



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΡΟΔΙΤΣΑΣ
ΔΕΛΤΑ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ ΝΟΜΟΥ ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ

Μαρία Δ. Κασίφα

Αθήνα, Οκτώβριος 2011

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»

Επιβλέπων: Ομότιμος Καθηγητής Ι. Κουμαντάκης

Ευχαριστίες

Μετά την ολοκλήρωση αυτής της επίπονης αλλά τόσο εποικοδομητικής προσπάθειας, θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους με βοήθησαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Οφείλω αρχικά να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Ιωάννη Κουμαντάκη, Ομότιμο Καθηγητή ΕΜΠ, Υφηγητή Γεωλόγο - Ερευνητή, για την ανάθεση της συγκεκριμένης εργασίας, για την διαρκή και αμέριστη υποστήριξή του σε όλη τη διαδικασία εκπόνησής της μέχρι και την ολοκλήρωσή της.

Καθοριστική ήταν η βοήθεια και καθοδήγηση της Ελένης Βασιλείου, Διδάκτορα – Μηχανικού Μεταλλείων Μεταλλουργών και του Νίκου Σταθόπουλου, Υποψήφιου Διδάκτορα – Μηχανικού Μεταλλείων Μεταλλουργών, οι οποίοι μου προσέφεραν τις γνώσεις και την εμπειρία τους σε οτιδήποτε χρειάστηκα (λογισμικά, εργαστηριακές αναλύσεις, σταδιακούς ελέγχους, συμβουλές). Επίσης ευχαριστώ τον κύριο Κώστα Μαρκαντώνη Γεωλόγου - υπεύθυνου του εργαστηρίου για τις συμβουλές και την καθοδήγησή του.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω (αλφαβητική παράθεση) τον κύριο Παναγιώτη Αρβανίτη Γεωλόγο, τον κύριο Παναγιώτη Γιαννουλόπουλο Υδρογεωλόγο στο ΙΓΜΕ, τον κύριο Γεώργιο Νικολακόπουλο Πολιτικό Μηχανικό στη Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων, τον κύριο Νικόλαο Παπαδημητρίου Γεωλόγο, τον κύριο Γεώργιο Παπαθανασόπουλο Στέλεχος στη Διεύθυνση Υδάτων Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, την κυρία Πολυξένη Ράγκου Λέκτορα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στο ΑΠΘ και πρόεδρο του ΟΜΦΙΔΑΣ και τον κύριο Βασίλη Τσούμα Υδρογεωλόγο στο ΙΓΜΕ, για την ουσιαστική βοήθεια που μου προσέφεραν κατά τη διαδικασία συλλογής πληροφοριών και βιβλιογραφικών στοιχείων για την περιοχή μελέτης.

Κατά τη διάρκεια των αυτοψιών και των δειγματοληψιών στην περιοχή αξίζει να αναφερθεί η καθοριστικής σημασίας, καθοδήγηση του κυρίου Περικλή Τσεκούρα προέδρου του ΤΟΕΒ Ροδίτσας – Μεγάλης Βρύσης – Αυλακίου, ο οποίος συνέβαλλε με τις πλήρεις γνώσεις του για τα διάφορα στοιχεία της περιοχής, οποτεδήποτε τον χρειάστηκα. Επίσης ευχαριστώ τον κύριο Κώστα Τσεκούρα γραμματέα του ΤΟΕΒ Ροδίτσας – Μεγάλης Βρύσης – Αυλακίου, για την παροχή χαρτών αναδασμού, διευκρινήσεων και οδηγιών κατά τη δειγματοληψία.

Με το πέρας της εργασίας αυτής, κλείνει ο κύκλος των μεταπτυχιακών μου σπουδών. Στο σημείο αυτό θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου, στη μητέρα μου, Σωτηρία και στον πατέρα μου, Δημήτρη, οι οποίοι με στήριξαν όλα τα χρόνια των σπουδών μου και με βοήθησαν να φτάσω μέχρι εδώ. Ένα ξεχωριστό ευχαριστώ οφείλω στον πατέρα μου διότι με ακολουθούσε σε όλες τις “εξορμήσεις” μου στην περιοχή μελέτης και με βοήθησε στην δειγματοληψία.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ και στα αδέρφια μου Ευτυχία, Ελένη, Αθανασία και Βασίλη οι οποίοι συνέβαλαν, ο καθένας με το δικό του τρόπο, στην διαδικασία εκπόνησης αυτής της εργασίας και σε κάποιους ανθρώπους των οποίων η συμβολή, η βοήθεια και η ενίσχυση μπορεί να ήταν αφανής αλλά ταυτόχρονα πολύ σημαντική και ανεκτίμητη.

Τέλος αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω το Θεό που με αξίωσε να φτάσω στο τελικό στάδιο και των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Μαρία Κατσίφα
Οκτώβριος 2011

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	i
Περιεχόμενα	iii
Περίληψη	vii
Extended Abstract	viii
Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 1^ο: Υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (07)	7
1.1 Γενικά χαρακτηριστικά του υδατικού διαμερίσματος	7
1.1.1 Γενικά στοιχεία και διοικητική δομή	7
1.1.2 Γεωμορφολογικά – γεωλογικά χαρακτηριστικά	9
1.1.3 Αναπτυξιακή ταυτότητα.....	10
1.2 Υδρολογικό ισοζύγιο – προσφορά νερού	12
1.2.1 Κύριες υδρολογικές λεκάνες.....	12
1.2.2 Κύριες υδρογεωλογικές λεκάνες	12
1.2.3 Υπόγειοι υδροφορείς.....	15
1.2.4 Υδρογεωλογικές αποτυπώσεις συστημάτων – λεκανών με ιδιαίτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον.....	16
1.2.5 Περιγραφή του υδατικού διαμερίσματος στη σημερινή κατάσταση	23
1.2.6 Υδρολογικό ισοζύγιο διαμερίσματος	24
1.3 Χρήσεις νερού – Ζήτηση	25
1.3.1 Γεωργία.....	25
1.3.2 Κτηνοτροφία.....	25
1.3.3 Ιχθυοκαλλιέργεια.....	26
1.3.4 Ύδρευση.....	26
1.3.5 Βιομηχανία	27
1.3.6 Ενέργεια.....	27
1.3.7 Άλλες χρήσεις	27
1.3.8 Συνολική σημερινή ζήτηση νερού.....	28
1.3.9 Προσέγγιση μελλοντικών ζητήσεων	28
1.4 Προστατευόμενες περιοχές	30
1.5 Ισοζύγιο προσφοράς – ζήτησης.....	32

Κεφάλαιο 2^ο: Λεκάνη Σπερχειού ποταμού.....	37
2.1 Θέση, όρια, έκταση και χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής.....	37
2.2 Κλίμα – Επιφανειακή απορροή	40
2.3 Υδρογραφικό δίκτυο.....	41
2.4 Υδατικό δυναμικό	42
2.5 Αρδευόμενη έκταση – Ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό	43
2.6 Γεωλογική δομή – τεκτονισμός	45
2.7 Υδρογεωλογία.....	49
2.7.1 Υδρολιθολογική κατάταξη των γεωλογικών σχηματισμών	49
2.7.2 Υδροφόροι ορίζοντες	51
2.8 Απογραφή σημείων ύδατος της υδρογεωλογικής λεκάνης	54
2.9 Κυριότερες πηγές που συναντώνται στη λεκάνη απορροής του Σπερχειού.....	55
2.10 Πιεζομετρία.....	57
2.11 Θερμομεταλλικές πηγές	59
2.12 Κοιλάδα και εκβολές Σπερχειού – Μαλιακός Κόλπος (GR2440002)	67
2.13 Βιοτικό φυσικό περιβάλλον.....	69
2.13.1 Εκβολές ποταμού και υγρότοποι	69
2.13.2 Θαλάσσιος χώρος στις εκβολές του Σπερχειού	71
2.14 Αξιολόγηση ποιοτικής κατάστασης υδάτων	73
Κεφάλαιο 3^ο: Περιοχή μελέτης	77
3.1 Περιγραφή της περιοχής.....	77
3.2 Ιστορικό εγχειοβελτιωτικών έργων στην περιοχή	86
3.3 Υφιστάμενες καλλιέργειες – ανάγκες σε νερό.....	94
3.4 Υφιστάμενα Εγχειοβελτιωτικά Έργα.....	99
3.5 Πηγές	106
3.5.1 Γενικά - Λειτουργία πηγών - Ζώνη τροφοδοσίας.....	106
3.5.2 Εξισώσεις μείωσης παροχής (συναρτήσεις μετασχηματισμού) πηγών.....	107
3.5.2.1 Τύπος του Maillet (1905)	108
3.5.3 Πηγές Μ. Βρύσης - Σφαγείων – Μαυρομαντήλας	109
3.5.3.1 Επεξεργασία μετρήσεων παροχών πηγής Μ. Βρύσης.....	110
3.5.3.2 Ο οικολογικός πυρήνας των καρστικών πηγών Μεγάλης Βρύσης.....	115
3.6 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Λαμίας (ΕΕΛΛ)	117
3.6.1 Γενικά στοιχεία	117

3.6.2 Ποιότητα επεξεργασμένων λυμάτων.....	118
3.6.3 Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων	122
Κεφάλαιο 4^ο: Υδροχημεία – Επεξεργασία χημικών αναλύσεων δειγμάτων.....	133
4.1 Στοιχεία ποιότητας του νερού	133
4.2 Η καταλληλότητα του νερού για διαφορές χρήσεις - Σταθερότυπα χρήσεων... 138	138
4.3 Τα χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών	141
4.4 Παρουσίαση αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων	145
4.5 Στοιχεία Δειγματοληψίας.....	152
4.6 Στοιχεία Χημικών Αναλύσεων - Αποτελέσματα	157
4.7 Επεξεργασία αποτελεσμάτων χημικών αναλύσεων - Παρουσίαση – Παρατηρήσεις	159
4.7.1 Υπόγεια νερά	159
4.7.1.1 Υδροχημικοί τύποι δειγμάτων	159
4.7.1.2 Υδροχημικά διαγράμματα	161
4.7.1.3 Ταξινόμηση του υπόγειου νερού με βάση ιοντικούς λόγους.....	166
4.7.1.4 Ταξινόμηση με βάση ποιοτικές παραμέτρους	167
4.7.1.5 Θεματικοί Υδροχημικοί Χάρτες.....	170
4.7.2 Επιφανειακά νερά	190
4.7.2.1 Υδροχημικοί τύποι δειγμάτων – ομαδοποίηση.....	190
4.7.2.2 Υδροχημικά διαγράμματα	195
4.7.2.3 Ταξινόμηση με βάση ποιοτικές παραμέτρους	200
4.7.2.4 Θεματικοί Υδροχημικοί Χάρτες.....	201
Κεφάλαιο 5^ο: Παρατηρήσεις – Σχόλια	225
5.1 Υδρογεωλογικά στοιχεία.....	225
5.1.1 Στοιχεία υφαλμύρισης και υποβάθμισης των υπόγειων υδάτων	225
5.1.2 Υπεραντλήσεις - Επιπτώσεις	230
5.2 Πηγές δυνητικής ρύπανσης των υδατικών πόρων στην περιοχή.....	236
5.2.1 Οικολογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής στη λεκάνη του Σπερχειού	236
5.2.2 Χρήσεις γης.....	237
5.2.3 Πηγές Ρύπανσης.....	237
5.3 Ανθρωπογενείς επεμβάσεις στο Δέλτα του Σπερχειού	241

Κεφάλαιο 6^ο: Συμπεράσματα - Προτάσεις	245
Βιβλιογραφία	254
Ευρετήριο πινάκων	257
Ευρετήριο εικόνων	261
Ευρετήριο σχημάτων	264
Παράρτημα	265

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση του καθεστώτος των υδατικών πόρων (υπόγειων και επιφανειακών) στην ευρύτερη περιοχή της Ροδίτσας με έμφαση στην υδροχημεία και την ποιότητά τους, τόσο μέσω βιβλιογραφικής επισκόπησης όσο και μέσω δειγματοληψιών – χημικών αναλύσεων και επεξεργασία αυτών. Πρόκειται για μια περιοχή που βρίσκεται στο δελταϊκό τμήμα της κοιλάδας του Σπερχειού, κατάντη της Λαμίας, πρωτεύουσας του Νομού Φθιώτιδας.

Αρχικά περιγράφεται η ευρύτερη περιοχή στην οποία ανήκει η υπό μελέτη περιοχή και συγκεκριμένα παρατίθενται τα στοιχεία του υδατικού διαμερίσματος της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η λεκάνη απορροής του Σπερχειού που αποτελεί τμήμα του υδατικού διαμερίσματος και περιέχει την περιοχή μελέτης. Ακολούθως εστιάζεται το ενδιαφέρον στην περιοχή ενδιαφέροντος παραθέτοντας στοιχεία όπως γενικά χαρακτηριστικά (όρια, μορφολογία, ανάγλυφο, κλίσεις και κλίμα), ιστορικά στοιχεία των εγγειοβελτιωτικών έργων αλλά και των υφιστάμενων έργων του αρδευτικού και στραγγιστικού δικτύου. Έπειτα υπολογίζεται το υδατικό ισοζύγιο του μετεωρολογικού σταθμού της Λαμίας, εντοπίζονται οι κύριοι τροφοδότες σε αρδευτικό νερό και υπολογίζονται οι ανάγκες σε αρδευτικό νερό των καλλιεργειών του αναδασμού. Ένα τμήμα αφιερώνεται στις καρστικές πηγές της Μεγάλης Βρύσης με επεξεργασία των μετρήσεων των παροχών τους. Ακολουθούν γενικά στοιχεία της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων αλλά και στοιχεία για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων σε διάφορες χρήσεις αλλά και συγκεκριμένα στην άρδευση των καλλιεργειών του αναδασμού της περιοχής.

Το 4^ο κεφάλαιο περιλαμβάνει το ερευνητικό τμήμα της εργασίας καθώς σε αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων, τα στοιχεία της επεξεργασίας αυτών (υδροχημικά διαγράμματα και υδροχημικοί χάρτες) και η αξιολόγηση αυτών. Στο 5^ο κεφάλαιο περιέχονται παρατηρήσεις και σχόλια που προέκυψαν από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων και στοιχεία φαινομένων που τυχόν να λαμβάνουν χώρα στην περιοχή. Έτσι παρατίθενται στοιχεία υφαλμύρισης και ποιοτικής υποβάθμισης των υδατικών πόρων, στοιχεία ανθρωπογενών επεμβάσεων - δυνητικών πηγών ρύπανσης αυτών αλλά και στοιχεία υπεραντλήσεων και των επιπτώσεων αυτών.

Η εργασία αυτή ολοκληρώνεται με μια σύνοψη των κυριότερων συμπερασμάτων και τη διατύπωση ορισμένων προτάσεων στην κατεύθυνση της βελτίωσης της υπάρχουσας κατάστασης στην περιοχή.

Extended Abstract

Water is a priceless gift, the most valuable for the preservation of life. Although it is the most dense element of nature, which covers 2/3 of the planet, the quantity of good quality water is limited. The inadequacy of quantity combined with the downgrading of quality which occur due to human interference in the environment, create the need for management, increase and protection of the water. The rational management of water is essential for the preservation of life and the development of every human activity.

Subject of study

This post-graduate project will attempt to explore the regime of water resources within the area of Roditsa. It is about an area located in the delta of Spercheos Valley, near Lamia which is the capital of Fthiotida County. Due to its special geological, hydrogeomorphological and terrain features, there is strong human activity especially in the protogenic sector and specifically in agriculture. It is worth mentioning that the activity which takes place in the study area is vital for both local and national standards supporting the local protogenic production significantly. Consequently, the purpose of this project is to depict the water force (underground and surface) of the region and at the same time to locate the forces (human or not) that are used there which contribute to the quantitative and qualitative downgrading of underground and surface water resources.

Structure of study

In the first chapter, an account is being given about the region in which the study area belongs to and the data of the water district of the Eastern Sterea Ellada. Firstly, the main characteristics of the district are presented such as the geographic, geomorphologic and geological facts and its developing identity. Furthermore, the main hydrologic and hydrogeological facts are described such as hydrogeologic basins, underground water-carriers and hydrologic balance. Moreover, this chapter includes the basic water uses, the overall today's demands and the approach of future demands. In addition, all the areas of the water district are presented which are under protection according to the requirements

of the article 1, instruction 91/271/EU. Finally, the facts of balance between supply and demand are given according to the facts of previous sections.

In the second chapter, the basin flow of Spercheos river is described. To begin with, it includes facts such as the location, limits, expanse, climate and hydrographic main which is developed in the area. It continues with facts of the water force (surface and underground), the irrigation system and the needs of crops for water. Besides the above, the geological structure – freemasonry and the hydrogeologic facts are included such as underground water-carrier landscapes which are developed in the area. Next, the most important part of the springs of the area are mentioned (karstic and thermomineral) as well as the piezometric data. What follows is the data of the biotic natural environment in the mouth of Spercheos river which is an area under protection (Natura) and a shelter for the wildlife. Lastly, the evaluation of the qualitative status of the water resources are mentioned locating the reasons which cause their downgrading.

In the third chapter, the focus is more on the study area. In the beginning, specific data are given such as the limits, morphology, bas-relief, slopes and the climate of the study area. Then, the water balance of the Meteorological Service of Lamia is estimated based on the data of the Weather Forecast Agency. After that, historical data of the soil improvement projects are indicated and the irrigation areas, the irrigation and drain system are described in details. Next, the water needs which are required in the land redistribution cultivation are estimated. The irrigation water suppliers are located, the existing soil improvement projects and the way the water is distributed to the cultivation are described. We continue with soil, geology and hydrogeology data of the area (underground and water-carriers). A large section of this chapter is dedicated to the karstic springs of Megali Vrisi which are in the area and form one of the water suppliers of the area in irrigation water. There was an elaboration of the flow measurements and based on the Maillet model the drain factor a of the karstic system was estimated, leading us to important conclusions about that. Also, emphasis is given on the ecological type of the springs as they are shelters of a rare kind of fish which is unique and is called *Hellenopygosteos*. The sewage treatment processing facilities of Lamia are in the study area. General information is given about these facilities and their qualitative features of their inflow and outflow. Finally, information is given about the reuse of processed sewage in various situations and particularly in irrigating the cultivation of land redistribution.

The fourth chapter includes the research of this project. Firstly, theoretical data are submitted about the quality of the water, its suitability in various uses, the standards of its

uses, the features of the underground water from different geological formations and data about the presentation of the results from chemical analysis. Next, there are data of the sampling we took from the study area, the chemical analysis and its results. The results are chosen to be shown in groups; the first is about the underground water (diagrams, graphs, hydrochemical maps of distributing the concentration of the main ingredients that were measured) and the second one is about surface water. Comments and observations are also indicated about the results and the distributions which occurred.

In the fifth chapter, some observations are included in regard with brackish and downgrading of the underground water that occur from the results of this research and from previous ones. Moreover, the issue of super-pumping and the consequences is analyzed – phenomena that can be caused in the study area. Lastly, the potential causes of pollution and the human interventions are given which have a direct effect on the study area and the wider area in general.

The sixth chapter includes the completion of this project summarizing the main conclusions that arise and making suggestions about the improvement of the current situation.

This project also includes an appendix which contains geological sections of the drillings that were possible to be tautologized, charts of level changes and conductivity in drillings of the area based on outdoors measurements which are the results of recent studies and were tautologised with the drillings of this study and photographic material that was taken during the inspection of the study area.

The elaboration process of the project

In this project the investigation of the water resources regime was attempted in the eastern area of Roditsa which concerns the delta region of Spercheos river basin in Fthiotida County, in the north of the riverbed of Spercheos. The water resources (underground and surface) and their available mechanisms in agriculture were located through the collection, research and elaboration of the necessary data.

The data about the area of interest (maps, blueprints, studies, quality data, species of cultivation, layout of irrigation-draining system, geological sections, flow measurements, legislation in effect) were originally searched in local services (Soil Improvement Service of Fthiotida, Technical Service of Fthiotida County, Forest Inspection, Topographical Service, Water Service of Sterea Ellada District, Water Service of Lamia, Local Organization of Soil

Improvement of Roditsa) and in other researching services such as Geological and Mineral Research Institute and Greek Centre of Sea Research. Next, the autopsies of the region were initiated at the same time with the first step of this study in order to locate all the data that were gathered on the spot in the study area. Besides the bibliographical collection of information, samplings and measurements of specific physico-chemical constants from surface water forces and underground water-carriers through drillings were also carried out. Their chemical analysis was carried out at the Technical Geology and Hydrogeology Laboratory of the department of the Geological Science which belongs to the National technical University of Athens under the guidance of the people in charge of the laboratory. The process of the results from the chemical analysis was done with the assistance of the following hardware. The hydro-chemical diagrams were designed with Aquachem 4.0 and the hydro-chemical maps of the main chemical substances distribution, which were measured, were manufactures with the combination of the ArcGIS 9 – ArcMap Version 9.1 and Surfer 8 programmes. Through this procedure a supervisory portrait of the quality of water resources of the study area is given. What followed were the evaluation of the results and the quest of possible sources of the origins of concentration and of possible aggravations in the area from human or not actions-constraints.

The elaboration of this project was an interesting attempt and at the same time a challenge for the researcher. Through this, a lot of knowledge about their descent area was acquired and it is relevant to the content of the post-graduate studies, and also familiarization with the actual research and implementation of the curriculum.

➤ **Conclusions:**

- From the processing of the results of the chemical analysis of the underground water, emphasis is given on the following:
 1. The type of underground water is carbonic, which is due to the mineralogical composition of various geological formations that the underground water comes in contact with (carbonic rocks, alluviac sediments which are rich in carbonic elements).
 2. As far as the suitability of underground water in irrigation is concerned, the quality of underground water, from the majority of the checks of the hydro-

drillings in the area, is from good up to moderate. The water from these drillings should be used with precaution in the northern fields which do not drain satisfactorily and in sensitive plants. In two hydro-drillings, though, the quality of water is quite average and can be used with precaution measures. In addition, the soil ought to be drained as well as possible or add plaster in it.

3. The most aggravated in ion concentration and physico-chemical pointers drillings are two (G4- Stergiopoulou and G13- Zardas b). in the first one (G4) the aggravation due to increased Cl, Na, K, Ca, SO₄, EC is attributed to a tendency to get brackish because of the extension of the brackish zones, the use of fertilizers and the sewage leaks in Roditsa which is in the north of the drilling. These two cases must be extensively investigated.
 4. The aggravation from the increased specific ion concentration at the drilling in Agia Paraskevi (G3), as long as it is proven that it has perforated some limestones, is attributed to the drain of the adjacent cemetery or to the possible leaks of Sanitary Dumps Burial Precincts. These are facts that favor the geological background of the area, as it consists of limestone formations, karstic or intensely tectonic which present penetration.
- The following information arise from the elaboration of the results of the chemical analysis of the surface water:
 1. The concentration figures of the three samples of surface water that were taken from the Old Riverbed of Spercheos in the west of the study area which lead to the watering canals of Roditsa and Anthili, are acceptable as they vary in low levels.
 2. From the three samples that were taken in the German Trench, the most aggravated one lies in the west of the area before the junction of it and the Ksirias riverbed but also in the outflow of the processed sewage from the Sewage Processing Facilities of Lamia. This aggravation is due to the fact that the German Trench is a receiver of smaller riverbeds which are aggravated by various dirts (animal waste, illegal emptying of sewage tank-

trucks, inactive materials deposition, garbage, batteries and tyres) in the Ksirias riverbed, the drain main of the cultivation areas such as Komma, Amouri but also by the sewage tanks of these areas because of the lack of sewage system. The increased figures of the chlorides in Th10 (German Trench after the outflow of the Biological Cleaning) must be thoroughly investigated.

3. from the samples taken from the New Riverbed of Spercheos (Diversion), the sample that lies in the eastern side and just before the exit to Maliakos Gulf, is more aggravated and is attributed to its getting brackish due to sea water and to the downgrading water of the German Trench which ends up in the New Riverbed.
4. The sample at the trench in the pumping-station (Th8) is the most aggravated of all the samples that were taken from the water objects in the study area. This is where the water from the drain main of the cultivation of the land redistribution in the study area ends up but it is also influenced by the sea water. The sampling area is located 1 km near the sea.
5. The ion concentration in the water samples from the springs of Megali Vrissi are expected due to the origin of the water from the karstic limestones of Lamia's system. The slightly increased figure of NO₃ which was measured is attributed to the drains of the adjacent cemetery and the possible leaks of Sanitary Dumps Burial Precincts in the area of Agia Paraskevi near the springs, as the geological background of the region favors this phenomenon because it consists of limestone formations, karstic and intensely tectonic, which present penetration.
6. As far as the suitability of the surface water for irrigation is concerned, the water quality in the majority of the surface samplings in the region that were checked is good up to moderate. The water of these locations should be used with precaution in the heavy soils which do not drain effectively and in the sensitive plants. However, there are three samples (Th3, Th9 and Th10) where the water quality is moderate up to quite moderate and can be used with cautious measures. Moreover, the soil ought to be drained well or

add plaster in it. The water from the pumping-station (Th8) is forbidden in any use because of its very bad water quality. It must not be used in any case or dismissed in the sea as it obviously downgrades its quality.

➤ **Suggestions**

Some suggestions are made regarding the right management and saving of the irrigation water and the ensuring of its quality so as to improve the current status of the study area.

1. As far as the exploitation of the surface water is concerned, the karstic springs of Megali Vrisi can contribute significantly to that direction. In non-irrigation periods the spring water ends up in the pumping-station through the canals and after that in the sea of Maliakos Gulf. By storing these quantities, they will be available during the summer when there is inadequacy and for artificial enrichment of the underground water-carriers. All of the above will contribute to the avoidance of over-pumping and its unpromising consequences.
2. The circumstances demand the investigation of the possibility to exploit the surface water with the use of inhibitory dams along the riverbed of Ksirias, so as to save as much water as possible for the irrigation of the gardens near and in Roditsa and Megali Vrisi and for the implementation of artificial enrichment of the underground water-carriers. The dams can also contribute to the protection from the transportation of imported materials.
3. The use of more efficient irrigation methods is suggested. The drops system has the highest figure of attribution (90%) and a series of advantages such as the reduction of water loss due to minimum surface outflow. It also runs with low-energy cost because of the low pressure which is required and the irrigation is not affected by the winds.
4. The adoption of more efficient invoicing policies in consumers of irrigation water is essential. The cost accounting for irrigation water should be done based on water consumption and not on the cultivation acres. This way, farmers who consume less

of it will be rewarded and those who waste it will pay for it. The use of hydrometers or hydro-cards which will measure the water consumption in the mouth of water-intake, will help so as to adopt ways of irrigation which favor the water saving.

5. Generally, keeping the producers informed and promoting actions which will contribute to the acquirement of the appropriate education on the subject of right irrigation water use will bring about significant results. Nurturing the philosophy of saving water by urging people to adopt strategies (such as creating group drillings, correct pumping and watering on specific hours of minimizing the water loss) can result in the reduction of the underground supplies and the waste of water in general.
6. With regard to the use of regained urban sewage in cultivation irrigation, we suggest the completion of studies, procedures and observation systems which are required to materialize the plan about reusing the processed fluid sewage in the irrigation of the cultivation in the study area.
7. The problem of downgrading the water resources in the study area and the wider region, as this area is part of the Spercheos Basin, is suggested to be dealt with the following measures:
 - ❖ Implementation of management and adoption of the Best Disposal Practices of the liquid sewage from the industrial, stick-farming and producing units (e.g. oil press, abattoir) and the downgraded in quality water of the pumping-station which ends up in the sea. The application of these practices must lead to the approval of the environmental terms of their operation. It is certainly known that there is a difficulty in fully processing the sewage. Therefore, we suggest their gathering in selected places so as to diminish the phenomenon of arbitrary disposal. The choice of the places, the way of the process or their possible exploitation must be investigated.
 - ❖ There should be a plan about the management of liquid sewage in various settlements in the study area in the west of Spercheos Basin so as to avoid disposing unprocessed outflows in Spercheos River, the German Trench or

the various riverbeds which end up in Spercheos River. Relevant projects that should be done and their construction procedures to be accelerated are the operation of Biological Cleaning of Sperchiada - Makrakomi, the shutting down and immediate restoration of Uncontrolled Sewage Disposal Precincts of the previously mentioned municipalities which are near the shore of Spercheos River and also the restoration of Sanitary Dumps Burial Precincts of Lamia, as long as the new Sanitary Sediments Burial Precincts of Fthiotida in the area of Makrakomi is constructed and operates.

- ❖ The implementation of systems for the Cultivation Management and of codes for Right Farming Practice. The term Cultivation Management means better combination of biological, farming and chemical methods of fighting the enemies and the diseases of cultivation, aiming at the production of safer products for the consumer. One of the most fundamental principles of Cultivation Management is the minimizing of outflows which are the fertilizers and pesticides so as to achieve the best possible outcome with the minimum possible environmental aggravation. The above suggestions are the transition from conventional agriculture to more sufficient kinds of farming products. The implementation of the above systems will result in:
 1. the reduction of quantity of fertilizers.
 2. the minimizing of plant-protecting products without reducing the cultivation performance.
 3. the practical education of producers in matters of correct plant-protection.

- ❖ The configuration of the space where the springs of Megali Vrissi are located is suggested so as to protect the spring water and the fish 'Hellenopygosteos'.

- ❖ The banning of quarry activities where inactive materials are mined (sand-intake) along the river and the riverside areas of Maliakos Gulf for the construction projects of Hellenic Railways Organization, National Road Patra - Thessaloniki Highway 65.

- ❖ Installation and operation of an observation network of the water resources in the area with constant and methodical measurement of the evolution of the physico - chemical and biological parameters in surface and underground water.

Εισαγωγή

Το νερό είναι ανεκτίμητο αγαθό, το πιο πολύτιμο για τη διατήρηση της ζωής μας. Αν και αποτελεί το πολυπληθέστερο στοιχείο της φύσης, καλύπτει τα 2/3 του πλανήτη, η διαθέσιμη ποσότητα νερού καλής ποιότητας στον άνθρωπο είναι άκρως περιορισμένη. Η ποσοτική ανεπάρκεια σε συνδυασμό με την ποιοτική υποβάθμιση που υφίσταται λόγω των ανθρωπογενών επεμβάσεων στο περιβάλλον, δημιουργεί την ανάγκη διαχείρισης, αύξησης και προστασίας του. Η ορθολογική διαχείριση του νερού αποτελεί επιτακτική ανάγκη για τη διατήρηση της ζωής και την ανάπτυξη κάθε δραστηριότητας του ανθρώπου.

Αντικείμενο της εργασίας

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία θα επιχειρηθεί η διερεύνηση του καθεστώτος των υδατικών πόρων στην ευρύτερη περιοχή της Ροδίτσας. Πρόκειται για μια περιοχή που βρίσκεται στο δελταϊκό τμήμα της κοιλάδας του Σπερχειού, κατάντη της Λαμίας, πρωτεύουσας του Νομού Φθιώτιδας. Λόγω των ιδιαίτερων γεωλογικών, υδρογεωμορφολογικών και εδαφολογικών χαρακτηριστικών της, συγκεντρώνει έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα με σημαντικότερη αυτή του πρωτογενή τομέα και συγκεκριμένα τη γεωργία. Αξίζει να σημειωθεί ότι η δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα στην περιοχή μελέτης είναι ζωτικής σημασίας τόσο σε τοπικό επίπεδο όσο και σε εθνικό, στηρίζοντας σε σημαντικό βαθμό την εγχώρια πρωτογενή παραγωγή. Έτσι στόχος αυτής της εργασίας είναι η απεικόνιση του υδατικού δυναμικού (υπόγειου και επιφανειακού) της περιοχής, εντοπίζοντας ταυτόχρονα τις πιέσεις (ανθρωπογενείς και μη) που ασκούνται στην περιοχή που συντελούν στην ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων.

Διάρθρωση της εργασίας

Στο 1^ο κεφάλαιο περιγράφεται η ευρύτερη περιοχή στην οποία ανήκει η υπό μελέτη περιοχή και συγκεκριμένα παρατίθενται τα στοιχεία του υδατικού διαμερίσματος της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Αρχικά παρουσιάζονται τα γενικά χαρακτηριστικά του διαμερίσματος όπως γεωγραφικά στοιχεία, γεωμορφολογικά, γεωλογικά, καθώς και η αναπτυξιακή του ταυτότητα. Έπειτα περιγράφονται τα κύρια υδρολογικά και υδρογεωλογικά στοιχεία όπως υδρογεωλογικές λεκάνες, υπόγειοι υδροφορείς καθώς και

το υδρολογικό ισοζύγιο. Επιπλέον στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνονται οι κύριες χρήσεις του νερού, η συνολική σημερινή ζήτηση καθώς και η προσέγγιση της μελλοντικής ζήτησης. Στη συνέχεια παρουσιάζονται όλες οι περιοχές του υδατικού διαμερίσματος που χαρακτηρίζονται προστατευόμενες σύμφωνα με τις απαιτήσεις του άρθρου 6 της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ. Τέλος δίνονται τα στοιχεία ισοζυγίου προσφοράς – ζήτησης, σύμφωνα με στοιχεία των προηγούμενων παραγράφων.

Στο 2^ο κεφάλαιο περιγράφεται η λεκάνη απορροής του Σπερχειού. Αρχικά δίνονται στοιχεία όπως η θέση, τα όρια, η έκταση, το κλίμα και το υδρογραφικό δίκτυο που αναπτύσσεται στη λεκάνη. Συνεχίζουμε με στοιχεία του υδατικού δυναμικού (επιφανειακού και υπόγειου), την αρδευόμενη έκταση καθώς επίσης και τις ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό. Επιπλέον περιλαμβάνονται η γεωλογική δομή – τεκτονισμός καθώς και υδρογεωλογικά στοιχεία όπως οι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες που αναπτύσσονται στην περιοχή. Συνεχίζουμε με το σημαντικό τμήμα των πηγών της περιοχής (καρστικές και θερμομεταλλικές) και στοιχεία πιεζομετρίας. Ακολουθούν στοιχεία του βιοτικού φυσικού περιβάλλοντος στις εκβολές του Σπερχειού καθώς αποτελεί προστατευόμενη περιοχή (Natura) και καταφύγιο άγριας ζωής. Τέλος παρατίθεται η αξιολόγηση της ποιοτικής κατάστασης των υδατικών πόρων εντοπίζοντας τα αίτια που προκαλούν την υποβάθμισή τους.

Στο 3^ο κεφάλαιο το ενδιαφέρον εστιάζεται πλέον στην περιοχή μελέτης. Αρχικά δίνονται στοιχεία όπως τα όρια, η μορφολογία, το ανάγλυφο, οι κλίσεις και το κλίμα τις περιοχής μελέτης. Έπειτα με βάση τα στοιχεία από την ΕΜΥ, υπολογίστηκε το υδατικό ισοζύγιο του μετεωρολογικού σταθμού της Λαμίας. Στη συνέχεια παρατίθενται ιστορικά στοιχεία των εγχειοβελτιωτικών έργων και περιγράφονται εκτενώς οι περιοχές άρδευσης καθώς επίσης το αρδευτικό και το στραγγιστικό δίκτυο. Ακολουθώντας υπολογίζονται οι ανάγκες σε νερό που απαιτούν οι καλλιέργειες του αναδασμού. Εντοπίζονται οι τροφοδότες της περιοχής σε αρδευτικό νερό, περιγράφονται τα υφιστάμενα εγχειοβελτιωτικά έργα και ο τρόπος με τον οποίο διατίθεται το νερό στις καλλιέργειες. Συνεχίζουμε με στοιχεία του εδάφους, της γεωλογίας και της υδρογεωλογίας της περιοχής (υπόγειες υδροφορίες). Ένα μεγάλο τμήμα αναφέρεται στις καρστικές πηγές της Μεγάλης Βρύσης που βρίσκονται στην περιοχή και αποτελούν έναν από τους τροφοδότες της περιοχής σε αρδευτικό νερό. Έγινε επεξεργασία των μετρήσεων των παροχών και με βάση τον τύπο του Mailliet και υπολογίστηκε ο συντελεστής στείρευσης α του καρστικού συστήματος. Επίσης τονίστηκε ο οικολογικός χαρακτήρας των πηγών καθώς αποτελούν καταφύγιο ενός σπάνιου είδους ψαριού, μοναδικού στον κόσμο, του Ελληνοπυγόστεου.

Στην περιοχή μελέτης βρίσκονται οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων Λαμίας (ΕΕΛΛ). Δίνονται γενικά στοιχεία για τις εγκαταστάσεις αυτές αλλά και ποιοτικά χαρακτηριστικά τόσο της εισροής όσο και της εκροής αυτών. Τέλος δίνονται στοιχεία για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων σε διάφορες χρήσεις αλλά και συγκεκριμένα στην άρδευση των καλλιεργειών του αναδασμού της περιοχής μελέτης.

Στο 4^ο κεφάλαιο περιλαμβάνεται το ερευνητικό τμήμα αυτής της εργασίας. Αρχικά παρατίθενται θεωρητικά στοιχεία για την ποιότητα του νερού, για την καταλληλότητά του στις διάφορες χρήσεις, τα σταθερότυπα των χρήσεων, τα χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών και τέλος στοιχεία για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων. Ακολουθούν στοιχεία της δειγματοληψίας που κάναμε στην περιοχή μελέτης, των χημικών αναλύσεων και τα αποτελέσματα αυτών. Τα αποτελέσματα επιλέγεται να παρουσιαστούν ομαδοποιημένα, πρώτα για τα υπόγεια νερά (πίνακες, διαγράμματα, υδροχημικοί χάρτες κατανομής των συγκεντρώσεων των κύριων συστατικών που μετρήθηκαν) και στη συνέχεια για τα επιφανειακά νερά. Ταυτόχρονα με την παρουσίαση παρατίθενται σχόλια και παρατηρήσεις για τα αποτελέσματα και τις κατανομές που προέκυψαν.

Στο 5^ο κεφάλαιο περιλαμβάνονται κάποιες παρατηρήσεις όσον αφορά τα στοιχεία υφαλμύρισης και υποβάθμισης των υπόγειων υδάτων που προκύπτουν από τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής της εργασίας αλλά και από τα αποτελέσματα προγενέστερων μελετών. Επίσης αναλύεται το θέμα των υπεραντλήσεων και των επιπτώσεων – φαινομένων που μπορεί να προκληθούν στην περιοχή μελέτης. Τέλος παρατίθενται οι δυνητικές πηγές ρύπανσης και οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις, τόσο της περιοχής μελέτης αλλά και της ευρύτερης περιοχής με άμεσο αντίκτυπο σε αυτήν.

Στο 6^ο κεφάλαιο ολοκληρώνεται η εργασία αυτή, συνοψίζοντας τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν και διατυπώνοντας προτάσεις που αφορούν τη βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης.

Η εργασία περιλαμβάνει και το παράρτημα, το οποίο περιέχει γεωλογικές τομές όσων γεωτρήσεων ήταν δυνατό να ταυτοποιηθούν, διαγράμματα μεταβολής στάθμης και αγωγιμότητας σε γεωτρήσεις της περιοχής με βάση μετρήσεις υπαίθρου που προέρχονται από πρόσφατες μελέτες και ταυτοποιήθηκαν με τις γεωτρήσεις της παρούσας μελέτης και φωτογραφικό υλικό που λήφθηκε κατά τις αυτοψίες στην περιοχή μελέτης.

Διαδικασία εκπόνησης της εργασίας

Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε η διερεύνηση του καθεστώτος των υδατικών πόρων ανατολικά της περιοχής της Ροδίτσας Λαμίας που αφορά το δελταϊκό κομμάτι της λεκάνης του Σπερχειού στο Νομό Φθιώτιδας, βόρεια της Νέας Κοίτης του Σπερχειού. Μέσω της συλλογής, μελέτης και επεξεργασίας των απαραίτητων στοιχείων, εντοπίστηκαν και καταγράφηκαν οι υδατικοί πόροι (υπόγειοι και επιφανειακοί), οι μηχανισμοί διάθεσης αυτών στη γεωργία, με έμφαση στη διερεύνηση της ποιοτικής κατάστασής τους.

Αρχικά αναζητήθηκαν στοιχεία για την περιοχή ενδιαφέροντος (χάρτες, σχέδια, μελέτες, στοιχεία ποιότητας, διάταξη αρδευτικού – στραγγιστικού δικτύου, στοιχεία αναδασμού, γεωλογικές τομές, μετρήσεις παροχών, ισχύουσα νομοθεσία) τόσο από τοπικούς φορείς (ΔΕΒ Φθιώτιδας, Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Λαμιέων, Δασαρχείο, Τοπογραφική Υπηρεσία, Διεύθυνση Υδάτων Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, Δ. Ε. Υ. Α. Λαμίας, ΤΟΕΒ Ροδίτσας) όσο και ευρύτερων ερευνητικών φορέων όπως το ΙΓΜΕ και το ΕΛ. ΚΕ. Θ. Ε. Στη συνέχεια αλλά και ταυτόχρονα με το πρώτο στάδιο άρχισαν οι αυτοψίες στην περιοχή για να εντοπιστούν όλα τα στοιχεία που συλλέχθηκαν και επί τόπου στην περιοχή μελέτης. Εκτός της βιβλιογραφικής συλλογής πληροφοριών έλαβαν χώρα επί τόπου δειγματοληψίες και μέτρηση ορισμένων φυσικοχημικών παραμέτρων τόσο από επιφανειακά υδάτινα σώματα όσο και από υπόγειους υδροφορείς μέσω υφιστάμενων γεωτρήσεων. Η χημική ανάλυση αυτών έγινε στο Εργαστήριο Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του τομέα Γεωλογικών Επιστημών της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του ΕΜΠ υπό την καθοδήγηση των υπευθύνων του εργαστηρίου. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων έγινε με τη βοήθεια των παρακάτω λογισμικών. Με το Aquachem 4.0 κατασκευάστηκαν τα υδροχημικά διαγράμματα και με τον συνδυασμό των προγραμμάτων ArcGIS 9 – ArcMap Version 9.1 και Surfer 8 σχεδιάστηκαν οι υδροχημικοί χάρτες κατανομής των κύριων χημικών συστατικών που μετρήθηκαν. Μέσω αυτής της επεξεργασίας δίνεται μία εποπτική εικόνα της ποιότητας των υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης. Ακολούθησε η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και αναζήτηση των πιθανών πηγών προέλευσης των συγκεντρώσεων και τυχόν επιβαρύνσεων της περιοχής από ανθρωπογενείς και μη δράσεις – πιέσεις.

Η εκπόνηση αυτής της εργασίας ήταν ένα ενδιαφέρον εγχείρημα αλλά και ταυτόχρονα μια πρόκληση για το μελετητή. Μέσω αυτής αποκτήθηκαν γνώσεις για την περιοχή καταγωγής του, οι οποίες σχετίζονται με το αντικείμενο των μεταπτυχιακών του σπουδών, εξοικείωση με την έρευνα και εφαρμογή στην πράξη όλων όσων είχε διδαχθεί.

κεφάλαιο

1

Υδατικό Διαμέρισμα Στερεάς Ελλάδας

1. Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (07)

Σύμφωνα με το Ν.1739/87 (ΦΕΚ 201 Α/20-11-87) «Διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις» και ειδικότερα το Άρθρο 1, παρ. 4, έχει θεσμοθετηθεί η διαίρεση της χώρας σε 14 μονάδες (σύνολα λεκανών απορροής) με το κατά το δυνατόν όμοιες υδρολογικές – υδρογεωλογικές συνθήκες, οι οποίες αποτελούν το περιφερειακό επίπεδο στον τομέα της διαχείρισης του νερού. Οι μονάδες αυτές ονομάζονται **Υδατικά Διαμερίσματα**, αντιστοιχούν σε περιοχές λεκάνης απορροής ποταμών (**ΠΛΑΠ**) και είναι σύμφωνες με τα κριτήρια της Οδηγίας 2000/60.

Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το Ν. 1739/87 Άρθρο 1, παρ. 4, «Υδατικά διαμερίσματα είναι περιοχές οριοθετημένες μεταξύ τους από υδροκρίτες ή νησιωτικές περιοχές, που περιλαμβάνουν ολοκληρωμένα υδρογραφικά δίκτυα, με υδρολογικές συνθήκες κατά το δυνατόν όμοιες.

Ο ελληνικός χώρος διαιρείται στα εξής δεκατέσσερα Υδατικά Διαμερίσματα: Δυτικής Πελοποννήσου, Βόρειας Πελοποννήσου, Δυτικής Στερεάς Ελλάδας Ηπείρου, Αττικής, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και Εύβοιας, Θεσσαλίας, Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας, Θράκης» Κρήτης και Νησιών Αιγαίου, όπως ειδικότερα παρουσιάζονται στο χάρτη που συνοδεύει το νόμο αυτόν".

Η περιοχή μελέτης τοποθετείται στο υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (07), η περιγραφή του οποίου ακολουθεί. (Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων - ΚΥΥ, 2008)

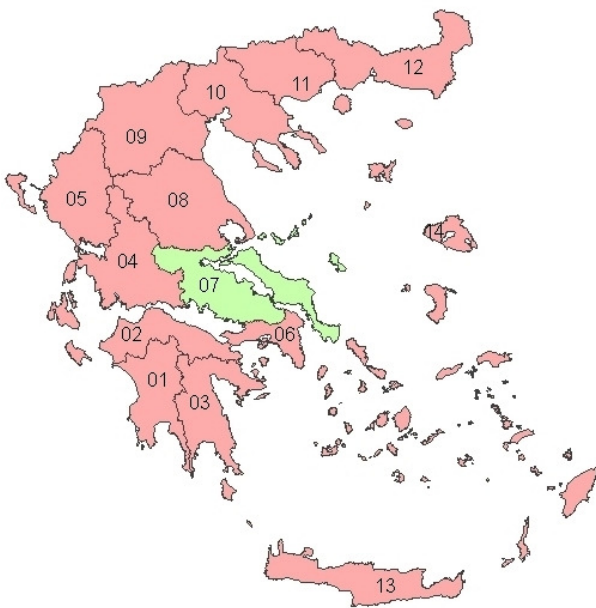
1.1 Γενικά χαρακτηριστικά του Υδατικού Διαμερίσματος

1.1.1 Γεωγραφικά στοιχεία και διοικητική δομή

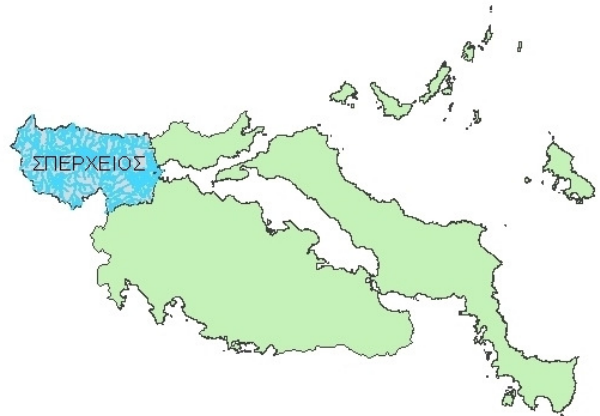
Το Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας περιλαμβάνει τμήμα της Στερεάς Ελλάδας, την Εύβοια, και τα νησιά Βόρειες Σποράδες και Σκύρος. Η συνολική του έκταση είναι 12341 km². Ο πληθυσμός του, με βάση τα απογραφικά στοιχεία της ΕΣΥΕ, το 1991 ήταν 560924 κάτοικοι και το 2001 ήταν 577955 κάτοικοι, παρουσιάζοντας αύξηση 3.0%. Το σύνολο του πληθυσμού του διακρίνεται σε αστικό κατά 24.2%, ημιαστικό κατά 28.4%, και αγροτικό κατά 47.4%. Από άποψη διοικητικής διαίρεσης, το διαμέρισμα περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, και μικρά μέρη των περιφερειών Θεσσαλίας και Αττικής. Όσον αφορά στους νομούς, το διαμέρισμα

περιλαμβάνει ολόκληρους τους Νομούς Ευβοίας (και τη Σκύρο) και Βοιωτίας, μεγάλα τμήματα των Νομών Φθιώτιδας και Φωκίδας, και μικρά τμήματα των Νομών Αττικής, Μαγνησίας (Σποράδες) και Ευρυτανίας.

ΥΔΑΤΙΚΑ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΑ ΕΛΛΑΔΑΣ



ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ (07) - ΛΕΚΑΝΗ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ



Εικόνα 1: Χάρτες με τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας και το υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, όπου διακρίνεται και η λεκάνη του Σπερχειού (πηγή: ΚΥΥ 2008)

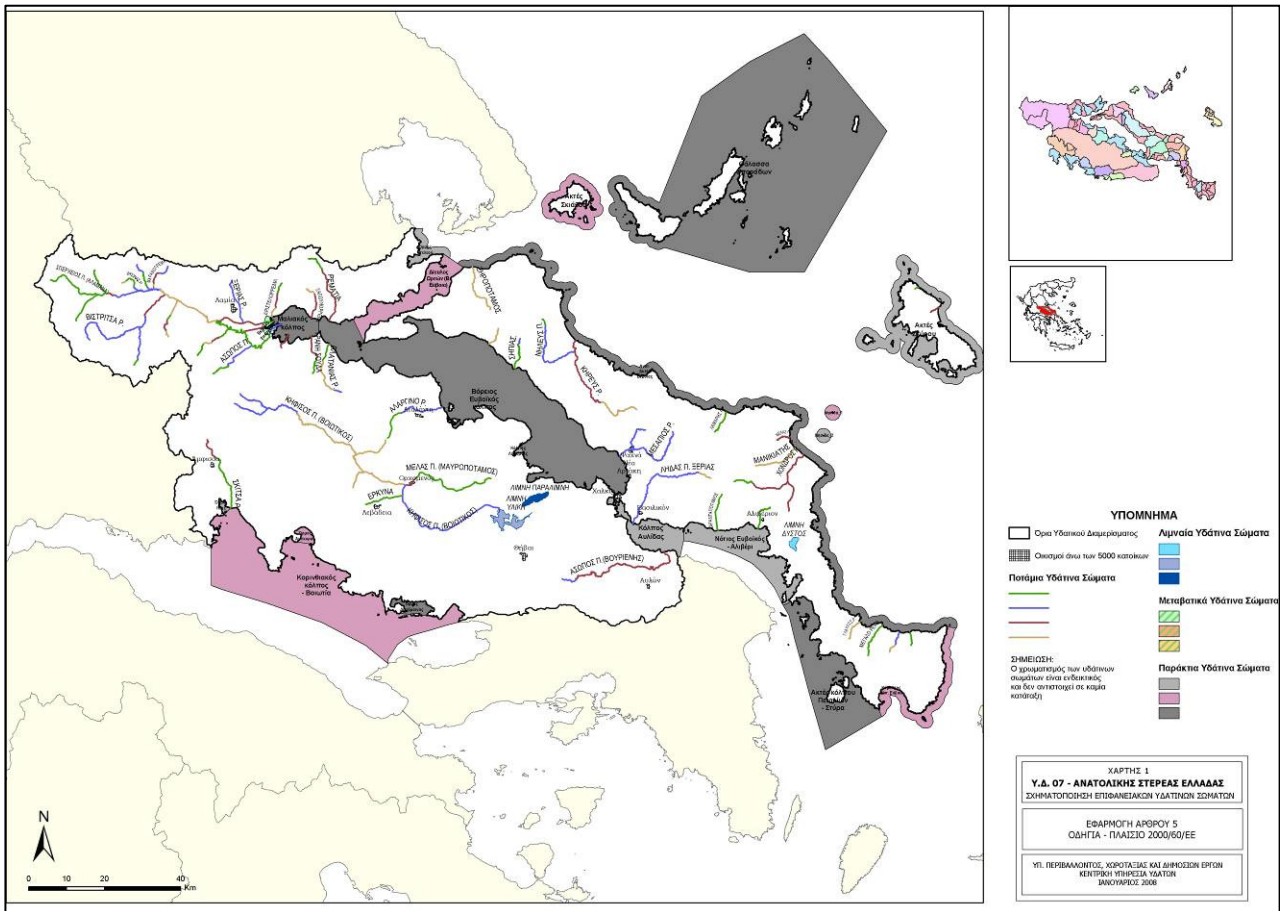
1.1.2 Γεωμορφολογικά – γεωλογικά χαρακτηριστικά

Το υδατικό διαμέρισμα χαρακτηρίζεται μορφολογικά ορεινό έως ημιορεινό. Στο διαμέρισμα περιλαμβάνονται τέσσερα ορεινά συγκροτήματα με υψόμετρα πάνω από 2000m (Γκιώνα 2510 m, Παρνασσός 2457 m, Βαρδούσια 2437 m και Οίτη 2152 m) και άλλα εννέα ακόμη με υψόμετρα από 1000 έως 2000m. Οι κυριότερες πεδινές περιοχές του διαμερίσματος είναι οι κοιλάδες Σπερχειού και του Βοιωτικού Κηφισού – Κωπαΐδας, ενώ μικρότερες είναι οι πεδιάδες της Ιστιαίας και Αρτάκης στην Εύβοια. Το μέσο υψόμετρο του ηπειρωτικού τμήματος είναι 271 m και της Εύβοιας 146 m.

Από γεωτεκτονική άποψη το διαμέρισμα βρίσκεται στις ζώνες Πίνδου, Παρνασσού, Πελαγονική και Κυκλάδων. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στις παραπάνω ενότητες είναι κυρίως μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες, οφιόλιθοι, μάρμαρα, σχιστόλιθοι, φλύσχης και φλυσχοειδείς σχηματισμοί. Οι πεδιάδες και οι κοιλάδες καλύπτονται από νεογενή, πλειστοκαινικά και ολοκαινικά ιζήματα. (ΚΥΥ 2008)



Εικόνα 2: Ανάγλυφο και υδρογραφικό δίκτυο του υδατικού διαμερίσματος (πηγή: ΚΥΥ 2008)



Εικόνα 3: Σχηματοποίηση επιφανειακών υδατικών σωμάτων του Υ.Δ. (07)
 (πηγή: ΚΥΥ 2008)

1.1.3 Αναπτυξιακή ταυτότητα

Το διαμέρισμα βρίσκεται στον ανατολικό αναπτυγμένο άξονα της χώρας. Διαθέτει σημαντικούς φυσικούς πόρους (ορυκτά, νερά, ιαματικές πηγές κλπ.), μεγάλο μήκος ακτών και μερικά από τα σημαντικότερα ανθρωπογενή μνημεία.

Διακρίνεται από τη σχετικά ισόρροπη ανάπτυξη των τριών παραγωγικών τομέων και συγκεκριμένα: το 24% του ΑΕΠ παράγεται από τον πρωτογενή, το 43% από το δευτερογενή και το 33% από τον τριτογενή τομέα, ενώ η απασχόληση αποτελεί αντίστοιχα το 26%, 29% και το 45% της συνολικής.

Το κύριο όμως χαρακτηριστικό του διαμερίσματος είναι η γειτνίασή του με την Αττική, γεγονός με πολλαπλές θετικές και αρνητικές επιδράσεις. Συνολικό αποτέλεσμα

αυτής της ισχυρής και μακρόχρονης εξάρτησης είναι να μην έχει αναπτυχθεί ενδογενής δυναμική στην περιοχή, ενώ έχουν παλαιωθεί εγκαταστάσεις και δίκτυα και έχει επιβαρυνθεί σημαντικά το περιβάλλον, αν και έγιναν αρκετά έργα εκσυγχρονισμού. Έτσι παρατηρείται από τη μια μεριά αύξηση του ΑΕΠ και από την άλλη μείωση της απασχόλησης και μεγάλη αύξηση της ανεργίας.

Τα προγράμματα ανάπτυξης επικεντρώνουν την προσπάθεια στην προστασία και αναβάθμιση του περιβάλλοντος, φυσικού και ανθρωπογενούς. Συγκεκριμένα, αναφέρονται στην καλύτερη ρύθμιση των χώρων συγκέντρωσης της βιομηχανίας με προγράμματα εξυγίανσης, τη δημιουργία νέων ή συμπλήρωση παλαιών βιομηχανικών περιοχών, τη βελτίωση του αστικού περιβάλλοντος, την προστασία από την αυθαίρετη οικοδομική δραστηριότητα, την αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας των μεγάλων αρτηριών (π.χ. πέταλο Μαλιακού), την κατασκευή έργων διευθέτησης της κοίτης των ποταμών, τον καθαρισμό των ακτών, την ανάδειξη μνημείων και χώρων, κλπ. Ειδικότερα, στο Δ' ΚΠΣ προβλέπεται η ανασυγκρότηση του παραγωγικού ιστού προς τομείς, κλάδους και υπηρεσίες. (πηγή: ΚΥΥ 2008)

1.2 Υδρολογικό ισοζύγιο – Προσφορά Νερού

1.2.1 Κύριες υδρολογικές λεκάνες

Οι κύριες λεκάνες του διαμερίσματος (μεγαλύτερες από 600 km²) είναι αυτές του Βοιωτικού Κηφισού (1956 km²), του Σπερχειού (1830 km²) και του Ασωπού (724 km²). Άλλες αξιόλογες λεκάνες, με έκταση μικρότερη των 600 km², είναι το συγκρότημα λιμνών Υλίκης και Παραλίμνης (494 km²), οι λεκάνες των ποταμών Πλείστου-Σκίτσα, Περμισού, Αρεόη, Πλατανιά, και των ρεμάτων Αταλάντης, Κυριακίου και Αγνάντης. Τέλος, στο διαμέρισμα περιλαμβάνονται οι λεκάνες των ρεμάτων της Εύβοιας και των νησιών που προαναφέρθηκαν. (ΚΥΥ 2008)

1.2.2 Κύριες υδρογεωλογικές λεκάνες

Στο υδατικό διαμέρισμα υπάρχουν ορισμένες υδρογεωλογικές ενότητες με σημαντικό υδατικό δυναμικό, οι οποίες παρουσιάζονται στη συνέχεια. Οι ενότητες αυτές αποτελούνται από άλλες μικρότερες, που διακινούν ποσότητες νερού, μέσα όμως στα πλαίσια της ευρύτερης ενότητας. Όλες οι ενότητες αναπτύσσονται στους ασβεστόλιθους της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. (ΚΥΥ 2008)

Καρστικό σύστημα Βοιωτικού Κηφισού – Υλίκης – Παραλίμνης

Το σύστημα αυτό αποτελείται από πέντε υδρογεωλογικές ενότητες, οι οποίες είναι τοποθετημένες κλιμακωτά κατά μήκος της λεκάνης του Βοιωτικού Κηφισού.

Υδρογεωλογικές ενότητες Άνω Ρου.

Βρίσκονται στους ασβεστόλιθους του βορειοδυτικού Παρνασσού, της βορειοδυτικής Γκιώνας και της νότιας Οίτης και η συνολική τους έκταση εκτιμάται σε 370 km². Η εκφόρτιση των ενότητων γίνεται κυρίως μέσω των πηγών Λιλαίας - Πολύδροσου, μέσης ετήσιας παροχής 1,7 m³/s. Τα ρυθμιστικά αποθέματα υπολογίζονται σε 80 hm³ το χρόνο και τα γεωλογικά σε 590 hm³.

Υδρογεωλογικές ενότητες Μέσου Ρου.

Σε αυτές περιλαμβάνονται δύο μεγάλες ενότητες, συνολικής έκτασης 690 km²: του κεντρικού βορειοανατολικού Παρνασσού και του ανατολικού Καλλιδρόμου. Οι ενότητες αυτές θεωρείται ότι επικοινωνούν μεταξύ τους και αποτελούν ενιαίο υδροφορέα, που εκφορτίζεται στις πηγές Μαυρονερίου, μέσης ετήσιας παροχής 2.5 m³/s, και στο σύστημα πηγών Μέλανα - Πολυγύρας, μέσης ετήσιας παροχής 4.3 m³/s. Τα ρυθμιστικά αποθέματα υπολογίζονται σε 260 hm³ το χρόνο και τα γεωλογικά σε 2 800 hm³.

Υδρογεωλογικές ενότητες Κάτω Ρου.

Σε αυτές περιλαμβάνονται οι υδροφορείς του βόρειου Ελικώνα και του Κάστρου, οι οποίοι είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους. Ο υδροφορέας του Βόρειου Ελικώνα εκφορτίζεται μέσω των πηγών Κρύα Λιβαδειάς, Αγίου Ιωάννη Λαφυστίου, Πέτρας Υψηλάντη, και Αλίαρτου, μέσης ετήσιας αθροιστικής παροχής 1.4 m³/s. Τα ρυθμιστικά αποθέματα εκτιμώνται σε 115 hm³ το χρόνο, ενώ μεγάλες ποσότητες νερού μεταγγίζονται στη πεδιάδα της Κωπαΐδας και τους υδροφόρους σχηματισμούς της περιοχής Βαγίων-Θηβών. Ο καρστικός υδροφορέας του Κάστρου αποστραγγίζεται στις πηγές της Λάρυμνας, μέσης ετήσιας παροχής 0.8 m³/s, στις πηγές Σκορπονερίων και της ενδιάμεσης παράκτιας περιοχής. Τα ρυθμιστικά αποθέματα υπολογίζονται σε 45 hm³ το χρόνο.

Υδρογεωλογικές ενότητες Υλίκης - Παραλίμνης.

Οι ενότητες αυτές αποτελούνται από ασβεστόλιθους που βρίσκονται στην περιοχή των λιμνών Υλίκης και Παραλίμνης. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η μεγάλη υδροπερατότητα και η άμεση τροφοδοσία τους από τις λίμνες. Οι ενότητες αυτές εκφορτίζονται στις παράκτιες πηγές του Ευβοϊκού Κόλπου (πηγές Κοκόση, Ανθηδώνος), αλλά και με υποθαλάσσιες αναβλύσεις (Ανθηδώνος, νότιων ζωνών όρμου Σκορπονερίων), γεγονός που καθιστά αδύνατη την εκτίμηση της παροχής. Τα ρυθμιστικά αποθέματα εκτιμώνται σε 55 hm³ το χρόνο και τα γεωλογικά σε 485 hm³.

Υδρογεωλογικές ενότητες κλαστικών σχηματισμών.

Αυτές σχηματίζονται στις ποτάμιες και λιμναίες αποθέσεις των πεδινών τμημάτων του Βοιωτικού Κηφισού και της πεδιάδας Θηβών-Βαγίων. Αποτελούνται από στρώματα άμμων και κροκάλων, με μεγάλη υδροπερατότητα. Τα ρυθμιστικά αποθέματα εκτιμώνται σε 40 hm³.

Καρστική ενότητα ΝΔ Παρνασσού

Η ενότητα αυτή αποτελείται από την υδρογεωλογική λεκάνη της νοτιοδυτικής πλευράς του Παρνασσού. Εκφορτίζεται στο βόρειο Κορινθιακό Κόλπο μέσω των υφάλμυρων πηγών Κίρρας και Αγίου Ισιδώρου, ενώ τα ρυθμιστικά αποθέματα εκτιμώνται σε 200 hm³/έτος.

Καρστική ενότητα Γκιώνας

Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει μία υδρογεωλογική λεκάνη που εντοπίζεται στην περιοχή κάτω από το βουνό Γκιώνα. Η λεκάνη εκφορτίζεται μέσω υφάλμυρων πηγών και υποθαλάσσιων αναβλύσεων στον Κόλπο της Ιτέας. Τα ρυθμιστικά αποθέματα της λεκάνης εκτιμώνται σε 200-250 hm³/έτος.

Καρστικό σύστημα Νότιας Όθρυος

Το σύστημα αυτό, που βρίσκεται στη λεκάνη του Σπερχειού, εκφορτίζεται μέσω των πηγών Αγίας Παρασκευής. Τα ρυθμιστικά αποθέματα του συστήματος εκτιμώνται σε 50hm³/έτος.

Καρστικά συστήματα λεκάνης Σπερχειού

Σε αυτές περιλαμβάνονται η ενότητα κεντρικής Οίτης με ρυθμιστικά αποθέματα 65 hm³/έτος, η ενότητα Οίτης Καλλιδρόμου με αποθέματα 21 hm³/έτος και η ενότητα βορειοδυτικής Όθρυος με αποθέματα 50 hm³/έτος. Στον παρακάτω πίνακα 1.1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα ρυθμιστικά αποθέματα των υδροφορέων του διαμερίσματος.

Πίνακας 1.1: Εκτίμηση ρυθμιστικών αποθεμάτων υδροφορέων (Πηγή: ΙΓΜΕ 1996)

* 500 από Βοιωτικό Κηφισό και 55 από Υλίκη

Υδροφορέας	Εισροή από άλλο υδροφορέα	Εκφόρτιση	Ετήσια ρυθμιστικά αποθέματα (hm ³)
Βοιωτικού Κηφισού, σύστημα Υλίκης - Παραλίμνης	Υπόγειες διαφυγές από Υλίκη	Πηγές, Ευβοϊκός Κόλπος, προσχωματικός υδροφορέας Θήβας-Βαγίων	555*
Νοτιοδυτικής πλευράς Παρνασσού		Κορινθιακός Κόλπος μέσω υφάλμυρων πηγών	200
Γκιώνας		Κόλπος Ιτέας μέσω υφάλμυρων πηγών	200
Σύστημα Νότιας Όθρυος		Πηγές	50
Προσχωματικός Σπερχειού		Μαλιακός Κόλπος	50
Καρστικές ενότητες Σπερχειού			136
Σύνολο			1191

Τα ρυθμιστικά αποθέματα των υδροφορέων έχουν εκτιμηθεί με βάση τις παροχές των πηγών που εκφορτίζουν το κάθε σύστημα. Έτσι, το μεγαλύτερο ποσοστό της ποσότητας που αναφέρεται έχει ήδη υπολογιστεί στο επιφανειακό υδατικό δυναμικό και ουσιαστικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για ρυθμιστικούς σκοπούς. Οι ποσότητες που διαφεύγουν προς τη θάλασσα από τα συστήματα Υλίκης – Παραλίμνης, νοτιοδυτικής πλευράς Παρνασσού και προσχωματικού υδροφορέα Σπερχειού εκτιμώνται σε 210 hm³.

1.2.3 Υπόγειοι υδροφορείς

Στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας αναπτύσσονται σημαντικοί υδροφορείς στα ασύνδετα κλασικά ιζήματα του Τεταρτογενούς, στα νεογενή ιζήματα και στους καρστικοποιημένους ανθρακικούς σχηματισμούς.

Μεγάλη έκταση καταλαμβάνουν οι τεταρτογενείς αποθέσεις στις λεκάνες του Β. Κηφισού, του Ασωπού, του Σπερχειού και των υπόλοιπων μικρών υδρορεμάτων του διαμερίσματος. Στα αδρομερή της Θήβας αναπτύσσεται σημαντικής δυναμικότητας υδροφορέας (λόγω της τροφοδοσίας από τη λίμνη Υλίκη), τον οποίο εκμεταλλεύεται μεγάλος αριθμός υδρογεωτρήσεων. Στη λεκάνη του ποταμού Σπερχειού διαμορφώνονται στις προσχώσεις επάλληλοι υδροφόροι ορίζοντες.

Μεγάλη διακύμανση από άποψη δυναμικότητας παρουσιάζουν οι σχηματιζόμενοι στα Νεογενή υδροφόροι ορίζοντες, η οποία εξαρτάται άμεσα από το ποσοστό των κροκαλοπαγών, ψαμμιτών και μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Μέσα στους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς διαμορφώνονται υδροφόροι ορίζοντες με πλούσια αποθέματα υπογείων υδάτων, με αποτέλεσμα τόσο οι πηγές που σχηματίζονται όσο και οι δημιουργούμενες υδρογεωτρήσεις να εμφανίζουν πολύ υψηλές παροχές. Σημαντικοί καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες εκφορτίζονται στη θάλασσα με τη μορφή παράκτιων πηγών με υψηλές παροχές. Οι καρστικές πηγές αποτελούν το βασικό τροφοδότη της επιφανειακής απορροής (Σπερχειός), ενώ πολλές από αυτές χρησιμοποιούνται για ύδρευση και άρδευση των παρακείμενων πεδινών περιοχών. (ΚΥΥ 2008)

1.2.4 Υδρογεωλογικές αποτυπώσεις συστημάτων – λεκανών με ιδιαίτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον

Η υδρογεωλογική αποτύπωση των υπόγειων υδροφόρων είναι μια εξαιρετικά σύνθετη εργασία, αφού πέραν της οριοθέτησης απαιτείται η γνώση της δυναμικής των υδροφόρων, της ποιοτικής τους κατάστασης, της υδροπερατότητας των σχηματισμών και της πυκνότητας και του είδους των υδροσημείων που λειτουργούν. Για κάθε υδροσύστημα δίδονται περιληπτικά τα γεωλογικά και τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά, καθώς επίσης και στοιχεία του ισοζυγίου. (Τσιούμας και Ζοράπας - ΙΓΜΕ, 2010)

GR0710 – Σύστημα Αταλάντης

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Πρόκειται για προσχωματικό υδροσύστημα, στη γεωλογική σύσταση του οποίου συμμετέχουν ποικίλης σύστασης ασύνδετα υλικά, μέτριας έως υψηλή περατότητας. Αποτελούνται από κροκάλες και λατύπες ποικίλου μεγέθους, χαλίκια, άμμους που εναλλάσσονται με υλικά χαμηλής περατότητας όπως αργίλους και πηλούς. Το συνολικό πάχος των υδροφόρων είναι της τάξης των 80 m επί του συνολικού πάχους των προσχωματικών αποθέσεων που κατά θέσεις υπερβαίνει τα 250 m.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Στην περιοχή της Αταλάντης, ο ελεύθερος φρεάτιος και οι υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες, λόγω της αυξημένης συμμετοχής αδρομερών υλικών, έχουν υψηλή περατότητα με τιμές $k=10 - 15 \text{ m/d}$. Ο υποβιβασμός της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, από την υπεράντληση που πραγματοποιείται κατά τη θερινή περίοδο, είναι δυνατό να προκαλέσει μείωση των αποθεμάτων και της παροχής άντλησης ανά γεώτρηση. Επιπλέον, προβλήματα στην ποιότητα του υπόγειου νερού μπορεί να προκαλέσει στην παράκτια περιοχή, για την οποία υπάρχει άμεσος κίνδυνος υφαλμύρισης, δηλαδή ανάμιξης του υπόγειου νερού με το θαλάσσιο.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής της 15ετίας είναι 600 mm, η αντίστοιχη θερμοκρασία 17,5 °C και η σχετική υγρασία 65%. Η φυσική ανατροφοδότηση του συστήματος και οι απολήψεις εκτιμούνται ότι είναι της τάξης των $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, δηλαδή το ισοζύγιο είναι σε οριακή ισορροπία.

GR0701 – Σύστημα Σπερχειού

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Στη γεωλογική σύσταση του υδροσυστήματος συμμετέχουν ποικίλης σύστασης σχηματισμοί, έχουν υψηλή περατότητα και αποτελούνται από ασύνδετα υλικά, κροκάλες και λατύπες ποικίλου μεγέθους, χαλίκια, άμμους που εναλλάσσονται με χαμηλής περατότητας υλικά όπως αργίλους, πηλούς. Το συνολικό πάχος των υδροφόρων υπερβαίνει τα 100 m επί συνολικού πάχους 600 m των προσχωματικών αποθέσεων, το οποίο στο ανατολικό τμήμα, στην περιοχή του δέλτα του ποταμού υπερβαίνει τα 1000 m, όπως διαπιστώθηκε από γεωηλεκτρικές διασκοπήσεις.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Ο ελεύθερος φρεάτιος και οι υπό πίεση υδροφορείς που αναπτύσσονται στις τεταρτογενείς αποθέσεις της λεκάνης του Σπερχειού ποταμού λόγω της έντονης παρουσίας των αδρομερών υλικών, έχουν μέτρια - υψηλή περατότητα που κυμαίνεται σε 15 - 20 m/d. Στις βαθιές αποθέσεις του δέλτα του Σπερχειού και σε περιοχές όπου έχουμε διαδοχικές εναλλαγές άμμων, αργίλων και ψηφίδων δημιουργούνται υποαρτεσιανοί και αρτεσιανοί υδροφόροι ορίζοντες, όπως διαπιστώθηκε με ερευνητικές γεωτρήσεις, οι οποίες έχουν συνεχή αυτόματη ροή νερού.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Το σύστημα δέχεται φυσική ανατροφοδότηση από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και από τις ανθρακικές μάζες. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι 800 mm περίπου και εκτιμάται ότι η ανατροφοδότηση είναι της τάξης των $85 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$. Οι απολήψεις εκτιμώνται σε $110 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$, με αποτέλεσμα το ισοζύγιο να παρουσιάζεται ελλειμματικό.

GR0702 - Σύστημα Λαμίας

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής ανήκει στην Υποπελαγονική Ενότητα. Δομείται από ανθρακικούς σχηματισμούς του Κρητιδικού, με πάχος 150 m, την σχιστοκερατολιθική διάπλαση Τριαδικής ηλικίας και οφιολιθικούς σχηματισμούς.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Στους ασβεστόλιθους του καρστικού συστήματος αναπτύσσεται ένας ισχυρός υδροφόρος ορίζοντας ο οποίος εκφορτίζεται με τις πηγές Αγ. Παρασκευής, Σφαγείων και Μαυρομαντήλας. Η υδραυλική αγωγιμότητα και δυναμικότητα του συστήματος ποικίλει. Συγκεκριμένα στην περιοχή της Αγ. Παρασκευής, το σύστημα χαρακτηρίζεται από υψηλή δυναμικότητα. Στην περιοχή δυτικά της Στυλίδας παρουσιάζει μέτρια δυναμικότητα, ενώ στην περιοχή της Μαυρομαντήλας παρουσιάζει μέτρια έως ασήμαντη δυναμικότητα.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Με μέσο ετήσιο ύψος βροχής τα 800 mm το σύστημα δέχεται φυσική ανατροφοδότηση από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που εκτιμάται σε $30 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$. Οι απολήψεις εκτιμώνται σε $40 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$ με αποτέλεσμα το ισοζύγιο να είναι ελλειμματικό και να εκφράζεται με πτώση της στάθμης του υδροφόρου.

GR0703 Σύστημα Οίτης – Καλλιδρόμου

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής του συστήματος ανήκει στην Υποπελαγονική γεωτεκτονική Ενότητα. Περιλαμβάνει Ιουρασικούς ανθρακικούς, σχηματισμούς με παρεμβολές βωξιτικών οριζόντων Τριαδικούς δολομίτες καθώς και σχιστολερατόλιθους με οφιολίθους.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Λόγω των διαδοχικών μεταπτώσεων, τον έντονο κατακερματισμό και τον καρστικό χαρακτήρα των Τριαδικών – Ιουρασικών ασβεστολίθων, πραγματοποιείται ισχυρή κατείδυση του νερού των βροχοπτώσεων σε όλη την επιφάνεια του συστήματος. Δύο

κύρια σημεία εκφόρτισης παρουσιάζονται, προς την πλευρά του Σπερχειού και άλλα δύο στα ταπεινωμένα ορογραφικά άκρα του (πηγές Τραγάνας και Μαυρονέρια). Στους ασβεστόλιθους του συστήματος διαμορφώνονται δύο δυναμικοί επάλληλοι υδροφόροι ορίζοντες, οι οποίοι εκφορτίζονται με τις πηγές Μαυρονέρια και Τραγάνας. Στην ίδια περιοχή και συγκεκριμένα στη γραμμή των γεωθερμικών πεδίων Καμένα Βούρλα – Θερμοπύλες έχουμε εκδηλώσεις πηγών επιφανείας διαμέσου ρηγμάτων με σημαντικές παροχές. Αξιόλογες υδροαποθεματικές δεξαμενές εντοπίστηκαν στο μέτωπο των πηγών Μαυρονέρια, σε βάθη κάτω από το επίπεδο της θάλασσας, χωρίς να έχει επέλθει ανάμιξη του γλυκού και του θαλασσινού νερού.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Με μέσο ετήσιο ύψος βροχής τα 800 mm το σύστημα δέχεται φυσική ανατροφοδότηση από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που εκτιμάται σε $120 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$. Οι απολήψεις εκτιμώνται σε $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$ με αποτέλεσμα το ισοζύγιο να είναι πλεονασματικό και να εμφανίζονται δυναμικές πηγαίες εκφορτίσεις.

GR0705 – Γκιώνας

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η ανθρακική σειρά της ενότητας Παρνασσού – Γκιώνας συνθέτει το καρστικό σύστημα που περιλαμβάνει κύρια Ιουρασικούς ασβεστόλιθους με παρεμβολές βωξιτικών οριζόντων.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η ανθρακική μάζα έχει μεγάλο πάχος γεγονός που σε συνδυασμό με την ανάμειξη του νερού της κορεσμένης ζώνης με το θαλασσινό, καθιστά δύσκολή την εκμετάλλευση της υδροφορίας μέσω γεωτρήσεων. Η εκφόρτιση γίνεται μέσω των παράκτιων υφάλμυρων πηγών που αναπτύσσονται σε μέτωπο μεγάλου μήκους. Η ανάμειξη του γλυκού και αλμυρού νερού γίνεται εντός της ασβεστολιθικής μάζας, υπό φυσικές συνθήκες ροής ακόμα και σε επίπεδα πάνω από τη στάθμη της θάλασσας. Η διακίνηση του υπόγειου νερού γίνεται στην παράκτια περιοχή μέσω δικτύου αγωγών που έχουν σχηματιστεί σε αρνητικά υψόμετρα βαθύτερα από -15 m.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Με μέσο ετήσιο ύψος βροχής τα 800 mm το σύστημα δέχεται φυσική ανατροφοδότηση από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που εκτιμάται σε $180 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$.

GR0706 Σύστημα Άμφισσας – Ιτέας

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Το γεωλογικό υπόβαθρο της ευρύτερης περιοχής ανήκει στη Γεωτεκτονική ενότητα Παρνασσού – Γκιώνας, που δομείται κύρια από ανθρακικούς σχηματισμούς του Ιουρασικού – Κρητιδικού. Στη γεωλογική σύσταση του υδροσυστήματος συμμετέχουν ασύνδετα υλικά, κροκάλες και λατύπες ποικίλου μεγέθους, χαλίκια, άμμοι που εναλλάσσονται με χαμηλής περατότητας υλικά όπως αργίλους, πηλούς. Το μέγιστο πάχος των προσχωματικών αποθέσεων εκτιμάται σε 250 m.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Ο ελεύθερος φρεάτιος και οι υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες που συνθέτουν το υδροσύστημα, λόγω της παρουσίας των λεπτομερών υλικών, χαρακτηρίζονται από μέτρια περατότητα η οποία κυμαίνεται σε 1 - 5 m/d. Ο υποβιβασμός της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, από την υπεράντληση που πραγματοποιείται κατά τη θερινή περίοδο, είναι δυνατό να προκαλέσει μείωση της παροχής ανά γεώτρηση, αλλά και προβλήματα στην ποιότητα του νερού, για το οποίο υπάρχει άμεσος κίνδυνος ανάμιξης του υπόγειου νερού με το θαλάσσιο.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι 750 mm. Η φυσική ετήσια ανατροφοδότηση του συστήματος εκτιμάται σε $3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, και οι απολήψεις σε $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, δηλαδή το ισοζύγιο είναι πλεονασματικό.

GR0820 Σύστημα Ξυνιάδας

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

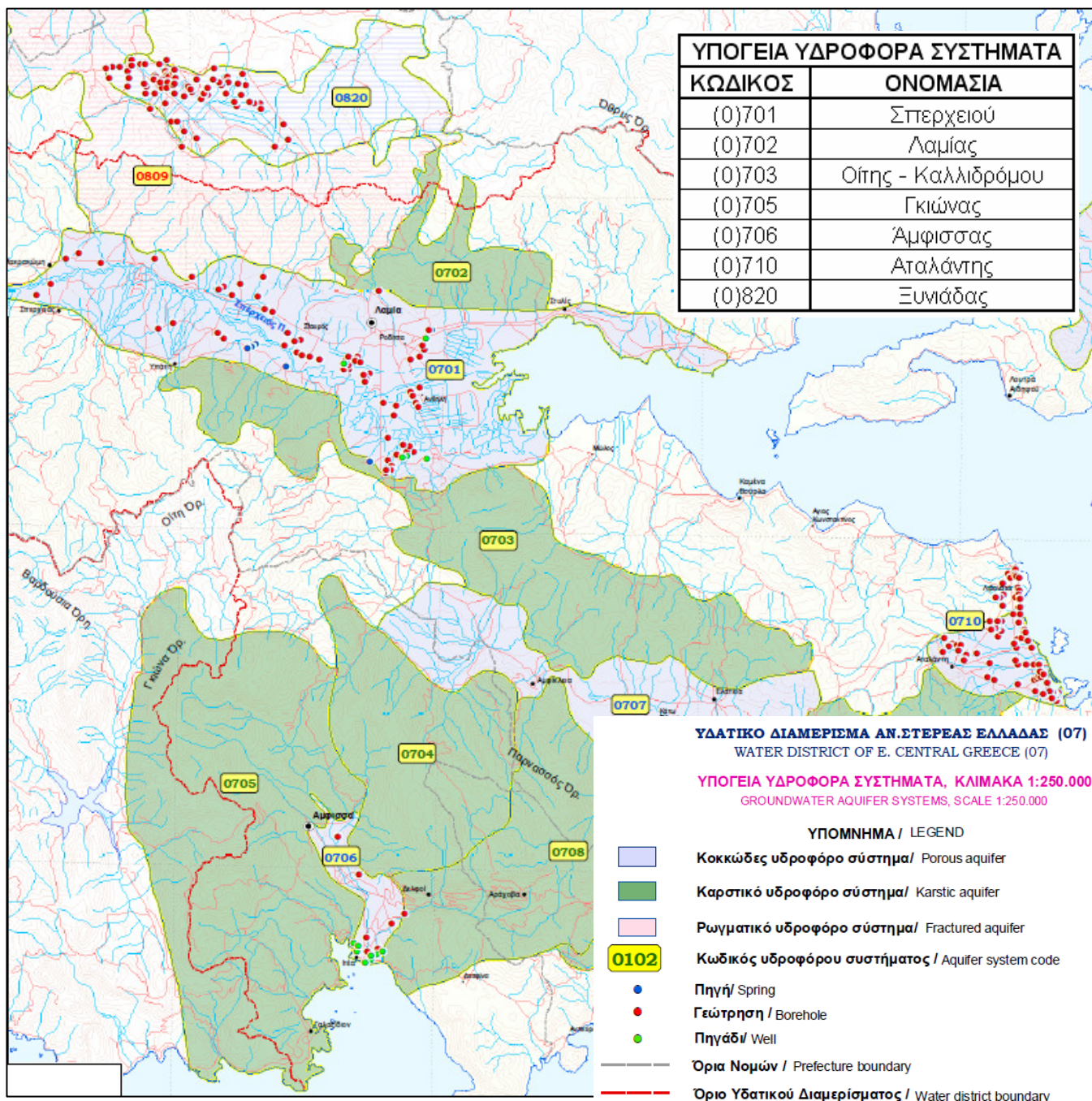
Τα περιθώρια και το υπόβαθρο στα δυτικά αποτελούνται κυρίως από περιδοτίτες και ασβεστόλιθους, ενώ ανατολικά συνίστανται από εκρηξιγενή πετρώματα διαβάση-δολερίτη και περιδοτίτη και λιγότερο από φλύσχη και σχιστοκερατολίθους. Οι αργιλικές πεδινές προσχώσεις καταλαμβάνουν σημαντική έκταση και το πάχος τους ποικίλλει από μερικά μέτρα έως τουλάχιστον 100. Οι λιμναίες αποθέσεις καταλαμβάνουν το πεδινό τμήμα που αντιστοιχεί στην έκταση της αποξηραθείσας λίμνης και συνίστανται από πηλούς, άμμους, χάλικες, αμμοχάλικες και χαλικοπηλούς μέσα στους οποίους παρεμβάλλονται στρώματα τυρφοπηλών.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Οι σημαντικότεροι υδροφόροι ορίζοντες που διαμορφώνονται στην ευρύτερη περιοχή είναι των ανθρακικών πετρωμάτων και με μικρότερο ενδιαφέρον των τεταρτογενών-νεογενών σχηματισμών και των εκρηξιγενών πετρωμάτων. Στη μάζα των εκρηξιγενών πετρωμάτων διαμορφώνεται σημαντική υδροφορία, η οποία οφείλεται στην τεκτονική καταπόνηση που έχουν υποστεί. Στις τεταρτογενείς αποθέσεις, στις οποίες έχει διανοιχθεί το σύνολο των γεωτρήσεων (πλέον των 400) η περατότητα, ανάλογα με την σύσταση των υλικών είναι από μέτρια έως υψηλή.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Το υδροσύστημα τροφοδοτείται κύρια από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Δεδομένου ότι το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης είναι 630 mm η φυσική μέση ετήσια ανατροφοδότηση του συστήματος εκτιμάται στα $7.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Οι απολήψεις αφορούν τις αρδευτικές γεωτρήσεις και πολύ μικρό αριθμό υδρευτικών και αυτές εκτιμώνται σε $2,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Συνεπώς το ισοζύγιο είναι πλεονασματικό.



Εικόνα 4: Υπόγεια Υδροφόρα Συστήματα του Υ.Δ. (07)
(Πηγή: Τσιούμας και Ζοράπας - ΙΓΜΕ 2010)

1.2.5 Περιγραφή του υδατικού διαμερίσματος στη σημερινή κατάσταση

Η κυριότερη χρήση νερού στο διαμέρισμα είναι η άρδευση, ενώ σημαντικές είναι και οι ποσότητες που αντλούνται από την Υλίκη για την ύδρευση της Αθήνας, ιδιαίτερα σε περιόδους χαμηλής υδροφορίας, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερεκμετάλλευση των αποθεμάτων των ταμιευτήρων Μόρνου και Ευήνου. Εκτός από την υδρευτική χρήση, η λίμνη χρησιμοποιείται για την υδροδότηση της Κωπαΐδας με αρδευτικό νερό. Η παρακείμενη λίμνη Παραλίμνη Υλίκης, χωρητικότητας περί τα 800 hm³, χρησιμοποιείται σήμερα για την ύδρευση της Χαλκίδας. Σημαντικές απολήψεις νερού, κυρίως το καλοκαίρι, γίνονται και από γεωτρήσεις στην περιοχή Βοιωτικού Κηφισού – Υλίκης.

Οι σημαντικότερες αρδευτικές γεωτρήσεις της λεκάνης του Βοιωτικού Κηφισού ανήκουν στο ΥΠΓΕ και διανοίχτηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1970. Ορισμένες καλύπτουν τοπικές αρδευτικές ανάγκες, ενώ οι υπόλοιπες διοχετεύουν τα νερά τους στο Υδραγωγείο Κωπαΐδας. Επιπλέον, στο μέσο ρου του Βοιωτικού Κηφισού, στην περιοχή Βασιλικών-Παρορίου, έχουν διανοιχθεί υδρευτικές γεωτρήσεις, που συνδέονται με τον υδαταγωγό του Μόρνου, μέσω του ενωτικού υδραγωγείου Διστόμου. Το τελευταίο έχει δυνατότητα αμφίδρομης λειτουργίας. Στην κανονική του λειτουργία, μεταφέρει νερό από τις γεωτρήσεις Βασιλικών - Παρορίου και το ρέμα Μαυρονερίου για την ύδρευση της Αθήνας, ενώ στην ανάστροφη λειτουργία εκτρέπει μικρό μέρος των απολήψεων του Μόρνου (της τάξης των 4 - 6 hm³) για την ενίσχυση των αρδευτικών αναγκών στη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού. Πρόκειται για μια από τις πλέον ενδιαφέρουσες περιπτώσεις (πλην όμως μικρής σε σημασία) ενδοδιαμερισματικών ανταλλαγών νερού, στην οποία εμπλέκονται τρία Υδατικά Διαμερίσματα (4, 6 και 7). Εκτός από τις γεωτρήσεις του ΥΠΓΕ και της ΕΥΔΑΠ, υπάρχει ακόμη ένας αδιευκρίνιστος αριθμός γεωτρήσεων μικρότερης δυναμικότητας που εξυπηρετούν τοπικές χρήσεις νερού, πολλές από τις οποίες είναι παράνομες. Οι περισσότερες ανήκουν σε ιδιώτες και αντλούν νερό από τον προσχωματικό υδροφορέα, υπάρχουν ωστόσο και ορισμένες κοινοτικές, που υδρομαστεύουν καρστικούς υδροφορείς.

Στην λεκάνη της Υλίκης έχουν διανοιχτεί τέσσερις ομάδες γεωτρήσεων, οι οποίες διανοίχτηκαν την περίοδο 1990 - 1991 από την ΕΥΔΑΠ, με σκοπό να εξασφαλίσουν επιπλέον υδατικούς πόρους για την ύδρευση της Αθήνας. Οι γεωτρήσεις αξιοποιήθηκαν εντατικά την περίοδο 1991 - 1994, έκτοτε όμως έχουν λειτουργήσει σε ελάχιστες περιπτώσεις, με εξαίρεση αυτές που χρησιμοποιούνται συστηματικά για ύδρευση της Χαλκίδας. (ΚΥΥ 2008)

Τα κυριότερα υφιστάμενα αρδευτικά βρίσκονται στις λεκάνες του Σπερχειού και Βοιωτικού Κηφισού, και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 1.2.

Πίνακας 1.2: Υφιστάμενα Αρδευτικά Έργα (Πηγή: ΚΥΥ 2008 - Στοιχεία ΥΠΓΕ, 2001)

Περιοχή Σπερχειού Αρδευτικό έργο	Πηγή	Έκταση (στρέμματα)
Βίστριζα	Βίστριζας και Γεωτρήσεις	42000
Εκβολών Σπερχειού (Ανθήλη) Διαφόρων Κοινοτήτων	Σπερχειός Γεωτρήσεις	40000 38000
Μεξιατών - Κομποτάδων Ζηλευτού - Αμουρίου - Λιανοκλαδίου	Γεωτρήσεις Σπερχειός και Γεωτρήσεις	14000 11000
Αρχανίου - Μάκρης Τυμφρηστού - Παλαιοχωρίου	Γεωτρήσεις Πηγές	5000 2500
Σύκας	Βίστριζας	2000

1.2.6 Υδρολογικό ισοζύγιο διαμερίσματος

Το ισοζύγιο του διαμερίσματος διακρίνεται σε αυτό του ηπειρωτικού τμήματος, της Εύβοιας, που λόγω μεγέθους και γειννίας με το ηπειρωτικό τμήμα έχει μια αυτοτέλεια, και στα ισοζύγια των νησιών Σποράδες και Σκύρος, που λόγω της αυτοτελούς υδρολογικής – υδρογεωλογικής ενότητας τους εξετάζονται μεμονωμένα.

Ακολούθως παρατίθεται το ισοζύγιο του ηπειρωτικού τμήματος καθώς αυτό περιλαμβάνει την περιοχή μελέτης.

Πίνακας 1.3: Υδρολογικό ισοζύγιο ηπειρωτικού τμήματος (Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης, 2008)

	Υδρολιθολογικοί σχηματισμοί				Σύνολο
	Αδιαπέρ.	Ημιπέρ.	Προσχωμ.	Καρστ.	
Επιφάνεια (km ²)	1 970	847	1 978	3 100	7 895
Ύψος βροχής (mm)	780	780	780	780	
Όγκος βροχής (hm ³)	1 537	661	1 543	2418	6 158
Εξάτμιση (hm ³)	830	357	833	1306	3 325
Συντελεστής κατείδυσης	3.0%	3.0%	15.0%	95.0%	
Κατείδυση (hm ³)	21	9	106	1 057	1 194
Επίγεια ροή (hm ³)	686	295	603	56	1 639

Με βάση το ισοζύγιο του πίνακα 1.3, ο συνολικός όγκος βροχής του ηπειρωτικού τμήματος εκτιμάται σε 6158 hm³ και ο όγκος επιφανειακής απορροής σε 1639 hm³. Η μέση κατείδυση εκτιμάται σε 1194 hm³ (Δ. Κουτσογιάννης, 2008). Το υδατικό δυναμικό του ηπειρωτικού τμήματος διαμερίσματος εκτιμάται ως το άθροισμα της απορροής των

μεγάλων ποταμών (Σπερχειός, Βοιωτικός Κηφισός, Ασωπός). Στον παρακάτω πίνακα 1.4 παρουσιάζεται συνοπτικά το επιφανειακό υδατικό δυναμικό του διαμερίσματος για το έτος και το μήνα Ιούλιο.

Πίνακας 1.4: Επιφανειακό υδατικό δυναμικό διαμερίσματος (Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης, 2008)

Λεκάνη	Έκταση (km ²)	Ετήσια απορροή (hm ³)	Απορροή Ιουλίου (hm ³)
Σπερχειός (Εξοδος)	1 830	693.1	15.9
Βοιωτικός Κηφισός (Διώρυγα Καρδίτσας)	1 956	285.7*	19.3**
Ασωπός	724	70.1	0.9
Σύνολο ηπειρωτικού τμήματος	4 510	1 048.9	36.1

* Επιφανειακά και υπόγεια νερά που μετά από χρήσεις καταλήγουν, μέσω της σήραγγας Καρδίτσας, στην Υλίκη.

** Αθροιστική απορροή πηγών Παρνασσού, Μαυρονερίου, Μέλανα, Πολυγύρας και Έρκυνα, η οποία δεν καταλήγει στην Υλίκη, καθώς δεσμεύεται για άρδευση (Ευστρατιάδης κ.ά., 2004). Με πλάγια γράμματα παρουσιάζονται οι τιμές που έχουν εκτιμηθεί.

1.3 Χρήσεις νερού – Ζήτηση

1.3.1 Γεωργία

Το σύνολο των καλλιεργούμενων εκτάσεων εκτιμάται σε 3495 km². Από τις εκτάσεις αυτές τα 1079 km² είναι αρδευόμενα, ενώ τα 819 km² έχουν αρδευτεί σύμφωνα με την απογραφή του 1991. Η διαφορά μεταξύ των εκτάσεων που έχουν αρδευτεί (819 km²) και των εκτάσεων που αρδεύονται από υφιστάμενα δίκτυα (653 km²) δείχνει ότι σημαντικό ποσοστό των εκτάσεων που αρδεύονται καλύπτεται από ιδιωτικά έργα και γεωτρήσεις. Με βάση την κατανομή των καλλιεργειών στο υδατικό διαμέρισμα (ΕΜΠ και ΥΠΑΝ, 2003) η ζήτηση σε νερό υπολογίζεται σε 773.7 hm³. (ΚΥΥ 2008)

1.3.2 Κτηνοτροφία

Με βάση την κατανομή των ζώων στο υδατικό διαμέρισμα (ΕΜΠ και ΥΠΑΝ, 2003), η ζήτηση για την κτηνοτροφία υπολογίζεται σε 9.9 hm³.

1.3.3 Ιχθυοκαλλιέργεια

Από στοιχεία της ΕΣΥΕ σχετικά με την αλιεία εσωτερικών υδάτων, προκύπτει ότι η συνολική αλιευθείσα ποσότητα για 4 κατηγορίες αλιευμάτων (πέστροφες, κυπρίνοι, ψάρια υφάλμυρων νερών, λοιπές κατηγορίες) και για το έτος 1999 ανερχόταν σε 5500 t.

1.3.4 Ύδρευση

Ο πληθυσμός του διαμερίσματος είναι 577 000 κάτοικοι (2001). Οι ετήσιες ανάγκες ύδρευσης και τουρισμού εκτιμώνται σε 41.6 hm³/έτος, ενώ οι αντίστοιχες ανάγκες για το μήνα Ιούλιο εκτιμώνται σε 4.2 hm³.

Το σύστημα Βοιωτικού Κηφισού-Υλίκης αποτελεί μία από τις σημαντικότερες πηγές του υδροδοτικού συστήματος της πρωτεύουσας. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει τα επιφανειακά νερά της λίμνης, καθώς και υπόγεια νερά που προέρχονται από τις υδρευτικές γεωτρήσεις Βασιλικών - Παρορίου και γύρω από την Υλίκη.

Κατά την περίοδο 1977 - 2003, για την υδροδότηση της Αθήνας αντλήθηκαν από τη λίμνη Υλίκη 94.9 hm³ ανά έτος (8.4 hm³ τον Ιούλιο), κατά μέσο όρο. Επισημαίνεται ωστόσο ότι μετά την ολοκλήρωση των έργων του Ευήνου, οι υδατικοί πόροι της Υλίκης χρησιμοποιούνται μόνο εφεδρικά. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι την τριετία 2003 - 2006, οι απολήψεις από την Υλίκη κυμάνθηκαν στα επίπεδα των 2.9 - 7.0 hm³, τα οποία προορίζονται κυρίως για την ύδρευση οικισμών και βιομηχανιών κατά μήκος του υδραγωγείου. Βεβαίως, την περίοδο 2001 - 02, οπότε επικράτησαν συνθήκες χαμηλής υδροφορίας, οι αντλήσεις έφτασαν στα επίπεδα των 86.7 hm³. Όσον αφορά στις γεωτρήσεις, η χρήση τους για ενίσχυση του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας είναι ακόμη πιο σπάνια και μόνο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.

Για την εκτίμηση των ποσοτήτων νερού που διατίθενται από το διαμέρισμα για την ύδρευση της Αθήνας, θεωρούμε τη μέση ετήσια απόληψη από την Υλίκη από το 2000 και έπειτα, δηλαδή μετά την πλήρη ένταξη των έργων του Ευήνου στο υδροσύστημα της ΕΥΔΑΠ. Η εν λόγω απόληψη ανέρχεται σε 23.6 hm³, εκ των οποίων 2.8 hm³ τον μήνα Ιούλιο. Βεβαίως, τα παραπάνω αναφέρονται σε μέσα μεγέθη, και δεν μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά μιας ξηρής χρονιάς, οπότε οι απολήψεις από την Υλίκη αυξάνουν σημαντικά, λόγω μείωσης των αποθεμάτων των ταμιευτήρων Μόρνου και Ευήνου. (ΚΥΥ 2008)

1.3.5 Βιομηχανία

Στον παρακάτω Πίνακα 1.5 παρουσιάζονται οι ΒΙΠΕ του διαμερίσματος μαζί με τις εκτιμώμενες υδατικές ανάγκες και την πηγή τροφοδοσίας τους.

Πίνακας 1.5: Ζήτηση ΒΙΠΕ (Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης, 2008)

ΒΙΠΕ	Κατανάλωση (hm³/έτος)	Πηγή τροφοδοσίας
Λαμία	3.5	Μ. Βρύση και Μαυρομαντήλα Παραλίμνη
Χαλκίδα	3.3	
Θήβα	1.0	
Τανάγρα (ΕΑΒ)	2.0	
Μετόχι	2.8	
Σύνολο	12.6	

1.3.6 Ενέργεια

Δεν υπάρχουν σημαντικές μονάδες παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας στα όρια του υδατικού διαμερίσματος. Ο πετρελαϊκός σταθμός Αλιβερίου χρησιμοποιεί για ψύξη θαλάσσιο νερό, ενώ οι μικρές ποσότητες πόσιμοι νερού προέρχονται από τα δίκτυα ύδρευσης ή από γεωτρήσεις. Μελλοντικά, εξετάζεται η κατασκευή θερμοηλεκτρικών σταθμών στις περιοχές Ορχομενού – Χαιρώνειας, που θα χρησιμοποιούν ως καύσιμο το φυσικό αέριο.

1.3.7 Άλλες χρήσεις

Στο διαμέρισμα και ειδικότερα στο Νομό Φθιώτιδας, υπάρχει μεγάλος αριθμός θερμομεταλλικών πηγών, δηλαδή πηγές με ιδιαίτερα φυσικά ή και χημικά χαρακτηριστικά του νερού (Σφέτσος 1988, ΙΓΜΕ 1996), αρκετές από τις οποίες είναι αξιοποιημένες και ιδιαίτερα σημαντικές για την ιαματική τους δράση. Συγκεκριμένα:

- a. Στο Νομό Φθιώτιδας: Καμένα Βούρλα (με πλήθος αναβλύσεων, θερμοκρασία νερού 21-40 °C, ορισμένες με ραδιενεργές ιδιότητες), Θερμοπυλών, Δαμάστας και Υπάτης.
- b. Στο Νομό Ευβοίας: Λουτρά Αιδηψού (με θερμοκρασία νερού έως 78,5 °C), Κύμης (χρησιμοποιείται για ποσιθεραπεία) (ΚΥΥ 2008)

1.3.8 Συνολική σημερινή ζήτηση νερού

Η συνολική σημερινή ζήτηση νερού για καταναλωτικές χρήσεις εκτιμάται ως το άθροισμα των ζητήσεων όλων των χρήσεων που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες. Στον παρακάτω πίνακα 1.6 παρουσιάζονται οι εκτιμώμενες σημερινές ανάγκες σε νερό των διαφόρων ζητήσεων για το σύνολο του έτους και για το μήνα Ιούλιο.

Πίνακας 1.6: Ζήτηση νερού των σημερινών χρήσεων (hm^3) (Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης, 2008)

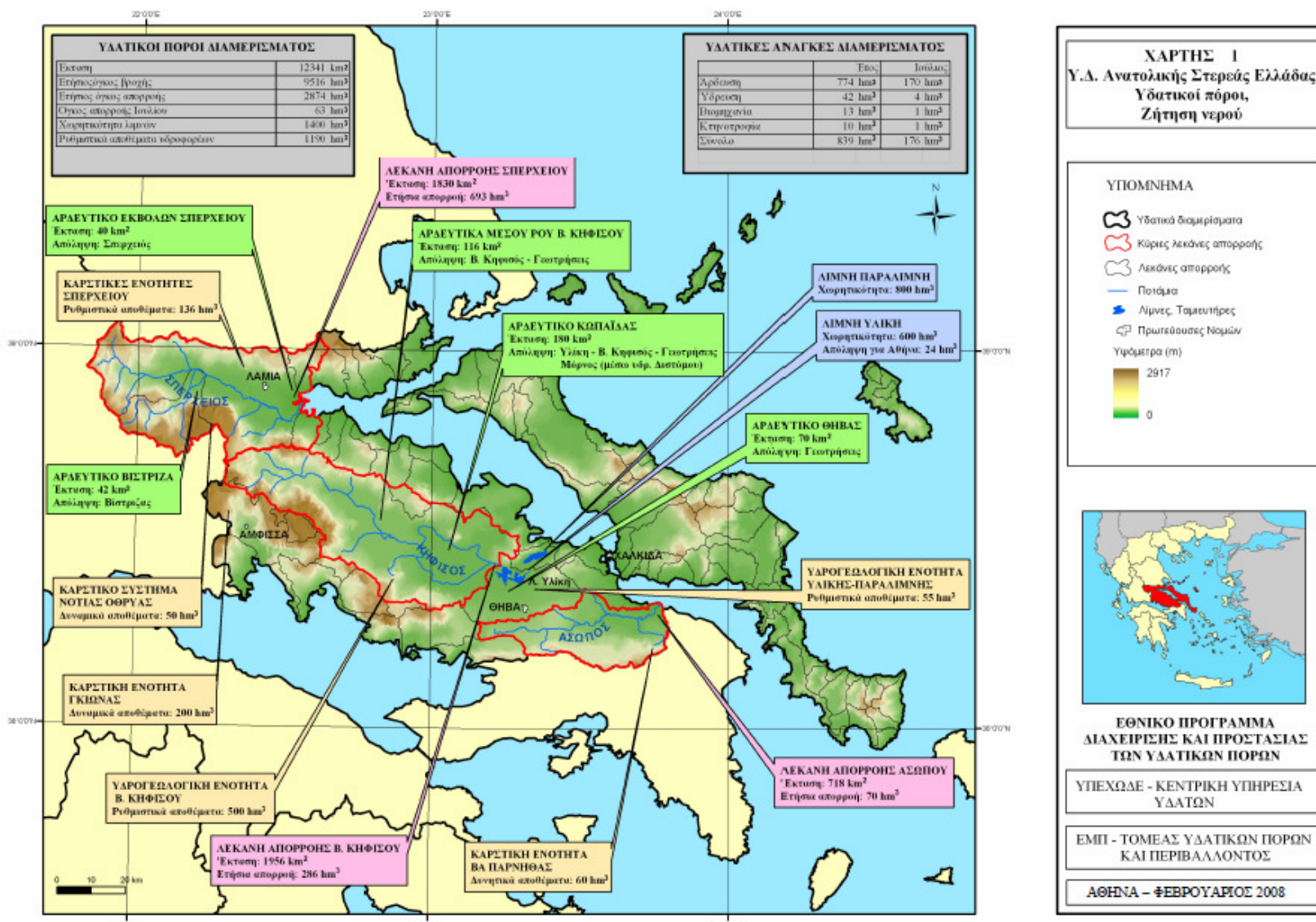
Χρήση	Έτος	Ιούλιος
Άρδευση	773.7	170.2
Υδρευση (και τουρισμός)	41.6	4.2
Βιομηχανία	12.6	1.0
Κτηνοτροφία	9.9	1.0
Σύνολο	837.8	176.4

Σημείωση: Στο διαμέρισμα διατίθενται, κατά μέσο όρο, $23.6 \text{ hm}^3/\text{έτος}$ και $2.8 \text{ hm}^3/\text{Ιούλιο}$ για την ύδρευση της Αθήνας από την Υλίκη.

1.3.9 Προσέγγιση μελλοντικών ζητήσεων

Οι μελλοντικές ζητήσεις στο υδατικό διαμέρισμα αφορούν βασικά στην άρδευση, με στόχο την πλήρη αξιοποίηση των ποτιστικών εκτάσεων. Με βάση τη διάρθρωση των καλλιεργούμενων ποτιστικών και των αρδευόμενων εκτάσεων, προκύπτει ότι σήμερα αρδεύεται σχεδόν το σύνολο των ποτιστικών εκτάσεων, στις οποίες καλλιεργούνται αροτραία και κηπευτικά. Οι ετήσιες ποσότητες νερού που αναμένεται να ζητηθούν μελλοντικά για την άρδευση των καλλιεργειών αυτών (αροτραίων και κηπευτικών) εκτιμήθηκαν στο πλαίσιο της μελέτης Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, ΕΜΠ 2007 μόλις σε 8.7 hm^3 . Όσον αφορά στις δένδρωδεις καλλιέργειες και τα αμπέλια, υπολογίστηκε ότι απαιτούνται 460 hm^3 για την άρδευση του συνόλου των καλλιεργειών αυτών, ποσότητα όμως που μπορεί να θεωρηθεί ως άνω όριο των μελλοντικών ζητήσεων, δεδομένου ότι σε αυτήν περιλαμβάνεται και η άρδευση καλλιεργειών που ενδεχομένως είναι ξηρικές.

Η επέκταση στο μέλλον των άλλων χρήσεων (ύδρευση του διαμερίσματος, βιομηχανία, κτηνοτροφία) δεν έχει νόημα, δεδομένου ότι οι χρήσεις αυτές συνολικά αποτελούν ποσοστό μικρότερο από 10% από την άρδευση. (ΚΥΥ 2008)

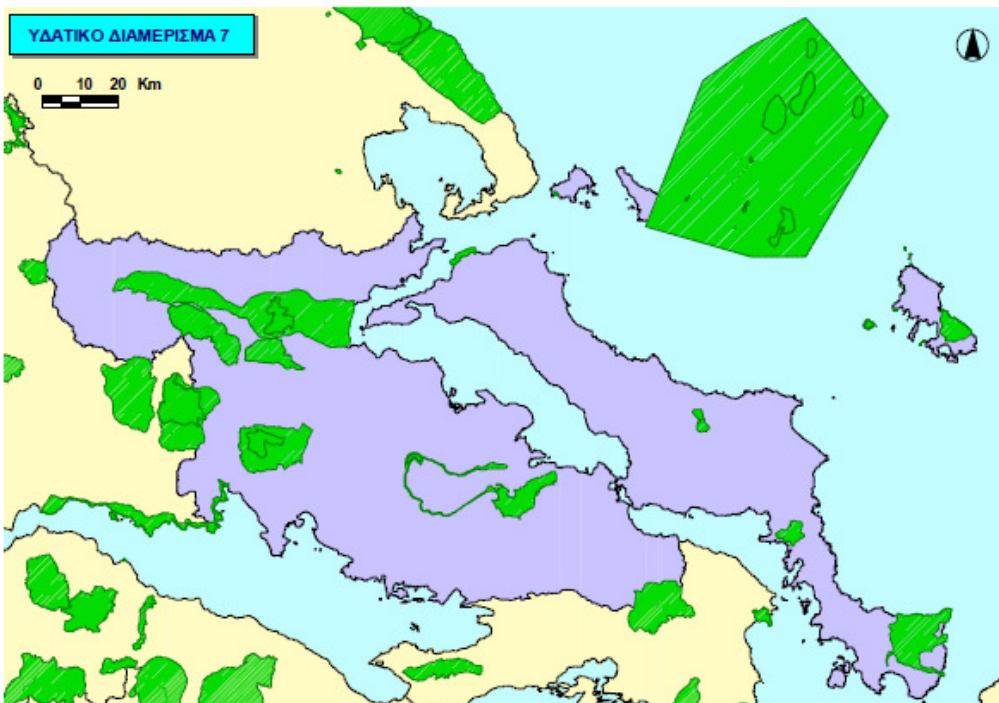


Εικόνα 5: Υδατικοί πόροι και υδατικές ανάγκες Υ.Δ. Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (Πηγή: ΚΥΥ 2008)

1.4 Προστατευόμενες περιοχές

Στους παρακάτω πίνακες 1.7.1 – 1.7.2 – 1.7.3 παρουσιάζονται όλες οι περιοχές του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας που πρέπει να χαρακτηριστούν ως προστατευόμενες σύμφωνα με τις απαιτήσεις του άρθρου 6 και του Παραρτήματος IV της Οδηγίας, με εξαίρεση τα νερά που προορίζονται για πόση. (ΚΥΥ 2008)

Στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας υπάρχουν 24 τόποι κοινοτικής σημασίας (SCI) και 7 ζώνες ειδικής προστασίας (SPA), ενώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιοχή του Κωπαϊδικού Πεδίου, η οποία βάσει των διατάξεων της Οδηγίας 91/676/ΕΟΚ περί νιτρορρύπανσης, έχει χαρακτηριστεί ως ευπρόσβλητη, καθώς και οι ποταμοί Βοιωτικός Κηφισός, Μέλανας και Έρκυνας, οι οποίοι βάσει των διατάξεων της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ περί επεξεργασίας αστικών λυμάτων, έχουν χαρακτηριστεί ως ευαίσθητοι αποδέκτες. Επίσης σύμφωνα με την ΚΥΑ 19661/1982/1999, απαγορεύεται η διάθεση κάθε είδους αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων, ανεξάρτητα από το βαθμό καθαρισμού ή την καθαρότητά τους απ' ευθείας στις λίμνες Παραλίμνη και Υλίκη. Οι περιοχές αυτές εμφανίζονται επίσης στην ακόλουθη εικόνα 6.



Εικόνα 6: Προστατευόμενες περιοχές του υδατικού διαμερίσματος (πηγή: ΚΥΥ 2008)

Πίνακας 1.7.1: Προστατευόμενα Υδατικά Συστήματα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας

Περιοχές - Υδατικά Σώματα	Νομός	Ευαίσθητες περιοχές σύμφωνα με την οδηγία 91/271/ΕΟΚ	Περιοχές Natura	
			Τόποι Κοινοτικής Σημασίας (SCI) σύμφωνα με την Οδηγία 92/43/ΕΟΚ	Ζώνες ειδικής προστασίας (SPA) σύμφωνα με την Οδηγία 79/409/ΕΟΚ
Υδατικά Συστήματα				
ΣΚΙΑΘΟΣ : ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙΕΣ ΚΑΙ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ		GR 1430003	
ΕΘΝΙΚΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΑΡΚΟ ΔΛΟΝΝΗΣΟΥ ΒΟΡΕΙΩΝ ΣΠΟΡΑΔΩΝ - ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΣΚΟΠΕΛΟΣ	ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ		GR 1430004	
ΛΙΜΝΗ ΥΛΙΚΗ – ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΦΙΣΣΟΥ	ΒΟΙΩΤΙΑΣ	+	GR 2410001	
ΛΙΜΝΗ ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	ΒΟΙΩΤΙΑΣ	+	GR 2410002	
ΒΟΙΩΤΙΚΟΣ ΚΗΦΙΣΟΣ ΠΟΤΑΜΟΣ	ΒΟΙΩΤΙΑΣ	+		
ΣΠΕΡΧΕΙΟΣ ΠΟΤΑΜΟΣ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ			
ΕΚΒΟΛΕΣ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ		GR 2440002	GR2420008
ΕΡΚΥΝΑ (ΠΑΡΑΠΟΤΑΜΟΣ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΦΙΣΣΟΥ)	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ-ΕΥΒΟΙΑΣ	+		
ΜΕΛΑΝΑΣ (ΠΑΡΑΠΟΜΑΤΟΣ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΦΙΣΣΟΥ)	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ-ΕΥΒΟΙΑΣ	+		
ΛΙΜΝΗ ΔΥΣΤΟΣ	ΕΥΒΟΙΑΣ			

(Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης 2008)

Πίνακας 1.7.2: Προστατευόμενες Παράκτιες Περιοχές Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας

Περιοχές - Υδατικά Σώματα	Νομός	Ευαίσθητες περιοχές σύμφωνα με την οδηγία 91/271/ΕΟΚ	Ευπρόσβλητες περιοχές σύμφωνα με την οδηγία 91/676/ΕΟΚ	Περιοχές Natura	
				Τόποι Κοινοτικής Σημασίας (SCI) σύμφωνα με την Οδηγία 92/43/ΕΟΚ	Ζώνες ειδικής προστασίας (SPA) σύμφωνα με την Οδηγία 79/409/ΕΟΚ
Παράκτιες περιοχές					
ΜΑΛΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ			GR 2440002	
ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΖΩΝΗ ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ ΕΩΣ ΙΤΕΑ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ			GR 2450004	
ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ ΚΑΦΗΡΕΥΣ	ΕΥΒΟΙΑΣ			GR 2420001	
ΥΓΡΟΤΟΠΟΣ ΕΚΒΟΛΩΝ (ΔΕΛΤΑ) ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ				GR 2440005
ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΕΥΒΟΙΑΣ			GR 2420004	
ΙΤΕΑ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ			GR 2450004	
ΓΑΛΑΣΙΔΙ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ			GR 2410002	

Πίνακας 1.7.3: Προστατευόμενα Χερσαία Τμήματα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας

Περιοχές - Υδατικά Σώματα	Νομός	Ευαίσθητες περιοχές σύμφωνα με την οδηγία 91/271/ΕΟΚ	Ευπρόσβλητες περιοχές σύμφωνα με την οδηγία 91/676/ΕΟΚ	Περιοχές Natura	
				Τόποι Κοινοτικής Σημασίας (SCI) σύμφωνα με την Οδηγία 92/43/ΕΟΚ	Ζώνες ειδικής προστασίας (SPA) σύμφωνα με την Οδηγία 79/409/ΕΟΚ
Παράκτιες περιοχές					
ΜΑΛΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ			GR 2440002	
ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΖΩΝΗ ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ ΕΩΣ ΙΤΕΑ	ΦΩΚΙΔΑΣ			GR 2450004	
ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ ΚΑΦΗΡΕΥΣ	ΕΥΒΟΙΑΣ			GR 2420001	
ΥΓΡΟΤΟΠΟΣ ΕΚΒΟΛΩΝ (ΔΕΛΤΑ) ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ				GR 2440005
ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΕΥΒΟΙΑΣ			GR 2420004	
ΙΤΕΑ	ΦΩΚΙΔΑΣ			GR 2450004	
ΓΑΛΑΞΙΔΙ	ΦΩΚΙΔΑΣ			GR 2410002	

(Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης 2008)

1.5 Ισοζύγιο προσφοράς – ζήτησης

Όπως προκύπτει από τους πίνακες 1.4 και 1.6, σε ετήσια βάση οι ανάγκες σε νερό των διαφόρων χρήσεων (861 hm^3) υπερκαλύπτονται από την προσφορά επιφανειακού νερού, που στο σύνολο του ηπειρωτικού τμήματος εκτιμάται σε 1049 hm^3 . Όμως η σύγκριση προσφοράς και ζήτησης νερού γίνεται για το μήνα Ιούλιο, στον οποίο παρουσιάζεται η αιχμή των αναγκών σε νερό. Η ζήτηση του νερού το μήνα αυτό για την κάλυψη του συνόλου των χρήσεων εκτιμάται σε 179 hm^3 . Η προσφορά επιφανειακού νερού το μήνα αυτό είναι μόλις 36.1 hm^3 από τις τρεις κύριες λεκάνες. Κατά συνέπεια οι σημερινές υδατικές ανάγκες δεν μπορούν να καλυφθούν από την αρρυθμιστη επιφανειακή απορροή για το μήνα Ιούλιο. Έτσι αν και σε ετήσια βάση η αντίστοιχη ζήτηση φαίνεται να υπερκαλύπτεται από την προσφορά επιφανειακών νερών, οι θερινές ανάγκες καλύπτονται χρησιμοποιώντας και τους υπόγειους υδροφορείς. Τα συνολικά ρυθμιστικά αποθέματα του ηπειρωτικού τμήματος του διαμερίσματος εκτιμώνται σε 1190 hm^3 , ενώ του νησιωτικού τμήματος σε 496 hm^3 . Εκτός από τη χρήση των αποθεμάτων, η κάλυψη μέρους των αναγκών του Ιουλίου και γενικά της αρδευτικής περιόδου γίνεται από τα αποθέματα των φυσικών ταμιευτήρων της Υλίκης και της Παραλίμνης, συνολικής χωρητικότητας 1400 hm^3 .

Πάντως, τα ρυθμιστικά αποθέματα των υδροφορέων έχουν εκτιμηθεί με βάση τις παροχές των πηγών που εκφορτίζει το κάθε σύστημα και έτσι ένα σημαντικό ποσοστό έχει ήδη υπολογιστεί στο επιφανειακό υδατικό δυναμικό.

Κρίσιμη συνιστώσα του ισοζυγίου προφοράς-ζήτησης αποτελούν οι απολήψεις που γίνονται από την Υλίκη και τους υπόγειους υδροφορείς για την ύδρευση της Αθήνας. Οι απολήψεις αυτές δεν καλύπτουν συστηματικές ανάγκες, δεδομένου ότι, μετά την ένταξη των έργων του Ευήνου στο υδροδοτικό σύστημα, οι σχετικοί υδατικοί πόροι, όπως εξηγήθηκε προηγουμένως, θεωρούνται εφεδρικοί. Παρόλα αυτά, σε συνθήκες χαμηλής υδροφορίας είναι δυνατό να ληφθούν σημαντικές ποσότητες από αυτούς, εντείνοντας το έλλειμμα του ισοζυγίου κατά τη θερινή περίοδο. (ΚΥΥ 2008)

κεφάλαιο

2

Λειάνη Σπερχειού ποταμού

2. Λεκάνη Σπερχειού ποταμού

2.1 Θέση, όρια, έκταση και χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής

Η λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού, γεωγραφικά ανήκει στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα και καταλαμβάνει θέση μεταξύ των παραλλήλων Β πλάτους $38^{\circ} 42'16''$ έως $39^{\circ} 03'50''$ και μεσημβρινών Α μήκους $21^{\circ}48'33''$ έως $22^{\circ}46'00''$. Τα όρια της λεκάνης είναι σαφώς προσδιορισμένα στο ορεινό τμήμα του υδροκρίτη προς τις γειτονικές λεκάνες στη βόρεια, στη νότια καθώς και στη δυτική πλευρά της περιοχής. Αντίθετα προς τα ανατολικά η λεκάνη του Σπερχειού είναι ανοιχτή προς τη θάλασσα και ορίζεται από το Μαλιακό κόλπο και από τους όχι και τόσο ευδιάκριτους υδροκρίτες, που τη χωρίζουν από τις μικρές υπολεκάνες βόρεια και νότια του Μαλιακού κόλπου. Η συνολική επιφάνεια της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού ανέρχεται σε 2116 km^2 (N. Κακαβάς, 1984) περιβάλλεται και από τις τρεις πλευρές από ψηλά όρη και συγκεκριμένα ορίζεται δυτικά από τον Τυμφρηστό, βόρεια από την Όρθρυ και νότια από τα Βαρδούσια, την Οίτη και το Καλλίδρομο.



Εικόνα 7: Ορειογραφία λεκάνης απορροής Σπερχειού (πηγή: el.wikipedia/wiki/Σπερχειός)

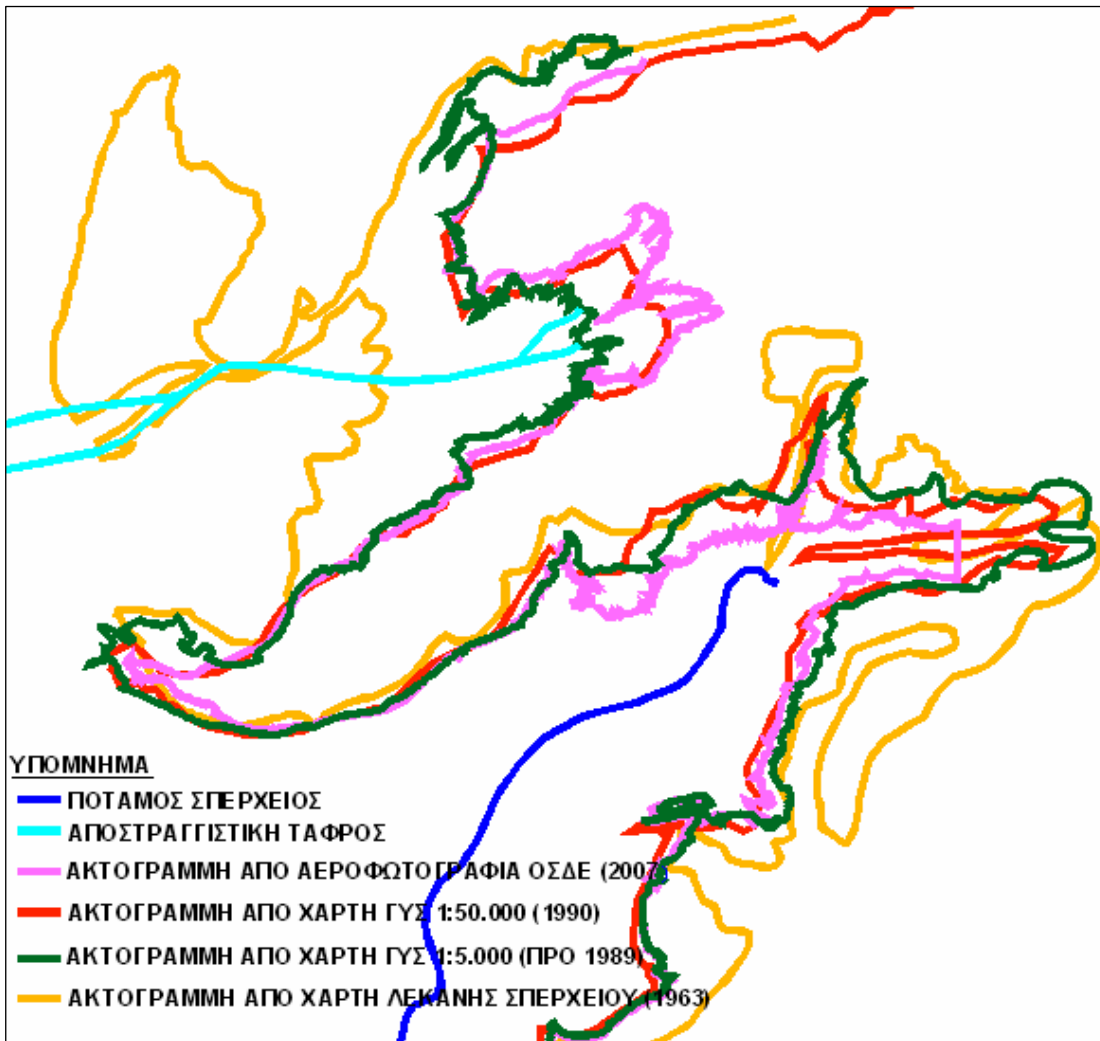
Η λεκάνη του Σπερχειού είναι μία ταφροειδής στενή λωρίδα, με ορεινά χαρακτηριστικά και με διαμήκη άξονα που συμπίπτει χονδρικά με την κοίτη του Σπερχειού. Το μέσο υψόμετρο ολόκληρης της λεκάνης απορροής είναι 810 m. Αξίζει να αναφερθεί ότι η έκταση της ορεινής ζώνης καλύπτει το 70% περίπου της όλης επιφάνειας, στοιχείο το οποίο της προσδίδει ορεινό χαρακτήρα. Η μέση κλίση του πεδινού τμήματος της ανέρχεται σε 7% (N. Κακαβάς, 1984).

Κατά τα δύο τρίτα του μήκους της, η κοιλάδα του εμφανίζει έντονες κλίσεις, που δίνουν στον ποταμό χαρακτήρα ορεινό - χειμναρικό, με οξείες αιχμές πλημμυρών και πολύ έντονη στερεοπαροχή. Αντίθετα, κατά το τελευταίο τρίτο της διαδρομής του, ο Σπερχειός, μετατρέπεται σταδιακά σε πεδινό ποταμό και διασχίζει χαμηλές περιοχές, όπου προκαλεί συχνά σημαντικές πλημμύρες. Το δελταϊκό προσχωσιγενές τμήμα της κοιλάδας έχει έκταση σχεδόν 200 km² και διαμορφώνεται συνεχώς με ρυθμό μοναδικό σε δυναμικότητα σε όλη την Ελλάδα. Ο ρυθμός αυτός φαίνεται ότι έχει αυξηθεί τα τελευταία 150 - 200 χρόνια και εκτιμάται σε 130 στρέμματα ετησίως (Δ. Κουτσογιάννης, 2008).

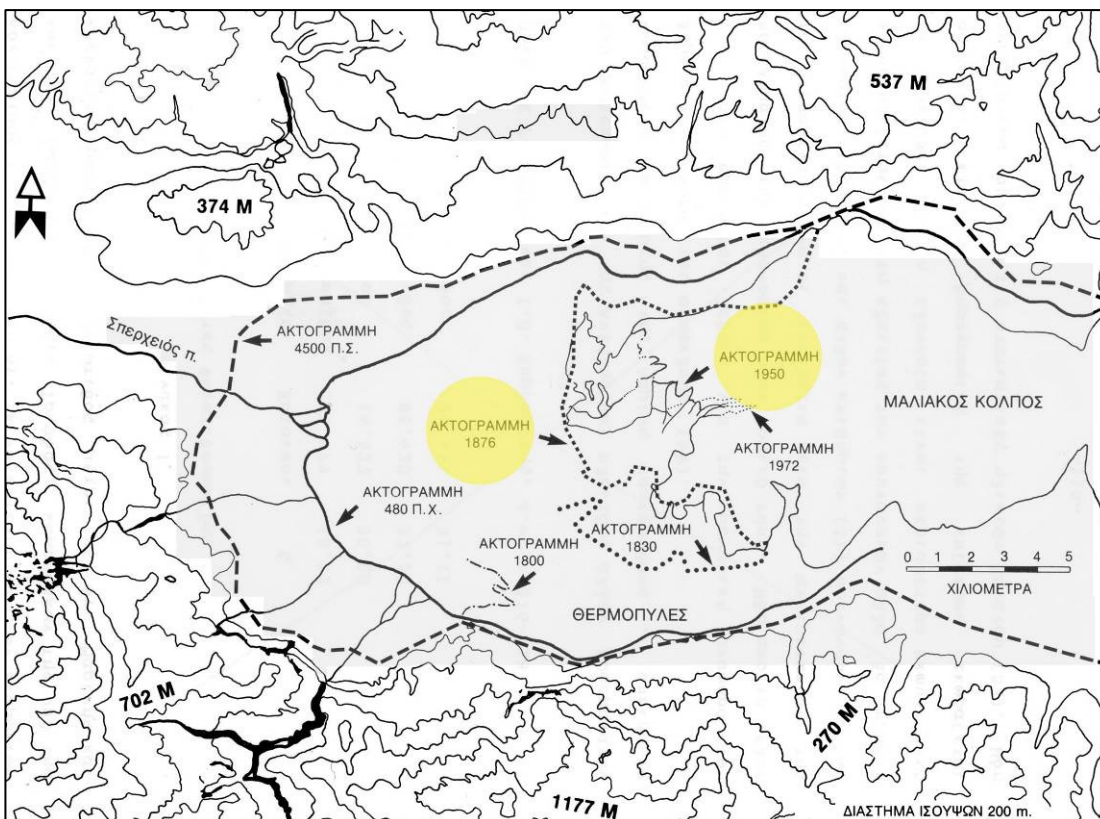
Το δέλτα αποτελείται από δύο εκβολές. Ο πυρήνας των εκβολών έχει έκταση 319.5 ha, ενώ η ευρύτερη περιοχή ανέρχεται στα 10000 ha. Ο Σπερχειός είναι ένας ποταμός με μεγάλη στερεοπαροχή. Το πάχος των δελταϊκών ιζημάτων του ποταμού έχει υπολογιστεί από γεωτρήσεις σε τουλάχιστον 300 m. Σημαντικό ρόλο στη γρήγορη ανάπτυξη του δέλτα του Σπερχειού, παίζουν το ήρεμο θαλάσσιο περιβάλλον των εκβολών του, καθώς και τα χαρακτηριστικά των πετρωμάτων της λεκάνης απορροής. Ο Σπερχειός είναι ο κύριος τροφοδότης του Μαλιακού κόλπου με φερτές ύλες. Έχει υπολογιστεί ότι φτάνουν ετησίως στο δέλτα του Σπερχειού 1140080 m³ φερτών υλών. (Φ. Σάλτα, 2002).

Το δέλτα του Σπερχειού είναι λοβοειδούς τύπου, με πολλαπλούς κλάδους. Καταλαμβάνει την έκταση που ξεκινά ΝΔ του Αυλακίου και εκτείνεται νότια προς την περιοχή της Αγ. Τριάδας. Το βόρειο τμήμα της περιοχής αυτής δέχεται σημαντικές ποσότητες φερτών από την Εκτροπή Σπερχειού και μεταβάλλεται δυναμικά. Προς νότο, ο κλάδος της φυσικής κοίτης της Αλαμάνας αποτίθεται σε κατεύθυνση ΝΔ – ΒΑ, ανάμεσα στους Όρμους Σπηλίδι και Λιβάρι. Ακόμα νοτιότερα υπάρχουν οι αρχαιότεροι εγκαταλελειμμένοι λοβοί δέλτα.

Παρατηρείται ότι στην πάροδο του χρόνου αυξάνεται η ξηρά σε βάρος της θάλασσας στο βόρειο τμήμα, εκεί που εκβάλλει η γερμανική και η αποστραγγιστική τάφος. Το αντίθετο φαινόμενο παρατηρείται στο νότιο τμήμα εκεί όπου εκβάλλει ο ποταμός Σπερχειός. (N. Παπαδημητρίου, 2010)



Εικόνες 8 και 9: Μετακίνηση της ακτογραμμής στην πάροδο του χρόνου (πηγή: Ν. Παπαδημητρίου, 2010)



2.2 Κλίμα – Επιφανειακή απορροή

Το κλίμα της λεκάνης του Σπερχειού μπορεί να χαρακτηριστεί ως μεσογειακό και είναι ο τύπος του κλίματος κατά το οποίο ο κύριος όγκος των βροχών πέφτει στο τέλος του φθινοπώρου και κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Πιο συγκεκριμένα το κλίμα των περιοχών που βρίσκονται κοντά στον Μαλιακό κόλπο είναι τυπικό Μεσογειακό. Προς το εσωτερικό επικρατεί κλίμα με δύο παραλλαγές, πεδινό ηπειρωτικό στην κοιλάδα του Σπερχειού και ορεινό ηπειρωτικό σε περιοχές με υψόμετρο μεγαλύτερο των 500 m περίπου.

Με βάση τα δεδομένα 14 βροχομετρικών σταθμών έχει καταρτιστεί δείγμα μηνιαίας επιφανειακής βροχόπτωσης στη λεκάνη για την περίοδο των υδρολογικών ετών 1966 – 67 έως 1993 – 94 (Κουτσογιάννης κ.ά., 2003). Οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις της λεκάνης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1 σε mm και hm³. Για την εκτίμηση του όγκου απορροής της λεκάνης στην έξοδο, έγινε αναγωγή με βάση αφενός το δείγμα απορροών στη θέση Κομποτάδες (έκταση λεκάνης 1112 km²) και αφετέρου τα δύο δείγματα βροχόπτωσης στη θέση Κομποτάδες και την έξοδο. Η αναγωγή βασίστηκε στην εύλογη παραδοχή ότι ο συντελεστής απορροής της συνολικής λεκάνης είναι μειωμένος κατά 15% σε σχέση με τη λεκάνη ανάντη Κομποτάδων. Ο μέσος ετήσιος συντελεστής απορροής στην έξοδο της λεκάνης εκτιμήθηκε σε 0.42 (Κουτσογιάννης κ.ά., 2003). Το τελικό δείγμα που καταρτίστηκε για την περίοδο 1949 – 50 έως και 2001 – 02, και οι μέσες μηνιαίες παροχές της περιόδου αυτής, φαίνονται στον Πίνακα 2.1 σε mm και hm³.

Πίνακας 2.1: Μέσες μηνιαίες επιφανειακές βροχοπτώσεις και απορροές της λεκάνης Σπερχειού στην έξοδο, περίοδο 1949 – 50 έως 2001 – 02

Μήνας	Βροχόπτωση (mm)	Βροχόπτωση (hm ³)	Επιφανειακή απορροή (mm)	Επιφανειακή απορροή (hm ³)
Οκτώβριος	91.0	166.5	17.7	32.3
Νοέμβριος	125.9	230.3	35.3	64.6
Δεκέμβριος	136.2	249.2	42.6	77.9
Ιανουάριος	111.3	203.6	54.4	99.5
Φεβρουάριος	112.6	206.0	56.2	102.8
Μάρτιος	97.4	178.2	72.5	132.6
Απρίλιος	73.7	134.8	43.8	80.1
Μάιος	53.8	98.4	23.8	43.5
Ιούνιος	31.3	57.3	13.5	24.7
Ιούλιος	23.0	42.1	8.7	15.9
Αύγουστος	23.4	42.8	5.4	9.8
Σεπτέμβριος	26.0	47.6	5.1	9.4
Ετος	905.6	1656.8	378.8	693.1

Πηγή: Κουτσογιάννης κ.ά., 2003

2.3 Υδρογραφικό δίκτυο

Ο κύριος υδρογραφικός κλάδος που δεσπόζει στη κοιλάδα του Σπερχειού είναι ο ομώνυμος ποταμός, που αποτελεί τον αποστραγγιστικό αποδέκτη όλων των άλλων ποταμών και χειμάρρων που συμβάλλουν σ' αυτόν και που λειτουργούν με μόνιμη και εποχιακή ροή. Όλοι οι μαϊανδροί και η κύρια κοίτη του Σπερχειού στην αριστερή (κατά τη φορά) όχθη της κοιλάδας τοποθετούνται κατά μήκος ευθείας σχεδόν γραμμής, με αξονική διεύθυνση 120° (N. Κακαβάς, 1984).

Ο Σπερχειός ποταμός με συνολική διαδρομή 82.5 km, πηγάζει από τις ανατολικές πλευρές του όρους Τυμφρηστός (πηγές Ασπρονέρια) και κατευθύνεται από δυτικά προς τα ανατολικά διασχίζοντας κατά μήκος την πεδιάδα της Λαμίας και διερχόμενος νότια της Μακρακώμης, του Λιανοκλαδίου και της γέφυρας της Αλαμάνας εκβάλλει στο Μαλιακό κόλπο, βόρεια από τα στενά των Θερμοπυλών. Το υδρογραφικό δίκτυο του Σπερχειού έχει έκταση 1900 km^2 και η κεντρική κοίτη του ποταμού τροφοδοτείται από 63 συνολικά χειμάρρους μόνιμης και περιοδικής ροής, μερικοί από τους οποίους είναι ο Ρουσιανίτης, η Βίστριτσα, ο Γοργοπόταμος, ο Ασωπός και ο Ξηριάς Λαμίας. Τα σπουδαιότερα υδρορεύματα (σύμφωνα με N. Παπαδημητρίου, 2010) που συμβάλλουν στο Σπερχειό ποταμό από τα ανατολικά προς τα δυτικά είναι τα εξής:

Γοργοπόταμος

Ο Γοργοπόταμος έχει έκταση υπολεκάνης 49.6 km^2 , μέσο υψόμετρο 1200 m, μήκος διαδρομής 34.2 km και υψόμετρο συμβολής με το Σπερχειό 12 m. Ο Γοργοπόταμος είναι από τους πιο αξιόλογους χείμαρρους και αποχετεύει ένα σημαντικό καρστικό σύστημα διαμέσου μεμονωμένων αλλά και συστάδων πηγών, που αναβλύζουν στο νοτιοδυτικό άκρο της Οίτης και πριν από την έξοδό τους στην κυρίως κοιλάδα. Η κοίτη του Γοργοποτάμου, στο μέσο τμήμα της που καταλαμβάνεται από ασβεστόλιθους, είναι πολύ ανώμαλη, με αποτέλεσμα να έχουμε πολλά και διαδοχικά σημεία με απότομες αλλαγές κλίσεως. Στο μέσο αυτό τμήμα η κοίτη του Γοργοποτάμου σχηματίζει ένα χαρακτηριστικό φαράγγι. Μέσα στο φαράγγι τα νερά εισέρχονται από υψόμετρο 1100 m στη θέση «Τρύπα». Το φαράγγι διαιρείται σε δύο μέρη από τα οποία το άνω είναι απρόσιτο για άμεσες παρατηρήσεις και τελειώνει σε υψόμετρο 300 m ύστερα από μία διαδρομή 3.5 km περίπου. Στο ορεινό τμήμα που αναπτύσσονται οι σχηματισμοί του φλύσχη και στο πεδινό που καταλαμβάνουν οι προσχώσεις της κοιλάδας, ο Γοργοπόταμος παρουσιάζει μία σχεδόν ομαλή διαδρομή.

Ασωπός

Ο Ασωπός έχει έκταση λεκάνης 86 km², μέσο υψόμετρο 900 m, μήκος διαδρομής 29.7 km και υψόμετρο συμβολής με τον Σπερχειό 8 m. Ο Ασωπός αποτελεί το όριο ανάμεσα στην Οίτη και το Καλλίδρομο. Η λεκάνη του Ασωπού έχει πρηνή με τις μεγαλύτερες συγκριτικά κλίσεις και προβάλλει απότομα στην πεδιάδα μέσα από βαθιές και στενές χαράδρες χωρίς όμως να διακόπτει τη συνέχεια του ορεινού τείχους της Οίτης που περιορίζει την κοιλάδα του Σπερχειού από τη νότια πλευρά.

Ξηριάς Λαμίας

Ο Ξηριάς Λαμίας έχει έκταση υπολεκάνης 83.5 km², μέσο υψόμετρο 800 m και μήκος διαδρομής 28 km. Ο Ξηριάς Λαμίας δεν συμβάλλει στο Σπερχειό και είναι στην πραγματικότητα ένας ανεξάρτητος χείμαρρος χωρίς θερινή ροή, αποδέκτης των επιφανειακών υδάτων που απορρέουν από το βόρειο βορειοανατολικό όριο της λεκάνης του Σπερχειού. Ο Ξηριάς εκβάλλει στην τάφρο της Λαμίας (γνωστή και ως Γερμανική Τάφρος) η οποία αποτελεί τεχνικό ανακουφιστικό αγωγό για την αποστράγγιση των χαμηλών εκτάσεων. Η ίδια αυτή τάφρος δέχεται και το πλημμυρικό νερό της υπολεκάνης του Ξηριά.

2.4 Υδατικό δυναμικό

➤ Επιφανειακό υδατικό δυναμικό

Το διαθέσιμο θερινό επιφανειακό υδατικό δυναμικό της κοιλάδας του Σπερχειού το οποίο χρησιμοποιείται για πότισμα καλλιεργειών και προέρχεται από το Σπερχειό και από τους παραποτάμους που συμβάλλουν σε αυτόν. Η συνολική μέση θερινή επιφανειακή παροχή του νερού ανέρχεται σε 10.755 m³/s ενώ η παροχή του μήνα Αυγούστου η οποία είναι και καθοριστική για την έκταση των καλλιεργειών μειώνεται σε 5.830 m³/s. (Πρακτικά ημερίδας Σπερχειός 2000+, 1995, ΔΕΒ Φθιώτιδας)

Πίνακας 2.2: Επιφανειακό υδατικό δυναμικό κοιλάδας Σπερχειού

	Παροχή (m ³ /sec)	Αρδευόμενη έκταση (στρέμματα)
Μέση θερινή παροχή	10,755	88000
Παροχή Αυγούστου	5,83	47800

(Πηγή: Διεύθυνση Ε. Β. Φθιώτιδας)

Η έκταση που ποτίζεται από τα επιφανειακά νερά είναι 88000 στρέμματα και μειώνεται το μήνα Αύγουστο σε 47800 στρέμματα.

➤ Υπόγειο υδατικό δυναμικό

Στην κοιλάδα του Σπερχειού λειτουργούν 1122 αρδευτικές γεωτρήσεις (Πρακτικά ημερίδας Σπερχειός 2000+, 1995, ΔΕΒ Φθιώτιδας) με συνολική παροχή 63800 m³/h (ή 17.7 m³/s) όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3: Αρδευτικές γεωτρήσεις κοιλάδας Σπερχειού

Αρδευτικές γεωτρήσεις	Πλήθος	Ποσοστό %	Παροχή		Μέση παροχή m ³ /s
			m ³ /h	Ποσοστό %	
ΟΤΑ - ΤΟΕΒ	100	9	14.900	23,4	149
ΙΔΙΩΤΙΚΕΣ	1022	91	48.900	76,6	48
ΣΥΝΟΛΟ	1122	100	63.800	100,0	57

(Πηγή: Διεύθυνση Ε. Β. Φθιώτιδας)

Από το σύνολο των γεωτρήσεων το 9% ανήκουν σε ΟΤΑ και ΤΟΕΒ οι οποίες παρέχουν το 23.4% του συνολικού υπόγειου νερού. Σε ιδιώτες ανήκουν το 91% των γεωτρήσεων, οι οποίες παρέχουν το 76.6% του υπόγειου νερού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε πρόσφατη υδρογεωλογική μελέτη του ΙΓΜΕ αναφέρεται ότι στη λεκάνη του Σπερχειού γίνεται έντονη εκμετάλλευση των κύριων υδροφορέων με μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων άνω των 3000 γεωτρήσεων. (Τσιούμας, Ζοράπας – ΙΓΜΕ 2010)

2.5 Αρδευόμενη έκταση – Ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό

Η συνολική αρδευόμενη έκταση της κοιλάδας του Σπερχειού ανέρχεται σε 184000 στρέμματα εκ των οποίων τα 88000 ποτίζονται με επιφανειακά νερά (23000 πλημμελώς) και τα 96000 με γεωτρήσεις.

Πίνακας 2.4: Αρδευόμενες εκτάσεις κοιλάδας Σπερχειού

Πηγή Υδροδότησης	Έκταση σε στρέμματα			Ποσοστό %
	Πλήρως αρδευόμενη	Πλημμελώς αρδευόμενη	Σύνολο	
Επιφανειακά νερά	65.000	23.000	88.000	47,8
Υπόγεια νερά	96.000		96.000	52,2
ΣΥΝΟΛΟ	161.000	23.000	184.000	100

(Πηγή: ΔΕΒ Φθιώτιδας)

Οι συνολικές ανάγκες σε νερό κατά αρδευτική περίοδο ανέρχονται σε $84.040 \times 10^6 \text{ m}^3$ για τις καλλιέργειες που ποτίζονται με επιφανειακές μεθόδους και σε $80.932 \times 10^6 \text{ m}^3$ για τις καλλιέργειες που ποτίζονται με δίκτυα υπό πίεση.

Πίνακας 2.5: Ανάγκες σε νερό καλλιεργειών κατά την αρδευτική περίοδο

Πηγή Υδροδότησης	Έκταση σε στρέμματα	Ανάγκες σε νερό	
		$\text{m}^3/\text{στρέμμα}$	Συνολικές $\text{m}^3 \times 10^6$
Επιφανειακά νερά	88.000	955	84,040
Υπόγεια νερά	96.000	842	80,832
ΣΥΝΟΛΟ	184.000		164,872

(Πηγή: ΔΕΒ Φθιώτιδας)

Το κρίσιμο όμως χρονικό σημείο είναι ο μήνας Αύγουστος, κατά τον οποίο παρατηρείται σημαντική μείωση των επιφανειακών νερών της τάξεως του 46%. Όπως προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα 2.6, έκταση 40200 στρεμμάτων δεν μπορεί να ποτιστεί με επιφανειακά νερά λόγω αρνητικού ισοζυγίου.

Πίνακας 2.6 : Διατιθέμενο νερό μηνός Αυγούστου και ανάγκες καλλιεργειών

Πηγή Υδροδότησης	Διατιθέμενο νερό $\text{m}^3 \times 10^6$	Ανάγκες σε νερό $\text{m}^3 \times 10^6$	Ισοζύγιο $\text{m}^3 \times 10^6$	Πλημμελώς αρδευόμενα στρέμματα
Επιφανειακά νερά	12,800	23,570	(-) 10,77	(-) 40.200
Υπόγεια νερά	39,556	20,570	(+) 18,986	(+) 17.200
ΣΥΝΟΛΟ	52,356	44,140	(+) 8,216	(-) 23.000

(Πηγή: ΔΕΒ Φθιώτιδας)

Μέρος της περίσσειας των υπόγειων νερών καλύπτει τις αρδευτικές ανάγκες έκτασης 17200 στρεμμάτων που ποτίζονταν με επιφανειακά νερά. Στα υπόλοιπα 23000 στρέμματα το πότισμα των καλλιεργειών σταματάει περί το τέλος Ιουλίου.

2.6 Γεωλογική δομή – τεκτονισμός

Η περιγραφή που ακολουθεί έγινε σύμφωνα με τον Κακαβά (1984).

Κατά μήκος του Β και ΒΑ ορίου της περιοχής επικρατούν οι τριαδικοί έως ιουρασικοί ασβεστόλιθοι και σχιστοκερατόλιθοι με τους οφιόλιθους της Υποπελαγονικής ζώνης. Ένα τμήμα βορειοανατολικά της Λαμίας και μέχρι τον οικισμό Αυλάκι Στυλίδας, καταλαμβάνουν οι ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι, της ίδιας ζώνης, και ο σχηματισμός του φλύσχη. Η ίδια σχεδόν ακολουθία της Υποπελαγονικής ζώνης συναντάται και στο ΝΑ όριο της περιοχής και συγκεκριμένα στο όρος Καλλίδρομο.

Στα Ν όρια της περιοχής, βρίσκεται το όρος Οίτη και αποτελείται σχεδόν στο σύνολο από κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ζώνης Παρνασσού – Γκιώνας με ορισμένες παρεμβολές της διαπλάσεως του φλύσχη της ίδιας ζώνης.

Μια λωρίδα Ν της Οίτης και ένα τμήμα στη Δ. Όρθρυ και τα Β. Βαρδούσια καλύπτονται από τη Βοιωτική σειρά (κλαστικός σχηματισμός που αποτελείται από πηλίτες, ασβεστολιθικές ενδιαστρώσεις, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή, ο λεγόμενος Βοιωτικός φλύσχη).

Στο Δ. τμήμα της λεκάνης επικρατούν κατά το μεγαλύτερο μέρος οι ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι της ζώνης Πίνδου, ο ηωκαινικός φλύσχη και οι κρητιδική κλαστική σειρά της Πίνδου, η γνωστή ως «πρώτος φλύσχη».

Από το σύνολο των 2116 km² της έκτασης της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού, τα 450 km² καταλαμβάνουν οι νεότερες αποθέσεις της κοιλάδας του Σπερχειού. Η κοιλάδα εκτείνεται με διεύθυνση Α – Δ περί τα 52 km, έχει ελάχιστο πλάτος 3 km στην περιοχή μεταξύ Σταυρού – Κωσταλέξη και μέγιστο πλάτος 12 km στην περιοχή μεταξύ Λουτρών Υπάτης – Ζηλευτού.

Η τάφος είναι γεμάτη με χαλαρές γενικά αποθέσεις του Πλειστόκαινου και του Ολόκαινου. Το ολικό πάχος των ιζημάτων αυτών φτάνει τα 600 m και στο Α τμήμα στη περιοχή του δέλτα του ποταμού υπερβαίνει τα 1000 m.

Οι νεότερες αποθέσεις στη λεκάνη του Σπερχειού παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία και ανάλογα με το χρόνο και τον τρόπο σχηματισμού των και τη σύσταση αυτών διαχωριστήκαν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Ολιγομειοκαινικά κροκαλοπαγή
- Πλειστοκαινικές λιμναίες αποθέσεις
- Αποθέσεις Σπερχειού

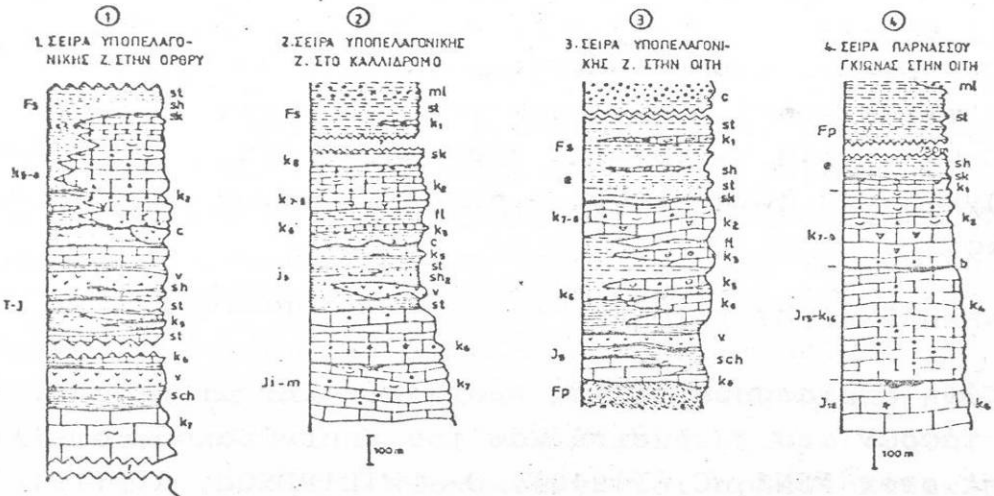
- Κορήματα και Ριπίδια χειμάρρων
- Μικτοί αλλουβιακοί σχηματισμοί

Η περιοχή μελέτης παρουσιάζεται έντονα τεκτονισμένη. Το γεγονός αυτό έχει διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο τόσο στη δομή της λεκάνης του Σπερχειού, όσο και στη δομή των περιβαλλόντων αυτής σχηματισμών και κατά συνέπεια στις υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Η κύρια αλπική πτύχωση που επηρέασε τόσο τις εσωτερικές όσο και εξωτερικές γεωτεκτονικές ζώνες κυρίως κατά το Τριτογενές, δημιούργησε στην περιοχή πτυχές, λεπιώσεις, επωθήσεις, και στη συνέχεια ρήγματα των οποίων η δράση συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Η τεκτονική αυτή δράση είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία της σημερινής δομής της περιοχής.



Εικόνα 10: Γεωτεκτονικές ζώνες στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Σπερχειού (πηγή: Ν. Κακαβάς, 1984)

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΤΗΛΕΣ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ
 ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ
 (1,2,3,6 από τα Φ ΛΑΜΙΑ - ΓΓΕΥ 1967, 5 από το Φ ΚΑΡΠΕΝΗΣΙ - ΓΓΕΥ 1970,
 4 από μελέτες του Ferrère 1976 d)

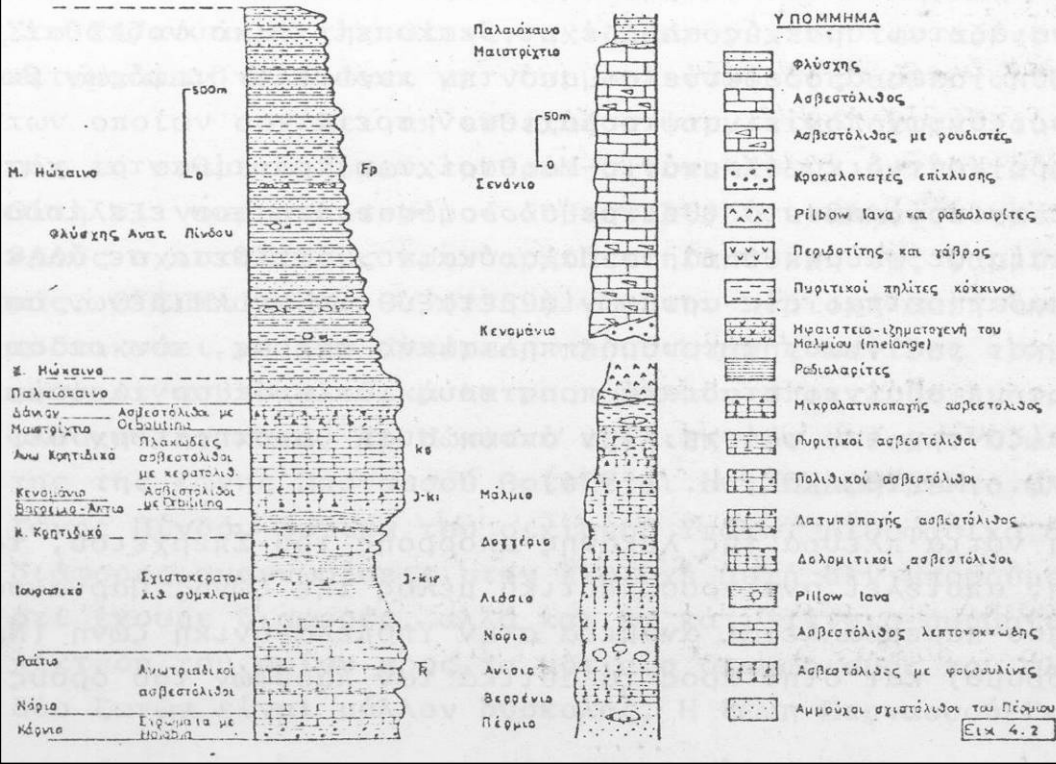


ml Μολασσικοί σχηματισμοί
 sh Αργιλικό σχιστόλιθο του φλύσχ
 st Φαμίτες
 sk Ασβετωτικοί σχιστόλιθοι
 c Κρακαλοπαγή
 fl Φλυσχοειδή
 Fr Φλύσχης Παρνασσού Γκιώνας
 Fs Φλύσχης υποπελαγονικής ζώνης
 sch Σχιστοκερατολιθική διάπλαση με οφιόλιθους
 v Οφιόλιθοι

k1 Νουμουλιτοφόροι ασβεστόλιθοι
 k2 Ασβεστόλιθοι κυρίως μικρολατυποπαγείς
 k3 Μικροκρακαλοπαγείς και μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι
 k4 Ασβεστόλιθοι μεσοστρωματώδεις, συνήθως στρωροί, τεφρόχροι κατά θέσεις ωλιθικοί
 k5 Πλακώδεις μικροκρυσταλλικοί, κύρια μαργαικοί ασβεστόλιθοι μέσα στη σχιστοκερατολιθική διάπλαση
 k6 Στιφροί κατά θέσεις ωλιθικοί σκοτεινότεροι ασβεστόλιθοι
 k7 Ασβεστόλιθοι παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτοι
 k8 Βωξιτικά κοιτάσματα

5. ΣΕΙΡΑ ΟΛΩΝΟΥ-ΠΙΝΔΟΥ ΣΤΟΝ ΤΥΜΦΟΡΗΣΤΟ Κ ΒΑΡΔΟΥΣΙΑ

6. ΜΑΛΙΑΚΗ ΣΕΙΡΑ ΣΤΗΝ ΟΡΘΡΥ



Εικόνα 11: Στρωματογραφία των γεωτεκτονικών ζωνών της περιοχής (πηγή Ν. Κακαβάς, 1984)

2.7 Υδρογεωλογία

Όπως παρατηρούμε από τα στοιχεία της γεωλογικής δομής της λεκάνης στην προηγούμενη ενότητα, οι γεωλογικοί σχηματισμοί από τους οποίους απαρτίζεται ποικίλουν, (από χαλαρούς μέχρι συμπαγείς) άρα τόσο οι υδρολογικές ιδιότητες όσο και η δυνατότητα σχηματισμού υδροφόρων οριζόντων διαφέρουν από σχηματισμό σε σχηματισμό. Η υδρολογική συμπεριφορά των σχηματισμών είναι συνάρτηση κυρίως της λιθολογικής σύστασης, του πορώδους και της υδροπερατότητας. Όπως αποδείχθηκε από μηχανικές και φυσικοχημικές αναλύσεις 50 αντιπροσωπευτικών εδαφικών δειγμάτων στην περιοχή, έχουμε ανομοιογένεια των χαλαρών σχηματισμών τόσο κατά την οριζόντια όσο και κατά την κατακόρυφη διάταξη. Η ίδια ανομοιομορφία παρατηρήθηκε και στα βαθύτερα στρώματα (βάθους μέχρι 306 m). Η παραπάνω ανομοιομορφία, καθώς επίσης η τιμή του πορώδους και της υδροπερατότητας, συντελούν αποφασιστικά στη διαμόρφωση και την απόδοση των διαφορετικών υδροφόρων οριζόντων (N. Κακαβάς, 1984).

2.7.1 Υδρολιθολογική κατάταξη των γεωλογικών σχηματισμών

Από υδρολιθολογικής σκοπιάς οι γεωλογικοί σχηματισμοί διαχωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες.

1^η κατηγορία: Υδροπερατοί σχηματισμοί

- Ανθρακικά πετρώματα
- Σχηματισμός Μαγούλας (αποθέσεις Σπερχειού)
- Κροκαλοπαγή λιμναίων πλειστοκαινικών ιζημάτων (κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, πηλός και άργιλοι)
- Αδρομερή υλικά κώνων κορημάτων
- Ποταμοχειμαρρώδεις αναβαθμίδες (ασβεστολιθικές και ψαμμιτικές κροκαλολατύπες)
- Ριπίδια των χειμάρρων
- Ανάμικτα υλικά κώνων και αναβαθμίδων
- Χονδρόκοκκοι σχηματισμοί προσχώσεων
- Σύγχρονες αποθέσεις της κοίτης του Σπερχειού

2^η κατηγορία: Ημιπερατοί έως περατοί σχηματισμοί

- Βαθιές αποθέσεις του δέλτα του Σπερχειού (διάσπαρτες κροκάλες και αμμούχοι άργιλοι από 50 έως 150 m)
- Υπολείμματα της μεσοελληνικής αύλακος
- Διάφοροι τύποι του οφιολιθικού συμπλέγματος

3^η κατηγορία: Ημιπερατοί σχηματισμοί

- Διάφοροι σχηματισμοί Τεταρτογενούς από αδρομερή και λεπτομερή υλικά (Πλημμυρικές αποθέσεις του Σπερχειού από ιλύ και κατά τόπους από άμμο)
- Αποσαθρωμένοι μανδύες του φλύσχη και των σχιστοκερτολίθων

4^η κατηγορία: Αδιαπέρατοι σχηματισμοί

- Σχηματισμοί της σχιστοκερατολιθικής διαπλάσεως και ερυθροί σχιστόλιθοι
- Σχηματισμοί φλύσχη (εκτός από τα κροκαλοπαγή στέψεως και τις ασβεστολιθικές ενδιαστρώσεις – Οίτη)
- Παλαιότερες αποθέσεις του Σπερχειού (ιλύς και πλαστική άργιλος)
- Αποθέσεις θερμών πηγών (ασβεστολιθικές τόφφοι- Λουτρά Υπάτης)
- Αιολικές αποθέσεις

Από πλευράς υδρογεωλογικού ενδιαφέροντος οι προαναφερθέντες λιθολογικοί τύποι αξιολογούνται ως εξής:

1. Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ανθρακικά πετρώματα και συγκεκριμένα οι μεγάλες ασβεστολιθικές μάζες που υπόκεινται της σχιστοκερατολιθικής διαπλάσεως.
2. Τα ολιγομειοκαινικά κροκαλοπαγή αποτελούν σχηματισμό με τοπικό ενδιαφέρον λόγω της μικρής διάστασης εμφάνισής τους.
3. Τα κροκαλοπαγή των λιμναίων πλειστοκαινικών ιζημάτων παρουσιάζουν ενδιαφέρον διότι εκτός από τη μικρή επιφανειακή ανάπτυξη, επεκτείνονται και κάτω από τις νεώτερες προσχώσεις και αποτελούν σχηματισμό με δυνατότητα αποθήκευσης σημαντικών ποσοτήτων υπόγειου ύδατος.

4. Τα ριπίδια, κώνοι κορημάτων και οι προσχώσεις των κοιλάδων των διαφόρων υπολεκανών επίσης μας ενδιαφέρουν καθώς, εκτός από λεπτομερή συνίστανται και από αδρομερή υλικά (ψηφίδες και κροκαλολατύπες) με τα οποία εναλλάσσονται και όταν επικρατούν, έχει παρατηρηθεί ότι τα έργα απολήψεως υπόγειου ύδατος έχουν υψηλή απόδοση.

5. Οι σύγχρονες αποθέσεις του ποταμού, οι οποίες αποτελούνται βασικά από κροκάλες και άμμους, παρουσιάζουν υψηλό συντελεστή υδροπερατότητας. Το πάχος τους δεν είναι πολύ μεγάλο (το μέγιστο μέχρι 30 m), αλλά στη ζώνη που αναπτύσσονται διέρχονται οι κύριες ροές του ποταμού και τους καθιστούν αξιόλογους για το σχηματισμό υδροφόρου σχηματισμού, που μπορεί να αποδώσει μεγάλες ποσότητες νερού, λόγω της άμεσης επικοινωνίας με τα νερά τόσο της επιφανειακής όσο και της υπόγειας ροής του Σπερχειού.

2.7.2 Υδροφόροι ορίζοντες

Στην ενότητα που ακολουθεί θα αναφερθούμε στους τύπους υδροφόρων οριζόντων που αναπτύσσονται στους προσχωσιγενείς σχηματισμούς καθώς επίσης και στους ανθρακικούς σχηματισμούς. Τα στοιχεία λήφθηκαν και πάλι από τη διδακτορική διατριβή του κ. Ν. Κακαβά (1984).

Υδροφόροι ορίζοντες προσχωσιγενών σχηματισμών:

1. Ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας του οποίου η εκμετάλλευση γίνεται με φρέατα.
2. Οι υδροφόροι ορίζοντες βαθύτερων στρωμάτων των οποίων η εκμετάλλευση γίνεται με φρέατα τα οποία έχουν εκβαθυνθεί με γεωτρήσεις.
3. Οι υδροφόροι ορίζοντες που τελούν υπό αρτεσιανή πίεση ή υποαρτεσιανή πίεση, των οποίων η εκμετάλλευση γίνεται με αβαθείς ή βαθιές αρτεσιανές γεωτρήσεις.

Όσον αφορά τους παραπάνω υδροφόρους ορίζοντες αξίζει να σημειωθούν τα εξής:

Ο φρεάτιος ορίζοντας αν και σχηματίζεται σε όλη σχεδόν την επιφάνεια των προσχωματικών αποθέσεων, χαρακτηρίζεται από ετερογένεια καθώς η πετρολογική σύσταση των υλικών ποικίλει από περιοχή σε περιοχή. Έτσι στη γενική περίπτωση δεν έχουμε πλευρική επικοινωνία μεταξύ των υπολεκανών, παρά μόνο όταν παρουσιάζουν πολλά κοινά υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Η δυναμικότητα του φρεάτιου ορίζοντα με βάση στοιχεία της περιόδου εκπόνησης της μελέτης (δεκαετία του '80)

χαρακτηρίζεται σαν μέτρια έως ικανοποιητική με εξαίρεση την περιοχή του Λιανοκλαδίου στην οποία οι ανορθόδοξες αντλήσεις των διανοιχθέντων φρεάτων έχουν οδηγήσει σε υποβιβασμό της στάθμης, γεγονός που οδήγησε στην εκβάθυνση αυτών ή στη διάνοιξη νέων γεωτρήσεων μέσου βάθους 80 m.

Όπως προαναφέρθηκε οι προσχώσεις της κοιλάδας του Σπερχειού συνίσταται από διαδοχικές εναλλαγές αδρομερών και λεπτομερών υλικών. Έτσι οι γεωτρήσεις συναντούν σε όλη την περιοχή τα βαθύτερα στρώματα.

Επίσης στις χαμηλότερες περιοχές (Κόμμα, Ανθήλη) οι συχνές εναλλαγές των στρωμάτων παρουσιάζουν μεγάλη ανάπτυξη και σημαντικό πάχος. Σε αυτές τις περιοχές έχουμε και την κύρια ανάπτυξη των υδροφόρων οριζόντων με μεγάλη πίεση, καθώς και των υποαρτεσιανών οριζόντων με μικρότερη πίεση ιδιαίτερα στις θέσεις όπου εγκιβωτίζονται από τα κορεσμένα πλαστικά στρώματα της αργίλου.

Ο εμπλουτισμός των υδροφόρων οριζόντων της κοιλάδας του Σπερχειού εξασφαλίζεται:

1. Από την άμεση κατείσδυση των βρόχινων νερών. Η κατείσδυση αυτή στις διάφορες περιοχές της πεδινής έκτασης κυμαίνεται και εξαρτάται από τη χαλαρότητα των διαφόρων σχηματισμών, από το πορώδες και από την κλίση της τοπογραφικής επιφάνειας.
2. Από την πλευρική και κατακόρυφη μετάγγιση και διήθηση υδάτων προερχομένων από τους μεγάλους κώνους κορημάτων και από τους ποταμοχειμάρρους.
3. Από τη μετάγγιση υδάτων από τα ανθρακικά πετρώματα και ιδιαίτερα από την αποστράγγιση του καρστ της Οίτης μέσω των υδροαποθεματικών ζωνών κορεσμού και βαθειάς κυκλοφορίας.
4. Από την περιοδική πλευρική διήθηση των υδάτων του Σπερχειού που παρατηρήθηκε σε πολλά σημεία της διαδρομής του. Ο εμπλουτισμός αυτός όπως είναι φυσικό γίνεται εντονότερος στις περιόδους των μεγάλων πλημμυρών.

Υδροφόροι ορίζοντες ανθρακικών σχηματισμών:

Τα ανθρακικά συμπαγή πετρώματα της περιοχής παρουσιάζονται αρκετά υδροπερατά λόγω τεκτονισμού, έντονου κερματισμού, αποκάρσωσης και άλλων φυσικοχημικών παραγόντων που συντέλεσαν στην αύξηση του πορώδους και της υδροπερατότητας. Βέβαια ο συντελεστής υδροπερατότητας δεν είναι ίδιος, γιατί σε πολλές

περιπτώσεις έχουμε φραγμούς των καρστικών μορφών είτε από προϊόντων χημικών διεργασιών, είτε από υλικά φλύσχη και σχιστοκερατολίθων.

Από ερευνητικές γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ που έγιναν σε ανθρακικά πετρώματα, αποκαλύφθηκαν καρστικά συστήματα που βρίσκονται αναπτυγμένα σε αρνητικά υψόμετρα. Εκφράζεται η άποψη για ομοιογένεια του καρστ στη νότια πλευρά της λεκάνης όπου το στεγανό υπόβαθρο βρίσκεται αρκετά κάτω από το επίπεδο της θάλασσας. Από τις ερευνητικές γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ που έγιναν το 1971, το 1972 και το 1982 καθώς επίσης και από παρατηρήσεις, στοιχεία και μετρήσεις υπαίθρου διαχωρίστηκαν για τη λεκάνη του Σπερχειού δύο καρστικά συστήματα και μία καρστική ενότητα, τα οποία έχουν μεγάλη σπουδαιότητα για την υδατική οικονομία της περιοχής μελέτης. Αυτά είναι:

- Το καρστικό σύστημα Λαμίας- Στυλίδας
- Το καρστικό σύστημα Οίτης
- Η καρστική ενότητα Καλλιδρόμου – Οίτης

1) Το καρστικό σύστημα Λαμίας – Στυλίδας αναπτύσσεται σε ένα μεγάλο τμήμα της Όρθρου. Η περιοχή καταλαμβάνεται από αποκαρστωμένους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους με υπόβαθρο τους στεγανούς σχηματισμούς της σχιστοκερατολιθικής διαπλάσεως, οι οποίοι ελέγχουν τη διακίνηση των υπογείων υδάτων. Μέσα στους ασβεστόλιθους της περιοχής αναπτύσσεται ένας ισχυρός υδροφόρος ο οποίος εκφορτίζεται με τις πηγές της Μεγάλης Βρύσης, Σφαγείων και Μαυρομαντήλας.

2) Το καρστικό σύστημα της Οίτης βρίσκεται στο ομώνυμο όρος που καταλαμβάνει τη νότια πλευρά της περιοχής και συγκροτείται κατά το μεγαλύτερο μέρος από ανθρακικούς σχηματισμούς. Η διακίνηση του υπόγειου ύδατος στο καρστ αυτών των σχηματισμών έχει διαπιστωθεί από τα εξής:

- Από την εμφάνιση πηγών σε διάφορα επίπεδα (πηγές Παύλιανης, Γοργοποτάμου, Κομποτάδων – Μεξιατών)
- Από την πλευρική μετάγγιση καρστικού ύδατος προς τους προσχωματικούς υδροφόρους ορίζοντες

- Από τη δημιουργία υδροδυναμικών ζωνών σε διάφορα επίπεδα και την κατά το μεγαλύτερο μέρος τροφοδοσία των βαθύτερων αρτεσιανών υδροφόρων οριζώντων του κεντρικού τμήματος της λεκάνης

Η σημαντικότερη εκφόρτιση του καρστικού συστήματος της Οίτης συντελείται στην περιοχή μεταξύ Κομποτάδων – Μεξιατών, με ένα συγκρότημα 7 πηγών.

3) Η καρστική ενότητα Καλλιδρόμου – Οίτης αποτελείται τόσο από τους καρστικοποιημένους τριαδικούς – ιουρασικούς ασβεστόλιθους της Υποπελαγονικής ζώνης του όρους Καλλιδρόμου, όσο και από την ασβεστολιθική μάζα ΝΑ του κυρίου όγκου της Οίτης. Λόγω των διαδοχικών κλιμακωτών μεταπτώσεων προς την κοιλάδα του Σπερχειού και τον καρστικό χαρακτήρα των ασβεστόλιθων της περιοχής, πραγματοποιείται ισχυρή κατείδυση του ύδατος των βροχοπτώσεων. Έτσι μέσα σε αυτή την καρστική ενότητα διαμορφώνεται ο ισχυρότερος καρστικός υδροφόρος ορίζοντας, ο οποίος εκφορτίζεται σχεδόν στο σύνολό του με τη συστάδα των πηγών «Μαυρονέρια». Δύο ερευνητικές γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ που έγιναν το 1982 (SD10 ΚΑΙ SR30) συνάντησαν αξιόλογες υδροαποθεματικές δεξαμενές σε βάθη κάτω από το επίπεδο βάσεως της θάλασσας χωρίς να έχει επέλθει ανάμειξη του γλυκού και θαλασσινού νερού ($Cl = 16 \text{ ppm}$). Η γεώτρηση SR30 διέτρησε μέχρι τα -24 m μέσα σε συνεχή αποκαρστωμένο ασβεστόλιθο όπου και τερματίστηκε αφού είχε εξασφαλισθεί μία ποσότητα νερού μεγαλύτερη από $500 \text{ m}^3/\text{h}$ πράγμα σπάνιο για τα ελληνικά παρεμφερή δεδομένα.

2.8 Απογραφή σημείων ύδατος της υδρογεωλογικής λεκάνης

Κατά την υδρογεωλογική έρευνα που εκπονήθηκε στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής του κ. Κ. Κακαβά (1984), έγινε η απογραφή των σημείων ύδατος της λεκάνης του Σπερχειού. Από το τότε σύνολο των 1195 σημείων ύδατος της λεκάνης (πηγές, γεωτρήσεις, αρτεσιανές γεωτρήσεις, φρέατα, φρέατα βαθυμένα με γεώτρηση) επιλέχθηκαν τα πλέον αντιπροσωπευτικά για συνεχείς μετρήσεις στάθμης με τη βοήθεια των οποίων συντάχθηκαν οι ισοσταθμικοί χάρτες, έγιναν αξιολογήσεις και εξάχθηκαν συμπεράσματα για την εξεταζόμενη περιοχή. Στον παρακάτω πίνακα 2.7 παρατίθενται ο αριθμός και ο τρόπος εκφόρτισης των υδροφόρων οριζώντων του συνολικού αριθμού των υδροσημείων.

Πίνακας 2.7: Αριθμός και τρόπος εκφόρτισης των υδροφόρων οριζόντων των υδροσημείων

ΥΔΡΟΦΟΡΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΠΗΓΕΣ	ΦΡΕΑΤΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΑΡΤΕΣΙΑΝΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΦΡΕΑΤΑ- ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΟΣΟΣΤΟ
ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ	114	2	11	1	-	128	10.71
ΦΛΥΣΧΗΣ	306	11	-	-	-	317	26.52
ΟΦΙΟΛΙΘΟΙ	49	2	-	-	-	51	4.26
ΠΡΟΣΧΩΣΕΙΣ	35	105	182	187	75	684	57.23
ΣΧΙΣΤΟΚΕΡΑΤΟΛΙΘΟΙ	13	-	-	-	-	13	1.08
ΠΛΕΙΣΤΟΚ. ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ	2	-	-	-	-	2	0.08
ΣΥΝΟΛΟ	519	220	193	188	75	1.195	100%
ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	43.43	18.41	16.15	15.72	6.27		100%

(Πηγή: Ν. Κακαβάς, 1984)

2.9 Κυριότερες πηγές που συναντώνται στη λεκάνη απορροής του Σπερχειού

Από το σύνολο των 519 πηγών της λεκάνης απορροής Σπερχειού, επιλέγονται οι πηγές που αποστραγγίζουν μέρος ή το σύνολο των ποσοτήτων νερού των μεγάλων καρστικών συστημάτων και γίνεται μία συνοπτική περιγραφή και χαρακτηρισμός αυτών.

Α) Συγκρότημα καρστικών πηγών Κεντρικής Οίτης

Οι υδροφόροι οριζόντες οι οποίοι διαμορφώνονται στην ασβεστολιθική καρστική μονάδα της Κεντρικής Οίτης, εκφορτίζονται με μία ομάδα πηγών οι οποίες βρίσκονται μεταξύ των οικισμών Κομποτάδες και Μεξιάτες, στο νότιο όριο της πεδινής λεκάνης του Σπερχειού και κοντά στα κράσπεδα της Οίτης. Στην ομάδα αυτή υπάγονται οι πηγές Κεραμιδίτσα, Τσουκαλά, Παλαιόμυλος, Καϋμένη, Κεραμίδα, Επτά Βρύσες, Κεφαλόβρυσο. Είναι πηγές μόνιμης ροής, προσπελάσιμες και εκχύλισης (επαφής – υπερχείλισης) μεταξύ των ασβεστολίθων της Κεντρικής Οίτης και των γεωλογικών σχηματισμών που αποτελούν τα υπολείμματα από την επώθηση της Υποπελαγονικής ζώνης στη ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας. Η μέση ετήσια παροχή των πηγών για την 11ετία 1972-1982 υπολογίζεται περίπου σε $12.991 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Ν. Κακαβάς, 1984).

B) Ομάδα καρστικών πηγών ΝΔ Όρθρυς

Στην ομάδα αυτή συμπεριλαμβάνονται οι πηγές Μεγάλη Βρύση, Σφαγείων και Μαυρομαντήλας μέσω των οποίων εκφορτίζεται ένας ισχυρότατος καρστικός υδροφόρος ορίζοντας που διαμορφώνεται στους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους που συνιστούν το καρστικό σύστημα Λαμίας – Στυλίδας. Οι πηγές είναι μόνιμης ροής, προσπελάσιμες και εκχύλισης μεταξύ των πιο πάνω ασβεστολίθων και των προσχώσεων της κοιλάδας του Σπερχειού. Η μέση ετήσια παροχή για όλα τα χρόνια (11έτη 1972 - 1982) είναι περίπου: $11.653 \times 10^6 \text{ m}^3$. (N. Κακαβάς, 1984).

Όσον αφορά την πηγή Μεγάλη Βρύση που είναι η κύρια πηγή, αξίζει να αναφερθούν τα εξής:

- Κοντά στην πηγή και προς τα βόρεια αναπτύσσεται η σχιστοκερατολιθική διάπλαση με οφιολίθους. Οι γεωλογικοί αυτοί σχηματισμοί δεν φαίνεται να έχουν καμία συμμετοχή στο μηχανισμό εκδήλωσης της πηγής ύστερα από τη μελέτη των υδραυλικών και των λιθολογικών στοιχείων που προέκυψαν από ερευνητικές γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ.
- Προς τη ΒΑ περιοχή σε απόσταση 500 m και 1500 m από τις αναβλύσεις των πηγών Σφαγείων και Μαυρομαντήλας οι γεωλογικοί σχηματισμοί συμβάλλουν σημαντικά στο μηχανισμό εκδήλωσης της πηγής Μ. Βρύσης. Στην περιοχή αυτή, από γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ (1982), αποδείχτηκε ότι η διακίνηση των υπόγειων νερών ελέγχεται από τη διαμόρφωση του υποβάθρου (ερυθροί σχιστόλιθοι με στοιχεία κερατολίθων). Σύμφωνα με στοιχεία των γεωτρήσεων η υδροφορία που διαμορφώνεται στην επαφή διαπερατών ασβεστολίθων και αδιαπέρατων σχιστολίθων, διακινείται με σχετικά μεγάλη ταχύτητα και με διεύθυνση νοτιοδυτικά στον οικισμό της Αγίας Παρασκευής. Όμως κοντά στον οικισμό δημιουργείται ο φραγμός από τις λεπτομερείς προσχώσεις της κοιλάδας με αποτέλεσμα:

Να έχουμε σχεδόν συνολική εκφόρτιση από την πηγή της Μεγάλης Βρύσης , ενώ μια μόνο μικρή ποσότητα εκφορτίζεται από τις πηγές των Σφαγείων και Μαυρομαντήλας.

Γ) Συστάδα καρστικών πηγών Καλλιδρόμου – Οίτης

Η συστάδα αυτή των πηγών της καρστικής ενότητας Καλλιδρόμου – Οίτης αντιπροσωπεύεται από τρεις χαρακτηριστικές αναβλύσεις που έχουν τη γενική ονομασία: πηγές «Μαυρονέρια». Το μέτωπο εκροής των αναβλύσεων είναι περίπου 25 m. Από υδρογεωλογικής σκοπιάς οι πηγές «Μαυρονέρια» χαρακτηρίζονται σαν πηγές εκχύλισης (επαφής – υπερχείλισης) μεταξύ των ιουρασικών ασβεστολίθων της Υποπελαγονικής ζώνης και των λεπτομερών προσχώσεων της κοιλάδας Σπερχειού. Οι πηγές «Μαυρονέρια» αποτελούν τις μεγαλύτερες αποστραγγίσεις της λεκάνης του Σπερχειού με μέση ετήσια παροχή (για 11 έτη) ίση με $13.628 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Επίσης αναφέρονται και οι εξής πηγές:

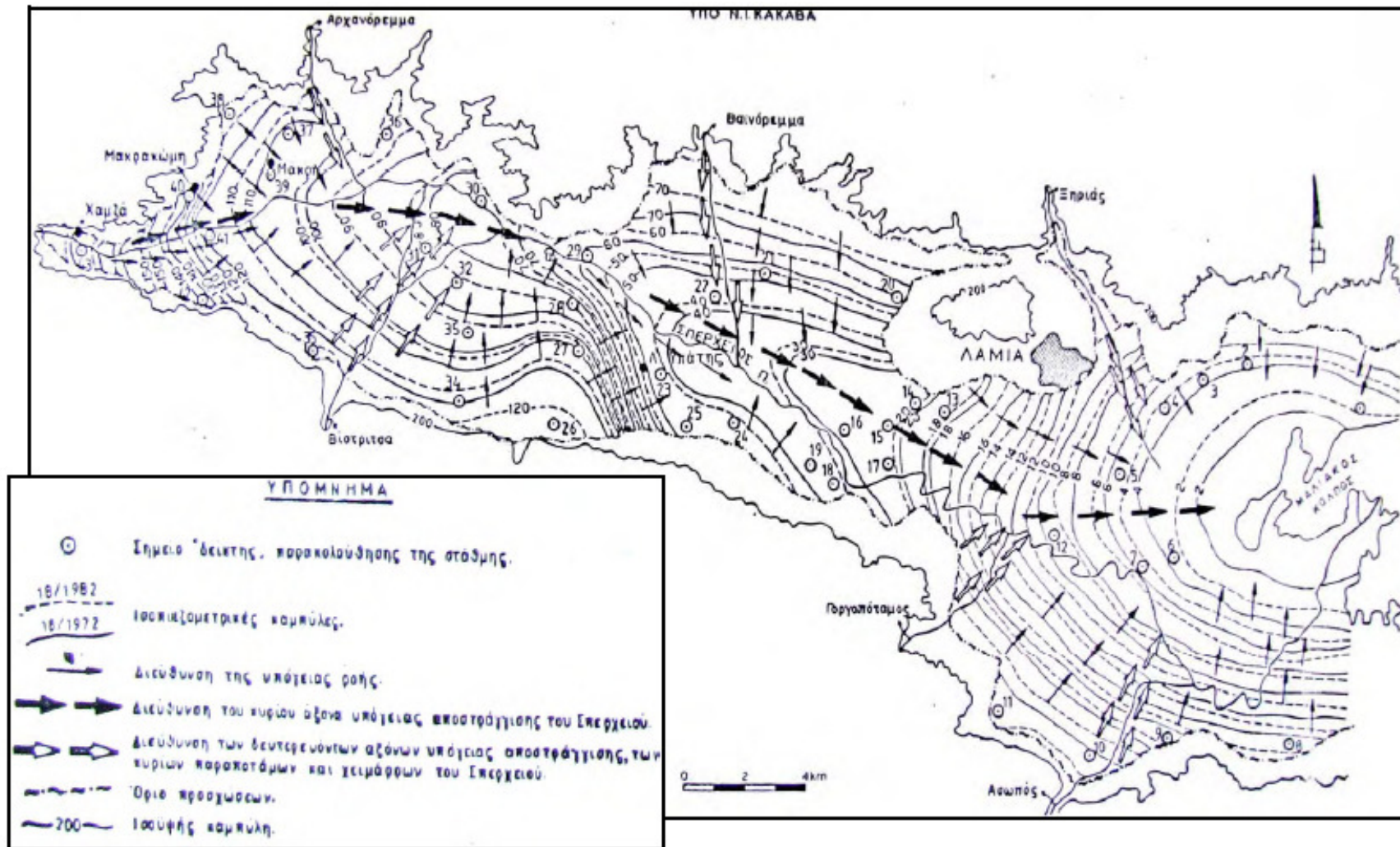
1. Πηγές περιοχής Στυλίδας (Καρυά, Τσικρίκα, Σαπουνά)
2. Πηγές περιοχής Αχινού (Αγ. Δημητρίου, Καράμπαση)
3. Πηγές περιοχής Γραμμένης
4. Πηγές περιοχής Ροδωνιάς
5. Πηγές περιοχής Μαυρίλου

2.10 Πιεζομετρία

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στις προσχωσιγενείς αποθέσεις της κοιλάδας του Σπερχειού, αναπτύσσεται φρεάτιος υδροφορία, της οποίας η δυναμικότητα είναι μέτρια και κατά τόπους ικανοποιητική. Ο χάρτης που παρατίθεται παρακάτω (εικόνα 12) παριστάνει εκτός των άλλων τις ισοπιεζομετρικές καμπύλες της ξηρής περιόδου του έτους 1972 και τις αντίστοιχες του 1982. Μέσω του πιεζομετρικού χάρτη μας παρέχεται μία σχετική εικόνα της διεύθυνσης κίνησης των υπόγειων νερών και της δίαιτας του υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής.

Στον παρακάτω χάρτη (εικόνα 12) μπορούμε να δούμε:

- τις ισοπιεζομετρικές καμπύλες του έτους 1972 με συνεχή λεπτή γραμμή
- τις ισοπιεζομετρικές καμπύλες του έτους 1982 με διακεκομμένη λεπτή γραμμή
- με μαύρα βέλη έντονα τη διεύθυνση του κύριου άξονα υπόγειας αποστράγγισης του Σπερχειού ποταμού
- με λεπτά μαύρα βέλη τη διεύθυνση της υπόγειας ροής (γραμμές ροής)
- με λευκά βέλη τη διεύθυνση των δευτερευόντων αξόνων υπόγειας αποστράγγισης των κύριων παραποτάμων και χειμάρων του Σπερχειού.



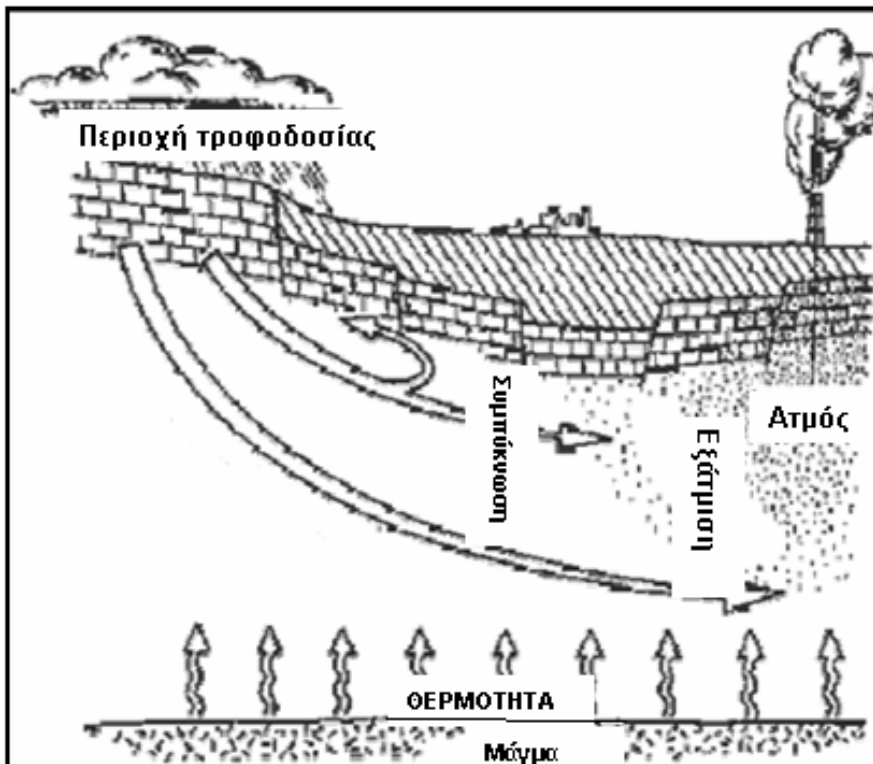
Εικόνα 12: Χάρτης ισοπιεζομετρικών καμπυλών του πεδινού τμήματος της λεκάνης του Σπερχειού (πηγή: Ν. Κακαβάς 1984)

Τα συμπεράσματα που εξάγονται από το χάρτη (εικόνα 12) είναι τα ακόλουθα (Ν. Κακαβιάς 1984):

- ♣ Οι ισοσταθμικές καμπύλες ακολουθούν σχεδόν στο σύνολό τους τη μορφολογία της λεκάνης.
- ♣ Εμφανίζονται προνομιακές κατευθύνσεις της υπόγειας αποστράγγισης, με άξονες οι οποίοι τροφοδοτούν τοπικούς υδροφόρους ορίζοντες.
- ♣ Ο Σπερχειός ποταμός δεν τροφοδοτεί μόνο αλλά και τροφοδοτείται, τόσο επιφανειακά (πηγές, κλπ.) όσο και υπεδάφια (κορεσμός υδροφόρων).
- ♣ Η υδραυλική κλίση στα περιθώρια της κοιλάδας κυμαίνεται από 10 - 24% και στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα από 1 – 4%.
- ♣ Επειδή οι ισοπιεζομετρικές γραμμές είναι καμπύλες και απέχουν μεταξύ τους και επειδή η πιεζομετρική επιφάνεια παρουσιάζει γενικά μία κωνική περίπου μορφή, ο τύπος του υδροφόρου της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται σαν «ακτινωτός» με συγκλίνουσες γραμμές ροής.

2.11 Θερμομεταλλικές πηγές

Η Γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από το εσωτερικό της γης είτε μέσω ηφαιστειακών εκροών είτε μέσω ρηγμάτων του υπεδάφους, που αναβλύζουν ατμούς και θερμό νερό. Ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών που ανέρχονται στην επιφάνεια, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως υψηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες πάνω από 150 °C), μέσης ενθαλπίας (για θερμοκρασίες 100 °C – 150 °C), και χαμηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες μικρότερες από 100 °C).



Εικόνα 13: Γεωθερμικό πεδίο (πηγή: <http://www.physics4u.gr/energy/geotherme.html>)

Σύμφωνα με το Ν. Ι. Κακαβά οι σημαντικότερες θερμομεταλλικές πηγές της λεκάνης του Σπερχειού είναι δέκα. Εκτός από αυτές στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν ακόμα 36 αναγνωρισμένες από το κράτος μεταλλικές πηγές. Οι δέκα αυτές θερμομεταλλικές πηγές υπάγονται σε τρεις διαφορετικές ομάδες:

- Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τις πηγές Θερμοπυλών, Ψωρονέρια, και Υπάτης, οι οποίες χαρακτηρίζονται σαν Na – δισανθρακικό – S, με κύριο υδροφόρο τροφοδοσίας τους ασβεστόλιθους.
- Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει τις πηγές Ιαματικό, Κλούβιο, Παλαιοβράχας, Κλωνίου και Βρωμονέρια, οι οποίες κατατάσσονται στον (Ca – Mg – Na) HCO₃ τύπο, με κύριο υδροφόρο το σχηματισμό του φλύσχη.
- Η τρίτη ομάδα περιλαμβάνει τις πηγές των Λουτρών – Αρχανίου και Λευκάματα, οι οποίες ανήκουν στον Cl – OH – Ca τύπο με κύριο υδροφόρο τους οφιόλιθους.



Πηγή Λουτρών Υπάτης

Η πηγή της Υπάτης αναβλύζει από ένα φυσικό πηγάδι και υπάγεται στην κατηγορία των υδροθειοχλωριονατριούχων και αλκαλικών γαιών οξυπηγών. Την πηγή αυτή εκτός του υδρόθειου χαρακτηρίζει και η μεγάλη ποσότητα ανθρακικού οξέος το οποίο βρίσκεται μέσα στο νερό ελεύθερο με τη μορφή φουσαλίδων. Η θερμοκρασία της πηγής 31 °C (ομοιόθερμη).

Ο μηχανισμός εκδήλωσης της πηγής σύμφωνα με τον κ. Ν. Κακαβά είναι ο εξής: Υπάρχει ένα κύριο ρήγμα μεγάλου βάθους (νότιο ρήγμα της τάφρου του Σπερχειού), στο οποίο ανακυκλώνονται τα νερά της βροχής τα οποία στη συνέχεια ανέρχονται με θερμοκρασία μεγάλη και χημικά εμπλουτισμένα μέχρι ενός σημείου. Στο σημείο αυτό δέχονται τα ψυχρά νερά που κυκλοφορούν προς τα κάτω μέσω των τεκτονικών διαρρήξεων και εκδηλώνονται ανερχόμενα σε μία στάθμη (μεταβαλλόμενη ανάλογα με την υδρολογική περίοδο) του διευθετημένου φρέατος με χαμηλότερη θερμοκρασία και ίσως αλλοιωμένα χημικά και ορυκτολογικά συστατικά.



Πηγές Λουτρών Αρχανίου

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της πηγής των Λουτρών Αρχανίου, ύστερα από συνεχείς παρατηρήσεις και σύμφωνα με ενδείξεις και μετρήσεις με όργανα υπαίθρου είναι τα εξής:

- Μέση θερμοκρασία νερού 27,8 °C
- Μέση παροχή της πηγής 7 m³/h
- Μέση αγωγιμότητα 530 μS/cm
- Μέση τιμή χλωριοϊόντων 16,5 ppm
- Μέση τιμή pH 11,45

Η πηγή του Αρχανίου θεωρείται ότι είναι η δεύτερη ισχυρότερη αλκαλική πηγή της Ευρώπης, που αναβλύζει από περιδοιτικά πετρώματα μετά από την πηγή Κούλαση στη Βοσνία.

Από υδρογεωλογικής σκοπιάς εξεταζόμενη η πηγή Αρχανίου φαίνεται ότι ακολουθεί μέχρι να εκδηλωθεί μία τεκτονική ασυνέχεια (επώθηση μη ορατή) ή ένα ρήγμα των Σερπεντινιτών και πολλών συστημάτων μικροδιαρρήξεων. Η άποψη

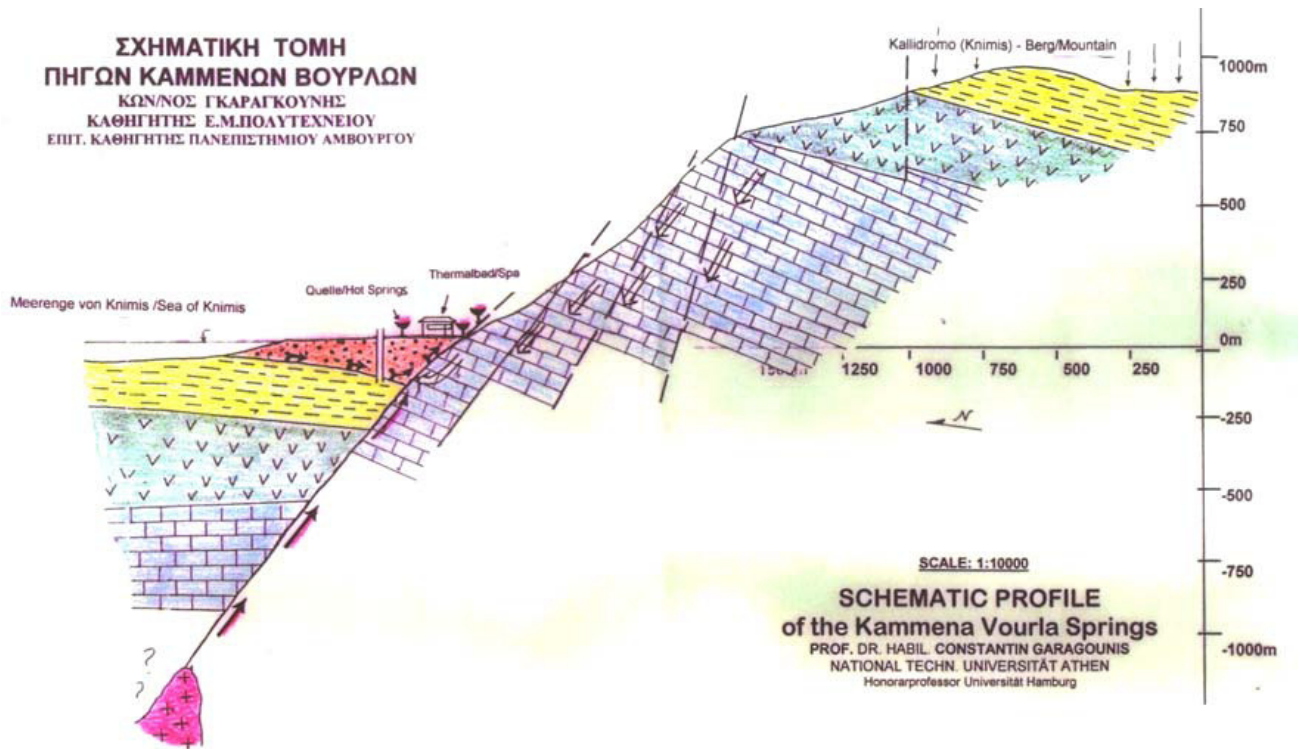
αυτή ενισχύεται και από το γεγονός ότι κοντά σχετικά στην πηγή αναβλύζουν και άλλες τρεις εποχικές πηγές με παρεμφερή φυσικοχημικά και ορυκτολογικά στοιχεία.



Πηγές Καμμένων Βούρλων

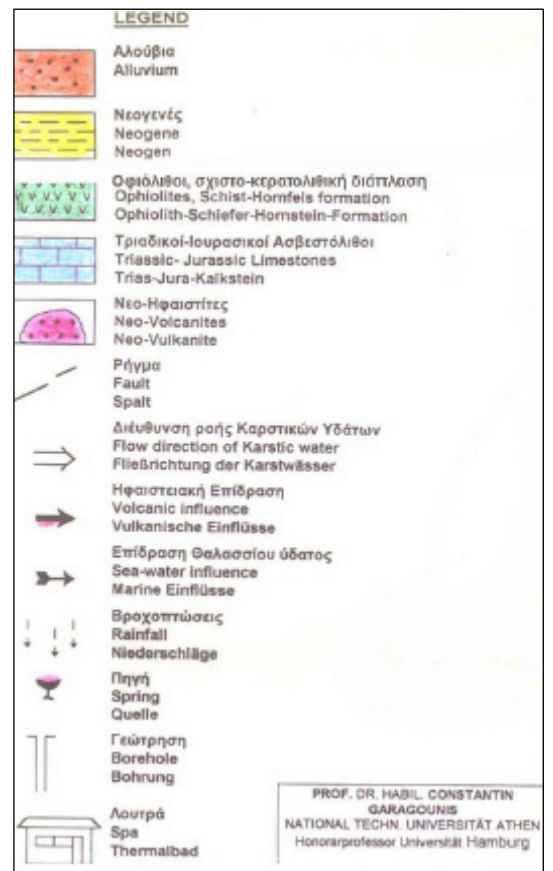
Οι θερμομεταλλικές πηγές στα Καμμένα Βούρλα βρίσκονται κοντά στο ηφαιστειακό κέντρο που είναι τα νησιά Λιχάδων. Σε αυτό οφείλεται και η παρουσία του ραδονίου. Ο παράγοντας που ελέγχει τη θέση των πηγών είναι η τεκτονική (ρήγματα). (Εικόνα 14) Η θερμοκρασία τους είναι 43 °C επειδή εισρέουν μεγάλες ποσότητες καρστικών νερών από το βουνό Κνημίδα και θαλάσσια νερά. Το διοξείδιο του άνθρακα των νερών αυτών είναι 46,7%.

**ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΜΗ
ΠΗΓΩΝ ΚΑΜΜΕΝΩΝ ΒΟΥΡΛΩΝ**
ΚΩΝ/ΝΟΣ ΓΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ
ΕΠΙΤ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΜΒΟΥΡΓΟΥ



Εικόνα 14: Σχηματική τομή πηγών Καμμένων Βούρλων

(πηγή: Σημειώσεις Εκπ. Εκδρομής
Αθήνα - Θερμοπύλες, 1^{ου} εξαμήνου
Μεταλλειολόγων ΕΜΠ)



Πηγές Θερμοπηλών

Οι θερμομεταλλικές πηγές των Θερμοπηλών βρίσκονται στην επέκταση του ίδιου ρήγματος που περνά από τις θερμομεταλλικές πηγές των Καμμένων Βούρλων και σε απόσταση 20 km. Αναβλύσεις θερμομεταλλικού νερού παρατηρούνται στις υπώρειες του Καλλίδρομου και στην επαφή των Κρητιδικών ασβεστολίθων με τις προσχώσεις του Σπερχειού ποταμού.

Οι πηγές αυτές οφείλουν τη γένεσή τους σε μεγάλα τεκτονικά ρήγματα, τα οποία προκάλεσαν το βύθισμα του Μαλιακού – Ευβοϊκού και στο ηφαιστειακό κέντρο των Λιχάδων, του οποίου η μεταηφαιστειακή δράση συντελεί στον εμπλουτισμό των νερών σε αέρια (CO₂, H₂S κλπ.) και εν μέρει στην άνοδο της θερμοκρασίας.

Οι πηγές είναι υδροθειοχλωρονατριούχες, θερμοκρασίας 41 °C. Είναι χαρακτηριστικό, ότι ενώ αυξάνεται η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα ελαττώνεται το ραδόνιο. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι αν η προέλευση του ραδονίου προέρχεται από τα ηφαιστειογενή νησιά των Λιχάδων (ηφαιστειακό κέντρο), η ελάττωση στο ραδόνιο δικαιολογείται αφενός από την απομάκρυνση των πηγών από το ηφαιστειακό κέντρο των Λιχάδων νήσων και αφετέρου από τον εμπλουτισμό αυτών με καρστικό και θαλασσινό νερό.

Στις Θερμοπηλές διακρίνουμε δύο συγκροτήματα πηγών το Δυτικό και το Ανατολικό με τις ονομασίες αντίστοιχα «Πηγές Τριακοσίων» και «Πηγές Λεωνίδα».

Τα στοιχεία μας αφορούν το θερμομεταλλικό τόξο μεταξύ των πηγών Ψωρονέρια και Θερμοπηλών. Οι 4 πηγές που παρατίθενται, ανήκουν στην κοινότητα Θερμοπηλών του νομού Φθιώτιδας, έχουν συνεχή ροή και χρησιμοποιούνται για λουτροθεραπεία.

1) Πηγή «Λεωνίδα»

Βρίσκεται στη θέση «Λεωνίδα», έχει υψόμετρο περίπου 20 m, σημειακή ανάβλυση και υδρομαστεύεται μερικώς. Η ανάβλυσή της τοποθετείται δίπλα στη εθνική οδό Αθηνών – Λαμίας, πίσω από το άγαλμα του Λεωνίδα. Το νερό της πηγής είναι χλωριονατριούχο και περιέχει υδρόθειο.

2) Πηγή «Θερμοπυλών»

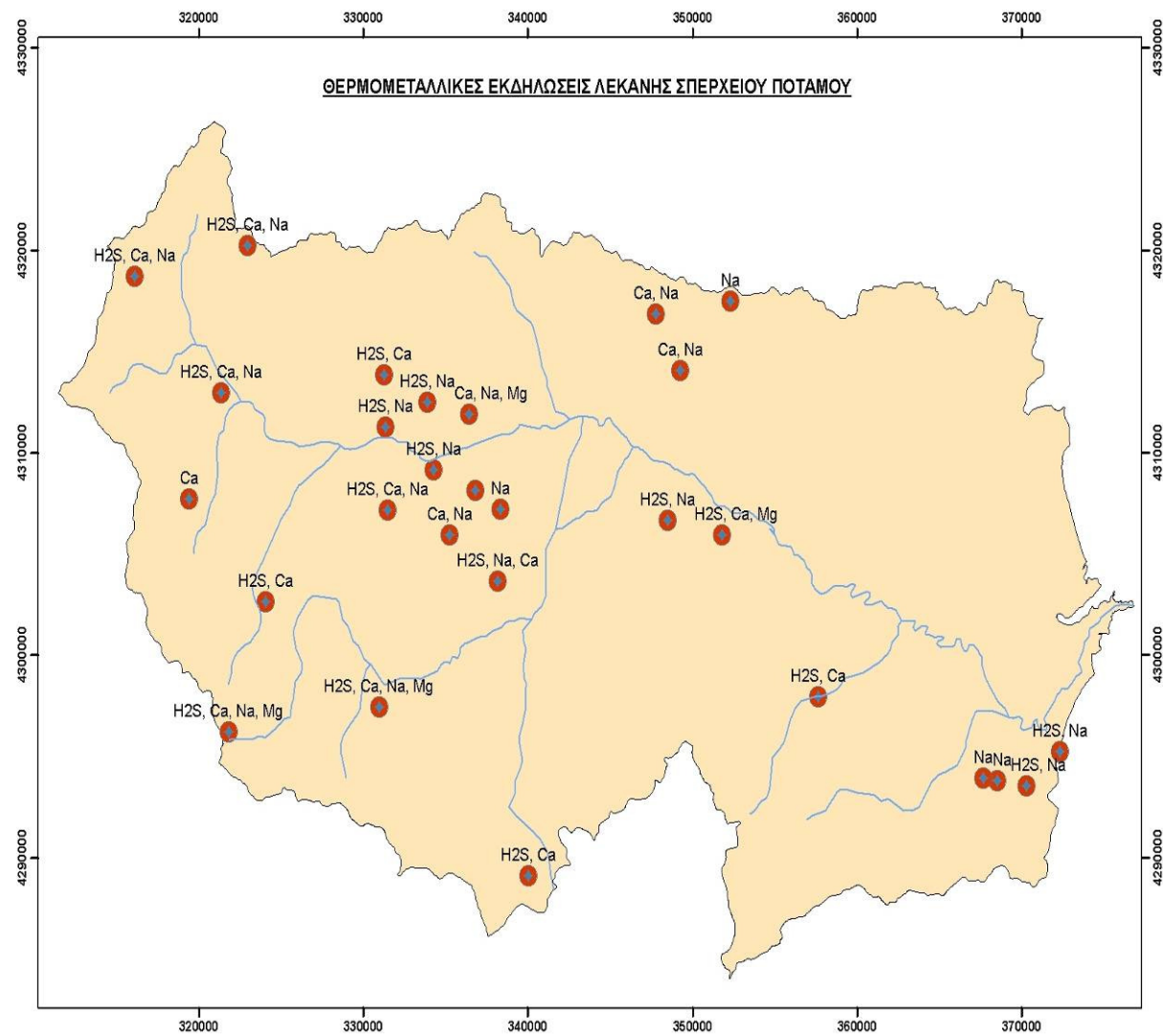
Βρίσκεται στη θέση «Λουτρά», έχει υψόμετρο περίπου 70 m, σημειακή ανάβλυση και υδρομαστεύεται πλήρως. Αναβλύζει από ασβεστολίθους στην επαφή τους με προσχώσεις. Στην έξοδο του νερού, το οποίο είναι χλωριονατριούχο, παρατηρείται έκλυση φυσαλίδων αερίου και υπάρχει έντονη οσμή υδροθείου.

3) Πηγή «Καλλιδρόμου –Ανατολική»

Βρίσκεται στη θέση «Κουτσέκι ή Ψωρονέρια», έχει υψόμετρο περίπου 20 m, διάσπαρτη ανάβλυση και υδρομαστεύεται μερικώς. Πρόκειται για μέτωπο αναβλύσεων, μήκους άνω των 200 m, από ασβεστολίθους στην επαφή τους με προσχώσεις. Στο νερό παρατηρείται έκλυση φυσαλίδων αέρος, αλλά δεν υπάρχει οσμή υδροθείου. Το νερό είναι χλωριονατριούχο και η θερμοκρασία στα διάφορα σημεία αναβλύσεως διαφέρει

4) Πηγή «Καλλιδρόμου –Δυτική»

Βρίσκεται στη θέση «Κουτσέκι ή Ψωρονέρια», έχει υψόμετρο περίπου 20 m, διάσπαρτη ανάβλυση και υδρομαστεύεται μερικώς. Στο δυτικό μέρος του προαναφερθέντος μετώπου υδροφορίας σχηματίζεται μεγάλη ανοικτή δεξαμενή. Από τις ασβεστολιθικές παρυφές και το πυθμένα της δεξαμενής αναβλύζει θερμό νερό διαφόρων θερμοκρασιών. Η μεγαλύτερη θερμοκρασία που καταγράφηκε είναι 38 °C. (Σφέτσος, 1988)



Εικόνα 15: Χάρτης θερμομεταλλικών εκδηλώσεων στη λεκάνη Σπερχειού (πηγή: Π. Αρβανίτης 2009)

2.12 Κοιλιάδα και εκβολές Σπερχειού – Μαλιακός Κόλπος (GR2440002)

Η περιοχή «Κοιλιάδα και Εκβολές Σπερχειού – Μαλιακός Κόλπος» εμβαδού 473000 στρεμμάτων βρίσκεται στο Ανατολικό τμήμα της Κεντρικής Ελλάδας. Τα όριά της βρίσκονται στην περιφερειακή ζώνη του Εθνικού Δρυμού της Οίτης και γειτνιάζει με τα όρη Τυμφρηστός και Βαρδούσια. Υπάγεται διοικητικά στην Περιφέρεια Κεντρικής Στερεάς Ελλάδας και στην Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Φθιώτιδας. Σύμφωνα με τη Οδηγία 92/43/ΕΟΚ, η περιοχή έχει συμπεριληφθεί στις προτεινόμενες για ένταξη στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο Προστατευομένων Περιοχών «Φύση 2000» και αποτελεί επίσης και Ζώνη Ειδικής Προστασίας σύμφωνα με την Οδηγία 79/409/ΕΟΚ «για την προστασία των πτηνών και των βιοτόπων τους». Στην περιοχή διακρίνονται τρία τμήματα: ο Μαλιακός κόλπος, οι εκβολές του Σπερχειού ποταμού και οι γύρω περιοχές και τέλος η κοιλάδα του Σπερχειού και οι πηγές του.

Ο Μαλιακός κόλπος καλύπτει 9000 ha. Στο εξωτερικό ανατολικό τμήμα του το μέσο βάθος είναι 30 m, ενώ στο εσωτερικό δυτικό τμήμα του δεν ξεπερνά τα 25 m. Ο πυθμένας του καλύπτεται από μαλακό ίζημα. Ο Σπερχειός συναντά τη θάλασσα στο νοτιοδυτικό άκρο του κόλπου. Με απόφαση του Υπουργείου Γεωργίας, έκταση 1225 ha που καλύπτει τμήμα των εκβολών του Σπερχειού έχει ανακηρυχθεί ως καταφύγιο άγριας ζωής (88175/2415/22-6-87.ΦΕΚ 343/1987). Στην περιοχή υπάρχουν επίσης άλλα τρία από τα δέκα καταφύγια άγριας ζωής της Φθιώτιδας.

Το τελευταίο τμήμα των εκβολών κοντά στο στόμιο του ποταμού εκεί που η ξηρά συναντά τη θάλασσα, σχηματίζει έναν ρηχό κόλπο σαν λιμνοθάλασσα, που ονομάζεται Λιβάρι (500 ha). Η αλιεία απαγορεύεται στην αβαθή θαλάσσια περιοχή «Λιβάρι» έκτασης 500 ha όπου υπάρχει φυσικό ιχθυοπαραγωγικό πάρκο (Π.Δ.144/86). Η περιοχή αυτή λειτουργεί ως πηγή εμπλουτισμού αλιευμάτων του Μαλιακού Κόλπου.

Υπάρχουν δύο τύποι φυσικής βλάστησης. Η πρώτη κατά μήκος των όχθων του ποταμού και η δεύτερη καλύπτει την περιοχή των αλίπεδων. Η μεγαλύτερη έκταση της περιοχής καλύπτεται από εντατικές καλλιέργειες κυρίως ρυζιού. Η γύρω γη από τις εκβολές καλύπτεται από ξερικές καλλιέργειες και χορτολιβαδικές εκτάσεις, ενώ ένα μικρό τμήμα καλύπτεται από ελαιόδεντρα.

Προχωρώντας από την πόλη της Λαμίας προς τις πηγές του Σπερχειού, το τοπίο κυριαρχείται από μονίμως ξηρές και αρδευόμενες καλλιέργειες. Στο βόρειο τμήμα της κοιλάδας υπάρχουν εναλλασσόμενες καλλιέργειες, χορτολιβαδικές εκτάσεις και

εγκαταλελειμμένες αγροτικές εκτάσεις. Κοντά στις πηγές του ποταμού, εκτός των μικρά τμήματα από καλλιέργειες εσπεριδοειδών, η περιοχή κυριαρχείται από εγκαταλελειμμένη αγροτική γη. Στα όρια γύρω από την κοιλάδα, κοντά στους πρόποδες των γειτονικών βουνών, η βλάστηση χαρακτηρίζεται από φρύγανα. (πηγή: Ν. Παπαδημητρίου 2010, αποσπάσματα από το κείμενο – έργο – μελέτη του ΥΠΕΚΑ για τους οικοτόπους του δικτύου Natura 2000 αναφορικά με την κοιλάδα του Σπερχειού και του Μαλιακού)

Επιπτώσεις – Δράσεις:

Ουδέτερες επιπτώσεις

(IN) – Επιπτώσεις και δραστηριότητες που ασκούνται μέσα στην περιοχή

- Κωδικός 140: Βοσκή
- Κωδικός 200: Αλιεία, ιχθυοτροφεία, υδατοκαλλιέργειες
- Κωδικός 210: Επαγγελματική αλιεία
- Κωδικός 501: Μονοπάτι, δρόμος. Ποδηλατόδρομος
- Κωδικός 810: Αποστράγγιση

Αρνητικές επιπτώσεις

(IN) – Επιπτώσεις και δραστηριότητες που ασκούνται μέσα στην περιοχή

- Κωδικός 100: Καλλιέργεια
- Κωδικός 110: Χρήση γεωργικών φαρμάκων
- Κωδικός 120: Λίπανση
- Κωδικός 130: Άρδευση
- Κωδικός 220: Ερασιτεχνική αλιεία
- Κωδικός 230: Θήρα
- Κωδικός 421: Εναποθέσεις οικιακών απορριμμάτων
- Κωδικός 424: Άλλες εναποθέσεις
- Κωδικός 502: Αμαξωτός αυτοκινητόδρομος
- Κωδικός 504: Λιμενικές ζώνες
- Κωδικός 802: Ανάκτηση γης από θαλάσσιες περιοχές, εκβολές ή έλη

Καθεστώς προστασίας: Σε Εθνικό και Περιφερειακό επίπεδο αποτελεί καταφύγιο θηραμάτων. Σε Διεθνές Επίπεδο ΣΠΠ (Σημαντική Περιοχή για Πουλιά).

Σπουδαιότητα: Ο Μαλιακός κόλπος υποστηρίζει σημαντική παραγωγή σε ψάρια και δίθυρα μαλάκια. Υπάρχει πολύ καλό δυναμικό για την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών. Το Λιβάρι είναι ένα φυσικό θαλάσσιο πάρκο για την αναπαραγωγή ψαριών και την ανάπτυξη των νεαρών ιχθυδίων. Οι εκβολές του Σπερχειού προσφέρουν ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήκες στην ορνιθοπανίδα, πολλά είδη της οποίας προστατεύονται. Οι παρακείμενοι στις εκβολές ορυζώνες έχουν μεγάλη οικονομική αξία. Ο ποταμός υποστηρίζει πολλά σημαντικά είδη ψαριών. Αρδεύει τα γόνιμα εδάφη της κοιλάδας και των εκβολών του. Στις θερμές πηγές των Θερμοπυλών απαντά το αφρικανικό ψάρι *Tilapia nilotica*. Τέλος οι καρστικές πηγές της Μεγάλης Βρύσης έχουν σπουδαίο οικολογικό ενδιαφέρον, γιατί αποτελεί βιότοπο για το ενδημικό ψάρι *Pungitius hellenicus*, είδος το οποίο βρίσκεται μόνο στο Σπερχειό.

2.13 Βιοτικό φυσικό περιβάλλον

2.13.1 Εκβολές ποταμού και υγρότοποι

Στο Δέλτα του Σπερχειού απαντώνται τέσσερις βασικοί φυσικοί τύποι υγροτοπικών ενδιαιτημάτων.

*Στην κύρια κοίτη του ποταμού μέσα στα όρια των υγροτόπων, με γλυκό νερό, αναπτύσσονται υδρόφιλα δένδρα, υγροφυτικές και υδρόβιες φυτοκοινωνίες. Ασφαλώς υπάρχει κάποια διαδοχή στα είδη όσο η κοίτη εισχωρεί στο θαλάσσιο χώρο, που συνίσταται στην αντικατάσταση ορισμένων υδρόφιλων δένδρων (π.χ. Ιτιάς και Λεύκας) από Αλμυρίκια (*Tamarix* sp.). Ταυτόχρονα σχηματίζεται μια εντονότερη και μονιμότερη ζώνη Αγριοκαλάμων (*Phragmites* sp.) εκατέρωθεν της κοίτης απ'ότι στο τμήμα του ποταμού που διαρρέει την πεδιάδα.*

Οι Αλμυρόβαλτοι καλύπτουν εδάφη των εκβολών που επηρεάζονται εντονότερα από τη θάλασσα και παρουσιάζουν αξιόλογη περιεκτικότητα σε NaCl. Συνιστούν ένα μεγάλο εδαφικό ποσοστό του συμπλέγματος των υγροτόπων του Δέλτα του Σπερχειού. Παρουσιάζουν ελαφρά ζώνωση με άλλοτε πυκνή ανάπτυξη ολοφύτων και βούρλων, άλλοτε αραιότερη και άλλοτε με Ιλυώδη ανοίγματα χωρίς βλάστηση, εκεί όπου υπάρχουν εδαφικά κοιλώματα. Οι αλμυρόβαλτοι της περιοχής χρησιμεύουν ως σημαντικοί χώροι

διατροφής για μεγάλο αριθμό υδρόβιων και παρυδάτιων ειδών και αφήνουν αξιόλογες επιφάνειες ελεύθερες για το φώλιασμα διάφορων παρυδάτιων ειδών πουλιών.

Στις περιοδικά κατακλυζόμενες ρηχές ακτές ή λασποτόπια δεν υπάρχει συνήθως βλάστηση. Τέτοια περιοδικά διαβρεχόμενα λασποτόπια βρίθουν από βενθόβιους ζωικούς οργανισμούς και συνιστούν πολύ σπουδαίους χώρους διατροφής χαραδριομορφών παρυδάτιων πουλιών (τρύγων, σκαλίνδρων, χαραδριών, τουρλίδων κ.α.)

Οι μόνιμα διαβρεχόμενες ρηχές ακτές μπορούν σε ορισμένες περιπτώσεις να θεωρηθούν και ως ανοιχτού μετώπου λιμνοθάλασσες. Πρόκειται για εκτενείς ρηχές παράκτιες ζώνες με νερά διαβαθμιζόμενης αλατότητας, υφάλμυρα προς το μέρος της ακτής, με πλούσιο φυτοβένθος κυρίως από *Zostera no/tii*. Τέτοιοι θαλάσσιοι λειμώνες ζοστέρας και άλλων βενθικών φυτών, αποτελούν πεδία διατροφής μεγάλων πληθυσμών για αρκετά είδη αγριόπαπιων αλλά και μεγάλης σημασίας ζώνες ανάπτυξης των ψαριών.

Είναι μια ειδική ζώνη του ευρύτερου χώρου των εκβολών που υφίσταται μεν την ανθρώπινη επίδραση αλλά που συνιστά ένα υποκατάστατο υγροτοπικό ενδιαίτημα κατά τη θερινή περίοδο. Πρόκειται για τους ορυζώνες που περιβάλλουν τους φυσικούς οικότοπους του Δέλτα. Το καλοκαίρι, στις ορυζοκαλλιέργειες τρέφονται πολλοί πελαργοί (*Ciconia ciconia*) διάφορα είδη ερωδιών καθώς επίσης μαυρογάρωνα (*Chlidonias sp.*), Κοκκίνοσκελήδες (*Tringa totanus*) και Καλαμοκανάδες (*Himantopus*).

Το Δέλτα του Σπερχειού είναι ο σημαντικότερος υγρότοπος που έχει απομείνει στην Κεντρική – Ανατολική Ελλάδα νοτίως της Μακεδονίας και μετά την αποξήρανση της Κάρλας και της Κωπαΐδας.

Το Δέλτα του Σπερχειού είναι μια πολύ σημαντική περιοχή για το ξεχειμώνασμα των πουλιών αλλά και για τη μετανάστευσή τους. Ο πληθυσμός των παπιών (*Anatidae*) ξεπερνά τις 10000 το χειμώνα και υπάρχουν περίπου 1300 διαχειμάζουσες Αβοκέπτες (*Recurvirostra avosetta*) και πάνω από 5000 παρυδάτια (*Charadriiformes*).

Απαντώνται επίσης μεγάλες συγκεντρώσεις παρυδάτιων και ερωδιών (*Ardeidae*) κατά τη μετανάστευση. Τα αρπακτικά (*Accipitriformes, Falconiformes*) βρίσκονται σε υψηλές πυκνότητες εκτός περιόδου αναπαραγωγής. Στο δέλτα έχει επίσης παρουσιαστεί κατά καιρούς η Λεπτόμυτα (*Numenius tenuirostris*), είδος που απειλείται παγκοσμίως με εξαφάνιση (Goutner and Handrinos 1990).

Γενικά, η орνιθοπανίδα του Δέλτα του Σπερχειού είναι φτωχή σε είδη κατά την περίοδο αναπαραγωγής αλλά πλούσια κατά το χειμώνα και κατά τις περιόδους μετανάστευσης. (N. Παπαδημητρίου 2010)

2.13.2 Θαλάσσιος χώρος στις εκβολές του Σπερχειού

Πρόκειται για το θαλάσσιο περιβάλλον με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά

- ✦ Σχετικά κλειστή θαλάσσια λεκάνη με εισροή μεγάλων ποσοτήτων γλυκών νερών, συνεπώς με χαρακτηριστικά λεκάνης αραιώσεως
- ✦ Έντονα ιλυώδης πυθμένας σε μεγάλη ακτίνα γύρω από τα στόμια των αξόνων εισροής (νέα κοίτη Σπερχειού και Αλαμάνα).
- ✦ Εποχιακή στρωμάτωση νερών γύρω από τα στόμια εισροής.
- ✦ Γεωμορφολογική και υδρολογική δυναμικότητα εξαιτίας της έντονης προσχωσιγενούς δράσης του Σπερχειού.

Υπάρχουν έντονα ανεπτυγμένα λιβάδια ζοστέρας, εκεί όπου έχει σταθεροποιηθεί ο πυθμένας και όπου διεισδύει επαρκώς το φως. Απαντάται πλούσιο ζωοβένθος εξαιτίας της οργανικής φόρτισης των νερών και της ιζηματογενούς δράσης. Τα ψάρια της ζώνης ύαλα περιλαμβάνουν μόνο τα θαλάσσια και ευρύαλα είδη.

Ο Μαλιακός είναι κλειστός κόλπος, με έναν εσωτερικό λοβό μέγιστου βάθους 27 m και ένα εξωτερικό τμήμα με βάθη που ξεπερνούν τα 50 m. Ο Μαλιακός ως ανοιχτό οικοσύστημα δέχεται διαρκώς εξωτερικές επιδράσεις και αλληλεπιδράσεις γειτνιαζόντων υποοικοσυστημάτων: χερσαίων, ατμοσφαιρικών και θαλάσσιων.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα του οικοσυστήματος του Μαλιακού είναι η εκβολή σε αυτόν του Σπερχειού και των χειμάρρων που εκφορτίζουν ποσότητες γλυκών νερών και φερτών υλών και διαμορφώνουν την ταυτότητά του

Η προσχωσιγενής δραστηριότητα του Σπερχειού και των ποταμοχειμάρρων δρα ως ασφυκτικός κλοιός και διαμορφώνει όχι μόνο την γενική γεωγραφία του Μαλιακού Κόλπου, αλλά και πολυσχιδή παράκτια περιβάλλοντα, χαρακτηριστικούς γεωτόπους και αντίστοιχους βιότοπους με ιδιαίτερη σημασία.

Το δίκτυο απορροής του Σπερχειού και των ποταμοχειμάρρων και η κυρίως η Τάφρος Λαμίας (γνωστή και ως Γερμανική Τάφρος) είναι οι κύριοι τροφοδότες του Μαλιακού σε ρυπαντικό φορτίο αστικών λυμάτων, βιομηχανικών αποβλήτων και γεωργικών απορροών.

Ο Μαλιακός έχει πύλες επικοινωνίας με την ανοιχτή θάλασσα, με το Αιγαίο μέσω του Διαύλου των Ορέων και με το Β. Ευβοϊκό κόλπο μέσω των στενών των Λιχαδονήσων. Η ιδιόμορφη γεωμορφολογία της μείζονος περιοχής Ευβοϊκού Μαλθακού – Διαύλου των

Ορέων έχει συντελέσει στην ύπαρξη αισθητών παλιρροιακών φαινομένων στην περιοχή αυτή που αποτελούν χαρακτηριστικό γνώρισμα της θαλάσσιας περιοχής.

Οι θερμοκρασίες των υδάτινων μαζών παρουσιάζουν ετήσια διακύμανση της τάξης των 10 °C (από 12 °C έως 22 – 23 °C). Η αλατότητα δείχνει εποχιακή διακύμανση των επιφανειακών κυρίως στρωμάτων, με χειμερινές τιμές περί τα 35 ppt και καλοκαιρινές 37 - 40 ppt. Κατά τη διάρκεια ενός ετήσιου κύκλου παρατηρείται θερμοκρασιακή στρωμάτωση της υδάτινης στήλης (θερμοκλίνες στα 10 – 20 m βάθος) και στρωμάτωση λόγω μεταβολών της αλατότητας (αλατοκλίνες περίπου σε 10 m βάθος). Η στρωμάτωση της στήλης νερού επηρεάζει την κυκλοφορία των υδάτινων μαζών και την ανταλλαγή τους με τα γειτονικά θαλάσσια υποσυστήματα.

Οι περιεκτικότητες σε θρεπτικά άλατα κυμαίνονται σε κανονικά μέχρι χαμηλά επίπεδα, με σχετικά αυξημένες τιμές αμμωνίας το φθινόπωρο, σε σταθμούς του εσωτερικού κόλπου (απόπλυση αζωτούχων λιπασμάτων). Ο λόγος αζώτου προς φώσφορο παρουσιάζει διακύμανση και απόκλιση από την ιδανική, για την αύξηση του φυτοπλαγκτόν, τιμή του 15:1. Σε αυτήν την διακύμανση τον ρόλο του περιοριστικού παράγοντα, κατά την χειμερινή περίοδο που τα νερά είναι εμπλουτισμένα σε άζωτο, έχει ο φώσφορος, ενώ αντίθετα κατά τη θερινή περίοδο το ρόλο αυτό φαίνεται να έχει το ανόργανο άζωτο.

Ως προς την κατάσταση της πρωτογενούς παραγωγής και της ανάπτυξης του φυτοπλαγκτόν, ο Μαλιακός κόλπος μπορεί να θεωρηθεί ως μεσοτροφική και δυνητικά ευτροφική περιοχή, με ευμετάβλητο οικολογικό χαρακτήρα, λόγω των γεωργικών δραστηριοτήτων και των αστικών λυμάτων.

Στην ανάπτυξη του ζωοπλαγκτού δρα η θολερότητα των νερών του Μαλιακού λόγω των αιωρούμενων λεπτόκοκκων φερτών υλικών. Έτσι ο Μαλιακός εμφανίζει γενικά (εκτός της εποχής της άνοιξης) χαμηλές τιμές αφθονίας, κυρίως στον εσωτερικό Μαλιακό σε σχέση με τον εξωτερικό.

Στο φυτοβένθος της παράκτιας ζώνης παρατηρείται σε ορισμένα μόνο σημεία μια μείωση του αριθμού των ειδών και επικράτηση ορισμένων άλλων ειδών, δεικτών ευτροφικής ρύπανσης. Το ζωοβένθος συνθέτει την βιοκοινωνία της παράκτιας χερσογενούς ιλύος και χαρακτηρίζεται από μικρό αριθμό ειδών, μικρό δείκτη ποικιλότητας και ομοιομορφίας που είναι συνέπεια του γρήγορου ρυθμού ιζηματογένεσης που επικρατεί στον Μαλιακό. Στα ιζήματα του βυθού ανιχνεύθηκαν βαρέα μέταλλα και φυτοφάρμακα πράγμα που αποτελεί σοβαρό σήμα κινδύνου. (N. Παπαδημητρίου 2010)

2.14 Αξιολόγηση ποιοτικής κατάστασης υδάτων

Ο Σπερχειός αποτελεί τον αποδέκτη των απορροών του μεγαλύτερου μέρους των γεωργικών εκτάσεων του νομού Φθιώτιδας. Στο Σπερχειό καταλήγουν επίσης τα λύματα της Λαμίας μετά από προχωρημένη επεξεργασία με απομάκρυνση άνθρακα και αζώτου, καθώς και τα επεξεργασμένα λύματα της Βιομηχανικής Περιοχής Λαμίας. (Δ. Κουτσογιάννης, 2003)

Η υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων του Σπερχειού ποταμού, στα τμήματα που αυτή επικρατεί, τοποθετείται κυρίως στα εξής αίτια (Ν. Κακαβάς, 1984):

1. Για το πεδινό τμήμα:

- Στην άφθονη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων για τις διάφορες καλλιέργειες.
- Στη διάθεση των λυμάτων και αποβλήτων των βιομηχανιών και βιοτεχνιών, ιδιαίτερα στο ανατολικό τμήμα, στις παράκτιες περιοχές και σε περιοχές κοντά στις εκβολές του Σπερχειού ποταμού

2. Για τους ορεινούς οικισμούς:

- Στην έλλειψη αποχετευτικών δικτύων, με αποτέλεσμα τα περισσότερα πηγάδια να έχουν μετατραπεί σε απορροφητικούς βόθρους. Σημαντική είναι και η υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων στο ανατολικό πεδινό τμήμα της λεκάνης λόγω της υφαλμύρισης των εδαφών.

Το βασικότερο κριτήριο για τις υφάλμυρες ζώνες της περιοχής είναι η περιεκτικότητα του νερού σε χλώριο. Η αυξημένη παρουσία χλωρίων στους διάφορους υδροφόρους ορίζοντες της περιοχής αυτής οφείλεται (Ν. Κακαβάς, 1984):

1. Στη διείσδυση του θαλασσινού νερού και στον εμπλουτισμό με αυτόν τον τρόπο των υδροφόρων οριζόντων.
2. Στην πλευρική διάχυση, προς τις προσχώσεις, των υδάτων που προέρχονται από τις ρηξιγενείς θερμομεταλλικές πηγές «Ψωρονέρια» και «Θερμοπύλες».
3. Στο ατμοσφαιρικό νερό το οποίο προέρχεται κυρίως από την εξάτμιση της θάλασσας και το οποίο επικάθεται στα επιφανειακά στρώματα (δημιουργώντας έτσι μια ευδιάκριτη αλατότητα των εδαφών) και από εκεί διηθείται ανάλογα προς τα βαθύτερα στρώματα αλλοιώνοντας έτσι και την ποιότητα του υπόγειου νερού.

κεφάλαιο

3

Περιοχή μελέτης

3. Περιοχή μελέτης

3.1 Περιγραφή της περιοχής

➤ **Γεωγραφική θέση, φυσικά ή τεχνητά όρια - Μορφολογία – Ανάγλυφο - Κλίσεις**

Η περιοχή ενδιαφέροντος γεωγραφικά βρίσκεται ανατολικά – νοτιοανατολικά της Λαμίας, στο μυχό του Μαλιακού Κόλπου και νοτιοδυτικά του όρους Όρθυς. Οριοθετείται από το νότο από την νέα κοίτη του Σπερχειού ποταμού. Δυτικά από τμήμα του αυτοκινητοδρόμου ΠΑΘΕ, από τμήμα του αυτοκινητοδρόμου εισόδου στη Λαμία και από τμήμα του ρέματος «Ξηριάς», ενός ανεξάρτητου χειμάρρου χωρίς θερινή ροή. Από το βορρά έχουμε την παλαιά εθνική οδό Λαμίας – Βόλου και από ανατολικά φυσικό όριο αποτελεί τμήμα της ακτογραμμής του Μαλιακού και τμήμα του ανατολικού ορίου του γεωργικού αναδασμού της Ροδίτσας. Στην περιοχή μελέτης περιλαμβάνονται, όπως προαναφέρθηκε, οι εκτάσεις του γεωργικού αναδασμού Ροδίτσας – Μεγάλης Βρύσης – Αυλακίου τις οποίες διαχειρίζεται ο ΤΟΕΒ Ροδίτσας, ο οποίος ανήκει στο ομώνυμο Τοπικό Διαμέρισμα του Δήμου Λαμιέων. Επίσης περιλαμβάνονται τα Τοπικά Διαμερίσματα της Ροδίτσας και Μεγάλης Βρύσης.

Η υπό μελέτη περιοχή, από άποψη φυσιογραφίας αποτελεί κλασσική περίπτωση ποταμιού Δέλτα, που σχηματίστηκε από τη στερεοπαροχή (φερτές ύλες) του ποταμού Σπερχειού, του οποίου η παλαιά κοίτη περνούσε νοτιότερα της περιοχής ενδιαφέροντος (περιοχή Ανθήλης) με κατεύθυνση ανατολική έως βορειοανατολική και κατέληγε στο Μαλιακό κόλπο. Η παλαιά αυτή κοίτη ο οποίος συχνότατα πλημμύριζε, υπάρχει μέχρι και σήμερα.

Από άποψη υψομέτρου η περιοχή βρίσκεται μεταξύ 0.0 m και 4.50 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και οι κλίσεις της είναι μικρές και δεν υπερβαίνουν την τιμή του 3%. Οι κατά θέσεις και σε όχι ασήμαντη έκταση χαμηλές τιμές κλίσεων, σε συνδυασμό με τις δυσμενείς υδρολογικές συνθήκες, δημιουργούν προϋποθέσεις ανεπαρκούς απορροής και στραγγίσεως. Το τελευταίο ισχύει κυρίως για χρονιές με πολλές βροχοπτώσεις. (Ν. Παπαδημητρίου, 2010)



Εικόνα 16: Περιοχή ενδιαφέροντος στο δορυφορικό χάρτη (Πηγή: Google Earth)

➤ Κλίμα της περιοχής

Η περιοχή της κοιλάδας του Σπερχειού, όπου είναι έντονη η επίδραση της θάλασσας, έχει τυπικό Μεσογειακό κλίμα το οποίο χαρακτηρίζεται από θερμό και ξηρό καλοκαίρι και ήπιο χειμώνα, ενώ προς το εσωτερικό της λεκάνης το κλίμα μεταβάλλεται σταδιακά προς ηπειρωτικό.

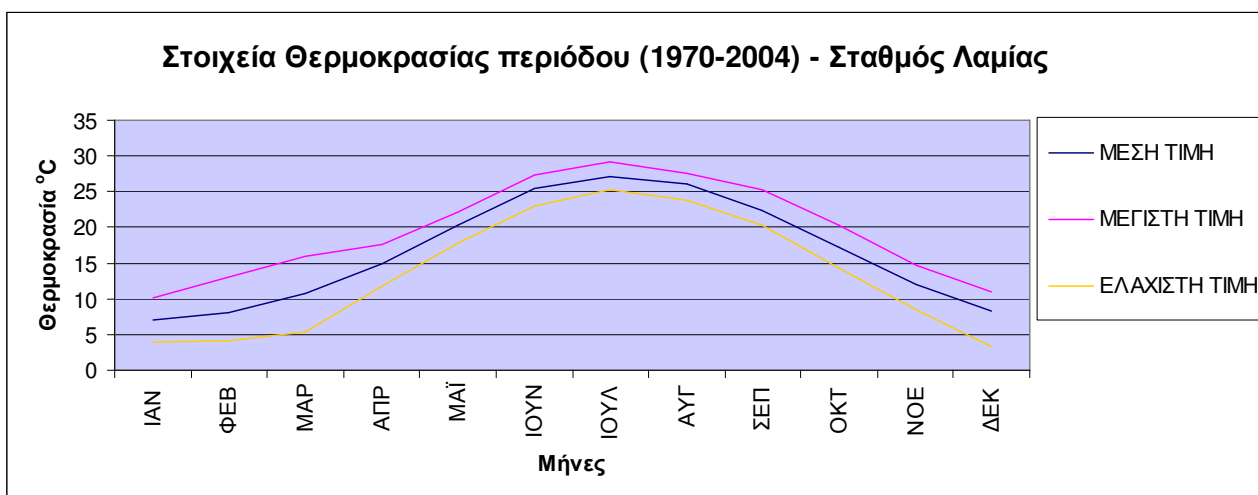
Η λεκάνη του Σπερχειού και ειδικότερα το ανατολικό της άκρο περιβάλλεται όπως έχει ήδη αναφερθεί από τους ορεινούς όγκους της Όρθους, των Βαρδουσίων, της Οίτης, του Καλλιδρόμου και του Τυμφρηστού. Η ύπαρξη των ορεινών αυτών όγκων επηρεάζει την κίνηση των συστημάτων του καιρού, ιδιαίτερα των υφέσεων και των μετώπων, τροποποιώντας την ισχύ των φαινομένων που τα συνοδεύουν, συντελώντας δηλαδή στη δημιουργία ιδιαίτερων τοπικών κλιματικών χαρακτηριστικών. Οι τοπικές συνθήκες ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας, σε συνδυασμό με τη γεινίαση της περιοχής μελέτης με τη θάλασσα και το ανάγλυφο της περιοχής, δημιουργούν ιδιαίτερες μικροκλιματικές συνθήκες. Το κλίμα της περιοχής της Λαμίας κατατάσσεται, κατά Κορρη στην κατηγορία Csa, δηλαδή ως μεσογειακό ενδοχώρας, με ήπιους χειμώνες και ξηρό και ζεστό θέρος. (ΔΕΥΑΛ, ΙΕΒ - ΕΘΙΑΓΕ, Μάρτιος 2009)

Στην περιοχή της Λαμίας πέφτουν σχετικά πολλές και ραγδαίες βροχές από τον Οκτώβριο ως το Μάρτιο και επικρατούν βόρειοι βορειοδυτικοί άνεμοι. Το μικροκλίμα διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με τη γειτνίαση με το Σπερχειό ποταμό, την απόσταση από τη θάλασσα και το υψόμετρο. Στην περιοχή υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (EMY) στη Λαμία, ο οποίος βρίσκεται σε θέση με γεωγραφικό πλάτος 38°24'N και μήκος 22°24'E και βρίσκεται σε υψόμετρο 17.4 μέτρων. Με βάση την περίοδο καταγραφής 1970 έως 2004, παρουσιάζονται τα παρακάτω στοιχεία σχετικά με τη μέση μηνιαία θερμοκρασία, τη βροχή και τη σχετική υγρασία στην περιοχή. (Δεδομένα: Ευγενική χορηγία EMY)

Πίνακας 3.1: Μέση, μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία αέρα στην περιοχή της Λαμίας σε °C

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Tmean	7,09	8,04	10,7	14,94	20,23	25,54	27,12	26,08	22,37	17,1	11,97	8,2
Tmax	10,2	12,97	15,89	17,68	22,06	27,34	29,13	27,51	25,17	20,38	14,62	11,07
Tmin	3,95	4,14	5,29	11,89	17,72	22,96	25,21	23,78	20,37	14,25	8,56	3,3

(Δεδομένα: Ευγενική χορηγία EMY)



Σχήμα 1: Μέση, μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία αέρα

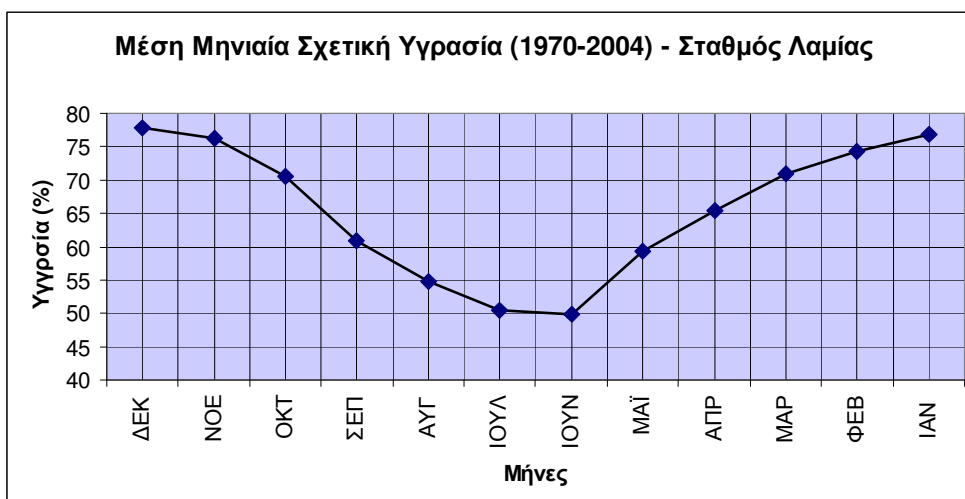
Γίνεται φανερό ότι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι δύο θερμότεροι μήνες με τιμές θερμοκρασίας 29.13 °C και 27.51 °C αντίστοιχα. Ψυχρότερος μήνας του έτους είναι ο Δεκέμβριος με θερμοκρασία 3.3 °C.

Η μέση μηνιαία σχετική υγρασία στην περιοχή μελέτης δίνεται στον παρακάτω πίνακα και παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.

Πίνακας 3.2: Μέση μηνιαία σχετική υγρασία στην περιοχή της Λαμίας (%)

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
76,88	74,23	71	65,36	59,36	49,95	50,36	54,76	60,86	70,63	76,23	77,8

(Δεδομένα: Ευγενική χορηγία ΕΜΥ)



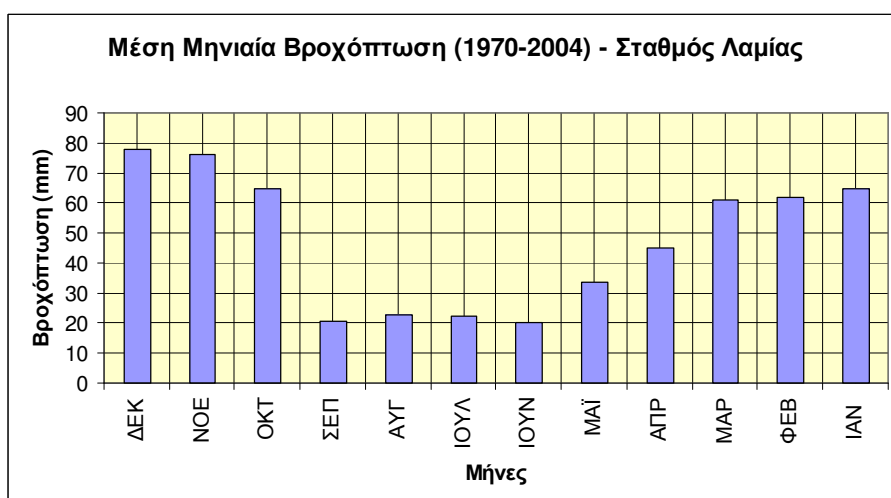
Σχήμα 2: Μέση μηνιαία σχετική υγρασία στον αέρα

Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΜΥ από μετρήσεις στο μετεωρολογικό σταθμό της Λαμίας στην περίοδο (1970 - 2004) η μέση μηνιαία βροχόπτωση δίνεται στον παρακάτω πίνακα και παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.

Πίνακας 3.3: Μέση μηνιαία βροχόπτωση στην περιοχή της Λαμίας σε mm

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΟΣ
64,76	61,79	60,86	45,1	33,71	20,11	22,19	22,66	20,57	64,7	75,95	77,76	567,2

(Δεδομένα: Ευγενική χορηγία ΕΜΥ)



Σχήμα 3: Μέση μηνιαία βροχόπτωση κάθε μήνα στη Λαμία

➤ Υδατικό Ισοζύγιο

Ο υδρολογικός κύκλος περιλαμβάνει μια σειρά διαδικασιών με τις οποίες το νερό κυκλοφορεί μεταξύ υδρόσφαιρας, ατμόσφαιρας, ξηράς και θάλασσας. Σε αυτή την αλυσίδα το νερό εμφανίζεται με όλες τις μορφές: υγρό, αέριο (υδρατμοί), στερεό (χιόνι, χαλάζι). Το σύνολο της ενέργειας που κατευθύνει τον κύκλο του νερού προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από τον ήλιο.

Το συνολικό φαινόμενο της κυκλοφορίας και κατανομής του νερού στην ατμόσφαιρα και τη γη μπορεί να εκφρασθεί από τη σχέση: $P = R + E + I + dw + dq + q$

Όπου: P = τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, χαλάζι κλπ)

E = η πραγματική εξατμοδιαπνοή

R = η επιφανειακή απορροή

I = η κατείσδυση

dw = η μεταβολή των αποθεμάτων του υπογείου νερού

dq = το αποτέλεσμα της ανθρώπινης επέμβασης

q = οι εξωτερικές εισροές και εκροές

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

Με τις προϋποθέσεις ότι οι υδρολογικές λεκάνες αποτελούν αυτοτελή συστήματα και ότι οι ανθρώπινες παρεμβάσεις και οι μεταβολές των αποθεμάτων του υπόγειου νερού είναι αμελητέες, το συνολικό φαινόμενο της κυκλοφορίας και κατανομής του νερού στην ατμόσφαιρα και τη γη παίρνει τη μορφή: $P = R + E + I$ (Castany, 1968)



Εικόνα 17: Ο κύκλος του νερού (www.usgcrp.gov)

Για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου στο μετεωρολογικό σταθμό της Λαμίας εφαρμόστηκε η μέθοδος που αναπτύχθηκε από τους Thornthwaite και Mather (1955, 1957). Πρόκειται για μία μέθοδο που έχει εφαρμοσθεί ευρύτατα στον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου και στην οποία απαιτούνται ως δεδομένα μόνο οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες και οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις.

Ο Thornthwaite (1946) βρήκε ότι υπάρχει μια σαφής σχέση ανάμεσα στη δυνητική εξατμοδιαπνοή, τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, τη γεωγραφική θέση και την εποχή. Η εμπειρική σχέση που διατύπωσε και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ολικής δυνητικής εξατμοδιαπνοής μιας περιοχής χωρίς ιδιαίτερη αναφορά σε συγκεκριμένες καλλιέργειες ή συστήματα εκμετάλλευσης έχει τη μορφή:

$$E_{pi} = 16 * \left[\frac{(10 * T_i)}{J} \right]^a * \left[\frac{(\mu * N)}{360} \right]$$

Όπου:

E_{pi} = μέση μηνιαία τιμή της δυνητικής εξατμοδιαπνοής σε mm

T_i = μέση μηνιαία θερμοκρασία σε °C

μ = ο αριθμός ημερών του μήνα

N = η μέση αστρονομική διάρκεια της μέρας

$a = 0.000000675(J)^3 - 0.0000771(J)^2 + 0.01792(J) + 0.49239$ (εμπειρική παράμετρος)

$J = \sum_{ij} (ετήσιος\ θερμικός\ δείκτης - annual\ heat\ index)$

$ij = (T_i / 5)^{1.514}$, ο μηνιαίος δείκτης θερμοκρασίας

Σύμφωνα με το μοντέλο των Thornthwaite and Mather η ποσότητα του ύδατος η οποία αποθηκεύεται μέσα στο έδαφος εξαρτάται από τη φύση του εδάφους και οπωσδήποτε δεν μπορεί να υπερβεί κάποιο μέγιστο όριο, το οποίο καθορίζεται από την ικανότητα κατακράτησης υγρασίας του εδάφους (Soil moisture capacity - S_{to}). Στη συγκεκριμένη εφαρμογή έχει χρησιμοποιηθεί η τιμή $S_{to} = 100\text{mm}$. Τα ποσά της αποθηκευμένης υγρασίας μέσα στο έδαφος δίνονται από τη μεταβλητή S_i (Soil moisture storage) για κάθε μήνα. Η υγρασία προστίθεται ή αφαιρείται από το έδαφος, ανάλογα με το αν η τιμή της βροχόπτωσης (P_i) κάθε μήνα είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την αντίστοιχη δυνητική εξατμοδιαπνοή (E_{pi}) ή (E_{Δ}).

Έτσι αφού υπολογίστηκε η δυνητική εξατμοδιαπνοή όπως περιγράφηκε παραπάνω, υπολογίζεται για κάθε μήνα το αθροιστικό δυνατό υδατικό έλλειμμα εδάφους

(APWL) διαφορετικά, ανάλογα με το αν υπάρχει πλεόνασμα ή έλλειμμα δηλαδή αν $P_i > E_{\Delta}$ ή $P_i < E_{\Delta}$. Στη συνέχεια υπολογίζεται η εδαφική υγρασία S_t ή αλλιώς το ωφέλιμο απόθεμα νερού στο έδαφος W (σε mm) και ελέγχεται με την υγρασιακή ικανότητα του εδάφους S_{t0} που είναι η μέγιστη τιμή υγρασίας που μπορεί να υπάρξει (εδώ χρησιμοποιείται η τιμή $S_{t0}=100$ mm για συνήθεις λεκάνες) Έπειτα υπολογίζεται η υγρασιακή απώλεια ή αλλιώς η κατανάλωση της εδαφικής υγρασίας ΔSt και μέσω αυτής η πραγματική εξατμοδιαπνοή E_r .

Αν η βροχόπτωση υπερβαίνει της δυνητικής εξατμοδιαπνοής τότε η πραγματική εξατμοδιαπνοή $E_r = E_{\Delta}$. Η διαφορά ($P - E_{\Delta}$) αποθηκεύεται στο έδαφος μέχρι να επέλθει ο κορεσμός από υγρασία.

Αν οι μηνιαίες βροχοπτώσεις είναι μικρότερες από την δυνητική εξατμοδιαπνοή E_{Δ} τότε η πραγματική εξατμοδιαπνοή E_r για κάθε μήνα είναι ίση με την βροχόπτωση P_i αφαιρώντας την υγρασιακή απώλεια ΔSt .

Τέλος, όταν $P < E_{\Delta}$ η διαφορά μεταξύ E_{Δ} και E_r είναι το έλλειμμα νερού, ενώ σε διαφορετική περίπτωση όταν $P > E_{\Delta}$ είναι το πλεόνασμα της ποσότητας νερού ένα μέρος του οποίου θα αποτελέσει τη μελλοντική απορροή και ένα άλλο μέρος την κατεΐσδυση. Επίσης υπολογίζονται ο συντελεστής πραγματικής εξατμοδιαπνοής (%) και ο συντελεστής ολικής απορροής (%) κατά Thornthwaite. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται συγκεντρωτικά τα μεγέθη που περιγράφηκαν παραπάνω.

Πίνακας 3.4: Συγκεντρωτικά οι τιμές των μεγεθών που εμπλέκονται στη μέθοδο Thornthwaite and Mather

Υπολογισμός εξατμοδιαπνοής κατά Thornthwaite					$S_{t0} =$	100	$\alpha =$	1,766	Συντ. Πρ. εξατμοδ. κατά Thornthwaite				73,1%
	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	Ο	N	Δ	Σ/Μ.Ο.
$T^{\circ}C$	7,09	8,04	10,7	14,94	20,23	25,54	27,12	26,08	22,37	17,1	11,97	8,2	16,6
i	1,70	2,05	3,16	5,24	8,30	11,81	12,93	12,19	9,66	6,43	3,75	2,11	79,36
E_{Δ}'	13,1	16,4	27,1	48,9	83,5	126,1	140,2	130,9	99,8	62,1	33,1	17,0	
n	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,8	
E_{Δ}	10,9	13,6	27,9	54,3	104,4	158,9	178,1	155,7	103,8	59,6	27,1	13,6	907,88
P (mm)	64,76	61,79	60,86	45,1	33,71	20,11	22,19	22,66	20,57	64,7	75,95	77,76	570,2
Έλλειμμα	0,0	0,0	0,0	9,2	70,7	138,8	155,9	133,1	83,2	0,0	0,0	0,0	
Πλεον.	53,9	48,2	32,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	48,8	64,2	
APWL	0,0	0,0	0,0	-9,2	-79,9	-218,7	-374,6	-507,6	-590,8	0,0	0,0	0,0	
St	100,0	100,0	100,0	91,2	45,0	11,2	2,4	0,6	0,3	5,4	54,2	100,0	
ΔSt	0,0	0,0	0,0	-8,8	-46,2	-33,7	-8,9	-1,7	-0,4	5,1	48,8	45,8	
E_r	10,9	13,6	27,9	53,9	80,0	53,9	31,1	24,4	20,9	59,6	27,1	13,6	416,8
Ελλ. νερού	0,0	0,0	0,0	0,4	24,5	105,0	147,0	131,3	82,9	0,0	0,0	0,0	
Ολ. Απορροή	53,9	48,2	32,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,4	153,4

Η μέση ετήσια πραγματική εξατμοδιαπνοή ανέρχεται σε 416.8 mm ή 73.1%. Η διαφορά της πραγματικής εξατμοδιαπνοής από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα αποτελεί το πλεόνασμα νερού που αντιστοιχούν στις διαδικασίες της επιφανειακής απορροής και της κατεΐσδυσης. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα αποτελέσματα της μεθόδου Thornthwaite and Mather με βάση τα δεδομένα του σταθμού της Λαμίας.

Πίνακας 3.5: Υδατικό ισοζύγιο (mm) κατά Thornthwaite and Mather στην περιοχή της Λαμίας

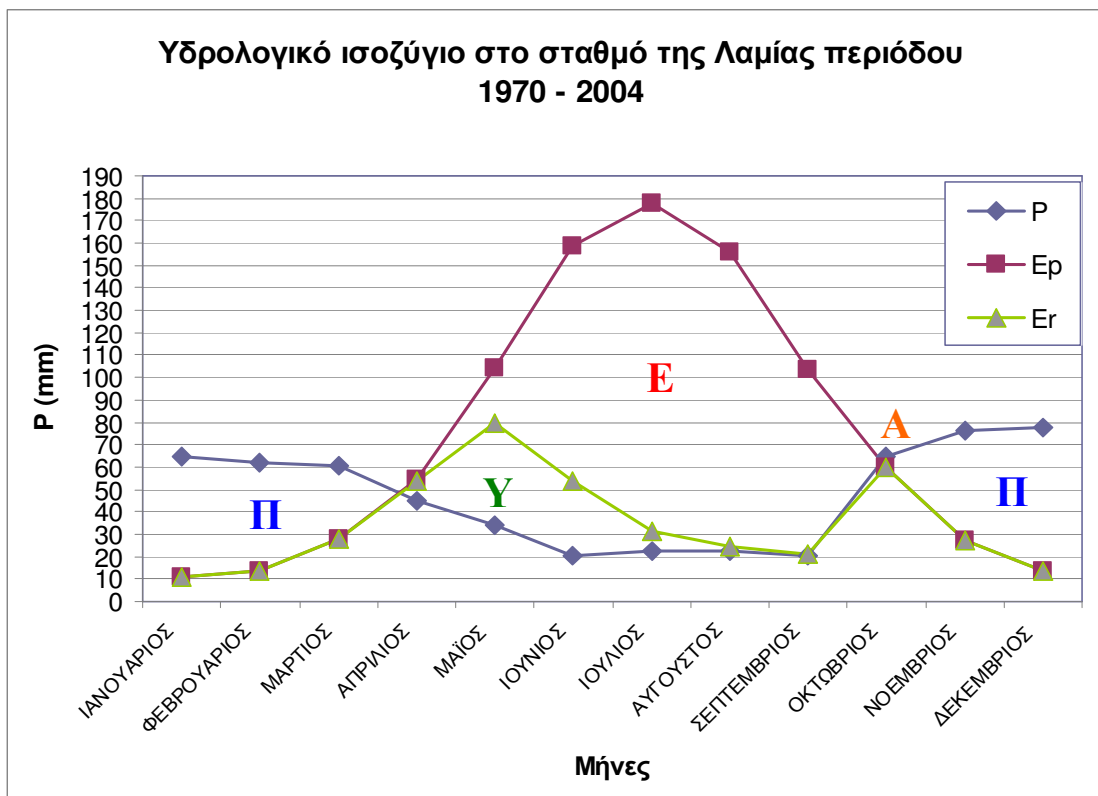
Μήνας	P	Θ	W	Er	Er	S
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	64,76	7,09	100,00	10,88	10,88	53,88
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	61,79	8,04	100,00	13,59	13,59	48,20
ΜΑΡΤΙΟΣ	60,86	10,7	100,00	27,94	27,94	32,92
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	45,1	14,94	91,22	54,29	53,88	0,00
ΜΑΪΟΣ	33,71	20,23	44,97	104,44	79,96	0,00
ΙΟΥΝΙΟΣ	20,11	25,54	11,22	158,89	53,85	0,00
ΙΟΥΛΙΟΣ	22,19	27,12	2,36	178,07	31,05	0,00
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	22,66	26,08	0,62	155,72	24,40	0,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	20,57	22,37	0,27	103,78	20,92	0,00
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	64,7	17,1	5,37	59,60	59,60	0,00
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	75,95	11,97	54,20	27,12	27,12	0,00
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	77,76	8,2	100,00	13,56	13,56	18,40
ΣΥΝΟΛΟ	570,16			907,88	416,76	153,4
ΠΟΣΟΣΤΟ	100%				73%	27%

P = Κατακρημνίσματα (mm) Θ = Θερμοκρασία (°C)

W = Ωφέλιμο Απόθεμα στο έδαφος (mm)

Er = Δυναμική Εξατμοδιαπνοή (mm) Er = Πραγματική Εξατμοδιαπνοή (mm)

S = Απορροή + Κατεΐσδυση (mm)



Σχήμα 4: Υδατικό ισοζύγιο στο σταθμό της Λαμίας

Όπου: P = βροχή (σε mm),

E_p = δυνητική εξατμισοδιαπνοή,

E_r =πραγματική εξατμισοδιαπνοή (σε mm)

(Π : πλεόνασμα νερού, Υ : χρησιμοποίηση εδαφικής υγρασίας,

E : έλλειμμα νερού, A : αναπλήρωση του νερού του εδάφους)

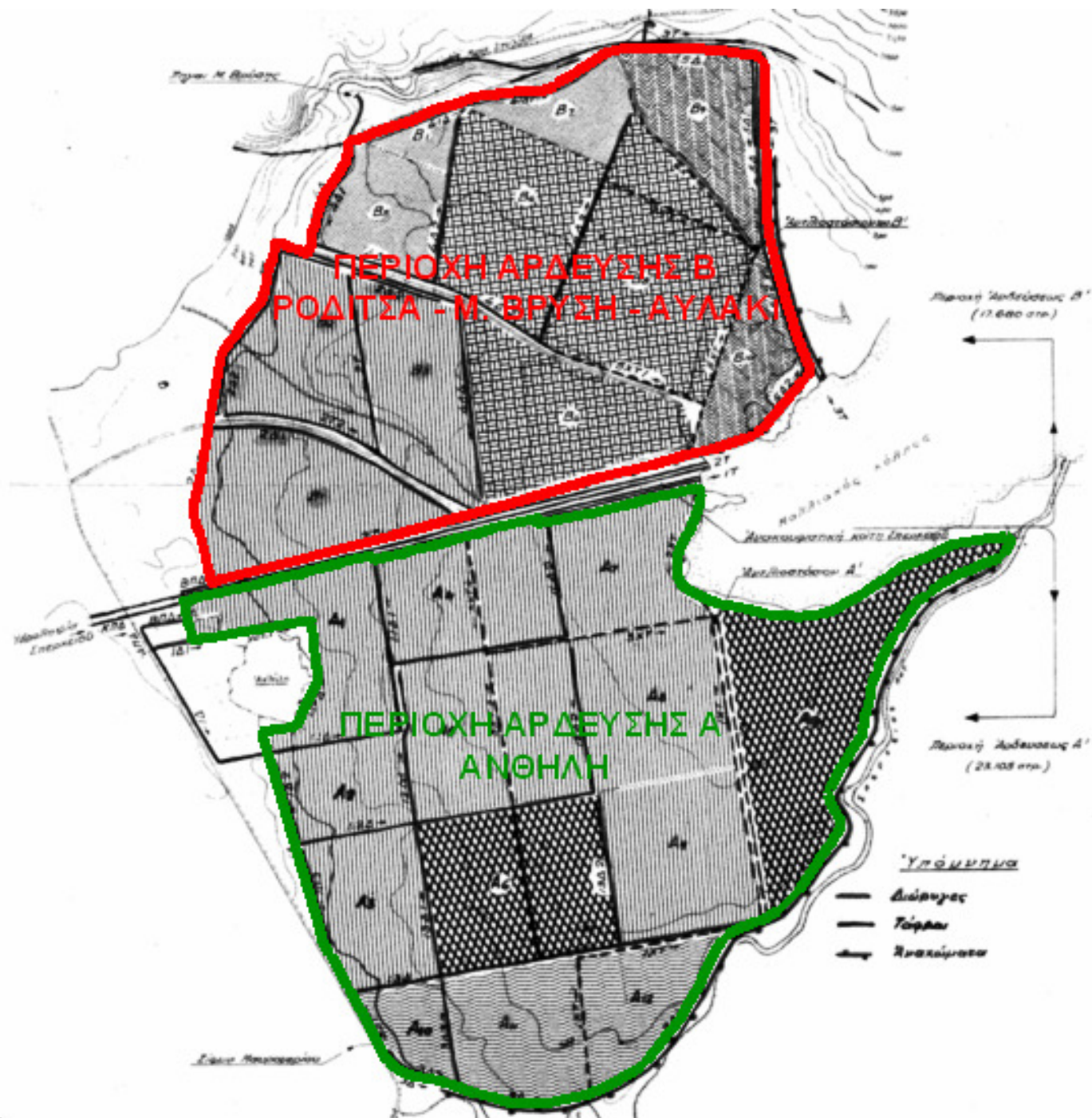
Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται το μέσο υδατικό ισοζύγιο του σταθμού της Λαμίας, από το οποίο προκύπτει ότι: **Έλλειμμα νερού υπάρχει από τα μέσα Απριλίου έως τα μέσα του Οκτωβρίου, γι' αυτό την περίοδο αυτή είναι αυξημένες οι αρδευτικές ανάγκες στη περιοχή. Η χρησιμοποίηση της εδαφικής υγρασίας πραγματοποιείται από τα μέσα Απριλίου μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου. Η αναπλήρωση της εδαφικής υγρασίας πραγματοποιείται από τα μέσα του μήνα Οκτωβρίου, ενώ πλεόνασμα νερού εμφανίζεται την περίοδο από τα μέσα Οκτωβρίου έως και τα μέσα Απριλίου.**

3.2 Ιστορικό εγγειοβελτιωτικών έργων στην περιοχή

Πριν το 1949 το μοναδικό έργο στην μελετούμενη περιοχή που κατασκευάστηκε ήταν η Τάφρος Λαμίας ή αλλιώς Γερμανική Τάφρος. Άρχισε να κατασκευάζεται προπολεμικά και ολοκληρώθηκε από την τέως Δ.Υ.Κ. Υπουργείου Γεωργίας κατά τα έτη 1948 - 49. Η εν λόγω τάφρος αποτελεί μία αποστραγγιστική τάφρο η οποία δέχεται όμβρια ύδατα, τα νερά του χειμάρρου Ξηριά (Λαμίας), άλλων μικρών ρεμάτων της περιοχής βόρεια της τάφρου και τα νερά των στραγγιστικών δικτύων της πεδινής περιοχής. Στην τάφρο αυτή καταλήγουν και τα λύματα της ΕΕΛ Λαμίας.

Από το έτος 1949 το Υπουργείο Γεωργίας σε στενή συνεργασία με την αρμόδια Υπηρεσία της αμερικανικής αποστολής Σχεδίου Μάρσαλ, άρχισε την τμηματική εκτέλεση έργων αξιοποίησης των αλατούχων εδαφών επί της αριστερής όχθης του Σπερχειού. Τα έργα αξιοποίησης αφορούσαν την κατασκευή των αναγκαίων υδραυλικών δικτύων (αρδευτικών και στραγγιστικών) για τον σχηματισμό ορυζώνων. Μέσω αυτών των έργων επιδιώχθηκε η εξυγίανση των αλατούχων εδαφών για την έκπλυση των αλάτων σε συνδυασμό με την ορυζοκαλλιέργεια.

Στη συνέχεια με μια γενική προμελέτη (1960 - 1962) καθορίστηκε σε σχέδιο η γενικότερη αξιοποίηση της περιοχής, βάση αυτού και αναλόγως της καθεμιάς διατιθέμενης πίστωσης εκτελέστηκαν διάφορα έργα. Έτσι έγινε η προμελέτη σε γενικό σχέδιο του αποστραγγιστικού, αρδευτικού και οδικού δικτύου και με τα μηχανήματα της Μηχανοκαλλιέργειας εκτελέστηκαν οι χωματουργικές εργασίες αυτών των δικτύων στη μεγαλύτερη έκταση. Σύμφωνα με την λεγόμενη μελέτη η εξυπηρετούμενη έκταση από τα αρδευτικά δίκτυα διαιρείται σε δύο περιοχές άρδευσης με γραμμή διαχωρισμού την Νέα κοίτη του Σπερχειού ποταμού ή αλλιώς ανακουφιστική κοίτη Σπερχειού. Στην περιοχή Α (Ανθήλη, 23105 στρέμματα) κατάντη της νέας κοίτης και στην περιοχή Β (Ροδίτσα – Μ. Βρύση - Αυλάκι, 17680 στρεμ), η οποία τυγχάνει να αποτελεί τμήμα της περιοχής μελέτης της παρούσας εργασίας. Στη συνέχεια ακολουθεί η περιγραφή της διάρθρωσης τόσο του αρδευτικού όσο και του στραγγιστικού δικτύου της περιοχής Β σύμφωνα με τη με Μελέτη Αξιοποίησης Περιοχής Μ. Βρύσης – Ανθήλης [Φθιώτιδος] Γενική Διάταξις Έργων, Ι. Καραμπατζός, Αθήνα 1962.



Εικόνα 18: Περιοχές άρδευσης σύμφωνα με τη με Μελέτη Αξιοποίησης Περιοχής Μ. Βρύσης – Ανθήλης [Φθιώτιδος] Γενική Διάταξις Έργων, Ι. Καραμπατζός, Αθήνα 1962

➤ **Αρδευτικό Δίκτυο Περιοχής Β (Ροδίτσα – Μ. Βρύση – Αυλάκι)**

Η αρδεύσιμη έκταση χωρίζεται σε 4 Ζώνες Άρδευσης με βασικό κριτήριο διαχωρισμού τις πηγές τροφοδοσίας του αρδεύσιμου νερού κάθε ζώνης.

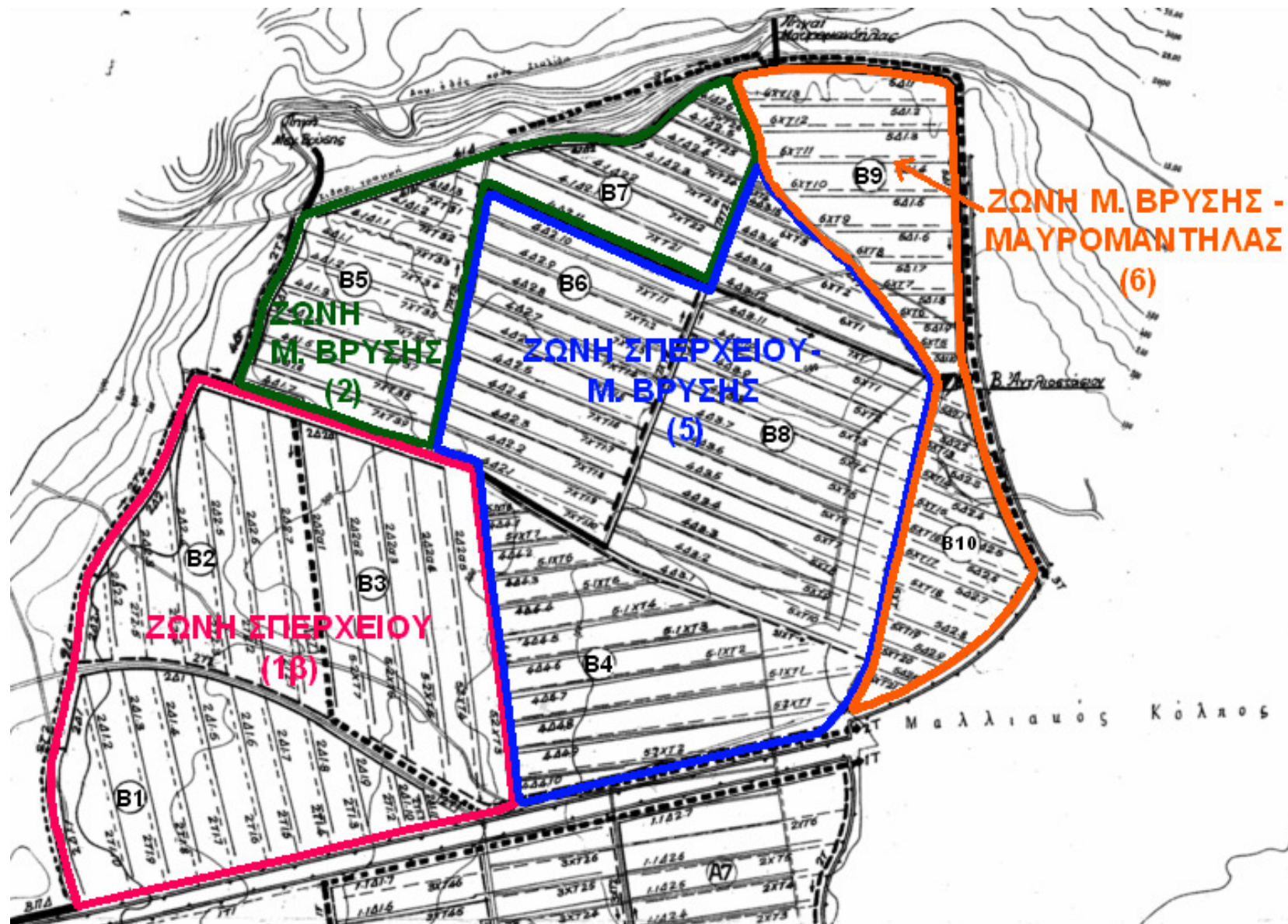
- 1^η Ζώνη: Ζώνη Σπερχειού 1β (τροφοδοτείται αποκλειστικά από το Σπερχειό)
- 2^η Ζώνη: Ζώνη Μ. Βρύσης 2 (τροφοδοτείται αποκλειστικά από τις πηγές Μ. Βρύσης).
- 3^η Ζώνη: Ζώνη Σπερχειού – Μ. Βρύσης 5 (τροφοδοτείται συγχρόνως και από το Σπερχειό αλλά και από τις πηγές της Μ. Βρύσης).
- 4^η Ζώνη: Ζώνη Μ. Βρύσης – Μαυρομαντήλας 6 (τροφοδοτείται συγχρόνως και από τις πηγές της Μ. Βρύσης αλλά και από τις πηγές της Μαυρομαντήλας).

Οι ζώνες άρδευσης υποδιαιρούνται σε 10 Τομείς Άρδευσης (B1, B2, B3,..., B10), η καθεμία από τις οποίες εξυπηρετείται από μία Δευτερεύουσα διώρυγα. Τέλος οι Τομείς Άρδευσης υποδιαιρούνται σε εδαφικές μονάδες άρδευσης οι οποίες εξυπηρετούνται από μία τριτεύουσα διώρυγα.

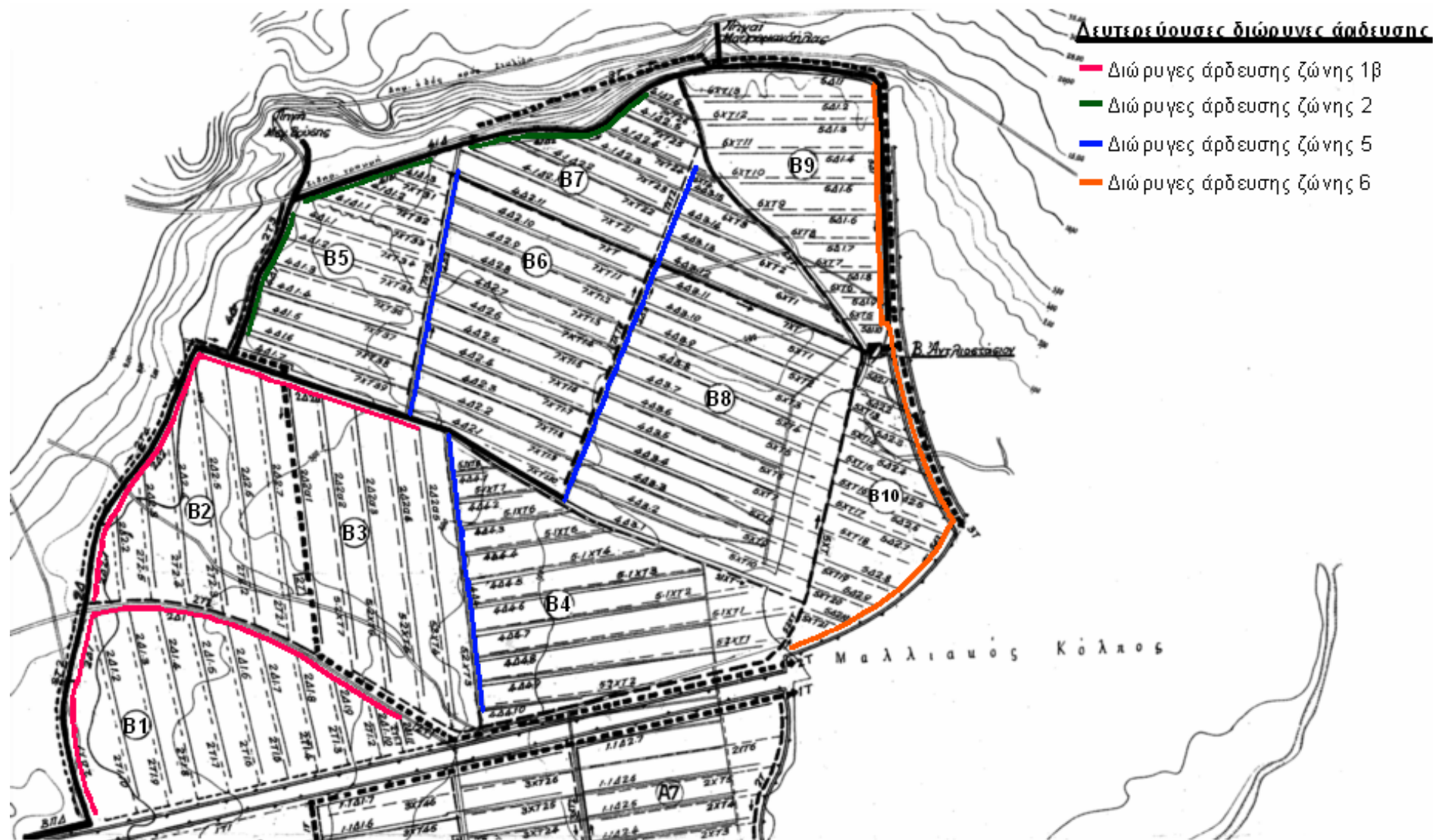
Πίνακας 3.6: Κατανομή αρδεύσιμης έκτασης σε Ζώνες και Τομείς

Περιοχή άρδευσης Β (Ροδίτσα - Μ.Βρύση - Αυλάκι)				
Ζώνες Άρδευσης	Τομείς Άρδευσης	Εξυπ. έκταση (στρ.)		Δευτερ. Διώρυγα
		Μερική	Ολική	
Σπερχειού (1β)	B1	2100	5980	2Δ1
	B2	2050		2Δ2
	B3	1.830		2Δ2α
Μ.Βρύσης (2)	B7	770	2050	41Δ
	B5	1280		4Δ1
Σπερχ. - Μ.Βρύσης (5)	B6	2300	7130	4Δ2
	B8	2650		4Δ3
	B4	2180		4Δ4
Μ.Βρύσης - Μαυρομαντήλας (6)	B9	1720	2520	5Δ1
	B10	800		5Δ2

(πηγή: Μελέτη Αξιοποίησης Περιοχής Μ. Βρύσης – Ανθήλης [Φθιώτιδος]
Γενική Διάταξις Έργων, Ι. Καραμπατζός Αθήνα 1962)



Εικόνα 19: Ζώνες και τομείς άρδευσης στην περιοχή άρδευσης Β (Ροδίτσα – Μ. Βρύση – Αυλάκι)
 (σχεδίαση σε χάρτη από τη Μελέτη Αξιοποίησης Περιοχής Μ. Βρύσης – Ανθήλης [Φθιώτιδος] Γενική Διάταξις Έργων, Ι. Καραμπατζός Αθήνα 1962)



Εικόνα 20: Δευτερεύουσες διώρυγες άρδευσης ανά ζώνη άρδευσης (σχεδίαση σε χάρτη από τη Μελέτη Αξιοποίησης Περιοχής Μ. Βρύσης – Ανθήλης [Φθιώτιδος] Γενική Διάταξις Έργων, Ι. Καραμπατζός Αθήνα 1962)

➤ **Στραγγιστικό Δίκτυο Περιοχής Β (Ροδίτσα – Μ. Βρύση – Αυλάκι)**

Η περιοχή στράγγισης Β ταυτίζεται με την περιοχή άρδευσης Β. Η προς αξιοποίηση έκταση χωρίζεται σε δύο Ζώνες Στράγγισης, την Υψηλή και την Χαμηλή με τη διαχωριστική γραμμή την ισοϋψή των 3.0 m. Η παροχέτευση των πλεοναζόντων υδάτων της Υψηλής Ζώνης προς τη θάλασσα γίνεται με βαρύτητα, ενώ στη Χαμηλή Ζώνη λόγω των αρνητικών υψομέτρων (από τη στάθμη της θάλασσας), η στράγγιση απαιτεί άντληση.

Η στράγγιση στην Υψηλή Ζώνη επιτυγχάνεται από το κύριο στραγγιστικό σύστημα των τάφρων 2Τ και 3Τ, καλύπτει τους τομείς άρδευσης Β1 και Β2 συνολικής έκτασης 4150 στρεμμάτων. Από αυτές μόνο η 2Τ τροφοδοτείται από δύο δευτερεύουσες και αυτές με τη σειρά τους από τριτεύον δίκτυο, ενώ η 3Τ είναι καθαρά περιμετρική και διέρχεται εξ'ολοκλήρου εκτός της αρδευτικής περιμέτρου.

Η Χαμηλή Ζώνη Στράγγισης καλύπτει μία έκταση 13530 στρεμμάτων. Περιβάλλεται από τις τάφρους 2Τ, (2Τ2), 2Τ3, 3Τ και του παράκτιου αναχώματος μήκους 1,2 Km. Περιλαμβάνει τους τομείς άρδευσης Β3, Β4, Β5,..., Β10. Το κύριο Στραγγιστικό Δίκτυο αποτελείται από 3 κύριες τάφρους 5ΧΤ, 6ΧΤ και 7ΧΤ. Από τις τρεις αυτές κύριες τάφρους μόνο το δίκτυο της 6ΧΤ δεν περιλαμβάνει δευτερεύουσες τάφρους. Η Τάφρος 5ΧΤ δέχεται τα ύδατα του τριτεύοντος δικτύου μέσω δύο δευτερευουσών, ενώ η Τάφρος 7ΧΤ μέσω τριών δευτερευουσών. Οι κύριοι τάφροι της Χαμηλής Ζώνης Στράγγισης καταλήγουν στο αντλιοστάσιο, το οποίο τοποθετείται στις εκβολές της τάφρου 3Τ και περίπου στο μέσον της διαδρομής των κυρίων τάφρων 5ΧΤ και 6ΧΤ.

Συνοπτικά:

Τα έργα της Υψηλής Περιοχής Στράγγισης είναι:

1. Οι διαχωριστικές τάφροι Χαμηλής και Υψηλής περιοχής 2Τ και 3Τ (η 3Τ είναι καθαρά περιμετρική)
2. Η κάθετη συλλεκτήρια (τμήμα 1,8 km της 2Τ) μέσω της οποίας τα ύδατα της Υψηλής Περιοχής θα ακολουθούν τη χαμηλή περίμετρο.

Τα έργα της Χαμηλής Περιοχής Στράγγισης είναι τα εξής:

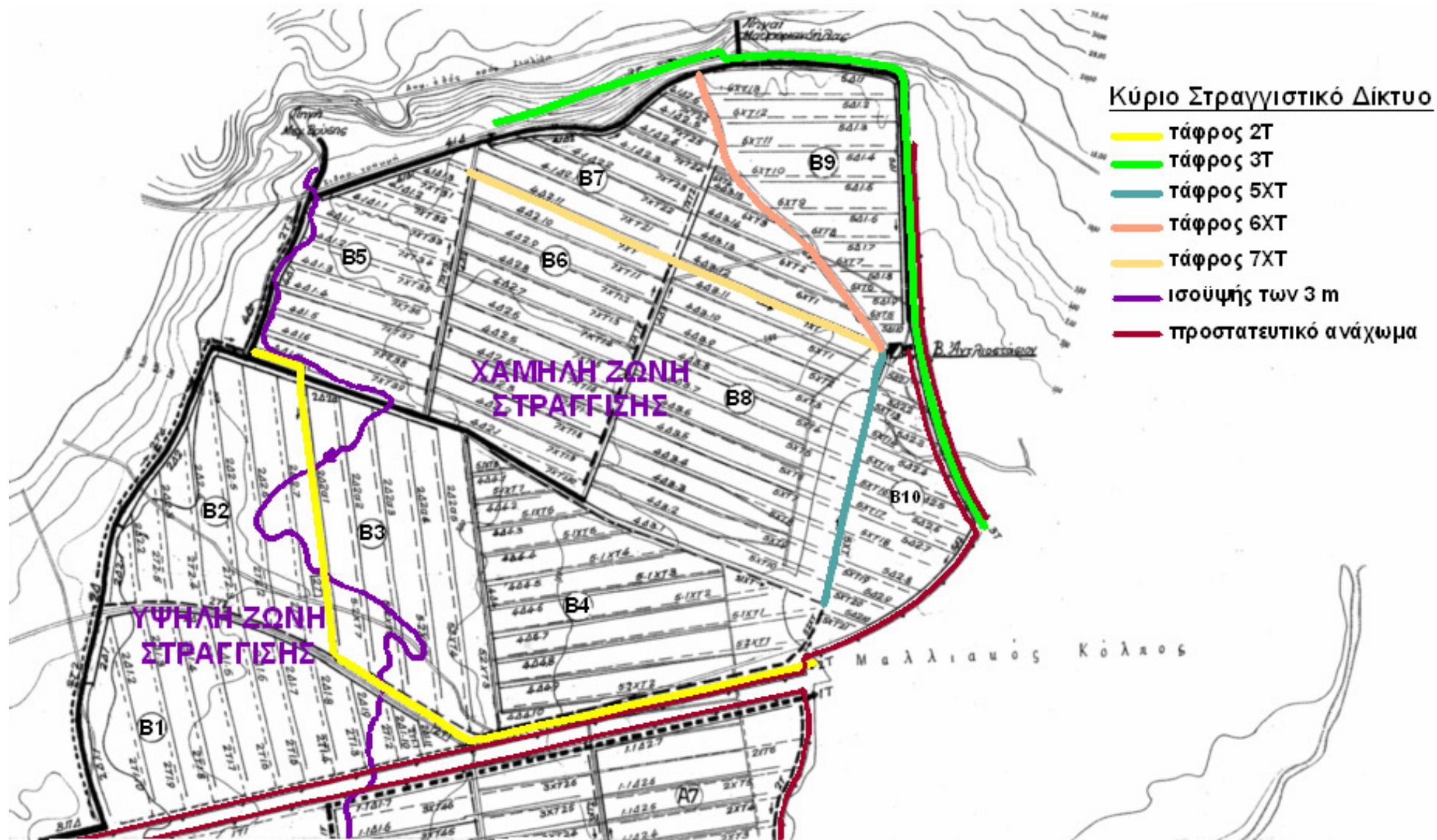
1. Οι περιμετρικές τάφροι 2Τ, 2Τ2, 2Τ3 και 3Τ.
2. Οι κύριες τάφροι 5ΧΤ έως 7ΧΤ που εκβάλλουν απευθείας στο αντλιοστάσιο.
3. Ενιαία ανυψωτική εγκατάσταση στράγγισης (αντλιοστάσιο) στο μέσον περίπου της παραλιακής λωρίδας.

4. Παράκτιο υδροστεγανό ανάχωμα 1.2 km με στάθμη στέψης 1.50 m, πλάτος στέψης 6.0 m με κλίση πρανών 1:1/2 και τέλος το πρανές προς τη θάλασσα θα είναι επενδυμένο με ξηρολιθοδομή πάχους 0.40 m ως προστατευτικό μέτρο έναντι της διαβρωτικής δράσης των κυματισμών της θάλασσας.

Η διάρθρωση του στραγγιστικού δικτύου περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα 3.7 και αποτυπώνεται στον παρακάτω χάρτη αναδασμού (εικόνα 21).

Πίνακας 3.7: Διάρθρωση στραγγιστικού δικτύου (πηγή: Μελέτη Αξιοποίησης Περιοχής Μ. Βρύσης – Ανθήλης [Φθιώτιδος] Γενική Διάταξις Έργων, Ι. Καραμπατζός, Αθήνα 1962)

Ζώνες Άρδευσης	Κύριες Τάφροι	Δευτερεύουσες Τάφροι	Τριτεύουσες Τάφροι	Εξυπηρετούμενη Έκταση (στρεμ.)	Τομείς Άρδευσης
Υψηλή	2Τ	2Τ1	2Τ1.1 - 2Τ1.10	2100	B1
			2Τ2.1 - 2Τ2.6	2050	B2
	3Τ				
Χαμηλή	5ΧΤ		5ΧΤ10 - 5ΧΤ20	615	B10
		51ΧΤ	51ΧΤ1 - 51ΧΤ8	2180	B4
		52ΧΤ	52ΧΤ1 - 52ΧΤ2	3100	B3
			52ΧΤ3 - 52ΧΤ7	2000	B8
	6ΧΤ		5ΧΤ1 - 5ΧΤ9 6ΧΤ1 - 6ΧΤ4	1320	B9
			6ΧΤ5 - 6ΧΤ13	2300	B6
	7ΧΤ	7ΧΤ1	7ΧΤ1.1 - 7ΧΤ1.10	770	B7
		7ΧΤ2	7ΧΤ2.1 - 7ΧΤ2.6	1245	B5
		7ΧΤ3	7ΧΤ3.1 - 7ΧΤ3.9		



Εικόνα 21: Κύριο Στραγγιστικό Δίκτυο περιοχής Β
 (σχεδίαση σε χάρτη από τη Μελέτη Αξιοποίησης Περιοχής Μ. Βρύσης – Ανθήλης [Φθιώτιδος] Γενική Διάταξις Έργων, Ι. Καραμπατζός Αθήνα 1962)

3.3 Υφιστάμενες καλλιέργειες – ανάγκες σε νερό

Η καλλιεργήσιμη έκταση στην περιοχή μελέτης σύμφωνα με του Τ.Ο.Ε.Β. Ροδίτσας είναι 14000 στρέμματα. Οι κυριότερες καλλιέργειες είναι το ρύζι, το βαμβάκι και τα σιτηρά. Η κατανομή των καλλιεργειών (τιμές κατά προσέγγιση) για το έτος 2010 παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 3.8.

Πίνακας 3.8: Στοιχεία καλλιεργειών έτους 2010

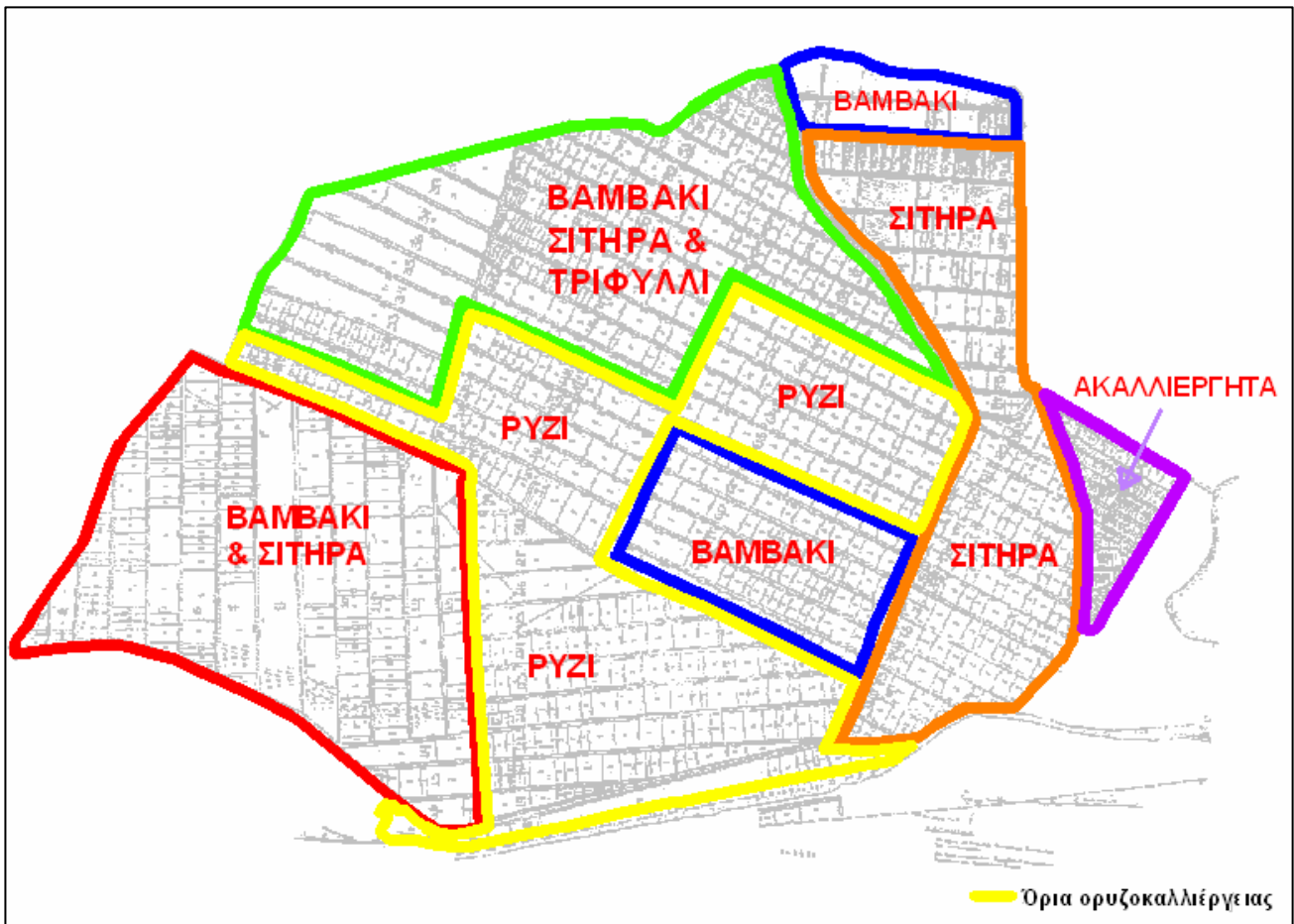
Καλλιέργειες	Στρέμματα
Ρύζι	3118
Βαμβάκι	1228
Τριφύλλι	500
Σιτηρά	6784
Ακαλλιέργητα	2370
Σύνολο	14000

(Πηγή: Τ.Ο.Ε.Β. Ροδίτσας)



Εικόνες 22: Χάρτης αναδασμού - περιοχές στις οποίες χωρίζεται ο αναδασμός

(πηγή Τ.Ο.Ε.Β Ροδίτσας)



Εικόνες 23: Κατανομή των καλλιεργειών στο χάρτη αναδασμού για το έτος 2010
(πηγή Τ.Ο.Ε.Β Ροδίτσας)

Οι ανάγκες σε νερό προτείνεται να προσδιορίζονται με βάση την Φ.16/6631/89 (ΦΕΚ 428) μέσω της οποίας καθορίζονται τα όρια των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση του αρδευτικού νερού. Έτσι θα υπολογιστούν οι αναγκαίες ποσότητες νερού κάθε καλλιέργειας για κάθε μήνα άρδευσης αλλά και για ολόκληρη την αρδευτική περίοδο. Στη συνέχεια μπορούν να υπολογιστούν συνολικά οι ετήσιες αναγκαίες ποσότητες αρδύσιμου νερού για το σύνολο των καλλιεργειών.

Αρχικά, κάθε καλλιέργεια ανήκει σε κάποια κατηγορία στην οποία αντιστοιχεί ένας φυτικός συντελεστής. Έτσι για τις πιο πάνω δεδομένες καλλιέργειες από τον Τ.Ο.Ε.Β, έχουμε τους εξής φυτικούς συντελεστές, συγκεντρωμένους στον παρακάτω πίνακα 3.9.

Πίνακας 3.9: Κατηγορίες καλλιεργειών - φυτικοί συντελεστές

Καλλιεργείες	στρέμματα	Κατηγορία	φυτ.συντελεστής Κ
Ρύζι	3118	8	1,2
Βαμβάκι	1228	3	0,65
Τριφύλλι	500	6	0,8
Σιτηρά	6784	5	0,75

(Πηγή: ΦΕΚ 428, αρ.Φ.16/6631)

Στη συνέχεια, για κάθε υδατικό διαμέρισμα ορίζονται τα όρια που εκφράζουν τις ανάγκες σε αρδευτικό νερό κάθε κατηγορίας καλλιεργειών (σε κυβικά μέτρα ανά στρέμμα καλλιεργούμενης έκτασης για ολόκληρο τον αντίστοιχο μήνα άρδευσης).

Στον πίνακα 3.10 που ακολουθεί αναγράφονται τα άνω όρια για τη χρήση του αρδευτικού νερού ανά καλλιέργεια και συγκεκριμένα για το υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας 07.

Πίνακας 3.10: Άνω όρια χρήσης αρδευτικού νερού για κάθε καλλιέργεια και για τον αντίστοιχο μήνα άρδευσης

Μήνες άρδευσης	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
Καλλιεργείες	m ³ /στρεμ.	m ³ /στρεμ.	m ³ /στρεμ.	m ³ /στρεμ.	m ³ /στρεμ.	m ³ /στρεμ.
Βαμβάκι	81	114	130	146	136	104
Σιτηρά	94	131	150	169	157	120
Τριφύλλι	100	140	160	180	168	128
Ρύζι	150	210	240	270	252	192

(Πηγή: ΦΕΚ 428, αρ.Φ.16/6631)

Για την εφαρμογή των ορίων σε κάθε είδος καλλιέργειας λαμβάνονται υπόψη και οι ακόλουθοι παράγοντες.

1. Η χρονική διάρκεια εφαρμογής της άρδευσης για κάθε καλλιέργεια. Υπολογίζεται το ποσοστό της χρονικής διάρκειας του μήνα, κατά την οποία αρδεύεται η καλλιέργεια. Δηλαδή για τους μήνες κατά τους οποίους εφαρμόζεται η άρδευση για ορισμένες μόνο ημέρες, οι αρδευτικές ανάγκες υπολογίζονται στο ποσοστό κατά το οποίο γίνεται η άρδευση. Αυτό ισχύει για τον πρώτο και τελευταίο μήνα της αρδευτικής περιόδου ενώ για τους ενδιάμεσους μήνες οι ανάγκες υπολογίζονται στο 100%. Έτσι και στη συγκεκριμένη περίπτωση για τον Απρίλη και το Σεπτέμβριο οι αρδευτικές ανάγκες υπολογίζονται στο 50%.

2. Ο βαθμός απόδοσης της εφαρμοζόμενης μεθόδου άρδευσης. Ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης που εφαρμόζεται, ισχύουν οι εξής βαθμοί απόδοσης:
- Με σταγόνες ή μικροεκτοξευτές..... 0,90
 - Με τεχνητή βροχή.....0,85
 - Με επιφανειακές μεθόδους..... 0,75

Προκειμένου να ληφθεί υπόψη ο βαθμός απόδοσης της εφαρμοζόμενης μεθόδου άρδευσης τα όρια διαιρούνται με τον αντίστοιχο βαθμό.

Στον παρακάτω πίνακα 3.11 αναγράφεται η μέθοδος άρδευσης για κάθε καλλιέργεια που εφαρμόζεται στην περιοχή μελέτης καθώς επίσης και οι αντίστοιχοι βαθμοί απόδοσης.

Πίνακας 3.11: Μέθοδοι άρδευσης και αντίστοιχοι βαθμοί απόδοσης ανά καλλιέργεια

Καλλιέργειες	Μέθοδος άρδευσης	Βαθμ. απόδοσης
Βαμβάκι	τεχνητή βροχή	0,85
Σιτηρά	τεχνητή βροχή	0,85
Τριφύλλι	τεχνητή βροχή	0,85
Ρύζι	επιφανειακή μέθοδος	0,75

(Πηγή: ΦΕΚ 428, αρ.Φ.16/6631)

Αφού έχουμε παραθέσει τα παραπάνω απαιτούμενα δεδομένα, προχωρούμε στον υπολογισμό των απαιτούμενων μηνιαίων και ετήσιων αναγκαίων ποσοτήτων σε αρδεύσιμο νερό των καλλιεργειών της περιοχής ενδιαφέροντος. Έτσι οι μηνιαίες ανάγκες σε αρδεύσιμο νερό κάθε καλλιέργειας δίνονται από τον παρακάτω τύπο:

Μηνιαίες

$$\text{Ανάγκες} = \frac{\text{Φυτ.συντ.Κ} \times \text{στρεμ.καλλιέργειας} \times \text{Διάρκειαάρδευσης} \times \text{m}^3/\text{στρεμ.}}{\text{ΒαθμόςΑπόδοσης}}$$

Νερού

Εφαρμόζοντας τον παραπάνω τύπο για κάθε μήνα, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας 3.12 στον οποίο έχουν υπολογιστεί οι μηνιαίες ανάγκες σε αρδευτικό νερό. Αθροίζοντας τα παραπάνω υπολογισμένα προκύπτουν και οι ετήσιες ανάγκες για τις υφιστάμενες καλλιέργειες.

Πίνακας 3.12: Υπολογισμένες μηνιαίες και ετήσιες ανάγκες σε αρδευτικό νερό

			μηνιαίες ανάγκες σε νερό - m ³					
Καλλιέργειες	Στρέμματα	Κατηγορία	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
Βαμβάκι	1228	3	38032	107053	122078	137103	127712	48831
Σιτηρά	6784	5	281336	784151	897882	1011614	939784	359153
Τριφύλλι	500	6	23529	65882	75294	84706	79059	30118
Ρύζι	3118	8	374160	1047648	1197312	1346976	1257178	478925
Σύνολο	11630		717058	2004734	2292566	2580399	2403732	917026

ετήσιες ανάγκες νερού σε m ³	
10915515	~11*10⁶

3.4 Υφιστάμενα Εγγειοβελτιωτικά Έργα

➤ Επιφανειακά Ύδατα - Αρδευτικά κανάλια

Η κοιλάδα του Σπερχειού, τμήμα της οποίας καταλαμβάνει η προς μελέτη περιοχή είναι αρκετά πλούσια σε επιφανειακά ύδατα. Συγκεκριμένα ο Σπερχειός τροφοδοτείται κατά τη θερινή περίοδο από πηγές οι οποίες εκδηλώνονται στις υπώρειες του ορεινού συγκροτήματος Μπράλου (Οίτη – Βαρδούσια) νοτίως της κοιλάδας του Σπερχειού.

Σημαντικότερες πηγές, οι οποίες τροφοδοτούν το Σπερχειό στο κάτω ρου του, είναι από τα ανάντη προς τα κατόντη οι παρακάτω:

1. Βίστριτσας
2. Μεξιατών
3. Γοργοποτάμου
4. Μαυρονερίου

Όσον αφορά την περιοχή ενδιαφέροντος, όπως προαναφέραμε, εκτός από την τροφοδοσία αρδευτικού νερού από το Σπερχειό, ο οποίος θεωρείται η σημαντικότερη πηγή τροφοδοσίας, χρησιμοποιούνται και οι φυσικές πηγές που εκδηλώνονται στις υπώρειες του βορείου τμήματος της κοιλάδας κάτω από την οδό Λαμίας – Στυλίδας. Οι πηγές αυτές είναι οι εξής:

1. Μεγάλης Βρύσης
2. Μαυρομαντήλας

Παρακάτω γίνεται η περιγραφή του τρόπου με τον οποίο διατίθεται το επιφανειακό νερό από τις παραπάνω πηγές τροφοδοσίας στις καλλιέργειες της υπό μελέτης περιοχής.

Η άρδευση των αγροτικών καλλιεργειών στη ζώνη αναδασμού του ΤΟΕΒ Ροδίτσας επιτυγχάνεται με ένα σύστημα ανοικτών ποτιστικών και στραγγιστικών καναλιών που καλύπτει όλο το εύρος των καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

Σύμφωνα με την Αναγνωριστική Μελέτη Εκσυγχρονισμού του Έργου: “Άρδευτικό Δίκτυο Εκβολών Σπερχειού” που εκπονήθηκε το 2010 από τη Φθιωτική Αναπτυξιακή Α.Ε., τα υφιστάμενα επιφανειακά εγγειοβελτιωτικά έργα, που σημειώνονται και στην οριζοντιογραφία που επισυνάπτεται παρακάτω (εικόνα 24), είναι τα εξής:

Στο σημείο [E1.1] στη θέση του Μεριστή γίνεται η εκτροπή του Σπερχειού ποταμού μέσω της χωμάτινης τάφρου [E1]. Ο Σπερχειός διχάζεται σε δύο κοίτες: τη φυσική μαιανδρική κοίτη γνωστή και ως Αλαμάνα και την τεχνητή γνωστή ως Εκτροπή Σπερχειού, η οποία είναι σχεδόν ευθύγραμμη, διέρχεται κάτω από την Εθνική Οδό και καταλήγει στο σημείο [E1.2]. Είναι μεγάλου ανοίγματος και μήκους 7.710 m.

Το νερό συλλέγεται από μαιανδρισμό του Σπερχειού ποταμού στη θέση [T1.1] και οδηγείται μέσω ανοιχτής τάφρου [T1] από σκυρόδεμα, μήκους 800 m και διατομής 2,50 m στη θέση [T1.2] όπου υπάρχει ο διαχωριστήρας που μοιράζει το νερό σε Ανθήλη και Ροδίτσα.

Εκατέρωθεν του διαχωριστή εκτείνεται τάφρος [T2] διατομής 2,50 m και μήκους 2.920 m (από σκυρόδεμα) με σημείο αφετηρίας το [T2.2]. Στη θέση [D1] ο αγωγός περνά κάτω από την ανακουφιστική τάφρο του Σπερχειού ποταμού (Νέα Κοίτη).

Με την κατασκευή των έργων υποδομής στην περιοχή (ΟΣΕ και Ε65) κατασκευάζεται φράγμα στη θέση [E1.1] και νέα χωμάτινη τάφρος παράλληλη της [E1] που οδηγεί το νερό στη θέση [T2.1], σημείο από το οποίο ξεκινά τάφρος από σκυρόδεμα [T3] διατομής 1,20 m και μήκους 3.720 m. Η εν λόγω τάφρος οδηγεί το νερό στη θέση [T3.2], όπου υπάρχει ο διαχωριστήρας που μοιράζει το νερό σε Ροδίτσα, Μεγάλη Βρύση και Αυλάκι. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα τελευταία δύο χρόνια το νερό για άρδευση που προορίζεται για την περιοχή του αναδασμού της Ροδίτσας, Μ. Βρύσης και Αυλακίου διοχετεύεται αποκλειστικά από αυτή την χωμάτινη τάφρο, λόγω αστοχίας του αγωγού στη θέση [D1] που περνά κάτω από τη Νέα Κοίτη του Σπερχειού.

Δίπλα στην τάφρο [T3] υπάρχει η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Λαμίας στην οποία θα αναφερθούμε παρακάτω. Κάθετα στην τάφρο [T3] και σε επαφή με σχεδόν με την [E2] ανακουφιστική χωμάτινη τάφρος «Τάφρος Λαμίας» ή «Γερμανική Τάφρος»

μεγάλου ανοίγματος, μήκους 9.630 m η οποία καταλήγει στο σημείο [E1.2] όπου συνενώνεται με την χωμάτινη τάφρο [E1] και χύνονται στο Μαλιακό Κόλπο.

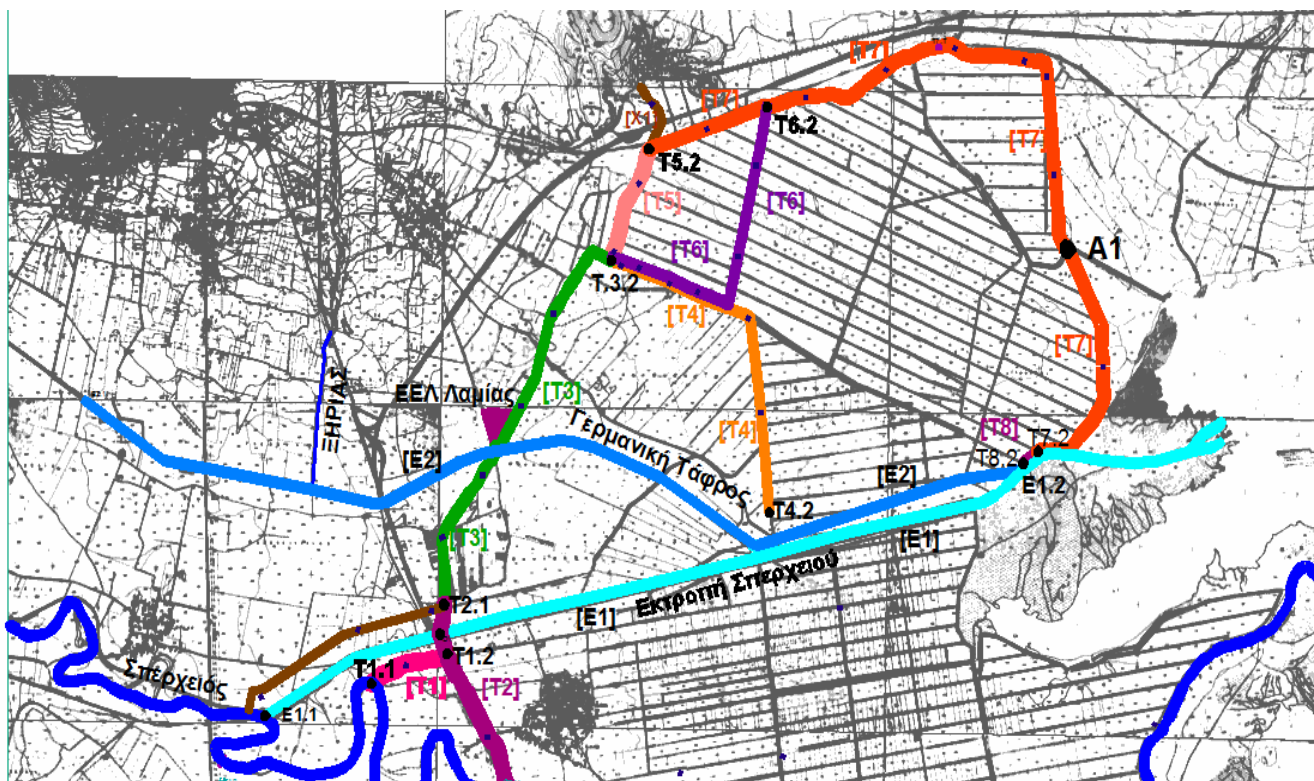
Από το σημείο [T3.2] ξεκινούν τρεις τάφροι:

1. Η τάφρος από σκυρόδεμα [T5] διατομής 1,20 m και μήκους 1.020 m που καταλήγει στο σημείο [T5.2].
2. Η τάφρος από σκυρόδεμα [T6] διατομής 1,20 m και μήκους 2.950 m η οποία φτάνει έως το σημείο [T6.2].
3. Η τάφρος από σκυρόδεμα [T4] διατομής 1,20 m και μήκους 3.120 m η οποία είναι παράλληλη της τάφρου [T6] και φτάνει έως το σημείο [T4.2].

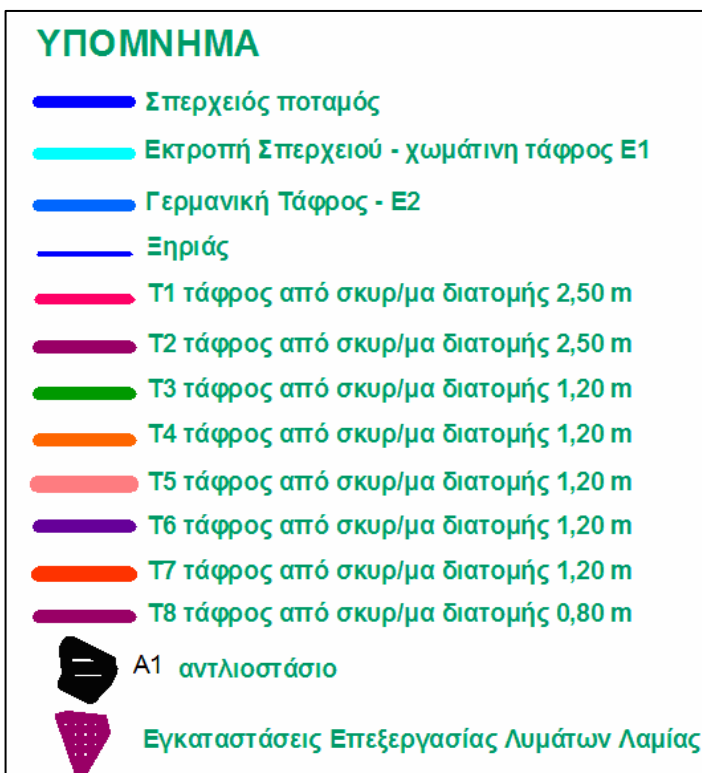
Από το σημείο [T5.2] έως το σημείο [T7.2] εκτείνεται η τάφρος από σκυρόδεμα [T7], η οποία έχει διατομή 1,20 m και μήκος 7.980 m. Από το σημείο [T7.2] συνεχίζει τάφρος [T8] διατομής 0,80 m και μήκους 175 m. Η τάφρος [T7] διέρχεται από την περιοχή που βρίσκεται και το αντλιοστάσιο Ροδίτσας [A1]. Το αντλιοστάσιο τη μη αρδευτική περίοδο συγκεντρώνει τα όμβρια από τις στραγγιστικές τάφρους και τα στέλνει στη θάλασσα διαμέσου μιας ευθύγραμμης χωμάτινης τάφρου μήκους 1 km.

Επίσης η άρδευση της περιοχής από επιφανειακά νερά συμπληρώνεται από την πηγή της Μ. Βρύσης, από την οποία ξεκινά χωμάτινη τάφρος [X1] σχετικά μεγάλου ανοίγματος και μήκους 640 m και καταλήγει στο σημείο [T5.2]. Μέσω αυτής γίνεται η τροφοδοσία από Μ. Βρύση.

Εκτός των προαναφερθέντων υπάρχουν τσιμεντένιες τάφροι ανοίγματος 0,40 m και χωμάτινες τάφροι.



Εικόνα 24: Οριζοντιογραφία με τα υφιστάμενα εγγειοβελτιωτικά έργα της περιοχής μελέτης (πηγή: Αναγνωριστική Μελέτη Εκσυγχρονισμού του Έργου: “Αρδευτικό Δίκτυο Εκβολών Σπερχειού”, 2010)



➤ Υπόγεια Ύδατα - Γεωτρήσεις

A) Έδαφος, Γεωλογία και Υδρογεωλογία περιοχής ενδιαφέροντος

Η έκταση του δέλτα του Σπερχειού ήταν παλαιότερα θάλασσα, η οποία βαθμιαία υποχώρησε λόγω των προσχώσεων του ποταμού. Κατά την εποχή του Ομήρου αναφέρεται ότι η θάλασσα έφθανε μέχρι τον οικισμό Καλύβια, δυτικά της πόλης της Λαμίας. Ο ποταμός με τα φερτά υλικά σχημάτισε την προσχωσιγενή πεδιάδα της περιοχής Ανθήλης, Ροδίτσας, Θερμοπυλών, Αγίας Τριάδας.

Τα εδάφη της περιοχής με βάση την προέλευσή τους, κατατάσσονται σε τέσσερις κύριους εδαφικούς σχηματισμούς. Αλλούβια πρόσφατων σχηματισμών, αλλούβια στους κώνους αποθέσεως των ρεμάτων, αυτόχθονα στις πλαγιές επί ασβεστολιθικών και σχιστολιθικών πετρωμάτων και αλόμορφα-παθογενή, τα οποία προέκυψαν από τις παρατεταμένες κατακλύσεις της χαμηλής παράκτιας περιοχής και είναι συχνά παθογενή εδάφη.

Τα εδάφη στην περιοχή μελέτης έχουν ποικίλη μηχανική σύσταση. Σύμφωνα με γεωτεχνική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της Οριστικής Μελέτης της ΕΕΛ Λαμίας, οι εδαφικοί τύποι που συναντώνται είναι στρώσεις αργίλου και αργιλοϊλύος, με ενδιάμεσες αμμώδεις στρώσεις, όπως επίσης και αμμοϊλύς και αργιλούχος άμμος με χαλίκια. Η διαδοχή των στρώσεων καθώς και το πάχος τους διαφέρει κατά θέσεις, όπως άλλωστε είναι αναμενόμενο σε αλλουβιακά εδάφη. Πιο συγκεκριμένα, οι εδαφικοί τύποι που συναντώνται στην περιοχή εγκατάστασης της ΕΕΛ Λαμίας, δηλαδή στο δυτικό όριο της περιοχής, μέχρι το βάθος των δέκα πέντε (15) μέτρων είναι άργιλος και αργιλοϊλύς με κάποιες ενδιάμεσες αμμώδεις στρώσεις, όπως επίσης και αμμοϊλύς και αργιλούχος άμμος με χαλίκια. Το επιφανειακό έδαφος αποτελείται από καστανή άργιλο και αργιλοϊλύ, μέσης παραγωγικότητας, με μέτρια διηθητικότητα. Στις χαμηλές περιοχές, δηλαδή στο ανατολικό τμήμα της πεδινής έκτασης που γειτνιάζει με το Μαλιακό κόλπο, συναντώνται εδάφη αλατούχα και νατριωμένα, λόγω κακής στράγγισης και της επικοινωνίας με τη θάλασσα.

Η περιοχή ενδιαφέροντος, από την άποψη των υπόγειων υδροφόρων της, αποτελεί τμήμα αφενός του συστήματος του Σπερχειού και αφετέρου του συστήματος της Λαμίας, όπως έχουν οριστεί και αποτυπωθεί στη υδρογεωλογική μελέτη του έργου *“Καταγραφή των στοιχείων των υπόγειων νερών Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Υποδομές και μετρήσεις στις Λεκάνες Απορροής του Νομού Φθιώτιδας, ΙΓΜΕ Αθήνα 2010”*.

Το τμήμα που βρίσκεται κοντά στην κοίτη του Σπερχειού ανήκει στο σύστημα του Σπερχειού. Από υδρολιθολογικής άποψης αποτελείται από τις δελταϊκές προσχωματικές αποθέσεις του Σπερχειού, οι οποίες συνίστανται από εναλλαγές αδρομερών και λεπτομερών υλικών. Έτσι στη γεωλογική σύσταση συμμετέχουν ποικίλης σύστασης σχηματισμοί, έχουν υψηλή περατότητα και αποτελούνται από ασύνδετα υλικά, κροκάλες και λατύπες ποικίλου μεγέθους, χαλίκια, άμμους που εναλλάσσονται με χαμηλής περατότητας υλικά όπως αργίλους, ιλύες και πηλούς. Ο υδροφόρος ορίζοντας που αναπτύσσεται, λόγω των διαφοροποιήσεων στη σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών, διαχωρίζεται κατά περίπτωση σε υδροφόρους που βρίσκονται σε ελαφρές συνθήκες πίεσης (αρτεσιανό), καθ’ όσο εγκλωβίζεται υπό στρωμάτων αργίλων και σε ελεύθερο φρεάτιο ορίζοντα. Οι υποαρτεσιανοί και αρτεσιανοί υδροφόροι ορίζοντες έχουν συνεχή αυτόματη ροή νερού.

Το τμήμα που βρίσκεται βορειότερα και αποτελεί τμήμα στους πρόποδες του ορεινού όγκου της Όρθρου, ανήκει στο καρστικό σύστημα της Λαμίας. Η περιοχή καταλαμβάνεται από αποκαρστωμένους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους με υπόβαθρο τους στεγανούς σχηματισμούς της σχιστοκερατολιθικής διαπλάσεως, οι οποίοι ελέγχουν τη διακίνηση των υπογείων υδάτων. Ο ισχυρός υδροφόρος που αναπτύσσεται στους ασβεστόλιθους εκφορτίζεται με τις πηγές της Μεγάλης Βρύσης, Σφαγείων και Μαυρομαντήλας. Η υδραυλική αγωγιμότητα και δυναμικότητα του συστήματος ποικίλει. Συγκεκριμένα στην περιοχή της Αγ. Παρασκευής (όπου βρίσκονται οι πηγές της Μεγάλης Βρύσης, το σύστημα χαρακτηρίζεται από υψηλή δυναμικότητα, ενώ στην περιοχή της Μαυρομαντήλας παρουσιάζει μέτρια έως ασήμαντη δυναμικότητα.

Στο πεδινό τμήμα της λεκάνης, με την ποικιλία σύγχρονων αποθέσεων, αναπτύσσονται διάφορες υδροφορίες, ελεύθερες και υπό πίεση. Η τροφοδοσία των υδροφόρων οριζόντων πραγματοποιείται από τις διηθήσεις των ποταμών και των ρεμάτων, από την άμεση κατείσδυση στους κώνους κορημάτων και στις αδρομερείς αποθέσεις στα πεδινά τμήματα και σε ένα βαθμό από πλευρικές μεταγγίσεις των καρστικών κρασπέδων προς τις σύγχρονες αποθέσεις του πεδινού τμήματος, όπου αυτές είναι αρκετά αδρομερείς.

Στην περιοχή του δέλτα του Σπερχειού συναντάται ένας ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας μικρής δυναμικότητας σε βάθη 8 έως 12 m και δύο βαθύτεροι αρτεσιανοί, μέτριας έως ικανοποιητικής δυναμικότητας σε βάθη από 53 έως 71 m και 280 έως 292 m αντίστοιχα. Τα υδροφόρα στρώματα αναπτύσσονται σε προσχωματικούς σχηματισμούς και συγκεκριμένα σε στρώματα άμμων, χαλικιών και κροκαλολατύπων, τα οποία εναλλάσσονται με αδιαπέρατα στρώματα αργιλοϊλύος. Κατά κανόνα η δυναμικότητά τους αυξάνεται με το βάθος. Στη χαμηλή περιοχή υπάρχουν πλήθος γεωτρήσεων και φρεατίων οι οποίες χρησιμοποιούνται κυρίως για αρδευτικούς σκοπούς. Σύμφωνα με μαρτυρίες το πλήθος των αρδευτικών γεωτρήσεων της περιοχής μελέτης ανέρχεται τουλάχιστον στις 40.

Ανατολικότερα στην περιοχή του δέλτα του Σπερχειού και κοντά στις ακτές του Μαλιακού κόλπου, επικρατούν αργιλοϊλυώδεις σχηματισμοί με κάποιες ενδιαστρώσεις άμμων, οι οποίες εμφανίζονται σε μικρή έκταση και περιορισμένα πάχη. Οι υδροφορίες που αναπτύσσονται σε αυτούς τους σχηματισμούς είναι μικρής δυναμικότητας και δεν προσφέρονται για παραγωγικές γεωτρήσεις. Στα ανατολικά κράσπεδα της λεκάνης του Σπερχειού, που περιβάλλουν την πεδινή δελταϊκή περιοχή του ποταμού, αναπτύσσονται ριπίδια και κώνοι κορημάτων, σχηματισμοί με σημαντικές υδροφορίες, καθώς και καρστικοί υδροφόροι σχηματισμοί μεγάλης δυναμικότητας.

B) Εκμετάλλευση Υδροφόρων - Γεωτρήσεις

Αν και ο κύριος τροφοδότης των αρδευομένων εκτάσεων όσον αφορά τα επιφανειακά νερά είναι ο Σπερχειός, εξαιτίας των αυξημένων αναγκών κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και κυρίως τους μήνες αιχμής Ιούλιο – Αύγουστο, η άρδευση των καλλιεργειών στη ζώνη αναδασμού του ΤΟΕΒ Ροδίτσας συμπληρώνεται με την αξιοποίηση των υπόγειων υδροφόρων μέσω των 6 γεωτρήσεων του ΤΟΕΒ αλλά κυρίως μέσω των ιδιωτικών γεωτρήσεων (τουλάχιστον 35 ιδιωτικές γεωτρήσεις).

3.5 Πηγές

3.5.1 Γενικά - Λειτουργία πηγών - Ζώνη τροφοδοσίας

Σύμφωνα με τον TODD, K (1980) πηγή είναι «μία συγκεντρωμένη εκροή υπόγειου νερού που εμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους ως ένα ρεύμα νερού που ρέει ελεύθερα». Υδρογεωλογικά οι πηγές και γενικά οι αναβλύσεις είναι στην πραγματικότητα «υπερχείλιση» υδροφόρων στρωμάτων. Τα υδροφόρα στρώματα τροφοδοτούνται με την κατείδυση ή τη διήθηση από τα κατακρημνίσματα και ανεβαίνει η στάθμη τους. Οι πηγές εμφανίζονται εκεί όπου η στάθμη των υδροφόρων στρωμάτων έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του εδάφους. Ουσιαστικά τα υδροφόρα στρώματα εκφορτίζουν. Οι πηγές πάντως αποτελούν σημαντική ένδειξη της υδροφορίας μιας περιοχής.

Κάθε πηγή συνδέεται με ένα μικρότερο ή μεγαλύτερο, μόνιμο ή εποχιακό ή πρόσκαιρο υδροφόρο. Όσο ανεβαίνει η στάθμη του υδροφόρου αυτού, τόσο αυξάνεται η παροχή της πηγής. Προφανώς η στάθμη ανεβαίνει όταν υπάρχει τροφοδοσία από κατείδυση, δηλαδή όταν βρέχει κατά την υγρή περίοδο. Αντίθετα η στάθμη κατεβαίνει όταν ο υδροφόρος εκφορτίζεται μέσω της πηγής. Βέβαια εκφόρτιση μπορεί να γίνει και τεχνητά με επέμβαση του ανθρώπου (άντληση με γεωτρήσεις) (Σούλιος, 2004).

Έτσι μια πηγή μπορεί να προσομοιωθεί με ένα δοχείο που εκφορτίζεται. Όταν η στάθμη βρίσκεται υψηλά η παροχή είναι του είναι μεγάλη, ενώ όταν η στάθμη πέφτει η παροχή του είναι μικρή. Και βέβαια το δοχείο μπορεί να επαναφορτίζεται, όπως και το υδροφόρο στρώμα. Έτσι λοιπόν έχουμε τη διακύμανση της παροχής των πηγών που εκφράζεται με τα υδρογράμματα, που ουσιαστικά δείχνουν πως μεταβάλλεται η παροχή μέσα στο χρόνο.

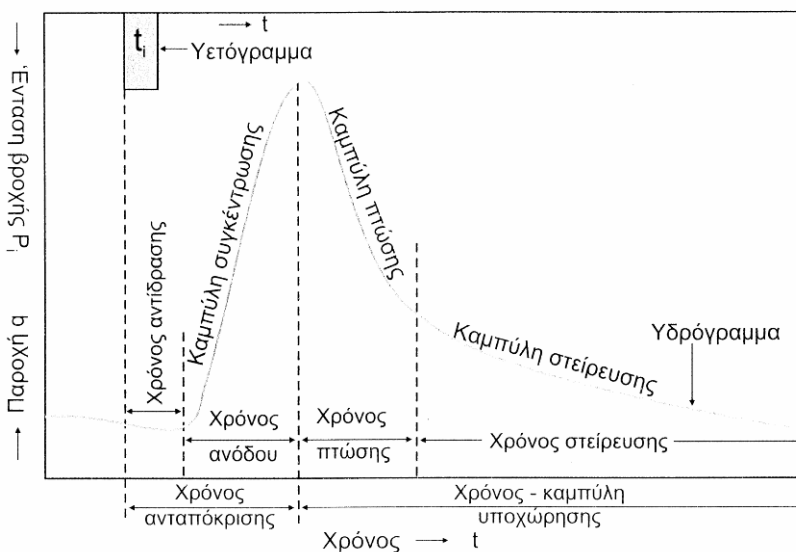
Για κάθε πηγή υπάρχει μια ορισμένη περιοχή από την οποία το νερό της κατείδυσης και ως υπόγειο νερό πλέον καταλήγει στην πηγή αυτή. Η περιοχή αυτή είναι η *Ζώνη Τροφοδοσίας* της πηγής. Η παροχή μιας πηγής εξαρτάται από:

- Το εμβαδό της ζώνης τροφοδοσίας της.
- Το ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων στη ζώνη τροφοδοσίας.
- Το συντελεστή κατείδυσης δηλαδή ουσιαστικά τη γεωλογική σύσταση της ζώνης τροφοδοσίας.
- Τη μορφολογία της επιφάνειας του εδάφους

3.5.2 Εξισώσεις μείωσης παροχής (συναρτήσεις μετασχηματισμού) πηγών

Η πηγή θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν ένα σύστημα που περιλαμβάνει έναν υδροφόρο (αυτόν που εκφορτίζεται μέσω της πηγής), μια είσοδο που είναι η κατείσδυση του νερού της βροχής στη ζώνη τροφοδοσίας της πηγής και μια έξοδο που είναι η ίδια η πηγή. Έτσι το όλο σύστημα μετατρέπει τη βροχή σε παροχή. Το υδροφόρο στρώμα λειτουργεί ως μια «συνάρτηση μετασχηματισμού» δηλαδή ως μία μαθηματική σχέση που συνδέει το *υετόγραμμα* με το *υδρόγραμμα*.

Όσο στη ζώνη τροφοδοσίας μιας πηγής δεν βρέχει, η παροχή της μειώνεται με το χρόνο. Αν στη συνέχεια βρέξει σε όλη τη ζώνη με σταθερή ένταση βροχής για ορισμένο χρονικό διάστημα, αρχίζει να αυξάνεται η παροχή της που, μέσα σε ορισμένο χρόνο που λέγεται *χρόνος ανταπόκρισης*, φθάνει στη μέγιστη τιμή της και στη συνέχεια μειώνεται, στην αρχή απότομα «*καμπύλη πτώσης*», και στη συνέχεια βραδύτερα «*καμπύλη στείρευσης*». Το άθροισμα της καμπύλης πτώσης και της καμπύλης στείρευσης λέγεται «*καμπύλη υποχώρησης*», το δε σύνολο του υδρογράμματος που προκύπτει από μία μοναδιαία βροχή λέγεται *μοναδιαίο υδρόγραμμα*.



Σχήμα 5: Μοναδιαίο υδρόγραμμα πηγής και τα στοιχεία του

Υπάρχουν μοντέλα (Modbil, MERO, BEMER, κλπ) που υπολογίζουν χωριστά για κάθε πηγή την εξίσωση συνάρτησής της με βάση δεδομένα μετρήσεων. Το τμήμα ανόδου του υδρογράμματος εξαρτάται τόσο από τα χαρακτηριστικά του συστήματος υδροφόρου – πηγής, όσο και κυρίως από τα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης (ένταση, διάρκεια, κατανομή στην επιφάνεια της ζώνης τροφοδοσίας, χωροχρονικές μεταβολές της έντασης

της βροχής κλπ). Αντίθετα το τμήμα υποχώρησης του υδρογράμματος εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από το σύστημα υδροφόρου – πηγής γι'αυτό η ανάλυση του συγκεκριμένου τμήματος δίνει στοιχεία για το σύστημα. Έτσι οι Υδρογεωλόγοι ασχολήθηκαν περισσότερο με το τμήμα υποχώρησης του υδρογράμματος και έδωσαν πολλές σχέσεις για τη συνάρτηση μετασχηματισμού.

3.5.2.1 Τύπος του Maillet (1905)

Ο Maillet θεωρεί ότι η εκκένωση ενός υδροφόρου στρώματος γίνεται από μία οπή, την πηγή, όπως η εκκένωση ενός δοχείου από ένα πορώδες πώμα. Έτσι όταν η στάθμη (είτε στο δοχείο, είτε στο υδροφόρο στρώμα) βρίσκεται ψηλά η παροχή εκκένωσης είναι μεγάλη. Όταν η στάθμη υποχωρεί, τότε η παροχή μικραίνει. Όταν η στάθμη κατέβει μέχρι το επίπεδο του πώματος του δοχείου ή του σημείου ανάβλυσης της πηγής, η παροχή μηδενίζεται. Άρα η μείωση της παροχής της πηγής ακολουθεί τον ίδιο νόμο με αυτόν της μείωσης της παροχής του δοχείου. Με βάση αυτή την αντιστοιχία ο Maillet κατέληξε στον εκθετικό τύπο δηλ. σε ένα τύπο εκθετικής μείωσης της παροχής.

$$q = q_0 \cdot e^{-at}$$

Όπου: q_0 = η αρχική παροχή ή η παροχή στην αρχική θεωρούμενη στιγμή t_0

t = η χρονική διάρκεια σε ημέρες από τη στιγμή t_0

q = η παροχή κατά τη χρονική στιγμή t

e = η βάση των νεπέριων λογαρίθμων

a = συντελεστής, ονομαζόμενος συντελεστής στείρευσης ή εξάντλησης με διαστάσεις (T^{-1}) και μονάδες ανά ημέρα. Ο συντελεστής στείρευσης είναι ένας συντελεστής χαρακτηριστικός για κάθε πηγή. Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Την περατότητα του υδροφορέα k : όσο μεγαλύτερη είναι αυτή, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο a
- Το συντελεστή εναποθήκευσης S : όσο μεγαλύτερος είναι αυτός, τόσο μικρότερο είναι το a .
- Το μέγεθος του υδροφόρου στρώματος: όσο μεγαλύτερο είναι αυτό, τόσο μικρότερος είναι ο a .

- Το σχήμα του υδροφόρου στρώματος, ο συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας T , τυχόν παρεμβολές σχετικά αδιαπέρατων ζωνών ή στρωμάτων κλπ.

Ο συντελεστής στείρευσης a έχει φυσική σημασία δηλ. ανταποκρίνεται σε φυσικές ιδιότητες του συστήματος «υδροφόρο – πηγή». Στην πράξη ο συντελεστής αυτός δείχνει το βαθμό μείωσης της παροχής μιας πηγής από μέρα σε μέρα κατά τη φάση της υποχώρησης του υδρογράμματος. Μεγάλη τιμή του a σημαίνει ότι ο υδροφορέας εκκενώνεται γρήγορα. Αντίθετα μικρή τιμή σημαίνει ο υδροφορέας εκκενώνεται με βραδύ ρυθμό. Οι τιμές που παίρνει ο συντελεστής a είναι από 10^{-2} d^{-1} (πολύ μεγάλη τιμή) μέχρι 10^{-4} d^{-1} (πολύ μικρή τιμή) και οι συνήθεις τιμές του είναι της τάξης του 10^{-3} d^{-1} .

Η συνολική ποσότητα του νερού που είναι αποθηκευμένη και που μπορεί να εκφορτισθεί κατά τη διάρκεια της στείρευσης χαρακτηρίζεται ως «αποθηκευτική ικανότητα» (Castany 1967) ή «δυναμικός όγκος» (Mangin 1975) του υδροφόρου συστήματος και συμβολίζεται με W .

3.5.3 Πηγές Μ. Βρύσης - Σφαγείων - Μαυρομαντήλας

Από την Υδρογεωλογική Μελέτη – Υδατικό Ισοζύγιο περιοχής Υδροληπτικών έργων ΤΟΕΒ Ροδίτσας – Μ. Βρύσης – Αυλακίου (Δ. Δημητρέςσας, Ιούνιος 1999) παραθέτουμε τα εξής στοιχεία για τις πηγές Μ. Βρύσης και Μαυρομαντήλας.

Οι πηγές Μ. Βρύσης και Μαυρομαντήλας της περιοχής είναι φυσικές εκφορτίσεις των υπόγειων καρστικών νερών κύρια των Τριαδικών –Ιουριστικών ασβεστολίθων της ευρείας περιοχής. Είναι τύπου επαφής δύο υδροφορέων με διαφορετική υδροπερατότητα και ταχύτητα διακινήσεως, συγκεκριμένα του καρστικού και του αλλουβιακού. Κατά την επαφή αυτή παρατηρείται αναστόμωση και το μεγαλύτερο μέρος των κινούμενων με σχετικά μεγαλύτερη ταχύτητα υπόγειων καρστικών νερών εξέρχονται στην επιφάνεια και εμφανίζονται σαν μέτωπο πηγών, χωρίς να αποκλείονται όμως και υπεδάφεις πλευρικές μεταγίσεις προς τον αλλουβιακό υδροφορέα. Η πηγή της Μ. Βρύσης βρίσκεται 4,5 km ανατολικά της πόλης της Λαμίας πλησίον και πριν του δημοτικού διαμερίσματος της Αγίας Παρασκευής κατάντη της παλαιάς εθνικής οδού Λαμίας – Στυλίδας. Οι πηγές

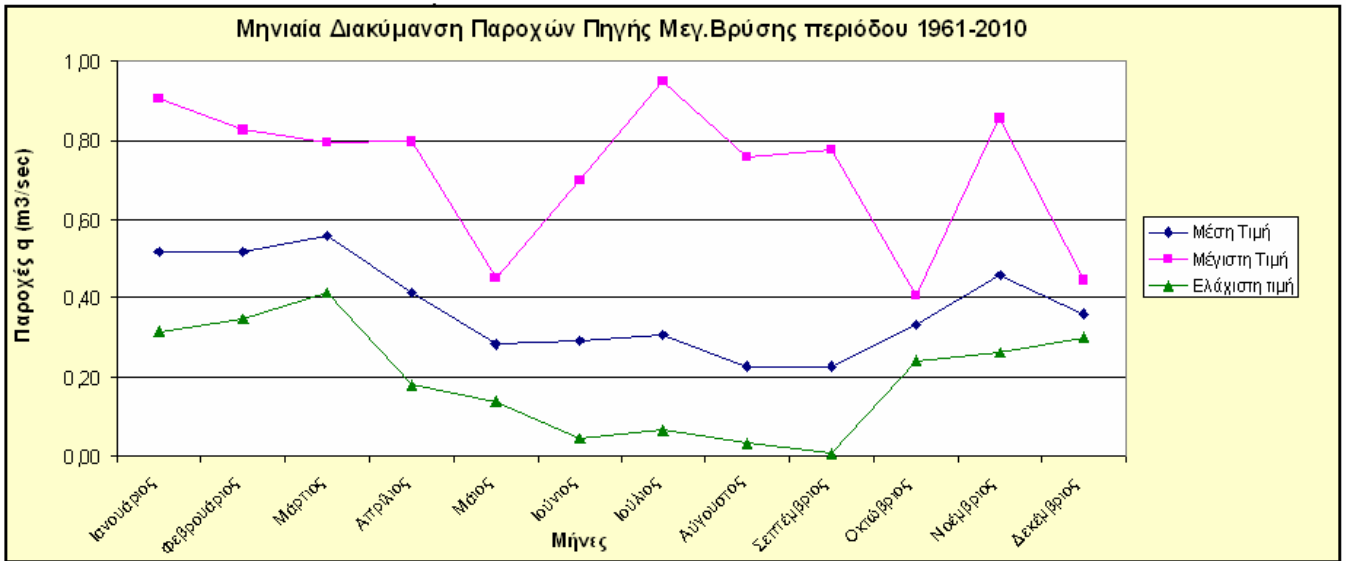
Μαυρομαντήλας βρίσκονται 3 km ανατολικότερα και κατάντη επίσης της Π. Εθνικής οδού. Τα νερά των δύο πηγών χρησιμοποιούνται για άρδευση ενώ ένα μικρό μόνο μέρος χρησιμοποιείται για την ύδρευση του Δ. Δ. Αγίας Παρασκευής.

Σχετικά με την πηγή Μεγάλη Βρύση που είναι η κύρια πηγή, αξίζει να αναφερθούν τα εξής: Η διακίνηση των υπόγειων νερών ελέγχεται από τη διαμόρφωση του υποβάθρου (ερυθροί σχιστόλιθοι με στοιχεία κερατολίθων). Σύμφωνα με στοιχεία των γεωτρήσεων η υδροφορία που διαμορφώνεται στην επαφή διαπερατών ασβεστολίθων και αδιαπέρατων σχιστολίθων, διακινείται με σχετικά μεγάλη ταχύτητα και με διεύθυνση νοτιοδυτικά στον οικισμό της Αγίας Παρασκευής. Όμως κοντά στον οικισμό δημιουργείται ο φραγμός από τις λεπτομερείς προσχώσεις της κοιλάδας με αποτέλεσμα να έχουμε σχεδόν συνολική εκφόρτιση από την πηγή της Μεγάλης Βρύσης, ενώ μια μόνο μικρή ποσότητα εκφορτίζεται από τις πηγές των Σφαγείων και Μαυρομαντήλας.

Ύστερα από πληροφορίες που συλλέχθηκαν μετά από αυτοψία στην περιοχή, αξίζει να σημειώσουμε ότι παρόλο που η προσέγγιση της πηγής Σφαγεία ήταν αδύνατη, λόγω τόσο της περιφραξης των σφαγείων, όσο των βάτων, των καλαμιών και των στάσιμων νερών που κατακλύζουν την περιοχή, σύμφωνα με μαρτυρίες των ιδιοκτητών των όμορων ιδιοκτησιών αναβλύζει νερό (αλλά λίγο). Τα νερά που λιμνάζουν εκεί (λόγω ελλειπούς σύνδεσης με το αποστραγγιστικό που έγινε για τον ΠΑΘΕ) το αποδεικνύουν.

3.5.3.1 Επεξεργασία μετρήσεων παροχών πηγής Μ. Βρύσης

Έχοντας μετρήσεις παροχών της πηγής Μ. Βρύσης από το 1961 έως το 2010 προερχόμενες από το αρχείο της Διεύθυνσης Εγγείων Βελτιώσεων προχωρούμε στην επεξεργασία αυτών και συγκεκριμένα παραθέτουμε σε διαγράμματα τη μηνιαία διακύμανση (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) των παροχών της πηγής για την περίοδο 1961 – 2010, καθώς επίσης την υπερετήσια διακύμανση (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) αυτών για την ίδια περίοδο και τη μεταβολή του λόγου (μέγιστη προς ελάχιστη τιμή) κατά τη διάρκεια της περιόδου 1961 – 2010.



Σχήμα 6: Μηνιαία διακύμανση παροχών πηγής Μ. Βρύσης περιόδου 1961 - 2010 (μέγιστη, ελάχιστη, μέση)

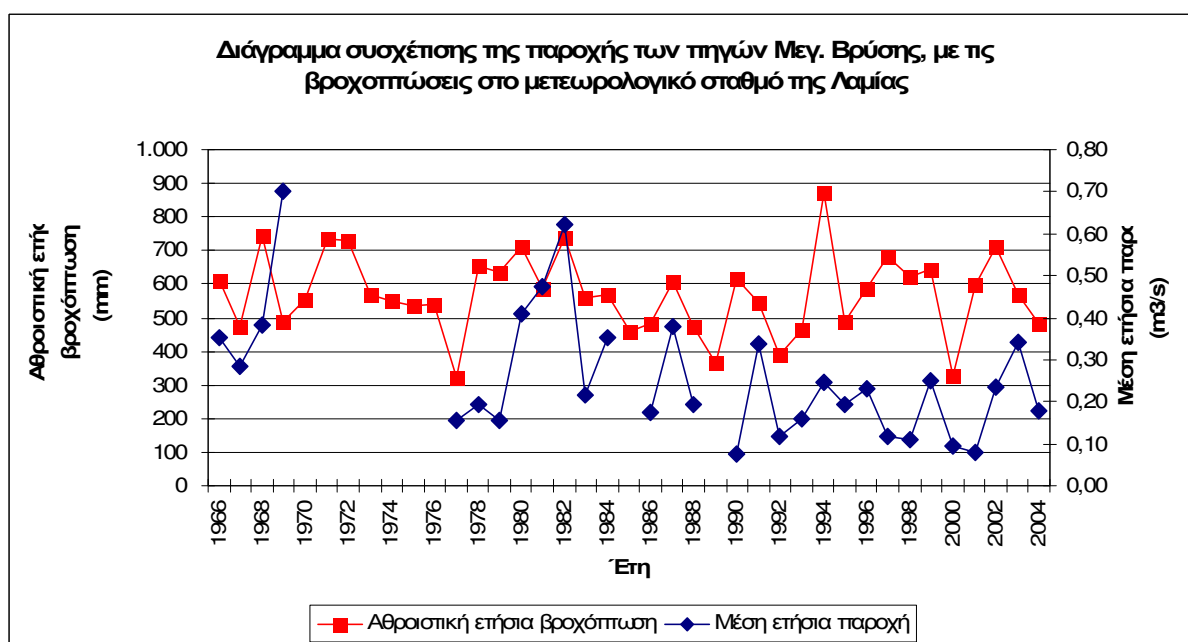


Σχήμα 7: Υπερετήσια διακύμανση παροχών πηγής Μ. Βρύσης (μέγιστη, ελάχιστη, μέση)



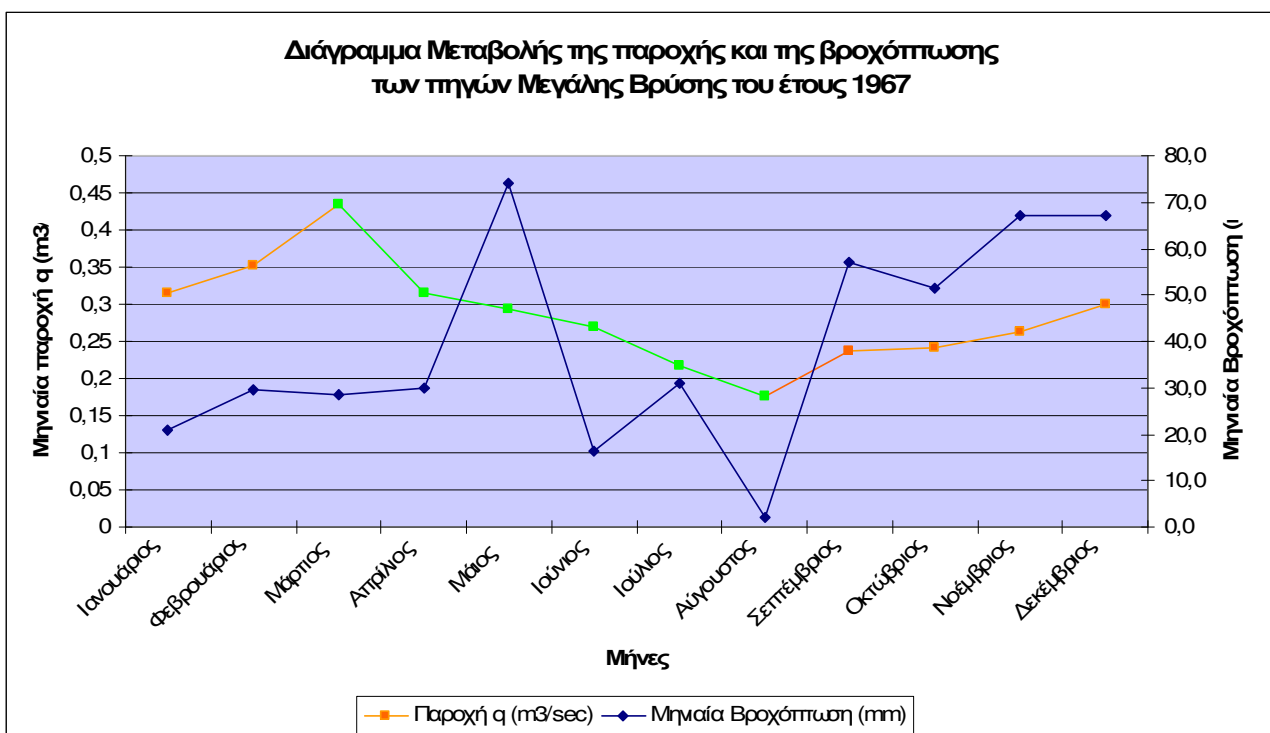
Σχήμα 8: Διάγραμμα μεταβολής του λόγου μέγιστης προς ελάχιστη τιμή παροχής

Στη συνέχεια, αξιοποιώντας τα βροχομετρικά στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού της Λαμίας για τα έτη 1966 έως και 2004, παρατίθεται η συσχέτιση της αθροιστικής βροχόπτωσης με την παροχή της πηγής Μ. Βρύσης για την εν λόγω χρονική περίοδο. Ακολουθεί το σχετικό διάγραμμα.



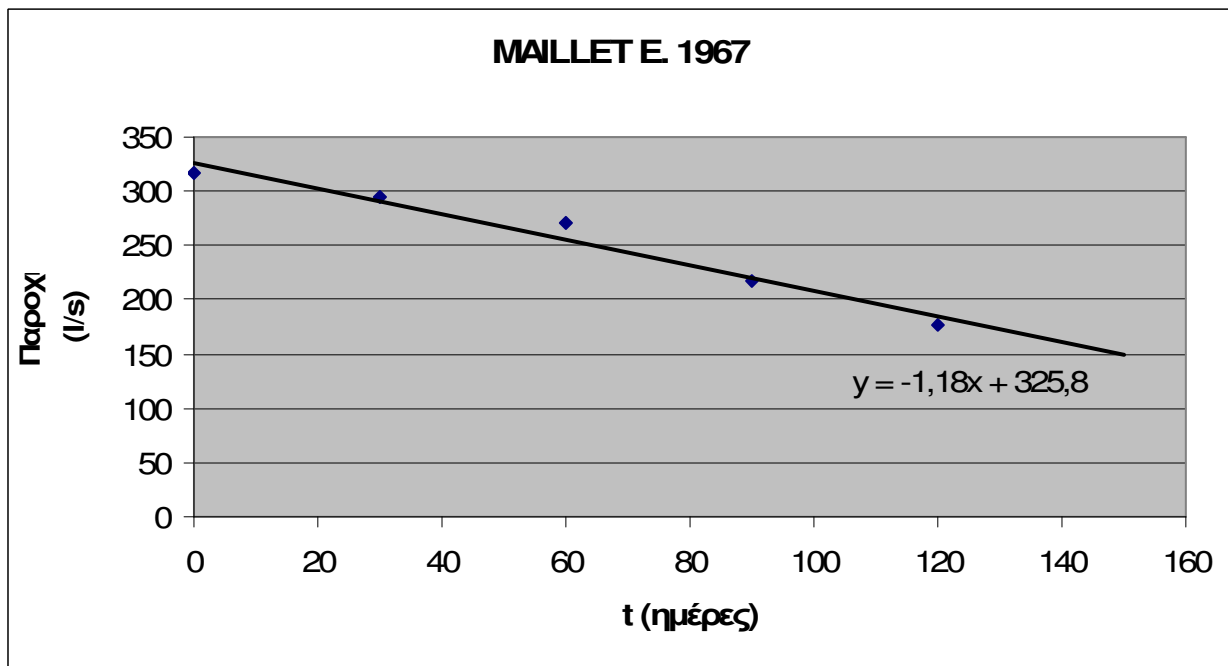
Σχήμα 9: Διάγραμμα συσχέτισης της παροχής της πηγής Μ. Βρύσης με τις βροχοπτώσεις στο μετεωρολογικό σταθμό της Λαμίας.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο υπολογισμός του συντελεστή στείρευσης σύμφωνα με τον τύπο του Maillet. Από την χρονοσειρά των 49 ετών (1962 - 2010) επιλέγουμε το έτος 1967 (χρονιά με πλήρη στοιχεία) και με τις μετρημένες παροχές (ξηρής περιόδου του έτους) θα προχωρήσουμε στην δημιουργία του υδρογράμματος της πηγής Μ. Βρύσης και εν τέλει στον υπολογισμό του συντελεστή στείρευσης α . Αρχικά παραθέτουμε το διάγραμμα μεταβολής της παροχής και της βροχόπτωσης για τις πηγές της Μ. Βρύσης του έτους 1967, όπου με πράσινο το τμήμα της γραμμής παροχής, όπως φαίνεται στο παρακάτω τμήμα που αντιστοιχεί στην ξηρά περίοδο του έτους, βάσει του οποίου δημιουργήθηκε το παρακάτω υδρογράμμα.



Σχήμα 10: Ετήσιο Διάγραμμα Μεταβολής της παροχής και της βροχόπτωσης το έτος 1967

Στη συνέχεια παραθέτουμε το υδρόγραμμα της ξηρής περιόδου της πηγής κατά Maillet



Σχήμα 11: Υδρόγραμμα της πηγής Μ. Βρύσης για την ξηρή περίοδο του έτους 1967

Με βάση το παραπάνω υδρόγραμμα και εφαρμόζοντας τον τύπο: $a = \frac{(\ln q_t - \ln q_1)}{(\ln e \cdot t_1)}$ καθώς επίσης και $w = 86400 \cdot (Q_o/a)$, προκύπτει ο παρακάτω συγκεντρωτικός πίνακας.

Πίνακας 3.13: Συντελεστής στέρησης a – δυναμικός όγκος του συστήματος w – αρχική παροχή q_o

	a	w (l)	q_o (l/s)
1967	0,0085	3,33E+09	325,8

Σημειώνεται πως λόγω ελλειπών στοιχείων των μετρήσεων των παροχών της ξηρής περιόδου των ετών 1961 – 2010 δεν υπολογίστηκαν τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα (a , w , q_o) και για κάποια αντιπροσωπευτικά έτη ακόμη. Έτσι δεν μπορούμε να εξαγάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για τη λειτουργία του καρστικού υδροφόρου συστήματος που εκφορτίζεται μέσω των πηγών της Μεγάλης Βρύσης.

3.5.3.2 Ο οικολογικός πυρήνας των καρστικών πηγών Μεγάλης Βρύσης

Ιδιαίτερη αναφορά αξίζει να κάνουμε στον οικολογικό πυρήνα των καρστικών πηγών Μεγάλης Βρύσης, στα νερά των οποίων ζει το σπάνιο είδος ψαριού μοναδικό στον κόσμο, γνωστό με το όνομα Ελληνοπυγόστεος ή *Pungitius hellenicus*.

Το είδος αυτό καταγράφηκε και μελετήθηκε για πρώτη φορά το 1940 από τον ιχθυολόγο Στεφανίδη. Πρόκειται για ένα ιθαγενές ενδημικό ψάρι των γλυκών νερών. Δεν ξεπερνά τα 5 cm και ζει λιγότερο από 18 μήνες. Το σώμα του είναι λείο και οι χρωματισμοί του συνήθως σχηματίζουν στα πλάγια ανωμαλίες εναλλασσόμενες καστανόχρωμες ή κιτρινωπές ζώνες. (εικόνα 25 και 26) Απουσιάζουν τελείως τα κοιλιακά πτερύγια και μπροστά από το ραχιαίο πτερύγιο υπάρχουν 9 συνήθως ελεύθερες ακτίνες, οι οποίες δεν είναι πάντοτε ορατές εξωτερικά. Προτιμά υδάτινα συστήματα πλούσια σε υδρόβια βλάστηση και με κρύα καθαρά και τρεχούμενα νερά, αν και απαντάται και σε στάσιμα. Τρέφεται με προνύμφες εντόμων, καρκινοειδή και μαλάκια. Η αναπαραγωγή του γίνεται κατά τους μήνες Μάρτιο έως Ιούλιο. Το αρσενικό φτιάχνει φωλιές από φυτικά υλικά, όπου το θηλυκό αποθέτει για γονιμοποίηση μικρές ποσότητες αυγών. Το αρσενικό προστατεύει τα αυγά για 4 έως 5 ημέρες μέχρι την εκκόλαψη των προνυμφών, οι οποίες αποκτούν σύντομα τα χαρακτηριστικά των ενηλίκων. (Πρακτικά ημερίδας Σπερχειός 2000+, 1995)

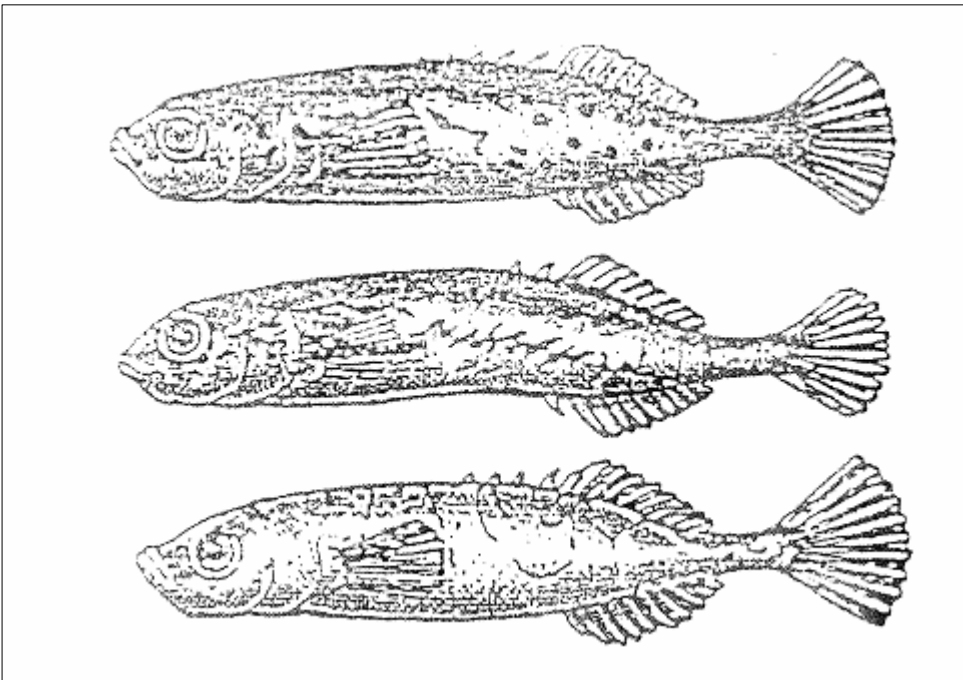
Το ψάρι εντοπίστηκε αρχικά σε παρόμοιες καρστικές πηγές στο χωριό Κομποτάδες, από όπου έχει εξαφανιστεί λόγω διαφόρων ανθρωπογενών δράσεων κυριότερη των οποίων ήταν η κατασκευή πλατείας πάνω από τις πηγές. Έτσι από ότι φαίνεται τελευταίο καταφύγιο για το μοναδικό αυτό είδος είναι οι πηγές Μεγάλης Βρύσης. Οι καρστικές πηγές Μεγάλης Βρύσης φιλοξενούν όπως φαίνεται το αρχέγονο αυτό είδος από τις αρχές της Μειοκαινικής Περιόδου, δηλαδή εδώ και 20 εκατομμύρια χρόνια.

Ο Ελληνοπυγόστεος απειλείται από τις ανθρώπινες Δραστηριότητες (εκτεταμένες υδροληψίες, μπαζώματα, τεχνικά έργα). Αντιθέτως οι καθαρισμοί των τάφρων και η δημιουργία ευτροφισμού μέσω της έκλυσης γεωργικών λιπασμάτων ενδεχομένως δημιουργούν συνθήκες ευνοϊκές για το είδος σε μακροχρόνια βάση. Επίσης αναφέρεται στον κατάλογο των απειλούμενων ζώων της Διεθνούς Ένωσης προστασίας της Φύσης και των Φυσικών πόρων (IUCN) και προστατεύεται με το 67/81 Π.Δ.

Το ψάρι αυτό είναι σπάνιας οικολογικής σημασίας με παγκόσμιο ενδιαφέρον και αποτελεί φυσική εθνική κληρονομιά και έχουμε καθήκον να διατηρήσουμε το είδος για τις επόμενες γενιές, προστατεύοντας τον βίοτοπο μας από καταστροφές, αλλοιώσεις και υποβαθμίσεις. (Πρακτικά ημερίδας Σπερχειός 2000+ Περιβάλλον & Ανάπτυξη, 1995)



Εικόνα 25: Ελληνοπυγόςτεος ή *Pungitius hellenicus*



Εικόνα 26: Μορφολογικά χαρακτηριστικά του *Pungitius hellenicus* και διαφοροποιήσεις του είδους (Πηγή: Πρακτικά ημερίδας Σπερχειός 2000+ Περιβάλλον & Ανάπτυξη, 1995)

3.6 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Λαμίας (ΕΕΛΛ)

3.6.1 Γενικά στοιχεία

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Λαμίας κατασκευάστηκε το 1994 (λειτουργήσε το 1995). Βρίσκεται νοτιοανατολικά της πόλης της Λαμίας, σε οδική απόσταση 6 km περίπου από το κέντρο της πόλης και 900 m από την Εθνική Οδό Αθηνών – Λαμίας, στην αγροτική περιοχή μεταξύ των οικισμών Ροδίτσας και Ανθήλης, εφαπτόμενη της τάφρου της Λαμίας. Η ΕΕΛΛ κατασκευάστηκε για να επεξεργάζεται τα λύματα και τα βοθρολύματα του διευρυμένου Δήμου Λαμιέων, με πρόβλεψη στην πρώτη φάση λειτουργίας του έργου να έχει δυναμικότητα 66700 κατοίκων (ισοδύναμος πληθυσμός), δηλαδή μέγιστη παροχή 11560 m³/day και 90 m³/day βοθρολύματα, ενώ στην τελική φάση να έχει δυναμικότητα 93250 κατοίκων με μέγιστη παροχή 20500 m³/day και 45 m³/day βοθρολύματα. Σήμερα (Αύγουστος 2011) ολοκληρώνεται η επέκταση του βιολογικού καθαρισμού της Λαμίας δηλαδή η δεύτερη και τελική φάση κατασκευής του. Βρίσκεται σε δοκιμαστική λειτουργία για δύο μήνες, μετά των οποίων θα τεθεί σε πλήρη λειτουργία και θα εξυπηρετεί ισοδύναμο πληθυσμό 103000 κατοίκων.

Στην πρώτη φάση είχαν κατασκευαστεί οι δύο από τις τρεις προβλεπόμενες γραμμές βιολογικής επεξεργασίας (αερισμός, καθίζηση, ανακυκλοφορία), ενώ η προεπεξεργασία, η απολύμανση και η επεξεργασία της ιλύος έχουν κατασκευαστεί για τις ανάγκες του τελικού σχεδιασμού. Στην ΕΕΛ αρχικά κατέληγε ο κεντρικός αποχετευτικός αγωγός, μέσω του οποίου εξυπηρετούνταν το μεγαλύτερο τμήμα της πόλης, Στη συνέχεια συνδέθηκε το αποχετευτικό δίκτυο ακαθάρτων των οικισμών Ροδίτσας, Σταυρού, Μ. Βρύσης, Αγίας Παρασκευής, Ανθήλης και (ΟΕΚ) Ανθήλης, καθώς και τα επεξεργασμένα λύματα της ΒΙΠΕ Λαμίας και τα προεπεξεργασμένα απόβλητα των Σφαγείων. Στην δεύτερη και τελική φάση προβλέπεται η κατασκευή αποχετευτικού δικτύου και η σύνδεσή του με την ΕΕΛ Λαμίας, για τους οικισμούς Ηράκλειας, Μοσχοχωρίου, Ν. Κρίκελλου, Κόμματος καθώς επίσης και του δήμου Στυλίδας. Στην περιοχή της Λαμίας λειτουργούν δύο εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, αυτή της πόλης της Λαμίας (ΔΕΥΑΛ), η οποία δέχεται τα λύματα της πόλης της Λαμίας, των οικισμών που προαναφέρθηκαν και ορισμένα βοθρολύματα (καθώς τα υπόλοιπα δημοτικά διαμερίσματα εξυπηρετούνται από βόθρους) και αυτή της ΕΤΒΑ, η οποία εξυπηρετεί τη Βιομηχανική Περιοχή της Λαμίας.

Το σχήμα λειτουργίας που εφαρμόζεται στην ΕΕΛ περιλαμβάνει προεπεξεργασία με εσχάρωση, εξάμμωση και απολίπανση και στη συνέχεια δευτεροβάθμια επεξεργασία με σύστημα ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό για ταυτόχρονη νιτροποίηση-απονιτροποίηση. Το τελικό προϊόν της επεξεργασίας υπόκειται σε απολύμανση με χλώριο και με αγωγό διαμέτρου Ø800 mm οδηγείται στη στραγγιστική Τάφρο της Λαμίας, μέσω αυτής στην εκτροπή του Σπερχειού και τελικά στο Μαλιακό κόλπο. Μελετάται η επαναχρησιμοποίησή των επεξεργασμένων λυμάτων (κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις) για άρδευση. Η διάθεση της παραγόμενης ιλύος (λάσπης) γίνεται στο νέο Χώρο Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) του Δήμου Λαμίας προς το παρόν, αλλά μελετάται η αγροτική χρήση της ιλύος για λίπασμα.

3.6.2 Ποιότητα επεξεργασμένων λυμάτων

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων κατασκευάζονται με στόχο να πετύχουν συγκεκριμένους ποιοτικούς στόχους για την εκροή, που συνήθως βασίζονται στα αιωρούμενα στερεά (TSS ή θολότητα), στο οργανικό φορτίο (BOD), στους βιολογικούς δείκτες (κολοβακτηρίδια ολικά ή εντερικής προέλευσης, *Escherichia Coli*, αυγά ελμίνθων κλπ), στο επίπεδο θρεπτικών στοιχείων (N και P) και στις περιπτώσεις που εφαρμόζεται χλωρίωση στο επίπεδο του ελεύθερου ή υπολειμματικού χλωρίου. Στον παρακάτω πίνακα 3.14 παρουσιάζονται οι γενικότερες παράμετροι που αφορούν στην ποιότητα των επεξεργασμένων εκροών.

Πίνακας 3.14: Παράμετροι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ποιότητας της εκροής των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων

Γενικές παράμετροι	Ανιόντα	Κατιόντα	Ιχνοστοιχεία	Ειδικές παράμετροι	Οργανικά	Μικροοργανισμοί
Οξύτητα/Αλκαλικότητα, Ph Χρώμα/Θαλότητα Ηλεκτρική αγωγιμότητα, EC _w (dS/m) Σκληρότητα, meq CaCO ₃ /L Θερμοκρασία (°C) Ολικά διαλυμένα στερεά, TDS (mg/L)	Όξινα ανθρακικά, HCO ₃ ⁻ Ανθρακικά, CO ₃ ⁼ Χλώριο, Cl ⁻ Φθόριο, F ⁻ Νιτρικά, N ⁻ NO ₃ ⁻ Φωσφορικά, P ⁻ PO ₄ ⁻³ Θειικά, SO ₄ ⁼	Αμμωνία, N ⁻ NH ₄ ⁻ Ασβέστιο, Ca ⁺⁺ Μαγνήσιο, Mg ⁺⁺ Κάλιο, K ⁺ Νάτριο, Na ⁺	Αργίλιο, Al Βηρύλλιο, Be Κοβάλτιο, Co Σίδηρος, Fe Λίθιο, Li Μαγγάνιο, Mn Μολυβδαίνιο, Mo Σελήνιο, Se Κασσίτερος, Sn Βολφράμιο, W Βανάδιο, V Αρσενικό, As Κάδμιο, Cd Χρώμιο, Cr Χαλκός, Co Μόλυβδος, Pb Υδράργυρος, Hg Ψευδάργυρος, Zn	Βόριο, B Ποσοστό προσρόφησης νατρίου, SAR	BOD, mgO ₂ /L COD, mgO ₂ /L Οργανικό άζωτο Οργανικός φώσφορος Επιλεγμένες ενώσεις: βιοκτόνα και άλλα ίχνη οργανικών ενώσεων (trace organics)	Βακτήρια: Ολικά και κολοβακτηρίδια εντερικής προέλευσης, Salmonella Ιοί Έλμινθες: Ascaris, Taenia eggs Πρωτόζωα: Giardia, Cryptosporium Παθογόνα: Salmonella, Legionella

Πηγή: ΔΕΥΑΛ, ΙΕΒ – ΕΘΙΑΓΕ, 2009

Πίνακας 3.15: Απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν οι απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων

Παράμετροι συγκέντρωσης	Τιμή συγκέντρωσης	Ελάχιστη μείωση ανάλογα με τα εισερχόμενα λύματα	Μέθοδοι μέτρησης /αναφοράς
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο – BOD ₅ (στους 20 ⁰ C) χωρίς νιτροποίηση	25mg/l	70-90 % 40 % για ορεινές περιοχές (1500m υψόμετρο)	Ομοιογενοποιημένο, αδιάθιχτο, χωρίς καθίζηση δείγμα. Προσδιορισμός του διαλυμένου οξυγόνου πριν και μετά από πενήμερη επώαση στους 20 ⁰ C ± 1 ⁰ C, απουσία φωτός. Προσθήκη παρεμποδιστή της νιτροποίησης
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο – COD	125 mg/l	75%	Ομοιογενοποιημένο, αδιάθιχτο, χωρίς καθίζηση δείγμα. Προσδιορισμός με τη μέθοδο διχρωμικού καλίου
Ολικά αιωρούμενα στερεά – TSS	35 mg/l 35 mg/l (>10000ι.π.) 60 mg/l (2000-10000 ι.π)	90% 90% (>10000 ι.π.) 70% (2000 – 10000 ι.π.)	- Διήθηση δείγματος μέσω φίλτρου μεμβράνης των 0,45μm, ξήρανση σε θερμοκρασία 105 ⁰ C και ζύγιση. - Φυγοκέντριση δείγματος (επί 5 τουλάχιστον λεπτά, με μέση επιτάχυνση 2800-3200 g), ξήρανση σε θερμοκρασία 105 ⁰ C και ζύγιση.

Πηγή: Νόμος 5673 400 1997 Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων (Ενσωμάτωση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ) Συμπλήρωση από το νόμο 1999 και 2002

Πίνακας 3.16: Απαιτήσεις για απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε ευαίσθητες περιοχές όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός. Αναλόγως των τοπικών συνθηκών, εφαρμόζεται η μία ή και η δύο παράμετροι. Εφαρμόζεται η τιμή συγκέντρωσης ή το ποσοστό μείωσης.

Παράμετροι συγκέντρωσης	Τιμή συγκέντρωσης	Ελάχιστη μείωση	Μέθοδοι μέτρησης /αναφοράς
Ολικός Φόσφορος – P	2 mg/l (10000-100000 ιπ) 1 mg/l (>100000 ιπ)	80%	Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης
Ολικό άζωτο – N	15 mg/l (10000-100000 ιπ) 10 mg/l (>100000 ιπ)	70-80%	Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης

Πηγή: Νόμος 5673 400 1997 Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων (Ενσωμάτωση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ) Συμπλήρωση από το νόμο 1999 και 2002

Πίνακας 3.17: Ποιοτικά χαρακτηριστικά της εισροής της ΕΕΛ Λαμίας, για το διάστημα Ιανουάριος – Δεκέμβριος 2010

Ημερομηνία	Θερμοκρασία	PH εισόδου	Αγωγιμότητα εισόδου	BOD εισόδου	COD εισόδου	Αιωρούμενα εισόδου	Πτητικά εισόδου	N, NH4 εισόδου	Ολικό N εισόδου	Ολικός P εισόδου
13/1/2010	17,4	7,53	1.064	216	385	316	246	37,8	62,5	6,5
22/1/2010		7,94	940	253				32,7		
28/1/2010	11,5	7,47	662	223	362	183		20,3	26,3	3,3
4/2/2010	15,3	7,80	1.019	224		369		32,5	61,3	8,8
10/2/2010	14,9	7,82	970	444	599	138		29,3	52,5	4,5
18/2/2010	16,5	7,46	960	244		90		24,7	60,0	9,3
25/2/2010	18,2	7,87	965	326	740	195		31,2	53,7	5,5
4/3/2010	16,9	7,45	968	263	420	432	408	37,3	51,3	6,8
11/3/2010	14,4	7,76	818	185	338	88		20,8	47,5	5,3
17/3/2010	16,9	7,62	992	166	343	183	157	25,0	51,3	4,8
24/3/2010	16,7	7,75	1.000	261		127		36,2	70,0	6,8
8/4/2010	17,4	7,49	1.037	255	387	571	376	41,3	68,8	8,8
14/4/2010	17,7	6,95	1.000	259	430	480	360	34,7	63,8	6,5
21/4/2010	19,2	7,41	980	265	423	179	71	35,3	60,0	5,5
28/4/2010	19,7	7,67	964	239		209		37,2	66,3	6,3
6/5/2010	20,9	7,83	835	173		199	65	44,3	70,0	6,5
13/5/2010	23,4	7,42	948	217		178		33,7	58,8	6,5
20/5/2010	21,7	7,82	995	289	508	228	100	34,8	76,3	8,3
27/5/2010	24,2	7,92	548	219		375	249	42,8	81,3	9,8
2/6/2010	22,6	7,89	971	314	566	43		44,8	77,5	7,8
10/6/2010	22,7	7,83	545	161		72		32,8	58,8	5,0
17/6/2010	23,9	7,61	1.041	212	474	161	105	34,3	62,5	6,0
24/6/2010	23,4	7,65	1.135	213		130	123	41,0	68,8	5,5
1/7/2010	23,9	7,35	956	367	716	338	294	33,8	55,0	6,8
8/7/2010	23,7	7,22	1.189	258	581	171	101	43,5	60,0	5,8
16/7/2010	25,1	7,36	1.120	247	418	335	236	30,8	62,5	7,1
22/7/2010	25,8	7,55	1.366	270	758	129	106	39,0	96,3	19,5
30/7/2010	25,4	7,63	970	284	606	110		32,0	62,5	6,8
5/8/2010	24,0									
23/9/2010	23,3	7,80	1.188			109	60	34,0		
30/9/2010	23,7	7,70	1.110	223	475	158		27,2	61,3	5,8
7/10/2010	22,0	7,62	1.185	287	542	532	385	51,8	78,8	9,0
11/10/2010										
14/10/2010	20,9	7,35	1.076	320		292	262	33,8	67,5	8,5
20/10/2010	21,4	7,50	1.021	243		326	296	56,3	90,0	6,5
4/11/2010	19,8	7,45	1.080	314	552	187	159	37,5	67,5	7,0
10/11/2010	19,6	7,80	1.027	275	511	174		56,5	101,0	14,5
17/11/2010	18,8	7,93	953	207	493	180	157	62,8	101,3	7,3
24/11/2010	19,3	7,68	1.066	658	990	498	434	58,0	86,3	13,0
1/12/2010	18,9	7,25	926	108	184	966	818	36,8	67,5	14,3
8/12/2010	17,7	7,89	918	241	533	261	236	63,8	83,8	10,8
15/12/2010	15,2	7,64	995		752	203	180	34,5	60,3	6,8
22/12/2010	16,9	7,66	1.200	209	372	483	394	61,8	90,0	11,3
29/12/2010	16,5	7,81	1.144	196	592	610	545	66,8	90,0	7,5
Μέση τιμή 2010	19,9	7,62	996	258	519	268	256	39,2	68,3	7,8
Αρ. δειγμ. 2010	42	42	42	40	29	41	27	42	40	40

Δεδομένα: Ευγενική χορηγία ΔΕΥΑΛ Λαμίας (2011)

Πίνακας 3.18: Ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής της ΕΕΛ Λαμίας, για το διάστημα Ιανουάριος – Δεκέμβριος 2010

Ημερομηνία	Θερμοκρασία	PH εξόδου	Αγωγιμότητα εξόδου	BOD εξόδου	COD εξόδου	Αιωρούμενα εξόδου	N, NH4 εξόδου	N, NO3 εξόδου	Ολικό N εξόδου	Ολικός P εξόδου	DO εξόδου
13/1/2010	17,4	7,57	861	19,0	85	0,4	2,03	0,5	8,0	3,3	6,2
22/1/2010		8,22	804	13,8			1,08	1,5			
28/1/2010	11,5	7,39	518	6,9	21	1,5	0,03	3,9	9,0	0,2	
4/2/2010	15,3	7,60	780	10,0		9,2	1,92	1,2	9,5	2,5	6,2
10/2/2010	14,9	7,56	733	12,7	40	6,6	2,37	0,8	12,5	1,3	
18/2/2010	16,5	7,46	778	13,0		2,4	2,75	0,6	12,0	2,3	
25/2/2010	18,2	7,58	834	8,8	32	5,2	3,30	0,7	13,5	1,5	7,8
4/3/2010	16,9	7,44	838	12,9	45	3,6	1,33	0,6	10,5	2,0	
11/3/2010	14,4	7,33	471	3,9	20	1,6	0,09	2,0	10,0	1,8	7,4
17/3/2010	16,9	7,65	790	11,1	35	19,2	0,61	2,6	9,0	0,8	
24/3/2010	16,7	7,66	780	6,4		0,4	1,10	1,0	8,0	2,0	5,5
8/4/2010	17,4	7,62	933	4,5	13	2,4	1,05	1,8	9,5	2,5	
14/4/2010	17,7	7,81	865	12,2	49	5,4	1,47	1,1	11,0	2,5	
21/4/2010	19,2	7,75	937	5,9	35	0,6	1,25	1,5	8,5	2,3	6,4
28/4/2010	19,7	7,92	825	5,0		0,4	1,17	2,8	9,5	1,5	
6/5/2010	20,9	7,67	793	12,2		3,8	1,42	2,5	10,0	2,5	6,2
13/5/2010	23,4	7,83	825	22,8		23,0	1,08	3,3	9,5	3,8	
20/5/2010	21,7	8,11	880	12,0	27	11,4	1,33	1,4	9,5	2,3	
27/5/2010	24,2	7,65	410	3,7		1,0	1,08	3,4	8,5	2,0	6,3
2/6/2010	22,6	7,58	855	8,2	24	1,4	1,45	0,6	6,7	2,0	6,3
10/6/2010	22,7	7,98	482	12,2		3,0	1,73	1,2	9,0	2,3	
17/6/2010	23,9	8,01	970	7,5	27	2,4	1,98	0,9	10,5	3,0	
24/6/2010	23,4	7,89	1.016	17,2		1,0	1,67	1,9	12,7	4,5	
1/7/2010	23,9	7,98	1.350	2,7	34	2,0	1,14	3,5	11,0	2,1	
8/7/2010	23,7	7,63	1.128	4,1	44	12,2	1,52	2,6	11,4	3,8	
16/7/2010	25,1	7,92	1.020	9,9	48	1,4	1,50	1,0	8,5	1,8	
22/7/2010	25,8	8,16	930	5,7	32	1,6	1,04	0,6	9,5	1,5	
30/7/2010	25,4	8,14	769	5,3	25	0,4	1,67	0,6	10,5	3,5	5,8
5/8/2010	24,0	8,06	898	15,1		1,8	1,34	1,0	9,0	6,8	
23/8/2010	23,3	8,04	830	10,0	25	0,6	2,42	1,5			
30/8/2010	23,7	8,08	895	6,7	28	0,6	1,63	1,2	10,5	1,3	
7/10/2010	22,0	8,19	845	7,6	36	0,4	0,73	2,2	8,0	2,8	5,1
11/10/2010							1,18				
14/10/2010	20,9	7,83	670	3,6		0,6	0,57	8,1	12,0	2,8	5,3
20/10/2010	21,4	7,21	709	6,3		5,2	2,20	2,0	9,0	2,3	
4/11/2010	19,8	7,81	788	12,8	36	4,2	2,00	1,5	8,0	4,3	
10/11/2010	19,6	8,01	797	15,2	56	2,8	2,00	1,4	10,0	4,0	
17/11/2010	18,8	7,92	750	5,0	22	1,0	2,30	1,5	12,5	3,0	6,4
24/11/2010	19,3	8,08	707	4,6	21	1,2	1,12	1,3	6,5	3,3	
1/12/2010	18,9	8,02	775	4,5	16	4,2	1,19	1,6	8,0	3,5	
8/12/2010	17,7	8,09	867	9,7	20	0,8	1,63	1,2	10,0	3,4	
15/12/2010	15,2	8,32	825		25	20,0	1,45	1,4	9,5	3,3	
22/12/2010	16,9	8,06	750	4,6	33	1,8	0,54	2,9	9,2	2,0	6,5
29/12/2010	16,5	8,23	835	2,4	21	0,6	2,43	1,2	10,0	2,3	
Μέση τιμή 2010	19,9	7,84	817	9,0	32,5	4,0	1,47	1,8	9,8	2,6	6,3
Αρ. δειγμ. 2010	42	43	43	42	30	42	44	43	41	41	14

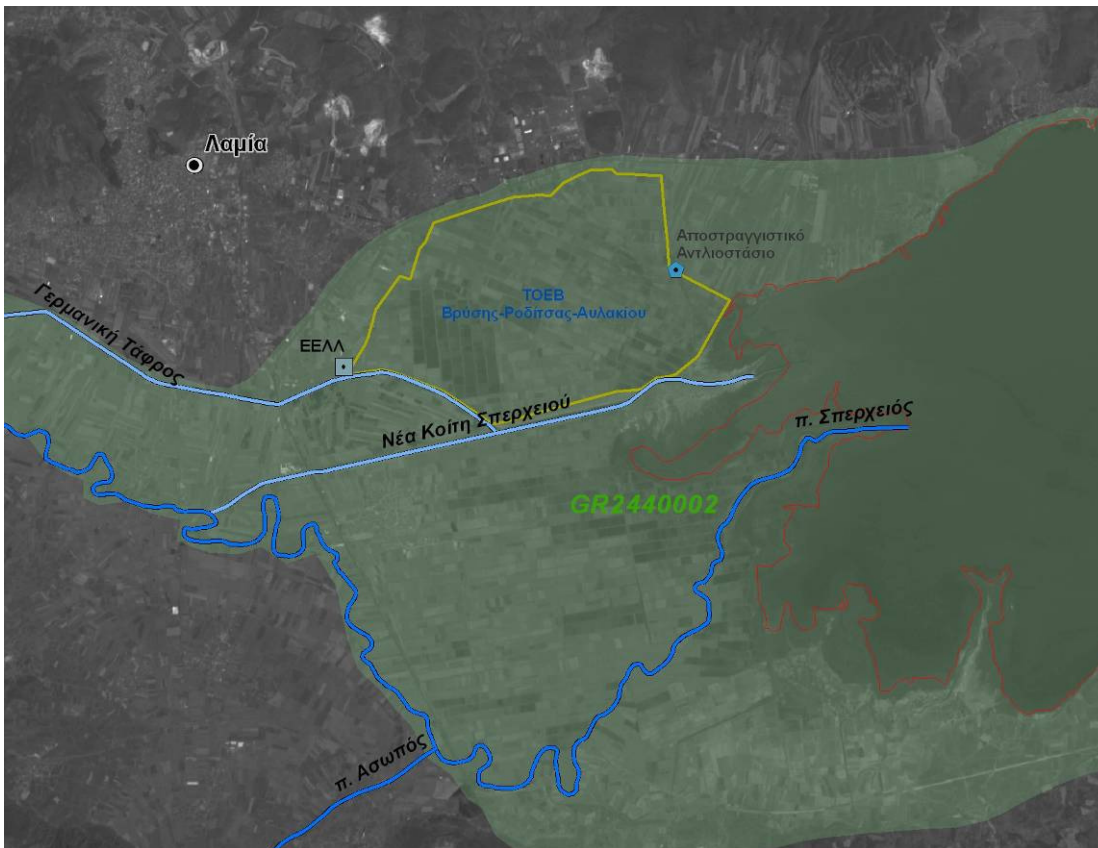
Δεδομένα: Ευγενική χορηγία ΔΕΥΑΛ Λαμίας (2011)

3.6.3 Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

Η χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων είναι μια πρακτική που εφαρμόζεται από τα αρχαία χρόνια, ιδιαίτερα στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές του πλανήτη, ενώ από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην επεξεργασία των αστικών λυμάτων και στη δυνατότητα ελεγχόμενης επαναχρησιμοποίησής τους στην άρδευση καλλιεργειών. Από τη δεκαετία του 1980 άρχισαν να λειτουργούν όλο και περισσότερες εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων στη χώρα μας, αρχικά στα μεγάλα αστικά κέντρα αλλά και στην περιφέρεια, με τελικό στόχο όλα τα λύματα να υπόκεινται σε επεξεργασία προτού διατεθούν στους αποδέκτες ή σε άλλες χρήσεις.

Η αξιοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και η μέσω αυτής εξοικονόμηση υδατικών πόρων μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην αντιμετώπιση α) των επιπτώσεων από την προϊούσα λειψυδρία και την ξηρασία, β) την έντονη ταπείνωση ή και υπαλμύριση των υπόγειων υδροφορέων ορισμένων περιοχών της χώρας από την υπεράντληση και την είσοδο του θαλάσσιου μετώπου σε παραλιακές περιοχές. Επίσης μπορεί να βελτιωθεί το υδατικό ισοζύγιο μέσω της τροφοδότησης των υπόγειων υδροφορέων. Τα επεξεργασμένα λύματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε χρήσεις όπως η άρδευση, ο εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων, σε βιομηχανικές χρήσεις, σε αστικές και περιαστικές χρήσεις όπως το αστικό και περιαστικό πράσινο, οι δασικές εκτάσεις, η αναψυχή, η πυρόσβεση, ο καθαρισμός των οδών, η κολύμβηση και οι οικιακές δραστηριότητες. Τα επεξεργασμένα λύματα μπορεί να είναι κατάλληλα για τις παραπάνω χρήσεις, με την προϋπόθεση την εξασφάλιση συγκεκριμένης ποιότητας λυμάτων (ώστε να διασφαλίζεται η Δημόσια Υγεία) και συστήματος διαχείρισης του ανακυκλωμένου νερού.

Όσον αφορά την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Λαμίας, έχει εκπονηθεί μελέτη για την χρήση της επεξεργασμένης εκροής στην άρδευση των παρακείμενων καλλιεργειών. Η περιοχή όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί η εκροή του ΕΕΛ Λαμίας για άρδευση καλλιεργειών, είναι το αγρόκτημα του Τοπικού Οργανισμού Εγγείων Βελτιώσεων Ροδίτσας - Μ. Βρύσης - Αυλακίου το οποίο ουσιαστικά περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της καλλιεργούμενης έκτασης μεταξύ του οικιστικού ιστού της Λαμίας και του Μαλιακού Κόλπου. Ολόκληρη η περιοχή εφαρμογής βρίσκεται εντός των ορίων της Περιοχής Ειδικής Προστασίας (SPA) "Κοιλιάδα και εκβολές Σπερχειού - Μαλιακός κόλπος" (GR2440002).

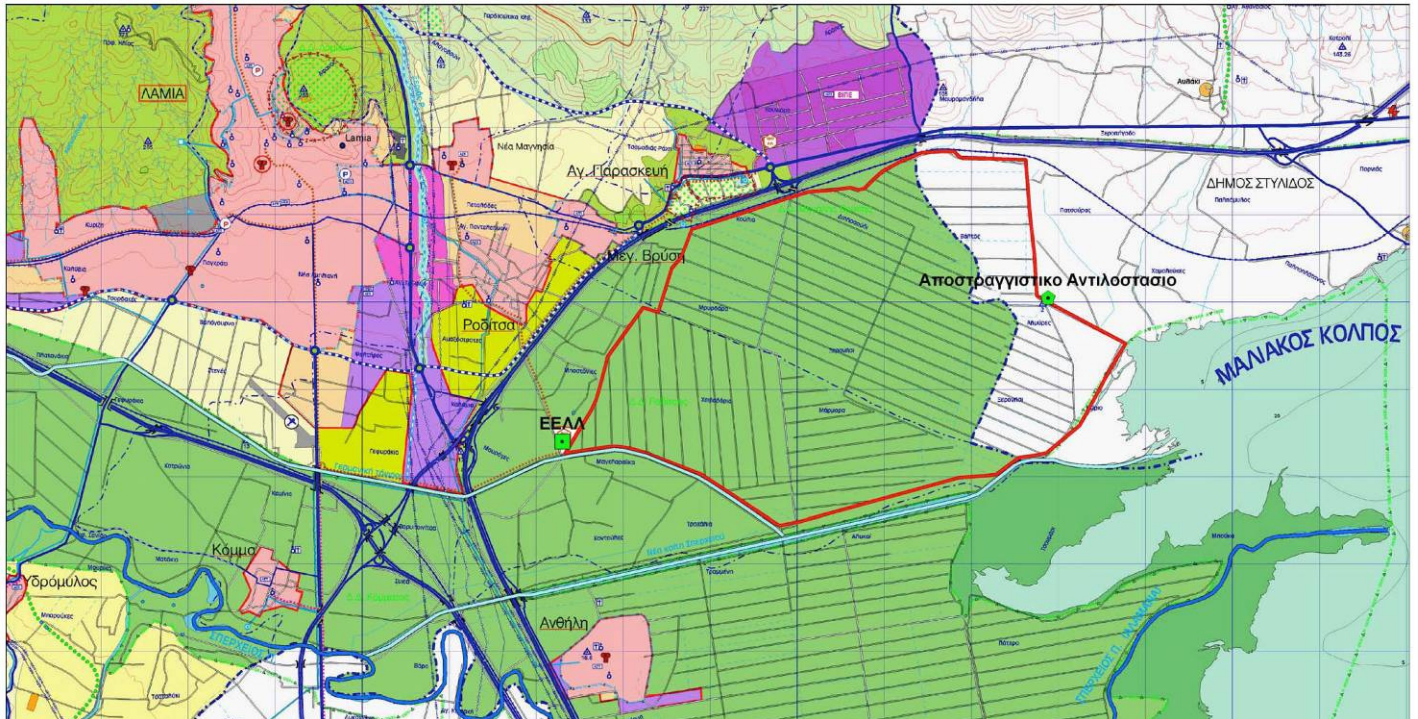


Εικόνα 27: Περιοχή χρήσης των επεξεργασμένων λυμάτων της ΕΕΛ Λαμίας σε άρδευση καλλιεργειών (κίτρινη γραμμή)
 (πηγή: ΜΠΕ για τη χρήση της επεξεργασμένης εκροής της ΕΕΛ Λαμίας στην άρδευση καλλιεργειών, 2009)

Η χρήση της εκροής της ΕΕΛΛ στην άρδευση καλλιεργειών της περιοχής αυτής, δε θα επιφέρει καμία αλλαγή στο μέγεθος της καλλιεργούμενης έκτασης, ούτε προβλέπεται κατασκευή νέων εγκαταστάσεων εντός του αρδευτικού δικτύου, καθώς τα νερά θα διοχετευθούν στο υπάρχον δίκτυο. Απεναντίας, η αυξημένη διαθεσιμότητα νερού κατά τους θερινούς μήνες αναμένεται να βοηθήσει στη διατήρηση της ποιότητας του αγροτικού οικοσυστήματος των ορυζώνων και των άλλων καλλιεργειών της περιοχής. Σημειώνεται επίσης ότι η επεξεργασμένη εκροή διοχετεύεται με βάση τους εγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους της ΕΕΛ Λαμίας σε ανοιχτό κανάλι, τη λεγόμενη "τάφρο Λαμίας" και κατόπιν οδηγείται μέσω της νέας κοίτης του π. Σπερχειού στο Μαλιακό κόλπο. Κατά τη διάθεση των λυμάτων στην άρδευση της περιοχής ευθύνης του ΤΟΕΒ Ροδίτσας - Μ. Βρύσης - Αυλακίου, τα λύματα και πάλι μέσω καναλιών θα διοχετεύονται στην άρδευση καλλιεργειών, ενώ η περίσσεια του νερού του αρδευτικού δικτύου θα καταλήγει πρακτικά στο ίδιο σημείο όπου εκβάλουν τα λύματα μέσω της νέας κοίτης του Σπερχειού.

Ο Μαλιακός κόλπος είναι ο τελικός αποδέκτης των νερών του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής, του Σπερχειού, της τάφρου της Λαμίας και των επεξεργασμένων αποβλήτων της ΒΙΠΕ Λαμίας. Πρόκειται για ένα ευμετάβλητο σύστημα, με νερά καλά οξυγονωμένα σε όλη τη διάρκεια του έτους και συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων που κυμαίνονται γενικά σε κανονικά επίπεδα. Σε ότι αφορά στην ανάπτυξη φυτοπλαγκτού, ο Μαλιακός κόλπος χαρακτηρίζεται ως μεσοτροφική και δυνητικά ευτροφική περιοχή, όπου παρατηρείται ανάπτυξη συγκεκριμένων ειδών φυτοβένθους, τα οποία αποτελούν δείκτες ευτροφικής ρύπανσης. Η τάση αυτή προς ευτροφισμό οφείλεται στην έκπλυση των αζωτούχων και φωσφορικών λιπασμάτων των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, της απόρριψης των ανεπεξέργαστων ή επεξεργασμένων λυμάτων στα κανάλια απορροής προς τον κόλπο όσο και στη φύση και μορφολογία του Μαλιακού κόλπου. Η κατασκευή και λειτουργία της ΕΕΛ Λαμίας, έχει βελτιώσει σημαντικά την κατάσταση αυτή, καθώς οι ποσότητες ανεπεξέργαστων λυμάτων που καταλήγουν στον κόλπο έχουν μειωθεί δραστικά. Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων στην άρδευση καλλιεργειών, αναμένεται να μειώσει την επιβάρυνση που δέχεται από τα λύματα ο Μαλιακός κόλπος, ενώ οι αζωτούχες και φωσφορικές ενώσεις που έχουν τα λύματα αποτελούν, γενικά, πλεονέκτημα κατά τη χρήση τους στην άρδευση καλλιεργειών.

Σημειώνεται τέλος ότι υπάρχουν καταγγελίες τοπικών φορέων και οργανώσεων για τη ρύπανση των νερών του Σπερχειού από χημικά βιομηχανικά απόβλητα, αστικά λύματα, φυτοφάρμακα, λιπάσματα και για γενικότερη αδυναμία προστασίας των περιοχών που προστατεύονται από περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως του Μαλιακού κόλπου. Το καλοκαίρι του 2008 παρατηρήθηκαν ανησυχητικά φαινόμενα, όπως νεκρά ψάρια, σημάδια ευτροφισμού κλπ. (ΜΠΕ για τη χρήση της επεξεργασμένης εκροής της ΕΕΛ Λαμίας στην άρδευση καλλιεργειών, 2009)



Εικόνα 28: Περιοχή χρήσης της εκροής της ΕΕΛ Λαμίας για άρδευση καλλιεργειών (τμήμα από ΓΠΣΛ).
 (πηγή: ΜΠΕ για τη χρήση της επεξεργασμένης εκροής της ΕΕΛ Λαμίας στην άρδευση καλλιεργειών, 2009)

Η χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων στη άρδευση γεωργικών καλλιεργειών συνεπάγεται κάποιες υγειονομικές και περιβαλλοντικές διακινδυνεύσεις, ανάλογα με την ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων, τη διαδικασία επαναχρησιμοποίησης, τα εδαφικά χαρακτηριστικά, τις κλιματικές συνθήκες και τις αγρονομικές πρακτικές. Οι κυριότερες ποιοτικές παράμετροι οι οποίες καθορίζουν την καταλληλότητα του ανακυκλωμένου νερού για άρδευση καλλιεργειών είναι η περιεκτικότητα σε παθογόνους μικροοργανισμούς, η αλατότητα (salinity), η περιεκτικότητα σε νάτριο (sodicity), η τοξικότητα συγκεκριμένων ιόντων (ion toxicity), η ύπαρξη βαρέων μετάλλων (trace elements) και θρεπτικών (nutrients). Σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να λάβει υπόψη του όποιος ασκεί πολιτική νερού και συγκεκριμένα επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, είναι η κοινωνική αποδοχή του εγχειρήματος, η δεκτικότητα των τοπικών κοινωνιών να προσαρμοστούν στους κανόνες χρήσης των επεξεργασμένων λυμάτων, καθώς και η προθυμία της αγοράς να απορροφήσει τα παραγόμενα προϊόντα, δηλαδή η εμπορευσιμότητά τους. Εκτός των υγειονομικών κινδύνων, ανεπαρκής ή μη αποτελεσματική επεξεργασία των λυμάτων, μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση περιβαλλοντικών πόρων κατά τη χρήση τους στη άρδευση καλλιεργειών.

Κάποια επιπλέον ζητήματα που μπορεί να προκύψουν στην περίπτωση που επεξεργασμένα λύματα διατίθενται στην άρδευση καλλιεργειών, είναι το γενικό νομικό καθεστώς του εγχειρήματος και επιμέρους θεσμικά ζητήματα που εγείρονται και αφορούν στα δικαιώματα του ανακτημένου νερού (π.χ. υποχρέωση των μονάδων επεξεργασίας να διαθέτουν το νερό για επαναχρησιμοποίηση), στον επιμερισμό πιθανού επιπλέον κόστους κατά την επεξεργασία του ώστε να είναι κατάλληλο για άρδευση καλλιεργειών (κόστος επιπλέον εγκαταστάσεων και κόστος λειτουργίας), ενώ πρέπει να αναφερθεί και η ανάγκη είτε για αποθήκευση των χειμερινών εκροών είτε η δυνατότητα διάθεσής τους σε άλλον αποδέκτη.

Η θεσμοθέτηση κανόνων, για τη χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων στην άρδευση καλλιεργειών έχει στόχο να διασφαλίσει στο μέγιστο δυνατό βαθμό την προστασία του περιβάλλοντος (έδαφος, επιφανειακά και υπόγεια νερά, χλωρίδα και πανίδα της περιοχής), των ανθρώπων (αγρότες-χρήστες του αρδευτικού νερού, κάτοικοι της περιοχής και καταναλωτές), διασφαλίζοντας ταυτόχρονα την ποιότητα και την εμπορευσιμότητα των παραγομένων προϊόντων.

Για τη χρησιμοποίηση των ανακτημένων αστικών λυμάτων στην άρδευση καλλιεργειών, έχουν θεσπιστεί από διεθνείς οργανισμούς ή από μεμονωμένα κράτη, κανόνες για την ελεγχόμενη και αποδοτική χρήση τους. Στην Ελλάδα ισχύει η πρόσφατη ΚΥΑ 45116/02-02-2011 (ΦΕΚ Β'354/2011) με τίτλο "Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις"

Σύμφωνα με το άρθρο 4 «Επαναχρησιμοποίηση για Άρδευση» της προαναφερόμενης ΚΥΑ, απαιτείται η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του συστήματος της άρδευσης ανάλογα με το συγκεκριμένο είδος της καλλιέργειας και τη συγκεκριμένη περιοχή.

Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει:

1. το υδατικό ισοζύγιο, σε συνάρτηση και με τις αρδευόμενες καλλιέργειες και το ισοζύγιο οργανικού φορτίου και θρεπτικών καθώς και κρίσιμων ιχνοστοιχείων, προκειμένου να προσδιορισθεί η ανά μονάδα αρδευόμενης επιφάνειας επιτρεπόμενη φόρτιση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα,
2. τον υπολογισμό της συνολικά απαιτούμενης εδαφικής έκτασης,
3. τα προγράμματα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων και κατά περίπτωση, τα απαιτούμενα προγράμματα παρακολούθησης των χαρακτηριστικών του εδάφους και των αρδευόμενων καλλιεργειών,
4. τα τυχόν απαιτούμενα πρόσθετα μέτρα και όρια για την συγκεκριμένη εφαρμογή (ενδεχόμενη περίφραξη της αρδευόμενης έκτασης, τρόπος άρδευσης, κλπ), καθώς και
5. τα απαιτούμενα μέτρα ενημέρωσης και προστασίας για τους χρήστες και τους καταναλωτές, που πρέπει να λαμβάνονται, με ευθύνη του φορέα υλοποίησης της άρδευσης, ο οποίος μπορεί να είναι ο φορέας διαχείρισης ή ο άμεσος χρήστης του ανακτημένου νερού. Μεταξύ των μέτρων αυτών μπορεί να υιοθετούνται αυτόματα ή ημιαυτόματα αρδευτικά συστήματα για ελαχιστοποίηση της επαφής των χειριστών με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα,
6. τον προσδιορισμό των τυχόν ελάχιστων απαιτούμενων αποστάσεων της συγκεκριμένης εφαρμογής από υφιστάμενες ή μελλοντικές υδροληψίες ή άλλες χρήσεις.

Στους παρακάτω πίνακες 3.19, 3.20 και 3.21 παρατίθενται τα επιτρεπόμενα όρια για τις μικροβιολογικές, τις συμβατικές και άλλες χημικές παραμέτρους και τα επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά, καθώς και η εκάστοτε κατ' ελάχιστο απαιτούμενη επεξεργασία, το είδος και η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων, στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για περιορισμένη και απεριόριστη άρδευση.

Πίνακας 3.19: Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστο απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για περιορισμένη άρδευση, βιομηχανική χρήση νερού ψύξης μιας χρήσης και εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα, που δεν χρησιμοποιείται για πόση και με διήθηση διαμέσου κατάλληλου εδαφικού στρώματος

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p>Περιορισμένη άρδευση Περιοχές όπου δεν αναμένεται πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δένδρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωσή τους. Άρδευση με καταιονισμό δεν θα εφαρμόζεται</p> <p>Βιομηχανική χρήση Νερό ψύξης μιας χρήσης</p> <p>Τροφодότηση υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπύπουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007, (με την επιφύλαξη των παραγράφων 4 και 5 του άρθρου 5 της παρούσας), με διήθηση διαμέσου εδαφικού στρώματος με επαρκές πάχος και κατάλληλα χαρακτηριστικά ⁽⁹⁾</p>	≤ 200 διάμεση τιμή	Σύμφω να με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/1997	Σύμφω να με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/1997	-	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ⁽⁹⁾ , ⁽⁸⁾ Απολύμανση ⁽⁹⁾	<p>BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>EC: μια ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό χλώριο: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Πίνακας 3.20: Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστο απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για απεριόριστη άρδευση και βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p>Απεριόριστη άρδευση Όλες οι καλλιέργειες όπως οπωροφόρα δένδρα, λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, θερμοκήπια. Η απεριόριστη άρδευση επιτρέπει την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων εφαρμογής της άρδευσης συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού.</p> <p>Βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης, νερό για λέβητες, νερό διεργασιών κλπ ⁽⁹⁾</p>	≤ 5 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 50 για το 95% των δειγμάτων	≤ 10 για το 80% των δειγμάτων	≤ 10 για το 80% των δειγμάτων	≤ 2 διάμεση τιμή	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ⁽⁸⁾ ακολουθούμενη από Τριτοβάθμια επεξεργασία ⁽⁹⁾ και Απολύμανση ⁽⁸⁾	<p>BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις</p> <p>EC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις... Κατ εξαιρέση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής μία ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό Cl₂ συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Πίνακας 3.21: Επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση	Μονάδες	Βαθμός περιορισμών κατά την εφαρμογή		
		Μηδαμινός	Μικρός-Μέτριος	Μεγάλος
Αλατότητα (Επηρεάζει την διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος)				
ECw ⁽¹⁾	dS/m	< 0.7	0.7 -3.0	> 3.0
Ή				
TDS (ολικά διαλυμένα)	mg/l	< 450	450 -2000	> 2000
Διαπερατότητα				
SAR ⁽²⁾ = 0 - 3 και ECw =		> 0.7	0.7 -0.2	< 0.2
3 - 6		> 1.2	1.2 -0.3	< 0.3
6 -12		> 1.9	1.9 -0.5	< 0.5
12-20		> 2.9	2.9 -1.3	< 1.3
20-40		> 5.0	5.0 -2.9	< 2.9
Ειδική τοξικότητα ιόντων				
Νάτριο (Na)				
Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών)	SAR	< 3	3 -9	> 9
Καταιονισμός (προσρόφηση δια των φύλλων)	mg/l	≤70	> 70	
Χλωρίοντα (Cl)				
Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών)	mg/l	< 140	140 -350	> 350
Καταιονισμός (προσρόφηση δια των φύλλων)	mg/l	≤ 100	> 100	
Άλλες επιπτώσεις				
Άζωτο (NO ₃ -N) ⁽³⁾	mg/l	< 5	5 -30	> 30
HCO ₃ (μόνο για άρδευση για καταιονισμό)	mg/l	< 90	90-500	> 500
Ph	Τυπικό διάστημα 6.5-8.5			

¹ ECw ηλεκτρική αγωγιμότητα σε deciSiemens ανά μέτρο στους 25 °C

² SAR βαθμός απορρόφησης νατρίου

³ NO₃-N νιτρικό άζωτο σε όρους αζώτου

Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων για τις παραμέτρους του Πίνακα 5 καθορίζεται σε 2 ανά έτος για ανακτημένα υγρά απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 10,000 κατοίκους και σε 1 ανά έτος για τις υπόλοιπες περιπτώσεις.

[πηγή των παραπάνω πινάκων: ΚΥΑ 45116/02-02-2011 (ΦΕΚ Β'354/2011)]

κεφάλαιο

4

Υδροχημεία – Επεξεργασία χημικών
αναλύσεων

4. Υδροχημεία – Επεξεργασία χημικών αναλύσεων δειγμάτων

4.1 Στοιχεία ποιότητας του νερού

Το χημικώς καθαρό νερό, H_2O , έχει ορισμένες φυσικές και χημικές ιδιότητες πολύ χαρακτηριστικές που το ξεχωρίζουν απόλυτα από άλλα φυσικά υλικά και του προσδίδουν μια χωριστή μοναδικότητα, αλλά και μια εξαιρετική σπουδαιότητα. Το σύνολο των ιδιοτήτων αυτών του επιτρέπουν να παίξει ένα σημαντικό ρόλο στη φύση, στη ζωή. Το χημικώς καθαρό νερό είναι ουσία άχρωμη, άοσμη, άγευστη, διαφανής, υγρή στις συνήθεις συνθήκες. Είναι ελιξίριο απολύτως απαραίτητο για τη ζωή. Τα φυτά αποσπούν από αυτό το απαραίτητο για τη φωτοσύνθεση υδρογόνο. Βέβαια είναι ακατάλληλο για τις πλείστες χρήσεις του, όπως πόση κλπ. Μόνο όταν περιέχει διάφορα ιόντα σε διάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις πλείστες χρήσεις με ελάχιστες που απαιτούν χημικώς καθαρό νερό.

Το φυσικό νερό περιέχει σε διάλυση διάφορα ιόντα και σε αιώρηση στοιχεία, ενώσεις και σωματίδια. Το είδος και η περιεκτικότητα σε αυτά του προσδίδουν ορισμένες φυσικές και φυσικοχημικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν την ποιότητά του. Περιεκτικότητες σε ορισμένα από αυτά πάνω από ορισμένη οριακή τιμή είναι δυνατό να το καθιστούν ακατάλληλο για κάποια(ες) συγκεκριμένη(ες) χρήση(εις). Η συνολική περιεκτικότητα σε διαλυμένες ή και αιωρούμενες ουσίες, όπως και η σύσταση της περιεκτικότητας αυτής, δίνουν τα χαρακτηριστικά, την *ποιότητα του υπόγειου (ή και του επιφανειακού) νερού*.

Τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την ποιότητα του νερού είναι:

- i. Τα φυσικά χαρακτηριστικά
- ii. Τα χημικά χαρακτηριστικά
- iii. Ειδικές παράμετροι
- iv. Τα οργανικά συστατικά
- v. Τα βιολογικά χαρακτηριστικά

i. Τα φυσικά χαρακτηριστικά. Τα κυριότερα φυσικά χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

- το χρώμα
- η οσμή
- η θολότητα
- η θερμοκρασία (T)
- η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.)
- το σύνολο διαλυμένων (TDS) και αιωρούμενων (TSS) στερεών,
- η ραδιενέργεια

(Γ. Χ. Σούλιος, 2006)

Όσον αφορά τα παραπάνω, παρατίθενται τα εξής: Το νερό πρέπει να είναι άχρωμο, άοσμο και διαυγές. Η μέση θερμοκρασία του υπόγειου νερού σε συνήθη βάθη είναι περίπου 14-15 °C, η δε συνήθης χωρική διακύμανση είναι από 10 °C έως 20 °C. Αντίθετα η θερμοκρασία του νερού των πηγών, κυρίως των καρστικών, μεταβάλλεται συνήθως κατά 4-5 °C, ενίοτε περισσότερο, ιδίως όταν η ζώνη τροφοδοσίας είναι ορεινή. Η τιμή του συντελεστή ηλεκτρικής αγωγιμότητας συνδέεται με το σύνολο των διαλυμένων ουσιών (T.D.S) στο νερό. Πάντως στις συνήθεις περιπτώσεις των υπόγειων νερών παίρνει τιμές από 140 μS/cm έως 1100 μS/cm. Τα ελαφρά νερά έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα έως 400 μS/cm ενώ τα βαρεια νερά πάνω από 900 μS/cm. Τα υφάλμυρα νερά έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα συνήθως πάνω από 2000-3000 μS/cm έως 30000 μS/cm, ενώ κάποιες «παλιές σαλαμούρες» (παλιά υπεράλμυρα νερά) έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα έως και πάνω από 100000 μS/cm. Τέλος όταν το νερό κυκλοφορεί μέσα σε πετρώματα που περιέχουν ραδιενεργά στοιχεία, τότε αποσπώντας κάποια από αυτά, αποκτά ραδιενέργεια.

ii. Τα χημικά χαρακτηριστικά.

Όσον αφορά τα ανόργανα συστατικά διακρίνονται οι εξής κατηγορίες:

- Κύρια συστατικά (Ca, Mg, Na, K, HCO₃, CO₃, SO₄, Cl, NO₃)
- Δευτερεύοντα συστατικά (Al, NH₄, As, BO₄, Br, Cu, Fe, Mn, Sr, κ.α.)
- Ολιγοσυστατικά (Sb, Ba, Cr, Co, Pb, Li, Ni, Ru, Se, Ti, κ.α.)
- Ιχνοστοιχεία (Be, Bi, Cs, Ga, Au, In, Pt, Ra, Ag, Sn, Zr, Hg, κ.α.)
- Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή, κυρίως SiO₂

- Θρεπτικά εισαγόμενα από τον άνθρωπο, όπως ενώσεις του αζώτου, του φωσφόρου κλπ.)
 - Ανόργανα εισαγόμενα από τον άνθρωπο (Hg, Cr, Pb, Ag, Zn, κλπ)
- (Γ. Χ. Σούλιος, 2006)

iii. Ειδικές παράμετροι - διάφοροι δείκτες. Ακολουθούν οι εξής κατηγορίες:

- Το pH
- Δυναμικό οξειδο – αναγωγής (Eh)
- Σύνολο Διαλυμένων Στερεών (T.D.S.)
- Αλκαλικότητα –Οξύτητα
- Δείκτης κορεσμού
- Σκληρότητα νερού
- Διαλυμένα αέρια
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (B.O.D.)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (C.O.D.)
- Ολικά απαιτούμενο οξυγόνο (T.O.D.)
- Διαλυμένο οξυγόνο (D.O.)

Όσον αφορά τα παραπάνω αναφέρονται τα εξής: Όπως είναι γνωστό, το απολύτως καθαρό νερό, υπό όλες τις προφυλάξεις καθαρότητας, περιέχει σε διάσταση ίσον αριθμό ιόντων H^+ και OH^- , έχει δηλαδή $pH = 7$. Είναι δηλαδή ηλεκτρικά ουδέτερο.

Όταν:

- $pH = 7$ το φυσικό νερό ως διάλυμα είναι ουδέτερο
- $pH > 7$ το φυσικό νερό ως διάλυμα είναι αλκαλικό
- $pH < 7$ το φυσικό νερό ως διάλυμα είναι όξινο

Είναι αυτονόητο ότι τα υπόγεια νερά, ως φυσικά νερά, (δηλαδή μη χημικώς καθαρά), ανάλογα με την πετρολογική σύσταση των σχηματισμών μέσα στους οποίους φιλοξενούνται και ρέουν, μπορεί να είναι όξινα ή αλκαλικά ή ουδέτερα. Ορισμένα πετρώματα, όπως κυρίως οι οφιόλιθοι υπό φυσικές συνθήκες περιέχουν αλκαλικά νερά, ενώ άλλα, όπως ασβεστολιθικά, αλουβιακές αποθέσεις κλπ., περιέχουν κυρίως όξινα νερά.

Το σύνολο των Διαλυμένων Στερεών (T.D.S.) μπορεί να εκφραστεί και διαφορετικά (αλλά όχι ακριβώς ταυτόσημα) ως συνολική αλατότητα. Εξαρτάται από τη διαλυτότητα των σχηματισμών οι οποίοι περιέχουν το υπόγειο νερό. Υπάρχουν σχηματισμοί όπως π.χ. οι γρανιτικοί, στους οποίους τα φιλοξενούμενα υπόγεια νερά έχουν πολύ μικρή τιμή T.D.S. (συνήθως 200-300 mgr/l), ενώ άλλοι, π.χ. ιζηματογενείς στους οποίους το T.D.S., είναι αρκετά μεγάλο (1000 έως 1200 mgr/l), χωρίς να αναφερόμαστε στα υφάλμυρα και πολύ περισσότερο στα αλμυρά νερά, στα οποία όπου οι τιμές του T.D.S. είναι τεράστιες: 30000 mgr/l στο αλμυρό νερό έως 100000 mgr/l στα υπεράλμυρα νερά. Γενικά το T.D.S. στα υπόγεια νερά αυξάνεται με το χρόνο παραμονής στο υπέδαφος, άρα με το μήκος της υπόγειας διαδρομής την οποία αυτά έχουν διανύσει. Αξιοσημείωτο, αλλά φυσικά αναμενόμενο, είναι ότι ανάμεσα στο T.D.S και στην ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) υπάρχει μία περίπου γραμμική σχέση (τουλάχιστο μέχρι την τιμή E.C.= 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), η οποία είναι $T.D.S. = 0.65 E.C.$ Ανάλογα με την τιμή του T.D.S. γίνεται κατάταξη των υπόγειων νερών. Έτσι κατά τον DAVIS, S.N. – DE WIEST, R.J. (1966):

- ✓ Γλυκό νερό T.D.S. < 1000 mgr/l
- ✓ Υφάλμυρο ή γλυφό νερό T.D.S. = 1000 - 10000 mgr/l
- ✓ Αλμυρό νερό T.D.S. = 10000 – 35000 mgr/l
- ✓ Υπεράλμυρο νερό (σαλαμούρα) T.D.S. > 35000 mgr/l

Το θαλασσινό νερό κατά μέσο όρο έχει T.D.S. = 34000 mgr/l. Τα αιωρούμενα στερεά (ή όποια άλλα υλικά) δεν συμπεριλαμβάνονται στο T.D.S., όπως και τα κολλοειδή και τα διαλυμένα αέρια.

Αλκαλικότητα είναι η ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει οξέα. Η αλκαλικότητα πρακτικά οφείλεται στην παρουσία ανθρακικών (CO_3^{--}) και οξυανθρακικών (HCO_3^-) ιόντων.

Οξύτητα είναι η ικανότητα του νερού να αντιδρά με ιόντα υδροξυλίου (OH^-) (να εξουδετερώνει βάσεις). Οξύτητα στο νερό προσδίδουν α) τα διαλυμένα οξέα (H_2SO_4 , HCl κ.α.) και β) τα διαλυμένα αέρια (CO_2 , H_2S κ.α.). Προέχονται από την όξινη βροχή, από κυκλοφορία νερού σε ηφαιστειακά πετρώματα με αμιδική δράση κλπ.

Όταν το νερό ρέει μέσα σε ένα σχηματισμό, π.χ. μέσα σε έναν ασβεστόλιθο ή σε ένα δολομίτη, τότε τον διαλύει και εμπλουτίζεται σε ιόντα Ca ή Mg μέχρις ότου κορεσθεί σε αυτά, δηλ. αποκτήσει μια οριακή περιεκτικότητα που καθορίζεται από τη θερμοκρασία, την πίεση και το σύνολο των άλλων διαλυμένων ιόντων. Το νερό συμπεριφέρεται ως διάλυμα. Όταν, υπό ορισμένες συνθήκες είναι ακόρεστο τότε διαβρώνει, είναι *επιθετικό* νερό. Όταν, αντίθετα, είναι υπερκορεσμένο, τότε αποθέτει, είναι *αποθετικό* νερό.

Η σκληρότητα του νερού οφείλεται στην περιεκτικότητά του σε μεταλλικά ιόντα Ca^{++} , Mg^{++} και ενίοτε Fe^{++} , Sr^{++} . Η σκληρότητα ονομάζεται *παροδική* όταν οφείλεται σε διάλυση από το νερό του ανθρακικού ασβεστίου ($CaCO_3$) και του ανθρακικού μαγνησίου ($MgCO_3$) κατά τη ροή του μέσα σε πετρώματα. Επίσης ονομάζεται *μόνιμη* όταν οφείλεται στη διάλυση θειϊκού ασβεστίου ($CaSO_4$) και θειϊκού μαγνησίου ($MgSO_4$), ιδίως σε περιοχές εβαποριτών ή με σιδηροπυρίτη. *Ολική σκληρότητα* είναι το άθροισμα της παροδικής και της μόνιμης.

iv. Οργανικά συστατικά.

Στο υπόγειο νερό μπορεί να υπάρχουν φυσικές οργανικές ενώσεις, όπως πρωτεΐνες, υδρογονάνθρακες, λιπίδια κ.α. είτε ως ίχνη, είτε ως ολιγοσυστατικά και σπάνια σε μεγαλύτερες περιεκτικότητες. Σε πολλές περιπτώσεις αυτές ελλείπουν εντελώς από το νερό. Υπάρχουν επίσης συνθετικές οργανικές ενώσεις εισαγόμενες στο υπόγειο νερό από ανθρώπινη δραστηριότητα. Γενικά η ανίχνευση και ο προσδιορισμός των παραπάνω γίνεται μόνο σε ειδικά Εργαστήρια. Η συνολική ποσότητα τους υπολογίζεται με τους δείκτες BOD, COD, TOD.

v. Βιολογικά χαρακτηριστικά

Στα βιολογικά χαρακτηριστικά θα μπορούσαμε να περιλάβουμε το B.O.D., το T.O.D., το διαλυμένο οξυγόνο (D.O.), αλλά κυρίως την ύπαρξη μικρο – οργανισμών, όπως παθογόνα μικρόβια, βακτήρια, μύκητες, ιοί, πρωτόζωα, φύκη κλπ που όλα είναι αρνητικοί παράγοντες για την ποιότητα του νερού.

Για τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού απαιτείται η εκτέλεση χημικών, φυσικών και βιολογικών αναλύσεων. Μια πλήρης χημική ανάλυση ενός δείγματος νερού περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των ανόργανων

συστατικών του και όπου υπάρχουν οι ενδείξεις ή υπόνοιες ρύπανσης του νερού, τότε πρέπει να προσδιορίζονται και ορισμένες οργανικές και ραδιολογικές παράμετροι. Απαραίτητη επίσης είναι η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και του pH.

4.2 Η καταλληλότητα του νερού για διάφορες χρήσεις – Σταθερότητα χρήσεων

Κατά πόσον ένα υπόγειο ή και επιφανειακό νερό δοσμένης ποιότητας είναι κατάλληλο για ένα ειδικό σκοπό, εξαρτάται από τα κριτήρια και τα «σταθερότυπα» (standards) της αποδεκτής ποιότητας για τη συγκεκριμένη χρήση. Για κάθε χρήση το νερό πρέπει να έχει ορισμένα χαρακτηριστικά, έτσι για κάθε χρήση νερού (οικιακή, βιοτεχνική-βιομηχανική, αρδευτική κλπ) πρέπει να υπάρχουν σταθερότυπα (standards). Υπάρχουν ορισμένοι τύποι-κατηγορίες νερών για κάθε χρήση, τα σταθερότυπα χρήσης νερού.

A) Σταθερότυπα πόσιμου νερού.

Δεν είναι ίδια σε όλες τις χώρες, αλλά και μεταβάλλονται, ανάλογα με τις ανάγκες και την προσφορά του νερού. Στην Ελλάδα ισχύουν τα ευρωπαϊκά σταθερότυπα που είναι ευρέως αποδεκτά σε όλο τον κόσμο. Με αυτά καθορίζονται:

- Επιθυμητή ή ανώτατη ή και κατώτατη τιμή συγκέντρωσης σε ορισμένες ουσίες, χρώμα, θολερότητα, οσμή, ραδιενεργές ουσίες κλπ.
- Μικροβιολογικά – βιολογικά χαρακτηριστικά
- Η φθορίωση, η χλωρίωση, ο βαθμός, η συχνότητά τους
- Οι κανόνες ελέγχου ποιότητας (τακτά χρονικά διαστήματα για κάθε είδους αναλύσεις και ελέγχους του νερού κλπ.)

B) Σταθερότητα αρδευτικού νερού.

Οι ποιοτικές απαιτήσεις αρδευτικού νερού ποικίλλουν ανάμεσα στα είδη των καλλιεργειών, τους τύπους των εδαφών, τη στράγγισή τους και το κλίμα. Έτσι δεν υπάρχουν αυστηρά «σταθερότυπα» και ένα νερό χαμηλής ποιότητας για την άρδευση μιας περιοχής μπορεί να είναι καλής ποιότητας για μία άλλη περιοχή. Έτσι ένα αρδευτικό νερό που είναι μέτριο ή κακό για μία περιοχή, μπορεί να είναι άριστο για κάποια άλλη και αντίστροφα. Γενικά, περιοχές καλά στραγγιζόμενες και καλά αεριζόμενες δέχονται

αρδευτικό νερό με υψηλή αλατότητα (με υψηλή τιμή T.D.S.). Αντίθετα μη στραγγιζόμενες ή αεριζόμενες θέλουν αρδευτικό νερό φτωχό σε αλατότητα.

Ένα βασικό κριτήριο είναι ο συντελεστής SAR (Sodium Absorption Ratio = Συντελεστής Απορρόφησης Νατρίου) που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

(Οι συγκεντρώσεις Na, Ca, Mg εκφράζονται σε meq/l). Σχετικά με τον SAR υπάρχει και αντίστοιχο υδροχημικό διάγραμμα.

Η ποιότητα του αρδευτικού νερού εξαρτάται και από το είδος της καλλιέργειας. Πάντως γενικά:

- Έχει σημασία η ολική περιεκτικότητα σε άλατα γιατί αυτή επιδρά στην καρποφορία.
- Έχει η σημασία η περιεκτικότητα σε ορισμένα τοξικά ή πάντως επιβλαβή για την υγεία ιόντα, τα οποία αυξάνονται με διαδικασία βιοσυγκέντρωσης στους καρπούς, αλλά και από τους καρπούς στον καταναλωτή τους. (άνθρωπο ή ζώα).
- Ορισμένα ιόντα στο νερό σε σχετικά υψηλή συγκέντρωση μπορούν να προκαλέσουν κροκίδωση της αργίλου, δηλ. μείωση της περατότητας και άρα βλάβη στη δομή του εδάφους.

Γ) Σταθερότυπα βιομηχανικού – βιοτεχνικού νερού.

Εδώ το φάσμα των σταθερότυπων είναι ευρύτατο και ποικιλότατο, ανάλογα με τη χρήση: π.χ. νερό για βαφεία – χρωματουργία με πολύ εξειδικευμένες απαιτήσεις, ή νερό για ψύξη θερμοηλεκτρικών εργοστασίων παραγωγής ρεύματος που πρακτικά μπορεί να είναι σχεδόν οποιαδήποτε κατηγορία μη θολού νερού, κλπ. Πάντως αυτό που έχει σημασία για το βιομηχανικό – βιοτεχνικό νερό είναι ο συντελεστής κορεσμού του, ώστε να μην αποθέτει άλατα και φράσσει σωλήνες, ή να μην περιέχει κολλοειδή ή υδρογονάνθρακες. Επίσης έχει σημασία η σταθερότητα της ποιότητάς του.

Δ) Σταθερότυπα πόσιμου νερού για οικόσιτα ζώα.

Πρέπει το T.D.S. να μην υπερβαίνει μια ανώτερη τιμή. Επίσης υπάρχουν πίνακες που καθορίζουν τις συγκεντρώσεις αλάτων και ιόντων. Τα νερά άτομα είναι πιο

ευαίσθητα από ότι τα ηλικιωμένα άτομα. Οι ανώτερες τιμές συγκέντρωσης ιόντων και του T.D.S. είναι διαφορετικές για διάφορες ομάδες ζώων (π.χ. για το T.D.S.: πουλερικά 2860 mgr/l, χοίροι 4290 mgr/l, αγελάδες 9150 mgr/l, αιγοπρόβατα 12900 mgr/l, κλπ.)

Πίνακας 4.1: Σταθερότυπα πόσιμο νερού (Οδηγία 80/778 ΕΟΚ, ΦΕΚ 53Α/20-2-86).

Ιδιότητα ή Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατο επιτρεπόμενο όριο	Παρατηρήσεις
Θερμοκρασία	°C	12	25	
ph	μονάδες ph	$6,5 \leq \text{ph} \leq 8,5$	-	Δεν έχουν ισχύ στα συσκευασμένα νερά
Αγωγιμότητα EC	μS/cm έως 20°C	400	-	Ανάλογα με τη μεταλλικότητα
Cl	mg/l	25	-	Επικίνδυνο σε συγκέντρωση πάνω από 200 mg/l
SO ₄	mg/l	25	250	
Mg	mg/l	30	50	
Na	mg/l	20	175 (από το 1984) 150 (από το 1987)	
K	mg/l	10	12	
NO ₃	mg/l	25	50	
Ca	mg/l	100	-	

(Πηγή: Γ. Α. Καλλέργης)

Στον παραπάνω πίνακα 4.1 παρατίθενται τα σταθερότυπα των κύριων χημικών συστατικών, δεικτών και φυσικών μεγεθών για το πόσιμο νερό, σύμφωνα με την οδηγία 80/778 ΕΟΚ, ΦΕΚ 53Α/ 20-2-86.

4.3 Τα χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών

Λόγω της ορυκτολογικής – πετρολογικής σύστασής τους οι διάφοροι γεωλογικοί σχηματισμοί είναι εμπλουτισμένοι περισσότερο σε ορισμένα ορυκτά και επομένως το υπόγειο νερό που περιέχουν ή που διέρρευσε διαμέσου αυτών είναι εμπλουτισμένο σε αντίστοιχα ιόντα. Έτσι το νερό των διαφόρων υδροφορέων έχει τα αντίστοιχα χημικά χαρακτηριστικά.

- ✓ **Καρστικά νερά:** Θα είναι ιδιαίτερα πλούσια σε HCO_3 και αν ο σχηματισμός είναι ασβεστολιθικός θα είναι επίσης πλούσια σε ιόντα Ca, ενώ αν είναι δολομιτικός θα είναι πλούσια σε ιόντα Mg. Αν πρόκειται για καρστ ασβεστολιθικό – δολομιτικό τότε τα ιόντα Ca και Mg θα είναι περίπου ισοδύναμα. Μαργαϊκοί σχηματισμοί ή γενικά σχηματισμοί με πολλές ανθρακικές ενώσεις (όπως οι αλλουβιακές αποθέσεις) περιέχουν επίσης νερό αντίστοιχης σύστασης.
- ✓ **Οφιολιθικά νερά:** Από τα κατιόντα υπερέχει συνήθως με σημαντική διαφορά το Mg, ενώ από τα ιόντα τα θειικά (SO_4). Επίσης περιέχουν, ιδίως τα ζεστά οφιολιθικά νερά, εγκλεισμένο ή διαλυμένο υδρόθειο (H_2S).
- ✓ **Νερά γρανιτικά και γενικά νερά από όξινα πυριγενή:** Το χαρακτηριστικό τους είναι ότι περιέχουν σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις ιόντα Na και K, που ίσως δεν είναι τα κυρίαρχα κατιόντα, όμως οι συγκεντρώσεις τους είναι σαφώς μεγαλύτερες του συνήθους. Τα ιόντα Na δεν είναι ισοδύναμα με τα ιόντα Cl, όπως συμβαίνει στα υφάλμυρα νερά. Επίσης η συνολική περιεκτικότητά τους σε διαλυμένα ιόντα δηλαδή ουσιαστικά το T.D.S. είναι πολύ χαμηλή, όπως φυσικά και η ηλεκτρική αγωγιμότητά τους. Αυτή είναι η σαφής διαφορά με τα υφάλμυρα νερά. Ακόμη είναι σχετικά πλούσια σε ιόντα ιχνοστοιχείων και δευτερευόντων όπως το Στρόντιο Sr, Αργίλιο Al (ιδίως τα ηφαιστειακά), Λίθιο (Li), κλπ.
- ✓ **Νερά από αλλουβιακούς σχηματισμούς:** Συχνά είναι οξυανθρακικά, ασβεστοανθρακικά, δηλαδή το κύριο κατιόν είναι το ασβέστιο Ca και το κύριο ανιόν η όξινη ανθρακική ρίζα (HCO_3). Όμως περιέχουν σε σχετικά υψηλές ποσότητες όλα τα κύρια ιόντα. Γενικά έχουν μεγάλη ποσότητα από διαλυμένα στερεά (T.D.S) και

επομένως σχετικά υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα. Έχει σημασία η αρχική προέλευση των αλλουβιακών αποθέσεων για τη λεπτομερή σύσταση του νερού τους.

- ✓ **Νερά από γνεύσιους, μαρμαρυγικούς σχιστολίθους, πρασινοσχιστολίθους κλπ:** Το γενικό χαρακτηριστικό τους, με κάποιες ίσως εξαιρέσεις, είναι ότι έχουν μικρή ποσότητα διαλυμένων στερεών (T.D.S.) και άρα μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα. Έχουν αναλογικά υψηλή συγκέντρωση K, Na, Cl, και από τα δευτερεύοντα Si και Mn.
- ✓ **Νερά από φυλλίτες, αργιλικούς σχιστολίθους και παρόμοια ημιμεταμορφωμένα:** Έχουν μια μικτή σύσταση με σχετικά υψηλή ποσότητα θειϊκών (SO₄). Επίσης από τα δευτερεύοντα περιέχουν σε σχετικά υψηλές τιμές σίδηρο (Fe) και μαγγάνιο (Mn).
- ✓ **Νερά από φλύσχες, μολάσες, κλπ:** Έχουν μια μικτή σύσταση, όπως τα αλλουβιακά με μικρότερη όμως συνολική περιεκτικότητα διαλυμένων (T.D.S.). Ως δευτερεύοντα περιέχουν κυρίως αργίλιο (Al), πυρίτιο (Si) και σίδηρο (Fe).
- ✓ **Νερά από σχιστοκερατόλιθους:** Έχουν γενικά μικρή περιεκτικότητα σε διαλυμένα ιόντα. Από τα κύρια έχουν αρκετά θειϊκά (SO₄) και από τα δευτερεύοντα αρκετό πυρίτιο (Si) και σίδηρο (Fe) που είναι το χαρακτηριστικό τους.

Ο Καλλέργης Γ. (2000) με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα κυρίως από τους Bowen R. (1986), Todd K.D. (1980), Skinner-Brian (1969), Durfer-Baker (1964), δίνει ένα συνοπτικό αλλά περιεκτικό πίνακα με τα κύρια συστατικά και δευτερεύοντα του υπόγειου νερού, την προέλευσή τους, δηλ. από ποια ορυκτά και πετρώματα προέχονται, τη συνήθη περιεκτικότητά τους, τις οριακές τιμές τους και την επίδρασή τους στις διάφορες χρήσεις του. Παρακάτω παρατίθεται οι πίνακες 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 με τα κύρια χημικά συστατικά και τα διαλυμένα στερεά T.D.S.

Πίνακας 4.2: Ασβέστιο (Ca) και Μαγνήσιο (Mg) ως συστατικά του υπόγειου νερού

Συστατικό (1)	Κύρια προέλευση (2)	Συνηθισμένη συγκέντρωση στο νερό σε mg/l (3)	Επίδραση πάνω στις χρήσεις (4)
Ασβέστιο (Ca)	Αμφίβολοι, άστριοι, γύψος, πυρόξενοι αραγωνίτης, ασβεστίτης, δολομίτης, αργιλικά ορυκτά	Γενικά <100, συνήθως 10-100. Οι σαλαμούρες μπορεί να περιέχουν μέχρι 75000	Το ασβέστιο και μαγνήσιο σε συνδυασμό με την ανθρακική, δισανθρακική και τη θειική ρίζα, καθώς και το διοξείδιο του πυριτίου δημιουργούν κρούστα στους λέβητες και γενικά στον εξοπλισμό ανταλλαγής θερμότητας. Το ασβέστιο και το μαγνήσιο σε συνδυασμό με ιόντα λιπαρών οξέων στα σαπουνία, σχηματίζουν τον αφρό. Η κατανάλωση σαπουνιού αυξάνει με τη συγκέντρωση ασβεστίου και μαγνησίου. Ψηλή συγκέντρωση μαγνησίου έχει καθαριστικό και διουρητικό αποτέλεσμα, ιδιαίτερα κατά τις πρώτες χρήσεις. Το Ca διατηρεί το pH πάνω από 6.
Μαγνήσιο (Mg)	Αμφίβολοι, ολιβίνης, πυρόξενοι, δολομίτης, μαγνησίτης, αργιλικά ορυκτά	Γενικά <50. Το θαλασσινό νερό περιέχει >1000, ενώ οι σαλαμούρες περιέχουν μέχρι 75000	

(Πηγή: Γ. Α. Καλλέργης)

Πίνακας 4.3: Νάτριο (Na), Κάλιο (K), Ανθρακική ρίζα (CO₃) και Δισανθρακική ρίζα (HCO₃) ως συστατικά του υπόγειου νερού (Πηγή: Γ. Α. Καλλέργης)

Συστατικό (1)	Κύρια προέλευση (2)	Συνηθισμένη συγκέντρωση στο νερό σε mg/l (3)	Επίδραση πάνω στις χρήσεις (4)
Νάτριο (Na)	Άστριοι (αλβίτης), αργιλικά ορυκτά, εβαπορίτες, όπως αλίτης (NaCl) και μιραβιλίτης (Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O), βιομηχανικά απόβλητα	Γενικά <200. Στο θαλασσινό νερό περίπου 10000, στις "σαλαμούρες" περίπου 25000	Περισσότερο από 50 mg/l Na και K, σε συνδυασμό με αιωρούμενα στερεά, προκαλεί σαπυνοποίηση που επιταχύνει τη δημιουργία κρούστας και τη διάβρωση στους λέβητες. Τα ανθρακικά τους άλατα στις ανακυκλώσεις για ψύξη μπορεί να προκαλέσουν καταστροφή του ξύλου στους ψυκτικούς πύργους. Συγκέντρωση Na > 65 mg/l προκαλεί προβλήματα στην παραγωγή πάγου. Ψηλή περιεκτικότητα ιόντων Na στο πόσιμο νερό αυξάνει την αρτηριακή πίεση. Κατά τη θέρμανση η δισανθρακική ρίζα διασπάται σε ατμό, διοξείδιο του άνθρακα και ανθρακική ρίζα. Η τελευταία, σε συνδυασμό με τις αλκαλικές γαίες - ιδιαίτερα Ca και Mg - σχηματίζει κρούστα, η οποία επιβραδύνει τη μετάδοση θερμότητας μέσω των τοιχωμάτων σωληνώσεων και εμποδίζει τη ροή του νερού στις σωληνώσεις. Νερό πλούσιο σε δισανθρακική ρίζα και με μεγάλη αλκαλικότητα είναι ακατάλληλο για πολλές βιομηχανικές χρήσεις
Κάλιο (K)	Άστριοι (ορθόκλαστο και μικροκλινής), αστρι-οειδή, μερικοί μαρμαρυγίτες, αργιλικά ορυκτά	Γενικά <10. Στις θερμές πηγές μέχρι 100. Στις "σαλαμούρες" μέχρι 25000	
Ανθρακική ρίζα (CO ₃)	Ασβεστόλιθοι Δολομίτες	Γενικά <10 στο υπόγειο νερό. Νατριούχα νερά μπορεί να περιέχουν μέχρι 50 mg/l	
Δισανθρακική ρίζα (HCO ₃)		Συνήθως < 500. Στα οξυανθρακικά νερά μπορεί να ξεπεράσει τα 1000	

Πίνακας 4.4: Νιτρική ρίζα (NO₃) και Διαλυμένα Στερεά (T.D.S.) (Πηγή: Γ. Α. Καλλέργης)

Συστατικό (1)	Κύρια προέλευση (2)	Συνηθισμένη συγκέντρωση στο νερό σε mg/l (3)	Επίδραση πάνω στις χρήσεις (4)
Νιτρική ρίζα (NO ₃)	Ατμόσφαιρα, λαχανικά, υπολείμματα χλωρίδας ζωικά περιττώματα	Γενικά < 10	Καρκινογόνα (;). Περιεκτικότητα > 100 mg/l δίνει πικρή γεύση και δημιουργεί διαταραχές στη φυσιολογία του οργανισμού. Νερό από ρηχά πηγάδια, με περιεκτικότητα > 45 mg/l, έχει αναφερθεί ότι προκαλεί μεθαιμοσφαιριναιμία στα βρέφη. Ανεπιθύμητη στις βαφές και τις ζυμώσεις. Μικρές ποσότητες αυξάνουν την αντοχή των χαλύβδινων λεβήτων υψηλής πίεσης
Διαλυμένα στερεά (T.D.S)	Τα ορυκτά συστατικά που είναι διαλυμένα στο νερό.	Συνήθως 50 - 3000. Γενικά < 5000. Μερικές σαλαμούρες περιέχουν μέχρι 300000.	Συγκέντρωση > 500 mg/l είναι ανεπιθύμητη για πόση και πολλές βιομηχανικές χρήσεις. Συγκέντρωση < 300 mg/l είναι επιθυμητή στη βαφή των υφασμάτων και την παραγωγή πλαστικών, χαρτομάζας και συνθετικών υφασμάτων. Προκαλούν άφρισμα στους λέβητες. Η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση ελαττώνεται με την αύξηση της πίεσης λειτουργίας των λεβήτων. Βλαβερό στον άνθρωπο, πάνω από 1000 mg/l.

Πίνακας 4.5: Θειϊκή ρίζα (SO₄) και Χλώριο (Cl) ως συστατικά του υπόγειου νερού. (Πηγή: Γ. Α. Καλλέργης)

Συστατικό (1)	Κύρια προέλευση (2)	Συνηθισμένη συγκέντρωση στο νερό σε mg/l (3)	Επίδραση πάνω στις χρήσεις (4)
Θειϊκή ρίζα SO ₄	Οξειδωση των σουλφιδίων, γύψος, ανυδρίτης	Γενικά < 300, εκτός από υδρογεωτρήσεις που επηρεάζονται από τα όξινα απόβλητα μεταλλείων. Σε μερικές "σαλαμούρες" φτάνει τα 200000	Σε συνδυασμό με το ασβέστιο αφήνει κρούστα. Συγκέντρωση μεγαλύτερη από 250 mg/l κάνει τη χρήση του νερού προβληματική για πόση και για μερικές βιομηχανικές χρήσεις. Ανεπιθύμητη στις βιομηχανίες γάλακτος, πάγου και ζάχαρης. Όταν η συγκέντρωση φτάνει τα 500 mg/l το νερό αποκτά πικρή γεύση και όταν ξεπεράσει τα 1000 mg/l μπορεί να έχει καθαρικές ιδιότητες ("τσιρλονέρια").
Χλώριο (Cl)	Ιζηματογενή πετρώματα, κυρίως "εβαπορίτες" δευτερεύουσα πηγή τα μαγματικά πετρώματα	Συνήθως < 10 στις υγρές περιοχές ενώ στις ξηρές περιοχές ξεπερνά τα 1000. Στο θαλασσινό νερό περιέχεται σε ποσότητα 20 - 24000 mg/l. Στις "σαλαμούρες" φτάνει 200000 mg/l.	Όταν η συγκέντρωση ξεπεράσει τα 100 mg/l, το νερό παίρνει αλμυρή γεύση. Πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις προκαλούν βλάβες στη φυσιολογία του οργανισμού. Ανεπιθύμητο από τις βιομηχανίες γάλακτος, ζάχαρης και παγοποιίας. Διαβρωτικό. Η βιομηχανία τροφίμων απαιτεί συνήθως < 250 mg/l. Μερικές βιομηχανίες, π.χ. υφαντουργικές, χαρτιού και συνθετικού ελαστικού, απαιτούν < 100 mg/l.

4.4 Παρουσίαση αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων

Οι χημικές αναλύσεις που δίνουν την ποιότητα του υπόγειου νερού εκφράζονται με πολλά αριθμητικά δεδομένα. Αν έχουμε τα αποτελέσματα από τη χημική ανάλυση ενός δείγματος νερού τότε μπορούμε από τους αριθμούς να διακρίνουμε την ποιότητά του, να συμπεράνουμε για την καταλληλότητά του, για διάφορες χρήσεις και ενδεχόμενα για την υπόγεια διαδρομή του και τη διέλευσή του από ορισμένους γεωλογικούς σχηματισμούς, όταν πρόκειται για υπόγειο νερό. Όταν έχουμε πολλά δείγματα νερού για χημική ανάλυση, τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων καταγράφονται – συγκεντρώνονται σε πίνακες. Η παρουσίαση όμως αυτών σε πίνακες δεν είναι εποπτική και κατά κανόνα δεν προσφέρεται για συγκρίσεις, συσχετισμούς και ερμηνεία. Απαιτείται επομένως επεξεργασία των αριθμητικών αυτών δεδομένων με βάση ορισμένα διαγράμματα που επιτρέπουν συγκρίσεις, κατατάξεις, χαρακτηρισμούς και γενικά εξαγωγή συμπερασμάτων.

A) Θεματικοί Υδροχημικοί Χάρτες

Όταν έχουμε αναλύσεις δειγμάτων νερού που πάρθηκαν περίπου ταυτόχρονα από πολλά διαφορετικά σημεία μια περιοχής, η ποιότητα και γενικά τα χημικά χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού απεικονίζονται με τους *υδροχημικούς χάρτες* οι οποίοι δίνουν τη χωρική κατανομή των διαφόρων ιόντων με τις *ισοχημικές καμπύλες*, δηλαδή τις καμπύλες που αντιστοιχούν σε σημεία ίσης περιεκτικότητας στο υπόψη ιόν (π.χ. Ca, Mg, Cl κ.α.). Για κάθε ιόν ή για κάθε υδροχημική παράμετρο (Ph, E.C. κλπ) γίνεται ένας αντίστοιχος χάρτης. Είναι οι *θεματικοί υδροχημικοί χάρτες*. Επομένως για κάθε ιόν, καθώς και για κάθε φυσικοχημική παράμετρο (T.D.S., Ph, E.C. κλπ) κατασκευάζεται ένας χωριστός θεματικός χάρτης. Οι χάρτες αυτοί αναφέρονται σε ορισμένο, συγκεκριμένο μήνα κατά τον οποίο έγινε η δειγματοληψία, διότι ο χημισμός του υπόγειου νερού μεταβάλλεται τόσο ενδοετήσια, όσο και υπερετήσια.

Η μελέτη των θεματικών υδροχημικών χαρτών πρέπει να γίνεται σε συνάρτηση με τη γεωλογική – λιθολογική σύσταση της αντίστοιχης περιοχής. Η μελέτη αυτή θα δείξει σαφώς τη συσχέτιση της χημικής σύστασης του υπόγειου νερού και της γεωλογικής – λιθολογικής σύστασης του υπεδάφους της αντίστοιχης περιοχής και βέβαια θα εξηγήσει ή θα δικαιολογήσει τις χωρικές μεταβολές.

B) Υδροχημικά διαγράμματα

Τα αριθμητικά δεδομένα πολλών χημικών αναλύσεων, όπως σημειώσαμε και πιο πριν, από μόνα τους δεν επιτρέπουν μια άμεση σύγκριση ή μια εποπτική εικόνα, αν για το κάθε δείγμα χωριστά είναι διαφωτιστικά. Αυτό μπορεί να γίνει με τα διάφορα *υδροχημικά διαγράμματα* που πέρα από αυτή τη σύγκριση επιτρέπουν και την ταξινόμηση των αναλυθέντων δειγμάτων νερού και δίνουν πληροφορίες για την υδροχημική φάση τους. Έχουν επινοηθεί πάρα πολλά είδη διαγραμμάτων, από τα οποία άλλα χρησιμοποιούνται πολύ συχνά, άλλα ελάχιστα και ορισμένα έχουν τροποποιηθεί πολλές φορές και χρησιμοποιούνται διάφορες παραλλαγές τους. Στη συνέχεια παρατίθενται τα πιο σημαντικά (και αυτά που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία).

1) Διάγραμμα Durov

Αποτελείται από δύο τριγωνικά διαγράμματα, σε κάθε ένα από τα οποία προβάλλονται τα ανιόντα και τα κατιόντα. Τα διαγράμματα αυτά συνδέονται με ένα τετραγωνικό, διαχωριζόμενο σε 9 επιμέρους τετραγωνίδια, τα οποία αντιστοιχούν σε κατηγορίες νερού, αλλά και σε περιοχές στις οποίες συμβαίνουν στο νερό διάφορες υδροχημικές διαδικασίες. Έτσι, αφού προβληθούν τα ανιόντα και τα κατιόντα τα χωριστά τρίγωνα, η προέκταση των καθέτων στις βάσεις των ισόπλευρων τριγώνων, που ξεκινούν από τα σημεία που παριστάνουν την % περιεκτικότητα (σε meq) του νερού σε ανιόντα και κατιόντα, τέμνονται σε ένα σημείο που παριστάνει την κύρια ιοντική συγκέντρωση % στο νερό. Για την εφαρμογή του διαγράμματος Durov χρησιμοποιούνται ως μονάδες meq/l και μάλιστα η εκατοστιαία αναλογία τους στα κατιόντα και στα ανιόντα χωριστά.

2) Διάγραμμα Piper

Ένα από τα πιο εύχρηστα διαγράμματα. Τα κατιόντα, εκφρασμένα επί τοις % του συνόλου των κατιόντων σε meq/l, προβάλλονται σαν ένα σημείο στο αριστερό τρίγωνο, ενώ τα ανιόντα, εκφρασμένα επίσης επί % του συνόλου των ανιόντων, εμφανίζονται σαν ένα σημείο στο δεξιό τρίγωνο. Τα δύο αυτά σημεία, προβάλλονται στη συνέχεια στον κεντρικό ρόμβο, παράλληλα προς τις δύο πάνω πλευρές του. Το σημείο αυτό παρουσιάζει την ολική ιοντική κατανομή. Επίσης η θέση του αντίστοιχου δείγματος νερού το κατατάσσει σε μία κατηγορία, τόσο ως προς τα κατιόντα ή ανιόντα όσο και ως προς το σύνολο. Δίνει επομένως την υδροχημική φάση του δείγματος. Το διάγραμμα Piper επιτρέπει τόσο την άμεση, εποπτική σύγκριση διαφόρων δειγμάτων νερού, όσο και την ταξινόμησή τους σε

κατηγορίες (φάσεις) ακόμα και όταν έχουμε πολλά και διαφορετικά δείγματα νερού. Μπορεί να βρεθεί και η αντίστοιχη υδροχημική φάση.

3) Τριγωνικά διαγράμματα

Πρόκειται για μια απλουστευμένη μορφή του τριγραμμικού διαγράμματος του Piper. Αποτελείται από ένα τρίγωνο, στο οποίο προβάλλονται τόσο τα ανιόντα όσο και τα κατιόντα, αλλά με διαφορετικό σύμβολο το καθένα. Το τριγωνικό διάγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση μεμονωμένων δειγμάτων νερού.

4) Διάγραμμα Langelier – Ludwig

Εμφανίζει την κατανομή των δειγμάτων σε σχέση με το χλώριο – θειϊκό και κάλιο – νατριούχο χαρακτήρα τους. Όσο τα δείγματα απομακρύνονται από την αρχή των αξόνων τόσο ισχυροποιείται ο χαρακτήρας που έχουν (σε όσα δείγματα πλησιάζουν τον άξονα των Cl – SO₄ υπερισχύει ο χλώριο – θειϊκός χαρακτήρας και αντίστοιχα σε όσα πλησιάζουν τον άξονα Na – K υπερισχύει ο κάλιο – νατριούχος, ενώ σε αυτά που σχεδόν ισαπέχουν ο χαρακτήρας είναι ισομερής, δηλαδή χλώριο – θειϊκός και κάλιο – νατριούχος). Αντικαθιστώντας τους άξονες του διαγράμματος με Ca – Mg και HCO₃ αντίστοιχα, θα δημιουργούνταν η κατανομή των δειγμάτων με βάση τον ασβεστο – μαγνησιούχο και ανθρακικό χαρακτήρα τους. Στη μορφή που το διάγραμμα έχει και τους τέσσερις άξονες (HCO₃, Na – K, Ca – Mg, Cl – SO₄) εμφανίζεται η κατανομή των δειγμάτων και ως προς τους τέσσερις υδροχημικούς χαρακτήρες. Κάθε τομή των αξόνων σε σχέση με το κέντρο του διαγράμματος ορίζει μια τετραγωνική περιοχή όπου υπερισχύουν κάθε φορά δύο από τους τέσσερις χαρακτήρες. Στο κέντρο του διαγράμματος ορίζεται και μία μικτή περιοχή που όλοι σχεδόν οι χαρακτήρες είναι ισομερείς.

5) Διάγραμμα Shoeller

Πρόκειται για ένα διάγραμμα που στον κατακόρυφο άξονα έχει τιμές διαφόρων ιόντων σε ημιλογαριθμική κλίμακα και στον οριζόντιο σε δεκαδική κλίμακα τα διάφορα ιόντα με την εξής σειρά: Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺+K⁺, Cl⁻, SO₄⁻, HCO₃⁻. Οι τιμές των ιόντων κάθε δείγματος ενώνονται στο διάγραμμα με μία καμπύλη γραμμή. Όταν η καμπύλη αυτή έχει το κυρτό μέρος προς τα επάνω το νερό είναι υφάλμυρο, ενώ όταν έχει το κοίλο το νερό είναι γλυκό. Ακόμη όσο πιο «πάνω» βρίσκεται αυτή, τόσο πιο μεγάλη είναι η συνολική περιεκτικότητα σε ιόντα (δηλαδή ουσιαστικά το T.D.S.).

6) Διάγραμμα Wilcoxon

Πρόκειται για ένα διάγραμμα που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της καταλληλότητας του αρδευτικού νερού σε σχέση με τη φύση και τις ιδιότητες των καλλιεργουμένων εδαφών. Χρησιμοποιεί το δείκτη S.A.R. και την ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. Με βάση το διάγραμμα αυτό μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες αρδευτικού νερού:

A: $C_1 - S_1$. Ποιότητα καλή.

B: $C_1 - S_2, C_2 - S_1$ ποιότητα καλή μέχρι μέτρια. Το νερό πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαρεία εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά.

Γ: $C_1 - S_3, C_2 - S_2, C_3 - S_1$ ποιότητα μέτρια, μέχρι πολύ μέτρια. Μπορεί να χρησιμοποιείται με μέτρα προφύλαξης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται καλά ή πρέπει να προστίθεται σε αυτό γύψος.

Δ: $C_1 - S_4, C_2 - S_3, C_3 - S_2, C_4 - S_1$ ποιότητα πολύ μέτρια μέχρι κακή. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για ευαίσθητα φυτά, ούτε γενικά για βαρεία εδάφη. Μπορεί να χρησιμοποιείται με μέτρα προφύλαξης σε ελαφρά εδάφη που αποστραγγίζονται καλά ή να προστίθεται γύψος.

Ε: $C_2 - S_4, C_3 - S_3, C_4 - S_2$, ποιότητα κακή. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται παρά μόνο για ανθεκτικά φυτά σε ελαφρά εδάφη καλώς αποστραγγιζόμενα, με προσθήκη γύψου.

ΣΤ: $C_3 - S_4, C_4 - S_3, C_4 - S_4$ πολύ κακή ποιότητα. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε καμία περίπτωση.

Γ) Ιοντικοί λόγοι

Ο λόγος της περιεκτικότητας του υπόγειου νερού σε ένα ορισμένο ιόν, ως προς αυτήν σε κάποιο άλλο επίσης ιόν, με άλλα λόγια ο ιοντικός λόγος παίρνει είτε τιμές που σχετίζονται με τα πετρώματα μέσα στα οποία φιλοξενείται το νερό, ή μέσα από τα οποία πέρασε, είτε τιμές που σχετίζονται με το βαθμό ανανέωσής του ή την ανάμιξή του με θαλασσινό νερό κλπ. Η ισορροπία των διαφόρων ιόντων μέσα στο νερό, η *ιοντική ισορροπία* εκφράζεται με τους *ιοντικούς λόγους* και είναι δηλωτική, για πολλά πράγματα από την υπόγεια πορεία του νερού, το χρόνο παραμονής του, την ανάμιξή του ιδίως με θαλασσινό κλπ. Έτσι οι ιοντικοί λόγοι δίνουν συχνά ενδιαφέρουσες υδρογεωχημικές πληροφορίες. Οι κυριότεροι ιοντικοί λόγοι είναι οι εξής:

i. Ιοντικός λόγος Mg/Ca

Ο λόγος αυτός δείχνει αν το νερό προέρχεται από ασβεστολιθικά ή μαγνησιούχα πετρώματα. Έτσι τιμές του λόγου αυτού:

- $Mg/Ca < 0,5 - 0,7$ αντιστοιχούν σε νερό από ασβεστολιθικά υδροφόρα (ή αντίστοιχα μεταμορφωμένα).
- $Mg/Ca = 0,7 - 0,9$ αντιστοιχούν σε δολομιτικά (ή αντίστοιχα μεταμορφωμένα) υδροφόρα στρώματα.
- $Mg/Ca > 0,9$ αντιστοιχούν σε υδροφόρους οφιολιθικών σχηματισμών ή γενικά πυριτικών πλούσιων σε Mg. Στα οφιολιθικά οι τιμές είναι συνήθως μεγαλύτερες από 1.

ii. Ιοντικός λόγος Na/Cl

Ο ιοντικός αυτός λόγος σχετίζεται με την υφαλμύρωση και γενικά τη διείδυση θαλασσινού νερού ή με υδροφόρα μέσα στα οποία υπήρξαν υπολείμματα θαλασσιών αλάτων. Έτσι ανάλογα με τις τιμές του λόγου αυτού έχουμε:

- $Na/Cl = 0,876 \pm 10\%$ κανονικό υπόγειο νερό
- $Na/Cl > 1$ νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα
- $Na/Cl < 0,876 \pm 10\%$ σημαίνει υφαλμύρωση υδροφορέα (διείδυση θάλασσας ή υπολείμματα αλμυρών κλπ).

iii. Ιοντικός λόγος Na/ K

Σχετίζεται με το αν το νερό είναι θαλασσινό ή βρόχινο ή αν υπάρχει περιοχή εμπλουτισμού υδροφορέων. Έτσι τιμές:

- $Na/ K = 47$ σημαίνει θαλασσινό νερό.
- $Na/ K = 10$ βρόχινο νερό.
- $Na/ K = 15 - 25$ νερό σε περιοχή εμπλουτισμού υδροφορέων.
- $Na/ K = 50 - 70$ νερό σε κατάντη τμήμα του υδροφορέα σε σχέση με τη διεύθυνση ροής.

iv. Ιοντικός λόγος Cl/SO₄

Έχει σχέση με την υφαλμύρωση και την ύπαρξη υπολειμματικών αλάτων στους υδροφορείς:

- $Cl/SO_4 = 10$ θαλασσινό νερό.
- $Cl/SO_4 > 5$ νερό χλωριούχο.

- $Cl/SO_4 = 1 - 5$ νερό χλωροθειούχο.
- $Cl/SO_4 = 0,2 - 1$ νερό θειούχο – χλωριούχο.
- $Cl/SO_4 < 0,2$ νερό θειούχο.

v. Ιοντικός λόγος $(Ca + Mg) / (Na + K)$

Σχετίζεται με την τροφοδοσία του υπόγειου νερού.

- $(Ca + Mg) / (Na + K) > 1$ υδροφόρο στρώμα με συνεχή τροφοδοσία
- $(Ca + Mg) / (Na + K) < 1$ παλιό νερό στα κατάντη τμήματα του υδροφορέα (ως προς τη διεύθυνση ροής)

Δ) Ταξινόμηση του υπόγειου νερού – ονομασία του υπόγειου νερού

Η ταξινόμηση του υπόγειου νερού σε διάφορες κατηγορίες μπορεί να γίνει με βάση διαφορετικά κριτήρια και να προκύψουν αντίστοιχες κατηγορίες. Η ταξινόμηση μπορεί να γίνει με τα εξής κριτήρια:

- Με βάση το T.D.S (και την αντίστοιχη ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C.)
- Με βάση το Ph
- Με βάση τη σκληρότητα
- Κατά Piper
- Με βάση το δείκτη S.A.R.
- Με βάση τους ιοντικούς λόγους

Πέραν των πιο πάνω είναι δυνατό να γίνει ταξινόμηση του υπόγειου νερού με βάση κάποιο δευτερεύον συστατικό, ή ολιγοσυστατικό ή ιχνοστοιχείο, εφόσον αυτό υπάρχει στο νερό σε ασυνήθως μεγάλη περιεκτικότητα. Ή επίσης αν το νερό εμφανίζει μία φυσικό – χημική ιδιότητα σε υψηλό βαθμό, χαρακτηρίζεται από την ιδιότητα αυτή.

Όσον αφορά την ονομασία του υπόγειου νερού αναφέρουμε τα εξής:

Χρησιμοποιούμε ως πρώτο συνθετικό το όνομα του κυριότερου κατιόντος και ως δεύτερο το όνομα του κυριότερου ανιόντος. Π.χ. αν τα αντίστοιχα ιόντα είναι το Ca και το CO_3 το νερό ονομάζεται *ασβεστο – ανθρακικό* (που είναι μία συνήθης κατηγορία). Αν αντίστοιχα έχουμε Mg και Cl τότε το νερό λέγεται *μαγνήσιο – χλωριούχο*, αν Mg και SO_4 *μαγνήσιο – θειικό*, αν Na και Cl *νάτριο – χλωριούχο* που είναι το υφάλμυρο (ή και κατά περίπτωση αλμυρό νερό).

Επίσης μπορεί να υπάρχουν δύο κύρια κατιόντα π.χ. Ca και Mg και ένα ανιόν π.χ. CO₃, οπότε το νερό θα ονομάζεται ασβεστομαγνησιούχο – ανθρακικό. Ή να έχει μία έντονη ιδιότητα, π.χ. αλκαλικότητα, οπότε θα ονομάζεται αλκαλικό ασβεστομαγνησιούχο – ανθρακικό. Κατά συνέπεια πρακτικώς είναι απεριόριστες οι κατηγορίες του νερού με βάση αυτή την ταξινόμηση. Όμως δύο κύριες βασικές κατηγορίες υπάρχουν:

- Τα ανθρακικά νερά όταν $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$, $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na}$
- Τα χλωριούχα νερά όταν $\text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$, $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg}$

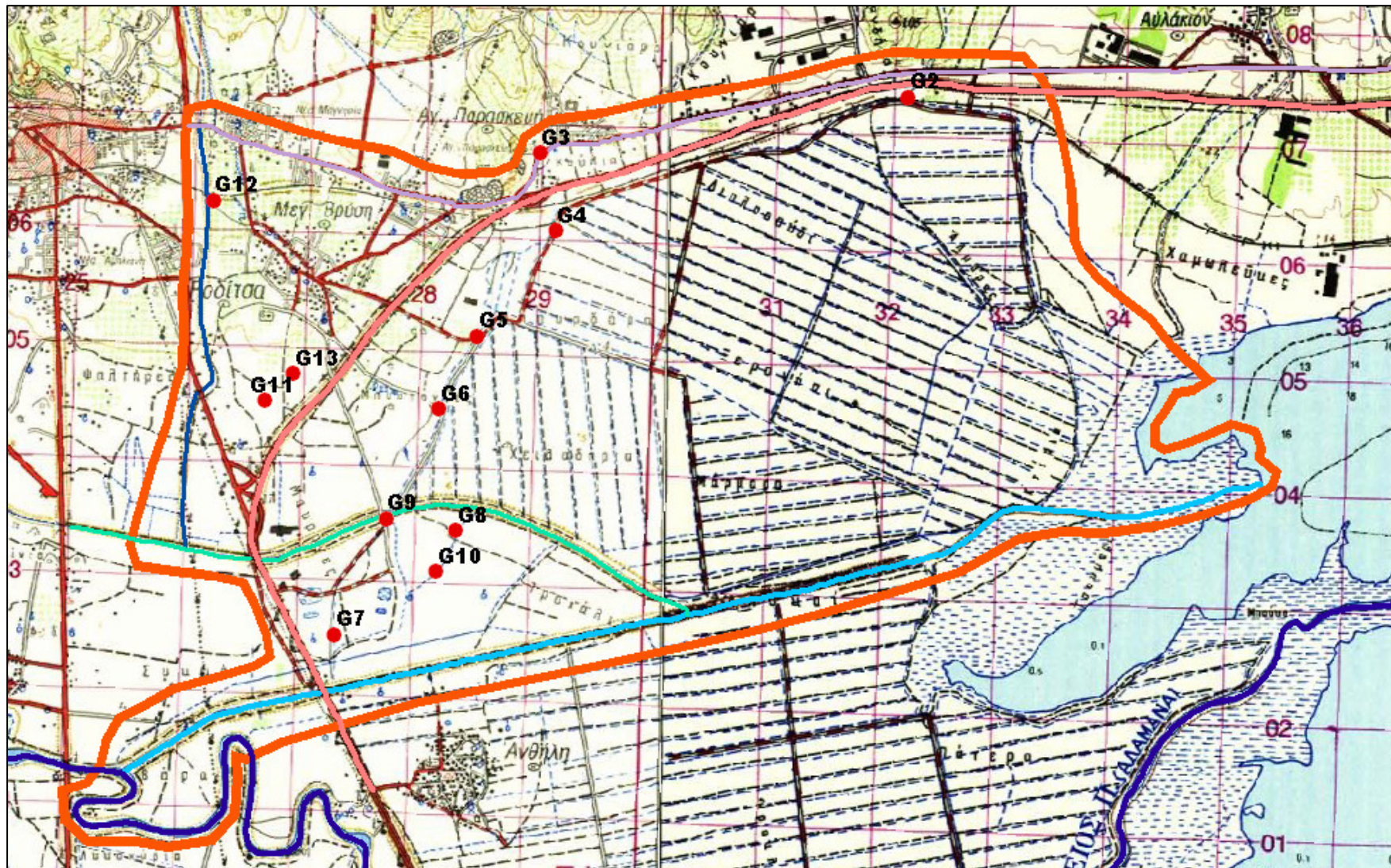
4.5 Δειγματοληψία υπόγειων και επιφανειακών νερών

Στα πλαίσια της διερεύνησης της ποιοτικής κατάστασης των υδατικών πόρων στην περιοχή μελέτης πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία από επιλεγμένες θέσεις τόσο από τους επιφανειακούς υδάτινους φορείς (Εκτροπή Σπερχειού, Γερμανική Τάφρος, Ξηριάς, πηγές Μ. Βρύσης) όσο και από υπόγειους υδροφορείς μέσω των γεωτρήσεων. Τα όργανα και ο εξοπλισμός για τη δειγματοληψία διατέθηκαν από το εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του τμήματος Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του ΕΜΠ. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε τον μήνα Ιούλιο (04/07/2011 υπόγεια νερά – 05/07/2011 επιφανειακά νερά) και συνέπεσε με την έναρξη της αρδευτικής περιόδου όσον αφορά τα επιφανειακά νερά. Σχετικά με την άρδευση από υπόγεια νερά, αξίζει να σημειωθεί ότι αξιοποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό σε περίοδο ανεπάρκειας από τα επιφανειακά (μέσα Ιουλίου και μετά).

Όσον αφορά τα υπόγεια νερά, χρησιμοποιήθηκαν οι διαθέσιμες γεωτρήσεις του ΤΟΕΒ Ροδίτσας – Μ. Βρύσης – Αυλακίου, συνολικά έξι σε αριθμό, οι οποίες βρίσκονται στην περιοχή του αναδασμού, μία γεώτρηση που τη διαχειρίζεται η κοινότητα Ροδίτσας και χρησιμοποιείται για άρδευση περιβολιών εντός του οικισμού και πέντε ιδιωτικές γεωτρήσεις από τις οποίες οι τρεις βρίσκονται στην περιοχή του αναδασμού και οι δύο για άρδευση περιβολιών νότια του οικισμού τη Ροδίτσας. Στη συνέχεια παρατίθενται ο πίνακας 4.6 με τα στοιχεία των υδρογεωτρήσεων και ο χάρτης (εικόνα 29) με τις γεωτρήσεις τοποθετημένες στην περιοχή μελέτης βάσει των συντεταγμένων που καταγράφηκαν κατά τη δειγματοληψία με συσκευή GPS. Η επεξεργασία των στοιχείων (χωροθέτηση σε γεωαναφερμένους χάρτες 1:50000) έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS_9.1.

Πίνακας 4.6: Ονομασία, συντεταγμένες και ισχύς αντλίας υδρογεωτρήσεων

ID	Ονομασία	X	Y	Ισχύς αντλίας hp
G2	Μαυρομαντήλα	371784	4306798	50
G3	Αγία Παρασκευή	368597	4306314	50
G4	Στεργιοπούλου	368735	4305641	30
G5	Χατζηκώστα	368056	4304730	100
G6	Τσαίρια	367725	4304101	44
G7	Φτελιές	366821	4302148	44
G8	Ζάρδας α	367871	4303047	40
G9	Σταθόπουλος	367266	4303154	40
G10	Κόντος α	367701	4302691	54
G11	Κόντος β	366215	4304171	40
G12	Άγιος Παντελεήμων	365771	4305902	-
G13	Ζάρδας β	366465	4304404	15



Εικόνα 29: Θέσεις υδρογεωτρήσεων στην περιοχή μελέτης

Από τις παραπάνω γεωτρήσεις οι G4 – Στεργιοπούλου, G6 – Τσαΐρια και G7 – Φτελιές παρουσιάζουν αυτόματη ροή.

Όσον αφορά τα επιφανειακά δείγματα, οι θέσεις δειγματοληψίας είναι χαρακτηριστικές και επιλέχθηκαν έτσι ώστε, εκτός από τον προσδιορισμό της υδατικής ποιότητας σε κάθε θέση, να έχουμε μία όσο τη δυνατό ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης που επικρατεί στην περιοχή και να εντοπιστούν πιθανές πηγές ρύπανσης των υδατικών πόρων.

Αρχικά λήφθηκαν δύο δείγματα από την παλαιά κοίτη του Σπερχειού. Το πρώτο λίγο πριν το φράγμα, στη θέση του Μεριστή όπου γίνεται η εκτροπή του Σπερχειού μέσω της ευθύγραμμης ανακουφιστικής χωμάτινης τάφρου, γνωστή και ως νέα κοίτη του Σπερχειού. Το δεύτερο λήφθηκε από την παλαιά κοίτη λίγο πριν την τάφρο T1 (βλ. σημείο T1.1 στην οριζοντιογραφία - εικόνα 24 κεφ. 3^ο). Ουσιαστικά με την επιλογή αυτή ελέγχουμε την ποιότητα του νερού του Σπερχειού που εισέρχεται στην περιοχή μελέτης προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για άρδευση. (Th1 και Th2 στην εικόνα 30 που ακολουθεί). Στη συνέχεια ελέγχεται το νερό της γερμανικής τάφρου πριν την ένωση με το ρέμα Ξηριάς με λήψη ενός δείγματος και το νερό του ρέματος Ξηριάς που εκβάλλει στη γερμανική τάφρο με ένα δείγμα λίγο πριν την ένωση με τη γερμανική τάφρο. (Th3 και Th4).

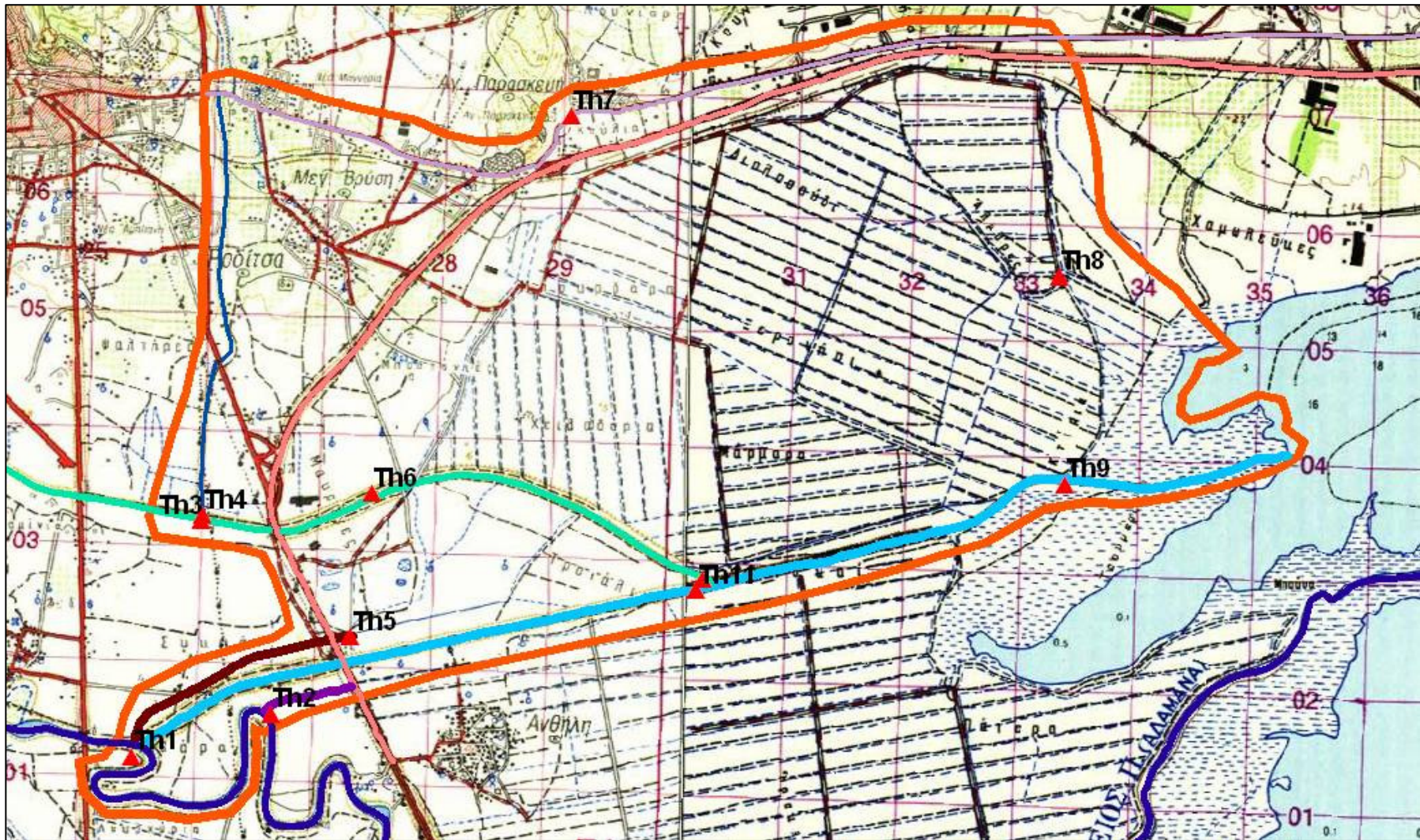
Έπειτα ελέγχεται το νερό της χωμάτινης τάφρου που οδηγεί προσωρινά (λόγω αστοχίας του αγωγού που διέρχεται κάτω από τη Νέα Κοίτη και μεταφέρει το νερό για Ροδίτσα, Μ. Βρύση και Αυλάκι μετά το διαχωριστήρα στη θέση T1.2) το νερό στα κανάλια για την περιοχή της Ροδίτσας, Μ.Βρύσης και Αυλακίου λίγο πριν την δέση με τα κανάλια (Th5). Το επόμενο δείγμα λήφθηκε από τη γερμανική τάφρο μετά την ένωση με τον Ξηριά και πριν την διοχέτευση των λυμάτων του Βιολογικού σε αυτή (Th6). Συνεχίζουμε με τις πηγές της Μ.Βρύσης υδροσημείο και από το οποίο λήφθηκε δείγμα (Th7). Το 8^ο δείγμα λήφθηκε από την τάφρο που δέχεται τα νερά του αντλιοστασίου και τα οδηγεί στη θάλασσα, σε θέση λίγο μετά τη εκροή των νερών του αντλιοστασίου (Th8). Το επόμενο δείγμα λήφθηκε από τη Νέα Κοίτη Σπερχειού σε σημείο κοντά στην έξοδο της προς το Μαλιακό κόλπο (Th9). Το δέκατο δείγμα λήφθηκε από τη Γερμανική Τάφρο μετά τη εκροή του Βιολογικού και πριν τη σύνδεσή της με τη Νέα Κοίτη του Σπερχειού. Τέλος το 11^ο δείγμα λήφθηκε στη Νέα Κοίτη σε θέση πριν τη σύνδεση της με τη γερμανική τάφρο.

Στη συνέχεια παραθέτουμε τον πίνακα 4.7 με τα στοιχεία των θέσεων από τις οποίες λήφθηκαν τα δείγματα των επιφανειακών νερών καθώς και το χάρτη (εικόνα 30) με τις θέσεις αυτές στην περιοχή μελέτης βάσει των συντεταγμένων που καταγράφηκαν κατά τη δειγματοληψία με συσκευή GPS. Η επεξεργασία των στοιχείων (χωροθέτηση σε γεωαναφερμένους χάρτες 1:50000) έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS_9.1.

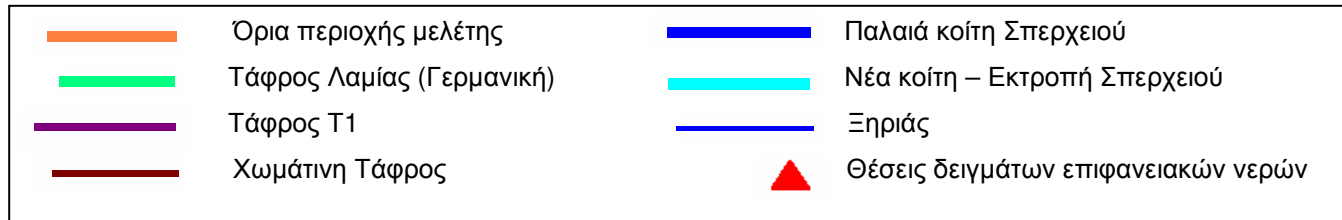
Πίνακας 4.7: Χαρακτηρισμός θέσεων δειγμάτων από επιφανειακά νερά – συντεταγμένες

ID	Χαρακτηρισμός Θέσης	X	Y
Th1	Σπερχειός πριν το φράγμα	364911	4300858
Th2	Σπερχειός πριν το τάφρο T1	366104	4301218
Th3	Γερμ. Τάφρος ανάντη συμβολής με Ξηριά	365504	4302882
Th4	Ξηριάς πριν τη συμβολή με Γερμ. Τάφρο	365519	4302925
Th5	Δέση χωμάτινης τάφρου με κανάλια για Ροδίτσα	366789	4301886
Th6	Γερμ. Τάφρος μετά τον Ξηριά (πριν το Βιολογικό Καθαρισμό - ΕΕΛ)	366969	4303115
Th7	Πηγές Μεγάλης Βρύσης	368683	4306353
Th8	Τάφρος ακριβώς μετά το αντλιοστάσιο	372876	4304975
Th9	Νέα Κοίτη Σπερχειού στην έξοδο προς Μαλιακό	372922	4303193
Th10	Γερμ. Τάφρος κατόντη του ΕΕΛ πριν τη σύνδεση με Ν. Κοίτη	369815	4302379
Th11	Νέα Κοίτη Σπερχειού πριν τη σύνδεση με τη Γερμ. Τάφρο	369753	4302285

Κατά τη συλλογή των δειγμάτων τόσο των υπόγειων, όσο και των επιφανειακών, μετρήθηκαν επιτόπου η ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. ($\mu\text{S}/\text{cm}$) και η θερμοκρασία του νερού T ($^{\circ}\text{C}$).



Εικόνα 30: Θέσεις δειγμάτων από επιφανειακά νερά στην περιοχή μελέτης



4.6 Στοιχεία Χημικών Αναλύσεων - Αποτελέσματα

Μετά την ολοκλήρωσή της συλλογή των δειγμάτων, μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου και πραγματοποιήθηκε η χημική ανάλυσή τους. Μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις των κύριων ανόργανων (χημικών) συστατικών (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , NO_3^-), η ποιοτική παράμετρος: το Ph και από τα φυσικά χαρακτηριστικά η ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. ($\mu\text{S}/\text{cm}$) και η θερμοκρασία T ($^{\circ}\text{C}$). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. ($\mu\text{S}/\text{cm}$) και η θερμοκρασία του νερού T ($^{\circ}\text{C}$) μετρήθηκαν επιτόπου κατά τη δειγματοληψία.

Οι εργαστηριακές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των διαφόρων παραμέτρων είναι οι ακόλουθες κατά περίπτωση:

Τα ιόντα ασβεστίου (Ca^{+2}), μαγνησίου (Mg^{+2}), όξινων ανθρακικών (HCO_3^-) και χλωριόντων (Cl^-) προσδιορίστηκαν με τη χρήση της μεθόδου τιτλοδότησης με τη βοήθεια της συσκευής DREL/5 της HACH. Χρησιμοποιήθηκε ένεση της EDTA, σε συνδυασμό με διάλυμα Potassium Hydroxide και αντιδραστήριο CalVer για τα ιόντα Ca^{+2} και η ίδια ένεση EDTA με διάλυμα Buffer Solution Hardness και αντιδραστήριο ManVer για τα (Mg^{+2}). Για τα οξυανθρακικά ιόντα (HCO_3^-) και τα ιόντα χλωρίου (Cl^-) χρησιμοποιήθηκαν ένεση της EDTA με αντιδραστήριο Brom Cresol Green-Methyl red indicator και ένεση της EDTA με αντιδραστήριο Diphenyl carbazone reagent αντίστοιχα. Σε πολλά από τα δείγματα ανάλογα με τις συγκεντρώσεις των στοιχείων έγιναν αραιώσεις.

Τα κατιόντα νάτριο (Na^+) και κάλιο (K^+) μετρήθηκαν με το φλογοφωτόμετρο, τύπου Digital Flame Analyzer.

Τα θειικά (SO_4^-) και τα νιτρικά (NO_3^-) προσδιορίστηκαν με φορητή ψηφιακή συσκευή φασματοφωτόμετρου (portable Datalogging Spectrophotometer) τύπου DR 3000 με τη χρήση ανάλογων κάθε φορά αντιδραστηρίων.

Τα ολικά διαλυμένα στερεά (T.D.S.-Total Dissolved Solids) υπολογίστηκαν από τον τύπο, που συνδέει τα ολικά διαλυμένα στερεά την ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C.: T.D.S (ppm) $\sim 0.65 * \text{E.C.} (\mu\text{S}/\text{cm})$.

Οι συγκεντρώσεις των ιόντων μετρούνται εργαστηριακά σε ppm (= mg/l, η ισότητα ισχύει όταν το νερό έχει θερμοκρασία που κυμαίνεται από 4 έως 100 $^{\circ}\text{C}$, και τα συνολικά διαλυμένα στερεά έχουν συγκέντρωση μικρότερη από 7000 mg/l). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετράται σε $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Πίνακας 4.8: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των δειγμάτων από υπόγεια νερά (γεωτρήσεις).

ID	Station ID	Φυσικά χαρακτηριστικά - παράμετροι				Κύρια Κατιόντα				Κύρια Ανιόντα			
		T(°C)	PH	E.C. (μS/cm)	TDS(mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
G2	Μαυρομαντήλα	19,7	7,2	624	406	98	3	19	2	289	30	7	25,1
G3	Αγία Παρασκευή	18,4	7,4	582	378	90	24	14	1	307	25	23	62,7
G4	Στεργιοπούλου	18,4	7,8	1492	970	128	32	159	32	199	351	54	31,6
G5	Χατζηκώστα	18,3	8,0	294	191	34	2	15	1	167	21	15	13,9
G6	Τσαϊρία	18,4	8,1	442	287	17	1	38	2	231	54	24	38,8
G7	Φτελιές	18,1	8,0	358	233	65	1	8	1	268	10	7	1,0
G8	Ζάρδας α	18,1	8,0	711	462	28	6	6	1	423	7	1	3,2
G9	Σταθόπουλος	18,9	8,1	491	319	26	1	6	1	356	8	2	9,2
G10	Κόντος α	18,7	7,9	429	279	44	11	5	1	277	5	3	15,0
G11	Κόντος β	18,5	7,7	511	332	84	12	18	2	212	29	25	63,1
G12	Άγιος Παντελεήμων	18	7,6	604	393	113	15	17	1	312	23	23	48,6
G13	Ζάρδας β	18,2	7,4	882	573	145	39	21	2	451	34	42	74,3

Πίνακας 4.9: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των δειγμάτων από επιφανειακά υδάτινα σώματα

ID	Station ID	Φυσικά χαρακτηριστικά - παράμετροι				Κύρια Κατιόντα				Κύρια Ανιόντα			
		T(°C)	PH	E.C. (μS/cm)	TDS(mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
Th1	πριν το φράγμα	20,4	7,7	487	317	83	17	21	4	275	13	39	8,4
Th2	Δέση Σπερχειού - κανάλι T1	21,1	8,0	485	315	83	15	20	4	265	11	38	13,2
Th3	Γερμανική Τάφρος πριν το Ξηριά	21,2	7,7	981	638	96	65	26	5	540	25	69	26,1
Th4	Ξηριάς πριν τη Γερμανική Τάφρο	23,2	8,1	372	242	47	19	21	4	218	14	23	13,7
Th5	Χωμάτινη τάφρος πριν κανάλι για Ροδίτσα	20,0	8,0	470	306	83	15	23	4	271	17	42	16,8
Th6	Γερμανική Τάφρος πριν το Βιολογικό	21,4	8,0	596	387	64	39	24	5	345	19	33	6,6
Th7	Πηγές Μεγάλης Βρύσης	18,4	7,3	567	369	91	14	24	5	287	21	11	38,5
Th8	Αντλιοστάσιο	23,7	7,6	4700	3055	103	106	517	168	331	1224	200	6,9
Th9	Εκτροπή Σπερχειού - εξοδος προς Μαλιακό	23,4	7,9	1864	1212	86	48	177	55	276	393	95	7,8
Th10	Γερμανική Τάφρος μετά το Βιολογικό	25,1	7,8	882	573	74	24	34	8	433	44	37	6,2
Th11	Εκτροπή Σπερχειού - πριν Γερμανική Τάφρο	21,1	7,8	527	343	80	16	21	4	264	12	39	6,5

4.7 Επεξεργασία αποτελεσμάτων χημικών αναλύσεων – Παρουσίαση – Παρατηρήσεις

Με τη βοήθεια του λογισμικού Aquachem 4.0 έγινε η επεξεργασία των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων. Συγκεκριμένα έγινε η υδροχημική ανάλυση των δειγμάτων και η κατασκευή των υδροχημικών διαγραμμάτων, ώστε να έχουμε μια εποπτική εικόνα που θα μας επιτρέψει να εξάγουμε συμπεράσματα για την ποιότητα και την προέλευση των νερών.

4.7.1 Υπόγεια νερά

4.7.1.1 Υδροχημικοί τύποι δειγμάτων

Αρχικά παραθέτουμε συγκεντρωμένα σε πίνακα (4.10) τα στοιχεία για τον υδροχημικό τύπο των νερών της κάθε γεώτρησης όπως προέκυψε από το λογισμικό.

Πίνακας 4.10: Υδροχημικοί τύποι δειγμάτων υπόγειων νερών

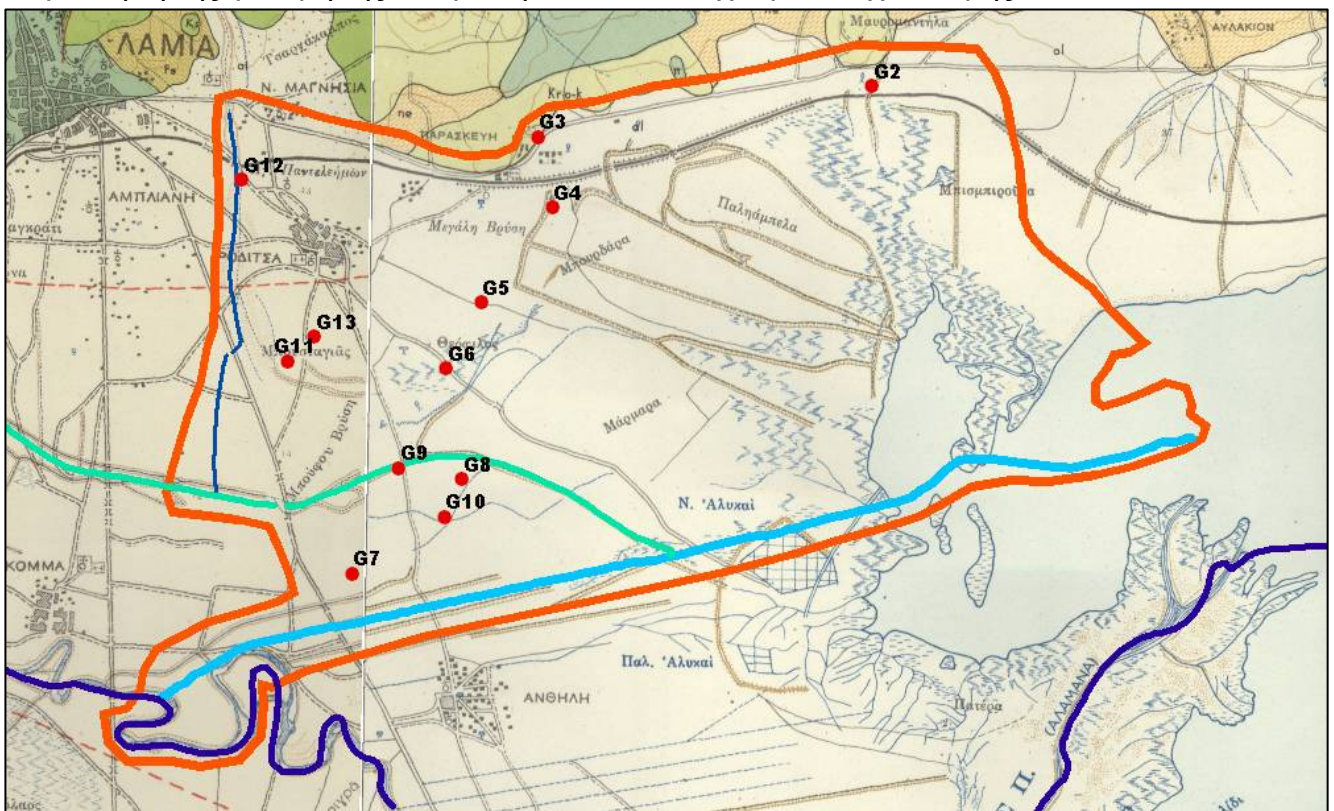
ID (υπόγεια)	STATION ID	ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ
G2	Μαυρομαντήλα	Ca-HCO ₃
G3	Αγία Παρασκευή	Ca-Mg-HCO ₃
G4	Στεργιοπούλου	Na-Ca-Cl-HCO ₃
G5	Χατζηκώστα	Ca-Na-HCO ₃
G6	Τσαϊρία	Na-HCO ₃ -Cl
G7	Φτελιές	Ca-HCO ₃
G8	Ζάρδας α	Ca-HCO ₃
G9	Σταθόπουλος	Ca-HCO ₃
G10	Κόντος α	Ca-Mg-HCO ₃
G11	Κόντος β	Ca-HCO ₃
G12	Άγιος Παντελεήμων	Ca-HCO ₃
G13	Ζάρδας β	Ca-Mg-HCO ₃

Σχετικά με τον παραπάνω πίνακα 4.1 σημειώνουμε τα εξής:

Σε όλα τα δείγματα είναι εμφανής ο οξυανθρακικός χαρακτήρας τους (HCO₃). Εδώ στα υπόγεια νερά, ο χαρακτήρας αυτός θα μπορούσε να αποδοθεί στην ορυκτολογική σύσταση των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών με τους οποίους έρχεται σε επαφή το υπόγειο νερό. Αυτοί μπορεί να είναι καρστικοί σχηματισμοί (π.χ. ασβεστόλιθοι), μαργαϊκοί σχηματισμοί ή γενικά σχηματισμοί με πολλές ανθρακικές ενώσεις όπως οι αλλουβιακές

αποθέσεις. Αν ο σχηματισμός είναι ασβεστολιθικός, το νερό θα είναι επίσης πλούσιο σε ιόντα Ca, ενώ αν είναι δολομιτικός θα είναι πλούσια σε ιόντα Mg. Συνήθως στους αλλουβιακούς σχηματισμούς τα νερά είναι ασβεστοανθρακικά δηλ. το κύριο κατιόν είναι ασβέστιο (Ca) και το κύριο ανιόν η όξινη ανθρακική ρίζα. Επίσης στη συγκεκριμένη περίπτωση περιέχουν σε σχετικά υψηλές ποσότητες όλα τα κύρια ιόντα. Γενικά έχουν μεγάλη ποσότητα από διαλυμένα στερεά (TDS) και επομένως και σχετικά υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα (Γ. Σούλιος, 2006).

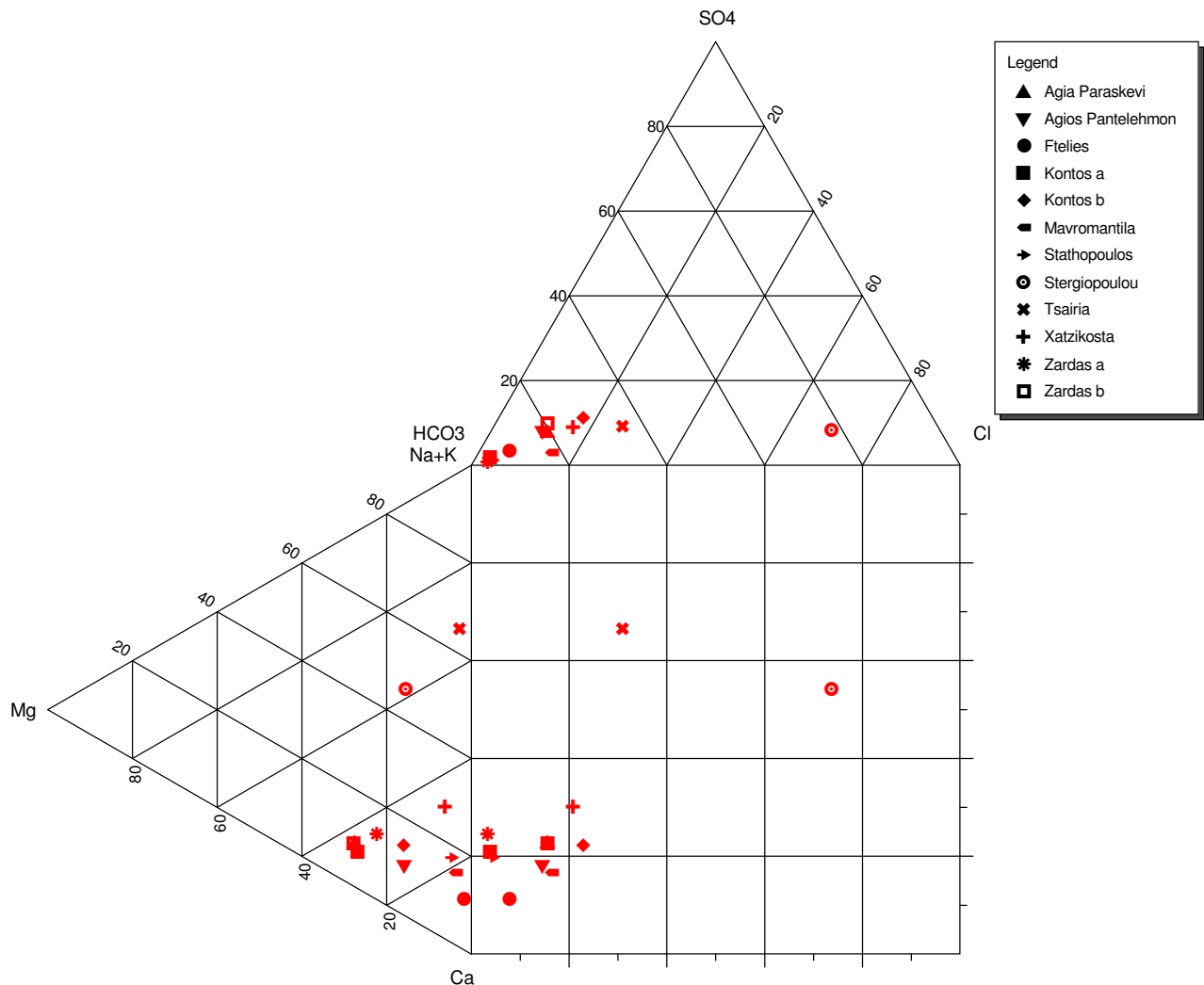
Όσον αφορά τα παραπάνω δείγματα και λαμβάνοντας υπόψη και τον παρακάτω γεωλογικό χάρτη της περιοχής μελέτης (εικόνα 31) σημειώνουμε πως οι δέκα γεωτρήσεις (G4 έως G13) είναι διανοιγμένες σε δολουβιακά και αλλουβιακά ιζηματογενή πετρώματα που αποτελούνται από αργίλους, άμμους, λατύπες και κροκάλες. Οι δύο πρώτες (G2 και G3) βρίσκονται στους πρόποδες του ορεινού όγκου της Όρθυος και στα όρια με το καρστικό σύστημα της Λαμίας. Σύμφωνα με την τομή της γεώτρησης G2 (Παράρτημα) η οποία δείχνει ότι η γεώτρηση σε βάθος 120 m δεν έχει διατρέξει ασβεστόλιθους, συμπεραίνουμε ότι δεν ανήκει στο καρστικό σύστημα της Λαμίας το οποίο καταλαμβάνεται από αποκαρστωμένους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους με υπόβαθρο τους στεγανούς σχηματισμούς της σχιστοκερατολιθικής διαπλάσεως με οφιόλιθους. Απομένει η διερεύνηση της γεώτρησης G3 για την οποία δεν έχουμε στοιχεία τομής.



Εικόνα 31: Θέσεις γεωτρήσεων στον γεωλογικό χάρτη της περιοχής μελέτης

4.7.1.2 Υδροχημικά διαγράμματα

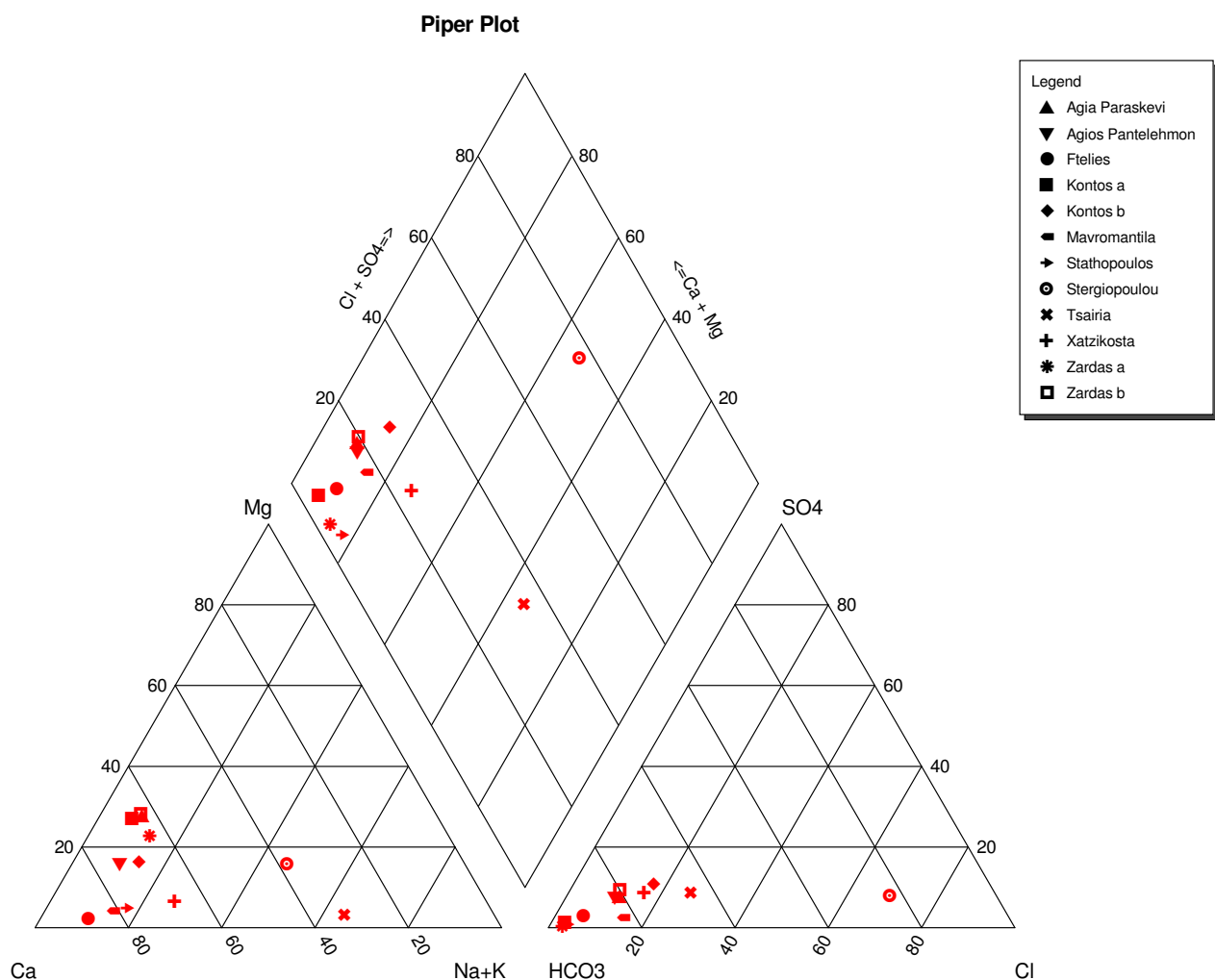
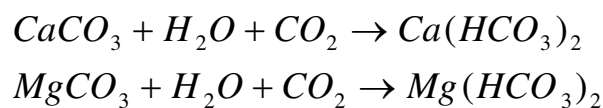
Durov Plot



Σχήμα 12: Υδροχημικό διάγραμμα Durov (υπόγεια νερά)

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα Durov μπορούμε να σημειώσουμε πως, όσον αφορά τις υδροχημικές διαδικασίες που συμβαίνουν στο νερό καθώς αυτό περνά από τα διάφορα γεωλογικά στρώματα, η πλειοψηφία των δειγμάτων (10 από τις 12) βρίσκεται στην *περιοχή αντίστροφων ιοντικών ανταλλαγών*. Σύμφωνα με αυτή τη διαδικασία, η χημική ουσία που υπάρχει στο νερό ή ιόν αυτής αντικαθίσταται από μία άλλη στην επιφάνεια ή στο εσωτερικό της στερεάς φάσης. Η νέα ουσία που περιέρχεται πλέον στο νερό, προέχεται αυτούσια από τη στερεά φάση ή προκύπτει από ανταλλαγή ιόντων μεταξύ της περιεχομένης στο νερό και άλλης υπάρχουσας στη στερεά φάση (όπου στερεά φάση: ο υδροφορέας και η ακόρεστη ζώνη μέσα στην οποία ρέει το υπόγειο νερό και έχει την ιδιότητα ή τη δυνατότητα να συγκρατεί με διάφορους τρόπους ιόντα, μόρια και ουσίες

που είναι διαλυμένες ή αιωρούμενες στο νερό) (Γ. Σούλιος, 2006). Το νερό των δειγμάτων από τις γεωτρήσεις Τσαΐρια και Στεργιοπούλου προέκυψαν από τη διαδικασία απλής διάλυσης ή μίξης. Σχετικά με αυτή τη διαδικασία αξίζει να αναφερθούν τα εξής: Το νερό είναι ένας μέτριος διαλύτης, μπορεί να διαλύει ορυκτά και ουσίες που προέκυψαν από διάβρωση ορυκτών και πετρωμάτων. Έτσι φορτίζεται με ιόντα σε διάλυση. Η διαλυτική ικανότητα του νερού είναι προφανώς διαφορετική για διάφορα ορυκτά, πετρώματα, χημικές ουσίες, άλατα. Πιο χαρακτηριστική είναι η διάλυση ανθρακικών πετρωμάτων από το νερό με τη βοήθεια CO₂ με την οποία παράγεται όξινο ανθρακικό ασβέστιο ή μαγνήσιο (υδροχημικός τύπος που κυριαρχεί και στην πλειοψηφία των δειγμάτων της περιοχής μελέτης). Έτσι δημιουργούνται μέσα στο νερό ιόντα Ca²⁺ (ή Mg²⁺) και HCO₃⁻. Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι:



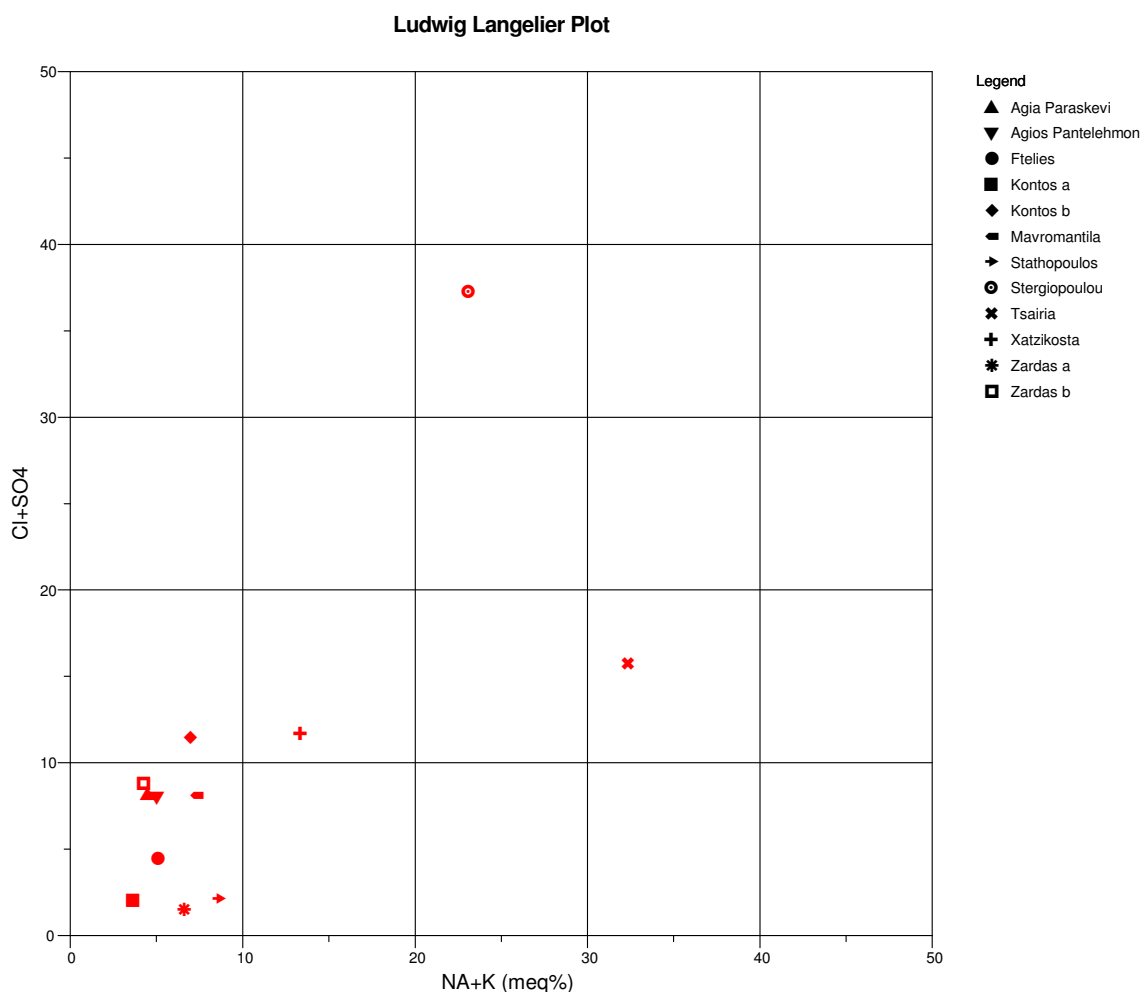
Σχήμα 13: Υδροχημικό διάγραμμα Piper (υπόγεια νερά)

Μετά την προβολή των δεδομένων των χημικών αναλύσεων των νερών των υδρογεωτρήσεων στο παραπάνω διάγραμμα Piper μπορούμε να κατατάξουμε το κάθε δείγμα σε μια κατηγορία τόσο ως προς τα ανιόντα ή τα κατιόντα, όσο και ως προς το σύνολο. Επομένως έχουμε την υδροχημική φάση του κάθε δείγματος. Παραθέτουμε παρακάτω τον πίνακα 4.11 με τις κατατάξεις κατά Piper.

Πίνακας 4.11: Κατατάξεις κατά Piper των δειγμάτων υπογείων νερών

Δείγμα (υπόγειο νερό)	Station ID	ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ PIPER		
		Ως προς τα κατιόντα	Ως προς τα ανιόντα	Ως προς το σύνολο
G2	Μαυρομαντήλα	ασβεστούχο	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο, ανθρακικό
G3	Αγία Παρασκευή	ασβεστούχο	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο
G4	Στεργιοπούλου	μικτή σύσταση	χλωριούχο	ασβεστο - μαγνησιούχο, χλωριο -θειικό
G5	Χατζηκώστα	ασβεστούχο	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο ανθρακικό
G6	Τσαΐρια	κάλιο - νατριούχο	ανθρακικό	κάλιο - νατριούχο ανθρακικό
G7	Φτελιές	ασβεστούχο	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο ανθρακικό
G8	Ζάρδας a	ασβεστούχο	ανθρακικό	ανθρακικό
G9	Σταθόπουλος	ασβεστούχο	ανθρακικό	ανθρακικό
G10	Κόντος a	ασβεστούχο	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο, ανθρακικό
G11	Κόντος b	ασβεστούχο	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο
G12	Άγιος Παντελεήμων	ασβεστούχο	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο, ανθρακικό
G13	Ζάρδας b	ασβεστούχο	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα 4.11 παρατηρούμε ότι ο χαρακτήρας των υπόγειων νερών είναι ανθρακικός (HCO_3) ως προς τα ανιόντα, εκτός από το δείγμα της υδρογεώτρησης Στεργιοπούλου που είναι χλωριούχος (Cl). Όσον αφορά τα κατιόντα επικρατεί ο ασβεστούχος χαρακτήρας (Ca), εκτός από τη θέση Στεργιοπούλου το δείγμα της οποίας έχει μικτή σύσταση δηλαδή μαγνησιούχο (Mg), ασβεστούχο (Ca), κάλιο (K) – νατριούχο (Na) χαρακτήρα και από τη θέση Τσαΐρια το δείγμα της οποίας χαρακτηρίζεται κάλιο (K) – νατριούχο (Na).

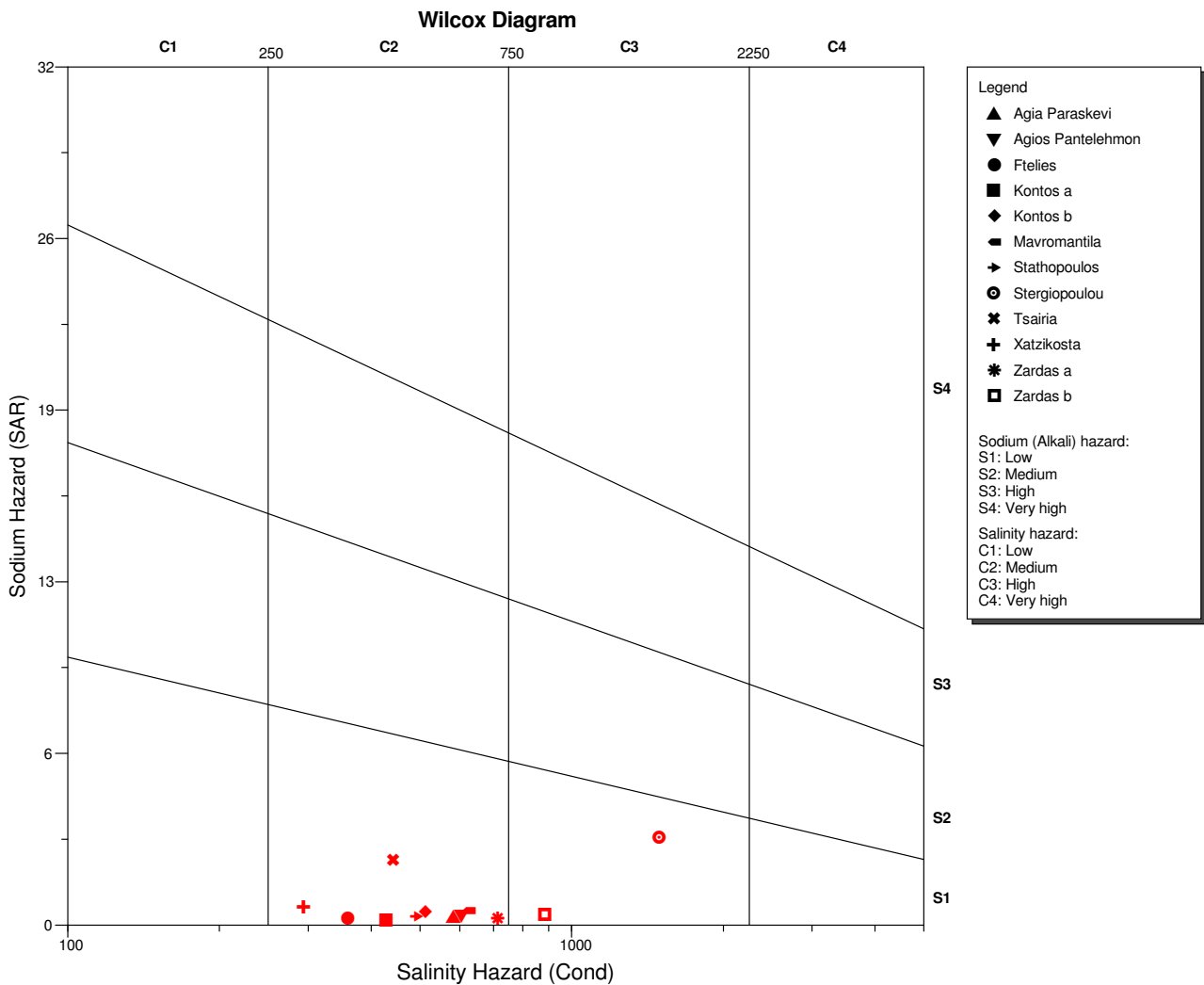


Σχήμα 14: Υδροχημικό διάγραμμα Ludwig Langelier (υπόγεια νερά)

Το παραπάνω διάγραμμα Ludwig Langelier εμφανίζει την κατανομή των δειγμάτων σε σχέση με το χλώριο – θειικό και κάλιο – νατριούχο χαρακτήρα τους. Όσο τα δείγματα απομακρύνονται από την αρχή των αξόνων τόσο ισχυροποιείται ο χαρακτήρας που έχουν, είτε ο χλώριο – θειικός χαρακτήρας ($\text{Cl} - \text{SO}_4$ – κατακόρυφος άξονας), είτε ο κάλιο – νατριούχος ($\text{Na} - \text{K}$ – οριζόντιος άξονας). Με βάση το παραπάνω διάγραμμα ομαδοποιούμε τα δείγματα, ανάλογα με το πόσο ισχυρή είναι η επιρροή των δύο παραπάνω χαρακτήρων, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 4.12: Κατανομή δειγμάτων υπόγειων νερών από το διάγραμμα Ludwig - Langelier

Δείγματα (υπόγεια νερά)	Κατανομή
G2,G3,G5,G7,G8,G9,G10,G11,G12,G13	μικρή
G6	μεσαία
G4	μεγάλη



Σχήμα 15: Υδροχημικό διάγραμμα Wilcox (υπόγεια νερά)

Μετά την προβολή των δεδομένων των χημικών αναλύσεων των νερών των υδρογεωτρήσεων στο παραπάνω διάγραμμα Wilcox μπορούμε να κατατάξουμε το κάθε δείγμα σε μία κατηγορία αρδευτικού νερού. Βάσει αυτών μπορεί να ελεγχθεί η καταλληλότητα του αρδευτικού νερού σε σχέση με τη φύση και τις ιδιότητες των καλλιεργούμενων εδαφών. Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα και τις κατηγορίες του αρδευτικού νερού (πίνακας 4.13) παρατηρούμε πως το νερό των δέκα γεωτρήσεων ανήκει στην κατηγορία C2 - S1, δηλαδή η ποιότητά τους είναι καλή μέχρι μέτρια. Το νερό αυτών των γεωτρήσεων πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαρεία εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά. Οι υπόλοιπες δύο γεωτρήσεις G4 Στεργιοπούλου και G13 Ζάρδας b ανήκουν στην κατηγορία C3 - S1 δηλαδή η ποιότητά τους είναι μέτρια μέχρι πολύ μέτρια. Μπορεί να χρησιμοποιείται με μέτρα προφύλαξης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται καλά ή να προστίθεται σε αυτό γύψος.

Πίνακας 4.13: Κατάταξη κατά Wilcox των υπόγειων νερών

Δείγμα (υπόγεια νερά)	Station ID	ΚΑΤΑΤΑΞΗ WILCOX (κατηγορίες αρδευτικού νερού)	ΠΟΙΟΤΗΤΑ
G2	Μαυρομαντήλα	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
G3	Αγία Παρασκευή	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
G4	Στεργιοπούλου	C3-S1	μέτρια μέχρι πολύ μέτρια
G5	Χατζηκώστα	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
G6	Τσαΐρια	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
G7	Φτελιές	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
G8	Ζάρδας α	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
G9	Σταθόπουλος	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
G10	Κόντος α	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
G11	Κόντος β	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
G12	Άγιος Παντελεήμων	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
G13	Ζάρδας β	C3-S1	μέτρια μέχρι πολύ μέτρια

4.7.1.3 Ταξινόμηση του υπόγειου νερού με βάση ιοντικούς λόγους

Στη συνέχεια προκειμένου να γίνει η ταξινόμηση του υπόγειου νερού της περιοχής μελέτης σε διάφορες κατηγορίες με βάση τους ιοντικούς λόγους, υπολογίζονται οι κυριότεροι ιοντικοί λόγοι και παρατίθενται στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα 4.14.

Πίνακας 4.14: Ιοντικοί λόγοι των κυρίων χημικών συστατικών του υπόγειου νερού

Δείγμα (υπόγεια νερά)	Station ID	Mg ⁺⁺ /Ca ⁺⁺	Na ⁺ /Cl ⁻	Na ⁺ /K ⁺	Cl ⁻ /SO ₄ ⁻	(Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺)/(Na ⁺ +K ⁺)	HCO ₃ ⁻ /Cl ⁻
G2	Μαυρομαντήλα	0,03	0,63	9,22	4,29	4,81	9,64
G3	Αγία Παρασκευή	0,26	0,56	10,13	1,09	7,36	12,30
G4	Στεργιοπούλου	0,25	0,45	4,98	6,50	0,84	0,57
G5	Χατζηκώστα	0,06	0,71	17,89	1,40	2,29	7,96
G6	Τσαΐρια	0,09	0,70	18,93	2,25	0,46	4,27
G7	Φτελιές	0,01	0,80	8,00	1,43	7,36	26,84
G8	Ζάρδας α	0,22	0,86	6,00	7,00	4,87	60,48
G9	Σταθόπουλος	0,04	0,75	6,00	4,00	3,92	44,53
G10	Κόντος α	0,25	1,00	5,00	1,67	9,16	55,39
G11	Κόντος β	0,15	0,62	9,35	1,16	4,81	7,32
G12	Άγιος Παντελεήμων	0,13	0,74	15,31	1,00	7,06	13,58
G13	Ζάρδας β	0,27	0,62	10,50	0,81	7,98	13,28

Μελετώντας τον παραπάνω πίνακα 4.14 σημειώνουμε τα εξής:

- Ο λόγος Mg/Ca κυμαίνεται από 0.01 έως 0.27 τιμές μικρότερες του 0.5 και οι οποίες αντιστοιχούν σε νερό από ασβεστολιθικά υδροφόρα στρώματα.
- Ο λόγος Na/Cl κυμαίνεται από 0.45 έως 1.00. *Οι μικρές τιμές 0.45 έως 0.86 υποδηλώνουν τη ρύπανση του υδροφορέα από τη διείσδυση της θάλασσας ή υπολείμματα αλμυρών*, ενώ η τιμή 1.00 υποδηλώνει κανονικό υπόγειο νερό.
- Ο λόγος Na/K διατηρεί μικρές τιμές (η μέγιστη είναι 18.93), γεγονός που φανερώνει ότι το νερό βρίσκεται σε περιοχή εμπλουτισμού των υδροφορέων.
- Ο λόγος Cl/SO₄ στο νερό των G12 και G13 που έχει τιμή μικρότερη του 1 δηλώνει ότι το νερό είναι θειούχο – χλωριούχο. Ο ίδιος λόγος στο νερό των G2, G3, G5, G6, G7, G9, G10, G11 με τιμή από 1 έως 5 δηλώνει ότι το νερό είναι χλωροθειούχο και τέλος ο λόγος αυτός στο νερό των G4 και G8 με τιμή μεγαλύτερη του 5 δηλώνει ότι το νερό είναι χλωριούχο και έχει σχέση με την ύπαρξη υπολειμματικών αλάτων στους υδροφορείς.
- Ο λόγος (Ca + Mg)/(Na + K) στο νερό των G4 και G6 έχει τιμή μικρότερη του 1 και υποδηλώνει ότι το νερό είναι παλιό στα κατάντη τμήματα του υδροφορέα (ως προς τη διεύθυνση ροής, ενώ στις υπόλοιπες δέκα γεωτρήσεις στις οποίες ο λόγος είναι μεγαλύτερος από 1 δηλώνει πως πρόκειται για υδροφόρο στρώμα ή στρώματα με συνεχή τροφοδοσία.
- Ο λόγος HCO₃/Cl εμφανίζει τις μεγαλύτερες τιμές του στο νερό των G7, G8, G9, G10 τιμές που επικρατούν κοντά στις περιοχές τροφοδοσίας των υδροφόρων και τις μικρότερες τιμές G4, G5 και G11.

4.7.1.4 Ταξινόμηση με βάση ποιοτικές παραμέτρους

Προκειμένου να γίνει η ταξινόμηση των υπόγειων νερών της περιοχής μελέτης με βάση το pH, τα ολικά διαλυμένα στερεά TDS και την ολική σκληρότητα (total hardness), οι οποίες είτε μετρήθηκαν κατά τη δειγματοληψία είτε μέσω του λογισμικού επεξεργασίας των χημικών αναλύσεων, παρατίθενται συγκεντρωτικά οι τιμές αυτών στον παρακάτω πίνακα 4.15.

Πίνακας 4.15: Ποιοτικές παράμετροι του υπόγειου νερού της περιοχής μελέτης

Δείγμα (υπόγεια νερά)	Station ID	ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ		
		pH	TDS (mg/l)	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (mg/l CaCO ₃)
G2	Μαυρομαντήλα	7,2	406	257,1
G3	Αγία Παρασκευή	7,4	378	323,6
G4	Στεργιοπούλου	7,8	970	451,44
G5	Χατζηκώστα	8,0	191	93,15
G6	Τσαϊρία	8,1	287	46,57
G7	Φτελιές	8,0	233	166,45
G8	Ζάρδας α	8,0	462	94,64
G9	Σταθόπουλος	8,1	319	69,05
G10	Κόντος α	7,9	279	155,18
G11	Κόντος β	7,7	332	259,2
G12	Άγιος Παντελεήμων	7,6	393	343,98
G13	Ζάρδας β	7,4	573	522,73
	Μέση τιμή	7,77	402	231,92
	Μέγιστη τιμή	8,10	970	522,73
	Ελάχιστη τιμή	7,20	191	46,57
	Τυπική Απόκλιση	0,306	207	154,996

Όσον αφορά το pH οι τιμές κυμαίνονται από 7.2 μέχρι 8.1 και παρουσιάζεται μία μέση τιμή στο 7.77. Πρόκειται για νερά φυσικής προέλευσης και επειδή οι τιμές είναι μεγαλύτερες του 7 χαρακτηρίζονται ως αλκαλικά. Αξίζει να σημειώσουμε ότι η τιμή του pH γενικά μειώνεται όταν η υδάτινη μάζα ενηλικιώνεται. Μια νέα υδάτινη μάζα είναι συνήθως αλκαλική (pH>7) και σιγά-σιγά με τον χρόνο γίνεται όξινη (pH<7). Έτσι εδώ πρόκειται για μια νέα υδατική μάζα. Οι τιμές του pH παρουσιάζουν μικρή διασπορά. Συνεπώς τα υπόγεια νερά παρουσιάζουν γρήγορη ανανέωση.

Το T.D.S εκφράζει τη συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων στο νερό αλάτων, χωρίς να περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα ιζήματα, τα κolloειδή και τα διαλυμένα αέρια. Δηλ. το T.D.S αποτελεί ένα δείκτη μεταλλικότητας (αλατότητας). Στο υπόγειο νερό της υπό μελέτης περιοχής σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η τιμή των TDS σε όλες τις γεωτρήσεις είναι μικρότερη των 1000 mg/l, επομένως πρόκειται για γλυκό νερό. Δηλαδή το υπόγειο νερό των υδροφόρων στρωμάτων στην περιοχή των υδρογεωτρήσεων δεν έχει υπαλμυρωθεί, με εξαίρεση το νερό της γεώτρησης G4 (με τιμές Cl⁻ στα 35 mg/l και Na στα 159 mg/l).

Τέλος όσον αφορά τη σκληρότητα σημειώνουμε ότι οι τιμές της κυμαίνονται από 46.57 στη γεώτρηση G6 μέχρι 522.73 στη γεώτρηση G13 δηλαδή έχουμε νερό από μαλακό μέχρι πολύ σκληρό. Συγκεκριμένα οι γεωτρήσεις G6 και G9 έχουν μαλακό νερό. Οι γεωτρήσεις G5 και G8 έχουν μέτρια σκληρό νερό, οι γεωτρήσεις G2, G7, G10 και G11 έχουν σκληρό νερό και τέλος οι G3, G4, G12 και G13 έχουν πολύ σκληρό νερό. Η σκληρότητα του νερού οφείλεται στη διάλυση από αυτό αλάτων Ca και Mg και εξαρτάται από τα πετρώματα που περνά κατά την υπόγεια πορεία του. Πολύ σκληρό νερό συναντούμε σε ασβεστολιθικούς θύλακες. Η παραπάνω κατάταξη του νερού ανάλογα με τη σκληρότητα του έγινε κατά την κατάταξη του Γ. Καλλέργη, 2000.

➤ **Γενικές Παρατηρήσεις:**

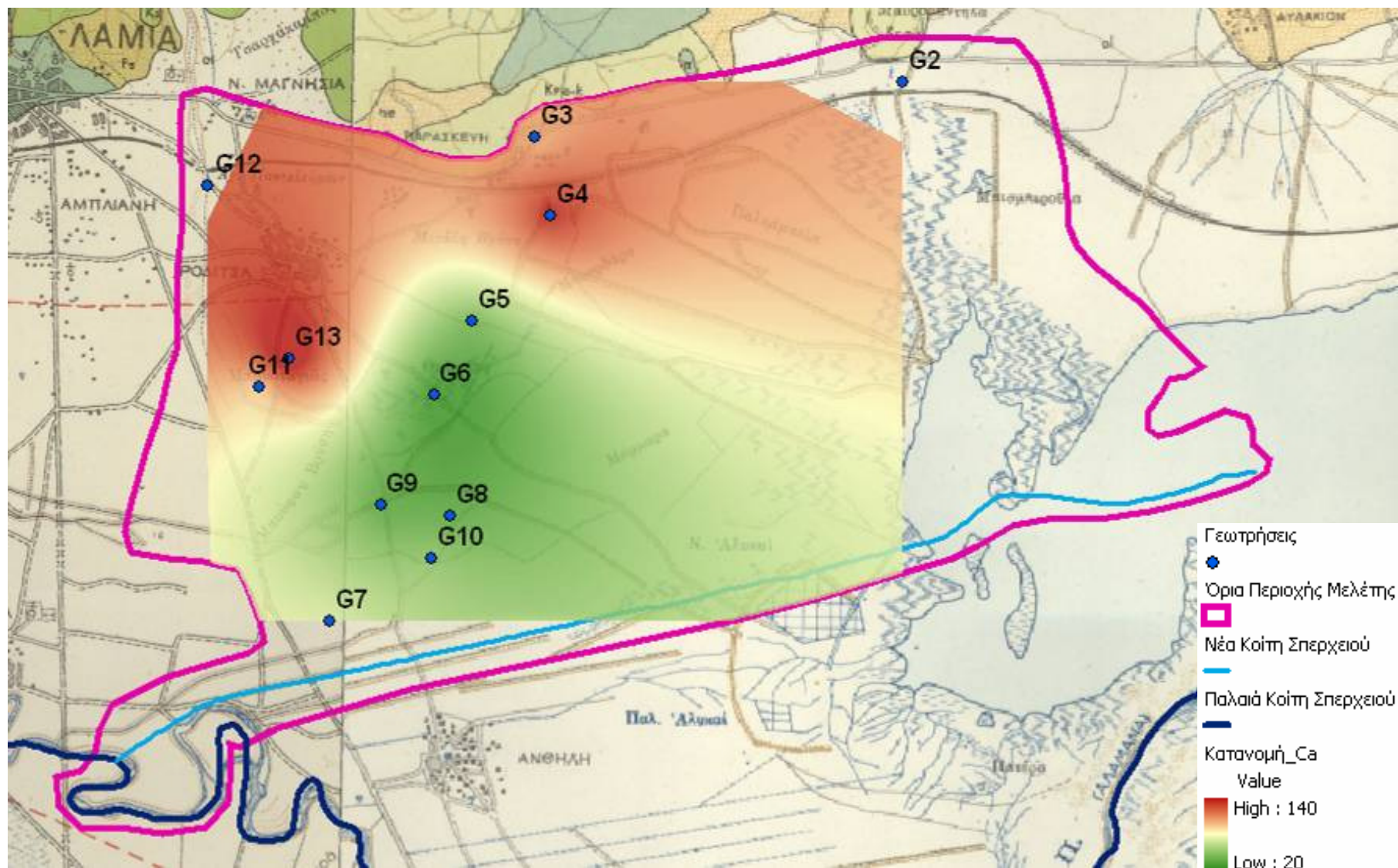
A) Στη γεώτρηση G4 (Στεργιοπούλου) μετρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις Cl^- (35 mg/l) και Na^+ (159 mg/l) που δηλώνουν υφαλμύρωση.

B) Στην γεώτρηση της Αγίας Παρασκευής (G3) παρατηρούμε αυξημένα τα ανιόντα, HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} και NO_3^- (62,7 mg/l). Το γεγονός αυτό μας οδηγεί να αναζητήσουμε πιθανές εξωγενείς πηγές προέλευσης αυτών στον υπόγειο υδροφόρο από όπου προέρχεται και το νερό της εν λόγω γεώτρησης. Η γεινίαση της γεώτρησης με το νεκροταφείο (50 m δυτικότερα) καθώς επίσης και με τον ΧΥΤΑ Λαμίας (2,5 km βορειοδυτικά της γεώτρησης) μας οδηγεί να συνδέσουμε με επιφύλαξη τις τιμές των Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- με πιθανή διαρροή του στραγγίσματος του ΧΥΤΑ ή και του νεκροταφείου, γεγονός που ευνοεί το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής. Όσον αφορά τις αυξημένες τιμές των NO_3^- , πιθανές πηγές μπορεί να είναι τα στραγγίσματα του γειτονικού νεκροταφείου, τα νιτρικά λιπάσματα ή και ρύποι από κοπριάς κτηνοτροφικών μονάδων που βρίσκονται στην περιοχή.

Γ) Οι αυξημένες τιμές NO_3^- που μετρήθηκαν, εκτός από την G2 – Αγίας Παρασκευής και στις ιδιωτικές γεωτρήσεις G11 - Κόντος b και G13 - Ζάρδας b που χρησιμοποιούνται για την άρδευση καλλιεργειών σε κτήματα νότια του οικισμού, οφείλονται κυρίως στα λιπάσματα που χρησιμοποιούν. Αξιοσημείωτο είναι ο συνδυασμός άρδευσης- λίπανσης με σύστημα (το οποίο παρατήρησα) όπου το λίπασμα τοποθετείται σε «δεξαμενές» οι οποίες συνδέονται με τη γεώτρηση και μέσω της τροφοδότησης με το νερό αυτής, διοχετεύεται στις καλλιέργειες.

4.7.1.5 Θεματικοί Υδροχημικοί Χάρτες

Με τον συνδυασμό των προγραμμάτων ArcGIS 9 – ArcMap Version 9.1 και Surfer 8 σχεδιάστηκαν οι υδροχημικοί χάρτες κατανομής των κυρίων ιόντων (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , NO_3^-) καθώς και των υδροχημικών παραμέτρων pH και E.C. Με τους θεματικούς υδροχημικούς χάρτες παρουσιάζεται η εικόνα της χωρικής κατανομής του χημισμού του υπόγειου νερού της υπό μελέτης περιοχής για τον συγκεκριμένο μήνα που έγινε η δειγματοληψία. Στη συνέχεια ακολουθεί η παράθεση των υδροχημικών χαρτών που σχεδιάστηκαν.



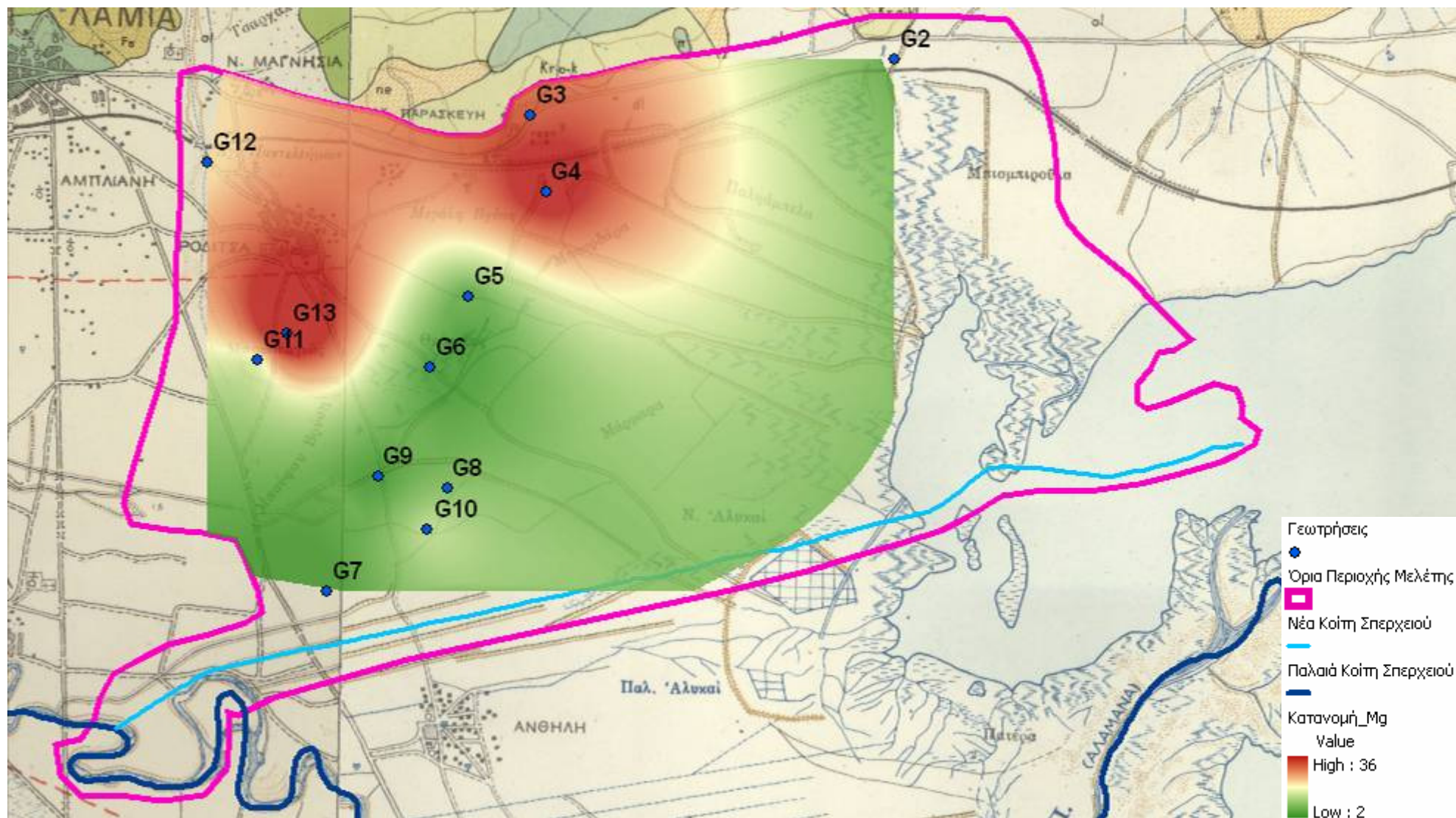
Εικόνα 32: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Ca υπόγειων υδάτων

Κατανομή Ca στα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης

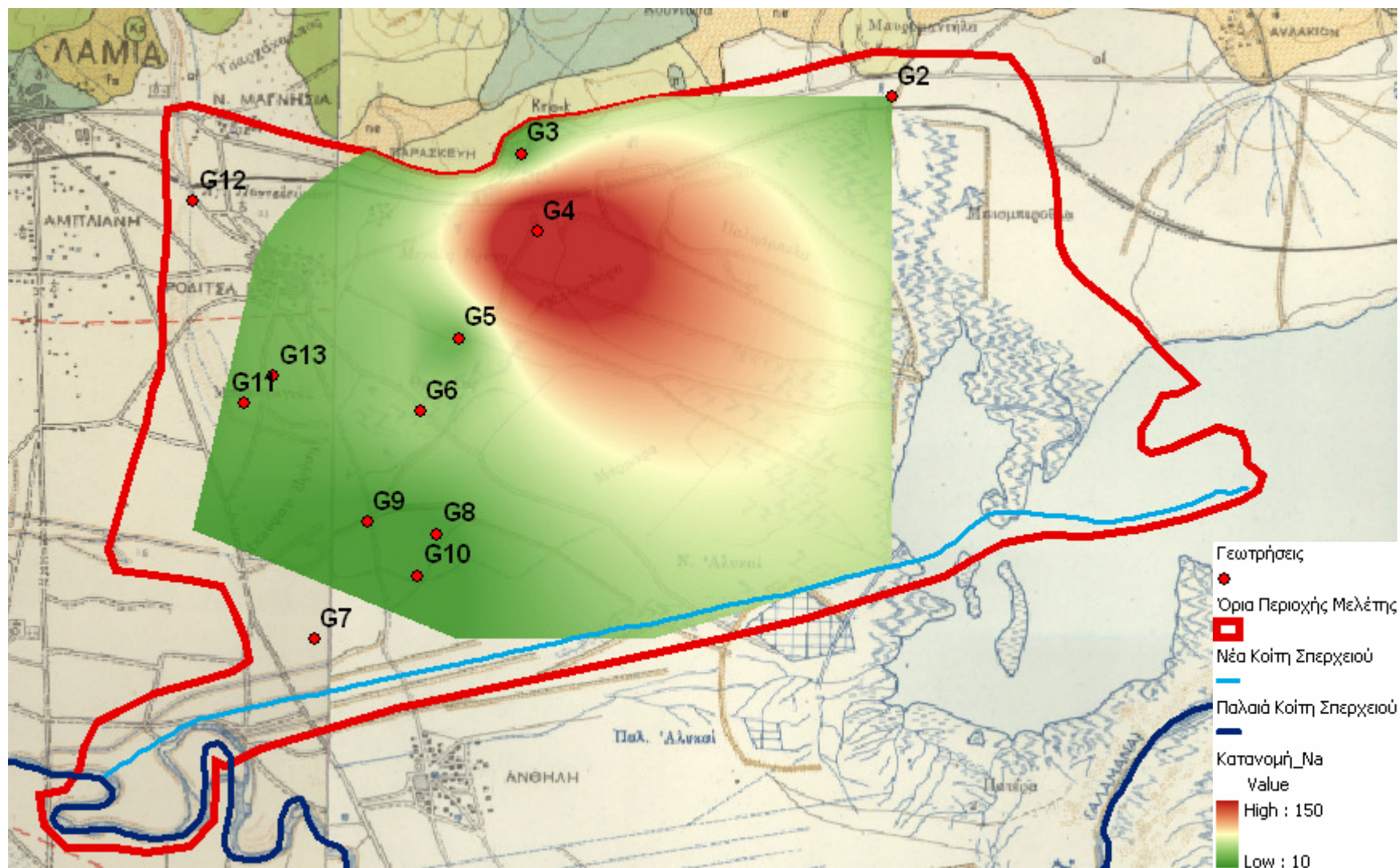
Οι τιμές Ca στα υπόγεια νερά ποικίλουν κυμαίνονται από χαμηλές τιμές 17 mg/l μέχρι και 145 mg/l τιμή πολύ μεγαλύτερη από το ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας των 100 mg/l. Η παραπάνω κατανομή (εικόνα 32) δείχνει υψηλότερες συγκεντρώσεις στα βόρεια της περιοχής όπου βρίσκονται οι γεωτρήσεις G2, G3, G4 με υψηλές συγκεντρώσεις και στα δυτικά της περιοχής όπου βρίσκονται οι G11, G12, G13 με επίσης υψηλές συγκεντρώσεις. Οι τιμές αποδίδονται στα ανθρακικά πετρώματα και αλλούβια από τα οποία προέχονται.

Κατανομή Mg στα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης

Οι τιμές Mg στα υπόγεια νερά δεν είναι πάρα πολύ υψηλές και είναι μικρότερες από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο ποσιμότητας των 50 mg/l. Οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στις G3 και G4 στα βόρεια και στις G12 και G13 στα δυτικά, δηλαδή θα μπορούσαμε να πούμε ότι υπάρχει μια αντιστοιχία με την κατανομή των Ca. Οι τιμές των G3 και G4 αποδίδονται στα καρστικά νερά του υδροσυστήματος της Λαμίας τα οποία διακινούνται σε αποκαρστωμένους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους με υπόβαθρο τους στεγανούς σχηματισμούς της σχιστοκερατολιθικής διαπλάσεως. Οι τιμές των G12 και G13 αποδίδονται στα νερά από τους αλλουβιακούς σχηματισμούς από τους οποίους προέρχονται.



Εικόνα 33: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Mg υπόγειων υδάτων



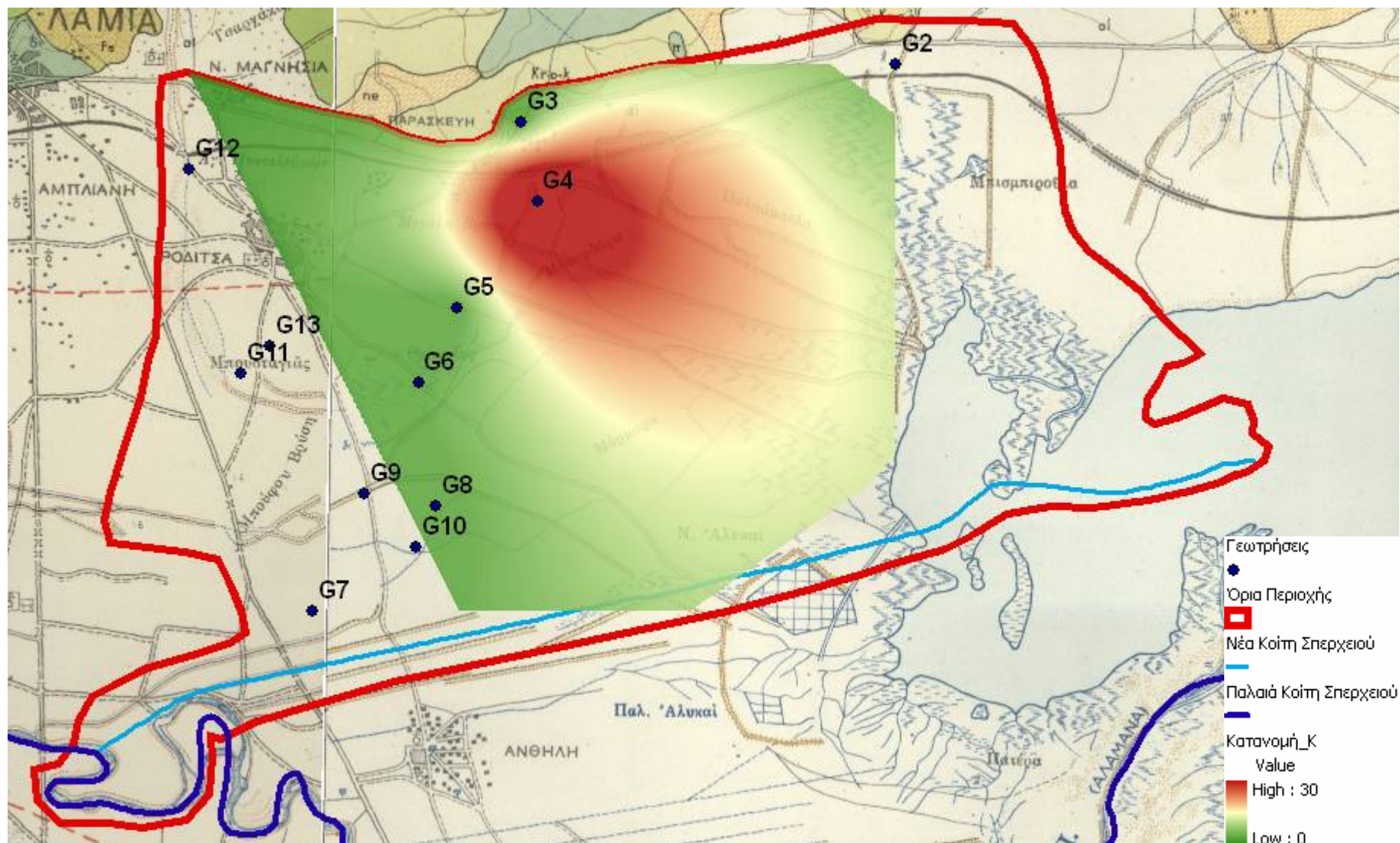
Εικόνα 34: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Na υπόγειων υδάτων

Κατανομή Na υπόγειων υδάτων στην περιοχή μελέτης

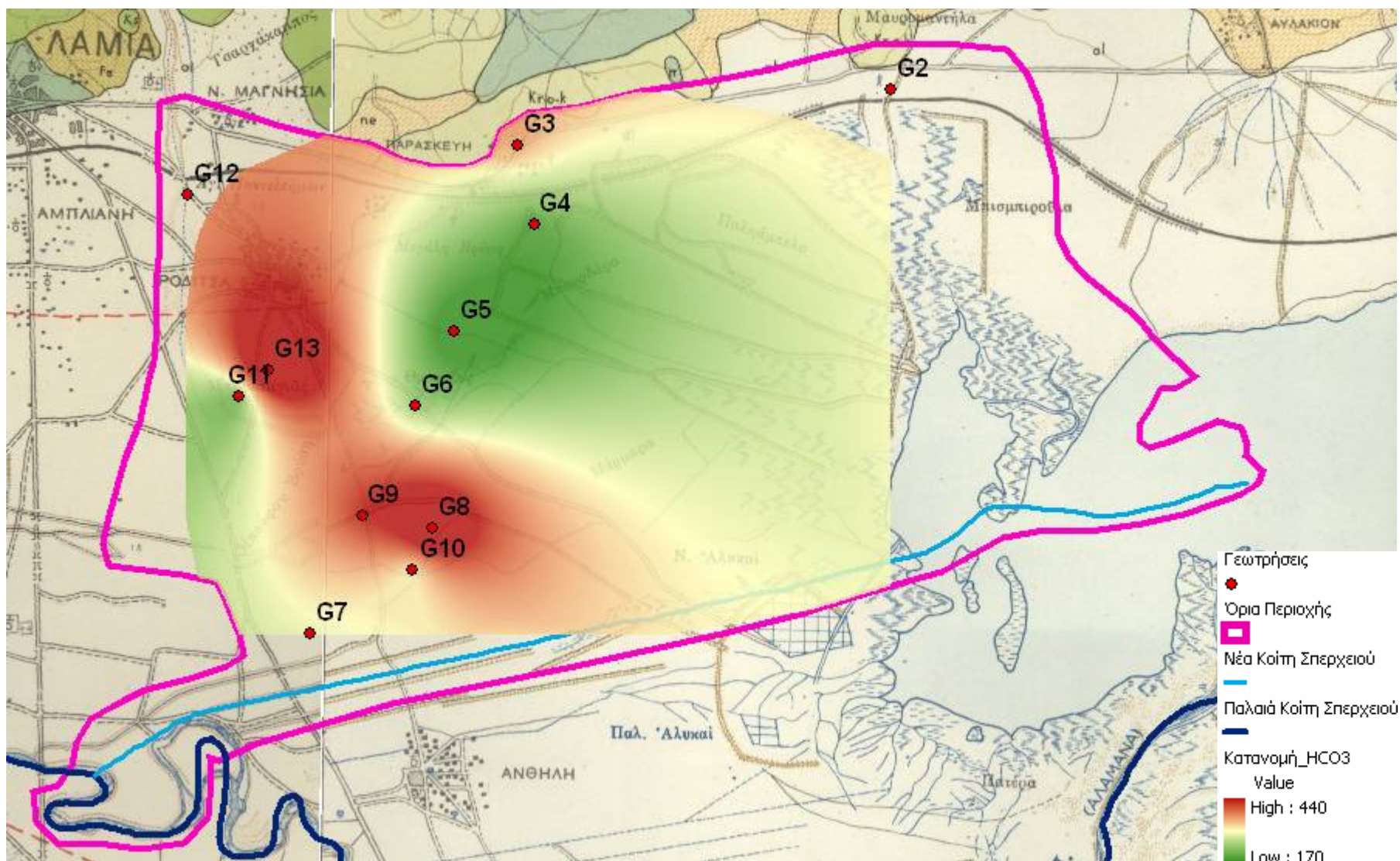
Στην πλειοψηφία των υπόγειων δειγμάτων οι τιμές των Na βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα και μάλιστα μικρότερες του ενδεικτικού επιπέδου ποσιμότητας που είναι η τιμή των 20 mg/l. Μόνο σε τρεις γεωτρήσεις (G4, G6, G13) οι τιμές είναι μεγαλύτερες των 20 mg/l με ανησυχητική την τιμή της G4 που είναι η μοναδική που ξεπερνά το ανώτατο επιτρεπόμενο επίπεδο ποσιμότητας των 150 mg/l. Η κατανομή Na στον παραπάνω χάρτη (εικόνα 34) δείχνει χαρακτηριστικά την υψηλή τιμή που μετρήθηκε στη γεώτρηση G4 σε αντιδιαστολή των χαμηλών τιμών των υπολοίπων γεωτρήσεων. Οι τιμές μπορούν να αποδοθούν στις δύο πρώτες είτε σε μία τάση προς υφαλμύριση του υπόγειου νερού είτε σε ρύπανση από νατρίουχα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες, ενώ στην γεώτρηση G13 που βρίσκεται νότια του οικισμού η τιμή αποδίδεται αποκλειστικά στα λιπάσματα.

Κατανομή K υπόγειων υδάτων στην περιοχή μελέτης

Οι τιμές K που έχουν μετρηθεί στα δείγματα είναι πολύ χαμηλές (κάτω και από το ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας – 25 mg/l) εκτός από το δείγμα της γεώτρηση G4 στην οποία μετρήθηκε 32 mg/l. Η κατανομή K στον παρακάτω χάρτη (εικόνα 35) καταδεικνύει τη μέτρηση αυτή και μπορούμε να παρατηρήσουμε την αντιστοιχία που υπάρχει με το χάρτη Na. Η υψηλή τιμή K μπορεί να αποδοθεί είτε στην υφαλμύριση του υδροφορέα από το θαλάσσιο μέτωπο, είτε στη ρύπανση από τα χρησιμοποιούμενα λιπάσματα, είτε στο ρυπασμένο αρδευτικό νερό επιφανειακής προέλευσης που είναι φορτισμένο με πολλά άλατα και ρύπους και το οποίο κατά την υγρή περίοδο κατεισδύει και φορτίζει το υπόγειο νερό



Εικόνα 35: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Κ υπόγειων υδάτων



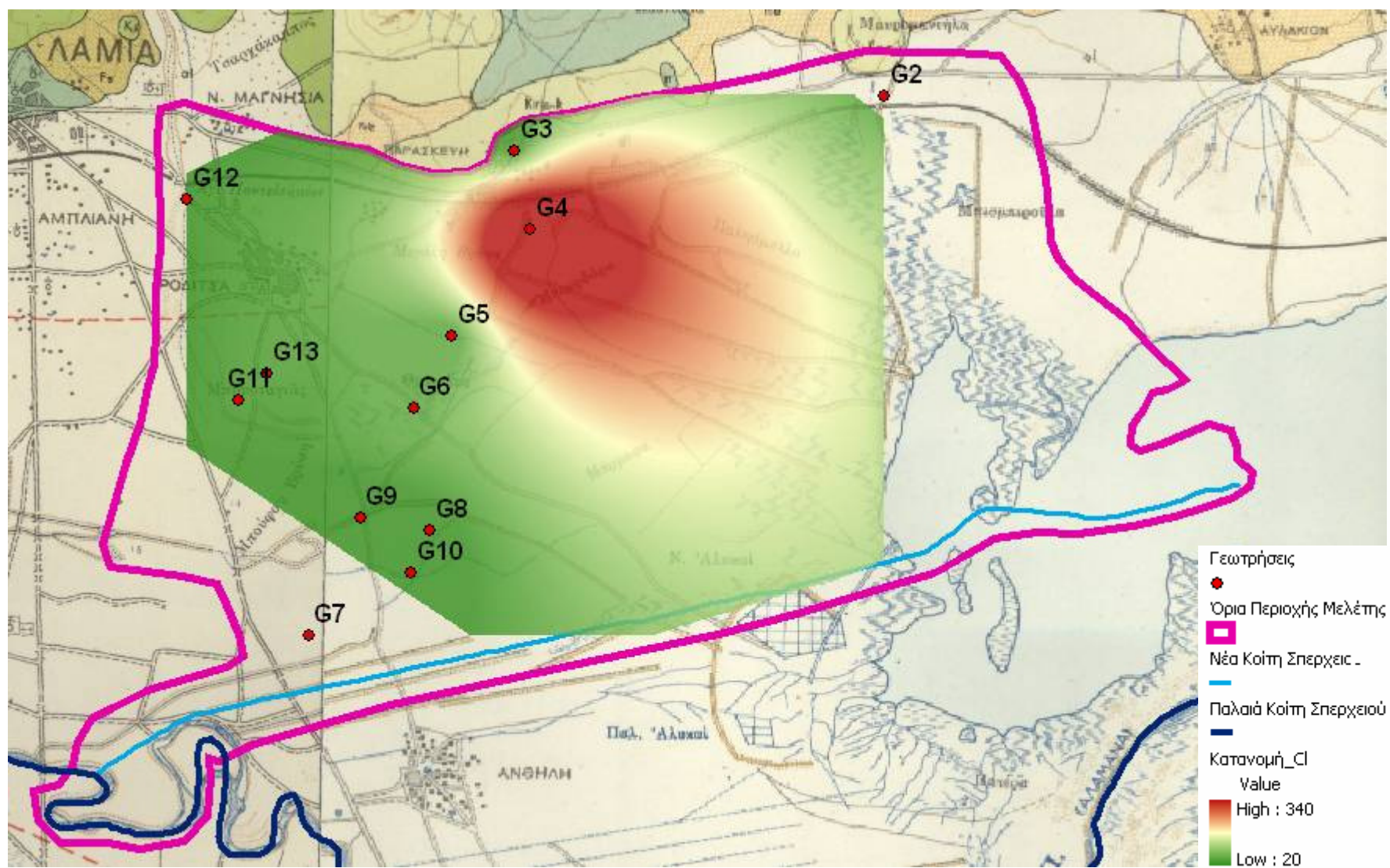
Εικόνα 36: Υδροχημικός χάρτης κατανομής HCO_3^- υπόγειων υδάτων

✚ Κατανομή HCO_3 υπόγειων υδάτων στην περιοχή μελέτης

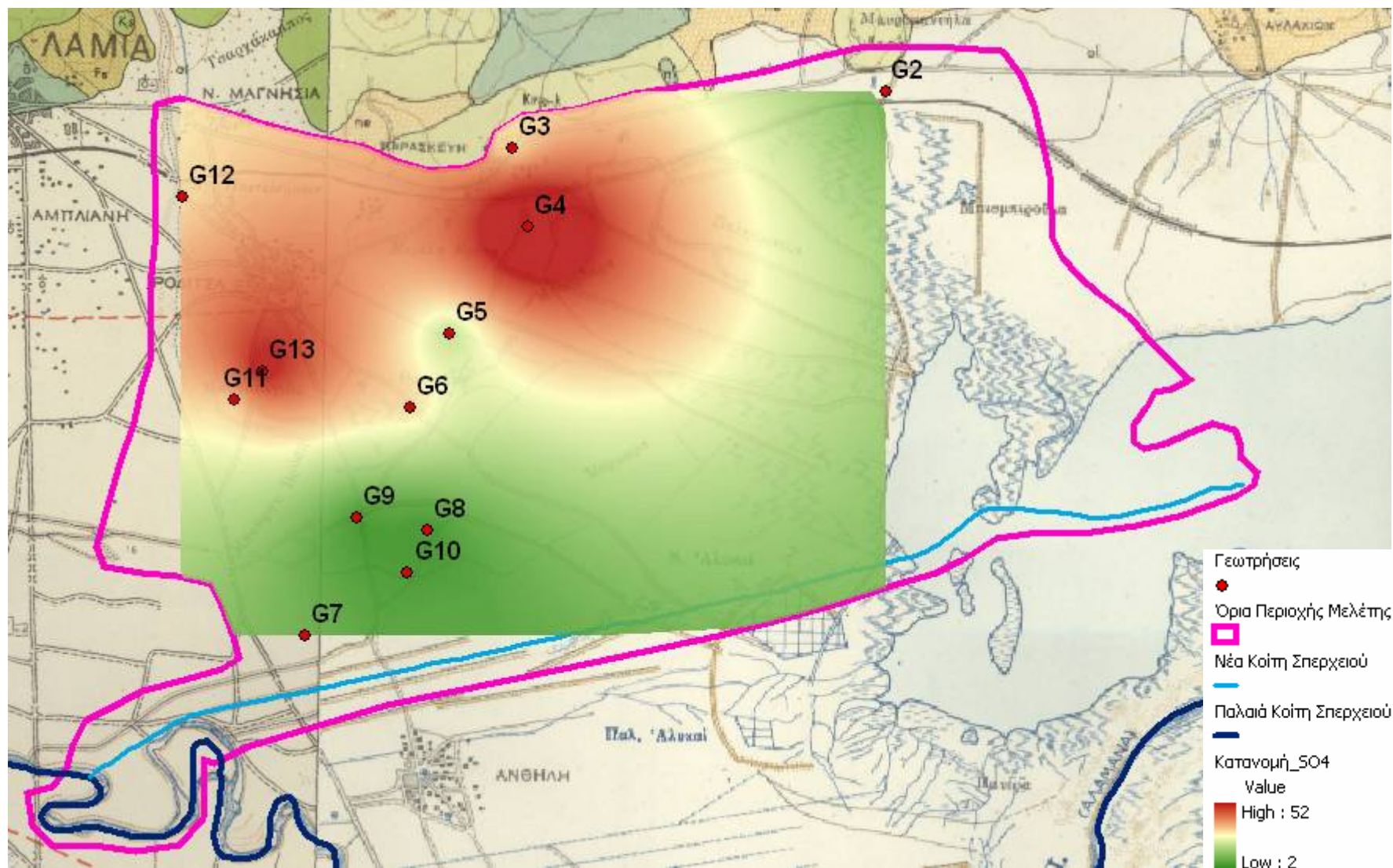
Οι τιμές HCO_3 που μετρήθηκαν είναι σχετικά υψηλές σε όλες τις γεωτρήσεις, γεγονός που υποστηρίζει τον ανθρακικό χαρακτήρα των υπόγειων νερών και ερμηνεύεται από την προέλευσή τους, που είναι είτε καρστικά νερά, είτε νερά από αλλουβιακούς σχηματισμούς. Η κατανομή δείχνει τις μεγαλύτερες τιμές δυτικά και νότια της περιοχής μελέτης. Δεν πρέπει να παραληφθούν και πιθανές πηγές ρύπανσης όπως είναι το νεκροταφείο και πιθανή διαρροή του ΧΥΤΑ κοντά στη γεώτρηση G3.

✚ Κατανομή Cl υπόγειων υδάτων στην περιοχή μελέτης

Οι τιμές των Cl που μετρήθηκαν στα υπόγεια δείγματα νερού ποικίλουν, καθώς μετρήθηκαν τιμές μικρές (από 5 mg/l) αλλά και μεγάλες (μέχρι και 351 mg/l). Γενικά οι περισσότερες τιμές είναι κοντά στο ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας των 25 mg/l εκτός από τις τιμές δύο γεωτρήσεων της G4 και της G6 με τιμές 351 mg/l και 54 mg/l αντίστοιχα. Η ακραία τιμή της G4 αποτυπώνεται και στη κατανομή Cl στον παρακάτω χάρτη (εικόνα 37) που μπορούμε να τον αντιστοιχίσουμε με τον χάρτη Na και τον χάρτη K. Η μεγάλη τιμή των Cl αποδίδεται είτε στην υφαλμύριση του υδροφορέα λόγω του θαλάσσιου μετώπου, είτε στο αρδευτικό νερό επιφανειακής προέλευσης που είναι φορτισμένο με πολλά άλατα και ρύπους.



Εικόνα 37: Υδροχημικός χάρτης κατανομής CI υπόγειων υδάτων



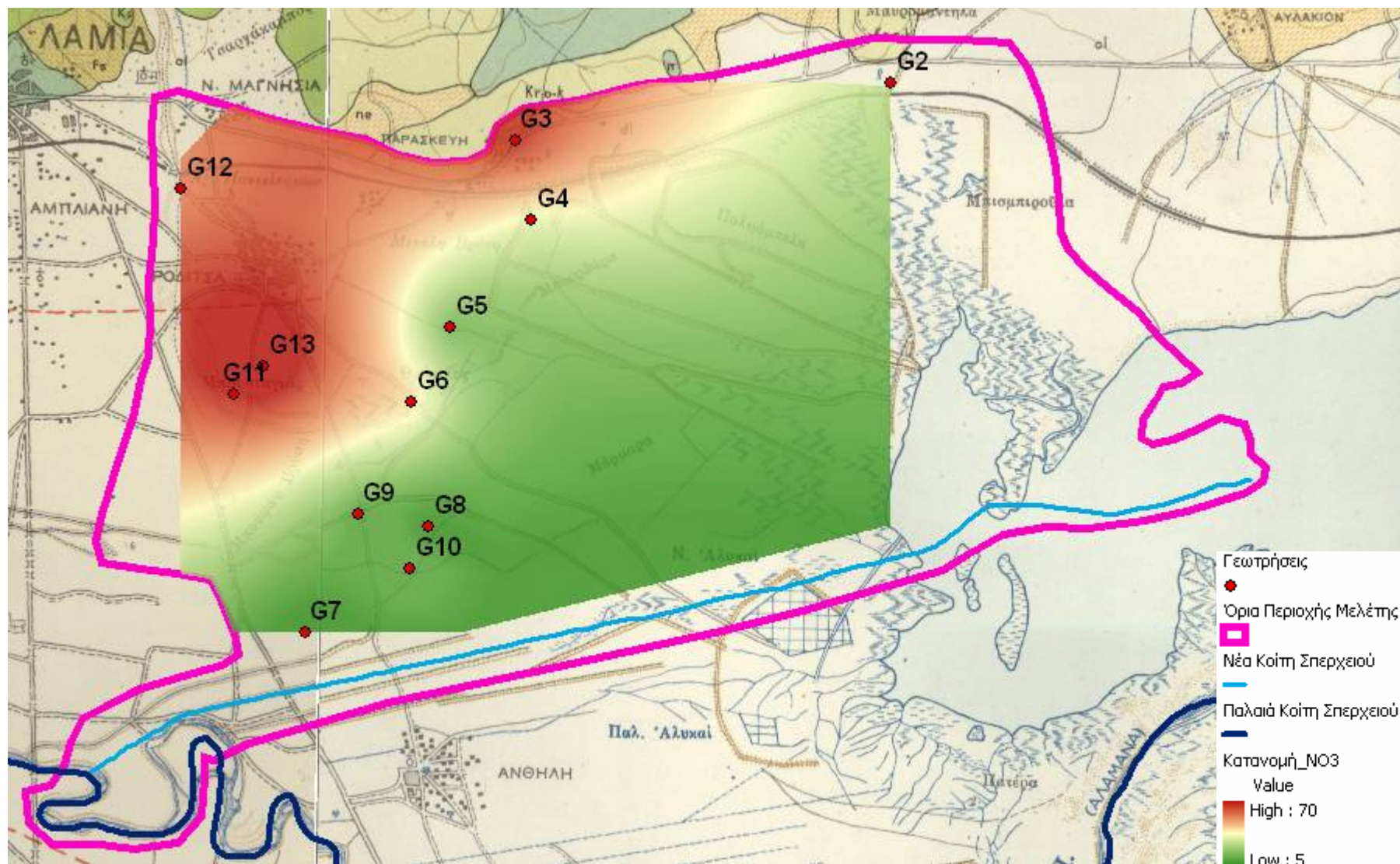
Εικόνα 38: Υδροχημικός χάρτης κατανομής SO₄ υπόγειων υδάτων

✚ Κατανομή SO₄ υπόγειων υδάτων της περιοχής

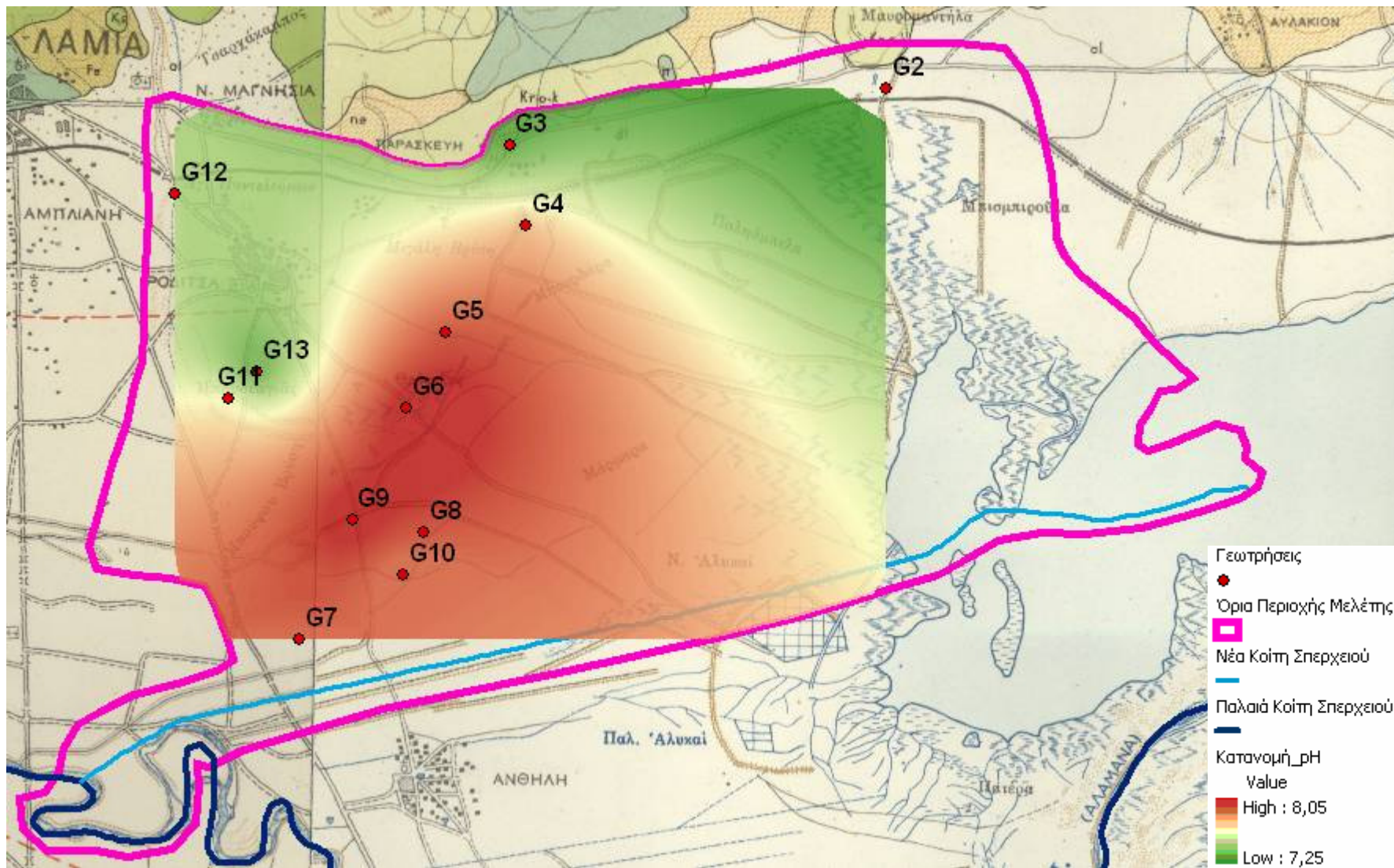
Οι συγκεντρώσεις SO₄ στα δείγματα των υπόγειων νερών δεν παρουσιάζουν υψηλές τιμές. Οι μεγαλύτερες τιμές μετρήθηκαν στις γεωτρήσεις G4 και G13 με τιμές 54 mg/l και 42 mg/l αντίστοιχα, οι οποίες είναι μεγαλύτερες από το ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας, όχι όμως και από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο. Οι δύο θέσεις που ξεχωρίζουν φαίνονται και στον παραπάνω χάρτη κατανομής (εικόνα 38).

✚ Κατανομή NO₃ υπόγειων υδάτων της περιοχής

Οι τιμές NO₃ των υπόγειων υδάτων ποικίλλουν καθώς κυμαίνονται από πολύ χαμηλές τιμές μέχρι πολύ υψηλές που ξεπερνούν το ανώτατο όριο ποσιμότητας. Ενδεικτικά σε 7 γεωτρήσεις οι τιμές NO₃ που μετρήθηκαν ξεπερνούν το ενδεικτικό όριο ποσιμότητας και σε 3 γεωτρήσεις ξεπερνούν το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο. Οι μεγαλύτερες τιμές NO₃ μετρήθηκαν στις γεωτρήσεις G3, G11, G12, G13 και όπως φαίνεται και στο παρακάτω χάρτη κατανομής NO₃ (εικόνα 39) οι μεγαλύτερες τιμές συγκεντρώνονται στο βορειοδυτικό τομέα της περιοχής μελέτης. Η επιβάρυνση από NO₃ προέρχεται από νιτρικά λιπάσματα που χρησιμοποιούνται σε έντονα λιπαζόμενους αγρούς, από το νεκροταφείο (κοντά στη γεώτρηση G3) και ίσως σε πιθανή διαρροή του στραγγίσματος του ΧΥΤΑ (όσον αφορά τη γεώτρηση G3).



Εικόνα 39: Υδροχημικός χάρτης κατανομής NO₃ υπόγειων υδάτων



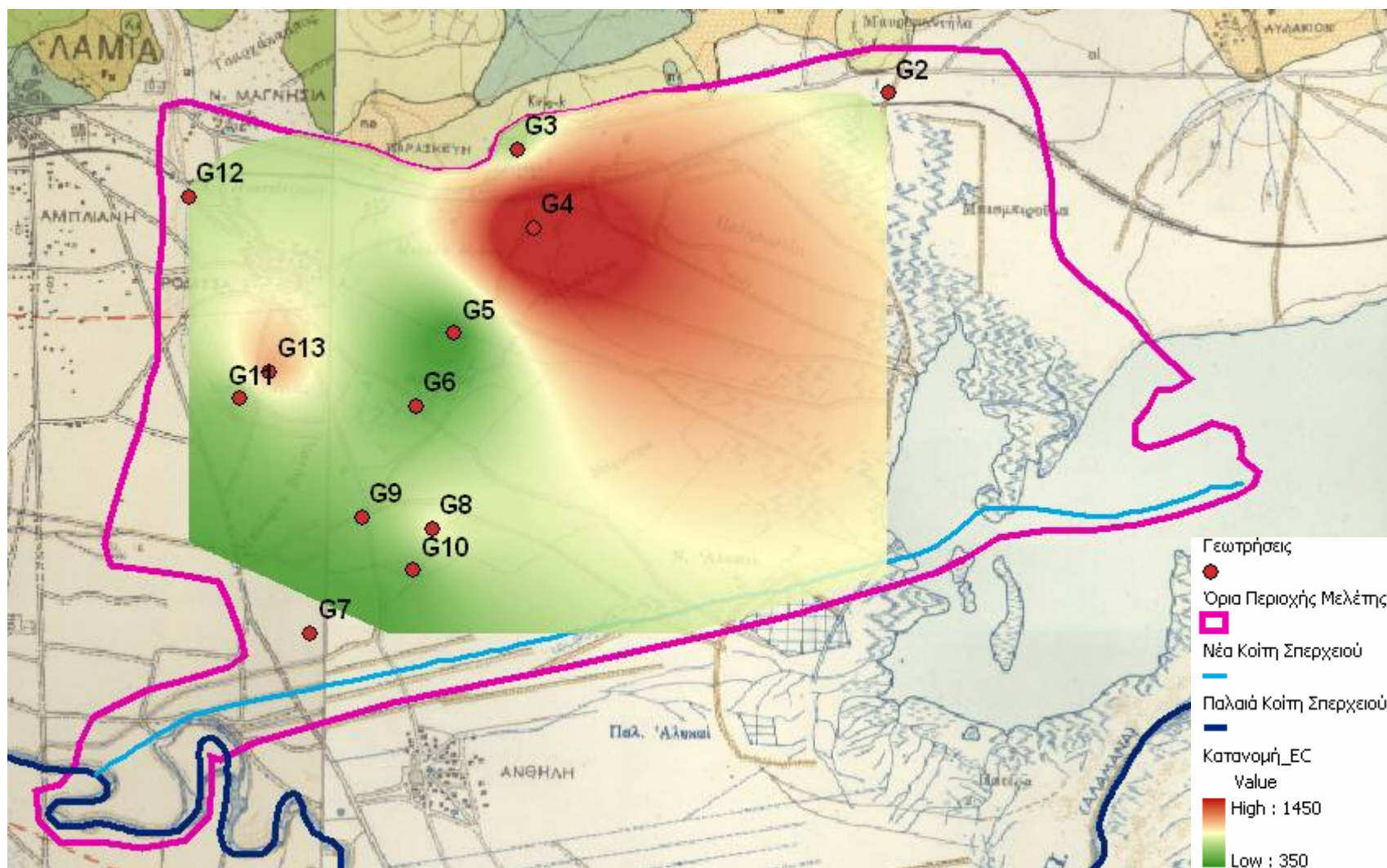
Εικόνα 40: Υδροχημικός χάρτης κατανομής pH υπόγειων υδάτων

✚ Κατανομή pH υπόγειων υδάτων στην περιοχή μελέτης

Οι τιμές του pH στα δείγματα του υπόγειου νερού της περιοχής βρίσκονται εντός του ενδεικτικού διαστήματος ποσιμότητας. Κυμαίνονται από 7,2 έως 8,1 χαρακτηριζόμενα ως αλκαλικά. Οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται στη νότια και κεντρική περιοχή μελέτης (εικόνα 40). Τα ασβεστολιθικά πετρώματα καθώς και οι αλλουβιακές αποθέσεις περιέχουν κυρίως όξινα νερά, όμως στα ρηχά στρώματα, όπου η επίδραση του ανθρώπου και οι φυσικές μεταβολές των φυσικών συνθηκών (σύσταση νερού βροχής, ταχύτητα ροής κλπ) είναι έντονες η διακύμανση της τιμής του Ph είναι μεγαλύτερη. (Γ. Σούλιος, 2006)

✚ Κατανομή EC υπόγειων υδάτων στην περιοχή μελέτης

Οι τιμές της αγωγιμότητας (E.C.) που μετρήθηκαν στα υπόγεια νερά της περιοχής ποικίλουν και κυμαίνονται από 294 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 1492 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι στην πλειοψηφία των γεωτρήσεων (οι 10 στις 12 γεωτρήσεις) η αγωγιμότητα ξεπερνά το ενδεικτικό όριο ποσιμότητας. Οι μεγαλύτερες τιμές μετρήθηκαν στις γεωτρήσεις G4, G8 και G13, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται και στον παρακάτω χάρτη κατανομής της αγωγιμότητας (E.C.) (εικόνα 41) και με την περιοχή γύρω από τη γεώτρηση G4 να ξεχωρίζει. Στα υπόγεια νερά των υδροφόρων στρωμάτων η ηλεκτρική αγωγιμότητα οφείλεται στη γεωλογική σύσταση τους, στην υφαλμύριση ή τα διάφορα κατάλοιπα ρύπων όπως λιπάσματα, φυτοφάρμακα, ρυπασμένο αρδευτικό νερό επιφανειακής προέλευσης.



Εικόνα 41: Υδροχημικός χάρτης κατανομής E.C. υπόγειων υδάτων

4.7.2 Επιφανειακά νερά

4.7.2.1 Υδροχημικοί τύποι δειγμάτων - ομαδοποίηση

Αρχικά παραθέτουμε συγκεντρωμένα σε πίνακα (4.16) τα στοιχεία για τον υδροχημικό τύπο των νερών του κάθε δείγματος επιφανειακού νερού όπως προέκυψε από το λογισμικό.

Πίνακας 4.16: Υδροχημικοί τύποι δειγμάτων των επιφανειακών νερών

ID (επιφανειακό)	STATION ID	ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ
Th1	Πριν το φράγμα	Ca-Mg-HCO ₃
Th2	Δέση Σπερχειού - κανάλι T1	Ca-Mg-HCO ₃
Th3	Γερμανική Τάφρος πριν τον Ξηριά	Mg-Ca-HCO ₃
Th4	Ξηριάς πριν τη Γερμανική Τάφρο	Ca-Mg-HCO ₃
Th5	Χωμάτινη τάφρος πριν το κανάλι για Ροδίτσα	Ca-Mg-HCO ₃
Th6	Γερμανική Τάφρος πριν τον Βιολογικό	Mg-Ca-HCO ₃
Th7	Πηγές Μεγάλης Βρύσης	Ca-HCO ₃
Th8	Αντλιοστάσιο	Na-Mg-Cl
Th9	Εκτροπή Σπερχειού - έξοδος προς Μαλιακό	Na-Ca-Mg-Cl-HCO ₃
Th10	Γερμανική Τάφρος μετά το Βιολογικό	Ca-Mg-HCO ₃
Th11	Εκτροπή Σπερχειού - πριν τη Γερμανική Τάφρο	Ca-Mg-HCO ₃

Τα δείγματα των επιφανειακών νερών προέρχονται κατά κύριο λόγο από τα επιφανειακά υδάτινα σώματα της περιοχής μελέτης όπως είναι η παλαιά κοίτη του Σπερχειού, η νέα κοίτη – εκτροπή του Σπερχειού, η τάφρος της Λαμίας (γερμανική), το ρέμα Ξηριάς, η χωμάτινη τάφρος σύνδεσης του Σπερχειού με τα αρδευτικά κανάλια, η τάφρος που οδηγεί τα νερά της στράγγισης των καλλιεργειών στη θάλασσα μετά το αντλιοστάσιο και τέλος οι πηγές της Μ. Βρύσης. Παρακάτω (πίνακας 4.17) παραθέτουμε τα δείγματα ομαδοποιημένα ανάλογα με το υδάτινο σώμα που έχουν ληφθεί.

Πίνακας 4.17: Ομαδοποίηση Θέσεων δειγμάτων σύμφωνα με το υδάτινο σώμα προέλευσης

Επιφανειακά Υδάτινα Σώματα	Θέσεις Δειγμάτων
Παλαιά Κοίτη Σπερχειού	Th1 - Th2 - Th5
Τάφρος Λαμίας (Γερμανική)	Th3 - Th6 - Th10
Ρέμα Ξηριάς	Th4
Νέα Κοίτη - Εκτροπή	Th9 - Th11
Τάφρος μετά το αντλιοστάσιο	Th8
Πηγές Μεγάλης Βρύσης	Th7

Μελετώντας τον παραπάνω πίνακα 4.16, παρατηρούμε τον ανθρακικό χαρακτήρα των επιφανειακών νερών (τα 10 από τα 11 δείγματα) και στην πλειοψηφία τους (τα 8 από τα 11 δείγματα) χαρακτηρίζονται ως ασβεστομαγνησιούχα ανθρακικά (Ca-Mg-HCO₃) ή μαγνησιοασβεστούχα ανθρακικά (Mg-Ca-HCO₃). Δεν μπορούμε να αποδώσουμε τον υδροχημικό τους τύπο σε κάποιο γεωλογικό σχηματισμό καθώς πρόκειται για επιφανειακά νερά και επηρεάζονται από πολλούς εξωγενείς – ανθρωπογενείς παράγοντες. Όμως για τον κύριο υδρογραφικό κλάδο που είναι ο Σπερχειός και τροφοδοτεί τόσο την νέα κοίτη όσο και τις υπόλοιπες τάφρους, μπορεί εν μέρει να αποδοθεί στους σχηματισμούς από τους οποίους πηγάζει ή διαπερνά κατά τη διαδρομή του, όπως επίσης και τα στοιχεία που του προσδίδουν οι παραπόταμοι που τον τροφοδοτούν και πηγάζουν από τα καρστικά συστήματα της Οίτης, καθώς και κάποια υπόγεια υδροφόρα στρώματα που αλληλεπιδρούν με αυτόν. Κατά κύριο λόγο θα πρέπει ασφαλώς να διερευνηθούν και οι εξωτερικοί παράγοντες και πιθανές πηγές ρύπανσης.

Όσον αφορά την παλαιά κοίτη Σπερχειού και σύμφωνα με την ομαδοποίηση που έγινε στον πίνακα 4.17 οι θέσεις επιφανειακών δειγμάτων που αντιστοιχούν σε αυτή την ομάδα (1^η) είναι οι Th1, Th2 και Th5 με τα ακόλουθα αποτελέσματα από τις χημικές αναλύσεις.

Πίνακας 4.18:Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των επιφανειακών δειγμάτων Th1,Th2,Th5

ID	Φυσικά χαρακτηριστικά - παράμετροι				Κύρια Κατιόντα (mg/l)				Κύρια Ανιόντα (mg/l)			
	T(°C)	PH	E.C. (μS/cm)	TDS(mg/l)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻
Th1	20,4	7,7	487	317	83	17	21	4	275	13	39	8,4
Th2	21,1	8,0	485	315	83	15	20	4	265	11	38	13,2
Th5	20,0	8,0	470	306	83	15	23	4	271	17	42	16,8

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα 4.18 σημειώνουμε τα εξής: Από τη θέση του Μεριστή, (φράγμα) λίγο πριν την έναρξη της νέας κοίτης μέχρι και τις δύο θέσεις όπου το νερό εισέρχεται στα ποτιστικά κανάλια για την άρδευση των καλλιεργειών τόσο της περιοχής μελέτης όσο και της περιοχής της Ανθήλης, η ποιότητα του νερού παραμένει η ίδια. Οι τιμές των κύριων συστατικών στα δείγματα των επιφανειακών νερών και των τριών θέσεων πλησιάζουν μεταξύ τους χωρίς μεγάλες διαφορές και αποκλίσεις μεταξύ τους. Αξιοσημείωτο πως όλες οι τιμές είναι αποδεκτές και κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα στο δυτικό άκρο της περιοχής μελέτης.

Στη δεύτερη ομάδα τοποθετήθηκαν τα δείγματα από τις θέσεις Th3, Th6 και Th10. Η Th3 βρίσκεται επί της Τάφρου Λαμίας – Γερμανική πριν την διασταύρωσή της με το ρέμα Ξηριάς. Η Th6 βρίσκεται επίσης επί της ίδιας Τάφρου ανατολικά του ΠΑΘΕ αλλά πριν τη συμβολή με τις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ). Τέλος η Th10 βρίσκεται στο τέλος της Τάφρου Λαμίας λίγο πριν εκβάλλει αυτή στη νέα κοίτη – εκτροπή του Σπερχειού. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των δειγμάτων αυτής της ομάδας παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα 4.19.

Πίνακας 4.19: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των επιφανειακών δειγμάτων Th3,Th6,Th10

ID	Φυσικά χαρακτηριστικά - παράμετροι				Κύρια Κατιόντα (mg/l)				Κύρια Ανιόντα (mg/l)			
	T(°C)	PH	E.C. (μS/cm)	TDS(mg/l)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻
Th3	21,2	7,7	981	638	96	65	26	5	540	25	69	26,1
Th6	21,4	8,0	596	387	64	39	24	5	345	19	33	6,6
Th10	25,1	7,8	882	573	74	24	34	8	433	44	37	6,2

Η τρίτη “ομάδα” περιλαμβάνει το δείγμα που λήφθηκε από το ρέμα Ξηριάς από τη θέση Th4 πριν την ένωση με τη Γερμανική Τάφρο – Τάφρο Λαμίας. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων του δείγματος ακολουθούν (πίνακας 4.20).

Πίνακας 4.20: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων του επιφανειακού δείγματος Th4

ID	Φυσικά χαρακτηριστικά - παράμετροι				Κύρια Κατιόντα (mg/l)				Κύρια Ανιόντα (mg/l)			
	T(°C)	PH	E.C. (μS/cm)	TDS(mg/l)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻
Th4	23,2	8,1	372	242	47	19	21	4	218	14	23	13,7

Σύμφωνα με τους δύο παραπάνω πίνακες (4.19 και 4.20) μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής: Το δείγμα που βρίσκεται πριν τη συμβολή με το ρέμα του Ξηριά (Th3) είναι πιο επιβαρυσμένο σε σχέση με τις άλλες δύο θέσεις κατάντη, όσον αφορά τα διαλυμένα στερεά TDS, από τα κατιόντα: το Ca και το Mg, και από τα ανιόντα: τα HCO₃, τα SO₄ και τα NO₃. Το νερό του Ξηριά που καταλήγει στην Τάφρο δεν επιβαρύνει το νερό της Τάφρου καθώς τα χημικά του χαρακτηριστικά είναι πιο ευμενή σε σχέση με αυτά που συναντά. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα φυσικά χαρακτηριστικά των δύο δειγμάτων Th3 και Th4 κατά τη δειγματοληψία. Το δείγμα Th3 ήταν πιο θολό γλοιώδες, μύριζε άσχημα και το χρώμα του ήταν έντονο πρασινωπό, σε αντίθεση με το νερό του Ξηριά Th4 που ήταν μόνο θολό. Εδώ αξίζει να προσθέσουμε ότι η γερμανική τάφρος είναι αποδέκτης μικρότερων ρεμάτων ανάντη του ρέματος του Ξηριά, των στραγγιστικών δικτύων των καλλιεργειών περιοχών

όπως Κόμμα, Αμούρι αλλά και των βοθρολυμάτων αυτών των οικισμών ελλείπει αποχετευτικού δικτύου.

Επίσης σύμφωνα με μαρτυρίες κατοίκων των Καλυβίων του δυτικού προαστίου της Λαμίας, το οποίο γειτνιάζει με τη βιομηχανία γάλακτος της Λαμίας, τα λύματα από αυτή τη βιομηχανία μέσω ενός ρέματος καταλήγουν στην Τάφρο της Λαμίας – Γερμανική. Αξιοσημείωτη είναι η αυξημένη τιμή των χλωριόντων στη θέση Th10 στο τέλος της Γερμανική Τάφρου λίγο πριν τη συμβολή με τη Νέα Κοίτη του Σπερχειού.

Η τέταρτη ομάδα περιλαμβάνει τα δείγματα που λήφθηκαν από την νέα κοίτη του Σπερχειού από τις θέσεις Th9 και Th11. Η Th9 βρίσκεται στα ανατολικά της περιοχής μελέτης λίγο πριν εκβάλλει η νέα κοίτη – εκτροπή του Σπερχειού στον Μαλιακό κόλπο. Η Th11 βρίσκεται δυτικότερα στο σημείο της νέας κοίτης λίγο πριν τη δέση – συμβολή της Τάφρου Λαμίας (μετά τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων – ΕΕΛ) με αυτή (βλ. χάρτη της εικόνας 30). Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των δειγμάτων αυτής της ομάδας παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα 4.21.

Πίνακας 4.21: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των επιφανειακών δειγμάτων Th9, Th11

ID	Φυσικά χαρακτηριστικά - παράμετροι				Κύρια Κατιόντα (mg/l)				Κύρια Ανιόντα (mg/l)			
	T(°C)	PH	E.C. (μS/cm)	TDS(mg/l)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻
Th9	23,4	7,9	1864	1212	86	48	177	55	276	393	95	7,8
Th11	21,1	7,8	527	343	80	16	21	4	264	12	39	6,5

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα 4.21 εντοπίζουμε την αυξημένη τιμή των TDS (>1000 mg/l – υφάλμυρο ή γλυφό νερό) καθώς και των ιόντων Na και Cl, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα για την επιρροή της θάλασσας κοντά στις εκβολές της νέας κοίτης του Σπερχειού. Συγκρίνοντας τις δύο θέσεις Th10 και Th11, παρατηρούμε πως το νερό της Γερμανικής Τάφρου που καταλήγει στη νέα κοίτη – εκτροπή (Th10) έχει αυξημένες τιμές των TDS καθώς και των ιόντων HCO₃ και Cl σε σχέση με αυτό της νέας κοίτης του Σπερχειού (Th11).

Το επόμενο δείγμα (Th8) λήφθηκε από την τάφρο που συγκεντρώνει τα νερά του αντλιοστασίου και τα οδηγεί στη θάλασσα. Εκεί καταλήγουν όλα τα νερά του αποστραγγιστικού δικτύου των καλλιεργειών του αναδασμού της περιοχής μελέτης. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων του συγκεκριμένου δείγματος ακολουθούν

Πίνακας 4.22: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων του επιφανειακού δείγματος Th8

ID	Φυσικά χαρακτηριστικά - παράμετροι				Κύρια Κατιόντα (mg/l)				Κύρια Ανιόντα (mg/l)			
	T(°C)	PH	E.C. (μS/cm)	TDS(mg/l)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻
Th8	23,7	7,6	4700	3055	103	106	517	168	331	1224	200	6,9

Σύμφωνα με τις παραπάνω αναλύσεις (πίνακας 4.22) η τιμή των TDS είναι ιδιαίτερα αυξημένη (η μεγαλύτερη μετρημένη από όλα τα επιφανειακά δείγματα που λήφθηκαν), καθώς επίσης όλα τα κατιόντα αλλά και τα ανιόντα εκτός από τα NO₃. Αξιοσημείωτη είναι η μεγάλη τιμή των Cl και SO₄. Με όλα τα παραπάνω γίνεται φανερή η επιρροή του θαλασσινού νερού, καθώς το σημείο δειγματοληψίας απέχει 1km από τη θάλασσα.

Το τελευταίο δείγμα λήφθηκε από τις καρστικές πηγές της Μ. Βρύσης (Th7). Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων του συγκεκριμένου δείγματος ακολουθούν (πίνακας 4.23)

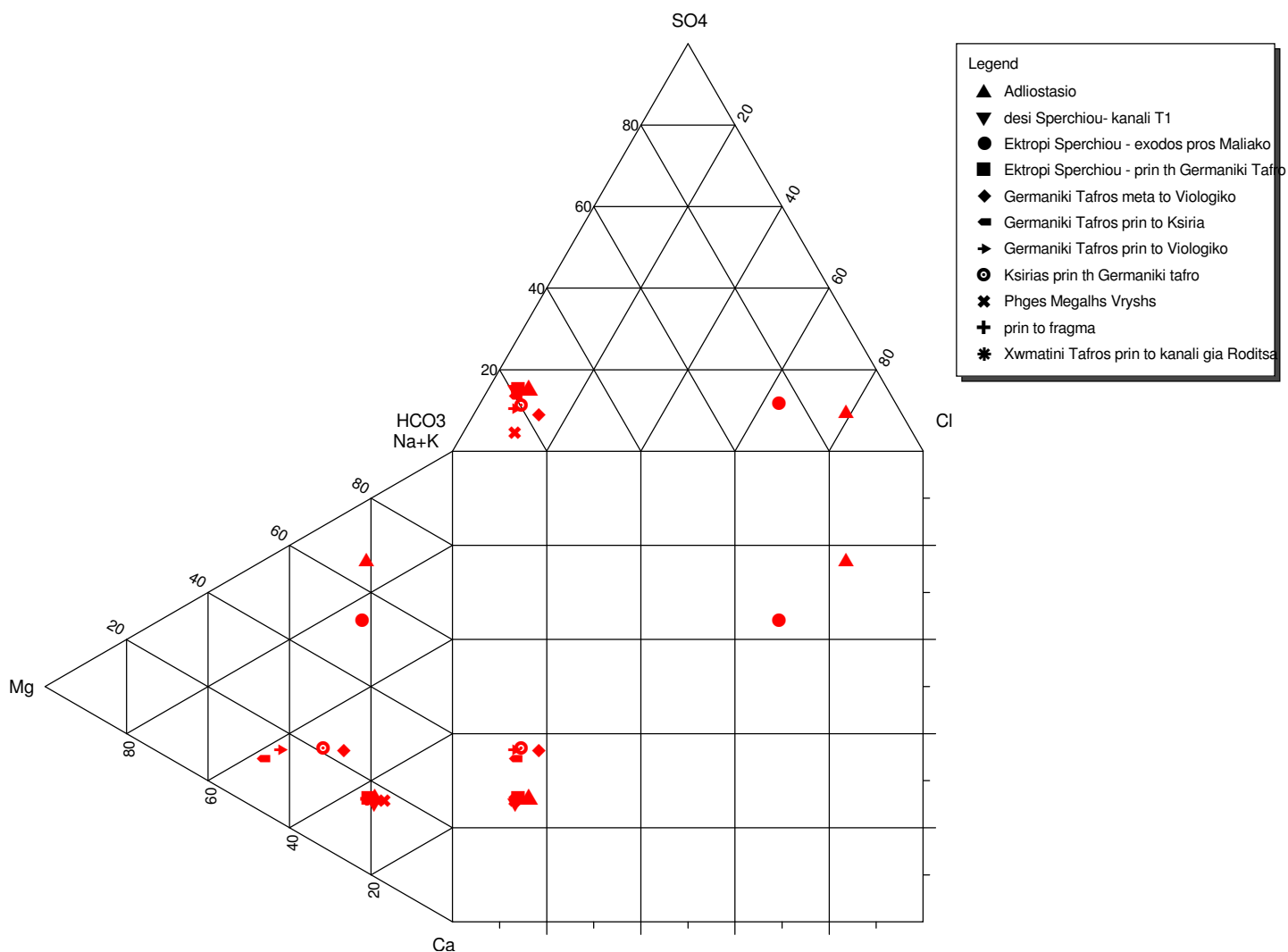
Πίνακας 4.23: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων του επιφανειακού δείγματος Th7

ID	Φυσικά χαρακτηριστικά - παράμετροι				Κύρια Κατιόντα (mg/l)				Κύρια Ανιόντα (mg/l)			
	T(°C)	PH	E.C. (μS/cm)	TDS(mg/l)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻
Th7	18,4	7,3	567	369	91	14	24	5	287	21	11	38,5

Οι παραπάνω τιμές είναι αναμενόμενες βασιζόμενοι στο γεγονός ότι το νερό των πηγών προέρχεται από τους ασβεστολίθους της περιοχής εκτός από την τιμή των NO₃ (είναι η μεγαλύτερη τιμή που μετρήθηκε από όλα τα επιφανειακά δείγματα). Διερεύνηση της περιοχής μας οδηγεί να αποδώσουμε με επιφύλαξη την τιμή αυτή των νιτρικών τόσο στο *γειτονικό νεκροταφείο* όσο και *στη θέση ΧΥΤΑ* που βρίσκεται βόρεια των πηγών της Μεγάλης Βρύσης στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής.

4.7.2.2 Υδροχημικά διαγράμματα

Durov Plot

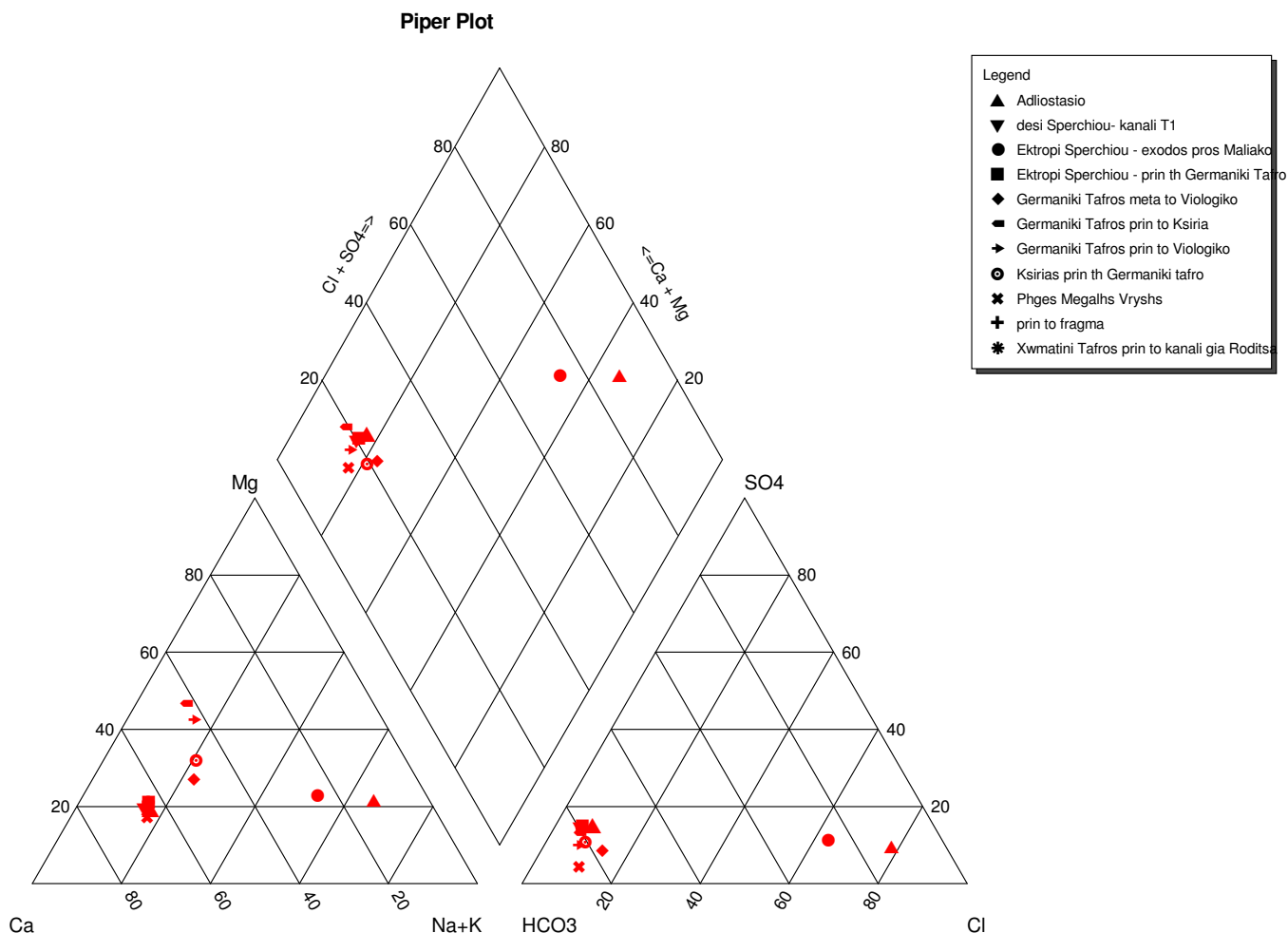


Σχήμα 16: Υδροχημικό διάγραμμα Durov (επιφανειακά νερά)

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα Durov σημειώνουμε πως, όσον αφορά τις υδροχημικές διαδικασίες που συμβαίνουν στο νερό η πλειοψηφία των επιφανειακών δειγμάτων (10 από τα 12) βρίσκεται στην *περιοχή αντίστροφων ιοντικών ανταλλαγών*. Το δείγμα (Th9) βρίσκεται οριακά στην *περιοχή απλής διάλυσης ή μίξης* και τέλος το δείγμα (Th8) βρίσκεται στην *περιοχή ιοντικών ανταλλαγών*.

Παρακάτω ακολουθεί η ομαδοποίηση των δειγμάτων ως εξής:

- Περιοχή ιοντικών ανταλλαγών: Th8
- Περιοχή απλής διάλυσης ή μίξης: Th9
- Περιοχή αντίστροφων ιοντικών ανταλλαγών: Th1, Th2, Th3, Th4, Th5, Th6, Th7, Th10, Th11



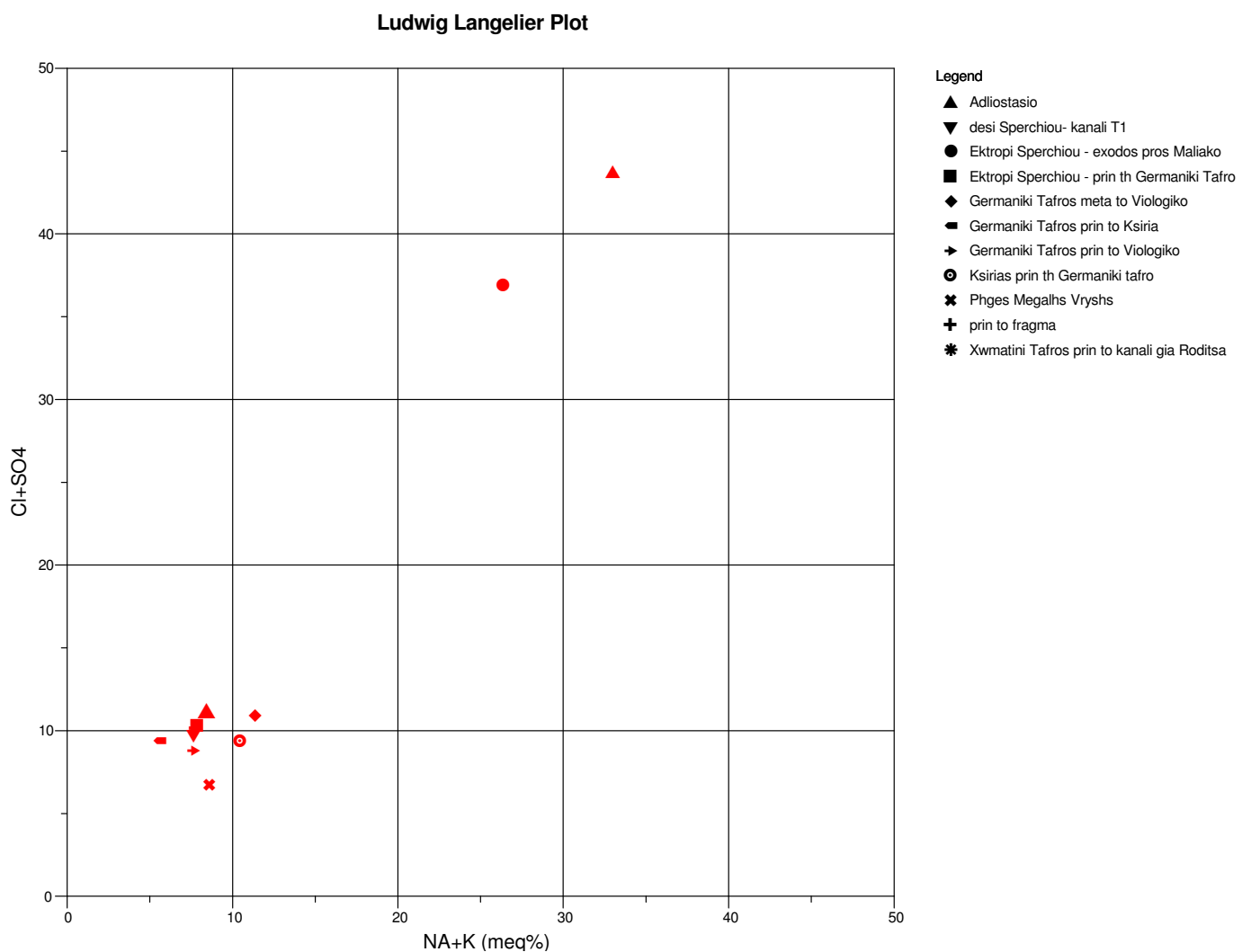
Σχήμα 17: Υδροχημικό διάγραμμα Piper (επιφανειακά νερά)

Μετά την προβολή των επιφανειακών δειγμάτων στο παραπάνω διάγραμμα Piper μπορούμε να κατατάξουμε το κάθε δείγμα σε μια κατηγορία τόσο ως προς τα ανιόντα ή τα κατιόντα, όσο και ως προς το σύνολο. Επομένως έχουμε την υδροχημική φάση του κάθε δείγματος. Παραθέτουμε παρακάτω τον πίνακα 4.24 με τις κατατάξεις κατά Piper.

Πίνακας 4.24: Κατατάξεις κατά Piper των επιφανειακών δειγμάτων

Δείγμα (επιφανειακά νερά)	Station ID	ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ PIPER		
		Ως προς τα κατιόντα	Ως προς τα ανιόντα	Ως προς το σύνολο
Th1	Πριν το φράγμα	ασβεστούχο	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο, ανθρακικό
Th2	Δέση Σπερχειού - κανάλι T1	ασβεστούχο	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο, ανθρακικό
Th3	Γερμανική Τάφος πριν το Ξηριά	μικτή σύσταση	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο (οριακά)
Th4	Ξηριάς πριν τη Γερμανική Τάφο	μικτή σύσταση	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο, ανθρακικό
Th5	Χωμάτη τάφος πριν κανάλι για Ροδίτσα	ασβεστούχο	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο, ανθρακικό
Th6	Γερμανική Τάφος πριν το Βιολογικό	μικτή σύσταση	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο, ανθρακικό
Th7	Πηγές Μεγάλης Βρύσης	ασβεστούχο	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο, ανθρακικό
Th8	Αντλιοστάσιο	καλιο - νατριούχο	χλωριούχο	καλιο-νατριούχο, χλωρο-θειϊκό
Th9	Εκτροπή Σπερχειού - εξόδος προς Μαλιακό	καλιο - νατριούχο	χλωριούχο	καλιο-νατριούχο, χλωρο-θειϊκό
Th10	Γερμανική Τάφος μετά το Βιολογικό	ασβεστούχο (οριακά)	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο, ανθρακικό
Th11	Εκτροπή Σπερχειού - πριν Γερμανική Τάφο	ασβεστούχο	ανθρακικό	ασβεστο - μαγνησιούχο, ανθρακικό

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα 4.24 παρατηρούμε ότι ο χαρακτήρας των επιφανειακών νερών είναι ανθρακικός (HCO_3) ως προς τα ανιόντα, εκτός από τα δείγματα (Th8 – Αντλιοστάσιο και Th9 – Εκτροπή Σπερχειού – έξοδος προς Μαλιακό) που είναι χλωριούχος (Cl). Όσον αφορά τα κατιόντα επικρατεί ο ασβεστούχος χαρακτήρας (Ca), εκτός των δειγμάτων (Th3, Th4, Th6) που έχουν μικτή σύσταση δηλαδή μαγνησιούχο (Mg), ασβεστούχο (Ca), κάλιο (K) – νατριούχο (Na) χαρακτήρα και των δειγμάτων (Th8 – Adliostasio και Th9 – Ektropi Sperchiou-exodos pros Maliako) τα οποία χαρακτηρίζονται κάλιο (K) – νατριούχα (Na).



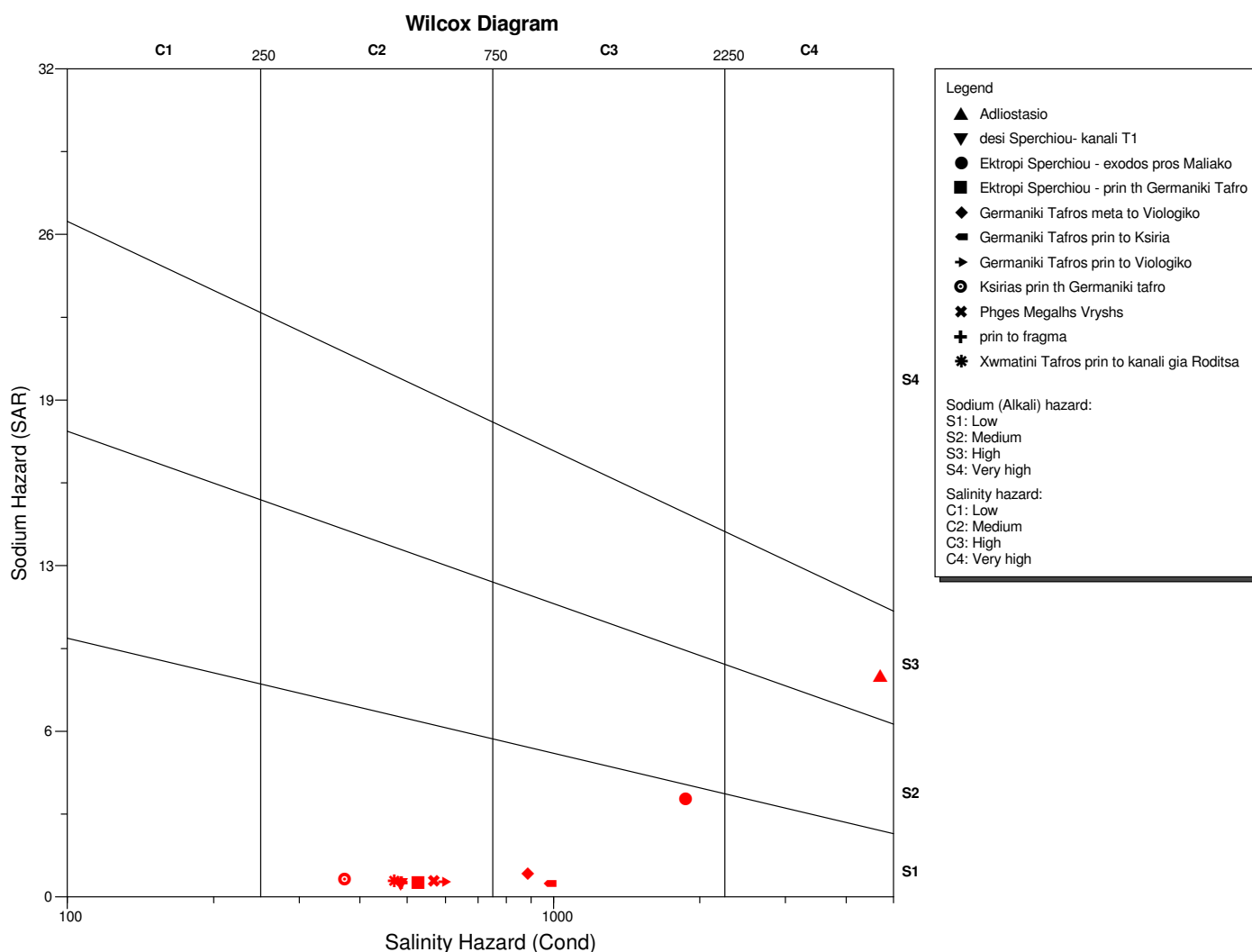
Σχήμα 18: Υδροχημικό διάγραμμα Ludwig Langelier (επιφανειακά νερά)

Το παραπάνω διάγραμμα Ludwig Langelier εμφανίζει την κατανομή των δειγμάτων σε σχέση με το χλώριο – θειικό και κάλιο – νατριούχο χαρακτήρα τους. Όσο τα δείγματα απομακρύνονται από την αρχή των αξόνων τόσο ισχυροποιείται ο χαρακτήρας που έχουν, είτε ο χλώριο – θειικός χαρακτήρας ($\text{Cl} - \text{SO}_4$ – κατακόρυφος άξονας), είτε ο

κάλιο – νατριούχος (Na – K – οριζόντιος άξονας). Με βάση το παραπάνω διάγραμμα ομαδοποιούμε τα δείγματα, ανάλογα με το πόσο ισχυρή είναι η επιρροή των δύο παραπάνω χαρακτήρων, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας 4.25.

Πίνακας 4.25: Κατανομή δειγμάτων επιφανειακών νερών από το διάγραμμα Ludwig - Langelier

Δείγματα (επιφανειακά νερά)	Κατανομή
Th1, Th2, Th3, Th4, Th5, Th6, Th7, Th10, Th11	μικρή
-	μεσαία
Th8, Th9	μεγάλη



Σχήμα 19: Υδροχημικό διάγραμμα Wilcox (επιφανειακά νερά)

Μετά την προβολή των επιφανειακών δειγμάτων στο παραπάνω διάγραμμα Wilcox μπορούμε να κατατάξουμε το κάθε δείγμα σε μία κατηγορία αρδευτικού νερού. Βάσει αυτών μπορεί να ελεγχθεί η καταλληλότητα του αρδευτικού νερού σε σχέση με τη φύση και τις ιδιότητες των καλλιεργούμενων εδαφών.

Έτσι σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα (σχήμα 19) και τις κατηγορίες του αρδευτικού νερού (πίνακας 4.26) παρατηρούμε πως το επιφανειακό νερό των επτά δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία C2-S1, δηλαδή η ποιότητά τους είναι καλή μέχρι μέτρια. Το νερό αυτών των γεωτρήσεων πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαρειά εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά. Τα δείγματα (Th3, Th9, Th10) ανήκουν στην κατηγορία C3-S1 δηλαδή η ποιότητά τους είναι μέτρια μέχρι πολύ μέτρια. Μπορεί να χρησιμοποιείται με μέτρα προφύλαξης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται καλά ή να προστίθεται σε αυτό γύψος. Τέλος το δείγμα Th8 είναι πολύ κακής ποιότητας (κατηγορία C4-S3) και δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε καμία περίπτωση. Οι κατατάξεις κατά Wilcox καθώς και η ποιότητα του κάθε επιφανειακού δείγματος παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.26: Κατάταξη κατά Wilcox των επιφανειακών νερών

Δείγμα (επιφανειακό νερό)	Station ID	ΚΑΤΑΤΑΞΗ WILCOX (κατηγορίες αρδευτικού νερού)	ΠΟΙΟΤΗΤΑ
Th1	Πριν το φράγμα	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
Th2	Δέση Σπερχειού - κανάλι T1	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
Th3	Γερμανική Τάφρος πριν το Ξηριά	C3-S1	μέτρια μέχρι πολύ μέτρια
Th4	Ξηριάς πριν τη Γερμανική Τάφρο	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
Th5	Χωμάτινη τάφρος πριν κανάλι για Ροδίτσα	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
Th6	Γερμανική Τάφρος πριν το Βιολογικό	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
Th7	Πηγές Μεγάλης Βρύσης	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια
Th8	Αντλιοστάσιο	C4-S3	πολύ κακή ποιότητα
Th9	Εκτροπή Σπερχειού - εξοδος προς Μαλιακό	C3-S1	μέτρια μέχρι πολύ μέτρια
Th10	Γερμανική Τάφρος μετά το Βιολογικό	C3-S1	μέτρια μέχρι πολύ μέτρια
Th11	Εκτροπή Σπερχειού - πριν Γερμανική Τάφρο	C2-S1	καλή μέχρι μέτρια

4.7.2.3 Ταξινόμηση με βάση ποιοτικές παραμέτρους

Προκειμένου να γίνει η ταξινόμηση των επιφανειακών νερών της περιοχής μελέτης με βάση το PH, τα ολικά διαλυμένα στερεά TDS και την ολική σκληρότητα (total hardness), οι οποίες είτε μετρήθηκαν κατά τη δειγματοληψία είτε μέσω του λογισμικού επεξεργασίας των χημικών αναλύσεων, παρατίθενται συγκεντρωτικά οι τιμές αυτών στον παρακάτω πίνακα 4.27.

Πίνακας 4.27: Ποιοτικές παράμετροι των επιφανειακών νερών της περιοχής μελέτης

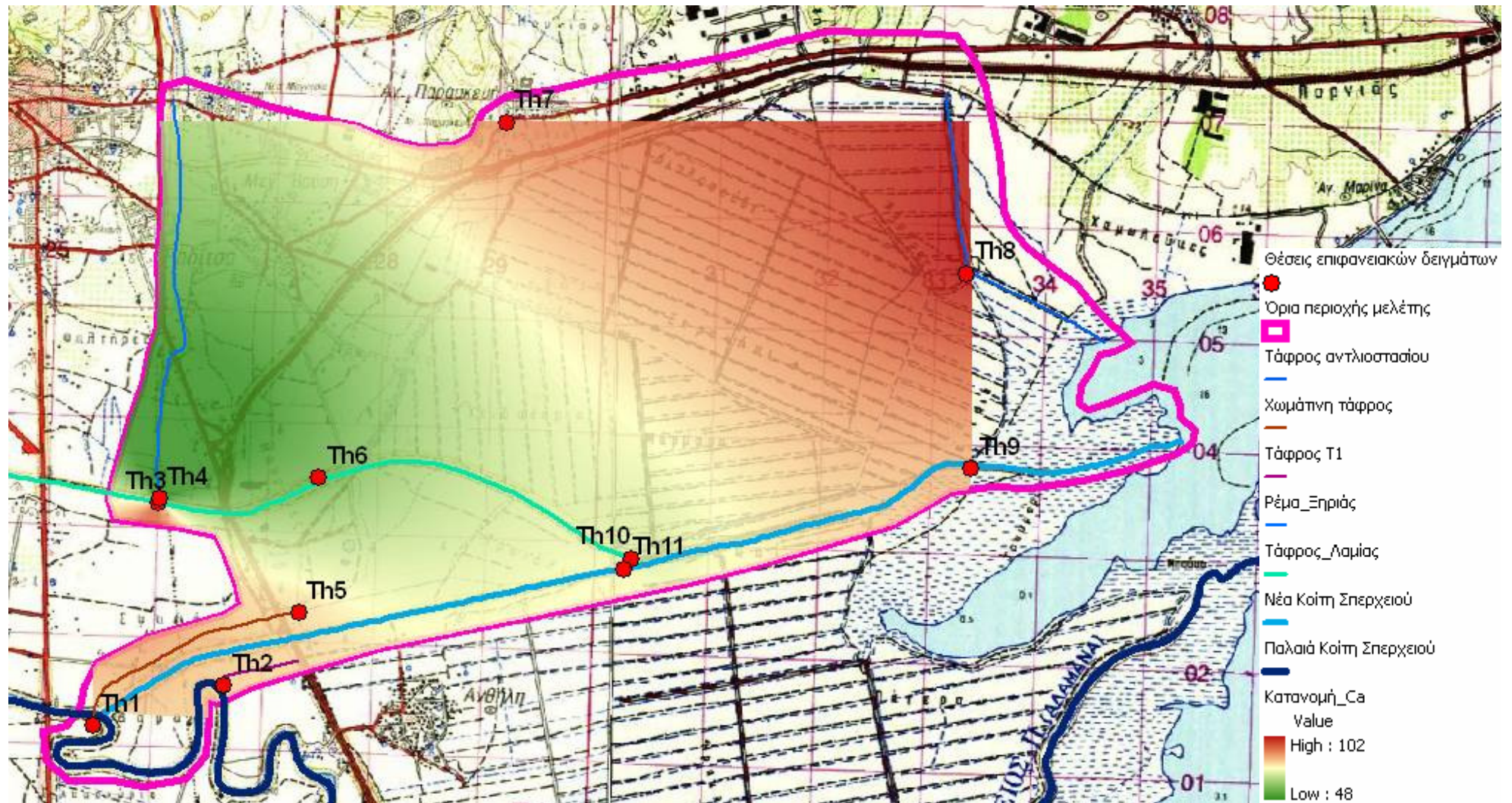
Δείγμα (επιφανειακά νερά)	Station ID	ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ		
		PH	TDS (mg/l)	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (mg/l CaCO ₃)
Th1	Πριν το φράγμα	7,7	317	276,09
Th2	Δέση Σπερχειού - κανάλι T1	8,0	315	269,09
Th3	Γερμανική Τάφρος πριν το Ξηριά	7,7	638	506,24
Th4	Ξηριάς πριν τη Γερμανική Τάφρο	8,1	242	196,09
Th5	Χωμάτινη τάφρος πριν κανάλι για Ροδίτσα	8,0	306	271,08
Th6	Γερμανική Τάφρος πριν το Βιολογικό	8,0	387	318,16
Th7	Πηγές Μεγάλης Βρύσης	7,3	369	286,09
Th8	Αντλιοστάσιο	7,6	3055	691,35
Th9	Εκτροπή Σπερχειού - εξοδος προς Μαλιακό	7,9	1212	410,17
Th10	Γερμανική Τάφρος μετά το Βιολογικό	7,8	573	286,1
Th11	Εκτροπή Σπερχειού - πριν Γερμανική Τάφρο	7,8	343	266,09
	Μέση τιμή	7,8	705	343,3
	Μέγιστη τιμή	8,1	3055	691,4
	Ελάχιστη τιμή	7,3	242	196,1
	Τυπική Απόκλιση	0,230	826	142,20

Όσον αφορά το PH οι τιμές κυμαίνονται από 7.3 μέχρι 8.1 και παρουσιάζεται μία μέση τιμή στο 7.8. Πρόκειται για νερά φυσικής προέλευσης και επειδή οι τιμές είναι μεγαλύτερες του 7 χαρακτηρίζονται ως αλκαλικά.

Το T.D.S εκφράζει τη συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων στο νερό αλάτων, χωρίς να περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα ιζήματα, τα κολλοειδή και τα διαλυμένα αέρια. Δηλ. το T.D.S αποτελεί ένα δείκτη μεταλλικότητας (αλατότητας). Η τιμή των TDS στα περισσότερα επιφανειακά δείγματα είναι μικρότερη των 1000 mg/l (γλυκό νερό), εκτός από τα δείγματα Th8 και Th9 που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα με τιμές που χαρακτηρίζουν το νερό υφάλμυρο ή γλυφό.

Τέλος όσον αφορά τη σκληρότητα σημειώνουμε ότι οι τιμές της κυμαίνονται από 196.1 μέχρι 691.4 δηλαδή έχουμε νερό δύο χαρακτηρισμών σκληρό και πολύ σκληρό. Συγκεκριμένα τα επιφανειακά δείγματα (Th1, Th2, Th4, Th5, Th7, Th10 και Th11) χαρακτηρίζονται ως σκληρά ενώ τα υπόλοιπα επιφανειακά δείγματα (Th3, Th6, Th8 και Th9) ως πολύ σκληρά.

4.7.2.4 Θεματικοί Υδροχημικοί Χάρτες



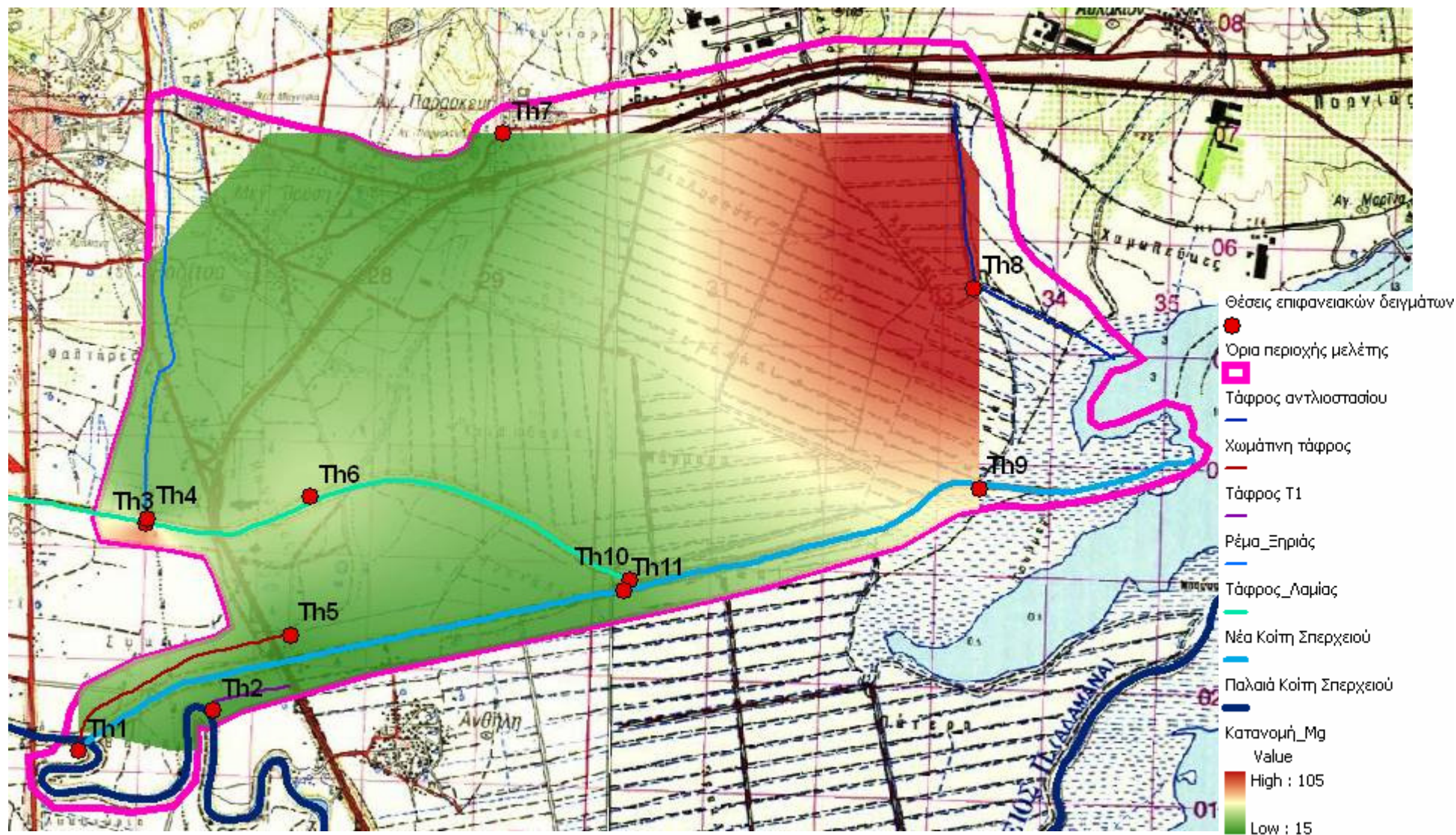
Εικόνα 42: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Ca επιφανειακών υδάτων

🚧 Κατανομή Ca επιφανειακών υδάτων στην περιοχή μελέτης

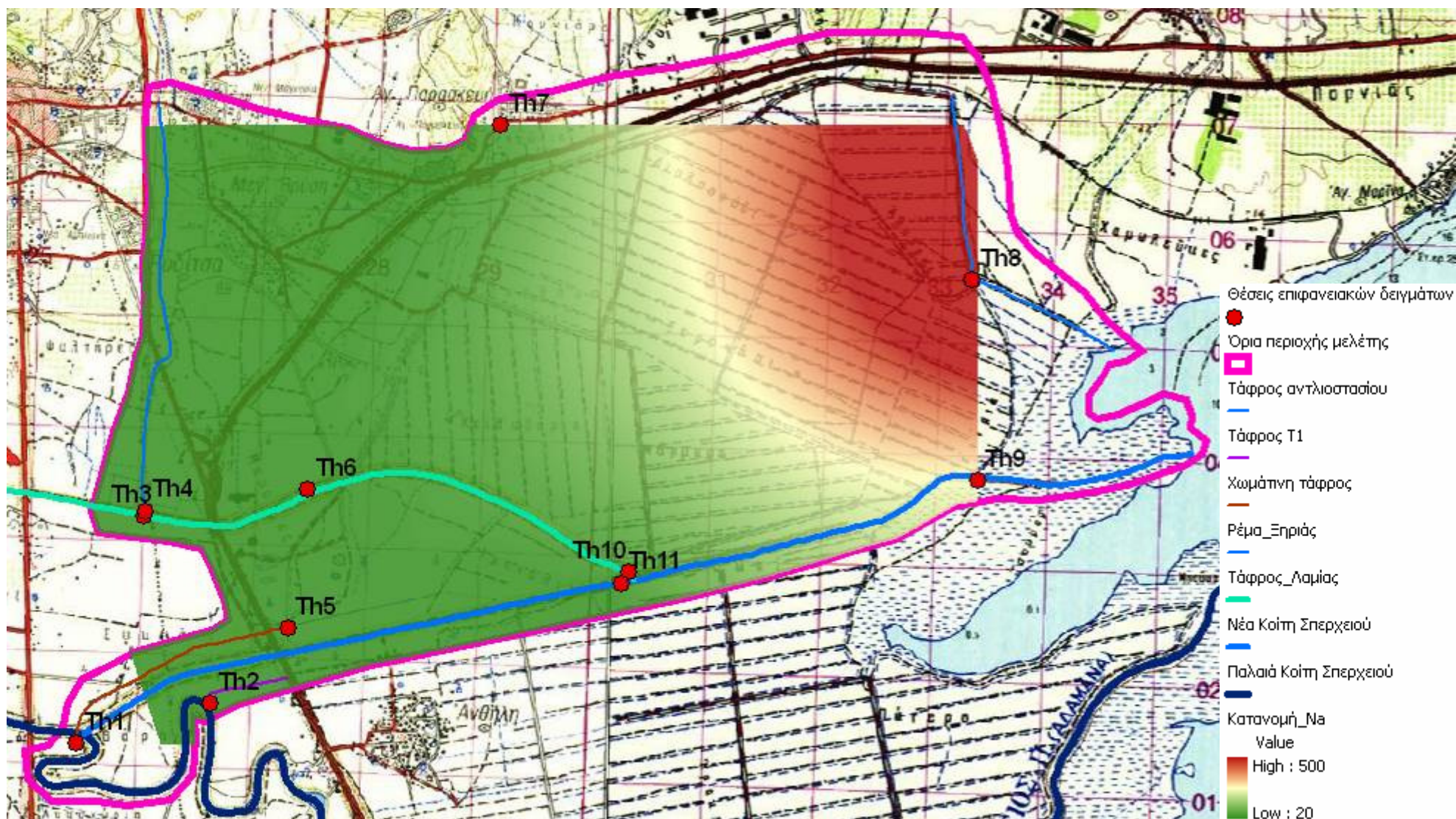
Οι τιμές Ca δεν είναι πολύ υψηλές, όλες κυμαίνονται κοντά στο ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας. Η μεγαλύτερη τιμή εμφανίζεται στη θέση αντλιοστάσιο (Th8) ανατολικά της περιοχής μελέτης. Αξιοσημείωτο είναι πως οι συγκεντρώσεις Ca όσον αφορά τα υδάτινα σώματα δεν μεταβάλλονται στις διάφορες θέσεις τόσο στον Σπερχειό, όσο και στις θέσεις στη Εκτροπή του Σπερχειού, καθώς προχωρούμε από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Επίσης το δυτικότερο δείγμα της Γερμανικής Τάφρου (Th3 πριν τη συμβολή του με το ρέμα Ξηριάς) είναι πιο επιβαρυνμένο σε σχέση με τα άλλα δύο τα ανατολικά. Η συγκέντρωση Ca στις πηγές της Μεγάλης Βρύσης (Th7) συνδέεται με τα καρστικά νερά ασβεστολιθικών πετρωμάτων από τα οποία προέρχεται. Τα παραπάνω φαίνονται χαρακτηριστικά στον παραπάνω χάρτη κατανομής Ca. (εικόνα 42). Γενικά δεν παρατηρούμε μεγάλη διακύμανση των συγκεντρώσεων Ca στην περιοχή.

🚧 Κατανομή Mg επιφανειακών υδάτων στην περιοχή μελέτης

Οι τιμές Mg που μετρήθηκαν στα υδάτινα σώματα της περιοχής ποικίλουν (από 14 mg/l μέχρι 106 mg/l). Ενδεικτικά σε τέσσερα δείγματα οι συγκεντρώσεις είναι πιο υψηλές από το ενδεικτικό όριο ποσιμότητας και σε δύο από αυτά υψηλότερες και από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο. Ξεχωρίζει η τιμή του Mg στη θέση αντλιοστάσιο (Th8) ανατολικά της περιοχής μελέτης με τιμή διπλάσιας της ανώτατης επιτρεπόμενης. Η θέση αυτή αποτελεί σημείο συγκέντρωσης των στραγγισμάτων (επιστροφών) των καλλιεργειών του αναδασμού. Επίσης χαρακτηριστική είναι η θέση (Th3) της Γερμανικής Τάφρου με τη δεύτερη μεγαλύτερη μετρημένη τιμή, αξίζει να σημειώσουμε πως η Γερμανική Τάφρος είναι μία αποστραγγιστική τάφρο η οποία δέχεται όμβρια ύδατα, τα νερά των ρεμάτων της περιοχής βόρεια της τάφρου και τα νερά των στραγγιστικών δικτύων της πεδινής περιοχής. Η τελευταία θέση που παρουσιάζει ενδιαφέρον βρίσκεται νότια και ανατολικά της περιοχής ενδιαφέροντος στην Εκτροπή του Σπερχειού, λίγο πριν την έξοδο προς το Μαλιακό, (Th9) με υψηλή τιμή Mg ίση σχεδόν με την ανώτατη επιτρεπόμενη. Τα παραπάνω αποτυπώνονται και σχηματικά – χρωματικά στον παρακάτω χάρτη κατανομής Mg (εικόνα 43).



Εικόνα 43: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Mg επιφανειακών υδάτων



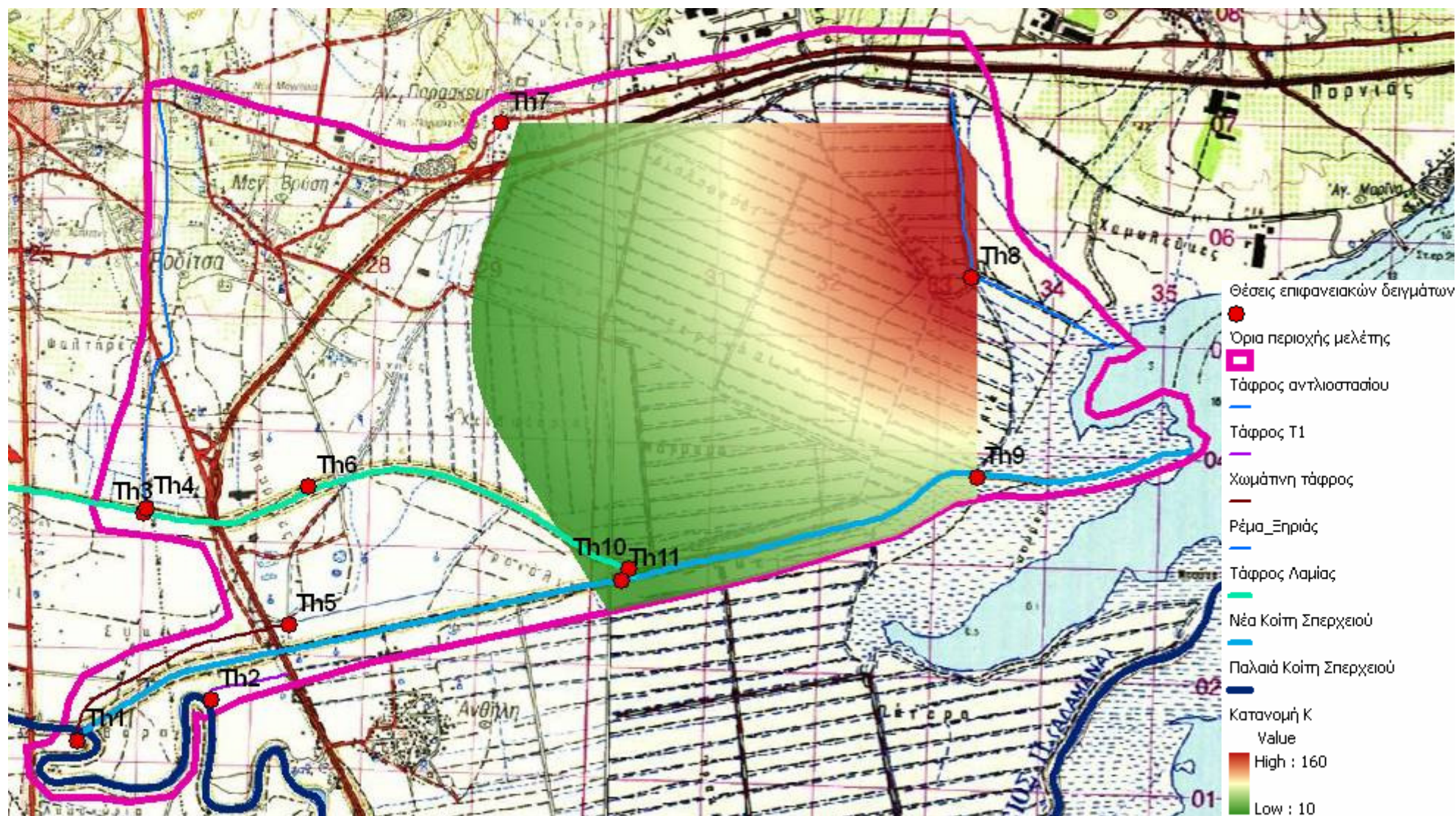
Εικόνα 44: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Na επιφανειακών υδάτων

Κατανομή Na επιφανειακών υδάτων στην περιοχή μελέτης

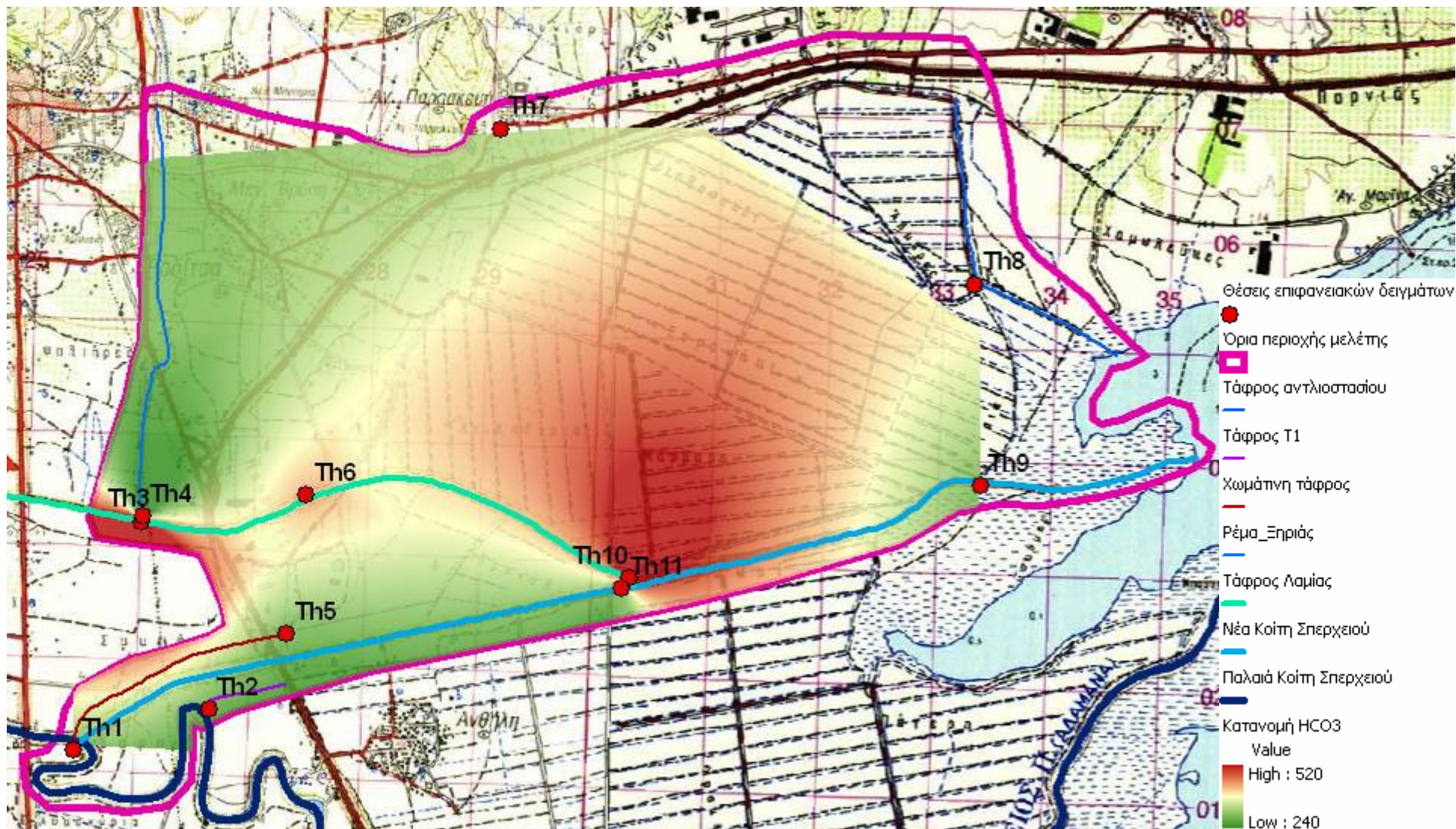
Στα περισσότερα επιφανειακά δείγματα οι τιμές Na που μετρήθηκαν βρίσκονται κοντά στο ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας. Οι δύο θέσεις που ξεχωρίζουν για τις συγκεντρώσεις τους σε Na βρίσκονται ανατολικά της περιοχής μελέτης. Η πρώτη είναι η θέση αντλιοστάσιο (Th8) ανατολικά του αναδασμού, στην τάφρο που μετά από 1 km οδηγεί τα νερά στο Μαλιακό κόλπο. Με την πολύ υψηλή τιμή του δείγματος ίση με 517 mg/l καταλήγουμε στο πόσο επηρεάζεται από το θαλασσινό νερό, ότι έχει υφαλμυρωθεί αλλά και επιβαρύνεται από τα νατριούχα λιπάσματα των καλλιεργειών του αναδασμού. Η δεύτερη θέση με υψηλή τιμή Na βρίσκεται επί της Εκτροπής του Σπερχειού (Th9) στο ανατολικότερο σημείο λίγο πριν τη έξοδο προς το Μαλιακό κόλπο. Οι δύο χαρακτηριστικές θέσεις ξεχωρίζουν στον παραπάνω χάρτη κατανομής Na (εικόνα 44).

Κατανομή K επιφανειακών υδάτων στην περιοχή μελέτης

Σε αντιστοιχία με τις συγκεντρώσεις Na, οι περισσότερες τιμές K που μετρήθηκαν βρίσκονται κοντά στο ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας, εκτός από τις δύο χαρακτηριστικές θέσεις ανατολικά της περιοχής μελέτης στις οποίες οι τιμές ξεπερνούν κατά πολύ το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο. Έτσι οι θέσεις (Th8 και Th9) εμφανίζονται ιδιαίτερα επιβαρυσμένες όσον αφορά τα κατιόντα K, τόσο από τα κάλιο –νατριούχα λιπάσματα όσο και από το θαλασσινό μέτωπο που τις επηρεάζει άμεσα. Όλα τα παραπάνω αποτυπώνονται σχηματικά – χρωματικά στον παρακάτω χάρτη κατανομής K (εικόνα 45).



Εικόνα 45: Υδροημικός χάρτης κατανομής Κ επιφανειακών υδάτων



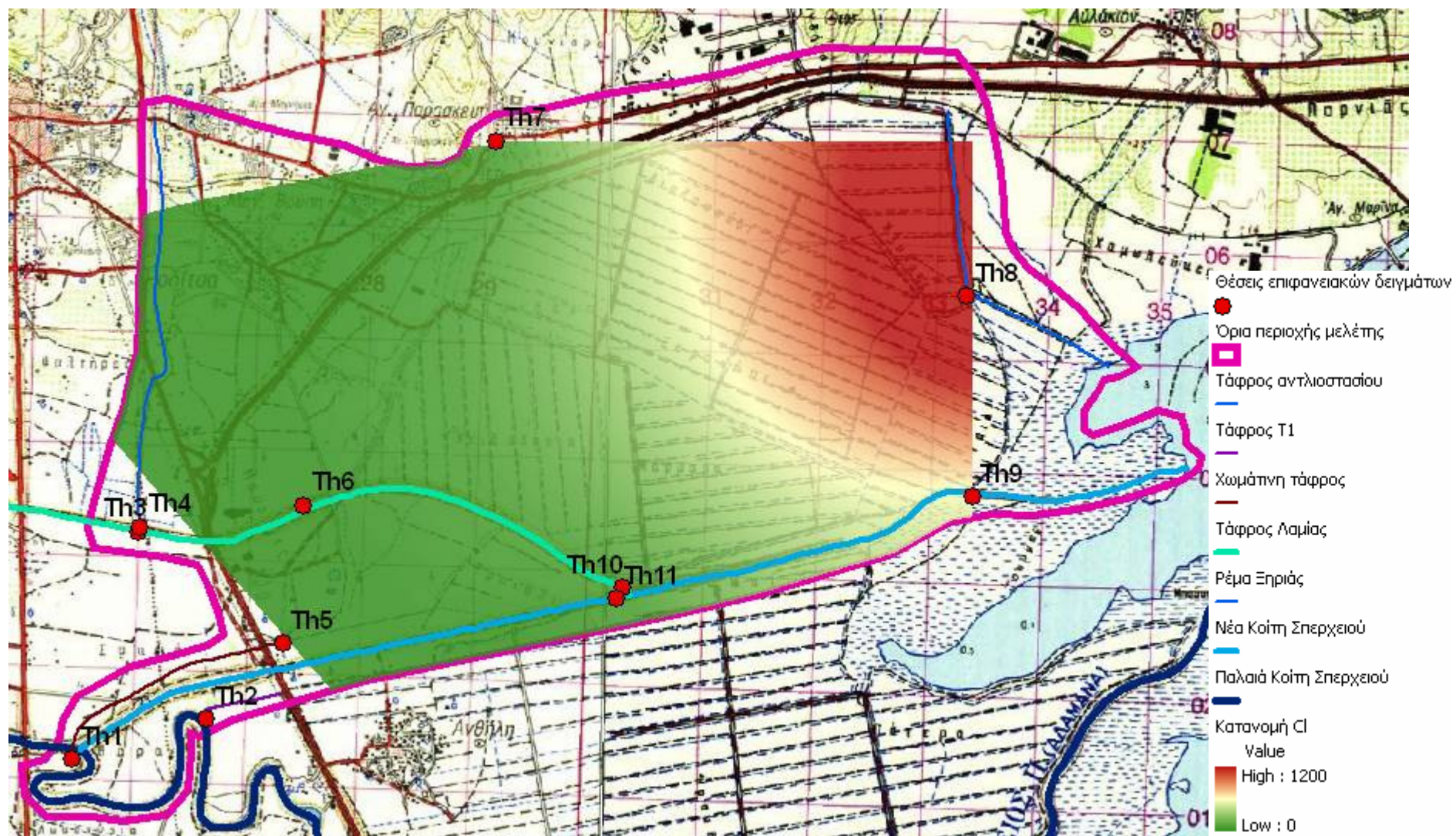
Εικόνα 46: Υδροχημικός χάρτης κατανομής HCO₃ επιφανειακών υδάτων

📍 Κατανομή HCO_3 επιφανειακών υδάτων στην περιοχή μελέτης

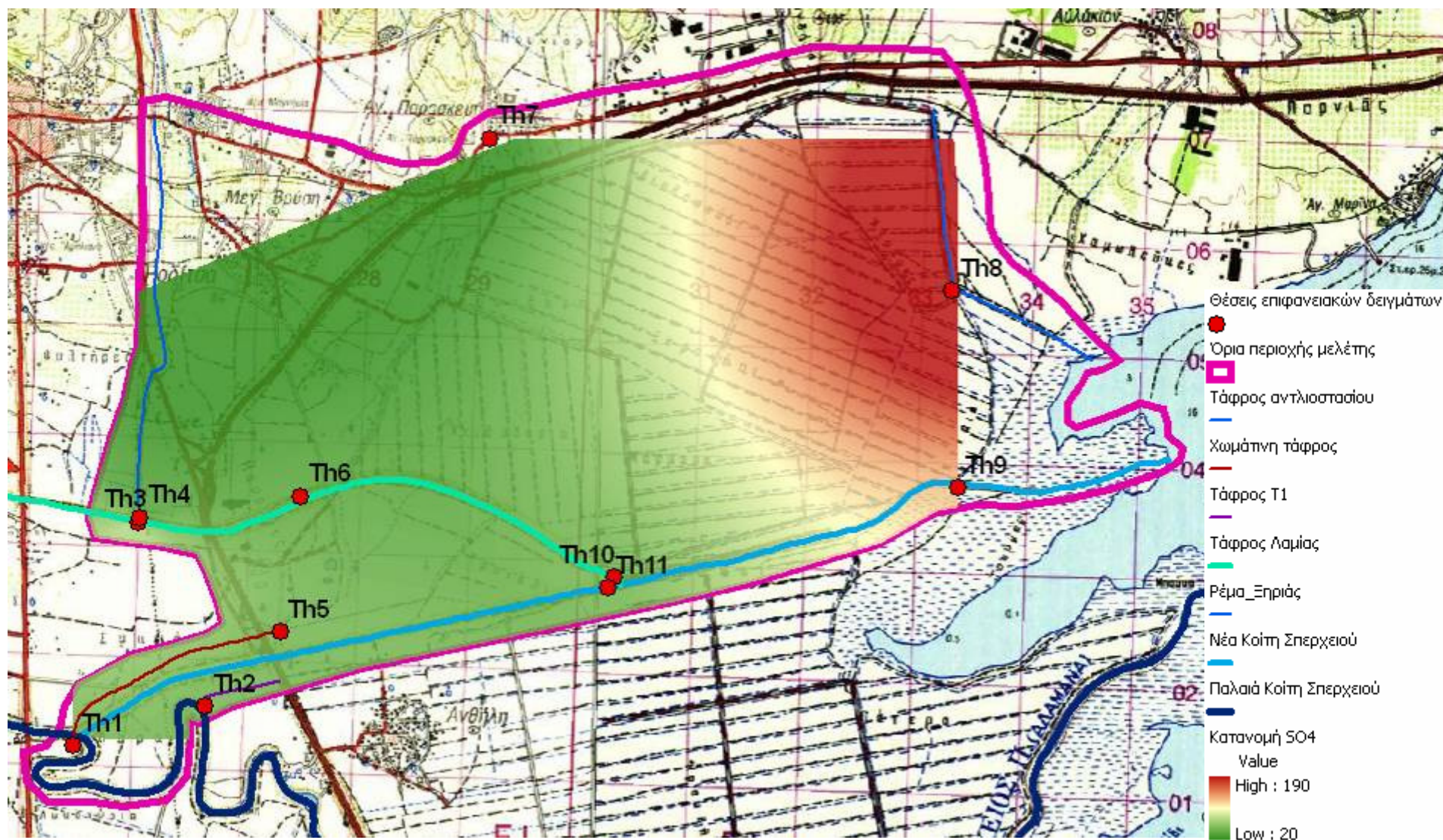
Οι μεγαλύτερες τιμές HCO_3 μετρήθηκαν στις τρεις θέσεις δειγματοληψίας που έγιναν στη Γερμανική Τάφρο. Η μεγαλύτερη τιμή εντοπίζεται στη Th3 δυτικά της περιοχής μελέτης, πριν τη συμβολή με το ρέμα Ξηριάς, η αμέσως μικρότερη στο ίδιο υδάτινο σώμα μετά την εκβολή του Βιολογικού στη Th10 και ακολουθεί η Th6 που βρίσκεται στην ίδια τάφρο πριν τη συμβολή με το Βιολογικό όμως. Στα επιφανειακά νερά η υψηλή συγκέντρωση HCO_3 παραπέμπει στη ρύπανση του υδάτινου σώματος από κάποια πηγή ρύπανσης. Εδώ η γερμανική τάφρος είναι αποδέκτης μικρότερων ρεμάτων ανάντη του ρέματος του Ξηριά, των στραγγιστικών δικτύων των καλλιεργειών περιοχών όπως Κόμμα, Αμούρι αλλά και των βοθρολυμάτων αυτών των οικισμών ελλείψει αποχετευτικού δικτύου. Μεγάλη τιμή στη συγκέντρωση HCO_3 παρατηρήθηκε και στη θέση αντλιοστάσιο Th8 ως σημείο συγκέντρωσης των στραγγισμάτων από τις καλλιέργειες. Η τιμή των HCO_3 στις πηγές της Μεγάλης Βρύσης οφείλονται στην προέλευση του νερού από ανθρακικούς σχηματισμούς – καρστικά νερά ασβεστολίθων. Η κατανομή HCO_3 αποτυπώνεται στον παραπάνω χάρτη (εικόνα 46).

📍 Κατανομή Cl επιφανειακών υδάτων στην περιοχή μελέτης

Οι τιμές της συγκέντρωσης Cl στα υδάτινα σώματα της περιοχής ποικίλουν. Γενικά στις περισσότερες θέσεις οι τιμές είναι κοντά στα ενδεικτικά όρια ποσιμότητας. Παρ'όλα αυτά υπάρχουν τρεις θέσεις με υψηλές τιμές άνω των ανεκτών ορίων. Η θέση με την υψηλότερη συγκέντρωση χλωριόντων εντοπίζεται στη θέση αντλιοστάσιο Th8 (1224 mg/l), έτσι γίνεται εμφανής η επίδραση του θαλασσινού νερού. Όμοια αλλά σε μικρότερο βαθμό (393 mg/l) επιδρά η θάλασσα στη Th9 στην Εκτροπή του Σπερχειού – έξοδο προς το Μαλιακό κόλπο. Αξιοσημείωτη είναι η συγκέντρωση των χλωριόντων στη Γερμανική Τάφρο μετά το Βιολογικό (Th10) με τιμή 44 mg/l. Η κατανομή Cl αποτυπώνεται στον παρακάτω χάρτη (εικόνα 47) και γίνεται εμφανής η επιβάρυνση της περιοχής στο ανατολικό τμήμα.



Εικόνα 47: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Cl επιφανειακών υδάτων



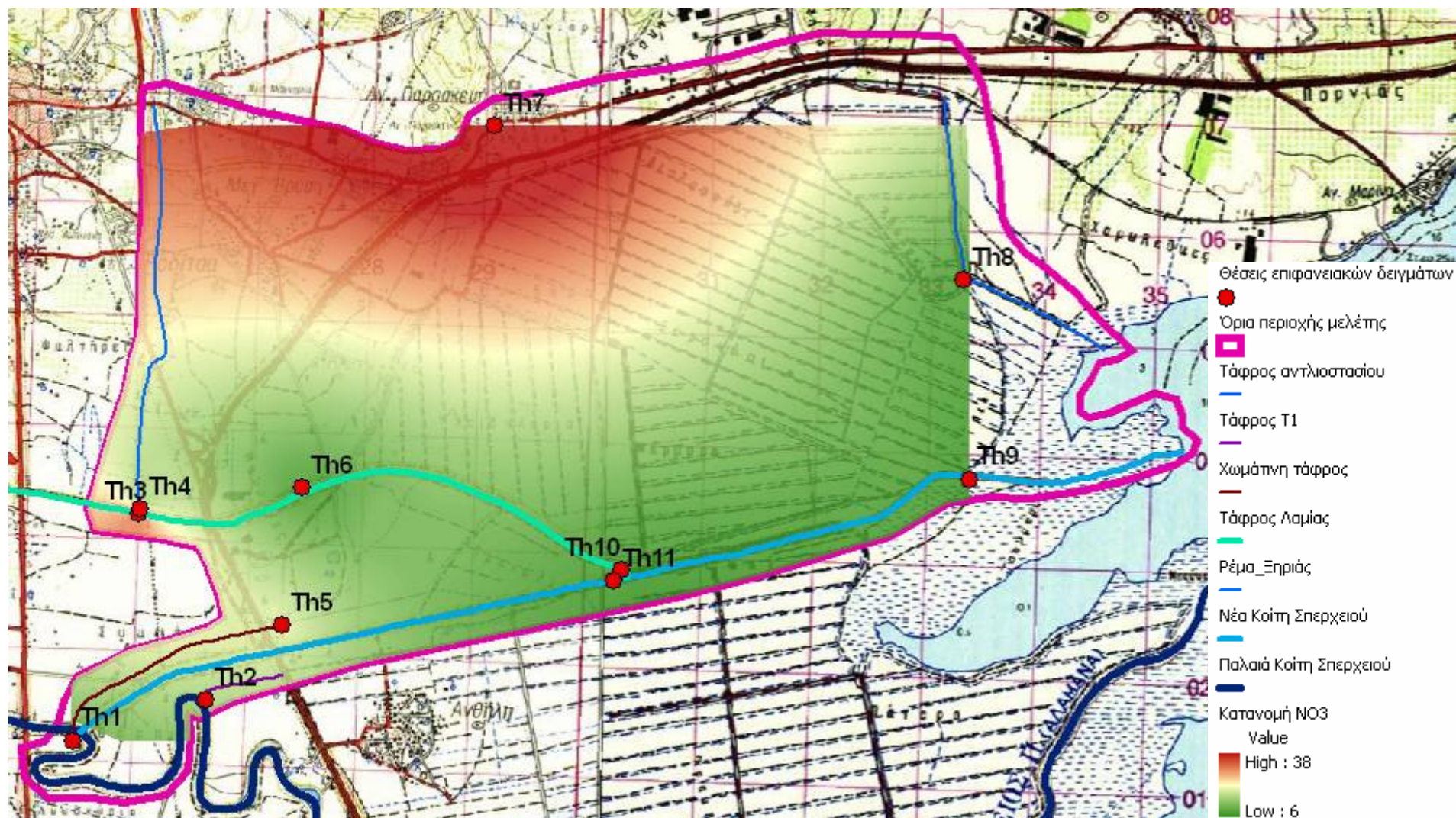
Εικόνα 48: Υδροχημικός χάρτης κατανομής SO₄ επιφανειακών υδάτων

Κατανομή SO₄ επιφανειακών υδάτων στην περιοχή μελέτης

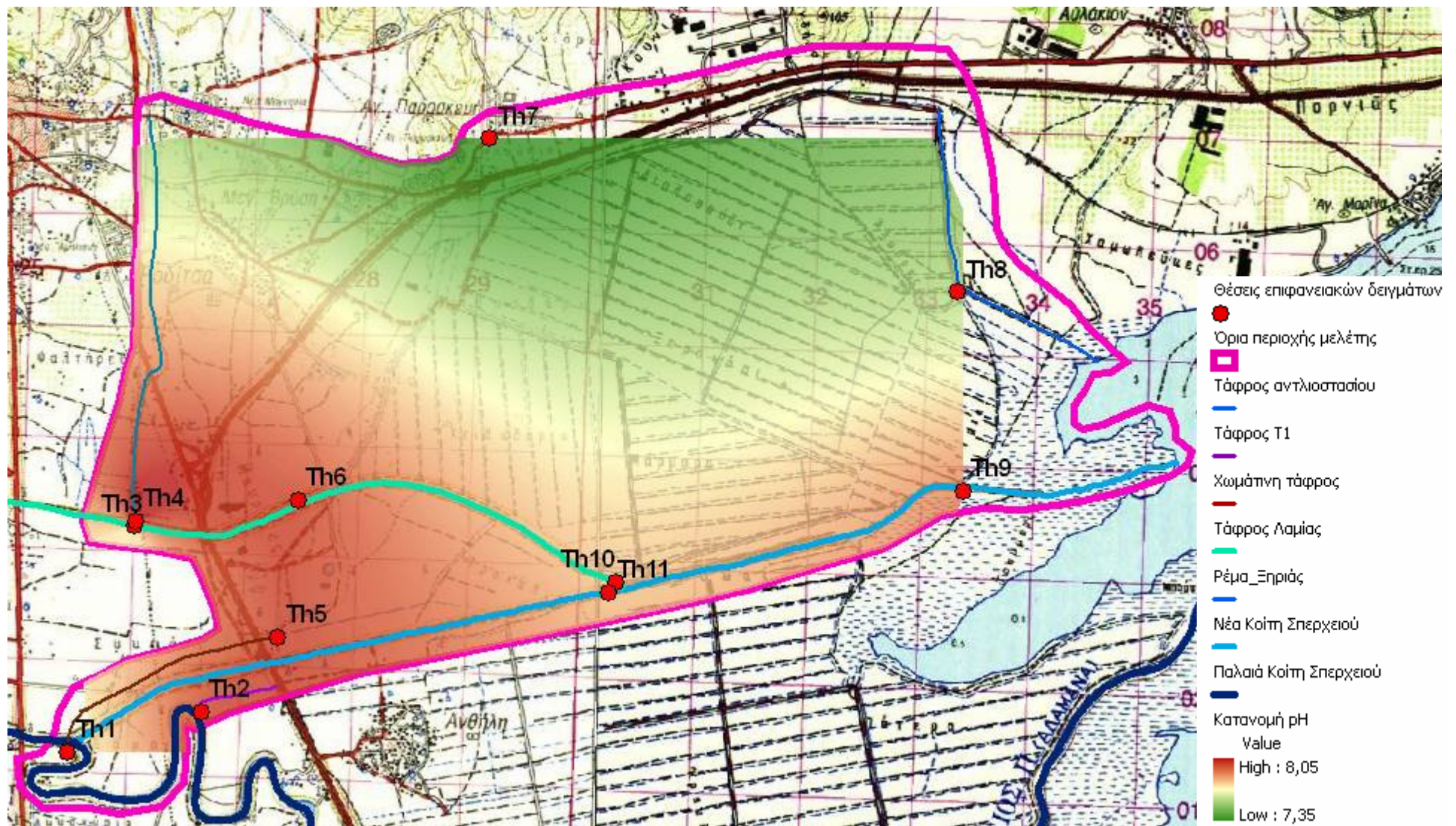
Οι συγκεντρώσεις SO₄ δεν παρουσιάζουν πολύ υψηλές τιμές, καθώς σε καμία θέση οι τιμές δεν ξεπερνούν το ανώτατο όριο ποσιμότητας, παρ'όλα αυτά υπάρχουν θέσεις που είναι επιβαρυνμένες καθώς ξεπερνούν κατά πολύ το ενδεικτικό επίπεδο ποσιμότητας. Η θέση αντλιοστάσιο (Th8) με τιμή συγκέντρωσης 200 mg/l είναι η πιο επιβαρυνμένη και αποδίδεται είτε στην υφαλμύριση, είτε στους ρύπους των υποβαθμισμένων αρδευτικών νερών που καταλήγουν εκεί. Την ίδια περίπτωση αλλά σε μικρότερο βαθμό παρατηρούμε στην ανατολικότερη θέση της Εκτροπής του Σπερχειού – έξοδο προς Μαλιακό (Th9). Επίσης αξιοσημείωτη είναι η επιβάρυνση από SO₄ στη Γερμανική Τάφρο δυτικά της περιοχής πριν τη συμβολή με το ρέμα Ξηριάς (Th3). Η κατανομή της συγκέντρωσης SO₄ αποτυπώνεται στον παραπάνω χάρτη (εικόνα 48).

Κατανομή NO₃ επιφανειακών υδάτων στην περιοχή μελέτης

Οι τιμές των συγκεντρώσεων NO₃ που μετρήθηκαν είναι πολύ χαμηλές καθώς δεν ξεπερνούν το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο ποσιμότητας. Αξιοσημείωτη είναι η σημειακή επιβάρυνση στις πηγές της Μεγάλης Βρύσης, βόρεια της περιοχής μελέτης, με τιμή συγκέντρωσης 38,5 mg/l. Η τιμή αυτή αποδίδεται στη επίδραση των στραγγισμάτων του γειτονικού νεκροταφείου (50 m δυτικά των πηγών). Η κατανομή της συγκέντρωσης NO₃ αποτυπώνεται στον παρακάτω χάρτη (εικόνα 49).



Εικόνα 49: Υδροχημικός χάρτης κατανομής NO₃ επιφανειακών υδάτων



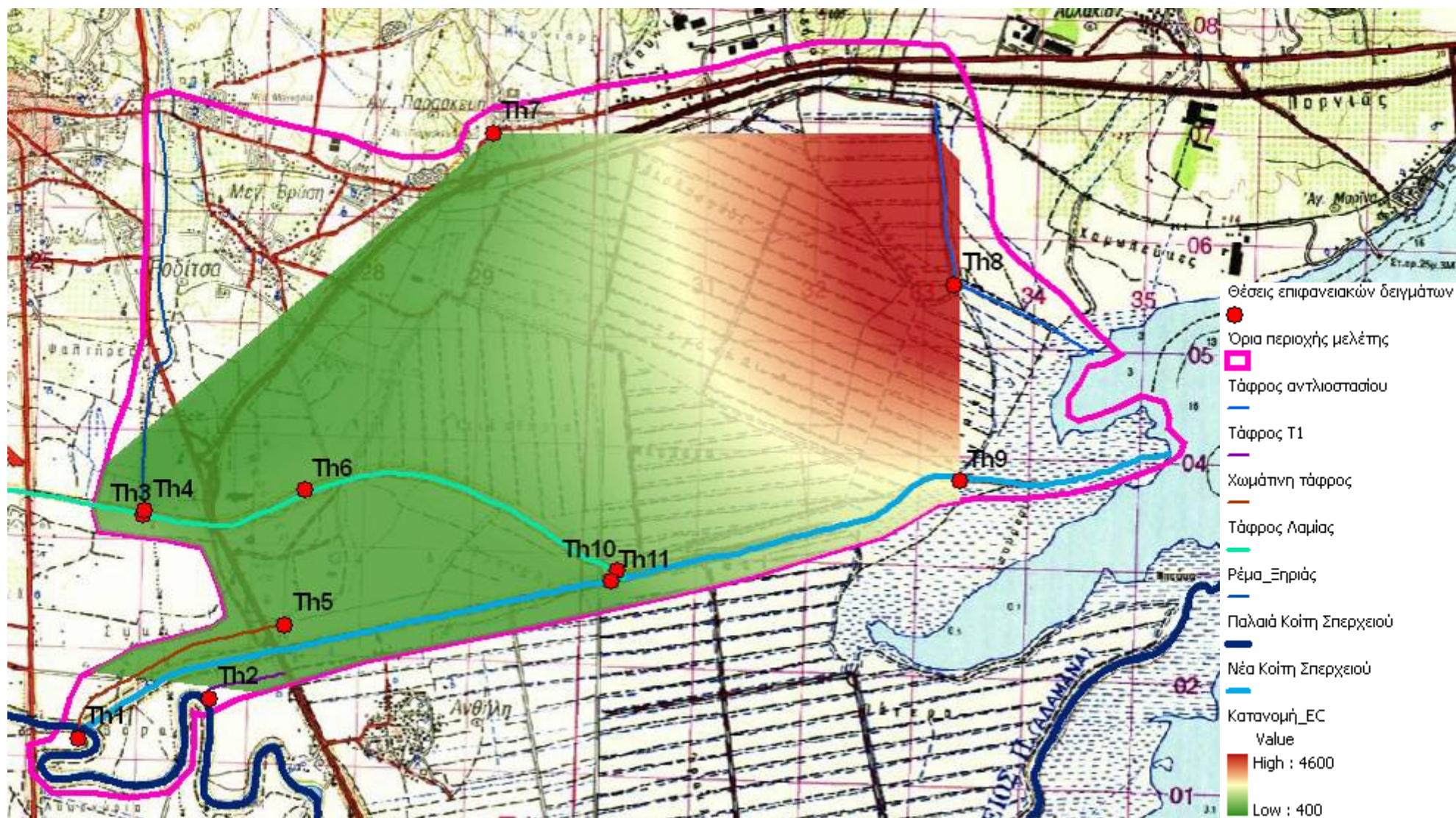
Εικόνα 50: Υδροχημικός χάρτης κατανομής pH επιφανειακών υδάτων

📍 Κατανομή pH επιφανειακών υδάτων στην περιοχή μελέτης

Οι τιμές του pH στα επιφανειακά δείγματα νερού της περιοχής βρίσκονται εντός του ενδεικτικού διαστήματος ποσιμότητας. Ενδεικτικά κυμαίνονται από 7,3 έως 8,1 χαρακτηρίζοντας τα υπόγεια νερά ως αλκαλικά. Οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται δυτικά της περιοχής μελέτης και συγκεκριμένα στο ρέμα Ξηριάς (Th4), στη δέση του Σπερχειού με το κανάλι T1 (Th2), στο τέλος της χωμάτινης τάφρου πριν το κανάλι για Ροδίτσα (Th5) και στη Γερμανική Τάφρο πριν τις εγκαταστάσεις του Βιολογικού (Th6). Η κατανομή του pH στα επιφανειακά νερά της περιοχής μελέτης αποτυπώνεται στον παραπάνω χάρτη (εικόνα 50).

📍 Κατανομή αγωγιμότητας EC επιφανειακών υδάτων στην περιοχή μελέτης

Οι τιμές της αγωγιμότητας (EC) που μετρήθηκαν στα υπόγεια νερά της περιοχής ποικίλουν και κυμαίνονται από 372 $\mu\text{S}/\text{cm}$ στη θέση Th4 στο ρέμα Ξηριάς στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης έως 4700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ στη θέση Th8 αντλιοστάσιο στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Η προαναφερθείσα θέση Th8 και η Th9 (Εκτροπή Σπερχειού – έξοδο προς Μαλιακό κόλπο) στο ανατολικό τμήμα είναι οι δύο θέσεις με τιμές αγωγιμότητας που μαρτυρούν τη υφαλμύριση τους και γενικά την επιβάρυνσή τους με ρυπασμένο αρδευτικό νερό. Μεγάλες τιμές αγωγιμότητας επίσης συναντούμε στη Γερμανική Τάφρο πριν τη συμβολή με το ρέμα Ξηριάς (Th3) καθώς επίσης και στη θέση (Th10) που βρίσκεται πάλι επί της Γερμανικής Τάφρου μετά τις εγκαταστάσεις του Βιολογικού. Η κατανομή της αγωγιμότητας EC στα επιφανειακά νερά της περιοχής μελέτης αποτυπώνεται στον παρακάτω χάρτη (εικόνα 51).



Εικόνα 51: Υδροχημικός χάρτης κατανομής EC επιφανειακών υδάτων

κεφάλαιο

5

Παρατηρήσεις – Σχόλια

5. Παρατηρήσεις – Σχόλια

5.1 Υδρογεωλογικά στοιχεία

Η περιοχή μελέτης και έρευνας της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί τμήμα μιας αναπτυγμένης περιοχής η οποία διαθέτει σημαντικούς φυσικούς πόρους (νερά, ορυκτά, ιαματικές πηγές κ.α). Η σημαντικότερη δραστηριότητα του πρωτογενή τομέα της περιοχής είναι η γεωργία. Επομένως το υδατικό δυναμικό (επιφανειακό και υπόγειο) ως ο σημαντικότερος παράγοντας για την ανάπτυξη κάθε γεωργικής και γενικά κάθε οικονομικής δραστηριότητας, χρήζει άμεσης προστασίας και ορθολογικής διαχείρισης στα πλαίσια μιας αειφόρου ανάπτυξης.

Από υδρογεωλογικής σκοπιάς γενικότερα στην περιοχή και συγκεκριμένα στη λεκάνη απορροής του Σπερχειού έχουν γίνει πολλές μελέτες κυρίως από το ΙΓΜΕ ύστερα από μακροχρόνιες παρατηρήσεις και έρευνα του δυναμικού των υπογείων υδάτων. Η έρευνα ξεκινά με μία επιστημονική τεχνική συνεργασία μεταξύ Ελλάδας και Γερμανίας το 1967 και φτάνει μέχρι και το 2010 με το έργο «*ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΑΝ. ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΝΟΜΩΝ ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ, ΦΩΚΙΔΑΣ ΚΑΙ ΦΘΙΩΤΙΔΑ (Υ.Δ. δ.υτ.07)_ 7.3.2.1.9*» από το επιχειρησιακό πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητα του Γ' Κοινοτικού πλαισίου στήριξης.

Σύμφωνα με αυτή την πρόσφατη μελέτη έγινε υδρογεωλογική αποτύπωση, εκτός των άλλων, και των δύο κύριων υδροσυστημάτων της περιοχής, του συστήματος του Σπερχειού (GR0701) και του συστήματος της Λαμίας (GR0702) τα οποία παρουσιάστηκαν λεπτομερώς στο 1^ο κεφάλαιο. Σύμφωνα με τα στοιχεία του ισοζυγίου των δύο υδροσυστημάτων οι απολήψεις είναι μεγαλύτερες από την ανατροφοδότησή τους, με αποτέλεσμα το ισοζύγιο να είναι ελλειμματικό.

5.1.1 Στοιχεία υφαλμύρισης και υποβάθμισης των υπόγειων υδάτων

Επίσης σύμφωνα με την εισήγηση του κ. Τσούμα, υδρογεωλόγου, εκπροσώπου του ΙΓΜΕ στο 2^ο συνέδριο Νομαρχίας Φθιώτιδας (ΝΕΛΕ) τον Απρίλιο του 1991, για τη διάταξη των υφάλμυρων ζωνών στην περιμετρική ζώνη του Μαλιακού – αίτια μολύνσεων επιφανειακών και υπόγειων υδάτων με αποδέκτη το Μαλιακό κόλπο, αξίζει να αναφερθούν τα παρακάτω.

Κατά την πορεία έρευνας του ΙΓΜΕ στη λεκάνη απορροής του Σπερχειού σε μακροχρόνιες παρατηρήσεις και μετρήσεις, δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στην ποιότητα των νερών, των ποικίλων υδροφόρων οριζόντων και ειδικά αυτών που διαμορφώνονται στο ανατολικό και δελταϊκό τμήμα της κοιλάδας που συγκοινωνεί με τη θάλασσα του Μαλιακού κόλπου. Από τη σύνθεση πολλών και διαφόρων γεωεπιστημονικών στοιχείων και βασικά από τα αποτελέσματα των πολυετών και συχνών δειγματοληψιών που έγιναν σε σημεία νερού, φρέατα, φρέατα γεωτρήσεων και γεωτρήσεις διαπιστώθηκε ότι υφίστανται υποβαθμισμένες ποιοτικά περιοχές από αίτια τα οποία τοποθετούνται:

1. Στην πλευρική διάχυση προς τις προσχώσεις νερών από τις ρηξιγενείς θερμομεταλλικές πηγές (Θερμοπύλες και Ψωρονέρια)
2. Στην εξάτμιση του θαλασσινού νερού, το οποίο επικάθεται στα επιφανειακά στρώματα.
3. Στην περιοδική τροφοδοσία των υδροφόρων οριζόντων από τα μολυσμένα νερά του Σπερχειού.
4. Στη διείσδυση του θαλασσινού νερού μέχρι βάθους, με την αυξημένη παρουσία των χλωρίων που κατά θέσεις φτάνει μέχρι και τα 90 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Συγκεκριμένα οι χημικές αναλύσεις που έγιναν σε νερά των υδροφόρων οριζόντων των γεωτρήσεων του ΙΓΜΕ έδειξαν απαγορευτική και για αρδεύσεις περιεκτικότητα χλωρίων στο νερό, μεγαλύτερα από 800 ppm ανά λίτρο.

Η περιοχή μελέτης έκτασης 94 km οριοθετήθηκε σε τέσσερις ζώνες από τις οποίες οι τρεις περικλείουν περιοχές με υποβαθμισμένα ποιοτικά νερά. Ο χωρισμός της περιοχής σε ζώνες έγινε με βάση συγκρίσεις όσον αφορά τις τιμές των χημικών στοιχείων από σημεία νερού το 1971 και από τα ίδια υδροσημεία το 1982 και το 1990 στα σημεία "Μάρτυρες", από διάφορες παρατηρήσεις υπαίθρου και έχοντας υπόψη τον τύπο SAR, που αποτελεί μία σχέση κατάταξης των νερών από άποψη καταλληλότητας για αρδεύσεις.

Η Α' ζώνη περικλείει μια περιοχή με υφάλμυρα νερά από την επίδραση των θερμομεταλλικών πηγών. Για τα υδροσημεία που περικλείονται σ' αυτή τη ζώνη οι τιμές του SAR είναι μεγαλύτερες από 26 και συνεπώς τα νερά των διαμορφούμενων εδώ υδροφόρων οριζόντων χαρακτηρίζονται ως ακατάλληλα για τις διάφορες καλλιέργειες.

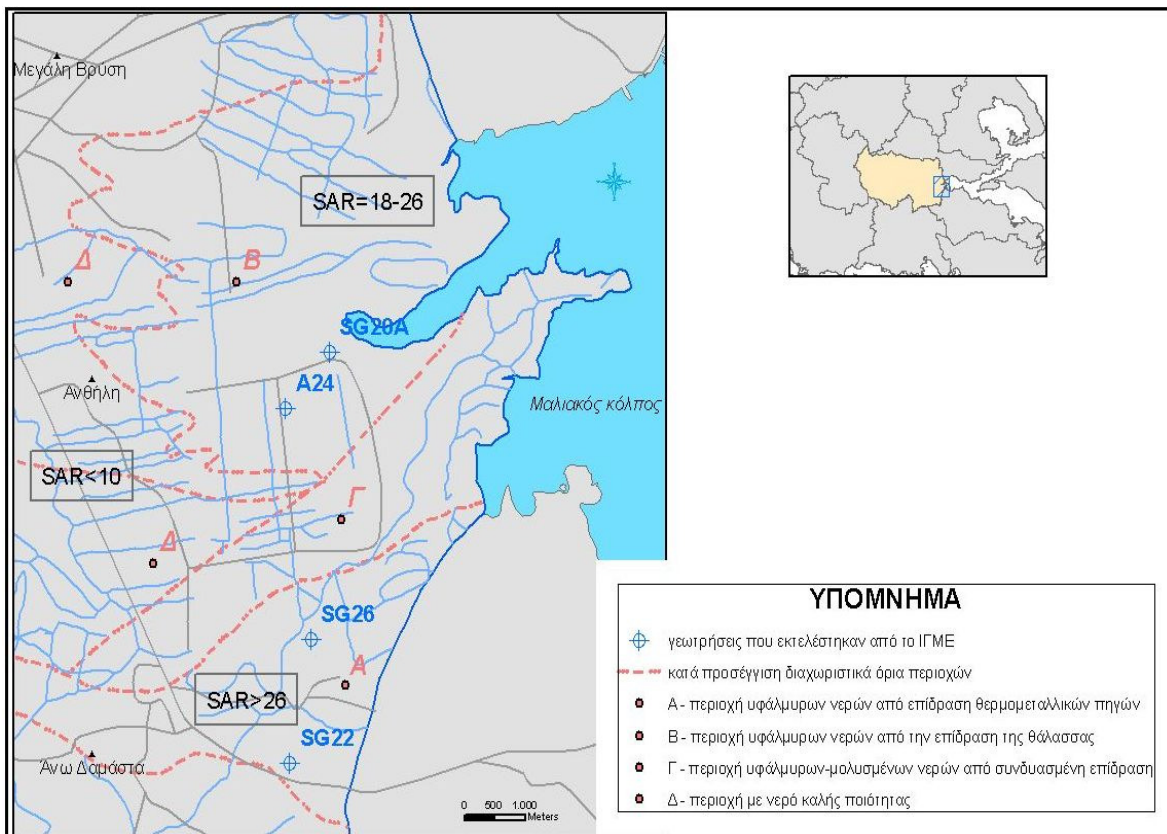
Η Β' ζώνη περικλείει μια περιοχή με πολλά υδροσημεία των οποίων τα νερά είναι υφάλμυρα από τη σταδιακή διείσδυση της θάλασσας του Μαλιακού κόλπου. Οι τιμές του

SAR κυμαίνονται κατά τόπους από 18 έως 26. Αυτές οι τιμές χαρακτηρίζουν τα νερά των υδροφόρων της περιοχής κατάλληλα για ορισμένες μόνο καλλιέργειες.

Η Γ' ζώνη περικλείει μια περιοχή υποβαθμισμένη σε όλη της την έκταση, γιατί εδώ διαχέονται νερά των θερμομεταλλικών πηγών και περιοδικά τα μολυσμένα νερά του Σπερχειού ποταμού. Σε ορισμένες θέσεις παρατηρήθηκε διείσδυση του θαλασσινού νερού, ενώ η επιφανειακή αλατότητα των εδαφών είναι χαρακτηριστική και αυτό διαπιστώθηκε με τις εδαφολογικές αναλύσεις που έγιναν μέχρι ενός βάθους από 6 έως 17 m. Στην περιοχή αυτής της ζώνης οι τιμές του SAR είναι οι μεγαλύτερες που παρατηρήθηκαν για όλη τη μελετηθείσα έκταση και όπως είναι επόμενο τα εδάφη αυτά είναι άγονα και δεν προβλέπεται τρόπος βελτίωσης αυτών για καλλιέργειες.

Τέλος η ζώνη Δ' περικλείει την περιοχή δυτικά του οικισμού Ανθήλη. Εδώ διαμορφώνονται τοπικοί, αλλά και εκτεταμένοι υδροφόροι ορίζοντες, τα δε υδροσημεία αρδευτικής, κυρίως, εκμετάλλευσης εμφανίζουν μόνιμο σε ετήσια βάση αρτεσιανισμό. Η ποιότητα νερών της περιοχής είναι καλή έως ικανοποιητική και το SAR με τιμές μικρότερες του 10 χαρακτηρίζει τα νερά σαν εξαιρετικής ποιότητας για άρδευση.

Από όλα όσα αναφέρθηκαν υποστηρίζεται ότι οι ζώνες που οριοθετήθηκαν με βάση τα στοιχεία του 1971 δεν παρουσιάζουν μεγάλη μετατόπιση προς την ενδοχώρα, ύστερα από τη σύγκριση που έγινε με τα στοιχεία και τις παρατηρήσεις του 1982 και του 1990 ιδιαίτερα στο κεντρικό, δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης σύμφωνα με τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών για 20 χρόνια παρατηρήθηκαν ανεπαίσθητες μεταβολές στις τιμές των χημικών στοιχείων. Αυτό ισχύει για όλα τα υδροσημεία που αντλούν υδροφορία τόσο από επιφανειακά όσο και από βαθύτερους υδροφόρους ορίζοντες. Ακόμη πιο σημαντική είναι η διαπίστωση για την περιοχή, δυτικά της ζώνης Δ' που δεν αναμένονται για πολλά ίσως χρόνια διαφοροποιήσεις στα χημικά στοιχεία και ιδιαίτερα στα χλωριόντα αν στηριχθούμε και στα αποτελέσματα των γεωηλεκτρικών διασκοπήσεων, που για την περιοχή αυτή έδωσαν πάχη 600 m από αργιλοειδείς σχηματισμούς. Το τελευταίο αυτό στοιχείο είναι σημαντικό γιατί αφορά τη μακροχρόνια διατήρηση της καλής ποιότητας της περιοχής ενώ πρόσθετα αφού οι αργιλοειδείς σχηματισμοί δημιουργούν ένα βαθύ στεγανό φραγμό για τη διείσδυση της θάλασσας του Μαλιακού κόλπου, δεν προβλέπονται τροποποιήσεις στο χημισμό των νερών των ποικίλων υδροφόρων οριζόντων που διαμορφώνονται στο εσωτερικό της εντατικά καλλιεργούμενης κοιλάδας του Σπερχειού ποταμού.



Εικόνα 52: Χάρτης ζωνών με υφάλμυρα νερά στο ανατολικό πεδινό τμήμα της λεκάνης Σπερχειού (αναπαραγωγή από Κακαβά, 1984, πηγή: Π. Αρβανίτης 2009)

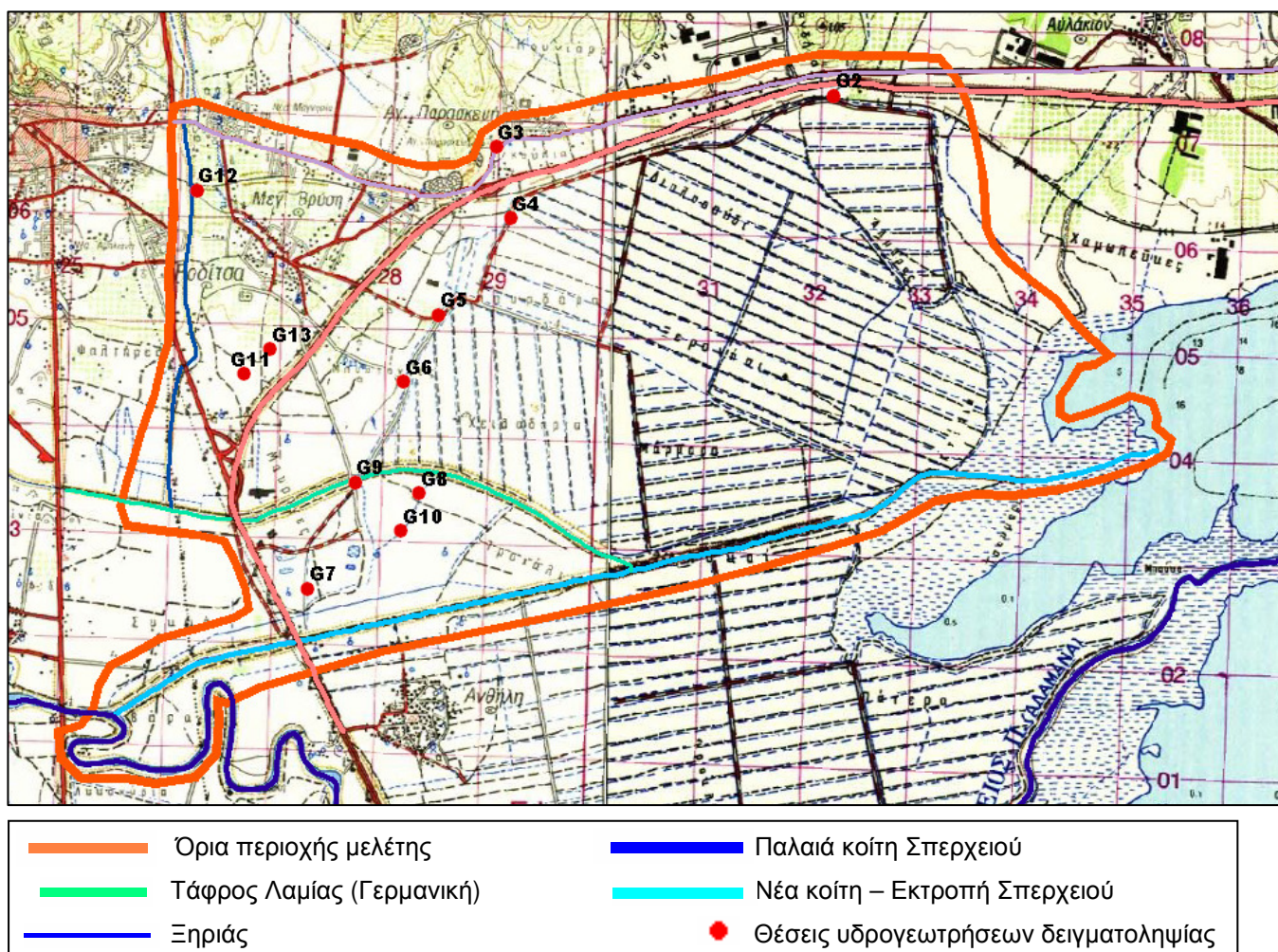
Βασιζόμενοι στα παραπάνω στοιχεία παρατηρούμε ότι η περιοχή μελέτης της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας περιλαμβάνει τμήμα της περιοχής μελέτης του ΙΓΜΕ (βόρειο τμήμα) και αποτελείται από α) τη ζώνη Β' με τιμές του SAR να κυμαίνονται από 18 έως 26, δηλαδή τα νερά είναι κατάλληλα για ορισμένες μόνο καλλιέργειες και β) τη ζώνη Δ' με ποιότητα νερών καλή έως ικανοποιητική με τιμές του SAR να μην ξεπερνούν την τιμή του 10. Αυτά είναι τα δεδομένα της περιοχής μέχρι το 1991 και με αισιόδοξη πρόβλεψη για μη συνέχιση της υφάλμυρης ζώνης στην ενδοχώρα.

Αξίζει να αναφέρουμε πως οι γεωτρήσεις (στις οποίες είχαμε τη δυνατότητα πρόσβασης) στην περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας βρίσκονται στην ενδοχώρα και όχι στην περιμετρική ζώνη του Μαλιακού κόλπου. Από τις τιμές των χημικών στοιχείων των υπόγειων δειγμάτων που προέκυψαν από τις εργαστηριακές αναλύσεις δεν έδειξαν υφαλμύριση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα από τη διείσδυση της θάλασσας, εκτός από τα στοιχεία μίας γεώτρησης της G4 - Στεργιοπούλου, στην οποία μετρήθηκαν υψηλές τιμές στα κατιόντα (Na, K, Ca, Mg), από τα ανιόντα (Cl, SO₄) καθώς επίσης και η αγωγιμότητα EC.

Πίνακας 5.1: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων του δείγματος από τη γεώτρηση G4

ID	Station ID	Φυσικά χαρακτηριστικά - παράμετροι				Κύρια Κατιόντα				Κύρια Ανιόντα			
		T(°C)	PH	E.C. (μS/cm)	TDS(mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
G4	Στεργιοπούλου	18,4	7,8	1492	970	128	32	159	32	199	351	54	31,6

Εκτός της διείσδυσης του θαλασσινού νερού (σε απόσταση 5,5 km από τη θάλασσα) εξήγηση στην οποία είμαστε επιφυλακτικοί λόγω του αργιλώδους φραγμού, διαπίστωση της μακρόχρονης έρευνας του ΙΓΜΕ, μια δευτερεύουσα εξήγηση για τις υψηλές τιμές του Na και του K θα μπορούσε να είναι η ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα από τα κάλιο-νατριούχα λιπάσματα ιδίως εδώ που η στάθμη του υδροφόρου βρίσκεται πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, γεγονός που το αποδεικνύει η αυτόματη ροή της γεώτρησης (αρτεσιανή). Μια τρίτη εξήγηση θα μπορούσε να είναι το ρυπασμένο αρδευτικό νερό επιφανειακής προέλευσης που είναι φορτισμένο με πολλά άλατα και ρύπους και το οποίο κατά την υγρή περίοδο κατεισδύει και φορτίζει το υπόγειο νερό. Εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι είναι η μοναδική γεώτρηση που εμφανίζει τόσο υψηλές τιμές ιόντων.



Εικόνα 53: Θέσεις υδρογεωτρήσεων στις οποίες βασίστηκε η έρευνα της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας (βρίσκονται στην ενδοχώρα)

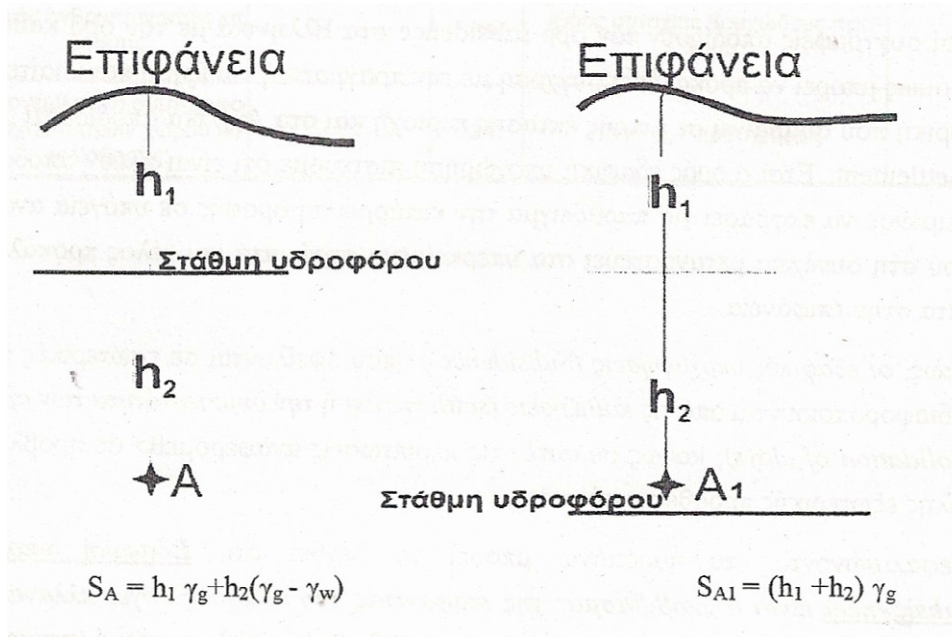
5.1.2 Υπεραντλήσεις - Επιπτώσεις

Η εντατική απρογραμματίστη και μη ελεγχόμενη εκμετάλλευση των υπόγειων νερών με υπεραντλήσεις, καθώς και οι οποιοσδήποτε ανθρώπινες παρεμβάσεις στο υπέδαφος που λειτουργούν αποστραγγιστικά, αφαιρούν συχνά από τους υδροφορείς ποσότητες νερών μεγαλύτερες των υπερετήσια ανανεώσιμων υπόγειων υδατικών αποθεμάτων, γεγονός που οδηγεί σε εγκατάσταση καθεστώτος αρνητικού ισοζυγίου υπόγειων νερών. Εξαιτίας αυτού προκαλείται συνεχής πτώση της υδροστατικής στάθμης και της πιεζομετρικής επιφάνειας, κατάσταση που οδηγεί βαθμιαία σε μεγάλες ελαττώσεις των υδραυλικών φορτίων των νερών. Το ανθρωπογενούς προέλευσης φαινόμενο αυτό προκαλεί ένα πλήθος αρνητικών επιπτώσεων. Μια σειρά τέτοιων επιπτώσεων μπορεί να είναι:

- Η αχρήστευση των υδροληπτικών έργων - γεωτρήσεων καθώς απαιτείται εκβάθυνση αυτών για να συνεχίσουν να λειτουργούν και αυτό συνεπάγεται αύξηση του καταναλισκόμενου ρεύματος για αντλήσεις από μεγαλύτερα βάθη.
- Η ποιοτική υποβάθμιση των υπόγειων νερών λόγω διείσδυσης της θάλασσας στους υδροφορείς – υφαλμύριση.
- Η δημιουργία προβλημάτων επάρκειας νερού (μείωση των αποθεμάτων)
- Οι καθιζήσεις στην επιφάνεια του εδάφους, οι καταβυθίσεις (βουλιάγματα) μεγάλων διαστάσεων και σε άλλων μορφών μετακινήσεις και εδαφικές παραμορφώσεις.

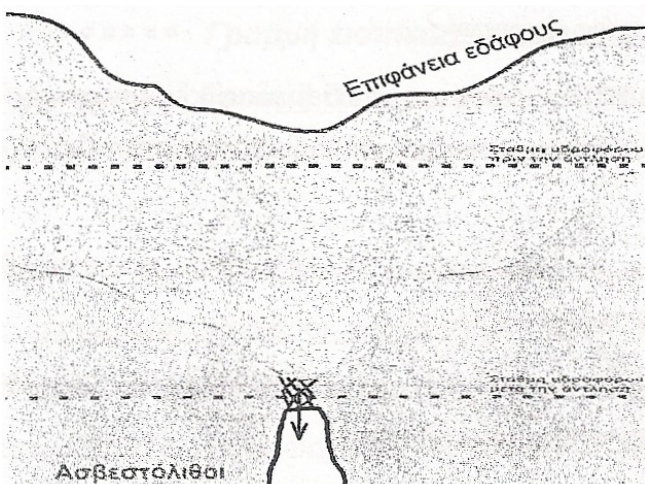
Όσον αφορά την τελευταία επίπτωση της υποχώρησης του εδάφους λόγω πτώσης στάθμης του υπόγειου νερού αξίζει να αναφέρουμε τα εξής: *Τα φαινόμενα των καθιζήσεων και των καταβυθίσεων εκδηλώνονται σε μεγάλη έκταση και ένταση κυρίως σε περιοχές με κοκκώδη ιζήματα περιορισμένης συμπύκνωσης – στερεοποίησης, τοποθετημένα σε αλληλουχία υδροστεγανών – υδροπερατών στρωμάτων εντός των οποίων αναπτύσσεται υπό πίεση (αρτεσιανή) υπόγεια υδροφορία.* Κλειδί για την κατανόηση του φαινομένου αποτελεί η γνώση της ελαστικότητας του υπόγειου υδροφορέα και η δυνατότητα ελάττωσης του πορώδους δια των διαδικασιών συμπύκνωσης – στερεοποίησης. Σε μικρότερη κλίμακα τα φαινόμενα αυτά λαμβάνουν χώρα και σε περιοχές με ελεύθερους υδροφόρους ορίζοντες. Επιπροσθέτως αναφέρουμε ότι τα παραπάνω επιδεινώνονται και επιταχύνονται σε περιόδους παρατεταμένης ξηρασίας, όπου λόγω μείωσης της

τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφόρων από τα νερά των ελαττωμένων βροχοπτώσεων προκαλείται πρόσθετη πτώση της υδροστατικής ή της πιεζομετρικής στάθμης αυτών.



Σχήμα 20: Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας αύξησης της φόρτισης του εδάφους με τον υποβιβασμό του υδροφόρου a (πηγή: Δ. Ρόζος, Τεχνική Γεωλογία 2007)

Παρατηρώντας το παραπάνω σχήμα 20 γίνεται αντιληπτό ότι $S_{A1} > S_A$ και επομένως διαπιστώνεται σημαντική αύξηση τάσης στο εδαφικό κομμάτι στο A άρα εκδήλωση εδαφικών υποχωρήσεων, εφόσον οι σχηματισμοί είναι επιρρεπείς προς αυτό. Γενικά το μέγεθος της εδαφικής υποχώρησης στην επιφάνεια εξαρτάται από το πάχος των στρωμάτων που μπορεί να υποστούν συμπίκνωση, τη συμπιεστότητά τους, αλλά και την ποσότητα του νερού που απομακρύνεται με τον υποβιβασμό της στάθμης (Δ. Ρόζος 2007).



Σχήμα 21: Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας αύξησης της φόρτισης του εδάφους με τον υποβιβασμό του υδροφόρου b (Δ. Ρόζος Τεχνική Γεωλογία 2007)

Στην περίπτωση του σχήματος 21 τα εδαφικά υλικά καλύπτουν ασβεστολιθικούς σχηματισμούς, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από την παρουσία καρστικών εγκοίλων. Καθώς η στάθμη του υδροφόρου υποβιβάζεται λόγω άντλησης, η αύξηση της φόρτισης επιφέρει την εμφάνιση στην επιφάνεια βαθιών εδαφικών υποχωρήσεων (βυθίσεων) περίπου κυκλικής μορφής (sink holes) ή και αβαθών (shallow holes), λόγω κατάρρευσης των εδαφικών υλικών στο χώρο των διαβρωσιγενών κοιλοτήτων του ασβεστόλιθου.

Με την απομάκρυνση ενός ρευστού από το έδαφος όπως προαναφέρθηκε επέρχεται αύξηση των τάσεων. Η αύξηση αυτή προκαλεί επαναπροσανατολισμό των εδαφικών σωματιδίων, δηλαδή αύξηση στην πυκνότητα του εδάφους που υφίσταται την όλη διαδικασία και κατά συνέπεια μείωση του όγκου του. Η μείωση αυτή εκδηλώνεται με τη μορφή της εδαφικής υποχώρησης. Όταν η εδαφική υποχώρηση είναι ομαλή, υπάρχουν ομοιόμορφες συνθήκες στην περιοχή και το πρόβλημα αντιμετωπίζεται συνολικά. Αν οι εδαφικές υποχωρήσεις διαφοροποιούνται από περιοχή σε περιοχή τότε τα προβλήματα είναι πολύ πιο σημαντικά, καθώς εκδηλώνονται εφελκυστικές ρωγμές. Οι αλλαγές και αλλοιώσεις στο υπέδαφος και στην επιφάνεια του εδάφους των μορφών που προαναφέρθηκαν μπορούν να προκαλέσουν καταστροφές ή σημαντικές βλάβες σε έργα υποδομής π.χ. σε δρόμους, σιδηροδρομικές γραμμές, δίκτυα ύδρευσης – αποχέτευσης – φυσικού αερίου, καθώς και σε οικοδομές και γενικότερα σε επιφανειακά και υπόγεια έργα. (Δ. Ρόζος 2007)

Υπάρχουν πάρα πολλά παραδείγματα εδαφικών υποχωρήσεων σε πολλές χώρες αλλά και στην Ελλάδα. Όσον αφορά την Ελλάδα παραθέτουμε τα εξής:

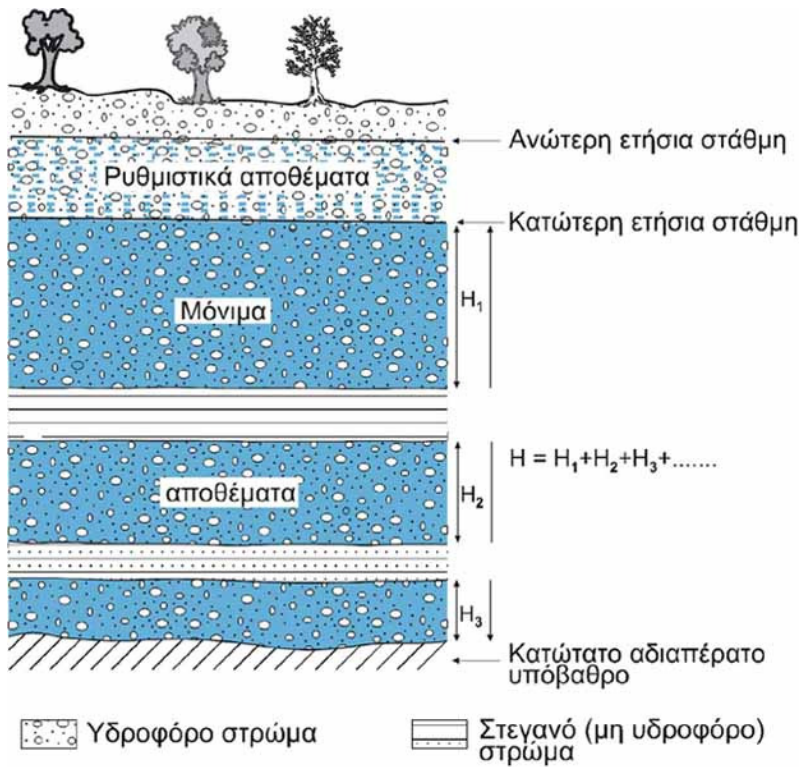
Καθιζήσεις λόγω υπεραντλήσεων των αρτεσιανών οριζόντων της δυτικής Θεσσαλίας αναφέρονται από Γ. Καλλέργη (1971) και αποδίδονται στην περιορισμένη ελαστικότητά τους. Στη νότια Θεσσαλία αναφέρονται καθιζήσεις από το Γ. Σούλιο (1980) στις περιοχές Σοφάδων, Παλαμά, Ν. Μοναστηρίου, Κάτω Δομοκού. Ο ίδιος έχει παρατηρήσει καθιζήσεις στο λεκανοπέδιο της Ξυνιάδας *στη Φθιώτιδα* και στο βόρειο *τμήμα της κοιλάδας του Σπερχειού (περιοχή Στιρφάκων)*. «Η διαπίστωση της υποχώρησης της επιφάνειας του εδάφους έγινε από ρωγματώσεις που τις συνοδεύουν και που οφείλονται στη μη ελαστικότητά του. Ακόμη γύρω από την αντλούμενη γεώτρηση η υποχώρηση του εδάφους ήταν έκδηλη. Επειδή συνήθως αυτή η υποχώρηση του εδάφους είναι ανισομερής θα μπορούσε να είχε σημαντικές συνέπειες αν συνέβαινε σε περιοχές με πυκνές κτιριακές εγκαταστάσεις, γιατί θα μπορούσε να προκαλέσει στα κτίρια αυτά ρωγματώσεις, βυθίσεις, αποκλίσεις κλπ.» Λόγω των υπεραντλήσεων της τελευταίας εικοσαετίας από τα υπόγεια

νερά του *Θεσσαλικού κάμπου*, οι πτώσεις της στάθμης τους είναι μεγάλες. Έχει υπολογιστεί ότι η υπερεκμετάλλευση το 1994 υπερέβει τις φυσικές ανανεώσεις των υδροφόρων στρωμάτων κατά τα $100 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Μαρίνος et al, 1995). Οι υπεραντλήσεις έχουν προκαλέσει αρνητικό ισοζύγιο υπόγειων νερών στη μεγαλύτερη έκταση του Θεσσαλικού κάμπου, με εξαίρεση λίγες περιοχές, όπως η περιοχή Καλαμπάκας, Τρικάλων, η περιοχή Τυρνάβου και άλλες μικρότερες στα κράσπεδά της που εφάπτονται με καρστικές υδροφορίες. Μία από τις σημαντικότερες σε έκταση και σε μέγεθος καθιζήσεις στον Ελληνικό χώρο που έχουν προκληθεί από υπεραντλήσεις υπόγειων νερών, αφορά την *περιοχή Καλοχωρίου Θεσσαλονίκης*. Στην ευρεία περιοχή Καλοχωρίου – Σίνδου υπάρχουν πολλές εκατοντάδες γεωτρήσεις μεταξύ των οποίων πολυάριθμες γεωτρήσεις του οργανισμού ύδρευσης Θεσσαλονίκης (Ο.Υ.Θ.) καθώς και πολλών υδροβόρων βιομηχανικών μονάδων της Βιομηχανικής Ζώνης Θεσσαλονίκης. Οι υδροφόροι ορίζοντες οι οποίοι αξιοποιούνται από τις γεωτρήσεις αυτές είναι υπό πίεση, υπεραντλούνται επί σειρά ετών, γεγονός που οδήγησε σε εγκατάσταση αρνητικού ισοζυγίου υπόγειων νερών με αποτέλεσμα τη συνεχή πτώση της πιεζομετρικής επιφάνειάς των. Τούτο είχε ως αποτέλεσμα την εκδήλωση καθιζήσεων στην επιφάνεια του εδάφους σε μεγάλη έκταση. Με δεδομένα τα πολύ μικρά υψόμετρα του εδάφους, πολλές περιοχές εξαιτίας των καθιζήσεων βρίσκονται προ πολλού σε αρνητικά υψόμετρα. Για να προστατευθούν οι περιοχές αυτές από κατάκλιση, έχει κατασκευασθεί κατά μήκος της ακτής της θάλασσας, μεγάλου μήκους ανάχωμα που εμποδίζει την επιφανειακή είσοδό της προς το εσωτερικό της στεριάς και την κατάκλισή της.

Από τις μελέτες που έχουν εκπονηθεί, από την αρχή των υδρογεωλογικών ερευνών μέχρι και σήμερα, στην περιοχή του Σπερχειού, τα στοιχεία του ισοζυγίου που παρουσιάζονται σε αυτές το καθιστούν ελλειμματικό (οι απολήψεις υπερέβησαν την ανατροφοδότηση κατά $25 \times 10^6 \text{ m}^3$ - *στοιχεία μελέτης 2010*) Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις υπεράριθμες γεωτρήσεις (κυρίως ιδιωτικές σε ποσοστό 85%) που λειτουργούν καθώς και την διάταξη των υφάλμυρων ζωνών που αναφέρθηκαν πιο πάνω, αναδεικνύει το μεγάλο θέμα της υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων νερών και στην περιοχή μελέτης της υπάρχουσας εργασίας με υπεραντλήσεις. Στην περιοχή μελέτης εκτός από τις 12 γεωτρήσεις στις οποίες είχαμε πρόσβαση και τις οποίες συμπεριλάβαμε στην έρευνα, το σύνολο των εν λειτουργία γεωτρήσεων ανέρχεται περίπου στις 40 σε αριθμό. (οι 6 γεωτρήσεις ανήκουν στον ΤΟΕΒ).

Στην παρούσα εργασία δεν διαπιστώθηκε πτώση στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα γιατί δεν είχα μετρήσεις, επειδή όμως η περιοχή ενδιαφέροντος αποτελεί το μέρος του πεδινού τμήματος της λεκάνης του Σπερχειού με την ποικιλία των σύγχρονων αποθέσεων και τη χαλαρή δομή των λεπτόκοκκων υλικών της πρόσφατης γεωλογικώς και σύγχρονης ιζηματογένεσης του ποταμού Σπερχειού (αλλούβια πρόσφατων σχηματισμών, αλλούβια στους κώνους αποθέσεως των ρεμάτων, αυτόχθονα στις πλαγιές επί ασβεστολιθικών και σχιστολιθικών πετρωμάτων και αλόμορφα-παθογενή τα οποία προέκυψαν από τις παρατεταμένες κατακλύσεις της χαμηλής παράκτιας περιοχής) και με την ανάπτυξη διαφόρων υδροφοριών υπό πίεση αλλά και ελεύθερων, αποτελεί μία περιοχή που πληρεί όλες τις προϋποθέσεις για την εμφάνιση καθιζήσεων λόγω υπεράντλησης των υπόγειων νερών της και έτσι τίθεται θέμα διερεύνησης του φαινομένου. Ένα στοιχείο που συγκλίνει σε αυτή την κατεύθυνση είναι τα αρνητικά υψόμετρα που σημειώνονται στο ανατολικό τμήμα της περιοχής που δυσχεραίνουν την αποστράγγιση και κάνουν αναγκαία την ύπαρξη και λειτουργία του αντλιοστασίου ώστε τα στραγγιζόμενα νερά ύστερα από την άντλησή τους να καταλήξουν στη θάλασσα του Μαλιακού κόλπου. Για να αποφευχθεί η εισχώρηση του θαλασσινού νερού στην ξηρά έχει κατασκευαστεί παράκτιο ανάχωμα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με πληροφορίες από το ΤΟΕΒ Ροδίτσας τα δύο τελευταία χρόνια (2010 - 2011) δεν χρησιμοποιήθηκαν οι 6 γεωτρήσεις του ΤΟΕΒ για άρδευση των καλλιεργειών. Οι ανάγκες σε αρδευτικό νερό καλύφθηκαν από τα επιφανειακά νερά του Σπερχειού και της Μεγάλης Βρύσης αλλά και από τις ιδιωτικές γεωτρήσεις που λειτούργησαν κανονικά στο σύνολό τους.



Εικόνα 54: Προφίλ αποθεμάτων του υπόγειου νερού σε ελεύθερο υδροφόρου ορίζοντα

Αρνητικό ισοζύγιο δημιουργείται όταν έχουν αντληθεί τα ρυθμιστικά αποθέματα δηλαδή τα ετησίως ανανεούμενα και η άντληση συνεχίζεται από τα μόνιμα αποθέματα.

5.2 Πηγές δυνητικής ρύπανσης των υδατικών πόρων στην περιοχή

Στις σύγχρονες βιομηχανικές κοινωνίες είναι γενικά γνωστό ότι οι ποταμοί, εκτός από την όποια σημαντική ιστορία τους και τη ζωτική σημασία τους για τα μέρη απ' όπου περνούν (ύδρευση, άρδευση, μεταφορές κλπ), παράλληλα αποτελούν και βασικούς δρόμους μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων ρύπων ποικίλης προέλευσης προς τη θάλασσα. Συγχρόνως όμως, εκτός από τη διατάραξη των ποτάμιων, παραποτάμιων και παράκτιων οικοσυστημάτων που μπορεί να προκαλέσει η ρύπανση, διαταράσσονται οι υπόγειοι υδροφορείς, τα εδάφη, οι καλλιέργειες (ρυπασμένο αρδευτικό νερό) και γενικά κάθε δραστηριότητα που εξαρτάται άμεσα ή έμμεσα από το νερό του ποταμού. Εν τέλει τελικός αποδέκτης αυτή της περιβαλλοντικής υποβάθμισης θα είναι ο άνθρωπος και η οποία πολλές φορές εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία του.

5.2.1 Οικολογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής στη λεκάνη του Σπερχειού

Οι εκβολές και οι γύρω περιοχές σχηματίζουν ένα ποικίλο τοπίο. Υπάρχουν δύο τύποι φυσικής βλάστησης. Η πρώτη απαντά κατά μήκος του ποταμού, ενώ η δεύτερη καλύπτει την περιοχή των αλίπεδων.

Ο Μαλιακός κόλπος υποστηρίζει σημαντική παραγωγή σε ψάρια και δίθυρα μαλάκια. Υπάρχει επίσης πολύ καλό δυναμικό για την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών. Το Λιβάρι, στο εσωτερικό τμήμα του κόλπου, είναι ένα φυσικό θαλάσσιο πάρκο για την αναπαραγωγή ψαριών και την ανάπτυξη των νεαρών ιχθυδίων. Ο ποταμός υποστηρίζει πολλά σημαντικά (ενδημικά ή/και προστατευόμενα) είδη ψαριών. Στις θερμές πηγές των Θερμοπυλών απαντά το αφρικάνικο ψάρι *Tilapia nilotica*. Επίσης, οι καρστικές πηγές της Αγίας Παρασκευής έχουν σπουδαίο οικολογικό ενδιαφέρον, γιατί αποτελούν βίοτοπο για το ενδημικό ψάρι Ελληνοπυγόστεος (*Pungitius hellenicus*), είδος το οποίο βρίσκεται μόνο στο σύστημα του Σπερχειού.

Οι υγρότοποι των εκβολών αποτελούν ένα μοναδικό, μεγάλης έκτασης οικοσύστημα κατά μήκος των ανατολικών ακτών της ελληνικής χερσονήσου. Η ορνιθοπανίδα της περιοχής παρουσιάζει ιδιαίτερο πλούτο και ενδιαφέρον. Συνολικά έχουν καταγραφεί 182 είδη πτηνών. Στο σύστημα των εκβολών του Σπερχειού διαχειμάζουν μεγάλοι πληθυσμοί υδρόβιων και παρυδάτιων πτηνών, αλλά και μια σημαντική ποικιλία αρπακτικών πτηνών μικρού και μεσαίου μεγέθους. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η ιχθυοπανίδα της περιοχής. Η περιοχή ανήκει στο Ευρωπαϊκό δίκτυο "NATURA 2000".

5.2.2 Χρήσεις γης

Σύμφωνα με στοιχεία της απογραφής του 2001 ο πληθυσμός στο νομό Φθιώτιδας φθάνει τις 178.771 κατοίκους . Η πρωτεύουσα του νομού και κυριότερη πόλη είναι η Λαμία με 73.574 περίπου κατοίκους. Οι γεωργικές εκτάσεις καταλαμβάνουν το 26,4% της έκτασης της λεκάνης του Σπερχειού, οι βοσκότοποι το 34,1%, τα δάση 34,8% και υπόλοιπες εκτάσεις το 4,7%.

Η γεωργία είναι η σημαντικότερη δραστηριότητα του πρωτογενή τομέα στον νομό Φθιώτιδας και απασχολεί το 29% περίπου του ενεργού πληθυσμού. Η γεωργική εκμετάλλευση είναι προσανατολισμένη σε περιορισμένο αριθμό καλλιεργειών. Το μεγαλύτερο μέρος της (71%) καταλαμβάνεται από αροτραίες καλλιέργειες (43,6%) και βιομηχανικά φυτά σε ποσοστό 19,45% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης. Οι δενδρώδεις καλλιέργειες καταλαμβάνουν το 24,45% του συνόλου των καλλιεργειών και αποτελούνται κατά το μεγαλύτερο μέρος τους από ελαιώνες. Γενικά οι καλλιέργειες στην περιοχή είναι: χειμερινά σιτηρά, καλαμπόκι, βαμβάκι, ρύζι, ζαχαρότευτλα, μηδική, τομάτα, κηπευτικά και ελιές, με κυριότερα προϊόντα το ελαιόλαδο, το βαμβάκι, το σιτάρι, το ρύζι και τη βιομηχανική ντομάτα.

Οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής ευνοούν την εκτροφή τόσο μεγάλων όσο και μικρών ζώων. Τα σημαντικότερα αγροτικά ζώα που εκτρέφονται είναι οι αίγες, τα πρόβατα, τα βοοειδή, οι χοίροι και οι κότες, ενώ σημαντική για την περιοχή είναι η εκτροφή μελισσών που αντιστοιχεί στο 1,6% περίπου του συνόλου της χώρας (αριθμός κυψελών).

Στην περιοχή της Φθιώτιδας εκτός από τη διάσπαρτες βιομηχανίες υπάρχει και το συγκρότημα Βιομηχανικής Περιοχής Λαμίας της ΕΤΒΑ στο οποίο είναι συγκεντρωμένες 19 παραγωγικές εγκαταστάσεις.

5.2.3 Πηγές Ρύπανσης

Στην λεκάνη του Σπερχειού Ποταμού εντοπίζονται σημειακές και μη σημειακές πηγές ρύπανσης. Οι σημειακές πηγές σχετίζονται με αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα. Εξαιτίας του βιολογικού καθαρισμού της Λαμίας και των λίγων σχετικά βιομηχανιών στην περιοχή, η επιβάρυνση από τις πηγές αυτές δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη και παρατηρούνται κυρίως περιστασιακά – εποχιακά φαινόμενα (π.χ. από την λειτουργία ελαιοτριβείων). Οι μη σημειακές (διάχυτες) πηγές ρύπανσης συνδέονται με τις γεωργικές

καλλιέργειες και την χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων σε αυτές και παίζουν σημαντικό ρόλο στο ρυπαντικό φορτίο της περιοχής.

Ο Σπερχειός αποτελεί τον αποδέκτη των απορροών του μεγαλύτερου μέρους των γεωργικών εκτάσεων του νομού Φθιώτιδας, οι καλλιέργειες των οποίων απαιτούν τη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Τα κυριότερα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στην περιοχή είναι η φωσφορική αμμωνία, η ασβεστούχος νιτρική αμμωνία, η νιτρική αμμωνία, το αραιό υπερφωσφωρικό, το θειικό κάλιο, το μικτό 11-15-15, το μικτό 8-16-24, το νιτρικό κάλιο (16-0-46) και η θειική αμμωνία (Α. Καστρίτης, 2007). Τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται ετησίως στην κοιλάδα του Σπερχειού παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2: Είδη και ποσότητες φυτοφαρμάκων σε τόνους

Φυτοφάρμακο	Ετήσια Κατανάλωση (tn)
Ζιζανιοκτόνα	121
Εντομοκτόνα	110
Μυκητοκτόνα	45
Ρυθμιστές ανάπτυξης	30

(Πηγή: Διεύθυνση Γεωργίας Φθιώτιδας - πρακτικά ημερίδας ΣΠΕΡΧΕΙΟΣ 2000+ 04.05.1995)

Ο Σπερχειός αποτελεί αποδέκτη των αποβλήτων κτηνοτροφικών μονάδων, σφαγείων, βιομηχανιών, καθώς και λυμάτων και στερεών απορριμμάτων. Τα ρυπαντικά αυτά φορτία μεταφέρονται στην θάλασσα μέσω του ποταμού προκαλώντας τις αντίστοιχες αρνητικές συνέπειες. Στον Σπερχειό καταλήγουν επίσης τα λύματα της Λαμίας μετά από προχωρημένη επεξεργασία με απομάκρυνση άνθρακα και αζώτου, καθώς και τα επεξεργασμένα λύματα της Βιομηχανικής Περιοχής Λαμίας. Μέχρι το 1994 το σύνολο των αστικών λυμάτων όλων των οικισμών της περιοχής μελέτης κατέληγαν, χωρίς κατεργασία στα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά της περιοχής. Η έναρξη της λειτουργίας του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων της πόλης της Λαμίας άρχισε να μειώνει τη ζημιά στο περιβάλλον.

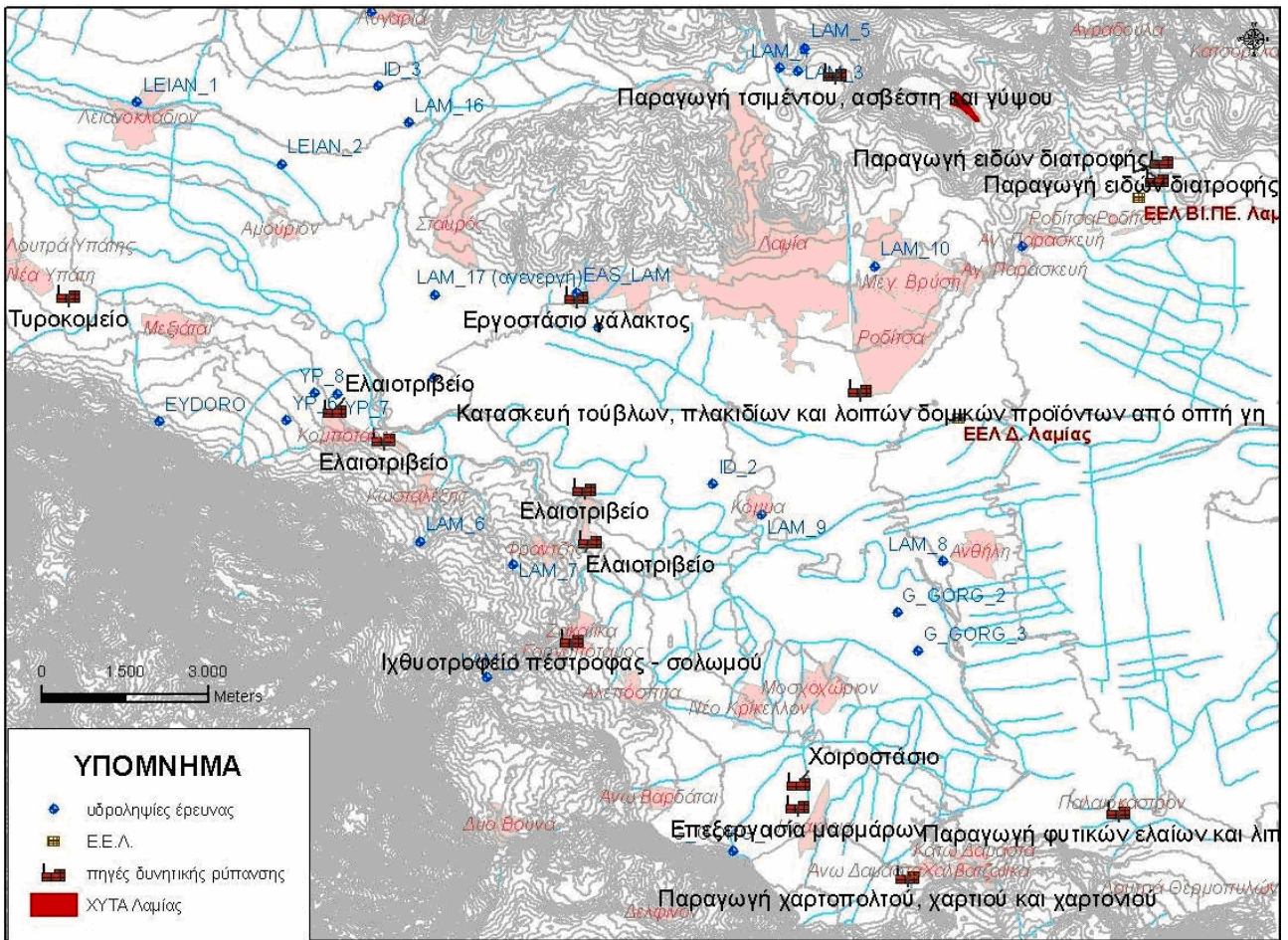
Στην περιοχή αν και δεν παράγονται σημαντικές ποσότητες αποβλήτων από την βιομηχανία, τα ελαιοτριβεία θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη διότι δεν ελέγχεται ο τρόπος διάθεσης των λυμάτων τους. (Α. Καστρίτης, 2007).

Στη συνέχεια παρατίθενται οι πλέον σημαντικές βιομηχανικές – βιοτεχνικές εγκαταστάσεις, οι οποίες δραστηριοποιούνται στην ευρύτερη περιοχή και θα μπορούσαν, δυνητικά, να προκαλέσουν ρύπανση τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων υδάτων (πίνακας 5.3).

Πίνακας 5.3: Βιομηχανικές/ Βιοτεχνικές δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή

ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΕΙΔΟΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΠΗΓΗ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
CHIRITA INTERNATIONAL AE	Παραγωγή ειδών διατροφής	Δίκτυο ΒΙΠΕ	Άγνωστο	ΕΕΛ ΒΙΠΕ Λαμίας
ΑΘΗΝΑΪΚΗ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗ ΑΡΤΟΠΟΪΑ Α.Β.Ε.Ε.	Παραγωγή ειδών διατροφής	Δημόσιο δίκτυο	Άγνωστο	ΕΕΛ ΒΙΠΕ Λαμίας
ΑΦΟΙ Δ. ΑΚΡΙΔΑ Α.Ε.	Προπαρασκευή και νηματοποίηση υφαντικών ινών	Δημόσιο δίκτυο-Ιδιωτική γεώτρηση	1ου βαθμού	Υπεδάφια
ΕΛΑΙΟΥΡΓΙΚΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ	Παραγωγή φυτικών και ζωικών ελαίων και λιπών	Ρέοντα ύδατα	1ου βαθμού	Λεκάνη Σπερχειού
ΧΑΡΤΟΠΟΪΑ ΦΘΙΩΤΙΔΟΣ Α.Ε.	Παραγωγή χαρτοπολτού, χαρπιού και χαρτονιού	Ιδιωτική Γεώτρηση	2ου βαθμού	Σπερχειός
ΑΦΟΙ ΧΡ. ΖΑΡΚΑΔΟΥΛΑ Α.Ε.	Κατασκευή τούβλων, πλακιδίων και λοιπών δομικών προϊόντων από οπτή γη	Ιδιωτική Γεώτρηση	Άγνωστο	Λεκάνη Σπερχειού
ΑΦΟΙ ΚΥΡΙΤΣΗ-ΛΑΤΟΜΕΙΑ Α.Β.Ε.Ε.	Παραγωγή τσιμέντου, ασβέστη και γύψου	Ιδιωτική Γεώτρηση	Άγνωστο	Λεκάνη Σπερχειού
EUROMARBLE	Επεξεργασία μαρμάρων	Δημόσιο δίκτυο	Άγνωστο	Άγνωστο
ΔΡΙΒΑΣ	Χοιροστάσιο	Δημόσιο δίκτυο	βόθρος - κόσκινα	Λεκάνη Σπερχειού
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΓΑΛΑΚΤΟΣ Ε.Γ.Σ.ΛΑΜΙΑΣ	Εργοστάσιο γάλακτος	Δημόσιο δίκτυο-Ιδιωτική Γεώτρηση	Άγνωστο	Άγνωστο
AURORA SALMON	Ιχθυοτροφείο πέστροφας - σολωμού	Ρέοντα ύδατα	Άγνωστο	Άγνωστο
ΚΟΥΤΣΟΚΕΡΑΣ	Ελαιοτριβείο	Δημόσιο δίκτυο	Άγνωστο	Άγνωστο
ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ	Ελαιοτριβείο	Δημόσιο δίκτυο	βόθροι - επιφανειακή διάθεση	Λεκάνη Σπερχειού
ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥ-ΛΟΣ	Ελαιοτριβείο	Δημόσιο δίκτυο	επεξεργασία εξουδετέρωσης	Λεκάνη Σπερχειού
ΚΑΤΣΑΡΟΣ	Ελαιοτριβείο	Ιδιωτική Γεώτρηση	βόθροι - επιφανειακή διάθεση	Λεκάνη Σπερχειού
ΧΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ	Τυροκομείο	Δημόσιο δίκτυο	Άγνωστο	Άγνωστο

(Πηγή: Π. Αρβανίτης, 2009)



Εικόνα 55: Αποτύπωση σημειακών πηγών δυνητικής ρύπανσης υδάτων στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Σπερχειού. (Πηγή: Π. Αρβανίτης, 2009)

5.3 Ανθρωπογενείς επεμβάσεις στο Δέλτα του Σπερχειού

Τα Δελταϊκά οικοσυστήματα, παρουσιάζουν αυξημένη παραγωγικότητα, λόγω των ιδιαίτερων γεωλογικών, υδρογεωμορφολογικών και εδαφολογικών χαρακτηριστικών τους και για το λόγο αυτό συγκεντρώνουν έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα (γεωργία). Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι δραστηριότητες αυτές αναπτύσσονται με πλημμελή σχεδιασμό (χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, κλπ) και προκαλούν αυξημένες πιέσεις στα ευαίσθητα Δελταϊκά οικοσυστήματα. Η εντατικοποίηση των ανθρωπογενών επεμβάσεων, στην έκταση του δέλτα του Σπερχειού, ιδιαίτερα μετά τη δεκαετία του '50, έχουν επηρεάσει τα φυσικά οικοσυστήματά του, σε διαφορετικό βαθμό, το καθένα, ανάλογα με το είδος, το μέγεθος και τη θέση της παρέμβασης. Παρακάτω παρατίθενται οι κυριότερες ανθρωπογενείς επεμβάσεις στη δελταϊκή έκταση του Σπερχειού. (Ανθρωπογενείς επιδράσεις στο Δέλτα του π. Σπερχειού – Μέτρα προστασίας, ανάδειξης και διαχείρισης των φυσικών οικοσυστημάτων, Ευθυμίου, Μερτζάνης, Σαπουντζής, Ζακυνθινός, HELECO '05)

- Οι "γεωργικές καλλιέργειες" που έχουν επεκταθεί εις βάρος της φυσικής παρόχθιας βλάστησης. Στα περισσότερα τμήματα, της παρόχθιας ζώνης, η βλάστηση, έχει εξαφανιστεί τελείως ή έχει περιοριστεί σε στενή λωρίδα βλάστησης κατά μήκος της κοίτης του ποταμού, γνωστό ως "δάσος γαλαρία". Συνέπεια της καταστροφής της παρόχθιας βλάστησης είναι η μείωση της βιοποικιλότητας των οικοσυστημάτων, ενώ παράλληλα περιορίζονται οι έμμεσες ωφέλειες, από την ύπαρξή τους.
- Η συνεχώς αυξανόμενη "εντατικοποίηση των γεωργικών καλλιεργειών", η "χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων", η "υπεράντληση των υπόγειων υδάτων" από τις γεωτρήσεις και οι "αλόγιστες αρδεύσεις", που επιβαρύνουν σωρευτικά τα φυσικά οικοσυστήματα της περιοχής, θέτουν σε κίνδυνο την πανίδα και την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Από τα συνολικά ετήσια κατακρημνίσματα της κοιλάδας του Σπερχειού μόνο το 5,8% χρησιμοποιείται στην άρδευση των καλλιεργειών, ενώ περίπου το 40% της αρδευόμενης έκτασης, ποτίζεται με επιφανειακά και το 60% με υπόγεια (Κ. Γεωργίου, 1995).

- Η *"διευθέτηση και μετατόπιση της κύριας κοίτης"* του ποταμού, κατόπιν της οποίας δραστηριοποιήθηκε ο μηχανισμός άμυνας του, με συνέπεια τη δημιουργία παρόχθιων οικοσυστημάτων στη νέα κοίτη ενώ στην περιοχή της παλιάς (με ελάχιστη ροή πλέον) κοίτης, εγκαταστάθηκαν νέα είδη.
- Οι *"απολήψεις λεπτόκοκκου και χοντρόκοκκου υλικού (αμμοληψίες)"* από την κοίτη του ποταμού, που επηρεάζουν ανάλογα τα ύδατα της περιοχής, την υδραυλική του ποταμού καθώς και τη δίαιτα των ιζημάτων του παράκτιου χώρου, με αποτέλεσμα την εμφάνιση τοπικών φαινομένων οπισθοδρόμησης της ακτογραμμής, στα ανατολικότερα τμήματα.
- Η *"διάνοιξη δρόμων"*, σε συνδυασμό με την κατασκευή *"αρδευτικών και στραγγιστικών δικτύων"* και *"αναχωμάτων"*, που δημιούργησε μια χαρακτηριστική ενότητα περιβάλλοντος, η οποία εκτείνεται και καταλαμβάνει σημαντικά τμήματα του δέλτα.
- Η *"ανεξέλεγκτη διάθεση αστικών λυμάτων και οικιακών απορριμμάτων"* των οικισμών, καθώς και των υγρών και στερεών βιομηχανικών αποβλήτων, που επιβαρύνουν την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Ρέματα, ποταμοχείμαροι και παραπόταμοι του Σπερχειού, αλλά και ο ίδιος ο Σπερχειός γίνονται αποδέκτες ζωικών αποβλήτων, παράνομης εκκένωσης βυτίων λυμάτων, απόθεσης αδρανών, απορριμμάτων, μπαταριών και ελαστικών.

κεφάλαιο

6

Συμπεράσματα - Προτάσεις

6. Συμπεράσματα – Προτάσεις

Φτάνοντας στο τέλος αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας θα γίνει μία προσπάθεια σύντομης ανασκόπησης της εξέλιξης αυτής της μελέτης και παράθεσης των συμπερασμάτων της. Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε η διερεύνηση του καθεστώ των υδατικών πόρων ανατολικά της περιοχής της Ροδίτσας Λαμίας που αφορά το δελταϊκό τμήμα της λεκάνης, βόρεια της Νέας Κοίτης του Σπερχειού. Μέσω της συλλογής, μελέτης και επεξεργασίας των απαραίτητων στοιχείων, εντοπίστηκαν και καταγράφηκαν οι υδατικοί πόροι (υπόγειοι και επιφανειακοί) και οι μηχανισμοί διάθεσης αυτών στη γεωργία. Εν γένει εντοπίστηκε ο τρόπος αξιοποίησης υδατικών πόρων και μέσω αυτού τυχόν λανθασμένοι τρόποι διαχείρισής τους. Διερευνήθηκαν οι διαφορετικές πηγές τροφοδοσίας (Σπερχειός, καρστικές πηγές Μεγάλης Βρύσης και υπόγειοι υδροφορείς) και όπου η επάρκεια των μετρήσεων μας το επέτρεψε, προχωρήσαμε σε επεξεργασία - αξιολόγηση αυτών. Έγινε εκτενής περιγραφή όλων των δράσεων που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή, αλλά και των δράσεων που συμβαίνουν εκτός των ορίων της που έχουν όμως άμεσο αντίκτυπο σε αυτήν. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη διερεύνηση της ποιοτικής κατάστασης των υδάτων της περιοχής (υπόγειων και επιφανειακών) μέσω δειγματοληψίας, χημικών αναλύσεων και επεξεργασίας – αξιολόγησης αυτών. Μέσω της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων αναζητήθηκαν πηγές προέλευσης των διαφόρων συγκεντρώσεων των κύριων συστατικών που μετρήθηκαν.

Στη συνέχεια ακολουθούν συγκεντρωτικά τα συμπεράσματα που εξάγονται από την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας καθώς επίσης και προτάσεις που αποσκοπούν στη βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης στην περιοχή.

➤ Συμπεράσματα:

- Από τον υπολογισμό του μέσου υδατικού ισοζυγίου στο μετεωρολογικό σταθμό της Λαμίας προκύπτουν τα εξής: Έλλειμμα νερού υπάρχει από τα μέσα Απριλίου έως τα μέσα του Οκτωβρίου, γι' αυτό την περίοδο αυτή είναι αυξημένες οι αρδευτικές ανάγκες στη περιοχή. Η χρησιμοποίηση της εδαφικής υγρασίας πραγματοποιείται από τα μέσα Απριλίου μέχρι τα μέσα Αυγούστου. Η αναπλήρωση της εδαφικής υγρασίας πραγματοποιείται από τα μέσα του μήνα Οκτωβρίου, ενώ πλεόνασμα νερού εμφανίζεται την περίοδο από τα μέσα Οκτωβρίου έως και τα μέσα Απριλίου.

- Από τον υπολογισμό των αναγκών σε αρδευτικό νερό που αφορούν τις καλλιέργειες του αναδασμού, οι ανάγκες για καλλιεργήσιμη έκταση 11630 στρεμμάτων στην οποία καλλιεργούνται ρύζι, βαμβάκι, τριφύλλι και σιτηρά κυμαίνονται στα $11 \times 10^6 \text{ m}^3$.
- Από γεωλογικής σκοπιάς η περιοχή μελέτης αποτελείται κατά κύριο λόγο από τις δελταϊκές προσχωματικές αποθέσεις του Σπερχειού, οι οποίες συνίστανται από εναλλαγές αδρομερών και λεπτομερών υλικών, δηλαδή υλικά υψηλής περατότητας όπως (ασύνδετα υλικά, κροκάλες και λατύπες ποικίλου μεγέθους, χαλίκια, άμμους) και χαμηλής περατότητας όπως (αργίλους, ιλύες και πηλούς). Επίσης ένα μικρό τμήμα βόρεια της περιοχής καταλαμβάνεται από αποκαρστωμένους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους με υπόβαθρο τους στεγανούς σχηματισμούς της σχιστοκερατολιθικής διαπλάσεως, οι οποίοι ελέγχουν τη διακίνηση των υπογείων υδάτων. Το τμήμα αυτό ανήκει στο καρστικό σύστημα της Λαμίας
- Από υδρογεωλογικής σκοπιάς στο πεδινό τμήμα της λεκάνης, με την ποικιλία σύγχρονων αποθέσεων, αναπτύσσονται διάφορες υδροφορίες, ελεύθερες και υπό πίεση, ενώ στο βόρειο τμήμα εκφορτίζεται μέσω των πηγών της Μεγάλης Βρύσης ο ισχυρός υδροφόρος που αναπτύσσεται στους ασβεστόλιθους του καρστικού συστήματος της Λαμίας.
- Η λειτουργία της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Λαμίας (ΕΕΛΛ) έχει μειώσει την τάση ευτροφικής ρύπανσης που έχει παρατηρηθεί στο Μαλιακό κόλπο, καθώς έχουν μειωθεί δραστικά οι ποσότητες των ανεπεξέργαστων λυμάτων που καταλήγουν στον κόλπο. Η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων στην άρδευση καλλιεργειών, αναμένεται να μειώσει επιπλέον την επιβάρυνση που δέχεται από τα λύματα ο Μαλιακός κόλπος, ενώ οι αζωτούχες και φωσφορικές ενώσεις που έχουν τα λύματα αποτελούν, γενικά, πλεονέκτημα κατά τη χρήση τους στην άρδευση καλλιεργειών.

• Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων των υπόγειων νερών σημειώνουμε τα εξής:

1. Ο χαρακτήρας των υπόγειων νερών είναι ανθρακικός, γεγονός που οφείλεται στην ορυκτολογική σύσταση των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών με τους οποίους έρχεται σε επαφή το υπόγειο νερό. (ανθρακικά πετρώματα, αλλουβιακές αποθέσεις πλούσιες σε ανθρακικά στοιχεία)
2. Ως προς την καταλληλότητα του υπόγειου νερού για άρδευση η ποιότητα των υπόγειων νερών, της πλειοψηφίας των υδρογεωτρήσεων της περιοχής που ελέγχθηκαν, είναι καλή μέχρι μέτρια. Το νερό αυτών των γεωτρήσεων πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαρεια έδαφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά. Σε δύο υδρογεωτρήσεις όμως η ποιότητα των νερών τους είναι μέτρια μέχρι πολύ μέτρια και μπορεί να χρησιμοποιείται με μέτρα προφύλαξης. Επίσης το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται καλά ή να προστίθεται σε αυτό γύψος.
3. Οι πιο επιβαρυνμένες, σε συγκεντρώσεις ιόντων αλλά και σε φυσικοχημικούς δείκτες, εμφανίζονται δύο γεωτρήσεις (G4 - Στεργιοπούλου και G13 - Ζάρδας b). Στη μεν πρώτη (G4) η επιβάρυνση λόγω αυξημένων Cl, Na, K, Ca, SO₄, EC αποδίδεται σε τάση προς υφαλμύριση λόγω επέκτασης των υφάλμυρων ζωνών, στη χρήση λιπασμάτων, σε φορτισμένο με πολλά άλατα και ρύπους αρδευτικό νερό επιφανειακής προέλευσης. Στη δεύτερη (G13) η επιβάρυνση αποδίδεται στη χρήση των λιπασμάτων.
4. Η επιβάρυνση από τις αυξημένες συγκεντρώσεις ορισμένων ιόντων στην γεώτρηση Αγία Παρασκευή (G3), εφόσον αποδειχθεί ότι έχει διατρήσει ασβεστόλιθους αποδίδεται στα στραγγίσματα του γειτονικού νεκροταφείου ή σε τυχόν διαρροές του ΧΥΤΑ, γεγονότα που ευνοεί το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής καθώς συνίσταται από ασβεστολιθικούς σχηματισμούς, κατά θέσεις καρστικοποιημένους και έντονα τεκτονισμένους, οι οποίοι παρουσιάζουν μεγάλη διαπερατότητα.

- Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων των επιφανειακών νερών προκύπτουν τα εξής:

1. Στα τρία δείγματα επιφανειακού νερού που λήφθηκαν από την Παλαιά Κοίτη του Σπερχειού στα δυτικά της περιοχής μελέτης και οδηγούνται στα ποτιστικά κανάλια τόσο της περιοχή Ροδίτσας όσο και της περιοχής Ανθήλης οι τιμές των συγκεντρώσεων είναι αποδεκτές καθώς κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα.
2. Από τα τρία δείγματα που λήφθηκαν από τη Γερμανική Τάφρο, το πιο επιβαρυσμένο βρίσκεται δυτικά της περιοχής πριν τη συμβολή του ρέματος Ξηριά σε αυτή αλλά και πριν εκροή των επεξεργασμένων λυμάτων της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Λαμίας (ΕΕΛΛ). Η επιβάρυνση αυτή αποδίδεται στο γεγονός ότι η γερμανική τάφρος είναι αποδέκτης μικρότερων ρεμάτων που είναι επιβαρυσμένα από διάφορους ρύπους όπως (ζωικά απόβλητα, παράνομη εκκένωση βυτίων λυμάτων, απόθεση αδρανών, απορριμμάτων, μπαταριών και ελαστικών) ανάντη του ρέματος του Ξηριά, των στραγγιστικών δικτύων των καλλιεργειών περιοχών όπως Κόμμα, Αμούρι αλλά και των βοθρολυμάτων αυτών των οικισμών ελλείψει αποχετευτικού δικτύου. Η αυξημένη τιμή των χλωριόντων στη Th10 (Γερμανική Τάφρος μετά την εκροή του Βιολογικού Καθαρισμού ΕΕΛΛ) χρήζει περαιτέρω έρευνας.
3. Από τα δείγματα που λήφθηκαν από τη Νέα Κοίτη του Σπερχειού (Εκτροπή), το δείγμα που βρίσκεται ανατολικότερα και λίγο πριν την έξοδο προς το Μαλιακό κόλπο είναι πιο επιβαρυσμένο και αποδίδεται τόσο στην υφαλμύριση του λόγω της επιρροή του θαλασσινού νερού, όσο και στη συγκέντρωση των υποβαθμισμένων νερών της Γερμανικής Τάφρου που καταλήγουν στη Νέα Κοίτη.
4. Το δείγμα στην τάφρο στη θέση αντλιοστάσιο (Th8) είναι το πιο επιβαρυσμένο από όλα τα δείγματα που λήφθηκαν από τα υδάτινα σώματα της περιοχής μελέτης. Εκεί καταλήγουν όλα τα νερά του αποστραγγιστικού δικτύου των καλλιεργειών του αναδασμού της περιοχής μελέτης αλλά

επιηρεάζεται και από το θαλασσινό νερό. Το σημείο δειγματοληψίας απέχει 1km από τη θάλασσα.

5. Οι συγκεντρώσεις των ιόντων στο δείγμα του νερού από τις πηγές της Μεγάλης Βρύσης είναι αναμενόμενες λόγω της προέλευσης των νερών από τους καρστικούς ασβεστόλιθους του συστήματος της Λαμίας. Η ελαφρώς αυξημένη τιμή NO_3 που μετρήθηκε αποδίδεται σε στραγγίσματα του γειτονικού νεκροταφείου και τυχόν διαρροές του ΧΥΤΑ στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής ανάντη των πηγών, καθώς το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής ευνοεί το φαινόμενο, διότι συνίσταται από ασβεστολιθικούς σχηματισμούς, κατά θέσεις καρστικοποιημένους και έντονα τεκτονισμένους, οι οποίοι παρουσιάζουν μεγάλη διαπερατότητα.
6. Ως προς την καταλληλότητα του επιφανειακού νερού για άρδευση η ποιότητα του νερού στην πλειοψηφία των επιφανειακών δειγμάτων της περιοχής που ελέγχθηκαν, είναι καλή μέχρι μέτρια. Το νερό αυτών των θέσεων πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαρειά εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά. Όμως υπάρχουν και τρία δείγματα (Th3, Th9, Th10), η ποιότητα του νερού των οποίων, είναι μέτρια μέχρι πολύ μέτρια και μπορεί να χρησιμοποιείται με μέτρα προφύλαξης. Επίσης το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται καλά ή να προστίθεται σε αυτό γύψος. Απαγορευτική σε οποιαδήποτε χρήση καθιστά η κατάσταση του νερού της θέσης αντλιοστάσιο (Th8) με πολύ κακή ποιότητα νερού. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε καμία περίπτωση και βέβαια η απόρριψή του στη θάλασσα, προφανώς την υποβαθμίζει ποιοτικά.

➤ Προτάσεις

Στη συνέχεια διατυπώνονται ορισμένες προτάσεις που αφορούν την ορθολογική διαχείριση και εξοικονόμηση του αρδευτικού νερού αλλά και τη διασφάλιση της ποιότητάς του, ώστε να βελτιωθεί η υπάρχουσα κατάσταση στην περιοχή μελέτης.

1. Όσον αφορά την αξιοποίηση των επιφανειακών νερών, οι καρστικές πηγές της Μεγάλης Βρύσης μπορούν συμβάλουν σημαντικά ως προς αυτή την κατεύθυνση. Σε περιόδους μη άρδευσης τα νερά των πηγών μέσω των καναλιών καταλήγουν στο αντλιοστάσιο και από εκεί στη θάλασσα του Μαλιακού. Αποθηκεύοντας τις ποσότητες αυτές θα είναι δυνατή η διαθεσιμότητά τους κατά τη θερινή περίοδο όπου υπάρχει ανεπάρκεια αλλά και η διάθεσή τους για τεχνητό εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων. Όλα τα παραπάνω θα συμβάλλουν στην αποφυγή των υπεραντλήσεων και των δυσμενών επιπτώσεών τους.
2. Απαιτείται η διερεύνηση της δυνατότητας αξιοποίησης επιφανειακών νερών με χρήση ανασχετικών φραγμάτων κατά μήκος της κοίτης του ρέματος Ξηριά ώστε να αποταμιευτεί νερό διαθέσιμο τόσο για την άρδευση των περιβολιών και των κήπων κοντά και μέσα στους οικισμούς Ροδίτσας και Μεγάλης Βρύσης, όσο και για την εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων. Τα φράγματα μπορούν να συντελέσουν και στην προστασία από τη μεταφορά των φερτών υλών.
3. Προτείνεται η υιοθέτηση αποδοτικότερων μεθόδων άρδευσης. Το σύστημα των σταγόνων έχει τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης (90%) και μία σειρά πλεονεκτημάτων όπως η μείωση των απωλειών του νερού λόγω ελάχιστης επιφανειακής απορροής. Επίσης λειτουργεί με χαμηλό ενεργειακό κόστος λόγω της χαμηλής πίεσης που απαιτείται και η άρδευση δεν επηρεάζεται από τους ανέμους.
4. Η υιοθέτηση αποτελεσματικότερων τιμολογιακών πολιτικών στους καταναλωτές αρδευτικού νερού κρίνεται αναγκαία. Η κοστολόγηση για το αρδευτικό νερό να γίνεται με βάση την κατανάλωση νερού και όχι με βάση τα στρέμματα καλλιέργειας. Έτσι ο γεωργός που θα καταναλώνει λιγότερο θα επιβραβεύεται και

εκείνος που το σπαταλά θα το πληρώνει. Η χρήση υδρομέτρων ή υδροκαρτών, που θα μετρούν την κατανάλωση νερού στο στόμιο της υδροληψίας θα βοηθήσει, ώστε να υιοθετηθούν τρόποι άρδευσης που ευνοούν την εξοικονόμηση του νερού.

5. Γενικά η ενημέρωση των παραγωγών και προώθηση ενεργειών, που θα συμβάλλουν στην απόκτηση της κατάλληλης παιδείας πάνω στο αντικείμενο της ορθολογική χρήσης του αρδευτικού νερού θα επιφέρει σημαντικά αποτελέσματα. Η καλλιέργεια μιας φιλοσοφίας εξοικονόμησης του νερού με παρότρυνση για υιοθέτηση πρακτικών (όπως κατασκευή ομαδικών γεωτρήσεων, σωστή άντληση και πότισμα συγκεκριμένες ώρες ελαχιστοποίησης των απωλειών νερού) με σκοπό να μειωθούν οι υπεραντλήσεις των υπόγειων αποθεμάτων και γενικά η σπατάλη του νερού.
6. Όσον αφορά την χρησιμοποίηση των ανακτημένων αστικών λυμάτων στην άρδευση καλλιεργειών προτείνεται η ολοκλήρωση των μελετών, των διαδικασιών και των συστημάτων παρακολούθησης που απαιτούνται για την υλοποίηση του σχεδίου που αφορά την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην άρδευση των καλλιεργειών της περιοχή μελέτης.
7. Το πρόβλημα της υποβάθμισης των υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης αλλά και της ευρύτερης περιοχής, καθώς η περιοχή αποτελεί τμήμα της Λεκάνης του Σπερχειού προτείνεται να αντιμετωπιστεί με τα παρακάτω μέτρα:
 - ❖ Εφαρμογή ολοκληρωμένης διαχείρισης και η υιοθέτηση Βέλτιστων Πρακτικών Διάθεσης των υγρών αποβλήτων από τις βιομηχανικές, κτηνοτροφικές και γενικά τις παραγωγικές μονάδες (π.χ. ελαιοτριβεία, σφαγεία) αλλά και των ποιοτικά υποβαθμισμένων νερών του αντλιοστασίου που καταλήγουν στη θάλασσα. Η εφαρμογή των βέλτιστων αυτών πρακτικών θα πρέπει να αποτελέσει προϋπόθεση για την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων λειτουργίας τους. Είναι βέβαια γνωστή η δυσκολία που υπάρχει για την πλήρη επεξεργασία των αποβλήτων. Προτείνεται όμως τη συλλογή τους σε επιλεγμένους χώρους, ώστε να εξαλειφθεί το φαινόμενο της αυθαίρετης διάθεσης. Η επιλογή των θέσεων, ο τρόπος επεξεργασίας ή η πιθανή αξιοποίησή τους πρέπει να αποτελέσει αντικείμενο μελέτης.

- ❖ Να υπάρξει σχεδιασμός για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υγρών αποβλήτων των διάσπαρτων οικισμών ανάντη της περιοχής μελέτης, δυτικά στη λεκάνης του Σπερχειού ώστε να μη γίνεται η διάθεση των ανεπεξέργαστων εκροών τους στο Σπερχειό, στη Γερμανική Τάφρο ή στα διάφορα ρέματα που τελικά καταλήγουν στο Σπερχειό. Σχετικά έργα που πρέπει να δρομολογηθούν και να επιταχυνθούν οι διαδικασίες κατασκευής τους είναι η λειτουργία της ΕΕΛ Σπερχειάδας – Μακρακώμης, το κλείσιμο και η άμεση αποκατάσταση των ΧΑΔΑ των παραπάνω δήμων που βρίσκονται πλησίον της όχθης του Σπερχειού καθώς και η αποκατάσταση του ΧΥΤΑ της Λαμίας, εφόσον κατασκευαστεί και λειτουργήσει ο νέος ΧΥΤΥ Φθιώτιδας στην περιοχή της Μακρακώμης.

- ❖ Η εφαρμογή συστημάτων Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Καλλιεργειών και των κωδίκων Ορθής Γεωργικής Πρακτικής. Με τον όρο Ολοκληρωμένη Διαχείριση Καλλιεργειών εννοούμε τον καλύτερο συνδυασμό βιολογικών, καλλιεργητικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης των εχθρών και ασθενειών της καλλιέργειας, με στόχο την παραγωγή ασφαλών προϊόντων για τον καταναλωτή. Μία από τις κυριότερες αρχές της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης είναι η ελαχιστοποίηση των εισροών δηλαδή των φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται το οικονομικότερο δυνατό αποτέλεσμα με την ελάχιστη δυνατή περιβαλλοντική επιβάρυνση. Οι παραπάνω προτεινόμενες εφαρμογές είναι το μέσο μετάβασης από τη συμβατική γεωργία σε περισσότερο «αιεφόρες» μορφές παραγωγής γεωργικών προϊόντων. Αποτέλεσμα της εφαρμογής των παραπάνω συστημάτων θα είναι:
 1. μείωση της ποσότητας των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων
 2. ελαχιστοποίηση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων χωρίς τη μείωση της απόδοσης της καλλιέργειας.
 3. πρακτική κατάρτιση των παραγωγών σε θέματα ορθής φυτοπροστασίας.

- ❖ Διαμόρφωση του χώρου των πηγών της Μεγάλης Βρύσης, τόσο για την προστασία του νερού των πηγών, όσο και για την προστασία του ψαριού “Έλληνοπυγόστεος”.
- ❖ Απαγόρευση των λατομικών δραστηριοτήτων εξόρυξης αδρανών υλικών (αμμοληψίες) κατά μήκος του ποταμού και στις παράχθιες περιοχές του Μαλιακού για την κατασκευή των έργων του ΟΣΕ, ΠΑΘΕ, Ε65.
- ❖ Εγκατάσταση και λειτουργία δικτύου παρακολούθησης των υδάτινων σωμάτων της περιοχής με συστηματική και τακτική μέτρηση της εξέλιξης των ποιοτικών φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων τόσο στα επιφανειακά νερά, όσο και στα υπόγεια.

Βιβλιογραφία

Αρβανίτης Π. (2009). Διερεύνηση της ποιοτικής κατάστασης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα της λεκάνης του Σπερχειού ποταμού με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π), Μεταπτυχιακή εργασία, «Διαχείριση Αποβλήτων», Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

Γεωργίου Κ. (1995). Σπερχειός, Οικολογική και Γεωργική Θεώρηση. Πρακτικά ημερίδας Σπερχειός 2000+ Περιβάλλον & Ανάπτυξη, 4.5.95 , Λαμία.

Δασενάκης Εμ., Καστρίτης Αθ., Μπούρου Π., Παρασκευοπούλου Β., Τριανταφυλλάκη Σ. (2005). Διακίνηση ρύπων στη Λεκάνη Απορροής του Σπερχειού και Επιδράσεις στην Παράκτια Ζώνη. Τμήμα Διδακτορικής Διατριβής Καστρίτη Α., 5^ο Εθνικό Συνέδριο: Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων με βάση τη Λεκάνη Απορροής. Ξάνθη.

ΔΕΥΑΛ, ΙΕΒ – ΕΘΙΑΓΕ (2009). Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για τη χρήση της επεξεργασμένης εκροής της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Λαμίας στην άρδευση καλλιεργιών, Λαμία.

Δημητρέσσας Δ. (1999). Υδρογεωλογική Μελέτη – Υδρολογικό Ισοζύγιο περιοχής υδροληπτικών έργων ΤΟΕΒ Ροδίτσας – Μ.Βρύσης – Αυλακίου. Λαμία, Γεωλογικό τμήμα, ΔΕΒ Φθιώτιδας.

Διαβάτης Η., Θραψίμης Β., Παναγόπουλος Ι., Παπαδοπούλου Μ., Πλαλή Μ., Τσουκαλά Β. (2010). Ρύπανση Μαλιακού Κόλπου – Προτάσεις Αντιμετώπισης, ΤΕΕ, Αθήνα.

Ευθυμίου Γ., Μερτζάνης Α., Σαπουντζής Μ., Ζακυνθινός Γ. (2005). Ανθρωπογενείς επιδράσεις στο Δέλτα του π. Σπερχειού – Μέτρα προστασίας, ανάδειξης και διαχείρισης των φυσικών οικοσυστημάτων, Διεθνής έκθεση και συνέδριο για την τεχνολογία περιβάλλοντος, HELECO '05, Αθήνα.

ΙΓΜΕ (1996). Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας, Παράρτημα 3, Εκτίμηση υπόγειου Υδατικού Δυναμικού, Αθήνα.

Κακαβάς Ν. Ι. (1984). Υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού. Διδακτορική διατριβή. Αθήνα: ΙΓΜΕ.

Κακαβάς Ν. Ι. (1984). Απογραφή καρστικών πηγών Ελλάδος. VI Ανατολική Στερεά Ελλάδα (Νομός Φθιώτιδας). Αθήνα: ΙΓΜΕ.

Κακαβάς Ν. Ι. (1990). Διάταξη υποβαθμισμένων ποιοτικά περιοχών στο ανατολικό και δελταϊκό τμήμα της κοιλάδας του Σπερχειού ποταμού. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Τόμος XXI, σελ. 113-120.

Καλλέργης Γ. Α. (1999). Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Τόμος Α': Υδρολογικός Κύκλος , Υδροφόροι – Κίνηση & Αντληση Υπόγειου Νερού - Υδρομαστευτικά έργα, Αθήνα.

- Καλλέργης Γ. Α. (2000).** Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Τόμος Β' Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Αθήνα.
- Καλλέργης Γ. Α. (2001).** Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Τόμος Γ' Υδροφορία Γεωλογικών Σχηματισμών, Έρευνα Ανάπτυξη και Διαχείριση Υπόγειων Νερών, Υδροθερμικά – Ιαματικά νερά, Μαθηματικά Μοντέλα, Αθήνα.
- Καραμπατζός Ι. (1962).** Μελέτη αξιοποίησεως περιοχής Μεγάλης Βρύσης – Ανθήλης (Φθιώτιδας). Υπουργείο Γεωργίας Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων. Αθήνα.
- Κουμαντάκης, Ι. (2009).** Σημειώσεις Προχωρημένης Υδρογεωλογίας Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Κουμαντάκης, Ι. (2010).** Σημειώσεις «Αξιοποίηση, Διαχείριση και Προστασία Υπόγειων Υδροφορέων» Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Κουτσογιάννης Δ., Ανδρεαδάκης Α. (2008).** Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων. ΥΠΕΧΩΔΕ – ΚΥΥ, Αθήνα.
- ΚΥΥ - ΥΠΕΧΩΔΕ. (2008).** Εφαρμογή Άρθρου 5 Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60/ΕΕ – Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας 07, Αθήνα.
- Παπαδημητρίου Ν. (2010).** Αναγνωριστική Μελέτη εκσυγχρονισμού του έργου: "Αρδευτικό Δίκτυο Εκβολών Σπερχειού" Φθιωτική Αναπτυξιακή Α.Ε. Λαμία.
- Ρίζος Δ. (1995).** Ιδιαιτερότητες του οικοσυστήματος του Μαλιακού κόλπου. Πρακτικά ημερίδας Σπερχειός 2000+ Περιβάλλον & Ανάπτυξη, 4.5.95 , Λαμία.
- Ρόζος Δ. (2007).** Τεχνική Γεωλογία Ι, 7^{ου} εξαμήνου Σχολής Μηχ. Μεταλλείων Μεταλλουργών, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Σούλιος Γ. Χ. (1985).** Συμβολή στην υδρογεωλογική μελέτη των καρστικών υδροφόρων συστημάτων του Ελληνικού χώρου, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Σούλιος Γ. Χ. (2004).** Γενική Υδρογεωλογία, Γ' Τόμος, Στ. Αποθέματα και Διαχείριση του υπόγειου νερού.
- Σούλιος Γ. Χ. (2006).** Γενική Υδρογεωλογία, Δ' Τόμος, Ζ. Ποιότητα υπόγειου νερού Η. Ρύπανση – Μόλυνση υπόγειου νερού.
- Σφέτσος Κ. Σ. (1988).** Απογραφή θερμομεταλλικών πηγών Ελλάδας ΙΙΙ – Ηπειρωτική Ελλάς, No. 39 ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Τσιούμας Β. (1991).** Η διάταξη των υφάλμυρων ζωνών στην περιμετρική ζώνη του Μαλιακού – αίτια μόλυνσεων επιφανειακών και υπόγειων υδάτων με αποδέκτη το Μαλιακό κόλπο. Εισήγηση στο 2^ο Συνέδριο Νομαρχίας Φθιώτιδας (ΝΕΛΕ).

Τσιούμας Β., Ζοράπας Β. (2010). Καταγραφή των στοιχείων υπόγειων νερών Αν. Στερεάς Ελλάδας. Υποδομές και Μετρήσεις στις λεκάνες απορροής των νομών Ευρυτανίας, Φωκίδας και Φθιώτιδας (Υ.Δ. δ.υτ.07)_ 7.3.2.1.9 – Υδρογεωλογική Μελέτη. ΙΓΜΕ, Αθήνα.

Τσιούμας Β., Ζοράπας Β. (2010). Καταγραφή των στοιχείων υπόγειων νερών Αν. Στερεάς Ελλάδας. Υποδομές και Μετρήσεις στις λεκάνες απορροής των νομών Ευρυτανίας, Φωκίδας και Φθιώτιδας (Υ.Δ. δ.υτ.07)_ 7.3.2.1.9 – Μετρήσεις Υπαίθρου. ΙΓΜΕ, Αθήνα.

ΦΕΚ 428, αρ.Φ.16/6631, (1989). Προσδιορισμός κατωτάτων και ανωτάτων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού στην άρδευση, Αθήνα.

ΦΕΚ 192, αριθμ.οικ. 5673/400, (1997) Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων (Ενσωμάτωση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ). Συμπληρωμένη από το νόμο 1999 και 2002, Αθήνα.

ΦΕΚ 354, αριθμ.οικ. 145116, (2011). Καθορισμός μέτρων όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις, Αθήνα.

Castany G. (1967). Introduction a l'etude des courbes de tarissement, B.R.G.M Chronique d' Hydrogeologie.

Castany G. (1968). Prospection et exploitation des aux souterraines Dunod Paris.

Maillet E. (1905). Essais d' hydraulique souterraine et fluviale. Herman Paris.

Mangin A. (1975). Contribution a l'etude hydrodynamique des aquiferes karstiques (3eme partie). Annales de Speleologie, Moulis (Ariege).

Ευρετήριο πινάκων

Κεφάλαιο 1^ο: Υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (07)	7
Πίνακας 1.1: Εκτίμηση ρυθμιστικών αποθεμάτων υδροφορέων	14
Πίνακας 1.2: Υφιστάμενα Αρδευτικά Έργα	24
Πίνακας 1.3: Υδρολογικό ισοζύγιο ηπειρωτικού τμήματος	24
Πίνακας 1.4: Επιφανειακό υδατικό δυναμικό διαμερίσματος	25
Πίνακας 1.5: Ζήτηση ΒΙΠΕ	27
Πίνακας 1.6: Ζήτηση νερού των σημερινών χρήσεων	28
Πίνακας 1.7.1: Προστατευόμενα Υδατικά Συστήματα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας	31
Πίνακας 1.7.2: Προστατευόμενες Παράκτιες Περιοχές Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας	31
Πίνακας 1.7.3: Προστατευόμενα Χερσαία Τμήματα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας	32
Κεφάλαιο 2^ο: Λεκάνη Σπερχειού ποταμού	27
Πίνακας 2.1: Μέσες μηνιαίες επιφανειακές βροχοπτώσεις και απορροές της λεκάνης Σπερχειού στην έξοδο, περιόδου 1949 – 50 έως 2001 – 02	40
Πίνακας 2.2: Επιφανειακό υδατικό δυναμικό κοιλάδας Σπερχειού	42
Πίνακας 2.3: Αρδευτικές γεωτρήσεις κοιλάδας Σπερχειού	43
Πίνακας 2.4: Αρδευόμενες εκτάσεις κοιλάδας Σπερχειού	43
Πίνακας 2.5: Ανάγκες σε νερό καλλιεργειών κατά την αρδευτική περίοδο	44
Πίνακας 2.6: Διατιθέμενο νερό μηνός Αυγούστου και ανάγκες καλλιεργειών	44
Πίνακας 2.7: Αριθμός και τρόπος εκφόρτισης των υδροφόρων οριζόντων των υδροσημείων	55
Κεφάλαιο 3^ο: Περιοχή μελέτης	77
Πίνακας 3.1: Μέση, μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία αέρα στην περιοχή της Λαμίας σε °C	79
Πίνακας 3.2: Μέση μηνιαία σχετική υγρασία στην περιοχή της Λαμίας (%)	80
Πίνακας 3.3: Μέση μηνιαία βροχόπτωση στην περιοχή της Λαμίας σε mm	80
Πίνακας 3.4: Συγκεντρωτικά οι τιμές των μεγεθών που εμπλέκονται στη μέθοδο Thornthwaite and Mather	83

Πίνακας 3.5: Υδατικό ισοζύγιο (mm) κατά Thornthwaite and Mather στην περιοχή της Λαμίας.....	84
Πίνακας 3.6: Κατανομή αρδεύσιμης έκτασης σε Ζώνες και Τομείς	88
Πίνακας 3.7: Διάρθρωση στραγγιστικού δικτύου	92
Πίνακας 3.8: Στοιχεία καλλιεργειών έτους 2010.....	94
Πίνακας 3.9: Κατηγορίες καλλιεργειών - φυτικοί συντελεστές.....	96
Πίνακας 3.10: Άνω όρια χρήσης αρδευτικού νερού για κάθε καλλιέργεια και για τον αντίστοιχο μήνα άρδευσης.....	96
Πίνακας 3.11: Μέθοδοι άρδευσης και αντίστοιχοι βαθμοί απόδοσης ανά καλλιέργεια.....	97
Πίνακας 3.12: Υπολογισμένες μηνιαίες και ετήσιες ανάγκες σε αρδευτικό νερό	98
Πίνακας 3.13: Συντελεστής στείρευσης a – δυναμικός όγκος του συστήματος w – αρχική παροχή q_0	114
Πίνακας 3.14: Παράμετροι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ποιότητας της εκροής των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων	118
Πίνακας 3.15: Απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν οι απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων	119
Πίνακας 3.16: Απαιτήσεις για απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε ευαίσθητες περιοχές όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός.....	119
Πίνακας 3.17: Ποιοτικά χαρακτηριστικά της εισροής της ΕΕΛ Λαμίας, για το διάστημα Ιανουάριος – Δεκέμβριος 2010	120
Πίνακας 3.18: Ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής της ΕΕΛ Λαμίας, για το διάστημα Ιανουάριος – Δεκέμβριος 2010	121
Πίνακας 3.19: Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστο απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για περιορισμένη άρδευση, βιομηχανική χρήση νερού ψύξης μιας χρήσης και εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα, που δεν χρησιμοποιείται για πόση και με διήθηση διαμέσου κατάλληλου εδαφικού στρώματος.....	128
Πίνακας 3.20: Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστο απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για απεριόριστη άρδευση και βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης	128
Πίνακας 3.21: Επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων	129

Κεφάλαιο 4^ο: Υδροχημεία – Επεξεργασία χημικών αναλύσεων δειγμάτων.....	133
Πίνακας 4.1: Σταθερότυπα πόσιμοι νερού.....	140
Πίνακας 4.2: Ασβέστιο (Ca) και Μαγνήσιο (Mg) ως συστατικά του υπόγειου νερού.....	142
Πίνακας 4.3: Νάτριο (Na), Κάλιο (K), Ανθρακική ρίζα (CO ₃) και Δισανθρακική ρίζα (HCO ₃) ως συστατικά του υπόγειου νερού.....	143
Πίνακας 4.4: Νιτρική ρίζα (NO ₃) και Διαλυμένα Στερεά (T.D.S.).....	144
Πίνακας 4.5: Θειϊκή ρίζα (SO ₄) και Χλώριο (Cl) ως συστατικά του υπόγειου νερού.....	144
Πίνακας 4.6: Ονομασία, συντεταγμένες και ισχύς αντλίας υδρογεωτρήσεων.....	152
Πίνακας 4.7: Χαρακτηρισμός θέσεων δειγμάτων από επιφανειακά νερά συντεταγμένες.....	155
Πίνακας 4.8: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των δειγμάτων από υπόγεια νερά (γεωτρήσεις).....	158
Πίνακας 4.9: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των δειγμάτων από επιφανειακά υδάτινα σώματα.....	158
Πίνακας 4.10: Υδροχημικοί τύποι δειγμάτων υπόγειων νερών.....	159
Πίνακας 4.11: Κατατάξεις κατά Piper των δειγμάτων υπογείων νερών.....	163
Πίνακας 4.12: Κατανομή δειγμάτων υπόγειων νερών από το διάγραμμα Ludwig – Langelier.....	164
Πίνακας 4.13: Κατάταξη κατά Wilcox των υπόγειων νερών.....	166
Πίνακας 4.14: Ιοντικοί λόγοι των κυρίων χημικών συστατικών του υπόγειου νερού.....	166
Πίνακας 4.15: Ποιοτικές παράμετροι του υπόγειου νερού της περιοχής μελέτης.....	168
Πίνακας 4.16: Υδροχημικοί τύποι δειγμάτων των επιφανειακών νερών.....	190
Πίνακας 4.17: Ομαδοποίηση θέσεων δειγμάτων σύμφωνα με το υδάτινο σώμα προέλευσης.....	190
Πίνακας 4.18: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των επιφανειακών δειγμάτων Th1, Th2, Th5.....	191
Πίνακας 4.19: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των επιφανειακών δειγμάτων Th3, Th6, Th10.....	192
Πίνακας 4.20: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων του επιφανειακού δείγματος Th4....	192
Πίνακας 4.21: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των επιφανειακών δειγμάτων Th9, Th11.....	193
Πίνακας 4.22: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων του επιφανειακού δείγματος Th8....	193
Πίνακας 4.23: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων του επιφανειακού δείγματος Th7....	194
Πίνακας 4.24: Κατατάξεις κατά Piper των επιφανειακών δειγμάτων.....	196

Πίνακας 4.25: Κατανομή δειγμάτων επιφανειακών νερών από το διάγραμμα Ludwig – Langelier	198
Πίνακας 4.26: Κατάταξη κατά Wilcox των επιφανειακών νερών	199
Πίνακας 4.27: Ποιοτικές παράμετροι των επιφανειακών νερών της περιοχής μελέτης ..	200
Κεφάλαιο 5^ο: Παρατηρήσεις – Σχόλια	225
Πίνακας 5.1: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων του δείγματος από τη γεώτρηση G4	228
Πίνακας 5.2: Είδη και ποσότητες φυτοφαρμάκων σε τόνους	238
Πίνακας 5.3: Βιομηχανικές/ Βιοτεχνικές δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή	239

Ευρετήριο εικόνων

Κεφάλαιο 1^ο: Υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (07)	7
Εικόνα 1: Χάρτες με τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας και το υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, όπου διακρίνεται και η λεκάνη του Σπερχειού.....	8
Εικόνα 2: Ανάγλυφο και υδρογραφικό δίκτυο του υδατικού διαμερίσματος	9
Εικόνα 3: Σχηματοποίηση επιφανειακών υδατικών σωμάτων του Υ.Δ. (07).....	10
Εικόνα 4: Υπόγεια Υδροφόρα Συστήματα του Υ.Δ. (07)	22
Εικόνα 5: Υδατικοί πόροι και υδατικές ανάγκες Υ.Δ. Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας.....	29
Εικόνα 6: Προστατευόμενες περιοχές του υδατικού διαμερίσματος.....	30
Κεφάλαιο 2^ο: Λεκάνη Σπερχειού ποταμού.....	27
Εικόνα 7: Ορειογραφία λεκάνης απορροής Σπερχειού	37
Εικόνα 8: Μετακίνηση της ακτογραμμής στην πάροδο του χρόνου	39
Εικόνα 9: Μετακίνηση της ακτογραμμής στην πάροδο του χρόνου	39
Εικόνα 10: Γεωτεκτονικές ζώνες στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Σπερχειού.....	47
Εικόνα 11: Στρωματογραφία των γεωτεκτονικών ζωνών της περιοχής	48
Εικόνα 12: Χάρτης ισοπιεζομετρικών καμπυλών του πεδινού τμήματος της λεκάνης του Σπερχειού	58
Εικόνα 13: Γεωθερμικό πεδίο	60
Εικόνα 14: Σχηματική τομή πηγών Καμμένων Βούρλων	63
Εικόνα 15: Χάρτης θερμομεταλλικών εκδηλώσεων στη λεκάνη Σπερχειού	66
Κεφάλαιο 3^ο: Περιοχή μελέτης.....	77
Εικόνα 16: Περιοχή ενδιαφέροντος στο δορυφορικό χάρτη	78
Εικόνα 17: Ο κύκλος του νερού	81
Εικόνα 18: Περιοχές άρδευσης σύμφωνα με τη με Μελέτη Αξιοποίησης Περιοχής Μ. Βρύσης – Ανθήλης [Φθιώτιδος]	87
Εικόνα 19: Ζώνες και τομείς άρδευσης στην περιοχή άρδευσης Β (Ροδίτσα – Μ. Βρύση – Αυλάκι).....	89
Εικόνα 20: Δευτερεύουσες διώρυγες άρδευσης ανά ζώνη άρδευσης	90
Εικόνα 21: Κύριο Στραγγιστικό Δίκτυο περιοχής Β	93

Εικόνα 22: Χάρτης αναδασμού - περιοχές στις οποίες χωρίζεται ο αναδασμός	94
Εικόνα 23: Κατανομή των καλλιεργειών στο χάρτη αναδασμού για το έτος 2010.....	95
Εικόνα 24: Οριζοντιογραφία με τα υφιστάμενα εγχειοβελτιωτικά έργα της περιοχής μελέτης.....	102
Εικόνα 25: Ελληνοπυγόστεος ή <i>Pungitius hellenicus</i>	116
Εικόνα 26: Μορφολογικά χαρακτηριστικά του <i>Pungitius hellenicus</i> και διαφοροποιήσεις του είδους	116
Εικόνα 27: Περιοχή χρήσης των επεξεργασμένων λυμάτων της ΕΕΛ Λαμίας σε άρδευση καλλιεργειών	123
Εικόνα 28: Περιοχή χρήσης της εκροής της ΕΕΛ Λαμίας για άρδευση καλλιεργειών (τμήμα από ΓΠΣΛ).....	125
Κεφάλαιο 4^ο: Υδροχημεία – Επεξεργασία χημικών αναλύσεων δειγμάτων	133
Εικόνα 29: Θέσεις υδρογεωτρήσεων στην περιοχή μελέτης	153
Εικόνα 30: Θέσεις δειγμάτων από επιφανειακά νερά στην περιοχή μελέτης	156
Εικόνα 31: Θέσεις γεωτρήσεων στον γεωλογικό χάρτη της περιοχής μελέτης	160
Εικόνα 32: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Ca υπόγειων υδάτων.....	171
Εικόνα 33: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Mg υπόγειων υδάτων	173
Εικόνα 34: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Na υπόγειων υδάτων.....	175
Εικόνα 35: Υδροχημικός χάρτης κατανομής K υπόγειων υδάτων.....	177
Εικόνα 36: Υδροχημικός χάρτης κατανομής HCO ₃ υπόγειων υδάτων.....	179
Εικόνα 37: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Cl υπόγειων υδάτων.....	181
Εικόνα 38: Υδροχημικός χάρτης κατανομής SO ₄ υπόγειων υδάτων.....	183
Εικόνα 39: Υδροχημικός χάρτης κατανομής NO ₃ υπόγειων υδάτων	185
Εικόνα 40: Υδροχημικός χάρτης κατανομής pH υπόγειων υδάτων.....	187
Εικόνα 41: Υδροχημικός χάρτης κατανομής E.C. υπόγειων υδάτων	189
Εικόνα 42: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Ca επιφανειακών υδάτων	201
Εικόνα 43: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Mg επιφανειακών υδάτων.....	205
Εικόνα 44: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Na επιφανειακών υδάτων	207
Εικόνα 45: Υδροχημικός χάρτης κατανομής K επιφανειακών υδάτων	209
Εικόνα 46: Υδροχημικός χάρτης κατανομής HCO ₃ επιφανειακών υδάτων	211
Εικόνα 47: Υδροχημικός χάρτης κατανομής Cl επιφανειακών υδάτων	213
Εικόνα 48: Υδροχημικός χάρτης κατανομής SO ₄ επιφανειακών υδάτων	215
Εικόνα 49: Υδροχημικός χάρτης κατανομής NO ₃ επιφανειακών υδάτων.....	217

Εικόνα 50: Υδροχημικός χάρτης κατανομής pH επιφανειακών υδάτων	219
Εικόνα 51: Υδροχημικός χάρτης κατανομής EC επιφανειακών υδάτων.....	221
Κεφάλαιο 5^ο: Παρατηρήσεις – Σχόλια	225
Εικόνα 52: Χάρτης ζωνών με υφάλμυρα νερά στο ανατολικό πεδινό τμήμα της λεκάνης Σπερχειού	228
Εικόνα 53: Θέσεις υδρογεωτρήσεων στις οποίες βασίστηκε η έρευνα της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας	229
Εικόνα 54: Προφίλ αποθεμάτων του υπόγειου νερού σε ελεύθερο υδροφόρου ορίζοντα	235
Εικόνα 55: Αποτύπωση σημειακών πηγών δυνητικής ρύπανσης υδάτων στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Σπερχειού	240

Ευρετήριο σχημάτων

Κεφάλαιο 3^ο: Περιοχή μελέτης	77
Σχήμα 1: Μέση, μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία αέρα	79
Σχήμα 2: Μέση μηνιαία σχετική υγρασία στον αέρα	80
Σχήμα 3: Μέση μηνιαία βροχόπτωση κάθε μήνα στη Λαμία	80
Σχήμα 4: Υδατικό ισοζύγιο στο σταθμό της Λαμίας	85
Σχήμα 5: Μοναδιαίο υδρόγραμμα πηγής και τα στοιχεία του	107
Σχήμα 6: Μηνιαία διακύμανση παροχών πηγής Μ. Βρύσης περιόδου 1961 – 2010	111
Σχήμα 7: Υπερετήσια διακύμανση παροχών πηγής Μ. Βρύσης (μέγιστη, ελάχιστη, μέση)	111
Σχήμα 8: Διάγραμμα μεταβολής του λόγου μέγιστης προς ελάχιστη τιμή παροχής	112
Σχήμα 9: Διάγραμμα συσχέτισης της παροχής της πηγής Μ. Βρύσης με τις βροχοπτώσεις στο μετεωρολογικό σταθμό της Λαμίας	112
Σχήμα 10: Ετήσιο Διάγραμμα Μεταβολής της παροχής και της βροχόπτωσης το έτος 1967	113
Σχήμα 11: Υδρόγραμμα της πηγής Μ. Βρύσης για την ξηρή περίοδο του έτους 1967 ...	114
Κεφάλαιο 4^ο: Υδροχημεία – Επεξεργασία χημικών αναλύσεων δειγμάτων	133
Σχήμα 12: Υδροχημικό διάγραμμα Duron (υπόγεια νερά)	161
Σχήμα 13: Υδροχημικό διάγραμμα Piper (υπόγεια νερά)	162
Σχήμα 14: Υδροχημικό διάγραμμα Ludwig Langelier (υπόγεια νερά)	164
Σχήμα 15: Υδροχημικό διάγραμμα Wilcox (υπόγεια νερά)	165
Σχήμα 16: Υδροχημικό διάγραμμα Duron (επιφανειακά νερά)	195
Σχήμα 17: Υδροχημικό διάγραμμα Piper (επιφανειακά νερά)	196
Σχήμα 18: Υδροχημικό διάγραμμα Ludwig Langelier (επιφανειακά νερά)	197
Σχήμα 19: Υδροχημικό διάγραμμα Wilcox (επιφανειακά νερά)	198
Κεφάλαιο 5^ο: Παρατηρήσεις – Σχόλια	225
Σχήμα 20: Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας αύξησης της φόρτισης του εδάφους με τον υποβιβασμό του υδροφόρου α	231
Σχήμα 21: Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας αύξησης της φόρτισης του εδάφους με τον υποβιβασμό του υδροφόρου b	231

Παράρτημα

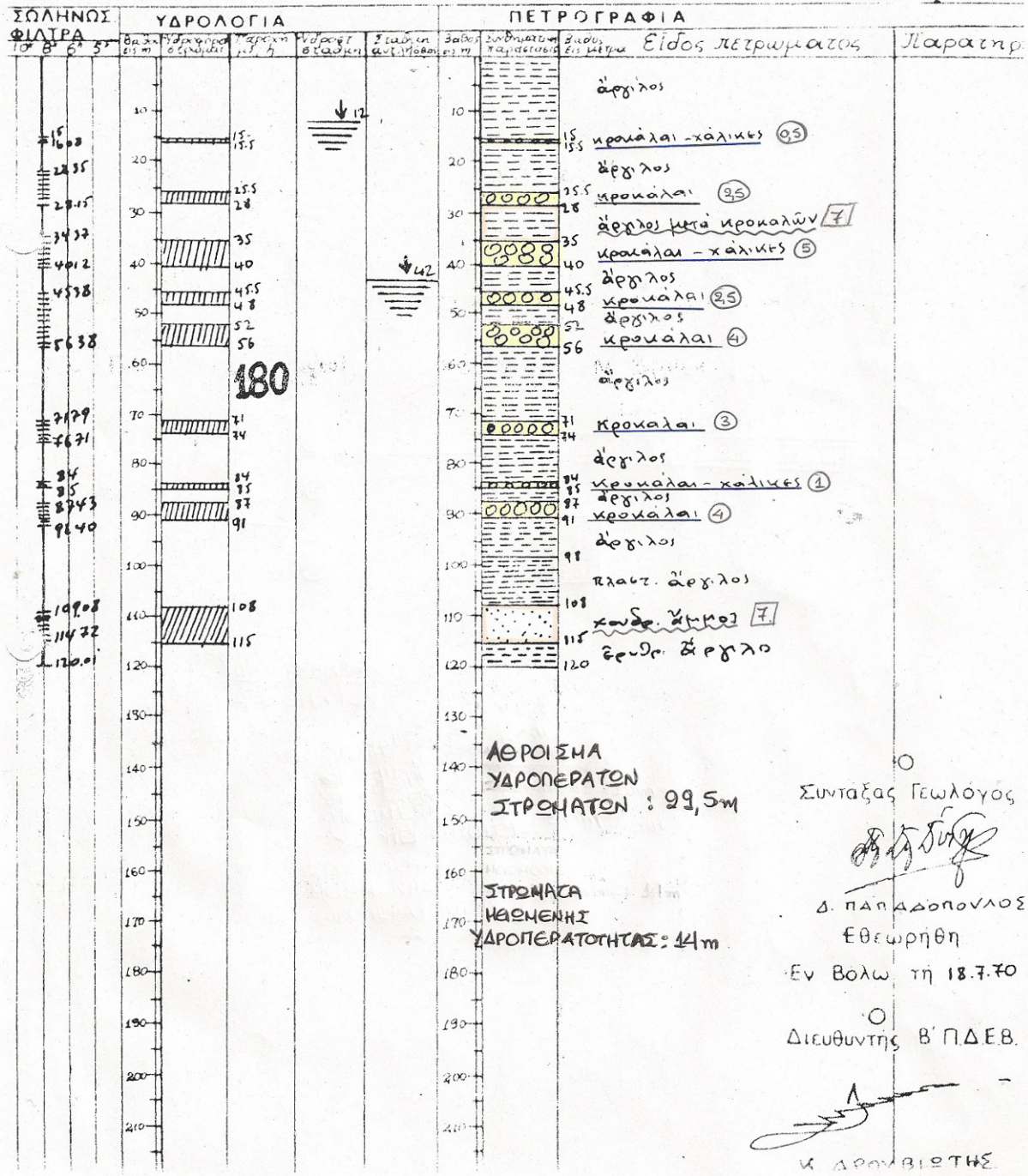
Τομή - Γεώτρηση Μαυρομαντήλα (G2)

(Πηγή: Αρχείο ΔΕΒ Φθιώτιδας)

ΕΡΓΕΙΟΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ
 ΗΡ. ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ
 Βιολογος Γκιανάντεας Γεώργιος
 Πυρπιανον STAR-24
 Πυρπιανιστης Γριβας Δημ.
 Αρξις 24-1-70
 Ξις 13-6-70

Γεωτρησις Ομάδος Αντ. Κηροχρήστου κατ. Μ. Βρύς
 Νομος Φθ/δος
 Κοινοτης Μ. Βρύβης G2
 Τοποθεσια Μαυρομαντήλα
 Σκοπος γεωτρησεως άρδενοις
 Συντεταγμενα
 Υψομετρον

Αριθ 468
 Μητρ



Τομή – Γεώτρηση Χατζηκώστα (G5)

(Πηγή: Αρχείο ΔΕΒ Φθιώτιδας)

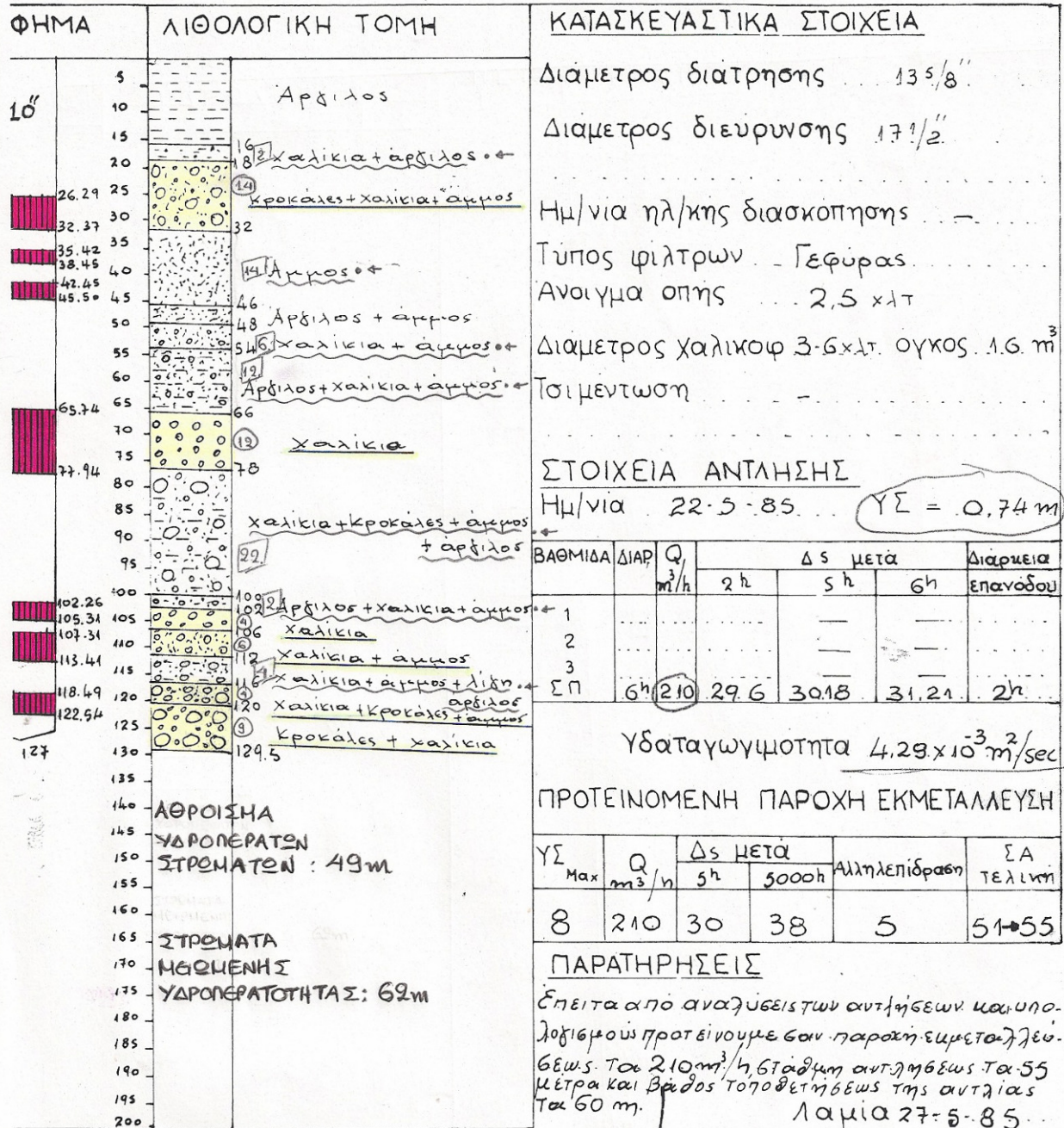
ΔΕΛΤΑ ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ

Όνομα μελετητή: Αθ. Ευαγγελόπουλος
 ρυπανιστής: Κ. Αλαφάνος
 ρυπανο: ΤΟΝΕ
 ρξη εργασιών: 11-3-85
 ληξη εργασιών: 27-5-85

Νομός Φθ/δας: Κοινότητα Ραδοίτσας

Τοποθεσία: Χατζηκώστα

Αριθμ. Μητρ.: 8



ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

PH	HClay	PPm	HCO3	Cl	SO4

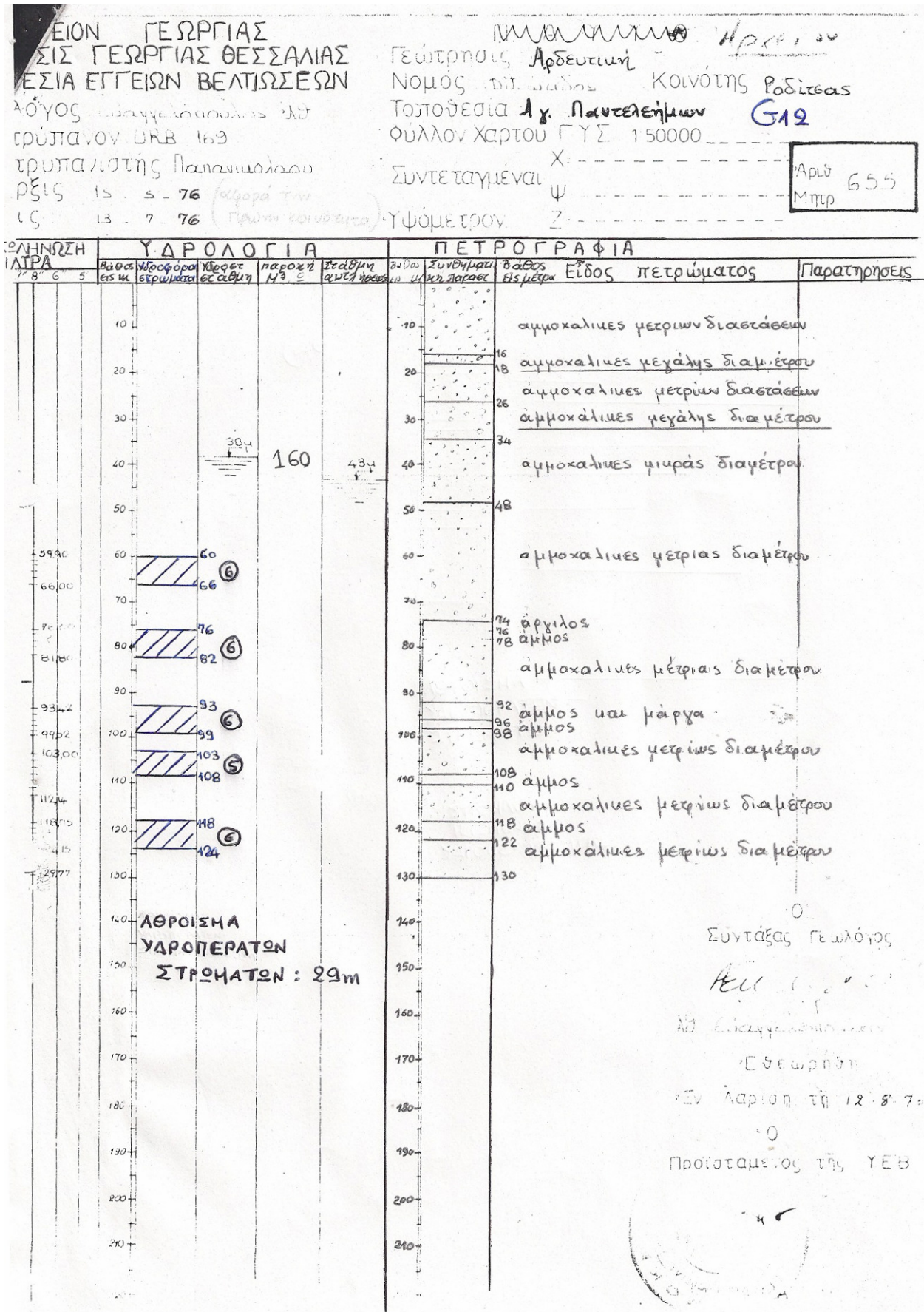
Mg	Na	SAR	Ταξη	ολ. Σκληρ.

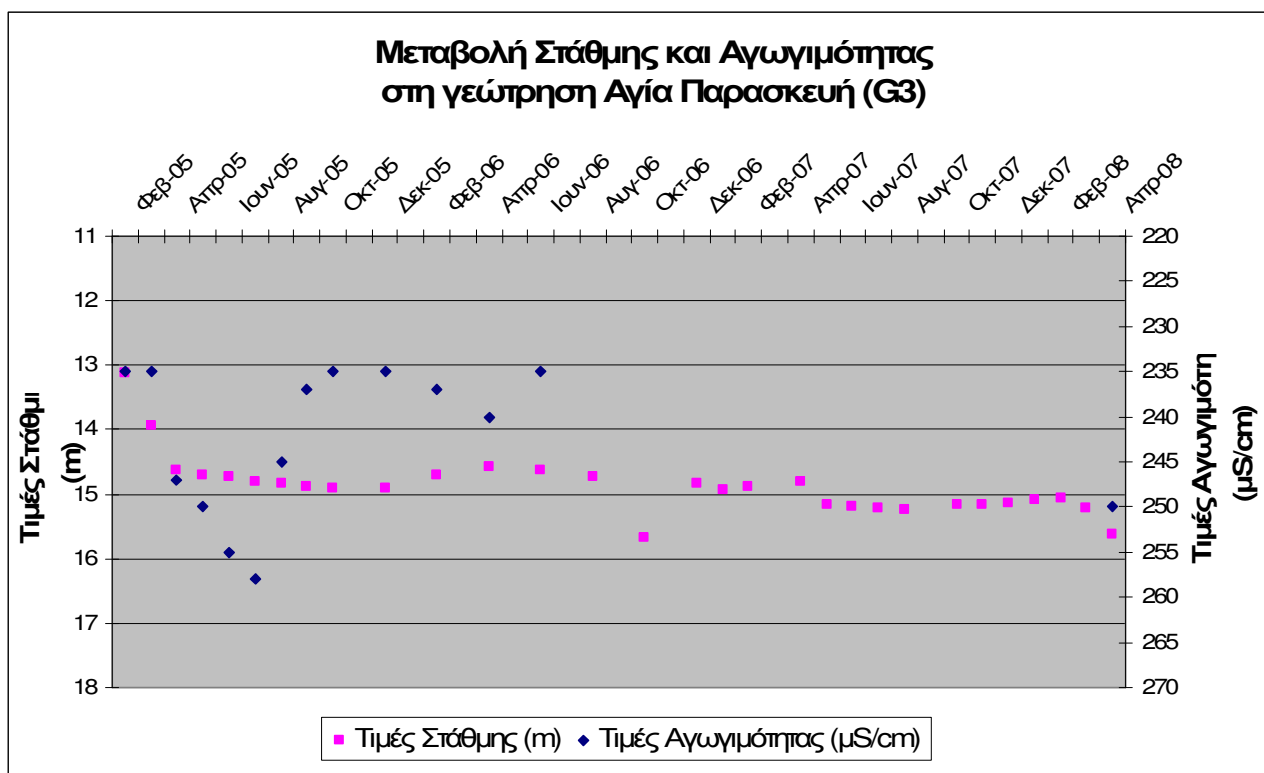
ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ
 Ο
 Διευτής
 ΑΝΤΙΠΕΤΡΙΚΗΣ

Ο
 ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
 ΓΕΩΛΟΓΟΣ
 Δ. ΔΗΜΗΤΡΕΣΣΑΣ

Τομή – Γεώτρηση Άγιος Παντελεήμων (G12)

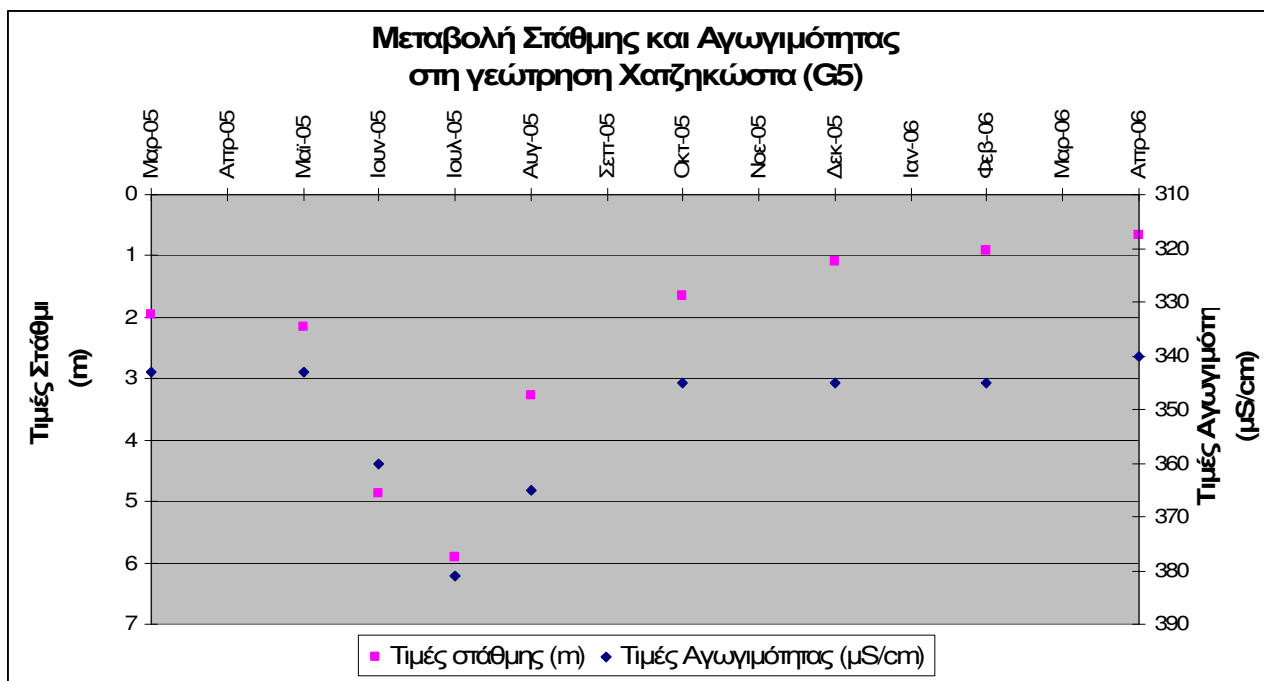
(Πηγή: Αρχείο ΔΕΒ Φθιώτιδας)





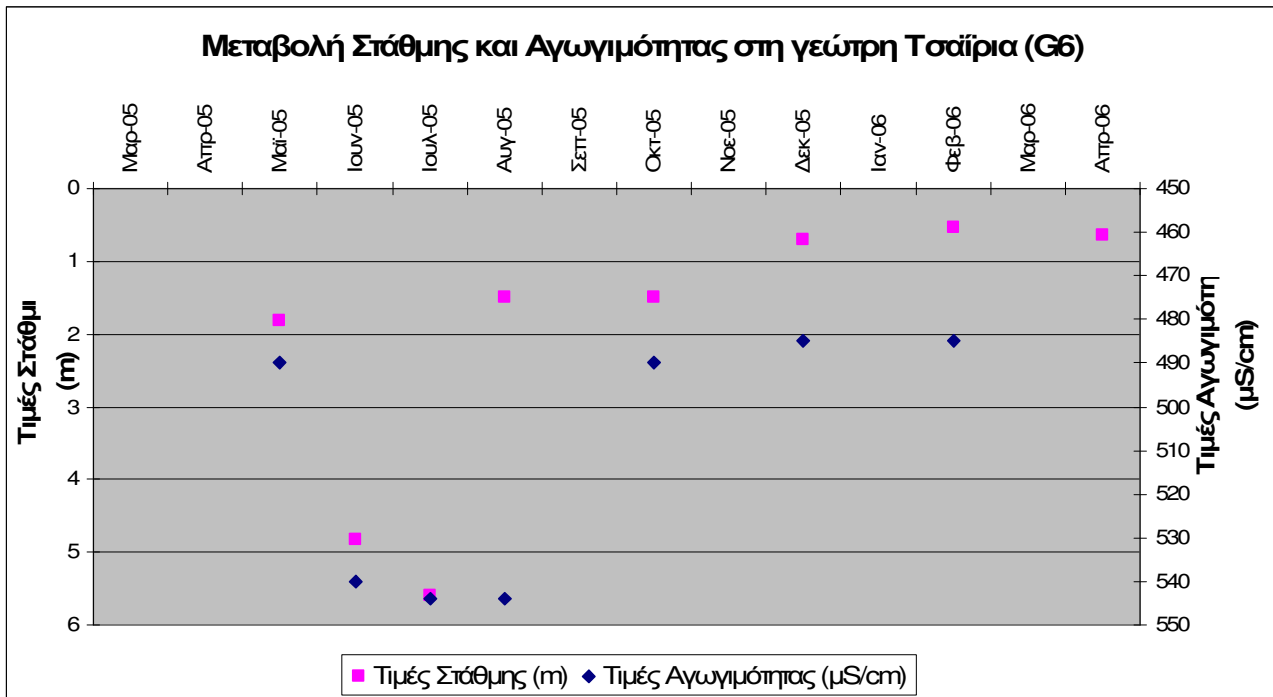
Σχήμα 1: Διάγραμμα μεταβολής Στάθμης και Αγωγιμότητας στη γεώτρηση Αγία Παρασκευή (G3)

(Πηγή: «ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΑΝ. ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΝΟΜΩΝ ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ, ΦΩΚΙΔΑΣ ΚΑΙ ΦΘΙΩΤΙΔΑ (Υ.Δ. δυτ.07)_ 7.3.2.1.9» - Μετρήσεις Υπαίθρου – 2010 - ΙΓΜΕ)



Σχήμα 2: Διάγραμμα μεταβολής Στάθμης και Αγωγιμότητας στη γεώτρηση Χατζηκώστα (G5)

(Πηγή: «ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΑΝ. ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΝΟΜΩΝ ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ, ΦΩΚΙΔΑΣ ΚΑΙ ΦΘΙΩΤΙΔΑ (Υ.Δ. δυτ.07)_ 7.3.2.1.9» - Μετρήσεις Υπαίθρου – 2010 - ΙΓΜΕ)



Σχήμα 3: Διάγραμμα μεταβολής Στάθμης και Αγωγιμότητας στη γεώτρηση Τσαΐρια (G5)

(Πηγή: «ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΑΝ. ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΝΟΜΩΝ ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ, ΦΩΚΙΔΑΣ ΚΑΙ ΦΘΙΩΤΙΔΑ (Υ.Δ. δυν.07)_ 7.3.2.1.9» - Μετρήσεις Υπαίθρου – 2010 - ΙΓΜΕ)

Φωτογραφικό υλικό



Εικόνα 1: Φράγμα στη θέση του Μεριστή
(θέση E1.1 – οριζοντιογραφία υφιστάμενων εγχειοβελτιωτικών έργων εικόνα 23 – κεφ. 3^ο)



Εικόνα 2: Φράγμα από ανάντη



Εικόνα 3: Φράγμα από κατάντη



Εικόνα 4: Παλαιά κοίτη Σπερχειού δεξιά (κατά τη φορά ροής του ποταμού) της θέσης του φράγματος – Μεριστή.



Εικόνες 5, 6: Θέση συλλογής νερού (θέση T1.1 - αρχή της τάφρου T1 – κανάλι για Ανθήλη) (ημερομηνίες λήψης φωτογραφιών - 09/02/2011 αριστερά - 04/07/2011 δεξιά) (οριζοντιογραφία υφιστάμενων εγγειοβελτιωτικών έργων εικόνα 24 – κεφ. 3^ο)



Εικόνες 7, 8: Τέλος τάφρου T1 που οδηγεί το νερό στην Ανθήλη –λίγο πριν τη θέση T1.2



Εικόνες 9, 10, 11, 12: Θέση T2.1 - Τέλος χωμάτινης τάφρου – αρχή τάφρου T3 – κανάλι για Ροδίτσα (οριζοντιογραφία υφιστάμενων εγχειοβελτιωτικών έργων εικόνα 24 – κεφ. 3^ο) - Σημείο δειγματοληψίας Th5.



Εικόνες 13, 14: Κύρια θέση ανάβλυσης πηγών Μεγάλης Βρύσης (Σημείο δειγματοληψίας Th7)



Εικόνες 15, 16: Τοποθεσία πηγών Μεγάλης Βρύσης



Εικόνες 17, 18: Άλλη θέση ανάβλυσης νερού (πηγές Μεγάλης Βρύσης)



Εικόνες 19, 20: Λιμνάζοντα νερά σε έκταση κατόντη της πηγής Σφαγεία.



Εικόνες 21, 22: Έκταση κατακλυζόμενη από στάσιμα νερά κατόντη της πηγής Σφαγεία



Εικόνες 23,24: Θέση T3.2 – Διαχωριστήρας που μοιράζει το νερό σε Ροδίτσα, Μ. Βρύση και Αυλάκι, αρχή τάφρου T4.



Εικόνες 25, 26: Διασταύρωση τάφρων T5 και T6 (αριστερά του διαχωριστήρα T3.2)



Εικόνα 27: Τάφρος ερχόμενη από Πηγές Μεγάλης Βρύσης - τέλος Χ1



Εικόνα 28: Θέση T5.2 – Θέση συμβολής T5,T7 και τάφρου ερχόμενη από πηγές Μ. Βρύσης



Εικόνα 29: Αρχή και τέλος T5 – Σούδα που οδηγεί στη (και φέρνει από) Ροδίτσα το νερό – Διπλής ροής



Εικόνα 30: Η αίθουσα που φιλοξενεί 4 αντλίες (δεξιά **εικόνα 31**) ανύψωσης του νερού.



Εικόνες 32, 33: Λεκάνες συγκέντρωσης των όμβριων υδάτων από τα αποστραγγιστικά κανάλια.





Εικόνες 34, 35: Το νερό αφού αντληθεί οδηγείται σε λεκάνη μετά το κτίριο, από εκεί περνά κάτω από το δρόμο και καταλήγει στην χωμάτινη τάφρο που το οδηγεί στη θάλασσα.



Εικόνα 36: Άλλη άποψη της εκροής του νερού που αντλείται.



Εικόνες 37, 38: Χωμάτινη τάφρος που οδηγεί τα όμβρια μετά από 1 km στη θάλασσα του Μαλιακού κόλπου. (Σημείο δειγματοληψίας Th8)



Εικόνες 39, 40: Χωμάτινη τάφρος που οδηγεί τα όμβρια του αντλιοστασίου στη θάλασσα (λίγο πριν την έξοδο στο Μαλιακό κόλπο)



Εικόνες 41, 42: Νέα Κοίτη Σπερχειού λίγο πριν την έξοδο προς στο Μαλιακό (σημείο δειγματοληψίας Th9)



Εικόνες 43, 44: Εκτάσεις αριστερά της Νέας Κοίτης του Σπερχειού (σημείο δειγματοληψίας Th9) λίγο πριν την έξοδο στο Μαλιακό - τα αλατούχα εδάφη



Εικόνα 45: Γερμανική Τάφρος μετά το Βιολογικό, λίγο πριν τη συμβολή της με τη Νέα Κοίτη του Σπερχειού (σημείο δειγματοληψίας Th10)



Εικόνα 46: Συμβολή της Γερμανικής Τάφρου με τη Νέα Κοίτη του Σπερχειού (κατάντη της γέφυρας της Ανθήλης)



Εικόνα 47: Νέα Κοίτη του Σπερχειού ανάντη της γέφυρας της Ανθήλης (πριν τη σύνδεση με τη Γερμανική Τάφρο – κοντά στο σημείο δειγματοληψίας Th11)



Εικόνα 48: Νέα Κοίτη Σπερχειού κάτω από τα έργα του ΠΑΘΕ.



Εικόνα 49: Ρέμα Ξηριάς λίγο πριν τη συμβολή του με τη γερμανική τάφρο.



Εικόνες 50, 51: Σημείο συμβολής ρέματος Ξηριά με Γερμανική Τάφρο



Εικόνες 52, 53: Γερμανική τάφρος μετά τη συμβολή με το ρέμα του Ξηριά
(αριστερά λήψη από κατάντη – δεξιά λήψη από ανά)



Εικόνα 54: Ρέμα Ξηριάς - η συμβολή από το μέρος
του Ξηριά (Σημείο δειγματοληψίας Th4)



Εικόνα 55: Το νερό της Γερμανικής Τάφρου μετά τη συμβολή με τον Ξηριά



Εικόνες 56, 57: Οι όχθες της Γερμανικής Τάφρου



Εικόνα 58: Γεώτρηση (ΤΟΕΒ) Μαυρομαντήλα (G2)



Εικόνα 59: Γεώτρηση Άγιος Παντελεήμων G12



Εικόνα 60: Γεώτρηση (ΤΟΕΒ) Χατζηκώστα G5



Εικόνα 61: Γεώτρηση (ΤΟΕΒ) Στεργιοπούλου G4



Εικόνα 62: Σωλήνας που μεταφέρει το νερό από τη γεώτρηση και το ρίχνει στο αρδευτικό κανάλι ποτίσματος.



Εικόνα 63: Γεώτρηση (ιδιωτική) Ζάρδας b



Εικόνα 64: Σύστημα λίπανσης συνδεδεμένο με τη γεώτρηση Κόντος b



Εικόνα 65: Γεώτρηση Αγία Παρασκευή (G3) κοντά στις πηγές Μ. Βρύσης



Εικόνα 66: Παράκτιο ανάχωμα – υπερυψωμένος δρόμος ως προστατευτικό μέτρο έναντι της διαβρωτικής δράσης των κυματισμών της θάλασσας.



Εικόνα 67: Η θάλασσα του Μαλιακού από το ανάχωμα που κατά περιόδους κατακλύζει την περιοχή μπροστά από το ανάχωμα



Εικόνα 68: Αστοχία του αναχώματος και τμήματος ενός αρδευτικού καναλιού



Εικόνα 69: Λιμνάζοντα νερά κατάντη του αναχώματος



Εικόνες 70, 71: Συγκεντρωμένα όμβρια νερά κατάντη του αναχώματος



Εικόνα 72: Τέλος του αναχώματος – αλατούχες εκτάσεις κατάντη