

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς όλους όσοι υποστήριξαν πρακτικά και ηθικά την προσπάθειά μου.

Πρωτίστως, ευχαριστώ θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή κ. Δερματά Δημήτρη, για την άριστη συνεργασία που είχαμε, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Η διαρκής διαθεσιμότητά του και ο επιστημονικός του ζήλος, ενίσχυσαν την προσπάθειά μου για την περάτωση αυτής της έρευνας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Δρ. Παναγιωτάκη Ηρακλή καθώς οι πολύτιμες υποδείξεις του, η άριστη καθοδήγησή του και η συνεχής υποστήριξή του συνέβαλαν στη βελτίωση της παρούσα εργασίας.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω από καρδιάς τους γονείς μου για την ηθική και υλική υποστήριξη, την αστείρευτη συμπαράσταση και τη δυνατότητα που μου έδωσαν, ώστε να αφοσιωθώ απερίσπαστα στην περάτωση αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθώς επίσης και την αδερφή μου για τη σημαντική της βοήθεια και την ψυχολογική υποστήριξη.

Τέλος, ευχαριστώ τους φίλους μου για την υποστήριξη, την κατανόηση και τη συμπαράστασή τους.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	i
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	ii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	iv
ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΙΣ .....	vi
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	vii
ABSTRACT .....	viii
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.....	1
1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	1
1.3 ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	2
2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	3
2.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ .....	3
2.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ .....	4
2.3 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	7
3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	11
3.1 ΠΗΓΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	11
3.1.1 Ποιότητα Νερού.....	11
3.1.2 Ανθρωπογενείς Πιέσεις.....	12
3.1.3 Χαρτογραφικό Υπόβαθρο .....	13
3.1.4 Ψηφιακά – Χωρικά .....	14
3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	18
3.2.1 Δεδομένα Ποιότητας Νερού.....	18
3.2.2 Μαθηματική Επεξεργασία Δεδομένων Ποιότητας Υπόγειου Νερού .....	19
3.2.3 Δεδομένα Ανθρωπογενών Πιέσεων .....	27
3.2.4 Δεδομένα Χαρτογραφικού Υποβάθρου .....	28
3.2.5 Δεδομένα Ψηφιακά – Χωρικά .....	28
3.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΣΠ .....	31
3.3.1 Δομές Δεδομένων .....	32
3.3.2 Λειτουργικό Πρόγραμμα ArcGIS.....	32
4 ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	34
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	34
4.1.1 Αναζήτηση Περιοχών με Συστηματική Καταγραφή Χρωμίου.....	34
4.1.2 Εξέταση Περιοχών Βάση Γεωλογίας .....	39

4.1.3	Αποκλεισμός Περιοχών κοντά σε Ανθρωπογενείς Πιέσεις .....	42
4.2	ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ .....	51
4.2.1	Περιοχή Α.....	51
4.2.2	Περιοχή Β.....	55
4.2.3	Σύνολο Περιοχών.....	61
4.3	ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	64
5	ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ	68
5.1	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	68
5.1.1	Φυσικό Περιβάλλον.....	68
5.1.2	Γεωλογία .....	71
5.1.3	Χρήσεις Γης.....	72
5.1.4	Υδρογεωλογικές Συνθήκες .....	73
5.2	ΠΙΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	75
5.2.1	Πηγές Ρύπανσης.....	75
5.2.2	Βιομηχανική Δραστηριότητα .....	76
5.2.3	Ποιότητα Υπόγειου Νερού .....	79
5.3	Ανάλυση Σημαντικότερων περιοχών λεκάνης Ασωπού.....	82
5.3.1	Περιοχή Οινοφύτων .....	82
5.3.2	Περιοχή Αυλώνας .....	86
5.3.3	Περιοχή Αγίου Θωμά .....	90
5.3.4	Περιοχή Ωρωπού.....	93
5.3.5	Περιοχή Νεοχωρακίου .....	95
5.4	ΓΗΓΕΝΕΣ ΧΡΩΜΙΟ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ	98
5.4.1	Περιοχές με Υπερβασικούς Σχηματισμούς εντός Λεκάνης Ασωπού Ποταμού	98
5.4.2	Ζώνες Επιρροής Πιέσεων.....	100
5.4.3	Προτεινόμενες περιοχές δειγματοληψίας .....	100
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ .....	103
6.1	Συμπεράσματα .....	103
6.2	Περαιτέρω Έρευνα.....	104
	Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	106
	Δικτυακοί Τόποι .....	108
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α .....	109
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β .....	115

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Βιομηχανικοί κλάδοι που ενδέχεται να προκαλούν ρύπανση των υπογείων υδάτων με Cr.....	10
Πίνακας 2. Γεωλογικά Φύλλα ΙΓΜΕ (κλίμακα: 1/50.000) που χρησιμοποιήθηκαν. ...	15
Πίνακας 3. Στατιστικά χαρακτηριστικά Cr(tot) ανά έτος. ....	20
Πίνακας 4. Στατιστικά στοιχεία Cr(tot) ανά υδατικό διαμέρισμα.....	25
Πίνακας 5. Κριτήρια ζωνών επιρροής ανθρωπογενών πιέσεων. ....	42
Πίνακας 6. Χρήσεις γης περιοχής Α .....	55
Πίνακας 7. Χρήσεις γης περιοχής Β. ....	61
Πίνακας 8. Στατιστικά χαρακτηριστικά περιοχών Α και Β. ....	62
Πίνακας 9. Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγματοληψίας στη περιοχή της Χαλκιδικής. ....	65
Πίνακας 10. Χρήσεις γης λεκάνης Ασωπού ποταμού. ....	73
Πίνακας 11. Καταγεγραμμένες βιομηχανίες χρωμίου στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού. ....	77
Πίνακας 12. Στατιστικά χαρακτηριστικά και Cr(tot) – Cr(VI) για τη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού.....	79
Πίνακας 13. Ζώνες επιρροής ανθρωπογενών πιέσεων.....	100

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Ανθρωπογενείς πηγές χρωμίου (πηγή: Rowbotham et al. 2000).....	7
Εικόνα 2. Δυσδιάστατη προβολή του βορείου ημισφαιρίου όπου με τη μορφή κουκίδας αναπαρίστανται οι εμφανίσεις σερπεντινών και οφιολίθων (Oze et al. 2007). ....	8
Εικόνα 3. Γεωχημικός Άτλας της Ευρώπης όπου απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις χρωμίου στην Ευρώπη, με έμφαση στην Ελλάδα, και τα σημεία δειγματοληψίας (πηγή: <a href="http://www.gsf.fi/publ/foregsatlas/">http://www.gsf.fi/publ/foregsatlas/</a> ).....	9
Εικόνα 4. Δεδομένα Ποιότητας Υπόγειου Νερού. ....	16
Εικόνα 5. Ανθρωπογενείς και Γηγενείς Πιέσεις. ....	17
Εικόνα 6. Μέση συγκέντρωση χρωμίου και πλήθος δεδομένων ανά έτος. ....	21
Εικόνα 7. Κατανομή μετρήσεων ετών 2000 έως 2005.....	23
Εικόνα 8. Ποσοστό δεδομένων ανά κατηγορία συγκέντρωσης Cr(tot).....	24
Εικόνα 9. Μέση συγκέντρωση Cr(tot) ανά υδατικό διαμέρισμα. ....	26
Εικόνα 10. Εύρος Cr(tot) ανά Υδατικό Διαμέρισμα. ....	26
Εικόνα 11. Δημιουργία βάσης δεδομένων βιομηχανιών. ....	27
Εικόνα 12. Μεθοδολογία ένωσης δορυφορικών εικόνων.....	29
Εικόνα 13. Περιβάλλον προγράμματος Arc Map. ....	33
Εικόνα 14. Περιοχές με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις Cr(tot). ....	37
Εικόνα 15. Συγκεντρώσεις Cr(tot) στις Λιβανάτες (αριστερά) και στη Χαλκιδική (δεξιά).....	39
Εικόνα 16. Υδροσημεία όπου ανιχνεύεται Cr(tot) και βρίσκονται σε περιοχές με υπερβασικά πετρώματα.....	41
Εικόνα 17. Χαρακτηριστικά Περιοχής Ι.....	43

<b>Εικόνα 18.</b> Χαρακτηριστικά Περιοχής II.....	44
<b>Εικόνα 19.</b> Χαρακτηριστικά Περιοχής III.....	45
<b>Εικόνα 20.</b> Χαρακτηριστικά Περιοχής IV.....	46
<b>Εικόνα 21.</b> Χαρακτηριστικά Περιοχής V.....	47
<b>Εικόνα 22.</b> Χαρακτηριστικά Περιοχής VI.....	48
<b>Εικόνα 23.</b> Περιοχές Μελέτης Γηγενούς Χρωμίου.....	50
<b>Εικόνα 24.</b> Όρια περιοχής A – Χαλκιδικής.....	51
<b>Εικόνα 25.</b> Γεωλογικός χάρτης περιοχής A με μετρήσεις ποιότητας υπόγειου νερού και όρια πιέσεων (Γεωλογικό υπόμνημα Χάρτης 7 Παράρτημα B).....	52
<b>Εικόνα 26.</b> Στατιστικά χαρακτηριστικά και ποσοστά συγκέντρωσης Cr(tot), περιοχής A.....	53
<b>Εικόνα 27.</b> Γεωμορφολογικός χάρτης περιοχής A με μετρήσεις ποιότητας υπόγειου νερού και όρια πιέσεων.....	54
<b>Εικόνα 28.</b> Όρια περιοχής B – Έδεσσα.....	56
<b>Εικόνα 29.</b> Γεωλογικός χάρτης περιοχής B με μετρήσεις ποιότητας υπόγειου νερού και όρια ανθρωπογενών πιέσεων (Γεωλογικό υπόμνημα Χάρτης 7 Παράρτημα B).....	57
<b>Εικόνα 30.</b> Στατιστικά χαρακτηριστικά και ποσοστά συγκέντρωσης Cr(tot), περιοχής B.....	58
<b>Εικόνα 31.</b> Γεωμορφολογικός χάρτης περιοχής B με μετρήσεις ποιότητας υπόγειου νερού και όρια πιέσεων.....	59
<b>Εικόνα 32.</b> Συγκριτικά ποσοστά χρωμίου περιοχών A και B.....	62
<b>Εικόνα 33.</b> Στατιστικά χαρακτηριστικά και ποσοστά συγκέντρωσης Cr(tot), για το σύνολο των περιοχών.....	63
<b>Εικόνα 34.</b> Ποσοστά συγκέντρωσης Cr(tot) – Cr(VI) για τη περιοχή της Χαλκιδικής.....	65
<b>Εικόνα 35.</b> Γεωμορφολογικός χάρτης περιοχής A με μετρήσεις ποιότητας υπόγειου νερού πρόσφατης δειγματοληψίας και βάσης δεδομένων.....	67
<b>Εικόνα 36.</b> Οριοθέτηση και μορφολογία λεκάνης Ασωπού ποταμού.....	70
<b>Εικόνα 37.</b> Ροή των υπόγειων νερών στο υδροσύστημα της Β.Α. Πάρνηθας (Δούνας et al. 1978, Γιαννουλόπουλος 2008).....	74
<b>Εικόνα 38.</b> Ροή του υπόγειου νερού στους καρστικούς υδροφόρους σχηματισμούς (Δούνας et al. 1978, Μόρφης 2005).....	75
<b>Εικόνα 39.</b> Είδη Πιέσεων στην Λεκάνη Απορροής του Ασωπού ποταμού.....	78
<b>Εικόνα 40.</b> Ποσοστά συγκέντρωσης Cr(tot) – Cr(VI) για τη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού.....	80
<b>Εικόνα 41.</b> Περιοχή Οινοφύτων.....	83
<b>Εικόνα 42.</b> Ποιότητα υπόγειου νερού και ανθρωπογενείς πιέσεις περιοχής Οινοφύτων.....	85
<b>Εικόνα 43.</b> Περιοχή Αυλώνα.....	86
<b>Εικόνα 44.</b> Ποιότητα υπόγειου νερού και ανθρωπογενείς πιέσεις περιοχής Αυλώνα.....	89
<b>Εικόνα 45.</b> Περιοχή Αγίου Θωμά.....	90
<b>Εικόνα 46.</b> Ποιότητα υπόγειου νερού και ανθρωπογενείς πιέσεις περιοχής Αγίου Θωμά.....	92
<b>Εικόνα 47.</b> Περιοχή Ωρωπού.....	93
<b>Εικόνα 48.</b> Ποιότητα υπόγειου νερού και ανθρωπογενείς πιέσεις περιοχής Ωρωπού.....	95
<b>Εικόνα 49.</b> Περιοχή Νεοχωράκι.....	96

<b>Εικόνα 50.</b> Ποιότητα υπόγειου νερού και ανθρωπογενείς πιέσεις περιοχής Νεοχωρακίου.....	97
<b>Εικόνα 51.</b> Προτεινόμενες περιοχές δειγματοληψίας. ....	102

## ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΙΣ

Cr <sub>tot</sub>	Ολικό Χρώμιο
Cr(VI)	Εξασθενές Χρώμιο
ΓΣΠ	Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών
DO	Διαλυμένο Οξυγόνο
ΕΓΥ	Ειδική Γραμματεία Υδάτων
ΕΕΛ	Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων
ΕΥΔΑΠ	Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας
ΙΓΜΕ	Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών
GIS	Geographic Information Systems
ΤΕΕ	Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
TOC	Total Organic Carbon (Ολικός Οργανικός Άνθρακας)
ΧΑΔΑ	Χώρος Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα εργασία μελετά την παρουσία γηγενούς χρωμίου στα υπόγεια νερά της χώρας μας, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού. Αποτελεί μέρος του χρηματοδοτούμενου προγράμματος Life+ CHARM (Chromium in Asoros groundwater system: Remediation Technologies and Measures), το οποίο, μεταξύ άλλων, έχει ως σκοπό την αξιολόγηση της επίδρασης των χαρακτηριστικών του εδάφους και των υπογείων υδάτων στην παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων φυσικού υποβάθρου εξασθενούς χρωμίου (Cr(VI)) και την ανάπτυξη μιας ορθολογικής μεθοδολογίας για τον προσδιορισμό των ανώτερων αποδεκτών τιμών του (threshold values, TV) στο υπόγειο νερό.

Η αναζήτηση γηγενούς χρωμίου, βασίσθηκε στην εύρεση περιοχών της Ελλάδας με συστηματικές καταγραφές χρωμίου στα υπόγεια νερά της, οφειλόμενη καθαρά στην παρουσία φυσικών πηγών. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην αναζήτηση περιοχών σε απόσταση ασφαλείας από ανθρωπογενείς πιέσεις, ώστε να αποκλειστεί η συμβολή τους στην ανίχνευση χρωμίου. Η έρευνα κατέληξε σε δύο περιοχές, οι οποίες αναλύθηκαν ως προς τη ποιότητα του υπόγειου νερού, τη γεωλογία και τη γεωμορφολογία. Με πρόσφατη δειγματοληπτική έρευνα επιβεβαιώνεται η μεθοδολογία εύρεσης χρωμίου και συλλέγονται επιπλέον δεδομένα για μία εκ των περιοχών. Η ανάλυση των περιοχών, ανέδειξε την παρουσία γηγενούς χρωμίου στα υπόγεια ύδατα της χώρας, με συγκεντρώσεις που αγγίζουν τα 15  $\mu\text{g/L}$  και μέση τιμή τα 9,9  $\mu\text{g/L}$ . Η δειγματοληπτική έρευνα επιβεβαίωσε την παρουσία χρωμίου στα υπόγεια νερά, με σημαντική ανίχνευση χρωμίου που ανέρχεται στα 50  $\mu\text{g/L}$  και μέση τιμή στα 29,4  $\mu\text{g/L}$ . Η μελέτη των περιοχών έδειξε ότι η συγκέντρωση του χρωμίου στα υπόγεια ύδατα φαίνεται να εξαρτάται από τη γεωλογία και τη μορφολογία της περιοχής καθώς και την απόσταση των δειγμάτων από τις φυσικές πηγές.

Ξεχωριστό κομμάτι αποτέλεσε η έρευνα της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού, λόγω της γνωστής ανθρωπογενούς ρύπανσης στην περιοχή. Η ανάλυση της περιοχής ξεκίνησε με την καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης και της ποιότητας του υπόγειου νερού. Ακολούθησε αναλυτικότερη μελέτη των σημαντικότερων περιοχών, ως προς τις ανθρωπογενείς πιέσεις, τις γηγενείς πηγές, τη μορφολογία και την ποιότητα των υπόγειων υδάτων. Η μελέτη καταδεικνύει συγκεντρώσεις χρωμίου υψηλότερες συγκριτικά με την υπόλοιπη Ελλάδα, γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε ανθρωπογενή και γηγενή αίτια. Χαρακτηριστική είναι η ομοιότητα των περιοχών, ως προς τη γεωλογία και τη μορφολογία, με τις περιοχές όπου ανιχνεύτηκε γηγενές χρώμιο. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην εύρεση περιοχών, μακριά από ανθρωπογενείς πιέσεις, για τη διερεύνηση γηγενούς χρωμίου. Η έρευνα κατέληξε σε δύο περιοχές στις οποίες προτείνεται να πραγματοποιηθούν δειγματοληψίες, για την επιβεβαίωση της εμφάνισης γηγενούς χρωμίου στη περιοχή της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού. Τέλος, αναγκαία θεωρείται η περαιτέρω έρευνα για την αξιολόγηση του βαθμού συμβολής του γηγενούς χρωμίου στη συνολική συγκέντρωση του χρωμίου που μετράται στα υπόγεια ύδατα της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού.

## **ABSTRACT**

The present study examines the presence of indigenous Chromium in the groundwater of Greece with a placed emphasis on the Asopos river basin. It constitutes an integral part of the Life+ CHARM (Chromium in Asopos groundwater system: Remediation Technologies and Measures) funded programme, which, among other things, is mainly targeted towards assessing, on the one hand, the impact of soil characteristics and groundwater into the presence of high concentrations of natural background hexavalent Chromium and, on the other hand, the development of a rational methodology for determining threshold values (TV) in groundwater.

The search for indigenous Chromium was based on Greek regions with systematic recordings of Chromium in their groundwater solely attributed to natural sources. Great significance was given on locating areas in safety distance from anthropogenic pressures, so that their contributing to Chromium detection could be excluded. The research was led up to two regions which were analysed in terms of groundwater quality, geology and geomorphology. In a recent sample survey, the methodology for Chromium detection is confirmed and further data for one of the two regions are collected. The analysis of the two regions highlighted the presence of indigenous Chromium in the groundwater of Greece with concentrations as high as 15 µg/L and 9.9 µg/L on average. The sample survey confirmed the presence of Chromium in groundwater with significant detection at 50 µg/L and 29,4 µg/L on an average scale. The research conducted on these two regions showed that Chromium concentration in groundwater seems to depend on the region's geology and morphology along with the samples' distance from natural sources.

The research of the Asopos river basin constituted a distinctive part of the study due to the well-known anthropogenic pollution of the area. The analysis of the aforementioned region commenced with a recording of its current state and groundwater quality. A more in-depth analysis followed which focused on the major regions in terms of anthropogenic pressures, indigenous resources, morphology and groundwater quality. The study pinpoints the presence of Chromium in concentrations higher than the rest of Greece, a fact that can be attributed to anthropogenic and indigenous causes. There is a notable resemblance concerning geology and morphology between regions where indigenous Chromium was detected. There was special emphasis placed on locating regions afar from anthropogenic pressures with the purpose of researching indigenous Chromium. The study concluded in two regions where sampling is highly recommended with the aim of reaffirming the presence of indigenous Chromium in the Asopos river basin. Finally, further research is considered vital in order to assess the extent to which indigenous Chromium



interferes with the total concentration measures in the groundwater of the Asopos river basin.

## **1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ**

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της γηγενούς παρουσίας χρωμίου στα υπόγεια νερά της χώρας μας, με έμφαση στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού. Σκοπός της εργασίας είναι να διαπιστωθεί αφενός ο βαθμός εμφάνισης γηγενούς χρωμίου στα υπόγεια νερά της Ελλάδας και αφετέρου ο εντοπισμός περιοχών, εντός της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού, στις οποίες προτείνεται να αναζητηθεί γηγενές χρώμιο. Η εν λόγω εργασία αποτελεί μέρος του χρηματοδοτούμενου προγράμματος Life+ CHARM (Chromium in Asopos groundwater system: Remediation Technologies and Measures), το οποίο, μεταξύ άλλων, έχει ως σκοπό την αξιολόγηση της επίδρασης των χαρακτηριστικών του εδάφους και των υπογείων υδάτων στην παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων φυσικού υποβάθρου εξασθενούς χρωμίου (Cr(VI)) και την ανάπτυξη μιας ορθολογικής μεθοδολογίας για τον προσδιορισμό των ανώτερων αποδεκτών τιμών του (threshold values, TV) στο υπόγειο νερό.

Το χρώμιο είναι ένα φυσικά σχηματιζόμενο μέταλλο, γνωστό σε διάφορες ιοντικές καταστάσεις, με πιο σύνηθες στη φύση τη τρισθενή (Cr(III)) και την εξασθενή (Cr(VI)) μορφή του. Η επίδραση του χρωμίου στον άνθρωπο εξαρτάται από τη χρονική διάρκεια έκθεσης, τον τρόπο απορρόφησης από τον οργανισμό και την ιοντική του κατάσταση, με το Cr(III) να είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο για τον ανθρώπινο οργανισμό, σε αντίθεση με το Cr(VI), το οποίο θεωρείται καρκινογόνο. Η προέλευση του χρωμίου στα υπόγεια νερά μπορεί να είναι είτε από γηγενή είτε από ανθρωπογενή αίτια. Το χρώμιο, ως φυσικό μέταλλο, εντοπίζεται κυρίως σε υπερβασικά πυριγενή πετρώματα (π.χ. περιδοτίτες) και σε αλλουβιακές αποθέσεις προερχόμενες από τα εν λόγω πετρώματα, ενώ ως ανθρωπογενής ρύπος πηγή εντοπίζεται σε μια σειρά βιομηχανικών δραστηριοτήτων, όπως στις μεταλλουργίες και στις χημικές βιομηχανίες.

### **1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η εργασία αυτή αποτελείται από 6 κεφάλαια, με το παρών πρώτο να είναι εισαγωγικό και να παρουσιάζει το αντικείμενό και τη διάρθρωσή της, ενώ στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθεται η βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε, ώστε να αποτυπωθεί η φύση του χρωμίου, οι έως σήμερα γνωστές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και η προέλευσή του.

Στη συνέχεια, το τρίτο κεφάλαιο περιέχει τη μεθοδολογία έρευνας που υιοθετήθηκε με αναφορά στις πηγές, τη φύση των δεδομένων καθώς επίσης και την απαραίτητη επεξεργασία τους. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη χρήση Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (ΓΣΠ) και την ανάλυση του λειτουργικού προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε.

Το τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζει τη μεθοδολογία αναζήτησης περιοχών με γηγενές χρώμιο στα υπόγεια ύδατα και την ανάλυση τους ως προς τη γεωλογία, τη μορφολογία και τη παρουσία του χρωμίου. Επίσης, στο κεφάλαιο αυτό μελετώνται τα αποτελέσματα πρόσφατης δειγματοληπτικής έρευνας, σε μία εκ των περιοχών, και δίνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τη γηγενή παρουσία του χρωμίου στην εν λόγω περιοχή.

Στο πέμπτο κεφάλαιο εξετάζεται η λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού στο σύνολό της αλλά και σε μεμονωμένες περιοχές ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, ως προς την ποιότητα του υπόγειου νερού τους δίνοντας έμφαση στο χρώμιο. Στη συνέχεια διερευνώνται περιοχές με γνώμονα τη γηγενή προέλευση του χρωμίου και προτείνονται οι καταλληλότερες θέσεις αναζήτησής του.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο αναφέρονται τα σημαντικότερα συμπεράσματα της εργασίας και με ποιο τρόπο μπορούν να συμβάλλουν στην περαιτέρω διερεύνηση του συγκεκριμένου προβλήματος.

### **1.3 ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η παρούσα εργασία αποτελεί προσπάθεια διερεύνησης του γηγενούς χρωμίου στα υπόγεια νερά της Ελλάδας και η διαδικασία έρευνας επεφύλασσε πολλές δυσκολίες μέχρι την ολοκλήρωσή της. Κυρίως λόγος των δυσκολιών αυτών ήταν ο εύρεση, η επεξεργασία και ο συνδυασμός μεγάλου πλήθους δεδομένων όπως επίσης και η χρήση των κατάλληλων χαρτογραφικών εργαλείων. Ωστόσο, τα παραπάνω δεν αποτέλεσαν σημαντικά εμπόδια της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας, που είχε σκοπό, βάσει των διαθέσιμων δεδομένων, να καταγράψει και να αξιολογήσει την πιθανή παρουσία γηγενούς χρωμίου στα υπόγεια νερά της χώρας.

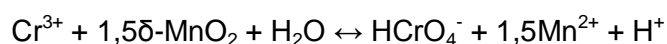
## 2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ

Το χρώμιο (Cr) είναι ένα αργυρόλευκο γυαλιστερό και σκληρό μέταλλο με υψηλό σημείο τήξης. Το όνομά του προέρχεται από την ελληνική λέξη «χρώμα», εξαιτίας των έγχρωμων ενώσεων που μπορεί να σχηματίσει. Το χρώμιο είναι το πέμπτο περισσότερο απαντώμενο στοιχείο στη γη και το εικοστό πρώτο στη σειρά των πετρωμάτων του εξωτερικού φλοιού της, με μέση συγκέντρωση 100 μg/L. Τα φυσιολογικά επίπεδά του στα μη ρυπασμένα επιφανειακά ύδατα κυμαίνονται μεταξύ 1μg/L και 10 μg/L, ενώ στο πόσιμο νερό μεταξύ 0,4μg/L και 8 μg/L. Στον αέρα βρίσκεται σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 0,1 μg/m<sup>3</sup>, στο θαλασσινό νερό μεταξύ 5 μg/L με 800 μg/L και στα ποτάμια και τις λίμνες μεταξύ 5,2 mg/L και 26 μg/L. Η περιεκτικότητα των περισσότερων πετρωμάτων σε χρώμιο κυμαίνεται από 5 mg/kg έως 1800 mg/kg. Στα περισσότερα εδάφη υπάρχει σε χαμηλές περιεκτικότητες (2-60 mg/kg), ενώ σε ορισμένα πετρώματα μπορεί να φτάσει τα 60,000 mg/kg (Oze et al. 2004). Μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό από το χρώμιο αυτό είναι διαθέσιμο στα φυτά (μέχρι 0,19 mg/kg) (INCHEM 1988).

Το χρώμιο είναι ένα φυσικά σχηματιζόμενο μέταλλο γνωστό σε διάφορες ιοντικές καταστάσεις που ποικίλουν από -4 έως +6, αλλά στη φύση συνήθως απαντά μόνο στις οξειδωτικές καταστάσεις Cr(0), Cr(III), Cr(VI). Το Cr(0) συναντάται σπάνια στη φύση και από πολλούς αμφισβητείται ακόμα και η ύπαρξή του. Το τρισθενές χρώμιο (Cr(III)) απαντά με τη μορφή χρωμιούχων οξειδίων (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) και υδροξειδίων (Cr(OH)<sub>3</sub>), καθώς και ως διαλυτά κατιόντα (CrOH<sup>2+</sup>), ενώ το εξασθενές χρώμιο (Cr(VI)) με τη μορφή χρωμικών (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>) ανιόντων ή ακόμη και ως χρωμικό βάριο (BaCrO<sub>4</sub>) ή διχρωμικό νάτριο (Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) (Hem 1992, Deutch 1997, Guertin et al. 2005).

Βασικοί παράγοντες που ρυθμίζουν τη σταθερότητά του χρωμίου είναι το επίπεδο οξύτητας (pH) και το δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh). Μέσω διάφορων γεωχημικών μηχανισμών, ενώσεις του Cr(III) οξειδώνονται σε ενώσεις του Cr(VI), καθώς και αντίστροφα μέσω των μηχανισμών αναγωγής. Κατά τους Early and Rai (1987) και Fendorf and Zasoski (1992) η οξειδωση του Cr(III) σε Cr(VI) μπορεί να συμβεί σε περιβάλλον με οξειδία του μαγγανίου (πυρολουσίτης β-MnO<sub>2</sub>(s), μπιρνεσίτης δ-MnO<sub>2</sub>(s), κρυπτομέλανας α-MnO<sub>2</sub>(s)) σύμφωνα με την αντίδραση:



Οι πιθανές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου από μακρόχρονη έκθεσή του σε χρώμιο εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, όπως την ποσότητα του χρωμίου τη χημική μορφή του, τη χρονική περίοδο έκθεσης του ατόμου, τον τρόπο απορρόφησης από τον οργανισμό (εισπνοή, τροφή, πόση, απορρόφηση από το δέρμα), την ηλικία του ατόμου, το φύλο, το βάρος και τη γενική εικόνα υγείας του (ATSDR 2008).

Το τρισθενές χρώμιο, Cr(III), θεωρείται απαραίτητο ιχνοστοιχείο για τον οργανισμό, αφού φαίνεται να συμμετέχει στον παράγοντα ανοχής της γλυκόζης (Glucose Tolerance Factor, GTF). Ο παράγοντας GTF, μαζί με την ινσουλίνη, ρυθμίζει την

ποσότητα της γλυκόζης στο αίμα και επηρεάζει το μεταβολισμό των λιπών και πρωτεϊνών (INCHEM 1988). Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τους Jacob and Testa (2004), το χρώμιο βοηθά στην ανάπτυξη των μυών. Η συνιστώμενη ημερήσια δόση για τον άνθρωπο, όπως αυτή έχει καθοριστεί από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των Ηνωμένων Πολιτειών (NRC), είναι 50 – 200 μg για ένα ενήλικο άτομο. Τέλος, το Διεθνές Κέντρο Έρευνας για το καρκίνο (IARC) έχει κατατάξει τις ενώσεις του Cr(III) στην ομάδα 3, δηλαδή ότι δεν προκαλούν καρκινογένεση στους ανθρώπους.

Από την άλλη μεριά, οι ενώσεις του Cr(VI) χαρακτηρίζονται ως καρκινογόνες, μεταλλαξιογόνες, βλαπτικές ως προς την αναπαραγωγή, επικίνδυνες για το περιβάλλον, οξειδωτικές καθώς και ισχυρά τοξικές (με βάση την οδηγία 67/548/ΕΟΚ όπως τροποποιήθηκε από την οδηγία 92/32/ΕΟΚ). Η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (USEPA) κατατάσσει το Cr(VI) στην πρώτη από τις τέσσερις κατηγορίες των ουσιών που έχουν σχηματιστεί με βάση την καρκινογόνο τους ισχύ, ταξινομώντας το στην Α ομάδα για πρόκληση καρκίνου. Η επικινδυνότητα του Cr(VI), όταν αυτό εισπνέεται σε εργασιακούς χώρους, είναι απόλυτα τεκμηριωμένη. Η εισπνοή σωματιδίων που περιέχουν σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις Cr(VI) μπορεί να προκαλέσει διάτρηση και έλκος του ρινικού διαφράγματος, αιμορραγία, κνησμό και φτάρνισμα. Κατάποση υψηλών ποσοτήτων Cr(VI) μπορεί να προκαλέσει καταστροφή των νεφρών και του ήπατος, έλκος στομάχου, γαστρεντερικό ερεθισμό, ακόμα και θάνατο. Η δερματική έκθεση σε ενώσεις του Cr(VI) μπορεί να προκαλέσει δερματικά έλκη και δριμείες αλλεργικές αντιδράσεις (TEE 2009). Μελέτες σε πειραματόζωα έδειξαν ότι η πόση νερού επιβαρυσμένου με Cr(VI) μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του γαστρεντερικού συστήματος. Ωστόσο, δεν είναι σαφές αν τα επίπεδα που προσδιορίζονται σε πόσιμα ύδατα είναι ικανά να προκαλέσουν καρκίνο. Σύμφωνα με τη Διεθνή Υπηρεσία Ερευνών για τον Καρκίνο (IARC), το Cr(VI) που προσλαμβάνεται με το νερό μετατρέπεται σε μεγάλο ποσοστό σε Cr(III) στο όξινο περιβάλλον του στομάχου, γεγονός που δεν επιτρέπεται περαιτέρω απορρόφηση του χρωμίου από τον οργανισμό, καθώς το Cr(III) δεν μπορεί να διαπεράσει την κυτταρική μεμβράνη. Για αυτό το λόγο η καρκινογόνος δράση του Cr(VI), όταν προσλαμβάνεται από το στόμα, είναι αμφιλεγόμενη. Μια επανεκτίμηση μελετών έδειξε ότι υπάρχει δυνατότητα πρόκλησης καρκίνου αν εισέλθει Cr(VI) σε κύτταρα. Μελέτες σε ανθρώπους και ζώα έδειξαν ότι ένα μέρος του χορηγούμενου από πόση Cr(VI) απορροφάται και εισέρχεται στα κύτταρα διάφορων ιστών προκαλώντας βλάβη στο DNA και αύξηση εμφάνισης όγκων στο στομάχι (Guertin et al 2005, TEE 2009).

Συμπερασματικά, το είδος και η ένταση των επιπτώσεων του Cr(VI) στην ανθρώπινη υγεία είναι αντικείμενο προς διερεύνηση. Ωστόσο, οι έως σήμερα ενδείξεις συμφωνούν στην τοξική δράση του Cr(VI) για τον άνθρωπο.

## **2.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΙΟΥ**

Η ανίχνευση του χρωμίου στο υπόγειο νερό μπορεί να οφείλεται σε φυσικές πηγές – γηγενείς αιτίες, είτε σε τεχνητές – ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης (Dermatas et al 2012). Οι κυριότερες γηγενείς και ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

#### **A. Φυσικές πηγές Cr(III) και Cr(VI) :**

Οι συγκεντρώσεις του τρισθενούς και εξασθενούς χρωμίου, εξαρτώνται από ποικίλους παράγοντες, όπως είναι η φύση των γεωλογικών σχηματισμών, η κοκκομετρική σύσταση, η χημική σύσταση των πετρωμάτων καθώς και οι λιθολογικές παραμορφώσεις. Το οξειδίο του Cr(III) αποτελεί μια από τις δέκα πιο διαδεδομένες ουσίες στο φλοιό της γης (Jacobs and Testa 2005). Το γεωλογικό περιβάλλον στο οποίο αφθονεί το χρώμιο είναι κυρίως τα υπερβασικά πετρώματα (περιδοίτες, δουνίτες, γάββροι και πυρόξενοι), στα μεταμορφωμένα ισοδύναμά τους, καθώς επίσης και σε διάφορους τύπους σχιστολίθων. Το γηγενές Cr(III) μπορεί να οξειδωθεί υπό κατάλληλες συνθήκες σε Cr(VI) και να διαλυθεί από φυσικές διεργασίες, με αποτέλεσμα την εμφάνιση υψηλών συγκεντρώσεων Cr(VI) τόσο στα επιφανειακά όσο και στα υπόγεια ύδατα (Becquer et al. 2003). Σημαντικές συγκεντρώσεις γηγενούς Cr(VI) έχουν έως σήμερα βρεθεί σε διάφορες περιοχές της γης, μεταξύ αυτών στις ΗΠΑ (Gonzalez et al. 2005), στην Ιταλία (Fantoni et al. 2002) και στη Ελλάδα (Moraetis et al. 2012). Χαρακτηριστικό παράδειγμα των παραπάνω αποτελούν οι αυξημένες συγκεντρώσεις Cr(VI) που βρέθηκαν σε υπόγεια ύδατα στη Mojave Desert της Καλιφόρνια (Ball and Izbicki 2004). Πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή ανιχνεύτηκαν υψηλές τιμές συγκέντρωσης Cr(VI) σε ύδατα από πηγάδια που κατέληγαν σε αλλουβιακά αποθέματα, τα οποία είχαν προκύψει από την αποσάθρωση γρανιτικών (granitic), ηφαιστειακών και μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Ακόμα μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ανιχνεύτηκαν όταν τα αλλούβια αποθέματα προέκυπταν από πετρώματα που περιείχαν υψηλές συγκεντρώσεις φυσικά εμφανιζόμενου χρωμίου. Οι συγκεντρώσεις ολικού χρωμίου κυμαίνονταν από 0,8 μg/L έως 60 μg/L, ενώ σχεδόν όλο το χρώμιο ήταν εξασθενές (Ball and Izbicki 2004).

#### **B. Ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης:**

Το χρώμιο και οι ενώσεις του βρίσκουν ευρεία εφαρμογή στη μεταλλουργία σε ποσοστό 67% (παραγωγή σιδηροχρωμίου, χρωμιοχάλυβα, κραμάτων Fe-Ni/Cu-Cr), στη χημική βιομηχανία σε ποσοστό 15% (χρωμιούχα άλατα, επιχρωμίσεις, χρωματοουργία, υφαντουργία κ.α.) και σε πυρίμαχα υλικά σε ποσοστά 18% (π.χ. πυρίμαχα τούβλα με Mg) (Saha et al. 2011). Ειδικότερα οι ενώσεις του χρωμίου στη χημική βιομηχανία, σύμφωνα με την Ένωση Ελλήνων Χημικών (2007), είναι δυνατόν να βρεθούν στις παρακάτω βιομηχανικές δραστηριότητες:

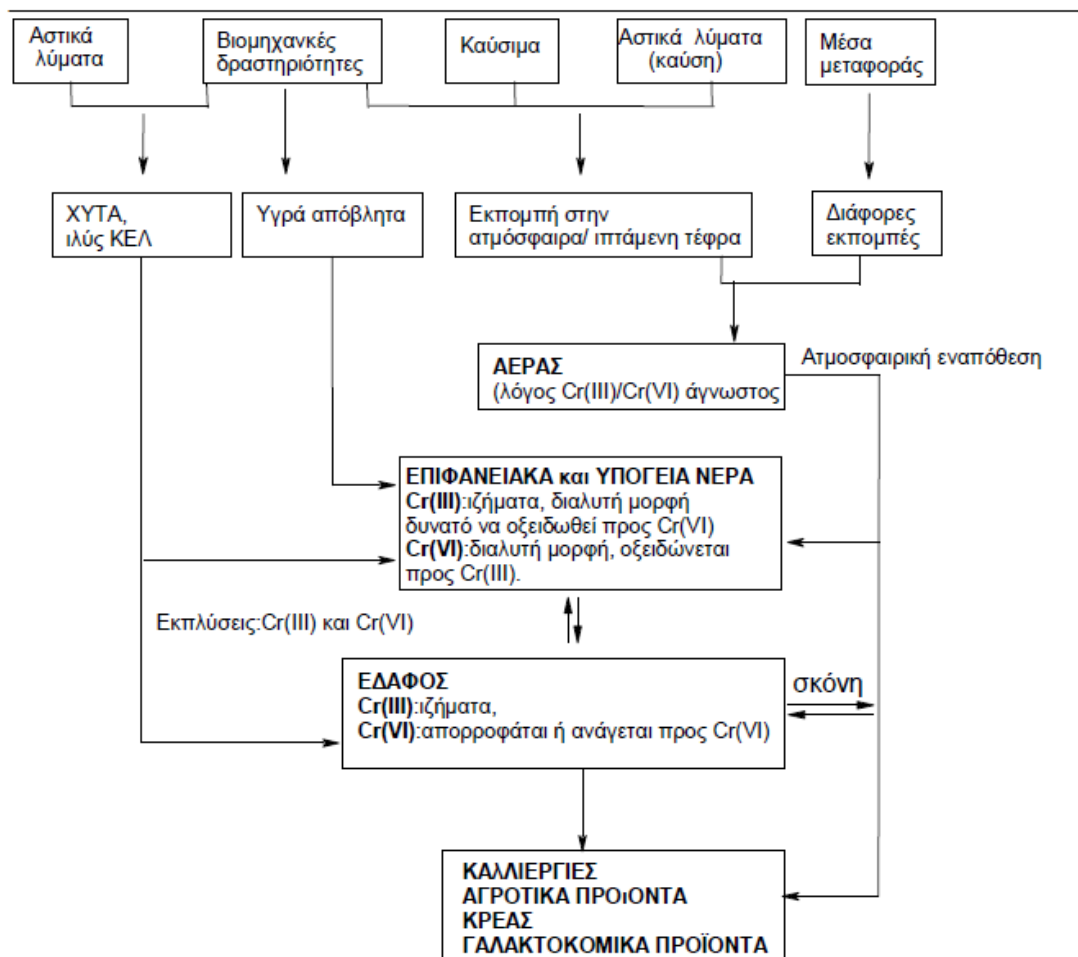
- παρασκευή χρωμάτων και χρωστικών
- επιμεταλλώσεις
- βυρσοδεψία
- παρασκευή βερνικιών για την προστασία του ξύλου
- κατασκευή αντισκωρικών των μεταλλικών επιφανειών
- κλωστοϋφαντουργία
- μελάνι για φωτοτυπικά μηχανήματα

- μαγνητοταινίες
- ως καταλύτης
- παραγωγή τσιμέντου

Το χρώμιο που συναντάται σε αέρα, νερό και έδαφος, μπορεί να είναι αποτέλεσμα των παραπάνω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Η αύξηση των επιπέδων Cr(III) στον αέρα είναι αποτέλεσμα κυρίως της καύσης γαιανθράκων και ορυκτελαίων, καθώς και της διαδικασίας παραγωγής χάλυβα, ενώ οι ηλεκτροσυγκολλήσεις και η χρήση χημικών ενώσεων του Cr(VI) αυξάνουν τα επίπεδα του τελευταίου στον αέρα (Ένωση Ελλήνων Χημικών 2007). Διαφυγόντα υγρά απόβλητα βιομηχανιών αυξάνουν τα επίπεδα χρωμίου στα ύδατα (υπόγεια ή/και επιφανειακά), εμπιριέχοντας συνδυασμό Cr(III) και Cr(VI) με διάφορες διαλυτότητες. Η παρουσία, η μορφή, και η συγκέντρωση του χρωμίου στα λύματα που απορρίπτονται εξαρτώνται κυρίως από τις ενώσεις του Cr(VI) που χρησιμοποιούνται κατά τη βιομηχανική διαδικασία αλλά και από το pH (Stanin and Pirnie 2004).

Το έδαφος και, υπό ορισμένες συνθήκες, τα υπόγεια ύδατα μπορούν να ρυπανθούν από χρώμιο με διάφορους τρόπους όπως: με την άμεση διείσδυση στραγγισμάτων από χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων (ΧΑΔΑ), από στραγγίσματα αποβλήτων εξόρυξης, από διαρροή βιομηχανικών δεξαμενών και από εκχύσεις ή διαρροές βιομηχανιών επεξεργασίας μετάλλων ή εγκαταστάσεων συντήρησης ξύλου. Επιπλέον, υψηλή συγκέντρωση χρωμίου μπορεί να οφείλεται σε γεωργικές δραστηριότητες λόγω της υπέρμετρης χρήσης φωσφορικών λιπασμάτων που περιέχουν χρώμιο (Molina et al. 2009), ακόμα και η άρδευση με ήδη ρυπασμένο νερό πιθανολογείται ότι μπορεί να προκαλεί συσσώρευση Cr(VI) στο έδαφος αλλά καθώς επίσης και να διαλύει το γηγενές χρώμιο που υπάρχει ήδη εκεί. Επιπροσθέτως, τα επίπεδα Cr(III) και Cr(VI) στο έδαφος μπορεί να αυξηθούν εξαιτίας της εναπόθεσης τέφρας στο έδαφος, η οποία παράγεται από την καύση γαιανθράκων (Jacobs and Testa 2004).

Στην εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 1) παρουσιάζονται οι πηγές χρωμίου και η διαθεσιμότητα των διάφορων μορφών του στο περιβάλλον.



**Εικόνα 1.** Ανθρωπογενείς πηγές χρωμίου (πηγή: Rowbotham et al. 2000).

### 2.3 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

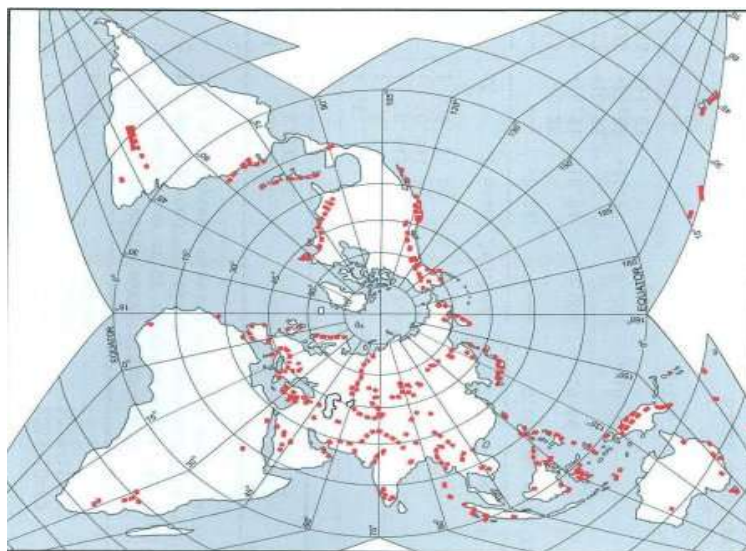
Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερες μελέτες δημοσιεύονται για την έντονη παρουσία του χρωμίου στον Ελλαδικό χώρο. Οι περισσότερες απ' αυτές αφορούν τον Ασωπό ποταμό και την ευρύτερη περιοχή του, ενώ όλο και περισσότερες έρευνες που πλέον δημοσιεύονται αφορούν και άλλες περιοχές του Ελλαδικού χώρου με αυξημένες συγκεντρώσεις χρωμίου στο υπόγειο νερό.

Οι αναφορές για την ύπαρξη χρωμίου στο υπόγειο νερό της Ελλάδας είναι πολλές και το ενδιαφέρον είναι μεγάλο τόσο από επιστημονικούς φορείς όσο και την κοινωνία. Πιο συγκεκριμένα, η παρουσία χρωμίου στο υπόγειο νερό της χώρας έχει γίνει αντικείμενο μελέτης διάφορων επιστημονικών ομάδων όπως του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), του Ενιαίου Φορέα Ελέγχου Τροφίμων (ΕΦΕΤ), του Γενικού Χημείου του Κράτους, της Εταιρίας Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας (ΕΥΔΑΠ) και του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Επιπροσθέτως, σημαντική, αν και πολλές φορές αμφιλεγόμενη, είναι επίσης η προσφορά των Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης στην ανάδειξη αυτού του θέματος, με έμφαση στις επιπτώσεις του προβλήματος στην υγεία του ανθρώπου και στις πηγές ανθρωπογενούς ρύπανσης.

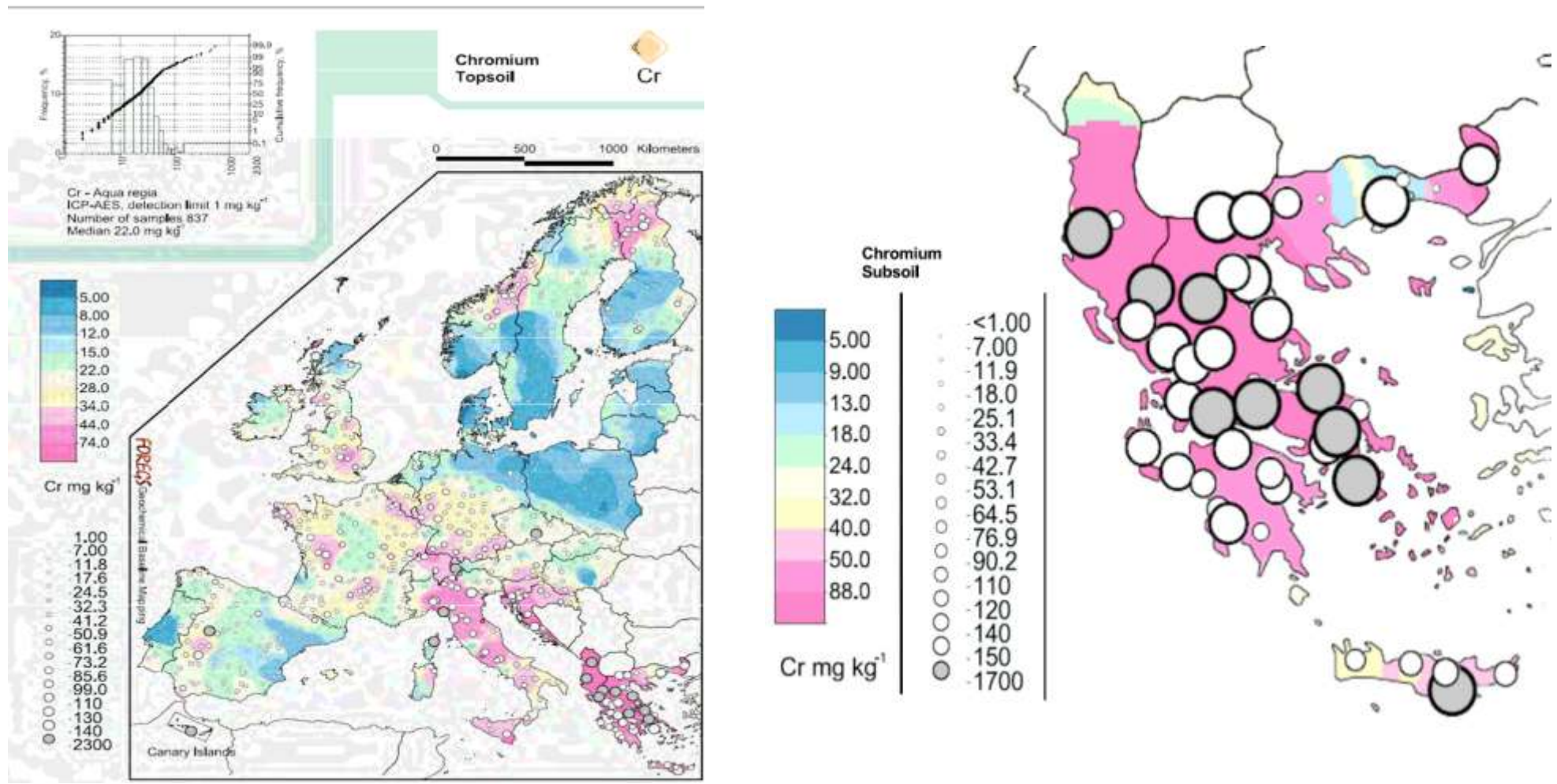


Διάφορες διαδικτυακές σελίδες κοινωνικής δικτύωσης και ενημέρωσης (blogs) έχουν κάνει επίσης αναφορές για το συγκεκριμένο πρόβλημα, εστιάζοντας στις επιπτώσεις που έχει το φαινόμενο στην υγεία του ανθρώπου. Μάλιστα έχει δημιουργηθεί και ιστοσελίδα για να αναδείξει και να παρουσιάζει τα νεότερα δεδομένα πάνω στο θέμα (asopos sos - <http://asoposossos.wordpress.com/>). Τέλος, κρατικοί φορείς (ΥΠΕΚΑ, ΤΕΕ κ.α.) προσπαθούν να ενημερώσουν αλλά και να διερευνήσουν το θέμα της παρουσίας του χρωμίου στο υπόγειο νερό μέσω της διοργάνωσης κατάλληλων ημερίδων.

Η ύπαρξη του χρωμίου στην Ελλάδα είναι αδιαμφισβήτητη και οφείλεται αφενός στην γηγενή ύπαρξή του αλλά και σε ανθρωπογενή αίτια. Στα εδάφη και τα πετρώματα της χώρας μας οι φυσικές πηγές χρωμίου εντοπίζονται σε διάφορα οφιολιθικά πετρώματα που παρεμβάλλονται συνήθως μεταξύ Κρητιδικών ασβεστόλιθων και των υποκείμενων οφιολιθικών μαζών ή των Τριαδικο-Ιουρασικών ασβεστόλιθων. Η ρύπανση προέρχεται κυρίως από την αποσάθρωση των οφιολιθικών πετρωμάτων (Γιαννουλόπουλος 2008). Η Ελλάδα είναι μια χώρα με σημαντικές εμφανίσεις υπερβασικών πετρωμάτων, σύμφωνα με την Εικόνα 2, στην οποία αναπαριστώνται με κουκίδες οι εμφανίσεις σερπεντινών και οφιολίθων σε δυσδιάστατη μορφή του βορείου ημισφαιρίου (Oze et al. 2007). Η παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων χρωμίου στα εδάφη της χώρας μας επιβεβαιώνεται με τον Γεωχημικό Άτλαντα της Ευρώπης FORECS (Forum European Geological Surveys), Εικόνα 3.



**Εικόνα 2.** Δυσδιάστατη προβολή του βορείου ημισφαιρίου όπου με τη μορφή κουκίδας αναπαρίστανται οι εμφανίσεις σερπεντινών και οφιολίθων (Oze et al. 2007).



**Εικόνα 3.** Γεωχημικός Άτλας της Ευρώπης όπου απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις χρωμίου στην Ευρώπη, με έμφαση στην Ελλάδα, και τα σημεία δειγματοληψίας (πηγή: <http://www.gsf.fi/publ/foregsatlas/>).

### **A. Ανθρωπογενή Αίτια:**

Στην Ελλάδα υπάρχουν βιομηχανίες που σχετίζονται με την παραγωγή και την εναπόθεση αποβλήτων χρωμίου. Χαρακτηριστική είναι η περιοχή του Ασωπού στην οποία υπήρξε μεγάλη και άναρχη βιομηχανική ανάπτυξη, με αρκετές βιομηχανίες να δραστηριοποιούνται στο τομέα της μεταλλουργίας και στη μεταποίηση που μπορούν να χαρακτηριστούν ως δυνητικοί ρυπαντές του υπόγειου νερού. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται το είδος των βιομηχανικών δραστηριοτήτων που συνδέονται με παραγωγή χρωμίου, με βάση τη Στατιστική Ταξινόμηση Οικονομικών Δραστηριοτήτων (ΣΤΑΚΟΔ). Τέλος, αν και δεν έχει πραγματοποιηθεί αντίστοιχη έρευνα, πιθανή θεωρείται επίσης η ρύπανση εδάφους και υπόγειου νερού με χρώμιο από την παρουσία μεγάλων ποσοτήτων περιδοτίτη στα σκύρα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή σιδηροδρομικών γραμμών.

**Πίνακας 1.** Βιομηχανικοί κλάδοι που ενδέχεται να προκαλούν ρύπανση των υπογείων υδάτων με Cr.

<b>ΣΤΑΚΟΔ</b>	<b>Βιομηχανικός Τομέας</b>
13.1	Προπαρασκευή και νηματοποίηση υφαντικών ινών
13.3	Τελειοποίηση (φινίρισμα) υφαντουργικών προϊόντων
13.9	Κατασκευή άλλων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων
15.1	Κατεργασία και δέψη δέρματος κατασκευή ειδών ταξιδιού (αποσκευών), τσαντών, ειδών σελλοποιίας και σαγματοποιίας' κατεργασία και βαφή γουναρικών
18.1	Εκτυπωτικές και συναφείς δραστηριότητες
20.2	Παραγωγή παρασιτοκτόνων και άλλων αγροχημικών προϊόντων
20.3	Παραγωγή χρωμάτων, βερνικιών και παρόμοιων επιχρισμάτων, μελανιών τυπογραφίας και μαστιχών
23.2	Παραγωγή πυρίμαχων προϊόντων
23.3	Παραγωγή δομικών υλικών από άργιλο
24.1	Παραγωγή βασικού σιδήρου και χάλυβα και σιδηροκραμάτων
24.2	Κατασκευή χαλύβδινων σωλήνων, αγωγών, κοίλων ειδών με καθορισμένη μορφή και συναφών εξαρτημάτων
24.3	Κατασκευή άλλων προϊόντων πρωτογενούς επεξεργασίας χάλυβα
24.4	Παραγωγή βασικών πολύτιμων μετάλλων και άλλων μη σιδηρούχων μετάλλων
24.5	Χύτευση μετάλλων
25.1	Κατασκευή δομικών μεταλλικών προϊόντων
25.2	Κατασκευή μεταλλικών ντεπόζιτων, δεξαμενών και δοχείων
25.6	Κατεργασία και επικάλυψη μετάλλων μεταλλοτεχνία
25.7	Κατασκευή μαχαιροπήρουνων, εργαλείων και σιδηρικών
25.9	Κατασκευή άλλων μεταλλικών προϊόντων
27.3	Κατασκευή καλωδιώσεων και εξαρτημάτων καλωδίωσης
28.4	Κατασκευή μηχανημάτων μορφοποίησης μετάλλου και εργαλειομηχανών
28.9	Κατασκευή άλλων μηχανημάτων ειδικής χρήσης
38.1	Συλλογή αποβλήτων
38.2	Επεξεργασία και διάθεση αποβλήτων

### 3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η αναζήτηση γηγενούς χρωμίου στα υπόγεια ύδατα της χώρας μας, δημιούργησε άμεσα την ανάγκη απόκτησης και επεξεργασίας δεδομένων, για την ανάλυση της ποιότητας του υπόγειου νερού και τη συσχέτισή της με ανθρωπογενείς και φυσικές πηγές χρωμίου. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας και συγκεκριμένα οι πηγές των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, η μέθοδος επεξεργασίας των δεδομένων και η αναγκαιότητα της χρήσης Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (ΓΣΠ).

#### 3.1 ΠΗΓΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η αναζήτηση πηγών δεδομένων, για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, βασίσθηκε στην εύρεση έγκυρων καθώς και διαφορετικών πηγών για την αντικειμενικότερη αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης. Έτσι, δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων με αξιόπιστα στοιχεία, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα δεδομένα, τα οποία καταφέραμε να συλλέξουμε μέχρι σήμερα. Η συλλογή των δεδομένων, ανέδειξε τη δυνατότητα διάκρισής τους, ως προς τη πληροφορία που διέθεταν, στις παρακάτω ομάδες:

1. Ποιότητας Υπόγειου Νερού
2. Ανθρωπογενών Πιέσεων
3. Χαρτογραφικού Υποβάθρου
4. Ψηφιακών – Χωρικών

##### 3.1.1 Ποιότητα Νερού

Η κυριότερη πηγή δεδομένων για την ποιότητα του υπόγειου νερού στην Ελλάδα προήλθε από το ΙΓΜΕ. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οργανωμένα σε δύο αρχεία τύπου excel. Το πρώτο αρχείο περιείχε μετρήσεις για τις βασικές παραμέτρους (pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα, χλωριόντα, θειικά, νιτρικά), το δεύτερο για τα μέταλλα (φθόριο, βόριο, ολικό χρώμιο, αρσενικό, μόλυβδος, κάδμιο, νικέλιο, ψευδάργυρος, μολυβδένιο, μαγγάνιο, χαλκός, βάριο, υδράργυρος, σελήνιο, κοβάλτιο, σίδηρος), ενώ και τα δύο αρχεία έχουν κοινά δεδομένα όπως όνομα υδροσημείου, ημερομηνία δειγματοληψίας, συντεταγμένες υδροσημείου κ.α. Η βάση δεδομένων του ΙΓΜΕ αναφέρεται στα υπόγεια νερά όλης της Ελλάδας.

Δεύτερη πηγή δεδομένων αποτέλεσαν στοιχεία από ερευνητικές δημοσιευμένες εργασίες και μελέτες που έχουν εκπονηθεί για την περιοχή της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των παρακάτω εργασιών:

1. Δήμος Θήβας (2011a). Μελέτη της κατάστασης των υπόγειων νερών στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Θήβας, Intergeo ΕΠΕ και Δ. Δερματάς.

2. Δήμος Θήβας (2011b). Διερεύνηση επιβάρυνσης αγροτικών προϊόντων από τοξικούς ρύπους του Δήμου Θηβαίων, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
3. Γιαννουλόπουλος Π. (2008). Αναγνωριστική υδρογεωλογική – υδροχημική έρευνα ποιοτικής επιβάρυνσης των υπόγειων νερών της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης του Ασωπού Ν. Βοιωτίας, ΙΓΜΕ.
4. Moraetis D., Nikolaidis N. P., Karatzas G. P., Dokou Z., Kalogerakis N., Winkel .L and Palaiogianni-Bellou A., (2012). Origin and mobility of hexavalent chromium in North-Eastern Attica, Greece, Applied Geochemistry, 27, 6, 1170-1178.

Οι παραπάνω εργασίες και μελέτες περιέχουν αποτελέσματα δειγματοληψιών με τις παρακάτω πληροφορίες (εξαιρουμένης της 2, βλέπε §3.2.1) :

- Γενικές: όνομα, είδος, ημερομηνία δειγματοληψίας,
- Γεωγραφικές πληροφορίες: συντεταγμένες υδροσημείων, υδατικό διαμέρισμα, υπόγεια υδατική λεκάνη
- Πληροφορίες ποιότητας νερού: pH, φθόριο (F), βόριο (B), ολικό χρώμιο (Cr<sub>tot</sub>), αρσενικό (As), μόλυβδος (Pb), κάδμιο (Cd), νικέλιο (Ni), ψευδάργυρος (Zn), μολυβδένιο (Mo), μαγγάνιο (Mn), χαλκός (Cu), βάριο (Ba), υδράργυρος (Hg), σελήνιο (Se), κοβάλτιο (Co), σίδηρος (Fe), θειικά Ιόντα (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), νιτρικά Ιόντα (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), χλωριόντα (Cl<sup>-</sup>), ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC).

### 3.1.2 Ανθρωπογενείς Πιέσεις

Η αναζήτηση περιοχών με γηγενές χρώμιο, δημιούργησε την ανάγκη της εύρεσης των ανθρωπογενών πιέσεων, ώστε να επιλεγούν να εξεταστούν περιοχές που θα απέχουν ασφαλή απόσταση από τις ανθρωπογενείς πιέσεις ώστε να διασφαλιστεί η φυσική προέλευση του χρωμίου. Σε αυτό το σημείο, στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η συλλογή όλων των πιθανών ανθρωπογενών πιέσεων, όσον αναφορά το χρώμιο, για όλη την Ελλάδα και κυρίως για τη λεκάνη του Ασωπού, όπου το πρόβλημα είναι εντονότερο και η αναζήτηση γηγενούς χρωμίου επιβάλλεται να είναι ενδελεχέστερη. Με βάση τη βιβλιογραφία (βλέπε §2.2), επιβάρυνση του υπόγειου νερού με χρώμιο προερχόμενο από ανθρωπογενείς πιέσεις μπορεί να προκληθεί από βιομηχανίες, σιδηροδρομικές γραμμές, υγειονομικές εγκαταστάσεις (ΧΑΔΑ, ΧΥΤΑ, ΕΕΛ), λατομεία και ορυχεία. Στο κείμενο που ακολουθεί περιγράφονται αναλυτικά οι παραπάνω πιθανές πηγές ανθρωπογενούς ρύπανσης.

#### Βιομηχανίες

Για να εντοπίσουμε τις καταγεγραμμένες βιομηχανίες, οι οποίες δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα, συμβουλευτήκαμε την απογραφή των 1000 βιομηχανιών του ΥΠΕΧΩΔΕ (2001). Με βάση αυτή την απογραφή βρέθηκαν οι σημαντικότερες βιομηχανίες που εδρεύουν στην Ελλάδα και πιθανόν σχετίζονται με τη χρήση χρωμίου.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη περιοχή του Ασωπού, μιας και η καταγραφή των βιομηχανιών ήταν πιο ολοκληρωμένη, λόγω μιας σειράς πρόσφατων μελετών που

έχουν γίνει στη περιοχή. Συγκεκριμένα, για τον εντοπισμό των πιθανών βιομηχανικών πηγών στην περιοχή του Ασωπού χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω δεδομένα:

- Λοϊζίδου Μ, Σπανός Ι, Λαγούδη Α, Γεωργιοπούλου Μ (1997). Προκαταρκτική έρευνα για το έργο «Ίδρυση και λειτουργία κεντρικής μονάδας επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων της περιοχής του Ασωπού και αστικών λυμάτων Αυλώνα», ΕΜΠ, Τμήμα Χημικών Μηχανικών.
- ΕΓΥ (2012). Ανάλυση ανθρωπογενών πιέσεων και των επιπτώσεων τους στα επιφανειακά και στα υπόγεια υδατικά συστήματα, Υδατικό Σύστημα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας.
- Μαμάης Δ και Δερματάς Δ (2011). Εμπειρογνωμοσύνη για την αξιολόγηση της υφιστάμενης ρύπανσης του Ασωπού ποταμού, Energy and Climate Change, Athens

### Σιδηροδρομικό Δίκτυο

Οι σιδηροδρομικές γραμμές μπορεί εν δυνάμει να αποτελούν πηγή χρωμίου λόγω της χρησιμοποίησης σκύρων, που προέρχονται από περιδοτίτη, υπεβασικό πέτρωμα που περιέχει χρώμιο (βλέπε §2.2). Το πλήρες σιδηροδρομικό δίκτυο αποκτήθηκε σε μορφή shape file από τη σελίδα (<http://geodata.gov.gr/geodata/>), όπου περιέχονται δημόσια, ελεύθερα, γεωχωρικά δεδομένα.

### Υγειονομικές Εγκαταστάσεις

Τέτοιες εγκαταστάσεις είναι οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ), οι Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) και οι Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), οι οποίοι αποτελούν πηγή ρύπανσης για το υπόγειο νερό μιας περιοχής. Δυστυχώς η ύπαρξη τέτοιων εγκαταστάσεων μελετήθηκε μόνο για τη περιοχή του Ασωπού και γενικότερα του υδατικού διαμερίσματος της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, λόγω έλλειψης δεδομένων για τα υπόλοιπα υδατικά διαμερίσματα.

### Λατομεία – Ορυχεία

Οι πιέσεις σε αυτή τη κατηγορία προέρχονται από το είδος των πετρωμάτων που εξορύσσονται, το οποίο εν δυνάμει ρυπαίνει το υπόγειο νερό. Τα λατομεία και ορυχεία βρέθηκαν κατά βάση για την περιοχή του Ασωπού, εξαιτίας της έλλειψης ψηφιακών δεδομένων για την υπόλοιπη Ελλάδα.

#### 3.1.3 Χαρτογραφικό Υπόβαθρο

Σημαντικότερο μέρος της εργασίας για την αξιολόγηση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων ήταν επίσης η εύρεση και αξιολόγηση του υποβάθρου των περιοχών. Έτσι αναγκαία θεωρήθηκε η μελέτη Γεωλογικών Χαρτών, Γεωφυσικών Χαρτών και Δορυφορικών Χαρτών-Εικόνων.

### Γεωλογικοί Χάρτες

Η χρήση γεωλογικών χαρτών είναι απαραίτητη για τη μελέτη εν δυνάμει περιοχών με γηγενή προέλευση χρωμίου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ο Γεωλογικός

Χάρτης της Ελλάδας (ΙΓΜΕ, κλίμακα 1/500.000). Αφού εντοπίστηκαν οι περιοχές που παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον αποκτήθηκαν, από το ΙΓΜΕ και τη Γεωλογική Σχολή Αθηνών, τα γεωλογικά φύλλα των εν λόγω περιοχών σε κλίμακα 1/50.000 για λεπτομερέστερη εξέταση των περιοχών (Πίνακας 2).

### Γεωφυσικοί Χάρτες

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η γεωμορφολογία της περιοχής είναι ικανή να ενισχύσει την ύπαρξη γηγενούς ρύπανσης. Για αυτό το λόγο κρίθηκε αναγκαίο η αποτύπωση της Ελλάδος με βάση τη μορφολογία της, για την καλύτερη τεκμηρίωση ή απόρριψη κάποιων περιοχών. Η αποτύπωση έγινε χρησιμοποιώντας φωτογραφίες από τη σελίδα (<http://www.openstreetmap.org/>), όπου παρέχονται μορφολογικές πληροφορίες και ισοΰψεις καμπύλες.

### Δορυφορικοί Χάρτες – Εικόνες

Δορυφορικές εικόνες χρησιμοποιήθηκαν για να αποτυπωθεί η λεκάνη απορροής του ποταμού Ασωπού. Λόγω της ανεξέλεγκτης βιομηχανικής ανάπτυξης η χρήση τέτοιων εικόνων δίνει μια πιστή αποτύπωση της περιοχής η οποία θα βοηθήσει για επί τόπου έλεγχο και εύρεση περιοχών που δεν εμφανίζονται ανθρωπογενείς πιέσεις. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Google Earth και για τη πλήρη κάλυψη της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν 765 φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης.

#### 3.1.4 Ψηφιακά – Χωρικά

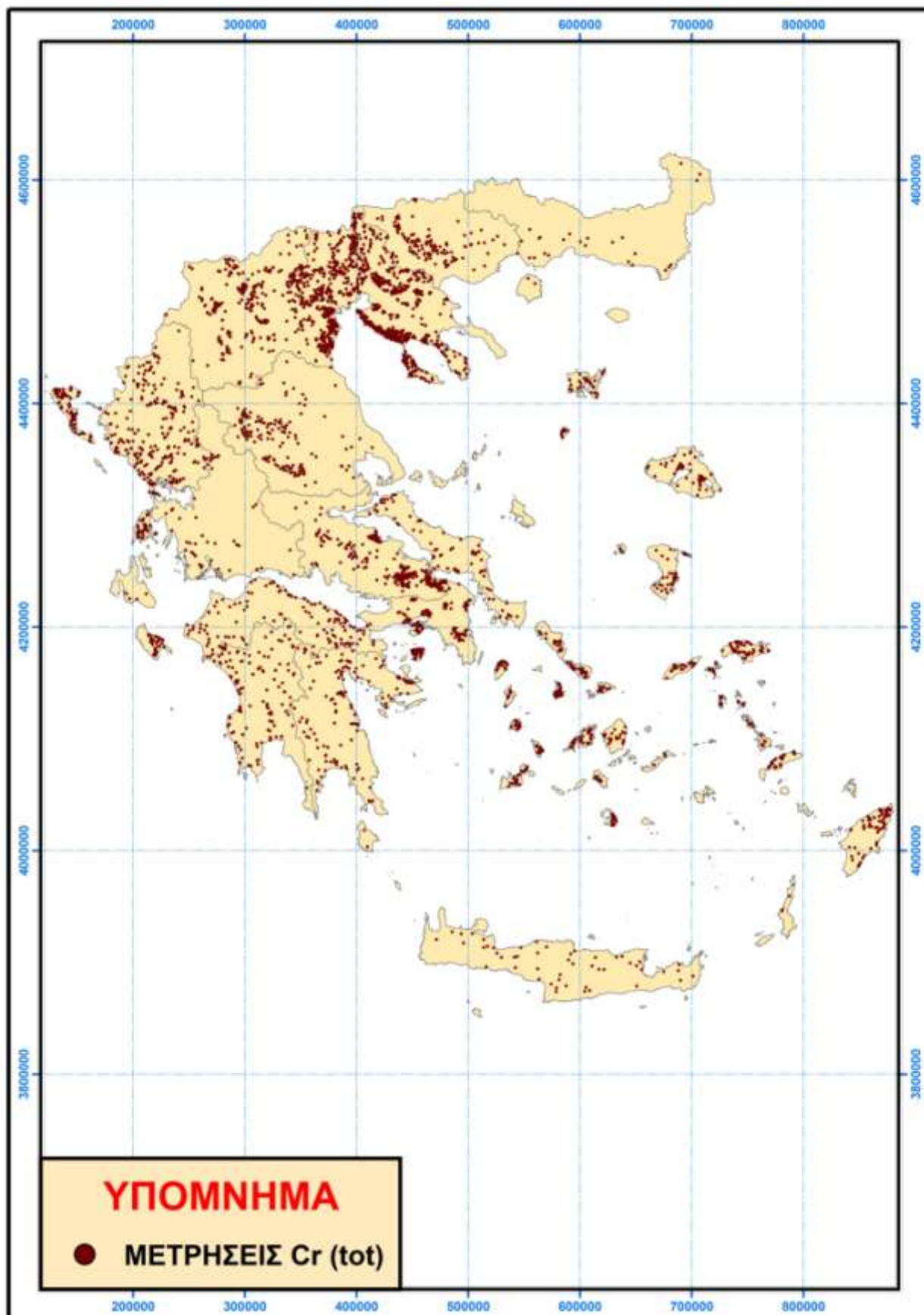
Η μελέτη των διαθέσιμων δεδομένων έκανε επιτακτική τη χρήση ψηφιακών-χωρικών δεδομένων για τον πλήρη προσδιορισμό των περιοχών με γηγενές χρώμιο στη χώρα. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκαν σε μορφή shape file, οι παρακάτω πληροφορίες (<http://geodata.gov.gr/geodata/>), όπου περιέχονται όλα τα δεδομένα δημόσια και ελεύθερα.

- Λεκάνες Απορροής (1ης, 2ης, 3ης, 4ης τάξης)
- Όρια δήμων (Καλλικράτη)
- Όρια Υδατικών Διαμερισμάτων
- Όρια Νομών
- Παράκτιες Υδατικές Επιφάνειες
- Πόλεις
- Οικισμοί
- Υδρογραφικό Δίκτυο
- Υπόγειες Υδάτινες Επιφάνειες
- Χρήσεις Γης (Corine Land Cover)

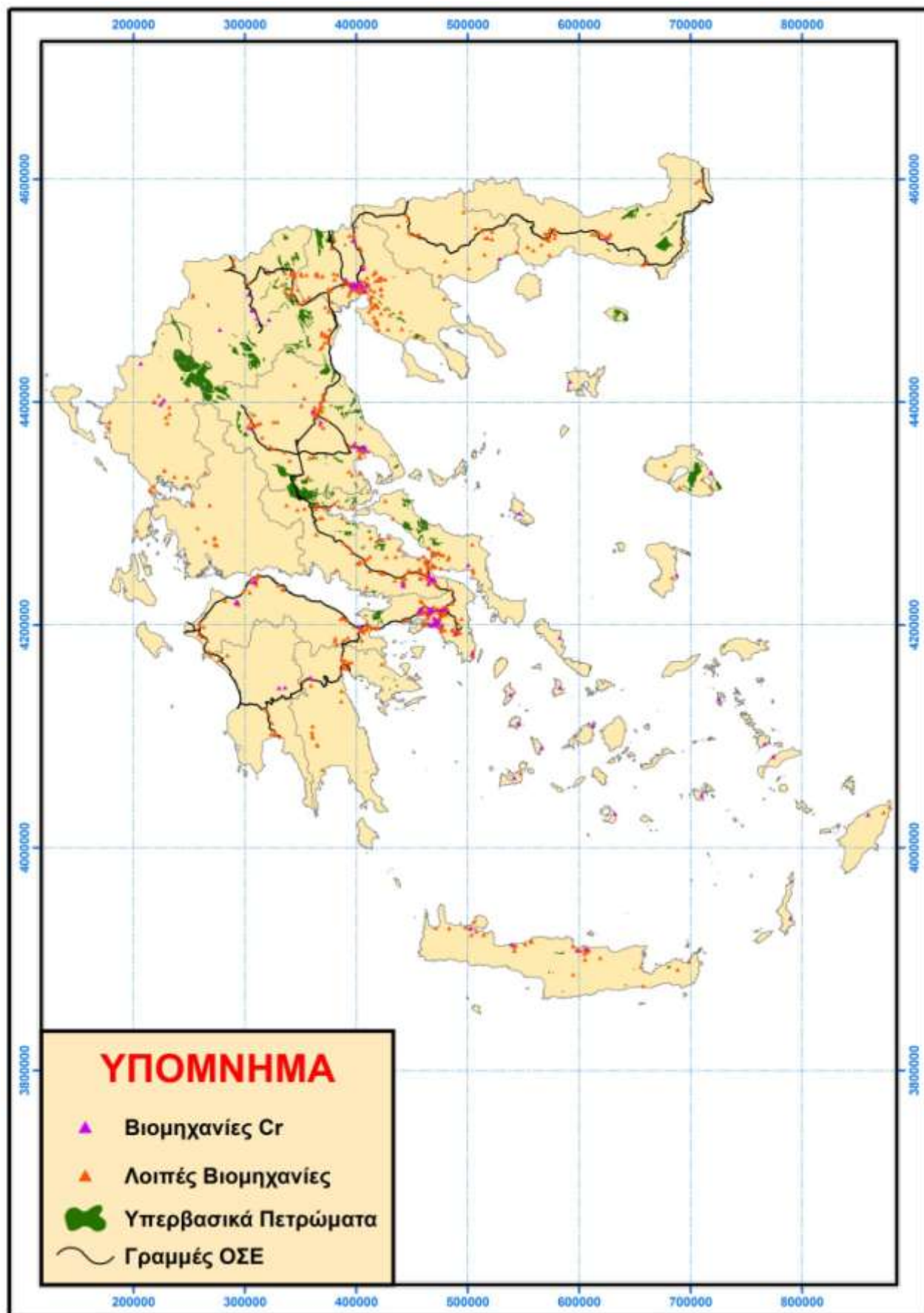
**Πίνακας 2.** Γεωλογικά Φύλλα ΙΓΜΕ (κλίμακα: 1/50.000) που χρησιμοποιήθηκαν.

<b>1</b>	Αλεξάνδρεια	<b>12</b>	Ερυθραί	<b>23</b>	Κουφάλια	<b>34</b>	Προσοτσάνη
<b>2</b>	Αμοργός-Δονούσσα	<b>13</b>	Ζακλιβέρι	<b>24</b>	Λαχανάς	<b>35</b>	Πτολεμαίδα
<b>3</b>	Αρναία	<b>14</b>	Ζήρος-Σητεία	<b>25</b>	Λεκάνη	<b>36</b>	Πύργοι
<b>4</b>	Βάγια	<b>15</b>	Θέρμη	<b>26</b>	Λιβαδειά	<b>37</b>	Ρίζια-Ορεστιάδα
<b>5</b>	Βασιλικά	<b>16</b>	Θήβα	<b>27</b>	Μαρώνεια	<b>38</b>	Ροδόλιβος
<b>6</b>	Βελεστίνο	<b>17</b>	Ιερισσός	<b>28</b>	Μεσολόγγι-Αγρίνιο	<b>39</b>	Σιδηρόκαστρο
<b>7</b>	Βέροια	<b>18</b>	Καπαρέλλιον	<b>29</b>	Νικησιανή	<b>40</b>	Σκρα
<b>8</b>	Δελφοί	<b>19</b>	Κηφισιά	<b>30</b>	Περαχώρα	<b>41</b>	Σοφάδες
<b>9</b>	Έδεσσα	<b>20</b>	Κοζάνη	<b>31</b>	Πλατύ	<b>42</b>	Φάρσαλα
<b>10</b>	Ελευσίνα	<b>21</b>	Κονταριώτισσα	<b>32</b>	Πολύγυρος	<b>43</b>	Χαλκίδα
<b>11</b>	Ερέτρια	<b>22</b>	Κορωπί-Πλάκα	<b>33</b>	Πρόμαχοι	<b>44</b>	Χερσόν





Εικόνα 4. Δεδομένα Ποιότητας Υπόγειου Νερού.



Εικόνα 5. Ανθρωπογενείς και Γηγενείς Πιέσεις.

## 3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η χρήση πολλών πηγών για την απόκτηση δεδομένων δημιούργησε πρόβλημα ανομοιογένειας, ως προς τις πληροφορίες που αυτές διέθεταν. Απαραίτητη ήταν λοιπόν η επεξεργασία τους, για την απόκτηση κοινών χαρακτηριστικών και τη δημιουργία μιας κοινής βάσης δεδομένων.

### 3.2.1 Δεδομένα Ποιότητας Νερού

Η επεξεργασία των δεδομένων, ως προς τη ποιότητα του νερού, συνίσταται στη δημιουργία μιας κοινής βάσης δεδομένων με τη χρήση των στοιχείων του ΙΓΜΕ και των διαθέσιμων ερευνητικών εργασιών και μελετών. Η ύπαρξη διαφορετικών χαρακτηριστικών οδήγησε στην ανάγκη χρήσης διαφορετικής διαδικασίας επεξεργασίας ανά πηγή δεδομένων.

#### Δεδομένα ΙΓΜΕ

Τα δεδομένα του ΙΓΜΕ αποτελούνταν από δύο αρχεία τύπου excel για την περιγραφή της ποιότητας του υπόγειου νερού. Το ένα αρχείο περιείχε μετρήσεις ιόντων με 38057 πλήθος στοιχείων, ενώ το δεύτερο μετρήσεις μετάλλων με 9871 πλήθος στοιχείων (βλέπε §3.1.1). Για να είναι πιο εύχρηστη αλλά και ολοκληρωμένη η βάση δεδομένων ήταν απαραίτητη η συνένωση των δεδομένων σε ένα ενιαίο αρχείο. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία του αρχείου αυτού, ήταν η αντιστοίχησή τους με βάση τα κοινά χαρακτηριστικά που διέθεταν. Έτσι, με βάση τα παρακάτω κοινά στοιχεία, συγκρίθηκαν τα δεδομένα των δύο αρχείων (Μετρήσεις Ιόντων – Μετρήσεις Μετάλλων), αντιστοιχήθηκαν κατάλληλα και διασφαλίστηκε η σωστή ταξινόμησή τους με τη διεξαγωγή δύο ελέγχων.

1. GWB (Υπόγεια Υδατική Λεκάνη)
2. ID (Όνομα Γεώτρησης)
3. TYPE (Είδος Γεώτρησης)
4. X (Συντεταγμένες, σε ΕΓΣΑ87)
5. Y (Συντεταγμένες, σε ΕΓΣΑ87)
6. Ημερομηνία Υδατικού Διαμερίσματος
7. Υδατικό Διαμέρισμα
8. Κωδικός Υδατικού Διαμερίσματος

Η δημιουργία της βάσης δεδομένων βασίσθηκε αφενός στην αξιοπιστία και αφετέρου στις πληροφορίες των δεδομένων. Έτσι, διαγράφηκαν οι διπλές τιμές και οι μη αντιστοιχιζόμενες, ενώ στη συνέχεια κρατήθηκαν μόνο εκείνες που περιείχαν πληροφορίες για τη ποιότητα του υπόγειου νερού που αφορούσαν μετρήσεις χρωμίου. Εφαρμόζοντας τα παραπάνω κριτήρια καταλήξαμε σε 5899 στοιχεία από το αρχείο του ΙΓΜΕ.

#### Δεδομένα Ερευνητικών Εργασιών και Μελετών

Τα δεδομένα προερχόμενα από ερευνητικές εργασίες και μελέτες που εκπονήθηκαν αποκτήθηκαν ομαδοποιημένα και δεν ήταν απαραίτητη κάποια αντιστοίχιση. Στο σύνολό τους, τα δεδομένα αυτά αναφέρονται στη περιοχή της Θήβας και στην ευρύτερη περιοχή του Ασωπού ποταμού. Το σημαντικότερο πρόβλημα των δεδομένων ήταν οι διαφορετικές πληροφορίες ως προς τη ποιότητα του υπόγειου

νερού. Αυτό αφορά εξειδικευμένες μετρήσεις παραμέτρων ποιότητας υπόγειου νερού, ανάλογα με την εργασία και το που εστίαζε η έρευνά της. Συγκεκριμένα η εργασία του Δήμου Θήβας (2011b) «Διερεύνηση επιβάρυνσης αγροτικών προϊόντων από τοξικούς ρύπους, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών» περιείχε στοιχεία ποιότητας του υπόγειου νερού μόνο για το χρώμιο και το νικέλιο, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες μελέτες οι οποίες αποτελούνταν από μετρήσεις ανάλογες της βάσης δεδομένων του ΙΓΜΕ. Έτσι, κρατώντας ως βάση το αρχείο του ΙΓΜΕ, το οποίο αποτελεί και τον κύριο όγκο πληροφοριών, προσθέσαμε από τις ερευνητικές εργασίες και τις μελέτες τα ανάλογα δεδομένα, όπου αυτό ήταν εφικτό. Επίσης, συμπληρώσαμε στη παραπάνω βάση κάποια πρόσθετα δεδομένα, τα οποία ήταν χρήσιμα για την αξιολόγηση της ποιότητας του υπόγειου νερού και δεν περιείχονταν στη βάση δεδομένων του ΙΓΜΕ. Τα δεδομένα που προσθέσαμε αφορούσαν μετρήσεις των: Cr(VI), Mg, TOC, Ca, K, Na, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, θερμοκρασία και διαλυμένο οξυγόνο (DO). Τα πρόσθετα αυτά δεδομένα αφορούν τη περιοχή της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού για την λεπτομερέστερη εξέταση της ποιότητας του υπόγειου νερού της περιοχής.

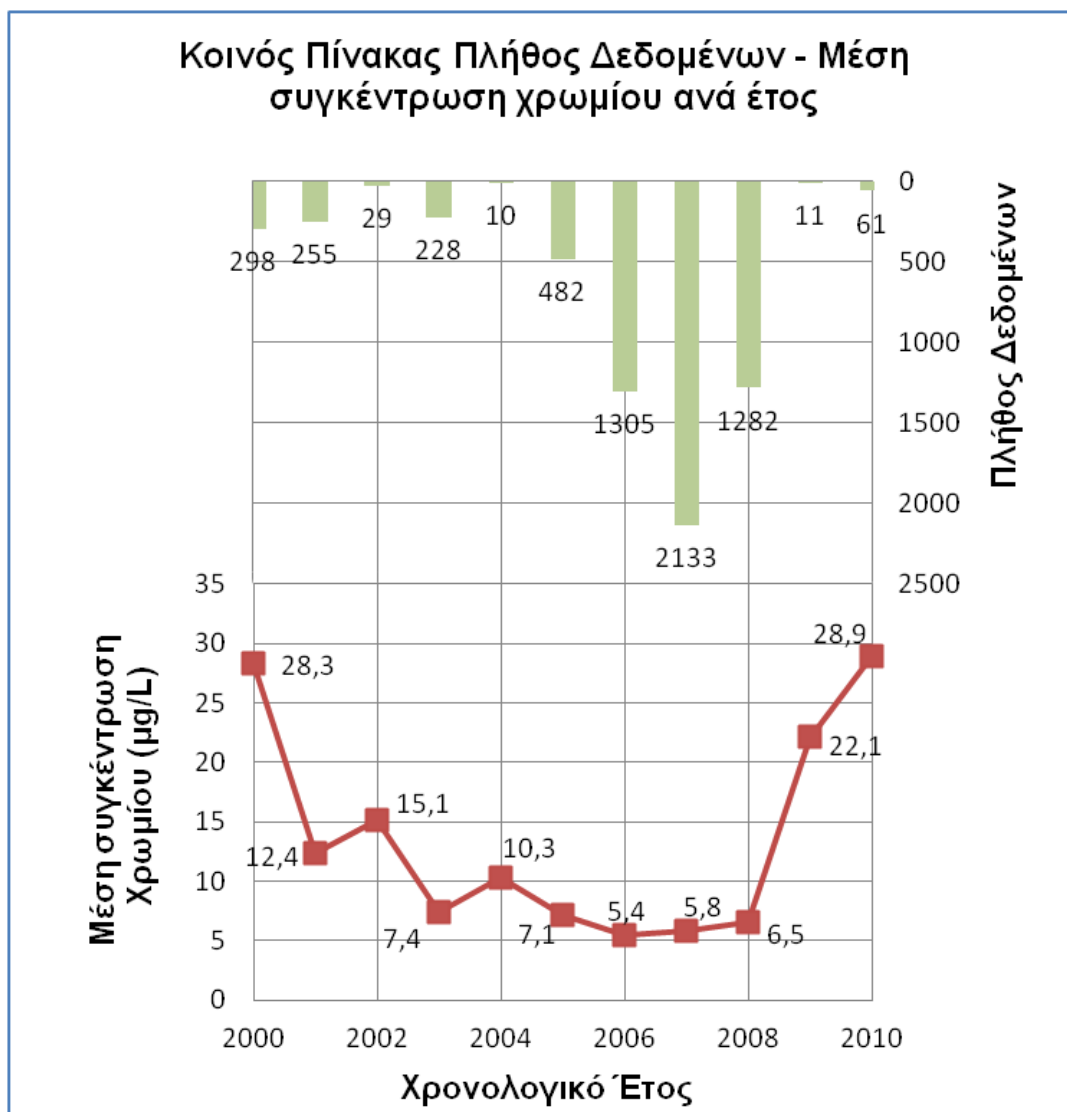
Χρησιμοποιώντας τα εν λόγω δεδομένα, τα οποία ανέρχονται σε 264, καταλήγουμε στη δημιουργία της βάσης δεδομένων με συνολικό πλήθος 6095 μετρήσεων Cr(tot) και 264 Cr(VI)

### 3.2.2 Μαθηματική Επεξεργασία Δεδομένων Ποιότητας Υπόγειου Νερού

Η δημιουργία κοινής βάσης δεδομένων με μετρήσεις ποιότητας υπόγειου νερού για όλη την Ελλάδα, δίνει τη δυνατότητα να βρούμε τα κυρίαρχα στατιστικά χαρακτηριστικά που επικρατούν, όπως μέση τιμή, τυπική απόκλιση, εύρος δεδομένων και να τα μελετήσουμε. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποτελεί η εξέτασή τους ανά έτος και ανά υδατικό διαμέρισμα, ώστε να εξεταστεί η χρονική και χωρική κατανομή τους αντίστοιχα. Έτσι δημιουργήθηκε ο πίνακας 4, στον οποίο παρουσιάζονται τα στατιστικά χαρακτηριστικά του δείγματος για το σύνολο των μετρήσεων, καθώς επίσης και ανά έτος.

**Πίνακας 3.** Στατιστικά χαρακτηριστικά Cr(tot) ανά έτος.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ Cr(tot)	ΣΥΝΟΛΟ	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Μέση Τιμή (μg/L)	7,3	28,3	12,4	15,1	7,4	10,3	7,1	5,4	5,8	6,5	22,1	28,9
Τυπική Απόκλιση (μg/L)	13,6	29,5	12,3	5,0	5,9	11,9	9,4	10,7	11,4	16,4	31,2	36,2
Συνηθέστερη Τιμή (μg/L)	<5	10	10	10	10	<5	<5	<5	<5	<5	#N/A	<5
Συντελεστής Μεταβλητότητας	1,86	1,04	0,99	0,33	0,80	1,16	1,32	1,98	1,97	2,52	1,41	1,25
Ελάχιστη Τιμή (μg/L)	0.0	<5	<5	10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	0,5	<5
Διάμεσος (μg/L)	<5	10	10	15	10	6,25	<5	<5	<5	<5	6,8	18
Q1	<5	10	10	10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	1,4	8
Q2	<5	10	10	15	10	6,25	<5	<5	<5	<5	6,8	18
Q3	8	30	14,5	20	10	10	10	<5	<5	<5	27,41	34
Μέγιστη Τιμή (μg/L)	250	250	100	21	40	40	83	170	180	250	82,9	190
Εύρος (μg/L)	250,0	267,5	97,5	11,0	37,5	37,5	80,5	167,5	177,5	247,5	82,4	187,5
Q3-Q1	5,5	20	4,5	10	7,5	7,5	7,5	0	0	0	26,04	26
# Πλήθος	6095	298	255	29	228	10	482	1305	2133	1282	11	61



**Εικόνα 6.** Μέση συγκέντρωση χρωμίου και πλήθος δεδομένων ανά έτος.

Αναλύοντας τα δεδομένα του Πίνακα 3, παρατηρούμε ότι η μέση τιμή στο σύνολο των ετών είναι ίση με 7,3 µg/L. Μελετώντας τα δεδομένα ανά έτος (Εικόνα 6) διαπιστώνουμε ότι η μέση συγκέντρωση χρωμίου είναι σε υψηλά επίπεδα το 2000 (28,3 µg/L), ενώ έπειτα έχει πτώση στη τιμή του με διακυμάνσεις έως ότου να φτάσει το 2006 στη μικρότερη τιμή του (5,4 µg/L). Στα ίδια επίπεδα κινείται και τις δύο επόμενες χρονιές (2007 και 2008), ενώ μετά ξαναρχίζει να ανεβαίνει φτάνοντας το 2010 στη μεγαλύτερη τιμή του (28,9 µg/L).

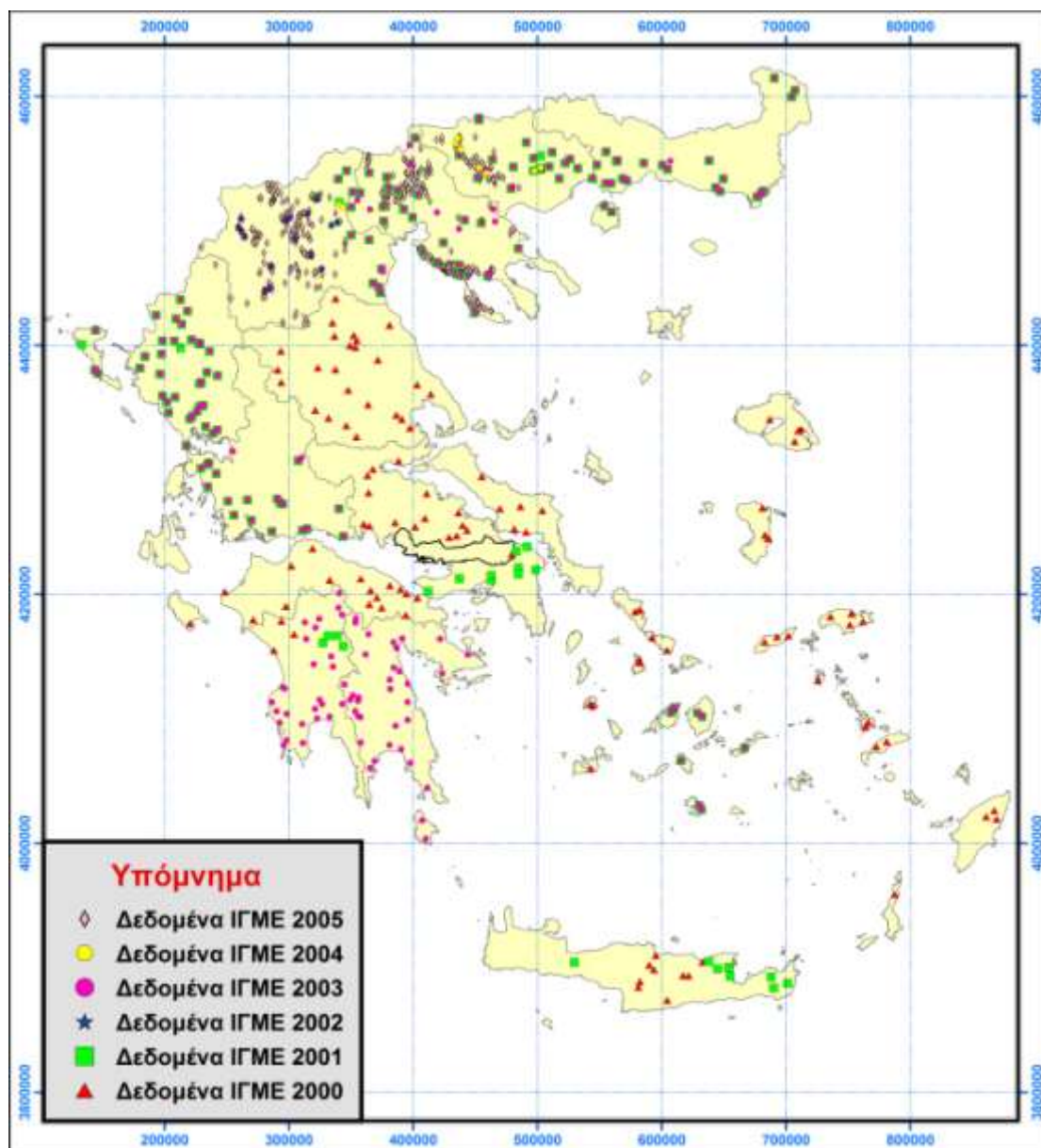
Βέβαια αξίζει να σημειωθεί ότι τα δεδομένα για τις χρονιές μετά το 2008 είναι περιορισμένα (11 για το 2009 και 61 για το 2010) και αφορούν την περιοχή του Ασωπού, όπως φαίνεται στην Εικόνα 6. Επίσης, ένα μεγάλο αριθμό δεδομένων ποιότητας υπόγειου νερού της Ελλάδας έχουμε από το 2006 έως το 2008, σε αντίθεση με τα άλλα έτη, όπου το πλήθος των δεδομένων είναι σαφώς μικρότερο. Χαρακτηριστικά είναι τα έτη 2002 και 2004, με 29 και 10 τιμές μετρήσεων αντίστοιχα. Κατά τα έτη 2000, 2001, 2003 και 2005 έχουμε πλήθος δεδομένων μεταξύ 230 και 500 τιμών. Έτσι διαπιστώνεται ότι οι δειγματοληψίες ανά έτος ποικίλουν, με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολα συγκρίσιμα και να μην μπορούν να εξαχθούν

ασφαλή συμπεράσματα. Ωστόσο από τα παραπάνω φαίνεται ότι κατά τα έτη 2006 έως 2008 ακολουθήθηκε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των υπόγειων υδάτων ολόκληρης της Ελλάδας, κάτι που δεν συνέβη τα υπόλοιπα έτη.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέταση της χωρικής κατανομής των μετρήσεων μεταξύ 2000 και 2005 λόγω του μικρού αριθμού δεδομένων. Έπειτα η συστηματική μελέτη κατά τα έτη 2006 έως 2008, είχε ως αποτέλεσμα την ομοιόμορφη κατανομή των μετρήσεων σε όλη την Ελλάδα. Τέλος, για τα δύο τελευταία έτη του δείγματος (2009 και 2010) τα δεδομένα αναφέρονται στην περιοχή του Ασωπού, με αποτέλεσμα να γνωρίσουμε με σαφήνεια τη γεωγραφική τους θέση, χωρίς να παρέχονται πληροφορίες για άλλες περιοχές.

Έτσι παρουσιάζεται η κατανομή των μετρήσεων στην Εικόνα 7 για τα έτη 2000 έως 2005. Συγκεκριμένα, για το έτος 2000 συναντάμε μεγάλο πλήθος μετρήσεων στο Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας και της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Επίσης μετρήσεις έχουμε στη Βόρεια Πελοπόννησο, την Κρήτη, τα Νησιά του Αιγαίου και στη Μακεδονία - Θράκη. Το 2001 έχουμε ελάχιστες μετρήσεις κυρίως στην Κρήτη, την Πελοπόννησο και την Αττική. Το 2002 το σύνολο των μετρήσεων εντοπίζεται στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ανατολικής Μακεδονίας. Το 2003 έχουμε σαφώς περισσότερες μετρήσεις, οι οποίες επικεντρώνονται στην Πελοπόννησο, την Ήπειρο και τη Μακεδονία – Θράκη. Κατά το έτος 2004 έχουμε ελάχιστα δεδομένα κυρίως στην Ανατολική Μακεδονία. Το 2005 οι μετρήσεις ποιότητας υπόγειων υδάτων έλαβαν χώρα στη περιοχή της Ανατολικής – Κεντρικής – Δυτικής Μακεδονίας, με έμφαση στη περιοχή της Χαλκιδικής. Τα έτη 2006 έως 2008, λόγω πλήθος δεδομένων, οι μετρήσεις προέρχονται από όλη την Ελλάδα, ενώ το 2009 έως 2010, η κύρια προέλευση των δεδομένων (ερευνητικές μελέτες) είναι η περιοχή του Ασωπού.

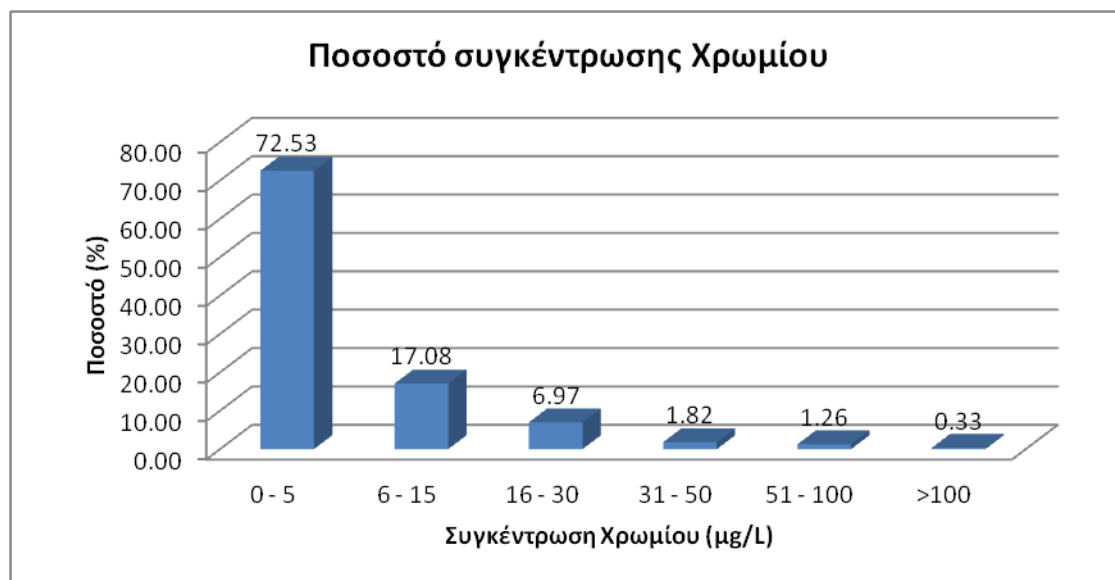




Εικόνα 7. Κατανομή μετρήσεων ετών 2000 έως 2005.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν επίσης τα ποσοστά κατανομής του χρωμίου ανά κατηγορία συγκέντρωσης. Από την Εικόνα 8, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η πλειοψηφία των δεδομένων (72.53%) ανήκει στην πρώτη κατηγορία (0-5  $\mu\text{g/L}$ ), δηλαδή σε αυτά τα υδροσημεία που δεν ανιχνεύεται χρώμιο. Επίσης μπορούμε να διακρίνουμε ότι κάθε ομάδα έχει σαφώς μικρότερο ποσοστό από την προηγούμενη και φαίνεται ότι το ποσοστό αυτό φθίνει εκθετικά. Ενδιαφέρον είναι ότι στη δεύτερη κατηγορία (6-15  $\mu\text{g/L}$ ) αντιστοιχεί περίπου το 17,1% των υδροσημείων, ποσοστό διόλου ασήμαντο. Στην τρίτη κατηγορία (16-30  $\mu\text{g/L}$ ) συναντάμε το 7% περίπου των δεδομένων, ενώ στην αμέσως επόμενη (31-50  $\mu\text{g/L}$ ) το 1.8% των δεδομένων. Τέλος, βλέπουμε ότι περίπου το 1.6% των μετρήσεων βρίσκεται πάνω από το όριο ποσιμότητας (50  $\mu\text{g/L}$ ), με το 0.33% του συνόλου, να ξεπερνά τα 100  $\mu\text{g/L}$ .



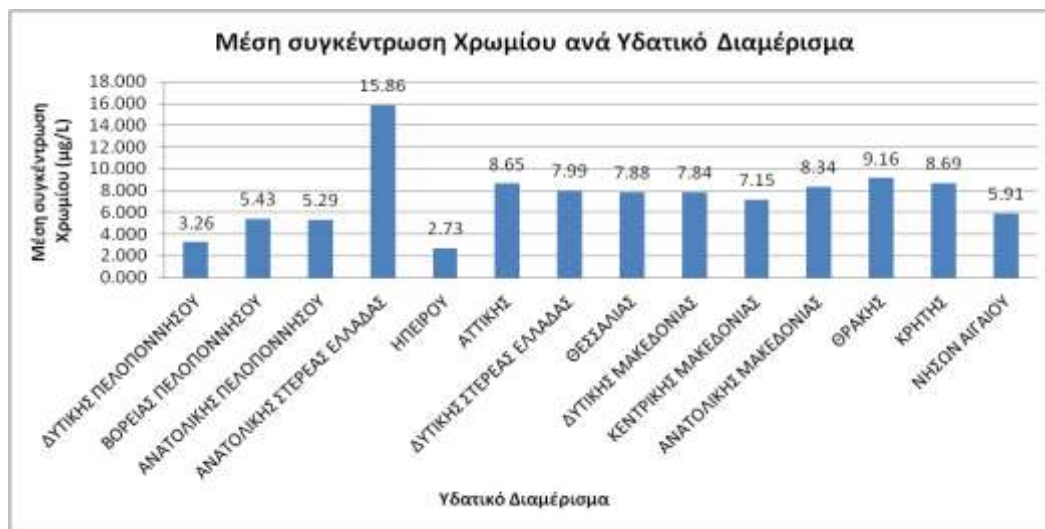


**Εικόνα 8.** Ποσοστό δεδομένων ανά κατηγορία συγκέντρωσης Cr(tot).

Στη συνέχεια έγινε ανάλυση των δεδομένων σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος (Πίνακας 4). Σύμφωνα με την Εικόνα 9 που ακολουθεί, η Ήπειρος και η Δυτική Πελοπόννησος έχουν πολύ χαμηλή συγκέντρωση χρωμίου (στο όριο ανίχνευσης), ενώ ακολουθούν η Βόρεια Πελοπόννησος, η Ανατολική Πελοπόννησος και τα νησιά του Αιγαίου, με μετρήσεις χρωμίου λίγο πάνω από το όριο ανίχνευσης. Έπειτα ακολουθούν τα περισσότερα Υδατικά Διαμερίσματα (Αττική, Δυτική Στερεά Ελλάδα, Θεσσαλία, Δυτική Μακεδονία, Κεντρική Μακεδονία, Ανατολική Μακεδονία, Θράκη και Κρήτη) με τις μέσες μετρήσεις χρωμίου να κυμαίνονται από 7,15 µg/L έως 9,16 µg/L. Τέλος, ιδιαίτερα υψηλή είναι η μέση τιμή στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (15,86 µg/L), με μέση τιμή χρωμίου διπλάσια από τον κύριο όγκο των άλλων διαμερισμάτων.

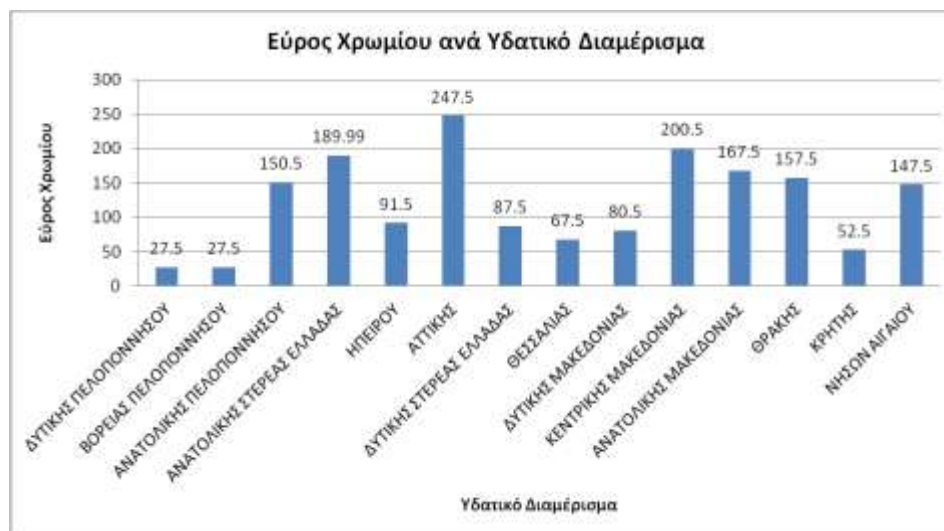
**Πίνακας 4.** Στατιστικά στοιχεία Cr(tot) ανά υδατικό διαμέρισμα.

ΥΔΑΤΙΚΑ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΑ	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ Cr(tot)							
	Μέση Τιμή (μg/L)	Τυπική Απόκλιση	Συννηθέστερη Τιμή (μg/L)	Ελάχιστη Τιμή (μg/L)	Διάμεσος	Μέγιστη Τιμή (μg/L)	Εύρος	# Πλήθος
Δ. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ	3,26	3,94	2,5	2,5	2,5	30	27,5	210
Β. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ	5,43	7,27	2,5	2,5	2,5	30	27,5	321
ΑΝ. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ	5,29	13,40	2,5	2,5	2,5	153	150,5	213
ΑΝ. ΣΤ. ΕΛΛΑΔΑΣ	15,86	25,43	2,5	0,01	5	190	190	573
ΗΠΕΙΡΟΥ	2,73	3,38	2,5	2,5	2,5	94	91,5	831
ΑΤΤΙΚΗΣ	8,64	20,11	2,5	2,5	2,5	250	247,5	249
Δ. ΣΤ. ΕΛΛΑΔΑΣ	7,99	10,62	2,5	2,5	2,5	90	87,5	197
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	7,88	12,30	2,5	2,5	2,5	70	67,5	229
Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	7,84	10,66	2,5	2,5	2,5	83	80,5	731
Κ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	7,14	11,17	2,5	2,5	2,5	203	200,5	1195
ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	8,34	15,52	2,5	2,5	2,5	170	167,5	296
ΘΡΑΚΗΣ	9,16	15,84	10	2,5	10	160	157,5	188
ΚΡΗΤΗΣ	8,68	12,82	2,5	2,5	2,5	55	52,5	144
ΝΗΣΩΝ ΑΙΓΑΙΟΥ	5,91	10,85	2,5	2,5	2,5	150	147,5	717
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	7,28	13,56	2,5	0,01	2,5	250	250	6095



**Εικόνα 9.** Μέση συγκέντρωση Cr(tot) ανά υδατικό διαμέρισμα.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το εύρος της συγκέντρωσης του χρωμίου ανά Υδατικό Διαμέρισμα, δηλαδή η διαφορά μέγιστης και ελάχιστης τιμής που εμφανίστηκε. Έτσι, από τη σχετική Εικόνα 10, διαπιστώνουμε ότι η Δυτική και η Βόρεια Πελοπόννησος καθώς και η Κρήτη παρουσιάζουν μικρό εύρος τιμών, ενώ ακολουθούν τα υδατικά διαμερίσματα της Ηπείρου, της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, της Θεσσαλίας και της Δυτικής Μακεδονίας, όπου παρουσιάζουν σχετικά υψηλό εύρος τιμών (γύρω στα 80 µg/L). Ακολουθούν Ανατολική Πελοπόννησος, Ανατολική Στερεά Ελλάδα, Κεντρική Μακεδονία, Ανατολική Μακεδονία, Θράκη και Νησιά Αιγαίου με υψηλό εύρος τιμών της τάξεως του 175 µg/L, ενώ το υψηλότερο εύρος συγκέντρωσης χρωμίου διαπιστώθηκε στην Αττική με διακύμανση τιμών που έφτασε τα 247.5 µg/L.



**Εικόνα 10.** Εύρος Cr(tot) ανά Υδατικό Διαμέρισμα.

Καταλήγοντας, η ανάλυση των δεδομένων ανά έτος και υδατικό διαμέρισμα, ανέδειξε ότι η παρουσία του χρωμίου στα υπόγεια νερά της Ελλάδας εξαρτάται αφενός από τη τοποθεσία και αφετέρου από το χρόνο της δειγματοληψίας. Ο τρίτος παράγοντας

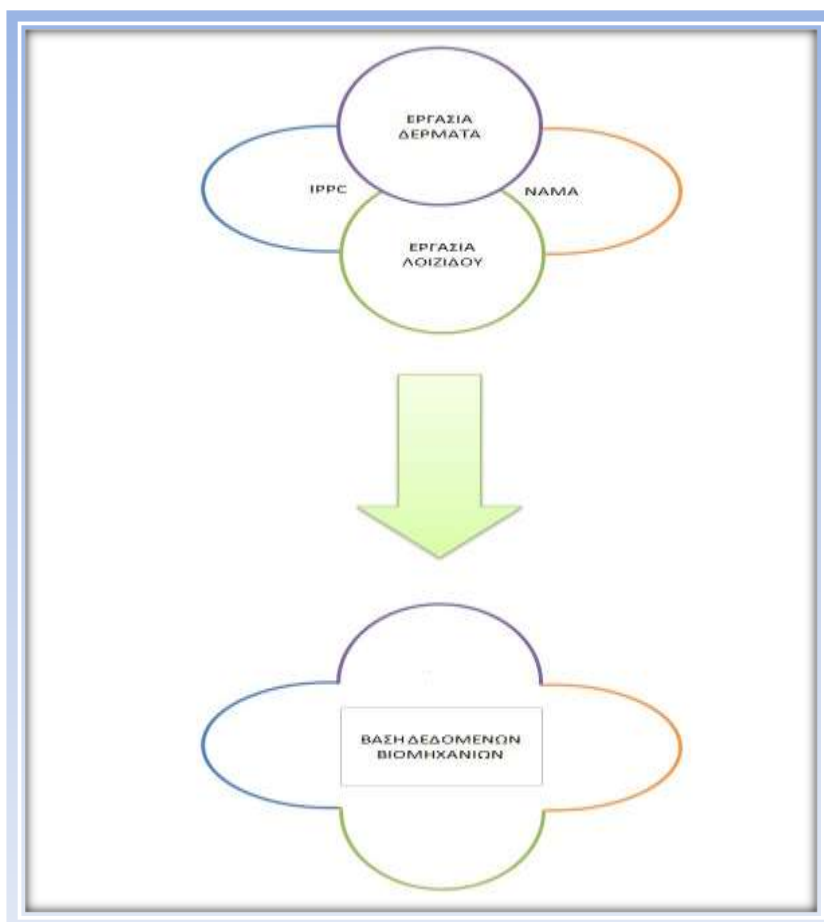
που επηρεάζει την ανίχνευση χρωμίου είναι το πλήθος των μετρήσεων αλλά φαίνεται να μην είναι τόσο καθοριστικός, όσο οι δύο προηγούμενοι.

### 3.2.3 Δεδομένα Ανθρωπογενών Πίεσεων

Όπως παρουσιάσαμε παραπάνω (βλέπε §3.1.2) τα δεδομένα των ανθρωπογενών πιέσεων χωρίστηκαν σε 4 κατηγορίες. Η επεξεργασία που ακολουθήθηκε στην κατηγορία των βιομηχανιών, έτσι ώστε να είναι εφικτή η διαχείρισή τους από πρόγραμμα ΓΣΠ είναι η ακόλουθη:

Οι πηγές των δεδομένων για τις βιομηχανίες προέρχονταν από μια σειρά μελετών (ΥΠΕΧΩΔΕ 2001, ΕΜΠ 2009, Μαμάης και Δερματάς 2011, ΕΓΥ 2012). Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία μίας κοινής βάσης δεδομένων βιομηχανιών ήταν να ενοποιηήσουμε τα διαθέσιμα δεδομένα και να διαγράψουμε εκείνα που περιέχονταν στην κοινή βάση δεδομένα πάνω από μία φορά.. Έτσι, κρατήθηκαν από κάθε αρχείο μόνο τα δεδομένα που πρόσθεταν επιπλέον πληροφορίες. Η μεθοδολογία παρουσιάζεται γραφικά παρακάτω (Εικόνα 11).

Τα υπόλοιπα δεδομένα των πιέσεων ήταν σε μορφή κατάλληλη για επεξεργασία μέσω προγράμματος ΓΣΠ και για αυτό το λόγο δεν απαιτήθηκε κάποια περαιτέρω επεξεργασία.



Εικόνα 11. Δημιουργία βάσης δεδομένων βιομηχανιών.

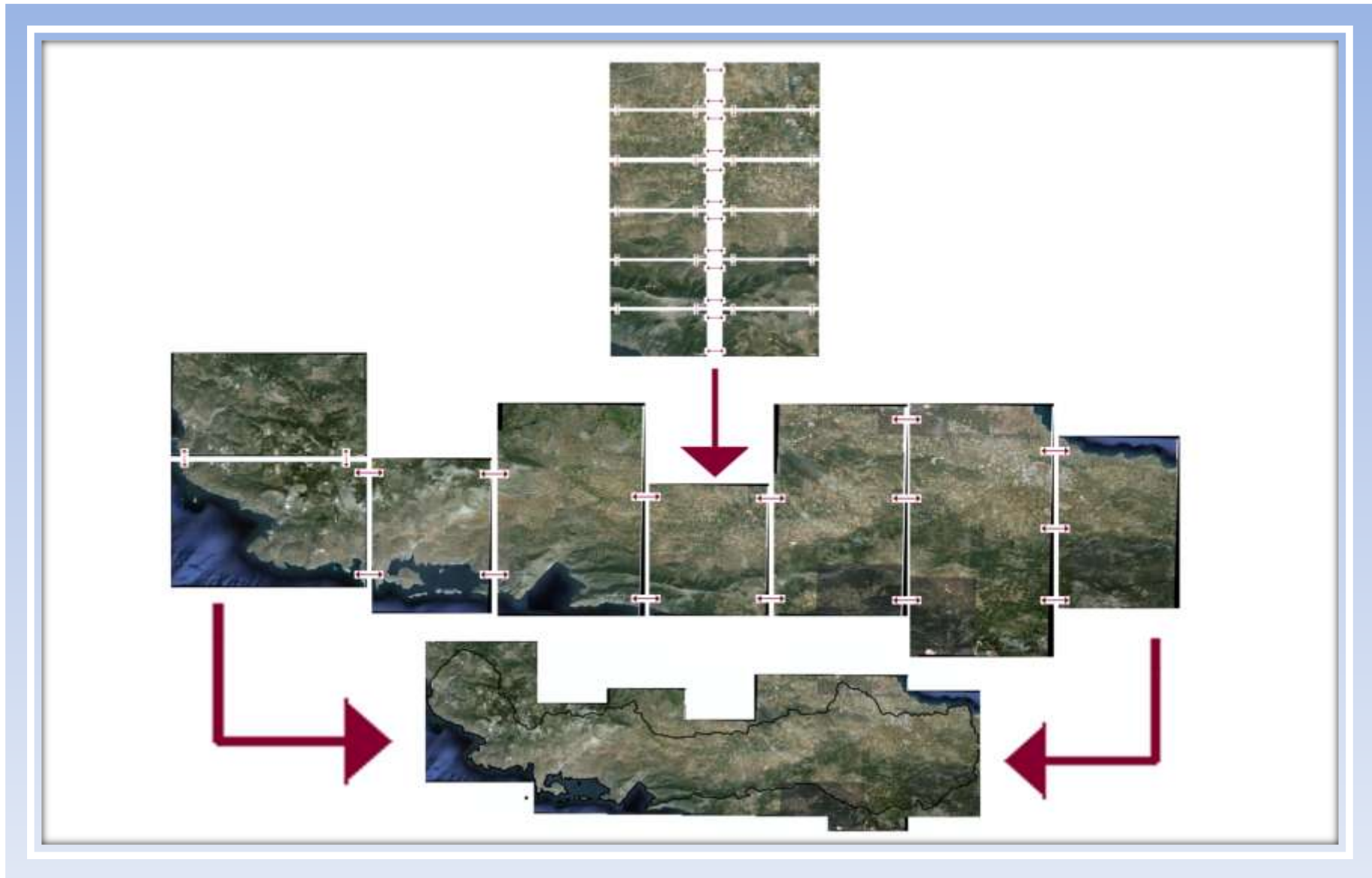
### 3.2.4 Δεδομένα Χαρτογραφικού Υποβάθρου

Τα δεδομένα χαρτογραφικού υποβάθρου απαρτίζονται από αρχεία τύπου εικόνων και υποστηρίζονται πλήρως από το ΓΣΠ. Η επεξεργασία των δεδομένων κινήθηκε στους παρακάτω δύο άξονες:

1. Επεξεργασία των εικόνων για την αφαίρεση των εκάστοτε υπομνημάτων. Αυτή η προσέγγιση ακολουθήθηκε για τους Γεωλογικούς χάρτες. Η μεθοδολογία είναι η απομόνωση της 'καθαρής' πληροφορίας από το επεξηγηματικό υπόμνημά τους με τη χρήση του προγράμματος GIMP2. Αυτό είναι αναγκαίο ώστε να υπάρχει μια ομοιόμορφη ροή πληροφοριών χωρίς να παρεμβάλλονται ανεπιθύμητα δεδομένα που αλλοιώνουν την εικόνα των αποτελεσμάτων.
2. Συνένωση εικόνων για ευκολότερη διαχείριση του όγκου των δεδομένων. Η μεθοδολογία αφορά την ένωση εικόνων για τη δημιουργία μεγαλύτερων σε μέγεθος εικόνων, οι οποίες μπορεί να διατηρήσουν όλες τις πληροφορίες, μέσω της αύξησης του μεγέθους του αρχείου. Ως αποτέλεσμα αυτού οι εικόνες που προέκυψαν ήταν ευκολότερα διαχειρίσιμες από το ΓΣΠ. Αυτή η μεθοδολογία ακολουθήθηκε για τις δορυφορικές εικόνες. Η αποτύπωση της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού με επαρκή ανάλυση απαίτησε τη λήψη 765 φωτογραφιών με το πρόγραμμα Google Earth. Επειδή ο αριθμός των εικόνων ήταν αρκετά μεγάλος, έγινε η συνένωση τους σε 8 μεγαλύτερες, χωρίς να αλλοιωθεί η ανάλυση των εικόνων, με τη βοήθεια του GIMP2. Στη συνέχεια οι 8 αυτές εικόνες ενώθηκαν σε 1 με τη βοήθεια του ArcGIS. Η προαναφερθείσα μεθοδολογία παρουσιάζεται στην Εικόνα 12, με τα βήματα που ακολουθήθηκαν.

### 3.2.5 Δεδομένα Ψηφιακά – Χωρικά

Τα δεδομένα σε αυτή τη κατηγορία ήταν σε μορφή shape file και γι' αυτό ήταν δυνατή η εισαγωγή τους σε πρόγραμμα ΓΣΠ χωρίς κάποια ιδιαίτερη επεξεργασία.



Εικόνα 12. Μεθοδολογία ένωσης δορυφορικών εικόνων.

Τα προγράμματα που απαιτήθηκαν για την επεξεργασία όλων αυτών των δεδομένων είναι το GIMP2 και το Google Earth. Ακολουθεί η παρουσίασή τους με τις βασικές λειτουργίες που απαιτήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων.

### Πρόγραμμα GIMP2

Το Gimp (GNU Image Manipulation Program) είναι ένα ελεύθερο λογισμικό επεξεργασίας γραφικών τύπου raster. Είναι πρόγραμμα που ασχολείται κυρίως με τη διαμόρφωση και την επεξεργασία εικόνας και είναι ελεύθερα διαθέσιμο σε εκδόσεις προσαρμοσμένες για τα πιο δημοφιλή λειτουργικά συστήματα, όπως τα Microsoft Windows, το Mac OS X της Apple, και το GNU/Linux. Εκτός από τη λεπτομερή επιδιόρθωση της εικόνας και τη σχεδίαση ελεύθερης μορφής, το GIMP μπορεί να φέρει εις πέρας βασικές εργασίες επεξεργασίας εικόνας, όπως η αλλαγή μεγέθους, η επεξεργασία φωτογραφιών, το φωτομοντάζ συνδυάζοντας πολλαπλές εικόνες και η μετατροπή μεταξύ διαφορετικών μορφών εικόνας. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει κινούμενες εικόνες σε πολλές μορφές, όπως GIF και MPEG μέσω του Animation plug-in.

### Google Earth

Το Google Earth αποτελεί μια εφαρμογή στην οποία υπάρχει ελεύθερη πρόσβαση μέσω Internet και οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να την ενσωματώσουν σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα όπως: windows (2000/XP/Vista), Linux, MacOSX. Το γεγονός ότι υποστηρίζει όλα αυτά τα λειτουργικά συστήματα είναι ένα δείγμα του αριθμού των χρηστών ηλεκτρονικών υπολογιστών για τους οποίους είναι διαθέσιμο αλλά και χρήσιμο. Ένα πλεονέκτημα του Google Earth είναι η τρισδιάστατη απεικόνιση της γήινης σφαίρας, οι δυνατότητες που προσφέρει στους χρήστες για πλοήγηση, η εστίαση σε συγκεκριμένες περιοχές, αλλά και η πρόσβαση σε όλα τα σημεία της γης. Σε ότι αφορά το Google Earth, πρόκειται για ένα πρόγραμμα το οποίο αναπτύχθηκε το 2004 και προσφέρει ελεύθερα τη λήψη φωτογραφιών. Οι λειτουργίες οι οποίες παρέχει είναι οι εξής:

- Χρήση τρισδιάστατων εργαλείων για την απεικόνιση χωρικής πληροφορίας
- Εισαγωγή μερικών χιλιάδων τοποθεσιών, οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν, είτε κάνοντας χρήση των διευθύνσεων, είτε με βάση τις συντεταγμένες
- Άμεση εισαγωγή δεδομένων ΓΣΠ, όπως αρχεία shp και tab.
- Εργαλεία μέτρησης
- Δυνατότητα δημιουργίας αρχείων εξόδου με υψηλή ανάλυση
- Δημιουργία εικονικών περιηγήσεων μέσω αρχείων wmv.

### 3.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΣΠ

Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ), γνωστό ευρέως και ως GIS (Geographic Information Systems), είναι σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων (spatial data) και συσχετισμένων ιδιοτήτων. Στην πιο αυστηρή μορφή του είναι ένα ψηφιακό σύστημα, ικανό να ενσωματώσει, αποθηκεύσει, προσαρμόζει, αναλύσει και παρουσιάσει γεωγραφικά συσχετισμένες (geographically – referenced) πληροφορίες. Σε πιο γενική μορφή, ένα ΓΣΠ είναι ένα εργαλείο «έξυπνου χάρτη», το οποίο επιτρέπει στους χρήστες του να αποτυπώσουν μια περίληψη του πραγματικού κόσμου, να δημιουργήσουν διαδραστικά ερωτήσεις χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα (αναζητήσεις δημιουργούμενες από τον χρήστη), να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν σε αναλογικά μέσα (εκτυπώσεις χαρτών και διαγραμμάτων) ή σε ψηφιακά μέσα (αρχεία χωρικών δεδομένων, διαδραστικοί χάρτες στο Διαδίκτυο) (Hellas GIS, Wikipedia).

Τα συστήματα ΓΣΠ αποτυπώνουν χωρικά δεδομένα σε γεωγραφικό ή χαρτογραφικό ή καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Βασικό χαρακτηριστικό των ΓΣΠ είναι ότι τα χωρικά δεδομένα συνδέονται και με περιγραφικά δεδομένα, π.χ. μια ομάδα σημείων, που αναπαριστούν θέσεις πόλεων, συνδέεται με ένα πίνακα όπου κάθε εγγραφή εκτός από τη θέση περιέχει πληροφορίες, όπως ονομασία, πληθυσμό κ.α. Τα ΓΣΠ είναι πληροφοριακά συστήματα (Information Systems) που παρέχουν τη δυνατότητα συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης σε ψηφιακό περιβάλλον των δεδομένων που σχετίζονται με το χώρο. Τα δεδομένα αυτά συνήθως λέγονται γεωγραφικά, χαρτογραφικά ή χωρικά (spatial) και μπορεί να συσχετίζονται με μια σειρά από περιγραφικά δεδομένα, τα οποία και τα χαρακτηρίζουν μοναδικά. Η χαρακτηριστική δυνατότητα που παρέχουν τα ΓΣΠ είναι αυτή της σύνδεσης της χωρικής με την περιγραφική πληροφορία, η οποία δεν έχει από μόνη της χωρική υπόσταση. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία αυτή βασίζεται (Hellas GIS, Wikipedia):

1. Είτε στο σχεσιακό (relational) μοντέλο δεδομένων, όπου τα περιγραφικά δεδομένα πινακοποιούνται χωριστά και αργότερα συσχετίζονται με τα χωρικά δεδομένα μέσω κάποιων μοναδικών τιμών που είναι κοινές και στα δύο είδη δεδομένων.
2. Είτε στο αντικειμενοστραφές (object-oriented) μοντέλο δεδομένων, όπου τόσο τα χωρικά όσο και τα περιγραφικά δεδομένα συγχωνεύονται σε αντικείμενα, τα οποία μοντελοποιούν κάποια δεδομένα με φυσική υπόσταση.

Το αντικειμενοστραφές μοντέλο τείνει να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε εφαρμογές ΓΣΠ, εξαιτίας των αυξημένων δυνατοτήτων του σε σχέση με το σχεσιακό μοντέλο της δυνατότητας που παρέχει για την εύκολη και απλοποιημένη μοντελοποίηση σύνθετων φυσικών δεδομένων και αντικειμένων με χωρική διάσταση. Πολλές φορές η ολοκληρωμένη έννοια των ΓΣΠ επεκτείνεται για να συμπεριλάβει τόσο τα δεδομένα (που αποτελούν ουσιαστικά τον πυρήνα τους), το λογισμικό και το μηχανικό εξοπλισμό, όσο και τις διαδικασίες και το ανθρώπινο δυναμικό, που αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα ενός οργανισμού, ο οποίος έχει σαν πρωταρχική του δραστηριότητα τη διαχείριση πληροφορίας με την βοήθεια ΓΣΠ.



### 3.3.1 Δομές Δεδομένων

Σε ένα ΓΣΠ τα χωρικά δεδομένα μπορούν να αναπαρίστανται με δύο βασικές δομές: τη διανυσματική δομή και την ψηφιδωτή δομή. Οι δύο αυτές δομές αποδίδονται ταυτόχρονα σε κοινές απεικονίσεις, ενώ πολλά λογισμικά ΓΣΠ προσφέρουν τη δυνατότητα μετάβασης από τη μία δομή στην άλλη. Στη διανυσματική μορφή (vector), όλα τα χωρικά δεδομένα μπορούν να αναπαρασταθούν με τρεις βασικούς τύπους γεωμετριών και συγκεκριμένα ως σημεία, γραμμές ή πολύγωνα. Έτσι, για την απόδοση της θέσης μια πόλης σε ένα χάρτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα σημείο, για την αποτύπωση του οδικού δικτύου μια γραμμή αποτελούμενη από πολλές κορυφές και για την αποτύπωση μιας ιδιοκτησίας ένα πολύγωνο. Στην ουσία τα πάντα αναπαρίστανται από γραμμές. Το σημείο είναι μια γραμμή μηδενικού μήκους, ενώ το πολύγωνο είναι μια ακολουθία γραμμών με αρχή και τέλος την ίδια κορυφή. Η γεωμετρία που θα υιοθετηθεί για το συμβολισμό ενός αντικειμένου εξαρτάται από την κλίμακα απεικόνισης και το σκοπό της εφαρμογής που αναπτύσσεται. Έτσι, π.χ. σε μια πολύ μεγάλη κλίμακα (1:1000) τα κτίσματα αποτυπώνονται ως πολύγωνα, ενώ σε μικρότερες κλίμακες (1:10.000) είναι ορθότερο να χρησιμοποιηθεί η γεωμετρία του σημείου. Τέλος, κάθε γεωμετρία συνδέεται με μια σχέση 1-1 με μια εγγραφή σε ένα πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών. Τα ψηφιδωτά (Raster) δεδομένα χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που το χωρικό φαινόμενο που αποτυπώνεται χαρακτηρίζεται ως συνεχής μεταβλητή (π.χ. το υψόμετρο του εδάφους, η κατανομή του θορύβου) ή σε περιπτώσεις που στο ΓΣΠ θέλουμε να ενσωματώσουμε μια δορυφορική εικόνα ή μια σαρωμένη αεροφωτογραφία. Οι ψηφιδωτές δομές δεδομένων έχουν περιορισμένες δυνατότητες σύνδεσης με περιγραφικά χαρακτηριστικά (Hellas GIS, Wikipedia).

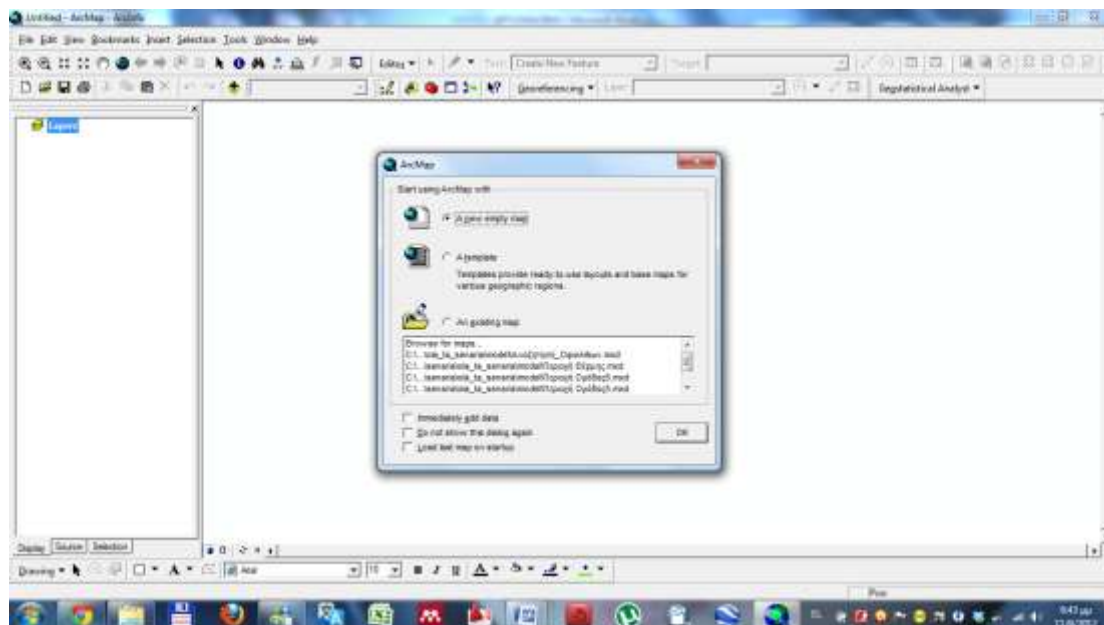
### 3.3.2 Λειτουργικό Πρόγραμμα ArcGIS

Το λειτουργικό πρόγραμμα ΓΣΠ που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας είναι το ArcGIS 9.3 Desktop. Το εν λόγω λειτουργικό υπάρχει σε τρεις εκδόσεις που αναφέρονται ως Arc View, Arc Editor και Arc info. Το Arc Info δίνει τη δυνατότητα περισσότερων εργαλείων κυρίως ανάλυσης χωρικών δεδομένων και για αυτό το λόγο επιλέχθηκε ως καταλληλότερο για την εκπόνηση της εργασίας. Κάθε έκδοση του ArcGIS Desktop περιέχει τις εξής τρεις βασικές εφαρμογές:

1. Arc Map
2. Arc Catalog
3. Arc Toolbox

#### Arc Map

Το Arc Map (Εικόνα 13), όπως και το όνομα υποδηλώνει, αφορά εφαρμογές που σχετίζονται με χάρτες (Map). Πιο συγκεκριμένα, το Arc Map δίνει τη δυνατότητα να δημιουργηθούν χάρτες από επίπεδα χωρικής πληροφορίας, να αναλυθούν χωρικές σχέσεις και να επιλεγούν μέσα από αναζητήσεις, χωρικά και μη χωρικά στοιχεία. Επίσης, μπορούν να σχεδιαστούν και να δημιουργηθούν διαφορετικές απεικονίσεις ενός χάρτη, αλλάζοντας χρώματα και συμβολισμούς.



Εικόνα 13. Περιβάλλον προγράμματος Arc Map.

### Arc Catalog

Το Arc Catalog είναι μία εφαρμογή διαχείρισης γεωγραφικών δεδομένων. Εκτελεί παρόμοιες λειτουργίες με τον Windows Explorer, προσανατολισμένο όμως στα γεωγραφικά δεδομένα. Με το Arc Catalog μπορούμε να διερευνήσουμε και να διαχειριστούμε χωρικά δεδομένα στο δίσκο του υπολογιστή μας, σε ένα τοπικό δίκτυο ή στο διαδίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, μπορούμε εύκολα να διαγράψουμε, να αντιγράψουμε ή να μετονομάσουμε ένα θεματικό επίπεδο ή ένα σύνολο δεδομένων. Μπορούμε ακόμη να δημιουργήσουμε νέα δεδομένα. Το σημαντικότερο, όμως, είναι ότι μπορούμε να βλέπουμε τα δεδομένα μας προτού αποφασίσουμε την ενέργεια που θα κάνουμε με αυτά, για να τα προσθέσουμε στο Arc Map.

### Arc Toolbox

Το Arc Toolbox είναι η τρίτη εφαρμογή του Arc GIS, συμπληρώνει τις άλλες δύο εφαρμογές του και περιέχει διάφορα εργαλεία γεωπεξεργασίας. Με την εφαρμογή αυτή ο χρήστης έχει τη δυνατότητα, μέσω κάποιων εργαλείων, να μετατρέψει χωρικά δεδομένα από μία μορφή (data format) σε άλλη και να αλλάξει το προβολικό σύστημα των δεδομένων του.

## 4 ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αναζήτηση γηγενούς χρωμίου στην Ελλάδα βασίσθηκε στην εύρεση υδροσημείων και γενικότερα περιοχών, όπου συστηματικά μετρώνται σημαντικές συγκεντρώσεις χρωμίου, βρίσκονται κοντά σε υπερβασικά πετρώματα (γηγενή αίτια) και σε απόσταση ασφαλείας από ανθρωπογενείς πιέσεις. Η τεκμηρίωση των περιοχών βασίσθηκε στις μετρήσεις ποιότητας του νερού και στη γεωμορφολογία - γεωλογία της περιοχής, ώστε να διαχωρίσουμε τη γηγενή από την ανθρωπογενή ρύπανση.

Η μεθοδολογία έρευνας που ακολουθήθηκε βασίσθηκε στους τρεις παρακάτω άξονες:

- Αναζήτηση περιοχών με συστηματική καταγραφή χρωμίου
- Επιβεβαίωση περιοχών με γεωλογικά – γεωμορφολογικά κριτήρια
- Αποκλεισμός περιοχών κοντά σε ανθρωπογενείς πιέσεις

#### 4.1.1 Αναζήτηση Περιοχών με Συστηματική Καταγραφή Χρωμίου

Αναλύοντας τα δεδομένα ποιότητας νερού, διαπιστώθηκε ότι αποτελούν δύο ξεχωριστές ομάδες δεδομένων, με χαρακτηριστικές ιδιότητες που απαιτούν διαφορετικό τρόπο έρευνας. Η μία ομάδα δεδομένων αποτελείται από υδροσημεία με χρονοσειρά, ενώ η άλλη ομάδα αφορά δεδομένα όπου τα υδροσημεία έχουν μεμονωμένες μετρήσεις. Η μεθοδολογία για την αναζήτηση περιοχών με συστηματική καταγραφή χρωμίου, προσαρμόστηκε στη φύση των δύο αυτών ομάδων δεδομένων για την αποτελεσματικότερη αναζήτηση και τον εντοπισμό περιοχών με γηγενές χρώμιο.

#### Γεωτρήσεις με χρονοσειρά

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα υδροσημεία, στα οποία οι μετρήσεις ποιότητας νερού γίνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα (περίπου 1 φορά το χρόνο) και αφορούσαν το ίδιο πάντα υδροσημείο, οπότε μπορούν να θεωρηθούν ότι αποτελούν μια χρονοσειρά (σύνηθες διάστημα μετρήσεων 2000 – 2007). Η αναζήτηση μας σε αυτές τις περιοχές επικεντρώνεται στην εύρεση εκείνων των γεωτρήσεων, στις οποίες η καταγραφή χρωμίου είναι συστηματική και καλύπτει όσο το δυνατόν περισσότερα έτη. Η επίτευξη αυτού γίνεται εφαρμόζοντας τα ακόλουθα κριτήρια αναζήτησης.

- Συγκέντρωση Cr(tot)  $\geq 30$   $\mu\text{g/L}$  για δύο ή περισσότερα έτη
- Συγκέντρωση Cr(tot)  $\geq 20$   $\mu\text{g/L}$  για τρία ή περισσότερα έτη
- Συγκέντρωση Cr(tot)  $\geq 10$   $\mu\text{g/L}$  για τέσσερα ή περισσότερα έτη

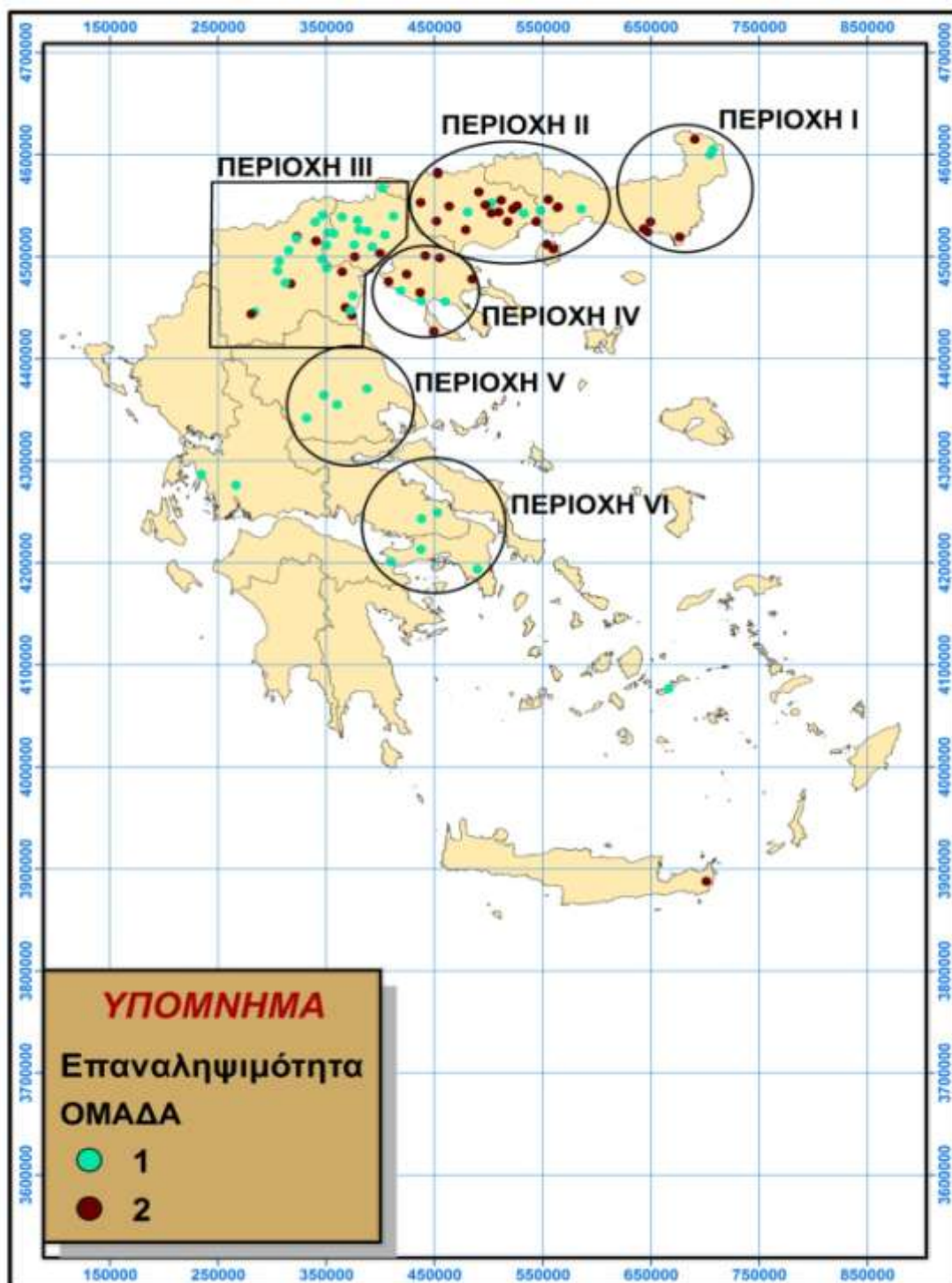
Τα παραπάνω κριτήρια ορίστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει διαβάθμιση στα δεδομένα, με σκοπό να ανιχνεύσουμε όλες τις τάσεις. Έτσι, με την πρώτη κατηγορία είναι δυνατός ο εντοπισμός υδροσημείων με σχετικά αυξημένη καταγραφή χρωμίου (με βάση γηγενή αίτια), υιοθετώντας όριο επαναληψιμότητας τουλάχιστον δύο φορές ώστε να αποφύγουμε την τυχαιότητα του φαινομένου. Η δεύτερη κατηγορία εξασφαλίζει την ύπαρξη μεσαίων τιμών χρωμίου με τουλάχιστον τρεις εμφανίσεις. Η τρίτη κατηγορία οριοθετεί την ανιχνευσιμότητα του χρωμίου για αρκετές εμφανίσεις, ώστε να βεβαιωθούμε ότι στη περιοχή καταγράφεται συστηματικά χρώμιο για πολλά έτη. Εφαρμόζοντας τα παραπάνω κριτήρια έχουμε τη δυνατότητα να αναζητήσουμε περιοχές που καταγράφεται συστηματικά χρώμιο, εντοπίζοντας όχι μόνο τις μέσες τιμές αλλά και τις ακραίες (peaks).

Αναλύοντας τα δεδομένα μας βρέθηκε ότι 88 υδροσημεία ικανοποιούν τα παραπάνω κριτήρια, εκ των οποίων τα 19 απ' αυτά ικανοποιούν το πρώτο κριτήριο, τα 15 το δεύτερο και τα 77 το τρίτο. Είναι προφανές ότι κάποια υδροσημεία ικανοποιούν ταυτόχρονα και τα 3 κριτήρια, γεγονός που δείχνει ότι δεν είναι παράξενο στο ίδιο υδροσημείο να ανιχνεύεται χρώμιο της τάξεως των 10 μg/L έως 30 μg/L. Από τα παραπάνω βλέπουμε ότι κυριαρχεί η τρίτη κατηγορία, δηλαδή υπάρχουν πολλά υδροσημεία που συστηματικά καταγράφεται χρώμιο της τάξεως των 10 μg/L, ενώ οι άλλες δύο ομάδες έχουν σαφώς λιγότερα υδροσημεία. Ο γενικός μέσος όρος χρωμίου που ανιχνεύτηκε στα παραπάνω δείγματα είναι ίσος με 17,3 μg/L.

Τέλος, σε κάποια δείγματα παρατηρήθηκε ότι ενώ ικανοποιούν κάποιο από τα παραπάνω κριτήρια, στην τελευταία μέτρησή τους (πιο πρόσφατη) η συγκέντρωση χρωμίου στο υπόγειο νερό ήταν μικρότερη του ορίου ανίχνευσης. Επειδή σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να επιβεβαιωθεί η εμφάνιση χρωμίου στις περιοχές με πρόσφατες δειγματοληψίες τα υδροσημεία ιεραρχήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να δίνεται προτεραιότητα σε εκείνα που η τελευταία μέτρηση χρωμίου ήταν πάνω από το όριο ανίχνευσης. Έτσι τα 88 υδροσημεία διακρίθηκαν σε 2 ομάδες, με βάση την τελευταία μέτρησή τους. Στην πρώτη ομάδα συμπεριλήφθησαν τα υδροσημεία που η τελευταία μέτρηση χρωμίου ήταν μεγαλύτερη από το όριο ανίχνευσης (46) ενώ στη δεύτερη ομάδα συμπεριλήφθησαν τα υπόλοιπα υδροσημεία (42). Αναλυτικά οι ομάδες, τα ονόματα, και οι μέσοι όροι των συγκεντρώσεων των υδροσημείων παρατίθενται στον Πίνακα 1, Παράρτημα Α.

Μελετώντας τη γεωγραφική θέση, το υδατικό διαμέρισμα και το πλήθος των δεδομένων τα υδροσημεία ομαδοποιήθηκαν σε ανεξάρτητες περιοχές. Η πρώτη περιοχή βρίσκεται στο υδατικό διαμέρισμα της Θράκης, με τα υδροσημεία να εντοπίζονται στο Διδυμότειχο και τα υπόλοιπα στην Αλεξανδρούπολη. Ως επί το πλείστον, τα υδροσημεία της περιοχής ανήκουν στη δεύτερη ομάδα. Η επόμενη περιοχή εντοπίζεται στο υδατικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας (Σέρρες, Δράμα, Καβάλα), με τα περισσότερα υδροσημεία να ανήκουν στη δεύτερη ομάδα. Η τρίτη περιοχή εντοπίζεται στη Χαλκιδική (Πολύγυρος), όπου κυρίαρχη ομάδα είναι η δεύτερη, αφού τα 7 στα 10 εμφανιζόμενα υδροσημεία ανήκουν στην εν λόγω ομάδα. Η τέταρτη περιοχή βρίσκεται στην Ανατολική Μακεδονία (Έδεσσα, Βέροια, Γρεβενά, Κοζάνη, Κατερίνη). Πρόκειται για μία πολύ μεγάλη σε έκταση περιοχή στην οποία εντάσσονται 32 υδροσημεία. Ως επί το πλείστον τα υδροσημεία αυτά ανήκουν στην πρώτη ομάδα, με μόνο 9 από το σύνολο να εντάσσονται στη δεύτερη ομάδα. Η πέμπτη περιοχή εντοπίζεται στη Θεσσαλία (Καρδίτσα – Βόλος), όπου συναντάμε 4

γεωτρήσεις οι οποίες ανήκουν όλες στην πρώτη ομάδα. Στη συνέχεια η έκτη περιοχή βρίσκεται στο υδατικό διαμέρισμα της Αττικής και Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (οριοθετείται από τις πόλεις Αθήνα, Κόρινθος, Λειβαδιά, Χαλκίδα). Στην περιοχή βρέθηκαν 5 υδροσημεία τα οποία ανήκουν όλα στην πρώτη ομάδα. Τέλος, συναντάμε αρκετά σημεία διάσπαρτα στην υπόλοιπη Ελλάδα, τα οποία δεν μπορούν να συνθέσουν κάποια περιοχή και εντοπίζονται 2 σημεία στο Μεσολόγγι, 1 στην Αμοργό και 1 στην Κρήτη. Στην Εικόνα 14 που ακολουθεί, φαίνονται ομαδοποιημένα οι περιοχές.



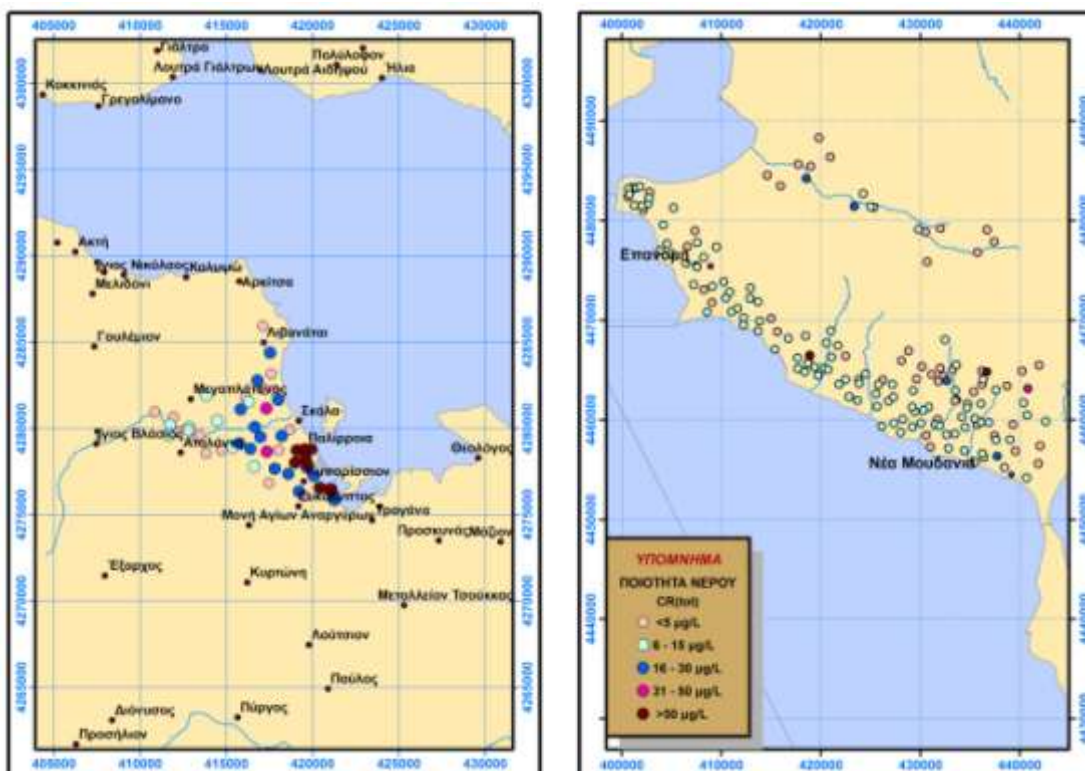
Εικόνα 14. Περιοχές με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις Cr(tot).

### Γεωτρήσεις με μεμονωμένες μετρήσεις

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα υδροσημεία που οι μετρήσεις ποιότητας του υπόγειου νερού αναφέρονται σε μία συγκεκριμένη ημερομηνία, ενώ δεν επιχειρήθηκε άλλη δειγματοληψία στο ίδιο υδροσημείο τα επόμενα χρόνια. Έτσι, για να διαπιστωθεί η συστηματική καταγραφή χρωμίου στην περιοχή πλησίον της γεώτρησης, ήταν αναγκαίο να εξεταστεί σε όλη τη περιοχή, με βάση τα δείγματα, όχι μόνο η συγκέντρωση του χρωμίου που ανιχνεύτηκε αλλά και οι ημερομηνίες που έγινε αυτό. Η χωρική αλλά ταυτόχρονα και χρονική αναζήτηση των δεδομένων για την εύρεση κατάλληλων περιοχών επιτεύχθηκε με τη χρήση του ΓΣΠ, οργανώνοντας τα δεδομένα μας και ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

- Διαχωριστήκαν τα δεδομένα κλιμακωτά, σύμφωνα με την τιμή της συγκέντρωσης του χρωμίου.
- Εντοπίστηκαν οι περιοχές όπου η παρουσία χρωμίου στο υπόγειο νερό ήταν έντονη.
- Εξετάστηκε εάν η ανίχνευση χρωμίου στα δεδομένα γίνεται συστηματικά σε πολλά έτη.
- Απορρίφθηκαν οι περιοχές που δεν ανιχνεύονταν χρώμιο, στο μεγαλύτερο ποσοστό των υδροσημείων, τα τελευταία χρόνια.

Ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία προέκυψαν - επιβεβαιώθηκαν οι 6 περιοχές που είχαν εντοπιστεί και προηγουμένως, με ύπαρξη χρωμίου όχι μόνο στις μεμονωμένες γεωτρήσεις αλλά και στην ευρύτερη έκταση. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Χαλκιδικής, όπου σε όλες τις γεωτρήσεις παραλιακά (Επανομή μέχρι Νέα Μουδανιά) καταγράφεται χρώμιο κατά τα έτη μεταξύ 2000 και 2007, γεγονός που ενισχύει τις ενδείξεις για ύπαρξη γηγενούς χρωμίου στην εν λόγω περιοχή. Εκτός όμως από τις παραπάνω περιοχές, ενδιαφέρον φαίνεται να παρουσιάζει μία ακόμα περιοχή που εντοπίστηκε στις Λιβανάτες – Αταλάντη κοντά στον Άγιο Κωνσταντίνο Φθιώτιδας. Οι μετρήσεις της ποιότητας του υπόγειου νερού, δείχνουν τη συστηματική ανίχνευση χρωμίου σε όλη την έκταση της περιοχής. Στην Εικόνα 15 αναφέρονται οι καταγραφές του χρωμίου και πως αυτές κατανέμονται χωρικά στις περιοχές Λιβανάτες και Χαλκιδική.



**Εικόνα 15.** Συγκεντρώσεις Cr(tot) στις Λιβανάτες (αριστερά) και στη Χαλκιδική (δεξιά)

#### 4.1.2 Εξέταση Περιοχών Βάση Γεωλογίας

Η εύρεση υδροσημείων όπου συστηματικά ανιχνεύεται χρώμιο είναι το πρώτο βήμα που έγινε για την αναζήτηση χρωμίου στα υπόγεια ύδατα της χώρας μας. Το δεύτερο βήμα είναι η εξέταση αυτών των υδροσημείων ως προς τη θέση τους σε σχέση με περιοχές, όπου δυνητικά μπορούμε να έχουμε χρώμιο γηγενούς προέλευσης. Τέτοιες περιοχές, όπως ήδη έχουμε πει, είναι κοντά σε εμφανίσεις υπερβασικών πετρωμάτων ή σε αλλουβιακές αποθέσεις υπερβασικών πετρωμάτων. Με αυτό τον τρόπο εξετάστηκε κατά πόσο το χρώμιο που ανιχνεύτηκε στο υπόγειο νερό μπορεί να οφείλεται σε γηγενή αίτια. Δημιουργώντας ένα χάρτη αποτελούμενο από τα σημεία που εντοπίστηκαν (υδροσημεία με χρονοσειρά – μεμονωμένες μετρήσεις) και τα υπερβασικά πετρώματα (Εικόνα 16), είναι δυνατόν να εκτιμηθεί ποιες περιοχές έχουν ισχυρότερες ενδείξεις γηγενούς προέλευσης χρωμίου, λόγω της απόστασής τους από τους γεωλογικούς σχηματισμούς. Βασιζόμενοι στις περιοχές που είχαν βρεθεί, μελετήθηκε περαιτέρω ποιες περιοχές βρίσκονται κοντά σε υπερβασικά πετρώματα, οπότε και είναι πρώτης προτεραιότητας.

Η πρώτη περιοχή εντοπίστηκε στο υδατικό διαμέρισμα της Θράκης και αποτελείται από δύο περιοχές υδροσημείων. Παρατηρούμε ότι εντοπίζονται υπερβασικά πετρώματα στο μέσον των δύο περιοχών, ενώ τα περισσότερα υδροσημεία ανήκουν στη δεύτερη ομάδα, δηλαδή κατά την τελευταία μέτρησή τους δεν ανιχνεύτηκε χρώμιο.

Η δεύτερη περιοχή εντοπίστηκε στην Κεντρική Μακεδονία, όπου δεν εντοπίζονται επιφανειακοί σχηματισμοί υπερβασικών πετρωμάτων. Επιπροσθέτως, ως επί το



πλείστον τα υδροσημεία της περιοχής ανήκουν στη δεύτερη ομάδα, γεγονός που αποτελεί άλλο ένα μειονέκτημα για την περιοχή.

Η επόμενη περιοχή οριοθετείται από την Έδεσσα, τα Γρεβενά, την Κατερίνη και την Κοζάνη και εντοπίζεται στη Δυτική Μακεδονία. Μελετώντας το χάρτη εμφανίζονται σε μεγάλη έκταση επιφανειακοί σχηματισμοί υπερβασικών πετρωμάτων κατά μήκος των περιοχών όλων των υδροσημείων. Πολλά σημεία εντοπίζονται στο ενδιάμεσο τέτοιων σχηματισμών, ενώ ιδιαίτερα θετικό είναι ότι η πλειοψηφία των υδροσημείων ανήκει στη πρώτη ομάδα, δηλαδή κατά την τελευταία μέτρησή τους ανιχνεύτηκε χρώμιο.

Η τέταρτη περιοχή αφορά την ευρύτερη περιοχή της Χαλκιδικής. Στην συγκεκριμένη περιοχή παρουσιάζονται επιφανειακοί σχηματισμοί υπερβασικών πετρωμάτων και αρκετές γεωτρήσεις ανήκουν στην πρώτη ομάδα. Επίσης, στη περιοχή αυτή εντοπίστηκαν πολλές γεωτρήσεις σε όλη τη παραλία που δεν είχαν χρονοσειρά, αλλά χρώμιο ανιχνεύονταν από το 2000 έως το 2007. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον φαίνεται να υπάρχει στο νότιο παραλιακό τμήμα της περιοχής, λόγω του πλήθους των δεδομένων που ανήκουν στην πρώτη ομάδα και της ύπαρξης κοντά υπερβασικών σχηματισμών.

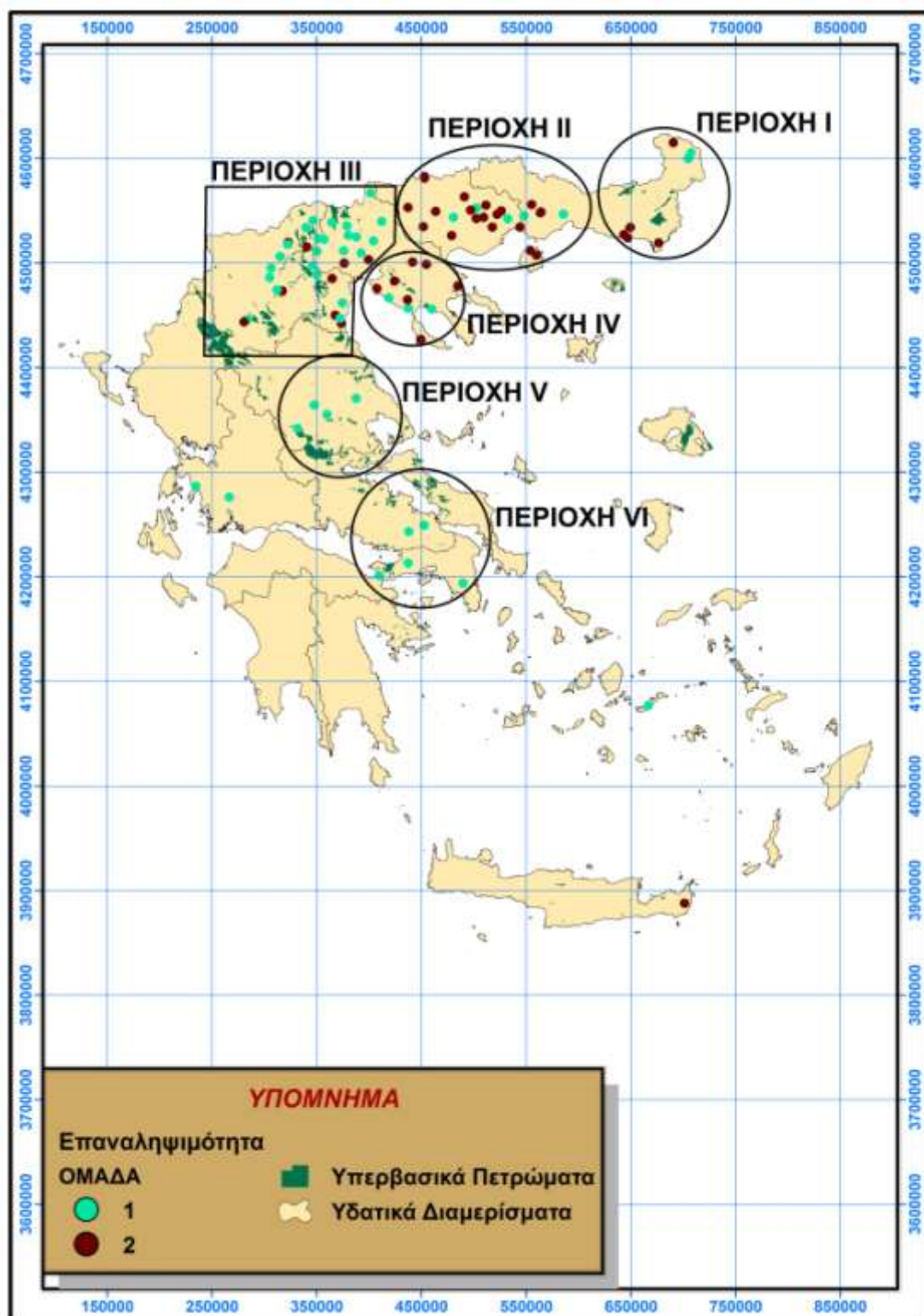
Η επόμενη περιοχή που παρουσιάζει ενδιαφέρον, αναφορικά με την πιθανότητα ύπαρξης γηγενούς χρωμίου, εντοπίζεται στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας. Στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν αρκετοί επιφανειακοί σχηματισμοί υπερβασικών πετρωμάτων στους γύρω ορεινούς όγκους, ενώ τα υδροσημεία εντοπίζονται στο ενδιάμεσο αυτών, που αποτελεί τον κάμπο της Θεσσαλίας. Μάλιστα, ακόμα ένα πλεονέκτημα της περιοχής είναι ότι όλες οι γεωτρήσεις ανήκουν στη πρώτη κατηγορία.

Η έκτη περιοχή αφορά την ευρύτερη περιοχή Αττική - Ανατολική Στερεά Ελλάδα. Στην περιοχή αυτή εντοπίζονται υπερβασικοί σχηματισμοί και ενδιαφέρον παρουσιάζει η προσθήκη των δεδομένων της περιοχής Λιβανάτες, τα οποία εντοπίζονται κοντά στους εν λόγω σχηματισμούς.

Τέλος, αναφορικά με τα σημεία που δεν ανήκουν σε κάποια από τις παραπάνω περιοχές, παρατηρείται ότι δεν εντοπίζονται κοντά σε επιφανειακούς σχηματισμούς υπερβασικών πετρωμάτων, οπότε οι ενδείξεις για γηγενή παρουσία χρωμίου είναι περιορισμένες.

Συμπερασματικά οι περιοχές με τις ισχυρότερες ενδείξεις για παρουσία γηγενούς χρωμίου, απορρίπτοντας αυτές που δεν εντοπίζονται κοντά σε υπερβασικά πετρώματα, είναι οι ακόλουθες:

1. Περιοχή 1 – Θράκη
2. Περιοχή 3 – Δυτική Μακεδονία
3. Περιοχή 4 – Χαλκιδική
4. Περιοχή 5 - Θεσσαλία
5. Περιοχή 6 – Αττική



Εικόνα 16. Υδροσημεία όπου ανιχνεύεται Cr(tot) και βρίσκονται σε περιοχές με υπερβασικά πετρώματα.

#### 4.1.3 Αποκλεισμός Περιοχών κοντά σε Ανθρωπογενείς Πιέσεις

Για την ολοκλήρωση της αναζήτησης χρωμίου γηγενούς προέλευσης απαιτείται ο αποκλεισμός εκείνων των περιοχών με πιθανότητα ύπαρξης ρυπασμένου νερού από ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης. Έτσι, με τη βοήθεια του ΓΣΠ δημιουργήσαμε ζώνες επιρροής για την επιλογή και ιεράρχηση των περιοχών αυτών. Στόχος ήταν η οριοθέτηση των περιοχών που είναι δυνατή η ανθρωπογενής ρύπανση, ώστε να αποκλειστούν - ιεραρχηθούν τα υδροσημεία που βρίσκονται μέσα σε αυτές. Όπως αναφέρθηκε στην §2.2, ανθρωπογενές χρώμιο μπορεί να προέρχεται από μια σειρά δραστηριοτήτων, όπως τις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν ή αποβάλλουν χρώμιο, την παρουσία Υγειονομικών Εγκαταστάσεων (ΕΕΛ, ΧΥΤΑ, ΧΑΔΑ). Επίσης δυναμική ρύπανση ενδέχεται να προκαλείται από τις γραμμές του ΟΣΕ, λόγω των σκύρων της βάσης. Υπέρ της ασφαλείας, στα κριτήρια ενσωματώθηκαν και οι υπόλοιπες βιομηχανίες, θεωρώντας φυσικά ότι έχουν αρκετά μικρότερη ζώνη επιρροής. Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των ζωνών ήταν καθαρά γεωγραφικά και παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 5.

**Πίνακας 5.** Κριτήρια ζωνών επιρροής ανθρωπογενών πιέσεων.

Γεωγραφικό Κριτήριο	Γραμμές ΟΣΕ	Ύποπτες Βιομηχανίες	Άλλες Βιομηχανίες	Υγειονομικές Εγκαταστάσεις
Αποκλεισμένη Ζώνη	≤ 5 km	≤ 5 km	≤ 0,5 km	≤ 5 km
Ζώνη I	5 - 7,5 km	5 - 7,5 km	0,5 - 0,75 km	5 - 7,5 km
Ζώνη II	7,5 - 10 km	7,5 - 10 km	0,75 - 1,0 km	7,5 - 10 km
Ζώνη III	> 10 km	> 10 km	> 1,0 km	> 10 km

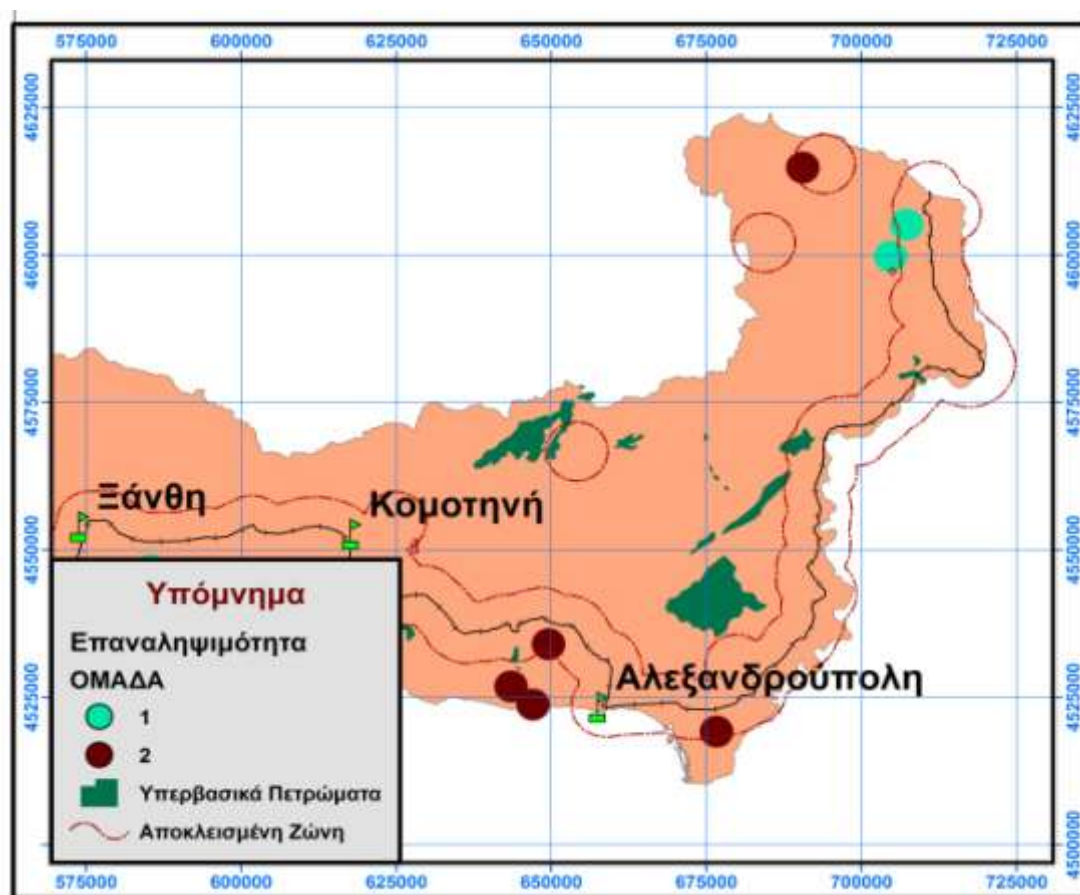
Πρέπει να σημειωθεί ότι η μελέτη για την ύπαρξη Υγειονομικών Εγκαταστάσεων πλησίον των υδροσημείων με ανίχνευση χρωμίου κρίθηκε αδύνατη για το σύνολο της χώρας, εξαιτίας της έλλειψης των αντίστοιχων δεδομένων. Σύμφωνα με την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ), η ανάλυση ανθρωπογενών πιέσεων και των επιπτώσεών τους στα επιφανειακά και στα υπόγεια υδατικά συστήματα της χώρας έχει ολοκληρωθεί για τα υδατικά διαμερίσματα της Δυτικής Πελοποννήσου (GR01), της Βόρειας Πελοποννήσου (GR02), της Ανατολικής Πελοποννήσου (GR03), της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (GR04), της Ηπείρου (GR05), της Αττικής (GR06), της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (GR07), της Θεσσαλίας (GR08), της Ανατολικής Μακεδονίας (GR11) και της Θράκης (GR12). Συνεπώς οι περιοχές III και IV (Περιοχή Έδεσσας και Χαλκιδικής αντίστοιχα) θα εξεταστούν μόνο με βάση τα τρία πρώτα κριτήρια (Γραμμές ΟΣΕ, Ύποπτες Βιομηχανίες και Άλλες Βιομηχανίες).

Έτσι από τα υδροσημεία που προέκυψαν από την προηγούμενη επεξεργασία θα αποκλειστούν περαιτέρω εκείνα που βρίσκονται εντός της ζώνης αποκλεισμού, ενώ για την ιεράρχηση των υπόλοιπων υδροσημείων σημαντικό ρόλο έχει η απόστασή τους από τις ανθρωπογενείς πιέσεις. Για αυτό το λόγο δημιουργήθηκαν τρεις ζώνες, ώστε να υπάρχει καλύτερη διακριτοποίηση των υδροσημείων, με βάση την

απόστασή τους από τις πιέσεις, ώστε να είναι δυνατή η ιεράρχησή τους. Η ακόλουθη ανάλυση των περιοχών, ως προς τη συστηματική ανίχνευση χρωμίου, την παρουσία υπερβασικών πετρωμάτων και την απόσταση από τις ανθρωπογενείς πιέσεις θα οδηγήσει στις καταλληλότερες θέσεις για αναζήτηση γηγενούς χρωμίου.

### Περιοχή I

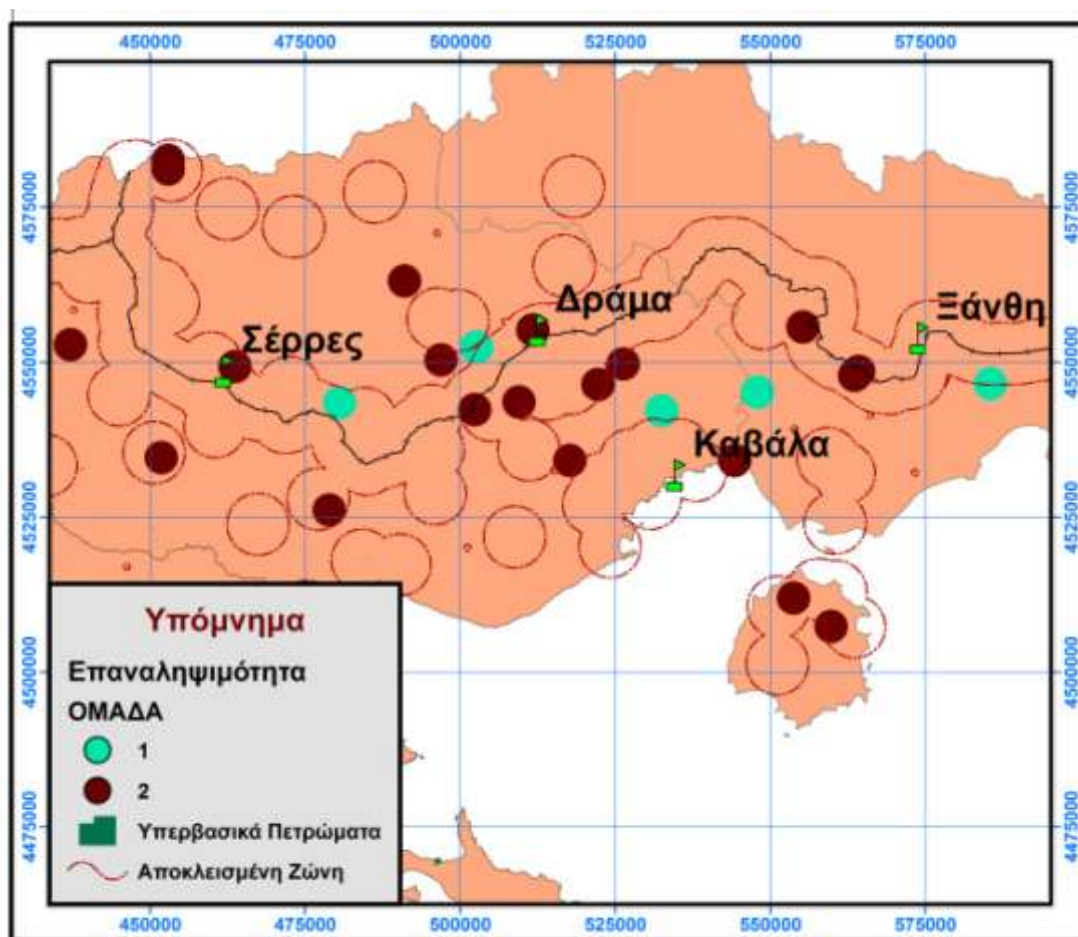
Η εν λόγω περιοχή εντοπίστηκε στο βορειοανατολικό κομμάτι του υδατικού διαμερίσματος της Θράκης. Η αναζήτηση ύπαρξης γηγενούς χρωμίου στην Ελλάδα, ανέδειξε τη παρουσία 7 υδροσημείων, εκ των οποίων τα 4 εμφανίζονται κοντά στην Αλεξανδρούπολη και τα υπόλοιπα 3 κοντά στο Διδυμότειχο. Σύμφωνα με την Εικόνα 17, τα 4 από τα υδροσημεία της περιοχής εντοπίζονται εντός της αποκλεισμένης ζώνης, δύο σημεία εντοπίζονται στο νότιο κομμάτι της περιοχής κοντά στην Αλεξανδρούπολη, ενώ το τελευταίο εμφανίζεται στη βορειοανατολική Θράκη πλησίον της Ορεστιάδας. Η ύπαρξη υπερβασικών πετρωμάτων επικεντρώνεται στο κεντρικό κομμάτι της περιοχής, με πολύ μικρή εμφάνιση στο νότιο μέρος πλησίον των 2 υδροσημείων. Με βάση προηγούμενη ομαδοποίηση που έγινε, τα 2 υδροσημεία εντάσσονται στην δεύτερη ομάδα, δηλαδή κατά τη τελευταία μέτρησή τους δεν ανιχνεύτηκε χρώμιο. Συμπερασματικά, καταλήγουμε ότι η εν λόγω περιοχή καλύπτει όλα τα κριτήρια για γηγενή παρουσία χρωμίου,



Εικόνα 17. Χαρακτηριστικά Περιοχής I.

## Περιοχή II

Η εν λόγω περιοχή εντοπίζεται στο υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Μακεδονίας και της Θράκης. Στη περιοχή II βρέθηκαν 25 υδροσημεία με συστηματική καταγραφή χρωμίου, τα οποία καλύπτουν όλη τη περιοχή μελέτης ξεκινώντας από τις Σέρρες και καταλήγοντας έως τη Ξάνθη. Με βάση την Εικόνα 18, παρατηρούμε ότι η πλειονότητα των υδροσημείων εντάσσονται στην αποκλεισμένη ζώνη, με μόνο 7 από το σύνολο να εντοπίζονται εκτός ανθρωπογενών πιέσεων. Επίσης, παρατηρούμε ότι στη περιοχή δεν εμφανίζονται καθόλου επιφανειακοί υπερβασικοί σχηματισμοί. Έτσι, καταλήγουμε ότι η περιοχή II δεν ενδείκνυται για αναζήτηση γηγενούς χρωμίου.



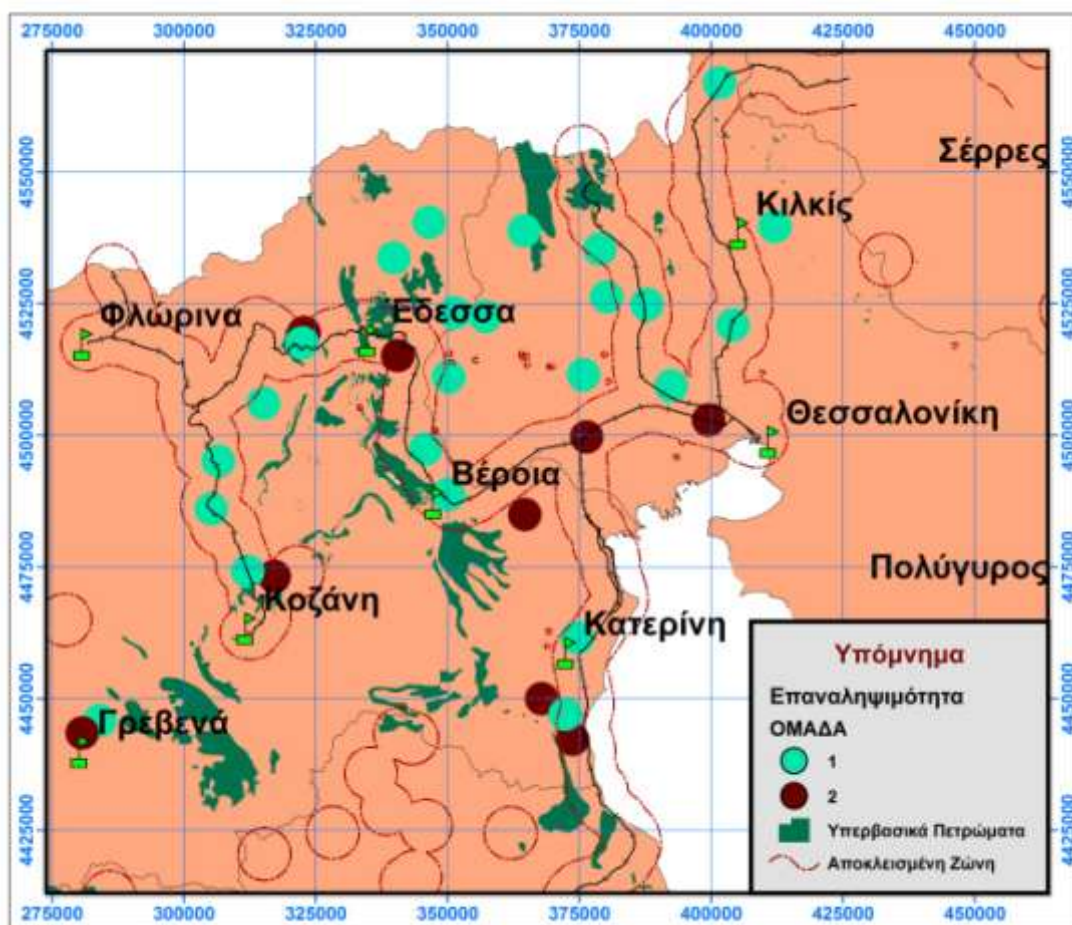
Εικόνα 18. Χαρακτηριστικά Περιοχής II.

## Περιοχή III

Η εν λόγω περιοχή εντάσσεται στα υδατικά διαμερίσματα της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας. Στη περιοχή III εντοπίστηκαν 33 υδροσημεία με συστηματική ανίχνευση χρωμίου. Χαρακτηριστικό της εν λόγω περιοχής αποτελεί η πολύ μεγάλη έκταση, στην οποία εντοπίζονται τα εν λόγω υδροσημεία. Με βάση την Εικόνα 19, παρατηρούμε ότι 19 υδροσημεία εντάσσονται στην αποκλεισμένη ζώνη, η οποία καλύπτει μεγάλο κομμάτι της περιοχής. Έτσι, τα εναπομείναντα υδροσημεία ανήκουν σε υπό-περιοχές, ανατολικά της Έδεσσας, νότια της Βέροιας και κοντά στα Γρεβενά. Η παρουσία υπερβασικών πετρωμάτων είναι ιδιαίτερα έντονη με αποτέλεσμα να ενισχύει τις πιθανότητες για γηγενή παρουσία χρωμίου στη περιοχή. Πρέπει να



τονιστεί ότι στην περιοχή III δεν εξετάστηκε η παρουσία Υγειονομικών Εγκαταστάσεων, λόγω έλλειψης δεδομένων της περιοχής από την ΕΓΥ, με αποτέλεσμα να υπάρχει η πιθανότητα περαιτέρω αποκλεισμού μερικών υδροσημείων. Σύμφωνα με ερευνητικές εργασίες, μελέτες και αναφορές εφημερίδων επιχειρήθηκε να εξακριβωθεί η παρουσία Υγειονομικών Εγκαταστάσεων στην περιοχή, χωρίς όμως να εντοπίζονται κάποια σε κοντινή απόσταση από τα υδροσημεία. Ωστόσο, θεωρείται σίγουρη η παρουσία στην υγειονομικών εγκαταστάσεων στην περιοχή, με αποτέλεσμα να απαιτείται πιο στοχευμένη αναζήτηση των καταλληλότερων υδροσημείων για αναζήτηση γηγενούς χρωμίου με την απόκτηση των ανάλογων δεδομένων.

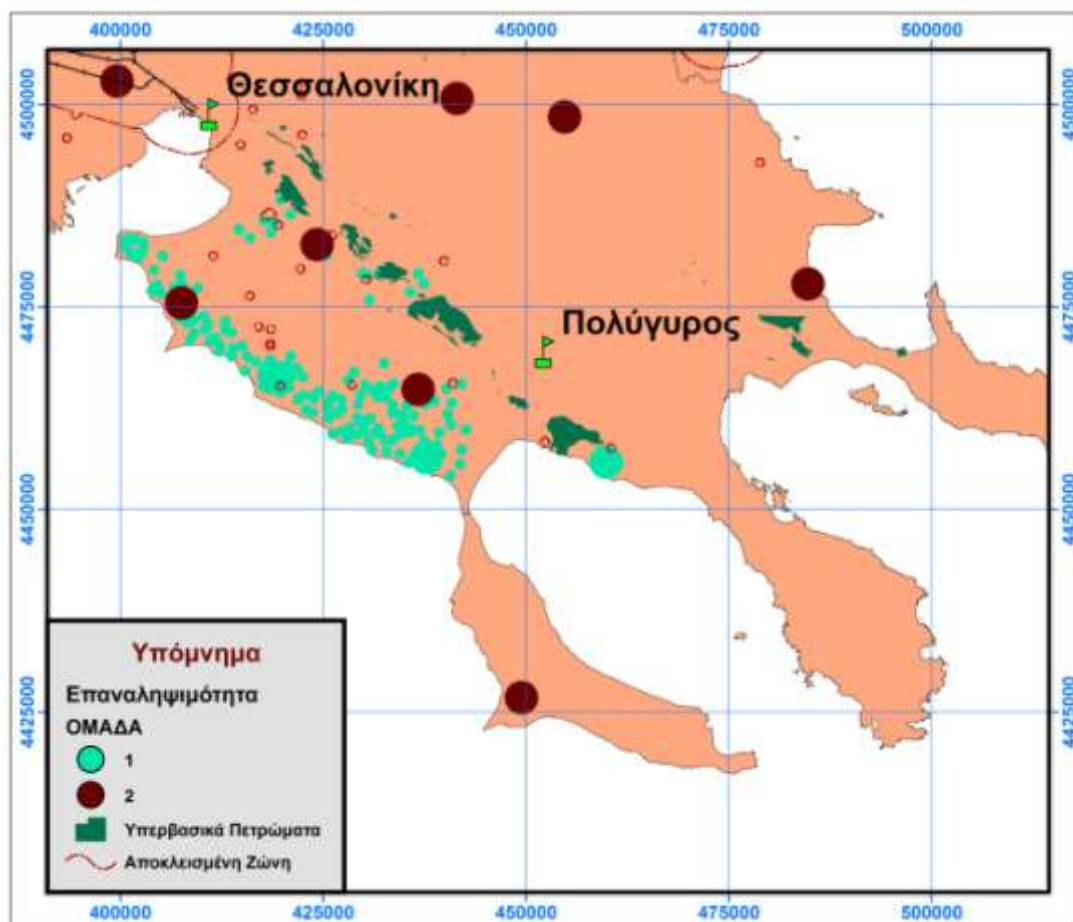


Εικόνα 19. Χαρακτηριστικά Περιοχής III.

#### Περιοχή IV

Η εν λόγω περιοχή εντοπίζεται στο υδατικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας και συγκεκριμένα στην περιοχή της Χαλκιδικής. Με βάση την Εικόνα 20, εντοπίζονται 10 υδροσημεία με συστηματική καταγραφή χρωμίου, ενώ χαρακτηριστική είναι η ανίχνευση χρωμίου σε όλη τη παραλιακή περιοχή κατά τα έτη 2000 έως 2007. Επίσης, παρατηρείται ότι όλη η περιοχή μελέτης εντοπίζεται εκτός αποκλεισμένης ζώνης. Η ύπαρξη επιφανειακών υπερβασικών σχηματισμών ενισχύει την πιθανότητα παρουσίας γηγενούς χρωμίου. Πρέπει να τονιστεί ότι στην περιοχή IV δεν εξετάστηκε η παρουσία Υγειονομικών Εγκαταστάσεων, λόγω έλλειψης δεδομένων από την ΕΓΥ, με αποτέλεσμα να υπάρχει η πιθανότητα περαιτέρω αποκλεισμού μερικών

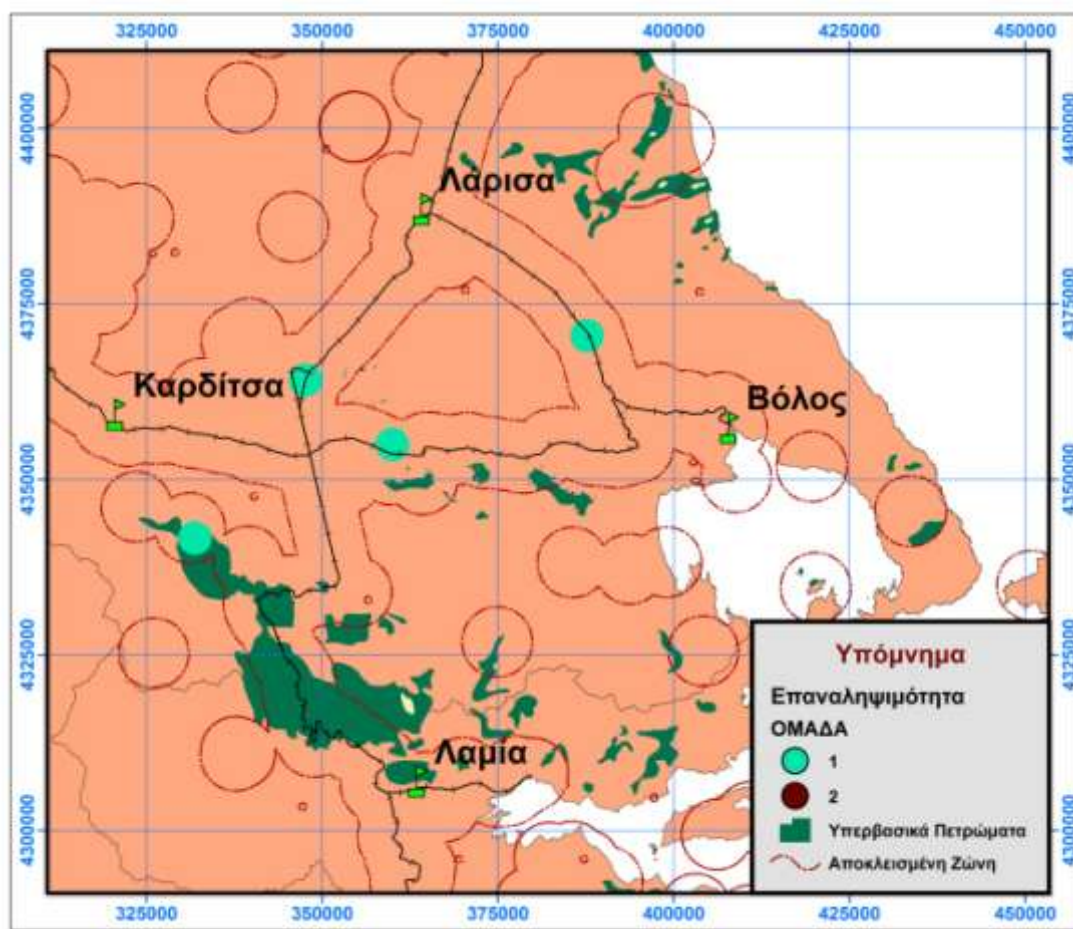
υδροσημείων. Σύμφωνα με ερευνητικές εργασίες, μελέτες και αναφορές εφημερίδων επιχειρήθηκε να εξακριβωθεί η παρουσία Υγειονομικών Εγκαταστάσεων στην περιοχή χωρίς όμως να εντοπίζονται κάποια σε κοντινή απόσταση από τα υδροσημεία. Ωστόσο, θεωρείται σίγουρη η παρουσία Υγειονομικών Εγκαταστάσεων εντός της περιοχής, με αποτέλεσμα να απαιτείται πιο στοχευμένη αναζήτηση των καταλληλότερων υδροσημείων για αναζήτηση γηγενούς χρωμίου όταν αποκτηθούν τα απαραίτητα δεδομένα.



Εικόνα 20. Χαρακτηριστικά Περιοχής IV.

### Περιοχή V

Η εν λόγω περιοχή εντοπίζεται στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας όπου εντοπίστηκαν 4 υδροσημεία με συστηματική καταγραφή χρωμίου. Στην περιοχή εμφανίζεται σε μεγάλο βαθμό υπερβασικά πετρώματα, κυρίως στους ορεινούς όγκους της Θεσσαλίας. Με βάση την Εικόνα 21, διαπιστώνεται ότι τα 4 υδροσημεία με συστηματική ανίχνευση χρωμίου εντάσσονται στην αποκλεισμένη ζώνη, έχοντας ως αποτέλεσμα τον αποκλεισμό ολόκληρης της περιοχής από την προσπάθεια αναζήτησης γηγενούς χρωμίου.

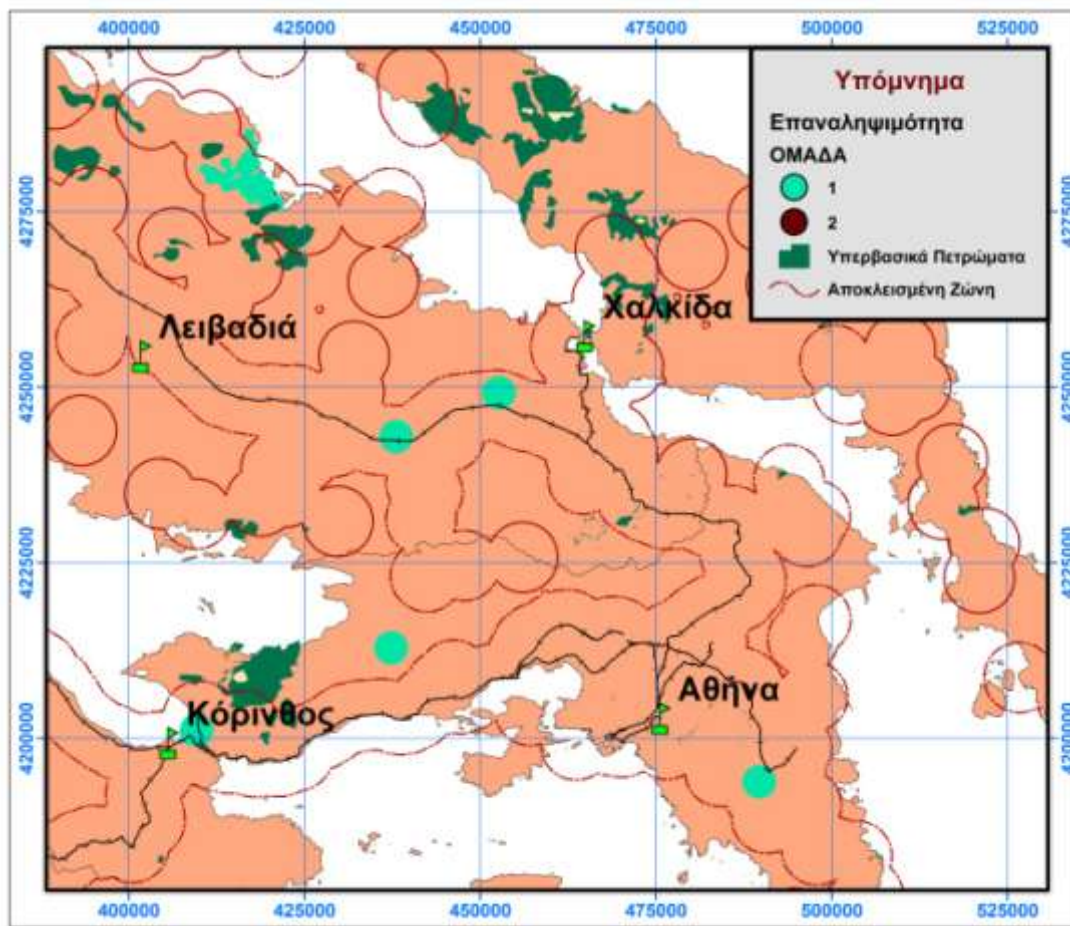


Εικόνα 21. Χαρακτηριστικά Περιοχής V.

### Περιοχή VI

Η εν λόγω περιοχή εντοπίστηκε στα υδατικά διαμερίσματα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και της Αττικής. Σύμφωνα με την Εικόνα 22, στην περιοχή εντοπίστηκαν 5 υδροσημεία με συστηματική καταγραφή χρωμίου κοντά στην Αττική. Ενδιαφέρον παρουσίασε και η περιοχή Λιβανάτες, όπου με βάση τα δεδομένα διαπιστώθηκε η συστηματική καταγραφή χρωμίου. Παρατηρείται από την Εικόνα 22, ότι τα 3 υδροσημεία της Αττικής όπως επίσης και όλη η περιοχή στις Λιβανάτες ανήκουν στην αποκλεισμένη ζώνη. Συνεπώς, η περιοχή VI αποκλείεται από την προσπάθεια εύρεσης γηγενούς χρωμίου εξαιτίας της έντονης παρουσίας ανθρωπογενών πιέσεων.





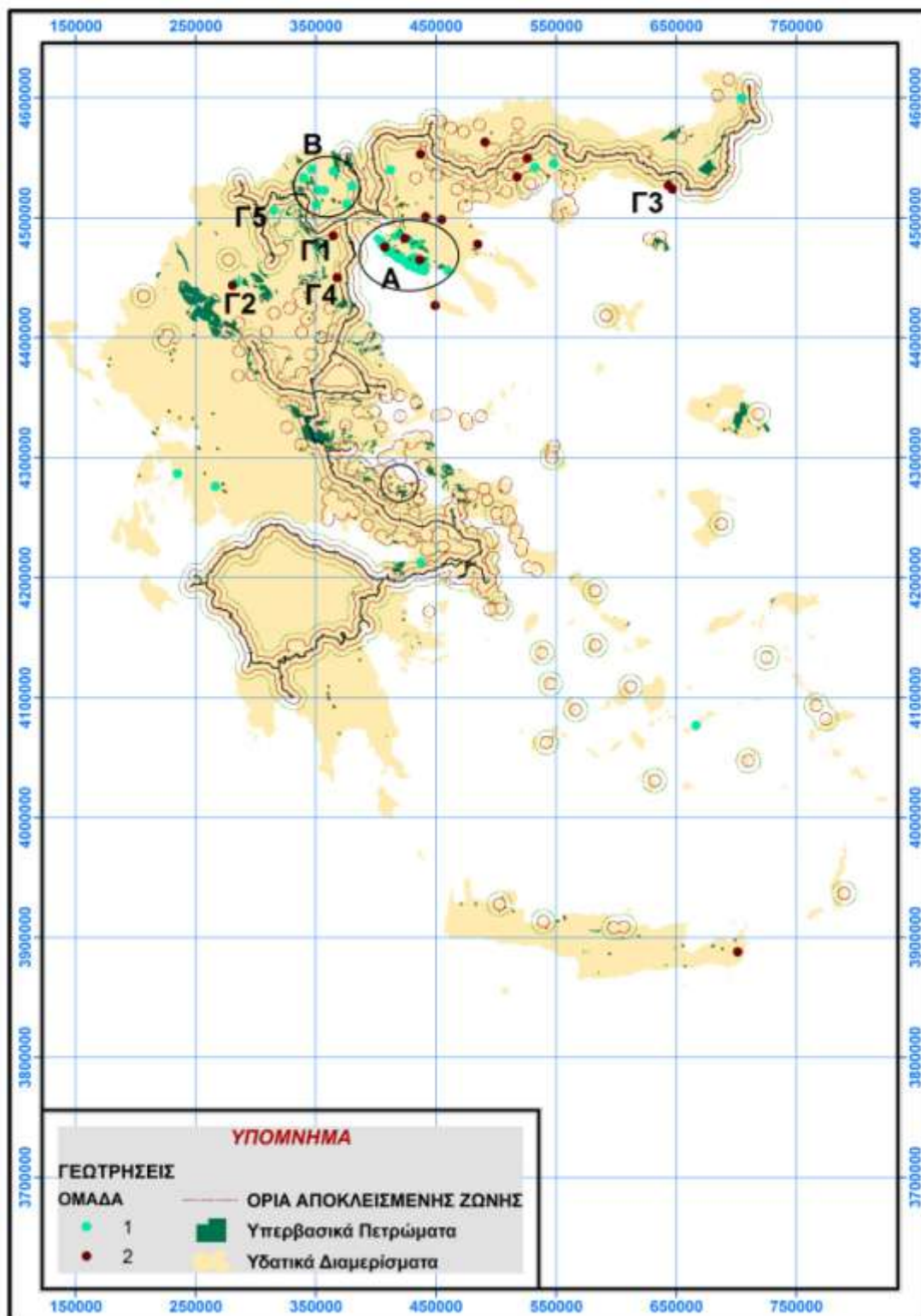
Εικόνα 22. Χαρακτηριστικά Περιοχής VI.

Ολοκληρώνοντας την έρευνά μας για την αναζήτηση γηγενούς χρωμίου στο υπόγειο νερό της χώρας διαπιστώνουμε ότι τα αποτελέσματα μπορούν να ομαδοποιηθούν στις αντίστοιχες περιοχές. Οι περιοχές αυτές αποτελούν υποσύνολα των προηγούμενων, μιας και η ζώνη αποκλεισμού, λόγω ανθρωπογενών πιέσεων, τέμνει τις περισσότερες απ' αυτές, δημιουργώντας την ανάγκη για μεγαλύτερη διακριτοποίηση των περιοχών. Λαμβάνοντας υπόψη τα υδροσημεία που συστηματικά καταγράφεται χρώμιο, το πλήθος και την ομάδα στην οποία ανήκουν, την παρουσία υπερβασικών σχηματισμών και την απόσταση από ανθρωπογενείς πιέσεις μπορούμε να οριοθετήσουμε τις περιοχές αυτές με σειρά προτεραιότητας όπως περιγράφεται παρακάτω (Εικόνα 23):

- Περιοχή Α  
Η εν λόγω περιοχή εντοπίζεται στη Χαλκιδική (Πολύγυρος) και τα παράλια της (Επανομή – Νέα Μουδανιά). Στην περιοχή υπάρχουν αρκετά υδροσημεία στα οποία συστηματικά καταγράφεται χρώμιο, πολλά εκ των οποίων ανήκουν στην πρώτη ομάδα, ενώ βρίσκονται και πολύ κοντά σε υπερβασικούς σχηματισμούς. Εξίσου σημαντικό είναι ότι τα περισσότερα υδροσημεία απέχουν περισσότερο από 10 km από ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης.
- Περιοχή Β  
Η εν λόγω περιοχή οριοθετείται από τους ανθρωπογενείς περιορισμούς και εντοπίζεται στη περιοχή της Έδεσσας. Στην συγκεκριμένη περιοχή υπάρχουν

8 υδροσημεία στα οποία συστηματικά καταγράφεται χρώμιο. Όλα τα υδροσημεία ανήκουν στην πρώτη ομάδα και τα 5 εξ αυτών βρίσκονται έξω από το όριο των 10 km. Στην ευρύτερη περιοχή εντοπίζεται μεγάλο πλήθος υπερβασικών σχηματισμών.

- Περιοχή Γ  
Σε αυτή τη κατηγορία μπορούν να ενταχθούν μεμονωμένα υδροσημεία που ικανοποιούν τα παραπάνω κριτήρια. Τα υδροσημεία που ικανοποιούν τα παραπάνω κριτήρια εντοπίζονται στις παρακάτω γεωτρήσεις:
  1. Υδροσημείο Κατερίνης – Βεργίνας
  2. Υδροσημείο Πύργου- Γρεβενά
  3. Υδροσημεία Αλεξανδρούπολης
  4. Υδροσημείο Κατερίνης
  5. Υδροσημείο ΝΔ Έδεσσας



Εικόνα 23. Περιοχές Μελέτης Γηγενούς Χρωμίου.

## 4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Η αναζήτηση γηγενούς χρωμίου στην Ελλάδα οδήγησε στην εύρεση υδροσημείων, στα οποία συστηματικά ανιχνεύεται χρώμιο. Με βάση τη γεωγραφική τους θέση φαίνεται ότι τα υδροσημεία αυτά μπορούν να ομαδοποιηθούν σε περιοχές. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, αφού η ύπαρξη περιοχών που συστηματικά καταγράφεται χρώμιο είναι ισχυρή ένδειξη γηγενούς προέλευσης. Με βάση την ιεράρχηση που περιγράφηκε παραπάνω ακολουθεί η ανάλυση της κάθε περιοχής.

### 4.2.1 Περιοχή Α

Η εν λόγω περιοχή εντοπίζεται στο υδατικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας και ανήκει στο νομό Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής με συνολική έκταση 1164 km<sup>2</sup>. Ορίζεται από τους δήμους Θέρμης, Πολυγύρου, Θερμαϊκού και Νέας Προποντίδας. Οριοθετείται βόρεια από τις πόλεις της Θέρμης, των Βασιλικών έως τον Πολύγυρο ενώ νότια από την Νέα Μηχανιώνα, την Επανομή έως τα Νέα Μουδανιά.

#### Μορφολογία

Το ανάγλυφο της περιοχής διαμορφώνεται από μία ορεινή ή ημιορεινή ζώνη που αναπτύσσεται με διεύθυνση βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά. Το νοτιότερο κομμάτι απαρτίζεται από χαμηλότερα εδάφη μιας και αποτελείται από την παραθαλάσσια περιοχή της Χαλκιδικής. Τα κυριότερα βουνά της περιοχής είναι ο Χορτιάτης (1201 m), ο Χολομώντας ή Υψίζωνος (1165 m) και ο Προφήτης Ηλίας (946 m), με αρκετές δευτερεύουσες κορυφές (Σταυρού Τούμπα 938 m, Πτούνι 909 m, Καστρί 748 m). Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής αποτελείται από δύο κύρια ποτάμια (Ανθεμόντας και Βατονίας) που πηγάζουν από το Χολομώντα και εκβάλλουν στον κόλπο της Θεσσαλονίκης και στο Κασσανδρινό κόλπο αντίστοιχα. Επίσης εντοπίζονται και διάφοροι χείμαρροι στην περιοχή που εκβάλλουν στον Έξω Θερμαϊκό κόλπο (Εικόνα 24).

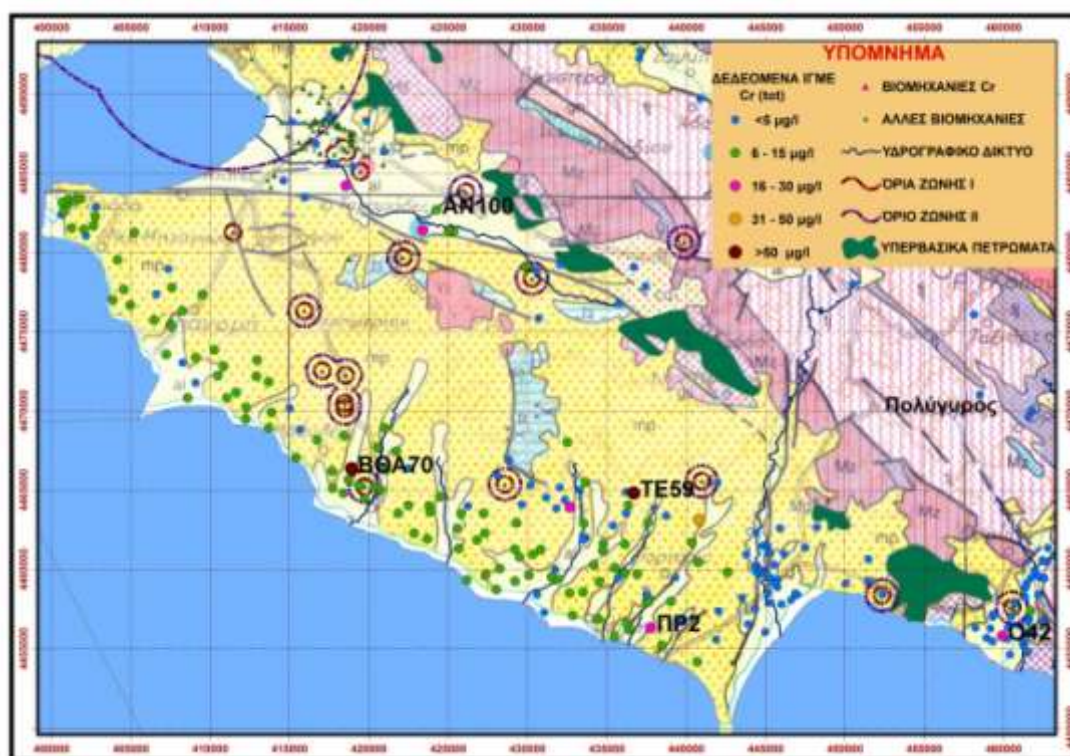


Εικόνα 24. Όρια περιοχής Α – Χαλκιδικής.



### Γεωλογία

Το νότιο τμήμα της περιοχής Α αποτελείται κατά κύριο λόγο από λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις (κροκαλοπαγή, άμμοι, μάργες, κοκκινοχώματα, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, άργιλοι). Επίσης, σημαντικό μέρος καλύπτεται από αλλουβιακές αποθέσεις, όπως προσχώσεις κοιλάδων, πεδιάδων και παράκτιες αποθέσεις. Στο βόρειο κομμάτι, κατά μήκος της ημιορεινής ζώνης, αναπτύσσεται η μαγματική σειρά του Χορτιάτη, που αποτελείται από πραιοσχιστόλιθους και επιγνεύσιους (χλωριτικοί, σερικιτικοί, κεροσιλβικοί). Βορειότερα από την προηγούμενη στρώση εμφανίζονται σχιστόλιθοι, ψαμμίτες, μάρμαρα και νοτιότερα ασβεστόλιθοι. Τέλος, σημαντική είναι εξίσου η εμφάνιση υπερβασικών σχηματισμών και συγκεκριμένα σερπεντινιτών. Τα υπερβασικά πετρώματα εμφανίζονται κατά κύριο λόγο στους πρόποδες και τις κορυφές της ημιορεινής ζώνης, ακολουθώντας και τη διεύθυνσή τους. Οι σημαντικότερες εμφανίσεις εντοπίζονται σε υψόμετρο περίπου 650 m. Η συνολική έκταση που καταλαμβάνουν τα υπερβασικά πετρώματα αγγίζει τα 32.84 km<sup>2</sup>. Η γεωλογία της περιοχής φαίνεται στην Εικόνα 25.



**Εικόνα 25.** Γεωλογικός χάρτης περιοχής Α με μετρήσεις ποιότητας υπόγειου νερού και όρια πιέσεων (Γεωλογικό υπόμνημα Χάρτης 7 Παράρτημα Β).

### Ανθρωπογενείς Πιέσεις

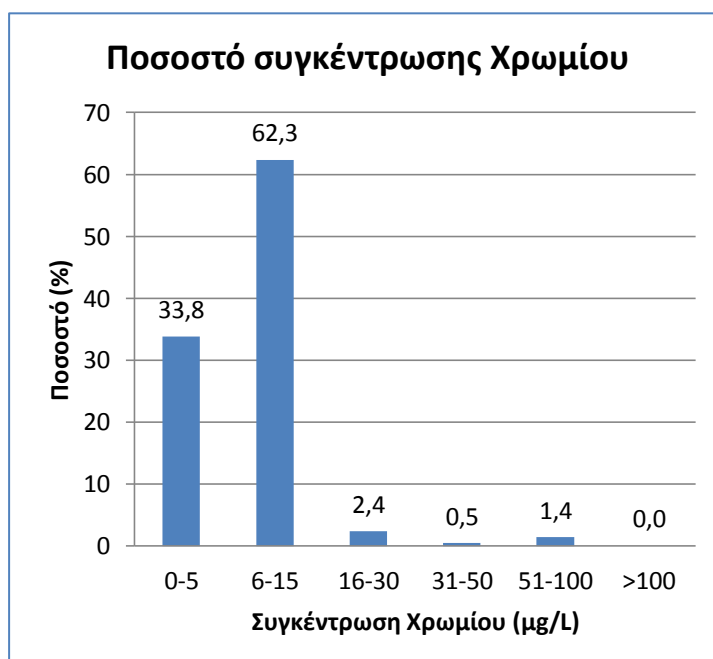
Η εν λόγω περιοχή δε χαρακτηρίζεται από μεγάλο αριθμό ανθρωπογενών πιέσεων, ικανών να ρυπάνουν με χρώμιο τα υπόγεια νερά. Συγκεκριμένα, εντοπίζονται 84 βιομηχανικές μονάδες στην περιοχή, εκ των οποίων καμία δεν χρησιμοποιεί στη παραγωγική της διαδικασία χρώμιο ούτε παράγει απόβλητα με χρώμιο. Με βάση την επιφάνεια επιρροής των γραμμών του τρένου όλα τα υδροσημεία βρίσκονται εκτός της ζώνης των 10 km, γεγονός που αποκλείει την πιθανότητα να αποτελούν οι γραμμές πηγή χρωμίου για το υπόγειο νερό της περιοχής.

### Ποιότητα Νερού

Για το χαρακτηρισμό της ποιότητας του υπόγειου νερού της περιοχής χρησιμοποιήθηκε ένα πλήθος 212 μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν από το 2000 έως το 2007, με τις περισσότερες απ' αυτές να καταγράφονται τα τρία τελευταία χρόνια. Στην περιοχή βρέθηκαν τέσσερα υδροσημεία που συστηματικά κατέγραφαν χρώμιο, καθώς επίσης και όλες οι παραλιακές γεωτρήσεις με συστηματική ανίχνευση χρωμίου από το 2000 έως το 2007.

Αναλύοντας τα δεδομένα (Εικόνα 26) παρατηρούμε ότι η μέση τιμή του Cr(tot) στην περιοχή είναι ίση με 8,7 µg/L, ενώ η επικρατέστερη τιμή είναι ίση με 10 µg/L. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι η πλειοψηφία των δεδομένων αφορούν τα έτη 2006 και 2007, κατά τη διάρκεια των οποίων ο μέσος όρος χρωμίου σε όλη την Ελλάδα ήταν ιδιαίτερα χαμηλός (περίπου στο 5,7 µg/l, δηλαδή κοντά στο όριο ανίχνευσης). Βλέπουμε ότι τα δεδομένα έχουν μεγάλο εύρος τιμών (2,5 µg/L έως 90 µg/L) και ότι υπάρχουν τιμές που ξεπερνούν τα όρια χρωμίου για το πόσιμο νερό (<50 µg/L) αν και είναι πολύ μικρό ποσοστό της τάξεως 1,4%. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα τεταρτημόρια και η κατανομή των δεδομένων σε αυτά. Έτσι έχουμε το 25% των γεωτρήσεων να βρίσκονται στο όριο ανίχνευσης της μεθόδου. Η διάμεσος των δεδομένων εντοπίστηκε στα 10 µg/L, ενώ στην ίδια τιμή εντοπίστηκε και το 75% των δεδομένων. Διαπιστώνουμε ότι κάτω από το όριο ανίχνευσης βρίσκεται το 34% των μετρήσεων του δείγματος, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό (62%) βρίσκεται μεταξύ 6 µg/L και 15 µg/L. Επίσης χρώμιο ανιχνεύτηκε σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονταν από 16 µg/L έως 30 µg/L σε ποσοστό 2,4%, και από 31 µg/L έως 50 µg/L σε ποσοστό περίπου 0,5%. Πάνω από το όριο ποσιμότητας βρέθηκαν το 1,5% των γεωτρήσεων, ενώ δεν υπήρχε υδροσημείο που ξεπέρασε τα 100 µg/L. Τέλος, χαρακτηριστικό αποτελεί ότι το 95% των δεδομένων έχει τιμές μικρότερες από 15 µg/L, με μόλις το υπόλοιπο 5% να κατατάσσονται πάνω από αυτή την τιμή.

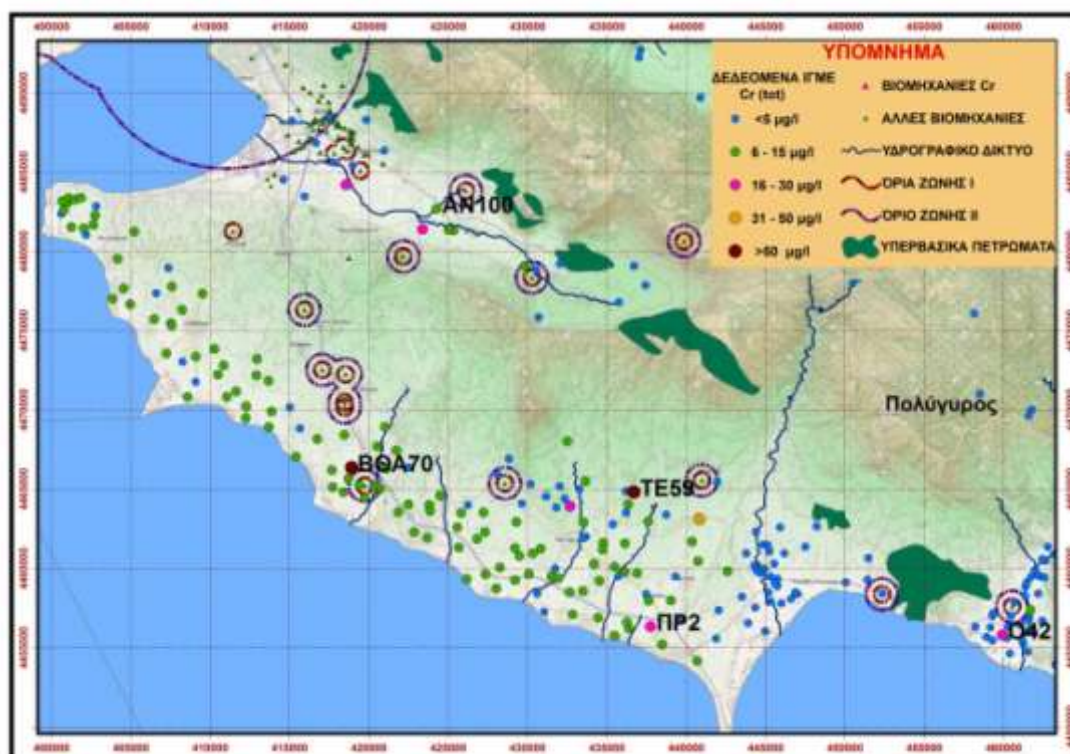
Στατιστικά Cr(tot)	
Μέση Τιμή (µg/L)	8,7
Τυπική Απόκλιση	8,9
Συνηθέστερη Τιμή (µg/L)	10
Συντελεστής Μεταβλητότητας	1,02
Ελάχιστη Τιμή (µg/L)	<5
Διάμεσος	10
Q1	<5
Q2	10
Q3	10
Μέγιστη Τιμή (µg/L)	90
Εύρος (µg/L)	87,5
Q3-Q1	7,5
# Πλήθος	212



Εικόνα 26. Στατιστικά χαρακτηριστικά και ποσοστά συγκέντρωσης Cr(tot), περιοχής Α.

Μελετώντας την Εικόνα 27, παρατηρούμε ότι σε όλη την παραλιακή περιοχή (Νέα Μηχανιώνα, Επανομή έως τα Νέα Μουδανιά) υπάρχουν υδροσημεία στα οποία έχει ανιχνευτεί συγκέντρωση Cr(tot) ίση με 10μg/L, με εξαίρεση μεμονωμένα υδροσημεία στα οποία δεν ανιχνεύτηκε χρώμιο και άλλα στα οποία η συγκέντρωση Cr(tot) είχε υψηλότερες τιμές. Διαπιστώνουμε ακόμα ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Cr(tot) καταγράφηκαν στην παραλιακή περιοχή και μάλιστα αποτελούν μετρήσεις σε υδροσημεία που συστηματικά καταγράφεται χρώμιο.

Η επόμενη περιοχή που έχουμε γεωτρήσεις είναι γύρω από τη Θέρμη. Με βάση το χάρτη βλέπουμε ότι στο χαμηλότερο κομμάτι (κοντά στη βιομηχανική περιοχή) δεν ανιχνεύεται χρώμιο σε αντίθεση με το υψηλότερο κομμάτι που μετρήθηκε χρώμιο σε συγκεντρώσεις από 6 μg/L έως 30 μg/L. Η παραλιακή περιοχή εντοπίζεται στα 15 km μακριά από τους υπερβασικούς σχηματισμούς και είναι παράλληλη ως προς αυτούς. Οι μεγαλύτερες τιμές ανιχνεύτηκαν περίπου στα 8 km από τα υπερβασικά πετρώματα. Τα υδροσημεία στην περιοχή της Θέρμης, εντοπίζονται κατόπιν των υπερβασικών σχηματισμών, βρίσκονται σαφώς πιο κοντά σε υπερβασικά πετρώματα, σε σχέση με τα αντίστοιχα της παραλιακής περιοχής, μιας και η απόσταση των περισσότερων υδροσημείων από τους σχηματισμούς είναι μικρότερη από 5 km.



**Εικόνα 27.** Γεωμορφολογικός χάρτης περιοχής Α με μετρήσεις ποιότητας υπόγειου νερού και όρια πιέσεων.

### Χρήσεις Γής

Οι χρήσεις γης της περιοχής φαίνονται Πίνακα 6, όπως έχουν οριστεί από το Corine Land Cover 2000. Παρατηρούμε ότι οι περισσότερες εκτάσεις (66,39%) ανήκουν στη γεωργική γη, ενώ το 26,66% καλύπτεται από δάση και ημιφυσικές περιοχές. Οι Τεχνητές επιφάνειες στη περιοχή καταλαμβάνουν το 6,15%, ενώ σε πολύ μικρότερα ποσοστά (0,76% και 0,04%) συναντάμε υγράτοπους και υδάτινες επιφάνειες. Η

μεγαλύτερη έκταση καλύπτεται από μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη (37%), σύνθετα συστήματα καλλιέργειας (19%) και σκληροφυλλική βλάστηση (18%).

**Πίνακας 6.** Χρήσεις γης περιοχής Α

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΜΒΑΔΟΝ (km <sup>2</sup> )	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
111	Συνεχής αστική οικοδόμηση	1,540	0,132
112	Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση	49,478	4,250
121	Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες	9,039	0,777
124	Αεροδρόμια	7,690	0,661
131	Χώροι εξορύξεως ορυκτών	3,225	0,277
142	Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	0,597	0,051
211	Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη	430,949	37,018
212	Μόνιμα αρδευόμενη γη	1,060	0,091
221	Αμπελώνες	26,770	2,300
223	Ελαιώνες	6,892	0,592
231	Λιβάδια	5,122	0,440
242	Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	221,943	19,065
243	Γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	80,128	6,883
311	Δάσος πλατυφύλλων	21,605	1,856
312	Δάσος κωνοφόρων	7,525	0,646
321	Φυσικοί βοσκότοποι	30,011	2,578
323	Σκληροφυλλική βλάστηση	213,975	18,380
324	Μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις	36,474	3,133
331	Παραλίες αμμόλοφοι αμμουδιές	0,796	0,068
411	Βάλτοι στην ενδοχώρα	0,536	0,046
421	Παραθαλάσσιοι βάλτοι	7,729	0,664
422	Αλυκές	0,562	0,048
521	Παράκτιες λιμνοθάλασσες	0,495	0,043
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>1164,152</b>	<b>100</b>

#### 4.2.2 Περιοχή Β

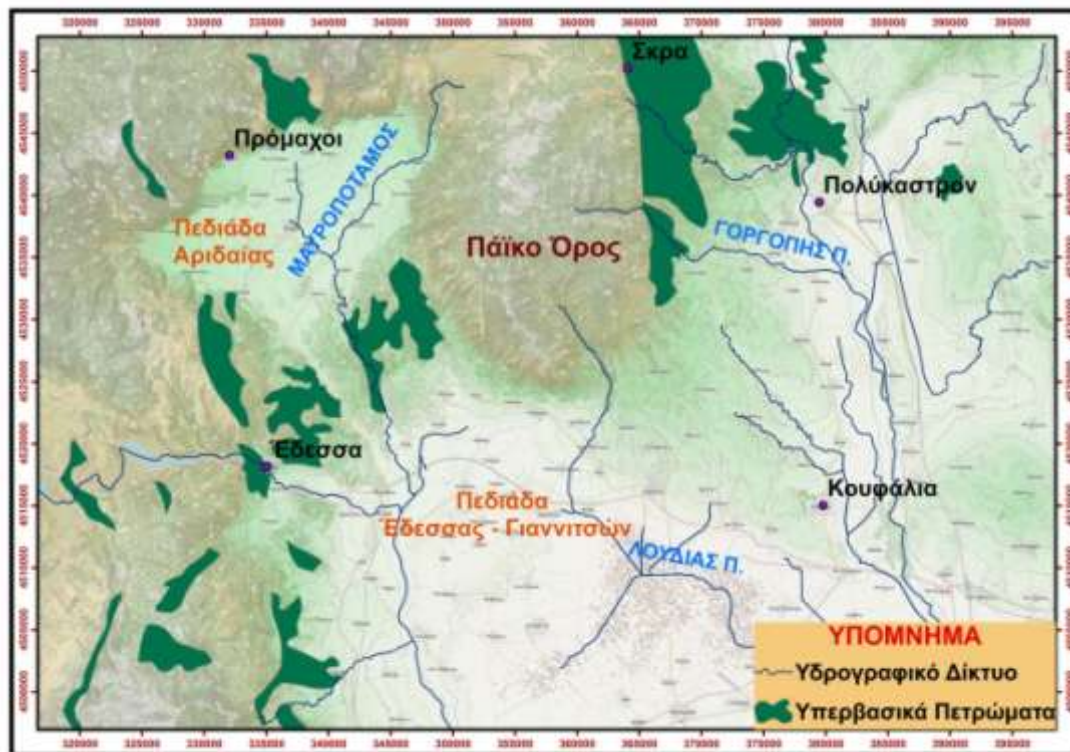
Η εν λόγω περιοχή εντοπίζεται στα υδατικά διαμερίσματα της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας ενώ ανήκει στους νομούς Πέλλας, Κιλκίς, Θεσσαλονίκης και Ημαθίας με συνολική έκταση 1676 km<sup>2</sup>. Ορίζεται από τους δήμους Πέλλας, Σκύδρας, Παιονίας, Αλμωπίας, Χαλκηδόνος, Νάουσας, Βέροιας και Αλεξάνδρειας. Οριοθετείται βόρεια από τις πόλεις Πρόμαχοι και Σκρά, νότια από τη Βέροια, ανατολικά από τα Κουφάλια και Πολύκαστρο, ενώ δυτικά από την Έδεσσα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 28.

#### Μορφολογία

Το ανάγλυφο της περιοχής διαμορφώνεται από το όρος Πάϊκο (1650 m), το οποίο δεσπόζει στο βόρειο κεντρικό τμήμα, γύρω από το οποίο διαμορφώνονται δύο κοιλάδες που αποτελούν και τις λεκάνες απορροής των δύο ποταμών της περιοχής, Αξίο και Αλιάκμονα (Εικόνα 28). Οι κύριες πεδινές εκτάσεις της περιοχής είναι η πεδιάδα της Αριδαίας στο βόρειο τμήμα, καθώς και η πεδιάδα της Έδεσσας και των



Γιαννιτσών στο νότιο και ανατολικό τμήμα. Εκτός από το βουνό Πάικο, η περιοχή οριοθετείται βόρεια και δυτικά από τα βουνά Βόρας (2.524 m), Βέρμιο (2.027 m), Τζένα (2.182 m) και Πίνοβο (2.154 m). Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής είναι πλούσιο και υπάρχουν πολλοί παραπόταμοι που τροφοδοτούν τους ποταμούς Αξιό (ανατολικά) και Αλιάκμονα (δυτικά). Οι κυριότεροι ποταμοί που εμφανίζονται στην περιοχή είναι ο Μαυροπόταμος (ΒΔ), ο Γράμος (κέντρο), ο Λουδίας (κέντρο), ο Γοργόπης (ΒΑ) και η Βαρδαρόβαση (Α).

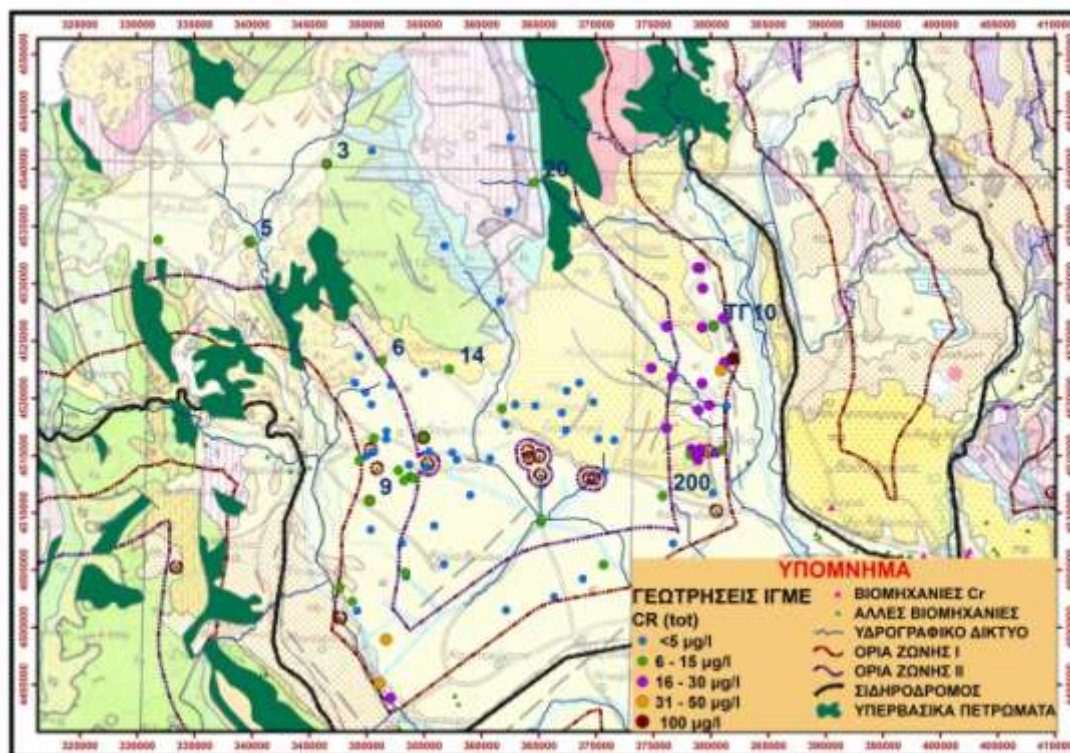


Εικόνα 28. Όρια περιοχής Β – Έδεσσα.

### Γεωλογία

Η γεωλογία της περιοχής απεικονίζεται στην Εικόνα 29 που ακολουθεί. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 29, το μεγαλύτερο κομμάτι της περιοχής αποτελείται από αλλουβιακές αποθέσεις, που κατά κύριο λόγο εντοπίζονται στο νότιο (περιοχή Γιαννιτσών) και στο βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής (πεδιάδα Αριδαίας). Ένα σημαντικό μέρος της περιοχής είναι καλυμμένο από λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις (κροκαλοπαγή, άμμοι, μάργες, κοκκινοχώματα, μαργαίκοι ασβεστόλιθοι, άργιλοι). Στην περιοχή υπάρχει επίσης μια σειρά από εμφανίσεις ασβεστολίθων, σχιστολίθων, πηλιτών, ψαμμίτων, μαρμάρων, χαλαζιτών και ηφαιστειοζηματογενών πετρωμάτων. Τέλος, εξίσου σημαντική είναι η εμφάνιση υπερβασικών σχηματισμών στην περιοχή με τη μορφή κυρίως οφιολίθων. Πιο συγκεκριμένα, τα υπερβασικά πετρώματα εμφανίζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε όλη τη περιοχή με ιδιαίτερη έμφαση στο βόρειο και δυτικό τμήμα. Η πλειοψηφία αυτών βρίσκεται στους πρόποδες έως τις κορυφές των βουνών, ενώ υπάρχει και ένα σημαντικό μέρος σε μικρότερο υψόμετρο. Το υψόμετρο, στο οποίο συναντώνται οι οφιολίθοι, ξεκινά από τα 300 m και φτάνει έως τα 600 m. Η συνολική έκταση που καταλαμβάνουν τα υπερβασικά πετρώματα, εντός της οριοθετημένης περιοχής, αγγίζει τα 90 km<sup>2</sup>, ενώ στην ευρύτερη περιοχή

εμφανίζονται υπερβασικοί σχηματισμοί που αγγίζουν τα 328 km<sup>2</sup> και γεωγραφικά εντοπίζονται στα γύρω βουνά.



**Εικόνα 29.** Γεωλογικός χάρτης περιοχής Β με μετρήσεις ποιότητας υπόγειου νερού και όρια ανθρωπογενών πιέσεων (Γεωλογικό υπόμνημα Χάρτης 7 Παράρτημα Β).

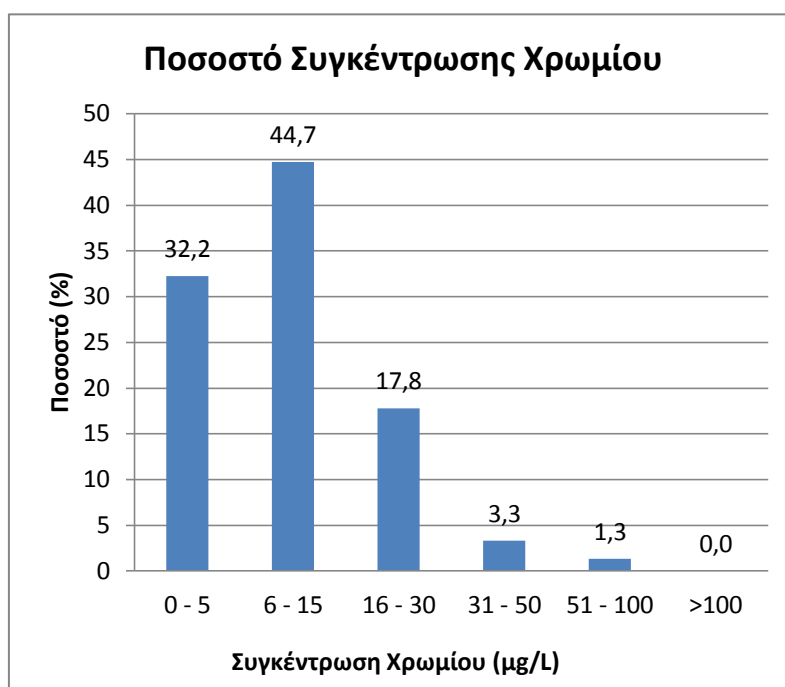
### Ανθρωπογενείς Πιέσεις

Η ύπαρξη ανθρωπογενών πιέσεων στην περιοχή επικεντρώνεται στην παρουσία των σιδηροδρομικών γραμμών (ΟΣΕ) που μάλιστα οριοθετούν την υπό μελέτη περιοχή. Από τα υδροσημεία που συστηματικά καταγράφεται χρώμιο (8) τα 6 βρίσκονται εκτός της επιφάνειας επιρροής των 10 km, ενώ τα άλλα 2 εντοπίζονται σε απόσταση 6,5 km από τις γραμμές του τρένου. Από το σύνολο των δεδομένων, το 33% βρίσκεται στο όριο των 7,5 km, το 16% στο όριο των 10 km ενώ το 51% βρίσκεται εκτός ορίου επιρροής των σιδηροδρομικών γραμμών. Στην περιοχή συναντώνται κάποιες βιομηχανίες (13), εκ των οποίων καμία δε χρησιμοποιεί στη διαδικασία της παραγωγής χρώμιο αλλά ούτε παράγει απόβλητα που περιέχουν χρώμιο.

### Ποιότητα Νερού

Για το χαρακτηρισμό της ποιότητας του υπόγειου νερού της περιοχής έχουμε ένα πλήθος 152 μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ των ετών 2000 και 2008, με τις περισσότερες να έχουν πραγματοποιηθεί τα τέσσερα τελευταία χρόνια. Στην περιοχή, όπως είπαμε, βρέθηκαν 8 υδροσημεία που συστηματικά κατέγραφαν χρώμιο, ενώ εντοπίζεται ένα μεγάλο πλήθος υδροσημείων σε όλη την περιοχή με καταγραφές Cr(tot) στο παρελθόν. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά του δείγματος φαίνονται παρακάτω (Εικόνα 28).

Στατιστικά Cr(tot)	
Μέση Τιμή (μg/L)	11,5
Τυπική Απόκλιση	11,0
Συνηθέστερη Τιμή (μg/L)	10
Συντελεστής Μεταβλητότητας	0,96
Ελάχιστη Τιμή (μg/L)	<5
Διάμεσος (μg/L)	10
Q1	<5
Q2	10
Q3	11,25
Μέγιστη Τιμή (μg/L)	60
Εύρος (μg/L)	57,5
Q3-Q1	8,75
# Πλήθος	152

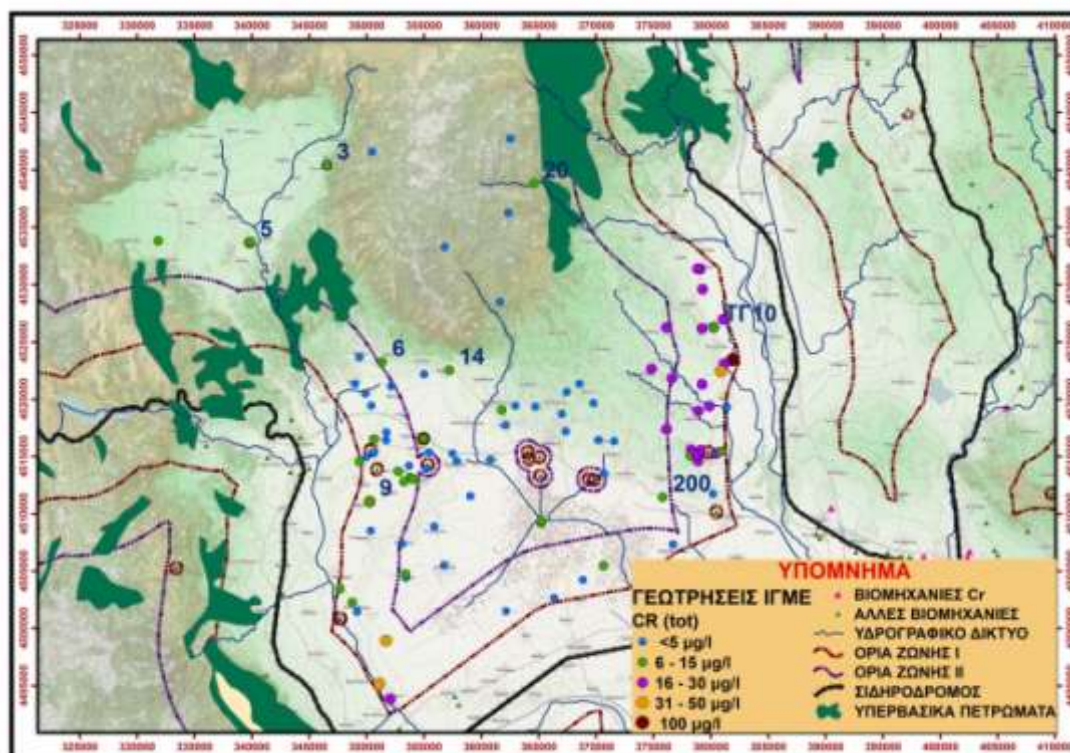


**Εικόνα 30.** Στατιστικά χαρακτηριστικά και ποσοστά συγκέντρωσής Cr(tot), περιοχής Β.

Αναλύοντας τα παραπάνω δεδομένα βλέπουμε ότι η μέση τιμή του Cr(tot) που μετρήθηκε στην περιοχή είναι ίση με 11,5 μg/L, ενώ ως επικρατέστερη τιμή εμφανίζονται τα 10 μg/L. Από την επεξεργασία των δεδομένων παρατηρούμε ότι τα δεδομένα έχουν μικρότερο εύρος τιμών συγκεντρώσεων Cr(tot), σε σχέση με την περιοχή Α (2,5 έως 60 μg/L), τιμές πάνω από το όριο ποσιμότητας (<50 μg/L) εμφανίζονται στο 1,32% των υδροσημείων, ενώ σε κανένα υδροσημείο η συγκέντρωση του Cr(tot) δεν έχει ξεπεράσει τα 100 μg/L. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατανομή των δεδομένων στα τεταρτημόρια. Έτσι, το 25% των δεδομένων οριοθετείται από το όριο ανίχνευσης της μεθόδου (5 μg/L). Η ενδιάμεση τιμή εντοπίζεται στα 10 μg/L, δηλαδή λίγο μικρότερη από το μέσο όρο, και το 75% των δεδομένων φτάνουν μέχρι τη τιμή των 11,25 μg/L. Διαπιστώνουμε ότι κάτω από το όριο ανίχνευσης βρίσκεται το 32% των μετρήσεων του δείγματος, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό (45%) βρίσκεται μεταξύ 6 μg/L και 15 μg/L. Σε σημαντικό ποσοστό των υδροσημείων της περιοχής (18%) συνεχίζεται να ανιχνεύεται Cr(tot) από 16 μg/L έως 30 μg/L. Τέλος, χαρακτηριστικό της εν λόγω περιοχής, είναι η εμφάνιση σημαντικού πλήθους δεδομένων (94,7%) με συγκέντρωση Cr(tot) μέχρι τα 30 μg/L.

Μελετώντας την Εικόνα 31 βλέπουμε ότι η περιοχή μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις υπό-περιοχές: στο ανατολικό, το κεντρικό και το δυτικό τμήμα της περιοχής.





**Εικόνα 31.** Γεωμορφολογικός χάρτης περιοχής Β με μετρήσεις ποιότητας υπόγειου νερού και όρια πιέσεων.

Στο ανατολικό τμήμα (Γουμένισσα έως Λιβαδίτσα), ανήκουν τρία υδροσημεία, στα οποία συστηματικά καταγράφεται χρώμιο, με τα περισσότερα δεδομένα συγκέντρωσης Cr(tot) να κυμαίνονται μεταξύ 16 µg/L και 30 µg/L. Ωστόσο, υπάρχουν και υδροσημεία στα οποία η συγκέντρωση Cr(tot) ανήκει στην αμέσως προηγούμενη (6-15 µg/L) ή στην αμέσως επόμενη (31-50 µg/L) κατηγορία. Τα υδροσημεία της περιοχής εντοπίζονται σε πεδινή περιοχή κατάντη των υψηλότερων περιοχών με οφιολίθους. Με βάση το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, τα ποτάμια ξεκινούν από τα βουνά και διατρέχουν την πεδιάδα αυτή χωρίζοντάς τη από τις σιδηροδρομικές γραμμές (ο ποταμός εντοπίζεται ανάμεσα στις γραμμές και τις γεωτρήσεις).

Στο κεντρικό κομμάτι (Λιβάδεια έως Κρύα Βρύση), σημειακά ανιχνεύεται χρώμιο και εντοπίζονται 5 υδροσημεία, σε ένα εκ των οποίων συστηματικά καταγράφεται χρώμιο. Η κυρίαρχη κατηγορία ανίχνευσης χρωμίου στο υπόγειο νερό της περιοχής είναι η δεύτερη (6-15 µg/L). Στα υπόλοιπα (18) υδροσημεία της περιοχής δεν ανιχνεύτηκε χρώμιο. Το βόρειο κομμάτι της κεντρικής περιοχής είναι ορεινό, ενώ κατάντη υπάρχει πεδιάδα. Δεν εντοπίζονται υπερβασικά πετρώματα σε αυτό το μέρος παρά μόνο ανατολικά και δυτικά από αυτό.

Τέλος, στο δυτικό τμήμα (Πρόμαχοι έως Νικομήδεια), ανιχνεύεται συστηματικά χρώμιο σε 4 υδροσημεία της περιοχής, με τη συγκέντρωση Cr(tot), να μετράται σε μεγάλο φάσμα συγκεντρώσεων με συστηματικότερη εμφάνιση αυτή των κατηγοριών 2 (6-15 µg/L) και 4 (31-50 µg/L). Τα υπερβασικά πετρώματα είναι παράλληλα ως προς την εν λόγω περιοχή, ενώ εμφανίζονται και ενδιάμεσα, με πολλά υδροσημεία να βρίσκονται κοντά (<5 km), ενώ όλα τα σημεία βρίσκονται σε απόσταση <10 km από αυτά. Η περιοχή ορίζεται βόρεια και ανατολικά από υψώματα, ενώ χωρίζεται και

ενδιάμεσα από ένα ύψωμα σε δύο πεδιάδες. Με βάση το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, αρκετά ποτάμια ξεκινούν από υπερβασικά πετρώματα και διέρχονται των πεδιάδων. Έτσι, είναι ιδιαίτερα πιθανό, βάση του υδρογραφικού δικτύου, τα υπερβασικά πετρώματα να έχουν διαβρωθεί και να έχουν εναποτεθεί στις κατάντη αλλουβιακές αποθέσεις. Επίσης, το υδρογραφικό δίκτυο φαίνεται να αποτελεί και φυσικό όριο μεταξύ των εν λόγω υδροσημείων και των σιδηροδρομικών γραμμών.

Μετά την ανάλυση της συνολικής περιοχής σε μικρότερες εκτάσεις, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανίχνευση του χρωμίου με βάση τη θέση των γεωτρήσεων. Έτσι, στο ανατολικό και δυτικό τμήμα, στο οποίο εντοπίζονται ορεινοί όγκοι με υπερβασικά πετρώματα και το υδρογραφικό δίκτυο οδηγεί στις πεδιάδες με τα υπό μελέτη υδροσημεία, ανιχνεύεται συστηματικά χρώμιο. Αντίθετα, στο κεντρικό τμήμα της περιοχής, στο οποίο δεν έχουμε εμφάνιση υπερβασικών σχηματισμών, οι συγκεντρώσεις Cr(tot) σε όλα τα δείγματα ήταν μικρότερες του ορίου ανίχνευσης της συγκεκριμένης παραμέτρου .

#### Χρήσεις Γης

Οι χρήσεις γης της περιοχής, όπως έχουν οριστεί από το Corine Land Cover 2000, συνοψίζονται στον Πίνακα 7 που ακολουθεί. Από τα δεδομένα του πίνακα παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καλύπτεται από γεωργικές εκτάσεις, με ποσοστό 69,47%, ενώ αρκετά σημαντική (27,95%) είναι η εμφάνιση των δασών και ημιφυσικών περιοχών. Οι τεχνητές εκτάσεις της περιοχής καταλαμβάνουν το 2,15%. Η κάλυψη της περιοχής ολοκληρώνεται με τους υγρότοπους και τις υδάτινες επιφάνειες με ποσοστό 0,06% και 0,38% αντίστοιχα. Η μεγαλύτερη έκταση καλύπτεται από μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη (23,6%), μόνιμα αρδευόμενη γη (21,36%), δάσος πλατυφύλλων (13,56%) και σύνθετα συστήματα καλλιέργειας (12,12%).

Πίνακας 7. Χρήσεις γης περιοχής Β.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΜΒΑΔΟΝ (km <sup>2</sup> )	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
111	Συνεχής αστική οικοδόμηση	0,368	0,022
112	Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση	34,315	2,047
121	Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες	1,322	0,079
211	Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη	396,131	23,633
212	Μόνιμα αρδευόμενη γη	358,032	21,360
213	Ορυζώνες	0,806	0,048
222	Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς	91,094	5,435
223	Ελαιώνες	0,334	0,020
231	Λιβάδια	13,633	0,813
242	Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	203,189	12,122
243	Γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	101,126	6,033
311	Δάσος πλατυφύλλων	227,377	13,565
312	Δάσος κωνοφόρων	6,275	0,374
313	Μικτό δάσος	42,991	2,565
321	Φυσικοί βοσκότοποι	65,619	3,915
323	Σκληροφυλλική βλάστηση	67,342	4,018
324	Μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις	54,621	3,259
331	Παραλίες αμμόλοφοι αμμουδιές	3,125	0,186
333	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	1,052	0,063
411	Βάλτοι στην ενδοχώρα	1,046	0,062
511	Ροές υδάτων	6,231	0,372
512	Συλλογές υδάτων	0,123	0,007
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		1676,154	100

#### 4.2.3 Σύνολο Περιοχών

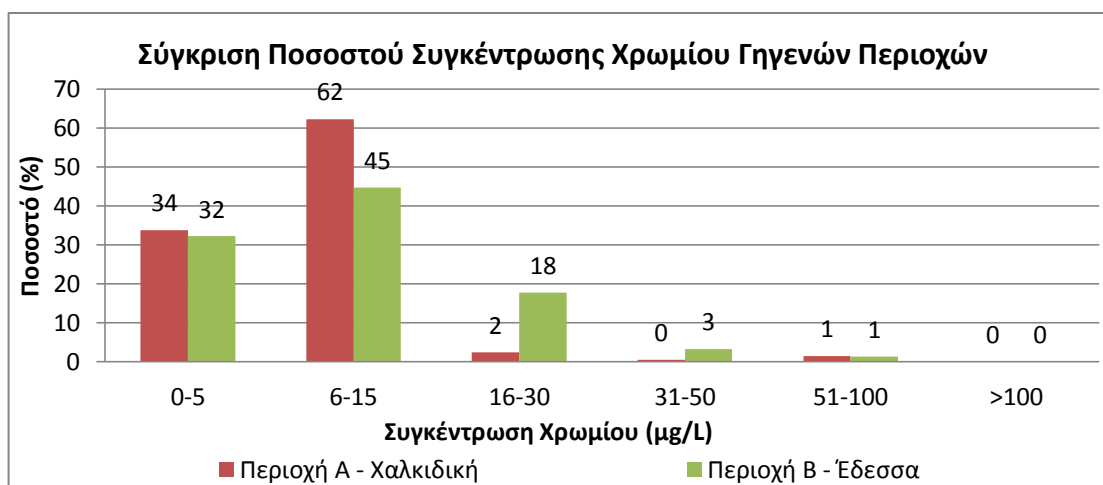
Η ανάλυση των δεδομένων σε περιοχές, με βάση την ομαδοποίηση που χρησιμοποιήθηκε, ανέδειξε την ύπαρξη ομοιοτήτων και διαφορών. Τα κοινά στοιχεία όλων των περιοχών είναι τα κριτήρια που εφαρμόστηκαν για την εύρεση γηγενούς χρωμίου. Έτσι όλες οι περιοχές εμφανίζονται κοντά σε υπερβασικά πετρώματα και σε απόσταση ασφαλείας από τις γνωστές ανθρωπογενείς πιέσεις. Οι διαφορές τους οφείλονται στην ανομοιογένεια των δεδομένων, των διαφορετικών χαρακτηριστικών και το βαθμό τον οποίο καλύπτει τα κριτήρια κάθε περιοχή. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση των περιοχών ως προς τη γεωλογική – γεωμορφολογική τους θέση, καθώς και την επίδρασή της γεωλογίας-γεωμορφολογίας στη ποιότητα του υπόγειου νερού.

Παραθέτοντας τα στατιστικά δεδομένα των περιοχών σε κοινό πίνακα (Πίνακας 8) και την ανίχνευση χρωμίου ανά κατηγορία σε κοινό γράφημα (Εικόνα 32), υπάρχει η δυνατότητα άμεσης σύγκρισης των αποτελεσμάτων. Έτσι, μελετώντας τα παραπάνω, παρατηρούμε ότι στην περιοχή Α η μέση τιμή του χρωμίου στα υπόγεια νερά είναι λίγο μικρότερη από ότι στην περιοχή Β με 8,71μg/L και 11,51 μg/L αντίστοιχα. Επίσης παρατηρείται ότι οι δύο περιοχές εμφανίζουν την ίδια

συνηθέστερη τιμή Cr(tot) στα υπόγεια νερά (10 µg/L). Στη συνέχεια διαπιστώνουμε ότι το εύρος της περιοχής Α είναι μεγαλύτερο σε σχέση με το εύρος της περιοχής Β. Τα τεταρτημόρια των περιοχών Α και Β είναι παρόμοια, με το 25% των δεδομένων να βρίσκεται στο όριο ανίχνευσης της μεθόδου, η διάμεσος να εντοπίζεται στα 10 µg/L και το 75% των μετρήσεων να ανέρχεται στα 10 και 11,25 µg/L, για τη περιοχή Α και Β αντίστοιχα. Η μέγιστη τιμή των 2 περιοχών εντοπίζεται στη Χαλκιδική και ανέρχεται 90 µg/L, ενώ ακολουθεί η περιοχή της Έδεσσας με 60 µg/L. Τέλος, σημαντική διαφορά υπάρχει ως προς το πλήθος των δεδομένων με τη περιοχή Α να έχει 212 στοιχεία και τη περιοχή Β να έχει 152.

**Πίνακας 8.** Στατιστικά χαρακτηριστικά περιοχών Α και Β.

Στατιστικά Cr(tot) Γηγενών Περιοχών		
	ΠΕΡΙΟΧΗ Α	ΠΕΡΙΟΧΗ Β
Μέση Τιμή (µg/l)	8,708	11,505
Τυπική Απόκλιση	8,89	11,02
Συνηθέστερη Τιμή (µg/l)	10	10
Συντελεστής Μεταβλητότητας	1,02	0,96
Ελάχιστη Τιμή (µg/l)	<5	<5
Διάμεσος (µg/l)	10	10
Q1	<5	<5
Q2	10	10
Q3	10	11,25
Μέγιστη Τιμή (µg/l)	90	60
Εύρος (µg/l)	87,5	57,5
Q3-Q1	7,5	8,75
# Πλήθος	212	152



**Εικόνα 32.** Συγκριτικά ποσοστά χρωμίου περιοχών Α και Β.

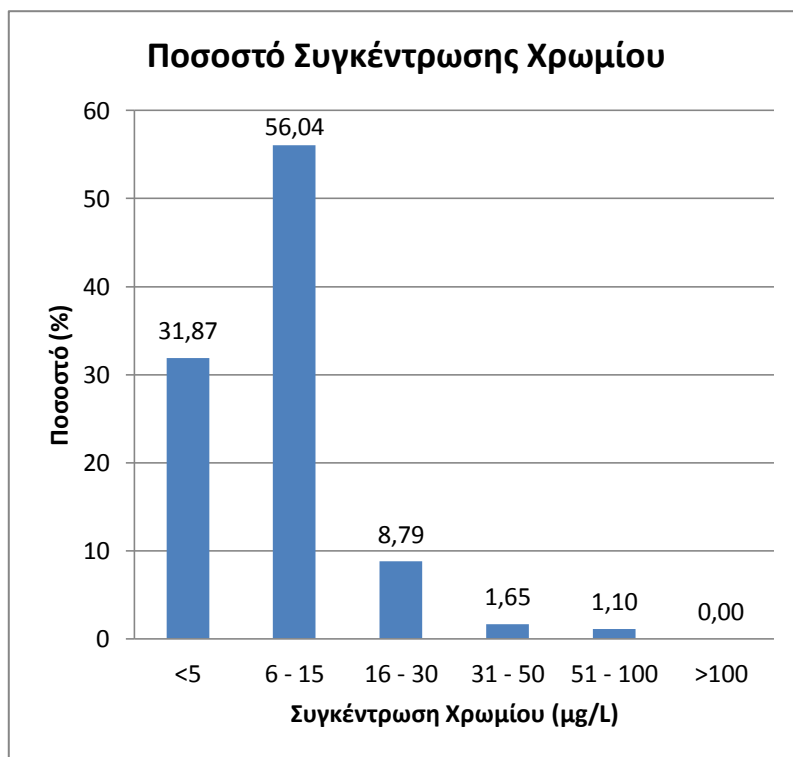
Όσο αναφορά τα ποσοστά των περιοχών ανά κατηγορία, παρατηρούμε ότι και στις δύο περιοχές το ένα τρίτο των μετρήσεων βρίσκεται κάτω από το όριο ανίχνευσης της μεθόδου (5 µg/L). Στη συνέχεια, στην κατηγορία 2 (6-15 µg/L), κυριαρχεί η

περιοχή της Χαλκιδικής (62%), με την περιοχή της Έδεσσας να εντοπίζεται λίγο χαμηλότερα (45%). Η μέτρηση συγκεντρώσεων Cr(tot) μεταξύ 16 µg/L έως 30 µg/L, εντοπίζεται κατά κύριο λόγο στην περιοχή της Έδεσσας (18%) σε αντίθεση με την περιοχή της Χαλκιδικής στην οποία συναντάται ποσοστό ίσο μόλις με 2%. Αναφορικά με το όριο ποσιμότητας (50 µg/L), και οι δύο περιοχές έχουν χαμηλά ποσοστά συγκέντρωσης χρωμίου πάνω από αυτό (0% και 3% για την Α και Β περιοχή αντίστοιχα). Τέλος, καμία από τις παραπάνω περιοχές δε ξεπερνά την τιμή των 100 µg/L.

Η διαφοροποίηση των περιοχών, ως προς την ποιότητα του υπόγειου νερού και την εμφάνιση χρωμίου, οφείλεται στα ανομοιόμορφα χαρακτηριστικά τους. Η γεωλογία και μορφολογία της εκάστοτε περιοχής είναι καθοριστική για το βαθμό συγκέντρωσης του χρωμίου στα υπόγεια ύδατα. Επίσης, εξίσου σημαντική είναι η απόσταση του υδροσημείου από τους υπερβασικούς σχηματισμούς. Έτσι, σύμφωνα με την ανάλυση που ακολουθήθηκε διαπιστώνεται ότι η συγκέντρωση χρωμίου στη περιοχή Α εμφανίζεται στο 95% των δεδομένων μέχρι τα 15 µg/L, ενώ στη περιοχή Β υπάρχει σημαντικό ποσοστό (18%) το οποίο εμφανίζεται στη κατηγορία 16 µg/L έως 30 µg/L.

Προκειμένου να βρεθεί μια μέση κατάσταση για την παρουσία γηγενούς χρωμίου στη χώρα και να βρεθεί ένα μέτρο σύγκρισης των περιοχών με γηγενές και ανθρωπογενές χρώμιο έγινε σύνθεση των δύο περιοχών που προαναφέρθηκαν (Εικόνα 33). Τα συνολικά δεδομένα της ποιότητας του υπόγειου νερού είναι 364 και καταγράφηκαν από το 2000 έως το 2008. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά του δείγματος φαίνονται παρακάτω:

<b>Στατιστικά Cr(tot)</b>	
Μέση Τιμή (µg/L)	9,9
Τυπική Απόκλιση	9,9
Συνηθέστερη Τιμή (µg/L)	10
Συντελεστής Μεταβλητότητας	1
Ελάχιστη Τιμή (µg/L)	<5
Διάμεσος (µg/L)	10
Q1	<5
Q2	10
Q3	10
Μέγιστη Τιμή (µg/L)	90
Εύρος (µg/L)	87,5
Q3-Q1	7,5
# Πλήθος	364



**Εικόνα 33.** Στατιστικά χαρακτηριστικά και ποσοστά συγκέντρωσής Cr(tot), για το σύνολο των περιοχών.



Αναλύοντας τα δεδομένα βλέπουμε ότι η μέση τιμή των περιοχών με γηγενές χρώμιο είναι 9,88 µg/L, ενώ η επικρατέστερη τιμή είναι τα 10 µg/L. Η δεσπίζουσα κατηγορία είναι η δεύτερη (6-15 µg/L), στην οποία εντάχθηκαν πάνω από τις μισές μετρήσεις (56,04%). Η δεύτερη μεγαλύτερη σε ποσοστά κατηγορία είναι η πρώτη (31,87%) με μετρήσεις συγκέντρωσης Cr(tot) κάτω από το όριο ανίχνευσης (5 µg/L). Σημαντικό ποσοστό έχει επίσης και η τρίτη κατηγορία (16 – 30 µg/L) που αγγίζει τα 8,79%. Στη συνέχεια οι άλλες δύο κατηγορίες έχουν σαφώς μικρότερα ποσοστά ανίχνευσης χρωμίου, με την κατηγορία 31-50 µg/L να συγκεντρώνει το 1,65% των μετρήσεων, ενώ πάνω από το όριο ποσιμότητας βρέθηκαν το 1,10% των μετρήσεων. Τέλος, και στις δύο περιοχές δεν υπήρξε μέτρηση που να ξεπεράσει τα 100 µg/L.

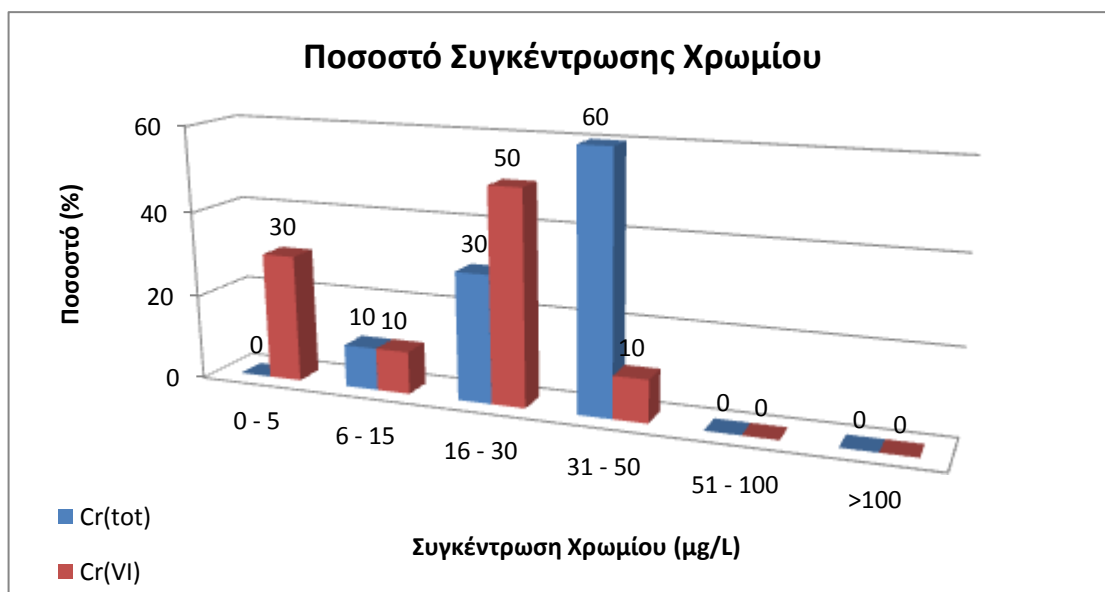
### **4.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ**

Η διαδικασία αναζήτησης περιοχών, στις οποίες ανιχνεύεται χρώμιο οφειλόμενο σε γηγενή αίτια, ξεκίνησε βρίσκοντας τις περιοχές όπου συστηματικά καταγράφεται χρώμιο και που υπάρχουν φυσικές πηγές χρωμίου και αποκλείοντας περιοχές στις οποίες υπήρχαν ανθρωπογενείς πιέσεις. Έτσι, καταλήξαμε στις δύο περιοχές που αναλύθηκαν ως προς τη θέση, τη μορφολογία, τη γεωλογία, τις ανθρωπογενείς πιέσεις, την ποιότητα του υπόγειου νερού και τις χρήσεις γης. Το τελευταίο στάδιο για να ολοκληρωθεί η έρευνα, είναι η επαλήθευση της μεθοδολογίας που υιοθετήθηκε και των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν μέσω ενός προγράμματος δειγματοληψίας στις εν λόγω περιοχές που βρίσκεται σε εξέλιξη. Επίσης, με τη δειγματοληψία στις περιοχές που προέκυψε από τη μεθοδολογία, δίνεται η δυνατότητα να έχουμε πρόσθετες πληροφορίες, όπως το διαχωρισμό του χρωμίου σε Cr(III) και Cr(VI), στοιχείο που έλειπε από τη βάση δεδομένων για αυτές τις περιοχές.

Η δειγματοληψία των περιοχών ξεκίνησε με σειρά προτεραιότητας και η επεξεργασία των δεδομένων δεν έχει ολοκληρωθεί σε όλες τις περιοχές. Έτσι μόνο στην πρώτη περιοχή (περιοχή Χαλκιδικής) έχει ολοκληρωθεί η δειγματοληψία και είναι διαθέσιμα τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε τον Απρίλιο του 2012 και λήφθηκαν δείγματα από 10 διαφορετικές γεωτρήσεις της περιοχής της Θέρμης. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε από την εταιρία Intergeo ΕΠΕ και οι χημικές αναλύσεις από το εργαστήριο Μεταλλουργίας των Μηχανικών Μεταλλείων και Μεταλλουργών του ΕΜΠ. Ακολουθούν τα στατιστικά χαρακτηριστικά των μετρήσεων (Πίνακας 9) και η Εικόνα 34 με τα ποσοστά συγκέντρωσης χρωμίου.

**Πίνακας 9.** Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγματοληψίας στη περιοχή της Χαλκιδικής.

Στατιστικά Στοιχεία	Cr(tot)	Cr(VI)
Μέση Τιμή (μg/L)	29,40	8,71
Τυπική Απόκλιση	7,31	8,89
Συνηθέστερη Τιμή (μg/L)	31	10
Συντελεστής Μεταβλητότητας	0,25	1,02
Ελάχιστη Τιμή (μg/L)	14	2,5
Διάμεσος (μg/L)	31	10
Q1	26,25	2,5
Q2	31	10
Q3	35,5	10
Μέγιστη Τιμή (μg/L)	37	90
Εύρος (μg/L)	23	87,5
Q3-Q1	9,25	7,5
# Πλήθος	10	212



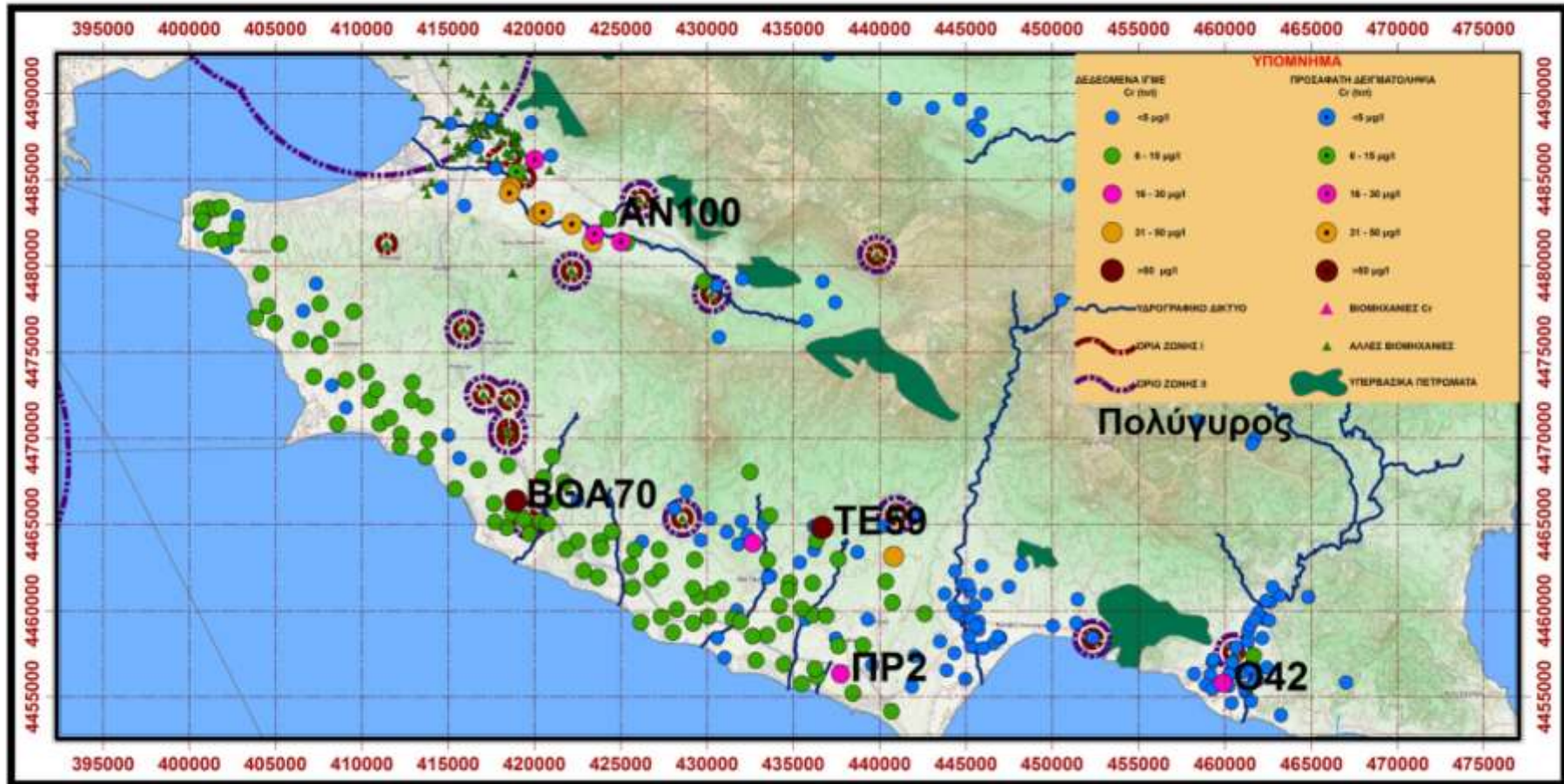
**Εικόνα 34.** Ποσοστά συγκέντρωσής Cr(tot) – Cr(VI) για τη περιοχή της Χαλκιδικής.

Παραθέτοντας τα δεδομένα, βλέπουμε ότι η κατανομή του χρωμίου ανά κατηγορίες εξαρτάται από το σθένος που βρίσκεται. Η μέση τιμή της συγκέντρωσης του Cr(tot) είναι 29,4 μg/L, ενώ του Cr(VI) 16,92 μg/L, που αποτελεί το 57.5% του συνολικού. Παρατηρούμε ότι η συνηθέστερη τιμή είναι τα 31 μg/L και 28,5 μg/L για το Cr(tot) και Cr(VI) αντίστοιχα. Χαρακτηριστικά παρατηρούμε ότι Cr(tot) κυριαρχεί στη τέταρτη κατηγορία (31 μg/L έως 50 μg/L), ενώ το Cr(VI) στη τρίτη κατηγορία (16 μg/L έως 30 μg/L). Στη συνέχεια μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι συναντάμε τιμές Cr(VI) μικρότερες των 5 μg/L, σε αντίθεση με το Cr(tot) που ξεκινά να εντοπίζεται από τα 6

μg/L και πάνω. Επίσης, παρατηρούμε ότι τα δείγματα έχουν υψηλή συγκέντρωση χρωμίου (τόσο ολικού όσο και εξασθενούς) αλλά κανένα δε ξεπερνά τα όρια ποσιμότητας (50 μg/L).

Συγκρίνοντας τα στατιστικά στοιχεία της πρόσφατης δειγματοληψίας με τη βάση δεδομένων παρατηρούμε ότι εμφανίζονται αρκετές διαφορές. Κατ' αρχάς διαπιστώνουμε ήδη από τη μέση τιμή ότι στη πρόσφατη δειγματοληψία η ανίχνευση χρωμίου είναι τριπλάσια από ότι στη βάση δεδομένων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αφενός για τη μέση τιμή εμφάνισης γηγενούς χρωμίου και αφετέρου για να διαπιστωθεί πως μπορεί οι μετρήσεις μας να εξαρτώνται αρκετά από το έτος που προέρχονται.

Αυτή η διαφορά μπορεί να εξηγηθεί λόγω της θέσης δειγματοληψίας των παλαιών και νέων δεδομένων. Τα καινούρια σημεία βρίσκονται στο βόρειο κομμάτι εκεί όπου κυριαρχεί η τρίτη κατηγορία και όχι κοντά στη παραλία της Χαλκιδικής όπου είναι το μέρος που συστηματικά καταγράφονταν η τιμή 10 μg/L, αλλά και κάποιες υψηλές τιμές (ακραίες) με βάση την Εικόνα 35. Επίσης βλέποντας τα στατιστικά στοιχεία της δειγματοληψίας και τις μετρήσεις διαπιστώνουμε ότι τα περισσότερα δεδομένα, αν και βρίσκονται στη τέταρτη κατηγορία, εντοπίζονται κοντά στη τιμή 30 μg/L και δε πλησιάζουν τόσο τη τιμή 50 μg/L. Τέλος, η δειγματοληψία σε διαφορετικό έτος έχει ενεργό ρόλο για την αντίστοιχη ανίχνευση χρωμίου.



Εικόνα 35. Γεωμορφολογικός χάρτης περιοχής Α με μετρήσεις ποιότητας υπόγειου νερού πρόσφατης δειγματοληψίας και βάσης δεδομένων.

## 5 ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

### 5.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού εντοπίζεται στο υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, ανήκει κατά ένα μικρό μέρος στους νομούς Ανατολικής και Δυτικής Αττικής, ενώ ο κυριότερος όγκος της εντάσσεται στο νομό Βοιωτίας. Ορίζεται από τα ανατολικά προς τα δυτικά, από τους δήμους Ωρωπού, Αχαρνών, Φυλής, Τανάγρας, Μάνδρας – Ειδυλλίας, Θηβαίων, Αλιάρτου, Λεβαθίων και Δίστομου – Αράχοβας – Αντίκυρας. Οριοθετείται βόρεια από τις πόλεις Οινόη, Θήβα, Δίστομο, νότια από τις πόλεις Ερυθρές και Στεφάνη, δυτικά από τον Κορινθιακό κόλπο, ενώ ανατολικά από τις πόλεις του Ωρωπού και της Μαλακάσας, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 36.

Η προαναφερθείσα λεκάνη έχει οριστεί από το θεματικό επίπεδο της χωρικής πληροφορίας “EGY\_RB\_2010”, της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων, βασιζόμενη στην άμεση λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού, αλλά λαμβάνοντας υπόψη και διοικητικά κριτήρια. Έτσι, η συνολική έκταση της λεκάνης φτάνει στα 1360 km<sup>2</sup>, ενώ η άμεση λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού ανέρχεται στα 720 km<sup>2</sup>. Στην παρούσα εργασία η αποτύπωση της λεκάνης θα γίνεται με βάση την οδηγία της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων, οπότε και θα παρουσιάζεται στο σύνολό της (1360 km<sup>2</sup>), δίνοντας έμφαση όμως στην άμεση λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού, λόγω του ενδιαφέροντος που παρουσιάζει αλλά και του πλήθους των δεδομένων.

#### 5.1.1 Φυσικό Περιβάλλον

Ο Ασωπός ποταμός έχει μήκος 75 km και η λεκάνη απορροής του οριοθετείται νότια από την ορεινή σειρά Πάρνηθας – Πάστρας – Κιθαιρώνα γενικής διεύθυνσης Α – Δ, βόρεια από το Αόνιον πεδίο στην περιοχή της Θήβας, ανατολικά από την λεκάνη της Μαυροσουβάλας διεύθυνσης Β-Ν και δυτικά από το όρος Ελίκωνα και το Κορινθιακό Κόλπο.

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από έντονο κατακόρυφο διαμελισμό. Γενικά, οι μορφολογικές μονάδες της περιοχής παρουσιάζουν χαρακτηριστική παράλληλη επέκταση και η δημιουργία τους οφείλεται σε τεκτονικά γεγονότα γι' αυτό και τα όριά τους είναι πολύ διακριτά. Το νότιο τμήμα της περιοχής, που διαρρέεται από τον ποτάμιο σχηματισμό του Ασωπού, ανακόπτεται στην οροσειρά της βορειοανατολικής Πάρνηθας. Η μορφολογία του τμήματος αυτού χαρακτηρίζεται από έντονο γεωμορφολογικό ανάγλυφο αφού κυριαρχούν στοιχεία όπως οι απότομες πλαγιές, οι ψηλές κορυφές βουνών και οι βαθιές κοιλάδες. Στον κύριο άξονα της οροσειράς της Πάρνηθας, που διευθύνεται από τα δυτικά προς τα ανατολικά, βρίσκονται οι υψηλότερες κορυφές, όπως το Παλιόκαστρο, το Μεγάλο Βουνό (886 m), ο Μονγκούλτος (959 m), το Ξεροβούνι (1125 m) και το Κατσιμίδι (Χατούπης κ.α. 2004). Μεγάλο ενδιαφέρον από γεωμορφολογική και γεωλογική άποψη παρουσιάζει η κοινότητα των Σκούρτων, που ξεχωρίζει στη δυτική περιοχή για την ομαλή της επιφάνεια και τα χαρακτηριστικά υψιπέδου που παρουσιάζει. Τους πρόποδες της οροσειράς της Πάρνηθας από δυτικά προς ανατολικά ακολουθούν οι περιοχές Οινόφυτα και Μαλακάσα. Το τμήμα αυτό χαρακτηρίζεται από ομαλότερο

γεωμορφολογικό ανάγλυφο με ύψη που κυμαίνονται από 130 m έως 345 m, ενώ είναι χαρακτηριστικό πως το κατώτερο τμήμα του αντιστοιχεί στην Κοιλιάδα του Ασωπού. Βορειοανατολικά των περιοχών Οινόφυτα και Μαλακάσα συναντάται η λοφοσειρά Ωρωπού-Καλάμου. Πρόκειται για ομαλή οροσειρά που δεν χαρακτηρίζεται από μεγάλα υψόμετρα, μιας και το μεγαλύτερο φτάνει περίπου τα 500 m, καταλήγει στον Ευβοϊκό Κόλπο και συνδέεται με το ορεινό τμήμα της Πάρνηθας στο ύψος της Μαλακάσας. Τέλος, στο βορειοδυτικό κομμάτι, δεσπόζει ο Ελίκωνας, με πλήθος κορυφών πολλές εκ των οποίων ξεπερνούν τα 1000 m.

Όσον αφορά το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, χαρακτηρίζεται ως χειμαρρικό. Λόγω της εκτεταμένης κάλυψης της περιοχής από ανθρακικά πετρώματα, ιδιαίτερα στο νότιο τμήμα, τα οποία παρουσιάζουν υψηλό βαθμό καρστικοποίησης, αλλά και του χαμηλού ανάγλυφου στο βόρειο τμήμα της λεκάνης, το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής στο μεγαλύτερο μέρος του χαρακτηρίζεται ως ασήμαντο. Εξαιρέση παρουσιάζουν οι περιοχές στις οποίες εμφανίζονται στεγανοί σχιστόλιθοι, οπότε και μερικοί μικροί χείμαρροι φαίνεται να διατηρούν απορροή για μικρό όμως χρονικό διάστημα. Ακόμα και η ροή του Ασωπού ποταμού χαρακτηρίζεται ως ελάχιστη, εκτός των εποχών με έντονη βροχόπτωση, οπότε και παρατηρείται αύξηση της ροής λόγω των ομβρίων. Επίσης, λόγω των κατείσδυσεων προς στους υπόγειους υδροφορείς της περιοχής, στον Ασωπό ποταμό εν γένει δεν συναντάει κανείς νερό όλους τους μήνες του χρόνου. Πιο συγκεκριμένα, στο ανάντη τμήμα του Ασωπού παρατηρείται μειωμένη ροή νερών κάτι που μπορεί να αποδοθεί τόσο στην κακή διαχείριση των υπόγειων νερών όσο και στους υδροπερατούς ασβεστολιθικούς σχηματισμούς, που επιτρέπουν την αποστράγγιση μεγάλου ποσοστού νερού και την κατείσδυση του προς τον υδροφόρο ορίζοντα. Στο μέσο τμήμα του ποταμού παρατηρείται αύξηση της ποσότητας νερού, κάτι που οφείλεται τόσο στις επιφανειακές απορροές όσο και στην τροφοδοσία του με βιομηχανικά απόβλητα. Στο κατάντη τμήμα του, σε αντίθεση με το προηγούμενο, η παροχή του ποταμού φαίνεται να μειώνεται σημαντικά προφανώς λόγω του υψηλού βαθμού κατείσδυσης στις προσχώσεις. Στο τέλος του ποταμού, στις εκβολές του δηλαδή, η ελάχιστη παροχή που διαπιστώνεται δημιουργεί συνθήκες στασιμότητας και διείσδυσης αλμυρού νερού στο δέλτα (TEE 2009). Στην ευρύτερη περιοχή και συγκεκριμένα στο δυτικό κομμάτι της λεκάνης εντοπίζονται οι ποταμοί Λιβαδόστρα και Κλεισούρας, οι οποίοι πηγάζουν από τον Κιθαιρώνα και εκβάλλουν στον Κορινθιακό κόλπο.





Εικόνα 36. Οριοθέτηση και μορφολογία λεκάνης Ασωπού ποταμού.

### 5.1.2 Γεωλογία

Μεγάλος αριθμός γεωλογικών μελετών έχουν εκπονηθεί με αντικείμενό τους την εξεταζόμενη περιοχή. Συνοπτικά, λοιπόν, θα αναφερθούν σε αυτή την παράγραφο τα κυριότερα χαρακτηριστικά της γεωλογίας της λεκάνης του Ασωπού ποταμού όπως συνοψίζονται σε μελέτη του ΤΕΕ (2009).

Από γεωλογικής σκοπιάς, η λεκάνη του νεογενούς στα πρώτα 400 m βάθους αποτελείται από ιζήματα της τριτογενούς και τεταρτογενούς γεωλογικής περιόδου και καλύπτει μία έκταση της τάξεως των 700 km<sup>2</sup>. Γενικά, οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συμμετέχουν ανήκουν σε δύο μεγάλες γεωτεκτονικές ενότητες. Η πρώτη ενότητα είναι αυτή της Αττικοκυκλαδικής μάζας και η δεύτερη αυτή της Ζώνης Ανατολικής Ελλάδας (Υποπελαγονικής). Στη πρώτη ενότητα κυριαρχούν τα μάρμαρα, τα μεταμορφωμένα πετρώματα και οι κρυσταλικοί σχιστόλιθοι, που κατά τόπους εναλλάσσονται με γνεύσιους, αμφιβολίτες και σιπολίτες. Οι γνώμες των ερευνητών που αφορούν την ηλικία των στρωμάτων που απαρτίζουν την ενότητα αυτή διίστανται, μιας και κάποιοι τα χρονολογούν στην Τριαδική γεωλογική περίοδο ενώ άλλοι στην αρχαϊκή. Τη δεύτερη ενότητα την απαρτίζουν κυρίως ασβεστόλιθοι, φλύσχεις και σχιστοψαμμιτικά στρώματα του Παλαιοζωϊκού, ημιμεταμορφωμένα. Σημειώνεται όμως πως και στις δύο ενότητες συναντώνται ιζήματα νεότερης ηλικίας (μεταλπικής), δηλαδή νεογενή και τεταρτογενή, έτσι ώστε να καλύπτουν τους αλπικούς και τους προαλπικούς σχηματισμούς κατά τόπους.

Ο υδροφορέας της περιοχής από τον Αγ. Θωμά και κατάντη έως το δέλτα του ποταμού αποτελείται από:

α) ένα βαθύ υδροφορέα, που φιλοξενείται στα νεογενή πετρώματα,

β) έναν υδροφορέα σε Πλειο-πλειστοκαινικές αποθέσεις

γ) έναν υδροφορέα σε τεταρτογενείς αποθέσεις, που βρίσκονται σε απευθείας επαφή με τον ποταμό. Παρόλο που η υδρογεωλογική συμπεριφορά των σχηματισμών δεν είναι ομοιογενής, δεν μπορούν εύκολα να διακριθούν ο ένας από τον άλλο και γι' αυτό ορισμένοι μελετητές τους αντιμετωπίζουν ως ένα ενιαίο σύνολο (Καραβοκύρης et al. 2008).

Οι κυριότεροι σχηματισμοί (λόγω έκτασης οι 2 πρώτοι και από πλευράς ενδιαφέροντος ο τρίτος) που εμφανίζονται στη λεκάνη συνοψίζονται παρακάτω:

1. Ο πρώτος σε εμφάνιση σχηματισμός είναι οι Ασβεστόλιθοι, οι οποίοι κατατάσσονται στις Αλπικές σειρές, στη ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας και στη Πελαγονική ζώνη, ενώ τοποθετούνται ηλικιακά στη Τριαδική(;) – Λιάσια, Ανώτερη Κρητιδική, Πορτλάνδιο – Κατώτερη Κρητιδική και Κάτω – Μέσο Τριαδική εποχή. Οι παραπάνω ασβεστόλιθοι είναι γνωστοί ως φάσεως «Παντοκράτορας», βιομικρουδίτες – βιομικροσπαρίτες και μικρίτες – βιομικροσπαρουδίτες αντίστοιχα.
2. Σημαντικό μέρος της περιοχής καλύπτεται από Αποθέσεις, οι οποίες κατατάσσονται στα Μετατεκτονικά και Βραδυτεκτονικά ιζήματα, ενώ τοποθετούνται ηλικιακά στο Πλειόκαινο (Ανώτερο Μειόκαινο – Πλειόκαινο), Πλειο – Πλειστόκενο, στο Ολόκαινο (Αλλούβιο).



Αποτελούνται κυρίως από λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις κροκαλοπαγή, άμμους, μάργες, κοκκινοχώματα, μαργαίικούς ασβεστόλιθους, αργίλους, στρώματα τύρφης και ενίοτε λιγνίτες. Επίσης, εμφανίζονται ως σύγχρονες προσχώσεις κοιλάδων, πεδιάδων, παράκτιων αποθέσεων, καθώς επίσης και ως παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων.

3. Σημαντικός σχηματισμός, όσον αφορά την έρευνα μας για το χρώμιο, είναι η εμφάνιση υπερβασικών πετρωμάτων. Κατατάσσονται στα πυριγενή πετρώματα, ενώ στην περιοχή μελέτης κυριαρχούν ως οφιολιθικοί σχηματισμοί. Τα υπερβασικά πετρώματα εμφανίζονται κυρίως στο νότιο κομμάτι της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού και εντοπίζονται στις παρυφές των βουνών. Οι μεγαλύτεροι σε έκταση σχηματισμοί εμφανίζονται κοντά στον Αυλώνα, σε υψόμετρο 400 m έως 500 m και στην περιοχή Άγ. Νικόλαο του Δήμου Θηβαίων, με εμφανίσεις που ξεκινούν από τα 400 m και καταλήγουν στη θάλασσα. Η συνολική έκταση που καταλαμβάνουν τα υπερβασικά πετρώματα εντός της λεκάνης απορροής αγγίζει τα 20 km<sup>2</sup>, ενώ χαρακτηριστικό της ύπαρξης υπερβασικών σχηματισμών είναι ότι στην ευρύτερη περιοχή του Ασωπού φτάνουν τα 418 km<sup>2</sup>.

#### 5.1.3 Χρήσεις Γης

Στην περιοχή υπάρχουν εδάφη που θεωρούνται κατάλληλα για γεωργικές εργασίες, λόγω της υψηλής τους παραγωγικότητας, οπότε και υφίστανται εκμετάλλευση προς αυτή την κατεύθυνση. Αυτά καλύπτονται κυρίως από καλλιέργειες μεγάλης έκτασης, που συνήθως είναι αρδευόμενες, και από καλλιέργειες λαχανικών. Τα εδάφη αυτά είναι πλούσια σε ασβέστιο και άνθρακα και είναι ουσιαστικά το αποτέλεσμα των αποθέσεων του φορτίου του Ασωπού και δευτερευόντων ρεμάτων. Συνεπώς συναντώνται στα πεδινά των εκβολών του ποταμού, στη περιοχή της Μαλακάσας, και νότια αυτής, καθώς και στις κοίτες του. Ακόμα στην περιοχή συναντώνται καλλιέργειες αμπελώνων, οπωροφόρων ή άλλων δενδρωδών, χαμηλών καλλιεργειών ή ακόμα και αραιά δάση πεύκων σε εδάφη Πλειστοκαινικών αποθέσεων. Αυτά περιλαμβάνουν μάργες, κροκαλοπαγή και ψαμμίτες. Τέλος, συναντάει κανείς δενδρώδεις καλλιέργειες και δασικές εκτάσεις σε εδάφη του Νεογενούς. Αναλυτικά, οι χρήσεις γης της περιοχής φαίνονται στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 10), όπως έχουν οριστεί από το Corine Land Cover 2000, ενώ η χωρική κατανομή τους στη λεκάνη παρατίθεται στο Παράρτημα Β, Χάρτης 1.

**Πίνακας 10.** Χρήσεις γης λεκάνης Ασωπού ποταμού.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΜΒΑΔΟΝ ΑΝΑ ΟΜΑΔΑ (km <sup>2</sup> )	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
112	Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση	10,033	0,737
121	Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες	15,606	1,147
122	Οδικά σιδηροδρομικά δίκτυα και γειτνιάζουσα γη	2,382	0,175
124	Αεροδρόμια	6,289	0,462
131	Χώροι εξορύξεως ορυκτών	2,539	0,186
133	Χώροι οικοδόμησης	0,014	0,001
211	Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη	270,320	19,872
221	Αμπελώνες	6,850	0,503
222	Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς	3,098	0,227
223	Ελαιώνες	56,524	4,155
231	Λιβάδια	2,446	0,179
242	Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες	111,151	8,171
243	Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	82,086	6,034
311	Δάσος πλατυφύλλων	3,917	0,287
312	Δάσος κωνοφόρων	119,655	8,796
313	Μικτό δάσος	5,247	0,385
321	Φυσιικοί βοσκότοποι	104,511	7,683
323	Σκληροφυλλική βλάστηση	411,265	30,234
324	Μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις	139,707	10,270
333	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	6,112	0,449
422	Αλυκές	0,487	0,035
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟΝ</b>		1360,248	100

#### 5.1.4 Υδρογεωλογικές Συνθήκες

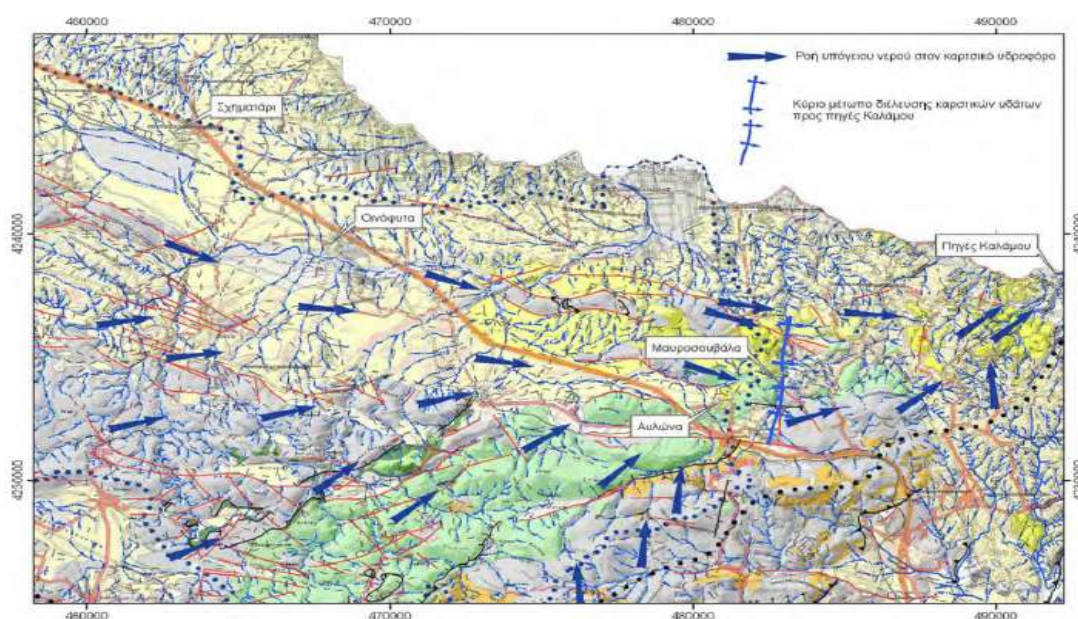
Η διαμόρφωση των υπόγειων υδροφόρων και η κίνηση του νερού μέσα σε αυτούς εξαρτάται άμεσα από τη περατότητα των γεωλογικών σχηματισμών και την απόσταση τους από τη θάλασσα. Συγκεκριμένα, στην εξεταζόμενη περιοχή η έντονη παρουσία των ασβεστόλιθων είναι πολύ σημαντική και αυτό γιατί αυτός ο λιθολογικός τύπος χαρακτηρίζεται από μεγάλη υδροπερατότητα, οπότε και αναπόφευκτα αυξάνει την κατείσδυση (ποσοστό κατείσδυσης τουλάχιστον 20%) του νερού, κυρίως του βρόχινου, στους υδροφόρους ορίζοντες της περιοχής. Είναι δυνατόν να παρουσιαστεί μία ταξινόμηση του ποσοστού που συμμετέχει κάθε γεωλογικός σχηματισμός ανάλογα με τον χαρακτηρισμό τους ως υδροπερατοί, υδατοστεγανοί (αδιαπερατοί) ή ημιπερατοί. Οπότε το 54,7% των λιθολογικών τύπων της περιοχής είναι ημιπερατοί (και σε αυτούς περιλαμβάνεται ο υδροφορέας του Ασωπού), το 41,3% είναι υδροπερατοί, ενώ το μόλις 4% είναι υδατοστεγανοί (Μασούρα 2008).

Στην λεκάνη του Ασωπού συνολικά, οι ανανεώσιμοι υδατικοί πόροι που προέρχονται από τις υδροφορίες ανέρχονται περίπου στα  $144 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Από αυτά, τα  $111 \times 10^6 \text{ m}^3$  αντιστοιχούν σε καρστικούς υδροφόρους, ενώ τα  $32 \times 10^6 \text{ m}^3$  σε προσχωματικούς – κοκκώδεις (ΤΕΕ 2009), τα οποία αντιστοιχούν σε 78 mm κατείσδυσης ετησίως επί

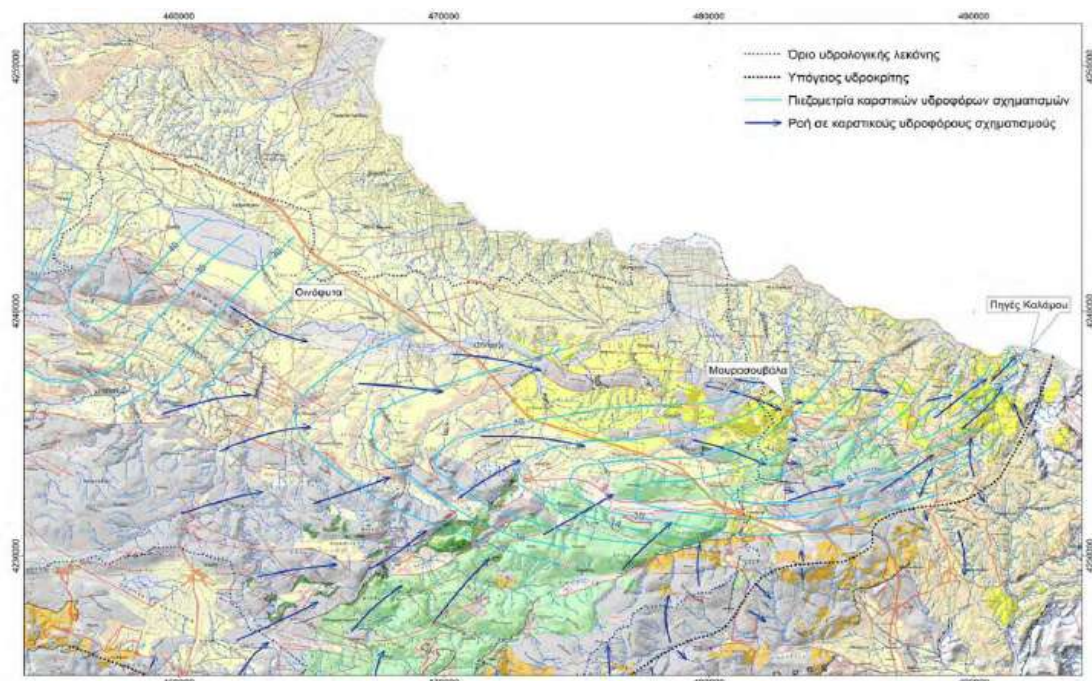
των κοκκωδών (ημιπερατών) σχηματισμών και 326 mm επί των καρστικών (περατών) σχηματισμών. Από τις ποσότητες αυτές εκτιμάται συντηρητικά ότι περίπου  $7 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Καραβοκύρης et al. 2008) αντιστοιχεί στον υδροφορέα του Ασωπού. Ουσιαστικά στην ευρύτερη περιοχή αναπτύσσονται δύο βασικοί υδροφόροι σχηματισμοί.

1. Ο ανώτερος υδροφορέας μέσα σε Νεογενείς και Τεταρογενείς αποθέσεις.
2. Ο βαθύτερος καρστικός υδροφορέας, ο οποίος βρίσκεται μέσα σε ανθρακικά των Τριαδικών και Ιουρασικών ασβεστολίθων, και στο τμήμα Αυλώνα-Σχηματαρίου- Οινόφυτων καλύπτεται από Νεογενή και Τεταρογενή ιζήματα.

Τα υπόγεια νερά του σχηματισμού κινούνται με κατεύθυνση την περιοχή της Μαυροσουβάλας, φτάνοντας τελικά να εκφορτίζεται στις πηγές του Καλάμου (Γιαννουλόπουλος 2008), (Εικόνα 37,38). Ο πρώτος από τους προαναφερθέντες υδροφόρους τροφοδοτείται κυρίως από τα νερά κατακρημνισμάτων που κατεισδύουν και βρίσκεται σε υδραυλική επικοινωνία με τον Ασωπό ποταμό. Ο δεύτερος, και βαθύτερος, τροφοδοτείται κατά κύριο λόγο από τις παρυφές της Πάρνηθας που βρίσκονται στα ΒΑ. Ακόμα είναι σκόπιμο να αναφερθεί πως σε αποθέσεις κάτω από την κοίτη του Ασωπού αναπτύσσονται διάφοροι προσχωματικοί ελεύθεροι υδροφόροι εκατέρωθεν περιοχών όπως τα Οινόφυτα, ο Ωρωπός και Βαθέος-Φάρου Αυλίδας. Όσον αφορά την κίνηση των υδάτων στα καρστικά υδατικά φρεάτια έχουν χονδρικά κατεύθυνση από τα δυτικά προς τα βορειοανατολικά. Η κίνηση αυτή, και μάλιστα σε συνδυασμό με την υδραυλική επικοινωνία που έχουν αναπτύξει με τον κοκκώδη υδροφόρο, καθιστά εύστοχο τον χαρακτηρισμό του καρστικού ως υψηλής ρυπαντικής επιδεκτικότητας υδροφόρο που επηρεάζεται έντονα από τις διάφορες ρυπογόνες εστίες της λεκάνης του Ασωπού και της ευρύτερης περιοχής γενικότερα (ΤΕΕ 2009).



**Εικόνα 37.** Ροή των υπόγειων νερών στο υδροσύστημα της Β.Α. Πάρνηθας (Δούνας et al. 1978, Γιαννουλόπουλος 2008).



**Εικόνα 38.** Ροή του υπόγειου νερού στους καρστικούς υδροφόρους σχηματισμούς (Δούνας et al. 1978, Μόρφης 2005).

## 5.2 ΠΙΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

### 5.2.1 Πηγές Ρύπανσης

Οι πηγές ρύπανσης μιας περιοχής χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, ως προς τον τρόπο που ρυπαίνουν το περιβάλλον, με τις σημειακές να αποτελούν μεμονωμένα ρυπογόνα σημεία και τις διάχυτες να αποτελούν μία ολόκληρη έκταση που επιβαρύνει με ρύπους το περιβάλλον.

Σημειακές πηγές ρύπανσης θεωρούνται αυτές που επιβαρύνουν λόγω της ανεξέλεγκτης διάθεσης βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων είτε επιφανειακούς αποδέκτες, όπως ο Ασωπός, είτε υπόγειους αποδέκτες, όπως διάφορα υδροσημεία και ορύγματα.

Διάχυτες πηγές ρύπανσης θεωρούνται οι επιφανειακές απορροές των υδάτων, κατακρημνίσεων που αποπλένουν της γεωργικές καλλιέργειες της περιοχής, οι οποίες είναι επιβεβαρυσμένες με πλειάδα ρυπογόνων στοιχείων. Ειδικά ανάντη του ποταμού, η γεωργία γνωρίζει ιδιαίτερη ανάπτυξη, με αποτέλεσμα να τροφοδοτεί την κατάντη περιοχή με πλήθος ρυπογόνων στοιχείων.

Χαρακτηριστική πηγή διάχυτης ρύπανσης αποτελούν η φυσικής προέλευσης πηγές. Σύμφωνα με τη μελέτη του ΙΓΜΕ που πραγματοποιήθηκε το 2008 (Γιαννουλόπουλος 2008), επιβεβαιώνεται η ύπαρξη στην περιοχή κοιτασμάτων όπως σιδηρονικελιούχα και οφιόλιθοι, που ενοχοποιούνται ως φυσικές πηγές ρύπανσης χρωμίου. Τα κοιτάσματα αυτά συναντώνται στη στενή περιοχή της λεκάνης του Ασωπού, νότια της ορεινής Πάρνηθας και βόρεια του όρους Κτυπάς (Γιαννουλόπουλος 2008).

### 5.2.2 Βιομηχανική Δραστηριότητα

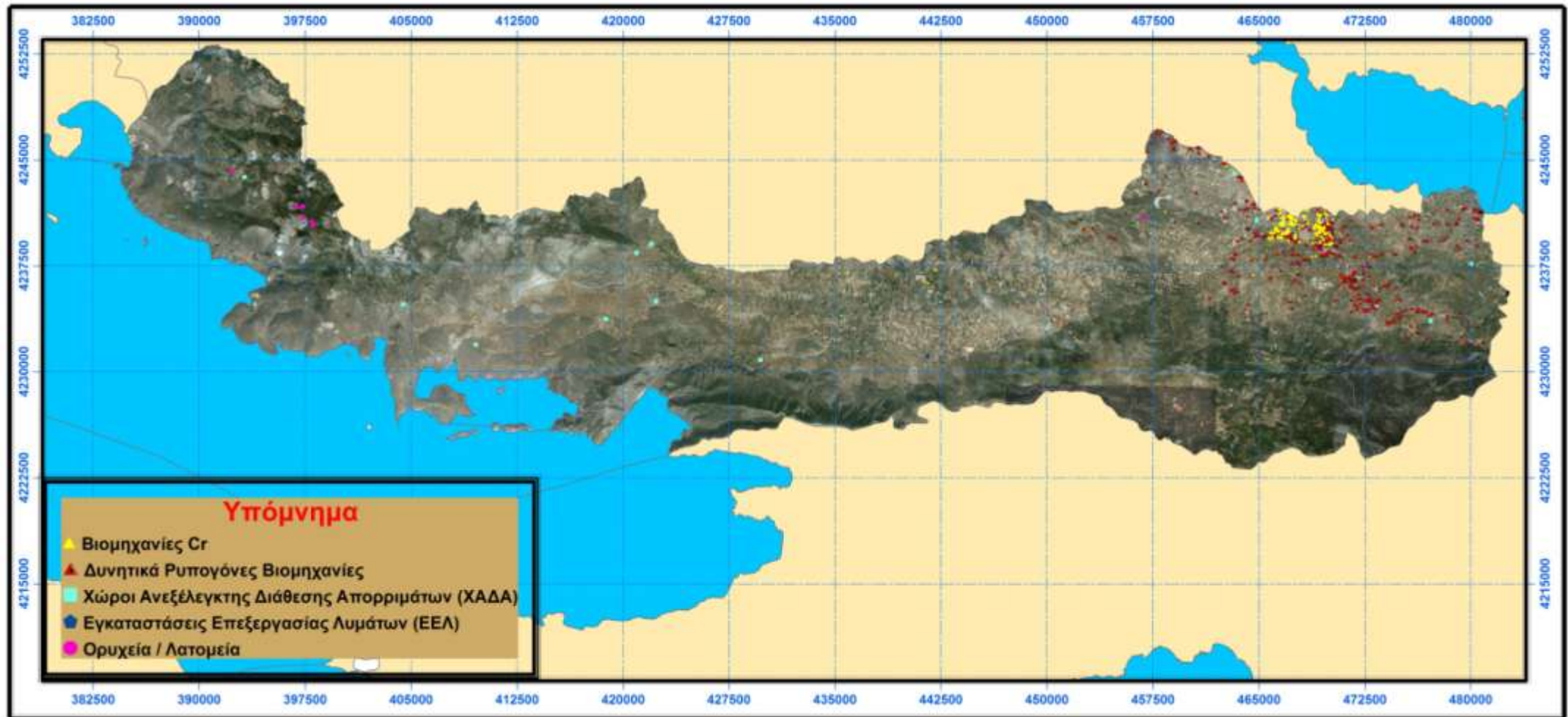
Οι πρώτες βιομηχανίες στην ευρύτερη περιοχή αρχίζουν να δημιουργούνται από το 1950. Η θέσπιση νόμων και οι αυστηρές απαγορεύσεις ίδρυσης ή επέκτασης βιομηχανιών μέσα στην Αττική, σε συνδυασμό με τη στρατηγική θέση της εξεταζόμενης περιοχής (δίπλα στο κεντρικό οδικό δίκτυο), ενίσχυσε την άναρχη εγκατάσταση βιομηχανιών. Ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων δεν περιελάμβανε καμία πρόβλεψη για την προστασία του περιβάλλοντος ή τη σωστή επεξεργασία και διάθεση των αποβλήτων τους. Έτσι, στη περιοχή φιλοξενείται μία πολύ μεγάλη βιομηχανική δραστηριότητα, τουλάχιστον συγκριτικά με τα δεδομένα της χώρας. Το αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης ήταν η ύπαρξη ενός μεγάλου αριθμού μη καταγεγραμμένων πηγών ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων αποδεκτών με αποτέλεσμα τη δημιουργία τεράστιων περιβαλλοντικών προβλημάτων (ΤΕΕ 2009).

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα, στην περιοχή καταγράφονται επίσημα 151 βιομηχανικές μονάδες που χρησιμοποιούν στην παραγωγική τους διαδικασία χρώμιο (Πίνακας 11) ή παράγουν απόβλητα χρωμίου και 385 δυνητικά ρυπογόνες βιομηχανίες. Η περιοχή διασχίζεται από το Εθνικό Σιδηροδρομικό Δίκτυο (γραμμές ΟΣΕ), το οποίο λόγω του περιδοτίτη στη βάση, μπορεί να θεωρηθεί πηγή ρύπανσης χρωμίου και να επιδεινώνει τη ποιότητα του υπόγειου νερού της περιοχής. Τέλος, στη λεκάνη του Ασωπού εντοπίζονται 12 Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων (ΧΑΔΑ), δύο Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) και επτά ενεργά Ορυχεία – Μεταλλεία (Εικόνα 39).

**Πίνακας 11.** Καταγεγραμμένες βιομηχανίες χρωμίου στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού.

<b>ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΛΑΔΟΣ</b>	<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ</b>
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	10
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΚΔΟΣΕΩΝ, ΕΚΤΥΠΩΣΕΩΝ, ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΡΟΕΓΓΕΓΡΑΜΜΕΝΩΝ ΜΕΣΩΝ ΕΓΓΡΑΦΗΣ ΗΧΟΥ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΑΣ	2
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΞΥΛΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΞΥΛΟ ΚΑΙ ΦΕΛΛΟ (ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΛΩΝ)	1
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΛΩΣΤΟΨΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	3
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΠΙΠΛΩΝ	2
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΛΕΚΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	1
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	18
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΔΩΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	5
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΩΛΗΝΩΝ	3
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥΒΛΩΝ, ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	1
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ, ΑΓΩΓΩΝ, ΚΟΙΛΩΝ ΕΙΔΩΝ ΜΕ ΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΗ ΜΟΡΦΗ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ	2
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΕΨΗ ΔΕΡΜΑΤΟΣ	2
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΕΨΗ ΔΕΡΜΑΤΟΣ, ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΒΑΦΗ ΓΟΥΝΑΡΙΚΩΝ	1
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΜΕΤΑΛΛΩΝ. ΓΕΝΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΟΥΝΤΑΙ ΕΝΑΝΤΙ ΑΜΟΙΒΗΣ Ή ΒΑΣΕΙ ΣΥΜΒΑΣΗΣ	1
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	4
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	40
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΜΗ ΣΙΔΗΡΟΥΧΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	5
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	1
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ	1
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥΧΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ	2
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΟΛΥΒΔΟΥ, ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ ΚΑΙ ΚΑΣΣΙΤΕΡΟΥ	1
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΤΟΜΕΙΣ	1
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	31
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΡΩΜΑΤΩΝ, ΒΕΡΝΙΚΙΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ, ΜΕΛΑΝΙΩΝ ΤΥΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΜΑΣΤΙΧΩΝ	2
ΠΡΟΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΝΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΦΑΝΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ	1
ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΚΛΩΣΤΟΨΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	6
ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	1
ΧΥΤΕΥΣΗ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	3
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>151</b>





Εικόνα 39. Είδη Πίεσεων στην Λεκάνη Απορροής του Ασωπού ποταμού



### 5.2.3 Ποιότητα Υπόγειου Νερού

Η ποιότητα του υπόγειου νερού της περιοχής έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών, λόγω της σημασίας του για τη τοπική κοινωνία. Το νερό αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα αγαθά για τον άνθρωπο και η διασφάλιση της ποιότητας του είναι απαραίτητη για την υγεία των κατοίκων, αλλά και για τη βιώσιμη ανάπτυξη της περιοχής. Βάσει των μελετών που αποκτήθηκαν, για το χαρακτηρισμό της ποιότητας του υπόγειου νερού της περιοχής, προέκυψε ένα πλήθος 138 μετρήσεων Cr(tot) και 143 μετρήσεων Cr(VI), οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από το 2007 έως το 2010. Μελετώντας τα εν λόγω δεδομένα, διαπιστώνεται η υφιστάμενη κατάσταση της ποιότητας του υπόγειου νερού στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά του δείγματος φαίνονται παρακάτω (Πίνακας 12).

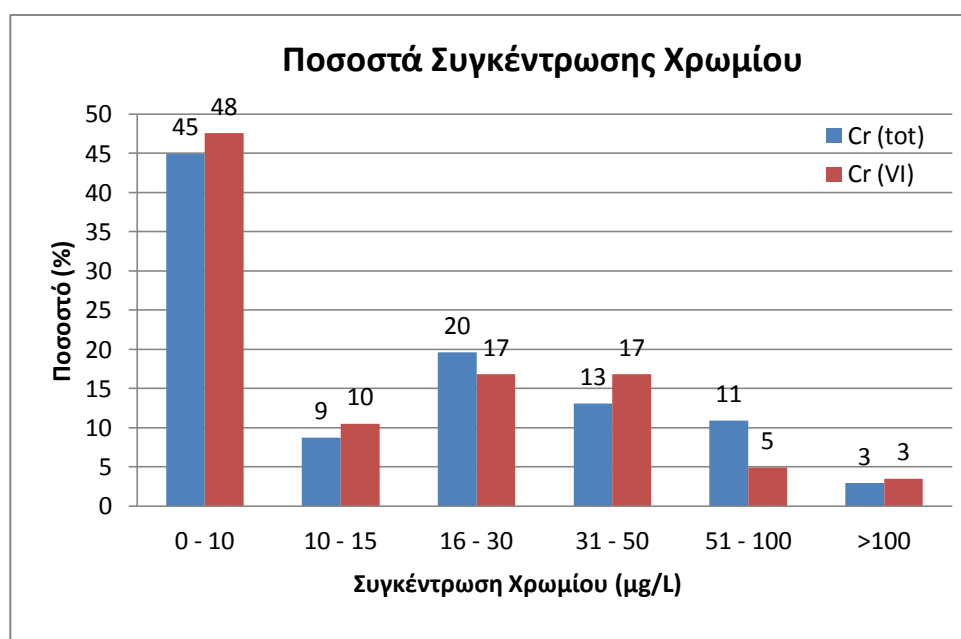
**Πίνακας 12.** Στατιστικά χαρακτηριστικά και Cr(tot) – Cr(VI) για τη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού.

<b>Στατιστικά</b>	<b>Cr(tot)</b>	<b>Cr(VI)</b>
Μέση Τιμή (μg/L)	23,22	20,92
Τυπική Απόκλιση (μg/L)	29,02	27,09
Συνηθέστερη Τιμή (μg/L)	<5	<10
Συντελεστής Μεταβλητότητας	1,25	1,30
Ελάχιστη Τιμή (μg/L)	0,01	0,01
Διάμεσος (μg/L)	13,01	11,69
Q1	<5	<10
Q2	13,01	11,69
Q3	31,89	30,75
Μέγιστη Τιμή (μg/L)	163,00	156,00
Εύρος (μg/L)	162,99	156,00
Q3-Q1	29,39	25,75
# Πλήθος	138	143

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, παρατηρούμε ότι η μέση τιμή που μετρήθηκε στην περιοχή είναι 23,22 μg/L και 20,92 μg/L για το Cr(tot) και το Cr(VI) αντίστοιχα. Δηλαδή, από το συνολικό χρώμιο που ανιχνεύεται το εξασθενές χρώμιο καταλαμβάνει ένα ποσοστό της τάξεως του 90%. Παρατηρούμε ότι και για τις δύο κατηγορίες τα δεδομένα έχουν μεγάλο εύρος με σημαντικό ποσοστό (14% και 8% για το Cr(tot) και το Cr(VI) αντίστοιχα) πάνω από το όριο ποσιμότητας (50 μg/L). Η τυπική απόκλιση του δείγματος επιβεβαιώνει τη μεγάλη διασπορά των τιμών γύρω από το μέσο όρο, με την ύπαρξη ακραίων τιμών να κυριαρχούν. Ως συνηθέστερη τιμή του δείγματος εμφανίζεται το όριο ανίχνευσης για την κάθε μέθοδο, όπως έχει οριστεί από τις πηγές των δεδομένων, με τις συγκεντρώσεις Cr(tot) και Cr(VI) στη συντριπτική τους πλειονότητα να είναι μικρότερες από 10 μg/L. Η ελάχιστη τιμή που παρατηρήθηκε είναι το 0,01 μg/L τόσο για το Cr(tot) όσο και για το Cr(VI), όπως μετρήθηκαν στην ερευνητική μελέτη των Moraetis et al. (2012). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον

παρουσιάζει η κατανομή των δεδομένων ανά τεταρτημόριο. Έτσι, έχουμε στο πρώτο τεταρτημόριο (το 25% των χαμηλότερων τιμών) να λαμβάνουν τιμές μέχρι το όριο ανίχνευσης. Στο δεύτερο τεταρτημόριο για το Cr(tot) και το Cr(VI), έχουμε αντίστοιχα, 13,01 και 11,69 μg/L. Στο τρίτο τεταρτημόριο οι τιμές φτάνουν μέχρι τα 31,89 μg/L και 30,75 μg/L για το Cr(tot) και το Cr(VI) αντίστοιχα. Αναλύοντας τις τιμές των στοιχείων ανά τεταρτημόριο, διαπιστώνουμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό είναι κάτω από το όριο ανίχνευσης της μεθόδου, ακολουθούν τιμές της δεύτερης κατηγορίας (10 - 15 μg/L) και ως το 75% των δεδομένων, οι μετρήσεις εντάσσονται στο τέλος της τρίτης κατηγορίας (16 - 30 μg/L). Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η πλειονότητα των τιμών είναι κάτω από το όριο ανίχνευσης, με πολύ μεγάλο ποσοστό δειγμάτων μέχρι το όριο ποσιμότητας (50 μg/L) και εμφάνιση ακραίων τιμών οι οποίες ανεβάζουν το μέσο όρο. Τέλος οι μέγιστες τιμές για το Cr(tot) και το Cr(VI) είναι τα 163 μg/L και 156 μg/L αντίστοιχα.

Αναλυτικότερα (Εικόνα 40) έχουμε το 45% και 48% για τις δύο κατηγορίες Cr(tot) – Cr(VI) αντίστοιχα που δεν ανιχνεύτηκε χρώμιο. Στη συνέχεια ένα ποσοστό της τάξεως των 10%, για έκαστη κατηγορία, ανιχνεύεται στο εύρος 10 έως 15 μg/L. Έπειτα στις δύο επόμενες κλίμακες (16 - 30 μg/L και 31 - 50 μg/L) συναντάμε για το Cr(tot) και το Cr(VI) τα ποσοστά 20% – 17% και 17% – 13% αντίστοιχα. Τέλος πάνω από το όριο ποσιμότητας του νερού (50 μg/L) για το Cr(tot) και για το Cr(VI), έχουμε το 14% και 8% αντίστοιχα, εκ των οποίων το 3 % για έκαστη ομάδα ξεπερνά το όριο των 100 μg/L.



**Εικόνα 40.** Ποσοστά συγκέντρωσής Cr(tot) – Cr(VI) για τη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη ποιότητα του υπόγειου νερού της λεκάνης του Ασωπού αποτελούν οι μετρήσεις σημαντικών ιόντων και μετάλλων, τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

- 1. Ασβέστιο**  
Το στοιχείο του Ασβεστίου (Ca) μετρήθηκε σε 126 υπόγεια υδροσημεία της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού. Στις περισσότερες από αυτές (97), η ανίχνευση του Ca ήταν κάτω από τα 100 mg/L, ενώ μόνο 7 από αυτές βρέθηκαν μεταξύ 150 mg/L και 200 mg/L. Τέλος, βρέθηκαν 3 γεωτρήσεις με τιμές υψηλότερες των 200 mg/L, οι οποίες εντοπίζονται κοντά στον Ωρωπό, στον Αυλώνα και τα Οινόφυτα.
- 2. Διαλυμένο Οξυγόνο**  
Τα επίπεδα του Διαλυμένου Οξυγόνου (DO) έχουν μετρηθεί σε δείγματα που ελήφθησαν από 74 γεωτρήσεις σε όλη την λεκάνη απορροής του Ασωπού, τα οποία βρίσκονται στο Νεοχωράκι και στον Ωρωπό (κοντά στις εκβολές του Ασωπού). Στην περιοχή Νεοχωράκι οι συγκεντρώσεις DO έχουν γενικά υψηλότερες τιμές, που κυμαίνονται μεταξύ 7 - 8 mg/L, ενώ χαμηλότερες ήταν οι τιμές στην περιοχή του Ωρωπού, οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 5 - 6 mg/L.
- 3. Σίδηρος**  
Ο σίδηρος (Fe) έχει μετρηθεί σε 132 δείγματα υπόγειου νερού, εκ των οποίων στα 54 βρέθηκε κάτω από το όριο ανίχνευσης της μεθόδου (100 μg/L). Το όριο ποσιμότητας βρίσκεται στα 200 μg/L και κάτω του ορίου ανιχνεύτηκε σε 64 υδροσημεία. Οι μέγιστη τιμή που καταγράφηκε είναι 2816 μg/L, ενώ υπάρχουν 5 ακόμα μεγαλύτερες του 2000 μg/L, καθώς και 16 από το σύνολο που ξεπερνούν το φράγμα των 1000 μg/L.
- 4. Νιτρικά**  
Τα Νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ) έχουν μετρηθεί σε 113 υδροσημεία, εκ των οποίων τα 41 έχουν συγκέντρωση κάτω από το όριο ανίχνευσης της μεθόδου (5 mg/L). Ωστόσο, σε 22 δείγματα, οι συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3^-$  βρέθηκαν υψηλότερα των 50 mg/L, το οποίο αποτελεί το όριο ποσιμότητας (Οδηγία 98/83/ΕΚ). Τέλος, τιμές υψηλότερες των 100 mg/L μετρήθηκαν σε μόλις 3 από το σύνολο. Γενικά, οι μεγαλύτερες τιμές  $\text{NO}_3^-$  εμφανίζονται στη βόρεια ανατολική λεκάνη του Ασωπού.
- 5. Νικέλιο**  
Το Νικελίου (Ni) στην περιοχή μελέτης, μετρήθηκε σε 142 υδροσημεία από τα οποία τα 96 έχουν συγκέντρωση του στοιχείου σε επίπεδα κάτω από το όριο ανίχνευσης (5 μg/L), σύμφωνα με τη μέθοδο που ακολουθήθηκε. Επίσης, Νικέλιο (Ni) μετρήθηκε με τιμές υψηλότερες των 20 μg/L (αλλά λιγότερο των 55 μg/L) σε 8 δείγματα κυρίως στη περιοχή της Τανάγρας και των Οινόφυτων.
- 6. Μαγνήσιο**  
Μετρήσεις μαγνησίου (Mg) έχουν γίνει σε 117 υδροσημεία στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού. Σε 71 δείγματα υπόγειου νερού το Mg ανιχνεύτηκε μεταξύ του εύρους 51 mg/L και 100 mg/L, ενώ σε 32 υδροσημεία μετρήθηκε Mg μεταξύ 26 mg/L και 50 mg/L. Μόνο σε 8 από το σύνολο των δειγμάτων, το Mg βρέθηκε κάτω από τα όρια των 25 mg/L και μόνο σε 9 δείγματα η ανίχνευσή του ήταν πάνω από το όριο των 100 mg/L. Γενικότερα, οι υψηλότερες τιμές του Mg

ανιχνεύτηκαν βόρεια της Τανάγρας, όπως επίσης και στην περιοχή των Οινοφύτων και του Ωρωπού.

#### 7. Ολικός Οργανικός Άνθρακας

Τα επίπεδα του Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC, total organic carbon) έχουν μετρηθεί σε 75 υδροσημεία στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού. Στην πλειοψηφία αυτών των δειγμάτων (49) τα επίπεδα του TOC βρέθηκαν στο εύρος των 0,3 mg/L έως 1,5 mg/L, ωστόσο σε 10 δείγματα, το TOC βρέθηκε κάτω από το όριο ανίχνευσης (0,3 mg/L) με βάση τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο. Η περιοχή του Νεοχωρακίου είναι αυτή, στην οποία τα επίπεδα του TOC έχουν τις υψηλότερες τιμές τους, ενώ στο ανατολικότερο τμήμα της λεκάνης τα επίπεδα του TOC είναι σαφώς πολύ χαμηλότερα.

### 5.3 Ανάλυση Σημαντικότερων περιοχών λεκάνης Ασωπού

Η λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Ασωπού, καταλαμβάνει συνολική έκταση 1360 km<sup>2</sup>, με αποτέλεσμα τα τοπικά χαρακτηριστικά των περιοχών να διαφοροποιούνται ως προς το σύνολο της λεκάνης. Αναλύοντας χωρικά τα δεδομένα, παρατηρείται ότι είναι δυνατή η ταξινόμησή τους σε μικρότερες περιοχές με κοινά χαρακτηριστικά ως προς τη γεωλογία, τις πηγές ρύπανσης αλλά και τις μετρήσεις ποιότητας του υπόγειου νερού. Οι περιοχές αυτές εντοπίζονται κοντά σε αστικά κέντρα της λεκάνης του Ασωπού ποταμού, μιας και οι ανθρωπογενείς πιέσεις (βιομηχανίες) αναπτύσσονται γύρω απ' αυτά αλλά και γιατί πλήθος μελετών εξέτασαν την ποιότητα του υπόγειου νερού στις περιοχές αυτές. Με την ομαδοποίηση των δεδομένων προέκυψαν πέντε περιοχές με ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς τα χαρακτηριστικά τους. Οι περιοχές αυτές είναι: τα Οινόφυτα, ο Αυλώνας, ο Άγιος Θωμάς, ο Ωρωπός και το Νεοχωράκι, οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

#### 5.3.1 Περιοχή Οινοφύτων

Τα Οινόφυτα είναι κωμόπολη του νομού Βοιωτίας και δημοτικό διαμέρισμα του Δήμου Τανάγρας, ενώ ο πληθυσμός τους, σύμφωνα με την απογραφή του 2001, αγγίζει τους 3.137 κατοίκους. Βρίσκονται στα νότια του νομού, στην κοιλάδα του Ασωπού ποταμού σε υψόμετρο 110 μέτρων. Εντοπίζονται στο βόρειο ανατολικό κομμάτι της λεκάνης, οριοθετούνται νότια από τον ποταμό Ασωπό, ενώ βρίσκεται νοτιοανατολικά της Οινόης, νότια της Πλάκας – Δήλεσι και δυτικότερα σε σχέση με το Νέο Συκάμινο (Εικόνα 41).



Εικόνα 41. Περιοχή Οινόφυτων.

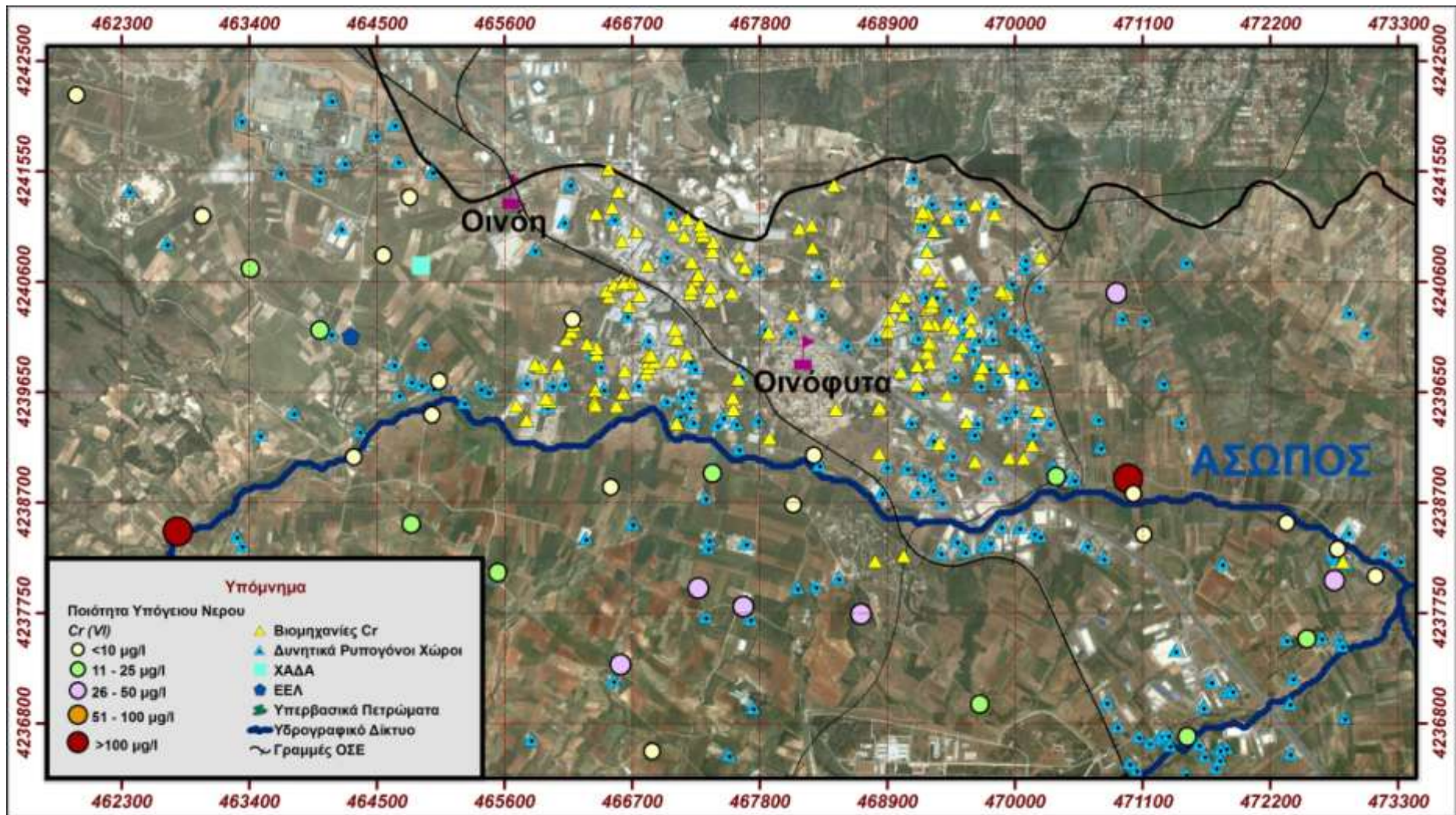
Η εν λόγω περιοχή απαρτίζεται κατά κύριο λόγο από επτα επιφανειακούς γεωλογικούς σχηματισμούς (Χάρτης 2, Παράρτημα Β), που την καλύπτουν στο σύνολό της. Ο γεωλογικός σχηματισμός που κυριαρχεί είναι οι ποταμοχερσαίες αποθέσεις που ανήκουν στο Νεογενές και ηλικιακά εντάσσονται στο Ανώτερο Μειόκενο. Καταλαμβάνουν ολόκληρη την περιοχή κατά μήκος του Ευβοϊκού από την Παραλία Αυλίδος και συνεχίζονται προς τα ανατολικά, στην περιοχή του Ωρωπού Μαρκόπουλου. Ένα κομμάτι της περιοχής καλύπτεται από μάργες, αργίλους, πηλούς, κροκάλες και άμμο. Καταλαμβάνουν το κεντρικό τμήμα της νεογενούς λεκάνης, καλύπτοντας μεγάλη έκταση της περιοχής, ενώ έχουν μεγάλο πάχος και ποικίλη λιθολογική σύσταση. Μεγάλο μέρος της περιοχής καλύπτεται από ασβεστολίθους, δολομιτικούς ασβεστολίθους και δολομίτες, της Πελαγονικής ζώνης που ηλικιακά εντάσσονται στο Μέσο Τριαδικό – Μέσο Λιάσιο. Εμφανίζονται από τεφροί έως λευκότεφροι, ως προς το πάχος των στρώσεών τους χαρακτηρίζονται μέσο – έως παχυστρωματώδεις, κατά θέσεις άστρωτοι, ενώ συνήθως συναντώνται ως μικροκρυσταλλικοί και έντονα τεκτονισμένοι. Κοντά στον Ασωπό εντοπίζονται ασύνδετα αργιλοαμμώδη και χαλικομιγή καστανόχρωμα υλικά, που εντάσσονται στο Τεταρτογενές (Ολόκαινο) και προέρχονται από την αποσάθρωση και εξαλλοίωση των γύρω σχηματισμών. Τέλος, σε μικρότερη ποσότητα γύρω από τη κοίτη του ποταμού συναντώνται αλλουβιακές αποθέσεις, οι οποίες εντάσσονται στο Τεταρτογενές (Ολόκαινο) και αποτελούνται από ασύνδετα αργιλοαμμώδη υλικά με διάσπαρτες κροκαλοατύπες, καθώς και υλικά χειμάρριων αναβαθμίδων, τα οποία καταλαμβάνουν μικρό ύψος.

Στην Εικόνα 42, παρουσιάζεται χάρτης των Οινόφυτων, στον οποίο απεικονίζεται η άμεση περιοχή γύρω από τη πόλη, αλλά αποτυπώνεται και η ευρύτερη περιοχή με συνολική έκταση 82.7 km<sup>2</sup>. Η άμεση περιοχή που βρίσκεται κατά κύριο λόγο πάνω

από τη ροή του Ασωπού ποταμού έχει έκταση περί των 17.5 km<sup>2</sup> και μπορεί να διακριθεί σε 2 υπό-περιοχές, ανατολικά και δυτικά της πόλης των Οиноφύτων. Στην ανατολική περιοχή στεγάζονται 54 βιομηχανίες, οι οποίες χρησιμοποιούν στη παραγωγική τους διαδικασία χρώμιο είτε παράγουν απόβλητα με χρώμιο. Επίσης, στην ίδια περιοχή ανιχνεύτηκαν 84 χώροι που δυνητικά μπορεί να αποτελούν πηγή ρύπανσης για την περιοχή. Στην εν λόγω περιοχή βρίσκονται 5 υδροσημεία με μετρήσεις Cr(VI), εκ των οποίων τα 2 είναι κάτω από το όριο ανίχνευσης της μεθόδου (<10 μg/L), το ένα έχει συγκέντρωση στα 13 μg/L, ένα στα 35 μg/L και μόνο ένα βρέθηκε με υψηλότερη συγκέντρωση από το όριο ποσιμότητας με τιμή στα 104 μg/L. Τα υδροσημεία όπου ανιχνεύτηκαν οι τιμές των 13 μg/L και 35 μg/L Cr(VI) βρέθηκαν λίγο έξω από τα όρια της βιομηχανικής περιοχής ενώ εδράζονται σε αλλουβιακές αποθέσεις και σε αργίλους – άμμους της περιοχής Οиноφύτων και Σχηματαρίου αντίστοιχα. Το υδροσημείο με την υψηλότερη μέτρηση (104 μg/L) απέχει από το κέντρο των Οиноφύτων 3 km και εντοπίζεται έξω από την άμεση βιομηχανική περιοχή, σε απόσταση 250 m βόρεια του Ασωπού ποταμού, ενώ εδράζεται σε αλλουβιακές αποθέσεις. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι σε διπλανό υδροσημείο, σε σχέση με αυτό όπου ανιχνεύτηκε η μέγιστη τιμή χρωμίου, δεν ανιχνεύτηκε η ύπαρξη χρωμίου, παρά το ότι και οι δύο δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν την ίδια ημερομηνία.

Στην δυτική περιοχή είναι καταγεγραμμένες 76 βιομηχανίες, οι οποίες χρησιμοποιούν στην παραγωγική τους διαδικασία χρώμιο είτε παράγουν απόβλητα χρωμίου, εντοπίστηκαν 46 περιοχές που δυνητικά μπορεί να επιβαρύνουν την περιοχή και ένας ΧΑΔΑ. Η ποιότητα του υπόγειου νερού μπορεί να εξεταστεί από 9 υδροσημεία με μετρήσεις Cr(VI) που απαντώνται στη περιοχή. Σε 8 υδροσημεία, το Cr(VI) βρέθηκε κάτω από το όριο ανίχνευσης της μεθόδου (<10 μg/L), ενώ στο τελευταίο ανιχνεύτηκε 11 μg/L Cr(VI). Όλα τα υδροσημεία βρίσκονται γύρω από τη βιομηχανική περιοχή, με το μοναδικό υδροσημείο στο οποίο ανιχνεύτηκε χρώμιο να βρίσκεται 200 m νότια του Ασωπού ποταμού. Το εν λόγω υδροσημείο εδράζεται σε αλλουβιακές αποθέσεις, όπως και τέσσερα ακόμα υδροσημεία, τα οποία εντοπίζονται κοντά στον Ασωπό ποταμό, ενώ τα υπόλοιπα 4 ανήκουν σε αργίλους – άμμους της περιοχής Οиноφύτων – Σχηματαρίου (Εικόνα 42).



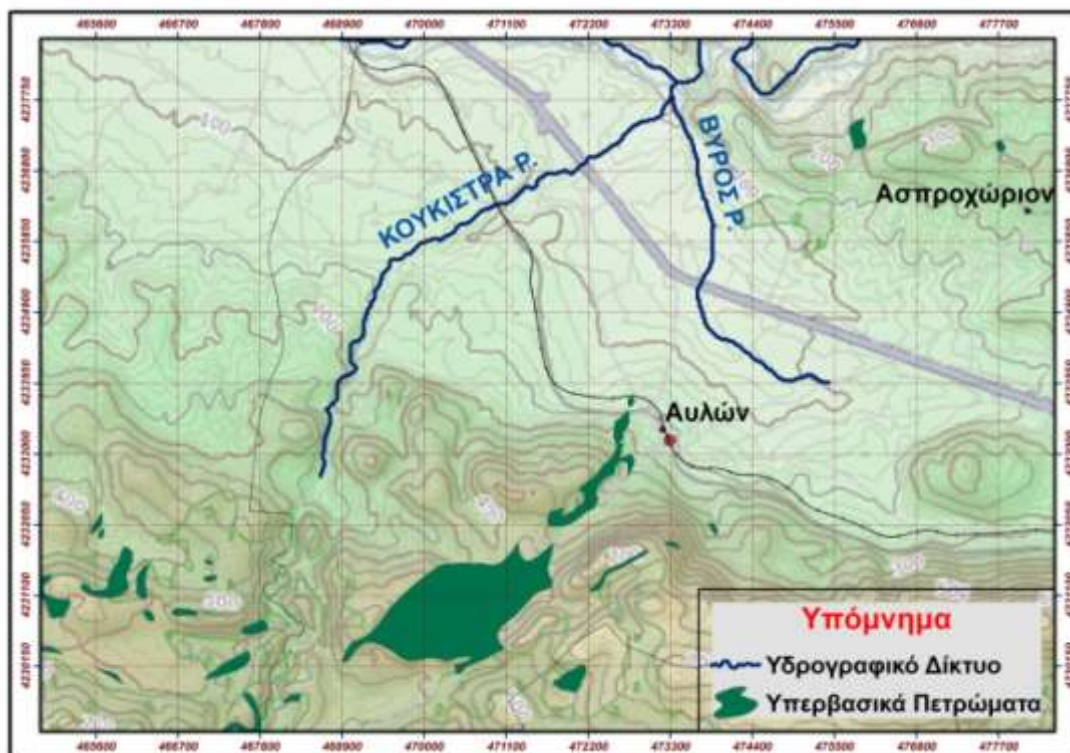


Εικόνα 42. Ποιότητα υπόγειου νερού και ανθρωπογενείς πιέσεις περιοχής Οινόφυτων.



### 5.3.2 Περιοχή Αυλώνας

Ο Αυλώνας είναι κωμόπολη της Βορείου Αττικής, διοικητικά ανήκει στο Δήμο Ωρωπού, ενώ μέχρι το τέλος του 2010 αποτελούσε έδρα του ομώνυμου δήμου. Ο πληθυσμός της, σύμφωνα με την απογραφή του 2001, αγγίζει τους 5184 κατοίκους. Είναι κτισμένη σε υψόμετρο 170 m. σε αμφιθεατρική θέση στις βόρειες πλαγιές της Πάρνηθας, στα ιστορικά όρια της άλλοτε Αττικοβοιωτίας και σε απόσταση 50 km. από την Αθήνα. Εντοπίζεται νοτιότερα από τον Ασωπό ποταμό, καθώς επίσης και από τις πόλεις του Ωρωπού, του Αγίου Θωμά και των Οινόφυτων (Εικόνα 43).



Εικόνα 43. Περιοχή Αυλώνας.

Η εν λόγω περιοχή απαρτίζεται κατά κύριο λόγο από τους παρακάτω επιφανειακούς σχηματισμούς (Χάρτης 3, Παράρτημα Β), ομαδοποιημένοι ως προς τη ζώνη στην οποία ανήκουν:

#### 1. ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

Στο Ολόκαινο συναντάμε αλλουβιακές αποθέσεις, οι οποίες αποτελούνται από ασύνδετα αργιλοαμμώδη υλικά με διάσπαρτες κροκαλολατύπες, καθώς και υλικά χειμάρριων αναβαθμιδών, μικρού ύψους. Στην κατηγορία του Πλειστόκαινου έχουμε την εμφάνιση των παλαιών πλευρικών κορημάτων και κώνους κορημάτων, που αποτελούνται από λατύπες διατεταγμένες σε λεπτές στρώσεις, ελαφρά συγκολλημένες στα ανώτερα μέλη τους και ισχυρά στα κατώτερα. Στη συνέχεια συναντάμε ποταμοχερσαίες αποθέσεις, οι οποίες καταλαμβάνουν ολόκληρη την περιοχή κατά μήκος του Ευβοϊκού από την Παραλία Αυλίδος και συνεχίζονται προς τα ανατολικά, στην περιοχή του Ωρωπού Μαρκόπουλου. Επίσης, σημαντική εμφάνιση υπάρχει από ριπίδια χειμάρρων, κώνοι κορημάτων, πλευρικά κορήματα και προσχωσιγενή υλικά

κοιλιάδων, τα οποία αποτελούνται από λατυποκροκάλες ποικίλου μεγέθους κυρίως ασβεστολιθικές.

## 2. ΝΕΟΓΕΝΕΣ

Στο Ανώτερο Μειόκαινο συναντάμε τους πέντε παρακάτω σχηματισμούς. Αρχικά εντοπίζονται οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και τραβερτίνες, σε μορφή συνήθως φακοειδών ενστρώσεων αλλά και εκτεταμένων οριζόντων, πάχους από λίγα έως και περισσότερα από 100 m. Στη συνέχεια οι μάργες της Συκαμίνου, όπου τα βαθύτερα μέλη αποτελούνται από λευκές τεφρόλευκες, υποκίτρινες εύθρυπτες έως πολύ σκληρές μάργες, ενώ προς τα πάνω μεταβαίνουν σε μαργαϊκά υλικά που φέρουν διαστρώσεις από φυλλώδεις μάργες. Επίσης, έχουμε εμφανίσεις από μάργες, άργιλους, πηλούς, κροκάλες, άμμους της περιοχής Σχηματαρίου – Οινοφύτων, όπου καταλαμβάνουν το κεντρικό τμήμα της νεογενούς λεκάνης, καλύπτουν πολύ μεγάλη έκταση, έχουν μεγάλο πάχος και ποικίλη λιθολογική σύσταση. Εμφανείς είναι οι σχηματισμοί που στη βάση τους αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα λιμναίας φάσης, μαργών, αργίλων και ψαμμιτών με παρεμβολές κροκαλοπαγών. Η κατηγορία ολοκληρώνεται με τα κροκαλοπαγή Μαρκόπουλου – Ωρωπού, που αποτελούνται κατά κανόνα από κροκαλοπαγή με συνδετικό υλικό ψαμμιτικό και κροκάλες ποικίλης λιθολογικής σύστασης.

## 3. ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ

Σε αυτή τη ζώνη εντάσσονται αρκετοί σχηματισμοί που εντοπίζονται σε διαφορετικές ηλικιακές αποθέσεις. Αρχικά εμφανίζεται ο Φλύσχης και εναλλαγές αργιλικών σχιστολιθικών και ψαμμιτών με ενστρώσεις ψαμμούχων ασβεστόλιθων, μικρού πάχους, οι οποίοι ανήκουν στο Παλιόκαινο. Στο Κενομάνιο – Μαϊστρίχιο εντοπίζονται οι ανωκρητιδικοί επικλυσιογενείς ασβεστόλιθοι, που διακρίνονται στο ανώτερο τμήμα (λεπτό – έως μεσοστρωματώδεις) και στο κατώτερο (μέσο έως παχυστρωματώδεις) και τα σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα, φακοειδούς – στρωματοειδούς μορφής που υπέρκεινται ασύμφωνα των προανωκρητιδικών ασβεστόλιθων και υπόκεινται σύμφωνα των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων. Στο Μέσο Τριασικό – Κατώτερο Ιουρασικό (Μέσο Λιάσιο) συναντάμε ασβεστόλιθους, δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες, οι οποίοι εμφανίζονται από τεφροί έως λευκότεφροι, μέσο – έως παχυστρωματώδεις, κατά θέσεις άστρωτοι, συνήθως μικροκρυσταλλικοί και έντονα τεκτονισμένοι. Επίσης στην ίδια κατηγορία ανήκουν σειρές εναλλασσόμενων αργιλοψαμμιτικών πετρωμάτων, όπου στο ανώτερο τμήμα αποτελείται από βασικά ηφαιστειακά πετρώματα ποικίλου πάχους, ενώ στο κατώτερο από εναλλασσόμενους αργίλους. Στο Ανώτερο Ιουρασικό – Κατώτερο Κρητιδικό εντοπίζονται σειρά υπερβασικών σχηματισμών, οι οποίοι πρόκειται για οφιολίθους (σερπεντινωμένοι περιδοτίτες) πράσινοι–μηλοπράσινοι–γαλαζοπράσινοι, με ισχυρή σχιστοποίηση και έντονη λατεριτική αποσάθρωση. Οι οφιόλιθοι με τους υπερκείμενους κενομάνιους – τουρώνιους ασβεστόλιθους και τα μεταξύ τους περικλειόμενα σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα επικάθονται τεκτονικά σε ανωκρητιδικούς σχηματισμούς της αυτόχθονης σειράς.

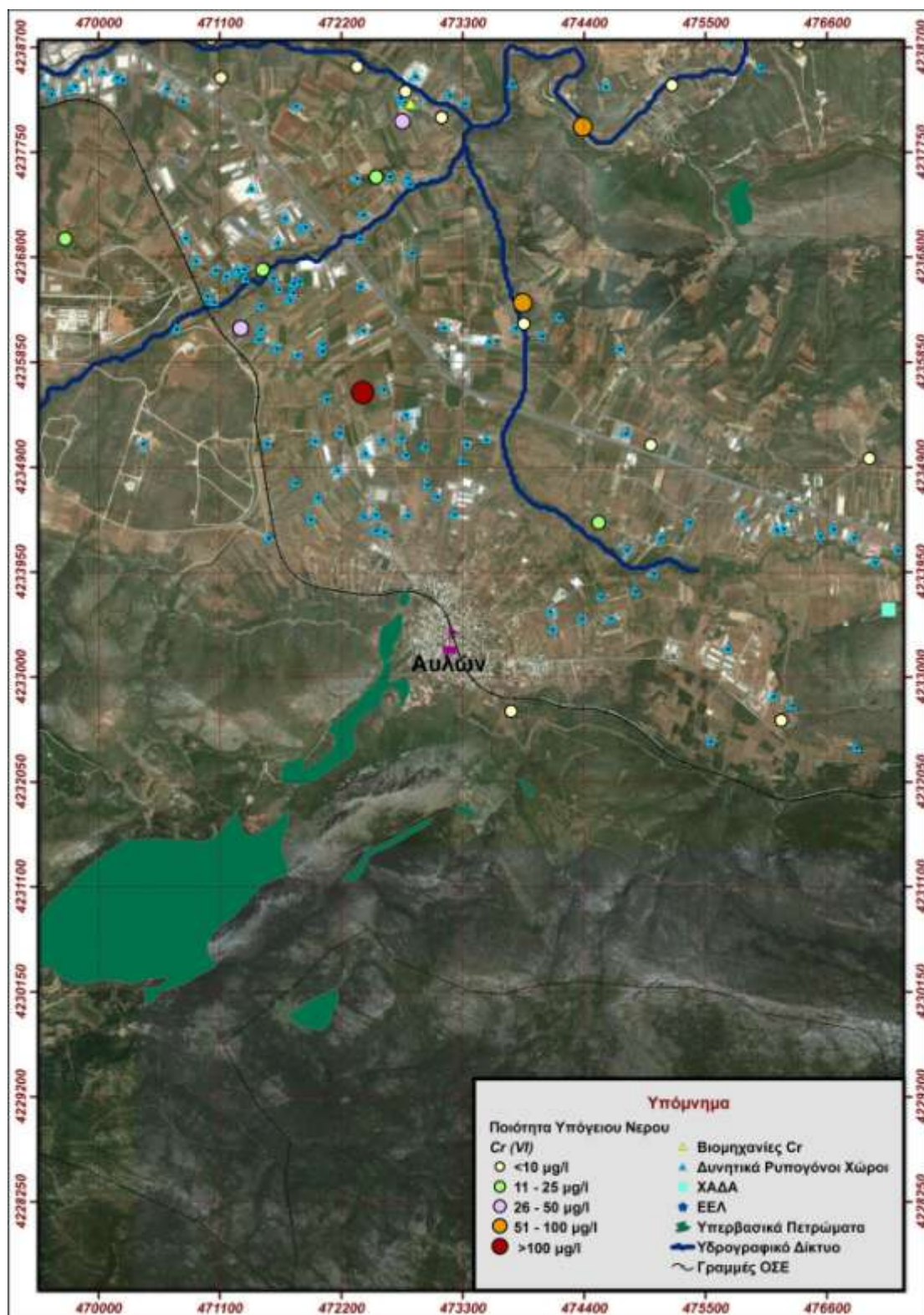
Στην Εικόνα 44, παρουσιάζεται ο χάρτης του Αυλώνα, ο οποίος αποτυπώνει την εν λόγω περιοχή δίνοντας έμφαση στις βιομηχανικές μονάδες που εντοπίζονται βόρεια και ανατολικά της, με συνολικό εμβαδό που αγγίζει τα 70 km<sup>2</sup>.

Ανατολικά της πόλης ανιχνεύτηκαν 28 τοποθεσίες, οι οποίες μπορεί να συνδέονται με δυνητική επιβάρυνση χρωμίου στα υπόγεια νερά της ευρύτερης περιοχής, καθώς και ένας ΧΑΔΑ. Χαρακτηριστικό της περιοχής είναι ότι δεν υπάρχει κάποια καταγεγραμμένη βιομηχανία, η οποία να χρησιμοποιεί στις παραγωγικές της διαδικασίες χρώμιο ή να παράγει απόβλητα χρωμίου. Στην περιοχή ανήκουν 6 υδροσημεία με μετρήσεις Cr(VI), εκ των οποίων τα 5 έχουν συγκεντρώσεις χρωμίου κάτω από το όριο ανίχνευσης, ενώ στο τελευταίο η ανίχνευση Cr(VI) έφτασε στα 19 μg/L. Οι παραπάνω γεωτρήσεις εμφανίζονται σε κώνους κορημάτων και αλλουβιακές αποθέσεις, ενώ το υδροσημείο με ανίχνευση χρωμίου 19 μg/L εντοπίζεται σε ποταμοχερσαίες αποθέσεις.

Στην περιοχή βόρεια της Αυλώνας συναντάμε μόνο μία καταγεγραμμένη βιομηχανία, η οποία χρησιμοποιεί στην παραγωγική της διαδικασία χρώμιο ή παράγει απόβλητα με χρώμιο και 75 περιοχές που δυνητικά μπορεί να επιβαρύνουν τα επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα της περιοχής. Στην περιοχή αυτή 13 υδροσημεία με μετρήσεις Cr(VI) συνθέτουν την ποιότητα των υπόγειων υδάτων, εκ των οποίων στα 7 απ' αυτά το Cr(VI) είναι κάτω από το όριο ανίχνευσης (<10 μg/L). Στη συνέχεια 4 μετρήσεις βρέθηκαν κάτω από το όριο ποσिमότητας (<50 μg/L, με τιμές 12 μg/L, 19 μg/L, 25 μg/L και 46 μg/L). Τέλος υπάρχει μια μέτρηση στα 54 μg/L και μία στα 106 μg/L. Τα υδροσημεία στα οποία δεν ανιχνεύτηκε χρώμιο εντοπίζονται στο βορειότερο κομμάτι, με κάποια εκ των οποίων να ανήκουν στα όρια που εμφανίζονται αρκετές βιομηχανίες και άλλα να είναι εντελώς εκτός επιρροής ανθρωπογενών πιέσεων. Το γεωλογικό υπόβαθρο, των υδροσημείων στα οποία δεν ανιχνεύτηκε χρώμιο, είναι ποταμοχερσαίες αποθέσεις και άργιλοι – μάργες. Οι επόμενες 4 μετρήσεις βρέθηκαν κοντά στον ποταμό Ασωπό, ενώ κατά βάση εδράζονται σε ποταμοχερσαίες αποθέσεις. Η μεγάλη τιμή εξασθενούς χρωμίου εντοπίστηκε στα 2,5 km βόρεια του Αυλώνα, περίπου στο κέντρο από τη περιοχή των δυνητικά ρυπογόνων βιομηχανιών που εδράζονται σε ποταμοχερσαίες αποθέσεις.

Χαρακτηριστική είναι η ύπαρξη υπερβασικών πετρωμάτων στη περιοχή, στο νότιο κομμάτι και σε υψόμετρο περί 400 m. Με βάση το υδρογραφικό δίκτυο φαίνονται αρκετοί παραπόταμοι του Ασωπού να πηγάζουν κοντά στα υπερβασικά πετρώματα και να διασχίζουν όλη τη περιοχή του Αυλώνα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανίχνευση χρωμίου στα υδροσημεία κατάντη των υπερβασικών πετρωμάτων, που ανήκουν σε ποταμοχερσαίες αποθέσεις. Επίσης, υπερβασικά πετρώματα εμφανίζονται και στη κοιλάδα του Ασωπού βορειότερα του Αυλώνα.

Τέλος, διαπιστώνουμε ότι η περιοχή του Αυλώνα συγκεντρώνει όλα τα στοιχεία για παρουσία γηγενούς χρωμίου, τόσο από άποψη γεωλογίας – μορφολογίας, όσο και ομοιότητας με τις υπόλοιπες περιοχές γηγενούς χρωμίου της Ελλάδας.

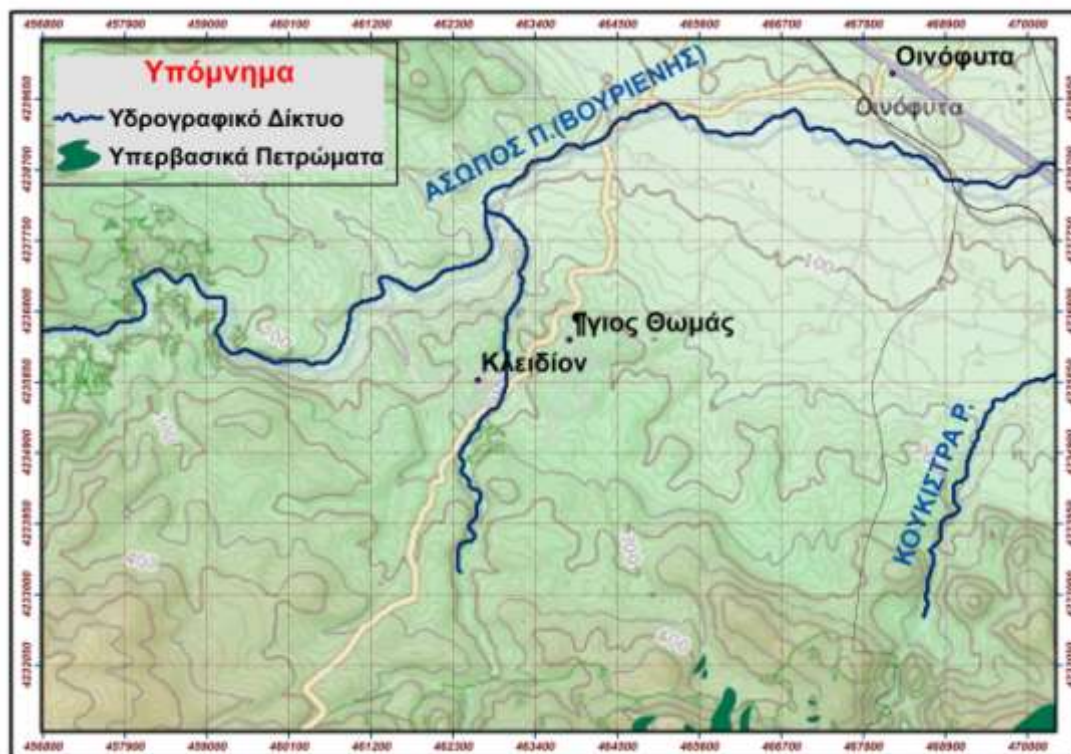


Εικόνα 44. Ποιότητα υπόγειου νερού και ανθρωπογενείς πιέσεις περιοχής Αυλώνα.



### 5.3.3 Περιοχή Αγίου Θωμά

Ο Άγιος Θωμάς είναι χωριό (μεγάλος οικισμός) στο νομό Βοιωτίας και τοπική κοινότητα του Καλλικρατικού δήμου Τανάγρας από το 2011, ενώ ο πληθυσμός του, σύμφωνα με την απογραφή του 2001, αγγίζει τους 1476 κατοίκους. Το χωριό απέχει από την Αθήνα 70 km, ενώ εντοπίζεται νοτιοδυτικά των Οινόφυτων, βορειοδυτικά του Αυλώνα και νότια του Ασωπού ποταμού (Εικόνα 45).



Εικόνα 45. Περιοχή Αγίου Θωμά.

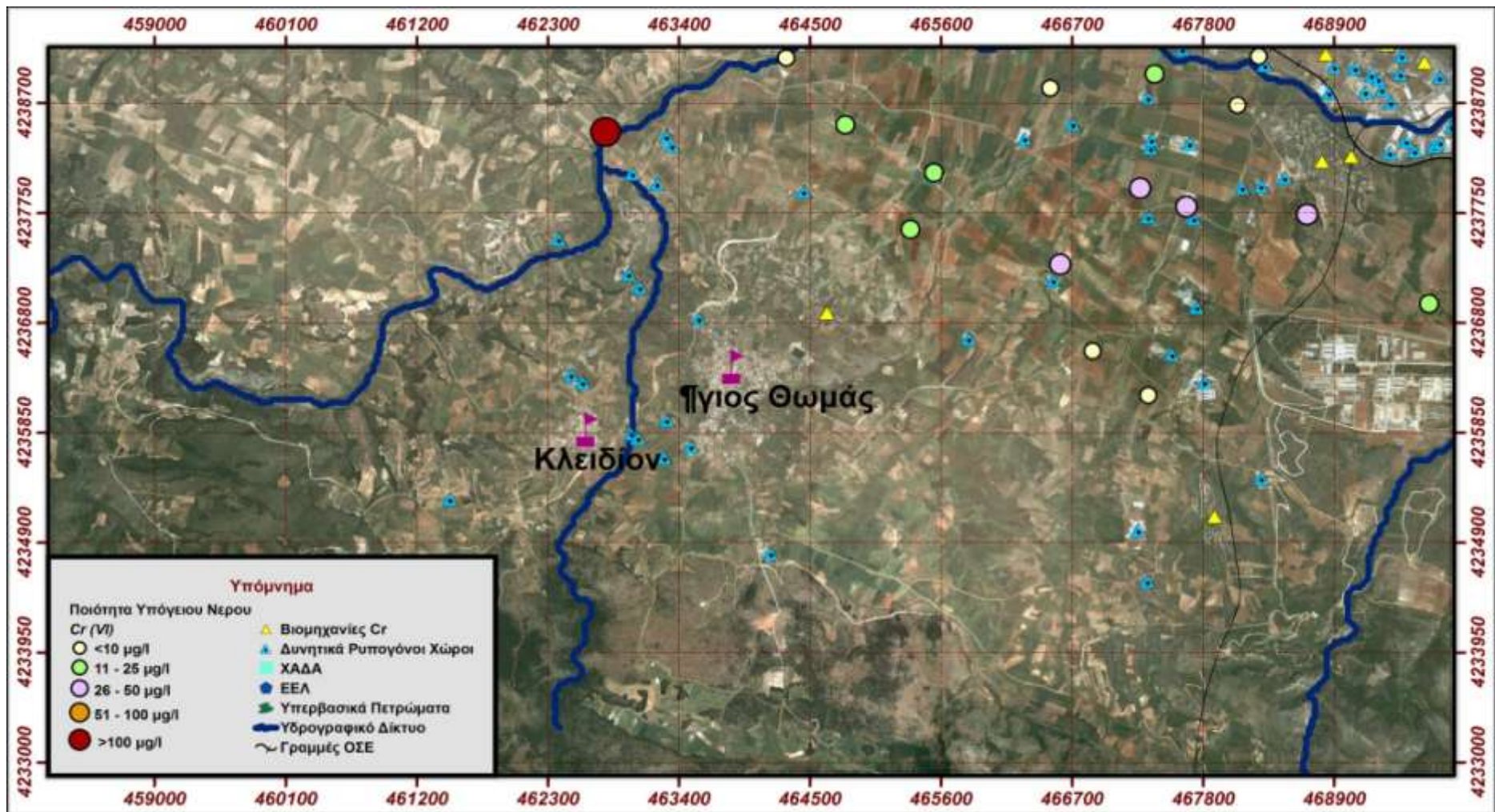
Η γεωλογική σύνθεση της περιοχής (Χάρτης 4, Παράρτημα Β) προκύπτει από τους ακόλουθους επιφανειακούς σχηματισμούς. Το μεγαλύτερο μέρος καλύπτεται από ποταμοχερσαίες αποθέσεις που ανήκουν στο Νεογενές και ηλικιακά εντάσσονται στο Ανώτερο Μειόκαινο. Οι περιοχές αυτές καταλαμβάνουν ολόκληρη την περιοχή κατά μήκος του Ευβοϊκού από την Παραλία Αυλίδος και συνεχίζονται προς τα ανατολικά, στην περιοχή του Ωρωπού - Μαρκόπουλου. Σημαντική εμφάνιση ασβεστόλιθων, δολομιτικών ασβεστόλιθων και δολομιτών της Πελαγονικής ζώνης, οι οποίοι ηλικιακά εντάσσονται στο Μέσο Τριαδικό – Μέσο Λιάσιο εντοπίζονται στην ευρύτερη περιοχή. Εμφανίζονται από τεφροί έως λευκότεφροι, μέσο – έως παχυστρωματώδεις, κατά θέσεις άστρωτοι, συνήθως μικροκρυσταλλικοί και έντονα τεκτονισμένοι. Επίσης, μεγάλο μέρος καλύπτεται από αργίλους, πηλούς, αμμούχες μάργες ανατολικά της Ασωπίας, που ανήκουν στο Νεογενές και ηλικιακά εντάσσονται στο Ανώτερο Μειόκαινο. Αποτελούνται από εναλλαγές αυτών και το χρώμα τους είναι ανοικτό καστανό. Επίσης εμφανίζονται αλλουβιακές αποθέσεις, οι οποίες εντάσσονται στο Τεταρτογενές (Ολόκαινο) και αποτελούνται από ασύνδετα αργιλοαμμώδη υλικά με διάσπαρτες κροκαλολατύπες, καθώς και υλικά χειμάρριων αναβαθμίδων, μικρού ύψους. Στη συνέχεια εμφανίζονται μάργες, άργιλοι, πηλοί, κροκάλες, άμμοι της περιοχής Σχηματαρίου – Οινόφυτων, που ανήκουν στο Νεογενές και ηλικιακά εντάσσονται στο Ανώτερο Μειόκαινο. Καταλαμβάνουν το κεντρικό τμήμα της

νεογενούς λεκάνης, καλύπτουν πολύ μεγάλη έκταση, έχουν μεγάλο πάχος και ποικίλη λιθολογική σύσταση. Ένα μικρό μέρος καλύπτεται από παλαιά πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων, που ανήκουν στο Τεταρτογενές και ηλικιακά εντάσσονται στο Ολόκαινο. Αποτελούνται από λατύπες διατεταγμένες σε λεπτές στρώσεις, ελαφρά συγκολλημένες στα ανώτερα μέλη τους και ισχυρά στα κατώτερα. Τέλος, εξίσου σημαντική είναι η εμφάνιση οφιολιθικών πετρωμάτων, της Πελαγονικής ζώνης και ηλικιακής τεκτονικής τοποθέτησης στο τέλος Ανωϊουρασικού-αρχές Κατώτερου Κρητιδικού. Πρόκειται για περιδοτίτες, επωθημένοι πάνω στους ασβεστόλιθους - δολομίτες της περιοχής. Εμφανίζουν διαφορετικό βαθμό σερπεντινίωσης και αποσάθρωσης από θέση σε θέση.

Η Εικόνα 46 παρουσιάζει χάρτη του Αγίου Θωμά, ο οποίος αποτυπώνει την περιοχή γύρω από τη πόλη και ένα μεγάλο κομμάτι των Οινοφύτων (πάνω δεξιά – περιοχή πάνω από τον Ασωπό). Η άμεση περιοχή ενδιαφέροντος γύρω από τη πόλη αγγίζει τα 30 km<sup>2</sup>.

Οι πιέσεις καλύπτουν όλη τη περιοχή και είναι διάσπαρτες σε όλη την έκταση της, ενώ κυριαρχούν οι χώροι που χαρακτηρίστηκαν ως δυνητικά ρυπογόνοι. Συγκεκριμένα, στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν 3 καταγεγραμμένες βιομηχανίες, οι οποίες χρησιμοποιούν στη παραγωγική τους διαδικασία χρώμιο ή παράγουν απόβλητα χρωμίου και 37 βιομηχανίες που δυνητικά μπορεί να ρυπάνουν τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα της περιοχής.

Για το χαρακτηρισμό της ποιότητας των υπογείων υδάτων διατίθεται ένα πλήθος 13 υδροσημείων με μετρήσεις Cr(VI). Στα 4 από αυτά έχουν μετρηθεί συγκεντρώσεις χρωμίου κάτω από το όριο ανίχνευσης και εντοπίζονται στη κοίτη του ποταμού Ασωπού, ενώ εδράζονται σε αλλουβιακές αποθέσεις και κώνους κορημάτων. Υπάρχουν 5 υδροσημεία με συγκέντρωση έως 25 μg/L (10 μg/L, 11 μg/L, 14 μg/L, 14 μg/L και 18 μg/L), δύο από τα οποία εντοπίζονται ανατολικά του Αγίου Θωμά και εδράζονται σε ποταμοχερσαίες αποθέσεις, ενώ τα υπόλοιπα 3 βρίσκονται στο βόρειο κομμάτι και εμφανίζονται σε αλλουβιακές αποθέσεις και κώνους κορημάτων. Στην επόμενη κατηγορία (25 – 50 μg/L) ανήκουν 3 μετρήσεις (με τιμές 27 μg/L, 43 μg/L, 48 μg/L), οι οποίες εμφανίζονται 3,5 km βορειοανατολικά του Αγίου Θωμά, σε απόσταση 1,5 km νότια από την όχθη του Ασωπού και εδράζονται σε ποταμοχερσαίες αποθέσεις. Τέλος, μόνο ένα υδροσημείο εμφανίζεται να ξεπερνά το όριο ποσιμότητας για το χρώμιο (50μg/L) με συγκέντρωση 156 μg/L. Η γεώτρηση αυτή βρέθηκε στα 2,25 km βορειοδυτικά του Αγίου Θωμά χωρίς κάποια έντονη παρουσία βιομηχανιών, ενώ εδράζεται σε αργίλους – μάργες.



Εικόνα 46. Ποιότητα υπόγειου νερού και ανθρωπογενείς πιέσεις περιοχής Αγίου Θωμά.



#### 5.3.4 Περιοχή Ωρωπού

Ο Ωρωπός είναι οικισμός της Βορειοανατολικής Αττικής, στις ακτές του Ευβοϊκού κόλπου με πληθυσμό, σύμφωνα με την απογραφή του 2001, που αγγίζει τους 1252 κατοίκους. Απέχει 54 χιλιόμετρα από την Αθήνα και επικοινωνεί με το συγκοινωνιακό δίκτυο μέσω της Εθνικής Οδού Αθηνών-Λαμίας και του σιδηροδρομικού δικτύου Αθήνα-Θεσσαλονίκης. Βρίσκεται βορειοανατολικά στη λεκάνη απορροής του Ασωπού, νοτιότερα ως προς τη ροή του ποταμού και ανατολικότερα ως προς τα Οινόφυτα. Εντοπίζεται κοντά στις περιοχές Συκάμινο, Κατηφόρι, Ασπροχώρι, Μιλέσιο και Άγιο Κωνσταντίνο (Εικόνα 47).



Εικόνα 47. Περιοχή Ωρωπού.

Σύμφωνα με τον χάρτη 5 Παράρτημα Β, η εν λόγω περιοχή απαρτίζεται κατά κύριο λόγο από τους επιφανειακούς γεωλογικούς σχηματισμούς που συναντήσαμε και στις τρεις προηγούμενες περιοχές. Έτσι, κατά κύριο λόγο στην περιοχή του Ασωπού συναντάμε αλλουβιακές αποθέσεις, κώνους κορημάτων, κροκαλοπαγή, μάργες, ποταμοχερσαίες αποθέσεις, ασβεστόλιθους και οφιολίθους της ίδιας ζώνης και ηλικιακής εναπόθεσης με αυτές των προηγούμενων περιοχών.

Η Εικόνα 48 παρουσιάζει χάρτη του Ωρωπού, ο οποίος απεικονίζει την άμεση περιοχή γύρω από τη πόλη, περιγράφοντας μια έκταση που αγγίζει τα 36 km<sup>2</sup>, ενώ αποτυπώνεται και το βόρειο ανατολικό κομμάτι του Αυλώνας, το οποίο όμως δεν λαμβάνεται υπόψη στις μετρήσεις ποιότητας νερού και τις πιέσεις.

Στην περιοχή του Ωρωπού δεν υπάρχουν καταγεγραμμένες βιομηχανίες που χρησιμοποιούν χρώμιο ή παράγουν απόβλητα χρωμίου. Έτσι, εντοπίζονται μόνο πιθανά ρυπασμένες περιοχές οι οποίες δυνητικά μπορεί να επιβαρύνουν τη περιοχή. Οι περιοχές αυτές ανέρχονται σε 50 και εμφανίζονται σε όλο το βόρειο κομμάτι της περιοχής του Ωρωπού, με τις περισσότερες να βρίσκονται κοντά στη σκάλα

Ωρωπού, ενώ οι υπόλοιπες να είναι διασκορπισμένες. Επίσης, στην περιοχή εντοπίζεται ένας ΧΑΔΑ νοτιοανατολικά ως προς τον Ωρωπό.

Για το χαρακτηρισμό της ποιότητας του υπογείου νερού της περιοχής διαθέτουμε ένα πλήθος 58 υδροσημείων με μετρήσεις Cr(VI). Στην πλειοψηφία των δεδομένων (31) δεν ανιχνεύτηκε Cr(VI) στα υπόγεια νερά της περιοχής. Τα εν λόγω υδροσημεία καταλαμβάνουν όλο το βόρειο κομμάτι της περιοχής, εντοπίζονται σχεδόν εξολοκλήρου πάνω από τον Ωρωπό και βρίσκονται εκατέρωθεν του Ασωπού ποταμού. Τα υδροσημεία που εντοπίζονται ανατολικά, ως προς το ποταμό, εδράζονται σε αλλουβιακές αποθέσεις, ενώ στο δυτικό κομμάτι τα υδροσημεία εδράζονται στα κροκαλοπαγή του Μαρκόπουλου – Ωρωπού. Επίσης συναντάμε 3 υδροσημεία στην επόμενη κατηγορία (11 - 25 μg/L), τα οποία εμφανίζονται σε αρκετή απόσταση μεταξύ τους, βόρεια ως προς τον Ωρωπό και κοντά σε βιομηχανικά δυνητικούς ρυπαντές. Το ένα μάλιστα από αυτά βρίσκεται κοντά στον Ασωπό. Όσον αναφορά τη γεωλογική τους βάση τα υδροσημεία αυτά εμφανίζονται σε αλλουβιακές αποθέσεις και κροκαλοπαγή. Στη συνέχεια υπάρχουν 20 υδροσημεία, στα οποία το Cr(VI) βρέθηκε μεταξύ 26 μg/L και 50 μg/L. Τα εν λόγω σημεία βρίσκονται στο βόρειο κομμάτι, ανατολικά της κοίτης του Ασωπού. Μερικά από αυτά εμφανίζονται κοντά στη Σκάλα Ωρωπού, ενώ τα υπόλοιπα βρίσκονται, στη πλειοψηφία τους, κοντά στην όχθη του ποταμού. Από άποψη γεωλογίας τα υδροσημεία εμφανίζονται σε αλλουβιακές αποθέσεις και κροκαλοπαγή. Τέλος, σε 4 υδροσημεία ανιχνεύτηκε Cr(VI) πάνω από το όριο ποσιμότητας (<50 μg/L), με δύο εξ' αυτών να ξεπερνούν τα 100 μg/L. Τα σημεία εντοπίζονται 2 km βόρεια του Ωρωπού χωρίς να εμφανίζεται στη περιοχή μεγάλο πλήθος πιέσεων. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ύπαρξη αλλουβιακών αποθέσεων κατάντη οφιολιθικών σχηματισμών που εμφανίζονται σε υψόμετρο 300 m. Σύμφωνα με το υδρογραφικό δίκτυο είναι πολύ πιθανή η διάβρωση του οφιολιθικού σχηματισμού και εναπόθεσή του στις αλλουβιακές αποθέσεις.

Χαρακτηριστική είναι η ομοιότητα της περιοχής του Ωρωπού με του Αυλώνα και τις υπόλοιπες περιοχές που βρέθηκε γηγενές χρώμιο.



**Εικόνα 48.** Ποιότητα υπόγειου νερού και ανθρωπογενείς πιέσεις περιοχής Ωρωπού.

### 5.3.5 Περιοχή Νεοχωρακίου

Το Νεοχωράκι είναι χωριό του νομού Βοιωτίας του δήμου Θηβαίων με πληθυσμό, σύμφωνα με την απογραφή του 2001, που φτάνει τους 557 κατοίκους. Βρίσκεται νοτιοανατολικά της Θήβας, κεντρικά στη κοιλάδα του Ασωπού σε υψόμετρο 110 m (Εικόνα 49).





Εικόνα 49. Περιοχή Νεοχωράκι.

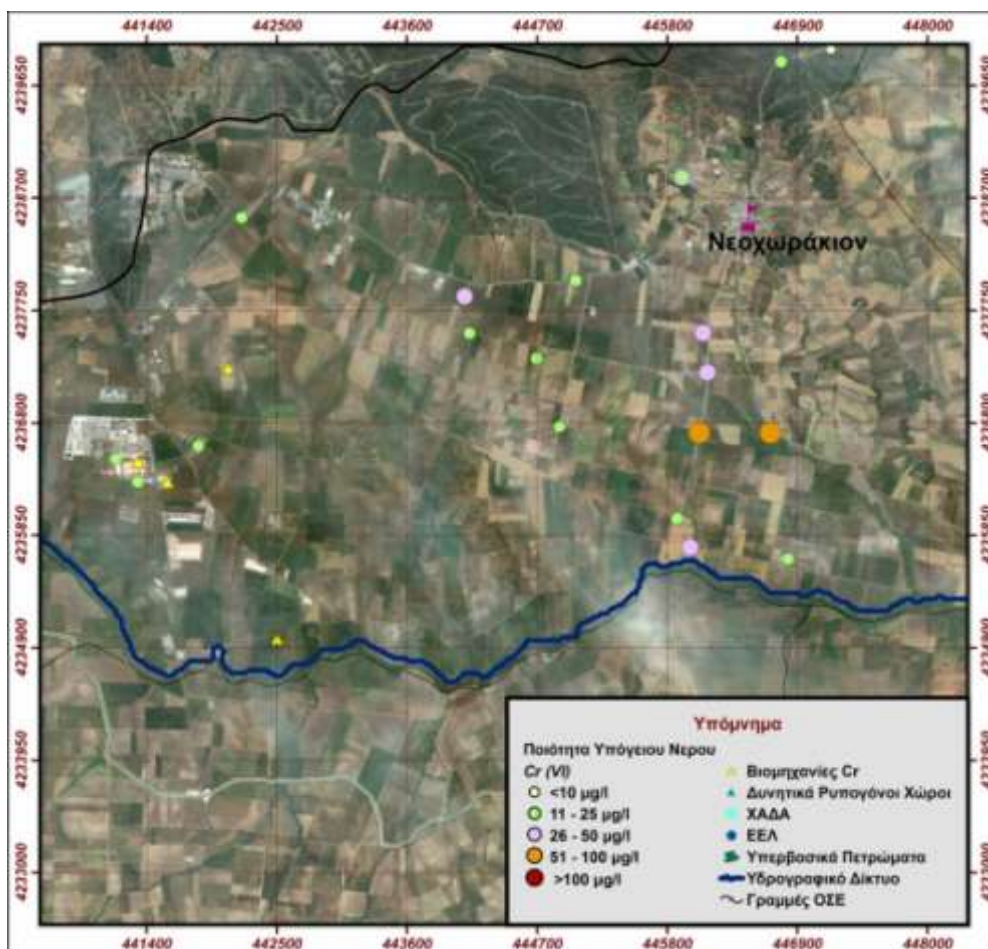
Η εν λόγω γεωλογία της περιοχής (Χάρτης 6, Παράρτημα Β) συνθέτεται από ένα μεγάλο πλήθος σχηματισμών. Αρχικά, σημαντικό κομμάτι καταλαμβάνεται από μάργες, αργίλους, ψαμμίτες, τραβερτίνες, μαργαίτους ασβεστόλιθους και κροκαλοπαγή, οι οποίοι ανήκουν στο Νεογενές και ηλικιακά εντάσσονται στο Κατώτερο Πλειόκαινο. Πρόκειται για το σχηματισμό που αποτελείται από εναλλασσόμενες θαλάσσιες, λιμνοθαλάσσιες και λιμναίες αποθέσεις, περικλείοντας λεπτά στρώματα λιγνίτη. Μεγάλο κομμάτι της περιοχής αυτής καταλαμβάνεται από αλλουβιακές αποθέσεις, οι οποίες ανήκουν στο Τεταρτογενές και ηλικιακά εντάσσονται στο Ολόκαινο, ενώ αποτελούνται από χειμάρριες προσχώσεις ποικίλων υλικών. Στη συνέχεια συναντάμε γύρω από τον Ασωπό κώνους κορημάτων, που ανήκουν στο Τεταρτογενές και ηλικιακά εντάσσονται στο Ολόκαινο. Επίσης, σημαντική έκταση καταλαμβάνουν τα κροκαλοπαγή, οι ψαμμίτες, οι άμμοι, οι ερυθροί πηλοί που ανήκουν στο Τεταρτογενές και ηλικιακά εντάσσονται στο Πλειόκαινο. Αποτελούνται από χειμαρρώδεις ποτάμιες αποθέσεις και ποικίλουν στο βαθμό συνεκτικότητας. Τέλος, η γεωλογική σύνθεση ολοκληρώνεται από ασβεστόλιθους, δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες, που ανήκουν στην Υποπελαγονική ζώνη και εντάσσονται ηλικιακά στο Μέσο – Ανώτερο Τριαδικό. Χαρακτηρίζονται λευκοί έως ανοικτότεφροι κατά τόπους ροδίζοντες, άστρωτοι έως παχυστρωματώδεις, κρυσταλλικοί, ισχυρώς κερματισμένοι και καρστικοποιημένοι.

Η εικόνα 50 παρουσιάζει χάρτη του Νεοχωρακίου, ο οποίος αποτυπώνει την ευρύτερη περιοχή του χωριού, με συνολική έκταση που ανέρχεται στα 40 km<sup>2</sup>, δίνοντας έμφαση στις μετρήσεις ποιότητας του υπόγειου νερού.

Στην περιοχή του Νεοχωρακίου δε συναντάται έντονη βιομηχανική δραστηριότητα, εντοπίζοντας μόνο 4 καταγεγραμμένες βιομηχανίες, οι οποίες χρησιμοποιούν στη

παραγωγική τους διαδικασία χρώμιο ή παράγουν απόβλητα χρωμίου. Επιπρόσθετα, δεν έχει ανιχνευτεί χώρος που δυνητικά να μπορεί να επιβαρύνει τα υπόγεια ή επιφανειακά ύδατα της περιοχής.

Για το χαρακτηρισμό της ποιότητας του υπόγειου νερού της περιοχή διαθέτουμε 21 υδροσημεία με μετρήσεις Cr(VI), (Εικόνα 50). Από αυτά, μόνο στο ένα δεν ανιχνεύτηκε Cr(VI), το οποίο βρίσκεται στο βορειοδυτικό κομμάτι στα όρια της λεκάνης του Ασωπού ποταμού και εδράζεται σε μάργες – αργίλους. Απ’ αυτά, σε 13 υδροσημεία με Cr(VI) μεταξύ 10 µg/L και 25 µg/L, στο βόρειο τμήμα του Ασωπού, με τα περισσότερα να βρίσκονται μακριά από ανθρωπογενείς πιέσεις. Τα υδροσημεία αυτά καταλαμβάνουν όλο το βόρειο τμήμα κοντά στο Νεοχωράκι, ενώ εδράζονται σε μάργες – αργίλους και αλλουβιακές αποθέσεις. Στη συνέχεια βρέθηκαν 5 υδροσημεία με καταγραφές Cr(VI) μεταξύ 26 µg/L και 50µg/L, με το ένα εξ’ αυτών να εντοπίζεται δίπλα στην όχθη του Ασωπού. Τα υπόλοιπα βρίσκονται βορειότερα ως προς τον Ασωπό και σε απόσταση 1,3 km νότια του Νεοχωρακίου. Τα εν λόγω υδροσημεία δεν είναι πλησίον πιέσεων και εδράζονται σε αλλουβιακές αποθέσεις. Επίσης, 2 από αυτά είχαν ανίχνευση χρωμίου μεταξύ 51 µg/L και 100 µg/L (66 µg/L και 75 µg/L, συγκεκριμένα) και εντοπίζονται 1 km βόρεια του Ασωπού σε αλλουβιακές αποθέσεις. Οι συγκεντρώσεις των πλησιέστερων δειγμάτων γύρω από τις βιομηχανίες είναι (17 µg/L, 23 µg/L και 24 µg/L).



**Εικόνα 50.** Ποιότητα υπόγειου νερού και ανθρωπογενείς πιέσεις περιοχής Νεοχωρακίου.

#### **5.4 ΓΗΓΕΝΕΣ ΧΡΩΜΙΟ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ**

Η ανάλυση των δεδομένων της ποιότητας του υπογείου νερού της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού συντήνει, στην ύπαρξη χρωμίου στη περιοχή, που σε κάποιες περιπτώσεις εμφανίζεται με ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις. Η μέχρι τώρα έρευνα επικεντρώθηκε στην ύπαρξη ανθρωπογενών πιέσεων στη περιοχή και η επιπτώσεις αυτών στην ποιότητα του υπογείου νερού. Η έρευνα γίνονταν στοχευμένα σε θέσεις κοντά σε βιομηχανίες, οι οποίες χρησιμοποιούν στην παραγωγική τους διαδικασία χρώμιο ή παράγουν απόβλητα με χρώμιο. Από την άλλη μεριά, η έρευνά μας σε γεωτρήσεις όλης της Ελλάδας ανέδειξε την ύπαρξη χρωμίου στα υπόγεια ύδατα της χώρας που σε μερικούς φαίνεται να οφείλεται σε γηγενή αίτια (υπερβασικά πετρώματα). Έτσι, είναι αναγκαία η αναζήτηση περιοχών στη λεκάνη απορροής του Ασωπού, οι οποίες να εντοπίζονται σε απόσταση ασφαλείας από ανθρωπογενείς πιέσεις, ενώ ταυτόχρονα να πληρούν τα κριτήρια για εν δυνάμει γηγενή παρουσία χρωμίου. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η δυνατότητα άμεσης σύγκρισης των αποτελεσμάτων ποιότητας του υπογείου νερού της λεκάνης του Ασωπού με αυτά της υπόλοιπης χώρας, ώστε να διαπιστωθεί εάν υπάρχει συμβολή του γηγενούς χρωμίου στα υπόγεια ύδατα της περιοχής του Ασωπού και ποιος ο βαθμός εμφάνισής του.

Η αναζήτηση περιοχών με γηγενές χρώμιο, εντός της λεκάνης του Ασωπού ποταμού θα κινηθεί στους δύο ακόλουθους άξονες. Αφενός το σημαντικότερο στάδιο είναι να εντοπισθούν οι περιοχές στις οποίες βάσει της γεωλογίας και τη γεωμορφολογίας τους θα είναι δυνατή η ανίχνευση χρωμίου οφειλόμενη σε γηγενή αίτια και αφετέρου να δημιουργηθούν ζώνες επιρροής, όπου θα απορρίπτουν τοποθεσίες κοντά σε ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσεις.

**5.4.1 Περιοχές με Υπερβασικούς Σχηματισμούς εντός Λεκάνης Ασωπού Ποταμού**  
Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, αλλά και αναλύοντας τα χαρακτηριστικά των περιοχών της υπόλοιπης Ελλάδας, διαπιστώθηκε ότι γηγενές χρώμιο μπορεί να ανιχνευτεί πλησίον υπερβασικών πετρωμάτων ή σε αποθέσεις προερχόμενες από διάβρωση τέτοιων πετρωμάτων. Η μεγάλη έκταση της λεκάνης του Ασωπού ποταμού, μας δίνει τη δυνατότητα να αναζητήσουμε γηγενές χρώμιο σε περιοχές μακριά από ανθρωπογενείς πιέσεις, που η μορφολογία και η γεωλογία τους να ικανοποιούν τις προϋποθέσεις για γηγενή παρουσία χρωμίου. Ένα εμπόδιο που συναντάμε στην αναζήτηση καθαρά γηγενούς χρωμίου είναι η εμφάνιση κάποιων διάσπαρτων ανθρωπογενών πιέσεων, οι οποίες, λόγω της επιρροής τους, αποκλείουν μεγάλες εκτάσεις της λεκάνης. Σύμφωνα με την ανάλυση των σημαντικότερων περιοχών, η οποία έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο, διαπιστώθηκε η ύπαρξη κατάλληλων συνθηκών για παρουσία γηγενούς χρωμίου στις περιοχές του Αυλώνα και του Ωρωπού. Επιπρόσθετα, αναζητώντας στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού περιοχές με επιφανειακή εμφάνιση υπερβασικών πετρωμάτων και κατάλληλη μορφολογία εδάφους, εντοπίζουμε τις περιοχές: Άγιος Νικόλαος, Παραλία Λιβαδόστρας και Πρόδρομο. Η ανάλυση των περιοχών αυτών ως προς γεωλογία και τη μορφολογία ακολουθεί παρακάτω.

#### Περιοχή Αυλώνας

Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Χάρτης 3, Παράρτημα Β) σημαντικές εμφανίσεις υπερβασικών πετρωμάτων έχουμε νοτιοδυτικά του Αυλώνα με συνολική έκταση που αγγίζει τα 5 km<sup>2</sup>. Οι επιφανειακές εμφανίσεις των σχηματισμών ξεκινούν από την Αυλώνα και φτάνουν μέχρι τα Σκούρτα. Το μορφολογικό υπόβαθρο της περιοχής είναι ιδιαίτερα πλούσιο, με πληθώρα υψωμάτων και χαμηλότερων σημείων. Η πλειοψηφία των σχηματισμών απαντώνται σε υψόμετρο 600 m, ενώ δεν λείπουν και οι εμφανίσεις σε χαμηλότερα υψόμετρα γύρω στα 450 m. Η γεωλογία της περιοχής συμπληρώνεται με την ύπαρξη ποταμοχερσαίων αποθέσεων και ασβεστολιθικών σχηματισμών, τα οποία με βάση το υδρογραφικό δίκτυο εντοπίζονται κατάντη των υπερβασικών σχηματισμών.

#### Περιοχή Ωρωπού

Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Χάρτης 5, Παράρτημα Β), εμφανίσεις υπερβασικών πετρωμάτων εντοπίζονται 2 km νότια του Ωρωπού. Οι επιφανειακές εμφανίσεις αφορούν οφιολίθους και ξεκινούν νοτιοδυτικά του Ωρωπού, στο ύψος του Συκάμινου, μέχρι νοτιοανατολικά σε απόσταση 2,5 km από τον Ωρωπό. Από άποψη μορφολογίας, συναντάμε τους σχηματισμούς σε υψόμετρο 50 m έως 150 m, στις παρυφές υψώματος της περιοχής (ύψος κορυφής 300 m, κοντά στο Ασπροχώριο). Η γεωλογία της περιοχής χαρακτηρίζεται από μάργες – αργίλους, κροκαλοπαγή και αλλουβιακές αποθέσεις.

#### Περιοχή Άγιος Νικόλαος

Η περιοχή του Αγίου Νικολάου είναι στο δυτικό κομμάτι της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού, εκβάλλει στον όρμο της Δόμβραιννας, ενώ ο κοντινότερος οικισμός είναι αυτής της Θίσβης στα 10 km. Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη, η περιοχή καλύπτεται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από υπερβασικά πετρώματα, τα οποία εμφανίζονται σε υψόμετρο 300 m και καταλήγουν στην παραλία. Η περιοχή είναι παραθαλάσσια με υψώματα στο βόρειο και ανατολικό κομμάτι τα οποία φτάνουν τα 500 m και 800 m αντίστοιχα. Η γεωλογία της περιοχής συμπληρώνεται από κώνους κορημάτων.

#### Περιοχή Παραλία Λιβαδόστρας

Η εν λόγω περιοχή βρίσκεται πλησίον του Αγίου Νικολάου και συγκεκριμένα 8 km (σε ευθεία απόσταση) προς τα ανατολικά. Στην περιοχή συναντώνται, σε μικρή έκταση, επιφανειακοί υπερβασικοί σχηματισμοί σε υψόμετρο 20 m έως 80 m. Στην περιοχή εκβάλλει ο ομώνυμος ποταμός και από άποψη μορφολογίας υπάρχουν ανατολικά και δυτικά ορεινοί όγκοι, ενώ βόρεια υπάρχει η κοιλάδα του ποταμού. Η γεωλογία της περιοχής συμπληρώνεται από αλλουβιακές αποθέσεις.

#### Περιοχή Πρόδρομοι

Η τελευταία εμφάνιση υπερβασικών πετρωμάτων στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού, εντοπίζεται κοντά στο Πρόδρομο (5 km βόρεια της πόλης του Προδρόμου) και βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης, στο ύψος του Αγίου Νικολάου. Στην περιοχή συναντάμε μικρή εμφάνιση επιφανειακών οφιολίθων σε υψόμετρο μεταξύ 800 m και 900 m. Η γεωλογία της περιοχής αποτελείται από αδιαίρετα ανθρακικά πετρώματα και φλύσχη.



#### 5.4.2 Ζώνες Επιρροής Πιέσεων

Το μεγάλο πλήθος των ανθρωπογενών πιέσεων της περιοχής του Ασωπού, κάνει επιτακτική την ανάγκη προσεκτικής αναζήτησης περιοχών για την διερεύνηση ύπαρξης γηγενούς χρωμίου θεσπίζοντας ζώνες επιρροής των πιέσεων. Έτσι ακολουθήθηκε η μεθοδολογία που είχε θεσπιστεί και για την υπόλοιπη Ελλάδα, δημιουργώντας τέσσερις ζώνες επιρροής. Τα κριτήρια με τα οποία δημιουργήθηκαν οι ζώνες παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 13):

**Πίνακας 13.** Ζώνες επιρροής ανθρωπογενών πιέσεων.

Γεωγραφικό Κριτήριο	Γραμμές ΟΣΕ	Σημειακές Πιέσεις (Βιομηχανίες, Υγειονομικές Εγκαταστάσεις, Ορυχεία – Λατομεία)
Αποκλεισμένη Ζώνη	$\leq 5$ km	$\leq 5$ km
Ζώνη I	5 έως 7.5 km	5 έως 7.5 km
Ζώνη II	7.5 έως 10 km	7.5 έως 10 km
Ζώνη III	$> 10$ km	$> 10$ km

Ως κατώτατο όριο για την αναζήτηση γηγενούς χρωμίου στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού υιοθετήθηκε η απόσταση των 5 km γύρω από τις ανθρωπογενείς πιέσεις, οριοθετώντας έτσι την αποκλεισμένη ζώνη. Έτσι, με βάση αυτή τη ζώνη, όσες περιοχές εντάσσονται εντός αυτής αποκλείονται για την αναζήτηση καθαρά γηγενούς χρωμίου. Έπειτα δημιουργήθηκαν τρεις ζώνες για τον καλύτερο διαχωρισμό των περιοχών. Με βάση το χάρτη που δημιουργήθηκε, λόγω του πλήθους και της θέσης των πιέσεων παρατηρούμε ότι η ζώνη II και III ξεπερνά τα όρια της λεκάνης του Ασωπού ποταμού, με αποτέλεσμα να μην μένουν περιοχές εντός αυτής για αναζήτηση γηγενούς χρωμίου.

Ένα επιπλέον κριτήριο, για αναζήτηση καθαρά γηγενούς χρωμίου, αποτελεί η εύρεση περιοχών ανάντη των ανθρωπογενών πιέσεων. Το εν λόγω κριτήριο θα εξεταστεί για κάθε περιοχή μεμονωμένα με βάση τη μορφολογία της και τη θέση της ως προς τις πιέσεις. Η ανάντη θέση των περιοχών σε σχέση με τις ανθρωπογενείς πιέσεις είναι ιδιαίτερα σημαντική για να αποκλειστεί η πιθανότητα τροφοδοσίας των υπόγειων υδάτων με ανθρωπογενούς προέλευσης χρωμίου.

#### 5.4.3 Προτεινόμενες περιοχές δειγματοληψίας

Η επιλογή των καταλληλότερων περιοχών για την αναζήτηση γηγενούς χρωμίου εντός της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού βασίζεται στους δύο ακόλουθους άξονες. Αρχικά οι περιοχές πρέπει να βρίσκονται κοντά σε υπερβασικά πετρώματα λόγω της συμβολής τους στην ύπαρξη χρωμίου των υπόγειων νερών, ενώ εξίσου καθοριστική είναι εξέταση των περιοχών με βάση τις ζώνες επιρροής των ανθρωπογενών πιέσεων ώστε να εξασφαλισθεί η γηγενής προέλευση του χρωμίου.

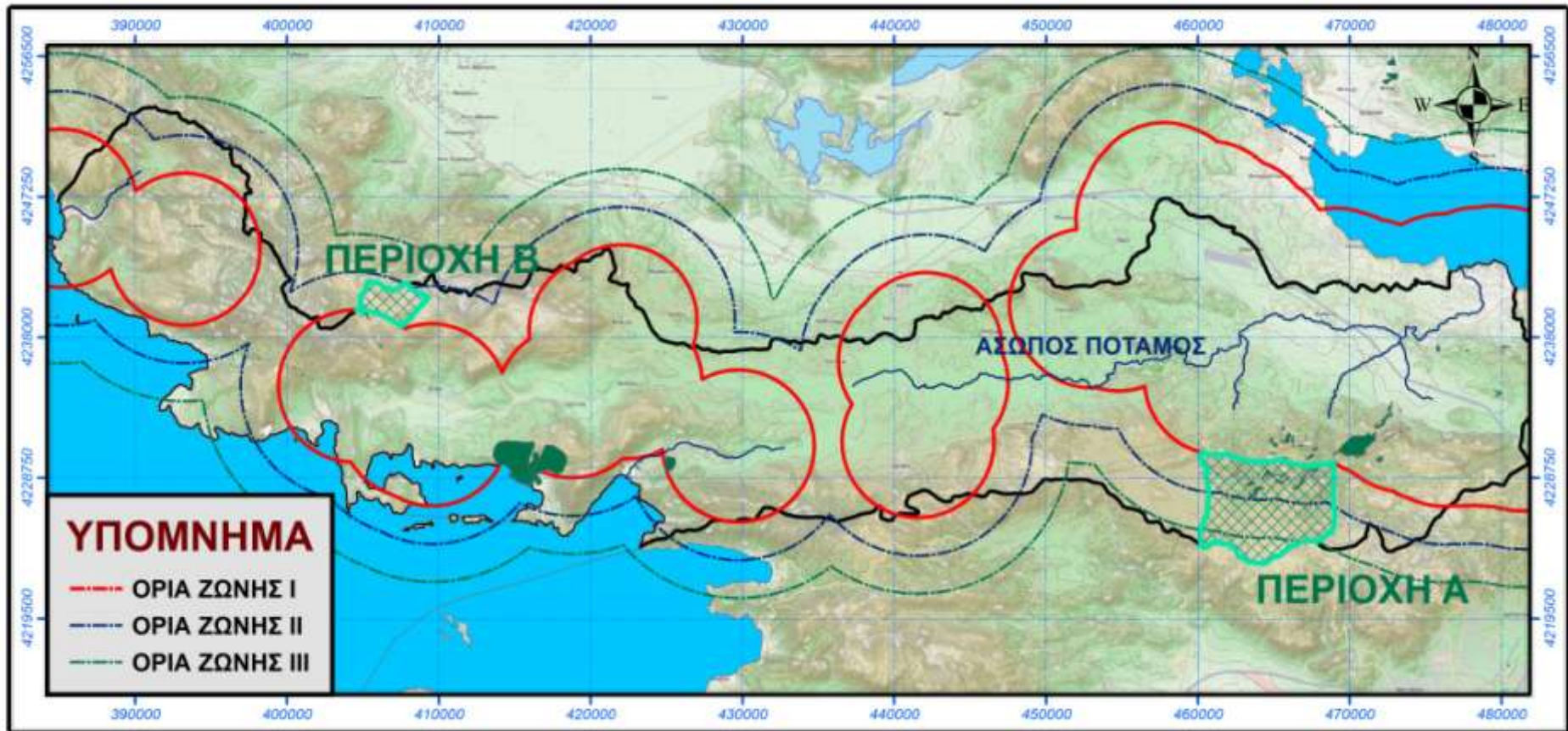
Η εξέταση των παραπάνω περιοχών με βάση τη ζώνη αποκλεισμού λόγω της παρουσίας ανθρωπογενών πιέσεων αποκλείει τη περιοχή του Ωρωπού για αναζήτηση γηγενούς χρωμίου μιας και εντοπίζεται εντός της αποκλεισμένης ζώνης, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες περιοχές που παρατηρούνται έξω από αυτή. Για την ιεράρχηση των υπόλοιπων περιοχών εξετάζουμε λεπτομερέστερα την εμφάνιση υπερβασικών πετρωμάτων και τη θέση τους ως προς τις ανθρωπογενείς πιέσεις.

Οι περιοχές με τις υψηλότερες εμφανίσεις υπερβασικών πετρωμάτων είναι η Περιοχή του Αυλώνα και του Αγίου Νικολάου. Οι καταλληλότερες περιοχές από άποψη θέσης (ανάτη ανθρωπογενών πηγών ρύπανσης) είναι η περιοχή του Αυλώνα και του Προδρόμου. Ως εκ τούτου, ο Αυλώνας ικανοποιεί εξίσου καλά και τα δύο αυτά κριτήρια, με επιπλέον πλεονέκτημα της περιοχής η σχετικά κοντινή απόσταση από τον Ασωπό ποταμό και τις υψηλές μετρήσεις χρωμίου. Η μελέτη ύπαρξης χρωμίου στην εν λόγω περιοχή μπορεί να αναδείξει το βαθμό παρουσίας γηγενούς χρωμίου στην λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού, οπότε το καθιστά και πρώτη επιλογή για αναζήτηση γηγενούς χρωμίου.

Στη συνέχεια διαπιστώνουμε ότι οι υπόλοιπες περιοχές δεν ικανοποιούν το ίδιο καλά τα δύο κριτήρια (εμφάνιση υπερβασικών πετρωμάτων, θέση). Για αυτό το λόγο η ιεράρχησή τους έγινε βάσει του κριτηρίου της θέσης τους σε σχέση με τις ανθρωπογενείς πιέσεις. Έτσι, η δεύτερη καλύτερη περιοχή για αναζήτηση γηγενούς χρωμίου στην περιοχή του Ασωπού είναι η περιοχή του Προδρόμου, ενώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η περιοχή του Αγίου Νικολάου. Η επιφανειακή εμφάνιση υπερβασικών πετρωμάτων της περιοχής είναι ιδιαίτερα σημαντική, ενώ και η μορφολογία της περιοχής ενισχύει την πιθανότητα ύπαρξης γηγενούς χρωμίου. Το μειονέκτημα είναι ότι βρίσκεται κατάντη (απόσταση 6 km) ανθρωπογενούς πίεσης (ΧΑΔΑ). Λόγω των πλεονεκτημάτων της περιοχής προτείνεται να μελετηθεί περαιτέρω κατά πόσο μπορεί να επηρεάσει η ύπαρξη του ΧΑΔΑ την ποιότητα του υπόγειου νερού της. Τέλος, στη περιοχή της Λιβαδόστρας συναντάμε λίγους οφιολιθικούς σχηματισμούς, ενώ και οι πηγές του ποταμού, ο οποίος εκβάλλει στη περιοχή, βρίσκονται δίπλα σε ΧΑΔΑ με αποτέλεσμα να απορρίπτεται η περιοχή για αναζήτηση γηγενούς χρωμίου.

Συμπερασματικά προτείνεται να μελετηθούν περαιτέρω οι παρακάτω περιοχές κατά σειρά προτεραιότητας για αναζήτηση γηγενούς χρωμίου (Εικόνα 51):

1. Περιοχή Αυλώνας
2. Περιοχή Προδρόμου
3. Περιοχή Αγίου Νικολάου (εφ' όσον εξακριβωθεί ότι δε τροφοδοτείται με ρύπους από ανάτη πιέσεις)



Εικόνα 51. Προτεινόμενες περιοχές δειγματοληψίας.

## **6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ**

### **6.1 Συμπεράσματα**

Η παρουσία του χρωμίου στα υπόγεια νερά της Ελλάδας, με βάση τα δεδομένα της ποιότητας υπόγειου νερού που μελετήσαμε, είναι έντονη σε πολλές περιοχές της Ελλάδας. Λαμβάνοντας υπόψη την πιθανά δυσμενή επίδραση του χρωμίου στην ανθρώπινη υγεία, γίνεται αντιληπτή η αναγκαιότητα της συνεχούς παρακολούθησής του στα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα της χώρας. Τα αποτελέσματα των έως σήμερα ερευνών συντείνουν στο συμπέρασμα ότι η προέλευση του χρωμίου στο υπόγειο νερό της Ελλάδας έχει τόσο ανθρωπογενή όσο και γηγενή αίτια. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται περαιτέρω και από την παρούσα ερευνητική προσπάθεια. Ωστόσο, ο διαχωρισμός μεταξύ ανθρωπογενούς και γηγενούς χρωμίου καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολος και εξαρτάται από τις εκάστοτε τοπικές συνθήκες.

Η μελέτη των υφιστάμενων δεδομένων της ποιότητας υπόγειου νερού, λαμβάνοντας υπόψη τη παρουσία υπερβασικών πετρωμάτων (γηγενή αίτια) και τη δημιουργία ζώνης αποκλεισμού γύρω από ανθρωπογενείς πιέσεις, οδήγησε στην εύρεση δύο περιοχών και 5 υπό-περιοχών για αναζήτηση γηγενούς χρωμίου. Οι εν λόγω περιοχές έχουν ισχυρές ενδείξεις για παρουσία γηγενούς χρωμίου αφενός γιατί εντοπίζονται πλησίον υπερβασικών πετρωμάτων και αφετέρου γιατί εντοπίζονται σε μεγάλη απόσταση από ανθρωπογενείς πιέσεις. Με βάση την ανάλυση των περιοχών διαπιστώθηκε ότι σε πολλά υδροσημεία κατάντη των υπερβασικών πετρωμάτων ανιχνεύεται χρώμιο με την τιμή του να εξαρτάται από την απόστασή τους από τα υπερβασικά πετρώματα. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία των περιοχών, διαπιστώνεται η έντονη ύπαρξη χρωμίου μέχρι τα 15 μg/L ενώ η χαρακτηριστικότερη τιμή ανίχνευσης ανέρχεται στα 10 μg/L. Η δειγματοληψία σε μία από τις παραπάνω περιοχές επιβεβαίωσε την ανίχνευση χρωμίου με σημαντικά αυξημένες συγκεντρώσεις, οι οποίες έχουν μέσο όρο συγκέντρωσης χρωμίου ίσο με 29,4 μg/L.

Η μελέτη της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού, η οποία είναι γνωστή για την ανθρωπογενή ρύπανσή της με χρώμιο, ανέδειξε τις ομοιότητες και τις διαφορές με περιοχές γηγενούς προέλευσης χρωμίου της Ελλάδος. Η παρουσία του χρωμίου στον Ασωπό είναι σαφώς σε υψηλότερα επίπεδα από τις υπόλοιπες περιοχές με μέση τιμή συγκέντρωσης ίση με 23,2 μg/L και σημαντικό ποσοστό εμφάνισης μετρήσεων πάνω από το όριο ποσιμότητας (<50 μg/L). Η χαρακτηριστική ομοιότητα ως προς τη γεωλογία και τη γεωμορφολογία της λεκάνης του Ασωπού με τις υπόλοιπες περιοχές γηγενούς προέλευσης χρωμίου της Ελλάδας (υπερβασικά πετρώματα και αλλουβιακές αποθέσεις αυτών), ενισχύει την εν δυνάμει παρουσία χρωμίου στο υπόγεια ύδατα της περιοχής οφειλόμενη σε γηγενή αίτια. Η ανάλυση της λεκάνης απορροής του Ασωπού καταλήγει με τον εντοπισμό δύο περιοχών κοντά σε υπερβασικά πετρώματα μακριά από ανθρωπογενείς πιέσεις, με ιδιαίτερα αυστηρά κριτήρια, για να διαπιστωθεί η παρουσία γηγενούς χρωμίου στη περιοχή.

Συνοψίζοντας, η παρούσα εργασία υιοθετώντας ιδιαίτερως αυστηρά κριτήρια εντόπισε:

- Τις καταλληλότερες περιοχές για αναζήτηση γηγενούς χρωμίου στην Ελλάδα.
- Τις περιοχές για αναζήτηση γηγενούς χρωμίου εντός της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού.

Επιπροσθέτως κατά την εργασία αυτή διαπιστώθηκε ότι:

- Η συγκέντρωση του χρωμίου στα υπόγεια ύδατα εξαρτάται από τη γεωλογία και τη μορφολογία της περιοχής και την απόσταση των δειγμάτων από τις φυσικές πηγές.
- Η εμφάνιση γηγενούς χρωμίου φτάνει σε μεγάλο ποσοστό τα 15  $\mu\text{g/L}$ , με χαρακτηριστική τιμή τα 10  $\mu\text{g/L}$ .
- Η περιοχή του Ασωπού εμφανίζει αυξημένη παρουσία χρωμίου (Μέσος Όρος = 23,2  $\mu\text{g/L}$ ), η οποία μπορεί εν δυνάμει να οφείλεται στη παρουσία γηγενούς χρωμίου.

## **6.2 Περαιτέρω Έρευνα**

Όπως προέκυψε από τις έως σήμερα μελέτες και έρευνες που αφορούν την παρουσία χρωμίου στην περιοχή του Ασωπού ποταμού, η παρουσία χρωμίου στο υπόγειο νερό της Ελλάδας έχει τόσο ανθρωπογενή όσο και γηγενή αίτια. Η διαπίστωση αυτή ενισχύεται περαιτέρω από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, που διερεύνησε την παρουσία του χρωμίου στο υπόγειο νερό ολόκληρης της χώρας. Όπως ειπώθηκε παραπάνω, η παρούσα μελέτη κατέληξε στην επιλογή 5 περιοχών με σταθερά σημαντικές συγκεντρώσεις χρωμίου, στις οποίες η προέλευσή του είναι πιθανότατα γηγενούς προέλευσης. Ωστόσο, η απουσία ολοκληρωμένων δεδομένων ανθρωπογενών πηγών ρύπανσης σε επίπεδο χώρας, καθιστά αδύνατη την καθολική αποδοχή της φυσικής προέλευσης του χρωμίου πριν τον πλήρη χαρακτηρισμό των περιοχών αυτών, ο οποίος θα πρέπει να αποτελεί και την περαιτέρω έρευνα που πρέπει να διεξαχθεί σε αυτό το πολύ ενδιαφέρον και κρίσιμο επιστημονικό αντικείμενο.

*Γηγενές Χρώμιο στο υπόγειο νερό της χώρας με έμφαση στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού*



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

Γιαννόπουλος Π (2008). Αναγνωριστική υδρογεωλογική – υδροχημική έρευνα ποιοτικής επιβάρυνσης των υπόγειων νερών της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης του Ασωπού Ν. Βοιωτίας. Αθήνα, Εκδόσεις, ΙΓΜΕ.

Δήμος Θήβας (2011α). Μελέτη της κατάστασης των υπόγειων νερών στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Θήβας, Intergeo Ltd.

Δήμος Θήβας (2011β). Διερεύνηση της επιβάρυνσης των γεωργικών προϊόντων από τοξικών ρύπων στο Δήμο της Θήβας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Δούνας Α, Καλλέργης Γ, Μόρφης Α, Παγούνης Μ (1978). Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνης μέσου ρου του ποταμού Ασωπού, Εκδόσεις ΙΓΜΕ, Αθήνα.

ΕΓΥ (2012). Ανάλυση ανθρωπογενών πιέσεων και των επιπτώσεων τους στα επιφανειακά και στα υπόγεια υδατικά συστήματα, Υδατικό Σύστημα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας.

Ένωση Ελλήνων Χημικών (2007). Τεχνική Έκθεση για την επικινδυνότητα Παρουσίας Cr(VI) στο πόσιμο νερό Δήμου Οινοφύτων, Προσχέδιο, Ένωση Ελλήνων Χημικών.

Καραβοκύρης Γ και Συνεργάτες Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ – Ζ & Α - Π Αντωνρόπουλος και Συνεργάτες ΑΜΕ – ΕΠΕΜ Α.Ε. – Ξ. Σταυρόπουλος (2008). Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων, υδατικών διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Αττικής, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και Θεσσαλίας, Μελέτη για λογαριασμό του ΥΠΑΝ.

Λοϊζίδου Μ, Σπανός Ι, Λαγούδη Α, Γεωργιοπούλου Μ (1997). Προκαταρκτική έρευνα για το έργο «Ίδρυση και λειτουργία κεντρικής μονάδας επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων της περιοχής του Ασωπού και αστικών λυμάτων Αυλώνα», ΕΜΠ, Τμήμα Χημικών Μηχανικών.

Μαμάης Δ και Δερματάς Δ (2011). Εμπειρογνωμοσύνη για την αξιολόγηση της υφιστάμενης ρύπανσης του Ασωπού ποταμού, Energy and Climate Change, Athens.

ΤΕΕ (2009). Το Πρόβλημα του Ασωπού ποταμού, Προτάσεις Αντιμετώπισής του, Ομάδα εργασίας: Ζιώγας Χ, Θεοχάρη Χ, Λειβαδάρος Ρ, Μπούρα Α, Παντελάρας Π, Παπαδοπούλου Μ, Στάμου Α.

ATSDR (2008). Toxicological Profile for Chromium, ΗΠΑ.

Ball JW and Izbicki JA (2004). Occurrence of hexavalent chromium in ground water in the western part of the Mojave Desert, California, Applied Geochemistry, 1123-1135.

Becquer T, Quantin C, Sicot M, Boudot P (2003). Chromium availability in ultramafic soils from New Caledonia, *The Science of the Total Environment*, 301: 367-373.

Dermatas D, Vatseris C, Panagiotakis I, Chrysochou M (2012). Potential Contribution of Geogenic Chromium in Groundwater Contamination of a Greek Heavily Industrialized Area, BOSICON, 3<sup>rd</sup> International Conference on Contaminated Sites Remediation, Rome 12-14 September 2012 (accepted).

Deutsch JW (1997). *Groundwater Geochemistry. Fundamentals and Application to Contamination*, Lewis Publishers, 221p.

Early EL and Rai D (1987). Kinetics of chromium (III) Oxidation to Chromium (VI) by Reaction with Manganese Oxide, *Environmental Science and Technology*, 21, 1187 – 1193.

Fendorf SC and Zasoski R (1992). Chromium(III) Oxidation by  $\delta$ -MnO<sub>2</sub>. Characterization, *Environmental Science and Technology*, 26, 79-85.

Fendorf SE (1995). Surface reactions of chromium in soils and waters, *Geoderma*, 67, 55-71.

Gonzalez AR, Ndung'u K, Flegal AR (2005). Natural occurrence of hexavalent chromium in the Aromas red sands aquifer, California, *Environmental Science and Technology*, 39, 5505-5511.

Guertin J, Jacobs J, Avakian C (2005). *Chromium (VI) Handbook*, CRC Press, 784 p.

Hem JD (1992). *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*, 4th ed. U.S.G.S. Water Supply Paper, 2254, 263p.

INCHEM (1988). *International Programme on Chemical Safety: "ENVIRONMENTAL HEALTH CRITERIA 61: CHROMIUM*.

IPCS, WHO (1988). *Metals and their compounds in the environment occurrence, analysis and biological relevance*, VCH, Weinheim, Germany.

Izbicki J, Ball JW, Bullen TD, Sutely SJ (2008). Chromium, chromium isotopes and selected trace elements, western Mojave Desert, USA, *Applied Geochemistry*, 23, 1325-1352.

Jacobs J and Testa S (2004). Overview of Chromium (VI) in the Environment: Background and History. In *"Chromium (VI) Handbook"*, Guertin J Jacobs J and Avakian C Eds, CRC Press.

Megremi I (2010). Distribution and bioavailability of Cr in central Euboea, Greece, *Central European Journal of Geoscience*.

Molina M, Aburto F, Calderon R, Cazanga M, Escudey M (2011). Trace element composition of selected fertilizers used in Chile: phosphorus fertilizers as a source of long-term soil contamination, *Soil and Sediment Contamination*, 18, 497-511.

Moraetis D, Nikolaidis NP, Karatzas GP, Dokou Z, Kalogerakis N, Winkel L, Palaioyianni-Bellou A (2012). Origin and mobility of hexavalent chromium in North-Eastern Attica, Greece, *Applied Geochemistry*, 27, 1170-1178.

Oze C, Bird DK, Fendorf S (2007). Genesis of hexavalent chromium from natural sources in soil and groundwater, *PNAS*, 104, 6544-6549.

Oze C, Fendorf S, Bird DK, Coleman G (2004). Chromium geochemistry of serpentine soils, *International Geology Review*, 46, 97-126.

Rai D, Eary LE, Zachara LM (1989). Environmental chemistry of chromium, *Environmental Science and Technology*, 86, 1989, 15-23.

Rowbotham AL, Levy LS, Shulker LK (2000). Chromium in the environment : an evaluation of exposure of the UK general population and possible adverse health effects, *Toxicol. Environ. Health B.*, 3, 145-178.

Saha R, Nandi R, Saha B (2011). Sources and toxicity of hexavalent chromium. Department of Chemistry, The University of Burdwan, Burdwan - 713104, WB, India.

Siemos N (2010). Groundwater monitoring network of Greece, IGME, Athens.

Stanin F and Pirnie M (2004). The transport and fate of Cr(VI) in the environment, CRC Press, L1608\_C05, 161-212.

USEPA (2000). In situ Treatment of Soil and Groundwater Contaminated with Chromium, Technical Resource Guide, EPA 625/R-00/004.

## **ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ**

Δημόσια, Ανοιχτά Δεδομένα, <http://geodata.gov.gr/geodata/>

Εγκυκλοπαίδεια Βικιπαιδεία, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Ελληνική Εταιρεία Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, <http://www.hellasgi.gr/>

Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., <http://press.ntua.gr/>

Open Street Map, <http://www.openstreetmap.org/>

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Υδροσημεία με συστηματική ανίχνευση χρωμίου</b>					
<b>ID</b>	<b>TYPE</b>	<b>ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ Cr (tot) σε µg/L</b>
2	ΠΗΓΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	452942	4582586	24,64
3	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	346533	4540423	14,29
5	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	339816	4533646	20,00
6	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	351349	4523245	10,00
9	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	350265	4511062	14,29
10	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	480572	4543438	10,00
14	ΠΗΓΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	357211	4522525	10,00
15	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	373754	4442222	16,07
16	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	367884	4449940	11,79
17	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	437139	4552821	8,93
18	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	376413	4499666	13,21
19	ΠΗΓΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	372369	4446987	12,86
20	ΠΗΓΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	364561	4538807	10,00
22	ΠΗΓΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	491020	4563085	10,36
26	ΠΗΓΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	511705	4555171	18,93
28	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	517675	4534120	35,42
31	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	350177	4488755	22,86
32	ΠΗΓΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	502349	4542313	7,86
33	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	502640	4552421	18,00
35	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	509485	4543548	16,07
39	ΠΗΓΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	340597	4515094	7,50
43	ΠΗΓΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	322793	4519475	7,86
82	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	364668	4484942	26,07
200	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	375793	4511444	10,00
08/Γ2	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	359999	4354974	44,83
08/Γ6	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	387708	4370428	53,33
09/Γ7	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	317159	4473167	24,50
12/Γ2	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΡΑΚΗΣ	676647	4519160	8,50
12/Γ7	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΡΑΚΗΣ	585526	4546523	7,00
14´	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	478908	4526107	8,93
16´	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	451780	4534560	8,93
19´	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	496914	4550370	8,93
3´	ΠΗΓΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	452927	4581146	7,86
5´	ΠΗΓΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	463686	4549265	11,79
F4	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	449472	4426737	8,93
ΑΕΒΑΛ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	305191	4485994	13,80
ΑΜΡ/Γ14	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΝΗΣΩΝ ΑΙΓΑΙΟΥ	666635	4076616	20,70
ΑΝ100	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	424262	4482696	8,93

<b>ΑΠ1</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	454775	4498453	8,93
<b>Β9</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	284088	4445796	13,00
<b>ΒΘΑ/46Α</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	407522	4475468	7,86
<b>ΒΘΑ70</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	418916	4466360	23,33
<b>Γ/ΚΑΝ</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	234754	4286447	20,33
<b>Γ139</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΡΑΚΗΣ	704732	4599666	24,17
<b>Γ21</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	401643	4566912	10,00
<b>Γ24</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	378891	4535353	14,29
<b>Γ26</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	404179	4520921	10,00
<b>Γ27</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	399558	4502852	7,86
<b>Γ33</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	387868	4524841	15,71
<b>Γ37</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	392468	4509351	35,71
<b>Γ468</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΤΤΙΚΗΣ	489693	4193728	32,38
<b>ΓΜ1</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΡΑΚΗΣ	643529	4526816	37,78
<b>ΓΜ5</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΡΑΚΗΣ	649559	4533970	7,19
<b>ΕΡ8</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	280706	4443456	10,90
<b>ΕΥ14</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΡΑΚΗΣ	555256	4555666	7,50
<b>ΕΥ19</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΡΑΚΗΣ	547935	4545132	9,38
<b>ΕΥ6</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	526260	4549691	8,33
<b>ΕΥ9</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	532483	4542123	8,33
<b>Η132Α</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	345868	4497309	38,85
<b>Η2</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΡΑΚΗΣ	707340	4605100	9,44
<b>Η6</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΡΑΚΗΣ	690562	4614760	7,50
<b>Θ39</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	438054	4242917	44,38
<b>Θ600</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	452688	4249145	38,00
<b>Ι4</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	484786	4477816	7,86
<b>Λ127</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	331894	4341635	21,50
<b>ΛΓ6α</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	412157	4539682	10,36
<b>ΜΓ/5α</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΤΤΙΚΗΣ	437346	4212825	32,00
<b>Ο42</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	459903	4455808	11,43
<b>Π20</b>	ΠΗΓΗ	ΘΡΑΚΗΣ	564244	4548510	7,50
<b>Π21</b>	ΠΗΓΗ	ΘΡΑΚΗΣ	563597	4547826	7,50
<b>Π23</b>	ΠΗΓΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	522219	4546386	6,67
<b>Π42</b>	ΠΗΓΗ	ΘΡΑΚΗΣ	559801	4507325	7,50
<b>Π50</b>	ΠΗΓΗ	ΚΡΗΤΗΣ	701331	3887774	26,00
<b>Π52</b>	ΠΗΓΗ	ΘΡΑΚΗΣ	553742	4511888	6,25
<b>Π54</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	315102	4506059	15,00
<b>Π59</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	322433	4517495	15,80
<b>Π8</b>	ΠΗΓΗ	ΘΡΑΚΗΣ	647063	4523758	7,50
<b>ΠΘΜ1</b>	ΠΗΓΗ	ΘΡΑΚΗΣ	544235	4534110	6,67
<b>ΠΡ2</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	437739	4456336	12,86

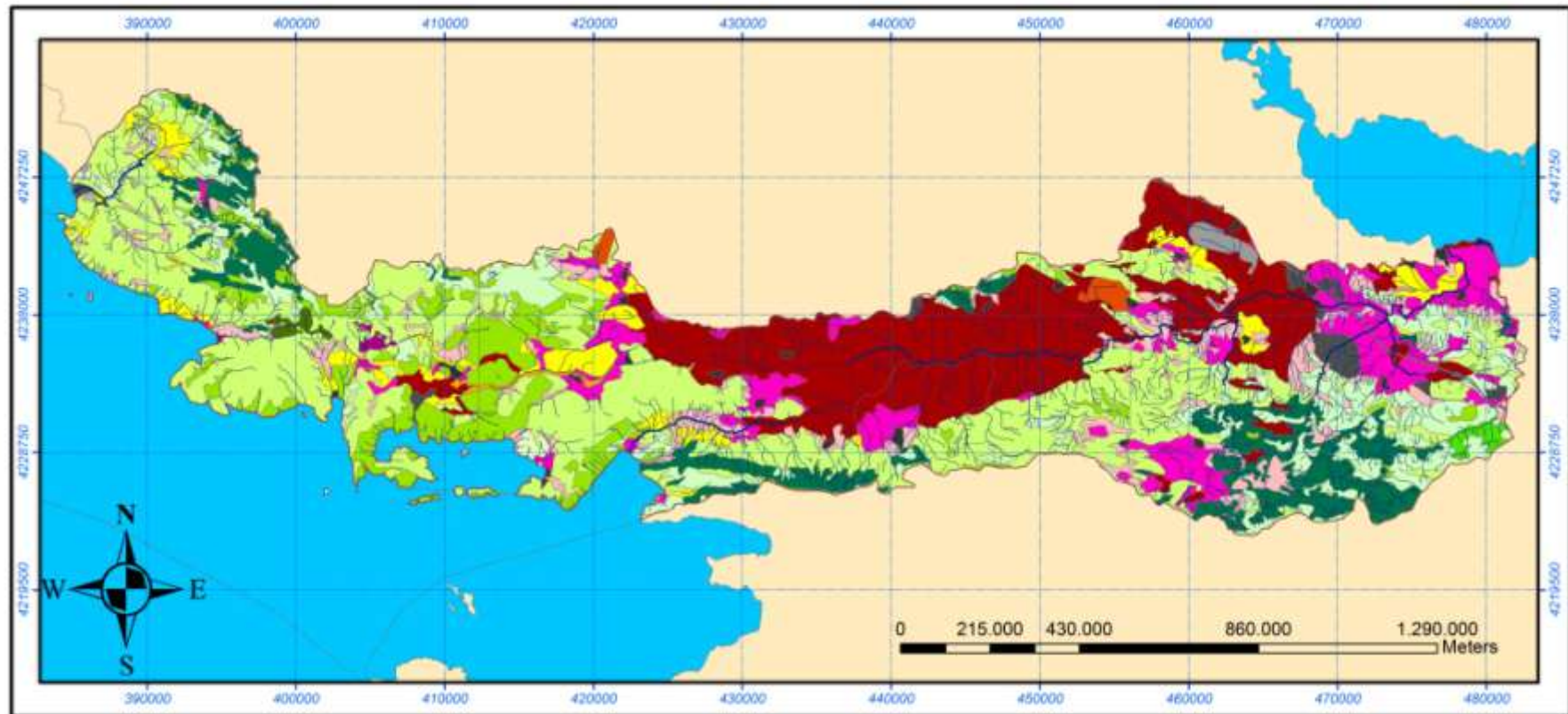


<b>Σ29</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	347657	4364131	27,00
<b>ΤΓ10</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	380245	4526268	11,43
<b>ΤΕ59</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	436697	4464824	18,93
<b>Υ1</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	441498	4500733	8,93
<b>ΥΓ1</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	266540	4276045	25,58
<b>ΥΕΒ1</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	374615	4461570	18,57
<b>ΥΠΤ049</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	306517	4495076	29,70
<b>ΥΣΡ11</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	312116	4474144	53,50
<b>Φ451</b>	ΠΗΓΑΔΙ	ΑΤΤΙΚΗΣ	409649	4201106	81,50

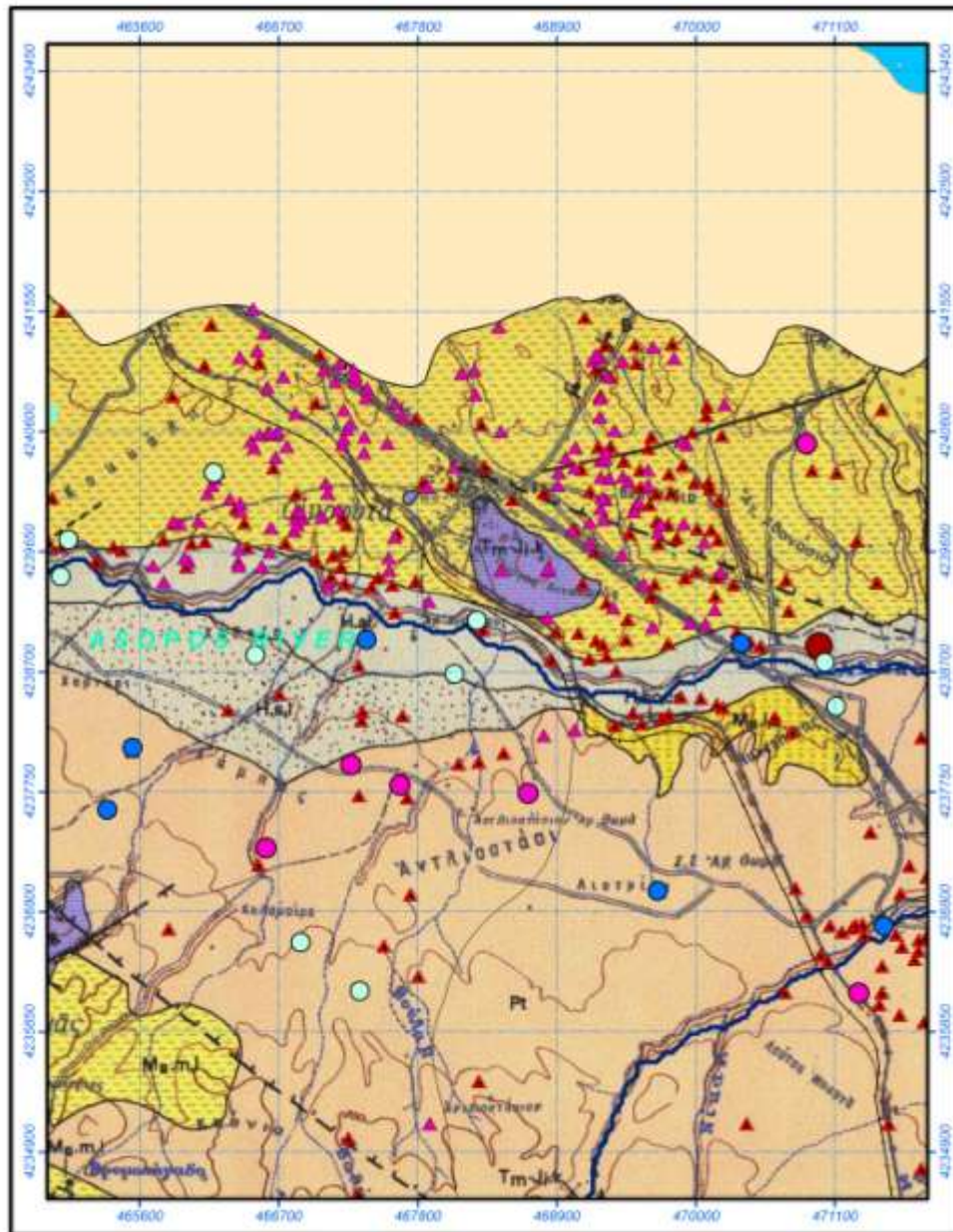
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Υδροσημεία με συστηματική ανίχνευση χρωμίου</b>					
<b>ID</b>	<b>TYPE</b>	<b>ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ Cr (tot) σε µg/L</b>
3	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	346533	4540423	14,29
5	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	339816	4533646	20,00
6	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	351349	4523245	10,00
9	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	350265	4511062	14,29
14	ΠΗΓΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	357211	4522525	10,00
16	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	367884	4449940	11,79
17	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	437139	4552821	8,93
20	ΠΗΓΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	364561	4538807	10,00
22	ΠΗΓΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	491020	4563085	10,36
28	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	517675	4534120	35,42
82	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	364668	4484942	26,07
200	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	375793	4511444	10,00
F4	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	449472	4426737	8,93
AMP/Γ14	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΝΗΣΩΝ ΑΙΓΑΙΟΥ	666635	4076616	20,70
AN100	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	424262	4482696	8,93
ΑΠ1	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	454775	4498453	8,93
B9	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	284088	4445796	13,00
ΒΘΑ/46Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	407522	4475468	7,86
ΒΘΑ70	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	418916	4466360	23,33
Γ/ΚΑΝ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	234754	4286447	20,33
Γ139	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΡΑΚΗΣ	704732	4599666	24,17
ΓΜ1	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΡΑΚΗΣ	643529	4526816	37,78
ΕΡ8	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	280706	4443456	10,90
ΕΥ19	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΡΑΚΗΣ	547935	4545132	9,38
ΕΥ6	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	526260	4549691	8,33
ΕΥ9	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	532483	4542123	8,33
Ι4	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	484786	4477816	7,86
ΛΓ6α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	412157	4539682	10,36
ΜΓ/5α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΑΤΤΙΚΗΣ	437346	4212825	32,00
Ο42	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	459903	4455808	11,43
Π50	ΠΗΓΗ	ΚΡΗΤΗΣ	701331	3887774	26,00
Π54	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	315102	4506059	15,00
Π8	ΠΗΓΗ	ΘΡΑΚΗΣ	647063	4523758	7,50
ΠΡ2	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	437739	4456336	12,86
ΤΓ10	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	380245	4526268	11,43
ΤΕ59	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	436697	4464824	18,93
Υ1	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	441498	4500733	8,93
ΥΓ1	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	266540	4276045	25,58

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.</b> Προτεινόμενα υδροσημεία ανίχνευσης γηγενούς χρωμίου					
<b>ID</b>	<b>TYPE</b>	<b>ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ Cr (tot) σε µg/L</b>
<b>3</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	346533	4540423	14,29
<b>5</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	339816	4533646	20,00
<b>6</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	351349	4523245	10,00
<b>9</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	350265	4511062	14,29
<b>14</b>	ΠΗΓΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	357211	4522525	10,00
<b>16</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	367884	4449940	11,79
<b>20</b>	ΠΗΓΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	364561	4538807	10,00
<b>82</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	364668	4484942	26,07
<b>200</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	375793	4511444	10,00
<b>AN100</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	424262	4482696	8,93
<b>B9</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	284088	4445796	13,00
<b>BΘA70</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	418916	4466360	23,33
<b>ΓM1</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΘΡΑΚΗΣ	643529	4526816	37,78
<b>EP8</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	280706	4443456	10,90
<b>O42</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	459903	4455808	11,43
<b>Π8</b>	ΠΗΓΗ	ΘΡΑΚΗΣ	647063	4523758	7,50
<b>ΠP2</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	437739	4456336	12,86
<b>TΓ10</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	380245	4526268	11,43
<b>TE59</b>	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	436697	4464824	18,93

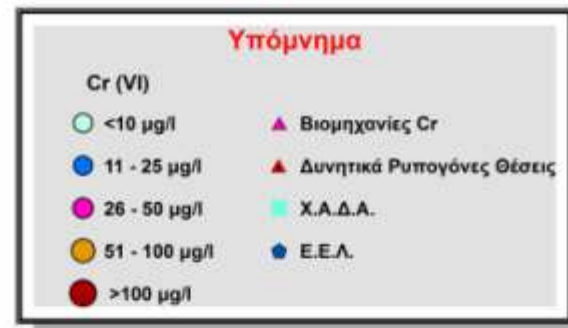
## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β**



**Χάρτης 1.  
Χρήσεις Γης Λεκάνης  
Ασωπού Ποταμού**

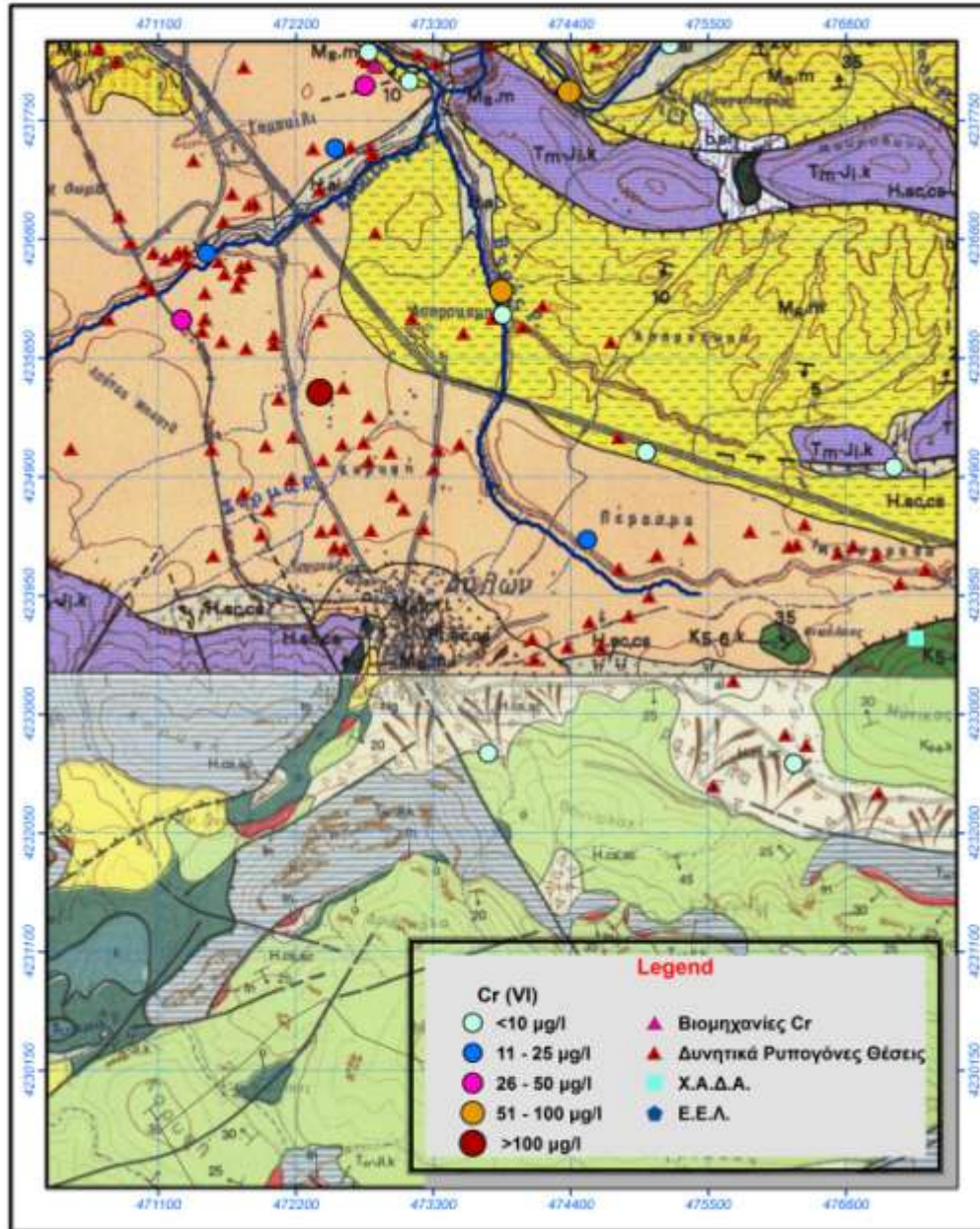


ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΜΝΗΜΑ			
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ			
ΟΛΟΚΑΙΝΟ		ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ	
	Αλλουβιακές Αποθέσεις		Ποταμογενείς Αποθέσεις
	Ευμετά αργιλοαμύδι		
	Σύγχρονα Πέδρα Κρημνά		
ΝΕΟΓΕΝΕΣ			
ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΕΝΟ			
	Μαργακοί Ασβεστόλιθοι και τραβερτίνες Περιοχής Σχηματάρη - Οινόφυτων		Ποταμογενείς αποθέσεις παρακείμες Αιολίδας
ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ			
MIDDLE TRIASSIC - MIDDLE LIAS			
	Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί Ασβεστόλιθοι, δολομίτες		



Χάρτης 2. Περιοχή Οινόφυτων

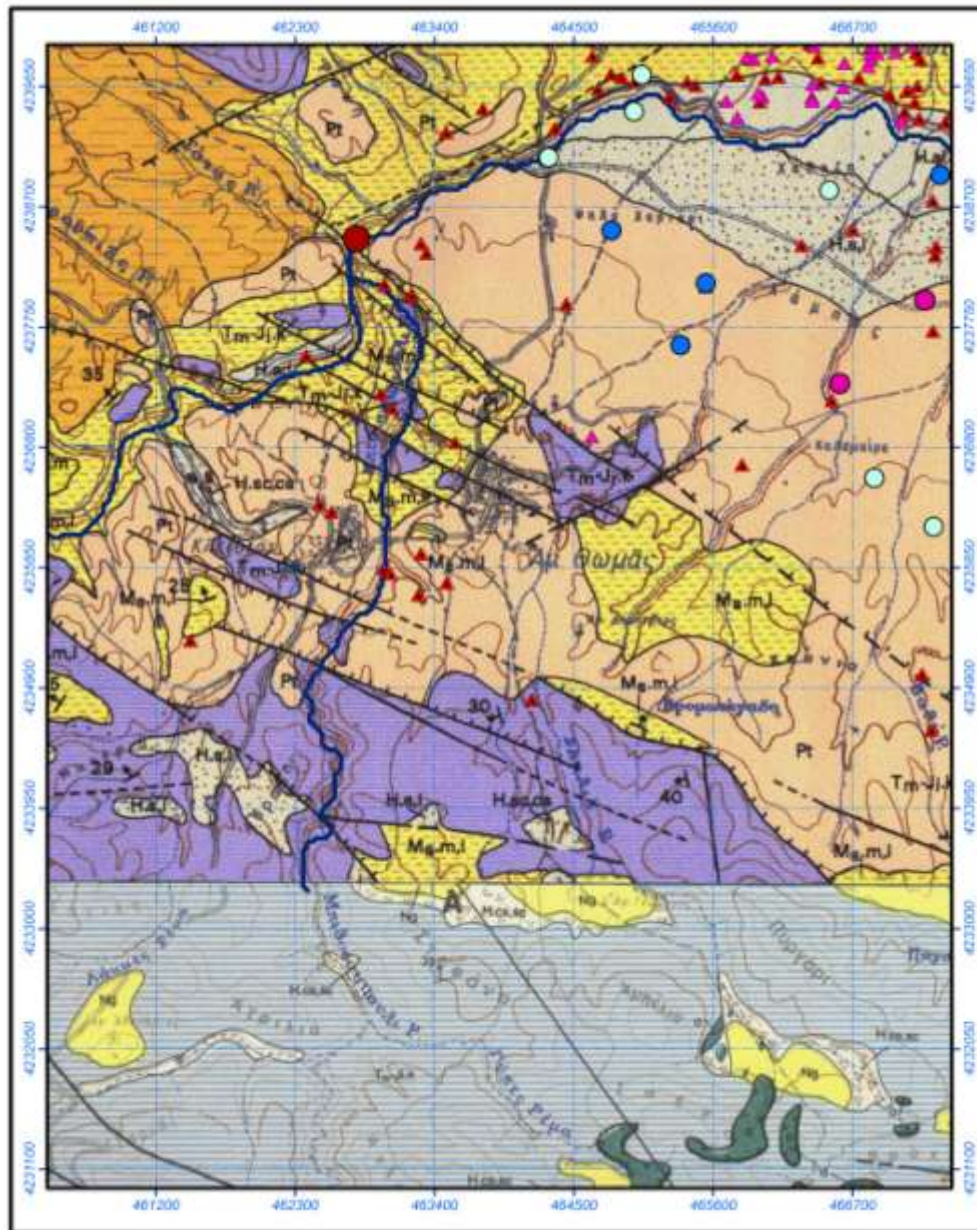




ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΜΝΗΜΑ			
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ			
ΟΛΟΚΑΙΝΟ		ΠΛΑΙΣΤΟΚΑΙΝΟ	
Άλλουβιακές Αποθέσεις			Σύγχρονα Πλευρικά Κοιμήματα
			Παλαιά Πλευρικά Κοιμήματα και Κώνες Κοιμημάτων
			Ποταμογενείς Αποθέσεις
ΝΕΟΓΕΝΕΣ			
ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΕΝΟ			
	Μάργες		Σχηματισμοί από ευκαλασσομένα στρώματα (μάργες, αργίλους, φελλίτες)
	Άργιλοι περιωχής Συκιάνου		Κροκάλες Μαρκόπουλου - Οριστού
	Neogene formations of Spondia		Άργιλοι
	Μάργες, Άργιλοι, Πηλοί, Κροκάλες Περιωχής Σχηματισμού Ονομασίας		
ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ			
ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ			
	Φύλλης		Φύλλης
ΚΕΝΟΜΑΝΙΟ - ΜΑΙΣΤΡΙΧΟ			
	Ανωκερηνικό Σύστημα		Σιδηροκλιούρα
ΜΕΣΟ ΤΡΙΑΣΙΚΟ - ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΪΚΟ			
	Αββυσσώδεις		Αββυσσώδεις
	Ηφαιστειακή/μαγνητική Σύνθεση		
ΣΕΙΡΑ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ			
ΑΝΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΪΚΟ ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΚΡΗΤΑΪΚΟ			
	Υπερθωικοί Σχηματισμοί		

Χάρτης 3. Περιοχή Αυλώνας



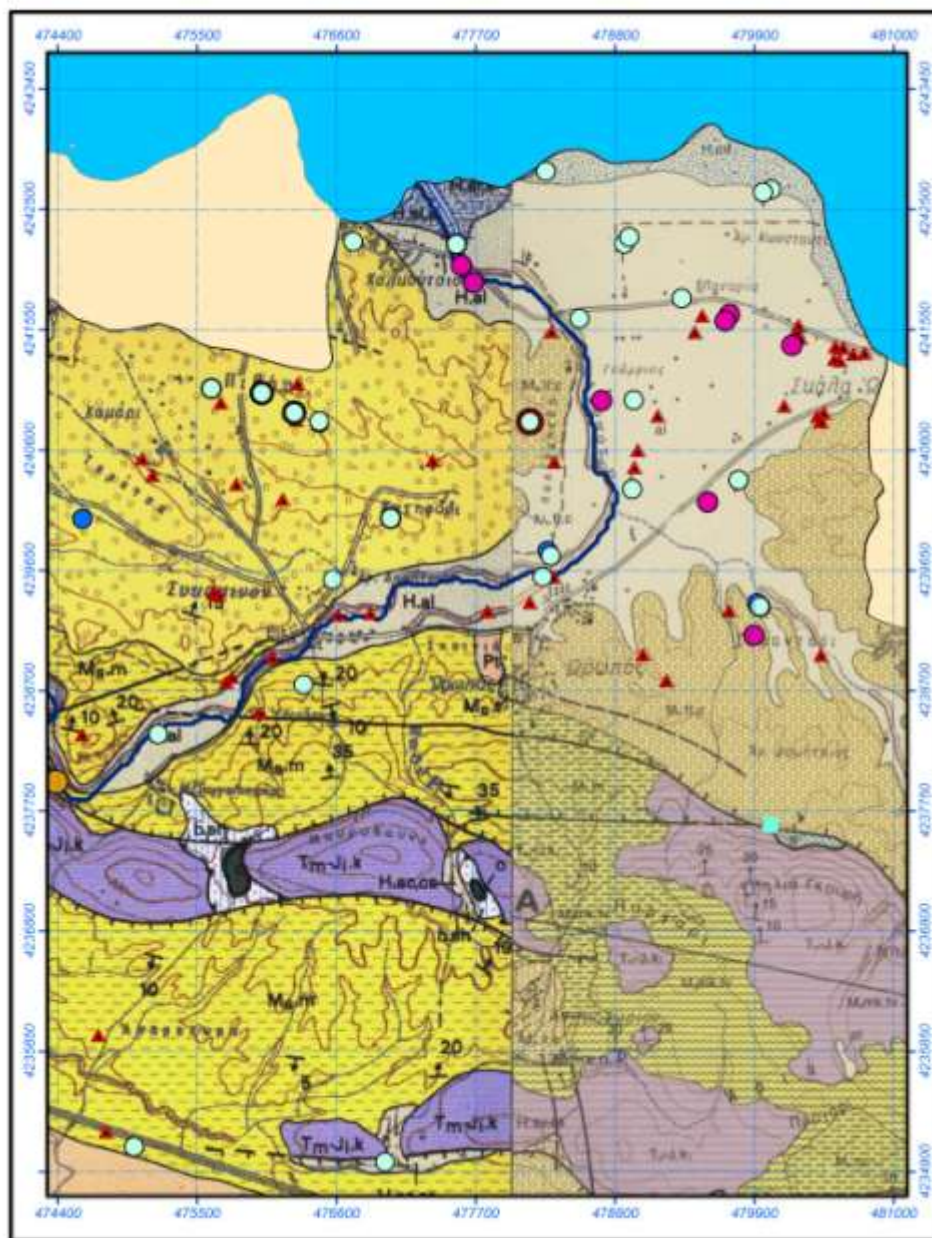


ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΜΝΗΜΑ			
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ			
ΟΛΟΚΑΙΝΟ		ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ	
	Αλλοβιακές Αποθέσεις		Ποταμογενείς Αποθέσεις
	Κάκια Κορημάτων		
	Επιμενά Αργιλοαμύδη		
ΝΕΟΓΕΝΕΣ			
ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΕΝΟ			
	Άργιλοι Περαχής Σουαμίου		Σχηματισμοί από εναιωασμένους σπύσματα (μάργες, άργιλοι, φελλμίτες)
	Άργιλοι μάργες περαχής Ασωπού		Μάργες Άργιλοι, Πηλοί, Κραάλλες
ΠΕΛΑΓΟΜΙΚΗ ΖΩΝΗ			
ΑΝΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΪΚΟ-ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ		ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΣΣΙΚΟ-ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΪΚΟ	
	Οφθαίθος		Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί Ασβεστόλιθοι, Δολομίτες

Υπόμνημα	
Cr (VI)	
	<10 µg/l
	11 - 25 µg/l
	26 - 50 µg/l
	51 - 100 µg/l
	>100 µg/l
	Βιομηχανίες Cr
	Δυνητικά Ρυπογόνες Θέσεις
	Χ.Α.Δ.Α.
	Ε.Ε.Λ.

Χάρτης 4. Περιοχή Αγίου Θωμά

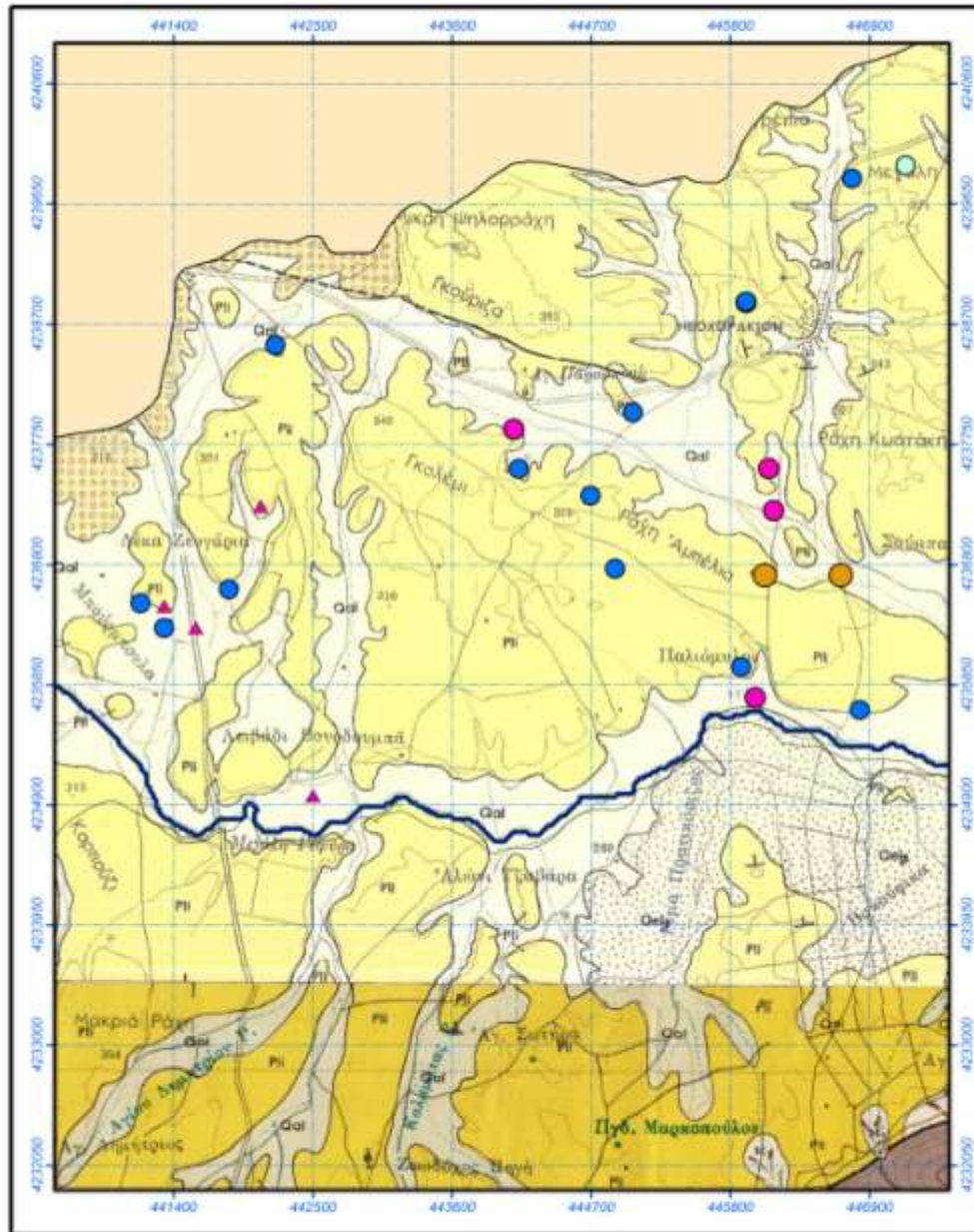




ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΜΝΗΜΑ			
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ			
ΟΛΟΚΑΙΝΟ		ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ	
	Αλλουβιακές Αποθέσεις		Κόκκινοι Κοιμημάτων
	ΐλις Τεταγών Άμμοι και Κροκάλες		Ποταμογενείς Αποθέσεις
ΝΕΟΓΕΝΕΣ			
ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΣΟΚΑΙΝΟ			
	Ποταμογενείς Αποθέσεις Περιοχής Αιτιάδας Δόλβις		Κροκαλοπηγή Μαρωνίου Ιού Ορφού
	Μεγαλιόκοι Ασβεστόλιθοι και τραβερτίνας		Μάρμας
	Μάρμας Περιοχής Ξυκαριάς		
ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ			
ΜΕΣΟ ΤΡΑΔΙΚΟ - ΑΝΩΤΕΡΟ ΚΟΥΡΑΣΙΚΟ		ΚΕΝΟΜΑΝΙΟ - ΜΑΙΣΤΡΗΚΙΟ	
	Ασβεστόλιθοι		Ανικητηόκοι Ασβεστόλιθοι
ΜΕΛΗ ΗΕΩΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ			
	Υπερθωσικά Πετρώματα		Ηφαίστιο-οξυμυασιγενή Συμπλέγματα



Χάρτης 5. Περιοχή Ωρωπού



ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΜΝΗΜΑ			
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ			
ΟΛΟΚΑΙΝΟ		ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ	
	Αλλουβιακές Αποθέσεις		Παλιό Κορημάτα
	Κύριοι Κορημάτων		Ποταμογενείς Αποθέσεις
	Παλαιοί Κύριοι Κορημάτων		Κροκαλοπηγή, φασμίτες, άμμο κ.α.
	Αλλουβιακοί Μανδύες		
ΝΕΟΓΕΝΕΣ			
ΚΑΤΩ ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ			
ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΣΥΣΤΗΜΑ		ΜΕΣΟ - ΑΝΩ - ΤΡΙΑΔΙΟ	
	Μάργες, άργιλοι, φασμίτες, τρωβερσίτες, ασβεστόλιθοι κ.α. κροκαλοπηγών		Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες



Χάρτης 6. Περιοχή Νεοχωρακίου



