



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ



ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΝΟΜΟ ΧΙΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ





[λευκή σελίδα]



ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5090

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΝΟΜΟ ΧΙΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας,
Εργαστήριο Εφαρμογών της Τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων
Πληροφοριών

Επιβλέπων

Αντώνιος Μουρατίδης, Επίκουρος Καθηγητής



© Κωνσταντίνος Βασιλειάδης, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΝΟΜΟ ΧΙΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS – *Διπλωματική Εργασία*

© Konstantinos Vasileiadis, School of Geology, Dept. of Physical and Environmental Geography, 2021

All rights reserved.

CREATION OF A DATABASE OF GEOLOGICAL AND OTHER GEOSPATIAL DATA FOR THE CHIOS REGIONAL UNIT OF GREECE ON A GIS ENVIRONMENT– *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.



Εικόνα Εξωφύλλου: Η Χίος όπως φαίνεται από το δορυφόρο Sentinel 2 με απεικόνιση φυσικού χρώματος.

Πρόλογος

Στην σημερινή εποχή, η χρήση της τεχνολογίας των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών εξυπηρετεί έναν ευρύ επιστημονικό χώρο, με πλείστες εφαρμογές, μειώνοντας έντονα το κόστος του στρατηγικού σχεδιασμού σε ζητήματα γεωχωρικών διαδικασιών. Συνδυαστικά με τον επιστημονικό κλάδο της τηλεπισκόπησης, οι δυνατότητες ανάλυσης, αξιοποίησης και συσχετισμού μεγάλου όγκου δεδομένων διαφορετικής φύσης είναι περισσότερες από ποτέ. Σε αυτό το κλίμα, βασικό στόχο της εργασίας αποτέλεσε η δημιουργία βάσης δεδομένων γεωλογικού-γεωγραφικού χαρακτήρα για το σύνολο του νομού Χίου. Για την επίτευξη του στόχου αυτού συλλέχθηκαν δεδομένα από διάφορες πηγές, επεξεργάστηκαν και συγκεντρώθηκαν σε διάφορα θεματικά επίπεδα, με σκοπό να συνδυαστούν για την παραγωγή θεματικών χαρτών. Καθώς τα δεδομένα αυτά αντιπροσωπεύουν πληροφορίες διαφορετικής φύσεως, η επεξεργασία τους δεν ήταν ίδια στο σύνολό τους, αλλά εξαρτήθηκε από τον τύπο τους. Η διπλωματική διατριβή χωρίζεται σε πέντε βασικά κεφάλαια, τα οποία διαρθρώνονται ως εξής:

- Στο 1^ο κεφάλαιο εμφανίζονται μερικά εισαγωγικά στοιχεία σχετικά με τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών
- Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή της περιοχής μελέτης, με παράθεση γενικών στοιχείων της, καθώς και στοιχείων μορφολογίας, στρωματογραφίας, τεκτονικής και υδρολιθολογίας



- Στο 3^ο γίνεται η παρουσίαση των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν και αναλύεται ο τρόπος συγκέντρωσης και επεξεργασίας τους, χωρίζοντάς τα με

βάση τη δομή τους.

- Στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται χάρτες που δημιουργήθηκαν με χρησιμοποιώντας τα γεωχωρικά δεδομένα
- Τέλος, στο 5^ο κεφάλαιο, τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την δημιουργία της διπλωματικής εργασίας.



Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	V
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	VII
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ – ΓΣΠ (GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS – GIS).....	3
1.2 ΤΡΟΠΟΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ – ΜΟΡΦΗ/ΔΟΜΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	5
1.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	8
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	8
2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	8
2.2 ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	12
2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ	16
2.3 ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	22
2.4 ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	24
3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	26
3.1 ΑΡΧΕΙΑ VECTOR.....	30
3.2 ΑΡΧΕΙΑ RASTER.....	32
3.2.1 DEM (DIGITAL ELEVATION MODEL)	33
3.2.2 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ	36
3.2.3 ΔΙΑΒΡΩΣΗ.....	41
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	42
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	52
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	53



Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μια προσπάθεια δημιουργίας μιας βάσης γεωχωρικών δεδομένων για το Νομό της Χίου με την χρήση του προγράμματος γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών «QGIS». Η χρήση ενός G.IS είναι πλέον άρρηκτα συνδεδεμένη με τον χωροταξικό σχεδιασμό, την γεωγραφική έρευνα και την μελέτη εδαφικών περιοχών για οποιαδήποτε ανθρωπογενή επέμβαση σε αυτές. Η βάση αυτή συγκροτείται από ένα εύρος γεωχωρικών πληροφοριών οι οποίες αποτελούν χάρτες (τοπογραφικούς και γεωλογικούς), γεωγραφικές πληροφορίες (χρήση γης, δρόμοι, οικισμοί, κ.α.), τοπογραφικές-γεωμορφολογικές πληροφορίες (τριγωνομετρικά σημεία, ανάγλυφο, κ.α.), υδρογεωλογικές πληροφορίες (υδρογραφικό δίκτυο, υδρολιθολογία), γεωλογικές πληροφορίες (ρήγματα, επίκεντρα σεισμών, διάβρωση πετρωμάτων), καθώς και δορυφορικές εικόνες από τους δορυφόρους Sentinel 1 και Sentinel 2 του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA). Τα παραπάνω δεδομένα είναι γεωαναφερμένα στα συστήματα ΕΓΣΑ87 και WGS84, με αποτέλεσμα να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν τόσο στο επίπεδο του Ελληνικού χώρου όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Επίσης, σαν δεύτερο σκέλος της εργασίας έγινε η κατασκευή επιλεγμένων χαρτών από τα δεδομένα αυτά.



ABSTRACT

In this undergraduate thesis there has been an effort for the creation of a geospatial database for the regional unit of Chios, using the geographic information system program “QGIS”. The usage of a GIS program is inseparably connected with spatial planning, geographic research, urban design planning and any kind of ground human intervention. This database consists of a range of geospatial information which are maps (topographic and geologic), geographic information (land use, road network, settlements etc.), topographic-geomorphologic information (trig points, hillshade etc.), hydrogeological information (hydrographic network, hydrolithology), geologic information (faults, seismic epicentres, rock erosion), and also satellite images from the Sentinel 1 and Sentinel 2 satellites by the European Space Agency). The aforementioned data are georeferenced in GGRS87 (Greek Geodetic Reference System 1987) and WGS84 reference systems, which results in the potential use on both a local and a global level. In addition, as a second part of the thesis, selected maps from these data were created.



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών – ΓΣΠ (Geographic Information Systems – GIS)

Έχουν γραφτεί πολλοί ορισμοί για τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών είναι ένα σύστημα υλικού, λογισμικού και διαδικασιών, που σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει την καταγραφή, τη διαχείριση, το χειρισμό, την ανάλυση, την αρθρωτή διάταξη και την απεικόνιση χωρικών δεδομένων προκειμένου να επιλυθούν πολύπλοκα προβλήματα σχεδιασμού και διαχείρισης. (U.S Federal Interagency Coordinating Committee, 1988). Αποτελεί ένα υπολογιστικό σύστημα που επιτρέπει την συλλογή, αποθήκευση, αναζήτηση, ανάλυση, διαχείριση και απεικόνιση γεωχωρικών δεδομένων (Chang 2019). Αναλύει την χωρική τοποθεσία και οργανώνει στρώματα πληροφοριών σε απεικονίσεις χρησιμοποιώντας χάρτες και τρισδιάστατα σχέδια. Με αυτόν τον τρόπο τα ΓΣΠ αποκαλύπτουν βαθύτερες έννοιες στα δεδομένα, μοτίβα, σχέσεις, τάσεις και καταστάσεις συνδράμοντας στην λήψη αποφάσεων (ESRI n.d.).

Τα ΓΣΠ εφαρμόζουν την επιστήμη της γεωγραφίας σε συνδυασμό με τη σύγχρονη τεχνολογία και είναι στενά συνδεδεμένα με διάφορους κλάδους των επιστημών όπως, γεωγραφία, πληροφορική, τηλεπισκόπηση, χαρτογραφία, τοπογραφία, στατιστική.

Η λειτουργία των ΓΣΠ στηρίζεται σε μια βάση δεδομένων (database) η οποία αποτελείται από μια σειρά πληροφοριακών επιπέδων, τα οποία αφορούν την ίδια γεωγραφική περιοχή (Αστάρας 2011). Το κάθε επίπεδο περιέχει γεωχωρικές πληροφορίες, δηλαδή, πληροφορίες που περιγράφουν τόσο την τοποθεσία όσο και τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των

χωρικών δεδομένων. Για παράδειγμα, για την περιγραφή ενός γεωλογικού σχηματισμού δίνεται το μέρος που βρίσκεται (τοποθεσία) και χαρακτηριστικά που μπορούν να τον περιγράψουν όπως έκταση, πάχος, είδος σχηματισμού, βαθμός αποσάθρωσης και άλλα, ανάλογα με τον σκοπό της περιγραφής (περιγραφικά χαρακτηριστικά). Επομένως, με βάση τα παραπάνω διακρίνονται δύο κατηγορίες δεδομένων:

1. Χωρικά (θέση, μορφή)
2. Μη χωρικά ή ποιοτικά ή περιγραφικά (τιμές ποσοτήτων, χαρακτηριστικά κ.λπ.)

Χωρικά δεδομένα: καθώς χαρακτηρίζονται από τη θέση τους στο χώρο, σε σχέση με κάποιο σύστημα συντεταγμένων, για την περιγραφή τους έχει σημασία και το σχήμα τους. Έτσι χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- i. **Σημειακά επίπεδα πληροφοριών (points, nodes)** που περιγράφουν κάποια σημειακή πληροφορία όπως τριγωνομετρικά σημεία, εστίες σεισμών, σταθμοί μέτρησης υδάτων κ.α.
- ii. **Γραμμικά επίπεδα πληροφοριών (lines, multilines)** για γραμμικές πληροφορίες όπως ισοϋψείς καμπύλες, δρόμοι, ποταμοί, ρήγματα κ.α. Γραμμικές πληροφορίες μπορεί να ενωθούν με κόμβους και να σχηματίσουν δίκτυα, για παράδειγμα, ποταμοί → υδρογραφικό δίκτυο, δρόμοι → οδικό δίκτυο κ.λπ.
- iii. **Πολύγωνα ή επιφανειακά επίπεδα πληροφοριών (polygons, polylines)** τα οποία απεικονίζουν περιοχές, ζώνες και γενικά κλειστές εκτάσεις όπως εδαφικούς σχηματισμούς, λιθολογικές ενότητες, διοικητικά όρια νομών, λεκάνες απορροής, εκτάσεις πυρκαγιών κ.α.



iv. **Τρισδιάστατα δεδομένα ή δεδομένα αναγλύφου**, τα οποία δεν περιορίζονται απαραίτητα σε μία περιοχή, αλλά εκτείνονται στον χώρο με τη χρήση της τρίτης

διάστασης (Z), αποτελώντας πληροφορία με μήκος έκταση και ύψος.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου που περιγράφει τα υψόμετρα μιας περιοχής (Σχήμα)

Μη χωρικά δεδομένα: περιγράφουν χαρακτηριστικά ή τιμές των χωρικών δεδομένων όπως για παράδειγμα σε έναν δρόμο, η τοποθεσία του αποτελεί την χωρική πληροφορία, ενώ το όνομά του τη μη χωρική.

1.2 Τρόπος απεικόνισης – μορφή/δομή δεδομένων

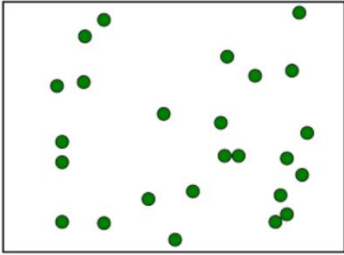
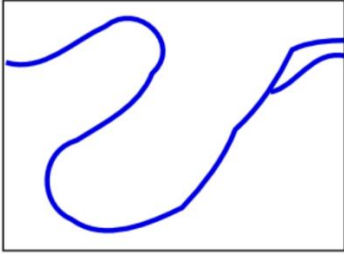
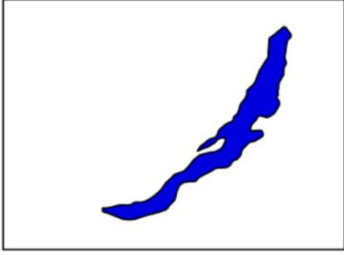
Για να λάβει χώρα η επεξεργασία της γεωγραφικής πληροφορίας μέσω ενός λογισμικού GIS στον Η/Υ τα δεδομένα μετατρέπονται ψηφιοποιούνται διατηρώντας τα τοπολογικά τους χαρακτηριστικά και καταχωρούνται με δύο μορφές/δομές:

1. Vector model ή διανυσματική μορφή
2. Raster model ή μορφή κανάβου/ψηφίδων

Δομή vector: Έχει σαν βασική μονάδα το διάνυσμα και είναι ιδανική για την απεικόνιση διακριτών οντοτήτων, των οποίων τα όρια καθορίζονται από σημεία, γραμμές ή πολύγωνα (Σχήμα 1). Σκοπός είναι να επιτευχθεί απεικόνιση των μορφών με μεγάλη ακρίβεια και αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση σημείων, γραμμών και πολυγώνων.

Οποιαδήποτε μορφή μπορεί να περιγραφθεί με σημεία, επομένως οι γραμμές είναι ένα συνονθύλευμα σημείων και τα πολύγωνα, που ορίζονται από κλειστές γραμμές, είναι και αυτά με τη σειρά τους μια σειρά σημείων. Κατά αυτόν τον τρόπο όλα τα στοιχεία του

γεωγραφικού χώρου ορίζονται από μία σειρά σημείων που καθορίζουν τις χωρικές τους ιδιότητες.

Τύπος	Χωρική οντότητα	Διανυσματική απεικόνιση
Σημεία		
Γραμμές		
Πολύγωνα		

Σχήμα 1: Απεικόνιση γεωχωρικών δεδομένων (δέντρα, ποτάμια, λίμνες) σε μορφή vector, επεξεργασμένο από Olaya 2020

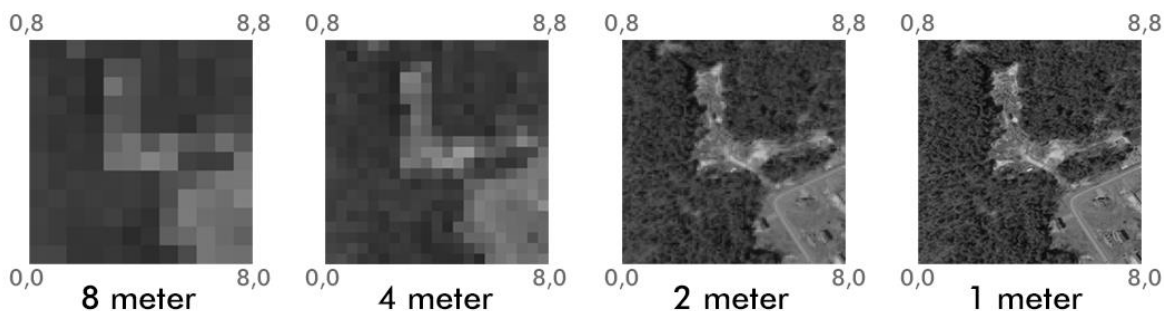
Δομή raster. Με αυτό το μοντέλο, ο χώρος υποδιαιρείται συστηματικά σε ένα σύνολο κελιών (cells), που αποτελούν τη βασική μονάδα του χώρου, ενώ σε κάθε κελί αντιστοιχεί μια τιμή της υπό εξέταση μεταβλητής (Σχήμα 2). Τα κελιά ή ψηφίδες (pixels) έχουν κανονικό σχήμα όπως τετράγωνο, τρίγωνο, εξαγωνικό κ.λπ. Λόγω της συστηματικής υποδιαίρεσης του χώρου, η θέση ενός κελιού εξαρτάται από τα υπόλοιπα και κατασκευάζεται ένα συνονθύλευμα κελιών που δεν αλληλεπικαλύπτονται. Συνηθέστερα, χρησιμοποιείται το τετραγωνικό σχήμα, όπως στη μορφή raster, και το μέγεθος των τετραγώνων καθορίζει τη διακριτική ικανότητα ή χωρική

ανάλυση που απαιτείται για να καταγραφεί σωστά η διαφοροποίηση των υπό εξέταση χαρακτηριστικών. Η χωρική ανάλυση (spatial resolution) αναφέρεται στο μέγεθος του κάθε

κελιού σε μέτρα και αποτελεί την περιοχή του εδάφους που απεικονίζει το κάθε κελί. Για παράδειγμα, χωρική ανάλυση 5m σημαίνει ότι το κάθε pixel απεικονίζει μια επιφάνεια 5m x 5m. Επηρεάζει την ευκρίνεια των χαρακτηριστικών που απεικονίζονται (Σχήμα 3), αλλά παράλληλα και το μέγεθος του αρχείου που δημιουργείται. Όσο υψηλότερη είναι (περισσότερα pixel στην ίδια περιοχή του εδάφους) τόσο μεγαλύτερο και το μέγεθος του τελικού αρχείου.

132.90	133.90	135.60	139.20	140.60	144.40
126.80	128.50	131.40	133.90	135.90	139.90
122.30	124.10	125.80	128.50	131.80	135.60
118.70	119.90	121.90	124.30	128.20	131.50

Σχήμα 2: Τα κελιά ενός δικτύου κελίων raster, με τις αντιστοιχισμένες τιμές τους (Olaga 2020).



Σχήμα 3: Αρχεία raster για την ίδια περιοχή με χωρικές αναλύσεις 8m, 4m, 2m και 1m αντίστοιχα. Είναι εμφανής η αύξηση της διακριτικής ικανότητας με την αύξηση της χωρικής ανάλυσης (Πηγή: NSF NEON).

1.3 Σύστημα αναφοράς

Οι γεωγραφικές πληροφορίες και τα διαφορετικά θεματικά επίπεδα που επεξεργάζονται σε ένα λογισμικό G.I.S πρέπει να βρίσκονται σε ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων για να μπορέσουν να συνδυαστούν σωστά μεταξύ τους και η βάση δεδομένων να προσομοιάζει ένα μοντέλο του πραγματικού κόσμου. Ένα σημείο εκφράζεται χωρικά μέσω των συντεταγμένων. Το σύστημα συντεταγμένων αποτελεί συνάρτηση, η οποία σε κάθε σημείο P ενός συγκεκριμένου χώρου n διαστάσεων, αντιστοιχεί n πραγματικούς αριθμούς (Αστάρας 2011). Βασική ιδιότητα των συστημάτων συντεταγμένων είναι ότι σε διαφορετικά σημεία πρέπει να αντιστοιχούν διαφορετικές συντεταγμένες αλλά και σε διαφορετικές συντεταγμένες πρέπει να αντιστοιχούν διαφορετικά σημεία (Δερμάνης 2005). Για την αναπαράσταση του γήινου αναγλύφου μιας χώρας και των φυσικών και τεχνητών χαρακτηριστικών του χρησιμοποιείται σήμερα ένα Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΓΣΑ), (Αστάρας 2011). Λόγω της πολυπλοκότητας της γήινης επιφάνειας δεν υπάρχει ένα σύστημα που να την εκφράζει απόλυτα για κάθε περιοχή της. Έτσι, ανάλογα με την περιοχή έρευνας, επιλέγεται διαφορετικό σύστημα. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ 87). Παράλληλα, για το σύνολο της γης έχει καθιερωθεί το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (World Geodetic System 1984 – WGS 84), το οποίο επίσης χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

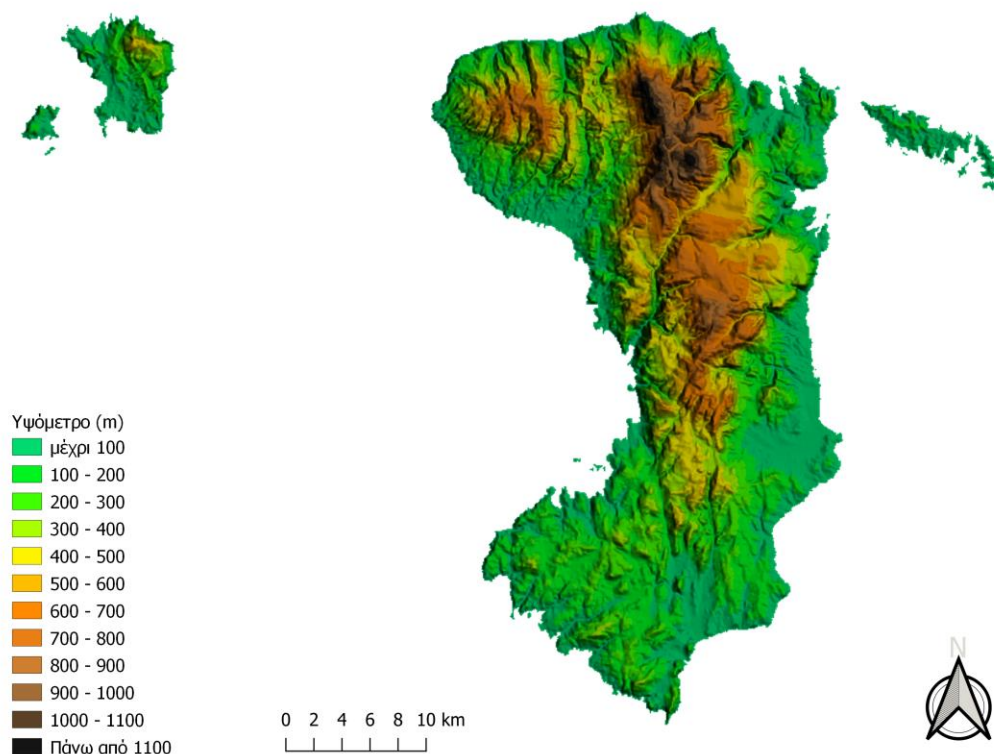
2.1 Γενικά και μορφολογικά στοιχεία της περιοχής

Η περιοχή μελέτης αφορά ολόκληρο τον Νομό Χίου. Διοικητικά, ανήκει στην Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου, η οποία διαιρείται στις περιφερειακές ενότητες Λέσβου, Λήμνου,

Ικαρίας, Σάμου και Χίου. Ο Νομός Χίου περιλαμβάνει το ομώνυμο νησί, τη συστάδα νήσων Οινούσσες, τα νησιά Ψαρά και Αντίψαρα καθώς και τις δύο βραχονησίδες Καλόγεροι που

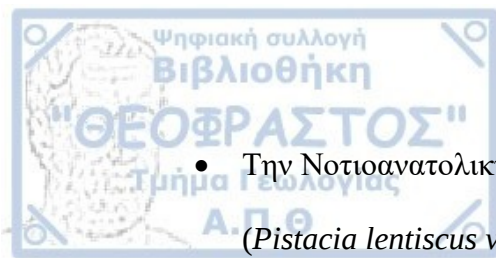
βρίσκονται μεταξύ Χίου και Άνδρου. Πρωτεύουσα του νομού είναι η πόλη της Χίου, η οποία είναι γνωστή και σαν χώρα. Βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του Βορείου Αιγαίου, στα ανατολικά θαλάσσια σύνορα της Ελλάδας με την Τουρκία, ενώ εκτείνεται παράλληλα προς τη Μικρασιατική ακτογραμμή, με την οποία χωρίζεται από μια στενή θαλάσσια επιφάνεια, γνωστή σαν Στενό Χίου, με πλάτος 6 ναυτικά μίλια. Αποτελεί το 5^ο μεγαλύτερο σε έκταση νησί της Ελλάδας και στην απογραφή πληθυσμού της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής του 2011 είχε 51.390 μόνιμους κατοίκους. Η συνολική έκταση του Νομού είναι τα 907 km², ενώ το μήκος της ακτογραμμής 366 km.

Το νησί της Χίου χαρακτηρίζεται ως ορεινό-ημιορεινό με απότομο ανάγλυφο που ομαλοποιείται προς το Νότο σε μία χαμηλότερη και λοφώδη μορφολογία (Σχήμα 4). Η υψηλότερη κορυφή είναι το Πελιναίο όρος (1.297 m), το Όρος (1.126 m), ο Κοκλιάς (770 m), ο Προβατάς (807 m) και το Λεπρό (650 m). Άλλα χαμηλότερα όρη με υψόμετρα της τάξης των 400 m – 600 m είναι το Αίπος, ο Κένταυρος και η Κολούμπα.



Σχήμα 4: Το υψόμετρο και η μορφολογία του Νομού.

Οι βασικές πεδιάδες της νήσου είναι οι παραλιακές πεδινές περιοχές της πόλης της Χίου, στο κέντρο της ανατολικής πλευράς και οι αντίστοιχες της Καλαμωτής στο Νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού (Σχήμα 4, Σχήμα 5).



- Την Νοτιοανατολική περιοχή που καλλιεργείται η γνωστή «μαστίχα Χίου» (*Pistacia lentiscus* var. *chia*).

2.2 Προστατευόμενες περιοχές

Ο νομός Χίου αποτελεί περιοχή στην οποία υπάρχουν ζώνες του δικτύου Natura 2000 και ζώνες Καταφυγίων Άγριας Ζωής (Κ.Α.Ζ).

Το Natura 2000 είναι ένα δίκτυο βασικών βιοτόπων για σπάνια και απειλούμενα είδη, καθώς και για μερικούς φυσικούς οικοτόπους που χρήζουν προστασίας. Περιλαμβάνει και τις 27 Ευρωπαϊκές χώρες, τόσο στη χέρσο όσο και στη θάλασσα. Ο στόχος του δικτύου είναι να διασφαλίσει την μακροχρόνια επιβίωση των πιο σημαντικών ειδών και οικοτόπων με την υιοθέτηση της Οδηγίας για τους Οικοτόπους (92/43/ΕΟΚ) η οποία συμπληρώνει την Οδηγία για τα Πουλιά (79/409/ΕΟΚ) στον χώρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το δίκτυο Natura 2000 ιδρύθηκε τον Μάιο του 1992 και χωρίζεται σε Ζώνες Ειδικής Προστασίας (Ζ.Ε.Π.) και σε Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (Τ.Κ.Σ.). Στην περιοχή μελέτης περιλαμβάνονται μόνο Ζ.Ε.Π. και κάθε μία αντιστοιχεί σε έναν κωδικό. Οι ζώνες της περιοχής είναι οι εξείς:

1. Βόρεια Χίος (GR4130003)

Η περιοχή χαρακτηρίζεται ως επί το πλείστον από φρυγανική βλάστηση και ακόλουθα από σκληροφυλλική (μακκία). Περιλαμβάνει επίσης εκτάσεις δάσους κωνοφόρων, μεταβατικές δασώδεις – θαμνώδεις εκτάσεις, καλλιέργειες και τέλος βραχώδεις κορυφές. Χαρακτηρίστηκε εκ των υστέρων σαν Ζ.Ε.Π της ορνιθοπανίδας, μετά από επαναξιολόγηση των σημαντικών περιοχών για τα πουλιά στην Ελλάδα το 2009. Έχει έκταση 32.568,76 ha.

2. Βόρεια Χίος και Νήσοι Οινούσσες και Παράκτια Θαλάσσια Ζώνη (GR4130001)

Η ζώνη αυτή εμπεριέχει το μεγαλύτερο μέρος της ορεινής βόρειας και δυτικής περιοχής του νησιού που περιλαμβάνει το Πελινναίον Όρος (1.297 m) και τα νησιά Οινούσσες, ενώ το θαλάσσιο της μέρος καταλαμβάνει περίπου το 18% της συνολικής της έκτασης. Καλύπτεται από φρύγανα, αείφυλλη θαμνώδης βλάστηση, το δάσος της τραχείας πεύκης (*Pinus brutia*), τα εσωτερικά υδάτινα συστήματα στη βορειοανατολική κυρίως Χίο, την άγονη έκταση που καταλαμβάνει μεγάλη σχετικά επιφάνεια, και την έντονη παρουσία υφάλων και λιβαδιών ποσειδώνειας στο εκτεταμένο θαλάσσιο μέρος. Η χλωρίδα της περιοχής περιλαμβάνει αρκετά ενδημικά και σπάνια είδη, πολυάριθμα αποδημητικά πουλιά, ερπετά και ενδιαφέρουσες κοινωνίες φυτών και ζώων στους υγροβιότοπους του βορειοανατολικού άκρου του νησιού.

3. Νησιά Αντίψαρα και νησίδες Δασκαλιό, Μαστρογιώργη, Πρασονήσι, Κατωνήσι, Μεσιακό, Κουτσουλιά, και Θαλάσσια Ζώνη (GR4130002)

Ομάδα νησιών που καλύπτονται από μακκία και φρύγανα και λίγα δέντρα. Κύριες δραστηριότητες είναι το ψάρεμα και η κτηνοτροφία και τουρισμός μικρού μεγέθους. Αποτελεί σημαντική περιοχή για αναπαραγόμενα θαλασσοπούλια, και αναπαραγόμενα και διαβατικά αρπακτικά. Η έκτασή της περιοχής είναι 10.687 ha.

4. Βραχονησίδες Καλόγεροι και Θαλάσσια Ζώνη (GR4130005)

Ο θαλάσσιος χώρος που περιβάλλει τις βραχονησίδες Καλόγερους αποτελείται κυρίως από ρηχούς υφάλους (0-20 m) και θαλάσσια σπήλαια, ενώ, μεγάλη έκταση της περιοχής καταλαμβάνεται από κοραλλιογενείς κοινότητες *Eunicella cavolini* και κόκκινα φύκη *Lithophyllum* sp. Έχει έκταση 1.750,17 ha.

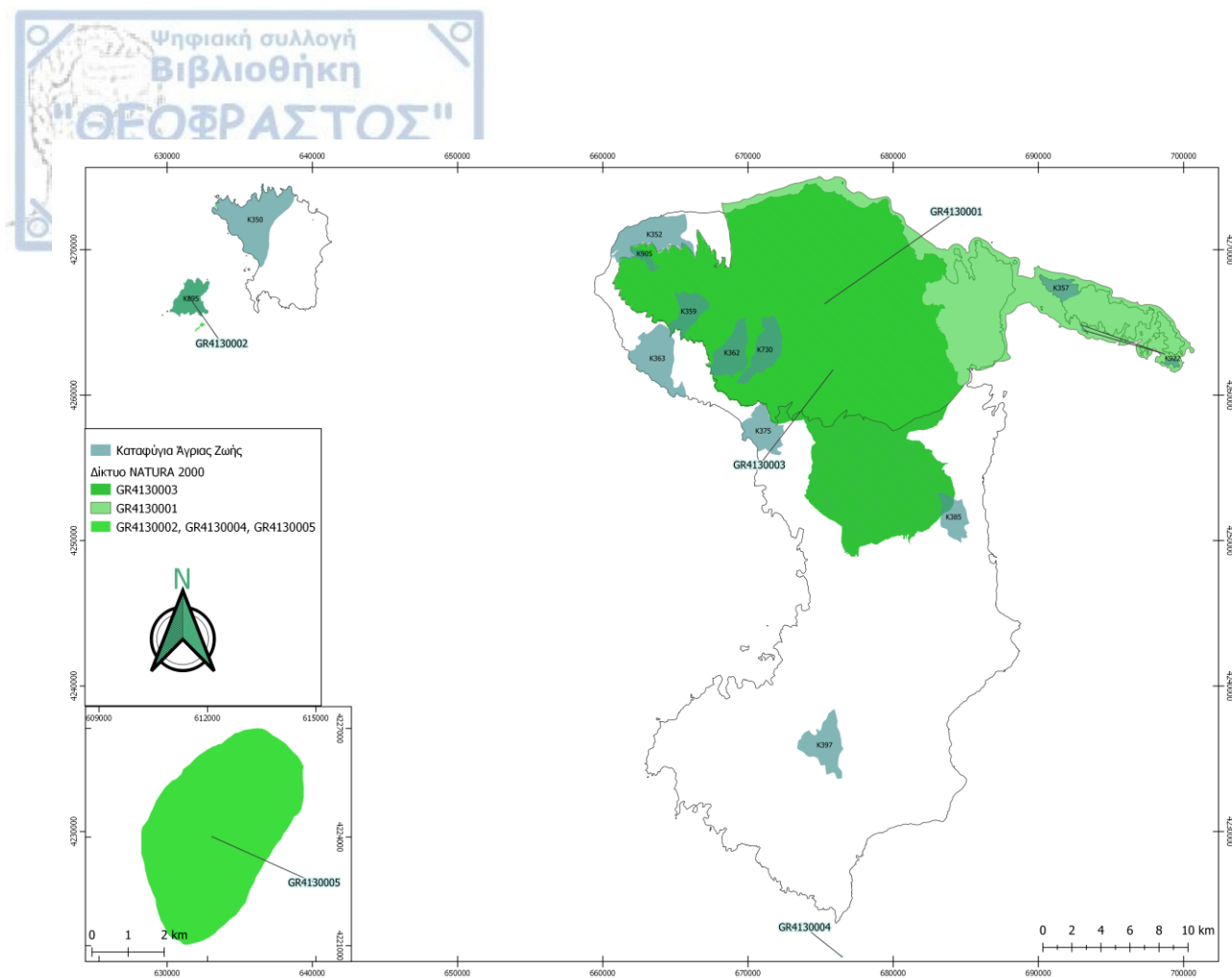
5. Νησίδα Βενέτικο (GR4130004)

Μικρή νησίδα νότια της Χίου με έκταση 2,88 ha και κάλυψη από θαμνώνες. Η πανίδα περιλαμβάνει το είδος *Falco eleonora* (Μαυροπετρίτης) και χαρακτηρίστηκε και αυτή εκ των υστέρων σαν Ζ.Ε.Π το 2009.

Όσον αφορά τα Καταφύγια Άγριας Ζωής (Κ.Α.Ζ), ορίζονται από την Εφημερίδα της Κυβέρνησης (Νόμος 3937/ 2011 - ΦΕΚ 60/Α/31-04-2011): « α) Ως καταφύγια άγριας ζωής χαρακτηρίζονται φυσικές περιοχές (χερσαίες, υγροτοπικές ή θαλάσσιες), που έχουν ιδιαίτερη σημασία ως σημαντικοί τόποι ανάπτυξης της άγριας χλωρίδας ή ως βιότοποι αναπαραγωγής, διατροφής, διαχείμασης ειδών της άγριας πανίδας, ή ως περιοχές αναπαραγωγής ψαριών και συγκέντρωσης γόνου, ή, τέλος, ως σημαντικοί θαλάσσιοι οικότοποι. Ως καταφύγια άγριας ζωής μπορούν να χαρακτηρίζονται και οι οικολογικοί διάδρομοι μεταξύ άλλων κατηγοριών προστατευόμενων περιοχών των παραγράφων 1, 2, 3, 4 και 5. β) Μέσα στα καταφύγια άγριας ζωής απαγορεύονται η θήρα, οι αγώνες κυνηγετικών ικανοτήτων σκύλων δεικτών, η αλιεία, η σύλληψη της άγριας πανίδας, η συλλογή της άγριας χλωρίδας, η καταστροφή ζώνης με φυσική βλάστηση με κάθε τρόπο, η καταστροφή των φυτοφρακτών, η αμμοληψία, η αποστράγγιση, η επιχωμάτωση και αποξήρανση ελωδών εκτάσεων, η ρύπανση των υδατικών συστημάτων, η διάθεση ή απόρριψη αποβλήτων, η ανάπτυξη ιχθυοκαλλιεργειών, η διενέργεια στρατιωτικών ασκήσεων, καθώς και η υπαγωγή έκτασης του καταφυγίου σε πολεοδομικό ή ρυμοτομικό σχεδιασμό. Επιτρέπεται η εγκατάσταση παρατηρητηρίων της άγριας πανίδας.». Οι ζώνες Κ.Α.Ζ που βρίσκονται στην περιοχή μελέτης είναι στον Πίνακας 1, ενώ Σχήμα 6 στο φαίνονται συνδυαστικά μαζί με τις ζώνες natura.

Κωδικός	Όνομα	Περίμετρος (km)	Έκταση (km ²)	ΦΕΚ
K350	Ξερόκαμπος-Φτέλια (Ψαρρών)	25,751	13,808	441/7-7-92
K352	Κουρούνια-Νενητούρια	19,163	9,199	409/14-7-83
K357	Μοναστήρι Οινουσών	9,315	2,617	660/10-8-78
K359	Κορακιές-Λυγάρι (Παρπαριάς)	11,764	4,603	409/14-7-83
K362	Ζυγώματα (Βολισσού-Ποταμιάς)	11,973	6,303	713/28-8-79
K363	Αγ. Μαρκέλλα-Εζούσα (Βολισσού-Πυραμάς-Παρπαριάς-Τρυπών)	17,054	9,797	713/28-8-79
K375	Πρασιτιά-Πέρδικα (Βολισσού-Σιδηρούντας)	12,546	6,090	409/14-7-83
K385	Άγ. Ιωάννης-Τριπατέ (Βροντάδων-Καρυών)	10,277	4,610	713/28-8-79
K397	Σκηνώνας-Μαγιάτικο (Αρμολίων-Ελατιάς-Πυργίου-Βέσσης)	14,450	7,420	464/12-7-84
K895	Νησίδα Αντίψαρα, Δήμου Ψαρών	12,279	4,465	1221/Β/10-08-04 Ίδρυση
K905	Αγ. Γάλακτος Δήμου Αμάνης	11,526	1,790	1059/Β/04-08-06 Ίδρυση
K922	Νησίδες Άγιος Παντελεήμων, Πατερόνησο και Βάτος Δήμου Οινουσσών	5,255	0,453	1221/Β/10-08-04 Ίδρυση
K730	Κυμινάς Κοινότητας Βολισσού, Πισπιλούντας, Φυτών του Δήμου Αμάνης	14,322	6,358	1651/Β/5-11-04 Τροποποίηση

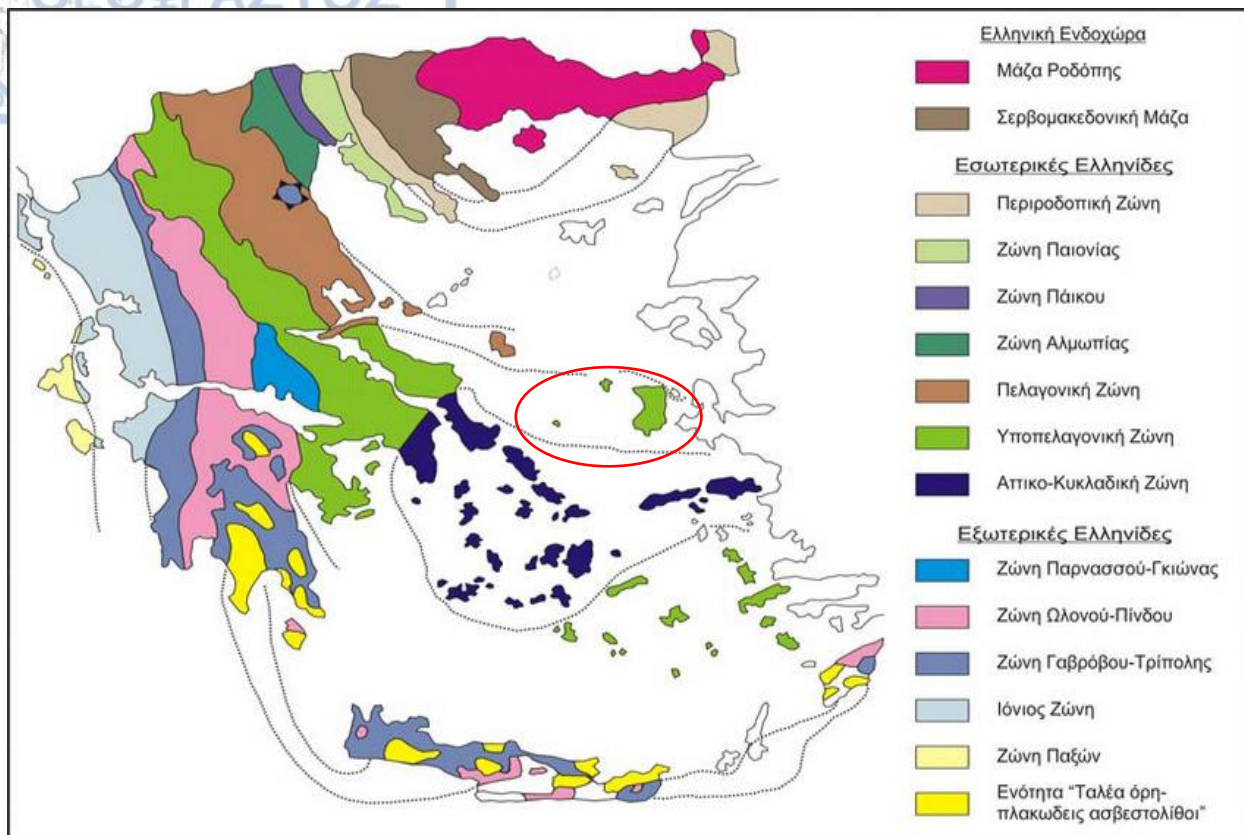
Πίνακας 1: Τα Καταφύγια Άγριας Ζωής της περιοχής μελέτης, με το όνομα, την περίμετρο, το εμβαδό τους, καθώς και το σχετικό ΦΕΚ τους (Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας).



Σχήμα 6: Οι περιοχές του δικτύου Natura και τα Καταφύγια Αγρίας Ζωής της περιοχής μελέτης. Κάτω αριστερά απεικονίζεται η ζώνη των βραχονησίδων Καλόγεροι.

2.2 Γεωλογία

Γεωτεκτονικά, η Χίος ανήκει στην Υποελαγονική ζώνη και αποτελεί την προέκτασή της προς την Ανατολή (Σχήμα 7). Το νησί της Χίου χαρακτηρίζεται από την παρουσία ακολουθίας προαλπικών ιζημάτων του Παλαιοζωικού, ενώ οι Οινούσσες από πετρώματα χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης και τα Ψαρά από μεταμορφωμένα πετρώματα χαμηλού έως υψηλού βαθμού.



Σχήμα 7: Γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας (Μουντράκης 2010). Στον κόκκινο κύκλο βρίσκεται ο Νομός Χίου.

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα φύλλα του Βόρειου και Νότιου τμήματος του γεωλογικού χάρτη της Χίου κλίμακας 1:50.000 (Besenecker 1971), στα οποία συμπεριλαμβάνονται και οι νήσοι Οινούσες η γεωλογία της περιοχής είναι η εξής.

Τα πετρώματα της Χίου που προηγούνται της αλπικής ορογένεσης αποτελούνται από δύο βασικές στρωματογραφικές ενότητες. Την αυτόχθονη κατώτερη σειρά και την τεκτονικώς επωθημένη αλλόχθονη ανώτερη σειρά.

Η **αυτόχθονη σειρά** αποτελείται από τους εξής σχηματισμούς (από τους κατώτερους προς τους ανώτερους ορίζοντες):

1. Παλαιοζωικοί κλαστικοί σχηματισμοί (Σιλούριο - Λιθανθρακοφόρο)

Κυρίως γραουβάκες με παρεμβολές κροκαλοπαγών, σχιστολίθων και κερατολίθων, ενώ σε διάφορα σημεία υπάρχουν και εμφανίσεις ασβεστολιθικών

φακών ηλικίας Λιθανθρακοφόρου, Σιλουρίου και Δεβονίου οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως ολισθόλιθοι.

2. Σχηματισμοί Κατώτερου Μεσοζωικού (Σκύθιο-Κατώτερο Ανίσιο)

Βασικοί ψαμμίτες και κροκαλοπαγή, πάχους μέχρι 100 m ακολουθούμενα από απολιθωματοφόρους ασβεστολίθους.

3. Πολύχρωμη σειρά, Τριαδικό. Χωρίζεται σε κατώτερο και ανώτερο μέρος.

Το κατώτερο αποτελείται από εναλλαγές κλαστικών ιζημάτων, κερατολίθων, τεφρών ραδιολαριτών, ερυθρών ασβεστολίθων, τεφρών έως πράσινων μαργών, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών με ογκόλιθους Παλαιοζωικού μέχρι Κάτω Τριαδικού. Το κατώτερο μέρος έχει παρεμβολές από πράσινους έως ερυθρούς τοφφίτες. Το ανώτερο μέρος αποτελείται από τεφρό μαργαϊκό ασβεστόλιθο με κίτρινες κηλίδες και παρεμβολές μαργών.

4. Τριαδικοιουρασικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες. Σε αυτούς παρεμβάλλονται τουλάχιστον τρεις ορίζοντες ανάδυσης με αργιλικούς σχιστολίθους, ψαμμίτες και χαλαζιακών κροκαλοπαγών πάχους μέχρι 60 m.

Η **αλλόχθονη σειρά** αποτελείται από τα παρακάτω:

1. Παλαιοζωικοί ιζηματογενείς σχηματισμοί (Λιθανθρακοφόρο – Πέρμιο).

Πρόκειται για ακολουθία κλαστικών σχηματισμών (γραουβάκες μεταβαλλούμενης κοκκομετρίας, ψαμμίτες, αργίλους) η οποία είναι υποκείμενη στρώματος ασβεστολιθικών σχηματισμών πάχους 30 m.

2. Κλαστικά ιζήματα Ιουρασικού. Ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και ερυθροί ψαμμιτικοί σχιστόλιθοι.

3. Ασβεστόλιθοι και δολομίτες Ιουρασικού

Ηφαιστειογενείς σχηματισμοί: Στο νησί της Χίου υπάρχουν και εμφανίσεις εκρηξιγενών πετρωμάτων. Ειδικότερα, μέσα στους κλαστικούς σχηματισμούς Σιλουρίου-Λιθανθρακοφόρου της αυτόχθονης σειράς υπάρχει διαβάσης, διαβασικοί τόφοι και τόφοι χαλαζιακού κερατοφύρου ηλικίας Κάτω Λιθανθρακοφόρου. Επίσης, υπάρχει περιορισμένη εμφάνιση οφιολίθων μεταξύ των περιοχών του Θολοποταμίου και της Παναγίας Σικελιάς. Από την περίοδο του Μειοκαίνου συναντώνται όξινα ηφαιστειακά πετρώματα, ενώ άλλα μεταγενέστερης ηλικίας που βρίσκονται στο νησί είναι βασικοί έως υποβασικοί ηφαιστίτες (λαβραδορίτης έως ανδεσίτης και βασάλτης).

Οινούσσες.

Τα πετρώματα των Οινουσσών και των γύρω μικρών νήσων, καθώς και μιας μικρής περιοχής του Βορειοανατολικού άκρου της Χίου (250 m x 280 m) θεωρούνται παλαιότερα των Παλαιοζωικών της Χίου, ενώ σε ανάλυση σε δείγματα ζirkονίου από μεταψαμμίτες (μεταλιθαρενίτες) βρέθηκε ότι η μέγιστη ηλικία απόθεσης ήταν τα 310-330 Ma ή Άνω Λιθανθρακοφόρο (Meinhold 2008). Πρόκειται για μεταϊζήματα χαμηλού και ομοιόμορφου βαθμού μεταμόρφωσης: αργιλικούς σχιστολίθους, ψαμμιτικούς σχιστολίθους, γραουβάκες, χαλαζιακούς ψαμμίτες και στρώματα κροκαλοπαγών σε εναλλαγές, παρομοιάζοντας μια ακολουθία φλύσχη. Τα ανώτερα τμήματα είναι κυρίως πηλικά, ενώ τα κατώτερα κυρίως ψαμμιτικά.

Ψαρά.

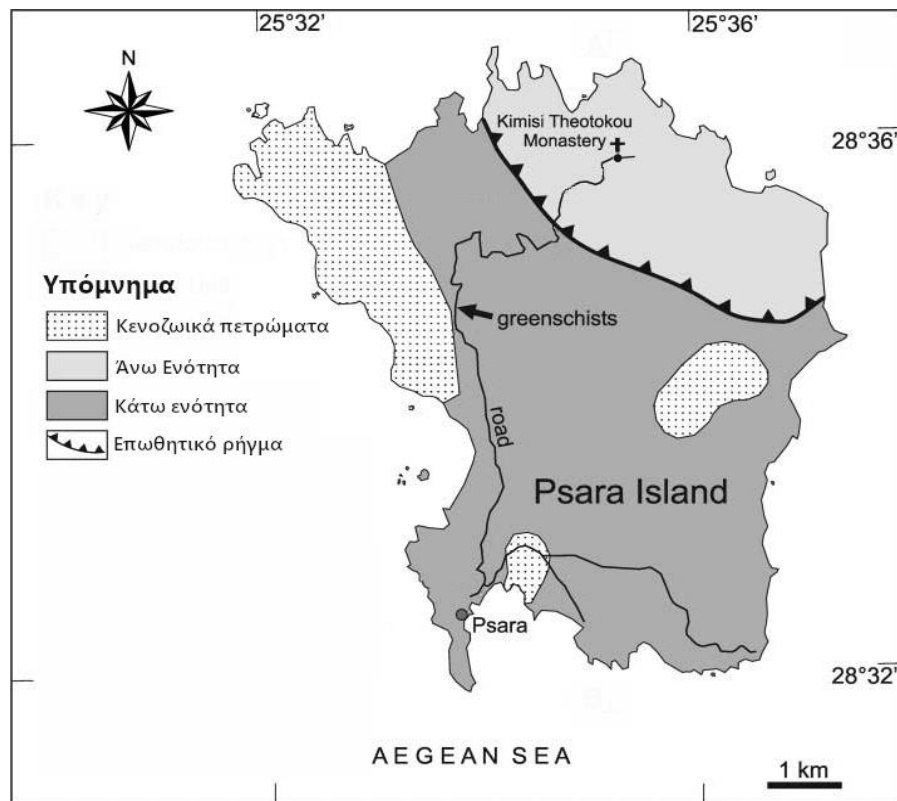
Για τα Ψαρά ο Wallbrecher (όπως γίνεται αναφορά από τους Dürr & Jacobshagen, 1986) ορίζει τρεις ενότητες εκ των οποίων η 1^η υπόκειται τεκτονικά της 2^{ης} και η 2^η της 3^{ης} :

1. Έχει εμφάνιση στο Νότιο και Κεντρικό τμήμα του νησιού. Σχιστόλιθοι πολύ χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης, φυλλίτες και πρασινοσχιστόλιθοι με ενδιάμεσα

στρώματα από χαλαζίτες και μεταγραουβάκες.

2. Γρανατούχοι μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι και γνεύσιοι.
3. Μάρμαρα πάχους 300m.

Σε έρευνα πεδίου (Meinhold G. 2007) δεν βρέθηκε τεκτονική επαφή μεταξύ της 2^{ης} και της 3^{ης} ενότητας και έτσι διακρίνονται σε μία κατώτερη και σε μια ανώτερη, επωθημένη ενότητα με χαμηλό και υψηλό βαθμό μεταμόρφωσης, αντίστοιχα (Σχήμα 8: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης των Ψαρών που δείχνει τις ενότητες των πετρωμάτων και την τεκτονική τους επαφή (Meinhold G. 2007, επεξεργασμένο).). Όσον αφορά τις διαπιστωμένες ηλικίες, σε δείγματα ζirkονίου στους γρανατούχους μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους φάνηκε πως η μέγιστη ηλικία απόθεσης ήταν τα 270 Ma που τοποθετείται στο Άνω Πέρμιο (Meinhold 2008).





Σχήμα 8: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης των Ψαρών που δείχνει τις ενότητες των πετρωμάτων και την τεκτονική τους επαφή (Meinhold G. 2007, επεξεργασμένο).

Τα μεταλλικά ιζήματα της περιοχής, από τα κατώτερα προς τα ανώτερα στρώματα

διαιρούνται ως εξής:

Ανώτερο Μειόκαινο

- Σιδηρούχοι ψαμμίτες πάχους περίπου 150m
- Παρεμβολές από κροκαλοπαγή
- Πράσινοι άμμοι και χαλίκια πάχους 60-150m
- Ανοιχτόχρωμοι ορίζοντες κισσηρώδους τόφφου πάχους 0-40m αυξανόμενου προς το Νότο
- Ερυθρές άργιλοι και ιλύς πάχους 20-120m που ελαττώνεται προς το Νότο

Ανώτερο Μειόκαινο με Πλειστόκαινο

- Ασβεστόλιθοι γλυκού νερού και παρεμβολές μαργών πράσινης αργίλου και σκουρόχρωμης άμμου. Πάχος μεγαλύτερο των 250m.

Πλειόκαινο-Πλειστόκαινο

- Κορήματα και ερυθρογή

Τεταρτογενή ιζήματα

Αποτελούν κυρίως υλικά αποσάθρωσης περιορισμένης έκτασης: Λατυποπαγή, κόνιοι κορημάτων, κατολισθήσεις, πρόσφατα πλευρικά κορήματα, καθώς και αλλουβιακές και παράκτιες αποθέσεις.

Το νησί της Χίου καταλαμβάνει το κεντρικό ανατολικό τμήμα της μικροπλάκας του Αιγαίου. Η υποβύθιση της ανατολικής Μεσογειακής ωκεάνιας πλάκας κάτω από την μικροπλάκα του Αιγαίου, σε συνδιασμό με την κίνηση της Ανατολίας μικροπλάκας προς τη δύση, καθορίζουν το παραμορφωτικό καθεστώς που επικρατεί στην περιοχή (Karakostas 2010). Στις 3 Απριλίου του 1881, στην Χίο, συνέβη το πιο θανατηφόρο σεισμικό γεγονός στην Ελλάδα μεγέθους 6.5. Από το κύριο σεισμικό γεγονός έχασαν τη ζωή τους 3.550 άτομα, τραυματίστηκαν 7.000 και έγιναν εκτεταμένες καταστροφές κυριότερα στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού όπως ολοκληρωτική καταστροφή χωριών, κατολισθήσεις κτηρίων, εμφάνιση ρωγμών στο έδαφος, δημιουργία πιδάκων νερού και άμμου στο Κάστρο της Χίου. Παράλληλα έγινε δημιουργία tsunami, ενώ πλήθος μετασεισμών συνεισέφερε στην τελειωτική καταστροφή των ερειπωμένων κτηρίων που επιβίωσαν από τον βασικό σεισμό. Άλλοι σεισμοί που έλαβαν χώρα στην περιοχή είναι του 1890 (M6.2) στα Ψαρά, του Ιουλίου του 1941 (M6.0) και του Ιουλίου του 1949 (M6.7) στις Οινούσσες. Βάσει κινηματικής και μορφοτεκτονικής ανάλυσης χαρακτηρίστηκαν 6 βασικά ρήγματα σαν ενεργά (Chatzipetros 2013):

1. Το υποθαλάσσιο ρήγμα των Αγιασμάτων

Βρίσκεται βόρεια του νησιού της Χίου και έχει μήκος περίπου 14km. Αναπτύσσεται περίπου παράλληλα με την ακτή με μια ΔΝΔ-ΑΒΑ παράταξη και ΒΒΔ κατεύθυνση κλίσης.

2. Το υποθαλάσσιο ρήγμα των Οινουσσών

Έχει ΒΔ-ΝΑ παράταξη και μπορεί να συνδεθεί με τον σεισμό της 23^{ης} Ιουλίου 1949 (M6.7). Το μήκος του είναι περίπου 26 km.



3. Το ρήγμα της κοιλάδας του Πιτυού

Μικρό ρήγμα μήκους 6 km που είναι υπεύθυνο για το σχηματισμό της κοιλάδας του Πιτυού. Διασχίζει τους Τριαδικοϊουρασικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες του Αίπους. Έχει BBA-NNΑ παράταξη και κλίνει προς τα ΔΝΔ.

4. Το ρήγμα Χίου-Βροντάδου

Θεωρείται το σημαντικότερο ρήγμα από άποψη κοινωνικών επιπτώσεων σε περίπτωση ενεργοποίησης. Έχει BBA-NNΔ παράταξη, συνολικό μήκος 11 km και χωρίζεται σε δύο τμήματα. Στην πραγματικότητα αποτελείται από μία σειρά μικρότερων ρηγμάτων και καθορίζει την απότομη μορφολογία δυτικά των πόλεων της Χίου και του Βροντάδου. Διακόπτει την ακολουθία των Τριαδικοϊουρασικών ασβεστολίθων και δολομιτών της αυτόχθονης σειράς.

5. Το ρήγμα των Μαστιχοχωρίων

Αποτελεί μια ζώνη ρηγμάτων που συγκροτείται από μια σειρά μικρότερων ρηγμάτων με γενική παράταξη ΒΔ-ΝΑ και μήκος 15 km. Η ζώνη χωρίζεται σε δύο βασικά τμήματα, του Λιμένα και της Καλαμωτής.

6. Το υποθαλάσσιο ρήγμα της Φιλαδέλφειας

Αναπτύσσεται σε απόσταση περίπου 50-100 m παράλληλα στη νοτιοδυτική όχθη της Χίου. Η παράταξή του είναι ΒΔ-ΝΑ και έχει μήκος 17 km. Με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, την τοποθεσία και την κατανομή των καταστροφών του σεισμού του 1881 θεωρείται συσχετιζόμενο με τη δημιουργία του.

Η κυκλοφορία του νερού στα πετρώματα εκφράζεται με τον συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας k ενός σχηματισμού, που έχει μονάδες ταχύτητας (m/s). Με βάση την τιμή του οι γεωλογικοί σχηματισμοί, διαιρούνται σε:

- Πολύ υδροπερατούς, όταν $k \geq 10^{-1}$ m/s.
- Υδροπερατούς, όταν $10^{-6} < k < 10^{-1}$ m/s.
- Λίγο υδροπερατούς, όταν $10^{-9} < k < 10^{-6}$ m/s.
- Αδιαπέρατους, όταν $k \leq 10^{-9}$ m/s

Όσο πιο υδροπερατός (permeable) είναι ένας σχηματισμός τόσο πιο εύκολα διεισδύει και κυκλοφορεί το νερό στη μάζα του, ενώ ένας αδιαπέρατος (impermeable) σχηματισμός δεν επιτρέπει την κυκλοφορία του νερού μέσα σε αυτόν. Τυπικές τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας για τα διάφορα πετρώματα βρίσκονται στον Πίνακα 2.

Η υδροπερατότητα στους εδαφικούς σχηματισμούς οφείλεται στο πορώδες το οποίο αποτελεί το ποσοστό κενού χώρου σε αυτούς και χωρίζεται σε πρωτογενές και δευτερογενές. Το πρωτογενές αφορά τους κλαστικούς σχηματισμούς και τις χαλαρές αποθέσεις εδαφικού υλικού και αναφέρεται στα διάκενα που δημιουργήθηκαν κατά τη δημιουργία του σχηματισμού τους, ενώ, επηρεάζεται από την κοκκομετρία και το βαθμό διαγένεσης. Το δευτερογενές αφορά τη δημιουργία διακένων στο σχηματισμό, μετά τη δημιουργία του, από διεργασίες τεκτονικής (ρήγματα, διακλάσεις κ.α.), αποσάθρωσης (μηχανικής, χημικής κ.α.), ανθρώπινων και ζωικών δραστηριοτήτων κ.α. Σημαντικός παράγοντας δημιουργίας δευτερογενούς πορώδους στα ανθρακικά πετρώματα είναι το φαινόμενο της καρστικοποίησης. Το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας επιδρά με το νερό, σχηματίζοντας ανθρακικό οξύ. Στη συνέχεια προκαλεί χημική

αποσάθρωση σε ασβεστόλιθους και δολομίτες με συνέπεια τη δημιουργία κενών χώρων στα πετρώματα μικρής έως μεγάλης κλίμακας.

Πέτρωμα	Υδραυλική Αγωγιμότητα (k)
Άργιλος	$10^{-11} - 10^{-12}$ m/s
Πηλός	$10^{-6} - 10^{-8}$ m/s
Λεπτόκοκκη άμμος	$10^{-5} - 10^{-6}$ m/s
Χαλίκια, Χονδρόκοκκη άμμος	$10^{-1} - 10^{-5}$ m/s
Μάργες	$10^{-9} - 10^{-11}$ m/s
Φλύσχης	$10^{-9} - 10^{-10}$ m/s
Ψαμμίτης	$10^{-5} - 10^{-7}$ m/s
Κροκαλοπαγή	$10^{-6} - 10^{-7}$ m/s
Ασβεστόλιθοι – Μάρμαρα	$10^{-4} - 10^{-7}$ m/s
Σχιστόλιθοι	$10^{-8} - 10^{-11}$ m/s
Οφιόλιθοι	$10^{-7} - 10^{-10}$ m/s
Γνεύσιοι – Μεταμορφωμένα	$10^{-8} - 10^{-11}$ m/s
Γρανίτες	$10^{-10} - 10^{-13}$ m/s
Ηφαιστειακά πετρώματα	$10^{-10} - 10^{-13}$ m/s

Πίνακας 2: Τυπικές τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας για διάφορα πετρώματα (Βουδούρης n.d.).

Στο νησί της Χίου επικρατούν σε μεγάλο βαθμό ασβεστόλιθοι του Παλαιοζωικού και του Μεσοζωικού που έχουν υποστεί έντονη καρστικοποίηση και, σε συνδυασμό με την τεκτονική καταπόνηση, έχει δημιουργηθεί ένα σημαντικό δευτερογενές πορώδες στη μάζα τους καθιστώντας τους έντονα υδροπερατούς, τουλάχιστον στα μικρότερα βάθη. Επίσης, τα πλευρικά κορήματα, οι χαλαρές αλλουβιακές και λοιπές αποθέσεις του Τεταρτογενούς θεωρούνται υδροπετρατοί σχηματισμοί.



Σαν ημιπερατοί σχηματισμοί χαρακτηρίζονται οι σιδηρούχοι ψαμμίτες του Μειοκαίνου, οι ορίζοντες ανάδυσης με αργιλικούς σχιστολίθους, ψαμμίτες και χαλαζιακά κροκαλοπαγή στους ασβεστολίθους και δολομίτες του Άνω Τριαδικού και το κατώτερο μέρος της πολύχρωμης σειράς του Τριαδικού.

Χαμηλής περατότητας έως αδιαπέρατοι, οι Παλαιοζωικοί ιζηματογενείς σχηματισμοί της αυτόχθονης και της αλλόχθονης σειράς, οι ιζηματογενείς σχηματισμοί του Μειοκαίνου και τα μεταμορφωμένα πετρώματα τόσο στην περιοχή του νησιού της Χίου όσο και στις Οινούσσες και τα Ψαρά. Στα Ψαρά, εξαιρούνται τα μάρμαρα που θεωρούνται πολύ υψηλής υδροπερατότητας. Τέλος, οι ερυθρές άργιλοι και ιλύς του Μειοκαίνου αποτελούν επίσης έναν αδιαπέρατο σχηματισμό.

3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Τα γεωχωρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από διάφορες πηγές:

- Από αρχείο του επιβλέποντα καθηγητή κ. Αντώνιου Μουρατίδη
- Από τον ιστότοπο ανοιχτών γεωχωρικών πληροφοριών για την Ελλάδα
<https://geodata.gov.gr/>
- Από τον ιστότοπο προϊόντων ελεύθερης πρόσβασης δορυφόρων του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA/ΕΟΔ) <https://scihub.copernicus.eu/dhus/>



- Από το Open Street Maps (OSM) <https://www.openstreetmap.org/>
- Από το Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) της Ευρωπαϊκής Ένωσης <https://land.copernicus.eu/about>
- Από το ESDAC (European Soil Data Centre – Ευρωπαϊκό Κέντρο Δεδομένων για το Έδαφος) <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/>
- Από το <https://srtm.csi.cgiar.org/> από όπου λήφθηκε το υψομετρικό μοντέλο εδάφους (DEM)
- Από το Ευρωπαϊκό Μεσογειακό Σεισμολογικό Κέντρο (EMSC) <https://www.emsc-csem.org/>
- Από το Ευρωπαϊκό δίκτυο δεδομένων και παρατήρησης των ωκεανών (EMODnet) <https://emodnet.eu/>

Τα γεωχωρικά δεδομένα τα οποία συγκεντρώθηκαν και επεξεργάστηκαν στην παρούσα εργασία, με σκοπό τη δημιουργία της βάσης δεδομένων φαίνονται στον πίνακα . Για όλα τα δεδομένα έγινε γεωαναφορά στα συστήματα ΕΓΣΑ87 και WGS84 και περικοπή στα όρια του νομού Χίου. Από την περικοπή στα όρια του νομού εξαιρέθηκαν τα ρήγματα, οι εστίες σεισμών και οι τοπογραφικοί και γεωλογικοί χάρτες, καθώς στα ρήγματα και τις εστίες έπρεπε να χρησιμοποιηθεί μια ευρύτερη περιοχή για την απεικόνισή τους, ενώ τα φύλλα χαρτών αποτελούν το υπόβαθρο της βάσης και επιλέχθηκε να μείνουν ολόκληροι. Η οργάνωση των δεδομένων έγινε με τον βασικό διαχωρισμό της δομής τους σε διανυσματικά δεδομένα (vector) και δεδομένα δομής κανάβου (raster).



Δεδομένα	Τύπος αρχείου
Όρια Νομού	.shp
Γεωολογικοί χάρτες	.tif
Τοπογραφικοί χάρτες	.tif
Κάλυψη γης	.shp
DEM	.tif
Ανάγλυφο	.tif
Προσανατολισμός	.tif
Κλίσεις	.tif
Κλίσεις & προσανατολισμός	.tif
Sentinel 1	.tif
Sentinel 2	.tif
Δείκτης Βλάστησης	.tif
Οικισμοί	.shp
Εδαφολογία	.shp
Διάβρωση	.shp
Υδρολιθολογία	.shp
Τριγωνομετρικά σημεία	.shp
Προστατευόμενες περιοχές	.shp
Υδρογραφικό δίκτυο	.shp
Δρόμοι	.shp
Επίκεντρα σεισμών	.shp
Ρήγματα	.shp

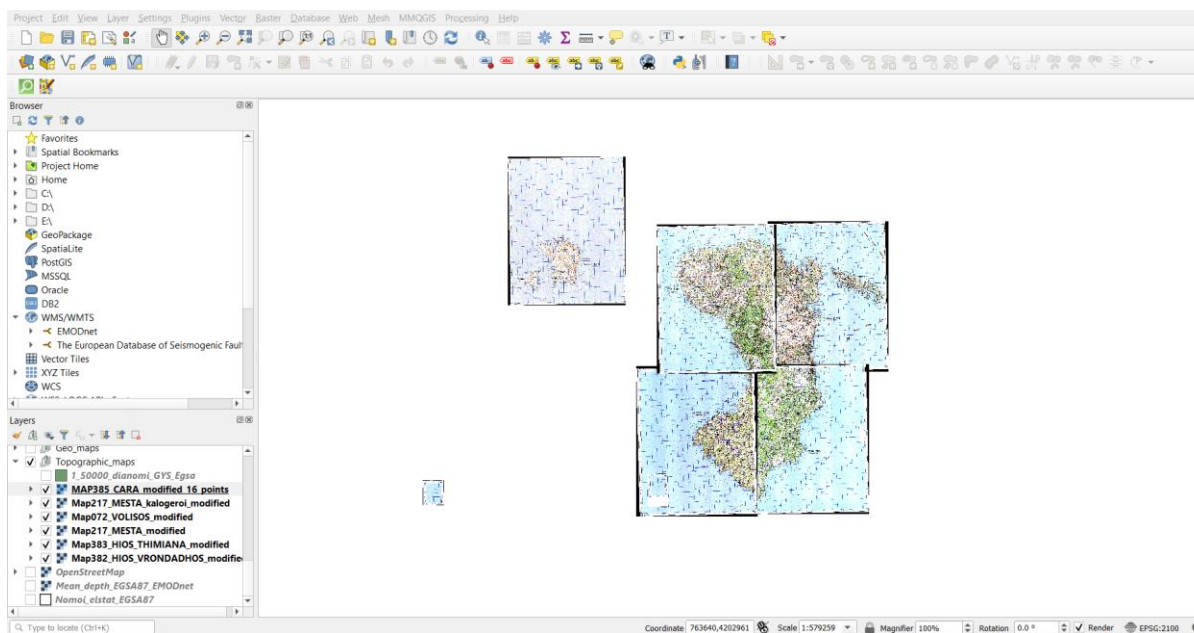
Πίνακας 3: Το δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία, μαζί με αυτά που δημιουργήθηκαν και ο τύπος του αρχείου που χρησιμοποιείται στο πρόγραμμα QGIS.



Τα βασικά προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για τη εργασία ήταν τα εξής

- QGIS: ελεύθερο, ανοικτής πηγής (open source), γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών.
- SNAP (SentiNel Applications Platform): λογισμικό (εργαλειοθήκη) που επιτρέπει την επεξεργασία προϊόντων των δορυφόρων Sentinel 1 και Sentinel 2. Μολονότι οι δορυφορικές εικόνες μπορούν να υποστούν επεξεργασία και με το λογισμικό QGIS, προτιμήθηκε η χρήση του SNAP για συγκεκριμένες λειτουργίες καθώς προσφέρει ευκολία χρήσης.
- CorelDraw: λογισμικό γραφιστικής επεξεργασίας που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή κάποιων υπομνημάτων και εικόνων.

Για το σύνολο των δεδομένων έγινε αρχικά γεωαναφορά στα γεωδαιτικά συστήματα ΕΓΣΑ87 και WGS84, καθώς και περικοπή στα όρια του Νομού Χίου ή σε μια ελαφρώς ευρύτερη περιοχή για λόγους απεικόνισης για κάποια αρχεία, εκτός από τους γεωλογικούς και τοπογραφικούς χάρτες όπου έγινε μόνο γεωαναφορά (Σχήμα 9).



Σχήμα 9: Οι τοπογραφικοί χάρτες, γεωαναφερόμενοι στο σύστημα ΕΓΣΑ87.



Χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω φύλλα των τοπογραφικών χαρτών: «ΨΑΡΑ», «ΒΟΛΙΣΣΟΣ», «ΧΙΟΣ-ΒΡΟΝΤΑΔΟΣ», «ΜΕΣΤΑ», «ΧΙΟΣ-ΘΥΜΙΑΝΑ». Στο φύλλο «ΜΕΣΤΑ» εμφανίζονται οι βραχονησίδες καλόγεροι, που βγαίνουν εκτός ορίου του χάρτη. Σε αυτές χρησιμοποιήθηκε το περικεκομμένο κομμάτι του χάρτη που στη συνέχεια γεωαναφέρθηκε για να εμφανισθεί στην σωστή τοποθεσία.

Για τους γεωλογικούς χάρτες έγινε η μετατροπή τους σε .tif αρχεία εικόνας από .jpg και ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για τα φύλλα «ΧΙΟΣ (ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ)» και «ΧΙΟΣ (ΝΟΤΙΟ ΤΜΗΜΑ)». Στο πρώτο συμπεριλαμβάνονται και τα νησιά Οινούσες για τα οποία έγινε περικοπή και γεωαναφορά με σκοπό να βρεθούν στην σωστή τοποθεσία. Το φύλλο Ψαρά, δυστυχώς δεν ήταν δυνατό να βρεθεί και για αυτόν τον λόγο παραλείπεται.

3.1 Αρχεία vector

Οι διανυσματικές γεωχωρικές πληροφορίες που αξιοποιήθηκαν στην εργασία είναι οι παρακάτω και υπέστησαν διαφορετική επεξεργασία ανάλογα με τον τύπο πληροφορίας που απεικονίζουν.

- Όρια νομού
- Κάλυψη γης CORINE
- Οικισμοί
- Δρόμοι
- Τριγωνομετρικά σημεία
- Εδαφολογία
- Υδρολιθολογία
- Προστατευόμενες περιοχές
- Υδρογραφικό δίκτυο
- Εστίες σεισμών
- Ρήγματα
- Σταθμοί μέτρησης υδάτων



Η κάλυψη γης Corine Land Cover, παράγεται από το Copernicus Land Monitoring Service και προσφέρει θεματικές πληροφορίες για την κάλυψη/χρήση γης, ενώ συντονίζεται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (European Environment Agency – EEA). Οι πληροφορίες βασίζονται στην κατηγοριοποίηση δεδομένων δορυφορικών εικόνων που παράγονται από ομάδες των μελών του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου και των συνεργαζόμενων χωρών (Copernicus Land Monitoring Service 2020). Στην παρούσα εργασία απεικονίζεται η χρήση γης του νομού Χίου του 2018 με βάση την ελληνική ονοματολογία και τα χρώματα απεικόνισης που προτείνεται από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα CORINE.

Για τα δεδομένα του οδικού δικτύου και του υδρογραφικού δικτύου έγινε χρήση του plugin QuickOSM που επιτρέπει την γρήγορη λήψη δεδομένων του OpenStreetMaps (OSM). Στον κάθε δρόμο, ανάλογα με τη χρήση και τη σημασία του, αντιστοιχεί μια τιμή συμβολοσειράς (string) στο πεδίο “highway”. Έτσι κατασκευάστηκε η συμβολογία των δρόμων με βάση την κατηγοριοποίηση των διαφορετικών μεταβλητών και τα χρώματα που χρησιμοποιούνται στο OSM. Για παράδειγμα, οι αυτοκινητόδρομοι εμφανίζονται με ελαιοπράσινο χρώμα και μεγαλύτερο πάχος από τον λεπτότερο και γκριζο αστικό οδικό ιστό. Όσον αφορά το υδρογραφικό δίκτυο, ανακτήθηκαν δεδομένα από το OSM με τον ίδιο τρόπο και εμφανίζεται το πεδίο “waterway”, όπου αντιστοιχούν κατά βάση δύο τιμές, “river” και “stream” οι οποίες αντιπροσωπεύουν ποταμούς και χειμάρρους αντίστοιχα.

Για τα ρήγματα δημιουργήθηκε ένα αρχείο shapefile στο οποίο συγχωνεύτηκαν δεδομένα για μια ευρύτερη περιοχή από την περιοχή μελέτης από δύο πηγές. Η πρώτη είναι η Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων σεισμογόνων ρηγμάτων του 2013 (The European Database of Seismogenic

Faults – EDSF 2013), ενώ η δεύτερη είναι από τη βάση δεδομένων για τα ενεργά ρήγματα στην Ελλάδα NOAFAULTS (Έκδοση 3, 2020).

Για τα επίκεντρα των σεισμών έγινε έρευνα στον κατάλογο του Ευρωπαϊκού-Μεσογειακού Σεισμολογικού Κέντρου (European-Mediterranean Seismological Centre - EMSC) για την περίοδο από 01/10/2000 μέχρι 01/01/2021 και μία ευρύτερη γεωγραφική περιοχή από το Νομό Χίου, καθώς τα ρήγματα που αναφέρονται στην εργασία δεν περιορίζονται στον χερσαίο χώρο των νησιών. Η περιοχή την οποία αφορούν τα δεδομένα είναι στα όρια του κύκλου με κέντρο (38,4° , 26,0°) και ακτίνα 1° στο WGS84. Στα δεδομένα των σεισμών που ανακτήθηκαν προστέθηκαν και οι σεισμοί που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο με τα σεισμοτεκτονικά στοιχεία και αναφέρονται στην εργασία (Chatzipetros 2013), ενώ τα περιγραφικά δεδομένα των σεισμών που καταγράφηκαν στο αρχείο vector προέρχονται από το βιβλίο «Οι σεισμοί της Ελλάδας» (Παπαζάχος 2003). Τα σύμβολα διαφέρουν ανάλογα με το μέγεθος του σεισμικού γεγονότος.

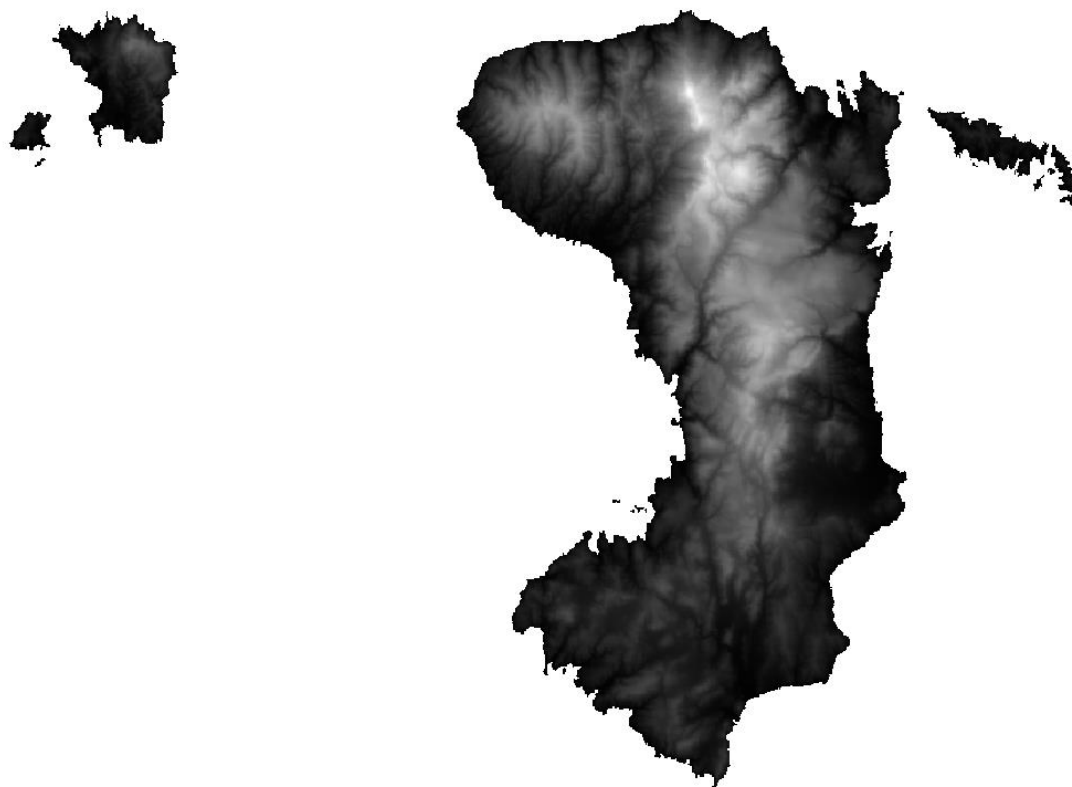
3.2 Αρχεία raster

Τα αρχεία raster που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία προέρχονται από διάφορες πηγές και είναι τα παρακάτω:

- DEM (Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο), μαζί με παραγόμενα αρχεία που αναλύονται στο σχετικό κεφάλαιο (Σκιασμένο ανάγλυφο, κλίσεις, προσανατολισμός, κλίσεις συνδυασμένες με προσανατολισμό)
- Δορυφορικές εικόνες Sentinel-1
- Δορυφορικές εικόνες Sentinel-2
- Διάβρωση λόγω της δράσης του νερού
- Διάβρωση λόγω της δράσης του ανέμου
- Οι γεωολογικοί και οι τοπογραφικοί χάρτες
- Βαθυμετρικό μοντέλο (σαν υπόβαθρο)

3.2.1 DEM (Digital Elevation Model)

Το Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο αποτελεί αναπαράσταση ορισμένης γήινης επιφάνειας (Σχήμα 10). Ένα DEM έχει πλήθος εφαρμογών, καθώς αποτελεί ένα αρχείο raster με μία τιμή υψομέτρου σε κάθε ψηφίδα που απεικονίζει. Εφόσον χρησιμοποιεί υψόμετρα, υπάρχει δυνατότητα παραγωγής πλήθους χαρτών με την επεξεργασία του, καθώς πολλές σημαντικές μεταβλητές μπορούν να εκφραστούν μαθηματικά σε συνάρτηση με το υψόμετρο και να παρατηρηθεί η μεταβολή φαινομένων στο χώρο.



Σχήμα 10: Το αρχείο DEM πριν από την επεξεργασία του.



Στην παρούσα εργασία δημιουργήθηκαν ορισμένα μοντέλα απεικόνισης με τη χρήση του. Το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM), χωρικής ανάλυσης 90m, χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των εξής γεωχωρικών πληροφοριών:

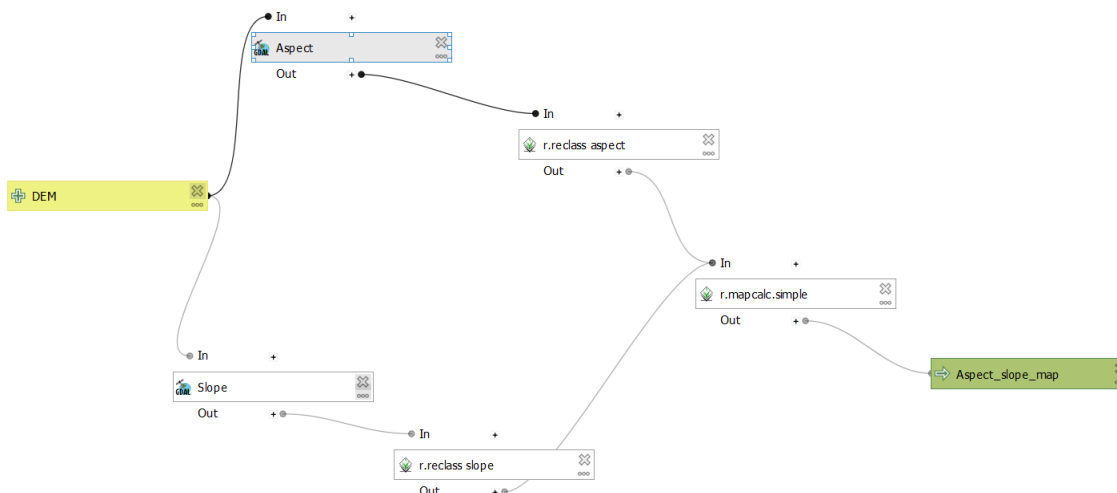
Ανάγλυφο (hillshade): δημιουργήθηκε ένας χάρτης σκιασμένου αναγλύφου που απεικονίζει το υψόμετρο (0m-1268m). Με την επιλογή του εργαλείου “hillshade” του προγράμματος ο χρήστης μπορεί να απεικονίσει τις σκιές που θα δημιουργούνταν στην επιφάνεια, εάν ο ήλιος την φώτιζε υπό συγκεκριμένη γωνία, που καθορίζει αυτός (εδώ, 315°). Το πρόγραμμα αναθέτει μία διαφορετική τιμή φωτισμού για κάθε κελί η οποία επηρεάζεται από τα γειτονικά κελιά. Το σκιαγραφημένο ανάγλυφο μπορεί να χρησιμοποιηθεί περεταίρω για αισθητικούς σκοπούς και για την καλύτερη απεικόνιση μιας επιφάνειας.

Κλίση (Slope): απεικονίζονται οι κλίσεις των πρανών. Αυτό γίνεται με την επιλογή Slope, όπου ελέγχει την διαφορά του υψομέτρου στα γειτονικά κελιά και επιλέγει τη μέγιστη διαφορά για να υπολογίσει την κλίση. Το αποτέλεσμα είναι σε μοίρες ή ποσοστό επί τοις εκατό.

Προσανατολισμός (Aspect): απεικονίζεται ο προσανατολισμός των επιφανειών της Χίου. Το εργαλείο αυτό δημιουργεί έναν χάρτη του προσανατολισμού των κλίσεων των επιφανειών και αναθέτει μια τιμή στο κάθε κελί 0-360° από τον Βορρά υποδηλώνοντας το αζιμούθιο. Στην συνέχεια, προσδιορίζονται κλάσεις για κάθε τιμή και τα κελιά χρωματίζονται ανάλογα.

Προσανατολισμός και κλίση (Aspect & Slope): Απεικονίζονται συνδυαστικά οι δύο προηγούμενες πληροφορίες. Για να δημιουργηθεί αυτός ο χάρτης, έγινε χρήση του model

designer, όπου ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει έναν αλγόριθμο, αναθέτοντας μια σειρά με λειτουργίες στο πρόγραμμα (Σχήμα 11).



Σχήμα 11: Η λειτουργία Model Designer του QGIS.

Ο αλγόριθμος είχε σαν είσοδο το αρχείο DEM του νομού Χίου. Από αυτό κατασκεύασε τα μοντέλα για την κλίση και τον προσανατολισμό των κλίσεων, ενώ στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανασχεδιασμός στα δεδομένα με τη χρήση της λειτουργίας `r.reclass`. Στο μοντέλο του προσανατολισμού των κλίσεων ανατέθηκαν οκτώ κλάσεις με τιμές 10, 20, 30..., 80 ενώ το μοντέλο των κλίσεων χωρίστηκε σε πέντε κλάσεις με τιμές 0, 2, 4, 6, 8. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε πρόσθεση των δύο ανασχεδιασμένων μοντέλων raster με τη χρήση του raster calculator, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί το τελικό αρχείο με τιμές 10, 12, 14, 16, ..., 88. Τα χρώματα σε αυτό συμβολίστηκαν με τη δημιουργία μιας χρωματικής κλίμακας όπου η κλίση αυξάνεται με την αύξηση της έντασης, ενώ ο προσανατολισμός αλλάζει με την αλλαγή της

απόχρωσης. Το υπόμνημα του χάρτη κατασκευάστηκε στο CorelDraw χρησιμοποιώντας τα χρώματα της χρωματικής κλίμακας.

Χάρτες για τα παραπάνω βρίσκονται στο επόμενο κεφάλαιο

3.2.2 Δορυφορικές εικόνες

Προέρχονται από τον ΕΟΔ και ανακτήθηκαν από το <https://scihub.copernicus.eu/dhus/>.

Χρησιμοποιήθηκαν δύο ειδών εικόνες (προϊόντα), από τους δορυφόρους Sentinel 1 και Sentinel 2 και οι τελικές εικόνες περικόπηκαν στα όρια του Νομού.

Sentinel 1:



Σχήμα 12: Αναπαράσταση του δορυφόρου Sentinel 1 (Πηγή: ESA).

Η αποστολή Sentinel 1 αποτελείται από δύο δορυφόρους Sentinel-1A και Sentinel-1B. Ο κάθε δορυφόρος λαμβάνει εικόνες με τέσσερις διαφορετικές λειτουργίες, με διαφορετικές αναλύσεις (μέχρι 5m) και καλύψεις (μέχρι 400 km). Είναι εξοπλισμένοι με SAR (Synthetic

Aperture Radar – ραντάρ ψηφιακού ανοίγματος), ενώ παρέχεται δυνατότητα διπλής πόλωσης του εκπεμπόμενου και του ληφθέντος κύματος. Το βασικό πλεονέκτημα του SAR είναι η

δυνατότητα λήψης εικόνων χωρίς να εμποδίζεται από νεφοκάλυψη ή την έλλειψη φωτισμού, έτσι, μπορεί να λαμβάνει δεδομένα τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και τη νύχτα και υπό οποιαδήποτε καιρική συνθήκη.

Οι δορυφορικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν για την περιοχή μελέτης ήταν δύο, καθώς δεν μπορούσε να βρεθεί μία που να περιέχει ολόκληρο το νομό Χίου. Ακολουθήθηκαν διάφορες λειτουργίες προεπεξεργασίας για να βελτιωθεί η οπτική ποιότητα των δύο εικόνων και ύστερα ενώθηκαν και περικόπηκαν στα όρια της περιοχής μελέτης:

1. "Apply orbit file". Εφαρμόστηκε το αρχείο τροχιάς που παρέχει μια ακριβή τοποθεσία της εικόνας SAR.
2. "Thermal noise removal". Έγινε αφαίρεση του θερμικού θορύβου.
3. "Radiometric Calibration". Ο σκοπός της ραδιομετρικής βαθμονόμησης είναι να γίνει ευθεία συσχέτιση των τιμών των pixel με την οπισθοσκέδαση.
4. "Speckle filter". Εφαρμόστηκε το φίλτρο Lee για την αφαίρεση των κηλίδων (speckles) που προέρχονται από την θετική ή αρνητική συμβολή της ακτινοβολίας.
5. "Terrain correction". Διόρθωση εδάφους, όπου διορθώνονται οι γεωμετρικές παραμορφώσεις που οδηγούν σε λάθη γεωμετρικής τοποθεσίας.



Σχήμα 13: Αναπαράσταση του δορυφόρου Sentinel 2 (Πηγή: ESA).

Η αποστολή Sentinel 2 αποτελείται και αυτή από δύο δορυφόρους (Sentinel-2A, Sentinel-2B). Ο κάθε ένας από αυτούς χρησιμοποιεί μηχανισμό πολυφασματικής σάρωσης καταγράφοντας την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια σε διάφορες στενές ζώνες φάσματος ταυτοχρόνως, σε μήκη κύματος από 433 έως 2.280 nm. Οι κυριότερες χρήσεις τους είναι η παρακολούθηση της βλάστησης, της εδαφικής κάλυψης, των υδάτων, των φυσικών πόρων καθώς και η παρατήρηση χερσαίων και παράκτιων περιοχών. Με τους συνδιασμούς των διάφορων φασματικών ζωνών στα χρωματικά κανάλια R, G, B, μπορούν να παραχθούν πολλών ειδών ψευδοέγχρωμες εικόνες για διάφορες χρήσεις. Στην παρούσα εργασία οι εικόνες Sentinel 2 έλαβαν επεξεργασία με το λογισμικό SNAP και το QGIS και παράχθηκαν τα παρακάτω:

- Ψευδοχρωματική πολυφασματική σύνθεση φυσικού χρώματος (natural colour image), όπου απεικονίζεται η περιοχή μελέτης με χρώματα που θα είχε εάν ένας παρατηρητής τον έβλεπε από ψηλά.
- ο δείκτης βλάστησης NDVI, όπου απεικονίζεται η κατάσταση υγείας της βλάστησης με βάση τη σχέση της ανακλώμενης και απορροφούμενης ακτινοβολίας στις φασματικές ζώνες B4 και B8.
- Ψευδοχρωματική υπέρυθρη σύνθεση (false colour infrared) όπου απεικονίζεται η βλάστηση με έντονο κόκκινο χρώμα.

Τα προϊόντα του Sentinel 2 που εμπεριέχουν τη συνολική έκταση της περιοχής μελέτης ήταν δύο, ενώ οι φασματικές ζώνες που λαμβάνονται από τον δορυφόρο χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλυσης 10, 20 και 60 μέτρων (Σχήμα 14).

	Spectral Band	Centre Wavelength (nm)	Band Width (nm)	Spatial Resolution (nm)
B1	Coastal aerosol	443	20	60
B2	Blue (B)	490	65	10
B3	Green (G) ¹	560	35	10
B4	Red (R) ¹	665	30	10
B5	Red-edge 1 (Re1) ¹	705	15	20
B6	Red-edge 2 (Re2) ¹	740	15	20
B7	Red-edge 3 (Re3) ¹	783	20	20
B8	Near infrared (NIR) ¹	842	115	10
B8a	Near infrared narrow (NIRn) ¹	865	20	20
B9	Water vapor	945	20	60
B10	Shortwave infrared/Cirrus	1380	30	60
B11	Shortwave infrared 1 (SWIR1)	1910	90	20
B12	Shortwave infrared 2 (SWIR2)	2190	180	20

Σχήμα 14: Οι φασματικές ζώνες (spectral band), τα κεντρικά μήκη κύματος των φασματικών ζωνών (central wavelength), το εύρος των ζωνών (band width) και η χωρικές αναλύσεις των ζωνών (spatial resolution) του δορυφόρου Sentinel 2 (Zheng 2018).

Για να επιτευχθεί η ένωση των δύο προϊόντων σε ένα ενιαίο που απεικονίζει την έκταση της περιοχής μελέτης έπρεπε οι φασματικές ζώνες να βρίσκονται στην ίδια ανάλυση. Έτσι, πρώτα έγινε ανασχεδιασμός (resampling) των εικόνων σε ανάλυση 10 m για τις 13 φασματικές ζώνες και ύστερα ένωση των εικόνων ή δημιουργία μωσαϊκού (mosaicking). Ακολούθως, για

την απεικόνιση φυσικού χρώματος έγινε αντιστοιχία των καναλιών R G B με τις ζώνες B4, B3, B2, ενώ, για τη ψευδοχρωματική σύνθεση υπέρυθρου χρώματος με τις ζώνες B8, B4, B3

αντίστοιχα. Στην συνέχεια έγινε μετασχηματισμός στα WGS84 και ΕΓΣΑ87. Για τον υπολογισμό του δείκτη βλάστησης NDVI (Normalised Difference Vegetation Index – δείκτης βλάστησης κανονικοποιημένης διαφοράς), η ενωμένη εικόνα επεξεργάστηκε με το QGIS και χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία του raster calculator με την εξίσωση υπολογισμού του:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} = \frac{Band\ 8 - Band\ 4}{Band\ 8 + Band\ 4}$$

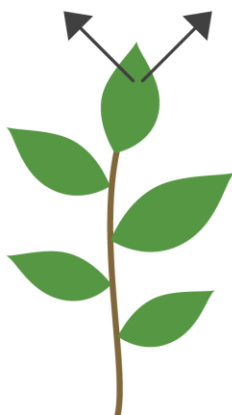
Όπου:

- Band 8: η φασματική ζώνη 8 της εγγύς υπέρυθρης ακτινοβολίας, near infrared (NIR)
- Band 4: η φασματική ζώνη 4 της κόκκινης ακτινοβολίας, red (RED)

Η λειτουργία του NDVI στηρίζεται στην ανάκλαση των δύο αυτών ακτινοβολιών από τα φυτά. Η χλωροφύλλη, που περιέχουν τα φύλλα και αποτελεί έναν δείκτη υγείας των φυτών, απορροφά έντονα το ορατό φως, ενώ τα φύλλα αντανακλούν κύματα στην συχνότητα του εγγύς υπέρυθρου. Όταν ένα φυτό αφυδατώνεται ή αρρωσταίνει, απορροφάει πιο έντονα το εγγύς υπέρυθρο φως αντί να το αντανακλάει. Έτσι, με την παρατήρηση της σχέσης αυτών των δύο ακτινοβολιών και τη μεταβολή τους, υπάρχει η δυνατότητα να εξαχθούν συμπεράσματα για την κατάσταση της υγείας της βλάστησης (Σχήμα 15).

HEALTHY VEGETATION REFLECTANCE

50% NIR 8% RED



NDVI = 0.72

STRESSED VEGETATION REFLECTANCE

40% NIR 30% RED



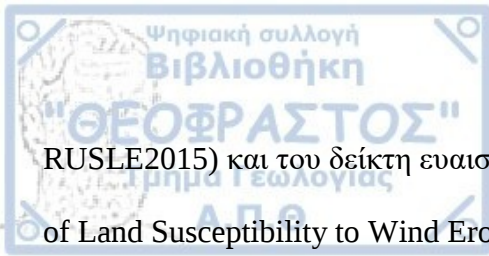
NDVI = 0.14

Σχήμα 15: Η διαφορά στις τιμές ανάκλασης ακτινοβολιών των φασματικών ζωνών εγγύς υπέρυθρου (NIR) και κόκκινου (RED) σε ένα υγιές φυτό (αριστερά) και ένα λιγότερο υγιές (δεξιά). Στο κάτω μέρος φαίνεται και ο αντίστοιχος δείκτης NDVI που αντιπροσωπεύει την κάθε κατάσταση (Πηγή: agricolus)

Οι τιμές του δείκτη NDVI κυμαίνονται μεταξύ του -1 και 1, όπου οι αρνητικές τιμές οφείλονται σε νέφη, νερό και χιόνι, ενώ οι τιμές μεταξύ 0 και 1 οφείλονται σε διαφορετική κάλυψη. Χαμηλές τιμές, μέχρι 0,1 αντιστοιχούν σε απογυμνωμένες περιοχές με πετρώματα, άμμο ή χιόνι, ενώ μέσες τιμές 0,2-0,3 σε ελαφριά βλάστηση από θάμνους ή λιβάδια. Υψηλές τιμές, 0,6-0,8 σε εύκρατα και τροπικά δάση με πυκνή και υγιή βλάστηση.

3.2.3 Διάβρωση

Τέλος, για τα αρχεία raster της αποσάθρωσης από την επίδραση του νερού και του ανέμου έγινε χρήση του σετ δεδομένων παραγόμενο από τη χρήση της αναθεωρημένης παγκόσμιας εξίσωσης για την απώλεια εδάφους 2015 (Revised Universal Soil Loss Equation -



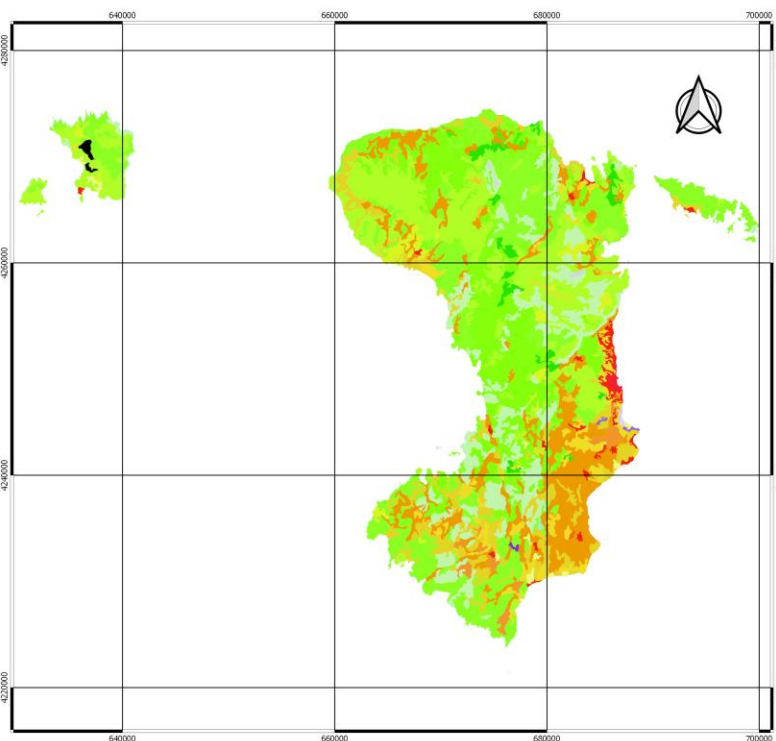
RUSLE2015) και του δείκτη ευαισθησίας του εδάφους στην αποσάθρωση από τον άνεμο (Index of Land Susceptibility to Wind Erosion - ILSWE). Τα δεδομένα προέρχονται από το Ευρωπαϊκό

Κέντρο Δεδομένων για το Έδαφος. Οι χωρικές αναλύσεις είναι 100m και 500m αντίστοιχα, ενώ οι τιμές κατηγοριοποιούνται από 0 μέχρι $>50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{y}^{-1}$ για την επίδραση του νερού και σε χωρίς διάβρωση, πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, υψηλή για την διάβρωση του ανέμου.

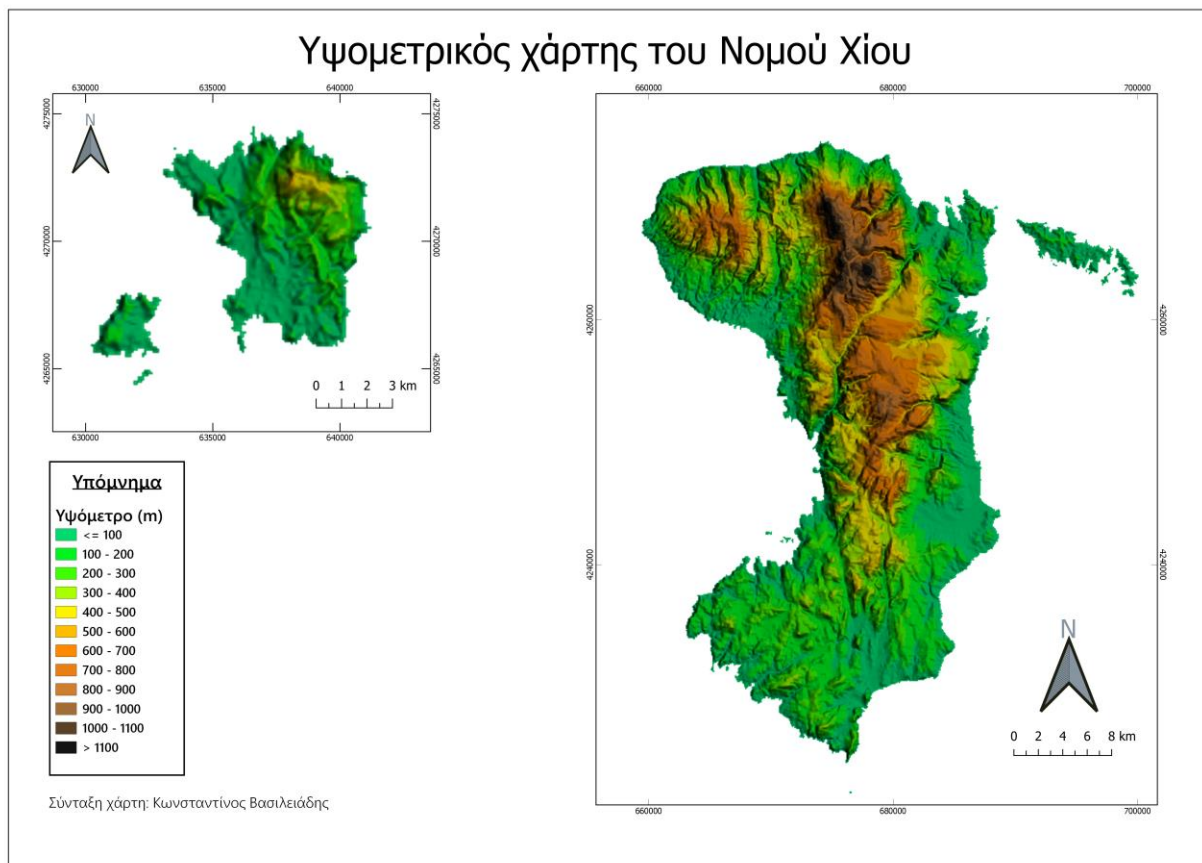
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όλες οι πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν οργανώθηκαν σε φακέλους και κατηγοριοποιήθηκαν, σε πρώτο βαθμό με βάση το γεωδαιτικό τους σύστημα (ΕΓΣΑ87/WGS84), ενώ σε δεύτερο βαθμό με τον τύπο της δομής δεδομένων τους (vector/raster). Με την επεξεργασία των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν, μέσω του QGIS, δημιουργήθηκαν θεματικά επίπεδα, τα οποία συνδυάστηκαν, με σκοπό την παραγωγή θεματικών χαρτών που φαίνονται παρακάτω:

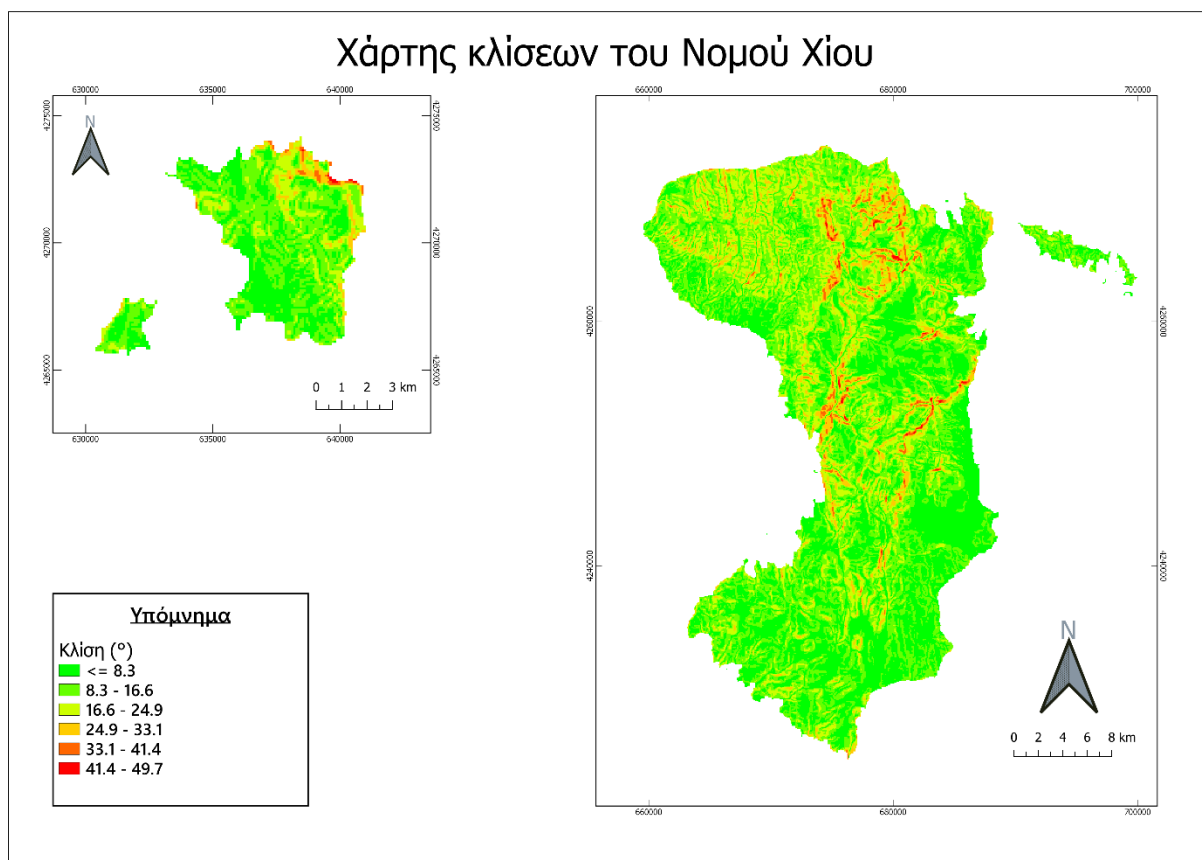
ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΧΙΟΥ Corine Land Cover 2018



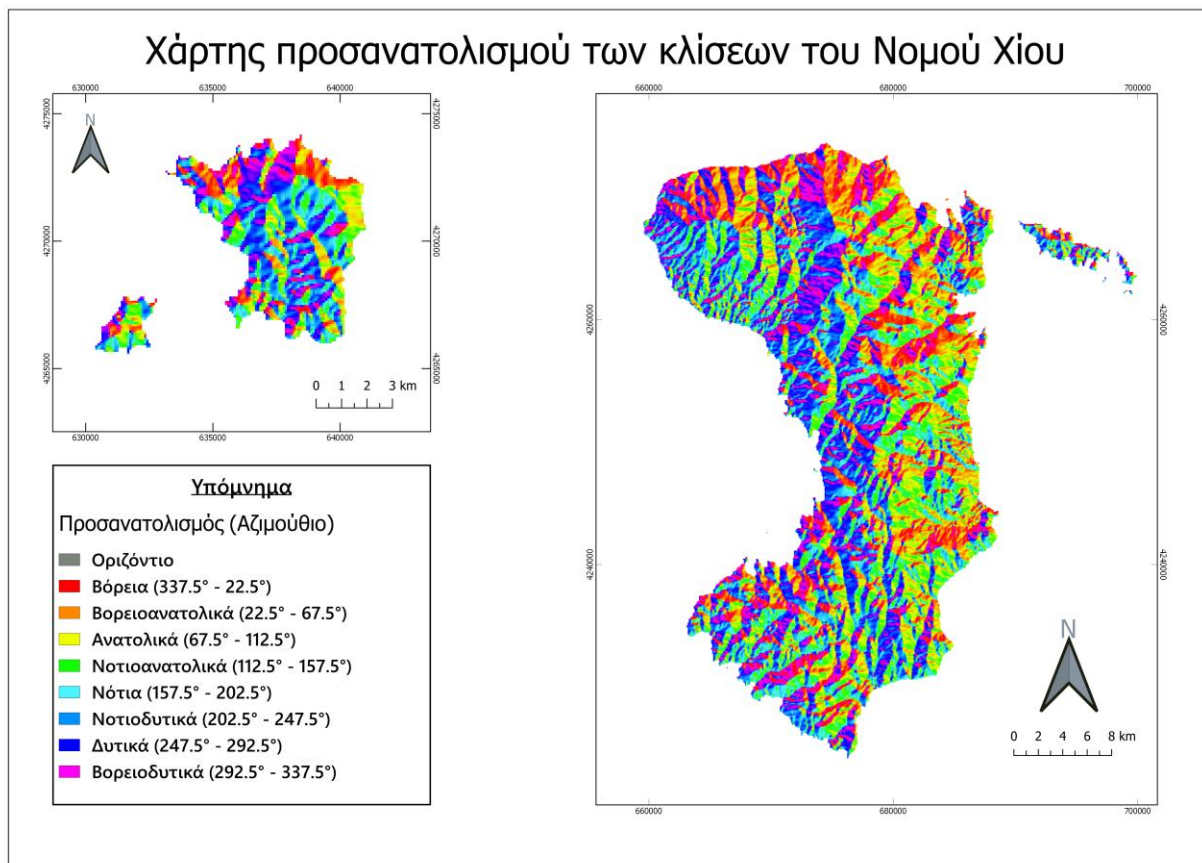
Σχήμα 16: Η χρήση γης του νομού Χίου με βάση το Corine Land Cover 2018.



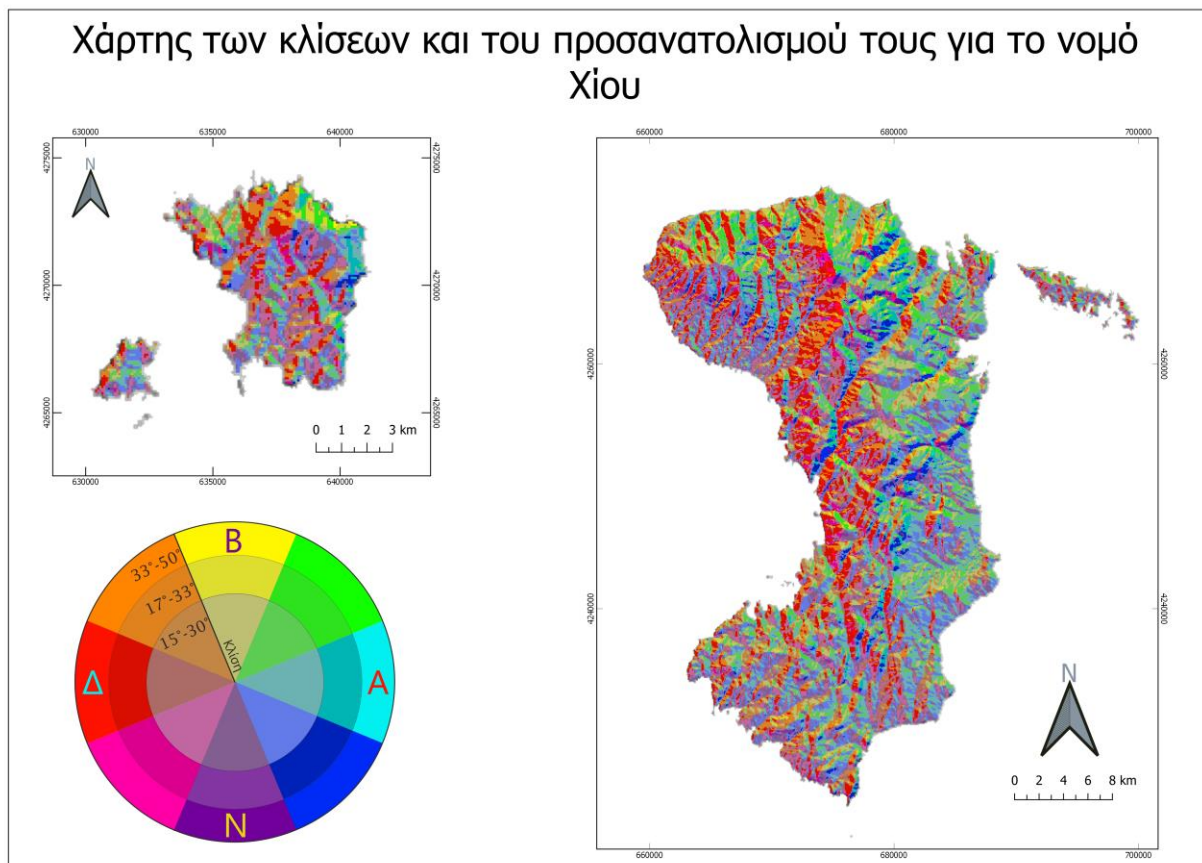
Σχήμα 17: Χάρτης των υψομέτρων του νομού Χίου βάσει του αρχείου DEM.



Σχήμα 18: Χάρτης που απεικονίζονται οι κλίσεις του εδάφους σε μοίρες.

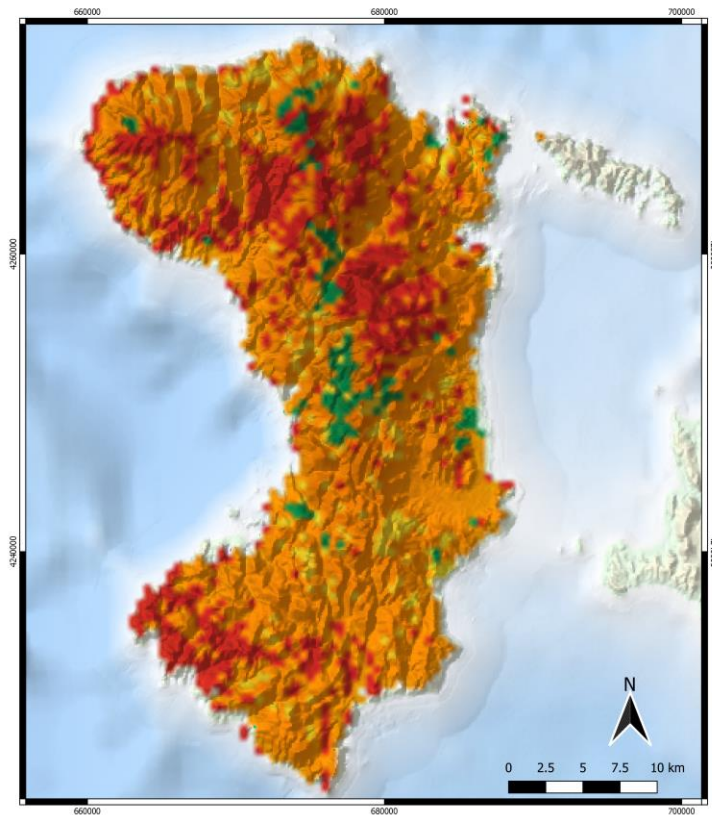
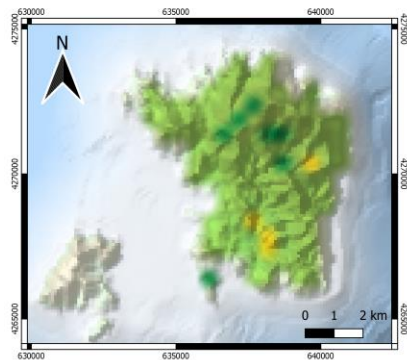


Σχήμα 19: Οι προσανατολισμός των κλίσεων του νομού Χίου.

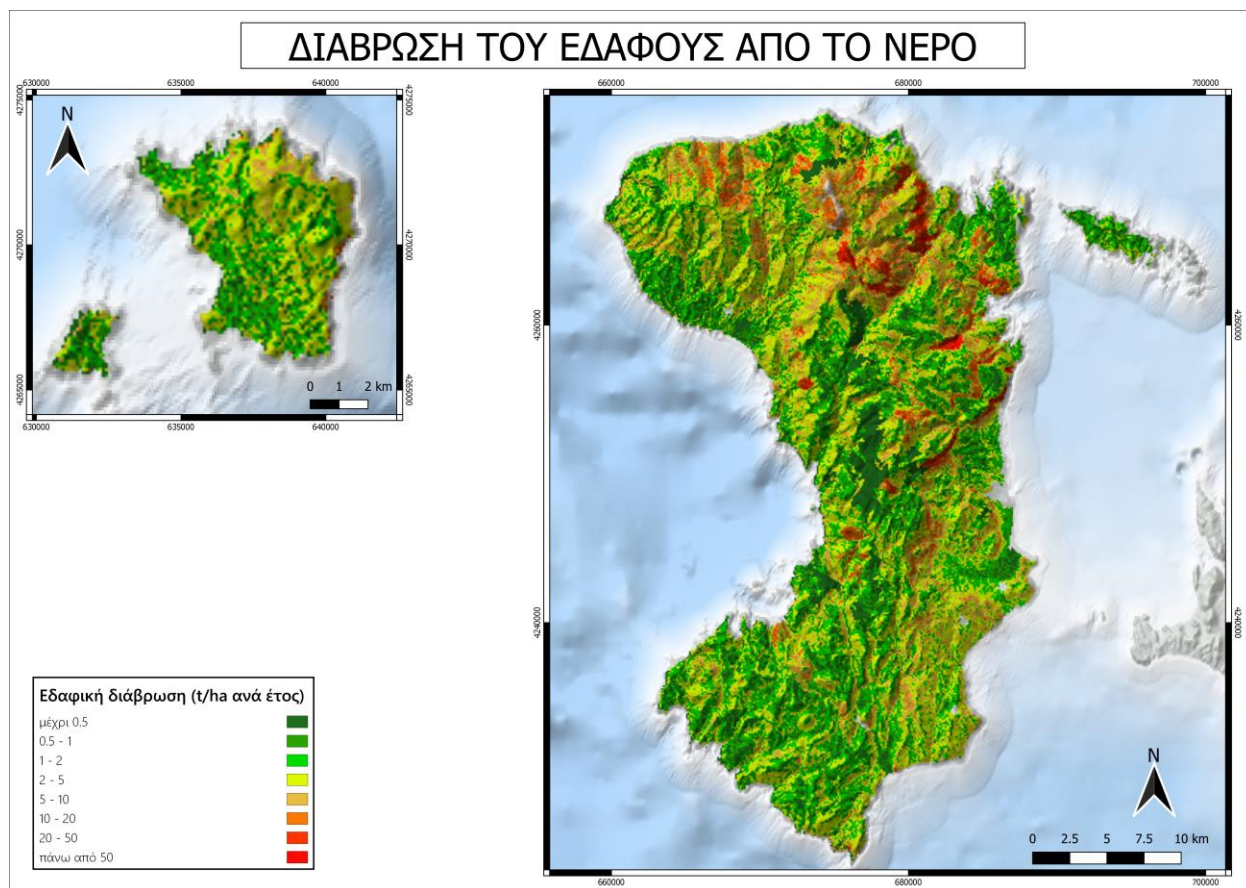


Σχήμα 20: Συνδυαστικός χάρτης των δύο προηγούμενων όπου όσο αλλάζει το χρώμα του παρατηρούνται ταυτόχρονα οι αλλαγές των δύο μεταβλητών (κλίση και προσανατολισμός).

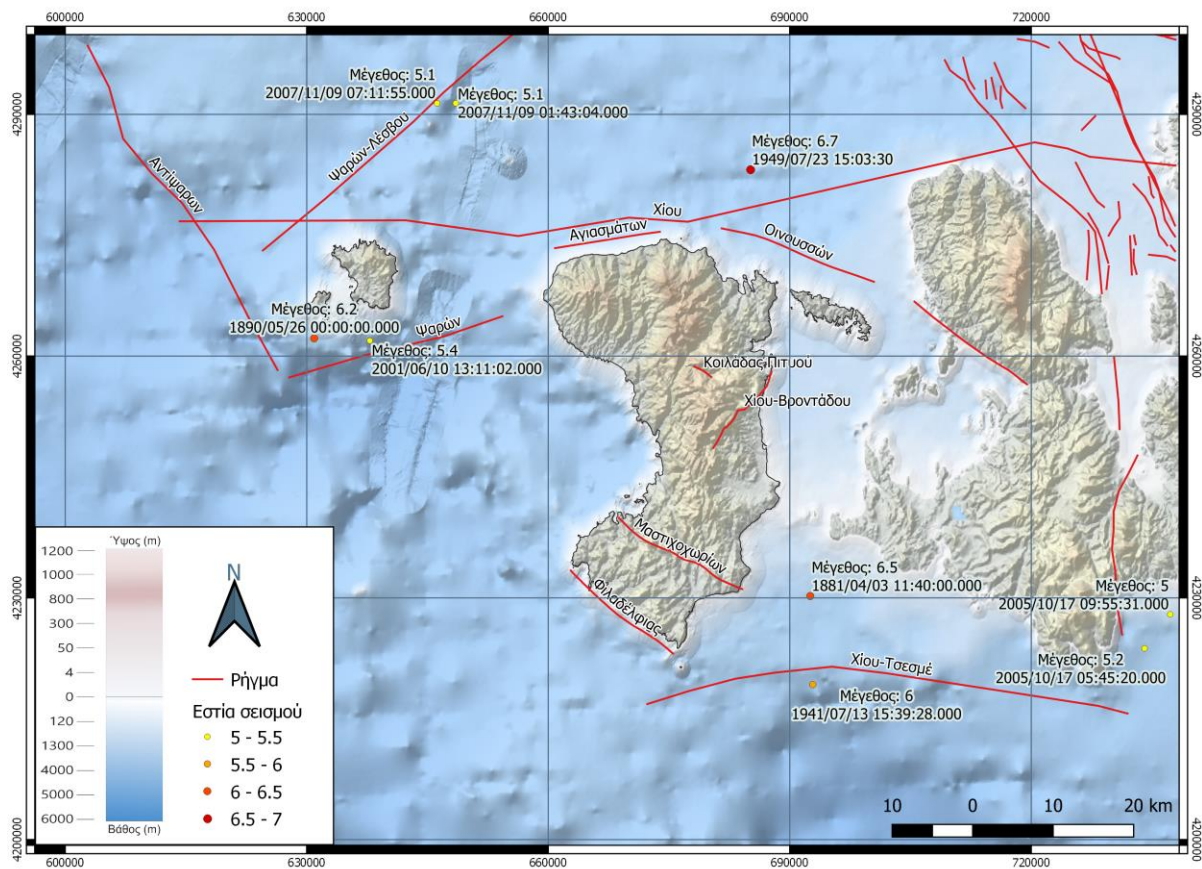
ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΕΜΟ



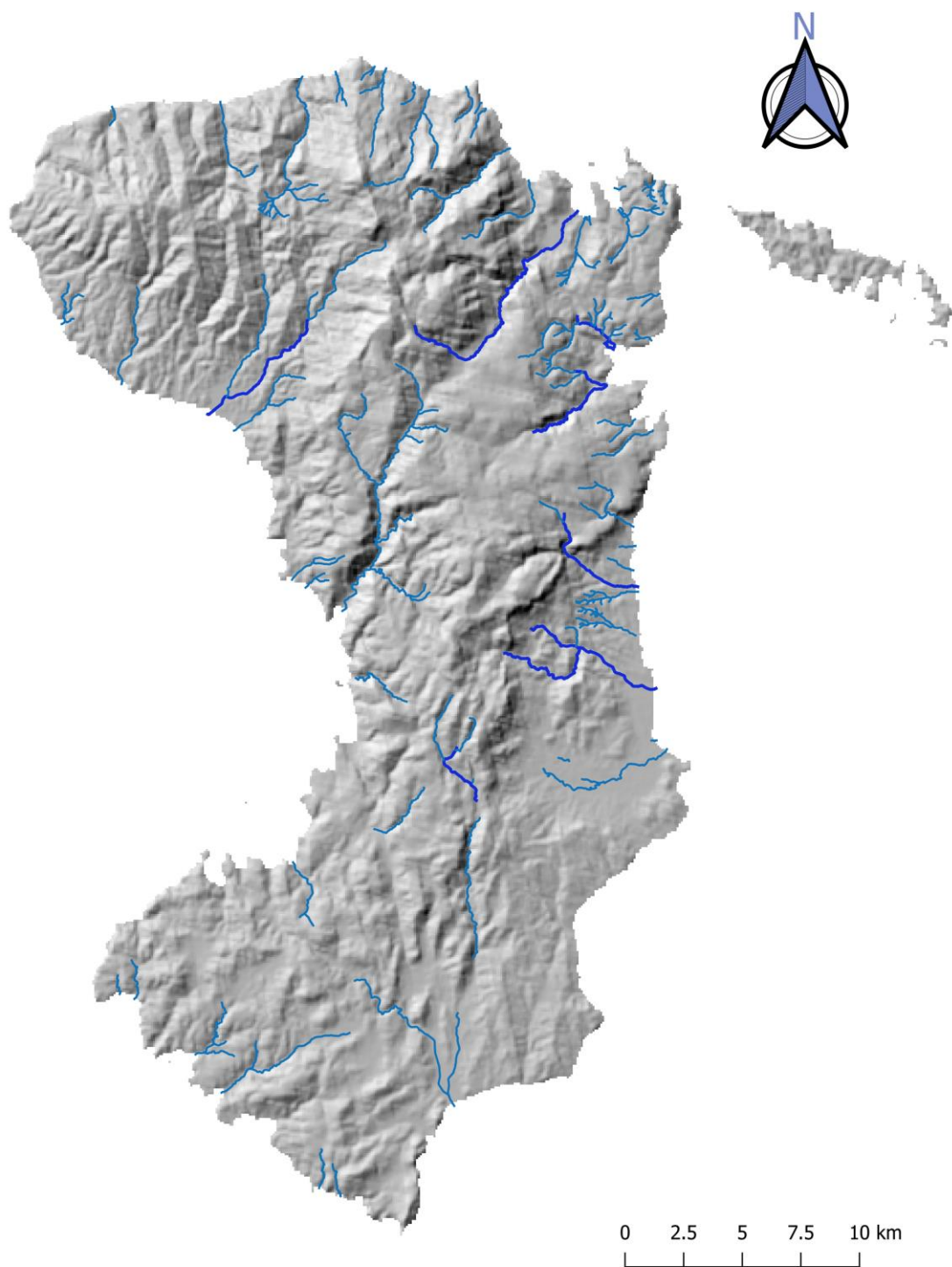
Σχήμα 21: Χάρτης της διάβρωσης του εδάφους λόγω της δράσης του ανέμου.



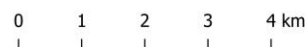
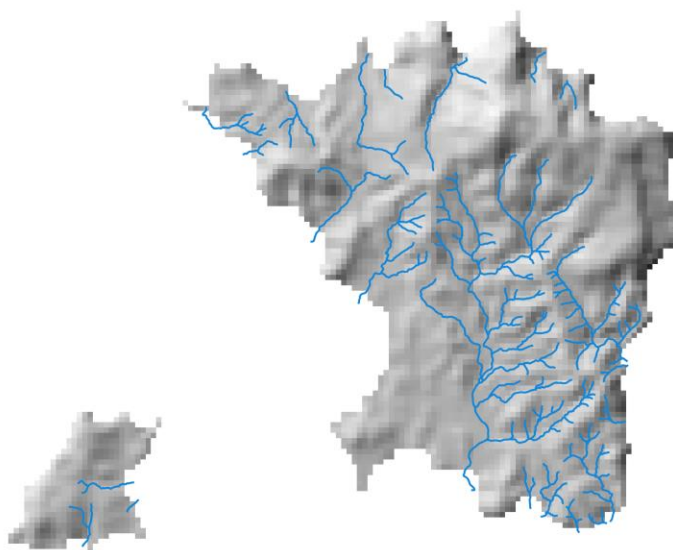
Σχήμα 22: Χάρτης της διάβρωσης του εδάφους λόγω της δράσης του νερού.



Σχήμα 23: Χάρτης των ενεργών και σεισμογόνων ρηγμάτων της ευρύτερης περιοχής του νομού Χίου, μαζί με τις εστίες σεισμών $M > 5$, για την περίοδο 01/01/2000-01/01/2021 και εστίες από κάποιους ιστορικούς σεισμούς που έλαβαν χώρα στην περιοχή.



Σχήμα 24: Το υδρογραφικό δίκτυο της Χίου και των Οινουσσών.



Σχήμα 25: Το υδρογραφικό δίκτυο των Ψαρρών.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

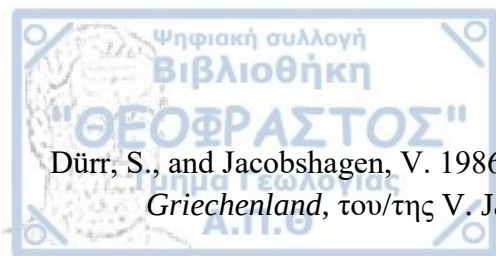
Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών αποτελούν ένα πολύ αξιόλογο και με πλείστες δυνατότητες εργαλείο επεξεργασίας, διαχείρισης, συνδυασμού, ανάλυσης και απεικόνισης γεωχωρικών πληροφοριών. Με τη δημιουργία ενός συγκεντρωμένου πακέτου δεδομένων για το νομό Χίου προσφέρεται η δυνατότητα εξαγωγής πολλών συμπερασμάτων γεωλογικού και γεωγραφικού χαρακτήρα. Εφόσον τα δεδομένα αυτά είναι τόσο στο Ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα όσο και στο παγκόσμιο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το συνδυασμό θεματικών πληροφοριών σε επίπεδο χώρας, αλλά και για συγκρίσεις με άλλα δεδομένα, εξαγμένα σε μεγαλύτερη κλίμακα που αφορούν εκτενέστερες περιοχές και ακολουθούν το WGS84. Ακόμη,



με τη χρήση των δορυφορικών εικόνων και του υψομετρικού μοντέλου εδάφους, η χαρτογράφηση της μορφολογίας μιας τόσο μεγάλης περιοχής γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια από ποτέ, σε ελάχιστο χρόνο και κόστος, ενώ, σε συνδυασμό με λοιπά θεματικά στοιχεία, συνδράμουν στη λήψη αποφάσεων για πλήθος προβλημάτων που αφορούν χωροταξία, γεωλογία, τεχνικά έργα, μετεωρολογία, γεωπονία, σεισμολογία, διαχείριση λεκανών απορροής, και περαιτέρω προβλήματα τα οποία προκύπτουν από την αξιοποίηση της γης με οποιονδήποτε τρόπο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Basili R., Kastelic V., Demircioglu M. B., Garcia Moreno D., Nemser E. S., Petricca P., Sboras S. P., Besana-Ostman G. M., Cabral J., Camelbeeck T., Caputo R., Danciu L., Domac H., Fonseca J., García-Mayordomo J., Giardini D., Glavatovic B., Gulen L., Inc. 2013. *The European Database of Seismogenic Faults (EDSF) compiled in the framework of the Project SHARE*. doi:10.6092/INGV.IT-SHARE-EDSF.
- Besenecker, H., Dürr, S., Herget, G., Kauffmann, G., Lüdtke, G., and Roth, W. 1971. *Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, Φύλλο Χίος, 1:50 000 (δύο φύλλα, Βόρειο και Νότιο τμήμα)*. Αθήνα: Ινστιτούτο Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους.
- Buckley, Aileen. 2008. *ESRI - Aspect - Slope map*. Πρόσβαση 2020. <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/mapping/aspect-slope-map/>.
- Chang, Kang-tsung. 2019. *Introduction to Geographic Information Systems*. 9th. New York: McGraw-Hill.
- Chatzipetros, A., Kiratzi, A., Sboras, S., Zouros, N., and Pavlides, S. 2013. «Active faulting in the north-eastern Aegean Sea Islands.» *Tectonophysics* 106-122.
- Copernicus Land Monitoring Service. 2020. Πρόσβαση Δεκέμβριος 2020. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018?tab=metadata>.



Dürr, S., and Jacobshagen, V. 1986. «Ostägäische Inseln. In: Jacobshagen.» Στο *Geologie von Griechenland*, του/της V. Jacobshagen, 169-187.

ESRI. n.d. *Environmental Systems Research Institute*. Πρόσβαση Δεκέμβριος 2020.
<https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview#image1>.

Ganas, Athanassios. 2020. «NOAFAULTS KMZ Layer Version 3.0 (2020 Update).» *Zenodo*.
Πρόσβαση 2020. doi:doi:10.5281/zenodo.4304613.

Karakostas, V., Papadimitriou, E., Tranos, M., and Papazachos, C. 2010. «ACTIVE SEISMOTECTONIC STRUCTURES IN THE AREA OF CHIOS ISLAND, NORTH AEGEAN SEA, REVEALED FROM MICROSEISMICITY AND FAULT PLANE SOLUTIONS.» *Bulletin of the Geological Society of Greece, 2010. Proceedings of the 12th International Congress*. Πάτρα.

Meinhold G., Kostopoulos D., and Reischmann T. 2007. «Geochemical constraints on the provenance and depositional setting of sedimentary rocks from the islands of Chios, Inousses and Psara, Aegean Sea, Greece: implications for the evolution of Palaeotethys.» *Journal of the Geological Society*, v.164 1145-1163.

Meinhold, Guido, and Dirk Frei. 2008. «Detrital zircon ages from the islands of Inousses and Psara, Aegean Sea, Greece: constraints on depositional age and provenance.» *Geological Magazine* 145, no. 6, 886-891.

Olaya, Víctor. 2020. *Sistemas de Información Geográfica*. <https://volaya.github.io/libro-sig/>.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. Jon, Guptill, S. C. 2002.
Στοιχεία Χαρτογραφίας. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

Zheng, Qiong, Huang, Wenjiang, Cui, Ximin, Shi, Yue, and Liu, Linyi. 2018. «New Spectral Index for Detecting Wheat Yellow Rust Using Sentinel-2 Multispectral Imagery.» *Sensors* 18, 868.

Αστάρας, Θεόδωρος, Οικονομίδης, Δημήτριος, Μουρατίδης, Αντώνιος. 2011. *ΨΗΦΙΑΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Δίσιγμα.

Βουδούρης, Κώστας. n.d. «Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων.» *Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας - Ανοικτα Ακαδημαϊκά Μαθήματα*.

Δερμάνης, Α. 2005. *Συντεταγμένες και Συστήματα Αναφοράς*. Θεσ/νίκη: Εκδόσεις Ζήτη.

Δημαλέξης, Α., Μπούσμπουρας, Δ., Καστρίτης, Θ., Μανωλόπουλος Α. και Saravia V. 2009.
«Τελική αναφορά προγράμματος επαναξιολόγησης 69 σημαντικών περιοχών για τα



πουλιά για τον χαρακτηρισμό τους ως Ζωνών Ειδικής Προστασίας της Ορνιθοπανίδας.»
Αθήνα: ΥΠΕΧΩΔΕ, Οκτώβριος.

Δημοτικό Συμβούλιο Χίου. 2015. «ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΗΜΟΥ ΧΙΟΥ 2015-2020.» Χίος.

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

Μουρατίδης, Αντώνιος. 2010. *Συμβολή της υποστηριζόμενης από GPS και GIS διαστημικής τηλεπισκόπησης στη μορφοτεκτονική έρευνα της Κεντρικής Μακεδονίας*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Γεωλογίας.

Παπαζάχος, Βασίλης, Παπαζάχου, Κατερίνα. 2003. *Οι σεισμοί της Ελλάδας*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.