγεθος, αφού όλα τα μεγέθη τους αναφέρονται στην κλίμακα σεισμικής ροπής (από απευθείας υπολογισμό ή από μετατροπές μεγεθών άλλων κλιμάκων σε ισοδύναμα μεγέθη σεισμικής ροπής). Τα δεδομένα του καταλόγου είναι πλήρη για τα παρακάτω διαστήματα και μεγέθη: Για $M > 6.5$ από το 1901, για $M > 5.2$ από το 1911, για $M > 4.8$ από το 1950 και για $M > 4.5$ από το 1964. Ο πλήρης κατάλογος έχει παραχθεί από τους Parazachos et al. (2000; 2010). Παρακάτω, περιγράφονται οι 3 από τους σημαντικότερους σεισμούς για τους οποίους υπάρχουν πληροφορίες και έλαβαν χώρα στην περιοχή την περίοδο της ενόργανης σεισμικότητας, το σεισμό της Soma (18-11-1919, 21:54:00, $M=7.0$), τον σεισμό του Bergama (22-9-1939, 00:36:32, $M=6.6$) και τον σεισμό του Gediz (28-03-1970, 21:02:23.05 και 21:06:23, $M=7.1$). Στο σχήμα 1.3.1 παρουσιάζονται χαρτογραφημένα τα επίκεντρα των γνωστών σεισμών που συνέβησαν στην περιοχή μελέτης από το 17 μ.Χ. έως και το 2010. Επιπλέον, στο σχήμα 1.3.2, παρουσιάζονται ιστορικοί σεισμοί που έχουν γίνει στην περιοχή μελέτης την περίοδο 368 έως 1625 με $M \geq 6.0$ από τα δεδομένα του παραπάνω καταλόγου.



Σχήμα 1.3.1 : Χάρτης επικέντρων για γνωστούς σεισμούς στην περιοχή μελέτης. Απεικονίζονται γνωστοί σεισμοί της περιόδου 1964 έως το τέλος του 2010 με μέγεθος $M \geq 4.5$.



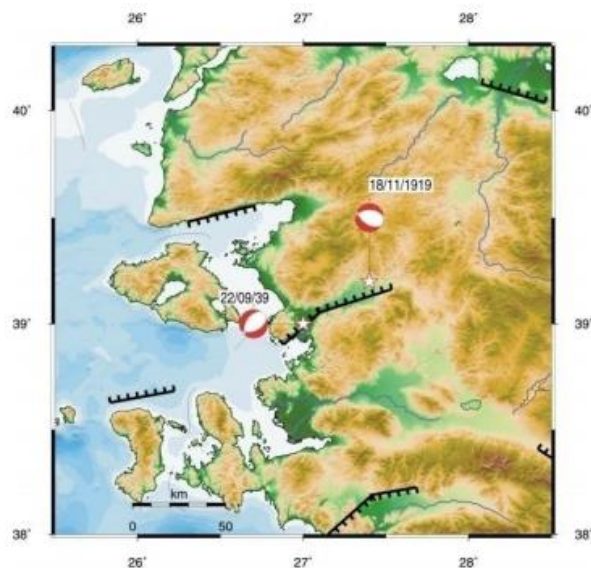
Σχήμα 1.3.2: Επίκεντρα ιστορικών σεισμών με μέγεθος $M \geq 6.0$ στην περιοχή μελέτης.

Ο Σεισμός της Soma (1919)

Ο σεισμός της Soma έγινε στις 18 Νοεμβρίου 1919, ώρα 21:54. Το μέγεθος του ήταν $M=7.0$ και το επίκεντρο υπολογίζεται στην θέση 39.1B, 27.4A μεταξύ των πόλεων Soma και Πέργαμος, στην ανατολική πλευρά της ζώνης κανονικών ρηγμάτων της Bergama (λεκάνη Bakircay). Ακριβής συσχετισμός του σεισμού με συγκεκριμένο ρήγμα δεν έχει προταθεί, όμως υπολογίζεται πως το υπεύθυνο ρήγμα είναι κανονικό, Δ-Α διεύθυνσης ή/και με δεξιόστροφη οριζόντια συνιστώσα, στοιχεία που όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, είναι χαρακτηριστικά για την περιοχή (Nalbant et al., 1998). Το μήκος του υπολογίστηκε ίσο με 30 χιλιόμετρα, με κλίση 45° προς βορρά. Ο πιθανός μηχανισμός γένεσης παρουσιάζεται στο σχήμα 1.3.3. Ο σεισμός προκάλεσε κατολισθήσεις στην κοιλάδα του ποταμού Yağcılı, καθώς και καταρρεύσεις κτηρίων στις πληγείσες πόλεις (Eyidoğan et al., 1991). Το ιστορικό πλαίσιο του γεγονότος είναι η κυριότερη αιτία για την έλλειψη ακρίβειας, όσον αφορά τα επιστημονικά δεδομένα του σεισμού.

Ο Σεισμός της Bergama-Dikili (1939)

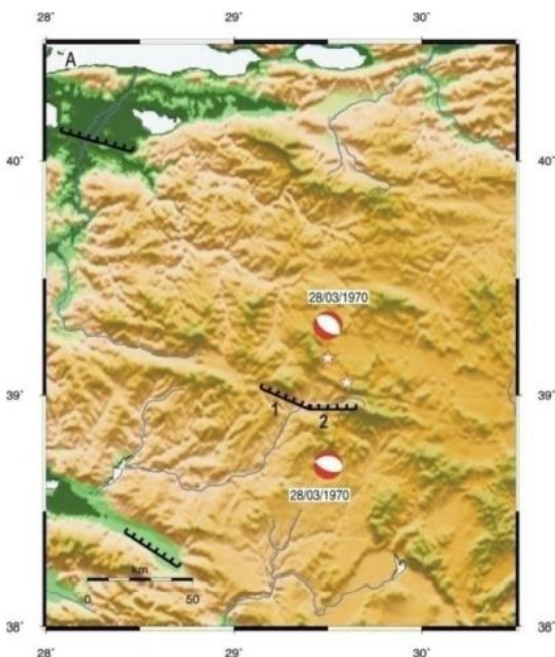
Ο σεισμός έγινε στις 22 Σεπτεμβρίου 1939, ώρα 00:36:32 με μέγεθος $M=6.6$. Ο σεισμός τοποθετείται στις ακτές της Δυτικής Ανατολίας, με επίκεντρο περίπου στο σημείο $39^\circ\text{B } 27^\circ\text{A}$. Το πιθανό υπεύθυνο ρήγμα υπολογίζεται ότι είναι σε πλήρη συμφωνία με τα σεισμοτεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής (διεύθυνση Α-Δ, κανονικό) ενώ οι Nalbant et al. (1998) υπολόγισαν το μήκος του ρήγματος περίπου στα 17 χιλιόμετρα με κλίση 45° προς βορρά. Επιπλέον πληροφορίες για το συγκεκριμένο σεισμό δεν είναι διαθέσιμες. Στο σχήμα 1.3.3 παρουσιάζεται ο πιθανός μηχανισμός γένεσης του σεισμού αυτού.



Σχήμα 1.3.3: Τα επίκεντρα των σεισμών της Soma και του Dikili (1919 και 1939 αντίστοιχα) και οι μηχανισμοί γένεσης τους. (Παραδεισοπούλου 2009). Στο χάρτη απεικονίζονται τα σημαντικότερα ρήγματα της περιοχής και τα ρήγματα που προκάλεσαν τους δύο σεισμούς.

Ο Σεισμός του Gediz (1970)

Ο σεισμός του Gediz έγινε στις 28 Μαρτίου 1970 οπότε και καταγράφηκαν 2 ισχυρές δονήσεις συνδεδεμένες με 2 διαφορετικά ρήγματα στις 21:02:23 και 21:06:23 με μέγεθος καταγραφής $M=7.1$ και για τις δύο (Παραδεισοπούλου 2009). Αποτελεί ίσως τον ισχυρότερο και καλύτερα μελετημένο σεισμό της περιοχής μελέτης, με 40 χιλιόμετρα περίπλοκης ζώνης κανονικών ρηγμάτων, BBD-NNA έως A-Δ διεύθυνσης να χαρτογραφούνται. Η μετασεισμική ακολουθία περιλαμβάνει τουλάχιστον 23 σεισμούς με $M \geq 5.0$, κατανεμημένους σε μια περιοχή πλάτους 40 χιλιομέτρων και μήκους 200 χιλιομέτρων (Jackson and Fitch, 1979; Ambraseys et al., 1972). Ο κύριος σεισμός διασπάστηκε σε 2 ξεχωριστά γεγονότα για την ορθότερη περιγραφή του, το ένα άρρηκτα συνδεδεμένο και εξαρτημένο από το άλλο. Σε πρώτη φάση, παρατηρείται σπάσιμο τμήματος ρήγματος μήκους 15 χιλιομέτρων, BBD-NNA διεύθυνσης με κλίση 35° και μετατόπιση ολίσθησης 1,6m. Το ρήγμα αυτό απεικονίζεται στο σχήμα 1.3.3 (ρήγμα 1). Η διάρρηξη αυτή προκαλεί τον πρώτο σεισμό στις 21:02:23 $M=7.1$ και ενεργοποιεί έπειτα ένα δεύτερο τμήμα ρήγματος μήκους 24 χιλιομέτρων και διεύθυνσης A-Δ, με κλίση επίσης 35° και μετατόπιση ολίσθησης 2,4m (ρήγμα 2 στο σχήμα 1.3.3). Η δεύτερη αυτή διάρρηξη προκαλεί το δεύτερο σεισμό ίδιου μεγέθους στις 21:06:23. (Eyidoğan and Jackson, 1985) Οι ζημιές που προκάλεσε ο σεισμός ήταν μεγάλες, αφήνοντας πίσω τουλάχιστον 1086 νεκρούς και 1200 τραυματίες, με την πόλη του Gediz να χτίζεται σε νέα θέση (σήμερα Yeni Gediz) εξ αιτίας της εκτεταμένης καταστροφής. (Mitchell, 1976). Στο σχήμα 1.3.4 παρουσιάζονται οι μηχανισμοί γένεσης των δύο σεισμών.



Σχήμα 1.3.4: Μηχανισμοί γένεσης των δύο σεισμών $M=7.1$ που έγιναν στο Gediz, στις 28/03/1970. Απεικονίζονται τα ρήγματα (1 και 2) που προκάλεσαν το σεισμό. (Παραδεισοπούλου, 2009)

1.4 Προηγούμενες μελέτες στην περιοχή

Η ευρύτερη περιοχή της Soma και συγκεκριμένα οι περιοχές που βρίσκονται πλησίον της προς τα δυτικά απόληξης του ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας, αποτελούν συχνά αντικείμενο επιστημονικής έρευνας, λόγω της συχνής και έντονης σεισμικής δραστηριότητας. Ο Herece (1990) μελετώντας το επιφανειακό ίχνος του ρήγματος στο οποίο έγινε ο πολύ ισχυρός σεισμός του 1953 στο Yenice-Gonen ($M=7.5$), καταλήγει στο συμπέρασμα ότι το σύστημα ρηγμάτων της περιοχής στη χερσόνησο Biga σχετίζεται άμεσα με το ρήγμα της Βόρειας Ανατολίας, αφού αποτελείται κυρίως από δεξιόστροφα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. Το σύστημα αυτό αποτελεί τη δυτικότερη γνωστή απόληξη του Ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας, και επηρεάζει σημαντικά την σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή μελέτης

Οι Nalbant et al. (1998) μελέτησαν την αλληλεπίδραση των τάσεων 29 ισχυρών σεισμών ($M>6.0$) που έχουν γίνει σε ρήγματα της περιοχής της Βόρειας Ανατολίας και του Βορείου Αιγαίου από το 1912 έως και το 1998, με βάση τον υπολογισμό των μεταβολών των τάσεων Coulomb. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι μεταβολές αυτές με θετικές αυξημένες τιμές σχετίζονται άμεσα με την πιθανότητα γένεσης ενός επερχόμενου σεισμού, με τις περιοχές όπου παρατηρείται συσσωρευμένη τάση να έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες από περιοχές στις οποίες οι μεταβολές των τάσεων είναι αρνητικές. Αξίζει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, η περιοχή Izmit χαρακτηρίστηκε ως αυξημένης επικινδυνότητας, ένα χρόνο πριν τη γένεση ενός ισχυρότατου σεισμού ($M_w = 7.6$) που είχε ως αποτέλεσμα σημαντικές υλικές ζημιές και ανθρώπινες απώλειες. Εφαρμόζοντας τη μέθοδο εξέλιξης και κατανομής τάσεων των Deng and Sykes (1997), σύμφωνα με την όποια αλλαγές στις τάσεις οφείλονται τόσο στην τεκτονική φόρτιση λόγω της διαρκούς κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών καθώς και στην σεισμική ολίσθηση των ισχυρών ($M\geq 7.0$) σεισμών κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, οι Paradimitriou and Sykes (2001) μελέτησαν και καθόρισαν το καθεστώς τάσεων στο Βόρειο Αιγαίο ενώ ταυτόχρονα παρουσίασαν πιθανές θέσεις μελλοντικών ισχυρών σεισμών για τα επόμενα χρόνια.

Βάσει μετρήσεων από συγκεκριμένους σταθμούς GPS την περίοδο 2003-2010 άλλα και μεμονωμένες μετρήσεις, οι Aktug et al. (2009) βασισμένοι και σε μετρήσεις από τους Reilinger et al. (2006), παρουσίασαν ένα νέο μοντέλο πεδίου ταχυτήτων για την περιοχή μελέτης (Δυτική Τουρκία, περιοχές νότια του Ρήγματος Βόρειας Ανατολίας) σύμφωνα με το οποίο ο ρυθμός επέκτασης του φλοιού αυξάνεται από ανατολικά προς τα δυτικά, φθάνοντας έως και τα 20 mm/y. Επιπλέον, ελέγχθηκε εάν η παραμόρφωση φλοιού στην περιοχή μελέτης οφείλεται σε ένα μοντέλο περιστροφής τεμαχών του φλοιού (crustal block rotation) ή σε ομαλότερα κατανεμημένες παραμορφωτικές δυνάμεις. Οι μελέτες αυτές υπέδειξαν ότι το πεδίο τάσεων και παραμόρφωσης στη Δυτική Τουρκία εξηγείται καλύτερα από ένα μοντέλο άκαμπτου φλοιού, όπως συμβαίνει και πιο ανατολικά στο οροπέδιο της Ανατολίας, παρά από ένα μοντέλο φλοιού αποτελούμενο από τεκτονικά τεμάχια. Στην ίδια περιοχή, οι Paradisopoulou et. al. (2010) μελέτησαν την εξέλιξη του πεδίου των τάσεων από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, υπολογίζοντας τις μεταβολές στις τάσεις Coulomb που προκλήθηκαν από ισχυρούς σεισμούς ($M\geq 6.5$) λαμβάνοντας

υπόψιν και την σεισμική ολίσθηση των σεισμών, αλλά και την διαρκή τεκτονική φόρτιση κατά μήκος των μεγάλων οριζόντιας μετατόπισης και κανονικών ρηγμάτων της περιοχής. Συγκρίνοντας το πεδίο τάσεων και τα χαρακτηριστικά του μετά από ένα ισχυρό σεισμό με τα χαρακτηριστικά του πριν τον σεισμό, δημιουργήθηκε ένα εξελικτικό μοντέλο για το πεδίο αυτό, ενώ ταυτόχρονα εκτιμήθηκαν θέσεις με μεγαλύτερη πιθανότητα γένεσης ισχυρών σεισμών στην περιοχή. Πιο πρόσφατα, οι Mesimeri et al. (2018) υπολόγισαν με μεγάλη ακρίβεια τις εστιακές συντεταγμένες των σεισμών μιας σμηνοσειράς που έλαβε χώρα στην περιοχή μελέτης (ΒΔ Τουρκία) την περίοδο Ιανουαρίου 2017-Μαρτίου 2017, διερεύνησαν τη χωροχρονική εξέλιξη αυτής της δραστηριότητας και ερμήνευσαν το μοτίβο αυτής με βάση τις σεισμοτεκτονικές ιδιότητες της περιοχής και τη ροή ρευστών. Η χωρική κατανομή των επαναπροσδιορισμένων εστιών 2485 σεισμών υπέδειξε ως υπαίτια, πλαγιοκανονικά τεμάχη ρηγμάτων καθώς και μικρότερα δευτερεύοντα αντιθετικά τμήματα. Τα παραπάνω ρήγματα βρίσκονται σε απόλυτη συμφωνία με το σεισμοτεκτονικό καθεστώς της περιοχής. Επιπλέον, οι μελέτες υπέδειξαν μετανάστευση της σεισμικότητας προς τα ανατολικά, γεγονός που μπορεί να σχετίζεται με αλλαγές στην υδροστατική πίεση στον ανώτερο φλοιό, υπόθεση που υποστηρίζεται περαιτέρω από την εγγύτητα της περιοχής στα γεωθερμικά πεδία της Tuzla.

1.5 Εισαγωγικές έννοιες στην ανάλυση σεισμικών ακολουθιών

1.5.1 Σεισμός και σεισμική ακολουθία

Ως **σεισμός**, ορίζεται η εδαφική δόνηση που προκύπτει από την παροδική διατάραξη της μηχανικής ισορροπίας των πετρωμάτων της Γης, σε ορισμένο σημείο αυτής, από φυσικά αίτια που βρίσκονται στο εσωτερικό της. Η διαρκής συσσώρευση ενέργειας ελαστικής ανηγμένης παραμόρφωσης προετοιμάζει ένα σεισμογόνο χώρο για ένα επερχόμενο σεισμό. Η διαρκής αύξηση των τάσεων στον σεισμογόνο χώρο έως ένα κρίσιμο σημείο προκαλούν την ολίσθηση του ρήγματος, με ταυτόχρονη σχετική κίνηση των δύο τεμαχών που προκύπτουν από την υπέρβαση της τάσης στατικής τριβής σε αυτό. Η κίνηση αυτή γίνεται κατά τη διεύθυνση ορισμένης επιφάνειας που χωρίζει τα δύο τεμάχη του πετρώματος. Η επιφάνεια αυτή ονομάζεται **ρήγμα**. Κατά τη διάρρηξη ενός ρήγματος, ελαστικά κύματα παράγονται και διαδίδονται στο εσωτερικό της Γης. Τα κύματα αυτά μπορούν να φθάσουν στην επιφάνεια και να καταγραφούν από ειδικά όργανα, τους σειсмоγράφους, δίνοντας μας έμμεσα πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη φύση του ρήγματος στο οποίο έγινε ο συγκεκριμένος σεισμός.

Ο χώρος από τον οποίον ξεκινά μια διάρρηξη μπορεί προσεγγιστικά να θεωρηθεί ως σημείο. Το σημείο αυτό ονομάζεται **εστία** του σεισμού και είναι το σημείο στο οποίο δημιουργούνται τα ελαστικά κύματα που φθάνουν στην επιφάνεια της Γης και καταγράφονται από τους σειсмоγράφους. Η χρονική στιγμή γένεσης των κυμάτων, ονομάζεται χρόνος γένεσης

του σεισμού. Η κατακόρυφη προβολή της εστίας στην επιφάνεια της Γης ονομάζεται **επίκεντρο** του σεισμού με την μεταξύ τους απόσταση να χαρακτηρίζεται ως **εστιακό βάθος**.

Μεταξύ του μεγέθους του κύριου σεισμού, έστω M και του μεγαλύτερου μετασεισμού του, έστω M_1 ισχύει γενικά (Båth 1965):

$$M - M_1 = 1.2$$

Το σύνολο των σεισμών που γίνονται σε έναν τόπο κατά την διάρκεια ενός ορισμένου χρονικού διαστήματος στο οποίο η συχνότητα των σεισμών είναι ιδιαίτερα αυξημένη ονομάζεται **σεισμική ακολουθία**. Για να θεωρηθεί μια σεισμική ακολουθία ομαλή, θα πρέπει να αποτελείται από έναν **κύριο σεισμό** διακριτά μεγαλύτερου μεγέθους από τους **προσεισμούς** που προηγούνται αυτού και τους **μετασεισμούς** που τον ακολουθούν. Εάν παρατηρηθούν επιπλέον σεισμοί ανάλογου ή και μεγαλύτερου μεγέθους από τον κύριο σεισμό, η ακολουθία θεωρείται πολλαπλή (doublet, triplet, etc.).

Σε περιπτώσεις που από μία σεισμική ακολουθία απουσιάζει κύριος σεισμός, δηλαδή αυτή αποτελείται από ένα πλήθος σεισμών μικρού έως μέσου μεγέθους χωρίς σεισμό με διακριτό μέγεθος, ονομάζουμε την ακολουθία **Σμήνος σεισμών** και τα μέλη αυτής **σμηνοσεισμούς**.

1.5.2 Χωρική κατανομή σεισμών

Οι σεισμικές εστίες δεν παρουσιάζουν τυχαία κατανομή στο χώρο, αλλά ορισμένη κατακόρυφη και οριζόντια κατανομή. Ο τρόπος με τον οποίον κατανέμονται οι εστίες στο χώρο, μας παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για τη γεωμετρία του ρήγματος που τον προκάλεσε και τις φυσικές ιδιότητες του εσωτερικού της Γης. Σε περιπτώσεις επιφανειακών σεισμών, η δημιουργία ιχνών του ρήγματος στην επιφάνεια της Γης αποτελεί ένα εξαιρετικό βοήθημα για την μελέτη των εστιών καθώς και του ίδιου του ρήγματος. Σε περιπτώσεις όμως που ο σεισμός δεν είναι επιφανειακός (π.χ. υποθαλάσσιοι σεισμοί) ή δεν είναι αρκετά ισχυρός ώστε να προκαλέσει επιφανειακή διάρρηξη, η κατανομή των εστιών μιας ακολουθίας και η μελέτη των υπεύθυνων ρηγμάτων, γίνεται με τη χρήση μαθηματικών σχέσεων που συσχετίζουν τα φυσικά μεγέθη που προσδιορίζουν το σεισμό, για να εξαγάγουν συμπεράσματα για τη φύση και το χαρακτήρα του (Παπαζάχος και συνεργάτες, 2005). Τέτοιες σχέσεις έχουν προταθεί με πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις από διαφορετικούς μελετητές με παράδειγμα να αποτελεί η μέθοδος των Kanamori and Anderson (1975) που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη ισχυρών ιστορικών σεισμών στην Τουρκία. Τα τελευταία χρόνια, οι Papazachos et al. (2004) μελετώντας τις πιο αξιόπιστες από αυτές τις μεθόδους, συνέθεσαν ένα νέο μοντέλο σχέσεων μεταξύ των παραμέτρων διάρρηξης.

1.5.3 Χρονική κατανομή σεισμών

Η μελέτη της χρονικής κατανομής των σεισμών μιας ακολουθίας, προσφέρει επιπλέον πολύτιμες πληροφορίες για την ομαλότητα εξέλιξης της. Η συχνότητα των σεισμών σε μια περιοχή δεν παραμένει σταθερά, αλλά παρουσιάζουν μεταβολές με το χρόνο. Συγκεκριμένα, η συχνότητα εμφάνισης μετασεισμών σε μια ομαλή ακολουθία ελαττώνεται με το χρόνο, σύμφωνα με το νόμο του Omori (1894):

$$n(t) = \frac{k}{c + t}$$

Η σχέση αυτή τροποποιήθηκε το 1961 από τον Utsu, παίρνοντας τη μορφή με την οποία χρησιμοποιείται πλέον σήμερα:

$$n = k(t + c)^{-p}$$

Όπου n η συχνότητα των μετασεισμών, t ο χρόνος κατά τον οποίον η συχνότητα αυτή ελαττώνεται και k, c, p σταθερές. Η c έχει μικρή τιμή ($c \sim 0.03$ μέρες) και η k αποτελεί μέτρο της μετασεισμικής δράσης, αφού αντιστοιχεί στη συχνότητα των σεισμών μια χρονική μονάδα μετά τη γένεση του κυρίου σεισμού. Η παράμετρος p που προτάθηκε από τον Utsu εξαρτάται από τις φυσικές ιδιότητες του σεισμογόνου χώρου και λαμβάνει τιμές μεταξύ 0.7 και 2.0, συνήθως όμως είναι ίση με την μονάδα. Επίσης, για τη σχέση καθορίζεται ένα διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Για το διάστημα αυτό, απαιτούνται στοιχεία από τις πρώτες 48 ώρες μετά την εκδήλωση ενός ισχυρού σεισμού. Η καθυστέρηση λήψης στοιχείων έχει ως αποτέλεσμα την μόλυνση των δεδομένων με στοιχεία που προκύπτουν από τη διέγερση γειτονικών ρηγμάτων και την λανθασμένη εκτίμηση για τον εστιακό χώρο του αρχικού σεισμού. Εξετάζοντας τα στοιχεία μιας μετασεισμικής ακολουθίας τις πρώτες 48 ώρες, μπορούμε να συμπεράνουμε αν αυτή είναι ομαλή ή όχι, ανάλογα με το εάν τα στοιχεία προκύπτουν βρίσκονται εντός ή εκτός των ορίων του διαστήματος εμπιστοσύνης που έχουμε ορίσει αντίστοιχα. Τέλος, μια σεισμική ακολουθία μπορεί να χαρακτηριστεί ως **μονοκατευθυντική** όταν ο κύριος σεισμός εμφανίζεται στο ένα άκρο του ρήγματος, με την μετασεισμική ακολουθία να εξελίσσεται κατά μήκος αυτού έως την άλλη πλευρά του, στην οποία συνήθως εκδηλώνεται ο ισχυρότερος μετασεισμός ή, **δικατευθυντική** όταν ο κύριος σεισμός εκδηλώνεται στο μέσο του ρήγματος και η μετασεισμική δραστηριότητα πραγματοποιείται προς τα δύο άκρα αυτού. Στην περίπτωση αυτή ο κύριος μετασεισμός εκδηλώνεται σε ένα από τα δύο άκρα του ρήγματος.

2. Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων

2.1 Συλλογή δεδομένων

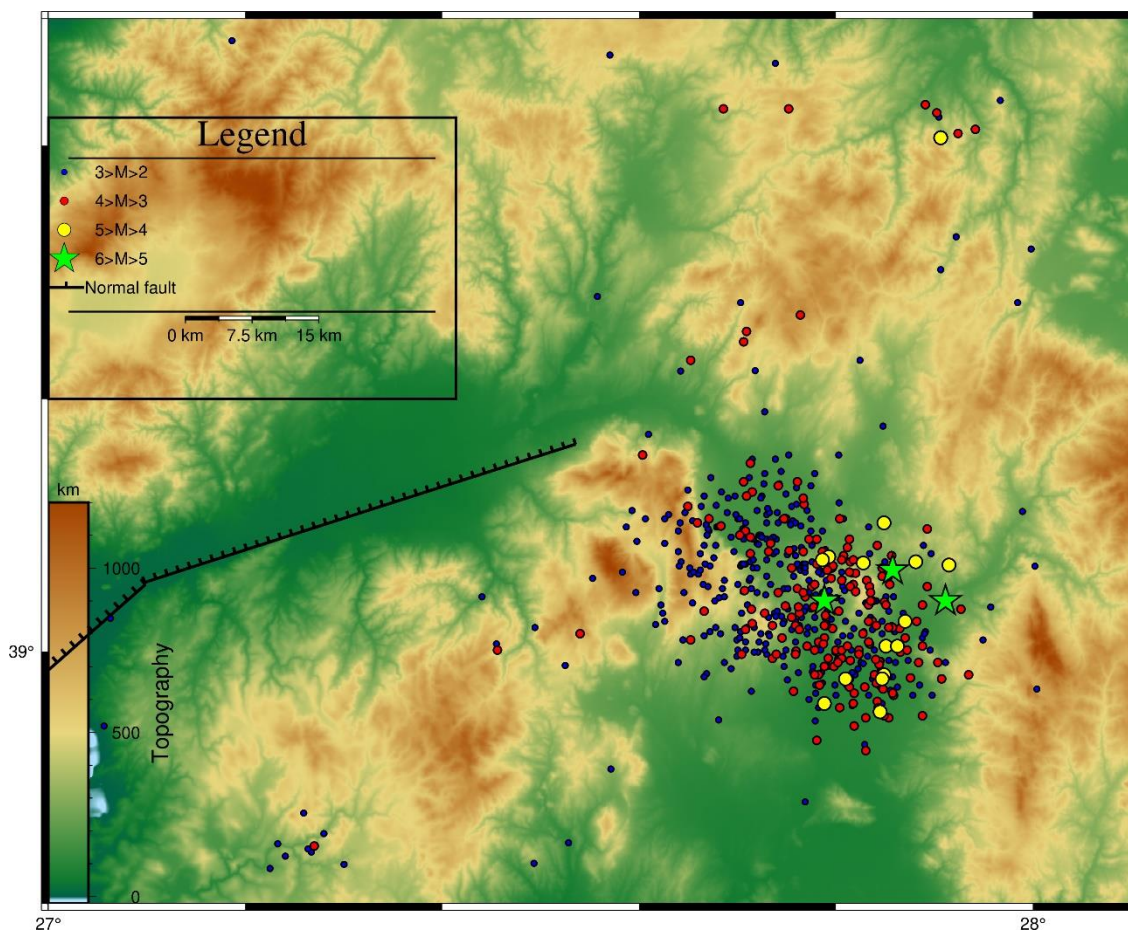
2.1.1 Εισαγωγικά

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη συλλογή δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη της σεισμικής έξαρσης στην περιοχή. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στις πηγές από τις οποίες λήφθηκαν τα δεδομένα παρατήρησης. Τέλος περιγράφεται η διαδικασία επαναπροσδιορισμού εστιακών συντεταγμένων του αρχικού καταλόγου στην περιοχή μελέτης και αναλύονται τα στατιστικά στοιχεία που προκύπτουν από τη διαδικασία. Για τη μελέτη και περιγραφή μιας σεισμικής ακολουθίας, απαιτείται αρχικά ένας κατάλογος φάσεων. Με τον όρο φάση αναφερόμαστε στους χρόνους άφιξης των παραγόμενων επιμήκων και εγκάρσιων κυμάτων ενός σεισμού σε έναν σεισμολογικό σταθμό. Οι φάσεις των επιμήκων (P) και εγκάρσιων (S) κυμάτων προκύπτουν από την ανάλυση των καταγραφών των σεισμών μιας ακολουθίας και μαζί με τα μέγιστα πλάτη των κυμάτων αυτών, είναι στοιχεία απαραίτητα για τον καθορισμό των επαναπροσδιορισμένων εστιακών παραμέτρων της μελετώμενης ακολουθίας. Η συλλογή των δεδομένων αυτών γίνεται από τους συγκεντρωτικούς καταλόγους σεισμολογικών σταθμών και Ερευνητικών Ινστιτούτων που διαθέτουν δίκτυα σειсмоγράφων και που έχουν καταγράψει τους σεισμούς της ακολουθίας. Οι σειсмоγράφοι των δικτύων αυτών μπορεί να είναι είτε μόνιμα τοποθετημένοι σε συγκεκριμένες θέσεις είτε τοποθετημένοι για περιορισμένα χρονικά διαστήματα, σε περιοχές όπου παρατηρείται αυξημένη σεισμικότητα. Στην πρώτη περίπτωση, το σεισμολογικό δίκτυο χαρακτηρίζεται μόνιμο ενώ στη δεύτερη τοπικό.

2.1.2 Συλλογή δεδομένων

Για την παρούσα μελέτη, αρχικά λήφθηκε από τη βάση δεδομένων του σεισμολογικού σταθμού του Α.Π.Θ ο κατάλογος των φάσεων της σεισμικής έξαρσης στην περιοχή της Soma, την περίοδο 13 Μαΐου 2019 – 29 Μαΐου 2020. Οι χρόνοι άφιξης καταγράφηκαν τόσο από μόνιμους σταθμούς που ανήκουν στο Ελληνικό Ενοποιημένο Σεισμολογικό Δίκτυο (Hellenic Unified Seismic Network, 2020) όσο και από μόνιμους σταθμούς των Τουρκικών και Βουλγαρικών σεισμολογικών δικτύων. Στο παράρτημα 1 δίνονται πληροφορίες για τους σταθμούς των δικτύων από τους οποίους ελήφθησαν δεδομένα για τις αφίξεις των P και S κυμάτων. Στη συνέχεια, κατασκευάστηκε ένας κατάλογος με τις επικεντρικές συντεταγμένες, τα μεγέθη και τα βάθη όλων των καταγεγραμμένων σεισμών που συνέβησαν εντός της περιοχής μελέτης για το χρονικό διάστημα από 13-05-19 έως τις 29-05-20. Τα δεδομένα αυτά ελήφθησαν από τον κατάλογο σεισμών του Τομέα Γεωφυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου και περιλαμβάνουν 527 σεισμούς. Στο σχήμα 2.1.1 παρουσιάζονται χαρτογραφημένα τα επίκεντρα των σεισμών της

ακολουθίας, πριν τον επαναπροσδιορισμό τους. Επιπλέον, βάσει στοιχείων που ελήφθησαν από τη σελίδα του European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC, 2020) και τον κατάλογο του Global Centroid-Moment-Tensor (CMT) Project του Πανεπιστημίου της Κολούμπια των Η.Π.Α (Dziewonski 1981; Ekström 2012), βρέθηκαν οι μηχανισμοί γένεσης τριών από τους ισχυρότερους σεισμούς της ακολουθίας. Τα κανονικά ρήγματα της περιοχής χαρτογραφήθηκαν βάσει γεωγραφικών συντεταγμένων που ελήφθησαν από Paradisopoulou et al. (2010) .



Σχήμα 2.1.1 : Τα επίκεντρα των σεισμών της ακολουθίας πριν τον επαναπροσδιορισμό τους.

2.2 Επαναπροσδιορισμός εστιακών συντεταγμένων (Relocation)

2.2.1 Γενικά

Για τον επαναπροσδιορισμό των εστιακών συντεταγμένων (επικεντρικές συντεταγμένες και εστιακό βάθος) των σεισμών, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα HypoInverse που αναπτύχθηκε από την Γεωλογική υπηρεσία των Η.Π.Α (USGS, 2020). Αρχικά, οι κατάλογοι των σεισμών και των αφίξεων των επιμηκών και εγκαρσίων κυμάτων μετατράπηκαν σε αναγνώσιμες για το HypoInverse μορφές, με χρήση προγραμμάτων μετατροπής, γραμμένων σε γλώσσα Fortran. Στη συνέχεια, στο πρόγραμμα τέθηκαν οι παράμετροι του επαναπροσδιορισμού. Πρώτα εισήχθησαν οι συντεταγμένες και τα υψόμετρα των σταθμών του σειсмоγραφικού δικτύου (παράρτημα 1) που κατέγραψαν τις αφίξεις των κυμάτων της σεισμικής έξαρσης. Στη συνέχεια εισάγεται στο πρόγραμμα ένα μοντέλο ταχυτήτων. Για την παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ταχυτήτων των Panagiotopoulos and Papazachos (1985) το οποίο παρατίθεται στον πίνακα 2.2.1. Επιπλέον, ο λόγος των ταχυτήτων των επιμηκών προς των εγκάρσιων κυμάτων ($\frac{V_P}{V_S}$) εισάγεται στις παραμέτρους του HypoInverse. Για τον παρόντα επαναπροσδιορισμό, η τιμή του λήφθηκε ίση με 1.75. με βάση παλαιότερες μελέτες που έγιναν στην περιοχή (Mesimeri et al., 2018). Τέλος, εισάγεται ο κατάλογος των χρόνων άφιξης των κυμάτων που προέκυψε από την μετατροπή στο πρώτο βήμα. Το εξαγόμενο αρχείο περιέχει πληροφορίες για τις γεωγραφικές συντεταγμένες, το εστιακό βάθος και το χρόνο γένεσης των σεισμών. Επιπλέον, το πρόγραμμα υπολογίζει την απόσταση μεταξύ επικέντρου και κοντινότερου σε αυτό σταθμού (D_{min}) και την μεγαλύτερη γωνία μεταξύ δυο διαδοχικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για τον επαναπροσδιορισμό (αζιμουθιακό κενό). Τέλος, το λογισμικό υπολογίζει τα πιθανά σφάλματα στους υπολογισμούς των εστιακών συντεταγμένων. Αυτά είναι εξαιρετικά χρήσιμα για τον καθορισμό της ακρίβειας και της στατιστικής ορθότητας των αποτελεσμάτων και επιγραμματικά είναι τα παρακάτω:

- Μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMS): Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα στον υπολογισμό των χρόνων γένεσης των σεισμών.
- Σφάλμα στις επικεντρικές συντεταγμένες (οριζόντιο επίπεδο) (ERH): Το μέσο σφάλμα στον υπολογισμό των επικεντρικών συντεταγμένων.
- Σφάλμα στις επικεντρικές συντεταγμένες (κατακόρυφο επίπεδο)(ERZ): Το μέσο σφάλμα στον υπολογισμό του εστιακού βάθους

Ο υπολογισμός των παραπάνω σφαλμάτων λειτουργεί ως βασικός οδηγός για τον επαναπροσδιορισμό με τη χρήση του HypoInverse, καθώς μας παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για την ορθότητα των παραμέτρων που έχουμε εισάγει στο λογισμικό πριν τη λειτουργία του. Σε περίπτωση που οι τιμές των σφαλμάτων είναι μεγαλύτερες από τις αναμενόμενες ή από οριακές

τιμές που έχουμε θέσει, επεμβαίνουμε στις ρυθμίσεις και τις παραμέτρους του λογισμικού για να ελαττώσουμε τα σφάλματα. Η ποιότητα των εξαγόμενων δεδομένων είναι ανάλογη με την ποιότητα των αρχικών καταγραφών και εξαρτάται άμεσα από τις παραμέτρους που θέσαμε για την επεξεργασία τους.

2.2.2 Επιλογή μοντέλου ταχυτήτων

Για τον επαναπροσδιορισμό των δεδομένων, απαιτείται από το λογισμικό HypoInverse η εισαγωγή ενός μοντέλου ταχυτήτων για την μελετώμενη περιοχή. Ο καθορισμός του τρόπου με τον οποίο μεταβάλλονται οι ταχύτητες των σεισμικών κυμάτων σε σχέση με το βάθος στο εσωτερικό της Γης σε μια περιοχή, παρέχει πληροφορίες για τη δομή του φλοιού στην περιοχή. Η σχέση αυτή ονομάζεται μοντέλο ταχυτήτων. Για την περιοχή μελέτης εφαρμόστηκε το μοντέλο ταχυτήτων των Panagiotopoulos and Papazachos (1985) το οποίο έχει προταθεί για το χώρο του Αιγαίου και των γύρω περιοχών και έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για την ανάλυση σμήνους σεισμών στην ευρύτερη περιοχή μελέτης το 2017 από τους Mesimeri et al. (2018). Για τον καθορισμό του μοντέλου αυτού, μελετήθηκαν 23 πολύ επιφανειακοί σεισμοί ($h=1-14\text{km}$) στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα και ο χρόνος άφιξης των P κυμάτων των σεισμών αυτών σε 54 σταθμούς του μόνιμου δικτύου στην περιοχή των Βαλκανίων. Οι ταχύτητες που υπολογίστηκαν ταιριάζουν απόλυτα στη δομή του άνω φλοιού στην ανατολική και κεντρική Ελλάδα. Με βάση την προηγούμενη μελέτη στην περιοχή (Mesimeri et al., 2018) λαμβάνουμε και την τιμή του λόγου ταχυτήτων P και S κυμάτων ($\frac{V_P}{V_S}$) υπολογισμένη με την μέθοδο Wadati. Για την περιοχή μελέτης η τιμή της αναλογίας υπολογίστηκε ίση με 1.75. Οι πληροφορίες αυτές σχετικά με τις ταχύτητες των κυμάτων και το μοντέλο ταχυτήτων για τον άνω φλοιό στην περιοχή μελέτης, εισήχθησαν ως παράμετροι στο HypoInverse.

Πίνακας 2.2.1: Μοντέλο ταχυτήτων κατά Panagiotopoulos and Papazachos (1985)

Βάθος (km)	Ταχύτητα (km/s)
0	5
1.5	6
18.5	6.6
31.5	7.9

2.2.3 Επαναπροσδιορισμός εστιακών συντεταγμένων

Οι παράμετροι των σεισμών της ακολουθίας που ελήφθησαν από τον κατάλογο του Σεισμολογικού σταθμού του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου, χρησιμοποιήθηκαν για τον επαναπροσδιορισμό των εστιακών παραμέτρων. Συγκεντρώθηκαν δεδομένα που αφορούν τους χρόνους άφιξης επιμηκών και εγκαρσίων κυμάτων (φάσεις) για κάθε σεισμό, από τις 13 Μαΐου του 2019 έως και τις 29 Μαΐου του 2020. Τα δεδομένα των φάσεων καθώς και τα υπόλοιπα στοιχεία για τους σεισμούς της ακολουθίας ελήφθησαν μέσω του εργαλείου *scoln* (Project SeisComp3) του Κέντρου Έρευνας Γεωεπιστημών GFZ του Potsdam το οποίο χρησιμοποιείται από τους αναλυτές στον Σεισμολογικό σταθμό του Α.Π.Θ για την εύρεση και την αξιολόγηση σεισμικών δεδομένων και πληροφοριών, συγκεκριμένα για την παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση των επικεντρικών συντεταγμένων, των μεγεθών, των φάσεων και των χρόνων γένεσης. Το περιβάλλον χρήσης του εργαλείου παρουσιάζεται στο σχήμα 2.2.1.

SeisComP3 FDSNWS Event - URL Builder

Time constraints

Start Time

End Time

Geographic constraints

☐ None

☐ Bounding Box

☐ Circle

Service specific constraints

Minimum Depth (km)

Maximum Depth (km)

Minimum Magnitude

Maximum Magnitude

Magnitude Type

Event Type

All Origins ☐

All Magnitudes ☐

Arrivals ☐

Exclude Picks ☐

Focal Mechanism ☐

All Focal Mechanisms ☐

MT Station Contributions ☐

Output control

Format

Formatted ☐

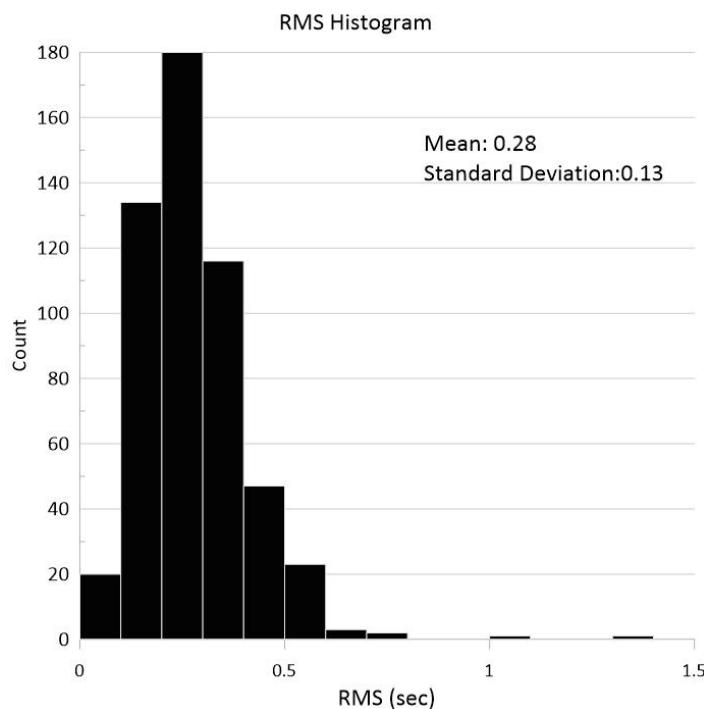
No Data 404 ☒

Σχήμα 2.2.1: Περιβάλλον χρήσης του εργαλείου *SeiscomP3 scoln* από τη σελίδα του Σεισμολογικού σταθμού του Α.Π.Θ. Παρουσιάζονται οι παράμετροι αναζήτησης που μπορούν να τεθούν και οι επιλογές στο είδος αρχείου εξόδου.

Τα δεδομένα των καταλόγων φιλτραρίστηκαν για την μελετώμενη περιοχή ($\lambda=26.96^\circ$ - 29.42° και $\phi=38.51^\circ$ - 29.42°) και έτσι προέκυψε κατάλογος 527 σεισμών, με τις επικεντρικές συντεταγμένες, τα βάθη, τα μεγέθη και τους χρόνους άφιξης των P και S κυμάτων, όπως αυτά καταγράφηκαν από τους σταθμούς των δικτύων (παράρτημα 3). Η ανάλυση των φάσεων για τους σεισμούς αυτούς, δηλαδή ο υπολογισμός των χρόνων άφιξης των κυμάτων και του μέγιστου πλάτους ταλάντωσης αυτών, είχαν ήδη πραγματοποιηθεί από τους αναλυτές του σεισμολογικού

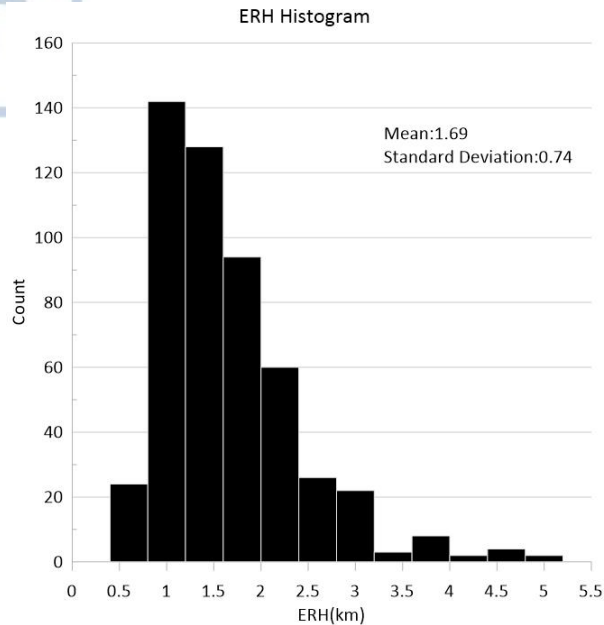
σταθμού του Α.Π.Θ. Τα δεδομένα των φάσεων εισήχθησαν στις παραμέτρους του Hyroinverse αφού πρώτα έγινε μετατροπή της μορφής του αρχείου σε μια που είναι εύκολα αναγνώσιμη από το λογισμικό, με τη χρήση ενός απλού μετατροπέα που έχει αναπτυχθεί για τον σκοπό αυτό.

Στο επόμενο βήμα, γίνεται η εισαγωγή στο λογισμικό του μοντέλου ταχυτήτων που έχει επιλεγεί για την περιοχή μελέτης, όπως αυτό περιεγράφηκε στην παράγραφο 2.2.2. Επιπλέον, εισάγεται ο λόγος των ταχυτήτων P και S κυμάτων (1.75) και οι συντεταγμένες των σταθμών του μονίμου και τοπικού δικτύου που κατέγραψαν τους σεισμούς της ακολουθίας. Με την εισαγωγή των παραπάνω, το λογισμικό Hyroinverse έχει όλα τα απαραίτητα δεδομένα και είναι έτοιμο για την επεξεργασία τους. Το εξαγόμενο αρχείο περιέχει πληροφορίες για τις γεωγραφικές συντεταγμένες, το εστιακό βάθος και το χρόνο γέννησης των σεισμών καθώς και τα στατιστικά σφάλματα RMS, ERH, ERZ, τα οποία στη συνέχεια κατανεμήθηκαν σε ιστογράμματα για την πληρέστερη στατιστική ανάλυση του καταλόγου. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των στατιστικών σφαλμάτων, παρουσιάζονται στα σχήματα 2.2.2, 2.2.3 και 2.2.4 και αναλύονται παρακάτω.



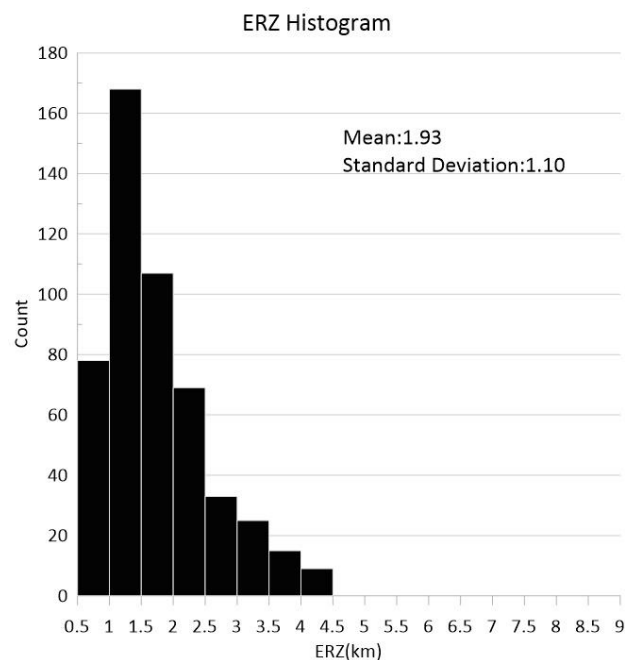
Σχήμα 2.2.2: Ιστόγραμμα σφαλμάτων στον υπολογισμό χρόνων γένεσης (RMS).

Το σχήμα 2.2.2 δείχνει το ιστογράμμο συχνοτήτων του μέσου τετραγωνικού σφάλματος στο χρόνο γένεσης. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο πλήθος τιμών κατανέμεται στο διάστημα 0.1-0.5 δευτερολέπτων, ενώ για ελάχιστα γεγονότα, το RMS υπολογίζεται εκτός του ορίου αυτού, φθάνοντας μέχρι και το 1.4s. Η μέση τιμή του RMS υπολογίστηκε σε 0.28s ενώ η τυπική απόκλιση είναι ίση με 0.13



Σχήμα 2.2.3 : Ιστόγραμμα σφαλμάτων στον υπολογισμό επικέντρων (ERH).

Το σχήμα 2.2.3 απεικονίζει το ιστόγραμμα συχνοτήτων του σφάλματος στον υπολογισμό των επικεντρικών συντεταγμένων σε οριζόντιο επίπεδο (ERH). Παρατηρούμε πως οι περισσότερες τιμές βρίσκονται εντός του διαστήματος 0.7-3 km με μικρό αριθμό τιμών να ξεπερνούν τα 3.5km. Ο μέσος όρος των τιμών του ERH βρέθηκε ίσος με 1.69km ενώ η τυπική απόκλιση είναι ίση με 0.74.



Σχήμα 2.2.4 : Ιστόγραμμα σφαλμάτων στον υπολογισμό εστιακών βαθών (ERZ).

Το σχήμα 2.2.4, αποτελεί το ιστόγραμμα συχνοτήτων του σφάλματος στον υπολογισμό εστιακών βαθών (ERZ). Εδώ παρατηρούμε ότι οι τιμές των σφαλμάτων συγκεντρώνονται μεταξύ των 0.5km και 2.5 km με μικρό αριθμό τιμών να ξεπερνάει τα 4 km. Ο μέσος όρος των τιμών του ERZ βρέθηκε ίσος με 1.93 km και η τυπική απόκλιση υπολογίστηκε σε 1.10.

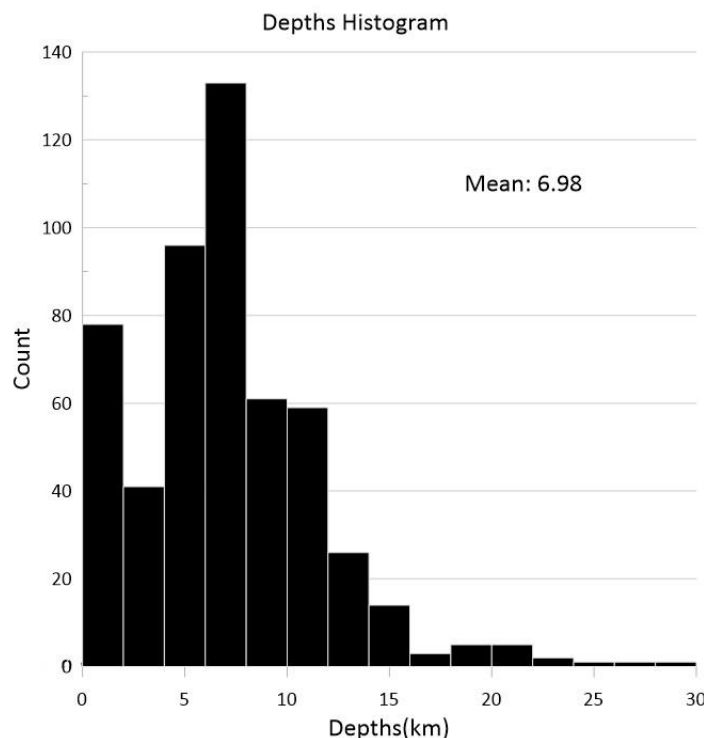
Η εκτίμηση της ακρίβειας των υπολογισμών των εστιακών συντεταγμένων, πραγματοποιείται συγκρίνοντας τις μέσες τιμές των σφαλμάτων που προέκυψαν με οριακές τιμές που έχουμε θέσει από την αρχή της ανάλυσης. Σε περίπτωση που οι τιμές των σφαλμάτων είναι κατά πολύ μεγαλύτερες των οριακών τιμών, απαιτείται επανεξέταση των παραμέτρων που εισήχθησαν στο Hygroinverse αλλά και των αρχικών δεδομένων των καταλόγων που ελήφθησαν. Οι γενικά αποδεκτές οριακές τιμές που χρησιμοποιούνται από την πλειονότητα των ερευνητών για τέτοιου είδους επεξεργασία, παρουσιάζεται στον πίνακα 2.2.2 μαζί με τις μέσες τιμές των σφαλμάτων για την παρούσα μελέτη.

Πίνακας 2.2.2: Οριακές μέσες τιμές σφαλμάτων και μέσες τιμές που υπολογίστηκαν

	RMS (sec)	ERH (km)	ERZ (km)
Οριακή μέση τιμή	≤0.5 sec	≤5 km	≤3 km
Μέση τιμή μελέτης	0.28sec	1.69km	1.93km

Συγκρίνοντας λοιπόν τις οριακές τιμές για τη μέση τιμή των σφαλμάτων με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, παρατηρείται ότι και για τα τρία ιστογράμματα των στατιστικών σφαλμάτων, οι μέσες τιμές τους βρίσκεται εντός των γενικά αποδεκτών ορίων. Για το ιστόγραμμα των RMS, η πλειονότητα των σεισμών έχει τιμές σφάλματος χρόνων γένεσης κάτω από την οριακή τιμή, συγκεκριμένα εντός του διαστήματος 0.1-0.5 δευτερολέπτων, με ελάχιστες εξαιρέσεις σεισμών που το RMS τους ξεπερνά τα 0.5 δευτερόλεπτα. Στο ιστόγραμμα των ERH, κανένας σεισμός δεν παρουσιάζει τιμή σφάλματος υπολογισμού επικέντρου πάνω από 5 km με τον μεγαλύτερο αριθμό αυτών να έχουν ERH μεταξύ 0.7-3 km. Παρόμοια εικόνα έχουμε και στο ιστόγραμμα των ERZ, με τις περισσότερες τιμές ERZ των σεισμών της ακολουθίας να κατανέμεται μεταξύ 0.5 km και 2.5 km. Παρατηρούμε ότι στο ιστόγραμμα των ERZ υπάρχει ένας αριθμός σεισμών με σφάλμα στον υπολογισμό του εστιακού βάθους άνω της οριακής τιμής των 3km. Για τουλάχιστον έναν σεισμό μάλιστα, το σφάλμα υπολογισμού του ERZ αγγίζει τα 9 km. Ο αριθμός αυτών των σεισμών δεν είναι αρκετά μεγάλος ώστε να επηρεάσει την μέση τιμή των σφαλμάτων και έτσι δεν επηρεάζει την αξιοπιστία του συνόλου των δεδομένων. Τέλος, κατασκευάστηκε ένα ιστόγραμμα συχνότητας για τα εστιακά βάθη των σεισμών της ακολουθίας, με σκοπό να καθοριστεί η μέση τιμή των εστιακών βαθών και να προστεθεί ένα επιπλέον μέτρο αξιοπιστίας στα δεδομένα μας, καθώς στην περιοχή μελέτης, όπως συζητήθηκε στο κεφάλαιο 1.2 , το

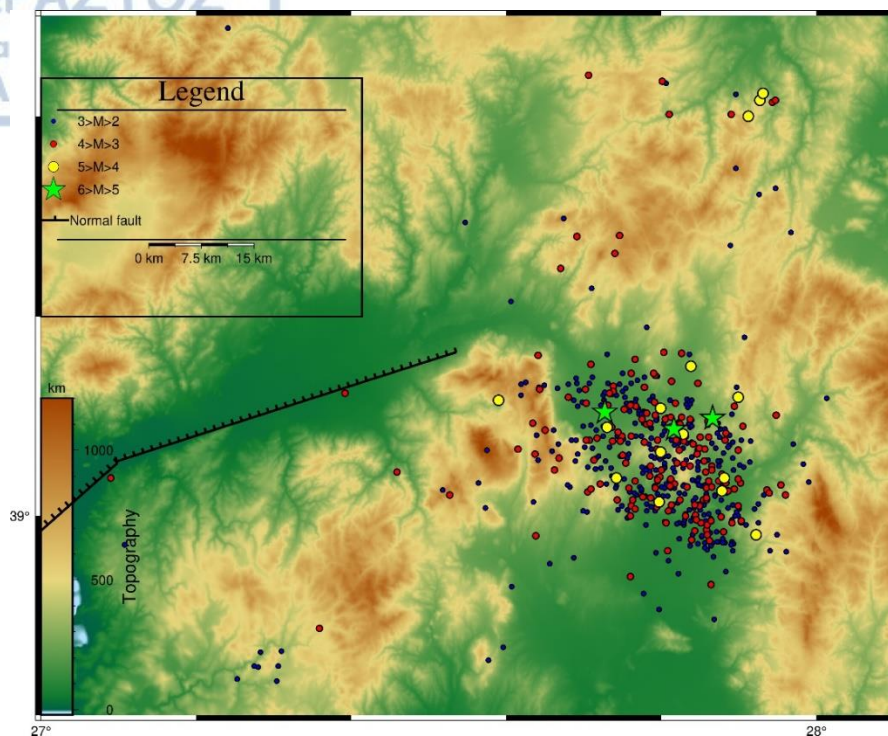
σεισμογόνο στρώμα βρίσκεται σε βάθη από 3 έως 20km και επομένως οι σεισμοί στην περιοχή δεν μπορούν να ξεπερνούν τα εστιακά βάθη των 20km. Το ιστόγραμμα των βαθών παρουσιάζεται στο σχήμα 2.2.5.



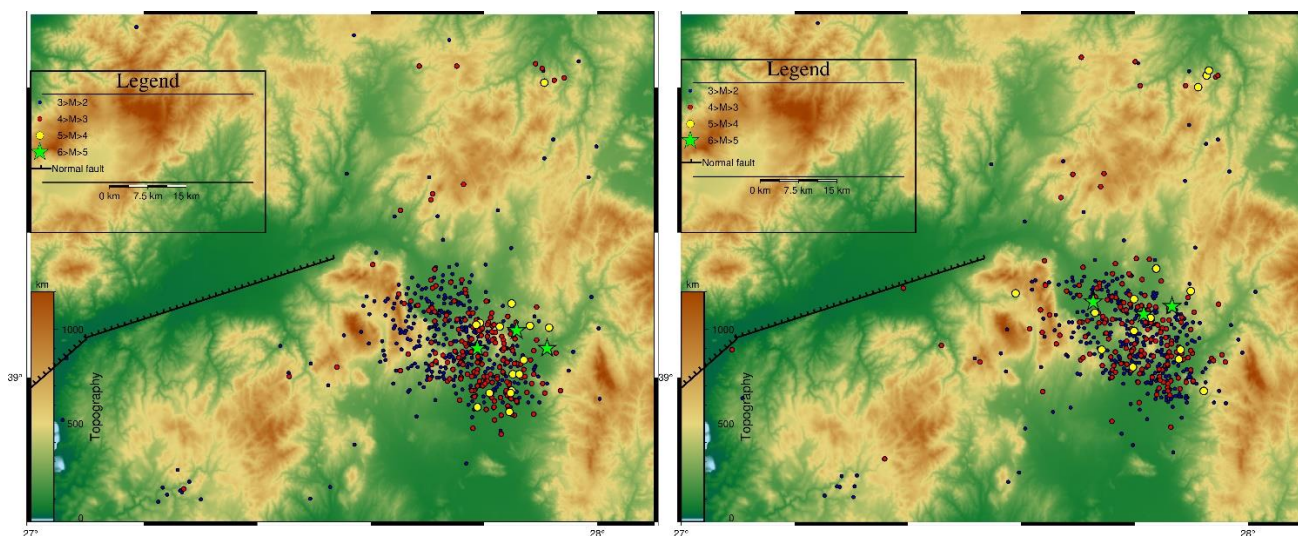
Σχήμα 2.2.5: Ιστόγραμμα εστιακών βαθών των σεισμών της ακολουθίας.

Συμπεραίνουμε λοιπόν πως τα δεδομένα μας είναι αξιόπιστα όσον αφορά και τα εστιακά βάθη, με τη μέση τιμή αυτών να βρίσκεται αρκετά χαμηλότερα των 20 χιλιομέτρων (6.98). Για μικρό αριθμό σεισμών, το εστιακό βάθος υπολογίστηκε πάνω από 24 χιλιόμετρα. Το γεγονός ότι ο αριθμός αυτός είναι αρκετά μικρός, κάνει το σφάλμα αμελητέο και δεν επηρεάζει την αξιοπιστία του συνόλου των δεδομένων.

Στο τελικό βήμα, έχοντας πλέον διαθέσιμες τις πληροφορίες των επαναπροσδιορισμένων επικέντρων και βαθών, χαρτογραφήθηκαν τα νέα επίκεντρα στην περιοχή μελέτης. Τα επαναπροσδιορισμένα επίκεντρα απεικονίζονται στο σχήμα 2.2.6, ενώ στο σχήμα 2.2.7 τοποθετούνται πλησίον του χάρτη των επικέντρων πριν τον επαναπροσδιορισμό τους, για σύγκριση. Στα σχήματα τοποθετούνται και τα ρήγματα της περιοχής, με τον τρόπο που συζητήθηκε στην παράγραφο 1.2.1.

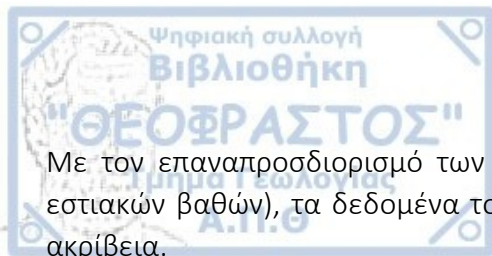


Σχήμα 2.2.6 : Επαναπροσδιορισμένα επίκεντρα των σεισμών της ακολουθίας. Απεικονίζεται επίσης το κανονικό ρήγμα της λεκάνης της Περγάμου.



Σχήμα 2.2.7 : Σύγκριση των επικέντρων πριν(αριστερά) και μετά (δεξιά) τον επαναπροσδιορισμό τους.

Συγκρίνοντας την κατανομή των επικέντρων στην περιοχή μελέτης πριν και μετά των επαναπροσδιορισμό των επικεντρικών συντεταγμένων, παρατηρούμε μια μετανάστευση των επικέντρων προς τα ΒΔ. Η αλλαγή αυτή είναι ξεκάθαρα εμφανής από την παρατήρηση των επικέντρων των τριών μεγαλύτερων σεισμών της ακολουθίας και τις νέες συντεταγμένες τους.



Με τον επαναπροσδιορισμό των εστιακών συντεταγμένων (επικεντρικών συντεταγμένων και εστιακών βαθών), τα δεδομένα του αρχικού καταλόγου απεικονίζονται χωρικά με μεγαλύτερη ακρίβεια.

2.2.4 Υπολογισμός μεγεθών σεισμών της ακολουθίας

Για τα μεγέθη των σεισμών της ακολουθίας, χρησιμοποιήθηκε το Μέγεθος Σεισμικής Ροπής (M_w), το οποίο χρησιμοποιείται για την κατασκευή των καταλόγων του Σεισμολογικού Σταθμού του Α.Π.Θ. Για τον υπολογισμό του Μεγέθους Σεισμικής Ροπής, ακολουθείται από τους ερευνητές του Σεισμολογικού Σταθμού μια διαδικασία τεσσάρων βημάτων:

1. Συλλογή καταγραφών από το Εθνικό Δίκτυο Σεισμογράφων (HUSN, 2020) σε ψηφιακή μορφή
2. Μετατροπή των δεδομένων του προηγούμενου βήματος σε καταγραφές σεισμογράφου Wood-Anderson ώστε να καταστεί δυνατός ο υπολογισμός του τοπικού μεγέθους M_L
3. Υπολογισμός του τοπικού μεγέθους (M_L) για κάθε σεισμό της ακολουθίας. Ο υπολογισμός του M_L βασίζεται στη γνώση των μεγίστων πλάτων αναγραφής και δίνεται από τη σχέση:

$$M_L = \log A - \log A'$$

Όπου $A(\mu m)$ ο μέγιστος όρος των μεγίστων πλάτων αναγραφής του σεισμού από δύο οριζόντιους σεισμογράφους Wood-Anderson και A' το αντίστοιχο πλάτος του πρότυπου σεισμού στην ίδια απόσταση. Η σχέση όμως που χρησιμοποιείται από τον σεισμολογικό σταθμό του Α.Π.Θ αποτελεί τροποποίηση της αρχικής από τους Hutton and Boore (1987) και είναι η εξής:

$$M_L = \log(A) + 1.1 * \log R + 0.00189 * R - 2.09$$

Όπου $A(nm)$ το μέγιστο πλάτος αναγραφής και R η επικεντρική απόσταση σε km. Ο υπολογισμός του M_L είναι απαραίτητος για την εφαρμογή του 4^{ου} βήματος

4. Υπολογισμός του μεγέθους σεισμικής ροπής M_w για κάθε έναν από τους σεισμούς της καταγραφής. Ο υπολογισμός του μεγέθους σεισμικής ροπής προκύπτει από το τοπικό μέγεθος, καθώς αυτά συνδέονται με τη σχέση:

$$M_w = M_L * 0.94 + 0.09$$

Η σχέση αυτή χρησιμοποιείται από τα σεισμολογικά κέντρα της Καλιφόρνιας αλλά και στον Σεισμολογικό Σταθμό του Α.Π.Θ και ισχύει για τοπικά μεγέθη (M_L) μεταξύ 3.6 και 7.0. Τέλος, αναφέρεται πως το λογισμικό HypoInverse παράγει αποτελέσματα στα οποία δεν περιλαμβάνεται το μέγεθος του σεισμού. Για την παρούσα εργασία, τα μεγέθη των σεισμών τοποθετήθηκαν χειροκίνητα καθώς και με τη χρήση του προγράμματος επεξεργασίας κειμένων Linpad, με γλώσσα προγραμματισμού C# για τη σύγκριση και ανάλυση αρχείων κειμένου.

3. Χωροχρονική κατανομή της ακολουθίας

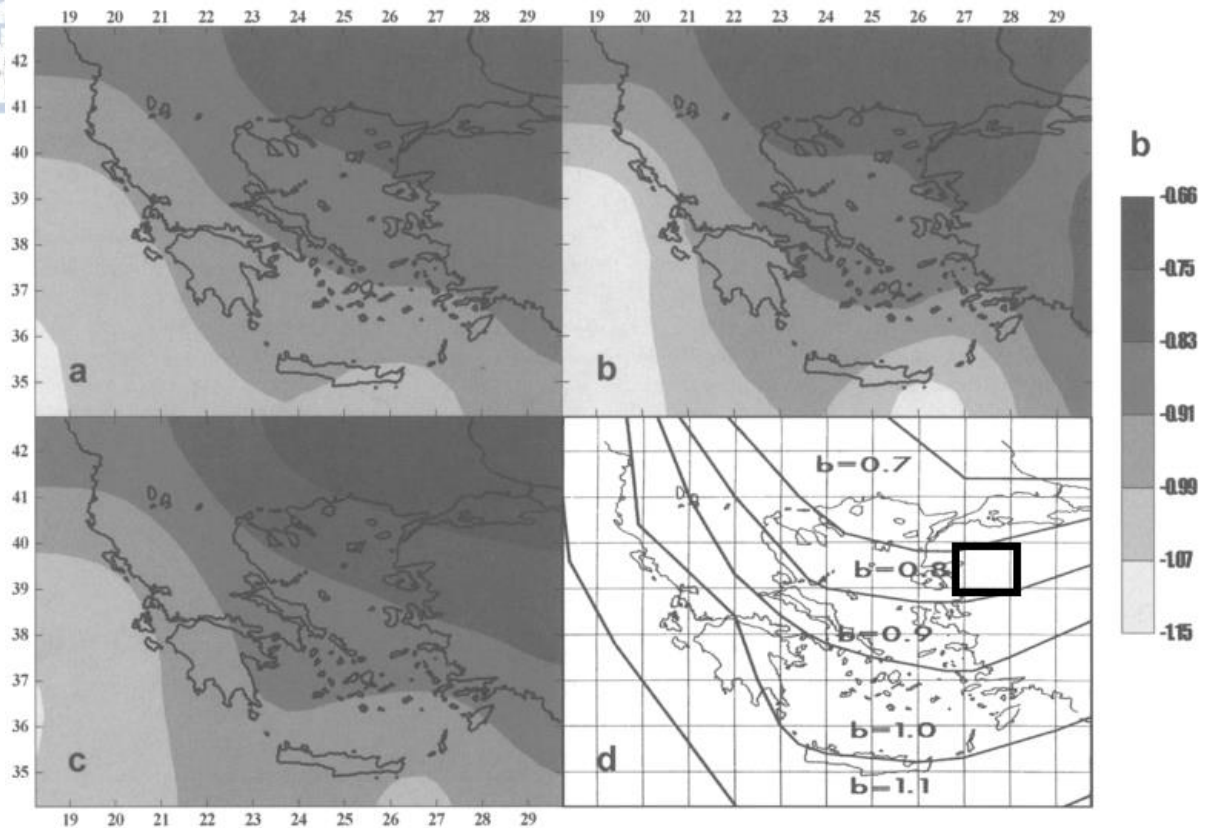
3.1 Εισαγωγή

3.1.1 Γενικά για τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε

Όπως συζητήθηκε στην παράγραφο 1.5, η μελέτη μιας σεισμικής ακολουθίας βασίζεται κατά κύριο λόγο στην χωρική και χρονική κατανομή των σεισμών που την απαρτίζουν. Στο κεφάλαιο αυτό, μελετώνται αρχικά οι μηχανισμοί γένεσης των τριών ισχυρότερων σεισμών της ακολουθίας και χαρτογραφούνται σε σχέση με τις τεκτονικές δομές της περιοχής. Έπειτα, η ίδια διαδικασία πραγματοποιείται για τον ισχυρότερο σεισμό της ακολουθίας, με σύγκριση δεδομένων από 3 διαφορετικά ερευνητικά Ινστιτούτα παρατήρησης σεισμών. Με τα δεδομένα αυτά, χαρτογραφείται το πιθανό σεισμογόνο ρήγμα στην περιοχή μελέτης. Στο επόμενο βήμα, τα επίκεντρα των σεισμών της ακολουθίας κατανέμονται χωρικά, τόσο σε προβολή χάρτη όσο και σε κατακόρυφη τομή. Η χωρική κατανομή των επικέντρων παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για το σεισμογόνο χώρο αλλά και τις διαστάσεις του ρήγματος. Τέλος, πραγματοποιείται η χρονική κατανομή των δεδομένων της ακολουθίας, με σκοπό τον καθορισμό της πληρότητας και της ομαλότητας στην εξέλιξη της. Για να χαρακτηριστεί η ακολουθία ως ομαλή θα πρέπει ο αριθμός των μετασεισμών να ελαττώνεται σε σχέση με το χρόνο και τα επίκεντρα των μετασεισμών να περιορίζονται εντός του ενεργοποιημένου σεισμογόνου χώρου. Επιπλέον πληροφορίες για την ομαλότητα εξέλιξης της ακολουθίας, παρέχονται από τον υπολογισμό της παραμέτρου b , που πραγματοποιείται με την κατά μέγεθος κατανομή των Gutenberg- Richter (1944). Για την κατανομή αυτή, χρησιμοποιείται η σχέση:

$$\log N = a - bM$$

Όπου N ο αριθμός σεισμών που έχουν μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο με M και a , b παράμετροι που υπολογίζονται με τη στατιστική μέθοδο ελάχιστων τετραγώνων, με εφαρμογή γραμμής τάσης στο διάγραμμα απεικόνισης του $\log N$ σε συνάρτηση με τα M . Η παράμετρος b συγκεκριμένα προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για την ομαλότητα στην εξέλιξη της ακολουθίας. Τιμές b άνω της προβλεπόμενης για την περιοχή, συνδέονται με ομαλή ακολουθία και εκτόνωση τάσεων, ενώ σε αντίθετες περιπτώσεις η ακολουθία θεωρείται μη ομαλή και αναμένονται ισχυροί σεισμοί στο μέλλον (Parazachos, 1999). Στο σχήμα 3.1.1 απεικονίζονται οι αναμενόμενες τιμές της παραμέτρου b για τον ευρύτερο ελληνικό χώρο.



Σχήμα 3.1.1: Τιμές της παραμέτρου b για τον ευρύτερο ελληνικό χώρο (Τροποποιημένο από Parazachos, 1999). Η περιοχή μελέτης σημειώνεται εντός του πλαισίου.

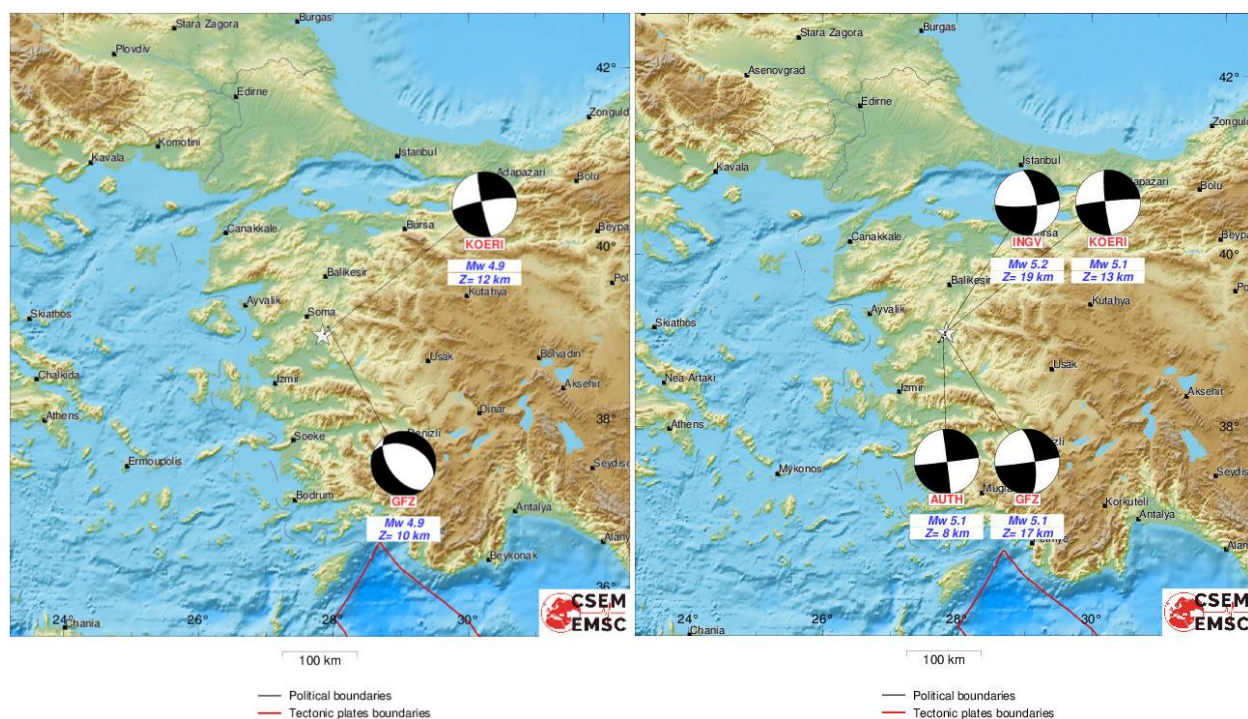
3.1.2 Οι μηχανισμοί γένεσης των κύριων σεισμών της ακολουθίας

Από την ανάλυση του επαναπροσδιορισμένου καταλόγου, ξεχωρίζουν 3 σεισμοί, με μέγεθος $M \geq 4.9$. Ο πρώτος από αυτούς είναι ο σεισμός της 22^{ης} Ιανουαρίου του 2020, με μέγεθος 5.5. Οι μηχανισμοί γένεσης που προτάθηκαν από τα GCMT και USGS, δείχνουν ως σεισμογόνο ρήγμα ένα ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με δεξιόστροφη κανονική συνιστώσα, ενώ δεδομένα του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου, δείχνουν περισσότερο ένα κατακόρυφο ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης. Στις 4 Φεβρουαρίου, ένας σεισμός μεγέθους $M=4.9$ έγινε στην περιοχή, με το Kandili Observatory να προτείνει ως πιθανό σεισμογόνο ρήγμα ένα σχεδόν κατακόρυφο ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης, ενώ το GFZ του Potsdam προτείνει κανονικό ρήγμα με ελαφριά αριστερόστροφη συνιστώσα. Τέλος, ένας ακόμα σεισμός $M=5$ έλαβε χώρα στις 18 Φεβρουαρίου του 2020, με τους μηχανισμούς γένεσης που προτείνονται από μόνιμους σταθμούς του Τουρκικού δικτύου σεισμογράφων αλλά και το Σεισμολογικό σταθμό του Α.Π.Θ να δείχνουν ρήγμα Οριζόντιας μετατόπισης. Οι μηχανισμοί γένεσης των 2 σεισμών του Φεβρουαρίου παρουσιάζονται στο σχήμα 3.1.2. Στον πίνακα 3.1.1, απεικονίζονται οι μηχανισμοί γένεσης των τριών σεισμών και τα χαρακτηριστικά των ρηγμάτων τους. Οι στήλες 1 και 2 περιέχουν την ημερομηνία του σεισμού και το χρόνο γένεσης αντίστοιχα, η στήλη 3 τις εστιακές συντεταγμένες,

η στήλη 4 τα εστιακά βάθη και η 5 τα μεγέθη. Στις στήλες 6 έως 8 φαίνεται το αζιμούθιο (ξ), η κλίση (δ) και η γωνία ολισθήσης (λ) του ρήγματος, ενώ στις 9 έως 12, τα αζιμούθια και κλίσεις των P και T αντίστοιχα.

Πίνακας 3.1.1: Μηχανισμοί γένεσης των κυριότερων σεισμών της ακολουθίας (από δεδομένα HUSN, Σεισμολογικός Σταθμός Α.Π.Θ και GCMT, Πανεπιστήμιο Κολούμπια, Η.Π.Α)

Ημερομηνία	Χρόνος Γένεσης	$\phi^{\circ}(N)$	$\lambda^{\circ}(E)$	Βάθος (km)	M	ξ°	δ°	λ°	$\xi-P^{\circ}$	$\delta-P^{\circ}$	$\xi-T^{\circ}$	$\delta-T^{\circ}$
22/1/2020	19:22:20	39.06	27.84	9	5.5	84	86	-173	306	9	217	1
4/2/2020	17:55:28	39.11	27.7	12	4.9	120	54	-100	352	78	217	6
18/2/2020	16:09:25	39.04	27.79	8	5	353	89	-1	309	0	39	1



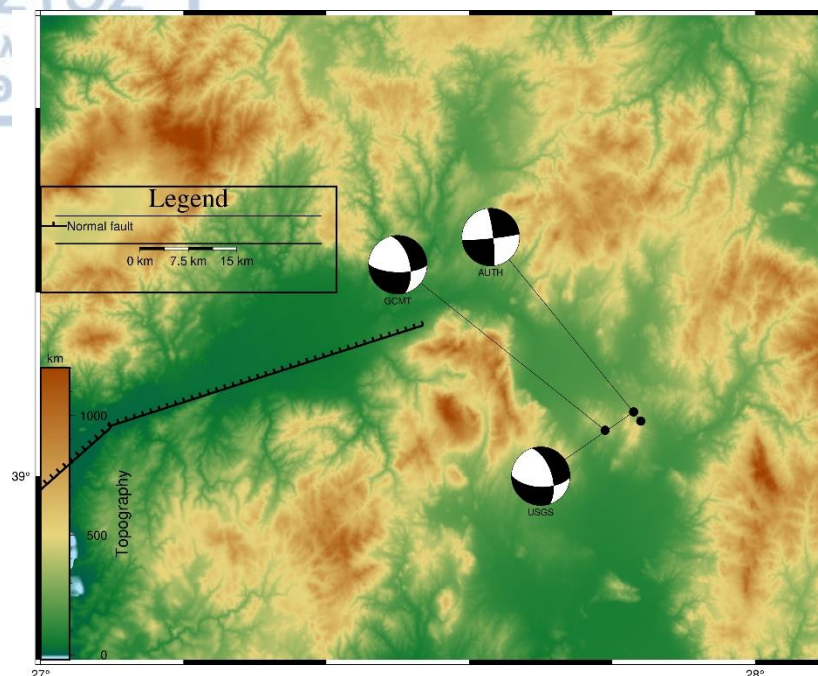
Σχήμα 3.1.2: Μηχανισμοί γένεσης για τους σεισμούς στις 4/2/2020 (αριστερά) και 18/2/2020 (δεξιά) χαρτογραφημένοι ως ισεμβαδικές προβολές του κάτω ημισφαιρίου (European-Mediterranean Seismological Centre).

3.1.3 Ο κύριος σεισμός της 22^{ης} Ιανουαρίου

Για τον κύριο σεισμό ($M=5.5$), ελήφθησαν δεδομένα που αφορούν τις λύσεις του μηχανισμού γένεσης του από 3 διαφορετικά παρατηρητήρια, με σκοπό το συνδυασμό πληροφοριών και την ακριβέστερη περιγραφή του. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1.2. Στην πρώτη στήλη παρουσιάζονται οι 3 διαφορετικές πηγές δεδομένων οι οποίες είναι το Global Centroid Moment Tensor Project (GCMT) του Πανεπιστημίου Columbia (ΗΠΑ), η Γεωλογική Υπηρεσία των Η.Π.Α (USGS) και ο Σεισμολογικός Σταθμός του Α.Π.Θ (HUSN). Οι υπόλοιπες στήλες παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά του σεισμογόνου ρήγματος και χωροχρονικά στοιχεία με τον ίδιο τρόπο που περιεγράφηκαν για τον πίνακα 3.1.1. Με βάση τις πληροφορίες αυτές συμπεραίνεται πώς ο Σεισμολογικός Σταθμός του Α.Π.Θ προτείνει ως πιθανότερο μηχανισμό γένεσης ένα σχεδόν κατακόρυφο ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης κλίσης 86° , με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ (αζιμούθιο 84°) και γωνία ολίσθησης -173° , δηλαδή δεξιόστροφη κίνηση. Η γεωλογική υπηρεσία των Η.Π.Α και το GCMT του Πανεπιστημίου Columbia (ΗΠΑ) προτείνουν επίσης ως σεισμογόνο ένα δεξιόστροφο ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με μικρή κανονική συνιστώσα, με διεύθυνση περίπου Α-Δ (αζιμούθιο 92° από το USGS και 91° από το GCMT). Οι κλίσεις του ρήγματος που προτείνονται από τα δύο αυτά ινστιτούτα είναι μικρότερες, με το GCMT να υπολογίζει την κλίση σε 69° και το USGS σε 60° . Τέλος, η γωνία ολίσθησης του ρήγματος (λ) υπολογίζεται σε -144° , ενδεικτικό της δεξιόστροφης κίνησης και της μικρής κανονικής συνιστώσας που προτείνουν για αυτό. Από την χωρική κατανομή των επικέντρων των σεισμών της ακολουθίας, υιοθετήθηκε η λύση του μηχανισμού γένεσης του Α.Π.Θ, με τη μέθοδο να περιγράφεται στην παράγραφο 3.2. Με τις πληροφορίες του πίνακα 3.1.2, σχεδιάστηκαν και χαρτογραφήθηκαν λύσεις μηχανισμών γένεσης που προτάθηκαν και αναφέρθηκαν πιο πάνω (Σχ. 3.1.3).

Πίνακας 3.1.2: Λύσεις μηχανισμών γένεσης για το σεισμό της 22^{ης} Ιανουαρίου 2020, όπως προτάθηκαν από το GCMT (Πανεπιστήμιο Κολούμπια, ΗΠΑ), το USGS (Γεωλογική Υπηρεσία Η.Π.Α) και το Σεισμολογικό Σταθμό του Α.Π.Θ.

Πηγή	Χρόνος Γένεσης	$\phi^\circ(N), \lambda^\circ(E)$	Βάθος	M	ξ°	δ°	λ°	$\xi-P^\circ$	$\delta-P^\circ$	$\xi-T^\circ$	$\delta-T^\circ$
GCMT	19:22:20	39.05,27.79	12	5.6	91	69	-144	310	41	215	7
USGS	19:22:16	39.07,27.83	11.5	5.6	92	60	-144	307	46	37	0
A.U.Th (HUSN)	19:22:20	39.06 ,27.84	9	5.5	84	86	-173	306	9	217	1

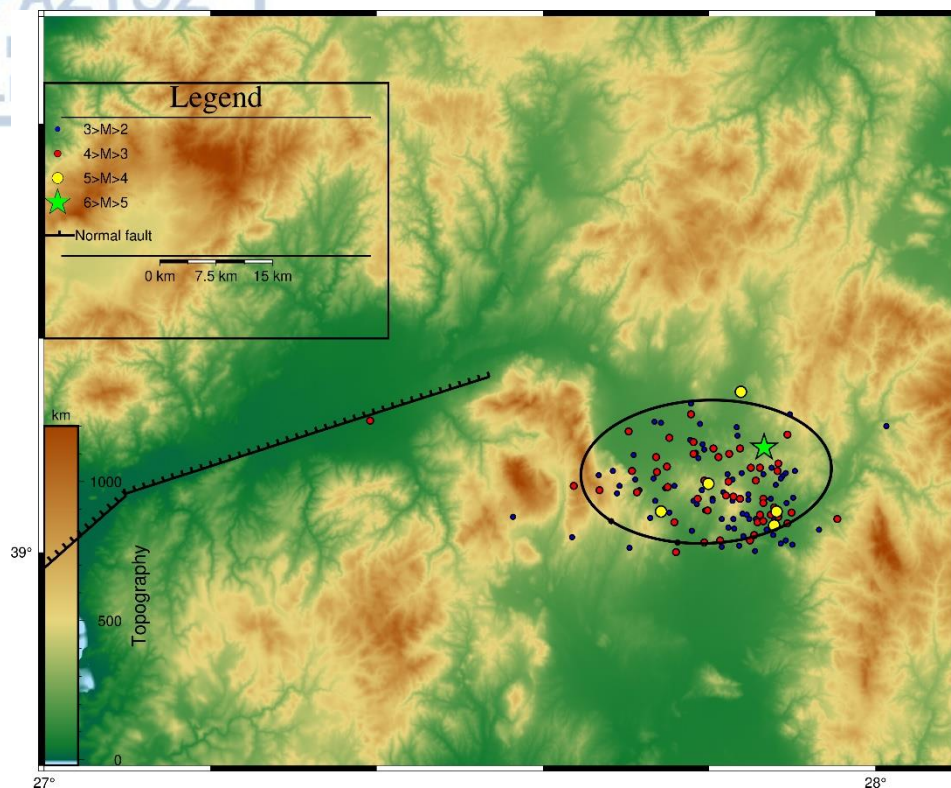


Σχήμα 3.1.3: Οι προτεινόμενοι μηχανισμοί γένεσης για τον σεισμό της 22^{ης} Ιανουαρίου, χαρτογραφημένοι ως ισεμβαδικές προβολές του κάτω ημισφαιρίου $M=5.5$ (από δεδομένα των GCMT, HUSN, USGS).

3.2 Χωρική κατανομή

3.2.1 Οριζόντια κατανομή

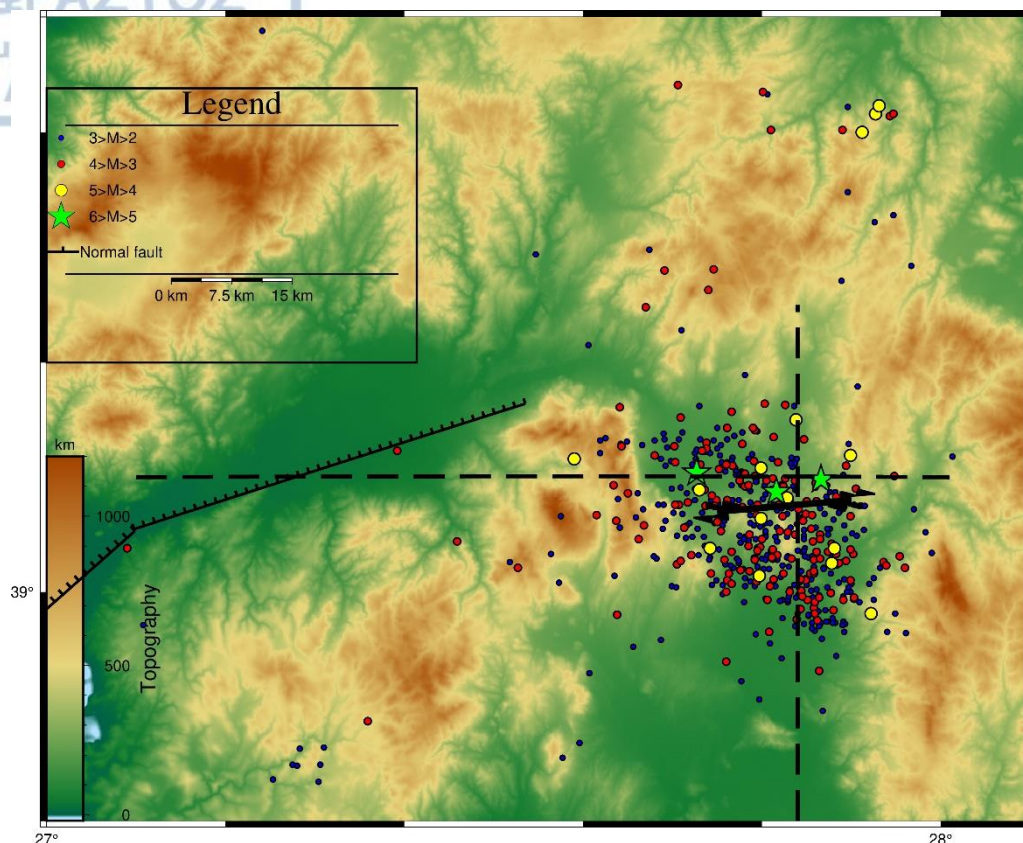
Για τη μελέτη της περικεντρικής κατανομής των μετασεισμών κατασκευάζεται ένας χάρτης στον οποίο χαρτογραφούνται τα επίκεντρα ύστερα από επαναπροσδιορισμό των συντεταγμένων τους για την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας, όπως συζητήθηκε στο κεφάλαιο 2. Από την κατανομή αυτή, μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για τη γεωμετρία του σεισμογόνου χώρου και την παράταξη του ρήγματος. Τα επίκεντρα των σεισμών τείνουν να ακολουθούν γενικά τη διεύθυνση του σεισμογόνου ρήγματος. Στο σχήμα 3.2.1 φαίνονται τα επίκεντρα της ακολουθίας τις πρώτες 48 ώρες μετά τη γένεση του κύριου σεισμού. Τα επίκεντρα συγκεντρώνονται κατά μήκος μιας διεύθυνσης που συμπίπτει γενικά με τα γεωμετρικά στοιχεία που ελήφθησαν από τις λύσεις μηχανισμών γένεσης του κύριου σεισμού, δηλαδή κατανέμονται περίπου κατά διεύθυνση Α-Δ.



Σχήμα 3.2.1: Επικεντρική κατανομή των επαναπροσδιορισμένων επικέντρων τις πρώτες 48 ώρες μετά τη γένεση του κύριου σεισμού. Απεικονίζεται η συγκέντρωση των επικέντρων εντός μιας έλλειψης με διεύθυνση μεγάλου άξονα σχεδόν Α-Δ.

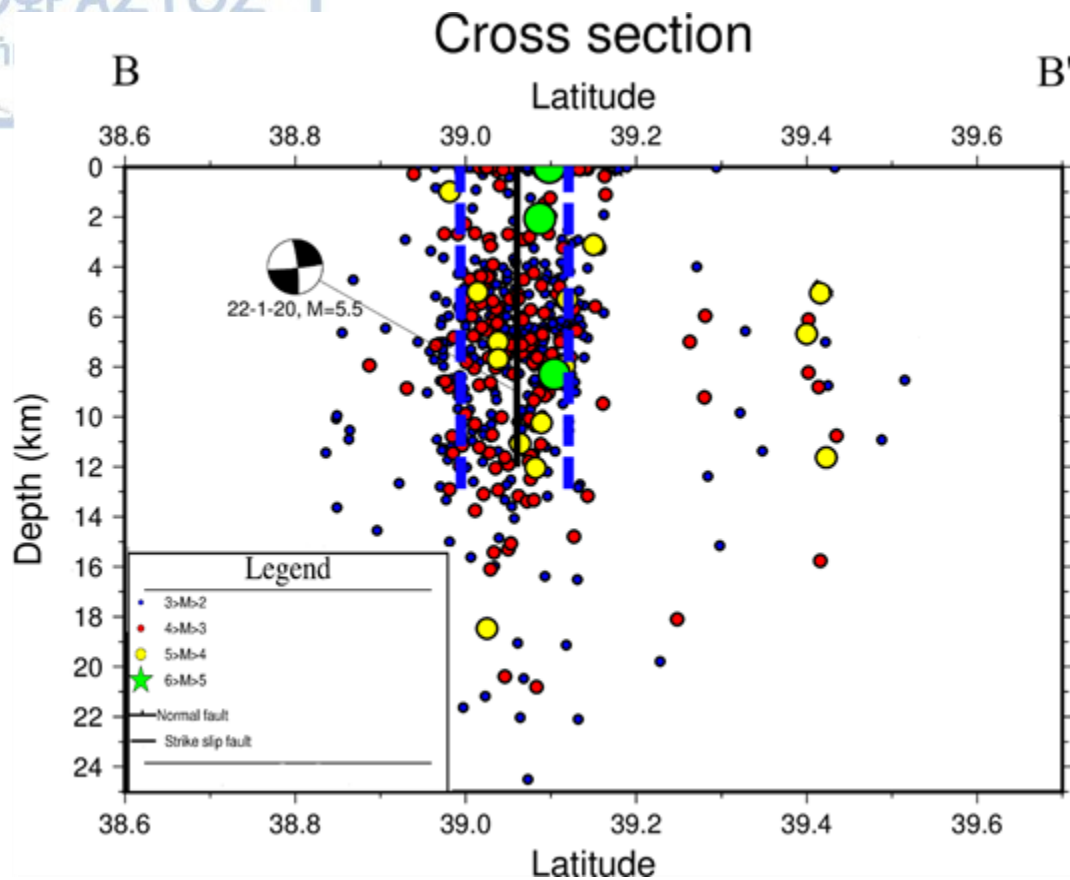
3.2.2 Κατακόρυφη κατανομή

Με την κατακόρυφη κατανομή θα μελετηθεί η γεωμετρία του σεισμογόνου χώρου και του ρήγματος που γέννησε τον κύριο σεισμό με δύο κατακόρυφες τομές, μια κάθετη στο σεισμογόνο ρήγμα (BB') και μια παράλληλη (AA'). Στο σχήμα 3.2.2 φαίνονται τα επαναπροσδιορισμένα επίκεντρα, το πιθανό σεισμογόνο ρήγμα καθώς και οι διευθύνσεις κατά τις οποίες θα πραγματοποιηθούν οι τομές. Για την κατακόρυφη κατανομή των σεισμών της ακολουθίας, κατασκευάζουμε ένα χάρτη των εστιακών βαθών των σεισμών σε σχέση με την διεύθυνση κατά μήκος της οποίας πραγματοποιούμε την τομή. Με βάση την κάθετη στο ρήγμα τομή, θα καθορίσουμε την κλίση του ρήγματος που προκάλεσε τον κύριο σεισμό και τον τρόπο με τον οποίο κατανέμονται οι εστίες των σεισμών γύρω από αυτό. Επιπλέον, θα εξαγάγουμε πληροφορίες για το πλάτος του ενεργοποιημένου σεισμογόνου χώρου.



Σχήμα 3.2.2: Οι τομές AA' και BB' κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι κατακόρυφες κατανομές των σεισμών της ακολουθίας. Οι τομές έγιναν κάθετα και παράλληλα προς το σεισμογόνο ρήγμα που προέκυψε από την χωρική κατανομή των μετασεισμών των πρώτων 48 ωρών μετά τον κύριο σεισμό.

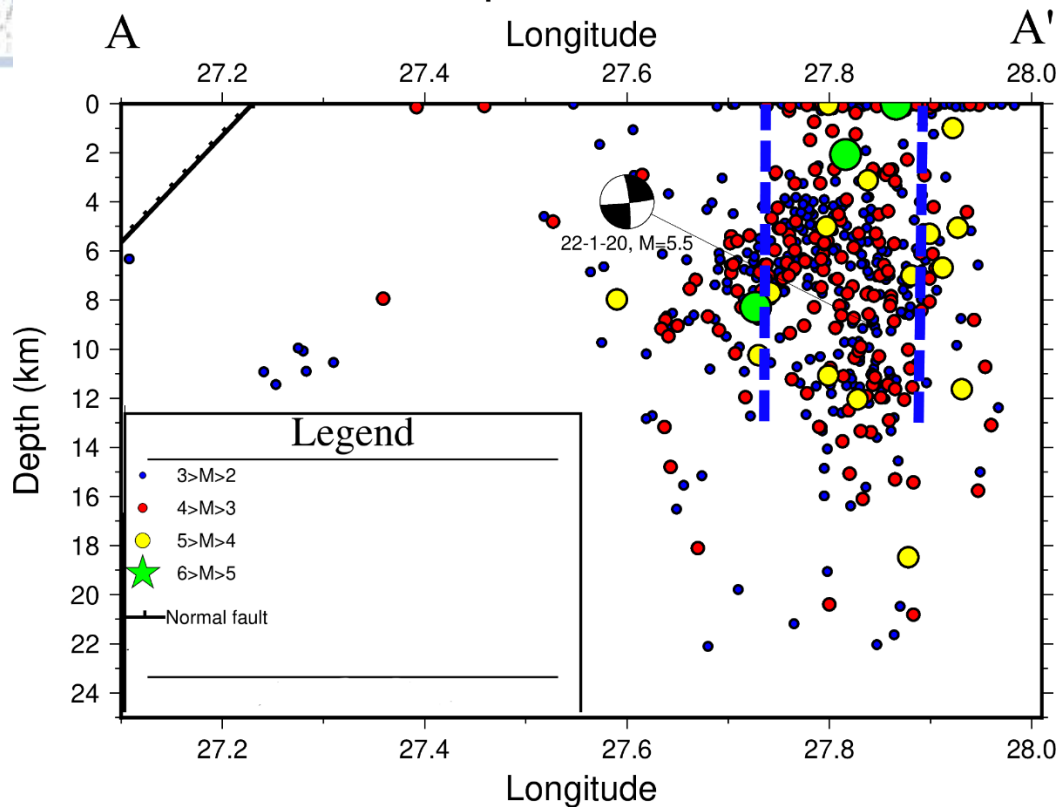
Παρατηρώντας το σχήμα 3.2.3, βλέπουμε μια κατακόρυφη διάρρηξη, με τις εστίες των περισσότερων σεισμών της ακολουθίας να συγκεντρώνονται γύρω από το ρήγμα που προκάλεσε τον κύριο σεισμό της ακολουθίας. Το μεγαλύτερο πλήθος των σεισμών φαίνεται πως συγκεντρώνεται μεταξύ των μεσημβρινών 38.9° και $39,1^\circ$. Η απόσταση αυτή αντιστοιχεί σε απόσταση μήκους 10 χιλιομέτρων με την τιμή αυτή να αποτελεί προσεγγιστικά το πλάτος του διεγερμένου χώρου. Η τομή BB' λήφθηκε ως μια ευθεία που συμπίπτει με τον μεσημβρινό των 27.84° και ενώνει τις παραλλήλους 38.6° και 39.25° . Τα παραπάνω στοιχεία για την κλίση του ρήγματος συμφωνούν απόλυτα με τις λύσεις μηχανισμών γένεσης που προτάθηκαν από το σεισμολογικό σταθμό του Α.Π.Θ για τον ισχυρό σεισμό της ακολουθίας, μηχανισμός ο οποίος απεικονίζεται στην τομή.



Σχήμα 3.2.3: Τομή B-B', κάθετη στο σεισμογόνο ρήγμα. Εντός των διακεκομμένων γραμμών εμφανίζεται η πλειονότητα των σεισμών της ακολουθίας, όπως κατανέμονται γύρω από το σεισμογόνο ρήγμα. Εμφανίζεται επίσης ο μηχανισμός γένεσης του κύριου σεισμού στις 22-1-20..

Στο τελικό βήμα της κατακόρυφης κατανομής, κατασκευάζουμε μια τομή παράλληλη στο σεισμογόνο ρήγμα, με σκοπό τον καθορισμό του μήκους του σεισμογόνου χώρου (Σχ.3.2.4). Η τομή ταυτίζεται με την παράλληλο 39.1° και σε αυτή φαίνεται η κατανομή των σεισμών της ακολουθίας σε μια ευθεία μεταξύ των μεσημβρινών 27.1° και 28°. Στην τομή απεικονίζεται επίσης το κανονικό ρήγμα της Bergama που οριοθετεί την ομώνυμη λεκάνη της Περγάμου. Οι σεισμοί της ακολουθίας συγκεντρώνονται ως επί το πλείστο μεταξύ των βαθών 0 και 12 χιλιομέτρων, ενώ κατά τον άξονα Χ, βρίσκονται μεταξύ 27.73° και 27.89° γεωγραφικό μήκος. Η απόσταση αυτή, αντιστοιχεί σε ευθεία απόστασης 13 χιλιομέτρων, τιμή που αντιστοιχεί προσεγγιστικά στο μήκος του σεισμογόνου χώρου.

Strike-parallel section



Σχήμα 3.2.4: Τομή A-A', παράλληλη στο σεισμογόνο ρήγμα. Εντός των διακεκομμένων γραμμών εμφανίζεται η πλειονότητα των σεισμών της ακολουθίας, όπως κατανέμονται παράλληλα με το σεισμογόνο ρήγμα. Επιπλέον απεικονίζεται ο μηχανισμός γένεσης του Σεισμού στις 22-1-20.

3.2.3 Καθορισμός παραμέτρων δομής

Με βάση τη χωρική κατανομή των επικέντρων και με στοιχεία που λάβαμε από το σεισμολογικό σταθμό του Α.Π.Θ, το ρήγμα που προκάλεσε τον κύριο σεισμό της ακολουθίας έχει Δ-Α διεύθυνση και είναι σχεδόν κατακόρυφο, με γωνία κλίσης 86° . Από το μηχανισμό γένεσης του ρήγματος προκύπτει και η γωνία ολίσθησης αυτού, που είναι ίση με $\lambda = -173^\circ$ και αντιστοιχεί σε δεξιόστροφη διάρρηξη. Τα παραπάνω δεδομένα έρχονται σε συμφωνία με τα γενικά δεδομένα για το είδος των ρηγμάτων στην περιοχή της Σομα, όπως παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 1.2. Κατά την κατακόρυφη κατανομή των σεισμών, υπολογίσαμε με απλό εμπειρικό τρόπο το μήκος και το πλάτος της διάρρηξης. Στην παράγραφο αυτή θα υπολογιστούν με ακρίβεια το μήκος και το πλάτος της διάρρηξης, η μέση μετάθεση της ρηξιγενούς επιφάνειας καθώς και το εμβαδόν της επιφάνειας διάρρηξης. Για τα βασικά γεωμετρικά στοιχεία του ρήγματος και του σεισμογόνου χώρου χρησιμοποιούνται οι εμπειρικοί τύποι που έχουν προταθεί από τους Papazachos et al.

(2004) για ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 3.2.1 . Αναλυτικά:

1. Για τον υπολογισμό του μήκους του ρήγματος, χρησιμοποιούμε τη σχέση

$$\log L = 0.59 * M - 2.30$$

Όπου Μ το μέγεθος του σεισμού, στη δική μας περίπτωση Μ=5.5. Με την εφαρμογή της σχέσης, υπολογίζουμε πως L=8.8 km, δηλαδή μικρότερη από την τιμή που υπολογίσαμε εμπειρικά βάσει τομών.

2. Για το πλάτος του ρήγματος, χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$\log w = 0.23 * M - 0.49$$

Πραγματοποιώντας τις πράξεις, υπολογίζουμε το w ίσο με 6km για Μ=5.5, σημαντικά μικρότερο από τον εμπειρικό μας υπολογισμό

3. Για τη μέση μετάθεση, χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$\log u = 0.68 * M - 2.59$$

Για μέγεθος Μ=5.5, η μέση μετάθεση υπολογίζεται στα 14 εκατοστά

4. Τέλος, για το εμβαδόν του σεισμογόνου χώρου χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$\log S = 0.82 * M - 2.79$$

Για μέγεθος Μ=5.5, το εμβαδόν του σεισμογόνου χώρου υπολογίζεται ίσο με 52,48 km²

Πίνακας 3.2.1: Γεωμετρικά στοιχεία ρήγματος και σεισμογόνου χώρου

Μήκος ρήγματος (L)	8.8km
Πλάτος ρήγματος (W)	6km
Μέση μετάθεση(U)	14cm
Εμβαδόν σεισμογόνου χώρου (S)	52,48 km ²

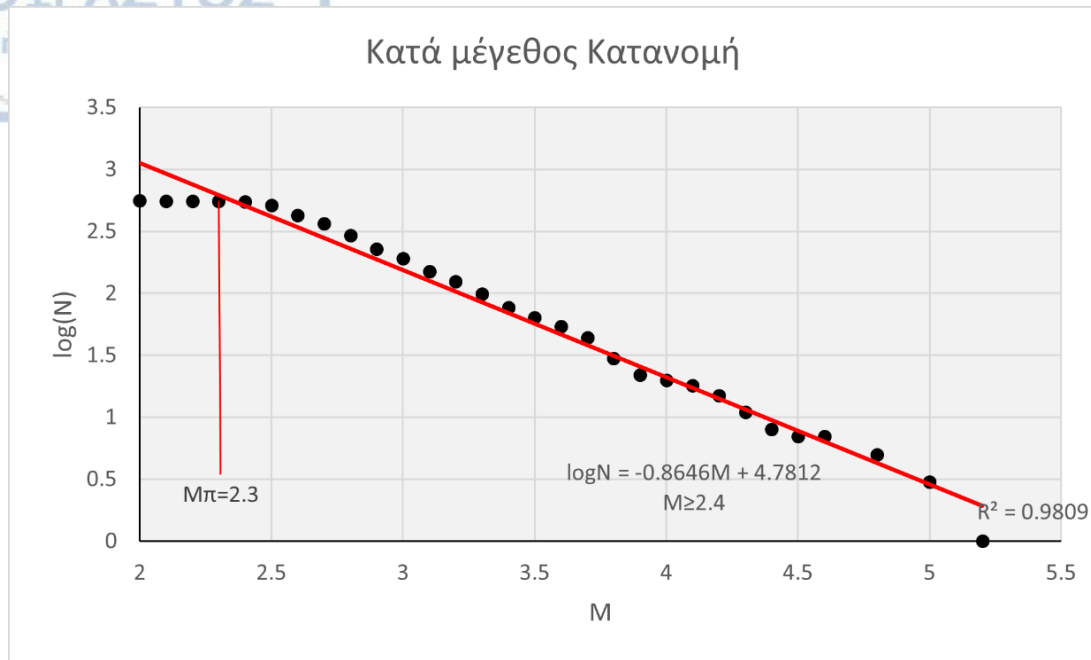
3.3 Χρονική κατανομή

3.3.1 Καθορισμός πληρότητας καταλόγου

Για την σωστή μελέτη του τρόπου με τον οποίον οι σεισμοί της ακολουθίας κατανέμονται χρονικά, απαιτείται πρώτα η γνώση του μεγέθους πληρότητας (M_{π}) αυτών. Ένας κατάλογος θεωρείται πλήρης όταν περιέχει όλους τους σεισμούς που έχουν μέγεθος από μία ορισμένη τιμή και μεγαλύτερο. Ο έλεγχος πληρότητας ενός καταλόγου σεισμών είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την μελέτη της χρονικής εξέλιξης μιας σεισμικής ακολουθίας και για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για αυτήν. Για τον έλεγχο αυτό χρησιμοποιήθηκε η στατιστική μέθοδος των Richter-Gutenberg (1944) που αποτελεί την σχέση :

$$\log N = a - bM$$

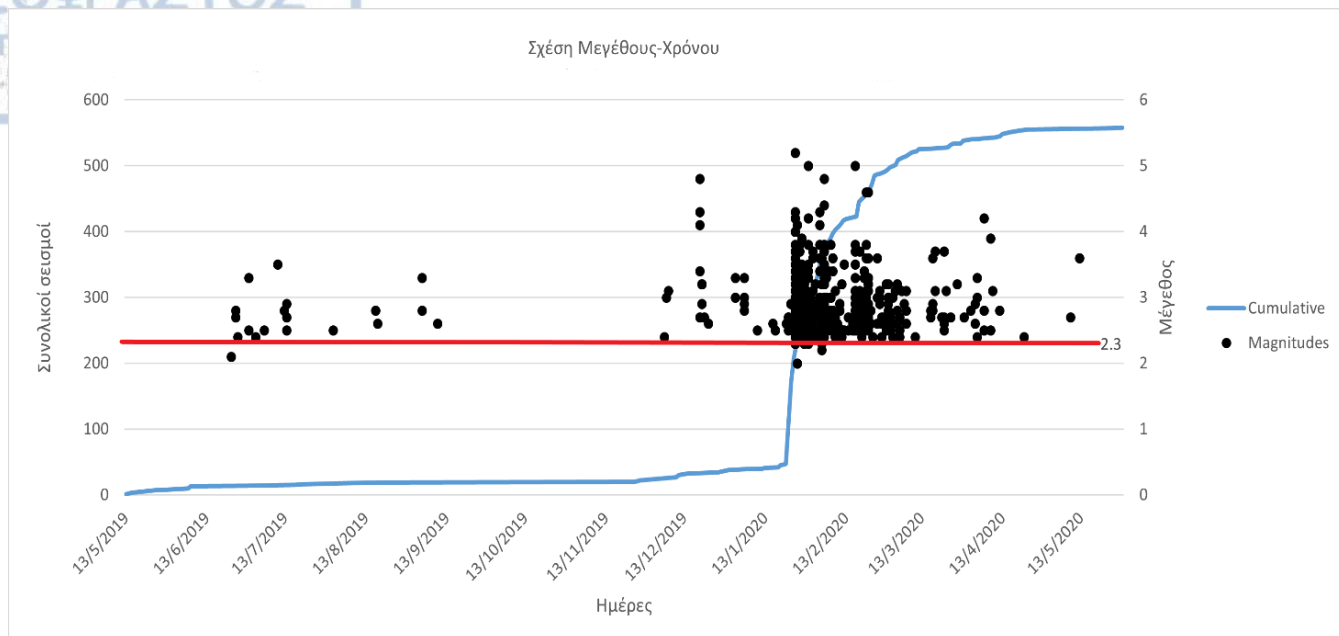
Όπου N ο αριθμός σεισμών που έχουν μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο με M και a , b παράμετροι που υπολογίζονται με τη στατιστική μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, με εφαρμογή γραμμής τάσης στο διάγραμμα απεικόνισης του $\log N$ σε συνάρτηση με τα M . Για την κατασκευή του διαγράμματος Richter- Gutenberg αρχικά υπολογίστηκε η συχνότητα εμφάνισης σεισμών ανά μέγεθος, ο αθροιστικός αριθμός αυτών (N) και ο δεκαδικός λογάριθμος κάθε ενός ($\log N$). Έπειτα, χαρτογραφήθηκαν οι διάφορες τιμές του $\log N$ σε συνάρτηση με τα μεγέθη. Τέλος, η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων εφαρμόστηκε για την εύρεση της γραμμής τάσης και το μέγεθος πληρότητας. Με την εφαρμογή της μεθόδου, υπολογίστηκαν οι τιμές των $a=4.7812$ και $b=0.8646$. Η τιμή του a είναι προσαρμοσμένη για ακολουθία ενός έτους (Μάϊος 2019- Μάϊος 2020) ενώ όσον αφορά την τιμή του b , αυτή είναι μεγαλύτερη από την αντιπροσωπευτική τιμή της παραμέτρου για την περιοχή ($b=0.8$, σύμφωνα με χωρικές κατανομές της παραμέτρου b για τον Ελληνικό χώρο από Papazachos, 1999). Το γεγονός αυτό δείχνει ομαλότητα ακολουθίας, καθώς τιμές b μικρότερες από τις τυπικές σχετίζονται με συσσώρευση τάσεων και υψηλή πιθανότητα εκδήλωσης νέων ισχυρών σεισμών στην περιοχή. Βάσει του σχήματος 3.3.1, υπολογίστηκε το μέγεθος πληρότητας της ακολουθίας σε $M_{\pi}=2.3$. Επομένως, ο κατάλογος μας θεωρείται πλήρης για σεισμούς με μέγεθος τουλάχιστον $M=2.3$



Σχήμα 3.3.1: Κατανομή σεισμών της ακολουθίας (05/2019- 05/2020) με τη στατιστική μέθοδο των Gutenberg-Richter

3.3.2 Χρονική κατανομή

Οι σεισμοί της μελετώμενης ακολουθίας, κατανεμήθηκαν χρονικά βάσει του αρχικού καταλόγου που περιείχε 527 σεισμούς. Στο σχήμα 3.3.2 απεικονίζεται ο σωρευτικός αριθμός των σεισμών σε συνάρτηση με το χρόνο, με τα μεγέθη αυτών να τοποθετούνται επίσης στο γράφημα. Παρατηρείται πως ο μεγαλύτερος αριθμός σεισμών συνέβη στην περιοχή την περίοδο μεταξύ 13 Ιανουαρίου του 2020 και 13 Απριλίου του 2020, με 503 εκ των 527 να πραγματοποιείται εντός αυτού του χρονικού διαστήματος (90.1 %). Ιδιαίτερα έντονη δραστηριότητα έχουμε την περίοδο 13 Ιανουαρίου έως περίπου 13 Μαρτίου. Επιπλέον, 524 από τους 527 (99.4%) έχουν μέγεθος πάνω από $M=2.3$, κάτι που έρχεται σε πλήρη συμφωνία με το μέγεθος πληρότητας που προέκυψε από την εφαρμογή της στατιστικής μεθόδου Gutenberg - Richter.



Σχήμα 3.3.2: Κατανομή σεισμών και Μεγεθών αυτών σε σχέση με το χρόνο. Από τη γραμμή τομής που αντιπροσωπεύει την τιμή $M=2.3$ και πάνω, παρατηρείται το 99.4% των σεισμών της ακολουθίας

Στο σχήμα 3.3.3 απεικονίζεται η μεταβολή στο ρυθμό σεισμικότητας στην περιοχή για όλη την περίοδο που μελετάται. Ως ρυθμό σεισμικότητας ορίζουμε τη συχνότητα εμφάνισης σεισμών σε μια περιοχή ανά μονάδα χρόνου. Για την εργασία αυτή, κατασκευάστηκε διάγραμμα που συσχετίζει την συχνότητα εμφάνισης σεισμών ανά ημέρα ως προς τη χρονική περίοδο από την αρχή της ακολουθίας μέχρι το τέλος της. Τα αποτελέσματα δείχνουν μια απότομη αύξηση στους σεισμούς ανά ημέρα στους πρώτους μήνες του 2020, και συγκεκριμένα την περίοδο από 13 Ιανουαρίου έως 13 Φεβρουαρίου. Ο ρυθμός σεισμικότητας κορυφώνεται στις 23 Ιανουαρίου, με 67 σεισμούς εντός μιας ημέρας. Η άνοδος του ρυθμού σεισμικότητας και η κύρια χρονική συγκέντρωση των σεισμικών εξάρσεων, σχετίζεται άμεσα με τον ισχυρότερο σεισμό της ακολουθίας που συνέβη στις 22 Ιανουαρίου 2020 ($M=5.5$). Δύο ακόμα εξάρσεις στον αριθμό σεισμών ανά ημέρα παρατηρούνται στις αρχές του Φεβρουαρίου και στα τέλη του ίδιου μήνα. Οι εξάρσεις αυτές σχετίζονται με τους 2 ισχυρούς σεισμούς που συνέβησαν στις 4 Φεβρουαρίου και 18 Φεβρουαρίου αντίστοιχα και ταυτίζονται με την μετασεισμική δραστηριότητα τους. Από τον Μάρτιο και μετά η σεισμική δραστηριότητα ελαχιστοποιείται με εξαίρεση μια σύντομη άνοδο στο ρυθμό σεισμικότητας στα μέσα Απριλίου, πιθανόν σε άμεση συσχέτιση με τον σεισμό που συνέβη στις 16 Απριλίου, μεγέθους $M=4.2$. Η τάση του ρυθμού σεισμικότητας για την ακολουθία είναι καθοδική, με σταδιακή ελάττωση των μετασεισμών με την πάροδο του χρόνου. Η ελάττωση του αριθμού των μετασεισμών είναι ενδεικτική μιας ακολουθίας που εξελίσσεται ομαλά. Ένα δεύτερο διάγραμμα ρυθμού σεισμικότητας (σχήμα 3.3.4) κατασκευάστηκε για την περίοδο υψηλότερης σεισμικότητας, από 13 Ιανουαρίου έως 30 Μαρτίου του 2020 με σκοπό την καλύτερη απεικόνιση της συχνότητας εκδήλωσης μετασεισμών. Σε αυτό φαίνονται ξεκάθαρα οι εξάρσεις στον αριθμό σεισμών ανά ημέρα, και η σταδιακή μείωση της συχνότητάς τους με το χρόνο.



Σχήμα 3.3.3: Ρυθμός σεισμικότητας για τη μελετώμενη περίοδο



Σχήμα 3.3.4: Ρυθμός σεισμικότητας για την περίοδο 13-1-20 έως 25-3-20. Εδώ απεικονίζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια οι απότομες σεισμικές εξάρσεις που ακολουθούν τους ισχυρούς σεισμούς της ακολουθίας στις 22 Ιανουαρίου, 4 Φεβρουαρίου και 18 Φεβρουαρίου του 2020.

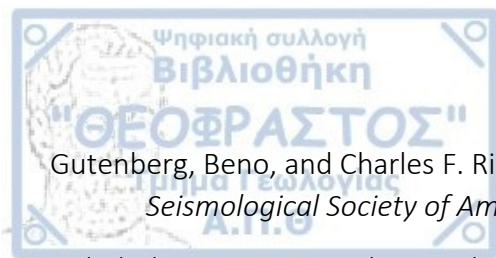
Η σεισμική έξαρση στην περιοχή των πόλεων Soma- Kirkagac στη Δυτική Τουρκία, ξεκίνησε στις αρχές του Μαΐου του 2019 και κορυφώθηκε στα τέλη Ιανουαρίου του 2020, με τον κύριο σεισμό της ακολουθίας μεγέθους $M=5.5$ να λαμβάνει χώρα στις 22 Ιανουαρίου του 2020, ώρα 19:22. Ο συνολικός αριθμός των σεισμών μικρού έως μέσου μεγέθους της ακολουθίας φθάνει στους 527. Η μελέτη της έξαρσης αυτής που πραγματοποιήθηκε στη παρούσα πτυχιακή εργασία, οδήγησε σε σημαντικά συμπεράσματα όσον αφορά την χωρική και χρονική κατανομή των σεισμών της ακολουθίας, τη γεωμετρία του σεισμογόνου χώρου και το μηχανισμό γένεσης του κύριου σεισμού. Επιπλέον, ο επαναπροσδιορισμός του πλήθους των εστιακών συντεταγμένων, συνέβαλε στην ακριβέστερη μελέτη της έξαρσης. Συνοπτικά, τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής είναι τα εξής:

- Έπειτα από σύγκριση των προτεινόμενων λύσεων μηχανισμών γένεσης από 3 διαφορετικές πηγές δεδομένων μεταξύ τους αλλά και με τα δεδομένα που προέκυψαν από την οριζόντια και κατακόρυφη χωρική κατανομή των επικέντρων των σεισμών της ακολουθίας, το ρήγμα που προκάλεσε τον κύριο σεισμό θεωρείται ότι είναι ένα ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης, δεξιόστροφο, με διεύθυνση Α-Δ και σχεδόν κατακόρυφη κλίση 86° . Το ρήγμα έχει μήκος 8.8km και πλάτος 6km ενώ η τιμή της μέσης μετάθεσης είναι ίση με 14cm.
- Οι περισσότεροι σεισμοί της έξαρσης, έπειτα από τον επαναπροσδιορισμό των εστιακών τους συντεταγμένων, υπολογίστηκε ότι συνέβησαν μεταξύ της επιφάνειας (0km) και βάθους 12 χιλιομέτρων με μέσο όρο βάθους τα 6.98 χιλιόμετρα. Η πλειοψηφία των σεισμών της έξαρσης συγκεντρώνονται σε μια περιοχή με εμβαδόν 52,48 km².
- Από την κατά μέγεθος κατανομή των σεισμών της έξαρσης με τη μέθοδο Gutenberg-Richter, προέκυψε ως ελάχιστο μέγεθος σεισμού για πληρότητα των δεδομένων, η τιμή $M_0=2.3$. Το 99.4% των σεισμών της ακολουθίας έχει μέγεθος πάνω από $M=2.3$, με αποτέλεσμα τα δεδομένα του καταλόγου να χαρακτηρίζονται πλήρη. Η τιμή της παραμέτρου b βρέθηκε ίση με 0.8646, μεγαλύτερη από την τυπική για την περιοχή τιμή, ενδεικτικό μιας ακολουθίας με ομαλή εξέλιξη.
- Τέλος, η χρονική κατανομή των σεισμών δείχνει μια απότομη αύξηση στη σεισμικότητα της περιοχής από τις 13 Ιανουαρίου και έπειτα. Ο ρυθμός σεισμικότητας και ο αριθμός των μετασεισμών ελαττώνεται με το χρόνο μετά την εκδήλωση του κύριου σεισμού της ακολουθίας. Η ελάττωση του αριθμού των μετασεισμών δείχνει πως η ακολουθία εξελίχθηκε ομαλά.



Για τον σχεδιασμό των χαρτών της εργασίας, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό *Generic Mapping Tools* (GMT) των Wessel and Smith (1991)

- Aktug, B., Nocquet, J. M., Cingöz, A., Parsons, B., Erkan, Y., England, P., ... & Tekgül, A. «Deformation of western Turkey from a combination of permanent and campaign GPS data: Limits to block-like behavior.» *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2009: 114.
- Ambraseys, N. N., and J. S. Tchalenko. «"Seismotectonic aspects of the Gediz, Turkey, earthquake of March 1970."» *Geophysical Journal International* 30, no. 3, 1972: 229-252.
- Båth, Markus. «"Lateral inhomogeneities of the upper mantle."» *Tectonophysics* 2.6, 1965: 483-514.
- Bozkurt, E. «Neotectonics of Turkey—a synthesis.» *Geodinamica acta*, 14(1-3), 2001: 3-30.
- Burc Oral, M., Reilinger, R. E., Nafi Toksöz, M., King, R. W., Aykut Barka, A., Kinik, I., & Lenk, O. «Global positioning system offers evidence of plate motions in eastern Mediterranean.» *EOS, Transactions American Geophysical Union* 76(2), 1995: 9-11.
- Deng, J., & Sykes, L. R. «Stress evolution in southern California and triggering of moderate-, small-, and micro-size earthquakes.» *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 1997: 24411-24435.
- Dziewonski, A. M., T.-A. Chou and J. H. Woodhouse. «Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity.» *J. Geophys. Res.*, 86, 1981: 2825-2852.
- Ekström, G., M. Nettles, and A. M. Dziewonski. «The global CMT project 2004-2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes.» *Phys. Earth Planet. Inter* 1-9, 2012: 200-201.
- European-Mediterranean Seismological Centre*. 2020. <https://www.emsc-csem.org> (πρόσβαση 10 12, 2020).
- Eyidoğan, H., U. Güçlü, Z. Utku, and E. Değirmenci. «"Türkiye büyük depremleri makrosismik rehberi (1900-1988)."» *Kurtiş Matbaası, İstanbul*, 1991.
- Eyidoğan, Haluk, and James Jackson. «"A seismological study of normal faulting in the Demirci, Alaşehir and Gediz earthquakes of 1969–70 in western Turkey: Implications for the nature and geometry of deformation in the continental crust." .» *Geophysical Journal International* 81, no. 3, 1985: 569-607.



Gutenberg, Beno, and Charles F. Richter. «Frequency of earthquakes in California.» *Bulletin of the Seismological Society of America*, 34(4), 1944: 185-188.

Helmholtz-Centre, Potsdam. «The SeisComP seismological software package.» Του/Της GFZ German Research Centre for Geosciences and gempa GmbH. GFZ Data Services, 2008.

Herece, E. «The fault trace of 1953 yenice-Gönen Earthquake and the westernmost known extension of the naf system in the biga peninsula.» *Maden Tetkik ve Arama*, 1990: 31-42.

HUSN (Hellenic Unified Seismological Network). 2020. <http://geophysics.geo.auth.gr/ss/> (πρόσβαση 10 13, 2020).

Hutton, L. K. and Boore, David M. «The M_L scale in Southern California.» *Bulletin of the Seismological Society of America*, 77 (6), 1987: 2074-2094.

Jackson, James, and Thomas J. Fitch. «"Seismotectonic implications of relocated aftershock sequences in Iran and Turkey."» *Geophysical Journal International* 57, no. 1, 1979: 209-229.

Kanamori, Hiroo, and Don L. Anderson. «"Theoretical basis of some empirical relations in seismology."» *Bulletin of the seismological society of America* 65, no. 5, 1975: 1073-1095.

Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Bosphorus Univ. «"Bogazici University Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute."» *International Federation of Digital Seismograph Networks*. 2001.

McKenzie, D. P. «Active tectonics of the Alpine—Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions.» *Geophysical Journal International* 55(1), 1978: 217-254.

—. «Plate tectonics of the Mediterranean region.» *Nature* 226(5242), 1970: 239-243.

Mesimeri, M., Kourouklas, C., Papadimitriou, E., Karakostas, V., & Kementzetzidou, D. «Analysis of microseismicity associated with the 2017 seismic swarm near the Aegean coast of NW Turkey.» *Acta Geophysica*, 66(4), 2018: 479-495.

Mitchell, William A. «"Reconstruction after Disaster: The Gediz Earthquake of 1970."» *Geographical Review* 66, no. 3, 1976: 296-313.

Nalbant, Süleyman S., Aurélia Hubert, and Geoffrey CP King. «"Stress coupling between earthquakes in northwest Turkey and the north Aegean Sea."» *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 103, no. B10, 1998: 24469-24486.

Omori, F. «On the aftershocks of earthquakes.» *Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo*, 1894: 111-200.

Panagiotopoulos, D. G., and B. C. Papazachos. «"Travel times of Pn-waves in the Aegean and surrounding area."» *Geophysical Journal International* 80, no. 1, 1985: 165-176.



Papadimitriou, E. E., & Sykes, L. R. «Evolution of the stress field in the northern Aegean Sea (Greece).» *Geophysical Journal International*, 2001: 747-759.

Papazachos, B. C., & Comninakis, P. E. «Geophysical features of the Greek island arc and eastern Mediterranean ridge.» *In Com. Ren. Des Sceances de la Conference Reunie a Madrid 16. Madrid, 1969. 74-75.*

—. «Geophysical and tectonic features of the Aegean arc.» *Journal of Geophysical Research* 76 (35), 1971: 8517-8533.

Papazachos, B. C., E. E. Papadimitriou, A. A. Kiratzi, C. B. Papazachos, and E. K. Louvari. «"Fault plane solutions in the Aegean Sea and the surrounding area and their tectonic implication.".» *Boll. Geof. teor. appl* 39, no. 3, 1998: 199-218.

Papazachos, B. C., E. M. Scordilis, D. G. Panagiotopoulos, C. B. Papazachos, and G. F. Karakaisis. «Global relations between seismic fault parameters and moment magnitude of earthquakes.» *Bulletin of the Geological Society of Greece* 36 (3), 2004: 1482-1489.

Papazachos, B. C., Kiratzi, A. A., Hatzidimitriou, P. M., & Rocca, A. C. «Seismic faults in the Aegean area. .» *Tectonophysics*, 106(1-2), 1984: 71-85.

Papazachos, B.C., Comninakis, P.E., Karakaisis, G.F., Karakostas, B.G., Papaioannou, Ch.A., Papazachos, C.B. and E.M. Scordilis. «A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding area for the period 550BC-1999.» *Publ. Geophys. Laboratory, University of Thessaloniki* 1, 2000: 333.

Papazachos, B.C., Comninakis, P.E., Scordilis, E.M., Karakaisis, G.F. and C.B. Papazachos. «A catalogue of earthquakes in the Mediterranean and surrounding area for the period 1901 - 2010.» *Publ. Geophys. Laboratory, University of Thessaloniki*, 2010.

Papazachos, C. «An alternative method for a reliable estimation of seismicity with an application in Greece and the surrounding area.".» *Bulletin of the seismological society of America* 89, no. 1, 1999: 111-119.

Paradisopoulou, P. M., Papadimitriou, E. E., Karakostas, V. G., Taymaz, T., Kiliyas, A., & Yolsal, S. «Seismic hazard evaluation in western Turkey as revealed by stress transfer and time-dependent probability calculations.» *Pure and applied geophysics* 167(8-9), 2010: 1013-1048.

Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., ... & Nadariya, M. «GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions.» *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2006: 111(B5).

Scordilis, E. M., Karakaisis, G. F., Karacostas, B. G., Panagiotopoulos, D. G., Comninakis, P. E., & Papazachos, B. C. «Evidence for transform faulting in the Ionian Sea: the Cephalonia island earthquake sequence of 1983.» *Pure and Applied Geophysics*, 123(3), 1985: 388-397.

Seiscomp3. 26 06 2020. <https://www.seiscomp.de/seiscomp3/> (πρόσβαση 10 13, 2020).

Sümer, Ökmen, Bora Uzel, Çağlar Özkaymak, and Hasan Sözbilir. «"Kinematics of the Havran-Balıkesir Fault Zone and its implication on geodynamic evolution of the Southern Marmara Region, NW Anatolia."» *Geodinamica Acta* 30, no. 1, 2018: 306-323.

Tezel, Timur, Takuo Shibutani, and Bülent Kaypak. «"Crustal thickness of Turkey determined by receiver function."» *Journal of Asian Earth Sciences* 75, 2013: 36-45.

Tirel, Céline, Frédéric Gueydan, Christel Tiberi, and Jean-Pierre Brun. «"Aegean crustal thickness inferred from gravity inversion. Geodynamical implications."» *Earth and Planetary Science Letters* 228, no. 3-4, 2004: 267-280.

United States Geological Survey. 13 10 2020. <https://www.usgs.gov/> (πρόσβαση 10 13, 2020).

Utsu, Tokuji. «A statistical study on the occurrence of aftershocks.» *Geophys. Mag.* 30, 1961: 521-605.

Wessel, P., Luis, J. F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H. F., & Tian, D. «The Generic Mapping Tools version 6.» *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20,, 2019: 5556–5564.

Westaway, R. «Block rotation in western Turkey: 1. Observational evidence.» *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 95(B12), 1990: 19857-19884.

Yilmaz, Y., Genç, Ş. C., Gürer, F., Bozcu, M., Yilmaz, K., Karacik, Z., ... & Elmas, A. «When did the western Anatolian grabens begin to develop?» *Geological Society, London, Special Publications*, 173(1), 2000: 353-384.

B.K Παπαζάχος, Γ.Φ. Καρακαϊσής, Π.Μ. Χατζηδημητρίου. *Εισαγωγή στη Σεισμολογία. Θεσσαλονίκη: Ζήτη, 2005.*

Μουντράκης, Δημοσθένης. *Γεωλογία και Γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press, 2010.

Παπαζάχος Β.Κ., Μουντράκης Δ.Μ., Παπαζάχος Κ.Β., Τρανός Μ.Δ., Καρακαϊσής. «"Τα ρήγματα που προκάλεσαν τους γνωστούς ισχυρούς σεισμούς στην Ελλάδα και τη γύρω περιοχή από τον 5ο αιώνα π. Χ. μέχρι σήμερα."» *2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας*, 28-30 Νοεμβρίου. 2001. 17-26.

Παραδεισοπούλου, Παρθένα. «Συμβολή στη μελέτη της σεισμικότητας του ελληνικού χώρου σε σύνδεση με τις μεταβολές του πεδίου των τάσεων.» *No. GRI-2010-4167*. Aristotle University of Thessaloniki, 2009.

Παράρτημα

1. Σταθμοί σειсмоγραφικού δικτύου που χρησιμοποιήθηκαν για τη λήψη δεδομένων

Σταθμός	Γεωγ. Πλάτος	Γεωγ. Μήκος	Υψόμετρο Σταθμού(m)
AGG	3901.33N	2219.82E	540
ALN	4053.08N	2602.77E	110
AMT	3731.94N	2142.93E	482
ANKY	3552.02N	2318.07E	143
ANX	3835.60N	2155.25E	1020
APE	374.13N	2531.83E	620
ATAL	3841.56N	2301.28E	290
ATH	3758.33N	2343.00E	95
ATHU	3757.99N	2347.07E	308
AXAR	3845.98N	2239.54E	406
BODT	3703.73N	2718.62E	379
CHOS	3823.21N	2603.30E	842
DRO	3757.12N	2142.60E	465
EFP	3825.61N	2154.35E	135
EVGI	3837.26N	2039.36E	249
EVR	3855.00N	2148.52E	1050
EZN	3949.55N	2619.52E	50
GRG	4057.40N	2224.08E	560
GUR	3756.18N	2220.54E	1080
HORT	4035.87N	2305.98E	933
IGT	3931.95N	2019.82E	320
ITM	3710.78N	2155.60E	400
KARY	3801.93N	2426.22E	220
KAVA	4059.65N	2430.71E	95
KLV	3802.62N	2209.38E	758
KNT	419.72N	2253.88E	380

KPRO	3957.29N	2121.79E	837
KTHA	3615.40N	2303.73E	360
KZN	4018.40N	2146.25E	900
LIA	3953.88N	2510.98E	60
LIT	406.05N	2229.40E	480
LKR	3839.03N	2259.97E	180
LTK	3801.22N	2258.01E	407
MAKR	3900.79N	2207.90E	532
MHLO	3641.39N	2424.10E	175
NEO	3918.40N	2313.41E	500
NEST	4024.88N	2102.93E	1056
NPS	3515.75N	2536.75E	370
NVR	4121N	2351.72E	595
OUR	4020.04N	2358.74E	60
PAIG	3955.63N	2340.78E	140
PHP	4141.28N	2026.45E	0
PLG	4022.43N	2326.73E	580
PRK	3914.77N	2616.30E	100
PTL	382.93N	2351.88E	500
PYL	3653.73N	2144.52E	220
RDO	418.77N	2532.25E	100
RLS	383.74N	2128.00E	100
SERG	3824.80N	2203.40E	480
SIGR	3912.68N	2551.32E	92
SKY	3852.67N	2433.00E	260
SMG	3742.52N	2650.22E	300
SMTH	4042.56N	2531.83E	365
SOH	4049.30N	2321.23E	670
SRS	417.03N	2335.53E	400
THAS	4036.38N	2443.16E	67
THE	4037.93N	2257.90E	70
THL	3933.53N	2200.52E	107
VAM	3524.41N	2411.98E	225
VILL	3809.85N	2318.73E	650
VLI	3643.09N	2256.22E	220
VLX	3722.13N	2222.45E	1035
VLV	3751.14N	2347.65E	256
YER	3708.08N	2816.97E	730
ZKR	3506.88N	2613.02E	270
EDRB	4150.49N	2644.37E	209

BLCB	3823.71N	2702.31E	150
KULA	3830.52N	2839.38E	915
AOS2	3908.52N	2350.37E	185
KOKK	4049.04N	2359.57E	261
GADA	4011.27N	2553.55E	59
KDZ	4138.60N	2525.01E	409
DAT	3643.50N	2734.36E	1100
ENEZ	4044.10N	2609.10E	100
KYMI	3837.59N	2406.05E	259
JMB	4228.01N	2634.60E	216
DION	3804.40N	2355.59E	460
MMB	4135.21N	2343.40E	606
SZH	4316.01N	2555.59E	310
KARP	3532.49N	2709.39E	524
FETY	3638.07N	2905.06E	200
THR8	3624.25N	2528.43E	30
THR3	3624.32N	2524.02E	71
SAP3	3626.08N	2520.43E	205
SNT5	3624.13N	2523.43E	124
THR9	3621.27N	2521.25E	54
STFN	3810.35N	2332.38E	589
PLD	4206.17N	2442.11E	176
IDI	3517.17N	2453.24E	750
KKB	4152.01N	2304.59E	434
PRMD	3931.47N	2105.47E	832
LTHK	3742.34N	2050.12E	35
THR5	3625.01N	2520.52E	180
MAGU	3804.43N	2330.48E	97
KSL	3609.01N	2935.08E	64
THR6	3621.22N	2523.51E	119
TETR	3920.40N	2116.28E	942
THER	3622.01N	2528.31E	288
DIM	3814.48N	2202.37E	152
VTs1	4236.57N	2314.06E	1345
RZN	4141.16N	2442.57E	1730

2. Ιστορικοί και σύγχρονοι σεισμοί στην περιοχή μελέτης

Έτος	Γ. Πλάτος(°)	Γ. Μήκος(°)	Βάθος (km)	M
17	38.63	27.59	0	7
105	38.9	27	0	6.4
368	39.2	27.4	0	6.3
1296	39.1	27.3	0	6.8
1595	38.5	27.8	0	6.4
1625	39.2	27.4	0	7
1654	38.5	27.1	0	6.4
1664	38.5	27.3	0	6.2
1690	38.6	27.4	0	6.4
1739	38.6	27	0	6.8
1845	38.6	27.5	0	6.7
1860	39.3	29.7	0	6.6
1862	38.6	27.8	0	6.9
1874	39.1	26.9	0	4.8
1875	38.7	29.4	0	5.8
1880	38.6	27.2	0	6.7
1886	39.6	29	0	4.8
1895	38.6	27.1	0	5.9
1896	39.3	29.2	0	4.8
1898	39.6	27.9	0	5.4
1903	38.5	27.2	0	5
1903	38.9	27.8	0	5
1905	38.8	28.5	0	5.6
1905	38.8	28.5	0	5.6
1905	39.6	27.9	0	5.3
1905	39	28.7	0	5.2
1906	38.9	28.9	0	5
1907	38.7	28.3	0	5
1908	38.9	27.4	0	5.1
1909	38.6	27	0	5.2
1910	38.9	27.9	0	5.2

1910	38.86	27.84	0	4.8
1913	38.8	27.9	0	5
1915	38.5	29.7	0	4.7
1919	39.1	27.4	0	7
1919	39.2	27.6	0	5.4
1924	39.5	28.4	80	5.5
1924	39.6	27.7	0	5.2
1924	39	27.8	0	4.8
1925	39.6	27.7	0	5
1925	38.8	29.5	0	4.7
1926	38.6	28.1	0	5.9
1926	38.5	28.2	0	5.8
1927	39.5	29.8	0	4.7
1928	39.5	29.5	0	6.2
1934	38.7	29.9	0	5.3
1939	39	27	0	6.6
1939	39	26.9	10	4.8
1939	39	26.9	10	4.8
1940	38.5	27.2	0	4.8
1942	39.3	28.1	0	6.2
1942	39.1	27.8	0	6
1942	39.5	27.9	0	5.5
1942	39	28	0	5.5
1942	39.3	28.2	0	5.3
1942	39.1	27.5	0	5
1942	39.1	27.5	0	4.9
1942	39	28	0	4.9
1943	39	27	0	5.2
1944	39.15	29.46	0	6.1
1944	39	29.6	0	5.5
1949	38.9	27.9	0	4.9
1950	39.4	28.2	0	5.1
1950	38.6	27	0	4.9
1952	39.1	26.9	0	5
1953	39.2	28.4	0	5.4
1953	39.5	28	0	5
1957	39.3	28.2	0	4.9
1957	39.25	29.25	0	4.7
1961	39.4	28	0	4.8
1962	39.6	28.6	70	5.2
1963	39.3	27.8	0	4.5

1965	38.83	27.83	36	4.8
1965	38.8	28	0	4.8
1965	38.9	27.95	0	4.5
1966	38.55	27.35	9	4.8
1966	38.7	27.92	23	4.8
1966	39	27	49	4.6
1966	38.5	27.23	30	4.6
1966	38.96	29.29	43	4.6
1966	39.07	29.34	36	4.6
1967	38.8	27.7	0	5.1
1967	38.99	27.6	0	4.5
1968	38.81	29.11	23	5
1968	38.8	27.6	52	4.5
1968	38.6	28.7	56	4.5
1969	39.13	28.54	0	6.1
1969	39.25	28.44	37	6
1969	39.12	28.52	8	5.4
1969	39	28	0	5.3
1969	39.11	28.51	30	5.2
1969	39.2	28.4	13	5.1
1969	39.06	28.41	28	5.1
1969	39.3	28.1	52	5
1969	39.17	28.38	9	5
1969	39.13	28.45	37	5
1969	39.17	28.49	34	5
1969	39.3	28	10	4.9
1969	39.09	28.31	31	4.9
1969	38.78	28.51	40	4.9
1969	38.9	28.6	53	4.9
1969	39.12	28.6	0	4.9
1969	39.11	28.62	0	4.9
1969	39.52	27.87	21	4.8
1969	39.16	28	44	4.8
1969	39.16	28.54	49	4.8
1969	38.75	27.81	35	4.7
1969	39.33	28.1	0	4.7
1969	39.3	28.2	0	4.7
1969	39.02	28.41	43	4.7
1969	39.08	28.44	42	4.7
1969	39.3	28.7	0	4.7
1969	39.02	28.9	25	4.7

1969	39.12	28.2	51	4.6
1969	39.03	28.27	37	4.6
1969	39.15	28.49	36	4.6
1969	39.03	28.57	35	4.6
1969	39.08	28.65	20	4.6
1969	39.1	28.67	28	4.6
1969	39.17	28.7	37	4.6
1969	39.2	28	0	4.5
1969	39.17	28.32	12	4.5
1969	39	28.6	25	4.5
1969	39.15	28.6	4	4.5
1970	39.16	29.62	0	7.1
1970	39.03	29.76	18	6
1970	39.03	29.8	24	5.9
1970	39.02	29.91	31	5.7
1970	39.13	28.65	28	5.6
1970	39.34	29.32	33	5.6
1970	39.07	29.61	33	5.6
1970	39.36	29.24	26	5.5
1970	39.08	29.39	0	5.5
1970	39.19	28.54	33	5.4
1970	39.02	29.1	38	5.4
1970	38.9	29.6	41	5.4
1970	39.01	29.7	44	5.4
1970	39.06	29.74	29	5.4
1970	39.12	29.16	43	5.3
1970	39.34	29.26	16	5.3
1970	38.6	29.3	33	5.3
1970	39.02	29.77	37	5.3
1970	38.9	28.8	54	5.2
1970	39.15	29.56	31	5.2
1970	39.07	29.76	32	5.2
1970	39.4	27.9	15	5
1970	39.1	28.8	49	5
1970	39	29.1	33	5
1970	38.97	29.24	53	5
1970	38.96	29.58	33	5
1970	39.09	29.59	30	5
1970	38.9	29.9	33	5
1970	38.97	28.99	51	4.9
1970	38.7	29.2	88	4.9

1970	39.29	29.24	36	4.9
1970	39.32	29.27	35	4.9
1970	38.9	29.3	45	4.9
1970	38.86	29.4	67	4.9
1970	39.43	29.4	33	4.9
1970	39.14	29.42	22	4.9
1970	39.28	29.46	17	4.9
1970	38.97	29.52	0	4.9
1970	38.9	29.7	23	4.9
1970	39.11	29.77	9	4.9
1970	38.99	29.85	20	4.9
1970	39.01	29.85	32	4.9
1970	38.74	27.83	56	4.8
1970	39.3	28.7	25	4.8
1970	39.32	29.22	24	4.8
1970	39.37	29.3	0	4.8
1970	39.11	29.41	34	4.8
1970	39.08	29.43	48	4.8
1970	39.03	29.49	37	4.8
1970	39.13	29.53	42	4.8
1970	39.06	29.54	11	4.8
1970	39.6	29.6	33	4.8
1970	38.92	29.71	51	4.8
1970	39.01	29.72	45	4.8
1970	39.03	29.79	35	4.8
1970	39.11	29.9	0	4.8
1970	38.98	29.95	43	4.8
1970	39.26	28.5	33	4.7
1970	39.4	28.8	0	4.7
1970	39.25	28.9	33	4.7
1970	39.29	29.18	38	4.7
1970	39.2	29.2	0	4.7
1970	39.3	29.29	33	4.7
1970	39.34	29.3	28	4.7
1970	39.13	29.31	0	4.7
1970	39.31	29.31	25	4.7
1970	39.01	29.36	34	4.7
1970	39.09	29.41	27	4.7
1970	39.33	29.41	18	4.7
1970	39.23	29.42	18	4.7
1970	38.99	29.5	67	4.7

1970	39.2	29.5	0	4.7
1970	39	29.7	54	4.7
1970	39.05	29.72	35	4.7
1970	38.89	29.73	41	4.7
1970	39.14	29.8	58	4.7
1970	38.94	29.81	37	4.7
1970	38.9	29.9	0	4.7
1970	39.03	29.9	35	4.7
1970	39.08	29.9	25	4.7
1970	38.91	29.91	49	4.7
1970	38.84	29.92	23	4.7
1970	38.87	29.98	36	4.7
1970	38.93	29.98	20	4.7
1970	39.4	28	33	4.6
1970	39.06	28.6	21	4.6
1970	39.16	28.6	12	4.6
1970	39.32	29.03	15	4.6
1970	39.32	29.09	33	4.6
1970	39	29.1	0	4.6
1970	38.99	29.2	36	4.6
1970	39.01	29.2	9	4.6
1970	39.24	29.32	37	4.6
1970	39.21	29.35	30	4.6
1970	39.27	29.4	26	4.6
1970	39.16	29.41	47	4.6
1970	38.8	29.5	55	4.6
1970	39.23	29.5	50	4.6
1970	39.12	29.53	22	4.6
1970	39.11	29.57	28	4.6
1970	39.09	29.59	29	4.6
1970	38.98	29.6	59	4.6
1970	39.05	29.62	28	4.6
1970	38.8	29.7	73	4.6
1970	38.8	29.7	45	4.6
1970	38.9	29.7	0	4.6
1970	38.97	29.7	45	4.6
1970	39.27	29.7	41	4.6
1970	38.88	29.89	32	4.6
1970	38.93	29.99	37	4.6
1970	39	27.8	48	4.5
1970	38.73	28	47	4.5

1970	39.2	28.2	26	4.5
1970	39.12	28.74	37	4.5
1970	39.37	28.79	46	4.5
1970	39	28.9	64	4.5
1970	39.13	29	0	4.5
1970	39.09	29.03	23	4.5
1970	39.21	29.13	17	4.5
1970	39.34	29.13	21	4.5
1970	39.25	29.17	23	4.5
1970	39.31	29.18	0	4.5
1970	39.04	29.2	15	4.5
1970	39.29	29.2	2	4.5
1970	38.93	29.3	55	4.5
1970	39.13	29.31	22	4.5
1970	39.36	29.32	0	4.5
1970	39.41	29.32	25	4.5
1970	39.22	29.38	16	4.5
1970	39.01	29.4	18	4.5
1970	39.02	29.43	43	4.5
1970	38.92	29.44	59	4.5
1970	38.96	29.44	10	4.5
1970	39.15	29.46	43	4.5
1970	38.86	29.5	27	4.5
1970	38.95	29.5	0	4.5
1970	38.99	29.5	38	4.5
1970	39.08	29.5	42	4.5
1970	39.12	29.51	20	4.5
1970	39.36	29.51	38	4.5
1970	39.18	29.6	0	4.5
1970	39.23	29.6	59	4.5
1970	39.06	29.68	37	4.5
1970	39.11	29.68	21	4.5
1970	39.12	29.68	0	4.5
1970	39.01	29.69	41	4.5
1970	38.9	29.7	3	4.5
1970	38.92	29.7	33	4.5
1970	38.81	29.71	7	4.5
1970	38.96	29.73	55	4.5
1970	39.09	29.76	22	4.5
1970	39.01	29.77	40	4.5
1970	38.85	29.87	47	4.5

1970	38.8	29.9	33	4.5
1970	38.95	29.9	20	4.5
1970	38.86	29.94	18	4.5
1970	38.93	29.94	33	4.5
1971	39.0522	29.712	16	6.1
1971	39.0327	29.8021	41	5.3
1971	39.1948	29.361	32	5.2
1971	39.02	29.7846	16	5.2
1971	39.0242	29.6329	33	5.1
1971	39.0453	29.6854	13	5
1971	39.0397	29.7537	34	4.8
1971	38.9375	29.9244	26	4.8
1971	38.8332	29.1444	20	4.7
1971	39.1865	28.5249	5	4.6
1971	38.9064	29.0571	14	4.6
1971	39.3326	29.1185	0	4.6
1971	39.2081	29.2008	0	4.6
1971	38.7514	29.3396	0	4.6
1971	38.8663	29.9111	20	4.6
1971	39.4423	29.0362	10	4.5
1971	38.9291	29.6144	30	4.5
1971	38.8902	29.7388	33	4.5
1972	39.3226	29.4715	38	5.6
1972	39.1886	28.895	42	4.8
1972	39.1593	29.1688	20	4.7
1972	39.1624	27.9848	30	4.6
1972	39.1397	29.4383	34	4.6
1972	38.9722	29.9521	18	4.6
1973	38.8887	29.2113	5	4.9
1973	39.1658	28.3922	7	4.7
1973	39.2465	28.7278	38	4.7
1973	39.3042	29.153	0	4.6
1973	38.921	29.3862	18	4.5
1973	38.834	29.8663	30	4.5
1974	38.5522	27.2172	24	5.5
1974	38.5356	27.1865	36	4.7
1974	38.8447	29.2841	19	4.6
1974	39.1629	29.2997	16	4.6
1974	39.525	27.0129	0	4.5
1974	38.9632	27.8468	7	4.5
1975	38.7458	27.5985	9	4.7

1975	38.7524	28.3495	5	4.6
1975	39.1415	28.9968	15	4.6
1975	39.1887	28.9917	0	4.5
1976	39.4771	29.1362	40	5.2
1976	39.3312	29.0972	33	5.1
1976	39.3471	29.0294	23	5
1976	39.3388	29.275	23	4.9
1976	39.3083	29.0892	14	4.8
1976	39.2431	29.1502	12	4.8
1976	39.2108	28.1608	4	4.7
1976	39.0021	28.77	10	4.7
1976	39.2014	29.106	10	4.7
1976	39.2767	29.1649	24	4.7
1976	39.2501	29.1792	10	4.7
1976	39.3709	29.3431	3	4.7
1976	39.3504	29.364	5	4.7
1976	39.0961	28.6673	17	4.6
1976	39.1823	29.0016	11	4.6
1976	39.3668	29.0642	11	4.6
1976	39.2309	29.1616	0	4.6
1976	39.3326	29.1618	21	4.6
1976	39.2774	29.1664	27	4.6
1976	39.2585	29.1697	8	4.6
1976	39.2619	29.1835	25	4.6
1976	38.9241	27.1374	10	4.5
1976	39.2556	28.7605	10	4.5
1976	39.0574	29.0158	11	4.5
1976	39.3297	29.0539	0	4.5
1976	39.3362	29.1109	34	4.5
1976	39.3075	29.1166	20	4.5
1976	39.2575	29.1705	33	4.5
1976	39.1925	29.1958	10	4.5
1976	39.2624	29.2155	10	4.5
1976	39.3217	29.2252	2	4.5
1976	39.3226	29.3807	33	4.5
1976	39.1053	29.6101	27	4.5
1977	38.5544	27.661	20	5.3
1977	38.5371	28.462	0	5
1977	39.0129	29.622	10	4.8
1977	39.4772	27.6313	10	4.7
1977	39.363	27.9904	3	4.6

1977	39.408	28.3024	19	4.6
1977	39.3325	29.0068	7	4.6
1977	39.4807	27.383	4	4.5
1977	39.431	29.25	10	4.5
1978	38.9321	27.8959	10	4.7
1978	38.9984	27.2359	48	4.5
1980	38.7967	29.1694	0	4.7
1980	39.2307	27.7136	0	4.6
1980	39.223	28.9657	22	4.6
1980	39.2551	29.3866	6	4.6
1980	39.3662	28.1221	0	4.5
1980	39.072	28.8626	38	4.5
1980	39.1413	28.9846	35	4.5
1980	39.1028	29.3473	10	4.5
1981	39.3893	29.0557	10	4.9
1981	39.4107	27.9635	7	4.5
1981	39.0905	27.9852	2	4.5
1981	39.3309	29.12	17	4.5
1982	38.6782	26.9079	10	4.6
1982	38.7589	26.9271	10	4.6
1982	39.3247	28.2618	5	4.6
1982	38.5874	28.1832	10	4.5
1982	39.3389	28.2675	11	4.5
1982	38.5192	28.461	31	4.5
1983	39.0673	28.7053	7	4.9
1983	38.8503	29.2145	10	4.8
1983	39.4617	28.2395	10	4.7
1983	39.3344	29.3157	14	4.7
1983	39.1033	28.6752	12	4.6
1983	38.97	29.25	0	4.6
1983	38.8305	27.0718	10	4.5
1983	39.1679	29.2946	3	4.5
1984	39.2173	27.7197	10	4.5
1984	38.9127	27.8001	10	4.5
1984	39.254	27.9772	4	4.5
1984	39.5586	28.7598	7	4.5
1985	39.2865	27.7016	10	5
1985	39.0194	29.8805	36	4.8
1985	38.8017	27.8284	12	4.7
1985	38.5148	27.6934	15	4.6
1985	38.7714	27.8342	10	4.5

1986	39.4921	28.417	8	4.7
1986	39.4564	28.4385	11	4.7
1986	39.038	28.7858	10	4.7
1986	38.5862	27.0994	10	4.6
1986	39.0929	27.7526	14	4.6
1986	39.0738	27.7866	11	4.6
1986	39.4599	28.3601	9	4.6
1986	38.7517	27.7444	14	4.5
1986	39.1094	27.8389	10	4.5
1986	39.4628	28.3629	5	4.5
1986	39.0858	28.6978	10	4.5
1986	39.3612	29.0615	10	4.5
1987	39.2963	27.9151	3	4.6
1988	38.8552	26.9991	3	4.8
1988	39.59	29.42	0	4.5
1989	39.0506	29.7138	23	4.7
1990	38.591	28.0391	7	4.8
1990	39.5387	28.5276	10	4.6
1991	39.312	27.9248	13	4.7
1991	39.3284	28.1192	4	4.6
1992	38.9714	29.2104	5	4.5
1993	38.9386	29.9498	7	5
1993	39.142	28.0419	2	4.8
1993	38.8388	26.9515	21	4.6
1993	39.4198	28.3514	6	4.6
1993	39.2929	29.1153	4	4.6
1993	39.2329	29.938	10	4.6
1993	38.7853	27.5747	9	4.5
1993	39.1039	27.8308	5	4.5
1994	38.6891	27.5004	10	5.4
1994	38.8904	27.0384	6	4.6
1994	38.856	27.0017	10	4.5
1994	39.0941	27.8242	3	4.5
1994	39.2951	29.1783	6	4.5
1995	38.5064	27.0859	2	4.8
1998	39.5511	27.2958	23	5
1998	39.5911	27.4525	5	5
1999	39.328	27.982	15	5.2
1999	39.305	27.982	10	5
1999	39.088	27.905	11	4.5
2000	39.395	27.667	5	4.8

2001	39.339	27.905	7	5.1
2001	39.389	27.882	8	4.8
2001	39.32	27.9	7	4.6
2001	39.361	27.886	6	4.5
2002	38.653	27.87	27	4.9
2002	39.036	28.017	9	4.5
2003	39.0176	28.0193	8	4.9
2004	39.2144	27.7715	13	4.8
2004	39.2644	27.9677	11	4.8
2004	39.1542	29.4631	8	4.6
2005	38.8303	27.7927	14	4.9
2005	39.3846	26.9479	11	4.5
2005	39.1868	27.7347	9	4.5
2005	39.1865	27.7683	4	4.5
2006	38.9184	27.8667	2	4.5
2007	39.3348	27.7441	8	4.6
2007	38.8625	27.7726	5	4.5
2007	38.9748	29.8143	2	4.5
2008	38.9719	29.9021	1	4.7
2008	39.0476	27.8478	12	4.5
2009	39.1323	29.0536	16	5.1
2009	39.2827	27.9397	5	4.5
2010	39.156	29.208	10	4.8

3. Κατάλογος επαναπροσδιορισμένων επικέντρων

Ημερομηνία	Ώρα	Γ. Πλάτος(°)	Γ. Μήκος(°)	Βάθος (km)	M	RMS (sec)	ERH (km)	ERZ (km)
2019-05-13	01:54:06.77	39.271	27.889	4	2.1	0.1	1.2	1.3
2019-05-15	12:07:24.27	39.328	27.947	6.57	2.7	0.1	0.9	1.8
2019-05-15	18:59:24.63	39.322	27.926	9.84	2.8	0.18	2.3	3.4
2019-05-16	18:57:22.48	39.284	27.967	12.38	2.4	0.23	2.3	4.7
2019-05-21	05:24:35.24	39.127	27.643	14.79	3.3	0.15	0.7	1.6
2019-05-21	05:47:00.35	39.121	27.619	10.19	2.5	0.1	1.4	2.2
2019-05-24	17:51:52.55	39.131	27.649	16.51	2.4	0.15	0.8	2.2
2019-05-28	16:57:33.12	39.134	27.625	12.71	2.5	0.17	0.9	1
2019-06-03	18:13:09.65	39.248	27.67	18.1	3.5	0.16	3.5	4.3
2019-06-07	19:57:45.24	39.132	27.619	12.83	2.9	0.07	0.7	1.3

2019-06-07	23:39:19.69	39.298	27.674	15.15	2.5	0.18	3.8	8
2019-06-28	10:17:14.74	39.228	27.71	19.79	2.5	0.35	2.4	2.7
2019-07-17	17:18:13.32	39.026	27.518	4.59	2.8	0.39	3	1.7
2019-07-18	17:22:58.62	38.952	27.656	15.54	2.6	0.17	1.9	5.2
2019-08-07	03:02:24.28	39.294	27.547	0.02	2.8	0.39	2.1	2.2
2019-08-07	06:02:30.90	39.263	27.74	7	3.3	0.33	2	1.4
2019-08-14	06:40:27.54	38.868	27.596	4.52	2.6	0.17	1.5	1.1
2019-11-24	22:15:35.33	38.906	27.797	6.46	2.4	0.3	1.5	1.9
2019-11-25	17:22:21.57	39.281	27.746	5.96	3	0.42	3	2
2019-11-26	22:57:29.75	39.28	27.691	9.22	3.1	0.27	1.5	1.9
2019-12-10	20:14:03.46	39.4	27.912	6.68	4.8	0.22	1.2	2.4
2019-12-10	20:24:05.32	39.416	27.927	5.05	4.3	0.18	0.9	1.1
2019-12-10	20:46:19.13	39.423	27.931	11.63	4.1	0.18	1.4	3
2019-12-10	22:31:57.62	39.433	27.806	0.03	2.7	0.59	4.8	7.6
2019-12-10	23:58:49.18	39.402	27.89	6.11	3.4	0.17	1.9	1.3
2019-12-11	00:01:46.04	39.402	27.81	8.23	3.2	0.26	4.7	7.7
2019-12-11	02:11:52.52	39.425	27.93	8.75	2.9	0.33	2.2	4.5
2019-12-11	13:15:46.35	39.414	27.943	8.81	3.2	0.21	1.4	2.9
2019-12-12	00:52:00.87	39.422	27.896	7.01	2.7	0.13	2.2	16.4
2019-12-14	11:02:52.42	39.488	27.241	10.92	2.6	0.32	2	1.1
2019-12-26	01:55:32.12	39.441	27.706	26.06	3.3	0.27	1.3	4.2
2019-12-26	02:55:36.80	39.435	27.801	10.76	3	0.18	2	3.1
2019-12-30	14:32:48.52	39.101	27.948	0.05	3	0.24	1.3	1.8
2019-12-30	17:06:00.26	39.099	27.812	1.96	3.3	0.38	2.6	1.8
2019-12-30	18:50:14.92	39.06	27.719	6.07	2.8	0.14	1.9	1.4
2019-12-30	23:23:47.47	39.076	27.813	4.19	2.9	0.22	2.3	1.7
2020-01-05	08:22:49.38	39.515	27.645	8.53	2.5	0.79	6.4	3
2020-01-12	21:22:17.64	39.348	27.896	11.37	2.6	0.24	2.5	3.7
2020-01-13	00:16:12.25	39.044	27.817	4.03	2.5	0.31	1.5	1.6
2020-01-18	04:04:27.63	39.067	27.787	6.68	2.6	0.16	1.1	0.7
2020-01-19	12:50:59.41	39.068	27.849	4.51	3.1	0.2	2.3	2
2020-01-19	13:07:35.17	39.116	27.839	0.01	2.9	0.28	2.8	3.2
2020-01-19	19:22:52.31	39.215	27.606	1.06	2.7	0.42	1.9	2.3
2020-01-20	03:05:07.61	39.049	27.906	7.6	2.7	0.27	1.4	2.1
2020-01-21	20:54:16.15	38.863	27.283	10.9	2.5	0.14	1	0.7
2020-01-22	13:18:29.90	38.848	27.28	10.07	2.9	0.36	0.9	1.1
2020-01-22	13:49:07.83	38.836	27.253	11.44	2.5	0.38	1	1
2020-01-22	14:46:31.88	38.849	27.275	9.95	2.8	0.34	0.8	1
2020-01-22	16:34:28.20	38.834	27.304	15.42	2.8	0.11	0.9	1.2
2020-01-22	19:22:15.80	39.033	27.902	6.12	3.7	0.3	0.9	1.1
2020-01-22	19:25:13.57	39.087	27.882	0.1	2.5	0.64	1.6	2.3

2020-01-22	19:28:17.19	39.03	27.852	2.82	2.8	0.51	2.5	2.2
2020-01-22	19:34:12.50	39.098	27.866	0.02	5.2	0.23	1.2	1.4
2020-01-22	19:34:12.98	39.05	27.804	1.05	2.7	0.39	1.3	2.1
2020-01-22	19:41:10.90	39.05	27.874	0.06	2.6	0.38	2	2.1
2020-01-22	19:46:41.04	39.052	27.829	5.29	3.4	0.25	1.3	0.9
2020-01-22	19:48:31.11	39.092	27.824	5.85	3.6	0.37	1.2	1
2020-01-22	19:50:53.40	39.027	27.894	2.91	3.7	0.33	1.8	1.2
2020-01-22	19:57:30.40	39.031	27.815	5.36	2.8	0.3	1.5	1.2
2020-01-22	20:00:27.40	39.056	27.713	8.29	3.7	0.39	1.6	3.2
2020-01-22	20:03:17.89	39.037	27.899	0.16	3.4	0.46	3.1	3.1
2020-01-22	20:06:51.79	39.031	27.954	10.72	3.1	0.39	1.8	1.5
2020-01-22	20:09:37.77	39.004	27.704	0.03	2.6	0.44	1.7	2.6
2020-01-22	20:14:20.19	39.071	27.888	0.05	2.8	0.56	1.5	2.1
2020-01-22	20:15:55.13	39.055	27.689	0.11	2.8	0.43	1.3	1.9
2020-01-22	20:17:38.65	39.038	27.881	7	4	0.35	0.9	0.9
2020-01-22	20:20:33.89	39.035	27.874	12.05	3.5	0.26	0.8	0.8
2020-01-22	20:28:57.69	39.058	27.716	10.91	2.5	0.52	2.5	2.8
2020-01-22	20:31:51.70	39.061	27.75	5.07	3.7	0.2	0.6	0.7
2020-01-22	20:37:34.99	39.048	27.828	5.98	2.9	0.33	1	1.2
2020-01-22	20:40:33.41	39.063	27.88	8.27	2.6	0.28	0.7	0.9
2020-01-22	20:42:56.97	38.958	27.687	7.38	2.4	0.26	2	1.9
2020-01-22	20:47:37.70	39.139	27.778	5.54	2.5	0.27	1.4	1.4
2020-01-22	20:53:35.61	39.031	27.848	6.28	2.5	0.34	1.5	2.3
2020-01-22	20:57:37.20	39.067	27.856	2.9	3	0.3	1.2	1.3
2020-01-22	20:58:56.01	39.069	27.886	5.91	2.6	0.35	1.5	2.3
2020-01-22	21:06:50.76	39.15	27.838	3.12	4.2	0.34	2.1	1.7
2020-01-22	21:09:32.02	39.096	27.794	4.29	2.5	0.16	2.3	1.7
2020-01-22	21:14:56.59	39.101	27.792	0.28	2.8	0.4	2.3	2.4
2020-01-22	21:24:08.21	39.028	27.858	11.44	3.4	0.26	0.9	1
2020-01-22	21:26:50.11	39.031	27.856	7.16	2.9	0.19	1	1.4
2020-01-22	21:30:11.32	39.074	27.892	5.1	2.6	0.43	2.2	3.6
2020-01-22	21:34:34.22	39.076	27.882	11.55	3	0.39	1.8	2.4
2020-01-22	21:38:36.48	39.093	27.784	4.52	2.7	0.39	1.9	1.8
2020-01-22	21:39:48.34	39.016	27.877	7.81	2.7	0.25	1.7	2.3
2020-01-22	21:41:42.53	39.073	27.822	0.16	2.7	0.3	2	3.2
2020-01-22	21:46:51.32	39.118	28.013	19.13	2.5	0.26	7.6	13.2
2020-01-22	21:52:04.22	39.05	27.865	15.3	3	0.23	1.7	3.1
2020-01-22	22:06:26.48	39.011	27.849	10.29	3	0.51	1.9	2.6
2020-01-22	22:19:28.34	39.022	27.71	5	3.5	0.35	1.6	1.5
2020-01-22	22:29:19.88	39.049	27.847	7.06	2.3	0.45	1.8	2.6
2020-01-22	22:39:18.10	39.076	27.903	1.24	2.5	0.52	1.9	2.7

2020-01-22	22:44:49.70	39.074	27.839	7.62	2.5	0.62	2.9	3.9
2020-01-22	22:45:49.07	39.092	27.781	1.48	3.7	0.44	1.7	2.9
2020-01-22	22:56:20.76	39.123	27.392	0.14	3	1.4	6.7	9
2020-01-22	23:04:49.91	39.11	27.894	0.05	3.3	0.56	2	2.8
2020-01-22	23:14:13.08	39.089	27.736	7.71	3.1	0.36	2.2	1.7
2020-01-22	23:22:18.17	39.064	27.799	11.07	4	0.31	1.4	1.6
2020-01-22	23:38:11.45	39	27.76	5.33	3.2	0.27	1.7	1.1
2020-01-22	23:52:57.10	39.039	27.795	14.85	2.4	0.37	1.7	3.1
2020-01-22	23:54:30.62	39.165	28.267	29.37	2.5	0.26	7.2	9.8
2020-01-22	23:58:54.16	39.129	27.897	6.24	2.4	0.43	4.3	3.8
2020-01-23	00:07:45.77	39.05	27.837	11.91	3.4	0.19	1	1.4
2020-01-23	00:09:01.01	39.103	27.781	0	3.3	0.55	2.5	3.5
2020-01-23	00:18:55.60	39.122	27.734	4.18	2.8	0.19	1.6	1.3
2020-01-23	00:20:25.43	39.011	27.813	13.75	3.8	0.21	1.1	2
2020-01-23	00:27:00.26	39.091	27.709	6.38	2.4	0.26	2.2	1.4
2020-01-23	00:27:54.60	39.032	27.729	8.82	2.3	0.27	2	2.4
2020-01-23	00:45:24.87	38.997	27.864	21.63	2.7	0.19	0.8	1.3
2020-01-23	01:00:18.63	39.025	27.878	18.47	4.2	0.13	1	2
2020-01-23	01:02:35.21	39.021	27.932	0.12	2.7	0.49	2.4	4
2020-01-23	01:09:52.01	39.015	27.841	4.3	2.7	0.07	0.7	1
2020-01-23	02:13:27.60	39.022	27.83	10.49	2.3	0.22	0.9	1.1
2020-01-23	02:24:25.00	39.016	27.854	6.57	3.1	0.35	1.6	2.1
2020-01-23	03:05:32.68	39.068	27.711	9.91	2.4	0.22	2.2	1.6
2020-01-23	03:20:05.79	39.023	27.823	11.42	2.7	0.21	1.3	1.5
2020-01-23	04:02:53.34	38.849	27.306	13.63	2.4	0.15	1.4	1.2
2020-01-23	04:26:41.20	38.985	27.843	11.45	3.2	0.53	2.2	3.1
2020-01-23	04:32:43.82	39.097	27.837	7.75	3	0.12	1	1.1
2020-01-23	04:42:51.51	39.076	27.707	10.17	3.2	0.13	1.2	1.3
2020-01-23	05:02:16.79	39.083	27.883	20.81	3.7	0.22	1.9	1.7
2020-01-23	05:11:19.15	39.06	27.747	7.37	2.6	0.13	1.4	1.5
2020-01-23	05:16:07.90	39.105	27.777	6.52	2.5	0.19	1.9	1.2
2020-01-23	05:23:39.16	39.058	27.791	6.49	2.5	0.21	1.6	1
2020-01-23	05:34:55.33	39.089	27.811	4.75	3	0.09	1.2	1.1
2020-01-23	05:36:32.20	39.006	27.836	15.62	2	0.15	0.9	1.8
2020-01-23	05:39:51.55	39.079	27.875	8.58	2.7	0.11	0.8	1.1
2020-01-23	06:50:54.60	39.038	27.742	7.69	4.1	0.12	2.3	1.7
2020-01-23	06:59:30.36	39.079	27.85	7	3.5	0.41	1.9	2.3
2020-01-23	07:20:20.95	39.109	27.834	4.45	2.8	0.06	1	1.2
2020-01-23	07:26:08.20	39.031	27.829	3.15	2.4	0.32	2.9	2
2020-01-23	07:40:40.65	39.033	27.883	15.42	3	0.19	5.6	7.4
2020-01-23	08:26:35.20	39.042	27.878	10.02	3.4	0.17	0.9	1.4

2020-01-23	08:34:45.51	38.981	27.84	7	2.8	0.17	1.8	18.5
2020-01-23	08:46:16.18	39.048	27.735	6.5	2.7	0.1	1.1	0.8
2020-01-23	09:22:22.31	39.029	27.682	10.81	2.7	0.14	1.2	0.9
2020-01-23	10:06:50.91	38.977	27.861	13.32	2.6	0.18	1.1	2.6
2020-01-23	10:33:27.91	39.068	27.828	0.03	2.7	0.39	2	2.6
2020-01-23	10:38:01.56	39.062	27.758	6.58	2.9	0.12	2.2	1.7
2020-01-23	10:53:03.56	39.051	27.901	0.41	2.5	0.47	2.3	3.8
2020-01-23	11:18:52.67	39.011	27.892	3.72	2.9	0.2	2.6	2.6
2020-01-23	11:43:41.32	39.066	27.823	7.44	3	0.27	1.4	2.4
2020-01-23	13:09:19.05	38.942	27.822	0.01	2.9	0.45	2.5	1.8
2020-01-23	13:48:54.52	39.075	27.737	7.14	3	0.19	1.6	1.1
2020-01-23	14:22:03.83	38.939	27.76	0.28	3	0.73	3.1	3.8
2020-01-23	16:47:51.50	39.039	27.798	5.59	3.1	0.36	1.8	1.9
2020-01-23	17:07:08.72	39.021	27.869	0.03	2.5	0.56	2.6	3.6
2020-01-23	17:28:44.69	39.08	27.749	4.24	3.2	0.55	2.2	2
2020-01-23	18:09:34.91	39.113	27.703	5.4	3.7	0.26	1.9	1.3
2020-01-23	18:40:20.34	39.062	27.692	6.37	2.4	0.32	1.5	1.3
2020-01-23	19:08:09.35	39.053	27.82	15.07	3.3	0.29	2.4	3.4
2020-01-23	19:16:13.71	39.107	27.752	5.08	3	0.39	2	1.3
2020-01-23	19:30:39.93	39.072	27.667	7.1	2.8	0.23	1.1	1.2
2020-01-23	19:38:53.04	38.887	27.359	7.94	3.3	0.17	1.9	0.9
2020-01-23	19:47:20.99	39.05	27.786	2.69	3.1	0.33	1.5	1.3
2020-01-23	19:53:52.74	39.048	27.781	4.4	2.8	0.23	1.8	1.6
2020-01-23	20:36:15.93	39.097	27.805	2.67	3.1	0.23	1.5	1.5
2020-01-23	21:09:42.00	39.058	27.668	7.18	3	0.31	3.2	1.6
2020-01-23	21:25:52.09	39.046	27.893	5.09	2.7	0.23	1	1.3
2020-01-23	21:58:26.87	39.05	27.838	5.62	2.7	0.24	1.4	2.1
2020-01-23	22:06:16.18	38.864	27.31	10.54	2.9	0.27	1.6	1.1
2020-01-23	22:37:44.01	39.045	27.785	4.98	2.7	0.33	1.5	1.1
2020-01-23	22:58:06.35	39.056	27.817	2.16	2.7	0.41	1.9	1.4
2020-01-23	23:06:10.12	39.073	27.865	0.03	2.6	0.45	2.3	2.8
2020-01-23	23:25:05.16	39.117	27.833	0.12	2.7	0.47	1.5	2.2
2020-01-23	23:31:21.35	39.129	27.778	0.05	3	0.56	2.4	2.4
2020-01-23	23:38:21.47	39.12	27.789	2.53	2.7	0.37	1.3	1.2
2020-01-24	00:35:54.60	39.073	28.29	24.51		0.26	5.4	9.9
2020-01-24	00:43:05.53	39.076	27.684	4.04	2.4	0.12	2.9	4.2
2020-01-24	00:44:12.01	39.014	27.635	6.12	2.6	0.33	2.4	3.3
2020-01-24	00:53:09.07	39.121	27.742	10.55	2.5	0.21	1.8	2.7
2020-01-24	01:28:22.21	38.986	27.858	6.82	3.2	0.25	0.9	1.1
2020-01-24	01:55:28.32	39.062	27.637	13.17	3.1	0.32	1.4	1.8
2020-01-24	02:26:24.84	39.079	27.861	7.84	3.3	0.24	1	1.1

2020-01-24	02:44:33.85	39.028	27.758	6.48	3	0.27	1.2	0.8
2020-01-24	03:04:37.88	39.048	27.804	4.56	2.4	0.29	0.9	1
2020-01-24	03:08:19.62	39.054	27.847	13.59	2.6	0.23	1	1.8
2020-01-24	05:37:43.34	39.001	27.855	12.02	2.5	0.28	1.2	1.4
2020-01-24	07:07:05.14	39.088	27.787	7.45	2.5	0.22	1.1	1.3
2020-01-24	07:59:38.85	38.965	27.94	5.18	2.5	0.46	1.5	2.1
2020-01-24	08:09:21.63	39.009	27.762	5.68	2.4	0.25	1.4	0.9
2020-01-24	08:24:43.96	39.031	27.878	7.18	2.9	0.42	1.6	1.8
2020-01-24	09:58:06.06	39.007	27.9	5.15	2.8	0.31	1.2	1.9
2020-01-24	11:59:46.20	39.036	27.84	4.7	2.6	0.24	1.5	0.9
2020-01-24	12:05:56.23	39.067	27.794	6.12	3.8	0.32	2.4	1.5
2020-01-24	12:07:20.80	38.981	27.949	15	2.5	0.13	1.8	2.5
2020-01-24	13:58:27.76	39.033	27.564	6.85	2.5	0.07	2.2	0.8
2020-01-24	16:01:56.55	39.069	27.733	7.66	2.8	0.3	1.8	1.8
2020-01-24	17:25:47.48	39.008	27.886	10.57	2.5	0.17	0.8	0.9
2020-01-24	17:40:55.48	39.009	27.794	6.77	3	0.14	0.9	1.2
2020-01-24	20:25:04.43	39.029	27.865	3.16	3.1	0.24	2.2	1.6
2020-01-24	21:01:02.48	39.037	27.752	7.26	2.5	0.26	1.2	1.4
2020-01-24	21:02:51.12	39.005	27.815	9.71	2.6	0.27	0.9	1
2020-01-24	21:16:14.30	39.035	27.845	9.09	2.8	0.29	1	1.2
2020-01-24	21:20:24.77	39.035	27.861	8.04	3	0.23	1.1	1.2
2020-01-24	21:22:13.45	39.046	27.865	11.62	3	0.23	0.9	1
2020-01-24	21:28:19.71	39.02	27.779	7.11	2.5	0.41	1.6	1.8
2020-01-24	23:04:50.68	38.996	27.844	10.78	2.9	0.19	0.8	0.9
2020-01-24	23:25:57.28	38.993	27.823	8.94	2.5	0.17	0.6	0.6
2020-01-25	02:15:17.43	39.075	27.915	2.99	2.6	0.2	1.2	0.8
2020-01-25	02:15:21.77	38.929	27.607	2.91	2.7	0.35	1.5	1.1
2020-01-25	02:21:34.28	38.993	27.806	9.13	3.5	0.27	1.2	1.2
2020-01-25	05:41:33.33	38.974	27.891	7.97	2.6	0.18	0.9	1.1
2020-01-25	07:12:19.13	39.06	27.809	10.2	2.6	0.12	1.8	1.2
2020-01-25	07:14:56.54	39.02	27.802	11.8	2.5	0.15	0.7	0.8
2020-01-25	08:06:05.27	39.04	27.736	6.99	2.6	0.22	1.4	0.9
2020-01-25	08:24:44.52	39.013	27.821	6.61	2.6	0.27	1.2	1.2
2020-01-25	10:34:24.71	39.076	27.69	9.25	2.7	0.25	1.6	1.3
2020-01-25	11:55:43.63	38.979	27.852	11.71	2.5	0.2	1.1	1.3
2020-01-25	14:01:39.46	39.028	27.792	6.33	3.1	0.13	1.3	0.8
2020-01-25	14:22:26.20	39.01	27.899	8.06	3.1	0.18	0.9	1.1
2020-01-25	17:34:58.71	39.01	27.849	5.64	3.3	0.39	2	1.9
2020-01-25	17:49:48.62	39.016	27.824	8.73	3.3	0.27	1	1.1
2020-01-25	18:29:14.53	39.009	27.812	12.59	2.6	0.15	2.2	1.4
2020-01-25	19:49:00.23	39.001	27.844	7.82	3.2	0.23	1	0.8

2020-01-25	19:51:38.33	39.086	27.661	8.84	2.8	0.31	2	1.4
2020-01-25	21:08:47.72	39.049	27.705	4.48	2.9	0.45	2.2	1.6
2020-01-25	21:56:30.19	39.02	27.808	7.08	2.7	0.28	1	1.2
2020-01-25	22:11:42.46	39.002	27.861	9.25	2.9	0.28	1.1	1.3
2020-01-25	22:23:01.80	39.025	27.774	5.17	2.5	0.26	1.3	0.8
2020-01-25	22:38:03.50	39.035	27.766	6.69	3.9	0.27	1.4	1
2020-01-25	22:38:36.32	39.021	27.527	4.8	3.5	0.09	1.2	0.8
2020-01-26	01:33:08.84	39.006	27.85	7.77	2.6	0.38	1.5	1.9
2020-01-26	02:18:40.14	39.08	27.725	6.44	2.7	0.24	1.3	1
2020-01-26	05:31:24.83	38.991	27.829	9.68	2.5	0.24	0.9	1
2020-01-26	06:14:02.34	39.093	27.873	1.64	2.7	0.4	1.5	1.4
2020-01-26	08:26:58.27	39.029	27.833	16.1	3.2	0.25	1.2	2.5
2020-01-26	10:31:48.23	39.03	27.828	9.89	2.7	0.24	0.8	1.1
2020-01-26	12:18:26.17	39.038	27.794	5.76	2.9	0.28	2.3	1.7
2020-01-26	14:15:41.59	39.01	27.761	5.6	3.3	0.24	1.5	0.9
2020-01-26	14:23:11.57	39.046	27.793	13.32	2.9	0.17	5.2	5.9
2020-01-26	14:58:20.25	39.034	27.99	39.24	2.5	0.49	3.9	31.9
2020-01-26	15:06:02.03	39.076	27.795	5.72	3.3	0.26	1.5	1
2020-01-26	20:34:02.97	39.046	27.78	6.42	2.5	0.22	1.2	1.2
2020-01-27	00:20:38.95	39.127	27.702	5.68	3.2	0.38	2	1.9
2020-01-27	00:24:40.98	39.038	27.09	12.93	3.4	0.28	1.1	1.4
2020-01-27	00:59:56.09	39.133	27.691	6.09	2.6	0.36	2.1	1.4
2020-01-27	01:39:59.35	39.002	27.831	5.64	2.8	0.21	1.2	1.8
2020-01-27	05:38:08.82	39.038	27.848	11.38	2.4	0.27	1.3	1.8
2020-01-27	07:54:39.45	39.073	27.833	9.15	2.3	0.12	1.4	1.9
2020-01-27	09:59:57.02	39.09	27.785	0.07	2.5	0.41	2.5	2.3
2020-01-27	11:18:52.71	39.09	27.725	8.57	2.5	0.39	2.8	3.3
2020-01-27	12:15:10.12	39.06	27.804	7.13	2.6	0.17	1	1.3
2020-01-27	13:28:21.90	39.047	27.715	7.95	2.5	0.4	2.7	3.2
2020-01-27	19:24:34.25	39.084	27.744	7.62	3.1	0.34	1.8	2
2020-01-27	23:21:10.74	39.048	27.815	8.23	2.8	0.31	1.2	1.5
2020-01-27	23:46:59.65	39.06	27.787	6.68	2.5	0.1	1.2	1.2
2020-01-28	03:01:15.29	39.008	27.842	10.96	2.9	0.28	1.4	2.2
2020-01-28	07:02:55.67	39.018	27.786	5.46	3	0.18	4.1	1.9
2020-01-28	08:36:34.61	39.016	27.763	11.22	3	0.12	1.1	1.2
2020-01-28	09:54:12.32	39.012	27.781	10.41	2.7	0.11	1	1
2020-01-28	11:26:15.41	39.068	27.87	20.47	2.8	0.12	0.6	0.9
2020-01-28	11:33:49.53	39.008	27.573	1.66	2.5	0.14	1.3	0.8
2020-01-28	11:45:34.93	39.095	27.86	8.23	3.3	0.13	0.8	1.2
2020-01-28	12:00:30.65	39.069	27.701	6.56	2.8	0.26	2	1.8
2020-01-28	12:08:35.62	39.08	27.743	7.99	2.3	0.13	1.1	1.4

2020-01-28	12:38:33.10	39.114	27.791	3.24	3.3	0.19	1.2	0.9
2020-01-28	12:47:16.44	39.099	27.794	5.55	2.9	0.16	1	0.8
2020-01-28	13:17:05.10	39.044	27.459	0.09	3	0.33	1.7	3.4
2020-01-28	13:47:56.98	39.087	27.816	2.07	5	0.31	0.9	1.3
2020-01-28	14:08:51.28	39.104	27.778	4.59	2.7	0.18	1	0.9
2020-01-28	14:37:44.93	39.046	27.662	7.54	3.4	0.28	1.1	1.2
2020-01-28	14:45:40.55	39.074	27.778	11.79	3.5	0.22	1	0.9
2020-01-28	14:50:12.64	39.116	27.811	4	2.8	0.28	2	1.1
2020-01-28	14:53:51.75	39.056	27.86	11.03	2.8	0.26	1	1.3
2020-01-28	14:58:08.10	39.066	27.846	10.48	2.5	0.43	1.8	2.5
2020-01-28	15:20:12.66	39.093	27.766	6.82	2.6	0.04	1	0.6
2020-01-28	16:04:04.56	39.058	27.8	4.87	2.6	0.2	1	0.8
2020-01-28	20:10:26.65	39.023	27.884	4.74	2.7	0.35	1.2	1.5
2020-01-28	20:25:44.65	39.03	27.742	5.58	2.8	0.26	1.5	1.1
2020-01-28	21:02:15.62	39.005	27.781	4.92	2.5	0.36	1.9	1.4
2020-01-28	21:24:42.94	39.08	27.767	3.81	2.6	0.34	1.7	1.3
2020-01-28	22:28:41.44	39.076	27.703	6.89	3.8	0.21	1.3	1
2020-01-29	00:47:00.52	39.062	27.846	5.29	3	0.3	1.2	1.4
2020-01-29	03:38:25.70	38.995	27.838	6.83	2.5	0.37	1.5	1.8
2020-01-29	04:27:27.35	39.087	27.876	0.32	2.9	0.37	1.4	2.2
2020-01-29	10:20:21.81	39.108	27.799	0.04	4.2	0.25	1	1.7
2020-01-29	10:23:42.87	38.998	27.841	11.04	2.8	0.23	1.2	1.3
2020-01-29	11:14:48.07	39.093	27.837	5.06	2.5	0.33	1.1	1.1
2020-01-29	12:28:25.54	39.108	27.77	5.03	2.5	0.25	2.3	1.4
2020-01-29	14:04:38.58	39.136	27.769	6.36	2.5	0.23	3.2	1.9
2020-01-29	14:05:49.18	39.081	27.639	8.65	2.7	0.29	3.1	1.4
2020-01-29	14:24:21.10	39.116	27.687	8.78	2.7	0.19	2.7	1.4
2020-01-29	18:36:50.48	39.043	27.776	6.33	2.7	0.21	1.3	1.1
2020-01-29	19:00:00.31	39.121	27.725	7.61	2.6	0.27	1.7	1.2
2020-01-29	20:26:16.97	39.072	27.841	13.38	3	0.16	1.2	2.9
2020-01-29	22:41:11.04	39.028	27.741	7.59	2.6	0.23	1.8	1.5
2020-01-30	02:40:21.09	39.031	27.679	4.31	2.6	0.28	1.5	1.1
2020-01-30	04:28:37.86	39.117	27.767	5.64	2.6	0.26	1.3	1.1
2020-01-30	04:35:10.53	39.049	27.775	4.25	2.6	0.3	1.4	0.8
2020-01-30	05:36:11.46	39.028	27.804	4.16	2.5	0.23	1.5	1.1
2020-01-30	05:41:57.56	39.032	27.817	3.91	3	0.26	1.5	1
2020-01-30	08:29:15.32	39.093	27.803	5.94	2.5	0.07	1	0.6
2020-01-30	13:18:49.02	38.922	27.777	12.66	2.6	0.2	3.1	1.9
2020-01-30	13:52:48.99	39.102	27.891	0.08	2.4	0.51	2	3.2
2020-01-30	14:03:55.78	39.092	27.835	6.52	2.7	0.32	1.2	1.6
2020-01-30	18:56:49.11	39.029	27.812	8.62	3.7	0.33	2.2	2.1

2020-01-30	22:50:15.43	39.055	27.855	0.02	3.1	0.44	1.8	2.8
2020-01-31	08:23:33.04	39.052	27.983	0.07	2.5	1.04	3.6	5.2
2020-01-31	13:43:32.18	38.896	27.868	14.55	2.5	0.41	12	13.4
2020-02-01	03:40:14.87	39.089	27.837	0.07	2.7	0.26	2.4	1.4
2020-02-01	11:53:36.11	39.077	27.751	9.54	2.9	0.35	1.5	1.4
2020-02-01	12:46:04.60	39.09	27.905	6.7	3.6	0.2	1	1.2
2020-02-02	00:23:48.66	38.998	27.842	8.88	2.7	0.47	1.1	1.3
2020-02-02	00:29:36.96	39.011	27.855	6.75	2.6	0.3	1.3	1.9
2020-02-02	00:32:49.57	39.03	27.811	0.02	3.2	0.36	1.6	2.3
2020-02-02	00:34:07.83	39.022	27.795	3.9	2.4	0.43	2.1	1.5
2020-02-02	02:55:25.65	39.056	27.641	3.67	2.5	0.38	2.5	2
2020-02-02	03:17:55.90	39.119	27.753	0.02	2.8	0.37	1.8	2.2
2020-02-02	03:25:42.66	39.083	27.872	7.18	2.8	0.4	1.4	1.7
2020-02-02	06:26:13.98	39.082	27.828	12.04	4.3	0.33	1.3	1.6
2020-02-02	12:39:05.97	39.086	27.716	6.75	2.4	0.36	2.6	1.4
2020-02-02	13:04:42.40	38.998	27.756	4.86	2.5	0.31	2.2	1.4
2020-02-02	19:01:50.43	39.02	27.869	0.31	2.9	0.36	1.7	1.7
2020-02-02	20:28:54.33	38.991	27.909	5.59	2.4	0.17	0.8	0.9
2020-02-02	20:40:16.53	39.024	27.705	6.55	3	0.48	1.9	1.9
2020-02-02	21:02:33.01	38.975	27.862	2.68	3.8	0.29	1	0.8
2020-02-02	23:40:38.66	39.016	27.858	0.03	3.4	0.33	1.4	1.6
2020-02-03	01:29:55.57	39.058	27.892	0.03	2.5	0.45	2.9	2.1
2020-02-03	04:03:19.84	38.996	27.891	6.77	2.7	0.47	1.7	2
2020-02-03	04:41:01.87	38.995	27.857	6.03	2.8	0.32	1.4	1.7
2020-02-03	04:47:28.09	39.055	27.876	6.62	2.7	0.22	1.1	1.5
2020-02-03	12:43:54.61	39.143	27.76	4.05	2.5	0.14	1.3	0.8
2020-02-03	14:46:26.75	39.143	27.761	0.08	3.6	0.12	1.8	1
2020-02-03	17:16:46.26	39.005	27.699	7.58	2.9	0.08	1.1	0.6
2020-02-03	17:20:34.49	39.006	27.744	7.3	2.4	0.1	1.3	1.6
2020-02-03	18:45:01.09	38.994	27.804	5.18	2.8	0.2	1.4	1.2
2020-02-03	19:12:54.30	39.09	27.699	7.28	2.7	0.17	3.7	1.6
2020-02-03	19:45:15.78	39.021	27.768	10.71	2.7	0.14	1.2	1.3
2020-02-03	21:18:04.58	38.973	27.856	7	2.3	0.27	1.2	1.5
2020-02-03	21:36:42.94	39.128	27.754	6.45	2.4	0.21	1.5	1
2020-02-03	23:40:35.59	38.977	27.823	5.41	2.6	0.12	1.6	1.2
2020-02-03	23:42:43.36	39.114	27.766	4.41	2.4	0.15	1.1	0.9
2020-02-04	00:06:40.06	38.972	27.893	6.12	2.8	0.23	1.3	1.7
2020-02-04	01:27:29.49	38.977	27.879	8.61	2.5	0.3	1.3	1.9
2020-02-04	01:30:09.90	39.004	27.873	5.73	2.7	0.3	1.3	1.9
2020-02-04	01:32:47.62	39.016	27.743	4.66	3.6	0.3	2.1	1.2
2020-02-04	02:26:54.27	38.97	27.837	8.56	2.2	0.27	1.2	1.5

2020-02-04	02:38:22.81	39.005	27.792	5.74	2.4	0.27	1.2	1
2020-02-04	03:14:46.42	39.053	27.804	12.52	2.4	0.25	1.3	1.4
2020-02-04	08:18:38.51	39.097	27.775	9.04	3.2	0.19	5.7	7.8
2020-02-04	08:43:16.16	38.991	27.859	2.69	3.7	0.33	1.4	1.4
2020-02-04	10:17:10.90	39.007	27.766	5.97	3.2	0.16	1.7	1.1
2020-02-04	14:57:48.16	39.032	27.806	3.16	2.6	0.32	2.7	2.2
2020-02-04	15:07:15.86	39.085	27.804	0.25	2.4	0.39	1.8	2.9
2020-02-04	15:41:37.94	39.093	27.785	8.29	3.2	0.16	0.9	1.1
2020-02-04	16:33:03.02	39.101	27.792	7.48	3.2	0.19	1.4	1.6
2020-02-04	16:47:09.94	38.971	27.89	7.29	2.8	0.24	0.8	1.2
2020-02-04	17:55:25.19	38.965	27.808	7.14	3.8	0.34	1.1	1.4
2020-02-04	18:41:45.02	38.994	27.903	0.03	3.2	0.33	1.4	2.1
2020-02-04	18:44:48.33	39.028	27.817	4.97	2.7	0.09	1	1.1
2020-02-04	18:52:04.90	38.991	27.78	4.29	2.9	0.34	2.4	2.5
2020-02-04	19:13:04.50	38.98	27.638	8.81	3.7	0.18	2.1	1.9
2020-02-04	20:38:42.63	39.053	27.754	7.12	3.4	0.25	1	1.6
2020-02-04	20:43:13.54	38.981	27.922	0.99	4.4	0.33	2.5	3.1
2020-02-04	22:21:14.02	39.116	27.59	7.97	4.8	0.14	2.9	2.2
2020-02-05	16:32:58.47	39.126	27.694	3.03	2.8	0.15	1.1	0.8
2020-02-05	16:38:59.86	39.067	27.615	2.9	3.5	0.11	2.2	1.7
2020-02-05	22:17:54.62	39.027	27.709	7.63	3	0.29	1.9	1.4
2020-02-05	22:25:04.14	39.189	27.781	0.02	2.6	0.16	0.9	1.2
2020-02-05	23:11:13.76	39.044	27.857	0.11	3.2	0.29	1.7	2
2020-02-06	02:10:38.96	39.093	27.821	16.38	2.8	0.32	2.2	4.7
2020-02-06	23:54:07.22	39.065	27.659	6.36	2.8	0.15	2.4	2
2020-02-07	00:53:04.53	38.993	27.851	11.96	3.3	0.54	2.1	4.1
2020-02-07	02:48:04.70	39.139	27.711	7.63	2.6	0.43	2.1	2.2
2020-02-07	06:31:34.19	39.026	27.936	4.41	3	0.22	1.6	1.2
2020-02-07	07:32:18.17	38.983	27.863	11.2	2.5	0.44	1.7	1.9
2020-02-07	08:06:55.63	38.984	27.871	8.48	2.6	0.49	1.5	1.7
2020-02-07	13:03:07.22	39.078	27.717	11.95	3.4	0.36	5.2	4.6
2020-02-07	13:57:06.73	39.048	27.722	12.72	2.8	0.34	3.1	5.3
2020-02-08	01:45:15.80	39.091	27.86	7.01	2.7	0.13	2.5	16.5
2020-02-08	14:54:22.30	39.179	27.907	0.11	2.5	0.12	2	3.7
2020-02-08	17:43:40.66	39.021	27.96	13.09	3.8	0.06	1.5	4.1
2020-02-08	17:59:56.69	39.099	27.826	1.24	3.4	0.2	3.7	4.4
2020-02-08	19:56:23.85	39.037	27.812	6.25	3	0.25	3	2.3
2020-02-08	22:05:07.85	38.995	27.903	4.21	3	0.1	1.2	1
2020-02-09	03:45:46.60	39.162	27.73	5.84	2.8	0.18	4.5	3.6
2020-02-09	05:30:04.98	39.132	27.68	22.1	2.6	0.21	5.5	21.3
2020-02-09	09:22:45.73	38.964	27.961	0.03	2.5	0.17	5.4	5.4

2020-02-09	10:53:31.58	39.072	27.97	0.03	2.5	0.2	3.8	4
2020-02-10	11:37:40.46	39.099	27.807	5.89	2.7	0.35	3.7	3.3
2020-02-10	12:31:21.73	39.027	27.892	5.3	2.4	0.21	1.2	1.2
2020-02-10	17:40:46.19	38.955	27.809	9.03	2.5	0.25	1.1	1.4
2020-02-11	03:03:07.70	38.973	27.866	11.25	2.6	0.21	1	2.5
2020-02-11	13:16:41.20	39.036	27.81	7.63	2.6	0.33	1.6	1.4
2020-02-11	13:34:32.61	39.036	27.847	9.32	2.8	0.13	2.6	1.8
2020-02-11	14:06:22.94	39.124	27.727	8.31	2.8	0.54	2.8	2.3
2020-02-12	02:57:44.48	39.128	27.666	8.61	2.9	0.3	2	1.2
2020-02-12	03:08:42.42	39.114	27.698	9.48	2.9	0.25	2.2	2.1
2020-02-12	06:28:09.57	39.006	27.756	7.61	2.5	0.18	1.5	1.5
2020-02-12	08:51:45.93	39.133	27.707	0.02	2.4	0.46	4.6	3.6
2020-02-12	16:11:37.98	39.066	27.899	7.12	3.2	0.2	1.2	1.5
2020-02-12	16:14:29.96	39.01	27.749	7.64	2.5	0.1	1.2	1.4
2020-02-13	04:46:26.62	39.072	27.784	3.99	2.5	0.29	2.3	1.9
2020-02-13	10:43:02.08	38.959	27.867	3.36	2.5	0.21	1.2	1.5
2020-02-15	01:59:19.27	39.073	27.757	6.38	2.5	0.18	0.8	0.7
2020-02-15	18:08:06.64	39.163	27.826	0.37	3.5	0.2	1.1	1.5
2020-02-17	01:41:05.90	39.029	27.772	4.43	2.5	0.42	1.6	1.5
2020-02-18	02:38:16.30	38.992	27.82	11.01	2.7	0.17	0.9	1.3
2020-02-18	02:44:49.19	38.972	27.847	11.33	2.5	0.25	1.1	1.4
2020-02-18	02:55:45.91	38.97	27.864	12.79	2.9	0.17	0.9	1.3
2020-02-18	03:02:34.47	39.024	27.759	5.28	2.5	0.26	2.1	1.5
2020-02-18	16:09:24.55	39.046	27.8	20.39	3.1	0.37	1.2	2
2020-02-18	16:17:02.60	39.143	27.75	6.85	2.5	0.3	3.4	2.8
2020-02-18	16:27:42.47	39.104	27.727	8.29	5	0.14	1.2	1.6
2020-02-18	16:45:20.91	39.023	27.765	21.18	2.6	0.3	1.4	2.1
2020-02-18	16:52:42.50	39.111	27.722	6.82	2.8	0.28	1.7	1.2
2020-02-18	16:59:43.13	39.13	27.738	6.56	3.5	0.17	1	1
2020-02-18	17:01:05.48	39.093	27.634	9.16	3	0.14	2.1	1.2
2020-02-18	17:08:03.76	39.064	27.847	22.03	2.8	0.38	2.2	3.5
2020-02-18	17:20:26.00	39.061	27.798	19.05	2.8	0.27	1.4	1.9
2020-02-18	17:35:36.89	39.125	27.75	6.47	2.8	0.21	1.5	1.2
2020-02-18	19:12:46.15	39.088	27.814	11.1	3.7	0.37	1.6	2.1
2020-02-18	19:21:34.54	39.081	27.888	8.49	2.7	0.24	1.7	2.4
2020-02-18	20:27:06.91	39.071	27.817	11.48	2.9	0.19	1.4	1.9
2020-02-18	20:39:24.45	39.111	27.731	6.86	3.1	0.34	2	1.3
2020-02-18	21:23:10.14	39.076	27.819	12.49	3	0.25	0.9	1.9
2020-02-18	21:52:34.42	39.078	27.787	11.5	2.7	0.16	1.1	0.9
2020-02-18	23:02:20.51	39.081	27.825	10.35	3.8	0.22	1.2	1.6
2020-02-19	00:06:55.61	39.094	27.822	11.2	2.9	0.35	1.9	2

2020-02-19	00:13:41.77	39.075	27.829	10.07	3.3	0.18	0.8	1.1
2020-02-19	05:47:15.56	39.105	27.759	6.21	2.5	0.25	1.5	1.3
2020-02-19	12:01:37.71	39.055	27.728	7.08	2.5	0.13	1.4	0.8
2020-02-20	01:59:14.44	39.09	27.839	9.93	2.8	0.16	0.9	1.2
2020-02-20	08:54:42.17	39.034	27.795	15.97	2.6	0.19	1.3	2.8
2020-02-20	10:40:27.96	39.086	27.65	9.04	3	0.16	2.2	1.4
2020-02-20	15:16:05.86	38.995	27.864	5.7	3.1	0.31	1.2	1.6
2020-02-21	02:51:04.08	39.116	27.785	6.53	2.6	0.52	4.9	2.2
2020-02-21	10:33:43.10	39.135	27.813	0.09	3.7	0.5	2.6	3.1
2020-02-21	17:02:22.40	39.029	27.8	5.6	2.7	0.28	2.6	1.8
2020-02-21	19:09:38.54	39.164	27.803	1.11	3	0.45	3.1	3.3
2020-02-21	23:54:40.22	39.066	27.575	9.73	2.8	0.31	5.1	1.9
2020-02-22	01:25:25.42	39.054	27.914	0.03	2.4	0.33	1.7	2.7
2020-02-22	04:28:24.03	39.133	27.761	4.96	2.5	0.3	2.2	2.1
2020-02-22	05:23:59.10	39.141	27.792	0.03	3.4	0.37	1.4	1.9
2020-02-22	05:44:18.32	39.103	27.778	7.4	2.6	0.12	0.8	1.4
2020-02-22	09:15:55.29	39.11	27.767	4.79	3.3	0.39	3.1	2.6
2020-02-23	08:31:35.72	38.973	27.882	7.01	2.9	0.32	1.5	2.5
2020-02-23	09:06:56.26	39.093	27.777	3.88	2.8	0.48	4	2.9
2020-02-23	12:40:18.04	38.999	27.877	2.28	3	0.37	2.1	2.2
2020-02-23	12:43:22.97	38.974	27.873	7.57	2.8	0.29	1.5	2.5
2020-02-23	12:46:30.15	39.089	27.73	10.24	4.6	0.21	1.2	1.4
2020-02-23	18:43:36.63	38.981	27.859	12.9	3.8	0.18	1	1.4
2020-02-23	19:56:10.72	39.036	27.795	5.67	3.1	0.23	2	1.8
2020-02-23	21:37:54.48	39.08	27.761	9.34	3.6	0.36	1.6	2.3
2020-02-24	01:10:54.07	39.012	27.925	0.92	2.7	0.38	1.3	2.1
2020-02-24	02:43:34.67	38.966	27.859	10.9	2.8	0.25	0.6	0.7
2020-02-24	02:48:25.02	39.011	27.843	2.66	3.1	0.3	1.6	1.3
2020-02-24	03:01:59.68	39.014	27.797	5.01	4.6	0.24	3.7	2.1
2020-02-24	03:09:01.25	39.023	27.939	0.03	3.3	0.46	1.8	3.2
2020-02-24	04:49:26.19	39.007	27.92	0.03	2.5	0.48	2.2	4.4
2020-02-24	05:23:53.62	39.022	27.858	0.14	2.7	0.32	1.2	1.7
2020-02-24	07:23:43.78	39.025	27.886	0.03	3.3	0.26	1.8	2.4
2020-02-24	11:46:53.43	39.005	27.809	4.5	3.6	0.3	2.5	2.3
2020-02-24	12:36:13.14	39.129	27.642	9.01	2.8	0.61	3.2	2.1
2020-02-24	14:33:26.39	39.019	27.776	6.41	3.2	0.33	1.9	1.8
2020-02-24	23:15:10.63	39.027	27.774	4.1	2.9	0.2	1.2	1.3
2020-02-25	21:52:48.43	39	27.899	0.02	2.5	0.51	2.9	2.6
2020-02-25	22:18:48.34	38.973	27.879	7.31	2.7	0.25	1.6	2.3
2020-02-26	02:46:17.49	38.974	27.872	3.63	2.6	0.57	2.4	2.9
2020-02-28	05:10:09.98	38.968	27.856	7.02	2.8	0.26	1.5	2

2020-02-28	13:46:07.96	39.105	27.771	11.38	2.4	0.19	3	2.6
2020-02-28	20:47:44.94	38.931	27.864	8.86	3	0.3	1.3	1.7
2020-02-29	03:34:32.48	39.046	27.847	6.47	2.6	0.29	1.4	1.9
2020-02-29	04:24:05.74	39.113	27.818	7.73	3.6	0.2	0.9	1.1
2020-02-29	06:17:26.99	39.075	27.747	2.8	3	0.29	1.4	1
2020-03-01	03:33:10.13	39.152	27.709	5.59	3.1	0.26	1.5	1
2020-03-01	13:32:52.22	39.058	27.756	3.86	2.9	0.21	2	1.1
2020-03-01	14:13:40.12	39.138	27.69	6.75	2.4	0.27	1.7	1.1
2020-03-03	03:32:47.37	38.963	27.793	7.72	2.4	0.24	1.9	2
2020-03-03	16:21:48.95	39.113	27.755	7.66	2.6	0.31	1.2	1.3
2020-03-04	04:09:39.46	38.993	27.829	0.18	2.5	0.12	2.4	3.8
2020-03-04	10:06:10.75	39.032	27.721	5.37	3.2	0.11	1.2	0.7
2020-03-04	12:28:16.58	39.125	27.738	0.07	3.2	0.42	1.8	2
2020-03-04	13:36:14.91	39.11	27.692	6.33	2.7	0.33	1.3	1
2020-03-04	17:24:22.51	39.08	27.774	3.25	2.8	0.23	1.7	1.1
2020-03-04	17:25:42.31	39.055	27.873	0.03	2.9	0.3	1.7	1.3
2020-03-04	20:38:17.56	39.059	27.839	3.8	2.6	0.25	1.9	2.3
2020-03-04	23:16:40.03	38.993	27.925	0.12	2.7	0.52	1.9	3
2020-03-05	04:12:41.03	38.996	27.845	11.14	3	0.2	0.9	1
2020-03-05	21:21:49.54	39.04	27.785	0.74	3	0.35	1.3	1.9
2020-03-06	08:19:26.96	39.162	27.836	1.91	2.7	0.54	2.2	2.5
2020-03-06	15:24:58.20	38.944	27.883	7	2.5	0.32	1.4	1.7
2020-03-07	18:48:45.10	39	27.831	9.89	3	0.24	1.3	2.1
2020-03-08	06:34:46.68	39.104	27.725	8.11	2.4	0.43	3.1	3.7
2020-03-08	20:20:35.92	39.08	27.831	13.33	3.1	0.25	1.4	3.3
2020-03-08	21:02:57.78	39.057	27.798	14.06	2.6	0.29	1.9	4.4
2020-03-09	06:06:10.59	39.111	27.76	7	3.2	0.53	1.5	1.5
2020-03-09	15:45:36.29	39.102	27.771	0.02	2.8	0.4	2	2.9
2020-03-09	22:06:40.28	39.132	27.746	2.93	2.7	0.24	1.3	1
2020-03-10	02:29:43.86	39.096	27.839	12.2	2.4	0.19	1.1	2.4
2020-03-11	02:47:15.11	39	27.895	6.37	2.5	0.32	1.3	1.6
2020-03-12	06:12:10.31	39.122	27.737	5.91	2.6	0.3	3.1	2.1
2020-03-12	08:00:49.54	39.018	27.858	4.38	3.1	0.27	1.3	2
2020-03-12	13:00:05.09	38.965	27.892	0.84	2.8	0.56	2.7	3.7
2020-03-16	16:19:54.53	38.855	27.577	6.64	2.4	0.46	2.8	1.6
2020-03-23	17:57:11.37	39.116	27.726	6.23	2.7	0.24	1.2	1.4
2020-03-23	18:17:12.15	39.102	27.774	6.27	2.8	0.26	0.9	1
2020-03-24	02:51:17.58	39.081	27.801	11.46	2.8	0.15	0.9	1.4
2020-03-24	08:24:07.12	39.079	27.83	11.54	2.9	0.19	1.1	1.4
2020-03-24	09:20:13.49	39.416	27.947	15.76	3.6	0.2	1.1	2.6
2020-03-25	08:34:44.71	39.143	27.79	13.16	3.7	0.17	1.2	2.8

2020-03-25	08:41:20.50	39.161	27.641	9.47	3.1	0.2	1.6	2.1
2020-03-28	01:55:13.74	39.03	27.791	10.3	2.7	0.39	2	3.2
2020-03-29	02:49:19.08	38.98	27.852	5.96	2.7	0.31	1.1	1.4
2020-03-29	11:42:41.46	39.009	27.787	5.99	2.6	0.18	1.1	0.8
2020-03-29	23:02:53.18	38.996	27.83	10.33	2.5	0.28	1.2	1.5
2020-03-30	10:25:01.11	39.119	27.68	8.67	3.1	0.25	2.3	2.3
2020-04-01	08:52:35.03	39.133	27.731	5.49	2.7	0.25	1.6	1.1
2020-04-04	19:30:10.70	38.976	27.839	8.58	3.2	0.33	1.5	1.6
2020-04-07	02:49:55.23	39.096	27.793	13.18	2.7	0.06	1	1.9
2020-04-10	01:27:00.22	39.018	27.844	8.78	2.8	0.38	1.9	2
2020-04-12	03:25:11.31	39.112	27.837	3.83	2.6	0.38	1.9	2
2020-04-12	21:59:32.19	39.028	27.804	5.97	2.9	0.35	2.6	2.7
2020-04-13	00:32:53.93	38.971	27.108	6.32	2.4	0.5	2.3	1.6
2020-04-13	01:43:08.01	38.993	27.891	8.42	3	0.29	1.1	1.3
2020-04-13	08:16:07.43	38.984	27.88	10.78	3.3	0.16	0.7	0.9
2020-04-16	00:59:20.93	39.113	27.761	2.9	2.5	0.11	1.8	1
2020-04-16	02:49:09.57	39.119	27.899	5.3	4.2	0.45	1.7	2.1
2020-04-16	22:21:23.67	39.076	27.823	9.71	2.8	0.2	0.9	1.4
2020-04-19	08:32:02.25	39.133	27.847	0.1	3.9	0.55	1.5	2.2
2020-04-19	19:54:16.78	39.112	27.832	6.15	2.5	0.4	1.8	2.8
2020-04-20	10:55:03.84	39.157	27.766	3.25	3.1	0.3	1.3	0.9
2020-04-23	03:59:05.32	39.056	27.832	6.53	2.8	0.49	1.8	2.1
2020-05-04	17:43:13.17	39.14	27.795	0.07	2.4	0.45	2.3	2.2
2020-05-25	00:45:40.55	39.004	27.897	0.03	2.7	0.18	2	3.1
2020-05-29	05:40:10.13	39.123	27.733	7.61	3.6	0.28	1.9	1.4