



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ – ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ
ΜΠΟΓΔΑΝΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ (ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ)
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (G.I.S)



Διπλωματική Εργασία
Επιβλέπων Καθηγητής: Δημήτριος Οικονομίδης

Δημογιάννη Σοφία
Παυλούδη Μαρία – Στέλλα

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	2
1. Εισαγωγή.....	3
2.1 Υλικά και μέθοδοι έρευνας.....	4
2.2 Μεθοδολογία.....	5
3. Γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης.....	6
4.1 Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής.....	10
4.2 Γεωλογία της λεκάνης απορροής του Μπογδάνου ποταμού.....	14
5. Τεκτονική.....	19
6. Κλίμα της περιοχής μελέτης.....	22
7. Γεωμορφολογία περιοχής μελέτης.....	23
8. Κατασκευή ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM).....	24
9. Κλίση αναγλύφου	26
10.1 Υδρογραφικό δίκτυο.....	34
10.2 Υδρογραφική πυκνότητα.....	37
Παράρτημα.....	53
Βιβλιογραφία.....	60

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θεωρούμε υποχρέωση μας να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα κ. *Δημήτριο Οικονομίδη*, Λέκτορα του τμήματος Γεωλογίας, για την ουσιαστική βοήθεια του και τη συνεχή καθοδήγηση του σε όλες τις φάσεις της εργασίας. Του είμαστε κυρίως ευγνώμονες για τη φιλική διάθεση, γεγονός που ωθεί σε μια αποτελεσματική συνεργασία. Θα θέλαμε επίσης να ευχαριστήσουμε και τον κ. *Θεόδωρο Αστάρα*, καθηγητή του τμήματος Γεωλογίας για την αρχική ανάθεση του θέματος και το συμβουλευτικό του έργο.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η γεωμορφολογική – γεωλογική μελέτη της λεκάνης απορροής, την οποία διαρρέει ο ποταμός Μπογδάνος με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S). Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο Νομό Θεσσαλονίκης, στη Β. Ελλάδα. Ο ποταμός Μπογδάνος πηγάζει από το δυτικό τμήμα του όρους Βερτίσκος και αφού περάσει ανατολικά του χωριού Άσσηρος και δυτικά της πόλης του Λαγκαδά, εκβάλλει στη λίμνη Κορώνεια.

Ο ποταμός Μπογδάνος καταλαμβάνει μέρος της βόρειας περιοχής της λεκάνης του Λαγκαδά. Πηγάζει από τον Βερτίσκο στο βόρειο τμήμα της λεκάνης, αποστραγγίζοντας την περιοχή νότια του Λαχανά και καθώς διέρχεται ανατολικά της Ασσήρου και δυτικά του Λαγκαδά, εκβάλλει στο βορειοδυτικό τμήμα της λίμνης. Η έκταση της λεκάνης απορροής του υπολογίζεται στα 208,21 km².

Κύριο χαρακτηριστικό της ευρύτερης περιοχής έρευνας είναι η λεκάνη Μυγδονίας, η οποία αποτελεί τεκτονικό βύθισμα με διεύθυνση Α – Δ έως ΒΔ – ΝΑ. Η Μυγδονία λεκάνη συγκροτείται από δύο τμήματα: ένα ανατολικό, το οποίο συνιστά την υπολεκάνη της Βόλβης και ένα δυτικό, το οποίο συνιστά την υπολεκάνη του Λαγκαδά.



Σχήμα 1: Χάρτης προσανατολισμού της περιοχής μελέτης

2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα εξής διαθέσιμα δεδομένα:

1. Τοπογραφικοί χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ) κλίμακας 1:50.000, φύλλα ΛΑΧΑΝΑΣ (1980) – ΘΕΡΜΗ (1970).
2. Γεωλογικοί χάρτες του Ιδρύματος Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε) κλίμακας 1:50.000, φύλλα ΛΑΧΑΝΑΣ (1979) – ΘΕΡΜΗ (1978).
3. Υπολογιστής Intel Pentium T4300 στα 2.10 GHz.
4. Λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S) ArcGIS 9.3.

Το λογισμικό ArcGIS περιλαμβάνει τις παρακάτω εφαρμογές:

- ArcMap
- ArcCatalog
- ArcToolbox
- 3DAnalyst
- Spatial Analyst

2.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ψηφιοποιήθηκαν στοιχεία από τοπογραφικούς και γεωλογικούς χάρτες για τη δημιουργία των G.I.S επιπέδων. Πιο συγκεκριμένα, τα επίπεδα πληροφοριών που αξιοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Ισοϋψείς καμπύλες, ισοδιάστασης 20m
- Όρια λεκάνης απορροής της περιοχής μελέτης
- Υδρογραφικό δίκτυο της υδρογραφικής λεκάνης
- Λιθολογία της περιοχής μελέτης
- Τεκτονικά στοιχεία της περιοχής μελέτης (ρήγματα)

Τα συγκεκριμένα επίπεδα πληροφοριών συνδυάστηκαν κατάλληλα μεταξύ τους, έτσι ώστε να δημιουργηθούν διάφοροι θεματικοί χάρτες.

3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται βορειοανατολικά της Θεσσαλονίκης και περικλείεται μεταξύ των χωριών Λαχανάς, Βερτίσκος και Άσσηρος. Στη λεκάνη αυτή καθοριστική είναι η παρουσία του ποταμού Μπογδάνου, ο οποίος ξεκινάει από το δυτικό μέρος του όρους Βερτίσκος, κατευθύνεται δυτικά – νοτιοδυτικά, η κοίτη του στρέφεται προς τα νοτιοανατολικά στο ύψος της Ασσήρου και συνεχίζει τη ροή του έξω από την πόλη του Λαγκαδά μέχρι να καταλήξει στη λίμνη Κορώνεια όπου και εκβάλλει.

Η λεκάνη απορροής καταλαμβάνει έκταση 208,21 km² και περικλείεται εντός των ακόλουθων γεωγραφικών συντεταγμένων:

Γεωγραφικό μήκος	23° 00' - 23° 15'
Γεωγραφικό πλάτος	40° 30' - 41° 00'

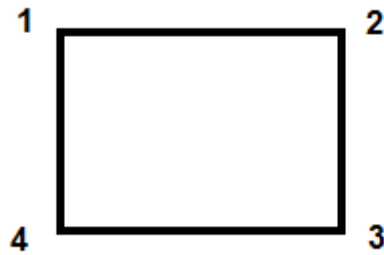
Ο ποταμός Μπογδάνος διατρέχει κυρίως τους δήμους Λαχανά, Ασσήρου και Λαγκαδά.

Για τους τοπογραφικούς χάρτες που αφορούν την περιοχή μελέτης έγιναν μετατροπές των συντεταγμένων στα αντίστοιχα προβολικά συστήματα, **European Datum/950 ED50** και **UTM/WGS 84/34N**.



Σχήμα 2: Λεκάνη απορροής του ποταμού Μπογδάνου

ΛΑΧΑΝΑΣ



ED50			WGS84	
	X	Y	X	Y
1	23° 00′	41° 00′	668155,9087	4540578,4148
2	23° 15′	41° 00′	689184,1396	4541090,3028
3	23° 15′	40° 45′	689897,7734	4513334,8165
4	23° 00′	40° 45′	668790,1661	4512823,5803

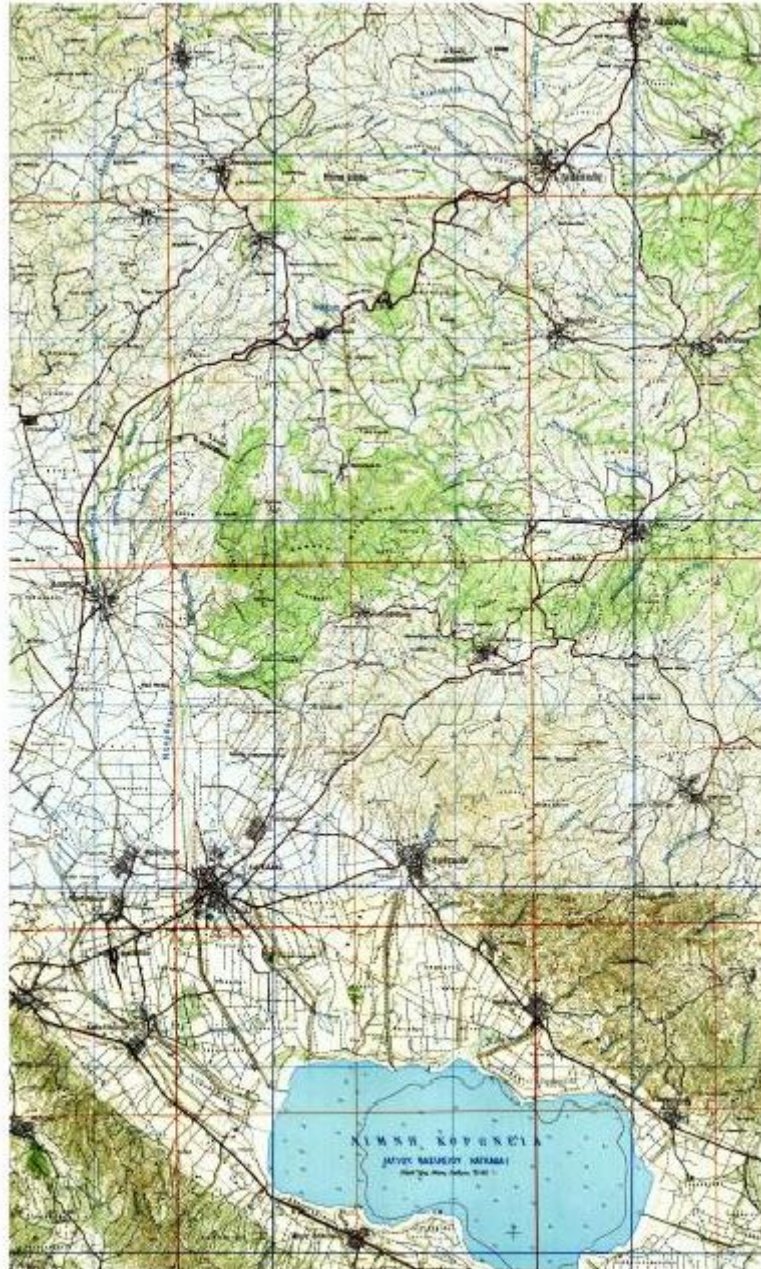
RMS ERROR: 0,8

ΘΕΡΜΗ



ED50			WGS84	
	X	Y	X	Y
1	23° 00′	40° 45′	668790,1661	4512823,5803
2	23° 15′	40° 45′	689897,7734	4513334,8165
3	23° 15′	40° 30′	690607,7761	4485580,3579
4	23° 00′	40° 30′	669421,1953	4485069,8125

RMS ERROR : 0,87



Σχήμα 3: Τοπογραφικοί χάρτες, φύλλα ΛΑΧΑΝΑΣ (1980) – ΘΕΡΜΗ (1970)

4.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Γεωτεκτονικά, η περιοχή έρευνας τοποθετείται στο όριο μεταξύ της Σερβομακεδονικής μάζας και της Περιροδοπτικής ζώνης, στο δυτικό περιθώριο της Μυγδονίας λεκάνης.

ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΜΑΖΑ

Η Σερβομακεδονική μάζα τοποθετείται στην περιοχή δυτικά του Στρυμώνα από τα σύνορα μέχρι και τη Χαλκιδική σύμφωνα με έρευνες των Kockel & Walter (1965, 1968) και Mercier. Σύμφωνα με τα μοντέλα λιθοσφαιρικών πλακών που έχουν προταθεί μέχρι τώρα, η Σερβομακεδονική θεωρείται ηπειρωτική μάζα, τμήμα της Λαυρασίας μαζί με τη μάζα της Ρίλα – Ροδόπης.

Το κρυσταλλοσχιστώδες της Σερβομακεδονικής διαιρείται σε δύο μεγάλες σειρές πετρωμάτων: την κατώτερη και αρχαιότερη σειρά των **Κερδυλλίων** και την ανώτερη σειρά του **Βερτίσκου**. Μεταξύ των δύο σειρών σύμφωνα με τους Kockel & Walter (1968) υπάρχει συμφωνία και ομαλή μετάβαση της κατώτερης προς την ανώτερη. Φαίνεται όμως πιο πιθανό ότι ανάμεσα στις δύο σειρές – ενότητες υπάρχει τεκτονική επαφή, η φύση και η σημασία της οποίας δεν έχει ακόμα διευκρινιστεί.

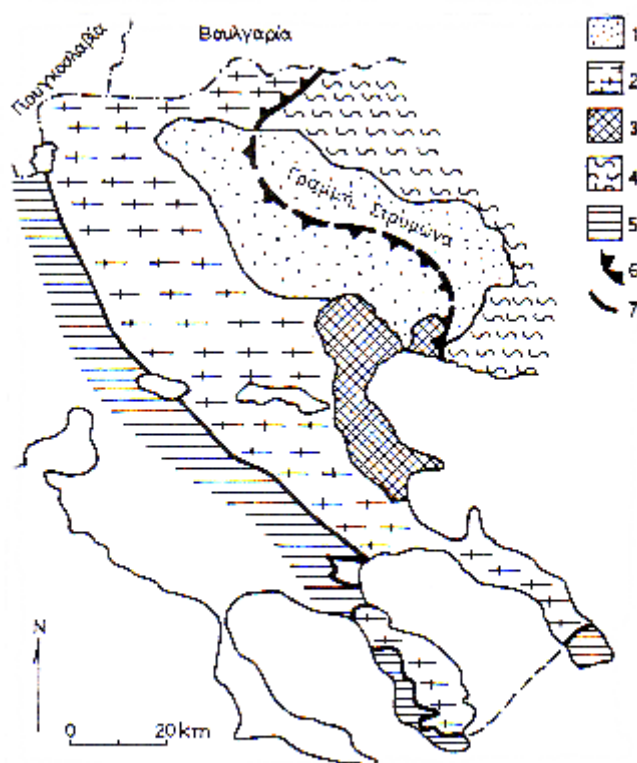
Η σειρά των **Κερδυλλίων** καταλαμβάνει την ανατολική Χαλκιδική μεταξύ των εκβολών του Στρυμώνα και του Στρατωνίου, έχει συνολικό πάχος περίπου 3.000 μέτρα και τα πετρώματά της συνιστούν τους βαθύτερους ορίζοντες της Σερβομακεδονικής μάζας και ίσως τους βαθύτερους ορίζοντες πετρωμάτων σε όλη την Ελλάδα. Έχει συνολικό πάχος 3.000 m και αποτελείται κυρίως από μαρμαρυγιακούς – αμφιβολιτικούς γνεύσιους, αμφιβολίτες και μάρμαρα.

Η σειρά του **Βερτίσκου** βρίσκεται δυτικά της σειράς των Κερδυλλίων, κατέχει τον κορμό της Χαλκιδικής και εκτείνεται προς Βορρά μέχρι των συνόρων. Συνίσταται από μία ακολουθία γνευσίων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και λεπτών στρωμάτων μαρμάρων, ενώ στους ανώτερους ιδίως

ορίζοντες της επικρατούν οι μεταγάββροι – μεταδιαβάσες και αμφιβολίτες, που προήλθαν από μεταμόρφωση πυριγενών. Συχνά επίσης παρεμβάλλονται με τεκτονικές επαφές μέσα στα άλλα πετρώματα σερπεντινικά σώματα.

Επίσης, στην περιοχή του Λαγκαδά έχει εντοπιστεί μία μικρή εμφάνιση ιζημάτων μολασσικού τύπου ηλικίας Ηωκαίνου – Ολιγοκαίνου.

Η ηλικία των πετρωμάτων της Σερβομακεδονικής μάζας προσδιορίζεται στο Παλαιοζωικό. Στο δυτικό τους περιθώριο συνορεύουν τεκτονικά κυρίως με τα μεσοζωικής ηλικίας και ελαφρώς μεταμορφωμένα ιζηματογενή και μαγματικά πετρώματα της Περιροδοπικής ζώνης. Στο όριο των δύο ζωνών, τα πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας εμφανίζονται επωθημένα επάνω στα πετρώματα της Περιροδοπικής με ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση. (Μουντράκης 1985)



Σχήμα 4: Τεκτονικό σκαρίφημα της Σερβομακεδονικής μάζας. 1: Μεταλλικά ιζήματα της κοιλάδας του Στρυμώνα, 2: Σειρά του Βερτίσκου, 3: Σειρά των Κερδυλλίων, 4: Μάζα της Ροδόπης, 5: Περιροδοπική ζώνη, 6: Ανατολικό όριο της Σερβομακεδονικής (Γραμμή Στρυμώνα), 7: Δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής (Μουντράκης 1985)

ΠΕΡΙΟΔΟΠΙΚΗ ΖΩΝΗ

Η Περιοδοπική ζώνη καθιερώθηκε στη γεωτεκτονική διαίρεση της Ελλάδας από τους Kaufmann et al (1976) σαν η πιο εσωτερική ζώνη των Ελληνίδων με το όνομα Circum Rhodope belt. Η Περιοδοπική εκτείνεται ως ζώνη πλάτους 10–20 km, με διεύθυνση ΒΔ–ΝΑ στη δυτική πλευρά της Σερβομακεδονικής. Από τα Ελληνογιουγκοσλαβικά σύνορα η ζώνη προεκτείνεται προς τα ΝΑ στη λίμνη Λαγκαδά, τον κορμό της Χαλκιδικής και τη χερσόνησο της Σιθωνίας όπου κάμπτεται προς ΒΑ και με διεύθυνση ΝΔ–ΒΑ περνάει από την άκρη της χερσονήσου του Άθω και προεκτείνεται υποθαλάσσια προς το νησί της Σαμοθράκης και την περιοχή Αλεξανδρούπολης – Έβρου.

Η κύρια παλαιογεωγραφική και γεωτεκτονική σημασία της Περιοδοπικής ζώνης είναι ότι αποτελούσε στη διάρκεια του Ιουρασικού την ηπειρωτική κατώφλεια της ηπειρωτικής Ελληνικής ενδοχώρας και κυρίως της Σερβομακεδονικής μάζας, η οποία κατώφλεια κατέληγε σε μια βαθιά αύλακα, περιφερειακή της ηπειρωτικής μάζας.

Οι τρεις βασικές ενότητες που συγκροτούν την Περιοδοπική ζώνη, με γενική διάταξη των σχηματισμών τους ΒΔ-ΝΑ, είναι από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά:

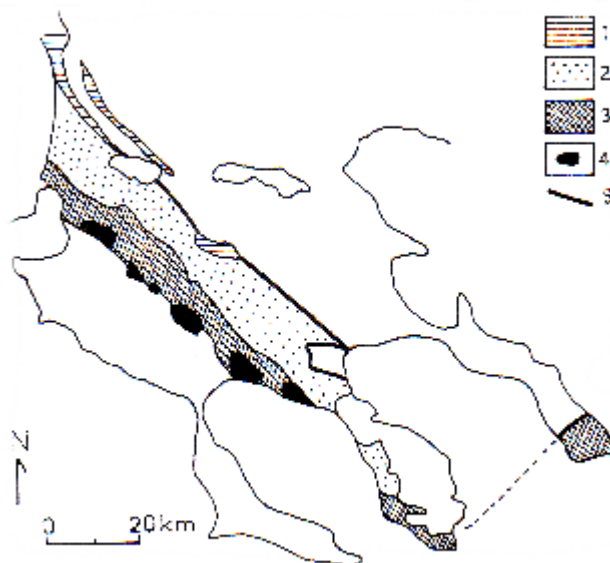
1. Η ενότητα Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά
2. Η ενότητα Μελισσοχωρίου – Χολομώντα
3. Η ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χοριάτης

Η ενότητα **Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά** περιλαμβάνει στη βάση της έναν σχηματισμό μετακλαστικών ιζημάτων, ηλικίας Πέρμιου, που είναι γνωστός με τοπικό όνομα «σχηματισμός Εξαμιλίου». Πάνω από τον σχηματισμό Εξαμιλίου βρίσκεται μια ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά, ηλικίας Περμίου – Κάτω Τριαδικού, η οποία αποτελείται από εναλλασσόμενα ηφαιστειακά και ιζηματογενή υλικά ημιμεταμορφωμένα και στην ανώτερη στάθμη της περιέχει μετακλαστικά

ιζήματα. Η ιζηματογένεση συνεχίζεται προς τα πάνω με την απόθεση μιας ανθρακικής νηριτικής σειράς που αποτελείται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, ψαμμιτικούς και μαργαϊκούς με φύκη και κοράλλια. Η ηλικία της απόθεσης της σειράς είναι από το Μέσο Τριαδικό μέχρι το Μέσο Ιουρασικό. Παρ' όλο το νηριτικό χαρακτήρα της σειράς αυτής, στις ανώτερες στάθμες της παρουσιάζει αργιλικές και μαργαϊκές ενστρώσεις πελαγικής φάσης.

Η ενότητα **Μελισσοχωρίου – Χολομώντα** έχει τη μεγαλύτερη έκταση από τις τρεις ενότητες της Περιοδοπικής. Ο κατώτερος σχηματισμός της ενότητας είναι μάρμαρα και ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι, λίγο πελαγικοί, ηλικίας Μέσου – Άνω Τριαδικού με συχνές παρεμβολές γραφιτικών φυλλιτών και σερικιτικών σχιστολίθων. Ο σχηματισμός αυτός προς τα πάνω γίνεται καθαρά φυλλιτικός. Ο ανώτερος σχηματισμός της ενότητας, ηλικίας Κάτω – Μέσου Ιουρασικού, είναι ένας σχηματισμός φλύσχη με τουρβιδικές εναλλαγές μετα – ιζημάτων μέσα στα οποία συχνά παρατηρούνται μεγάλοι ολισθόλιθοι τριαδικών μαρμάρων. Ο φλύσχης αυτός, αναφέρεται με το όνομα «φλύσχης της Σβούλας» και είναι ο σπουδαιότερος σχηματισμός της Περιοδοπικής ζώνης.

Η ενότητα της **Ασπρης Βρύσης – Χορτιάτη** αποτελείται στα κατώτερα τμήματα της από μετακλαστικά και νηριτικά ανθρακικά ιζήματα Περμο – Τριαδικής ηλικίας, ανάλογα με της ενότητας Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά. Ο ανώτερος ορίζοντας αποτελείται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας όπως αργιλικοί και χαλαζιακοί σχιστόλιθοι και κερατόλιθοι. Μέσα στα ιζήματα αυτά παρεμβάλλονται συχνά οφειολιθικά σώματα με βασικά και υπερβασικά πετρώματα, αλλά και μεταμορφωμένα πετρώματα όξινης μαγματικής προέλευσης όπως πράσινοι γνεύσιοι και σχιστόλιθοι. (Μουντράκης 1985)



Σχήμα 5: Χάρτης της Περιοδοπικής ζώνης με τις τρεις ενότητες της και τις σημαντικότερες οφειολιθικές εμφανίσεις. 1: Ενότητα Ντεβέ Κοράν - Δουμπιά, 2: Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα, 3: Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη, 4: Οφειόλιθοι, 5: Όριο της ζώνης με τη Σερβομακεδονική (Μουντράκης 1985)

4.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΜΠΟΓΔΑΝΟΥ

Περιληπτικά οι σχηματισμοί της περιοχής μελέτης αναλύονται ως εξής:

Σχηματισμοί υποβάθρου

ΠΕΡΙΟΔΟΠΙΚΗ ΖΩΝΗ

Σχηματισμός Εξαμιλίου: Περιλαμβάνει χαλαζίτες σκοτεινότεφρους έως πρασινωπούς, λεπτόκοκκους, λεπτοστρωματώδεις, ηλικίας Περμίου – Κάτω Τριαδικού.

ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ

Σχηματισμός Βερτίσκου: Αποτελείται από διμαρμαρυγιακούς γνεύσιους, σκοτεινότεφρους ή καστανούς, λεπτόκοκκους έως μεσόκοκκους, με γνευσιακό ή σχιστώδη ιστό, Παλαιοζωικής ηλικίας.

Εκρηξιγενή πετρώματα: Περιλαμβάνουν αμφιβολίτες, σκοτεινοπράσινους έως μαύρους, με καλή στρώση, λεπτόκοκκους έως μεσόκοκκους και πολύ σκληρούς, καθώς και αμφιβολίτες εναλλασσόμενους με διμαρμαρυγικό και μοσχοβιτικό πλαγιокλαστικό – μικροκλινικό γνεύσιο. Επίσης, χαρακτηριστικά είναι τα υπερβασικά πετρώματα που είναι γενικά σερπεντινωμένα σε αντιγοριτικούς σερπεντινίτες με ταλκικούς – γραμματιτικούς σχιστόλιθους, αντιγοριτικούς – γραμματιτικούς σχιστόλιθους, φλέβες τάλκη κλπ, Παλαιοζωικής ηλικίας.

Μεσοζωικά πετρώματα

Εκρηξιγενή πετρώματα: Αποτελούνται από διμαρμαρυγικούς και βιοιτικούς γρανίτες (τύπου Αρναίας), κοκκινωπούς, σχιστώδεις, μεσόκοκκους έως πηγματιτικούς, καθώς και από διμαρμαρυγικούς και μοσχοβιτικούς – πλαγιокλαστικούς – μικροκλινικούς γνεύσιους, ανοιχτόχρωμους, λεπτοστρωματώδεις, με οφθαλμοειδή ιστό.

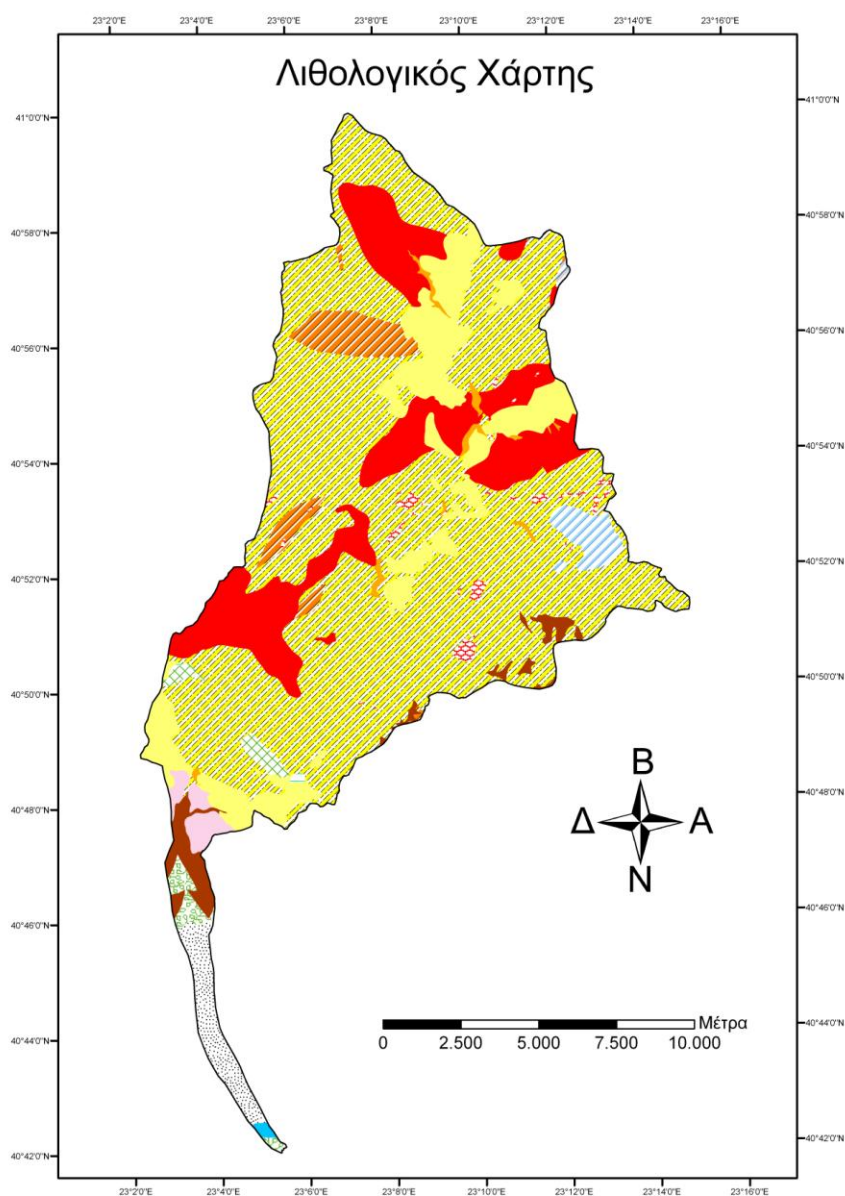
Νεογενείς αποθέσεις

Μολάσσα του Λαγκαδά: Αποτελείται από αδιαβάθμητα κροκαλοπαγή, ερυθροπράσινους – υπόλευκους ψαμμίτες με φακούς μαργαϊκών ασβεστολίθων και αργιλικούς σχιστόλιθους με βολβούς μαργαϊκών ασβεστολίθων.

Τεταρτογενείς αποθέσεις
















Πλειστοκαινικές αποθέσεις: Οι αποθέσεις αυτές αποτελούνται από το κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων με χάλικες και αμμούχες αργίλους. Στη συνέχεια αποτίθεται το ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων με ψηφίδες, κροκάλες με ερυθρή αμμούχα άργιλο χωρίς αργιλώδες κάλυμμα ή εναλλαγές καστανοκίτρινων ψαμμιτών, αμμούχων αργίλων έως αργίλων πλούσιων σε μαρμαρυγία. Αδιαίρετα σε όλο το Τεταρτογενές βρίσκονται τα ριπίδια προσχώσεων.

Ολοκαινικές αποθέσεις: Οι αποθέσεις αυτές αντιπροσωπεύονται από αποθέσεις στις κοίτες των ποταμών και των χειμάρρων, όπως είναι οι αμμούχες άργιλοι, άμμοι και ψηφίδες. Επίσης, αποτελούνται από προσχώσεις κοιλάδων που είναι ιλύς, αμμούχες άργιλοι και άμμος, την κατώτερη αναβαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμιδών με χάλικες, καθώς και τα λιμναία ιζήματα (λίμνης Λαγκαδά) με αμμούχες αργίλους και λεπτόκοκκες άμμους, πλούσιες σε μαρμαρυγία.



Σχήμα 6: Λιθολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής

Υπόμνημα

-  Αμφιβολίτες
-  Αμφιβολίτες εναλλασσόμενοι με διμαρμαρυγικό και μοσχοβιτικό-πλαγιοκλαστικό-μικροκλινικό γνεύσιο
-  Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων: ψηφίδες, κροκάλες με ερυθρή αμμούχα άργιλο
-  Αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων: αμμούχες άργιλοι, άμμοι και ψηφίδες
-  Διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι
-  Διμαρμαρυγικός και βιοτιτικός γρανίτης (τύπου Αρναίας)
-  Διμαρμαρυγικός και μοσχοβιτικός-πλαγιοκλαστικός-μικροκλινικός γνεύσιος
-  Κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων: κυρίως χάλικες
-  Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων(χερσαίο): χάλικες και αμμούχες άργιλοι
-  Λιμναία ιζήματα (λίμνης Λαγκαδά): αμμούχες άργιλοι και λεπτόκοκκες άμμοι, πλούσιες σε μαρμαρυγία
-  Μολάσσα του Λαγκαδά
-  Προσχώσεις κοιλάδων: ιλύς, αμμούχες άργιλοι, άμμοι
-  Ριπίδια προσχώσεων
-  Υπερβασικά πετρώματα
-  Χαλαζίτες

Παρακάτω παραθέτονται τα εμβαδά των γεωλογικών σχηματισμών που περιέχονται στη λεκάνη απορροής του ποταμού Μπογδάνου:

Πετρώματα	Εμβαδόν (km ²)
Αμφιβολίτες	6.59
Αμφιβολίτες εναλλασσόμενοι με διμαρμαρυγικό και μοσχοβιτικό-πλαγιοκλαστικό-μικροκλινικό γνεύσιο	0.22
Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων: ψηφίδες, κροκάλες με ερυθρή αμμούχα άργιλο	24.09
Αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων: αμμούχες άργιλοι, άμμοι και ψηφίδες	1.33
Διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι	126.65

Διμαρμαρυγιακός και βιοτιτικός γρανίτης (τύπου Αρναίας)	30.04
Διμαρμαρυγιακός και μοσχοβιτικός-πλαγιοκλαστικός-μικροκλινικός γνεύσιος	2.98
Κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων: κυρίως χάλικες	4.11
Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων (χερσαίο): χάλικες και αμμούχες άργιλοι	2.25
Λιμναία ιζήματα (λίμνης Λαγκαδά): αμμούχες άργιλοι και λεπτόκοκκες άμμοι, πλούσιες σε μαρμαρυγία	0.24
Μολάσσα του Λαγκαδά	0.17
Προσχώσεις κοιλάδων: ιλύς, αμμούχες άργιλοι, άμμοι	4.8
Ριπίδια προσχώσεων	1.59
Υπερβασικά πετρώματα	1.74
Χαλαζίτες	1.41
Συνολικό Εμβαδόν Πετρωμάτων	208.21

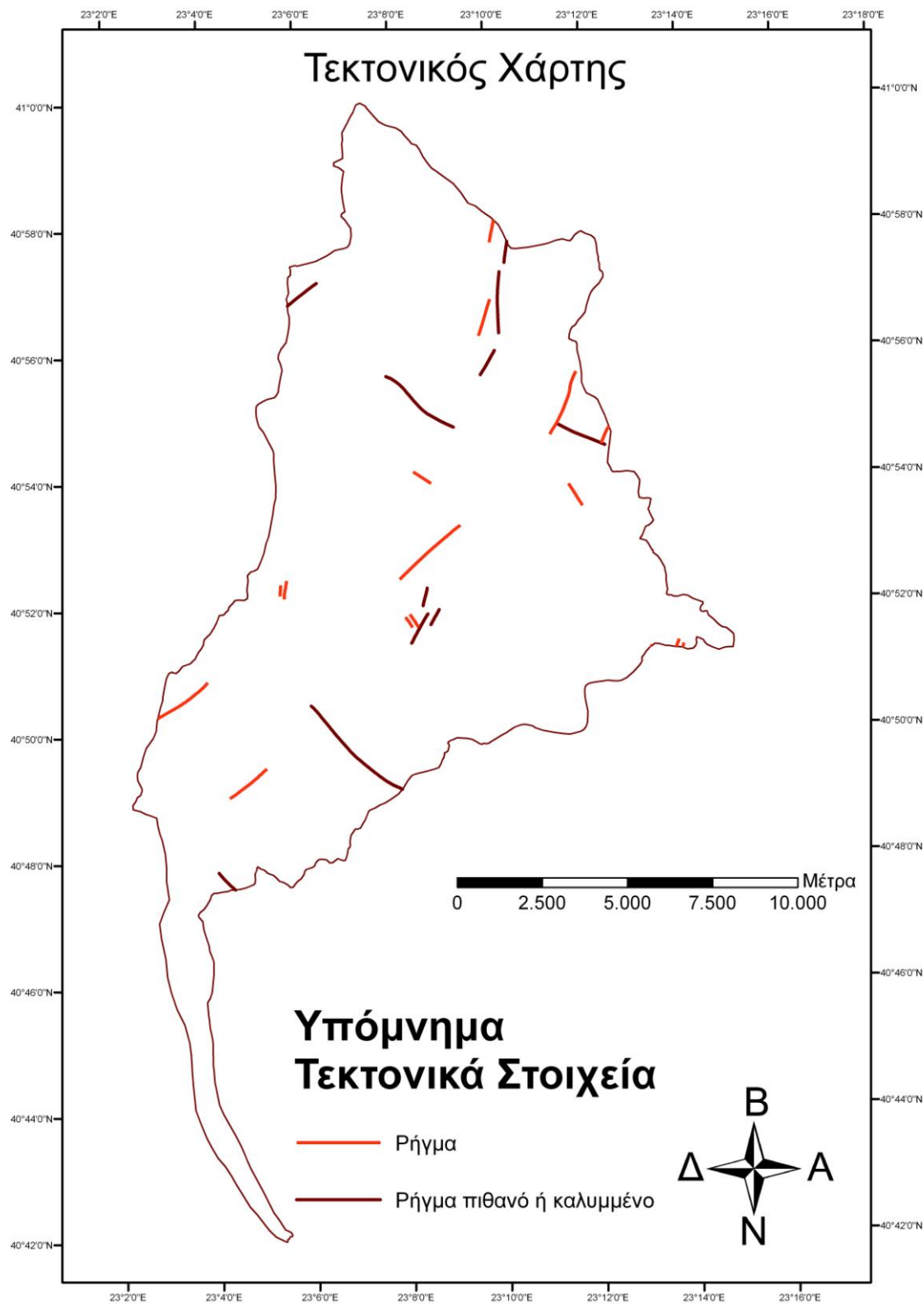
5. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Το νοτιότερο μέρος της Σερβομακεδονικής μάζας που βρίσκεται στη Βόρεια Ελλάδα, είναι μία περιοχή έντονα κατακερματισμένη, που έχει υποστεί μεγάλη τεκτονική καταπόνηση σχετικά πρόσφατα. Αποτέλεσμα αυτού του τεκτονισμού ήταν η δημιουργία δομών, όπως το τεκτονικό κέρασ και το τεκτονικό βύθισμα. Οι δομές αυτές διαμορφώθηκαν σε δύο περιόδους έντονου τεκτονισμού. Η πρώτη εκδηλώθηκε κατά τη διάρκεια του Κάτω – Μέσου Μειόκαινου και η δεύτερη κατά το Άνω Πλειόκαινο έως το Κάτω Πλειστόκαινο. Κατά τη δεύτερη περίοδο δημιουργήθηκε η λεκάνη της Μυγδονίας που αποτελεί τεκτονικό βύθισμα και στην οποία βρίσκεται η περιοχή μελέτης.

Επίσης και ο Arsovski (1978) υποστηρίζει πως η δράση του έντονου εφελκυστικού πεδίου που εκδηλώθηκε κατά το Τεταρτογενές είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία κατά κανόνα κανονικών ρηγμάτων και ήταν η κυριότερη αιτία δημιουργίας του τεκτονικού αυτού βυθίσματος. Τα πιο πρόσφατα και ενεργά ρήγματα της περιοχής βρίσκονται στο όριο της Σερβομακεδονικής μάζας με την Περιοδοτική ζώνη και έχουν ως κύριες διευθύνσεις Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ και ΒΔ-ΝΑ, ενώ στη λεκάνη της Μυγδονίας ο εφελκυσμός έχει διεύθυνση Β-Ν έως ΒΒΔ-ΝΝΑ.

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης τα κύρια ρήγματα που εμφανίζονται είναι το ρήγμα του Λαγκαδά και το σύστημα μικρορηγμάτων της Παλιάς Χρυσαιγής. Το ρήγμα του Λαγκαδά είναι κανονικό, έχει ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση και μήκος 20 km καθώς εκτείνεται από την Άσσηρο έως και την Ανάληψη. Χαρακτηρίζεται ενεργό επειδή οριοθετεί μία γνωστή ενεργή τάφρο, επηρεάζει πρόσφατα ιζήματα και αποτελεί συνέχεια του ρήγματος Σχολαρίου. Όσον αφορά το σύστημα μικρορηγμάτων της Παλιάς Χρυσαιγής, πρόκειται ουσιαστικά για ένα σύστημα μικρών σχετικά ρηγμάτων με ΒΔ-ΝΑ έως ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνση, τα οποία είναι περίπου παράλληλα με το ρήγμα του Λαγκαδά. Παρόλο που αναπτύσσονται στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, χαρακτηρίζονται πιθανά ενεργά, επειδή αποτελούν τμήμα των ρηξιγενών επιφανειών του προαναφερθέντος ρήγματος του Λαγκαδά καθώς και αυτού του Σοχού. (Γιούρη 2008)

Στο σχήμα 7 βλέπουμε τα τεκτονικά στοιχεία όπως αυτά ψηφιοποιήθηκαν από τους γεωλογικούς χάρτες.



Σχήμα 7: Τεκτονικός χάρτης της λεκάνης απορροής

Παρακάτω παραθέτονται τα μήκη των ρηγμάτων στα πετρώματα:

Πετρώματα	Μήκος Ρηγμάτων (km)
Αμφιβολίτες	0.17
Αμφιβολίτες εναλλασσόμενοι με διμαρμαρυγιακό και μοσχοβιτικό-πλαγιοκλαστικό-μικροκλιτικό γνεύσιο	0
Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων: ψηφίδες, κροκάλες με ερυθρή αμμούχα άργιλο	6.33
Αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων: αμμούχες άργιλοι, άμμοι και ψηφίδες	0
Διμαρμαρυγιακοί γνεύσιοι	15.75
Διμαρμαρυγιακός και βιοιτικός γρανίτης (τύπου Αρναίας)	3.90
Διμαρμαρυγιακός και μοσχοβιτικός-πλαγιοκλαστικός-μικροκλιτικός γνεύσιος	0
Κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων: κυρίως χάλικες	0.21
Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων (χερσαίο): χάλικες και αμμούχες άργιλοι	0.69
Λιμναία ιζήματα (λίμνης Λαγκαδά): αμμούχες άργιλοι και λεπτόκοκκες άμμοι, πλούσιες σε μαρμαρυγία	0
Μολάσσα του Λαγκαδά	0.09
Προσχώσεις κοιλάδων: ιλύς, αμμούχες άργιλοι, άμμοι	0
Ριπίδια προσχώσεων	0
Υπερβασικά πετρώματα	0.31
Χαλαζίτες	0.78
Συνολικό Άθροισμα Μήκους Ρηγμάτων	28.23

6. ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Τα κλιματικά στοιχεία της λεκάνης του Λαγκαδά είναι παρόμοια με εκείνα της πόλης της Θεσσαλονίκης, καθώς η μεταξύ τους απόσταση είναι σχετικά μικρή (15 km περίπου).

Ο κλιματικός τύπος της ευρύτερης περιοχής Θεσσαλονίκης με βάση την ταξινόμηση Köppen χαρακτηρίζεται ως τύπος κλίματος Csa, δηλαδή μεσογειακός τύπος κλίματος ή μεσόθερμος τύπος κλίματος με ξηρό και θερμό θέρος καθώς και ήπιους και υγρούς χειμώνες.

Όσον αφορά τη μέση μηνιαία θερμοκρασία και βροχόπτωση παρατηρείται πως κυμαίνεται στους 23°C και εκδηλώνεται κατά τους θερινούς μήνες, περίοδο που έχουμε και τη μικρότερη βροχόπτωση (28 mm). Σύμφωνα με τη Μουζούρη (2002) η μέση μηνιαία τιμή υγρασίας στην περιοχή έρευνας είναι 67,5%, ενώ από ανεμολογική πλευρά στην περιοχή κυριαρχούν άνεμοι βορειοδυτικής, βόρειας και βορειοανατολικής κατεύθυνσης κυρίως με τη μέση μηνιαία τους ταχύτητα να κυμαίνεται από 4 – 4,5 m/sec. (Γιούρη 2008)

Κλιματική κατάταξη κατά Köppen

Το κλιματικό σύστημα του Köppen βασίζεται κατά κύριο λόγο στο ποσό της βροχής σε ετήσια βάση και στην κατανομή αυτού μέσα στον χρόνο και στα μεγέθη της θερμοκρασίας σε ετήσια και μηνιαία βάση. Τα δύο αυτά κλιματικά στοιχεία εξεταζόμενα χωριστά και μαζί αποτελούν το πλαίσιο για τις διάφορες υποδιαιρέσεις του κλίματος.

Στην κλιματική του κατάταξη ο Köppen χρησιμοποιεί πέντε κύριες και βασικές κατηγορίες κλιμάτων, οι οποίες παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά της θερμοκρασίας.

A: Τροπικά κλίματα, θερμές όλες οι εποχές, μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα 18°C και μεγαλύτερη.

B: Ξηρά κλίματα, δεν υπάρχουν θερμοκρασιακοί περιορισμοί.

C: Μεσόθερμα ή θερμά εύκρατα βροχερά κλίματα με ήπιους χειμώνες. Η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι μεγαλύτερη των 10°C και του ψυχρότερου μήνα είναι μεταξύ 18°C και 0°C.

D: Μικρόθερμα ή κλίματα ψυχρού βροχερού δάσους με δριμείς χειμώνες. Η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι μεγαλύτερη των 10°C και του ψυχρότερου είναι 0°C και μικρότερη.

E: Αρκτικά ή πολικά κλίματα. Η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι μικρότερη των 10°C. (Μπαλαφούτης, Χ., Μαχαίρας, Π. 1985)

7. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή έρευνας χαρακτηρίζεται από τη λεκάνη της Μυγδονίας, η οποία αποτελεί τεκτονικό βύθισμα και περιλαμβάνει δύο υπολεκάνες. Στο δυτικό τμήμα υπάρχει η υπολεκάνη του Λαγκαδά στην οποία εντοπίζεται η λίμνη Κορώνεια, ενώ στα ανατολικά βρίσκεται η υπολεκάνη της Βόλβης με την ομώνυμη λίμνη.

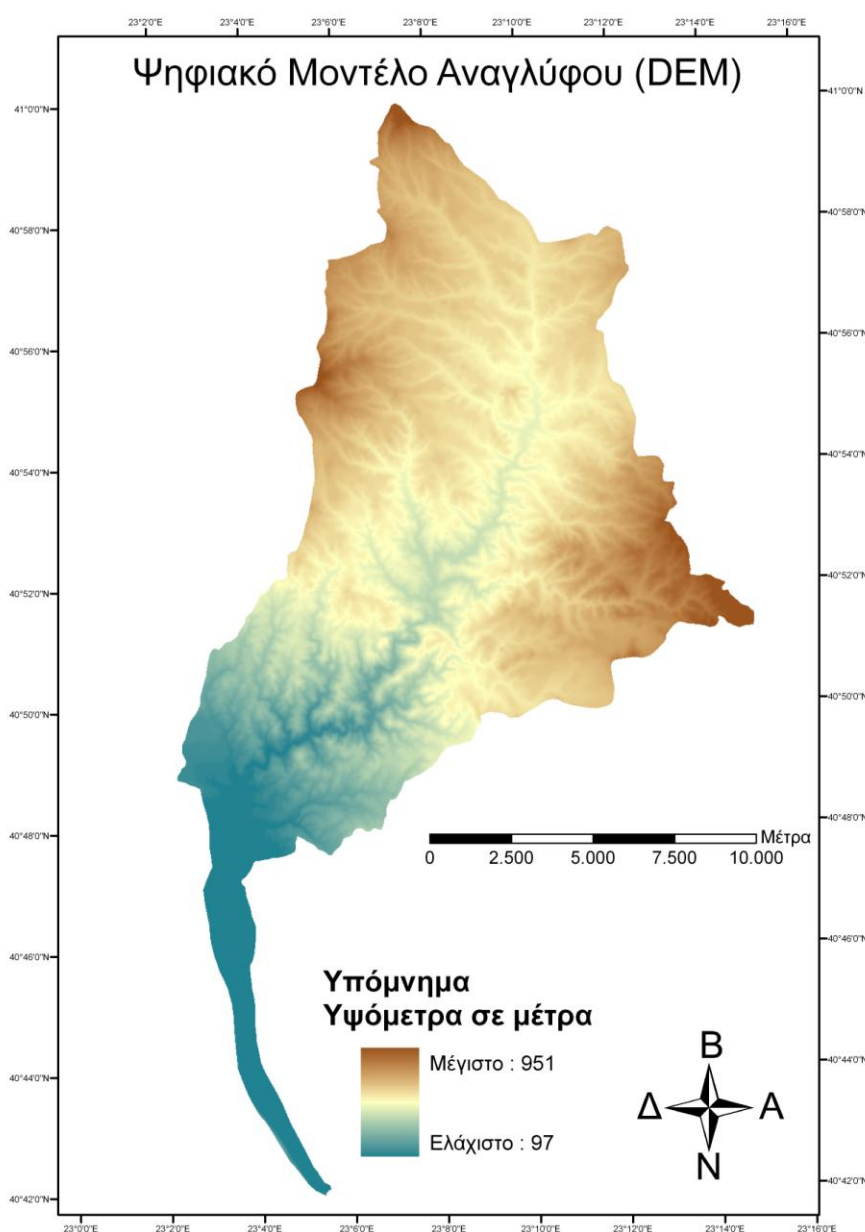
Το δυτικό όριο της υπολεκάνης του Λαγκαδά απαρτίζει μια σειρά χαμηλών ραχών και κοιλωμάτων μέσου υψομέτρου 200 έως 300 m με τον απότομα υψούμενο ορεινό όγκο της Καμήλας να δεσπόζει. Προς Βορρά η υπολεκάνη οριοθετείται από τη ζώνη των υψηλών λόφων του Λαχανά και του Ισώματος.

Ανατολικά, στο κέντρο της Μυγδονίας, υπάρχει το ασαφές όριο των υπολεκανών Λαγκαδά και Βόλβης, που αποτελείται από ένα σύστημα ραχών, λοφίσκων και αναβαθμίδων μέσω των οποίων διέρχεται ο ποταμός Δερβένη.

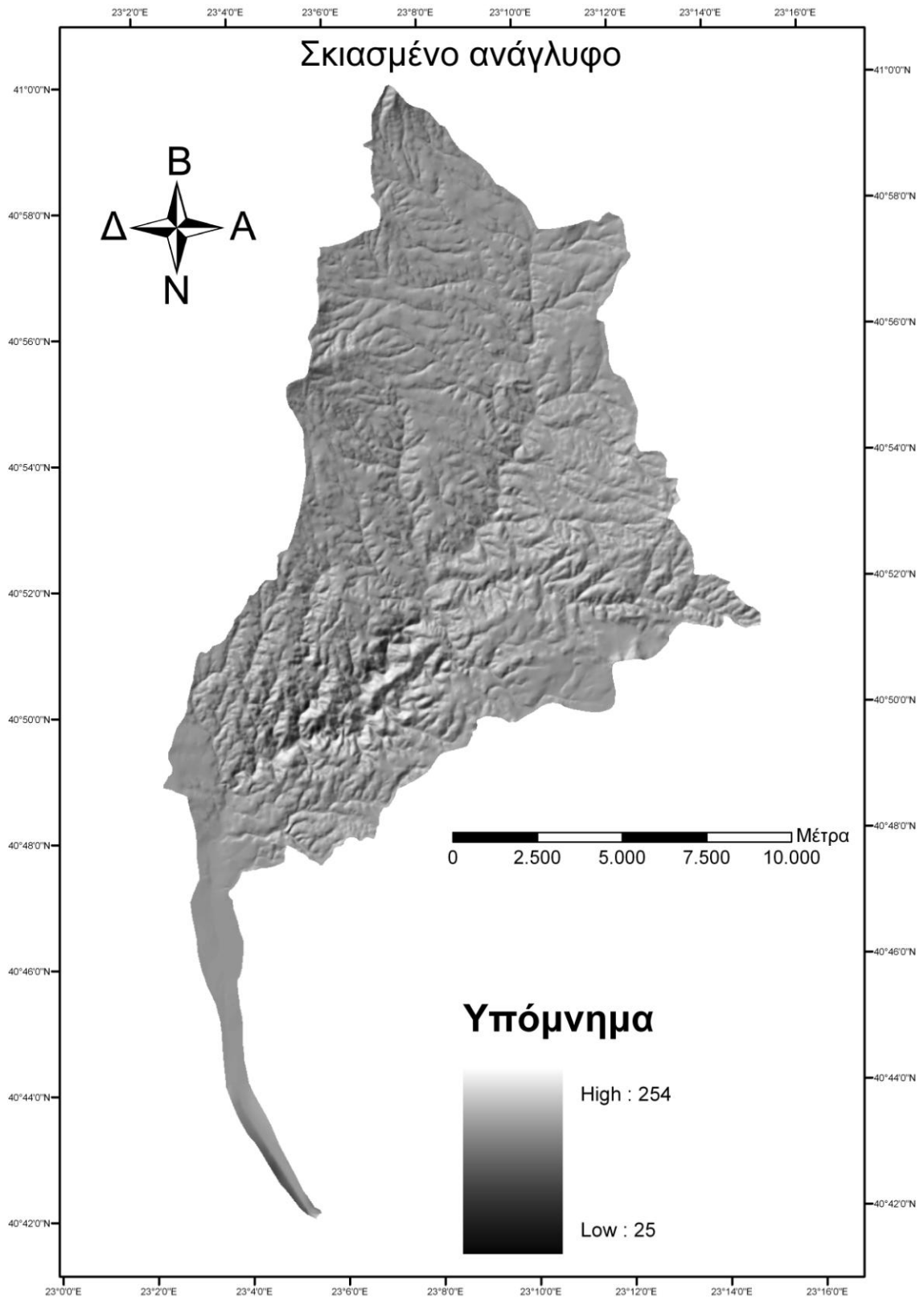
Τέλος, το νότιο τμήμα της υπολεκάνης οριοθετείται από τις πλαγιές και τα υψώματα των βόρειων κλιτύων του όρους Χορτιάτη. Στο δυτικό τμήμα της υπολεκάνης εκτείνεται εύφορη πεδινή έκταση, εντός της οποίας βρίσκεται και η πόλη του Λαγκαδά. (Γιούρη 2008)

8. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ (DEM)

Τα Ψηφιακά Μοντέλα Αναγλύφου (Digital Elevation Model – DEM) αποτελούν τον πιο διαδεδομένο και συνηθέστερο τρόπο απεικόνισης του αναγλύφου της γήινης επιφάνειας. Το DEM είναι μια αναπαράσταση μορφής καννάβου (raster) μιας συνεχούς επιφάνειας, η οποία στις Γεωεπιστήμες συνήθως αναφέρεται στην επιφάνεια της Γης. Στη συγκεκριμένη εργασία το DEM αναφέρεται στο ανάγλυφο της περιοχής μελέτης και έχει ως βάση δημιουργίας του τις ισοϋψείς καμπύλες.



Σχήμα 8: Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM)



Σχήμα 9: Σκιασμένο ανάγλυφο της περιοχής μελέτης

9. ΚΛΙΣΗ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ

Η κλίση του αναγλύφου είναι το πιο ευρέως διαδεδομένο τοπογραφικό μέγεθος και πολύ μεγάλης σημασίας για κάθε γεωμορφολογική έρευνα. Η κλίση επηρεάζει το ρυθμό ροής του νερού και των φερτών υλικών που αυτό μεταφέρει, ελέγχοντας την ενέργεια του νερού κατά την κίνηση του στα κατάντη (Zevenbergen και Thorne 1987).

Η ενέργεια της ροής ελέγχεται από την κλίση της επιφάνειας. Ως κλίση, ορίζεται η μέγιστη μεταβολή του υψομέτρου σε κάθε σημείο μιας επιφάνειας. Η αύξηση της κλίσης μιας επιφάνειας οδηγεί σε μεγαλύτερη ενέργεια για την κίνηση του νερού. Με την αύξηση της ενέργειας ενός ρέματος όμως, μεγαλώνει και η μεταφορική του ικανότητα, αναφορικά με τον αριθμό και το μέγεθος των σωματιδίων που αυτό μπορεί να μεταφέρει. Έτσι, οι πιο απότομες κλιτύες παρουσιάζουν και ένα μεγαλύτερο δυναμικό για διάβρωση. (Demek 1972)

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, λαμβάνοντας υπόψη την ταξινόμηση των κλίσεων του αναγλύφου σε έξι (6) κύριες κατηγορίες από την Επιτροπή Γεωμορφολογικής Έρευνας και Χαρτογράφησης (Commision on Geomorphological survey and Mapping) της Διεθνούς Γεωγραφικής Ένωσης (IGU-International Geographical Union) (Demek 1972) υπολογίσθηκε το ποσοστό επί τοις εκατό της κλίσης των κλιτύων της λεκάνης απορροής του ποταμού Μπογδάνου και σχεδιάστηκε ο χάρτης κλίσεων του αναγλύφου.

Κλίση 0 – 2° (0 – 3,5%)

Επίπεδο έως ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (πλημμυρικά πεδία, επιφάνειες επιπέδωσης, αναβαθμίδες).

Έναρξη διάβρωσης τύπου καλύμματος.

Απουσία προβλημάτων στις ανθρώπινες δραστηριότητες (μεταφορές, οικοδόμηση, γεωργία, υλοτομία).

Κλίση 2 – 5° (3,5 – 8,7%)

Ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (πρόποδες κοιλάδων, περιοχές τελικών μοραίων, κλιτύες θινών).

Διάβρωση καλύμματος και έναρξη αυλακωτής διάβρωσης. Σε περιοχές φυτοκάλυψης παρατηρείται έναρξη ερπυσμού εδαφών. Μέτρα προστασίας του εδάφους στις καλλιεργούμενες περιοχές.

Ελαφριά δυσκολία στη μετακίνηση των οχημάτων, δυνατότητα εποικισμού και λειτουργίας βιομηχανιών. Καλλιέργεια δυνατή με τη χρήση μηχανημάτων. Προτεινόμενη η καλλιέργεια κατά τις ισουψεις.

Κλίση 5 – 15° (8,7 – 26,8%)

Ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (κλιτύες κοιλάδων, τεκτονικές αναβαθμίδες).

Κινήσεις μαζών, ισχυρή διάβρωση τύπου καλύμματος και αυλακωτή, έντονες διαβρωτικές διεργασίες σε περιοχές μειωμένης φυτοκάλυψης αλλά έναρξη τους και σε περιοχές έντονης φυτοκάλυψης. Πιθανές ολισθήσεις εδάφους και ερπυσμός. Στις 15° (26,8%) βρίσκεται η κρίσιμη γωνία για το σχηματισμό πλήρους εδαφικού οριζοντα.

Σημαντικές δυσκολίες στην κατασκευή δρόμων και στη μετακίνηση οχημάτων. Αδύνατη η καλλιέργεια δίχως τη χρήση αναβαθμίδων. Δυσκολίες στη χρήση γεωργικών μηχανημάτων.

Κλίση 15 – 35° (26,8 – 70%)

Απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο (κλιτύες κοιλάδων μεσαίων όρεων).

Έντονες διεργασίες απογύμνωσης πάσης φύσεως, ερπυσμοί εδαφών, λασποροές, πολύ έντονη αυλακωτή και γραμμική διάβρωση τόσο σε γυμνές όσο και σε καλυμμένες (δάση) περιοχές.

Δυνατή η μετακίνηση μόνο με ερπυστριόφορα μηχανήματα. Αδύνατη η καλλιέργεια, δυσχερής η υλοτομία. Περιοχή δασών και βοσκοτόπων.

Κλίση 35 – 55° (70 – 135%)

Απόκρημνο ανάγλυφο (απότομες κλιτύες κοιλάδων υψηλών όρεων, κλιτύες σχηματισμών hogbacks, κλιτύες ασβεστολιθικών φαραγγιών).

Πολύ λεπτό, ασυνεχές στρώμα εδάφους, έντονη απογύμνωση του μητρικού πετρώματος, ισχυρότατη έκθεση στους παράγοντες διάβρωσης και της βαρύτητας. Αδύνατη η προσπέλαση. Περιοχή δασών, όριο εκμετάλλευσης της υλοτομίας.

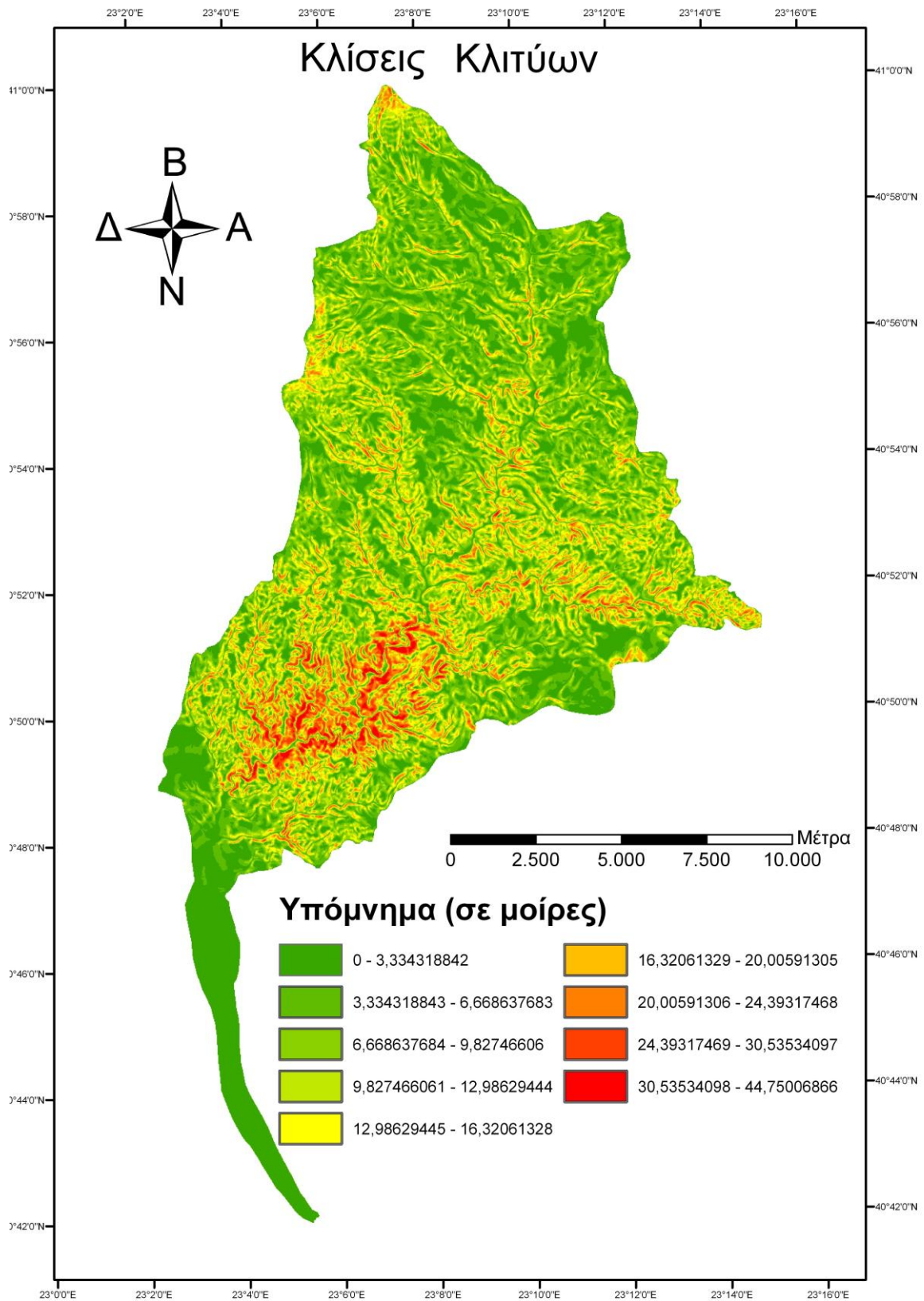
Κλίση > 55° (> 135%)

Κάθετο ανάγλυφο (κάθετες κλιτύες σε περιοχές ψαμμιτικών και ασβεστολιθικών όρεων).

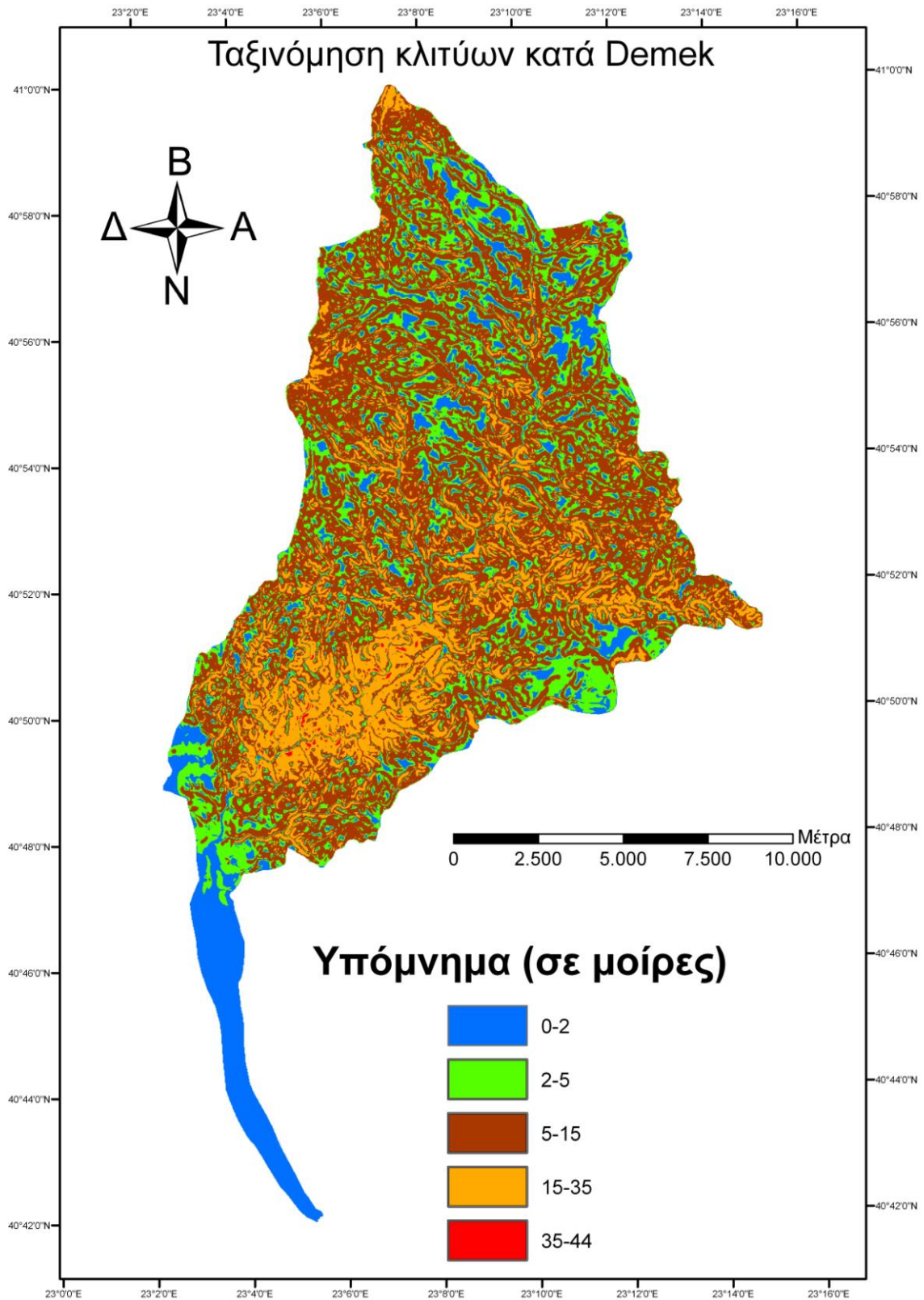
Απουσία εδάφους. Απογύμνωση των εκτεθειμένων πετρωμάτων, κατάρρευση βράχων. Αδύνατη η οικονομική εκμετάλλευση. Αναρρίχηση. Κίνδυνος πτώσης βράχων στα κατόντη.

Παρακάτω παραθέεται η ταξινόμηση των κλιτύων κατά Demek και η έκταση που καταλαμβάνουν:

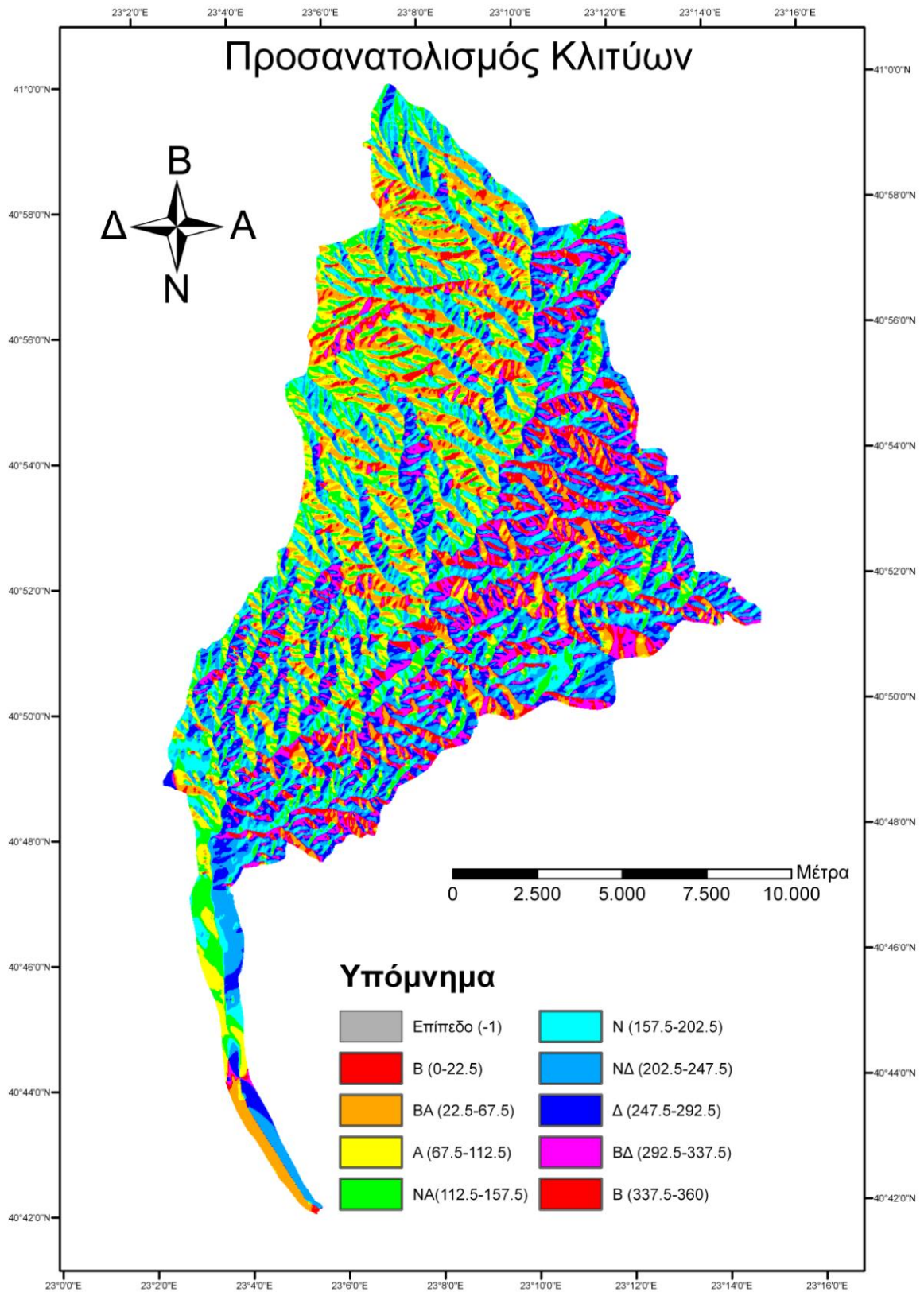
Κλίσεις	Εμβαδόν (km ²)
0 – 2°	23,63
2 – 5°	41,88
5 – 15°	108,82
15 – 35°	33,39
35 – 55°	0,49
Συνολικό Εμβαδόν	208,21



Σχήμα 10: Κλίσεις κλιτύων της λεκάνης απορροής



Σχήμα 11: Ταξινόμηση κλιτύων κατά Demek



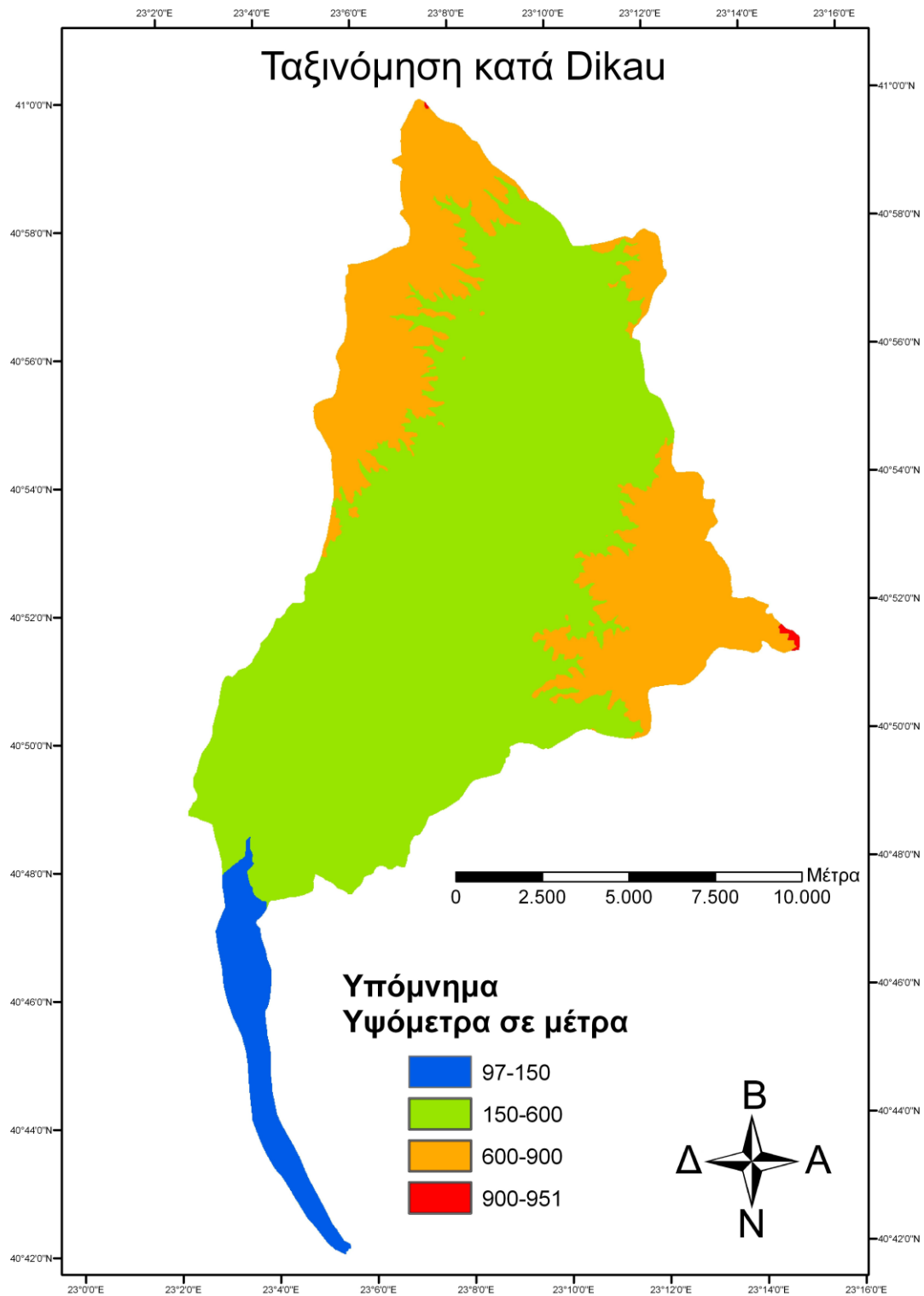
Σχήμα 12: Προσανατολισμός κλιτύων της περιοχής μελέτης

Ταξινόμηση κατά Δίκου

0 – 150 m	Πεδινή
150 – 600 m	Λοφώδης
600 – 900 m	Ημιορεινή
> 900 m	Ορεινή

Ο πίνακας περιλαμβάνει τα ταξινομημένα υψόμετρα κατά Δίκου και την έκταση που καταλαμβάνουν:

Κλάσεις	Εμβαδόν (km ²)
0 – 150 m	9,40
150 – 600 m	143,96
600 – 900 m	54,66
> 900 m	0,19
Συνολικό Εμβαδόν Κλάσεων	208,21



Σχήμα 13: Ταξινόμηση κατά Dikau

10.1 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το υδρογραφικό δίκτυο αποτελεί θεμελιώδη γεωμορφολογικό παράγοντα και η ανάπτυξη, μορφή και λειτουργία του έχουν μελετηθεί από διάφορους ερευνητές.

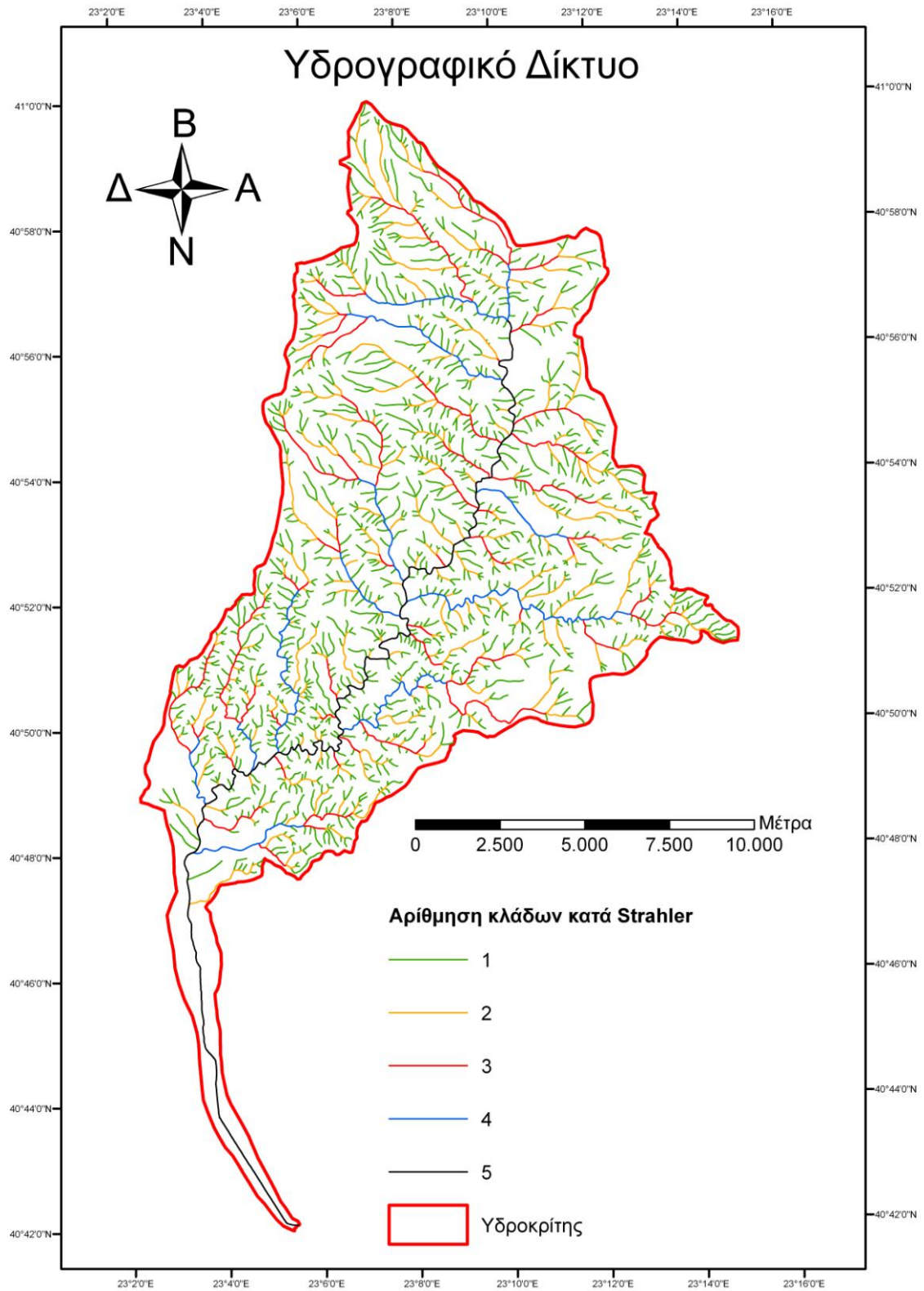
Ως **υδρογραφικό δίκτυο** χαρακτηρίζεται το σύνολο των ρεμάτων τα οποία αποστραγγίζουν μια λεκάνη απορροής.

Στην παρούσα εργασία η ταξινόμηση των κλάδων του δικτύου έγινε με τη μέθοδο του Strahler. Μετρήθηκαν 2576 υδρογραφικοί κλάδοι, 1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} τάξης. Το συνολικό άθροισμα του μήκους των κλάδων βρέθηκε ότι ισούται με 728,43 km.

Στην περιοχή μελέτης, το υδρογραφικό δίκτυο ψηφιοποιήθηκε από τους τοπογραφικούς χάρτες της Γ.Υ.Σ., φύλλα ΛΑΧΑΝΑΣ (1980), ΘΕΡΜΗ (1970), κλίμακας 1:50.000.

Μήκος υδρογραφικών κλάδων ανάλογα με την τάξη τους:

Κλάδοι	Μήκος (km)
1 ^{ης} τάξης	397,06
2 ^{ης} τάξης	154,69
3 ^{ης} τάξης	86,61
4 ^{ης} τάξης	49,83
5 ^{ης} τάξης	40,24
Συνολικό Άθροισμα Μήκους Κλάδων	728,43



Σχήμα 14: Υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής

Συσχέτιση λιθολογικών σχηματισμών και μήκους υδρογραφικού δικτύου:

Πετρώματα	Μήκος Υδρογραφικού δικτύου (km)
Αμφιβολίτες	20,27
Αμφιβολίτες εναλλασσόμενοι με διμαρμαρυγιακό και μοσχοβιτικό-πλαγιοκλαστικό-μικροκλιτικό γνεύσιο	0,43
Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων: ψηφίδες, κροκάλες με ερυθρή αμμούχα άργιλο	83,88
Αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων: αμμούχες άργιλοι, άμμοι και ψηφίδες	6,94
Διμαρμαρυγιακοί γνεύσιοι	452,88
Διμαρμαρυγιακός και βιοτιτικός γρανίτης (τύπου Αρναίας)	120,99
Διμαρμαρυγιακός και μοσχοβιτικός-πλαγιοκλαστικός-μικροκλιτικός γνεύσιος	9,00
Κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων: κυρίως χάλικες	6,83
Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων (χερσαίο): χάλικες και αμμούχες άργιλοι	5,54
Λιμναία ιζήματα (λίμνης Λαγκαδά): αμμούχες άργιλοι και λεπτόκοκκες άμμοι, πλούσιες σε μαρμαρυγία	0,56
Μολάσσα του Λαγκαδά	0,92
Προσχώσεις κοιλάδων: ιλύς, αμμούχες άργιλοι, άμμοι	6,94
Ριπίδια προσχώσεων	2,25
Υπερβασικά πετρώματα	6,10
Χαλαζίτες	4,90
Συνολικό Άθροισμα Υδρογραφικού Δικτύου	728,43

10.2 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Η υδρογραφική πυκνότητα χαρακτηρίζεται ως ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό του αναγλύφου. Η ανάπτυξη και η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου αντανακλούν τη λιθολογία, την τοπογραφία, την εδαφολογία, την επικρατούσα βλάστηση και τις κλιματολογικές συνθήκες μιας περιοχής αποτελώντας έναν πολύτιμο δείκτη (Gregory και Walling 1973, Αστάρης 1980).

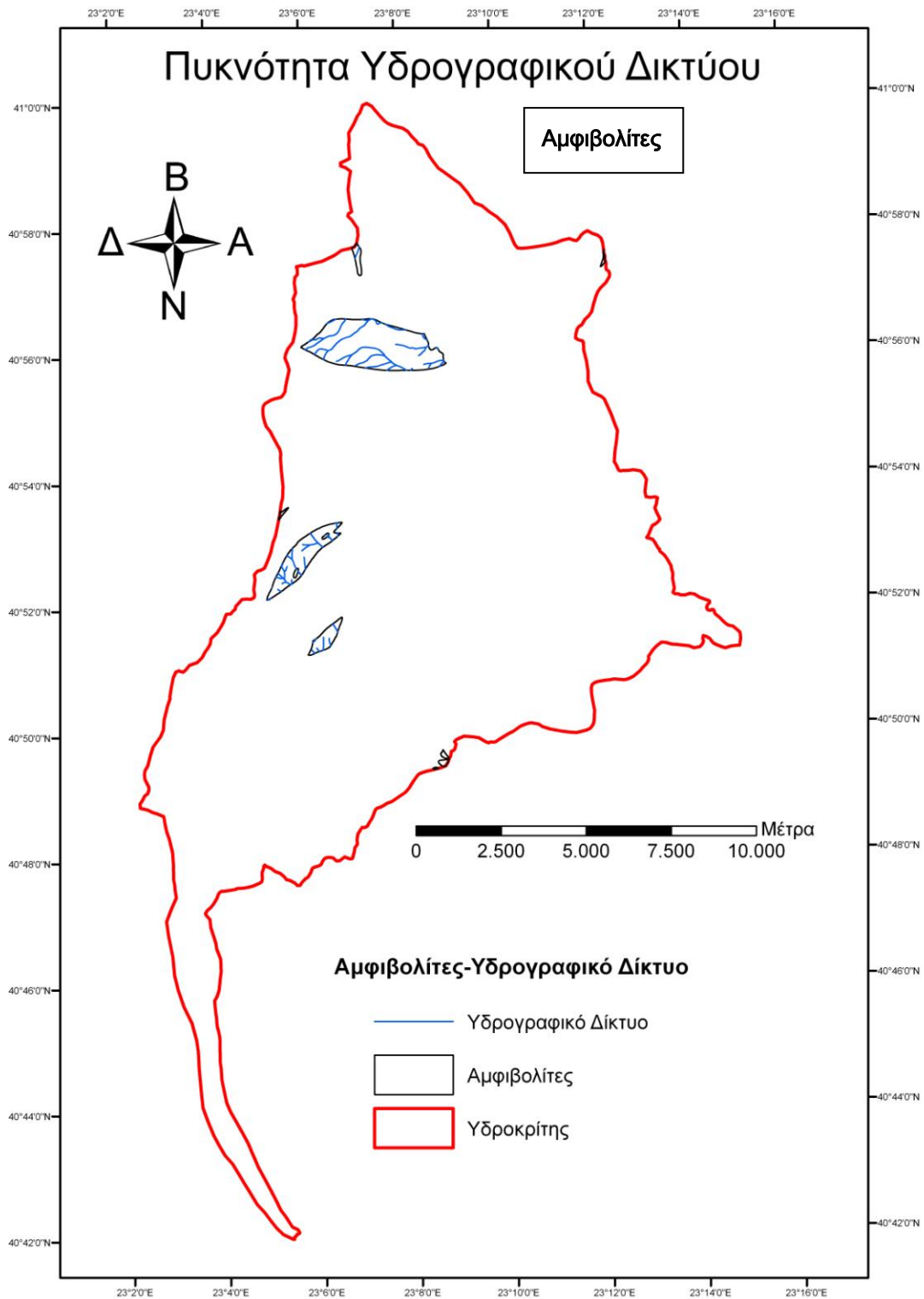
Σύμφωνα με τον Horton (1945), η υδρογραφική πυκνότητα ορίζεται ως το μήκος των ρεμάτων ανά μονάδα επιφάνειας της λεκάνης απορροής και παραμένει ανεξάρτητη της συνολικής τάξης του υδρογραφικού δικτύου.

Η υδρογραφική πυκνότητα χαρακτηρίζει σε μεγάλο βαθμό την περιοχή για την οποία υπολογίζεται. Έχει παρατηρηθεί πως περιοχές υδατοπερατών πετρωμάτων, ήπιου αναγλύφου, έντονης φυτοκάλυψης και χαμηλής έντασης βροχοπτώσεων χαρακτηρίζονται από χαμηλές τιμές υδρογραφικής πυκνότητας (μέχρι 5 km/km²). Αντίθετα, σε περιοχές αδιαπέρατων πετρωμάτων, απότομου αναγλύφου και μεγάλης έντασης βροχοπτώσεων, υπολογίζονται μεγάλες τιμές υδρογραφικής πυκνότητας (πάνω από 20 km/km²). Τέλος, εξαιρετικά μεγάλες τιμές υδρογραφικής πυκνότητας παρατηρούνται σε περιοχές που παρουσιάζουν έντονη χαραδρωτική διάβρωση τύπου Badlands (έως και 800 km/km²), όπου βέβαια υπάρχουν τέτοιες περιοχές. (Φουρνιάδης 2002)

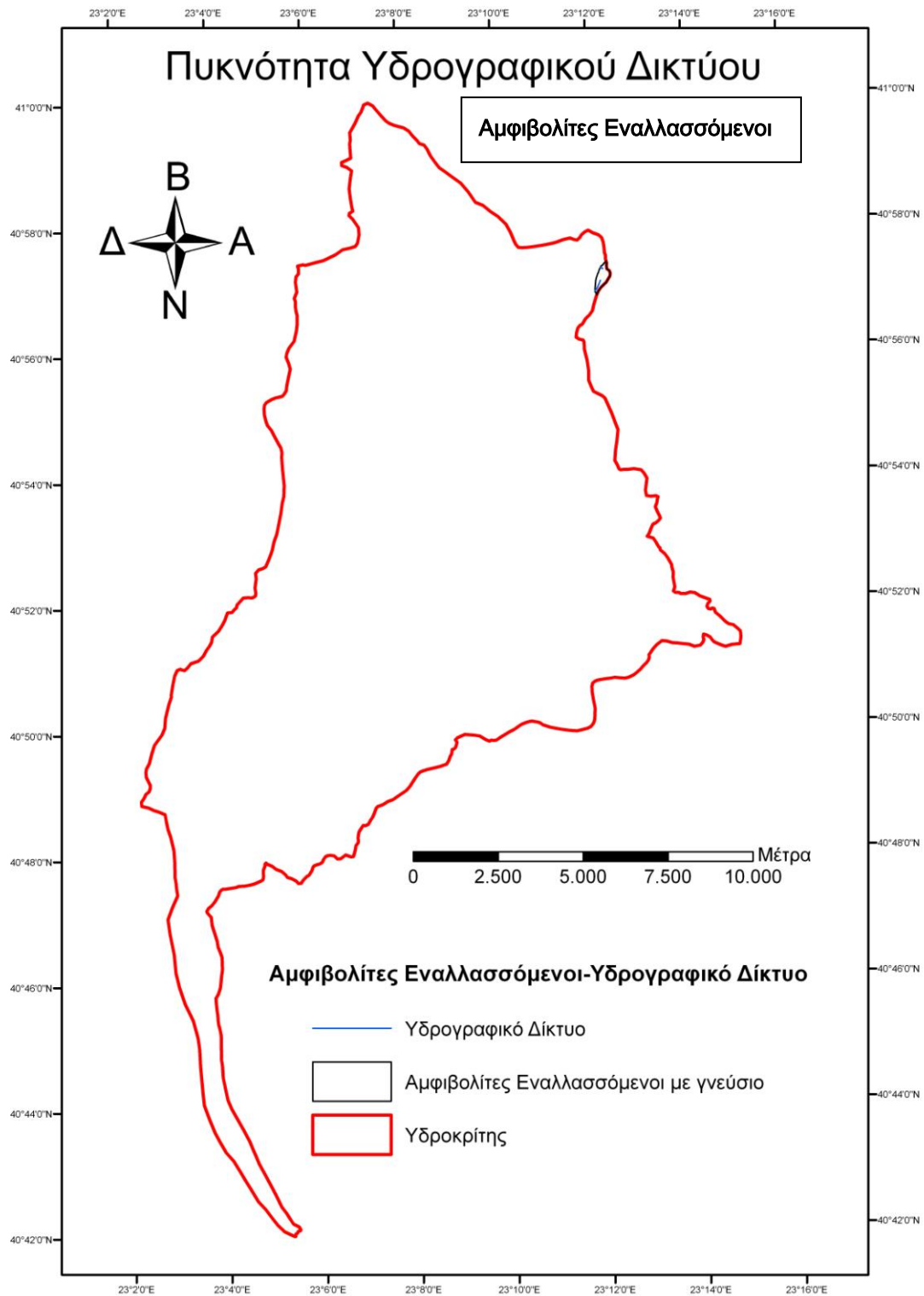
Στην παρούσα εργασία, το συνολικό άθροισμα της υδρογραφικής πυκνότητας είναι 46,08 km/km².

Υδρογραφική πυκνότητα λιθολογικών σχηματισμών:

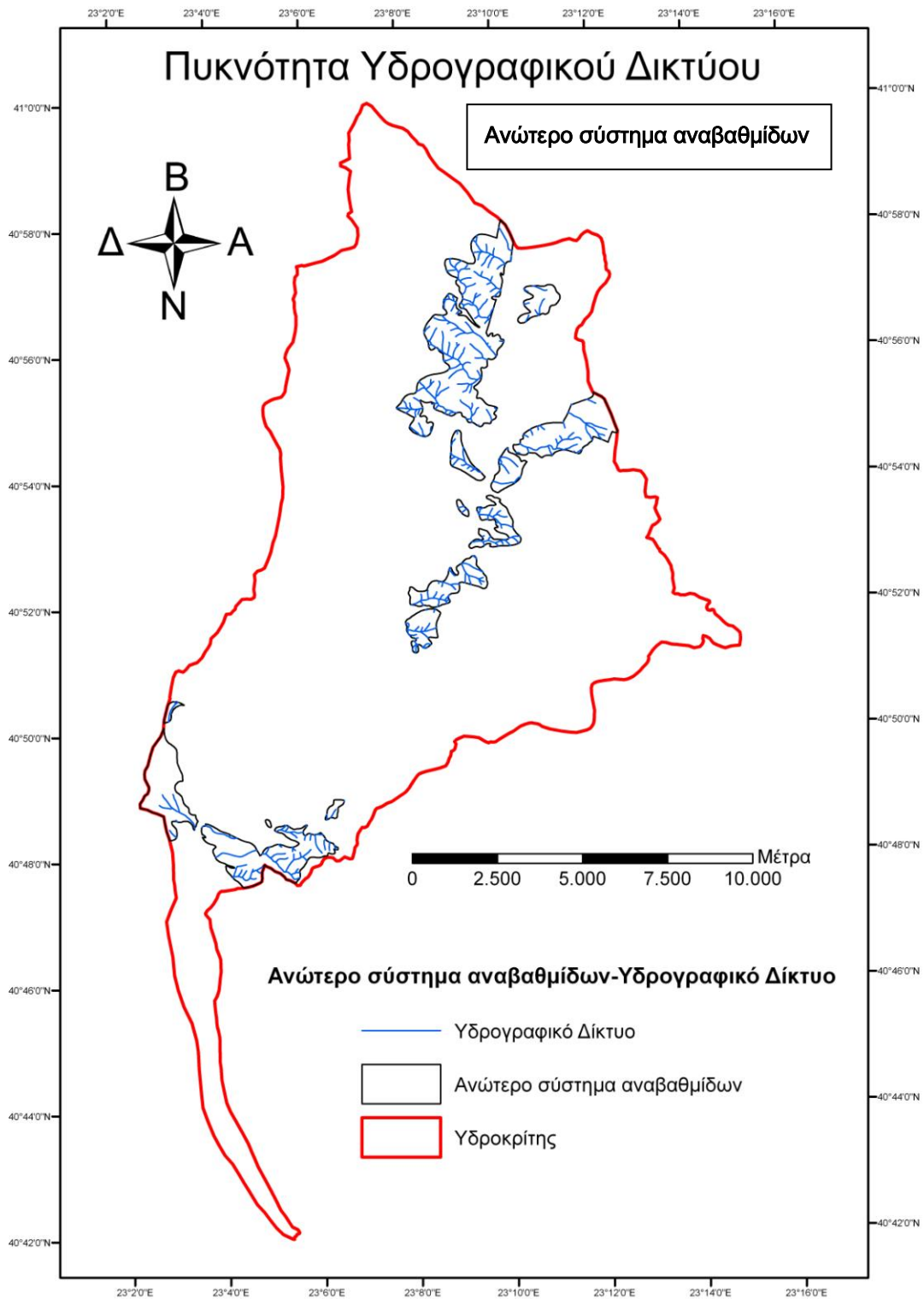
Πετρώματα	Υδρογραφική Πυκνότητα (km/km²)
Αμφιβολίτες	3,08
Αμφιβολίτες εναλλασσόμενοι με διμαρμαρυγικό και μοσχοβιτικό-πλαγιοκλαστικό-μικροκλινικό γνεύσιο	1,95
Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων: ψηφίδες, κροκάλες με ερυθρή αμμούχα άργιλο	3,48
Αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων: αμμούχες άργιλοι, άμμοι και ψηφίδες	5,22
Διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι	3,58
Διμαρμαρυγικός και βιοτιτικός γρανίτης (τύπου Αρναίας)	4,03
Διμαρμαρυγικός και μοσχοβιτικός-πλαγιοκλαστικός-μικροκλινικός γνεύσιος	3,02
Κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων: κυρίως χάλικες	1,66
Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων (χερσαίο): χάλικες και αμμούχες άργιλοι	2,46
Λιμναία ιζήματα (λίμνης Λαγκαδά): αμμούχες άργιλοι και λεπτόκοκκες άμμοι, πλούσιες σε μαρμαρυγία	2,33
Μολάσσα του Λαγκαδά	5,41
Προσχώσεις κοιλάδων: ιλύς, αμμούχες άργιλοι, άμμοι	1,45
Ριπίδια προσχώσεων	1,42
Υπερβασικά πετρώματα	3,51
Χαλαζίτες	3,48
Συνολικό Άθροισμα Υδρογραφικής Πυκνότητας	46,08



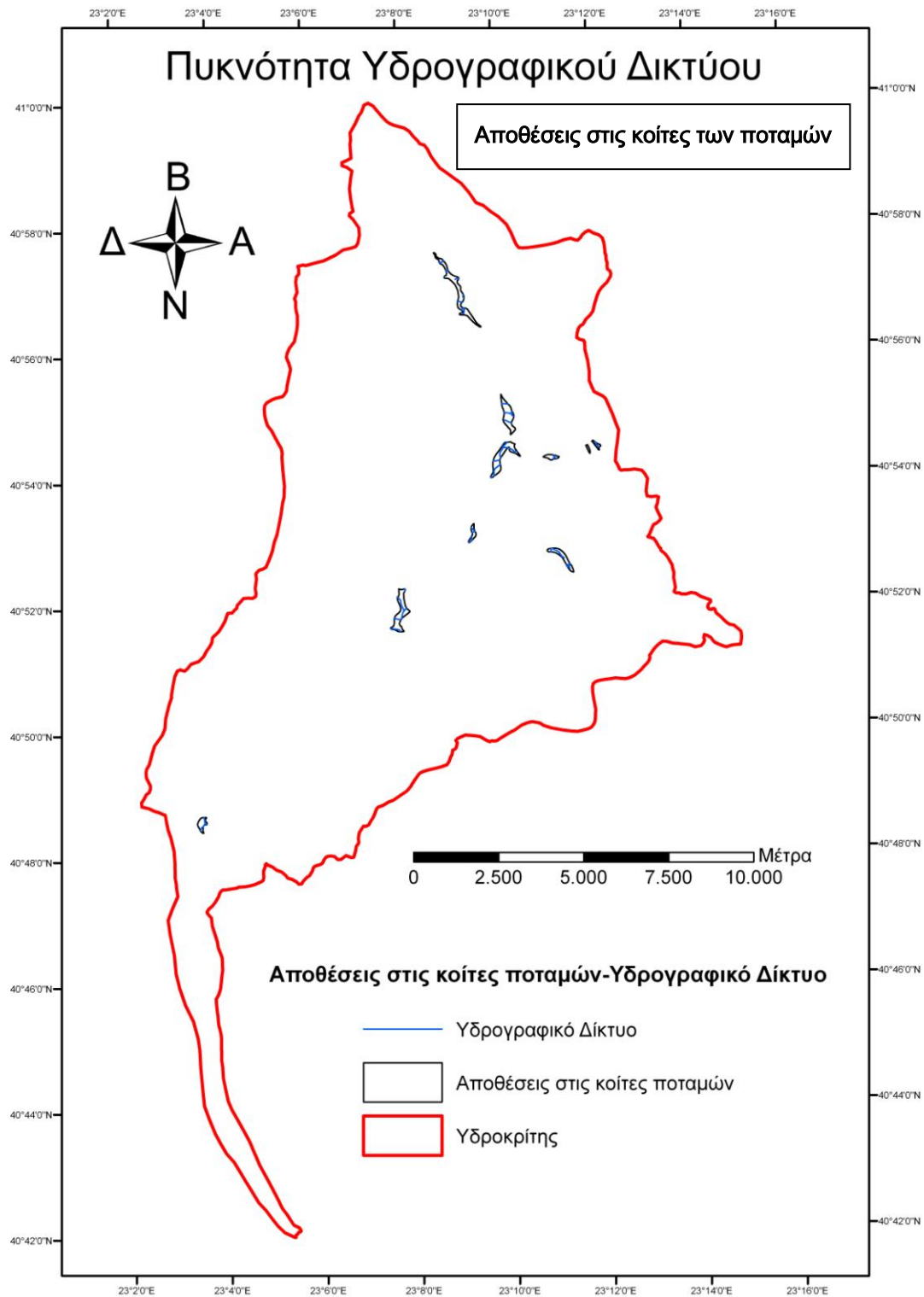
Σχήμα 15: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου των αμφιβολιτών



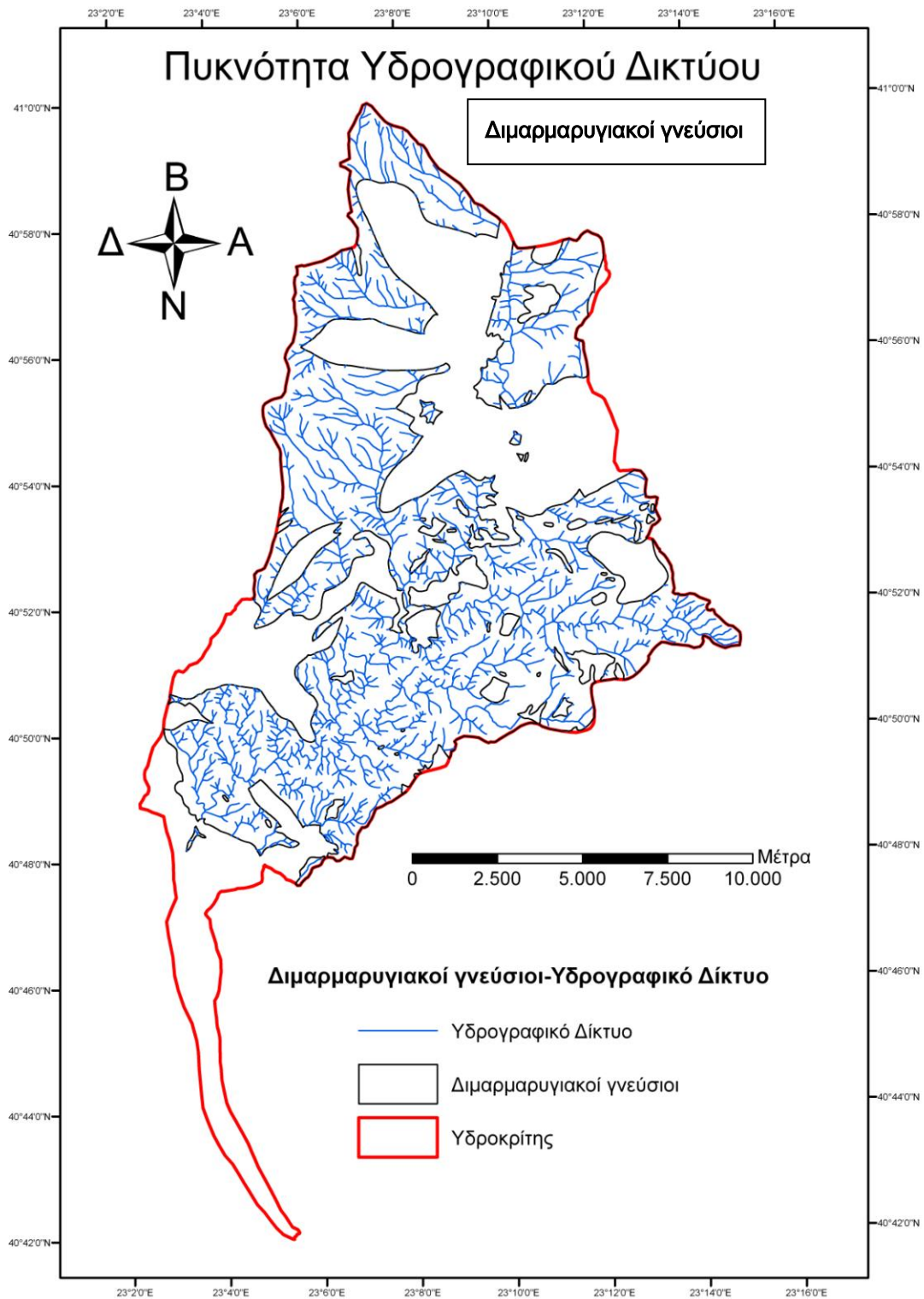
Σχήμα 16: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου των εναλλασσόμενων αμφιβολιτών



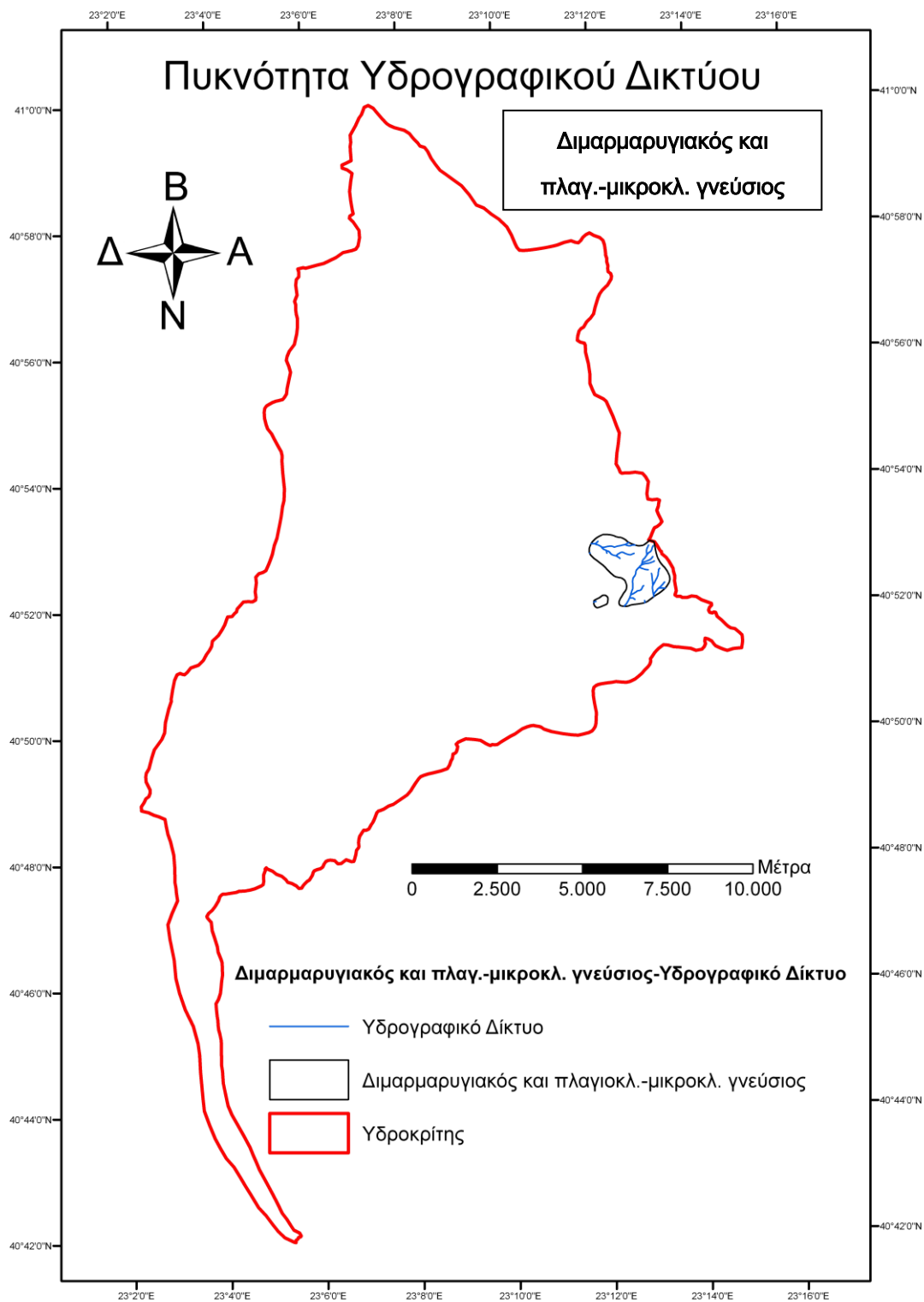
Σχήμα 17: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου του ανώτερου συστήματος αναβαθμίδων



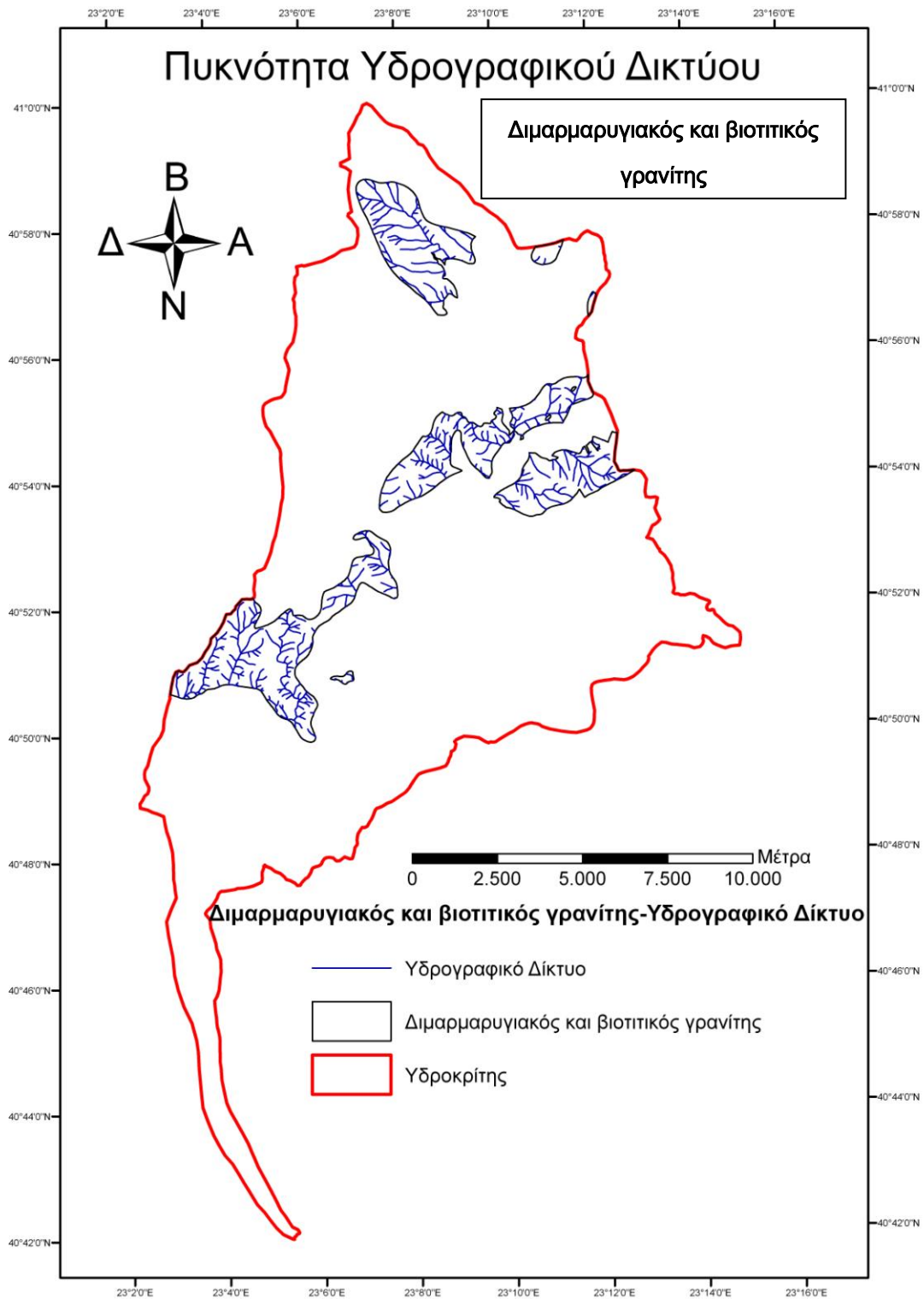
Σχήμα 18: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου των αποθέσεων στις κοίτες των ποταμών



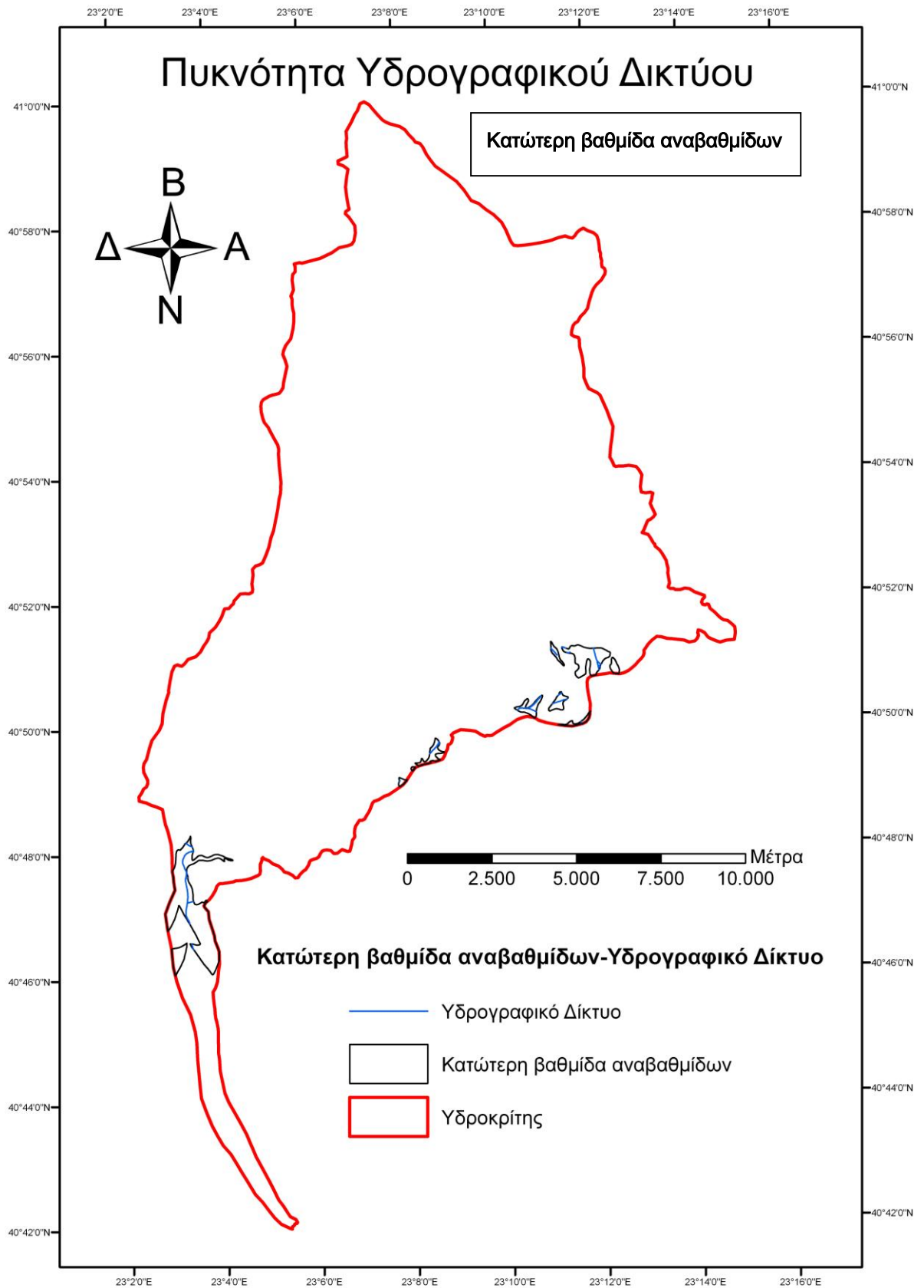
Σχήμα 19: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου των διμαρμαρυγιακών γενεσιών



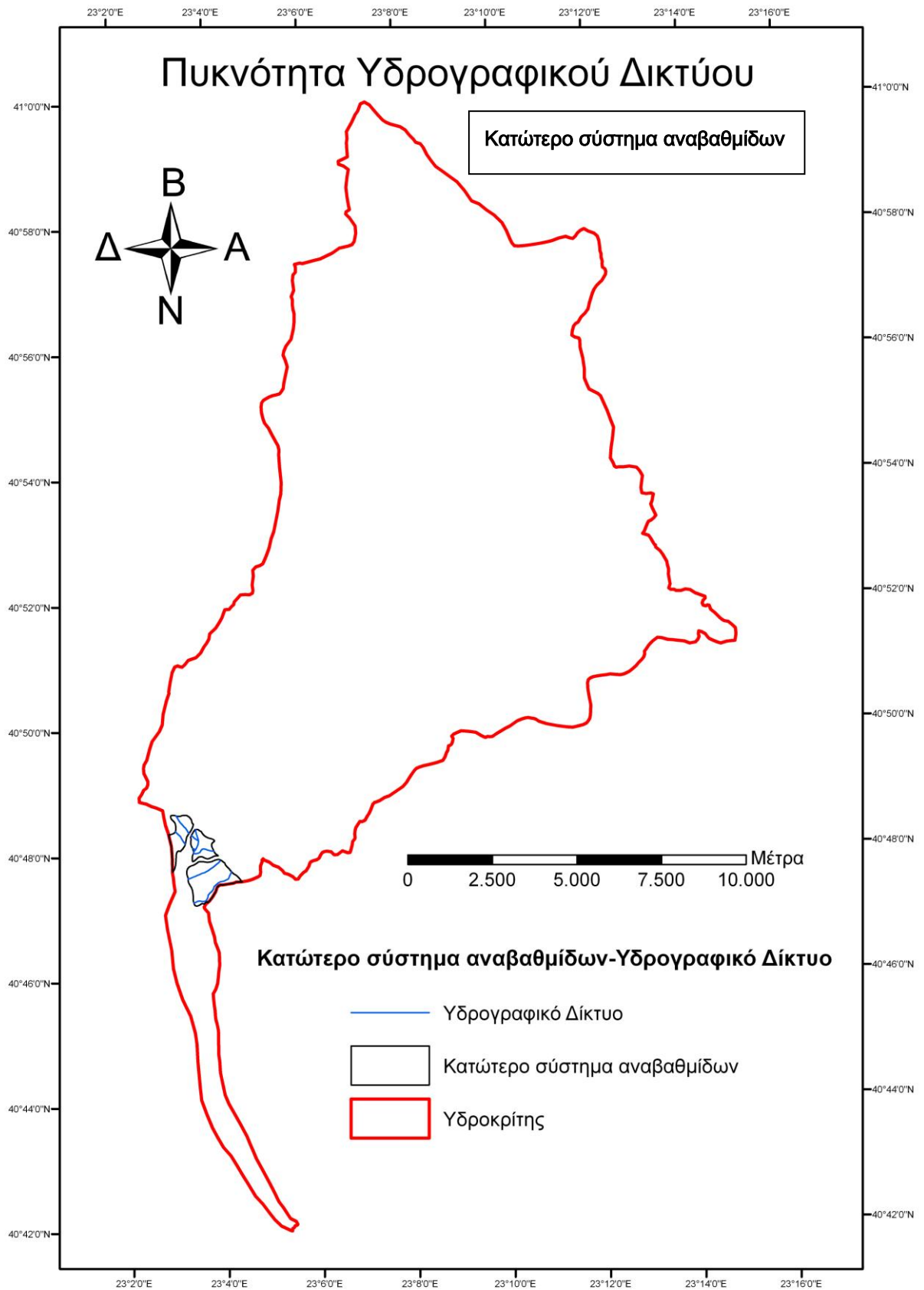
Σχήμα 20: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου των διμαρμαρυγιακών και πλαγιοκλαστικών – μικροκλιτικών γενευσίων



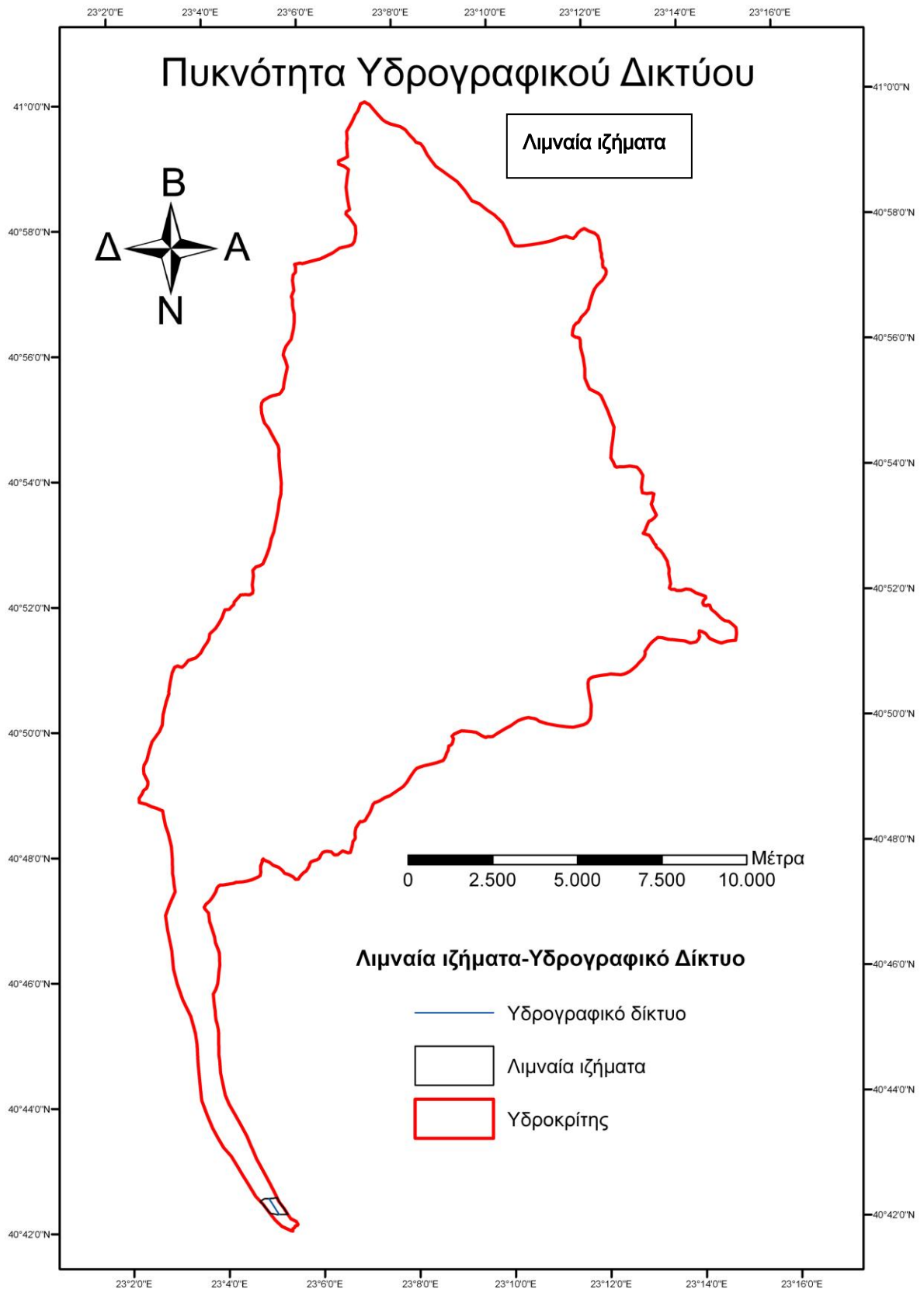
Σχήμα 21: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου των διμαρμαρυγιακών και βιοτιτικών γρανιτών



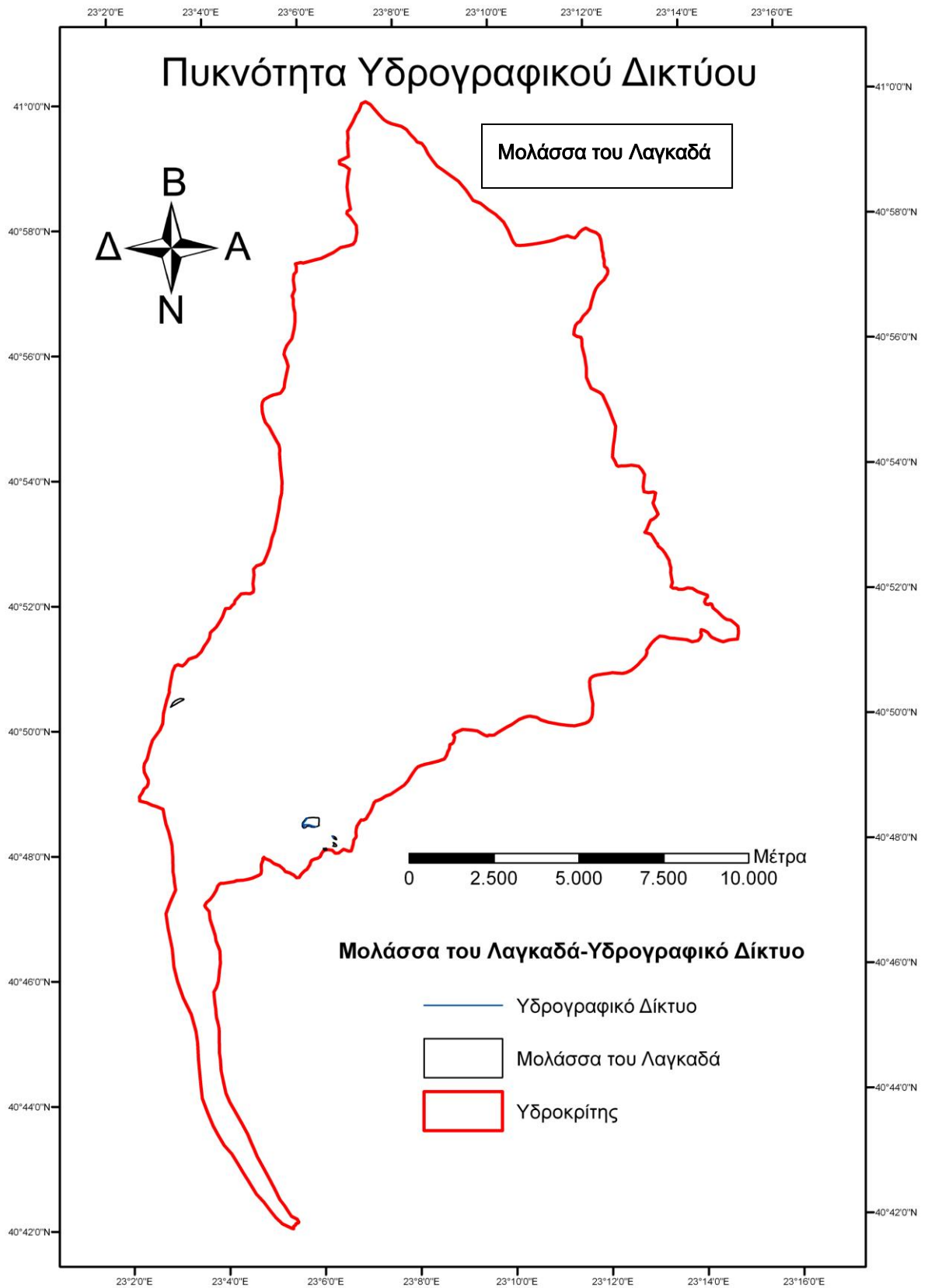
Σχήμα 22: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου της κατώτερης βαθμίδας αναβαθμίδων



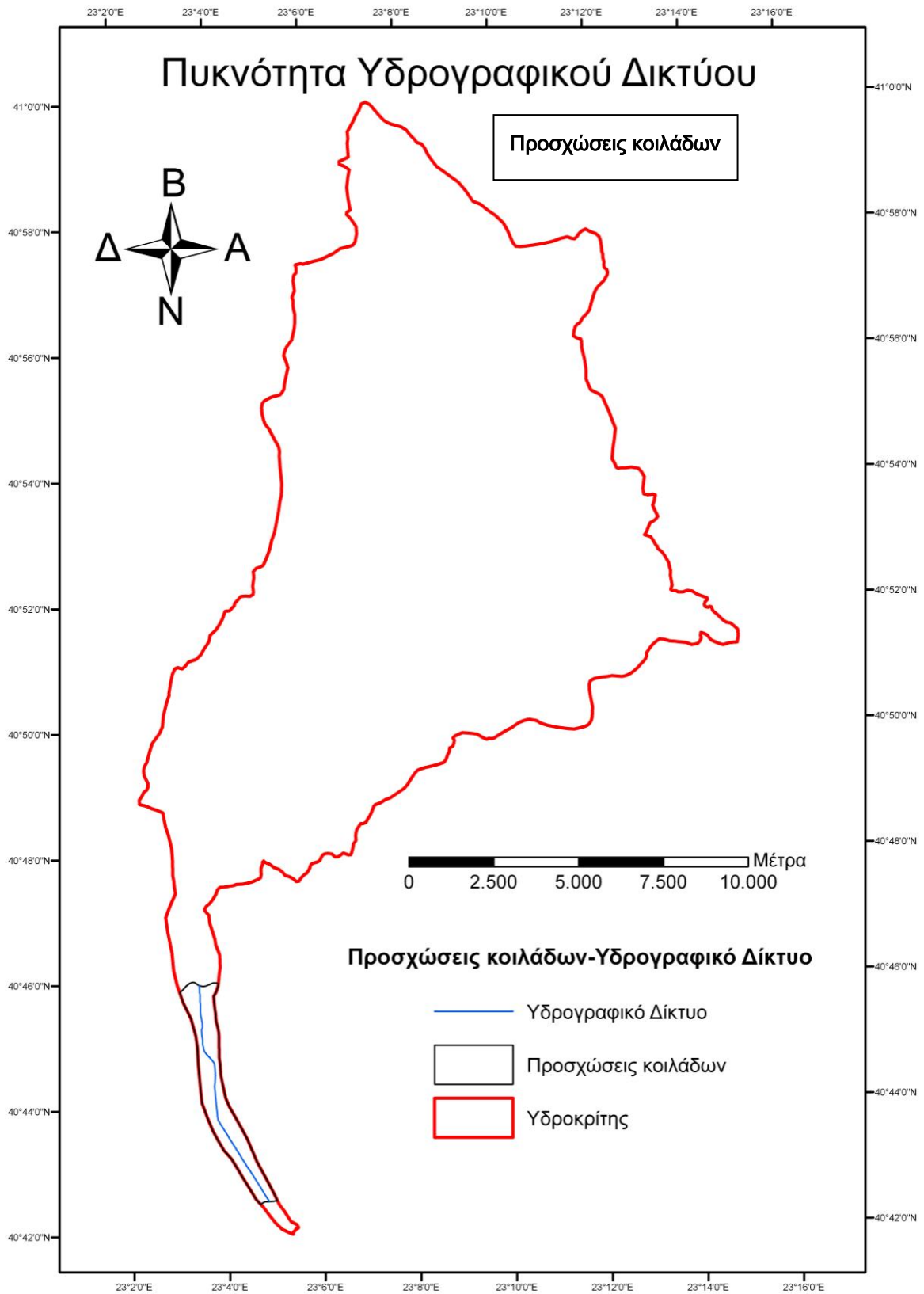
Σχήμα 23: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων



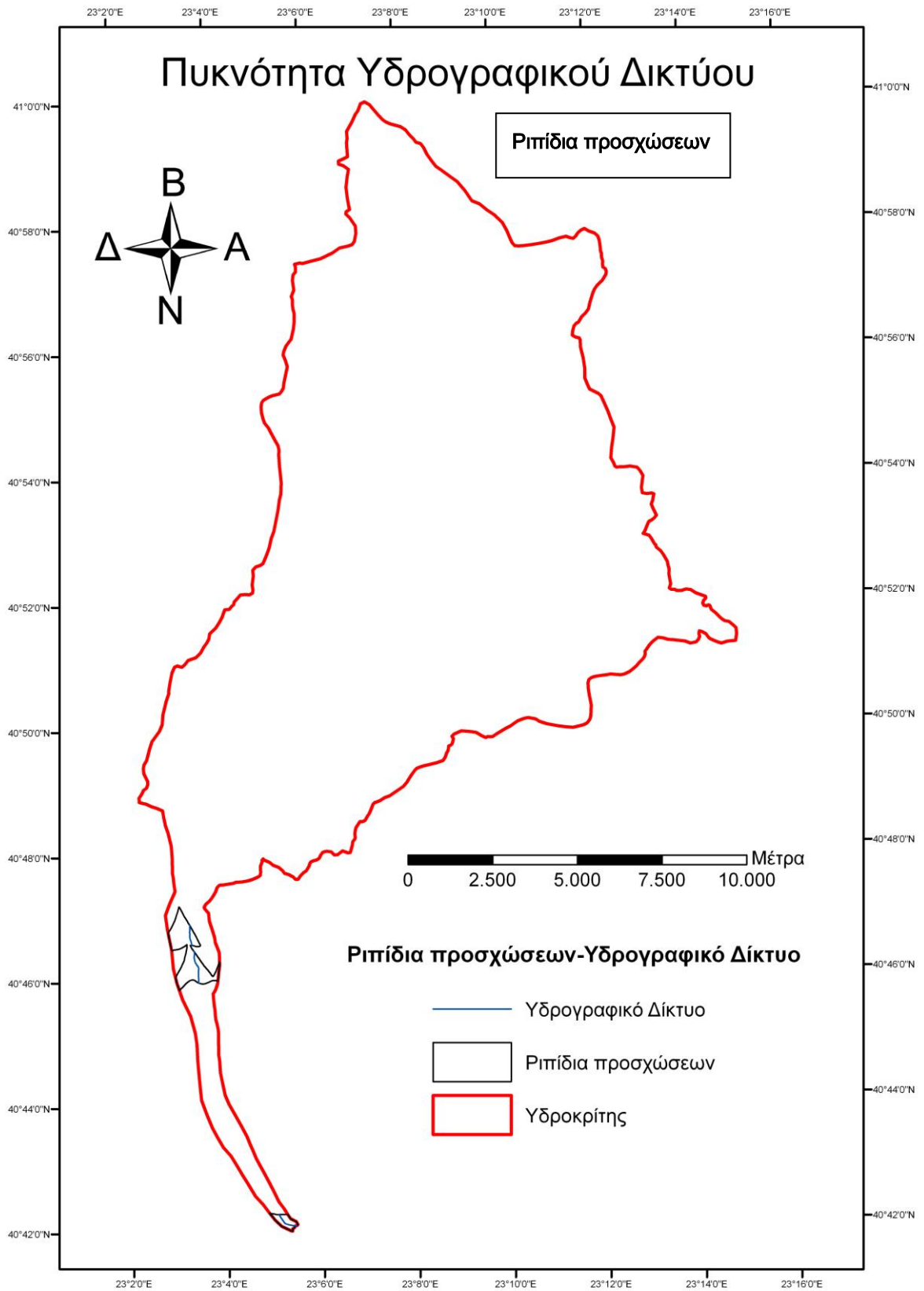
Σχήμα 24: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου των λιμναίων ιζημάτων



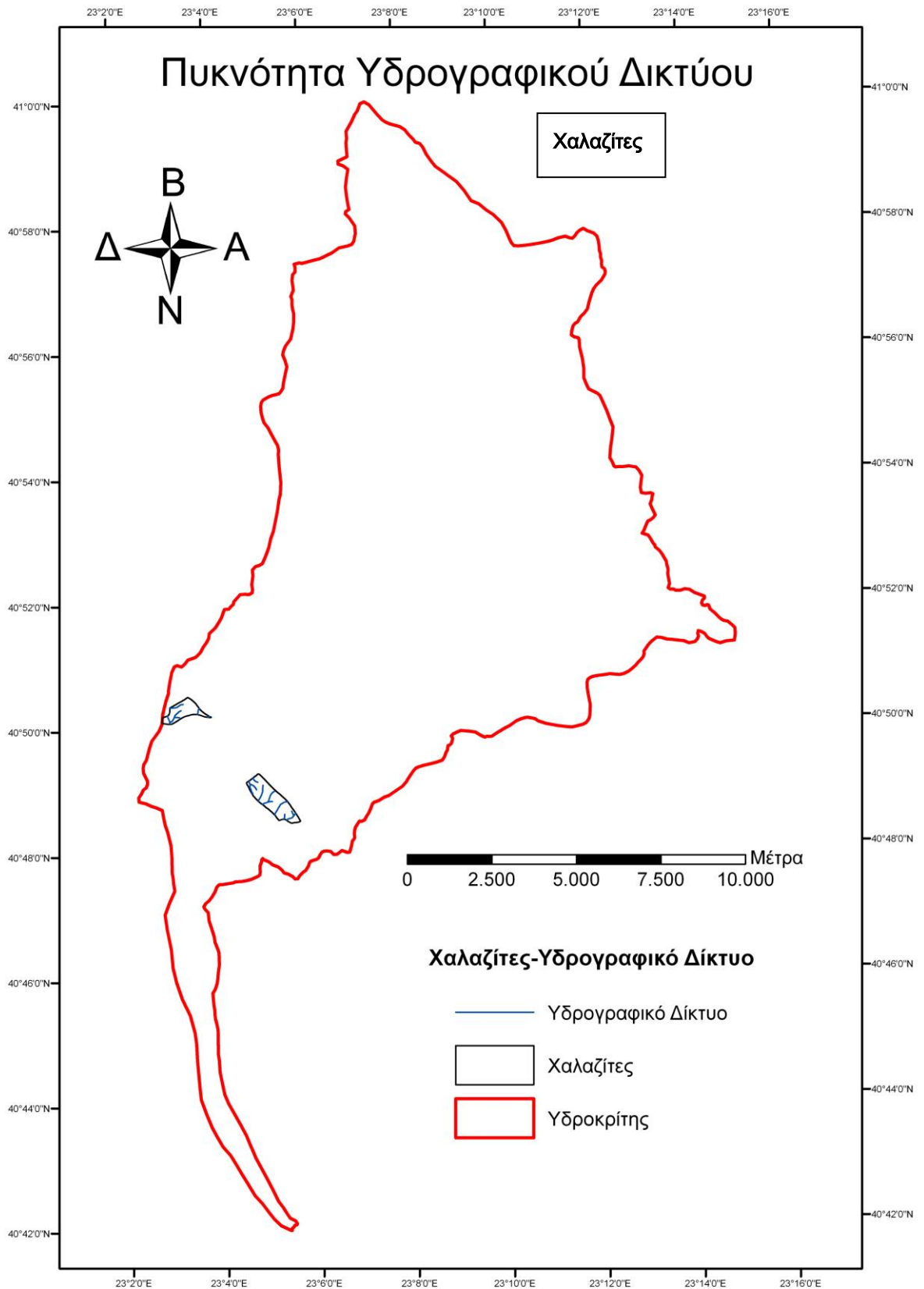
Σχήμα 25: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου της μολάσσας του Λαγκαδά



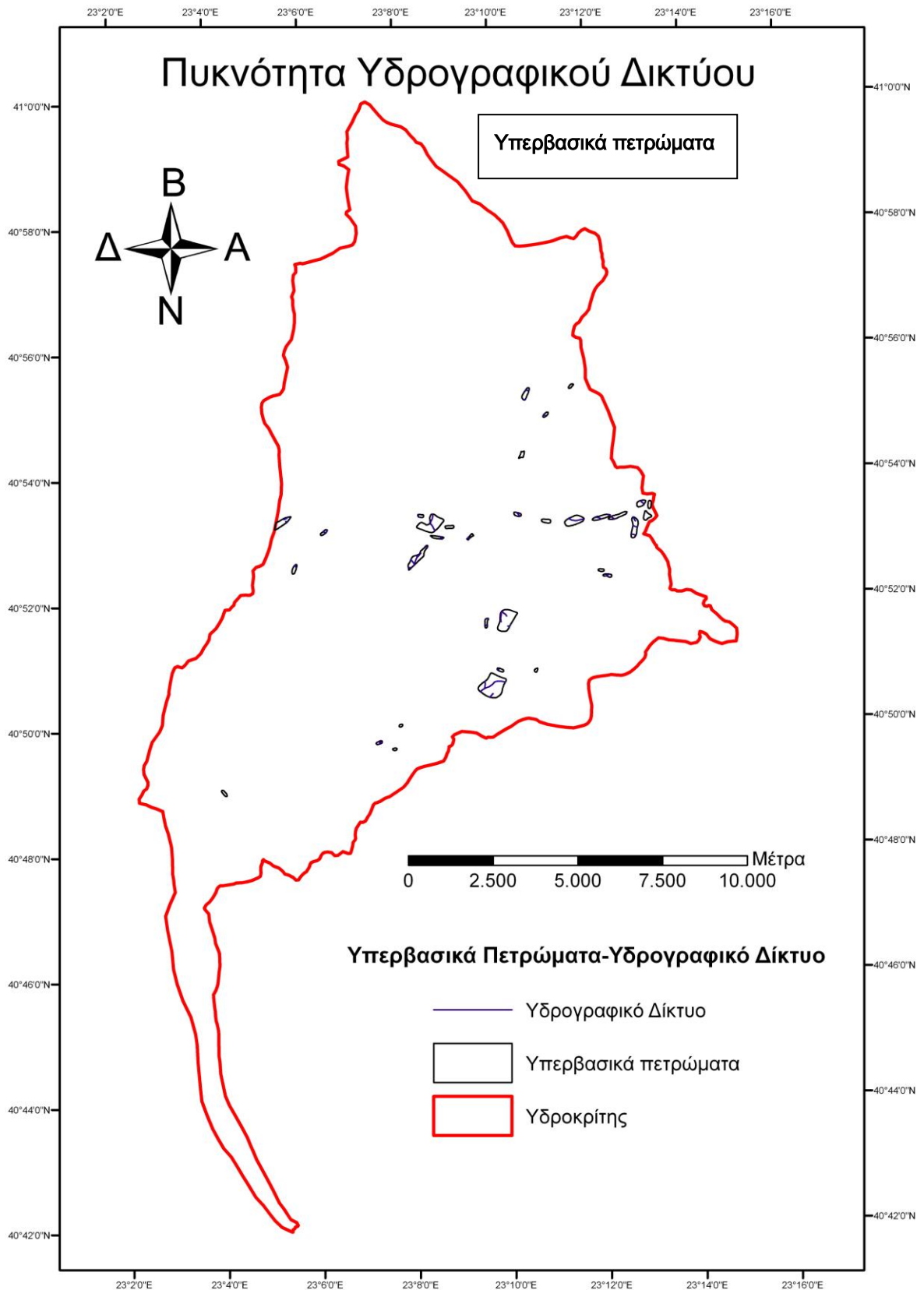
Σχήμα 26: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου των προσχώσεων των κοιλάδων



Σχήμα 27: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου των ριπίδιων των προσχώσεων



Σχήμα 28: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου των χαλαζιτών



Σχήμα 29: Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου των υπερβασικών πετρωμάτων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΚΤΑΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

Βήματα για να βρούμε την έκταση που καταλαμβάνει η υδρογραφική λεκάνη:

1. Επιλέγουμε το **Open Attribute Table**.
2. Στη συνέχεια επιλέγουμε το **Add field** για να προσθέσουμε μία καινούρια στήλη, την οποία ονομάζουμε «Εμβαδό».
3. Πάνω στο καινούριο **Field** πατάμε δεξί κλικ.
4. Επιλέγουμε το **Calculate Geometry**.
5. Στο **Area** βάζουμε την μονάδα που επιθυμούμε να έχει το αποτέλεσμα, στην περίπτωση μας επιλέγουμε km².
6. Τέλος μας εμφανίζεται το εμβαδό της υδρογραφικής λεκάνης.

Σελίδες: 17 - 18

ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ (DEM)

Για να δημιουργήσουμε ένα ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου ακολουθούμε τα εξής βήματα:

1. Επιλέγουμε το εικονίδιο **Arctoolbox** που βρίσκεται στη γραμμή εργαλείων.
2. Διαλέγουμε το **3D Analyst tools**.
3. Έπειτα επιλέγουμε το **Raster**.
4. Και κάνουμε κλικ στην επιλογή **Topo to Raster**.
5. Στο παράθυρο που ανοίγει συμπληρώνουμε τις αντίστοιχες επιλογές στις ισουψείς, στη λεκάνη και στο υδρογραφικό δίκτυο. Στο **iso** βάζουμε **contour**, στη **lekani** βάζουμε **boundary** και στο **ydro** βάζουμε **stream**.
6. Τέλος πατάμε OK.

Σελίδες: 32

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

Για να υπολογίσουμε την υδρογραφική πυκνότητα:

1. Επιλέγουμε το εικονίδιο **Arctoolbox** από την γραμμή εργαλείων.
2. Διαλέγουμε το **3D Analysis tools**.
3. Έπειτα επιλέγουμε το **Extract** και μετά το **Clip**.
4. Ανοίγοντας το **Clip** στην επιλογή **Input Features** βάζουμε το υδρογραφικό δίκτυο, στην επιλογή **Clip Features** βάζουμε το λιθολογικό σχηματισμό και στο **Output Features** βάζουμε το υδρογραφικό δίκτυο που είναι «κομμένο» στα όρια του λιθολογικού σχηματισμού.
5. Επιλέγουμε το **Select by attributes**.
6. Στο πλαίσιο της περιγραφής γράφουμε κάθε φορά το όνομα του σχηματισμού που μας ενδιαφέρει. Κάνουμε διπλό κλικ και πατάμε OK.
7. Στη συνέχεια επιλέγουμε το **Editor** και έπειτα το **Start editing**.
8. Επιλέγουμε το selection, κάνουμε δεξί κλικ στο **Lithocopy** και στη συνέχεια πατάμε **Create Layer**.
9. Στο Lithocopy selection κάνουμε δεξί κλικ και το αποθηκεύουμε, **Save as layer file** στον φάκελο **geo**.
10. Κάνουμε δεξί κλικ και επιλέγουμε το **Remove**.
11. Κάνουμε κλικ στο κενό για να αφήσει το επιλεγμένο αντικείμενο.
12. Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία και για τους υπόλοιπους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Σελίδες: 37

ΜΗΚΟΣ ΡΗΓΜΑΤΩΝ

Για να υπολογίσουμε το μήκος των ρηγμάτων:

1. Ανοίγουμε το **Add Data** και φορτώνουμε τα αρχεία της λεκάνης και των ρηγμάτων.
2. Στη συνέχεια δημιουργούμε ένα αντίγραφο του αρχείου των ρηγμάτων, **copy rigmata**.
3. Από το **Arc Catalog** ανοίγουμε το **geo** και έπειτα το **copy rigmata** και κάνουμε επικόλληση στον ίδιο φάκελο, τον οποίο ονομάζουμε **rigmata copy**.
4. Ανοίγουμε το **Arc Map** και στην συνέχεια το **rigmata copy**. Για να ξεκινήσουμε πατάμε **Editor** και την συνέχεια **Start editing**.
5. Επιλέγουμε το **Selection** και μετά το **select by attributes**. Στην περιγραφή βάζουμε το ρήγμα, ανοίγουμε το **Editor**, επιλέγουμε το **Merge** για να ομαδοποιήσουμε τα στοιχεία μας και τέλος πατάμε **OK**. Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία για την άλλη κατηγορία των πιθανών ρηγμάτων.
6. Στο **Attribute Table** κάνουμε δεξί κλικ για έλεγχο και για να δημιουργήσουμε μια καινούρια στήλη για το μήκος των ρηγμάτων. Πατάμε το **Options** και μετά το **Add Field**, δημιουργούμε τη στήλη με το όνομα Μήκος και στην επιλογή **Sort** βάζουμε **Double**.
7. Στην στήλη μήκος κάνουμε δεξί κλικ, διαλέγουμε το **Calculate Geometry**. Στο **Area** βάζουμε την μονάδα που επιθυμούμε να έχει το αποτέλεσμα, στην περίπτωση μας επιλέγουμε **km**.
8. Τέλος μας εμφανίζεται το μήκος των ρηγμάτων των δύο κατηγοριών.

Σελίδες: 21

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΜΕ ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

Για να βρούμε το μήκος των ρηγμάτων που υπάρχουν σε κάθε γεωλογικό σχηματισμό:

1. Επιλέγουμε το εικονίδιο **Arctoolbox** που βρίσκεται στη γραμμή εργαλείων.
2. Διαλέγουμε το **3D Analysis tools**.
3. Έπειτα επιλέγουμε το **Extract** και μετά το **Clip**.
4. Ανοίγοντας το **Clip** στην επιλογή **Input Features** βάζουμε τα ρήγματα, στην επιλογή **Clip Features** βάζουμε το αντίγραφο της λιθολογίας (litho copy) και στο **Output Features** βάζουμε το όνομα του γεωλογικού σχηματισμού που μας ενδιαφέρει.
5. Αφαιρούμε από τα Layers τα αντίγραφα litho copy και rigmata copy.
6. Κάνουμε ομαδοποίηση των δεδομένων. Επιλέγουμε **Editor, Start Editing, Merge**.
7. Και στη συνέχεια τα αποθηκεύουμε. Επιλέγουμε **Editor, Save Edits, Stop Editing**.
8. Επιλέγουμε το **Attribute Table** και στη συνέχεια το **Options**. Πατάμε το **Add Field** για να δημιουργήσουμε μια στήλη με το όνομα μήκος 2 και στην επιλογή **Sort** βάζουμε **Double**.
9. Για να δούμε ποιο είναι το μήκος των ρηγμάτων στο αντίστοιχο πέτρωμα που μελετάμε, στη στήλη μήκος 2 κάνουμε δεξί κλικ και διαλέγουμε το **Calculate Geometry**. Στο **Area** βάζουμε την μονάδα που επιθυμούμε να έχει το αποτέλεσμα, στην περίπτωση μας επιλέγουμε km.
10. Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία και για τους υπόλοιπους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Σελίδες: 21

ΜΗΚΟΣ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Για να υπολογίσουμε το μήκος του υδρογραφικού δικτύου που υπάρχει σε κάθε γεωλογικό σχηματισμό:

1. Φορτώνουμε με το **Add Data** ένα αρχείο της μορφής **ydro-amfivolites** που περιέχει τα υδρογραφικά δίκτυα στον αντίστοιχο γεωλογικό σχηματισμό που μας ενδιαφέρει.
2. Πατάμε **Editor, Start Editing, Editing tool** με το οποίο επιλέγουμε όλο το υδρογραφικό δίκτυο.
3. Για να ομαδοποιήσουμε το υδρογραφικό δίκτυο από το **Editor** επιλέγουμε την εντολή **Merge** και πατάμε **OK**.
4. Κάνουμε δεξί κλικ στο αρχείο που έχουμε φορτώσει και επιλέγουμε το **Open Attribute Table**.
5. Ανοίγουμε το **Options** και επιλέγουμε το **Add Field** για να δημιουργήσουμε μια καινούρια στήλη με το όνομα μήκος. Στην επιλογή **type** βάζουμε **double**.
6. Κάνουμε δεξί κλικ στην στήλη μήκος και επιλέγουμε το **Calculate Geometry** βάζοντας στη θέση των μονάδων **km**, για να υπολογίσει το μήκος του υδρογραφικού δικτύου στο πέτρωμα που έχουμε επιλέξει.
7. Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία και για τους υπόλοιπους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Σελίδες: 36

ΠΙΝΑΚΕΣ

Σελίδες: 7, 8, 17 – 18, 21, 26, 32, 34, 36, 38

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σελίδες: 3, 6, 9, 11, 14, 16, 20, 24 – 25, 29 – 31, 33, 35, 39 – 52

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γιούρη, Α. (2008). Γεωχημική – ορυκτολογική περιβαλλοντική μελέτη των ιζημάτων και υδάτων του ποταμού Μπογδάνα στην περιοχή Ασσήρου, Ν. Θεσσαλονίκης (Διατριβή Ειδίκευσης).

Φουρνιάδης, Ι. (2002). Γεωμορφολογική και περιβαλλοντική εξέλιξη της κοιλάδας του Ανθεμούντα, με τη χρήση μεθόδων GIS και Τηλεπισκόπησης (Διατριβή Ειδίκευσης).

Μουντράκης, Δ. (1985). Η Γεωλογία της Ελλάδας, σελ. 36-47 .

Μπαλαφούτης, Χ. (1977). Συμβολή εις την μελέτην του κλίματος της Μακεδονίας και Δυτικής Θράκης (Διδακτορική διατριβή σελ. 121).

Μπαλαφούτης, Χ., Μαχαίρας, Π. (1985). Μαθήματα γενικής κλιματολογίας με στοιχεία βιοκλιματολογίας, σελ. 196-200.

Dikau, R. (1989). The application of a digital relief model to landform analysis. In: Raper, J. F. (ed.) 1989. Three dimensional applications in Geographical Information Systems. Taylor and Francis, London, pp 51-77.

Demek, J. (1972). Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Academia, Prague, 334p.