



Χαροκόπειο
Πανεπιστήμιο

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΤΟΥ
ΠΕΡΤΟΥΛΙΩΤΙΚΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ**



Πτυχιακή εργασία
Γώγας Δημήτριος Α.Μ. 20409

Αθήνα, Φεβρουάριος 2015

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΤΟΥ
ΠΕΡΤΟΥΛΙΩΤΙΚΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ**

**Πτυχιακή εργασία
Γώγας Δημήτριος Α.Μ. 20409**

**Επιβλέπων Καθηγητής
Καρόμπαλης Ευθύμιος**

Αθήνα, Φεβρουάριος 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	Σελ.1
Abstract.....	Σελ.2
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	Σελ.3
Κεφάλαιο 2: Περιοχή Μελέτης.....	Σελ.4
2.1: Γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης.....	Σελ.4
2.2: Ο Αχελώος ποταμός.....	Σελ.5
2.3: Η γεωμορφολογία της Νότιας Πίνδου και του ορεινού όγκου του Κόζιακα.....	Σελ.11
Κεφάλαιο 3: Ανθρώπινη δραστηριότητα στον ορεινό όγκο του Κόζιακα.....	Σελ.13
3.1: Ιστορικά στοιχεία για την περιοχή μελέτης.....	Σελ.13
3.2: Δημογραφικά στοιχεία των οικισμών.....	Σελ.14
Κεφάλαιο 4: Μεθοδολογία.....	Σελ.16
Κεφάλαιο 5: Κλιματολογικά στοιχεία.....	Σελ.18
5.1: Γενικά.....	Σελ.18
5.2: Ύψος βροχής.....	Σελ.20
5.3: Ένταση βροχής/ραγδαιότητα.....	Σελ.21
5.4: Θερμοκρασία αέρα.....	Σελ.22
5.5: Ημέρες ολικού παγετού.....	Σελ.23
5.6: Ταχύτητα ανέμου.....	Σελ.24
Κεφάλαιο 6: Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής μελέτης.....	Σελ.25
Κεφάλαιο 7: Το υδρογραφικό δίκτυο.....	Σελ.29
7.1: Γενικά.....	Σελ.29
7.2: Πρώτος νόμος του Horton.....	Σελ.31
7.3: Υδρογραφική υφή.....	Σελ.33
7.4: Κλίση.....	Σελ.34
Κεφάλαιο 8: Υπολογισμός στερεοπαροχής.....	Σελ.36
8.1: Γενικά.....	Σελ.36
8.2: Πρώτη εξίσωση στερεοπαροχής.....	Σελ.37
8.3: Δεύτερη εξίσωση στερεοπαροχής.....	Σελ.40
8.4: Τρίτη εξίσωση στερεοπαροχής.....	Σελ.42

Κεφάλαιο 9: Συμπεράσματα.....	Σελ.44
Βιβλιογραφία.....	Σελ.46
Διαδικτυακοί τόποι.....	Σελ.47
Ευρετήριο.....	Σελ.48

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή αυτή εργασία έχει ως αντικείμενο την εκτίμηση της ετήσια στερεοπαροχή του Περτουλιώτικου ποταμού, που βρίσκεται στον άνω ρου του ποταμού Αχελώου. Για την εκτίμηση της στερεοπαροχής θα εφαρμοστούν εμπειρικές εξισώσεις, οι οποίες στηρίζονται σε γεωμορφολογικά και κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής μελέτης.

Αρχικά δίνονται πληροφορίες για την γεωγραφική θέση της περιοχή μελέτης και για τον Αχελώο ποταμό, αλλά και την λεκάνη απορροής του. Δίνονται επίσης πληροφορίες για την γεωμορφολογία της Νότιας Πίνδου και του ορεινού όγκου του Κόζιακα, που πηγάζει ο Περτουλιώτικος ποταμός όπως επίσης και ιστορικά και δημογραφικά στοιχεία για την περιοχή.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στη μεθοδολογία και ακολουθεί η μελέτη των κλιματολογικών στοιχείων και συγκεκριμένα του ύψους βροχής, της έντασης της βροχόπτωσης, της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, τις ημέρες ολικού παγετού αλλά και της ταχύτητας του ανέμου. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης, οι οποίοι παίζουν σημαντικό ρόλο για την στερεοπαροχή του υδατορεύματος.

Επίσης μελετήθηκαν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου, μετρήθηκε ο αριθμός των κλάδων κάθε τάξης με τη μέθοδο Strahler και αναλύθηκε σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Horton, ώστε να εκτιμηθούν οι ιδανικές τιμές όσον αφορά τον αριθμό των κλάδων και διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ πραγματικών και ιδανικών τιμών. Εξετάστηκε η υδρογραφική υφή, υπολογίζοντας την υδρογραφική πυκνότητα και την υδρογραφική συχνότητα, τη μέση κλίση των κλιτύων της λεκάνης απορροής και το μέσο υψόμετρό της.

Για το σκοπό της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν οι τοπογραφικοί χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και οι γεωλογικοί χάρτες του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, κλίμακας 1 : 50 000, και συγκεκριμένα τα φύλλα Καστανέα 149 και Καλαμπάκα 132.

Τέλος για τον υπολογισμό της στερεοπαροχής χρησιμοποιήθηκαν τρεις εμπειρικές εξισώσεις οι οποίες εφαρμόστηκαν σε ποτάμια τα οποία έχουν όμοια χαρακτηριστικά με τον Περτουλιώτικο ποταμό και χρησιμοποιούν στοιχεία που αναλύθηκαν και επεξεργάστηκαν στην εργασία.

ABSTRACT

The subject of the thesis states the estimation of the annual sediment discharge of the Pertouliotikos river, that is located in the upper course of Achelous river. Empirical equations, based on geomorphological and climatological evidence of the study area, will be applied to estimate the sediment discharge.

First, there is information about the geographical position of the study area and Achelous river and its river basin as well. Moreover, there is a presentation of historical and demographical evidence of the study area and information about the geomorphology of South Pindus and Koziakas massif, from where the Pertouliotikos river flows out.

Afterwards, there is a reference to the methodology followed by the study of the climatological evidence and particularly the rainfall amounts, the rainfall intensity, the average air temperature during the days of severe frost and the wind speed. There is a particular reference to the geological formations of the study area that play an important role for the sediment discharge of the water stream.

In addition, the morphological characteristics of the hydrographical network have been studied, the number of the branches of each order have been measured with the Strahler method and have been analyzed according to the first law of Horton in order to estimate the ideal values of the number of the branches and to investigate the relation between real and ideal values. The hydrographic structure has been examined calculating the hydrographic density and the hydrographic frequency as well as the average gradient of the slopes in the river basin and its average altitude.

For the purpose of the thesis have been used topographical maps from the Hellenic Military Geographical Service (HMGS) and geological maps from the Institute of Geology and Mineral Exploration (I.G.M.E.), on scale of 1: 50 000, and particularly the map sheets Kastanea 149 and Kalabaka 132.

Finally, three empirical equations have been used to estimate the sediment discharge which have been applied in rivers with similar characteristics as the Pertouliotikos river and included evidence that have been analyzed and processed in the thesis.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η εκτίμηση της στερεοπαροχής του Πετρουλιώτικου ποταμού, ενός ρέματος που συμβάλει με τον Καμναΐτικο, παραπόταμο του Αχελώου. Σαν στερεοπαροχή (sediment discharge) ορίζεται η μάζα των φερτών υλικών που μετρίεται στη διατομή ενός υδατορεύματος στην μονάδα του χρόνου. Μετρίεται σε μάζα ανά χρόνο και συνηθέστερα σε kg/s.

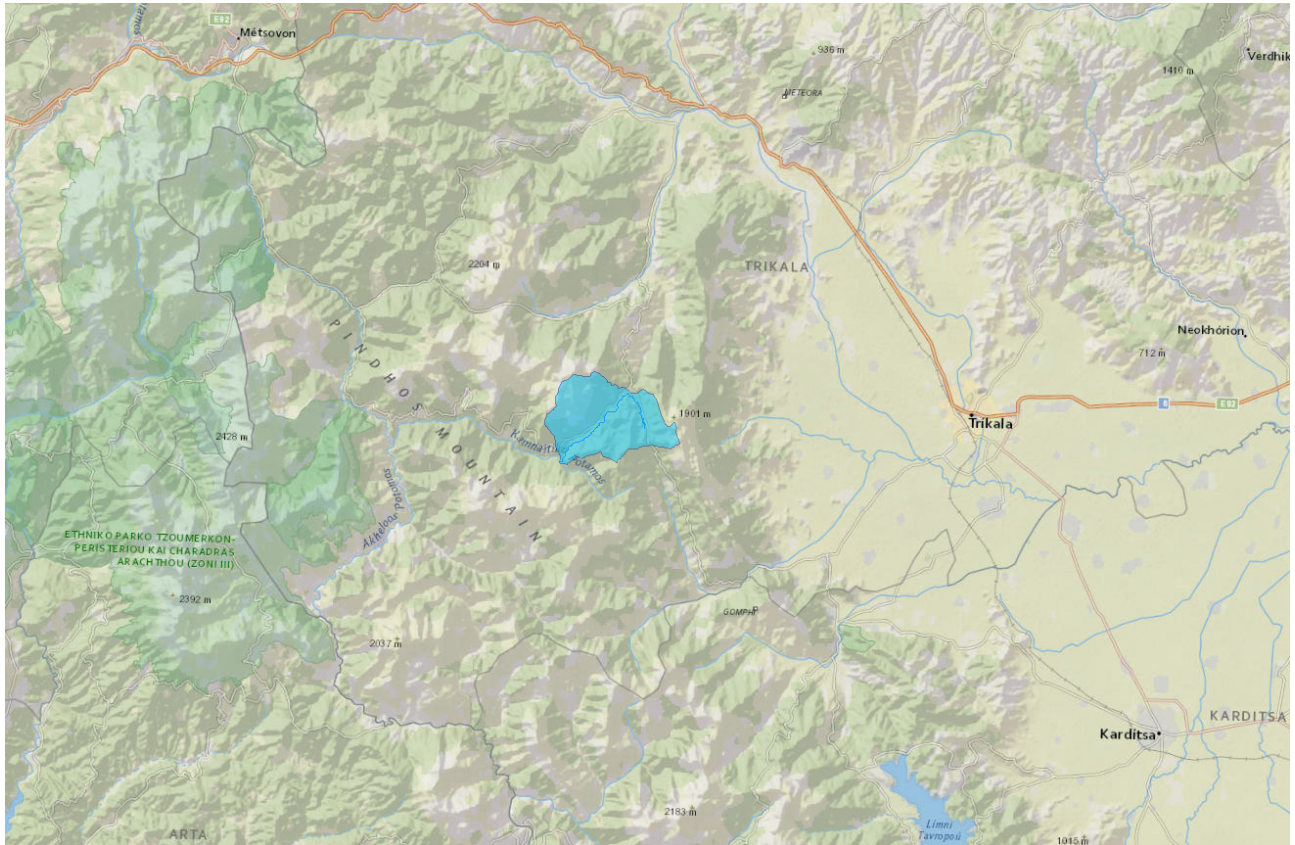
Στην εργασία αυτή θα διερευνηθεί το μέγεθος της στερεοπαροχής του Πετρουλιώτικου ποταμού στην περιοχή μελέτης που αποστραγγίζει, εξετάζοντας όλα τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν. Για να γίνει αυτό θα χρησιμοποιηθούν εμπειρικές εξισώσεις που έχουν προταθεί από επιστήμονες που βασίζονται είτε στην θεωρητική ανάλυση των μηχανισμών κίνησης, είτε σε εργαστηριακά αποτελέσματα, είτε σε συνδυασμό των παραπάνω. Βέβαια η λήψη μετρήσεων αποτελεί την πλέον αξιόπιστη μέθοδο μέτρησης της στερεοπαροχής σε έναν ποταμό, όμως η μοναδική υπηρεσία που εκτελούσε μετρήσεις του αιωρούμενου φορτίου στα ελληνικά ποτάμια, η οποία ήταν η ΔΕΗ, σταμάτησε οποιαδήποτε μέτρηση το 1985. Σήμερα δεν εκτελείται καμία στερεοϋδρομέτρηση στα ελληνικά ποτάμια και είναι άγνωστη η διάβρωση και η στερεοπαροχή στην χώρα μας.

Με την συλλογή όλων των ποσοτικών δεδομένων, τον υπολογισμό της έκτασης και της γεωλογίας της λεκάνης απορροής, τα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου και με τη χρήση της τεχνολογίας των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και των εξισώσεων, γίνεται προσπάθεια υπολογισμού της συνολικής στερεοπαροχής του υδατορεύματος της περιοχής μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

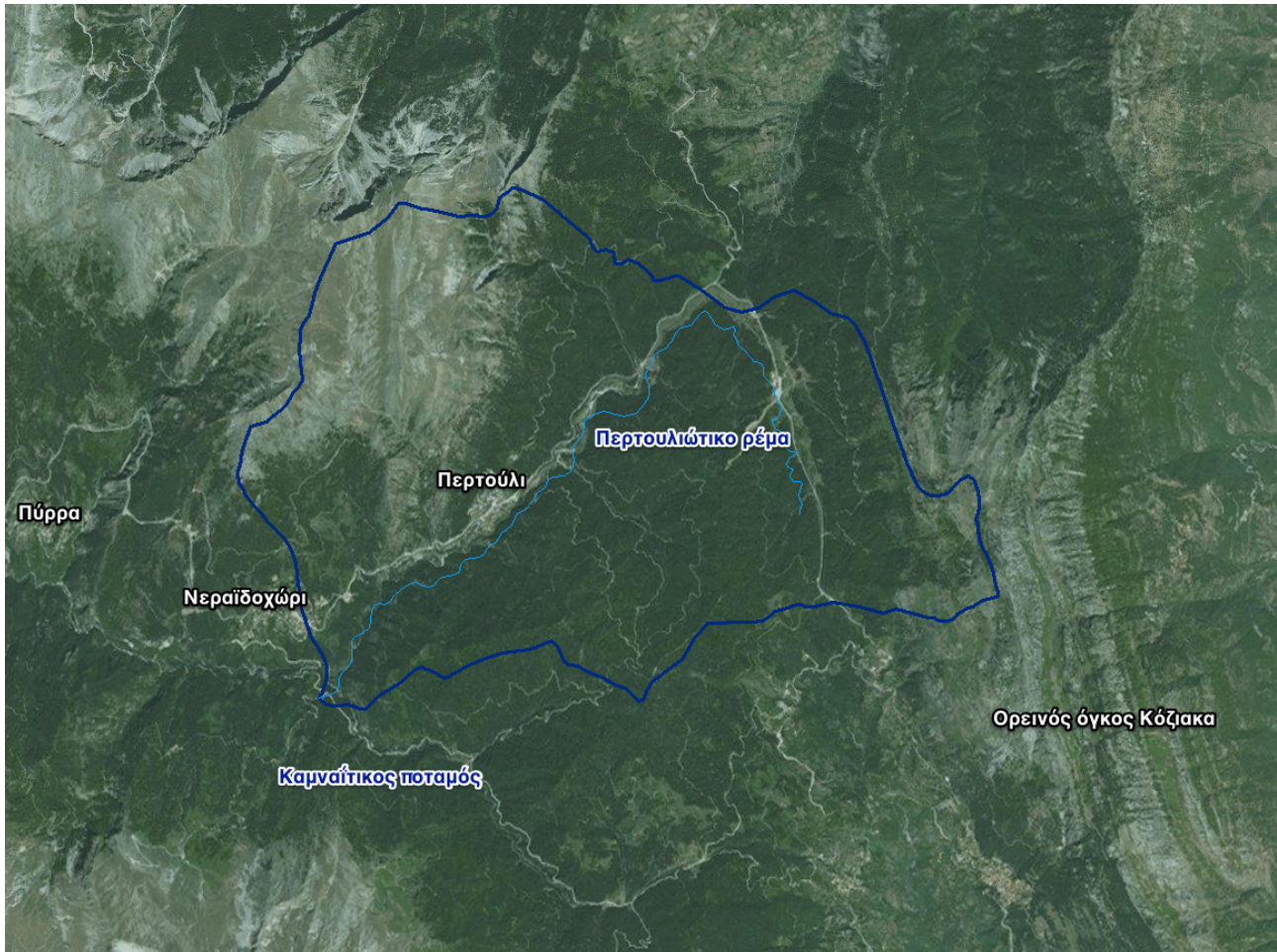
2.1: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



Χάρτης 1. Η θέση της λεκάνης απορροής του Περτουλιώτικου ποταμού.

Η περιοχή μελέτης είναι η λεκάνη απορροής του Περτουλιώτικου ποταμού ή Ξεριάς. Βρίσκεται στην κεντρική και νότια Πίνδο και εκτείνεται μεταξύ των κλιτύων και εξάρσεων των ορεινών όγκων Κόζιακα, Μπουντούρα και Μαρόσα. Το υδρογραφικό δίκτυο του Περτουλιώτικου ποταμού βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή του δήμου Αιθίων και περιλαμβάνει τα χωριά Περτούλι (1 150 m) και Νεραϊδοχώρι (1 140 m) που απέχουν μόλις 50 km από την πόλη των Τρικάλων. Συγκεκριμένα η λεκάνη απορροής του ποταμού οριοθετείται στα βορειοανατολικά, από την κορυφή Αστραπή (1 901 m), στα βορειοδυτικά από την κορυφή Νεράιδα (2 074 m) και Ξεροβούνι (1 945 m), νοτιοδυτικά από την κορυφή Κορομηλίες (1 491 m) και νοτιοανατολικά από τον αυχένα του Τζιατζιά. Στα δυτικά της λεκάνης απορροής και στην περιοχή Βαλόρεμα πηγάζει ο

Περτουλιώτικος ποταμός και αφού διασχίσει το οροπέδιο των μεγάλων Περτουλιώτικων Λιβαδιών ακολουθώντας μαιανδρική ροή συμβάλλει με τον Καμναίτικο ποταμό και συνεχίζει στον Αχελώο.



Χάρτης 2. Το Περτουλιώτικο ρέμα, ο Καμναίτικος ποταμός και η γύρω περιοχή.

2.2: Ο ΑΧΕΛΩΟΣ ΠΟΤΑΜΟΣ

Ο ποταμός Αχελώος πηγάζει σε υψόμετρο 2 000 m από τις νότιες πλαγιές του όρους Λάκμος (Περιστέρι) (Εικόνα 2.) στην οροσειρά της Πίνδου, κοντά στο Μέτσοβο. Είναι γνωστός και σαν Ασπροπόταμος, γιατί τα νερά του έχουν ένα λευκό, θολό χρώμα που προέρχεται από την άργιλο που μεταφέρει. Είναι ο δεύτερος, ως προς το μήκος, ποταμός της Ελλάδας. Αφού διατρέξει με κατεύθυνση από τα βόρεια προς τα νότια ολόκληρη την Δυτική Ελλάδα κατά μήκος σχεδόν της οροσειράς της Πίνδου (μια συνολική διαδρομή περί τα 220 km) εκβάλλει στα νότια των Εχινάδων νήσων στο Ιόνιο πέλαγος, σχηματίζοντας ένα εκτεταμένο δέλτα. Οριοθετεί την Ήπειρο από τη

Θεσσαλία διασχίζοντας τους ορεινούς όγκους της νότιας Πίνδου και της δυτικής Ρούμελης. Κατά τη διαδρομή του προς τον νότο εμπλουτίζεται με τα νερά των παραπόταμων του Αγραφιώτη, Ταυρωπού, Τρικεριώτη και Ινάχου. Οι εκβολές του Αχελώου στο Ιόνιο πέλαγος σχηματίζουν ένα εκτεταμένο δέλτα λοβοειδούς τύπου (Ψιλοβίκος και Χαχαμίδου 1987) εκτάσεως 300 km² (Εικόνα 1), η μορφή του οποίου διαμορφώθηκε τα τελευταία 10 000 χρόνια από τις προσχώσεις του ποταμού. Χαρακτηρίζεται ως ένας από τους πιο σημαντικούς υδροβιότοπους της Μεσογείου και προστατεύεται από την συνθήκη RAMSAR για την προστασία υγροτόπων διεθνούς σημασίας.

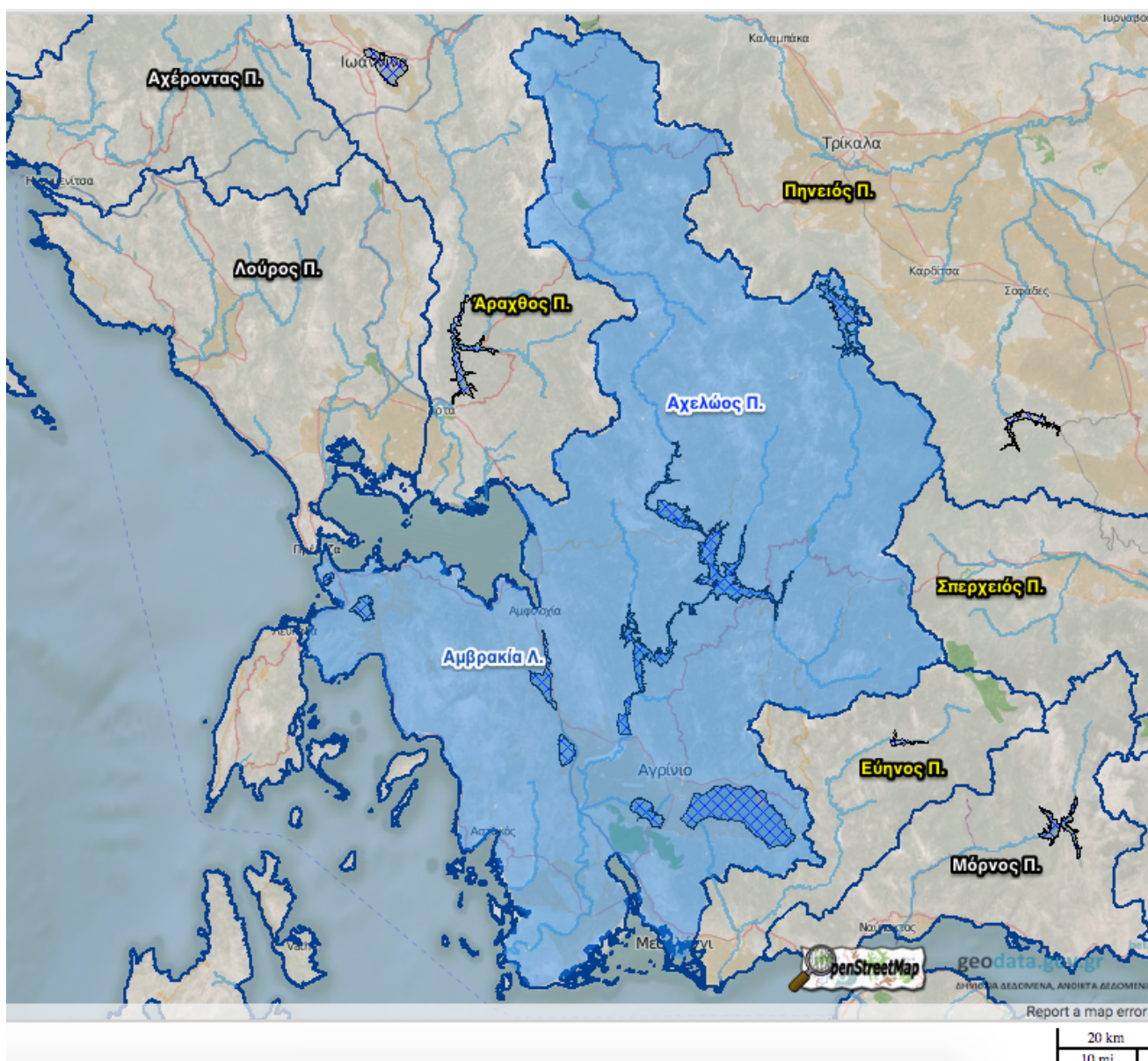


Εικόνα 1. Οι εκβολές του Αχελώου στο Ιόνιο απέναντι από τα νησιά Εχινάδες. ΠΗΓΗ: www.energyartweb.gr

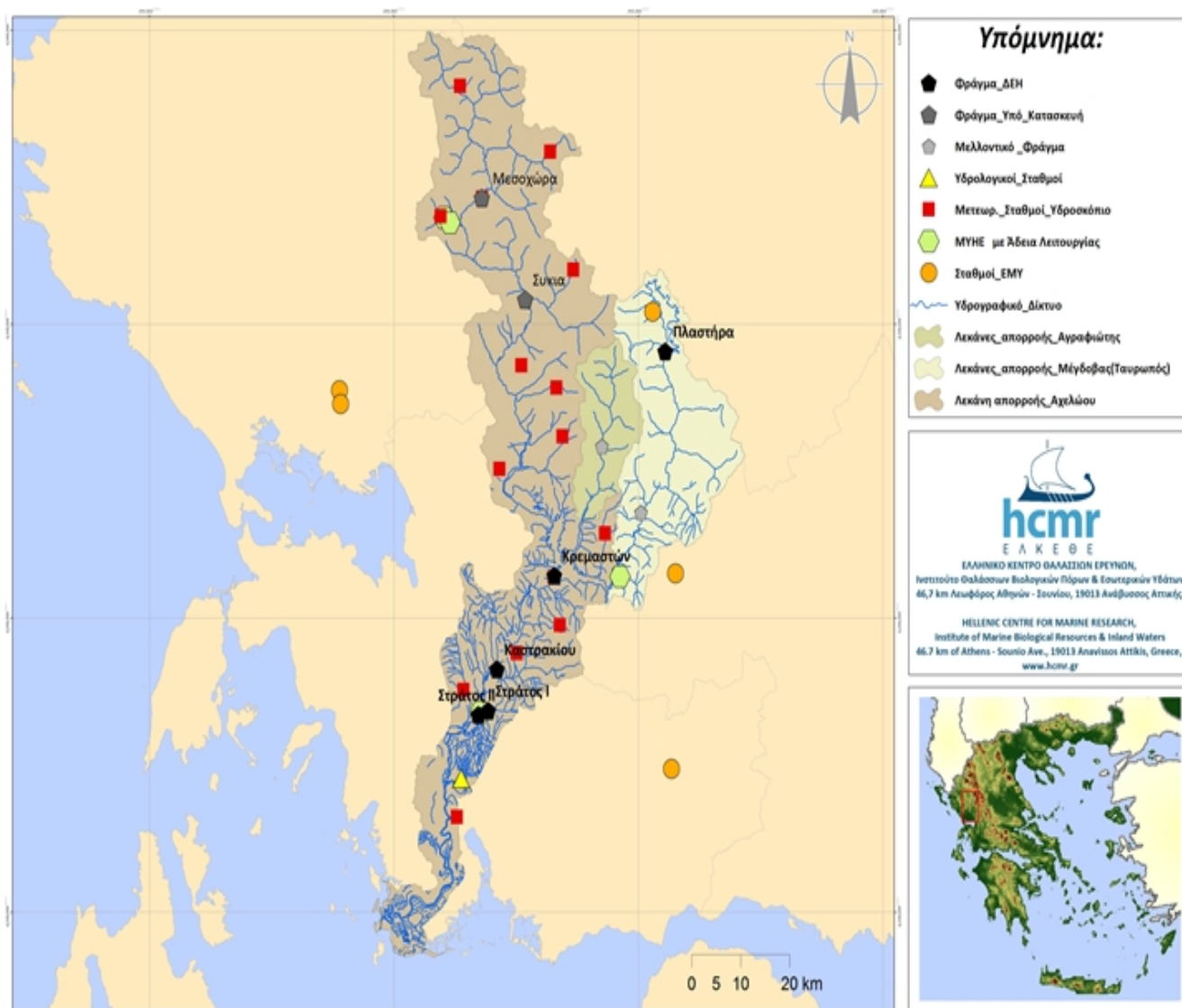


Εικόνα 2. Οι πηγές του Αχελώου στο όρος Λάκιμος (πηγές της Βερλίκας). ΠΗΓΗ: <http://www.aspropotamos.org>

Η λεκάνη απορροής του Αχελώου βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της Κεντρική Ελλάδας και γειτονεύει βόρεια και δυτικά με τις λεκάνες του Αράχθου και της λίμνης Αμβρακίας και ανατολικά με τις λεκάνες του Πηνειού, του Σπερχειού και του Εύηνου. Αποτελεί την πλουσιότερη λεκάνη της χώρας σε υδατικό δυναμικό που βρίσκεται εξ ολοκλήρου επί ελληνικού εδάφους.

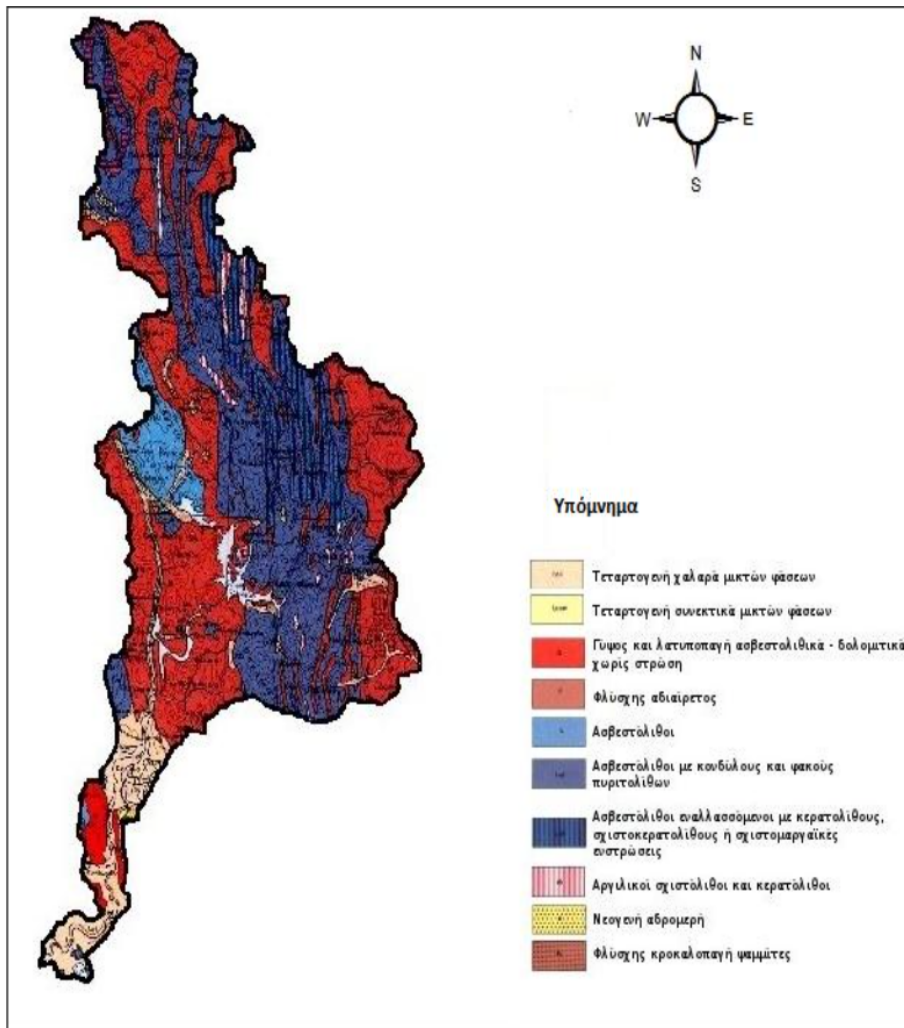


Χάρτης 3. Οι λεκάνες απορροής των ποταμών της Δυτικής Ελλάδας. ΠΗΓΗ: Ινστιτούτο Πληροφοριακών Συστημάτων του Ερευνητικού Κέντρου “Αθήνα”.



Χάρτης 4. Η λεκάνη απορροής του Αχελώου ποταμού. Περιλαμβάνει και τις λεκάνες απορροής των ποταμών Αγραφιώτη και Ταυρωπό. ΠΗΓΗ: ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

Η περιοχή της λεκάνης απορροής του Αχελώου από γεωτεκτονική άποψη ανήκει στην ομάδα των εξωτερικών ζωνών που σχηματίστηκαν κατά τις Αλπικές πτυχώσεις. Την περιοχή διασχίζουν τρεις γεωτεκτονικές ζώνες, η Ζώνη Ολονού-Πίνδου, ανατολικά, βορειοανατολικά και στο περισσότερο ορεινό τμήμα της λεκάνης, η Ζώνη Γαβρόβου-Τριπόλεως, σε μικρή έκταση στο νοτιοανατολικό άκρο και η Ανδριατικοϊόνιος Ζώνη ή απλά Ιόνιος Ζώνη, στο κεντρικό και δυτικό τμήμα, ως νεότερη (Σχέδιο διαχείρισης των λεκανών απορροής των ποταμών Αχελώου και Πηνειού Θεσσαλίας, ΥΠΕΧΩΔΕ 2006).



Χάρτης 5. Γεωτεχνικός χάρτης της λεκάνης απορροής του Αχελώου ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών).

Η λεκάνη απορροής του Αχελώου έχει συνολική έκταση 4 787 km² και το ύψος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι 1 620 mm. Η περιοχή είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος ορεινή, με τις κυριότερες εξάρσεις στο ανατολικό τμήμα της. Οι μόνες πεδινές περιοχές εμφανίζονται στα παράλια του Μεσολογίου και στην πεδιάδα Αγρινίου. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης ανέρχεται στα 757 m, με μέγιστο τα 2416 m. Έχει υποστεί ουσιαστικές αλλοιώσεις από την κατασκευή τεσσάρων Υδροηλεκτρικών φραγμάτων για την παραγωγή ενέργειας, Κρεμαστών (Εικόνα 3.) , Καστρακίου, Ταυρωπού και Στράτου, αλλά και φράγματα για την άρδευση άλλων περιοχών, όπως αυτά της Μεσοχώρα και της Συκιάς από το οποίο προβλέπεται να γίνει και η εκτροπή μέσω σήραγγας προς τη Θεσσαλία.



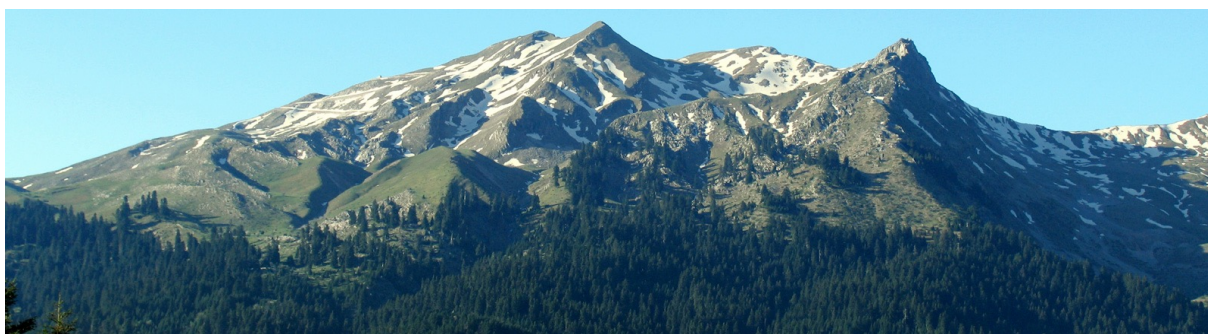
Εικόνα 3. Το φράγμα των Κρεμαστών. ΠΗΓΗ: <http://www.agrinioculture.gr>



Εικόνα 4. Η τεχνητή λίμνη Κρεμαστών. ΠΗΓΗ: <http://www.travelstyle.gr>

2.3: Η ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΝΟΤΙΑΣ ΠΙΝΔΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΟΡΕΙΝΟΥ ΟΓΚΟΥ ΤΟΥ ΚΟΖΙΑΚΑ

Η Πίνδος είναι η μεγαλύτερη οροσειρά της Ελλάδας, με μήκος 230 km και πλάτος 70 km και αποτελεί την κατάληξη του τόξου των Άλπεων στην Ελλάδα. Χωρίζεται σε Βόρεια και Νότια και όριο τους είναι ο αυχένas της Κατάρας. Ως νότια Πίνδος, χαρακτηρίζονται οι ορεινοί όγκοι νότια του αυχένas της Κατάρας που καταλαμβάνουν τον νομό Τρικάλων και ένα μέρος του νομού Ιωαννίνων, με ψηλότερες κορυφές, την Τριγγία (2 204 m), το Αυγό (2 146 m), τη Νεράιδας (2 074 m), τη Λουπάτα (2 066 m) και την κορυφή του Κερκέτιου όρους ή Κόζιακα, Αστραπή (1 901 m).



Εικόνα 5. Το Κερκέτιο Όρος ή Κόζιακας. ΠΗΓΗ: Ιστότοπος Πανεπιστημιακού Δάσους Πετρουλίου.

Ο ορεινός όγκος του Κόζιακα (Εικόνα 5.) αποσπά αμέσως την προσοχή εξαιτίας της απότομης και επιβλητικής παρουσίας του στο δυτικό άκρο της Θεσσαλικής πεδιάδας. Πρόκειται για μια επιμήκη οροσειρά η οποία περιλαμβάνει τον κύριο όγκο του Κόζιακα, τον ορεινό όγκο του Ίταμου και τον ορεινό όγκο της Καψούνας, με συνολικό μήκος πάνω από 60 km, μέγιστο πλάτος 10 km και έκταση 400 km² περίπου. Η οροσειρά αρχίζει από το ύψος της Καλαμπάκας, έχει γενική διεύθυνση στο βόρειο τμήμα της Β-Ν και στην συνέχεια στο ύψος της Πύλης κάμπτεται προς τα νοτιοανατολικά για να ενσωματωθεί τελικά στο νότιο τμήμα της στην περιοχή Ταυρωπού, με την οροσειρά της Πίνδου. Τα μεγαλύτερα ύψη παρατηρούνται κατά μήκος της κορυφογραμμής του βόρειου και του κεντρικού τμήματος της οροσειράς με τιμές που ξεπερνούν συχνά τα 1 500 m. Αντίθετα στο νότιο τμήμα παρατηρούνται σταδιακά μικρότερα ύψη. Κατά την διεύθυνση του υδροκρίτη, που ακολουθεί την διεύθυνση της οροσειράς, παρατηρούμε μεγάλες μορφολογικές κλίσεις με τιμές συχνά πάνω από 100% ενώ κατά θέσεις ξεπερνούν και τα 200%. Κυρίαρχοι γεωλογικοί σχηματισμοί του ορεινού όγκου είναι ο φλύσχης και ο ασβεστόλιθος.



Εικόνα 6. Το Πανεπιστημιακό Δάσος Περτουλίου. ΠΗΓΗ: Ιστότοπος Πανεπιστημιακού Δάσους Περτουλίου.

Ανατολικά του Κόζιακα και κατά μήκος τους Περτουλιώτικου ποταμού υπάρχουν επιφάνειες ισοπέδωσης και εκτείνεται το Πανεπιστημιακό Δάσος Περτουλίου (Εικόνα 6.) που ανήκει κατά κυριότητα στο Ελληνικό Κράτος. Το υπερθαλάσσιο ύψος του δάσους κυμαίνεται από 1 100 έως 1 700 m περίπου. Η έκταση του ανέρχεται σε 3 297 ha, από τα οποία τα 2 362 ha είναι δασοσκεπής ή μερικώς δασοσκεπής έκταση (ελάτη, πεύκη). Κυρίαρχο αυτοφυές είδος είναι η υβριδογενής ελάτη ενώ σποραδικά βρίσκονται σε μικρές συστάδες η οξιιά, η δρυς, το σφενδάμι, η οστρυά, ο κέδρος, η ιτιά κ.α. Η πανίδα της περιοχής είναι επίσης πλούσια και μπορούμε να συναντήσουμε το ζαρκάδι, το λαγό, την αλεπού αλλά και την καφέ αρκούδα. Από πλευράς φτερωτών βλέπουμε την ορεινή πέρδικα, την μεκάτσα, το γεράκι κ.α., που αποτελούν πόλο έλξης για τους κυνηγούς που κυνηγούν σε φυσικές συνθήκες μέσα στην Ελεγχόμενη Κυνηγητική Περιοχή του Κόζιακα (Πανεπιστημιακό Δάσος Περτουλίου, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΟΝ ΟΡΕΙΝΟ ΟΓΚΟ ΤΟΥ ΚΟΖΙΑΚΑ

3.1: ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Από τις πηγές του στις πλαγιές του Κόζιακα ο Περτουλιώτικος ποταμός διασχίζει τα περτουλιώτικα λιβάδια μέχρι να φτάσει στα χωριά Περτούλι και Νεραϊδοχώρι και από εκεί στην συνέχεια συμβάλει με τον Καμναϊτικό ποταμό. Το Περτούλι είναι το τελευταίο χωριό προς ΒΑ από τα 32 Βλαχοχώρια της άλπειας περιοχής του Ασπροποτάμου. Οι πρώτες αναφορές που έχουμε για το Περτούλι είναι από τον 10^ο αι. μ. Χ. στον Κώδικα 221/8α της ιεράς μονής Βαρλαάμ Μετεώρων, που αναφέρεται ως Περτούλη και το όνομα του μέχρι και σήμερα δεν έχει αλλάξει, εκτός από την κατάληξη του. Εκδοχές σχετικά με το όνομά του είναι διάφορες με τις πιθανότερες ότι προέρχεται από τη βλάχικη λέξη *per*, *αχλαδιά*, και την κατάληξη *et* που δηλώνει το μέρος που υπάρχουν πολλά δέντρα *αχλαδιάς* ή από το Πορτούλι, δηλαδή μικρή πόρτα. Για το πότε πρωτοκατοικήθηκε δεν έχουμε στοιχεία. Θεωρείται βέβαιο όμως ότι, το Περτούλι και η γύρω περιοχή κατοικούνταν την Ρωμαϊκή και Βυζαντινή περίοδο, καθώς και τους αρχαίους χρόνους. Την άποψη αυτή επιχειρηματολογούν, το χωριό Πύρρα, 10 km περίπου δυτικά του Περτουλίου, που οφείλει το όνομά του στο βασιλιά της Ηπείρου Πύρρο (319-273 π. Χ.), που ήταν και η έδρα του βασιλείου του, αξιόλογα αρχαία μνημεία των κλασικών χρόνων αλλά και ότι στο Περτούλι και στα άλλα προς τα δυτικά χωριά (Νεραϊδοχώρι, Πύρρα, Γαρδίκι κ.λπ.) οι κάτοικοι μιλούσαν λατινογενή γλώσσα, η οποία μεταδόθηκε στους αυτόχθονες από ρωμαίους οροφύλακες στρατιώτες.

Τον 15^ο αι. μ. Χ. μετά την υποταγή της Θεσσαλίας από τους Τούρκους και την οριστική κατάληψη της από τον Τουραχάν, αρχίζει ο συστηματικός εποικισμός Τούρκων, με σκοπό την μόνιμη κατοχή με αποτέλεσμα την φυγή των κατακτημένων και την εύρεση καταφυγίου στον ορεινό όγκο. Οι ορεινοί όγκοι στη Θεσσαλία πυκνώνουν από Ελληνόφωνους πληθυσμούς, οι οποίοι αρχικά ζουν νομαδικό βίο και μετακινούνται ανάλογα με τις εποχές και τις ανάγκες της κτηνοτροφίας με την οποία ασχολούνται. Αργότερα όμως λόγω δυσκολιών που προκαλούσε η μετακίνηση και η τουρκική κατοχή, εγκαταστάθηκαν μόνιμα στα ορεινά. Στην τουρκική απογραφή

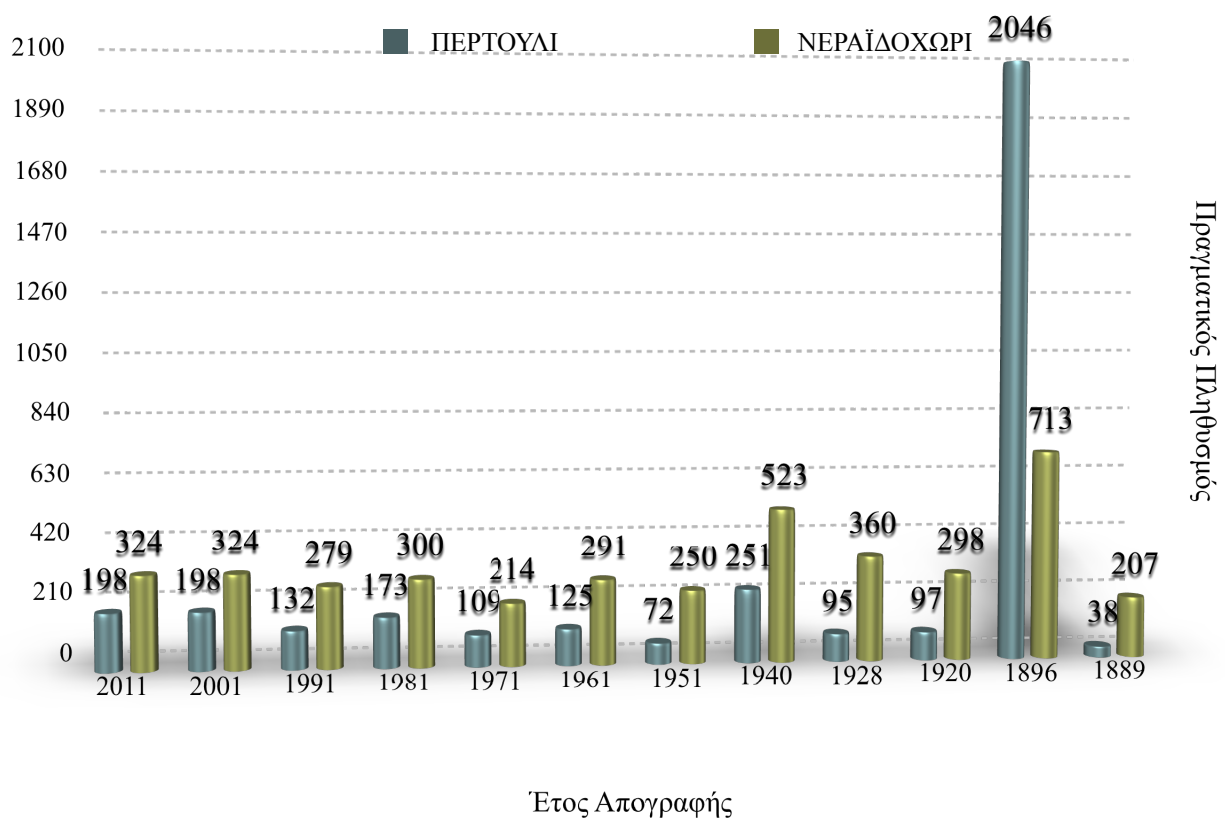
του 1454 κατοικούσαν 32 οικογένειες. Το 1758 αναφέρεται ότι είχε γύρω στις 100 οικογένειες, ενώ το 1820 είχε 38 σπίτια και το 1881 είχε 397 κατοίκους.

Τον Ιούνιο του 1823 κήκε από τον Αρβανίτη Σελιχτάρ Μπόδα μαζί με την Πύρρα και το Νεραϊδοχώρι, πατρίδα του δεύτερου γραμματικού του Αλή Πασά, του Χριστόδουλου Χατζηπέτρου (1764-1869) ο οποίος συνεισέφερε στην Επανάσταση του 1821, αποτέλεσε υπασπιστής του βασιλιά Γεωργίου Α' και ξεψύχησε στα χέρια του Καραϊσκάκη. Το Περτούλι ξαναχτίζεται το 1841, αλλά το 1943 η ιστορία επαναλαμβάνεται και καταστρέφεται γιατί ήταν η έδρα του Κοινού Γενικού Στρατηγείου των ελληνικών αντιστασιακών οργανώσεων κατά των Άγγλων.

Τη δεκαετία του 1990, εγκαινιάζεται ένα από τα πιο αξιόλογα χιονοδρομικά κέντρα της Ελλάδος, το Χιονοδρομικό Κέντρο Περτουλίου και αποτελεί πόλο έλξης ειδικά τους χειμερινούς μήνες, προσφέροντας περαιτέρω ανάπτυξη στην περιοχή.

3.2: ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΟΙΚΙΣΜΩΝ

Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 οι οικισμοί του Περτουλίου και του Νεραϊδοχωρίου είχαν 198 και 324 εγγεγραμμένους κάτοικους αντίστοιχα (ΕΛ.ΣΤΑΤ.). Στην πραγματικότητα όμως οι κάτοικοι είναι πολύ λιγότεροι. Κατά την απογραφή ο αριθμός των δημοτών στις κοινότητες ήταν 130 και 256 για το Περτούλι και το Νεραϊδοχώρι αντίστοιχα, αλλά ακόμη και αυτά τα νούμερα δεν είναι πραγματικά , αφού ο μόνιμος πληθυσμός δεν ξεπερνά τις λίγες δεκάδες. Αυτό οφείλεται κυρίως στην μικρή χιλιομετρική απόσταση που απέχουν οι οικισμοί από την πόλη των Τρικάλων και της Πύλης αλλά και στο άρτιο οδικό δίκτυο της περιοχής, το οποίο λειτουργεί χωρίς κανένα πρόβλημα ακόμα και τους χειμερινούς μήνες. Τους θερινούς μήνες και τα δυο χωριά σφύζουν από κόσμο, αφού πολλοί είναι ιδιοκτήτες οικημάτων από τα γύρω αστικά κέντρα.



Διάγραμμα 1. Πληθυσμός ανά έτος απογραφής. ΠΗΓΕΣ: Ε.Σ.Υ.Ε., Ε.Δ.Κ.Α.

Το διάγραμμα 1 απεικονίζει τον πραγματικό πληθυσμό για τα συγκεκριμένα έτη απογραφής. Ως πραγματικό πληθυσμό ενός τόπου ορίζουν οι στατιστικές υπηρεσίες το συνολικό πληθυσμό που βρέθηκε και απογράφηκε κατά την απογραφή στο συγκεκριμένο αυτό τόπο, ανεξάρτητα από το αν διαμένει μόνιμα στον τόπο αυτό, ή αν είναι προσωρινός ή περαστικός. Τα στατιστικά συλλέχτηκαν από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος και το Εργαστήριο Δημογραφικών και Κοινωνικών Αναλύσεων. Παρατηρείται ότι τον τελευταίο αιώνα ο πραγματικός πληθυσμός των κοινοτήτων Περτουλίου και Νεραϊδοχωρίου δεν έχει αλλάξει δραματικά με εξαίρεση την απογραφή της 5-6 Οκτωβρίου του 1896 κατά την οποία οι μετρήσεις έδειξαν μια τεράστια αύξηση. Συγκεκριμένα για το Περτούλι παρατηρείται δεκαπλάσια σχεδόν αύξηση. Το Νεραϊδοχώρι παρουσιάζει και αυτό σημαντική αύξηση. Πιθανόν το αποτέλεσμα της απογραφής να μην έχει πραγματική υπόσταση και να οφείλεται στην συγκέντρωση του πληθυσμού στα ορεινά λόγω κάποιου γεγονότος ή κάποιας κατάστασης που θα επικρατούσε στην πεδινή περιοχή του νομού Τρικάλων εκείνη την χρονική περίοδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ο σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η εκτίμηση της στερεοπαροχής του Πετρουλιώτικου ποταμού σε ετήσια βάση. Για την μεθοδολογία της εκτίμησης της στερεοπαροχής σε ποτάμια προτιμήθηκαν εμπειρικές εξισώσεις που θα μας μπορούσαν να μας δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα με τα δεδομένα που διαθέτουμε. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιλογή αυτών των εξισώσεων, για να μας δώσουν και αληθή αποτελέσματα ήταν η ταύτιση των χαρακτηριστικών του υδρογραφικού δικτύου που μελετάμε με αυτά των υδρογραφικών δικτύων, για τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί οι εν λόγω εμπειρικές εξισώσεις.

Για τη διερεύνηση των κλιματολογικών στοιχείων της περιοχής που αποστραγγίζει ο Πετρουλιώτικος ποταμός, δημιουργήθηκε μια νέα βάση δεδομένων από το σύνολο των διαθέσιμων ποσοτικών δεδομένων. Αναλυτικά χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις από τον μετεωρολογικό και βροχομετρικό σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών που βρίσκονται στην περιοχή και απεικονίστηκαν σε πίνακες και διαγράμματα η μέση θερμοκρασία του αέρα, το ύψος βροχής και η ένταση της βροχόπτωσης, οι ημέρες ολικού παγετού καθώς και η ταχύτητα του ανέμου για την χρονολογική περίοδο 2008 έως 2014.

Για την διερεύνηση των γεωμορφολογικών στοιχείων της λεκάνης απορροής του Πετρουλιώτικου ποταμού επιχειρήθηκε η ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου. Για την ποσοτική ανάλυση δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει την αρίθμηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου, τη χάραξη των υδροκριτικών γραμμών της λεκάνης απορροής και τη μέτρηση των μορφομετρικών παραμέτρων. Πηγές των πληροφοριών ήταν οι τοπογραφικοί χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, κλίμακας 1 : 50 000, και συγκεκριμένα τα φύλλα Καστανέα 149 και Καλαμπάκα 132. Για την αρίθμηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου ακολουθήθηκε η μέθοδος του Strahler (1957).

Υπολογίστηκαν μορφομετρικές παράμετροι που αφορούν τους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου και της λεκάνης απορροής. Συγκεκριμένα μετρήθηκαν, το συνολικό μήκος των κλάδων, το εμβαδόν και η περίμετρος της λεκάνης απορροής καθώς και το συνολικό του μήκους των ισοϋψών καμπυλών της λεκάνης. Επιπρόσθετα υπολογίστηκαν βάσει των μορφομετρικών παραμέτρων οι παράμετροι της υδρογραφικής υφής (υδρογραφική πυκνότητα και υδρογραφική συχνότητα), η κλίση των κλιτύων της λεκάνης και το μέσο υψόμετρό της.

Για τον υπολογισμό και την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και συγκεκριμένα το λογισμικό ArcMAP έκδοση 10. Έγινε εισαγωγή των τοπογραφικών χαρτών της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, κλίμακας 1 : 50 000, και προβολή στο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς Greek Grid (ΕΓΣΑ '87). Κατόπιν σχεδιάστηκαν, ψηφιοποιήθηκαν και οργανώθηκαν τα γεωγραφικά δεδομένα σε θεματικά επίπεδα (layers) διανυσματικής μορφής (vector). Αυτά είναι, οι ισοϋψείς καμπύλες ανά 20 m, ο υδροκρίτης (που ορίζει και την λεκάνη απορροής), το υδρογραφικό δίκτυο και οι γεωλογικοί σχηματισμοί. Για την απεικόνιση της λιθολογίας της λεκάνης απορροής εισήχθηκαν και επεξεργάστηκαν οι γεωλογικοί χάρτες του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, κλίμακας 1 : 50 000. Αρχικά έγινε γεωαναφορά των χαρτών επιλέγοντας έξι σημεία γνωστών συντεταγμένων από τον τοπογραφικό χάρτη ώστε να γίνει η αγκίστρωσή του και να περιοριστεί σημαντικά η τιμή της εκτίμησης του μέσου τετραγωνικού σφάλματος. Στη συνέχεια με την διαδικασία της ψηφιοποίησης δημιουργήθηκαν τα λιθολογικά δεδομένα.

Με την βοήθεια του λογισμικού υπολογίστηκαν ορισμένα ποσοτικά χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου όπως το συνολικό εμβαδόν και η περίμετρος της λεκάνης απορροής, το συνολικό μήκος του υδρογραφικού δικτύου, το μέσο υψόμετρο της λεκάνης και τα μήκη των ισοϋψών καμπυλών. Μέσω αυτών των υπολογισμών εκτιμήθηκαν μορφομετρικές παράμετροι όπως η υδρογραφική πυκνότητα και συχνότητα, η κλίση των κλιτύων και το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής .

Τέλος με τη χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών δημιουργήθηκε τοπογραφικός χάρτης της περιοχής μελέτης, χάρτης του υδρογραφικού δικτύου και γεωλογικός χάρτης της λεκάνης απορροής.

Με την ανάλυση και την επεξεργασία όλων των παραπάνω πληροφοριών κατέστη δυνατή η εφαρμογή των εμπειρικών εξισώσεων για την εκτίμηση της στερεοπαροχής του Περτουλιώτικου ποταμού. Χρησιμοποιήθηκαν τρεις εξισώσεις. Η πρώτη εξίσωση (1) είναι των Poulos et al. (1997), η δεύτερη εξίσωση (2) χρησιμοποιήθηκε από τους Milliman and Syvitski (1992) και η τρίτη εξίσωση (3) προτάθηκε από τους Koutsogiannis and Tarlas (1986) και χρησιμοποιήθηκε από τους Gourdoympas et al. (2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

5.1: ΓΕΝΙΚΑ

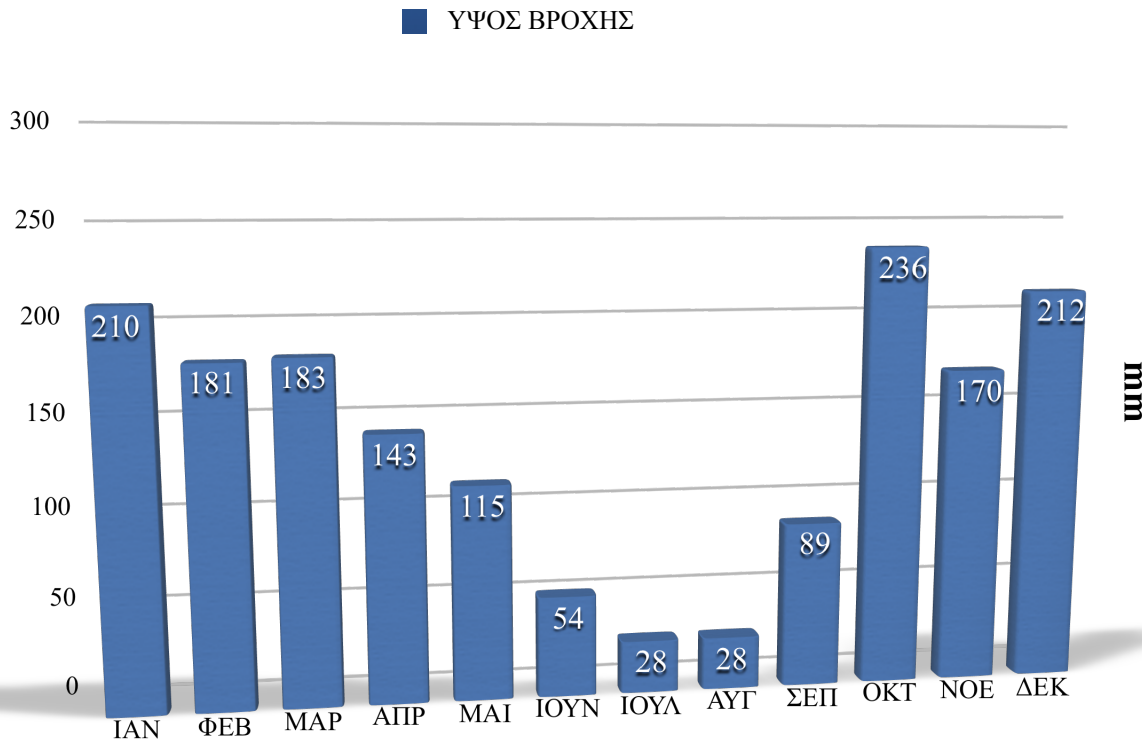
Σημαντικά στοιχεία που επηρεάζουν την στερεοπαροχή ενός ποταμού είναι και τα κλιματολογικά στοιχεία που επικρατούν στην περιοχή. Για τη συλλογή και διερεύνηση των κλιματικών συνθηκών της περιοχής μελέτης έγινε συλλογή και επεξεργασία των αντίστοιχων κλιματικών στοιχείων από τους μετεωρολογικούς σταθμούς που υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή. Στις εγκαταστάσεις του Δασαρχείου Περτουλίου λειτουργούσε από το 1960 Μετεωρολογικός σταθμός, ενώ το 2010 ο σταθμός μεταφέρθηκε σε κοντινή θέση στο ίδιο υψόμετρο (1 170 m) σε χώρο του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης υπό την αιγίδα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, δίνοντας σημαντικά στοιχεία για τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την ένταση της διάβρωσης των γεωλογικών σχηματισμών στην λεκάνη απορροής. Στην περιοχή λειτουργεί επίσης και ο βροχομετρικός σταθμός του Περτουλίου (1 260 m) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, παρέχοντας δεδομένα από τον Νοέμβριο του 2008. Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως μεταβατικό και διαφοροποιείται σύμφωνα με το υψόμετρο. Χαρακτηριστικό γνώρισμα της περιοχής είναι τα ποικίλα μικροκλίματα που απαντούν στον ευρύτερο ορεινό όγκο, βάση του προσανατολισμού του ποσοστού υγρασίας, της θερμοκρασίας και του υψομέτρου. Στα χαμηλότερα υψόμετρα, έως 1 000 m, το κλίμα χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό ενώ σε μεγαλύτερα υψόμετρα το κλίμα είναι διαφορετικό με χαμηλότερες θερμοκρασίες και χιόνια που παραμένουν μέχρι αργά την άνοιξη. Η κατανομή των βροχοπτώσεων μειώνεται από τα Δυτικά (ορεινός όγκος Νότιας Πίνδου) προς τα Ανατολικά (κορυφές Κόζιακα) και αυξάνεται από τα πεδινά προς τα ορεινά. Κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών εκδηλώνονται βροχοπτώσεις μεγάλης έντασης αλλά βραχείας διάρκειας, με αποτέλεσμα το σύνολο του βρόχινου νερού να απορρέει επιφανειακά. Οι διαφορές της θερμοκρασίας μεταξύ χειμώνα και άνοιξης, όπως επίσης και μεταξύ καλοκαιριού και φθινοπώρου είναι σημαντικές. Ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος, με μέση ελάχιστη θερμοκρασία -3,6 βαθμούς Κελσίου, ενώ θερμότερος μήνας είναι ο Αύγουστος, με μέση μέγιστη θερμοκρασία 24,1 βαθμούς Κελσίου. Σύμφωνα με τις μετρήσεις κατά καιρούς έχουν παρατηρηθεί και ακραίες θερμοκρασίες, με ελάχιστη -20 βαθμούς και μέγιστη 35 βαθμούς Κελσίου. Οι συχνότεροι άνεμοι είναι ΒΑ και ΝΔ.

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑ ΣΙΑ ΑΕΡΑ (°C)	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣ Η (mm)	ΗΜΕΡΕΣ ΟΛΙΚΟΥ ΠΑΓΕΤΟΥ	ΕΝΤΑΣΗ ΒΡΟΧΗΣ (mm/ημέρα)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ (km/ώρα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0.6	210	4	11.9	3.5
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0.9	181	4	8.9	3.6
ΜΑΡΤΙΟΣ	3.4	183	1	11.5	4.3
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	7.5	143	0	8.4	4.2
ΜΑΪΟΣ	12.1	115	0	7.2	3.5
ΙΟΥΝΙΟΣ	15.9	54	0	4.3	2.7
ΙΟΥΛΙΟΣ	19.1	28	0	4.5	2.5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	18.7	28	0	4.7	2.1
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	14.4	89	0	6.3	2.1
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	9.3	236	0	11.1	2.4
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	6.0	170	0	8.7	3.2
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2.1	212	2	13.2	3.3

Πίνακας 1. Οι μέσες μηνιαίες τιμές των κλιματολογικών χαρακτηριστικών για τα έτη 2008 έως 2014 του μετεωρολογικού σταθμού του Περτουλίου.

Ο παραπάνω πίνακας περιγράφει ποσοτικά τα κλιματολογικά δεδομένα που κατέγραψε ο μετεωρολογικός σταθμός του Περτουλίου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών για τα χρονολογικά έτη 2008 έως και 2014. Δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων από τα κλιματολογικά στοιχεία και συγκεκριμένα της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, του μέσου ύψους βροχής και το μέσο όρο ημερών ολικού παγετού για κάθε μήνα και εξετάστηκε και η ένταση της βροχής από τον λόγο του αθροίσματος της μέσης τιμής της βροχόπτωσης προς τις ημέρες που έβρεχε για τον εκάστοτε μήνα.

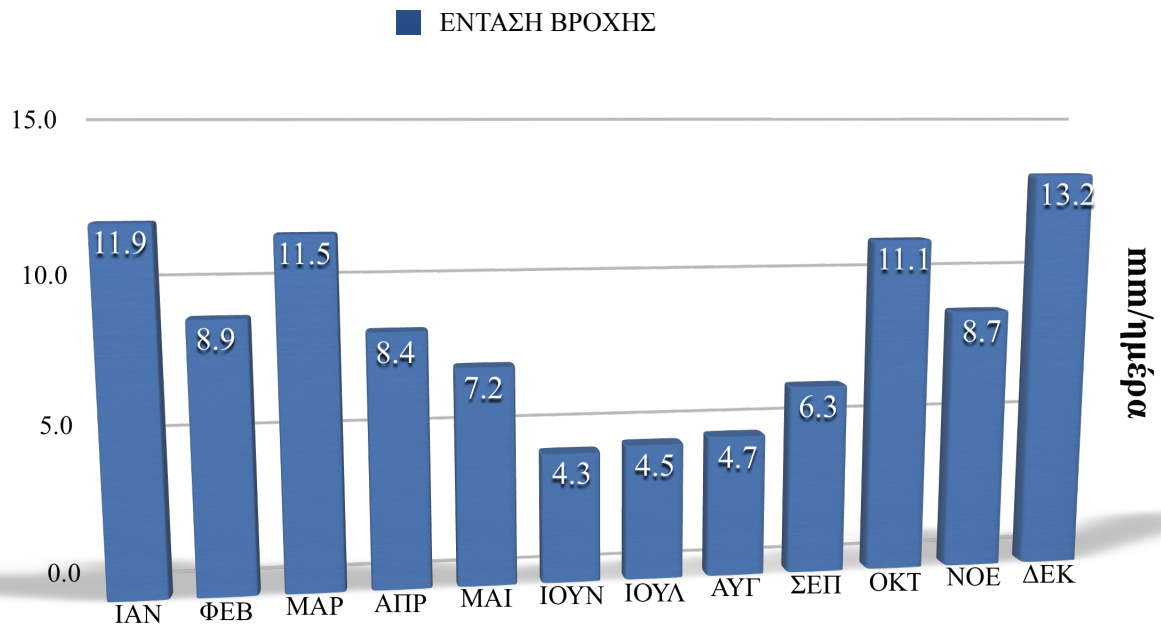
5.2: ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ



Διάγραμμα 2. Μέση ετήσια διακύμανση του ύψους βροχής του μετεωρολογικού σταθμού του Πεττουλίου.

Στο διάγραμμα 2 αποτυπώνεται η μέση ετήσια πορεία του ύψους βροχής για την περιοχή μελέτης. Το ετήσιο ύψος βροχής ανέρχεται σε 1 649 mm και ο Οκτώβριος είναι αυτός με τη μεγαλύτερη τιμή, 236 mm. Κατά τους θερινούς μήνες παρατηρείται πολύ μικρό ύψος βροχής με τον Ιούλιο και τον Αύγουστο να έχουν μόλις 22 mm, το οποίο οφείλεται στο ότι οι βροχοπτώσεις είναι πολύ μικρής διάρκειας και μικρής συχνότητας. Παρατηρείται ακόμη ότι μετά τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο το ύψος βροχής έχει απότομη αύξηση, σε σχέση με τη σταδιακή μείωση κατά τους εαρινούς μήνες. Η μεγάλη ποσότητα των κατακρημνισμάτων που πέφτουν μετά τους ξερούς θερινούς μήνες προσθέτουν σημαντικές ποσότητες προϊόντων αποσάθρωσης σε μικρό χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα την αύξηση της στερεοπαροχής στο υδατόρευμα.

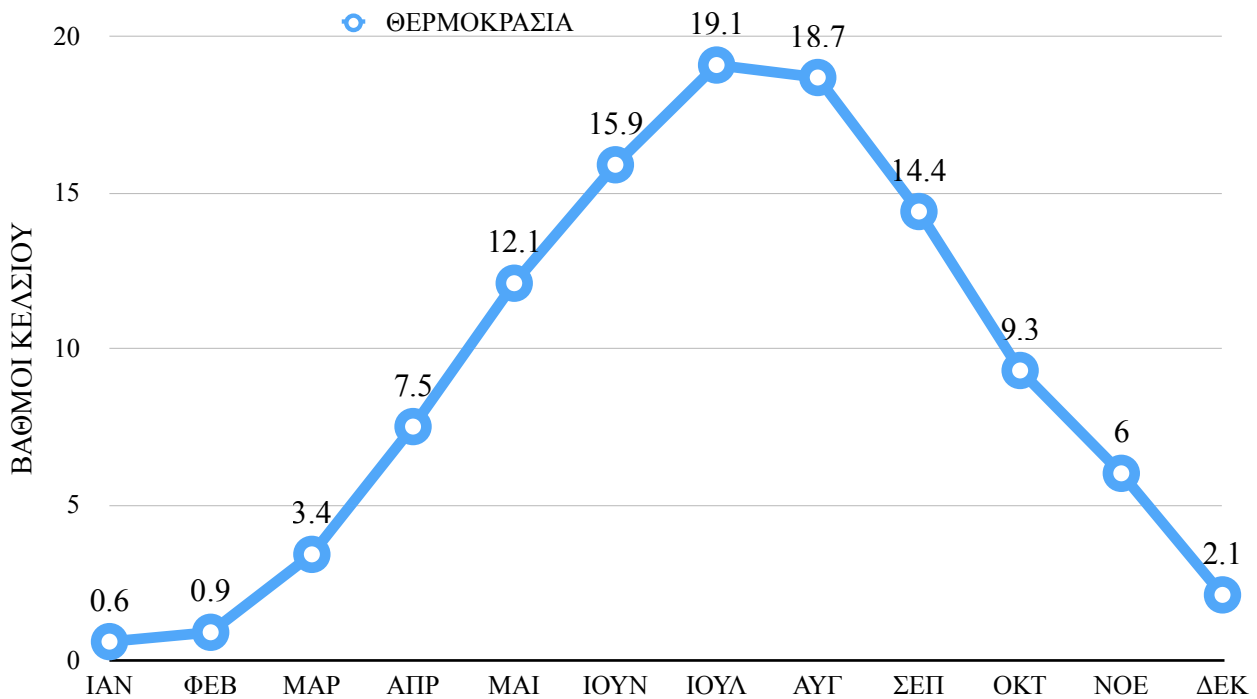
5.3 ΕΝΤΑΣΗ ΒΡΟΧΗΣ/ΡΑΓΔΑΙΟΤΗΤΑ



Διάγραμμα 3. Μέσες μηνιαίες τιμές έντασης βροχής.

Το διάγραμμα 3 αφορά τις μέσες μηνιαίες τιμές έντασης της βροχής. Σαν ένταση της βροχής περιγράφεται ο λόγος του μέσου ύψους βροχόπτωσης προς τις ημέρες βροχής του κάθε μήνα. Τον μήνα Δεκέμβριο παρατηρείται η μέγιστη τιμή, η οποία είναι αρκετά κοντά στις τιμές του Ιανουαρίου, Μαρτίου και Οκτωβρίου, σε αντίθεση με τους μήνες Φεβρουάριο, Απρίλιο και Νοέμβριο που παρατηρείται απότομη μείωση στην τιμή σε σχέση με αυτές.

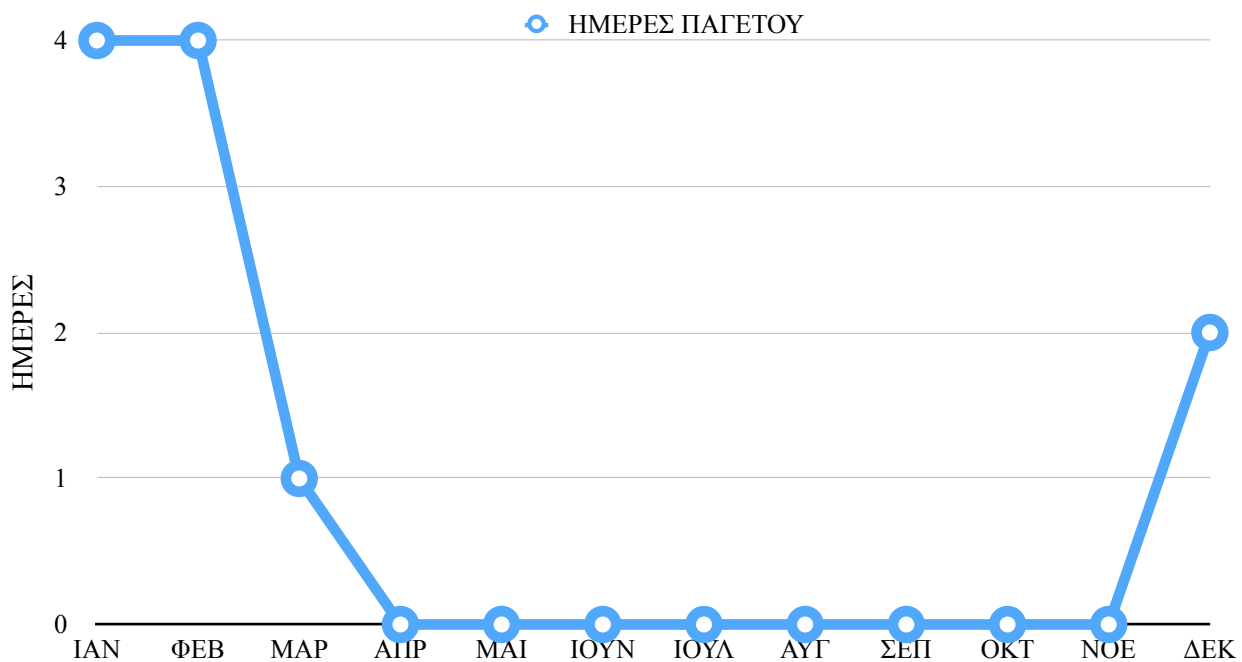
5.4 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ



Διάγραμμα 4. Μέση ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα.

Το διάγραμμα 4 αφορά την διακύμανση των τιμών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του αέρα που κατέγραψε ο μετεωρολογικός σταθμός του Περτουλίου. Παρατηρείται μια ομοιόμορφη αύξομείωση των τιμών με την μέγιστη θερμοκρασία τον μήνα Ιούλιο με 19.1 °C και την ελάχιστη θερμοκρασία τον μήνα Ιανουάριο και Φεβρουάριο με 0.6 και 0.9 °C αντίστοιχα. Οι πολύ χαμηλές μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα για τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο οφείλονται από τα χιόνια που καλύπτουν την περιοχή και πέφτουν κυρίως το Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο. Λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών που εγγίζουν τους 0 °C, τους μήνες αυτούς παρατηρούνται και οι περισσότερες ημέρες ολικού παγετού στην περιοχή μελέτης.

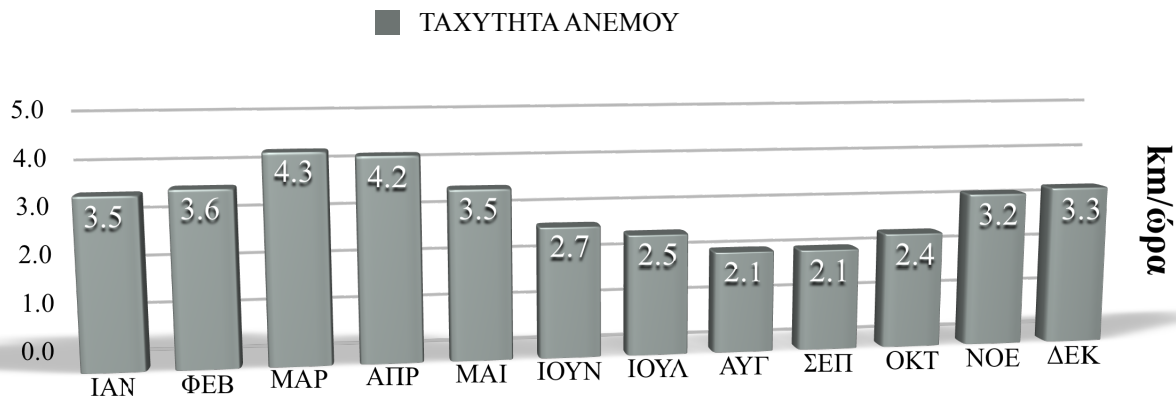
5.5 ΗΜΕΡΕΣ ΟΛΙΚΟΥ ΠΑΓΕΤΟΥ



Διάγραμμα 5. Μέσος όρος ημερών ολικού παγετού ανά μήνα.

Στο διάγραμμα 5 αποτυπώνονται οι ημέρες κατά τις οποίες παρουσιάζεται ολικός παγετός κατά μέσο όρο για κάθε μήνα. Ο παγετός, το χιόνι και ο πάγος αποτελούν τα κυριότερα εργαλεία της μηχανικής διάβρωσης. Ειδικά σε ποτάμια που βρίσκονται σε μεγάλα υψόμετρα τα προϊόντα της μηχανικής αποσάθρωσης ορίζουν σε μεγάλο βαθμό την στερεοπαροχή σε αυτά. Ημέρες ολικού παγετού στην περιοχή μελέτης παρατηρούνται στην μέγιστη τιμή τους τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο με 4 ημέρες που απαντώνται και οι μικρότερες θερμοκρασίες αέρα.

5.6 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ



Διάγραμμα 6. Μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου στον μετεωρολογικό σταθμό του Περτουλίου. Ύψος ανεμόμετρου: 5 m.

Στο διάγραμμα 6 φαίνεται η διαφορά των μέσων τιμών της ταχύτητας του ανέμου του μετεωρολογικού σταθμού του Περτουλίου κάθε μήνα. Ο άνεμος είναι ένα κλιματολογικό στοιχείο που επηρεάζει με την διαδικασία της αιολικής διάβρωσης την μετακίνηση επιφανειακών στρωμάτων του εδάφους. Παρατηρείται αύξηση της τιμής της ταχύτητας του ανέμου τους χειμερινούς μήνες, ενώ τους θερινούς μήνες έχουμε μείωση. Οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται τον Μάρτιο και τον Απρίλιο με 4.3 και 4.2 km/ώρα αντίστοιχα σε αντίθεση με τον Αύγουστο και το Σεπτεμβρίου που έχουν την μικρότερη τιμή με 2.1 km/ώρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΟΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



Χάρτης 6. Γεωτεκτονικές ενότητες Ελλάδας. (G: ζώνη Γαβρόβου, P: ζώνη Πίνδου, SP: ζώνη της Υποπελαγονικής ή Ανατολικής Ελλάδας). Το βελάκι δείχνει την περιοχή μελέτης. ΠΗΓΗ: <http://www.geo.auth.gr>

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην κεντρική και νότια Πίνδο (Χάρτης 6). Χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη των γεωτεκτονικών ζωνών κυρίως της Ωλονού - Πίνδου και σε μικρότερο βαθμό αυτής της Υποπελαγονικής ή Ανατολικής Ελλάδας. Από τεκτονική άποψη η ζώνη Ωλονού - Πίνδου εμφανίζεται ως τεκτονικό κάλυμμα επωθημένο πάνω στην Ιόνια ζώνη. Τα τεκτονικά λείπια επωθούνται το ένα στο άλλο με κατεύθυνση από ανατολικά προς δυτικά με άξονες διεύθυνσης B-N ως BBD-NNA. Χαρακτηριστικές τεκτονικές δομές είναι οι ορεινοί όγκοι των Τζουμέρκων και το Περιστέρι (πηγές Αχελώου).

Η στρωματογραφική διάρθρωση της ζώνης Ωλονού - Πίνδου είναι:

1. Κλαστικοί τριαδικοί σχηματισμοί.
2. Εναλλαγές ανθρακικών - πυριτικών σχηματισμών (Αν. Τριαδικό - Σενώνιο)
3. Μεταβατικά στρώματα Μαιστριχτίου - Παλαιοκαίνου
4. Φλύσχης Αν. Ηωκαίνου

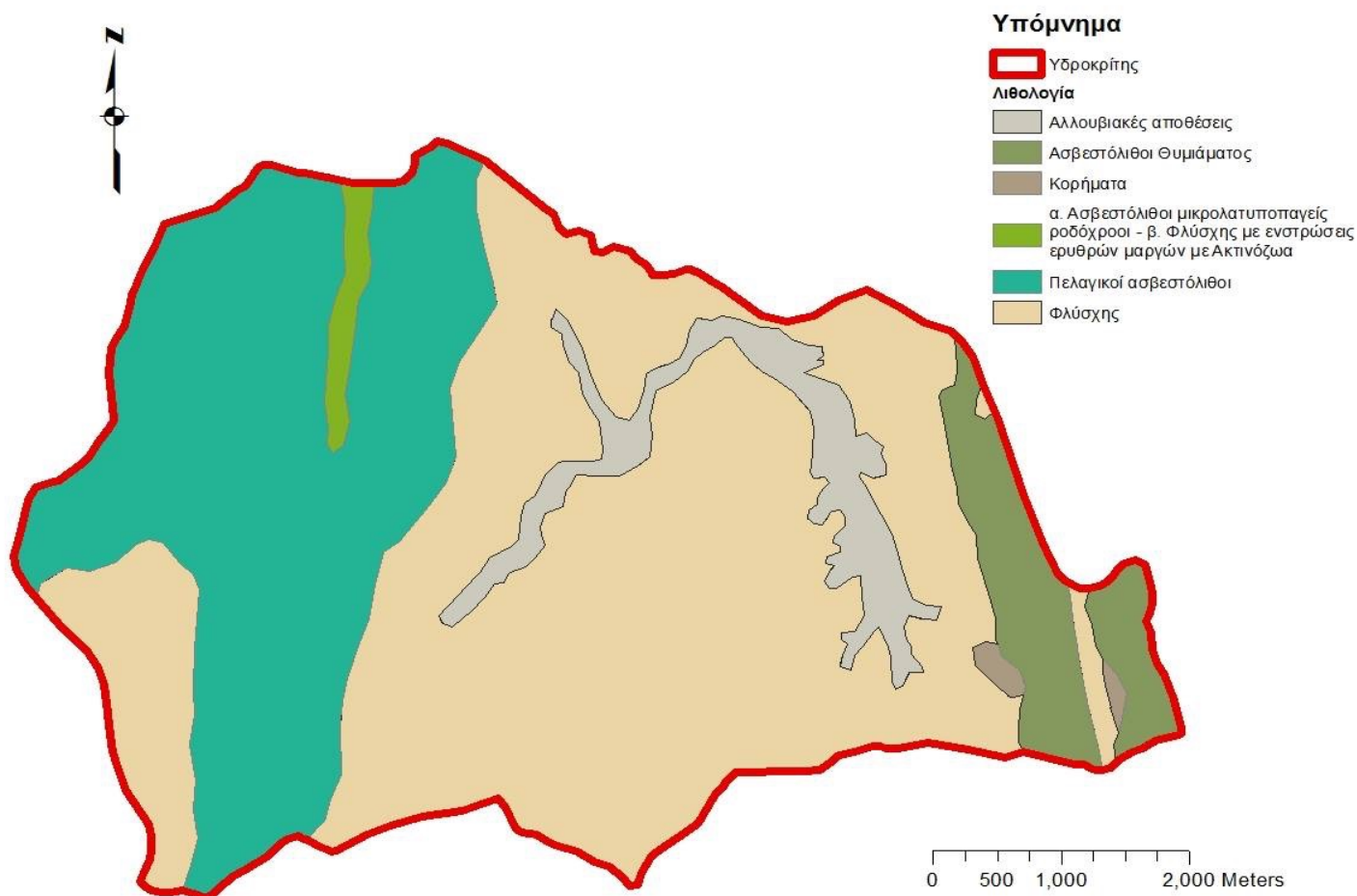
Η ενότητα της Πίνδου είναι το τυπικότερο κάλυμμα στον Ελλαδικό χώρο (Δ. Παπανικολάου, 1986). Πρόκειται για μία ενότητα με πελαγική ιζηματογένεση από το Τριαδικό μέχρι το Ανώτερο Κρητιδικό (J. J. Fleury, 1977). Η μετάβαση από τη βιοχημική ιζηματογένεση γίνεται με μεταβατικά στρώματα στα οποία σταδιακά περιορίζονται οι ασβεστόλιθοι και υπερισχύει το κλαστικό υλικό μέχρι πλήρους επικράτησης του φλύσχη. Η στρωματογραφική της διάρθρωση δεν είναι παντού ίδια αλλά διαφέρει από θέση σε θέση. (Καρύμπαλης, 1996).

Στην περιοχή συναντάμε τις εξής λιθοστρωματογραφικές ενότητες της ζώνης Πίνδου:

- 2ος Φλύσχης: Εναλλαγές ασβεστιτικών ψαμμιτών με ψαμμιτομαργαϊκούς πηλίτες και κροκαλοπαγή
- Πελαγικοί Ασβεστόλιθοι: Πρόκειται για ασβεστόλιθους με πυριτικές ενστρώσεις πάχους 10 cm καθώς και μεγαλύτερου πάχους ενστρώσεις μικρολατυποπαγών ασβεστολίθων.
- 1ος Φλύσχης: Αποτελείται από ρυθμικές εναλλαγές πελιτών, ψαμμιτών, μαργών, μικρολατυποπαγών, ραδιολαριτών, καθώς και πελαγικών λατυποπαγών ασβεστολίθων.
- Κερατόλιθοι: Ποικιλοχρωμοί ερυθροί, πράσινοι κερατόλιθοι, με ενστρώσεις πελαγικών ασβεστολίθων.

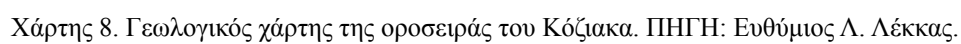
Η Υποπελαγονική ζώνη παρουσιάζει τις εξής στρωματογραφικές ενότητες:

- Φλύσχης: Αποτελείται κυρίως από αργιλικούς σχιστόλιθους, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή πετρώματα και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους.
- Ασβεστόλιθοι Θεόπετρας: Τα ιζήματα αυτά πάχους περίπου 20 m, είναι κυρίως ερυθρόχρωμα με φλεβίδια ασβεστίτη και βρίσκονται τοποθετημένα πάνω στην οφειολιθική σειρά.
- Οφειολιθική Σειρά: Είναι βασικά πετρώματα, που παρουσιάζουν υψηλό βαθμό εξαλλοίωσης, καστανού χρώματος με μεγάλους υπόλευκους ή ερυθρόχρωμους αστρίους.



Χάρτης 7. Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης απορροής.

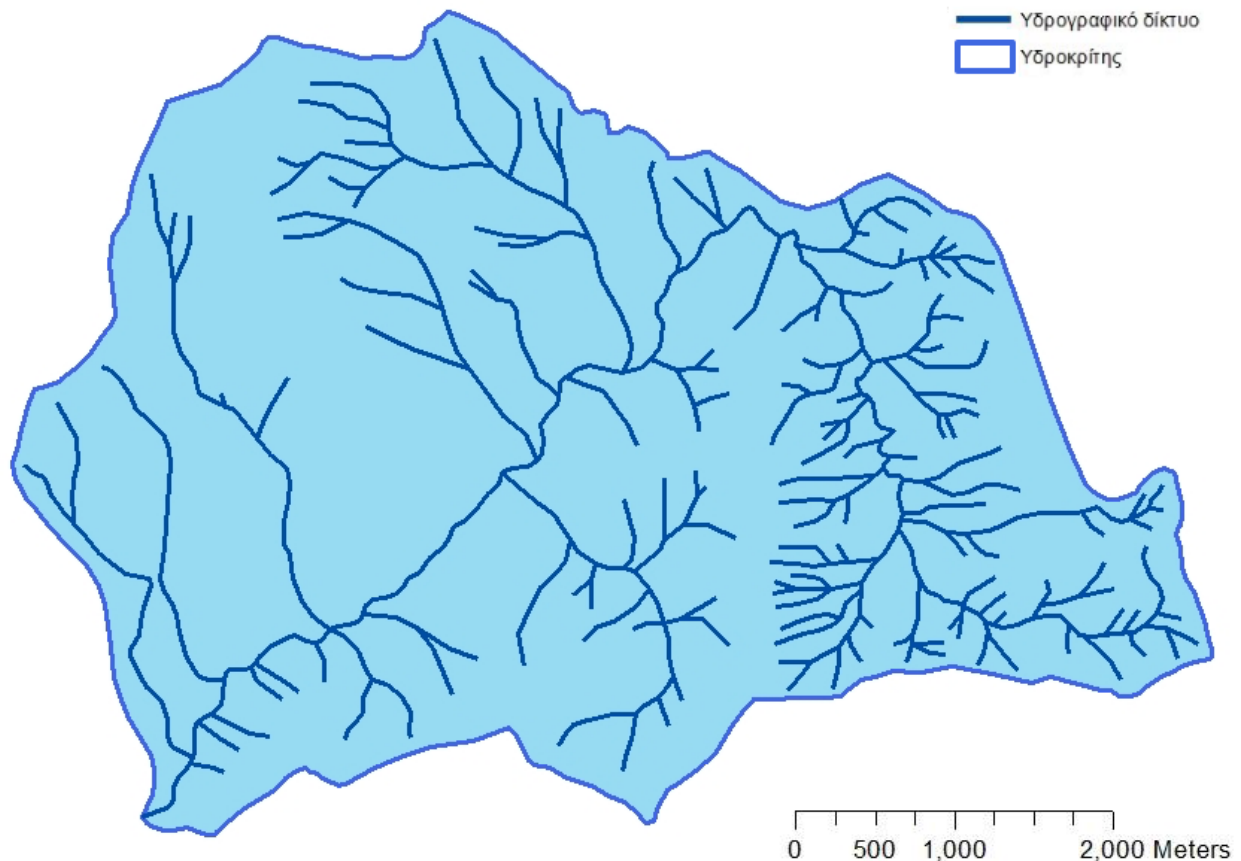
Για τη μελέτη της γεωλογίας της λεκάνης απορροής χρησιμοποιήθηκαν οι γεωλογικοί χάρτες κλίμακας 1 : 50 000 του ΙΓΜΕ. Η γεωλογία της λεκάνης απορροής του Περτουλιώτικου ποταμού συνίσταται κυρίως από φλύσχη και ασβεστολιθικούς σχηματισμούς (Χάρτης 7). Στην κυρίως ροή του ποταμού στα χαμηλότερα υψόμετρα της λεκάνης κυριαρχεί ο φλύσχης και σχηματισμοί αλλουβιακών αποθέσεων. Στα μεγαλύτερα υψόμετρα οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί καταλαμβάνουν τον χώρο. Στο δυτικό τμήμα της λεκάνης παρατηρούνται Πελαγικοί ασβεστόλιθοι, ενώ σε μικρή έκταση υπάρχουν ασβεστόλιθοι μικρολατυτοπαγείς ροδόχροιοι και φλύσχης με ενστρώσεις ερυθρών μαργών με ακτινόζωα. Το ανατολικό τμήμα, που είναι και οι πηγές του ποταμού, καταλαμβάνεται από ασβεστόλιθους Θυμιάματος και κορήματα.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΤΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

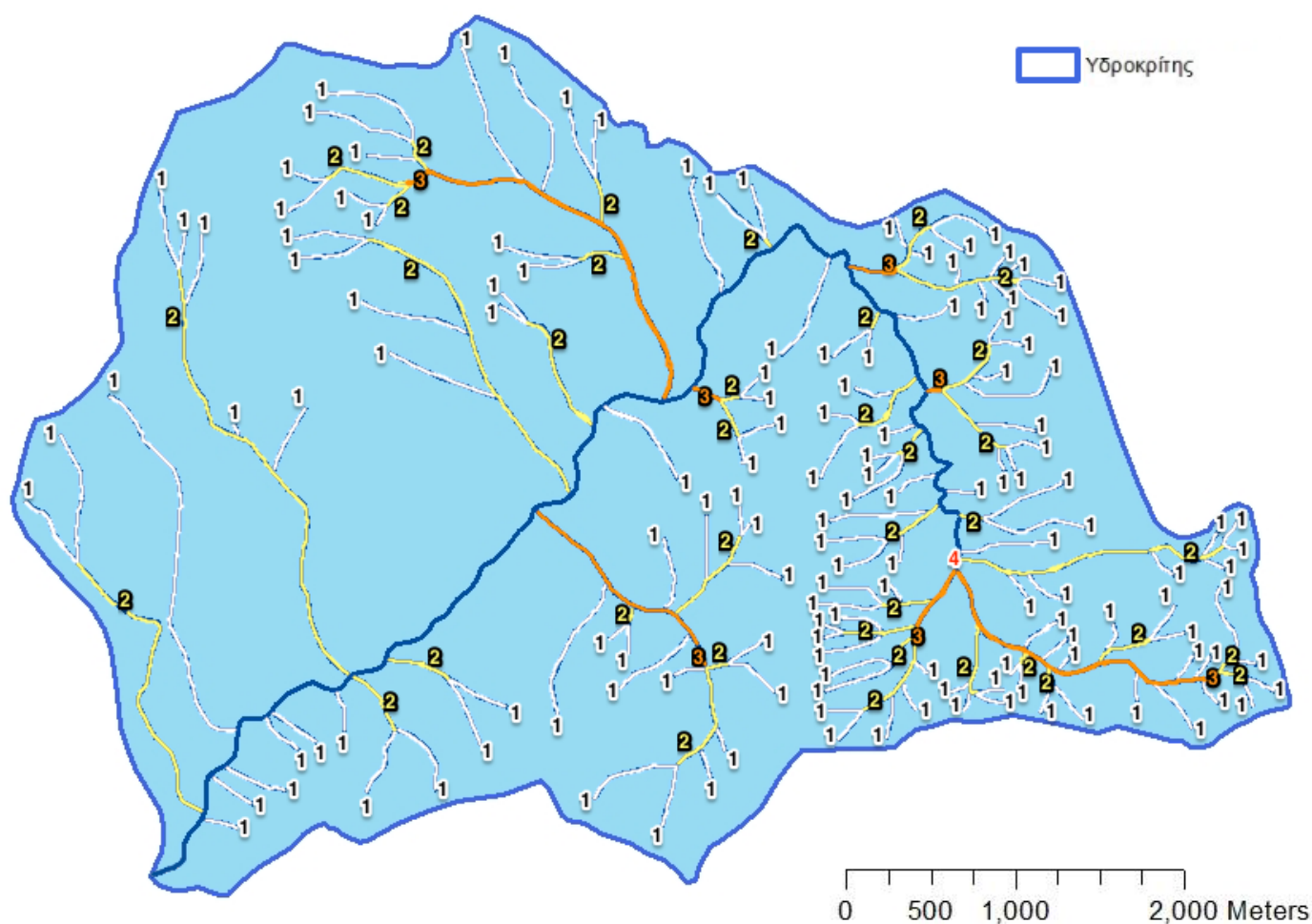
7.1: ΓΕΝΙΚΑ



Χάρτης 9. Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης.

Ο χάρτης 9 απεικονίζει το υδρογραφικό δίκτυο του Περτουλιώτικου ποταμού. Για την ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου, έχει γίνει ψηφιοποίηση και επεξεργασία των τοπογραφικών χαρτών κλίμακας 1 : 50 000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και συγκεκριμένα των φύλλων Καστανέα 149 και Καλαμπάκα 132. Με την απεικόνιση του υδρογραφικού δικτύου και το υδροκρίτη που ορίζει την λεκάνη απορροής βγαίνουν σημαντικά συμπεράσματα για τα χαρακτηριστικά του ποταμού. Οι έντονες υψομετρικές διαφορές ειδικά στο δυτικό μέρος της λεκάνης είναι και η αιτία για την δημιουργία πολλών μικρών ρεμάτων που φαίνονται στον χάρτη 9. Σημαντικό ρόλο σε αυτό έχει και η παρουσία των σχηματισμών του

φλύσχη που καλύπτει το τμήμα αυτό της λεκάνης. Ο φλύσχος όντας ευδιάβρωτος και αδιαπέρατος ευνοεί την ανάπτυξη νέων μικρού μήκους κλάδων και γενικά ευνοεί τη μεγάλη υδρογραφική πυκνότητα. Με την διάταξη των ρεμάτων στην λεκάνη απορροής, τα οποία ακολουθούν μια διακλάδωση σε μορφή δέντρου, το υδρογραφικό δίκτυο χαρακτηρίζεται ως δενδριτικού τύπου. Είναι χαρακτηριστικό ότι το υδρογραφικό δίκτυο στο βόρειο τμήμα του εμφανίζει μια πειρατεία. Το ανώτερο τμήμα του δικτύου έχει γενική διεύθυνση ροής από νοτιοανατολικά προς βορειοδυτικά και στη συνέχεια κάμπτεται σχεδόν κατά 90 μοίρες ακολουθώντας διεύθυνση ροής από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά. Η απότομη αυτή αλλαγή στη διεύθυνση ροής είναι ένδειξη πειρατείας. Το ανώτερο τμήμα δηλαδή αποτελούσε τμήμα ενός δικτύου που έρρεε προς βορράν και στη συνέχεια πιθανά λόγω οπισθοδρομούσας διάβρωσης προσαρτίστηκε το τμήμα αυτό στο δίκτυο του σημερινού ποταμού.



Χάρτης 10. Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου (Μεθοδος Strahler). Τα νούμερα 1, 2, 3, και 4 αντιστοιχούν στις αντίστοιχες τάξεις του κάθε κλάδου.

	ΤΑΞΗ ΚΛΑΔΟΥ	1^η	2^η	3^η	4^η
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ		144	38	7	1

Πίνακας 2. Αριθμός κλάδων ανά τάξη στο Περτουλιώτικο ποταμό.

Η αρίθμηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου έγινε με τη μέθοδο του A. Strahler (1957). Σύμφωνα με αυτή οι κλάδοι που δεν δέχονται ποσότητες νερού από μικρότερα ρεύματα ονομάζονται 1^{ης} τάξης. Όταν δυο κλάδοι 1^{ης} τάξης ενωθούν προκύπτει ένας κλάδος 2^{ης} τάξης. Με τον ίδιο τρόπο όταν δύο κλάδοι 2^{ης} τάξης ενωθούν προκύπτει ένας κλάδος 3^{ης} τάξης κοκ. Στην περίπτωση που συμβάλλουν δύο κλάδοι διαφορετικής τάξης, ο κλάδος που προκύπτει διατηρεί τον αριθμό της μεγαλύτερης τάξης. Στην συγκεκριμένη λεκάνη μετρήθηκαν συνολικά 190 κλάδοι από τους οποίους στην 1^η τάξη ανήκουν 144, στην 2^η 38, στην 3^η 7 και η κεντρική κοίτη του Περτουλιώκου ποταμού ανήκει στην 4^η τάξη.

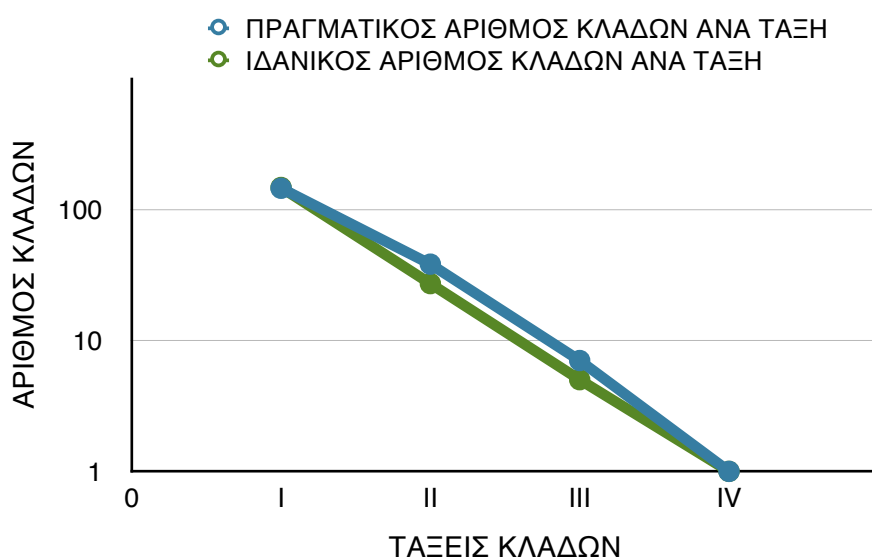
7.2 ΠΡΩΤΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ HORTON

Ο πρώτος νόμος, που διατύπωσε ο Horton, αναφέρεται στη σχέση του αριθμού των κλάδων κάθε τάξεως ενός υδρογραφικού δικτύου. Συγκεκριμένα παρατήρησε ότι οι κλάδοι της 1^{ης} τάξης ήταν οι περισσότεροι και ο αριθμός των μεγαλύτερης τάξης κλάδων μειώνονταν γεωμετρικά, μέχρι του ενός κλάδου της μέγιστης τάξης. Ο 1^{ος} Νόμος του Horton αναφέρει ότι, ο αριθμός των διαδοχικά μικρότερης τάξης κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου τείνει να σχηματίσει μια αύξουσα γεωμετρική ακολουθία, της οποίας πρώτος όρος είναι η μονάδα και λόγος ο λόγος διακλάδωσης (Rb). Έτσι ο συντελεστής διακλάδωσης (Rb) εκφράζει το λόγο μεταξύ του αριθμού των κλάδων μιας τάξης προς τον αριθμό των κλάδων της επόμενης τάξης και δείχνει τον κατά μέσον όρο τι πλήθος των ρευμάτων μιας τάξης συμβάλλει στη δημιουργία ρευμάτων της αμέσως επόμενης μεγαλύτερης τάξης.

ΤΑΞΗ ΚΛΑΔΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗΣ (Rb)	ΜΕΣΟΣ ΛΟΓΟΣ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗΣ	ΙΔΑΝΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ ΚΑΤΑ ΤΑΞΗ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΙΔΑΝΙΚΗ ΤΙΜΗ %
1 ^η	144			146	-1,39%
2 ^η	38	3.79	5.41	27	40,74
3 ^η	7	5.43		5	40,00
4 ^η	1	7		1	1

Πίνακας 3. Εφαρμογή του Πρώτου Νόμου του Horton. Σχέσεις πραγματικών και ιδανικών αριθμών κλάδων.

Ο συντελεστής διακλάδωσης (Rb), κυμαίνεται από 3.79 έως 7, με μέση τιμή 5.41. Τα υδρογραφικά δίκτυα τα οποία αναπτύσσονται φυσικά, οι τιμές του συντελεστή διακλάδωσης (Rb) κυμαίνονται μεταξύ 3 και 5. Από τη σύγκριση μεταξύ του πραγματικού και ιδανικού αριθμού κλάδων κατά τάξη του υδρογραφικού δικτύου (Πίνακας 3) προκύπτει ότι το υδρογραφικό δίκτυο, βρίσκεται ως προς την εξέλιξη του σε πρώιμο στάδιο ωριμότητας. Οι θετικές τιμές των αποκλίσεων μεταξύ πραγματικών και ιδανικών αριθμών κλάδων (Διάγραμμα 7), εκτός από αυτής της πρώτης τάξης, είναι ενδεικτικές του πρώιμου σταδίου ωριμότητας της λεκάνης απορροής και του τεκτονισμού. Επίσης μπορεί να οφείλονται στο γεγονός ότι αρκετοί από αυτούς αναπτύσσονται σε σχηματισμούς που είναι αδιαπέρατοι αποκτώντας μεγάλα μήκη. Τέλος η μεγάλη τιμή του λόγου διακλάδωσης μεταξύ των κλάδων 3^{ης} και 4^{ης} τάξης, σε σχέση με την ιδανική τιμή, δείχνει ότι στην κύρια κοίτη του ποταμού (κλάδος 4^{ης} τάξης) συμβάλλουν περισσότεροι κλάδοι από αυτούς που σε ιδανική κατάσταση η κοίτη θα μπορούσε να παροχετεύσει, η οποία είναι και υπεύθυνη για την στερεοπαροχή.



Διάγραμμα 7. Αποκλίσεις πραγματικών και ιδανικών τιμών των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου.

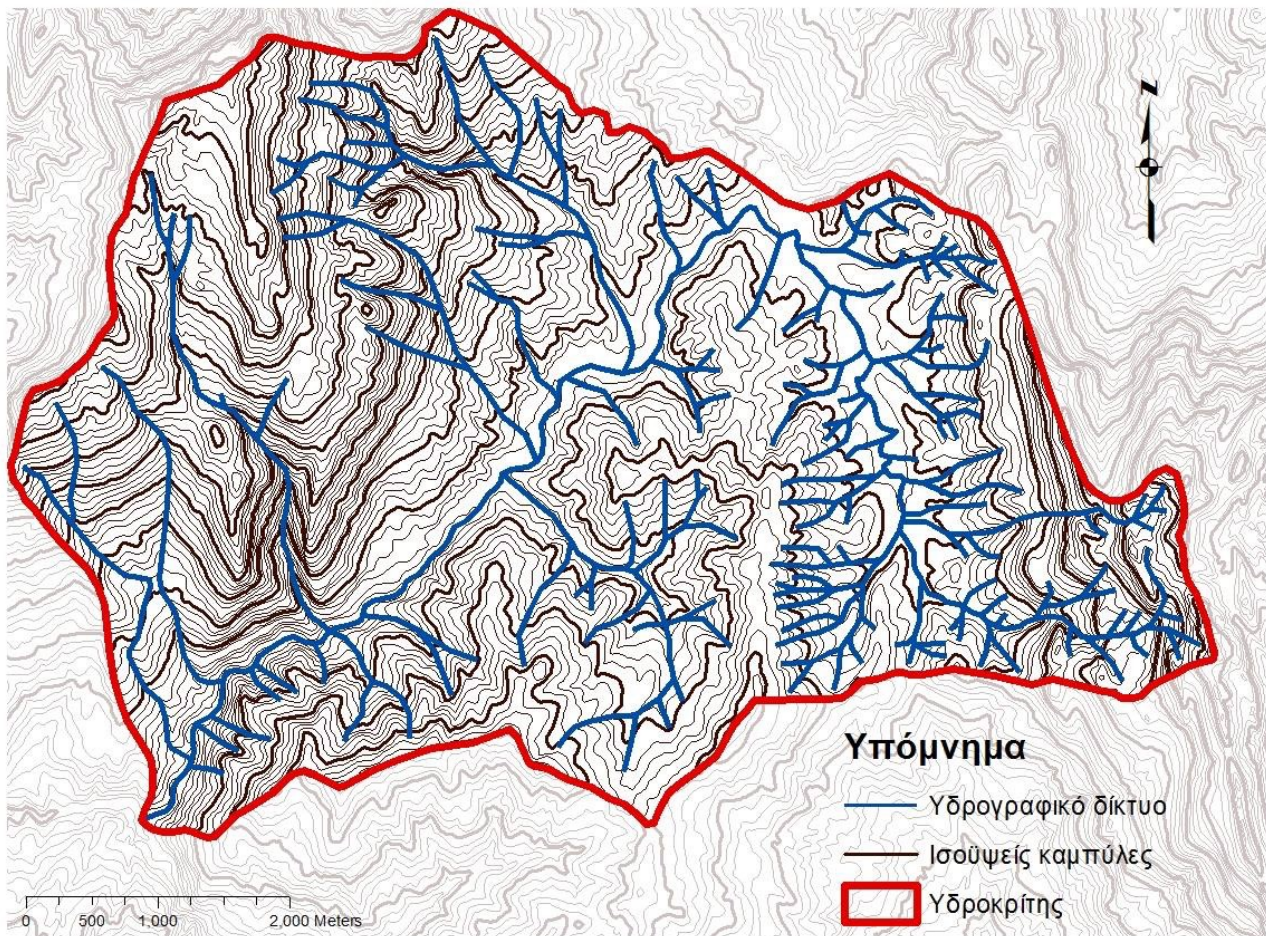
7.3 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΥΦΗ

Η υδρογραφική πυκνότητα μαζί με την υδρογραφική συχνότητα συνθέτουν την υδρογραφική υφή μιας λεκάνης απορροής. Υψηλές τιμές πυκνότητας και συχνότητας είναι ένδειξη λεπτής υδρογραφικής υφής, ενώ χαμηλές τιμές υδρογραφικής πυκνότητας και συχνότητας χαρακτηρίζουν τραχεία υδρογραφική υφή. Οι παράμετροι της υδρογραφικής υφής εξαρτώνται από το κλίμα της περιοχής, τις φυσικές ιδιότητες του πετρώματος και του εδαφικού καλύμματος, τη βλάστηση και το ανάγλυφο.

Υδρογραφική πυκνότητα (ή πυκνότητα αποστραγγίσεως), ονομάζεται ο λόγος του συνολικού μήκους των κλάδων των κοιτών όλων των τάξεων σε μία λεκάνη απορροής, προς το εμβαδόν της λεκάνης αυτής. Εκφράζει έτσι τον αριθμό των km μέσα σε μια κοίτη ρεύματος, η οποία διατηρείται από επιφάνεια αποστραγγίσεως 1 km² (Horton 1945). Η υδρογραφική πυκνότητα χαρακτηρίζεται ανάλογα με την τιμή της σε υψηλή, μέση ή χαμηλή. Συγκεκριμένα για την περιοχή μελέτης η υδρογραφική πυκνότητα είναι 2.75. Για τιμές κάτω από 5, η υδρογραφική πυκνότητα χαρακτηρίζεται ως χαμηλή και υποδηλώνει δίκτυα με αραιή ανάπτυξη των κλάδων τους. Αυτό εξηγείται λόγω της κάλυψη μεγάλης έκτασης της λεκάνης απορροής από βλάστηση, αλλά και λόγω της λιθολογίας της περιοχής.

Υδρογραφική συχνότητα ονομάζεται ο λόγος του συνολικού αριθμού των κλάδων των κοιτών όλων των τάξεων σε μία λεκάνη απορροής, προς το εμβαδόν της λεκάνης αυτής (Horton 1945). Είναι προφανές ότι η συχνότητα εξαρτάται μόνο από τον αριθμό των κοιτών (Καρύμπαλης, Παυλόπουλος). Αυτή είναι μια συμπληρωματική μέτρηση της υφής του αναγλύφου, αλλά είναι ανεξάρτητη της υδρογραφικής πυκνότητας, γιατί εξαρτάται μόνο από τον αριθμό των κοιτών και όχι από το μήκος τους. Για την λεκάνη απορροής του Περτουλιώτικου ποταμού η υδρογραφική συχνότητα είναι 5.25. Η συχνότητα που παρατηρείται οφείλεται στην λιθολογία της λεκάνης απορροής που αποτελείται από πετρώματα μικρής διαπερατότητας, αλλά και στην βλάστηση της περιοχής. Επομένως, η λεκάνη απορροής του Περτουλιώτικου ποταμού εμφανίζει μεγάλους μήκους κάδους μέτρια αναπτυγμένους στο χώρο.

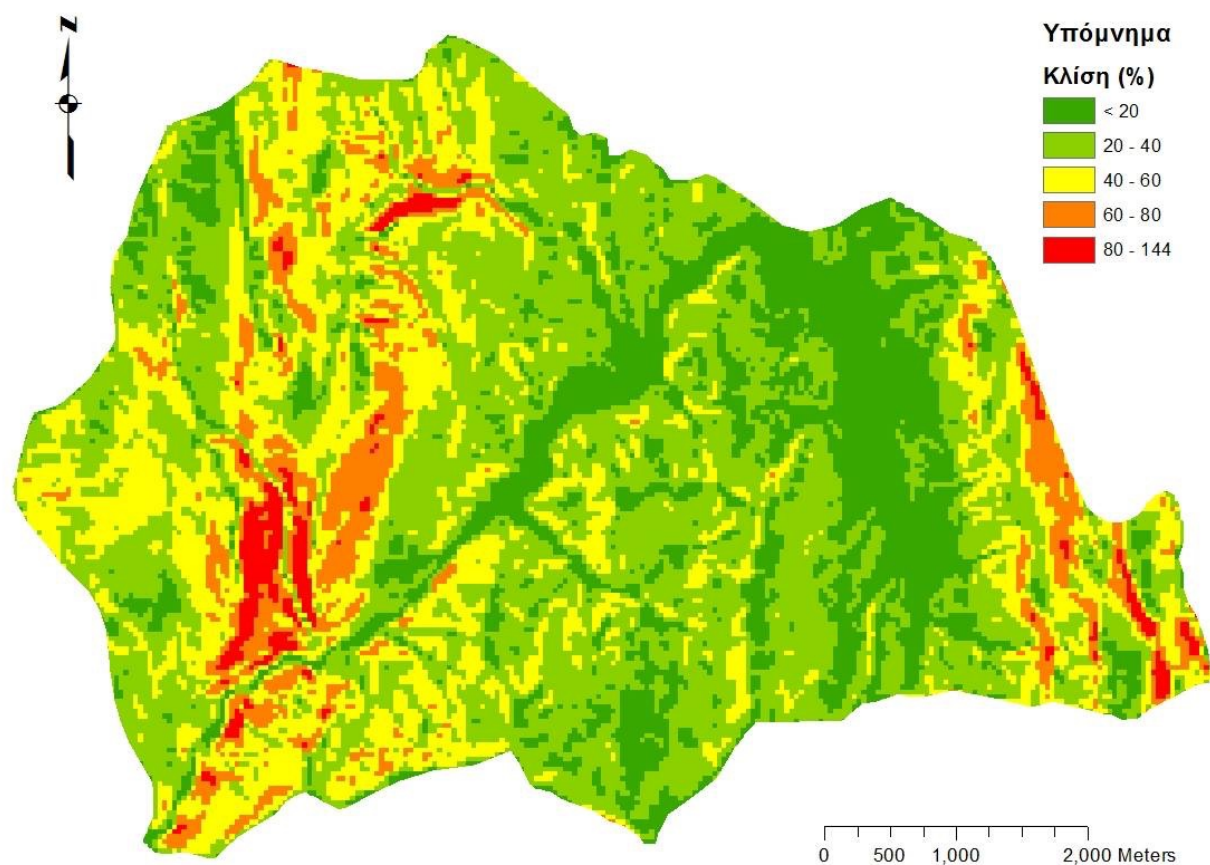
7.4 ΚΛΙΣΗ



Χάρτης 11. Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής μελέτης.

Κλίση κλιτύων λεκάνης είναι ο λόγος του γινομένου του συνολικού μήκους των ισοϋψών καμπυλών μίας συγκεκριμένης ισοδιάστασης που οριοθετούνται από τον υδροκρίτη της λεκάνης επί την ισοδιάσταση αυτή προς το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης. Η παράμετρος αυτή αποτελεί μία ποσοτική έκφραση της τραχύτητας του αναγλύφου. Εκφράζεται επί τοις εκατό (%) και όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της τόσο περισσότερο απότομο και τραχύ είναι το ανάγλυφο της κοιλάδας που έχει δημιουργήσει η κοίτη του συγκεκριμένου κλάδου (Παυλόπουλος, Καρύμπαλης, 2003). Στη διαμόρφωση των κλιτύων της λεκάνης απορροής σημαντικοί παράγοντες είναι η λιθολογία, ο τεκτονισμός, το κλίμα, η βλάστηση και άλλα.

Για την μέση κλίση της λεκάνης απορροής το αποτέλεσμα είναι 34,32% ή 18,24 μοίρες, με μέσο υψόμετρο 1 486 m.



Χάρτης 12. Ποσοστιαία απεικόνιση της κλίσης της λεκάνης απορροής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ

8.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η στερεοπαροχή των ποταμών είναι αντικείμενο μελέτης διότι εκτός από δείκτης τρωτότητας των επιφανειακών πετρωμάτων και εδαφών είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εξέλιξη της ακτογραμμής καθώς επηρεάζοντας τη στερεοπαροχή διαμορφώνει το ιζηματολογικό ισοζύγιο της παράκτιας ζώνης (Πούλος, Αλεξανδράκης, 2005). Στην Ελλάδα όπως και στην υπόλοιπη Μεσόγειο η μεταφορά ιζήματος δεν κατανέμεται ομοιόμορφα μέσα στο έτος αλλά είναι εντονότερη κατά την υγρή περίοδο σε αντίθεση με την κεντρική Ευρώπη όπου το μεγαλύτερο από το 80% της διάβρωσης λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια έντονων καταιγίδων που συμβαίνουν από δύο έως πέντε φορές το χρόνο (Wilson, 1973).

Η μέση ετήσια παροχή σε ίζημα (σε αιώρηση) ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (ιζηματολογικό δυναμικό) των ελληνικών ποταμών κυμαίνεται μεταξύ 65 t/km² και 3 950 t/km² (Poulos and Chronis, 1997), όταν μερικοί από τους μεγαλύτερους ποταμούς του κόσμου όπως ο Αμαζόνιος, ο Μισισσιπής, ο Νείλος έχουν αντίστοιχες τιμές που κυμαίνονται από 31 t/km² μέχρι 1080 t/km²/yr (Milliman and Syvitski, 1992). Η αυξημένη αυτή στερεοπαροχή τους έχει αποδοθεί στους υψηλούς ρυθμούς διάβρωσης που ευνοούνται από τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες (εύκρατες, υγρές ηπειρωτικές), στην σχετικά εύκολη στην διάβρωση λιθολογία, στο απότομο ανάγλυφο και στην ιδιαίτερα αραιή φυτοκάλυψη (Poulos et al., 1996).

Κατά τον προηγούμενο αιώνα, η φυσική στερεοπαροχή των ποταμών έχει αλλάξει ουσιαστικά, εξαιτίας των ανθρωπογενών παρεμβάσεων, όπως είναι τα φράγματα (πάνω από 20 υδροηλεκτρικά και αρδευτικά), η αποψίλωση των εδαφών, η καταστροφή δασών και πυρκαγιές, οι γεωργικές δραστηριότητες και άλλα.

Για την εκτίμηση της στερεοπαροχής του Περτουλιώτικου ποταμού θα χρησιμοποιηθούν 3 εμπειρικές εξισώσεις, οι οποίες θα αναλυθούν και θα συγκριθούν για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων.

8.2 ΠΡΩΤΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ

Η πρώτη εξίσωση που θα εφαρμοστεί για την στερεοπαροχή αφορά τον υπολογισμό του μέσου ετήσιου φορτίου αιωρούμενου ιζήματος μιας λεκάνης απορροής και προτάθηκε από τους Poulos et al. (1997). Σημειώνεται ότι η αιωρούμενη φάση αποτελεί περίπου τα 2/3 της συνολικής στερεοπαροχής των ελληνικών ποταμών με το υπόλοιπο 1/3 να αντιπροσωπεύει το φορτίο πυθμένα και το διαλελυμένο υλικό (Poulos and Chronis, 1997). Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι για τα ορεινά ποτάμια το φορτίο πυθμένα μπορεί να ξεπεράσει και το 30% (Qian and Dai, 1980). Επιπλέον η συγκεκριμένη εξίσωση δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν η λεκάνη απορροής υπερβαίνει τα 100 000 km². Ο τύπος της εξίσωσης είναι:

$$S = 1954 \times A^{0.88} (1).$$

Στην εξίσωση (1) το S αντιπροσωπεύει την στερεοπαροχή σε τόνους (t) και το A το εμβαδό της λεκάνης απορροής σε km². Η συγκεκριμένη εξίσωση έχει χρησιμοποιηθεί σε τριανταπέντε υδρογραφικά δίκτυα χωρών της νοτιοανατολικής Ευρώπης και πιο συγκεκριμένα της Ιταλίας, της Αλβανίας της Ελλάδος και της Τουρκίας. Η συσχέτιση των ποταμών είναι μεγάλη, καθώς οι λεκάνες απορροής των, έχουν παρόμοια γεωλογικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής τους είναι παραπλήσια και αυτό συμβαίνει, διότι και οι τέσσερις χώρες ανήκουν στον ευρύτερο χώρο της αλπικής ορογένεσης. Ακόμη τα κλιματικά χαρακτηριστικά βρίσκονται σε αντιστοιχία μεταξύ τους αφού στις περιοχές αυτές θα συναντήσουμε κλίμα που να κυμαίνεται από εύκρατο μεσογειακό έως ορεινό ηπειρωτικό, ανάλογα με το υψόμετρο της περιοχής (Poulos et al., 1996).

Με την εφαρμογή της παραπάνω εξίσωσης για το Περτουλιώτικο ποταμό προκύπτει:

$$S = 1954 \times 36.2^{0.88}. \text{ Δηλαδή } S = 45\,982 \text{ t/yr.}$$

Αυτό σημαίνει ότι η στερεοπαροχή για τον Περτουλιώτο ποταμό είναι 45 982 τόνους αιωρούμενου φορτίου ανά έτος. Αφορά δηλαδή τον όγκο του ιζήματος σε αιώρηση που σε ποσοστό είναι περίπου 75% (Poulos and Chronis, 1997). Στο ποσό αυτό πρέπει να προστεθεί και ένα

ποσοστό της τάξης του 25% που αναλογεί στα ιζήματα που μεταφέρονται σε διάλυση και με σύρση κατά μήκος του πυθμένα του ποταμού.

Άρα μετά την πρόσθεση το αποτέλεσμα είναι:

$$S = 57\,477 \text{ t/yr.}$$

Για την λεκάνη απορροής του Αχελώου, εφαρμόζοντας την ίδια εξίσωση το αποτέλεσμα ήταν 4,2 εκατομμύρια τόνοι το χρόνο. Η έκταση της λεκάνης απορροής του Αχελώου είναι 132 φορές μεγαλύτερη από την λεκάνη απορροής του Πετρουλιώτικου ποταμού. Από την εφαρμογή των εξισώσεων και τα αποτελέσματα προκύπτει ότι ο Αχελώος έχει 74 φορές μεγαλύτερη στερεοπαροχή από τον Πετρουλιώτικο. Οι τιμές αυτές κανονικοποιημένες ως προς το εμβαδόν δίνουν τιμές $1\,587.7 \text{ t/km}^2$ για τον Πετρουλιώτικο και 883.5 t/km^2 για τον Αχελώο ποταμό. Οι τιμές αυτές είναι ανάλογες με αυτές που μετρήθηκαν σε λεκάνες απορροής άλλων ελληνικών ποταμών (Αλιάκμονας, Άραχθος, Αώος, Εύηνος, Καλαμάς και Νέστος) και βρέθηκαν να κυμαίνονται μεταξύ 65 t/km^2 και $3\,950 \text{ t/km}^2$ (Poulos and Chronis, 1997), ενώ οι Milliman and Syvitski (1992) για τα ορεινά ποτάμια της ΝΑ Ευρώπης υπολόγισαν ένα μέσο ετήσιο δυναμικό ιζήματος ίσο με $1\,100 \text{ t/km}^2$.

ΠΟΤΑΜΟΣ	ΘΕΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ (km ²)	ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΓΚΟΣ ΙΖΗΜΑΤΟΣ - ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ (Mt)	ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΓΚΟΣ ΙΖΗΜΑΤΟΣ - ΕΞΙΣΩΣΗ POULOS (Mt)
Αχελώος	Φρ. Καστρακίου	4787	2,53	4,22
Αλιάκμονας	Γεφ. Προδρομου	6.075	2,80	5,21
Άραχθος	Γεφ. Άρτας	1.855	7,31	1,83
Αώος	Γεφ. Κόνιτσας	665	0,54	0,75
Καλαμάς	Γεφ. Κόνιτσας	1.481	1,92	1,50
Νέστος	Τέμενος	4.874	0,78	4,30

Πίνακας 4. Μέσος ετήσιος όγκος ιζήματος σε αιώρηση υπολογισμένος με πραγματική μέτρηση και με την εξίσωση των Poulos et al. (1996). ΠΗΓΗ: “Το ιζηματολογικό δυναμικό των ελληνικών ποταμών”, Σεραφείμ Ε. Πούλος.

Ο παραπάνω πίνακας απεικονίζει τα αποτελέσματα των τιμών του ετήσιου όγκου ιζήματος σε αιώρηση για έξι ελληνικούς ποταμούς που έχει πραγματοποιηθεί και πραγματική μέτρηση στο

πεδίο. Στις τιμές του ετήσιου όγκου ιζήματος που μετρήθηκε με την εξίσωση Poulos et al. (1996) έχει προστεθεί και το ποσοστό της τάξης του 25% που αναλογεί στα ιζήματα που μεταφέρονται σε διάλυση και με σύρση κοντά στον πυθμένα των ποταμών. Βάσει του πίνακα 4 προκύπτει ότι τα αποτελέσματα της εξίσωσης, πλην του Αώου ποταμού, διαφέρουν, με μεγάλες αποκλίσεις σε μερικές περιπτώσεις, από τις πραγματικές μετρήσεις. Μια περίπτωση είναι ο Άραχθος ποταμός, για τον οποίο η πραγματική μέτρηση στο πεδίο δίνει μία πολύ μεγάλη τιμή σε σχέση με την μικρή τιμή του αποτελέσματος της εξίσωσης. Αντίθετα στην περίπτωση του Νέστου ποταμού παρατηρείται πολύ μικρή στερεοπαροχή, αποτέλεσμα των πραγματικών μετρήσεων σε αυτόν, σε αντίθεση με την εφαρμογή της εξίσωσης που έδωσε μία μεγάλη τιμή για τον μέσο ετήσιο όγκο ιζήματος. Για τον Αχελώο ποταμό παρατηρείται ότι το αποτέλεσμα της εξίσωσης είναι λίγο λιγότερο από το διπλάσιο αυτού της πραγματικής μέτρησης. Με τον ίδιο ισχυρισμό θα μπορούσε να ισχύει κάτι παρόμοιο και για τον Περτουλιώτικο ποταμό αφού ανήκει στην ευρύτερη λεκάνη απορροής του Αχελώου. Λόγω του ότι δεν υπάρχουν δεδομένα και στοιχεία στερεοπαροχής από πραγματική μέτρηση για το υδρογραφικό δίκτυο μελέτης για να συγκριθεί το αποτέλεσμα της εξίσωσης των Poulos et al. (1996), θα επιχειρηθεί ο υπολογισμός της στερεοπαροχής και με άλλες εξισώσεις.

8.3 ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ

Η δεύτερη εξίσωση που θα χρησιμοποιηθεί προτάθηκε από τους Milliman and Syvitski (1992) οι οποίοι τόνισαν την ιδιαίτερη σημασία των μικρών ποταμών που αποστραγγίζουν ορεινούς όγκους παρακείμενους της ακτογραμμής όσον αναφορά την παροχή ιζήματος από την χέρσο προς την παράκτια ζώνη και από εκεί προς τις βαθύτερες θαλάσσιες λεκάνες.

Ο τύπος της εξίσωσης είναι:

$$Q = 170 \times A^{0.52} \quad (2).$$

Στην εξίσωση (2) το Q αντιπροσωπεύει το ποσό του ιζήματος που μεταφέρεται από το υδρογραφικό δίκτυο ετησίως σε $\text{tx}10^6$ και A η έκταση της λεκάνης απορροής σε $\text{km}^2 \times 10^6$. Ο τύπος βασίζεται σε στοιχεία 41 ποταμών που οι λεκάνες απορροής τους καταλαμβάνουν σχετικά μεγάλη έκταση και αποστραγγίζουν περιοχές με μέγιστο υψόμετρο μεταξύ 1 000 και 3 000 μέτρων, στη Βόρεια και Νότια Αμερική, την Αφρική και την Ευρώπη που αναπτύσσονται σε περιοχές της Αλπικής πτύχωσης.

Εφαρμόζοντας την εξίσωση για τον υπολογισμό της στερεοπαροχής του Πετρουλιώτικου ποταμού προκύπτει:

$$Q = 170 \times 0.0000362^{0.52} 10^6 \text{ km}^2. \text{ Δηλαδή } Q = 0.83 \text{ tx}10^6/\text{yr}.$$

Στο αποτέλεσμα αν προστεθεί και το ποσοστό της τάξης του 25% που αναλογεί στα ιζήματα που μεταφέρονται σε διάλυση και με σύρση κοντά στον πυθμένα, προκύπτει:

$$Q = 1.03 \text{ tx}10^6/\text{yr}.$$

Το αποτέλεσμα είναι λίγο παραπάνω από 1 εκατομμύριο τόνους ανά χρόνο. Αποτελεί μια τεράστια τιμή, η οποία σίγουρα δε μπορεί να θεωρηθεί ότι ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα χωρίς περαιτέρω διερεύνηση. Κανονικοποιώντας το αποτέλεσμα ως προς το εμβαδόν προκύπτει ότι η συνολική ετήσια στερεοπαροχή είναι $28\,660.2 \text{ t/km}^2$. Σύμφωνα με τους Milliman and Syvitski (1992), ποτάμια που αναπτύσσονται στην Αλπική Ευρώπη, όπως αυτά της Ελλάδος, παρουσιάζουν

ετήσιο ιζηματολογικό (σε αιώρηση) δυναμικό που ξεπερνά τα $1\,000\text{ t/km}^2$ και φθάνει ακόμη και τα $4\,150\text{ t/km}^2$. Εφαρμόζοντας την εξίσωση για τον Αχελώο προκύπτει ότι η στερεοπαροχή του είναι $13.21\text{ tx}10^6/\text{yr}$ και αντίστοιχα $2\,760\text{ t/km}^2$. Το αποτέλεσμα και σε αυτή την περίπτωση είναι πολύ πιο μεγάλο σε σχέση με αυτό της πραγματικής μέτρησης αλλά και της εξίσωσης (1), είναι όμως εντός των ορίων που έχουν διατυπώσει οι Milliman and Syvitski. Για τον Περτουλιώτικο ποταμό η εφαρμογή της εξίσωσης (2) έδωσε αποτέλεσμα μια πολύ μεγάλη τιμή στερεοπαροχής και μια πιθανή εξήγηση είναι ότι ίσως η εξίσωση (2) να μην ενδείκνυται για τόσο μικρού εμβαδού λεκάνες απορροής όπως αυτή της περιοχής μελέτης.

Η εξίσωση των Poulos et al. (1996) έδωσε αποτελέσματα τα οποία είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα σε σχέση με την εξίσωση των Milliman and Syvitski (1992), της οποίας το αποτέλεσμα έδωσε μια αμφισβητούμενα μεγάλη τιμή. Για την καλύτερη διερεύνηση της στερεοπαροχής του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης θα χρησιμοποιηθεί και μια τρίτη εξίσωση ώστε να γίνουν περαιτέρω συγκρίσεις για την ορθότερη εκτίμηση της.

8.4 ΤΡΙΤΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ

Η τελευταία εξίσωση που θα χρησιμοποιηθεί προτάθηκε από τους Koutsogiannis and Tarlas (1986) και χρησιμοποιήθηκε από τους Gourdoympras et al. (2010) στα πλαίσια του υπολογισμού της υδατοπαροχής και στερεοπαροχής των ποταμών που αποστραγγίζουν τη Β. Πελοπόννησο. Η εκτίμηση του όγκου των φερτών υλικών των ποταμών υπολογίζεται μέσω συσχέτισης της βροχόπτωσης και του εμβαδού της λεκάνης απορροής.

Ο τύπος της εξίσωσης είναι:

$$G = 15 \times \gamma \times e^{3P} \quad (3).$$

Στην εξίσωση (3) το G αντιπροσωπεύει την μέση ετήσια στερεοπαροχή σε αιώρηση και μετريέται σε τόνους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (t/km^2). Το P είναι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε μέτρα (m) και το γ είναι ένας γεωλογικός συντελεστής όπως ορίζεται από τη σχέση $\gamma = \kappa_1 \rho_1 + \kappa_2 \rho_2 + \kappa_3 \rho_3$ ($\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$ οι συντελεστές διαβρωσιμότητας και ρ_1, ρ_2, ρ_3 τα αντίστοιχα ποσοστά των). Οι συντελεστές $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$ διαμορφώνονται ως εξής:

$\kappa_1 = 1,0$: υψηλή διαβρωσιμότητα (αλλούβια, φλύσχης)

$\kappa_2 = 0,5$: μέτρια διαβρωσιμότητα (μάργες, ψαμμίτες, σχιστόλιθοι)

$\kappa_3 = 0,1$: χαμηλή διαβρωσιμότητα (ασβεστόλιθοι, δολομίτες, μεταμορφωμένα, εκρηξιγενή).

Για την περιοχή μελέτης τα ποσοστά των συντελεστών διαβρωσιμότητας υπολογίστηκαν από το γεωλογικό χάρτη. Αναλυτικά το 65% της έκτασης της λεκάνης απορροής καταλαμβάνεται από φλύσχη, το 29% από διάφορα είδη ασβεστόλιθου και το υπόλοιπο 6% από κορήματα. Για τον υπολογισμό του P έχει γίνει ήδη η διερεύνηση των κλιματολογικών στοιχείων και ισούται με 1,6 μέτρα ανά έτος. Οπότε συγκεκριμένα για τον γεωλογικό συντελεστή γ προκύπτει:

$$\gamma = 1 \times 0.7 + 0.1 \times 0.3. \text{ Δηλαδή } \gamma = 0.73$$

Οπότε η εξίσωση (3) διαμορφώνεται ως εξής:

$$G = 15 \times 0.73 \times 2.71^{4.8}. \text{ Δηλαδή } G = 1\,311.1 \text{ t/km}^2.$$

Για τον υπολογισμό της ετήσιας στερεοπαροχής σε αιώρηση απαιτείται ο πολλαπλασιασμός του αποτελέσματος με το εμβαδό της λεκάνης απορροής και είναι 47 461.82 t. Προσθέτοντας και το ποσοστό της τάξης του 25% που αναλογεί στα ιζήματα που μεταφέρονται σε διάλυση και με σύρση κοντά στον πυθμένα η συνολική ετήσια στερεοπαροχή του Περιοιλιώτικου ποταμού βάσει της εξίσωσης (3) είναι 59 327.23 t. Τελικά κανονικοποιώντας εκ νέου το αποτέλεσμα ως προς το εμβαδό της λεκάνης απορροής προκύπτει ότι η συνολική στερεοπαροχή είναι 1 638.8 t/km².

Δηλαδή **G = 1 638.8 t/km²**.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των εξισώσεων παρατηρείται ότι οι τιμές της στερεοπαροχής των αποτελεσμάτων των εξισώσεων (1) και (3) έχουν πολύ μικρή διαφορά μεταξύ τους σε αντίθεση με την εξίσωση (2) που έχει τεράστια απόκλιση από τις τιμές των αποτελεσμάτων των άλλων δυο εξισώσεων.

	ΕΞΙΣΩΣΗ (1)	ΕΞΙΣΩΣΗ (2)	ΕΞΙΣΩΣΗ (3)
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗ (t/yr)	57.477	1.030.000	59.327
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΜΒΑΔΟΥ (t/km ²)	1.587,7	28.660,2	1.638,8

Πίνακας 5. Συνολική ετήσια στερεοπαροχή του Περιοιλιώτικου ποταμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο βασικός σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας ήταν ο υπολογισμός της στερεοπαροχής του Περτουλιώτικου ποταμού βάσει εμπειρικών εξισώσεων που έχουν προταθεί από επιστήμονες και ερευνητές. Για την επίλυση των εξισώσεων αυτών, χρειάστηκε η συγκέντρωση και η ανάλυση των γεωμορφολογικών και κλιματολογικών δεδομένων της περιοχής μελέτης. Δημιουργήθηκε ένα ψηφιακό τοπογραφικό υπόβαθρο της λεκάνης απορροής, με τη χρήση της τεχνολογίας των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών από τους τοπογραφικούς χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, κλίμακας 1 : 50 000 και συγκεκριμένα των τοπογραφικών φύλλων Καστανέα 149 και Καλαμπάκα 132. Για την απεικόνιση των γεωλογικών σχηματισμών της λεκάνης απορροής χρησιμοποιήθηκαν τα αντίστοιχα φύλλα των γεωλογικών χαρτών του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, κλίμακας 1 : 50 000.

Η επιλογή των εμπειρικών αυτών εξισώσεων δεν έγινε τυχαία, αλλά προτιμήθηκαν βάσει κοινών χαρακτηριστικών τα οποία παρουσιάζονται στη λεκάνη απορροής του Περτουλιώτικου ποταμού και στις λεκάνες απορροής στις οποίες έχουν ήδη εφαρμοστεί. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι οι κλιματικές συνθήκες, το γεωλογικό υπόβαθρο, η βλάστηση και το υψόμετρο της λεκάνης απορροής. Η εφαρμογή των εξισώσεων έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$S = 1\,587.7 \text{ t/km}^2 (1)$$

$$Q = 28\,660.2 \text{ t/km}^2 (2)$$

$$G = 1\,638.8 \text{ t/km}^2 (3)$$

Παρατηρώντας τις τιμές της στερεοπαροχής είναι εμφανές ότι το αποτέλεσμα της εξίσωσης (2) έχει πάρα πολύ μεγάλη τιμή και μεγάλη διαφορά από τις τιμές των δυο άλλων εξισώσεων και δε μπορεί να θεωρηθεί ως πραγματική τιμή στερεοπαροχής για της περιοχή μελέτης. Σε αυτό συνηγορούν και η λιθολογία αλλά και η βλάστηση στο μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης απορροής που λειτουργούν ανασταλτικά στην διαδικασία της διάβρωσης, αποτρέποντας την παροχή μεγάλου όγκου ιζήματος στο υδατόρεμα. Επιπρόσθετα η εφαρμογή της εξίσωσης (2) για τον Αχελώο ποταμό είχε αποτέλεσμα τιμή στερεοπαροχής πολύ μεγαλύτερο από την τιμή της πραγματικής μέτρησης

που είχε γίνει στο πεδίο. Για τους παραπάνω λόγους η εξίσωση (2) των Milliman and Syvitski (1992) δε μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστη.

Σε αντίθεση με την εξίσωση (2), οι εξισώσεις (1) και (3) των Poulos et al. (1997) και Koutsogiannis and Tarlas (1986) αντίστοιχα, ταιριάζουν πιο πολύ με το προφίλ του υδρογραφικού δικτύου της μελέτης. Σύμφωνα με τους Poulos and Chronis (1997) για τα ελληνικά ποτάμια η μέση ετήσια στερεοπαροχή κυμαίνεται μεταξύ 65 t/km² και 3 950 t/km², ενώ σύμφωνα με τους Milliman and Syvitski (1992), ποτάμια που αναπτύσσονται στην Αλπική Ευρώπη, όπως αυτά της Ελλάδος, παρουσιάζουν ετήσιο ιζηματολογικό δυναμικό (σε αιώρηση) που ξεπερνά τα 1 000 t/km² και φθάνει ακόμη και τα 4 150 t/km². Ακόμη η εφαρμογή της εξίσωσης (1) για τον Αχελώο ποταμό έδωσε αποτέλεσμα της οποίας η τιμή είναι πολύ κοντά με την τιμή της στερεοπαροχής με πραγματική μέτρηση. Οπότε οι εμπειρικές εξισώσεις των Poulos et al. (1997) και Koutsogiannis and Tarlas (1986) θα μπορούσαν να θεωρηθούν αξιόπιστες για την εκτίμηση της στερεοπαροχής ενός ποταμού στην Ελλάδα.

Όλα τα παραπάνω αποτελούν ισχυρά επιχειρήματα ότι η πραγματική τιμή θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στα αποτελέσματα των τιμών των εξισώσεων (1) και (3).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Poulos and Chronis, (1997). The importance of the river systems in the evolution of the Greek coastline. CIESM Science series No 3.
- Milliman, J.D. & P.M. Syvitski (1992). Geomorphic/Tectonic Control of sediment Discharge to the Ocean: The importance of Small Mountainous Rivers, - J Geol., 100: 525-544.
- Poulos, S.E., Collins, M., & Evans, G. (1996). Water-sediment fluxes of Greek Rivers, southeastern Alpine Europe: annual yields, seasonal variability, delta formation and human impact. Z. Geomorph., 40(2): 243-261
- Θεριανός, Α.Δ. (1974). Η γεωγραφική κατανομή της παροχής νερού των ελληνικών ποταμών, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, ΧΑ: 28-58
- Λιακούρης, Δ. (1995): Η Γεωλογία και τα Φράγματα της Δ.Ε.Η. Δημοσία Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, Δ/νση Εκπαίδευσης
- Κουτσογιάννης και Τάρλας, (1986). Εκτιμήσεις στερεοπαροχής στην Ελλάδα.
- Χαλκιάς, Χ. (2011). Σημειώσεις Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών Ι, ΙΙ.
- Καρύμπαλης, Ε. (2013). Σημειώσεις, Ποτάμια Γεωμορφολογία.
- Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Γεωλογικοί χάρτες, φύλλα Καστανέα 149 και Καλαμπάκα 132, κλίμακας 1 : 50 000
- Γουρδουμπάς, Ι., Πούλος, Σ., Νάστος, Π., Μαρουκιάν, Χ., (2010). Μελέτη της υδατοπαροχής και στερεοπαροχής των ποταμών της βόρειας Πελοποννήσου που εκβάλλουν στον Κορινθιακό κόλπο.
- Λέκκας Ε. (1998). Γεωδυναμική εξέλιξη της οροσειράς του Κόζιακα και η ένταξη της ενότητας δυτικής Θεσσαλίας στην οργάνωση της Τηθύος.
- Πούλος, Σ. και Αλεξανδράκης Γ. (2005). Η εποχιακή διακύμανση του ιζηματολογικού (εν αιώρηση) δυναμικού των ελληνικών ποταμών και η σχέση του με τις αντίστοιχες τιμές του υδάτινου δυναμικού τους.
- ΥΠΕΚΑ (2014). Σχέδιο διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμών του υδατικού διαμερίσματος δυτικής Στερεάς Ελλάδας.

- ΕΣΥΕ: Πραγματικός πληθυσμός της Ελλάδας. Απογραφή 2011, 2001, 1991, 1981, 1971, 1961, 1951, 1940, 1928, 1920, 1896, 1889.
- Εργαστήριο Δημογραφικών και Κοινωνικών Αναλύσεων.
- Πτυχιακή εργασία, Μήτσιος Κων/νος, (2011). Υπολογισμός της στεροπαροχής του Μελισσουργιώτικου ρέματος.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

- <http://www.e-demography.gr>
- <http://www.pertouliforest.gr/data>
- <http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE>
- <http://penteli.meteo.gr/meteosearch/default.asp>
- [http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/handle/123456789/6252/stamoulip_acheloos.pdf?
sequence=3](http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/handle/123456789/6252/stamoulip_acheloos.pdf?sequence=3)
- <http://www.elekkas.gr>

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

ΧΑΡΤΕΣ

Χάρτης 1. Η θέση της λεκάνης απορροής του Περτουλιώτικου ποταμού.....	Σελ.4
Χάρτης 2. Το Περτουλιώτικο ρέμα, ο Καμναΐτικος ποταμός και η γύρω περιοχή.....	Σελ.5
Χάρτης 3. Οι λεκάνες απορροής των ποταμών της Δυτικής Ελλάδας. ΠΗΓΗ: Ινστιτούτο Πληροφοριακών Συστημάτων του Ερευνητικού Κέντρου “Αθήνα”.....	Σελ.7
Χάρτης 4. Η λεκάνη απορροής του Αχελώου ποταμού. Περιλαμβάνει και τις λεκάνες απορροής των ποταμών Αγραφιώτη και Ταυρωπό. ΠΗΓΗ: ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.....	Σελ.8
Χάρτης 5. Γεωτεχνικός χάρτης της λεκάνης απορροής του Αχελώου ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών).....	Σελ.9
Χάρτης 6. Γεωτεκτονικές ενότητες Ελλάδας. (G: ζώνη Γαβρόβου, P: ζώνη Πίνδου, SP: ζώνη της Υποπελαγονικής ή Ανατολικής Ελλάδας). Το βελάκι δείχνει την περιοχή μελέτης.....	Σελ.25
Χάρτης 7. Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης απορροής.....	Σελ.27
Χάρτης 8. Γεωλογικός χάρτης της οροσειράς του Κόζιακα. Πηγή: Ευθύμιος Λ. Λέκκας.....	Σελ.28
Χάρτης 9. Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης.....	Σελ.29
Χάρτης 10. Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου (Μεθοδος Strahler). Τα νούμερα 1, 2, 3, και 4 αντιστοιχούν στις αντίστοιχες τάξεις του κάθε κλάδου.....	Σελ.30
Χάρτης 11. Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής μελέτης.....	Σελ.34
Χάρτης 12. Ποσοστιαία απεικόνιση της κλίσης της λεκάνης απορροής.....	Σελ.35

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1. Οι εκβολές του Αχελώου στο Ιόνιο απέναντι από τα νησιά Εχινάδες.....	Σελ.6
Εικόνα 2. Οι πηγές του Αχελώου στο όρος Λάκμος (πηγές της Βερλίκας).....	Σελ.6
Εικόνα 3. Το φράγμα των Κρεμαστών.....	Σελ.10
Εικόνα 4. Η τεχνητή λίμνη Κρεμαστών.....	Σελ.10
Εικόνα 5. Το Κερκέτιο Όρος ή Κόζιακας.....	Σελ.11
Εικόνα 6. Το Πανεπιστημιακό Δάσος Περτουλίου.....	Σελ.12

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1. Οι μέσες μηνιαίες τιμές των κλιματολογικών χαρακτηριστικών για τα έτη 2008 έως 2014 του μετεωρολογικού σταθμού του Περτουλίου.....	Σελ.19
Πίνακας 2. Αριθμός κλάδων ανά τάξη στο Περτουλιώτικο ποταμό.....	Σελ.31
Πίνακας 3. Εφαρμογή του Πρώτου Νόμου του Horton. Σχέσεις πραγματικών και ιδανικών αριθμών κλάδων.....	Σελ.32
Πίνακας 4. Μέσος ετήσιος όγκος ιζήματος σε αιώρηση υπολογισμένος με πραγματική μέτρηση και με την εξίσωση των Poulos et al. (1996). ΠΗΓΗ: “Το ιζηματολογικό δυναμικό των ελληνικών ποταμών”, Σεραφείμ Ε. Πούλος.....	Σελ.38
Πίνακας 5. Συνολική ετήσια στερεοπαροχή του Περτουλιώτικου ποταμού.....	Σελ.43

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1. Πληθυσμός ανά έτος απογραφής. ΠΗΓΕΣ: Ε.Σ.Υ.Ε., Ε.Δ.Κ.Α.....	Σελ.15
Διάγραμμα 2. Μέση ετήσια διακύμανση του ύψους βροχής του μετεωρολογικού σταθμού του Περτουλίου.....	Σελ.20
Διάγραμμα 3. Μέσες μηνιαίες τιμές έντασης βροχής.....	Σελ.21
Διάγραμμα 4. Μέση ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα.....	Σελ.22
Διάγραμμα 5. Μέσος όρος ημερών ολικού παγετού ανά μήνα.....	Σελ.23
Διάγραμμα 6. Μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου στον μετεωρολογικό σταθμό του Περτουλίου. Ύψος ανεμόμετρου: 5 m.....	Σελ.24
Διάγραμμα 7. Αποκλίσεις πραγματικών και ιδανικών τιμών των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου.....	Σελ.32