



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

ΣΠΑΧΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

A.E.M: 5045

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΓΑΛΛΙΚΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΙ
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΠΕΔΙΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2018



ΓΕΩΡΓΙΟΣ Θ. ΣΠΑΧΟΣ

Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5045

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΓΑΛΛΙΚΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΙ
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΠΕΔΙΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Γεωλογίας
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Επιβλέπων Καθηγητής

Αναπληρωτής Καθηγητής Βουδούρης Κωνσταντίνος

ΕΔΙΠ Μάττας Χρήστος



© Σπάχος Θ. Γεώργιος, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωλογίας, 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΓΑΛΛΙΚΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΙ
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ – ΠΕΔΙΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

© Spachos Th. George, School of Geology, Dept. of Geology, 2018

All rights reserved.

HYDROLOGIC BALANCE OF THE GALLIKOS RIVER BASIN AND
PIEZOMETRY OF THE COASTAL - PLAIN PART OF THE BASIN

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

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



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, στο τμήμα Γεωλογίας. Η ανάθεση της συγκεκριμένης εργασίας μου έδωσε την ευκαιρία να εμβαθύνω στις έννοιες της Εφαρμοσμένης Γεωλογίας και ειδικότερα της Υδρογεωλογίας, ενός κλάδου που σκοπεύω να ασχοληθώ στο μέλλον.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή, και επιβλέποντα της εργασίας κύριο Κωνσταντίνο Βουδούρη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου την παρούσα εργασία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον ΕΔΙΠ Χρήστο Μάττα για τη συνεργασία και τις ώρες που αφιέρωσε για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον γεωλόγο Θωμά Σπάχο, για την πολύτιμη βοήθειά του με την παροχή πολλών δεδομένων πληροφοριών αλλά και επεξηγήσεων πάνω σε αυτά.

Τέλος, η εργασία αυτή δεν θα είχε πραγματοποιηθεί χωρίς την αμέριστη συμπαράσταση της οικογένειάς μου η οποία στάθηκε δίπλα μου, υποστηρίζοντας με καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT.....	8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1	Αντικείμενο.....	9
1.2	Σκοπός.....	9
1.3	Περιοχή Μελέτης.....	10
1.4	Μεθοδολογία.....	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2	ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ.....	12
2.1	Γενικά χαρακτηριστικά της λεκάνης.....	12
2.2	Γεωμορφολογία.....	13
2.3	Υδρογραφικό Δίκτυο.....	14
2.4	Χρήσεις Γης.....	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3	ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ – ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	20
3.1	Γεωλογία.....	20
3.2	Τεκτονική.....	22
3.3	Υδρογεωλογία.....	23
3.3.1	Υδραυλική Αγωγιμότητα και Μεταβιβαστικότητα.....	24
3.4	Υπόγειο υδατικό σύστημα Γαλλικού (ΥΥΣ Γαλλικού).....	27



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΑΙ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΠΕΔΙΝΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ.....	31
4.1	Εξίσωση υδρολογικού ισοζυγίου.....	31
4.2	Όγκος βροχής.....	32
4.3	Εξατμισοδιαπνοή.....	35
4.4	Ολική Απορροή.....	37
4.5	Αποτέλεσμα.....	37
4.6	Κατείσδυση.....	38
4.7	Πιεζομετρία στο παράκτιο – πεδινό τμήμα του Γαλλικού ποταμού.....	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	48
	ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	50
	ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	51
	ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ.....	52
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	53

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τις υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στη λεκάνη του Γαλλικού επικεντρώνοντας στο νότιο πεδινό τμήμα. Πρόκειται για μία περιοχή με πολύ υψηλές απαιτήσεις λόγω των μεγάλων εκτάσεων γεωργικών καλλιεργειών.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στα ΒΔ της πόλης της Θεσσαλονίκης και νότια του Νομού Κιλκίς. Από γεωλογικής άποψης, το σύνολο της ΛΑΠ (Λεκάνης Απορροής) Γαλλικού έχει μεγάλο ενδιαφέρον. Παρατηρούνται γενεύσιοι, σχιστόλιθοι, αμφιβολίτες, χαλαζίτες προαλπικής ηλικίας, ασβεστόλιθοι που χρονολογούνται στο Περμοτριάδικό καθώς και Τριτογενούς και Τεταρτογενούς ηλικίας ιζηματογενείς αποθέσεις. Η τεκτονική της δομή είναι σύνθετη και χαρακτηρίζεται κυρίως από ανάστροφα ρήγματα στο όριο Σερβομακεδονικής και Περιροδοπικής, μία αντικλινική πτυχή της ενότητας Ωραιοκάστρου καθώς και από την χαρακτηριστική λεπιοειδή τεκτονική της Περιροδοπικής ζώνης. Λόγω της έντονης τεκτονικής η λεκάνη το Γαλλικού εμφανίζει έντονο υδρογραφικό δίκτυο.

Λαμβάνοντας υπόψη βροχομετρικά και θερμοκρασιακά δεδομένα από 5 μετεωρολογικούς σταθμούς, γίνεται μία εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης και αναφορές στις παραμέτρους που το αποτελούν, δηλαδή τον όγκο των κατακρημνισμάτων, την εξατμισοδιαπνοή, την ολική απορροή και την κατείσδυση.

Η εργασία ολοκληρώνεται, με την κατασκευή ισοπιεζομετρικών χαρτών, οι οποίοι αφορούν το νότιο (παράκτιο-πεδινό) τμήμα ΛΑΠ Γαλλικού, στους οποίους αποτυπώνεται η τάση αύξησης των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων της λεκάνης με την πάροδο του χρόνου.

Λέξεις κλειδιά: ΛΑΠ Γαλλικού, Υδρολογικό ισοζύγιο, Υπόγειοι Υδροφορείς Πιεζομετρικοί χάρτες



ABSTRACT

The present work examines the hydrogeological conditions that prevail in the Gallikos river basin focusing in the south plain part.. It is an area with very high demands due to large areas of agricultural crops.

The study area is located north-westernwards of the city of Thessaloniki and southwards of Kilkis Prefecture. From a geological point of view, the basin of Gallikos river is of great interest. There are gneisses, schists, amphibolites, quartzites, all of them dated in a pre-alpine period, also limestones dating to the Permo-Triadic period and as well as tertiary and quaternary sedimentary deposits. The tectonics of the structure are complex and are characterized mainly by the inverted beds at the boundary of Serbomacedonian and the Circum Rhodope zones, a saddle reef aspect at the sub-zone of Oreokastro as well as the characteristic lepidoid structure tectonics created by the reversed faults of Circum Rhodope zone. Because of its intense tectonic conditions, the Gallikos river basin has a well developed hydrographic network.

Taking into account precipitation and temperature data from 5 meteorological stations an assessment of the hydrologic balance of the basin is made, in addition with an analysis of its parameters, such as the volume of precipitation, evapotranspiration, total runoff and infiltration.

The work is completed, with the construction of equipotential maps, which concern the southern (coastal-plain) part of the Gallikos river basin. At these maps, the tendency of increasing the underground aquifers of the basin over time is reflected obviously.

Keywords: Gallikos River Basin, Hydrologic Balance, Groundwater Aquifers, Equipotential maps

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο

Αντικείμενο της διπλωματικής αποτέλεσε η μελέτη των υδρογεωλογικών συνθηκών του συνόλου της λεκάνης και της πιεζομετρίας στο νότιο πεδινό τμήμα της Λεκάνης Απορροής του Γαλλικού ποταμού. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη επιστημονικά άρθρα και έγγραφα, τεχνικές εκθέσεις, το διαδίκτυο καθώς και τα δεδομένα των μετρήσεων στάθμης των γεωτρήσεων από τη βάση της Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε. .

Πιο αναλυτικά η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από τρία μέρη:

Στο πρώτο μέρος αποτυπώνονται τα γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, η γεωμορφολογία και το υδρογραφικό της δίκτυο καθώς και οι χρήσεις γης, με αναφορά στη μεταβολή του πληθυσμού της περιοχής με την πάροδο των ετών.

Το δεύτερο μέρος αποτελείται από τη γεωλογία και την τεκτονική της λεκάνης του Γαλλικού. Επιπλέον στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται οι υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής και οι παράγοντες που τις καθορίζουν ενώ ολοκληρώνοντας γίνεται αναφορά στο υπόγειο υδατικό σύστημα της λεκάνης και στην ποσοτική αλλά και ποιοτική κατάσταση που το χαρακτηρίζει.

Το τρίτο μέρος της εργασίας, πραγματεύεται το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης με ανάλυση όλων των παραμέτρων που το αποτελούν τόσο σε θεωρητικό αλλά και σε πρακτικό επίπεδο. Ταυτόχρονα, γίνεται μία σύγκριση με τα Εγκεκριμένα Σχέδια Διαχείρισης λεκανών απορροής του Ιανουαρίου του 2014 και το υδρολογικό ισοζύγιο που περιγράφεται σε αυτά. Στη συνέχεια με τη χρήση του προγράμματος Surfer 11 γίνεται μία παράθεση πιεζομετρικών χαρτών οι οποίοι κατασκευάστηκαν με τη χρήση των δεδομένων των γεωτρήσεων της Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε. και αναφέρονται στο παράκτιο πεδινό τμήμα της λεκάνης και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή Σίνδου – Καλοχωρίου.

1.2 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης του Γαλλικού ποταμού, η αποτύπωση της μεταβολής της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων διαχρονικά καθώς και των παραγόντων οι οποίοι επηρέασαν τη μεταβολή της στάθμης.

Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά (2000/60/ΕΚ) δημιούργησε ένα νέο καθεστώς στη διαχείριση των υδατικών πόρων. Οι εξελίξεις, αν και καθυστερημένες, είναι πολλές και σημαντικές. Τα πρώτα διαχειριστικά σχέδια λεκανών απορροής έχουν εγκριθεί από το 2014 και ήδη βρισκόμαστε στην έγκριση και των

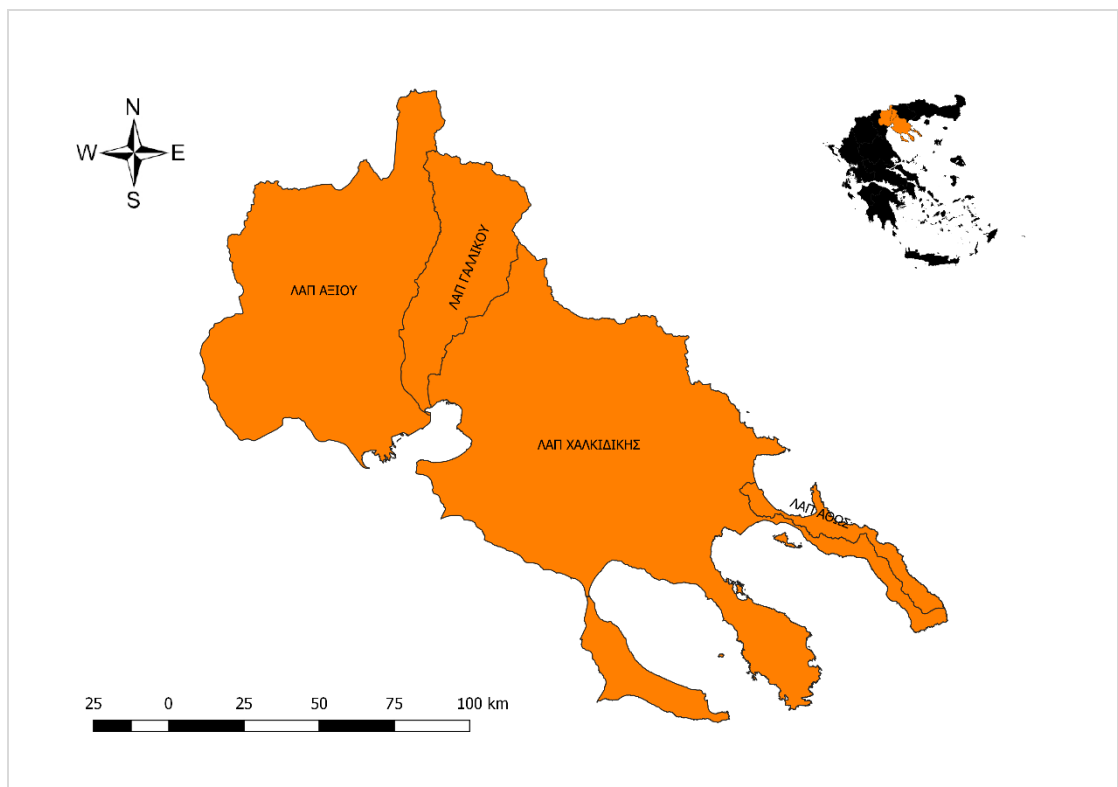
πρώτων σχεδίων αναθεώρησης. Αυτά συνοδεύονται από μέτρα που στόχο έχουν την επίτευξη καλής κατάστασης σε ποσοτικό, ποιοτικό και οικολογικό επίπεδο σύμφωνα με το πνεύμα της οδηγίας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία θα επιχειρήσει να συμβάλει με κάποια νέα δεδομένα στην καλύτερη αποτύπωση του υδρογεωλογικού καθεστώτος κυρίως του κεντρικού και νότιου τμήματος της λεκάνης στο οποίο έργα μεγάλης κλίμακας (ύδρευση Θεσσαλονίκης από Αλιάκμονα) αλλά και κάποια μέτρα των διαχειριστικών σχεδίων έχουν βελτιώσει την εικόνα.

1.3 Περιοχή Μελέτης

Ο Γαλλικός ποταμός πηγάζει από τα Κρούσια όρη, στο Κιλκίς. Μετά από μια διαδρομή 65 χλμ. εκβάλλει στο Θερμαϊκό κόλπο. Στην αρχαιότητα ονομαζόταν Εχέδωρος, «ο έχων δώρα», καθώς στην άμμο της κοίτης του υπήρχαν ψήγματα χρυσού. Ο Ηρόδοτος αναφέρει ότι όταν ο Ξέρξης πέρασε μέσα από την Μακεδονία στον δρόμο του προς την Ελλάδα ο στρατός του ήπιε όλο το νερό του ποταμού και τον ξέρανε. Είναι ένας αρκετά ευρύς αλλά ρηχός ποταμός.

Σύμφωνα με την Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων υπ' αριθμό 706/2010 (ΦΕΚ Β' 1383/02.09.2010) η Ελλάδα χωρίστηκε σε δεκατέσσερα (14) Υδατικά Διαμερίσματα, ενώ το Υδατικό Διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας (GR10) σύμφωνα με την ως άνω απόφαση καθώς και τη διόρθωση αυτής (ΦΕΚ Β' 1572/ 28.09.2010) χωρίστηκε σε τέσσερις (4) ΛΑΠ: ΛΑΠ Αξιού (GR03), ΛΑΠ Γαλλικού (GR04), ΛΑΠ Χαλκιδικής (GR05) και ΛΑΠ Άθω (GR43).



Εικόνα 1. Οι λεκάνες απορροής του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας και η θέση τους στον Ελληνικό χώρο (Sprachos G 2018)

Η ΛΑΠ Γαλλικού βρίσκεται στην άμεση γειτονία της Θεσσαλονίκης. Αποτέλεσε την πρώτη αναζήτηση και αξιοποίηση υδατικών πόρων που θα έλυνε το πρόβλημα της ύδρευσης της πόλης όταν άρχισε να αυξάνει ο πληθυσμός της και τα τρία υδραγωγεία (Χορτιάτη, Λεμπέτ και Ρετζικίου) δεν μπορούσαν να καλύψουν τις ανάγκες τους.

1.4 Μεθοδολογία

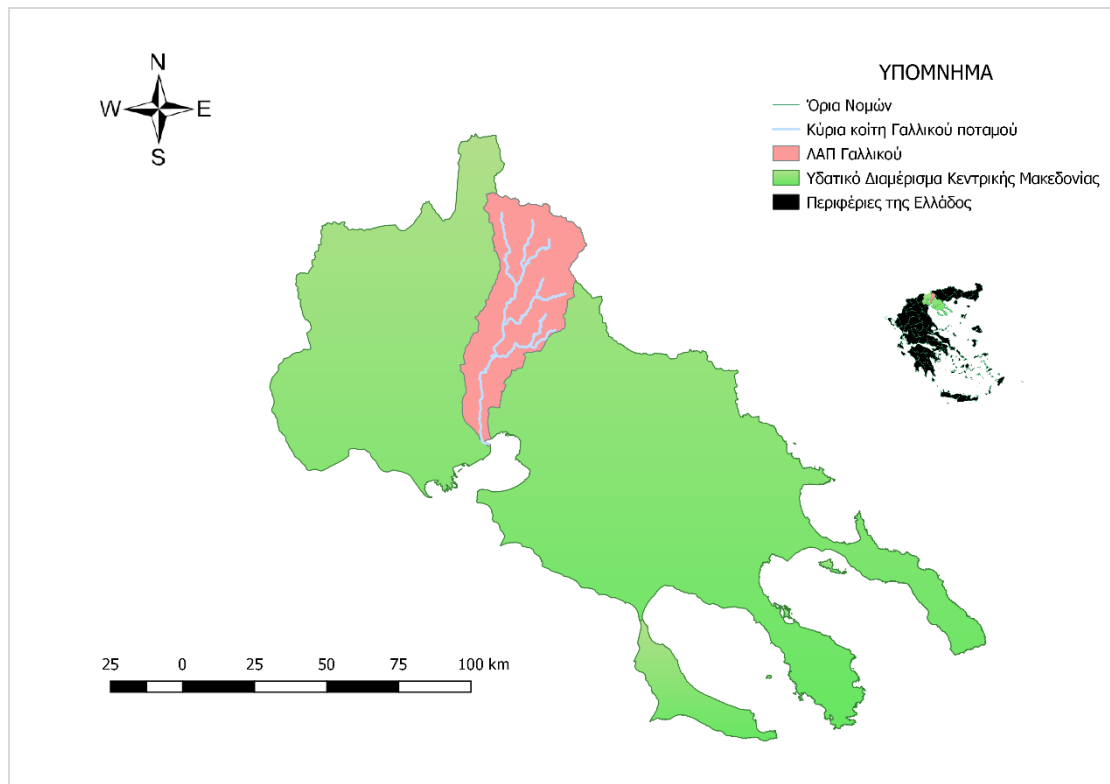
Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε ήταν η εξής:

- Συγκέντρωση βιβλιογραφίας και στοιχείων που αφορούν τις γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της λεκάνης του Γαλλικού.
- Συγκέντρωση βροχομετρικών δεδομένων και κατά το δυνατόν επικαιροποίηση τους.
- Συγκέντρωση δεδομένων των γεωτρήσεων της Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε. που υπάγονται στην λεκάνη του Γαλλικού και αξιολόγηση αυτών.
- Ανάλυση και αξιολόγηση πληροφοριών από φύλλα των γεωτρήσεων και από τις γεωλογικές τους τομές.
- Εξαγωγή αποτελέσματος όσον αφορά το υδρολογικό ισοζύγιο της περιοχής με τη χρήση της μεθόδου Thorntnithwaite – Mather.
- Επεξεργασία των δεδομένων και δημιουργία πιεζομετρικών χαρτών για το παράκτιο πεδινό τμήμα της λεκάνης.

2. ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

2.1 Γενικά χαρακτηριστικά της λεκάνης

Το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης του Γαλλικού ποταμού βρίσκεται στο Ανατολικό τμήμα του Νομού Κιλκίς καθώς και στο Βορειοδυτικό κομμάτι του Νομού Θεσσαλονίκης. Η διεύθυνση της κοίτης του είναι ΒΒΑ-ΝΝΔ με αρκετές αποκλίσεις. Ο ποταμός εκβάλει στον κόλπο της Θεσσαλονίκης ύστερα από την διευθέτηση της κοίτης του από την αμερικανική εταιρεία «The foundation company N.Y.». Το σχήμα του είναι απιδοειδές (Μάττας 2009). Η συνολική έκταση που καταλαμβάνει η λεκάνη του Γαλλικού ποταμού ανέρχεται σε 1051,13 km² όπως υπολογίστηκε μέσα από τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών GIS. Το μέγιστο μήκος της λεκάνης ανέρχεται στα 48 km ενώ το μέγιστο πλάτος στα 25 km.



Εικόνα 2. Θέση της λεκάνης του Γαλλικού ποταμού (Sprachos G 2018)

Χαρακτηρίζεται από επίμηκες σχήμα και υψηλά υψόμετρα, πάνω από 1.000 m στα βόρεια (ορεινοί όγκοι Κρουσιών), τα οποία σταδιακά χαμηλώνουν ως το κέντρο της ΛΑΠ, με μέσο υψόμετρο τα 300 m, ενώ στη συνέχεια απαντώνται πεδινές εκτάσεις με εξαίρεση την έξαρση στα νοτιοανατολικά όρια της ΛΑΠ (περιοχή μεταξύ των οικισμών Μονόλιθα Μεσαίο και Νεωχωρούδα).

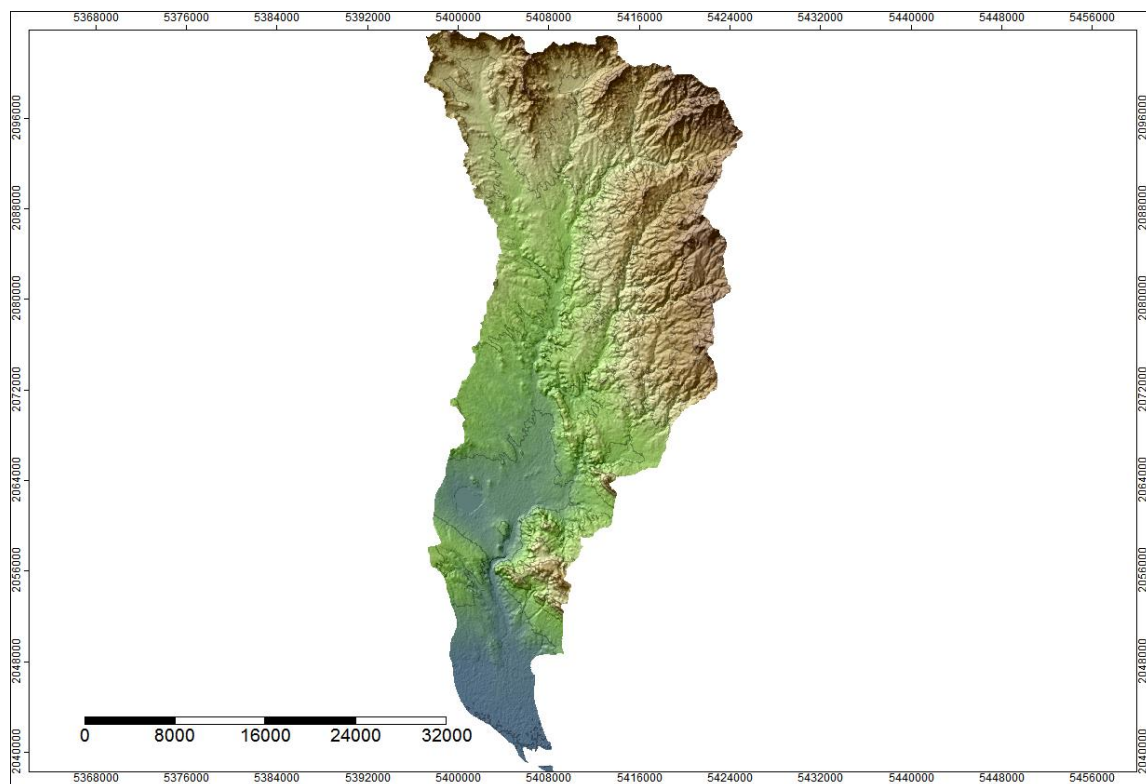
Η λεκάνη του Γαλλικού ποταμού υπάγεται διοικητικά στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας και κατατάσσεται στο 10^ο Υδατικό Διαμέρισμα με βάση των διαχωρισμό του Ελληνικού χώρου.

2.2 Γεωμορφολογία

Η γεωμορφολογική εικόνα μίας περιοχής είναι αποτέλεσμα της γεωλογικής σύστασης και της δράσης δύο ανταγωνιστικών παραγόντων. Ο πρώτος παράγοντας είναι η επίδραση των τεκτονικών δυνάμεων και της συσσώρευσης υλικών ενώ ο δεύτερος η αποσάθρωση και η διάβρωση.

Ο υδροκρίτης της λεκάνης του Γαλλικού ποταμού ορίζεται ανατολικά από τις κορυφές των Κρουσσίων, βόρεια από το Δύσωρον όρος και την Μαύρη Κορυφή, δυτικά από τις κορυφές Πύργος (767 m), Γελαστή (622 m), Πανόραμα (635 m), Τέσσερις Κορυφές (571 m), Νυφίτσα (522 m), Άσπρη Πέτρα (480 m), Κορυφούλα (422 m), την λοφώδη περιοχή που βρίσκεται δυτικά της πόλης του Κιλκίς, την Ψηλοράχη (139 m), τους λόφους των Μπαλαϊκών και νότια από τον κόλπο του Θερμαϊκού (Μάττας 2009).

Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης ανέρχεται στα 1179 m και το ελάχιστο στα 0 m (Ι.Γ.Μ.Ε. 2002). Το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται ως λοφώδες ορεινό – ημιορεινό. Μικρότερη έκταση καταλαμβάνουν οι πεδινές εκτάσεις.



Εικόνα 3. Τοπογραφικός χάρτης της λεκάνης του Γαλλικού ποταμού (Sprachos G 2018)

Ο Γαλλικός ποταμός χαρακτηρίζεται ως ποταμοχείμαρρος με συνέπεια η μεταφορά φερτών υλικών να είναι εποχιακή και οι αποθέσεις να παρουσιάζουν επεισοδιακό χαρακτήρα. Κύρια χαρακτηριστικά του είναι το μικρό του βάθος, η σχετικά μεγάλη κλίση της κοίτης του καθώς και η ύπαρξη ποτάμιων αναβαθμίδων.

2.3 Υδρογραφικό Δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο μίας λεκάνης αποτελεί το σύνολο των φυσικών κοιτών και ρεμάτων της λεκάνης. Ουσιαστικά είναι ο αποδέκτης και η φυσική δίοδος των επιφανειακών υδάτων προς τη θάλασσα. Ως εκ τούτου, ο ρόλος του υδρογραφικού δικτύου είναι εξαιρετικά σημαντικός στην διαμόρφωση των μορφολογικών χαρακτηριστικών της εκάστοτε λεκάνης καθώς το νερό αποτελεί των κυριότερο παράγοντα διάβρωσης και μεταφοράς υλικών.

Ο Γαλλικός ποταμός αποτελείται από ένα δίκτυο παραποτάμων και ρεμάτων. Η ανάπτυξη του υδρογραφικού του δικτύου συνδέεται με την τεκτονική δομή της περιοχής. Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής χαρακτηρίζεται ως πυκνό δίκτυο σύνθετης μορφής. Σύμφωνα με την κατάταξη Strahler χαρακτηρίζεται ως ένα 7^{ης} τάξης υδρογραφικό δίκτυο, Στο βόρειο τμήμα η μορφή του είναι δενδριτική ενώ στο νότιο παράλληλη. Η αυξημένη πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου καταδεικνύει την αυξημένη επιφανειακή απορροή που εμφανίζει ο ποταμός σε σχέση με την κατείσδυση. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται από τους γεωλογικούς σχηματισμούς της λεκάνης οι οποίοι χαρακτηρίζονται γενικά ως αδιαπέρατοι.

Σύμφωνα με την «1^η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας» στη Λεκάνη Απορροής του Ποταμού (ΛΑΠ) Γαλλικού αναγνωρίστηκαν συνολικά δεκαέξι (16) ποτάμια Υδατικά Συστήματα (ΥΣ) τα οποία διακρίθηκαν σε τέσσερις τύπους ποτάμιων ΥΣ. Το συνολικό τους μήκος τους ανέρχεται στα 183,49 km και παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Τύποι ποτάμιων ΥΣ που διακρίθηκαν ανά ΛΑΠ (1^η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας)

Τύποι ΥΣ	ΛΑΠ Γαλλικού			
	Μήκος Τύπων ΥΣ		Πλήθος Τύπων ΥΣ	
	km	%	Πλήθος	%
R-M1 (μικρά μεσογειακά ρέματα)	57.66	31.4	5	31.25
R-M2 (μεσαία μεσογειακά ρέματα)	102.91	56.1	8	50.0
R-M3 (μεγάλα μεσογειακά ρέματα)	9.19	5.0	2	12.5
R-M4 (ορεινά μεσογειακά ρέματα)	-	-	-	-
R-M5 (εποχικά ρέματα)	13.73	7.5	1	6.25
R-L2 (πολύ μεγάλοι ποταμοί)	-	-	-	-
ΣΥΝΟΛΑ	183.49	100	16	100

Κυριότεροι από τους κλάδους του Γαλλικού ποταμού είναι ο Σπανός ποταμός, το Μεγάλο ποτάμι, ο Ξηροπόταμος καθώς και η κύρια κοίτη του Γαλλικού. Το συνολικό μήκος του ποταμού ανέρχεται στα 73 km ενώ η διεύθυνση της κοίτης είναι ΒΒΑ-ΝΝΔ.

Η ροή της κοίτης του Γαλλικού ποταμού είναι άμεσα εξαρτημένη από τις μετεωρολογικές συνθήκες και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, καθώς σε φτωχές υγρές περιόδους έχει παρατηρηθεί μηδενική ροή. Επιπλέον χαρακτηριστικό είναι οι πλημμυρικές παροχές που εκδηλώνονται μετά από μεγάλης έντασης βροχοπτώσεις.

Στην εικόνα 4 παρουσιάζεται η αύξηση της στάθμης του ποταμού κατά την χειμερινή περίοδο του 2014. Η φωτογραφία αυτή καταδεικνύει τη δράση του ποταμού ως ποταμοχειμάρρου καθώς και την άμεση εξάρτηση της ροής του από το μέγεθος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.



Εικόνα 4. Κοίτη του Γαλλικού ποταμού κατά τον Δεκέμβριο του 2014

2.4 Χρήσεις Γης

Στον πίνακα 2 παρατίθενται οι χρήσεις γης για την λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού όπως επεξεργάστηκαν από χάρτες του Ευρωπαϊκού συστήματος παρακολούθησης «Copernicus», το οποίο αποτελείται από ένα πολύπλοκο σύνολο συστημάτων που συλλέγουν δεδομένα από πολλαπλές πηγές, δορυφόρους παρατήρησης της γης και επί τόπου αισθητήρες όπως επίγειοι σταθμοί, αισθητήρες αερομεταφερόμενων και αισθητήρες θαλάσσης. Επεξεργάζεται αυτά τα δεδομένα και παρέχει στους χρήστες αξιόπιστες και ενημερωμένες πληροφορίες μέσω ενός συνόλου υπηρεσιών που σχετίζονται με θέματα περιβάλλοντος και ασφάλειας. Οι υπηρεσίες καλύπτουν έξι θεματικές περιοχές: τη γη, τη θάλασσα, την ατμόσφαιρα, την αλλαγή του κλίματος, τη διαχείριση έκτακτων περιστατικών και την ασφάλεια. Υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της προστασίας του περιβάλλοντος, της διαχείρισης των αστικών περιοχών, του περιφερειακού και τοπικού σχεδιασμού, της γεωργίας, της δασοκομίας, της αλιείας, της υγείας, των μεταφορών, της αλλαγής του κλίματος, της βιώσιμης ανάπτυξης, της πολιτικής προστασίας και του τουρισμού.

Πίνακας 2. Κύριες χρήσεις γης της Λεκάνης Απορροής του Γαλλικού ποταμού (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover-2012>, επεξεργασία από τον συγγραφέα)



Το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσεως στην λεκάνη απορροής του γαλλικού ποταμού αποτελούν οι αγροτικές και οι δασικές εκτάσεις ενώ σχετικά μικρό ποσοστό αυτής εκμεταλλεύεται από τον άνθρωπο.

Κυρίαρχη χρήση με ποσοστό που αγγίζει το μισή επί του συνόλου έκταση της λεκάνης (45.02%) αποτελούν οι μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις, δηλαδή εκτάσεις οι οποίες μπορούν να οργωθούν και να καλλιεργηθούν χωρίς ωστόσο να πραγματοποιείται άρδευση από αυτές τις περιοχές. Καταλαμβάνουν θέσεις κατά μήκος όλης της λεκάνης.

Οι αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης καταλαμβάνουν το 12.01% της λεκάνης ενώ οι φυσικοί λιβαδότοποι και η σκληρόφυλλη βλάστηση καταλαμβάνει ποσοστό γύρω στο 10% επί του συνόλου της λεκάνης.

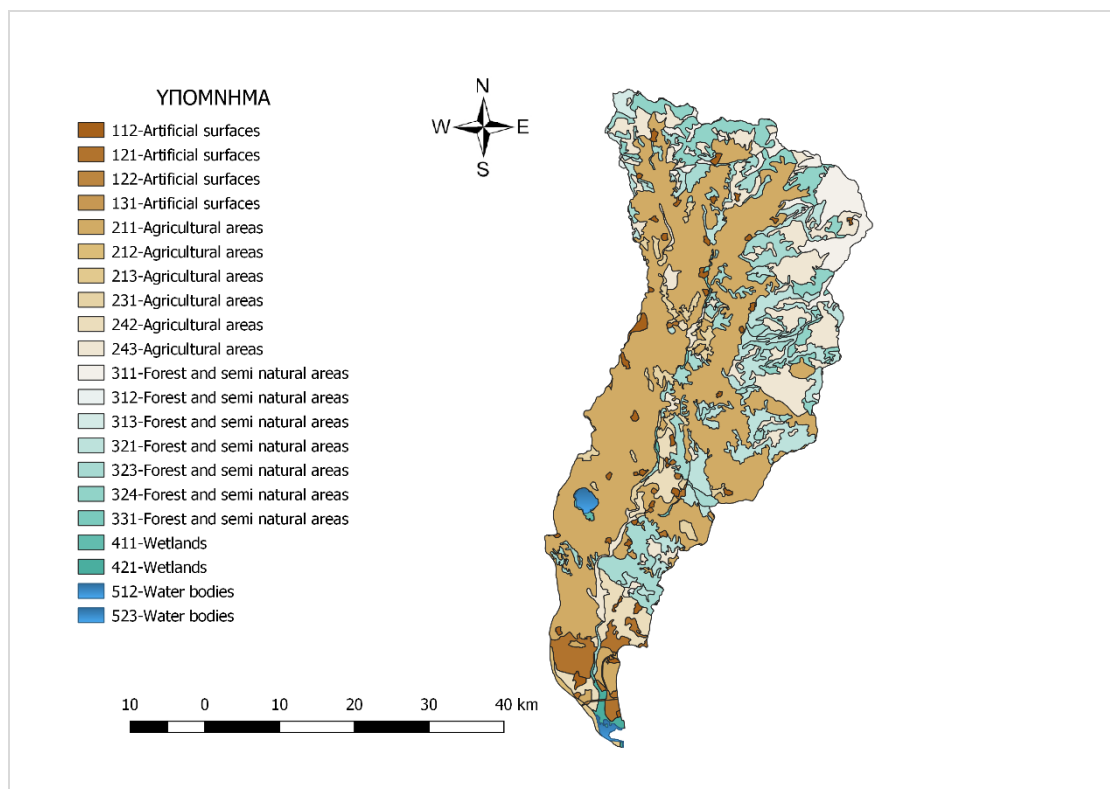
Σημαντική παράμετρος της λεκάνης απορροής αποτελεί η Βιομηχανική Περιοχή η οποία αναπτύσσεται μέσα σε αυτήν. Τοποθετείται κυρίως στην περιοχή της Σίνδου και καταλαμβάνει το 2.61% της λεκάνης.

Οι τεχνητές επιφάνειες, όπως είναι οι οικιστικές περιοχές και τα δίκτυα μεταφορών, καταλαμβάνουν μικρό ποσοστό κάλυψης στο σύνολο της λεκάνης. Οι μεγαλύτερες εκτάσεις που καλύπτουν οι οικισμοί εντοπίζονται στα περίχωρα της πόλης της Θεσσαλονίκης καθώς και στην περιοχή του Κιλκίς, περιοχές οι οποίες εμφανίζουν και

τη μεγαλύτερη βιομηχανική ή εμπορική χρήση. Όσον αφορά τα δίκτυα μεταφορών (δρόμοι και σιδηρόδρομοι) καταλαμβάνουν χαμηλό ποσοστό, της τάξεως του 0.16%. Λόγω της ύπαρξης του λιμανιού της Θεσσαλονίκης αλλά και του αεροδρομίου «Μακεδονία» τα δίκτυα μεταφορών χαρακτηρίζονται ως διεθνούς σημασίας.

Τέλος οι υδάτινες επιφάνειες και οι υγρότοποι καταλαμβάνουν ποσοστό γύρω στο 1% επί του συνόλου. Στο ποσοστό αυτό περιλαμβάνονται κυρίως χερσαία ύδατα (ποτάμια, λίμνες, βάλτοι κ.λπ.) ενώ ένα μικρό ποσοστό αυτών αποτελούν τα μεταβατικά ύδατα (εκβολές Γαλλικού ποταμού) τα οποία μπορούν να χαρακτηριστούν και ως υφάλμυρα.

Η εικόνα 5 παρουσιάζει τα δεδομένα του πίνακα 2, ομαδοποιημένα μέσω του ελεύθερου προγράμματος QGIS. Η ομαδοποίηση πραγματοποιήθηκε βάση κωδικού ο οποίος αποδίδεται σε κάθε στοιχείο. Ο πίνακας 3 αποτελεί μία εκτενέστερη αναφορά και επεξήγηση του υπομνήματος του χάρτη της εικόνας 5.



Εικόνα 5. Χάρτης απεικόνισης χρήσεων γης στη ΛΑΠ Γαλλικού



Πίνακας 3. Εκτενής επεξήγηση του υπομνήματος της εικόνας 5

Κωδικός	Χαρακτηρισμός 1	Χαρακτηρισμός 2	Χαρακτηρισμός 3
112	τεχνητές επιφάνειες	Αστικός ιστός	Ασυνεχής αστικός ιστός
121	τεχνητές επιφάνειες	Βιομηχανικές, εμπορικές και μεταφορικές μονάδες	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες
122	τεχνητές επιφάνειες	Βιομηχανικές, εμπορικές και μεταφορικές μονάδες	Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα
131	τεχνητές επιφάνειες	Ορυχεία, χωματερές και εργοτάξια	Εγκαταστάσεις εξόρυξης ορυκτών
211	γεωργικές περιοχές	Αγροτεμάχια	Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις
212	γεωργικές περιοχές	Αγροτεμάχια	Μόνιμα αρδευόμενη γη
213	γεωργικές περιοχές	Αγροτεμάχια	Πεδία ρυζιού
231	γεωργικές περιοχές	Λιβάδια	Λιβάδια
242	γεωργικές περιοχές	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	Σύνθετα πρότυπα καλλιέργειας
243	γεωργικές περιοχές	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	Οικόπεδα κατεχόμενα κυρίως από τη γεωργία, με σημαντικές περιοχές φυσικής βλάστησης
311	δασικές και ημι-φυσικές περιοχές	Δάση	Ευρύφυτο δάσος
312	δασικές και ημι-φυσικές περιοχές	Δάση	Δάσος κωνοφόρων
313	δασικές και ημι-φυσικές περιοχές	Δάση	Μικτό δάσος
321	δασικές και ημι-φυσικές περιοχές	Θάμνοι και/ή βοτανώδεις ενώσεις βλάστησης	Φυσικά λιβάδια
323	δασικές και ημι-φυσικές περιοχές	Θάμνοι και/ή βοτανώδεις ενώσεις βλάστησης	Σκληρόφυλλη βλάστηση
324	δασικές και ημι-φυσικές περιοχές	Θάμνοι και/ή βοτανώδεις ενώσεις βλάστησης	Μεταβατικοί δασώδης θάμνοι
331	δασικές και ημι-φυσικές περιοχές	Ανοιχτοί χώροι με μικρή ή καθόλου βλάστηση	Παραλίες, αμμόλοφους, αμμουδιά
411	υγρότοποι	Εσωτερικοί υγρότοποι	Εσωτερικά έλη
421	υγρότοποι	Θαλάσσιοι υγρότοποι	Αλατούχα έλη
512	σώματα νερού	Εσωτερικά ύδατα	Σώματα νερού
523	σώματα νερού	Θαλασσινά νερά	Θάλασσα και ωκεανός



Στον πίνακα 4 παρουσιάζεται ο μόνιμος πληθυσμός της ΛΑΠ Γαλλικού σύμφωνα με τις απογραφές που πραγματοποιήθηκαν το 2001 και 2011 αλλά και η ποσοστιαία μεταβολή αυτού.

Πίνακας 4. Ποσοστιαία μεταβολή πληθυσμού στη ΛΑΠ Γαλλικού με στοιχεία από τις απογραφές 2001 και 2011

	Μόνιμος πληθυσμός		Ποσοστιαία μεταβολή
	2001	2011	
ΛΑΠ Γαλλικού	55.359	58.915	6,4%

Παρατηρείται πως υπάρχει μία σημαντική αύξηση του πληθυσμού ο οποίος κατοικεί στην περιοχή, γεγονός που οδηγεί και στην αύξηση των απαιτούμενων ποσοτήτων ύδατος, κυρίως για αρδευτικούς αλλά και για υδρευτικούς σκοπούς.

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ – ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

3.1 Γεωλογία

Η περιοχή μελέτης στο μεγαλύτερο μέρος της ανήκει στις Εσωτερικές Ελληνίδες και πιο συγκεκριμένα στις γεωτεκτονικές ζώνες της Παιονίας και της Περιοδοπικής καθώς και στην Ελληνική Ενδοχώρα η οποία αντιπροσωπεύεται από τη Σερβομακεδονικής Ζώνη.

Πιο συγκεκριμένα, η Υποζώνη της Παιονίας κατατάσσεται στην Ζώνη του Αξιού και αντιπροσωπεύει τα ιζήματα τα οποία αποτέθηκαν σε ανοιχτή βαθιά θάλασσα. Επικρατεί λεπιοειδής τεκτονική ενώ τα μεγάλεια που παρατηρούνται έχουν κλίση προς ΒΑ και με συνεχείς επιπτεύσεις προς τα Δ-ΝΔ τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο. Η ζώνη της Παιονίας περιλαμβάνει την Ενότητα του Ωραιοκάστρου η οποία εμφανίζεται κυρίως στην λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού. Χαρακτηριστικό αυτής της ενότητας είναι ανεστραμμένη εμφάνιση των σχηματισμών της (Μουντράκης 2010). Περιλαμβάνει κροκαλοπαγή τα οποία συνίστανται από τέφρα, ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστολίθους. Αυτοί οι σχηματισμοί καταλαμβάνουν μικρό μέρος στο νότιο τμήμα της λεκάνης.

Η Περιοδοπική Ζώνη συγκροτείται από τρεις βασικές ενότητες. Αυτές είναι:

- Η ενότητα Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά
- Η ενότητα Μελισοχωρίου – Χολομώντα
- Η ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη

Στην περιοχή μελέτης η εμφάνιση της ενότητας Ντεβέ Κοράν – Δουμπιάς περιλαμβάνει ένα σχηματισμό μετακλαστικών ιζημάτων, μεταψαμμίτες, χαλαζίτες, χαλαζιακούς σχιστολίθους και μετακροκαλοπαγή, γνωστός και ως «σχηματισμός Εξαμιλίου». Πάνω από τον σχηματισμό αυτόν παρατηρείται μια ηφαιστειοίζηματογενής σειρά η οποία αποτελείται από εναλλασσόμενα ηφαιστειακά και ιζηματογενή υλικά, χαρακτηριστικά μια bimodal ηφαιστειότητας. Επιπλέον, η ενότητα αυτή συγκροτείται από δύο διαδοχικούς γεωλογικούς ορίζοντες, την κατώτερη ασβεστολιθική σειρά ηλικίας Μέσου – Άνω Τριαδικού και τον ανώτερο ανθρακικό ορίζοντα ηλικίας Μέσου – Άνω Ιουρασικού. Η κατώτερη ασβεστολιθική σειρά συγκροτείται από σκοτεινότεφρους απολιθωματοφόρους ασβεστόλιθους με κωνόδοντα, λευκά παχυστρωματώδη μάρμαρα και λευκοκίτρινους λεπτοστρωματώδεις δολομίτες σε εναλλαγή με τεφρούς λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους (Μελαδιώτης 1984). Ο ανώτερος ανθρακικός ορίζοντας αποτελείται από σκοτεινότεφρους λεπτοστρωματώδεις απολιθωματοφόρους ασβεστόλιθους με τρηματοφόρα οι οποίοι διακόπτονται από ενστρώσεις κίτρινων μαργών και τεφρών ασβεστιτικών σχιστολίθων.

Η ενότητα Μελισοχωρίου – Χολομώντα αποτελείται από έναν ανώτερο και έναν κατώτερο σχηματισμό. Στον κατώτερο σχηματισμό παρατηρείται φυλλιτική ακολουθία αποτελούμενη από καστανοπράσινους φυλλίτες με φακούς και φλέβες

χαλαζία οι οποίοι διακόπτονται από ενστρώσεις πρασινόχρωμων σχιστολίθων και γνευσίων ηλικίας Άνω Τριαδικού ενώ ο ανώτερος σχηματισμός χαρακτηρίζεται από την παρουσία φλύσχη με τουρβιδικές εναλλαγές γνωστός και ως «φλύσχη της Σβούλας». Αποτελείται από ερυθρόχρωμους ασβεστιτικούς ψαμμίτες καθώς και από καστανούς και τεφρογάλανους κλαστικούς απολιθωματοφόρους ασβεστόλιθους που εναλλάσσονται με μελανότεφρους και κίτρινους αργιλικούς σχιστολίθους ηλικίας Άνω Τριαδικού.

Τέλος, στην ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη παρατηρούνται δύο γεωλογικοί ορίζοντες. Η κατώτερη ασβεστολιθική σειρά ηλικίας Μέσου – Άνω Τριαδικού αποτελείται από μελανότεφρους λεπτοστρωματώδεις απολιθωματοφόρους ασβεστολίθους, παχυστρωματώδη λευκά μάρμαρα και από σκοτεινότεφο λεπτοστρωματώδη ασβεστόλιθο που στη βάση του εναλλάσσεται με ψαμμίτες και κροκαλοπαγή. Επιπλέον παρατηρούνται ενστρώσεις κίτρινων μαργών. Ο δεύτερος ορίζοντας αποτελείται από ερυθρόχρωμους λεπτόκοκκους ψαμμίτες, πράσινους σχιστολίθους, μικροκροκαλοπαγή, μελανότεφρους και πράσινους κερατολίθους καθώς και από παρεμβολές σερικιτιωμένων και χλωριτιωμένων δολεριτών. Ο ορίζοντας αυτός χαρακτηρίζεται ως ο ορίζοντας των αμμούχων αργιλικών σχιστολίθων και χρονολογείται στο Κάτω – Μέσο Ιουρασικό.

Η Σερβομακεδονική ζώνη συγκροτείται από δύο σειρές. Την ανώτερη σειρά του Βερτίσκου και την κατώτερη σειρά των Κερδυλλίων. Οι δύο αυτές σειρές βρίσκονται σε συμφωνία και υπάρχει ομαλή μετάβαση της κατώτερης προς την ανώτερη, με μία σαφή ωστόσο τεκτονική επαφή ανάμεσα τους, που ακόμα παραμένει αδιευκρίνιστη. Στα όρια της λεκάνης απορροής εντοπίζονται σχηματισμοί της σειράς του Βερτίσκου όπως είναι ο γνεύσιος, ο μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος και οι αμφιβολίτες. Οι γνεύσιοι και οι μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι επικρατούν στη σειρά του Βερτίσκου και καταλαμβάνουν σημαντικό τμήμα της λεκάνης απορροής του Γαλλικού ποταμού. Οι αμφιβολίτες της περιοχής εμφανίζονται ως σκοτεινοπράσινοι έως μαύροι και αποτελούν πτυχωμένα μεγάλης σκληρότητας κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα (Μελαδιώτης 1984).

Στην λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού παρατηρείται πλήθος Τριτογενών και Τεταρτογενών αποθέσεων.

Οι Τριτογενείς αποθέσεις αντιπροσωπεύονται από την ύπαρξη μίας ψαμμιτομαργαϊκής σειράς αποτελούμενη από συμπαγείς συνεκτικούς ψαμμίτες που εναλλάσσονται με μικροκροκαλοπαγή και ορίζοντες αμμούχων μαργών.

Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις καλύπτουν κυρίως πεδινές επιφάνειες της λεκάνης και καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα της. Οι Πλειστοκαινικές αποθέσεις αποτελούνται από ερυθρές αργίλους με ασβεστολιθικά συγκρίματα, στρώματα άμμων και χαλικών καθώς και από λατυποπαγή και κροκαλοπαγή. Χαρακτηριστική είναι η εμφάνιση συστημάτων αναβαθμίδων κατά μήκος της κοίτης του ποταμού. Οι αναβαθμίδες αποτελούνται από χαλαρά κροκαλοπαγή, κεραμόχρωμες αργιλώδεις άμμους και λεπτές στρώσεις χαλαρών ψαμμιτών οι οποίες καλύπτονται κατά θέσεις από ελλουβιακούς σχηματικούς. Το ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων εντοπίζεται στην περιοχή του Εξαμιλίου (Μάττας 2009). Οι Ολοκαινικές αποθέσεις συνίστανται από επάλληλα στρώματα άμμων, χαλικών, κροκαλών, αργίλων και εντοπίζονται ως προσχώσεις των κοιλάδων. Οι ελλουβιακοί σχηματισμοί συγκροτούνται κυρίως από αποσαθρώματα και λατύπες σχιστολιθικών πετρωμάτων και χαρακτηρίζονται ως ένας

σαθρός επιφανειακός μανδύας. Τα αλλουβιακά ριπίδια συνίστανται κυρίως από χονδροκλαστικά και λεπτόκοκκα υλικά (Μάττας 2009).

3.2 Τεκτονική

Η λεκάνη απορροής του Γαλλικού ποταμού χαρακτηρίζεται από άποψη τεκτονικής δομής από τις τεκτονικές συνθήκες που επικρατούν στην ενότητα Ωραιοκάστρου της υποζώνης Παιονίας, στην Περιοδοπική ζώνη και στην Σερβομακεδονική μάζα. Η πολύπλοκη δομή που επικρατεί εκδηλώνεται από τις πλαστικές ή ρηξιγενείς παραμορφώσεις των πετρωμάτων, τις λεπιώσεις, τις επιπτεύσεις καθώς και την αναστροφή στρωμάτων. Τα παραπάνω αποτελούν αποτελέσματα των ορογενετικών περιόδων που επηρέασαν τις γεωτεκτονικές μονάδες της Ζώνης Αξιού, της Περιοδοπικής Ζώνης και της Σερβομακεδονικής Μάζας.

Πιο αναλυτικά, η ενότητα Ωραιοκάστρου αντιπροσωπεύει ένα αντίκλινο πτυχής με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, το οποίο επιπτεύεται στα ανατολικά από την κατώτερη ανθρακική σειρά της ενότητας Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη. Η ρηξιγενής τεκτονική της ενότητας αντιπροσωπεύεται από ρήγματα διευθύνσεως ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ. Χαρακτηριστικό επίσης είναι το μεγάλο ανάστροφο ρήγμα που εμφανίζεται με διεύθυνση σχεδόν παράλληλη στον άξονα της πτυχής και αποτελεί απόδειξη της σύνδεσης μεταξύ πτυχογόνου και ρηξιγενούς τεκτονικής (ηλικίας Άνω Κρητιδικό-Κ.Μ. Ηώκαινο).

Οι ενότητες Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη, Μελισσοχωρίου-Χολομώντα και Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά της Περιοδοπικής ζώνης αποτελούν ανεξάρτητα τεκτονικά λείπια γενικής διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ. Η τεκτονική παραμόρφωση της Περιοδοπικής Ζώνης αφορά δύο φάσεις πτυχώσεων. Η πρώτη, θεωρείται πως έγινε παράλληλα με την πρασινοσχιστολιθική μεταμόρφωση (Α. Ιουρασικό - Κ. Κρητιδικό) και προκάλεσε σχεδόν ισοκλινείς πτυχές και σχιστότητα των πετρωμάτων. Η δεύτερη, ανοιχτές πτυχές μεταμορφικές πτυχές τύπου Knick ηλικίας Ηώκαινου – Ολιγοκαινού. Επιπλέον διαπιστώθηκε πως κατά το Άνω Ολιγόκαινο – Κάτω Μειόκαινο η Περιοδοπική δέχθηκε μία ισχυρή μετα-μεταμορφική παραμόρφωση ως τεκτονική μεταφορά μίας συμπίεσης, με διεύθυνση Β – Ν, προκαλώντας τα αλληπάλληλα ανάστροφα ρήγματα και προσδίδοντας μία πολύπλοκη τεκτονική επιπτευτική μεγαδομή της ζώνης. (Μουντράκης 2010)

Η ενότητα Βερτίσκου της Σερβομακεδονικής μάζας συγκροτείται από συγκλινικές και αντικλινικές δομές και περιλαμβάνει δυο συστήματα πτυχών. Πρόκειται για πτυχές που εμφανίζονται στους ανώτερους προαλπικούς σχηματισμούς και έχουν μικρό εύρος και πτυχές που εμφανίζονται στα βαθύτερα πετρώματα, είναι ορθές ή κεκλιμένες και έχουν μεγάλο εύρος. Στην περιοχή παρατηρούνται ρήγματα δύο διευθύνσεων. Η πρώτη ομάδα ρηγμάτων αποτελεί τα επιμήκη ρήγματα της περιοχής ενώ η δεύτερη τα εγκάρσια. Στα εγκάρσια αυτά ρήγματα, οφείλεται η ολίσθηση των στρωμάτων της Σερβομακεδονικής προς τα δυτικά κατά το Άνω Ηώκαινο. Τα επιμήκη ρήγματα έχουν ηλικία Α.Ιουρασική-Κ.Κρητιδική.

Τόσο οι σχηματισμοί της Περιοδοπικής όσο και το υπόβαθρο της Σερβομακεδονικής εμφανίζονται ανεστραμμένοι στην περιοχή του ορίου των δυο ζωνών. Η αναστροφή αυτή αποδίδεται στην δράση της Τριτογενούς πτυχώσεως με απόκλιση προς τα Δυτικά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η κρυσταλλοσχιστώδης μάζα της Σερβομακεδονικής να επιπτεύει στα νεότερα Περμοτριάδικα ιζήματα της Περιοδοπικής.

3.3 Υδρογεωλογία

Σύμφωνα με την λιθολογική σύσταση και την τεκτονική καταπόνηση, οι γεωλογικοί σχηματισμοί έχουν και διαφορετική υδρογεωλογική συμπεριφορά η οποία εκφράζεται από το πορώδες (n). Το πορώδες είναι ένα μέτρο των διακένων που υπάρχουν σε ένα πέτρωμα ή έδαφος και εκφράζεται με το λόγο του συνολικού όγκου των διακένων προς τον συνολικό όγκο του πετρώματος/εδάφους (Βουδούρης 2013).

$$n\% = (V_k / V_{ολ}) * 100$$

όπου V_k = συνολικός όγκος διακένων

$V_{ολ}$ = συνολικός όγκος πετρώματος/εδάφους

Είναι η πιο σημαντική ιδιότητα των πετρωμάτων καθώς ορίζει την αποθηκευτικότητα και την κίνηση του νερού στο υπέδαφος. Διαχωρίζεται σε πρωτογενές και δευτερογενές πορώδες. Το πρωτογενές πορώδες αντιπροσωπεύει τα κενά που δημιουργήθηκαν κατά τις διεργασίες σχηματισμού πετρώματος ενώ ο το δευτερογενές αναφέρεται στα διάκενα που δημιουργήθηκαν λόγω τεκτονισμού, διάλυσης, αποσάθρωσης. Ως αποτέλεσμα ο σχηματισμοί διακρίνονται σε υδροπερατούς (permeable), ημιπερατούς (aquitard) και αδιαπέρατους (impermeable or aquiclude).

Στην περιοχή της λεκάνης του Γαλλικού ποταμού οι Τεταρτογενείς αποθέσεις και οι ασβεστόλιθοι χαρακτηρίζονται ως περατοί, σε αντίθεση με τους γνευσίους, τους σχιστόλιθους, τους αμφιβολίτες και τους χαλαζίτες οι οποίοι θεωρούνται ως αδιαπέρατοι.

Το μεγαλύτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον της λεκάνης εμφανίζεται στο πεδινό της τμήμα μεταξύ των Τεταρτογενών αποθέσεων. Η υδροπερατότητα των σχηματισμών αυτών οφείλεται στο πρωτογενές τους πορώδες διότι αποτελούνται κυρίως από αδρόκοκκα χαλαρά υλικά μικρού βαθμού διαγένεσης.

Όσον αφορά τα ανθρακικά πετρώματα της περιοχής αυτά αποτελούν ασβεστολιθικούς λεπτοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους ηλικίας Κάτω – Μέσου Ιουρασικού. Κατά περιπτώσεις συναντώνται μαζί με ψαμμίτες, μάργες, κροκαλοπαγή και σχιστολίθους ενώ υπάρχει πιθανότητα να μετατραπούν σε δολομίτες. Η υδροπερατότητα των ανθρακικών πετρωμάτων επηρεάστηκε κυρίως από το δευτερογενές πορώδες ως αποτέλεσμα της έντονης τεκτονικής καταπόνησης των περιοχών όπου εμφανίζονται καθώς και λόγω της καρστικοποίησης που έχουν υποστεί (Μάττας 2009).

Οι αδιαπέρατοι σχηματισμοί της λεκάνης καταλαμβάνουν και το μεγαλύτερο μέρος της. Αυτοί αποτελούνται κυρίως από γνευσίους της σειράς του Βερτίσκου οι οποίοι χρονολογούνται στον Παλαιοζωικό αιώνα. Μέσα στην μάζα των γνευσίων συναντώνται και σχηματισμοί όπως αμφιβολίτες, υπερβασικά πετρώματα, περιδοτίτες και σερπεντινίτες.

Στην λεκάνη του Γαλλικού ποταμού συναντώνται και ημιπερατοί γεωλογικοί σχηματισμοί. Οι σχηματισμοί αυτοί χρονολογούνται στο Παλαιόκαινο και πρόκειται ουσιαστικά για μία ψαμμιτομαργαϊκή σειρά η οποία εμφανίζεται στην περιοχή της

Νέας Φιλαδέλφειας σε πολύ μικρή επιφάνεια. Ανάλογα με τις τεκτονικές δράσεις έχουν αναπτύξει δευτερογενές πορώδες.

3.3.1 Υδραυλική Αγωγιμότητα και Μεταβιβαστικότητα

Σημαντικοί παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν την υδρογεωλογική συμπεριφορά των σχηματισμών είναι η υδροπερατότητα ή υδραυλική αγωγιμότητα και η μεταβιβαστικότητα.

Η υδραυλική αγωγιμότητα (k) ενός υλικού εκφράζει πόσο εύκολα ή δύσκολα μπορεί να κινηθεί το νερό μέσα στο υλικό. Συνδέεται άμεσα με το πορώδες των πετρωμάτων και των σχηματισμών καθώς το πορώδες εκφράζει την ποσότητα του νερού που εμπεριέχεται σε ένα γεωλογικό στρώμα. Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας για διάφορα υλικά (Βουδούρης 2013).

Πίνακας 5. Τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας σε διάφορα υλικά

Υλικό	k (m/sec)
Μεγάλα χαλίκια	10^{-2}
Χαλίκια μεσαίου μεγέθους	10^{-3}
Χαλίκια μικρού μεγέθους	10^{-3}
Χονδρόκοκκη άμμος	$10^{-4} - 10^{-3}$
Μεσόκοκκη άμμος	10^{-4}
Λεπτόκοκκη άμμος	$10^{-5} - 10^{-4}$
Ιλύς	$10^{-8} - 10^{-7}$
Αμμώδης άργιλος	10^{-8}
Άργιλος	10^{-9}

Η κατάταξη των γεωλογικών σχηματισμών ανάλογα με τις τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητάς αναφέρεται παρακάτω (Βουδούρης 2013)

- Πολύ υδροπερατοί για $k \geq 10^{-1}$ m/sec
- Υδροπερατοί για $10^{-6} < k < 10^{-1}$ m/sec
- Λίγο υδροπερατοί για $10^{-9} < k < 10^{-6}$ m/sec
- Πρακτικά στεγανοί για $k \leq 10^{-9}$ m/sec

Παράγοντες που επηρεάζουν την υδροπερατότητα είναι τόσο οι ιδιότητες του μέσου (το πορώδες, το μέγεθος των κόκκων, τη διάταξη αυτών κτλ.) όσο και οι ιδιότητες του νερού (ιξώδες, πυκνότητα, θερμοκρασία κτλ.). Κατά κανόνα στη φύση η υδραυλική αγωγιμότητα έχει μεγαλύτερη τιμή κατά την οριζόντια διεύθυνση σε σχέση με την κατακόρυφη. Σαν γενική εικόνα στους περισσότερους χαλαρούς σχηματισμούς παρατηρούνται και μεγαλύτερες τιμές υδροπερατότητας λόγω μεγαλύτερου πορώδους ενώ σε σχηματισμούς με μικρότερο πορώδες οι τιμές της υδροπερατότητας είναι αντίστοιχα μικρότερες. Το 1967 οι Morris – Johnson κατέταξαν τους γεωλογικούς σχηματισμούς ανάλογα με τις τιμές της υδροπερατότητας οι οποίες προέκυψαν μετά από πλήθος μετρήσεων, και παρουσιάζονται στον πίνακα 6.

Πίνακας 6. Κατάταξη γεωλογικών σχηματισμών με βάση την υδροπερατότητα, Morris - Johnson (1967)

Υλικό	Υδροπερατότητα (m/sec)
Μεγάλα χαλίκια	$1,7 * 10^{-3}$
Χαλίκια μέσου μεγέθους	$3,1 * 10^{-3}$
Χαλίκια μικρού μεγέθους	$5,2 * 10^{-3}$
Χονδρόκοκκη άμμος	$5,2 * 10^{-4}$
Μεσόκοκκη άμμος	$1,4 * 10^{-4}$
Λεπτόκοκκη άμμος	$2,9 * 10^{-5}$
Άργιλος	$2,3 * 10^{-9}$
Ασβεστόλιθος	$1,08 * 10^{-5}$
Δολομίτης	$1,1 * 10^{-8}$
Κρυσταλλικός σχιστόλιθος	$2,3 * 10^{-6}$
Αποσαθρωμένος γρανίτης	$1,6 * 10^{-6}$

Η υδροπερατότητα χαρακτηρίζεται ως:

- Πολύ μεγάλη όταν $k \geq 10^{-2}$ m/sec
- Μεγάλη όταν $10^{-5} < k < 10^{-2}$ m/sec
- Μέτρια όταν $10^{-8} < k < 10^{-5}$ m/sec
- Μικρή όταν $10^{-10} < k < 10^{-8}$ m/sec
- Πολύ μικρή όταν $k \leq 10^{-10}$ m/sec

Σε γεωτρήσεις που ανορύχθηκαν για λογαριασμό του Ο.Υ.Θ. το 1966 στην περιοχή Νάρρες με σκοπό την εκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων, παρατηρούνται οι λιθολογικοί σχηματισμοί σε κατακόρυφο ορίζοντα. Όπως φαίνεται στην εικόνα 6 πάνω από το πυριγενές υπόβαθρο (γάββρος) της περιοχής αναπτύσσονται κατά σειρά, από μεγαλύτερα βάθη προς τα μικρότερα, λεπτόκοκκοι έως μεσοκοκκοί χάλικες, οι οποίοι κατά περιπτώσεις αναμειγνύονται με άμμο, μεσόκοκκη άμμος με άργιλο και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους παρατηρείται λεπτόκοκκη άμμος. Τα στοιχεία αυτά συμφωνούν εν πολλοίς με τα στοιχεία των γεωλογικών χαρτών και καταδεικνύουν την υψηλή διαπερατότητα του πεδινού τμήματος της λεκάνης. Στην περιοχή της Νέας Φιλαδέλφειας για τον ίδιο σκοπό ανορύχθηκαν γεωτρήσεις το 1990, των οποίων οι λιθολογικές τομές δείχνουν έναν έντονα ρωγματομένο και καρστικοποιημένο ασβεστόλιθο που φτάνει σε βάθος μέχρι και τα 180 m κάτω από σχηματισμό άμμων και χαλικιών. Ως αποτέλεσμα η υδραυλική αγωγιμότητα των σχηματισμών αυξάνεται με την κίνηση του νερού να γίνεται με μεγαλύτερες ταχύτητες.



Εικόνα 6. Φωτογραφία μέσα από την κοίτη του Γαλλικού στην οποία διακρίνεται το πυριγενές υπόβαθρο της περιοχής και οι νεότερες αποθέσεις

Η μεταβιβαστικότητα (T) ενός υδροφορέα εκφράζει το γινόμενο της υδραυλικής αγωγιμότητας (k) επί το πάχος του υδροφόρου στρώματος (D)

$$T=k*D \text{ m}^2/\text{sec}$$

Εκφράζει τον όγκο του νερού που περνά από μία μοναδιαία διατομή του υδροφόρου στρώματος με υδραυλική κλίση ίση με τη μονάδα και την επικράτηση του κινηματικού ιξώδους (Βουδούρης 2013).

Και οι δύο αυτές παράμετροι σχετίζονται άμεσα με την παροχή της εκάστοτε γεώτρησης που κατασκευάζεται καθώς όσο μεγαλύτερες τιμές έχουν τόσο μεγαλύτερη παροχή αποδίδουν.

Πίνακας 7. Μέσες τιμές Υδροπερατότητας, Μεταβιβαστικότητας και Παροχής ανά ομάδες πετρωμάτων

	Τεταρτογενείς αποθέσεις	Ανθρακικά πετρώματα	Αδιαπέρατα πετρώματα
Υδροπερατότητα k	$4.22*10^{-6}$ – $8.1*10^{-4}$ m/sec	$1.21*10^{-3}$ – $3.97*10^{-3}$ m/sec	$6.52*10^{-7}$ – $3.69*10^{-5}$ m/sec
Μέση τιμή k	$2.38*10^{-4}$ m/sec	$2.41*10^{-3}$ m/sec	$4.8*10^{-6}$ m/sec
Μεταβιβαστικότητα T	$9.49*10^{-5}$ – $8.47*10^{-3}$ m ² /sec	$9.04*10^{-2}$ – $3.59*10^{-1}$ m ² /sec	$3.05*10^{-5}$ – $2.77*10^{-3}$ m ² /sec
Μέση τιμή T	$4.01*10^{-3}$ m ² /sec	$2.07*10^{-1}$ m ² /sec	$4.35*10^{-4}$ m ² /sec
Παροχή γεωτρήσεων Q	4 – 300 m ³ /h	40 – 90 m ³ /h	4 – 100 m ³ /h
Μέση τιμή Q	89.6 m ³ /h	60 m ³ /h	19.55 m ³ /h

Λαμβάνοντας υπόψη μετρήσεις της μεταβιβαστικότητας και της υδροπερατότητας σε γεωτρήσεις που ανορύχθηκαν στην περιοχή της Σίνδου για λογαριασμό της ΕΥΑΘ ΑΕ, αποδεικνύεται η ύπαρξη χαλαρών Τεταρτογενών αποθέσεων με μεγάλη υδροπερατότητα στο νότιο τμήμα της λεκάνης λαμβάνοντας υπόψη τα όρια του πίνακα 7. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα 8.

Πίνακας 8. Τιμές Υδροπερατότητας και Μεταβιβαστικότητας σε μερικές από τις γεωτρήσεις της Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε.

Γεώτρηση	ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ (m/sec)	ΜΕΤΑΒΙΒΑΣΤΗΚΟΤΗΤΑ (m ² /sec)
Σ07N	$3,30 \cdot 10^{-4}$	$1,00 \cdot 10^{-2}$
Σ09N	$2,53 \cdot 10^{-4}$	$6,85 \cdot 10^{-3}$
Σ08B	$3,00 \cdot 10^{-5}$	$2,60 \cdot 10^{-3}$
Σ11N	$5,00 \cdot 10^{-5}$	$1,70 \cdot 10^{-3}$
Σ14	-	$4,20 \cdot 10^{-2}$
Σ15	-	$6,20 \cdot 10^{-3}$
Σ16N	-	$5,90 \cdot 10^{-4}$
Σ19	-	$6,50 \cdot 10^{-4}$
Σ26N	$9,50 \cdot 10^{-5}$	$3,98 \cdot 10^{-3}$
Σ27	$3,08 \cdot 10^{-4}$	$1,77 \cdot 10^{-2}$
Σ28	$2,26 \cdot 10^{-4}$	$1,35 \cdot 10^{-2}$
Σ31	$2,36 \cdot 10^{-4}$	$1,74 \cdot 10^{-2}$
Σ32	$3,36 \cdot 10^{-4}$	$1,61 \cdot 10^{-2}$
Σ35	$4,50 \cdot 10^{-4}$	$2,30 \cdot 10^{-3}$

Όσον αφορά την υδροπερατότητα παρατηρείται πως οι τιμές της για κάθε γεώτρηση αποτυπώνουν την ύπαρξη Τεταρτογενών αποθέσεων στην περιοχή καθώς κινούνται στα όρια που καθορίστηκαν στον προηγούμενο πίνακα. Η μεταβιβαστικότητα παρουσιάζει μερικές διαφοροποιήσεις κατά θέσεις (γεωτρήσεις Σ07N, Σ14, Σ27, Σ28, Σ31, Σ32) (εικόνα 19). Οι διαφοροποιήσεις αυτές κινούνται στο όριο Τεταρτογενών αποθέσεων. Ο παρακάτω χάρτης αποτυπώνει τη θέση των γεωτρήσεων στην περιοχή της Σίνδου.

3.4 Υπόγειο υδατικό σύστημα Γαλλικού (ΥΥΣ Γαλλικού)

Σύμφωνα με το «Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής του Υδατικού Διαμερίσματος της Κεντρικής Μακεδονίας» (Ιανουάριος 2014) το υπόγειο υδατικό σύστημα του Γαλλικού ποταμού χαρακτηρίζεται ως κύριο και αναπτύσσεται στο πεδινό και λοφώδες τμήμα της λεκάνης, εντός των αδρο-μεσοκλαστικών ιζημάτων (Τεταρτογενή και Νεογενή ιζήματα) που έχουν αποτεθεί επί του βραχώδους παλαιούποβάθρου το οποίο αποτελείται από:

- τα κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα της σειράς του Βερτίσκου (διμαρμαρυγικός γενέσιος με ενστρώσεις σχιστολίθων, αμφιβολιτών), στο βόρειο τμήμα και

- τους χαλαζίτες της ενότητας Ντεβέ Κοράν και τους φλυσικούς σχηματισμούς της ενότητας Σβούλας, στο νότιο τμήμα (Μουντράκης 2010).

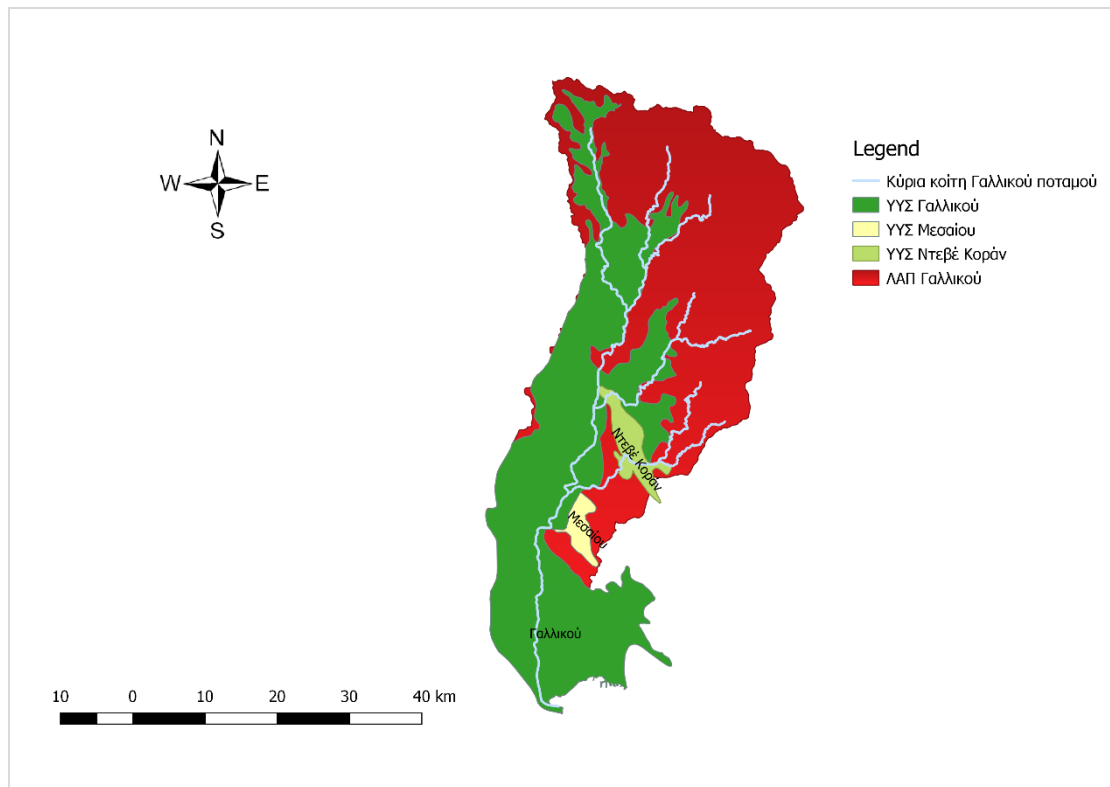
Το ΥΥΣ Γαλλικού, αναπτύσσεται εντός των αδρο-μεσοκλαστικών οριζόντων του Τεταρτογενούς και Νεογενούς. Η εναλλαγή των παραπάνω οριζόντων με ορίζοντες λεπτοκλαστικής δομής, έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη:

- ενός φρεάτιου ορίζοντα που αναπτύσσεται στην ευρύτερη κοίτη του Γαλλικού ποταμού (βάθος 0.5 έως 25.0 m)
- μερικώς υπό πίεση ή υπό πίεση, επάλληλων υδροφορέων, στους βαθύτερους ορίζοντες

Η τροφοδοσία του συστήματος πραγματοποιείται μέσω της κατείδυσης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, της διήθησης των επιφανειακών νερών του Γαλλικού ποταμού καθώς και από την πλευρική τροφοδοσία των εκατέρωθεν τοποθετημένων γνευσιακών και ασβεστολιθικών σχηματισμών.

Τα υπόγεια υδατικά συστήματα που αναπτύσσονται στη λεκάνη του Γαλλικού ποταμού είναι τα ακόλουθα:

- Μεσαίου
- Ντεβέ Κοράν
- Γαλλικού (0 – 25 m)



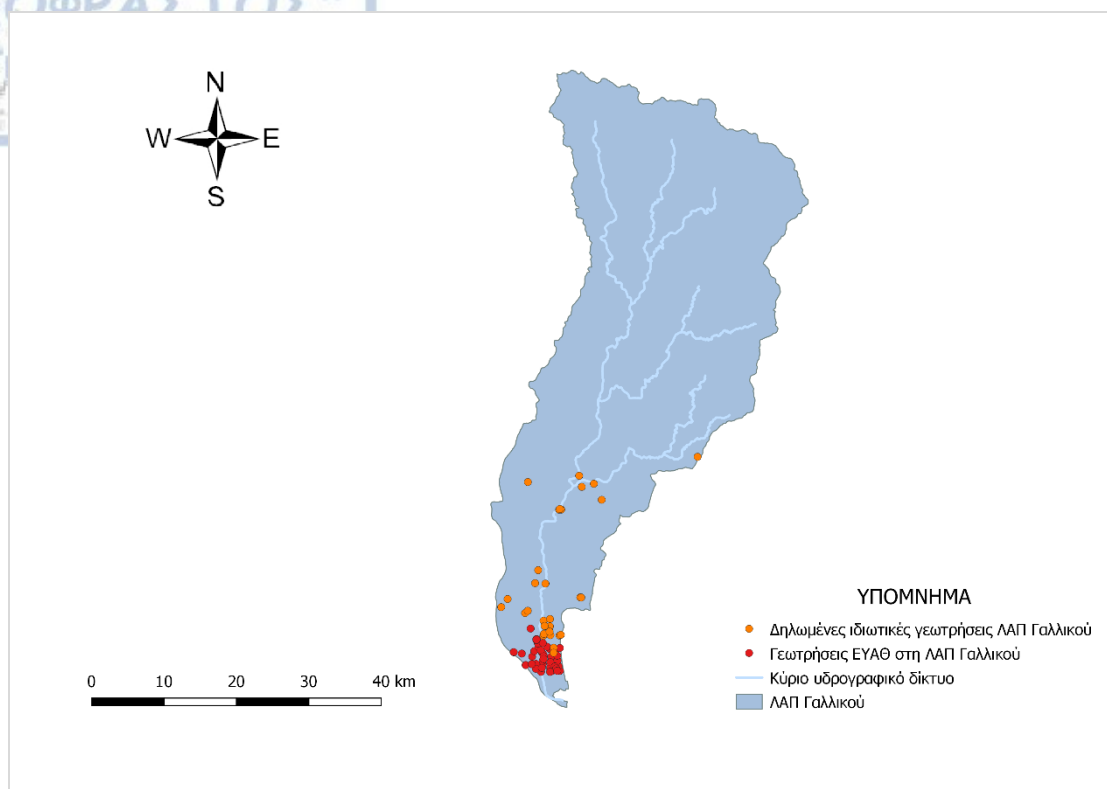
Εικόνα 7. Τα Υπόγεια Υδατικά Συστήματα που αναπτύσσονται στη ΛΑΠ Γαλλικού

Τα υπόγεια συστήματα Μεσαίου και Ντεβέ Κοράν χαρακτηρίζονται ως καρστικοί υδροφορείς ενώ αυτό του Γαλλικού αποτελεί έναν φρεάτιο ρηχό υδροφορέα που κυμαίνεται σε βάθη από 0 έως 5 m. Η ποσοτική κατάσταση αυτών των υπόγειων υδατικών συστημάτων λαμβάνει διαφορετικούς χαρακτηρισμούς για τα δύο είδη υδροφο-

ρέων. Για τον φρεάτιο υδροφορέα η ποσοτική κατάσταση χαρακτηρίζεται ως κακή, καθώς εκεί παρατηρούνται φαινόμενα υπεραντλήσεων τόσο για αρδευτικούς όσο και για υδρευτικούς σκοπούς. Ο συνδυασμός των υπεραντλήσεων με τη μικρή δυναμική του υδροφορέα οδηγεί στην ελάττωση των αποθεμάτων του με ταχύς ρυθμούς. Αντιθέτως, τα καρστικά υδροφόρα στρώματα Μεσαίου και Ντεβέ Κοράν, χαρακτηρίζονται από καλή κατάσταση των ποσοτήτων νερού που περιλαμβάνουν, λόγω της μη άντλησης από τους συγκεκριμένους υδροφορείς. Τα μεγάλα βάθη στα οποία αναπτύσσονται καθιστούν την ανόρυξη γεωτρήσεων περισσότερο δαπανηρή και κατ'επέκταση περισσότερο δύσκολη, με αποτέλεσμα τα συστήματα αυτά να μην «χάνουν» ποσότητες νερού από τον ανθρώπινο παράγοντα. Η χημική κατάσταση και των τριών υπόγειων υδατικών συστημάτων χαρακτηρίζεται ως καλή με αποτέλεσμα το νερό των υδροφορέων να κρίνεται πόσιμο. Στον φρεάτιο υδροφορέα παρατηρούνται αυξημένες τιμές στοιχείων λόγω του φυσικού υποβάθρου όπως είναι Mg, Fe, Mn, E.C., Cl καθώς και αυξημένες τιμές στοιχείων όπως είναι τα SO₄, NO₃, As, λόγω της ανθρωπογενούς παρέμβασης.

Στα υπόγεια αυτά υδατικά συστήματα παρατηρούνται ορισμένα ποιοτικά προβλήματα τα οποία βρίσκονται ωστόσο υπό έλεγχο και παρακολούθηση από τις αρμόδιες αρχές. Στο φρεάτιο υδατικό σύστημα του Γαλλικού τα ποιοτικά αυτά προβλήματα αφορούν τη γεωργία, τη βιομηχανία, τα ΧΥΤΑ, την κτηνοτροφία/πτηνοτροφία και τις υπεραντλήσεις. Το καρστικό σύστημα του Μεσαίου αφορούν λύματα και κτηνοτροφία, ενώ το σύστημα Ντεβέ Κοράν τα ποιοτικά προβλήματα οφείλονται στην ύπαρξη λατομείων, στη γεωργία, στην κτηνοτροφία και στα λύματα που παράγονται και κατεισδύουν στο υπέδαφος.

Στην περιοχή της ΛΑΠ Γαλλικού έχουν κατασκευαστεί και έργα τεχνητού εμπλουτισμού τα οποία αφορούν σε περιοχή της Σίνδου, στην κοίτη του Γαλλικού από τα νερά του Βιολογικού Σταθμού της ΕΥΑΘ, μετά από τριτοβάθμια επεξεργασία, και στην περιοχή της Τούμπας Ν. Κιλκίς (Φορέας: ΕΘΙΑΓΕ. Πειραματικό στάδιο. Σταμάτησε η λειτουργία του λόγω έλλειψης χρηματοδότησης από τη Νομαρχία Κιλκίς). Τα έργα αυτά παρέμειναν σε πιλοτικό/πειραματικό στάδιο και έδωσαν χρήσιμα συμπεράσματα κυρίως όσο αφορά την τεχνογνωσία εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού.



Εικόνα 8. Το σύνολο των γεωτρήσεων που υπάρχουν στη ΛΑΠ Γαλλικού

4. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΑΙ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΠΕΔΙΝΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

4.1 Εξίσωση υδρολογικού ισοζυγίου

Το υδρολογικό ισοζύγιο αποτελεί μία έκφραση της αέναης κυκλοφορίας του νερού και την κατανομή αυτού σε μία λεκάνη απορροής. Η σύνταξη του είναι απαραίτητη για την διαχείριση των υδατικών πόρων της λεκάνης καθώς και για την υλοποίηση τεχνικών έργων σε αυτήν. Η κύρια μορφή με την οποία εκφράζεται το φαινόμενο της κυκλοφορίας και της κατανομής του νερού στην ατμόσφαιρα και τη γη είναι η εξής:

$$P=E+R+I$$

Όπου P = τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (precipitation)

E = η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (evapotranspiration)

R = η επιφανειακή απορροή (runoff)

I = η κατείσδυση (infiltration)

Η εξίσωση αυτή μπορεί να αποτυπωθεί και ως $P=E+Q$, όπου το Q εκφράζει την ολική απορροή η οποία περιλαμβάνει τόσο την κατείσδυση (I) όσο και την επιφανειακή απορροή (R). Η υπόγεια απορροή πρακτικά ταυτίζεται με την κατείσδυση, στην περίπτωση που δεν παρατηρείται μεταβολή των αποθεμάτων και δεν αντλείται νερό για την κάλυψη των υδατικών αναγκών (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία) (Βουδούρης 2013).

Τα παραπάνω μεγέθη μπορούν να εκφρασθούν σε ισοδύναμο ύψος νερού (mm) ή σε όγκο νερού (m^3) ή σε ποσοστό επί τοις εκατό(%).

Η σύνταξη του υδρολογικού ισοζυγίου γίνεται με βάση το υδρολογικό έτος, το οποίο στην Ελλάδα καθορίζεται από τον Σεπτέμβριο/Οκτώβριο μέχρι τον Αύγουστο/Σεπτέμβριο του επόμενου έτους αντίστοιχα.

Οι παράγοντες που καθορίζουν το υδρολογικό ισοζύγιο σε μία λεκάνη απορροής είναι:

- Κλιματικοί
- Λιθολογικοί (είδος πετρωμάτων)
- Γεωμορφολογικοί (κλίση, υδρογραφικό δίκτυο)
- Βλάστηση
- Οι επεμβάσεις του ανθρώπου (αποψιλώσεις δασών, τεχνικά έργα, αντλήσεις κ.α.).

Λαμβάνοντας υπόψιν της ανθρώπινες παρεμβάσεις μέσω αντλήσεων ή τεχνητού εμπλουτισμού καθώς και την μεταβολή των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων η εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου λαμβάνει την εξής μορφή:

$$P=E+R+I\pm dW\pm dq$$

Όπου P,E,I,R εξηγήθηκαν παραπάνω

dW =η μεταβολή των αποθεμάτων του υπόγειου νερού

dq =οι επιφανειακές ή υπόγειες εισροές ή εκροές (αντλήσεις ή τεχνητός εμπλουτισμός).

Τονίζεται πως «Η σύνταξη ενός αξιόπιστου υδρολογικού ισοζυγίου απαιτεί μακροχρόνιες μετρήσεις έτσι ώστε να εξομαλυνθούν οι κλιματικές διακυμάνσεις» (Καλλέργης 1999).

Για τον υπολογισμό των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου για την λεκάνη του Γαλλικού ποταμού υπολογίστηκαν με τη σειρά

- Ο όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και
- η εξατμισοδιαπνοή με τη μέθοδο Thornthwaite-Mather

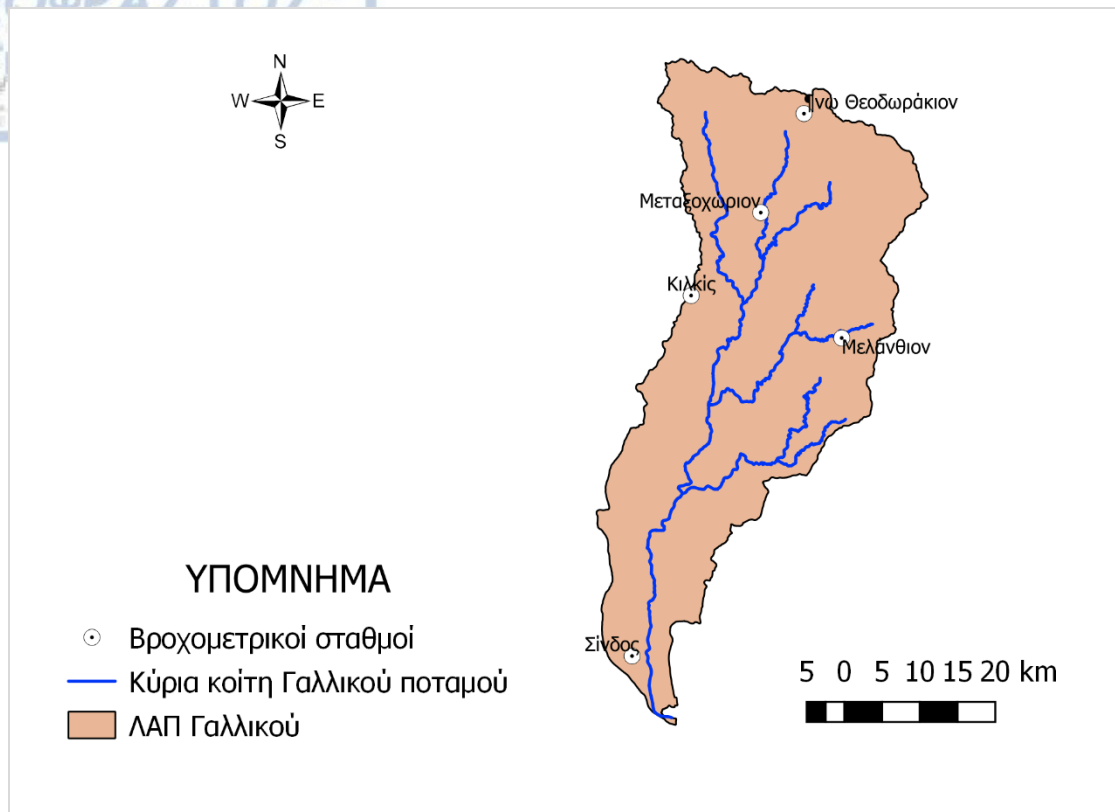
Κατ' επέκταση, υπολογίζοντας τις δύο αυτές παραμέτρους αυτόματα υπολογίστηκε και η ολική απορροή (Q) της λεκάνης για την περίοδο μελέτης.

4.2 Όγκος βροχής

Για τον υπολογισμό του όγκου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα 5 μετεωρολογικών σταθμών, τοποθετημένων στις αντίστοιχες θέσεις από τον διδάκτορα Χρήστο Μάττα, οι οποίοι βρίσκονται στο εσωτερικό της λεκάνης του Γαλλικού ποταμού.

Οι σταθμοί εμφανίζονται στην εικόνα 9 και είναι οι:

- Άνω Θεοδωράκι
- Κιλκίς
- Σίνδος
- Μελάνθιο
- Μεταξοχώρι



Εικόνα 9. Θέση των βροχομετρικών σταθμών στη ΛΑΠ Γαλλικού

Οι συγκεκριμένοι σταθμοί καλύπτουν όλο το εύρος της λεκάνης (πεδινό και ορεινό τμήμα). Τα βροχομετρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν από τους σταθμούς καλύπτουν την περίοδο 1972 – 2007, με εξαίρεση τον μετεωρολογικό σταθμό της Σίνδου που κατέγραψε δεδομένα μέχρι την περίοδο 2000 – 2001 και τον σταθμό του Κιλκίς για τον οποίο βρέθηκαν δεδομένα μέσω διαδικτύου μέχρι την περίοδο 2016 – 2017, πραγματοποιώντας παράλληλα τον κατάλληλο συσχετισμό για την ορθότητα των δεδομένων.

Το μέσο ύψος βροχής για τον κάθε σταθμό, αποτυπώνεται στον παρακάτω πίνακα σε mm.

Πίνακας 9. Μέσο ύψος βροχής για κάθε βροχομετρικό σταθμό

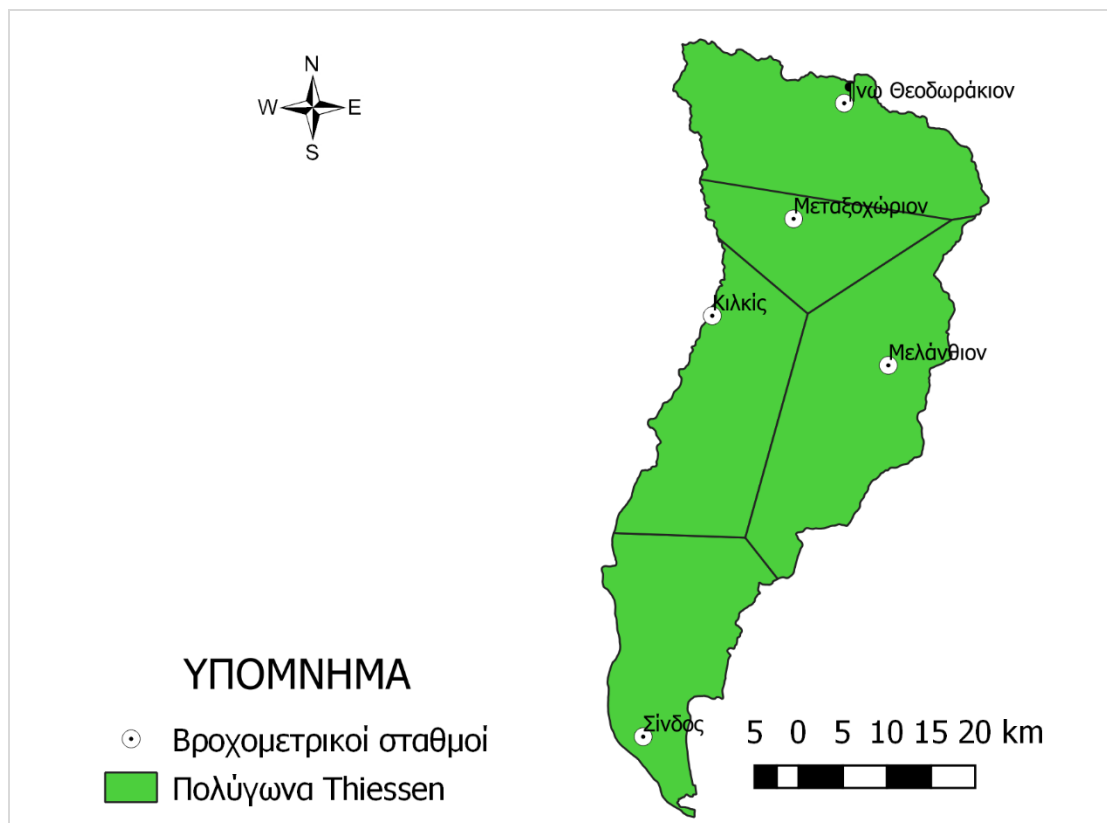
	Σταθμός	Μέσο ύψος βροχής (mm)
1	Άνω Θεωδοράκι	449,6
2	Κιλκίς	489,7
3	Σίνδος	448,9
4	Μελάνθιο	592,9
5	Μεταξοχώρι	535,4

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη μετατροπή του μέσου ύψους βροχής σε όγκο βροχής είναι η εύρεση του εμβαδού της λεκάνης. Η μέθοδος η οποία χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του εμβαδού είναι τα πολύγωνα Thiessen (ή αλλιώς Voronoi poly-

gons) με εργαλείο τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.). Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή, η λεκάνη απορροής χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα (πολύγωνα) από τα οποία το καθένα περιέχει έναν βροχομετρικό σταθμό. Ενώνοντας με ευθύγραμμα τμήματα τους γειτονικούς σταθμούς και φέρνοντας μεσοκαθέτους των πλευρών των τριγώνων που σχηματίζονται επιτυγχάνεται η επιθυμητή χάραξη. Τα πολύγωνα σχηματίζονται στις τομές των μεσοκαθέτων και ως μέση βροχόπτωση για το κάθε πολύγωνο θεωρούμε την μέση βροχόπτωση του βροχομετρικού σταθμού που περιλαμβάνεται σε αυτό. Το γινόμενο της επιφάνειας κάθε πολυγώνου με το μέσο ύψος βροχής του αντίστοιχου σταθμού, και το πηλίκο του παραπάνω γινομένου με το συνολικό εμβαδό της λεκάνης αποτελούν τον επιμέρους όγκο βροχής. Το άθροισμα των επιμέρους αποτελεσμάτων αποτελεί τον συνολικό όγκο κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη απορροής εκφρασμένο σε 10^6 m^3 .

Πίνακας 10. Όγκος βροχής που δέχεται κάθε βροχομετρικός σταθμός

	Σταθμός	Μέσο ύψος βροχής (mm)	Εμβαδόν (km^2)	Όγκος βροχής (m^3)
1	Άνω Θεοδωράκι	449,6	239,85	96,55
2	Κιλκίς	489,7	212,32	93,09
3	Σίνδος	448,9	202,99	81,59
4	Μελάνθιο	592,9	273,71	145,30
5	Μεταξχώρι	535,4	188,02	90,13
Σύνολο		M.O.=503,3	1116,89	506,66



Εικόνα 10. Πολύγωνα Thiessen όπως καθορίστηκαν από το QGIS

4.3 Εξατμισοδιαπνοή

Ως εξατμισοδιαπνοή ορίζονται οι ποσότητες του νερού που επανέρχονται στην ατμόσφαιρα με τη συντονισμένη δράση της εξάτμισης και της διαπνοής. Εξάτμιση είναι η διαδικασία μεταφοράς, με μορφή υδρατμών, του ύδατος από της γήινες και υδάτινες επιφάνειες (θάλασσα, λίμνες, ποταμοί, έλη, έδαφος, υγρές καλλιέργειες) στην ατμόσφαιρα με σύγχρονη κατανάλωση ηλιακής ενέργειας, απαραίτητης για την αλλαγή της φάσης του νερού από υγρή σε αέρια. Η διαπνοή περιλαμβάνει τις διαδικασίες εκείνες με τις οποίες το νερό μεταβαίνει από την υγρή στην αέρια φάση διαμέσου του σώματος των φυτών. (Βουδούρης 2013).

Η εξατμισοδιαπνοή διαχωρίζεται σε πραγματική και δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Ο ορισμός που δόθηκε παραπάνω αντιστοιχεί στην πραγματική εξατμισοδιαπνοή. Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή αντιπροσωπεύει την ποσότητα του νερού που θα εξατμιζόταν ή θα χρησιμοποιούταν από τα φυτά για τη διεργασία της διαπνοής, αν τα αποθέματα σε νερό ήταν αρκετά για να αντισταθμίσουν τις μέγιστες απώλειες. Στην ουσία αποτελεί έναν κλιματικό δείκτη που δείχνει το όριο της εξατμισοδιαπνοής σε μία συγκεκριμένη περιοχή, αν η προσφορά νερού κάλυπτε τις απώλειες από την εξάτμιση και τη διαπνοή (Βουδούρης 2013). Επηρεάζεται από μετεωρολογικούς κυρίως παράγοντες όπως είναι η θερμοκρασία εδάφους αέρα, υγρασία εδάφους αέρα, ταχύτητα ανέμου, βαρομετρική πίεση, ηλιακή ακτινοβολία, είδος χλωρίδας, πορώδες, κοκκομετρία εδάφους. Ωστόσο ο υπολογισμός των επιδράσεων αυτών δεν είναι εύκολος (Βουδούρης 2013).

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής και χρησιμοποιήθηκαν θερμοκρασιακά δεδομένα τριών μετεωρολογικών σταθμών, που όπως προαναφέρθηκε τοποθετήθηκαν από το εργαστήριο «Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας» του τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. στα πλαίσια εκπόνησης του PhD του κ. Χρήστου Μάττα.

Οι σταθμοί αυτοί είναι:

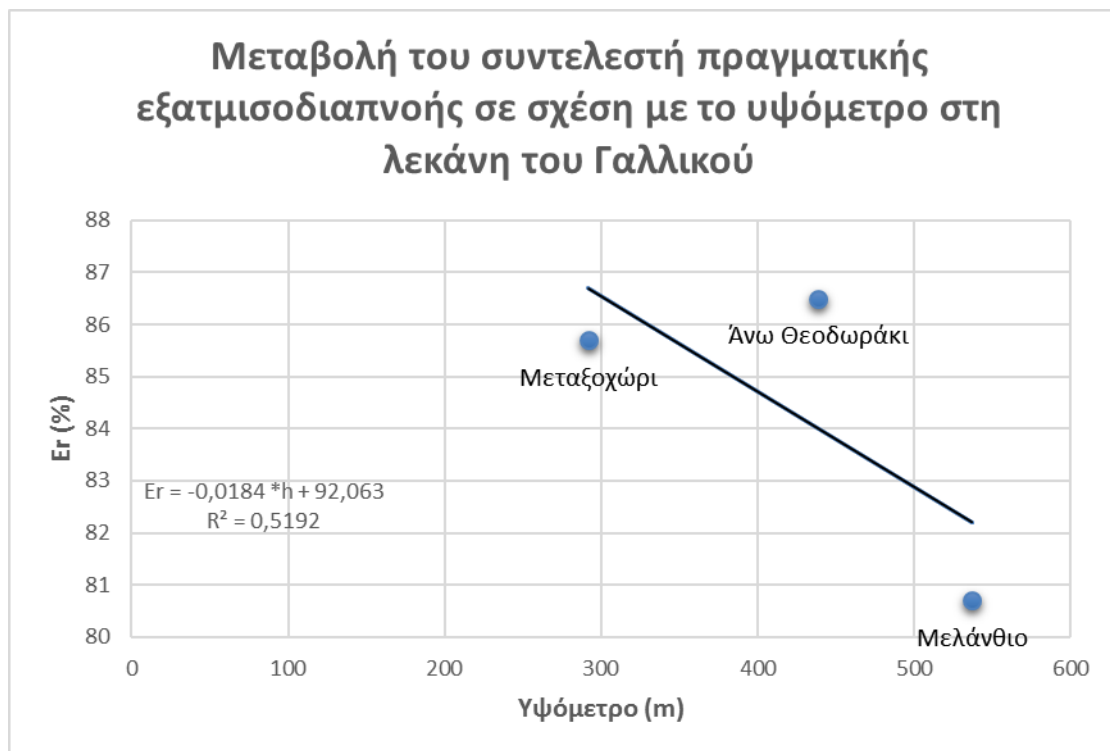
- Άνω Θεωδοράκι
- Μελάνθιο
- Μεταξοχώρι

Με τη χρήση της μεθόδου Thornthwaite μέσω ενός υπολογιστικού φύλου excel για κάθε σταθμό ξεχωριστά βρέθηκαν οι τιμές της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής και ο συντελεστής πραγματικής εξατμισοδιαπνοής για την περίοδο 1973-2007 για τους σταθμούς Μελανθίου και Άνω Θεωδοράκι και για την χρονική περίοδο 1979-2007 για το σταθμό Μεταξοχωρίου. Οι τιμές αυτές αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 11. Συντελεστής πραγματικής εξατμισοδιαπνοής και πραγματικής εξατμισοδιαπνοής σε mm

Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Συντ. Πραγ. ET (%)	Πραγ. ET (Er) (mm)
Α. Θεωδοράκι	439	86,5	388,8
Μελάνθιο	537	80,7	478,3
Μεταξοχώρι	292	85,7	459

Στο διάγραμμα 1 περιγράφεται, η μεταβολή του συντελεστή πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (Er) σε συνάρτηση με το υψόμετρο (m) για την λεκάνη του Γαλλικού ποταμού, όπως υπολογίστηκε με την μέθοδο Thornthwaite-Mather για τους τρεις σταθμούς. Παρατηρείται μείωση του συντελεστή πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ανάλογα με το υψόμετρο, δηλαδή η απόλυτη τιμή της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (mm) αυξάνεται με την αύξηση της βροχόπτωσης (και κατ' επέκταση του υψομέτρου), τείνοντας να αγγίξει την οριακή της τιμή, την δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Παρατηρείται επιπλέον πως ο δείκτης συσχέτισης είναι χαμηλός, ωστόσο αυτή η τιμή αποδίδεται στην ύπαρξη δεδομένων τριών σταθμών. Στην περίπτωση ύπαρξης περισσότερων δεδομένων το αποτέλεσμα θα ήταν σαφώς περισσότερο ασφαλές, ωστόσο η μορφή της ευθείας του διαγράμματος αποτυπώνει την γενική τάση μείωσης του δείκτη της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής με το υψόμετρο.



Διάγραμμα 1. Μεταβολή του συντελεστή πραγματικής εξατμισοδιαπνοής σε σχέση με το υψόμετρο στη ΛΑΠ Γαλλικού

4.4 Ολική Απορροή

Οι τιμές της ολικής απορροής (Q) λόγω έλλειψης νεότερων στοιχείων και αδυναμίας εξόδου στο ύπαιθρο βασίστηκαν αποκλειστικά σε δεδομένα και μετρήσεις του Διδακτορικού του Χρήστου Μάττα τα οποία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 12. Ολική απορροή για τη ΛΑΠ Γαλλικού (Μάττας 2009)

	Ολική Απορροή Q
mm	61,1
10^6 m^3	52,9

Για την μέτρηση της επιφανειακής απορροής πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στην έξοδο της λεκάνης του Γαλλικού ποταμού στην περιοχή της Νέας Φιλαδέλφειας και καταγράφηκαν μετρήσεις από αυτογραφικό σταθμηγράφο που εγκαταστάθηκε από το εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ.. Η επιλογή της θέσης των μετρήσεων έγινε με τον καλύτερο δυνατό τρόπο ώστε η ροή του ποταμού να είναι ομοιόμορφη και η μορφή και οι διαστάσεις της κοίτης να είναι όσο το δυνατόν σταθερότερες. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση υδρογραμμάτων από τα οποία προέκυψαν και οι τιμές της κατείσδυσης. Βάση αυτών των υδρογραμμάτων (Μάττας 2009) προκύπτει πως η επιφανειακή απορροή αποτελεί το 80.8% της ολικής απορροής και αντίστοιχα η κατείσδυση αποτελεί το 19.2%.

4.5 Αποτέλεσμα

Βάση των παραπάνω στοιχείων και μέσω της μεθόδου Thornthwaite – Mather η εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου για την λεκάνη του Γαλλικού ποταμού παρουσιάζει τα παρακάτω στοιχεία.

Πίνακας 13. Υδρολογικό Ισοζύγιο ΛΑΠ Γαλλικού

	P	ET	Q
mm	503,3	442,2	61,1
10^6 m^3	506,66	453,76	52,9
%	100	87,1	12,9

Βάση του πίνακα 13 διαπιστώνεται πως το υδρολογικό ισοζύγιο «κλείνει», δηλαδή το σύνολο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη είναι ίσο με τις ποσότητες νερού οι οποίες διαφεύγουν από αυτήν μέσω των διαδικασιών της εξατμισοδιαπνοής, της κατείσδυσης και της επιφανειακής απορροής.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της λεκάνης του Γαλλικού ποταμού όπως αυτά αναφέρονται στα Εγκεκριμένα Σχέδια Διαχείρισης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 14. Βασικά χαρακτηριστικά της λεκάνης του Γαλλικού ποταμού όπως αυτά αναφέρονται στα Σχέδια Διαχείρισης

Έκταση υδροφόρου συστήματος	536,01 km ²
Ανανεώσιμα αποθέματα	35x10 ⁶ m ³ /έτος ¹⁹
Μέση ετήσια απόληψη	51,67x10 ⁶ m ³ /έτος ²⁰
Ισοζύγιο	ΕΛΛΕΙΜΜΑΤΙΚΟ

Σημαντικό στοιχείο του πίνακα αποτελεί το ελλειμματικό υδρολογικό ισοζύγιο όπως χαρακτηρίζεται στο Σχέδιο Διαχείρισης. Ο χαρακτηρισμός αυτός προσδίδεται λόγω μίας σχετικής πτώσης στάθμης η οποία παρατηρείται στην ΛΑΠ Γαλλικού κυρίως στο Βόρειο τμήμα. Αντιθέτως στο νότιο τμήμα της λεκάνης παρατηρείται μία σχετική ισορροπία της στάθμης είτε μία μικρή αύξηση αυτής.

4.6 Κατείδυση

Η κατείδυση αποτελεί μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους του υδρολογικού ισοζυγίου μίας λεκάνης καθώς συμβάλει στην ανανέωση των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων. Αναφέρεται στην κατακόρυφη κίνηση του μετεωρικού νερού. Μέτρο της κατείδυσης αποτελεί ο συντελεστής κατείδυσης ο οποίος εκφράζει το ποσοστό του νερού το οποίο κατεισδύει σε σχέση με την ετήσια βροχόπτωση. Ο τύπος είναι:

$$\text{Συντελεστής Κατείδυσης (\%)} = \frac{I}{P} (\%)$$

Όπου I = η ετήσια κατείδυση σε mm

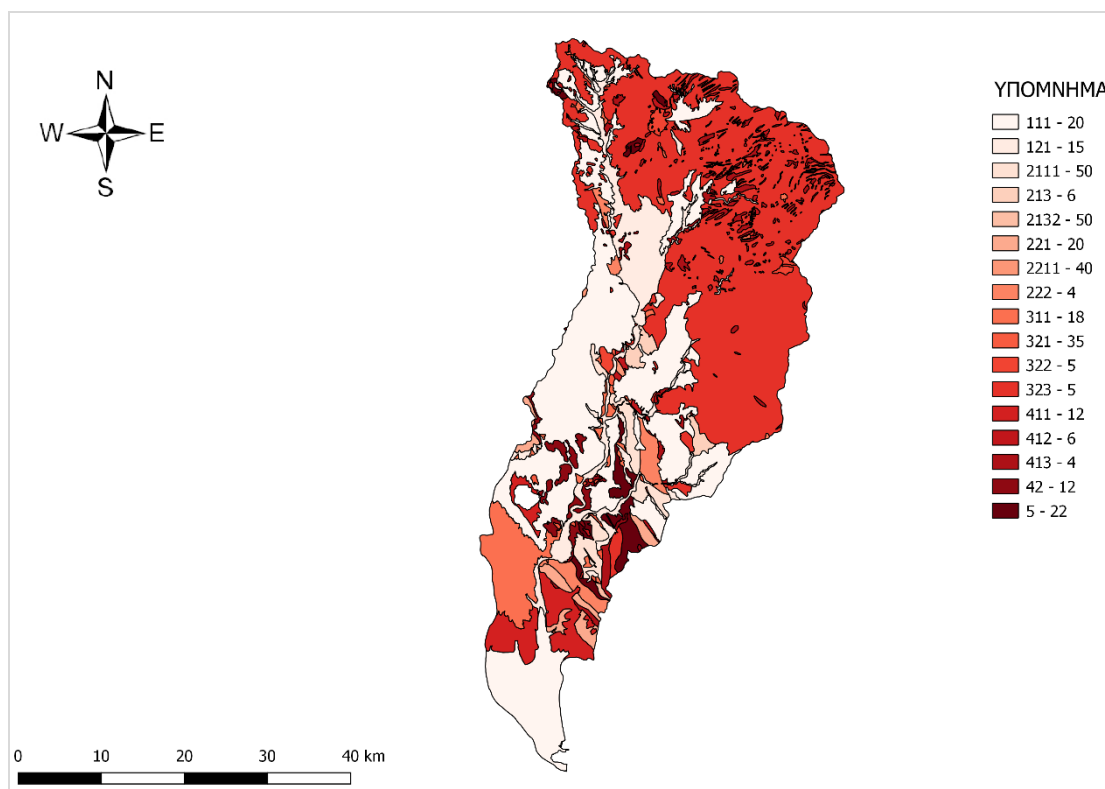
P=η ετήσια βροχόπτωση σε mm

Μερικές χαρακτηριστικές τιμές του συντελεστή κατείδυσης παρουσιάζονται στον πίνακα 15.

Πίνακας 115. Χαρακτηριστικές τιμές του συντελεστή κατείδυσης (Βουδούρης 2013)

Είδος Πετρωμάτων	Συντελεστής Κατείδυσης (%)
Αλλούβια, σύγχρονες προσχώσεις	10-25
Ασβεστολιθικά πετρώματα	30-60
Ψαμμίτες, Μολάσσεις	15-25
Φλύσχης, Φυλλίτες, Μάργες	3-10
Οφιόλιθοι	4-8
Ηφαιστειακά πετρώματα	3-8
Γενεύσιοι	3-7

Από τον γεωλογικό χάρτη της περιοχής υπολογίστηκε ο συντελεστής κατείσδυσης των πετρωμάτων τα οποία εμφανίζονται στη ΛΑΠ Γαλλικού και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Σημαντική παρατήρηση αποτελεί η ύπαρξη διαφορετικού συντελεστή κατείσδυσης για ίδια πετρώματα. Αυτό οφείλεται στις διαφορετικές καταστάσεις των πετρωμάτων τα οποία και αποτυπώνονται στην περιγραφή. Η κατασκευή του χάρτη βασίστηκε στην κατάταξη των πετρωμάτων βάση του κωδικό ο οποίος έχει δοθεί από το Υπουργείο Ανάπτυξης για το Έργο « ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ» τον Σεπτέμβριο του 2005. Σύμφωνα με των δεδομένων αυτών καθορίστηκε ο συντελεστής κατείσδυσης για κάθε σχηματισμό ο οποίος εντοπίζεται στη ΛΑΠ Γαλλικού. Ο συντελεστής κατείσδυσης βρίσκεται δίπλα στον κωδικό και εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα.



Εικόνα 11. Διαχωρισμός πετρωμάτων στη ΛΑΠ Γαλλικού βάση του συντελεστή κατείσδυσης (ΥΠ.ΑΝ, 2005)

Μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών υπολογίστηκε η επιφάνεια που καταλαμβάνει κάθε γεωλογικός σχηματισμός στη ΛΑΠ Γαλλικού εκφρασμένη σε km^2 . Το πηλίκο του αθροίσματος του γινομένου της επιφάνειας αυτής με τον συντελεστή κατείσδυσης κάθε γεωλογικού σχηματισμού, με το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης εκφράζει το Μέσο Ενιαίο Συντελεστή Κατείσδυσης (I_{μ}) για τη ΛΑΠ Γαλλικού ο οποίος είναι 15,12 και αποτελεί καθαρό αριθμό.

Πίνακας 16. Χαρακτηρισμός πετρωμάτων στη ΛΑΠ Γαλλικού σύμφωνα με τον συντελεστή κατείδυσης (ΥΠ. ΑΝ.2005)

Υδρο-κωδικός	Χαρακτηρισμός	Συντελεστής Κατείδυσης
42	αδιαπέρατοι σχηματισμοί ή σχηματισμοί μικρού πάχους που από κάτω τους αναπτύσσονται αξιόλογα υδροφόρα συστήματα	12
111	ιζηματογενείς σχηματισμοί μεγάλης έκτασης και υψηλής δυναμικότητας	20
311	ημιπερατοί, ιζηματογενείς, πορώδεις σχηματισμοί, ή περατοί σχηματισμοί μικρής έκτασης, ή μικρής δυναμικότητας ή περιορισμένης σημασίας	18
413	πρακτικά αδιαπέρατοι ιζηματογενείς σχηματισμοί	4
221	ιζηματογενείς σχηματισμοί μικρής έκτασης και τοπικής σημασίας ή μεγάλης έκτασης και μέτριας δυναμικότητας	20
411	πρακτικά αδιαπέρατοι ιζηματογενείς σχηματισμοί	12
5	σχηματισμοί των οποίων η συμπεριφορά δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται κατά τόπους είτε πχ εξαιτίας τεκτονικής καταπόνησης είτε πλευρικών λιθοφασικών μεταβολών	22
121	ιζηματογενείς σχηματισμοί μικρής έκτασης με τοπική σημασία ή μεγάλης έκτασης και μέτριας δυναμικότητας	15
213	μεταμορφωμένοι σχηματισμοί μεγάλης έκτασης και υψηλής δυναμικότητας	6
323	ημιπερατοί, μεταμορφωμένοι, ρωγμώδεις σχηματισμοί, ή περατοί σχηματισμοί μικρής έκτασης, ή μικρής δυναμικότητας ή περιορισμένης σημασίας	5
412	πρακτικά αδιαπέρατοι πυριγενείς σχηματισμοί	6
322	ημιπερατοί, πυριγενείς, πορώδεις σχηματισμοί, ή περατοί σχηματισμοί μικρής έκτασης, ή μικρής δυναμικότητας ή περιορισμένης σημασίας	5
222	Πυριγενείς σχηματισμοί μικρής έκτασης και τοπικής σημασίας ή μεγάλης έκτασης και μέτριας δυναμικότητας	4
2132	Μάρμαρα ή σιπολίνες με μεγάλη επιφανειακή ανάπτυξη και υψηλή δυναμικότητα	50
321	ημιπερατοί, ιζηματογενείς, ρωγμώδεις σχηματισμοί, ή περατοί σχηματισμοί μικρής έκτασης, ή μικρής δυναμικότητας ή περιορισμένης σημασίας	35
2111	Ασβεστόλιθοι ή δολομίτες με μεγάλη επιφανειακή ανάπτυξη και υψηλή δυναμικότητα	50

4.7 Πιεζομετρία στο παράκτιο – πεδινό τμήμα του Γαλλικού ποταμού

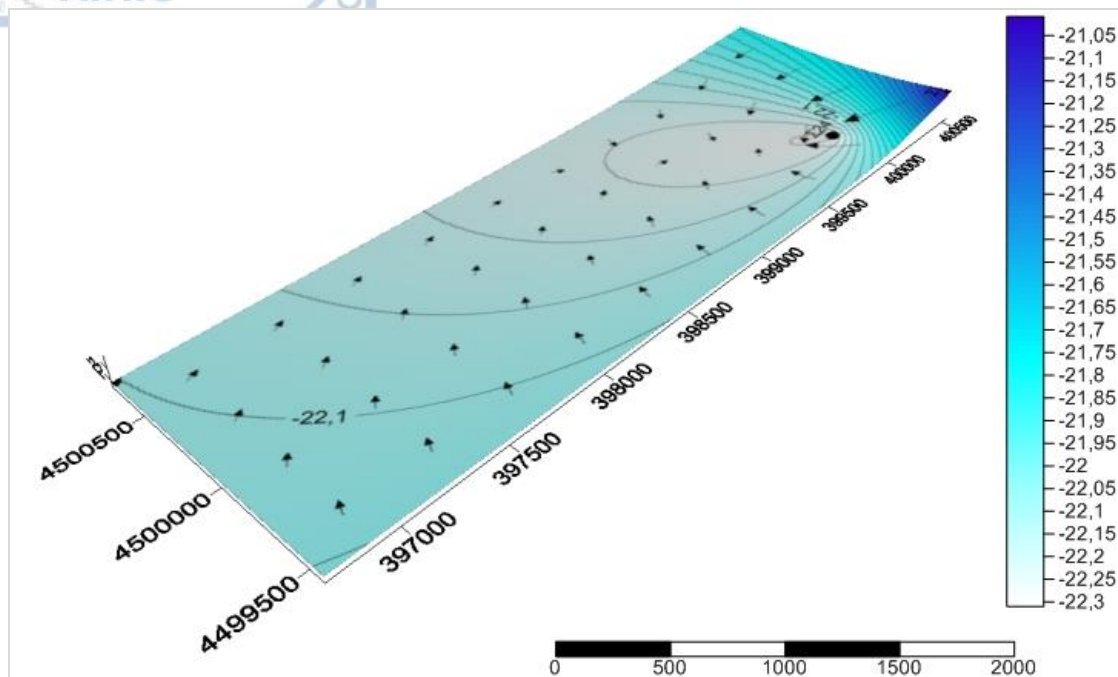
Σκοπός του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι η αποτύπωση της πιεζομετρίας του Νότιου τμήματος της ΛΑΠ Γαλλικού. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα γεωτρήσεων της Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε. τα οποία δόθηκαν από τον Θωμά Σπάχο, υπεύθυνο γεωλόγο της εταιρίας. Τα δεδομένα καλύπτουν τη χρονική περίοδο από τις αρχές του 2001 μέχρι και τον Δεκέμβρη του 2017. Κατά την διάρκεια όλων αυτών των ετών πραγματοποιήθηκαν, και συνεχίζουν να πραγματοποιούνται, μετρήσεις σε κάθε γεώτρηση της εταιρίας οι οποίες καταγράφονται σε μία βάση δεδομένων για την εύκολη διαχείρισή τους.

Από την συγκεκριμένη βάση δεδομένων αξιοποιήθηκαν δεδομένα που καλύπτουν τις περιοχές της Σίνδου και του Καλοχωρίου.

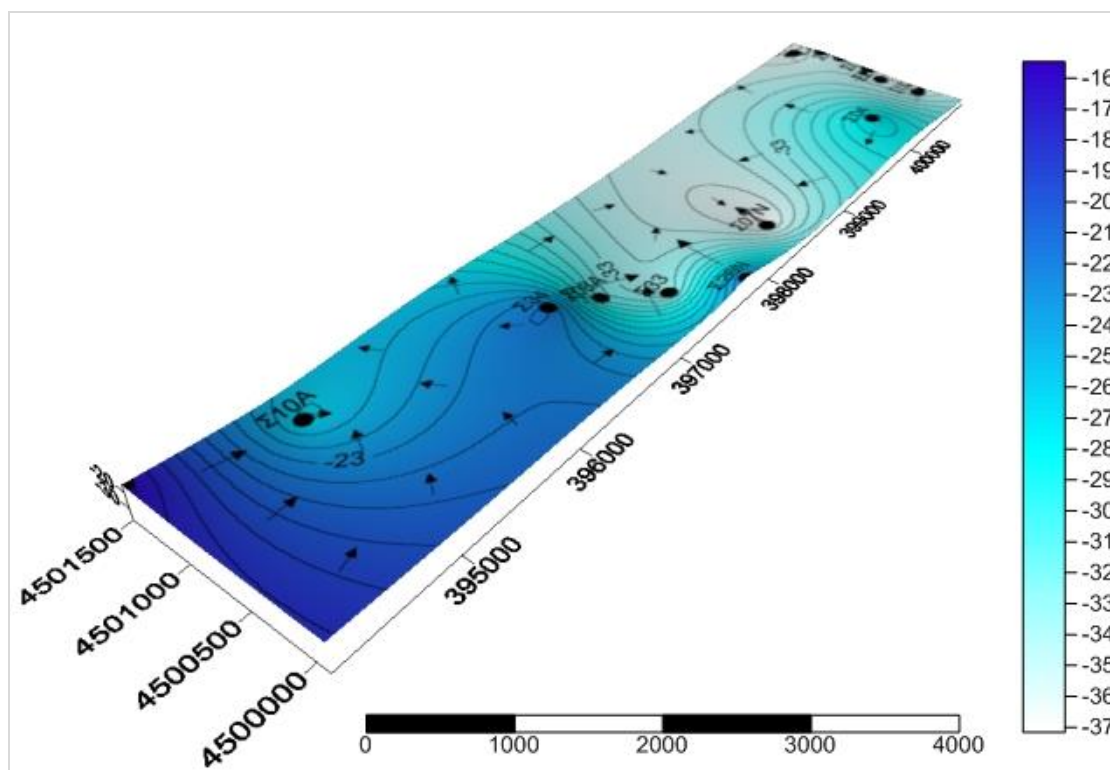
Αν και τα δεδομένα κάλυπταν όλη τη διάρκεια του έτους για κάθε γεώτρηση, επιλέχθηκε να αξιοποιηθούν δεδομένα για τις περιόδους υψηλής και χαμηλής στάθμης, που για τον ελλαδικό χώρο αφορούν τον Απρίλιο - Μάιο και το Σεπτέμβριο – Οκτώβριο αντίστοιχα, τα οποία και εμφανίζουν και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον και παρουσιάζονται στους παρακάτω χάρτες καθώς και στους χάρτες του παραρτήματος.

Πραγματοποιήθηκε σύγκριση των τιμών της στάθμης σε απόλυτη ηρεμία για τις γεωτρήσεις της που βρίσκονται στην περιοχή μελέτης. Οι περίοδοι που αποτυπώνονται αφορούν, όπως προαναφέρθηκε, είναι αυτές της χαμηλής και υψηλής στάθμης για τα έτη 2002, 2015 και 2017. Το έτος 2002 επιλέχθηκε λόγω της λειτουργίας του διυλιστηρίου της ΕΥΑΘ το 2003, ένα έργο το οποίο επέφερε μεγάλες ποσότητες νερού για την ύδρευση της Θεσσαλονίκης. Η άνοιξη και το φθινόπωρο του 2015 επιλέχθηκαν διότι το φθινόπωρο του 2014 και ο χειμώνας του 2015 ήταν περίοδοι με πολλές βροχές και μεγάλο όγκο μετεωρικών κατακρημνισμάτων. Τέλος, οι δύο περίοδοι για το έτος 2017 επιλέχθηκαν χρονολογικά, λόγω της εγγύτητας στην σημερινή ημερομηνία καθώς και της αδυναμίας εξαγωγής αποτελεσμάτων για το έτος 2018.

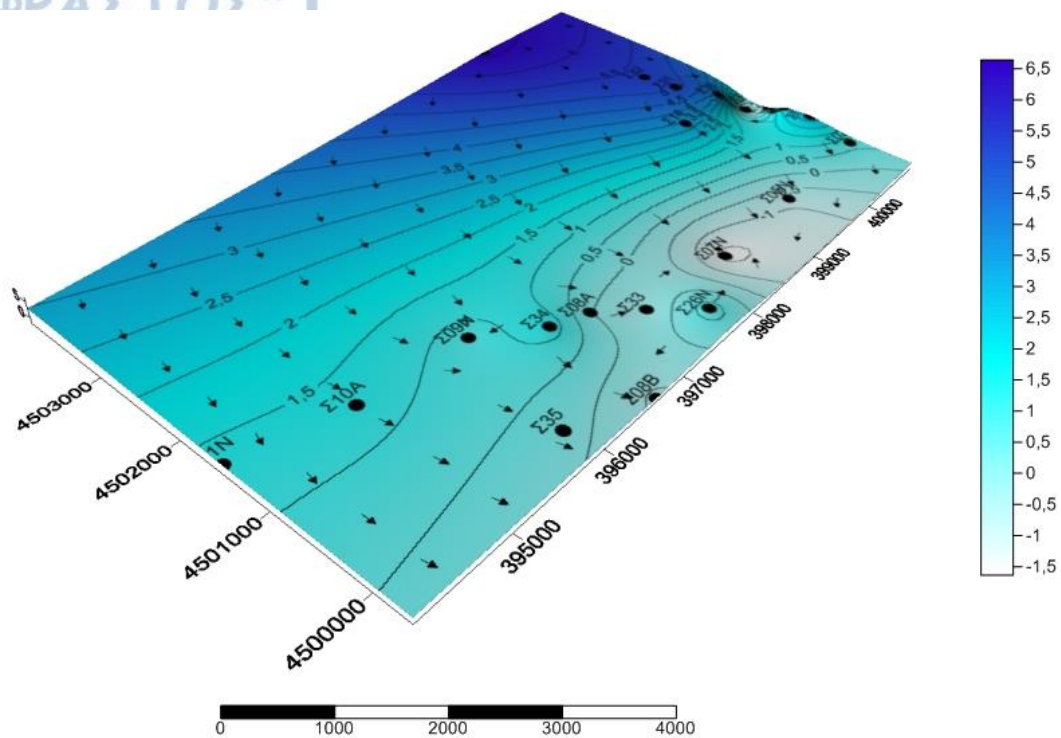
Η σύγκριση της στάθμης των περιόδων αυτών πραγματοποιήθηκε μέσω της κατασκευής τρισδιάστατων χαρτών με τη χρήση του Προγράμματος «Surfer 11» και στους οποίους απεικονίζονται οι ισοπιεζομετρικές επιφάνειες των μετρήσεων της απόλυτης στάθμης ηρεμίας. Επιπλέον, αποτυπώνονται οι γραμμές ροής, οι οποίες εκφράζουν την πορεία ενός μορίου νερού κατά την κίνηση του σε ένα υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.



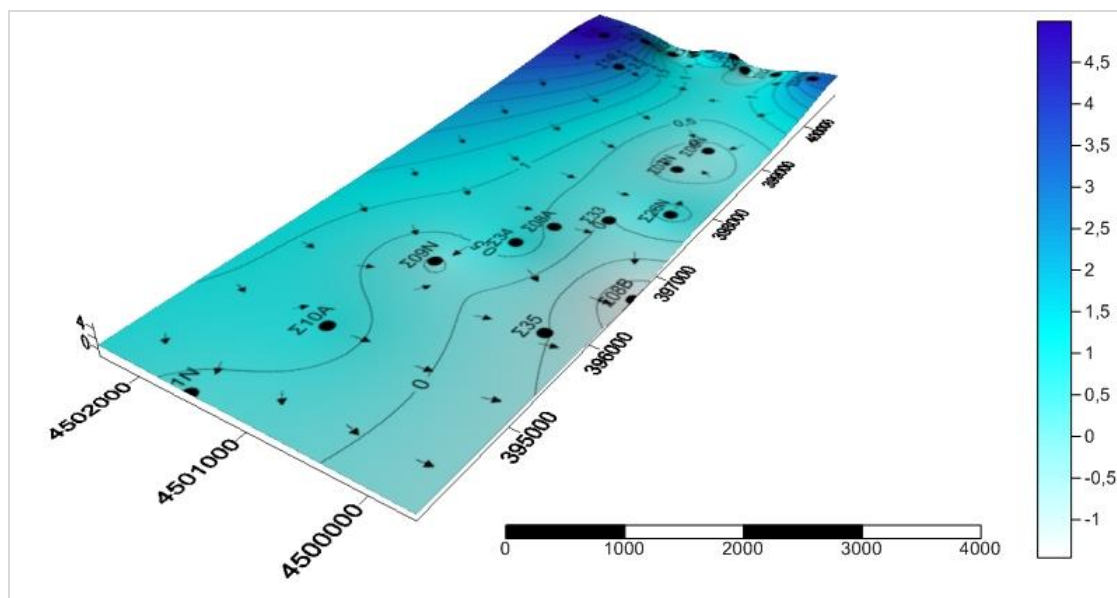
Εικόνα 12. Ισοπιεζομετρικός χάρτης περιοχής Σίνδου - Καλοχωρίου για την περίοδο Μαΐου 2002



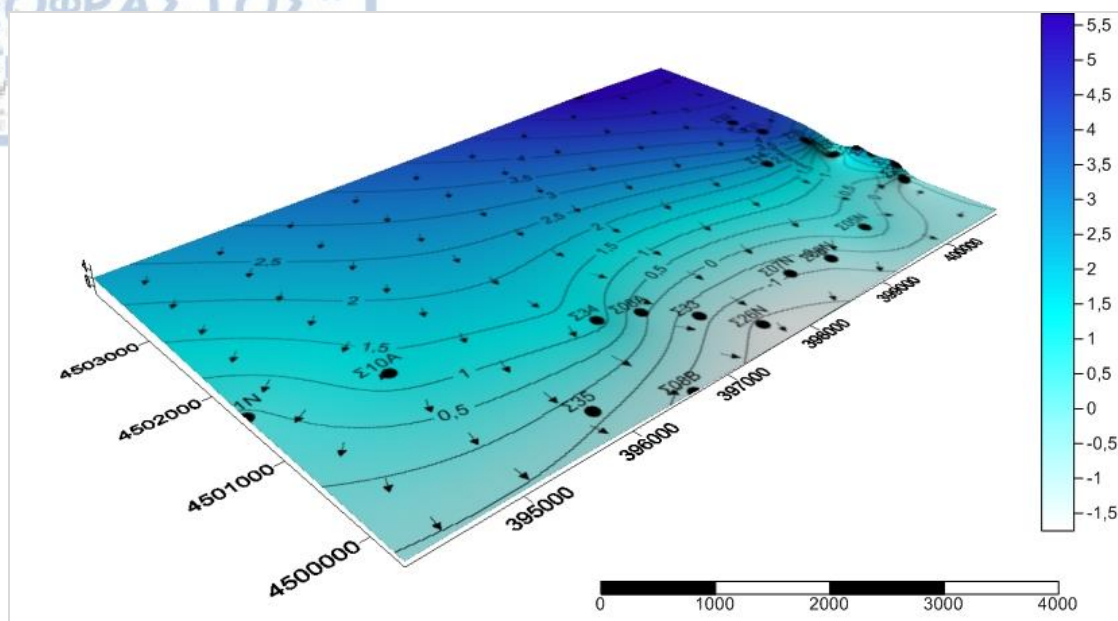
Εικόνα 13. Ισοπιεζομετρικός χάρτης περιοχής Σίνδου - Καλοχωρίου για την περίοδο Σεπτεμβρίου-2002



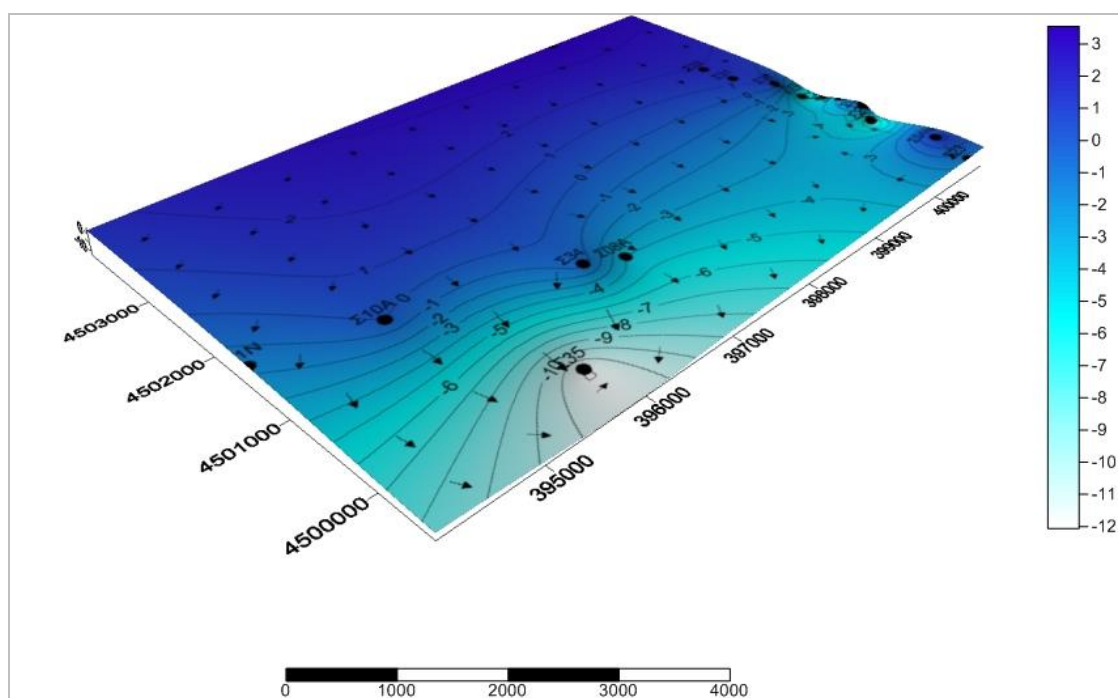
Εικόνα 14.Ισοπιεζομετρικός χάρτης περιοχής Σίνδου - Καλοχωρίου για την περίοδο Μαΐου 2015



Εικόνα 15.Ισοπιεζομετρικός χάρτης περιοχής Σίνδου - Καλοχωρίου για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2015



Εικόνα 16.Ισοπιεζομετρικός χάρτης περιοχής Σίνδου - Καλοχωρίου για την περίοδο Μαΐου 2017



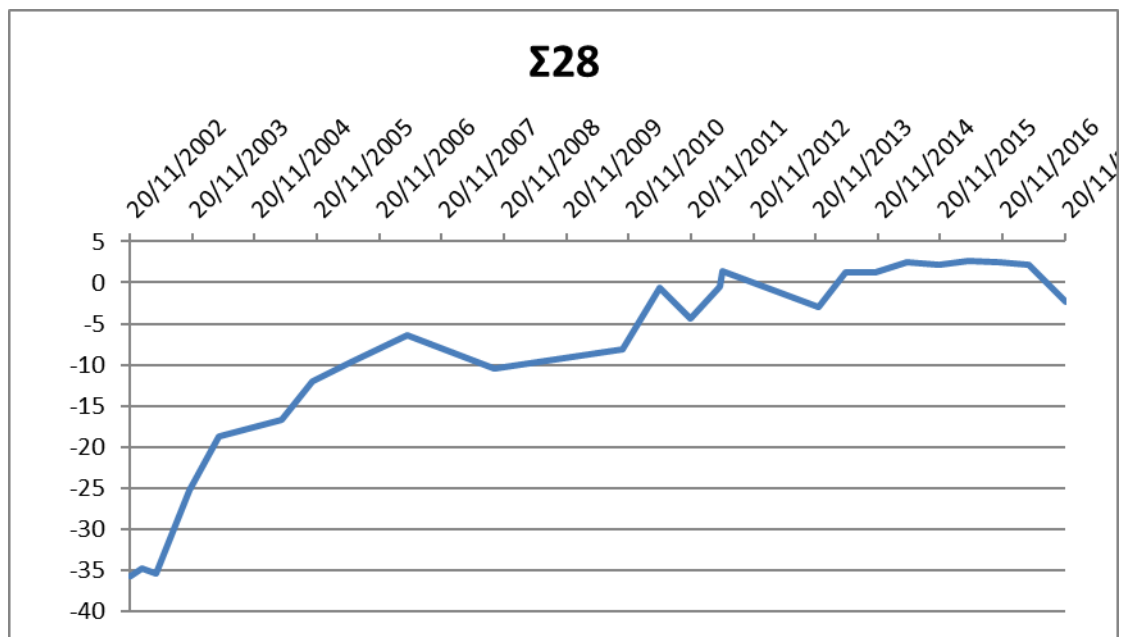
Εικόνα 17.Ισοπιεζομετρικός χάρτης περιοχής Σίνδου - Καλοχωρίου για την περίοδο Σεπτεμβρίου 2017

Όπως διαπιστώνεται από τους ισοπιεζομετρικούς χάρτες, μέσα σε μία περίοδο δεκαπέντε ετών η άνοδος της στάθμης στο νότιο τμήμα της λεκάνης είναι εμφανής. Τις περιόδους της χρονιάς 2002 ο μέσος όρος της πιεζομετρικής στάθμης ήταν περίπου στα -27 m. Για το έτος 2015 οι πιεζομετρικές στάθμες κυμαίνονται από -1 έως 4,5 m, ενώ για το 2017 από -12 έως 3 m. Η μεγάλη άνοδος της στάθμης που παρατηρήθηκε το 2015 είχε σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση αρτεσιανών φαινομένων στην περιοχή Σίνδου – Καλοχωρίου, γεγονός που είχε να παρατηρηθεί εδώ και δεκαετίες.

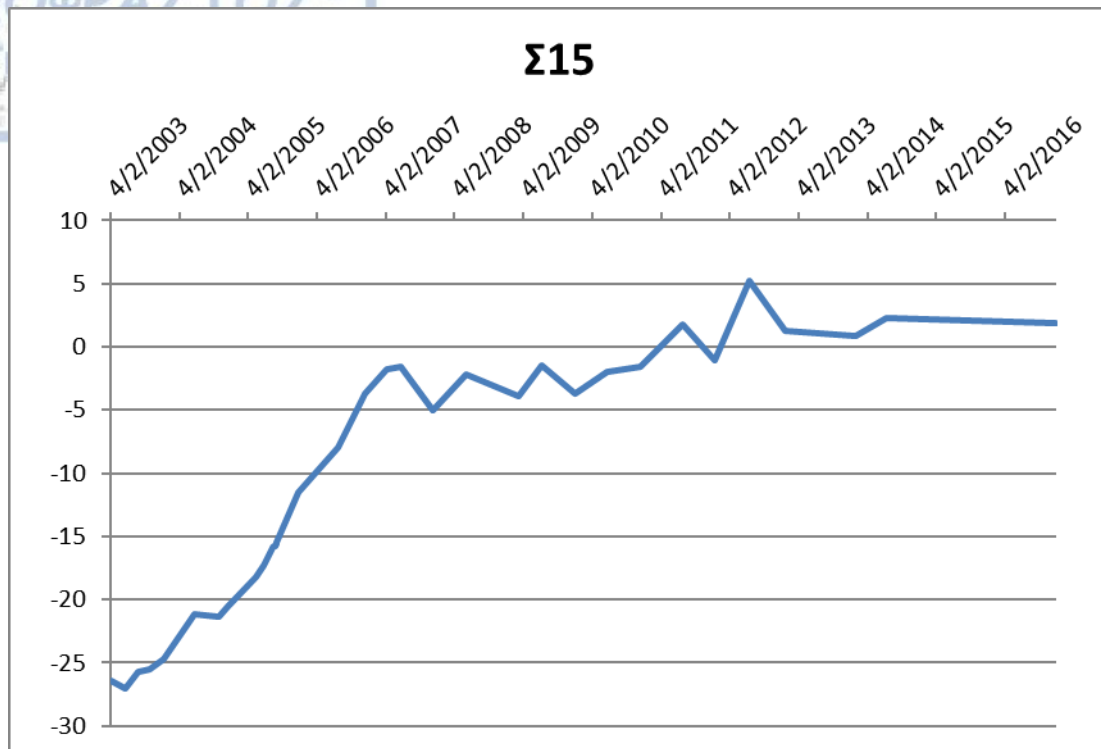


Εικόνα 18. Αρτεσιανά φαινόμενα στην περιοχή Σίνδου - Καλοχωρίου

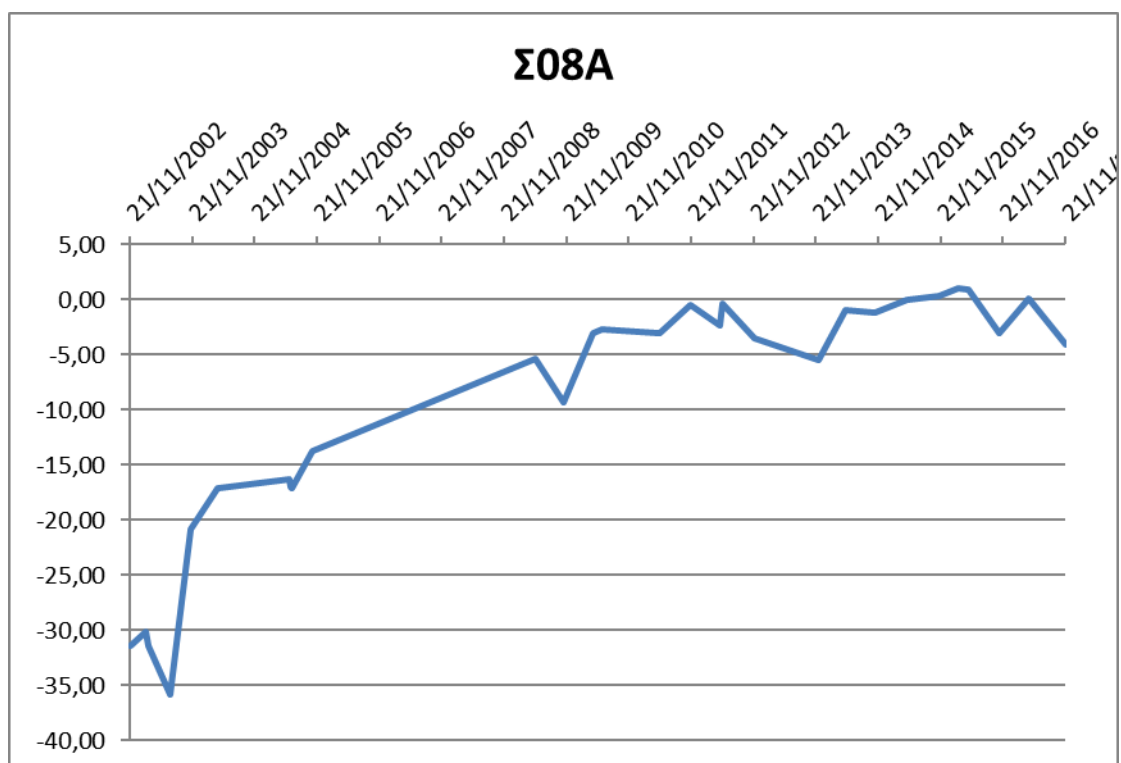
Ενδεικτικά παρατίθενται διαγράμματα 2,3, και 4 στα οποία αποτυπώνεται η διαχρονική διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού. Είναι εμφανής η αύξηση της πιεζομετρικής στάθμης με κορύφωση το υδρολογικό έτος του 2014 – 2015 όπου έχουμε και την εμφάνιση αρτεσιανών φαινομένων στην περιοχή. Οι γεωτρήσεις (εικόνα 19) καλύπτουν περιοχές εκατέρωθεν της κοίτης του Γαλλικού ποταμού γεγονός που αποδεικνύει την αύξηση της στάθμης και στις δυο πλευρές της κοίτης του.



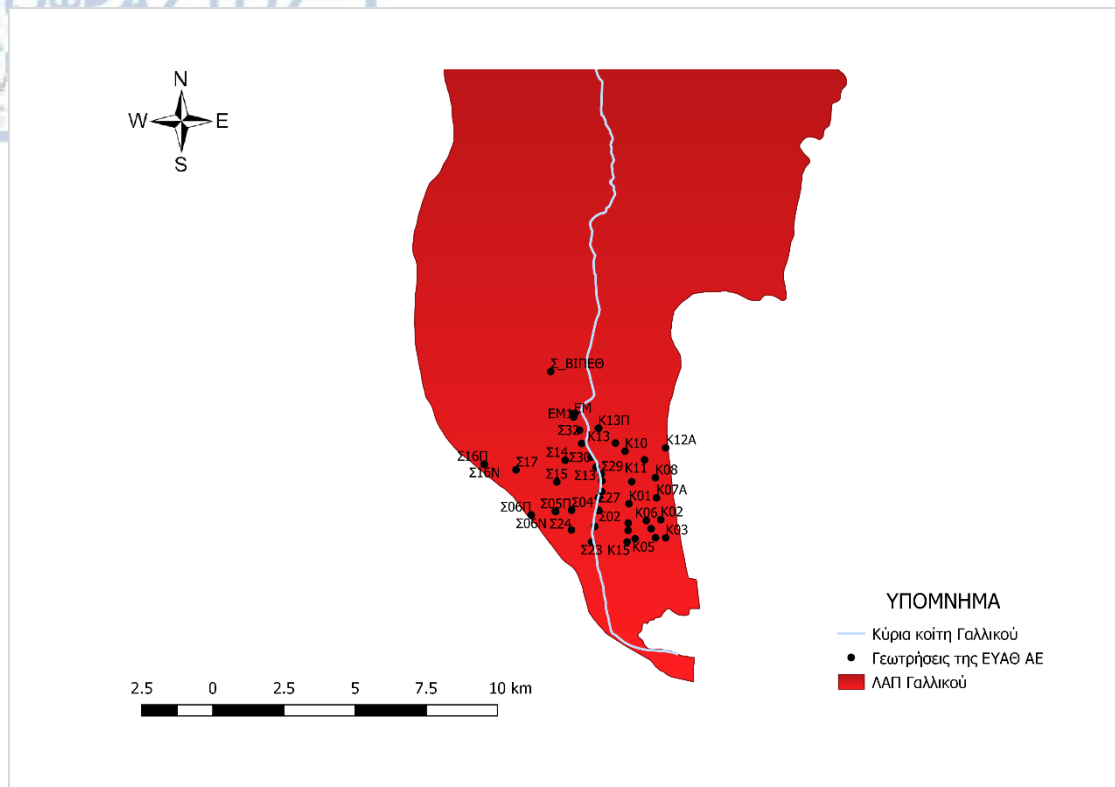
Διάγραμμα 2. Διακύμανση στατικής στάθμης της γεώτρησης Σ28



Διάγραμμα 3. Διακύμανση στατικής στάθμης της γεώτρησης Σ15



Διάγραμμα 4. Διακύμανση στατικής στάθμης της γεώτρησης Σ08Α



Εικόνα 19. Οι Θέσεις των γεωτρήσεων της ΕΥΑΘ ΑΕ με τις ονομασίες τους

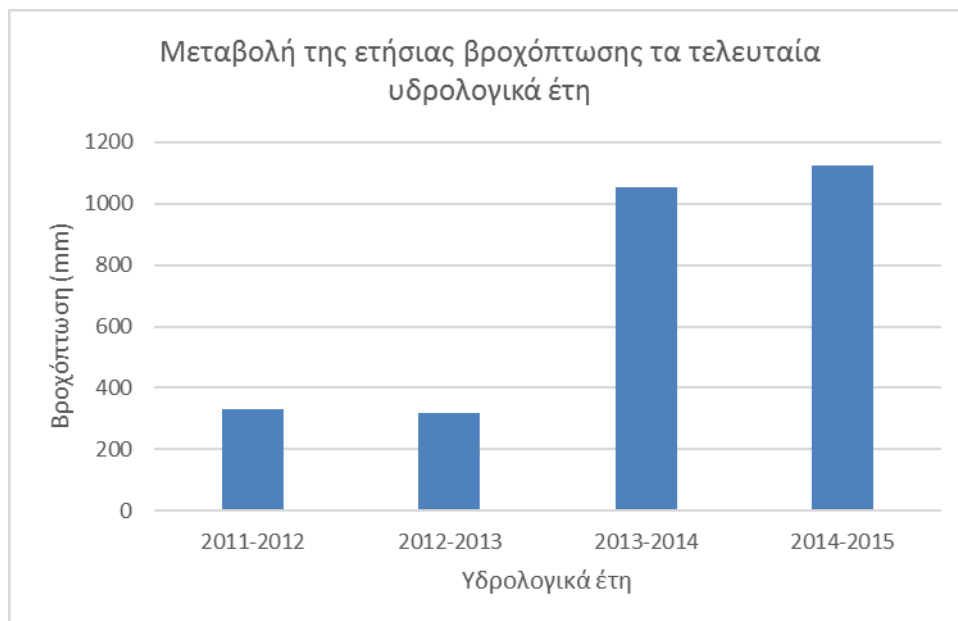
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι υδροφορείς της λεκάνης του Γαλλικού ποταμού αποτέλεσαν και αποτελούν σημαντική δεξαμενή υδροδότησης των διαφόρων χρήσεων (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία) όχι μόνο για τη Θεσσαλονίκη αλλά και για το Δήμους που αναπτύσσονται στην έκτασή της.

Η σημαντικότερη άνοδος της στάθμης που παρατηρείται είναι αποτέλεσμα των εξής παραγόντων:

1. Η μεταφορά νερού από τον ποταμό Αλιάκμονα για την ύδρευση της Θεσσαλονίκης έχει σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό των αντλήσεων στον υδροφορέα Σίνδου-Καλοχωρίου τόσο από την από την ΕΥΑΘ όσο και από άλλους φορείς και ιδιώτες. Για παράδειγμα από τις 25 περίπου γεωτρήσεις που λειτουργούσαν το 2002 σήμερα λειτουργούν περίπου 10 και μόνο τους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούνιο-Σεπτέμβριο) όταν και η ζήτηση για νερό είναι μεγαλύτερη. Επίσης με αυτό το νερό καλύπτονται οι περισσότερες ανάγκες του Δήμου Δέλτα και της ΒΙΠΕΘ με συνέπεια να περιοριστεί και από αυτούς ο αριθμός των λειτουργούντων γεωτρήσεων.

2. Οι καλές υδρολογικές χρονιές από την άποψη των κατακρημνισμάτων ιδιαιτέρως της χρονιάς 2014-15 που ξεπέρασε κατά πολύ τον μέσο όρο της προηγούμενης δεκαετίας και αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 2.



Διάγραμμα 5. Μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης κατά τα τελευταία υδρολογικά έτη

3. Η μη λειτουργία της υδροληψίας της ΕΥΑΘ στο Νάρρες, για λόγους ποιότητας, αλλά και η υπερχειλίση πλεονάζοντος νερού από το Διυλιστήριο το πρώτο διάστημα λειτουργίας του, συνέβαλαν και αυτά στην επαναφορά μόνιμης ροής στην κοίτη του Γαλλικού.

Η επίτευξη του στόχου της καλής ποσοτικής κατάστασης που επιτάσσει η Οδηγία Πλαίσιο για τους υδατικούς πόρους φαίνεται ορατός για αυτό το τμήμα της λεκάνης του Γαλλικού. Απομένει ο δεύτερος στόχος της καλής ποιοτικής κατάστασης όπου δυστυχώς συνεχίζονται οι κακές πρακτικές (εντατική γεωργία, απόρριψη σκουπιδιών, κλπ) που επιβαρύνουν τους υδροφορείς.

ΕΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ganoulis, J. G. (1991).** Water Quality Assessment and Protection Measures of a Semi-enclosed Coastal Area: the Bay of Thermaikos (NE Mediterranean Sea)
- Mattas, C., Soulios, G., Panagopoulos, A., Voudouris, K., Panoras, A. (2007).** Hydrochemical Characteristics Of The Gallikos River Water, Prefecture Of Kilkis, Greece
- Mattas, C., Soulios, G. (2011).** Hydrogeological Conditions of the upper part of Gallikos river basin
- Mattas, C., Kazakis, N., Soulios, G. (2014).** Groundwater Vulnerability and Risk Assessment Using Drastic Model in a Gis Environment. A Case Study from the Gallikos River Basin, Northern Greece
- Mattas, C., Voudouris, K., Panagopoulos, A. (2014).** Integrated Groundwater Resources Management Using the DPSIR Approach in a GIS Environment: A Case Study from the Gallikos River Basin, North Greece
- Melentis, J. (1973).** Die Geologischen und Hydrogeologischen Verhältnisse des Gebietes Fanarion beim fluss Gallikos (Griechenland)
- Morris D.A., Johnson A (1967):** "Summary of hydrologic and physical properties of rock and soil materials as analyzed by the Hydrologic Laboratory of the U.S. Geological Survey 1948-1960, U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1839-D, 42 p..
- Paltineanu, Cr., Panoras, A.G., Mavroudis, I.G., Louisakis, A. (1999).** Estimating Reference Evapotranspiration And Irrigation Water Requirements In The Gallikos River Basin, Greece
- Psilovikos, A. (1984).** Geomorphological And Structural Modification Of The Serbomacedonian Massif During The Neotectonic Stage
- Tsitroulis, I., Voudouris, K., Vasileiou, A., Mattas, C., Sapountzis, M., Maris, F. (2016).** Flood Hazard Assessment And Delimitation Of The Likely Flood Hazard Zones Of The Upper Part In Gallikos River Basin. EGE 2016



ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βουδούρης, Κ. (2009). Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος – Υπόγεια νερά και περιβάλλον. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα

Βουδούρης, Κ. (2013). Τεχνική υδρογεωλογία – Υπόγεια νερά. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις: Τζιόλα.

Δημόπουλος, Γ. (2007). Γεωλογικές Μελέτες Τεχνικών Έργων – Υδρογεωλογικές Μελέτες. Αθήνα: Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2014 Ιανουάριος). 1^η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (EL10)

Κουκίδου, Ε., (2005). Υδρογεωλογικές συνθήκες και διακυμάνσεις στάθμης του υπογείου νερού στην περιοχή Σίνδου, Ν. Θεσσαλονίκης. Διπλωματική Εργασία.

Μάττας, Χ. (2009). Υδρογεωλογική Έρευνα στη Λεκάνη του Γαλλικού Ποταμού. Διδακτορική Διατριβή

Οργανισμός Ύδρευσης Θεσσαλονίκης. (1966 Μάιος). Μελέτη Έργων Υδροληψίας Νάρρες. Τεχνική έκθεση. Θεσσαλονίκη

Μουντράκης, Δ. (2010). Γεωλογία και Γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας. Θεσσαλονίκη: UNIVERSITY STUDIO PRESS Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών.

Μουράτιδης, Θ., (2009). Διαχείριση Υδατικών Πόρων Νομού Κιλκίς με την Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.). Διπλωματική Εργασία

Σούλιος, Γ. (1999 Απρίλιος). Έρευνα αξιοποίησης υδροφόρων στρωμάτων πεδινής περιοχής ενδιαφέροντος Ο.Υ.Θ.. Θεσσαλονίκη

Σπάχος, Θ., Βουδούρης, Κ., Δρόσος, Δ., Δημόπουλος, Γ. (2006). Διακυμάνσεις της στάθμης του Υπόγειου Νερού στους Υδροφορείς των κύριων αντλητικών πεδίων της ΕΥΑΘ Θεσσαλονίκης. 10^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ε.Υ.Ε. Ξάνθη

Τσιτρούλης, Ι., (2015). Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στη Λεκάνη του Γαλλικού ποταμού με τη χρήση του κώδικα Hec-Ras. Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης

Χρηστάρας, Β. (2011). Απλά βήματα στην εδαφομηχανική. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ



www.eyath.gr

diavgeia.gov.gr

geodata.gov.gr

qgis.org/en/site/

sagatutorials.wordpress.com

land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012

land.copernicus.eu/pan-european/satellite-derived-products/eu-dem/view

wfdver.ypeka.gr/el/home-gr/



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 17. Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής κατά Thornthwaite-Mather για το σταθμό του Μελάνθιου

Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής κατά Thornthwaite					$S_{t0} = 50$		$\alpha = 1,384$		Συντ. Πρ. εξατμης. κατά Thornthwaite				80,7%
	I	Φ	M	A	M	515,6	I	A	Σ	O	N	Δ	Σ/Μ.Ο.
T °C	3,50	4,70	7,50	11,60	16,30	20,60	23,00	22,50	19,00	14,10	8,40	4,70	12,99
i	0,58	0,91	1,85	3,58	5,98	8,53	10,08	9,75	7,55	4,80	2,19	0,91	56,72
E _Δ	8,20	12,34	23,55	43,07	68,96	95,35	111,06	107,73	85,26	56,42	27,55	12,34	
n	0,85	0,79	1,05	1,09	1,26	1,23	1,28	1,20	1,02	0,97	0,82	0,82	
E _Δ	7,0	9,8	24,7	46,9	86,9	116,9	142,7	129,2	86,9	55,0	22,5	10,1	738,56
P (mm)	45,20	40,10	41,70	44,80	63,40	60,50	44,40	49,80	44,50	47,00	55,30	56,40	593,1
Έλλειμα	0,0	0,0	0,0	2,1	23,5	56,4	98,3	79,4	42,4	8,0	0,0	0,0	
Πλεον.	38,2	30,3	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,8	46,3	
APWL	0,0	0,0	0,0	-2,1	-25,6	-82,0	-180,3	-259,7	-302,1	-310,1	0,0	0,0	
St	50,0	50,0	50,0	47,9	30,0	9,7	1,4	0,3	0,1	0,1	32,9	50,0	
ΔSt	0,0	0,0	0,0	-2,1	-18,0	-20,3	-8,3	-1,1	-0,2	0,0	32,8	17,1	
Er	7,0	9,8	24,7	46,9	81,4	80,8	52,7	50,9	44,7	47,0	22,5	10,1	478,3
Έλλ. νερού	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	36,2	90,0	78,3	42,3	8,0	0,0	0,0	
Ολ. Απορ-ροή	38,2	30,3	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,2	114,8

Πίνακας 18. Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής κατά Thornthwaite-Mather για το σταθμό του Μεταξοχωρίου

Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής κατά Thornthwaite					$S_{t0} = 65$		$\alpha = 1,585$		Συντ. Πρ. εξατμησης κατά Thornthwaite				85,7%
	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ	Σ/Μ.Ο.
T °C	4,90	5,90	8,20	13,50	18,60	23,20	25,50	25,40	21,20	16,20	10,20	6,30	14,93
i	0,97	1,28	2,11	4,50	7,31	10,21	11,78	11,71	8,91	5,93	2,94	1,42	69,08
E _Δ	9,28	12,46	20,99	46,27	76,89	109,14	126,78	125,99	94,61	61,77	29,67	13,82	
n	0,85	0,79	1,05	1,09	1,26	1,23	1,28	1,20	1,02	0,97	0,82	0,82	
E _Δ	7,9	9,9	22,0	50,4	96,9	133,8	162,9	151,1	96,5	60,2	24,3	11,3	827,08
P (mm)	34,90	39,10	42,30	46,50	53,00	51,30	40,50	45,10	34,70	47,70	55,30	45,00	535,4
Έλλειμα	0,0	0,0	0,0	3,9	43,9	82,5	122,4	106,0	61,8	12,5	0,0	0,0	
Πλεον.	27,0	29,2	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,0	33,7	
APWL	0,0	0,0	0,0	-3,9	-47,7	-130,3	-252,7	-358,7	-420,5	-432,9	0,0	0,0	
St	65,0	65,0	65,0	61,2	31,2	8,8	1,3	0,3	0,1	0,1	31,1	64,8	
ΔSt	0,0	0,0	0,0	-3,8	-30,0	-22,4	-7,4	-1,1	-0,2	0,0	31,0	33,7	
Er	7,9	9,9	22,0	50,3	83,0	73,7	47,9	46,2	34,9	47,7	24,3	11,3	459,0
Έλλ. νερού	0,0	0,0	0,0	0,1	13,8	60,1	115,0	104,9	61,6	12,5	0,0	0,0	
Ολ. Απορροή	27,0	29,2	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,6

Πίνακας 19. Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής κατά Thornthwaite-Mather για το σταθμό στο Άνω Θεωδοράκι

Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής κατά Thornthwaite					$S_{t0} = 50$		$\alpha = 1,414$		Συντ. Πρ. εξατμης. κατά Thornthwaite				86,5%
	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ	Σ/Μ.Ο.
T °C	3,90	4,60	7,40	11,10	16,60	21,00	23,60	23,10	19,40	14,90	8,80	5,00	13,28
i	0,69	0,88	1,81	3,34	6,15	8,78	10,48	10,15	7,79	5,22	2,35	1,00	58,65
E _Δ	8,98	11,35	22,23	39,44	69,69	97,19	114,63	111,21	86,88	59,82	28,40	12,77	
n	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81	
E _Δ	7,5	9,4	22,9	43,8	86,4	121,5	145,6	131,2	90,4	57,4	23,6	10,3	750,07
P (mm)	31,50	33,50	34,40	39,30	49,40	43,30	24,80	35,00	34,00	39,20	47,10	38,10	449,6
Έλλειμα	0,0	0,0	0,0	4,5	37,0	78,2	120,8	96,2	56,4	18,2	0,0	0,0	
Πλεον.	24,0	24,1	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5	27,8	
APWL	0,0	0,0	0,0	-4,5	-41,5	-119,7	-240,5	-336,7	-393,1	-411,3	0,0	0,0	
St	50,0	50,0	50,0	45,7	21,8	4,6	0,4	0,1	0,0	0,0	23,5	50,0	
ΔSt	0,0	0,0	0,0	-4,3	-23,9	-17,2	-4,2	-0,3	0,0	0,0	23,5	26,5	
Er	7,5	9,4	22,9	43,6	73,3	60,5	29,0	35,3	34,0	39,2	23,6	10,3	388,8
Έλλ. νερού	0,0	0,0	0,0	0,2	13,1	60,9	116,6	95,9	56,3	18,2	0,0	0,0	
Ολ. Απορροή	24,0	24,1	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	60,8

Πίνακας 20. Δεδομένα στάθμης γεώτρησης Σ08Α

DrillName	coordX	coordY	Τιμή Διόρθωσης	DateObservation	z
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	21/11/2002	-31,42
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	25/2/2003	-30,13
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	12/3/2003	-31,42
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	17/7/2003	-35,83
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	10/11/2003	-20,83
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	15/4/2004	-17,09
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	15/6/2005	-16,24
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	22/6/2005	-16,95
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	24/6/2005	-17,08
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	27/10/2005	-13,73
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	20/5/2009	-5,33
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	2/11/2009	-9,28
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	28/4/2010	-2,99
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	15/6/2010	-2,69
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	20/5/2011	-3,04
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	16/11/2011	-0,52
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	7/5/2012	-2,34
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	20/5/2012	-0,38
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	27/11/2012	-3,52
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	4/12/2013	-5,46
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	12/5/2014	-0,92
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	5/11/2014	-1,16
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	6/5/2015	0,02
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	10/11/2015	0,36
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	4/3/2016	1,05
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	6/5/2016	0,92
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	1/11/2016	-3,05
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	19/4/2017	0,10
Σ08Α	397068,93	4500608,02	0,30	23/11/2017	-4,07

Πίνακας 21. Δεδομένα στάθμης γεώτρησης Σ15

drillName	coordX	coordY	Τιμή Διόρθωσης	DateObservation	z
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	4/2/2003	-26,45650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	22/4/2003	-27,02650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	3/7/2003	-25,74650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	27/8/2003	-25,46650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	10/11/2003	-24,66650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	27/4/2004	-21,17650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	1/9/2004	-21,37650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	20/10/2004	-20,58650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	17/3/2005	-18,23650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	27/4/2005	-17,28650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	15/6/2005	-15,85650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	22/6/2005	-15,76650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	24/6/2005	-15,78650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	1/7/2005	-15,57650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	4/7/2005	-15,48650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	24/10/2005	-11,53650023
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	24/5/2006	-7,986500225
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	16/10/2006	-3,706500225
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	6/2/2007	-1,806500225
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	27/4/2007	-1,546500225
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	11/10/2007	-5,046500225
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	2/4/2008	-2,226500225
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	9/1/2009	-3,946500225
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	14/5/2009	-1,436500225
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	5/11/2009	-3,686500225
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	23/4/2010	-1,966500225
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	14/10/2010	-1,566500225
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	1/6/2011	1,763499775
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	16/11/2011	-1,096500225
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	20/5/2012	5,233499775
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	27/11/2012	1,263499775
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	3/12/2013	0,813499775
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	12/5/2014	2,313499775
Σ15	399644,129	4501028,707	0,8	1/11/2016	1,903499775



Πίνακας 22. Δεδομένα στάθμης Γεώτρησης Σ28

drillName	coordX	coordY	Τιμή διόρθωσης	DateObservation	z
Σ28	400849,838	4501039,688	0	20/11/2002	-35,67824984
Σ28	400849,838	4501039,688	0	30/1/2003	-34,77824984
Σ28	400849,838	4501039,688	0	22/4/2003	-35,41824984
Σ28	400849,838	4501039,688	0	5/11/2003	-25,22824984
Σ28	400849,838	4501039,688	0	27/4/2004	-18,65824984
Σ28	400849,838	4501039,688	0	27/4/2005	-16,67824984
Σ28	400849,838	4501039,688	0	24/10/2005	-12,00824984
Σ28	400849,838	4501039,688	0	7/6/2006	-9,698249836
Σ28	400849,838	4501039,688	0	4/5/2007	-6,338249836
Σ28	400849,838	4501039,688	0	23/9/2008	-10,48824984
Σ28	400849,838	4501039,688	0	14/10/2010	-8,098249836
Σ28	400849,838	4501039,688	0	20/5/2011	-0,628249836
Σ28	400849,838	4501039,688	0	16/11/2011	-4,428249836
Σ28	400849,838	4501039,688	0	7/5/2012	-0,488249836
Σ28	400849,838	4501039,688	0	20/5/2012	1,451750164
Σ28	400849,838	4501039,688	0	4/12/2013	-2,958249836
Σ28	400849,838	4501039,688	0	11/5/2014	1,181750164
Σ28	400849,838	4501039,688	0	5/11/2014	1,221750164
Σ28	400849,838	4501039,688	0	6/5/2015	2,531750164
Σ28	400849,838	4501039,688	0	10/11/2015	2,151750164
Σ28	400849,838	4501039,688	0	6/5/2016	2,721750164
Σ28	400849,838	4501039,688	0	1/11/2016	2,541750164
Σ28	400849,838	4501039,688	0	19/4/2017	2,121750164
Σ28	400849,838	4501039,688	0	23/11/2017	-2,348249836

