

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Από
Γ. Καλλέργη¹

1. Σκοπός της προστασίας

Η προστασία των έργων υδροληψίας, αποσκοπεί στην εξασφάλιση στο κοινό — που υδροδοτείται απ' αυτά — νερού, με χαρακτηριστές οργανοληπτικούς, φυσικοχημικούς και βακτηριολογικούς, που να ανταποκρίνονται απόλυτα στα σταθερότυπα της δοσμένης χρήσης.

Η προστασία της υδροληψίας συνίσταται στην:

- προστασία του έργου καθεαυτού (πηγή, πηγάδι, υδρογεώτρηση κλπ.).
- προστασία της εκτεταμένης περιοχής που υδρομαστεύεται από το έργο.

Ειδικά για την περίπτωση των ιαματικών νερών, η προστασία τους στοχεύει επί πλέον και στη διατήρηση της ποσότητας και του χημισμού τους.

2. Προστασία των έργων υδροληψίας

2.1. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗΣ

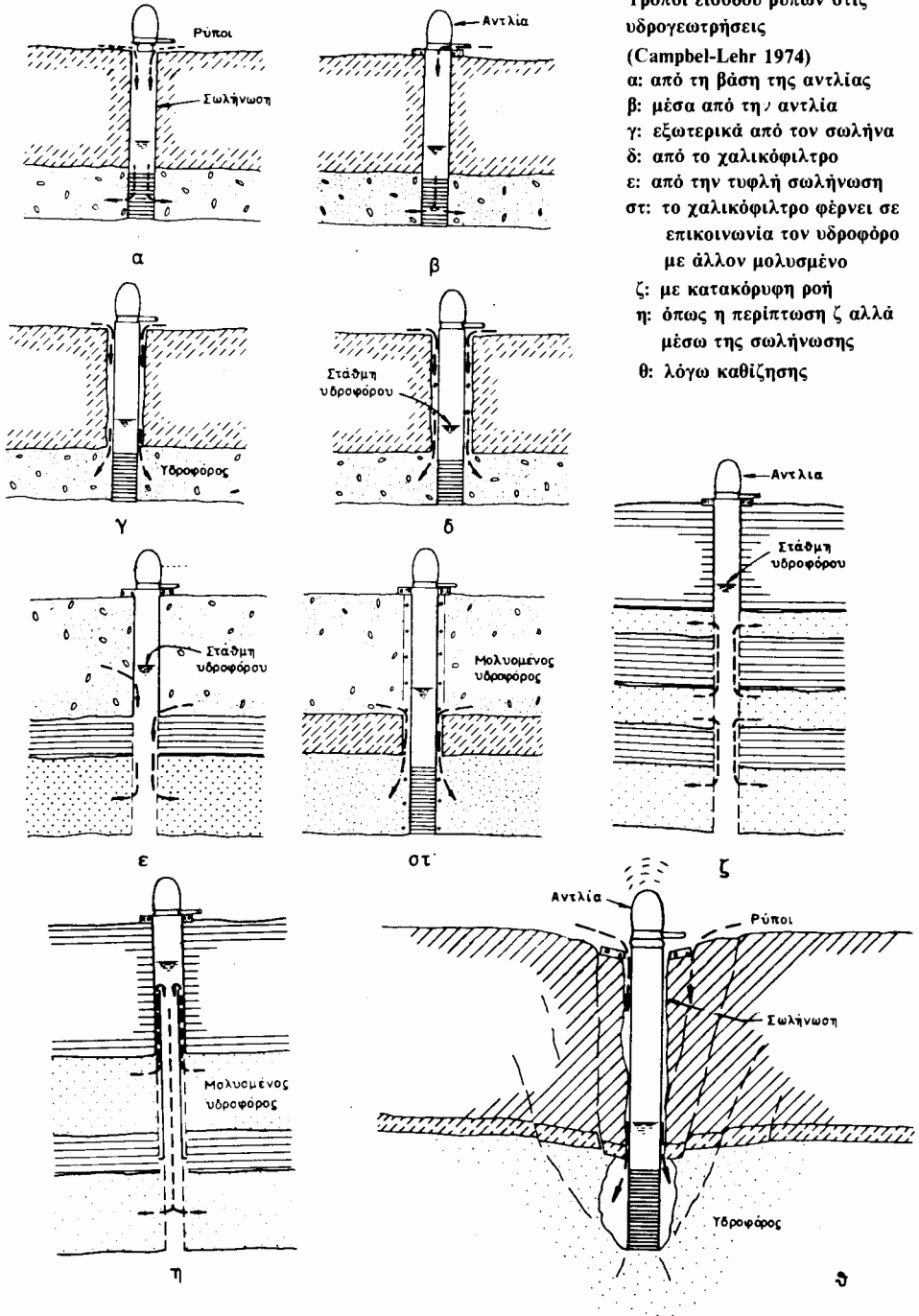
Τα βασικά μέτρα για την προστασία των έργων υδροληψίας είναι:

- α) Επιλογή της θέσης του έργου με κριτήριο όχι μόνο την βέλτιστη απόδοσή του, αλλά και την αποτελεσματική προστασία από υφιστάμενες ή μελλοντικές δραστηριότητες που μπορεί να το ρυπάνουν. Προς τούτο απαιτείται λεπτομερειακή υδρογεωλογική μελέτη, από εξειδικευμένο, έμπειρο υδρογεωλόγο.
- β) Πρόληψη της μόλυνσης ή ρυπάνσης του υδροφόρου, κατά τις εργασίες κατασκευής του έργου και απολύμανσή του, κατά και μετά την κατασκευή του.
- γ) Ελάχιστο βάθος υδροληψίας, στη περίπτωση πηγαδιών και γεωτρήσεων, τουλάχιστον 4-5m, από την επιφάνεια του εδάφους.
Το τμήμα 0-5m πρέπει να τσιμεντώνεται ή να γεμίζει με άργιλο.
- δ) Αποκλεισμός της δυνατότητας επικοινωνίας, ανάμεσα στο εξοπλισμένο με φιλτροσωλήνες τμήμα της γεώτρησης και σ' εκείνο που φέρει τυφλούς σωλήνες (πλήρωση με άργιλο).
- ε) Στην κεφαλή της γεώτρησης πρέπει να αφαιρείται το έδαφος και να τοποθετείται πλάκα από τσιμέντο πάχους τουλάχιστον 0,5m και ακτίνας τριπλάσιας περίπου από τη διάμετρο διάτρησης.

Η εικ. 1 δείχνει τους πιο συνηθισμένους τρόπους εισόδους ρύπων σε υδρογεωτρήσεις.

1. Πανεπιστήμιο Πατρών

- 2 α -



Εικ. 1
 Τρόποι εισόδου ρύπων στις
 υδρογεωτρήσεις
 (Campbel-Lehr 1974)
 α: από τη βάση της αντλίας
 β: μέσα από τη / αντλία
 γ: εξωτερικά από τον σωλήνα
 δ: από το χαλικόφιλτρο
 ε: από την τυφλή σωλήνωσις
 στ: το χαλικόφιλτρο φέρνει σε
 επικοινωνία τον υδροφόρο
 με άλλον μολυσμένο
 ζ: με κατακόρυφη ροή
 η: όπως η περίπτωση ζ αλλά
 μέσω της σωλήνωσις
 θ: λόγω καθίζησης

Οι ερευνητικές εργασίες που πρέπει να προηγούνται του καθορισμού κριτηρίων προστασίας των έργων υδροληψίας, πρέπει να περιλαμβάνουν, υποχρεωτικά και:

- α) τον καθορισμό της λεκάνης τροφοδοσίας των έργων υδροληψίας, με γεωλογικά και μορφολογικά κριτήρια.
- β) τη σύνταξη λιθολογικού χάρτη της ευρύτερης περιοχής για τα πρώτα 6m βάθους, σε κλίμακα 1:1000 ή 1:3.000.
- γ) την σύνταξη χάρτη υδροϊσοϋψών της πιο πάνω περιοχής και την εκτίμηση της ταχύτητας ροής και της υδροπερατότητας.
- δ) την λεπτομερειακή απογραφή των δυνατών πηγών ρύπανσης (εργοστάσια, σταθμοί υγρών καυσίμων, ορυχεία, λατομεία, δρόμοι κλπ.).

2.2. ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΥΔΡΟΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

Οι ρυπαντές που έχουν σχέση με την κατασκευή της υδρογεώτρησης, όπως π.χ. ορυκτέλαια, λιπαντικά, πετρέλαια κλπ. είναι δυνατό να προσφέρουν καταφύγιο και να προστατεύσουν τα βακτήρια από τη μεταγενέστερη απολύμανση. Πριν λοιπόν από την απολύμανση θα πρέπει να αφαιρούνται από την υδρογεώτρηση όλες οι ξένες ουσίες με μηχανικό τρόπο με «σφουγγάρισμα» και με άντληση.

Απαραίτητες εργασίες της κατασκευής των υδρογεωτρήσεων, είναι, η περιοδική απολύμανση, κατά τη διάτρηση, η απολύμανση του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται κατά τη διάτρηση και η προσθήκη σκόνης υποχλωριώδους ασβέστιου κατά την τοποθέτηση του χαλκικόφιλτρου.

Προϋπόθεση για την επιτυχία της απολύμανσης (χλωρίωσης) είναι η ύπαρξη συνθηκών καθαριότητας στην υδρογεώτρηση.

Τούτο πετυχαίνεται με:

- διατήρηση καθαρού του γεωτρητικού εξοπλισμού
- αποκλεισμό της μεταφοράς ξένων υλικών κατά τη μετακίνηση του γεωτρύπανου από θέση σε θέση
- τη χρησιμοποίηση, για τον πολύτο, καθαρού νερού, απαλλαγμένου, από οργανικά υλικά και ορυκτά που υποβαθμίζουν την ποιότητα του πολύτου.

Η μόνη αποτελεσματική μέθοδος απολύμανσης των υδρογεωτρήσεων είναι η χλωρίωσή τους.

Ο συνηθισμένος τρόπος απολύμανσης είναι η χρησιμοποίηση διαλύματος χλωρίου, που παρασκευάζεται είτε με υποχλωριώδες ασβέστιο (σκόνη ή ταμπλέτες) είτε με υποχλωριώδες νάτριο (υγρή μορφή). Η αποτελεσματικότητα ενός διαλύματος χλωρίου δεν εξαρτιέται από την θεωρητική ποσότητα ελεύθερου χλωρίου στο διάλυμα, όπως συνήθως πιστεύεται, αλλά από το ποσό του υποχλωριώδους οξέος (HOCl) που περιέχεται στο διάλυμα.

Επειδή η δράση του HOCl επιβραδύνεται σε ψηλές τιμές pH, και οι συνηθισμένες ενώσεις χλωρίου αυξάνουν το pH, ένα διάλυμα χλωρίου 10mg/l που παρασκευάζεται με νερό που έχει pH7, μπορεί να έχει μικρότερη μικροβιοκτόνο δραστηριότητα, από διάλυμα 15mg/l χλωρίου, που παρασκευάζεται όμως με νερό

χαμηλότερου pH. Η αποτελεσματικότητα της χλωρίωσης εξαρτιέται επίσης από τον χρόνο παραμονής του διαλύματος στην υδρογεώτρηση.

Διαλύματα με περιεκτικότητα χλώριου 50 μέχρι 200 mg/l, είναι αρκετά αποτελεσματικά μικροβιοκτόνα, για χρόνο παραμονής του διαλύματος επί ένα 8ωρο.

Συχνά αναφέρονται σαν υλικά απολύμανσης, κατάλληλες ενώσεις ιωδίου, βρώμιου, όζοντος κλπ. αλλά μέχρι στιγμής, το χλώριο αποτελεί το καλύτερο, σε σχέση και με το κόστος, μέσο απολύμανσης των υδρογεωτρήσεων εφόσον όμως απουσιάζουν οργανικές ενώσεις.

Κατά την απολύμανση πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι:

- Όταν το υπόγειο νερό στην υδρογεώτρηση έχει χαμηλό pH, το διάλυμα χλώριου είναι πολύ διαβρωτικό.
- Όταν ανάμεσα στην αποπεράτωση της υδρογεώτρησης και την κανονική απολύμανσή της, μεσολαβεί διάστημα αρκετών ημερών, η τελευταία πρέπει να υπόκειται σε ενδιάμεση χλωρίωση με διάλυμα 5-10 mg/l ελεύθερου χλώριου. Το ίδιο πρέπει να γίνεται και στην περίπτωση των υδρογεωτρήσεων ύδρευσης, όταν ανάμεσα στην αποπεράτωσή τους και την λειτουργία τους μεσολαβούν μερικές εβδομάδες. Το διάλυμα πρέπει να παραμένει στην υδρογεώτρηση όλο αυτό το διάστημα.

Όταν εκτελούνται αντλητικές δοκιμασίες σε υδρογεωτρήσεις ύδρευσης ή βιομηχανικής χρήσης, η απολύμανση πρέπει να γίνεται κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης του αντλητικού συγκροτήματος. Το χλώριο στη συνέχεια αντλείται με το νερό.

Στις άλλες περιπτώσεις, η απολύμανση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη συμπλήρωση της γεώτρησης.

Η απολύμανση πρέπει να περιλαμβάνει όλο το μήκος της υδρογεώτρησης, ακόμη και το στεγανό αλλά και την άμεση γειτονιά της υδρογεώτρησης (υδροφόρος). Για το λόγο αυτό η χλωρίωση θα πρέπει να συνοδεύεται από ανάδευση, διακοπτόμενη άντληση, εμβολισμούς, με παράλληλη κατανομή του διαλύματος σε όλη την υδρογεώτρηση με τη βοήθεια αντλίας κλπ.

Οι ενώσεις του χλώριου που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση δεν πρέπει να είναι παλιότερες από 60 ημέρες, όταν πρόκειται για υγρές και από ένα χρόνο όταν πρόκειται για ξηρές ενώσεις. Η ποσότητα της ουσίας που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι τέτοια, ώστε όταν αναμιχτεί με όλο τον όγκο του νερού που περιέχεται στην υδρογεώτρηση, να προκύψει διάλυμα σε ελεύθερο χλώριο τουλάχιστον 50mg/l. Για καλύτερα πάντως αποτελέσματα είναι προτιμότερη η χρησιμοποίηση διαλύματος 100mg/l χλώριου.

Το πρόγραμμα της απολύμανσης περιλαμβάνει:

- ημερήσια απολύμανση, κατά τη διάρκεια της διάρτησης
- απολύμανση του χαλικόφιλτρου
- ενδιάμεση απολύμανση, αν μεσολαβεί ανάμεσα στην αποπεράτωση της υδρογεώτρησης και την κανονική απολύμανση χρονική περίοδος τουλάχιστον τριών ημερών.

— κανονική απολύμανση, η οποία γίνεται αμέσως μετά την αποπεράτωση της γεώτρησης.

Μετά την εισαγωγή του απολυμαντικού στην υδρογεώτρηση, ρίχνεται σ' αυτήν όγκος νερού ίσος με τον όγκο του φίλτροσωλήνα, ώστε να ωθηθεί το απολυμαντικό προς τον υδροφόρο.

Το τμήμα της υδρογεώτρησης πάνω από τον υδροφόρο, θα πρέπει να διατηρείται υγρό με τη βοήθεια διαλύματος χλωρίου 50mg/l για 20 τουλάχιστον λεπτά, ενώ το διάλυμα στο υδροφόρο τμήμα της γεώτρησης πρέπει να παραμείνει τουλάχιστον 12 ώρες. Μετά το χρονικό αυτό διάστημα, η υδρογεώτρηση πρέπει να αντληθεί.

Κατά την απολύμανση σε ελεύθερους υδροφόρους:

α) Όταν χρησιμοποιείται στερεά ουσία χλωρίου, αυτή τοποθετείται σε διάτρητο κυλινδρικό δοχείο που ανεβοκατεβάζεται σε όλο το μήκος της υδρογεώτρησης συνεχώς μέχρι να διαλυθεί.

β) Όταν χρησιμοποιείται διάλυμα:

—i. αρκετό, ώστε να δώσει ελεύθερο χλώριο 100 mg/l,

το διάλυμα διοχετεύεται σε διάφορα βάθη από τον πυθμένα μέχρι την ελεύθερη στάθμη και αναδεύεται,

—ii. 15.000rpm, τότε αυτό προστίθεται σε συνεχή ροή νερού στην υδρογεώτρηση, σε τέτοια ποσότητα ώστε να παραχτεί συγκέντρωση ελεύθερου χλωρίου 100mg/l,

—iii. που παρασκευάζεται στη θέση της υδρογεώτρησης σε κατάλληλη συγκέντρωση (100mg/l), τοποθετείται σε δοχεία και σε ποσότητα διπλάσια τουλάχιστον από τον όγκο του νερού στην υδρογεώτρηση και στη συνέχεια ρίχνεται γρήγορα σ' αυτήν, ώστε να κατακλύσει και τη σωλήνωση, πάνω από τη στάθμη του νερού.

Κατά την απολύμανση σε αρτεσιανούς υδροφόρους:

α) Όταν χρησιμοποιείται στερεά ουσία χλωρίου, τοποθετείται σε διάτρητο κυλινδρικό δοχείο, που κατεβάζεται κάτω από την οροφή του υδροφόρου. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται τόσες φορές, ώστε να διατηρηθεί στον υδροφόρο το διάλυμα των 100mg/l, τουλάχιστον μία ώρα.

β) Όταν χρησιμοποιείται διάλυμα, ελέγχεται η αυτόματη ροή με βαλβίδα (βάνα) ή κάλυμμα και διαβιβάζεται το διάλυμα με πίεση. Μετά τη διοχέτευση του διαλύματος, εισάγεται στην υδρογεώτρηση αέρας με πίεση για την ανάδευση του διαλύματος, ενώ ταυτόχρονα ανοίγεται η βαλβίδα, ώστε η γεώτρηση να ρέει αυτόματα. Ακολούθως κλείνεται η βαλβίδα και σταματά η ροή. Η συγκέντρωση χλωρίου πρέπει να διατηρείται στα 100mg/l για έξι ώρες.

Αν η ροή μπορεί να ελεγχθεί με κατακόρυφο σωλήνα, τότε η διαδικασία είναι όμοια με εκείνη των ελεύθερων υδροφόρων. Η διαδικασία όμως αυτή περιορίζεται σε αρτεσιανούς με μικρό φορτίο, όπου η αυτόματη ροή σταματά όταν ο σωλήνας της υδρογεώτρησης παρεκταθεί για μικρό ύψος, πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, με κατακόρυφο σωλήνα.

3. Προστασία της περιοχής υδροληψίας

Συνίσταται, πρακτικά, στην προστασία της περιοχής τροφοδοσίας των έργων από φυσικά (πλευρικές μεταγγίσεις, απώλειες από υδρορεύματα, μεταγγίσεις από καταβόθρες, φυσικά έγκοιλα, αποθέσεις εβαποριτών κλπ.) ή τεχνητά (σκουπιδότοποι, νεκροταφεία, βόθροι, γεωργικές δραστηριότητες, στάβλοι, μεταλλευτικά - λατομικά έργα κλπ.), αίτια:

Οι δυνατοί ρύποι διακρίνονται σε:

- α) Παθογόνους μικροοργανισμούς
- β) Χημικούς ρύπους
- γ) ραδιενεργούς ρύπους (ραδιενεργά κατάλοιπα)

Η περίμετρος προστασίας των έργων, δηλαδή η περιοχή εκείνη γύρω από τα έργα υδροληψίας, όπου έχουν επιβληθεί απαγορευτικά ή μέτρα επιτήρησης, καθορίζεται κάθε φορά, ανάλογα με τον κίνδυνο μόλυνσης του νερού από τους τρεις, πιο πάνω, παράγοντες. Η περίμετρος προστασίας εκτείνεται κυρίως προς τα ανάντη των έργων, το μέγεθός της δε, καθορίζεται με βάση τη δυνατότητα αυτοκαθορισμού του υδροφόρου, τη λιθολογία της ακόρεστης ζώνης και την ταχύτητα ροής του νερού ανάμεσα στη ζώνη τροφοδοσίας και στα σημεία υδροληψίας.

Στα υδροφόρα με δευτερογενές πορώδες (καρστικοί σχηματισμοί, ηφαιστίτες, κλπ.) η περίμετρος προστασίας εκτείνεται σε όλη την υδρογεωλογική λεκάνη, ανάντη των έργων, ή και πέρα απ' αυτή.

3.1. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

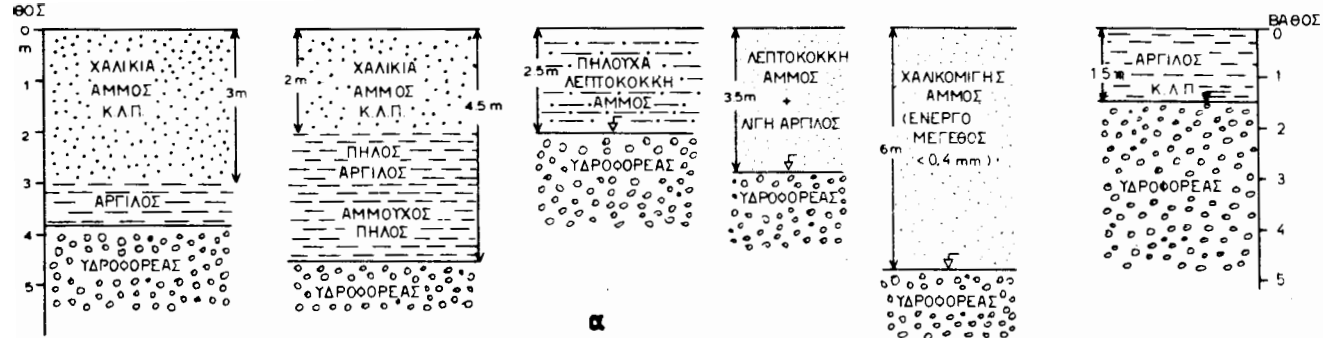
Ανάλογα με την φύση και την υδροπερατότητα των υλικών, που βρίσκονται πάνω από την κορεσμένη ζώνη, καθώς και το βάθος της, οι συνθήκες προστασίας των υδροφόρων χαρακτηρίζονται ως (Εικ. 2):

α) *Ευνοϊκές*, όταν πάνω από την κορεσμένη ζώνη επικρατούν υλικά με μεγάλη ικανότητα αυτοκαθαρισμού, υδροπερατά υλικά, ή εναλλαγές των υλικών αυτών αλλά με μεγάλη πλευρική εξάπλωση. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν ιδιαίτερα:

- i) Λεπτόκοκκα υλικά (άργιλοι, πηλοί, ιλείς κλπ.) χωρίς ρωγμές, ελάχιστου πάχους 1,5m.
- ii) Πηλούχοι λεπτόκοκκοι άμμοι ελάχιστου πάχους 2,5m.
- iii) Λεπτόκοκκοι άμμοι με λίγη άργιλο, ελάχιστου πάχους 3,5m.
- iv) Αδρομερή υλικά (χοντρόκοκκοι χαλικομιγείς άμμοι, με ενεργό μέγεθος κόκκων $< 0,4\text{mm}$) ελάχιστου πάχους 6m.
- v) Αδρομερή υλικά (χαλίκια - άμμοι) ελάχιστου πάχους 3m όταν κάτω από το στρώμα αυτό ακολουθεί αργιλικό, ελάχιστου πάχους 1m.
- vi) Όπως η περίπτωση (v) ελάχιστου πάχους 2m, όταν ακολουθεί αργιλικό στρώμα ελάχιστου πάχους 2,5m.

β) *Μέτριες*, όταν το υδροφόρο στρώμα έχει καλές ιδιότητες αυτοκαθαρισμού (ενεργό μέγεθος κόκκων $< 0,4\text{mm}$) και η ταχύτητα ροής του νερού είναι $< 4\text{m}/\text{ημέρα}$ ή ο χρόνος παραμονής του νερού στον υδροφόρο ξεπερνά τις 30 ημέρες.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι περιπτώσεις της παρ. α, όταν όμως τα πάχη των στρωμάτων είναι μικρότερα από τα αναφερόμενα, σ' αυτή, καθώς και οι



Εικ. 2. Συνθήκες προστασίας υδροφόρων: (α) ευνοϊκές, (β) μέτριες, (γ) δυσμενείς (Turner 1967)
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

περιπτώσεις ύπαρξης στρώματος (πάνω από την κορεσμένη ζώνη):

- ι) Πηλούχου ή αργιλούχου λεπτόκοκκης άμμου, ελάχιστου πάχους 1,5m.
 - ιι) Χοντρών χαλικιών, χωρίς ικανότητα αυτοκαθορισμού, ελάχιστου πάχους 1,5m.
 - ιιι) Χοντρόκοκκης άμμου, ελάχιστου πάχους 3m, που πλευρικά μεταβαίνει σε πηλόχο λεπτόκοκκη άμμο.
- γ) *Δυσμενείς*, όταν ο υδροφόρος έχει ελάχιστη ή καθόλου ικανότητα αυτοκαθαρισμού (ενεργό μέγεθος κόκκων $> 0,4\text{mm}$) και η ταχύτητα ροής του νερού είναι $> 3\text{m/ημέρα}$ ή ο χρόνος παραμονής του υπόγειου νερού είναι μικρότερος από 30 ημέρες.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι υδροφόροι με δευτερογενές πορώδες (καρστικοί και μη) και εκείνοι που η ακόρεστη ζώνη τους αποτελείται από χαλικομιγή χοντρόκοκκη ή μόνο χοντρόκοκκη άμμο, έστω και αν περιέχει φακούς πηλού ή αργίλου.

3.2. ΤΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ

Κατά τον LeGrand (1964) οι φυσικοί παράγοντες που επηρεάζουν την δυνατότητα ρύπανσης των ελεύθερων υδροφόρων είναι:

- το βάθος της κορεσμένης ζώνης
- η προσρόφηση και απορρόφηση στην ακόρεστη ζώνη
- η υδροπερατότητα του υδροφόρου
- η υδραυλική κλίση
- η οριζόντια απόσταση από την πηγή ρύπανσης

Η ευκολία ή δυσκολία με την οποία ρυπαίνεται ένας υδροφόρος, αποτελεί το δυναμικό ρύπανσής του που εξαρτιέται κατά κύριο λόγο από τους πιο πάνω πέντε φυσικούς παράγοντες. Σύμφωνα με το διάγραμμα LeGrand (εικ. 3) ο υδροφόρος βαθμολογείται με τους αντίστοιχους πόντους που αναγράφονται στο πάνω μέρος καθεμιάς από τις πέντε οριζόντιες γραμμές.

Ανάλογα με το σύνολο των πόντων που παίρνει ο υδροφόρος η δυνατότητα ρύπανσής τους (δυναμικό ρύπανσης) είναι (TODD 1980) όπως δείχνει ο Πίνακας 1.

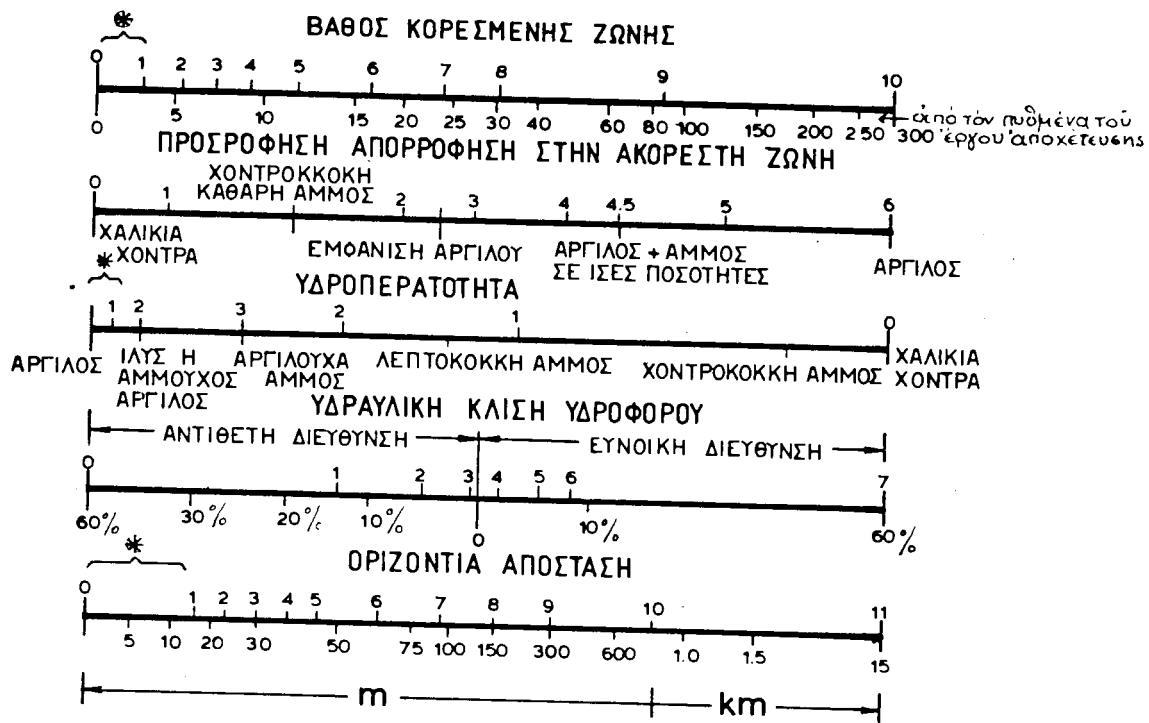
Πίνακας 1. Το δυναμικό ρύπανσης ελεύθερων υδροφόρων

| Σύνολο πόντων | Δυνατότητα ρύπανσης |
|---------------|------------------------|
| 0—4 | Επικείμενη |
| 4—8 | Πιθανή ή Δυνατή |
| 8—12 | Δυνατή αλλά όχι πιθανή |
| 12—25 | Απίθανη |
| 25—35 | Αδύνατη |

3.3. ΖΩΝΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Η περιμετρος προστασίας, διακρίνεται κατά κανόνα στις εξής τρεις ζώνες, από τα έξω προς το σημείο υδροληψίας: *

α) *Μακρινή ζώνη προστασίας*, ή Ζώνη III ή επιτηρούμενη ζώνη. Πρόκειται για ζώνη χημικής προστασίας, η οποία οφείλει να εξασφαλίζει την προστασία της



Εικ. 3. Διάγραμμα εκτίμησης του δυναμικού ρύπανσης ελεύθερων αλλουβιακών υδροφόρων (κατά Legrand 1964, Journal Am. Water Works Assoc. vol. 56, pp. 959-974 με τροποποιήσεις).

υδροληψίας από χημικούς, μη διασπώμενους ή δύσκολα διασπώμενους και από ραδιενεργούς ρύπους. Συνήα υποδιαιρείται στις υποζώνες IIIA και IIIB. Όταν η ζώνη αυτή δεν υποδιαιρείται, τότε εφαρμόζονται σ' αυτήν οι προδιαγραφές της ζώνης IIIA, η οποία περιβάλλεται από την IIIB.

β) *Κοντινή Ζώνη προστασίας, ή Ζώνη II ή ελεγχόμενη ζώνη.*

Πρόκειται για ζώνη βιολογικής προστασίας, η οποία οφείλει να προστατεύει το πόσιμο ή ιαματικό νερό από μικροβιολογική, κύρια, ρύπανση.

γ) *Ζώνη άμεσης προστασίας, ή Ζώνη I ή απαγορευμένη ζώνη.*

Η ζώνη αυτή που περιβάλλει το έργο υδροληψίας και περιβάλλεται από τη ζώνη II οφείλει να προστατεύει τον άμεσο χώρο της υδροληψίας απέναντι στη ρύπανση και στις άμεσες βλάβες της υδροληψίας. Η περιοχή αυτή θα πρέπει να απαλλοτριώνεται.

3.4. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΩΝ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Σε κάθε μια από τις προηγούμενες ζώνες απαγορεύονται ή ελέγχονται ορισμένες δραστηριότητες.

3.4.1. ΖΩΝΗ III

Συνήθως διακρίνεται στην εξωτερική υποζώνη III B και στην εσωτερική IIIA.

Στην υποζώνη IIIB απαγορεύεται ιδιαίτερα:

- α) Η απόρριψη λυμάτων, απόβλητων, όμβριων νερών, ραδιενεργών κατάλοιπων κάθε φύσης.
- β) Η εγκατάσταση εργοστασίων που αποβάλλουν ραδιενεργά υλικά, εγκαταστάσεων επεξεργασίας λαδιού, λιωτριβιών, μεταλλουργικών εγκαταστάσεων, χημικών εργοστασίων και πυρηνικών αντιδραστήρων.
- γ) Η αποθήκευση, μεταφορά και το θάψιμο στο υπέδαφος ραδιενεργών υλικών, τοξικών χημικών, λαδιού, φαινολών, φυτοφαρμάκων, ορυκτέλαιων, πίσσας και παρασιτοκτόνων πάσης φύσεως.
- δ) Η μεταφορά ρυπογόνων ουσιών.

Στην υποζώνη III A απαγορεύονται κατά κύριο λόγο, εκτός από όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη υποζώνη και:

- α) Η ανάπτυξη μεγάλων πτηνοτροφικών και κτηνοτροφικών μονάδων.
- β) Η χρησιμοποίηση φυτοφαρμάκων, ζιζανιοκτόνων, παρασιτοκτόνων και λιπασμάτων.
- γ) Η εγκατάσταση διυλιστηρίων (χρησιμοποιημένων γενικά νερών), η υπόγεια άρδευση και η κατασκευή στραγγιστήριων και καναλιών μεταφοράς λυμάτων και απόβλητων.
- δ) Η εγκατάσταση και λειτουργία νοσοκομείων, σανατόριων κλινικών και οποιωνδήποτε βιομηχανικών εγκαταστάσεων, εφόσον τα λύματα και απόβλητά τους δεν απορρίπτονται εξ ολοκλήρου και εγγυημένα, έξω από τα όρια της υποζώνης.
- ε) Η εγκατάσταση και λειτουργία πρατήριων διανομής και μεταφόρτωσης υγρών καυσίμων, ορυκτέλαιων και κάθε ρύπου ή ραδιενεργού υλικού.
- στ) Η ανάπτυξη χώρων προσγείωσης, απογείωσης και εκτόξευσης αεροσκαφών.
- ζ) Η δημιουργία στρατιωτικών εγκαταστάσεων αλλά και η εκτέλεση στρατιωτικών ασκήσεων.

- η) Η δημιουργία σκουπιδότοπων, νεκροταφείων αυτοκινήτων, η απόθεση μάζων και η κατασκευή και λειτουργία νεκροταφείων.
- θ) Το άδειασμα οχημάτων εκκένωσης βόθρων.
- ι) Η απόρριψη νερών που χρησιμοποιούνται για ψύξη.
- ια) Η χρησιμοποίηση, για την κατασκευή οδοστρωμάτων, διαλυτικών ουσιών, απορρυπαντικών, πίσσας, βιτουμένιων κλπ.
- ιβ) Η εκτέλεση γεωτρήσεων για την έρευνα και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων, CO₂, μεταλλικού νερού, αλατιού και ραδιενεργών υλικών.

3.4.2. ΖΩΝΗ II

Στη ζώνη αυτή, πέρα από τους περιορισμούς που αναφέρθηκαν στην εξωτερική της ζώνη III, απογορεύονται ιδιαίτερα και:

- α) Οι χειρονακτικές, αγροτικές και κτηνοτροφικές εργασίες και εκμεταλλεύσεις.
- β) Η ανάπτυξη εργοταξίων και αποθήκευση δομικών υλικών.
- γ) Η ανάπτυξη οδικού, σιδηροδρομικού δικτύου και κάθε έργου υποδομής, χώρων μεταφόρτωσης εμπορευμάτων η δημιουργία χώρων στάθμευσης αυτοκινήτων κλπ.
- δ) Η δημιουργία χώρων camping και αθλητικών χώρων.
- ε) Η δημιουργία χώρων αναψυχής.
- στ) Το πλύσιμο αυτοκινήτων και η αλλαγή σ' αυτά λαδιών.
- ζ) Η ανάπτυξη λατομείων, δανειοθάλαμων άμμου και αργίλου, η κατασκευή ορυγμάτων, η δημιουργία κοιλωμάτων και γενικά κάθε παρέμβαση στο έδαφος, εκτός από την δασοκαλλιέργεια.
- η) Η μεταλλευτική δραστηριότητα
- θ) Οι εκρήξεις
- ι) Η βοσκή και ο σταβλισμός ζώων
- ια) Η λίπανση του εδάφους με κοπριά
- ιβ) Η υπαίθρια αποθήκευση και χρησιμοποίηση λιπασμάτων
- ιγ) Το άλεσμα ζωοτροφών
- ιδ) Η ανάπτυξη λαχανόκηπων και οι κηπουρικές εκμεταλλεύσεις
- ιε) Η αποθήκευση μαζούτ και ορυκτέλαιων
- ιστ) Η διέλευση λυμάτων και απόβλητων
- ιζ) Η μεταφορά ραδιενεργών υλικών και ρύπων
- ιη) Η κατασκευή αγωγών και στραγγιστήριων
- ιθ) Η ύπαρξη τελμάτων και ιχθυοτροφείων
- ιι) Κάθε κατασκευαστική δραστηριότητα.

Οι περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες, χρησιμοποιούν σαν κριτήριο καθορισμού της έκτασης της Ζώνης II την γραμμή των Χ ημερών, δηλαδή την γραμμή εκείνη γύρω από τα έργα υδροληψίας, από κάθε σημείο της οποίας, οι ρύποι χρειάζονται τουλάχιστον Χ ημέρες μέχρι να φτάσουν σ' αυτά. Ο αριθμός των Χ ημερών είναι λίγο μεγαλύτερος από την διάρκεια ζωής του ρύπου στον συγκεκριμένο κάθε φορά υδροφόρο.

Ο Georgescu (1965) διαπίστωσε ότι η ταχύτητα μεταφοράς των βακτηρίων από το υπόγειο νερό, είναι ίση περίπου με τα 2/3 της πραγματικής ταχύτητάς του και ότι η

καταστροφή τους είναι πρακτικά απόλυτη μετά από ένα 20ήμερο από την εισαγωγή τους στον υδροφόρο (Γραμμή 20 ημερών).

Οι Richter - Wager (in Bentz-Martini ed. 1969), αντίθετα θεωρούν ότι η καταστροφή των μικροοργανισμών συντελείται μετά από 50 ημέρες (Γραμμή 50 ημερών).

Οι εργασίες των Milde (1983) και Wuhrman, έδωσαν για μερικούς μικροοργανισμούς την πιο κάτω διάρκεια ζωής (ποσοστό θνησιμότητας 99,9%) στους υδροφόρους σε 15°C.

| | | ημέρες | |
|------------------------|-------|--------|---------|
| Salmonella typhimurium | > 230 | » | |
| Salmonella typhi | 107 | » | |
| Escheria coli | > 100 | » | |
| Streptococcus faecalis | 43 | » | |
| Ιοί του εντέρου | 43 | » | περίπου |
| Poliovirus I. | > 250 | » | |

Αν ληφθεί υπόψη ότι η πραγματική ταχύτητα ροής του νερού σε υδροφόρους με πρωτογενές πορώδες είναι της τάξης των 25 ή περισσότερων ακόμα μέτρων την ημέρα, συχνά οδηγείται κανείς στη θέσπιση εξαιρετικά μεγάλων ζωνών βιολογικής προστασίας (π.χ. για την προστασία από την *Salmonella typhimurium* 6 km). Κάτι τέτοιο όμως δεν είναι λογικό και γι' αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη όχι μόνο η υδροπερατότητα των επιφανειακών σχηματισμών αλλά και η ετερογένεια των υδροφόρων. Πάντως ο πιο απλός τρόπος καθορισμού της ζώνης βιολογικής προστασίας παραμένει ο υπολογισμός της φαινόμενης ταχύτητας ροής από τον νόμο του Darcy ($v_p = -ki$ όπου k η υδροπερατότητα και i η υδραυλική κλίση) και απ' αυτή της πραγματικής ταχύτητας (από τη σχέση $v_p = v_e/Sy$ όπου Sy το ενεργό πορώδες του υδροφόρου). Για τους υδροφόρους με δευτερογενές πορώδες, η καλύτερη μέθοδος παραμένει η ιχνηθέτηση, ανεξάρτητα, αν πρόκειται για καρστικούς ή μη υδροφόρους. Σ' αυτούς η v_p μπορεί να ξεπερνά ακόμα και τα 200 m/ώρα.

Όταν η περίμετρος προστασίας αναφέρεται σε ιαματικά νερά, στις Ζώνες III και II απαγορεύεται επιπλέον η εκτέλεση γεωτρήσεων κάτω από ένα προκαθορισμένο βάθος και η ανάπτυξη επιφανειακών και υπόγειων ορυχείων.

3.4.3. ΖΩΝΗ I

Πέρα από τις απαγορεύσεις που αναφέρονται στις Ζώνες III και II, επιπλέον απαγορεύονται:

- α) Η κυκλοφορία και διάβαση πεζών και οχημάτων
- β) Κάθε γεωργική δραστηριότητα καθώς και το κόπρισμα, και η χρήση φυτοφαρμάκων και παρασιτοκτόνων.

3.5. ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΥ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Η ζώνη III έχει σαν εξωτερικό όριο την περιοχή τροφοδοσίας και φτάνει μέχρι το εξωτερικό όριο της ζώνης II.

Η ζώνη II εκτείνεται από το εξωτερικό όριο της ζώνης I μέχρι μια γραμμή από την οποία το υπόγειο νερό χρειάζεται κατ' άλλους 50 κατ' άλλους 20 ημέρες για να φτάσει

στο έργο υδροληψίας. Τέλος η ζώνη Ι εκτείνεται από το έργο υδροληψίας περιμετρικά με ακτίνα τουλάχιστον 10-50m.

Ο Thurner 1967 προτείνει περιμέτρους των ζωνών προστασίας, ανάλογα με τις συνθήκες προστασίας των υδροφόρων, που φαίνονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Όρια ζωνών προστασίας κατά Thurner (1967)

| Ζώνη | Ευνοϊκές συνθήκες | Μέτριες συνθήκες | Δυσμενείς συνθήκες |
|------|-------------------|------------------|---|
| I | 10—50m | 20—200m | 100m - το όριο της λεκάνης τροφοδοσίας. |
| II | 50—250m | 100—500m | Το όριο της λεκάνης τροφοδοσίας. |
| III | χωρίς περιορισμό | | |

Η νομοθεσία ορισμένων χωρών προβλέπει δύο μόνο ζώνες προστασίας την I και II. Η ζώνη I εκτείνεται περιμετρικά του έργου υδροληψίας με ακτίνα 10-50m η δε ζώνη II έχει ακτίνα που συχνά ξεπερνά τα 500 m. Για τους ασβεστόλιθους προβλέπονται από την Βελγική νομοθεσία περιμετροί, αντίστοιχα, 100 και 1000m, ενώ οι Laurent-Chysel (1981) προτείνουν περιμέτρους με γραμμή των 24 ωρών (σπασδήποτε όμως ακτίνας > 10m) και 50 ημερών για τις ζώνες I και II, το όριο δε της υδρογραφικής υπολεκάνης του έργου υδροληψίας για την ζώνη III.

Οι νομοθεσίες ορισμένων ευρωπαϊκών χωρών καθορίζουν τα όρια των ζωνών προστασίας όπως στον Πίνακα 3.

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα αυτό δεν υπάρχει αντιστοιχία προδιαγραφών ακόμη δε και ονοματολογίας των ζωνών προστασίας στις διάφορες χώρες.

Το χαρακτηριστικό πάντως είναι ότι και οι τρεις ζώνες μαζί, δηλαδή η περιμετρος προστασίας, καλύπτουν ολόκληρη την λεκάνη τροφοδοσίας του έργου υδροληψίας.

Αυτό σημαίνει ότι η ακτίνα επίδρασης του έργου αποτελεί μια πρώτη ένδειξη για την έκταση της περιμέτρου.

Η σημερινή τάση είναι ο καθορισμός της έκτασης των ζωνών προστασίας όχι με βάση την γραμμή των X ημερών, αλλά με τον προσδιορισμό απόστασης από το έργο υδροληψίας, ανάλογα με τις υδρογεωλογικές συνθήκες.

3.6. ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΥΔΡΟΛΗΨΙΕΣ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Αν και δεν είναι δυνατός, ούτε σκόπιμος ο καθορισμός, κατά ενιαίο τρόπο, της απόστασης ανάμεσα στα έργα υδρομάστευσης για ύδρευση και στις διάφορες πηγές ρύπανσης, γιατί οι υδρογεωλογικές συνθήκες είναι, κάθε φορά, διαφορετικές, ενδεικτικά μπορεί να αναφερθούν οι αποστάσεις που φαίνονται στον Πίνακα 4, παρότι σε μερικές περιπτώσεις βρίσκονται σε αντίθεση με τις προδιαγραφές των ζωνών προστασίας (παρ. 3.4.).

Πίνακας 3. Σχηματική παρουσίαση των ζωνών προστασίας που ισχύουν σε μερικές χώρες της Ευρώπης

| Κυριώτερες Απαγορεύσεις | Δυτική Γερμανία | Αυστρία | Βέλγιο | Φινλανδία | Ολλανδία | Γαλλία | Ελβετία | Τσεχοσ/κία | Ουγγαρία | |
|---|---------------------------------------|-----------------|---|----------------------------|------------------------------------|--|---|--|-----------------|---|
| Επιτρέπονται μόνο οι απαραίτητες για την υδροληψία δραστηριότητες | Ζώνη I 10—100m | Ζώνη Προστασίας | Άμεση Ζώνη Προστασίας | Περιοχή Υδροληψίας | Περιοχή Υδροληψίας (> 30m) | Ζώνη Άμεσης Προστασίας 10—20m | Ζώνη I 10—20m | Πρώτη Ζώνη Υγ/κής Προστασίας | Ζώνη Προστασίας | |
| Πέρα από εκείνες της Ζώνης III και οι εξής δραστηριότητες: — Γεωργικές — Κτηνοτροφικές — Κατασκευαστικές — Οδοποιΐα — Λατομικές — Μεταλλευτικές — Οικιστικές — Αθλητικές | Ζώνη II 50 ημέρες | | 100m ή 24 ώρες Εσωτερική Ζώνη Προστασίας (300—1000m) | Εσωτερική Ζώνη Προστασίας | | Εσωτερική Προστασίας | Ζώνη II (≥ 100m) Ζώνη IIIA > 200m | 10—50m Εσωτερική Δεύτερη Ζώνη Υγ/κής Προστασίας | | |
| Εγκατάσταση και λειτουργίας ρυπογόνων βιομηχανιών — Πυρηνικών εργοστασίων — Χημικών και μεταλλουργικών εργοστασίων — Διυλιστηρίων — Λιωτριβίων — Νοσοκομείων — Πρατήριων υγρών καυσίμων — Στρατιωτικών εγκαταστάσεων — Αεροδρομίων — Νεκροταφείων — Μεταφορά, απόρριψη θάψιμο αποβλήτων φυτοφαρμάκων ορυκτέλαιων χημικών ουσιών | Ζώνη IIIA 2km Ζώνη IIIB | | Ζώνη Μερικής Προστασίας | Μακρινή Περιοχή Προστασίας | | 60 ημέρες Εξωτερική Ζώνη Προστασίας | 50—60 ημέρες Περιοχή Προστασίας 10 χρόνια Περιοχή Προστασίας 25 χρόνια Μακρινή Περιοχή Τροφοδοσίας | Μακρινή Προστασίας | | Ζώνη IIIB Εξωτερική Δεύτερη Ζώνη Υγειον/κής Προστασίας |

Πίνακας 4. Αποστάσεις ανάμεσα σε έργα υδροληψίας και πηγές ρύπανσης (UNESCO 1972)

| Πηγή ρύπανσης | Απόσταση σε m |
|-------------------------------------|----------------------|
| Σηπτικοί βόθροι | 30—60 |
| Αγωγοί με στεγανές συνδέσεις | 3 |
| Άλλοι αγωγοί | 15 |
| Ζώνες διήθησης | 30 |
| Λύματα αγροκτημάτων | 30 |
| Τάφροι εμπλουτισμού | 30 |
| Εγκαταλειμμένα πηγάδια - γεωτρήσεις | 15 |
| Σκουπιδότοποι | 45—300 |
| Νεκροταφεία | 35 (αρτεσιανά)—2500m |

Πρέπει πάντως να τονιστεί η μοναδικότητα κάθε περίπτωσης, κάτι που δεν επιτρέπει γενικεύσεις και υπεραπλουστεύσεις. Έτσι όσα αναφέρονται στην εργασία αυτή δεν αποτελούν συνταγολόγιο αλλά απλώς στοιχεία αναφοράς.

4. Ρύπανση από απόρριψη αποβλήτων

Ο καλύτερος τρόπος προστασίας των έργων υδροληψίας από τα απόβλητα, είναι η σωστή επιλογή της θέσης απόρριψης των τελευταίων. Εκτός λοιπόν από τη σωστή επιλογή της θέσης των υδροληπτικών έργων, τη σωστή τους κατασκευή, την απολύμανσή τους και τη σωστή οριοθέτηση των ζωνών προστασίας, θα πρέπει να γίνεται και σωστή επιλογή της θέσης απόρριψης των αποβλήτων, ανάμεσα στο πιο μεγάλο δυνατό αριθμό εναλλακτικών λύσεων. Ένα σύστημα αξιολόγησης των θέσεων απόρριψης αποβλήτων επρότεινε ο LeGrand (1980).

Οι βασικές αρχές του συστήματος εκτίθενται πιο κάτω:

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑ LeGRAND (1980)

ΣΤΑΔΙΟ 1 (Φ.1 μέχρι και Φ. 7)

Φ 1. ΑΠΟΣΤΑΣΗ πηγής ρύπανσης και υδροληψίας

| Πόντοι | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------|-------|-----------|---------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|------|
| Απόσταση σε m | 2000+ | 1000-2000 | 300-999 | 150-299 | 75-149 | 50-74 | 35-49 | 20-34 | 15-19 | 0-14 |

Φ 2. ΒΑΘΟΣ στάθμης κάτω του πυθμένα της πηγής ρύπανσης (> 5% το χρόνο)

| Πόντοι | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|-----|-------|-------|-------|------|-----|-----|---------|-------|---|
| m | 60+ | 30-60 | 20-29 | 12-19 | 8-11 | 5-7 | 3-4 | 1,5-2,5 | 0,5-1 | 0 |

Φ 3. ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΚΛΙΣΗ *i* από τη θέση απόρριψης

| Πόντοι | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|--------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| Υδραυλική κλίση <i>i</i> και διεύθυνση ροής | * | <i>i</i> σχεδόν ασήμαντη | <i>i</i> < 2% ** | *** <i>i</i> < 2% | <i>i</i> > 2% **** | <i>i</i> > 2% ***** |

- * Η κλίση κατευθύνεται μακριά από όλα τα έργα υδροληψίας που βρίσκονται μέχρι 1000 m από τη θέση.
- ** Κλίση προς τα έργα υδροληψίας αλλά όχι κατά τη διεύθυνση ροής.
- *** Όπως προηγούμενα αλλά κατά τη διεύθυνση ροής.
- **** Όπως η περίπτωση **
- ***** Όπως η περίπτωση ***

Φ.4 ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ-ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ στη θέση απόρριψης

| | | Άργιλος | Άργιλος + < 50% άμμος | Άμμος +15% -30% άργιλος | Άμμος + < 15% άργιλος | Λεπτή άμμος | Χαλίκια- άμμος |
|---|-------|---------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------|-------------------|
| Πάχος χαλαρών υλικών πάνω από το υπόβαθρο | > 30 | 0A | 2A | 4A | 6A | 8A | 9A |
| | | I II | I II | I II | I II | I II | I II |
| | 25—29 | 0B 1C | 1D 2F | 3E 4G | 5F 6E | 7F 8E | 9G 9M |
| | 20—24 | 0C 2C | 1F 3D | 4D 5E | 5G 6F | 7G 8F | 9H 9N |
| | 15—19 | 0D 3B | 1F 4C | 4E 6C | 5H 7D | 7H 8G | 9I 9O |
| | 10—14 | 0E 4B | 2D 5B | 4F 6D | 5I 7E | 7I 9D | 9J 9P |
| | 3— 9 | 1B 6B | 2E 7B | 5C 7C | 5J 8O | 7J 9E | 9K 9Q |
| | < 9 | 2B 8B | 3C 8C | 5D 9B | 5K 9C | 7K 9F | 9L 9R |
| Υπόβαθρο στην επιφάνεια I = 5Z, II = 9Z | | | | | | | |

A = περιοχή όπου συμπαγές πέτρωμα βρίσκεται βαθύτερα από 30 m

I = χαλαρά υλικά υπέρκεινται σχιστόλιθων ή άλλων υλικών χαμηλής υδροπερατότητας

II = χαλαρά υλικά υπέρκεινται ρωγματωμένων υδροπερατών υλικών

Φ.5 ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ των τιμών (πόντων)

A

B

C

Ψηλή αξιοπιστία στην εκτίμηση Μέτρια αξιοπιστία των παραμέτρων (φάσεις 1—4)

Χαμηλή αξιοπιστία

Φ.6. ΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ

Το σύνολο των πόντων, ακολουθούν τουλάχιστον 4 γράμματα. Το πρώτο από τη

φάση 4, το δεύτερο από τη φάση 5, το τρίτο είναι W, S ή B ανάλογα αν η απόσταση από την πηγή ρύπανσης αναφέρεται αντίστοιχα σε γεώτρηση ή πηγάδι, πηγή και όριο ιδιοκτησίας. Το τέταρτο γράμμα επιλέγεται από τα πιο κάτω:

C: Ειδικές συνθήκες απαιτούν παραπέρα επεξήγηση κατά την αξιολόγηση.

D: Δημιουργία κώνου κατάπτωσης κοντά στην πηγή ρύπανσης μπορεί να οδηγήσει ρυπασμένο νερό στην αντλούμενη γεώτρηση.

E: Η απόσταση που μετρήθηκε αναφέρεται όχι στην ίδια την πηγή ρύπανσης αλλά στην πιο κοντινή «τούφα» (plume).

F: Η πηγή ρύπανσης βρίσκεται στην περιοχή εκφόρτισης υδροφόρου.

K: Η θέση απόρριψης βρίσκεται σε καρστική περιοχή ή επίκειται καρστικών ασβεστολίθων.

M: Πρόκληση τοπικής ανύψωσης της στάθμης.

P: Η διήθηση δεν θα είναι ικανοποιητική, π.χ. στη φάση 4 βαθμολογήθηκε με λιγότερους από 3 πόντους.

Q: Περιοχή τροφοδοσίας ή ψηλής μεταβιβαστικότητας υδροφόρου μεγάλης έκτασης (ψηλή βαθμολογία στη φάση 4).

R: Ακτινωτή ροή από υδροφόρο με μεγάλο φορτίο.

T: Ελεύθερος υδροφόρος με δευτερογενές πορώδες (καρστ κλπ.)

Y: Ένας ή περισσότεροι αρτεσιανοί υδροφόροι υπόκεινται του ελεύθερου υδροφόρου.

Φ.7. ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ

Προστίθενται όλοι οι πόντοι (φάσεις 1-4). Η θέση περιγράφεται πια αριθμητικά (σύνολο πόντων = πόντοι φάσης 1, φάσης 2, φάσης 3, φάσης 4) και με 4 γράμματα που ακολουθούν (φάσεις 4-6). Ακολουθεί ταξινόμηση με βάση τον πιο κάτω πίνακα:

| Βαθμός | | Σύνολο πόντων | Απόσταση (μέγιστη) | Πόντοι φάσης 4 |
|--------|----------------------|---------------|--------------------|----------------|
| A | Εξαιρετικός | < 10 | 0 | 2 |
| B | Πολύ καλός | 11—14 | 1 | 3 |
| C | Καλός | 15—17 | 2 | 4 |
| D | Μέτριος | 18—20 | 3 | 5 |
| E—F | Φτωχός — Πολύ φτωχός | > 20 | — | — |

**Φ.8. ΒΑΘΜΟΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ
ΣΤΑΔΙΟ 2 (Φ. 8)**

| Ευαισθητός υδροφόρος (πολύ υδροπερατός και εκτεταμένος, ακαρεστή ζώνη πολύ υδροπερατή ή αναπτυσσόμενος στη περιοχή τροφοδοσίας), χρησιμοποιούμενος για ύδρευση | Κρυσταλλικά πετρώματα Ελαφρά κερματισμένα πετρώματα Μικρού παγού λεπίσθιου - λεπτοκοκκώδες αμύιο Παχιές, μέσο-κοκκίες χονδροκοκκώδες αμμοί Πλημμυρικές κοιλάδες (φτωχό υδροφόρο) | ΑΥΞΗΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗ | ΒΑΘΜΟΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ | | |
|--|--|--------------------------------|--|---------------------|-----------------------|
| | | | Πρόληψη λόγω διασποράς και αραίωσης σχεδόν αδύνατη ή συγκέντρωση και συγκράτηση Μέτρια ψήλος D | Ψήλος G | Εξαιρετικά ψήλος I |
| Μέτρια ευαισθητός υδροφόρος (μεταβαλλόμενη υδροπερατότητα μετρίως εκτασή, καλυπτομένος από μετρία υδροπερατά υλικά στη ζώνη τροφοδοσίας), χρησιμοποιούμενος για ύδρευση | Κρυσταλλικά πετρώματα Ελαφρά κερματισμένα πετρώματα Μικρού παγού λεπίσθιου - λεπτοκοκκώδες αμύιο Παχιές, μέσο-κοκκίες χονδροκοκκώδες αμμοί Πλημμυρικές κοιλάδες (φτωχό υδροφόρο) | ΑΥΞΗΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗ | Μέτρια χαμηλός B | Μέτρια ψήλος E | Ψήλος H |
| Προστατευόμενος υδροφόρος (καλύμμα χαμηλής υδροπερατότητας, μικρής εκτασης και σημασίας υδροφόρο), Αρτεσιανό υδροφόρο μεγάλου βαθους | | | Σχετικά χαμηλός A | Μέτρια χαμηλός C | Μέτρια ψήλος F |
| | | | Συνθήκες ευνοϊκές συγκέντρωσης και συγκράτησης ΧΑΜΗΛΟΣ | ΜΕΤΡΙΟΣ | ΨΗΛΟΣ |

Αυξανόμενη επικινδυνότητα ρύπανσης →

Οργανικά και ανόργανα χημικά αποβλήτα

Σηπτικοί βόθροι Χώροι ταφής - χυμωτές
Απορρυπαντικά βόθροι Σκουπίσιμωτοποι

Αποβλήτα υαλοφυγίας, Βιομηχανία ορυκτέλαιου - αερίου τοσιεντών Βιομηχανία ορυκτέλαιου - αερίου (αντίληψη - διάλυση)

Δανεωθαλάμια αργίλου, αμμοι, χαλικίου Εξορυξη μεταλλών και άνθρακα

Γεωργική - κτηνοτροφική παραγωγή

Υφαντουργία - πολυτοποίηση

Αποβλήτα ελαστικού και πλαστικών

Αποβλήτα ξύλων Ραδιενεργά αποβλήτα

Στερεά αποβλήτα ξυλου, χαρτίου, υφασμάτων Ιοντα βαρέων μετάλλων

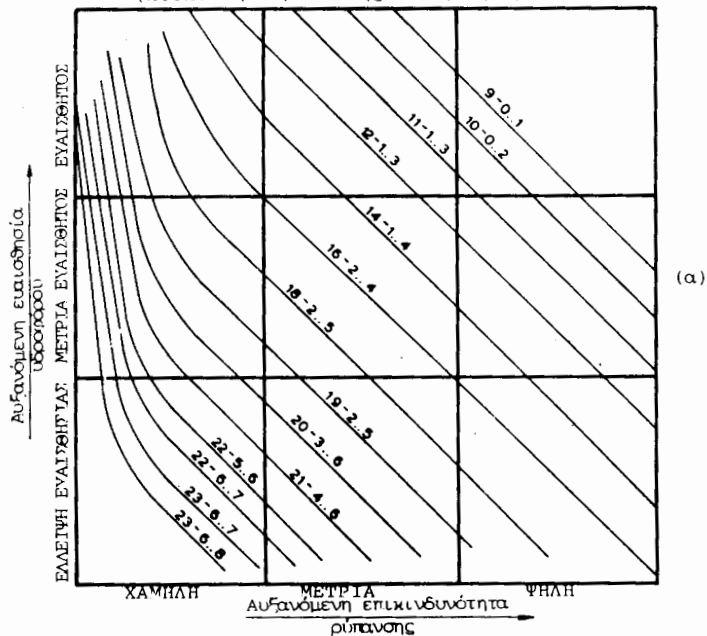
Σαπουνία, απορρυπαντικά

Ορυκτέλαια, βενζίνη

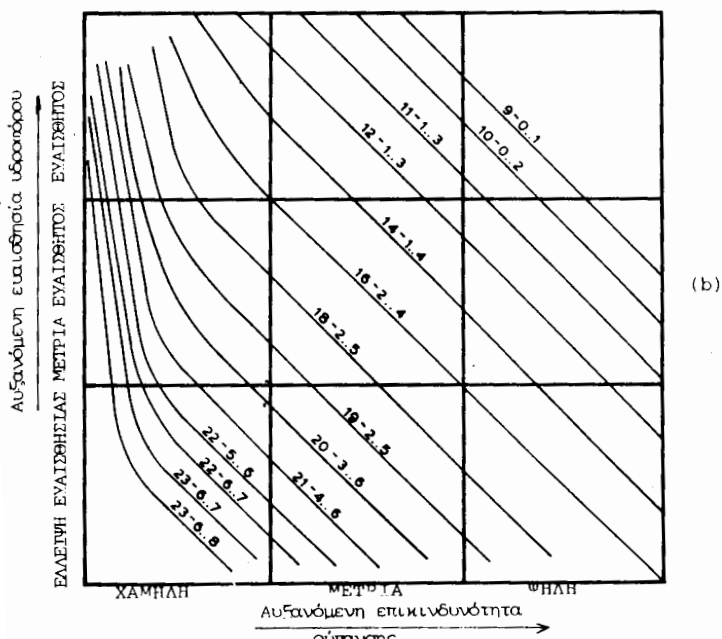
Λασπώδη αποβλήτα (βημάσια)

Αξιολογήση θέσης απόρριψης αποβλήτων. Στάδιο 2, φάση 8
(Le Grand, H., in National Water Well Association 1980).
A standardized system for evaluating waste disposal sites.

9. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΠΕΚΤΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ
(πιθανότητα ρύπανσης και βαθμός αξιοπιστίας)



10. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΠΕΚΤΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ
(πιθανότητα ρύπανσης και βαθμός αξιοπιστίας)



Αξιολόγηση θέσης απόρριψης αποβλήτων. Στάδια 3 (a) και 4 (b) κατά LeGrand
in National Water Well Association (1980): A standardized system for evaluating
waste disposal sites.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΘΕΣΗΣ (στάδια 3 και 4, φάσεις 9 και 10)

| Κατάσταση θέσης | Πιθανότητα ρύπανσης | Βαθμός αξιοπιστίας | Βαθμός θέσης |
|-----------------|------------------------|-----------------------------|--------------|
| < -8 | Απίθανη | Ίσως αποδεκτός | A |
| -4 μέχρι -7 | ; | Περιθωριακά αποδεκτός | B |
| +3 μέχρι -3 | ; | Αβέβαιη αξιοπιστία | C |
| +4 μέχρι +7 | Πιθανή | Ίσως μη αποδεκτός | D |
| > +8 | Πολύ πιθανή | Σίγουρα σχεδόν μη αποδεκτός | F |

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Για τα στάδια 3 και 4 χρησιμοποιείται ο πίνακας του σταδίου 2, όπου βρίσκεται το σημείο που αντιστοιχεί στην εξεταζόμενη θέση. Το σημείο αυτό μεταφέρεται στον πίνακα της φάσης 9 (φυσική θέση απόρριψης) και διαβάζεται ο αριθμός της πλησιέστερης ευθείας. Αυτός αφαιρείται στη συνέχεια από το σύνολο των πόντων (ο διψήφιος) και από τους πόντους της φάσης 4 ο μονοψήφιος (μετά τις δύο τελείες). Η διαφορά περιγράφει την κατάσταση της θέσης (αξιολόγηση θέσης) με βάση τον πιο πάνω πίνακα. Στη φάση 10 (τεχνητά διαμορφωμένη θέση απόρριψης) μετατίθεται το σημείο που παριστάνει τη θέση (φάση 9) ανάλογα με την επέμβαση σ' αυτή. Η διαδικασία στη συνέχεια είναι η ίδια με της φάσης 9.

Σχετικά

1. Biton, G. (1975): Adsorption of viruses onto surfaces in soil and water. *Water Res.* 9. pp. 473-484.
2. Drewery, W.A. - Eliassen. E. (1967) Virus movement in groundwater. *Journal Water Poll. Contr. Fed.* 40/8pp. 257-272.
3. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, (1979):. vol. 72/2, pp. 551-600.
4. Kirkhan, D. - Affleck, S., (1977): Solute travel times to wells. *Ground Water*, 15, pp. 231-242.
5. LeGrand, H., (1980). A standardized system for evaluation waste disposal sites, N.W.W. Assoc. pp 42.
6. LeGrand H., (1964): System for evaluation of contamination potential of some waste disposal sites. *Jour Amer. Water. Works Assoc.* 56, pp. 959-975.
7. Laurent, E. - Ghysel, J., (1981): Zones de protection du captage du Triffoy, Commune de Huy. *La Technique de l' eau et de l' assainissement*, No 509, pp. 21-35.
8. Merkli, B., (1975): Untersuchungen über Mechanismen und Kinetic der Elimination von Bakterien und Viren in Grundwasser. *Diss. ETH 5420*, Klausthal - Zellerfeld, Bonecke Druck.
9. Richter, W. - Wager, R. (1969): Hydrogeologie, in Bentz, A. - Martini, H. (ed.): Lehrbuch der Angewandten Geologie. *Ferdinand Enke Verlag*. Stuttgart, pp. 1540-1543.
10. Thurner, A.: (1967): Hydrogeologie. *Springer - Verlag*. Wien, N.Y. pp. 214-219.
11. U.S. Environmental Protection Agency, (1977):. *Manual of Water well Construction practices*, pp. 156.