

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΠΕΛΑΓΙΑ ΑΥΓΕΡΙΝΟΥ

ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΤΗΣ ΠΙΕΡΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ
ΝΟΜΟΥ ΚΑΒΑΛΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2016

ΠΕΛΑΓΙΑ ΑΥΓΕΡΙΝΟΥ

ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΤΗΣ ΠΙΕΡΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ
ΝΟΜΟΥ ΚΑΒΑΛΑΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας

Επιβλέπων Καθηγητής

Κωνσταντίνος Βουδούρης, Αναπληρωτής Καθηγητής

©Πελαγία Αυγερινού, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΤΗΣ ΠΙΕΡΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΝΟΜΟΥ ΚΑΒΑΛΑΣ

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

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

*Στον παππού μου
και στη γιαγιά μου*

Περιεχόμενα

Πρόλογος	VIII
Περίληψη	IX
Abstract.....	X
1. Γενικά στοιχεία της περιοχής έρευνας.....	1
1.1 Γεωγραφική θέση της περιοχής έρευνας	1
1.2 Πληθυσμιακά στοιχεία.....	3
1.3 Υδρογραφικό δίκτυο	3
2. Γεωλογία	5
2.1 Γεωτεκτονική θέση.....	5
2.2 Στοιχεία γενικής γεωλογίας.....	6
2.3 Στρωματογραφική διάρθρωση.....	7
2.3.1 Σχιστογενευσιακή σειρά.....	8
2.3.2 Σειρά μαρμάρων.....	8
2.3.4 Πλειοκαινικοί – Τεταρτογενείς σχηματισμοί.....	11
2.3.4.1 Ολοκαινικές αποθέσεις.....	11
2.4 Τεκτονική	12
3. Υδρογεωλογικές συνθήκες	13
4. Πιεζομετρικές συνθήκες	19
4.1 Πιεζομετρικές συνθήκες κατά την περίοδο 2013 – 2015	19
4.1.1 Πιεζομετρική κατάσταση για το υδρολογικό έτος 2012 - 2013	19
4.1.1.1 Πιεζομετρική κατάσταση του χειμερινού εξαμήνου του υδρολογικού έτους 2012 – 2013	19
4.1.1.2 Πιεζομετρική κατάσταση του εαρινού εξαμήνου του υδρολογικού έτους 2012 – 2013	22
4.1.2 Πιεζομετρική κατάσταση για το υδρολογικό έτος 2013 - 2014	24
4.1.2.1 Πιεζομετρική κατάσταση του χειμερινού εξαμήνου του υδρολογικού έτους 2013 – 2014	24
4.1.2.2 Πιεζομετρική κατάσταση του εαρινού εξαμήνου του υδρολογικού έτους 2013 – 2014	26
4.1.3 Πιεζομετρική κατάσταση για το υδρολογικό έτος 2014 – 2015.....	28
4.1.3.1 Πιεζομετρική κατάσταση του χειμερινού εξαμήνου του υδρολογικού έτους 2014 – 2015	28
4.1.3.2 Πιεζομετρική κατάσταση του εαρινού εξαμήνου του υδρολογικού έτους 2014 – 2015	31

4.2 Διαφορά πιεζομετρίας για την περίοδο 2007 – 2015	33
5. Προσδιορισμός υδραυλικής αγωγιμότητας k	38
6. Προσδιορισμός της υδραυλικής κλίσης i	42
6.1 Προσδιορισμός των τιμών των υδραυλικών κλίσεων για την περίοδο 2013 – 2015	42
6.2 Παρατηρήσεις.....	47
7. Συμπεράσματα	51
8. Βιβλιογραφία	54

Πρόλογος

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους τους ανθρώπους που συνέβαλλαν στην εκπόνηση αυτής.

Πρώτα από όλους, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη, Αναπληρωτή καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ. για την ανάθεση και την καθοδήγηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Τριαντάφυλλο Κακλή, Δρ. Γεωλόγο, ΕΔΙΠ του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ. για τη βοήθεια του, τις επισημάνσεις του και την άψογη συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστώ τον κ. Γεώργιο Κασσιάρα, Ηλεκτρολόγο και τον κ. Κυριάκο Ρογκοκό, Υπάλληλο του Τ.Ο.Ε.Β. Πιερίας λεκάνης, για την παροχή πληροφοριών και γεωλογικών τομών των γεωτρήσεων στην περιοχή έρευνας.

Ευχαριστώ τον κ. Ιωάννη Μερτζανίδη, Δρ. Γεωλόγο της νομαρχίας Καβάλας για την παροχή πληροφοριών.

Τέλος, ένα θερμό ευχαριστώ στην οικογένειά μου για όλη τη βοήθεια και την υποστήριξη που μου προσέφεραν.

Περίληψη

Πιεζομετρική κατάσταση και εκτίμηση των υδραυλικών χαρακτηριστικών των υπόγειων υδροφορέων της Πιερίας λεκάνης νομού Καβάλας

Πελαγία Αυγερινού

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εκτίμηση της πιεζομετρικής κατάστασης και των υδραυλικών χαρακτηριστικών των υδροφορέων της Πιερίας λεκάνης του νομού Καβάλας.

Η Πιερία λεκάνη βρίσκεται στο ΝΔ τμήμα του νομού Καβάλας και εκτείνεται επί των νότιων κλιτύων του Παγγαίου όρους και των βόρειων κλιτύων του όρους Συμβόλου. Γεωλογικά, η περιοχή έρευνας ανήκει στη Μάζα της Ροδόπης και, συγκεκριμένα, στην Ενότητα του Παγγαίου. Η έρευνα της παρούσας εργασίας επικεντρώθηκε στο πεδινό τμήμα της λεκάνης, όπου έχουν ανορυχθεί οι περισσότερες γεωτρήσεις και καλύπτεται από Τεταρτογενείς σχηματισμούς.

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία και δεδομένα για την περίοδο των ετών 2007 – 2015 από οργανισμούς του νομού Καβάλας (Τ.Ο.Ε.Β.) και από εργασίες για την περιοχή (μελέτες, διδακτορικές διατριβές). Για την εκτίμηση της πιεζομετρίας, στα πλαίσια της εργασίας αυτής πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στάθμης σε γεωτρήσεις στην περιοχή έρευνας, δύο φορές κατά το έτος 2015 (Απρίλιο – Οκτώβριο).

Για την ψηφιοποίηση, επεξεργασία και ανάλυση όλων των παραπάνω μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν τα εξής λογισμικά:

- Aquaveo, Groundwater Modeling System (GMS) version 10.1.3, trial version
- Esri, ArcMap version 10.1
- Golden Software, Surfer version 11.6
- Microsoft Office Professional Plus 2013.

Λέξεις – κλειδιά: Πιεζομετρία, Πιερία, Καβάλα, Υδραυλικές παράμετροι, Υπόγειοι υδροφορείς

Abstract

Piezometric conditions and assessment of the hydraulic parameters of the aquifers of Pieria basin of Prefecture of Kavala

Pelagia Avgerinou

The subject of this bachelor's thesis is the assessment of the piezometric conditions and hydraulic parameters of the aquifers in Pieria basin which is located at Prefecture of Kavala, Macedonia, Greece.

The Pieria drainage basin overlays the SW part of the Prefecture of Kavala and extends on the south slopes of Panggaion Mountain and on the north slopes of the Symbolon Mountain. The research area, geologically, is part of the Rhodope Massif and, in particular, of the Panggaion Unit. The research for this thesis was focused on the lowland area of the basin, where most wells and boreholes are drilled. This area is covered by Quaternary formations.

The data and measurements for the period of years 2007 – 2015 used for the elaboration of this thesis were gathered by organizations of Prefecture of Kavala and by papers focused on the research area (studies, doctoral dissertations). For the assessment of the piezometric surface, in the context of this thesis, were performed measurements of the drawdown in each borehole of the research area, twice in the year of 2015.

The above data and measurements were processed and digitized by the following softwares:

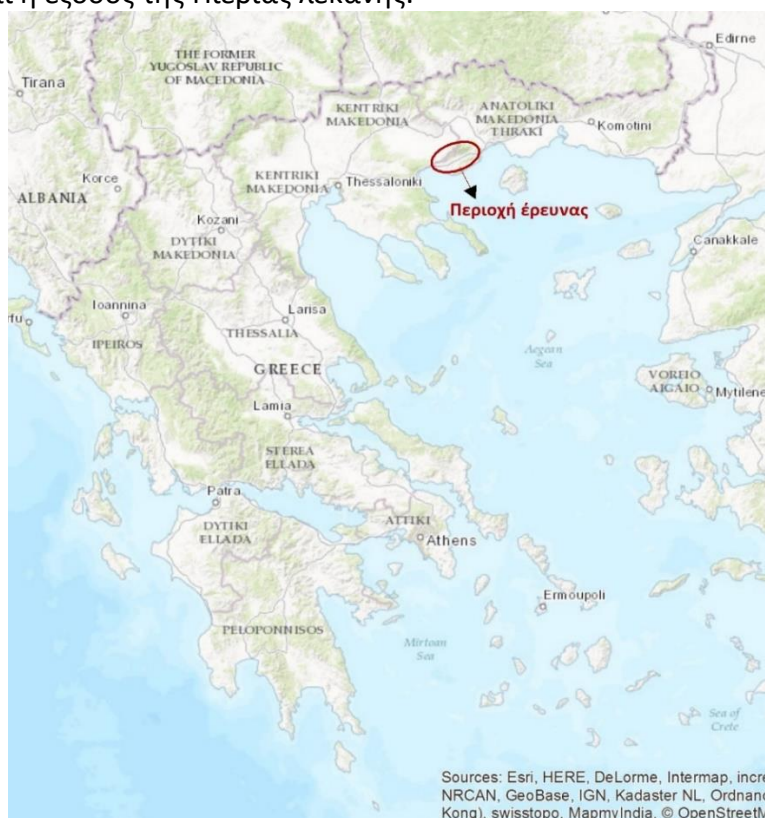
- Aquaveo, Groundwater Modeling System (GMS) version 10.1.3, trial version
- Esri, ArcMap version 10.1
- Golden Software, Surfer version 11.6
- Microsoft Office Professional Plus 2013.

Keywords: Piezometric, Pieria, Kavala, hydraulic parameters, groundwater aquifers

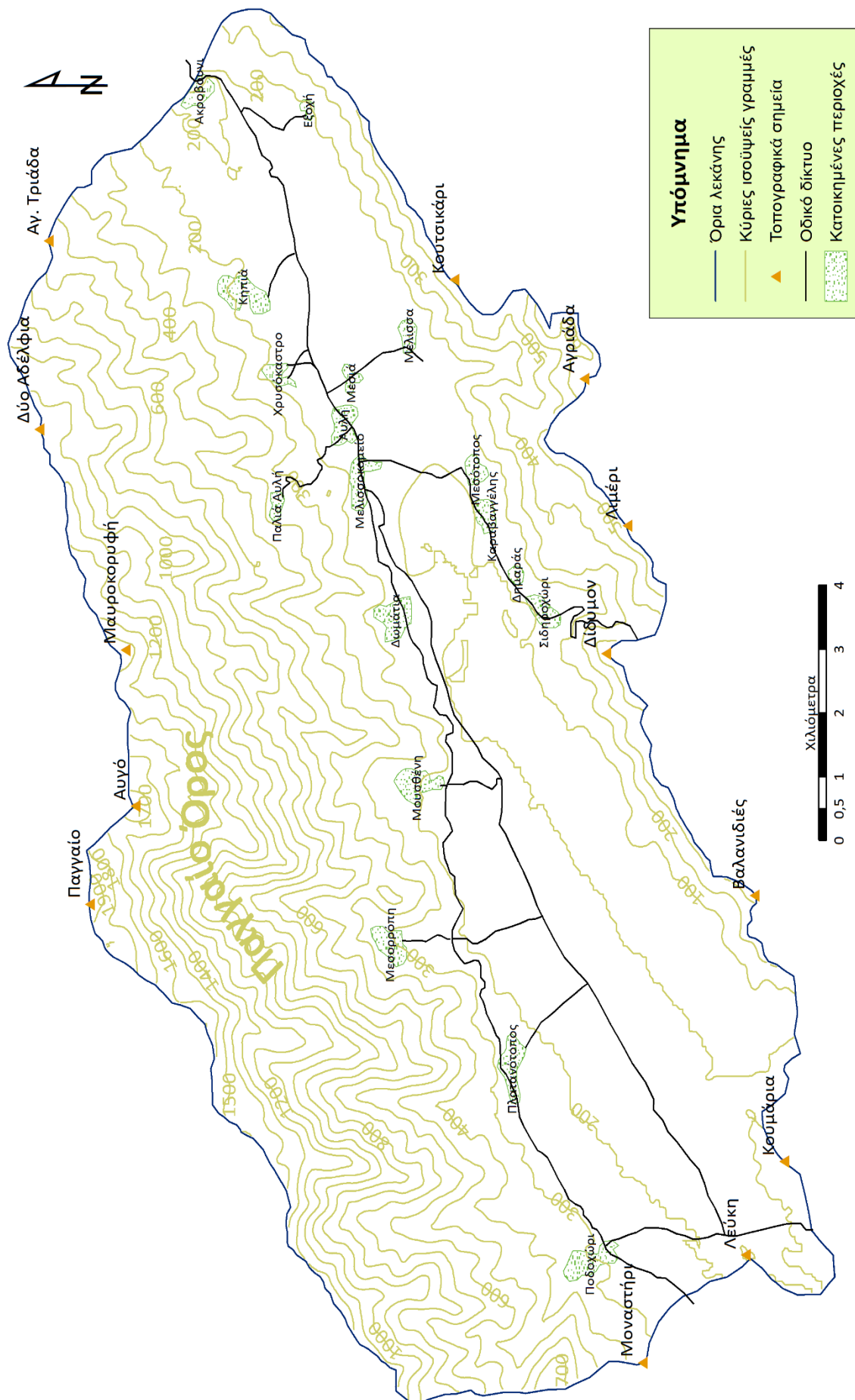
1. Γενικά στοιχεία της περιοχής έρευνας

1.1 Γεωγραφική θέση της περιοχής έρευνας

Η Πιερία λεκάνη ανήκει γεωγραφικά στο νομό Καβάλας. Εκτείνεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του νομού, δυτικά της πόλης της Καβάλας (Σχήμα 1.1). Η περιοχή έρευνας καλύπτει μεγάλο μέρος της λεκάνης και, συγκεκριμένα, το πεδινό και ημιορεινό-ορεινό τμήμα της. Το σχήμα της περιοχής είναι περίπου ελλειψοειδές κι έχει μέγιστο μήκος 21,1 km και μέγιστο πλάτος 12,7 km. Οριοθετείται βόρεια από το Παγγαίο όρος και νότια από το όρος Σύμβολο. Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.2, στο βόρειο όριο της περιοχής έρευνας βρίσκονται οι κορυφές της ορεινής μάζας του Παγγαίου, όπως Παγγαίο (1956 m), Αυγό (1835 m), Μαυροκορυφή (1475 m), Δύο Αδέλφια (1097 m), και Αγία Τριάδα (610 m). Ανατολικά εκτείνεται έως την περιοχή της Ελευθερούπολης στο ύψος του Ακροβουνίου, ενώ νότια και νοτιοδυτικά βρίσκονται οι κορυφές του όρους Συμβόλου, οι οποίες είναι Κουτσικάρι (514 m), Αγριάδα (693 m), Λιμέρι (603 m), Δίδυμον (454 m), Βαλανιδιές (358 m) και Κουμάρια (303 m). Τέλος, στο δυτικό όριο βρίσκεται ο λόφος Λεύκη (207 m) του όρους Συμβόλου και ο λόφος Μοναστήρι (385 m) του Παγγαίου όρους, όπου βρίσκεται και η έξοδος της Πιερίας λεκάνης.



Σχήμα 1.1 Γεωγραφική θέση της περιοχής έρευνας (Πηγή Esri ArcMap, τροποποιημένο)



Σχήμα 1.2 Τοπογραφικά σημεία που οριοθετούν την Πιερία λεκάνη

1.2 Πληθυσμιακά στοιχεία

Η περιοχή έρευνας χωροταξικά ανήκει στο Δήμο Παγγαίου και, πιο συγκεκριμένα, στις επιμέρους δημοτικές ενότητες Ελευθερούπολης, Ορφανού και Πιερρών, οι οποίες υποδιαιρούνται στις τοπικές κοινότητες, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.1. Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής καταλαμβάνει η ενότητα Πιερρών, εκτεινόμενη κυρίως στις παρυφές του Παγγαίου όρους και λιγότερο στου όρους Συμβόλου. Μικρότερο μέρος της περιοχής έρευνας καταλαμβάνουν οι ενότητες Ορφανού και Ελευθερούπολης. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ο πληθυσμός της περιοχής έρευνας ανέρχεται σε 5.393 κατοίκους.

Πίνακας 1.1 Τοπικές ενότητες που βρίσκονται στην περιοχή έρευνας (ΕΛΣΤΑΤ, Απογραφή 2011)

Δήμος Παγγαίου			
Δημοτική Ενότητα	Ελευθερού-πολης	Πιερρών	Ορφανού
Τοπική κοινότητα	Ακροβούνι	Αυλή	Ποδοχώρι
	Κηπία	Παλιά Αυλή	
	Χρυσόκαστρο	Δωμάτια	
	Εξοχή	Μελισσοκομείο	
		Πυργοχώρι	
		Μέλισσα	
		Μεσιά	
		Μεσορρόπη	
		Μουσθένη	
		Πλατανότοπος	
		Καραβαγγέλης	
		Σιδηροχώρι	

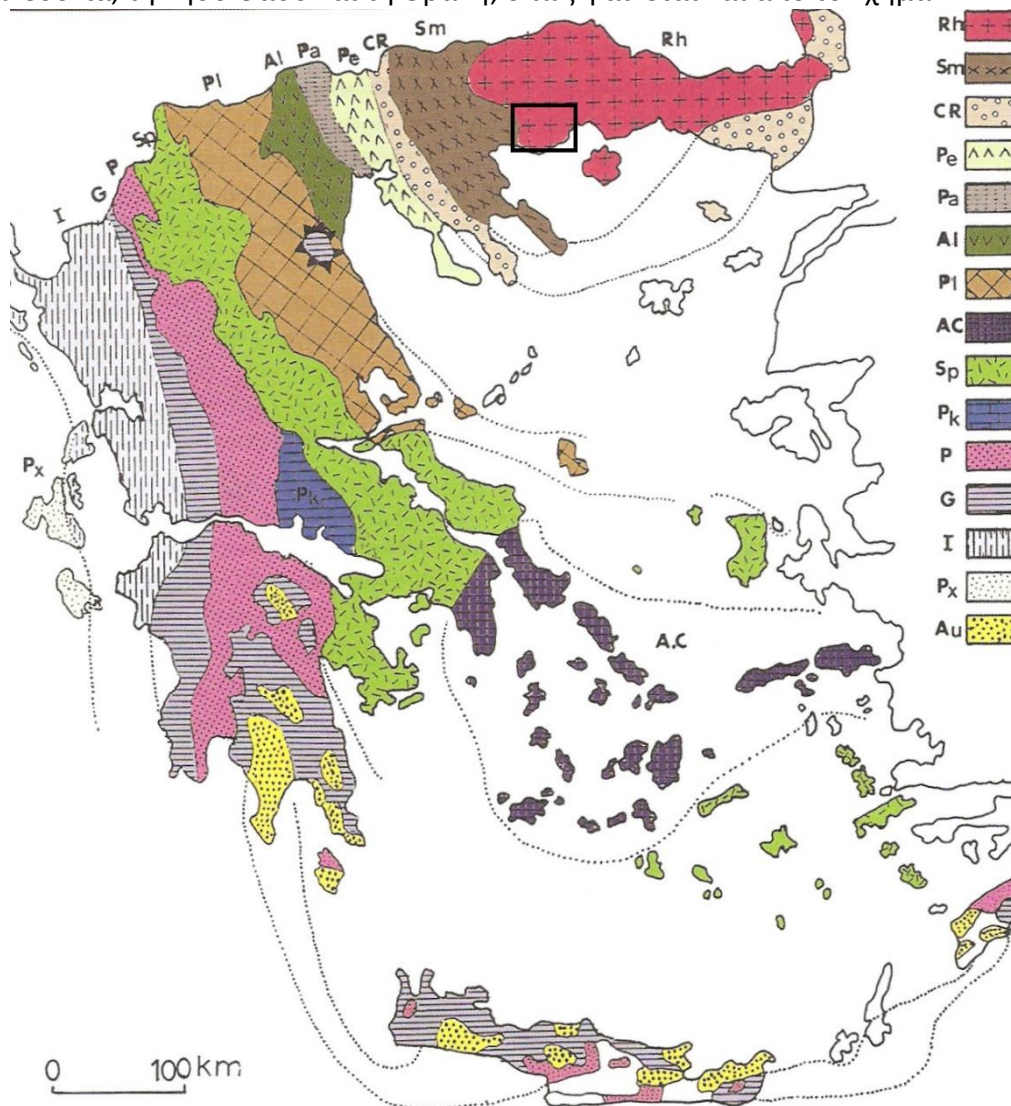
1.3 Υδρογραφικό δίκτυο

Η λεκάνη διαθέτει πολύ καλά ανεπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο, του οποίου η μορφή μεταβάλλεται μέσα στην έκταση της λεκάνης, από δενδριτικής μορφής έως υποπαράλληλο κατά θέσεις (Κακλής, 2011). Ο κύριος ποταμός που διαρρέει τη λεκάνη είναι ο Μαρμαράς, όπως φαίνεται από το Σχήμα 1.3, ο οποίος διακρίνεται από μόνιμη ροή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η κύρια διεύθυνση ροής που ακολουθεί μέσα στη λεκάνη είναι ΒΑ – ΝΔ. Η λεκάνη αποστραγγίζεται από τους χειμάρρους των Δωματίων, της Μουσθένης, της Μεσορρόπης, του Πλατανότοπου και του Ποδοχωρίου, οι οποίοι πηγάζουν από το Παγγαίο όρος, καθώς και από χειμάρρους, που πηγάζουν από όρος Σύμβολο. Όλοι οι παραπάνω χείμαρροι τροφοδοτούν τον ποταμό Μαρμαρά, ο οποίος εκβάλλει στο Στρυμονικό κόλπο, στο ύψος των Λουτρών Ελευθερών.

2. Γεωλογία

2.1 Γεωτεκτονική θέση

Η περιοχή έρευνας ανήκει στην Ελληνική Ενδοχώρα, στη γεωτεκτονική ζώνη της Μάζας της Ροδόπης και, συγκεκριμένα, στην ενότητα Παγγαίου. Η Μάζα της Ροδόπης εκτείνεται από τη γραμμή του ποταμού Στρυμόνα, η οποία αποτελεί το δυτικό όριο της Ροδόπης με τη Σερβομακεδονική μάζα και καλύπτει την Ανατολική Μακεδονία, τη νήσο Θάσο και τη Θράκη, όπως φαίνεται και από το Σχήμα 2.1.

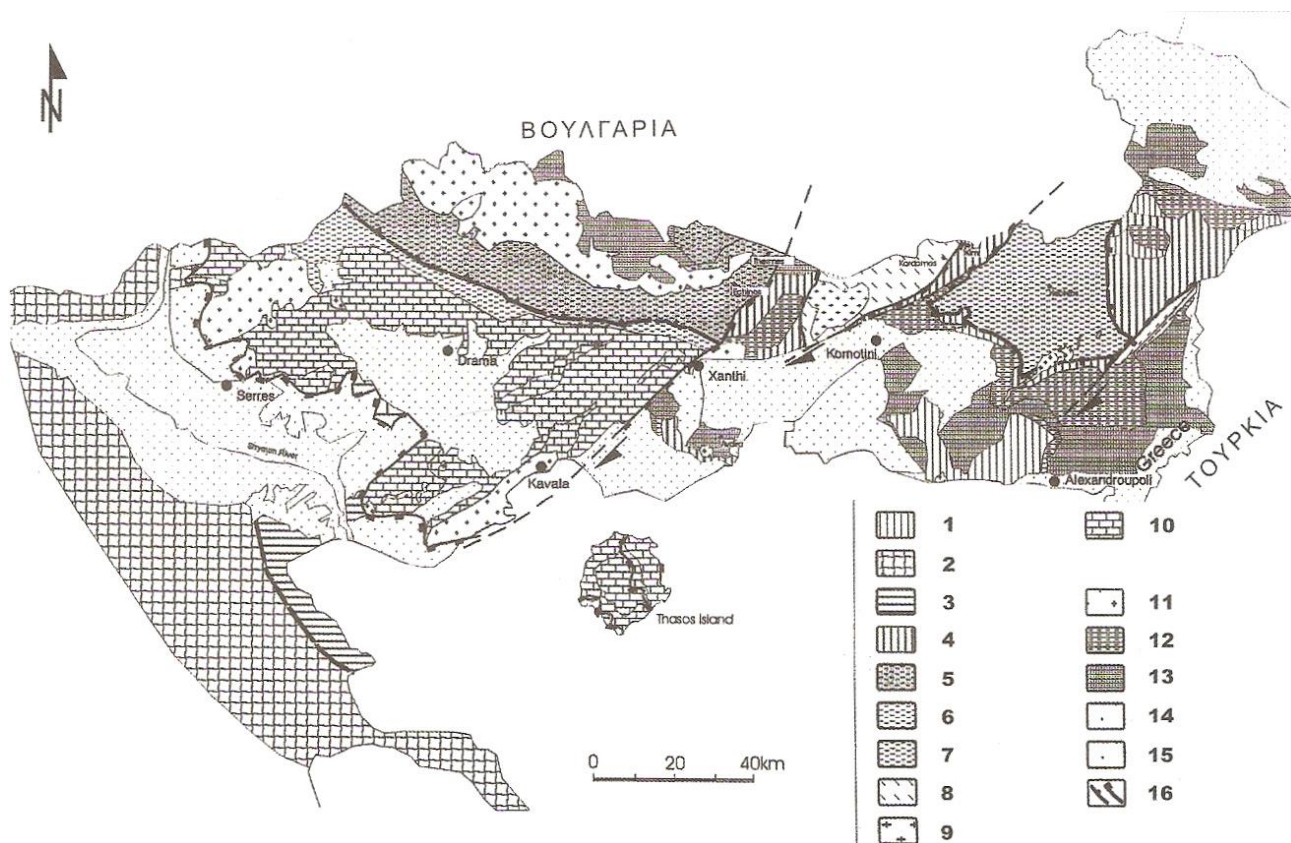


Σχήμα 2.1 Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών, όπου Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιοδοπική ζώνη, (Pe: Υποζώνη Παιονίας, Pa, Υποζώνη Πάικου, Al: Υποζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, Pl: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικοκυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης, I: Ιόνιος ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπουλία, Au: Ενότητα «Πλακώδεις ασβεστόλιθοι-Ταλέα Όρη» πιθανόν της Ιονίου ζώνης (Mountrakis et al 1983, Μουντράκης, 2010).

Η Μάζα της Ροδόπης κατά Kober (1931) χαρακτηρίζεται ως «Μεσαία ή Μεσόρειος Οροσειρά» (Zwischengebirge) του Αλπικού ορογενετικού συστήματος μεταξύ των Βαλκανίδων και των Ελληνίδων. Ο Brunh (1964) δέχεται τη Μάζα της Ροδόπης ως έναν ενδιάμεσο κλάδο, που βρίσκεται σε μια ενδιάμεση θέση μεταξύ του κλάδου Καρπαθο–Βαλκανίδων από τα βορειοανατολικά και του κλάδου Διναρίδων – Ελληνίδων από τα νοτιοανατολικά (Eleftheriadis & Koroneos, 2003). Παρά το διχασμό των απόψεων σχετικά με το χαρακτηρισμό της Μάζας της Ροδόπης ως ενδιάμεση μάζα ή ενδιάμεσο κλάδο του Αλπικού ορογενετικού συστήματος, γίνεται κοινά αποδεκτή η ονομασία κατά Dimitron (1951) ως «Μάζα της Ρίλα-Ροδόπης» από τις ομώνυμες οροσειρές της Βουλγαρίας και της Ελλάδας, αντίστοιχα (Μουντράκης, 2010). Σύμφωνα με τις απόψεις της Νέας Παγκόσμιας Τεκτονικής, γίνεται καθολικά αποδεκτό ότι ο γεωτεκτονικός χαρακτήρας της Ροδόπης είναι καθαρά ηπειρωτικός και η προέλευση της μάζας θεωρείται είτε από την πλάκα της Ευρασίας είτε από Κιμμερικά τεμάχια της Γκοντβάνα που ενσωματώθηκαν στην Ευρασία (Μουντράκης, 2010).

2.2 Στοιχεία γενικής γεωλογίας

Η Μάζα της Ροδόπης δομείται από το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο και πυριγενή σώματα. Το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο αποτελείται κυρίως από χαμηλού έως μέτριου βαθμού μεταμόρφωσης πετρώματα, όπως γνευσίους, μαρμαρυγιακούς ασβεστόλιθους, αμφιβολίτες (Eleftheriadis & Koroneos, 2003). Αυτά τα πετρώματα αποτελούν ένα πολύπλοκο Παλαιοζωικό τεκτονικό σύμπλεγμα με ετερογενή λιθολογική σύνθεση, το οποίο θεωρείται ότι παρέμεινε σταθερό κατά την Αλπική παραμόρφωση (Φαλαλάκης, 2004). Παρ' όλα αυτά, περεταίρω μελέτες για τη Μάζα της Ροδόπης υπέδειξαν ότι επαναδραστηριοποιήθηκε τεκτονικά κατά την Αλπική ορογένεση (Paranikolaou & Panagoroulos 1981, Liati 1986, Kiliass & Mountrakis 1990, Burg et al. 1990) και ότι τα μεταμορφωμένα πετρώματα του υποβάθρου της υπέστησαν μεταμόρφωση και πτύχωση κατά την Αλπική ορογένεση. Η Μάζα της Ροδόπης, σύμφωνα με τις έρευνες των Paranikolaou & Panagoroulou (1981), διαιρείται τεκτονικά σε δύο ενότητες, στην «ενότητα του Παγγαίου», στην οποία ανήκει και η περιοχή έρευνας και καλύπτει τη δυτική και νοτιοδυτική Ροδόπη και στην τεκτονικά ανώτερη «ενότητα του Σιδηρόνερου», η οποία εκτείνεται κατά μήκος των ελληνοβουλγαρικών συνόρων (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2 Χάρτης με τις επιμέρους ενότητες πετρωμάτων της Ροδόπης, όπου 1: Σχηματισμοί της Περιοδοπικής ζώνης στην περιοχή Αλεξανδρούπολης – Έβρου, 2 και 3: Ενότητες Βερτίσκου και Κερδυλλίων της Σερβομακεδονικής Μάζας, 4: Ενότητα Κίμης, 5 και 6: κυρίως Ενότητα Σιδηρόνερου, 7: Ενότητα Κέχρου, 8: Ενότητα Καρδάμου, 9: Συμπτυχωμένα πυριγενή πετρώματα στην ενότητα Καρδάμου, 10: Ενότητα Παγγαίου, 11: Γρανίτες 38-23 Ma, 12 και 13: Μολασσικά ιζήματα Ανωτέρου – Ηωκαίνου – Ολιγοκαίνου, 14: Μειοκαινικά ιζήματα, 15: Ιζήματα Πλειο-Πλειστοκαίνου, 16: Μεγάλες ρηξιγενείς γραμμές (συμπιεστικές – εφελκυστικές) (Mroskos & Krohe, 2000, Μουντράκης, 2010).

2.3 Στρωματογραφική διάρθρωση

Η πρώτη στρωματογραφική μελέτη στο σύνολο της Μάζας της Ροδόπης έγινε από τον Oswald (1938) και διαίρεσε το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρό της σε τέσσερις σειρές, οι οποίες, όπως αναφέρονται και κατά τον Μουντράκη (2010), με αύξουσα σειρά ηλικίας και από τους βαθύτερους προς τους ανώτερους ορίζοντες, είναι οι εξής:

- Σειρά E των γνευσίων της βάσης
- Σειρά F των μαρμάρων
- Σειρά G των μαρμαρυγιακών σχιστολίθων
- Σειρά H των σχιστολίθων και των μαρμάρων.

Σύμφωνα με τον Oswald (1938) τα παραπάνω πετρώματα έχουν ηλικία από Προκάμβριο έως Κάτω Παλαιοζωϊκό.

Μια άλλη διαίρεση της ενότητας του Παγγαίου που προτάθηκε από το Schenck (1970) διακρίνει τους εξής τρεις ορίζοντες (Eleftheriadis & Koroneos, 2003):

- Μια κατώτερη σειρά από εναλλαγές γνευσίων και σχιστολίθων
- Μια ενδιάμεση σειρά από έντονες εναλλαγές στρωμάτων μαρμάρων, γνευσίων και αμφιβολιτών
- Μια ανώτερη σειρά μεγάλου πάχους μαρμάρων.

Η Πιερία λεκάνη, όπως φαίνεται και από το φύλλο Νικήσιανη – Λουτρών Ελευθερών (Kromberg 1962-64 και Schenck 1969-70) του γεωλογικού χάρτη της Ελλάδας με κλίμακα 1:50.000 (Ι.Γ.Μ.Ε. 1974) (Σχήμα 2.3), αποτελείται από μάρμαρα (Mr), μάρμαρα και μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους (Mr.sch), πρασινοσχιστόλιθους και αμφιβολίτες (gsch), μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους (msch), γνεύσιους και γνευσιακούς σχιστόλιθους (gn). Η στρωματογραφική διάρθρωση της Πιερίας λεκάνης, σε γενικές γραμμές, ακολουθεί τις παραπάνω κατατάξεις κατά Oswald (1938) και Schenck (1970). Επομένως, στην περιοχή έρευνας μπορούμε να διακρίνουμε δύο σειρές πετρωμάτων σύμφωνα με τους σχηματισμούς που συναντάμε, τη σχιστογνευσιακή σειρά και τη σειρά των μαρμάρων.

2.3.1 Σχιστογνευσιακή σειρά

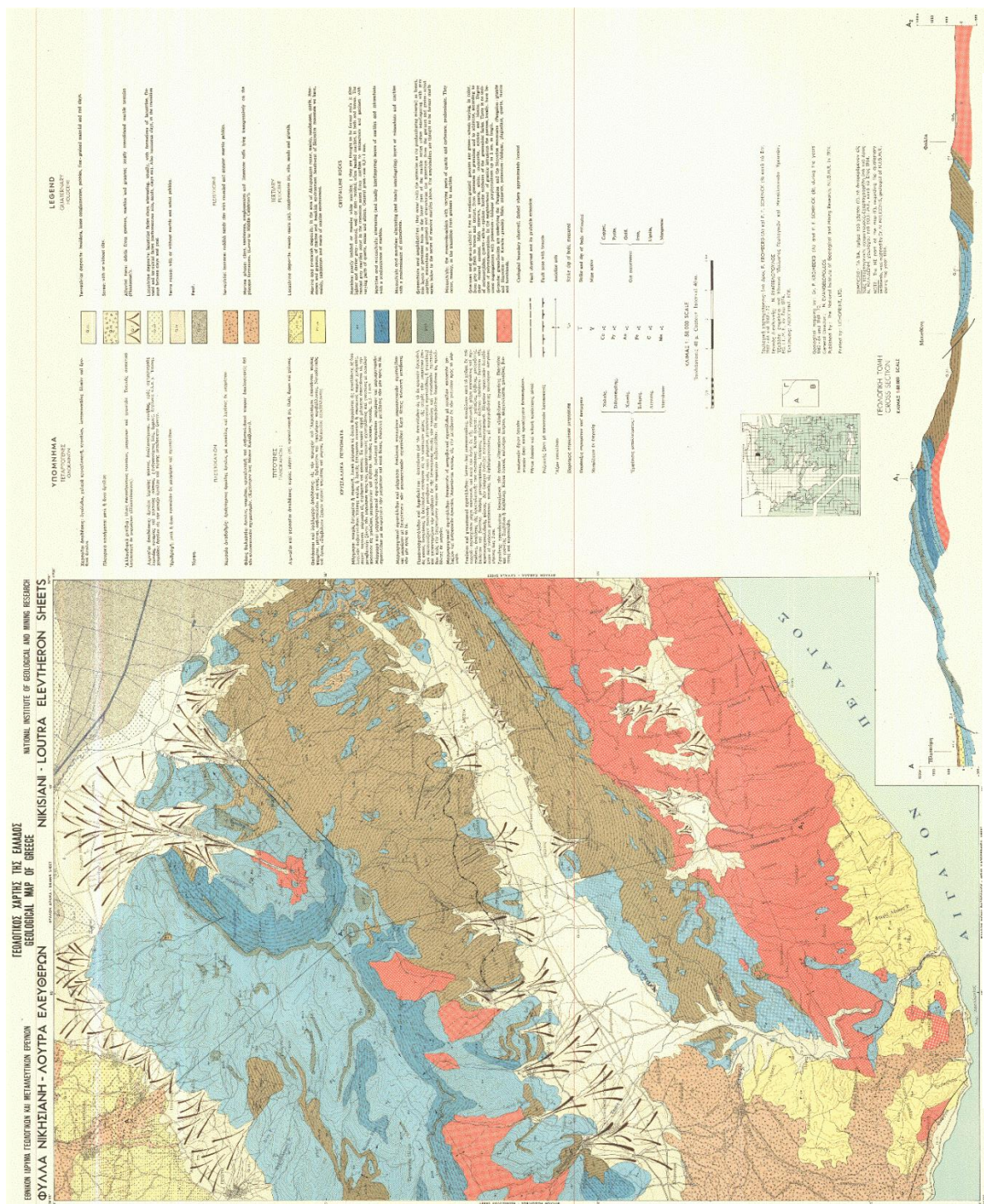
Η σειρά αυτή περιλαμβάνει τους γνεύσιους, τους γνευσιακούς σχιστόλιθους, τους πρασινοσχιστόλιθους και τους αμφιβολίτες, που βρίσκονται κυρίως στη βάση της σειράς, καθώς και τους μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, που βρίσκονται σε ανώτερα σημεία. Η σειρά αυτή αποτελεί το όριο με την ανώτερη σειρά των μαρμάρων, διότι στα ανώτερα σημεία συναντώνται εναλλαγές μαρμαρυγιακών σχιστολίθων με μάρμαρα και πλευρικές μεταβάσεις, με την επικράτηση όμως των πρώτων.

Η σχιστογνευσιακή σειρά καλύπτει το ανατολικό τμήμα της λεκάνης και, συγκεκριμένα, τα μεταμορφωμένα πετρώματα της σειράς εκτείνονται στις νότιες και νοτιοανατολικές κλιτύες του Παγγαίου όρους και στις βόρειες και βορειοανατολικές κλιτύες του όρους Συμβόλου. Σε αυτές τις θέσεις επικρατούν κυρίως οι γνεύσιοι και οι γνευσιακοί σχιστόλιθοι με μαζώδη μορφή μεγάλων όγκων και ως στρώματα. Οι γνεύσιοι της σειράς αυτής χαρακτηρίζονται ως παραγνεύσιοι (Κακλής, 2011).

Σε ανώτερα τμήματα της σχιστογνευσιακής σειράς συναντώνται κατά θέσεις αμφιβολίτες με τη μορφή φακοειδών σωμάτων και ενστρώσεων μεταξύ μαρμάρων, καθώς μεταβαίνουν στην ανώτερη σειρά των μαρμάρων.

2.3.2 Σειρά μαρμάρων

Η σειρά αυτή αποτελείται μόνο από μάρμαρα. Στα κατώτερα σημεία της συναντώνται εναλλαγές μαρμάρων με μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και γνεύσιους, που δηλώνουν το όριο της ανώτερης αυτής σειράς με την υποκείμενη σχιστογνευσιακή σειρά. Στα ανώτερα σημεία της σειράς συναντάται μια παχιά σειρά συμπαγών μαρμάρων, η οποία υπέρκειται των κατώτερων εναλλαγών μαρμάρων



Σχήμα 2.3 Φύλλο Νικήσιανη – Λουτρών Ελευθερών (Kromberg 1962-64 και Schenck 1969-70) του γεωλογικού χάρτη της Ελλάδας με κλίμακα 1:50.000 (Ι.Γ.Μ.Ε. 1974)

και σχιστολίθων και τα μάρμαρα αυτά χαρακτηρίζονται ως «Μάρμαρα του Φαλακρού» («Boz-Dag») (Tranos & Eleftheriadis & Kiliyas, 2009, Φαλαλάκης, 2004).

Τα μάρμαρα της περιοχής δεν εμφανίζουν στρώση, καθώς πρόκειται για μαζώδη ανακρυσταλλωμένα μάρμαρα με έντονη τεκτονική υφή (Φαλαλάκης, 2004). Στα ανώτερα σημεία κυρίως εμφανίζονται λευκά και καθαρά μάρμαρα, που δηλώνουν συνθήκες ανθρακικής νηριτικής ιζηματογένεσης. Σε κατώτερα σημεία της σειράς, όπου εναλλάσσονται με μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και γνεύσιους, αποκτούν τεφρά χρώματα, ενώ όπου εναλλάσσονται με αμφιβολίτες, αποκτούν σκουρότεφρα χρώματα (Κακλής, 2011).

Οι πιο εκτεταμένες εμφανίσεις των μαρμάρων βρίσκονται στο δυτικό τμήμα της λεκάνης. Καλύπτουν το δυτικό νοτιοδυτικό τμήμα του Παγγαίου όρους και το βορειοδυτικό τμήμα του όρους Συμβόλου. Στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης οι εμφανίσεις των μαρμάρων είναι μικρότερες και παρεμβάλλονται μεταξύ των γνευσίων σε υψηλότερα σημεία.

2.3.3 Πυριγενή πετρώματα

Τα πυριγενή σώματα που συναντούνται στη μάζα της Ροδόπης είναι πλουτωνικά και ηφαιστειακά. Στην περιοχή έρευνας υπάρχουν μόνο πλουτωνικοί όγκοι που έχουν διεισδύσει στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Ροδόπης, ενώ απουσιάζουν τα ηφαιστειακά πετρώματα. Πρόκειται κυρίως για γρανίτες, γρανοδιορίτες, μονζονίτες, τοναλίτες και διορίτες (Μουντράκης, 2010) ή, γενικά, για γρανιτοειδή Τριτογενούς ηλικίας (Ηώκαινο έως Μειόκαινο). Αυτά τα γρανιτοειδή εμφανίζονται με τη μορφή σχετικά μικρών διαπυρικών όγκων μέσα στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα, μεταξύ των οποίων οι πιο σημαντικοί είναι, από ΝΔ προς ΒΑ, της Μεσολακκιάς, του Ποδοχωρίου, της Μεσορρόπης (δύο εμφανίσεις) και της Νικήσιανης (Eleftheriadis & Koroneos, 2003).

Τα γρανιτοειδή του Παγγαίου μπορούν να διακριθούν σε δύο ομάδες, (α) σε εκείνα που τοποθετήθηκαν κατά το Μέσο – Άνω Ολιγόκαινο σε ανώτερα σημεία και χαρακτηρίζονται από την παρουσία Skarn και την απουσία πλαστικής παραμόρφωσης και (β) σε εκείνα που τοποθετήθηκαν κατά το Κάτω – Μέσο Μειόκαινο σε βαθύτερα σημεία και χαρακτηρίζονται από εμφανή πλαστική παραμόρφωση και απουσία φαινομένων μεταμόρφωσης επαφής (Tranos & Eleftheriadis & Kiliyas, 2009). Τα γρανιτοειδή του όρους Συμβόλου αποτελούν εμφανίσεις την ενιαίας μάζας του πλουτωνίτη της Καβάλας (Συμβόλου). Όλα αυτά τα γρανιτοειδή εμφανίζουν γενική διεύθυνση ανάπτυξης ΒΑ - ΝΔ, καθώς τα γρανιτοειδή του Παγγαίου τοποθετήθηκαν με την τεκτονική επίδραση κατά το σχηματισμό του Παγγαίου όρους (Κακλής, 2011) και τα γρανιτοειδή του Συμβόλου ακολουθούν τη διεύθυνση ανάπτυξης του πλουτωνίτη της Καβάλας.

2.3.4 Πλειοκαινικοί – Τεταρτογενείς σχηματισμοί

Οι Πλειοκαινικές – Πλειστοκαινικές αποθέσεις εμφανίζονται νοτιοδυτικά της λεκάνης ακολουθώντας την πορεία του Μαρμαρά ποταμού προς την έξοδό της. Οι αποθέσεις αυτές καλύπτουν το λοφώδες τμήμα της λεκάνης και, συγκεκριμένα, τα χωριά Γαληψό, Κάρυα και Οφρύνιο, τα οποία βρίσκονται δυτικότερα, εκτός της περιοχής έρευνας. Τα Πλειοκαινικά ιζήματα δεν εμφανίζονται επιφανειακά σε όλη την περιοχή έρευνας, γεγονός που δηλώνει ότι, πιθανώς, καλύφθηκαν από τους νεότερους Τεταρτογενείς σχηματισμούς. Πρόκειται για θαλάσσιες και υφάλμυρες αποθέσεις. Στην περιοχή έρευνας, κυρίως στα νοτιοδυτικά του όρους Συμβόλου, τα ιζήματα αυτά αποτελούνται από ψαμμίτες και μάργες θαλάσσιου περιβάλλοντος. Οι αποθέσεις υφάλμυρης φάσης είναι ενδεικτικές της φάσης της χέρσευσης, όμως δεν υπάρχει παρουσία τέτοιων στρωμάτων στην περιοχή.

Τα Πλειστοκαινικά ιζήματα εμφανίζονται επίσης, μόνο στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης, ενώ απουσιάζουν από το ανατολικό της τμήμα. Αυτή η διακοπή είναι πιθανό να οφείλεται στη δράση ενός κανονικού μεταπτωτικού ρήγματος διεύθυνσης ΒΒΔ – ΝΝΑ στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης (Κακλής, 2011). Αυτά τα ιζήματα είναι θαλάσσιας φάσης και αποτελούνται από ψαμμίτες, αργίλους, κροκαλοπαγή και ασβεστολιθικούς τόφφους. Τα κροκαλοπαγή δημιουργούνται από τη δράση των χειμάρρων που αποστραγγίζουν την Πιερία λεκάνη και αποτελούνται από τα πετρώματα της σχιστογενευσιακής σειράς και τη σειράς των μαρμάρων.

2.3.4.1 Ολοκαινικές αποθέσεις

Οι αποθέσεις αυτές αποτελούνται από χερσαίες αποθέσεις και από αλλουβιακά ριπίδια.

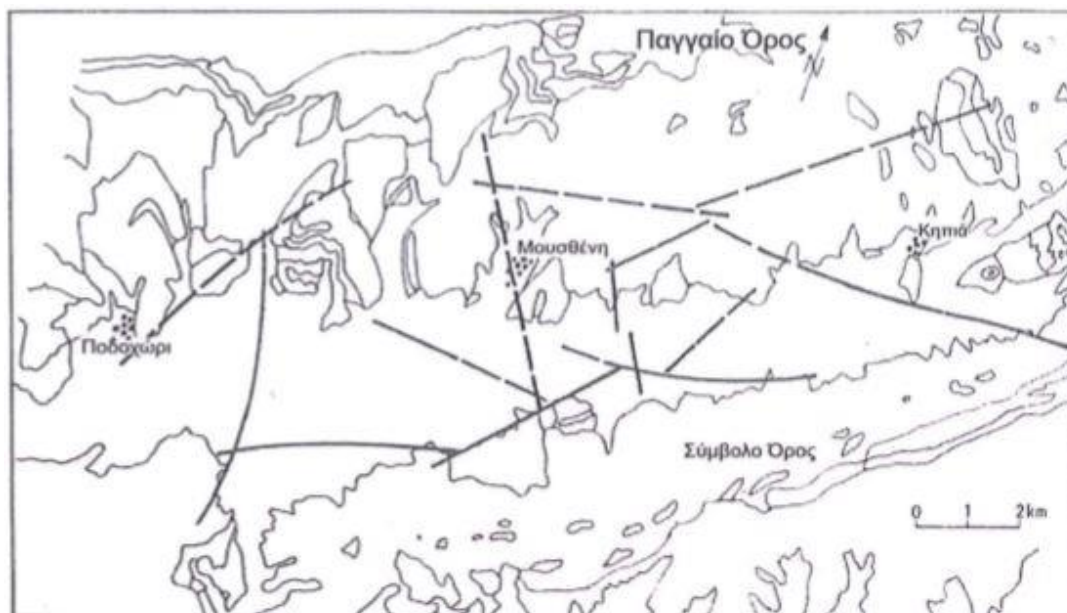
Οι χερσαίες αποθέσεις καλύπτουν σχεδόν εξ' ολοκλήρου το πεδινό τμήμα της λεκάνης. Αποτελούνται από χαλαρά κροκαλοπαγή, που εντοπίζονται κυρίως στα βόρεια και βορειοανατολικά τμήματα της λεκάνης στις εμφανίσεις των μαρμάρων του Παγγαίου. Ακόμη, αποτελούνται από ογκόλιθους και από λεπτόκοκκο υλικό, τα οποία οφείλονται στη διεργασία της μεταφοράς των πετρωμάτων της λεκάνης, που συντελείται με τη δράση των επιφανειακών νερών (Κακλής, 2011).

Ιδιαίτερα έντονες είναι οι εμφανίσεις των αλλουβιακών ριπιδίων στις παρυφές τόσο του Παγγαίου όρους όσο και του Συμβόλου όρους. Εκτείνονται σε όλο το μήκος των παρυφών του Παγγαίου, ενώ απουσιάζουν από τις δυτικές παρυφές του Συμβόλου. Πρόκειται για υλικά αποσαθρώσεως γνευσίων, μαρμάρων και γρανιτοειδών, τα οποία αποτέθηκαν με μεγάλη ένταση και ταχύτητα από υψηλότερα σημεία της λεκάνης με τη δράση των χειμάρρων. Μάλιστα, κατά θέσεις παρατηρούνται συμπαγοποιημένα λατυποπαγή μαρμάρων.

2.4 Τεκτονική

Η τεκτονική εξέλιξη της Μάζας της Ροδόπης ήταν ένα ζήτημα που απασχόλησε την επιστημονική κοινότητα, όμως γίνεται πλέον αποδεκτό ότι το κύριο τεκτονικό γεγονός ήταν εφελκυστική τεκτονική διεύθυνσης ΒΑ – ΝΔ, που έλαβε χώρα κατά το Κρητιδικό – Ηώκαινο, συνέβη σε πλαστικές συνθήκες και συνδέεται με κίνηση προς τα ΝΔ (Mountrakis, 1994). Η διαίρεση της Μάζας της Ροδόπης, σύμφωνα με τις έρευνες των Papanikolaou & Panagouros (1981) στην κατώτερη «ενότητα του Παγγαίου και στην τεκτονικά ανώτερη «ενότητα του Σιδηρόνερου», έγινε με βάση την ύπαρξη ενός ανάστροφου ρήγματος ΒΔ – ΝΑ διεύθυνσης (110°). Κατά Dinter (1998) η δημιουργία των γρανιτοειδών της Καβάλας (Συμβόλου) και του Παγγαίου συνδέονται επίσης, με την έκταση κατά τη διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ, η οποία συνδέεται με την ύπαρξη ενός ρήγματος αποκόλλησης ΒΔ – ΝΑ διεύθυνσης της κοιλάδας του Στρυμόνα (Tranos & Eleftheriadis & Kiliadis, 2009).

Το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της περιοχής κατά Kronberg (1969) και Δημόπουλο (1978) τέμνεται από δύο συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις ΒΑ – ΝΔ ($30^\circ - 50^\circ$) και ΒΔ – ΝΑ ($120^\circ - 130^\circ$). Αυτά τα δύο συστήματα έχουν επηρεάσει την τεκτονική όλης της λεκάνης και, συνεπώς, των υδροφόρων στρωμάτων, τα οποία αφορά η παρούσα μελέτη. Λόγω της ύπαρξης των τεταρτογενών αποθέσεων στο πεδινό κομμάτι της λεκάνης, είναι δύσκολος ο εντοπισμός και η έρευνα της συνέχειας αυτών των παλαιότερων ρηγμάτων μέσα στα νεότερα ιζήματα. Ύστερα από χαρτογράφηση από τους Dimoroulos (1986) και Κακλής (2011), διαπιστώθηκε πλήθος κανονικών ρηγμάτων με διευθύνσεις ΒΒΑ- ΝΝΔ και ΒΒΔ – ΝΝΑ έως ΒΔ – ΝΑ, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.4.



Σχήμα 2.4 Ρήγματα εντός της Πιερίας λεκάνης (Dimoroulos, 1986)

3. Υδρογεωλογικές συνθήκες

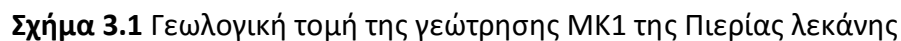
Οι υδρογεωλογικές συνθήκες μιας περιοχής έχουν άμεση σχέση με τη γεωλογική δομή και με τον τεκτονισμό της. Εξαρτώνται άμεσα από τη λιθολογία των σχηματισμών της περιοχής, την κοκκομετρία τους, το βαθμό διαγένεσής τους, το πορώδες τους αλλά και από τις τιμές των υδραυλικών τους παραμέτρων, όπως της υδραυλικής αγωγιμότητας (k) και της υδραυλικής κλίσης (i), παράμετροι που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια της έρευνας.

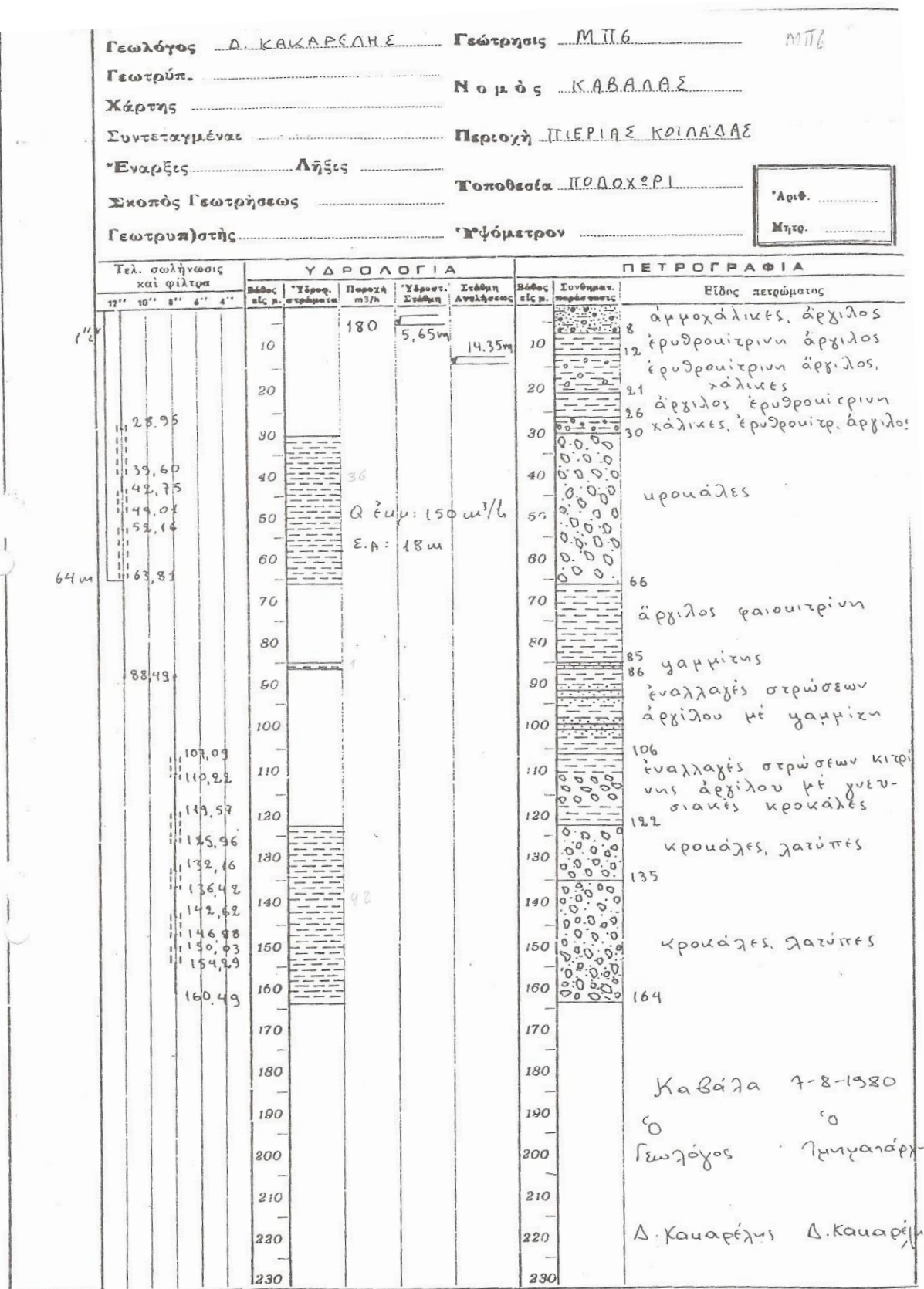
Στην Πιερία λεκάνη η εκτίμηση των υδρογεωλογικών συνθηκών έγινε με βάση τα στοιχεία γεωλογίας της περιοχής, όπως αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο αλλά και με βάση τις γεωλογικές τομές των γεωτρήσεων της περιοχής. Όλες οι τομές των γεωτρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας έρευνας, συγκεντρώθηκαν από τη Διεύθυνση Υδάτων νομού Καβάλας και από τον Τοπικό Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ) Πιερίας λεκάνης με έδρα τη Μουσθένη. Ενδεικτικά, παρουσιάζονται οι γεωλογικές τομές των γεωτρήσεων ΜΚ1 των Κηπίων, ΜΔ6 των Δωματίων και ΜΠ6 του Ποδοχωρίου στα Σχήματα 3.1 έως 3.3. Συνολικά, έγινε απογραφή 82 γεωτρήσεων στην Πιερία λεκάνη, οι οποίες διαχειρίζονται από τον ΤΟΕΒ. Από αυτές, 17 γεωτρήσεις ανακατασκευάστηκαν από την Εγνατία Οδό Α.Ε. προς αντικατάσταση των παλιών γεωτρήσεων, καθώς καταστράφηκαν κατά τη διάνοιξη του αυτοκινητόδρομου (Κακλής, 2011). Στην περιοχή έρευνας, καταγράφηκαν συνολικά 36 γεωτρήσεις, εκ των οποίων οι 23 χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα έρευνα και απεικονίζονται στο Σχήμα 3.4. Οι περισσότερες γεωτρήσεις έχουν ανορυχθεί στο πεδινό τμήμα της λεκάνης, ενώ λιγότερες έχουν ανορυχθεί σε λοφώδεις περιοχές (σε υψόμετρο έως 220 m), στις παρυφές του Παγγαίου όρους και του όρους Συμβόλου.

Η υδροφορία μιας περιοχής, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη γεωλογία της. Η περιοχή έρευνας καλύπτεται από τη σχιστογενευσιακή σειρά και, κυρίως, από γνεύσιους και μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους. Πρόκειται για μεταμορφωμένα πετρώματα που κατατάσσονται από ημιπερατοί έως πρακτικά στεγανοί γεωλογικοί σχηματισμοί. Στα πετρώματα αυτά είναι έντονη η παρουσία σχιστότητας και φολίδωσης, που δημιουργήθηκαν κατά την τεκτονική καταπόνηση των πετρωμάτων και διαμέσω αυτών επιτρέπεται η κίνηση του νερού και τα καθιστά ημιπερατούς σχηματισμούς. Όμως, τα πετρώματα αυτά πρωτογενώς δεν εμφανίζουν υδροφορία και κατατάσσονται ως πρακτικά στεγανοί σχηματισμοί. Ακόμη, στην περιοχή έρευνας είναι έντονη η παρουσία μαρμάρων, τα οποία εμφανίζουν μεγάλη υδραυλική αγωγιμότητα λόγω της καρστικοποίησής τους κατά θέσεις, αλλά και λόγω της τεκτονικής τους καταπόνησης από το σύστημα ρηγμάτων, που αναπτύσσεται στην περιοχή. Επίσης, οι Τεταρτογενείς αποθέσεις, που καλύπτουν μεγάλο τμήμα της περιοχής έρευνας και κυρίως το πεδινό, όπου βρίσκονται τοποθετημένες οι περισσότερες γεωτρήσεις, χαρακτηρίζονται ως έντονα υδροπερατοί σχηματισμοί, λόγω της χαλαρής σύνδεσής τους και της χαμηλής συνεκτικότητας των ιζημάτων τους, αλλά και λόγω της πιθανής υδραυλικής σύνδεσής τους με τα υποκείμενα μάρμαρα. Οι τεκτονικές δράσεις της περιοχής προκάλεσαν

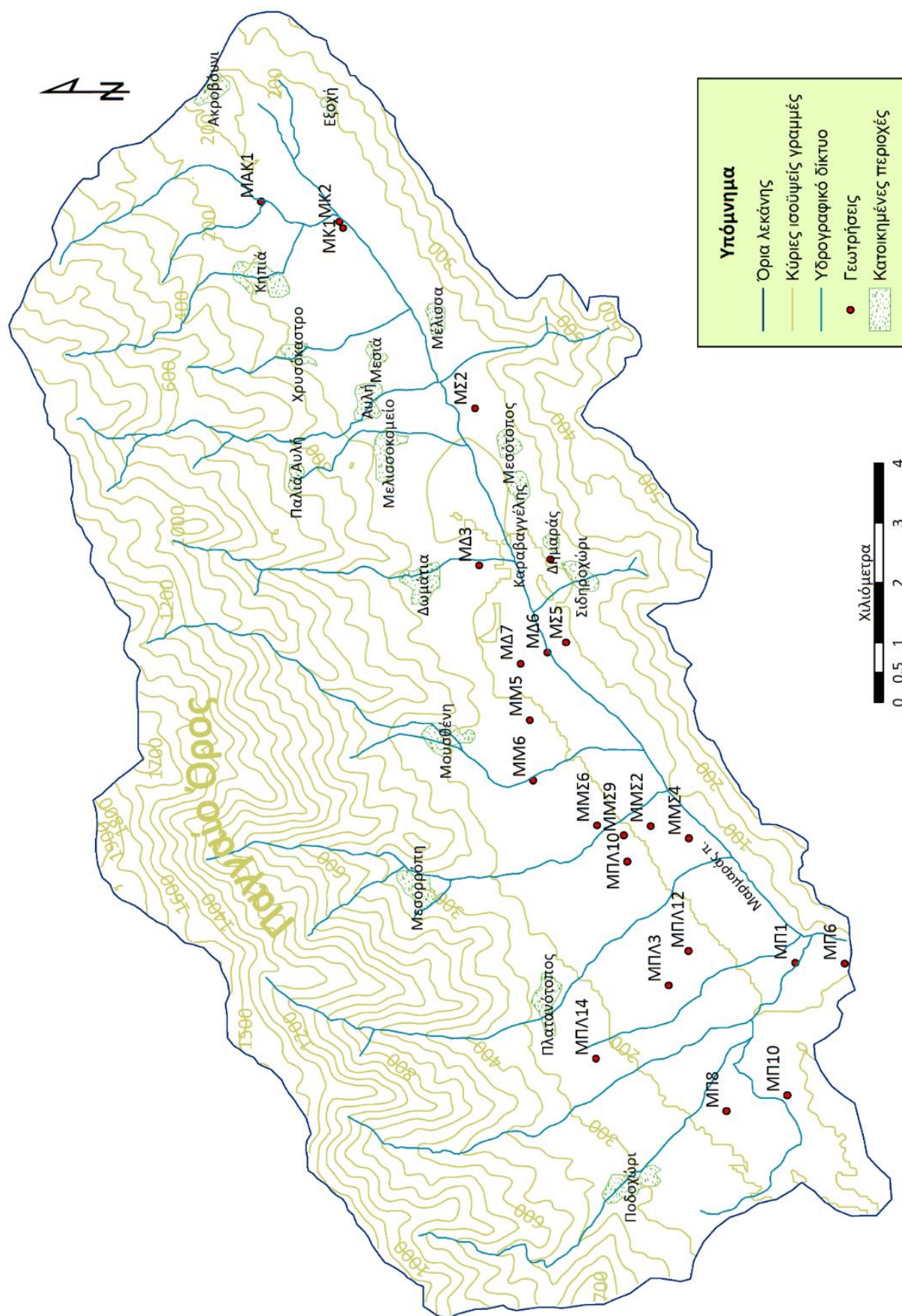
μετάπτωση των ιζημάτων (Κακλής, 2011) και μετατόπιση των υδροπερατών στρωμάτων, με αποτέλεσμα η υδροφορία της περιοχής να εκτείνεται σε μεγαλύτερα βάθη. Συνεπώς, λόγω της υδρολιθολογίας των σχηματισμών της περιοχής στους οποίους συναντάμε υδροφορία, αλλά και λόγω των έντονων βροχοπτώσεων που δέχεται η Πιερία λεκάνη, ιδίως κατά την υγρή περίοδο του έτους, εκτιμάται ότι η υδροφορία της λεκάνης είναι σημαντική.

Σύμφωνα με τις λιθολογικές τομές των γεωτρήσεων, παρατηρείται μεταβολή κατά θέσεις του πάχους των υδροφόρων στρωμάτων στην περιοχή έρευνας και διακύμανση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα. Συγκεκριμένα, στο πεδινό τμήμα της περιοχής συναντάται μεγάλο πάχος των ιζημάτων της λεκάνης, με αποτέλεσμα οι γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί στα τμήματα αυτά, να συναντούν σε μικρό βάθος τα υδροφόρα στρώματα, εμφανίζοντας συχνά φαινόμενα αρτεσιανισμού, ιδίως κατά τις υγρές περιόδους. Στις παρυφές του όρους Συμβόλου η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα συναντάται επίσης σε μικρά βάθη, καθώς είναι έντονη η παρουσία μαρμάρων, τα οποία εμφανίζουν υδροφορία. Αντίθετα, διαφορετικές συνθήκες συναντώνται στα περιθώρια του πεδινού τμήματος, όπου η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα συναντάται σε μεγαλύτερα βάθη από την επιφάνεια του εδάφους. Συγκεκριμένα, στις παρυφές του Παγγαίου όρους οι γεωτρήσεις που ανορύχθηκαν συνάντησαν μεγάλο πάχος αλλουβιακών ριπιδίων και, βαθύτερα, το υπόβαθρο της περιοχής.





Σχήμα 3.3 Γεωλογική τομή της γεώτρησης ΜΠ6 της Πιερίας λεκάνης



4. Πιεζομετρικές συνθήκες

Η πιεζομετρία της Πιερίας λεκάνης, στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, μελετήθηκε κατά το χρονικό διάστημα από το Μάρτιο έως τον Οκτώβριο του έτους 2015, με μετρήσεις στάθμης σε 23 γεωτρήσεις της περιοχής. Επίσης, συλλέχθηκαν δεδομένα των μετρήσεων στάθμης από προηγούμενες έρευνες και από τον ΤΟΕΒ Πιερίας λεκάνης, για τα έτη 2007 έως και 2014. Επιλέχθηκαν συνολικά 23 γεωτρήσεις, όπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις καθ' όλη τη διάρκεια των ετών 2007 – 2015. Συνεπώς, συγκεντρώνοντας όλα τα παραπάνω δεδομένα, δίνεται μια ικανοποιητική εικόνα για την πιεζομετρική κατάσταση των υδάτων στην Πιερία λεκάνη για την περίοδο 2007 - 2015.

Οι μετρήσεις διεξήχθησαν δύο φορές σε κάθε υδρολογικό έτος, μία κατά την περίοδο Μαρτίου-Απριλίου, πριν την έναρξη των αντλήσεων και αρδεύσεων (υγρή περίοδος) και μία κατά την περίοδο Οκτωβρίου-Νοεμβρίου, με τη λήξη της αρδευτικής περιόδου (ξηρή περίοδος). Οι μετρήσεις της παρούσας έρευνας πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση σταθμημέτρων του Εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ.

4.1 Πιεζομετρικές συνθήκες κατά την περίοδο 2013 – 2015

Στην παρούσα παράγραφο θα εξετασθεί η πιεζομετρική κατάσταση στην περιοχή έρευνας για τα υδρολογικά έτη 2012-2013, 2013-2014 και 2014-2015. Σκοπός είναι να αναλυθεί η πορεία της πιεζομετρικής επιφάνειας των υδάτων της λεκάνης κατά την υγρή και ξηρή περίοδο των ετών 2013, 2014 και 2015. Στη συνέχεια, γίνεται εκτίμηση της πιεζομετρίας για κάθε υδρολογικό έτος.

4.1.1 Πιεζομετρική κατάσταση για το υδρολογικό έτος 2012 - 2013

4.1.1.1 Πιεζομετρική κατάσταση του χειμερινού εξαμήνου του υδρολογικού έτους 2012 – 2013

Η κατανομή της στάθμης της πιεζομετρικής επιφάνειας κατά το χειμερινό εξάμηνο του υδρολογικού έτους 2012 – 2013, που αντιπροσωπεύει την υγρή περίοδο του έτους 2013 (Απρίλιος 2013), απεικονίζεται στον πιεζομετρικό χάρτη του Σχήματος 4.1. Παρατηρώντας την κατανομή της πιεζομετρίας για αυτή την περίοδο, διακρίνεται η κατεύθυνση της κίνησης του υπόγειου νερού, καθώς και η διαφορετική ταχύτητα τροφοδοσίας του υδροφορέα κατά θέσεις.

Αναλυτικότερα, στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης, οι γεωτρήσεις βρίσκονται στο πεδινό τμήμα και διακρίνονται από ομαλή τοπογραφία, η οποία σε συνδυασμό με το υψηλό ποσοστό των κατακρημνισμάτων που δέχτηκε η λεκάνη κατά την περίοδο Οκτωβρίου 2012 – Απριλίου 2013, έχει ως αποτέλεσμα τον αρτεσιανισμό σε αρκετές γεωτρήσεις, καθώς και την εμφάνιση της στάθμης του νερού σε πολύ μικρά βάθη από την επιφάνεια του εδάφους. Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1, όπου

παρουσιάζονται ενδεικτικές τιμές των μετρήσεων στάθμης για το έτος 2013, παρατηρείται για τον Απρίλιο του 2013 ότι οι γεωτρήσεις ΜΔ3 και ΜΔ7 των Δωματίων, αλλά και η γεώτρηση ΜΜΣ6 της Μεσορρόπης, παρουσιάζουν αρτεσιανή ροή. Επίσης, σε πολύ μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους μετρήθηκε η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα στις γεωτρήσεις ΜΜΣ2 και ΜΜΣ9 της Μεσορρόπης, οι οποίες εμφανίζουν απόλυτο υψόμετρο στάθμης 94,10 m και 105,20 m, αντίστοιχα. αλλά στη ΜΔ6 των Δωματίων με απόλυτο υψόμετρο 93,70 m. Ακόμη, στο ανατολικό τμήμα παρατηρείται αραιή κατανομή των ισοπιεζομετρικών καμπυλών και, περίπου στην περιοχή του Σιδηροχωρίου, κάμψη αυτών. Σύμφωνα με τις γραμμές ροής η κίνηση του υπόγειου νερού πραγματοποιείται κατά τη διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ και κατά αυτή τη διεύθυνση είναι έντονη η τροφοδοσία του υδροφορέα με μεγάλες ποσότητες νερού, γεγονός που ευνοεί την ανάπτυξη αρτεσιανισμού σε αυτή την περιοχή.

Αντίθετα, στο δυτικό τμήμα της λεκάνης παρατηρείται έντονη πύκνωση των ισοπιεζομετρικών γραμμών, η οποία σε συνδυασμό με την τοπογραφική ταπείνωση της περιοχής, δηλώνει δυσκολία της τροφοδοσίας του υδροφορέα, με αποτέλεσμα τη μέτρηση της επιφάνειας των στάθμεων των γύρω γεωτρήσεων σε μεγάλα βάθη από την επιφάνεια του εδάφους. Συγκεκριμένα, στις γεωτρήσεις ΜΠ8 και ΜΠ10 του Ποδοχωρίου το απόλυτο υψόμετρο των στάθμεων κυμαίνεται από 134,80 m έως 149,10 m, καθώς και στις γεωτρήσεις ΜΠΛ3, ΜΠΛ12 και ΜΠΛ14 του Πλατανότοπου το απόλυτο υψόμετρο κυμαίνεται από 100,80 m έως 195,00 m. Το μεγαλύτερο απόλυτο υψόμετρο στάθμης μετρήθηκε στη γεώτρηση ΜΠΛ14 στα 195,00 m. Όσον αφορά τις γραμμές ροής, από τον πιεζομετρικό χάρτη του Σχήματος 4.1 διαπιστώνεται ότι η διεύθυνση ανάπτυξης που ακολουθούν είναι ΒΔ – ΝΑ, δηλαδή τέμνουν εγκάρσια τον άξονα ανάπτυξης της Πιερίας λεκάνης, ο οποίος ακολουθεί διεύθυνση ΑΒΑ – ΔΝΔ. Η κατεύθυνση αυτή των γραμμών ροής δηλώνει την κίνηση του νερού προς την έξοδο της λεκάνης. Στο ΝΔ τμήμα αυτής, η κίνηση του νερού στον υπόγειο υδροφορέα είναι έντονη. Το γεγονός αυτό διαπιστώνεται τις γεωτρήσεις ΜΠ1 και ΜΠ6 του Ποδοχωρίου, οι οποίες βρίσκονται στην έξοδο της λεκάνης και από τα απόλυτα υψόμετρά τους, που κυμαίνονται από 72,70 m έως 75,20 m. Δηλαδή παρατηρείται ελάττωση της στάθμης στην ευρύτερη περιοχή του Ποδοχωρίου προς την έξοδο της λεκάνης, η οποία δηλώνει ότι ο υπόγειος υδροφορέας ακολουθεί ήπια κλίση και, συνεπώς, η κίνηση του νερού είναι εντονότερη προς αυτή την κατεύθυνση.

4.1.1.2 Πιεζομετρική κατάσταση του εαρινού εξαμήνου του υδρολογικού έτους 2012 – 2013

Η κατανομή της στάθμης της πιεζομετρικής επιφάνειας κατά το εαρινό εξάμηνο του υδρολογικού έτους 2012 – 2013, που αντιπροσωπεύει την ξηρή περίοδο του έτους 2013 (Οκτώβριος 2013), απεικονίζεται στον πιεζομετρικό χάρτη του Σχήματος 4.2.

Στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης η μόνη γεώτρηση που εκδηλώνει αρτεσιανή ροή είναι η ΜΔ7 των Δωματίων, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.1. Καθώς ο Οκτώβριος σηματοδοτεί το τέλος του εαρινού εξαμήνου του έτους και το τέλος της αρδευτικής περιόδου, αναμένονται μεγαλύτερα βάθη των στάθμεων των γεωτρήσεων σε σχέση με τα αντίστοιχα βάθη κατά την υγρή περίοδο του ίδιου έτους και απουσία αρτεσιανής ροής, λόγω της εντατικής άντλησης κατά τους θερινούς μήνες. Παρ' όλα αυτά, η ύπαρξη του φαινομένου του αρτεσιανισμού που εκδηλώθηκε στη ΜΔ7 είναι ένδειξη της έντονης και γρήγορης επανατροφοδοσίας του υδροφορέα τη περιοχής. Σε αυτή την περίοδο, το ελάχιστο βάθος των στάθμεων από την επιφάνεια του εδάφους παρατηρείται στην περιοχή της Μεσορρόπης και των Δωματίων, όπου τα απόλυτα υψόμετρα των στάθμεων των γεωτρήσεων είναι 103,40 m έως 105,10 m. Οι τιμές αυτές δε διαφέρουν πολύ από τις αντίστοιχες της υγρής περιόδου του ίδιου έτους, καθώς η διαφορά στάθμης κυμαίνεται μεταξύ 1 έως 3 m. Επίσης, οι ισοπιεζομετρικές καμπύλες κατανέμονται αραιά και παρουσιάζουν ηπιότερη κάμψη στην περιοχή του Σιδηροχωρίου, απ' ότι κατά την υγρή περίοδο του Απριλίου του 2013. Η υπόγεια ροή του νερού ακολουθεί τη διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ και κατά αυτή την περίοδο, όπως φαίνεται και από τις γραμμές ροής του σχήματος.

Αντίθετα, στο δυτικό τμήμα της λεκάνης παρατηρείται έντονη πυκνότητα στην κατανομή των ισοπιεζομετρικών καμπυλών, όπως και στην προηγούμενη περίοδο του Απριλίου 2013, γεγονός που επίσης δείχνει τη δυσκολία τροφοδοσίας του υδροφορέα. Σύμφωνα με τις μετρήσεις του Πίνακα 4.1, σε αυτή την περίοδο παρατηρείται ταπείνωση της επιφάνειας των στάθμεων των γεωτρήσεων, λόγω των αντλήσεων που πραγματοποιήθηκαν. Συγκεκριμένα, στις γεωτρήσεις ΜΠ1, ΜΠ8 και ΜΠ10 του Ποδοχωρίου τα απόλυτα υψόμετρα των στάθμεων κυμαίνονται από 73,70 m έως 145,10 m, καθώς και στις γεωτρήσεις ΜΠΛ3, ΜΠΛ12 και ΜΠΛ14 του Πλατανότοπου τα απόλυτα υψόμετρα κυμαίνονται από 98,50 m έως 181,50 m. Η μεγαλύτερη πτώση στάθμης παρατηρήθηκε στη γεώτρηση ΜΠΛ3 του Πλατανότοπου με απόλυτο υψόμετρο 98,50 m. Όπως παρατηρείται από τον πιεζομετρικό χάρτη του Σχήματος 4.2, η διεύθυνση της κίνησης του υπόγειου νερού, όπως διακρίνεται από τις γραμμές ροής, είναι ΒΔ – ΝΑ, δηλώνοντας την πορεία του νερού προς την έξοδο της λεκάνης.

Πίνακας 4.1 Ενδεικτικές τιμές των μετρήσεων στάθμεων των γεωτρήσεων για το έτος 2013 και τα απόλυτα υψόμετά τους

Α/Α	Γεώτρηση	Υψόμετρο (m)	Απρίλιος 2013		Οκτώβριος 2013	
			Στάθμη (m)	Απόλυτο υψόμετρο (m)	Στάθμη (m)	Απόλυτο υψόμετρο (m)
1	ΜΑΚ1	133,8	4,00	129,80	12,30	121,50
2	ΜΚ2	126,0	2,50	123,50	7,00	119,00
3	ΜΔ6	94,7	1,00	93,70	2,60	92,10
4	ΜΜ5	105,5	6,40	99,10	8,40	97,10
5	ΜΜΣ6	108,1	0,00	108,10	3,00	105,10
6	ΜΠΛ3	138,0	37,20	100,80	39,50	98,50
7	ΜΠΛ14	220,0	25,00	195,00	38,50	181,50
8	ΜΠ6	79,0	6,30	72,70	7,70	71,30
9	ΜΠ10	167,6	32,80	134,80	34,10	133,50

4.1.2 Πιεζομετρική κατάσταση για το υδρολογικό έτος 2013 - 2014

4.1.2.1 Πιεζομετρική κατάσταση του χειμερινού εξαμήνου του υδρολογικού έτους 2013 – 2014

Η κατανομή της στάθμης της πιεζομετρικής επιφάνειας κατά το χειμερινό εξάμηνο του υδρολογικού έτους 2013 – 2014, που αντιπροσωπεύει την υγρή περίοδο του έτους 2014 (Απρίλιος 2014), απεικονίζεται στον πιεζομετρικό χάρτη του Σχήματος 4.3.

Στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης και σύμφωνα με τον Πίνακα 4.2, σε αρκετές γεωτρήσεις η επιφάνεια της στάθμης μετρήθηκε σε πολύ μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους και σε λιγότερες εκδηλώθηκε το φαινόμενο του αρτεσιανισμού. Πιο συγκεκριμένα, κατά τον Απρίλιο του 2014, οι γεωτρήσεις ΜΔ3 και ΜΔ7 των Δωματίων, αλλά και η γεώτρηση ΜΜΣ6 της Μεσορρόπης, παρουσίασαν αρτεσιανή ροή. Επίσης, μικρή πτώση στάθμης παρατηρήθηκε στις γεωτρήσεις ΜΜΣ2 και ΜΜΣ9 της Μεσορρόπης, ΜΔ6 των Δωματίων και ΜΣ3 του Σιδηροχωρίου, όπου τα απόλυτα υψόμετρα στάθμης κυμαίνονται από 94,20 m έως 105,50 m. Η κίνηση του υπόγειου νερού δεν παρουσιάζει διαφορές από την αντίστοιχη περίοδο του προηγούμενου έτους, καθώς, όπως φαίνεται από τις γραμμές ροής, ακολουθεί διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ, διεύθυνση κατά την οποία συντελείται και η τροφοδοσία του υδροφορέα.

Στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, όπου οι ισοπιεζομετρικές καμπύλες κατανέμονται πυκνότερα, παρατηρούνται μεγάλα βάθη της επιφάνειας της στάθμης των γεωτρήσεων από την επιφάνεια του εδάφους, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 4.2. Πιο συγκεκριμένα, στις γεωτρήσεις ΜΠ8 και ΜΠ10 του Ποδοχωρίου τα απόλυτα υψόμετρα των στάθμεων μετρήθηκαν 144,60 m και 134,60 m, αντίστοιχα, καθώς και στις γεωτρήσεις ΜΠΛ3, ΜΠΛ12 και ΜΠΛ14 του Πλατανότοπου τα απόλυτα υψόμετρα κυμαίνονται από 101,50 m έως 196,00 m. Η μεγαλύτερη πτώση στάθμης παρατηρήθηκε επίσης στη γεώτρηση ΜΠΛ3 με απόλυτο υψόμετρο στάθμης στα 101,50 m. Από τον πιεζομετρικό χάρτη του σχήματος παρατηρείται ότι η διεύθυνση

Γεωγραφία

- Όρια λεκάνης
- Υδρογραφικό δίκτυο
- Κύριες ισοψείς γραμμές
- Ισοπιεζομετρικές καμπύλες (m)
- Γεωτρήσεις
- Κατοικημένες περιοχές

Χιλιόμετρα
0 0,5 1 2 3 4

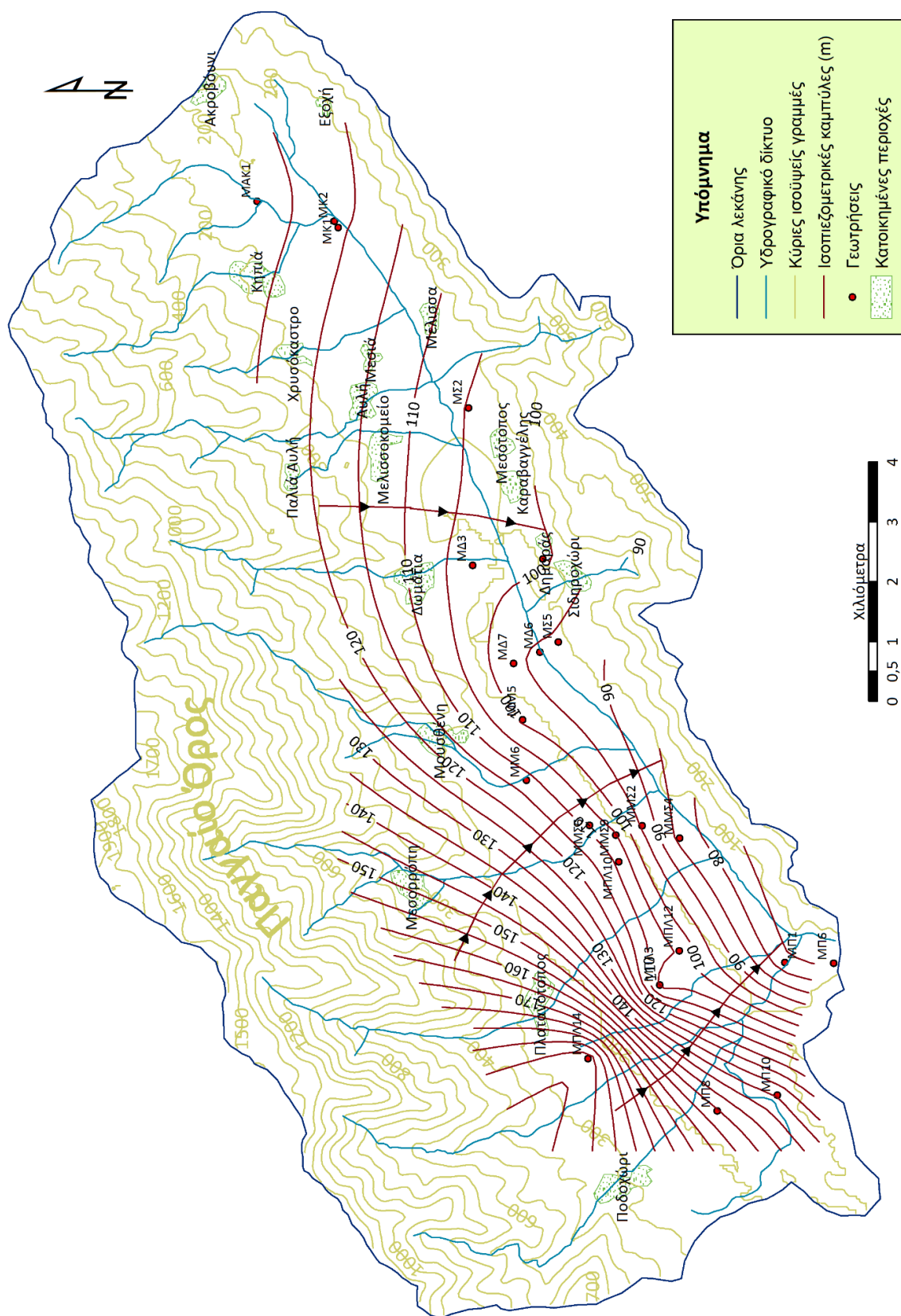
Σχήμα 4.3 Κατανομή πιεζομετρικής επιφάνειας για την περίοδο Απριλίου 2014

4.1.2.2 Πιεζομετρική κατάσταση του εαρινού εξαμήνου του υδρολογικού έτους 2013 – 2014

Η κατανομή της στάθμης της πιεζομετρικής επιφάνειας κατά το εαρινό εξάμηνο του υδρολογικού έτους 2013 – 2014, που αντιπροσωπεύει την ξηρή περίοδο του έτους 2014 (Δεκέμβριος 2014), απεικονίζεται στον πιεζομετρικό χάρτη του Σχήματος 4.4.

Στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης κατά το Δεκέμβριο του 2014, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 4.2, στις περισσότερες γεωτρήσεις η επιφάνεια της στάθμης μετρήθηκε σε πολύ μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, ενώ σε λιγότερες εκδηλώθηκε αρτεσιανισμός. Συγκεκριμένα, οι γεωτρήσεις ΜΔ7 των Δωματίων και η γεώτρηση ΜΜΣ6 της Μεσορρόπης παρουσίασαν αρτεσιανή ροή. Η πτώση στάθμης των γεωτρήσεων ΜΣ3 και ΜΣ5 του Σιδηροχωρίου, ΜΔ3 και ΜΔ6 των Δωματίων και ΜΜΣ2, ΜΜΣ4 και ΜΜΣ9 της Μεσορρόπης μετρήθηκε πολύ μικρή και τα απόλυτα υψόμετρα των στάθμεων των γεωτρήσεων κυμαίνονται από 83,20 m έως 105,70 m. Οι τιμές αυτές διαφέρουν ελάχιστα από τις αντίστοιχες του Απριλίου του ίδιου έτος, καθώς παρουσιάζουν διαφορά στάθμης περίπου 0,30 m. Η κίνηση του υπόγειου νερού και αυτή την περίοδο ακολουθεί την ίδια διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ με την αντίστοιχη περίοδο του προηγούμενου έτους, όπως δείχνουν οι γραμμές ροής του σχήματος 4.4.

Από την κατανομή της πιεζομετρίας όπως φαίνεται στο σχήμα 4.4, παρατηρείται η απότομη μεταβολή της στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, σε αντίθεση με την ομαλότερη κατανομή της στο ανατολικό τμήμα. Και αυτή την περίοδο παρατηρείται ταπείνωση της επιφάνειας της στάθμης των γεωτρήσεων από την επιφάνεια του εδάφους, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 4.2. Αναλυτικότερα, στις γεωτρήσεις ΜΠ8 και ΜΠ10 του Ποδοχωρίου τα απόλυτα υψόμετρα των στάθμεων μετρήθηκαν στα 150,60 m και 134,60 m, αντίστοιχα, καθώς και στις γεωτρήσεις ΜΠΛ3, ΜΠΛ12 και ΜΠΛ14 του Πλατανότοπου τα απόλυτα υψόμετρα κυμαίνονται από 102,20 m έως 194,20 m. Η μεγαλύτερη πτώση στάθμης παρατηρήθηκε επίσης στη γεώτρηση ΜΠΛ3 με απόλυτο υψόμετρο στάθμης στα 102,20 m. Όπως υποδεικνύουν οι γραμμές ροής του σχήματος 4.4, η κίνηση του υπόγειου νερού σε αυτή την περιοχή ακολουθεί τη διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ, όπως και στην αντίστοιχη περίοδο του προηγούμενου έτους, κατευθυνόμενο προς την έξοδο της λεκάνης.



Πίνακας 4.2 Ενδεικτικές τιμές των μετρήσεων στάθμεων των γεωτρήσεων για το έτος 2014 και τα απόλυτα υψόμετά τους

Α/Α	Γεώτρηση	Υψόμετρο (m)	Απρίλιος 2014		Δεκέμβριος 2014	
			Στάθμη (m)	Απόλυτο υψόμετρο (m)	Στάθμη (m)	Απόλυτο υψόμετρο (m)
1	ΜΑΚ1	133,8	3,20	130,60	6,50	127,30
2	ΜΚ2	126,0	2,50	123,50	3,60	122,40
3	ΜΔ6	94,7	0,50	94,20	0,50	94,20
4	ΜΜ5	105,5	6,30	99,20	6,50	99,00
5	ΜΜΣ6	108,1	0,00	108,10	0,00	108,10
6	ΜΠΛ3	138,0	36,50	101,50	35,80	102,20
7	ΜΠΛ14	220,0	24,00	196,00	25,80	194,20
8	ΜΠ6	79,0	6,00	73,00	5,80	73,20
9	ΜΠ10	167,6	33,00	134,60	33,00	134,60

4.1.3 Πιεζομετρική κατάσταση για το υδρολογικό έτος 2014 – 2015

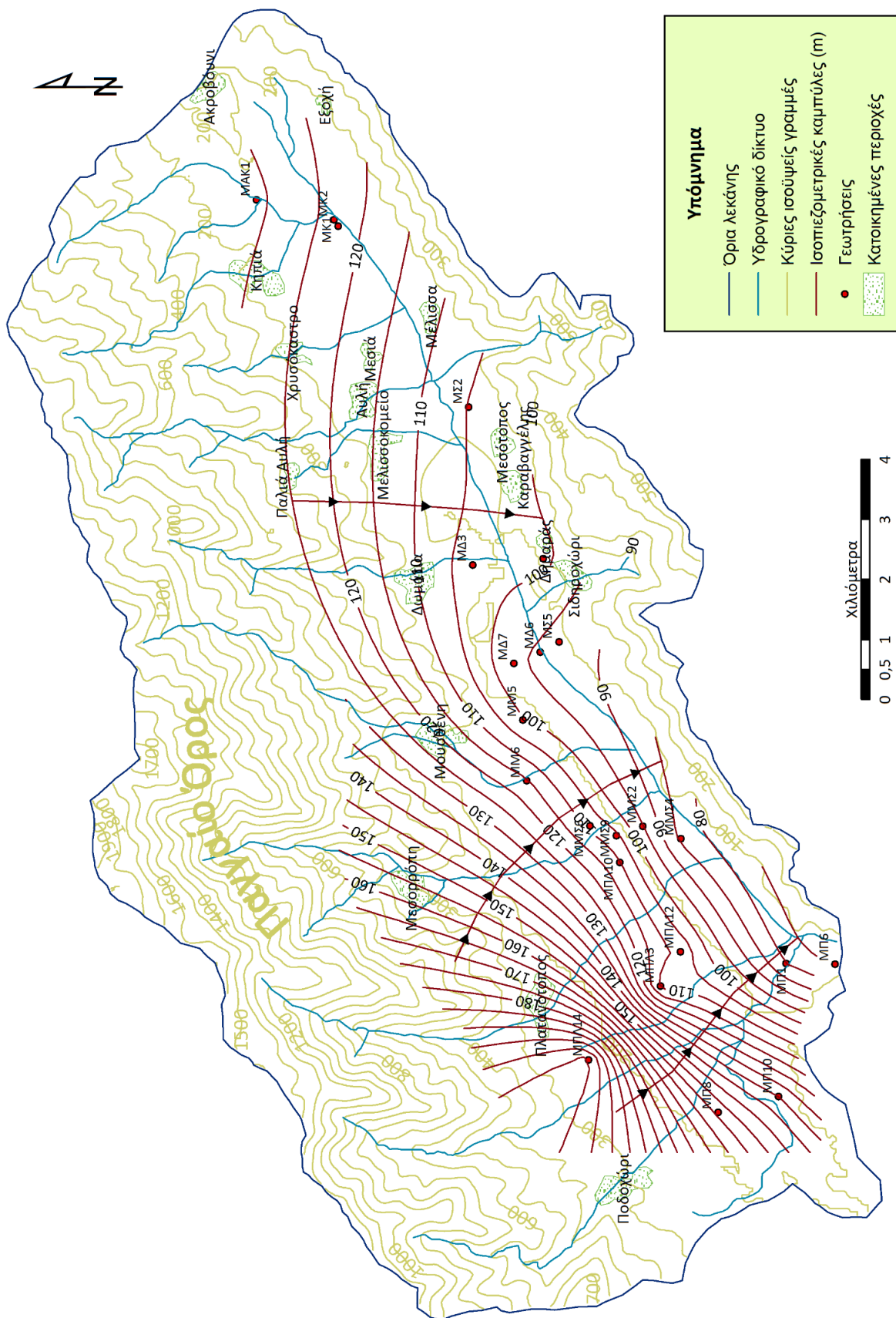
4.1.3.1 Πιεζομετρική κατάσταση του χειμερινού εξαμήνου του υδρολογικού έτους 2014 – 2015

Η κατανομή της στάθμης της πιεζομετρικής επιφάνειας κατά το χειμερινό εξάμηνο του υδρολογικού έτους 2014 – 2015, που αντιπροσωπεύει την υγρή περίοδο του έτους 2015 (Μάρτιος 2015), απεικονίζεται στον πιεζομετρικό χάρτη του Σχήματος 4.5.

Στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης και σύμφωνα με τον Πίνακα 4.3, σε αρκετές γεωτρήσεις η πτώση στάθμης ήταν πολύ μικρή και σε, επίσης, αρκετές γεωτρήσεις εκδηλώθηκε το φαινόμενο του αρτεσιανισμού. Αναλυτικότερα, οι γεωτρήσεις ΜΔ3 και ΜΔ7 των Δωματίων, καθώς και οι ΜΜΣ2, ΜΜΣ6 και ΜΜΣ9 της Μεσορρόπης παρουσίασαν αρτεσιανή ροή. Δηλαδή εκδηλώθηκε αρτεσιανισμός σε περισσότερες γεωτρήσεις σε σχέση με τις αντίστοιχες περιόδους των δύο προηγούμενων ετών. Μικρή πτώση στάθμης παρουσίασαν οι γεωτρήσεις ΜΚ1 των Κηπίων, ΜΣ3 και ΜΣ5 του Σιδηροχωρίου, ΜΔ6 των Δωματίων, όπου σημειώθηκε η ελάχιστη πτώση στάθμης και ΜΜΣ4 της Μεσορρόπης, των οποίων τα απόλυτα υψόμετρα κυμαίνονται από 83,70 m έως 122,36 m. Οι ισοπιεζομετρικές καμπύλες κατανέμονται αραιά και παρουσιάζουν εμφανή κάμψη στην περιοχή του οικισμού Δημαρά. Η κίνηση του υπόγειου νερού, όπως υποδεικνύεται από τις γραμμές ροής ακολουθεί τη διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ τροφοδοσίας του υδροφορέα.

Στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, η κατανομή των ισοπιεζομετρικών καμπυλών είναι πυκνότερη από τις προηγούμενες αντίστοιχες περιόδους. Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 4.3, και κατά το Μάρτιο του 2015 παρατηρήθηκαν μεγάλες πτώσεις στάθμης των γεωτρήσεων, μικρότερες όμως σε σχέση με των προηγούμενων περιόδων. Πιο αναλυτικά, στις γεωτρήσεις ΜΠ8 και ΜΠ10 του Ποδοχωρίου τα απόλυτα υψόμετρα των στάθμεων φτάνουν τα 153,60 m και 135,12 m, αντίστοιχα, καθώς και στις γεωτρήσεις ΜΠΛ3, ΜΠΛ12 και ΜΠΛ14 του Πλατανότοπου το απόλυτο

υψόμετρο κυμαίνεται από 107,33 m έως 206,90 m. Η μεγαλύτερη ταπείνωση στάθμης παρατηρήθηκε στη γεώτρηση ΜΠ10 με απόλυτο υψόμετρο στάθμης στα 135,12 m. Μια πολύ σημαντική παρατήρηση αφορά τη γεώτρηση ΜΠΛ10, η οποία παρουσίασε αρτεσιανή ροή. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τα υψηλότερα απόλυτα υψόμετρα που μετρήθηκαν στην περιοχή σε σχέση με τα προηγούμενα έτη, υποδεικνύει αυξημένο εμπλουτισμό λόγω έντονης προσφοράς νερού, πιθανόν λόγω υψηλού ποσοστού κατακρημνισμάτων που δέχθηκε η λεκάνη κατά το χειμερινό αυτό εξάμηνο. Επίσης, από τον πιεζομετρικό χάρτη του Σχήματος 4.5 παρατηρείται ότι η διεύθυνση ανάπτυξης που ακολουθούν οι γραμμές ροής είναι ΒΔ – ΝΑ, όπως και στην αντίστοιχη περίοδο του προηγούμενου έτους. Κατά αυτή τη διεύθυνση συντελείται και η κίνηση του υπόγειου νερού, με κατεύθυνση προς την έξοδο της λεκάνης.

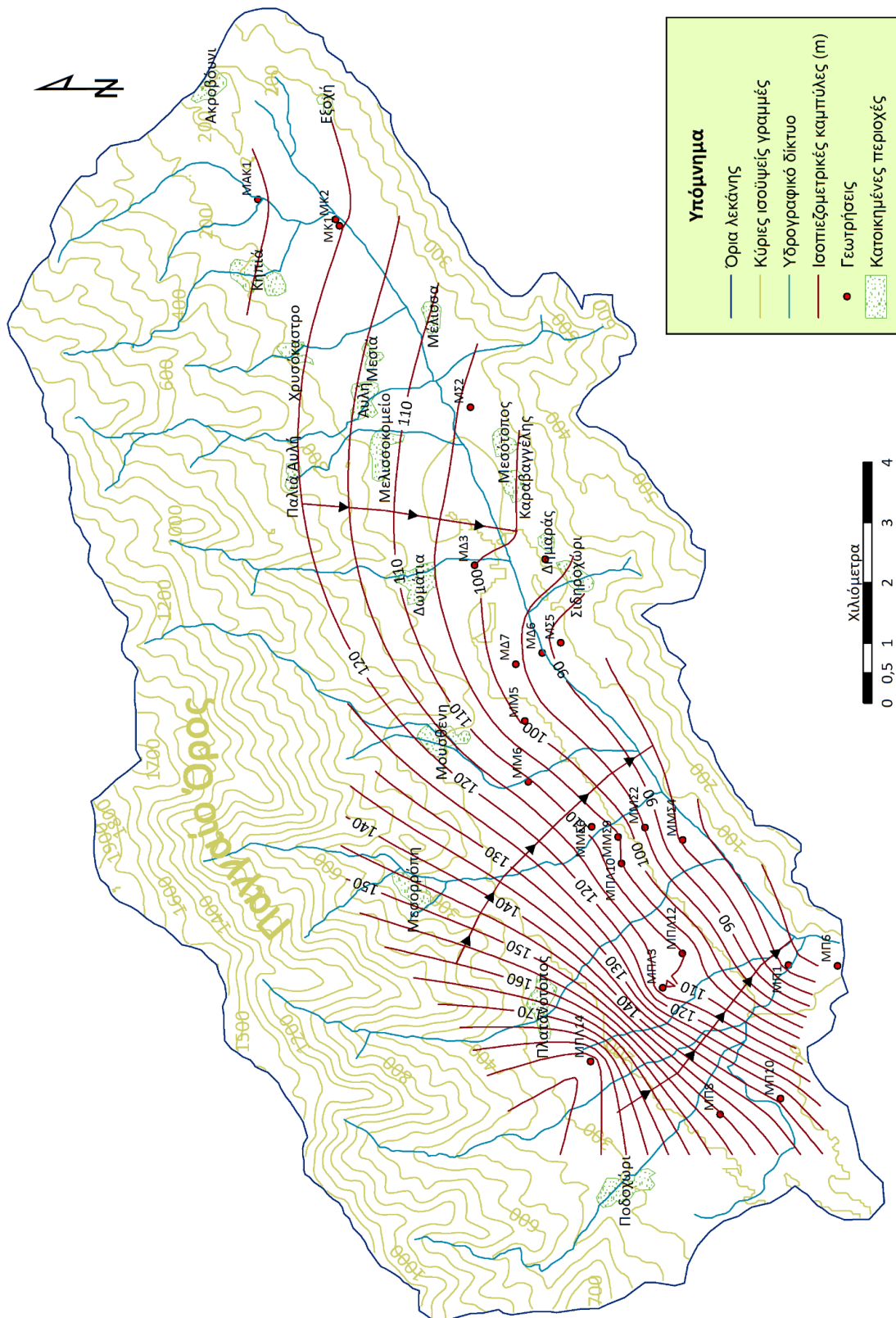


4.1.3.2 Πιεζομετρική κατάσταση του εαρινού εξαμήνου του υδρολογικού έτους 2014 – 2015

Η κατανομή της στάθμης της πιεζομετρικής επιφάνειας κατά το εαρινό εξάμηνο του υδρολογικού έτους 2014 – 2015, που αντιπροσωπεύει την ξηρή περίοδο του έτους 2015 (Οκτώβριος 2015), απεικονίζεται στον πιεζομετρικό χάρτη του Σχήματος 4.6.

Στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης, σε λίγες γεωτρήσεις μετρήθηκε η επιφάνεια της στάθμης σε πολύ μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, ενώ στις περισσότερες γεωτρήσεις της περιοχής, το μέσο βάθος βρέθηκε υψηλότερο από τις αντίστοιχες προηγούμενες περιόδους, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.3. Πιο αναλυτικά, στις γεωτρήσεις ΜΜΣ2, ΜΜΣ4, ΜΜΣ6 και ΜΜΣ9 της Μεσορρόπης τα απόλυτα υψόμετρα των στάθμεων κυμαίνονται από 83,55 m έως 108,05 m, ενώ μόνο η γεώτρηση ΜΔ7 των Δωματίων παρουσίασε αρτεσιανή ροή. Στις υπόλοιπες γεωτρήσεις του ανατολικού τμήματος, τα απόλυτα υψόμετρα των στάθμεων κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 86,65 m και 125,50 m. Οι τιμές αυτές είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις τιμές των αντίστοιχων περιόδων των προηγούμενων ετών, καθώς παρουσιάζουν διαφορά στάθμης περίπου 2 m. Οι ισοπιεζομετρικές καμπύλες κατανέμονται επίσης αραιά και παρουσιάζουν ελαφριά κάμψη στην περιοχή του οικισμού Καραβαγγέλη. Η κίνηση του υπόγειου νερού, όπως υποδεικνύεται από τις γραμμές ροής ακολουθεί τη διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ τροφοδοσίας του υδροφορέα.

Στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, όπου οι ισοπιεζομετρικές καμπύλες κατανέμονται πυκνότερα σε σχέση με το ανατολικό, παρατηρείται μεγάλη ταπείνωση της στάθμης των γεωτρήσεων από την επιφάνεια του εδάφους, μικρότερα όμως σε σχέση με των προηγούμενων περιόδων, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 4.3. Πιο συγκεκριμένα, στις γεωτρήσεις ΜΠ8 και ΜΠ10 του Ποδοχωρίου το απόλυτο υψόμετρο φτάνει τα 150,42 m και 133,73 m, αντίστοιχα, καθώς και στις γεωτρήσεις ΜΠΛ3, ΜΠΛ12 και ΜΠΛ14 του Πλατανότοπου το απόλυτο υψόμετρο κυμαίνεται από 109,44 m έως 189,55 m. Η μεγαλύτερη πτώση στάθμης παρατηρήθηκε στη γεώτρηση με απόλυτο υψόμετρο στάθμης στα 189,55 m. Από τον πιεζομετρικό χάρτη του σχήματος 4.6 παρατηρείται ότι η διεύθυνση ανάπτυξης που ακολουθούν οι γραμμές ροής είναι ΒΔ – ΝΑ, όπως και στην αντίστοιχη περίοδο του προηγούμενου έτους. Κατά αυτή τη διεύθυνση συντελείται και η κίνηση του υπόγειου νερού, με κατεύθυνση προς την έξοδο της λεκάνης.



Πίνακας 4.3 Ενδεικτικές τιμές των μετρήσεων στάθμεων των γεωτρήσεων για το έτος 2015 και τα απόλυτα υψόμετά τους

Α/Α	Γεώτρηση	Υψόμετρο (m)	Μάρτιος 2015		Οκτώβριος 2015	
			Στάθμη (m)	Απόλυτο υψόμετρο (m)	Στάθμη (m)	Απόλυτο υψόμετρο (m)
1	ΜΑΚ1	133,8	2,73	131,07	8,30	125,50
2	ΜΚ2	126,0	2,50	123,50	4,08	121,92
3	ΜΔ6	94,7	0,32	94,38	1,79	92,91
4	ΜΜ5	105,5	5,31	100,19	6,72	98,78
5	ΜΜΣ6	108,1	0,00	108,10	0,05	108,05
6	ΜΠΛ3	138,0	30,67	107,33	28,56	109,44
7	ΜΠΛ14	220,0	13,10	206,90	30,45	189,55
8	ΜΠ6	79,0	4,90	74,10	6,12	72,88
9	ΜΠ10	167,6	32,48	135,12	33,87	133,73

4.2 Διαφορά πιεζομετρίας για την περίοδο 2007 – 2015

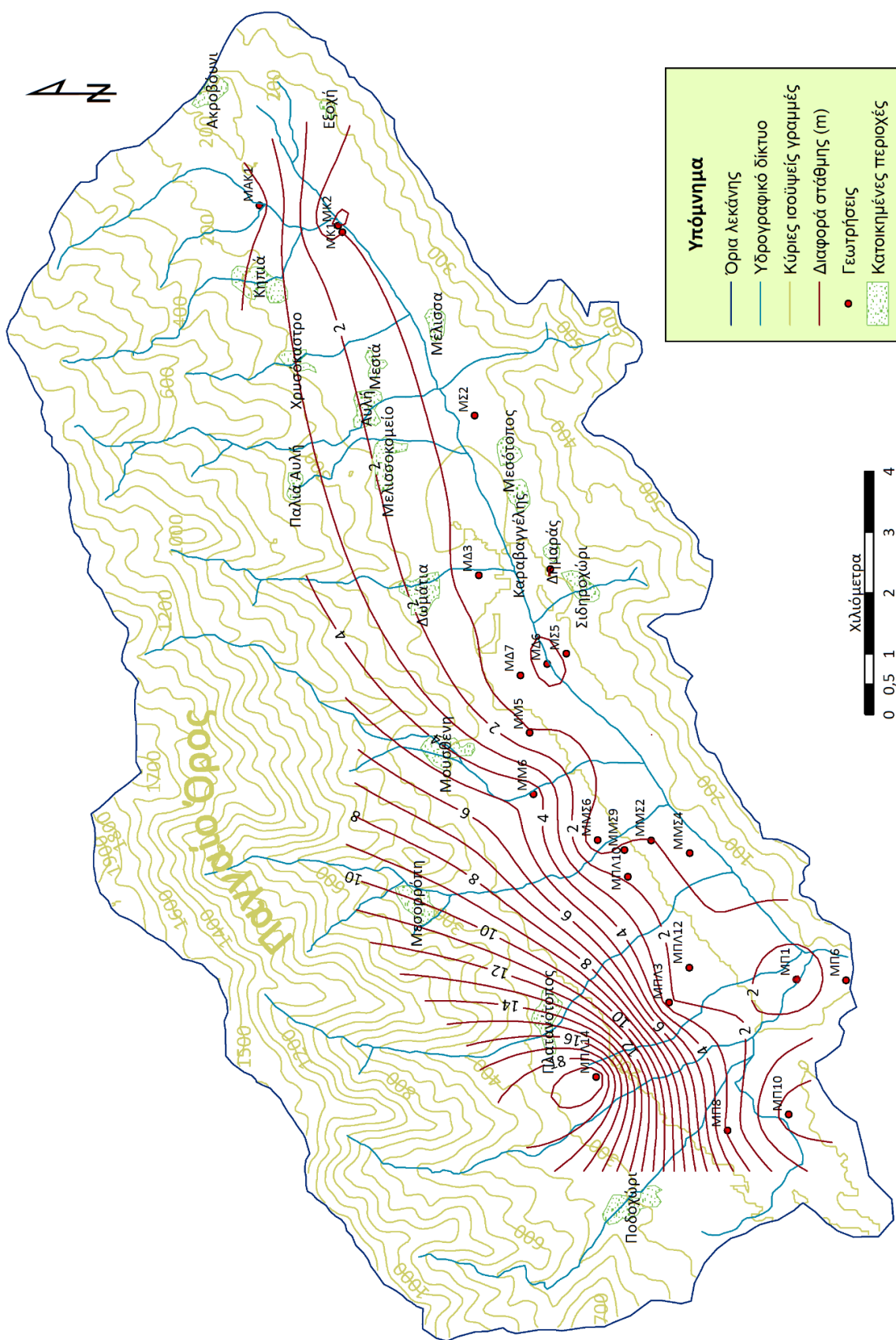
Στην παρούσα παράγραφο αναλύεται η διαφορά των πιεζομετρικών συνθηκών για την περίοδο 2007 – 2015. Για το σκοπό αυτό, κατασκευάστηκαν χάρτες χωρικής κατανομής της διαφοράς στάθμης των γεωτρήσεων για τις περιόδους Απριλίου 2007 – Μαρτίου 2015 και Σεπτεμβρίου 2007 – Οκτωβρίου 2015, με βάση τις μετρήσεις του Πίνακα 4.4, οι οποίοι απεικονίζονται στα Σχήματα 4.7 και 4.8, αντίστοιχα. Επίσης, κατασκευάστηκε το διάγραμμα του Σχήματος 4.9, όπου απεικονίζεται διαχρονικά η διακύμανση της πιεζομετρικής επιφάνειας ενδεικτικών γεωτρήσεων σε όλη την έκταση της περιοχής έρευνας για την περίοδο 2007 – 2015.

Από το Σχήμα 4.7, που απεικονίζει τη διαφορά στάθμης των υγρών περιόδων των ετών 2007 και 2015, στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, παρατηρείται πυκνή κατανομή των πιεζομετρικών καμπυλών. Από τις κλιτύες του Παγγαίου Όρους, στο ύψος των χωριών Ποδοχωρίου και Πλατανότοπου, προς την πεδινή περιοχή της λεκάνης παρατηρείται μείωση του υδραυλικού φορτίου, η οποία σε συνδυασμό με την υψηλή τοπογραφία, έχει ως αποτέλεσμα την απότομη τοπογραφική ταπείνωση της επιφάνειας του υδροφορέα. Το γεγονός αυτό δηλώνει τη δυσκολία τροφοδοσίας του υδροφορέα στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, τη δυσκολία κίνησης του υπόγειου νερού, καθώς και την παρουσία του υδροφόρου ορίζοντα σε μεγάλα βάθη από την επιφάνεια του εδάφους, όπως επιβεβαιώθηκε από τις τιμές των απόλυτων υψόμετρων των στάθμεων των γεωτρήσεων στην ανάλυση των πιεζομετρικών συνθηκών για τα έτη 2013 – 2015 σε προηγούμενη παράγραφο. Η πιεζομετρική επιφάνεια εμφανίζει κανονικότητα ως προς το ρυθμό μείωσης του υδραυλικού φορτίου όσο προσεγγίζει τον ποταμό Μαρμαρά, όπου και εμφανίζει έντονα φαινόμενα αρτεσιανισμού. Παρ' όλα αυτά, η εμφανής πυκνότητα των πιεζομετρικών καμπυλών στα τοπογραφικά υψηλότερα σημεία, καθώς και οι υψηλές τιμές των διαφορών στάθμης δηλώνουν τη συνεχή τροφοδοσία της περιοχής. Η κίνηση αυτή του υπόγειου νερού ευνοείται από την παρουσία των διαρρηγμένων μαρμάρων στην περιοχή του Παγγαίου και από τις υψηλές τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας, που

αναμένονται σε αυτούς τους σχηματισμούς λόγω της τεκτονικής της περιοχής, η οποία περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Αντίθετα, στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης, όπου εμφανίζεται το υπόβαθρο της περιοχής, παρατηρούνται μικρές τιμές της διαφοράς στάθμης, οι οποίες μειώνονται καθώς προσεγγίζουν το όρος Σύμβολο κατά μήκος του ποταμού Μαρμαρά. Οι πιεζομετρικές καμπύλες κατανέμονται αρκετά αραιά και σε συνδυασμό με την ομαλή τοπογραφία η τροφοδοσία του υδροφορέα πραγματοποιείται εύκολα στο τμήμα αυτό, όπως και η κίνηση του υπόγειου νερού. Οι ποσότητες του νερού που απαιτούνται για τον εμπλουτισμό στο ανατολικό τμήμα είναι αρκετές, όμως πολύ μικρότερες σε όγκο σε σχέση με αυτές που απαιτούνται στο δυτικό τμήμα της περιοχής, όπως φαίνεται και από τις τιμές των διαφορών στάθμης, όπου στο δυτικό τμήμα η διαφορά φτάνει έως 18 m, ενώ στο ανατολικό τμήμα δεν ξεπερνά τα 4 m.

Από το Σχήμα 4.8, που απεικονίζει τη διαφορά στάθμης των ξηρών περιόδων των ετών 2007 και 2015, παρατηρήθηκε μεταβολή των πιεζομετρικών συνθηκών κατά τη διάρκεια αυτών των ετών. Σε γενικές γραμμές, σημειώθηκε άνοδος της στάθμης σε όλη την περιοχή κατά 3 έως 4 m. Παρατηρήθηκε σημαντική άνοδος της στάθμης, κυρίως στο δυτικό τμήμα της περιοχής, αλλά και πτώση της στάθμης σε ορισμένες γεωτρήσεις. Πιο συγκεκριμένα, στις γεωτρήσεις ΜΠΛ3, ΜΠΛ12 και ΜΠΛ14 του Πλατανότοπου, οι οποίες βρίσκονται στο δυτικό τμήμα, ΜΜ5 και ΜΜ6 της Μουσθένης και ΜΑΚ1 του Ακροβουνίου, στο ανατολικό τμήμα, σημειώθηκε σημαντική άνοδος στάθμης. Παρ' όλο που η περίοδος Σεπτεμβρίου – Οκτωβρίου σηματοδοτεί το τέλος του εαρινού εξαμήνου του έτους και το τέλος της αρδευτικής περιόδου και αναμένονται πτώσεις στάθμης των γεωτρήσεων, παρατηρήθηκε ότι η τροφοδοσία του υδροφορέα είναι σημαντική και, πιθανόν, οφείλεται σε υψηλό ποσοστό κατακρημνισμάτων που συγκεντρώθηκε στην περιοχή. Εντούτοις, σε ορισμένες γεωτρήσεις, όπως στη ΜΣ5 του Σιδηροχωρίου και τη ΜΠΛ10 του Πλατανότοπου σημειώθηκαν μεγάλες πτώσεις στάθμης, γεγονός που επιβεβαιώνει τα φαινόμενα υπεράντλησης κατά τους θερινούς μήνες, τα οποία όμως δεν είναι τόσο έντονα ώστε να μειώσουν την τροφοδοσία του υδροφορέα της περιοχής.

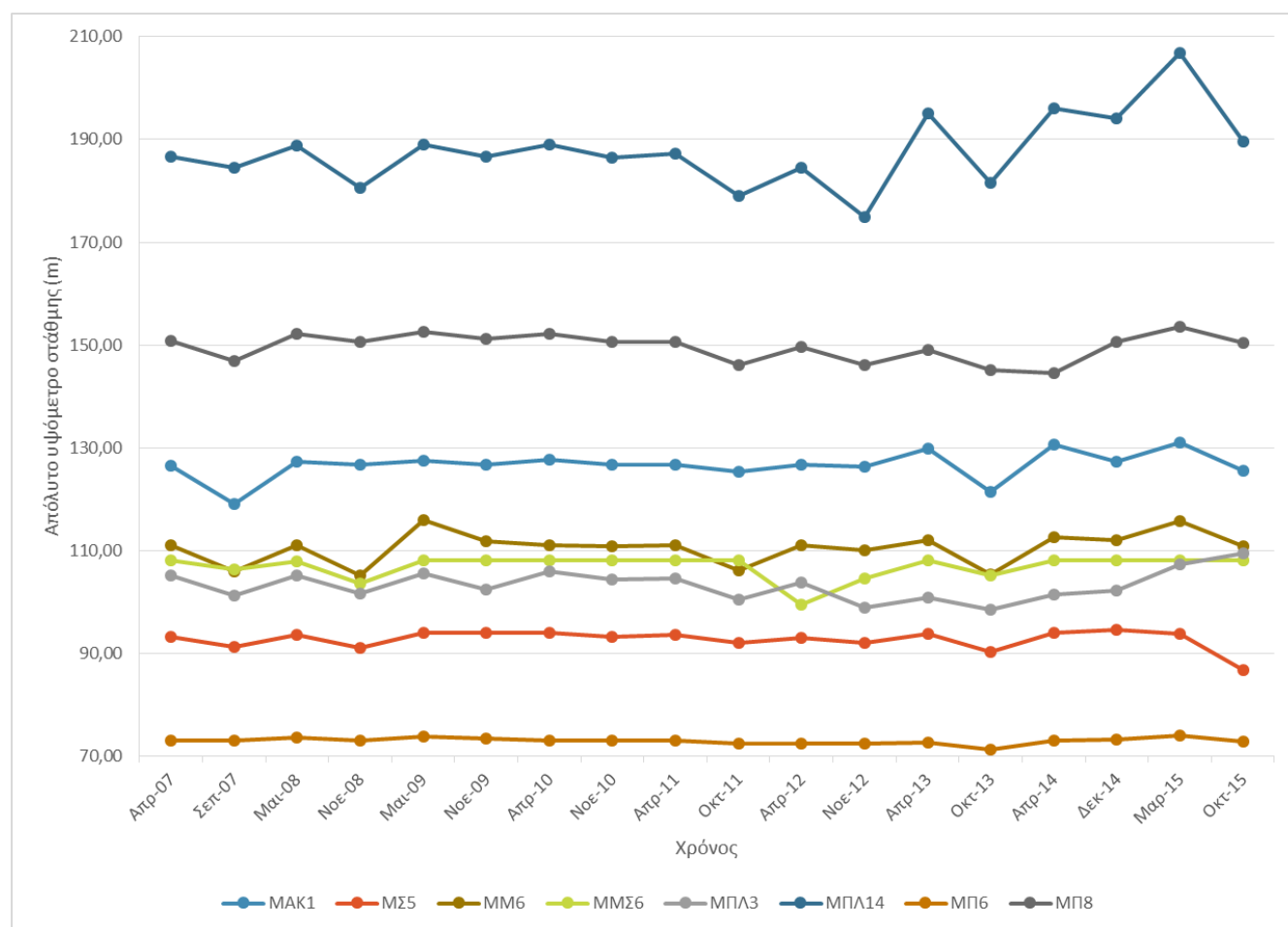
Από το Σχήμα 4.9, που απεικονίζει τη διακύμανση της πιεζομετρικής επιφάνειας ορισμένων γεωτρήσεων εκφρασμένη σε απόλυτα υψόμετρα στάθμης, παρατηρείται ότι το χαμηλότερο επίπεδο στάθμης σε όλες τις εξεταζόμενες γεωτρήσεις σημειώνεται κατά το Σεπτέμβριο του 2007, ενώ το υψηλότερο επίπεδο σημειώνεται κατά το Μάρτιο του 2015.



Σχήμα 4.7 Κατανομή διαφοράς στάθμης της περιόδου Απριλίου 2007- Μαρτίου 2015

Πίνακας 4.4 Διαφορές στάθμεων των γεωτρήσεων για την περίοδο 2007 – 2015

Α/Α	Γεώτρηση	Υψόμετρο (m)	Έτος 2007		Έτος 2015		Έτη 2007 - 2015	
			Απόλυτο υψόμετρο (m)		Απόλυτο υψόμετρο (m)		Διαφορές στάθμης (m)	
			Απρ-07	Σεπ-07	Μαρ-15	Οκτ-15	Απρ07-Μαρ15	Σεπ07-Οκτ15
1	ΜΑΚ1	133,8	126,60	119,10	131,07	125,50	4,47	6,40
2	ΜΚ2	126,0	124,00	122,20	123,50	121,92	-0,50	-0,28
3	ΜΔ6	94,7	92,42	93,60	94,38	92,91	1,96	-0,69
4	ΜΜ5	105,5	99,21	92,90	100,19	98,78	0,98	5,88
5	ΜΜΣ6	108,1	108,10	106,30	108,10	108,05	0,00	1,75
6	ΜΠΛ3	138,0	105,20	101,30	107,33	109,44	2,13	8,14
7	ΜΠΛ14	220,0	168,70	184,50	206,90	189,55	38,20	5,05
8	ΜΠ6	79,0	73,03	73,00	74,10	72,88	1,07	-0,12
9	ΜΠ10	167,6	135,64	131,00	135,12	133,73	-0,52	2,73



Σχήμα 4.9 Απόλυτα υψόμετρα στάθμεων (m) ορισμένων γεωτρήσεων στην περιοχή έρευνας για την περίοδο 2007 - 2015

5. Προσδιορισμός υδραυλικής αγωγιμότητας k

Από τις σημαντικότερες υδραυλικές παραμέτρους, οι οποίες διαμορφώνουν την υδρογεωλογική συμπεριφορά των σχηματισμών, είναι η υδραυλική αγωγιμότητα k . Έχει διαστάσεις ταχύτητας (LT^{-1}) και εκφράζει την ευκολία ή τη δυσκολία, με την οποία κινείται το νερό μέσα στους λιθολογικούς σχηματισμούς. Εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η κοκκομετρία των σχηματισμών, το πορώδες τους, η διάταξή τους. Πιο συγκεκριμένα, ορίζεται ως η ποσότητα του νερού που διέρχεται ανά μονάδα επιφάνειας του υδροφόρου ορίζοντα ανά μονάδα μεταβολής της υδραυλικής κλίσης και αναφέρεται σε μοναδιαίο κύβο του υδροφόρου. Με βάση την τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας, οι γεωλογικοί σχηματισμοί διακρίνονται σε (Βουδούρης, 2013):

- Στεγανοί, όταν $k \leq 10^{-9}$ m/s
- Λίγο υδροπερατοί, όταν $10^{-9} < k < 10^{-6}$ m/s
- Υδροπερατοί, όταν $10^{-6} < k < 10^{-1}$ m/s
- Πολύ υδροπερατοί, όταν $k \geq 10^{-1}$ m/s

Οι μεγαλύτερες τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας παρατηρούνται στους χαλαρούς σχηματισμούς, οι οποίοι είναι και οι πιο υδροπερατοί, όπως οι άμμοι, οι χάλικες και οι κροκάλες, ενώ ως πρακτικά στεγανοί σχηματισμοί θεωρούνται οι άργιλοι, καθώς εμφανίζουν πολύ μικρό πορώδες, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 Τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας k (Καλλέργης, 1999)

Υλικό	k (m/s)
Μεγάλα χαλίκια	$1,7 \cdot 10^{-3}$
Χαλίκια μεσαίου μεγέθους	$3,1 \cdot 10^{-3}$
Χαλίκια μικρού μεγέθους	$5,2 \cdot 10^{-3}$
Χονδρόκοκκη άμμος	$5,2 \cdot 10^{-4}$
Μεσόκοκκη άμμος	$1,4 \cdot 10^{-4}$
Λεπτόκοκκη άμμος	$2,9 \cdot 10^{-5}$
Ιλύς	$9,2 \cdot 10^{-7}$
Άργιλος	$2,3 \cdot 10^{-9}$

Στην περιοχή έρευνας μελετήθηκαν οι λιθολογικές τομές των γεωτρήσεων, στις οποίες πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις. Παρατηρείται ότι όλοι οι υδροφορείς αναπτύσσονται μέσα στα χαλαρά ιζήματα της περιοχής και είναι υπό πίεση, καθώς διαθέτουν αδιαπέρατη οροφή, που αποτελείται από στρώματα αργίλου μαζί με άμμους και κροκάλες και πρακτικά στεγανή έως λίγο υδροπερατή βάση, που αποτελείται από το υπόβαθρο της περιοχής, δηλαδή από γνευσίους και μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους.

Για τον προσδιορισμό της υδραυλικής αγωγιμότητας k , κάθε γεώτρηση, με βάση τη λιθολογική της τομή, χωρίστηκε σε επιμέρους λιθολογικούς σχηματισμούς και μετρήθηκε το πάχος του υδροφόρου, καθώς και το πάχος των φίλτρων που

τοποθετήθηκαν. Με αυτόν τον τρόπο, υπολογίστηκε η τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας για κάθε γεώτρηση, βάσει του τύπου:

$$k = \frac{k_1 * h_1 + k_2 * h_2 + \dots + k_v * h_v}{h_{ολ}}$$

όπου $k_{1,2,\dots,v}$ είναι οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας των επιμέρους σχηματισμών, $h_{1,2,\dots,v}$ είναι το πάχος των φίλτρων των παραπάνω σχηματισμών και $h_{ολ}$ είναι το συνολικό πάχος των φίλτρων της γεώτρησης. Για τις τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας $k_{1,2,\dots,v}$ χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές του Πίνακα 5.2, στον οποίο φαίνονται οι χαλαροί σχηματισμοί, στους οποίους διακρίθηκαν οι γεωτρήσεις.

Πίνακας 5.2 Τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας k που χρησιμοποιήθηκαν (τροποποιημένο Καλλέργης, 1999)

Υλικό	k (m/s)
Λατύπες, κροκάλες και χάλικες μεσαίου και μεγάλου μεγέθους	$2,4 \cdot 10^{-3}$
Πλευρικά κορήματα	$1,7 \cdot 10^{-4}$
Άμμος λεπτόκοκκη έως χονδρόκοκκη και αμμοχάλικες	$2,2 \cdot 10^{-5}$
Άργιλος	$2,3 \cdot 10^{-9}$

Στον Πίνακα 5.3 που ακολουθεί, παρουσιάζονται συνοπτικά οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας k κάθε γεώτρησης, όπως υπολογίστηκαν από τον παραπάνω τύπο, καθώς και το βάθος κάθε γεώτρησης και το πάχος του υδροφόρου. Παρατηρείται ότι η τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας k στην περιοχή έρευνας κυμαίνεται από $6,42 \cdot 10^{-6}$ m/s έως $2,40 \cdot 10^{-4}$ m/s, παρουσιάζοντας μια μέση τιμή $8,75 \cdot 10^{-5}$ m/s. Με βάση αυτή τη μέση τιμή και σύμφωνα με την παραπάνω κατάταξη των σχηματισμών ως προς την υδροπερατότητά τους κατά Βουδούρη (2013), μπορούμε να χαρακτηρίσουμε συνολικά τους σχηματισμούς της περιοχής έρευνας ως υδροπερατούς.

Στο σχήμα 5.1 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της υδραυλικής αγωγιμότητας στην περιοχή έρευνας. Σύμφωνα με την κατανομή αυτή, παρατηρείται ότι η υδραυλική αγωγιμότητα παρουσιάζει μεγάλες τιμές στο πεδινό τμήμα της λεκάνης και, συγκεκριμένα, στη γεώτρηση ΜΣ5 στην περιοχή του Σιδηροχωρίου, στη ΜΜΣ6 της Μεσορρόπης, στις ΜΠΛ3 και ΜΠΛ12 του Πλατανότοπου, καθώς και στη ΜΠ1 του Ποδοχωρίου. Το πεδινό τμήμα της λεκάνης καλύπτεται από Τεταρτογενείς αποθέσεις μεγάλου πάχους, οι οποίες διακρίνονται από έντονη υδροφορία. Αντίθετα, οι μικρότερες τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας συναντώνται αντιδιαμετρικά στα δύο άκρα της λεκάνης στα ανατολικά και δυτικά, στις γεωτρήσεις ΜΚ1 των Κηπίων και στη ΜΠ8 του Ποδοχωρίου, αντίστοιχα. Και οι δύο αυτές γεωτρήσεις συναντούν το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της περιοχής σε μεγάλο βάθος, το οποίο παρουσιάζει ελάχιστη υδροφορία. Επίσης, παρατηρείται ότι προς τα βόρεια βορειοδυτικά τμήματα της λεκάνης, όπου είναι έντονη η παρουσία

των γρανιτικών σωμάτων, η τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας ελαττώνεται, γεγονός που δείχνει ότι δεν υπάρχει υδροφορία στους σχηματισμούς αυτούς. Στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης, προς τις παρυφές του Παγγαίου όρους και, συγκεκριμένα, στις γεωτρήσεις ΜΔ6 και ΜΔ7 των Δωματίων και στη ΜΜ5 της Μουσθένης, παρατηρούνται μέσες τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας. Αυτή η περιοχή χαρακτηρίζεται από την παρουσία μαρμάρων, τα οποία διακρίνονται από μία μέση υδροφορία.

Πίνακας 5.3 Χαρακτηριστικά και τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας k κάθε γεώτρησης της περιοχής έρευνας

Α/Α	Γεώτρηση	Βάθος (m)	Πάχος υδροφόρου (m)	
			k (m/s)	
1	ΜΑΚ1	47	36	3,64E-05
2	ΜΚ1	147	89	8,40E-06
3	ΜΚ2	93	60	1,00E-04
4	ΜΣ2	126	77	0,00E+00
5	ΜΣ3	151	77	0,00E+00
6	ΜΣ5	128	103	1,82E-04
7	ΜΔ3	130	40	2,20E-05
8	ΜΔ6	170	108	8,00E-05
9	ΜΔ7	181	48	7,50E-05
10	ΜΜ5	151	51	9,33E-05
11	ΜΜ6	184	125	1,20E-04
12	ΜΜΣ2	180	60	2,20E-05
13	ΜΜΣ4	173	98	1,77E-05
14	ΜΜΣ6	120	72	2,20E-04
15	ΜΜΣ9	165	129	1,05E-04
16	ΜΠΛ3	170	97	2,40E-04
17	ΜΠΛ10	176	45	1,03E-05
18	ΜΠΛ12	176	74	2,40E-04
19	ΜΠΛ14	197	102	2,20E-05
20	ΜΠ1	103	50	1,97E-04
21	ΜΠ6	164	79	1,28E-04
22	ΜΠ8	230	120	6,42E-06

Συνεπώς, σύμφωνα με τις παραπάνω παρατηρήσεις, που προκύπτουν από τη χωρική κατανομή της υδραυλικής αγωγιμότητας k , στην περιοχή έρευνας διακρίνονται δύο υδρογεωλογικές ενότητες. Η μία ενότητα συνιστάται από τους υδροπερατούς σχηματισμούς, οι οποίοι αποτελούνται από τις Τεταρτογενείς αποθέσεις και τη σειρά των μαρμάρων της περιοχής. Εντοπίζεται κυρίως στο πεδινό τμήμα της περιοχής αλλά και στο δυτικό, συγκεκριμένα στις κλιτύες του Παγγαίου όρους και του όρους Συμβόλου. Η άλλη ενότητα συνιστάται από τους λίγο υδατοπερατούς έως αδιαπέρατους σχηματισμούς, την οποία αποτελούν η σχιστογενευσιακή σειρά της περιοχής και τα πυριγενή σώματα. Αυτή η ενότητα εντοπίζεται κυρίως το ανατολικό τμήμα και, κατά θέσεις, στο δυτικό, στις κορυφές του Παγγαίου όρους.

6. Προσδιορισμός της υδραυλικής κλίσης i

Η υδραυλική κλίση i ορίζεται ως ο λόγος της μεταβολής του πιεζομετρικού φορτίου ($\Delta\phi$) ανά μονάδα μήκους (Δl) κατά τη διεύθυνση της υπόγειας ροής. Δίνεται από τη σχέση $i = \Delta\phi / \Delta l$, είναι καθαρός αριθμός και συνήθως εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις εκατό (%) ή επί τοις χιλίοις (‰). Για τον προσδιορισμό των τιμών των υδραυλικών κλίσεων χρησιμοποιούνται οι πιεζομετρικοί χάρτες, στους οποίους μετράται η απόσταση των γραμμών ροής μεταξύ των ισοπιεζομετρικών καμπυλών, κατά τη διεύθυνση μείωσης του πιεζομετρικού φορτίου.

6.1 Προσδιορισμός των τιμών των υδραυλικών κλίσεων για την περίοδο 2013 – 2015

Για την παρούσα έρευνα, προσδιορίστηκαν οι τιμές της υδραυλικής κλίσης i στην περιοχή με βάση τους πιεζομετρικούς χάρτες των Σχημάτων 4.1 έως 4.6, για την περίοδο 2013 – 2015, καθώς και για τις υγρές και τις ξηρές περιόδους των ετών αυτών, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1. Πιο αναλυτικά, η περιοχή έρευνας χωρίστηκε σε τρία τμήματα, στο δυτικό, το κεντρικό και το ανατολικό τμήμα, σύμφωνα με την εικόνα της πιεζομετρίας και τη μεταβολή της πυκνότητας των πιεζομετρικών γραμμών. Στη συνέχεια, σε κάθε τμήμα υπολογίστηκαν οι τιμές της υδραυλικής κλίσης i κατά μήκος των γραμμών ροής. Για το έτος 2015 κατασκευάστηκαν μοντέλα προσομοίωσης της διακύμανσης της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, τα οποία παρουσιάζονται στα Σχήματα 6.1 έως 6.8. Για την κατασκευή των μοντέλων αυτών, επελέγησαν ενδεικτικές γεωτρήσεις σε κάθε τμήμα της περιοχής έρευνας και σύμφωνα με τις μετρήσεις του βάθους της στάθμης από την επιφάνεια του εδάφους, που πραγματοποιήθηκαν κατά το έτος αυτό, διακρίθηκαν, σε κάθε γεώτρηση τα υδροφόρα στρώματα. Συγκεκριμένα, τα στρώματα που βρίσκονται πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα συμβολίζονται με λευκό χρώμα, ενώ αυτά που βρίσκονται κάτω από αυτόν, με μπλε χρώμα.

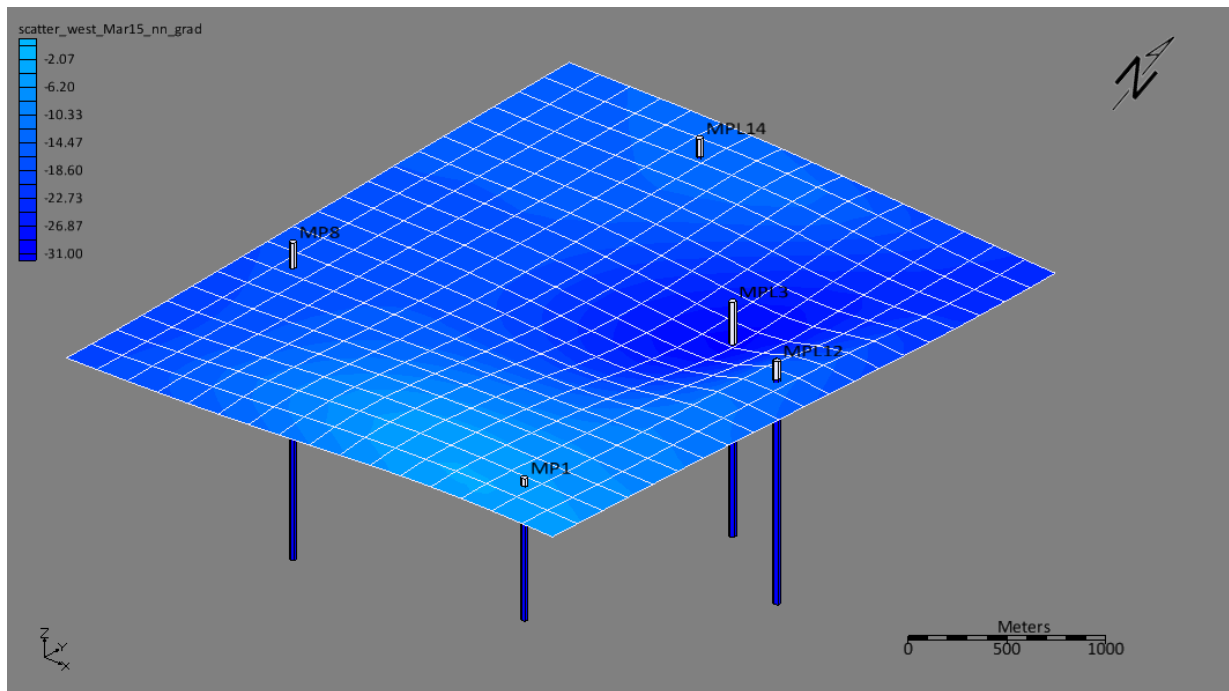
Κατά τον Απρίλιο του 2013 (Σχήμα 4.1), στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, οι τιμές της υδραυλικής κλίσης στην περιοχή του Ποδοχωρίου και του Πλατανότοπου στις γεωτρήσεις ΜΠ8, ΜΠΛ3, ΜΠΛ12 και ΜΠΛ14, στις παρυφές του Παγγαίου όρους, κυμαίνονται από 2,78 έως 3,13%, ενώ προς το πεδινό τμήμα, οι τιμές ελαττώνονται στο 1,39%. Στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης, στην περιοχή της Μεσορρόπης και της Μουσθένης, στην περιοχή των γεωτρήσεων ΜΜΣ6, ΜΜΣ9, ΜΜ5 και ΜΜ6, η υδραυλική κλίση έχει μια μέση τιμή 1,50 %, ενώ προς το πεδινό τμήμα, όσο προσεγγίζει τον ποταμό Μαρμαρά, ελαττώνεται στο 0,83%. Στο ανατολικό τμήμα παρατηρείται πως οι τιμές της υδραυλικής κλίσης μεταβάλλονται σημαντικά, καθώς είναι μικρότερες κατά μια τάξη μεγέθους, σε σχέση με το δυτικό τμήμα. Πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή μεταξύ των γεωτρήσεων ΜΔ3, ΜΔ6 και ΜΔ7 των Δωματίων και των ΜΣ2, ΜΣ3 και ΜΣ5 του Σιδηροχωρίου, η υδραυλική κλίση έχει μια μέση τιμή 5,22‰.

Κατά τον Οκτώβριο του 2013 (Σχήμα 4.2), οι υδραυλικές κλίσεις που υπολογίστηκαν στο δυτικό τμήμα, στην περιοχή του Ποδοχωρίου και του Πλατανότοπου κυμαίνονται από 2,38 έως 2,94%, ενώ προς το πεδινό τμήμα παρουσιάζεται μικρή αύξηση σε σχέση με τον Απρίλιο του ίδιου έτους, με την τιμή της υδραυλικής κλίσης να είναι 1,92%. Στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης, στην περιοχή της Μεσορρόπης και της Μουσθένης παρατηρείται μια μέση τιμή της υδραυλικής κλίσης στο 1,45%. Στο ανατολικό τμήμα στην περιοχή των Δωματίων, του Μελισσοκομείου, των Κηπίων και του Σιδηροχωρίου παρατηρείται και, κατά την ξηρή αυτή περίοδο, εμφανής μείωση των τιμών της υδραυλικής κλίσης κατά μία τάξη μεγέθους, οι οποίες εμφανίζουν μέση τιμή 5,25%.

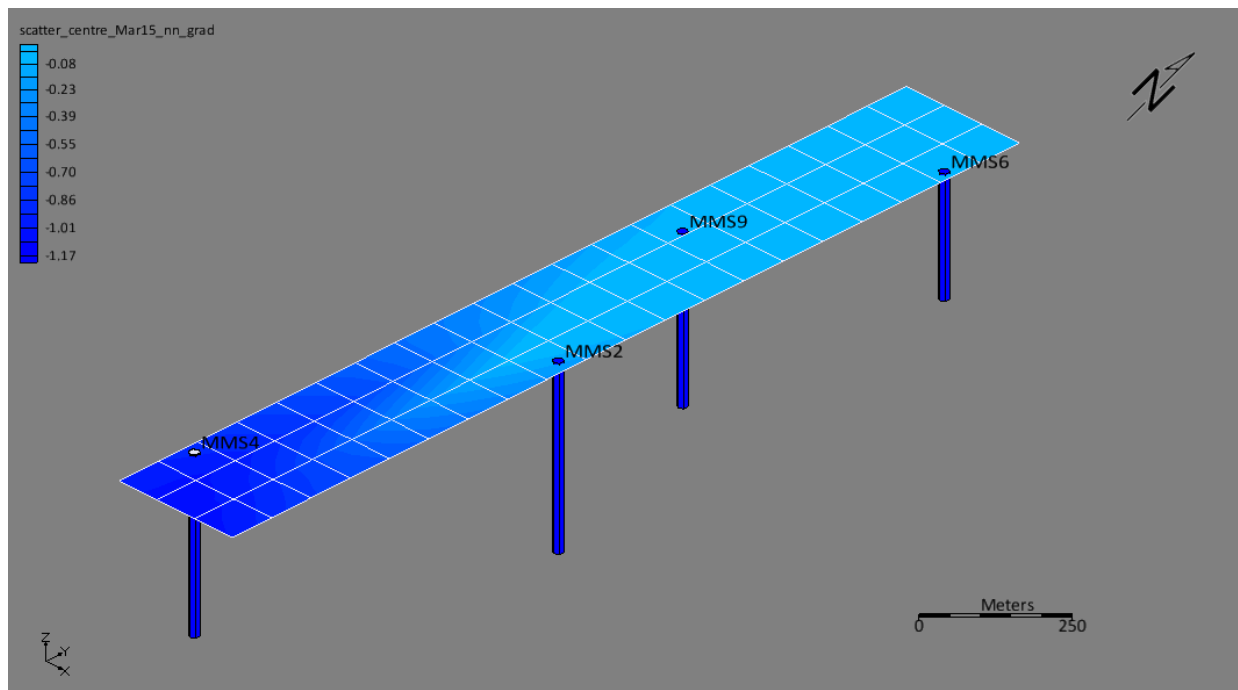
Κατά τον Απρίλιο του 2014 (Σχήμα 4.3), οι υδραυλικές κλίσεις που υπολογίστηκαν στο δυτικό τμήμα, στην περιοχή του Ποδοχωρίου και του Πλατανότοπου, δε διαφέρουν κατά πολύ από τις κλίσεις της αντίστοιχης περιόδου του προηγούμενου έτους, καθώς κυμαίνονται από 2,63 έως 2,94%, ενώ προς το πεδινό τμήμα παρουσιάζεται μικρή άνοδος, με την τιμή της υδραυλικής κλίσης να είναι 1,92%. Στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης, στην περιοχή της Μεσορρόπης και της Μουσθένης, δεν παρατηρείται μεταβολή καθώς η μέση τιμή της υδραυλικής κλίσης είναι 1,47%. Στο ανατολικό τμήμα παρατηρείται επίσης εμφανής μείωση της υδραυλικής κλίσης, η οποία παρουσιάζει μέση τιμή 5,85%.

Κατά το Δεκέμβριο του 2014 (Σχήμα 4.4) οι τιμές της υδραυλικής κλίσης παραμένουν σχεδόν σταθερές, καθώς δεν εμφανίζουν διαφορές από την αντίστοιχη περίοδο του προηγούμενου έτους. Συγκεκριμένα, στο δυτικό τμήμα η υδραυλική κλίση παίρνει τιμές από 2,27 έως 3,13%, ενώ προς το πεδινό τμήμα ελαττώνεται στο 1,47%. Στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης, στην περιοχή της Μεσορρόπης και της Μουσθένης, δεν παρατηρείται μεταβολή καθώς η μέση τιμή της υδραυλικής κλίσης είναι 1,42%. Στο ανατολικό τμήμα στην περιοχή του Μελισσοκομείου, του Μεσότοπου, των Κηπίων και του Σιδηροχωρίου παρατηρείται μια μέση τιμή της υδραυλικής κλίσης στο 5,17%, τιμή που δε διαφέρει από τις προηγούμενες.

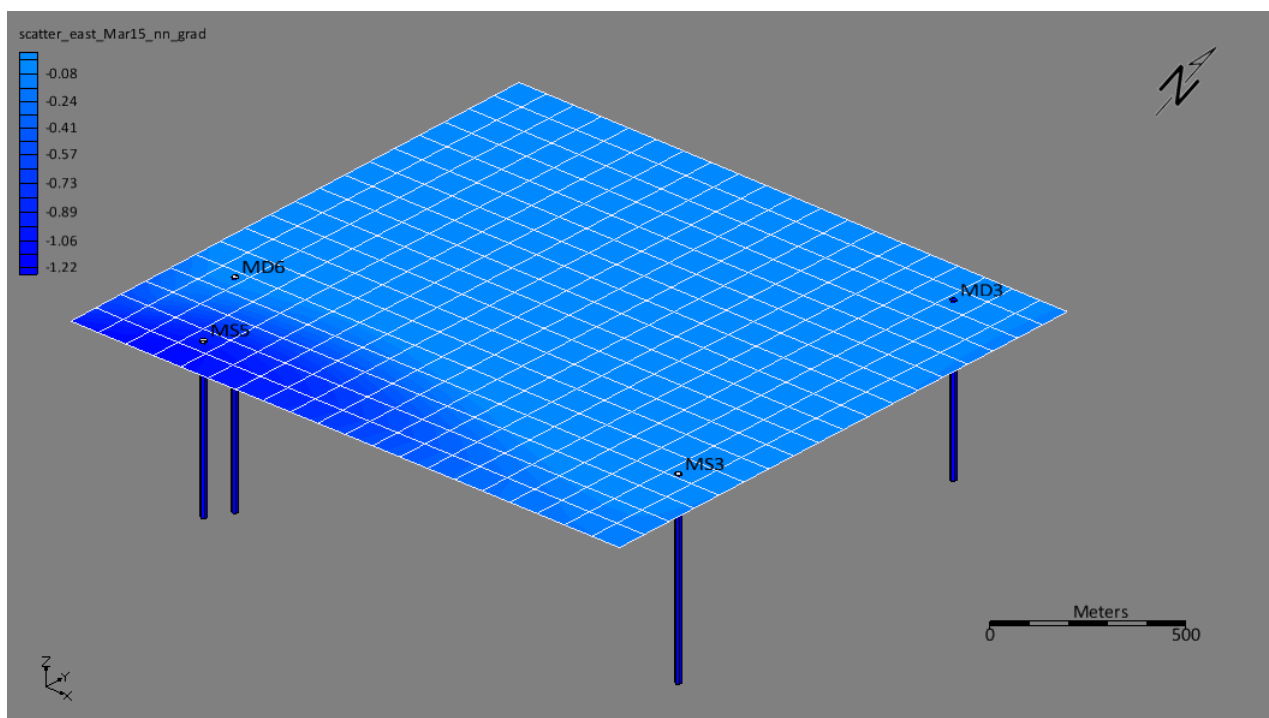
Κατά το Μάρτιο του 2015 (Σχήμα 4.5) παρατηρείται σημαντική άνοδος των τιμών της υδραυλικής κλίσης σε όλη την έκταση της λεκάνης σε σχέση με όλες τις προηγούμενες περιόδους. Στο δυτικό τμήμα, στην περιοχή του Ποδοχωρίου και του Πλατανότοπου, η τιμή της υδραυλικής κλίσης ανέρχεται έως το 4,55% (Σχήμα 6.1), ενώ προς το πεδινό τμήμα μετράται στο 2,08%. Στο κεντρικό τμήμα, στην περιοχή της Μεσορρόπης και της Μουσθένης, η υδραυλική κλίση παρουσιάζει μέση τιμή 1,55% (Σχήμα 6.2). Στο ανατολικό τμήμα, στην περιοχή των Δωματίων και του Σιδηροχωρίου, παρατηρείται η μεγαλύτερη άνοδος της περιόδου 2013-2015, καθώς η υδραυλική κλίση παρουσιάζει μέση τιμή 6,81% (Σχήμα 6.3).



Σχήμα 6.1 Επιφάνεια της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα στο δυτικό τμήμα της λεκάνης κατά το Μάρτιο του 2015

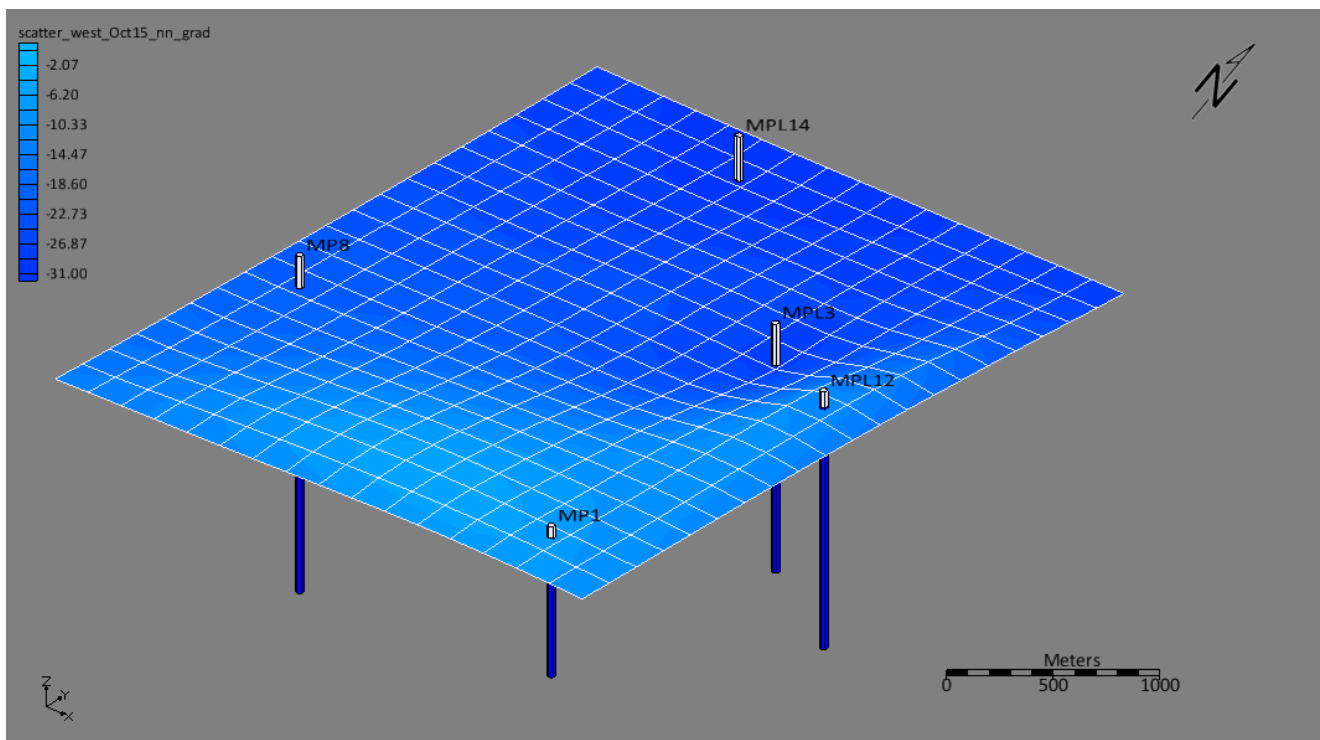


Σχήμα 6.2 Επιφάνεια της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης κατά το Μάρτιο του 2015

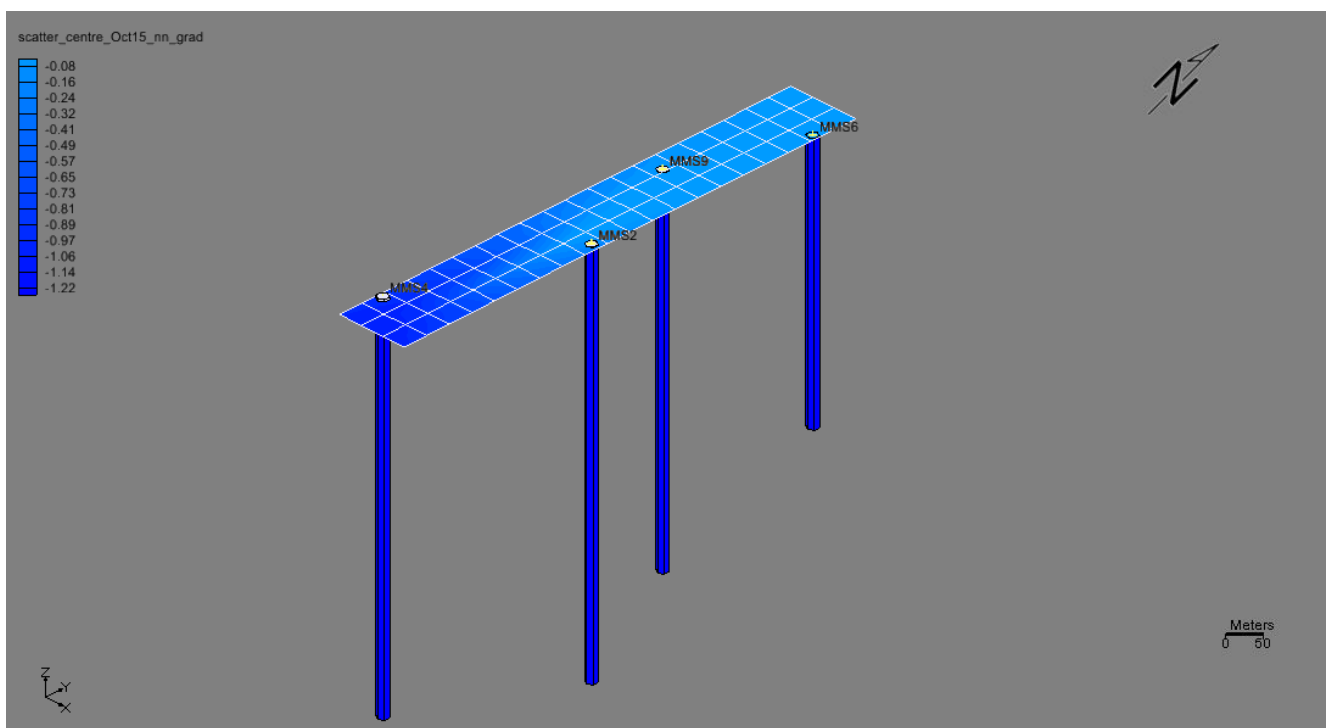


Σχήμα 6.3 Επιφάνεια της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης κατά το Μάρτιο του 2015

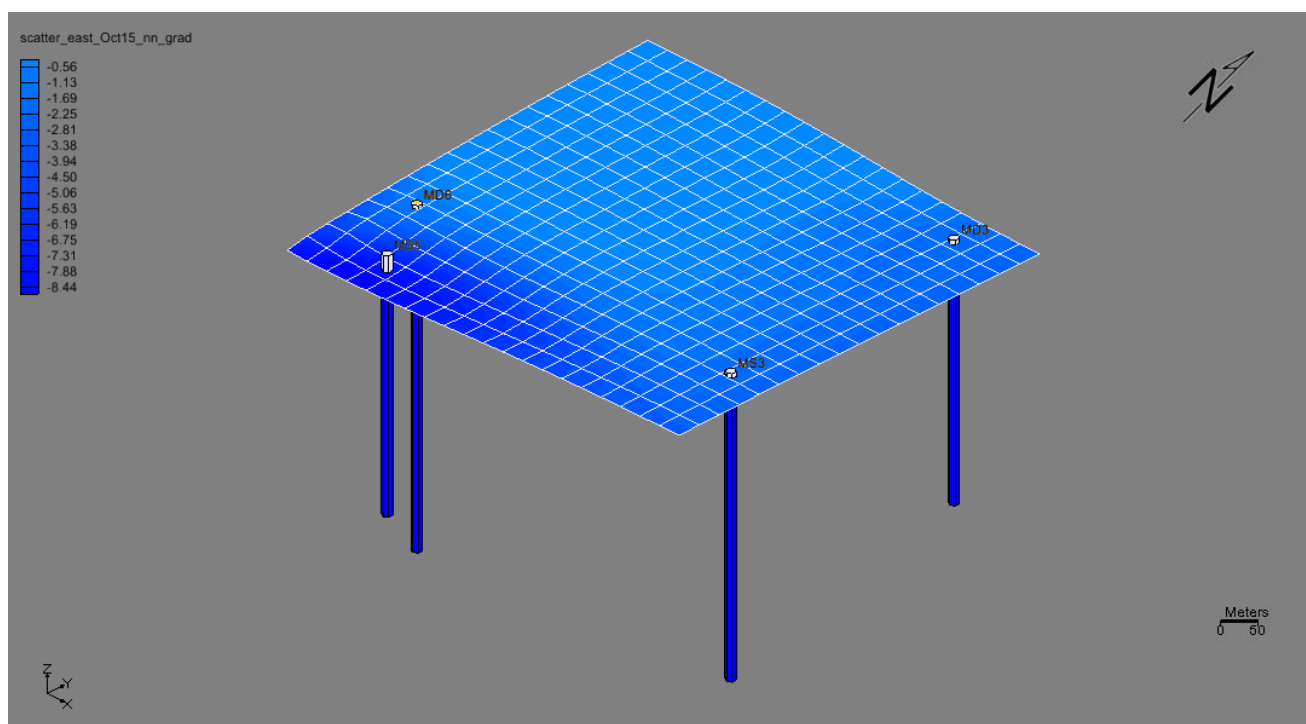
Κατά τον Οκτώβριο του 2015 (Σχήμα 4.6) οι τιμές της υδραυλικής κλίσης, που υπολογίστηκαν στο δυτικό τμήμα της λεκάνης παραμένουν σχεδόν σταθερές με αυτές της αντίστοιχης περιόδου του προηγούμενου έτους, καθώς κυμαίνονται από 2,27 έως 2,94% και στο πεδινό τμήμα 1,32% (Σχήμα 6.4). Στο κεντρικό τμήμα, στην περιοχή της Μεσορρόπης και της Μουσθένης, η υδραυλική κλίση παρουσιάζει μικρή άνοδο, με μέση τιμή 1,59% (Σχήμα 6.5). Στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης, στην περιοχή του Μελισσοκομείου, του Μεσότοπου και του Σιδηροχωρίου παρατηρείται σημαντική άνοδος της υδραυλικής κλίσης, που εμφανίζει μέση τιμή 6,41% (Σχήμα 6.6).



Σχήμα 6.4 Επιφάνεια της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα στο δυτικό τμήμα της λεκάνης κατά τον Οκτώβριο του 2015



Σχήμα 6.5 Επιφάνεια της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης κατά τον Οκτώβριο του 2015



Σχήμα 6.6 Επιφάνεια της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης κατά τον Οκτώβριο του 2015

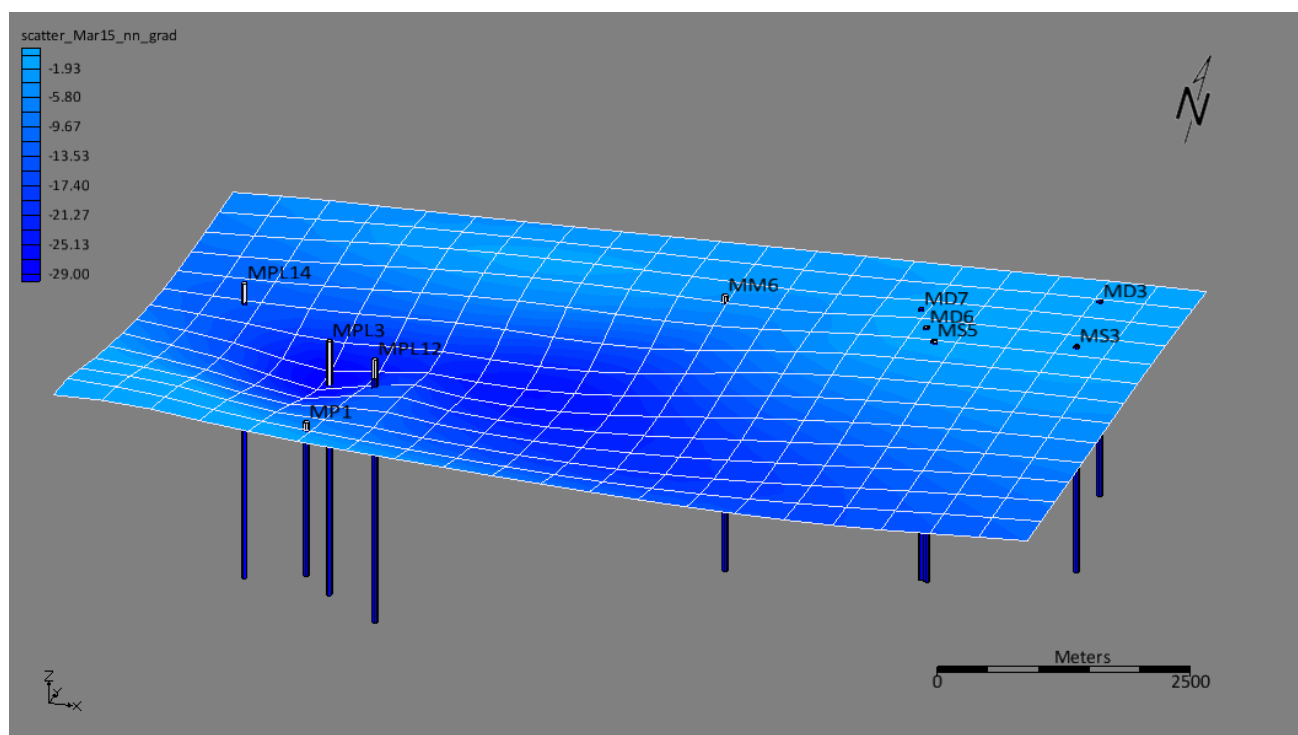
6.2 Παρατηρήσεις

Σύμφωνα με όλες τις παραπάνω παρατηρήσεις, διαπιστώνεται πως υπάρχει σημαντική μεταβολή της υδραυλικής κλίσης για την περίοδο 2013 – 2015 στην Πιερία λεκάνη, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.1. Συγκεκριμένα, παρατηρείται μεγάλη μεταβολή των τιμών της υδραυλικής κλίσης, κατά μία τάξη μεγέθους, μεταξύ του δυτικού και του ανατολικού τμήματος της λεκάνης. Στο δυτικό τμήμα παρατηρούνται μεγάλες τιμές υδραυλικής κλίσης, οι οποίες σε συνδυασμό με την υψηλή τοπογραφία της περιοχής δηλώνουν συνθήκες δύσκολης τροφοδοσίας, καθώς και απότομη τοπογραφική ταπείνωση της επιφάνειας του υδροφορέα, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Στο ανατολικό τμήμα της περιοχής, η υδραυλική κλίση παίρνει τιμές μικρότερες κατά μία τάξη μεγέθους, οι οποίες σε συνδυασμό με την ομαλή τοπογραφία της περιοχής, δηλώνουν ευκολία της τροφοδοσίας του υδροφορέα και ευνοούν την εμφάνιση φαινομένων αρτεσιανισμού. Συνεπώς, η παρατηρούμενη μεταβολή της υδραυλικής κλίσης οφείλεται στη διαφορά της τροφοδοσίας μεταξύ του δυτικού και του ανατολικού τμήματος της λεκάνης. Αυτή η μεταβολή γίνεται εμφανής από την κατανομή της πιεζομετρίας, όπως παρατηρείται από τους αντίστοιχους πιεζομετρικούς χάρτες, αλλά και από τα Σχήματα 6.7 και 6.8, όπου παρουσιάζεται ενδεικτικά για το Μάρτιο και Οκτώβριο του έτους 2015 η επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα στη λεκάνη. Επιπλέον, μια ακόμη πιθανή αιτία της μεταβολής αυτής είναι το τεκτονικό καθεστώς της Πιερίας λεκάνης και, συγκεκριμένα η ύπαρξη των δύο συστημάτων ρηγμάτων της περιοχής, όπως αναφέρεται σε αντίστοιχο κεφάλαιο. Τα συστήματα αυτά έχουν επηρεάσει την

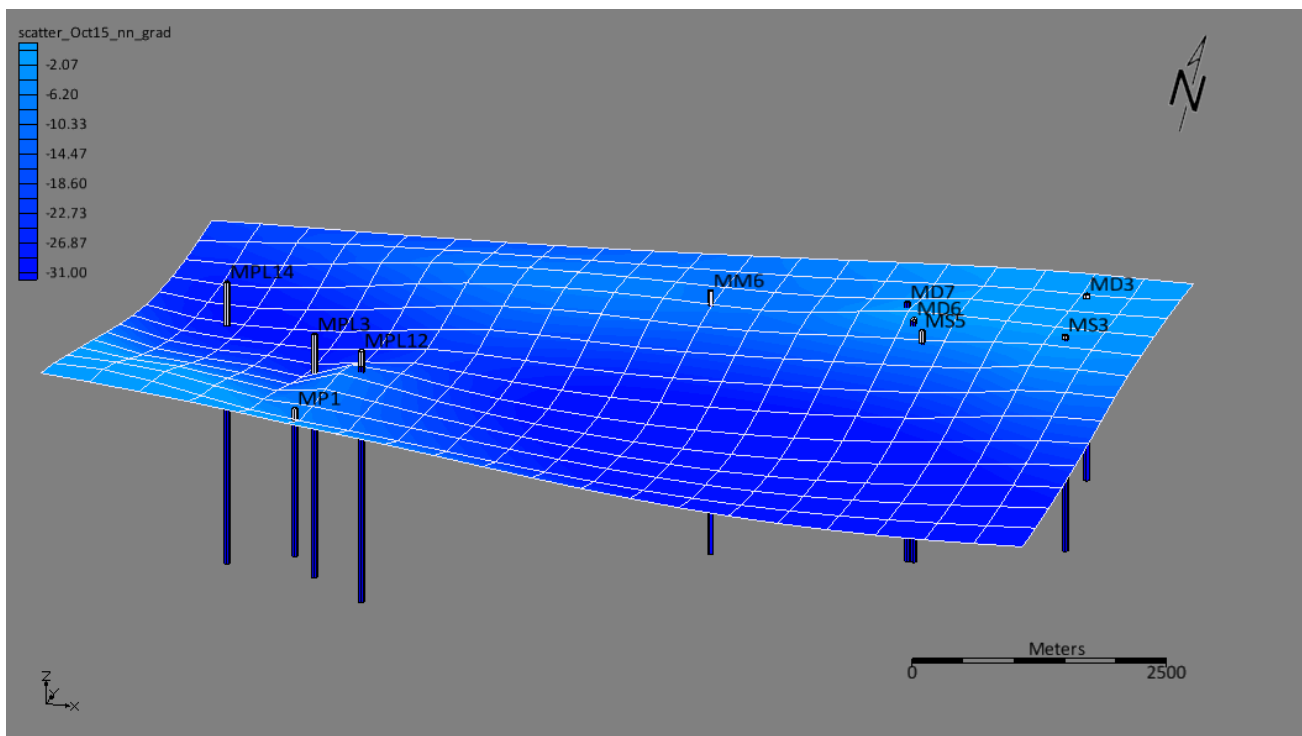
τεκτονική του υποβάθρου της περιοχής και, κατ' επέκταση, των υδροφόρων στρωμάτων, με αποτέλεσμα να διαφοροποιούν την ικανότητα τροφοδοσίας μεταξύ του δυτικού και ανατολικού τμήματος της λεκάνης, αλλά και τα υδραυλικά τους χαρακτηριστικά, όπως παρατηρείται από τη μεταβολή της υδραυλικής κλίσης.

Πίνακας 6.1 Τιμές της υδραυλικής κλίσης στην περιοχή έρευνας

	Έτη						Τμήμα λεκάνης
	Έτος 2013		Έτος 2014		Έτος 2015		
	Απρ	Οκτ	Απρ	Δεκ	Μαρ	Οκτ	
Υδραυλική κλίση i (%)	2,43	2,42	2,50	2,29	3,19	2,18	Δυτικό
	1,27	1,45	1,47	1,42	1,55	1,59	Κεντρικό
	0,52	0,53	0,58	0,52	0,68	0,64	Ανατολικό



Σχήμα 6.7 Αποτύπωση της επιφάνειας του υδροφόρου ορίζοντα σε όλη την έκταση της λεκάνης κατά το Μάρτιο 2015



Σχήμα 6.8 Αποτύπωση της επιφάνειας του υδροφόρου ορίζοντα σε όλη την έκταση της λεκάνης κατά τον Οκτώβριο 2015

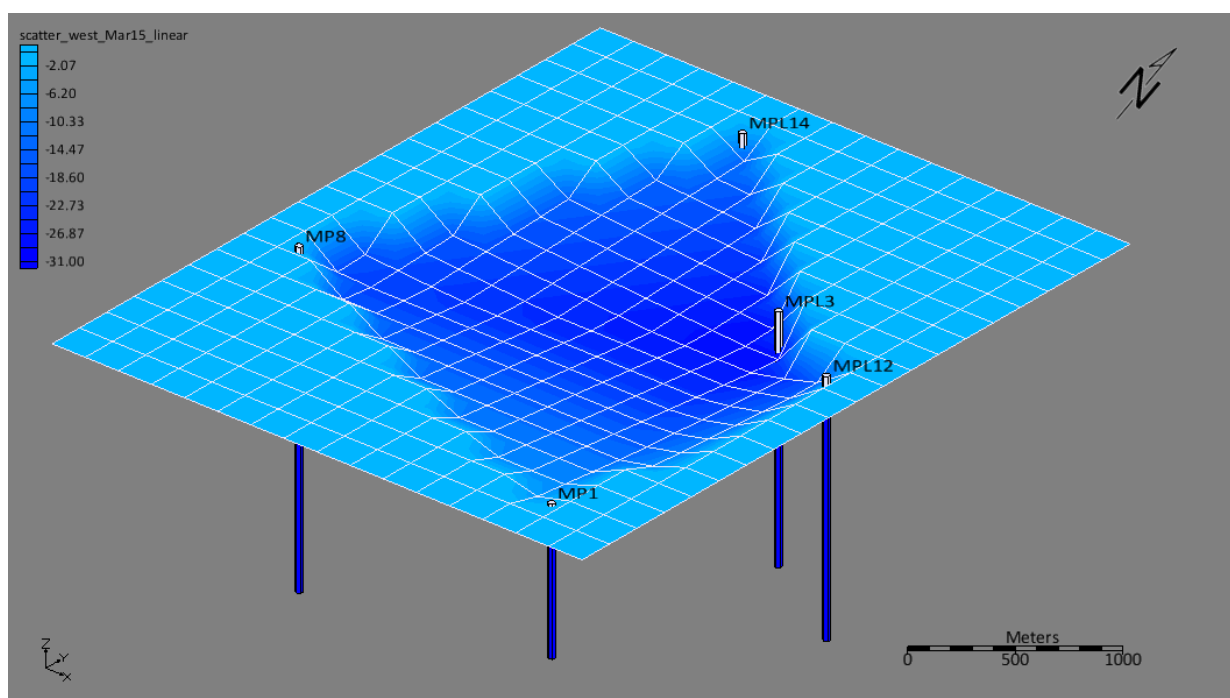
Μια ακόμη σημαντική μεταβολή της υδραυλικής κλίσης παρατηρείται κατά το έτος 2015. Συγκεκριμένα, στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, κατά την υγρή περίοδο του έτους, δηλαδή το Μάρτιο του 2015, σημειώνεται η μεγαλύτερη τιμή της υδραυλικής κλίσης για την περίοδο 2013 – 2015 (Πίνακας 6.1), τιμή που ξεπερνάει κατά πολύ τις αντίστοιχες των υγρών περιόδων των προηγούμενων ετών (Σχήμα 6.9). Μια αντίστοιχη μεταβολή παρατηρείται κατά την υγρή αλλά και κατά την ξηρή περίοδο του έτους 2015 στο κεντρικό και το ανατολικό τμήμα της περιοχής, όπου σημειώνονται οι μεγαλύτερες τιμές υδραυλικής κλίσης, σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές των προηγούμενων ετών στις αντίστοιχες περιόδους. Το γεγονός αυτό δηλώνει δυσκολότερη τροφοδοσία του υδροφορέα κατά το έτος 2015, σε σχέση με τα προηγούμενα έτη στο ανατολικό τμήμα, χωρίς αυτό να επηρεάζει τη διαφοροποίηση που εμφανίζει η τροφοδοσία μεταξύ του δυτικού και ανατολικού τμήματος στο σύνολο της λεκάνης, όπως αναφέρθηκε ακριβώς παραπάνω.

Τέλος, παρατηρείται μεταβολή της υδραυλικής κλίσης στις ενδοετήσιες περιόδους για τα έτη 2013 – 2015, δηλαδή μεταξύ της υγρής και της ξηρής περιόδου του έτους, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.2. Η θετική μεταβολή δηλώνει συνθήκες εύκολης τροφοδοσίας του υδροφορέα, καθώς οι τιμές της υδραυλικής κλίσης είναι μικρότερες κατά την ξηρή περίοδο σε σχέση με την υγρή. Η ξηρή περίοδος σηματοδοτεί το τέλος της αρδευτικής περιόδου και, λόγω της εντατικής άντλησης που προηγήθηκε κατά τους θερινούς μήνες, υπάρχει ανάγκη γρήγορης επανατροφοδοσίας του υδροφορέα, η οποία επιτυγχάνεται, όπως αποδεικνύεται από τις τιμές της υδραυλικής κλίσης. Τέτοιες μεταβολές παρατηρούνται κατά το έτος

2014 σε όλη την έκταση της λεκάνης, όπως και στο δυτικό τμήμα κατά το έτος 2013 αλλά και στο δυτικό και ανατολικό τμήμα κατά το έτος 2015. Αντίθετα, η αρνητική μεταβολή δηλώνει συνθήκες δύσκολης τροφοδοσίας του υδροφορέα, καθώς οι τιμές της υδραυλικής κλίσης είναι μικρότερες κατά την υγρή περίοδο σε σχέση με την ξηρή, όπου η περιοχή έχει ανάγκη άμεσης και γρήγορης επανατροφοδοσίας. Τέτοιες μεταβολές παρατηρούνται στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα της περιοχής κατά το έτος 2013, καθώς και στο κεντρικό τμήμα κατά το έτος 2015.

Πίνακας 6.2 Διαφορές των τιμών υδραυλικής κλίσης ενδοετήσια κατά το έτος 2015

	Έτη			Τμήμα λεκάνης
	Έτος 2013	Έτος 2014	Έτος 2015	
Διαφορά υδραυλικής κλίσης(%)	0,015	0,209	1,013	Δυτικό
	-0,179	0,051	-0,038	Κεντρικό
	-0,003	0,068	0,041	Ανατολικό



Σχήμα 6.9 Διακύμανση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα στο δυτικό τμήμα της λεκάνης κατά το Μάρτιο του 2015, ενδεικτική της μεγάλης υδραυλικής κλίσης

7. Συμπεράσματα

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα υδρογεωλογική μελέτη της Πιερίας λεκάνης.

1. Η Πιερία λεκάνη ανήκει στο νομό Καβάλας, εκτείνεται στο νοτιοδυτικό τμήμα αυτού και αναπτύσσεται με γενική διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ. Η περιοχή έρευνας οριοθετείται μεταξύ του Παγγαίου όρους από βόρεια και του όρους Σύμβολου από τα νότια. Έχει περίπου ελλειψοειδές σχήμα, η περίμετρός της έχει μήκος 65,79 km και καλύπτει έκταση 180,99 km².
2. Η Πιερία λεκάνη χωροταξικά ανήκει στο Δήμο Παγγαίου και, πιο συγκεκριμένα, στις επιμέρους δημοτικές ενότητες Ελευθερούπολης, Ορφανού και Πιερέων. Στην περιοχή έρευνας ο πληθυσμός ανέρχεται σε 5.393 κατοίκους (ΕΛΣΤΑΤ, Απογραφή 2011) .
3. Η Πιερία λεκάνη διαθέτει πολύ καλά ανεπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο. Ο κύριος ποταμός που τη διαρρέει είναι ο Μαρμαράς ποταμός, ο οποίος έχει διεύθυνση ροής παράλληλη με τη διεύθυνση ανάπτυξης της λεκάνης, δηλαδή ΒΑ – ΝΔ. Ο ποταμός Μαρμαράς τροφοδοτείται από πολλούς χειμάρρους, από τους οποίους οι περισσότεροι πηγάζουν από το Παγγαίο όρος, ενώ λιγότεροι από το όρος Σύμβολο.
4. Γεωλογικά, η περιοχή έρευνας ανήκει στην Ελληνική ενδοχώρα, στη γεωτεκτονική ζώνη της Μάζας της Ροδόπης και, συγκεκριμένα, στην ενότητα Παγγαίου. Στρωματογραφικά, η περιοχή έρευνας αποτελείται από δύο σειρές πετρωμάτων, την κατώτερη σχιστογνευσιακή σειρά, που αποτελείται από το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της μάζας της Ροδόπης και περιλαμβάνει γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες και πρασινοσχιστόλιθους, οι οποίοι καλύπτουν κυρίως το ανατολικό τμήμα της περιοχής και από την ανώτερη σειρά των μαρμάρων, που αποτελείται κυρίως από μάρμαρα (μάρμαρα του Φαλακρού) και από εναλλαγές μαρμάρων με μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και καλύπτει κυρίως το δυτικό τμήμα της περιοχής. Τα πετρώματα των σειρών αυτών διακόπτονται κατά θέσεις από την παρουσία γρανιτοειδών της περιοχής με τη μορφή μικρών διαπυρικών όγκων, καθώς πρόκειται για πλουτωνικά σώματα.
5. Το πεδινό τμήμα της λεκάνης καλύπτεται από Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις. Οι Νεογενείς αποθέσεις και, συγκεκριμένα, τα Πλειο - Πλειστοκαινικά ιζήματα εμφανίζονται μόνο στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης. Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις είναι ηλικίας Ολοκαίνου και αποτελούνται από χερσαίες αποθέσεις και από αλλουβιακά ριπίδια. Αυτοί οι σχηματισμοί παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς μέσα σε αυτούς αναπτύσσονται τα κυριότερα υδροφόρα στρώματα της περιοχής.
6. Η τεκτονική της Πιερίας λεκάνης είναι άμεσα συνδεδεμένη με την τεκτονική εξέλιξη της μάζας της Ροδόπης και η δημιουργία της συνδέεται με την εφελκυστική τεκτονική διεύθυνσης ΒΑ – ΝΔ. Στην περιοχή έρευνας εντοπίζονται

δύο συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις BA – NΔ και ΒΔ – ΝΑ, τα οποία έχουν επηρεάσει την τεκτονική όλης της λεκάνης και των υδροφόρων στρωμάτων.

7. Οι σχηματισμοί της περιοχής έρευνας, ως προς την υδρολιθολογία τους διακρίνονται σε δυο κατηγορίες, στους υδροπερατούς και στους λιγότερο υδροπερατούς έως αδιαπέρατους σχηματισμούς. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι Τεταρτογενείς αποθέσεις και η σειρά των μαρμάρων, ενώ στη δεύτερη ανήκουν τα πυριγενή πετρώματα και η σχιστογενευσιακή σειρά, που αποτελεί το υπόβαθρο της περιοχής. Αυτή η διάκριση συντελέστηκε με βάση τις τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας k που προσδιορίστηκαν για την περιοχή έρευνας, παρουσιάζοντας μια μέση τιμή $8,75 \cdot 10^{-5}$ m/s.
8. Σύμφωνα με τις πιεζομετρικές συνθήκες που μελετήθηκαν στην περιοχή και με βάση τους πιεζομετρικούς χάρτες που κατασκευάστηκαν, συμπεραίνεται ότι οι μεταβολές της πιεζομετρίας είναι αντιστρεπτές, δηλαδή ότι επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση με την έναρξη της επόμενης περιόδου. Με βάση τις ισοπιεζομετρικές καμπύλες και τις γραμμές ροής, η περιοχή έρευνας παρουσιάζει διττή συμπεριφορά ως προς την πιεζομετρία. Στο δυτικό τμήμα η τροφοδοσία του υδροφορέα γίνεται δύσκολα, καθώς παρατηρείται έντονη πύκνωση των ισοπιεζομετρικών γραμμών και τοπογραφική ταπείνωση της περιοχής, ενώ στο ανατολικό τμήμα η τροφοδοσία γίνεται ευκολότερα, καθώς παρατηρείται αραιή κατανομή των ισοπιεζομετρικών καμπυλών και ομαλή τοπογραφία.
9. Η διαφορά στην τροφοδοσία του υδροφορέα μεταξύ του δυτικού και του ανατολικού τμήματος της λεκάνης γίνεται εμφανής από τις τιμές των απόλυτων υψομέτρων της στάθμης υπόγειου νερού των γεωτρήσεων, όπου στο δυτικό τμήμα της λεκάνης κυμαίνονται από 71,30 m έως 206,90 m και δηλώνουν μη ευνοϊκές συνθήκες τροφοδοσίας, ενώ στο ανατολικό τμήμα, κυμαίνονται από 86,65 m έως 131,07 m, που δηλώνουν ευκολότερες συνθήκες τροφοδοσίας, λόγω διαμόρφωσης των υδροφορέων σε μικρότερο βάθος.
10. Σύμφωνα με τις μετρήσεις των στάθμεων του υπόγειου νερού των γεωτρήσεων στην περιοχή έρευνας κατά την περίοδο των ετών 2007 – 2015, η χαμηλότερη στατική στάθμη από την επιφάνεια του εδάφους μετρήθηκε κατά τον Οκτώβριο του 2013 στη γεώτρηση ΜΠ6 ίση με 7,70 m, η οποία ανάγεται σε απόλυτο υψόμετρο στάθμης στα 71,30 m. Αντίθετα, η βαθύτερη στατική στάθμη μετρήθηκε κατά το Μάρτιο του 2015 στη γεώτρηση ΜΠΛ14 ίση με 13,10 m, η οποία ανάγεται σε απόλυτο υψόμετρο στάθμης στα 206,60 m.
11. Την εικόνα της πιεζομετρίας επιβεβαιώνουν και οι τιμές της υδραυλικής κλίσης i , όπως υπολογίστηκαν για την περιοχή έρευνας. Στο δυτικό τμήμα, στην περιοχή του Ποδοχωρίου και του Πλατανότοπου η υδραυλική κλίση παρουσιάζει μέση τιμή 2,50% και δηλώνει συνθήκες δύσκολης τροφοδοσίας του υδροφορέα, σε σχέση με το ανατολικό τμήμα, που στην περιοχή των Δωματίων και του Σιδηροχωρίου παρουσιάζει μέση τιμή 5,78‰ και δηλώνει ευκολότερες συνθήκες τροφοδοσίας.

12. Τέλος, προτείνεται η συνεχής και συστηματική παρακολούθηση της στάθμης των υπόγειων νερών στην Πιερία λεκάνη με σκοπό την ορθολογική διαχείριση των υπόγειων υδροφορέων.

8. Βιβλιογραφία

- Βουδούρης, Κ. (2013):** Τεχνική Υδρογεωλογία, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
- Brynn, J. H. (1964):** Sur la disposition originelle du systeme alpine en trois rameaux. Application de cette notion a l' analyse de grandes structures charriees, Alpes orientales, Carpathes. C. R. Acad. Sci. 259: 4739-4741
- Burg, J. P., Ivanov, Z., Ricou, L. E, Dimor, D. & Klain, L. (1990):** Implications of shear-sense criteria for the tectonic evolution of the central Rhodope massif, southern Bulgaria, *Geology*, 18, 451-454
- Dimitrov, S. (1955):** Stand und Aufgaben der Untersuchungen der magmatischen und metamorphen Komplexe Bulgariens. *Izv. Ak. Nauk. sssR, Ser, geol.* 1, Moskva
- Δημόπουλος, Γ. (1978):** Περί του σχηματισμού των υδροφόρων οριζόντων της λεκάνης μεταξύ των ορέων Παγγαίου – Συμβόλου (Πιερία λεκάνη), Διδακτορική Διατριβή, Φυσικομαθηματική Σχολή Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
- Dimopoulos, G. (1986):** Die chemische Zusammensetzung der Grundwasser des Pieria-Beckens (Griechenland) und ihre Beziehung zur regionalen Tektonik, *Zeitschrift fur angewandte Geologie*, bd.32 (1986)
- Dinter, D. A. (1998):** Late Cenozoic extension of the Alpine collisional orogeny, northeastern Greece: origin of the north Aegean basin, *Geol. Soc. Am. Bull.* 110: 1208 - 1230
- Eleftheriadis, G. & Koroneos, A. (2003):** Geochemistry and Petrogenesis of Post-Collision Pangeon granitoids in Central Macedonia, Northern Greece, *Chem. Erde* 63 (2003), 364-389
- Κακλής, Τρ. Β. (2011):** Υδρογεωλογική μελέτη και μελέτη διαχείρισης υδατικών πόρων Πιερίας λεκάνης Ν. Καβάλας, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη 2011
- Καλλέργης, Γ. (1999):** Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Τόμος Α, Έκδοση ΤΕΕ, Αθήνα
- Kilias, A. & Mountrakis, D (1990):** Kinematics of the crystalline sequences in the western Rhodope massif, *Geol. Rhodopica*, 2nd Hell. – Bulg. Symposium, Thessaloniki, 100-116
- Kilias, A. & Mountrakis, D. M. (1998):** Tertiary extension of the Rhodope massif associated with granite emplacement (Northern Greece), *Acta Vulcanologica* Vol. 10 (2) – 1998: 331 – 337
- Kober, L. (1931):** Das Alpine Europa, Borntraeder ed., Berlin. 310 p.
- Kronberg, P. (1969):** Gliederung, Petrographie und Tektognese des Rhodopen – Kristallins im Tsal Dag, Simvolon und Ost-Pangaon (Griechisch – Makedonien), *Geotektonische Forschungen* 31. I – III, Stuttgart
- Kromberg P. & Schenck, P. F. (1974):** Φύλλα Νικήσιανη – Λουτρά Ελευθερών, Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, κλίμακα 1:50.000, Εθνικό Ίδρυμα Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών

Liati, A. (1986): Regional metamorphism and overprinting contact metamorphism of the Rhodope zone, near Xanthi (N. Greece), Ph.D. Thesis, Techn. Univ. Braunschweig, 186 pp.

Μουντράκης, Δ. (1994): Εισαγωγή στη γεωλογία της Μακεδονίας και της Θράκης. Απόψεις για τη γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελληνικής ενδοχώρας και των εσωτερικών Ελληνίδων, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας τομ. XXX/1, 31-46, 1994, Πρακτικά 7^{ου} Επιστημονικού Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη, Μάιος 1994

Μουντράκης, Δ. (2010): Γεωλογία και Γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη

Mountrakis, D., Sapountzis, E., Kiliass, A., Eleftheriadis, G. & Chistofides, G. (1983): Paleogeographic conditions in the western Pelagonian margin in Greece during the initial rifting of the continental area, Canadian Journal of Earth Sc., 20, 1673-1681

Mposkos, E. & Krohe, A. (2000): Petrological and structural evolution of continental high pressure (HP) metamorphic rocks in the Alpine Rhodope Domain (N. Greece), Proceedings of the 3rd Intern. Conf. Geol. East. Mediterranean (Nicosia, Cyprus), 221-232

Oswald, K. (1938): Geologische geschichte von Griechisch – Nordmakedonien, Υπόμνημα Γεωλ. Υπηρεσίας Ελλάδος, 3.

Papanikolaou, D. & Panagopoulos, A. (1981): On the structural style of southern Rhodope, Greece, Geol. Balc., 11, 13-22

Schenck, P. F. (1970): Geologie des westlichen Pangaion in Griechisch – Ostmakedonien, Beih. Geol. Jb, 88, 81-132

Tranos, M. D., Eleftheriadis, G. & Kiliass, A. (2009): Philippoi granitoid as a proxy for the Oligocene and Miocene crustal deformation in the Rhodope Massif (Eastern Macedonia, Greece), Geotectonic Research Vol. 96: 69-85

Φαλαλάκης, Γ. Ν. (2004): Κινηματική ανάλυση και παραμόρφωση στο όριο των κρυσταλλοσχιστωδών μαζών της Σερβομακεδονικής και της Ροδόπης (Όρη Κερκίνης, Βροντούς – Μακεδονία), Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη 2004

Διαδίκτυο

www.statistics.gr, Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ)

World Topographic Map, ArcMap Esri, Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, GIS User Community