

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΤΡΥΦΩΝ Γ. ΚΟΚΚΑΣ

ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΧΡΗΣΗΣ ΑΥΤΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΔΙΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΛΜΩΠΙΑΣ,
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ, ΕΛΛΑΔΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2019

ΤΡΥΦΩΝ Γ. ΚΟΚΚΑΣ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5340

ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ
ΑΥΤΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΔΙΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΛΜΩΠΙΑΣ, ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ, ΕΛΛΑΔΑ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Γεωλογίας,
Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας

Επιβλέπων

Τριαντάφυλλος Κακλής, Δρ ΕΔΙΠ

© Τρύφων Γ. Κόκκας, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωλογίας, 2018
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.
ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ
ΑΥΤΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΔΙΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΛΜΩΠΙΑΣ, ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ, ΕΛΛΑΔΑ
– Διπλωματική Εργασία

© Tryfon G. Kokkas, School of Geology, Dept. of Geology, 2018
All rights reserved.
PIEZOMETRIC CONDITIONS OF UNDERGROUND WATER AND ELEMENTS
OF THIS USE IN THE LOWLAND OF THE ALMOPIA AREA, MACEDONIA,
GREECE – *Bachelor Thesis*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και το θέμα της πραγματεύεται τις πιεζομετρικές συνθήκες του υπογείου νερού και τις χρήσεις αυτού στην πεδινή περιοχή της Αλμωπίας.

Πρώτα από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα κ. Τριαντάφυλλο Κακλή, Δρ. ΕΔΙΠ για την ανάθεση του θέματος της διπλωματικής, την παροχή σημαντικών δεδομένων για την εκπόνηση αυτής και γενικότερα για την πολύ καλή συνεργασία και καθοδήγηση.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον πατέρα μου Κόκκα Γεώργιο που με βοήθησε στην μέτρηση των στάθμεων στις γεωτρήσεις της περιοχής της Αλμωπίας για τους σκοπούς αυτής της εργασίας.

Ευχαριστώ τους υδρογεωλόγους του ΙΓΜΕ κ. Α. Πρατανόπουλο και κ. Ν. Βεράνη για τα πολύτιμα δεδομένα και στοιχεία που μου παρείχαν μέσω τον υδρογεωλογικών μελετών που έχουν συντάξει.

Ευχαριστώ τον Δήμο Αριδαίας και συγκεκριμένα τους κυρίους Αβραμικά Στέφανο και Ιατρίδη Γεώργιο για τις πληροφορίες που μου παρείχαν σχετικά με τις γεωτρήσεις τις περιοχής.

Ευχαριστώ τον μηχανολόγο κ. Κοσμά Κανονίδη για την βοήθεια του.

Ευχαριστώ την οικογένεια μου και του φίλους μου που με στήριξαν όλα αυτά χρόνια στο να πετύχω όλα όσα έχω καταφέρει.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ABSTRACT.....	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
2. ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	4
2.1 Γεωγραφικά-Γεωμορφολογικά στοιχεία.....	4
2.1.1 Λεκάνη Απορροής Αλιάκμονα.....	6
2.1.2 Υδρολογική Λεκάνη Αλμωπίας.....	7
2.1.3 Υδροφορικό Σύστημα Αλμωπαίου.....	8
3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	9
3.1 Γεωλογικά στοιχεία.....	9
3.2 Τεκτονικά στοιχεία.....	13
4. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΚΛΙΜΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	14
5. ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	18
5.1 Ύδρευση.....	18
5.2 Άρδευση.....	19
5.3 Κτηνοτροφία-Βιομηχανία.....	20
6. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	21
6.1 Υδρολογικά-Υδρολιθολογικά στοιχεία.....	21
6.1.1 Υπόγειο Υδατικό Σύστημα Αλμωπαίου.....	22
6.1.2 Υπόγειο Υδατικό Σύστημα Αλμωπίας.....	25
6.1.3 Υπόγειο Υδατικό Σύστημα Αριδαίας.....	27
6.2 Πιεζομετρική κατάσταση.....	30
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	56
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	58

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει αντικείμενο τις πιεζομετρικές συνθήκες που επικρατούν στην λεκάνη της Αλμωπίας λαμβάνοντας υπόψιν τις χρήσεις του υπογείου νερού σε συνδυασμό με τις μετεωρολογικές συνθήκες. Γεωγραφικά η περιοχή ανήκει στον νομό Πέλλας καταλαμβάνοντας το Βόρειο τμήμα αυτού, με φυσικά όρια τους ορεινούς όγκους που την περιβάλλουν (Πάικο, Τζένα, Πίνοβο, Βόρας). Η περιοχή της Αλμωπίας εκτείνεται σε 1.021 km² με το πεδινό τμήμα αυτής να καταλαμβάνει τα 220 km² και το ανάγλυφο της να χαρακτηρίζεται ως έντονο. Η περιοχή αποτελείται από ένα υδρογραφικό δίκτυο αυτό του Αλμωπαίου που καταλαμβάνει το πεδινό και μερικώς το λοφώδες - ημιορεινό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης Αλμωπίας, εκβάλλοντας στην Λεκάνη Απορροής του Αλιάκμονα και συγκεκριμένα στην υπολεκάνη της Περιφερειακής Τάφρου, μέσω του ποταμού Αλμωπαίου από το νοτιότερο και στενότερο τμήμα της λεκάνης Αλμωπίας.

Η ευρύτερη περιοχή ανήκει γεωτεκτονικά στην Ζώνη Αξιού και συγκεκριμένα στην Υποζώνη Αλμωπίας. Είναι ένα Τεταρτογενές βύθισμα, τυπικού ασύμμετρου σχήματος. Επίσης θεωρείται ότι είναι το ανατολικό ηπειρωτικό περιθώριο του ηπειρωτικού τεμάχους της Πελαγονικής πάνω στο οποίο επωθήθηκαν από τα Ανατολικά οι οφειόλιθοι και τα ιζήματα βαθιάς θάλασσας του ωκεανού της Τηθύος.

Η περιοχή έρευνας αποτελείται από ένα κύριο Υπόγειο Υδατικό Σύστημα αυτό του Αλμωπαίου (GR0900120) ενώ συνορεύει και αλληλοεπιδρά με άλλα δύο δευτερεύοντα Υπόγεια Υδατικά Συστήματα, το ρωγματικό σύστημα Αριδαίας (GR090F270) και το ρωγματικό σύστημα Αλμωπίας (GR0900260). Από ποσοτικής άποψης παρουσιάζεται επάρκεια στα αποθέματα υπόγειων νερών, ικανών να καλύψουν τις ανάγκες της περιοχής, που χωρίζονται σε αρδευτικές που καταλαμβάνουν και το μεγαλύτερο ποσοστό, υδρευτικές, κτηνοτροφικές και ένα μικρό ποσοστό βιομηχανικές, σε ένα τυπικό υδρολογικό έτος αλλά και σε συνθήκες υπεράντλησης.

ABSTRACT

This thesis deals with the piezometric conditions prevailing in the Almopia basin, taking into consideration the uses of underground water combined with meteorological conditions. This area belongs to the northern part of Pella district with the surrounding mountains (Paiko, Tzena, Pinovo, Voras) as its natural boundaries. The Almopia area extends to 1,021 km², with its lowland part occupying 220 km² and with intense repousse. This area consists of the Almopian hydrographic network which occupies the lowland and partly the hilly - semi - mountainous part of hydrological basin of Almopia and it ejects into the Aliakmon River's basin and specifically in the sub - basin of the regional dike through the southernmost and narrowest part of the Almopian river in the Almopia basin.

The wider area is geotectonically located in the Axios area and specifically in the Almopia subsoil. This area is a quadrangular draft of a typical asymmetric shape. It is also believed to be the eastern fringe of the continental block of Pelagonian on which the ophiolites and the deep-sea sediments of Tethys Ocean were thrust from the East.

The research area consists of the Almopian underground aquatic system (GR0900120), bordering on and interacting with two other secondary underground aquatic systems, the Aridea's fracture system (GR090F270) and the Almopia's fracture system (GR0900260). From a quantitative point of view, sufficiency is found in underground water reserves capable of meeting the needs of the area such as irrigation, water supply and livestock needs, and a small percentage of industrial irrigation needs.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά τις πιεζομετρικές συνθήκες σε συνδυασμό με τα στοιχεία του ισοζυγίου καθώς επίσης και τις χρήσεις ύδατος στην λεκάνη της Αλμωπίας. Παρουσιάζονται ακόμη μορφολογικά, γεωλογικά, τεκτονικά, και υδρογεωλογικά στοιχεία της περιοχής. Η μελέτη στηρίζεται σε μετρήσεις της στάθμης του υπογείου νερού που πραγματοποιήθηκαν τον Οκτώβριο του 2018 καθώς επίσης και σε δεδομένα από τα αρχεία του ΙΓΜΕ για τα έτη 1983-2007 και του Αριστοτέλειου Πανεπιστήμιου Θεσσαλονίκης, για το έτος 2017. Τον Οκτώβριο του 2018 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της στάθμης του υπογείου νερού σε 17 γεωτρήσεις εκ των οποίων δεδομένα παλαιότερων ετών υπάρχουν μόνο για τις 13 από αυτές, στις οποίες επικεντρώθηκε και η συγκεκριμένη εργασία. Οι γεωτρήσεις αυτές φέρουν τις κωδικές ονομασίες σύμφωνα με το ΙΓΜΕ: ΑΛ1, ΑΛ2, ΑΛ3, ΑΛ8, ΑΛ13, ΑΛ14, ΑΛ15, ΑΛ22, ΑΛ25, ΑΛ26, ΑΛ29, ΑΛ33i, ΑΛ38. Για τις γεωτρήσεις αυτές δημιουργήθηκαν διαγράμματα που αφορούν την διακύμανση της στάθμης σε διάφορες περιόδους και τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναλύθηκαν και συγκρίθηκαν με άλλες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή. Επιπροσθέτως μέσω των προγραμμάτων Surfer 10, QGIS επεξεργάστηκαν τα δεδομένα με σκοπό να δημιουργηθούν πιεζομετρικοί χάρτες για τις περιόδους Μάιος 2017, Οκτώβριος 2017 και Οκτώβριος 2018. Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι υπάρχουν μικρές μεταβολές της στάθμης, η οποία παραμένει γενικά στα ίδια επίπεδα με το πέρασ των ετών και παρόλη την υπεράντληση που παρατηρείται κάποιες χρονικές στιγμές αυτή εξισορροπείται με το μεγάλο ύψος βροχοπτώσεων που πέφτουν στην περιοχή και τη μεγάλη ποσότητα που παρέχεται στην περιοχή μέσω πλευρικών διηθήσεων από τους μεγάλους ορεινούς όγκους που την περιβάλλουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ - ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

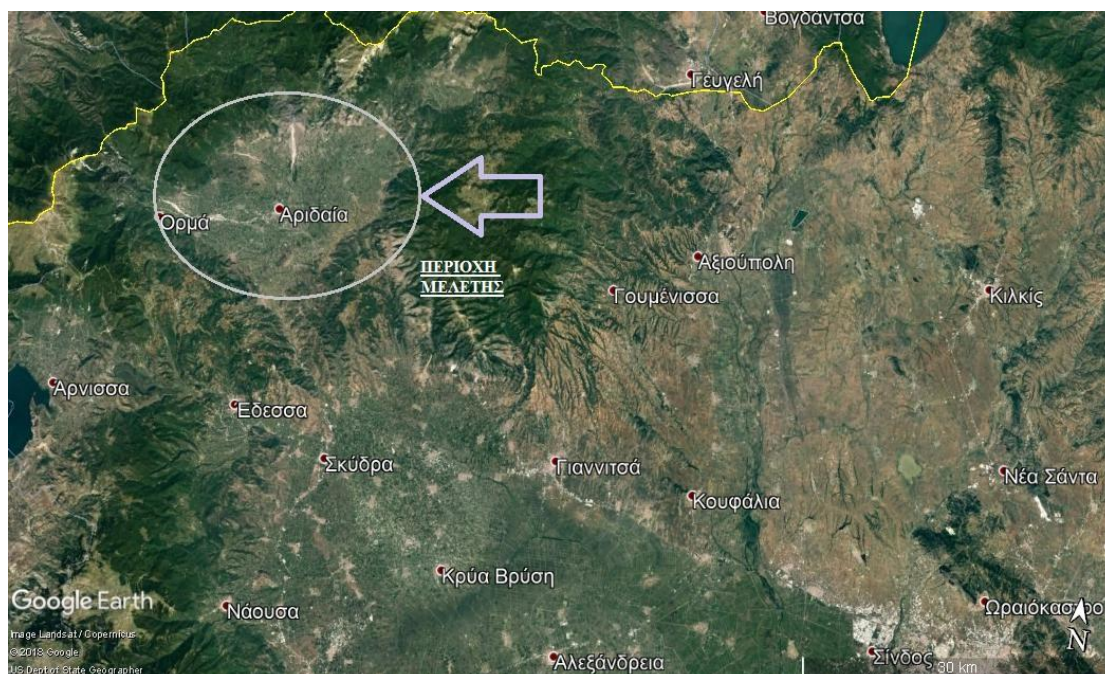
Η περιοχή της Αλμωπίας καταλαμβάνει το βόρειο τμήμα του νομού Πέλλας (Σχήμα 1). Η έκταση της ανέρχεται στα 1.021τ.χλμ. και ο πληθυσμός της στους 27.556 κατοίκους (ΕΛ.ΣΤΑΤ.,2011). Πρωτεύουσα της είναι η Αριδαία, ενώ υπάρχουν άλλες 47 κοινότητες και οικισμοί. Οι ορεινοί όγκοι έκτασης 730τ.χλμ. που την περιβάλλουν αποτελούν φυσικά σύνορα τόσο με την πρώην Γιουγκοσλαβία όσο και με τις άλλες επαρχίες του Νομού Πέλλας, δηλαδή της Έδεσσας και των Γιαννιτσών. Πρόκειται για το όρος Βόρας (2524m), το όρος Πάικο (1650m), το όρος Τζένα (2182m) και το όρος Πίνοβο (2154m). Η πεδινή περιοχή είναι ιδιαίτερα εύφορη και καταλαμβάνει 220τ.χλμ. Με βάση τα παραπάνω μορφολογικά η περιοχή χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο (Σχήμα 2).

Η λεκάνη της Αλμωπίας ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας (ΥΔ 09), το οποίο συνορεύει στα ανατολικά με το Υδατικό Διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας (ΥΔ 10), στα νότια με το Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας (ΥΔ 08) και στα δυτικά με το Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου (ΥΔ 05).

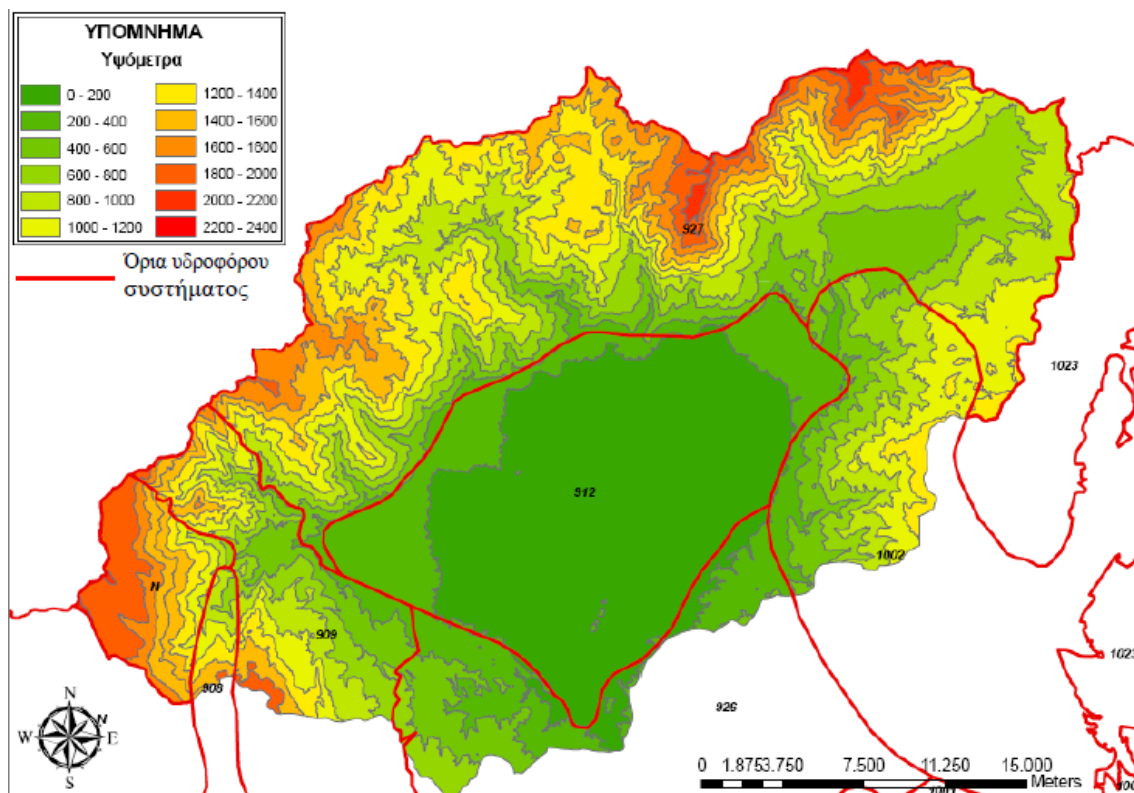
Το ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας, σύμφωνα με την υπ. αριθ. 706/16.7.2010 Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (ΦΕΚ Β'/1383), αποτελείται από δύο (2) Λεκάνες Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ):

- Πρεσπών (EL01) με έκταση 1.210 km²
- Αλιάκμονα (EL02) με έκταση 12.410 km²

Ως Λεκάνη Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ) ορίζεται : «η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω διαδοχικών ρευμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών και παροχετεύεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα».



Σχήμα 1: Δορυφορική εικόνα με την θέση της λεκάνης Αλμωπίας (Πηγή δορυφορικής εικόνας: Google Earth, 2018)



Σχήμα 2: Κατανομή υψομέτρων σε ζώνες στην υδρολογική λεκάνη Αλμωπίας (Ανακτήθηκε από το υποέργο: Υδατικά Ισοζύγια Λεκανών. Παρακολούθηση της ποιότητας & μέτρα προστασίας των νερών της Κεντρικής Μακεδονίας (Υ.Δ αν 09.10.11 δυτ) Ν. Βεράνης, 2010).

2.1.1 ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ

Η ΛΑΠ Αλιάκμονα διακρίνεται σε 4 υπολεκάνες: του Αλιάκμονα, της Κλειστής Λεκάνης Πτολεμαΐδας, της Περιφερειακής Τάφρου και της Πεδιάδας της Κατερίνης.

Οι απορροές των υδατορευμάτων του Αλμωπαίου συγκεντρώνονται στην ΛΑΠ Αλιάκμονα και συγκεκριμένα στην υπολεκάνη της Περιφερειακής Τάφρου.

Η **Περιφερειακή Τάφρος** αποτελεί ένα μεγάλο αποστραγγιστικό έργο η κατασκευή της οποίας έγινε το 1932, με σκοπό να συγκεντρώσει τις απορροές των υδατορευμάτων του Αλμωπαίου, της περιφερειακής τάφρου Δροσερού, όπως επίσης και των υδατορευμάτων του Ανατολικού Βερμίου. Η αφετηρία της βρίσκεται ανατολικά της Έδεσσας και συναντά τον ποταμό Αλιάκμονα, λίγο πριν την εκβολή αυτού στο Θερμαϊκό κόλπο.

Ο **ποταμός Αλιάκμονας** είναι ο μεγαλύτερος σε μήκος ποταμός της Ελλάδας που ρέει εξ' ολοκλήρου σε ελληνικό έδαφος. Οι πηγές του εντοπίζονται ορεινά της Πίνδου, στα όρη Βόιο και Βέρνο. Οι τρεις αυτοί κλάδοι ενώνονται πριν από το Άργος Ορεστικό σχηματίζοντας την κυρίως κοίτη του Αλιάκμονα, που δέχεται και τα πλεονάζοντα νερά της λίμνης Καστοριάς. Καθώς συνεχίζει την πορεία του προς νότο ο ποταμός συγκεντρώνει και τις απορροές από τους επιμέρους παραποτάμους (Βενέτικο, Πραμόριτσα και Γρεβενίτικο). Επιπροσθέτως ο ποταμός δέχεται στην πεδινή κοίτη του τα νερά της Περιφερειακής Τάφρου (T66) με αποτέλεσμα την αύξηση του μεγέθους της υδρολογικής του λεκάνης από 7.312 Km² σε 9.455 Km². (Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, 2014)

2.1.2 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΛΜΩΠΙΑΣ

Η έκταση της λεκάνης απορροής που σχετίζεται υδρολογικά με το σύστημα Αλμωπιάου ανέρχεται σε 945km², το μέσο υψόμετρο είναι 781,51m με μέγιστο τα 2450m και ελάχιστο τα 93m.

Ενώ σύμφωνα με *Βουδούρης 2014*, υπολογίστηκαν οι παρακάτω τύποι:

- Η μέση κλίση είναι:

$$i = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{\sqrt{A}} = 0,077m^{-1}$$

- Ο δείκτης ανάγλυφου είναι:

$$S = \frac{H}{L} = 0,002$$

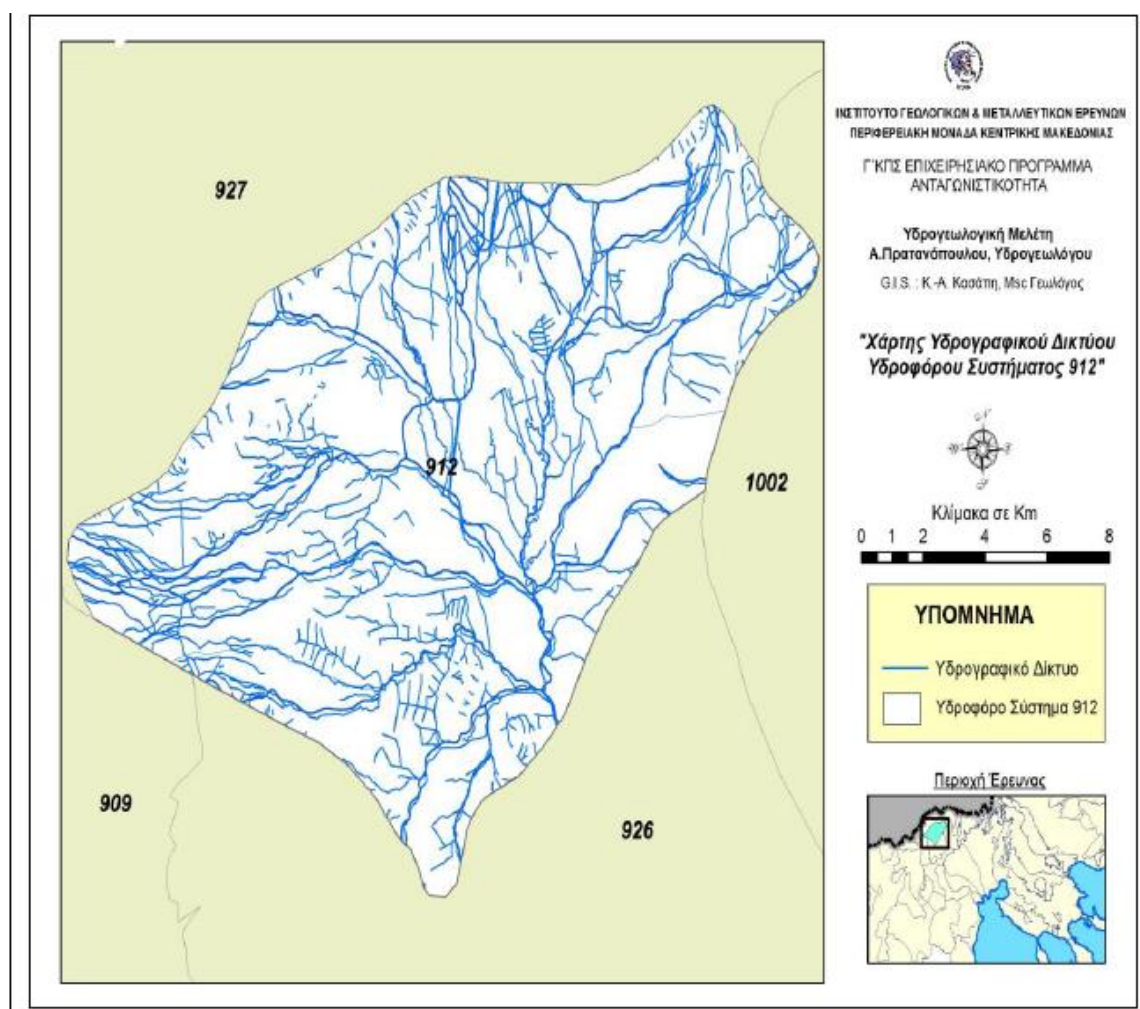
- Πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου (Dd) είναι:

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} = \frac{2550}{885,5} \approx 2,48km^{-1}$$

Η τιμή της πυκνότητας του υδρογραφικού δικτύου δηλώνει σχετικά ημιπερατά πετρώματα με μέση αντίσταση στη διάβρωση για όλη τη λεκάνη Αλμωπίας, καθώς σχετίζεται με την υδατοπερατότητα των πετρωμάτων. Ενδεικτικά αναφέρεται πως υδατοπερατά χαρακτηρίζονται τα πετρώματα των οποίων οι τιμές είναι χαμηλές (0,3-1,0), ενώ αδιαπέρατα τα πετρώματα που έχουν υψηλές τιμές (>4,5).

2.1.3 ΥΔΡΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΛΜΩΠΑΙΟΥ

Το σύστημα του Αλμωπαίου περιβάλλεται από λοφώδεις-ορεινές περιοχές, ορεινού ανάγλυφου, οι οποίες αποτελούνται από πετρώματα χαμηλής έως πολύ χαμηλής υδατοπερατότητας (σχιστόλιθοι, ηφαιστειακά, δακίτες, γνεύσιοι, φλύσχης), αυτό έχει ως αποτέλεσμα το υδρογραφικό δίκτυο να είναι χειμαρρώδους μορφής και πυκνό, επομένως η απορροή υπερισχύει της κατείσδυσης. Τα νερά από την επιφανειακή απορροή ακολουθούν μια πορεία προς το νότιο τμήμα του συστήματος απ' όπου και εξάγονται (**Σχήμα 3**).



Σχήμα 3: Υδρογραφικό δίκτυο του συστήματος Αλμωπαίου (Ανακτήθηκε από το υποέργο: Υδατικά Ισοζύγια Λεκανών. Παρακολούθηση της ποιότητας & μέτρα προστασίας των νερών της Κεντρικής Μακεδονίας (Υ.Δ αν 09.10.11 δυτ) Ν. Βεράνης, 2010)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η ευρύτερη περιοχή γεωτεκτονικά ανήκει στη ζώνη Αξιού και συγκεκριμένα στην υποζώνη της Αλμωπίας, η οποία θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει το πιο δυτικό (εξωτερικό) τμήμα της παλιάς ωκεάνιας περιοχής της Τηθύος. Επίσης θεωρείται ότι είναι και το ανατολικό ηπειρωτικό περιθώριο του ηπειρωτικού τεμάχους της Πελαγονικής πάνω στο οποίο επωθήθηκαν από τα Ανατολικά οι οφειόλιθοι και τα ιζήματα βαθιάς θάλασσας του ωκεανού της Τηθύος (Μουντράκης, 2010). Η λεκάνη της Αλμωπίας είναι ένα Τεταρτογενές βύθισμα (Ελευθεριάδης, 1997, Pavlides et al., 1990), τυπικού ασύμμετρου σχήματος.

Με βάση τα αποτελέσματα των ερευνών των Mercier (1966), Mercier et al (1989), Μουντράκη (1976, 1985, 1994), Galeos et al (1994), Κατσικάτσος(1992), Pavlides et al (1990), Κατριβάνος κ.α. (2001) και Βουγιουκαλάκης (2002), προκύπτουν τα ακόλουθα, αναφορικά με τη γεωλογική δομή και εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής :

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στην Αλμωπία είναι κυρίως οι οφειόλιθοι και τα σύνοδα ιζήματα βαθιάς θάλασσας, τα Ανωκρητιδικά επικλυσιογενή ιζήματα, καθώς και τα μεταμορφωμένα πετρώματα προ – οφειολιθικά που αποτελούσαν πετρώματα του Πελαγονικού ηπειρωτικού περιθωρίου. Αναλυτικότερα παρουσιάζονται η συνοπτική λιθοστρωματογραφική στήλη και ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4-5).

Όλοι οι παραπάνω σχηματισμοί της ζώνης βρίσκονται υπό μορφή τεκτονικών λεπίων τα οποία από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά επιππεύουν ή επωθούνται το ένα πάνω στο άλλο και στο σύνολο τους επωθούνται προς Δυσμάς πάνω στην Πελαγονική ζώνη.

Το αποτέλεσμα της λεπιοειδούς τεκτονικής αυτής ήταν ο σχηματισμός τόσο λεπίων μικρής έκτασης όσο και μέγαλεπιων ακόμα και χιλιομετρικής κλίμακας λεπίων στα πετρώματα της Αλμωπίας. Κάθε τεκτονικό λέπι μεγάλης κλίμακας αντιστοιχεί και σε μία υποζώνη της ζώνης της Αλμωπίας όπως αυτή διαιρέθηκε και αποτελείται είτε από όλους τους σχηματισμούς της υποζώνης είτε από μερικούς. Οι ενότητες (υποζώνες) αυτές οι οποίες ακολουθούν την συμπιεστική τεκτονική και επιππεύουν η μία πάνω στην άλλη από Ανατολάς προς Δυσμάς, είναι οι παρακάτω. Αξίζει να επισημανθεί πως αρχικά το χωρισμό τον έκανε ο J. Mercier (1966) αλλά με τη σημερινή αντίληψη με βάση τον Μουντράκη (2010) ο χωρισμός είναι ο εξής:

- **Ενότητες ανατολικές:**

- Άνω Γαρέφι, η οποία αποτελείται από οφιόλιθους (σερμπεντινίτες, γάββρους, δολερίτες), σχιστόλιθους και εναλλαγές κρυσταλλικών ασβεστολίθων και χλωριτικών σχιστολίθων και χλωριτικών σχιστολίθων και φλυσχικούς σχηματισμούς (πηλίτες, ψαμμίτες).
- Μαυρόλακκα, η οποία αποτελείται από οφιόλιθους (δολερίτες), μαύρους σχιστόλιθους, κόκκινους ιάσπιδες, εναλλαγές λατυποπαγών και ψαμμούχων ασβεστολίθων με ασβεστιτικούς σχιστόλιθους και από φλυσχικούς σχηματισμούς.
- Κρανίων, η οποία αποτελείται από ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμούς.

- **Ενότητες μεσαίες:**

- Λύκων, η οποία αποτελείται από οφιόλιθους (σερμπεντινίτες, δολερίτες) ασβεστιτικούς, κρυσταλλικούς, ψαμμιτικούς σχιστόλιθους και σχηματισμούς μεταφλύσχη.
- Μαργαρίτας, η οποία περιλαμβάνει έντονα τεκτονισμένους σερμπεντινίτες και δολερίτες στη βάση του βόρειου τμήματος, μαύρους και κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και ασβεστιτικούς σχιστόλιθους στο υπόλοιπο τμήμα.
- Κλισοχωρίου, η οποία αποτελείται από έντονα τεκτονισμένους σχηματισμούς χαοτικής δομής (τεκτονικό mélange).
- Νέας Ζωής, η οποία αποτελείται από οφιόλιθους, ασβεστιτικούς σχιστόλιθους, ασβεστόλιθους και φλυσχικούς σχηματισμούς.
- Μεσημερίου

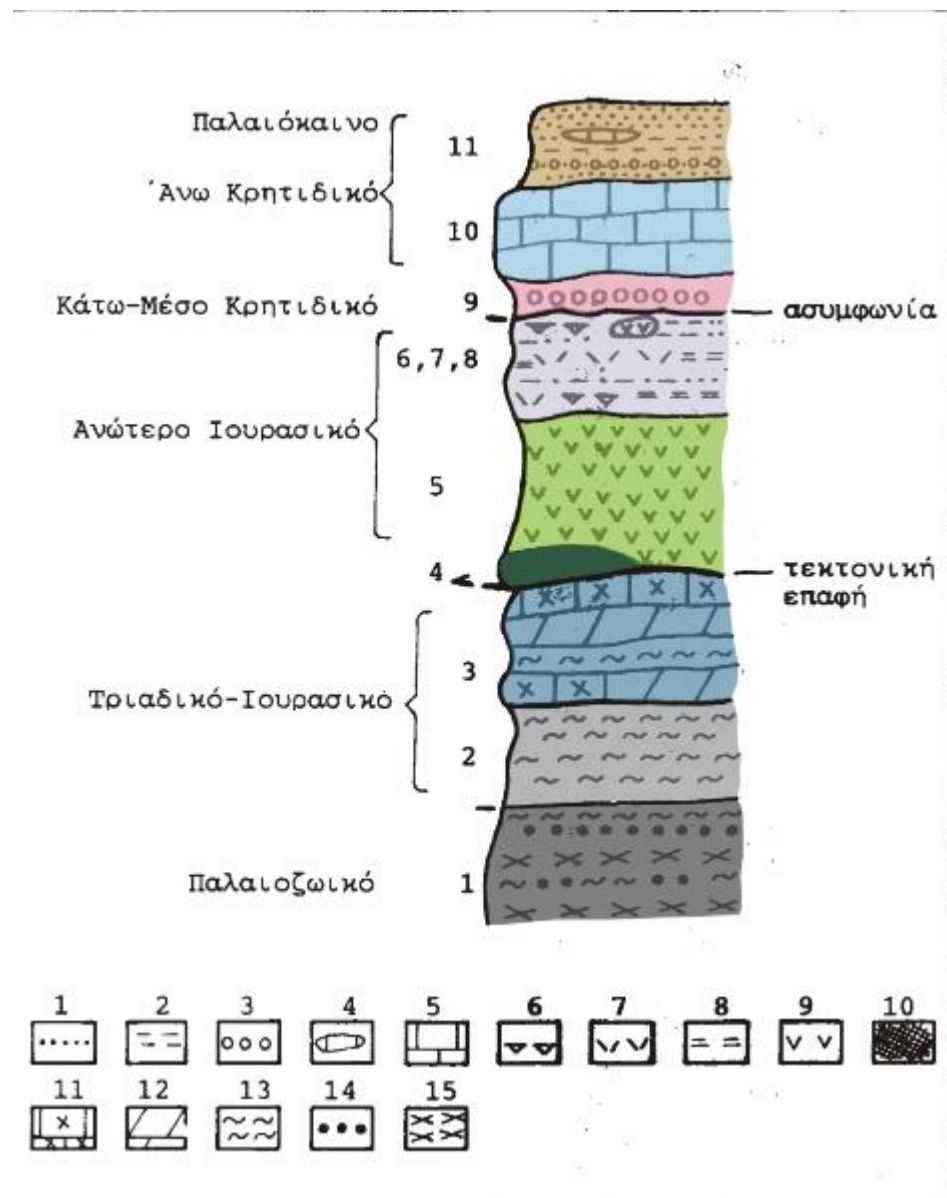
- **Ενότητες δυτικές:**

- Κερασιάς, στην οποία εντάσσεται μία σειρά ανθρακικών κλαστικών σχηματισμών: κροκαλοπαγή, ασβεστόλιθοι, αργίτικοι σχιστόλιθοι, ψαμμίτες και φλυσχικοί σχηματισμοί.
- Κεδρώνα, στην οποία εντάσσονται σχιστόλιθοι (πιθανά προαλπικό υπόβαθρο), σιπολίνες μάρμαρα με παρεμβολές χαλαζιτών και σχιστολίθων, ασβεστόλιθοι και φλυσχικοί σχηματισμοί.

- **Ενότητες βόρειες:**

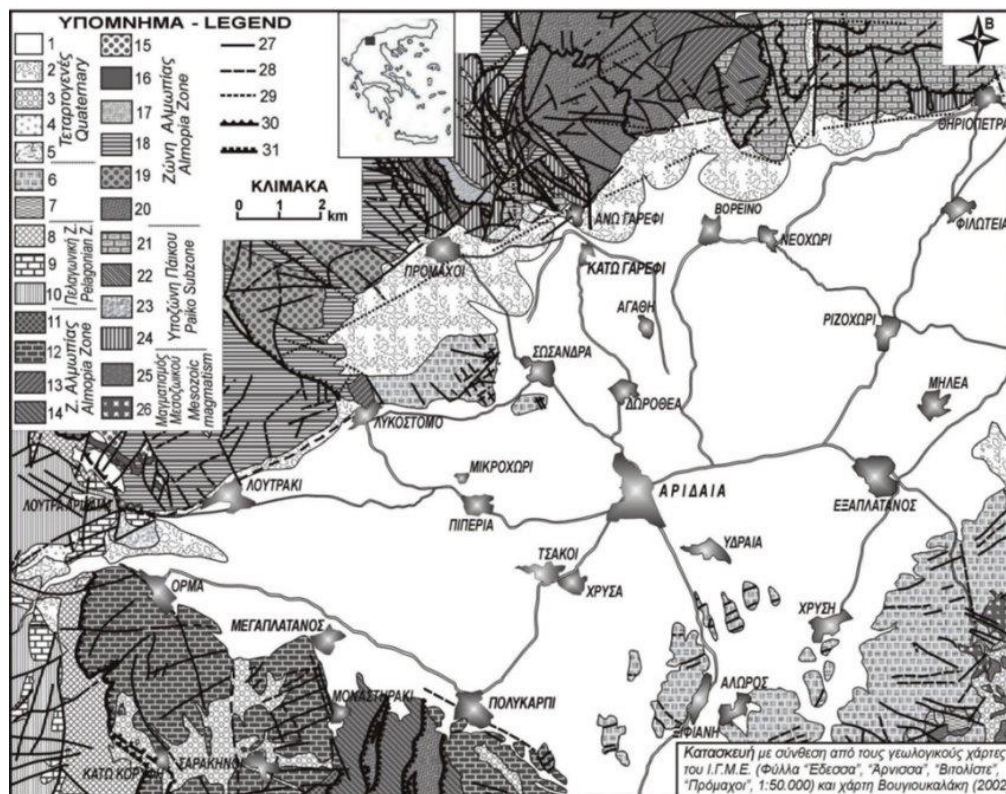
- Πέτερνικ, η οποία αποτελείται από έντονα μεταμορφωμένους σχηματισμούς όπως οφθαλμογενέσιους, σχιστόλιθους, αμφιβολίτες, σιπολίνες, σερμπεντινίτες, μία μεταμορφωμένη ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά, μάρμαρα και κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και μεταμορφωμένα ιζήματα φλύσχη.
- Λουτρών Πόζαρ, η οποία αποτελείται από μεταμορφωμένους σχηματισμούς: σχιστόλιθους, μάρμαρα, σιπολίνες, μετακροκαλοπαγή.

Ο χώρος των δυτικών ενοτήτων Κερασιάς και Κεδρώνας θεωρήθηκε ότι αντιπροσωπεύει την κατωφέρεια του Πελαγονικού ηπειρωτικού τεμάχους προς την Αλμωπία και γι' αυτό το λόγο αναφέρεται συχνά με το όνομα «Προαλμωπία».



Σχήμα 4: Συνοπτική λιθοστρωματογραφική στήλη της υποζώνης Αλμωπίας.

[1:ψαμμίτες, 2:αργιλοί σχιστόλιθοι, 3:κροκαλοπαγή και άλλα κλαστικά ιζήματα, 4:φακοί ασβεστόλιθων, 5:ασβεστόλιθοι, 6:κερατόλιθοι, 7:ηφαιστειακά υλικά, 8:τόφφοι και ηφαιστειοκλαστικά, 9:οφειόλιθοι, 10:οφειολιθικά μίγματα, 11:μάρμαρα και κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, 12:δολομίτες, 13:σχιστόλιθοι, 14:αμφιβολίτες, 15:γενεύσιοι.] (Μουντράκης 2010)



Σχήμα 5: Γεωλογικός χάρτης περιοχής Αλμωπίας. [1: Σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις & ποταμολιμναία ιζήματα, 2: Κώνοι χειμαρρωδών αποθέσεων, 3: Αλλουβιακές ποτάμιες αποθέσεις, 4: Κορήματα, 5: Τραβερτίνης, 6: Ηφαιστειοκλαστικοί σχηματισμοί (Πλειόκαινο), 7: Κόκκινη ιλύς & λευκοί ασβεστόλιθοι (Ανώτ. Μειόκαινο - Κατ. Πλειόκαινο), 8: Φλύσχης, 9: Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, 10: Σιπολίτες & μάρμαρα (Τριαδικό - Ιουρασικό), 11: Φλύσχης, 12: Ασβεστόλιθοι, 13: Φλυσχοειδείς σειρές (Κρητιδικό), 14: Ηφαιστειοϊζηματογενείς & ιζηματογενείς (ασβεστόλιθοι, ηφαιστειοκλαστικά, ψαμμίτες) σχηματισμοί, 15: Οφιολιθικά κροκαλοπαγή (Κ. Κρητιδικό), 16: Οφιόλιθοι Ενότ. Λουτρών Πόζαρ (Α. Ιουρασικό - Κ. Κρητιδικό), 17: Ασβεστιτικοί φυλλίτες - μεταίλυόλιθοι (Ανώτερο Ιουρασικό), 18: Σχιστόλιθοι, μεταβασίτες, πρασινοσχιστόλιθοι, πρασινίτες, σχιστογενέσιοι, σιπολινομάρμαρα & γνεύσιοι, 19: Μετακροκαλοπαγή Εν. Άννας (Πέτερνικ), 20: Σερπεντινίτες, 21: Δολομίτες, ασβεστόλιθοι με οριζόντες φλύσχη & μάρμαρα, 22: Ακολουθία σπιλιτών - κερατοφύρων (Α. Ιουρασικό), 23: Μεταηφαιστειοϊζηματογενής σειρά Γυμνού (Ιουρασικό), 24: Γνεύσιοι, σχιστόλιθοι & χαλαζίτες, 25: Δολερίτες, μεταδολερίτες, pillow λάβες, μεταλάβες & ναλοκλαστίτες, 26: Ρυόλιθοι & γρανοφύρες, 27: Ρήγμα, 28: Πιθανό ρήγμα, 29: Φωτογράμμωση, 30: Επώθηση, 31: Εφίπνευση]. (Κατασκευή με σύνθεση από τους γεωλογικούς χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε. (φύλλα “Έδεσσα”, “Άρνισσα”, “Βιτολίτσε”, “Προμάχοι”, 1:50.000 και χάρτη Βουγιουκαλάκη (2002) (ΙΓΜΕ, Αρβανίτης Α. κ. άλ, 2008)

3.2 ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Κύριο τεκτονικό γεγονός της Αλμωπίας είναι η τεκτονική τοποθέτηση (obduction) των οφειολίθων και των συνοδών ιζημάτων του ωκεανού της Τηθύος κατά το Άνω Ιουρασικό πάνω στο ανατολικό ηπειρωτικό περιθώριο του Πελαγονικού ηπειρωτικού τεμάχους που αποτέλεσε το «Ηωελληνικό κάλυμμα» και προκάλεσε το σχηματισμό των οφειολιθικών μιγμάτων στο πέλμα των επωθημένων οφειολιθικών μαζών.

Την τεκτονική επώθηση αυτή των οφειολίθων ακολούθησε η ανάδυση και η χέρσωση του ηπειρωτικού περιθωρίου στο Κάτω Κρητιδικό μέχρι την Μέσο – Άνω Κρητιδική επίκλυση της θάλασσας που απέθεσε τα επικλυσισγενή ιζήματα.

Ακόμα μία μεγάλη επώθηση προς τα Δυτικά πάνω στην Πελαγονική έλαβε χώρα κατά το Τριτογενές αυτή την φορά με την τελική πτύχωση (ηπειρωτική σύγκρουση) που δημιούργησε τα τεκτονικά λείπια της Αλμωπίας με την συμμετοχή και των Άνω – Κρητιδικών στρωμάτων. Επιπροσθέτως στον σχηματισμό των τεκτονικών λείπων της Αλμωπίας συνέβαλε και ένας μεγάλος αριθμός ανάστροφων ρηγμάτων διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ και κλίσης ΒΑ παράλληλα στους άξονες των πτυχών.

Την συμπίεστική τεκτονική Κρητιδικού – Ολιγοκαίνου ακολούθησε η εφελκιστική τεκτονική που προκάλεσε την κατάρρευση του ορογενούς δημιουργώντας ρήγματα κανονικά επιμήκη διεύθυνσης ΒΔ – ΝΑ, ακολουθώντας τη διεύθυνση των πτυχωμένων δομών.

Τα εγκάρσια ρήγματα διεύθυνσης ΒΑ – ΝΔ τα οποία έχουν μήκος πολλών χιλιομέτρων λειτούργησαν ως ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης μεγάλης τεκτονικής σημασίας αφού συνοδεύονται από πολύ μεγάλα άλματα. Επίσης συχνή είναι και η παρουσία μυλωνίτη, ενώ τα κάτοπτρα των ρηγμάτων είναι σχεδόν κατακόρυφα ($\sim 85^\circ$). Τα σπουδαιότερα εγκάρσια ρήγματα είναι το ρήγμα στο Κάτω Λουτράκι (διεύθυνσης 70°) και το ρήγμα Νησιού (110°), πρόκειται για δεξιόστροφα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης τα οποία μάλιστα μετατοπίζουν το γεωλογικό όριο της ζώνης της Αλμωπίας και της ζώνης της Πελαγονικής. Επιπροσθέτως τα ρήγματα αυτά καθώς και το ρήγμα τους Εδεσσαίου (60°) χωρίζουν την υποζώνη της Αλμωπίας σε τρία μεγάλα τμήματα, το βόρειο, το μεσαίο και το νότιο (Μουντράκης, 2010). Σύμφωνα με τους Μπαρμπαρούση & Σημαιοάκη (1989) το ρήγμα του Κάτω Λουτρακίου επαναδραστηριοποιήθηκε κατά το Πλειόκαινο και το Τεταρτογενές σαν κανονικό ρήγμα εφελκυσμού ενώ προϋπήρχε της συμμεταμορφικής τεκτονικής φάσεως, η οποία έλαβε χώρα κατά το Άνω Κρητιδικό – Κ. Ηώκαινο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΚΛΙΜΑ

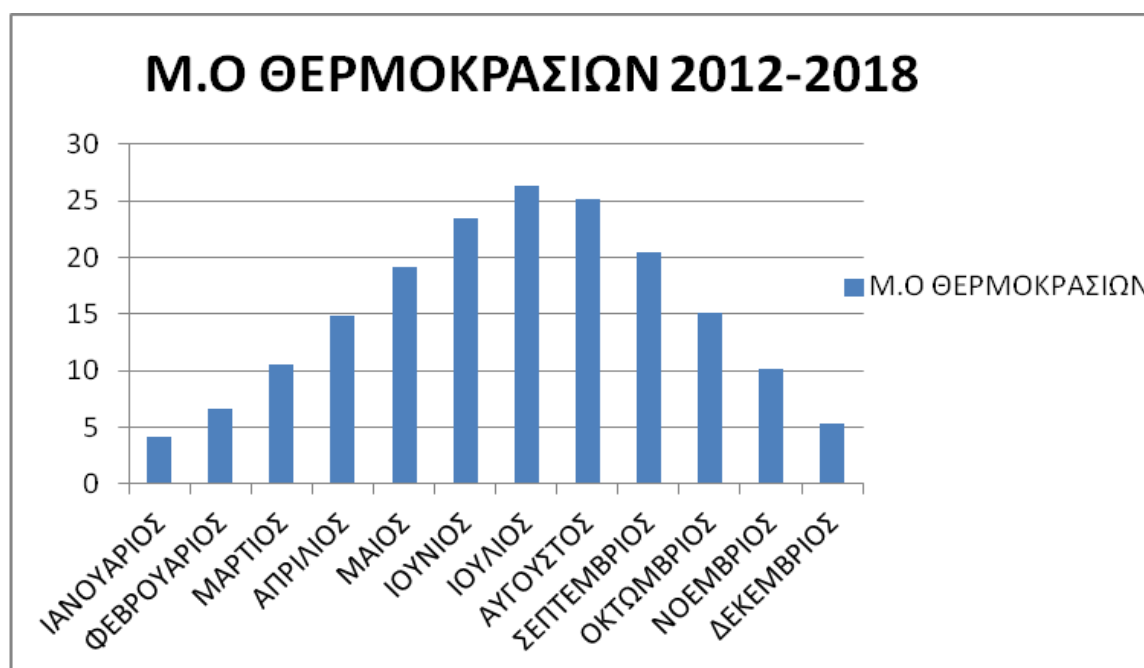
Το κλίμα της περιοχής σύμφωνα με τις αναφορές στην ιστοσελίδα <http://www.loutrapozar.net/almopia.aspx> χαρακτηρίζεται κυρίως ως υγρό και ηπειρωτικό με σύντομο θερμό καλοκαίρι και δριμύ χειμώνα. Το ανάγλυφο και οι μεγάλες υψομετρικές διαφορές (μεγαλύτερες από 1500 μ.) συμβάλλουν στην διαμόρφωση του κλίματος της περιοχής. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από πολλές βροχοπτώσεις κυρίως την περίοδο του χειμώνα με το μέσο ετήσιο ύψος της βροχής να κυμαίνεται από 500 mm μέχρι 1000 mm. Επίσης και οι χιονοπτώσεις είναι αρκετά συνηθισμένες το διάστημα Νοεμβρίου-Απριλίου. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται 13,7-16,6 °C με ψυχρότερο μήνα τον Ιανουάριο και θερμότερο τον Ιούλιο.

Τα μετεωρολογικά δεδομένα (κατακρημνίσματα, θερμοκρασία) για την λεκάνη της Αλμωπίας συλλέχτηκαν από το μετεωρολογικό σταθμό της Αριδαίας για τα έτη 2011-2018 (**Σχήματα 6-9**).

Με τη χρήση αυτών των δεδομένων έγινε στατιστική επεξεργασία όσον αφορά το ύψος των κατακρημνισμάτων σε σχέση με την θερμοκρασία των τελευταίων ετών. Οι βροχοπτώσεις και οι θερμοκρασίες είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τις διαθέσιμες ποσότητες που αφορούν την άρδευση, παίζοντας σημαντικό ρόλο στην ρύθμιση των αποθεμάτων υπόγειου νερού. Με τις αρδευτικές ανάγκες να είναι μεγαλύτερες τους μήνες Απρίλιο, καθώς τον μήνα αυτό ξεκινάει η εξέλιξη του σπόρου σε φυτό, μέχρι και τον Σεπτέμβριο, με αποκορύφωμα όμως τους θερινούς μήνες όπου γίνεται η πλήρης ανάπτυξη του φυτού, απαιτούνται βροχοπτώσεις προκειμένου η ζήτηση σε νερό να παραμείνει σε λογικά πλαίσια και η στάθμη του υπογείου νερού να παραμείνει σε υψηλά επίπεδα.

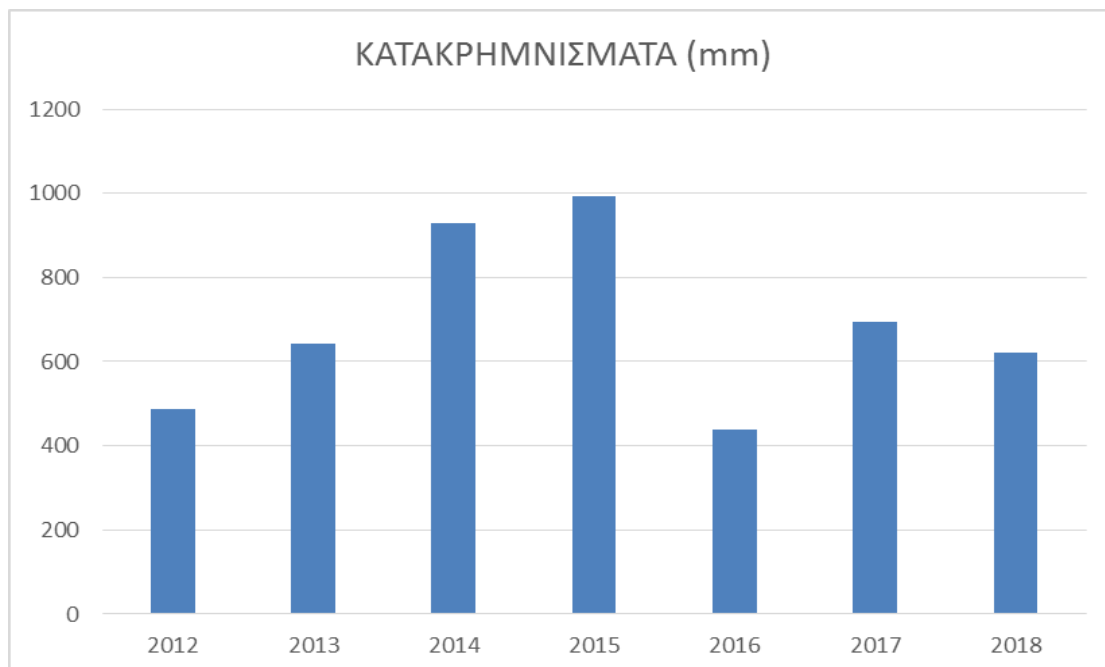
Στην Ελλάδα το υδρολογικό έτος ξεκινάει από τον Οκτώβριο και τελειώνει τον Σεπτέμβριο. Μετά το πέρας της ξηρής θερινής περιόδου τα πρώτα κατακρημνίσματα αρχίζουν τον Οκτώβριο και τελειώνουν τον Μάιο. Αποτελεί πολύ σημαντική παράμετρος το ύψος βροχής καθώς εμπλουτίζονται οι υπόγειοι υδροφορείς οι οποίοι τους θερινούς ξηρούς μήνες λόγω των πολλών αρδευτικών αναγκών υπέρ-εκμεταλλεύονται. Σε περίπτωση λοιπόν που σε κάποιο υδρολογικό έτος συγκεντρωθούν μικρές τιμές κατακρημνισμάτων είναι πολύ πιθανόν οι αντλούμενες ποσότητες να υπερβούν τα ρυθμιστικά αποθέματα και να παρουσιαστεί πτώση της πιεζομετρικής επιφάνειας που μπορεί να είναι είτε γενικής μορφής καλύπτοντας όλη την έκταση του υδροφόρου συστήματος, είτε τοπικής. Αντίθετα στην περίπτωση που συγκεντρωθούν μεγάλες ποσότητες κατακρημνισμάτων και σε συνδυασμό με την ενδεχόμενη μείωση των αντλήσεων είναι πολύ πιθανόν να επέλθει αύξηση της πιεζομετρικής επιφάνειας.

Όσον αναφορά την θερμοκρασία της περιοχής αρχικά παρατηρείται η ήπια μεταβολή της από τους ψυχρότερους μήνες του χειμώνα στους θερμότερους μήνες του καλοκαιριού. Σύμφωνα με τα δεδομένα του **Σχήματος 6** ο ψυχρότερος μήνας των τελευταίων 7 ετών είναι ο Ιανουάριος με μέσο όρο θερμοκρασιών τους 4.1 °C ενώ ο θερμότερος είναι ο Ιούλιος με μέσο όρο θερμοκρασιών τους 26.3 °C. Επίσης παρατηρούνται μεγάλες θερμοκρασίες την περίοδο του καλοκαιριού που ενισχύουν την εξατμισοδιαπνοή με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι ανάγκες για άρδευση των καλλιεργειών.



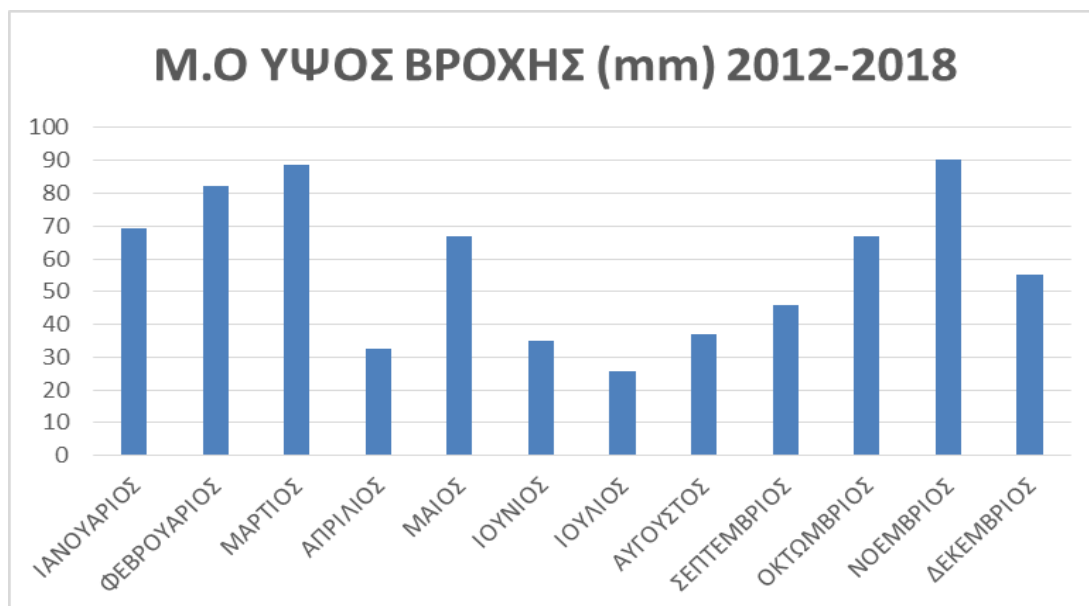
Σχήμα 6: Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας από το Μ/Σ της Αριδαίας κατά την περίοδο 2012-2018

Στο **Σχήμα 7** αναπαρίσταται το σύνολο των κατακρημνισμάτων για 7 συναπτά έτη από το 2012-2018. Η χρονιά με την μεγαλύτερη ποσότητα κατακρημνισμάτων ήταν το 2015 με τιμές στα 993 mm, ενώ αξιοσημείωτη ήταν και η ποσότητα το 2014, 928 mm. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής για την περίοδο 2012-2017 έχει υπολογιστεί στα 686,1 mm.



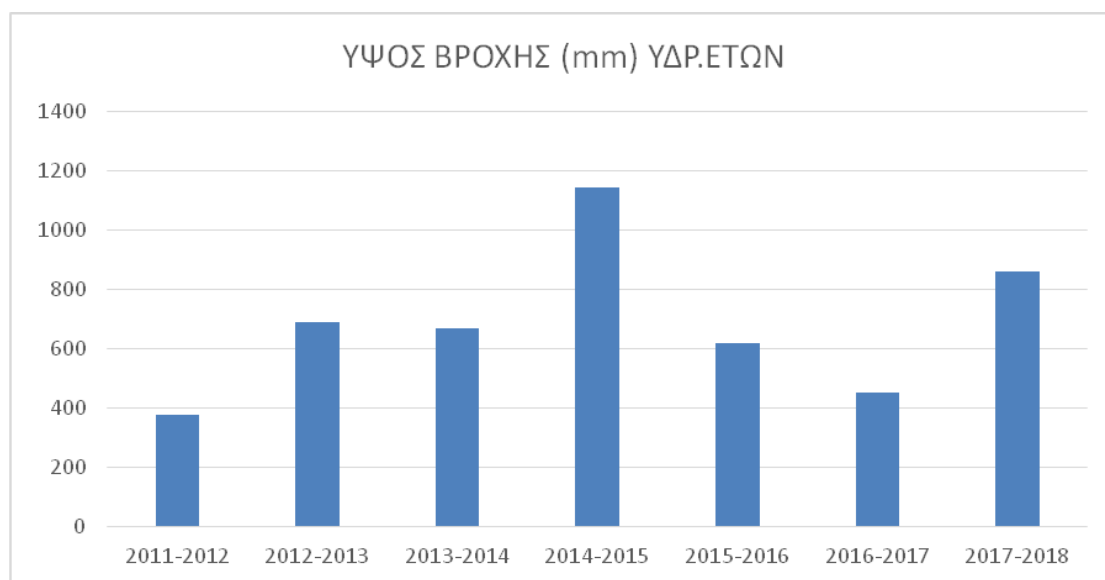
Σχήμα 7: Ετήσια κατακρημνίσματα στο Μ/Σ Αριδαίας στο διάστημα 2012-2018

Το μέσο μηνιαίο ύψος βροχής των ετών 2012-2018 αναγράφεται στο **Σχήμα 8**. Οι μεγαλύτερες τιμές εντοπίζονται στην χειμερινή περίοδο με τον Νοέμβριο να συγκεντρώνει την μεγαλύτερη τιμή με 90,2 mm, ενώ αρκετά βροχεροί μήνες είναι και οι Φεβρουάριος και Μάρτιος με τις τιμές μέσου μηνιαίου ύψους βροχής να κυμαίνονται περίπου στα 85 mm. Το γεγονός αυτό τους καθιστά τους πλέον υγρούς μήνες για την χρονική περίοδο μελέτης, όπου πραγματοποιείται και η τροφοδοσία των υπογείων υδροφόρων στρωμάτων. Αντίθετα στη θερινή περίοδο υπάρχουν μικρές σχετικά τιμές μέσου μηνιαίου ύψους βροχής με τις μικρότερες τιμές να συναντώνται τον Ιούλιο περίπου 25,5 mm, τον Απρίλιο 32,5 mm και τον Ιούνιο 34 mm, που αποτελούν τους πλέον ξηρούς μήνες για την περίοδο μελέτης. Το αποτέλεσμα των χαμηλών τιμών βροχόπτωσης των θερινών μηνών επηρεάζει την πιεζομετρία της περιοχής λόγω της αυξημένης ζήτησης για νερό προκειμένου να ικανοποιηθούν οι μεγάλες αρδευτικές ανάγκες. Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελεί ο Μάιος που παρουσιάζει υψηλά σχετικά τιμές 67 mm. Το νερό ναι μεν, δεν προλαβαίνει άμεσα να κατεισδύσει και να τροφοδοτήσει τους υπογείους υδροφορείς, όμως βοηθάει στην εν μέρει ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών και συνεπώς στη μείωση των αντλήσεων της περιοχής.



Σχήμα 8: Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης από το Μ/Σ Αριδαίας κατά την περίοδο 2012-2018

Σύμφωνα με το **Σχήμα 9** οι χαμηλότερες τιμές ύψους βροχής παρατηρούνται τα υδρολογικά έτη 2011-2012 με σύνολο 376 mm και ακολουθεί το υδρολογικό έτος 2016-2017 με σύνολο 452 mm. Συγκριτικά οι τιμές είναι πολύ μικρές σε σχέση με τον μέσο όρο που ανέρχεται στα 688 mm. Το υδρολογικό έτος 2014-2015 παρατηρείται το μεγαλύτερο ύψος βροχής με τιμή περίπου στα 1150 mm, τιμή που αγγίζει το διπλάσιο περίπου του μέσου όρου των τελευταίων 7 υδρολογικών ετών.



Σχήμα 9: Ύψος βροχής υδρολογικών ετών 2011-2018

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στη λεκάνη της Αλμωπίας σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του 2011 ζουν 27.556 κάτοικοι που κατανέμονται στη Δημοτική Ενότητα Αριδαίας 20.313 κάτοικοι και στη Δημοτική Ενότητα Εξαπλατάνου 7.243 κάτοικοι (ΕΛ.ΣΤΑΤ.,2011).

Οι καταναλώσεις στην υδρολογική λεκάνη Αλμωπίας διακρίνονται σε νερό για ύδρευση, άρδευση, κτηνοτροφία και βιομηχανία. Στο σύστημα Αλμωπαίου συγκεντρώνονται το σύνολο σχεδόν των καταναλώσεων.

5.1 ΥΔΡΕΥΣΗ

Το νερό που χρησιμοποιείται για ύδρευση προέρχεται από πηγές αλλά και από υδρευτικές γεωτρήσεις από τις οποίες περίπου 20 είναι σε λειτουργία. Σύμφωνα με τα στοιχεία του Δήμου και συγκεκριμένα από την Δ.Ε.Υ.Α.Α το υδρευτικό νερό που καταναλώθηκε από τους καταναλωτές το έτος 2018 αναγράφεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Σύνολο m³ νερού που καταναλώθηκαν ανά περιοχή

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ (m ³)
ΑΡΙΔΑΙΑ	6.174	388.158
ΙΔΑ	731	55.956
ΜΗΛΙΑ	496	30.611
ΧΡΥΣΑ	491	34.784
ΕΞΑΠΛΑΤΑΝΟΣ	1.352	90.699
ΘΕΟΔΩΡΑΚΙ	832	63.895
ΚΩΣΤΑΝΤΙΑ	931	69.684
ΧΡΥΣΑ ΤΣΑΚΟΙ Κ. ΡΟΔΟΝΙΑ	732	44.194
ΠΙΠΕΡΙΑ-ΑΝ.ΡΟΔΟΝΙΑ	491	32.574
ΛΟΥΤΡΑΚΙ	1.522	123.751
ΑΨΑΛΟΣ	1.280	89.194
ΠΡΟΜΑΧΟΙ	1.469	100.744
ΣΥΝΟΛΟ	16.501	1.124.244

Η Δ.Ε.Υ.Α.Α εξυπηρετεί μόνο τους 16.501 κατοίκους της λεκάνης Αλμωπίας ενώ για τους υπόλοιπους 11.055 κατοίκους που ικανοποιούν τις υδρευτικές τους ανάγκες από υδρευτικό νερό προερχόμενο από νερά των πηγών, εκτιμάται ότι η ημερήσια κατανάλωση ανέρχεται στα 300 λίτρα με τις απώλειες δικτύου και το μη τιμολογούμενο νερό να είναι περίπου στο 30%, προκύπτει λοιπόν ότι η ετήσια κατανάλωση είναι $11.055 * 0,3 * 365(1 \text{ έτος}) = 1210523 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Λαμβάνοντας υπόψιν και τις απώλειες δικτύου η ετήσια κατανάλωση είναι $1210523 + 1210523 * 0,3 = 1573679 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Άρα αθροιστικά για όλους τους κατοίκους της λεκάνης Αλμωπίας η ετήσια κατανάλωση για το 2018 είναι περίπου $1573679 + 1124244 = 2697923 \text{ m}^3/\text{έτος}$ ή **2,7 10⁶ m³/έτος**.

5.2 ΑΡΔΕΥΣΗ

Με βάση τα στοιχεία της Διεύθυνσης Γεωργίας της ΝΑ Πέλλας για την λεκάνη Αλμωπίας για το έτος 2005, οι καλλιεργούμενες εκτάσεις ανέρχονται συνολικά σε 220.533 στρ από τις οποίες αρδευόμενες είναι τα 171.078 στρ. Οι αρδευόμενες αυτές καλλιεργείες χωρίζονται σε δενδροκομικές και αροτριάιες με τις τελευταίες να καταλαμβάνουν και το μεγαλύτερο ποσοστό στρεμμάτων όπως υπολογίστηκαν για το έτος 2001 (92.398 στρ έναντι 88.684 στρ). Παρατηρείται οπότε μια μείωση των αρδευτικών καλλιεργειών την περίοδο 2001-2005 κατά 10.000 στρ.

Η άρδευση γίνεται τόσο με επιφανειακά όσο και με υπόγεια νερά μέσω γεωτρήσεων. Σύμφωνα με στοιχεία από τις αρμόδιες υπηρεσίες του Νομού Πέλλας που δημοσιεύτηκαν την περίοδο 1995-1996 για την λεκάνη της Αλμωπίας, προκύπτει πως η αρδευόμενη ποσότητα νερού που καταναλώθηκε για 116.369 στρ ανέρχεται στα $49,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ από επιφανειακά νερά και $35,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ από υπόγεια νερά. Σύμφωνα λοιπόν με τα στοιχεία αυτά καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως καταναλώθηκαν $732 \text{ m}^3/\text{στρ}$, ποσότητα που θεωρείται υψηλή βάση του είδους των καλλιεργειών (Παπαζαφειρίου 1999).

Οι αναγκαίες ποσότητες νερού ανέρχονται σε $350 \text{ m}^3/\text{στρ}$ για τις δενδροκαλλιεργείες και $600 \text{ m}^3/\text{στρ}$ για τις αροτριάιες. Άρα η πραγματική απαιτούμενη κατανάλωση αρδευτικού νερού λαμβάνοντας υπόψιν και ένα 10% που επιστρέφει στον υδροφόρο ορίζοντα είναι:

- Δενδροκαλλιεργείες: $88.684 \text{ στρ} \cdot 350 \text{ m}^3/\text{στρ} = 31.039.400 \text{ m}^3$
- Αροτριάιες: $92.398 \cdot 600 \text{ m}^3/\text{στρ} = 55.438.800 \text{ m}^3$

$$\underline{\text{Σύνολο}} = 86,47 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{χρόνο} - 86,47 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{χρόνο} \cdot 0,1 = 77,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{χρόνο}$$

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι στην λεκάνη Αλμωπίας γίνεται υπερκατανάλωση του αρδευτικού νερού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Αρδευόμενες εκτάσεις, χρησιμοποιούμενη και απαιτούμενη ποσότητα υδάτων στη λεκάνη Αλμωπίας. (Υδατικά Ισοζύγια Λεκανών, Παρακολούθηση της ποιότητας & μέτρα προστασίας των νερών της Κεντρικής Μακεδονίας, ΙΓΜΕ (Βεράνης κ.ά.,2010))

ΕΤΟΣ	ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	Χρησιμοποιούμενη ποσότητα (* 10 ⁶ m ³ /έτος)		Απαιτούμενη ποσότητα (* 10 ⁶ m ³ /έτος)	
		Επιφανειακά	Υπόγεια	Επιφανειακά	Υπόγεια
2005	171.078	65.2	60	31,5	55

5.3 ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Σύμφωνα με το υποέργο : Υδατικά Ισοζύγια Λεκανών, Παρακολούθηση της ποιότητας & μέτρα προστασίας των νερών της Κεντρικής Μακεδονίας, *ΙΓΜΕ (Βεράνης κ.ά.,2010)* για την λεκάνη της Αλμωπίας υπολογίστηκαν ότι οι ποσότητες νερού που καταναλώνονται για την κτηνοτροφία ανέρχονται στα 2500 m³/ημέρα δηλαδή **0,9* 10⁶ m³/χρόνο**. Σύμφωνα με την ίδια μελέτη υπολογίστηκε και μια μέση ετήσια κατανάλωση που αφορά τις βιομηχανικές ανάγκες της τάξης των **0,3* 10⁶ m³/χρόνο**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

6.1 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ-ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή έρευνας ανήκει στην υδρολογική λεκάνη απορροής Κ.Α 12 Περιφερειακή Τάφρος και στο υδατικό διαμέρισμα 09 Β της Δυτικής Μακεδονίας. Χωρίζεται σε τρία Υπόγεια Υδατικά Συστήματα, ένα κύριο αυτό του Αλμωπαίου (GR0900120) και δύο δευτερεύοντα, το ρωγματικό σύστημα Αριδαίας (GR090F270) και το ρωγματικό σύστημα Αλμωπίας (GR0900260).

Η λεκάνη της Αλμωπίας η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί ως σχεδόν κλειστή δέχεται μεγάλες ποσότητες μετεωρικού νερού. Εκτός από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα μεγάλο ρόλο στην τροφοδοσία της λεκάνης παίζει η πλευρική διήθηση από τους ορεινούς όγκους (Πάικο, Καϊμακτσαλάν, Βόρας) που την περιβάλλουν. Οι μεγάλες ποσότητες νερού που παρέχονται από τους ορεινούς όγκους οφείλονται στα υδατοπερατά ανθρακικά πετρώματα που περιλαμβάνουν. (*Μπαρμπαρούσης & Σημαιοάκης, 1989*).

Σύμφωνα με την γεωθερμική μελέτη στη λεκάνη Αλμωπίας-Αριδαίας Ν. Πέλλας από τους *Μπαρμπαρούσης Γ. & Σημαιοάκης Κ. (1989)* προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα που αφορούν την υδρογεωλογική συμπεριφορά και την υδατοπερατότητα των σχηματισμών:

- Οι ασβεστόλιθοι, τα μάρμαρα και οι τεκτονισμένοι σερμπεντινίτες εμφανίζονται υδατοπερατοί.
- Οι φλυσχοειδείς σχηματισμοί δεν παρουσιάζουν υδροφορία.
- Οι επικλαστίτες έχουν γενικά υδροφορία εκτός από τους ορίζοντες, όπου υπάρχουν στρώσεις ταφικού-αργιλικού ή εξαλλοιωμένου υλικού.
- Οι σχιστόλιθοι είναι αδιαπέρατοι εκτός και αν λόγω έντονου τεκτονισμού παρουσιάζουν δευτερογενή διαπερατότητα.
- Τα υλικά πλήρωσης της λεκάνης (κροκάλες, μικροκροκάλες, άμμοι κλπ.) που προέρχονται από το μεταμορφωμένο υπόβαθρο της περιοχής παρουσιάζουν γενικά υδροφορία, εκτός από τις λίγες θέσεις αργιλικών στρωμάτων.

6.1.1 ΥΠΟΓΕΙΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΛΜΩΠΑΙΟΥ

Το κύριο ΥΥΣ του Αλμωπαίου εντάσσεται στην ΛΑΠ Αλιάκμονα χωροθετείται εντός του ΥΔ GR09 και συνορεύει με το ρωγματικό σύστημα Αριδαίας (GR090F270) προς Β, το καρστικό σύστημα ΒΑ Βερμίου Όρους (GR0900090) προς Δ και το ρωγματικό σύστημα Αλμωπίας (GR0900260) προς Ν. Το υπόψη ΥΥΣ προς Α συνορεύει με το ΥΥΣ GR1000020 (καρστικό Πάικου) το οποίο εντάσσεται στο ΥΔ GR10 (**Σχήμα 10**).

Το ΥΥΣ του Αλμωπαίου, βρίσκεται στο πεδινό τμήμα της λεκάνης Αλμωπίας η οποία εντάσσεται στην ζώνη Αλμωπίας. Σύμφωνα με τα Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας του έτους 2014 πάνω στους σχηματισμούς της ζώνης της Αλμωπίας έχουν αποτεθεί (από τους παλαιότερους προς τους νεότερους σχηματισμούς):

- πυροκλαστικά υλικά, ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί και, ηφαιστειακοί τόφοι, πλειοκαινικής ηλικίας.
- τραβερτίνες (αποθέσεις θερμών πηγών), κώνοι παλαιοκορημάτων, πλειοκαινικής ηλικίας.
- σύγχρονες αποθέσεις (κροκάλες, χάλικες) κατά μήκος του π. Αλμωπαίου και των λοιπών χειμάρρων, σύγχρονα ποταμολιμναία ιζήματα / κροκάλες, χάλικες, άμμοι, άργιλοι), υλικά σύμμεκτης φάσης (ογκόλιθοι, κροκάλες, άμμοι, γωνιώδη τεμάχια βράχου σε αργιλοϊλυώδη υλικά μάζας, ασύνδετα) και πλευρικά κορήματα (γωνιώδη τεμάχια βράχου σε λεπτοκλαστικά υλικά μάζας).

Από γεωφυσικά δεδομένα προκύπτει ότι το πάχος των ιζημάτων ανέρχεται σε 2200 m (*Βουγιουκλάκης, 2002*), αλλά το πάχος των ιζημάτων που έχει διερευνηθεί φθάνει τα 620 m σύμφωνα με στοιχεία γεωτρήσεων (*ΙΓΜΕ, Βεράνης Ν. κ. άλ, 2010*).

Εντός των αδρο-μεσοκλαστικών αποθέσεων που έχουν αποτεθεί στη λεκάνη Αλμωπίας (Τεταρτογενείς, πλειο-πλειστοκαινικές και ηφαιστειο-ιζηματογενείς αποθέσεις), αναπτύσσεται το κοκκώδες υδροφόρο σύστημα Αλμωπαίου.

Επιπλέον μέσα στους σχηματισμούς αυτούς αναπτύσσεται και ένας φρεάτιος ορίζοντας (στην ευρύτερη περιοχή της κοίτης του ποταμού Αλμωπαίου και των λοιπών υδατορευμάτων αλλά και στην περιφέρεια του συστήματος (εντός των υλικών σύμμεκτης φάσης)). Στους βαθύτερους υδροφορείς λόγω των εναλλαγών διαπερατών και στεγανών σχηματισμών αναπτύσσονται επάλληλοι υδροφορείς μερικώς υπό πίεση ή υπό πίεση (κεντρική περιοχή του συστήματος με αρτεσιανισμό στην περιοχή Αριδαία-Τσάκοι).

Η τροφοδοσία του συστήματος γίνεται κατά κύριο λόγω μέσω των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και της διήθησης των επιφανειακών νερών, ενώ σημαντικό ρόλο

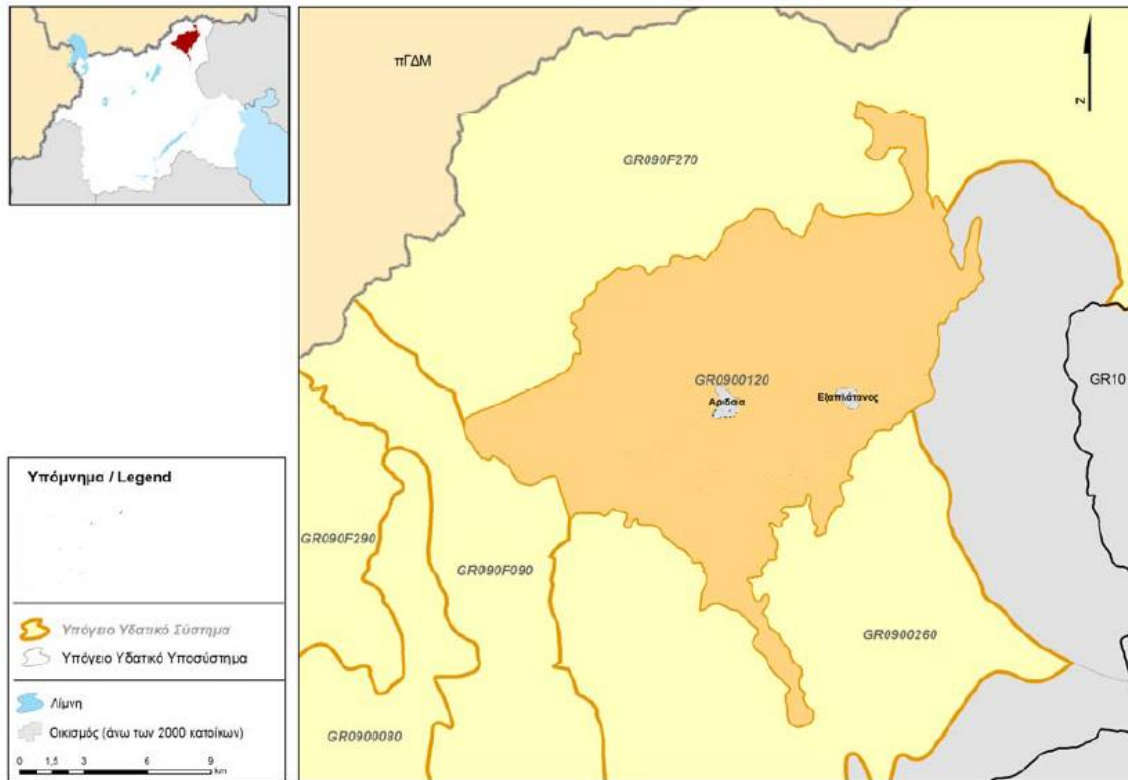
στην τροφοδοσία παίζουν και οι πλευρικές διηθήσεις υπόγειου νερού από τα γειτονικά συστήματα που το περιβάλλουν (το καρστικό ΥΥΣ Πάικου στα Ανατολικά, το ρωγματικό Αλμωπίας στα Νότια, το καρστικό σύστημα Έδεσσας-Σεβαστιανών στα Δυτικά και το ρωγματικό σύστημα Αριδαίας στα Βόρεια), ακόμη μέρος στην τροφοδοσία λαμβάνει και ένα ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση.

Οι εκροές του συστήματος γίνονται με δύο τρόπους, με φυσικές και τεχνητές εκροές. Η φυσική εκφόρτιση του συστήματος γίνεται με μερικές αναβλύσεις, κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου με κύριο άξονα εκφόρτισης την κοίτη του Αλμωπαίου. Ενώ οι τεχνητές εκροές περιλαμβάνουν αντλήσεις από περίπου 142 καταγεγραμμένες γεωτρήσεις που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για την κάλυψη αρδευτικών, κτηνοτροφικών και βιομηχανικών αναγκών.

Σύμφωνα με στοιχεία του *ΙΓΜΕ (Βεράνης Ν., κ.ά., 2010)*, με την μελέτη «Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων, υδατικών διαμερισμάτων δυτικής Μακεδονίας, κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης» (*ΕΝΜ ΕΠΕ, 2008*) και σύμφωνα με τα «Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας», 2014 προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα που αφορούν των συνολικό όγκο αντλήσεων:

- Ο συνολικός όγκος των αντλούμενων νερών υπολογίζεται στα $58 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{χρόνο}$ (λίγο μεγαλύτερος από τα ανανεώσιμα αποθέματα) (*Βεράνης Ν., κ.ά., 2010*).
- Ο συνολικός όγκος απολήψιμων ποσοτήτων και επιφανειακών και υπόγειων ήταν της τάξης των $69,27 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{χρόνο}$ (*ΕΝΜ ΕΠΕ, 2008*).
- Τα ανανεώσιμα αποθέματα του συστήματος είναι της τάξης των $53,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ (*ΙΓΜΕ, Βεράνης Ν., κ.ά., 2010*).

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία συμπεραίνεται ότι η διαφορά μεταξύ των ανανεώσιμων αποθεμάτων του συστήματος και των μέσων ετήσιων αντλήσεων είναι ΕΛΛΕΙΜΑΤΙΚΗ.



Σχήμα 10: Χάρτης όπου διακρίνεται με έντονο μπεζ χρώμα το κύριο ΥΥΣ του Αλμωπαίου. (Πηγή χάρτη: Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας ,2014)

6.1.2 ΥΠΟΓΕΙΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΛΜΩΠΙΑΣ

Το υπόγειο υδατικό σύστημα GR0900260, χαρακτηρίζεται ως δευτερεύον, ρωγματικό, εντάσσεται στην ΛΑΠ Αλιάκμονα και χωροθετείται στο Β τμήμα της Π.Ε. Πέλλας.

Το υπόψη ΥΥΣ συνορεύει με το κοκκώδες Αλμωπίας (GR0900120) προς Β, με το καρστικό Βερμίου (GR090F090) προς Δ, με το κοκκώδες σύστημα του Λουδία (GR1000010) προς Ν και με το καρστικό Πάικου (GR1000020) προς ΒΑ και Α (**Σχήμα 11**).

Γεωτεκτονικά, η περιοχή του ΥΥΣ εντάσσεται στην Ζώνη Αλμωπίας και συναντώνται από λιθολογικής άποψης σύμφωνα με τα Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας του έτους 2014 οι εξής σχηματισμοί :

- τεταρτογενείς αποθέσεις (ολόκαινο, πλειστόκαινο) οι οποίες αποτελούνται από πλευρικά κορήματα /αποσαθρώματα, κώνους κορημάτων, σύγχρονες και παλαιότερες ποτάμιες αποθέσεις, παλαιοκόρηματα. Οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν έντονη ανισοτροπία των υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών τους λόγω ποικίλης λιθολογικής σύστασης.
- πλειοκαινικής ηλικίας ηφαιστειακά πετρώματα καλύπτουν σημαντική έκταση στο Α και Ν τμήμα του συστήματος και αποτελούνται από ηφαιστειοκλαστικούς σχηματισμούς και τόφους.
- μεσοζωικής ηλικίας, μεταμορφωμένα πετρώματα, στα οποία εντάσσεται μία ποικιλία σχηματισμών όπως ασβεστόλιθοι, φλύσχης σχιστοψαμμιτικός, ιλυόλιθοι, ραδιολαρίτες με ηφαιστειακές εκχύσεις, οφιολιθικά μίγματα, τοφφίτες, δολερίτες, ρυόλιθοι κ.λπ.

Λόγω της σύνθετης γεωλογικής δομής της περιοχής και λόγω των εναλλαγών στεγανών και διαπερατών σχηματισμών αναπτύσσονται ανεξάρτητοι ρωγματικοί αλλά και κοκκώδεις υδροφορείς τοπικής σημασίας και μικρής υδροπερατότητας και υδροδυναμικότητας. Οι υδροφορείς αυτοί (*ΠΓΜΕ, Βεράνης κ. ά., 2010*) αναπτύσσονται μέσα στους ηφαιστειοκλαστικούς ιζηματογενείς σχηματισμούς αδροκλαστικής σύστασης, τους ανθρακικούς σχηματισμούς και κατά μήκος τεκτονισμένων ζωνών.

Η τροφοδοσία στο εν λόγω ΥΥΣ γίνεται μέσω των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και της διήθησης των επιφανειακών νερών, ενώ σημαντικό ρόλο στην τροφοδοσία παίζουν και οι πλευρικές διηθήσεις υπόγειου νερού από τα εκατέρωθεν ρωγματικά και καρστικά συστήματα.

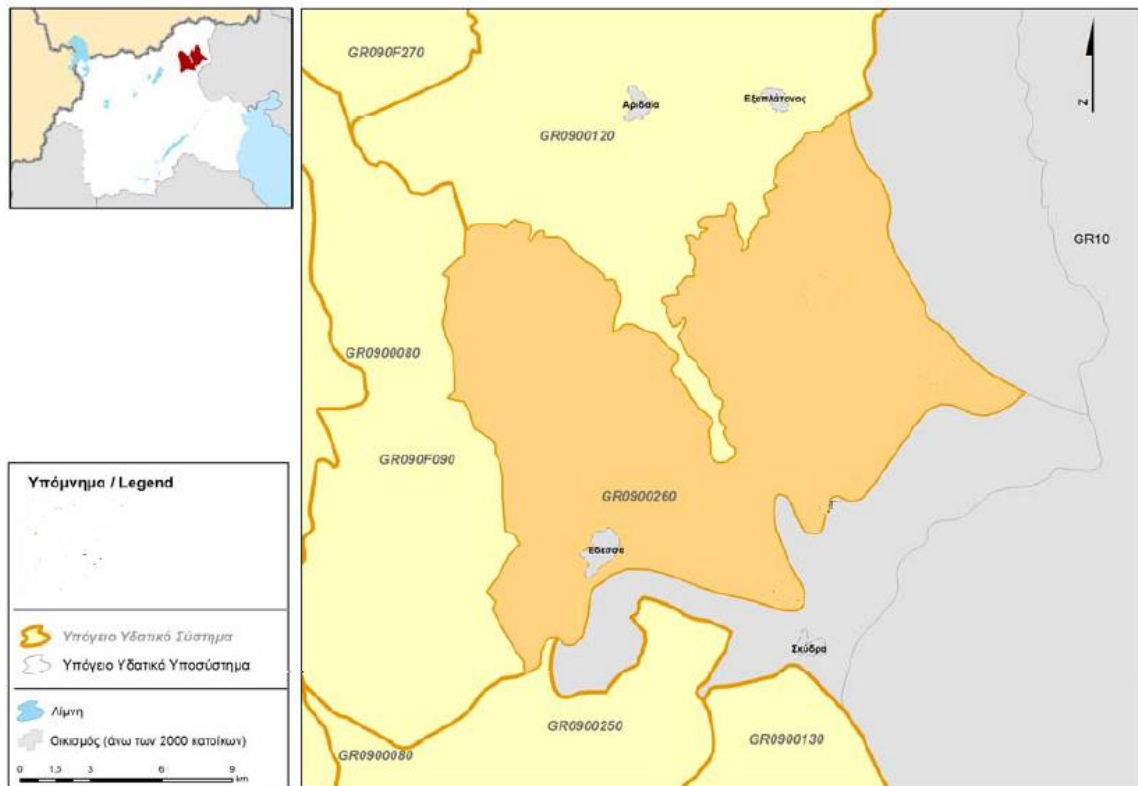
Οι εκροές του συστήματος γίνονται με δύο τρόπους, με φυσικές και τεχνητές εκροές. Η φυσική εκφόρτιση του συστήματος γίνεται μέσω μικρών διάσπαρτων πηγών που συναντώνται κυρίως στο δυτικό τμήμα του συστήματος, καθώς και μέσω υπόγειας

δήθησης προς εκατέρωθεν συστήματα. Ενώ οι τεχνητές εκροές περιλαμβάνουν αντλήσεις από γεωτρήσεις (καταγεγραμμένες 35) για την κάλυψη τοπικών αναγκών.

Σύμφωνα με στοιχεία του *ΗΓΜΕ* (Βεράνης Ν., κ.ά., 2010) και σύμφωνα με τα «Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας», 2014 προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα που αφορούν των συνολικό όγκο αντλήσεων:

- Τα ανανεώσιμα αποθέματα είναι της τάξης των $18 * 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$
- Η μέση ετήσια απόληψη είναι της τάξης των $11,65 * 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$

Από τα παραπάνω στοιχεία συμπεραίνεται ότι η διαφορά μεταξύ των ανανεώσιμων αποθεμάτων του συστήματος και των μέσων ετήσιων αντλήσεων είναι ΘΕΤΙΚΗ.



Σχήμα 11: Χάρτης όπου διακρίνεται με έντονο μπλε χρώμα το δευτερέων ρωγματικό ΥΥΣ του Αλμωπαίου. (Πηγή χάρτη: Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας ,2014)

6.1.3 ΥΠΟΓΕΙΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΙΔΑΙΑΣ

Το υπόγειο υδατικό σύστημα GR090F270, χαρακτηρίζεται ως δευτερεύον, ρωγματικό, εντάσσεται στην ΛΑΠ Αλιάκμονα και χωροθετείται στο Β τμήμα της Π.Ε. Πέλλας.

Το ΥΥΣ της Αριδαίας συνορεύει με την FYROM στα Β, το καρστικό Πάικου (GR1000020) στα Α, το κοκκώδες Αλμωπίας (GR0900120) στα Ν και το καρστικό Βερμίου (GR090F090) προς Δ (**Σχήμα 12**).

Γεωτεκτονικά, η περιοχή ανάπτυξης του ΥΥΣ εντάσσεται στην Ζώνη Αλμωπίας και Πάικου και σύμφωνα με τα Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας του έτους 2014 αποτελείται από μία ποικιλία σχηματισμών (ανθρακικοί σχηματισμοί, φλυσχικοί σχηματισμοί, ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί, οφιόλιθοι, σχιστόλιθοι, φυλλίτες, γνευσιοσχιστόλιθοι κ.λπ.). Οι οποίοι σχηματισμοί καλύπτονται από πλευρικά κορήματα, σύγχρονες και παλαιότερες ποταμοχειμάρρες αποθέσεις.

Η σύνθετη γεωλογική και τεκτονική δομή της περιοχής έχει ως αποτέλεσμα την αντίστοιχη ανάπτυξη ενός σύνθετου υδρογεωλογικού μοντέλου στο οποίο διακρίνονται :

- ανεξάρτητοι ρωγματικοί υδροφορείς, στους οποίους η κίνηση του νερού γίνεται μόνο κατά μήκος μεγάλων τεκτονικών δομών και στην διεπιφάνεια επιφανειακού καλύμματος και υποκείμενου στεγανού υποβάθρου. Η εκφόρτιση του συστήματος γίνεται μέσω διάσπαρτων μικρών πηγών.
- ανεξάρτητοι καρστικοί υδροφορείς, η εκφόρτιση των οποίων γίνεται μέσω πηγών οι οποίες υδρομαστεύονται για ύδρευση ή άρδευση (παροχή 30-40 m³/h : περιοχή Πίνοβο - Βορεινό - Θηριόπετρα και παροχή 30-125 m³/h : περιοχή Τζένα - Νότιας-Περίκλειας με σημαντικές εποχιακές διακυμάνσεις, (ΙΓΜΕ, Βεράνης Ν. κ. ά., 2010).
- προσχωματικοί υδροφορείς μικρής δυναμικότητας αποτελούμενοι από πλευρικά κορήματα / αποσαθρώματα, κώνους κορημάτων, χαλαρής ή βραχώδους δομής (ΙΓΜΕ, Βεράνης κ. άλ. 2010).

Η τροφοδοσία στο εν λόγω ΥΥΣ γίνεται μέσω των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και της διήθησης των επιφανειακών νερών, ενώ σημαντικό ρόλο στην τροφοδοσία παίζουν και οι πλευρικές διηθήσεις υπόγειου νερού από τα εκατέρωθεν ρωγματικά και καρστικά συστήματα.

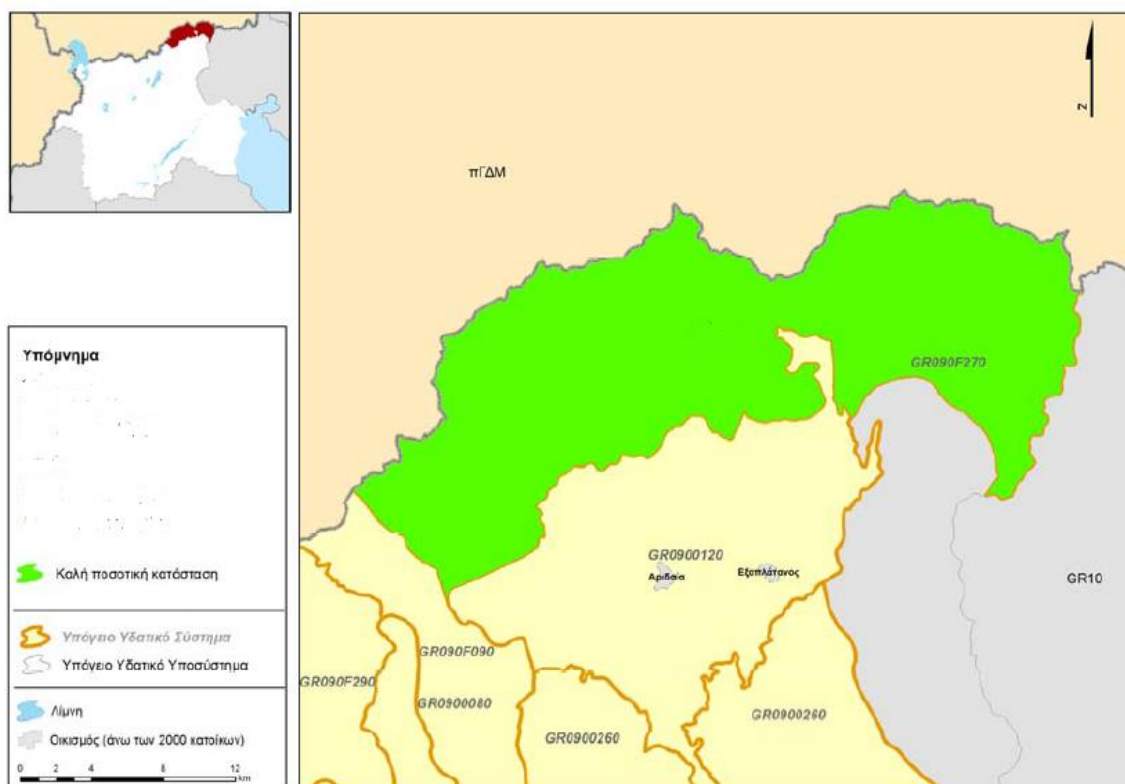
Οι εκροές του συστήματος γίνονται με δύο τρόπους, με φυσικές και τεχνητές εκροές. Η φυσική εκφόρτιση του συστήματος γίνεται μέσω των πολλών διάσπαρτων καρστικών πηγών με τις σημαντικότερες να είναι οι πηγές των Λουτρών Πόζαρ όπου σήμερα χρησιμοποιούνται για θεραπευτικούς σκοπούς. Οι πηγές αυτές ομαδοποιούνται σε δύο κατηγορίες: στις θερμές πηγές (27-37° C) και στις ψυχρές πηγές (10-15°C).

Αναπτύσσονται κατά μήκος του μετώπου εφίπλευσης (ΒΔ-ΝΑ) της ζώνης Αλμωπίας επί της Πελαγονικής μάζας και κατά μήκος μεγάλων τεκτονικών ζωνών με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Η παροχή των θερμών πηγών είναι της τάξης των 600-900 m³/h, ενώ η συνολική παροχή στην έξοδο του ρέματος Λουτρακίου εκτιμάται ίση με 38.65x10⁶m³/έτος (ΙΓΜΕ, Βεράνης Ν. κ.ά., 2010). Οι τεχνητές εκροές περιλαμβάνουν αντλήσεις από έναν πολύ μικρό αριθμό γεωτρήσεων για την κάλυψη τοπικών αναγκών.

Σύμφωνα με στοιχεία του ΙΓΜΕ (Βεράνης Ν., κ.ά., 2010) και σύμφωνα με τα «Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας», 2014 προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα που αφορούν των συνολικό όγκο αντλήσεων:

- Η συνολική ποσότητα των υδάτων που κατεισδύει στο ρωγματικό σύστημα της Αριδαίας είναι της τάξης των 69*10⁶ m³/έτος.
- Η πλευρική διήθηση από την περιβάλλουσα ορεινή μάζα προς το κοκκώδες σύστημα Αλμωπαίου ανέρχεται στα 37*10⁶ m³/έτος.
- Η μέση ετήσια απόληψη υπόγειου νερού από υδρογεωτρήσεις είναι της τάξης 10,73*10⁶ m³/έτος. * Η συγκεκριμένη ποσότητα κρίνεται αρκετά μεγαλύτερη της αναμενόμενης με βάση τον αριθμό των καταγεγραμμένων υδρογεωτρήσεων.

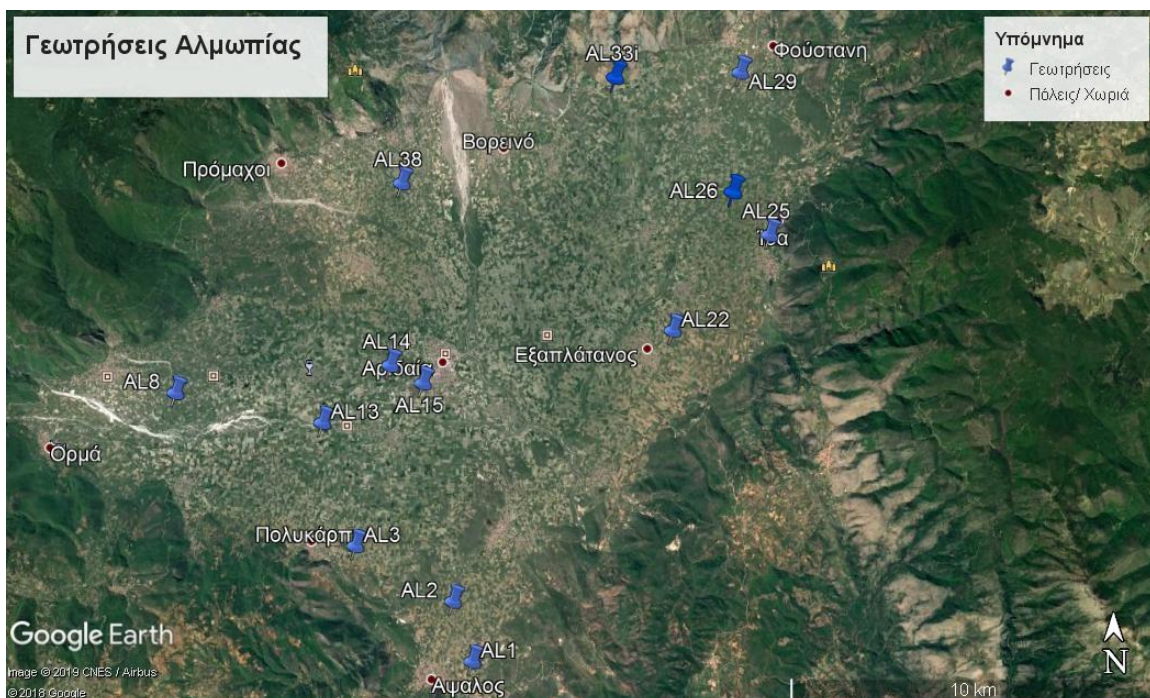
Λόγω της σύνθετης γεωλογικής και τεκτονικής δομής της περιοχής και λόγω της έντονης ετερογένειας και έλλειψης υδρογεωλογικών δεδομένων είναι αδύνατη η εκτίμηση των ανανεώσιμων αποθεμάτων του συστήματος. Παρ' όλα αυτά σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η διαφορά μεταξύ των ανανεώσιμων αποθεμάτων του συστήματος και των μέσων ετήσιων αντλήσεων μπορεί να χαρακτηριστεί ως ΘΕΤΙΚΗ. Αν και απαιτείται εκπόνηση ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης.



Σχήμα 12: Χάρτης όπου διακρίνεται με ανοιχτό πράσινο χρώμα το δευτερεύων ρωγματικό ΥΥΣ της Αριδαίας. (Πηγή χάρτη: Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας ,2014)

6.2 ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Για τη παρακολούθηση της διακύμανσης της στάθμης/πιεζομετρικής επιφάνειας πραγματοποιήθηκαν σταθμημετρήσεις σε 13 γεωτρήσεις τον Οκτώβριο 2018 και στην συνέχεια συγκρίθηκαν με μετρήσεις παλαιότερων ετών που είχαν πραγματοποιηθεί από τον ΙΓΜΕ 1984-2007 και από το Τμήμα Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης το έτος 2017. Οι θέσεις των γεωτρήσεων όπου πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις παρουσιάζονται στο παρακάτω **Σχήμα 13**. Οι μετρήσεις και οι διακυμάνσεις της στάθμης με την πάροδο των χρόνων παρουσιάζονται αρχικά, αναλυτικά για κάθε γεώτρηση στα **Σχήματα (14-26)** και στη συνέχεια αναλύονται οι αυξομειώσεις της στάθμης των τελευταίων μετρήσεων **Σχήματα (27-29)**. Σκοπός της συλλογής των δεδομένων είναι η κατασκευή ισοπιεζομετρικών χαρτών, ο προσδιορισμός της κίνησης του υπογείου νερού, η συσχέτιση των υπόγειων με τα επιφανειακά νερά προκειμένου να βγουν συμπεράσματα για τις πιέσεις που γίνονται στο υδροφόρο σύστημα από τις αντλήσεις.

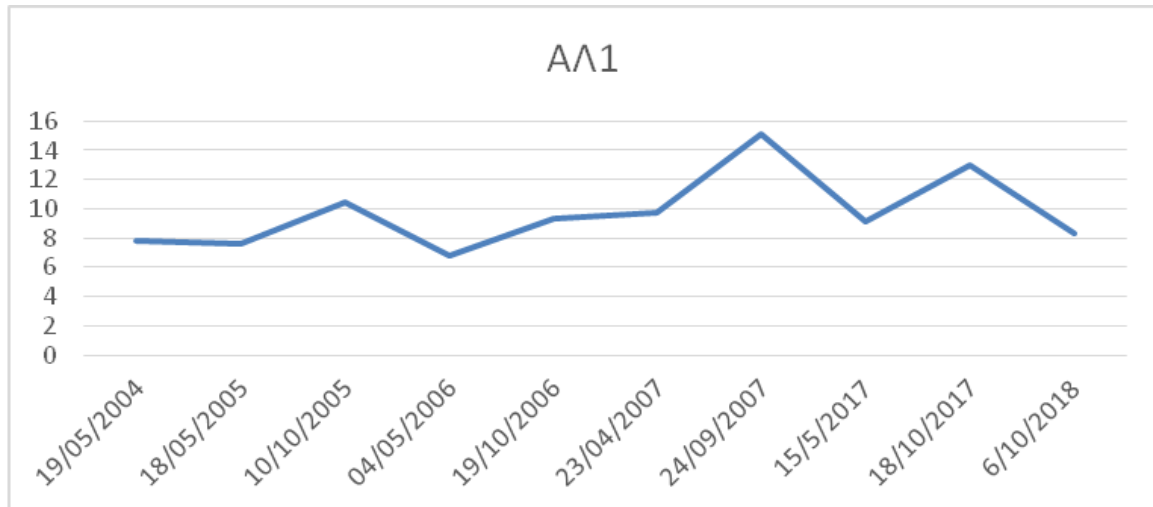


Σχήμα 13: Θέσεις γεωτρήσεων όπου πραγματοποιήθηκαν οι σταθμημετρήσεις. (Πηγή δορυφορικής εικόνας: Google Earth, 2018)

Κάτω από κάθε σχήμα διακύμανσης της στάθμης με το πέρασμα των χρόνων, αναλυτικά για κάθε γεώτρηση (**Σχήματα 14-26**), παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Γεώτρηση ΑΛ1

Κωδικός Γεώτρησης	COORD X	COORD Y	COORD Z
ΑΛ1	337237	4528293	131

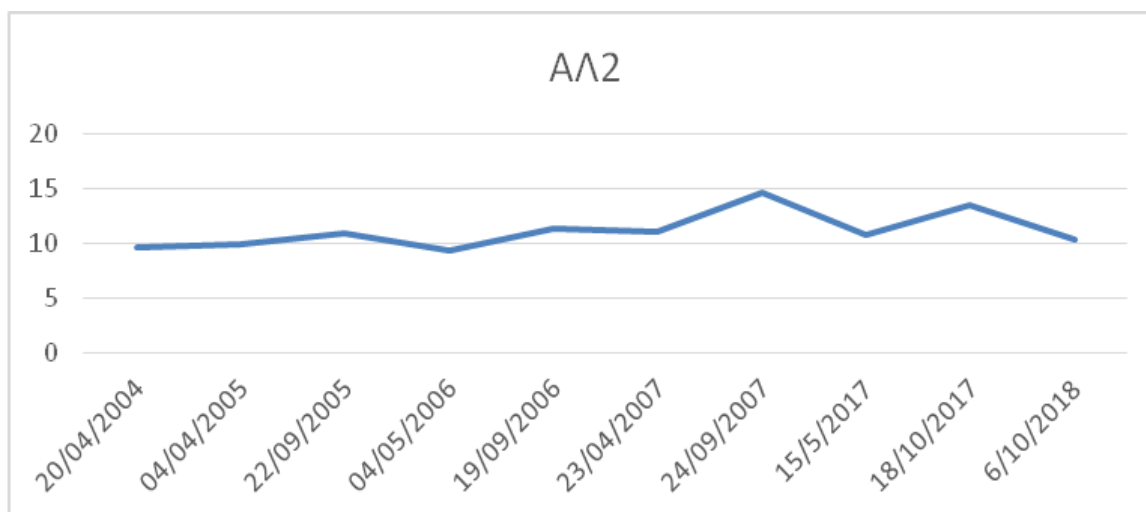


Σχήμα 14: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας με το πέρασμα των χρόνων για την γεώτρηση ΑΛ1

- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΑΛ1 κυμαίνεται μεταξύ 15,1-6,75 m με την χαμηλότερη στάθμη να παρατηρείται στις 24/09/2007 και την υψηλότερη στις 04/05/2006.
- Από το 2004 μέχρι και το 2007 παρατηρείται μια πτώση στάθμης της τάξης των (-7,14) m. Από τον Σεπτέμβριο του 2007 μέχρι τον Οκτώβριο του 2018 παρατηρείται μια αύξηση της στάθμης της τάξης των (+6,82) m. Η μεγάλη πτώση της στάθμης μεταξύ 23/04/2007-24/09/2007 είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το χαμηλό ύψος των κατακρημνισμάτων του υδρολογικού έτους 2006-2007 και τις αρδευτικές ανάγκες της περιοχής.

Γεώτρηση ΑΛ 2

Κωδικός Γεώτρησης	COORD X	COORD Y	COORD Z
ΑΛ2	336718	4530028	126,6

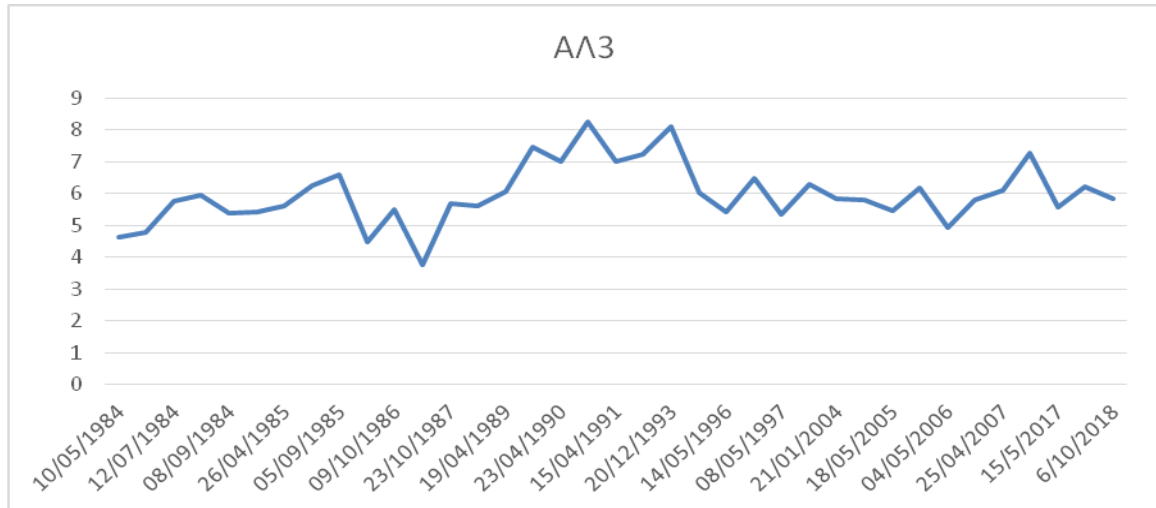


Σχήμα 15: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας με το πέρασμα των χρόνων για την γεώτρηση ΑΛ2

- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΑΛ2 κυμαίνεται μεταξύ 14,62-9,4 m με την χαμηλότερη στάθμη να παρατηρείται στις 24/09/2007 και την υψηλότερη στις 04/05/2006.
- Οι αυξομειώσεις της στάθμης της περιοχής είναι μικρές και φυσιολογικές. Ωστόσο η μεγαλύτερη πτώση της στάθμης παρατηρείται και πάλι μεταξύ 23/04/2007-24/09/2007.

Γεώτρηση ΑΛ3

Κωδικός Γεώτρησης	COORD X	COORD Y	COORD Z
ΑΛ3	333930	4531689	144,82

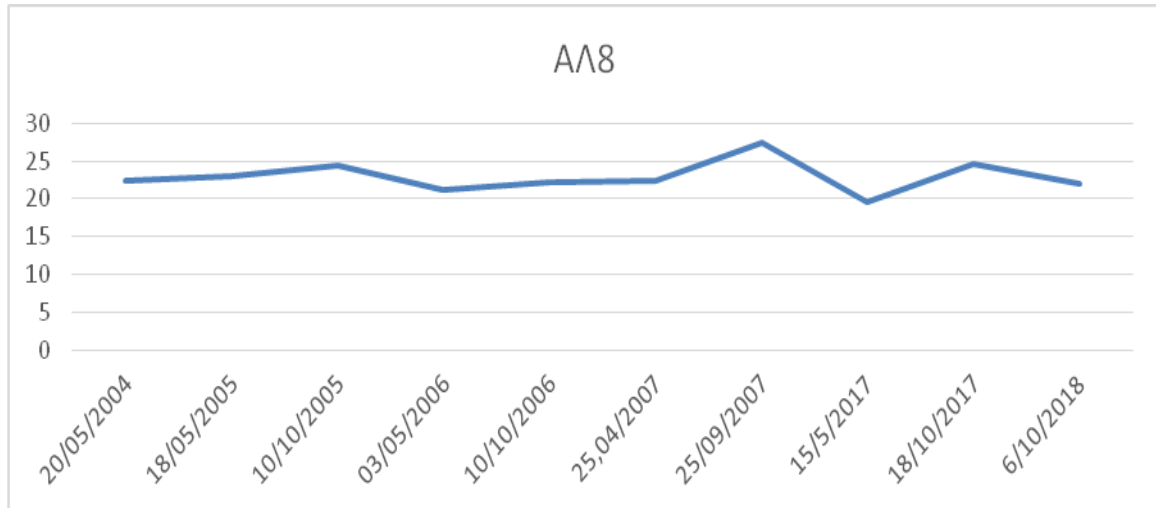


Σχήμα 16: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας με το πέρασμα των χρόνων για την γεώτρηση ΑΛ3

- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΑΛ3 κυμαίνεται μεταξύ 8,25-3,75 m με την χαμηλότερη στάθμη να παρατηρείται στις 10/10/1990 και την υψηλότερη στις 15/04/1987.
- Από το έτος 1984 μέχρι και το 1985 παρατηρείται πτώση της στάθμης ενώ την περίοδο 03/04/1986-15/04/1987 παρατηρείται αύξηση της στάθμης. Από εκεί και έπειτα μέχρι και το 1993 υπάρχει μια συνεχής πτώση της στάθμης. Από το 1994 και μέχρι τις 25/04/2007 παρατηρείται φυσιολογική αυξομείωση της στάθμης. Στις 25/09/2007 η στάθμη παρουσιάζει μια εμφανής πτώση και συνεχίζει να παραμένει σε φυσιολογικά πλαίσια μέχρι και σήμερα.

Γεώτρηση ΑΛ8

Κωδικός Γεώτρησης	COORD X	COORD Y	COORD Z
ΑΛ8	328829	4536211	214,3

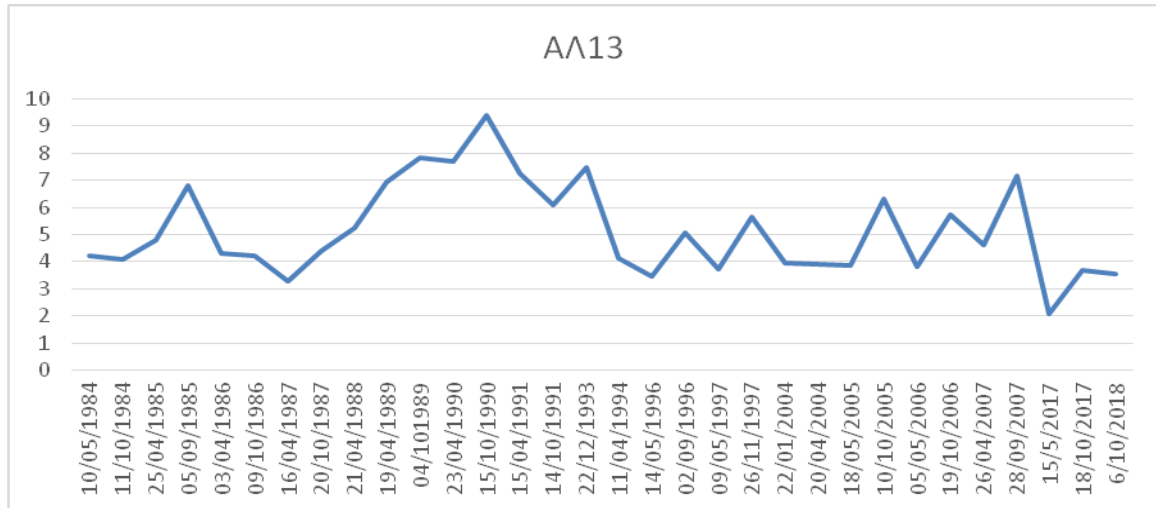


Σχήμα 17: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας με το πέρασμα των χρόνων για την γεώτρηση ΑΛ8

- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΑΛ8 κυμαίνεται μεταξύ 27,5-19,6 m με την χαμηλότερη στάθμη να παρατηρείται στις 25/09/2007 και την υψηλότερη στις 15/05/2017.
- Η μεγαλύτερη διακύμανση της στάθμης παρουσιάζεται από τις 25/09/2007 μέχρι και τις 15/05/2017 όπου υπάρχει μια αύξηση της στάθμης κατά (+6) m. Ωστόσο η στάθμη ξανά μειώνεται (-5) m από τις 15/05/2017 μέχρι τις 18/10/2017. Την περίοδο 2004-2007 παρουσιάζονται φυσιολογικές αυξομειώσεις.

Γεώτρηση ΑΛ13

Κωδικός Γεώτρησης	COORD X	COORD Y	COORD Z
ΑΛ13	333046	4535253	158,5

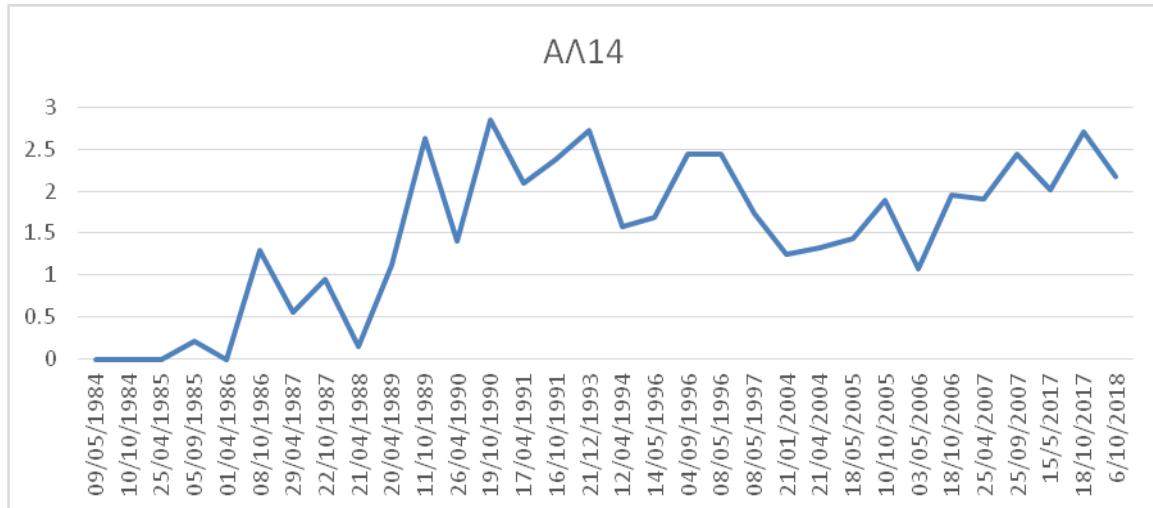


Σχήμα 18: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας με το πέρασμα των χρόνων για την γεώτρηση ΑΛ13

- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΑΛ13 κυμαίνεται μεταξύ 9,5-2,1 m με την χαμηλότερη στάθμη να παρατηρείται στις 15/10/1990 και την υψηλότερη στις 15/05/2017.
- Από το 1984 μέχρι το 1990 παρατηρείται μια διαρκής πτώση της στάθμης που φτάνει μέχρι και τα (-6) m. Από το 1990 μέχρι και σήμερα παρατηρείται μία διαρκής άνοδος της στάθμης που φτάνει μέχρι και τα (+7) m.

Γεώτρηση ΑΛ14

Κωδικός Γεώτρησης	COORD X	COORD Y	COORD Z
ΑΛ14	335041	4536863	136,3

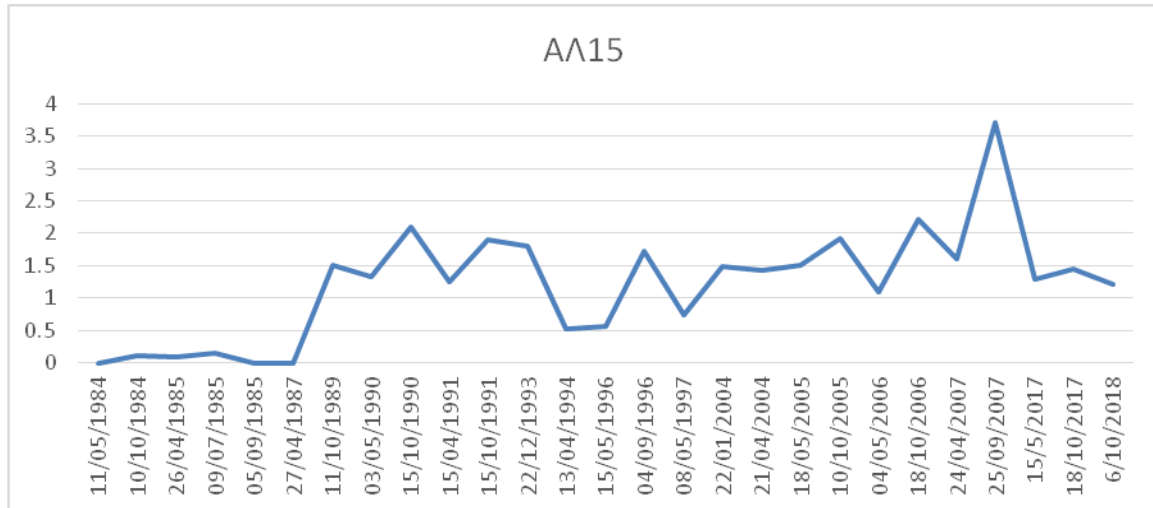


Σχήμα 19: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας με το πέρασμα των χρόνων για την γεώτρηση ΑΛ14

- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΑΛ14 κυμαίνεται μεταξύ 2,85-0m με την χαμηλότερη στάθμη να παρατηρείται στις 19/10/1990 και την υψηλότερη στις 09/05/1984, 10/10/1984, 25/04/1985 και 01/04/1986.
- Παρόλο που το διάγραμμα του σχήματος έχει έντονο χαρακτήρα οι διακυμάνσεις της στάθμης είναι μικρές, περίπου της τάξεως των (+/-2.5)m και χαρακτηρίζονται ως φυσιολογικές για τις συνθήκες της περιοχής.

Γεώτρηση ΑΛ15

Κωδικός Γεώτρησης	COORD X	COORD Y	COORD Z
ΑΛ15	335973	4536324	131,15

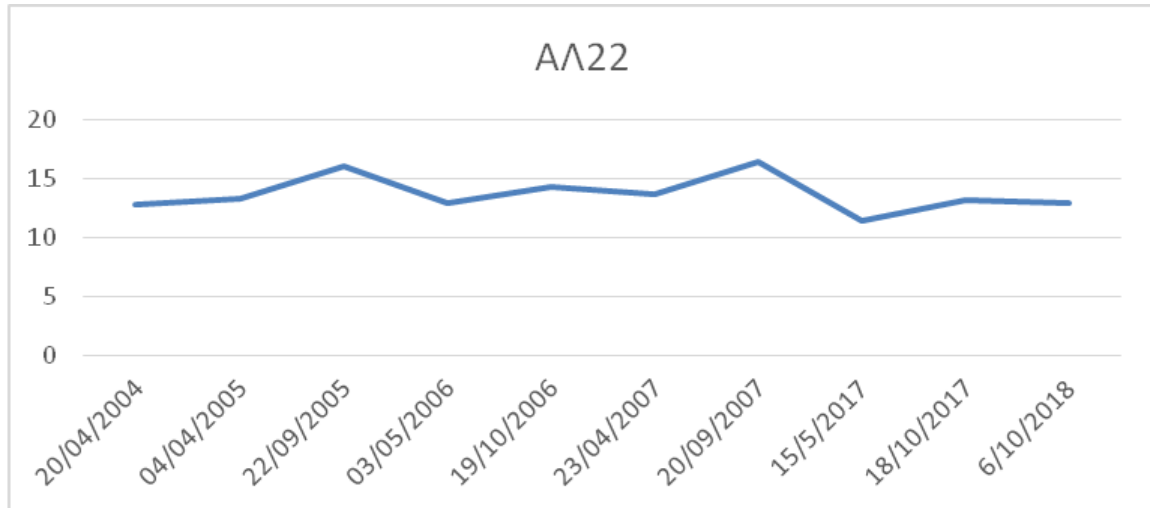


Σχήμα 20: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας με το πέρασμα των χρόνων για την γεώτρηση ΑΛ15

- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΑΛ15 κυμαίνεται μεταξύ 3,72-0 m με την χαμηλότερη στάθμη να παρατηρείται στις 25/09/2007 και την υψηλότερη στις 11/05/1984, 05/09/1985 και 27/04/1987.
- Οι διακυμάνσεις της στάθμης είναι μικρές, περίπου της τάξεως των (+-3,5) m και χαρακτηρίζονται φυσιολογικές για τις ανάγκες της περιοχής.

Γεώτρηση ΑΛ22

Κωδικός Γεώτρησης	COORD X	COORD Y	COORD Z
ΑΛ22	343255	4537677	134,79

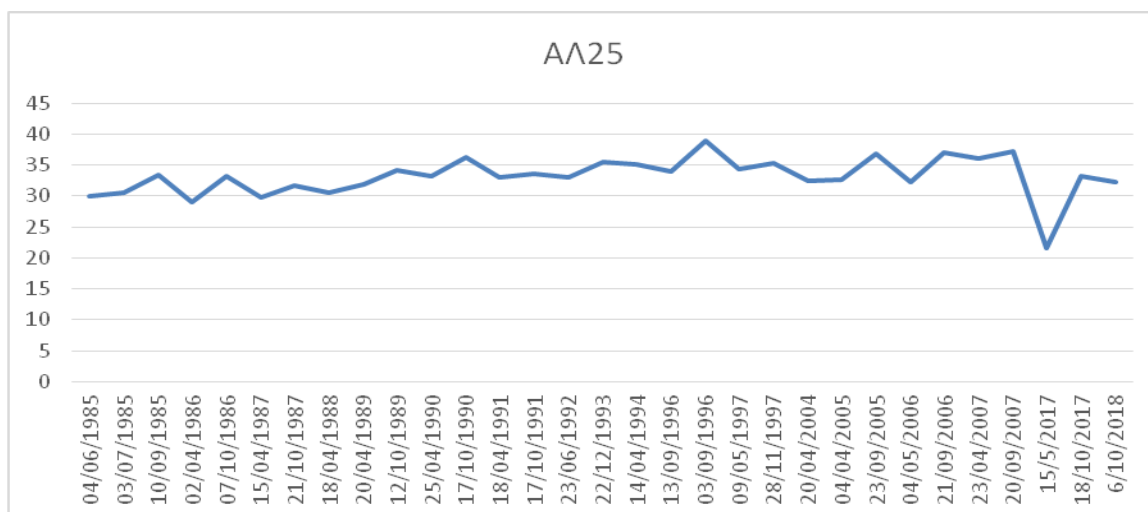


Σχήμα 21: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας με το πέρασμα των χρόνων για την γεώτρηση ΑΛ22

- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΑΛ22 κυμαίνεται μεταξύ 16,42-11,47 m με την χαμηλότερη στάθμη να παρατηρείται στις 20/09/2007 και την υψηλότερη στις 15/05/2017.
- Από το 2004 μέχρι και σήμερα η στάθμη παραμένει στα ίδια επίπεδα. Η μεγαλύτερη διακύμανση της στάθμης εντοπίζεται μεταξύ των περιόδων 20/09/2007-15/05/2017 όπου υπάρχει άνοδος της στάθμης της τάξης περίπου των (+5) m.

Γεώτρηση ΑΛ25

Κωδικός Γεώτρησης	COORD X	COORD Y	COORD Z
ΑΛ25	346125	4540375	166,74

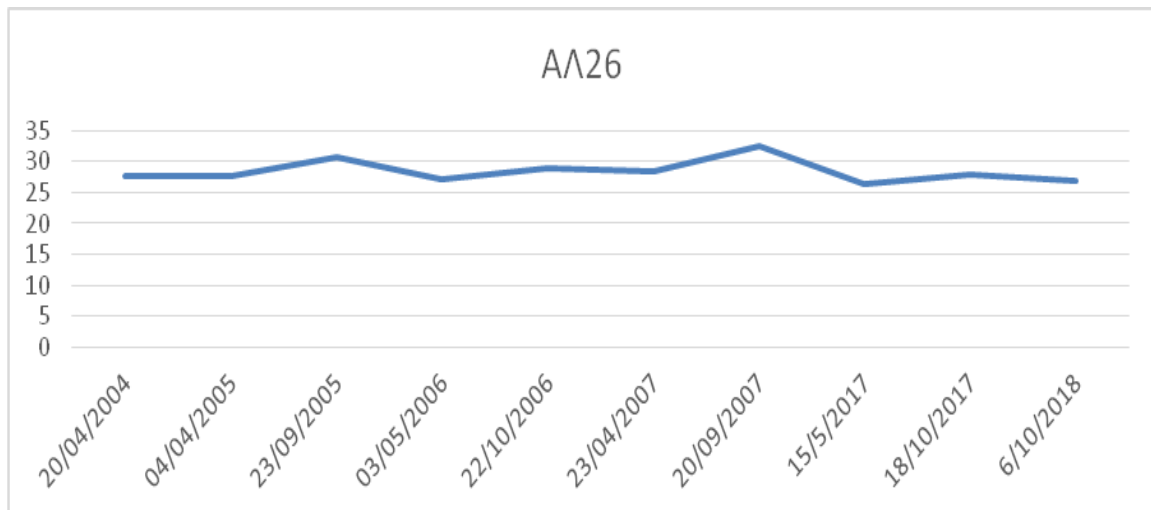


Σχήμα 22: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας με το πέρασμα των χρόνων για την γεώτρηση ΑΛ25

- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΑΛ25 κυμαίνεται μεταξύ 38.9-21.55 m με την χαμηλότερη στάθμη να παρατηρείται στις 03/09/1996 και την υψηλότερη στις 15/05/2017.
- Από το 1985 μέχρι και σήμερα η στάθμη παραμένει στα ίδια επίπεδα παρουσιάζοντας αυξομειώσεις της τάξης περίπου των (+-4) m. Το αξιοσημείωτο είναι μεγάλη άνοδος της στάθμης από τις 20/09/2007 μέχρι τις 15/05/2017 που είναι της τάξης περίπου των (+15,5) m και στην συνέχεια η μεγάλη πτώση της στάθμης περίπου (-11,5) m μέσα σε 5 μήνες. Η μεγάλη αυτή πτώση της στάθμης οφείλεται στο πολύ μικρό ύψος βροχής κατά το υδρολογικό έτος 2016-2017 (452mm) και συνεπώς στην μεγάλη άντληση υπόγειου νερού με σκοπό να καλυφθούν οι αρδευτικές κυρίως ανάγκες της περιοχής.

Γεώτρηση ΑΛ26

Κωδικός Γεώτρησης	COORD X	COORD Y	COORD Z
ΑΛ26	345110	4541643	162,01

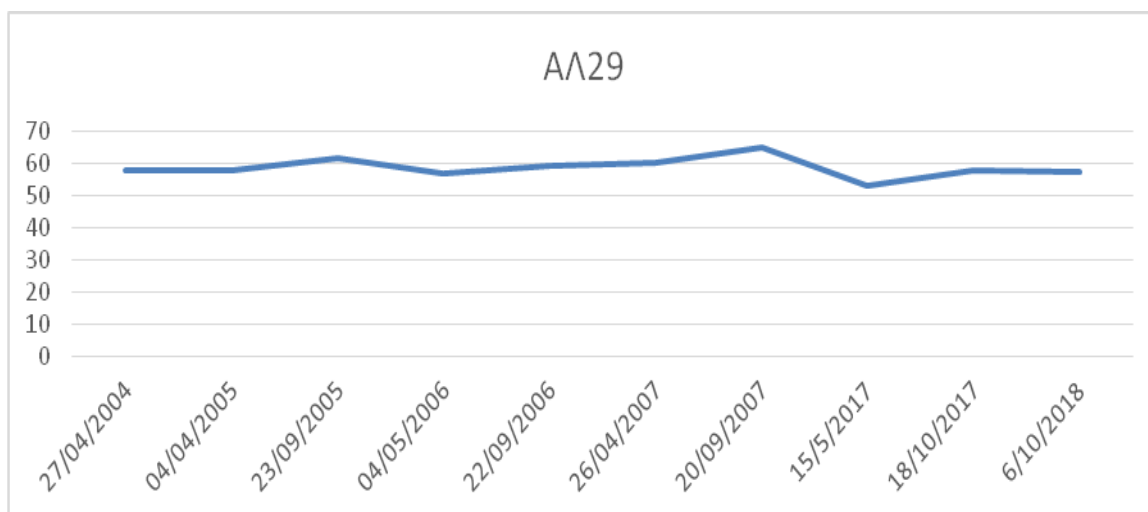


Σχήμα 23: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας με το πέρασμα των χρόνων για την γεώτρηση ΑΛ26

- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΑΛ26 κυμαίνεται μεταξύ 32,6-26,42 m με την χαμηλότερη στάθμη να παρατηρείται στις 20/09/2007 και την υψηλότερη στις 15/05/2017.
- Η στάθμη του υπογείου νερού παραμένει στα ίδια επίπεδα από το 2004 μέχρι και σήμερα. Κατά το πέρας των ετών αυτών αρχικά παρουσίασε μια πτώση μέχρι και (-5) m μέχρι και τον Σεπτέμβριο του 2007 και στη συνέχεια μια άνοδο της στάθμης της τάξης των (+6) m την χρονική περίοδο 20/09/2007-15/05/2017.

Γεώτρηση ΑΛ29

Κωδικός Γεώτρησης	COORD X	COORD Y	COORD Z
ΑΛ29	345387	4545089	217

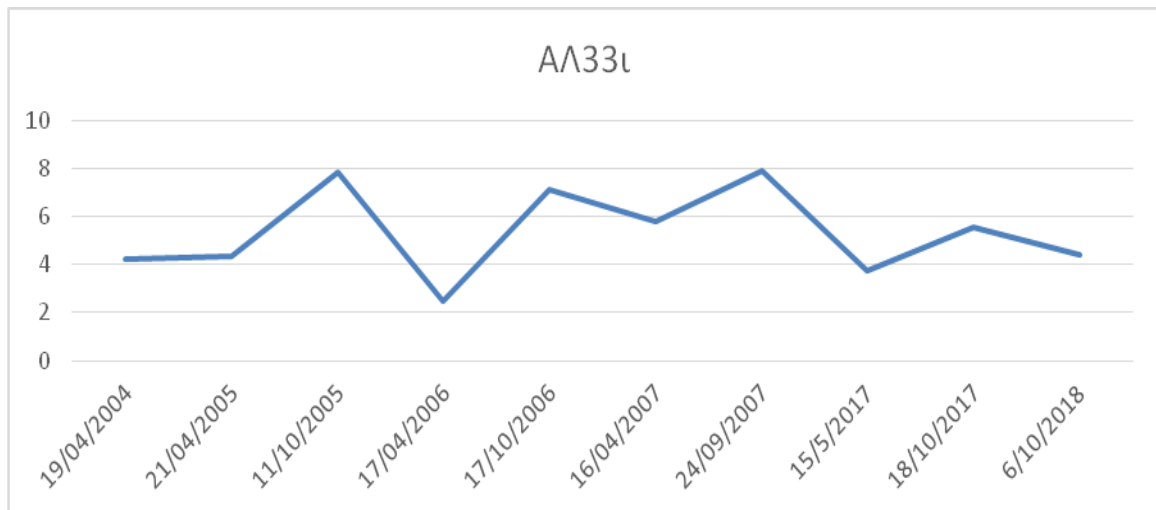


Σχήμα 24: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας με το πέρασμα των χρόνων για την γεώτρηση ΑΛ29

- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΑΛ29 κυμαίνεται μεταξύ 64,7-53,15 m με την χαμηλότερη στάθμη να παρατηρείται στις 20/09/2007 και την υψηλότερη στις 15/05/2017.
- Η στάθμη του υπογείου νερού παραμένει στα ίδια επίπεδα από το 2004 μέχρι και σήμερα. Από το 2004 μέχρι και τον Σεπτέμβριο του 2007 υπάρχει πτώση στάθμης της τάξης των (-7)m. Η μεγαλύτερη διακύμανση της στάθμης όμως συνέβη την χρονική περίοδο 20/09/2007-15/05/2017 όπου και αυξήθηκε κατά (+11,5) m περίπου.

Γεώτρηση ΑΛ33i

Κωδικός Γεώτρησης	COORD X	COORD Y	COORD Z
ΑΛ33i	341757	4545050	155,38

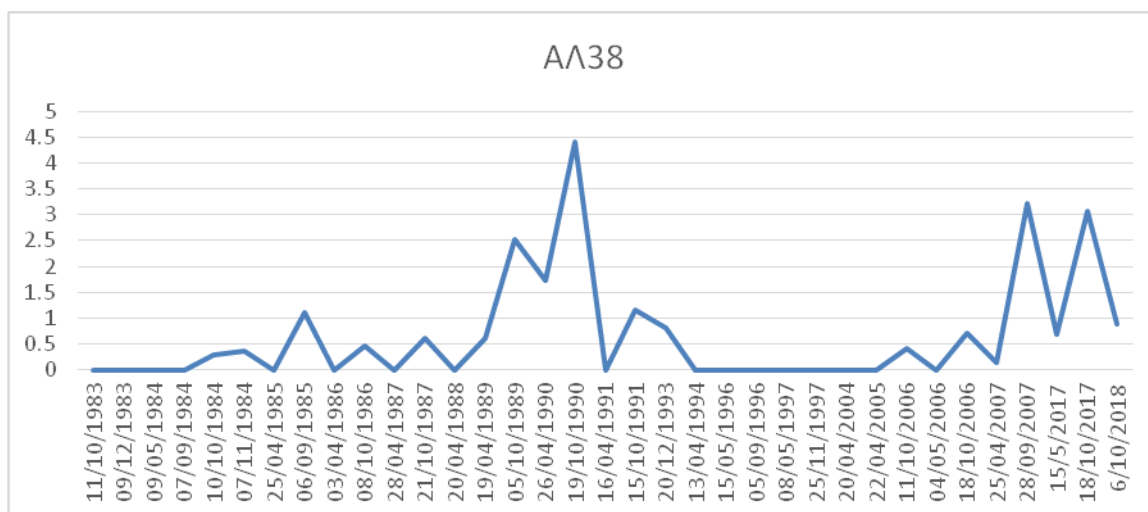


Σχήμα 25: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας με το πέρασμα των χρόνων για την γεώτρηση ΑΛ33i

- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΑΛ33i κυμαίνεται μεταξύ 7,9-3,75 m με την χαμηλότερη στάθμη να παρατηρείται στις 20/09/2007 και την υψηλότερη στις 15/05/2017.
- Η μεγαλύτερη διακύμανση της στάθμης πραγματοποιήθηκε την χρονική περίοδο 11/10/2005-17/04/2006 όπου και αυξήθηκε κατά (+5) m και στην συνέχεια μετά το πέρας της αρδευτικής περιόδου του ίδιου έτους η στάθμη έπεσε (-5) m.

Γεώτρηση ΑΛ38

Κωδικός Γεώτρησης	COORD X	COORD Y	COORD Z
ΑΛ38	335480	4542119	152,16



Σχήμα 26: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας με το πέρασμα των χρόνων για την γεώτρηση ΑΛ38

- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΑΛ38 κυμαίνεται μεταξύ 4,4-0 m με την χαμηλότερη στάθμη να παρατηρείται στις 19/10/1990 και την υψηλότερη να εμφανίζεται αρκετές φορές.
- Την σημαντικότερη διακύμανση της στάθμης αποτελεί η πτώση αυτής κατά την αρδευτική περίοδο του 1990, της τάξης των (-3) m και στη συνέχεια η αύξηση της την επόμενη χρονιά κατά (+4,4) m.
- Για αρκετά χρόνια στη γεώτρηση ΑΛ38 η στάθμη του νερού έφτανε μέχρι την επιφάνεια του εδάφους (+0) m προσδίδοντας της έτσι τον χαρακτηρισμό αρτεσιανή.

Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι την περίοδο 1984-2007 παρατηρείται μια μέση ετήσια πτώση στάθμης της τάξης των 11cm/έτος που μεταφράζεται σύμφωνα με εκτιμήσεις του ΙΓΜΕ (Βεράνης,κ.ά.,2010) σε μέση ετήσια απώλεια νερού από τα μόνιμα αποθέματα της τάξης των $3,95 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Αντίθετα την περίοδο 2007-2018 παρατηρείται αύξηση της στάθμης σε όλες τις γεωτρήσεις.

Αξίζει να επισημανθεί ότι η μεγάλη πτώση της στάθμης που παρατηρείται σε όλες τις γεωτρήσεις το έτος 2007 οφείλεται στην μείωση των βροχοπτώσεων κατά 50% την υγρή περίοδο Οκτώβριος 2006 - Μάιος 2007 σε σχέση με αυτή του 2005-2006 (Βεράνης, κ.ά., 2010).

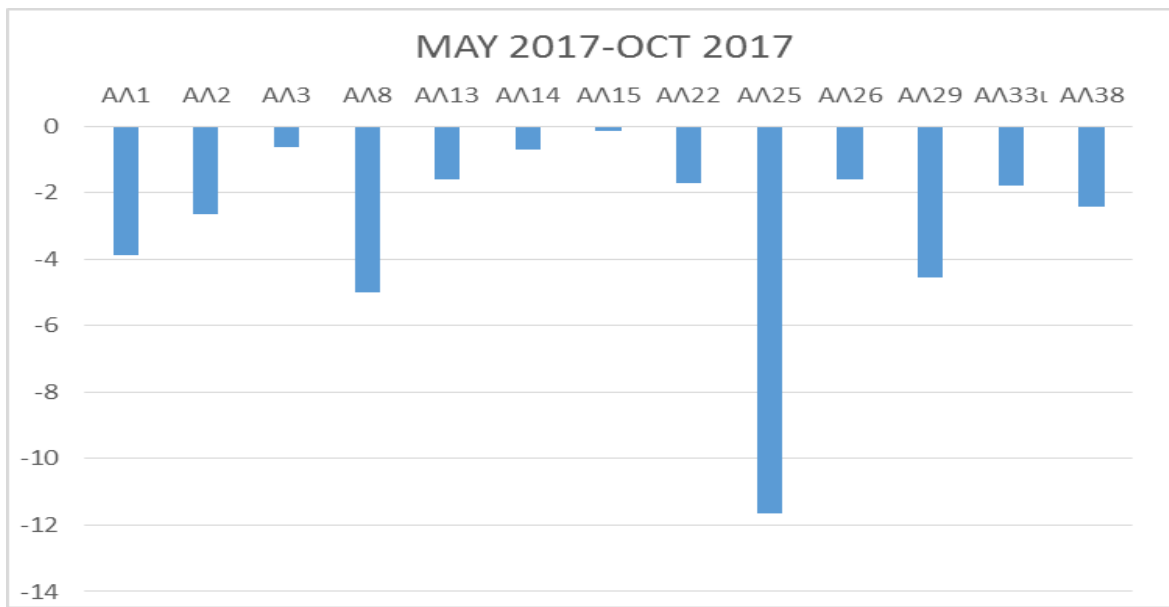
Παρακάτω παρουσιάζονται στον **Πίνακα 3** αναλυτικά για κάθε μία από τις 13 γεωτρήσεις πληροφορίες που αφορούν το υψόμετρο της γεώτρησης, την παροχή και το βάθος διάτρησης αυτής, καθώς επίσης το βάθος και το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης του υπογείου νερού για τα χρονικά διαστήματα Μαΐου 2017, Οκτωβρίου 2017 και Οκτωβρίου 2018. Τέλος αναφέρονται και τα στρέμματα που καλύπτει κάθε γεώτρηση για τις αρδευτικές ανάγκες, σύμφωνα με στοιχεία του Δήμου Αριδαίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Στοιχεία γεωτρήσεων της περιοχής μελέτης. (ΔΣ: Δεν υπάρχουν στοιχεία)

Υψόμετρο Γεώτρησης		Παροχή	Βάθος Διάτρ.	Βάθος στάθμης (m)			Απόλυτο Υψόμετρο Στάθμης (m)			Αρδευτικές Ανάγκες
Κ.Ον.	(m)	(m ³ /h)	(m)	15/5/17	18/10/17	6/10/18	15/5/17	18/10/17	6/10/18	Στρέμματα
ΑΛ1	131	90	100	9,15	13,01	8,28	121,85	117,99	122,72	1.525
ΑΛ2	126,6	66	71	10,8	13,43	10,31	115,8	113,17	116,29	ΔΣ
ΑΛ3	144,82	100	109	5,57	6,2	5,83	139,25	138,62	138,99	405
ΑΛ8	214,3	150	53	19,6	24,61	21,9	194,7	189,69	192,4	475
ΑΛ13	158,5	110	115	2,1	3,98	3,55	156,4	154,82	154,95	403
ΑΛ14	136,3	100	152	2,02	2,71	2,18	134,28	133,59	134,12	976,81
ΑΛ15	131,15	90	140	1,3	1,45	1,21	129,85	129,7	129,94	294,8
ΑΛ22	134,79	140	130	11,4	13,12	12,97	123,39	121,67	121,82	940
ΑΛ25	166,74	200	108	21,55	33,2	32,24	145,19	133,54	134,5	ΔΣ
ΑΛ26	162,01	280	90	26,4	27,99	27	135,61	134,02	135,01	ΔΣ
ΑΛ29	217	130	110	53,1	57,63	57,44	163,9	159,37	159,56	ΔΣ
ΑΛ33i	155,38	140	120	3,75	5,54	4,38	151,63	149,84	151	610
ΑΛ38	152,16	100	200	0,68	3,08	0,89	151,48	149,08	151,27	561
Μ.Ο		130,46	115,23	12,88	15,82	14,48	143,3	140,39	141,73	

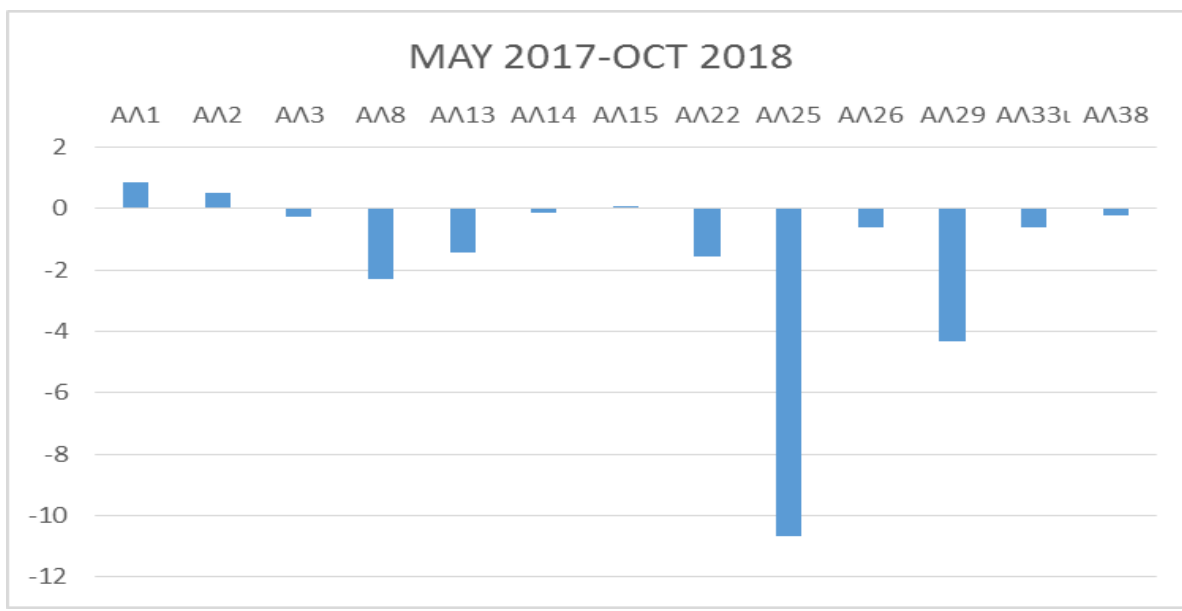
Στα **Σχήματα (27-29)** αποτυπώνεται η διακύμανση στάθμης μεταξύ της αρδευτικής περιόδου (Μαΐου – Οκτωβρίου) 2017, Μαΐου 2017 - Οκτωβρίου 2018 και Οκτωβρίου 2017- Οκτωβρίου 2018 αντίστοιχα.

Στην πρώτη σύγκριση μεταξύ του χρονικού διαστήματος Μαΐου 2017-Οκτωβρίου 2017 (**Σχήμα 27**) παρατηρείται πτώση της στάθμης σε όλες τις γεωτρήσεις με την μεγαλύτερη πτώση να εντοπίζεται στη γεώτρηση ΑΛ25 (-11,65) m. Τα αίτια της πτώσης αυτής είναι: α) το μικρό ποσοστό κατακρημνισμάτων το υδρολογικό έτος 2016-2017 (452 mm) 34% μικρότερο από το μέσο ετήσιο ποσό κατακρημνισμάτων (688 mm) και β) οι μεγάλες αρδευτικές ανάγκες της περιοχής μελέτης, που κατά πως φαίνεται είναι μεγαλύτερες στην περιοχή της γεώτρησης ΑΛ25.



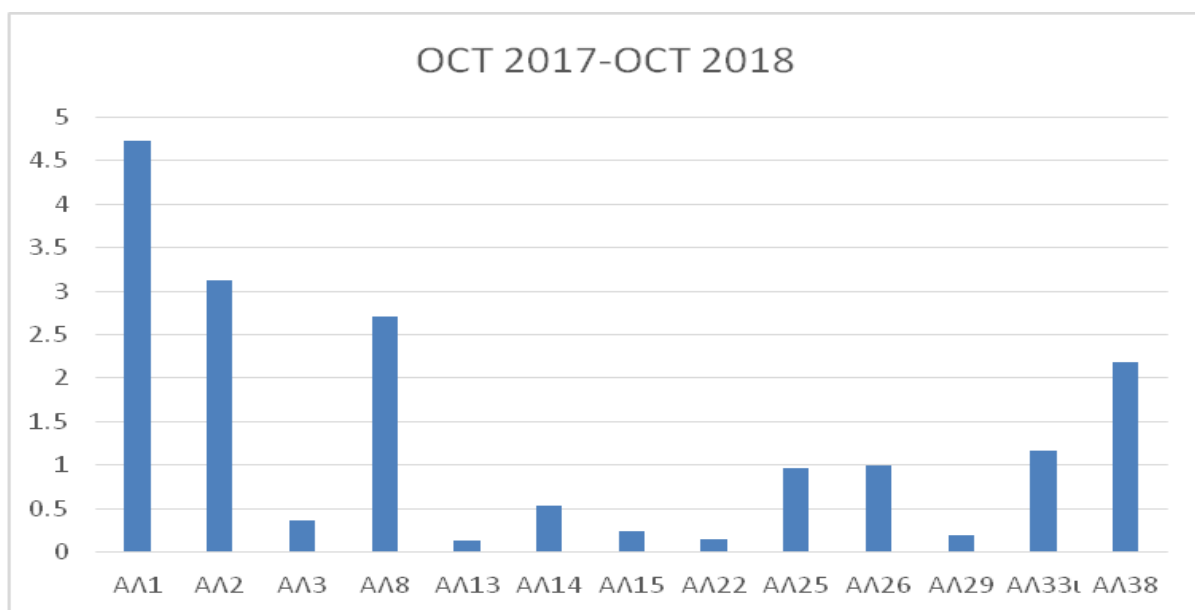
Σχήμα 27: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας μεταξύ Μαΐου 2017-Οκτωβρίου 2017

Στη δεύτερη σύγκριση μεταξύ του χρονικού διαστήματος Μαΐου 2017-Οκτωβρίου 2018 (**Σχήμα 28**) παρατηρείται από πολύ μικρή πτώση έως μικρή αύξηση της στάθμης στις γεωτρήσεις που βρίσκονται κατά μήκος του κεντρικού άξονα της λεκάνης Αλμωπίας. Ενώ αντίθετα παρατηρείται μεγάλη πτώση που φτάνει μέχρι και τα -10,69 m (στην ΑΛ 25) στις γεωτρήσεις που βρίσκονται στα λοφώδεις ή ημιορεινά τμήματα της λεκάνης. Τέλος παρατηρείται μικρή πτώση της στάθμης στις υπόλοιπες γεωτρήσεις.



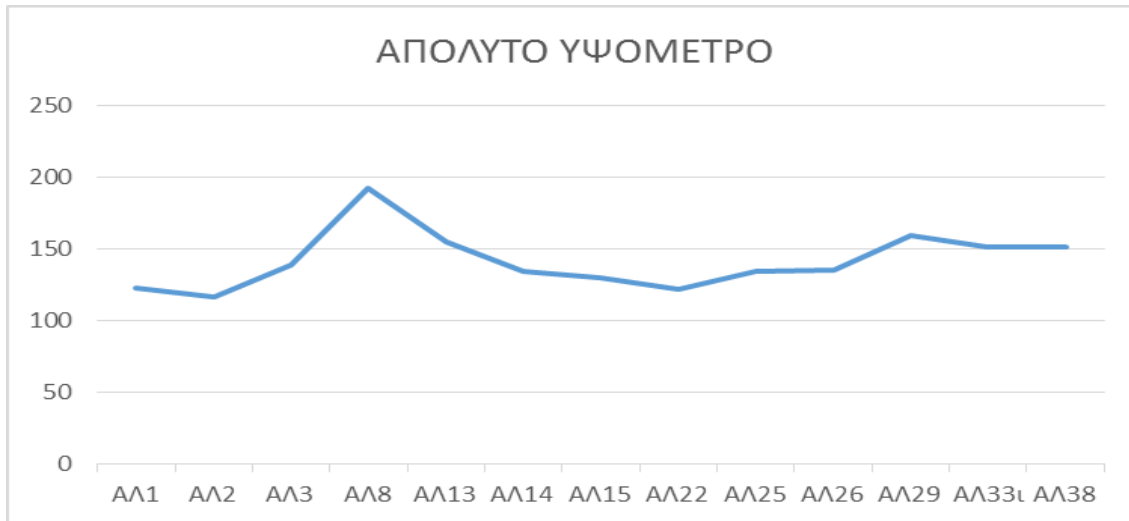
Σχήμα 28: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας μεταξύ Μαΐου 2017-Οκτωβρίου 2018

Από το **Σχήμα 29** διαπιστώνεται αύξηση της στάθμης σε όλες τις γεωτρήσεις. Η αύξηση ποικίλει από 0,15 m – 4,73 m. Ο κύριος λόγος για την αύξηση της πιεζομετρικής επιφάνειας είναι ο μεγάλος αριθμός κατακρημνισμάτων κατά το υδρολογικό έτος 2017-2018 (860,62 mm) που είναι 25% μεγαλύτερος από το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης (688 mm).



Σχήμα 29: Διακύμανση στάθμης ηρεμίας μεταξύ Οκτωβρίου 2017-Οκτωβρίου 2018

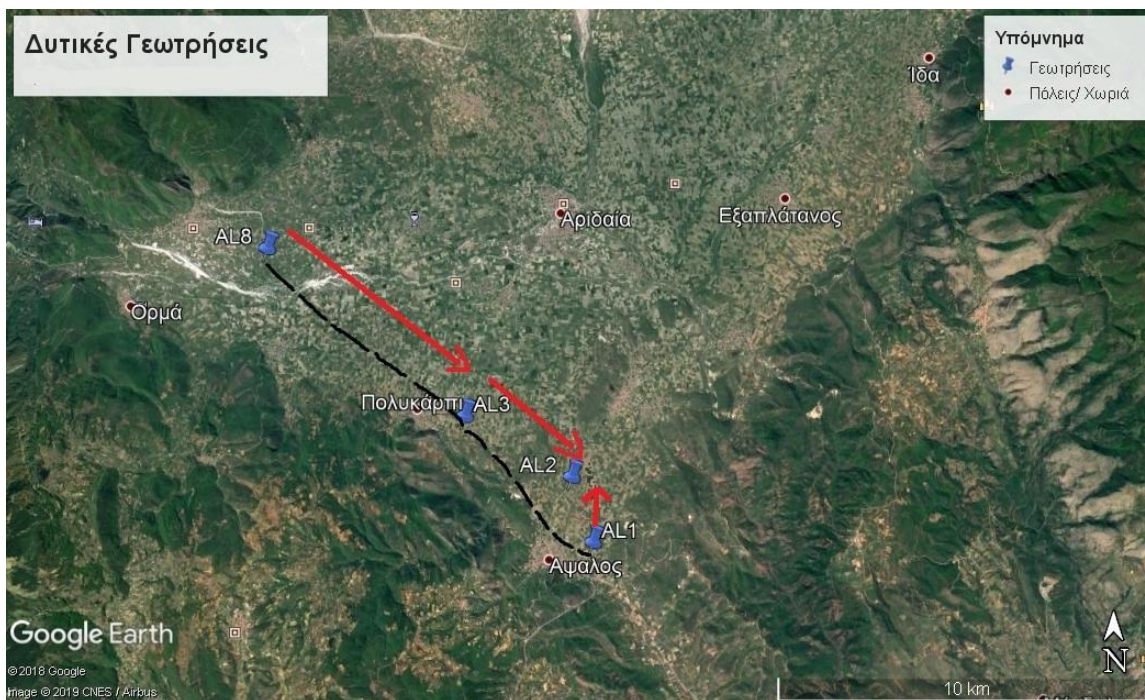
Στο **Σχήμα 30** παρουσιάζεται το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης του υπογείου νερού σύμφωνα με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τον Οκτώβριο του 2018. Παρατηρείται πως το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης είναι μεγαλύτερο σε περιοχές που βρίσκονται στο λοφώδες ή ημιορεινό τμήμα της λεκάνης Αλμωπίας (ΑΛ8,ΑΛ29), ενώ αντίθετα είναι μικρότερο σε περιοχές που βρίσκονται στο πεδινό τμήμα της λεκάνης αυτής (ΑΛ1,ΑΛ2,ΑΛ22).



Σχήμα 30: Απόλυτο υψόμετρο στάθμης νερού των υπομέτρηση γεωτρήσεων. Οκτ. 2018

Οι γεωτρήσεις του **Σχήματος 13** χωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες όπως φαίνεται στα **Σχήματα 31, 33, 35**. Στις γεωτρήσεις που ανήκουν στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, στις γεωτρήσεις που ανήκουν στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης και στις γεωτρήσεις που ανήκουν στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης. Ο χωρισμός αυτός έγινε για να προσδιοριστεί ευκολότερα και ασφαλέστερα η κίνηση του υπογείου νερού καθώς επίσης και η πιεζομετρία της περιοχής. Τα μαύρα βέλη των **Σχημάτων 31, 33, 35** αντικατοπτρίζουν τις τομές των **Σχημάτων 32, 34, 36** αντίστοιχα, ενώ τα κόκκινα βέλη αποτυπώνουν την κίνηση αυτή του νερού.

Από το **Σχήμα 32** παρατηρείται πως το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης του υπογείου νερού είναι υψηλότερο στη γεώτρηση ΑΛ8 (192,4 μ.) που βρίσκεται και στο μεγαλύτερο τοπογραφικό υψόμετρο από τις υπόλοιπες γεωτρήσεις (214,3 μ.), ενώ είναι μικρότερο στη γεώτρηση ΑΛ2 (116,29 μ.) που βρίσκεται και στο μικρότερο τοπογραφικό υψόμετρο (126,6 μ.) (**Πίνακας 3**). Προκύπτει λοιπόν μια ομοιομορφία στον τρόπο με τον οποίο μειώνεται η πιεζομετρική επιφάνεια του υπογείου νερού αναλογικά με το τοπογραφικό υψόμετρο της περιοχής. Έτσι το υπόγειο νερό ακολουθεί μια πορεία με κατεύθυνση προς το νοτιότερο τμήμα της λεκάνης όπως διαπιστώνεται και στο **Σχήμα 31**.

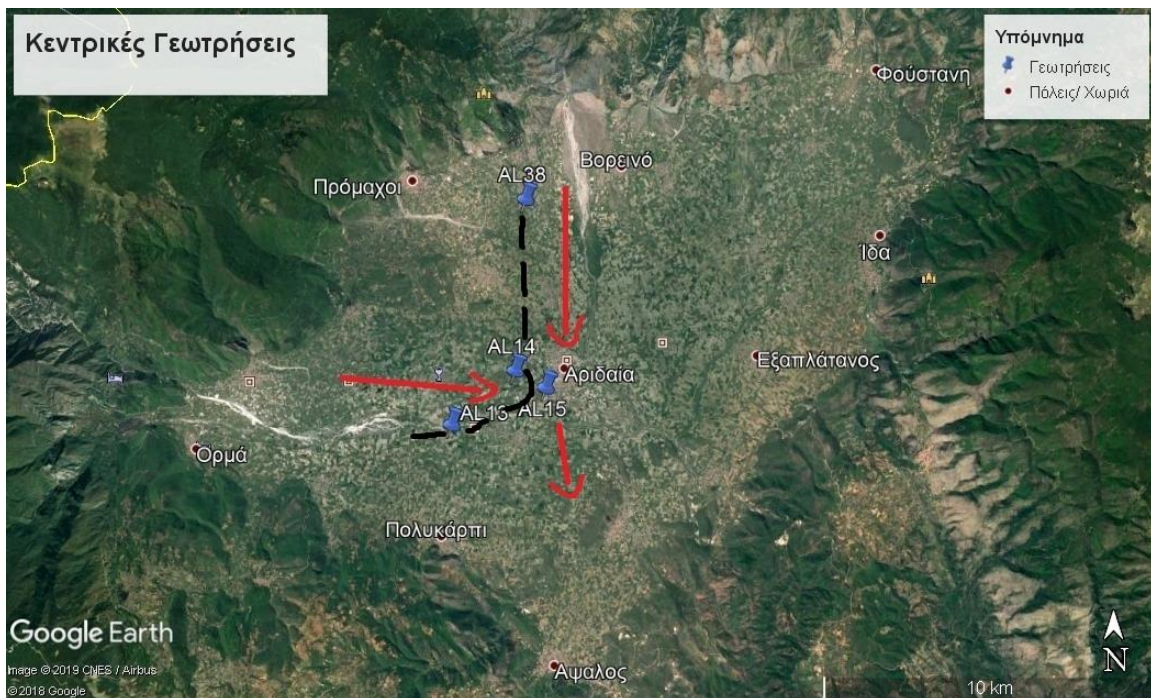


Σχήμα 31: Χάρτης γεωτρήσεων που βρίσκονται στην δυτική πλευρά της περιοχής μελέτης. (Πηγή δορυφορικής εικόνας: Google Earth, 2018)

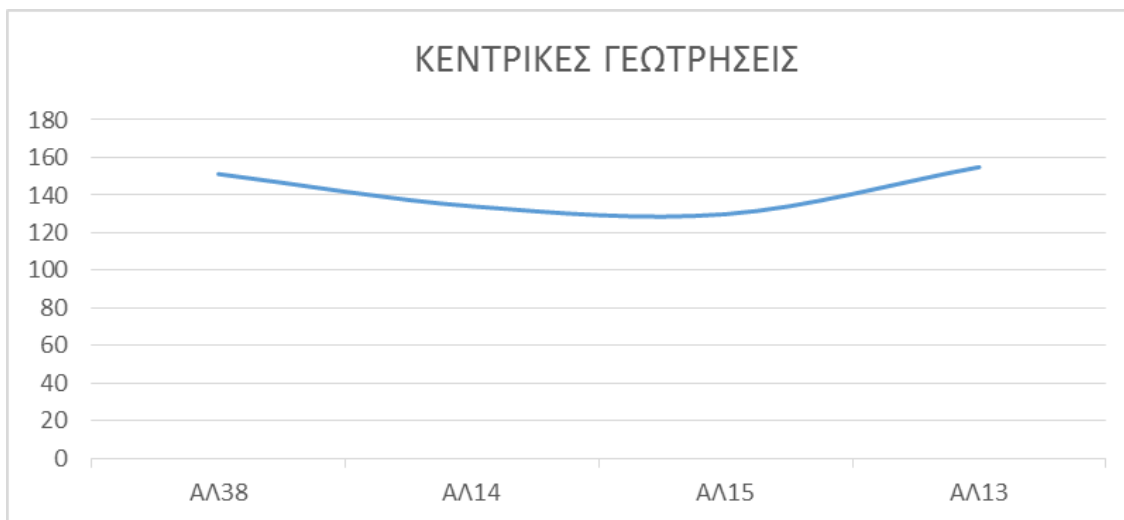


Σχήμα 32: Απόλυτο υψόμετρο της στάθμης του υπογείου νερού των γεωτρήσεων που βρίσκονται στις Δυτικές περιοχές της Αλμωπίας την περίοδο Οκτώβριος 2018

Η ίδια εικόνα με τις δυτικές γεωτρήσεις παρατηρείται και στις κεντρικές γεωτρήσεις της λεκάνης Αλμωπίας όπου και πάλι το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης του υπογείου νερού μειώνεται με το τοπογραφικό υψόμετρο της περιοχής. Αναλυτικότερα στις γεωτρήσεις ΑΛ13 και ΑΛ38 το απόλυτο υψόμετρο βρίσκεται στα 154,95 μ. και 151,27 μ. ενώ στις γεωτρήσεις ΑΛ14 και ΑΛ15 134,12 μ. και 129,94 μ. (**Σχήμα 34**). Τα τοπογραφικά υψόμετρα των συγκεκριμένων γεωτρήσεων αντίστοιχα είναι 158,5 μ., 152,16 μ., 136,3 μ. και 131,13 μ. (**Πίνακας 3**). Επίσης είναι χαρακτηριστικό για την περιοχή αυτή πως οι στάθμες των γεωτρήσεων ΑΛ38, ΑΛ15, ΑΛ14 και ΑΛ13 είναι σε μικρό βάθος, γεγονός που μας δείχνει την γρήγορη τροφοδοσία της. Βέβαια σύμφωνα με το **Σχήμα 34** φαίνεται πως το νερό συγκεντρώνεται στην περιοχή των γεωτρήσεων ΑΛ14 και ΑΛ15, παρ' όλα αυτά όμως σύμφωνα με το **Σχήμα 33** το νερό συνεχίζει την πορεία του προς την έξοδο της λεκάνης.

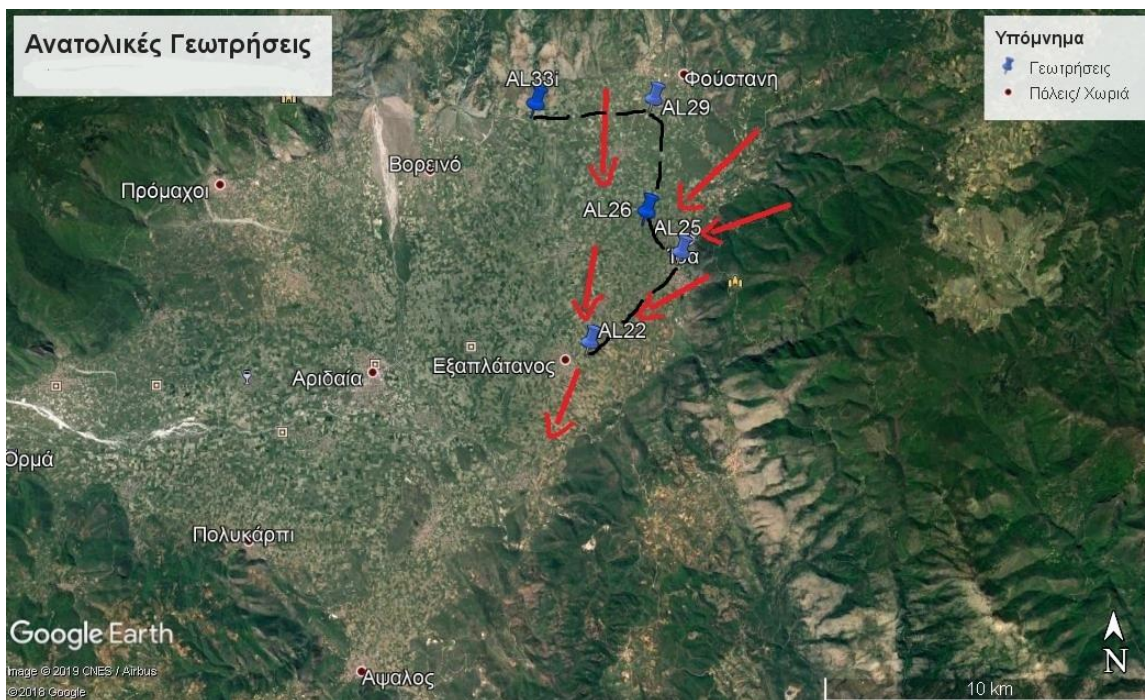


Σχήμα 33: Χάρτης γεωτρήσεων που βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης. (Πηγή δορυφορικής εικόνας: Google Earth, 2018)

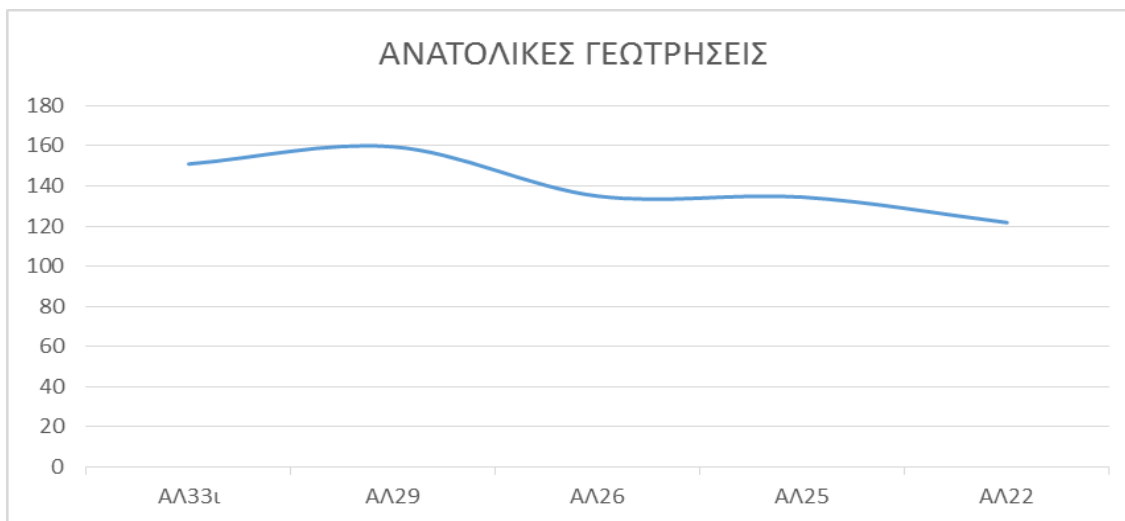


Σχήμα 34: Απόλυτο υψόμετρο της στάθμης του υπογείου νερού των γεωτρήσεων που βρίσκονται κεντρικά της λεκάνης Αλμωπίας την περίοδο Οκτώβριος 2018

Αντίθετα στις ανατολικές γεωτρήσεις η απόλυτη στάθμη ηρεμίας του υπογείου νερού όπως σημειώνεται στο **Σχήμα 36** δεν μειώνεται αναλογικά με το τοπογραφικό υψόμετρο της περιοχής. Ενδεικτικά το υψόμετρο των γεωτρήσεων ΑΛ26 και ΑΛ25 είναι 162,01 μ. και 166,74 μ., ενώ το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης είναι 135,01 μ. και 134,5 μ. αντίστοιχα. Δηλαδή η επιφάνεια του υδροφορέα έχει πιο ομαλή κλίση προς την διεύθυνση βορειοανατολικά - νοτιοδυτικά (**Σχήμα 35**) σε σχέση με την τοπογραφική επιφάνεια, γεγονός που σημαίνει πως η κίνηση του υπογείου νερού είναι εντονότερη προς τη διεύθυνση αυτή.



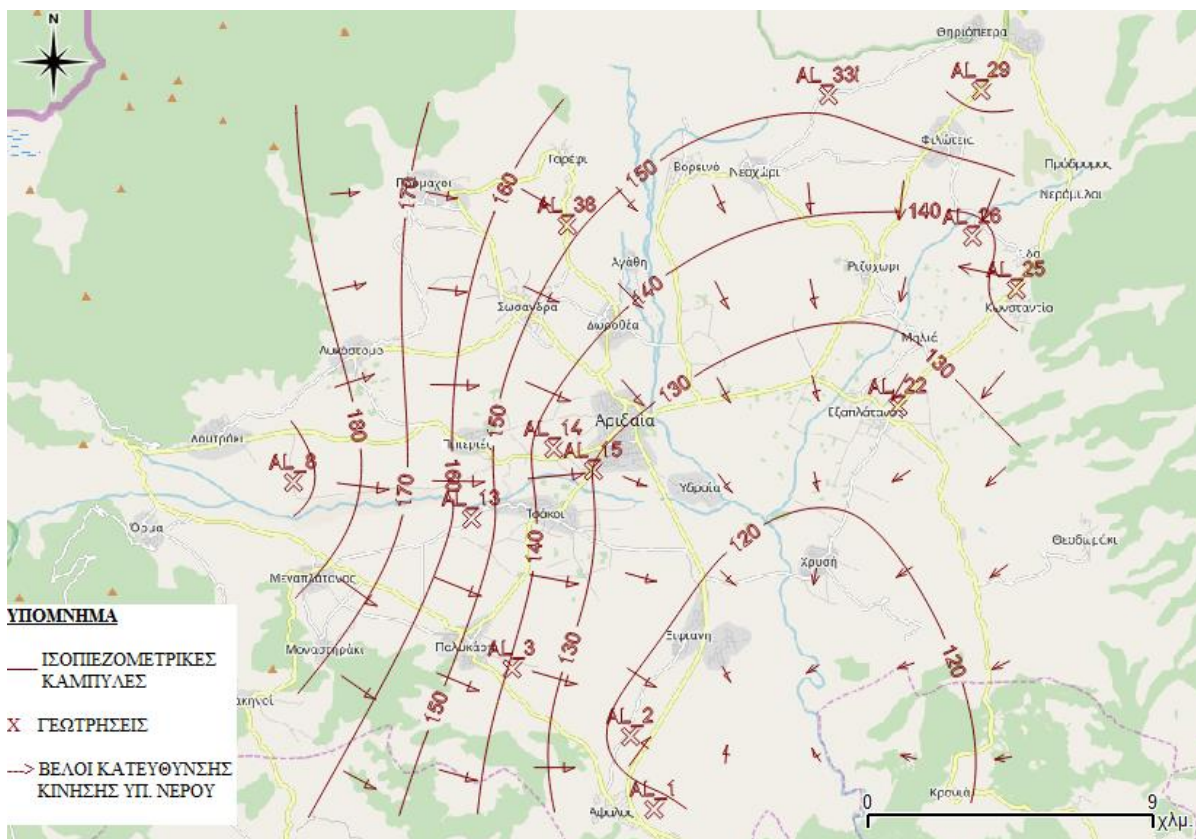
Σχήμα 35: Χάρτης γεωτρήσεων που βρίσκονται στην ανατολική πλευρά της περιοχής μελέτης. (Πηγή δορυφορικής εικόνας: Google Earth, 2018)



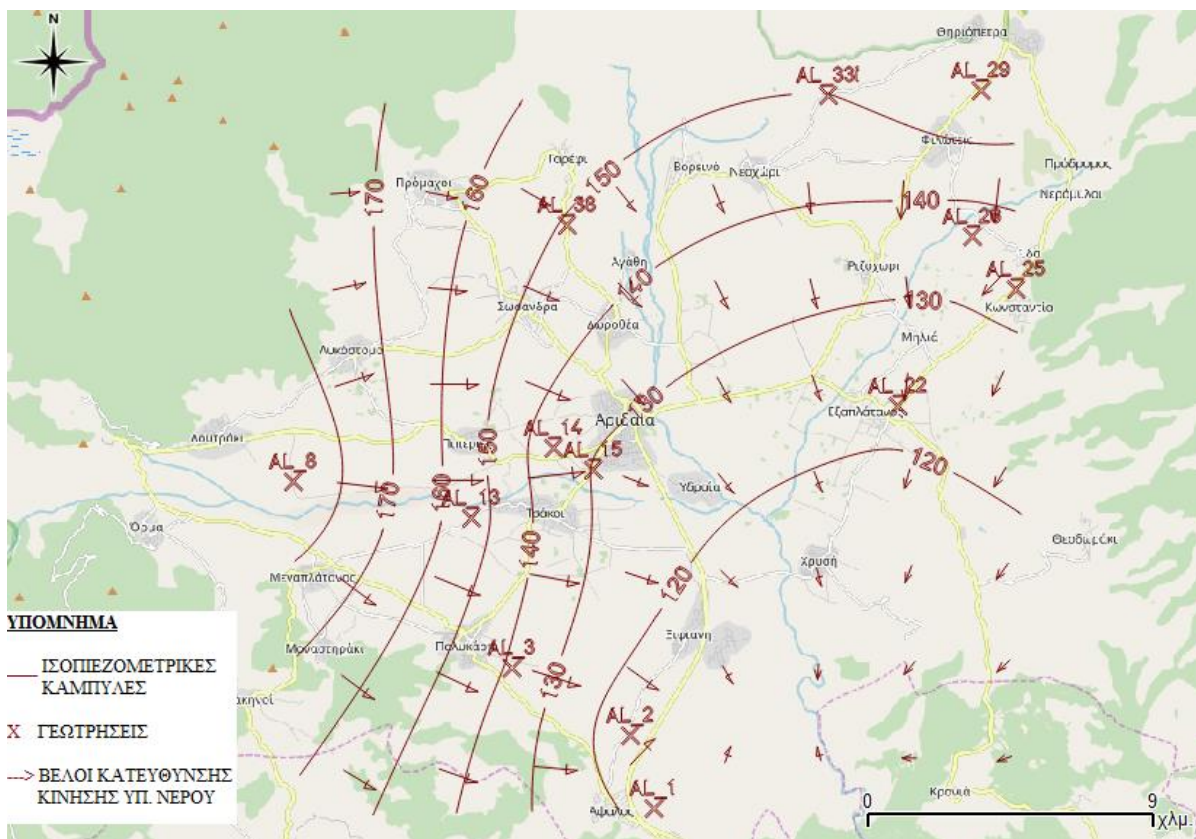
Σχήμα 36: Απόλυτο υψόμετρο της στάθμης του υπογείου νερού των γεωτρήσεων που βρίσκονται στις Ανατολικές περιοχές της Αλμωπίας την περίοδο Οκτώβριος 2018

Από δεδομένα που συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν με το λογισμικό Surfer 10 και το QGIS 2.14, κατασκευάστηκαν οι παρακάτω πιεζομετρικοί χάρτες (**Σχήματα 37-39**) με σκοπό την αποτύπωση της πιεζομετρίας για την λεκάνη Αλμωπίας, για τις περιόδους υψηλής και χαμηλής στάθμης, που για τον ελλαδικό χώρο αφορούν τους μήνες Απριλίου-Μαΐου και Σεπτεμβρίου-Οκτωβρίου αντίστοιχα. Αναλυτικότερα οι χάρτες που κατασκευάστηκαν αφορούν τους μήνες Μαΐου 2017, Οκτωβρίου 2017 και Οκτωβρίου 2018, λόγω της εγγύτητας στην σημερινή ημερομηνία.

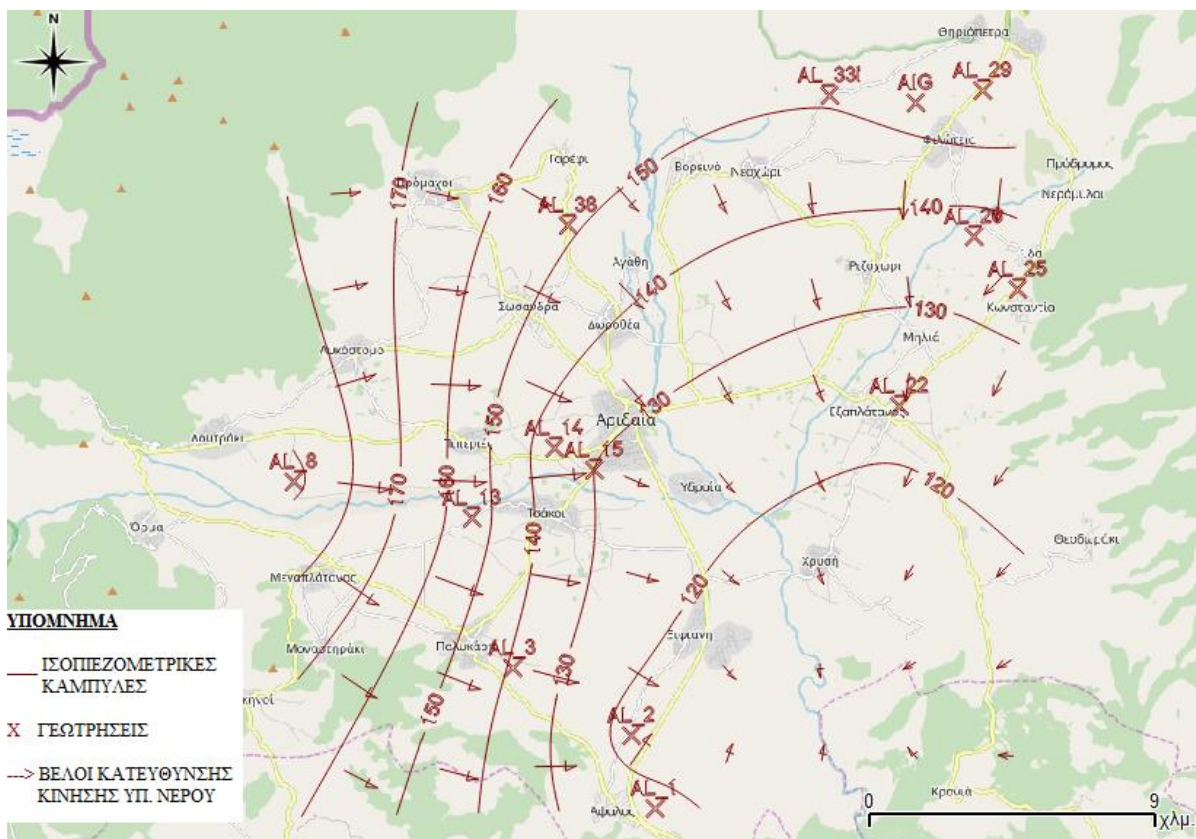
Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τους παρακάτω χάρτες αφορούν τις κύριες γραμμές τροφοδοσίας, οι οποίες εκφράζουν την πορεία ενός μορίου νερού κατά τη κίνηση του σε ένα υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, για την λεκάνη Αλμωπίας, οι οποίες γραμμές ακολουθούν κατά έναν βαθμό τους επιφανειακούς άξονες απορροής, δηλαδή το υπόγειο νερό ακολουθεί μια πορεία ξεκινώντας από τα λοφώδεις ή ημιορεινά τμήματα κατευθυνόμενο προς το νοτιότερο τμήμα της λεκάνης όπως ακριβώς συμβαίνει και με το υδροφορικό σύστημα του Αλμωπαίου. Επιπροσθέτως ανάμεσα στην περίοδο Μαΐου 2017 - Οκτωβρίου 2018 η αλλαγή στην πιεζομετρική επιφάνεια είναι πολύ μικρή, ενδεικτικά η μέση τιμή του απολύτου υψομέτρου του υπογείου νερού τον Μάιο του 2017 ήταν 143,3 μ., τον Οκτώβριο του 2017 ήταν 140,39 μ. ενώ τον Οκτώβριο του 2018 ήταν 141,73 μ. Φυσικά διαπιστώνεται μια μείωση της απόλυτης στάθμης ηρεμίας στα ανατολικά και δυτικά τμήματα της λεκάνης με χαρακτηριστική την πτώση στάθμης στην περιοχή της γεώτρησης ΑΛ25 της τάξης των 10 μ., αλλά σε γενικές γραμμές δεν επηρεάζεται έντονα η πιεζομετρία της περιοχής. Η μικρή αυτή αλλαγή της πιεζομετρικής επιφάνειας και γενικότερα η ισορροπία του υδροφορέα πιθανώς οφείλεται στο ύψος των κατακρημνισμάτων και πλευρικών διηθήσεων όπως αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο.



Σχήμα 37: Πιεζομετρικός χάρτης Μαΐου 2017



Σχήμα 38: Πιεζομετρικός χάρτης Οκτωβρίου 2017



Σχήμα 39: Πιεζομετρικός χάρτης Οκτωβρίου 2018

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η λεκάνη της Αλμωπίας γεωγραφικά ανήκει στο βόρειο τμήμα του νομού Πέλλας και εντάσσεται στο Υδατικό Διαμέρισμα της Δυτικής Μακεδονίας (ΥΔ09), καταλαμβάνοντας 1.021 τ.χλμ., από τα οποία τα 220 τ.χλμ. ανήκουν στην πεδιάδα την Αλμωπίας. Η λεκάνη περιβάλλεται από υψηλούς ορεινούς όγκους έκτασης 720 τ.χλμ.. Μορφολογικά το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται ως έντονο.
- Ο Αλμωπαίος αποτελεί το μοναδικό υδροφόρο σύστημα καταλαμβάνοντας το πεδινό και μερικώς το λοφώδες - ημιορεινό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης Αλμωπίας. Παρουσιάζει ομαλό ανάγλυφο με μέσο υψόμετρο τα 248m. Ο δείκτης ανάγλυφου είναι 0,03 και η μέση κλίση 0,025.
- Η ευρύτερη περιοχή της μελέτης γεωτεκτονικά ανήκει στην υποζώνη της Αλμωπίας. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαρτίζουν την υποζώνη της Αλμωπίας είναι κυρίως οι οφειόλιθοι και τα σύνοδα ιζήματα βαθιάς θάλασσας, τα Άνωκρητιδικά επικλυσιογενή ιζήματα, καθώς και τα μεταμορφωμένα πετρώματα προ – οφειολιθικά που αποτελούσαν πετρώματα του Πελαγονικού ηπειρωτικού περιθωρίου (Μουντράκης, 2010).
- Η τεκτονική της περιοχής συνδέεται με δύο μεγάλες επωθήσεις από την Αλμωπία προς την Πελαγονική: την τεκτονική τοποθέτηση (obduction) των οφειολίθων και των συνοδών ιζημάτων του ωκεανού της Τηθύος κατά το Άνω Ιουρασικό πάνω στο ανατολικό ηπειρωτικό περιθώριο του Πελαγονικού ηπειρωτικού τεμάχους που αποτέλεσε το «Ηωελληνικό κάλυμμα» και προκάλεσε το σχηματισμό των οφειολιθικών μιγμάτων στο πέλαμα των επωθημένων οφειολιθικών μαζών και μια δεύτερη με την δημιουργία των τεκτονικών λεπιών της Αλμωπίας με την συμμετοχή και των Άνω Κρητιδικών στρωμάτων κατά την τελική πτύχωση το Τριτογενές (Μουντράκης, 2010).
- Η περιοχή έρευνας αποτελείται από ένα κύριο Υπόγειο Υδατικό Σύστημα αυτό του Αλμωπαίου (GR0900120) ενώ συνορεύει και αλληλοεπιδρά με άλλα δύο δευτερεύοντα, το ρωγματικό σύστημα Αριδαίας (GR090F270) και το ρωγματικό σύστημα Αλμωπίας (GR0900260). Ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων γίνεται με απευθείας κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ενώ οι μεγαλύτερες ποσότητες νερού προέρχονται από την πλευρική διήθηση από τους ορεινούς όγκους που την περιβάλλουν. Ακόμη στον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων συμμετέχει το νερό από επιφανειακή διήθηση και από επιστροφές άρδευσης.
- Η κύρια κατανάλωση νερού αποδίδεται στην άρδευση, ύδρευση και κτηνοτροφία και ανέρχεται περίπου στα $60 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$.
- Από ποσοτικής άποψης το υδροφόρο σύστημα του Αλμωπαίου παρουσιάζει επάρκεια στα αποθέματα υπόγειων νερών, ικανών να καλύψουν τις σημερινές και μελλοντικές ανάγκες της περιοχής.

- Την περίοδο 1984-2007 παρατηρείται μια μέση πτώση της πιεζομετρικής επιφάνειας, που είναι ενιαία σε όλο το σύστημα, της τάξης των 11cm/έτος που σημαίνει ότι η μέση ετήσια ποσότητα που αντλήθηκε από τα μόνιμα αποθέματα είναι της τάξης των $3,95 * 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Αντίθετα την περίοδο 2007-2018 παρατηρείται άνοδος της πιεζομετρικής επιφάνειας.
- Η μέση τιμή της στάθμης την περίοδο του Οκτωβρίου 2018 είναι στα 14,48 m και το μέσο απόλυτο υψόμετρο του υπογείου νερού βρίσκεται στα 141,73 m.
- Η υπόγεια ροή των νερών ακολουθεί μια πορεία από τα λοφώδεις ή ημιορεινά τμήματα της λεκάνης Αλμωπίας προς τον νοτιότερο τμήμα του υδροφόρου συστήματος του Αλμωπαίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- **Βουγιουκαλάκης Γ. (2002):** «Πετρολογική, Γεωχημική και Ηφαιστειολογική Μελέτη των Πλειοκαινικών Ηφαιστειακών Σχηματισμών της Αλμωπίας. Συσχετισμός τους με τις Γεωθερμικές Εκδηλώσεις της Περιοχής», *Διδακτορική Διατριβή, Τομέας Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.*
- **Βουδούρης Κ. (2014):** «ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ, Υπόγεια Νερά», *Εκδόσεις Τζιόλα*
- **Ελευθεριάδης Γ. (1977):** «Συμβολή εις την μελέτην των ηφαιστειογενών πετρωμάτων της Νοτίου Αλμωπίας», *Διδακτορική Διατριβή, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη*
- **Κατριβάνος Ε., Μουντράκης Δ., Κίλιας Α. & Παυλίδης Σ. (2001):** «Πρώτα αποτελέσματα μελέτης της γεωλογικής δομής και της κινηματικής της παραμόρφωσης στο Όρος Τζένα (Υποζώνη Πάικου, Κεντρική Μακεδονία, Ελλάδα)», *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., τομ. XXXIV/1.*
- **Κατσίκατσος Χ. (1992):** «Γεωλογία της Ελλάδας»,
- **Μουντράκης Δ. (1976):** «Η συμβολή εις την γνώσιν της γεωλογίας του βορείου ορεινού ορίου των ζωνών Αξιού και Πελαγονικής εις την περιοχήν Κ. Λουτρακίου – Όρμας (Αλμωπίας)», *Διδ. Διατριβή, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.*
- **Μουντράκης Δ. (1985):** «Γεωλογία της Ελλάδας», *University Studio Press, Θεσσαλονίκη*
- **Μουντράκης Δ. (1994):** «Εισαγωγή στη γεωλογία της Μακεδονίας και της Θράκης. Απόψεις για τη γεωτεκτονική εξέλιξη της ελληνικής ενδοχώρας και των εσωτερικών Ελληνίδων», *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., XXX/1.*
- **Μουντράκης Δ. (2010):** «Γεωλογία και Γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδος», *University Studio Press, Θεσσαλονίκη.*
- **Μπαρμπαρούσης Γ. & Σημαιοάκης Κ. (1989):** «Τελική έκθεση – Η γεωθερμική έρευνα στη λεκάνη Αλμωπίας – Αριδαίας Ν. Πέλλας», *Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.*
- **Παπαζαφειρίου Ζ. (1999):** «Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών», *Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.*
- **Ειδική Γραμματεία Υδάτων, « Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, Στάδιο 1^η Φάση- Παραδοτέο 1 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΡΜΟΔΙΩΝ ΑΡΧΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥΣ», Ιανουάριος 2014.**

- **Ειδική Γραμματεία Υδάτων**, « Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, Στάδιο 1^η Φάση- Παραδοτέο 10 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ, Ιανουάριος 2014.
- **Εξάρχου Νικολόπουλος Μπενσασσών Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ (ΕΝΜ ΕΠΕ), Υποέργο:** «Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων, υδατικών διαμερισμάτων δυτικής Μακεδονίας, κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης», 2008.
- **Πρατανόπουλος Α., Βεράνης Ν., Υποέργο:** «Υδατικά Ισοζύγια Λεκανών. Παρακολούθηση της ποιότητας & μέτρα προστασίας των νερών της Κεντρικής Μακεδονίας (Υ.Δ αν 09.10.11 δυτ) », 2010.
- **Αρβανίτης Α., Κόλιος Ν., Κουτσινός Σ.,** «Γεωθερμική Έρευνα στην περιοχή της Αλμωπίας (Μακεδονία, Βόρεια Ελλάδα)», Αθήνα 2008

Ξένη Βιβλιογραφία

- **Galeos A., Pomoni-Papaioannou F., Tsaila-Monopolis S. Turnsek D. & Ioakim Chr. (1994):** “Upper Jurassic – Lower Cretaceous “molassic type” sedimentation in the western part of Almopia subzone, Loutra Aridea Unit (Northern Greece)”, *Bull.Geol. Soc. Greece, XXX/*.
- **Mercier J. (1966):** “Etude geologique des zones Internes des Hellenides en Macedoine centrale (Greece). Contribution a l’ etude du metamorphism et de l’ evolution magmatique des zones internes des Hellenides”, *Theses, Paris 1966, Ann. Geol des Pays Hellen.*
- **Mercier J., Sorel D., Vergely P. & Simeakis K. (1989):** “Extensional tectonic regimes in the Aegean basins during the Cenozoic”, *Basin Research.*
- **Pavlidis S., Mountrakis D., Kilias A., & Tranos M. (1990):** “The role of strike-slip movements in the extensional area of Northern Aegean (Greece). A case of transtensional tectonics”, *Annales Tectonicae Special issue IV-2.*

Διαδίκτυο

- GOOGLE EARTH
- GOOGLE MAPS
- Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛΣΑΤ)- <http://www.statistics.gr/>
- <http://qgis.org/en/site/>
- <http://stratus.meteo.noa.gr/>
- <http://www.dimosalmopias.gov.gr/> - Ανακτήθηκε στις 6/11/2018
- <http://www.loutrapozar.net/almopia.aspx/> - Ανακτήθηκε στις 6/11/2018

