



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΥΔΑΤΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
& ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΜΕΛΕΤΩΝ **ΖΩΝΩΝ ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ**

ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ
ΤΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΗΣ
ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΚ

ΑΘΗΝΑ

Περιεχόμενα

A. ΓΕΝΙΚΑ.....	3
B. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ – ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΖΩΝΩΝ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ	4
Γ. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	5
Δ. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΖΩΝΩΝ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	7
E. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ – ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ	9
E.1 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΩΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ	9
E.2 ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ	11
ΣΤ. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΖΩΝΩΝ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ	14
ΣΤ.1 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	14
ΣΤ.2 ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	15
Ζ. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ.....	17
Ζ.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
Ζ.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	17
Ζ.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ / ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ – ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	18
Ζ.4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	18
Ζ.5 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΣΔΛΑΠ ΚΑΙ ΣΔΚΠ.....	19
Ζ.6 ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ.....	19
Ζ.7 ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ – ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ	20
Ζ.8 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΙΕΣΕΙΣ / ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΡΥΠΟΓΟΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	20
Ζ.9 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΖΩΝΩΝ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ – ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ	20
H. ΧΑΡΤΕΣ / ΤΟΜΕΣ	22
H.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ	22
H.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ / ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΜΕ ΣΗΜΕΙΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΥΔΑΤΟΣ	22
H.3 ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ.....	23
H.4 ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ	23
H.5 ΧΑΡΤΗΣ ΖΩΝΩΝ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ & ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΩΝ	24
H.6 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑΣ	24
Θ. ΣΧΕΔΙΑ – ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ – ΠΙΝΑΚΕΣ – ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	25

A. ΓΕΝΙΚΑ

Με το παρόν ορίζονται ο σκοπός, οι όροι, οι προϋποθέσεις, τα αντικείμενα και οι τεχνικές προδιαγραφές, με βάση τις οποίες εκπονούνται οι μελέτες για την οριοθέτηση των Ζωνών Υφαλμύρισης των Υπόγειων Υδροφορέων, που απαιτούνται σύμφωνα με τα Αναλυτικά Κείμενα Τεκμηρίωσης των Προγραμμάτων Μέτρων των Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών της Χώρας, που θεσμοθετούνται στο πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Οι ανωτέρω μελέτες εκπονούνται από επιστήμονες ανάλογου γνωστικού αντικειμένου, σύμφωνα με τα οριζόμενα στο ΠΔ 344/2000 (ΦΕΚ 297/Α/29.12.2000), όπως ισχύει.

Οι τεχνικές προδιαγραφές και οι απαιτούμενες επιμέρους εργασίες των μελετών για τις Ζώνες Υφαλμύρισης των Υπόγειων Υδροφορέων αναφέρονται στην υπ' αριθμ. απόφαση ΔΝΣγ/32129/ΦΝ466 (ΦΕΚ 2519/Β/20.07.2017) περί Έγκρισης Κανονισμού Προεκτιμώμενων Αμοιβών μελετών και παροχής τεχνικών και λοιπών συναφών επιστημονικών υπηρεσιών κατά τη διαδικασία της παρ.8δ του άρθ. 53 του Ν.4412/2016 (Α' 147), όπως ισχύει.

Β. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ – ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΖΩΝΩΝ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ

Αντικείμενο του παρόντος τεύχους τεχνικών προδιαγραφών αποτελεί η μελέτη των ζωνών υφαλμύρισης υπόγειων υδροφορέων μέσα από την ανάλυση των υφιστάμενων συνθηκών, τον προσδιορισμό των ζωνών υφαλμύρισης, τη διαβάθμισή τους, την προσέγγιση των αιτίων και την πρόταση μέτρων αντιμετώπισης. Στο πλαίσιο προσδιορισμού των ζωνών αυτών προτείνεται η εφαρμογή κλασικών τρόπων ανάλυσης και σύγχρονων εργαλείων και μεθοδολογιών για την καλύτερη και ορθολογικότερη εκτίμηση και προστασία των υπόγειων υδροφορέων από τη θαλάσσια διείσδυση, καθώς επίσης η διερεύνηση της ευαλωτότητάς τους σε φαινόμενα υφαλμύρισης. Καθοριστικός παράγοντας για την ανάλυση του φαινομένου, τον προσδιορισμό της έκτασης και της έντασης των ζωνών υφαλμύρισης και την τεκμηρίωση των μέτρων και δράσεων αντιμετώπισης είναι η εξειδικευμένη διερεύνηση των γεωλογικών και τεκτονικών δομών και η ανάλυση των υδρογεωλογικών και υδροχημικών συνθηκών της στενής και της ευρύτερης περιοχής ανάπτυξης της υφαλμύρισης.

Η μελέτη Ζωνών Υφαλμύρισης Υπόγειων Υδροφορέων αποτελεί εξειδικευμένη μελέτη των Τεχνικών Προδιαγραφών των Ειδικών Υδρογεωλογικών Μελετών που αποτελούν αναπόσπαστο Παράρτημα (III) των ΣΔΛΑΠ, όπως ισχύουν, εξειδικεύοντας, αναλύοντας και εμπλουτίζοντας τις εργασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν στην ύπαιθρο/στο πεδίο, ώστε να μελετηθεί με αξιόπιστο και αποδεκτά επιστημονικό τρόπο η υφάλμυρη έκταση στην ενδοχώρα, λόγω θαλάσσιας διείσδυσης. Η ανωτέρω μελέτη συνδέεται άμεσα με το βασικό Μέτρο των ΣΔΛΑΠ ΜΧΧΒ0501 «Περιορισμοί, όροι και προϋποθέσεις κατασκευής υδροληπτικών έργων απόληψης υπόγειων υδάτων (γεωτρήσεις, πηγάδια κλπ) για νέες χρήσεις, καθώς και της επέκτασης αδειών υφιστάμενων χρήσεων νερού σε παράκτια ΥΥΣ με προβλήματα υφαλμύρισης, εκτεταμένης ή τοπικής, ανεξαρτήτου προελεύσεως» και με το συμπληρωματικό μέτρο των ΣΔΛΑΠ ΜΧΧΣ0801, όπου προβλέπεται «Καθορισμός και οριοθέτηση περιοχών ΥΥΣ που παρουσιάζουν κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υφαλμύρισης ή παρουσιάζουν τοπική υφαλμύριση». Η σύνταξη της ανωτέρω υδρογεωλογικής μελέτης επιτρέπει την τεκμηριωμένη οριοθέτηση των ζωνών υφαλμύρισης προσφέροντας μεγαλύτερη ασφάλεια στα υδροληπτικά έργα, αλλά παράλληλα γίνεται προσπάθεια να αποφευχθεί η υπερδιαστασιολόγησή τους, με αρνητικές επιπτώσεις στις χρήσεις γης των περιοχών που περιλαμβάνονται στις υφάλμυρες ζώνες. Η ανωτέρω υδρογεωλογική μελέτη περιγράφει, επί της ουσίας, τις κατευθυντήριες γραμμές οριοθέτησης των ζωνών υφαλμύρισης των υπόγειων υδροφορέων.

Γ. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Υφαλμύριση είναι η σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης συγκεκριμένων διαλυμένων ουσιών ή αλάτων στο νερό των υπόγειων υδροφόρων συστημάτων, πάνω από τα «φυσιολογικά» για το σύστημα επίπεδα, εξαιτίας της επίδρασης διαφόρων ανθρωπογενών κυρίως, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις φυσικών παραγόντων. Επομένως, για την αναγνώριση του φαινομένου αλλά και για την εκτίμηση του μεγέθους του, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η γνώση των βασικών υδρολιθολογικών δομών του υπόγειου υδροφορέα, των αρχικών ή φυσικών ποιοτικών χαρακτηριστικών του εξεταζόμενου υδατικού συστήματος, καθώς και των υδραυλικών του χαρακτηριστικών και συνθηκών (υδραυλική επικοινωνία με τη θάλασσα, καθεστώς αντλήσεων, συνθήκες τροφοδοσίας και υδρογεωλογικά όρια).

Τα αποτελέσματα της υφαλμύρισης είναι εξαιρετικά επιβλαβή για το φυσικό και το ανθρώπινο περιβάλλον με κυριότερες επιπτώσεις την υποβάθμιση των φυσικών και ευαίσθητων οικοσυστημάτων, την ακαταλληλότητα των υπόγειων νερών για ανθρώπινη χρήση και την ποιοτική υποβάθμιση των εδαφών από τη μακρόχρονη χρήση υφάλμυρου νερού. Η μεγάλη πληθυσμιακή αύξηση που παρατηρείται στις παράκτιες ζώνες, ιδιαίτερα τη θερινή περίοδο, καθιστά τα υπόγεια υδατικά συστήματα εξαιρετικά ευάλωτα στο φαινόμενο της υφαλμύρισης, εξαιτίας των ιδιαίτερα αυξημένων απαιτήσεων για την εξυπηρέτηση των αναγκών σε νερό και των αντίστοιχων υπεραντλήσεων, σε συνδυασμό με την άμεση υδραυλική τους επικοινωνία με τη θάλασσα. Επίσης, οι αυξημένες αρδευτικές ανάγκες την ξηρή περίοδο υποχρεώνουν τους αγρότες σε αυξημένες αντλήσεις την περίοδο αυτή, η οποία ταυτίζεται με την περίοδο της χαμηλής τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφορέων. Σε πολλές περιπτώσεις το φαινόμενο θεωρείται μη αναστρέψιμο και απαιτείται αρκετός χρόνος για αποκατάσταση, με οικονομικές συνέπειες στις τοπικές δραστηριότητες που συνδέονται με τη χρήση υπόγειου νερού. Για το λόγο αυτό η ορθότερη μέθοδος αντιμετώπισής του είναι πρακτικά η πρόβλεψη μέσω της εφαρμογής ενός πλαισίου ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων.

Τρωτότητα υπόγειων νερών ή υδροφορέων είναι η ευαισθησία ή η επιδεκτικότητα απέναντι στους ρύπους. Η έννοια της τρωτότητας βασίζεται στην παραδοχή ότι τα φυσικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών, σε μικρό ή μεγάλο βαθμό, δημιουργούν συνθήκες αυτοπροστασίας των υπόγειων υδατικών συστημάτων. Συνεπώς, κάποιες περιοχές είναι πιο ευάλωτες από κάποιες άλλες. Η τρωτότητα σχετίζεται με την ευκολία με την οποία ένας ρύπος, που εισάγεται στην επιφάνεια του εδάφους, μπορεί να φθάσει στον υδροφορέα κάτω από συγκεκριμένες πρακτικές διαχείρισης των χρήσεων γης σε μια περιοχή, με καθορισμένα χαρακτηριστικά του ρύπου και της ευαισθησίας του υδροφορέα. Έτσι η τρωτότητα του υπόγειου νερού είναι συνάρτηση τόσο των υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών του υδροφόρου συστήματος, της απόστασης από την πηγή

ρύπανσης, καθώς και των χαρακτηριστικών του ρύπου (δραστικότητα, ποσότητα, συχνότητα κ.ά.).

Η έννοια της υφαλμύρισης πρέπει να αντιμετωπίζεται σε τρία στάδια:

- 1) Ευαλωτότητα στην υφαλμύριση του υδροφορέα: με διαστασιολόγηση των υδρολιθολογικών και υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών του υδροφορέα (εκτατικότητα υδροφόρου, περατότητα, συνθήκες τροφοδοσίας καλή – μέτρια – κακή), υδραυλική αγωγιμότητα, υδραυλικό «μέτωπο» με τη θάλασσα.
- 2) Συνθήκες καταγεγραμμένης υφαλμύρισης: αφότου ο ρύπος έχει εισέλθει στο υδροφόρο σύστημα, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ρύπου και του υδροφορέα, αλλά και ο χρόνος παραμονής του ρύπου εντός του υδροφόρου.
- 3) Το στάδιο της άφιξης του ρύπου στο υδροληπτικό έργο, εάν γίνεται εκμετάλλευση του υδροφόρου ορίζοντα (αποτύπωση του φαινομένου της υφαλμύρισης).

Σε πολλές χώρες συντάσσονται χάρτες υφαλμύρισης σε κλίμακα νομού ή περιφέρειας ή ολόκληρης της χώρας, στους οποίους φαίνονται οι περιοχές με αυξημένη ή μη πιθανότητα ρύπανσης των υπόγειων υδροφορέων. Οι χάρτες αυτοί είναι μια ειδική κατηγορία υδρογεωλογικών χαρτών και επειδή είναι χρονο-εξαρτώμενοι απαιτούν ενημέρωση σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Δ. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΖΩΝΩΝ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Οι βασικές πληροφορίες που απαιτούνται για τον καθορισμό και οριοθέτηση των ζωνών υφαλμύρισης των υπόγειων νερών παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω. Οι πληροφορίες για τον καθορισμό των ζωνών υφαλμύρισης συλλέγονται κυρίως από σταθμούς ελέγχου και δίκτυα μετρήσεων, που εγκαθίστανται κατόπιν συστηματικής υδρογεωλογικής έρευνας κατάλληλης διάρκειας.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ	ΤΥΠΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
Γεωμορφολογία	Στοιχεία μορφολογικού αναγλύφου και υδρογραφικού δικτύου με βάση τις απαιτήσεις του αντικειμένου μελέτης.
Γεωλογική – τεκτονική δομή	Αναλυτική προσέγγιση της γεωλογικής δομής και της τεκτονικής εξέλιξης της στενής και της ευρύτερης περιοχής επιρροής με προσανατολισμό στις ειδικές απαιτήσεις και τις ανάγκες του θέματος της υφαλμύρισης.
Υδρογεωλογία	Αναλυτική διερεύνηση και προσέγγιση των υδρογεωλογικών συνθηκών με στόχευση στα στοιχεία που επηρεάζουν την δημιουργία και εξέλιξη του φαινομένου της υφαλμύρισης των υπόγειων υδροφόρων συστημάτων. Μετρήσεις στάθμης υπογείων υδάτων και προσδιορισμός της πιεζομετρικής επιφάνειας του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, των ζωνών τροφοδοσίας και των διευθύνσεων υπόγειας ροής και αποστράγγισης. Εκτίμηση του υπόγειου υδατικού δυναμικού, των συνθηκών τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφορέων και του υδατικού ισοζυγίου.
1. Ακόρεστη Ζώνη	Πάχος της ακόρεστης ζώνης σε βασικές θέσεις και σε όλο το εύρος του υδροφορέα, ταχύτητα ροής, ρυθμός κατείσδυσης, τροφοδοσία.
2. Κορεσμένη Ζώνη & Υδραυλικά χαρακτηριστικά υδροφορέα	Λιθοστρωματογραφία, γεωλογική δομή, γεωμετρία, ενεργό πορώδες, τύπος διαπερατότητας (πρωτογενές ή δευτερογενές πορώδες), υδραυλική αγωγιμότητα των υδροφόρων οριζόντων, τύπος υδροφορέα (ελεύθερος, ημι-ελεύθερος, υπό πίεση), μεταβολές στάθμης υπόγειου νερού, υδραυλική κλίση, κατεύθυνση ροής, επίπεδο αποκάρστωσης σε καρστικούς υδροφορείς.
Χρήσεις Νερού	Απαιτήσεις υδάτων για κάλυψη υδρευτικών αναγκών, σημεία υδροληψίας (πηγές, γεωτρήσεις) και θέσεις υδροληπτικών έργων, επιφανειακοί και υπόγειοι υδατικοί πόροι, κατανομή τους και χρήση, παροχή και πτώσεις στάθμης των υδροφόρων πεδίων.
Υδροχημεία	Φυσικές και χημικές ιδιότητες των υπόγειων νερών και χωροχρονική κατανομή και εξέλιξή τους με βάση στοιχεία δικτύου δειγματοληψιών και στοχευμένων υδροχημικών αναλύσεων. Προσδιορισμός της υφαλμύρισης, γεωγραφική κατανομή και βαθμονόμηση, εντοπισμός ζωνών θαλάσσιας διείσδυσης. Συνθήκες αλληλεπίδρασης και συνάρτηση με τα ποιοτικά δεδομένα επιφανειακών νερών και φυσικών οικοσυστημάτων.

Οι χάρτες υφαλμύρισης μπορούν να συνδυάζονται με χάρτες χρήσεων γης, ποιότητας νερού, πυκνότητας πληθυσμού κ.ά. και αποτελούν πολύτιμα εργαλεία στη λήψη αποφάσεων, τη διαχείριση και τη νομοθεσία σε όλα τα επίπεδα της δημόσιας διοίκησης. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται, κατά κύριο λόγο, με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, όπου οι επιμέρους χάρτες είναι τα θεματικά επίπεδα.

Ε. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ – ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών λόγω υφαλμύρισης – θαλάσσιας διείσδυσης οφείλεται σε ανθρωπογενή κυρίως, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις σε φυσικά αίτια. Η υφαλμύριση των υπογείων νερών λόγω ανθρωπογενών αιτιών αποδίδεται στην υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδατικών συστημάτων με μακροχρόνιες υπεραντλήσεις που έχουν προκαλέσει ανατροπή της φυσικής ισορροπίας, μικρής ή μεγάλης κλίμακας, τη μείωση της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων και τη σταδιακή ή εκτεταμένη διείσδυση του θαλασσινού νερού με την πρόσμιξή του με το νερό των υπόγειων υδατικών συστημάτων. Επίσης, τοπική αύξηση αλατότητας μπορεί να προκληθεί από οικιακά, αστικά λύματα, στερεά και βιομηχανικά απόβλητα και από μεταλλευτικές δραστηριότητες. Η ποιοτική υποβάθμιση των υπόγειων νερών λόγω φυσικών αιτιών (ενδογενής ρύπανση) αποδίδεται στη διάλυση των ορυκτών των πετρωμάτων, με συνέπεια το υπόγειο νερό να εμπλουτίζεται με μέταλλα και ιχνοστοιχεία (As, Fe, Mn, Cu, Cr) που υποβαθμίζουν την ποιοτική του κατάσταση. Η φυσική υφαλμύριση των υπόγειων νερών προκαλείται από τη διάλυση πετρωμάτων, όπως οι εβαπορίτες – γύψος που προκαλούν αύξηση των διαλυμένων χλωριόντων. Ενίοτε, η διείσδυση της θάλασσας είναι φυσική, λόγω υδραυλικών συνθηκών, όπως στην περίπτωση των παράκτιων καρστικών συστημάτων.

Ε.1 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΩΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ

Η υπεραντλήση των διαθέσιμων υπόγειων υδατικών πόρων έχει ως αποτέλεσμα την υφαλμύριση των εκμεταλλεύσιμων υδροφορέων. Οι παράκτιοι υδροφόροι, κάτω από φυσικές συνθήκες, αποστραγγίζονται προς την θάλασσα. Οι έντονες αντλήσεις στις παράκτιες περιοχές ελαττώνουν ή αναστρέφουν τη φυσική υδραυλική βαθμίδα προς τη θάλασσα. Το φαινόμενο αυτό της μείωσης ή αναστροφής της υδραυλικής κλίσης αποτελεί τη διείσδυση του θαλασσινού νερού προς την ενδοχώρα. Έτσι, τα αντλούμενα κατακόρυφα υδρομαστευτικά έργα (πηγάδια, γεωτρήσεις), επιβαρύνονται από το θαλασσινό νερό με αποτέλεσμα καταστρεπτικό, όχι μόνο για τους υδροφορείς, αλλά συχνά και για την οικονομική ζωή του τόπου. Το φαινόμενο της υφαλμύρισης περιγράφεται ως η διαδικασία, κατά την οποία η συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων στο νερό και στο έδαφος, αυξάνει λόγω φυσικών αιτιών, είτε λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Η υφαλμύριση του γλυκού νερού είναι ένα συχνό φαινόμενο τόσο σε επιφανειακούς και φρεάτιους υδροφορείς, όσο και σε βαθύτερους. Το φαινόμενο της διείσδυσης του θαλασσινού νερού προς την ενδοχώρα προσβάλλει τους παράκτιους υδροφόρους (και όχι μόνο) που επικοινωνούν υδραυλικά με τη θάλασσα, το οποίο οφείλεται σε:

- Ανθρωπογενείς δραστηριότητες με βασική αιτία τις υπεραντλήσεις υπόγειων νερών και διείσδυση θαλασσινού νερού προς την ενδοχώρα, την επιφανειακή ή υπεδάφια απόρριψη

υφάλμυρων αποβλήτων στο περιβάλλον και επιστροφή ροών μέσω υδατορεμάτων από εντατικά αρδευόμενες εκτάσεις.

- Φυσικά (ενδογενή) αίτια από τη διάλυση πετρωμάτων, όπως οι εβαπορίτες – γύψος που προκαλούν αύξηση των διαλυμένων χλωριόντων, την ύπαρξη συγγενετικού νερού στους πόρους των πετρωμάτων και θαλασσινό νερό με αερομεταφερόμενα σταγονίδια ή από εξάτμιση νερού λιμνοθαλασσών ή κλειστών κόλπων.

Οι Ghyben και Herzberg είναι οι πρώτοι ερευνητές που ασχολήθηκαν με το φαινόμενο της υφαλμύρισης. Διαπίστωσαν ότι η στάθμη του θαλάσσιου νερού στο έδαφος δεν βρίσκεται στο επίπεδο της θάλασσας, αλλά κάτω από αυτό, 40 περίπου φορές τη διαφορά στάθμης του γλυκού νερού από το επίπεδο της θάλασσας. Η σχέση αυτή, γνωστή με το όνομα Ghyben-Herzberg, προκύπτει από την υδροστατική ισορροπία μεταξύ αλμυρού και γλυκού νερού, λόγω των διαφορετικών πυκνοτήτων που χαρακτηρίζουν τα δύο αυτά υγρά. Αν δεχτούμε ότι το γλυκό και το θαλασσινό νερό δεν αναμιγνύονται και δεδομένου ότι έχουν διαφορετικές πυκνότητες, σχηματίζεται ανάμεσά τους μια διεπιφάνεια που το σχήμα της καθορίζεται από το υδροδυναμικό ισοζύγιο, οπουδήποτε τα δύο ρευστά βρίσκονται σε επαφή. Κατά τους Ghyben-Herzberg, υπάρχει ένα σημείο, όπου συναντώνται οι διατομές της ακτής, της διεπιφάνειας, της στάθμης της θάλασσας και του υδροφορέα. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να προκαλέσει αλλαγή της ροής του αλμυρού νερού εισβάλλοντας στους υπόγειους υδροφορείς. Όπως προκύπτει και από το νόμο Ghyben-Herzberg, το βάθος του γλυκού νερού (z) εξαρτάται από το h , δηλαδή, το ύψος του γλυκού νερού από το μέσο επίπεδο της θάλασσας (μέσω της σχέσης $z \sim 40 \times h$). Αυτό σημαίνει ότι για κάθε αύξηση του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας έχει ως συνέπεια τη μείωση της χωρητικότητας του γλυκού νερού στον υδροφορέα και τη μετατόπιση της διεπιφάνειας γλυκού και αλμυρού νερού προς τα πάνω. Ωστόσο, στην ανωτέρω σχέση υπεισέρχονται παραδοχές και αβεβαιότητες χωρίς βέβαια να χάνει τη χρησιμότητά της στον, κατά προσέγγιση, υπολογισμό του βάθους της διεπιφάνειας. Ειδικότερα, θεωρεί ακίνητη τη διεπιφάνεια αλμυρού – γλυκού νερού, γεγονός που συνήθως δεν ισχύει, και επιπλέον αγνοείται η κατακόρυφη συνιστώσα της ταχύτητας.

Η θαλάσσια διείσδυση διακρίνεται σε παθητική και ενεργητική. Η περίπτωση της διείσδυσης χαρακτηρίζεται ως παθητική όταν μια ποσότητα νερού αντληθεί από τον υδροφορέα χωρίς να αντιστραφεί η υδραυλική κλίση του υδροφόρου προς τη θάλασσα. Σε αυτή την περίπτωση αποκαθιστάται νέα ισορροπία της διεπιφάνειας γλυκού – αλμυρού νερού κατά την περίοδο ηρεμίας (μη άντλησης). Κατά την ενεργητική θαλάσσια διείσδυση υπάρχει αναστροφή της υδραυλικής κλίσης προς τη θάλασσα, όσο διαρκεί η υπεράντληση, ενώ παράλληλα δημιουργείται κώνος πτώσης στάθμης με γρηγορότερη πλήρωση του υδροφορέα με θαλασσινό νερό απ' ό,τι στην παθητική.

Όταν το θαλασσινό νερό διεισδύει προς την ενδοχώρα λαμβάνουν χώρα διαδικασίες μίξης γλυκού και αλμυρού νερού, καθώς και φαινόμενα ιοντοανταλλαγής μεταξύ του νερού και του γεωλογικού υλικού του υδροφορέα. Τα ιόντα χλωρίου αποτελούν ένα συντηρητικό δείκτη, ο οποίος δεν μεταβάλλεται χημικά, δεν συμμετέχει σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις και δεν προσροφάται σε επιφάνειες οξειδίων και οργανικών υλικών, καθώς επίσης και λόγω της συμμετοχής τους στις διαδικασίες της υφαλμύρινσης των υπόγειων νερών, τα ιόντα αυτά χρησιμοποιούνται ως η κύρια παράμετρος προσδιορισμού της υποβάθμισης των υπογείων νερών.

Ε.2 ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ

Η συντομότερη και αμεσότερη αναγνώριση του φαινομένου της υφαλμύρινσης σε έναν υπόγειο υδροφορέα γίνεται με χημική ανάλυση δειγμάτων και σε συνδυασμό με δοκιμαστικές αντλήσεις, λαμβάνοντας υπόψη ένα ή περισσότερα από τα παρακάτω κριτήρια κατά την κρίση του μελετητή. Τα παρακάτω αναφέρονται ενδεικτικά και όχι περιοριστικά:

- Ηλεκτρική αγωγιμότητα: διαφοροποίηση (με αυξητικές τάσεις) σε συνθήκες άντλησης.
- Ιόντα χλωρίου: λόγω της διαφοροποίησης των ανιόντων του θαλασσινού νερού και του τυπικού ηπειρωτικού νερού, μία σαφέστερη ένδειξη για θαλάσσια διείσδυση αποτελεί η αύξηση της συγκέντρωσης των χλωριόντων. Αρκετές θέσεις δειγματοληψίας παρουσιάζουν μια χρονική μεταβλητότητα στις τιμές των ιόντων χλωρίου, κατά τη διάρκεια της υγρής και ξηρής περιόδου με εντονότερο το φαινόμενο να παρατηρείται κατά μήκος της ακτογραμμής, όπου η υφαλμύριση είναι σημαντική. Η αυξομείωση στη συγκέντρωση οφείλεται αφενός στην ετήσια μεταβαλλόμενη ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, η οποία μετατοπίζει ή όχι το μέτωπο της θαλάσσιας διείσδυσης αυξομειώνοντας κατ' αυτό τον τρόπο, ως ένα βαθμό, τη διείσδυση του θαλασσινού νερού και επομένως και την περιεκτικότητα του υπόγειου νερού σε ιόντα χλωρίου, αφετέρου στην υπερκμετάλλευση και υπεράντληση των υδροληπτικών έργων, λόγω αυξημένων υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών κατά τη διάρκεια του θέρους.
- Λόγος Na/Cl: ο λόγος Na/Cl της θαλάσσιας διείσδυσης είναι μικρότερος από αυτόν του θαλάσσιου νερού. Έτσι, συνδυάζοντάς τον με άλλες γεωχημικές παραμέτρους, αποτελεί δείκτη για θαλάσσια διείσδυση, ακόμα και αν το φαινόμενο έχει εξελιχθεί σε μικρό βαθμό.
- Λόγοι Ca/Mg και Ca/(HCO₃+SO₄): ο εμπλουτισμός ενός παράκτιου υδροφόρου με Ca σε συνδυασμό με τους λόγους Ca/Mg και Ca/(HCO₃+SO₄) μεγαλύτεροι του 1, αποτελούν ακόμα μία ένδειξη που επιβεβαιώνει την υφαλμύριση.

- Συντελεστής Revelle: Ο δείκτης ορίζεται ως το πηλίκο των ιόντων (meq/L) χλωρίου προς το άθροισμα των ανθρακικών και των όξινων ανθρακικών ιόντων:

$$Revelle = \frac{Cl}{CO_3 + HCO_3}$$

Όταν ο συντελεστής αυτός παίρνει τιμές πλησίον ή μεγαλύτερες του 1 τότε υπάρχει σαφής ένδειξη υφαλμύρινσης. Η χρήση του συντελεστή Revelle πρέπει να γίνεται σε συνδυασμό με σαφή γνώση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής, στην οποία εφαρμόζεται. Η κατανομή του συντελεστή Revelle ακολουθεί αυτή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και των συνολικών διαλυμένων στερεών.

- B.EX. (Base Exchange Index): Ορίζεται ως το άθροισμα των κατιόντων Na^+ , K^+ και Mg^{2+} (σε meq/L), το οποίο ανάγεται στο θαλασσινό νερό. Ο δείκτης BEX δίνεται από την εξίσωση:

$$B.EX. = (Na^+ + K^+ + Mg^{2+}) - 1.0716 \cdot Cl$$

Υψηλές θετικές τιμές του δείκτη πιστοποιούν υδρογεωχημικές διεργασίες εμπλουτισμού, αντίθετα υψηλές αρνητικές τιμές του δείκτη δείχνουν φαινόμενα διείσδυσης θαλασσινού νερού, ενώ τιμές γύρω στο μηδέν καταδεικνύουν ισορροπία.

- S.M.I. (Seawater Mixing Index): Για τον καθορισμό του κατά πόσο επηρεασμένα είναι τα υπόγεια νερά από τη διείσδυση της θάλασσας λαμβάνονται υπόψη οι συγκεντρώσεις των ιόντων νατρίου, μαγνησίου, χλωρίου και των θεικών ιόντων, με δεδομένο ότι αυτά αποτελούν τα κυριότερα ιόντα στο θαλασσινό νερό. Ο δείκτης *S.M.I.* ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$S.M.I. = a \cdot \frac{C_{Na}}{T_{Na}} + b \cdot \frac{C_{Mg}}{T_{Mg}} + c \cdot \frac{C_{Cl}}{T_{Cl}} + d \cdot \frac{C_{SO4}}{T_{SO4}}$$

όπου, *a*, *b*, *c* και *d* είναι οι σχετικές συγκεντρώσεις των ιόντων νατρίου, μαγνησίου, χλωρίου και θεικών ιόντων αντίστοιχα στο θαλασσινό νερό *C* η συγκέντρωση (σε mg/L) των επιμέρους ιόντων των δειγμάτων του υπόγειου νερού και *T* η οριακή τιμή της απότομης αλλαγής της συγκέντρωσης κάθε ιόντος, η οποία μπορεί να υπολογιστεί με παρεμβολή από αθροιστικές καμπύλες πιθανότητας των λογαρίθμων των μέσων υπερετήσεων συγκεντρώσεων. Σε περίπτωση που ο εν λόγω δείκτης είναι μεγαλύτερος της μονάδας, αυτό αποτελεί μια προφανή ένδειξη ότι το δείγμα του υπόγειου νερού είναι επηρεασμένο από τη θαλάσσια διείσδυση. Όταν η χωρική κατανομή του δείκτη *S.M.I.* συμφωνεί με την κατανομή των ιόντων χλωρίου, αποδεικνύεται η αξιοπιστία του δείκτη.

- Schoeller: Για να καθοριστεί εάν λαμβάνει χώρα ιοντοανταλλαγή χρησιμοποιείται ο δείκτης του Schoeller (E.I.), ο οποίος ορίζεται ως ακολούθως (σε meq/L):

$$E.I. = [Cl^- - (Na^+ + K^+)] / Cl^-$$

Όταν τα ιόντα Na^+ και K^+ ανταλλάσσονται στο νερό με τα ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+} , τότε η τιμή του δείκτη *Schoeller* είναι θετική.

Από διαχειριστικής άποψης είναι σημαντικό να καθοριστεί το βάθος, η βέλτιστη θέση και η παροχή άντλησης, για την οποία θα εξασφαλισθεί η μέγιστη ποσότητα γλυκού νερού, ενώ συγχρόνως θα ελαχιστοποιηθεί η ανάμιξη γλυκού και αλμυρού νερού.

ΣΤ. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΖΩΝΩΝ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ

ΣΤ.1 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Η μελέτη των Ζωνών Υφαλμύρισης των Υπόγειων Υδροφορέων περιλαμβάνει τις ακόλουθες βασικές εργασίες:

1. Γεωλογική Χαρτογράφηση σε κλίμακα από 1:5.000 έως 1:25.000 (ανάλογα με τη συνολική έκταση της υπό μελέτη περιοχής) και σε ακτίνα τουλάχιστον 1km εσωτερικά από το διαπιστωμένο ή εκτιμώμενο όριο της υφαλμύρισης.
2. Απογραφή (πλέον των δεδομένων ΕΜΣΥ ή ΣΑΜΥ που θα παραδοθούν στο μελετητή με ευθύνη της αναθέτουσας αρχής) υδροληπτικών έργων (γεωτρήσεις και πηγάδια) τουλάχιστον έως και 1km εσωτερικά από το διαπιστωμένο ή εκτιμώμενο όριο της υφαλμύρισης σε συνάρτηση και με τους γεωλογικούς σχηματισμούς που απαντούν στην υπό μελέτη περιοχή. Στην περίπτωση που τα στοιχεία αυτά είναι ελλιπή (π.χ. μόνο συντεταγμένες) και συμπληρώνονται από τον μελετητή θα θεωρούνται νέα απογραφή.
3. Δειγματοληψία υπόγειου νερού σε δίκτυο από αριθμό υδροληπτικών έργων (γεωτρήσεις, πηγάδια), όπου αυτό είναι εφικτό, σύμφωνα με τα αναλυτικά πρωτόκολλα δειγματοληψιών και αναλύσεων, όπως είναι αναρτημένα στον ιστότοπο της Γενικής Γραμματείας Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων, και εκτέλεση χημικής ανάλυσης κύριων ιόντων, τουλάχιστον 1 – 2 περιόδων (κατά κύριο λόγο στην υψηλή και χαμηλή περίοδο). Μέτρηση της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) in situ, όπου είναι εφικτό, για την πρώτη εκτίμηση και ένδειξη της έκτασης του μετώπου υφαλμύρισης. Σε περίπτωση που υφίστανται πρόσφατες χημικές αναλύσεις, τότε δεν απαιτείται η εκτέλεσή της.
4. Μέτρηση στάθμης υπόγειου νερού σε δίκτυο από αριθμό υδροληπτικών έργων (γεωτρήσεις, πηγάδια), όπου αυτό είναι εφικτό, για τον καθορισμό της πιεζομετρικής επιφάνειας των υπόγειων υδροφόρων και των ετήσιων ή υπερετήσιων μεταβολών τους.
5. Σύνταξη Υδρολιθολογικού χάρτη, αντίστοιχης κλίμακας με αυτή του βασικού γεωλογικού χάρτη, με υδρογεωλογικά στοιχεία, με αναφορά στο είδος του υπό μελέτη ΥΥΣ, της έκτασης και της χρήσης του.
6. Σύνταξη υδροχημικού χάρτη, αντίστοιχης κλίμακας με αυτή του βασικού γεωλογικού χάρτη, με αποτύπωση της χωρικής κατανομής των κυριότερων παραμέτρων στην ίδια κλίμακα και έκταση.

7. Σύνταξη Χάρτη Ζωνών Υφαλμύρινης και Προτεινόμενων Μέτρων στην ίδια κλίμακα και έκταση. Προτείνεται η χρήση 5 κατηγοριών ζωνών υφαλμύρινης σε ανάλογη διακριτή, χρωματική κλίμακα (Πολύ Υψηλό Δυναμικό/Κίνδυνος Υφαλμύρινης-Υ5, Υψηλό Δυναμικό/Κίνδυνος Υφαλμύρινης-Υ4, Μέτριο Δυναμικό/Κίνδυνος Υφαλμύρινης-Υ3, Χαμηλό Δυναμικό/Κίνδυνος Υφαλμύρινης-Υ2, Πολύ Χαμηλό Δυναμικό/Κίνδυνος Υφαλμύρινης-Υ1).
8. Ανάλυση των προτεινόμενων μέτρων αντιμετώπισης της υφαλμύρινης. Προτάσεις με ανάλυση και τεκμηρίωση της εφαρμογής τους για λήψη μέτρων (περιοριστικά ή/και απαγορευτικά) ανά ζώνη υφαλμύρινης και για δράσεις και παρεμβάσεις για τον σταδιακό περιορισμό της.

ΣΤ.2 ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Κατά περίπτωση και ανάλογα με τις ειδικές απαιτήσεις συγκεκριμένων περιοχών περιλαμβάνονται και οι ακόλουθες επικουρικές εργασίες:

1. Γεωφυσικές διασκοπήσεις και τηλεπισκοπικές παρατηρήσεις. Στόχος της γεωφυσικών διασκοπήσεων είναι ο λιθολογικός προσδιορισμός των γεωλογικών σχηματισμών, το βάθος του υδροστεγανού υποβάθρου, η πιθανή έκταση διείσδυσης του θαλασσινού νερού στην παράκτια ζώνη και η χαρτογράφηση τεκτονικών ασυνεχειών (ρηξιγενείς ζώνες). Με τις τηλεπισκοπικές παρατηρήσεις γίνεται εκτίμηση τυχόν υποθαλάσσιων και παράκτιων εκφορτίσεων υπόγειου νερού και επομένως, της υπεδάφιας και υπόγειας απορροής, μέσω της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας, καθώς επίσης και έλεγχος του κινδύνου υφαλμύρινης (με μεταβολή της ανακλαστικότητας).
2. Σύνταξη μαθηματικών μοντέλων προσομοίωσης και μεθόδων δεικτών/υπέρθεσης των υπόγειων υδροφορέων (π.χ. GALDIT), καθώς και της έντασης – διασποράς της υφαλμύρινης. Οι μέθοδοι προσομοίωσης επιλύουν αριθμητικά τις εξισώσεις κίνησης του υπόγειου νερού, τις εξισώσεις εξέλιξης των ρύπων και τη θαλάσσια διείσδυση και συχνά χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της μεταφοράς και διασποράς ρύπων (π.χ. ιόντα χλωρίου) χωροχρονικά. Οι μέθοδοι κατάταξης – βαρύτητας ή δεικτών/υπέρθεσης παρέχουν απλούς αλγόριθμους που εμπεριέχουν ένα μεγάλο εύρος χωρικών πληροφοριών (πολυκριτηριακή ανάλυση), οι οποίες απεικονίζονται σε αντίστοιχους θεματικούς χάρτες μέσω στατιστικής προσέγγισης (συντελεστές συσχέτισης, μέσος όρος ομαδοποιημένων τιμών, προσθήκες ή αφαιρέσεις κριτηρίων, ομαδοποίηση παραμετρικών τιμών) και ανάλυσης ευαισθησίας/βαθμονόμησης (ημιποσοτική μέθοδος της διαδικασίας αναλυτικής ιεράρχησης – ΑΗΡ). Σκοπός της μεθόδου είναι η χρησιμοποίηση μιας πολυπαραμετρικής προσέγγισης και αξιολόγησης του κινδύνου

ρύπανσης ώστε να καταστεί εφικτή η χαρτογράφηση χωρικών ζωνών υφαλμύρισης του υπόγειου νερού. Στον τελικό χάρτη υφαλμύρισης εμφανίζονται οι διαφορετικές περιοχές ευαισθησίας του υπόγειου υδροφορέα.

3. Σύνταξη πιεζομετρικού χάρτη αντίστοιχης κλίμακας με αυτή του βασικού γεωλογικού χάρτη, με αποτύπωση των στοιχείων του δικτύου μετρήσεων στάθμης των υπόγειων νερών και παρουσίαση ισοπιεζομετρικών καμπυλών με ενδείξεις διευθύνσεων και κλίσεων υπόγειας ροής, όπου αυτό είναι εφικτό ανάλογα με την πυκνότητα των σημείων παρατήρησης και δειγματοληψίας.
4. Εκτέλεση δοκιμαστικής άντλησης, όπου αυτό είναι εφικτό και εφόσον υπάρχει τέτοια δυνατότητα να πραγματοποιείται άντληση τουλάχιστον 24 ωρών συνεχούς/σταθερής παροχής και κατ' ελάχιστο τρεις (3) δίωρες βαθμίδες αυξανόμενης παροχής με επαναφορά. Σε περίπτωση που έχει ήδη εκτελεσθεί δοκιμαστική άντληση πρόσφατα, τότε δεν απαιτείται η εκτέλεσή της.

Z. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ

Βασικό τμήμα της μελέτης αποτελούν τόσο οι εργασίες υπαίθρου, η συλλογή, η αποτύπωση και η ανάλυση των πρωτογενών δεδομένων όσο και η δημιουργία των δευτερογενών δεδομένων και ο έλεγχος των αποτελεσμάτων μέσω ενδεδειγμένων προσεγγίσεων συσχέτισης. Επιπλέον, παρατίθενται στατιστικά διαγράμματα και πίνακες, όπως προκύπτουν μέσω της ανάλυσης πρωτογενών και δευτερογενών δεδομένων στο πλαίσιο εφαρμογής των προαναφερόμενων μεθόδων έρευνας και μελέτης. Επίσης, παρουσιάζονται χάρτες και αναλυτικά στατιστικά στοιχεία φυσικοχημικών και υδροχημικών αναλύσεων δειγμάτων από σημαντικό αριθμό υδροληπτικών έργων της ευρύτερης περιοχής μελέτης (εφόσον υφίστανται), καθώς επίσης και τα συμπεράσματα που προκύπτουν σε ό,τι αφορά χωρική και ποσοτική κατανομή των παραμέτρων που εξετάζονται. Η μελέτη των Ζωνών Υφαλμύρισης των υπόγειων υδροφορέων, ενδεικτικά και όχι περιοριστικά, δύναται να περιλαμβάνει, κατά περίπτωση, τα ακόλουθα:

Z.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Περιλαμβάνει το ιστορικό της ανάθεσης με σύντομη περιγραφή του έργου, το αντικείμενο της μελέτης, τον στόχο της μελέτης, τη μεθοδολογία εκπόνησής της με τις εργασίες προς εκτέλεση (όπως δημιουργία κατάλληλου καννάβου υδρογεωτρήσεων και πηγαδιών, οργάνωση δικτύου για δειγματοληψίες στον ρηχό και βαθύτερο υδροφορέα, πραγματοποίηση τουλάχιστον 1-2 χρονοσειρών υδρομετρήσεων στάθμης και φυσικοχημικών μετρήσεων, πραγματοποίηση χημικών αναλύσεων, χάραξη πιεζομετρίας, εκτίμηση υδατικού ισοζυγίου κλπ.), την υφιστάμενη υδρευτική/αρδευτική κατάσταση, τα δημογραφικά/πληθυσμιακά στοιχεία, τη γεωγραφική θέση/διοικητική υπαγωγή της υπό μελέτη περιοχής και τις διάφορες πιέσεις (υπεράντληση υπόγειου υδροφορέα). Επιπλέον, τη συλλογή, μελέτη και αξιολόγηση υφιστάμενων στοιχείων, μετρήσεων, τεχνικών εκθέσεων και μελετών που αναφέρονται στην περιοχή ενδιαφέροντος και αφορούν στο αντικείμενο κατάρτισης του σχεδίου οριοθέτησης Ζωνών Υφαλμύρισης και ανάλογα με τη συμβολή τους στους άμεσους στόχους της μελέτης.

Z.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των γεωμορφολογικών ενοτήτων που συναποτελούν την ευρύτερη περιοχή μελέτης, όπως η μορφή ανάγλυφου (ψηφιακό μοντέλο εδάφους – DEM), οι εδαφικές κλίσεις, οι τοπογραφικές ζώνες, η υψογραφική καμπύλη και άλλες χαρακτηριστικές γεωμορφές. Καθορίζονται και οριοθετούνται οι γεωμορφολογικές ενότητες κατά μήκος της περιοχής μελέτης με βάση τα χαρακτηριστικά του εδαφικού αναγλύφου και τις γεωμορφολογικές διεργασίες.

2.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ / ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ – ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Περιγράφονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί, οι οποίοι αναπτύσσονται μέσα στην ευρύτερη περιοχή (με έκταση ανάλογη της υδρολογικής λεκάνης που μελετάται) και επηρεάζουν τις υδρογεωλογικές συνθήκες της εξεταζόμενης υπόγειας υδροφορίας, καθώς και οι τεκτονικές μακροδομές (ρήγματα, πτυχώσεις, επωθήσεις κλπ.), που απαντούν. Περιγράφονται, επιπλέον, οι γεωλογικές διεργασίες αποσάθρωσης, διάβρωσης και κερματισμού. Γίνεται καταγραφή της οριζόντιας και κατακόρυφης εξάπλωσης των γεωλογικών στρώσεων μέσω των διαθέσιμων γεωλογικών τομών. Αναφέρονται τα στρωματογραφικά, λιθολογικά και τεκτονικά τους χαρακτηριστικά.

2.4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Εξετάζονται τα υδρογεωλογικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών που απαντούν στην ευρύτερη περιοχή μελέτης και οριοθετούνται τα υπόγεια υδατικά συστήματα και οι διάφοροι τύποι υδροφόρων, που αναπτύσσονται σε αυτά. Για την υπόγεια κίνηση του νερού στους γεωλογικούς σχηματισμούς πέραν της στρωματογραφίας ελέγχονται και πρόσθετα γεωλογικά χαρακτηριστικά, όπως ρήγματα, πτυχώσεις και κάθε μορφής ασυνέχειες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την κίνηση του υπόγειου νερού. Στο πλαίσιο της μελέτης εξετάζονται, κατ' ελάχιστο, τα ακόλουθα:

- Διαχωρισμός και προσδιορισμός της χωρικής εξάπλωσης των υδρολιθολογικών ενότητων και αποτύπωση των ορίων της υδρολογικής και της υδρογεωλογικής λεκάνης τους.
- Εκτίμηση της υδροπερατότητας και υδροχωρητικότητας των γεωλογικών σχηματισμών της λεκάνης απορροής και άλλων υδραυλικών παραμέτρων, όπως κατείσδυσης και επιφανειακής απορροής, με βάση τα διαθέσιμα γεωλογικά, υδρογεωλογικά και υδρομετεωρολογικά στοιχεία. Εκτενής αναφορά των διαμορφωμένων υδροφόρων οριζόντων ανά υδρολιθολογική ενότητα με αναφορά στο πάχος και το βάθος ανάπτυξής τους.
- Εκτίμηση της αλληλεξάρτησης των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων μέσω αμφίδρομων υπόγειων πλευρικών μεταγίσεων.
- Καταγραφή της παρουσίας πηγών και της παροχής τους, εάν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία και καταγραφή της διακύμανσης της στάθμης του υπόγειου νερού/υδραυλικού φορτίου για την αποτύπωση της χωρικής και χρονικής κατανομής της πιεζομετρίας. Καταγραφή υφιστάμενων στοιχείων πιεζομετρίας με βάση υφιστάμενες μελέτες.
- Στοιχεία καταγραφής και μετρήσεων στάθμης στα Σημεία Εμφάνισης Ύδατος διαχρονικά, όπου είναι εφικτό.

- Εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της υπόγειας στάθμης και των συνθηκών εκμετάλλευσης της υπόγειας υδροφορίας.
- Καταγραφή των ιδιοτήτων της ακόρεστης ζώνης με σαφή αναφορά στο πάχος, στο βάθος ανάπτυξης και στα εδαφολογικά της χαρακτηριστικά (κοκκομετρική διαβάθμιση κ.ά.).
- Εκτίμηση των φυσικών μηχανισμών των γεωλογικών στρωμάτων ως προς τη δυνατότητά τους να προστατέψουν την υπόγεια υδροφορία από το φαινόμενο της υφαλμύρισης (διαπερατότητα υπερκείμενων γεωλογικών σχηματισμών, πάχος αυτών, εκτίμηση μηχανισμού απομείωσης της πιθανής ρύπανσης μέσω απορρόφησης, διάχυσης κλπ.).

2.5 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΣΔΛΑΠ ΚΑΙ ΣΔΚΠ

Περιγράφονται τα Επιφανειακά και Υπόγεια Υδατικά Συστήματα (ΕΥΣ και ΥΥΣ) της λεκάνης απορροής, με βάση τα Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ) των Υδατικών Διαμερισμάτων της Χώρας και των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ), όπως ισχύουν αναλύοντας την υφιστάμενη ποιοτική (χημική) και ποσοτική κατάσταση, τις διάφορες πιέσεις (πλήθος, είδος, σημειακές και διάχυτες ρυπογόνες εστίες, απολήψεις ύδατος κ.ά.), τις προστατευόμενες και ευπρόσβλητες περιοχές, εάν υφίστανται, οι περιορισμοί ή/και απαγορεύσεις ανά ΕΥΣ και ΥΥΣ με βάση το Αναλυτικό Κείμενο Τεκμηρίωσης των Προγραμμάτων Μέτρων των ΣΔΛΑΠ και ΣΔΚΠ, όπως ισχύουν κ.ά.

2.6 ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ

Γίνεται εκτίμηση της χημικής κατάστασης της υπόγειας υδροφορίας και προσδιορίζονται πιθανές υψηλές τιμές φυσικού υποβάθρου. Χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο τα στοιχεία του δικτύου παρακολούθησης μαζί με πρόσθετα στοιχεία που συγκεντρώνονται στο πλαίσιο εκπόνησης της μελέτης. Επίσης, δίνονται τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης νερού των εξεταζόμενων υδροσημείων παρατήρησης. Αναγνωρίζονται οι υδροχημικοί τύποι του υπόγειου νερού, το οποίο εν συνεχεία ταξινομείται ανάλογα με τις φυσικοχημικές σταθερές, τις συγκεντρώσεις σε ανιόντα και κατιόντα, τις ιοντικές σχέσεις, τους δείκτες κορεσμού σε βασικά ανθρακικά και πυριτικά ορυκτά.

Δίνονται υδροχημικά διαγράμματα (π.χ. Piper, Exp. Durov, Richards, Wilcox, Gibbs, Doneen, Schoeller, Chebotarev, Sulin, Boxplot, λογαριθμικό, ακτινωτά – αραχνοειδή, πίτες κ.ά.) με βάση την υδροχημική σύσταση του υπόγειου νερού για την ορυκτολογική – πετρογραφική προέλευσή του, τον χρόνο παραμονής εντός των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών κ.ά. Επιπλέον, εφόσον τα δεδομένα επαρκούν, δύναται να γίνει στατιστική επεξεργασία των υδροχημικών και φυσικοχημικών (θερμοκρασία νερού, ηλεκτρική αγωγιμότητα, pH, διαλυμένο οξυγόνο) παραμέτρων.

2.7 ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ – ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ

Η χρησιμοποίηση γεωφυσικών (γεω-ηλεκτρικών) διασκοπήσεων (φαινόμενη ειδική αντίσταση) κατά μήκος των θαλάσσιων διεισδύσεων, δύνανται να συμβάλουν σημαντικά στην ερμηνεία και στη διαστασιολόγηση του μετώπου υφαλμύρισης, των περιοδικών/εποχιακών μεταβολών του και κατ' επέκταση της διεπιφάνειας. Η αξιοποίηση υφιστάμενων μετρήσεων ή και η εφαρμογή ανάλογων μετρήσεων είναι χρήσιμο να ταυτίζονται χρονικά με την περίοδο των μετρήσεων και των δειγματοληψιών. Η εφαρμογή των γεωφυσικών μεθόδων δεν δίνει πάντα μονοσήμαντα αποτελέσματα και για το λόγο αυτό πρέπει οι μέθοδοι αυτές να αξιολογούνται και να ελέγχονται με άλλα δεδομένα (στρωματογραφικά, υδρογεωλογικά κ.ά.).

Τα τηλεπισκοπικά συστήματα παρακολούθησης έχουν εφαρμογή, μεταξύ άλλων, και στο πρόβλημα της θαλάσσιας διεισδυσής. Για την αναγνώριση και την παρακολούθηση του φαινομένου γίνεται με χρήση πολλαπλών διαφορετικών εικόνων από διαφορετικές χρονικές περιόδους, αναλύοντας τη φυτοκάλυψη στις ενότητες κάθε περιοχής. Η ύπαρξη φυτών ανθεκτικών στα άλατα αποτελεί δείκτη υφαλμύρισης. Ακόμη, μέσω δορυφορικών λήψεων, είναι δυνατή η σκιαγράφηση των ζωνών εκφόρτισης του υπόγειου υδροφορέα μέσω δορυφορικών, θερμικών και υπέρυθρων εικόνων.

2.8 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΙΕΣΕΙΣ / ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΡΥΠΟΓΟΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Ο υπολογισμός των υδατικών αναγκών στην περιοχή μελέτης σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της εκτίμησης της υφαλμύρισης θα επιτρέψει τον παραπέρα σχεδιασμό ως προς τη διαχείριση των υδατικών πόρων ή και την εκτέλεση συμπληρωματικών έργων αξιοποίησης και μεταφοράς νερού. Ο υπολογισμός αυτός αποτελεί μια προσπάθεια εκτίμησης και προσέγγισης των πραγματικών αναγκών σε νερό με βάση τα δημογραφικά στοιχεία, τις χρήσεις γης και τα Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων της Χώρας κατ' εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, ώστε να προκύψει μια πρώτη εκτίμηση για την επάρκεια των υδατικών πόρων στην περιοχή. Συνεπώς, καταγράφονται οι ποσοτικές πιέσεις των υπόγειων υδροφορέων, γίνεται καταγραφή των σημείων υδροληψίας και εκτιμώνται οι απαιτήσεις ύδατος στην υδρολογική λεκάνη ανά χρήση (ύδρευση, άρδευση, κτηνοτροφία, βιομηχανία κ.ά.). Επιπλέον, εξετάζονται οι πιέσεις προερχόμενες από εκτεταμένη υφαλμύριση, λόγω υπεράντλησης και υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδροφορέων.

2.9 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΖΩΝΩΝ ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ – ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ

Γίνεται οριοθέτηση των Ζωνών Υφαλμύρισης των Υπόγειων Υδροφορέων και αναλύονται τα προτεινόμενα μέτρα ανά ζώνη. Ειδικότερα προβλέπεται (ενδεικτικά και όχι περιοριστικά):

- Δημιουργία χάρτη ζωνών υφαλμύρισης του υπόγειου υδροφορέα κατάλληλης μεθοδολογίας και ανάλογης κλίμακας, στον οποίο να αποτυπώνονται οι περιοχές που δυνητικά καθίστανται πιο ευάλωτες, καθώς επίσης και ανάλυση κινδύνου με τις αντίστοιχες αναλύσεις ευαισθησίας και αβεβαιότητας με αναλυτική περιγραφή των βημάτων και των πρωτογενών δεδομένων που έχουν χρησιμοποιηθεί.
- Υποβολή προγράμματος ποιοτικής και ποσοτικής παρακολούθησης της υπόγειας υδροφορίας για τον μελλοντικό έλεγχο αυτής και δημιουργία Βάσης Δεδομένων των ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων του υπόγειου νερού.
- Εφαρμογή περισσότερων της μίας μεθόδου για συγκριτική αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων και για συνδυαστική χρήση (ένωση, τομή, υπέρθεση, αλληλεπικάλυψη) των παραγόμενων χαρτών ζωνών υφαλμύρισης.
- Συμπεράσματα με ερμηνεία και αξιολόγηση των ευρημάτων των επιμέρους εργασιών και προσδιορισμό των τελικών προτάσεων.

Ενδεικτικά, αναφέρονται μέτρα που συνδέονται με τις 5 κατηγορίες των ζωνών υφαλμύρισης, όπως αυτές προκύπτουν από την εφαρμογή του γεωχωρικού μοντέλου: Ζώνη 5 – πολύ υψηλός κίνδυνος/δυναμικό υφαλμύρισης = δυνατότητα απαγόρευσης εκτέλεσης νέων έργων ή επέκταση χρήσης υφιστάμενων, Ζώνη 4 – υψηλός κίνδυνος/δυναμικό υφαλμύρισης = δυνατότητα ανόρυξης γεωτρήσεων με συγκεκριμένες αποστάσεις από την ακτή ή και μεταξύ τους, απαγόρευση ανόρυξης υδροληψιών σε βάθη μεγαλύτερα του απολύτου υψομέτρου, Ζώνη 3 – μέτριος κίνδυνος/δυναμικό υφαλμύρισης = προσδιορισμός βέλτιστης παροχής, φυσικοχημικές αναλύσεις υπογείων υδάτων τουλάχιστον 1 φορά έτος (τέλος ξηρής περιόδου) και ανάλυση αποτελεσμάτων τους βάσει υδροχημικών διαγραμμάτων ή/και ιοντικών λόγων. Επιπλέον, οι ζώνες υφαλμύρισης να διατίθενται σε μορφή raster, καθώς επίσης και σε αρχεία τύπου shp σε κατάλληλο προβολικό σύστημα (ΕΓΣΑ 87).

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών μέσω της δημιουργίας κατάλληλου χάρτη αποτελούν ένα βασικό εργαλείο διαχείρισης για όλους τους αρμόδιους φορείς στο πλαίσιο άσκησης πολιτικής για την προστασία των υπόγειων υδροφορέων. Η χαρτογράφηση, επομένως, των ζωνών υφαλμύρισης είναι μία τεχνική ποσοτικοποίησης και απεικόνισης κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι εφικτή η χρησιμοποίηση και η εφαρμογή της κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων σχετικά με την περιβαλλοντική διαχείριση των υδατικών πόρων.

Η. ΧΑΡΤΕΣ / ΤΟΜΕΣ

Όλα τα στοιχεία της αξιολόγησης των διαθέσιμων σχετικών μελετών, ερευνών και βιβλιογραφίας καθώς και των παρατηρήσεων της έρευνας πεδίου/υπαίθρου, τα οποία είναι δυνατόν να αποτυπωθούν, θα απεικονίζονται σε αντίστοιχους χάρτες, ενδεικτικά αναφέρεται από 1:5.000 έως 1:25.000 (ανάλογα με τη συνολική έκταση της υπό μελέτη περιοχής). Οι υδρολιθολογικές τομές δύνανται να απεικονίζονται εντός των χαρτών.

Η.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

Στον γεωλογικό χάρτη:

- διαχωρίζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί με διάκριση των γεωλογικών ορίων τους (ορατό, μεταβατικό ή ασαφές, καλυμμένο), περιλαμβάνοντας τα όρια των προαλπικών, αλπικών, Νεογενών και Τεταρτογενών σχηματισμών,
- αποτυπώνονται όλα τα τεκτονικά στοιχεία αλπικής και μεταλπικής παραμόρφωσης και αναγράφεται ο βαθμός αποσάθρωσης, ενώ προσδιορίζεται το είδος και το εύρος τυχόν κατακόρυφων κινήσεων και

Η χαρτογράφηση πραγματοποιείται επί τοπογραφικού υποβάθρου αντίστοιχης κλίμακας, με την αποτύπωση των στοιχείων των ερευνητικών εργασιών υπαίθρου στην ακρίβεια που η κάθε κλίμακα επιτρέπει. Στο υπόμνημα του γεωλογικού χάρτη γίνεται αναλυτική περιγραφή για κάθε γεωλογικό σχηματισμό.

Η.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ / ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΜΕ ΣΗΜΕΙΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΥΔΑΤΟΣ

Η υδρολιθολογική κατάταξη των γεωλογικών σχηματισμών σκοπεύει στη διάκριση μεταξύ υδροπερατών, ημιπερατών, ημιπερατών έως υδροστεγανών και πρακτικά υδροστεγανών σχηματισμών, με στόχο τη δημιουργία του υδρολιθολογικού χάρτη της ευρύτερης περιοχής. Ο χάρτης αυτός θα προέρχεται από την αξιολόγηση και την προσαρμογή υφιστάμενων γεωλογικών χαρτογραφήσεων με βάση και τις παρατηρήσεις από την έρευνα πεδίου. Θα περιλαμβάνει:

- την οριζόντια εξάπλωση των γεωλογικών σχηματισμών και τα μακροτεκτονικά τους χαρακτηριστικά,
- την οριζόντια κατανομή των υδρολιθολογικών ενοτήτων, όπως έχουν προκύψει από την ομαδοποίηση ομοειδών γεωλογικών σχηματισμών με αντίστοιχη κατάταξή τους με βάση την υδροπερατότητά τους, καθώς και άλλα υδραυλικά χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν την υδροφορία τους,

- την καταγραφή των Σημείων Εμφάνισης Νερού (υδρογεωτρήσεις, πηγάδια, πηγές), εάν υπάρχουν, με χρήση GPS,
- τα όρια των Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων με βάση τα ΣΔΛΑΠ, όπως ισχύουν,
- τα συνδεδεμένα Επιφανειακά Υδατικά Συστήματα με βάση τα ΣΔΛΑΠ, όπως ισχύουν και τα χαρακτηριστικά τους (μόνιμη, εποχική, φυσική, τεχνητή κ.ά.),
- τις μετρήσεις στάθμης/υδραυλικού φορτίου παράγοντας ισοπιεζομετρικές καμπύλες, εάν είναι δυνατό να χαραχτούν,
- την εκτίμηση με υδρογεωλογικά κριτήρια, ανά υδρολιθολογική ενότητα, των συντελεστών υδροπερατότητας, κατείσδυσης και επιφανειακής απορροής.

Με τη βοήθεια του γεωλογικού χάρτη της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος και σε συνδυασμό με επιτόπου γεωλογικές και υδρογεωλογικές παρατηρήσεις, κατασκευάζεται ο υδρολιθολογικός χάρτης της περιοχής. Σύμφωνα με το πρότυπο της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων, το σύνολο των γεωλογικών σχηματισμών κατατάσσεται σε επιμέρους υδρολιθολογικούς τύπους βάσει της παραγωγικότητας – αποδοτικότητας των υδροφορέων, της γεωγραφικής και στρωματογραφικής τους θέσης, του είδους της υδροπερατότητας (πρωτογενής – δευτερογενής) και των λιθολογικών – ιζηματολογικών τους χαρακτηριστικών.

Η.3 ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

Αποτυπώνεται η διεύθυνση κίνησης και η ταχύτητα του υπόγειου νερού μέσω των ισοσταθμικών καμπυλών ανά περίοδο μέτρησης στάθμης ή/και από παλαιότερες διαχρονικά μετρήσεις στάθμης, καθώς επίσης εκτιμώνται και οι συνθήκες τροφοδοσίας – εκφόρτισης των υπόγειων υδροφορέων. Επιπλέον, είναι δυνατόν να εντοπιστούν περιοχές, στις οποίες έχει προκληθεί ταπείνωση της πιεζομετρικής επιφάνειας, λόγω αντλήσεων. Οι πιεζομετρικές στάθμες εξαρτώνται από το είδος του υπόγειου υδροφορέα και μεταβάλλονται κατά τις διάφορες εποχές του έτους, ανάλογα με τη δίαιτα του υδροφορέα. Η κίνηση του υπόγειου νερού στην υδρολογική λεκάνη ελέγχεται τόσο από την τεκτονική δομή των γεωλογικών σχηματισμών όσο και από την υδρολιθολογική τους συμπεριφορά. Σχετικά με την πυκνότητα των σημείων μέτρησης, τα υδροσημεία που θα επιλέγονται θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ομοιόμορφα κατανεμημένα στο χώρο, σχηματίζοντας ένα πυκνό και αντιπροσωπευτικό κάρναβο για την αξιόπιστη χάραξη της μεταβολής της πιεζομετρικής επιφάνειας.

Η.4 ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

Κατανέμεται χωρικά η ποιοτική κατάσταση (υγρή – ξηρή περίοδος) και η υδρογεωχημική προέλευση

των υπόγειων νερών, βάσει των κυκλικών διαγραμμάτων (ΠΙΤΕΣ), STIFF διαγραμμάτων κ.ά. Το μέγεθος της πίτας αυξομειώνεται με βάση το Σύνολο Διαλυμένων Στερεών (TDS). Δύναται βοηθητικά – υποστηρικτικά να αποτυπωθούν σε διακριτούς χάρτες οι χωρικές κατανομές των φυσικοχημικών παραμέτρων, χημικών παραμέτρων μεμονωμένα, ιοντικών λόγων κ.ά. Η χωρική παρουσίαση των κατανομών δίνει τη δυνατότητα για καλύτερη κατανόηση των μηχανισμών που επηρεάζουν την ποιότητα του νερού και επιπλέον, εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με την αλληλεπίδραση των υδροφορέων και των συνθηκών της υπόγειας ροής.

Η.5 ΧΑΡΤΗΣ ΖΩΝΩΝ ΥΦΑΛΜΥΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ & ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΩΝ

Κατόπιν ανάλυσης όλων των ανωτέρω στοιχείων αποτυπώνονται οι διακριτές ζώνες υφαλμύρισης του/των υπόγειου/ων υδροφορέα/ών δίνοντας έμφαση στις περιοχές που βρίσκονται πλησιέστερα στην ακτογραμμή και που επηρεάζονται περισσότερο από το φαινόμενο της θαλάσσιας διείσδυσης. Στον χάρτη αυτό αποτυπώνονται τα προτεινόμενα μέτρα (άλλοτε περιοριστικά άλλοτε απαγορευτικά), προκειμένου να ανακοπεί ή/και να αναστραφεί το μέτωπο της υφαλμύρισης.

Η.6 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑΣ

Η σύνταξη των υδρογεωλογικών / υδρολιθολογικών τομών γίνεται στην ίδια ή σε μεγαλύτερη κλίμακα με αυτή του υδρογεωλογικού χάρτη με σκοπό να δοθεί η γεωλογική δομή, τα υδρολιθολογικά χαρακτηριστικά, η στάθμη του υπόγειου νερού και τα στοιχεία που συνθέτουν το υδρογεωλογικό και υδροχημικό καθεστώς.

Θ. ΣΧΕΔΙΑ – ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ – ΠΙΝΑΚΕΣ – ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Στο Παράρτημα δύναται να παρουσιάζονται χαρακτηριστικά στοιχεία της ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε, όπως τομές γεωτρήσεων, σκαριφήματα, φωτογραφική απεικόνιση των κυριότερων γεωλογικών, γεωτεχνικών και γεωμορφολογικών στοιχείων πεδίου, ορθοφωτοχάρτες, αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες, καθώς και κάθε άλλη πληροφορία ή στοιχεία που κρίνονται απαραίτητα να επισυναφθούν στην ανωτέρω μελέτη για την πληρέστερη τεκμηρίωσή της. Επίσης, θα πρέπει να επισυνάπτονται είτε εντός κειμένου είτε ως Παράρτημα όλοι οι χρησιμοποιηθέντες πίνακες, τα γραφήματα και τα διαγράμματα που σχετίζονται με την ποσοτική ανάλυση, αξιολόγηση, ερμηνεία και χάραξη των ζωνών υφαλμύρισης των υπόγειων υδροφορέων.