

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



Διπλωματική Εργασία

**«Διερεύνηση της εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού στον
υδροφόρα Ακρωτηρίου Κύπρου με επεξεργασμένα
λύματα»**

Ονοματεπώνυμο: Πατσαλίδου Χ. Μήνα

A.E.M:3652

Επιβλέπων καθηγητής: Λέκτορας Υδρογεωλογίας

Βουδούρης Κωνσταντίνος

ΙΟΥΝΙΟΣ 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
1. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	3
2. ΠΙΕΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ	5
3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	8
4. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	11
5. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	13
6. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	14
7. ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ	16
8. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	17
9. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ	19
10. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	23
11. ΔΙΑΘΕΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ	25
12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	28
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	31
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1	32

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας με θέμα: «*Διερεύνηση της εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού στον υδροφορέα Ακρωτηρίου Κύπρου με επεξεργασμένα λύματα*», θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες για την επίβλεψη και την προσφορά της πολύτιμης βοήθειας του τον Λέκτορα Υδρογεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης Δρ. Κωνσταντίνο Βουδούρη.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω την εκτίμηση μου στο Γεωλόγο-Υδρογεωλόγο του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης της Κύπρου Δρ. Κώστα Κωσταντίνου για την προσφορά πληροφοριών και την πολύτιμη βοήθεια του.

Πολλά στοιχεία ελήφθησαν από την τεχνική έκθεση των Νικολαΐδης & Συνεργάτες «Μελέτη επιπτώσεων στο Περιβάλλον από Εμπλουτισμό Ανακυκλωμένου Νερού στον Υδροφορέα Ακρωτηρίου».

Οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας περιλαμβάνουν:

- Συλλογή δεδομένων από το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης που αφορούν την ποιότητα και ποσότητα των λυμάτων όπως και πληροφορίες σχετικά με τον Σταθμό Επεξεργασίας.
- Επιτόπου γεωλογική αναγνώριση της περιοχής έρευνας.
- Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων από τη Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου και επεξεργασία τους.
- Συλλογή δεδομένων που αφορούν τη χρήση νερού από το Τμήμα Υδάτων.
- Λήψη φωτογραφιών με επιτόπου επίσκεψη.
- Συλλογή χαρτών από το Τμήμα Πολεοδομίας και Οικήσεως.

1. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

Το νερό μπορεί να θεωρηθεί ως φυσικός πόρος, ως οικονομικό αγαθό, ως κοινωνικό αγαθό και ως περιβαλλοντικό στοιχείο, ανάλογα με το κύριο κριτήριο και με το είδος της διαχείρισης. Σε σχέση πάντως με άλλους φυσικούς πόρους και με άλλα οικονομικά αγαθά έχει μια ιδιαιτερότητα: είναι μοναδικό και αναντικατάστατο.

Υδατικός πόρος είναι ο όγκος του νερού, επιφανειακού και υπόγειου, με καθορισμένη ποιότητα που μπορεί να αξιοποιηθεί τεχνικοοικονομικά κατά ορισμένη χρονική περίοδο χωρίς να προηγηθούν ανεπιθύμητες ποσοτικά και ποιοτικά συνέπειες της περιοχής.

Οι υδατικοί πόροι μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- Συμβατικοί
- Μη συμβατικοί

Στους συμβατικούς υδατικούς πόρους ανήκουν τα επιφανειακά νερά (ποτάμια, οι λίμνες), τα πηγαία νερά και τα υπόγεια νερά.

Στους μη συμβατικούς υδατικούς πόρους ανήκουν τα επεξεργασμένα λύματα και τα υφάλμυρα νερά.

Διαχείριση υδατικών πόρων είναι το σύνολο των έργων, των ενεργειών και των διαδικασιών που πρέπει να γίνονται ώστε να ικανοποιηθεί κατά το δυνατό η ζήτηση δηλ. οι ανάγκες του ανθρώπου σε νερό χωρίς αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Η εκμετάλλευση του υπόγειου νερού γίνεται με ειδικά έργα όπως φρέατα, γεωτρήσεις κ.α. Η εκμετάλλευση του επιφανειακού νερού γίνεται με φράγματα, λιμνοδεξαμενές, ταμιευτήρες κ.α.

Αν η ζήτηση του νερού είναι ανώτερη από τη διαθεσιμότητα όχι εποχιακά αλλά σε ετήσια βάση, για την αποφυγή υπεράντλησης προτείνεται η επαναχρησιμοποίηση νερού δηλ. η δημιουργία δευτερογενών υδατικών πόρων (αφαλάτωση, επεξεργασία λυμάτων). Ένα τέτοιο πρόβλημα ζήτησης νερού αντιμετωπίζει και η Κύπρος. Για το λόγο αυτό κατέφυγε στη λύση της εκμετάλλευσης των επεξεργασμένων λυμάτων (μη συμβατικοί

πόροι) και δημιούργησε τη μονάδα επεξεργασίας στην περιοχή Ακρωτηρίου (Λεμεσού), που μελετήθηκε και παρουσιάζεται στην εργασία αυτή.

Απώτερος σκοπός του έργου είναι ο τεχνητός εμπλουτισμός του υδροφορέα Ακρωτηρίου με καλής ποιότητας ανακυκλωμένο νερό και η επανάκτηση του ανακτώμενου υπόγειου νερού μέσω γεωτρήσεων για σκοπούς άρδευσης στην ευρύτερη περιοχή. Το έργο αφορά την κατασκευή αγωγού μήκους περίπου 13 km που ξεκινά από το Σταθμό Επεξεργασίας Λυμάτων στην περιοχή Λεμεσού- Αμαθούντας.

Η ποσότητα των επεξεργασμένων λυμάτων καταλήγει σε γεωτρήσεις εμπλουτισμού και δεξαμενές εμπλουτισμού. Μέσω των εμπλουτιστικών δεξαμενών και των γεωτρήσεων τα επεξεργασμένα λύματα εμπλουτίζουν τον υδροφορέα της περιοχής. Το ανακυκλωμένο νερό ανακτάται από τον υδροφορέα με άντληση από γεωτρήσεις και διοχετεύεται σε αρδευτικά συστήματα για γεωργικούς σκοπούς.



Εικόνα 1. Περιοχή εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού στην περιοχή Ακρωτηρίου.

2. ΠΙΕΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

Στην Κύπρο επικρατούν ξηρές ως ημίξηρες κλιματικές συνθήκες με ανομοιογενή κατανομή των βροχοπτώσεων και με σύννητες το φαινόμενο ύπαρξης συνεχόμενων άνομβρων χρόνων. Για σκοπούς άμβλυνσης των συνεπειών από τις παρατεταμένες λειψυδρίες, το κράτος προέβη σε έργα αύξησης και διαχείρισης των επιφανειακών υδατικών πόρων, κατασκευάζοντας επιφανειακούς ταμιευτήρες για συγκέντρωση του νερού κατά τις υγρές περιόδους του και χρήση κατά τις ξηρές. Πρόσφατα άρχισε επίσης η διαδικασία παραγωγής νερού μέσω αφαλάτωσης.

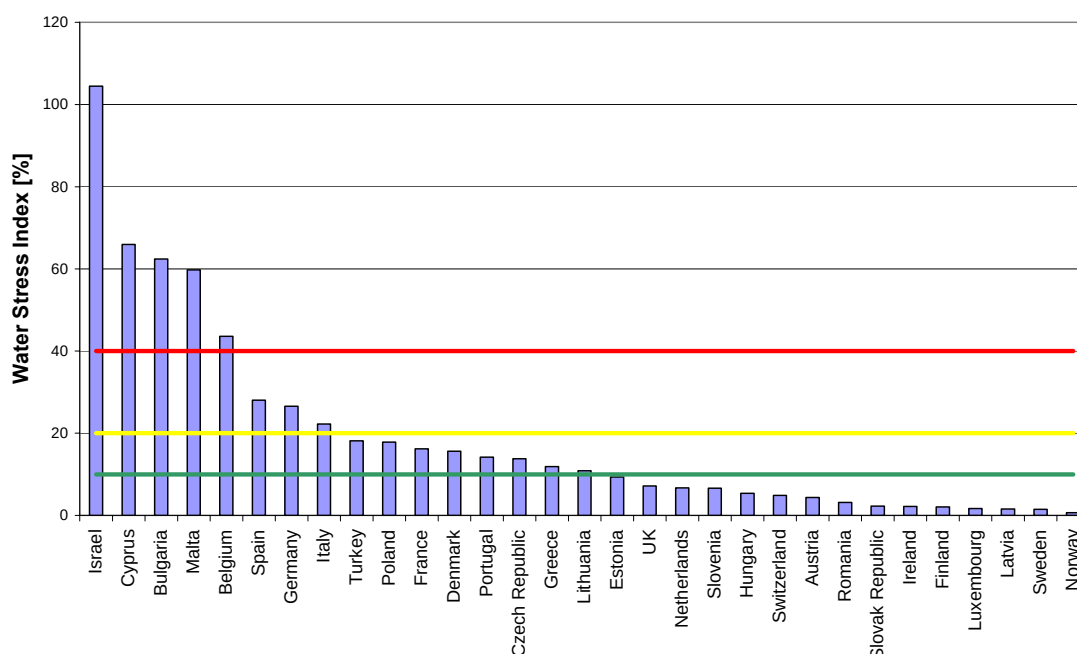
Ο εμπλουτισμός των πεδινών και παράκτιων υδροφορέων της Κύπρου γίνεται κυρίως μέσω των ποταμών που αποστραγγίζουν τον ορεινό όγκο του Τροόδους. Συνεπώς η κατασκευή των επιφανειακών ταμιευτήρων στέρησε ένα σημαντικό μέρος από τον εμπλουτισμό των υδροφορέων αυτών. Επίσης η έντονη γεωργική δραστηριότητα και συγκεκριμένα η κατακόρυφη αύξηση των αρδευομένων εκτάσεων που έγινε κατά τα τελευταία 40 χρόνια, προκάλεσε αύξηση στη ζήτηση νερού, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί αρνητικό υδατικό ισοζύγιο σε αρκετούς υδροφορείς, ενώ σε παράκτιους παρατηρήθηκαν φαινόμενα υφαλμύρινσης.

Γρήγορα διαφάνηκε η ανάγκη για ενίσχυση των υδροφορέων με τεχνικές μεθόδους. Οι πρώτες προσπάθειες τεχνητού εμπλουτισμού ξεκίνησαν από τους ίδιους τους γεωργούς με κατασκευή εμπλουτιστικών δεξαμενών και εκτροπή μέρους της ροής των ποταμών. Το κράτος συνέχισε την προσπάθεια αυτή με πιο συστηματικές μεθόδους κατασκευάζοντας μικρά εμπλουτιστικά φράγματα και αναχώματα κατά μήκος της κοίτης των ποταμών και διαμορφώνοντας τις κοίτες. Στόχος ήταν να αυξηθεί η επιφάνεια διήθησης και να βελτιωθεί η απορροφητική ικανότητα των επιφανειακών αποθέσεων.

Παρά το γεγονός ότι κατά τα τελευταία χρόνια επικρατούν στην Κύπρο συνθήκες ολιγομβρίας, υπήρξε προβληματισμός για τη μεταφορά νερού από τους επιφανειακούς ταμιευτήρες στον υδροφορέα της Νότιας-Ανατολικής Μεσαορίας, όταν θα επικρατούν συνθήκες πολυομβρίας. Η απορροφητική ικανότητα του επιφανειακού μέρους του υδροφορέα αυτού είναι περιορισμένη. Το σενάριο αυτό μαζί με το πρόβλημα διάθεσης των επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων, δημιούργησαν την αναγκαιότητα για διερεύνηση του τεχνητού εμπλουτισμού των υδροφορέων μέσω γεωτρήσεων. Τέλος

τεχνητός εμπλουτισμός με ταυτόχρονη αποστράγγιση ευαίσθητων καλλιεργειών έγινε στις περιοχές Ορμήδειας και Ξυλοφάγου.

Στο κάτωθι Σχήμα 1 παρουσιάζεται ο δείκτης πίεσης νερού (Water stress index), που ισούται με το λόγο των απολήψεων προς τη διαθεσιμότητα νερού (abstraction/availability ratio). Από το Σχήμα αυτό προκύπτει ότι τα υπόγεια νερά στην Κύπρο βρίσκεται στη δεύτερη θέση μετά το Ισραήλ από πλευράς πίεσης, κάτι που υποδηλώνει μεγάλες απολήψεις σε σχέση με τη διαθεσιμότητα του νερού.



Σχήμα 1. Δείκτης πίεσης νερού σε διάφορες χώρες (Από Wintgens et al., 2005).

Υδατικοί πόροι στην Κύπρο

Οι επιφανειακοί και υπόγειοι υδάτινοι πόροι της Κύπρου εξαρτώνται από τη βροχόπτωση. Το κλίμα της είναι μεσογειακό και χαρακτηρίζεται από ζεστά και ξηρά καλοκαίρια με βροχερούς και ήπιους χειμώνες.

Ο όγκος νερού σε ένα χρόνο με μέση ετήσια βροχόπτωση είναι περίπου 4600 Mm³ από τα οποία τα 3550 Mm³ επανέρχονται στην ατμόσφαιρα με τις διαδικασίες της εξάτμισης και της διαπνοής, ενώ τα 600 Mm³ ρέουν ως επιφανειακό νερό. Τα υπόλοιπα

450 Mm³ κατεισδύουν διαμέσου των πόρων και των ρωγμών των πετρωμάτων και εμπλουτίζουν τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα. Από αυτά τα 30 Mm³ επανέρχονται στην επιφάνεια της γης μέσω των πηγών.

Από τα 600 Mm³ που ρέουν επιφανειακά μια ποσότητα της τάξεως των 190 Mm³ αποθηκεύεται μέσα στα φράγματα και στις λιμνοδεξαμενές, που η συνολική τους χωρητικότητα είναι 300 Mm³. Κάθε χρόνο από τα φράγματα χρησιμοποιούνται συνολικά 190 Mm³ για άρδευση και ύδρευση. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα και της άνοιξης που οι περισσότεροι χείμαρροι έχουν επιφανειακή ροή, 150 Mm³ αρδεύουν παραποτάμιας καλλιέργειες. Παρόλα αυτά μια ποσότητα 260 Mm³ υπόγεια μέσω των υδροφόρων στρωμάτων και εκφορτίζονται στη θάλασσα.

Με βάση τους υπολογισμούς αυτούς διαφαίνεται καθαρά το πρόβλημα λειψυδρίας που μαστιίζει την Κύπρο. Για το λόγο αυτό οι αρμόδιες Αρχές πρότειναν κάποιες λύσεις κατάλληλες για το πρόβλημα, όπως είναι η αξιοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων στην περιοχή Ακρωτηρίου.

3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού γίνεται όλο και περισσότερο σημαντική όπου η ζήτηση του νερού υπερβαίνει τις διαθέσιμες ποσότητες και εκεί που η ποιότητα των επιφανειακών νερών πρέπει να προστατευθεί για την προστασία της υδρόβιας ζωής ή άλλους σκοπούς και επομένως απαιτείται η μηδενική εισροή ρυπαντικών ουσιών. Τα αστικά υγρά απόβλητα ή άλλα υγρά απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οποιοδήποτε σκοπό υπό την προϋπόθεση ότι έχουν επεξεργαστεί και πληρούν τις απαιτούμενες προϋποθέσεις για την προβλεπόμενη χρήση.

Εξαιτίας του κόστους επεξεργασίας και της δυνατότητας εφαρμογής από οικονομική πλευρά, τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα χρησιμοποιούνται κυρίως για άλλες χρήσεις, όπως τη βιομηχανία, την άρδευση και τον εμπλουτισμό υδροφορέων που δεν απαιτούν νερό υψηλής ποιότητας όπως το πόσιμο. Ωστόσο, τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, είναι τεχνικά δυνατό και μετά από κατάλληλη επεξεργασία να χρησιμοποιηθούν ακόμη και ως πόσιμο νερό.

Οι κυριότερες χρήσεις των επεξεργασμένων υγρών οικιακών αποβλήτων είναι:

- α) Άρδευση καλλιεργειών και φυτωρίων
- β) Άρδευση χώρων αναψυχής
- γ) Βιομηχανία
- δ) Δημιουργία χώρων αναψυχής και προστασίας περιβάλλοντος
- ε) Μη πόσιμες αστικές χρήσεις και

στ) Εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων. Το σύστημα εμπλουτισμού υδροφορέων και ανάκτησης του νερού θεωρούνται ότι αποτελούν ένα σημαντικό τμήμα της όλης διαδικασίας για την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων.

Ως τεχνητός εμπλουτισμός υδροφορέων ορίζεται η επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων μέσω αναγκαστικής διήθησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Οι βασικοί σκοποί αυτής της τεχνικής είναι:

- α) Η ποσοτική αναπλήρωση υδροφορέων που έχουν υποστεί εξάντληση και βρίσκονται σε συνθήκες υπεράντλησης
- β) Διάθεση και επεξεργασία των εφαρμοζόμενων εκροών και
- γ) Έλεγχος της διείσδυσης θαλασσινού νερού στους παράκτιους υδροφορείς

Η διεθνής εμπειρία σε θέματα τεχνητού εμπλουτισμού έχει συμπληρώσει ένα αιώνα. Σημαντικά όμως προβλήματα παραμένουν ακόμη ανοικτά. Από το 1875 η Υπηρεσία Ύδρευσης της πόλης Nancy στη Γαλλία άρχισε την πραγματοποίηση τεχνητής τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφορέων των αλλουβίων του ποταμού Moselle, με σκοπό τον φυσικό καθαρισμό και ποιοτική αναβάθμιση των νερών.

Το 1980 η East London Company άρχισε τεχνητό εμπλουτισμό των υδροφόρων οριζόντων της κοιλάδας του Lee που κάλυπταν ένα μέρος των υδατικών αναγκών του βορειοανατολικού Λονδίνου.

Η Σουηδία είναι επίσης από τις πρώτες χώρες του κόσμου που κατασκεύασαν έργα τεχνητού εμπλουτισμού. Γίγαντας όμως του τεχνητού εμπλουτισμού έχει αναδειχθεί η Καλιφόρνια των ΗΠΑ.

Η απαιτούμενη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων που χρησιμοποιούνται για άρδευση είναι ελάχιστη για ελεγχόμενη άρδευση, όπως η άρδευση των καλλιεργειών που δεν καταναλώνεται από τον άνθρωπο ή επεξεργάζονται πριν την κατανάλωση. Μη ελεγχόμενη άρδευση, όπως η άρδευση των οπωροφόρων και των κηπευτικών που καταναλώνονται νωπά, απαιτεί πιο προωθημένη επεξεργασία αποβλήτων. Πολλά κράτη όπως οι ΗΠΑ, το Ισραήλ και η Ν. Αφρική έχουν θεσπίσει κριτήρια ακόμη πιο αυστηρά, βασιζόμενα κυρίως στη συγκέντρωση σε ολικά κολοβακτηρίδια.

Η χρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για τον τεχνητό εμπλουτισμό των υδροφορέων οδηγεί σε δύο κύρια οφέλη:

- α) Βελτιώνει την ποιότητα του νερού και
- β) Ελέγχει την εξάντληση σε υπερ-αντλούμενους υδροφορείς. Ένα επιπλέον όφελος αυτής της πρακτικής είναι το χαμηλό κόστος σε σύγκριση με τις άλλες συνήθως χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες.

Ο εμπλουτισμός των υδροφορέων μπορεί να γίνει και με γεωτρήσεις εισαγωγής, όμως έχει πολύ μεγαλύτερο κόστος από αυτό των λεκανών διήθησης, επειδή πριν την εισαγωγή στον υδροφορέα, τα απόβλητα πρέπει να έχουν προ-επεξεργαστεί προσεκτικά ειδικά αν το νερό χρησιμοποιείται ως πόσιμο. Ο εμπλουτισμός με λεκάνες διήθησης συνήθως ονομάζεται σύστημα SAT, είναι οικονομικά πιο εφικτός επειδή δεν απαιτεί προωθημένη προ-επεξεργασία.

Στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ το ποσοστό των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων που χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς ανέρχεται σε 75%. Επίσης στο Ισραήλ σημαντικό ποσοστό των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων χρησιμοποιείται στη γεωργία για άρδευση (κυρίως βαμβάκι).

Στη Γαλλία επίσης η χρήση λυμάτων είναι μια παραδοσιακή τεχνική. Στην Κύπρο, λόγω της ανομβρίας των τελευταίων ετών αξιοποιούνται τα αστικά λύματα για αρδευτικούς σκοπούς. Υπάρχουν και άλλες χώρες όπως: Νότια Αφρική, Τυνησία, Ουγγαρία, Αυστραλία κ.ά, που χρησιμοποιούν επεξεργασμένα αστικά λύματα για αρδευτικούς σκοπούς (Βουδούρης, 2006).

Στη χώρα μας άμεση εφαρμογή των υγρών αποβλήτων δεν γίνεται. Η έμμεση χρήση διαμέσου των νερών των ποταμών και των λιμνών είναι συνηθισμένη. Από το Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικών Ερευνών (ΕΘΙΑΓΕ) έχουν εκπονηθεί τα τελευταία χρόνια πολλά ερευνητικά προγράμματα για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς ή τη δημιουργία τεχνητών υγροτόπων. Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων (Πανώρας, 1999) που αφορούν στην αρδευτική χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων Θεσσαλονίκης στα ζαχαρότευτλα-βαμβάκι, προκύπτει ότι τα νερά μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάτω υπό προϋποθέσεις.

Από το έτος 2000 στον Δήμο Χερσονήσου του Νομού Ηρακλείου χρησιμοποιούνται τα επεξεργασμένα λύματα από το βιολογικό καθαρισμό για αρδευτικούς σκοπούς, κυρίως για την άρδευση ελαιόδενδρων.

Στη Χαλκίδα εγκαινιάσθηκε τον Ιούλιο του 2002 έργο επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων, όπου περιλαμβάνει άρδευση 13.000 δένδρων στη ζώνη εργατικών κατοικιών στις παρυφές της πόλης. Έτσι επετεύχθη αλλαγή της εικόνας υποβαθμισμένων περιοχών και δημιουργήθηκαν χώροι αναψυχής για τους κατοίκους της πόλης.

Επίσης σχεδιάζεται η βιομηχανική χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων για ψύξη στην υδροβόρο βιομηχανία ΤΣΙΜΕΝΤΑ ΧΑΛΚΙΔΑΣ, καθώς επίσης και για αστική χρήση (πλύσεις δρόμων, δασοφυλάκηση) εξοικονομώντας πολύτιμους υδατικούς πόρους (Βουδούρης, 2006).

Μέθοδοι εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού

Οι υπόγειοι υδροφορείς έχουν φυσικούς μηχανισμούς για επεξεργασία, αποθήκευση και διακίνηση των επεξεργασμένων λυμάτων. Όταν η εφαρμογή του αποβλήτου γίνεται με το σύστημα SAT η βελτίωση της ποιότητας του νερού επιτυγχάνεται καθώς το νερό κινείται αρχικά προς τα κάτω δια μέσου της ακόρεστης ζώνης του υδροφορέα προς το σύστημα συλλογής.

Όταν το έδαφος είναι κατάλληλο, με τη διαδικασία της διήθησης απομακρύνονται όλα τα στερεά, μειώνεται το ρυπαντικό φορτίο (BOD) και οι μικροοργανισμοί, η πλειονότητα των μεταφωσφορικών, καθώς και σημαντική ποσότητα αζώτου.

Η διαδικασία απομάκρυνσης του αζώτου και των μικροοργανισμών είναι ανανεώσιμες και πραγματοποιούνται διηλεκώς, ενώ άλλα συστατικά όπως τα μέταλλα και τα φωσφορικά, μπορεί να συγκεντρώνονται στο έδαφος και στην ακόρεστη ζώνη. Ωστόσο, ο ρυθμός συγκέντρωσης είναι μάλλον αργός και ίσως να απαιτούνται δεκαετίες ή και αιώνες για να επηρεάσουν το πορώδες και την υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους και επομένως την ικανότητα διήθησης της ακόρεστης ζώνης. Για αυτούς τους λόγους τα συστήματα SAT έχουν συνήθως μακρά διάρκεια ζωής.

Οι λεκάνες διήθησης πληρούνται διακεκομμένα και καθαρίζονται περιοδικά. Ο ρυθμός διήθησης είναι τυπικά μερικά δέκατα του μέτρου ανά ημέρα κατά τη διάρκεια της κατάκλισης και σε ετήσια βάση ο μέσος ρυθμός διήθησης είναι περίπου 50-100 m³.

4. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το Κυπριακό κράτος έχει αποφασίσει τη μεταφορά του ανακυκλωμένου νερού που παράγεται στον κεντρικό σταθμό επεξεργασίας λυμάτων του ΣΑΛΑ στην περιοχή της κοίτης του ποταμού Κούρη (περιοχή Ακρωτηρίου) για σκοπούς εμπλουτισμού του τοπικού υδροφορέα. Ο εμπλουτισμός θα γίνεται με τη χρήση επιφανειακών εμπλουτιστικών δεξαμενών, ενώ το νερό θα ανακτάται από τριάντα τρεις (33) γεωτρήσεις που θα ανορυχθούν στην περιοχή. Το ανακτώμενο νερό θα χρησιμοποιείται για σκοπούς άρδευσης των φυτειών της περιοχής Ακρωτηρίου. Αναμένεται ότι με την ολοκλήρωση της δεύτερης φάσης του αποχετευτικού συστήματος Λεμεσού θα δημιουργούνται $10,6 \text{ Mm}^3$ ανακυκλωμένου νερού τα οποία θα μπορούν να διατίθενται για σκοπούς του εμπλουτισμού.

Για να εξακριβωθούν οι πιθανές επιπτώσεις στον υδροφορέα Ακρωτηρίου και στο πλούσιο βιολογικό περιβάλλον της περιοχής από τη λειτουργία του συστήματος εμπλουτισμού έχουν αναπτυχθεί δύο μαθηματικά μοντέλα. Το πρώτο αναλύει την υδραυλική συμπεριφορά του υδροφορέα Ακρωτηρίου και το δεύτερο υπολογίζει τη διασπορά διαφόρων ρύπων εντός του υδροφορέα μετά την εφαρμογή του συστήματος εμπλουτισμού. Τα αποτελέσματα των μοντέλων έχουν υποδείξει ότι η άντληση ποσότητας νερού που είναι ίση με την ποσότητα εμπλουτισμού είναι εφικτή χωρίς τη δημιουργία αρνητικών επιπτώσεων από τη διείσδυση θαλασσινού νερού στον υδροφορέα ή τον επηρεασμό των οικοσυστημάτων της περιοχής Ακρωτηρίου. Επιπρόσθετα οι υπολογισμοί έχουν υποδείξει ότι δεν θα επηρεαστεί από τη διοχέτευση του ανακυκλωμένου νερού στην περιοχή. Τα πιο πάνω πορίσματα βασίζονται στην παραδοχή ότι η ποιότητα του ανακυκλωμένου νερού θα παραμένει περίπου στα επίπεδα που έχει σχεδιαστεί ο κεντρικός σταθμός επεξεργασίας λυμάτων και ότι θα αποφευχθεί η διοχέτευση μη κατάλληλα επεξεργασμένων βιομηχανικών λυμάτων και άλλων τοξικών ουσιών στο αποχετευτικό σύστημα.

Για τη μεταφορά του ανακυκλωμένου νερού στην περιοχή Ακρωτηρίου έχει τοποθετηθεί ο νέος αγωγός, ο οποίος στο μεγαλύτερο του μέρος βρίσκεται δίπλα από το Νότιο Αγωγό, ενώ τμήμα του διέρχεται από τον υδροφορέα Γερμασόγειας. Για την προστασία της ποιότητας του νερού που μεταφέρει ο Νότιος Αγωγός θα πρέπει να

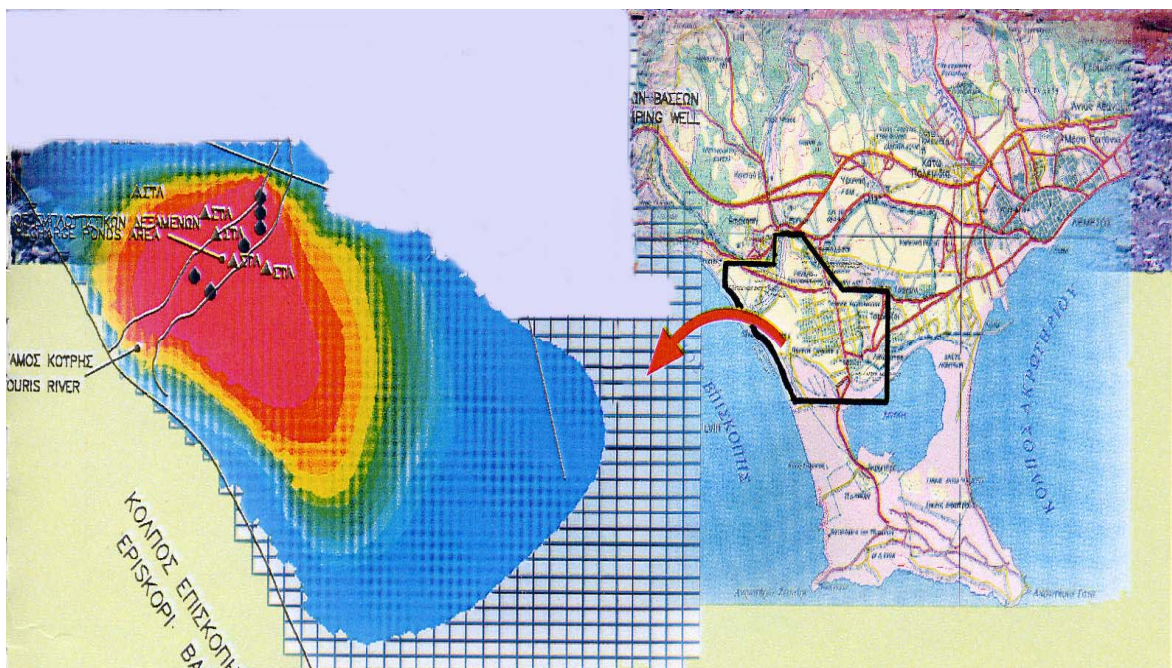
υπάρξει στενή παρακολούθηση του συστήματος μεταφοράς ανακυκλωμένου νερού για να αποφευχθούν οι διαρροές από το νέο αγωγό. Για την προστασία του υδροφορέα Γερμασόγειας ιδανική θα είναι η αντικατάσταση του νέου αγωγού με άλλου τύπου σωλήνων με μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε πιέσεις, καθώς και η τοποθέτηση οργάνων που θα διακόπτουν τη ροή νερού σε περίπτωση διαρροών.

Διάφορα μέτρα για να εξασφαλιστεί η επιτυχία λειτουργίας της μονάδας από περιβαλλοντικής άποψης είναι και τα ακόλουθα:

- Η διαχείριση θα πρέπει να αναληφθεί από εξειδικευμένο προσωπικό το οποίο με τη χρήση των ανάλογων ηλεκτρονικών λογισμικών προγραμμάτων και μετρήσεων θα μπορέσει να αυξήσει στο μέγιστο δυνατό βαθμό τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή του συστήματος εμπλουτισμού.
- Κατά τα πρώτα τρία χρόνια του εμπλουτισμού το ανακτώμενο νερό να θεωρείται ότι έχει την ίδια ποιότητα με το ανακυκλωμένο νερό που θα παράγεται στον κεντρικό σταθμό επεξεργασίας λυμάτων του ΣΑΛΑ και να λαμβάνονται όλα τα αναγκαία μέτρα προστασίας των χρηστών του νερού και των καταναλωτών των γεωργικών προϊόντων που θα παράγονται στην περιοχή.
- Να εφαρμοστεί λεπτομερές πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας του ανακυκλωμένου και του ανακτώμενου νερού.
- Να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα του συστήματος απολύμανσης στον κεντρικό σταθμό επεξεργασίας λυμάτων του ΣΑΛΑ.
- Να γίνει προσπάθεια μετατροπής του χώρου των δεξαμενών σε βιότοπο.
- Να αποφευχθεί η διοχέτευση τοξικών αποβλήτων στο κεντρικό σύστημα αποχέτευσης και να διαμορφωθεί πιο συγκεκριμένη νομοθεσία και κανονισμοί για τη λειτουργία του κεντρικού αποχετευτικού συστήματος Λεμεσού.
- Να τοποθετηθεί η αναγκαία σήμανση και περίφραξη γύρω από το χώρο των δεξαμενών (βλ. παράρτημα 1-Φωτογραφίες 1, 2).

5. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Με παλαιότερη απόφαση των Αρμόδιων Αρχών αποφασίστηκε η ανέγερση σταθμού επεξεργασίας λυμάτων Δ/κά της Λεμεσού, η οποία βρίσκεται στη νοτιοδυτική πλευρά της Κύπρου, στην περιοχή μεταξύ Ακρωτηρίου-Ζακακίου ΝΑ/κά της Λεμεσού. Η απόφαση αυτή τελικά δεν υλοποιήθηκε και ο σταθμός κατασκευάστηκε οκτώ περίπου χιλιόμετρα Α/κά της Λεμεσού, κοντά στο εργοστάσιο κατασκευής τσιμέντου της Μονής που βρίσκεται ΒΑ/κά της Λεμεσού (Σχήμα 2).



Σχήμα 2: Γεωγραφική οριοθέτηση του σταθμού επεξεργασίας λυμάτων.

6. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Μετρήσεις για τη θερμοκρασία στην περιοχή της Λεμεσού γίνονται από την Μετεωρολογική Υπηρεσία σε τοπικό μετεωρολογικό σταθμό.

Οι μέσες τιμές θερμοκρασίας κατά τις διάφορες εποχές έχουν υπολογιστεί για την περίοδο 1961-1990 ως ακολούθως:

- Άνοιξη: 17,4 °C
- Καλοκαίρι: 26,0 °C
- Φθινόπωρο: 21,5 °C
- Χειμώνας: 13,0 °C

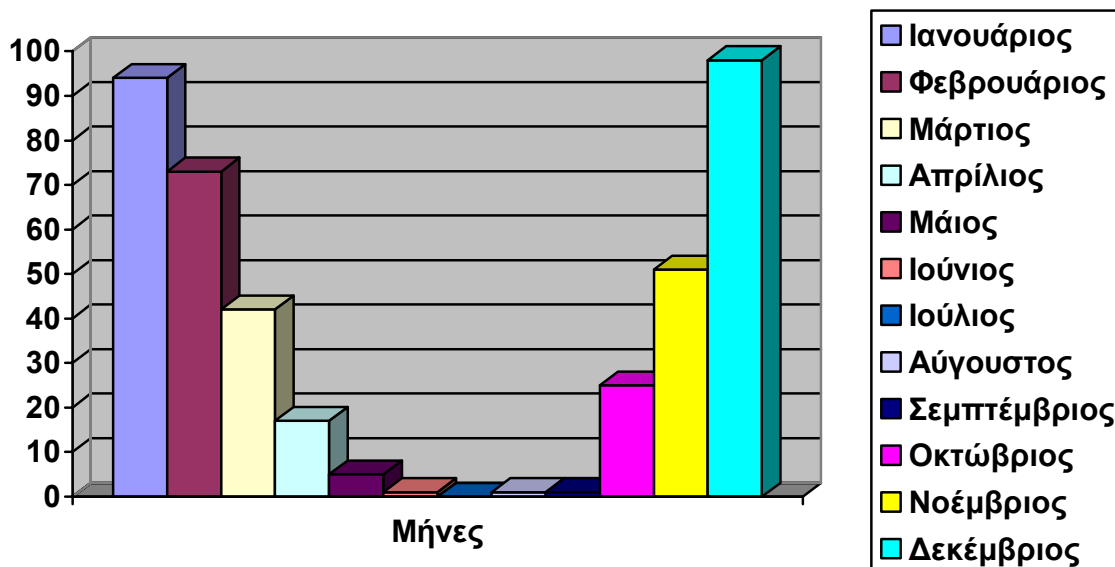
Οι πιο κοντινοί μετεωρολογικοί σταθμοί που καταμετρούν δεδομένα για τον άνεμο στην περιοχή της Λεμεσού, βρίσκονται στην περιοχή του φράγματος της Γερμασόγειας, στο λιμάνι της Λεμεσού, στο Φασούρι, στον Ύψωνα και στο Ακρωτήρι. Για την περιοχή της Λεμεσού η μέση μηνιαία ταχύτητα του ανέμου ανέρχεται στα 3,1 m/s (ύψος 10 m) όπως καταμετρήθηκε από ηλεκτρικό ανεμογράφο και στα 4,4 m/s (ύψος 7 m) από μηχανικό ανεμογράφο με δυτική κυρίως κατεύθυνση. Για την περιοχή του Φασουρίου που είναι η πιο κοντινή στην περιοχή μελέτης, η μέση μηνιαία ταχύτητα ανέρχεται στα 1,6 m/s (ύψος 7 m), όπως καταμετρήθηκε από μηχανικό ανεμογράφο με δυτική κυρίως κατεύθυνση.

Για ολόκληρη την περιοχή της Λεμεσού και για την περίοδο 1961 μέχρι το 1990 η μέση χρονιαία υγρασία φτάνει στα 55% και η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται στα 435 mm. Για τις περιοχές Φασουρίου, Ακρωτηρίου και Ύψωνα η μέση χρονιαία βροχόπτωση για την περίοδο 1961 μέχρι το 1990 ανέρχεται στα 429, 408 και 443 mm, αντίστοιχα.

Ο Πίνακας 1 που ακολουθεί παρουσιάζει τη μέση μηνιαία και χρονιαία βροχόπτωση στις περιοχές Λεμεσού, Φασουρίου και Ακρωτηρίου. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται το ραβδόγραμμα της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης στο σταθμό Ακρωτηρίου. Με βάση τον Πίνακα 1 και το ραβδόγραμμα του Σχ. 1, συμπεραίνεται ότι ο ξηρότερος μήνας στην περιοχή Ακρωτηρίου, που είναι η άμεση περιοχή ενδιαφέροντος είναι ο μήνας Ιούλιος, ενώ ο μήνας με τη μεγαλύτερη βροχόπτωση είναι ο Δεκέμβριος και ακολουθεί ο Ιανουάριος.

Πίνακας 1: Μέση Μηνιαία και ετήσια βροχόπτωση (mm) στους σταθμούς Φασουρίου Ακρωτηρίου Λεμεσού (1961 – 1990).

ΣΤΑΘΜΟΣ				
	Φασούρι	Ακρωτήρι	Λιμάνι Λεμεσού	Λεμεσός P.G
Ιανουάριος	96	94	96	96
Φεβρουάριος	80	73	74	76
Μάρτιος	47	42	48	49
Απρίλιος	20	17	20	23
Μάιος	5	5	7	7
Ιούνιος	1	1	1	3
Ιούλιος	0	0	1	3
Αύγουστος	0	1	1	1
Σεπτέμβριος	2	1	1	1
Οκτώβριος	25	25	25	26
Νοέμβριος	50	51	49	48
Δεκέμβριος	103	98	102	102
Ετήσια	429	408	425	435



Σχήμα 3: Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) για την περιοχή Ακρωτηρίου.

7. ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής που βρίσκεται σε ακτίνα τριών περίπου χιλιομέτρων γύρω από το χώρο που προτείνεται για την κατασκευή των εμπλουτιστικών δεξαμενών χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργικούς σκοπούς. Η παρουσία του υδροφορέα Ακρωτηρίου και το εύφορο έδαφος της περιοχής έχει συνδράμει σημαντικά στην ανάπτυξη των φυτειών της περιοχής οι οποίες για χρόνια έχουν αποτελέσει σημαντικό οικονομικό πόρο για τους ιδιοκτήτες της γης και της Κύπρου ευρύτερα.

Ανάλογα με την χρονική περίοδο έχουν καλλιεργηθεί διάφορα είδη φυτειών στην περιοχή Ακρωτηρίου, αλλά τα τελευταία έτη καλλιεργούνται κυρίως τα ακόλουθα:

- Αμπέλια
- Εσπεριδοειδή
- Λαχανικά
- Ελαιόδεντρα
- Αβοκάντο
- Δημητριακά
- Τριφύλλι

8. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή Λεμεσού-Αμαθούντας την οποία εξετάζουμε με βάση την τοποθεσία της την κατατάσσουμε στην οροσειρά του Τροόδους.

Η οροσειρά του Τροόδους είναι ένας οφιόλιθος και αποτελεί μέρος ενός αρχαίου ωκεάνιου φλοιού, η ανύψωση του οποίου στη θέση που βρίσκεται σήμερα οφείλεται και στη σύγκρουση της αφρικανικής με την ευρασιατική και την καταβύθιση της πρώτης κάτω από την δεύτερη. Ο όρος οφιόλιθος προέρχεται από τις λέξεις όφης και λίθος. Η ονομασία αυτή δόθηκε στον σερπεντινίτη λόγω της προσομοίωσης της όψης του με πράσινο φίδι. Κατά τη δεκαετία του 1960 με την αποδοχή της θεωρίας των λιθοσφαιρικών πλακών ο όρος χρησιμοποιήθηκε για να προσδιορίσει μια ομάδα βασικών και υπερβασικών πυριγενών και ιζηματογενών πετρωμάτων.

Πιο κάτω αναφέρεται λεπτομερής περιγραφή των πετρωμάτων αυτών από τα ανώτερα προς τα κατώτερα (Σχήμα 4):

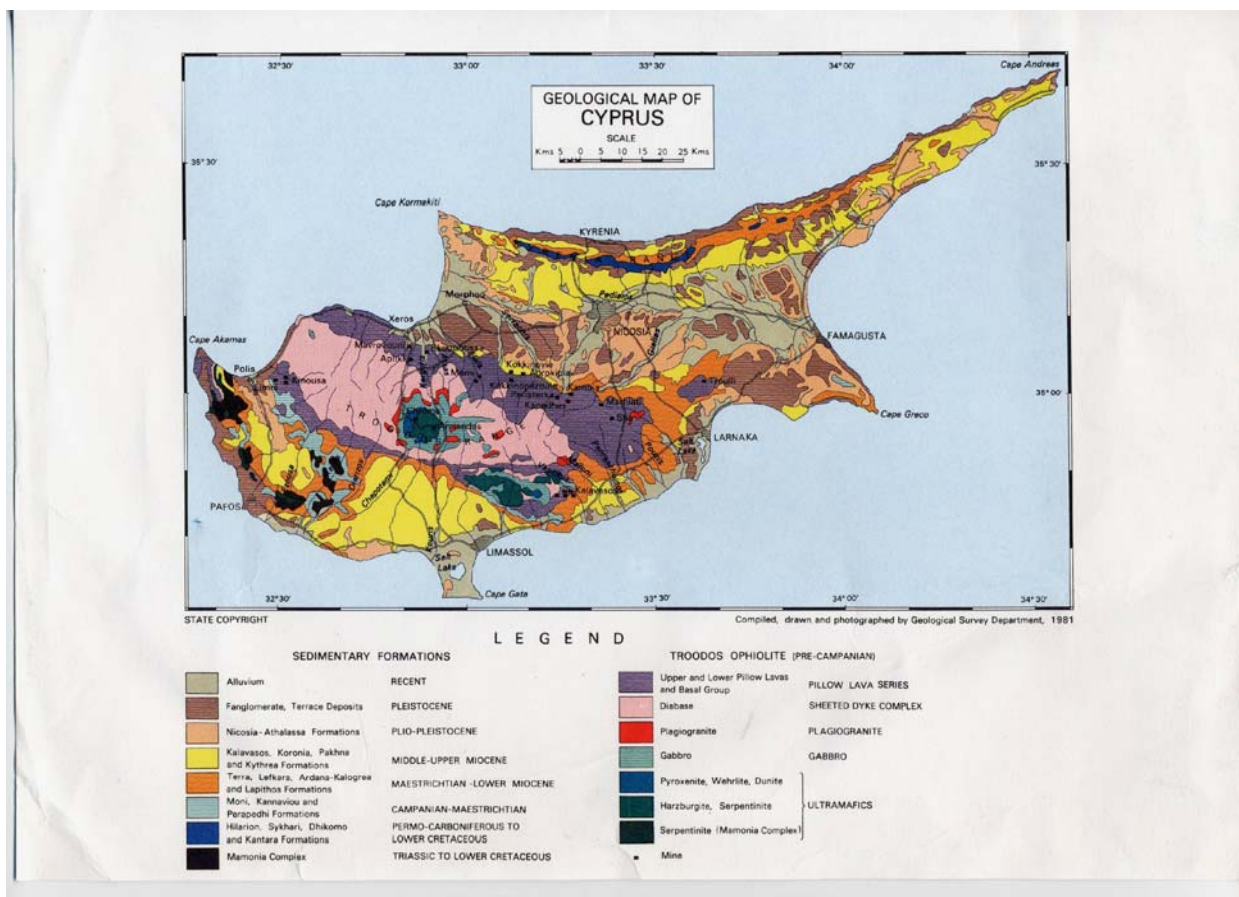
- α) Ραδιολαριτικοί κερατόλιθοι και πηλίτες με ενδιάμεσες, ασυνεχείς εμφανίσεις φαιοχρωμάτων.
- β) Ηφαιστειακά πετρώματα και κυρίως ροές προσκεφαλοειδών λαβών.
- γ) Φλεβικά πετρώματα βασαλτικής σύστασης
- δ) Πλουτώνια πετρώματα
- ε) Πετρώματα της ακολουθίας του μανδύα

Σήμερα πιστεύεται ότι το Τρόοδος σχηματίστηκε πριν από 90 Μ χρόνια κατά μήκος ενός άξονα διεύρυνσης στα όρια καταβύθισης της αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρασία. Στον οφιόλιθο του Τροόδους βρίσκονται τα πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος. Αυτά τα πετρώματα δεν διαταράχθηκαν από την αρχική τους θέση ούτε έχουν υποστεί άλλη αλλαγή εκτός από τη θαλάσσια εξαλλοίωση. Ο οφιόλιθος του Τροόδους μαζί με του Ομάν είναι από τους καλύτερα διατηρημένους στη γη. Το γεγονός αυτό προκάλεσε το επιστημονικό ενδιαφέρον πολλών γεωλόγων τα τελευταία τριάντα χρόνια. Οι δύο αυτοί οφιόλιθοι είναι τμήματα μιας σειράς οφιολίθων που βρίσκονται κατά μήκος των βορείων ορίων της Αραβικής πλάκας σηματοδοτώντας την εξαφάνιση ενός αρχαίου ωκεανού της Τηθύος που προϋπήρχε στην περιοχή αυτή.

Η εμφάνιση του οφιόλιθου του Τροόδους έχει σχήμα ελλειπτικό και ο μεγάλος

άξονας του έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Έχει σχήμα θόλου με ψηλότερο σημείο τον Όλυμπο. Παρόλο που τα υπερβασικά πλουτώνια πετρώματα είναι στρωματογραφικά τα κατώτερα, τοπογραφικά εμφανίζονται στο ψηλότερο σημείο της οροσειράς και ακολουθούνται προς την περιφέρεια από τα στρωματογραφικά υπερκείμενα πετρώματα σχηματίζοντας μια δακτυλιοειδή εμφάνιση. Η εμφάνιση αυτή είναι αποτέλεσμα έντονης και διαφορικής διάβρωσης η οποία ακολούθησε την ανύψωση του Τροόδους πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας με επίκεντρο τον Όλυμπο.

Μια εμφανής κοιλάδα, η κοιλάδα του Αρακαπά, στο νότιο τμήμα της οροσειράς θεωρείται ότι αποτελεί τμήμα απολιθωμένου ρήγματος μετασχηματισμού.



Σχήμα 4: Γεωλογικός χάρτης της Κύπρου (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου).

9. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ

Η επιφάνεια του εδάφους είναι γενικά επίπεδη και έχει απόλυτο υψόμετρο κατά το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής όχι μεγαλύτερο από 30 m πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας. Εξάιρεση παρουσιάζει το ΒΔ/κό τμήμα το μέγιστο υψόμετρο του οποίου ανέρχεται σε 70 m. Στην περιοχή Λιβάδι το απόλυτο υψόμετρο επιφάνειας είναι χαμηλότερο από αυτό της θάλασσας. Η επιφάνεια της Αλυκής και όταν ακόμη είναι γεμάτη νερό βρίσκεται επίσης χαμηλότερα από την επιφάνεια της θάλασσας.

Ένας μεγάλος αριθμός γεωτρήσεων έχει ανορυχθεί στην περιοχή οι οποίες δίνουν λεπτομερείς πληροφορίες για τη λιθολογική και γεωλογική δομή του υδροφορέα. Ο χάρτης 1 (βλ. παράρτημα 1) παρουσιάζει τη θέση των γεωτρήσεων με γεωλογική περιγραφή. Ο υδροφορέας Ακρωτηρίου αποτελείται από πλειο-πλειστοκαινικά ιζήματα που συνίστανται από εναλλαγές ιλύος, αμμοχάλικων και κροκαλών. Φακοί από λεπτόκοκκα ιζήματα, κυρίως ιλύ, παρεμβάλλονται στα υδροφόρα στρώματα. Στα βαθύτερα στρώματα παρουσιάζονται σε μερικές γεωτρήσεις ψαμμίτες και ασβεστιτική άμμος.

Παλαιότεροι χάρτες παρουσιάζουν τον ποταμό Κούρη να ρέει και προς νοτιοανατολικά, κατεύθυνση της Αλυκής Ακρωτηρίου. Η παλαιά κοίτη του Κούρη έχει διαπιστωθεί και από γεωτρήσεις που ανορύχθησαν Νότια από το χωριό Κολόσσι και οι οποίες διακρίνονται για τις υψηλές παροχές τους.

Τη βάση του υδροφορέα αποτελούν κυρίως μάργες και ασβεστιτική άμμος της οποίας το απόλυτο υψόμετρο ευρίσκεται σχεδόν σε όλη τη περιοχή του υδροφορέα χαμηλότερα από το επίπεδο της θάλασσας. Εξάιρεση έχει το τμήμα του υδροφορέα Νότια του χωριού Ερήμη όπου ο πυθμένας του υδροφορέα ευρίσκεται ψηλότερα από το επίπεδο της θάλασσας. Ο πυθμένας του υδροφορέα έχει γενική κλίση προς τα Νότια.

Το πάχος του υδροφορέα το οποίο κοντά στο χωριό Ερήμη είναι σχετικά μικρό (10-20 m) σημειώνει μια συνεχή αύξηση προς τα νότια ξεπερνώντας τα 100 m. Βόρεια ο υδροφορέας εφάπτεται με μη υδροφόρα στρώματα που αποτελούνται κυρίως από μάργες και ασβεστιτική άμμο. Ο χάρτης 2 (βλ. παράρτημα 1) παρουσιάζει τις ισοϋψείς καμπύλες για τον πυθμένα του υδροφορέα.

Η υδραυλική επικοινωνία του υδροφορέα με τη Λίμνη της Αλυκής δεν είναι απόλυτα γνωστή. Από τη λιθολογική περιγραφή γεωτρήσεων στην περιοχή Αλυκής φαίνεται ότι τα λεπτόκοκκα είναι τα επικρατέστερα υλικά, τα οποία έχουν πολύ χαμηλό συντελεστή υδροπερατότητας. Η περιοχή αυτή εκτείνεται Δυτικά μέχρι τη θάλασσα (Δυτικά και Νότια της περιοχής Λιβιάδι).

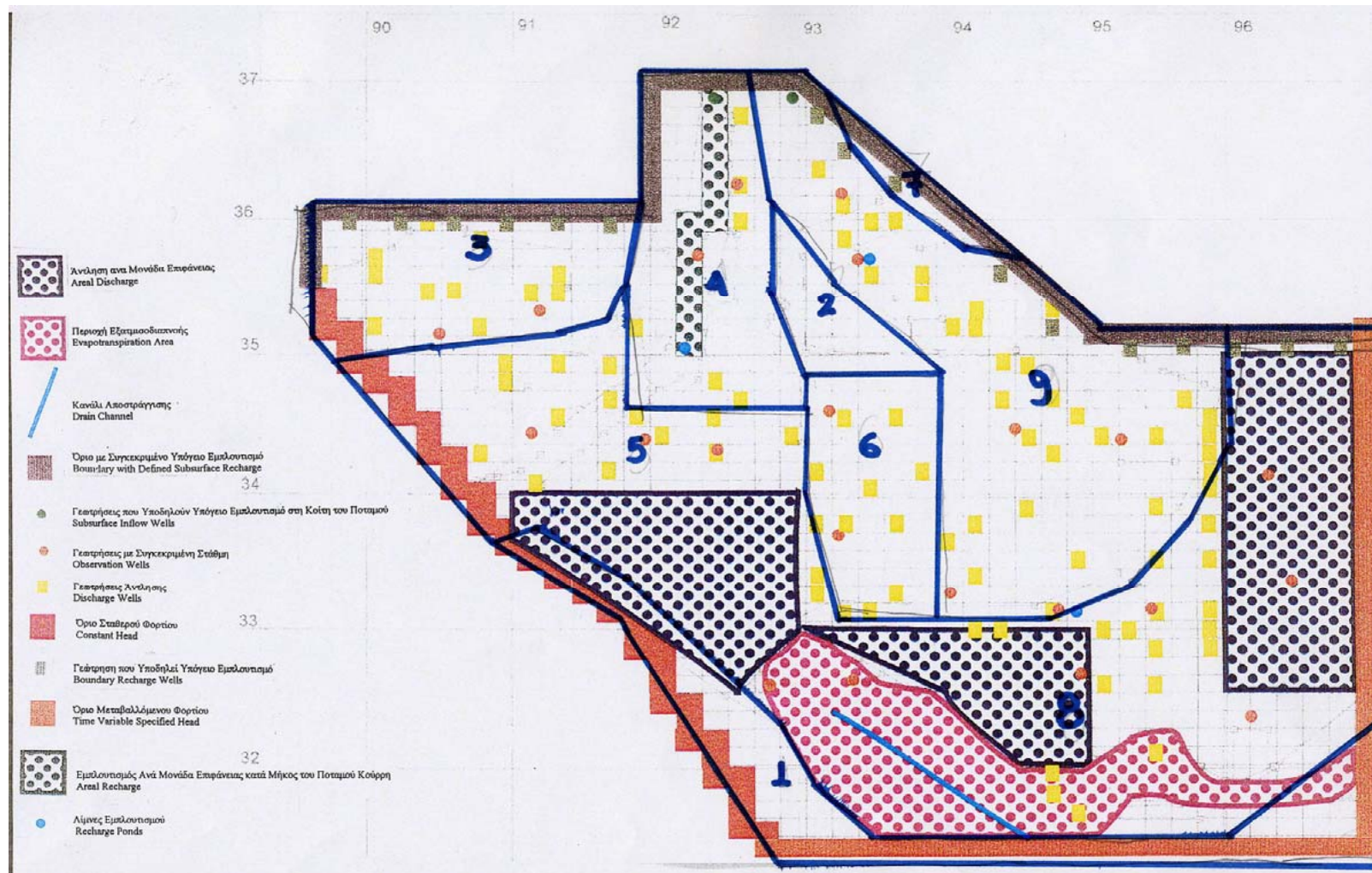
Για την παρακολούθηση της στάθμης διεξήχθησαν οκτώ (8) γεωτρήσεις, από τις οποίες προέκυψαν οι πιο κάτω τιμές συντελεστή μεταβιβαστικότητας και συντελεστή αποθηκευτικότητας (Πίνακας 2). Στη συνέχεια δημιουργήθηκε ένα μαθηματικό μοντέλο του υδροφορέα από την εταιρεία Watson Hawksley Consulting Engineers, το οποίο με προσαρμογή έδωσε το πιο κάτω σχεδιάγραμμα (Σχήμα 5). Με βάση τις οκτώ γεωτρήσεις το μοντέλο χωρίστηκε σε εννέα ζώνες συντελεστών διαπερατότητας και αποθήκευσης.

Πίνακας 2: Αποτελέσματα δοκιμαστικών αντλήσεων.

a/a	Συντελεστής Μεταβιβαστικότητας (T) (m ² /day)	Συντελεστής Αποθηκευτικότητας (S)
1	1500	4.10 ⁻²
2	3300	2. 10 ⁻²
3	1300	7. 10 ⁻²
4	2200	5. 10 ⁻³
5	1900	7. 10 ⁻³
6	2400	1. 10 ⁻¹
7	2200	5. 10 ⁻³
8	1100	6. 10 ⁻²

Ο Πίνακας 3 δίδει τους συντελεστές υδροπερατότητας και αποθηκευτικότητας για κάθε ζώνη. Συμπερασματικά προκύπτει ότι:

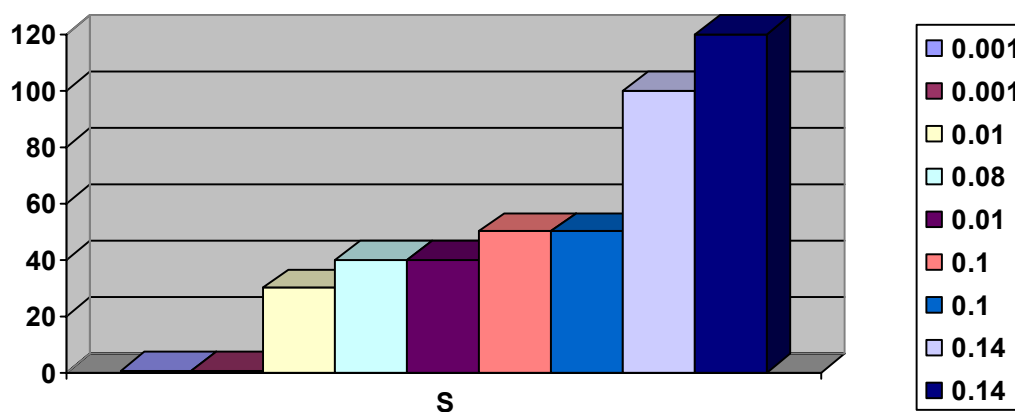
- Η ζώνη 9 έχει το μεγαλύτερο συντελεστή υδροπερατότητας και αποθηκευτικότητας, ενώ οι ζώνες 1 και 2 τα μικρότερα.
- Το πιο κάτω ραβδόγραμμα (Σχήμα 6) δίδει τις τιμές του συντελεστή αποθηκευτικότητας σε σχέση με αυτές του συντελεστή υδροπερατότητας.



Σχήμα 5: Περιοχή εφαρμογής μαθηματικού μοντέλου (Από Νικαλαΐδης και συνεργάτες).

Πίνακας 3: Συντελεστές Υδροπερατότητας και Αποθηκευτικότητας.

Ζώνη	Συντελεστής υδροπερατότητας (k) (m/day)	Συντελεστής Αποθηκευτικότητας (S)
1	1	10^{-3}
2	1	10^{-3}
3	30	10^{-2}
4	40	$8 \cdot 10^{-2}$
5	40	10^{-2}
6	50	10^{-1}
7	50	10^{-1}
8	100	$1,4 \cdot 10^{-1}$
9	120	$1,4 \cdot 10^{-1}$



Σχήμα 6: Ραβδόγραμμα του συντελεστή αποθηκευτικότητας σε σχέση με αυτές του συντελεστή υδροπερατότητας (m/day).

Από την εφαρμογή του μοντέλου προσομοίωσης του υδροφορέα Ακρωτηρίου προέκυψε ότι: 1) Ποσότητα ανάκτησης υπόγειου νερού από τις γεωτρήσεις άντλησης ίση με την ποσότητα τεχνικού εμπλουτισμού δεν έχει οποιεσδήποτε αρνητικές επιπτώσεις στον υδροφορέα, 2) Η χρονική ανακατανομή της άντλησης (μεγαλύτερη άντληση κατά τους χειμερινούς μήνες και μικρότερη κατά τους καλοκαιρινούς) μείωσε την απώλεια υπόγειου νερού προς τη θάλασσα.

10. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Σημαντικά είναι τα στοιχεία που έχουν συλλεγεί και αξιολογηθεί και αφορούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ανακυκλωμένου νερού.

Τα στοιχεία έχουν εξασφαλιστεί από το ΤΑΥ και το ΣΑΛΑ. Μέρος των δεδομένων που έχουν συλλεγεί περιγράφουν τις μηνιαίες μέσες τιμές για την περίοδο από τον Ιούλιο 1995 μέχρι και τον Ιούνιο 1998 για τις παραμέτρους της θερμοκρασίας, pH, COD, BOD₅, Αιωρούμενα στερεά, Ολικό άζωτο, Αμμωνία, NO₃-N, Ολικό Φωσφόρο και PO₄-P. Μέρος των στοιχείων περιλαμβάνει αναλυτικές ημερήσιες τιμές για τις περιόδους από τον Σεπτέμβρη 1995 μέχρι τον Ιούλιο 1998. Οι συχνότητες με τις οποίες γίνονται οι αναλύσεις όπως φαίνεται από τα στοιχεία είναι οι ακόλουθες:

- Θερμοκρασία = 16 δείγματα μηνιαίως °C
- pH = 17 « « mg/l
- COD = 13 « « mg/l
- BOD₅ = 4 « « mg/l
- SS = 17 « « mg/l
- TOT-N = 3 « « mg/l
- NH₄-N = 17 « « mg//
- NO₃-N = 17 « « mg/l
- TOT-P = 3 « « mg/l
- PO₄-P = 14 « « mg/l

Ως επί το πλείστον δεν γίνονται δειγματοληψίες κατά τα Σαββατοκύριακα και τις δημόσιες αργίες. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες δειγματοληψίες που έχουν χρησιμοποιηθεί έχουν γίνει με τυχαία δείγματα μετά από το στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας.

Μια άλλη κατηγορία στοιχείων αφορά τα αποτελέσματα από τις μικροβιολογικές αναλύσεις της ποιότητας του νερού, οι οποίες εξετάζουν το βαθμό παρουσίας Εντερικών Κολοβακτηριδίων, Εντεροκόκκων και Εντερικών βακτηριοφάγων στο ανακυκλωμένο νερό.

Συμπερασματικά η ποιοτική κατάσταση του ανακυκλωμένου νερού που παράγεται στο σταθμό επεξεργασίας λυμάτων του ΣΑΛΑ από χημικής άποψης είναι πλήρως αποδεκτή ακόμη και για απεριόριστη άμεση άρδευση.

Ο Πίνακας 4 που ακολουθεί παρουσιάζει τις μέσες τιμές που έχουν υπολογιστεί από την ανάλυση των διαθέσιμων δεδομένων:

Πίνακας 4: Πραγματική και καθορισμένη χημική σύσταση του ανακυκλωμένου νερού που παράγεται στο σταθμό επεξεργασίας

Παράμετρος	Μονάδα	Χημική Σύσταση	
		Πραγματική	Καθορισμένο Όριο
BOD ₅	mg/l	5,1	10
Αιωρούμενα Στερεά	mg/l	1,1	10
NH ₄ -N	mg/l	1,4	2
Ολικό Άζωτο	mg/l	7,9	10
COD	mg/l	29,5	
NO ₃ -N	mg/l	4,6	
Ολικός Φωσφόρος	mg/l	3,5	
PO ₄ -P	mg/l	3,3	
pH		7,6	

Ο αριθμός των βακτηριολογικών αναλύσεων που έχουν χρησιμοποιηθεί για σκοπούς αυτής της μελέτης είναι πολύ μικρότερος από τις χημικές αναλύσεις που ήταν διαθέσιμες. Όμως μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η ποιότητα του ανακυκλωμένου νερού που παράγεται στο ΣΑΛΑ από βακτηριολογικής άποψης είναι σε μερικές περιπτώσεις ακατάλληλη για χρήση για γεωργικούς σκοπούς αφού ξεπερνά τα όρια που καθορίζουν ο κυπριακός κώδικας πρακτικής και κανονισμοί άλλων χωρών. Οι περισσότερες όμως βακτηριολογικές αναλύσεις αποδεικνύουν ότι ο σταθμός επεξεργασίας λυμάτων του ΣΑΛΑ έχει τη δυνατότητα να παράγει άριστης ποιότητας ανακυκλωμένο νερό με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε μικροοργανισμούς.

11. ΔΙΑΘΕΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Το ΣΑΛΑ σαν ιδιοκτήτης του Σταθμού Επεξεργασίας Λυμάτων ανέθεσε στους Watson Hawksley Consulting Engineers να μελετήσουν τεχνικές επιλογές για ασφαλή διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων.

Οι εναλλακτικές λύσεις που έχουν εξεταστεί από τις αρμόδιες υπηρεσίες για τη διαχείριση του ανακυκλωμένου νερού είναι οι εξής:

- Διάθεσης λυμάτων στη θάλασσα μέσω θαλάσσιου αγωγού.
- Διάθεσης λυμάτων στην ξηρά.

Για κάθε λύση είχαν καθοριστεί διάφορες επιλογές:

- Επιλογή A1: Μεγάλου μήκους αγωγός απόρριψης μέσα στη θάλασσα
- Επιλογή A2: Μικρού μήκους αγωγός απόρριψης μέσα στη θάλασσα
- Επιλογή B1: Απόρριψη μέσω χωμάτων δεξαμενών
- Επιλογή B2: Απορρόφηση στο έδαφος μέσω άντλησης του σε φρεάτια
- Επιλογή B3: Ελεύθερη διάθεση στο έδαφος της περιοχής
- Επιλογή B4: Διάθεση για γεωργικούς σκοπούς

Σαν καλύτερη επιλογή από τις ανωτέρω προτάθηκε η επιλογή A1.

Ζήτηση νερού άρδευσης

Για τη δημιουργία του μαθηματικού μοντέλου που θα αναλύει τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα κάτω από τις συνθήκες εμπλουτισμού έχουν καθοριστεί οι ποσότητες νερού που θα αντλούνται από τα φρεάτια ανάκτησης. Οι ποσότητες αυτές είναι βασισμένες στους πιο κάτω παράγοντες:

- Στον όγκο του νερού που θα μεταφέρεται στις εμπλουτιστικές δεξαμενές
- Αποφυγή διαρροών νερού προς τη θάλασσα πέραν των απαραίτητων για συγκράτηση της εισροής θαλασσίου νερού προς τον υδροφορέα

- Περιορισμός εξάπλωσης των ρύπων που ενδέχεται να υπάρχουν στο ανακυκλωμένο νερό σε μικρή ακτίνα από τις εμπλουτιστικές δεξαμενές
- Προστασία περιβαλλοντικά ευαίσθητων περιοχών από τις πιθανές υδραυλικές αλλαγές. Περιοχές που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι η περιοχή της Αλυκής και η περιοχή Λιβάδι Ακρωτηρίου.

Η ζήτηση νερού άρδευσης παρουσιάζει σημαντικές αυξομειώσεις ανάλογα με την εποχή. Όπως είναι αναμενόμενο η ζήτηση της καλοκαιρινής περιόδου είναι πολύ αυξημένη σε σχέση με της χειμερινής περιόδου. Ολόκληρη η ποσότητα του νερού που θα ανακτάται από τον υδροφορέα θα αντλείται από τριάντα τρεις γεωτρήσεις (33), οι οποίες προβλέπεται να τεθούν σε λειτουργία.

Ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια

Όλες οι γεωτρήσεις ανάκτησης του υπόγειου νερού που θα εγκατασταθούν θα κάνουν χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Η δυναμικότητα των αντλιών που θα εγκατασταθούν στις γεωτρήσεις υπολογίζεται προκαταρκτικά σε 100 hp η κάθε μια. Επομένως οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια σε κάθε γεώτρηση θα ανέρχεται σε 75 kw.

Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να ικανοποιηθεί από το ηλεκτρικό δίκτυο υψηλής τάσης (11.000 W) της περιοχής. Σύμφωνα με προκαταρκτικές απόψεις που έχουν ετοιμαστεί από την Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου θα χρειαστεί να εγκατασταθούν νέες γραμμές τάσεις 11.000 V που θα αποτελούν επέκταση του τοπικού δικτύου και οι οποίες θα παρέχουν ενέργεια στις αντλίες μέσω μετασχηματιστών που θα εγκατασταθούν κοντά στις θέσεις των νέων γεωτρήσεων.

Από προκαταρκτική μελέτη της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου εκτός από την τοποθέτηση των νέων ηλεκτρικών γραμμών θα χρειαστούν επιπρόσθετα έργα ενδυνάμωσης του υφιστάμενου ηλεκτρικού δικτύου που αρχίζει από τον κεντρικό υποσταθμό 66.000 V Κολοσσίου και καταλήγει στην περιοχή Ακρωτηρίου. Επισημαίνεται ότι θα εγκατασταθούν μονοί ξύλινοι πάσσαλοι οι οποίοι θα καλύψουν τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια με ηλεκτρικά καλώδια τάσης 11.000 V.

Υπολογίζεται ότι κατά μέσο όρο η ενέργεια που θα απορροφάται κατά τη δεύτερη φάση του αποχετευτικού συστήματος Λεμεσού ανέρχεται περίπου σε 500 kW ή σε 12.000 kWh ημερησίως.

Με βάση τα πιο πάνω στοιχεία υπολογίζεται προκαταρκτικά ότι η κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται σε 0.4 kWh/m³ ανακτούμενου νερού. Η απελευθέρωση CO₂ για την παραγωγή της αναγκαίας ενέργειας υπολογίζεται σε 0,38 Kg CO₂ ανά m³ νερού ημερησίως.

12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η υλοποίηση ανέγερσης της μονάδας στην περιοχή Ακρωτηρίου προσφέρει σημαντικά οφέλη, ιδιαίτερα όσον αφορά τους υδάτινους πόρους της περιοχής του υδροφορέα Ακρωτηρίου.

Η εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού με επεξεργασμένα λύματα θα συμβάλλει στην επίλυση του υδατικού προβλήματος της περιοχής, λόγω των αυξημένων αναγκών που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια. Με την ολοκλήρωση της δεύτερης φάσης του αποχετευτικού συστήματος Λεμεσού θα δημιουργούνται 10,6 Mm³ ανακυκλωμένου νερού τα οποία θα μπορούν να διατίθενται για σκοπούς του τεχνητού εμπλουτισμού. Μέρος των νερών αυτών θα αντλείται για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών.

Για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού προτείνονται τα παρακάτω μέτρα, που αφορούν κυρίως στην ποιότητα του ανακυκλώμενου νερού και τον τρόπο διαχείρισης του υπόγειου νερού:

Υδάτινοι Πόροι

Για να αποκομιστούν τα μέγιστα δυνατά οφέλη από τον εμπλουτισμό του υδροφορέα Ακρωτηρίου θα πρέπει να δημιουργηθεί ο κατάλληλος μηχανισμός που θα παρακολουθεί την εξέλιξη των αποτελεσμάτων του εμπλουτισμού και να εφαρμόζει τα ανάλογα μέτρα διαχείρισης του υδροφορέα.

Οι ποσότητες άντλησης θα πρέπει να καθορίζονται με τέτοιο έτσι ώστε να μειώνονται όσο είναι δυνατό οι απώλειες προς τη θάλασσα, αλλά ταυτόχρονα να εμποδίζεται η διείσδυση θαλάσσιου νερού στον υδροφορέα ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες που η ζήτηση νερού άρδευσης είναι η μέγιστη.

Χρήση του ανακτώμενου νερού

Αν ληφθούν υπόψη οι προϋποθέσεις για την κατάλληλη επεξεργασία λυμάτων η ποιότητα του υπόγειου ανακτώμενου νερού θα επιτρέπει την απεριόριστη χρήση του για σκοπούς άρδευσης. Έτσι παρέχει την ευχέρεια στους γεωργοκτηνοτρόφους της περιοχής

να επιλέγουν φυτείες που θα αρδεύσουν βάση της οικονομικής και γεωργικής βιωσιμότητάς τους.

Η άμεση χρήση ανακυκλωμένου νερού για σκοπούς άρδευσης μπορεί να προκαλέσει την έκθεση του ανθρώπινου σώματος σε παθογόνα βακτήρια επηρεάζοντας τη δημόσια υγεία αν το σύστημα δεν διαχειρίζεται σωστά. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να εφαρμοστούν τα ανάλογα μέτρα:

- Εφαρμογή μέτρων για τη συνεχή παροχή ανακυκλωμένου νερού που δεν περιέχει επίπεδα μικροοργανισμών ψηλότερα από αυτά που καθορίζονται από τους κώδικες πρακτικής.
- Έλεγχος και μείωση της περιεκτικότητας του ανακυκλωμένου νερού σε τοξικά και χημικά στοιχεία που επηρεάζουν την δημόσια υγεία.

Διασφάλιση της Ποιότητας του Ανακυκλωμένου νερού

Η διασφάλιση της ποιότητας του νερού είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες που θα πρέπει να εξεταστούν. Για την επίτευξη του στόχου αυτού πρέπει να καθοριστούν όρια για διάφορες παραμέτρους οι οποίες θα μπορούσαν να έχουν τοξικά αποτελέσματα στον ανθρώπινο οργανισμό και το περιβάλλον:

- Ελεύθερο χλώριο
- Διάφορες ενώσεις οργανικών ουσιών που θεωρούνται τοξικές

Σημαντικό μέτρο είναι η εγκατάσταση συστήματος αυτόματης παρακολούθησης της συγκέντρωσης ελεύθερου χλωρίου για να γίνεται κατορθωτή η ρύθμιση της ποσότητας χλωρίου και να διασφαλίζεται η απολύμανση του ανακυκλωμένου νερού.

Επίσης σημαντικό στοιχείο για τη διασφάλιση της ποιότητας του νερού είναι ο καθορισμός ορίων για τις παραμέτρους των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από βιομηχανίες, νοσοκομειακές μονάδες, κλινικές εργαστήρια και άλλες εγκαταστάσεις που μπορούν να παράγουν τοξικά απόβλητα και θα καταλήγουν στο σταθμό επεξεργασίας. Οι άδειες απόρριψης τέτοιων υγρών θα πρέπει να είναι βασισμένες σε συγκεκριμένα όρια.

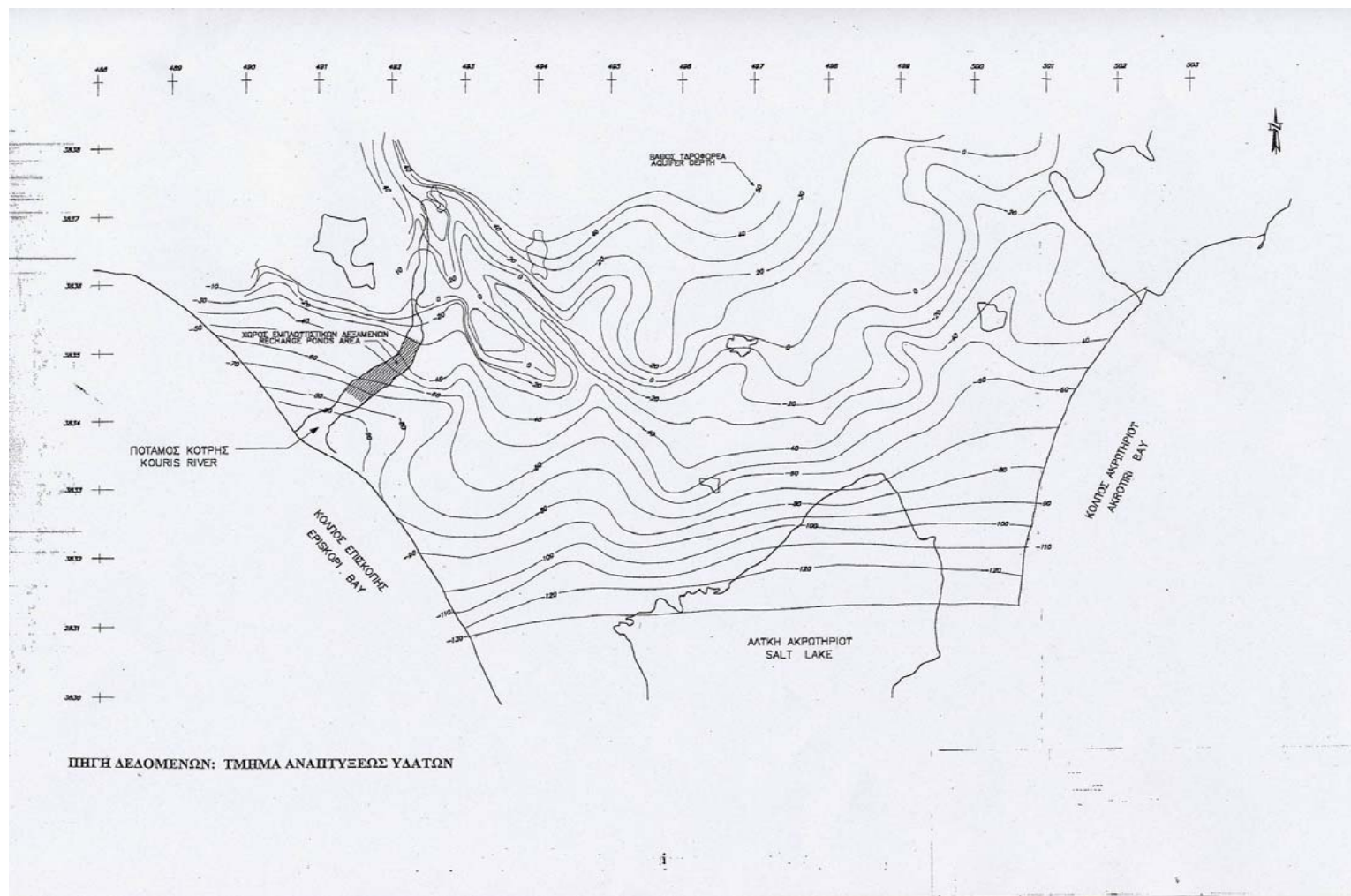
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βουδούρης, Κ. (2006): Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
- Η Γεωλογία της Κύπρου (Λευκωσία 2002). Υπουργείο Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος-Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Δελτίο Αρ. 10.
- Σούλιος Γ., (2004): Γενική Υδρογεωλογία, Τρίτος Τόμος ΣΤ' Αποθέματα και Διαχείριση Υπόγειου Νερού.
- Αγγελάκης Α., Χατζουλάκης Κ., Romano P.: Εμπλουτισμός Υπόγειων Υδροφορέων με Επεξεργασμένα Αστικά Υγρά Απόβλητα. Chartzoulakis, K.S., Paranychianakis, N.V., Angelakis, A.N. 2001. Water resources management in the island of Crete, Greece, with emphasis on the agricultural use. Water Policy, 3, 193-205.
- Κουμαντάκης Ι. Έκθεση Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου: Τεχνητός Εμπλουτισμός Υπόγειων Υδροφορέων
- Κωνσταντίνου Α. Κώστας, Γεωργίου Άδωνις: Έκθεση Εφαρμογές Τεχνητού Εμπλουτισμού στην Κύπρο-Προβλήματα.
- Νικολαΐδης και Συνεργάτες-Πολιτικοί Μηχανικοί και Μηχανικοί Περιβάλλοντος: Τελική Έκθεση: Μελέτη επιπτώσεων στο Περιβάλλον από Εμπλουτισμό Ανακυκλωμένου Νερού στον Υδροφόρα Ακρωτηρίου.
- Τμήμα Πολεοδομίας και Οικήσεως: Χάρτες Περιοχής

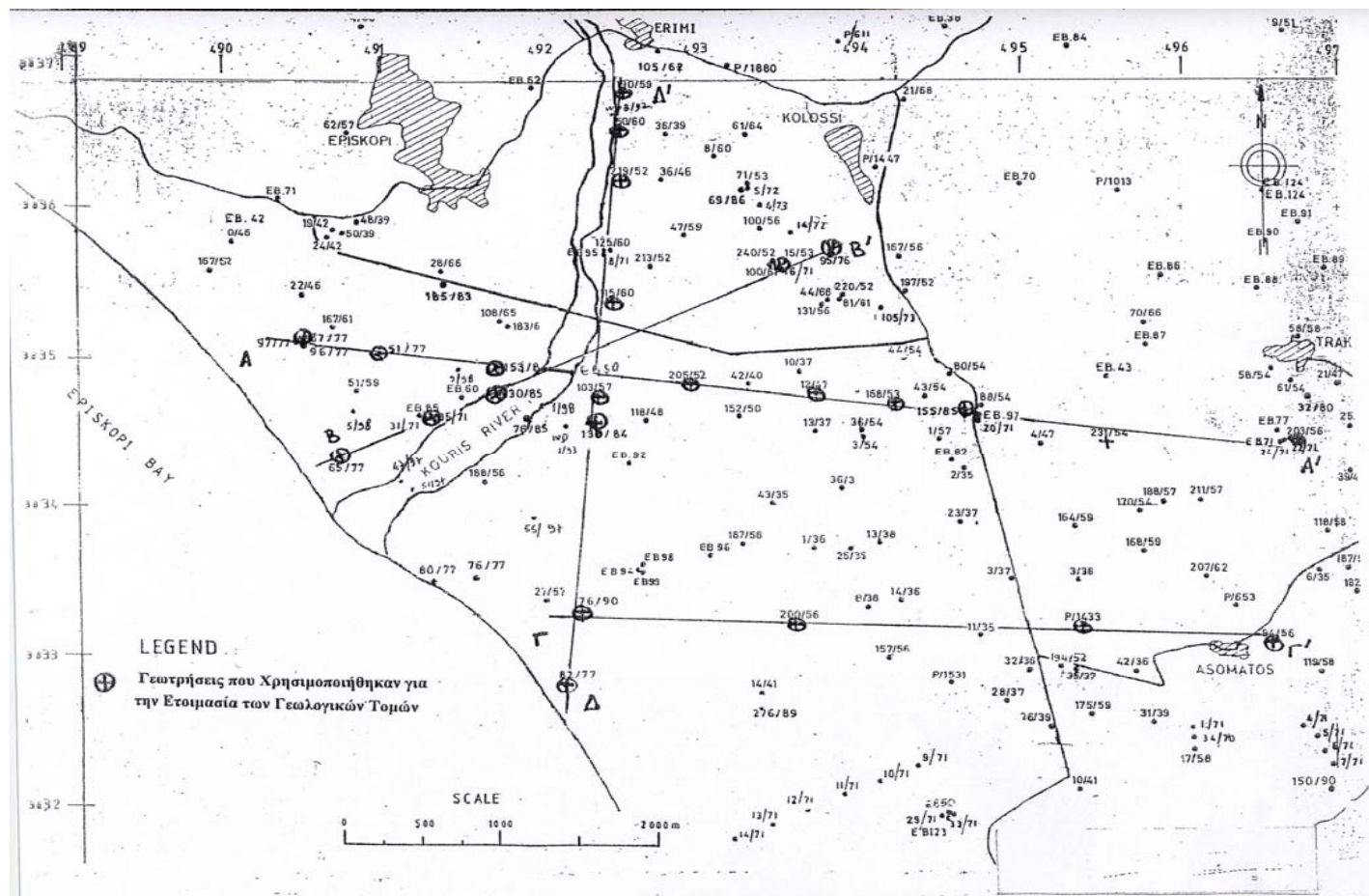
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1



Χάρτης 1: Περιοχή Ακρωτηρίου (Λεμεσού).



Χάρτης 2: Θέση Γεωλογικών τομών



**ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΝΕΡΟΥ ΑΣΤΙΚΩΝ
ΑΠΟΒΑΗΤΩΝ ΓΙΑ ΣΚΟΠΟΥΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ**

1. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας και απολύμανσης των υγρών αστικών αποβλήτων πρέπει να λειτουργούν συνεχώς σε ικανοποιητικό επίπεδο για αποτελεσματικό καθαρίσμα των αστικών αποβλήτων, εφόσον το ανακυκλωμένο νερό χρησιμοποιείται ή αναμένεται να χρησιμοποιηθεί για άρδευση, ή να διατεθούν σύμφωνα με την άδεια ή άδειες που έχουν εκδοθεί με βάση την υφιστάμενη νομοθεσία.
2. Τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και απολύμανσης των αστικών αποβλήτων, πρέπει να επιβλέπει ειδικευμένο προσωπικό, το οποίο προηγουμένως θα έχει εγκριθεί από τις Αρμόδιες Αρχές σαν ικανό και κατάλληλο να διατηρεί τις εγκαταστάσεις στο επίπεδο λειτουργίας, που απαιτείται στην παράγραφο 1.
3. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας και απολύμανσης των αστικών αποβλήτων πρέπει να παρακολουθούνται σύμφωνα με πρόγραμμα, που εγκρίνει η Αρμόδια Αρχή. Όλες οι εργασίες και καταμετρήσεις που γίνονται, να καταγράφονται σε έντυπα σύμφωνα με τις υποδείξεις της Αρμόδιας Αρχής, με διαθέσιμο αντίγραφο στο χώρο των εγκαταστάσεων, για σκοπούς ελέγχου σε οποιαδήποτε στιγμή.
4. Όλα τα συστήματα υδροληψίας (βαλβίδες, στρόφιγγες κλπ) του αρδευτικού δικτύου, πρέπει να έχουν σύστημα προστασίας που να μη επιτρέπει τη χρησιμοποίησή τους από μη εξουσιοδοτημένα πρόσωπα. Πρέπει επίσης να έχουν κόκκινο χρώμα και σαφή σηματοδότηση, ώστε να προειδοποιεί το κοινό ότι το νερό είναι ακατάλληλο για πόσιμο.
5. Θα πρέπει να καταβάλλεται κάθε προσπάθεια για την αποφυγή διασταυρώσεων αγωγών που μεταφέρουν αστικά απόβλητα, οι οποίοι θα πρέπει να έχουν κόκκινο χρώμα, ή να σηματοδοτούνται με την επικόλληση κόκκινης ταινίας, για σκοπούς διαχωρισμού από αγωγούς που μεταφέρουν πόσιμο νερό. Σε περιπτώσεις που δεν μπορεί να αποφευχθεί η τοποθέτηση τέτοιων αγωγών, ώστε ο ένας να είναι κοντά στον άλλο οι αγωγοί των αστικών αποβλήτων να τοποθετούνται τουλάχιστον μισό μέτρο πιο χαμηλά από τους σωλήνες υδατοπρομήθειας.
6. Οι τρόποι άρδευσης που επιτρέπονται και οι συνθήκες εφαρμογής, διαφέρουν ανάλογα με τις φυτείες που θα αρδευθούν μετά από έγκριση της Αρμόδιας Αρχής. Ως τέτοιοι τρόποι καθορίζονται οι πιο κάτω:

6.1. Γρασίδι και χώροι πρασίνου με ελεύθερη χρήση από το κοινό

- Μέθοδοι υπόγειας άρδευσης (subsurface irrigation)
- Σταγόνες (Drip irrigation)
- Αναδιπλούμενοι εκτοξευτήρες (pop-up sprinklers) χαμηλής γωνίας εκτόξευσης (ίσης ή μικρότερης των 11 μοιρών) χαμηλής πίεσης και μεγάλης έντασης βροχόπτωσης και ανάλογα με τον τύπο του εδάφους

Η άρδευση να γίνεται τη νύκτα όταν δεν υπάρχουν στο χώρο άνθρωποι.

6.2 Γρασίδι και χώροι πρασίνου με περιορισμένη χρήση, βιομηχανικά και κτηνοτροφικά φυτά:

- Μέθοδοι υπόγειας άρδευσης (subsurface irrigation)
- Σύστημα ανάβλυσης (Bubblers)₂
- Σταγόνες (Drip irrigation)
- Αναδιπλούμενοι εκτοξευτήρες (Pop-up sprinklers)

- Μέθοδοι επιφανειακής άρδευσης (surface irrigation)
- Εκτοξευτήρες χαμηλής παροχής (Low capacity sprinklers)
- Άρδευση με εκτοξευτήρες (spinklers) επιτρέπεται αν μεσολαβεί προστατευτική ζώνη (buffer zone) 300 μέτρων.

Στους χώρους όπου καλλιεργούνται κτηνοτροφικά φυτά η άρδευση σταματά τουλάχιστον μια βδομάδα πριν τη συγκομιδή. Οι χώροι αυτοί γνωστοποιούνται και στο Τμήμα Κτηνιατρικών Υπηρεσιών. Η βόσκηση γαλακτοφόρων ζώων σε τέτοιους χώρους δεν επιτρέπεται.

6.3 Αμπελώνες:

- Σταγόνες (Drip irrigation)
- Μικροεκτοξευτήρες (Mini spinklers)
- Στις περιπτώσεις που διαβρέχεται ο καρπός, η άρδευση διακόπτεται δύο βδομάδες πριν τη συγκομιδή.

Μεταφερόμενα συστήματα άρδευσης δεν επιτρέπονται. Απαγορεύεται η συλλογή καρπών από το έδαφος.

6.4 Δενδρώδεις καλλιέργειες

- Σταγόνες (Drip irrigation)
- Λάστιχα - λεκάνες (Hose - basin)
- Συστήματα αναβλύσης (Bubblers)
- Μικροεκτοξευτήρες (Mini spinklers)

Απαγορεύεται η συλλογή φρούτων από το έδαφος εκτός στις περιπτώσεις των ξηρών καρπών.

Στις περιπτώσεις που διαβρέχεται ο καρπός η άρδευση διακόπτεται μια εβδομάδα πριν τη συγκομιδή.

6.5 Λαχανικά: (όλες οι καλλιέργειες/φρούτα

- Σταγόνες
- Υπόγεια άρδευση

Οι καρποί να μην έρχονται σε επαφή με το ανακυκλωμένο νερό.

6.6 Λαχανικά που τρώγονται μαγειρεμένα

- Εκτοξευτήρες
- Υπόγεια άρδευση
- Σταγόνες

Άλλοι τρόποι άρδευσης μπορούν να επιτραπούν μετά από έγκριση που θα παρέχει η Αρμόδια Αρχή, η οποία θα λάβει υπόψη επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, γεωργική παραγωγή και το περιβάλλον. Περιοριστικά μέτρα μπορούν επίσης να επιβληθούν για οποιαδήποτε μέθοδο άρδευσης από την Αρμόδια Αρχή, αν με τέτοια μέτρα η δημόσια υγεία, το περιβάλλον ή άλλοι κίνδυνοι περιορίζονται.

7. Οι πιο κάτω τρόποι τριτοβάθμιας επεξεργασίας είναι αποδεκτοί:

7.1 Συσσωμάτωση των αιωρούμενων στερεών και κροκίδωση, ακολουθούμενη από διήθηση σε αμμόφιλτρα αργής διήθησης

7.2 Διήθηση σε αμμόφιλτρα αργής διήθησης

- 7.3 Οποιαδήποτε άλλη μέθοδος, με την οποία εξασφαλίζεται η καθολική απομάκρυνση των αυγών των εντερικών παρασίτων και περιορισμός των κολοβακτηριδίων σε αποδεκτά επίπεδα. Θα πρέπει να τύχει της έγκρισης της Αρμόδιας Αρχής.
8. Κατάλληλοι τρόποι απολύμανσης πρέπει να εφαρμόζονται όταν το ανακυκλωμένο νερό χρησιμοποιείται για άρδευση. Στην περίπτωση χλωρίωσης το υπολειπόμενο ελεύθερο χλώριο στο ανακυκλωμένο νερό μετά από μια ώρα επαφής, πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.5mg/L με μέγιστη τιμή 2mg/L στην έξοδο της δεξαμενής χλωρίωσης της βιολογικής μονάδας.
9. Κατάλληλες συσκευές για τον έλεγχο όλων των ουσιωδών παραμέτρων σύμφωνα με τι καθορίζει η Αρμόδια Αρχή, θα διατηρούνται συνεχώς στο χώρο των εγκαταστάσεων.



ΦΩΤΟΓΡ. 1 - Δεξαμενή Αποθήκευσης Μονής



ΦΩΤΟΓΡ. 2 - Πυθμένας Εμπλουτιστικής Δεξαμενής