



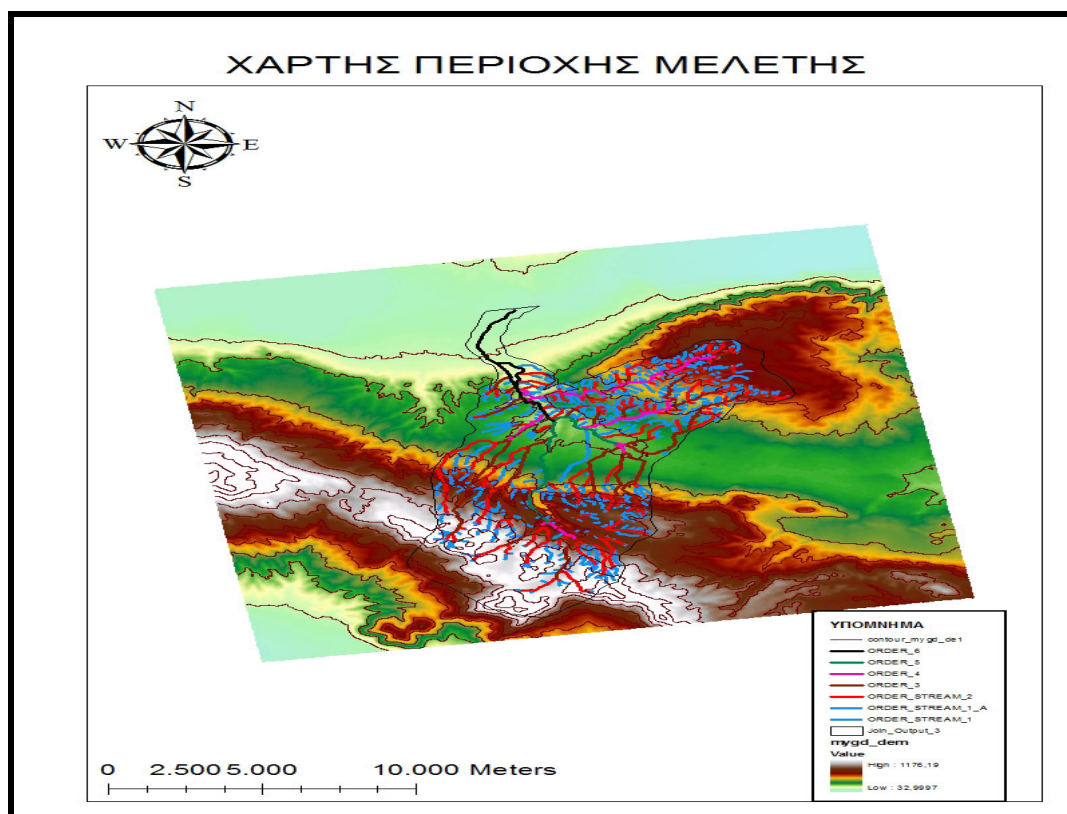
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ



Ο ΥΔΡΟΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΤΩΝ
ΛΑΓΚΑΔΙΚΙΩΝ (ΜΥΓΔΟΝΙΑ ΛΕΚΑΝΗ) ΜΕ ΤΗΝ
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ Δ. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, ΑΕΜ:4633

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2015

ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ Δ. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, ΑΕΜ:4633

**Ο ΥΔΡΟΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΤΩΝ
ΛΑΓΚΑΔΙΚΙΩΝ (ΜΥΓΔΟΝΙΑ ΛΕΚΑΝΗ) ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ**

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας
Τομέα Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας

Επιβλέπων Καθηγητής

Αναπληρωτής Καθηγητής : Βουβαλίδης Κωνσταντίνος

© Ευστάθιος Δ. Παπαδόπουλος, ΑΕΜ:4633
Τομέας Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος . All right reserved.

**Ο ΥΔΡΟΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΤΩΝ
ΛΑΓΚΑΔΙΚΙΩΝ (ΜΥΓΔΟΝΙΑ ΛΕΚΑΝΗ) ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ**

(Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού έργου με τίτλο «Υλοποίηση του προγράμματος παρακολούθησης αβιοτικών και βιοτικών παραμέτρων και υποστήριξης δράσεων αυτεπιστασίας στο φορέα διαχείρισης λιμνών Κορώνειας – Βόλβης»), της Επιτροπής Ερευνών, Α.Π.Θ.

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

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

Στην Παρθένα και στην Δήμητρα .
Άοκνους υποστηρικτές και συμπαραστάτες των προσπαθειών
μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ
ΠΡΟΛΟΓΟΣ

	Σελ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
2.1 Περιοχή μελέτης - Μορφολογία	11
2.2 Γεωλογία περιοχής μελέτης	12
2.3 Μετεωρολογικά και Υδρογραφικά στοιχεία και δεδομένα	115
2.4 Σεισμολογικά και τεκτονικά στοιχεία	17
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	
3.1 Ανάλυση με την χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ArcGIS)	19
3.2 Εφαρμογή της Ηλεκτρικής Τομογραφίας	27
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	
4.1 Ανάλυση Υδρογραφικού Δικτύου	37
4.2 Συσχέτιση του Υψομετρικού Ολοκληρώ- ματος με τον Δείκτη SL της Κοιλάδας του Ρέματος των Λαγκαδικίων	47
4.3 Ερμηνεία των Ηλεκτρικών Τομογραφιών	49
4.3.1 1 ^η Τομή	49
4.3.2 2 ^η Τομή	50
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	53
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	55

Πρόλογος

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος Διπλωματική Εργασία του Προπτυχιακού Προγράμματος σπουδών της Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του Γεωλογικού Τμήματος του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη των υδρομορφολογικών παραμέτρων του ρέματος των Λαγκαδικίων με την χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, και σε συνδυασμό με την χρήση Ηλεκτρικής τομογραφίας, για την εξαγωγή συμπερασμάτων σε ότι αφορά την μορφολογία, την κατάταξή του και την ερμηνεία των δεδομένων που προέκυψαν από την μελέτη.

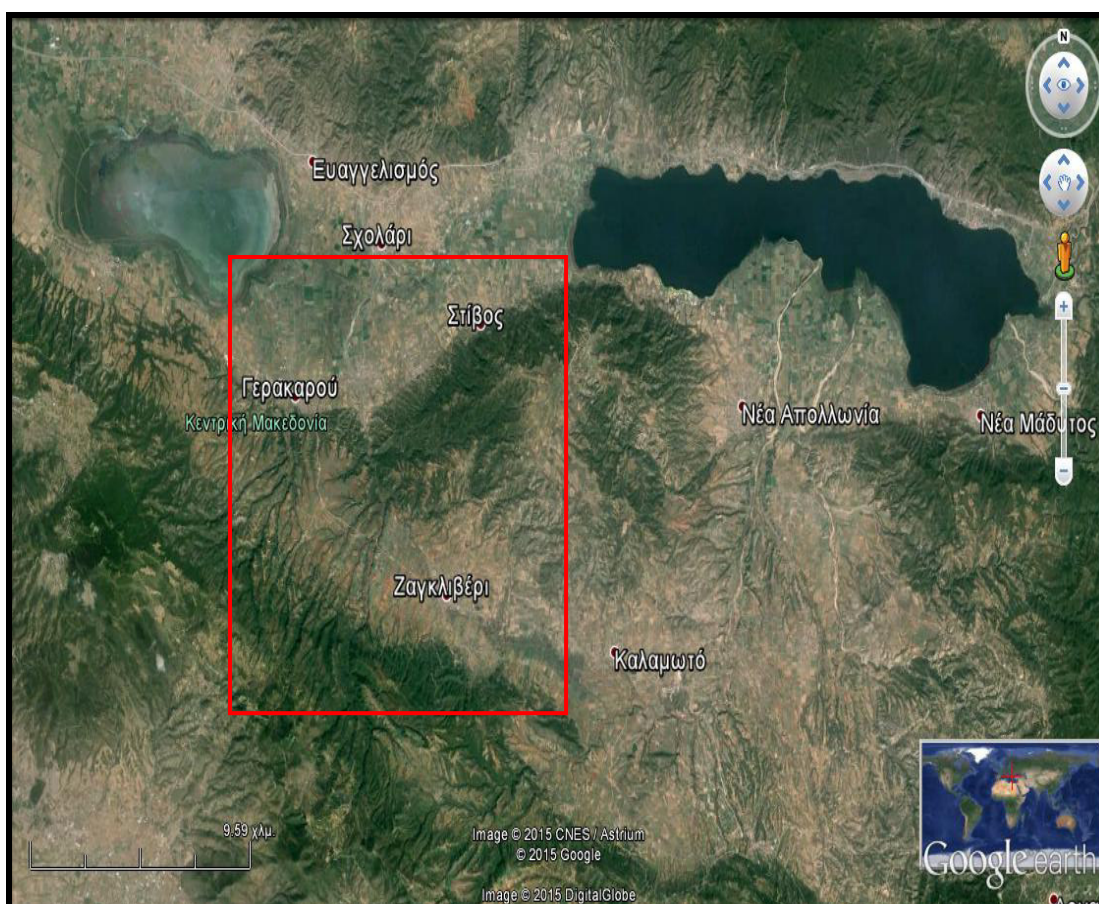
Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο και επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Βουβαλίδη για τις υποδείξεις, τις συμβουλές και την επιστημονική υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης και συγγραφής της εργασίας μου, καθώς επίσης και για την ηθική του υποστήριξη στο πρόσωπό μου.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την σύζυγό μου Παρθένα και την κόρη μου Δήμητρα για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξή τους όλο αυτό το διάστημα, και την υπομονή που επέδειξαν .

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συμφοιτητές μου και το επιστημονικό προσωπικό του Γεωλογικού για την βοήθεια και υποστήριξη που μου παρείχαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

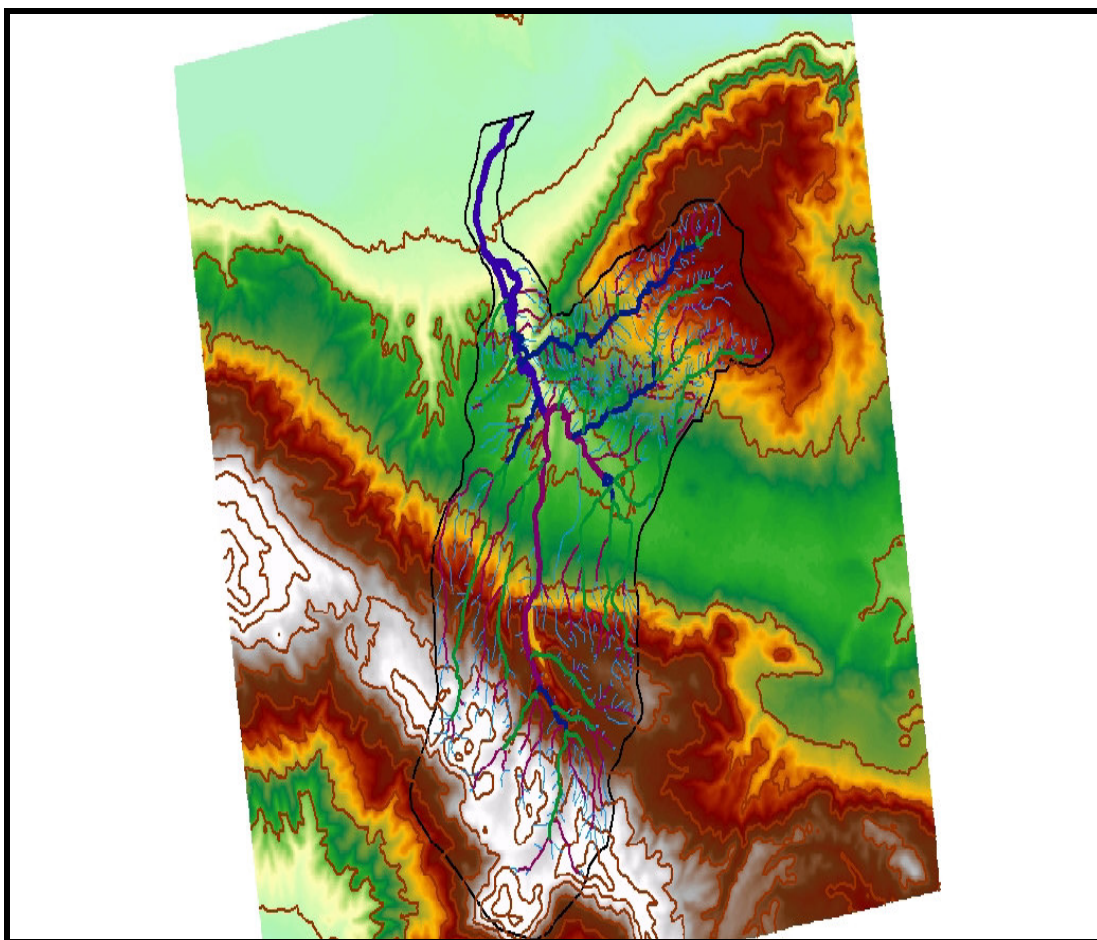
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του ρέματος των Λαγκαδικίων και της υδρολογικής του λεκάνης, η εξαγωγή συμπερασμάτων σε ότι αφορά την εξέλιξη και την διαμόρφωσή του, καθώς επίσης και τους παράγοντες και τις διαδικασίες που επέδρασαν σε κάθε στάδιο (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Περιοχή μελέτης επισημασμένη με κόκκινο περίγραμμα (Πηγή : GoogleEarth)

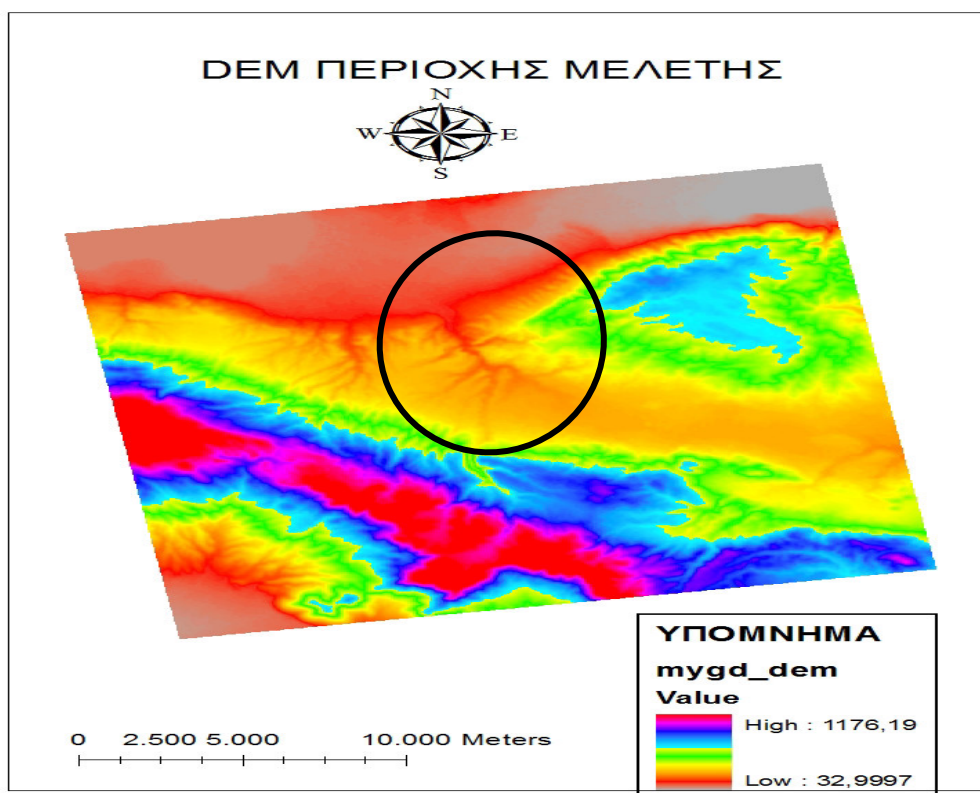
Το ρέμα των Λαγκαδικίων βρίσκεται εντός της Μυγδονίας λεκάνης (Εικόνα 2), και η παρούσα μελέτη πραγματοποιείται πιλοτικά με απώτερο σκοπό να αποτελέσει οδηγό για την μελέτη και των υπολοίπων ρεμάτων και χειμάρρων της συγκεκριμένης λεκάνης, με βάση τα αποτελέσματα και τα εξαγόμενα συμπεράσματα.



Εικόνα 2. Υδρογραφικό δίκτυο του ρέματος των Λαγκαδικίων

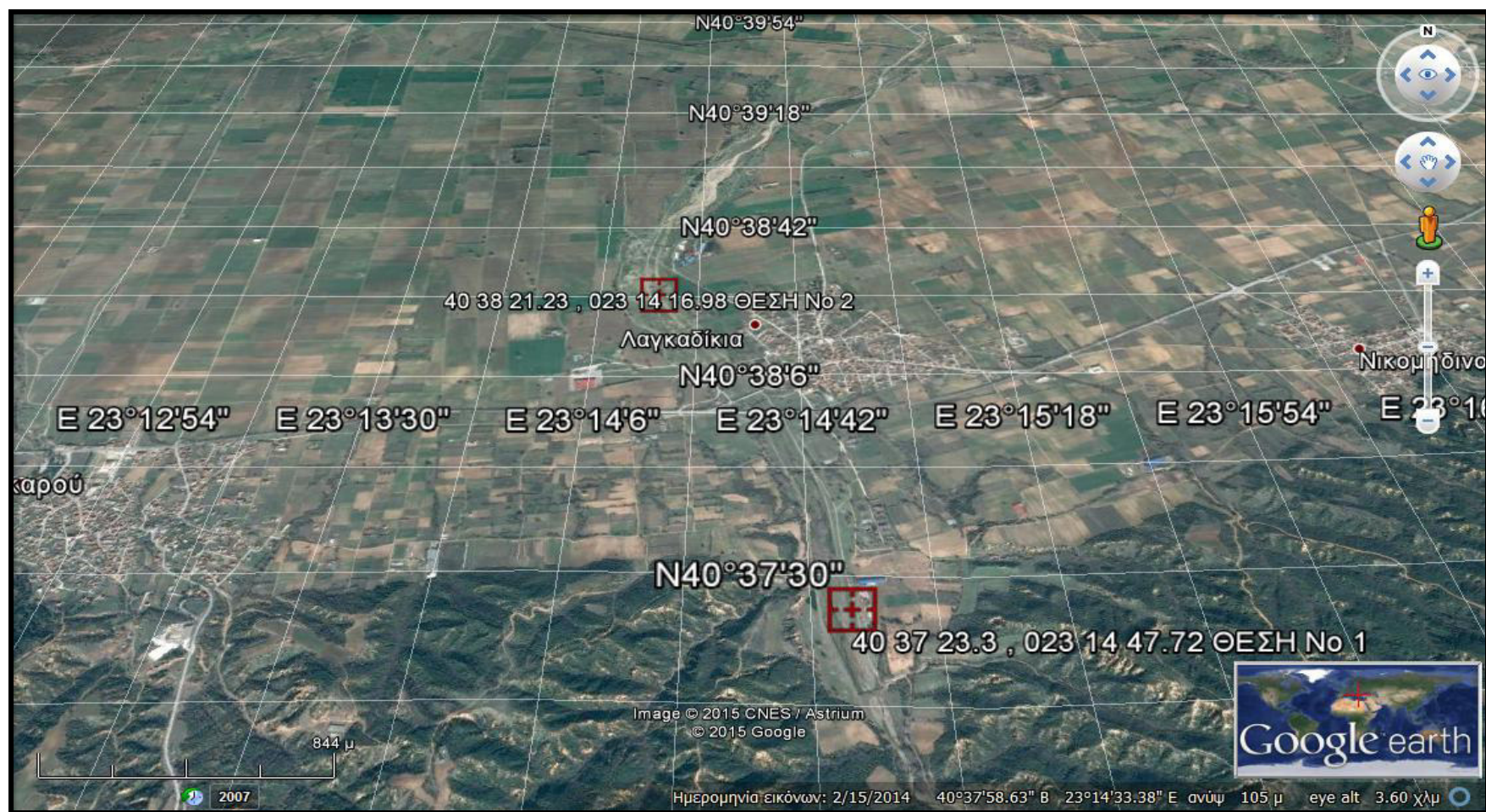
Η μελέτη ενός υδρογραφικού δικτύου βασίζεται στην εξέταση συγκεκριμένων παραγόντων που καθορίζουν τον τύπο, την συμπεριφορά και τελικά οδηγούν στην κατάταξή του σε μια καθορισμένη κατηγορία, με βάση τα συλλεχθέντα στοιχεία της έρευνας και τα συμπεράσματα που έχουν προκύψει. Για τον σκοπό αυτό είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρου (Digital Elevation Model, DEM) στο οποίο θα στηριχθεί η ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου και από το οποίο με την εφαρμογή και την χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ, Geographical Information System), θα εξαχθούν συμπεράσματα για τους παράγοντες που το διαμορφώνουν και συντελούν στην ανάπτυξή του.

Το Μοντέλο Ψηφιακού Αναγλύφου της υπό μελέτη περιοχής έχει προέλθει από το GMES RDA project (EU-DEM, resolution 25m) - version 1, Oct. 2013, ένα πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρου (DEM) της περιοχής μελέτης.
(Πηγή : EEA GEOSPATIAL DATA CATALOGUE (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY))

Για την καλύτερη και πληρέστερη μελέτη της περιοχής, εφαρμόσθηκαν Ηλεκτρικές Μέθοδοι Φυσικής Διασκόπησης (Ηλεκτρικές Τομογραφίες) την 17-6-2015, σε δύο σημεία του υδρογραφικού δικτύου, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για την συμπεριφορά του ρέματος των Λαγκαδικίων και ποιοί είναι οι παράγοντες που οδηγούν στην υπόγεια και όχι επιφανειακή ροή του ύδατος εντός της κοίτης, από ένα σημείο και μετά του υδρογραφικού δικτύου (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Θέσεις εκτέλεσης Ηλεκτρικών Τομογραφιών (Πηγή : Google Earth)

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Περιοχή μελέτης - Γενικά Στοιχεία

Η Μυγδονία λεκάνη βρίσκεται στην περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας και καταλαμβάνει μέρος των επαρχιών Λαγκαδά, Θεσσαλονίκης, Αρναίας και Χαλκιδικής (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Μυγδονία Λεκάνη (Πηγή : Google Earth)

Η έκταση της λεκάνης απορροής είναι περίπου 2026 km², και περιβάλλεται από βουνά με υψόμετρο που κυμαίνεται από 600 έως 1200 m. Η επικοινωνία της με τον Στρυμονικό κόλπο διεξάγεται δια μέσου των στενών της Ρεντίνας και του Ρήχιου ποταμού. Η υδρολογική λεκάνη απορροής χωρίζεται σε δύο μικρότερες υπολεκάνες, της λίμνης Κορώνειας και της λίμνης Βόλβης, με το όριο των δύο υπολεκανών να μην είναι σαφώς καθορισμένο και να ορίζεται από τον άξονα των οικισμών Στίβου – Σχολαρίου, μέσω ενός συστήματος λόφων το οποίο διασχίζει ο ποταμός Δερβένι*. Η υπολεκάνη της Κορώνειας έχει συνολική έκταση 746 km², ενώ η αντίστοιχη της Βόλβης 1278 km² (ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ)

* Ποταμός Δερβένι = ενωτική τάφρος μεταξύ λίμνης Κορώνειας και λίμνης Βόλβης

2.2 Γεωλογία περιοχής μελέτης

Η Μυγδονία λεκάνη αποτελεί ένα επίμηκες τεκτονικό βύθισμα εντός του οποίου βρίσκονται οι λίμνες Κορώνεια και Βόλβη, οι οποίες αποτελούν τα υπολείμματα μιας μεγάλης λίμνης, της Μυγδονίας λίμνης που αναπτύχθηκε στην περιοχή κατά την εποχή του Πλειστόκαινου (Εικόνα 6) (Koufos et al. 1995).



Εικόνα 6. Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις της Μυγδονίας λεκάνης (Koufos et al. 1995).

Η διεύθυνση αυτού του βυθίσματος είναι κατά τον άξονα Ανατολής–Δύσης . Το υπόβαθρο της Μυγδονίας λεκάνης αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας (σχιστόλιθοι , γνεύσιοι , αμφιβολίτες) στα κεντρικά και ανατολικά τμήματα, στα δυτικά τμήματα συναντούνται ελαφρώς μεταμορφωμένα ιζηματογενή πετρώματα της Περιροδοπικής Ζώνης (ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες, φυλλίτες).

Η Μυγδονία λεκάνη μαζί με τις λεκάνες του Ζαγκλιβερίου, της Μαραθούσας και της Δουμπιάς, αποτελούν τμήματα μιας παλαιότερης, πιο πρώιμης και μεγαλύτερης λεκάνης, που ονομάζεται Προμυγδονία . Η λεκάνη αυτή σχηματίσθηκε έπειτα από τεκτονική δραστηριότητα πιθανώς κατά το

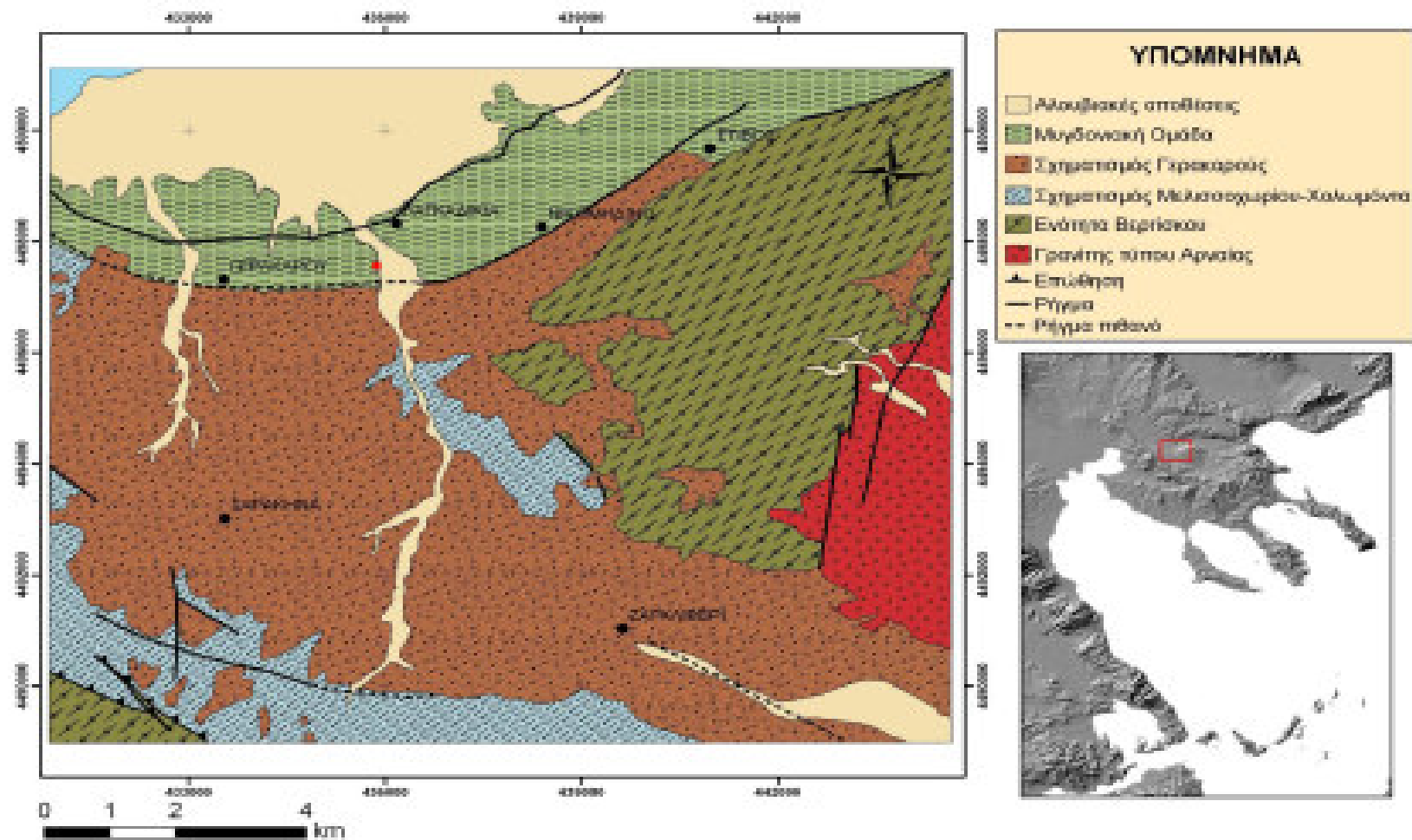
Άνω Παλαιογενές–Κάτω Νεογενές. Την περίοδο του Άνω Νεογενούς–Κάτω Πλειστοκαίνου στην περιοχή αποτέθηκαν ποτάμια, χερσαία και λιμναία ιζήματα. Στο τέλος του Κάτω Πλειστοκαίνου μια νέα τεκτονική δραστηριότητα διαχώρισε την Προμυγδονιακή λεκάνη στις μικρότερες λεκάνες που συναντάμε σήμερα. Από αυτές, η μεγαλύτερη, η Μυγδονία, πληρώθηκε με νερό σχηματίζοντας την Μυγδονία λίμνη, από την αποστράγγιση της οποίας το Μέσο–Άνω Πλειστόκαινο, προήλθαν οι σημερινές λίμνες. Καθ' όλη τη διάρκεια, η ιζηματογένεση στη λεκάνη συνεχίστηκε κυρίως αποθέτοντας λιμναία ιζήματα και αποθέσεις (Ψιλοβίκος 1997, Psilonikos & Sotiriadis 1983).

Σε ότι αφορά τα πετρώματα που απαντώνται στην περιοχή, αυτά χωρίζονται στο Προνεογενές υπόβαθρο και στους σχηματισμούς του Νεογενούς–Τεταρτογενούς.

Το Προνεογενές υπόβαθρο αποτελείται κυρίως από γνευσιακά πετρώματα, μάρμαρα, αμφιβολίτες, μια φυλλιτική σειρά, γρανίτες, χαλαζίτες και ασβεστόλιθους της Καμήλας.

Οι σχηματισμοί του Νεογενούς–Τεταρτογενούς αποτελούνται κυρίως από δύο ομάδες που αναφέρονται ως Προμυγδονιακό και Μυγδονιακό σύστημα και αποτελούνται από αποθέσεις (Ψιλοβίκος, 1977) (Εικόνα 7, Koufos et al. 1995).

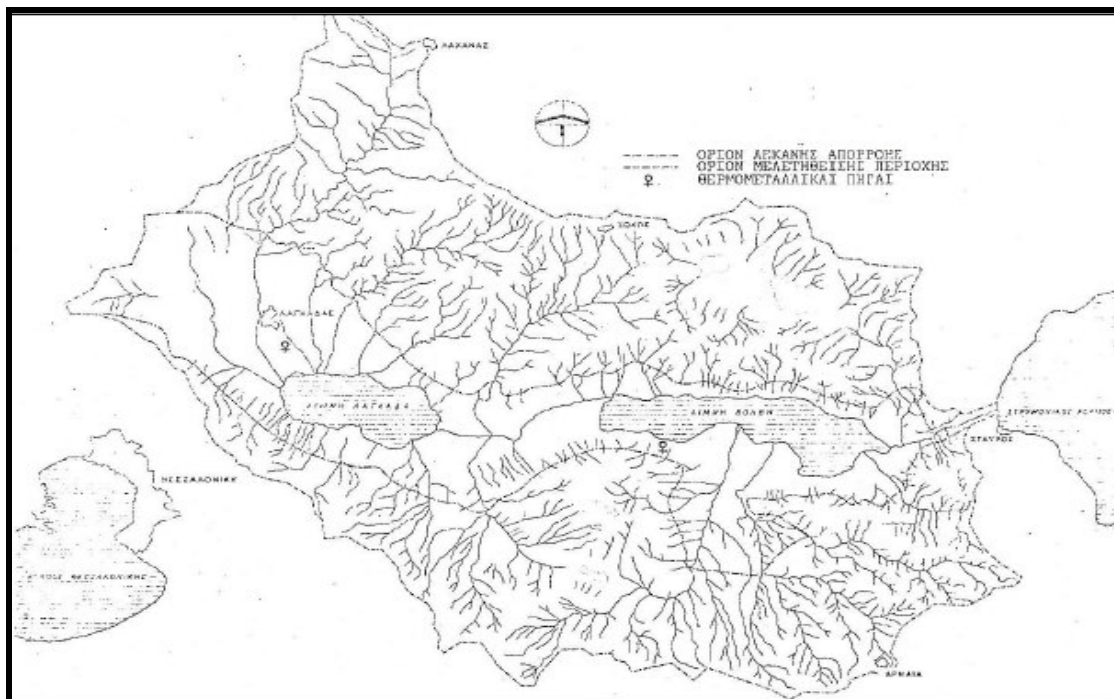
Για την περιοχή μελέτης, η γεωλογία της φαίνεται στην Εικόνα 7.



Εικόνα 7. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης (τροποποιημένος από το ΙΓΜΕ 1978^α και 1978 β)

2.3 Υδρογραφικά και Κλιματολογικά στοιχεία

Το υδρογραφικό δίκτυο της Μυγδονίας λεκάνης υποδιαιρείται σε δύο μικρότερα υποσυστήματα χειμάρρων, το δυτικό και το ανατολικό, τα όρια και διαμόρφωση των οποίων καθορίζονται από το επιφανειακό ανάγλυφο της Προμυγδονίας λεκάνης (Εικόνα 8)(Ψιλοβίκος, 1977).



Εικόνα 8. Υδρογραφικά στοιχεία Μυγδονίας λεκάνης (Ψιλοβίκος, 1977)

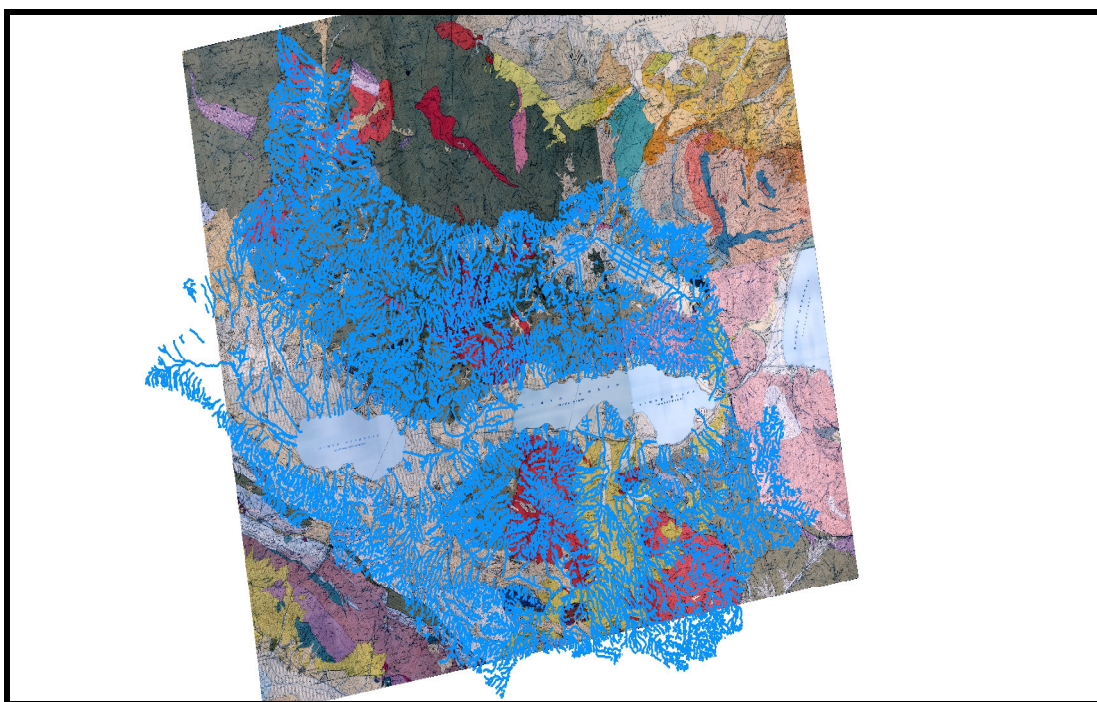
Το δυτικό υποσύστημα συγκεντρώνει και διοχετεύει τα νερά των χειμάρρων στη λίμνη Κορώνεια, η οποία βρίσκεται σε υψόμετρο +75 m. Από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ το ανατολικό στην λίμνη Βόλβη, με υψόμετρο +37 m. Παρατηρείται επομένως υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο λιμνών της τάξης των 38 m. Οι δύο λίμνες επικοινωνούν μεταξύ τους με τον ποταμό Δερβένι που λειτουργεί και ως τεχνητή αποστραγγιστική τάφρος.

Η λίμνη Βόλβη έχει έκταση 28 km² και μέγιστο βάθος που κυμαίνεται από 8,5 μέχρι 0,5 m. ανάλογα με τις βροχοπτώσεις και την εποχή, ενώ η Κορώνεια έχει έκταση 68,62 km² και μέγιστο βάθος από 13,5 – 23,5 m (Βαφειάδης, 1988). Τέλος η λίμνη Βόλβη επικοινωνεί με τον Στρυμονικό

κόλπο μέσω του Ρήχιου ποταμού διαμέσου των Μακεδονικών Τεμπών (Στενά της Ρεντίνας).

Η λεκάνη απορροής της Μυγδονίας καλύπτει έκταση 2026 km² και υποδιαιρείται σε δύο υπολεκάνες, την υπολεκάνη της Κορώνειας με συνολική έκταση 746 km² και την αντίστοιχη της Βόλβης με 1278 km² (ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ).

Μια σαφή εικόνα του υδρογραφικού δικτύου παρέχεται από την επεξεργασία των δεδομένων και στοιχείων της περιοχής με τα ΓΣΠ (Εικόνα 9).

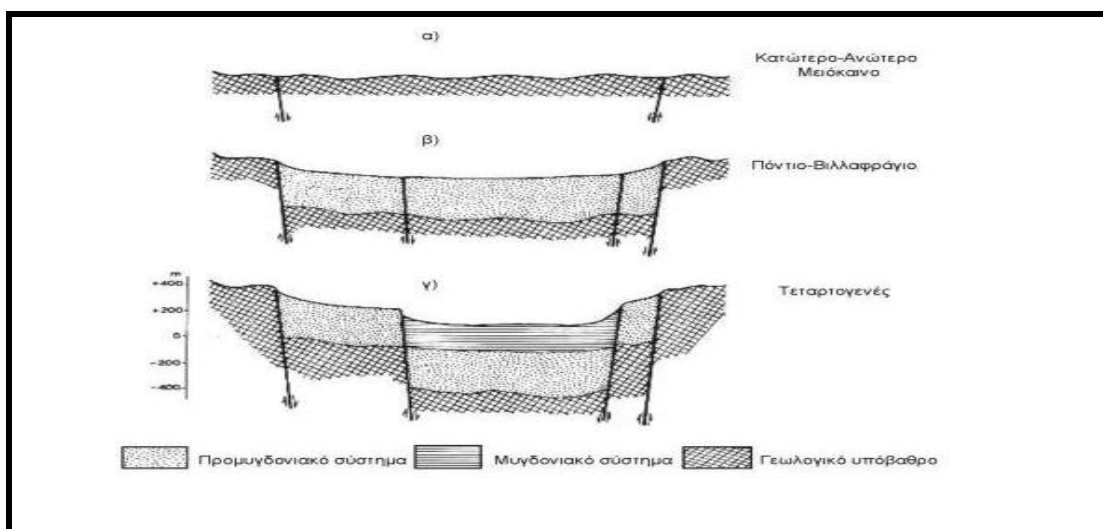


Εικόνα 9. Υδρογραφικό δίκτυο και η γεωλογία της Μυγδονίας λεκάνης με την χρήση ΓΣΠ.

Το κλίμα της περιοχής σύμφωνα με την κατάταξη Koppen υπάγεται στην κατηγορία Csa (Μπάλλας, 2007 ,Ζαμπούρ ,2010) , και χαρακτηρίζεται από μεσόθερμο κλίμα μεταβατικού τύπου μεταξύ μεσογειακού και ηπειρωτικού. Η ξηρή περίοδος είναι τους καλοκαιρινούς μήνες ενώ στις υψηλότερες περιοχές το κλίμα είναι εντονότερο. Στις ορεινές και ημιορεινές περιοχές το κλίμα είναι πιο ψυχρό, σύμφωνα με τα πρότυπα του ηπειρωτικού κλίματος. Μέση θερμοκρασία που επικρατεί στην περιοχή οι 15° C.

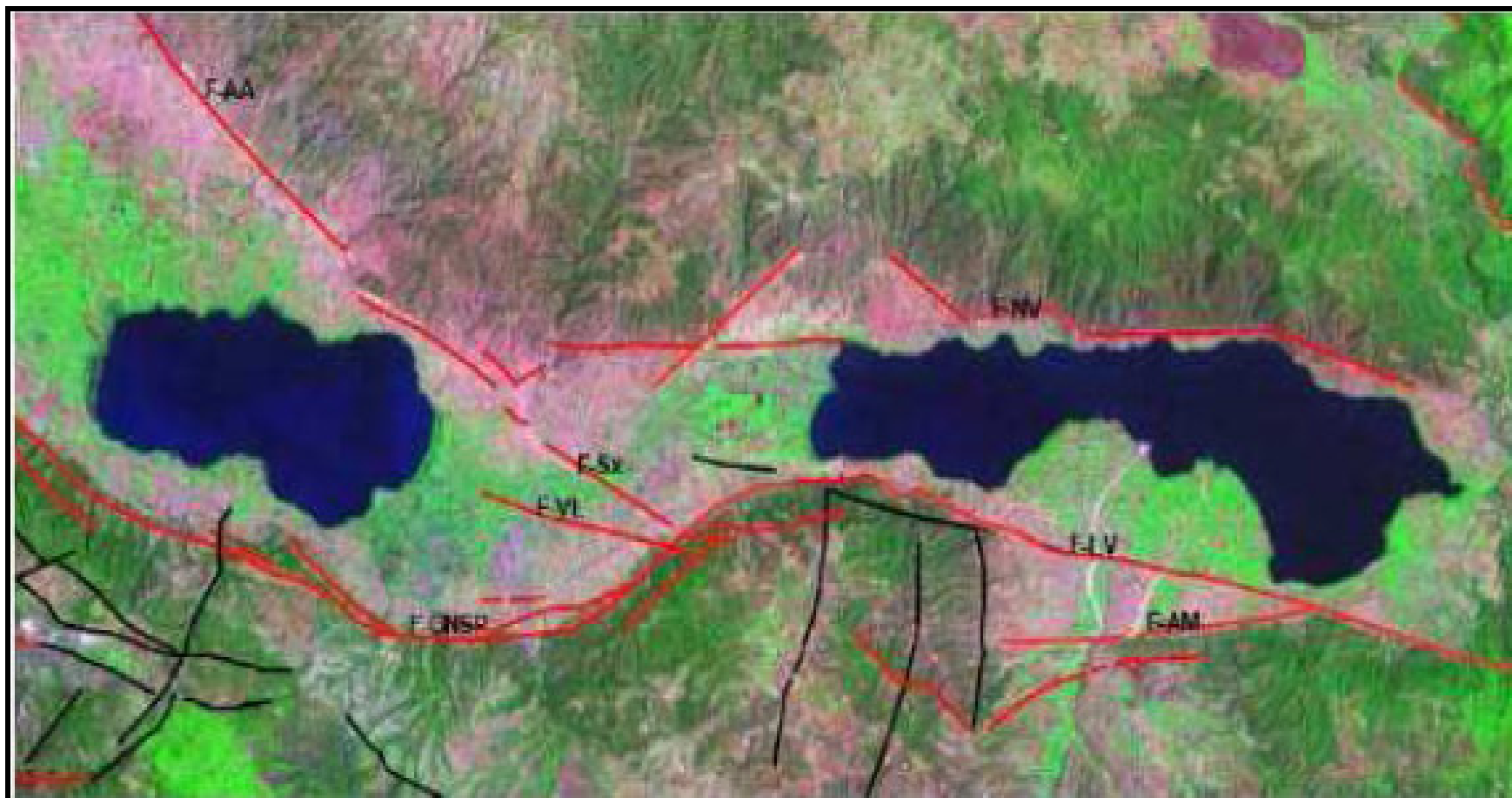
2.4 Σεισμολογικά και τεκτονικά στοιχεία

Η Μυγδονία λεκάνη δημιουργήθηκε από την τεκτονική δράση που εξελίχθηκε από το Μέσο–Κατώτερο Μειόκαινο μέχρι το Τεταρτογενές και οδήγησε αρχικά στην δημιουργία της Προμυγδονιακής λεκάνης, στη συνέχεια στην Μυγδονία και τελικά σήμερα στον διαχωρισμό των υπολειμμάτων της, στην Κορώνεια και στην Βόλβη (Εικόνα 9, Sotiriadis et al., από Μανάκου, 2007).



Εικόνα 9.Εξέλιξη της Μυγδονίας λεκάνης (Sotiriadis et al., απο Μανάκου, 2007).

Στην περιοχή υπάρχουν αρκετά ενεργά ρήγματα όπως φαίνεται και στην παρακάτω δορυφορική Εικόνα 10.



Εικόνα 10. Δορυφορική εικόνα Landsat-5 με τα ρήγματα της Μυγδονίας λεκάνης (1^η Ετήσια Τεχνική Έκθεση του Ερευνητικού Προγράμματος SRM Life , 2004)

Το ρήγμα με τον κωδικό F-GNSP είναι το ρήγμα Βασιλούδι–Γερακαρού–Νικομηδινό–Στίβος, αυτό με κωδικό F-Sx είναι ο βόρειος κλάδος του προηγούμενου ρήγματος το οποίο διαχωρίζεται στο χωριό Στίβος, ενώ αυτό με τον κώδικα F-LV είναι ο μεσαίος κλάδος του .

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Ανάλυση με την χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ArcGIS)

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ) ή σύμφωνα με την ξένη ορολογία Geographical Information System (GSI) είναι ένα σύστημα που βασίζεται σε υπολογιστικό εξοπλισμό (H/Y) το οποίο χαρτογραφεί και αναλύει «αντικείμενα»/οντότητες που βρίσκονται πάνω στην επιφάνεια της γής (και όχι μόνο), καθώς και γεγονότα που συμβαίνουν σε κάποια δεδομένη χρονική πραγματικότητα στον γεωγραφικό χώρο (Τσουλχαράκη Α.–Αχιλλέως Γ. 2010 από Burrough P. A. 1986, Demers M. 2000, Κουτσόπουλος Κ. 2002).

Ενώ σύμφωνα με τους Αστάρη Θ.–Οικονομίδη Δ.–Μουρατίδη Α. 2011 (από Goodchild 1985, Burrough 1986), ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών /ΓΣΠ είναι ένα «δυναμικό εργαλείο» συλλογής, αποθήκευσης διαχείρισης, ανάκτησης, μετασχηματισμού και απεικόνισης χωρικών δεδομένων, σχετικών με φαινόμενα που απαντούν/ εξελίσσονται στον πραγματικό κόσμο.

Επομένως πρόκειται για συστήματα τα οποία ασχολούνται με τη λήψη αποφάσεων πάνω σε γεωγραφικά θέματα, ανεξάρτητα από την χρήση ή όχι H/Y. Σήμερα όμως τα ΓΣΠ είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την χρήση H/Y γιατί είναι αδιανόητη η διαχείριση τόσο μεγάλου πλήθους και όγκου πληροφοριών σε σύντομο χρονικό διάστημα για την λήψη αποφάσεων.

Η βασική λειτουργία των ΓΣΠ βασίζεται και στηρίζεται σε μια βάση δεδομένων η οποία αποτελείται από μια σειρά πληροφοριακών επιπέδων της ίδιας γεωγραφικής περιοχής.

Το κάθε επίπεδο μπορεί να περιλαμβάνει διαφορετικά δεδομένα, επεξεργασμένα ή μη, ή θεματικές πληροφορίες, με κοινό τους στοιχείο ότι αναφέρονται σε συγκεκριμένο κοινό γεωγραφικό σύστημα, κάτι που επιτρέπει την δυνατότητα συνδυασμού ορισμένων από αυτές τις πληροφορίες, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του χρήστη ή τις ανάγκες της μελέτης που πραγματοποιείται. Πρέπει να υπογραμμιστεί το γεγονός πως όλες οι πληροφορίες είναι σε ψηφιακή μορφή και η επεξεργασία τους πραγματοποιείται από ειδικά προγράμματα (Ασάρας Θ.– Οικονομίδης Δ.- Μουρατίδης Α. 2011).

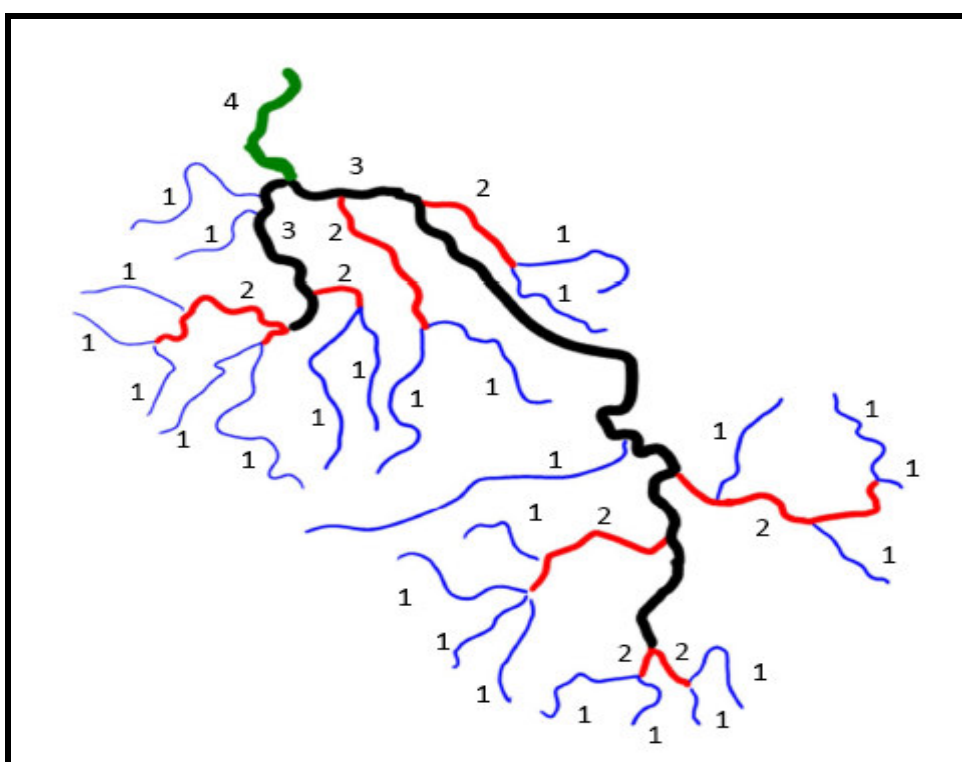
Για την μελέτη και ανάλυση της τοπογραφίας μια περιοχής είναι αναγκαία η ύπαρξη Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους/Digital Terrain Model (DTM) ή Ψηφιακών Μοντέλων Αναγλύφου/Digital Elevation Model (DEM) , γιατί αυτά είναι μια ψηφιακή αναπαράσταση της μεταβλητότητας του αναγλύφου στο χώρο.

Στην μελέτη της συγκεκριμένης περιοχής χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα ArcGIS 9.3 και 10 της Αμερικανικής εταιρείας ESRI (Environmental Systems Research Institute) και ως βάση δεδομένων το DEM που προήλθε από το GMES RDA project (EU-DEM, resolution 25m) - version 1, Oct. 2013, ένα πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος (EEA GEOSPATIAL DATA CATALOGUE (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY)).

Με την χρήση κατάλληλων εργαλείων και εντολών έγινε ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου, της υδρογραφικής λεκάνης, των ισοϋψών καμπυλών , των υψομέτρων, του Δείκτη S-L (Stream Length) και όλων άλλων στοιχείων και δεδομένων κρίθηκαν απαραίτητα για την μελέτη του ρέματος των Λαγκαδικίων.

Τα κυριότερα σημεία στα οποία επικεντρώθηκε η μελέτη του υδρογραφικού δικτύου του ρέματος των Λαγκαδικίων αφορούσαν τα παρακάτω στοιχεία (Βουβαλίδης, 2011):

α. Την ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου, προκειμένου να καθορισθεί η οποιαδήποτε σχέση μεταξύ των κλάδων του δικτύου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε η αρίθμηση των κλάδων κατά Strahler (Strahler, A. ,N., 1964). Η αρίθμηση αυτή έχει ως αρχή ότι ρεύματα τα οποία δεν δέχονται τα νερά από ρεύματα μικρότερων κλάδων ρευμάτων, ανήκουν στην 1^η τάξη . Η σύνδεση δύο κλάδων 1^{ης} τάξεως δημιουργεί έναν κλάδο ανώτερης τάξεως , δηλ. 2^{ας} κ.ο.κ. Η ταξινόμηση κατά Strahler, απεικονίζεται στην Εικόνα 11.



Εικόνα 11. Αρίθμηση κλάδων κατά Strahler (Strahler, 1952)

Μετά την αρίθμηση μπορούν να υπολογιστούν διάφορες μορφομετρικές παράμετροι των υδρολογικών δικτύων και των υδρολογικών λεκανών τους.

β. Μετρούμενες Παράμετροι του Υδρογραφικού Δικτύου

β.1 Τάξεις κλάδου (u).

Είναι η ιεράρχηση και κατηγοριοποίηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου του ρέματος των Λαγκαδικίων, σύμφωνα με την κατάταξη Strahler.

β.2 Αριθμός κλάδων τάξεως u (N_u).

Είναι το σύνολο των κλάδων που ανήκουν στην τάξη u .

β.3 Συνολικός αριθμός κλάδων εντός της λεκάνης τάξεως u (ΣN) $_u$.

Είναι ο συνολικός αριθμός των κλάδων τάξεως u που βρίσκονται μέσα στην υδρολογική λεκάνη.

β.4 Συνολικό μήκος κλάδων τάξεως u (L_u).

Είναι το συνολικό άθροισμα των μηκών των κλάδων της ίδιας τάξης μέσα σε μια υδρολογική λεκάνη.

β.5 Μέσο μήκος τάξεως u (L_u).

Είναι ο λόγος του συνολικού μήκους των κλάδων τάξεως u (L_u) δια του αριθμού των κλάδων τάξεως u (N_u) (L_u/N_u).

β.6 Συνολικό μήκος κλάδων εντός λεκάνης τάξεως u (ΣL) $_u$.

Είναι το συνολικό άθροισμα των μηκών όλων των κλάδων εντός της υδρολογικής λεκάνης τάξεως u .

γ. Υπολογιζόμενες Μορφομετρικές Παράμετροι του Υδρογραφικού Δικτύου.

γ.1 Συντελεστής διακλάδωσης (R_b).

Είναι ο λόγος μεταξύ του αριθμού των κλάδων μιας τάξης δια του αριθμού των κλάδων της επόμενης τάξης $R_b = N_u/N_{u+1}$

γ.2 Λόγος μήκους κλάδων (R_L).

Είναι ο λόγος του μέσου μήκους των κλάδων μιας τάξης δια του μέσου μήκους των κλάδων της αμέσως προηγούμενης τάξης $R_L = L_u/L_{u-1}$.

δ. Μετρούμενες Παράμετροι στην Λεκάνη Απορροής.

δ.1 Υψόμετρο στομίου λεκάνης (q).

Είναι το υψόμετρο εξόδου από την λεκάνη απορροής και συμπίπτει με το χαμηλότερο σημείο της λεκάνης.

δ.2 Υψόμετρο υψηλότερου σημείου λεκάνης (Z).

Είναι το υψηλότερο σημείο που συναντάται εντός της λεκάνης απορροής.

δ.3 Εμβαδό λεκάνης απορροής.

Είναι το συνολικό εμβαδό της λεκάνης απορροής.

ε. Υπολογιζόμενες Μορφομετρικές Παράμετροι στη Λεκάνη Απορροής.

ε.1 Υδρογραφική πυκνότητα (D_u).

Είναι ο λόγος του συνολικού μήκους των κλάδων των κοιτών όλων των τάξεων που βρίσκονται εντός της λεκάνης απορροής, δια του εμβαδού της λεκάνης απορροής $D_u = \Sigma L_u / A_u$.

ε.2 Υδρογραφική συχνότητα (F_u).

Είναι ο λόγος του συνολικού αριθμού των κλάδων όλων των τάξεων σε μια λεκάνη απορροής δια του εμβαδού της λεκάνης απορροής $F_u = \Sigma N_u / A_u$.

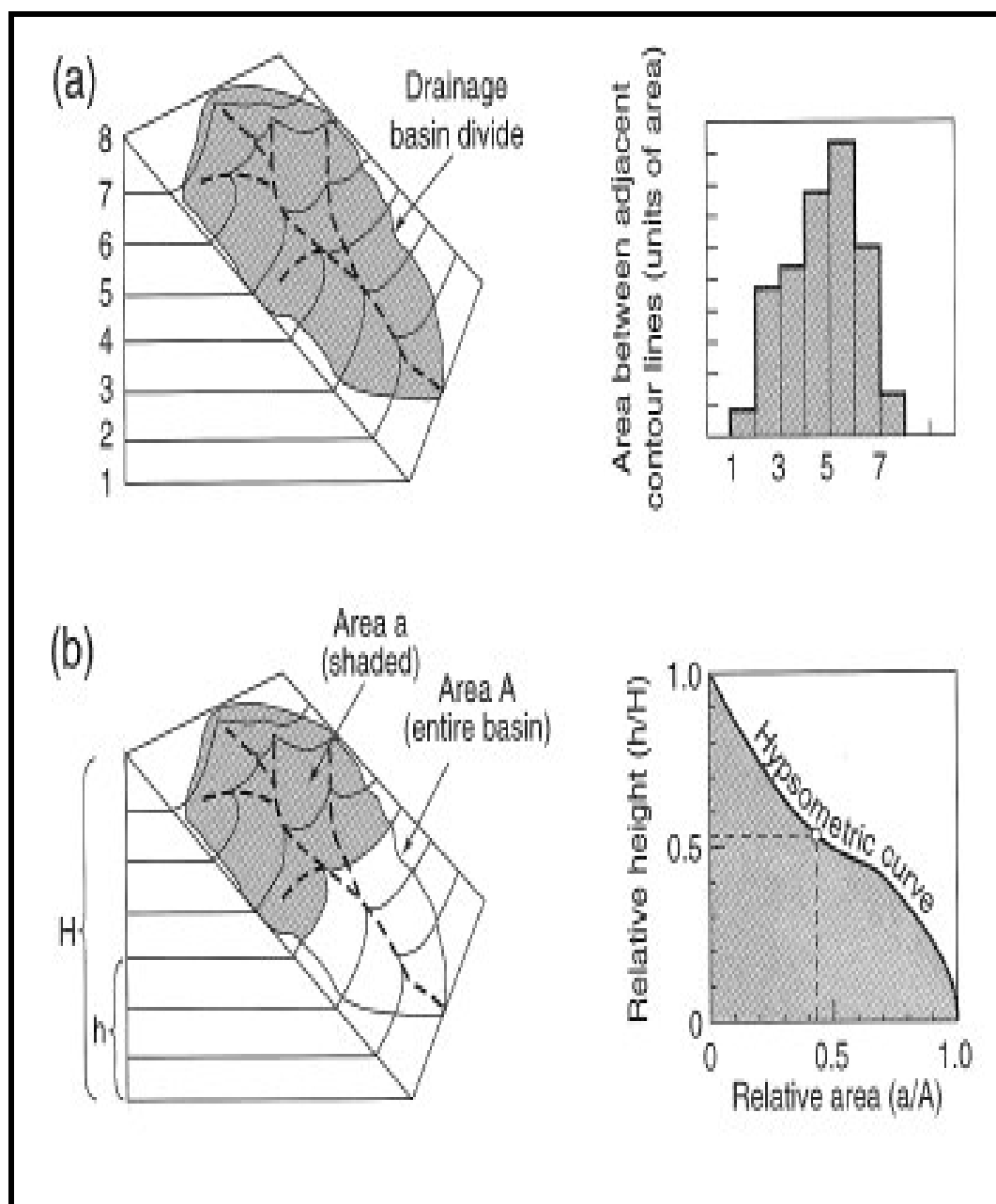
ε.3 Συνολικό ανάγλυφο λεκάνης (H).

Είναι η διαφορά μεταξύ του υψομέτρου του υψηλότερου σημείου της λεκάνης απορροής (Z) και του υψομέτρου του στομίου της λεκάνης (α) $H = Z - \alpha$.

ε.4 Υψομετρικό ολοκλήρωμα – Υψομετρική καμπύλη.

Το υψομετρικό ολοκλήρωμα είναι η έκφραση, με μια τιμή, του σταδίου απογυμνώσεως μιας λεκάνης απορροής. Αυτή καμπύλη δείχνει με πολύ απλό και σαφή τρόπο την κατανομή της μάζας του αναγλύφου μέσα στη λεκάνη απορροής. Η υψομετρική καμπύλη δείχνει την κατανομή της μάζας του αναγλύφου μέσα στη λεκάνη. Η λεκάνη αυτή ορίζεται από δύο επίπεδα, ένα βασικό επίπεδο που περνάει από το στόμιο της λεκάνης απορροής και ένα επίπεδο κορυφής που διέρχεται από το υψηλότερο σημείο της υδρολογικής λεκάνης και ειδικότερα από το υψηλότερο σημείο του υδροκρίτη της λεκάνης, και από την περίμετρό της.

Ο τρόπος υπολογισμού του δείκτη υψομετρικού ολοκληρώματος φαίνεται στην Εικόνα 12.



Εικόνα 12. Υπολογισμός Δείκτη Υψομετρικού Ολοκληρώματος (Strahler , 1952)

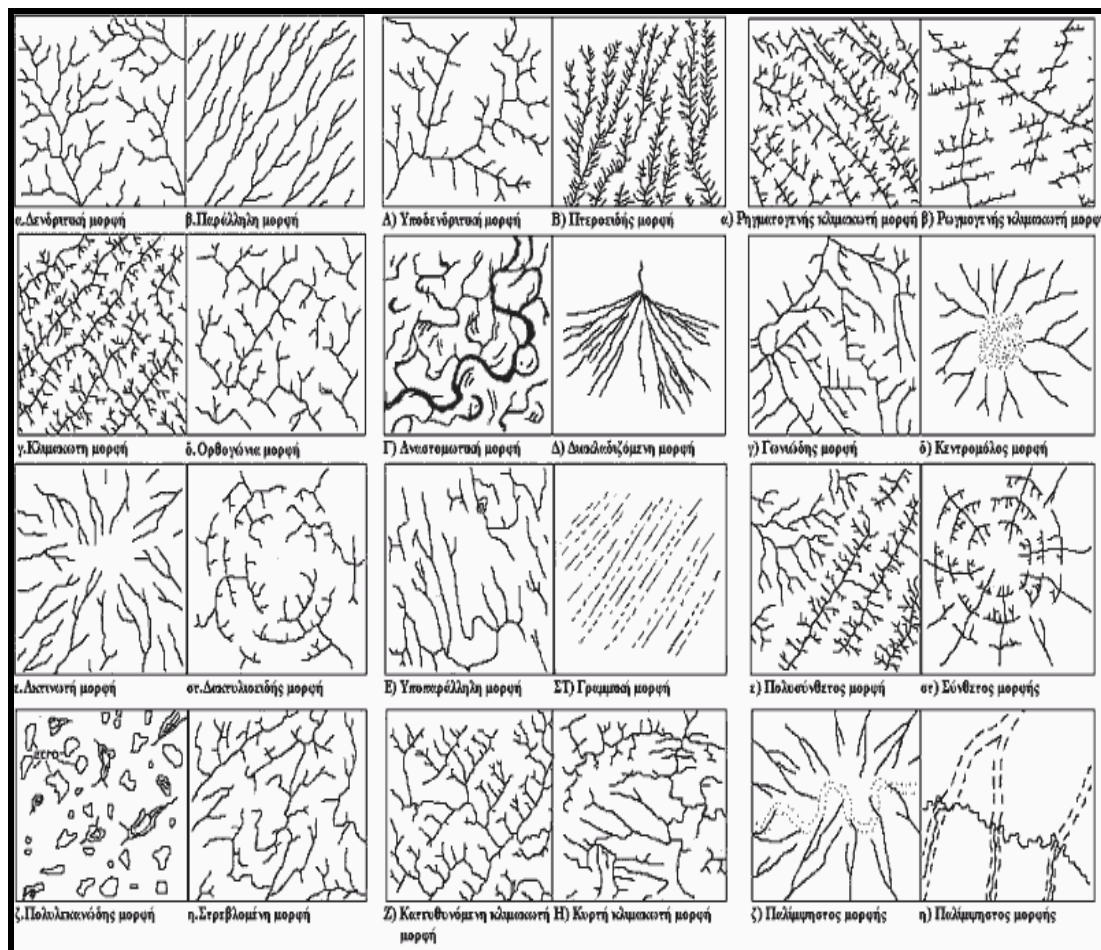
Ο δείκτης αυτός είναι ένας δείκτης που μας φανερώνει την τεκτονική δραστηριότητα και ενεργότητα μιας περιοχής.

ε.5 Βαθμός τραχύτητας αναγλύφου (Rn).

Είναι το γινόμενο της υδρογραφικής πυκνότητας (Du) και του μέγιστου αναγλύφου της λεκάνης απορροής (H) , $Rn=Du*H$, εκφρασμένα και τα δύο με ίδιες διαστάσεις.

στ. Μορφή του υδρογραφικού δικτύου.

Εξετάζεται η μορφή του υδρογραφικού δικτύου προκειμένου να διαπιστωθεί η εξέλιξή του και η επίτευξη της κατάστασης που θα επιτρέπει την καλύτερη δυνατή απομάκρυνση του τρεχούμενου νερού καθώς επίσης και των ιζημάτων που αυτό μεταφέρει, στις δεδομένες συνθήκες που επικρατούν στο υδρογραφικό δίκτυο και στην υδρολογική λεκάνη. Οι διάφορες μορφές των υδρογραφικών δικτύων παρουσιάζονται στην παρακάτω Εικόνα 12 (Βουβαλίδης, 2011).



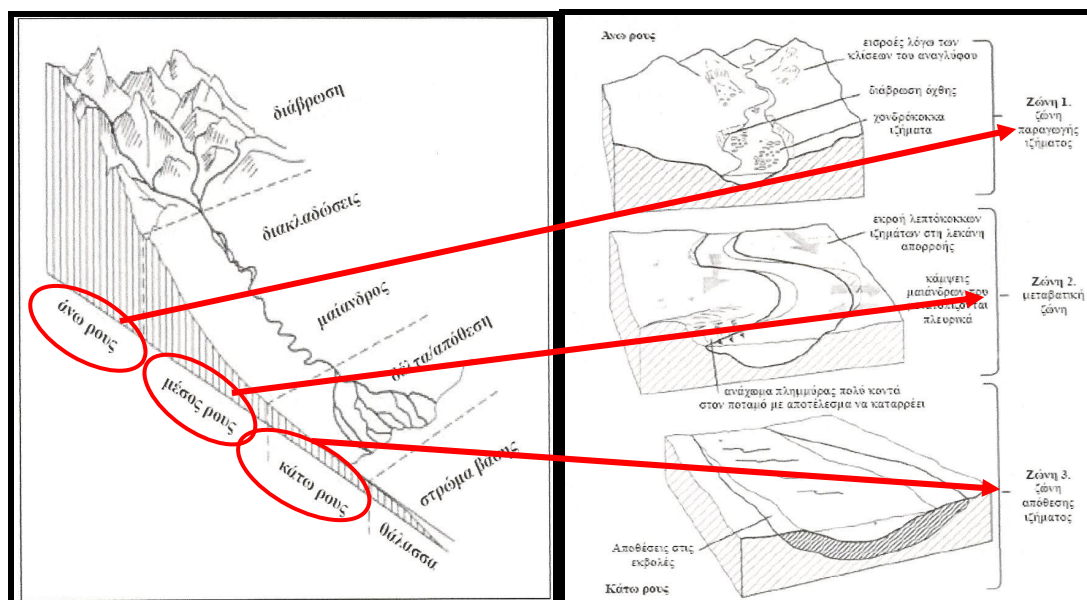
Εικόνα 12. Μορφές υδρογραφικών δικτύων
(Βουβαλίδης , 2011 – κατά Howard (1967) από Αστάρα (1997)).

ζ. Ο Δείκτης SL (Stream Length).

Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται γιατί είναι πολύ ευαίσθητος στις μεταβολές της κλίσης του πυθμένα ενός υδρορεύματος (ποτάμι-ρέμα) και αντανακλά άμεσα την ικανότητα ενός ποταμού να διαμορφώνει ένα προφίλ ισορροπίας και έχει άμεση σχέση με την τεκτονική δράση και την γεωμορφολογική ανάπτυξη και εξέλιξη της λεκάνης απορροής.

η. Διάρθρωση και Κατανομή

Τέλος, εξετάζεται η διάρθρωση και η κατατομή του ρέματος σε άνω, μέσο και κάτω ρού (Εικόνα 13), προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα σε ότι αφορά την συμπεριφορά του και τον τρόπο λειτουργίας του .



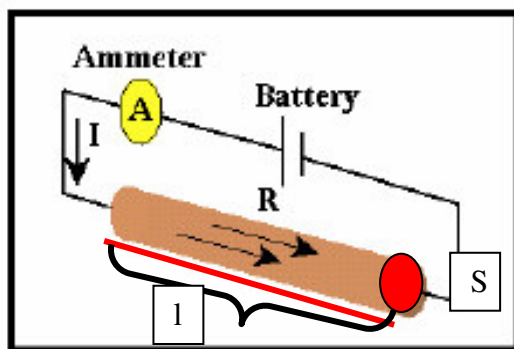
Εικόνα 13. Διάρθρωση και κατατομή ενός ρέματος

Ο άνω ρους αντιστοιχεί σε εκείνο το τμήμα του ποταμού που βρίσκεται στα ορεινά σημεία του υδρογραφικού δικτύου, εκεί όπου η ταχύτητα του νερού είναι μεγάλη με αποτέλεσμα να έχουμε και μεγάλη διάβρωση. Ο μέσος ρους εντοπίζεται στο κέντρο περίπου των κοιλάδων, εκεί όπου έχουμε ευθύγραμμη ροή και κοίτες, και υπάρχει σχετική ισορροπία μεταξύ διαβρωτικών και αποθετικών διεργασιών. Τέλος, ο κάτω ρους βρίσκεται στην έξοδο της κοιλάδας, εκεί όπου επικρατούν αποθετικές διεργασίες που έχουν ως αποτέλεσμα τον μαιανδρισμό του ποταμού.

3.2 Εφαρμογή της Ηλεκτρικής Τομογραφίας

Η Ηλεκτρική Τομογραφία είναι μια από τις ηλεκτρικές μεθόδους γεωφυσικής διασκόπησης με την οποία επιδιώκουμε να καθορίσουμε τις ηλεκτρικές ιδιότητες των πετρωμάτων των επιφανειακών στρωμάτων του φλοιού της Γης, μετρώντας ηλεκτρικές ποσότητες στην επιφάνεια της Γής (Παπαζάχος Β., 1996). Η ποσότητα που συνήθως μετράμε σε αυτές τις περιπτώσεις είναι η ηλεκτρική τάση, ενώ η ποσότητα που παρουσιάζει μεγαλύτερο ενδιαφέρον και επιδιώκουμε να καθορίσουμε και να μελετήσουμε την κατανομή των τιμών της μέσα στα επιφανειακά στρώματα του φλοιού της Γής, είναι η ειδική ηλεκτρική αντίσταση.

Αν R είναι η ηλεκτρική αντίσταση ενός τμήματος πετρώματος που έχει κυλινδρικό σχήμα με διατομή S και μήκος l , η ειδική ηλεκτρική αντίσταση ορίζεται από την σχέση, $\rho = R \cdot S / l$, με μονάδα μέτρησης στο SI το $1 \Omega \cdot m$ ($\text{Ohm} \cdot m$) (Εικόνα 14.).

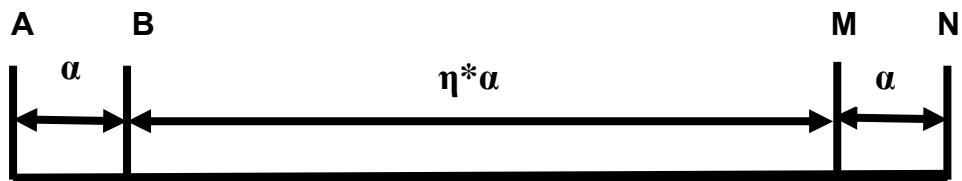


Εικόνα 14. Απεικόνιση της Ειδικής Ηλεκτρικής Αντίστασης.

Η διάταξη των καλωδίων που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη της περιοχής ήταν Δίπολο–Δίπολο και ο τύπος που δίνει την ειδική ηλεκτρική αντίσταση για αυτή την διάταξη είναι ο παρακάτω :

$$\rho_a = [-\pi n(n+1)(n+2)a] \frac{\Delta V}{I}$$

ενώ η διάταξη των καλωδίων παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Διάταξη καλωδίων Δίπολο – Δίπολο (Tsourlos, 1995)

Επιλέχθηκε η διάταξη αυτή γιατί εξασφαλίζει την καλύτερη δυνατή ποιότητα στις διεξαγόμενες μετρήσεις και την χαρακτηρίζει μια πολύ καλή σχέση μεταξύ θορύβου και σήματος .

Κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων η απόσταση α μεταξύ του δίπολου του ηλεκτρικού ρεύματος **AB** παραμένει σταθερή και η ίδια γραμμική όδευση επαναλαμβάνεται αυξάνοντας κάθε φορά την απόσταση $\eta*\alpha$ μεταξύ του δίπολου δυναμικού **MN** (όπου η = ακέραιος αριθμός). Η μέγιστη απόσταση στην οποία μπορούμε να πραγματοποιήσουμε μετρήσεις ($\eta \text{ max}*\alpha$) εξαρτάται κυρίως από την μέγιστη ένταση που μπορεί να μας παρέξει η πηγή που θα χρησιμοποιήσουμε καθώς επίσης και από την γεωλογία της περιοχής μελέτης σε συνδυασμό με το μέγιστο επιθυμητό βάθος της μέτρησης.

Οι παράμετροι στη συλλογή των δεδομένων που επιλέχθηκαν για τις δύο τομογραφίες ήταν:

- ❖ Απόσταση ηλεκτροδίων $\alpha=4 \text{ m}$ στην πρώτη μέτρηση και $\alpha=3 \text{ m}$ στην δεύτερη.

- ❖ Το άνοιγμα καλωδίου στην 1^η τομογραφία ήταν **96 m** και για την 2^η τομογραφία **72 m**.

Για την διεξαγωγή των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ο εξοπλισμός ηλεκτρικής τομογραφίας του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής του Α.Π.Θ. Ειδικότερα χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω όργανα :

Το όργανο μέτρησης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης SYSCAL-PRO της εταιρείας IRIS Instruments και κατάλληλος ηλεκτρονικός πολυπλέκτης (Εικόνα 15).

➤ Για τη λήψη των μετρήσεων πολύκλωνο καλώδιο 24 παροχών, κατασκευής του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής Α.Π.Θ. , ηλεκτρόδια και πηγή παροχής ηλεκτρικού ρεύματος .

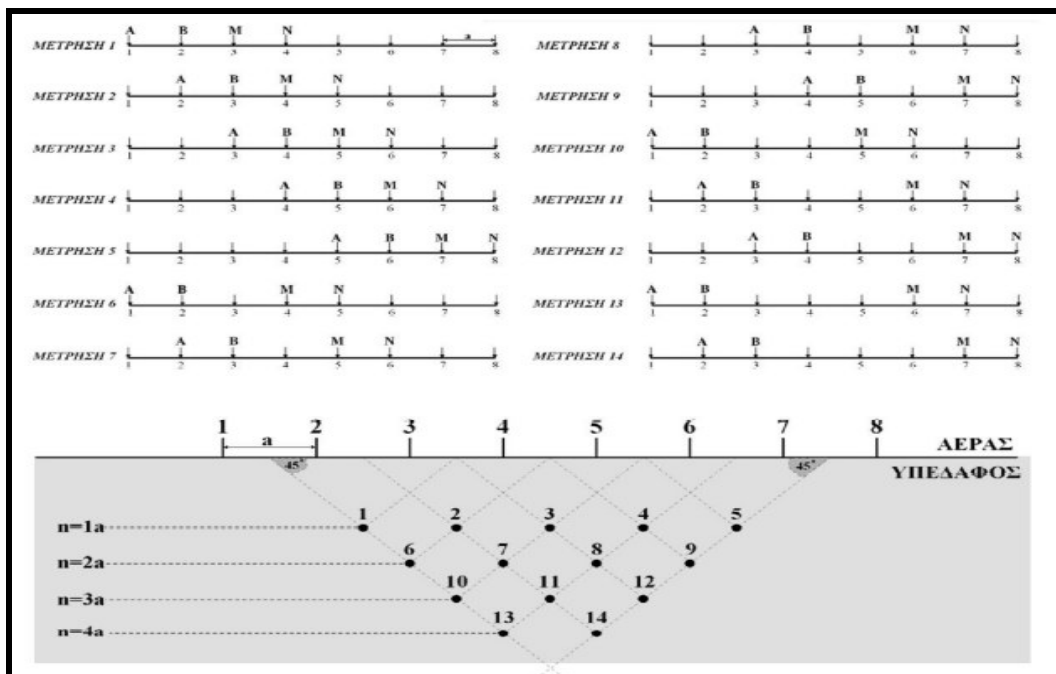


➤ Εικόνα 15. Όργανο μέτρησης ηλεκτρικής αντίστασης
(Πηγή : SYSCAL- PRO , IRIS Instruments)

Γενικότερα την ηλεκτρική τομογραφία μπορούμε να την περιγράψουμε ως μια σειρά από συνεχείς ηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις κατά μήκος μιας γραμμικής μέτρησης ή ως μια σειρά από διαδοχικά αυξανόμενες αποστάσεις των ηλεκτροδίων πάνω από την ίδια περιοχή έρευνας. Με τον τρόπο αυτό έχουμε μια πλήρη εικόνα του υπεδάφους σε δύο διαστάσεις , τόσο κατά την κατακόρυφη όσο και για την οριζόντια μεταβολή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης των πετρωμάτων και κατ' επέκταση της περιοχής μελέτης.

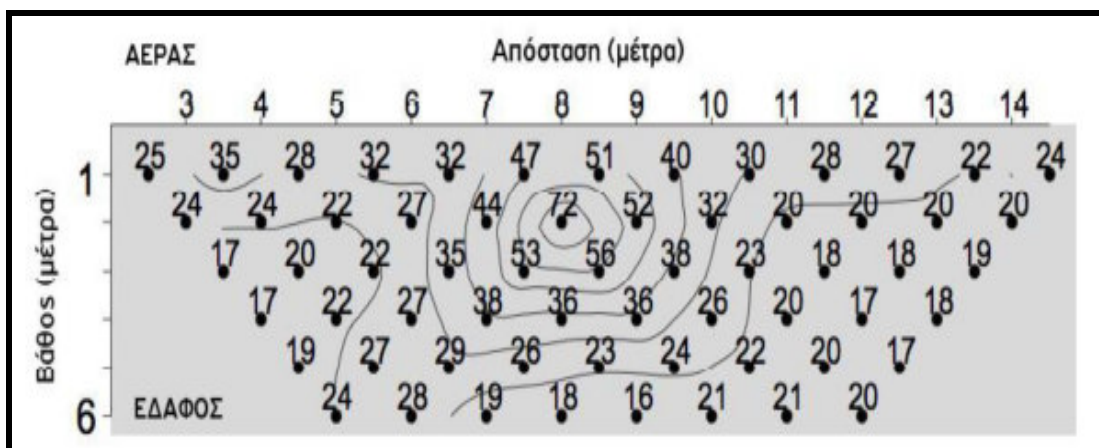
Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής τομογραφίας είναι ότι λαμβάνεται ένας πολύ μεγάλος αριθμός μετρήσεων , με αποτέλεσμα να υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός δεδομένων με χρήσιμες πληροφορίες που πρέπει να αξιολογηθούν και να κατανεμηθούν. Με αυτόν τον τρόπο επαυξάνεται και η διακριτική ικανότητα και η χωρική ανάλυση της χρησιμοποιούμενης μεθόδου.

Μια τυπική απεικόνιση του τρόπου με τον οποίο διεξάγεται μια ηλεκτρική τομογραφία διατάξεως διπόλου – διπόλου 8 ηλεκτροδίων και η απεικόνιση των εξαγόμενων αποτελεσμάτων σε δύο διαστάσεις φαίνεται στην Εικόνα 16 .



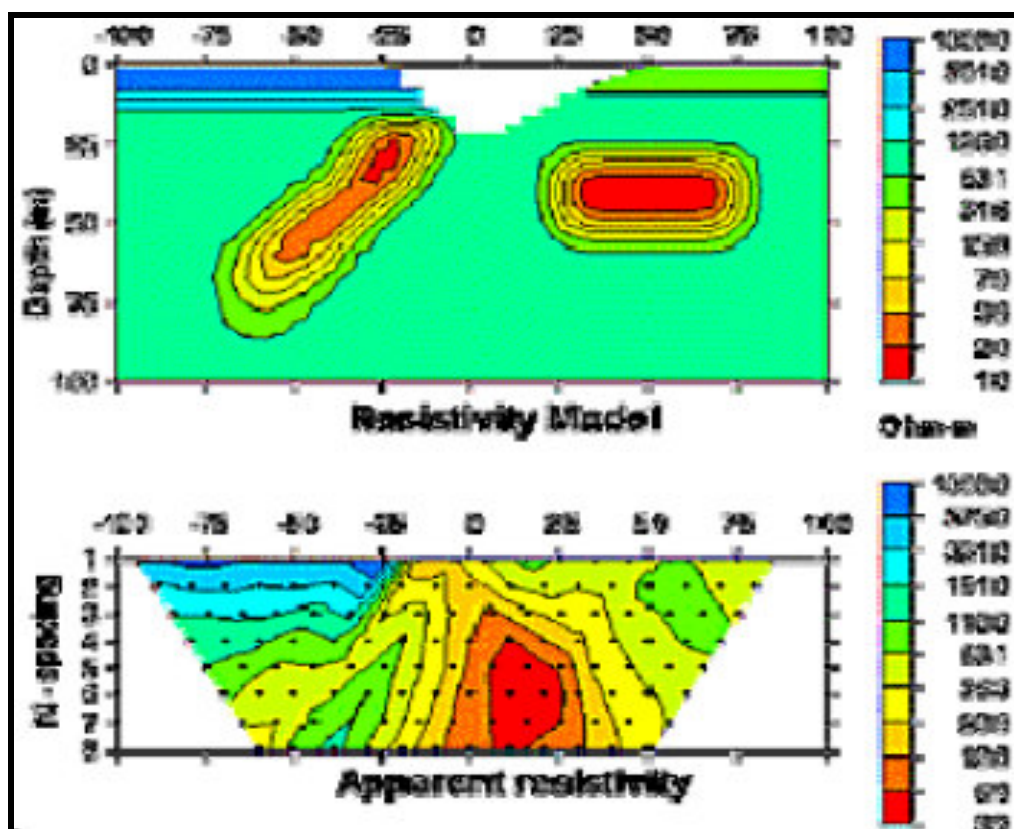
Εικόνα 16. Ηλεκτρική τομογραφία διάταξης δίπολο–δίπολο 8 ηλεκτροδίων και μέγιστης απόστασης διπόλων $\eta=4$ (Tsourlos, 1995)

Η αρχική μέθοδος ερμηνείας των ηλεκτρικών τομογραφιών ήταν αυτή της «ψευδοτομής» (Tsourlos, 1995), και μια γενική απεικόνιση των αποτελεσμάτων είναι αυτή που φαίνεται στην Εικόνα 17 .



Εικόνα 17. Απεικόνιση «Ψευδοτομής» (Tsourlos, 1995)

Σήμερα όμως η εικόνα που παίρνουμε από την επεξεργασία των δεδομένων και μετά από την εφαρμογή της μεθόδου της αντιστροφής σε αυτά, δεν έχει καμία σχέση με τα μέχρι τώρα αποτελέσματα. Η δυσδιάστατη απεικόνιση είναι πολύ καλύτερη και σαφέστερη και τα συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν σε μικρότερο χρονικό διάστημα και να είναι ακριβέστερα. Η απεικόνιση αυτή ονομάζεται «ψευδοεικόνα» (Εικόνα 18).



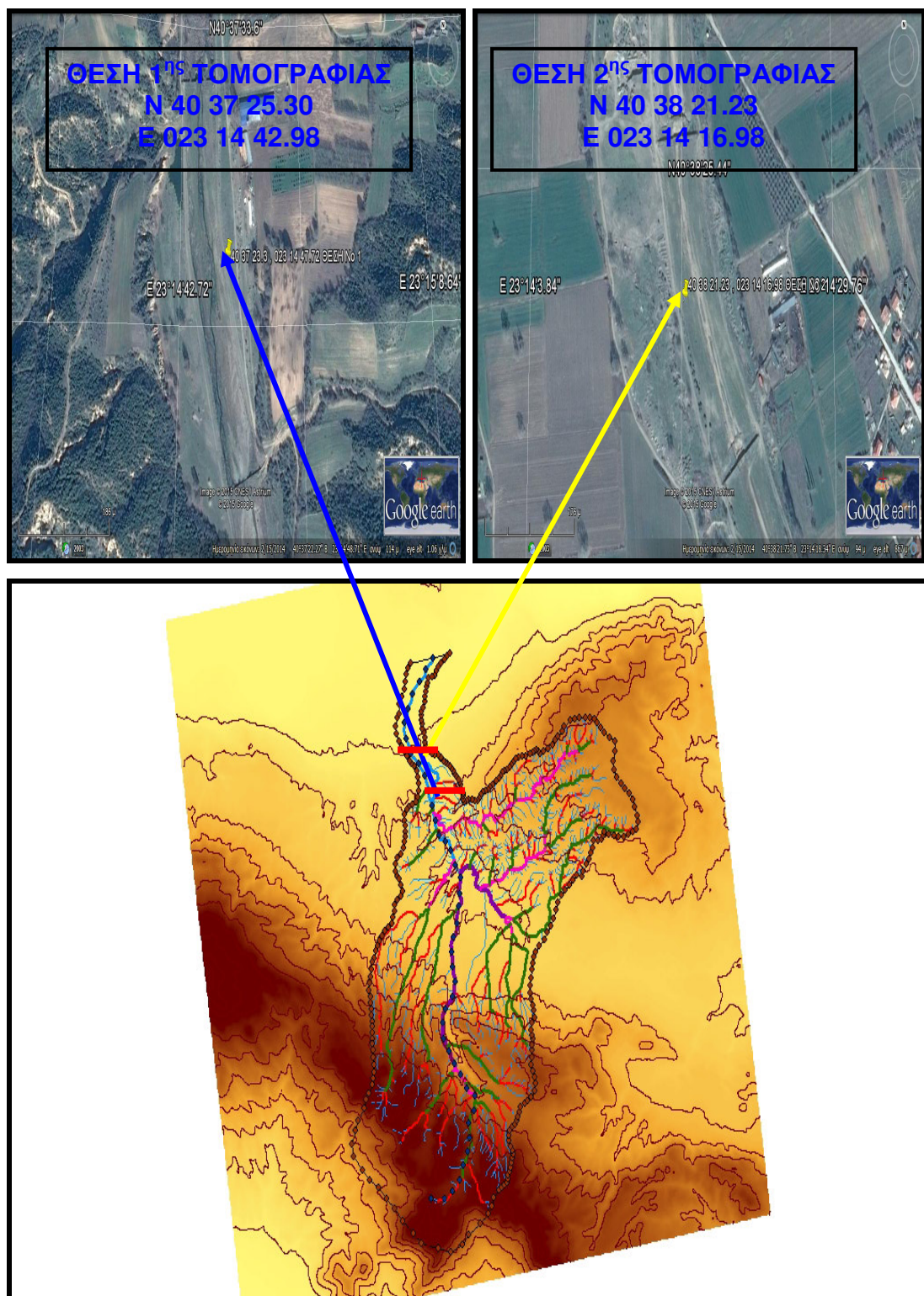
Εικόνα 18. Υπόδειγμα Ψευδοεικόνας Ηλεκτρικής Τομογραφίας

Αποτέλεσμα των συνεχών εφαρμογών της ηλεκτρικής τομογραφίας και των άλλων ηλεκτρικών διασκοπήσεων ήταν να καταρτιστούν πίνακες με την ειδική αντίσταση των διαφόρων πετρωμάτων, ορυκτών και υλικών, διευκολύνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την ερμηνεία και την εξαγωγή συμπερασμάτων από τις «ψευδοεικόνες». Ορισμένοι από αυτούς τους πίνακες (1 και 2) παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακες 1 και 2. Ειδικές αντιστάσεις Πετρωμάτων – Υλικών (Λούης Ι., 2004–Telford et al. 1990)

Υλικό	Ειδική Αντίσταση (Ωm)	ΥΛΙΚΟ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ
Αέρας	∞	ΑΕΡΑΣ	Άπειρη
Σιδηροπυρίτης	3×10^{-1}	ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗΣ	3×10^{-1}
Γαληνίτης	2×10^{-3}	ΓΑΛΗΝΙΤΗΣ	2×10^{-3}
Χαλαζίας	$4 \times 10^{10} - 2 \times 10^{14}$	ΧΑΛΑΖΙΑΣ	4×10^{10} έως 2×10^{14}
Ασβεσίτης	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$	ΑΣΒΕΣΙΤΗΣ	1×10^{12} έως 1×10^{13}
Ορυκτό Άλας	$30 - 1 \times 10^{13}$	ΓΡΑΝΙΤΗΣ	100 έως 1×10^6
Μαρμαρυγία	$9 \times 10^{12} - 1 \times 10^{14}$	ΓΑΒΡΟΣ	1×10^3 έως 1×10^6
Γρανίτης	$100 - 1 \times 10^6$	ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ	50 έως 1×10^7
Γάββρος	$1 \times 10^3 - 1 \times 10^6$	ΨΑΜΜΙΤΗΣ	1 έως 1×10^8
Βασάλτης	$10 - 1 \times 10^7$	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ	20 έως 1×10^3
Ασβεστόλιθοι	$50 - 1 \times 10^7$	ΔΟΛΟΜΙΤΗΣ	100 έως 10^4
Ψαμμίτες	$1 - 1 \times 10^8$	ΑΜΜΟΣ	1 έως 1.000
Σχιστόλιθοι	$20 - 2 \times 10^3$	ΑΡΓΙΛΟΣ	1 έως 100
Δολομίτης	100 - 10,000	ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	0.5 έως 300
Άμμος	1 - 1,000	ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΝΕΡΟ	0.2
Άργιλος	1 - 100		
Εδαφικό Νερό	0.5 - 300		
Θαλασσινό Νερό	0.2		

Για την μελέτη της περιοχής ενδιαφέροντος πραγματοποιήθηκαν δύο ηλεκτρικές τομογραφίες και οι θέσεις τους φαίνονται στην Εικόνα 19.



Εικόνα 19 . Θέσεις Ηλεκτρικών Τομογραφιών (Πηγή : Google Earth και ArcGIS)

Ειδικότερα για την 1^η θέση. Η όδευση περιελάμβανε 24 σημεία τοποθέτησης ηλεκτροδίων σε απόσταση 4 m. μεταξύ τους. Λήφθηκαν τοπογραφικά δεδομένα για τα ηλεκτρόδια με A/A 1,5,9,13,17,21 και 24 ,όπως φαίνονται στην Εικόνα 20. Συνολικό μήκος όδευσης 96 m.



Εικόνα 20. Περιοχή 1^{ης} Ηλεκτρικής Τομογραφίας. (Πηγή : Google Earth)

Για την 2^η θέση . Η όδευση περιελάμβανε 24 σημεία τοποθέτησης ηλεκτροδίων σε απόσταση 3 m. μεταξύ τους. Λήφθηκαν τοπογραφικά δεδομένα για τα ηλεκτρόδια με A/A 1,4,7,10,13,16,19,22 και 24,όπως φαίνονται στην Εικόνα 21. Συνολικό μήκος όδευσης 72 m.



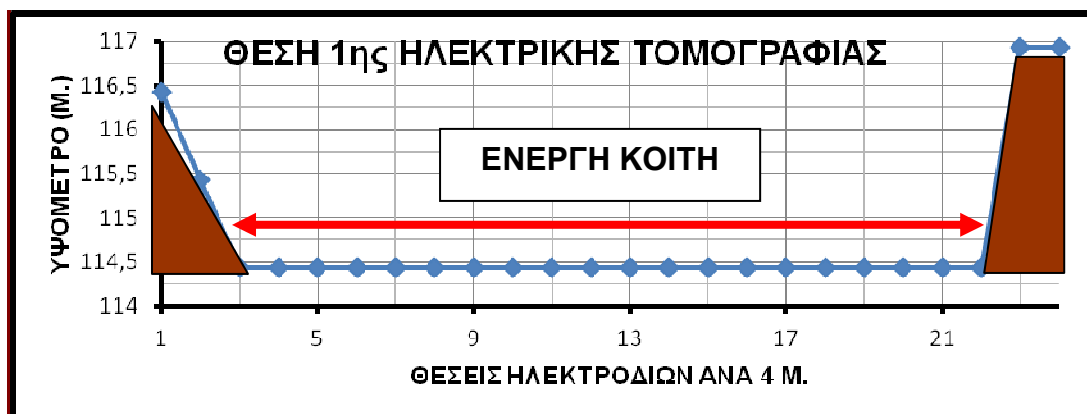
Εικόνα 21. Περιοχή 2^{ης} Ηλεκτρικής Τομογραφίας.(Πηγή : Google Earth)

Τα τοπογραφικά και υψομετρικά στοιχεία των οδεύσεων των ηλεκτρικών τομογραφιών είναι αυτά που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

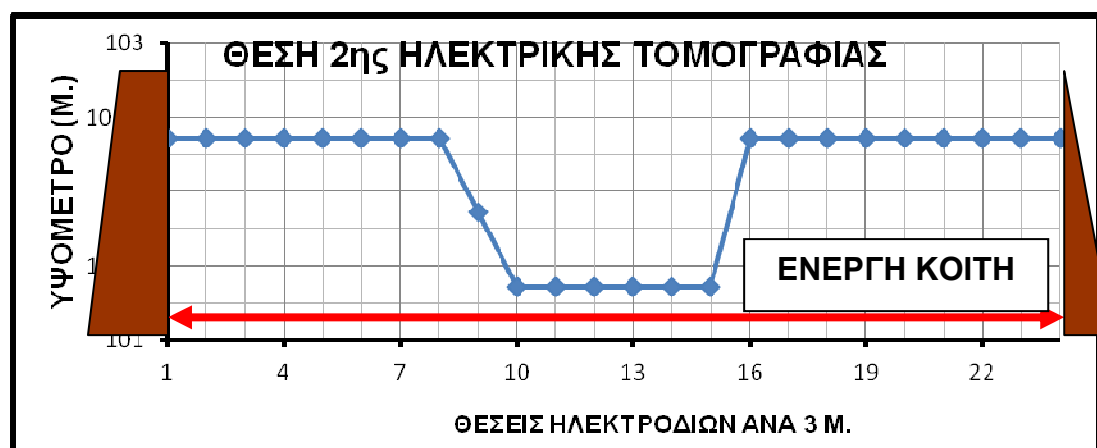
Πίνακας 3 .Τοπογραφικά και υψομετρικά στοιχεία των ηλεκτρικών τομογραφιών

A/A ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟΥ	N1(°)	E1(°)	Z1(M.)	N2(°)	E2(°)	Z2 (M.)
1	40 37 23.30	023 14 47.72	116,43	40 38 22.06	023 14 19.46	102,36
2			115,43			102,36
3			114,43			102,36
4			114,43	40 38 21.84	023 14 19.21	102,36
5	40 37 23.07	023 14 47.06	114,43			102,36
6			114,43			102,36
7			114,43	40 38 21.73	023 14 18.89	102,36
8			114,43			102,36
9	40 37 23.02	023 14 46.43	114,43			101,86
10			114,43	40 38 21.62	023 14 18.49	101,36
11			114,43			101,36
12			114,43			101,36
13	40 37 22.84	023 14 45.74	114,43	40 38 21.55	023 14 18.24	101,36
14			114,43			101,36
15			114,43			101,36
16			114,43	40 38 21.44	023 14 17.95	102,36
17	40 37 22.69	023 14 45.02	114,43			102,36
18			114,43			102,36
19			114,43	40 38 21.37	023 14 17.59	102,36
20			114,43			102,36
21	40 37 22.58	023 14 44.30	114,43			102,36
22			114,43	40 38 21.23	023 14 17.16	102,36
23			116,93			102,36
24	40 37 22.50	023 14 43.80	116,93	40 38 21.15	023 14 16.71	102,36

Οι αντίστοιχες απεικονίσεις των οδεύσεων απεικονίζονται στις παρακάτω Εικόνες 22 και 23.



Εικόνα 22. Απεικόνιση όδευσης 1^{ης} ηλεκτρικής τομογραφίας. (Με καφέ χρώμα τα αναχώματα της κοίτης)



Εικόνα 23. Απεικόνιση όδευσης 2^{ης} ηλεκτρικής τομογραφίας. (Με καφέ χρώμα τα αναχώματα της κοίτης)

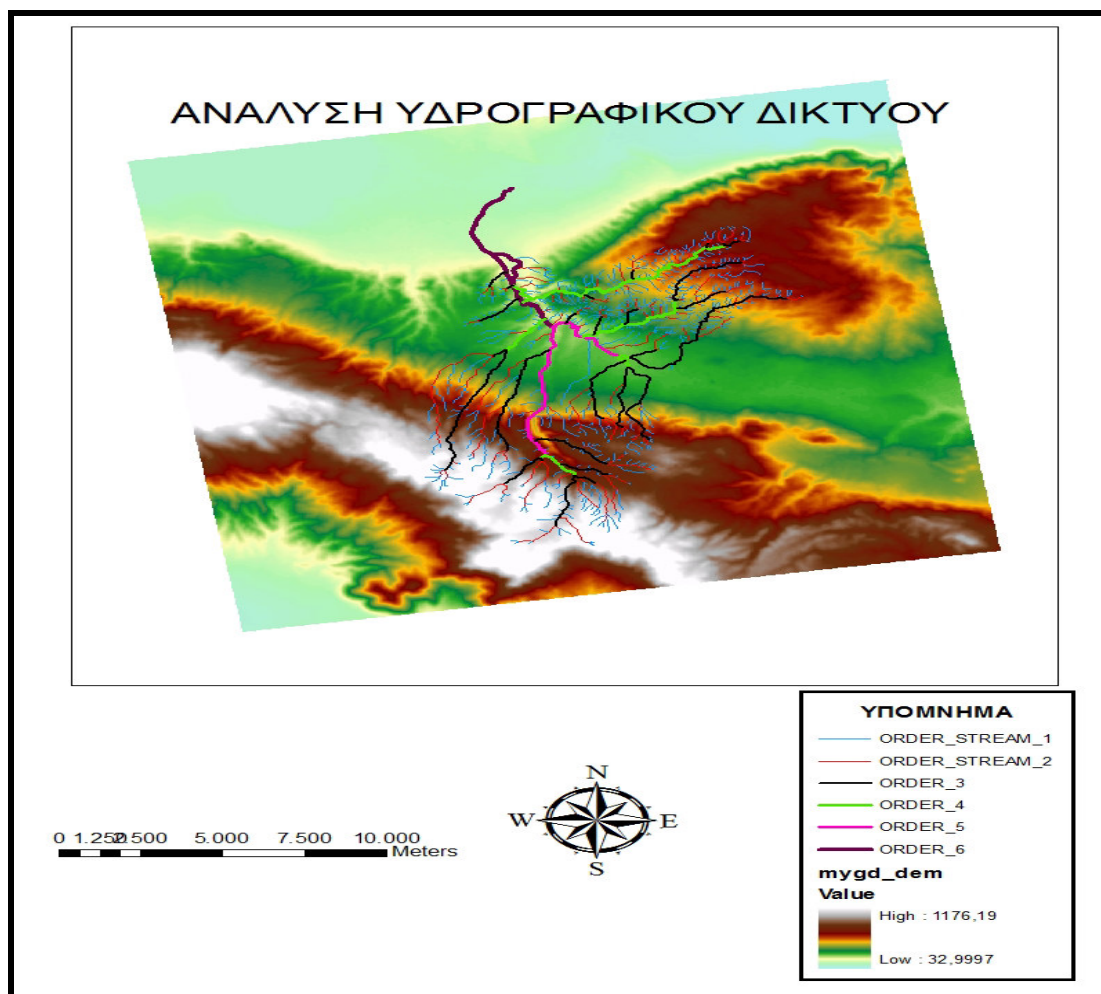
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Ανάλυση Υδρογραφικού Δικτύου

Μετά την επεξεργασία των δεδομένων με την χρήση του προγράμματος ArcGIS 9.3 και 10, τα αποτελέσματα που εξήχθησαν είναι τα παρακάτω :

α. Ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου .

Από την οριοθέτηση, κατανομή και κατάταξη των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου του ρέματος των Λαγκαδικίων προέκυψε το παρακάτω δίκτυο με την αντίστοιχη κατάταξη των κλάδων κατά τάξη σύμφωνα με τον Strahler, 1952 (Εικόνα 24).



Εικόνα 24. Ανάλυση υδρογραφικού δικτύου κατά κλάδους

β. Μετρούμενες Παράμετροι του Υδρογραφικού Δικτύου

β.1 Τάξεις κλάδου (u).

Από την ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου του προέκυψε ότι η κατάταξη των κλάδων φτάνει μέχρι την 6^η τάξη.

β.2 Αριθμός κλάδων τάξεως u (N_u).

Η κατάταξη των κλάδων και η αρίθμησή τους μέσω του προγράμματος επεξεργασίας έδωσε τα αποτελέσματα που φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Α/Α ΚΛΑΔΟΥ	1	2	3	4	5	6
ΑΡΙΘΜΟΣ (N_u)	610	134	27	7	2	1

β.3 Συνολικός αριθμός κλάδων εντός της λεκάνης τάξεως u (ΣN) $_u$.

Ο συνολικός αριθμός των κλάδων εντός της λεκάνης είναι **781** .

β.4 Συνολικό μήκος κλάδων τάξεως u (Lu).

Το συνολικό μήκος των κλάδων τάξεως u (Lu) προέκυψε από την μέτρηση του κάθε κλάδου ξεχωριστά μέσω εντολής πραγματοποίησης αποστασιομέτρησης για γραμμικό στοιχείο και την πρόσθεσή τους κατά κλάδο. Τα αποτελέσματα είναι αυτά που προβάλλονται στον πίνακα .

A/A ΚΛΑΔΟΥ	1	2	3	4	5	6
ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ (Lu)	191.21 Km.	83.39 Km.	54.47 Km.	17.98 Km.	10.17 Km.	8.34 Km.

β.5 Μέσο μήκος τάξεως u (Lu).

A/A ΚΛΑΔΟΥ	1	2	3	4	5	6
ΜΕΣΟ ΜΗΚΟΣ ΤΑΞΕΩΣ (Lu)	0.31 Km.	0.62 Km.	2.02 Km.	2.57 Km.	5.09 Km.	8.34 Km.

β.6 Συνολικό μήκος κλάδων εντός λεκάνης τάξεως u (ΣL)u.

Είναι το άθροισμα όλων των μηκών όλων των κλάδων εντός της υδρολογικής λεκάνης και ισούται με **365.57 Km.**

γ. Υπολογιζόμενες Μορφομετρικές Παράμετροι του Υδρογραφικού Δικτύου.

γ.1 Συντελεστής διακλάδωσης (Rb).

$$Rb = N_u / N_{(u+1)}$$

1	2	3	4	5	6
4.55	4.96	3.86	3.50	2.00	

γ.2 Λόγος μήκους κλάδων (RL).

$$R_L = L_u / L_{(u+1)}$$

1	2	3	4	5	6
2.29	1.53	3.03	1.77	1.22	

δ. Μετρούμενες Παράμετροι στην Λεκάνη Απορροής.

δ.1 Υψόμετρο στομίου λεκάνης (q).

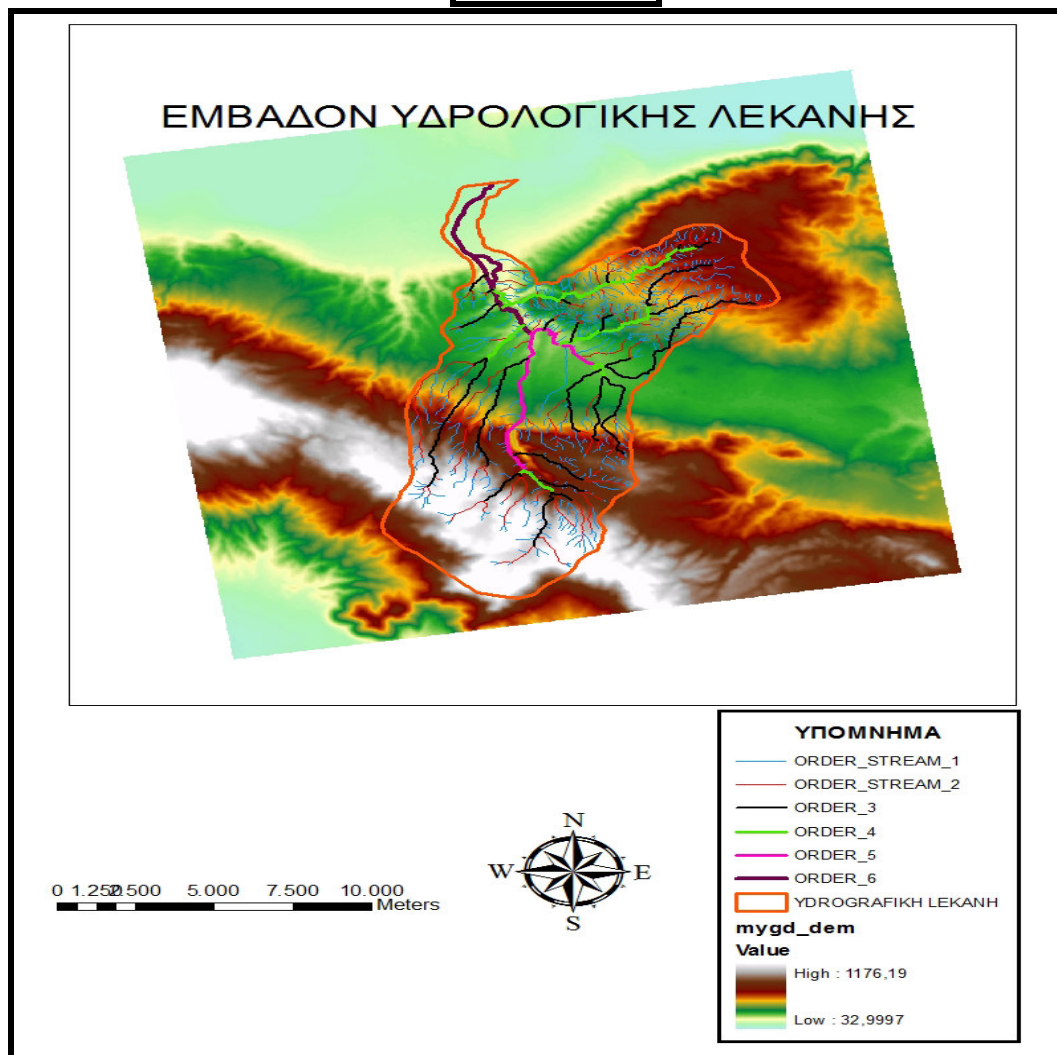
67.67 m.

δ.2 Υψόμετρο υψηλότερου σημείου λεκάνης (Z).

973.578 m.

δ.3 Εμβαδόν λεκάνης απορροής (Εικόνα 15)

114.63 Km²



Εικόνα 25 . Εμβαδόν Υδρολογικής Λεκάνης .

ε. Υπολογιζόμενες Μορφομετρικές Παράμετροι στη Λεκάνη Απορροής

ε.1 Υδρογραφική πυκνότητα (Du).

$$D_u = \Sigma L_u / A_u \quad 3.19$$

ε.2 Υδρογραφική συχνότητα (F_u).

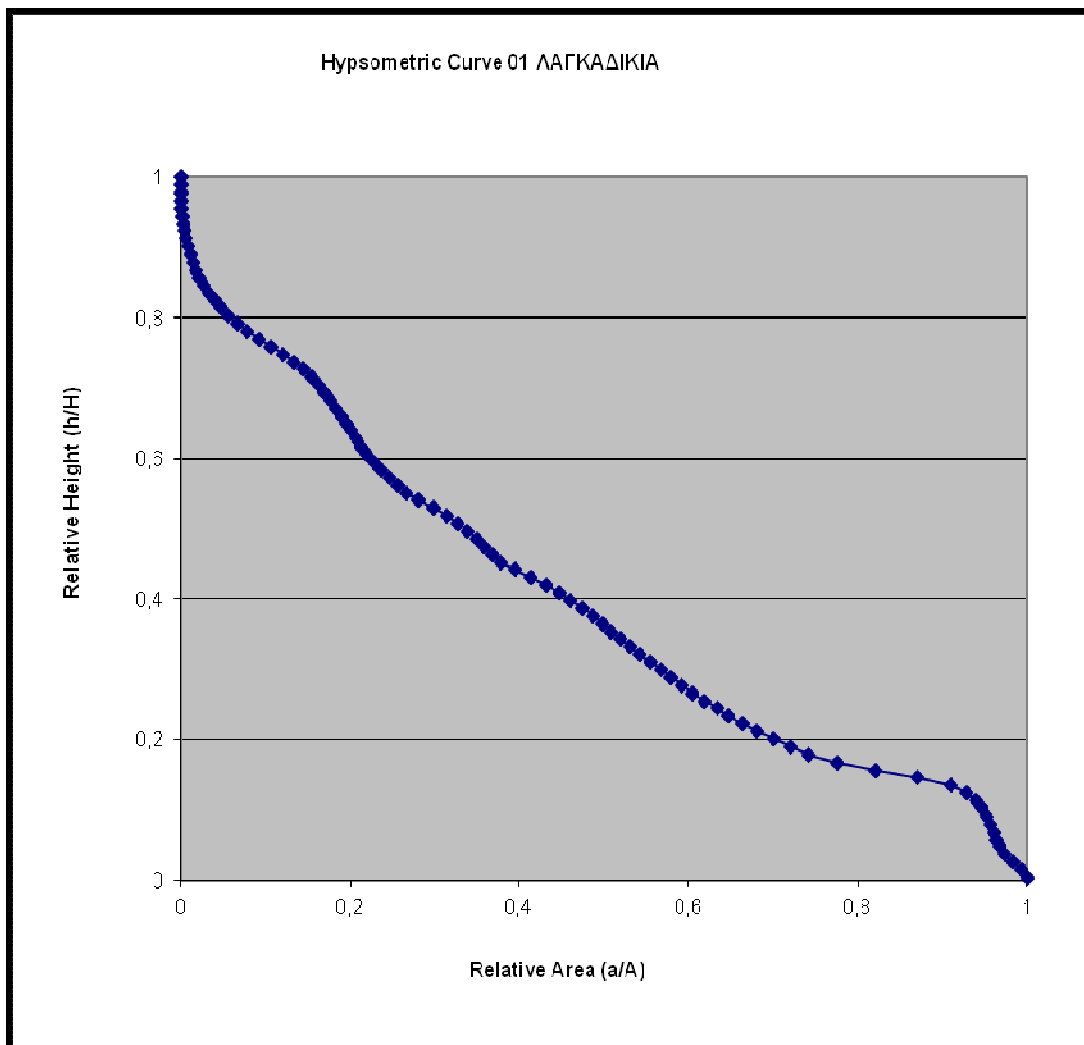
$$F_u = \Sigma N_u / A_u \quad 6.81$$

ε.3 Συνολικό ανάγλυφο λεκάνης (H).

$$H = Z - q \quad 905.91$$

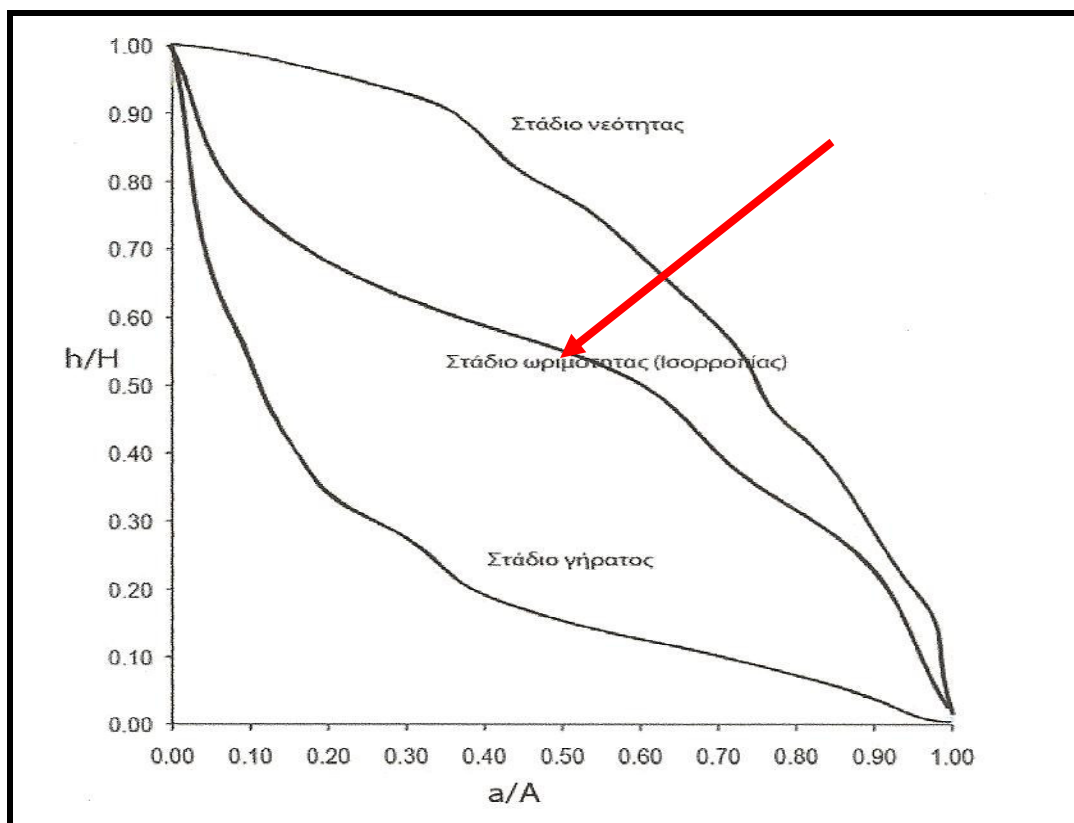
ε.4 Υψομετρικό ολοκλήρωμα – Υψομετρική καμπύλη.

Το υψομετρικό ολοκλήρωμα και η υψομετρική καμπύλη που παρουσιάζονται στην Εικόνα 26, προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων που λήφθηκαν από την μελέτη του υδρογραφικού δικτύου και της λεκάνης απορροής. Το υψόμετρο αναλύθηκε και κατανεμήθηκε ανά 10 m. και έγινε η αντίστοιχη κατανομή των επιφανειών (Εικόνα 26).



Εικόνα 26 . Υψομετρικό Ολοκλήρωμα.

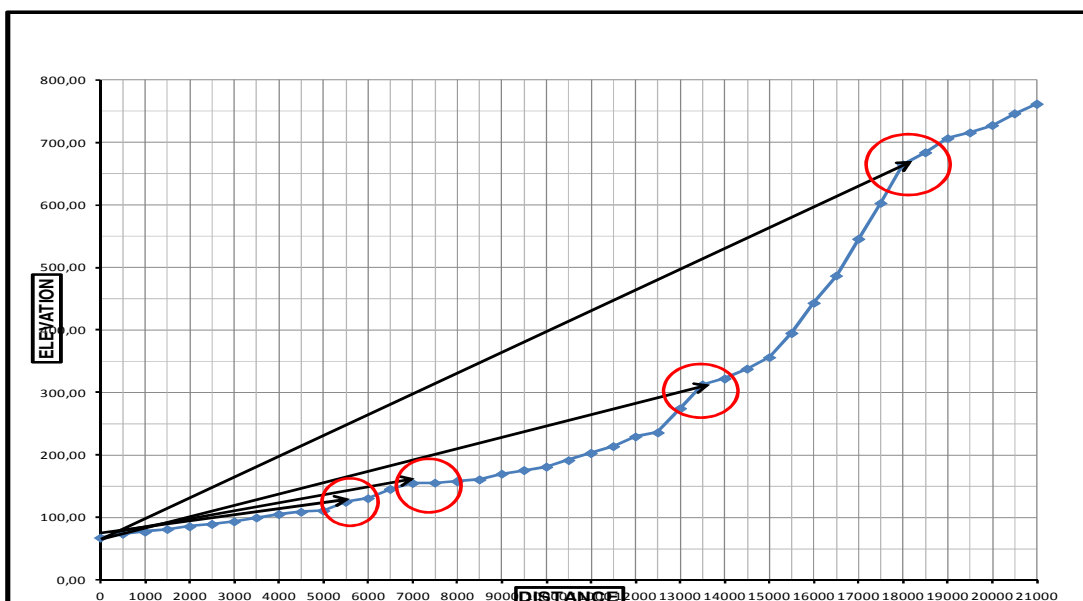
Το Υψομετρικό Ολοκλήρωμα μας δίνει το ποσοστό διάβρωσης της λεκάνης απορροής. Τυπικές υψομετρικές καμπύλες που δείχνουν το ποσοστό διάβρωσης αλλά και το στάδιο στο οποίο βρίσκεται μια λεκάνη, παρουσιάζονται στην Εικόνα 27.



Εικόνα 27. Τυπικές Υψομετρικές καμπύλες λεκανών.

Όπως παρατηρούμε από την σύγκριση των δύο εικόνων, η λεκάνη απορροής του ρέματος των Λαγκαδικίων συγκλίνει περισσότερο με αυτή του σταδίου ωριμότητας (ισορροπίας).

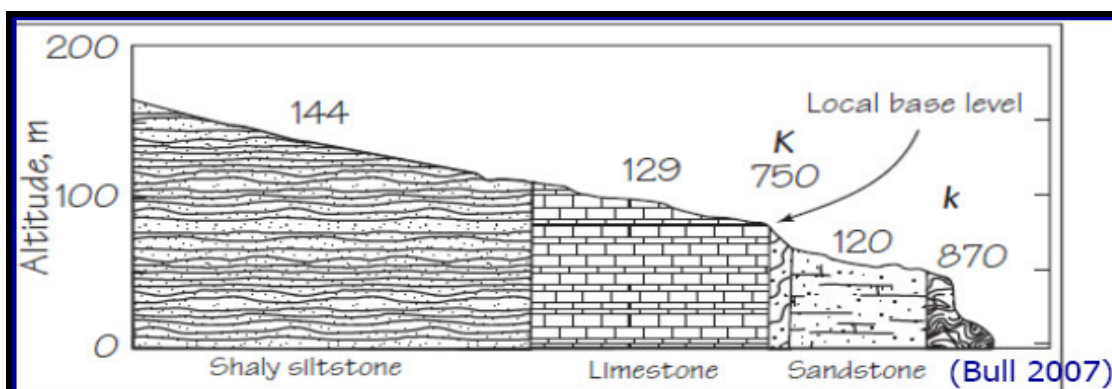
Από την μελέτη της Υψομετρικής Καμπύλης προκύπτουν 4 σημεία καμπής (knickpoint) . Αυτό μπορεί να διαπιστωθεί και από σχεδιάγραμμα του υψομέτρου με την απόσταση από το σημείο εξόδου του υδρορέματος (Εικόνα 28).



Εικόνα 28. Υψομετρική καμπύλη

Τα σημεία καμπής προκύπτουν όταν διακόπτεται η ομαλή κλίση του πυθμένα της κοίτης ενός ποταμού από κάποιο απότομο μέτωπο το οποίο δημιουργεί κατά αυτόν τον τρόπο έναν αναβαθμό με κάποια υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο επιμήκων τμημάτων του πυθμένα της κοίτης.

Συνήθη αίτια για αυτήν την ανωμαλία μπορεί να είναι η επίδραση της τεκτονικής δραστηριότητας ή ακόμα και η δημιουργία τεχνητών αναβαθμών εντός της κοίτης του ποταμού ή του ρέματος, για την προστασία από πλημμυρικά φαινόμενα, η διαφορετική λιθολογία των πετρωμάτων και η αντίστασή τους στη διάβρωση, καθώς επίσης και από έντονη κλιματική αλλαγή (Εικόνα 28) (Bull, 2007).



Εικόνα 28. Αίτια δημιουργίας Knickpoints (Bull , 2007)

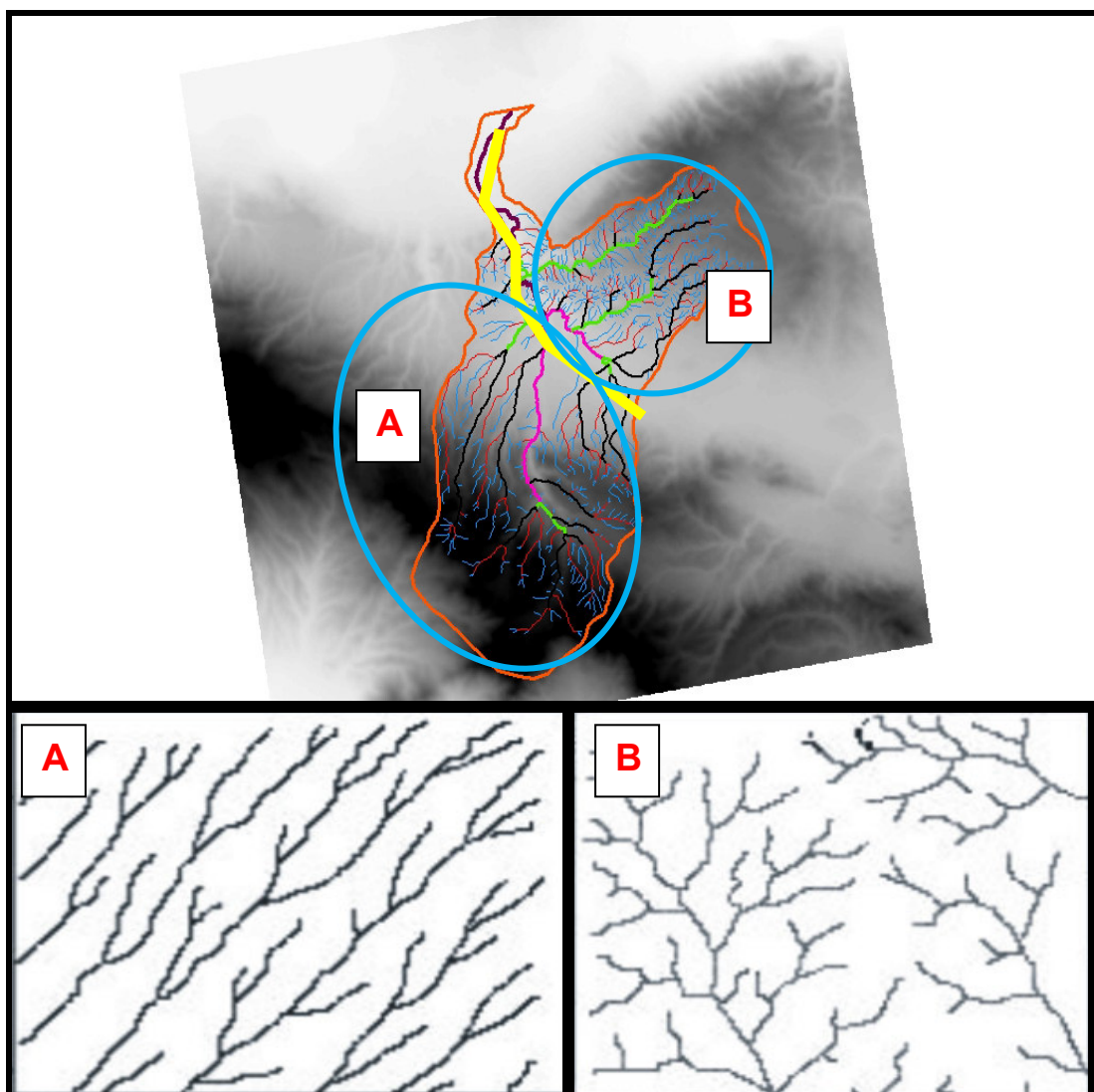
ε.5 Βαθμός τραχύτητας αναγλύφου (R_n).

$$R_n = H \cdot D \quad 2889.17$$

Ο μεγάλος βαθμός τραχύτητας σημαίνει ότι στην περιοχή μελέτης οι κλιτύες είναι απότομες και έχουν μεγάλο μήκος (Strahler , 1958). Αυτό σημαίνει ότι και οι δύο παράμετροι ($H-D$), έχουν μεγάλες τιμές ($H=905.91$ και $D=3.19$)

στ. **Μορφή του υδρογραφικού δικτύου.**

Το υδρογραφικό δίκτυο του ρέματος των Λαγκαδικίων μετά την επεξεργασία με τα προγράμματα ArcGIS και τον καθορισμό της υδρολογικής λεκάνης και των κλάδων που απαρτίζουν το υδρογραφικό δίκτυο, έχει την μορφή που φαίνεται στην Εικόνα 29.

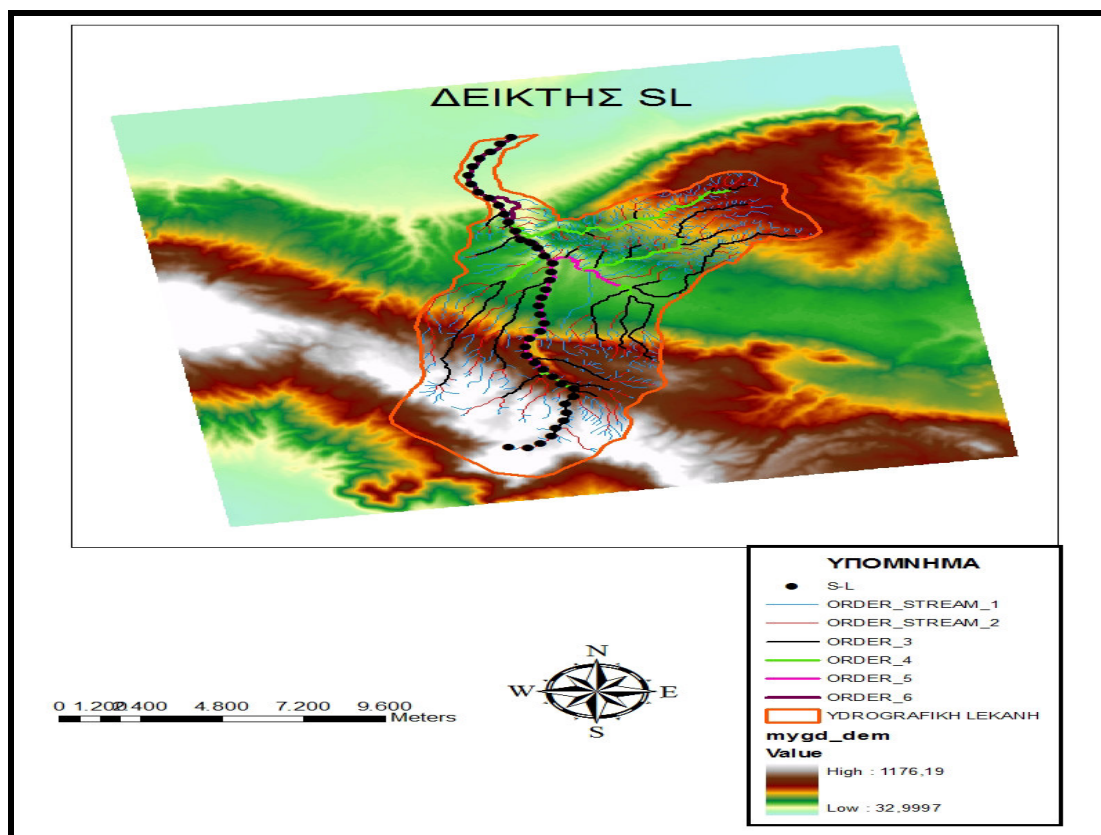


Εικόνα 29. Μορφές του υδρογραφικού δικτύου του ρέματος των Λαγκαδικίων

Η κίτρινη γραμμή είναι μια αυθαίρετη γραμμή που τοποθετήθηκε για να διαχωρίζει το υδρογραφικό δίκτυο σε δύο επιμέρους μορφές, και αυτό γιατί είναι φανερή η διαφορά τους στον τρόπο ανάπτυξής τους. Στο δεξί τμήμα του υδρογραφικού δικτύου (B) η μορφή είναι δενδριτική, ενώ στο αριστερό τμήμα του δικτύου η μορφή είναι παράλληλη (A). Ο διαχωρισμός αυτός οφείλεται στην διαφορετική γεωλογία των δύο περιοχών (διαφορετικά είδη πετρωμάτων), στην διαφορά κλίσης που παρουσιάζει το ανάγλυφο και στην τεκτονική δράση που είναι ενεργή στην περιοχή.

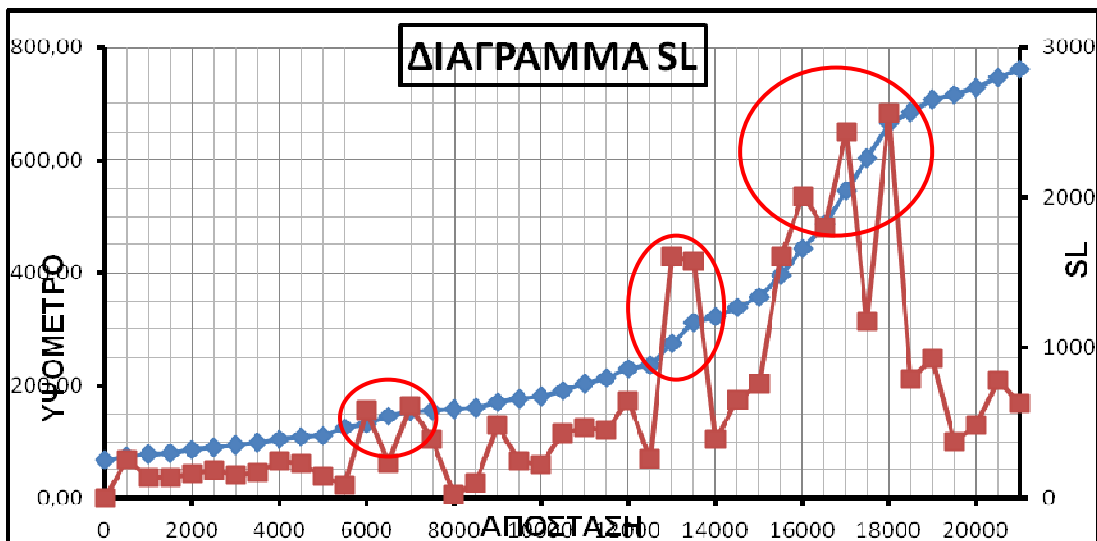
ζ. Ο Δείκτης SL (Stream Length).

Ο δείκτης SL υπολογίσθηκε με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με λογισμικό ΓΣΠ και τα υψόμετρα υπολογίσθηκαν από το DEM που χρησιμοποιήθηκε ως βάση δεδομένων. Το μήκος στο οποίο υπολογίσθηκε ο δείκτης είναι 21.000 m. και αρχίζει από το κατώτερο υψόμετρο της υδρολογικής λεκάνης και του υδρογραφικού δικτύου (67.89 m) μέχρι την αρχή έναρξής του (762.07 m) (Εικόνα 30).



Εικόνα 30. Καθορισμός των σημείων για τον υπολογισμό του δείκτη SL

Η εικόνα που παρουσιάζει ο Δείκτης SL είναι αυτή που παρουσιάζεται στην Εικόνα 31, σε συνδυασμό με την καμπύλη του Υψομέτρου – Απόστασης.



Εικόνα 31. Διάγραμμα του δείκτη SL σε συνάρτηση με την απόσταση και το υψόμετρο

Η Εικόνα παρουσιάζει τρία σημεία με απότομες εξάρσεις και εναλλαγές του δείκτη, σημεία τα οποία χρήζουν προσοχής και μελέτης σχετικά με τους λόγους εμφάνισής τους και τι γεγονότα αντικατοπτρίζουν. Αυτό θα γίνει παρακάτω όπου θα εξεταστούν σε σχέση με το Υψομετρικό Ολοκλήρωμα.

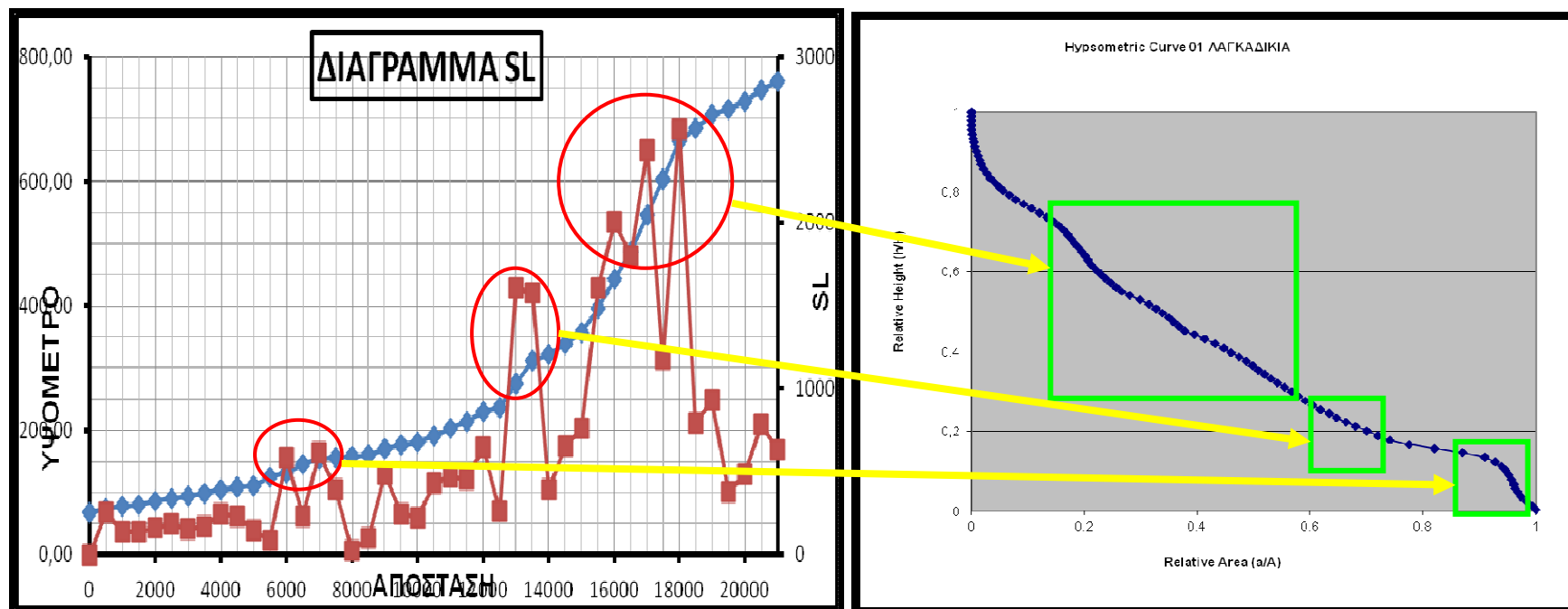
η. Η μελέτη του υδρογραφικού δικτύου σε ότι αφορά την κατατομή του ρέματος, δείχνει ότι στον κάτω ρούς του ρέματος, και μέχρι το σημείο που συμβάλλει με τον ποταμό Δερβένι και κατευθύνεται προς την λίμνη Βόλβη, στην πράξη η ροή του ύδατος στο μεγαλύτερο μέρος της διενεργείται υπόγεια και όχι επιφανειακά Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχουν παλαιοκοίτες που έχουν ταφεί από την μεταφορά φερτών υλικών και έχουν καλυφθεί με διαφορετικό πάχος. Τα υλικά αυτά κατά το πλείστον είναι αδρόκοκκα και με μεγάλη διηθητική ικανότητα, γεγονός που συμβάλλει στην έλλειψη επιφανειακής ροής.

Σε όλο τον κάτω ρού και σε ένα κομμάτι του μέσου ρού η κοίτη είναι διευθετημένη και έχουν τοποθετηθεί 8 αναβαθμοί για τον έλεγχο της ροής του ρέματος και την αποφυγή πλημμυρικών επεισοδίων .

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της ταχύτητας του τρεχούμενου νερού , την ομαλοποίηση των κλίσεων και την εναπόθεση φερτών υλικών στα σημεία των αναβαθμών, αλλά και την κάλυψη και μετατόπιση της κοίτης σε διαφορετική θέση από την αρχική της.

4.2 Συσχέτιση Υψομετρικού Ολοκληρώματος με τον Δείκτη SL της κοιλάδας του ρέματος των Λαγκαδικίων.

Από τη συσχέτιση των δύο καμπυλών προκύπτουν τρεις περιοχές που εμφανίζουν ενδιαφέρον για περεταίρω μελέτη και διαλεύκανση. Οι περιοχές αυτές εντοπίζονται στα υψόμετρα :α) των 750-450 m., β) 300-200 m. και γ) των 150-175 m. Οι περιοχές αυτές, με βάση τον δείκτη SL, είναι περιοχές στις οποίες εντοπίζονται τεκτονικές διεργασίες οι οποίες προκάλεσαν μεταβολή του αναγλύφου της περιοχής και έχουν δείκτη πολύ υψηλό. Στις ίδιες περιοχές το Υψομετρικό Ολοκλήρωμα δείχνει ότι οι διεργασίες διάβρωσης κατάφεραν να επιφέρουν μια ισορροπία στην περιοχή, δείχνοντας έτσι ένα προφίλ σταδίου ωριμότητας (ισορροπίας). Αυτό μπορεί να διαπιστωθεί και από την ύπαρξη των παλαιοκοιτών, οι οποίες καλύφθηκαν από νεώτερα ιζήματα που μεταφέρθηκαν από τον πάνω ρού του ρέματος με την μεταβολή του αναγλύφου και των συνθηκών και παραγόντων της διάβρωσης. Οποιαδήποτε μεταβολή σε κάποιο δείκτη επιφέρει μεταβολή στην συμπεριφορά του ρέματος, το οποίο προσπαθεί να επανέρθει στην αρχική του κατάσταση τροποποιώντας και μεταβάλλοντας είτε την ροή του είτε την ταχύτητα κίνησης του νερού είτε αυξάνοντας ή μειώνοντας την διάβρωση στην κοίτη και στα τοιχώματά της. Οι μεταβολές αυτές έχουν αντίκτυπο και στην συνολική λεκάνη απορροής αλλά και στην γενικότερη περιοχή .

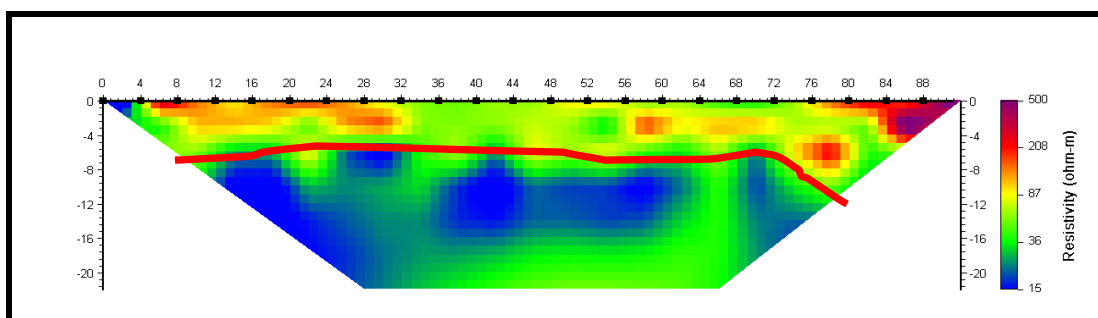


Εικόνα 32. Συσχέτιση Υψομετρικού Ολοκληρώματος με τον Δείκτη SL της κοιλάδας του ρέματος των Λαγκαδικίων.

4.3 Ερμηνεία των Ηλεκτρικών Τομογραφιών

4.3.1 1^η Τομή

Η αντιστροφή της 1^{ης} ηλεκτρικής τομογραφίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 32. Αυτό σημαίνει πως τα πετρώματα τα οποία βρίσκονται εντός της κοίτης του ποταμού έχουν αρκετά υψηλό πορώδες, επιτρέπουν την κατείσδυση του νερού και την κίνησή του εντός αυτών. Τα υλικά αυτά μεταφέρθηκαν από την δράση του νερού του ρέματος και αποτέθηκαν στη θέση αυτή, πιθανόν μετά και την κατασκευή των αναβαθμών, όπου συνετέλεσαν στην συγκέντρωσή τους.



Εικόνα 32. Ψευδοεικόνα ηλεκτρικής τομογραφίας 1^{ης} τομής (μετά την αντιστροφή)

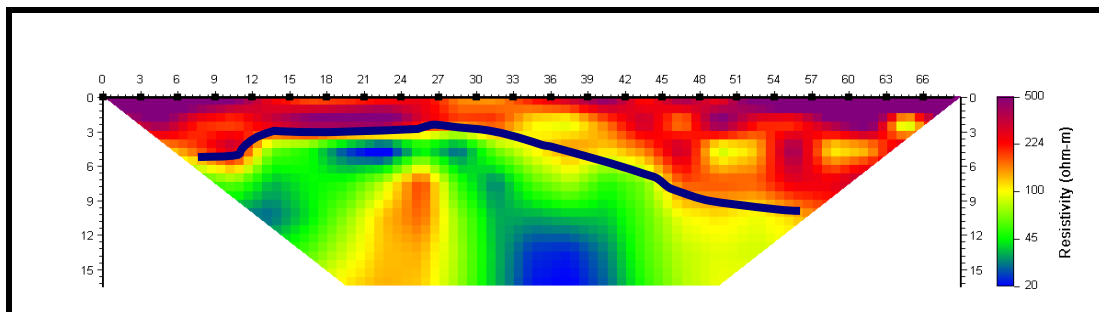
Η θέση και η διάρθρωση του υδροφόρου στρώματος δείχνει πως υπάρχει παλαιοκοίτη η οποία επικαλύφθηκε από φερτά υλικά, και η στρωματογραφική της συσχέτιση με την ψευδοεικόνα είναι όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 33.



Εικόνα 33. Στρωματογραφική Συσχέτιση Τομογραφίας 1

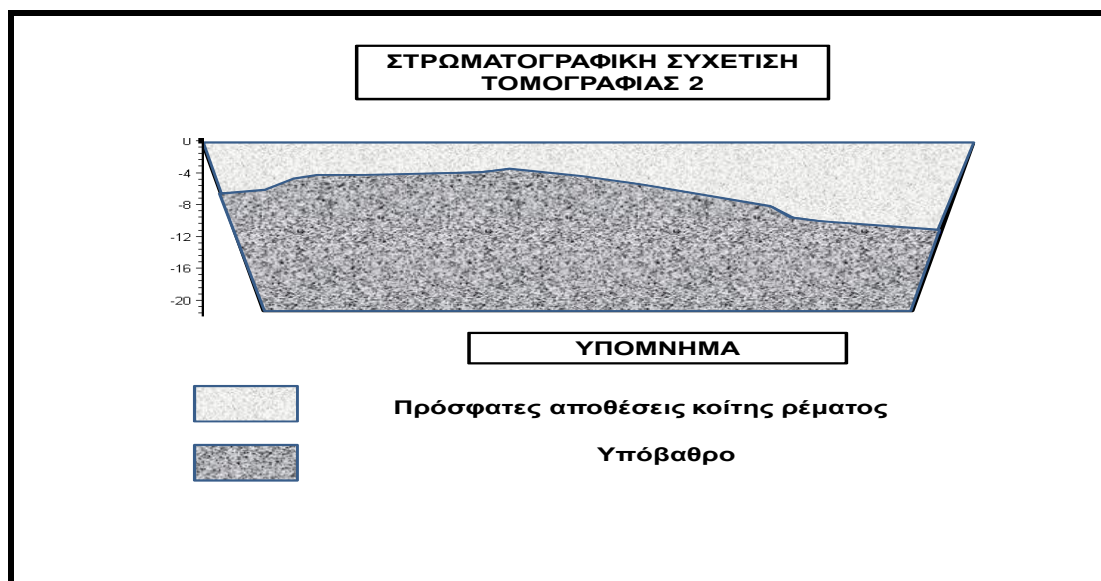
4.3.2 2^η Τομή

Η αντιστροφή της 2^{ης} ηλεκτρικής τομογραφίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 34.



Εικόνα 34. Ψευδοεικόνα ηλεκτρικής τομογραφίας 2^{ης} τομής
(μετά την αντιστροφή)

Στην επιφάνεια της κοίτης εντοπίζονται πολύ διαπερατά πετρώματα-ιζήματα τα οποία επιτρέπουν την κατείσδυση του επιφανειακού νερού, και με δεδομένο ότι η θέση της 2^{ης} ηλεκτρικής τομογραφίας βρίσκεται μεταξύ τεχνητών αναβαθμών, όπως φαίνεται και στην εικόνα, και δεδομένου του γεγονότος ότι πριν τον αναβαθμό υπάρχει επιφανειακή απορροή, συμπεραίνεται ότι η παρουσία νερού του υπόγειου νερού και μάλιστα σε μεγαλύτερο βάθος από την προηγούμενη θέση, οφείλεται σε παλαιοκοίτη του ποταμού, η οποία έχει καλυφθεί από σύγχρονα ιζήματα και πετρώματα (Εικόνα 35).



Εικόνα 35. Στρωματογραφική Συσχέτιση Τομογραφίας 2

Μάλιστα αυτή η κοίτη φαίνεται πως βρισκόταν και προεκτεινόταν και έξω από τα σημερινά όρια διευθέτησής της, σύμφωνα με την εικόνα που παρουσιάζει η τομή, μετά τα 42 m (Εικόνα 36).



Εικόνα 36. Τεχνητός αναβαθμός εντός της κοίτης του ποταμού και πριν την θέση της 2^{ης} ηλεκτρικής τομογραφίας.

Η δημιουργία αναβαθμών (υπάρχουν 8 αναβαθμοί στην κοίτη του ρέματος από το σημείο συμβολής με τον Δερβένι ποταμό, μέχρι περίπου το τέλος του μέσου ρού), προφανώς για την αποφυγή πλημμυρικών φαινομένων και ελέγχου της μεταφοράς ιζημάτων προς τα κατάντη, ιδιαίτερα στο δέλτα του ποταμού, δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για την συγκέντρωση ιζημάτων διαπερατών από το νερό καλύπτοντας την επιφάνεια της κοίτης του ποταμού (Εικόνα 37), και υποχρεώνοντας το νερό να κινηθεί διαμέσου αυτών στα σημεία ύπαρξης των αναβαθμών, όταν η παροχή ύδατος δεν επιτρέπει την επιφανειακή απορροή. Με αυτόν τον τρόπο το νερό κινείται προς τα κατάντη, σε σημεία με χαμηλότερο υψόμετρο.



Εικόνα 37 . Επιφανειακά πετρώματα της κοίτης του ποταμού στην 2^η θέση της ηλεκτρικής τομογραφίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά την μελέτη της περιοχής με την συνδυασμένη χρήση ΓΣΠ και Ηλεκτρικών τομογραφιών στο υδρογραφικό δίκτυο του ρέματος των Λαγκαδικίων και στην υδρογραφική του λεκάνη προέκυψαν αρκετά ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

Η ανάπτυξη του υδρογραφικής λεκάνης χωρίζεται σε δύο υπολεκάνες, με διαφορετικά υδρογραφικά δίκτυα (παράλληλο στην μια, δενδριτικό στην άλλη). Αυτό οφείλεται στην διαφορετική λιθολογία των πετρωμάτων και των ιζημάτων που περιέχουν, στο διαφορετικό ανάγλυφο και στις κλίσεις που παρουσιάζει η κάθε μια, όπως επίσης και στην τεκτονική δραστηριότητα που παρουσιάζει η περιοχή.

Το υδρογραφικό δίκτυο του ρέματος περιλαμβάνει κλάδους από 1^η μέχρι 6^η τάξη, σύμφωνα με την κατάταξη Strahler.

Ο κάτω ρούς του ρέματος παρουσιάζει χαμηλές θερινές παροχές και υπόγεια ροή, ίσως λόγω της δημιουργίας αναβαθμών εντός της κοίτης, της απόθεσης φερτών υλικών με μεγάλη διηθητική ικανότητα και της διευθέτησης της κοίτης στο μήκος του μέσου ρού. Η απορροή του νερού γίνεται μέχρι ένα σημείο επιφανειακά, διηθείται και συνεχίζει υπόγεια. Σε αυτό συμβάλλουν τόσο τα ιζήματα (άμμοι, χαλίκια) που εναποτέθηκαν στην κοίτη του ρέματος που έχουν μεγάλο πορώδες, όσο και στο γεγονός ότι υπάρχουν παλαιοκοίτες που έχουν καλυφθεί από αυτά και συμβάλλουν στην υπόγεια ροή του νερού προς τα κατάντη. Ένα άλλο γεγονός που ίσως συμβάλλει είναι ότι στην ευρύτερη περιοχή λειτουργεί μεγάλος αριθμός γεωτρήσεων που υποβιβάζει το ύψος του υδροφόρου ορίζοντα και την επιφάνεια της λίμνης Κορώνειας γενικότερα, με αποτέλεσμα να διηθείται το νερό σε μεγαλύτερο βάθος για να κορέσει το ενδιάμεσο κενό στρώμα και να μην ρέει επιφανειακά. Σημαντικό ρόλο παίζουν και οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, και ιδιαίτερα οι βροχοπτώσεις και η θερμοκρασία. Σε περιόδους συνεχούς βροχόπτωσης υπάρχει επιφανειακή απορροή, γεγονός που δείχνει ότι ανεβαίνει η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, αφού έχει επέλθει πλήρωσή του.

Τέλος οι αναβαθμοί μεταβάλλουν τις κλίσεις και μειώνουν την ταχύτητα ροής του νερού, επιτρέποντας και διευκολύνοντας την κατείσδυση.

Η παρουσία σημείων καμπής στον δείκτη SL υποδηλώνει την μεταβολή του αναγλύφου και των κλίσεων είτε από τεκτονική δράση είτε από την μεταβολή στην λιθολογία των πετρωμάτων. Αυτό είναι ένα σημείο προς έρευνα, μιας και ορισμένες μεταβολές μπορεί να αποδοθούν στην παρουσία των αναβαθμών, ιδιαίτερα στον μέσο και κάτω ρου του ρέματος, ενώ κάποιες άλλες θα πρέπει να αναζητηθούν και να ερμηνευθούν διαμέσου των τεκτονικών γεγονότων που έλαβαν χώρα στην περιοχή στην διάρκεια του γεωλογικού χρόνου και επηρέασαν τον χαρακτήρα και την διαμόρφωση του ρέματος .

Η διηθητική ικανότητα των ιζημάτων της κοίτης του ρέματος είναι ένα άλλο πεδίο προς έρευνα, για να διαπιστωθεί η συμβολή τους στο φαινόμενο της έλλειψης επιφανειακής απορροής στην κοίτη του ρέματος και ιδιαίτερα στον μέσο και κάτω ρού , κατά τους θερινούς μήνες. Ο υπολογισμός της διηθητικής τους ικανότητας και του πορώδους είναι βασικοί παράγοντες και συντελεστές στο να επιτρέπουν ή να απαγορεύουν την απορροή.

Η χρήση της Ηλεκτρικής Τομογραφίας είναι ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια των Γεωλόγων στο να μελετήσουν και να ερμηνεύσουν δεδομένα που δεν θα μπορούσαν να έχουν με άλλο τρόπο και μέσο στα χέρια τους. Η ερμηνεία και η σωστή απόδοση των ψευδοεικόνων προϋποθέτει εμπειρία που μπορεί να προκύψει μόνο από την συχνή και εμπεριστατωμένη εκπαίδευση και χρήση πάνω στα σύγχρονα επιστημονικά όργανα που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό.

Οι μέθοδοι και οι εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία κρίνονται απαραίτητες για την μελέτη και των υπολοίπων ρεμάτων και ποταμών του υδρογραφικού δικτύου της Μυγδονίας λεκάνης, προκειμένου να προκύψουν συγκρίσιμα στοιχεία που έχουν προέλθει από τις ίδιες μεθόδους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ασάρας Θ. , 1997: Φωτοερμηνεία (τηλεπισκόπηση) στις γεωεπιστήμες . Εκδόσεις Α.Π.Θ. σελ. 180
- Ασάρας Θ.–Οικονομίδης Δ.–Μουρατίδης Α., 2011, Ψηφιακή Χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών . Εκδόσεις ΔΙΣΙΓΜΑ. 189 σελ.
- ΒΑΦΕΙΑΔΗΣ, Π., (1988). Υδρογεωλογική μελέτη της λεκάνης Βόλβης Ν. Θεσσαλονίκης. ΙΙη Περιφ. Δ/ση Εγγ. Βελτιώσεων Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας. Υπ. Γεωργίας 113 σελ., Θεσσαλονίκη.
- Βουβαλίδης Κ. , 2011 . Φυσική Γεωγραφία . Εκδόσεις ΔΙΣΙΓΜΑ. 158 σελ.
- Bull W. B. , Tectonic Geomorphology of Mountains (ed). Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2007. pages: 316. ISBN 978-1-4051-5479-6 2007
- Burrough P. A., Principles of Geographical Information Systems for Land Assesment, Oxford University Press, New York, 1986
- Demers M., Fundamentals of Geographic Information Systems (second edition, John Wiley & Sons Inc., USA, 2000
- Ζαμπούρ Γ., (2010). Υδρογεωλογικές συνθήκες της λεκάνης απορροής της λίμνης Βόλβης, Μεταπτυχιακή Διπλωματική, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης .
- Howard A., 1967 : Drainage analysis in geologic interpretation : a summation. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. , v.51(11), 2246-2259
- Κουτσόπουλος Κ.–Ανδρουλάκης Ν., 2005, Εφαρμογές του Λογισμικού ArcGIS 9x με απλά λόγια. Εκδόσεις ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ. 505 σελ.
- Koufos G.D., Syrides G.E., Kostopoulos D.S.,and Koliadimou K.K., 1995. Preliminary results about the stratigraphy and the palaeoenvironment of Mygdonia Basin, Macedonia, Greece. GEOBIOS, M.S., 18, 243-249.
- Λούης Ι., 2004 .Εισαγωγικά Μαθήματα στην Διερευνητική Γεωφυσική. Σύγχρονες Εκπαιδευτικές Σημειώσεις Γεωφυσικής - Τομέας Γεωφυσικής και Γεωθερμίας. Πανεπιστήμιο ΑΘΗΝΩΝ. ΣΕΛ. 245

- Μανάκου Μ., (2007). Συμβολή στον προσδιορισμό τρισδιάστατου εδαφικού προσομοιώματος για τη μελέτη της σεισμικής απόκρισης: Εφαρμογή στην ιζηματογενή Μυγδονία λεκάνη, Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών .
- Μπάλλας Λ., (2007). Χρήση ασαφών κανόνων στη διαχείριση υδατικών πόρων-Εφαρμογή στην υδρολογική λεκάνη Βόλβης, Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών .
- Παπαζάχος Β., 1996 . Εισαγωγή στην Εφαρμοσμένη Γεωφυσική. Εκδόσεις ΖΗΤΗ. 322 σελ.
- Psilovikos A. and Sotiriadis L., 1983. The neotectonic graben complex of the Serbomacedonian massif at the area of Promygdonia Basin in northern Greece. *Claust. Geol. Abh.*, 44, 22-52.
- Sotiriadis L., A. Psilovikos, E. Vavliakis and G. Syrides (1983). Some Tertiary and Quaternary basins of Macedonia/Greece. Formation and evolution, *Clausthaler Geologische Abhandlungen*, pp 21.
- Strahler A. ,N., Hypsometric (Area – Altitude) Analysis of Erosional Topography, *Bulletin of the Geological Society of America*, Vol. 63, PP. 117-1142 , 23 FIGS., 1 PL., November 1952
- Strahler A. N., 1958, Dimensional analysis applied to fluvially dissected landforms: *Geol. Soc. America Bull.*, v. 69, p. 279-300
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. (1990) *Applied Geophysics*. Second edition. Cambridge University Press
- Τσουλχαράκη Α.–Αχιλλέως Γ., 2010 ,Μαθαίνοντας τα GIS στην πράξη – το ArcGIS 9.3, Εκδόσεις ΔΙΣΙΓΜΑ. 589 σελ.
- Tsourlos, P., 1995. Modeling, interpretation and inversion of multielectrode resistivity survey data. Thesis, University of York, U.K.

ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. (1977). Παλαιογεωγραφική εξέλιξης της λεκάνης και της λίμνης της Μυγδονίας (Λαγκαδά-Βόλβης). Διδ. διατρ. Φ.Μ.Σ. Α.Π.Θ.

1^η Ετήσια Τεχνική Έκθεση του Ερευνητικού Προγράμματος SRM Life, 2004

ArcGIS 9.3 -10 , ESRI (Enviromental Systems Research Institute)

EEA GEOSPATIAL DATA CATALOGUE (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY) , DEM over Europe from the GMES RDA project (EU-DEM, resolution 25m) - version 1, Oct. 2013

ΙΓΜΕ (ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ)

SYSCAL- PRO , IRIS Instruments

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ–ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΚΟΙΝΟΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΥΠΟΔΟΜΩΝ–ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΔΑΦΟΪΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ–Τμήμα Γ΄ (Προστασίας Αρδευτικών Υδάτων), Έλεγχος Χημικής Ποιότητας Αρδευτικών Υδάτων (Επιφανειακών και Υπόγειων) σε Κλίμακα Λεκανών Απορροής Ποταμών Μακεδονίας–Θράκης και Θεσσαλίας–Αποτελέσματα Λεκάνης Μυγδονίας (Υδρογεωλογικά Στοιχεία), (Ανάδοχος Σύμπραξη : ΑΠΘ–Ειδικός Λογαριασμός Κονδυλίων–Εργαστήριο Γεωργικών Φαρμάκων, Σπυρίδης Α.–Κουταλού Β. Ο.Ε «ΥΕΤΟΣ», Περλερός Β., Λιόνης Μ., Λεβογιάννης Μ.)