

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ
ΤΟΥ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ ΒΥΘΙΣΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΡΟΚΟΠΙΟΥ
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ G.I.S.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΑΜΒΑΚΑ ΜΑΡΓΑΡΙΤΑ ΑΕΜ: 3830

ΜΠΑΡΑΚΟΥ ΔΗΜΗΤΡΑ ΑΕΜ: 3891



ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2009



Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο τμήμα Γεωλογίας, στον τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2008-2009.

Πρωτίστως, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα της εργασίας μας, καθηγητή του τμήματος Γεωλογίας κ. Κωνσταντίνο Βουβαλίδη, για την ουσιαστική του επιστημονική καθοδήγηση και τη γενικότερη συμβολή του στη διεξαγωγή της διπλωματικής εργασίας, καθώς επίσης και για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε αναθέτοντάς μας τη συγκεκριμένη εργασία, αλλά και για τον χρόνο και την υπομονή που διέθεσε κατά την εκπόνησή της.

Θερμές ευχαριστίες οφείλουμε στην υποψήφια διδάκτορα Σοφία Πεχλιβανίδου του τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας για την εξαιρετη συνεργασία και την πολύτιμη βοήθειά της όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος, οι θερμότερες ευχαριστίες μας πηγαινούν στις οικογένειές μας για την ηθική αλλά και την υλική υποστήριξή τους, που ήταν καθοριστική για την εκπόνηση της διπλωματικής μας εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	
2.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	
2.1.ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ.....	
2.2.ΚΑΡΣΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ.....	
2.3.ΚΑΡΣΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ.....	
2.4.ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΡΑΜΑΣ	
2.4.1.Θέση- όρια.....	
2.4.2.Φυσικοί πόροι.....	
2.4.3.Γεωμορφολογία- ανάγλυφο.....	
3.ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΝΕΥΡΟΚΟΠΙΟΥ	
3.1.ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ: ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΚΑΤΩ ΒΡΟΝΤΟΥ- ΚΑΤΩ ΝΕΥΡΟΚΟΠΙΟΥ	
-Γεωγραφία και γεωλογία.....	
-Γεωμορφολογία.....	
-Αποστραγγιστικό σύστημα.....	
-Παλαιογεωγραφική εξέλιξη.....	
3.2.ΥΠΟΓΕΙΑ ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ: ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΓΓΙΤΗ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΠΗΛΑΙΟΥ ΜΑΑΡΑ	
3.2.1.Μικροδομική ανάλυση για τις συνθήκες ανάπτυξης του καρστικού δικτύου	
-Μέθοδος Eraso.....	
3.2.2.Σπήλαιο Μααρά.....	
3.3.ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΚΑΡΣΤΙΚΑ ΜΑΡΜΑΡΑ ΤΟΥ ΦΑΛΑΚΡΟΥ ΟΡΟΥΣ	
-Γεωγραφική και γεωλογική λειτουργία.....	
-Εμπειρική διαδικασία.....	
-Στατιστική διαδικασία.....	
-Δείκτης βλάστησης.....	
4.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	
5.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	
5.1.ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΑ	
5.2.ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ	
5.3.ΨΗΦΙΑΚΑ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
-Ταξινόμηση αναγλύφου	
-Κλίση αναγλύφου	
6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη διπλωματική αυτή έγινε μελέτη των μορφολογικών χαρακτηριστικών του καρστικού βυθίσματος του Νευροκοπίου, με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Η μελέτη περιλαμβάνει στοιχεία για την καρστική μορφολογία γενικά αλλά και πιο συγκεκριμένα για την ευρύτερη περιοχή του Νευροκοπίου.

Επιπλέον, μελετήθηκαν η μορφολογία, το ανάγλυφο καθώς επίσης και τα επιφανειακά και τα υπόγεια στοιχεία του καρστικού συστήματος της περιοχής. Συγκεκριμένα από τα επιφανειακά δώσαμε περισσότερη έμφαση στην πόλγη (καρστικό βύθισμα) της κάτω Βροντού – κάτω Νευροκοπίου και από τα υπόγεια αναφερθήκαμε στο καρστικό σύστημα του ποταμού Αγγίτη και στο σπήλαιο Μααρά. (Jean Paul Novel, 2006).

Με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), πραγματοποιήθηκε ψηφιοποίηση του υδρογραφικού δικτύου και του μορφολογικού αναγλύφου στον τοπογραφικό χάρτη και εύρεση των ορίων της υδρολογικής λεκάνης. Έπειτα, αναλύθηκαν οι μορφομετρικές παράμετροι των λεκανών απορροής, δηλαδή της υδρογραφικής πυκνότητας και της υδρογραφικής συχνότητας. Τέλος, μελετήθηκε το υψόμετρο και η κλίση της λεκάνης κάτω Βροντού- κάτω Νευροκοπίου, από τα οποία προέκυψαν ορισμένα νέα μορφολογικά στοιχεία και συμπεράσματα.

Τα αποτελέσματα της εργασίας αποτελούν ψηφιακή βάση δεδομένων που μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμο εργαλείο για τις διοικητικές υπηρεσίες, καθώς και για την περαιτέρω γεωλογική – γεωμορφολογική έρευνα στην περιοχή.

2.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

2.1.ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ

Ως Καρστική διάβρωση καλείται η χημική διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων και κυρίως των ασβεστολίθων από την δράση του νερού όταν αυτό είναι πλούσιο σε διοξείδιο του άνθρακα. Αυτό εξηγείται με την παρακάτω αντίδραση:



Το νερό δρα κυρίως μηχανικά και χημικά (διάλυση, υδρόλυση, ενυδάτωση-αφυδάτωση κ.λ.π.). Η καρστική δράση στους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς διακρίνεται σε επιφανειακή και υπόγεια. Το υπόγειο νερό με CO_2 κατά τη διαλυτική του δράση, ακολουθεί ρήγματα, διακλάσεις, ρωγμές, πόρους, κ.λ.π. τα οποία και διευρύνει συνεχώς.

2.2. ΚΑΡΣΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Η εξέλιξη της επιφανειακής καρστικής διάβρωσης μπορεί να περιγραφεί σαν ένας κύκλος ζωής του ανθρώπου που περιλαμβάνει τρία στάδια εξέλιξης: νεότητας, ωριμότητας και γήρατος.

- ♦ Το στάδιο νεότητας αρχίζει με την εμφάνιση των πρώτων τοπογραφικών καρστικών χαρακτηριστικών. Αν τα ευδιάλυτα πετρώματα καλύπτονται από αδιάλυτα, το στάδιο νεότητας μπορεί να αρχίσει πριν απομακρυνθεί τελείως το αδιάλυτο κάλυμμα. Το στάδιο νεότητας περιλαμβάνει την εμφάνιση καρστικών φαινομένων στα πετρώματα, όπως αμαξοτροχιών, καταβοθρών, δολινών. Οι δολίνες αυξάνουν σε μέγεθος και αριθμό, κάθε μια χωριστά και κάθε επιφανειακό ρεύμα αποκτά υπόγεια ροή. Το στάδιο αυτό τελειώνει όταν οι

κλιτύες των δολινών γίνουν ομαλές πλευρές κοιλάδας και οι κοιλάδες μετατραπούν σε κοιλάδες καταβύθισης.

- ♦ Το στάδιο ωριμότητας περιλαμβάνει τη δημιουργία ουβαλών από τη συνένωση των δολινών. Η μορφολογία της πόλγης παραμένει σχεδόν αμετάβλητη από την έλλειψη επιφανειακής απορροής. Η διάβρωση έχει φθάσει στο υποκείμενο αδιάλυτο πέτρωμα, ενώ παραμένουν υπολειμματικοί σχηματισμοί του καρστικοποιημένου πετρώματος.
- ♦ Το στάδιο γήρατος περιλαμβάνει τη σμίκρυνση των ράχων μεταξύ των ουβαλών. Η διάβρωση έχει φθάσει στο βασικό επίπεδο, που είναι η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα ή το υποκείμενο αδιάλυτο πέτρωμα. Στο τέλος του σταδίου αυτού αρχίζει η επιφανειακή ροή των ρευμάτων. Η επιφάνεια στην περιοχή είναι σχεδόν επίπεδη και υψώνονται μερικοί υπολειμματικοί σχηματισμοί που ονομάζονται hums. Παράδειγμα hums στην Αττική αποτελεί η Ακρόπολη και ο Λυκαβηττός.

2.3.ΚΑΡΣΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ

Οι χαρακτηριστικές καρστικές μορφές είναι οι παρακάτω:

- ♦ **Γλυφές**

Διακρίνονται ανάλογα με το μέγεθος, τη μορφή και τον τρόπο δημιουργίας τους σε δακτυλογλυφές και αμαξοτροχιές. Αποτελούν διαφόρου βάθους αυλακώσεις της επιφάνειας του ασβεστόλιθου που δημιουργήθηκαν από τη διαλυτική δράση του νερού. Το βάθος τους κυμαίνεται από μερικά χιλιοστά έως μερικές δεκάδες εκατοστά. Οι αμαξοτροχιές έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις και η ανάπτυξή τους γίνεται κατά μήκος του δικτύου των διακλάσεων. (Βουβαλίδης, 2005).

♦ **Μικρά έγκοιλα, φρέατα και αυλοί**

Πρόκειται για μικρές ή μεγάλες κοιλότητες, διαφόρου σχήματος, που δίνουν τη μορφή φρεάτων μέσα στα οποία συγκεντρώνονται τα αδιάλυτα υλικά της καρστικής διάβρωσης. Το βάθος τους μπορεί να φτάσει έως τα βαθύτερα τμήματα της ασβεστολιθικής μάζας. (Βουβαλίδης, 2005)

♦ **Δολίνες (χοανοειδής μορφή)**

Η λέξη είναι Σερβοκροατική και σημαίνει κοιλάδα ή χαράδρα. Πρόκειται περί καρστικών σχηματισμών που οφείλονται σε χημική αποσάθρωση ανθρακικών οξέων τα οποία προσβάλλουν ανθρακικά πετρώματα και κυρίως ασβεστόλιθους. Έχουν κυκλική περίμετρο στην επιφάνεια με διάμετρο που κυμαίνεται από 10 έως 1500μ. ενώ το βάθος τους υπολογίζεται μέχρι 300μ. Τα σχήματα των δολινών μπορεί να είναι με μορφές λάκκων, λεκανών ή χωνιών. Πολλές φορές είναι γεμισμένα με υλικά αποσάθρωσης από διάφορα πετρώματα. Ο σχηματισμός τους σχετίζεται συνήθως με εγκατακρημνίσεις που υλοποιούνται στα τοιχώματα του ασβεστολίθου.



Σχήμα 1. Καρστικός σχηματισμός δολίνης.

♦ Πόλγες

Ο όρος πόλγη αναφέρεται σε κάθε μεγάλο, κλειστό βύθισμα με επίπεδο πυθμένα. Ο πυθμένας της πόλγης που είναι επίπεδος καλύπτεται από αλλουβιακά ιζήματα. Περισσότερα από ένα υδρογραφικά δίκτυα μπορεί να σχετίζονται με την πόλγη. Οι πόλγες πλαισιώνονται από βραχώδη ανθρακικά βουνά συνήθως με απότομη διακοπή ανάμεσα στον επίπεδο πυθμένα της πόλγης και την πλαγιά του βουνού. Το νερό εισέρχεται σε μια πόλγη από πηγές και ρέει κατά μήκος του πυθμένα σαν επιφανειακός χείμαρρος που βυθίζεται ξανά μέσα σε σπήλαια και καταβόθρες στην αντίθετη πλευρά. Το νερό ρέει από πόλγη σε πόλγη και σταδιακά σε χαμηλότερα επίπεδα. Μια φορά τη σεζόν αλλά κάποιες φορές και συχνότερα, οι πόλγες πλημμυρίζουν λόγω βαθμιαίας αύξησης των ροών από τις πηγές και από τα ανερχόμενα επίπεδα του νερού στα βουνά, τα οποία προκαλούν την αναστροφή ροής στις καταβόθρες και αυτές γίνονται πηγές. Σε περιόδους πλημμυρών η πόλγη μετατρέπεται σε λίμνη.



Σχήμα 2. Η πεδιάδα της Προσοτσάνης.

Το υψηλότερο μέρος του πυθμένα μπορεί να είναι κατοικίσιμο, μπορεί να υπάρχουν σπίτια και δρόμοι τα οποία καταστρέφονται από τις πλημμύρες. Οι διναρικές πόλγες δημιουργούνται σε ανθρακικούς όγκους που βρίσκονται σε τεκτονικές ζώνες. Δημιουργούνται κατά μήκος των ρηγμάτων τα οποία παρέχουν αδυναμία ανάπτυξης ουβαλών.

Οι γεωφυσικές έρευνες έδειξαν ότι η δημιουργία μιας πόλγης οφείλεται στον συνδυασμό τεκτονικής και καρστικότητας. Στον πυθμένα κάποια ιζήματα αποτίθενται στα ρηχά, μια απλή επίστρωση πάνω στο διαλυμένο υπόστρωμα. Άλλα ιζήματα αποτίθενται πιο βαθειά, καλύπτοντας το υπόστρωμα του πυθμένα που μπορεί να βρίσκεται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας. Τα ενεργά ρήγματα είναι άφθονα και οι σεισμοί συνηθισμένα φαινόμενα. (William B. White, 1988)

♦ **Ουβάλες**

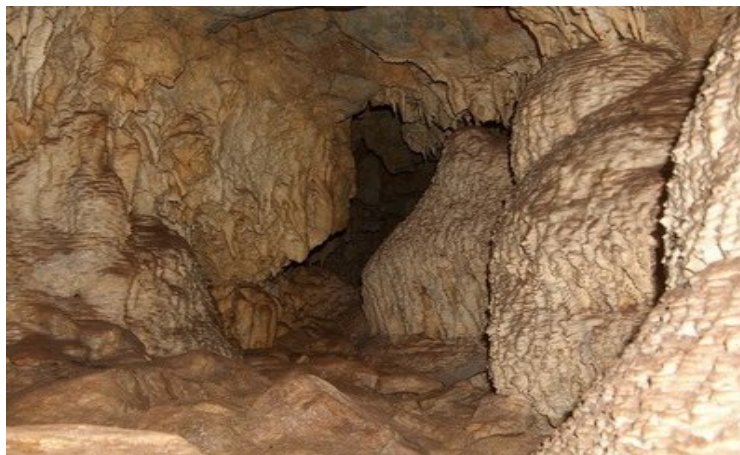
Λεκανοειδές καρστικό έγκοιλο που σχηματίζεται κυρίως στους ασβεστόλιθους. Το επιφανειακό περίγραμμά του είναι κυκλικό ενώ η σχέση πλάτους προς βάθος δίνεται από το λόγο 1/10. Δημιουργείται συνήθως από τη συνένωση δολινών εφόσον έχουμε πτώση στις διαχωριστικές τους επιφάνειες. Το έγκοιλο της ουβάλας γεμίζει συνήθως με υπολειμματικό υλικό αποσάθρωσης όπως είναι η terra rossa, η οποία αργότερα μεταβάλλεται σε λέμη(έδαφος καφέ, κίτρινο).

♦ **Καταβόθρες**

Ο όρος υποδηλώνει το σημείο όπου ένας χείμαρρος βυθίζεται και κινείται υπόγεια κάτω από το έδαφος. Οι καταβόθρες συναντώνται σε πολλά μεγέθη και σχήματα. Μερικές είναι σημεία όπου τα κύρια ρέματα ξαφνικά κινούνται υπόγεια είτε κατακόρυφα στα στρώματα τους είτε πλευρικά στις όχθες τους. Κάποιες καταβόθρες αποτελούν κοιλότητες, κάποιες ανοίγματα εισόδων σπηλαίων και κάποιες είναι φραγμένες. Στο επάνω μέρος της καταβόθρας το ποτάμι ρέει με τη μεγαλύτερη ένταση του. Το κάτω μέρος του στρώματος είναι στεγνό. Στο ενδιάμεσο το νερό χάνεται βαθμιαία στην κοίτη του ποταμού.



Σχήμα 3. Καρστικός σχηματισμός καταβόθρας.



Σχήμα 4. Καρστικός σχηματισμός καταβόθρας σε σπήλαιο.

♦ Καρστικές κοιλάδες

Μία κοιλάδα μετατρέπεται σε καρστική όταν το κύριο ρέμα αλλά και οι παραπόταμοι του υδρογραφικού της δικτύου που κινούνται επιφανειακά, χάνουν τη ροή τους και κινούνται υπόγεια. Κατά τη διάρκεια μακρών, ξηρών περιόδων, η ροή ελαττώνεται και περιορίζεται στις υπόγειες εκφορτίσεις νερού. Η επιφάνεια της κοιλάδας βαθαίνει αρκετά ώστε να επιτρέπει την επαφή του χειμάρρου με τα ανθρακικά πετρώματα. Η ελαφριά κλίση της κοιλάδας βοηθάει στο φιλτράρισμα του νερού στα ανθρακικά πετρώματα κάτω από αυτή. Καθώς το υπόγειο σύστημα συνεχώς μεγαλώνει, αυξάνει η χωρητικότητά του. (William B. White, 1988)

♦ Καρστικές πηγές

Τα σημεία ανόδου όπου τα καρστικά νερά επιστρέφουν σε επιφανειακές διαδρομές είναι συχνά πηγές. Τα νερά από πολύ μεγάλες περιοχές τοποθετούνται σε ένα σημείο εκροής. Κάποιες καρστικές πηγές ρέουν από ανοιχτά σπήλαια χωρίς σημαντική υδροστατική πίεση. Άλλες αποτελούν ήσυχες ανόδους του νερού. Αυτές είναι κυρίως αλλουβιακές πηγές. Τα νερά που αναδύονται κάτω από αρτεσιανά συστήματα είναι γνωστά σαν βωκλυζιανές πηγές. Αυτές συνήθως συνδέονται με ρήγματα. Τα νερά των βωκλυζιανών πηγών μπορούν να βρίσκονται κάτω από υπολογίσιμη υδροστατική πίεση.

♦ Καρσικά σπήλαια

Είναι υπόγεια έγκοιλα μεγάλων διαστάσεων που συναντώνται σε ανθρακικά πετρώματα. Επικοινωνούν επιφανειακά με μικρά στόμια και είναι προσιτά στην προσπέλαση του ανθρώπου. Σχηματίζονται στο εσωτερικό της ασβεστολιθικής μάζας, εξ' αιτίας της καρστικής διάβρωσης που διαλυτοποιεί το CaCO_3 και το απομακρύνει με τη ροή του υπόγειου νερού.



Σχήμα 5. Καρσικό σπήλαιο Μασρά.

2.4.Γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής Δράμας

2.4.1.Θέση- όρια

Ο Νομός Δράμας βρίσκεται στο βορειοανατολικό άκρο του ελλαδικού χώρου, στα σύνορα με τη Βουλγαρία. Αποτελεί τον πλουσιότερο νομό από πλευράς φυσικού περιβάλλοντος της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης. Περικλείεται από τα βουνά της Ροδόπης στα βόρεια, του Μενοικίου και του Όρβηλου στα δυτικά, του Παγγαίου στα νότια και τα όρη της Λεκάνης στα ανατολικά. Ο ορεινός όγκος που δεσπόζει στο ψηλότερο σημείο του ορίζοντα είναι το Φαλακρό, το "βουνό σύμβολο" της Δράμας.

Αποτελεί τον πιο ορεινό Νομό της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης με κυρίαρχο στοιχείο το αξιόλογο φυσικό περιβάλλον. Ειδικότερα, ο Νομός διασχίζεται και διαχωρίζεται από τον ποταμό Νέστο και τις λίμνες του σε δυο τμήματα. Το βόρειο, τμήμα αποτελείται από την οροσειρά της Κεντρικής Ροδόπης με ψηλότερη κορυφή αυτήν του Παρθένου Δάσους με 1.953 μ. Στο νότιο τμήμα και στο κέντρο του νομού βρίσκεται το όρος Φαλακρό με ψηλότερη κορυφή τον "Προφήτη Ηλία", σε υψόμετρο 2.232 μ. Νότια και δυτικά βρίσκονται τα όρη Μενοίκιο και Όρβηλος, των οποίων οι υδροκρίτες αποτελούν τα ανατολικά σύνορα του νομού. Η ψηλότερη κορυφή του Μενοικίου είναι η "Μαυρομάτα" στο Ν. Σερρών με υψόμετρο 1.963 μ., ενώ η ψηλότερη κορυφή του εντός του Ν. Δράμας το "Θαμνοτόπι" με υψόμετρο 1.952 μ. Η ψηλότερη κορυφή του Όρβηλου με υψόμετρο 2.212 μ. είναι το κοινό σύνορο Βουλγαρίας και των νομών Σερρών-Δράμας.

Διοικητικά υπάγεται στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης και διαιρείται σε οχτώ δήμους (Δράμας, Κάτω Νευροκοπίου, Προσοτσάνης, Νικηφόρου, Παρανεστίου, Δοξάτου, Καλαμπακίου, Σιταγρών) και μία κοινότητα (Σιδηρόνερου). Κύρια οικονομική δραστηριότητα του Νομού αποτελεί η γεωργία. Υπάρχουν μεγάλες καλλιεργήσιμες εκτάσεις στις πεδιάδες που εκτείνονται κυρίως στο νότιο τμήμα του. Η πλήρης αξιοποίηση των υδάτινων πόρων του (ιδιαίτερα των ποταμών Νέστου και Αγγίτη, των πηγών Κεφαλαρίου) και η χρήση σύγχρονων μεθόδων καλλιέργειας έχουν βελτιώσει σημαντικά, τα τελευταία χρόνια, την αγροτική οικονομία.



Χάρτης 1. Τα όρια του νομού Δράμας.

Τα προϊόντα που καλλιεργούνται είναι κυρίως δημητριακά, βαμβάκι, βιομηχανική ντομάτα, καπνός, αμπέλια, φρούτα και λαχανικά. Από τα πιο γνωστά, όμως, προϊόντα της περιοχής είναι τα φασόλια και οι πατάτες Κάτω Νευροκοπίου, ενώ η αμπελοκαλλιέργεια τα τελευταία χρόνια αποκτά μία νέα δυναμική, με γνωστά ήδη τα επώνυμα κρασιά της Δράμας διεθνούς αναγνώρισης.

Σημαντική θέση στο Νομό έχει η κτηνοτροφική παραγωγή, όπου κυριαρχεί η μικρή οικογενειακή εκμετάλλευση παραδοσιακής μορφής. Εκτρέφονται κυρίως αιγοπρόβατα, βοοειδή και χοίροι, ενώ σύγχρονες μονάδες παράγουν εξαιρετικής ποιότητας τυροκομικά προϊόντα. Η απομάκρυνση της κτηνοτροφίας αλλά και των έντονων ανθρώπινων δραστηριοτήτων είχε ως αποτέλεσμα τη φυσική αναδάσωση και δάσωση της περιοχής, η οποία συνεχίζεται ακόμη και σήμερα. Η δασική παραγωγή αποτελεί σημαντικό μέρος της οικονομίας της περιοχής. Ειδικότερα η περιοχή διαθέτει τα πλουσιότερα δάση στην Ελλάδα με κυριότερα δασοπονικά προϊόντα να προέρχονται από τα δάση της ερυθρελάτης, πεύκης, οξιάς, δρυός και λεύκης τα οποία και απορροφούνται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα από τις τοπικές βιομηχανίες ξύλου.

Ένα από τα μεγαλύτερα σημεία οικονομικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζει ο Νομός, είναι στον τομέα του μαρμάρου καθώς σήμερα αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την ανάπτυξή του. Το υπέδαφος του νομού περικλείει επίσης αξιόλογο ορυκτό πλούτο σε βιομηχανικά κυρίως ορυκτά. Σημαντικά είναι τα κοιτάσματα μαγγανίου στις υπώρειες του Φαλακρού, τα κοιτάσματα ουρανίου και βιομηχανικών ορυκτών στην περιοχή Παρανεστίου, καθώς και το λιγνιτικό πεδίο που έχει εντοπισθεί στην περιοχή Μαυρολεύκης. Η έντονη κτηνοτροφία στον τόπο είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία εκτεταμένων λιβαδιών και μόνο κατά θέσεις υπήρχαν υψηλά δάση. Μαρτυρίες αναφέρουν ότι περιοχές όπως ο χώρος του κατάφυτου σήμερα δασικού χωριού Ελατιάς ήταν λιβάδι.

Κλίμα

Αν και η περιοχή βρίσκεται σε μικρή σχετικά απόσταση από τη θάλασσα, το κλίμα χαρακτηρίζεται σαν μεσογειακό – ηπειρωτικό, εξαιτίας της παρεμβολής των ορεινών όγκων του Παγγαίου και της λεκάνης. Η ψυχρή περίοδος διαρκεί πολύ και παρουσιάζει βροχοπτώσεις που κατανέμονται ομοιόμορφα. Το θέρος είναι ξηρό έως υπέρξηρο. Οι άνεμοι που επικρατούν είναι βόρειοι και ψυχροί με μικρές εντάσεις κατά την περίοδο Μαΐου – Αυγούστου. Το κλίμα δεν παρουσιάζει ακρότητες.

Γεωλογία- Παλαιογεωγραφία

Η Δράμα ανήκει γεωτεκτονικά στην μάζα Ρίλα- Ροδόπης της Ελληνικής ενδοχώρας. Πρόκειται για ένα ενδιάμεσο πυρήνα μεταξύ Διναρικού και Αλπικού κλάδου. Παλαιογεωγραφικά, ο γεωτεκτονικός χαρακτήρας της μάζας Ρίλα-Ροδόπης σύμφωνα με τα πιο νέα μοντέλα λιθοσφαιρικών πλακών για την εξέλιξη της Μεσογείου, ήταν καθαρά ηπειρωτικός και θεωρείται ότι η προέλευση της μάζας είναι από την πλάκα της Λαυρασίας. (Μουντράκης, 1985).

Λιθολογία

Η μάζα Ροδόπης κυριαρχείται από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα. Σύμφωνα με τον Osswald, ο οποίος μελέτησε πρώτος την ελληνική Ροδόπη, το κρυσταλλοσχιστώδες διαιρείται σε τέσσερις σειρές. Αυτές από τις βαθύτερες προς τις ανώτερες είναι οι εξής:

- Η σειρά Ε των γνευσίων της βάσης πάχους 7 km. Κατέχει τη δυτική Ροδόπη και περιλαμβάνει μοσχοβιτικούς γνευσίους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες και λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και σιπολινών.
- Η σειρά F των μαρμάρων που εκτείνεται στην ανατολική μακεδονία μέχρι τον Νέστο. Αποτελείται από μάρμαρα με ενστρώσεις σιπολινών, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων, ασβεστούχων μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και αμφιβολιτών.
- Η σειρά G των μαρμαρυγιακών σχιστολίθων, πάχους 5 km, εμφανίζεται στην περιοχή του Νέστου και αποτελείται από μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους που συχνά μεταπίπτουν σε γνεύσιους.
- Η σειρά H των σχιστολίθων και μαρμάρων , πάχους 3 km, που αναπτύσσεται στη ΒΑ πλευρά του Νέστου και αποτελείται από σχιστόλιθους και μάρμαρα. (Μουντράκης, 1985)

Μαγματισμός

Στη μάζα Ρίλα- Ροδόπης είναι σημαντική η παρουσία όξινων πυριγενών πετρωμάτων, πλουτωνιτών και ηφαιστιτών.

Οι πλουτωνίτες είναι κυρίως γρανίτες (μοσχοβιτικοί, βιοτιτικοί και κεροστιλβικοί), γρανοδιορίτες, μονζονίτες, χαλαζιακοί μονζονίτες και διορίτες. Η ηλικία των πλουτωνιτών διαπιστώθηκε με πολλές ραδιοχρονολογήσεις ως Ηωκαινική – Ολιγοκαινική.

Τα ηφαιστειακά πετρώματα της Ελληνικής Ροδόπης είναι κυρίως ρυόλιθοι, ανδεσίτες, δακίτες και δολερίτες. Το μεγαλύτερο μέρος τους βρίσκεται σε δύο περιοχές εμφανίσεων. Μια στην περιοχή Φερρών – Σαππών του Έβρου και μια

βόρεια της Ξάνθης. Η ηλικία της ηφαιστειότητας είναι Ηωκαινική – Ολιγοκαινική. (Μουντράκης, 1985)

Τεκτονική και ορογένεση

Τρεις φάσεις πτυχώσεων των σχηματισμών έχουν διαπιστωθεί στο κρυσταλλοσχιστώδες της Ροδόπης.

Η πρώτη φάση προκάλεσε πτυχές ισοκλινείς, συμμεταμορφικές, γενικής αξονικής διεύθυνσης B – N και η ηλικία της είναι παλαιοζωική.

Η δεύτερη φάση προκάλεσε πτυχές υποισοκλινείς με άξονες διεύθυνσης BA – ND έως ABA – ΔND και συνοδεύεται από γράμμωση και μια δεύτερη σχιστότητα των πετρωμάτων. Αν η ηλικία των πλουτωνιτών είναι Ηωκαινική ολιγοκαινική τότε και η δεύτερη φάση είναι της ίδιας ηλικίας.

Η Τρίτη φάση πτυχώσεων προκάλεσε πτυχές ανοιχτές, με διεύθυνση αξόνων BD – NA που επαναπτυχώνουν τις προγενέστερες πτυχές. Η ηλικία αυτής της φάσης είναι Τριτογενής. (Μουντράκης, 1985)

2.4.2.Φυσικοί πόροι

Ο Νομός Δράμας, περιλαμβάνει όλες σχεδόν τις ζώνες βλάστησης που μπορεί κανείς να συναντήσει στην Ελλάδα, με πλούσια χλωρίδα και μεγάλο αριθμό φυτικών ειδών καθώς περιλαμβάνει μοναδικά για την Ελλάδα είδη. Το υδάτινο στοιχείο έχει έντονη παρουσία στο νομό, με τον ποταμό Νέστο και τις λίμνες του να κυριαρχούν στο βόρειο και κεντρικό τμήμα. Στο νότιο και πεδινό τμήμα υπάρχει ο Αγγίτης ποταμός και οι πηγές Βοϊράνης, Δράμας, Μυλοπόταμου (σχήμα 7). Τα νερά αυτά εμπλέκονται στο αρδευτικό δίκτυο της πεδιάδας της Δράμας και χύνονται στον Στρυμόνα. Στο οροπέδιο Κάτω Νευροκοπίου και δίπλα στον οικισμό των Λευκογείων έχει δημιουργηθεί τεχνητή λίμνη με σκοπό την άρδευση του οροπεδίου. Ο ποταμός Νέστος πηγάζει από την οροσειρά της Ρίλας στην κεντρική Βουλγαρία, εισέρχεται στην Ελλάδα από το νομό Δράμας και χύνεται στο Θρακικό πέλαγος.

Έχει συνολικό μήκος 234 χλμ., από τα οποία τα 130 χλμ. διατρέχουν σε ελληνικό έδαφος ακολουθώντας γενικά ΝΑ κατεύθυνση. Στο ελληνικό έδαφος εισέρχεται από το βόριο- κεντρικό τμήμα του νομού Δράμας με υψόμετρο κοίτης 400 μ. και εξέρχεται από το Παρανέστι. Στη συνέχεια αποτελεί κοινό σύνορο των νομών Ξάνθης και Καβάλας και εκβάλλει απέναντι από τη Θάσο, σχηματίζοντας το δέλτα του Νέστου.

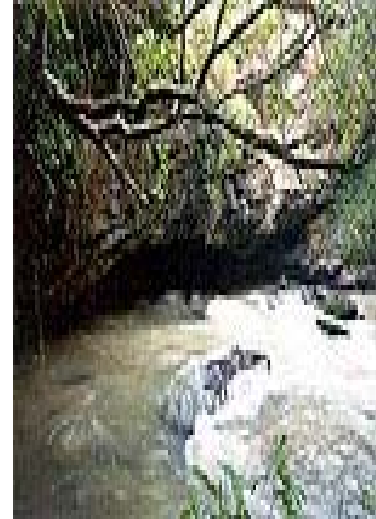
Πολλοί οι παραπόταμοι και τα ρέματα που συλλέγουν τα νερά στο έδαφος του νομού και χύνονται στο Νέστο. Οι ποταμοί αυτοί που συλλέγουν τα νερά τους από το ελληνικό έδαφος αποτέλεσαν αφορμή να αξιοποιηθούν τα νερά του Νέστου με σκοπό την ενεργειακή, αρδευτική και τουριστική αξιοποίηση της περιοχής. Τα τρία φράγματα είναι στη σειρά εκείνα του Τεμένους -της Πλατανόβρυσης και του Θησαυρού. Και τα τρία είναι υδροηλεκτρικά, ενώ το φράγμα Τεμένους θα είναι συγχρόνως ταμιευτήρας για αρδευτικούς σκοπούς και εκείνο της Πλατανόβρυσης αποτελεί συγχρόνως "αποθήκη", απ' όπου αντλεί νερό η μονάδα του θησαυρού.

Ο ποταμός Αγγίτης αποτελεί το κύριο στοιχείο του υδρογραφικού δικτύου της πεδιάδας της Δράμας. Αρχίζει από τις πηγές Μααρά, διασχίζει τη δυτική πλευρά της πεδιάδας και χύνεται στον Στρυμόνα ποταμό.

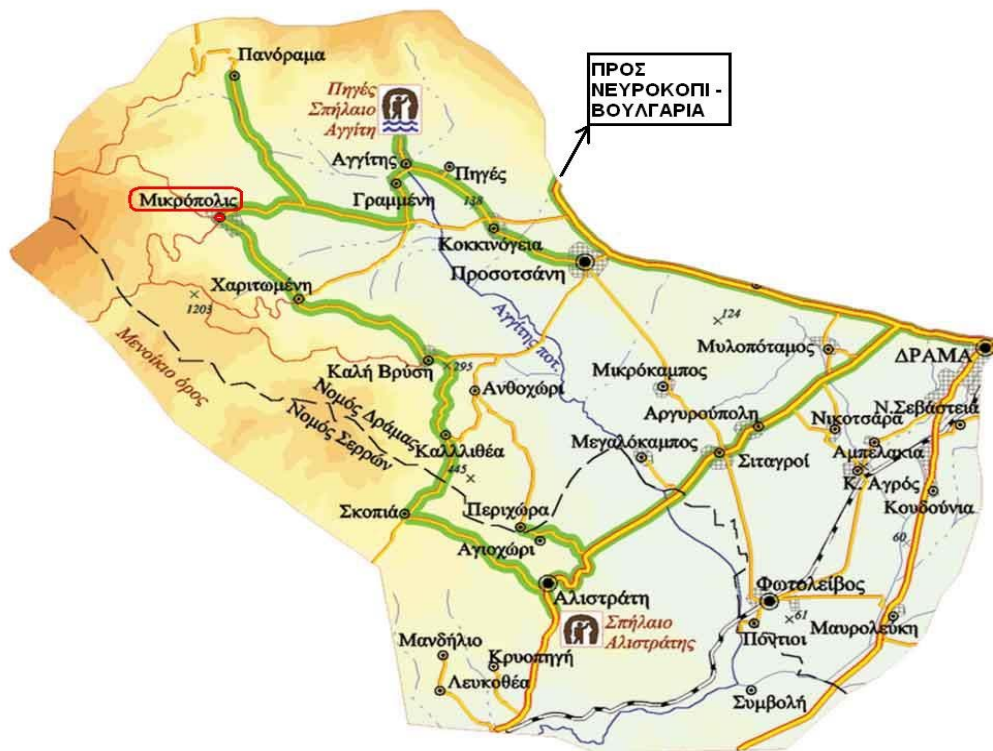
Η μέση ετήσια παροχή των πηγών υπολογίζεται σε τρία κυβ. μέτρα/δευτερόλεπτο και η μέση ετήσια παροχή του ποταμού Αγγίτη, αφού συλλέξει όλα τα νερά, είναι 8 κυβ. μέτρα/δευτερόλεπτο.

Οι πηγές Αγγίτη (Μααρά), σε υψόμετρο 123 μ., αποτελούν την έξοδο και εμφάνιση του υπόγειου ποταμού που διασχίζει το σπήλαιο Μααρά. Η τροφοδοσία του υπόγειου ποταμού γίνεται από τα νερά των χειμάρρων του οροπέδιου Κάτω Νευροκοπίου, τα οποία αποστραγγίζονται στις καταβόθρες Οχυρού και διοχετεύονται στο υπόγειο (καρστικό) σύστημα.

Το υπέδαφος του νομού Δράμας περικλείει αξιόλογο ορυκτό πλούτο σε βιομηχανικά ορυκτά, κοιτάσματα και κυρίως μάρμαρα. Στο νότιο πεδινό τμήμα του νομού υπάρχουν λιγνιτικά κοιτάσματα και τύρφης.



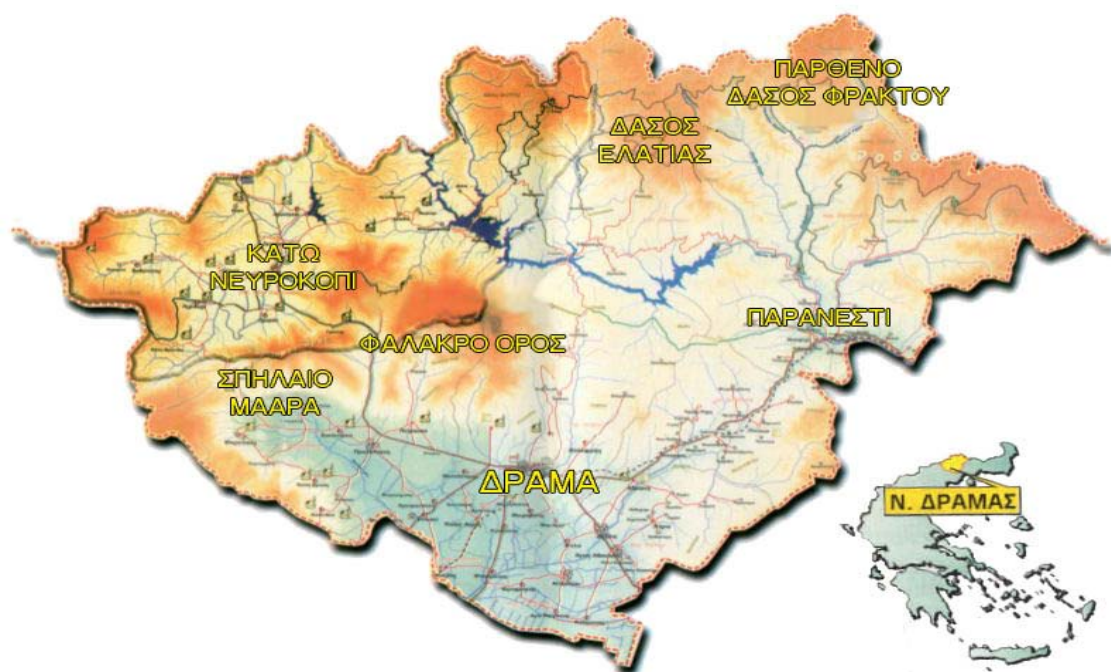
Σχήμα 6. Ο ποταμός Αγγίτης.



Σχήμα 7. Πηγές Αγγίτη, Δράμας, Μυλοπόταμου.

2.4.3.Γεωμορφολογία

Η μελετούμενη περιοχή περιλαμβάνει στα ΒΔ την λεκάνη της κάτω Βροντού – κάτω Νευροκοπίου. Πρόκειται για τεκτονικό και καρστικό βύθισμα (πόλγη). Τα νερά της πόλγης κινούνται επιφανειακά μέχρι να συναντήσουν τις καταβόθρες του Οχυρού ΝΑ της περιοχής στη βάση των μαρμάρων του όρους Φαλακρό. Αφού τα νερά εισέλθουν στις καταβόθρες κινούνται υπόγεια κάτω από το φαλακρό και στη συνέχεια εξέρχονται από της πηγές της Δράμας στην λεκάνη της Δράμας.



Χάρτης 2. Γεωλογικός χάρτης Ν. Δράμας.

ΤΟ ΟΡΟΣ ΦΑΛΑΚΡΟ

Ορθώνεται επιβλητικό στο κέντρο του νομού Δράμας και συγκαταλέγεται στα ψηλότερα βουνά της χώρας. Το βουνό συγκροτείται από ένα σύμπλεγμα τριών όγκων: το βορειοδυτικό με ψηλότερη κορυφή το «Άγιο Πνεύμα» και υψόμετρο 1629 μ., το νοτιοδυτικό με ψηλότερη κορυφή τον «Άγιο Παύλο» στα 1768 μ. και το ανατολικό με ψηλότερη κορυφή τον «Προφήτη Ηλία» στα 2232 μ., που περιβάλλεται και από τις κορυφές «Βάρδενα» και «Χιονότρυπα». Το γεωλογικό υπόστρωμα αποτελείται από γρανίτες, αλλά κυρίως από μάρμαρα (κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους) με την ιδιαιτερότητα της παρουσίας καρστικών

φαινομένων (ύπαρξη υπόγειων αγωγών και άμεση απομάκρυνση του νερού της βροχής). Ως συνέπεια των καρστικών φαινομένων έχουμε αφενός την τροφοδοσία των πηγών Μυλοπόταμου και Δράμας και αφετέρου την αδυναμία δημιουργίας εδάφους και ψηλής βλάστησης γι ' αυτό και η ονομασία «Φαλακρό». Σήμερα η κάλυψη του Φαλακρού είναι κατά 45% με λιβάδια, 35% με δάση και 20% με θάμνους, φρύγανα, βράχους και γυμνά εδάφη.

Το ιδιαίτερο γεωλογικό υπόστρωμα, σε συνδυασμό με τις κλιματικές, εδαφικές και τοπογραφικές συνθήκες, δημιούργησαν μια σημαντική ποικιλία βιότοπων με ιδιαίτερο βοτανικό ενδιαφέρον. Έτσι το Φαλακρό συγκεντρώνει πολλά, σπάνια για την Ελλάδα, ποώδη φυτά, που σχηματίζουν αξιόλογους οικότοπους στις κορυφές, στα λιβάδια και στις βραχώδεις εξάρσεις του βουνού. Η πανίδα είναι και αυτή ανάλογη με το βοτανικό ενδιαφέρον. Εκτός των κοινών θηλαστικών και πτηνών της ευρύτερης περιοχής, συναντώνται σπάνια ασπόνδυλα που χαρακτηρίζουν την αξία της πανίδας. Η σημασία της χλωρίδας και της πανίδας του Φαλακρού επέβαλαν την ένταξη και προστασία του στο δίκτυο «ΦΥΣΗ 2000», με το όνομα «Κορυφές Όρους Φαλακρού».



Σχήμα 8.α. Εικόνα από το όρος Φαλακρό.



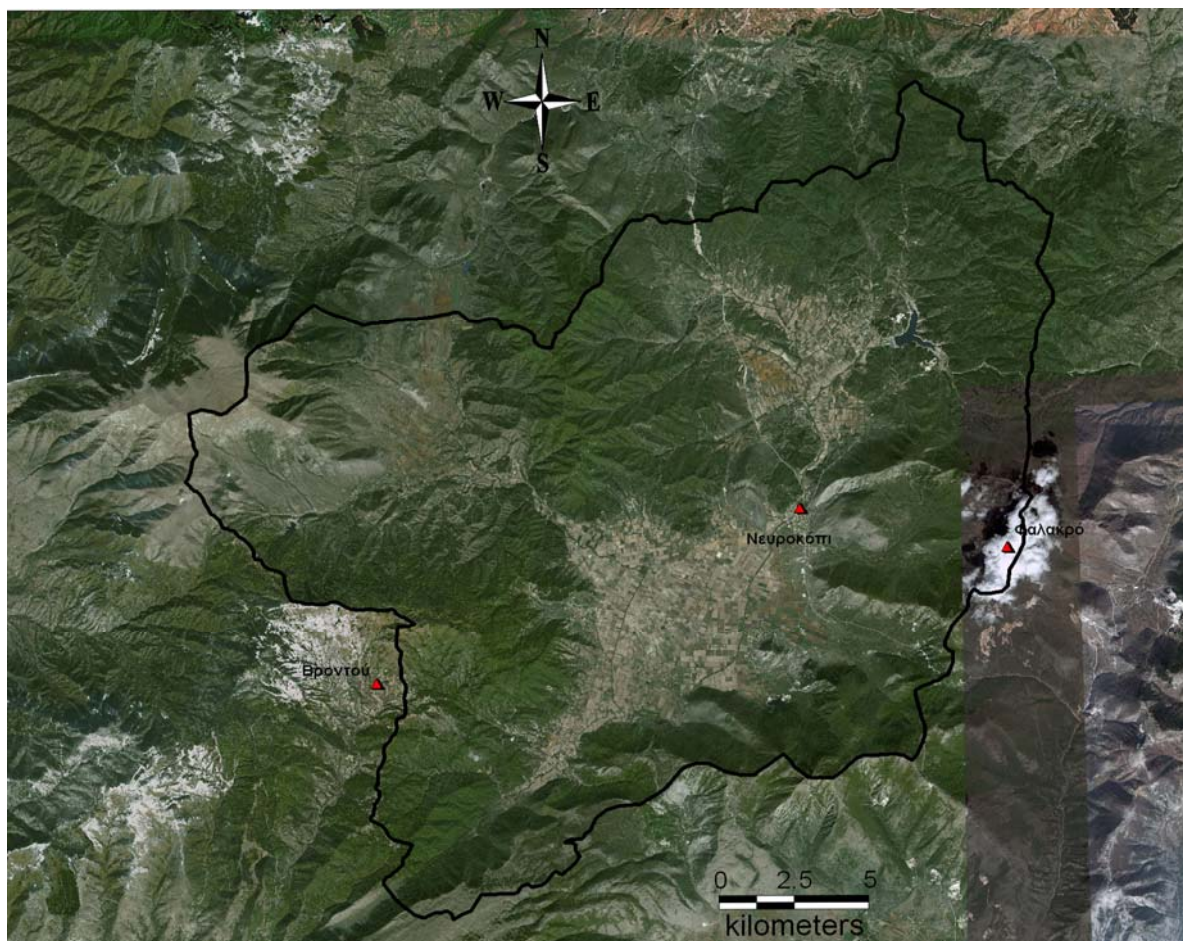
Σχήμα 8.β. Εικόνα από το όρος Φαλακρό.

3.ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΝΕΥΡΟΚΟΠΙΟΥ

3.1.Επιφανειακή καρστική μορφολογία: πόλγη της κάτω Βροντού- κάτω Νευροκοπίου

Γεωγραφία και γεωλογία

Η περιοχή βρίσκεται 35-40 χλμ ΒΑ από τις Σέρρες σε υψόμετρο 540-580 μ. Η υδρογραφική λεκάνη καλύπτει 200 km² . Σήμερα τα νερά της λεκάνης αποστραγγίζονται από ένα σύστημα καταβοθρών που βρίσκονται νότια της βάσης της λεκάνης. Κάθε χρόνο από Νοέμβριο έως Μάιο η λεκάνη γεμίζει με νερό δημιουργώντας εφήμερη λίμνη. Η αλλαγή από χερσαία σε λιμναία φάση σχετίζεται με το κλίμα της περιοχής. Το γεωλογικό υπόβαθρο της λεκάνης αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα της μάζας Ρίλα –Ροδόπης. Οι κατώτερες σειρές αποτελούνται από εναλλαγές σχιστολίθων, σχιστολιθικών γνευσίων και γνευσίων με εναλλαγές αμφιβολιτών και μαρμάρων. Αυτές οι σειρές βρίσκονται στο δυτικό μέρος της λεκάνης Νευροκοπίου. Οι μεσαίες σειρές αποτελούνται κυρίως από μάρμαρα, με διεισδύσεις σχιστολίθων και γνευσίων. Βρίσκονται στο ΝΑ μέρος της λεκάνης. Οι ανώτερες σειρές περιλαμβάνουν εναλλαγές σχιστολίθων, σχιστολιθικών γνευσίων και γνευσίων , αμφιβολιτών και μαρμάρων. Βρίσκονται στο ΒΑ μέρος της λεκάνης. Τα μεταμορφωμένα πετρώματα είναι παλαιοζωικής ηλικίας. Σύμφωνα με τον Kronberg η μάζα Ρίλα-Ροδόπης επηρεάστηκε από την αλπική ορογένεση.



Χάρτης 3. Περιοχή μελέτης: λεκάνη κάτω Νευροκοπίου. (πηγή: Google)

Γεωμορφολογία



Το καρστικό βύθισμα του κάτω Νευροκοπίου είναι μια πόλγη γιατί διαρρέεται από υπόγειο καρστικό σύστημα προς την λεκάνη της Δράμας. Η κλίση των πλαγιών ποικίλει. Οι απόκρημνες πλαγιές τοποθετούνται στα ανατολικά και νότια περιθώρια της λεκάνης

όπου κυριαρχούν τα μάρμαρα. Στα ΒΔ περιθώρια κυριαρχεί ο γνεύσιος και οι πλαγιές είναι πιο ομαλές. Γρανιτικοί ογκόλιθοι βρίσκονται κατά μήκος των κοιλάδων με κατεύθυνση Δ-Α. Στη βάση των μαρμάρων υπάρχουν πλειστοκαινικές αποθέσεις. Η βάση της πόλγης δεν είναι επίπεδη αλλά κλίνει ομαλά από τα ΒΔ περιθώρια προς τις καταβόθρες. Η πόλγη αποστραγγίζεται σήμερα από ένα σύστημα καταβοθρών στα νότια της λεκάνης. Όταν γεμίζει νερό και μετατρέπεται σε λίμνη η στάθμη της λίμνης δεν υπερβαίνει τα 550μ. Από το 1970 και μετά αρδευτικά κανάλια συνδέθηκαν με τους χείμαρρους του μυλορέματος και τις καταβόθρες. Έτσι σήμερα τα διαβρωμένα υλικά κατακάθονται στις καταβόθρες οι οποίες γεμίζουν και ανεβάζουν τη στάθμη της λίμνης σε 560μ.

ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Οι χείμαρροι έχουν μόνιμες ροές πάνω στους γνευσίους. Αυτό εξηγείται από τις πολλές πηγές που υπάρχουν στη λεκάνη της πόλγης. Η λιμναία φάση πρέπει να άρχισε μετά το μ. πλειόκαινο και διαρκεί μέχρι σήμερα. Το πάχος των ιζημάτων είναι πολύ μεγάλο για μια πόλγη αλλά εξηγείται γιατί: α) το βύθισμα κάτω νευροκοπίου είναι ημι-πόλγη, β) η αποστραγγιστική λεκάνη του βυθίσματος είναι πολύ μεγάλη. (Vavliakis, 1989).



Σχήμα 9. Εικόνες από την περιοχή κάτω Νευροκοπίου.

ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Σύμφωνα με το κείμενο του Βαβλιάκη, «η πόλη του κάτω Νευροκοπίου – κάτω Βροντούς», και μετά από τη μελέτη της περιοχής από τον ίδιο, η παλαιογεωγραφική εξέλιξη της περιοχής διακρίθηκε στα εξής στάδια:

1^ο ΣΤΑΔΙΟ: Πριν το μέσο πλειόκαινο. Η πόλη διέρρεε μέσα στη λεκάνη των Σερρών κατά μήκος της κοιλάδας του Τρελού.

2^ο ΣΤΑΔΙΟ: Ανοδικές κινήσεις, εντατική ρωγμάτωση και αναστροφή των στρωμάτων. Διακοπή επικοινωνίας της κοιλάδας τρελός με τη λεκάνη Σερρών. Πλειόκαινο- πλειστόκαινο: ανάπτυξη λιμναίας φάσης.

3^ο ΣΤΑΔΙΟ: Ξεκίνησε με την επέκταση της κοιλάδας μακροπόταμου η οποία είναι η συνέχεια της κοιλάδας του Τρελού. Όταν η επιφάνεια της λίμνης εφτασε στην επαφή των γνευσίων με τα μάρμαρα ξεκίνησε η καρστική διάβρωση. Το επίπεδο της στάθμης της λίμνης ελαττώθηκε για δυο λόγους: α)αυξήθηκε η εξάτμιση επειδή αυξήθηκε η επιφάνεια της λίμνης. β)μέρος του νερού της λίμνης μεταφέρθηκε στο υπόγειο σύστημα.

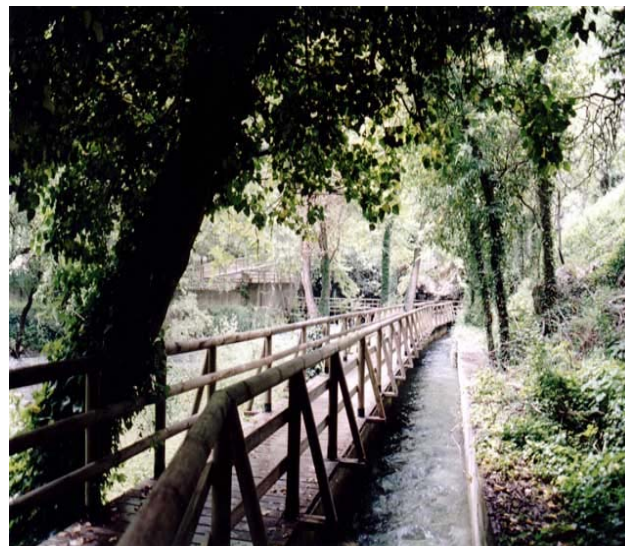
3.2.Υπόγεια καρστική μορφολογία: καρστικό σύστημα του ποταμού Αγγίτη και του σπηλαίου Μααρά



Σχήμα 10. Το σπήλαιο Μααρά.

Ο ποταμός Αγγίτης αποτελεί το κύριο στοιχείο του υδρογραφικού δικτύου της πεδιάδας της Δράμας, η αρχή του βρίσκεται στις πηγές Μααρά, διασχίζει τη δυτική πλευρά της πεδιάδας και αφού συλλέξει τα νερά της τάφρου των Φιλίππων, χύνεται στον Στρυμόνα ποταμό. Οι πηγές Αγγίτη (Μααρά), σε υψόμετρο 123 μ, δημιουργούν ένα υπόγειο ποτάμι, του οποίου η τροφοδοσία γίνεται από τα νερά των χειμάρρων του οροπέδιου Κάτω Νευροκοπίου. Το ποτάμι διασχίζει το σπήλαιο του Μααρά. Το σπήλαιο είναι ένας σωληνοειδής αγωγός (καρστικό φαινόμενο), ο οποίος συνδέεται άμεσα με τις καταβόθρες

του Οχυρού στο οροπέδιο Κάτω Νευροκοπίου και σε υψόμετρο 535 μ. Λίγο πριν από την έξοδο υπάρχει ένας υδροτροχός, ο οποίος κατά τη διάρκεια της τουρκοκρατίας λειτουργούσε για την ανύψωση νερού του ποταμού και εν συνεχεία για την ύδρευση των γύρω οικισμών. Μέχρι σήμερα το σπήλαιο έχει εξερευνηθεί σε μήκος 4,5 χλμ., είναι προσπελάσιμο στα 2,5 χλμ. και επισκέψιμο στα πρώτα 500 μ., ενώ εκτιμάται το μήκος του σε περισσότερα από 12 χλμ. Μέσα στο σπήλαιο η μέση θερμοκρασία του νερού είναι 11,5 °C και του αέρα 12,5 °C. Χαρακτηριστικό του σπηλαίου είναι το υπόγειο ποτάμι και οι σταλακτίτες σε ποικιλία χρωμάτων, σχημάτων και μεγεθών. Άξιο εστίασης της προσοχής μας είναι το γεγονός σχεδόν καθολικής απουσίας σταλαγμιτών.



Σχήμα 11. Εικόνες του ποταμού Αγγίτη.

3.2.1.Μικροδομική ανάλυση για τις συνθήκες ανάπτυξης του καρστικού αποστραγγιστικού δικτύου.

● Μέθοδος Eraso

Με την μέθοδο αυτή γίνεται σύγκριση μεταξύ των καρστικών σχηματισμών εκατέρωθεν του φαλακρού όρους. Δηλαδή, συγκρίνονται οι καρστικοί σχηματισμοί της λεκάνης του κάτω νευροκοπίου με αυτούς της λεκάνης της Δράμας με βάση τη μελέτη των ανοιχτών διακλάσεων τους και της χημείας του υπογείου νερού τους. Το καρστικό σύστημα του Αγγίτη αναπτύχθηκε, όπως έχει αναφερθεί, στα μάρμαρα του ορεινού όγκου της Ροδόπης. Οι συνθήκες ανάπτυξης του καρστικού αποστραγγιστικού δικτύου καθορίζονται από

γεωλογικές και γεωμορφολογικές διεργασίες με μικροδομική ανάλυση ακολουθώντας τη μέθοδο του Eraso. Αυτή η ανάλυση δείχνει ότι το καρστικό δίκτυο αγωγών αναπτύχθηκε στο δυτικό μέρος του όρους Φαλακρό όπου η πλειοψηφία των ανοικτών διακλάσεων ήταν προσανατολισμένη στην ίδια κατεύθυνση με την υδραυλική κλίση, ενώ οι δυο κατευθύνσεις είναι κάθετες στο ανατολικό μέρος διαρρεόμενο από την πηγή της Δράμας. Από το πλειόκαινο οι ανθρακικοί όγκοι του Φαλακρού υπόκεινται σε ηπειρωτική διάβρωση και πιο συγκεκριμένα σε καρστικοποίηση. Το καρστ αναπτύχθηκε με ποικίλη ένταση τόσο στην επιφάνεια όσο και στο βάθος. Για τον λόγο αυτό η πηγή του Αγγίτη είναι σημείο εκροής του καρστικού συστήματος το οποίο χαρακτηρίζεται από καλή ανάπτυξη, ενώ η πηγή της Δράμας χαρακτηρίζεται από φτωχό καρστικό σύστημα. Το καρστικό σύστημα του Αγγίτη αναπτύχθηκε από τη λεκάνη του κατω Νευροκοπίου προς το Φαλακρό όρος, το οποίο αποτελεί φυσικό εμπόδιο στις επιφανειακές ροές που συγκεντρώνονται στην κλειστή κοιλότητα ή πόλγη. Το καρστικό δίκτυο κυρίως αντιπροσωπεύεται από το σπήλαιο του Μααρά του οποίου η είσοδος αποτελεί την πηγή του Αγγίτη. Το σπήλαιο δεν δείχνει πολυφασική εξέλιξη σε σχέση με τις ποικιλίες του βασικού επιπέδου οι οποίες ήταν ευστατικές καθώς και τεκτονικές.

Από υδροδυναμική ανάλυση η λειτουργία των πηγών του Αγγίτη εμφανίζεται σύνθετη γιατί τα κύρια χαρακτηριστικά δεν είναι πραγματικά καρστικά.

Η διείσδυση του νερού συμβαίνει για πολύ καιρό (80-100 μέρες). Η ύπαρξη του χιονιού σε μεγάλα ύψη θα μπορούσε να είναι η αιτία αυτής της διάρκειας. Ο φρεάτιος ορίζοντας του καρστικού υδροφόρου είναι καλά αποστραγγιζόμενος και χαρακτηρίζεται από μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα. ($18-35 \cdot 10^6 \text{ m}^3$).

Η μελέτη με τη μέθοδο της φυσικής ιχνηλάτισης με έννοιες της γεωχημείας του νερού δείχνει ότι οι εκροές του Αγγίτη είναι πιο σύνθετες από τις εκροές των πηγών της Δράμας. Το υπόγειο νερό του Αγγίτη είναι κρύο και με φτωχά ορυκτά συστατικά και ρέει σχετικά γρήγορα. Το μέρος του συστήματος που βρίσκεται σε επαφή με την πεδιάδα της Δράμας δεν παρουσιάζει τυπική καρστική συμπεριφορά. Αυτοί οι αντιφατικοί χαρακτήρες μπορεί να οφείλονται στο ρόλο ενός πολυστρωματικού υδροφορέα με τις αλλουβιακές αποθέσεις της πόλγης του κάτω Νευροκοπίου να δρουν σαν φίλτρα. Τα γεωχημικά

χαρακτηριστικά του υπογείου νερού δείχνουν μεγάλη αποθηκευτικότητα στα μάρμαρα. Αντίθετα οι πηγές της Δράμας δείχνουν φτωχή ποσότητα και χημεία. Αυτές οι διαφορές ανάμεσα στις πηγές Αγγίτη-Δράμας εκφράζονται από την περιεκτικότητα σε CO₂ των υπογείων νερών τους και από τις αδιάλυτες συγκεντρώσεις ανθρακικών. Η περιεκτικότητα σε CO₂ είναι πιο χαμηλή στα νερά των πηγών του Αγγίτη απ' ό τι στην πηγή της Δράμας. Αυτή η διαφορά οφείλεται στην ύπαρξη καρστικών αγωγών που επιτρέπουν την οξυγόνωση του υπογείου νερού και συνεπώς την διάλυση του CO₂. Αυτό προκαλεί διαφορά στην χημική σύσταση. Το νερό της Δράμας είναι πλουσιότερο σε αδιάλυτο CO₂ και ανθρακικά. Σύμφωνα με τα παραπάνω στην ίδια περιοχή, κάτω από το ίδιο κλίμα, και κατά τη διάρκεια του ίδιου γεωλογικού χρόνου, στους ίδιους γεωλογικούς σχηματισμούς, τα καρστικά χαρακτηριστικά αναπτύσσονται πολύ διαφορετικά στους ανθρακικούς όγκους.(Novel, 2006).

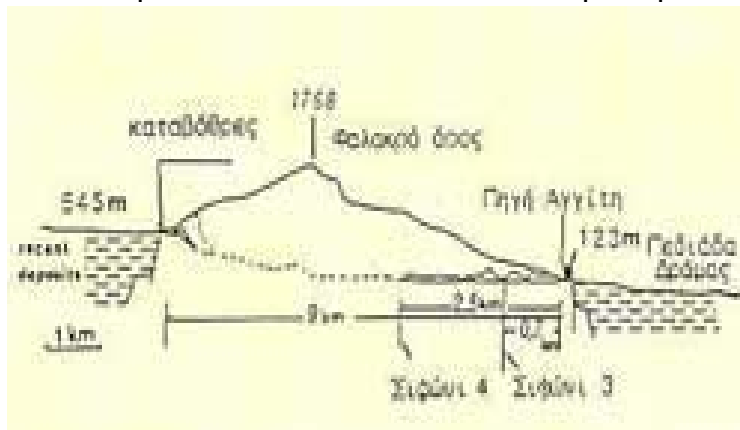


Χάρτης 5. Σπήλαιο – πηγές Αγγίτη.

3.2.2.Σπήλαιο Μααρά

Το σπήλαιο όπως έχει ήδη αναφερθεί, έχει διανοιχτεί στη βάση των μαρμάρων που σχηματίζουν το όρος Φαλακρό και ανήκουν στην οροσειρά της Δυτικής Ροδόπης. Το σπήλαιο είναι ένας επιμήκης αγωγός. Αποτελεί τη μοναδική σχεδόν αποστραγγιστική δίοδο των υδάτων που συλλέγονται στην κλειστή λεκάνη του Κάτω Νευροκοπίου. Η οριζόντια απόσταση από τις καταβόθρες του Οχυρού στην πεδιάδα της Δράμας υπολογίζεται σε 12 χιλιόμετρα και η διαφορά υψομέτρου σε 400 μέτρα.

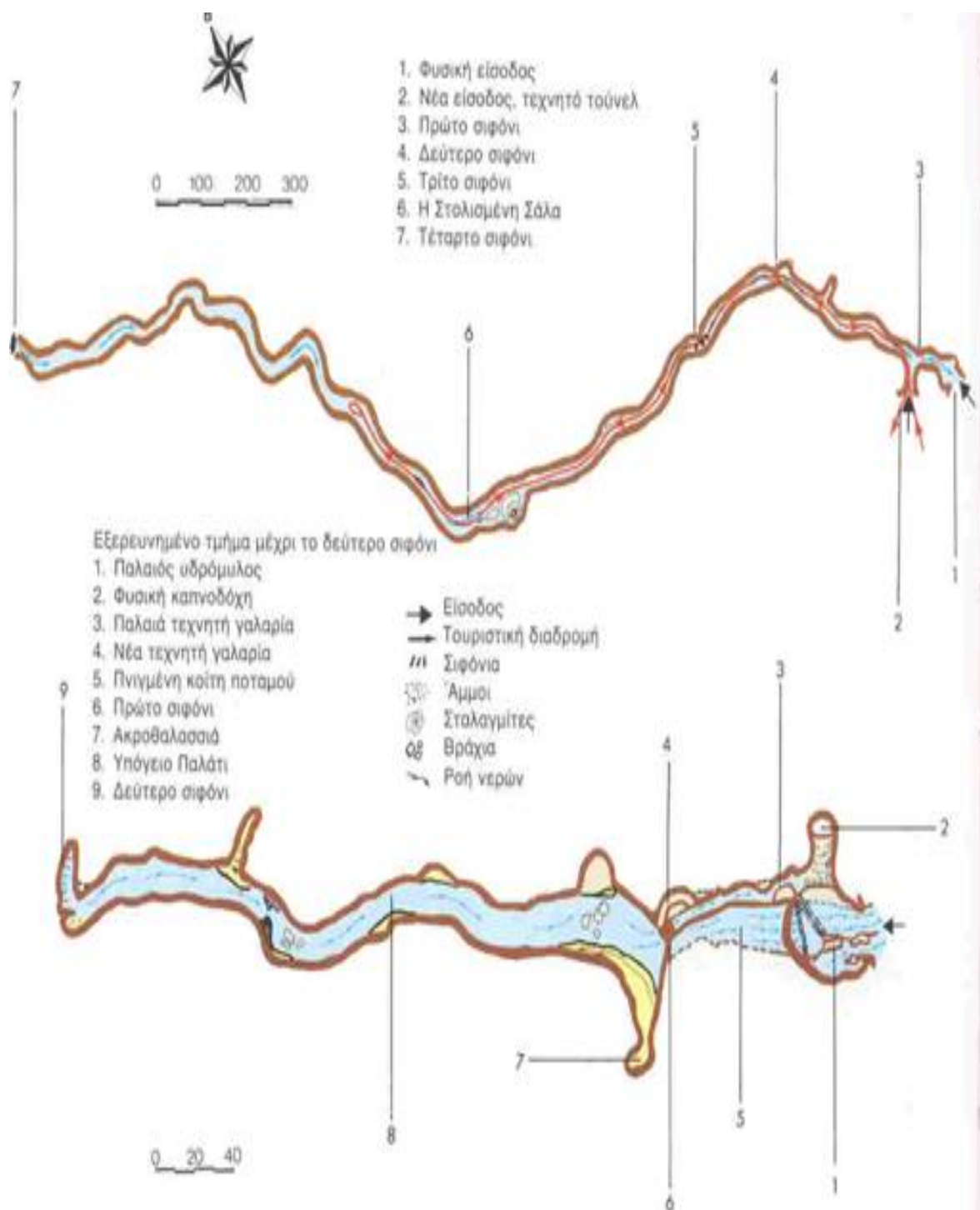
Στα νεότερα χρόνια η πρώτη γνωστή προσπάθεια για την αξιοποίηση του σπηλαιού έγινε το 1952 από το ζεύγος Πετροχείλου, αλλά το στένωμα (σιφόνι) που υπάρχει στα 70 μ. από την είσοδο τους εμπόδιζε να προχωρήσουν περισσότερο. Έκαναν μια πρώτη αποτύπωση του χώρου. Το πέρασμα από το σιφόνι επιτεύχθηκε από Γάλλους και Έλληνες σπηλαιολόγους που καταδύθηκαν το 1978. Για να διευθετηθεί η επίσκεψη των τουριστών στο



Σχήμα 12. Καταβόθρες Νευροκοπίου.

σπήλαιο προηγήθηκαν γεωτεχνικές, στατικές, αρχιτεκτονικές, υδρογεωλογικές, περιβαλλοντικές και ηλεκτρομηχανολογικές μελέτες. Σήμερα με τη διάνοιξη τεχνητών σηράγγων, τοποθέτηση

διαδρόμων και φωτισμού το ευρύ κοινό μπορεί να επισκεφθεί τα 500 πρώτα μέτρα του σπηλαιού. Αν ακολουθήσουμε μάλιστα τη ροή του ποταμού Αγγίτη, μετά την έξοδό του από την υπόγεια πορεία του, οδηγούμαστε από τις πλαγιές του Μενοικίου στα νότια του σπηλαιού της Αλιστράτης, ενός ακόμη μνημείου της φύσης με πολλές, ανεξερεύνητες σήμερα διαδρομές.



Σχήμα 13. Εικόνες σιφονίων του σπηλαίου Μασαρά.



Σχήμα 14. Εικόνες από το σπήλαιο Μασρά (Αγγίτη).



Σχήμα 15. Τα σπήλαια της Ελλάδας.

3.3.Μελέτη υπόγειου νερού στα καρστικά μάρμαρα του Φαλακρού όρους

Με τη χρήση του απεικονιστή LANDSAT TM, του ψηφιακού εδαφικού μοντέλου (DTM) και της τρισδιάστατης οπτικοποίησης μελετήθηκε το υπόγειο νερό στα καρστικά μάρμαρα του Φαλακρού όρους από τους Tsakiri και Dimadi.

Χρησιμοποίησαν ένα πολυφασματικό απεικονιστή landsat και ένα DTM που λήφθηκε από τοπογραφικό χάρτη. Η μελετούμενη περιοχή είναι ορεινή με καρστικοποιημένα μάρμαρα. Τα ρήγματα ελέγχουν την υδραυλική αγωγιμότητα

των μαρμάρων και η χαρτογράφηση τους είναι σημαντική για την εκμετάλλευση του υπογείου νερού.

Για την απεικόνιση χρησιμοποιήθηκαν πολλές τεχνικές όπως: αρχή ανάλυσης συστατικών, εμπειρικές και στατιστικές διαδικασίες για την σύνθεση του χρώματος, NDVI δείκτης (βλάστησης) και μείωση θολότητας για τη διευκόλυνση εύρεσης απαραίτητων κριτηρίων. Αυτή η έρευνα παρουσιάζει μεθοδολογία τοποθέτησης και χαρτογράφησης ρηγμάτων στην περιοχή δυτικά του όρους φαλακρό. Αυτή η περιοχή αποτελείται από αδρά καρστικοποιημένα ανθρακικά πετρώματα και αποτελεί γεωμορφολογικό φυσικό φράγμα ανάμεσα στην λεκάνη της Δράμας και τη λεκάνη του κάτω Νευροκοπίου στα βόρεια. Η μελέτη της περιοχής καλύπτει μέρη δύο τοπογραφικών χαρτών με κλίμακα 1:50000. Αυτοί οι χάρτες χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία DTM. Τα κριτήρια για την χαρτογράφηση των ρηγματώσεων είναι: α) βλάστηση, β) υγρασία, γ) διαφορετικές κλίσεις κατά μήκος της ίδιας πλευράς του ρήγματος, δ) διαφορετικοί γεωλογικοί σχηματισμοί εκατέρωθεν του ρήγματος. Η σημασία της υδρογεωλογίας κάποιων επιμέρους συστημάτων ρηγμάτων μπορεί να εξετασθεί από τον συνδυασμό τους με ειδικούς καρστικούς σχηματισμούς (καταβόθρες, σπήλαια) οι οποίοι αναπτύσσονται κατά μήκος των ρηγμάτων. Για την εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε πολυφασματικός απεικονιστής TM από δορυφόρο landsat 5. Για την επανόρθωση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε DTM απεικονιστής.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Η βλάστηση της περιοχής είναι θάμνοι στο νότιο μέρος και πυκνές κληματαριές στο βόρειο. Η διαφορά βλάστησης οφείλεται στην τοποθέτηση της επιφάνειας και στο ύψος των βροχοπτώσεων. Το αποστραγγιστικό δίκτυο έχει δενδριτική μορφή. Το δίκτυο πάνω στα μάρμαρα είναι παλιό και αναπτύχθηκε στους γνευσίους όταν βρισκόταν πάνω στα μάρμαρα. Το τόσο ανεπτυγμένο δίκτυο κληρονομήθηκε τελικά στα μάρμαρα. Η περιοχή ανήκει στη γεωτεκτονική ζώνη Ροδόπης και είναι μέρος ενός δυτικού αντικλίνου με άξονα B120°.

Για τη δημιουργία DTM χρησιμοποιήθηκαν δύο τοπογραφικοί χάρτες με κλίμακα 1:50000 και σε προβολή UTM. Οι 6 landsat TM καλύπτουν την ορατή περιοχή του φάσματος, την περιοχή VIS και την MIR. Σε αυτές τις περιοχές τα πετρώματα παρουσιάζουν διαφορετικά φασματικά χαρακτηριστικά. Το MIR χαρακτηρίζεται από υψηλή ανακλαστικότητα για τα περισσότερα πετρώματα. Οι διαφορές στην ανάκλαση μπορεί να οφείλονται σε διαφορετική λιθολογική σύσταση. Η σύγκριση των MIR και VIS παρέχει διάκριση σε γυμνά εδάφη και εδάφη με βλάστηση. Οι 6 TM ταινίες παρέχουν 20 δυνατούς συνδυασμούς ανα τρεις για χρωματικούς δείκτες.

●Εμπειρική διαδικασία

Επιλέγονται 3 ταινίες βασιζόμενες στα φασματικά τους χαρακτηριστικά. Ο συνδυασμός TM5-4-2 επιτρέπει την καλύτερη αντίληψη των γεωλογικών δομών και ο συνδυασμός TM7-4-3 παρέχει καλή διάκριση ανάμεσα σε γυμνό έδαφος και βλάστηση. Οι συνδυασμοί TM7-5-1, TM7-5-4 και TM4-3-2 παρουσιάζουν φτωχή αντίθεση. Για την τοποθεσία του γρανοδιορίτη χρησιμοποιήθηκε συνδυασμός TM4-5-2.

●Στατιστική διαδικασία

Ο παράγοντας OIF (Optimum Index Factor) υπολογίζεται για κάθε πιθανό συνδυασμό των τριών ταινιών. Ο συνδυασμός με τη μεγαλύτερη τιμή παρέχει τις περισσότερες πληροφορίες.

Ο παράγοντας OIF υπολογίζεται από τη σχέση:

$$OIF = \frac{\sum \sigma_i}{\sum |r_{ij}|}$$

Όπου σ_i : η σταθερή απόκλιση της ταινίας i , $i=1,2,3$

r_{ij} : η συσχέτιση των συντελεστών των ταινιών i και j

●Δείκτης βλάστησης

Ο δείκτης βλάστησης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R}$$

Όπου : R = η ταινία TM3

Και IR = η ταινία TM4

(Tsakiris, 2003).

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Με τη βοήθεια του προγράμματος MapInfo 8.5 πραγματοποιήθηκε αρχικά η ψηφιοποίηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και η αρίθμηση τους. Έπειτα, έγινε η ψηφιοποίηση της υδρολογικής λεκάνης της περιοχής μας και ο χωρισμός της λεκάνης σε επιμέρους λεκάνες 5^{ης} τάξης. Για την ψηφιοποίηση χρησιμοποιήθηκαν οι εξής τοπογραφικοί χάρτες: Κάτω Νευροκόπιον, Σέρραι, Προσοτσάνη και Αχλαδοχώριον, κλίμακας 1 :50.000, της Γ.Υ.Σ.

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι μορφομετρικές παράμετροι για τις επιμέρους λεκάνες απορροής και κατασκευάστηκαν χάρτες γεωγραφικής κατανομής της υδρογραφικής πυκνότητας και της υδρογραφικής συχνότητας. Χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων (DEM) για να κατασκευαστεί ο χάρτης υψομέτρων, σύμφωνα με την ταξινόμηση του Dikau, 1989.

Τέλος, χρησιμοποιώντας ως παράγωγο του ψηφιακού μοντέλου υψομέτρων (DEM) την κλίση, κατασκευάστηκε ο χάρτης κλίσεων με περιοχές που έχουν εύρος κλίσεων ανάλογα με την ταξινόμηση του Demek.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Υδρογραφία

Η μελέτη ενός υδρογραφικού δικτύου περιλαμβάνει την ποιοτική κ την ποσοτική ανάλυση του δικτύου. Η ποιοτική ανάλυση πραγματοποιείται με τον καθορισμό της μορφής του δικτύου. Μπορεί να είναι το συνδυασμένο αποτέλεσμα διαφόρων παραγόντων όπως γεωλογικών, τεκτονικών, κλιματολογικών κ.α. Η ποσοτική ανάλυση ορίζεται ως η μαθηματική-αριθμητική έκφραση των μορφολογικών χαρακτηριστικών του υδρογραφικού δικτύου και δίνει σημαντικές πληροφορίες για την υδρολογική συμπεριφορά του.

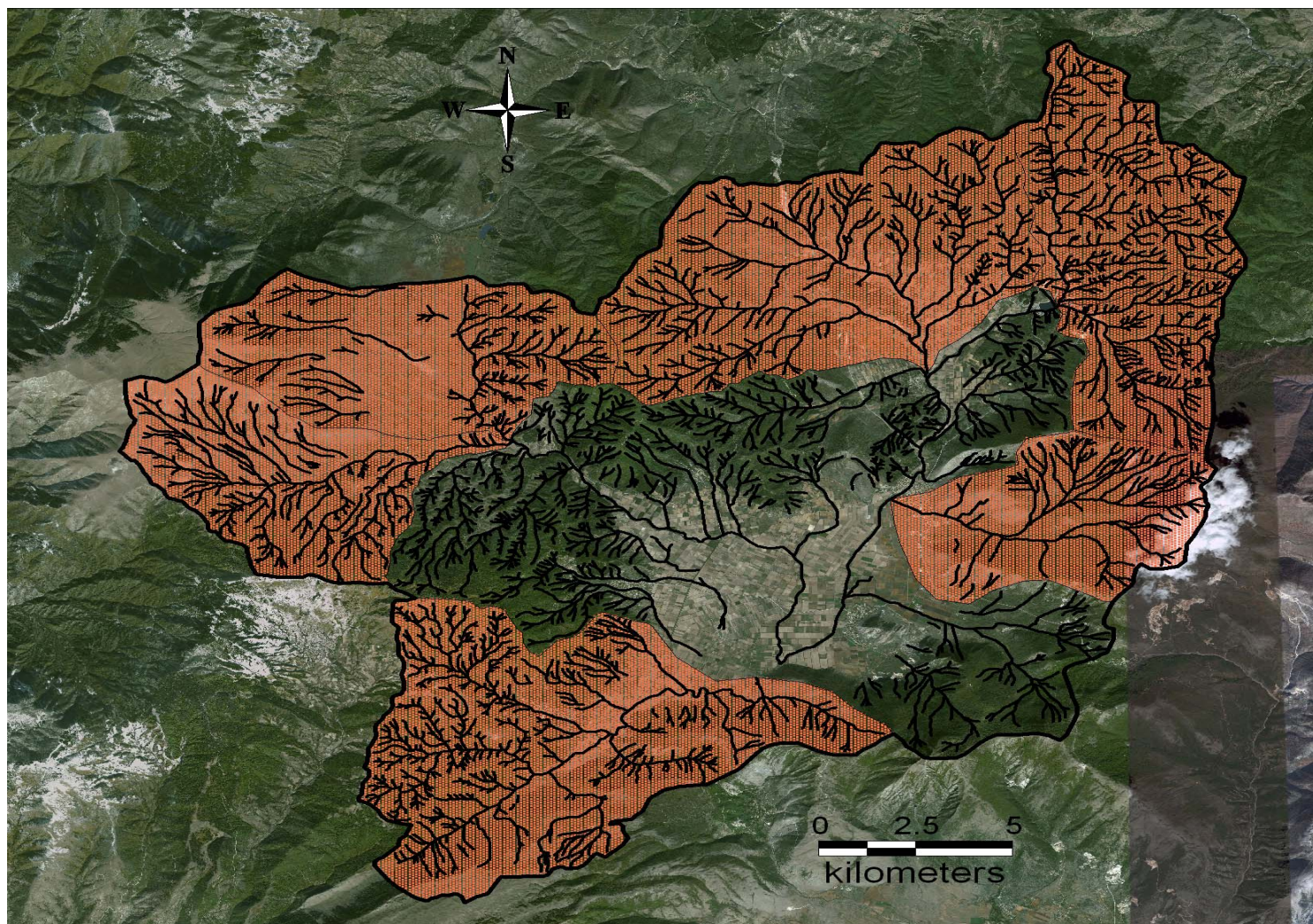
Από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα, οι επιστήμονες θέσπισαν κανόνες για τον καθορισμό της σχέσης μεταξύ των κλάδων και των λεκανών ενός δικτύου. Πρώτος επιστήμονας ήταν ο Horton ο οποίος το 1945 πρότεινε μια αριθμητική έκφραση για τον προσδιορισμό και την ομαδοποίηση των χαρακτηριστικών των κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου. Ακολούθησε ο Strahler (1952) που πρότεινε το δικό του σύστημα ταξινόμησης.

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος αρίθμησης κατά Strahler σύμφωνα με την οποία (από Σωτηριάδη και Ψιλοβίκο, 1984) : Ρεύματα τα οποία δεν δέχονται νερό από μικρότερους κλάδους ρευμάτων ονομάζονται 1^{ης} τάξεως. Η ένωση δύο κλάδων πρώτης τάξης δημιουργεί έναν κλάδο 2^{ης} τάξεως. Σύνδεση δύο κλάδων δεύτερης τάξεως δημιουργεί έναν κλάδο 3^{ης} τάξης κ.ο.κ. Σε περίπτωση σύνδεσης δύο κλάδων διαφορετικής τάξης, ο κλάδος που προκύπτει χαρακτηρίζεται με την τάξη του κλάδου μεγαλύτερης τάξης από τους δύο που συνδέονται.

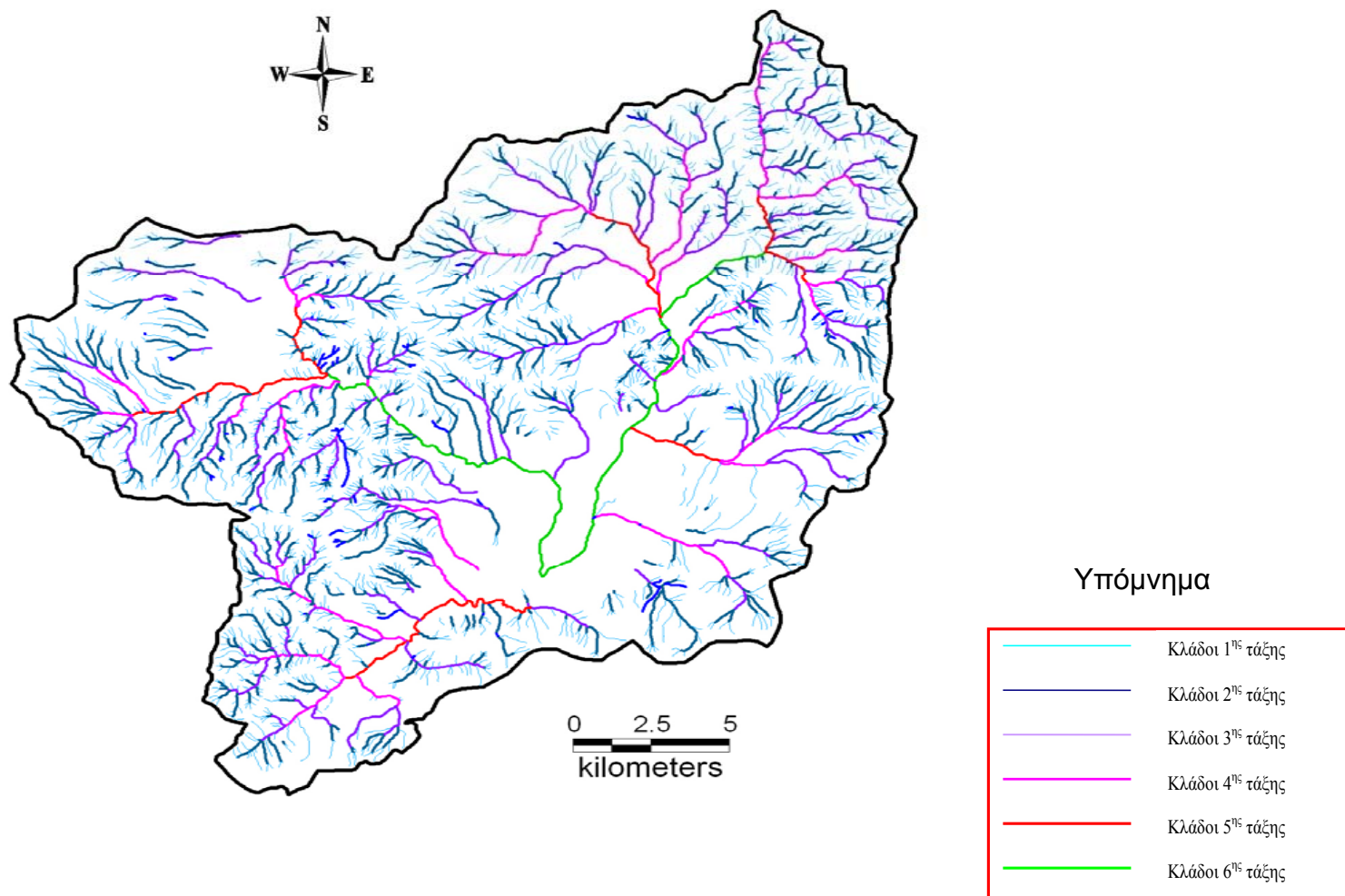
Ανάλογα με την αρίθμηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου γίνεται και η αρίθμηση των αντίστοιχων λεκανών απορροής. Έτσι, οι λεκάνες απορροής των κλάδων 1^{ης} , 2^{ης} κ.τ.λ. τάξης ονομάζονται αντίστοιχα λεκάνες 1^{ης} , 2^{ης} κ.τ.λ. τάξης.

Με τη βοήθεια του προγράμματος MapInfo 8.5 πραγματοποιήθηκε αρχικά η ψηφιοποίηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και η αρίθμηση τους. Έπειτα, έγινε η ψηφιοποίηση της υδρολογικής λεκάνης της περιοχής μας και ο χωρισμός της λεκάνης σε επιμέρους λεκάνες 5^{ης} τάξης. Για την ψηφιοποίηση χρησιμοποιήθηκαν οι εξής τοπογραφικοί χάρτες: Κάτω Νευροκόπιον, Σέρραι, Προσοτσάνη και Αχλαδοχώριον, κλίμακας 1 :50.000, της Γ.Υ.Σ.

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι μορφομετρικές παράμετροι για τις επιμέρους λεκάνες απορροής και κατασκευάστηκαν χάρτες γεωγραφικής κατανομής της υδρογραφικής πυκνότητας και της υδρογραφικής συχνότητας.



Χάρτης 4. Το υδρογραφικό δίκτυο των υπολεκανών 5^{ης} τάξης της ευρύτερης λεκάνης του Νευροκοπίου.



Χάρτης 5. Υδρογραφικό δίκτυο και υδροκριτική γραμμή της λεκάνης Κ. Νευροκοπίου.

5.2.ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Μορφομετρικές παράμετροι λεκανών απορροής

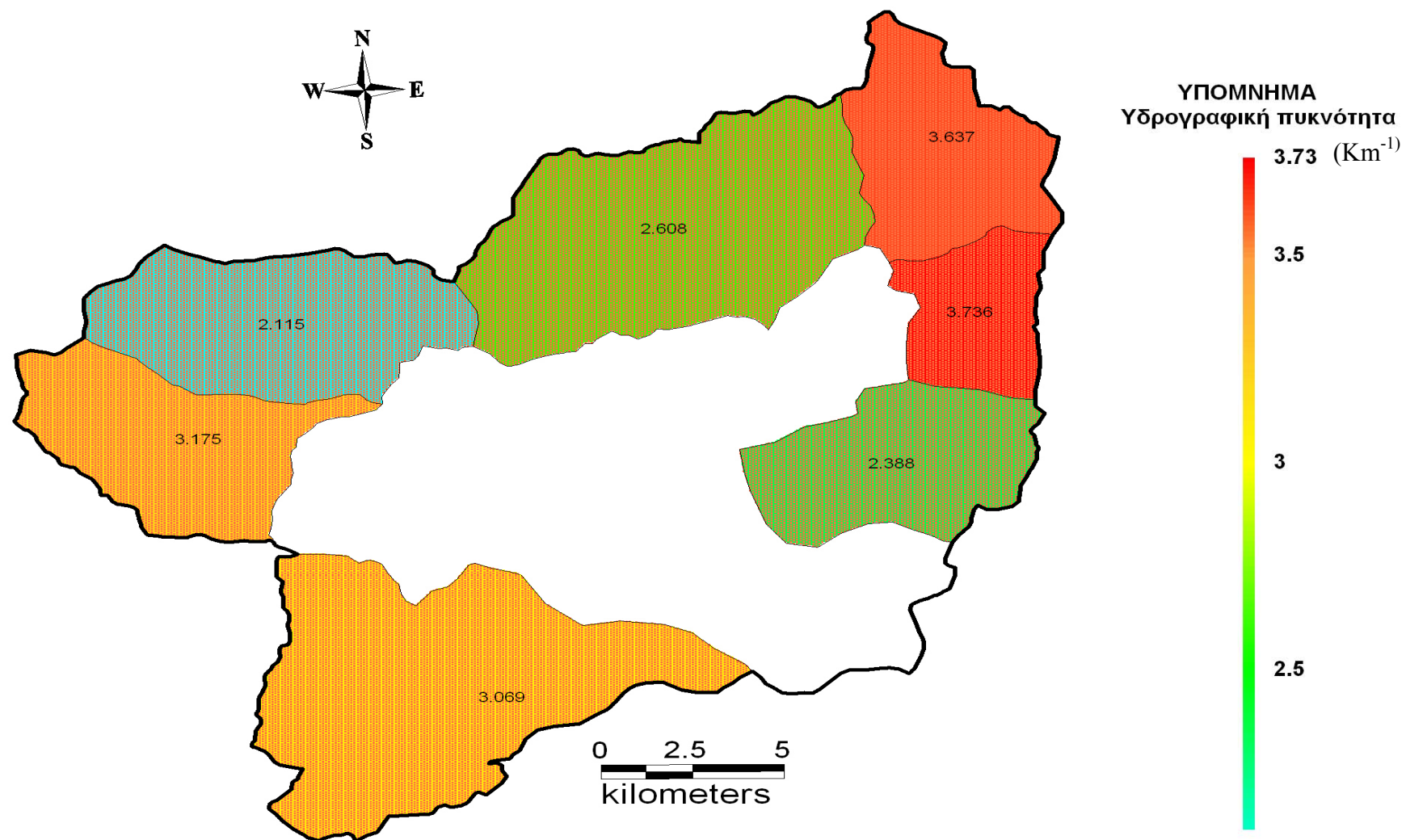
Οι μορφομετρικές παράμετροι που υπολογίστηκαν για τις λεκάνες απορροής είναι η υδρογραφική πυκνότητα (Du) και η υδρογραφική συχνότητα (Fu). Οι παράμετροι της υδρογραφικής πυκνότητας και υδρογραφικής συχνότητας, αποτελούν αριθμητικές εκφράσεις της υψής μιας λεκάνης απορροής και συνδέονται με το κλίμα της περιοχής, τη λιθολογική σύσταση, τη βλάστηση και το ανάγλυφο των λεκανών (Αστάρας, 1980).

Ως υδρογραφική πυκνότητα Du ορίζεται ο λόγος του συνολικού μήκους των κοιτών όλων των τάξεων σε μία λεκάνη απορροής (σε Km) δια του εμβαδού της λεκάνης απορροής (σε Km^2). Δίνεται από τη σχέση: $Du = \sum Lu / Au$, μονάδες υδρογραφικής πυκνότητας Km^{-1} (Horton, 1945). Η υδρογραφική συχνότητα Fu ορίζεται από τον τύπο: $Fu = \sum Nu / Au$, και είναι ο λόγος του συνολικού αριθμού των κλάδων των κοιτών όλων των τάξεων σε μία λεκάνη απορροής προς το εμβαδόν της λεκάνης αυτής. Οι μονάδες μέτρησης της υδρογραφικής συχνότητας είναι Km^{-1} , (Horton, 1945).

Για την προσεκτικότερη μελέτη της περιοχής Νευροκοπίου έγιναν υπολογισμοί των παραμέτρων αυτών στις υπολεκάνες 5^{ης} τάξης. Η πρώτη παράμετρος που υπολογίστηκε είναι η υδρογραφική πυκνότητα. Η υδρογραφική πυκνότητα εξαρτάται άμεσα από τις γεωλογικές δομές που διαμορφώνουν το ανάγλυφο μιας περιοχής. Η υδρογραφική πυκνότητα αυξάνεται όσο πιο νέα είναι η τεκτονική δραστηριότητα σε μια περιοχή.

Στο σχήμα φαίνεται η κατανομή της υδρογραφικής πυκνότητας μέσα στη λεκάνη απορροής. Η εικόνα προέκυψε από την επεξεργασία του ψηφιακού αρχείου των λεκανών απορροής και του ψηφιακού υδρογραφικού δικτύου με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος VerticalMapper 3.0.

Από τους υπολογισμούς της υδρογραφικής πυκνότητας (Du) για τις λεκάνες 5^{ης} τάξης προέκυψε ότι η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου, σε όλη την έκταση της λεκάνης είναι χαμηλή. Αυτό οφείλεται στην ανάπτυξη καρστικού δικτύου και στην ύπαρξη καρστικών σχηματισμών. Πιο συγκεκριμένα η μέγιστη τιμή της υδρογραφικής πυκνότητας είναι $3,736 km^{-1}$ και η ελάχιστη τιμή είναι $2,115 km^{-1}$.

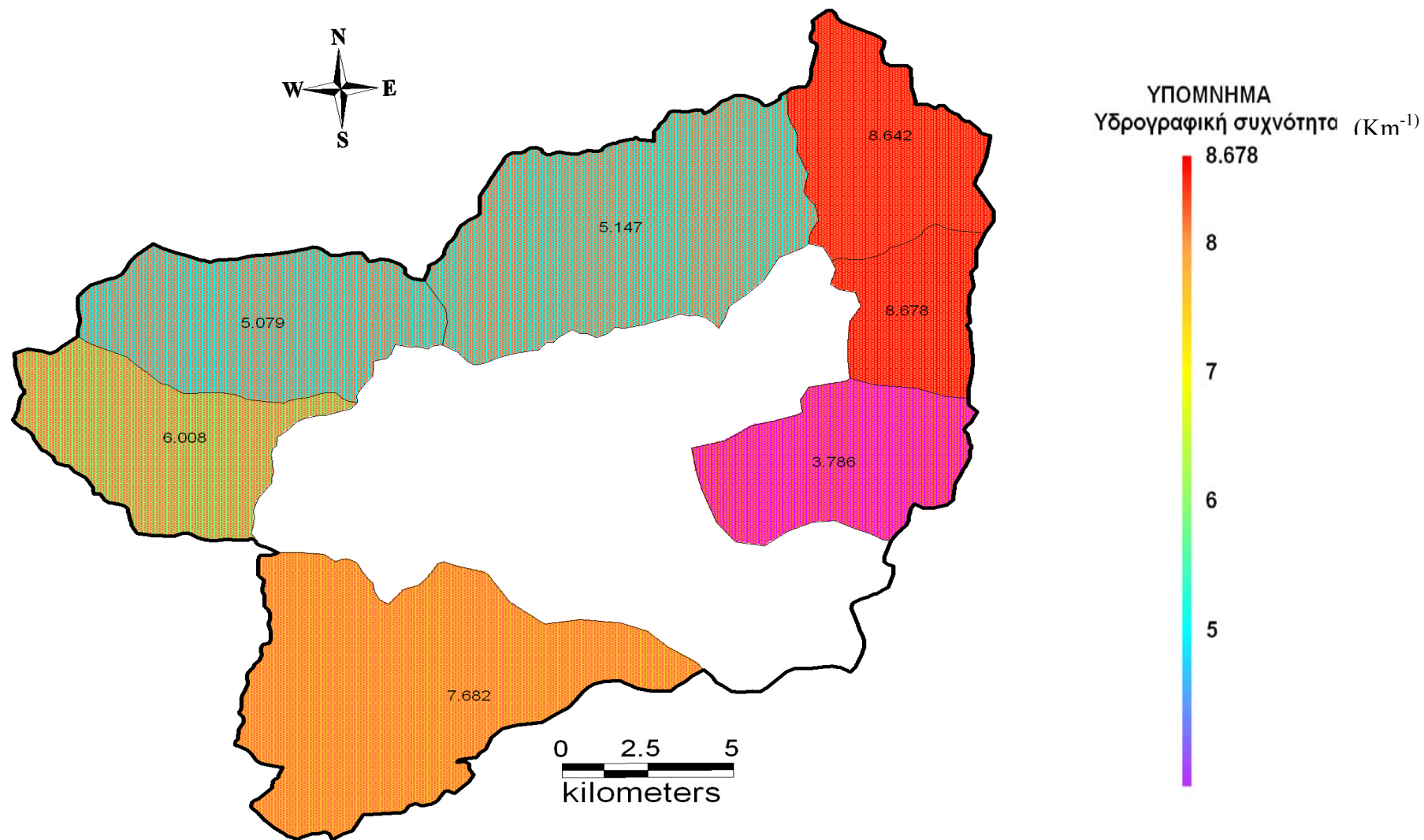


Χάρτης 6. Υδρογραφικές πυκνότητες των λεκανών 5^{ης} τάξης της περιοχής κάτω Νευροκοπίου.

Ακολούθως, αναλύθηκε η παράμετρος της υδρογραφικής συχνότητας. Η διαμόρφωση του μεγέθους της υδρογραφικής συχνότητας εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες που εξαρτάται και η υδρογραφική πυκνότητα, δηλαδή από το είδος των γεωλογικών δομών, από το κλίμα και από τη βλάστηση (Σωτηριάδης και Ψιλοβίκος, 1984).

Στο σχήμα φαίνεται η κατανομή της υδρογραφικής συχνότητας μέσα στη λεκάνη απορροής. Η εικόνα όπως και στην περίπτωση της πυκνότητας προέκυψε από την επεξεργασία του ψηφιακού αρχείου των λεκανών απορροής 5^{ης} τάξης και του ψηφιακού υδρογραφικού δικτύου.

Οι τιμές που προκύπτουν για την υδρογραφική συχνότητα όπως και για την πυκνότητα είναι χαμηλές. Η μέγιστη τιμή είναι $8,67 \text{ km}^{-1}$ και η ελάχιστη τιμή είναι $3,786 \text{ km}^{-1}$.



Χάρτης 7. Υδρογραφικές συχνότητες των λεκανών 5^{ης} τάξης της περιοχής κάτω Νευροκοπίου.

5.3.ΨΗΦΙΑΚΑ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Ταξινόμηση αναγλύφου

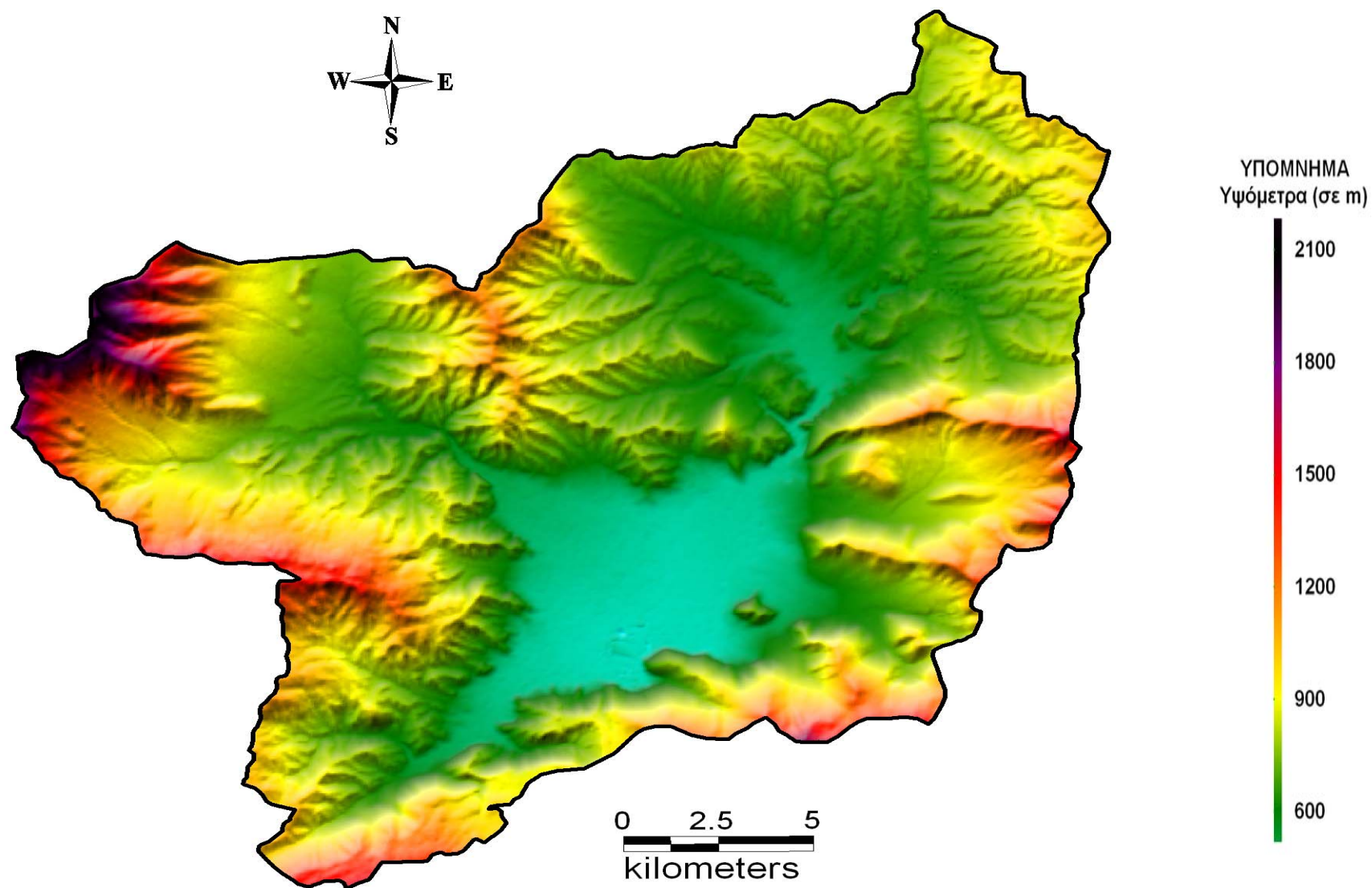
Πολλοί επιστήμονες έχουν ασχοληθεί με την παραμετροποίηση και την ποσοτικοποίηση των ιδιοτήτων της υδρολογικής λεκάνης. Ο Dikau, το 1989, πρότεινε μια ταξινόμηση των υψομέτρων των λεκανών ώστε να τις χαρακτηρίσει. Χώρισε την κάθε λεκάνη σε περιοχές με συγκεκριμένο εύρος υψομέτρων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, ώστε να αποδώσει στην κάθε περιοχή ορισμένο χαρακτηρισμό. Έτσι περιοχές με υψόμετρο:

- <150 m χαρακτηρίζονται πεδινές,
- 150-600 m χαρακτηρίζονται λοφώδεις,
- 600-900 m χαρακτηρίζονται ημιορεινές , με βουνά και ψηλούς λόφους
- >900 m χαρακτηρίζονται ορεινές.

Χρησιμοποιώντας το ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων (DEM) κατασκευάστηκε ο χάρτης υψομέτρων, σύμφωνα με την ταξινόμηση του Dikau, 1989. ο χάρτης υψομέτρων παρουσιάζεται στο σχήμα. Στον πίνακα παρουσιάζεται η κατανομή των υψομέτρων σε σχέση με την επιφάνεια που καταλαμβάνουν. Από την χωρική κατανομή των υψομέτρων διαπιστώνεται ότι η περιοχή είναι ημιορεινή ενώ δεν υπάρχουν καθόλου πεδινά και λοφώδη τμήματα.

Πίνακας 1. Υψόμετρα και τύποι αναγλύφου της λεκάνης

Εύρος υψομέτρων	Τύπος αναγλύφου	Ποσοστό έκτασης
<150	Πεδινό	0%
150-600	Λοφώδεις	0%
600-900	Ημιορεινό	53,36%
>900	ορεινό	29,91%



Χάρτης 8. Ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων (DEM) της υδρολογικής λεκάνης του κάτω Νευροκοπίου.

Κλίση αναγλύφου

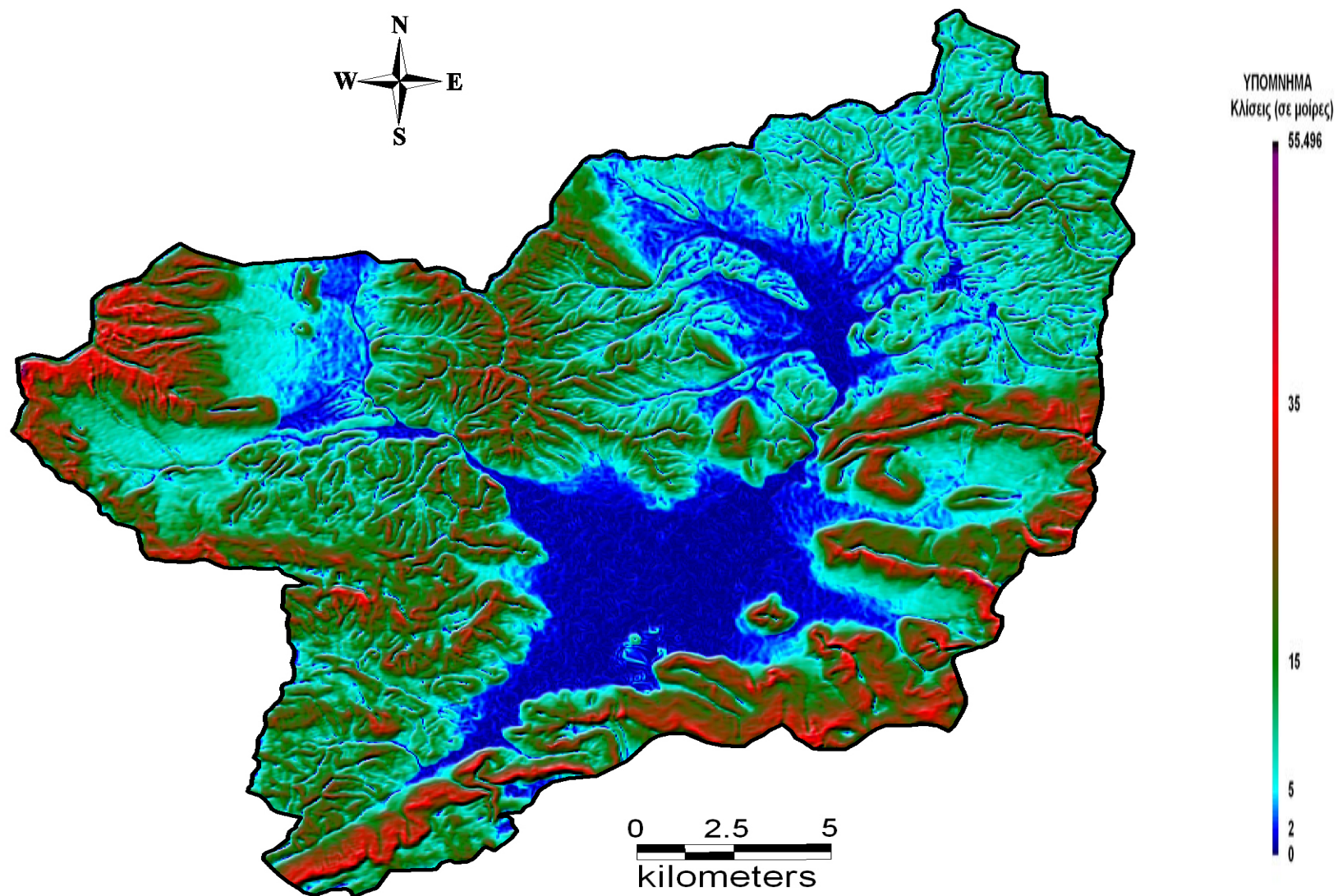
Μια άλλη παράμετρος που μπορεί να υπολογιστεί και να ποσοτικοποιηθεί από την περαιτέρω ανάλυση του ψηφιακού μοντέλου υψομέτρων (DEM) είναι η κλίση του αναγλύφου. Ο Demek, το 1972, πρότεινε μια ταξινόμηση των κλίσεων κάθε λεκάνης με τη χρήση της οποίας χαρακτηρίζει τις περιοχές που εμφανίζουν την ίδια τιμή κλίσης. Η ταξινόμηση αυτή ακολουθείται επίσης από την international Geographical Union και χωρίζει τις τιμές της μέσης κλίσης του αναγλύφου σε έξι ομάδες (από Φουρνιάδη, 2002). Η κάθε μία από τις έξι ομάδες κλίσεων χαρακτηρίζει το είδος των επιφανειών και τον τρόπο διάβρωσης ως εξής:

- ▶ Κλίση 0° - 2° : Επίπεδο έως ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο. Έναρξη διάβρωσης τύπου καλύμματος.
- ▶ Κλίση 2° - 5° : Ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο. Διάβρωση καλύμματος και έναρξη αυλακωτής διάβρωσης.
- ▶ Κλίση 5° - 15° : Ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο. κινήσεις μαζών, ισχυρή διάβρωση τύπου καλύμματος και αυλακωτή, έντονες διαβρωτικές διεργασίες.
- ▶ Κλίση 15° - 35° : απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο. Έντονες διεργασίες απογύμνωσης, ερπυσμοί εδαφών, λασπορροές, έντονη αυλακωτή και γραμμική διάβρωση.
- ▶ Κλίση 35° - 55° : Απόκρημνο ανάγλυφο. πολύ λεπτό ασυνεχές στρώμα εδάφους, έντονη απογύμνωση του μητρικού πετρώματος.
- ▶ Κλίση $> 55^{\circ}$: Κάθετο ανάγλυφο. Απουσία εδάφους, απογύμνωση πετρωμάτων και κατάρρευση βράχων.

Χρησιμοποιώντας ως παράγωγο του ψηφιακού μοντέλου υψομέτρων (DEM) την κλίση, κατασκευάστηκε ο χάρτης κλίσεων με περιοχές που έχουν εύρος κλίσεων ανάλογα με την ταξινόμηση του Demek. Ο χάρτης κλίσεων παρουσιάζεται στο σχήμα. Ο πίνακας διατυπώνει την χωρική κατανομή της κλίσης στη λεκάνη της κάτω Βροντού – κάτω Νευροκοπίου. Παρατηρείται ότι στο 42,79% της επιφάνειας της λεκάνης η κλίση είναι 5° - 15° γεγονός που συνεπάγεται ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο, κινήσεις μαζών, ισχυρή διάβρωση τύπου καλύμματος και αυλακωτή, έντονες διαβρωτικές διεργασίες. Στην λεκάνη υπάρχει επίσης ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό (31,37%) με κλίσεις 15° - 35° , που δείχνει ότι το ανάγλυφο είναι εξαιρετικά απότομο και υπάρχουν έντονες διεργασίες απογύμνωσης και διάβρωσης.

Πίνακας 2. Κλίσεις στη λεκάνη κ. Νευροκοπίου

Κλίσεις σε μοίρες	Ποσοστό έκτασης
0-2	12,69%
2-5	12,77%
5-15	42,79%
15-35	31,37%
35-55	0,36%
>55	0,0003%



Χάρτης 9. Ψηφιακό μοντέλο κλίσης αναγλύφου της υδρολογικής λεκάνης του κάτω Νευροκοπίου.

6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με τη χρήση των Ψηφιακών Γεωγραφικών Δεδομένων και πιο συγκεκριμένα με το πρόγραμμα mapinfo 8.5, ψηφιοποιήσαμε το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης του κ. Νευροκοπίου. Επίσης, έγινε ανάλυση των μορφομετρικών παραμέτρων των υπολεκανών 5^{ης} τάξης, δηλαδή της υδρογραφικής πυκνότητας και της υδρογραφικής συχνότητας. Τέλος, επεξεργαστήκαμε τα μονομεταβλητά μορφολογικά ψηφιακά δεδομένα, δηλαδή των υψομέτρων και των κλίσεων.

Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με διεθνείς μεθοδολογίες και βιβλιογραφική ενημέρωση συντέλεσαν στο να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα. Από την ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου προέκυψε ότι οι τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας και συχνότητας είναι χαμηλές, γεγονός το οποίο συμπίπτει με την καρστική μορφολογία της περιοχής μελέτης μας. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η χαμηλότερη τιμή της υδρογραφικής πυκνότητας είναι $2,115 \text{ Km}^{-1}$.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα των κλίσεων, η μισή σχεδόν έκταση της λεκάνης χαρακτηρίζεται από ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο, κινήσεις μαζών, ισχυρή διάβρωση τύπου καλύμματος και αυλακωτή, έντονες διαβρωτικές διεργασίες. Επίσης, ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό (31,37%) δείχνει ότι το ανάγλυφο είναι εξαιρετικά απότομο και υπάρχουν έντονες διεργασίες απογύμνωσης και διάβρωσης.

Τέλος, από τη κατασκευή του χάρτη υψομέτρων προκύπτει ότι η περιοχή στο μεγαλύτερο ποσοστό της χαρακτηρίζεται ημιορεινή.



7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία:

- ▶ Demek J., 1972, Manual of detailed geomorphological mapping, International Geographical Union.
- ▶ Jean- Paul Novel, Agoro Dimadi, Anna Zervopoulou and Michel Bakalowicz, 2006. The Aggitis karst system, Eastern Macedonia, Greece: Hydrologic functioning and development of the karst structure.
- ▶ Horton, R., 1945, Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology, Geol. Soc. Amer. Bull., 56.
- ▶ Straler, A.N., 1964, Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and channel Networks, In CHOW, V.T., (Ed.) Handbook of Applied Hydrology, section 14: 54, New York.
- ▶ Tsakiri- strati, M., Dimadi A., 2003. Integrated use of TM image of Landsat satellite and DTM for geological limits and fault structures localization. From Stars to Earth and Culture, Aristotle university of thessaloniki, Greece.
- ▶ Vavliakis et al., 1989. E. Vavliakis, N. Lambrinos and Th. Syridis, The polgie of kato Nevrokopi – kato Vrontou (the Rila – Rodope Massif), Geographica Rhodopica, sofia 1, kliment ohridski university Press.
- ▶ William B. White, 1988, Geomorphology and Hydrology of karst Terrains.

Ελληνική βιβλιογραφία:

- ▶ Βουβαλίδης Κ., 2004, Μαθήματα Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα εκδόσεων πανεπιστημιακό τυπογραφείο, Θεσσαλονίκη.
- ▶ Μουντράκης Δ., 1985, Γεωλογία της Ελλάδας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- ▶ Παράσχου Θ., 2005, Η γεωμορφολογική εξέλιξη της κοιλάδας του Ίναχου ποταμού της Φθιώτιδας, παραπόταμου του Σπερχειού ποταμού, Διατριβή ειδίκευσης, Θεσσαλονίκη.
- ▶ Πεχλιβανίδου Σ., 2007, Η γεωμορφολογία της νήσου Σκύρου και η επίδραση της στις χρήσεις γης, Διατριβή ειδίκευσης, Θεσσαλονίκη.
- ▶ Σωτηριάδης Λ., Ψιλοβίκος Α., 1984, Ασκήσεις γεωμορφολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Βιβλιογραφία από το internet:

- ▶ www.scopus.gr/