

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

**Μελέτη της ανάπτυξης του υδρογραφικού δικτύου του
ποταμού Καλέντζη με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων
Πληροφοριών**

Διπλωματική Εργασία του:
Δαρόγλου Δημήτρη

Υπεύθυνος καθηγητής:
Βουβαλίδης Κωνσταντίνος

Θεσσαλονίκη 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή
 - 1.1 Σκοπός εργασίας
 - 1.2 Περιοχή μελέτης
2. Γεωλογία – Τεκτονική
 - 2.1 Εισαγωγή
 - 2.2 Γεωολογικοί σχηματισμοί της ευρύτερης περιοχής
3. Στοιχεία Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών
4. Ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Καλέντζη
 - 4.1 Διαδικασία
 - 4.2 Νόμοι υδρογραφικής σύνθεσης
 - 4.2.1 Νόμος του αριθμού των κλάδων (1^{ος} νόμος του Horton)
 - 4.2.2 Νόμος του μήκους των κλάδων (2^{ος} νόμος του Horton)
 - 4.3 Υδρογραφική συχνότητα και πυκνότητα
 - 4.4 Ροδοδιαγράμματα διευθύνσεων κλάδων
5. Ανάλυση μορφολογικού αναγλύφου
 - 5.1 Στοιχεία ψηφιακών μοντέλων εδάφους
 - 5.2 Διαδικασία
 - 5.3 Ταξινόμηση αναγλύφου
 - 5.4 Κλίση αναγλύφου
6. Συμπεράσματα

Βιβλιογραφία

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός εργασίας

Η παρούσα εργασία έχει σαν στόχο την μελέτη της ανάπτυξης του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Καλέντζη (ΝΔ Θεσσαλία), καθώς και την ανάλυση του μορφολογικού αναγλύφου της λεκάνης, που αποτελεί τμήμα της υδρογραφικής λεκάνης του ποταμού Πηνειού και αναπτύσσεται στην ευρύτερη περιοχή της πόλης της Καρδίτσας, με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

1.2. Περιοχή μελέτης

Η υδρολογική λεκάνη του ποταμού Καλέντζη, πού είναι τμήμα της ευρύτερης λεκάνης απορροής του ποταμού Πηνειού, αναπτύσσεται κατά το μεγαλύτερο μέρος της νότια και δυτικά της πόλης της Καρδίτσας. Βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της Κεντρικής Πίνδου και ανήκει διοικητικά στο νομό Καρδίτσας. Ο νομός Καρδίτσας ανήκει στην Περιφέρεια Θεσσαλίας και καταλαμβάνει το νότιο-δυτικό τμήμα της.

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει τμήματα των παρακάτω έξι (6) από το σύνολο των είκοσι-ενός (21) Δήμων στο νομό Καρδίτσας:

- τμήματος του Δήμου Πλαστήρα στο βόρειο-δυτικό τμήμα
- ολόκληρου του Δήμου Μητροπόλεως στο κεντρικό τμήμα
- τμήματος του Δήμου Καρδίτσας στο βόρειο τμήμα
- ολόκληρου του Δήμου Ιτάμου στο νότιο-δυτικό τμήμα
- τμήματος του δήμου Κάμπου στο βόρειο-ανατολικό τμήμα
- ολόκληρου του Δήμου Καλλιφωνίου στο νότιο-ανατολικό τμήμα



Χάρτης 1: Πολιτικός χάρτης του νομού Καρδίτσας. Με κόκκινη γραμμή παρουσιάζεται ο υδροκρίτης του ποταμού Καλέντζης.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

2.1 Εισαγωγή

Η Καρδίτσα βρίσκεται στην επαφή μεταξύ Υποπελαγονικής και της ζώνης Ολονού-Πίνδου και αποτελούν την δυτική ζώνη των οφειολίθων της Ελλάδας. Πιο συγκεκριμένα πιστεύεται ότι οι δύο ζώνες αντιπροσωπεύουν μια παλιά ωκεάνια περιοχή με ιζήματα αβυσσικά - πετρολογικά και η υποπελαγονική αποτελούσε το χώρο της κατωφέρειας της πελαγονικής προς τον ωκεανό. Έτσι στην περιοχή έχουμε την πλήρη ανάπτυξη της οφειολιθικής ακολουθίας και τα ασβεστολιθικά (νηριτικά ή πελαγικά) ιζήματα ενώ πάνω σε αυτά επικάθεται ο φλύσχος που είναι και το τελευταίο ίζημα της αλπικής ορογένεσης που έπληξε τον ελληνικό χώρο. Η φύση του αναγλύφου του νομού είναι αποτέλεσμα πρόσφατων αλλά και παλαιότερων γεωλογικών διεργασιών, που καθόρισε τον ρυθμό ανάπτυξης της κάθε μιας περιοχής με αποτέλεσμα να υπάρχουν σημαντικές διαφορές πάνω σε οικονομικά και πολιτικοκοινωνικά θέματα. Πιο ειδικά το νοτιοδυτικό τμήμα του νομού που καταλαμβάνει το 50,4% της έκτασης απαρτίζεται από την οροσειρά της Πίνδου και τις απολήξεις της. Η έντονη φύση του αναγλύφου της οφείλεται στις τριτογενείς αλπικές πτυχώσεις των σχηματισμών που καταλαμβάνουν τους παλαιογεωγραφικούς χώρους της ζώνης της Πίνδου και της ενότητας της Δυτικής Θεσσαλίας. Οι πτυχώσεις αυτές μαζί με τα λοιπά τεκτονικά γεγονότα που ακολούθησαν είχαν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία των οροσειρών που στην περιοχή έχουν κυρίως βόρεια έως βορειοδυτική κατεύθυνση που είναι:

- Η ορεινή έξαρση που έχει άξονα τις κορυφές Ίταμος (1.490 μ.), Καψούνα (800 μ.) και Κοκοριανός (1.016 μ.), διεύθυνση

βορειοδυτική και εκφυλίζεται προς το νότιο μέρος του νομού. Η βουνοσειρά αυτή που αποτελείται από πετρώματα κυρίως της ενότητας της δυτικής Θεσσαλίας, που είναι η πρώτη που συναντάμε μετά την Θεσσαλική πεδιάδα, καλύπτεται κύρια από δάση δρυός.

- Η οροσειρά που αποτελείται από τις κορυφές Αγ. Νικόλαος (1.971μ.), Μούχα (1.274 μ.) και Βουλγάρα (1.654 μ.). Δομείται αποκλειστικά από σχηματισμούς της ζώνης της Πίνδου και καλύπτεται κύρια από δάση ελάτης.
- Η οροσειρά που περιλαμβάνει τις κορυφές Καραβούλα (1.736 μ.), Σχιζοκάραβο (1.690 μ.). Και η οροσειρά αυτή αποτελείται από πετρώματα της ζώνης της Πίνδου και καλύπτεται σε μεγάλο τμήμα από δάση ελάτης.
- Η οροσειρά που περιλαμβάνει τις κορυφές Ιτέα (1.745 μ.) - κείται στο νομό Ευρυτανίας - Μυρμυγκιά(1.543 μ.) και Δροσιά (1.760 μ.) -επί του νομού Άρτας. Η περιοχή αυτή δομείται από πετρώματα της ζώνης Γαβρόβου Τριπόλεως και καλύπτεται σε μεγάλο ποσοστό από δάση ελάτης.
- Η ορεινή περιοχή του νότιου τμήματος του νομού, περιλαμβάνει τις κορυφές Αμάραντος (1.021 μ.), Ρεντίνα (1.197 μ.), Κατάχλωρο (984 μ.) και Ζάχος(809 μ.). Η περιοχή αυτή σαφώς διαχωρίζεται μορφολογικά από τις προηγούμενες, γεγονός που οφείλεται στην διαφορετική κατά ένα μεγάλο μέρος γεωλογική δομή. Συγκεκριμένα στο νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής λείπουν οι έντονες πτυχώσεις των σχηματισμών, με αποτέλεσμα η μορφολογία να καθίσταται πιο ήπια. Σε αυτό συμβάλλει και η φύση των πετρωμάτων που ως επί το πλείστον είναι οφειολικά και ανήκουν στην ζώνη Ανατολικής Ελλάδας. Η μορφολογική αυτή ενότητα κυρίως φύεται από υποβαθμισμένους θαμνότοπους.

- Μεταξύ της Θεσσαλικής πεδιάδας και των ορεινών συγκροτημάτων που προαναφέρθηκαν, παρατηρείται ζώνη που χαρακτηρίζεται σαν ημιορεινή και καταλαμβάνει το 8,8% της συνολικής έκτασης του νομού. Η περιοχή αυτή αναπτύσσεται κυρίως πάνω στους Μολασικούς σχηματισμούς της Μεσοελληνικής αύλακος, χρησιμεύει σαν καλλιεργήσιμη γη, αλλά και σαν βοσκότοποι, ενώ σε σημαντική έκταση καλύπτεται από δρυς και θάμνους.

Στο βορειοανατολικό μέρος του νομού αναπτύσσεται ο Θεσσαλικός κάμπος που μπορεί να χαρακτηριστεί σαν τελείως επίπεδος. Ο κάμπος σχηματίζεται πάνω σε τεταρτογενείς σχηματισμούς, που κάλυψαν όλους τους υπόλοιπους γεωλογικούς σχηματισμούς και που γίνονται ορατοί στα περιθώρια της θεσσαλικής λεκάνης. Στην περιοχή υπάρχουν κάποια μικρά κοιτάσματα χρωμίτη τα οποία φιλοξενούνται σε περιδοτίτες, δουνίτες, σερπεντινίτες και τα οποία είναι μη εκμεταλλεύσιμα με τα σημερινά δεδομένα,. Επίσης στην περιοχή συναντώνται μικρά μη εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα μαγγανίου τα οποία φιλοξενούνται μέσα σε διαβάσεις και δολερίτες. Τέλος αναφέρουμε ότι στην περιοχή επικρατεί εφελκυστικό πεδίο τάσεων με αποτέλεσμα την δημιουργία και εμφάνιση κανονικών ρηγμάτων με κατεύθυνση κυρίως ΒΔ - ΝΑ τα οποία είναι μικρά και μικρού εστιακού βάθους και τα οποία εμφανίζουν μικρή συσσώρευση ενέργειας και άρα σεισμούς οι οποίοι συνήθως δεν ξεπερνούν το $M=5$.

Τα σημαντικότερα ρήγματα της περιοχής είναι αυτό του Μουζακίου και αυτό των Σοφάδων τα οποία στο παρελθόν έχουν δώσει σεισμούς έως και $M=5,5$.

2.2 Γεωλογικοί σχηματισμοί της ευρύτερης περιοχής

TETARTOGENEIS ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

α. Αλλούβια, ποτάμιες αποθέσεις, ποτάμιες αναβαθμίδες.

Εμφανίζονται ως επι το πλείστον στη Θεσσαλική πεδιάδα στους ποταμούς Πηνειό, Πορταϊκό και Πάμισο και στους παραπόταμους τους. Η σύσταση των αλλουβίων δεν είναι σταθερή και ποικίλει ανάλογα με το είδος των σχηματισμών του υποβάθρου ή της περιοχής τροφοδοσίας. Συνήθως πρόκειται για αργιλικά, αργιλοαμμώδη, ερυθρά αργιλοπυριτικά υλικά μέσα στα οποία υπάρχουν κροκάλες και λατύπες ασβεστολίθων, ραδιολαριτών και αφιολίθων. Το μέγιστο πάχος τους είναι δύσκολο να εκτιμηθεί αυξάνει όμως σημαντικά προς το κέντρο της Θεσσαλικής πεδιάδας όπου σύμφωνα με δεδομένα γεωτρήσεων υπερβαίνει τα 600 μέτρα. Οι ποτάμιες αποθέσεις – αναβαθμίδες αποτελούνται από κροκάλες ποικίλου μεγέθους με καλό βαθμό αποστρογγύλωσης και ασβεστολιθική ή πυριτική σύσταση. Προέρχονται κυρίως από σχηματισμούς της ζώνης της Πίνδου από την οποία πηγάζουν ο Πηνειός, ο Πορταϊκός και ο Πάμισος ποταμός. Μεταξύ των κροκαλών υπάρχει λεπτομερέστερο χαλικώδες, αμμώδες, και ερυθρό αργιλικό πυριτικό υλικό. Το πάχος των ποτάμιων αποθέσεων σύμφωνα με δεδομένα γεωτρήσεων υπερβαίνει κατά θέσεις τα 50 μέτρα.

β. Πλευρικά κορήματα, κώνοι κορημάτων. Αποτελούνται απόγωνιώδη τεμάχια κυρίως ασβεστολίθων διαφόρων φάσεων, μεγέθους ως ένα κυβικό μέτρο και σπανιότερα μεγαλύτερων, μεταξύ των οποίων υπάρχει λεπτομερέστερο υλικό από ασβεστολίθους, ραδιολαρίτες, πυριτιόλιθους και ψαμμίτες. Είναι ασύνδετα, εκτός ελαχίστων περιπτώσεων και εμφανίζονται στις απόκρυμνες πλαγιές της οροσειράς

και κυρίως στα σημεία όπου η αποσάθρωση των Αλπικών σχηματισμών διευκολύνεται εξ' αιτίας της έντονης τεκτονικής καταπόνησης.

ΜΟΛΑΣΣΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΣΟΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΥΛΑΚΑΣ

α. Σχηματισμός Φαναρίου. Εναλλαγές ανοικτόφαιων πηλινικών στρωμάτων πάχους 5-30 εκατοστών και μεσο-μικρόκοκκων ψαμμιτικών στρωμάτων πάχους 10-40 εκατοστών τα οποία συνήθως αποσφηνώνονται πλευρικά. Χαρακτηρίζεται από την παντελή απουσία κροκαλοπαγών σε αντίθεση με τον κανονικά υποκείμενο σχηματισμό του Πενταλόφου-Καναλίων ο οποίος αποτελείται κυρίως από ψαμμιτοκροκαλοπαγή. Το πάχος του σχηματισμού υπερβαίνει τα 300 μέτρα ενώ η ηλικία του, με βάση την ηλικία του υποκείμενου σχηματισμού και την ηλικία αντίστοιχων βορειότερων εμφανίσεων (BRUNN 1956, SAVOYAT & ΛΑΛΕΧΟΣ 1972) είναι Ανώτερο Ακουϊτάνιο – Βουρδιγάλιο. Εμφανίζεται βορείως του χωριού Φανάρι, στη νότια απόληξη της οροσειράς και έχει περιγραφεί με λεπτομέρεια από τους ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΣΙΔΕΡΗ (1977) σαν σχηματισμός A2.

β. Σχηματισμός Πενταλόφου – Καναλίων. Ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται από την εντυπωσιακή παρουσία κροκαλοπαγών σε στρώματα σημαντικού πάχους με ενδιαστρώσεις ψαμμιτών, πηλινών και σαπροπηλών (σχηματισμός A1 κατά ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΣΙΔΕΡΗ, 1977). Τα κροκαλοπαγή αποτελούνται από κροκάλες μεγέθους 5-20 εκατοστών οι οποίες προέρχονται από μεταμορφωμένα και εκρηξιγενή πετρώματα και συνδέονται με χαλαζιακό και αστρίουχο λεπτομερέστερο συνεκτικό υλικό. Οι ψαμμίτες είναι συνήθως χονδρόκοκκοι, έχουν πάχος στρωμάτων ως ένα περίπου μέτρο και συχνά παρουσιάζουν κοκκομετρική ταξινόμηση. Προς τα άνω εξελίσσονται κανονικά στον σχηματισμό Φαναρίου με σταδιακή μείωση της συχνότητας των

κροκαλοπαγών, ενώ επικάθονται ασύμφωνα άλλοτε μεν στον υποκείμενο μολассικό σχηματισμό του Επταχωρίου – Μητρόπολης άλλοτε δε στους Αλπικούς σχηματισμούς της ενότητας Δυτικής Θεσσαλίας. Προς τη βάση και στις περιοχές όπου υπόβαθρο είναι οι σχηματισμοί της ενότητας Δυτικής Θεσσαλίας επικρατούν λατυποκροκαλοπαγή με λατυποκροκάλες προερχόμενες από το υπόβαθρο οι οποίες συνδέονται με ασβεστολιθικό, πυριτικό ή αργιλομαργαϊκό υλικό. Η ηλικία του σχηματισμού με βάση μικροαπολιθώματα που βρέθηκαν είναι Ακουϊτάνιο, το δε πάχος του υπερβαίνει τα 300 μέτρα. Εμφανίζεται στην περιοχή Λεύκες στο Βόρειο Κόζιακα, δυτικά του χωριού Πορτής στον Ίταμο και στην ευρύτερη περιοχή του χωριού Κανάλια στη νότια απόληξη της οροσειράς.

γ. Σχηματισμός Επταχωρίου – Μητρόπολης. Ο σχηματισμός περιλαμβάνει κροκαλοπαγή με ενδιαστρώσεις ψαμμιτών και πηλιτών στη βάση, τα οποία εξελίσσονται προς τα άνω σε εναλλαγές πηλιτών και ψαμμιτών. Τα κροκαλοπαγή έχουν ερυθροϊώδες χρώμα και οι κροκάλες αποτελούνται από εκρηξιγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα και περιβάλλονται από αργιλοψαμμιτικό ή ερυθροπυριτικό υλικό. Οι πηλίτες έχουν ανοικτό στακτί ως ανοικτό καφέ χρώμα ενώ οι ψαμμίτες είναι συνήθως χονδρόκοκκοι και παρουσιάζουν συχνά κοκκομετρική ταξινόμηση. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Στάμπιο (BRUNN 1956, SAVOYAT & ΛΑΛΕΧΟΣ 1972) και το πάχος του είναι περίπου 250 μέτρα. Εμφανίζονται βορείως του χωριού διάβα, στο Βόρειο Κόζιακα, στην ευρύτερη περιοχή των χωριών Μητρόπολη, Άγιος Ακάκιος στη νότια απόληξη της οροσειράς και είναι αντίστοιχος των σχηματισμών M1, M2 κατά ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΣΙΔΕΡΗ (1977).

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

α. Φλύσχης. Εναλλαγές χονδρόκοκκων ψαμμιτικών στρωμάτων πάχους 10 – 80 εκατοστών και πηλινικών στρωμάτων πάχους 5 – 40 εκατοστών, με ορισμένες παρεμβολές μαργαϊκών ασβεστολίθων και κροκαλοπαγών τα οποία προέρχονται από μεταμορφωμένα και εκρηξιγενή πετρώματα. Προς τα ανώτερα στρώματα παρατηρούνται ολισθόλιθοι (Άγριος Φλύσχης) από Τριαδικούς ασβεστολίθους, οφιολίθους και Άνω Κρητιδικούς ασβεστολίθους. Η αρχή της φλύσχικης ιζηματογένεσης τοποθετείται στο Παλαιόκαινο ενώ το τέλος της στο Μέσο – Ανώτερο Ηώκαινο (AUBOUIN 1959). Εμφανίζεται κατά μήκος των δυτικών παρυφών της οροσειράς και το πάχος του θα πρέπει να υπερβαίνει τα 1000 μέτρα.

β. Σχηματισμός Ερυθρών Πηλινών Αμυγδαλής. Στρώματα ερυθρών – ερυθρωπών πηλινών πάχους 3 – 10 εκατοστών με παρεμβολές λεπτών οριζόντων μικρολατυποπαγών ασβεστολίθων με θραύσματα ραδιολαριτών και οφιολίθων οι οποίες μειώνονται σταδιακά προς τα άνω. Η ηλικία τους είναι Παλαιόκαινο και το πάχος τους κυμαίνεται από 6 – 20 μέτρα. Προς τα άνω εξελίσσονται κανονικά στο φλύσχη της ενότητας Δυτικής Θεσσαλίας με σταδιακές παρεμβολές στρωμάτων σκουρόχρωμων λεπτόκοκκων ψαμμιτών, στους ανώτερους ορίζοντες. Η τυπική θέση του σχηματισμού βρίσκεται στο χωριό Αμυγδαλή (PAPANIKOLAOU & SIDERIS, 1979) ενώ ωραίες επίσης εμφανίσεις υπάρχουν στα χωριά Κοτρώνι και Ελάτη καθώς και στο όρος Θυμίαμα.

γ. Σχηματισμός Ασβεστολίθων Θυμιάματος. Ερυθρωποί – λευκοί πελαγικοί και κατά θέσεις μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι πάχους 60 περίπου μέτρων. Οι μικρολατύπες προέρχονται από (i) οφιόλιθους, (ii) ραδιολαρίτες, (iii) κερατόλιθους, (iv) ερυθρούς πηλίτες, (v) θραύσματα ρουδιστών (vi) ασβεστολίθους διαφόρων φάσεων, έχουν

μέγεθος μέχρι 2 εκατοστά και σε αρκετούς ορίζοντες παρουσιάζουν κοκκομετρική ταξινόμηση. Μικροσκοπική εξέταση της συνδετικής ύλης των κατώτερων και των ενδιάμεσων στρωμάτων έδειξε ότι είναι μεταμορφικός σπαρίτης ενώ των ανώτερων στρωμάτων ότι είναι μικρίτης. Η ηλικία τους με βάση την μικροπανίδα που προσδιορίστηκε είναι Ανώτερο Κρητιδικό (Κενομάνιο – Μαιστρίχτιο). Το πάχος των κατώτερων στρωμάτων είναι 20 – 40 εκατοστά και προς τα ανώτερα μειώνεται σταδιακά σε 5 – 10 εκατοστά ενώ συγχρόνως επικρατεί το ερυθρό χρώμα. Προς τα άνω εξελίσσονται κανονικά στο σχηματισμό Ερυθρών Πηλιτών Αμυγδαλής. Εμφανίζονται κατά μήκος των δυτικών παρυφών της οροσειράς με πλέον χαρακτηριστικές εμφανίσεις στο όρος Θυμίαμα, στο χωριό Κοτρώνι, στο ύψωμα Παλαιόκαστρο και στο χωριό Αμυγδαλή.

δ. Κλαστικός Σχηματισμός Πορτής. Εναλλαγές στρωμάτων ψαμμιτών, πηλιτών, μαργαϊκών ασβεστολίθων, κερατολίθων και ραδιολαριτών με παρεμβολές σε ορισμένες θέσεις οφιολιθικών τεμαχών μεγέθους ως 30 εκατοστών και αποστρογγυλωμένων ογκολίθων από ωολιθικούς – μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους ηλικίας Δογгерίου – Μαλμίου. Οι ψαμμίτες είναι χονδρο – μεσόκοκκοι το πάχος των στρωμάτων τους είναι 10 – 40 εκατοστά και το υλικό τους προέρχεται κυρίως από οφιολιθικά πετρώματα και ραδιολαρίτες ενώ σε πολλές θέσεις παρατηρήθηκαν και τουρβιδιτικοί ορίζοντες. Οι πηλίτες και οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι έχουν εντυπωσιακά χαρακτηριστικά χρώματα (βυσσινί, ερυθρό, κίτρινο, ανοιχτό πράσινο και ιώδες) και το πάχος των στρωμάτων τους είναι 10 – 30 εκατοστά. Προς τα ανώτερα στρώματα επικρατούν σκουρόχρωμοι μεσόκοκκοι ψαμμίτες με ενδιαστρώσεις ασβεστολίθων οι οποίοι εξελίσσονται εν συνεχεία προς τα άνω με σταδιακή αύξηση των ασβεστολιθικών ενδιαστρώσεων στο σχηματισμό Ασβεστολίθων του Θυμιάματος. Η ηλικία του σχηματισμού, ο οποίος

είχε ονομαστεί «Βοιωτικός φλύσχης» (JAEGER, 1979), με βάση τη μικροπανίδα που βρέθηκε στα κατώτερα και στα ανώτερα στρώματα είναι Τιθώνιο – Άλβιο, το δε πάχος αν και είναι δύσκολο να εκτιμηθεί λόγω της πτύχωσης και των λεπιώσεων, θα πρέπει να κυμαίνεται από 80 – 200 μέτρα. Εμφανίζεται κατά μήκος της δυτικής πλευράς του νοτίου τμήματος της οροσειράς και συγκεκριμένα στις περιοχές των χωριών Πορτή, Ελληνόκαστο και Αμυγδαλή.

ε. Σχηματισμός Ραδιολαριτών – Πηλιτών Μουζακίου.

Πρόκειται για σχηματισμό ο οποίος χαρακτηρίζεται από την εντυπωσιακή παρουσία ραδιολαριτών, πηλιτών και κερατολίθων αφ' ενός και από ιδιόμορφες εμφανίσεις ανθρακικών και εκρηξιγενών πετρωμάτων αφ' ετέρου. Συγκεκριμένα οι ραδιολαρίτες, πηλίτες και κερατόλιθοι αποτελούν τους βασικούς λιθολογικούς τύπους του σχηματισμού και υπερέχουν από άποψη πάχους και έκτασης εμφάνισης των υπολοίπων ανθρακικών και εκρηξιγενών πετρωμάτων. οι ραδιολαρίτες – πηλίτες εναλλάσσονται μεταξύ τους, έχουν ερυθρό – ερυθροκαφέ χρώμα, πάχους στρωμάτων 5 – 15 εκατοστά και περιέχουν κατά θέσεις άφθονα ραδιολάρια, ενώ οι κερατόλιθοι εμφανίζονται ως επί το πλείστον πλησίον της επαφής με τα ασβεστολιθικά και οφιολιθικά μέλη του σχηματισμού. Σε διάφορα στρωματογραφικά ύψη και κατά μήκος της εμφάνισης των ραδιολαριτών – πηλιτών και κερατολίθων παρεμβάλλονται ανθρακικά και οφιολιθικά πετρώματα άλλοτε μεν υπό μορφή ενδιαστρώσεων άλλοτε δε σαν ολισθόλιθοι.

στ. Σχηματισμός Ασβεστολίθων Κόζιακα. Λευκοί, υπόλευκοι παχυστρωματώδεις ως άστρωτοι ωολιθικοί ασβεστόλιθοι οι οποίοι κατά θέσεις γίνονται μικρολατυποπαγείς. Μικροσκοπική εξέταση των ωολιθικών ασβεστολίθων έδειξε ότι πρόκειται για ωο - σπαρίτη και ενδο - ωο - σπαρίτη με *Protopeneplis striata* WEYNSCHENK ηλικίας Δογγέριο - Μαλμιο ενώ οι μικρολατύπες αποτελούνται από (i) ωο -

σπαρίτη και ενδο - σπαρίτη ηλικίας Δογγέριο - Μαλμιο (ii) ερυθρό μικρίτη Άνω Τριαδικής ηλικίας, (iii) ραδιολαρίτες (iv) κερατόλιθους. Το πάχος του σχηματισμού δεν είναι σταθερό και κυμαίνεται από 40 - 150 μέτρα. Προς τα άνω εξελίσσεται κανονικά σε εναλλαγές ραδιολαριτών - πηλιτών, ενώ πλευρικά μεταβαίνουν ή έχουν άμεση συγγενετική σχέση με τα μέλη Ασβεστολίθων Βορείου Κόζιακα, Ασβεστολίθων Αγίου Γεωργίου, Πολύμεικτων Λατυποπαγών Μαυροματίου και Ασβεστολίθων Προφήτη Ηλία. Ο σχηματισμός ασβεστολίθων του Κόζιακα εμφανίζεται κατά μήκος των υψηλότερων σημείων του Νοτίου Κόζιακα και συγκεκριμένα στις τοποθεσίες Κακοράχη, Καστανιά και Κρανιά.

ζ. Σχηματισμός Ασβεστολίθων Πορταϊκού. Λευκοί - ερυθρωποί λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι με ενδιαστρώσεις πυριτιολίθων οι οποίες μειώνονται σταδιακά προς τα άνω. Πρόκειται για απολιθωματοφόρους μικρίτες οι οποίοι περιέχουν κωνόδοντα Νορίου ηλικίας (Lacien, Alaunien, Sevatien). Το πάχος του σχηματισμού είναι δύσκολο να εκτιμηθεί λόγω της έντονης πτύχωσης θα πρέπει όμως να κυμαίνεται από 50 - 100 μέτρα. Προς τα άνω οι ασβεστόλιθοι εξελίσσονται κανονικά σε μεσοστρωματώδεις νηριτικούς ασβεστόλιθους Ιουρασικής ηλικίας οι οποίοι αποτελούν τη βάση του σχηματισμού Ασβεστολίθων Βιτουμά το οποίο αποτελείται από εναλλαγές ερυθρών πελαγικών ασβεστολίθων, ραδιολαριτών, κερατολίθων και ερυθρών πηλιτών. Η τυπική θέση εμφάνισης είναι οι πλευρές του φαραγγιού του Πορταϊκού ποταμού όπου υπάρχουν ωραίες φυσικές τομές του σχηματισμού.

η. Κλαστικός Σχηματισμός Πυλής. Εναλλαγές τεφρόχρωων ψαμμιτικών στρωμάτων πάχους 5 - 20 εκατοστών, ερυθρών πηλιτικών στρωμάτων πάχους 5 - 20 εκατοστών, μαργαϊκών ασβεστολιθικών στρωμάτων 5 - 10 εκατοστών και λεπτών στρωματιδίων ενδο-πελ-σπαρίτη οι οποίες εξελίσσονται προς τα άνω κανονικά στο σχηματισμό

Ασβεστολίθων του Πορταϊκού. Τα κορυφαία στρώματα του σχηματισμού έχουν ηλικία Κατώτερο Νόριο (Lacien) το δε πάχος του είναι τουλάχιστον 25 μέτρα. Εμφανίζεται Στην βόρεια όχθη του Πορταϊκού ποταμού δίπλα ακριβώς στο Βυζαντινό μοναστήρι της Πόρτα Παναγίας.

θ. Βασικά Οφιολιθικά Μέλη. Πρόκειται για βασालτικές λάβες οι οποίες εμφανίζονται συνήθως με μορφή pillow και σπανιότερα με μορφή φλεβών μέσα στα υπερβασικά οφιολιθικά μέλη. Συχνά η επιφάνεια των pillows ακολουθείται από στρώματα κερατολίθων και ραδιολαριτών ενώ προς το νότιο τμήμα της οροσειράς παρατηρούνται φακοειδείς ενδιαστρώσεις λαβών μεταξύ των στρωμάτων ραδιολαριτών - πηλιτών, πράγμα που αποδεικνύει τη στενή συγγενική τους σχέση. Τα βασικά οφιολιθικά μέλη εμφανίζονται κατά μήκος του μεγαλύτερου τμήματος των ανατολικών παρυφών της οροσειράς, με πλέον χαρακτηριστικές εμφανίσεις αυτές που βρίσκονται στα πρανή των δρόμων Μουζάκι - Παλαιομοναστήρι και Αγίου Βησσαρίωνα - Φιλύρας.

ι. Υπερβασικά Οφιολιθικά Μέλη. Πρόκειται για περιδοτίτες συνήθως σερπεντινωμένους οι οποίοι διασχίζονται από φλέβες λαβών και γάββρων. Εμφανίζονται κατά μήκος των ανατολικών παρυφών της οροσειράς και συγκεκριμένα στην ευρύτερη περιοχή των χωριών Καλονέρι, Γένεση, Προδρόμου και Γοργορυγίου.



Χάρτης 2 : Γεωλογικός χάρτης της περιοχής. Q: Πρόσφατοι έως σύγχρονοι σχηματισμοί, F: Σχηματισμοί του φλύσχη, Km: Μολασσικοί σχηματισμοί, Kpo: Ασβεστόλιθοι της ζώνης Ωλονού - Πίνδου, sh: Σχιστοκερατόλιθοι και σχιστοψαμμίτες με οφιόλιθους (από Σεισμοτεκτονικό χάρτη της Ελλάδος, ΙΓΜΕ 1989).

3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Η λειτουργία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Geographical Information Systems/GIS), στηρίζεται σε μία βάση δεδομένων η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορους χρήστες για την κάλυψη πληροφοριακών αναγκών. Ο αντικειμενικός σκοπός της συλλογής και αποθήκευσης των δεδομένων σε μία βάση, είναι η συσχέτιση γεγονότων και καταστάσεων τα οποία προηγουμένως ήταν χωριστά.

Σύμφωνα με τους Moore και Chow (1987) (από Αστάρια, 2004), τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι τα εξής:

Πλεονεκτήματα

- Τα δεδομένα διατηρούνται σε ψηφιακή μορφή (π.χ. σε σκληρό δίσκο, δισκέτες κλπ.) με αποτέλεσμα αφενός μεν να καταλαμβάνουν μικρό χώρο, αφετέρου δε να είναι εύχρηστα
- Οι γεωγραφικές βάσεις δεδομένων είναι ποσοτικές πληροφορίες οι οποίες είναι δυνατόν να καταχωρούνται κατά οποιαδήποτε γεωγραφική μονάδα ή διάταξη π.χ. κατά νομό, κατά κοινοτική ή δημοτική περιφέρεια, κατά τοπογραφικό ή γεωλογικό φύλλο χάρτη, κατά συγκεκριμένο δίκτυο κανάβου κλπ.
- Γεωγραφικές βάσεις δεδομένων είναι δυνατόν να δημιουργηθούν για οποιοδήποτε αντικείμενο, χαρακτηριστικό, ιδιότητα ή συνδυασμούς αυτών. Υπάρχοντα δεδομένα είναι δυνατόν να

ενσωματωθούν, με ή χωρίς αλλαγές και επεξεργασία, στη βάση δεδομένων, εφόσον είναι κατά χώρο προσανατολισμένα.

- Τα υπάρχοντα ηλεκτρονικά όργανα και λογισμικά, επιτρέπουν διάφορες μορφές επεξεργασίας, όπως μετρήσεις, χαρτογραφικές επικαλύψεις, μετατροπές κλπ.
- Γρήγορος και επαναλαμβανόμενος αναλυτικός έλεγχος ή εξέταση θεωρητικών μοντέλων για την εκτίμηση επιστημονικών κριτηρίων.
- Οι διάφορες μορφές εξαγόμενων αποτελεσμάτων παράγονται πολύ γρήγορα, αποτελούνται από μεμονωμένα ή σύνθετα θέματα, για οποιαδήποτε γεωγραφική θέση της βάσης δεδομένων και σε οποιαδήποτε κλίμακα.
- Εύκολη ενημέρωση της βάσης δεδομένων η οποία επιτρέπει τον αποτελεσματικό εντοπισμό και ανάλυση των αλλαγών που έγιναν σε δύο ή περισσότερες περιόδους.
- Πολλές μορφές ανάλυσης πραγματοποιούνται με πολύ μικρότερο κόστος απ' ό τι με τις κλασσικές μεθόδους. Παραδείγματος χάρη, στην περίπτωση συνδυασμού πολλών θεματικών χαρτών ή του υπολογισμού των εκθέσεων και κλίσεων από έναν τοπογραφικό χάρτη.
- Όλες οι αναλύσεις γίνονται κατά αντικειμενικό τρόπο, τα δε αποτελέσματα παράγονται αυτόματα.

Μειονεκτήματα

- Το αρχικό κόστος απόκτησης του συστήματος καθώς και της τεχνικής υποστήριξης και συντήρησης αυτού, είναι αρκετά υψηλό.
- Η αποτελεσματική χρήση του συστήματος προϋποθέτει την άρτια εκπαίδευση του κατάλληλου προσωπικού.

- Υπάρχουν προβλήματα κατά την μετατροπή και καταχώρηση ορισμένων προϋπαρχόντων δεδομένων σε συγκεκριμένη βάση δεδομένων.

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΕΝΤΖΗ

4.1 Διαδικασία

Για την ψηφιοποίηση του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού χρησιμοποιήθηκαν τα φύλλα τοπογραφικών χαρτών «ΚΑΡΔΙΤΣΑ» και «ΦΟΥΡΝΑ» της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού σε κλίμακα 1:50.000 (έκδοση ΓΥΣ 1971). Τα παραπάνω φύλλα χαρτών αρχικά σαρώθηκαν σε υπολογιστή με τη μορφή εικόνας “.tif”. Ακολούθως τα παραπάνω αρχεία εισήχθησαν σε πρόγραμμα Γ.Σ.Π (στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το MapInfo v 6.1) και χρησιμοποιήθηκαν σαν βάση για την δημιουργία των επιπέδων πληροφοριών (layers). Συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν τρία επίπεδα πληροφοριών με: α) τον υδροκρίτη, β) το υδρογραφικό δίκτυο και γ) τις υπολεκάνες τάξεως τετάρτης (4^{ης}) και άνω. Όλα τα παραπάνω επίπεδα πληροφοριών χρησιμοποιούν ως προβολικό σύστημα αναφοράς το ΕΓΣΑ '87. Το σύστημα ΕΓΣΑ '87 χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές GRS80, με αρχή το κεντρικό βάθρο του Διονύσου. Η Ελλάδα είναι χωρισμένη σε μία ζώνη με κεντρικό μεσημβρινό $\lambda_0=24^\circ$ και συντελεστή κλίμακας 0.9996. Ο κεντρικός μεσημβρινός απεικονίζεται στο επίπεδο σαν άξονας των Y, ενώ ο ισημερινός σαν άξονας των X. Για να μην υπάρχουν αρνητικές συντεταγμένες στον άξονα των X, θεωρήθηκε ότι ο κεντρικός μεσημβρινός έχει τιμή $X_0=500.000$ μέτρα. Η προβολή είναι εγκάρσια μερκατορική.

Αναλυτικότερα η ψηφιοποίηση έγινε ως εξής:

α) Η ψηφιοποίηση του υδροκρίτη έγινε με ένωση των σημείων μεγαλύτερων υψομέτρων κατά την πορεία του αναγλύφου από ύψωμα σε ύψωμα. Ο υδροκρίτης ορίζεται σαν η νοητή γραμμή που διαχωρίζει τη

ροή του νερού της βροχής στις δύο πλευρές των παραπάνω υψωμάτων (διαχωρίζει δηλαδή δύο γειτονικές λεκάνες απορροής).

β) Η ψηφιοποίηση του υδρογραφικού δικτύου έγινε ακολουθώντας τα ίχνη των μπλέ γραμμών. Η αρίθμηση έγινε κατά Strahler. Σύμφωνα με αυτή, ρεύματα τα οποία δεν δέχονται τα ύδατα μικρότερων κλάδων ρευμάτων ονομάζονται 1^{ης} τάξης. Σύνδεση δύο κλάδων 1^{ης} τάξης δημιουργεί ένα ρεύμα 2^{ης} τάξης. Σύνδεση δύο κλάδων 2^{ης} τάξης δημιουργεί ένα ρεύμα 3^{ης} τάξης κ.ο.κ. Η ταξινόμηση έγινε με βάση τα χαρακτηριστικά ροής της κοίτης, αν δηλαδή έχουμε διαρκή ή περιοδική ροή, ή αν έχουμε τεχνητή αύλακα.

γ) Οι υδρογραφικές υπολεκάνες που ψηφιοποιήθηκαν είναι όλες οι λεκάνες τέταρτης (4^{ης}) ή μεγαλύτερης τάξης. Οι υδρογραφικές υπολεκάνες που μελετήθηκαν είναι οι πέμπτης (5^{ης}) ή μεγαλύτερης τάξης.

4.2. Νόμοι υδρογραφικής σύνθεσης

Ακολουθεί η εφαρμογή των δύο νόμων του Horton για το σύνολο της περιοχής μελέτης αλλά και για τις λεκάνες 6^{ης} και 5^{ης} τάξης ξεχωριστά.

4.2.1. Νόμος του αριθμού των κλάδων (1^{ος} νόμος του Horton)

Ο πρώτος νόμος του Horton αναφέρεται στη σχέση του αριθμού των κλάδων κάθε τάξης ενός υδρογραφικού δικτύου.

Η διατύπωση του νόμου έχει ως εξής: «Ο αριθμός των διαδοχικά μικρότερης τάξης κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου, τείνει να σχηματίσει μια αύξουσα γεωμετρική ακολουθία, της οποίας ο πρώτος

όρος είναι η μονάδα (ο απλός κλάδος της μεγαλύτερης τάξης) και λόγος, ο λόγος διακλαδώσεως R_b ».

Η μαθηματική έκφραση του νόμου έχει ως εξής:

$$N_u = R_b^{(k-u)}$$

όπου: N_u = αριθμός ρευμάτων τάξης u

K = μέγιστη τάξη

u = ζητούμενη τάξη

R_b = λόγος διακλάδωσης, ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

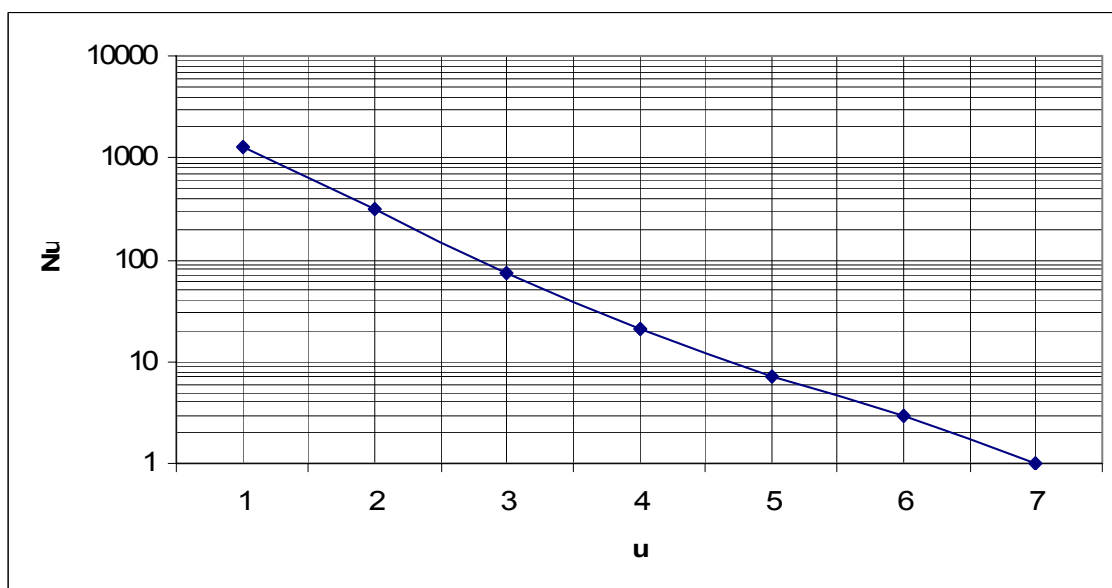
$$R_b = \frac{N_u}{N(u+1)}$$

Εφαρμογή του 1ου νόμου του Horton

α) Για ολόκληρη την περιοχή μελέτης

u	N_u	R_b
1	1273	
2	317	4,0
3	74	4,3
4	21	3,5
5	7	3,0
6	3	2,3
7	1	3,0
Σ	1696	

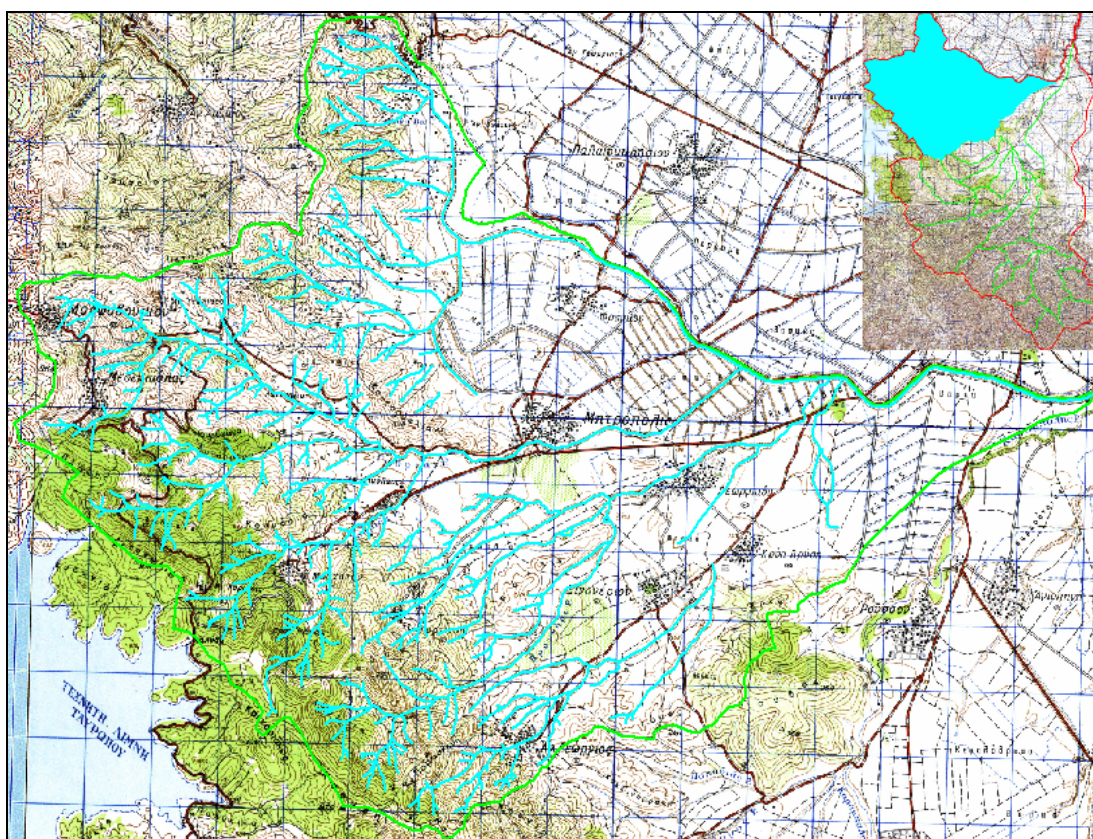
$R_b = 3,4$



β) Για τις λεκάνες 6^{ης} τάξης

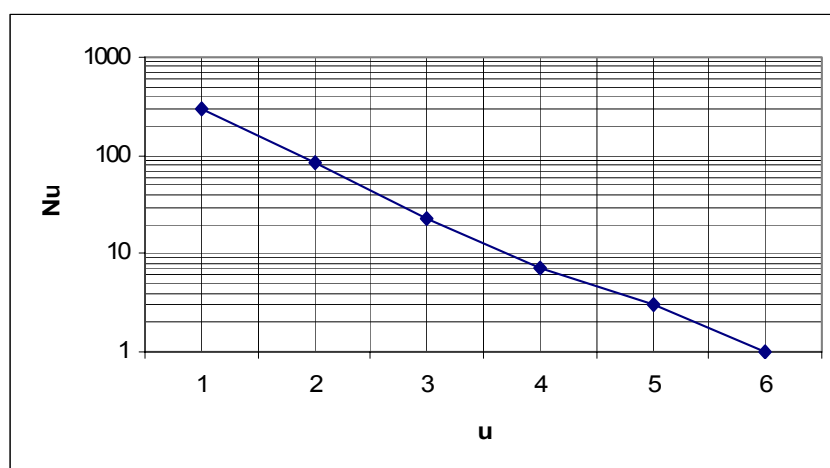
ι) Για την βόρεια λεκάνη

Η λεκάνη αποφορτίζεται κυρίως μέσω του ρέματος «Γαβρία». Περιλαμβάνει τα χωριά Μητρόπολη, Άγιο Γεώργιο, και Γεωργικό. Το υδρογραφικό δίκτυο της είναι δενδριτικής μορφής με έντονη όμως την ανθρώπινη παρέμβαση στο βόρειο σύνορο της λεκάνης. Αποτελεί την μικρότερη λεκάνη 6^{ης} τάξης.



u	Nu	Rb
1	303	
2	85	3,6
3	23	3,7
4	7	3,3
5	3	2,3
6	1	3,0
Σ	422	

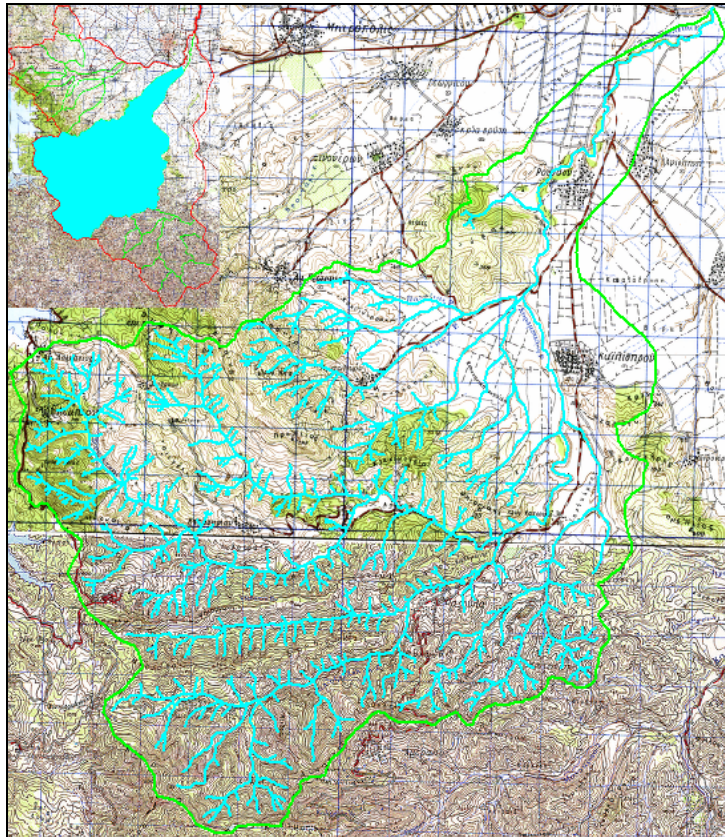
Rb=	3,2
-----	-----



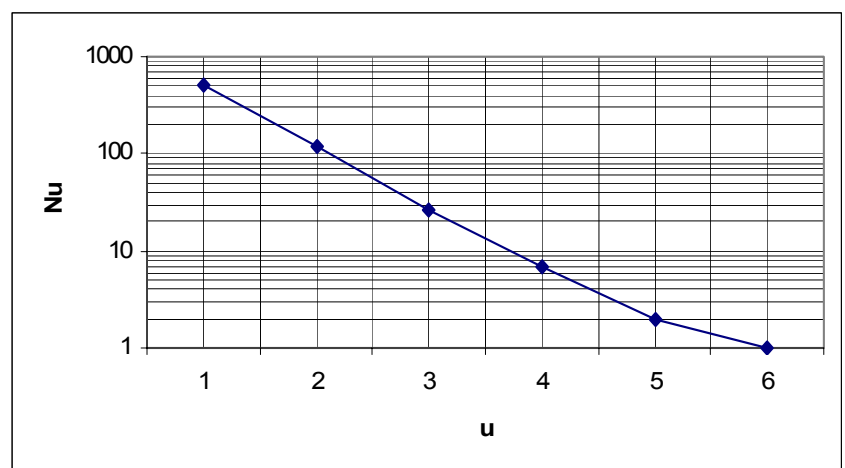
ii) Για την ενδιάμεση λεκάνη

Η λεκάνη αποφορτίζεται μέσω του ρέματος «Καράμπαλης». Στην έκταση της περιλαμβάνονται τα χωριά Ρούσσο και Καλλίθηρο.

Το υδρογραφικό της δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής. Αποτελεί την 2^η μεγαλύτερη λεκάνη 6^{ης} τάξης.



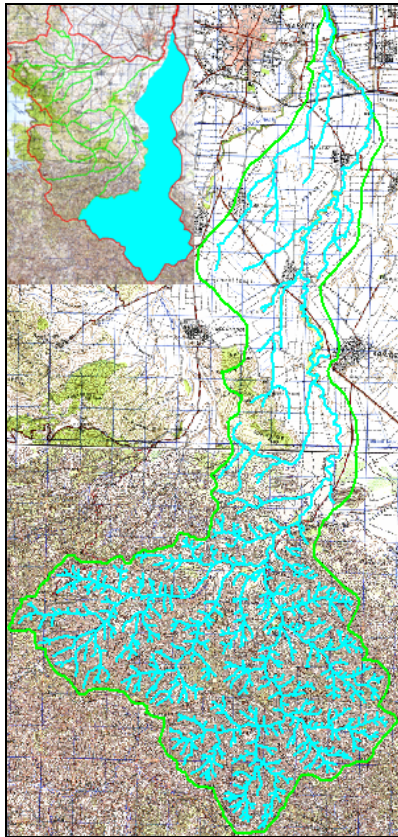
u	Nu	Rb		
1	498			
2	116	4,3		
3	26	4,5		
4	7	3,7		
5	2	3,5		
6	1	2,0	Rb=	3,6
Σ	650			



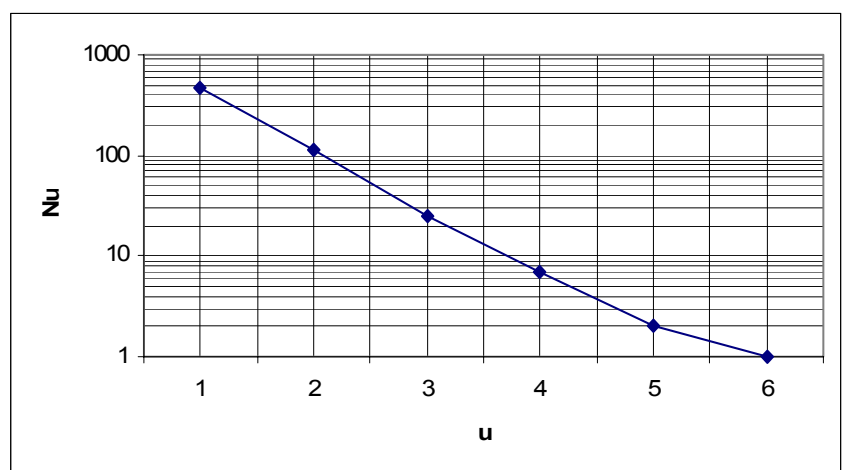
iii) Για την νότια λεκάνη

Η λεκάνη αποφορτίζεται μέσω του «Καλέντζη». Στην εκταση της περιλαμβάνονται τα χωριά Μέλισσα, Αγιοπηγή, Δαφνοσπηλιά και Απιδέα.

Το υδρογραφικό της δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής. Αποτελεί την μεγαλύτερη λεκάνη 6^{ης} τάξης.



u	Nu	Rb		
1	472			
2	116	4,1		
3	25	4,6		
4	7	3,6		
5	2	3,5		
6	1	2,0	Rb=	3,6
Σ	623			

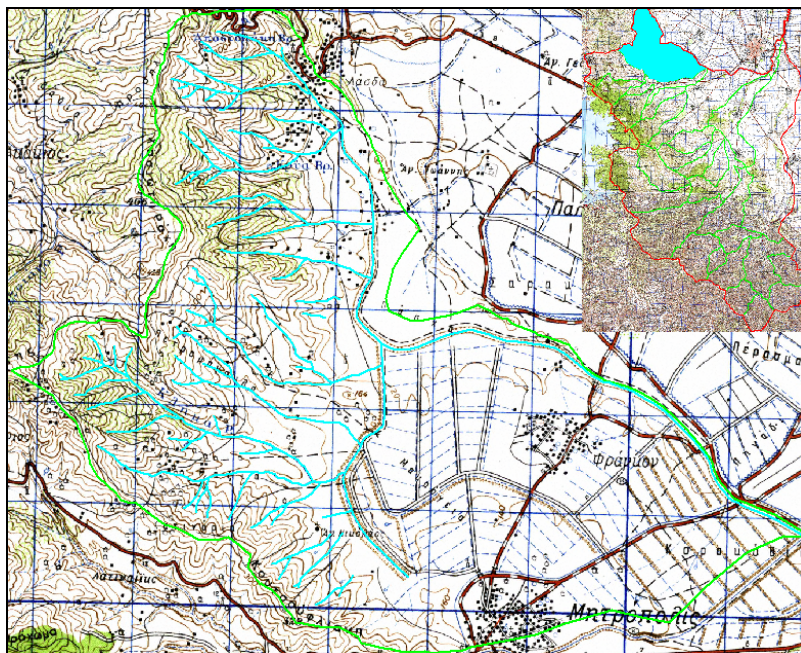


γ) Για τις λεκάνες 5^{ης} τάξης

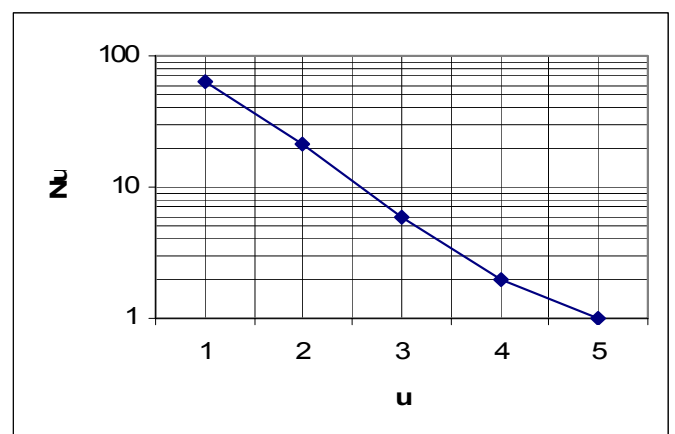
Όλες οι λεκάνες 5^{ης} τάξης αποτελούν υπολεκάνες των παραπάνω 6^{ης} τάξης λεκανών. Η ονομασία τους έγινε με βάση ποιας λεκάνης 6^{ης} τάξης αποτελούν υπολεκάνη. Έτσι η βόρεια 6^{ης} τάξης λεκάνη αποτελείται από τις B1 και B2 υπολεκάνες 5^{ης} τάξης κ.ο.κ.

ι) Λεκάνη B1

Αποφορτίζεται μέσω του τεχνητού καναλιού στο βόρειο σύνορο της περιοχής μελέτης. Στην εκταση της περιλαμβάνεται το χωριό Φράγκον. Το υδρογραφικό της δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής.

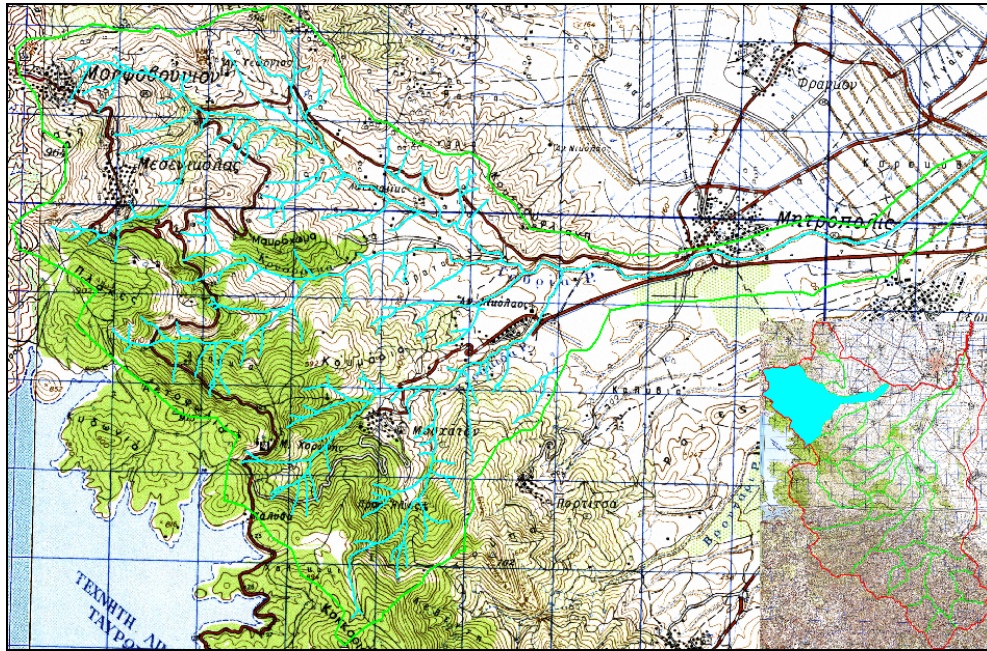


u	Nu	Rb		
1	64			
2	21	3,0		
3	6	3,5		
4	2	3,0		
5	1	2,0	Rb=	2,9
Σ	94			

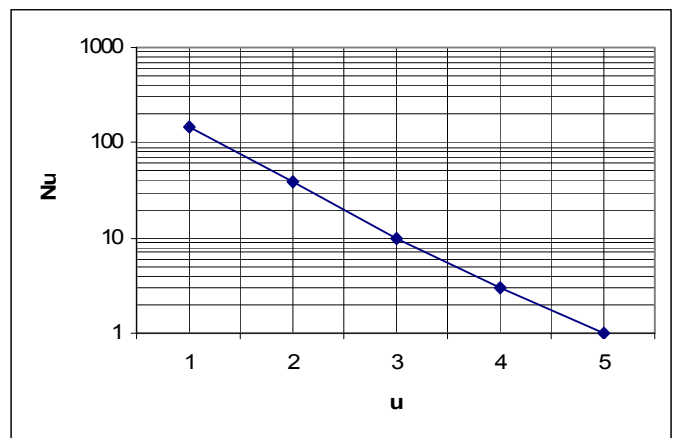


ii) Λεκάνη B2

Αποφορτίζεται μέσω του ρέματος «Γαβρία». Στην έκταση της περιλαμβάνει τα χωριά Μορφοβούνιον και Μοσχάτο. Το υδρογραφικό της δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής.

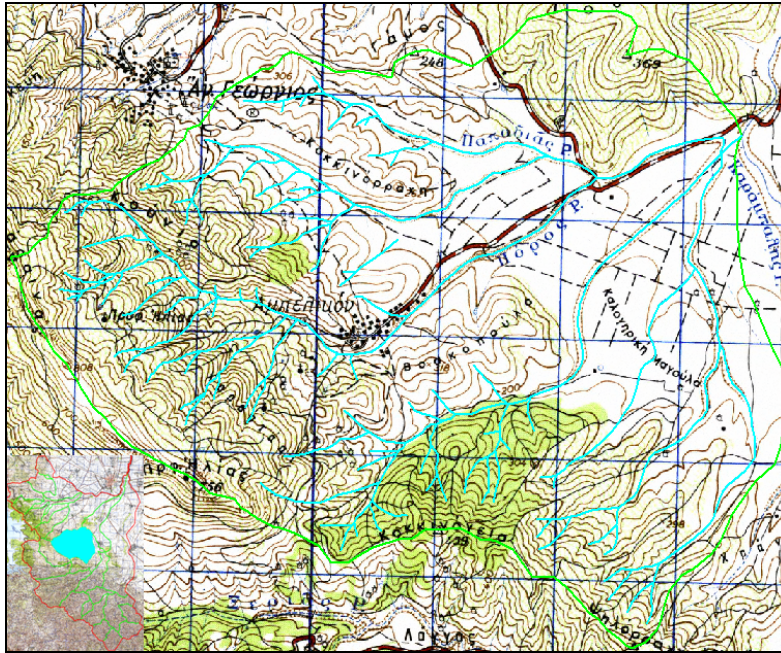


u	Nu	Rb
1	144	
2	38	3,8
3	10	3,8
4	3	3,3
5	1	3,0
Σ	196	Rb= 3,5

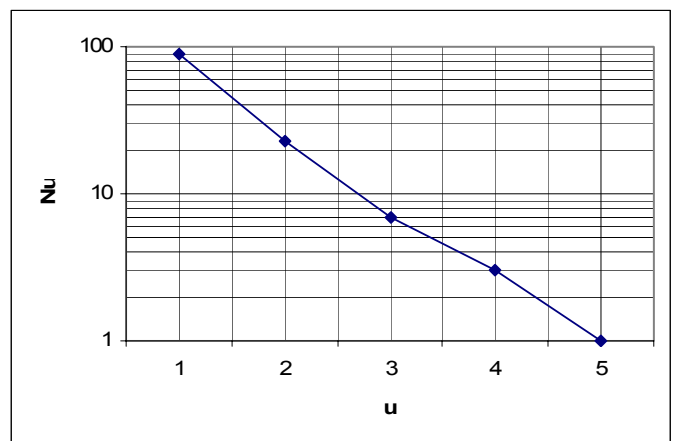


iii) Λεκάνη E1

Αποφορτίζεται μέσω των ρεμάτων «Παπαδίας» και «Πόρος». Στην έκταση της περιλαμβάνεται το χωριό Αμπελικό. Το υδρογραφικό τη δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής. Αποτελεί την μικρότερη 5^η τάξης λεκάνη της περιοχής μελέτης.

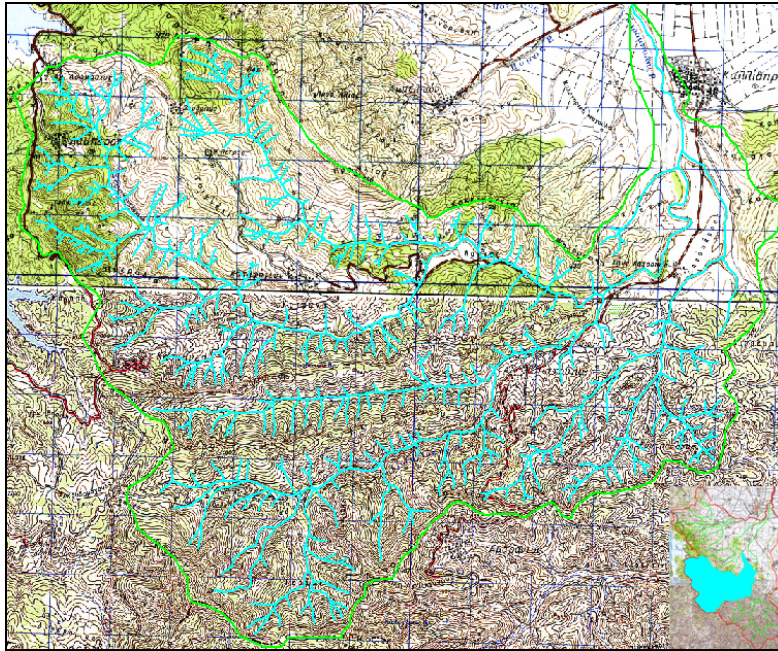


u	Nu	Rb		
1	89			
2	23	3,9		
3	7	3,3		
4	3	2,3		
5	1	3,0	Rb=	3,1
Σ	123			

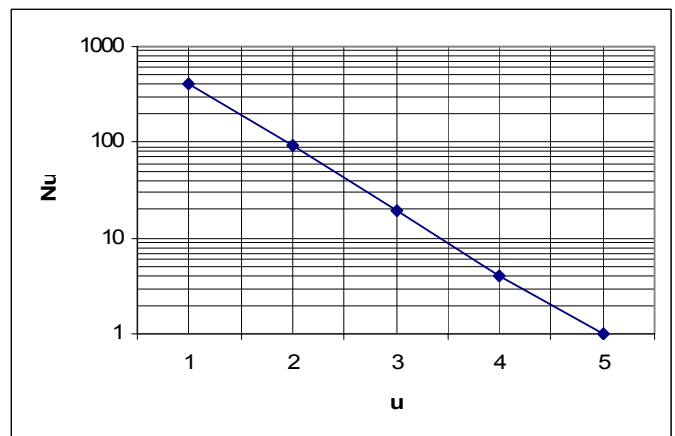


iv) Λεκάνη E2

Αποφορτίζεται μέσω του ρέματος «Καράμπαλης». Στην έκταση της περιλαμβάνονται τα χωριά Λαμπερόν και Ραχούλα. Το υδρογραφικό της δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής. Αποτελεί την μεγαλύτερη 5^{ης} τάξης λεκάνη της περιοχής μελέτης.

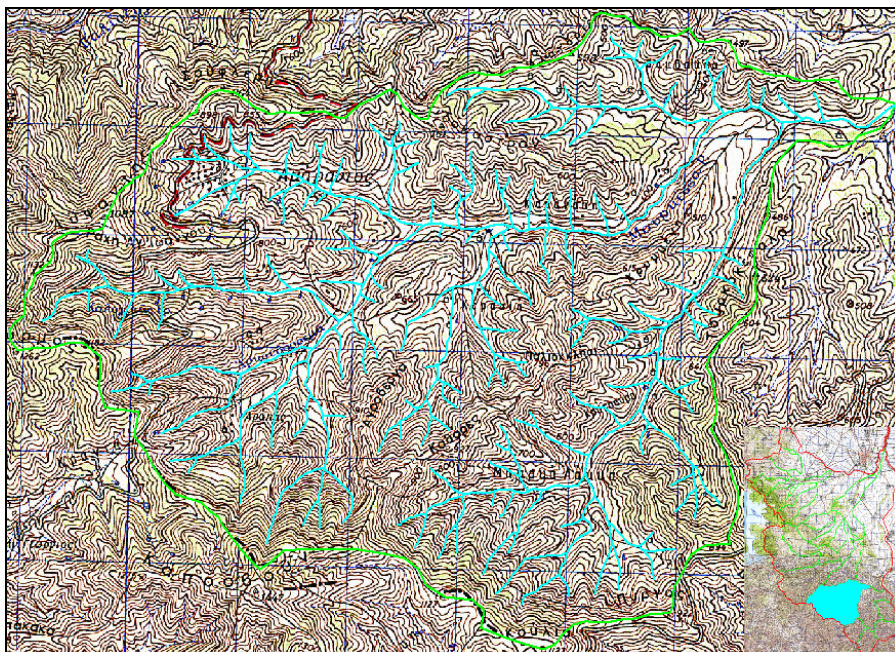


u	Nu	Rb		
1	406			
2	92	4,4		
3	19	4,8		
4	4	4,8		
5	1	4,0	Rb=	4,5
Σ	522			

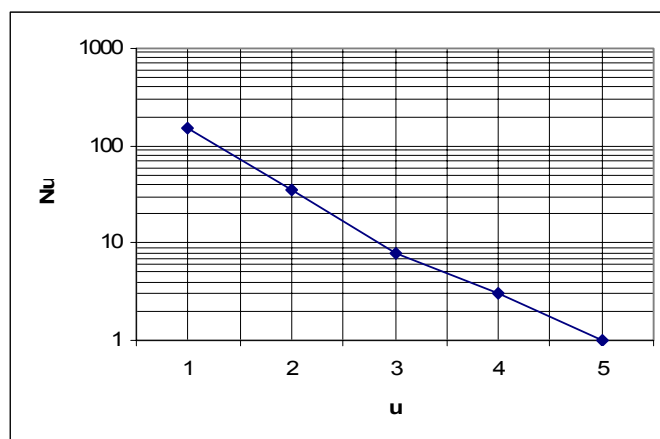


ν) Λεκάνη N1

Αποφορτίζεται μέσω του ρέματος «Μουρκέσσα». Στην έκταση της περιλαμβάνει το χωριό Αμάραντος. Το υδρογραφικό της δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής.

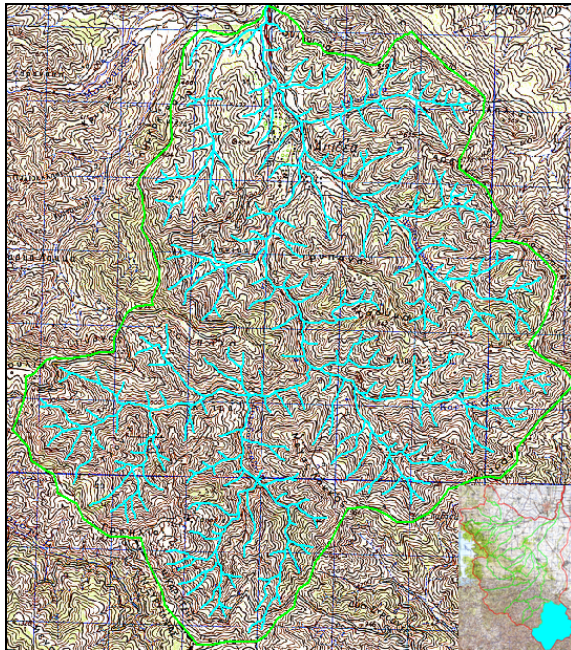


u	Nu	Rb		
1	152			
2	35	4,3		
3	8	4,4		
4	3	2,7		
5	1	3,0	Rb=	3,6
Σ	199			

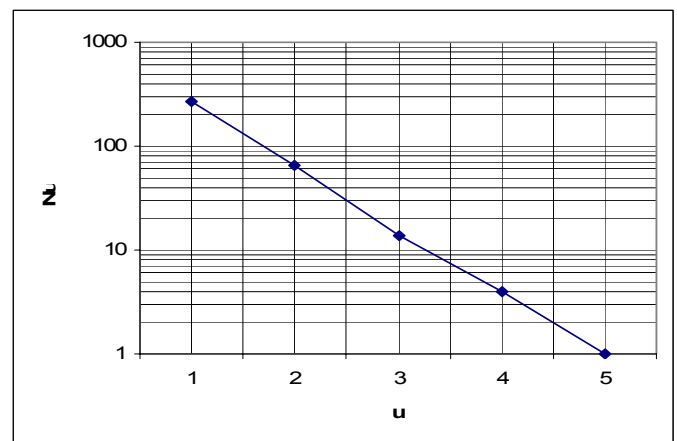


vi) Λεκάνη N2

Στην έκταση της περιλαμβάνει το χωριό Απιδέα. Το υδρογραφικό της δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής.



u	Nu	Rb		
1	267			
2	66	4,0		
3	14	4,7		
4	4	3,5		
5	1	4,0	Rb=	4,1
Σ	352			



4.2.2. Νόμος του μήκους των κλάδων (2^{ος} νόμος του Horton)

Ο δεύτερος νόμος του Horton αφορά την σχέση του μέσου μήκους των κλάδων κάθε τάξης σε ένα υδρογραφικό δίκτυο.

Η διατύπωση του νόμου έχει ως εξής: «Τα αθροιστικά μήκη των διαδοχικά μεγαλύτερης τάξης κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου, τείνουν να σχηματίσουν μία αύξουσα γεωμετρική ακολουθία, της οποίας πρώτος όρος είναι το μέσο μήκος των κλάδων 1^{ης} τάξης και λόγος, ο λόγος του μήκους R_L ».

Η μαθηματική έκφραση του νόμου έχει ως εξής:

$$\sum \bar{L}_u = \bar{L}_1 R_L^{(u-1)}$$

όπου: $\bar{L}_u$ = το μέσο μήκος των κλάδων τάξης u

$\bar{L}_1$ = το μέσο μήκος του κλάδου 1^{ης} τάξης

u = ζητούμενη τάξη

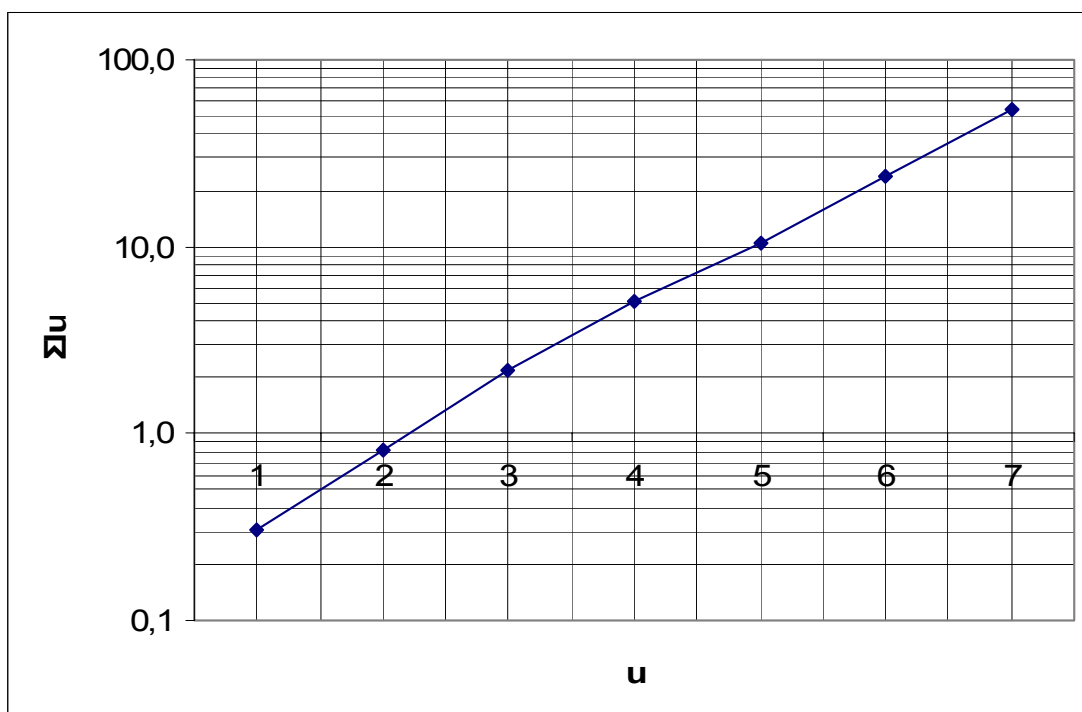
R_L = λόγος του μήκους, ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

$$R_L = \frac{\sum \bar{L}_u}{\sum [\bar{L}(u-1)]}$$

Εφαρμογή του 2ου νόμου του Horton

α) Για ολόκληρη την περιοχή μελέτης

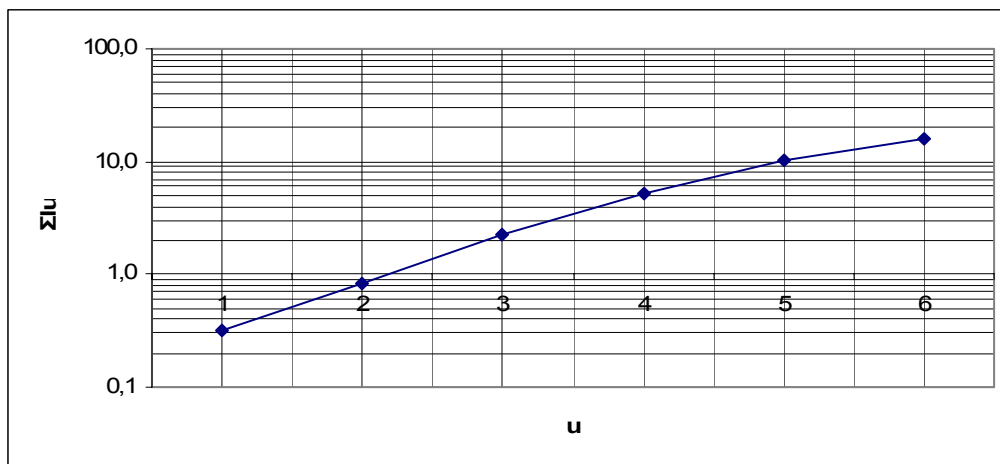
u	Nu	Lu	lu	Σlu	R _L		
1	1273	387,8	0,3	0,3			
2	317	158,9	0,5	0,8	2,6		
3	74	100,6	1,4	2,2	2,7		
4	21	62,88	3,0	5,2	2,4		
5	7	38	5,4	10,6	2,1		
6	3	40,17	13,4	24,0	2,3		
7	1	29,69	29,7	53,7	2,2	R _L =	2,4



β) Για τις λεκάνες 6^{ης} τάξης

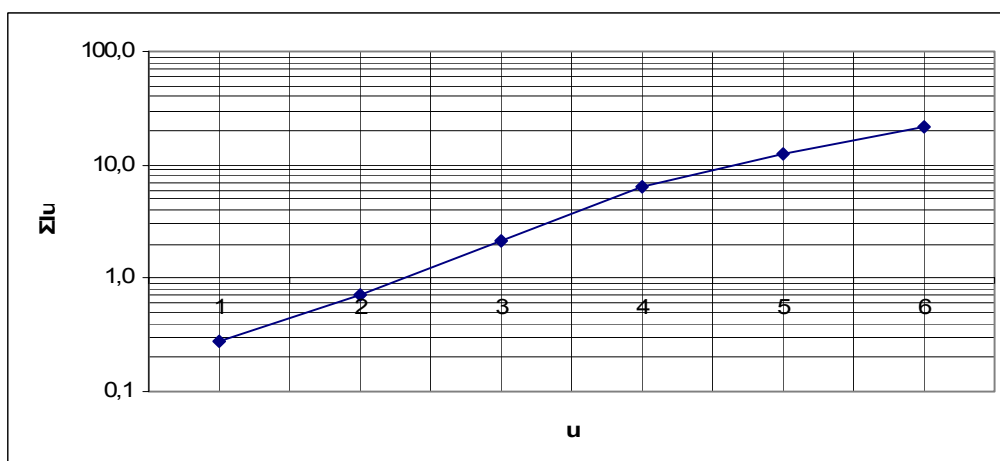
i) Για την βόρεια λεκάνη

u	Nu	Lu	lu	Σlu	R _L		
1	303	96,89	0,3	0,3			
2	85	42,72	0,5	0,8	2,6		
3	23	33,69	1,5	2,3	2,8		
4	7	19,75	2,8	5,1	2,2		
5	3	15,42	5,1	10,2	2,0		
6	1	5,928	5,9	16,2	1,6	R _{L=}	2,2



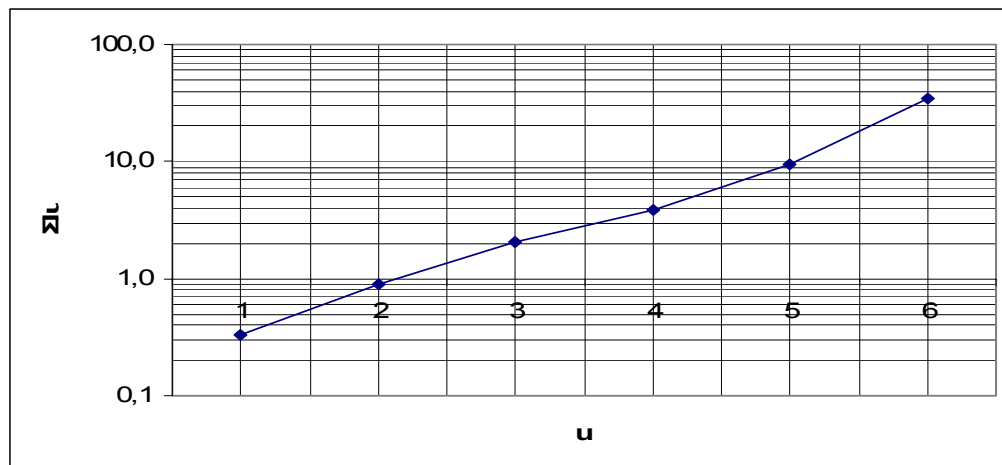
ii) Για την ενδιάμεση λεκάνη

u	Nu	Lu	lu	Σlu	R _L		
1	498	136,7	0,3	0,3			
2	116	51,78	0,4	0,7	2,6		
3	26	37,06	1,4	2,1	3,0		
4	7	30,53	4,4	6,5	3,0		
5	2	11,55	5,8	12,3	1,9		
6	1	9,001	9,0	21,3	1,7	R _{L=}	2,5



iii) Για την νότια λεκάνη

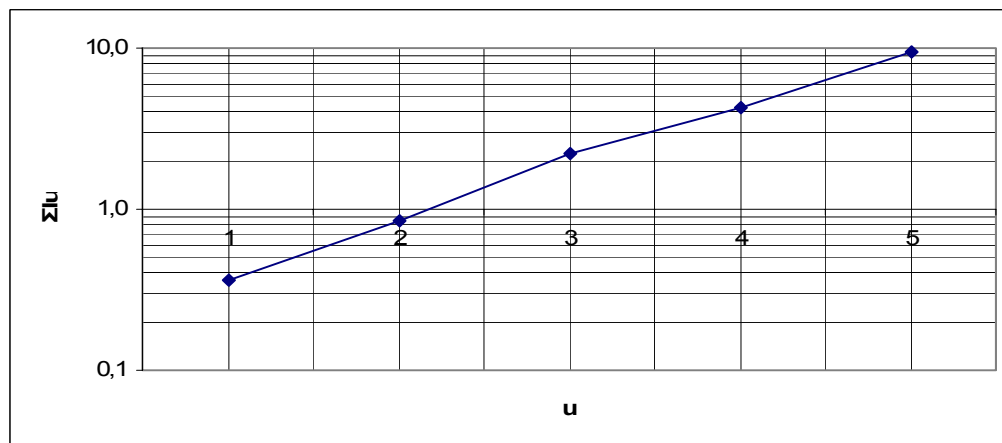
u	Nu	Lu	lu	Σlu	R _L		
1	472	154,2	0,3	0,3			
2	116	64,4	0,6	0,9	2,7		
3	25	29,84	1,2	2,1	2,4		
4	7	12,61	1,8	3,9	1,9		
5	2	11,03	5,5	9,4	2,4		
6	1	25,24	25,2	34,6	3,7	R _{L=}	2,6



γ) Για τις λεκάνες 5^{ης} τάξης

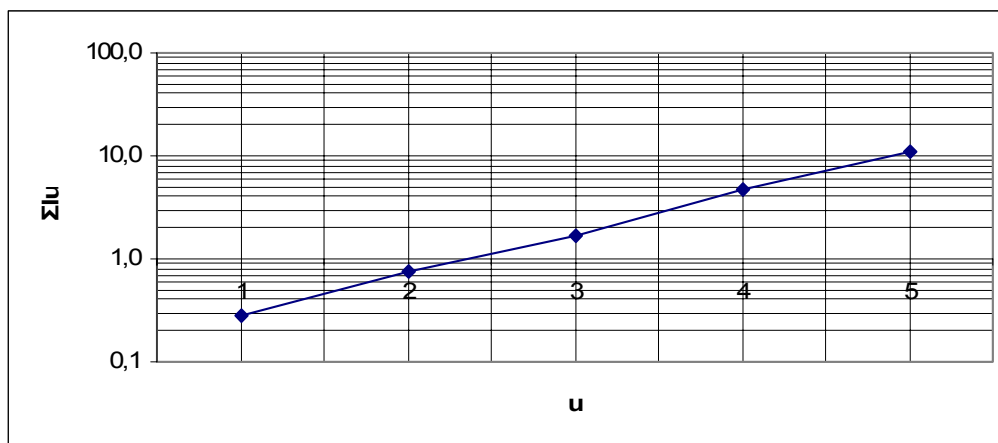
i) Λεκάνη B1

u	Nu	Lu	lu	Σlu	R _L		
1	64	23,45	0,4	0,4			
2	21	10,33	0,5	0,9	2,3		
3	6	8,019	1,3	2,2	2,6		
4	2	4,217	2,1	4,3	2,0		
5	1	5,069	5,1	9,4	2,2	R _{L=}	2,3



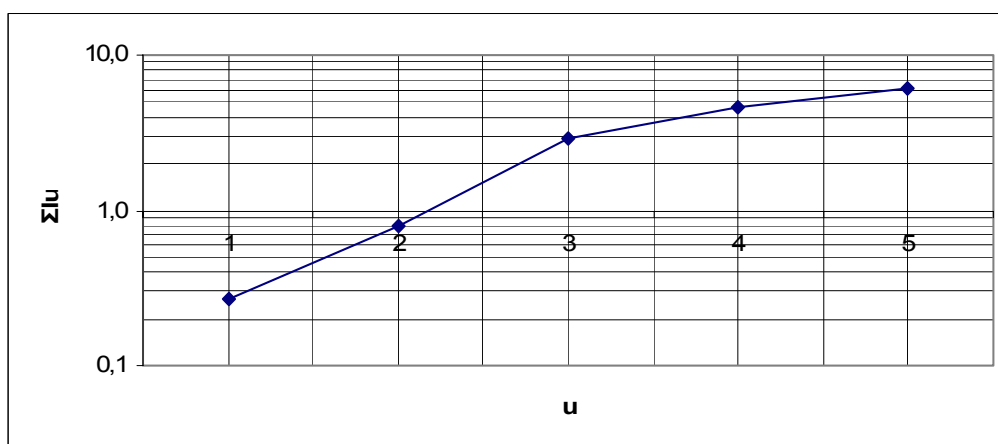
ii) Λεκάνη B2

u	Nu	Lu	lu	Σlu	R_L		
1	144	39,78	0,3	0,3			
2	38	18,25	0,5	0,8	2,7		
3	10	8,823	0,9	1,6	2,2		
4	3	9,313	3,1	4,7	2,9		
5	1	6,22	6,2	11,0	2,3	$R_{L=}$	2,5



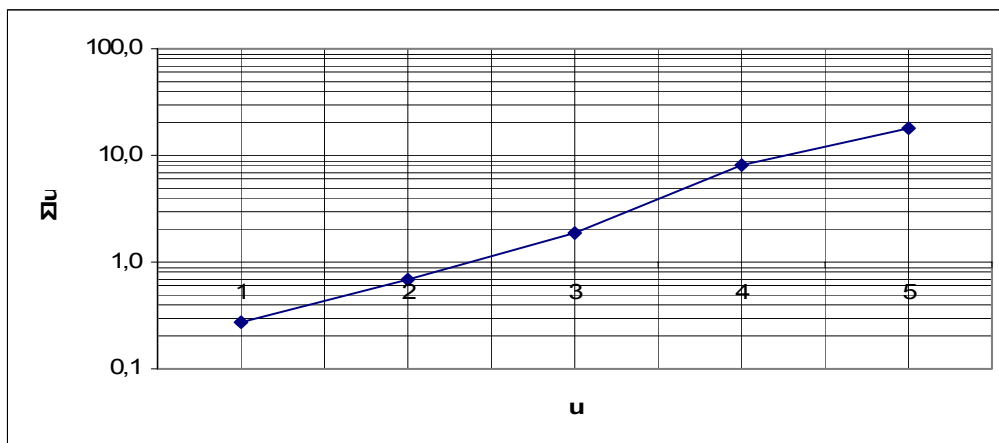
iii) Λεκάνη E1

u	Nu	Lu	lu	Σlu	R_L		
1	89	24,02	0,3	0,3			
2	23	12,12	0,5	0,8	3,0		
3	7	14,52	2,1	2,9	3,6		
4	3	5,43	1,8	4,7	1,6		
5	1	1,506	1,5	6,2	1,3	$R_{L=}$	2,4



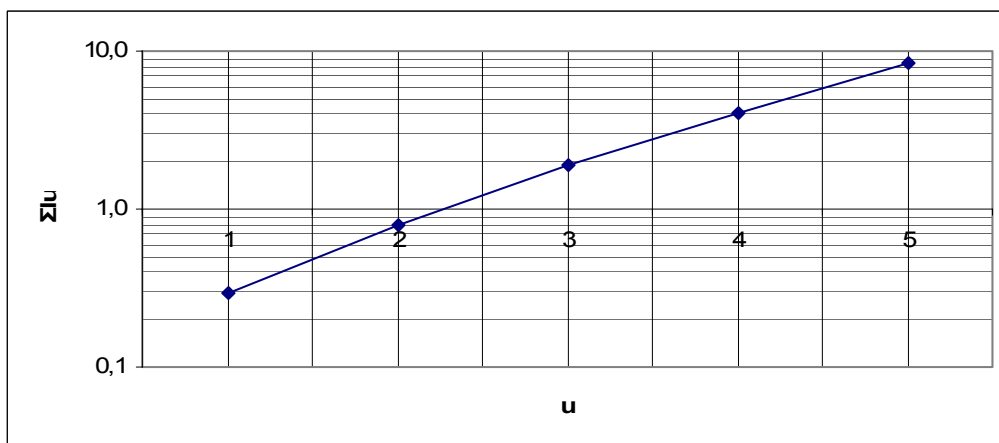
iv) Λεκάνη E2

u	Nu	Lu	lu	Σlu	R _L		
1	406	110,7	0,3	0,3			
2	92	37,94	0,4	0,7	2,5		
3	19	22,54	1,2	1,9	2,7		
4	4	25,1	6,3	8,1	4,4		
5	1	10,04	10,0	18,2	2,2	R _{L=}	3,0



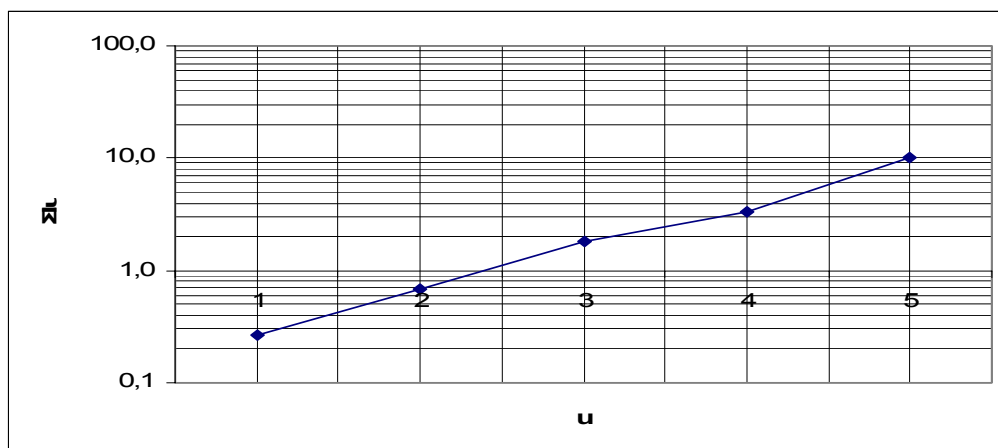
v) Λεκάνη N1

u	Nu	Lu	lu	Σlu	R _L		
1	152	45,2	0,3	0,3			
2	35	17,5	0,5	0,8	2,7		
3	8	8,736	1,1	1,9	2,4		
4	3	6,501	2,2	4,1	2,1		
5	1	4,302	4,3	8,4	2,1	R _{L=}	2,3



vi) Λεκάνη N2

u	Nu	Lu	lu	Σlu	R _L		
1	267	72,01	0,3	0,3			
2	66	27,52	0,4	0,7	2,5		
3	14	15,71	1,1	1,8	2,6		
4	4	6,105	1,5	3,3	1,8		
5	1	6,73	6,7	10,1	3,0	R _{L=}	2,5



4.3. Υδρογραφική συχνότητα και πυκνότητα

Υδρογραφική πυκνότητα D

Ως υδρογραφική πυκνότητα D ορίζουμε τον λόγο του συνολικού μήκους όλων των κλάδων του δικτύου μιας αυτοτελούς λεκάνης απορροής, διά του εμβαδού της λεκάνης αυτής.

$$D = \frac{(\Sigma L)u}{Au}$$

Υδρογραφική συχνότητα F

Ως υδρογραφική συχνότητα ορίζουμε τον λόγο του συνολικού αριθμού των κλάδων μιας λεκάνης απορροής διά του εμβαδού της λεκάνης αυτής.

$$F = \frac{(\Sigma N)u}{Au}$$

Υπολογισμός της υδρογραφικής συχνότητας και πυκνότητας

α) Για ολόκληρη την περιοχή μελέτης

Εμβαδόν λεκάνης (Au)	Μήκος κλάδων λεκάνης [(ΣL)u]	Υδρογραφική πυκνότητα (D)	Αριθμός κλάδων λεκάνης [(ΣN)u]	Υδρογραφική συχνότητα (F)
323,9 km ²	818,1 km	2,53 km⁻¹	1696	5,24 km⁻²

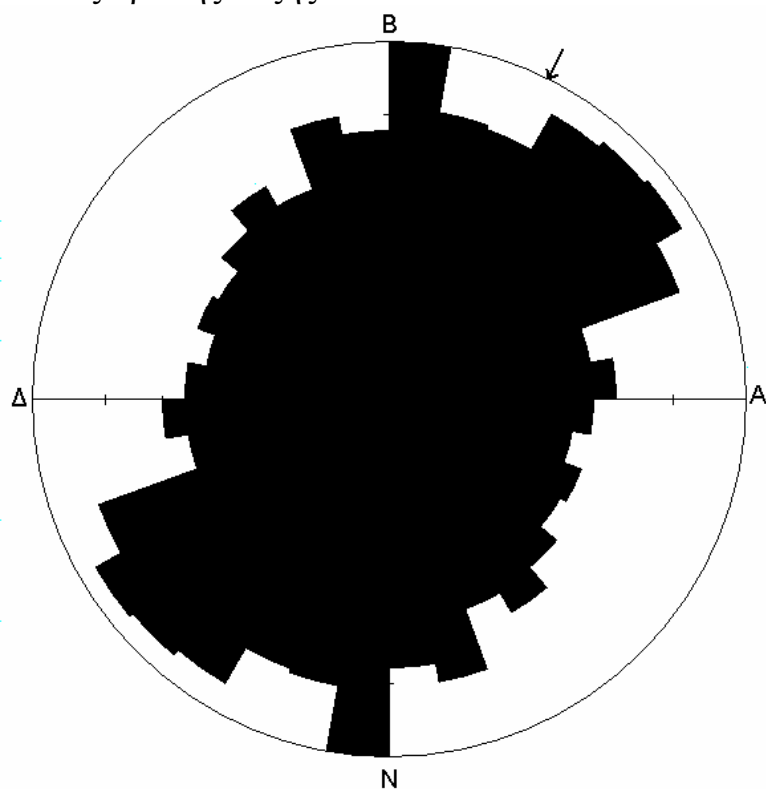
β) Για τις επιμέρους λεκάνες ξεχωριστά

Λεκάνη	Au (km ²)	ΣLu (km)	D (km ⁻¹)	ΣNu	F (km ⁻²)
B	89,61	214,4	2,39	422	4,71
E	112,5	276,7	2,46	650	5,78
N	118,4	297,3	2,51	623	5,26
B1	23,8	51,08	2,15	94	3,95
B2	29,24	82,39	2,82	196	6,70
E1	21,94	57,6	2,63	123	5,61
E2	74,88	206,3	2,76	522	6,97
N1	26,76	82,24	3,07	199	7,44
N2	36,89	128,1	3,47	352	9,54

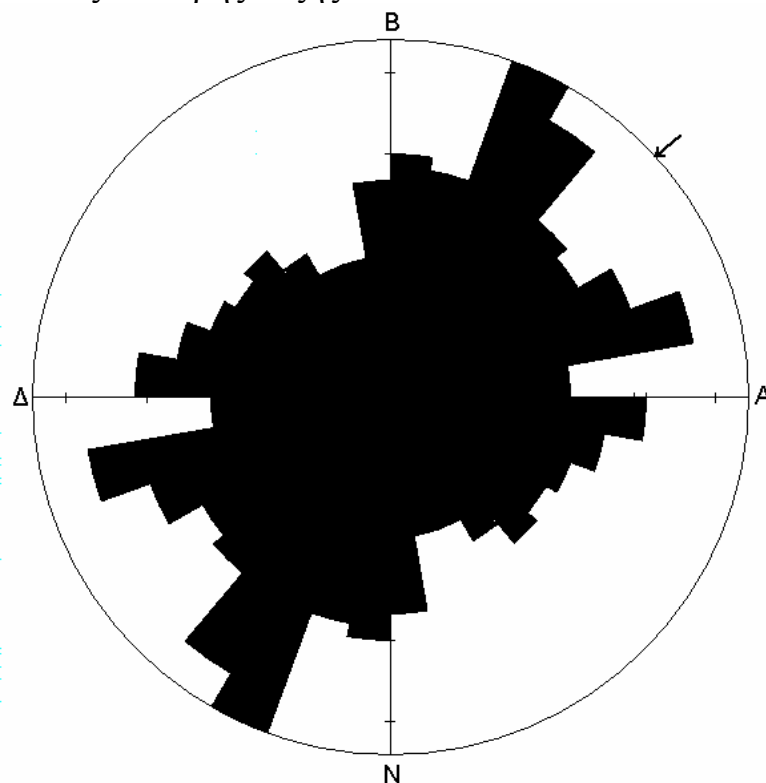
4.4. Ροδοδιαγράμματα διευθύνσεων κλάδων

(για ολόκληρη την περιοχή μελέτης)

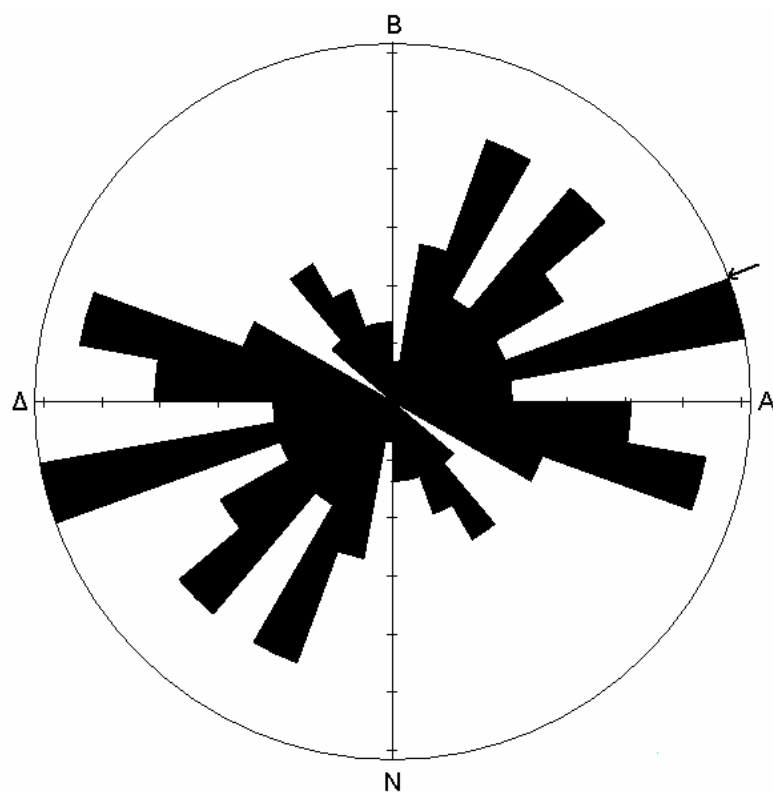
α) για τους κλάδους πρώτης τάξης



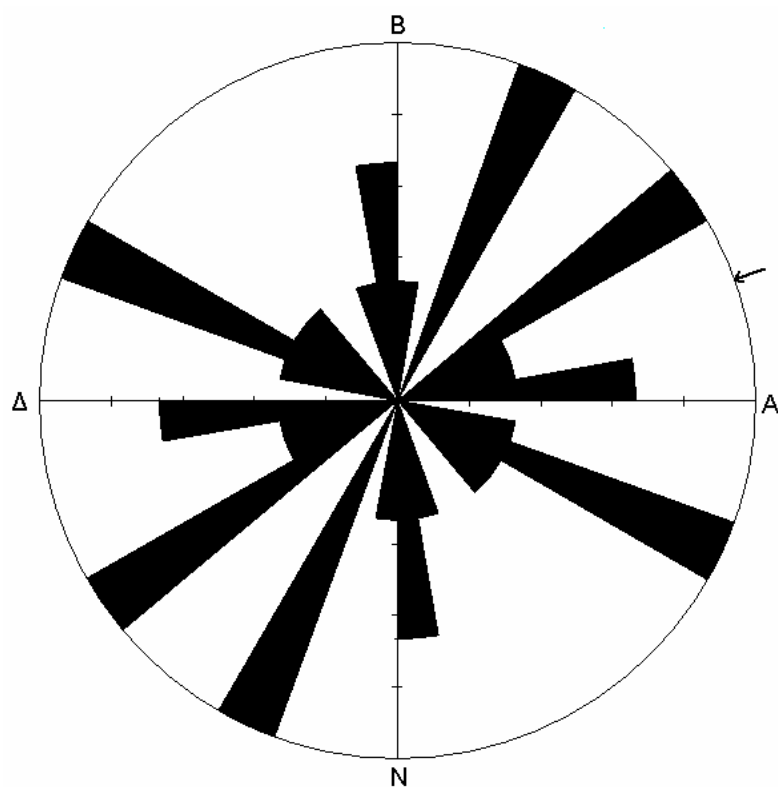
β) για τους κλάδους δεύτερης τάξης



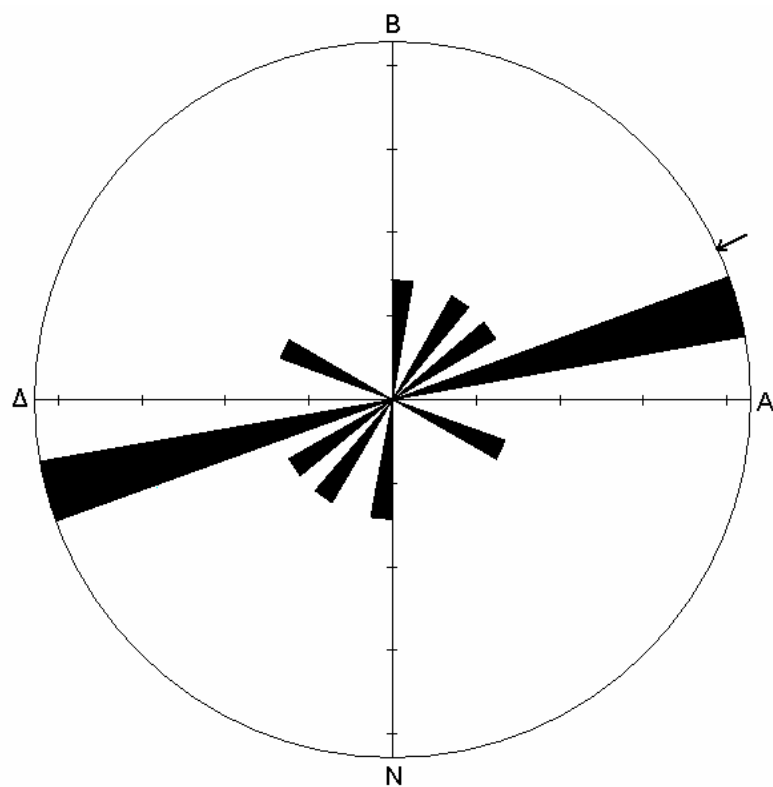
γ)για τους κλάδους τρίτης τάξης



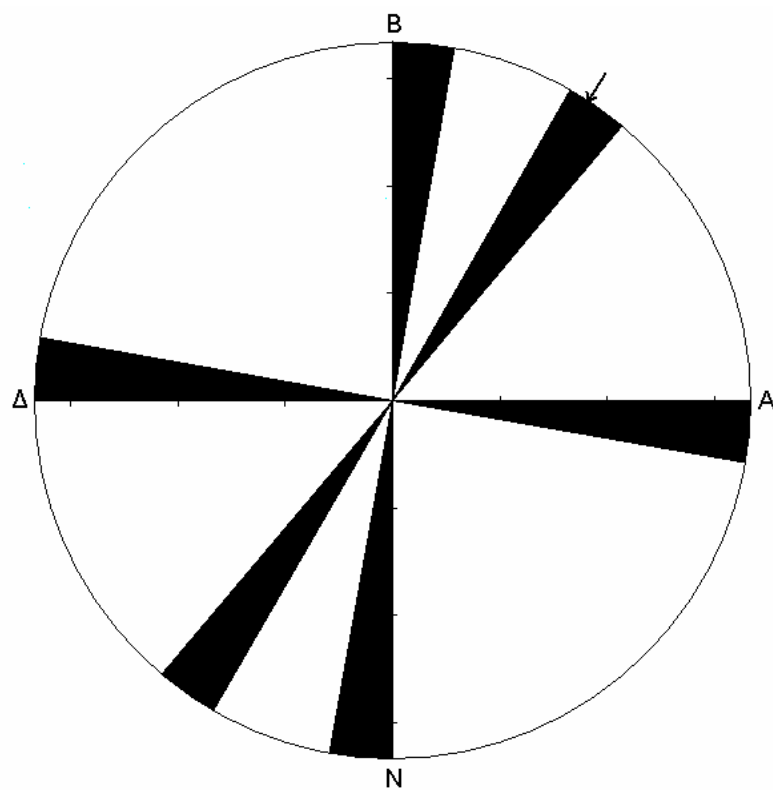
δ)για τους κλάδους τέταρτης τάξης



ε)για τους κλάδους πέμπτης τάξης



στ)για τους κλάδους έκτης τάξης



5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ

5.1 Στοιχεία ψηφιακών μοντέλων εδάφους

Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους είναι μία ψηφιακή αναπαράσταση της μεταβλητότητας του αναγλύφου στο χώρο, οπότε χρησιμοποιούνται για την ανάλυση της τοπογραφίας μιας περιοχής. Στη διεθνή βιβλιογραφία τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους αναφέρονται με διάφορους όρους, όπως DTM (Digital Terrain Model), DEM (Digital Elevation Model), DTD (Digital Terrain Data) και DTED (Digital Terrain Elevation Data).

Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις εφαρμογών, όπως:

- για τη παραγωγή χαρτών «σκιασμένου αναγλύφου» (shaded relief maps), υψομέτρων, κλίσεων και εκθέσεων
- για την κατασκευή ψηφιακών τοπογραφικών χαρτών
- για την ομαδοποίηση και καταμέτρηση χαρακτηριστικών αντικειμένων κατά κλάσεις υψομέτρων, κλίσεων ή εκθέσεων
- για την διευκόλυνση υδρολογικών μελετών (υδρογραφικό δίκτυο, όρια λεκάνης απορροής κλπ.)

Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους παράγονται με την ψηφιοποίηση τοπογραφικών χαρτών, τη φωτογραμμετρική ανάλυση αεροφωτογραφιών και τέλος, με την ανάλυση στερεοζευγών δορυφορικών δεδομένων όταν είναι επιθυμητή η χονδρική (μη λεπτομερής) αναπαράσταση του αναγλύφου.

5.2 Διαδικασία

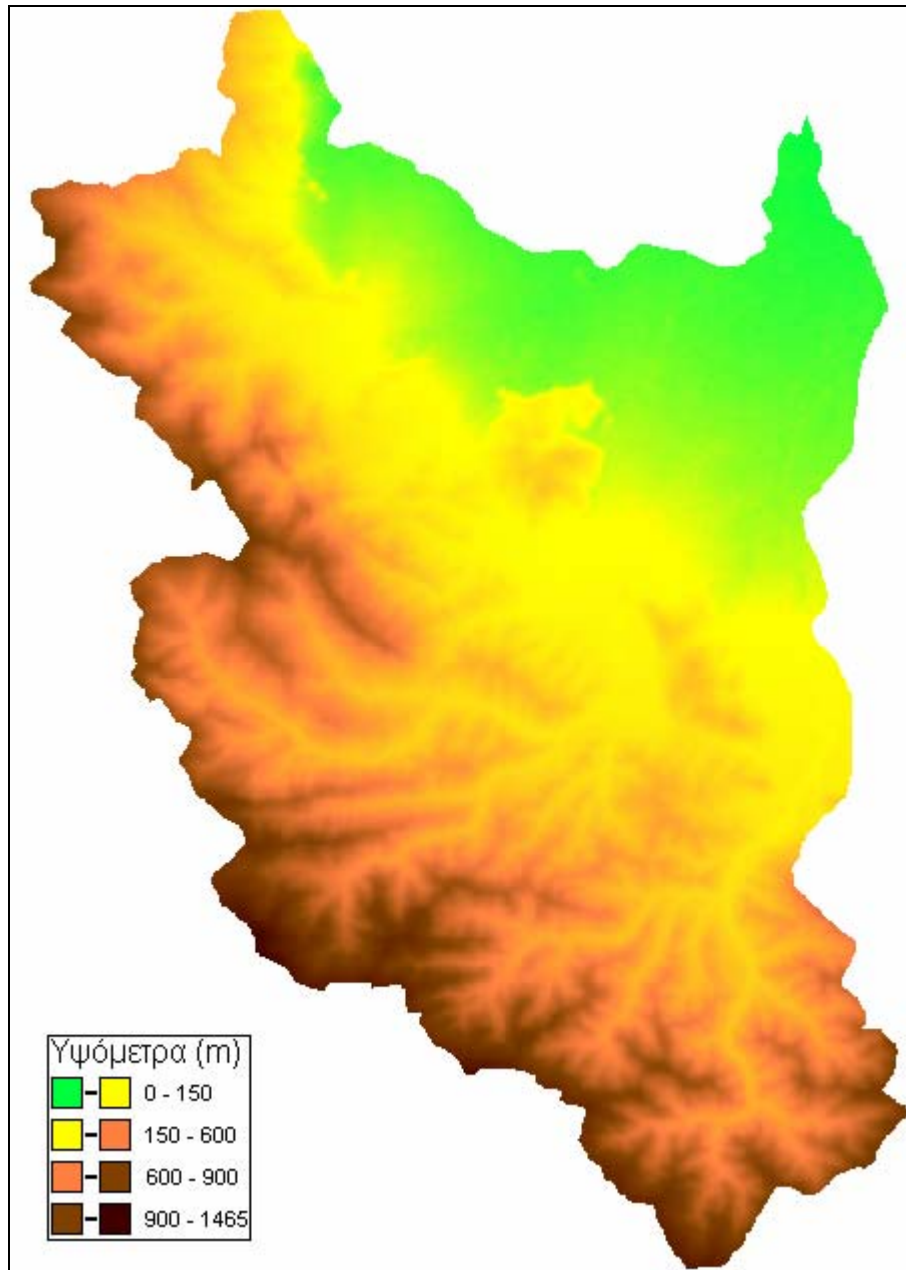
Η ανάλυση των χαρακτηριστικών του εδάφους βοηθάει στην αναγνώριση διάφορων γεωμορφών και στην κατανόηση της εξέλιξης της περιοχής. Για αυτό το σκοπό έγινε ανάλυση του Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρων (DEM) της περιοχής μελέτης. Ο κάναβος (grid) που χρησιμοποιήθηκε έχει μέγεθος κελιού 40 m πού είναι το καταλληλότερο ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της ψηφιοποίησης (χάρτες κλίμακας 1:50.000), την πολυπλοκότητα του αναγλύφου και τις παραγώγους του εδάφους που αναλύθηκαν (Kienzle, 2004). Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία είναι το Vertical Mapper v 3.1.

5.3 Ταξινόμηση αναγλύφου

Η παραμετροποίηση και η ποσοτικοποίηση των ιδιοτήτων της υδρολογικής λεκάνης είναι θέματα με τα οποία έχουν ασχοληθεί πολλοί επιστήμονες. 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 περιοχή ορισμένο χαρακτηρισμό. Έτσι περιοχές με υψόμετρο:

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

Χρησιμοποιώντας το ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων (DEM) κατασκευάστηκε ο χάρτης υψομέτρων, σύμφωνα με την ταξινόμηση του Dikau, 1989 (από Φουρνιάδη, 2002, Κούλα, 2003).



Από τη χωρική κατανομή των υψομέτρων διαπιστώνεται ότι το 4,9% της λεκάνης απορροής χαρακτηρίζεται ως ορεινή περιοχή. Οι περιοχές που χαρακτηρίζονται ως ημιορεινές (20,6%) και λοφώδεις (51,9%) είναι ουσιαστικά τα πρανή της κοιλάδας του ποταμού, εκατέρωθεν της κοίτης του. Η περιοχή που χαρακτηρίζεται ως πεδινή καταλαμβάνει το 22,6% της λεκάνης του ποταμού Καλέντζη.

Εύρος υψομέτρων	Τύπος αναγλύφου	Ποσοστό έκτασης	Έκταση(km ²)
<150	Πεδινό	22,6%	72,8
150-600	Λοφώδες	51,9%	167,2
600-900	Ημιορεινό	20,6%	66,4
>900	Ορεινό	4,9%	15,8

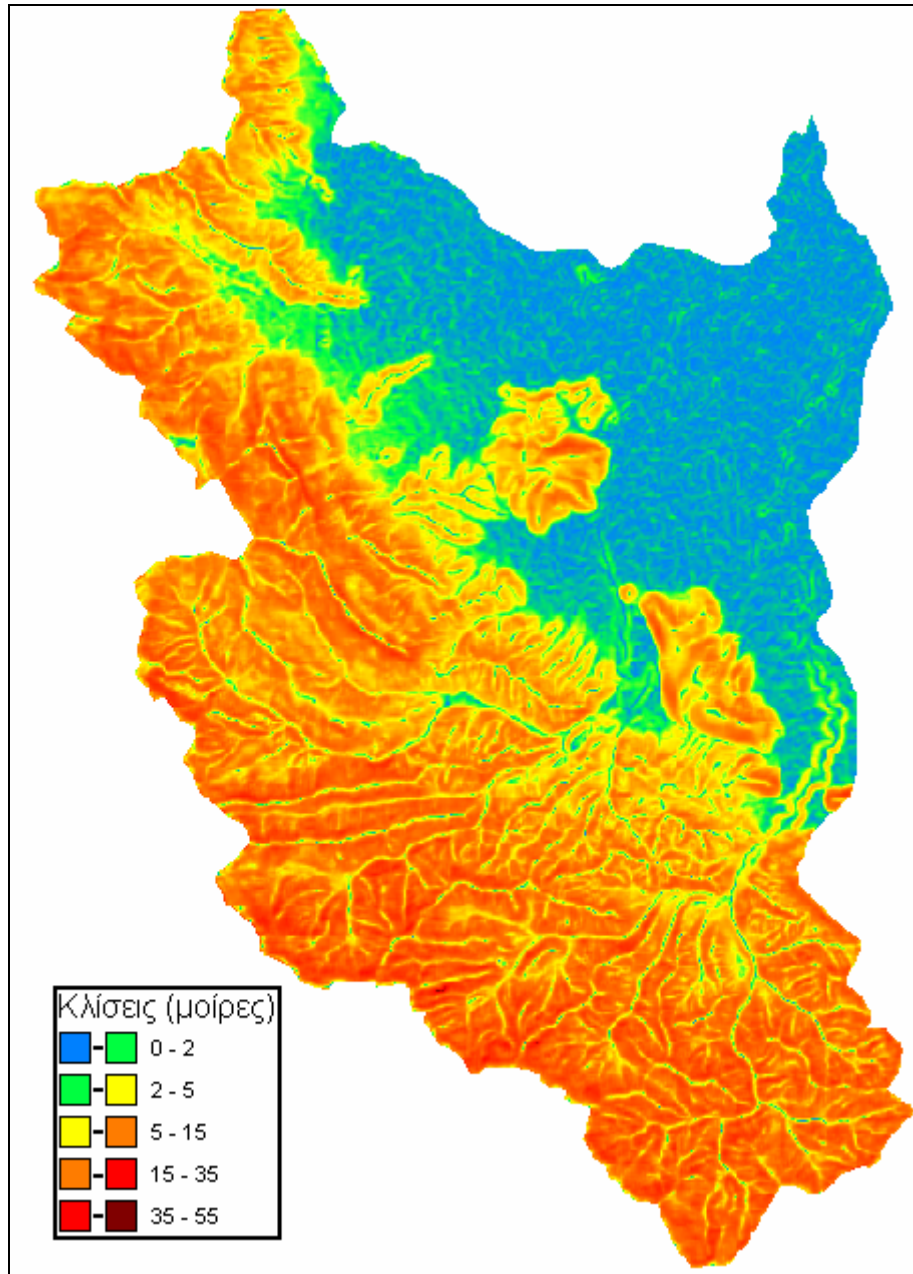
Συνεπώς, ο ποταμός Καλέντζης αναπτύσσεται σε μία περιοχή με λοφώδες ανάγλυφο.

5.4 Κλίση αναγλύφου

Μία άλλη παράμετρος που μπορεί να υπολογιστεί και να ποσοτικοποιηθεί από την περαιτέρω ανάλυση του ψηφιακού μοντέλου υψομέτρου (DEM) είναι η κλίση του αναγλύφου. Ο Demek, το 1972, πρότεινε μία 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.



Κλίσεις σε μοίρες	Ποσοστό έκτασης	Επιφάνεια σε km ²
0-2	28.8%	92.8
2-5	7.5%	24.2
5-15	36.7%	118.2
15-35	27%	87.0
35-55	-	-
>55	-	-

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση ψηφιακών γεωγραφικών δεδομένων, με την ανάπτυξη των κατάλληλων μεθοδολογιών, μπορεί να δώσει ένα αξιόλογο εργαλείο, το οποίο να οδηγήσει στην επίλυση γεωμορφολογικών θεμάτων. Για το σκοπό αυτό, στη διπλωματική αυτή εργασία, συλλέχθηκαν τα κατάλληλα δεδομένα, υδρογραφικά και υψομετρικά, που επεξεργάστηκαν με λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S), ώστε να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα. Οι μεθοδολογίες αυτές, που περιγράφηκαν παραπάνω, εφαρμόστηκαν στην υδρολογική λεκάνη του Καλέντζη ποταμού και είχαν ως αποτέλεσμα την κατασκευή χαρτών και διαγραμμάτων που βοηθούν στην ανάλυση τόσο του υδρογραφικού του δικτύου, όσο και του μορφολογικού αναγλύφου της λεκάνης του.

Η κύρια κοίτη του ποταμού Καλέντζη είναι έβδομης τάξης ($u=7$), υποδιαιρούμενη σε τρεις παραποτάμους έκτης τάξης ($u=6$), τον Γαβρία, τον Κaráμπαλη, και τον ίδιο τον Καλέντζη. Η εφαρμογή των δύο πρώτων νόμων του Horton και η ανάλυση και συσχέτιση των μορφομετρικών παραμέτρων της λεκάνης του Καλέντζη ποταμού, έδειξε μία ομαλή ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου, πράγμα που με τη σειρά του δείχνει ότι η λεκάνη του Καλέντζη δεν επηρεάστηκε από τα τεκτονικά περιθώρια της δυτικής Θεσσαλίας, σε αντίθεση με κάποιους γειτονικούς του ποταμούς, όπως οι Πάμισος και Πορταϊκός.

Η επεξεργασία μονομετάβλητων μορφολογικών ψηφιακών δεδομένων, δηλαδή των υψομέτρων και των κλίσεων έδειξε ότι η λεκάνη απορροής του Καλέντζη αναπτύσσεται σε λοφώδες ανάγλυφο, ενώ η απουσία πολύ έντονων κλίσεων στα πρηνή καθώς και η ποσοτικά ομοιόμορφη κατανομή τους, δείχνουν μία ομαλή μετάβαση του μορφολογικού αναγλύφου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αστάρης, Θ., 2004: *Ψηφιακή χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S)*. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 41 σελ.
- Βουβαλίδης, Κ., 2002: *Μαθήματα Φυσικής Γεωγραφίας*. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 126 σελ.
- Καλλέργη, Γ., 1970: *Υδρογεωλογική έρευνα υπολεκάνης Καλαμπάκας*. Αθήνα.
- Λέκκα, Ε., 1988: *Γεωλογική δομή και γεωδυναμική εξέλιξη της οροσειράς του Κόζιακα (Δυτική Θεσσαλία)*. Αθήνα.
- Μουρατίδης, Η., 2005: *Συμβολή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) στη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων της υδρολογικής λεκάνης του Γρεβενίτη ποταμού Νομού Γρεβενών (διδακτορική διατριβή)*. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 302 σελ.
- Παράσχου, Θ., 2005: *Η γεωμορφολογική εξέλιξη της κοιλάδας του Ίναχου ποταμού της Φθιώτιδας, παραποτάμου του Σπερχειού ποταμού (διατριβή ειδίκευσης)*. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 158 σελ.
- Σωτηριάδου, Λ., Ψιλοβίκου, Α., 1984: *Ασκήσεις Γεωμορφολογίας*. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 140 σελ.
- <http://www.mykarditsa.gr/?pia=main&wp=60>