



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Χρήση τεχνικών G.I.S. για τη
μελέτη της γεωμορφολογικής
εξέλιξης της υδρολογικής
λεκάνης του Ασωπού**



ΚΑΛΛΙΣΤΡΑΤΟΥ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ΡΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ ΘΕΟΔΩΡΑ

ΑΘΗΝΑ
ΙΟΥΛΙΟΣ 2011



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Δ Ι Π Λ Ω Μ Α Τ Ι Κ Η Ε Ρ Γ Α Σ Ι Α

Κ Α Λ Λ Ι Σ Τ Ρ Α Τ Ο Υ Κ Ω Ν Σ Τ Α Ν Τ Ι Ν Ο Υ

**Χρήση τεχνικών G.I.S. για τη μελέτη της
γεωμορφολογικής εξέλιξης της υδρολογικής λεκάνης
του Ασωπού ποταμού.**

Τριμελής Επιτροπή

ΡΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ ΘΕΟΔΩΡΑ (επιβλέπουσα)

ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΚΟΝΙΣΠΟΛΙΑΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία κλείνει ο κύκλος σπουδών μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο στη Σχολή Μηχανικών Μεταλλειολόγων – Μεταλλουργών.

Η διπλωματική αυτή εργασία είναι αποτέλεσμα έρευνας και δουλειάς καθώς και άψογης συνεργασίας με την επιβλέπουσα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Θεοδώρα Ροντογιάννη, από την όποια μου ανατέθηκε η εκπόνηση της.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την Δρ. Ευδοξία Λυκούδη για την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε και για τις ώρες που αφιέρωσε σε όλα τα στάδια της διπλωματικής εργασίας και κυρίως σε ότι αφορά τα λογισμικά προγράμματα Arcmap και River tools.

Επίσης ευχαριστίες οφείλονται στην επ. καθηγήτρια κ. Μ. Αντωνίου και τον αν. καθηγητή κ. Ν. Κονισπολιάτη, για τη συμμετοχή τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Είναι ευχάριστο ότι μετά το τέλος αυτής της συνεργασίας κατάφερα να εμβαθύνω τις γνώσεις μου σε ένα ενδιαφέροντα τομέα. Ακόμα πιο ευχάριστο είναι το ότι κατάφερα να εφαρμόσω τις γνώσεις που αποκόμισα αποκτώντας έτσι μια σχετική εμπειρία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για την ορθολογική διαχείριση μιας περιοχής πρέπει να γνωρίζουμε την γεωμορφολογική εξέλιξη της ούτως ώστε να κατά την κατασκευή κάποιου έργου να είμαστε σε θέση να εκμεταλλευτούμε τυχόν πλεονεκτήματα ορισμένων σχηματισμών και αντίθετα να αποφύγουμε και να προλάβουμε οποιοδήποτε πρόβλημα ή αστοχία μπορεί να μας παρουσιαστεί.

Οι παράγοντες που διαμορφώνουν τη μορφολογία μιας περιοχής έρευνας, είναι οι εξωγενείς και ενδογενείς διεργασίες. Οι ενδογενείς διεργασίες αφορούν στη λιθολογία και τεκτονική, ενώ οι εξωγενείς στο κλίμα και τη δράση του νερού. Η νεοτεκτονική δράση είναι αυτή που φαίνεται να διαδραμάτισε τον σημαντικότερο ρόλο στην εξέλιξη της περιοχής έρευνας. Εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι και το νερό, στην ενέργεια του οποίου οφείλονται στο μεγαλύτερο ποσοστό οι εξωγενείς διεργασίες της αποσάθρωσης, της διάβρωσης, της μεταφοράς και της απόθεσης. Οι διεργασίες αυτές τείνουν να ταπεινώσουν το χερσαίο ορεινό και ημιορεινό ανάγλυφο, κύριος παράγοντας δημιουργίας του οποίου είναι οι ενδογενείς δυνάμεις.

Στην παρούσα διπλωματική μελετήθηκε η γεωμορφολογική εξέλιξη του υδρογραφικού δικτύου του Ασωπού ποταμού με τεχνικές G.I.S με τη χρήση των λογισμικών Arcmap και River tools. Μετά από τη συλλογή, επεξεργασία, διαχείριση και αξιολόγηση γεωπληροφοριών που αφορούν τόσο στην ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου όσο και της λεκάνης απορροής, έγινε δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την παλαιογεωγραφική εξέλιξη του υδρογραφικού δικτύου του Ασωπού.

ABSTRACT

For the rational management of an area should be aware of the geomorphological evolution so that when constructing a project to be able to exploit any advantages of certain formations, to avoid and prevent any problem or failure can make us appear.

The factors that shape the morphology of the survey area, are exogenous and endogenous processes. The intrinsic processes related to lithology and tectonics, while the external climate and the action of water. The Neotectonic action is one that seems to have played a major role in the evolution of the survey area. An equally important factor is water, energy which caused the largest percentage of the external processes of weathering, erosion, transport and deposition. These processes tend to humiliate the inland mountainous and hilly terrain, the main factor in establishing which are the intrinsic forces.

This mission studied the geomorphological evolution of the hydrographic network Asopos techniques using GIS software and Arcmap River tools. After collection, processing, management and evaluation of geoinformation on both the development of the river network and basin conclusions on the palaeogeographic evolution of the hydrographic network of Asopos.

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	I
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	II
ABSTRACT	III
Περιεχόμενα	IV
Ευρετήριο εικόνων	VII
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Γενικά.....	1
1.2 Επισκόπηση για τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS).....	3
1.2.1. Arcmap	6
1.2.2 River Tools.....	8
1.3 Διαδικασία ψηφιοποίησης	9
1.3.1 Υπόβαθρο	9
2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	17
2.1 Γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας	17
2.1.1.Παλαιογεωγραφική και γεωτεκτονική θέση γεωτεκτονικών ζωνών της ευρύτερης περιοχής έρευνας.....	20
2.2 Τεκτονική δομή ευρύτερης περιοχής έρευνας	22
2.3 Λιθολογική δομή της ευρύτερης περιοχής έρευνας.....	24
2.3.1 Υποπελαγονική ζώνη	24
2.3.2 Ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας.....	28
2.4 Η γεωλογική δομή της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού.....	30
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ	31
ΝΕΟΓΕΝΕΣ.....	33
ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ	33
ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ	36

ΜΕΣΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ	37
ΚΑΤΩΤΕΡΟ – ΜΕΣΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ	37
ΑΝΩΤΕΡΟ ΛΙΘΑΝΘΡΑΚΟΦΟΡΟ – ΠΕΡΜΙΟ	37
ΗΩΕΛΛΗΝΙΚΟ ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ.....	37
3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	40
3.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	40
3.2 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ	50
Μετρούμενες μορφομετρικές παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου.....	50
Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου.....	52
3.2.1 Πρώτος νόμος Horton.....	53
3.2.2 Δεύτερος νόμος Horton.....	54
3.2.3 Εφαρμογή νόμων Horton στη ενιαία λεκάνη απορροής Ασωπού ποταμού.	55
3.2.4 Εφαρμογή νόμων του Horton στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού.....	59
3.2.5 Εφαρμογή νόμων Horton στο νότιο τμήμα λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού.....	63
3.2.6 Παρατηρήσεις ποσοτικής ανάλυσης του υδρογραφικού δικτύου Ασωπού.	67
3.3 ΣΧΕΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ	71
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	i

Ευρετήριο εικόνων

Χάρτες

Χάρτης 1. Χάρτης προσανατολισμού.....	2
Χάρτης 2. Γεωλογικός χάρτης λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού.....	39
Χάρτης 3. Μορφολογικός χάρτης λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού.	42
Χάρτης 4. Χάρτης εδαφικών κλίσεων λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού.	46
Χάρτης 5. Υδρογραφικό δίκτυο του Ασωπού (κατά STRAHLER)	49

Εικόνες

Εικόνα 1: Εξαγωγή υδρογραφικού δικτύου του Ασωπού από το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος RiverTools.....	9
Εικόνα 2. Γεωαναφορά γεωλογικών φύλλων με τη χρήση του Arcmap.....	11
Εικόνα 3. Δημιουργία shape file στο Arcmap.....	12
Εικόνα 4. Δημιουργία πολυγώνου από γραμμική οντότητα με τη χρήση του Arcmap.....	13
Εικόνα 5. Έναρξη - διακοπή διαδικασίας ψηφιοποίησης με τη χρήση του Arcmap.	14
Εικόνα 6. Κατασκευή μορφολογικού χάρτη με τη χρήση του Arcmap.	15
Εικόνα 7. κατασκευή χάρτη εδαφικών κλίσεων με τη χρήση του Arcmap.....	16
Εικόνα 8. Γεωτεκτονικές ζώνες Ελλάδας.....	20
Εικόνα 9. Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής της υδρολογικής λεκάνης του Ασωπού ποταμού (Tsodoulos, I. et al., 2008).....	23
Εικόνα 10. Σχηματική γεωλογική τομή της ευρύτερης περιοχής της υδρολογικής λεκάνης του Ασωπού ποταμού (Tsodoulos, I. et al., 2008).....	24
Εικόνα 11 Πλευρικά κορήματα στην περιοχή Πάρνηθας.	32
Εικόνα 12 Καρστικοποιημένη επιφάνεια.....	41
Εικόνα 13 Απότομη κλίση άνω των 45 ⁰ στην περιοχή Πάρνηθας.	44

Εικόνα 14 Φαράγγι σχήματος V στην περιοχή Πάρνηθας.	45
Εικόνα 15. Λογαριθμικό διάγραμμα πραγματικού και ιδανικού αριθμού κλάδων στη λεκάνη απορροής.	56
Εικόνα 16. Ιστόγραμμα απόκλισης πραγματικών τιμών από τις ιδανικές τιμές αριθμού κλάδων στη λεκάνη απορροής.	56
Εικόνα 17. Λογαριθμικό διάγραμμα πραγματικού και ιδανικού μήκους κλάδων. ...	58
Εικόνα 18. Ιστόγραμμα απόκλισης πραγματικών τιμών από τις ιδανικές τιμές μήκους κλάδων.	58
Εικόνα 19. Λογαριθμικό διάγραμμα πραγματικών και ιδανικών αριθμών κλάδων στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής.	60
Εικόνα 20 ιστογράμμο απόκλισης πραγματικών τιμών από τις ιδανικές τιμές αριθμού κλάδων στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής.	60
Εικόνα 21. Λογαριθμικό διάγραμμα πραγματικού και ιδανικού μήκους κλάδων στο βόρειο τμήμα της λεκάνης.	62
Εικόνα 22. Ιστόγραμμα απόκλισης πραγματικών τιμών μήκους κλάδων από τις ιδανικές στο βόρειο τμήμα τη λεκάνης.	62
Εικόνα 23. Λογαριθμικό διάγραμμα πραγματικού και ιδανικού αριθμού κλάδων στο νότιο τμήμα της λεκάνης.	64
Εικόνα 24. Ιστόγραμμα απόκλισης πραγματικών τιμών από τις ιδανικές τιμές αριθμού κλάδων στο νότιο τμήμα της λεκάνης.	64
Εικόνα 25. Λογαριθμικό διάγραμμα πραγματικού και ιδανικού μήκους κλάδων στο νότιο τμήμα της λεκάνης.	66
Εικόνα 26. Ιστόγραμμα απόκλισης πραγματικών τιμών από τις ιδανικές τιμές μήκους στο νότιο τμήμα της λεκάνης.	66
Εικόνα 27. Ροδοδιαγράμματα των διευθύνσεων των κλάδων 4 ^{ης} και 5 ^{ης} τάξης. ...	71
Εικόνα 28. Σχέση τεκτονικής – Υδρογραφικού δικτύου.	72

Πίνακες

Πίνακας 1 Μετρούμενες μορφομετρικές παράμετροι υδρογραφικού δικτύου.	51
Πίνακας 2 Υπολογιζόμενες παράμετροι υδρογραφικού δικτύου.	52
Πίνακας 3. Σχέσεις πραγματικών και ιδανικού αριθμών κλάδων κατά τάξη στη λεκάνη απορροής.	56

Πίνακας 4. Σχέσεις καθαρών πραγματικών μηκών και ιδανικών μηκών κλάδων κατά τάξη στη λεκάνη απορροής.....	58
Πίνακας 5. Σχέσεις πραγματικών και ιδανικών αριθμών κλάδων κατά τάξη στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής.....	60
Πίνακας 6. Σχέσεις καθαρών πραγματικών μηκών και ιδανικών μηκών κλάδων κατά τάξη στο βόρειο τμήμα της λεκάνης.....	62
Πίνακας 7. Σχέσεις πραγματικών και ιδανικών αριθμών κλάδων κατά τάξη στο νότιο τμήμα της λεκάνης.....	64
Πίνακας 8. Σχέσεις καθαρών πραγματικών και ιδανικών μηκών κλάδων κατά τάξη στο νότιο τμήμα της λεκάνης.....	66

Σχήματα

Σχήμα 1 Εδαφικές κλίσεις περιοχής ερευνάς επί τοις % _____	43
--	----

ΠΑΡΑΤΗΜΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ Κλίμακας 1:75.000

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

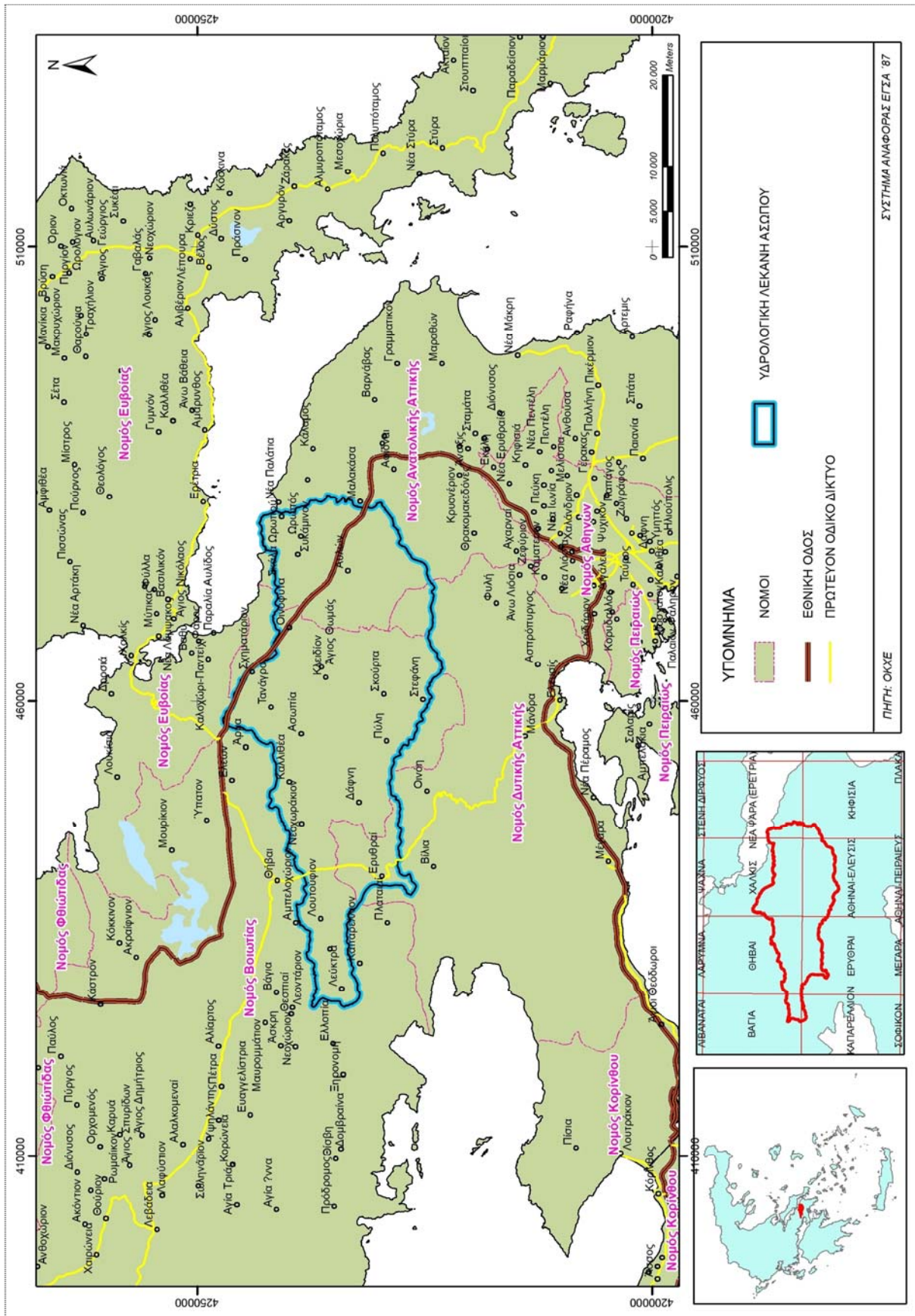
1.1 Γενικά

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στη γεωμορφολογική εξέλιξη του Ασωπού ποταμού με τη βοήθεια των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Η εργασία αυτή στηρίχθηκε σε συλλογή, επεξεργασία, διαχείριση και αξιολόγηση γεωπληροφοριών που αφορούν τόσο στην ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου όσο και της λεκάνης απορροής. Από τα στοιχεία που προέκυψαν εξήχθησαν συμπεράσματα σχετικά με τη παλαιογεωγραφική εξέλιξη του υδρογραφικού δικτύου του Ασωπού.

Ο Ασωπός ποταμός διαρρέει τους νομούς Βοιωτίας και Αττικής που ανήκουν διοικητικά στις περιφέρειες Στερεάς Ελλάδας και Αττικής αντίστοιχα.

Πηγάζει από τον Κιθαιρώνα (περιοχή Λεύκτρων Βοιωτίας), διασχίζει τη Βοιωτία κι την Αττική και εκβάλλει στον Ευβοϊκό κόλπο κοντά στον Ωρωπό. Έχει μήκος 75km, και η υδρολογική του λεκάνη έχει έκταση 725 km².

Με βάση τα ιστορικά στοιχεία από την αρχαία ελληνική μυθολογία ο Ασωπός ήταν ποτάμιος θεός, γιος του Ποσειδώνα και της Πηρούς. Σε μια άλλη εκδοχή ήταν γιος του Ωκεανού και της Τηθύος ή του Δία και της Ευρυνόμης. Μετά το γάμο του με τη Μετώπη, κόρη του ποταμού και θεού Λάδωνα απέκτησε δύο γιους, τον Ισμηνό και τον Πελάγοντα και πολλές κόρες (Νεμέα, Θήβη, Σαλαμίνα, Κλεώνη, Τανάγρα, Εύβοια, Σινώπη, Πλαταία, Αίγινα), που όλες έδωσαν τα ονόματα τους σε πόλεις. Τη σημερινή εποχή ο Ασωπός ή Ωρωπός ή Βουριένης είναι ποταμός της Βοιωτίας αν και η ονομασία Ασωπός είναι συνηθισμένη ονομασία ποταμών κι άλλων περιοχών, όπως είναι ο Ασωπός Φθιώτιδας, παραπόταμος του Σπερχειού, ο Ασωπός Κορινθίας και ο Ασωπός Λακωνίας.



Χάρτης 1. Χάρτης προσανατολισμού με το όριο της λεκάνης του ποταμού Ασωπού

1.2 Επισκόπηση για τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS)

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής και για την κατασκευή των θεματικών χαρτών, χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά προγράμματα River Tools και ArcMap τα οποία στηρίζονται σε πρότυπα των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS-ΓΣΠ).

Ένα λογισμικό ΓΣΠ έχει τις εξής ιδιότητες:

- **Την ψηφιοποίηση δεδομένων:** εισαγωγή σημείων, γραμμών, πολυγώνων, χαρακτηριστικών ιδιοτήτων και στατιστικών.
- **Την αποθήκευση δεδομένων:** αποθήκευση πολλαπλών χαρακτηριστικών ανά πολύγωνο, συσχετισμό αριθμητικών και γραφικών δεδομένων.
- **την επεξεργασία δεδομένων:** εντοπισμό σφαλμάτων, συνδυασμό και τακτοποίηση των δεδομένων μέσα στην αντίστοιχη βάση, μετατροπή των συντεταγμένων της ψηφιοποίησης σε πραγματικές συντεταγμένες (ανάλογα με την προβολή), ένωση δύο ή περισσότερων χαρτών, επιλογή τμήματος μιας περιοχής και καταχώριση σε ξεχωριστό αρχείο.
- **Την ανάλυση δεδομένων:** δημιουργία πολυγώνων γύρω από σημεία ή γραμμές, εκτέλεση εντολών Boolean δηλαδή ΚΑΙ,Ή, και ΟΧΙ (AND,OR,NO) πάνω στα διάφορα επίπεδα δεδομένων, μέτρηση μηκών και εκτάσεων, δυνατότητα εφαρμογής μοντέλων, στατική επεξεργασία κτλ.
- **Την εξαγωγή δεδομένων:** στην οθόνη, σε εκτυπωτές , σε ψηφιακή μορφή, δυνατότητα έκθεσης διαγραμμάτων, πολυγώνων κτλ.

Έτσι το ΓΣΛ ή **GIS** (Geographical Information Systems), είναι μια ολοκληρωμένη συλλογή από προϊόντα λογισμικού και παρέχει μια πλατφόρμα για διαδικασίες χωρικής ανάλυσης, διαχείρισης δεδομένων και απεικόνισης.

Βασικές κατηγορίες εφαρμογών των ΓΣΠ

Η τεχνολογία των ΓΣΠ θεωρείται απαραίτητη για την μελέτη και την ανάλυση της γήινης επιφάνειας, τη μελέτη και ανάλυση του τρόπου ζωής απειλούμενων ειδών και την παρακολούθηση και προστασία περιοχών ιδιαίτερης περιβαλλοντικής ευαισθησίας.

Μερικές από τις βασικές κατηγορίες εφαρμογών είναι οι ακόλουθες:

- Ο σχεδιασμός και προγραμματισμός χρήσεων γης
- Η παρακολούθηση και η προστασία του περιβάλλοντος
- Η καταγραφή ης ιδιωτικής και δημόσιας ακίνητης περιουσίας
- Ο πολεοδομικός και χωροταξικός σχεδιασμός
- Ο σχεδιασμός δικτύων κοινής ωφέλειας (ΔΕΗ, ΟΤΕ, ύδρευση, αποχέτευση)

Πλεονεκτήματα ΓΣΠ

Τα ΓΣΠ όπως και κάθε εργαλείο μελέτης έχουν τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα. Αυτά είναι τα ακόλουθα (Moore & Chow, 1987):

- Τα δεδομένα διατηρούνται σε ψηφιακή μορφή 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, για παράδειγμα, κατά δήμο, κατά τοπογραφικό φύλλο χάρτη, κατά νομό.
- Γεωγραφικές βάσεις δεδομένων είναι δυνατόν να δημιουργηθούν για οποιοδήποτε αντικείμενο, χαρακτηριστικό, ιδιότητα ή συνδυασμό των πιο πάνω δεδομένων.
Υπάρχοντα δεδομένα είναι δυνατόν να ενσωματωθούν – με ή χωρίς αλλαγές και επεξεργασία- στη βάση δεδομένων εφόσον είναι κατά χώρο προσανατολισμένα.
- Είναι εφικτός ο γρήγορος και επαναλαμβανόμενος αναλυτικός έλεγχος ή θεωρητικών μοντέλων για την εκτίμηση επιστημονικών κριτηρίων.
- Οι διάφορες μορφές εξαγομένων αποτελεσμάτων παράγονται πολύ γρήγορα, αποτελούνται από μεμονωμένα ή σύνθετα θέματα, για οποιαδήποτε θέση της βάσης δεδομένων και σε οποιαδήποτε κλίμακα.
- Είναι δυνατή η εύκολη ενημέρωση της βάσης δεδομένων, πράγμα που επιτρέπει τον αποτελεσματικό εντοπισμό και την ανάλυση των αλλαγών που έγιναν σε δυο ή περισσότερες περιόδους.
- Πολλές μορφές ανάλυσης πραγματοποιούνται με πολύ μικρότερο κόστος από ότι με τις κλασσικές μεθόδους π.χ. ο υπολογισμός των κλίσεων ενός τοπογραφικού χάρτη.
- Όλες οι αναλύσεις γίνονται κατά αντικειμενικό τρόπο και τα αποτελέσματα παράγονται αυτόματα.

1.2.1. Arcmap

Το **Arcmap** είναι λογισμικό που συναντάται στα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα και χρησιμοποιείται για την απεικόνιση, τη διαχείριση, τη δημιουργία και την ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων. Με τη χρήση του Arcmap γίνεται κατανοητό το γεωγραφικό περιεχόμενο των δεδομένων μας, επιτρέποντας μας να δούμε σχέσεις μεταξύ των δεδομένων και να αναγνωρίσει τα πρότυπα με νέους τρόπους.

Με το **Arcmap**, μπορούμε:

- Να δημιουργήσουμε χάρτες και να αλληλεπιδράσουμε με τα δεδομένα με την παραγωγή αναφορών και διαγραμμάτων, την εκτύπωση και την ενσωμάτωση των χαρτών σε άλλα έγγραφα και εφαρμογές.
- Να εξοικονομήσουμε χρόνο χρησιμοποιώντας πρότυπα χαρτών για να δώσουμε ένα συνεπές ύφος στους χάρτες μας.
- Να δημιουργήσουμε μοντέλα διαδικασιών, scripts και διαγράμματα ροής για να οπτικοποιήσουμε και να αναλύσουμε τα δεδομένα μας.
- Να διαβάσουμε, να εισάγουμε και να διαχειριστούμε περισσότερα από 70 διαφορετικά είδη δεδομένων και μορφοτύπων, Συμπεριλαμβανομένου δημογραφικών στοιχείων, εγκαταστάσεων, αρχεία CAD, εικόνες, δικτυακές εφαρμογές, πολυμέσα και με τα δεδομένα.
- Να έχουμε καλύτερη και αποτελεσματικότερη επικοινωνία δημοσιεύοντας και κοινοποιώντας τα γεωγραφικά μας δεδομένα και το δυναμικό μας περιεχόμενο σε άλλους.

- Να χρησιμοποιούμε εργαλεία, όπως τα Find, Identify, Measure και Hyperlink, για να βρούμε και να εκμεταλλευτούμε πληροφορίες που δεν είναι διαθέσιμες όταν δουλεύουμε με κλασσικούς (αναλογικούς) εκτυπωμένους χάρτες
- Να λαμβάνουμε καλύτερες αποφάσεις και να επιλύουμε γρηγορότερα προβλήματα.

Το **Arcmap** είναι μια desktop εφαρμογή που μας επιτρέπει να πραγματοποιούμε βασική απεικόνιση, υποβολή ερωτημάτων, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων.

Ανάλογα με τι χαρακτηριστικά χρειάζεται κανείς, μπορεί να επιλέξει μεταξύ τριών επιπέδων αδειοδότησης του ArcGIS Desktop (ArcInfo, ArcEditor, ArcView).

Τα κύρια χαρακτηριστικά του **Arcmap** είναι:

- **Δημιουργία χαρτών** – Με τη χρήση προκαθορισμένων προτύπων χαρτών εξοικονομείται χρόνος και γίνεται εύκολα η παραγωγή ομοιόμορφων και συνεπών χαρτών.
- **Χωρικά ερωτήματα** – Υποβολή ερωτημάτων στα δεδομένα μας και λύση περίπλοκων προβλημάτων μέσα από μια ποικιλία εργαλείων: διαδραστική μέτρηση αποστάσεων, εύρεση στοιχείων στο χάρτη, επιλογή δεδομένων με βάση την τοποθεσία ή κάποιο χαρακτηριστικό τους, από επιλογή όλων, πρόσβαση στις ιδιότητες των επιπέδων μέσα από το κουτί διαλόγου του Identify, και πολλά άλλα.
- **Βασική μοντελοποίηση και ανάλυση** – Μοντελοποιούμε χωρικές συσχετίσεις, μετρούμε πως τα στοιχεία μέσα σε μια συλλογή δεδομένων σχετίζονται μεταξύ

τους στο χώρο, και γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων μας μέσα από αναφορές και διαγράμματα.

- **Απλή επεξεργασία στοιχείων και ενοποίηση δεδομένων** – Δημιουργούμε και επεξεργαζόμαστε σημειακά, γραμμικά και πολυγωνικά στοιχεία και τα χαρακτηριστικά τους.

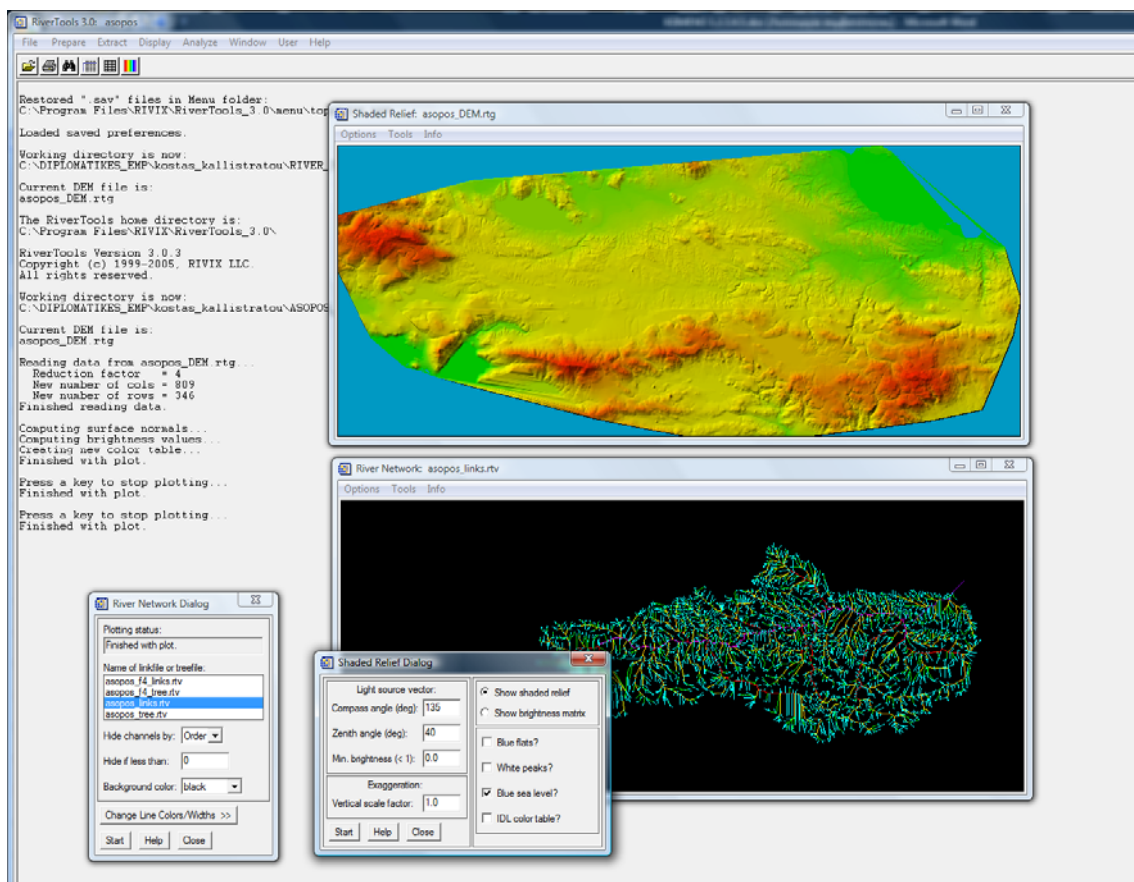
- Χρησιμοποιούμε μια **μεγάλη συλλογή από είδη δεδομένων** που περιλαμβάνουν δημογραφικά στοιχεία, εγκαταστάσεις, CAD αρχεία, εικόνες, δικτυακές εφαρμογές, και πολυμέσα.

- **Έτοιμες προς χρήση συλλογές δεδομένων** —ξεκινούμε την απεικόνιση και την ανάλυση άμεσα με τα ενσωματωμένα δεδομένα της ESRI και το Maps Media Kit, που ενημερώνονται κάθε χρόνο και έχουν προ-διαμορφωθεί ώστε να δουλεύουν συγκεκριμένα με το λογισμικό της ESRI.

1.2.2 River Tools

Το λογισμικό πρόγραμμα RiverTools 3.0 βασίζεται σε πρότυπα GIS και εξειδικεύεται σε αναλύσεις υδρογραφικών δικτύων, λεκανών απορροής και αναγλύφου. Το RiverTools περιλαμβάνει πολλούς εξειδικευμένους αλγόριθμους για τις παραπάνω αναλύσεις και έχει τη δυνατότητα αφενός την ψηφιακή απεικόνιση καθώς και τον υπολογισμό των παραμέτρων του υδρογραφικού δικτύου και των λεκανών απορροής.

Στην παρούσα έρευνα το River Tools χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του υδρογραφικού δικτύου από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους με βήμα κανάβου 25 μ. καθώς και για την ταξινόμηση αυτού κατά Strahler.



Εικόνα 1: Εξαγωγή υδρογραφικού δικτύου του Ασωπού από το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος RiverTools.

1.3 Διαδικασία ψηφιοποίησης

1.3.1 Υπόβαθρο

Για Τον ψηφιακό γεωλογικό χάρτη της περιοχής έρευνας χρησιμοποιήθηκαν ως υπόβαθρο τα φύλλα ΧΑΛΚΙΣ, ΝΕΑ ΨΑΡΑ (ΕΡΕΤΡΙΑ), ΒΑΓΙΑ, ΘΗΒΑΙ, ΕΡΥΘΡΑΙ, ΑΘΗΝΑΙ-ΕΛΕΥΣΙΣ, ΛΙΒΑΔΕΙΑ, ΚΙΦΗΣΙΑ, ΚΑΠΑΡΕΛΛΙΟΝ κλίμακας 1:50 000, του ΙΓΜΕ.

Τα αναλογικά φύλλα ΧΑΛΚΙΣ και ΕΡΕΤΡΙΑ σαρώθηκαν και αποθηκεύτηκαν σε ψηφιακή μορφή (jpg) για την περαιτέρω ψηφιοποίησή τους. Στα υπόλοιπα φύλλα,

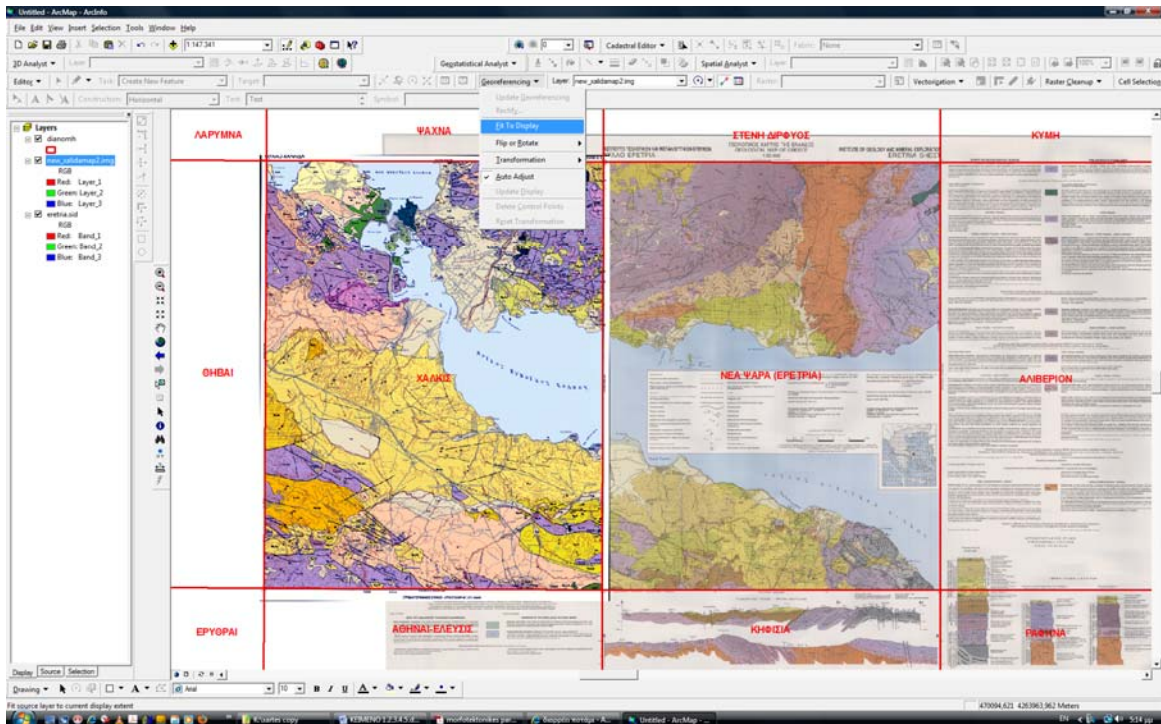
τα οποία προϋπήρχαν σε ψηφιακή μορφή, έγινε περαιτέρω επεξεργασία με συμπλήρωση νέων στοιχείων (κλίσεις, ρήγματα κ.ά.), τροποποίηση (αλλαγή γεωλογικών ορίων) και ενοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών και σύνθεση με τα υπόλοιπα γεωλογικά φύλλα.

Ακολούθησε γεωαναφορά όλων των γεωλογικών φύλλων στο προβολικό σύστημα Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ '87), καθώς αυτό είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο σύστημα αναφοράς στην Ελλάδα έως σήμερα, το οποίο προέκυψε από συνδυασμό κλασικών και δορυφορικών μετρήσεων. Αφετηρία του είναι τριγωνομετρικό σημείο στο Διόνυσο Αττικής, ενώ χρησιμοποιεί το γεωκεντρικό ΕΕΠ GRS 80 και την εγκάρσια Μερκατορική προβολή μιας ζώνης, με κεντρικό μεσημβρινό ($\lambda = 24^0$ προς Greenwich) αυτόν που διέρχεται από το Διόνυσο Αττικής, άξονα τετμημένων τον ισημερινό, προσθετική σταθερά (False Easting) $E_0 = 500.000$ m και συντελεστή κλίμακας στον κεντρικό μεσημβρινό $m_0 = 0.9996$.

Με τον όρο γεωαναφορά εννοούμε το σύνολο των απαραίτητων στροφών και μεταθέσεων του χάρτη στο επίπεδο ώστε να προκύψει προβολή του κάθε σημείου του χάρτη στο επιθυμητό σύστημα αναφοράς.

Για να πραγματοποιηθεί η γεωαναφορά, αρχικά όλα τα φύλλα των χαρτών εισήχθησαν ξεχωριστά στο περιβάλλον του λογισμικού ArcMap.

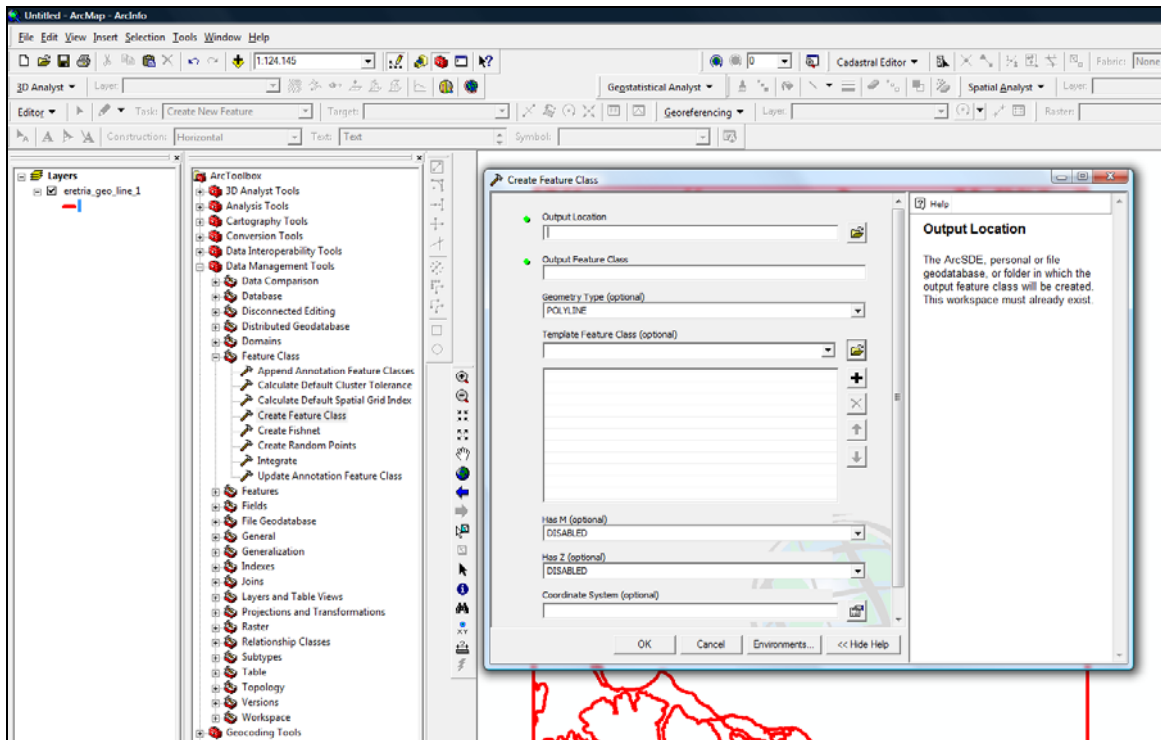
Η γεωαναφορά έγινε την εντολή georeferencing με βάση ενός αρχείου (shape file) της διανομής των χαρτών, κλίμακας 1:50.000 (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Γεωαναφορά γεωλογικών φύλλων με τη χρήση του Arcmap

Μετά το τέλος της γεωαναφοράς δημιουργήσαμε τα shape files για την κάθε οντότητα.

Για τη δημιουργία ενός νέου αρχείου (shape file) διαλέγουμε από το ArcToolbox (εργαλειοθήκη του Arcmap) το εργαλείο Data Management Tools και στη συνέχεια επιλέγουμε την Create Feature Class όπου εμφανίζεται ένα παράθυρο για τη δημιουργία της οντότητας. Στο παράθυρο αυτό δίνουμε το όνομα στην οντότητα που θα αντιπροσωπεύει το shape file, προσδιορίζουμε τον τύπο οντότητας και το σύστημα αναφοράς.



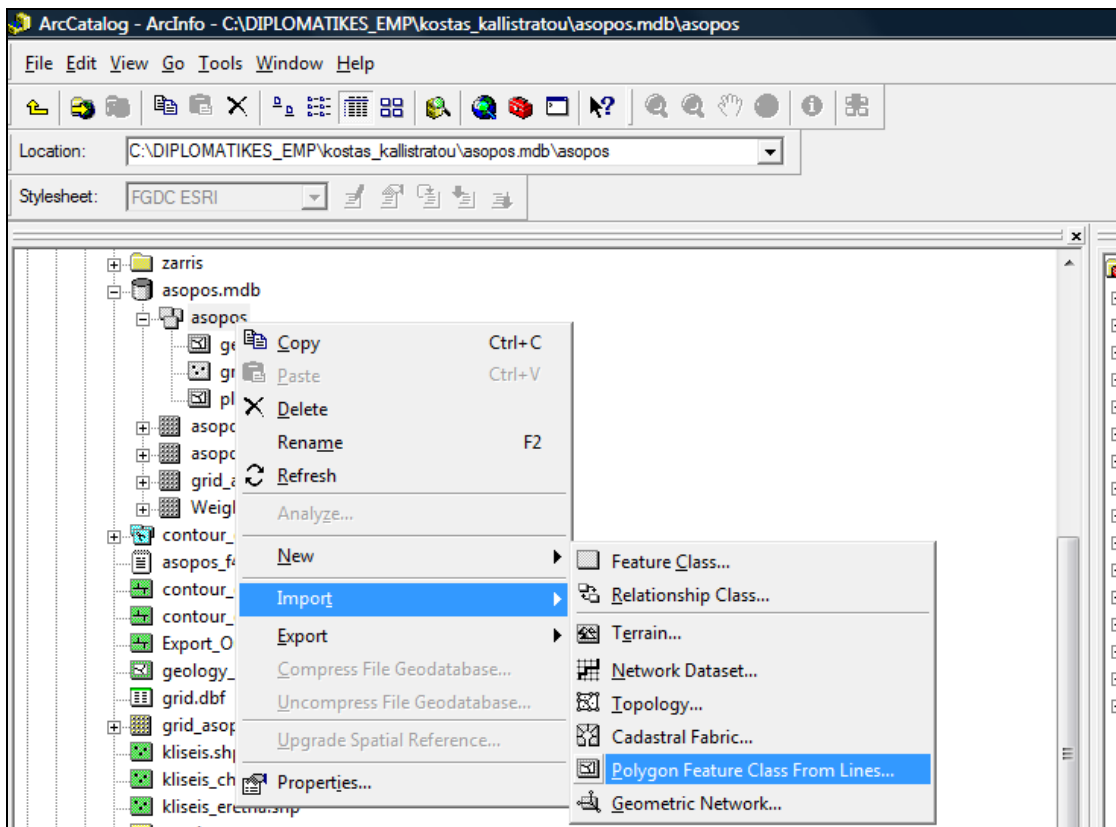
Εικόνα 3. Δημιουργία shape file στο Arcmap

Ο ψηφιακός γεωλογικός χάρτης είναι αποτέλεσμα ψηφιοποίησης τριών τύπων οντοτήτων:

Σημιακή οντότητα (point): αναπαριστούν στοιχεία που έχουν συγκεκριμένη θέση στο χάρτη και εντοπίζονται ως σημεία (Διεύθυνση και κλίση στρωμάτων, εμφάνιση μεταλλεύματος).

Γραμμική οντότητα (polyline): χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν τα γραμμικά στοιχεία του χάρτη. Στην περίπτωση μας γραμμικές οντότητες είναι τα γεωλογικά όρια, τα ρήγματα, οι τεκτονικές επαφές, οι επωθήσεις και οι επιπτεύσεις. Στον πίνακα attribute table του αρχείου των ρηγμάτων εισήχθη η στήλη type όπου φαίνεται ο τύπος των τεκτονικών γραμμών.

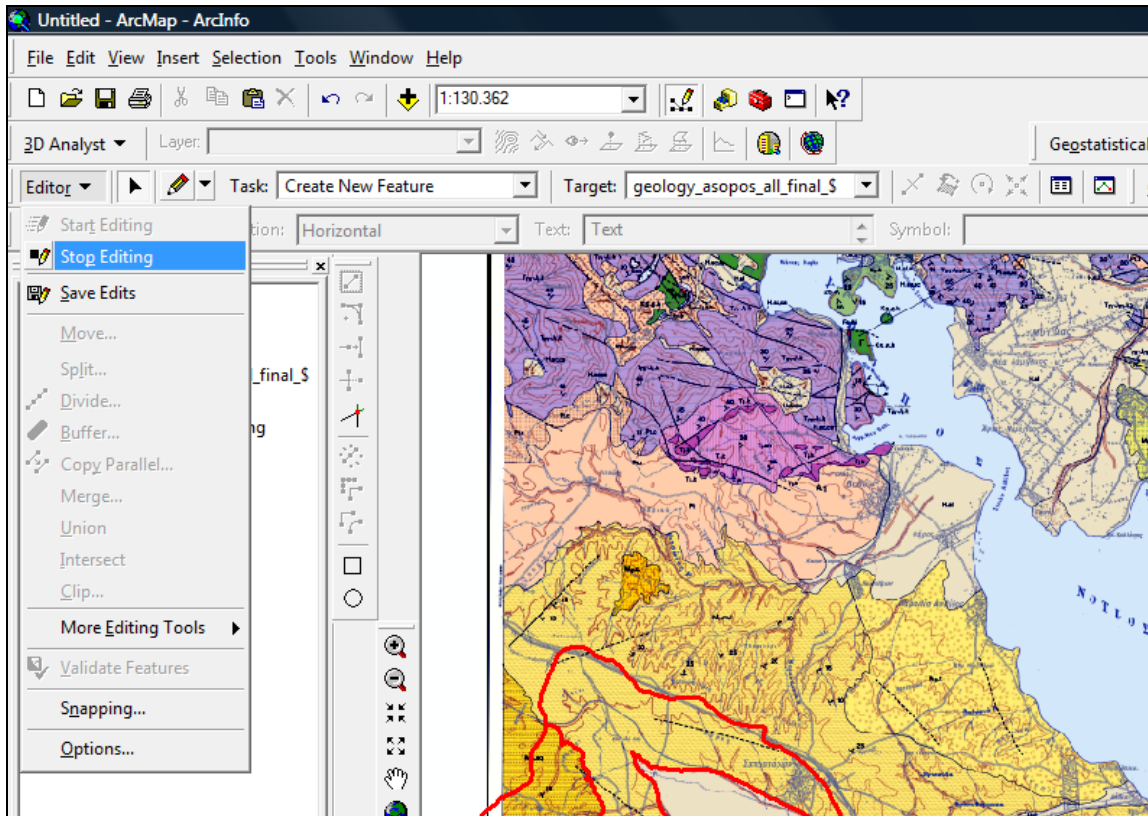
Πολυγωνική οντότητα (polygone): αναπαριστούν δεδομένα τα οποία έχουν χωρική υπόσταση και καλύπτουν μεγάλες περιοχές στο χάρτη, οπότε μπορούν να ψηφιοποιηθούν και να αναπαρασταθούν ως μεγάλα πολύγωνα (γεωλογικοί σχηματισμοί). Τα πολύγωνα προέκυψαν από την επεξεργασία των γεωλογικών ορίων (polyline), με χρήση της εντολής Polygon Feature Class From Lines του ArcCatalog (Εικόνα 4)



Εικόνα 4. Δημιουργία πολυγώνου από γραμμική οντότητα με τη χρήση του Arcmap.

Για να ξεκινήσει η ψηφιοποίηση πρέπει να εισαχθούν οι γεωαναφερμένοι ψηφιακοί χάρτες και τα αρχεία (shape files) σε ένα Project (.mxd). Στη συνέχεια αρχίζουμε την ψηφιοποίηση του χάρτη με την εντολή start editing, όπου στο file της εντολής target επιλέγεται το επιθυμητό shape file που θα ψηφιοποιηθεί. Το μαρκάρισμα της κάθε οντότητας (γραμμικής, πολυγωνικής) ξεκάνει με ένα κλικ και τελειώνει με διπλό κλικ και αυτόματα προσχωρείται στο πίνακα όπου στη συνέχεια συμπληρώνεται ο τύπος γραμμής στο οποίο αντιστοιχεί. Για να σταματήσει η διαδικασία ψηφιοποίησης επιλέγουμε από τον Editor την εντολή Stop Editing.

Με δεξί κλικ και επιλογή open attribute table επεξεργαζόμαστε το πίνακα περιγραφών του shape file και μπορούμε να προσθέσουμε στήλες ή να εισάγουμε στοιχεία για κάθε αντικείμενο που έχει ψηφιοποιηθεί π.χ. κατηγοριοποίηση ρηγμάτων, σύμβολα σχηματισμών, αζιμούθιο κλίσεων κ.ά.



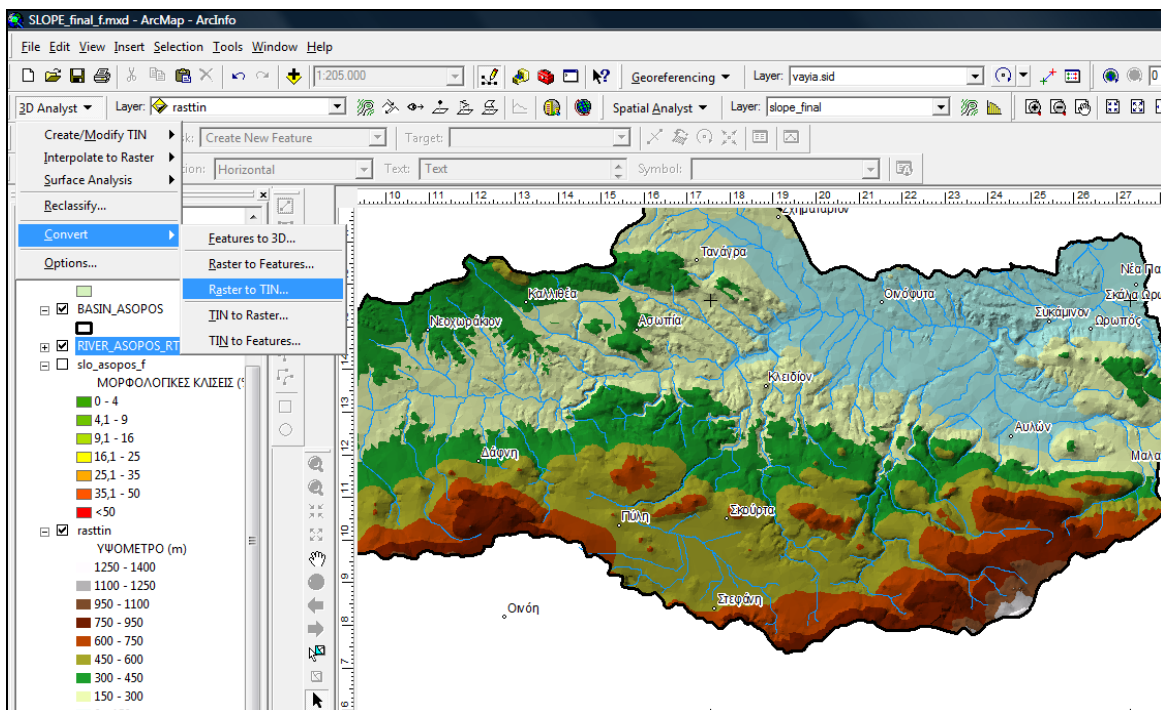
Εικόνα 5. Έναρξη - διακοπή διαδικασίας ψηφιοποίησης με τη χρήση του Arcmap.

Από τη σύνθεση όλων των ψηφιακών γεωπληροφοριών και την ενοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών

Ο Μορφολογικός χάρτης (ανάγλυφος) προέκυψε από το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (Digital Elevation Model/DEM) (βήμα κανάβου 25m) με την εντολή Raster to TIN του Convert (3D Analyst).

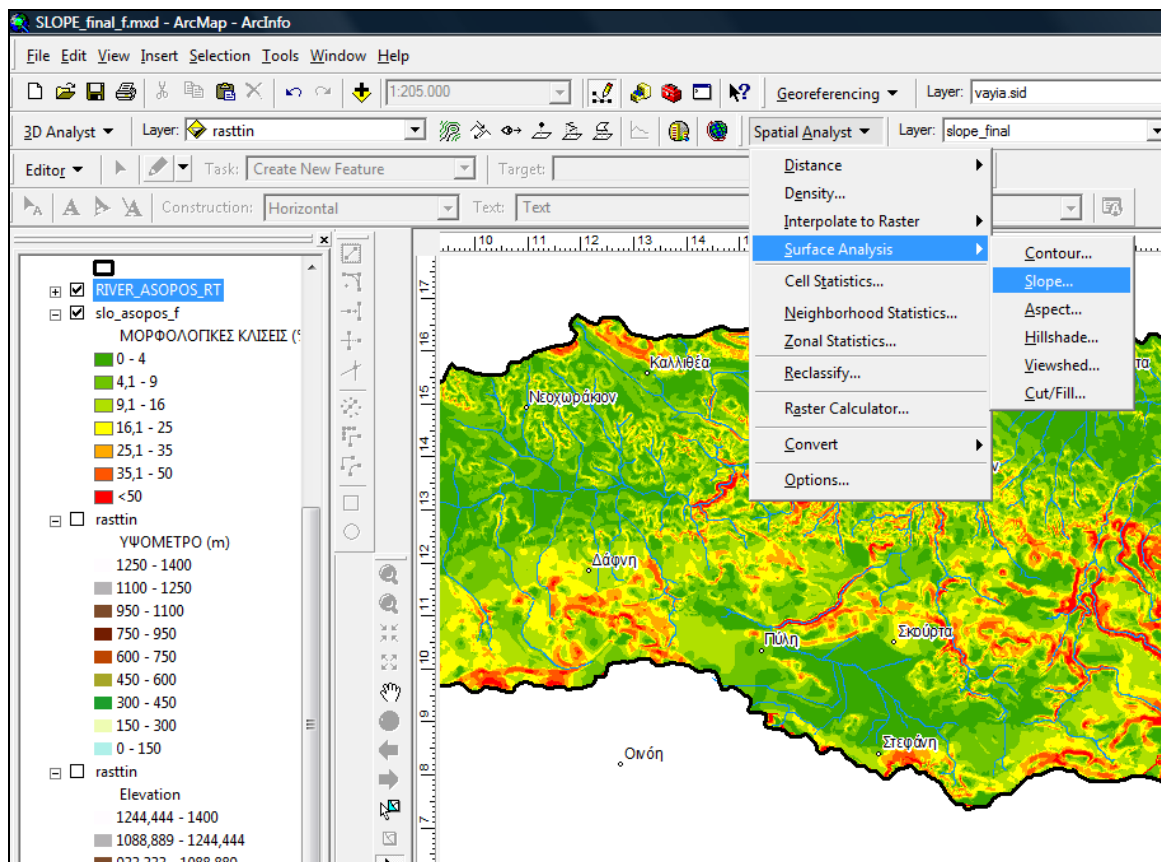
Στη δομή κανάβου (raster) ο χώρος υποδιαιρείται σε φατνία/κελιά (cells) τα οποία διαμορφώνουν μια ψηφιδωτή δομή. Η ψηφιδωτή δομή δεδομένων χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που το χωρικό φαινόμενο που αποτυπώνεται χαρακτηρίζεται ως συνεχής μεταβλητή (π.χ. το υψόμετρο του εδάφους) ή σε περιπτώσεις που στο ΣΓΠ θέλουμε να ενσωματώσουμε μια δορυφορική εικόνα ή μια σαρωμένη αεροφωτογραφία.

Μία γνωστή ψηφιδωτή μορφή είναι το δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων/TIN (Triangulated Irregular Network), όπου τα φατνία είναι τριγωνικά μη σταθερού μεγέθους. Ένα μοντέλο TIN αναπαριστά το ανάγλυφο ως ένα σύνολο τριγώνων, τα οποία έχουν ως κορυφές σημεία με συγκεκριμένο υψόμετρο z και συντεταγμένες x,y. Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου TIN χρησιμοποιήθηκε για την ψηφιακή αναπαράσταση της μεταβλητότητας του αναγλύφου στην περιοχή μελέτης (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Κατασκευή μορφολογικού χάρτη με τη χρήση του Arcmap.

Ο χάρτης των εδαφικών κλίσεων προέκυψε από το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (Digital Elevation Model/DEM), με την εντολή Slope του Surface Analysis (Spatial Analyst).



Εικόνα 7. Κατασκευή χάρτη εδαφικών κλίσεων με τη χρήση του Arcmap.

Τέλος ο κάθε θεματικός χάρτης εξάγεται σε μορφή αρχείου εικόνας, με την εντολή Export Map (από το μενού File), έτσι ώστε στη συνέχεια να εισαχθεί και να απεικονιστεί στην παρούσα εργασία.

Το ArcMap, δίδει τη δυνατότητα να εξαχθεί ένας θεματικός χάρτης σε διάφορους τύπους αρχείων εικόνας (.jpeg, .tiff, .bmp και άλλους), μεταβάλλοντας ανάλογα κάθε φορά την ποιότητα και ανάλυση της εικόνας αυτής.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

2.1 Γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας

Ο Ελληνικός χώρος ανήκει στη νέα Ευρώπη και κατά τη διάρκεια της γεωλογικής περιόδου του Μεσοζωικού-Καινοζωικού, καλυπτόταν από τη θάλασσα της Τηθύος. Τα μεγάλα πάχους ιζήματα που αποτέθηκαν σε εκείνες τις γεωλογικές εποχές δημιούργησαν στη συνέχεια με τις ορογενέσεις τις ελληνικές οροσειρές που συνιστούν την αλπική Ελλάδα.

Σ' αυτούς τους ορεινούς όγκους βρίσκονται σήμερα εκτός από τα αλπικά ιζήματα και μεγάλες μάζες παλαιότερων πετρωμάτων (ηλικίας Παλαιοζωικής ή και Προκάμβριας) που αντιπροσωπεύουν τα προαλπικά πετρώματα. Συγκεκριμένα έχει διαπιστωθεί σε πολλές περιοχές ότι τα πρώτα αλπικά ιζήματα (ηλικίας Τριαδικού) επικάθονται με ασυμφωνία πάνω σε κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα, τα οποία έχουν προ-τριαδική ηλικία και αποτελούν προαλπικά ιζήματα που πτυχώθηκαν κατά τις Ερκύνειες πτυχώσεις κατά τη διάρκεια του Άνω Παλαιοζωικού.

Σύμφωνα με τις πρόσφατες επιστημονικές θεωρήσεις και στο πλαίσιο της Θεωρίας των Λιθοσφαιρικών Πλακών τα πετρώματα που θεωρούμε ως προαλπικό υπόβαθρο, αποτελούν τμήματα του ηπειρωτικού των παλαιών ηπειρωτικών πλακών της Γκοντβάνα και της Ευρασίας, τα οποία κατά τα διάφορα στάδια της σύγκλισης των δύο πλακών αποσπάρθηκαν από αυτές, συμπτυχώθηκαν με τα πετρώματα του ωκεανού της Τηθύος (αλπικά ιζήματα και οφιόλιθοι του ωκεάνιου πυθμένα) και μετακινήθηκαν μαζί με αυτά υπό τη μορφή τεκτονικών καλυμμάτων.

Οι Ελληνικές οροσειρές που ανήκουν στον Δειναρικό κλάδο του αλπικού συστήματος, υποδιαιρούνται σε γεωτεκτονικές ζώνες οι οποίες λέγονται «Ελληνίδες ζώνες». Τα τεκτονικά σχήματα που είχαν προταθεί μέχρι το 1970 για τη διαίρεση του ελληνικού χώρου σε γεωτεκτονικές ζώνες, στηρίχθηκαν βασικά σε μια Αλπική παλαιογεωγραφία δια μέσου ενός συστήματος αυλάκων και ράχων

όπως διαμορφώθηκε σύμφωνα με τη θεωρία του αλπικού γεωσυγκλίσιου από τον Aubouin (1965).

Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή το ελληνικό γεωσύγκλινο, που άρχισε να λειτουργεί από το Τριαδικό σαν τμήμα του τεράστιου αλπικού γεωσύγκλινου, είχε στον πυθμένα του μικρές και μεγάλες υποθαλάσσιες ράχεις που διαχώριζαν βαθιές και βαθύτερες αύλακες. Το σύστημα αυτό των εναλλασσόμενων υποθαλασσίων αυλάκων και ράχων θεωρείται ως δημιούργημα προγενέστερων (Ερκύνειων) πτυχώσεων, το οποίο όμως υπέστη διάφορες τροποποιήσεις κατά τη διάρκεια της αλπικής ιζηματογένεσης, προερχόμενες από τη δράση ενδογενών δυνάμεων που πολλές φορές είχαν σαν αποτέλεσμα την προσωρινή ανάδυση ορισμένων τμημάτων του πυθμένα της Τηθύος.

Με βάση τη θεωρία αυτή ο Ελληνικός χώρος διακρίθηκε σε ισοπικές ζώνες, διάκριση που αντανακλά την παλαιογεωγραφική κατάσταση κάθε μιας ζώνης και στηρίζεται φυσικά στα αλπικά ιζήματα. Η κάθε ζώνη έχει ιζήματα του ίδιου βάθους, δηλαδή βαθιάς θάλασσας (πελαγικά – αβυσσικά) οι αύλακες ή ρηχής θάλασσας (νηριτικά) οι υποθαλάσσιες ράχες (υβώματα).

Με την ανάπτυξη της Νέας Παγκόσμιας Τεκτονικής και τα μοντέλα που προτάθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες για τη γεωδυναμική εξέλιξη του αλπικού συστήματος, το θέμα της διαίρεσης σε γεωτεκτονικές ζώνες έχει πάρει άλλη διάσταση. Η διάκριση της μιας ζώνης από την άλλη στηρίζεται στον ιδιαίτερο ρόλο της κάθε μιας στο σύστημα γεωδυναμικής εξέλιξης και ο ρόλος αυτός μεταφράζεται ως ένα βαθμό σε κάποια συγκεκριμένη παλαιογεωγραφική θέση.

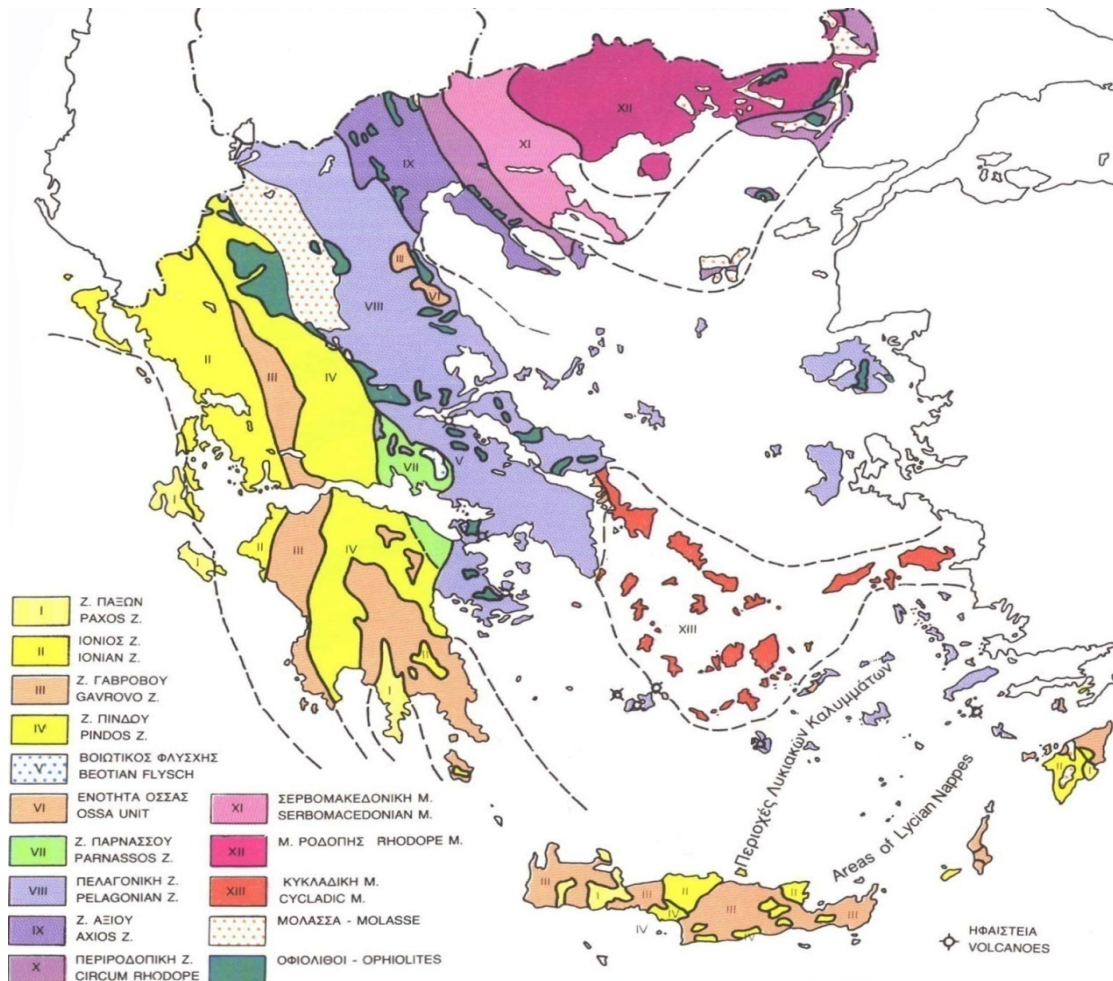
Έτσι, κάθε γεωτεκτονική ζώνη συνίσταται από μια συγκεκριμένη στρωματογραφική διαδοχή των ιζημάτων της, από ιδιαίτερους λιθολογικούς χαρακτήρες και επίσης από ιδιαίτερη τεκτονική συμπεριφορά, στοιχεία γενικά που εξαρτώνται και από την παλαιογεωγραφική της θέση αλλά κυρίως από τη γεωτεκτονική της θέση, τις γεωδυναμικές κινήσεις και τη τεκτονική της παραμόρφωση.

Σύμφωνα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, οι Ελληνικές γεωτεκτονικές ζώνες (ή Ελληνίδες ζώνες) είναι από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά οι εξής:

1. Μάζα Ροδόπης

2. Σερβομακεδονική μάζα
3. Η Περιροδοπική ζώνη
4. Η ζώνη Αξιού (η οποία υποδιαιρείται στις υποζώνες Παιονίας, Πάϊκου και Αλμωπίας)
5. Η Πελαγονική ζώνη
6. Η Αττικοκυκλαδική μάζα
7. Η Υποπελαγονική ζώνη ή ζώνη «Ανατολικής Ελλάδας»
8. Η ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας
9. Η ζώνη Ωλονού – Πίνδου
10. Η ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολης
11. Η Ιόνιος ζώνη (ή Αδριατικοϊόνιος)
12. Η ζώνη Παξών ή Προαπουλία

Η περιοχή έρευνας ανήκει γεωτεκτονικά στην Υποπελαγονική ζώνη και στη ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας.



Εικόνα 8. Οι Γεωτεκτονικές ζώνες Ελλάδας (από Μπορνόβα και Ροντογιάννη, 1983)

2.1.1. Παλαιογεωγραφική και γεωτεκτονική θέση γεωτεκτονικών ζωνών της ευρύτερης περιοχής έρευνας.

2.1.1.1 Υποπελαγονική ζώνη

Η Υποπελαγονική ζώνη βρίσκεται στη δυτική πλευρά της Πελαγονικής. Εκτείνεται ακολουθώντας τη γενική ΒΒΔ – ΝΝΑ διεύθυνση των Ελληνίδων από την Αλβανία, κατά μήκος του κορμού της Ελλάδας, προς τη δυτική Θεσσαλία και την ανατολική Στερεά Ελλάδα, στα νησιά Σαλαμίνα, Ύδρα και την Ανατολική Πελοπόννησο και

συνεχίζεται στη νήσο Κω και την Μ. Ασία. Πιθανώς η Υποπελαγονική ζώνη καλύπτει και την Κεντρική Εύβοια και από εκεί συνεχίζεται στο νησί της Χίου, έχοντας έτσι ένα σύνθετο σχήμα γύρω από την Αττικοκυκλαδική μάζα.

Η ζώνη αυτή έχει χαρακτηριστεί αρχικά από τους Renz (1955) και Μαρίνο (1957) με το όνομα Ζώνη της Ανατολικής Ελλάδας. Ο όρος Υποπελαγονική δόθηκε από τον Aubouin (1959) για να υπογραμμίσει την στενή σύνδεση της με την Πελαγονική ζώνη. Καθόρισε δηλαδή την παλαιογεωγραφική θέση της Υποπελαγονικής ως τη δυτική κατωφέρεια του υβώματος της Πελαγονικής προς την αύλακα της ζώνης της Πίνδου και της απέδωσε έτσι χαρακτήρες ιζηματογένεσης ενδιάμεσης μεταξύ νηριτικής και πελαγικής φάσης.

Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα της Υποπελαγονικής ζώνης είναι οι μεγάλες οφιολιθικές μάζες και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση που τις συνοδεύει και η οποία έχει μεγάλη εξάπλωση. Σύμφωνα λοιπόν με τις σημερινές γεωτεκτονικές αντιλήψεις θεωρείται ότι η Υποπελαγονική ζώνη αντιπροσωπεύει την οφιολιθική συρραφή της ωκεάνιας περιοχής που βρισκόταν Δυτικά του Πελαγονικού ηπειρωτικού τεμάχους.

2.1.1.2 Ζώνη Παρνασσού Γκιώνας

Η ονομασία της ζώνης οφείλεται στα αντίστοιχα βουνά Παρνασσό και Γκιώνα της Στερεάς Ελλάδας που συγκροτούν κύρια τη ζώνη όπως καθορίστηκε αρχικά από τον Renz (1940).

Η ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας θεωρήθηκε στο Αλπικό σύστημα ως ύβωμα τοπικά παρεμβαλλόμενο μεταξύ της κατωφέρειας της Υποπελαγονικής ζώνης και της αύλακας της ζώνης της Πίνδου. Σύμφωνα με τις σημερινές απόψεις η ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας αντιστοιχεί σε μια μικρή πλατφόρμα μέσα στον ωκεανό της Νέο – Τηθύος σε άμεση γειτνίαση με τη Υποπελαγονική ζώνη. Δεν εκτείνεται σε όλο το μήκος της επαφής των ζωνών της Υποπελαγονικής και Πίνδου αλλά περιορίζεται μόνο στη Κεντρική Στερεά Ελλάδα. Η ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας θεωρείται ανάλογη με τη ζώνη «Υψηλού Καρστ» της Γιουγκοσλαβίας, όμως η σχέση τους δεν έχει πλήρως διευκρινιστεί, παρ' όλο ότι έχουν κοινό

χαρακτηριστικό τα κοιτάσματα των βωξιτών μέσα σε καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους.

Η περιορισμένη έκταση της ζώνης Παρνασσού – Γκιώνας οφείλεται πιθανώς στην κάλυψη της από τα επωθημένα καλύμματα των Εσωτερικών Ελληνικών ζωνών, ενώ στην «εξαφάνιση» της προς το Βορρά πιστεύεται ότι σημαντικό ρόλο έπαιξε η μεγάλη ρηξιγενής ζώνη του Σπερχειού ποταμού.

2.2 Τεκτονική δομή ευρύτερης περιοχής έρευνας

Η σύγχρονη τεκτονική δράση της περιοχής που είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη γεωδυναμική του ελληνικού χώρου, βρίσκεται κάτω από ένα εκτεταμένο εφελκυστικό πεδίο που δρα από το Μέσο – Ανώτερο Μειόκαινο μέχρι και σήμερα (Μέττος 1992) και το οποίο αφού δημιούργησε τις νεογενείς λεκάνες, συνέχιζε να επηρεάζει και τα ιζήματα που αποτέθηκαν σε αυτές.

Στην περιοχή έρευνας διαπιστώθηκαν δύο φάσεις εφελκυσμού. Η πρώτη έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Μειόκαινου – Πλειόκαινου, η δεύτερη από το Πλειστόκαινο και συνεχίζεται μέχρι σήμερα (Μέττος 1992).

Οι παραπάνω κατακόρυφες κινήσεις ήταν διαφορετικής έντασης, με αποτέλεσμα ο χώρος που περιέχεται μέσα στη νεογενή λεκάνη της περιοχής έρευνας να μην έχει ομοιόμορφη ανάπτυξη και να έχουμε διαφορετική ιζηματογένεση από θέση σε θέση.

Στην ευρύτερη περιοχή διακρίνονται τρία συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις A – Δ, ΒΔ – ΝΑ και ΒΑ – ΝΔ, με επικρατέστερο το σύστημα A – Δ. Επίσης στο νότιο τμήμα της μεγάλης νεογενούς λεκάνης έχουμε τη δημιουργία αντιθετικών ρηγμάτων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μικρών υπολεκανών (Ερυθρών).

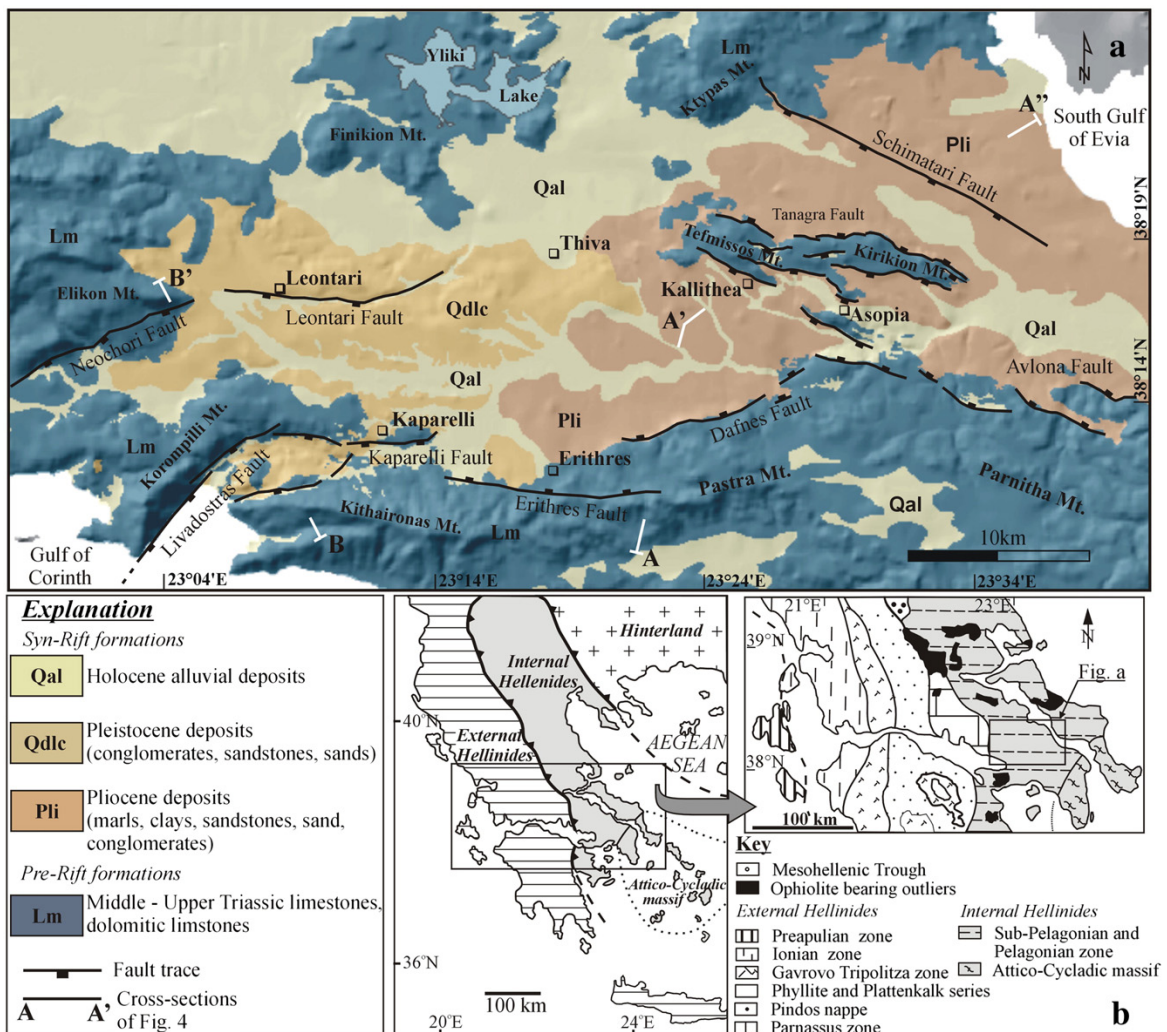
Κατά τη διάρκεια της ιζηματογένεσης υπήρξαν ανοδικές κινήσεις του νότιου τμήματος της περιοχής. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την ανύψωση των ιζημάτων του Νεογενούς και στη συνέχεια την διάβρωση και τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων από υλικά τόσο του υποβάθρου όσο και του Νεογενούς. Τα ιζήματα

αυτά αποτελούνται κυρίως από κλαστικά υλικά, που αποτελούν μέρος των ποταμοχερσαίων αποθέσεων της περιοχής.

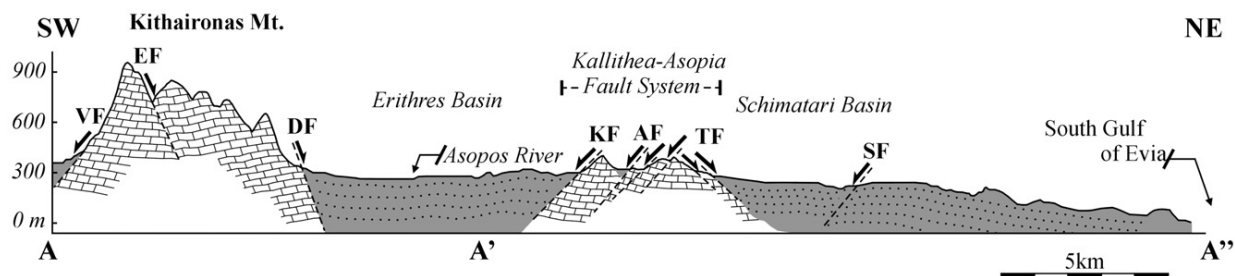
Οι τεκτονικές κινήσεις του νότιου τμήματος της τάφρου άρχισαν με την έναρξη της ιζηματογένεσης και συνεχίζονται μέχρι σήμερα, με αποτέλεσμα τα νεογενή ιζήματα να απαντούν μέχρι και σε υψόμετρο 700 μέτρα (Μέττος 1992).

Στο δυτικό τμήμα η ταπείνωση της λεκάνης γίνεται κυρίως με μια ρηξιγενή ζώνη που διέρχεται κατά μήκος των κύριων προπόδων του όρους Πάστρα τέμνοντας την περιοχή των Ερυθρών (Παπανικολάου 1988).

Ενοποιημένοι οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής μελέτης φαίνονται στο γεωλογικό χάρτη της εικόνας 9 ενώ γεωλογική τομή αναπαριστάται στην εικόνα 10.



Εικόνα 9. Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής της υδρολογικής λεκάνης του Ασωπού ποταμού (Tsodoulos et al. 2008).



Εικόνα 10. Σχηματική γεωλογική τομή της ευρύτερης περιοχής της υδρολογικής λεκάνης του Ασωπού ποταμού (Tsodoulos et al. 2008).

2.3 Λιθολογική δομή της ευρύτερης περιοχής έρευνας

Η ευρύτερη περιοχή έρευνας δομείται από σχηματισμούς της Υποπελαγονικής ζώνης και της ζώνης Παρνασσού – Γκιώνας. Αναλυτικότερα η λιθοστρωματογραφική δομή των δύο ζωνών αναφέρεται πιο κάτω.

2.3.1 Υποπελαγονική ζώνη

Το προαλπικό υπόβαθρο

Σε όσες θέσεις του χώρου της Υποπελαγονικής συναντώνται πετρώματα του υποβάθρου, πρόκειται ουσιαστικά για το ίδιο Παλαιοζωικό υπόβαθρο με αυτό της Πελαγονικής ζώνης, που αποτελείται από γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες και παρεμβολές μαρμάρων, αφού είναι ουσιαστικά πετρώματα του δυτικού πελαγονικού περιθωρίου, πάνω στα οποία αποτέθηκαν τα Τριαδικό – Ιουρασικά ανθρακικά πετρώματα.

Εκτός όμως από τα μεταμορφωμένα πετρώματα διαπιστώθηκαν σε πολλές περιοχές της ζώνης και ιζηματογενή ή ημιμεταμορφωμένα στρώματα του Παλαιοζωικού, εξακριβωμένα με χαρακτηριστικά απολιθώματα.

Συγκεκριμένα στη νήσο Κω, που θεωρείται ότι αποτελεί προέκταση της Υποπελαγονικής, βρέθηκαν τα αρχαιότερα χρονολογημένα στρώματα της Ελλάδας, ηλικίας Σιλούριου από τον Desio (1930). Πάνω στα στρώματα αυτά ακολουθούν ασβεστόλιθοι κρυσταλλικοί και μάρμαρα ηλικίας Δεβονείου και στη συνέχεια σχιστώδεις ασβεστόλιθοι που κατατάσσονται στο Άνω Λιθανθρακοφόρο.

Στο νησί της Χίου επίσης υπάρχει μια πολύ αξιόλογη σειρά προαλπικών ιζημάτων, από τη μελέτη της οποίας ο Κτενάς (1921) διαπίστωσε πρώτος την παλαιοζωική ηλικία (Δεβονείου) ορισμένων σχιστοασβεστολιθικών πετρωμάτων.

Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει η παλαιοζωική σειρά της Εύβοιας, όπου από τους ανώτερους ορίζοντες προς τους κατώτερους παρατηρούνται τα εξής στρώματα :

- Ασβεστόλιθοι, μάρμαρα και σιπολίτες με ενστρώσεις χαλαζιτών και σχιστόλιθων ηλικίας Περμίου.
- Αργιλικοί σχιστόλιθοι – φυλλίτες που εξελίσσονται πλευρικά σε κρυσταλλικούς σχιστόλιθους, επίσης αρκόζες και σπάνιες ενστρώσεις ασβεστολίθων ηλικίας Λιθανθρακοφόρου.
- Μάρμαρα Δεβονείου.

Άνω παλαιοζωικά στρώματα διαπιστώθηκαν επίσης στη Λοκρίδα, στον Κιθαιρώνα, τη Πάρνηθα, την Όρθρυ, την Ύδρα και τη Σαλαμίνα. Είναι κυρίως στρώματα ασβεστολίθων, ψαμμιτών, γραφιτικών σχιστόλιθων και γραουβακών η ηλικία των οποίων προσδιορίστηκε Λιθανθρακοφόρος – Πέρμιος.

Αλπικό υπόβαθρο

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στη παλαιογεωγραφική και γεωτεκτονική θέση της, η Υποπελαγονική ζώνη παρουσιάζει τρεις διαφορετικές στρωματογραφικές – τεκτονικές διαδοχές των πετρωμάτων της.

1. Αυτή που περιλαμβάνει μόνο την οφιολιθική ακολουθία και τα συνοδά ιζήματα της βαθιάς θάλασσας χωρίς να παρατηρείται κανένα τεκτονικό υπόβαθρο αυτών.
2. Αυτή στην οποία οι οφιοίλιθοι με τα συνοδά ιζήματα βρίσκονται τοποθετημένοι πάνω σε πελαγικά ανθρακικά πετρώματα.

3. Αυτή που οι οφιόλιθοι με τα συνοδά ιζήματα βρίσκονται επωθημένοι πάνω σε ανθρακικά πετρώματα τυπικά ηπειρωτικού περιθωρίου. Οι τρεις παραπάνω διαδοχές πετρωμάτων δεν έχουν την έννοια τριών διαφορετικών ενοτήτων που αναπτύσσονται σε διαφορετικούς χώρους αλλά ουσιαστικά αντιπροσωπεύουν την εξέλιξη από τα Δυτικά προς τα Ανατολικά των βαθιών ωκεάνιων συνθηκών ιζηματογένεσης προς τις νηριτικές του ηπειρωτικού περιθωρίου. Δεν είναι όμως δυνατή η χάραξη ορίων ανάμεσα τους διότι η εξέλιξη ήταν σταδιακή αλλά και διότι οι μετέπειτα τεκτονικές φάσεις και κυρίως οι Τριτογενείς λεπιώσεις έχουν μεταβάλει εντελώς τη γεωγραφική συνέχεια τους.

Οι αλπικοί σχηματισμοί που μετέχουν στις παραπάνω στρωματογραφικές – τεκτονικές διαδοχές περιγράφονται στη συνέχεια.

Τριαδικά πετρώματα

Στις περιοχές που εμφανίζεται το προ – οφιολιθικό ανθρακικό υπόβαθρο, η αλπική ιζηματογένεση αρχίζει στη βάση του Τριαδικού με κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ασβεστόλιθους και παρεμβολές τοφφικών υλικών. Ακολουθούν ασβεστόλιθοι Κάτω – Μέσο Τριαδικού οι οποίοι είναι είτε πελαγικοί με πυριτικούς κονδύλους είτε νηριτικοί με φύκη.

Ασβεστόλιθοι Ιουρασικού

Συνήθως οι οφιόλιθοι βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένοι πάνω σε ανθρακικά πετρώματα. Πρόκειται για ασβεστόλιθους Κάτω Ιουρασικού, μαύρους, τεφρούς περισσότερο νηριτικούς, επίσης ασβεστόλιθους πλακώδεις, τεφρούς, συχνά ωλιθικούς του Μέσο – Άνω Ιουρασικού, οι οποίοι εναλλάσσονται με αλλεπάλληλες ενστρώσεις κερατολίθων, πηλιτών και πυριτικών μαργών, στοιχεία που δείχνουν τον πελαγικό χαρακτήρα της όλης σειράς.

Σχιστοκερατολιθική διάπλαση και οφιόλιθοι

Ο πιο χαρακτηριστικός σχηματισμός της Υποπελαγονικής ζώνης είναι η λεγόμενη «Σχιστοκερατολιθική διάπλαση», η απόθεση της οποίας καλύπτει μεγάλη περίοδο του Ιουρασικού ενώ σε ορισμένες περιοχές η απόθεση της άρχισε από το Άνω Τριαδικό.

Η σχιστοκερατολιθική διάπλαση αποτελείται από λεπτόκοκκα ιζήματα, δηλαδή κόκκινους, πράσινους, μαύρους αργιλικούς σχιστόλιθους, ραδιολαριτικούς κερατόλιθους, μάργες, λεπτόκοκκους ψαμμίτες, πηλίτες, αργιλοπηλίτες και παρεμβολές λεπτόκοκκων πελαγικών ασβεστολίθων.

Μέσα στη σχιστοκερατολιθική διάπλαση βρίσκονται συχνά παρεμβαλλόμενα – συμπτυχωμένα μικρά και μεγάλα οφιολιθικά σώματα γι' αυτό και το σύνολο ονομάζεται στην Ελληνική βιβλιογραφία «σχιστοκερατολιθική διάπλαση με οφιόλιθους».

Συχνές επίσης είναι οι διεισδύσεις μέσα στα ιζήματα της διάπλασης βασικών ηφαιστιτών (διαβάσες, δολερίτες κτλ) καθώς και βασικών τόφφων έτσι ώστε η διάπλαση να αποκτά χαρακτήρα ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς.

Συνδεδεμένα με τις παραπάνω οφιολιθικές μάζες είναι τα σημαντικά κοιτάσματα χρωμιτών (στο Βούρινο και το Τσαγκλί), καθώς και τα σιδηρονικελιούχα λατεριτικά κοιτάσματα (της Λάρυμνας και της Κεντρικής Εύβοιας).

Ιζήματα της Μέσο – Άνω Κρητιδικής επίκλυσης και φλύσχης Τριτογενούς.

Με τη υποβύθιση της ωκεάνιας πλάκας της Νεοτηθούς κατά την περίοδο του Ανώτερου Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού, μέρος των οφιολιθικών μαζών διέφυγε την υποβύθιση και επωθήθηκε πάνω στα ανθρακικά πετρώματα του δυτικού Πελαγονικού περιθωρίου που αποτελούν σήμερα της οφιολιθική συρραφή της Υποπελαγονικής. Ακολούθησε περίοδος χέρσευσης των οφιολιθικών μαζών στο Κάτω Κρητιδικό κατά την οποία σχηματίστηκαν τα αξιόλογα σιδηρονικελιούχα λατεριτικά κοιτάσματα στη Λάρυμνα, τη Λοκρίδα και την Κεντρική Εύβοια, από την λατεριτική αποσάθρωση των οφιολίθων. Τα κοιτάσματα αυτά στη συνέχεια καλύφθηκαν και προστατεύθηκαν από τη διάβρωση χάρη στην απόθεση των Μέσο – Άνω Κρητιδικών επικλυσισγενών ιζημάτων.

Η επίκλυση της θάλασσας εκδηλώθηκε στο Μέσο Κρητιδικό, κυρίως με ασβεστόλιθους μέσα στους οποίους παρεμβάλλονται μικρού πάχους ψαμμιτικά και μαργαϊκά στρώματα. Τα επικλυσιογενή ιζήματα του Μέσο – Άνω Κρητιδικού αποτέθηκαν με ασυμφωνία πάνω στα προϋπάρχοντα πετρώματα. Άλλοτε πάνω στους οφιόλιθους και τα λατεριτικά κοιτάσματα, άλλοτε πάνω στη σχιστοκερατολιθική διάπλαση και άλλοτε πάνω στα ανθρακικά πετρώματα Τριαδικού ή Ιουρασικού ανάλογα με τη τεκτονική δομή που δημιουργήθηκε ύστερα από τις πτυχώσεις του Ανώτερου Ιουρασικού – Κάτω κρητιδικού.

Τέλος, η ιζηματογένεση συνεχίστηκε με την απόθεση του φλύσχη που άρχισε στις αρχές του Τριτογενούς και έληξε στο τέλος Ηωκαίνου με την εκδήλωση της τελικής ορογενετικής δράσης.

2.3.2 Ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας

Βασικό γνώρισμα της ζώνης αυτής είναι οι βωξίτες που βρίσκονται σε τρεις διαδοχικούς στρωματογραφικούς ορίζοντες μέσα στους ασβεστόλιθους.

Το προαλπικό υπόβαθρο της ζώνης Παρνασσού – Γκιώνας δεν είναι γνωστό στην Ελλάδα. Η αλπική ιζηματογένεση είναι βασικά ασβεστολιθική, καθαρά νηριπική από την οποία και συμπεραίνεται η παλαιογεωγραφική θέση της σαν υφαλώδες φράγμα. Το συνολικό πάχος της ασβεστολιθικής σειράς υπολογίζεται σε 1800 m.

Τα βαθύτερα αλπικά ιζήματα είναι λευκοί δολομίτες, που προς τα πάνω εξελίσσονται σε τεφρούς ασβεστόλιθους ηλικίας Άνω Τριαδικού.

Ακολουθούν ασβεστόλιθοι σκοτεινού χρώματος ηλικίας Κάτω Ιουρασικού και μετά ωλιθικοί ασβεστόλιθοι του Άνω Ιουρασικού. Πάνω στους ασβεστόλιθους αυτούς βρίσκεται ο 1^{ος} (κατώτερος) βωξιτικός ορίζοντας που καλύπτεται από σκοτεινόχρωμους ασβεστόλιθους του Άνω Ιουρασικού. Στη συνέχεια απαντά ο 2^{ος} (μεσαίος) βωξιτικός ορίζοντας, που καλύπτεται από ασβεστόλιθους ηλικίας Άνω Ιουρασικού –Μέσου Κρητιδικού. Οι τελευταίοι αυτοί ασβεστόλιθοι ονομάζονται «ενδιάμεσοι ασβεστόλιθοι» επειδή μεσολαβούν μεταξύ δύο βωξιτικών οριζόντων, του 2^{ου} και του 3^{ου} και είναι κυρίως λευκοί ή τεφροί ασβεστόλιθοι.

Πάνω στους ενδιάμεσους ασβεστόλιθους βρίσκεται ο 3^{ος} (ανώτερος) βωξιτικός ορίζοντας, ο οποίος καλύπτεται από μαύρους ασβεστόλιθους του Μέσου Κρητιδικού.

Η ιζηματογένεση συνεχίζεται προς τα πάνω με ασβεστόλιθους του Άνω Κρητιδικού και τέλος ακολουθεί ο φλύσχος ηλικίας Παλαιοκαίνου – Μέσου Ηωκαίνου.

2.4 Η γεωλογική δομή της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού διακρίνονται σε μη μεταμορφωμένους αλπικούς σχηματισμούς και μεταλπικές αποθέσεις. Οι αλπικοί σχηματισμοί είναι κυρίως ασβεστόλιθοι διαφόρων ηλικιών, οφιόλιθοι και ραδιολαρίτες. Οι μεταλπικοί σχηματισμοί αντιπροσωπεύονται από ιζήματα χερσαίας και λιμναίας φάσης, όπως μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, μάργες καθώς και αλλουβιακές αποθέσεις (Παπανικολάου 1988, Μέττος 1992).

Η ψηφιακή απεικόνιση του γεωλογικού χάρτη της περιοχής έρευνας (Χάρτης 2) προέκυψε από:

- την ψηφιοποίηση των γεωλογικών φύλλων Χαλκίς και Ερέτρια κλίμακας 1:50000 του ΙΓΜΕ,
- την επεξεργασία (συμπλήρωση, διόρθωση) υπαρχόντων ψηφιακών δεδομένων των υπόλοιπων γεωλογικών φύλλων Αθήναι – Ελευσίς, Βάγια, Ερυθραί, Θήβαι, Καπαρέλλιον, Κηφισιά, και Λιβαδειά κλίμακας 1:50000 του ΙΓΜΕ και,
- την ενοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών και σύνθεση όλων των ψηφιακών δεδομένων (γεωλογικών φύλλων) με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος Arcmap.

Η λιθοστρωματογραφία της περιοχής έρευνας διαρθρώνεται από τους παλαιότερους προς τους νεότερους σχηματισμούς ως εξής:

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

Τεναγώδεις και παράκτιοι σχηματισμοί (H.cd)

Αλλουβιακές αποθέσεις (al): πρόκειται για σύγχρονες χερσαίες και παράκτιες αποθέσεις των οποίων η σύσταση ποικίλει ανάλογα με τη περιοχή απόθεσής τους. Αποτελούνται από ασύνδετα αργιλοαμμώδη υλικά με διάσπαρτες κροκάλες και λατύπες καθώς και υλικά χειμάρριων αναβαθμίδων μικρού ύψους. Συχνά απαντώνται ερυθροί πηλοί. Στις παράκτιες περιοχές επικρατούν άμμοι, κροκάλες και συνεκτικοί ψαμμίτες.

Σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (H.cs,sc): πρόκειται για ασύνδετα υλικά, κατά κανόνα αδρομερή και γωνιώδη (Εικόνα 11).

Ασύνδετα αργιλοαμμώδη και χαλικομιγή καστανόχρωμα υλικά (H.s,l): προέρχονται από την αποσάθρωση και εξαλλοίωση των γύρω σχηματισμών.

Οι αλλουβιακοί κώνοι και τα αλλουβιακά ριπίδια είναι αποτέλεσμα της διαφοράς του αναγλύφου που προέκυψε από τεκτονικά γεγονότα, τα οποία συνέβησαν κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου και συνεχίζονται ακόμα και σήμερα. Τα γεγονότα αυτά συντελούν στην αύξηση του ρυθμού διάβρωσης και παραγωγής υλικών, στην αύξηση της μεταφορικής ικανότητας του νερού και στην απόθεση των μεταφερόμενων υλικών στις παρυφές των ορεινών όγκων.

Παλαιά πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (Pt.sc,cs) : πρόκειται για αδρομερή στοιχεία, κυρίως ασβεστολιθικά, ποικίλου μεγέθους. Συνοδεύονται από μεγάλους ογκόλιθους και το συνδετικό τους υλικό είναι αργιλομαργαϊκό. Είναι συνεκτικά, αυλακώνονται από χειμάρρους σε σημαντικό βάθος και εναλλάσσονται με ερυθρές αργίλους.



Εικόνα 11 Πλευρικά κορήματα στην περιοχή Πάρνηθας.

Ποτάμιες αναβαθμίδες (Qd1): νεώτερου Διλουβίου, που φτάνουν έως και τα 35 m.

Κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, άμμοι, ερυθροί πηλοί (Qd1c): χειμαρρώδεις ποτάμιες αποθέσεις του Διλουβίου, ποικίλου βαθμού συνεκτικότητας. Τροφοδοτούνται από ανθρακικά πετρώματα της σχιστοψαμμιτοκερατολιθικής διάπλασης και άλλους σχηματισμούς.

Ελλουβιακός μανδύας (Qe12): καλύπτει διάφορους σχηματισμούς σημαντικού πάχους.

Ποταμοχερσαίες αποθέσεις Πλειστοκαίνου (Pt): καστανόχρωμα ιζήματα που καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση νότια του Σχηματαρίου – Οινοφύτων τα οποία βρίσκονται σε ασυμφωνία με τις υποκείμενες ανωμειοκαινικές αποθέσεις.

Στην περιοχή των χωριών Άγιος Θωμάς και Κλειδί τα πλειστοκαινικά ιζήματα καλύπτουν μεγάλη έκταση, έχουν σχετικά μικρό πάχος και χαρακτηρίζονται από καστανοκόκκινο χρώμα. Συχνά η διάκριση μεταξύ των πλειστοκαινικών ιζημάτων και των αποθέσεων του Νεογενούς είναι δύσκολη λόγω του χρώματος τους. Τα πλειστοκαινικά ιζήματα της περιοχής χαρακτηρίζουν γενικά ένα παλαιό περιβάλλον ποταμοχερσαίας ιζηματογένεσης που εναλλασσόταν κατά περιόδους

με εμφανίσεις πλημμυρικών φαινομένων, γεγονός που φαίνεται από τις ενστρώσεις άμμων και ερυθρών αργίλων.

ΝΕΟΓΕΝΕΣ

Το νεογενές στην περιοχή μελέτης αντιπροσωπεύεται από δύο ενότητες πετρωμάτων. Οι νεογενείς σχηματισμοί στη βάση τους είναι λιμναίας φάσης και αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα μαργών, αργίλων και ψαμμιτών λευκοκίτρινου χρώματος με παρεμβολές κροκαλοπαγών. Κατά θέσεις εμφανίζονται κοιτάσματα λιγνιτών σημαντικού πάχους. Στη συνέχεια ακολουθούν χερσαίοι σχηματισμοί με πηλούς και κροκαλοπαγή, κυρίως ερυθρού χρώματος καθώς και αποθέσεις ποταμοχερσαίων ιζημάτων, ψαμμιτών και αργίλων. Το σχετικό πάχος του κάθε ορίζοντα των Νεογενών εξαρτάται από το περιβάλλον ιζηματογένεσης. Το Νεογενές καταλαμβάνει σημαντική έκταση της λεκάνης του Ασωπού, με ιδιαίτερα μεγάλη εξάπλωση στο βόρειο τμήμα της λεκάνης και σποραδικές εμφανίσεις στα ανατολικά.

Πλειοκαινικά ιζήματα (Pli): Μάργες, άργιλοι, ψαμμίτες, τραβερτίνες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και κροκαλοπαγή. Στη βάση τους αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα λιμναίας φάσης μαργών, αργίλων και ψαμμιτών με παρεμβολές κροκαλοπαγών και κοιτάσματα λιγνιτών. Προς τα πάνω εξελίσσονται σε χερσαίους σχηματισμούς, κυρίως από ερυθροπηλούς και κροκαλοπαγή (Mg)

ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ

Ποταμοχερσαίες αποθέσεις περιοχής Δήλεσι – παραλία Αυλίδος (Ms.t): καταλαμβάνουν ολόκληρη την περιοχή κατά μήκος του Ευβοϊκού κόλπου από την παραλία Αυλίδος και συνεχίζονται προς τα ανατολικά, στην περιοχή Ωρωπού-Μαρκοπούλου. Αποτελούν την πλευρική και προς τα πάνω μετάβαση των μαργών και μαργαϊκών ασβεστολίθων.

Αποτελούνται κυρίως από κροκαλοπαγή μικρής και μεγάλης συνεκτικότητας που εναλλάσσονται με ψαμμίτες και καστανέρυθρους πηλούς και αργίλους.

Οι κροκάλες έχουν ποικίλο μέγεθος με συνδετικό υλικό ψαμμιτικό ή αργιλοψαμμιτικό και προέρχονται από το προνεογενές υπόβαθρο της Πάρνηθας, από μεταμορφωμένα πετρώματα καθώς και από τα βαθύτερα μέλη των νεογενών αποθέσεων.

Μάργες, άργιλοι, πηλοί, κροκάλες, άμμοι περιοχής Σχηματαρίου – Οινοφύτων (Ms.m.I): καλύπτουν πολύ μεγάλη έκταση στην ευρύτερη περιοχή, έχουν μεγάλο πάχος και ποικίλη λιθολογική σύσταση. Τα βαθύτερα μέλη των σχηματισμών αυτών αποτελούνται από πλακώδεις μάργες, αμμούχους πηλούς, λεπτά στρώματα αργίλων και πηλών υπόλευκου – τεφρόλευκου χρώματος. Μέσα στις αποθέσεις αυτές αναπτύχθηκαν κοιτάσματα λιγνιτών.

Στην περιοχή της Οινόης τα ιζήματα αυτά μεταβαίνουν προς τα πάνω σε ελαφρά πτυχωμένες υπόλευκες – τεφρόλευκες μάργες που εναλλάσσονται με πλακώδεις μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, πηλούχες μάργες και μικρές ενστρώσεις καστανών άμμων.

Βόρεια του Σχηματαρίου μεταβαίνουν σε υπόλευκες – τεφρές μάργες που εναλλάσσονται με πηλούχες μάργες, αμμούχους πηλούς, πλακώδεις μαργαϊκούς πηλίτες και φυλλώδεις μάργες που περικλείουν φυτικά υπολείμματα. Τα ανωτέρα μέλη τους αποτελούνται από εναλλαγές τεφρόχρωμων αμμούχων αργίλων – πηλών και αμμούχων μαργών γκριζοπράσινου χρώματος που φέρουν ενίοτε λεπτές λιγνιτικές διαστρώσεις.

Προς τα δυτικά και προς τα πάνω μεταβαίνουν σε αποθέσεις που συνίστανται από εναλλαγές κροκαλών με άμμους εντός των οποίων περιλαμβάνονται ενστρώσεις από πηλούχες – αργιλούχες άμμους τεφρού χρώματος.

Τα ανώτερα μέλη της σειράς αποτελούνται από εναλλαγές κροκαλοπαγών και καστανόχρωμων ενστρώσεων αργίλων και πηλών των οποίων το πάχος κυμαίνεται από 5 – 20 m.

Τα ιζήματα αυτά προς Βορρά μεταβαίνουν σε υπόλευκες μάργες, υποκάστανες αργίλους, πηλούς, κροκαλοπαγή και ψαμμίτες. Στη συνέχεια, επικρατούν

υπόλευκες εύθρυπτες μάργες που εναλλάσσονται με πλακώδεις μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και λεπτοπλακώδεις μάργες, που με τη σειρά τους μεταβαίνουν στις ποταμοχερσαίες αποθέσεις της περιοχής Συκάμινου – Δήλεσι.

Αργίλοι, πηλοί, αμμούχοι μάργες Ασωπίας (Ms.l,st): αποτελούνται από εναλλαγές πηλών, αργίλων και αμμούχων μαργών, χρώματος ανοικτού καστανού. Μέσα στα ιζήματα αυτά απαντούν φακοειδείς ενστρώσεις λεπτόκοκκων ψαμμιτών. Τα βαθύτερα μέλη των σχηματισμών αυτών στην περιφέρεια της λεκάνης κατά θέσεις αρχίζουν με λεπτοπλακώδεις – λεπτόκοκκους ψαμμίτες που εναλλάσσονται με πηλούς ή αργίλους.

Μάργες (Ms.m): λευκές έως τεφρόλευκες, υποκίτρινες ή κιτρινόλευκες μάργες, εύθρυπτες έως πολύ σκληρές με καλή στρώση, αμιγείς ή κατακερματισμένες με παρεμβολές αμμούχων ή και αργιλούχων μαργών και μερικές φορές με διάσπαρτες κροκάλες.

Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και τραβερτίνες (Msmk,tv): σε μορφή συνήθως φακοειδών ενστρώσεων αλλά και εκτεταμένων οριζόντων, πάχους από λίγα έως και περισσότερο από 100 m. Είναι σκληροί μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και τραβερτίνες ή τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι, μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις και κατά θέσεις άστρωτοι, ψευδοωολιθικοί και εν μέρει καρστικοποιημένοι, που συνοδεύονται κατά κανόνα από σκληρές τεφρόλευκες μάργες προς τις οποίες συνήθως μεταπίπτουν ταχύτατα ή εναλλάσσονται με αυτές.

Νεογενείς αποθέσεις της περιοχής Μαλακάσας – Ωρωπού (Ms.fl,c): αποτελούν τμήμα της μεγάλης νεογενούς λεκάνης Θηβών – Τανάγρας – Ωρωπού. Αποτελούνται από δύο ενότητες σχηματισμών, μια **Ανώτερη** εξ ολοκλήρου από ποταμοχερσαίες αποθέσεις και μια **Κατώτερη** κυρίως από λιμναίες και λιγότερο ποταμοχερσαίες αποθέσεις.

Ανώτερη ενότητα: περιλαμβάνει μόνο ένα λιθοστρωματογραφικό ορίζοντα τα κροκαλοπαγή Μαρκοπούλου – Ωρωπού. Αποτελούνται από κροκαλοπαγή, κατά

κανόνα μέτριας συνεκτικότητας, με συνδετικό υλικό ψαμμιτικό και κροκάλες ποικίλης λιθολογικής σύστασης και ποικίλου μεγέθους, γενικά προχωρημένης αποστρωγγύλωσης. Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρούνται και κροκάλες – λατύπες μαργαϊκών ασβεστολίθων και τραβερτινών που προέρχονται από τους σχηματισμούς της Κατώτερης ενότητας. Συνοδεύονται πάντοτε από ψαμμίτες, οργίλους και καστανέρυθρους πηλούς με μορφή ενστρώσεων. Σ' αυτά τα ιζήματα είναι συχνή η παρουσία διασταυρούμενων στρώσεων, συνιζηματογενών ολισθήσεων και ρηγμάτων.

Κατώτερη ενότητα: αποτελείται κυρίως από λιμναίες αποθέσεις μαργών, μαργαϊκών ασβεστολίθων και κατά θέσεις τραβερτινών, στις οποίες παίρνουν μέρος και κλαστικά ιζήματα τα οποία επικρατούν στα κατώτερα μέλη του ανατολικού τμήματος της ενότητας αυτής.

ΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ

Φλύσχης (fg): αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα αργιλικών σχιστόλιθων και ψαμμιτών, λεπτό- έως μεσόκοκκων και συχνά χονδρόκοκκων, χρώματος υποπράσινου, με ενστρώσεις ψαμμούχων και λατυποπαγών ασβεστολίθων, καθώς και ανοιχτότεφρων έως μελανότεφρων ασβεστολίθων, μικρού πάχους, κυρίως στα κατώτερα μέρη του. Τοπικά παρατηρούνται παρεμβολές κροκαλολατυποπαγών με κροκαλολατύπες ψαμμιτικές και ασβεστολιθικές.

Ανωκρητιδικοί επικλυσιγενείς ασβεστόλιθοι (Ks.k): διακρίνονται σε δύο τμήματα: **Ανώτερο** και **Κατώτερο**.

Το **Ανώτερο** τμήμα αποτελείται από λεπτό- έως μεσοστρωματώδεις και μερικές φορές φυλλώδεις ασβεστολίθους, πάχους έως 100 m, χρώματος τεφρόφαιου, τεφρού και κατά θέσεις υποπράσινου ή κοκκινωπού, με διαστρώσεις και κονδύλους πυριτόλιθων. Κατά θέσεις υπάρχουν παρεμβολές ασβεστολιθικών κροκαλολατυποπαγών. Το **Κατώτερο** τμήμα αποτελείται κυρίως από μεσοστρωματώδεις και κατά θέσεις παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους, χρώματος

λευκότεφρου ή σκουρότεφρου. Είναι κρυσταλλικοί, νηριτικοί και καρστικοί, με συχνή την παρουσία βιοκλαστικών ασβεστολίθων.

ΜΕΣΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ

Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες (Tm-Ji.k): ανοικτότεφροι και μερικές φορές σκοτεινότεφροι, μέσο- μέχρι παχυστρωματώδεις και κατά θέσεις άστρωτοι, μικροκρυσταλλικοί και κατά θέσεις πολύ κρυσταλλικοί, έντονα κερματισμένοι. Στη βάση τους είναι τοπικά λεπποστρωματώδεις και έχουν χρώμα τερφόμαυρο ή κόκκινο.

ΚΑΤΩΤΕΡΟ – ΜΕΣΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ

Φυλλίτες και ψαμμίτες (Ti-m.pf): με παρεμβολές κροκαλολατυποπαγών ποικίλου χρώματος. Φέρουν ενστρώσεις ασβεστολίθων και δολομιτών καθώς και σώματα εκρηξιγενών πετρωμάτων κυρίως κερατοφυρών, που συνοδεύονται από τοφφίτες, (Ti-m.tf) που κατά θέσεις έχουν διαχωριστεί.

ΑΝΩΤΕΡΟ ΛΙΘΑΝΘΡΑΚΟΦΟΡΟ – ΠΕΡΜΙΟ

Αργιλικό σχιστόλιθοι και ψαμμίτες (P-C): που εναλλάσσονται με γραουβάκες και κροκαλοπαγή με φακοειδείς ενστρώσεις ασβεστολίθων κατά θέσεις (P-C.k). Τοπικά παρουσιάζουν ασθενή μεταμόρφωση (φυλλίτες – χαλαζίτες).

ΗΩΕΛΛΗΝΙΚΟ ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ

Πρόκειται για σχηματισμούς οι οποίοι είναι επωθημένοι πάνω στους προηγούμενους. Το Ηωελληνικό τεκτονικό κάλυμμα (ονομάζεται και «Προανωκρητιδικό»), είναι δυνατόν να διακριθεί στις παρακάτω ενότητες σχηματισμών:

- Στους ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμούς.

- Στις μάζες υπερβασικών πετρωμάτων.

Στους αυτούς απαντώνται και σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα (Fe- Ni): φακοειδούς μορφής.

Ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί (b.sh): εμφανίζονται στη βάση των υπερβασικών μαζών, έχουν μικρό πάχος και συνίστανται από : **α)** ιζήματα ωκεάνιων περιοχών, όπως ραδιολαριτών, πηλιτών, αργιλικών σχιστόλιθων και ασβεστολίθων με διαστρώσεις πυριτολίθων (k) και **β)** υποθαλάσσιες εκχύσεις βασικών πυριγενών πετρωμάτων, κυρίως βασαλτών, που έχουν υποστεί έντονη σπιλιτίωση και εμφανίζονται συνήθων υπό μορφή pillow – lavas.

Μάζες υπερβασικών πετρωμάτων (o): μάζες μεγάλων διαστάσεων σερπεντιωμένων περιδοτιτών, που σε πολλές θέσεις εγκλείουν κοιτάσματα λευκόλιθου. Είναι συμπαγή πετρώματα τεφροπράσινου χρώματος, με κύριο ορυκτό τον σερπεντίνη. Τη σύστασή του συμπληρώνουν λίγος χρωμίτης οξειδωμένος σε μαγνητίτη, κόκκοι μαγνητίτη και λίγα υδροξείδια σιδήρου.

3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η γεωμορφολογική εικόνα της περιοχής είναι αποτέλεσμα της λιθολογικής σύστασης, της νεοτεκτονικής και της συνδυασμένης δράσης της διάβρωσης και αποσάθρωσης.

Το νότιο τμήμα της λεκάνης απορροής του Ασωπού ορίζεται από τις οροσειρές της Πάρνηθας με υψηλότερες κορυφές, την Κορυφή (1413 m), το Μουγγολιό (959m), το Σταυρό (884 m), το Μεγάλο Βουνό (885 m), την Πάστρα (με τις κορυφές Πανόραμα (919 m), Αστροπελέκι (940 m), Μαυροβούνι (937 m), Στεφάνη (1016 m) και του Κίθαιρώνα με την Κορυφή που φτάνει τα 998 m. Το βόρειο τμήμα της λεκάνης ορίζεται από χαμηλότερα υψόμετρα με μεγαλύτερο αυτό του Ψηλώματος (612m). Το ορεινό τμήμα της Πάρνηθας διαδέχεται η λεκάνη Οινοφύτων – Μαλακάσας που τα όρια της διαγράφονται πολύ έντονα κατά μήκος του μεγάλου μορφολογικού τόξου Αγίου Θωμά – Αυλώνα - Μαλακάσας.

Μεμονωμένοι λόφοι παρατηρούνται στην περιοχή των Οινοφύτων και μεταξύ Αυλώνα και Μαλακάσας, το ύψος των οποίων κυμαίνεται από 150 έως 300 m.

Το χαμηλότερο σημείο της λεκάνης βρίσκεται στη θέση Παλαιοκαντούντι, στην κοιλάδα του Ασωπού και έχει υψόμετρο 70 m.

Γενικά, στο βόρειο τμήμα η λεκάνη του Ασωπού παρουσιάζει ομαλή μορφολογία, ενώ στο νότιο και κυρίως στο νοτιοανατολικό επικρατούν απότομα πρανή.

Η λεκάνη εκτείνεται από δυτικά προς ανατολικά, με μειωμένο σταδιακά το πλάτος της και καταλαμβάνει μια έκταση 724 km².

Η σημερινή γεωμορφολογική εικόνα της λεκάνης απορροής οφείλεται κυρίως στη νεοτεκτονική δράση και στις διεργασίες διάβρωσης.

Η γεωμορφολογία της περιοχής έχει άμεση σχέση με τους λιθολογικούς σχηματισμούς. Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής αποτελείται από ασβεστόλιθους γι' αυτό η καρστική διάβρωση και οι καρστικές μορφές έχουν μεγάλη ανάπτυξη (Εικόνα 12).

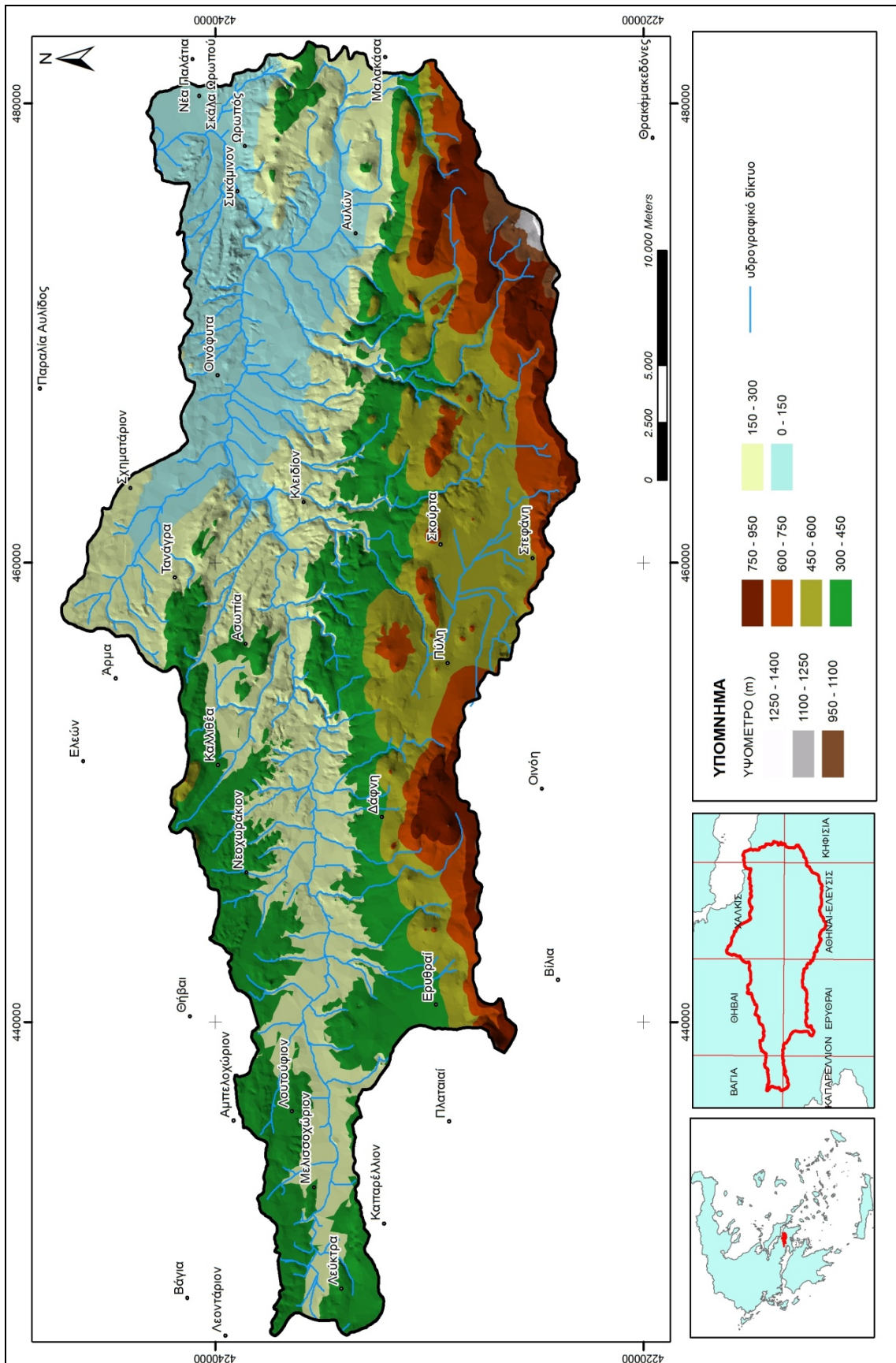
Ο βαθμός της καρστικής διάβρωσης είναι πιο έντονος κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου. Οι κοιλάδες εμφανίζουν απότομα πρανή έως κατακόρυφα που το ύψος τους μπορεί να φτάνει και τα 80 m.



Εικόνα 12 άποψη καρστικοποιημένης επιφάνειας στους ασβεστόλιθους

Η υδρολογική λεκάνη του Ασωπού ποταμού διακρίνεται μορφολογικά σε τρία τμήματα:

1. Το ορεινό τμήμα νοτιά της λεκάνης του Ασωπού, μεταξύ Πάρνηθας και Κιθαιρώνα
2. Το ημιορεινό, στα δυτικά, μεταξύ των περιοχών Ασωπίας – Ερυθρών – Λεύκτρων
3. Το πεδινό, που αναπτύσσεται στα κεντρικά τμήματα της λεκάνης

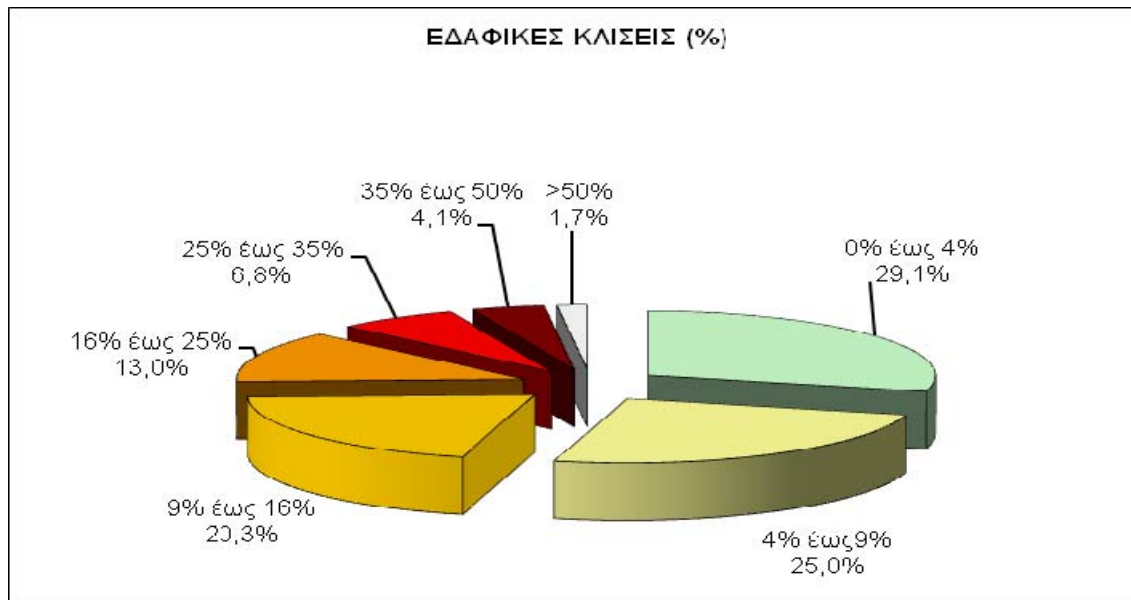


Χάρτης 3. Μορφολογικός χάρτης λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού.

Οι τιμές των κλίσεων των πρανών της περιοχής παρουσιάζουν μεγάλες διαβαθμίσεις σε όλη την έκταση της περιοχής έρευνας και κυμαίνονται από ομαλές (0-9 %) έως πολύ απότομες (>50 %).

Οι κλίσεις ταξινομήθηκαν σε επτά κατηγορίες (Σχήμα 1):

1. Κλίσεις 0 – 4 %
2. Κλίσεις 4,1 – 9 %
3. Κλίσεις 9,1 – 16 %
4. Κλίσεις 16,1 – 25 %
5. Κλίσεις 25,1 – 35 %
6. Κλίσεις 35,1 – 50 %
7. Κλίσεις > 50 %



Σχήμα 2. Εδαφικές κλίσεις περιοχής έρευνας επί τοις %

Η ορεινή ζώνη παρουσιάζει μεγάλες τιμές εδαφικών κλίσεων που κυμαίνονται από 35% έως και πάνω από 50%. Οι τιμές των κλίσεων μειώνονται από την ορεινή προς την πεδινή ζώνη, καθώς ελαττώνονται τα ορεινά χαρακτηριστικά και η μορφολογία φαίνεται πιο ομαλή με ηπιότερες κλίσεις.

Από το χάρτη των εδαφικών κλίσεων παρατηρούμε ότι οι περιοχές που εμφανίζουν τιμές εδαφικών κλίσεων μεγαλύτερες από 50% περιορίζονται στα

ορεινά τμήματα της Πάρνηθας και του Κιθαιρώνα. Τα πρανή των περιοχών αυτών εμφανίζονται κρημνώδη και μεγάλου ύψους.

Οι εδαφικές κλίσεις από 35 – 50% παρουσιάζονται σε πρανή περιμετρικά της ορεινής και ημιορεινής ζώνης. Αυτές οι τιμές αντιπροσωπεύουν διαβρωτικές διεργασίες αλλά επίσης και τεκτονικές και γεωλογικές (Εικόνες 13 και 14).

Οι εδαφικές κλίσεις από 25 – 35% και 16 – 25% χαρακτηρίζονται ως μέσες και κατανέμονται σε όλη την ορεινή και ημιορεινή έκταση της περιοχής έρευνας.

Οι εδαφικές κλίσεις από 9 – 16% χαρακτηρίζονται ως μέτριες και εμφανίζονται περιμετρικά της ορεινής και ημιορεινής περιοχής και παρατηρούνται κατά μήκος των κλιτύων των ρεμάτων που διασχίζουν την ευρύτερη περιοχή έρευνας.

Οι ομαλές τιμές των εδαφικών κλίσεων 4 – 9% εμφανίζονται τοπικά μόνο στις κλιτύες των ρεμάτων κατά την έξοδο τους από τους ορεινούς όγκους και τους μεμονωμένους λόφους.

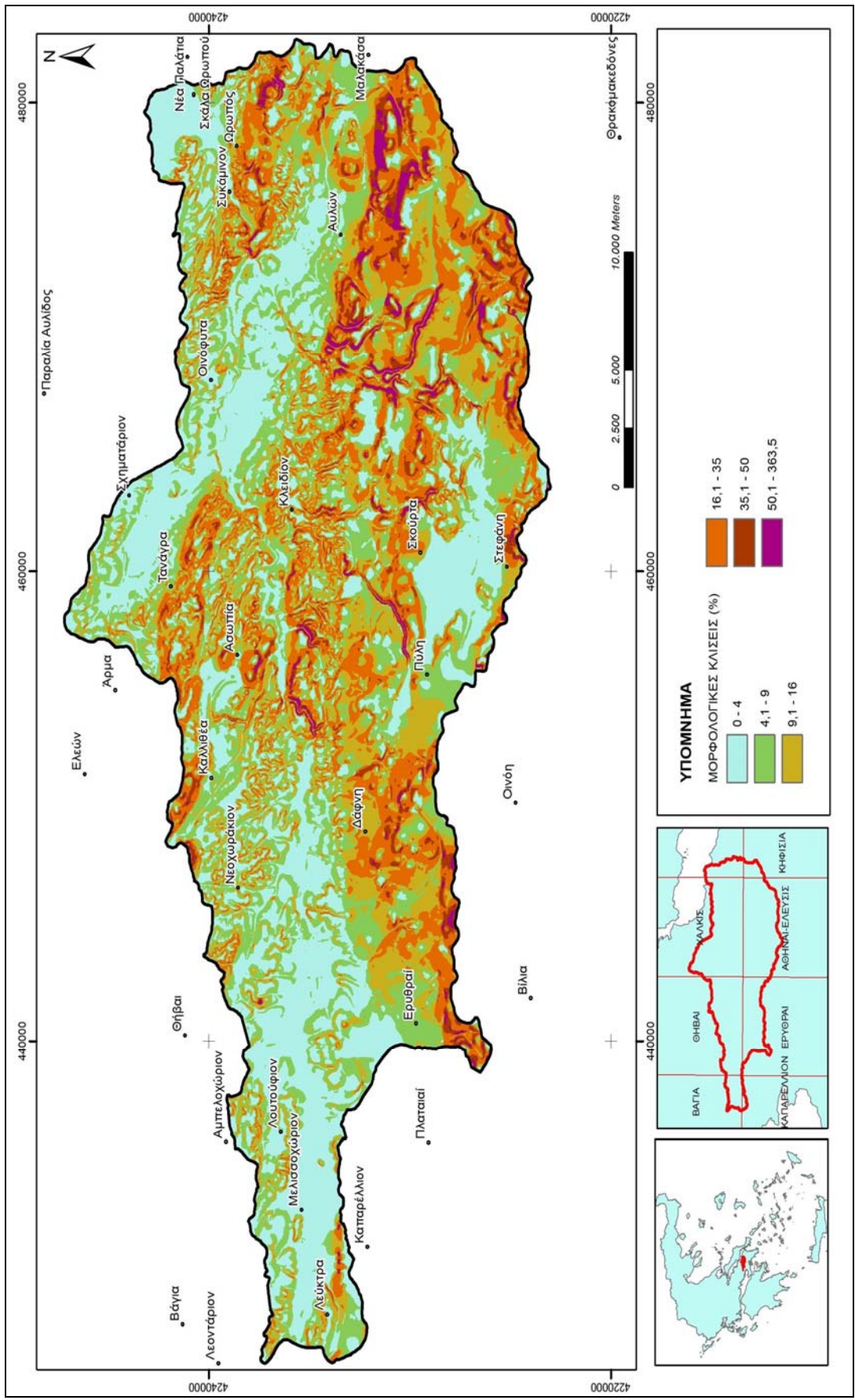
Τέλος οι ήπιες εδαφικές κλίσεις με τις τιμές τους να κυμαίνονται από 0 – 4% είναι χαρακτηριστικές της πεδινής περιοχής.



Εικόνα 13 Απότομη κλίση άνω των 45⁰ στην περιοχή Πάρνηθας.



Εικόνα 14 Φαράγγι σχήματος V στην περιοχή Πάρνηθας.



Χάρτης 4. Χάρτης εδαφικών κλίσεων λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού.

Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου είναι συνάρτηση της λιθολογικής σύστασης του μορφολογικού ανάγλυφου, της τεκτονικής καθώς και των κλιματικών παραγόντων της συγκεκριμένης περιοχής.

Στον χάρτη 5 παρουσιάζεται η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού.

Το υδρογραφικό δίκτυο του Ασωπού καταλαμβάνει περίπου τα 2/3 της λεκάνης απορροής και χαρακτηρίζεται από μια ασυμμετρία με ανάπτυξη των δευτερευόντων κλάδων κυρίως προς το Νότο - αποστράγγιση των κλιτύων της Πάρνηθας – και πολύ λιγότερο προς το Βορρά όπου ο υδροκρίτης με διεύθυνση Α-Δ ακολουθεί μια σειρά λόφων νότια της Θήβας.

Το υδρογραφικό δίκτυο είναι πυκνό και έχει σύνθετη μορφή. Σε κάποιες περιοχές παρουσιάζει δενδρικό τύπο ανάπτυξης και σε κάποιες άλλες ορθογώνιο. Ο ορθογώνιος τύπος ανάπτυξης προκύπτει εξαιτίας του ρηξιγενούς τεκτονισμού.

Ο δενδρικός τύπος ανάπτυξης εμφανίζεται κυρίως στην πεδινή και λοφώδη περιοχή και σχετίζεται με τη λιθολογική δομή, όπως είναι τα νεογενή ιζήματα και οι τεταρτογενείς αποθέσεις.

Η κύρια κοίτη της λεκάνης απορροής του Ασωπού έχει διεύθυνση Δ – Α και συμπίπτει με την διεύθυνση των κύριων ρηγμάτων της περιοχής, όπου είτε κατά μήκος είτε παράλληλα με αυτά αναπτύσσεται μεγάλος αριθμός ρεμάτων ή κλάδων.

Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης έχει μετρηθεί με την μέθοδο Strahler και βρέθηκε να είναι 7^{ης} τάξης.

Στο βόρειο τμήμα το υδρογραφικό δίκτυο είναι καλά ανεπτυγμένο, ο αριθμός των κλάδων είναι μεγάλος και το μήκος τους σχετικά μικρό.

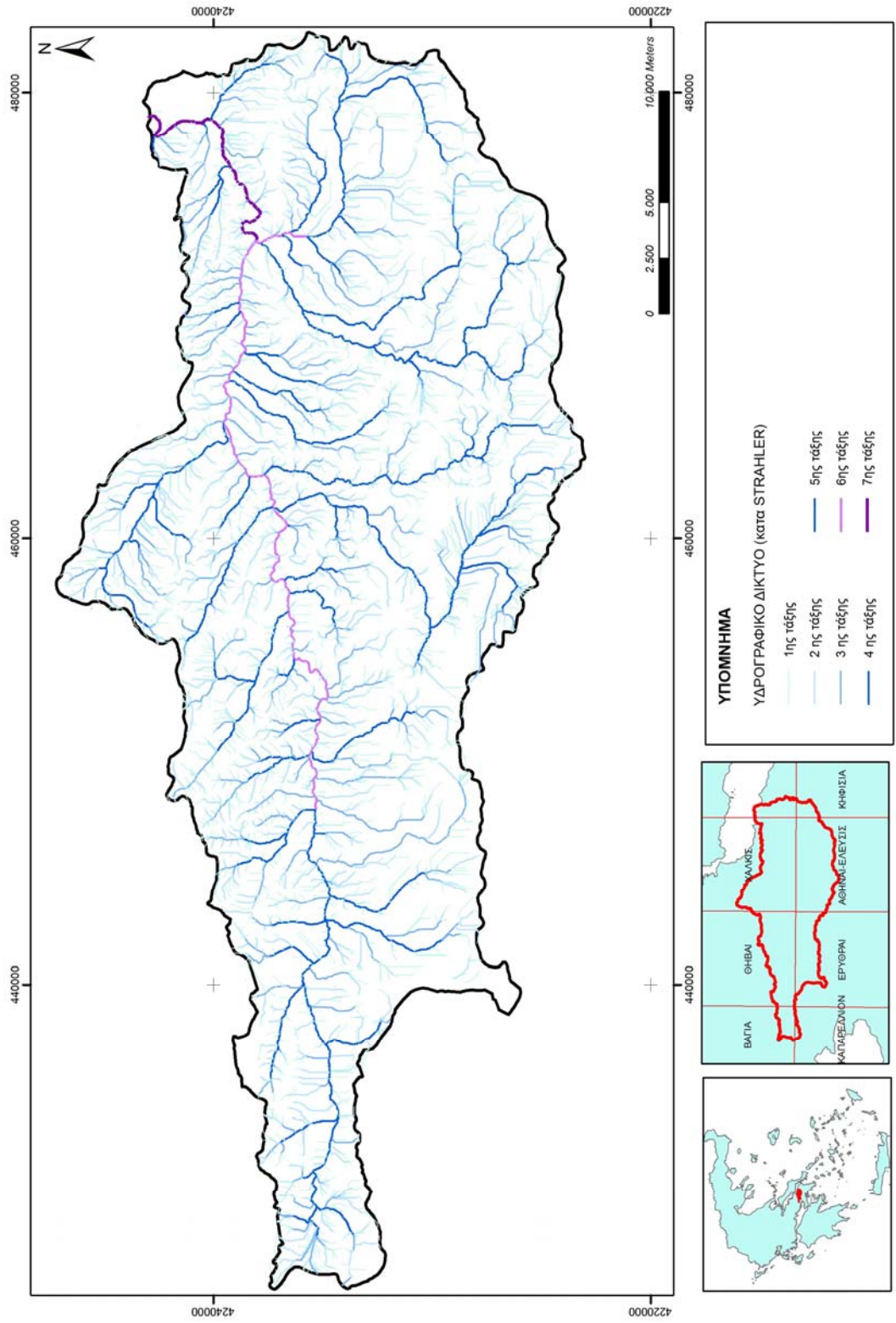
Στην περιοχή της Πάρνηθας όπου οι σχηματισμοί είναι μη περατοί (μάργες), η επιφανειακή απορροή υπερτερεί της κατείσδυσης και το υδρογραφικό δίκτυο γίνεται πυκνότερο με την ανάπτυξη πολλών και μικρών κλάδων κυρίως στους κλάδους των μικρών τάξεων.

Στα νοτιοδυτικά, όπου το ανάγλυφο είναι πιο ομαλό παρατηρείται πάλι ανάπτυξη κλάδων μεγάλου μήκους αλλά αυτό σχετίζεται κυρίως με τη λιθολογία της περιοχής και όχι τόσο με τη νεοτεκτονική δράση. Η περιοχή αποτελείται κυρίως

από μαργαϊκούς σχηματισμούς, γεγονός που ευνοεί την ανάπτυξη σε μήκος αφού είναι σχετικά 'μη περατοί' σχηματισμοί.

Παρόλο που το υδρογραφικό δίκτυο αναπτύσσεται σε διαφορετικούς λιθολογικούς σχηματισμούς διαφαίνεται ότι η κύρια αιτία ανάπτυξης του είναι η νεοτεκτονική δράση.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν οι μορφομετρικές παράμετροι (οι αποκλίσεις του αριθμού και του μήκους των κλάδων βάση των νόμων του Horton) που αφορούν στη δημιουργία και ανάπτυξη τόσο των ρεμάτων όσο και των λεκανών απορροής.



Χάρτης 5. Υδρογραφικό δίκτυο του Ασωπού (κατά STRAHLER)

3.2 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Η ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου έγινε με την κλασσική μέθοδο του Horton (1945) και του Strahler (1954), η δε ταξινόμηση έγινε με τη μέθοδο του Strahler και συνοψίζεται ως εξής :

Οι μικρότεροι μη διακλαδιζόμενοι κλάδοι ρευμάτων ορίζονται ως πρώτης τάξης ($u=1$). Όταν δύο κλάδοι πρώτης τάξης συναντώνται σχηματίζεται ένας κλάδος δεύτερης τάξης και ούτω καθεξής. Όπου ένας κλάδος χαμηλότερης τάξης ενώνεται με ένα κλάδο υψηλότερης τάξης, ο κλάδος προς τα κάτω διατηρεί την υψηλότερη τάξη. Το ίδιο συμβαίνει και με τις λεκάνες απορροής. Η τάξη υποδεικνύεται από την τάξη του κλάδου που καταλήγει στην έξοδο της λεκάνης απορροής και έχει την υψηλότερη τιμή τάξης κλάδων της λεκάνης.

Ο τελικός στόχος της ποσοτικής ανάλυσης του υδρογραφικού δικτύου είναι να εντοπισθούν οι υπάρχουσες αποκλίσεις των τιμών των μορφομετρικών χαρακτηριστικών, από εκείνες ενός υδρογραφικού δικτύου που εξελίσσεται κατά ιδανικό τρόπο διαρκώς πάνω σε ένα ενιαίο λιθολογικό υπόβαθρο, χωρίς τεκτονικές επιδράσεις, κλιματικές αλλαγές, ανθρωπογενείς παρεμβάσεις κ.α.

Από τις αποκλίσεις αυτές προσεγγίζονται και καθορίζονται οι αιτίες που ελέγχουν την εξέλιξη του υδρογραφικού δικτύου σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται ποσοτική ανάλυση του ενιαίου υδρογραφικού δικτύου, καθώς και του βόρειου και νότιου τμήματος του υδρογραφικού δικτύου. Η ποσοτική ανάλυση των δύο τμημάτων γίνεται για την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στη γεωμορφολογική εξέλιξη των δύο τμημάτων.

Μετρούμενες μορφομετρικές παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου.

- **Τάξη κλάδων u** : Χρησιμοποιείται το σύστημα ταξινόμησης κατά STRAHLER (1954).

Σ' αυτό οι μικρότεροι μη διακλαδιζόμενοι κλάδοι ρευμάτων ορίζονται ως πρώτης τάξης ($u=1$). Όπως προαναφέρθηκε, όταν συναντώνται δύο κλάδοι πρώτης τάξης σχηματίζεται ένας κλάδος δεύτερης τάξης και ούτω καθεξής.

- **Αριθμός κλάδων τάξης u (N_u):** Είναι το σύνολο των κλάδων μιας δεδομένης τάξης.
- **Μήκος κλάδου τάξης u (L_u):** Είναι το μήκος ενός μόνο κλάδου μιας δεδομένης τάξης.
- **Συνολικό μήκος κλάδων ίδιας τάξης u (ΣL_u):** Είναι το άθροισμα του μήκους όλων των κλάδων της ίδιας τάξης.
- **Μέσο μήκος κλάδων τάξης u (L_u):** Είναι ο λόγος L_u/N_u *
- **Συνολικός αριθμός κλάδων εντός λεκάνης τάξης u (ΣN_u):** είναι ο λόγος $\Sigma N_u/u$
- **Συνολικό μήκος κλάδων εντός λεκάνης τάξης u (ΣL_u):** είναι το άθροισμα του συνολικού μήκους των κλάδων κάθε τάξης.
- **Αζιμούθιο ή διεύθυνση των κλάδων (α_u):** Εκφράζεται ως η γωνία μεταξύ της διεύθυνσης της κοίτης που έχει φορά προς την κατεύθυνση ροής του ρεύματος και του γεωγραφικού Βορρά.

Πίνακας 1 Μετρούμενες μορφομετρικές παράμετροι υδρογραφικού δικτύου.

Μορφομετρικές παράμετροι	συμβολισμός	Μονάδες μέτρησης
Τάξη κλάδων	u	Καθαρός αριθμός
Αριθμός κλάδων τάξης u	N_u	Καθαρός αριθμός
Μήκος κλάδων τάξης u	L_u	km
Συνολικό μήκος κλάδων ίδιας	ΣL_u	km

Μορφομετρικές παράμετροι	συμβολισμός	Μονάδες μέτρησης
τάξης u		
Μέσο μήκος τάξης κλάδων u	$\bar{L}_u = L_u / N_u$	km
Συνολικός αριθμός κλάδων σε λεκάνη τάξης u	$\Sigma N_u / u$	km
Συνολικό μήκος κλάδων σε λεκάνη τάξης u	$\Sigma L_u = L_1 + L_2 + \dots + L_u$	km
Αξιμούθιο ή διεύθυνση κλάδων	a_u	Μοίρες

Υπολογιζόμενες μορφομετρικές παράμετροι του υδρογραφικού δικτύου

- **Λόγος διακλάδωσης (Rb):** Ο λόγος μεταξύ του αριθμού των κλάδων μιας δεδομένης τάξης δια του αριθμού των κλάδων της επόμενης τάξης.
- **Λόγος μήκους κλάδων (RL):** Ο λόγος του μέσου μήκους των κλάδων μιας δεδομένης τάξης δια του μέσου μήκους κλάδων της αμέσως προηγούμενης τάξης.

Πίνακας 2 Υπολογιζόμενες παράμετροι υδρογραφικού δικτύου

Μορφομετρικές παράμετροι	Συμβολισμός	Μονάδες μέτρησης
Λόγος διακλάδωσης	$Rb_{(u,u+1)} = N_u / N_{u+1}$	Καθαρός αριθμός
Λόγος μήκους κλάδων	$RL_{(u,u+1)} = \bar{L}_u / \bar{L}_{u-1}$	Καθαρός αριθμός

3.2.1 Πρώτος νόμος Horton

Ο πρώτος νόμος του Horton αναφέρεται στη σχέση του αριθμού των κλάδων κάθε τάξης ενός υδρογραφικού δικτύου. Ειδικότερα δηλώνει ότι υπάρχει μια γεωμετρική σχέση μεταξύ του αριθμού των κλάδων, N_u , μιας τάξης u και του απόλυτου αριθμού που αντιστοιχεί στην τάξη u . Ο γεωμετρικός λόγος αυτής της σχέσης είναι ο λόγος διακλάδωσης, \overline{Rb} , που χαρακτηρίζει το υδρογραφικό δίκτυο.

Ο πρώτος νόμος του Horton μαθηματικά εκφράζεται :

$$N_u = \overline{Rb}^{(k-u)} \quad (1)$$

$Rb_{u,u+1}$ = λόγος διακλάδωσης των τάξεων u και $u+1$

N_u = αριθμός τάξης u

u = ζητούμενη τάξη

$$Rb_{u,u+1} = N_u / N_{u+1} \quad (2) \quad k = \text{μέγιστη τάξη}$$

Για τον καθορισμό της σχέσης του αριθμού κλάδων του υδρογραφικού δικτύου του Ασωπού ποταμού, μετρήθηκε ο αντίστοιχος αριθμός κλάδων N_u , κάθε τάξης u . Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο λόγος διακλάδωσης $Rb_{u,u+1}$, μεταξύ των διαφορετικών τάξεων κλάδων και ο μέσος λόγος διακλάδωσης για το υδρογραφικό δίκτυο \overline{Rb} , από την τιμή του οποίου και με τη χρήση του πρώτου νόμου του Horton, σχέση (1) υπολογίστηκε ο ιδανικός αριθμός των κλάδων κατά τάξη. Τέλος υπολογίστηκαν οι αποκλίσεις του πραγματικού αριθμού των κλάδων από τις αντίστοιχες ιδανικές τιμές.

3.2.2 Δεύτερος νόμος Horton

Ο δεύτερος νόμος του Horton αναφέρεται στο μέσο μήκος κλάδων κάθε τάξης σε ένα υδρογραφικό δίκτυο (Horton 1945). Έχει και αυτός τη μορφή μια γεωμετρικής σχέσης μεταξύ του μέσου μήκους και των κλάδων μιας τάξης, \bar{L}_u , και της αντίστοιχης τάξης u .

Μαθηματικά εκφράζεται :

$$\bar{L}_u = \bar{L}_1 \cdot \overline{RL}^{(u-1)} \quad (3) \quad \overline{RL}_{u,u-1} = \text{λόγος μήκους των τάξεων } u \text{ και } u+1$$

$$\bar{L}_u = \text{μέσο μήκος τάξης } u$$

$$\overline{RL}_u = \frac{\bar{L}_u}{\bar{L}_{u-1}} \quad (4) \quad \bar{L}_1 = \text{μέσο μήκος κλάδων πρώτης τάξης}$$

$$u = \text{η ζητούμενη τάξη}$$

για τη χρήση του δεύτερου νόμου του Horton στο υδρογραφικό δίκτυο, μετρήθηκε το αντίστοιχο μήκος κλάδων κάθε τάξης, υπολογίστηκαν τα μέσα πραγματικά μήκη των κλάδων για κάθε τάξη, ο λόγος του μήκους μεταξύ διαδοχικών τάξεων και ο μέσος λόγος μήκους που χαρακτηρίζει το δίκτυο.

Από τη σχέση (3) υπολογίστηκαν οι τιμές μήκους των κλάδων κατά τάξη που αντιστοιχούν στο δεύτερο νόμο του Horton και ακολούθως η απόκλιση του πραγματικού μήκους των κλάδων από το αντίστοιχο ιδανικό μήκος των κλάδων κατά τάξη.

Οι δύο αυτοί νόμοι εφαρμόστηκαν για το ενιαίο υδρογραφικό του Ασωπού και χωριστά για το νότιο και βόρειο τμήμα του, ώστε να εντοπιστούν τυχόν διαφορετικά στάδια ανάπτυξης και εξέλιξης του στα δύο αυτά τμήματα.

3.2.3 Εφαρμογή νόμων Horton στη ενιαία λεκάνη απορροής Ασωπού ποταμού.

Α) ΣΧΕΣΕΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΙΔΑΝΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ ΚΛΑΔΩΝ ΚΑΤΑ ΤΑΞΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Τα αριθμητικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τον υπολογισμό του πρώτου νόμου του Horton παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα:

Πίνακας 3. Σχέσεις πραγματικών και ιδανικού αριθμών κλάδων κατά τάξη στη λεκάνη απορροής.

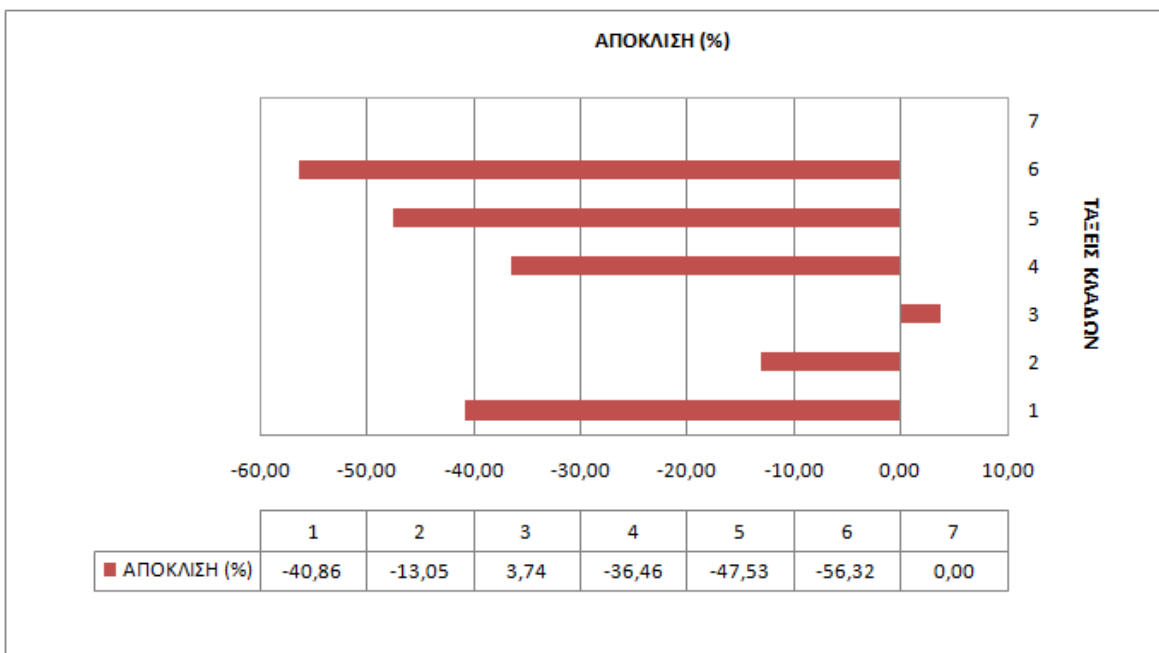
τάξη	Αριθμός κλάδων από μέτρηση	Λόγος διακλάδωσης	Μέσος λόγος διακλάδωσης	Ιδανικός αριθμός κλάδων κατά τάξη u	Απόκλιση από την ιδανική τιμή %
u	N_u	R_b	\bar{R}_b	$N_u = \bar{R}_b^{(k-u)}$	
1	5450	-		9215	-40,86
2	1750	3,11		2013	-13,05
3	456	3,84		440	3,74
4	61	7,48	4,58	96	-36,46
5	11	5,55		21	-47,53
6	2	5,50		5	-56,32
7	1	2,00		1	0,00

Στον πίνακα 3 παρατηρείται αφενός ο υψηλός λόγος διακλάδωσης $R_d = 4,58$ και αφετέρου οι αρνητικές τιμές απόκλισης του αριθμού των κλάδων στη 1^η, 2^η, 4^η, 5^η και 6^η τάξη σε αντίθεση με τη θετική τιμή του αριθμού των κλάδων 3^{ης} τάξης.

Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση των γραφικών αποτελεσμάτων του 1^{ου} νόμου μέσω ενός λογαριθμικού διαγράμματος και ενός ιστογράμματος (Εικόνες 15 και 16).



Εικόνα 15. Λογαριθμικό διάγραμμα πραγματικού και ιδανικού αριθμού κλάδων στη λεκάνη απορροής.



Εικόνα 16. Ιστόγραμμα απόκλισης πραγματικών τιμών από τις ιδανικές τιμές αριθμού κλάδων στη λεκάνη απορροής.

B) ΣΧΕΣΕΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΛΑΔΩΝ ΚΑΤΑ ΤΑΞΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Τα αριθμητικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τον υπολογισμό του δεύτερου νόμου του Horton παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα

Πίνακας 4. Σχέσεις καθαρών πραγματικών μηκών και ιδανικών μηκών κλάδων κατά τάξη στη λεκάνη απορροής.

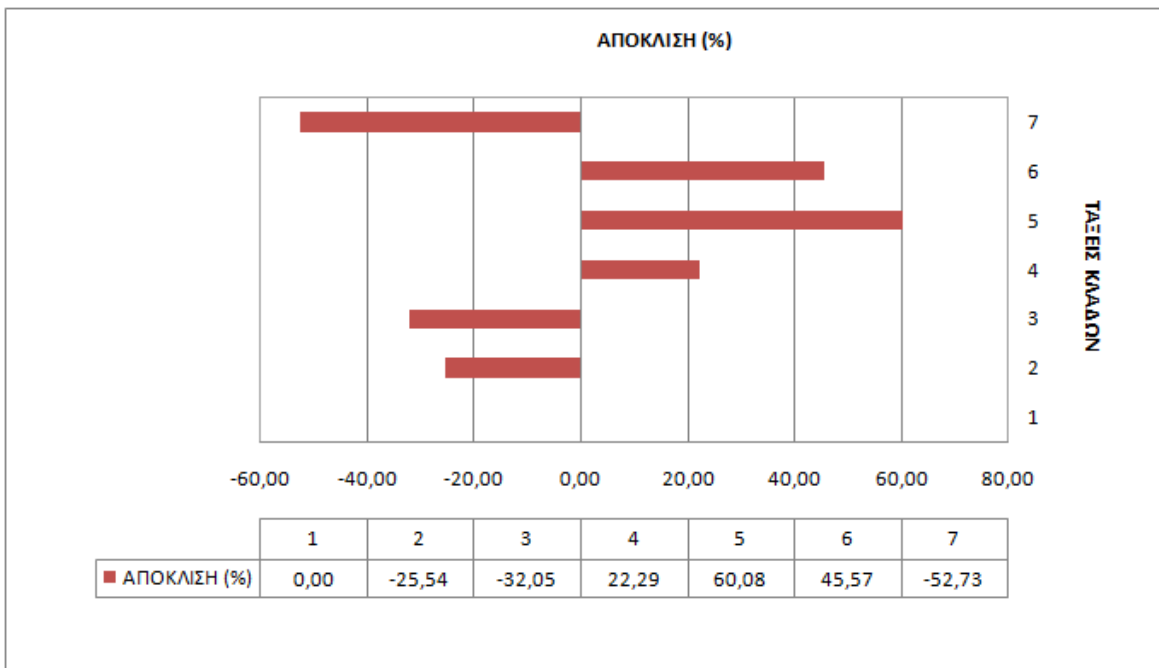
Τάξη	Αριθμός κλάδων κατά τάξη u	Καθαρό μήκος κλάδων κατά τάξη u (Km)	Μέσο πραγματικό μήκος κλάδων τάξης u (Km)	Λόγος μήκους	Μέσος λόγος μήκους	Μέσο ιδανικό μήκος κλάδων τάξης u	Απόκλιση πραγματικών τιμών από ιδανικές (%)
u	N_u	L_u	$\bar{L}_u = L_u/N_u$	$RL_{u,u-1} = L_u/\bar{L}_{u-1}$	RL_u	$\bar{L}_u = \bar{L}_1 * \bar{R}L^{(u-1)}$	
1	5450	1175,7	0,22	-		0,22	0,00
2	1750	624,5	0,36	1,65		0,48	-25,54
3	456	329,9	0,72	2,03		1,06	-32,05
4	64	185,1	2,89	4,00	2,22	2,37	22,29
5	12	100,9	8,41	2,91		5,25	60,08
6	2	34,0	16,99	2,02		11,67	45,57
7	1	12,3	12,26	0,72		25,93	-52,73

Στον πίνακα 4 παρατηρείται ότι ο μέσος λόγος μήκους RL_u είναι 2,22, οι δε τιμές απόκλισης του πραγματικού και ιδανικού μήκους κλάδων είναι αρνητικές στη 2^η, 3^η και 7^η τάξη και θετικές στη 1^η, 4^η, 5^η και 6^η τάξη.

Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση των γραφικών αποτελεσμάτων του 2^{ου} νόμου μέσω ενός λογαριθμικού διαγράμματος και ενός ιστογράμματος (Εικόνες 17 και 18).



Εικόνα 17. Λογαριθμικό διάγραμμα πραγματικού και ιδανικού μήκους κλάδων.



Εικόνα 18. Ιστόγραμμα απόκλισης πραγματικών τιμών από τις ιδανικές τιμές μήκους κλάδων.

3.2.4 Εφαρμογή νόμων του Horton στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού

Α) ΣΧΕΣΕΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΙΔΑΝΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ ΚΛΑΔΩΝ ΚΑΤΑ ΤΑΞΗ ΣΤΟ ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ.

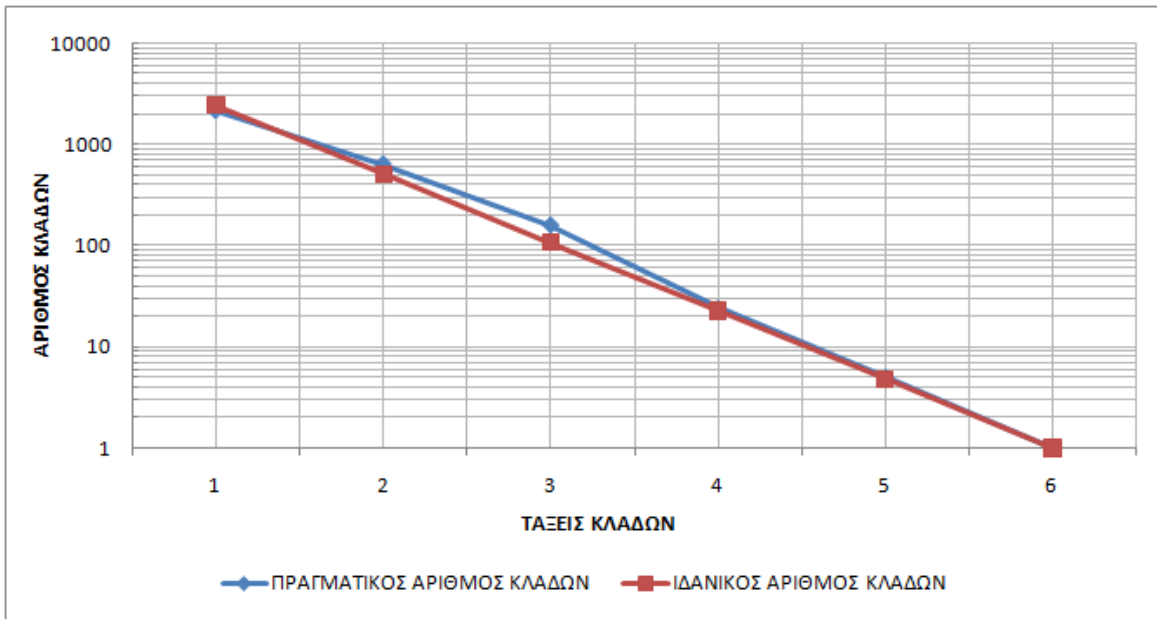
Τα αριθμητικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τον υπολογισμό του πρώτου νόμου του Horton στο βόρειο τμήμα της λεκάνης παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα.

Πίνακας 5. Σχέσεις πραγματικών και ιδανικών αριθμών κλάδων κατά τάξη στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής.

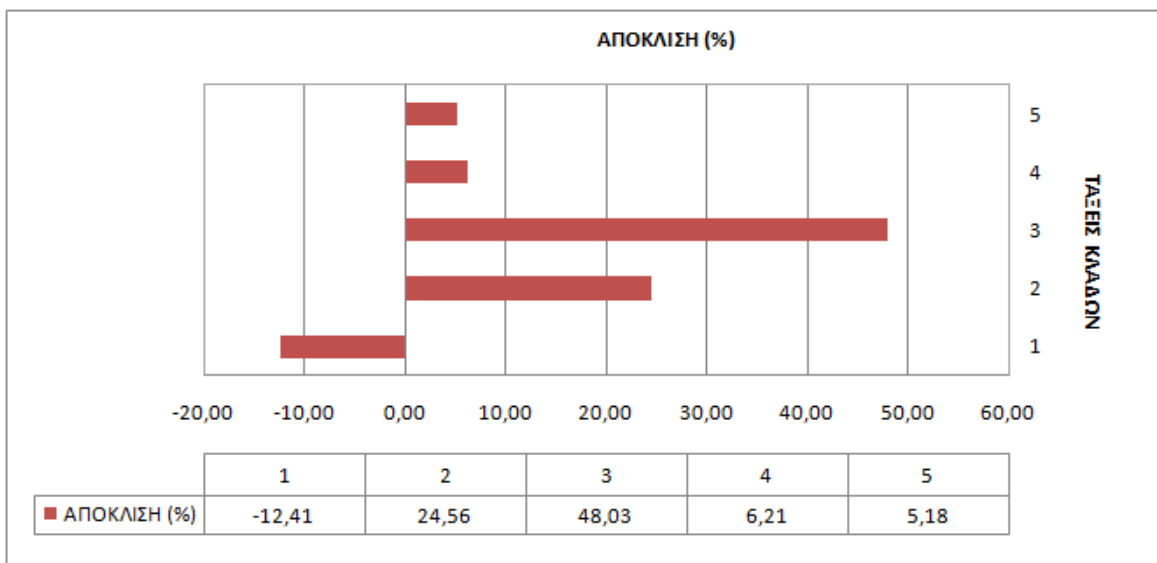
τάξη	Αριθμός κλάδων από μέτρηση	Λόγος διακλάδωσης	Μέσος λόγος διακλάδωσης	Ιδανικός αριθμός κλάδων κατά τάξη u	Απόκλιση από την ιδανική τιμή %
u	N_u	R_b	\bar{R}_b	$N_u = \bar{R}_b^{(k-u)}$	
1	2126	-	4,75	2427	-12,41
2	636	3,34		511	24,56
3	159	4,00		107	48,03
4	24	6,63		23	6,21
5	5	4,80		5	5,18
6	1	5,00		1	0,00

Στον πίνακα 5 παρατηρείται η υψηλή τιμή του λόγου διακλάδωσης $R_d = 4,75$ και οι θετικές τιμές απόκλισης του αριθμού των κλάδων στη 2^η, 3^η, 4^η και 5^η τάξη, ενώ η τιμή απόκλισης της 1^{ης} τάξης είναι αρνητική.

Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση των γραφικών αποτελεσμάτων του 1^{ου} νόμου στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής, μέσω ενός λογαριθμικού διαγράμματος και ενός ιστογράμματος (Εικόνες 19 και 20).



Εικόνα 19. Λογαριθμικό διάγραμμα πραγματικών και ιδανικών αριθμών κλάδων στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής.



Εικόνα 20. Ιστόγραμμα απόκλισης πραγματικών τιμών από τις ιδανικές τιμές αριθμού κλάδων στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής.

B) ΣΧΕΣΕΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΛΑΔΩΝ ΣΤΟ ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ.

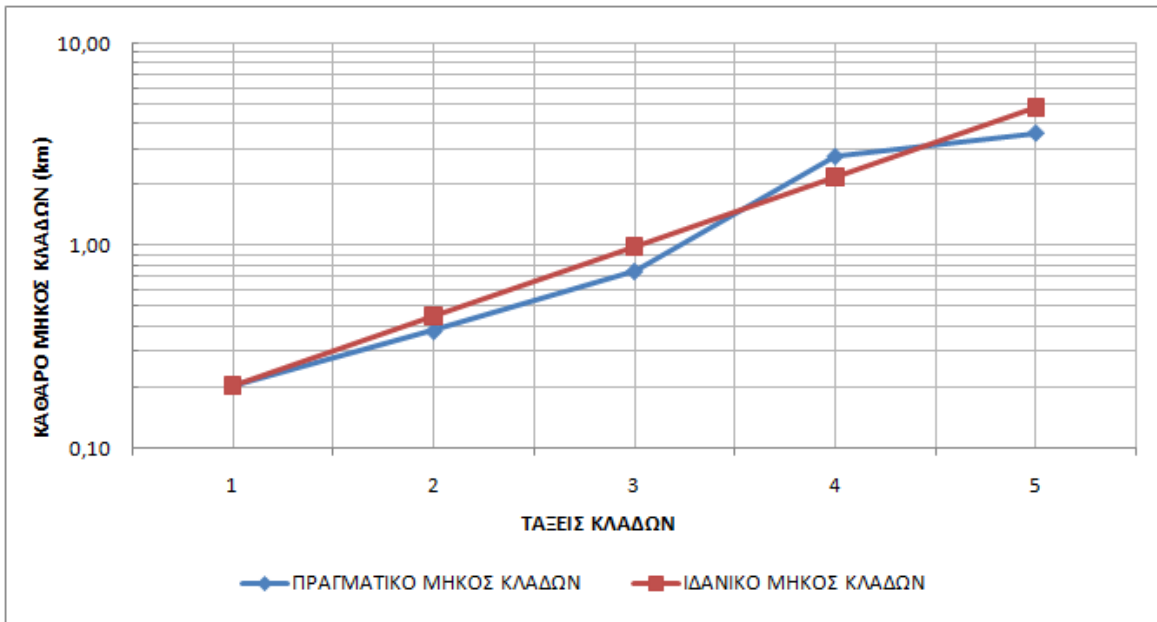
Τα αριθμητικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τον υπολογισμό του δεύτερου νόμου του Horton στο βόρειο τμήμα της λεκάνης παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα

Πίνακας 6. Σχέσεις καθαρών πραγματικών μηκών και ιδανικών μηκών κλάδων κατά τάξη στο βόρειο τμήμα της λεκάνης.

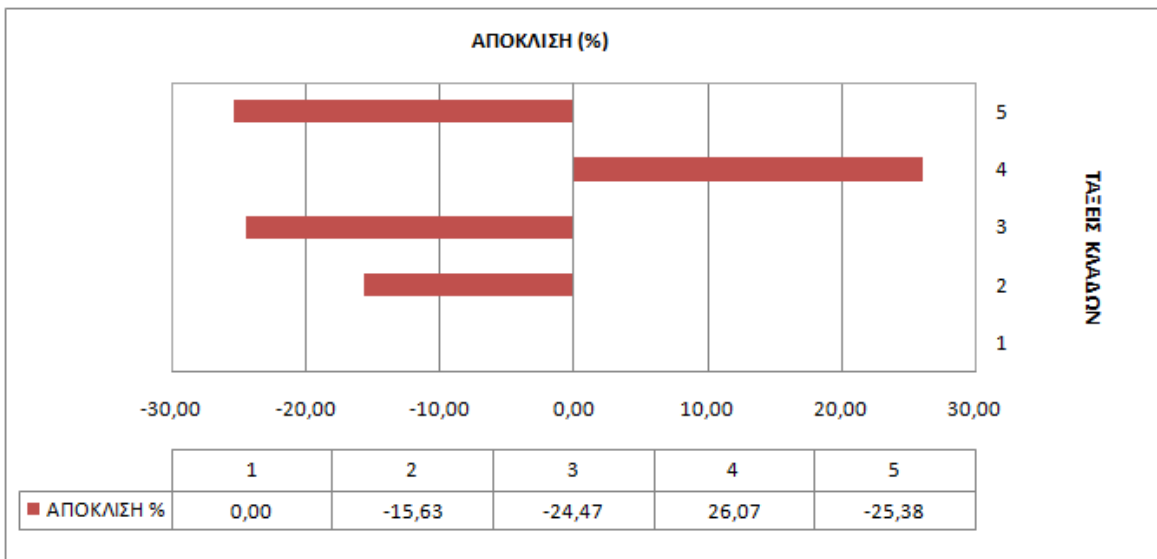
Τάξη	Αριθμός κλάδων κατά τάξη u	Καθαρό μήκος κλάδων κατά τάξη u (Km)	Μέσο πραγματικό μήκος κλάδων τάξης u (Km)	Λόγος μήκους	Μέσος λόγος μήκους	Μέσο ιδανικό μήκος κλάδων τάξης u	Απόκλιση πραγματικών τιμών από ιδανικές (%)
u	N_u	L_u	$\bar{L}_u = L_u / N_u$	$RL_{u,u-1} = L_u / \bar{L}_{u-1}$	RL_u	$\bar{L}_u = \bar{L}_1 * \bar{RL}^{(u-1)}$	
1	2126	433,4	0,20	-		0,20	0,00
2	636	241,0	0,38	1,86		0,45	-15,63
3	159	118,9	0,75	1,97	2,20	0,99	-24,47
4	24	66,0	2,75	3,68		2,18	26,07
5	5	17,9	3,59	1,30		4,81	-25,38

Στον πίνακα 6 παρατηρείται ο μέσος λόγος μήκους RL_u είναι 2,20, οι δε τιμές απόκλισης του πραγματικού και ιδανικού μήκους κλάδων είναι αρνητικές στη 2^η, 3^η και 5^η τάξη και θετικές στη 1^η και 4^η τάξη.

Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση των γραφικών αποτελεσμάτων του 2^{ου} νόμου στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής, μέσω ενός λογαριθμικού διαγράμματος και ενός ιστογράμματος (Εικόνες 21 και 22).



Εικόνα 21. Λογαριθμικό διάγραμμα πραγματικού και ιδανικού μήκους κλάδων στο βόρειο τμήμα της λεκάνης.



Εικόνα 22. Ιστόγραμμα απόκλισης πραγματικών τιμών μήκους κλάδων από τις ιδανικές στο βόρειο τμήμα τη λεκάνης.

3.2.5 Εφαρμογή νόμων Horton στο νότιο τμήμα λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού.

Α) ΣΧΕΣΕΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΙΔΑΝΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ ΚΛΑΔΩΝ ΚΑΤΑ ΤΑΞΗ ΣΤΟ ΝΟΤΙΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ.

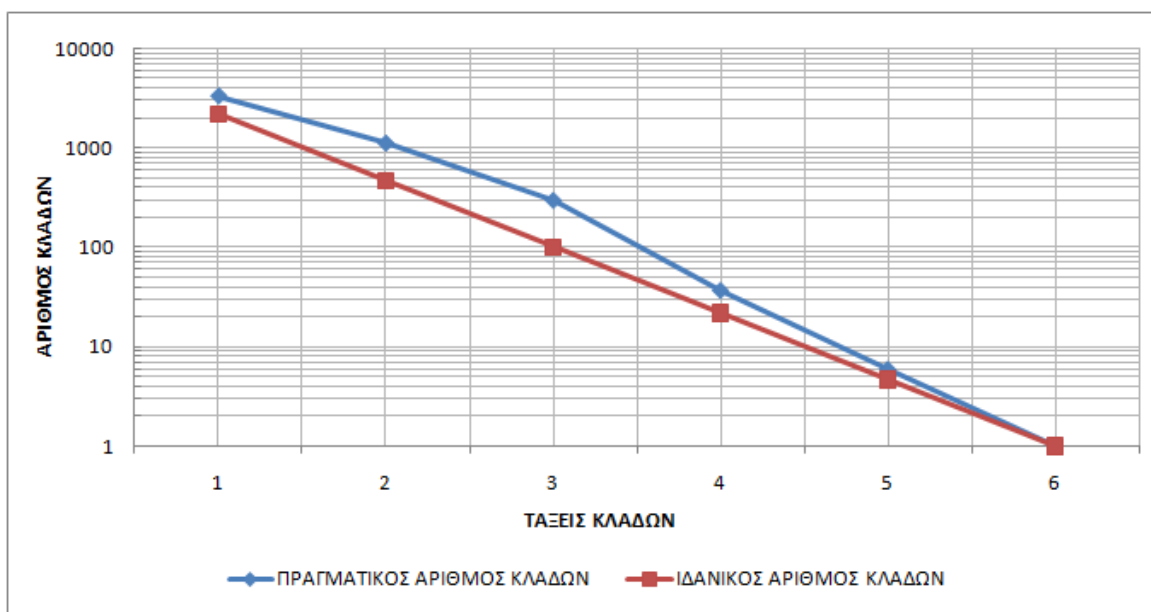
Τα αριθμητικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τον υπολογισμό του πρώτου νόμου του Horton στο νότιο τμήμα της λεκάνης παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα.

Πίνακας 7. Σχέσεις πραγματικών και ιδανικών αριθμών κλάδων κατά τάξη στο νότιο τμήμα της λεκάνης.

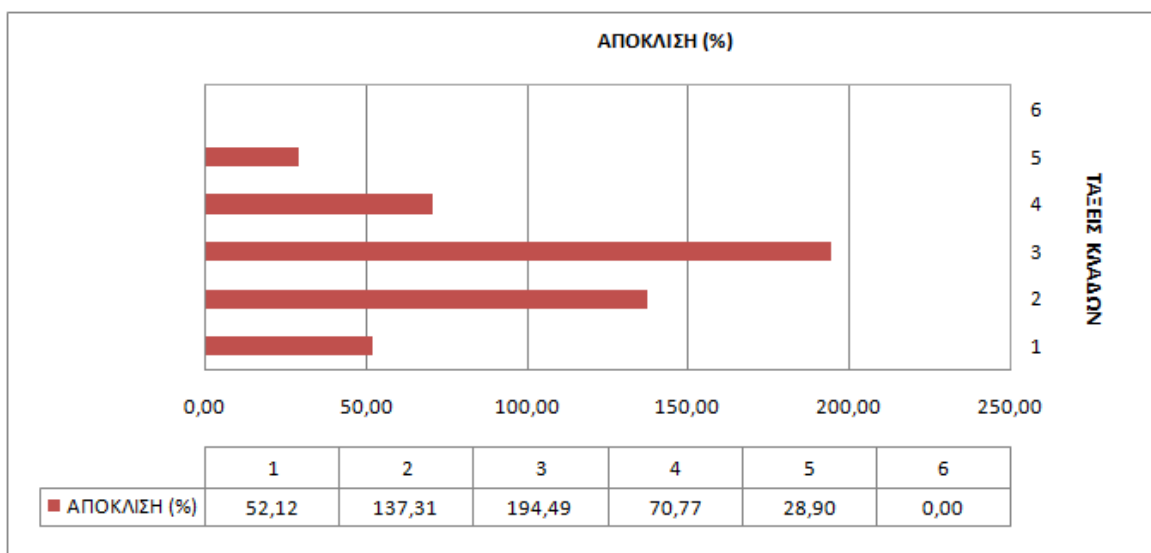
τάξη	Αριθμός κλάδων από μέτρηση	Λόγος διακλάδωσης	Μέσος λόγος διακλάδωσης	Ιδανικός αριθμός κλάδων κατά τάξη u	Απόκλιση από την ιδανική τιμή %
u	N_u	R_b	\bar{R}_b	$N_u = \bar{R}_b^{(k-u)}$	
1	3324	-		2185	52,12
2	1114	2,98		469	137,31
3	297	3,75	4,65	101	194,49
4	37	8,03		22	70,77
5	6	6,17		5	28,90
6	1	6,00		1	0,00

Στον πίνακα 7 παρατηρείται ο υψηλός λόγος διακλάδωσης $R_d = 4,65$ και η θετική τιμή απόκλισης του αριθμού των κλάδων σε όλες τις τάξεις.

Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση των γραφικών αποτελεσμάτων του 1^{ου} νόμου στο νότιο τμήμα της λεκάνης απορροής, μέσω ενός λογαριθμικού διαγράμματος και ενός ιστογράμματος (Εικόνες 23 και 24).



Εικόνα 23. Λογαριθμικό διάγραμμα πραγματικού και ιδανικού αριθμού κλάδων στο νότιο τμήμα της λεκάνης.



Εικόνα 24. Ιστόγραμμα απόκλισης πραγματικών τιμών από τις ιδανικές τιμές αριθμού κλάδων στο νότιο τμήμα της λεκάνης.

B) ΣΧΕΣΕΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΛΑΔΩΝ ΣΤΟ ΝΟΤΙΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ.

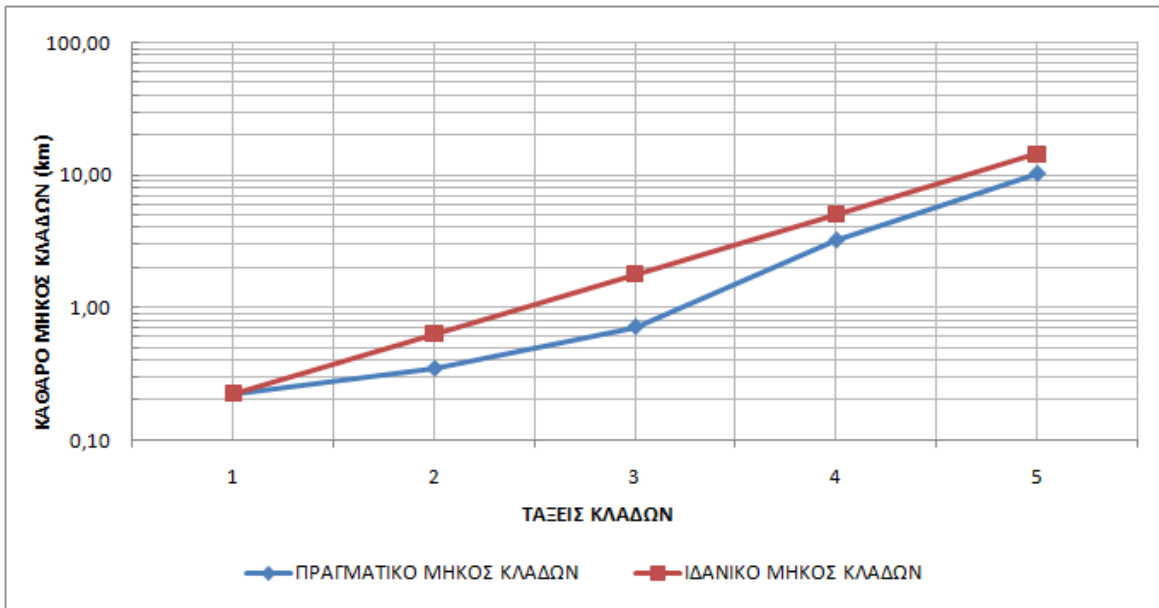
Τα αριθμητικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τον υπολογισμό του δεύτερου νόμου του Horton στο νότιο τμήμα της λεκάνης παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα.

Πίνακας 8. Σχέσεις καθαρών πραγματικών και ιδανικών μηκών κλάδων κατά τάξη στο νότιο τμήμα της λεκάνης.

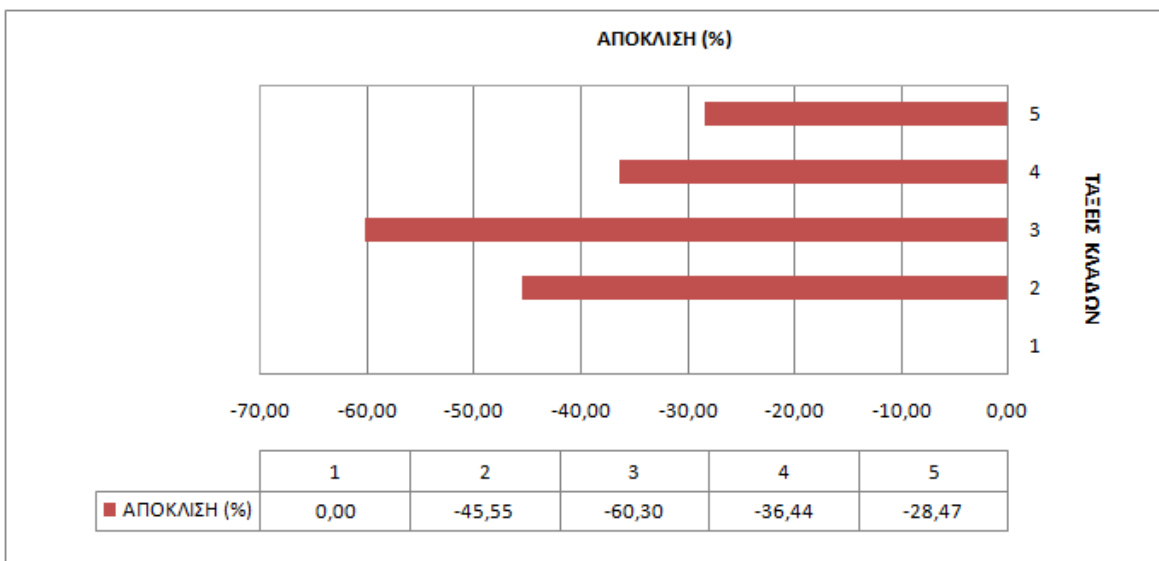
Τάξη	Αριθμός κλάδων κατά τάξη u	Καθαρό μήκος κλάδων κατά τάξη u (Km)	Μέσο πραγματικό μήκος κλάδων τάξης u (Km)	Λόγος μήκους	Μέσος λόγος μήκους	Μέσο ιδανικό μήκος κλάδων τάξης u	Απόκλιση πραγματικών τιμών από ιδανικές (%)
u	N_u	L_u	$\bar{L}_u = L_u/N_u$	$RL_{u,u-1} = L_u/\bar{L}_{u-1}$	RL_u	$\bar{L}_u = \bar{L}_1 * \bar{RL}^{(u-1)}$	
1	3324	742,3	0,22	-		0,22	0,00
2	1114	383,4	0,34	1,54		0,63	-45,55
3	297	211,0	0,71	2,06	2,83	1,79	-60,30
4	37	119,1	3,22	4,53		5,07	-36,44
5	6	61,5	10,26	3,19		14,34	-28,47

Στον πίνακα 8 παρατηρείται αφενός ο μέσος λόγος μήκους $RL_u = 2,83$, αφετέρου οι αρνητικές αποκλίσεις των τιμών του πραγματικού και ιδανικού μήκους κλάδων l σε όλες τις τάξεις.

Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση των γραφικών αποτελεσμάτων του 2^{ου} νόμου στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής, μέσω ενός λογαριθμικού διαγράμματος και ενός ιστογράμματος (Εικόνες 25 και 26).



Εικόνα 25. Λογαριθμικό διάγραμμα πραγματικού και ιδανικού μήκους κλάδων στο νότιο τμήμα της λεκάνης.



Εικόνα 26. Ιστόγραμμα απόκλισης πραγματικών τιμών από τις ιδανικές τιμές μήκους στο νότιο τμήμα της λεκάνης.

3.2.6 Παρατηρήσεις ποσοτικής ανάλυσης του υδρογραφικού δικτύου Ασωπού.

A) Ενιαίο υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής του Ασωπού.

Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής του Ασωπού είναι 7^{ης} τάξης.

Από την σύγκριση μεταξύ του **πραγματικού και του ιδανικού αριθμού** κλάδων κατά τάξη του συνόλου του υδρογραφικού δικτύου προκύπτει ότι το ενιαίο υδρογραφικό δίκτυο ως προς την εξέλιξη του βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο ωριμότητας.

Αυτό συμπεραίνεται από την υψηλή τιμή του μέσου λόγου διακλάδωσης $R_b = 4,58$ η οποία έχει διπλάσια τιμή από την ιδανική τιμή $R_b = 2,00$ (Strahler, 1952) και είναι μεγαλύτερη και από τη «θεωρητική τιμή» $R_b = 4,00$ (Leopold & Langbein 1962) ενός υδρογραφικού δικτύου που βρίσκεται σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας. Επομένως το υδρογραφικό δίκτυο βρίσκεται σε ασταθή δυναμική ισορροπία. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα βρίσκεται υπό την επίδραση της νεοτεκτονικής δράσης.

Αυτό φαίνεται και από τις μικρές αρνητικές τιμές απόκλισης του αριθμού των κλάδων. Το γεγονός ότι ο πραγματικός αριθμός κλάδων είναι μικρότερος από τον ιδανικό, δείχνει ότι το υδρογραφικό δίκτυο δεν έχει προλάβει να αποκτήσει το πλήθος εκείνο των κλάδων που θα επέτρεπε την ομαλή αποστράγγιση της λεκάνης, εξαιτίας της νεοτεκτονικής δράσης.

Από τις θετικές τιμές απόκλισης του **μήκους των κλάδων** της 4^{ης}, 5^{ης} και 6^{ης} τάξης προκύπτει ότι το υδρογραφικό δίκτυο στο παρελθόν είχε φθάσει σε στάδιο ομαλής αποστράγγισης επιτρέποντας την αύξηση του μήκους των κλάδων του. Επίσης οι θετικές τιμές οφείλονται και στην λιθολογική δομή, όπου οι κλάδοι των παραπάνω

τάξεων αναπτύσσονται πάνω σε σχηματισμούς θεωρητικά μη υδροπερατούς των νεογενών και τεταρτογενών ιζημάτων.

Η έλλειψη μήκους κλάδων των μικρότερων τάξεων 2^{ης} και 3^{ης}, δείχνει ότι το υδρογραφικό δίκτυο κατά τη δημιουργία των κλάδων αυτών βρισκόταν κάτω από έντονη νεοτεκτονική δράση.

Ακολουθεί ποσοτική ανάλυση των δύο τμημάτων του υδρογραφικού δικτύου δηλαδή του βόρειου και νότιου τμήματος. Η ανάλυση αυτή γίνεται για λόγους σύγκρισης της μορφολογικής δομής των δύο τμημάτων. Οι τιμές που προκύπτουν από την ποσοτική ανάλυση των δύο τμημάτων είναι προσεγγιστικές ως προς τις πραγματικές τιμές, εφόσον δεν υπολογίζεται ο αριθμός και το μήκος των κλάδων που συνιστούν την κύρια κοίτη.

B) Βόρειο τμήμα υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής του Ασωπού.

Το υδρογραφικό δίκτυο στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής του Ασωπού είναι 5^{ης} τάξης.

Από την σύγκριση μεταξύ του **πραγματικού και του ιδανικού αριθμού** κλάδων κατά τάξη του βόρειου τμήματος του υδρογραφικού δικτύου προκύπτει ότι το τμήμα αυτό, ως προς την εξέλιξη του, βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο ωριμότητας.

Αυτό συμπεραίνεται από την τιμή του μέσου λόγου διακλάδωσης $R_b = 4,75$ καθώς και από τις πολύ μικρές θετικές τιμές απόκλισης του αριθμού των κλάδων (Πίνακας 5 και Εικόνα 20). Οι μικρές θετικές τιμές απόκλισης του αριθμού των κλάδων όλων των τάξεων εκτός της 1^{ης} τάξης, δείχνουν ότι το υδρογραφικό δίκτυο στο τμήμα αυτό, πλησιάζει σημαντικά την ιδανική του μορφή.

Οι μικρές θετικές τιμές των αποκλίσεων μεταξύ του πραγματικού και του ιδανικού αριθμού κλάδων ευνοούνται κυρίως από το ρηξιγενή τεκτονισμό της περιοχής έρευνας. Οι κλάδοι ακολουθούν ρήγματα και άξονες πτυχών σε σκληρούς κυρίως

σχηματισμούς, εκεί όπου η επίδραση της τεκτονικής δράσης διατηρείται για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Από τη σύγκριση μεταξύ του πραγματικού και του ιδανικού μήκους των κλάδων προκύπτει ότι απόκλιση του πραγματικού μήκους των κλάδων από το ιδανικό της 2^{ης}, 3^{ης} και 5^{ης} τάξης είναι αρνητική και της 4^{ης} τάξης είναι θετική. Η έλλειψη μήκους κλάδων δείχνει ότι το τμήμα αυτό του υδρογραφικού δικτύου δεν έχει προλάβει να αποκτήσει το πλήθος εκείνο των κλάδων που θα του επέτρεπε την ομαλή αποστράγγιση της λεκάνης. Η θετική τιμή απόκλισης του μήκους της 4^{ης} τάξης δείχνει ότι το τμήμα αυτό του υδρογραφικού δικτύου στο παρελθόν είχε φθάσει σε στάδιο ομαλής αποστράγγισης.

Γ) Νότιο τμήμα υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού.

Το υδρογραφικό δίκτυο στο νότιο τμήμα της λεκάνης απορροής του Ασωπού είναι 6^{ης} τάξης.

Από τη σύγκριση μεταξύ του **πραγματικού και του ιδανικού αριθμού** κλάδων κατά τάξη του νότιου τμήματος του υδρογραφικού δικτύου προκύπτει ότι το τμήμα αυτό, ως προς την εξέλιξη του, βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο ωριμότητας.

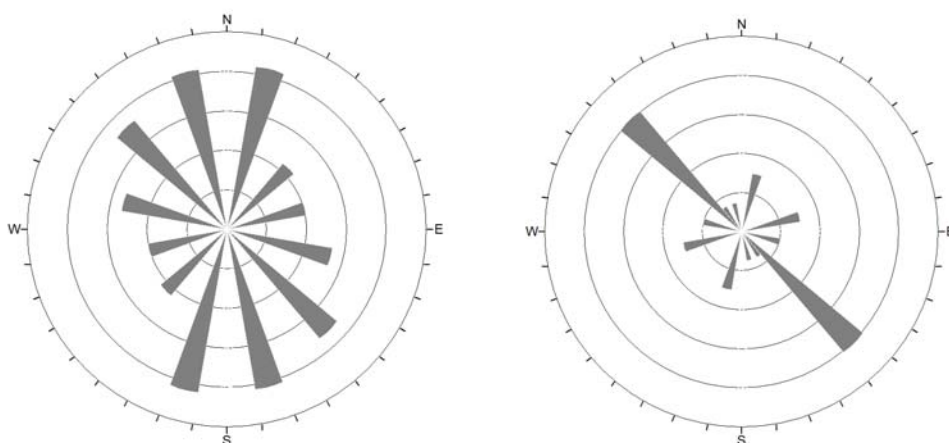
Αυτό συμπεραίνεται από την τιμή του μέσου λόγου διακλάδωσης $R_b = 4,65$ καθώς και από τις θετικές τιμές απόκλισης του αριθμού των κλάδων (Πίνακας 7 και Εικόνα 24). Οι θετικές τιμές απόκλισης του αριθμού των κλάδων όλων των τάξεων, οφείλονται κυρίως στον ρηξιγενή τεκτονισμό της περιοχής. Οι κλάδοι ακολουθούν τεκτονικές γραμμές (ρήγματα, άξονες πτυχών κ.ά.), σε σκληρούς κυρίως σχηματισμούς (ανθρακικά πετρώματα), εκεί όπου η επίδραση της τεκτονικής δράσης διατηρείται για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Από τη σύγκριση μεταξύ του πραγματικού και του ιδανικού μήκους των κλάδων προκύπτει ότι απόκλιση του πραγματικού μήκους των κλάδων από το ιδανικό της όλων των τάξεων είναι αρνητική. Η έλλειψη μήκους κλάδων δείχνει ότι το τμήμα αυτό του υδρογραφικού δικτύου δεν έχει προλάβει να αποκτήσει το πλήθος εκείνο των κλάδων που θα του επέτρεπε την ομαλή αποστράγγιση της λεκάνης, εξαιτίας κυρίως της λιθολογικής δομής της περιοχής (καρστικοποιημένοι ασβεστόλιθοι), όπου η κατείσδυση δρα σε βάρος της επιφανειακής απορροής.

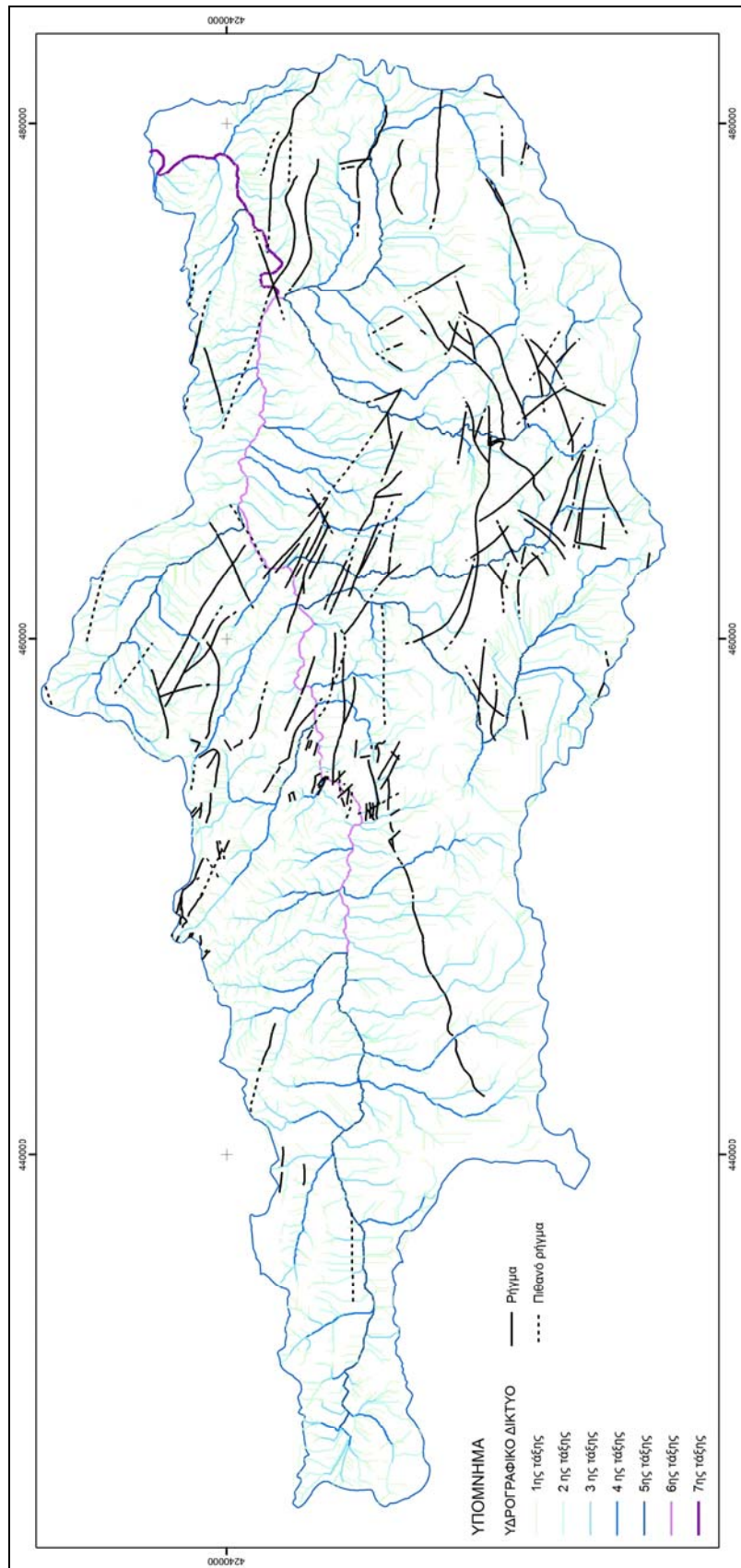
3.3 ΣΧΕΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ

Στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού διακρίνονται τρία συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις Α – Δ, ΒΔ – ΝΑ και ΒΑ – ΝΔ, με επικρατέστερο το σύστημα Α – Δ.

Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου του Ασωπού ελέγχεται από την τεκτονική δομή της περιοχής. Για το σκοπό αυτό κατασκευάστηκαν ροδοδιαγράμματα των διευθύνσεων των κλάδων 4^{ης} και 5^{ης} τάξης (Εικόνα 27), από τα οποία προκύπτει ότι οι κλάδοι ελέγχονται από τη ρηξιγενή τεκτονική της περιοχής. Όπως φαίνεται από τα ροδοδιαγράμματα αυτά, οι διευθύνσεις των κλάδων της 4^{ης} τάξης ακολουθούν κυρίως τη διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ και ΒΑ – ΝΔ των ρηγμάτων, αλλά και σε μικρότερο βαθμό τη διεύθυνση Α-Δ. Η διεύθυνση των κλάδων 5^{ης} τάξης ακολουθεί τη διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ των ρηγμάτων. Οι κλάδοι 6^{ης} και 7^{ης} τάξης ακολουθούν τη διεύθυνση Α-Δ. Το τελευταίο σύστημα συντέλεσε στη δημιουργία της λεκάνης (Εικόνα 28).



Εικόνα 27. Ροδοδιαγράμματα των διευθύνσεων των κλάδων 4^{ης} και 5^{ης} τάξης.



Εικόνα 28. Σχέση τεκτονικής – Υδρογραφικού δικτύου.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι παράγοντες που διαμορφώνουν τη μορφολογία της περιοχής έρευνας, είναι οι εξωγενείς και ενδογενείς διεργασίες. Οι ενδογενείς διεργασίες αφορούν στη λιθολογία και τεκτονική, ενώ οι εξωγενείς στο κλίμα και τη δράση του νερού.

Η νεοτεκτονική δράση είναι αυτή που φαίνεται να διαδραμάτισε τον σημαντικότερο ρόλο στην εξέλιξη της περιοχής έρευνας. Εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι και το νερό, στην ενέργεια του οποίου οφείλονται στο μεγαλύτερο ποσοστό οι εξωγενείς διεργασίες της αποσάθρωσης, της διάβρωσης, της μεταφοράς και της απόθεσης. Οι διεργασίες αυτές τείνουν να ταπεινώσουν το χερσαίο ορεινό και ημιορεινό ανάγλυφο, κύριος παράγοντας δημιουργίας του οποίου είναι οι ενδογενείς δυνάμεις.

Το υδρογραφικό δίκτυο του Ασωπού ποταμού δημιουργήθηκε κατά το Μέσο – Άνω Μειόκαινο. Η σύγχρονη τεκτονική δράση της περιοχής έρευνας είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη γεωδυναμική εξέλιξη του ελληνικού χώρου. Τα κύρια συστήματα ρηγμάτων που επηρεάζουν την περιοχή έχουν διευθύνσεις Α – Δ, ΒΔ – ΝΑ και ΒΑ – ΝΔ, με επικρατέστερο το σύστημα Α – Δ.

Σύμφωνα με το Μέττο (1992), στην ευρύτερη περιοχή διαπιστώθηκαν δύο εφελκυστικές τεκτονικές φάσεις. Η πρώτη έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Μειόκαινου – Πλειόκαινου και η δεύτερη κατά το Πλειστόκαινο και συνεχίζει μέχρι σήμερα. Επιπλέον, οι κατακόρυφες κινήσεις που την επηρέασαν επιπλέον ήταν διαφορετικής έντασης, με αποτέλεσμα ο χώρος που περιέχεται μέσα στη λεκάνη να μην έχει ομοιόμορφη ανάπτυξη και να διαπιστώνεται διαφορετική ιζηματογένεση από θέση σε θέση.

Η περιοχή έρευνας δομείται από αλπικούς και μεταλπικούς σχηματισμούς. Οι αλπικοί σχηματισμοί εμφανίζονται κυρίως στο νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης του Ασωπού και αποτελούνται από ανθρακικά κυρίως πετρώματα. Οι μεταλπικοί σχηματισμοί εμφανίζονται στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της λεκάνης και αποτελούνται από νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα ποικίλης σύστασης.

Από την ποσοτική ανάλυση προέκυψε ότι το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής του Ασωπού είναι 7^{ης} τάξης και βρίσκεται ως προς την εξέλιξη του σε πρώιμο στάδιο ωριμότητας.

Από την υψηλή τιμή του μέσου λόγου διακλάδωσης $R_b = 4,65$ που έχει διπλάσια τιμή από την ιδανική τιμή $R_b = 2,00$ (κατά Strahler 1952) και είναι μεγαλύτερη και από τη «θεωρητική τιμή» $R_b = 4,00$ (κατά Leopold & Langbein 1962) ενός υδρογραφικού δικτύου που βρίσκεται σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας. Το υδρογραφικό δίκτυο του Ασωπού βρίσκεται σε ασταθή δυναμική κατάσταση ισορροπίας. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα βρίσκεται υπό την επίδραση της νεοτεκτονικής δράσης (ανύψωση αναγλύφου) και η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου ελέγχεται από την τεκτονική δομή της περιοχής.

Στη λεκάνη απορροής του Ασωπού παρατηρείται ασύμμετρη ανάπτυξη των κλάδων. Η ασυμμετρία της λεκάνης και η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου στο νότιο τμήμα -στο νότιο τμήμα το υδρογραφικό δίκτυο είναι μια τάξη ανώτερη από αυτή του βόρειου- οφείλεται στη συνεχή μετατόπιση του υδρογραφικού δικτύου προς τα βόρεια, καθώς και στην οπισθοδρομούσα διάβρωση, εξαιτίας της νεοτεκτονικής δράσης της Πάρνηθας. Οι ανυψωτικές κινήσεις της Πάρνηθας ευνοούν την ταχεία αποστράγγιση σε βάρος της κατείσδυσης, με αποτέλεσμα την δημιουργία απότομων ρηξιγενών χαραδρών τύπου V.

Στο βόρειο τμήμα, το υδρογραφικό δίκτυο πλησιάζει σημαντικά την ιδανική του μορφή, γεγονός που σημαίνει ότι κατά παρελθόν αλλά έως και σήμερα η αποστράγγισή του γίνεται σχετικά ομαλά. Αυτό οφείλεται σε συνθήκες σχετικής ισορροπίας των ενδογενών (ανύψωση) και εξωγενών (διάβρωση) παραγόντων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. HORTON, R. E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; Hydrophysical approach to quantitative morphology. Bull. Geol. Soc. of America, 56, 275-370.
2. IOANNIS, M., TSODOULOS, A., IOANNIS, K., KOUKOUVELAS, A., SPYROS PAVLIDES B (2008). Tectonic geomorphology of the easternmost extension of the Gulf of Corinth (Beotia, Central Greece). Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVI, 2004 Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσ/νίκη Απρίλιος 2004.
3. LEOPOLD, L. B., & LANGBEIN, W. B., 1962. The concept of entropy in landscape evolution: U.S.G.S. Prof. Paper 500-A, p. 1-20.
4. LYKOUDI, E., AND ZARRIS, D., 2004. The influence of drainage network formation and characteristics over a catchment's sediment yield, Proceedings: Second International Conference on Fluvial Hydraulics – RiverFlow 2004, University of Napoli - Federico II, Naples, Italy, 23 – 25 June, p.p. 793-800.
5. STRAHLER, A., 1952: Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geol. Soc. Amer. Bull., 63, p. 1117-1142.
6. STRAHLER, A., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. American Geophysical Union Transactions, 38(6), 913-920.
7. LYKOUDI E. & ANTONIOU M. (2007). Study of natural mechanisms for the supply of transported materials to the Ag. Varvara coast (Lesvos island). 11ο Διεθν. Συνεδρ., Δελτ.Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., Αθήνα. ΔΟΥΝΑ Α. (1971). Γεωλογικό φύλλο ΕΡΥΘΡΑΙ, κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ.
8. ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ, Γ. (1993). Γεωλογικό φύλλο ΝΕΑ ΨΑΡΑ (ΕΡΕΤΡΙΑ), κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ.
9. ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ, Γ., ΜΕΤΤΟΣ, Α., ΒΙΔΑΚΗΣ, Μ., ΔΟΥΝΑ, Α., (1980). Γεωλογικό φύλλο ΑΘΗΝΑΙ-ΕΛΕΥΣΙΣ, κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ.
10. ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ, Γ., (2000). Γεωλογικό φύλλο ΚΗΦΙΣΙΑ, κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ.

11. ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Η., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ Ι., ΣΙΔΕΡΗΣ Χ., ΧΑΤΟΥΠΗΣ Θ. (2001). Μορφονεοτεκτονική δομή του όρους Πάρνηθα Αττικής Πρακτικά 9ου Συνέδριου Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας,, Δελτίο Ελλην Γεωλ. Ετ., τ. XXXIV/1 σελ. 183-190.
12. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. (1985). Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
13. ΜΠΙΖΟΥΡΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ, ΛΥΚΟΥΔΗ ΕΥΔΟΞΙΑ, ΜΑΝΟΥΤΣΟΓΛΟΥ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ. (2010). Μελέτη μορφομετρικών παραμέτρων της υδρολογικής λεκάνης του φαραγγιού της Αγίας Ειρήνης στα δυτικά του Εθνικού Δρυμού Σαμαριάς, δυτική Κρήτη. 9ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, 4 - 6 Νοεμβρίου 2010, Αθήνα.
14. ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ, Ι., ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ, Α., ΜΕΤΤΟΣ, Α., ΓΑΙΤΑΝΑΚΗΣ, ΡΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ, Θ., ΣΗΜΑΙΑΚΗ, Κ., (1984). Γεωλογικό φύλλο ΚΑΠΑΡΕΛΛΙΟΝ, κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ.
15. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΛΟΖΙΟΣ, Σ. (1988). Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στη λεκάνη Ασωπού και την παραλιακή ζώνη Ωρωπού. Συμβολή στη νεοτεκτονική της Βόρειας Αττικής, Δελτίο ΕΓΕ, τ. XX, Νο 1, σελ 251-267, Αθήνα.
16. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1986). Γεωλογία της Ελλάδας. Εκδόσεις Επτάλοφος ΑΒΕΕ, Αθήνα.
17. ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ, Ι., ΤΑΤΑΡΗΣ, Α., ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, Ν., ΜΟΝΟΠΩΛΗΣ, Δ., ΚΟΥΚΗΣ, Γ., ΑΛΜΠΑΜΑΝΤΑΚΗΣ, Ν., ΚΟΥΚΟΥΖΑΣ, Κ., (1971). Γεωλογικό φύλλο ΛΙΒΑΔΕΙΑ, κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ.
18. ΠΑΡΓΙΝΟΣ, Α., ΜΑΥΡΙΔΗΣ, ΑΝΤ., ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ, Ι., ΜΕΤΤΟΣ, Α., ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ, Γ., ΚΟΥΚΗΣ, Γ. (2007). Γεωλογικό φύλλο ΧΑΛΚΙΣ, κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ.
19. ΤΑΤΑΡΗΣ, Α., ΚΟΥΝΗΣ, Γ., ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, Ν. (1970). Γεωλογικό φύλλο ΒΑΓΙΑ, κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ.
20. ΤΑΤΑΡΗΣ, Α., ΚΟΥΝΗΣ Α., Γ., ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, Ν., ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ. (1970). Γεωλογικό φύλλο ΘΗΒΑΙ, κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ.

21. ΧΑΤΟΥΠΗΣ, Θ. (2003). Γεωλογική Ερευνά για τη Δυνατότητα Τεχνητού Εμπλουτισμού του Καρστικού Υδροφορέα της Βόρειας Πάρνηθας. Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών
22. ΧΑΤΟΥΠΗΣ, Θ., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Ι. (2004). Νεοτεκτονική παραμόρφωση της βόρειας Πάρνηθας, Πρακτικά 10ου Συνέδριου Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Δελτίο ΕΓΕ τ. XXXVI/4 σελ. 1588-1597