

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ
ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΝΕΡΑ ΑΠΟ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ:
ΥΠΟΘΕΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

Πτυχιακή Εργασία
του σπουδαστή **Κουβουτσάκη Νικόλαου**

Καλαμάτα Απρίλιος 2008

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ
ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΝΕΡΑ ΑΠΟ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ:
ΥΠΟΘΕΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

Πτυχιακή Εργασία
του σπουδαστή **Κουβουτσάκη Νικόλαου**

Επιβλέπων καθηγητής: Μουρούτογλου Χρήστος

Καλαμάτα Απρίλιος 2008

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

''Νιώθω μεγάλη υποχρέωση να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Μουρούτογλου Χρήστο για την άριστη συνεργασία και καθοδήγηση που μου προσέφερε προκειμένου να ολοκληρωθεί επιτυχώς η πτυχιακή αυτή εργασία.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Διπλάρη Νίκο, υπεύθυνο λειτουργίας του βιολογικού καθαρισμού Καλαμάτας, ο οποίος μου προσέφερε ιδιαίτερα πολύτιμες γνώσεις όσον αφορά τον βιολογικό καθαρισμό.

Εν τέλει, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τους κυρίους Λιοντήρη Ιωάννη και Χρυσανθακόπουλο Κώστα για τις πληροφορίες που μου προσέφεραν προκειμένου να τελειοποιηθεί η παρούσα πτυχιακή εργασία.''

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	<u>Σελίδα 6</u>
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	<u>Σελίδα 7</u>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: Το νερό από επεξεργασμένα	
1.1 Αναγκαιότητα-προήλθε από πού;-ιστορική αναφορά.	<u>Σελίδα 9</u>
1.2 Παραδείγματα χρήσης στο εξωτερικό-περιπτώσεις άρδευσης δημοσίων χώρων.	<u>Σελίδα 13</u>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ: Η διαδικασία της επεξεργασίας των	
λυμάτων για την παραγωγή αρδευτικού νερού.	
2.1 Γενικά.	<u>Σελίδα 22</u>
2.2 Συμβατική επεξεργασία.	<u>Σελίδα 24</u>
2.2.1 Προκαταρκτική επεξεργασία.	<u>Σελίδα 24</u>
2.2.2 Πρωτοβάθμια επεξεργασία.	<u>Σελίδα 25</u>
2.2.3 Δευτεροβάθμια επεξεργασία.	<u>Σελίδα 28</u>
2.2.4 Τριτοβάθμια επεξεργασία.	<u>Σελίδα 30</u>
2.2.5 Απολύμανση.	<u>Σελίδα 31</u>
2.2.6 Αποθήκευση.	<u>Σελίδα 33</u>
2.3 Φυσικά συστήματα.	<u>Σελίδα 33</u>
2.4 Συγκρίσεις συστημάτων επεξεργασίας.	<u>Σελίδα 38</u>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ: Η άρδευση με επεξεργασμένα.	
3.1 Ποιοτικά και μικροβιολογικά κριτήρια.	<u>Σελίδα 39</u>
3.2 Όροι χρήσης- Περιορισμοί στην άρδευση με επεξεργασμένα.	<u>Σελίδα 42</u>
3.2.1 Δειγματοληψία.	<u>Σελίδα 44</u>
3.2.2 Χημική ανάλυση.	<u>Σελίδα 46</u>
3.2.3 Αξιολόγηση ποιοτικών χαρακτηριστικών.	<u>Σελίδα 48</u>
3.2.3.1 Αλατότητα- αγωγιμότητα.	<u>Σελίδα 49</u>
3.2.3.2 Διηθητικότητα.	<u>Σελίδα 51</u>

3.2.3.3 Θρεπτικά ιόντα.	<u>Σελίδα 52</u>
3.2.3.4 Τοξικότητα ιόντων.	<u>Σελίδα 54</u>
3.2.3.5 Ιχνοστοιχεία.	<u>Σελίδα 57</u>
3.2.3.6 Διάφορα άλλα προβλήματα.	<u>Σελίδα 58</u>
3.3 Διερεύνηση της δυνατότητας άρδευσης δημοσίων χώρων.	<u>Σελίδα 59</u>
3.3.1 Σύντομη περιγραφή των συστημάτων άρδευσης.	<u>Σελίδα 59</u>
3.3.2 Επιλογή της κατάλληλης μεθόδου άρδευσης για δημόσιους χώρους.	<u>Σελίδα 60</u>
3.4 Φυτικά είδη δημοσίων χώρων που μπορεί να εφαρμοστεί η άρδευση με επεξεργασμένα.	<u>Σελίδα 67</u>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ: Ο δήμος Καλαμάτας- υπόθεση ελέγχου

4.1 Ο βιολογικός καθαρισμός της Καλαμάτας.	<u>Σελίδα 69</u>
4.1.1 Γενικά - ιστορικά στοιχεία.	<u>Σελίδα 69</u>
4.1.2 Η διαδικασία της επεξεργασίας στον βιολογικό καθαρισμό της Καλαμάτας.	<u>Σελίδα 70</u>
4.2 Ποιοτικά δεδομένα των επεξεργασμένων λυμάτων.	<u>Σελίδα 80</u>
4.2.1 Η ποιότητα της παραγόμενης απορροής.	<u>Σελίδα 80</u>
4.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της κατεύθυνσης της απορροής.	<u>Σελίδα 83</u>
4.3 Διερεύνηση της υπόθεσης άρδευσης δημόσιας έκτασης στη Καλαμάτα.	<u>Σελίδα 85</u>

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	<u>Σελίδα 91</u>
---------------------	------------------

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	<u>Σελίδα 93</u>
------------------	------------------

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	<u>Σελίδα 94</u>
---------------------	------------------

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η μεγαλύτερη ποσότητα του διαθέσιμου νερού καταναλώνεται για αρδευτικούς σκοπούς. Με την ανάγκη της ορθολογικής διαχείρισης του νερού αλλά και την ανάγκη αλλαγής της νοοτροπίας μας ως καταναλωτές να είναι πιο επιτακτική από ποτέ, η χρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για την άρδευση των καλλιεργειών μπορεί να αποτελέσει μια βιώσιμη λύση στο εγγύς μέλλον.

Η οικονομία του νερού από τη μία και η αξιοποίηση των στοιχείων που παραμένουν μετά την επεξεργασία των λυμάτων από την άλλη, μπορούν να καταστήσουν το νερό από τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα έναν εναλλακτικό τρόπο για τη διαχείριση του νερού άρδευσης (του μεγαλύτερου καταναλωτή σήμερα)

Σήμερα, αρκετά κράτη και κατά κύριο λόγο τα περισσότερα ανεπτυγμένα καθώς και αυτά που αντιμετωπίζουν ξηροθερμικές συνθήκες, εφαρμόζουν ήδη τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα στην άρδευση των καλλιεργειών τους. Με βάση τις μελλοντικές εξελίξεις και εφόσον υπάρξει η κατάλληλη τεχνογνωσία και ο κατάλληλος τεχνολογικός εξοπλισμός, η πρακτική αυτή αργά ή γρήγορα θα εξαπλωθεί και στα άλλα λιγότερο ανεπτυγμένα κράτη του πλανήτη.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, πραγματοποιήθηκε μια περιγραφή της διαδικασίας επεξεργασίας των λυμάτων, καθώς και των απαιτούμενων ελέγχων και κριτηρίων που πρέπει να πληρούν τα νερά αυτά προκειμένου τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα να μπορούν να εφαρμοστούν στην άρδευση δημοσίων χώρων.

Τέλος έγινε μια υπόθεση ελέγχου σχετικά με τον βιολογικό καθαρισμό της πόλης της Καλαμάτας και διερευνήθηκε σε βιβλιογραφικό επίπεδο η δυνατότητα και τα πιθανά προβλήματα που μπορούν να προκύψουν από την άρδευση ενός πάρκου της πόλης με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εποχή μας η άρδευση με νερά που προέρχονται από υγρά αστικά απόβλητα και τα οποία έχουν υποστεί ένα βαθμό επεξεργασίας μπορεί να αποδώσει πολλά οφέλη διότι με την επεξεργασία αυτών των υδάτων εκτός του ότι εξασφαλίζεται σε μεγάλο βαθμό η προστασία του περιβάλλοντος στην περίπτωση που αυτά διατίθενται στους υδάτινους αποδέκτες, καθίσταται επίσης δυνατή η επαναχρησιμοποίησή τους για αρδευτικούς σκοπούς εφόσον πληρούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις.

Εκτός από το γεγονός ότι τα νερά αυτά αποτελούν μια πολύ σημαντική πηγή νερού για τις καλλιέργειες ιδιαίτερα σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν επαρκείς υδατικοί πόροι, τα νερά που προέρχονται από την επεξεργασία υγρών αστικών αποβλήτων εμπλουτίζουν το έδαφος με σημαντικές ποσότητες θρεπτικών για τις καλλιέργειες συστατικών όπως άζωτο, φωσφόρο, κάλιο καθώς και κάποια ιχνοστοιχεία. Επίσης με την χρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων στην άρδευση των καλλιεργειών, εξοικονομείται φρέσκο νερό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς, όπως για πόσιμο νερό αλλά και άλλες οικιακές χρήσεις.

Οι δημόσιες εκτάσεις όπου είναι και η περίπτωση που μας απασχολεί στην παρούσα εργασία, απαιτούν κατά κανόνα υπολογίσιμες ποσότητες νερού, καθώς στις εκτάσεις αυτές υπάρχουν αρκετά φυτά ιδιαίτερα απαιτητικά σε νερό, ενώ στις περισσότερες από τις περιοχές αυτές το διαθέσιμο νερό είναι περιορισμένο και το πρόβλημα αυτό τείνει να επιδεινώνεται όλο και περισσότερο.

Η πτυχιακή αυτή εργασία, όπως αναφέρεται στον τίτλο, έχει σχέση με την προοπτική της άρδευσης των δημοσίων εκτάσεων με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση μερικών περιπτώσεων της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων στην άρδευση σε παγκόσμια κλίμακα και επίσης, παρουσιάζονται κάποιες περιπτώσεις της εφαρμογής της άρδευσης σε δημόσιους χώρους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική περιγραφή των σταδίων επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων από την στιγμή που

εισέρχονται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας μέχρι την στιγμή της εξόδου των επεξεργασμένων πλέον υγρών αποβλήτων και επίσης γίνεται μια αναφορά των διάφορων συστημάτων επεξεργασίας που υπάρχουν. *Παρατίθενται επίσης στοιχεία της νομοθεσίας σχετικά με τις ελεγχόμενες παραμέτρους των επεξεργασμένων πριν τον τελικό αποδέκτη.*

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται τα ποιοτικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να πληρούν τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, προκειμένου να είναι δυνατή η χρησιμοποίησή τους στην άρδευση των δημοσίων εκτάσεων χωρίς να υπάρχουν υγειονομικοί κινδύνοι, καθώς και οι τυχόν περιορισμοί στην άρδευση ανάλογα με την ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων. Επίσης, παρουσιάζονται οι μέθοδοι άρδευσης, γίνεται μια προσπάθεια αξιολόγησης αυτών και παρατίθενται είδη φυτών για δημόσιους χώρους που επιτρέπεται η άρδευση με επεξεργασμένα λύματα.

Το τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο αφορά την περίπτωση της Καλαμάτας. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρονται πληροφορίες σχετικά με τον βιολογικό καθαρισμό της Καλαμάτας, αναφορικά με τον τρόπο λειτουργίας του, τις αποδόσεις σε επεξεργασμένα, και άλλα στοιχεία σχετικά με τους ελέγχους που πραγματοποιούνται για την ασφάλεια του αποδέκτη (θάλασσα) σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Ε.Ε. Στο τέλος του κεφαλαίου πραγματοποιείται μια υπόθεση άρδευσης σε δημόσιο πάρκο του Δήμου Καλαμάτας με τα επεξεργασμένα αυτά λύματα (απαιτούμενες εγκαταστάσεις, προϋποθέσεις, ποσότητες και μια υπόθεση συχνότητας των απαραίτητων ελέγχων για την τήρηση των ισχυουσών διατάξεων).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΤΟ ΝΕΡΟ ΑΠΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ

1.1 Αναγκαιότητα – προήλθε από πού;- ιστορική αναφορά.

Εδώ και πολλά χρόνια ο άνθρωπος χρησιμοποιεί τη γεωργία ως κύριο μέσο ικανοποίησης των διατροφικών του αναγκών. Οπότε εφόσον η γεωργική παραγωγή αποτελούσε ζωτικό στοιχείο για αυτόν, δεν μπορούσε παρά να βελτιώσει τις γνώσεις του πάνω σε αυτό το θέμα. Είναι ευρέως γνωστό, ότι όταν στις γεωργικές καλλιέργειες εφαρμόζεται επαρκής άρδευση σε συχνές δόσεις ιδιαίτερα σε περιόδους όπου τα φυτά έχουν αυξημένες ανάγκες σε νερό, τότε αποδίδουν το μέγιστο της παραγωγής. Όμως, το ποσοστό του αξιοποιήσιμου νερού σε σχέση με την συνολική ποσότητα που υπάρχει στον πλανήτη είναι ελάχιστο (λιγότερο από 1% του συνόλου) επειδή μόνο το υπόγειο νερό και το νερό που προέρχεται από λίμνες και ποταμούς μπορεί να αξιοποιηθεί. Στον πίνακα 1.1.1 παρουσιάζεται η κατανομή του νερού στη γη.

Ατμόσφαιρα	13.000km ³	0,001%
Θάλασσα	1.321.290.000km ³	97,2%
Πάγοι στους πόλους	29.190.000km ³	2,15%
Λίμνες- ποτάμια	230.000km ³	0,017%
Υπόγειο νερό	8.407.000km ³	0,625%
Σύνολο	1.360.000.000km³	100%

Πίνακας 1.1.1: Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ

Πηγή: Διπλάρης Νίκος 2008

Η κατανάλωση του νερού στις χώρες της Μεσογείου έχει αυξηθεί τα τελευταία έτη περισσότερο από 60%. Με βάση τα στοιχεία της ΕΥΔΑΠ, η κατανάλωση του νερού αυξάνεται κατά 7% κάθε χρόνο. Η μεγαλύτερη ποσότητα του αξιοποιήσιμου νερού (70-86% της συνολικής) καταναλώνεται για αρδευτικούς σκοπούς (σε καλλιέργειες, σε δημόσιες εκτάσεις, κλπ.), ενώ η υπόλοιπη για βιομηχανική και οικιακή κυρίως χρήση. Τα τελευταία χρόνια όμως παρατηρείται μια σημαντική μείωση των

διαθέσιμων ποσοτήτων νερού λόγω της μείωσης των ετησίων βροχοπτώσεων και λόγω της κακής διαχείρισης του νερού από τον άνθρωπο.

Επίσης ένα ακόμα γεγονός που επιδεινώνει την παρούσα κατάσταση είναι και η ανισοκατανομή των ετησίων βροχοπτώσεων όπου εξαιτίας της έλλειψης των κατάλληλων έργων συλλογής των νερών της βροχής, το νερό αυτό χάνεται χωρίς να αξιοποιείται. Ήδη στην χώρα μας έχει παρατηρηθεί μείωση των ετήσιων βροχοπτώσεων κατά 3% τα τελευταία έτη και αν δεν ληφθούν δραστικά μέτρα, οι επιπτώσεις θα είναι πολύ σοβαρές όπως ερημοποίηση (μετατροπή γόνιμων εκτάσεων σε ερήμους), φαινόμενο του θερμοκηπίου, κλπ.

Οι μόνες λύσεις προτού τα προβλήματα αυτά επιδεινωθούν, είναι η σωστή διαχείριση του νερού χρησιμοποιώντας το εκεί που πρέπει και στις ποσότητες που πρέπει, η κατασκευή των ανάλογων έργων αποταμίευσης – ορθολογικής διαχείρισης των ομβρίων υδάτων, η ασφαλάτωση του θαλασσινού νερού (μια διαδικασία με αρκετά υψηλό κόστος), καθώς και η χρήση των υγρών αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων (αφού υποστούν κάποιο απαιτούμενο βαθμό επεξεργασίας), σε διάφορες χρήσεις που μπορούν να εφαρμοστούν (κατά κύριο λόγο στη γεωργία). Ήδη στις περισσότερο ανεπτυγμένες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης βρίσκονται σε εξέλιξη διαχειριστικά σχέδια σχετικά με τις υδρολογικές λεκάνες και τους υδροφόρους ορίζοντες κάθε χώρας που έχουν πρωτεύον μέλημα την ορθολογική διαχείριση των υδάτων στα επόμενα χρόνια. Στην χώρα μας τα σχέδια αυτά βρίσκονται ακόμα στα αρχικά στάδια. Με τη σωστή διαχείριση του νερού επιτυγχάνονται τα παρακάτω:

- Μεγαλύτερη οικονομία νερού.
- Η ποσότητα άρδευσης εφαρμόζεται ανάλογα με τις ανάγκες των φυτών.
- Ομοιομορφία στην άρδευση που συνεπάγεται ομοιομορφία στην ανάπτυξη των φυτών.
- Η άρδευση εφαρμόζεται με τους προγραμματιστές κατά τις νυχτερινές ώρες και για το λόγο αυτό οι απώλειες νερού λόγω εξάτμισης είναι σαφώς μικρότερες.
- Μειώνονται οι εργατικές δαπάνες.
- Παρέχεται η δυνατότητα παράλληλα με την άρδευση, να γίνεται και υδρολίπανση των φυτών.

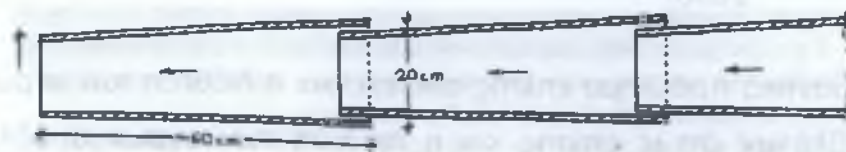
- Υπάρχει η δυνατότητα φύτευσης και ανάπτυξης φυτικού υλικού σε δύσκολα σημεία όπως διάφορα πράνη κλπ. (Καλομενίδης Π. 2008).

Σημαντικό πρόβλημα επίσης αποτελεί και η διάθεση των υγρών αστικών αποβλήτων όπως επίσης και η διάθεση των υγρών αποβλήτων από βιομηχανίες παραγωγής και μεταποίησης αγροτικών προϊόντων. Η λάθος διάθεση των αποβλήτων αυτών, είτε λόγω της έλλειψης των βιολογικών καθαρισμών είτε λόγω της λάθος χρήσης τους, συνέβαλε σε μεγάλο βαθμό στην ρύπανση των υδάτινων αποδεκτών (θάλασσες, ποταμοί, λίμνες, υπόγεια νερά), που είχε ως αποτελέσματα την υποβάθμιση των οικοσυστημάτων, την αχρήστευση αρκετών πηγών νερού, τη διάδοση ασθενειών, και τη δημιουργία δυσάρεστων συνθηκών για όσους ανθρώπους ζουν κοντά σε μολυσμένους υδάτινους αποδέκτες.

Εξαιτίας της αναγκαιότητας να μειωθούν οι παραπάνω δυσμενείς συνθήκες, αλλά και στην εκμετάλλευση μιας επιπλέον πηγής νερού ειδικά σε ξηρές περιοχές του πλανήτη όπως είναι η Αφρική, η Ασία και η Νότια Ευρώπη (ΕΥΔΑΠ 2007), καταλήγουμε στην λογική της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων έστω και αν αυτή η λογική απαιτεί μεγάλο οικονομικό κόστος, διότι φαντάζει η μόνη λύση στο πρόβλημα της εύρεσης επιπλέον πηγών νερού. Ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του '80 δόθηκε παγκοσμίως μεγάλη έμφαση στο θέμα της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων.

Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων ή μη υγρών αποβλήτων είναι μια πρακτική που έχει εφαρμοστεί από τους αρχαίους ακόμα χρόνους στον Μινωικό πολιτισμό και στην Μεσοποταμία από τον πολιτισμό των Σουμέριων. Για το σκοπό αυτό είχε κατασκευαστεί σύστημα αποχετεύσεως των βρόχινων και των ακάθαρτων υδάτων (λουτρά) στο Μινωικό ανάκτορο της Κνωσού το οποίο απλωνόταν σε έκταση 20.000 τετραγωνικών μέτρων (Μαρκαντωνάτος 1990), ενώ μετέπειτα εφαρμόστηκε για αιώνες στην Κίνα.

Σχήμα 1.1 Ενδεικτική μορφή και διάταξη των πήλινων αγωγών αποχετεύσεως του Μινωικού ανακτόρου της Κνωσσοῦ.



Συστηματική χρήση των υγρών αποβλήτων έγινε για πρώτη φορά στην ιστορία σε αγροκτήματα της Γερμανίας (16^{ος} αιώνας) και μετέπειτα σε αγροκτήματα της Αγγλίας (19^{ος} αιώνας). Ωστόσο μόνο τα τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει να θεσπίζονται κριτήρια για την ασφαλή χρησιμοποίησή τους. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ενδεικτικές τιμές συγκέντρωσης ορισμένων στοιχείων στα ανεπεξέργαστα υγρά αστικά απόβλητα.

	Ισχυρή	Μεσαία	Φτωχή
Σύνολο στερεών	1200	700	350
Διαλυμένα στερεά (TDS) ¹	850	500	250
Αιωρούμενα στερεά	350	200	100
Αζωτο (ως N)	85	40	20
Φώσφορος (ως P)	20	10	6
Χλώριο	100	50	30
Αλκαλικότητα (ως CaCO ₃)	200	100	50
Λίπη	150	100	50
BOD ₅	300	200	100

Πίνακας 1.1.2: Ενδεικτικές τιμές συγκέντρωσης ορισμένων στοιχείων στα υγρά αστικά απόβλητα (mg/l).

Το BOD₅ είναι το βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο σε θερμοκρασία 20 ° C πάνω από 5 ημέρες και είναι ένας τρόπος μέτρησης της βιοαποδομήσιμης οργανικής ύλης στα λύματα.

Πηγή: M.B. Pescod 1992

Σήμερα η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς στην Ευρώπη. Οι σημαντικότερες εφαρμογές είναι η άρδευση των καλλιεργειών, διαφόρων γηπέδων, καθώς και η άρδευση των δημόσιων χώρων. Στη χώρα μας εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων άρχισαν να κατασκευάζονται εδώ και λίγα χρόνια και κατά κύριο λόγο στα μεγάλα

αστικά κέντρα. Κατά την επεξεργασία και την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων θα πρέπει να λαμβάνεται οπωσδήποτε υπόψη η προστασία του περιβάλλοντος, η διαφύλαξη της δημόσιας υγείας, καθώς και η επωφελής χρήση τους.

1.2 Παραδείγματα χρήσης στο εξωτερικό - Περιπτώσεις άρδευσης δημοσίων χώρων

Η άρδευση των καλλιεργειών με νερά από επεξεργασμένα αστικά απόβλητα είναι μια τακτική η οποία έχει αρχίσει να εφαρμόζεται εδώ και κάποια χρόνια σε διάφορες χώρες του εξωτερικού, ιδιαίτερα στις περισσότερο ανεπτυγμένες και σε όσες αντιμετωπίζουν πρόβλημα με την ποσότητα του διαθέσιμου νερού. Με την χρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην άρδευση των φυτών, εξοικονομούνται μεγάλες ποσότητες φρέσκου νερού και χημικών λιπασμάτων (λόγω του ότι τα υγρά απόβλητα περιέχουν αξιόλογες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά).

Μια περίπτωση χρήσης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην άρδευση είναι η χρήση για την δημιουργία ζωνών πρασίνου και την αποφυγή της ερημοποίησης γόνιμων εδαφών ή βελτίωση ερημικών και υποβαθμισμένων εκτάσεων. Επίσης τα νερά από επεξεργασμένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις αστικές και ημιαστικές περιοχές για την άρδευση χώρων αναψυχής όπως πάρκα, αθλητικοί χώροι, ζώνες πρασίνου δίπλα σε δρόμους, και σε διάφορες άλλες περιπτώσεις.

Στις Η.Π.Α. και ειδικότερα στην περιφέρεια της Καλιφόρνια ήδη από το 1978 έχουν οριστεί κριτήρια για την μικροβιολογική ποιότητα που θα πρέπει να έχουν τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, καθώς και διάφορες οδηγίες για τον επιτρεπόμενο τρόπο άρδευσης ανάλογα με την αρδευόμενη καλλιέργεια. Το 1990 στην περιφέρεια της Καλιφόρνια, το ποσοστό των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων που χρησιμοποιούνταν για άρδευση γεωργικών και αστικών εκτάσεων

υπερβαίνει το 78% της συνολικής ποσότητας των υγρών αποβλήτων. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι ποσότητες των κυριότερων μονάδων επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων σε περιοχές της Καλιφόρνια.

Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων	Ποσότητα επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων m ³ / ημέρα
San Jose Creek WRP	67.101
City of Bakersfield WTP # 2	56.875
Whittier Narrows WRP	53.648
City of Modesto	48.630
Fresno, Clovis μητροπολιτική περιοχή, περιφερειακές εγκαταστάσεις αποχέτευσης	46.284
Romona WRP	32.435
Laguna TP	31.560
Michelson WRP	29.536
City of Bakersfield WTP # 3	26.447
City of Tulare WPCF	21.114
Lancaster WRP	18.539
Νότια Tahoe PUD STP	17.184
Σύνολο	449.355
Επί τοις εκατό των συνολικών	50%

Πίνακας 1.2.1: Τα μεγαλύτερα συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην περιφέρεια της Καλιφόρνια.

Πηγή: B. Pescod 1992

Στις Η.Π.Α. από το 1979 έως το 1992, τα έργα ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων, αυξήθηκαν από 540 σε 1900. Στον πίνακα 1.2.2 παρουσιάζονται τα φυτά που αρδεύονται με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

Εδώδιμες καλλιέργειες		Μη εδώδιμες καλλιέργειες
Μήλα	Σταφύλια	Μηδική
Σπαράγγια	Μαρούλι	Χριστουγεννιάτικα δέντρα
Αβοκάντο	Καλαμπόκι	Τριφύλλι
Κριθάρι	Ροδάκινα	Βαμβάκι
Φασόλια	Πιπεριές	Ευκάλυπτος
Μπρόκολο	Φιστίκια	Καλαμπόκι
Λάχανο	Δαμάσκηνα	Χλοοτάπητας
Κουνουπίδια	Σιτάρι	Δέντρα
Σέλινο		
Εσπεριδοειδή		

Πίνακας 1.2.2: Καλλιέργειες που αρδεύονται με ανακυκλωμένο νερό στην Καλιφόρνια

Πηγή: A. Πανώρας 1999

Επίσης, στις Η.Π.Α. η χρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αποβλήτων στην άρδευση των δημοσίων χώρων είναι μια πρακτική η οποία εφαρμόζεται από την δεκαετία του '80. Στον πίνακα 1.2.3 παρουσιάζονται οι χρήσεις των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων ανάλογα με τον βαθμό επεξεργασίας στην πολιτεία της Καλιφόρνια.

Χρήση των λυμάτων σε δημοσίους χώρους	Δεξαμενές σταθεροποίησης (φυσικά συστήματα) και απολύμανση	Συμβατική δευτεροβάθμια και απολύμανση	Τριτογενή συστήματα και απολύμανση	Σύνολο
Σχολεία, παιδικές χαρές, πάρκα,	0	0	14	9
Γήπεδα (γκολφ, κλπ.)	4	13	32	49
Ανάμικτα, αλλά η άγνωστα είδη του τοπιού (συμπεριλαμβανομένων των οδών, πάρκων, κλπ.)	2	6	16	24
Άρδευση τοπιού (για ψυχαγωγικές δραστηριότητες, κλπ)	0	1	4	5
ΣΥΝΟΛΟ	6	20	66	67'

Πίνακας 1.2.3: Επίπεδα της επεξεργασίας αστικών λυμάτων στην Καλιφόρνια που παρέχονται για την άρδευση δημοσίων εκτάσεων.

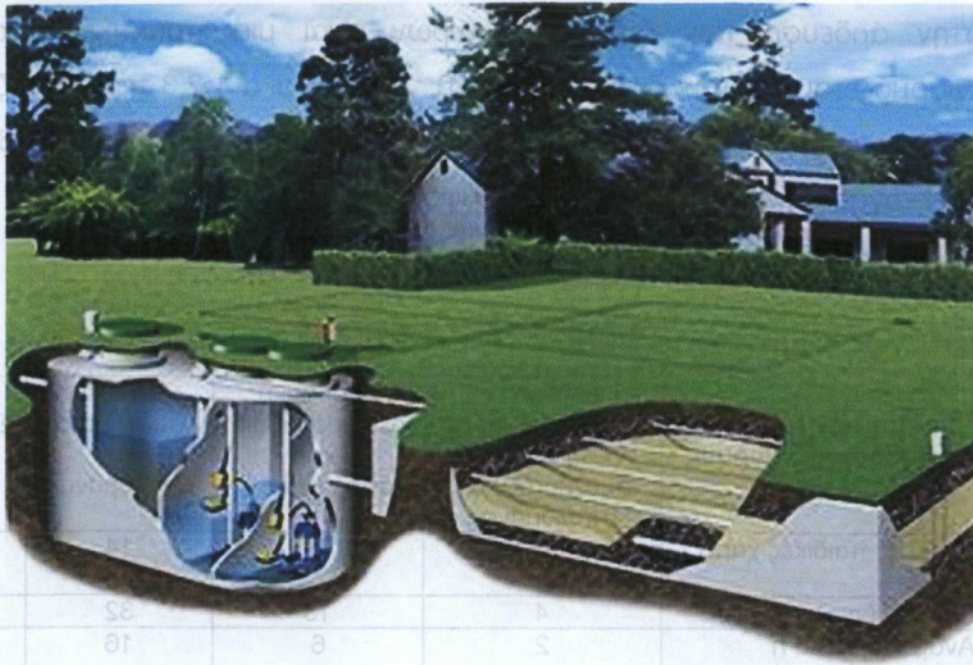
Το σύνολο υπερβαίνει πραγματικό αριθμό των μονάδων επεξεργασίας επειδή ορισμένες εγκαταστάσεις εξυπηρετούν διάφορους τύπους επαναχρησιμοποίησης.

Πηγή: Pescod 1992

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΧΩΡΩΝ ΣΤΙΣ ΗΠΑ



ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΣΤΗΝ ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑ



Στις χώρες της δυτικής Ασίας (Σαουδική Αραβία, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, Ιράκ, Ιορδανία, Συρία, κλπ), η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων αποτελεί πρωτεύον μέλημα για την γεωργία. Ως αποτέλεσμα, έχει πραγματοποιηθεί μεγάλη πρόοδος από τις χώρες της περιοχής αυτής, όσον αφορά την κατασκευή εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων με σκοπούς την εξασφάλιση επιπλέον υδάτινων πηγών, τη μείωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος και τη διατήρηση των υδάτων. Περίπου το 35% του συνολικού όγκου των λυμάτων των παραπάνω χωρών δέχεται κάποια μορφή επεξεργασίας. Ο πίνακας 1.2.4 δείχνει την ποσότητα των επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων σε χώρες της Δυτικής Ασίας.

Χώρα	Νερό αποχέτευσης	Επαναχρησιμοποιούμενο%	Χρήση νερού
Μπαχρέιν	160	19	Δημόσιοι χώροι, γεωργία
Ιράκ	1233*	100	Εφαρμογή στη γεωργία
Ιορδανία	188	100	Εφαρμογή στη γεωργία
Κουβέιτ	260	32	Δημόσιοι χώροι, γεωργία
Ομάν	81	72	Δημόσιοι χώροι, γεωργία
Παλαιστίνη	19	100	
Κατάρ	87	96	Δημόσιοι χώροι, γεωργία
Σαουδική Αραβία	1390	22	Δημόσιοι χώροι, γεωργία
Συρία	940	100	Εφαρμογή στη γεωργία
Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα	320	61	Δημόσιοι χώροι, γεωργία
Υεμένη	98	80	Εφαρμογή στη γεωργία
Σύνολο	3806	57	

Πίνακας 1.2.4: Επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων σε χώρες της δυτικής Ασίας (Οι αναφερόμενες ποσότητες επί 1000 κυβικά μέτρα)

Πηγή: Kanbur (1999) *Σημ. Ιράκ πριν από το 1991

Στο Μεξικό εξαιτίας των περιορισμένων βροχοπτώσεων, η χρήση ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων για άρδευση άρχισε το 1886. Ωστόσο, μόνο μετά το 1945 το Υπουργείο Γεωργίας και Υδάτινων Πόρων έθεσε τους όρους διανομής και χρήσης για άρδευση. Η διαθέσιμη παροχή των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων στο Μεξικό είναι ικανή να αρδεύσει 1.336.000 στρέμματα (Strauss and Blumenthal 1989β). Στην πόλη του Μεξικό, το 90% των υγρών αστικών αποβλήτων χρησιμοποιούνται για άρδευση των καλλιεργειών. Ορισμένες από τις καλλιέργειες που αρδεύονται με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα αυτή τη στιγμή στο Μεξικό είναι: Μηδική, καλαμπόκι, σιτάρι, κριθάρι, βρώμη, φασόλια, ντομάτες, πιπεριές κλπ.

Στο Ισραήλ οι οδηγίες χρήσης των υγρών αποβλήτων συντάχθηκαν και εφαρμόζονται από το 1978 (Israeli Ministri of Health 1978, 1979, 1981). Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων είναι 577 και έχουν ετήσια παραγωγή 260 Mm³ (Shelef and Ozon, 1995). Τα

επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα αποτελούν το 40% του συνόλου του νερού που χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργειών στο Ισραήλ (Πανώρας 2004). Από το παραγόμενο νερό, το 72% χρησιμοποιείται στην άρδευση, ενώ το υπόλοιπο εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς. Η καλλιέργειες στις οποίες διοχετεύεται η μεγαλύτερη ποσότητα των προς άρδευση υγρών αποβλήτων είναι κυρίως το βαμβάκι και ακολουθούν οι δενδρώδεις καλλιέργειες και τα λαχανικά. Το κυρίαρχο σύστημα εφαρμογής των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στον αγρό, αποτελεί η επιφανειακή ή υπόγεια άρδευση με σταγόνες.

Στην Τυνησία η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων για γεωργικούς σκοπούς είναι πρακτική που εφαρμόζεται εδώ και αρκετές δεκαετίες, ενώ σήμερα αποτελεί ένα ολοκληρωμένο τμήμα του σχεδίου αξιοποίησης των εθνικών πόρων νερού αυτής της χώρας. Η ποσότητα των διαθέσιμων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων το έτος 2003, ξεπέρασε τα 215 Mm³, αρδεύοντας 200.000 στρέμματα. Η χρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην Τυνησία γίνεται την άνοιξη και το καλοκαίρι και τα υγρά απόβλητα συνήθως αναμειγνύονται με τα υπόγεια νερά πριν τη χρησιμοποίηση στην άρδευση ελαιώνων, εσπεριδοειδών, βαμβακιού, φυτών που προορίζονται για ζωοτροφές καθώς και φυτών χώρων πρασίνου. Η άρδευση λαχανικών με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα απαγορεύεται. Από το σύνολο των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων, το 95% χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς (Πανώρας 1999).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει κατευθυντήριες γραμμές προς την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων, όπως αναφέρει και στο άρθρο 12 του νόμου 91/271 / ΕΟΚ της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, ότι: «Τα επεξεργασμένα λύματα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται όποτε χρειάζεται». Η υδρολογική μονάδα της ΓΔ XI (περιβάλλον) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής έχει ήδη εκφράσει το ενδιαφέρον της για το θέμα αυτό. Με τη βοήθεια του IPTS, σχεδιάζει την οργάνωση μιας ομάδας Εμπειρογνώμων, με σκοπό να προσφέρει μια κοινή Ευρωπαϊκή λογική για την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων και να εντοπίσει τα κενά των δεδομένων εγκαταστάσεων και των ερευνητικών αναγκών.

Στην Ιταλία η διαδικασία για την εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα έχει ξεκινήσει από το τέλος της δεκαετίας του '80 ακολουθώντας ουσιαστικά το παράδειγμα της πολιτείας της Καλιφόρνιας. Επιπρόσθετα, για υγειονομικούς και προληπτικούς λόγους απαγορεύτηκε η άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα όσων λαχανικών μπορούν να τρώγονται και ωμά.

Το Ηνωμένο Βασίλειο, εν όψει των δυσχερειών που αντιμετωπίζει με την υδροδότηση, βρίσκεται ήδη στην κατεύθυνση της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων.

Στη Γαλλία τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα χρησιμοποιούνται κυρίως στην άρδευση γηπέδων golf και εκτάσεων πρασίνου, καθώς και στην άρδευση ημιβιομηχανικών φυτών υψηλών απαιτήσεων σε νερό όπως είναι το καλαμπόκι. Οι Γαλλικές οδηγίες χρήσης των υγρών αποβλήτων για άρδευση (Ministere Charge de la Sante, 1991) είναι παρόμοιες με εκείνες του Παγκοσμίου Οργανισμού Υγείας (W.H.O., 1989), με τη διαφορά ότι αναφέρουν και μέτρα διαχείρισης των υγρών αποβλήτων όπως για παράδειγμα στην περίπτωση της άρδευσης με καταιονισμό, το ότι ο αρδευόμενος χώρος θα πρέπει να είναι μακριά από κατοικημένες περιοχές, να αρδεύεται κατά προτίμηση τις βραδινές ώρες κλπ. Στη Γαλλία γενικά η χρήση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων στη γεωργία είναι περιορισμένη, καθώς επίσης και η χρήση του χλωρίου ως απολυμαντικού έχει προβληματίσει τους επιστήμονες (Πανώρας 1999).

Στην Κύπρο (όπου αντιμετωπίζει προβλήματα λόγω ανεπαρκών βροχοπτώσεων), η αξιοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς επιτυγχάνει αφενός την κάλυψη των αναγκών σε νερό και αφετέρου την προστασία των ακτών από τα νερά των αποχετευτικών δικτύων. Για το λόγο αυτό νέες σύγχρονες εγκαταστάσεις λειτουργούν στη Λεμεσό, στη Λάρνακα και στην Αγία Νάπα. Οι συνολικές ποσότητες των αποβλήτων υπολογίζονται σε 25 Mm³ ανά έτος. Οι οδηγίες χρήσης για αρδευτικούς σκοπούς, οι οποίες συντάχθηκαν το 1989, είναι αυστηρότερες από αυτές του Παγκοσμίου Οργανισμού Υγείας (W.H.O., 1989) και επιπλέον συμπεριλαμβάνουν και οδηγίες διαχείρισης του νερού.

Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί μια σειρά από σημαντικά έργα, όσον αφορά την επεξεργασία των υγρών αστικών

αποβλήτων. Η ίδια η πολιτεία με νόμο που εξέδωσε το 1997, υποχρεώνει όλους τους δήμους με πληθυσμό άνω των 10.000 να έχουν εφαρμόσει δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων μέχρι το τέλος του 2005.

Όντως, κατά την διάρκεια της περιόδου 1988-2004, έχουν υπάρξει σημαντικές προόδους διότι περισσότερο από το 50% των παραγόμενων λυμάτων της χώρας, υπόκειται σε δευτεροβάθμια ή άλλη ισοδύναμη επεξεργασία. Παρόλα αυτά θα χρειαστεί ακόμα κάποιο διάστημα προκειμένου τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αρδευτικούς σκοπούς. Ειδικότερα στην χώρα μας, τα τελευταία χρόνια αρκετά από τα Ινστιτούτα Γεωργικής Έρευνας εξετάζουν τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων για άρδευση καλλιεργειών στον αγρό όπως βαμβάκι, ζαχαρότευτλα, αραβόσιτος, ή υπό κάλυψη όπως θερμοκηπιακές καλλιέργειες τομάτας κλπ.

Επίσης ένα άλλο θέμα που διερευνάται είναι η δυνατότητα άλλων τρόπων επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων όπως οι δεξαμενές σταθεροποίησης (Paradopoulos et. al. 1995) και η δημιουργία τεχνητών υγροβιότοπων. Κατά το έτος 2002, στην Ελλάδα υπήρχαν ήδη 350 μονάδες επεξεργασίας οι οποίες έχουν την ικανότητα να επεξεργάζονται ποσότητες υγρών αποβλήτων της τάξης του $1,45\text{Mm}^3$ (Πανώρας 2004). Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η χώρα μας βρίσκεται σε μεταβατικό στάδιο όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων, όμως θα αναγκαστεί να την εφαρμόσει συστηματικά στο μέλλον και σύμφωνα πάντα με τις διατάξεις του Υπουργείου ΠΕΧΩΔΕ, όσον αφορά τη λειτουργία των μονάδων επεξεργασίας και την ποιότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων. Παρακάτω παρουσιάζεται χάρτης και πίνακας με τις μονάδες επεξεργασίας των αποβλήτων στην Ελλάδα.



Τοποθεσίες εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα (Πανώρας 1995).

Έτος	Πληθυσμός	Ποσοστό πληθυσμού%	Αριθμός μονάδων επεξεργασίας	Παροχή (Μm ³ /ημέρα)
1993	3.344.000	34	170	1,02
1999	5.755.000	59	270	1,65

Πίνακας 1.2.5: Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

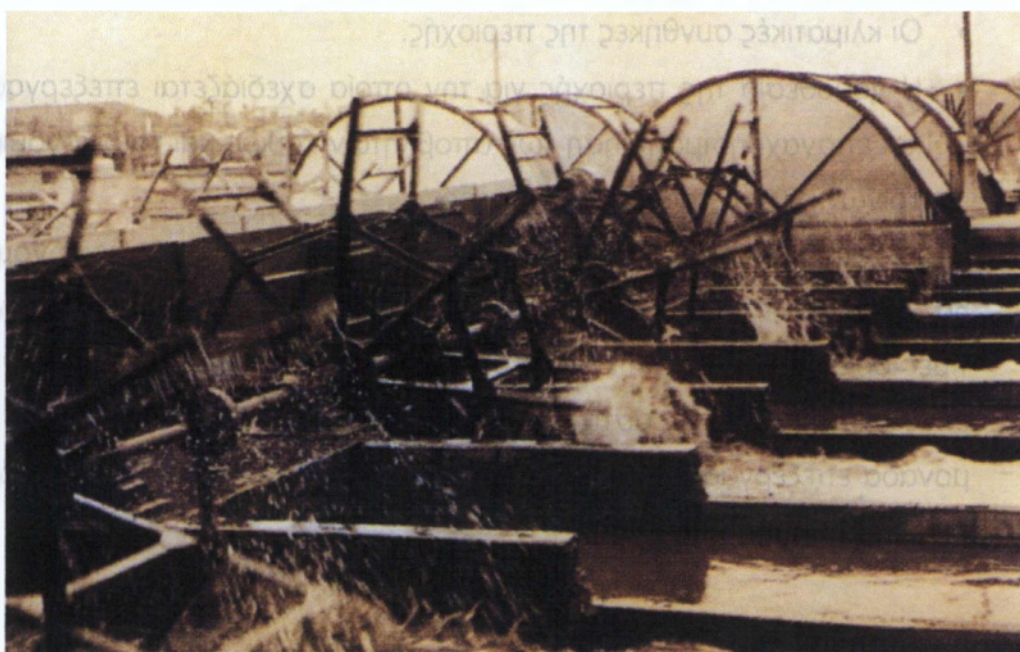
Πηγή: Πανώρας 1999

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

2.1 Γενικά

Τα υγρά αστικά ή βιομηχανικά απόβλητα αφού συλλεχθούν μέσω του δικτύου συλλογής, επιβάλλεται να υποστούν κάποια επεξεργασία πριν τη διάθεσή τους, προκειμένου να αποφευχθούν πιθανοί κίνδυνοι για το περιβάλλον και την υγεία των ανθρώπων. Τα δίκτυα συλλογής διακρίνονται σε «μικτά» (παραδοσιακά) συστήματα όπου τα λύματα διατίθενται μαζί με τα όμβρια ύδατα (βρόχινα), καθώς και σε χωριστικά συστήματα όπου υπάρχουν δύο ανεξάρτητα δίκτυα, το ένα για τα λύματα και το άλλο για τα όμβρια ύδατα. Το δεύτερο σύστημα αν και έχει μεγαλύτερο κόστος, έχει μεγάλη εφαρμογή χάρη στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει στη δημόσια υγεία και στο περιβάλλον (Μαρκαντωνάτος 1990). Στην αρχή των εγκαταστάσεων επεξεργασίας των λυμάτων υπάρχουν ειδικές αντλίες οι οποίες τροφοδοτούν τη μονάδα με τα υγρά απόβλητα. Υπάρχουν διαφόρων τύπων αντλίες. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ένας τύπος εμβυθιζόμενων αντλιών οι οποίες βρίσκονται επάνω σε οριζόντιο άξονα μετάδοσης της κίνησης.



Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που έχουν ως σκοπό τη μείωση του οργανικού φορτίου, των αιωρούμενων στερεών, καθώς και των παθογόνων μικροοργανισμών. Ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας εξαρτάται από τη χρήση που θα έχουν τα υγρά επεξεργασμένα απόβλητα (άρδευση, βιομηχανία, εκβολή σε παραλιακές ζώνες). Μια καλή εγκατάσταση επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι αυτή που παράγει την επιθυμητή ποιότητα νερού, με λογικό κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης.

Προκειμένου να επιλεγεί το κατάλληλο σύστημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων θα πρέπει να λαμβάνονται τα παρακάτω στοιχεία:

- Η διαθεσιμότητα και το κόστος της στη θέση που πρόκειται να εγκατασταθεί η μονάδα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.
- Η διαθεσιμότητα κεφαλαίων για την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση του συστήματος.
- Οι διαθέσιμες πηγές ενέργειας και το κόστος τους.
- Η χρήση για την οποία προορίζονται τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, από την οποία καθορίζεται το είδος και ο βαθμός επεξεργασίας.
- Ο πληθυσμός της κοινότητας από όπου προέρχονται τα απόβλητα και η σχεδιαζόμενη μελλοντική επέκτασή της.
- Οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής.
- Η νομοθεσία της περιοχής για την οποία σχεδιάζεται επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων καθώς και το οικονομικό, κοινωνικό, και μορφωτικό επίπεδο.

Το υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ έχει ορίσει στο άρθρο 16 του νόμου 5673/400/1997 (ΦΕΚ 192Β/14-3-1997) τις ελάχιστες απαιτούμενες τιμές ορισμένων σημαντικών παραμέτρων που θα πρέπει να έχουν τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, μετά την εξοδό τους από τη μονάδα επεξεργασίας. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Παράμετροι	Συγκέντρωση	Ελάχιστη μείωση εκατοστιαία%
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD5)* στους 20 βαθμούς Κελσίου χωρίς νιτροποίηση	25mg/l	70-90%
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)*	125mg/l	75%
	35mg/l	90%
Ολικά αιωρούμενα στερεά		

Πίνακας 2.1: Οι απαιτούμενες τιμές ορισμένων παραμέτρων στα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα βάσει του Υπουργείου ΠΕΧΩΔΕ.

Πηγή: Μιχαλοπούλου Χ. 2004

*Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), είναι η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται για την βιοχημική αποδόμηση των οργανικών ουσιών των λυμάτων από αερόβιους μικροοργανισμούς σε συγκεκριμένες συνθήκες (σκοτάδι, στους 20°C), σε διάστημα 5 ημερών (Μαρκαντωνάτος 1990). Η τιμή αυτή πρέπει να είναι γνωστή επειδή βάση αυτού μετράται η περιεκτικότητα των λυμάτων σε οργανικές ουσίες που είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο και το περιβάλλον γενικά.

*Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), είναι το μέτρο της ποσότητας του οξυγόνου, που παρέχεται από ένα χημικό αντιδραστήριο (οξειδωτικό μέσο), για να διασπάσει όλες τις οργανικές ουσίες βιοαποικοδομήσιμες και μη βιοαποικοδομήσιμες.

Παρακάτω ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των διαφόρων ειδών επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων.

2.2 Συμβατική επεξεργασία

Η συμβατική επεξεργασία περιλαμβάνει φυσικές και βιολογικές διεργασίες με την ταυτόχρονη προσθήκη χημικών ουσιών και ενέργειας, που έχουν ως σκοπό την απομάκρυνση των στερεών και του οργανικού φορτίου των υγρών αποβλήτων. Η επεξεργασία αυτή γίνεται σε τοποθεσίες κοντά στα αστικά κέντρα τα οποία εξυπηρετεί. Οι μονάδες επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων μπορεί να περιλαμβάνουν το σύνολο ή ορισμένα από τα στάδια που αναφέρονται παρακάτω.

2.2.1 Προκαταρκτική επεξεργασία

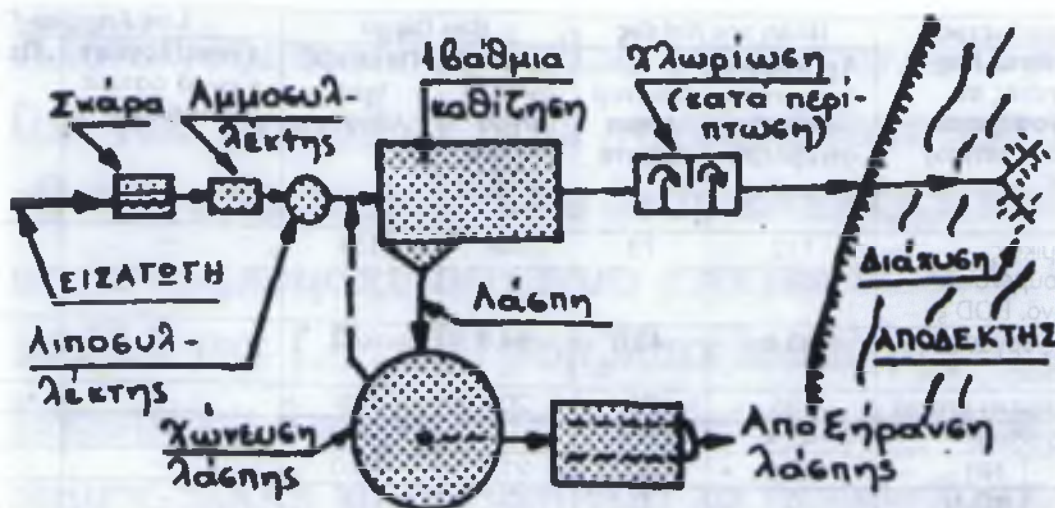
Περιλαμβάνει όλες τις διεργασίες απομάκρυνσης των χονδρόκοκκων αδρανών στερεών και των άλλων υλικών μεγάλου μεγέθους που

βρίσκονται στα υγρά απόβλητα και δεν χρειάζονται περαιτέρω επεξεργασία για την απομακρυσή τους. (κομμάτια ξύλου, κουρέλια, άμμος, λίπη). Με την επεξεργασία αυτήν επίσης μειώνονται σε μικρό βαθμό και τα διάφορα αιωρούμενα υλικά. Είναι απαραίτητη για τη βελτίωση και των υπόλοιπων διεργασιών που θα ακολουθήσουν και περιλαμβάνει με τη σειρά την οποία συμβαίνουν τις εργασίες: α) τη συγκράτηση αντικειμένων μεγάλου όγκου με πλέγματα και χονδρές εσχάρες, β) τη συγκράτηση μικρών αντικειμένων με μικρότερες εσχάρες, γ) τη συγκράτηση της χονδρής άμμου, και δ) την αφαίρεση των επιπλεόντων λιπαρών ουσιών.

2.2.2 Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Στην πρωτοβάθμια επεξεργασία γίνεται απομάκρυνση των καθιζανόντων οργανικών και ανόργανων στερεών με κάποια διαδικασία καθίζησης και επίσης απομακρύνονται τα επιπλέοντα συστατικά με ξάφρισμα των υγρών αποβλήτων. Με την πρωτοβάθμια επεξεργασία απομακρύνονται το 25-50% της αρχικής βιοχημικής απαίτησης οξυγόνου, το 35-50% της χημικής απαίτησης οξυγόνου, το 50-70% των ολικών αιωρούμενων στερεών, το 65% των λιπών και ελαίων, καθώς και μέρος του οργανικού αζώτου, του οργανικού φωσφόρου και των βαρέων μετάλλων.

Η πρωτοβάθμια επεξεργασία γίνεται με δεξαμενές καθίζησης που έχουν σχήμα κυκλικό ή ορθογώνιο, βάθος από 3 έως 5 μέτρα και ο χρόνος παραμονής των υγρών αποβλήτων είναι 2 με 3 ώρες. Τα καθιζάνοντα στερεά στον πυθμένα των δεξαμενών απομακρύνονται με ειδικές ξύστρες και μεταφέρονται με άντληση στις μονάδες επεξεργασίας της λάσπης.



Εικόνα 2.2.2 Πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων

Σε πολλές βιομηχανικές χώρες, η πρωτοβάθμια επεξεργασία είναι το ελάχιστο επίπεδο επεξεργασίας των λυμάτων που απαιτείται για την άρδευση των καλλιεργειών. Είναι δυνατόν να θεωρηθεί επαρκής εφόσον η επεξεργασία λυμάτων χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργειών που δεν καταναλώνονται από τον άνθρωπο ή για την άρδευση οπωρώνων, αμπελώνων, και ορισμένες καλλιέργειες προϊόντων που προορίζονται για μεταποίηση. Ωστόσο, κάποια μορφή δευτεροβάθμιας επεξεργασίας απαιτείται κανονικά σε αυτές τις χώρες, ακόμα και στην περίπτωση της άρδευσης των μη εδώδιμων καλλιεργειών. Στον πίνακα 2.2.2 αναφέρονται οι ποιότητες των υγρών αποβλήτων πριν και μετά την πρωτοβάθμια επεξεργασία σε τρεις πόλεις της Καλιφόρνια.

Παράμετροι ποιότητας (mg / l, εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά)	Πόλη του Ντίεβις		San Diego		Los Angeles County	
	Ανεπεξέργαστα υγρά αστικά απόβλητα	Πρωτοβάθμια λύματα	Ανεπεξέργαστα υγρά αστικά απόβλητα	Πρωτοβάθμια λύματα	Ανεπεξέργαστα υγρά αστικά απόβλητα	Πρωτοβάθμια λύματα
Βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο, BOD ₅	112	73	184	134	--	204
Ολικός οργανικός άνθρακας	63,8	40,6	64,8	52,3	--	--
Αιωρούμενα στερεά	185	72	200	109	--	219
Ολικό άζωτο	43,4	34,7	--	--	--	--
NH _{3-N}	35,6	26,2	21,0	20,0	--	39,5
NO-N	0	0	--	--	--	--
Org-N	7,8	8,5	--	--	--	14,9
Σύνολο φωσφόρου	--	7,5	--	10,2	--	11,2
pH	7,7	--	7,3	7,3	--	--
Κατιόντα:						
Ca	--	--	--	--	78,8	--
Mg	--	--	--	--	25,6	--
Na	--	--	--	--	357	359
K	--	--	--	--	19	19
Ανιόντα:						
SO ₄	--	--	160	--	270	--
Cl	--	--	120	--	397	--
Ηλεκτρική αγωγιμότητα, dS / m	2,52	2,34	--	--	2,19	--
Σύνολο διαλυμένων στερεών	--	--	829	821	1404	1406
Ποσοστό διαλυτού νατρίου, %	--	--	--	--	70,3	--
Ποσοστό προσρόφησης νατρίου%	--	--	--	--	8,85	6,8
Βόριο (B)	--	--	--	--	1,68	1,5
Αλκαλικότητα (CaCO ₃)	--	--	--	--	322	332
Σκληρότητα (CaCO ₃)	--	--	--	--	265	--

Πίνακας 2.2.2: Η ποιότητα των ακατέργαστων αστικών λυμάτων και η ποιότητα σε επιλεγμένα συστήματα πρωτογενούς επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων στην Καλιφόρνια.

Πηγή: M. B. Pescod 1992

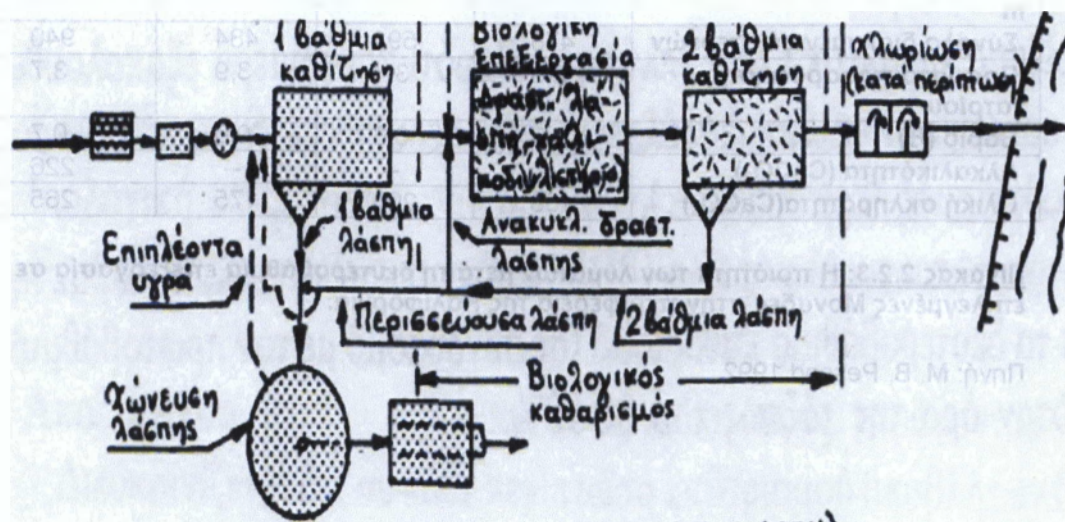
2.2.3 Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία έχει ως σκοπό την περαιτέρω βελτίωση των χαρακτηριστικών του νερού που παραλαμβάνεται από την πρωτοβάθμια επεξεργασία, μειώνοντας ακόμα περισσότερο το οργανικό φορτίο και τα αιωρούμενα στερεά. Σχεδόν πάντοτε η δευτεροβάθμια ακολουθεί την πρωτοβάθμια επεξεργασία και περιλαμβάνει την απομάκρυνση της βιοδιασπώμενης, κolloειδούς και οργανικής ύλης με τη χρήση αερόβιων μικροοργανισμών, κυρίως βακτηρίων τα οποία μεταβολίζουν την οργανική ουσία των υγρών αποβλήτων. Κατά τη διαδικασία αυτή παράγονται ουσίες όπως CO_2 , NH_3 , και H_2O . Στο τέλος αυτής της διαδικασίας οι μικροοργανισμοί απομακρύνονται με δευτεροβάθμια καθίζηση.

Όλες αυτές οι διαδικασίες γίνονται σε ελεγχόμενο περιβάλλον, όπου εισάγεται ενέργεια στο σύστημα με αποτέλεσμα την ταχεία αποικοδόμηση της οργανικής ύλης (διαδικασίες υψηλού ρυθμού). Οι συνηθέστερες υψηλού ρυθμού βιολογικές διαδικασίες είναι αυτές που γίνονται:

- Με την ενεργό ιλύ (παραλλαγή της μεθόδου αυτής αποτελεί και η ενεργός ιλύς με παρατεταμένο αερισμό),
- Με σταλάζοντα φίλτρα ή βιοφίλτρα και
- Με περιστρεφόμενες βιολογικές επιφάνειες.

Στην περίπτωση αποβλήτων με πολύ υψηλό οργανικό φορτίο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν δύο από αυτές τις διαδικασίες στη σειρά. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η διάταξη ενός δευτεροβάθμιου συστήματος επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.



Η δευτεροβάθμια επεξεργασία όταν συνδυάζεται με πρωτοβάθμια επεξεργασία μειώνει κατά 85 έως 90% το οργανικό φορτίο και τα αιωρούμενα στερεά που έχουν στην αρχή τα υγρά απόβλητα καθώς και μέρος των βαρέων μετάλλων. Η περισσότερο αποτελεσματική μέθοδος από τις παραπάνω είναι η διαδικασία της ενεργού ιλύος. Δεδομένα σχετικά με την ποιότητα των λυμάτων από επιλεγμένες δευτεροβάθμιες μονάδες επεξεργασίας στην Καλιφόρνια, παρουσιάζονται στον πίνακα 2.2.3.

Παράμετρος ποιότητας (mg / l, εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά)	Χώρο του εργοστασίου			
	Trickling φίλτρα		Ενεργού ιλύος	
	Chino Basin MWD (Αρ. 1)	Chino Basin MWD (Αρ. 2)	Santa Rosa Laguna	Montecito Sanitary District
Βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο, BOD ₅	21	8	--	11
Χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο COD	--	--	27	--
Αιωρούμενα στερεά	18	26	--	13
Ολικό άζωτο	--	--	--	--
NH _{3-N}	25	11	10	1,4
NO _{3-N}	0,7	19	8	5
Org-N	--	--	1,7	--
Σύνολο φωσφόρου	--	--	12,5	--
pH (μονάδα)	--	--	--	7,6
Κατιόντα:				
Ca	43	55	41	82
Mg	12	18	18	33
Na	83	102	94	--
K	17	20	11	--
Ανιόντα:				
HCO ₃	293	192	165	--
SO ₄	85	143	66	192
Cl	81	90	121	245
Ηλεκτρική αγωγιμότητα dS / m	--	--	--	1,39
Σύνολο διαλυμένων στερεών	476	591	484	940
Ποσοστό προσρόφησης νατρίου	2,9	3,1	3,9	3,7
Βόριο (B)	0,7	0,6	0,6	0,7
Αλκαλικότητα (CaCO ₃)	--	--	--	226
Ολική σκληρότητα(CaCO ₃)	156	200	175	265

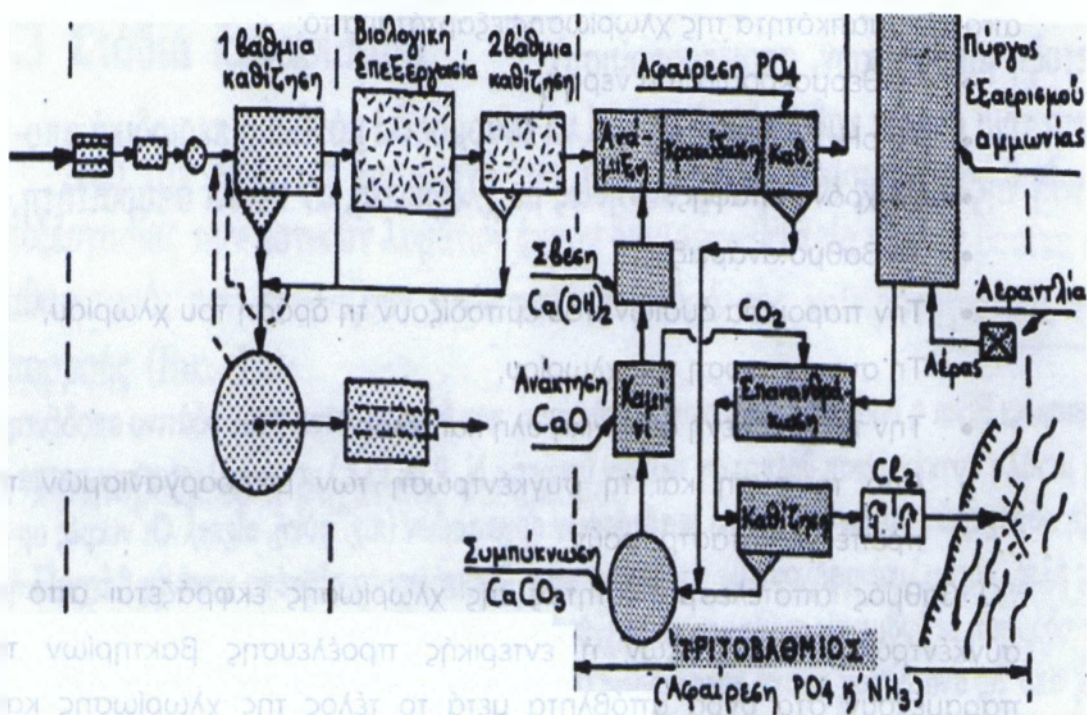
Πίνακας 2.2.3: Η ποιότητα των λυμάτων μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία σε επιλεγμένες Μονάδες στην περιφέρεια της Καλιφόρνια.

Πηγή: M. B. Pescod 1992

2.2.4 Τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία

Η τριτοβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων εφαρμόζεται για την απομάκρυνση των συστατικών που δεν μπορούν να απομακρυνθούν με τις άλλες διαδικασίες επεξεργασίας όπως:

- Άζωτο και φώσφορος,
- Μη διασπώμενες οργανικές ουσίες,
- Απολυμαντικά, απορρυπαντικά, αποσκληρυντικά νερού,
- Βαρέα μέταλλα,
- Διαλυμένα στερεά και περαιτέρω μείωση του οργανικού φορτίου των αιωρούμενων στερεών.



Η τριτοβάθμια επεξεργασία γίνεται κυρίως με ταχεία διήθηση σε φίλτρα άμμου όπου απομακρύνονται τα αιωρούμενα στερεά και τα θρεπτικά συστατικά των υγρών αποβλήτων και επίσης μειώνεται η βιοχημική απαίτηση οξυγόνου. Ο σκοπός που απομακρύνονται το άζωτο και ο φώσφορος από τα υγρά απόβλητα είναι για να μειωθούν οι κίνδυνοι ευτροφισμού όταν τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα καταλήγουν σε υδάτινους αποδέκτες, ενώ όταν τα υγρά απόβλητα προορίζονται για άρδευση τα θρεπτικά αυτά στοιχεία είναι πολύ χρήσιμα.

2.2.5 Απολύμανση

Η απολύμανση αποτελεί συνήθως το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και μπορεί να γίνει με έγχυση αέριου χλωρίου, υποχλωριώδους νατρίου ή ασβεστίου, όζοντος, καθώς και με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας ή με ραδιενέργεια .

Αέριο χλώριο: Οι δόσεις του χλωρίου που απαιτούνται για την απολύμανση είναι 5-15 mg/l και ο χρόνος επαφής είναι περίπου 15-30 λεπτά, ενώ σε περιπτώσεις που θέλουμε υψηλή μικροβιακή ποιότητα για ορισμένες χρήσεις (άρδευση κάποιων καλλιεργειών, άρδευση δημοσίων χώρων πρασίνου), ο χρόνος επαφής μπορεί να φθάσει τα 120 min. Η αποτελεσματικότητα της χλωρίωσης εξαρτάται από:

- Τη θερμοκρασία του νερού,
- Το pH,
- Το χρόνο επαφής,
- Το βαθμό ανάμειξης,
- Την παρουσία ουσιών που εμποδίζουν τη δράση του χλωρίου,
- Τη συγκέντρωση του χλωρίου,
- Την περιεχόμενη οργανική ύλη και τέλος
- Από τη φύση και τη συγκέντρωση των μικροοργανισμών που πρέπει να καταστραφούν.

Ο βαθμός αποτελεσματικότητας της χλωρίωσης εκφράζεται από την συγκέντρωση των ολικών ή εντερικής προέλευσης βακτηρίων που παραμένουν στα υγρά απόβλητα μετά το τέλος της χλωρίωσης και η συγκέντρωση αυτή εκφράζεται με τον αριθμό τους ανά 100ml. Η συγκέντρωση του υπολειμματικού χλωρίου στα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα που θα χρησιμοποιηθούν για άρδευση με καταιονισμό πρέπει να είναι μικρότερη από **0,5 mg/l** για να μην δημιουργηθούν εγκαύματα στα φύλλα των φυτών. **Είναι εξαιρετικά δύσκολο και δαπανηρό να επιτευχθεί υψηλό ομοιόμορφο και προβλέψιμο επίπεδο απολύμανσης των υγρών αποβλήτων.** Σε γενικές γραμμές η χλωρίωση είναι αρκετά αποτελεσματική στα βακτήρια, λιγότερο στους ιούς και ακόμα λιγότερο στα παράσιτα, ενώ τα αυγά των ελμίνθων παραμένουν ανέπαφα.

Υποχλωριώδες νάτριο ή ασβέστιο: Κατά τη χρήση του απαιτείται να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στον τρόπο διαχείρισης και στον εξοπλισμό των εγκαταστάσεων, λόγω του οι ενώσεις αυτές έχουν περιορισμένο χρόνο δράσης και είναι ιδιαίτερα διαβρωτικές. Το κόστος κατασκευής αυτών των εγκαταστάσεων είναι μικρότερο από εκείνο του χλωρίου αλλά το κόστος λειτουργίας τους μεγαλύτερο.

Οζόνωση: Με την τεχνική αυτή εξασφαλίζεται ικανοποιητική απολύμανση από ιούς και βακτήρια με την προϋπόθεση η δόση έγχυσης να είναι τόση ώστε να εξασφαλίζεται συνεχώς ποσότητα υπολειματικού O_3 της τάξης του **0,2-0,5 mg/l**. Για αυτό προτείνονται δόσεις 6-17mg/l και χρόνοι επαφής 10- 25 min ανάλογα την περίπτωση.

Ηλιακή ακτινοβολία: Η μικροβιοκτόνος δράση της οφείλεται στην καταστροφική δράση που ασκεί η υπεριώδης ακτινοβολία στο RNA και το DNA των κυττάρων με αποτέλεσμα τη στείρωση των μικροοργανισμών (Snider et al.1991). Η υπεριώδης ακτινοβολία έχει μικροβιοκτόνο δράση στην περιοχή εκείνη που έχει μήκος κύματος $\lambda=265$ nm. Ως πηγές ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται συνήθως λαμπτήρες χαμηλής πίεσης Hg που εκπέμπουν περισσότερο από 85% της ακτινοβολίας του σε μήκος κύματος $\lambda=253,7$ nm. Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά αποτελεσματική στον καθαρισμό μικρών ποσοτήτων νερού, ενώ αντίθετα σε μεγάλες ποσότητες ακάθαρτων λυμάτων, η ακτινοβολία αυτή απορροφάται κατά κύριο λόγο από τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια. Για το λόγο αυτό, αν και η υπεριώδης ακτινοβολία έχει δοκιμαστεί με επιτυχία σε αρκετές εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, η εφαρμογή της στην πράξη είναι περιορισμένη.

Απολύμανση με ραδιενέργεια: Η απολύμανση του νερού(αποστείρωση) με αυτή τη μέθοδο, γίνεται με τη ραδιενέργεια που εκπέμπεται υπό μορφή σωματιδίων (α -ακτινοβολία, πυρήνων ηλίου, β -ακτινοβολία ηλεκτρονίων) ή σαν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία οι οποίες έχουν μικροβιοκτόνο δράση.

2.2.6 Αποθήκευση

Η αποθήκευση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων αν και δεν θεωρείται στάδιο επεξεργασίας, αποτελεί σημαντικό ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και της χρήσης τους για αρδευτικούς σκοπούς. Η αποθήκευση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι σημαντική για τους παρακάτω λόγους:

- Επιτυγχάνεται εξισορρόπηση της διακύμανσης της ροής κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ υπάρχει η δυνατότητα της αποθήκευσης του νερού όταν η ζήτηση είναι μειωμένη, όπως την περίοδο του χειμώνα.
- Ικανοποιούνται οι ανάγκες για άρδευση κατά την περίοδο αιχμής, όταν η ζήτηση ξεπερνά την παραγόμενη παροχή αποβλήτων από τη μονάδα επεξεργασίας.
- Μειώνονται τα προβλήματα από δυσλειτουργίες της μονάδας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και από πιθανές αδυναμίες να χρησιμοποιηθεί το νερό για άρδευση (όπως η βλάβη δικτύου).
- Πραγματοποιείται μια επιπλέον επεξεργασία των υγρών αποβλήτων καθώς κατά το χρόνο αποθήκευσης τους μειώνεται η βιοχημική απαίτηση οξυγόνου (BOD₅), τα αιωρούμενα συστατικά, το άζωτο και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί.

2.3 Φυσικά συστήματα

Τα φυσικά βιολογικά συστήματα είναι μία εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων με σπουδαία πλεονεκτήματα το χαμηλότερο κόστος κατασκευής και λειτουργίας καθώς και την απλή λειτουργία και συντήρηση σε σχέση με τις συμβατικές εγκαταστάσεις εκμεταλλευόμενα τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που γίνονται στο φυσικό περιβάλλον με χαμηλούς ρυθμούς. Οι διεργασίες αυτές γίνονται την ίδια στιγμή και με αργούς ρυθμούς, σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα όπου γίνονται διαδοχικά, σε διαφορετικούς αντιδραστήρες ή δεξαμενές αλλά με ταχείς ρυθμούς, λόγω της εισρέουσας σε αυτά ενέργειας. Το μειονέκτημα των φυσικών συστημάτων

επεξεργασίας είναι η απαίτηση μεγαλύτερων εκτάσεων γης, όμως επιτυγχάνουν πιο αποτελεσματική απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών και η λειτουργία τους είναι απλή και αξιόπιστη, όταν είναι σωστά σχεδιασμένα και δεν υπερφορτώνονται.

Τα φυσικά βιολογικά συστήματα περιλαμβάνουν:

- Τις δεξαμενές σταθεροποίησης,
- Τα συστήματα εφαρμογής των υγρών αποβλήτων στο έδαφος και
- Τα συστήματα φυτικών στρώσεων τα οποία έχουν τεθεί σε εφαρμογή πρόσφατα.

Σε όλα τα φυσικά συστήματα, κατά κύριο λόγο όμως στα δύο τελευταία, πριν τα απόβλητα εισαχθούν σε αυτά, απαιτείται κάποια προεπεξεργασία, για να απομακρυνθούν τα στερεά που μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής του νερού. Η ελάχιστη προεπεξεργασία που συνίσταται είναι η εσχάρωση, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις συνίσταται και πρωτοβάθμια καθίζηση.

• Δεξαμενές σταθεροποίησης

Οι δεξαμενές σταθεροποίησης οι οποίες διακρίνονται σε αναερόβιες, επαμφοτερίζουσες, αερόβιες, αεριζόμενες και ωρίμανσης, θεωρούνται ως η πλέον κατάλληλη λύση για την επεξεργασία των υγρών αστικών αποβλήτων, όταν αυτά πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για αρδευτικούς σκοπούς. Η λειτουργία τους στηρίζεται στη συνδυασμένη δράση του ηλιακού φωτός, των βακτηρίων και των φυκιών. Οι χρόνοι παραμονής των αποβλήτων στις δεξαμενές κυμαίνεται από 20 έως 30 ημέρες ή και περισσότερο. Τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από αργό ρυθμό επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και επίσης, δεν επιτυγχάνουν σαφή διαχωρισμό των μικροοργανισμών από την υγρή φάση με αποτέλεσμα η ποιότητα του επεξεργασμένου νερού, να είναι χειρότερη από εκείνη των συμβατικών συστημάτων επεξεργασίας.

- Επεξεργασία με εφαρμογή στο έδαφος

Η επεξεργασία αυτή γίνεται με διάφορους τρόπους εφαρμογής των υγρών αποβλήτων στο έδαφος όπως με: α) βραδεία εφαρμογή, β) ταχεία εφαρμογή ή διήθηση και γ) επιφανειακή ροή. Στην περίπτωση που υπάρχει απαίτηση για υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων, μπορεί να γίνει συνδυασμός των παραπάνω τρόπων.

- Απορροφητικά εδαφικά συστήματα

Τα συστήματα αυτά επεξεργάζονται μικρές ποσότητες υγρών αποβλήτων ανά ημέρα (μικρότερες από 200 κυβικά την ημέρα) και διακρίνονται σε τυπικά και εναλλακτικά. Τα τυπικά εδαφικά συστήματα αποτελούνται από τάφρους οξείδωσης (συνήθως τρεις), τοποθετημένες στη σειρά που έχουν πληρωθεί με διάφορα χονδρόκοκκα υλικά όπως είναι τα χαλίκια και στην αρχή των τάφρων κατασκευάζεται σιπτική δεξαμενή. Ο καθαρισμός των λυμάτων επιτυγχάνεται μέσω των διεργασιών που εκτελούνται από φύκη, ζωοπλαγκτόν, βακτήρια, και υδρόβια φυτά που αναπτύσσονται στις δεξαμενές. Στην περίπτωση στην οποία οι τάφροι δεν έχουν ικανοποιητική λειτουργία, τότε κατασκευάζονται τα εναλλακτικά συστήματα τα οποία διακρίνονται σε συστήματα αναχωμάτων, βαθμονομημένα κλπ. (Πανώρας 1999). Τα απορροφητικά εδαφικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων από οικίες και μικρές κοινότητες. Στην εικόνα 2.3.1 παρουσιάζεται μία τέτοια τάφος οξείδωσης.



Εικόνα 2.3.1: Τάφος οξείδωσης

- Συστήματα φυτικών στρώσεων

Τα συστήματα των φυτικών στρώσεων αποτελούν μια παραλλαγή της μεθόδου επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων με εφαρμογή στο έδαφος. Τα φυτά αναπτύσσονται απευθείας πάνω σε αδιαπέρατη επιφάνεια, όπου εφαρμόζεται συνεχώς ένα μικρό φορτίο αποβλήτων. Η παραγωγή ριζών στο αδιαπέρατο υλικό είναι μεγάλη με αποτέλεσμα την προσρόφηση και την συσσώρευση σωματιδίων τα οποία απομακρύνονται από τα απόβλητα. Με την ανάπτυξη των φυτών επιτυγχάνεται απομάκρυνση θρεπτικών συστατικών και νερού από τα υγρά απόβλητα, ενώ παράλληλα παρεμποδίζεται η ανάπτυξη φυκιών λόγω σκίασης και επιπλέον, η μάζα των ριζών δρα ως ζωντανό φίλτρο.

- Συστήματα τεχνητών υγροτόπων

Η μέθοδος των τεχνητών υγροτόπων είναι μια μέθοδος επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων η οποία έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται πρόσφατα και στην οποία χρησιμοποιούνται φυτά που αναφύονται όπως καλάμια, βούρλα και ψαθί. Η χορήγηση των υγρών αποβλήτων μπορεί να είναι επιφανειακή (υγρότοποι ελεύθερης επιφάνειας), ή υπόγεια (υγρότοποι υποεπιφανειακής ροής).

Οι υγρότοποι ελεύθερης επιφάνειας αποτελούνται από λεκάνες, κανάλια ή τάφρους που βρίσκονται παράλληλα και ο πυθμένας τους είναι αδιαπέρατος. Το βάθος του νερού σε αυτή την περίπτωση είναι μικρό. Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων επιτυγχάνεται με τη ροή τους δια μέσου του υποστρώματος, καθώς και διαμέσου των ριζωμάτων και των στελεχών της υπάρχουσας βλάστησης.

Στους υγροτόπους υποεπιφανειακής ροής η στάθμη του νερού βρίσκεται κάτω ακριβώς από την επιφάνεια του εδάφους ή του χρησιμοποιούμενου μέσου στήριξης των φυτών. Επιτυγχάνονται ανάλογα επίπεδα απομάκρυνσης με τους υγροτόπους ελεύθερης επιφάνειας με το πλεονέκτημα ότι τα προβλήματα όσον αφορά την ανάπτυξη κουνουπιών και δυσάρεστων οσμών, είναι αρκετά μικρότερα. Στην εικόνα 2.3.2 παρουσιάζεται ένα σύστημα αυτού του είδους.



Εικόνα 2.3.2: Τεχνητός υγρότοπος

- Συστήματα επιπλεόντων υδροχαρών φυτών

Τα συστήματα αυτά, διαφέρουν από τους υγροτόπους ελεύθερης επιφάνειας, στο ότι τα φυτά που χρησιμοποιούνται είναι είδη τα οποία επιπλέουν στο νερό όπως είναι ο υάκινθος του νερού και διάφορα είδη της οικογένειας Lemnaceae. Το βάθος του νερού κυμαίνεται από 0,5 έως 1,8 m και επιπλέον εφαρμόζεται συμπληρωματικός αερισμός για την επίτευξη της αύξησης της ικανότητας επεξεργασίας και για το βιολογικό έλεγχο της ανάπτυξης κουνουπιών (Πανώρας 1999).

2.4 Συγκρίσεις των συστημάτων επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων

Προκειμένου να επιλεγεί το κατάλληλο σύστημα επεξεργασίας, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη η επιβάρυνση του περιβάλλοντος, η ασφαλέστερη χρήση των αποβλήτων, καθώς και η οικονομικότητα του συστήματος κατά την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίησή τους. Στον πίνακα 2.4 αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων συστημάτων επεξεργασίας.

Κριτήρια	Ενεργός ιλύς	Ενεργός ιλύς παρατεταμένου αερισμού	Βιόφιλτρα	Εδαφικά συστήματα	Δεξαμενές σταθεροποίησης	Φυτικές στρώσεις
Απομάκρυνση BOD	I	I	I	ΠΚ	ΠΚ	I
Απομάκρυνση κολοβακτηριδίων	Κ	I	Κ	ΠΚ	ΠΚ	Κ
Απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων	ΠΚ	ΠΚ	ΠΚ	I	I	I
Ελμινθικής απομάκρυνση	I	Κ	Κ	I	ΠΚ	Κ
Απομάκρυνση ιών	I	Κ	Κ	ΠΚ	ΠΚ	Κ
Απλή και φθηνή κατασκευή	Κ	Κ	Κ	I	ΠΚ	Κ
Απλή λειτουργία	Κ	Κ	I	Κ	ΠΚ	Κ
Απαιτήση γης	ΠΚ	ΠΚ	ΠΚ	I	Κ	ΠΚ
Το κόστος συντήρησης	Κ	Κ	I	Κ	ΠΚ	Κ
Ενεργειακή ζήτηση	Κ	Κ	I	Κ	ΠΚ	Κ
Έξοδα Απομάκρυνσης λάσπης	I	I	I	I	ΠΚ	Κ

Πίνακας 2.4: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων συστημάτων επεξεργασίας των λυμάτων (συμβατικά δευτεροβάθμια συστήματα και φυσικά συστήματα επεξεργασίας).

ΠΚ: Πολύ καλή, I: Ικανοποιητική, Κ: Κακή.

Πηγή: M. B. Pescod 1992

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ

3.1 Ποιοτικά και μικροβιολογικά κριτήρια

Προκειμένου τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην άρδευση των δημόσιων χώρων θα πρέπει κατά κύριο λόγο να απομακρυνθούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και δευτερευόντως να μειωθούν τα αιωρούμενα στερεά και το οργανικό φορτίο.

Όταν τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα χρησιμοποιούνται για αρδευτικούς σκοπούς, επιβάλλεται η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απομάκρυνση των ελμίνθων, η μείωση σε μεγάλο βαθμό των ιών και των βακτηρίων, καθώς επίσης και η εξάλειψη των ενοχλητικών οσμών. Ορισμένοι από αυτούς τους παθογόνους οργανισμούς όμως, έχουν την ικανότητα κάτω από ορισμένες συνθήκες, να επιζήσουν στο περιβάλλον για μεγάλες χρονικές περιόδους. Στους πίνακες 3.1.1 και 3.2.2 παρουσιάζονται οι πιθανές συγκεντρώσεις ορισμένων παθογόνων μικροοργανισμών καθώς και ο χρόνος επιβίωσής τους.

Κατηγορία παθογόνου		Πιθανή συγκέντρωση ανά λίτρο λυμάτων στις δημοτικές αποχετεύσεις
Ιοί:	Enteroviruses	5000
Βακτηρία:	Κολοβακτηρίδια	1
	Salmonella spp.	7000
	Shigella spp.	7000
	Vibrio cholerae	1000
Πρωτόζωα:	Entamoeba histolytica	4500
Έλμινθες	Ascaris Lumbricoides	600
	Hookworms	32
	Schistosoma mansoni	1
	Taenia saginata	10
	Trichuris trichiura	120

Πίνακας 3.1.1: ΠΙΘΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΑ ΛΥΜΑΤΑ

Πηγή: Pescod 1992

Τύπος παθογόνου	Χρόνος επιβίωσης σε ημέρες			
	Στα κόπρανα, και στην ιλύ	Σε γλυκό νερό και τα λύματα	Στο χώμα	Στις καλλιέργειες
Ιοί				
<i>Enteroviruses</i>	<100 (<20)	<120 (<50)	<100 (<20)	<60 (<15) *
Βακτήρια				
Κολοβακτηρίδια	<90 (<50)	<60 (<30)	<70 (<20)	<30 (<15)
<i>Salmonella</i> spp.	<60 (<30)	<60 (<30)	<70 (<20)	<30 (<15)
<i>Shigella</i> spp.	<30 (<10)	<30 (<10)	—	<10 (<5)
<i>Vibrio cholerae</i>	<30 (<5)	<30 (<10)	<20 (<10)	<5 (<2)
Πρωτόζωα	<30 (<15)	<30 (<15)	<20 (<10)	<10 (<2)
Έλμινθες	Πολλές	Πολλές	Πολλές	<60 (<30)

Πίνακας 3.1.2: ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ (20-30 ° C)

* Τα στοιχεία εντός παρενθέσεων δείχνουν τον συνήθη χρόνο επιβίωσης.

Πηγή: Pescod 1992

Σε γενικές γραμμές, η αποτελεσματική μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών των υγρών αποβλήτων, προκειμένου αυτά να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην άρδευση, επιτυγχάνεται μετά από την εφαρμογή **δευτεροβάθμιας ή τριτοβάθμιας επεξεργασίας** και κάποια **χλωρίωση** (με την τριτοβάθμια επεξεργασία απομακρύνονται πολύτιμα θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά). Για το λόγο αυτό, οι διάφοροι υγειονομικοί οργανισμοί έχουν θεσπίσει κάποια ανώτατα όρια συγκέντρωσης ορισμένων παθογόνων προκειμένου τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αρδευτικούς σκοπούς χωρίς να υπάρχουν υγειονομικοί κινδύνοι.

Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου μπορούν να γίνουν δεκτά νερά με μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παθογόνων μικροοργανισμών από τις επιτρεπόμενες, εφόσον εφαρμόζονται παράλληλα και μέτρα προστασίας της υγείας ή να βελτιώνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους με την ανάμιξή τους με άλλα νερά, με την μακροχρόνια αποθήκευσή τους, κλπ.

Η αποτελεσματικότητα των συμβατικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας όσον αφορά την μείωση του μικροβιακού φορτίου, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι:

- α) Το οργανικό και μικροβιολογικό φορτίο πριν την διοχέτευσή τους στο σύστημα,
- β) Ο σχεδιασμός και η φόρτιση της εγκατάστασης,
- γ) Η αποτελεσματικότητα της εγκατάστασης,
- δ) Οι χρόνοι παραμονής στα διάφορα στάδια της επεξεργασίας,
- ε) Οι κλιματολογικές συνθήκες, κλπ.

Επίσης, η απολύμανση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων είναι απαραίτητη προκειμένου τα νερά αυτά να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αρδευτικούς σκοπούς, όμως θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη και τα όσα δυσμενή αποτελέσματα μπορεί να προκαλέσει στα φυτά η χρήση των επεξεργασμένων (λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε χλώριο, κλπ.) και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα ή να αναζητηθεί κάποια μέθοδος λιγότερο επιβλαβής.

Από **χημικής πλευράς**, τα ακατέργαστα υγρά αστικά απόβλητα αποτελούνται κατά **99,9% από νερό** και το υπόλοιπο ποσοστό αποτελείται από αιωρούμενα και διαλυτά οργανικά και ανόργανα στερεά συστατικά. Τα οργανικά στοιχεία μπορεί να είναι υδρογονάνθρακες, λιγνίτες, λίπη, εστέρες, απορρυπαντικά, πρωτεΐνες, προϊόντα αποσύνθεσης και κάποιες φορές ποικίλα φυσικά και συνθετικά οργανικά και ανόργανα προϊόντα βιοτεχνικής δραστηριότητας.

Σχετικά με τα ανόργανα στοιχεία υπάρχει περίπτωση να περιέχουν **τοξικά στοιχεία** όπως είναι το αρσενικό, το κάδμιο, το χρώμιο, ο υδράργυρος, ο μόλυβδος, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος κλπ. Για το λόγο αυτό, κρίνεται αναγκαίο να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη συγκέντρωση αυτών των στοιχείων, προκειμένου να μην δημιουργούνται προβλήματα στα φυτά και τους ανθρώπους.

Βέβαια, η πυκνότητα των λυμάτων μιας περιοχής σε στερεές ουσίες (οργανικές και ανόργανες), εξαρτάται από τις συνθήκες διαβίωσης και την ημερήσια κατανάλωση νερού κάθε ατόμου (Μαρκαντωνάτος 1990). Σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές, η κατανάλωση νερού είναι περιορισμένη και τα υγρά αστικά απόβλητα έχουν συνήθως μεγάλες συγκεντρώσεις συστατικών (λόγω της μικρής αραιώσης). Επίσης η ποιότητα των λυμάτων όσον αφορά την συγκέντρωση ορισμένων στοιχείων επιβλαβών για τις καλλιέργειες και το περιβάλλον γενικότερα, εξαρτάται από την νοοτροπία

που έχουν οι ίδιοι οι χρήστες των αποχετευτικών δικτύων σχετικά με το πναποθέτουν σε αυτές (για παράδειγμα όταν από απερισκεψία ή σκοπιμότητα επιβαρύνουν το δίκτυο απορρίπτοντας μπαταρίες ή άλλα αντικείμενα που περιέχουν βαρέα μέταλλα). Τα αποτελέσματα στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να είναι αρκετά επιζήμια για το περιβάλλον.

Οι παράμετροι ποιότητας νερού στη γεωργία περιλαμβάνουν μια σειρά από συγκεκριμένες ιδιότητες του νερού που είναι σημαντικές σε σχέση με την απόδοση και την ποιότητα των καλλιεργειών, τη διατήρηση της παραγωγικότητας του εδάφους και την προστασία του περιβάλλοντος. Αυτές οι παράμετροι συνίστανται κυρίως από κάποια φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του νερού.

3.2 Όροι χρήσης - Περιορισμοί στην άρδευση με επεξεργασμένα

Προκειμένου τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα να χρησιμοποιηθούν για άρδευση, θα πρέπει να τηρηθούν κάποιες προϋποθέσεις για να μην παρατηρηθούν δυσμενείς επιπτώσεις στα φυτά, στο αρδευτικό σύστημα, στο έδαφος, στα ζώα και στον άνθρωπο. Πριν από κάθε σχεδιασμό για άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα θα πρέπει να συλλεχθούν πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα και την ποιότητα των αποβλήτων που θα χρησιμοποιηθούν. Το είδος των πληροφοριών καθώς και η απόφαση που παίρνεται για την άρδευση αναφέρονται στον πίνακα 3.2.

Πληροφορίες	Απόφαση που παίρνεται για την άρδευση
<p><u>Ποσότητα αποβλήτων</u></p> <p>Η συνολική ποσότητα αποβλήτων που θα είναι διαθέσιμη κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου.</p> <p>Διαθέσιμη ποσότητα αποβλήτων στη διάρκεια του έτους.</p> <p>Ο ρυθμός της διαθεσιμότητας των αποβλήτων σε $m^3/ημέρα$ ή σε l/sec.</p> <p>Τρόπος διάθεσης αποβλήτων: συνεχής, κατά διαστήματα ή κατόπιν ζήτησης.</p> <p>Τόπος διάθεσης αποβλήτων: Στον αγρό ή σε χώρο αποθήκευσης από όπου θα πρέπει να αντληθούν.</p>	<p>Συνολική έκταση που μπορεί να αρδευτεί.</p> <p>Δυνατότητα αποθήκευσης των αποβλήτων εκτός αρδευτικής περιόδου και πιθανή χρήση τους σε υδροπονία και ιχθυοκαλλιέργεια.</p> <p>Έκταση που μπορεί να αρδευτεί οποιαδήποτε χρονική στιγμή καθώς και διάταξη των αγρών και των συστημάτων διανομής του νερού.</p> <p>Διάταξη συστημάτων διανομής νερού και άρδευσης καθώς και προγραμματισμός των αρδεύσεων.</p> <p>Απαιτήση εγκατάστασης αντλητικών συστημάτων για τη μεταφορά των αποβλήτων.</p>
<p><u>Ποιότητα αποβλήτων</u></p> <p>Συνολική συγκέντρωση αλάτων και ηλεκτρική αγωγιμότητα των αποβλήτων.</p> <p>Συγκεντρώσεις κατιόντων, όπως Ca^{++}, Mg^{++} και Na^{++}.</p> <p>Συγκεντρώσεις τοξικών ιόντων, όπως βαρέων μετάλλων, B και Cl^-.</p> <p>Συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων, ιδιαίτερα αυτών που πιθανώς να είναι φυτοτοξικά.</p> <p>Συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων, ιδιαίτερα νιτρικού αζώτου.</p> <p>Επίπεδο αιωρούμενων στερεών.</p> <p>Επίπεδα νηματωδών σκωλήκων και κολοβακτηριδίων εντερικής προέλευσης.</p>	<p>Επιλογή καλλιεργειών, μεθόδου άρδευσης, βαθμού έκπλυσης αλάτων και άλλων πρακτικών χρήσης του νερού.</p> <p>Εκτίμηση του κινδύνου νατρίωσης και λήψη των ενδεδειγμένων μέτρων.</p> <p>Εκτίμηση του κινδύνου τοξικής δράσης ορισμένων στοιχείων και λήψη των ενδεδειγμένων μέτρων όπως η επιλογή κατάλληλης μεθόδου άρδευσης, κλπ.</p> <p>Εκτίμηση του κινδύνου τοξικής δράσης των ιχνοστοιχείων και λήψη των ενδεδειγμένων μέτρων.</p> <p>Επιλογή κατάλληλης καλλιέργειας και ρύθμιση των δόσεων λίπανσης για αποφυγή υπερβολικής προσθήκης λιπασμάτων.</p> <p>Επιλογή κατάλληλου συστήματος άρδευσης και λήψη μέτρων για αποφυγή εμφράξεων.</p> <p>Επιλογή κατάλληλων καλλιεργειών και συστήματος άρδευσης.</p>

Πίνακας 3.2 Απαιτούμενες πληροφορίες για την ποσότητα και την ποιότητα των υγρών αστικών αποβλήτων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για αρδευτικούς σκοπούς.

Πηγή: M.B. Pescod 1992

3.2.1 Δειγματοληψία

Το Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ με βάση το άρθρο 16 του νόμου 5673/400/1997 (ΦΕΚ 192B/14-3-1997), υποχρεώνει όλους τους σταθμούς επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων να συλλέγουν ανάλογα του μεγέθους τους, έναν ελάχιστο αριθμό δειγμάτων των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων ανά έτος. Η δειγματοληψία εφαρμόζεται στην έξοδο των επεξεργασμένων αποβλήτων, ενώ στην περίπτωση που κρίνεται αναγκαίο, γίνεται δειγματοληψία και στην είσοδο των υγρών αποβλήτων από τη μονάδα επεξεργασίας (Μιχαλοπούλου Χ. 2004). Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας με τον οποίο ορίζεται ο ελάχιστος αριθμός δειγμάτων ανά έτος με βάση το μέγεθος της μονάδας επεξεργασίας.

Αριθμός κατοίκων	Αριθμός δειγμάτων
2.000-9.999	12 δείγματα τον πρώτο χρόνο. 4 δείγματα τα επόμενα χρόνια και εάν κανένα από τα 4 δείγματα δεν είναι ικανοποιητικό, τον επόμενο χρόνο πρέπει να λαμβάνονται 12 δείγματα.
10.000-19.999	12 δείγματα ανά έτος.
Ανω των 50.000	24 δείγματα ανά έτος.

Πηγή: Μιχαλοπούλου Χ. 2004

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η νομοθεσία υποχρεώνει τους σταθμούς επεξεργασίας να λαμβάνουν δείγματα και ανά εικοσιτετράωρο προκειμένου να υπάρχει συνεχής γνώση της ποιότητας των υγρών αποβλήτων.

Όταν τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για *αρδευτικούς σκοπούς*, θα πρέπει τα δείγματα που λαμβάνονται για ποιοτικό έλεγχο να είναι **αντιπροσωπευτικά των υγρών αποβλήτων που θα χρησιμοποιηθούν για άρδευση**. Δεν υπάρχουν αυστηρές προϋποθέσεις για τον τρόπο, τη θέση και το χρόνο λήψης τους. Ωστόσο, ορισμένες οδηγίες για τη διαδικασία δειγματοληψίας οι οποίες αναφέρονται παρακάτω, βοηθούν στην απόκτηση ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος.

Καταρχάς το δοχείο δειγματοληψίας πρέπει να είναι καθαρό και πριν τη συλλογή του δείγματος πρέπει να ξεπλυθεί δύο-τρεις φορές με το νερό από το οποίο θα παρθεί το δείγμα. Στη συνέχεια το δείγμα πρέπει να μεταφερθεί στο εργαστήριο σύντομα και σε ισοθερμικό σκεύος προκειμένου να μην έχουμε μετατροπή ή απώλεια κάποιων μορφών αζώτου, μετατροπή όξινων ανθρακικών αλάτων σε ουδέτερα αδιάλυτα, οξείδωση ή αναγωγή βαρέων μετάλλων κλπ. Ορισμένες αναλύσεις/μετρήσεις όπως η μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου, του υπολειμματικού χλωρίου και της θερμοκρασίας είναι αξιόπιστες μόνο όταν γίνονται ακριβώς μετά τη στιγμή της δειγματοληψίας.

Όταν πραγματοποιούνται αναλύσεις προσδιορισμού του μικροβιακού φορτίου, τα δοχεία δειγματοληψίας θα πρέπει να είναι *αστεριωμένα*, να τοποθετούνται σε ισοθερμικό σκεύος και να μεταφέρονται όσο το δυνατόν πιο σύντομα στο εργαστήριο. Στην περίπτωση που λαμβάνεται δείγμα χλωριωμένων αποβλήτων με σκοπό να βρεθεί το μικροβιακό φορτίο στο σημείο δειγματοληψίας, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ουσίες που σταματούν τη δράση του χλωρίου προκειμένου να γίνει γνωστό το πραγματικό μικροβιακό φορτίο, λόγω του ότι το χλώριο έχει μικροβιοκτόνο δράση.

Όταν πραγματοποιείται γενική χημική ανάλυση, χρησιμοποιούνται γυάλινα ή πλαστικά δοχεία (τα πλαστικά προτιμούνται περισσότερο επειδή κάποιοι τύποι γυάλινων δοχείων εμπλουτίζουν το δείγμα με βόριο). Στην ετικέτα κάθε δείγματος αναγράφονται η ώρα που πάρθηκε το δείγμα, η ημερομηνία, οι καιρικές συνθήκες, η στάθμη και η θερμοκρασία του νερού και όσα στοιχεία κρίνονται απαραίτητα. Ορισμένες αναλύσεις απαιτούν ειδική προετοιμασία δειγμάτων ή διανομή του ίδιου δείγματος σε περισσότερα δοχεία, για αυτό το λόγο θα πρέπει πριν από τη δειγματοληψία να καθοριστεί η διαδικασία που θα ακολουθηθεί και ο απαιτούμενος όγκος του δείγματος. Ένα παράδειγμα αποτελεί ο προσδιορισμός στοιχείων όπως ο χαλκός ο οποίος εξαιτίας του ότι απαιτεί προσθήκη οξέος κατά την δειγματοληψία, θα πρέπει να είναι σε χωριστά δοχεία από τα δείγματα στα οποία θα γίνει προσδιορισμός ανθρακικών, δισανθρακικών, αζώτου και pH.

Για την προστασία από την μετάδοση διαφόρων ασθενειών κατά τη δειγματοληψία και τη διαχείριση των δειγμάτων θα πρέπει να λαμβάνονται οι παρακάτω προφυλάξεις:

- Αποφυγή επαφής των αποβλήτων με γυμνά μέρη του σώματος,
- Καλό πλύσιμο χεριών και προσώπου μετά το πέρας της δειγματοληψίας,
- Καλό κλείσιμο των δοχείων και καθαρισμός της εξωτερικής τους επιφάνειας,
- Φύλαξή τους σε ασφαλές μέρος έως την παράδοσή τους,
- Σήμανση των δοχείων με την ένδειξη ΑΠΟΒΛΗΤΑ προκειμένου το προσωπικό στο εργαστήριο να είναι ενήμερο για την φύση του δείγματος.

Κατά τον σχεδιασμό της χρήσης των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς, απαιτείται *συστηματικό* πρόγραμμα αναλύσεων ορισμένων σημαντικών παραμέτρων (όπως η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το υπολειμματικό χλώριο, ιχνοστοιχεία, κλπ.), προτού τα νερά αυτά χρησιμοποιηθούν για άρδευση.

3.2.2 Χημική ανάλυση

Οι αναλύσεις του νερού που προορίζεται για άρδευση έχουν ως κύριο στόχο την απόκτηση πληροφοριών για τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν στα φυτά, το έδαφος, το σύστημα άρδευσης και τον άνθρωπο. Επίσης με την χημική ανάλυση γίνεται γνωστή η περιεκτικότητα των νερών αυτών σε θρεπτικά στοιχεία χρήσιμα για τα αρδευόμενα φυτά. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητο να επιλέγονται οι πιο κατάλληλες και οικονομικά προσιτές μέθοδοι χημικής ανάλυσης, καθώς και ο απαραίτητος αριθμός δειγμάτων που θα αναλυθούν.

Παράμετροι	Σύμβολο	Μονάδα
Φυσικές		
Σύνολο διαλυμένων στερεών	TDS	mg / l
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	E_{y_w}	dS / m ¹
Θερμοκρασία	T	° C
Χρώμα / Θολερότητα		ΣΔΤ / JTU ²
Σκληρότητα		mg equiv. CaCO ₃ / l
Ιζήματα		g / l
Χημικές		
Οξύτητα / Αλκαλικότητα	pH	
Τύπος και συγκέντρωση των ανιόντων και κατιόντων:		
Ασβέστιο	Ca ⁺⁺	me / l ³
Μαγνήσιο	Mg ⁺⁺	me / l
Νάτριο	Na ⁺	me / l
Ανθρακικό	CO ₃ ⁻	me / l
Δισσάνθρακικά	HCO ₃ ⁻	me / l
Χλώριο	Cl ⁻	me / l
Θειικά ιόντα	SO ₄ ⁻	me / l
Βαθμός προσρόφησης νατρίου	SAR	
Βόριο	B	mg / l ⁴
Ιχνοστοιχεία		mg / l
Βαρέα μέταλλα		mg / l
Νιτρικό άζωτο	NO _{3-N}	mg / l
Φωσφορικά ιόντα	PO _{4-P}	mg / l
Κάλιο	K	mg / l

Πίνακας 3.1.3: παράμετροι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων που προορίζονται για γεωργική χρήση.

¹ dS / m = deciSiemen / μέτρο σε μονάδες SI (αντιστοιχεί σε 1 mmho / cm)

² ΣΔΤ / JTU = Μονάδες νεφελομετρικής θολερότητας / Μονάδες θολερότητας Jackson

³ me / l = Χιλιοστοισοδύναμα ανά λίτρο

⁴ mg / l == χιλιοστόγραμμα ανά λίτρο = μέρη ανά εκατομμύριο (ppm) · επίσης, mg / l ~ x 640 EK και dS / m

Πηγή: M. B. Pescod 1992

Αρκετές φορές, εκτός των γενικών αναλύσεων, χρειάζονται και κάποιες συμπληρωματικές προκειμένου να εκτιμηθεί η καταλληλότητα των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων που προορίζονται για αρδευτικούς σκοπούς. Στις αναλύσεις αυτού του είδους περιλαμβάνονται τα **θρεπτικά στοιχεία**, το **υπολειμματικό χλώριο** και τα **ιχνοστοιχεία**. Η ανάλυση για τα θρεπτικά στοιχεία θα πρέπει να γίνεται τουλάχιστον μία φορά ανά έτος. Από τα θρεπτικά στοιχεία το άζωτο είναι αυτό που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες μεταβολές και επιπλέον, στις χημικές αναλύσεις θα πρέπει να μετρώνται όλες οι μορφές του αζώτου και κατόπιν με βάση διάφορα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη, επικεντρώνεται η προσοχή στις πιο σημαντικές για τα φυτά μορφές αζώτου.

3.2.3 Αξιολόγηση ποιοτικών χαρακτηριστικών

Οι ποιοτικές ταξινομήσεις του αρδευτικού νερού, εξυπηρετούν σε μεγάλο βαθμό την αξιολόγηση της καταλληλότητας των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση (Πανώρας 1999). Οι ταξινομήσεις αυτές παρέχουν ενδεικτικές οδηγίες και για να εφαρμοστούν θα πρέπει να προσαρμόζονται στις εκάστοτε συνθήκες που επικρατούν στο χώρο εφαρμογής της άρδευσης. Ο βαθμός καταλληλότητας του νερού για άρδευση των καλλιεργειών εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες, τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, την αντοχή της καλλιέργειας στην αλατότητα και από τις πρακτικές διαχείρισης του συστήματος έδαφος-φυτό-νερό (Πανώρας 1999).

Οι ποιοτικοί παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στην εκτίμηση της καταλληλότητας των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για την άρδευση των καλλιεργειών είναι:

- Η αλατότητα,
- Η διηθητικότητα,
- Τα ιχνοστοιχεία και η τοξικότητά τους,
- Τα θρεπτικά στοιχεία
- Διάφορα άλλα πιθανά προβλήματα (το pH του νερού, η έμφραξη των συστημάτων άρδευσης και τα επίπεδα υπολειμματικού χλωρίου).

3.2.3.1 Αλατότητα- αγωγιμότητα

Η αλατότητα, την οποία μπορούμε να μετρήσουμε βάσει της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, αποτελεί μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους προκειμένου να εκτιμηθεί η καταλληλότητα ενός νερού για άρδευση. Εκφράζεται από τη συνολική συγκέντρωση των αλάτων στο νερό. Η αυξημένη αλατότητα είναι δυνατό να δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα στα φυτά.

Η εφαρμογή αρδευτικού νερού με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση αλάτων στο έδαφος. Ο ρυθμός με τον οποίο τα άλατα συσσωρεύονται στο έδαφος εξαρτάται από το ρυθμό εναπόθεσής τους με το αρδευτικό νερό, καθώς και από το ρυθμό απομάκρυνσης λόγω έκπλυσης και θα πρέπει η ποσότητα των αλάτων που εισέρχεται στο έδαφος να είναι ίση με αυτή που απομακρύνεται. Ο μόνος τρόπος με τον οποίο η αλατότητα του εδάφους διατηρείται στα επιθυμητά επίπεδα είναι με την εφαρμογή περισσότερου νερού από αυτό που μπορούν να συγκρατήσουν το έδαφος και τα φυτά. Προκειμένου όμως να εφαρμοστεί η παραπάνω διαδικασία (έκπλυση), θα πρέπει το έδαφος να έχει *άριστη στράγγιση* για να εξασφαλίζεται η συνεχής ροή του νερού από τη ζώνη του ριζοστρώματος και προς τα κάτω.

Όσα νερά έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα 0,7 dS/m δεν δημιουργούν κανένα πρόβλημα αλατότητας, όσα νερά έχουν αγωγιμότητα 0,7-3,0 dS/m είναι οριακά ανεκτά για την άρδευση και τέλος, όσα νερά έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα μεγαλύτερη από 3,0 dS/m (στους 25 °C), χρειάζονται οπωσδήποτε αποτελεσματικά μέτρα και προσεκτικές πρακτικές προκειμένου να εφαρμοστούν στην άρδευση. Ορισμένες από τις πρακτικές αυτές είναι:

- α) Η επιλογή καλλιεργειών ανθεκτικών στα άλατα και
- β) Οι συχνότερες αρδεύσεις με μικρές αρδευτικές δόσεις.

Στον πίνακα 3.2.3.1 παρουσιάζονται φυτά κατάλληλα για φύτευση δημοσίων χώρων τα οποία είναι ανθεκτικά στην αλατότητα.

ΔΕΝΤΡΑ	ΘΑΜΝΟΙ	Τάξος
Αΰλανθος	Αγκαυή αμερικανική ή	Τεύκριο
Ακακία κυανόφυλλη	αθάνατος	Τρίτομα ή κνιφόφια
Αλμυρίκι ή ταμάριξ	Αιώνιο	Τσίκα
Αρωκάρια	Αλθαία ή δενδρομολόχα	Υπέρικο έρπον
Γαζία	Αλόη	Φελίτσια ή μπλε μαργαρίτα
Γιουνίπερος	Αρμπαρόριζα ή	Φόρμιο
Τρεβιλλέα	πελαργόνιο ασπιδόφυλλο	ΑΝΑΡΡΙΧΩΜΕΝΑ
Δάφνη ή βάγια	Αρτεμισία ή αψιθιά	Αιγόκλημα
Δρυς	Άτριπλεξ ή αλιμιά	Αμπέλοψη τρίλοβη
Ελαίαγνος	Βάκχαρη	Βιγνόνια μεγανθής
Ελιά	Βερόνικα	Βουκαμβίλια
Ευκάλυπτος	Βίγκα	Γιασεμί
Ιβίσκος συριακός	Βιμπούρνο αειθαλές	Γλυσίνα
Ίλεξ ή αρά	Γεράνι	Κισσός
Ιπποκαστανιά	Γιούκα	Μεσεμβριάνθεμο ή μπούζι
Ιτιά κλαίουσα	Γκαζάνια	Ρολογιά ή πασιφλόρα
Καζουαρίνα	Γυνέριο	Σενέκιο
Κέδρος (διάφορα είδη)	Δαφνοκέρασος	ΕΤΗΣΙΑ - ΔΙΕΤΗ
Κερκίδα ή κουτσουνιά	Δεντρολίβανο	Αγήρατο
Κουπρεσσοκυπάροσος	Ευώνυμο	Άλυσσο
λείλαντ	Ιπποφαές	Αμάραντο
Κράταιγος	Καρίσα	Βερβένα
Κυπαρίσσι	Κέστρο ή νυχτολούλουδο	Γαϊλάρδια
Λεύκα αργυρόφυλλη	Κορονίλα	Γαρίφαλο
Λιγούστρια	Κουμαριά	Γοδέτια
Μανόλια μεγανθής	Κυδωνίαστρο (διάφορα	Γυγοφίλη
Μουριά	είδη)	Δελφίνιο
Μπουτλέια	Λαγκεστρέμα	Ελίχρυσο
Ξυλοκερατιά ή χαρουπιά	Λαντάνα	Ίβηρη
Ουασιγκτόνια	Λεβάντα	Καλέντουλα
Πασχαλιά	Λεβαντίνη	Καμπανούλα
Πεύκο	Λεπτόσπερμο	Κενταύριο
Πικροδάφνη ή ροδοδάφνη	Λιμονίαστρο	Κλάρκια
Πλάτανος	Λυγαριά	Κορέωση
Ποϊντσιάνα ή παγώνι	Μαργαρίτα	Λινάρι
Ροδιά καλλωπιστική	Μηδική δενδρώδης	Λούπινο
Σφένδαμνος πλατανοειδής	Μπαμπού	Μοσχομπίζελο
Σφένδαμνος ψευδοπλάτανος	Μυόπορο	Παπαρούνα
Τούγια	Μυρτιά	Πετούνια
Φίκος	Ντατούρα	Πορτουλάκα
Φοίνικας	Πιττόσπορο ή αγγελική	Ρεζεντά
Χαμαίρωπας	Προύνος	Τροπαίουλο
	Πυράκανθος	Ταγέτης ή κατηφές
	Ράμνος	Χρυσάνθεμο
	Ρούσκος	
	Σινεράρια	
	Σπάρτο	
	Σπειραία	
	Στρελίτσια	
	Σχίνος	

Πίνακας 3.2.3.1 ΦΥΤΑ ΑΝΘΕΚΤΙΚΑ ΣΤΗΝ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

Πηγή: Κληρονόμου Δ. 2006

Σε περιοχές όπου τα εδάφη έχουν ανεπαρκή στράγγιση, η υψηλή υπόγεια στάθμη αποτελεί έναν ακόμα παράγοντα που συμβάλλει στη συσσώρευση αλάτων στο έδαφος (υπόγεια στάθμη σε βάθος μικρότερο των δύο μέτρων από το έδαφος). Το φαινόμενο αυτό, της ανόδου της στάθμης λόγω της άρδευσης με περισσότερο νερό από αυτό που μπορεί να συγκρατήσει η καλλιέργεια, παρατηρείται σε πολλές περιοχές. Η μακροχρόνια χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς δεν μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς επαρκή στράγγιση.

Επιπρόσθετα, στην άρδευση με καταιονισμό όταν τα υγρά αστικά απόβλητα διαβρέχουν το φύλλωμα των φυτών, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην αλατότητα του νερού προκειμένου να μην δημιουργούνται ζημιές στα φύλλα (το μέγεθος της ζημιάς επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Η αντοχή στην αλατότητα και κατά συνέπεια το φύτρωμα διαφέρει από φυτό σε φυτό. Σε γενικές γραμμές, όταν η εδαφική αγωγιμότητα στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους (η περιοχή στην οποία τοποθετείται ο σπόρος) είναι μεγαλύτερη από 4 dS/m, τότε συνήθως υπάρχει παρεμπόδιση ή καθυστέρηση της βλάστησης και της ανάπτυξης του φυταρίου στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής του.

Στην περίπτωση δημοσίων χώρων, κατά την εγκατάσταση χλοοτάπητα, ή άλλου φυτικού είδους για εδαφοκάλυψη, μια καθυστερημένη βλάστηση δημιουργεί διάφορους κινδύνους από ασθένειες οι οποίες έχουν αντίκτυπο στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Αν εφαρμοστεί άρδευση ή υπάρξει βροχόπτωση πριν τη σπορά, τότε εμποδίζεται η δημιουργία επιφανειακής κρούστας, επιτυγχάνεται καλύτερη αντιμετώπιση της αλατότητας και ως αποτέλεσμα δημιουργούνται καλές προϋποθέσεις για το φύτρωμα των σπόρων.

3.2.3.2 Διηθητικότητα

Διηθητικότητα λέγεται ο ρυθμός με τον οποίο το νερό διεισδύει στο έδαφος και εξαρτάται άμεσα από την εδαφική δομή του εδάφους. Τα προβλήματα διηθητικότητας αφορούν μικρό βάθος του επιφανειακού εδάφους και οφείλονται κυρίως σε υψηλή περιεκτικότητα νατρίου ή σε

πολύ χαμηλή περιεκτικότητα ασβεστίου στη περιοχή αυτή του εδάφους ή στο αρδευτικό νερό (Πανώρας 1999). Η χαμηλή περιεκτικότητα ασβεστίου οφείλεται στην άρδευση με νερά πολύ μικρής αλατότητας (διαλύουν και ξεπλένουν το εδαφικό ασβέστιο) ή στην άρδευση με νερά τα οποία έχουν πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο (προκαλούν μεγάλη συσσώρευση νατρίου στο έδαφος σε σχέση με το ασβέστιο).

Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα και ασβέστιο και για το λόγο αυτό δεν αναμένεται διαλυτοποίηση και έκπλυση του ασβεστίου του επιφανειακού εδάφους. Όμως θα πρέπει να δωθεί ιδιαίτερη προσοχή στην περιεκτικότητα των υγρών αστικών αποβλήτων σε νάτριο, εξαιτίας του ότι η περίσσεια αυτού του στοιχείου (όταν η σχέση του νατρίου προς το ασβέστιο είναι μεγαλύτερη από 3:1), συμβάλλει στην εδαφική διασπορά και στην καταστροφή των εδαφικών συσσωματωμάτων. Αποτέλεσμα της παραπάνω κατάστασης είναι να έχουμε προβλήματα διηθητικότητας από τη διασπορά της αργίλου και κλείσιμο των εδαφικών πόρων. Αυτό όμως μπορεί να συμβεί και με νερό μικρής ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Προκειμένου να ξεπεραστούν τα προβλήματα αυτά, εφαρμόζονται διάφορες πρακτικές διαχείρισης του εδάφους καθώς και του αρδευτικού νερού, οι οποίες αυξάνουν την περατότητα και μειώνουν τα δευτερογενή προβλήματα όπως είναι ο σχηματισμός επιφανειακής κρούστας, η παρεμπόδιση του φυτρώματος των σπόρων, ο ανεπαρκής αερισμός, τα έντομα (κουνούπια), και τα ζιζάνια (Πανώρας 1999).

3.2.3.3 Θρεπτικά ιόντα

Τα θρεπτικά στοιχεία τα οποία περιέχονται στα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα είναι **ιδιαίτερα ωφέλιμα** για τις καλλιέργειες και επιπλέον *μειώνουν τα έξοδα αγοράς χημικών λιπασμάτων*. Όμως κάποιες φορές η υπερβολικά υψηλή περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων στα απόβλητα, δημιουργεί προβλήματα στις καλλιέργειες. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνονται τακτικοί έλεγχοι των θρεπτικών στοιχείων που περιέχουν τα υγρά απόβλητα, προκειμένου να υπολογίζονται οι παρεχόμενες ποσότητες που δίνονται στο έδαφος και τα φυτά σε

συνδυασμό με τις χημικές λιπάνσεις. Τα υγρά αστικά απόβλητα περιέχουν κυρίως άζωτο, φώσφορο, μικρή ποσότητα καλίου, ψευδάργυρο, θείο και βόριο.

- **Άζωτο:** Τα υγρά αστικά απόβλητα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία περιέχουν άζωτο 20-60 mg/l. Η συγκέντρωση του αζώτου και οι μορφές με τις οποίες βρίσκεται στα απόβλητα (οργανικό, αμμωνιακό, νιτρικό άζωτο), εξαρτώνται από το βαθμό και το είδος της επεξεργασίας που έχουν υποστεί τα υγρά απόβλητα (Πανώρας 1999). Κατά την άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, το προστιθέμενο άζωτο έρχεται να συμπληρώσει τις απαιτούμενες μονάδες που πρέπει να προστεθούν στο δεδομένο καλλιεργητικό στάδιο, όμως με ιδιαίτερη προσοχή στην ποσότητα που χορηγείται προκειμένου να μην δημιουργηθούν προβλήματα στα φυτά (υπερβολική βλάστηση, καθυστέρηση της ωρίμανσης του καρπού, κλπ.) λόγω της περίσσειας αζώτου. Στις περιπτώσεις που το απαιτούμενο άζωτο από τα φυτά είναι λιγότερο από αυτό που φέρει το νερό από τα επεξεργασμένα, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί άλλο νερό άρδευσης με χαμηλή περιεκτικότητα αζώτου ή να αναμειχθεί το ήδη υπάρχον με άλλο νερό που έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε άζωτο.
- **Φώσφορος:** Η συγκέντρωση του φωσφόρου στα υγρά αστικά απόβλητα ύστερα από δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι συνήθως 6-15mg/l (15-35 mg/l P₂O₅). Με την άρδευση με επεξεργασμένα απόβλητα αυξάνονται σταδιακά τα επίπεδα φωσφόρου του εδάφους, μειώνοντας την ανάγκη για μελλοντική συμπληρωματική λίπανση. Η περίσσεια φωσφόρου συνήθως δεν δημιουργεί προβλήματα στις καλλιέργειες, ωστόσο θα πρέπει να παρακολουθείται η περιεκτικότητά του στα απόβλητα και το έδαφος (Πανώρας 1999).
- **Κάλιο:** Η ποσότητα του καλίου που περιέχουν τα υγρά αστικά απόβλητα μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι 10-30 mg/l (12-36 mg/l K₂O).

- **Ψευδάργυρος:** Στα εδάφη που έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο, η εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα (τα οποία αποτελούν πλούσια πηγή ψευδαργύρου), **μπορεί να διορθώσει το πρόβλημα** μέσα σε διάστημα τριών ετών, όμως θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να μην υπερβαίνονται οι μέγιστες τιμές συγκεντρώσεων.
- **Θείο:** Η έλλειψη θείου παρουσιάζεται συνήθως σε περιοχές που έχουν υψηλό ετήσιο ύψος βροχής. Με την εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, τα προβλήματα αυτά συνήθως διορθώνονται.
- **Βόριο:** Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα αποτελούν πλούσια πηγή βορίου, οπότε με την άρδευση διορθώνονται οι πιθανές ελλείψεις του στο έδαφος. Όμως θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα η συγκέντρωση του βορίου στα απόβλητα, γιατί η περίσσειά του **μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην παραγωγή**, όταν η συγκέντρωσή του είναι μεγαλύτερη από 2 ppm (βλέπε κεφάλαιο 3.2.3.4).

3.2.3.4 Τοξικότητα ιόντων

Τα φυτά προσλαμβάνουν ιόντα τα οποία ασκούν τοξική δράση και προκαλούν ζημιές στα φυτά ακόμα και όταν περιέχονται σε μικρές ποσότητες στο νερό άρδευσης. Από τα ιόντα αυτά θα πρέπει να δωθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ποσότητα του βορίου, του νατρίου και του χλωρίου που περιέχονται στα υγρά αστικά απόβλητα. Προκειμένου να περιοριστεί η τοξική δράση των ιόντων, θα πρέπει να γίνει εναλλαγή του αρδευτικού νερού, αλλαγή του συστήματος άρδευσης και της καλλιέργειας ή συνδυασμός αυτών. Στη συνέχεια, γίνεται μια αναφορά στα ιόντα όπου οι συγκεντρώσεις τους φτάνουν συχνά σε τοξικά επίπεδα για τα φυτά.

- **Βόριο:** Αποτελεί τη συνηθέστερη μορφή τοξικότητας από τη χρήση των υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση. Οι σημαντικότερες πηγές βορίου είναι τα απορρυπαντικά και οι εκροές από βιομηχανίες. Συνήθως, συγκεντρώσεις βορίου

μεγαλύτερες από 3ppm δημιουργούν προβλήματα στις πιο πολλές καλλιέργειες. Επίσης, αυτό εξαρτάται και από την περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο, ανθρακικό ασβέστιο, και από το pH του εδάφους (Πανώρας 1999). Τα συμπτώματα από την τοξικότητα του βορίου εμφανίζονται πρώτα στα παλιά φύλλα σαν κίτρινες κηλίδες ή ξήρανση των ιστών στις άκρες και τις κορυφές των φύλλων και καθώς η συγκέντρωση του βορίου αυξάνεται, η ξήρανση επεκτείνεται προς το κέντρο των φύλλων στις περιοχές μεταξύ των νεύρων. Τα συμπτώματα τοξικότητας του βορίου εμφανίζονται στα φύλλα όταν η συγκέντρωση του ξεπεράσει τα 250-300 mg/kg ξηράς ουσίας. Σε ορισμένα φυτά (κερασιά, δαμασκηλιά, αμυγδαλιά κλπ) τα πρώτα συμπτώματα τοξικότητας του βορίου δεν πρωτοεμφανίζονται στα φύλλα και στην περίπτωση αυτή αντί της φυλλοδιαγνωστικής θα πρέπει να γίνεται εδαφική ανάλυση.

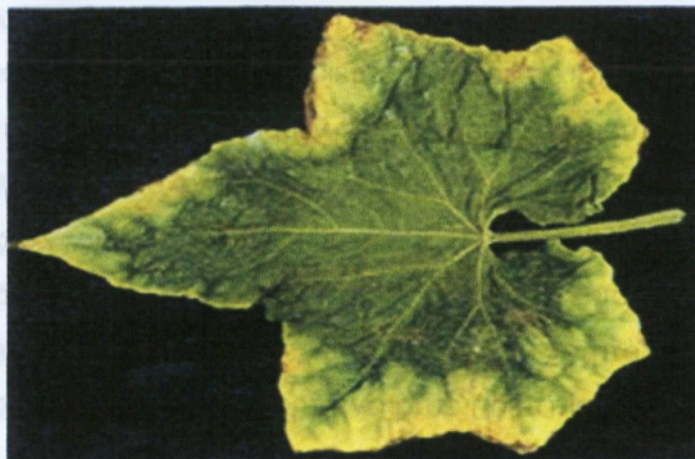


Εικόνες 3.2.3.3.1 και 3.2.3.3.2: Συμπτώματα της τοξικότητας του βορίου στα φύλλα των φυτών.

Πηγή: http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/B_Basics.htm

- **Χλώριο:** Τα συμπτώματα της τοξικότητας του χλωρίου εμφανίζονται στα φύλλα των φυτών με τη μορφή καψίματος ή ξήρανσης. Πρώτες προσβάλλονται οι κορυφές των φύλλων και καθώς η τοξικότητα αυξάνεται, τότε τα φύλλα αρχίζουν να αποκολλώνται και να πέφτουν. Τα ευαίσθητα φυτά παρουσιάζουν συμπτώματα στα φύλλα όταν η συγκέντρωση

φθάσει στο 0,3-1,0% της ξηράς ουσίας τους. Η πρόσληψη του χλωρίου από τα φυτά εξαρτάται από την περιεκτικότητα του στο νερό άρδευσης, την συγκέντρωση του χλωρίου στο εδαφικό διάλυμα, από τις συνθήκες στράγγισης του εδάφους και από την ικανότητα του φυτού να αποκλείει το χλώριο κατά την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από τις ρίζες του (Πανώρας 1999).



Εικόνα 3.2.3.3.3: Συμπτώματα τοξικότητας χλωρίου

Πηγή: http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/B_Basics.htm

- **Νάτριο:** Τα συμπτώματα από την τοξικότητα του νατρίου είναι η ξήρανση και η νέκρωση των ιστών της περιφέρειας του φύλλου. Τα συμπτώματα τοξικότητας εμφανίζονται στα φύλλα όταν η συγκέντρωση φθάσει το 0,25-0,5% της ξηράς ουσίας τους.
- **Τοξικότητα Na και Cl κατά την άρδευση με καταιονισμό:** Η συγκέντρωση του νατρίου και του χλωρίου στο νερό άρδευσης όταν η άρδευση γίνεται με καταιονισμό, θα πρέπει να είναι μικρότερη της συγκέντρωσης τους όταν η άρδευση είναι επιφανειακή, επειδή η απορρόφηση του νατρίου και του χλωρίου από τα φύλλα, μπορεί να προκαλέσει σημαντικές ζημιές στα φυτά. Επίσης η πιθανότητα εμφάνισης τοξικότητας χλωρίου και νατρίου αυξάνεται όταν η άρδευση με καταιονισμό γίνεται σε περιόδους όπου επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, ισχυροί άνεμοι, και χαμηλή σχετική υγρασία. Εξαιτίας αυτού, θα πρέπει η άρδευση να γίνεται κατά την διάρκεια της νύχτας, προκειμένου να αποφεύγονται η χαμηλή σχετική υγρασία και οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Ένα ακόμα στοιχείο που επηρεάζει

την πρόκληση τοξικών φαινομένων στα φύλλα από τη δράση του χλωρίου και του νατρίου, είναι ο ρυθμός εφαρμογής του αρδευτικού νερού και πιο συγκεκριμένα, όσο αυξάνεται ο ρυθμός εφαρμογής του νερού τόσο μειώνονται τα εγκαύματα των φύλλων.

3.2.3.5 Ιχνοστοιχεία

Τα υγρά αστικά απόβλητα περιέχουν σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις (μικρότερες από 100 μg/l), ορισμένα στοιχεία που καλούνται ιχνοστοιχεία. Κάποια από αυτά σε μικρές συγκεντρώσεις είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών, ενώ σε αυξημένες συγκεντρώσεις έχουν τοξική δράση στα φυτά.

Η ύπαρξη των διαφόρων ιχνοστοιχείων στα υγρά αστικά απόβλητα συνδέεται άμεσα με τις δραστηριότητες της αστικής περιοχής από την οποία προέρχονται τα απόβλητα. Επιπλέον, στην παρουσία ιχνοστοιχείων στα υγρά απόβλητα συμβάλλει η παλαίωση και η διάβρωση των δικτύων άρδευσης και αποχέτευσης, καθώς επίσης και οι βιομηχανικές εκροές που δέχονται τα αποχετευτικά δίκτυα.

Τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από κοινότητες μικρού και μεσαίου μεγέθους, δεν έχουν αυξημένες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων λόγω του ότι οι περιοχές αυτές δεν είναι ιδιαίτερα βιομηχανοποιημένες. Όσα υγρά απόβλητα προέρχονται από τέτοιου είδους περιοχές είναι τα πιο κατάλληλα για επαναχρησιμοποίηση εξαιτίας της σύστασής τους. Με τις συμβατικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων μειώνονται κατά **70-90%** μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία (Πανώρας 1999). Οι μέσες τιμές συγκέντρωσης των ιχνοστοιχείων στα υγρά αστικά απόβλητα που έχουν υποστεί κάποια δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι μικρότερες από τις συνιστώμενες συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων στο αρδευτικό νερό με μόνη εξαίρεση την περίπτωση του βορίου που βρίσκεται στις ίδιες περίπου συγκεντρώσεις. Επομένως, τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην άρδευση των καλλιεργειών χωρίς κινδύνους τοξικότητας των ιχνοστοιχείων. Τα περισσότερο επικίνδυνα

Ιχνοστοιχεία για τις καλλιέργειες είναι το βόριο, το κάδμιο, ο χαλκός, ο υδράργυρος, το μολυβδαίνιο, το νικέλιο, το σελήνιο και ο ψευδάργυρος. Προκειμένου να υπάρχει πλήρης γνώση του ρυθμού συσσώρευσης των ιχνοστοιχείων στο έδαφος, θα πρέπει να πραγματοποιούνται περιοδικοί έλεγχοι του εδάφους και των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων που εφαρμόζονται στην άρδευση. Η συχνότητα των ελέγχων διαφέρει ανά περίπτωση (συνήθως όμως τα ιχνοστοιχεία αυτά μετρούνται ανά μήνα στα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, ενώ στο έδαφος οι μετρήσεις μπορούν να είναι λιγότερο συχνές).

3.2.3.6 Διάφορα άλλα προβλήματα

Με την εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα υπάρχει περίπτωση να δημιουργηθούν προβλήματα όπως υψηλό ή χαμηλό pH, διάβρωση των αγωγών και του εξοπλισμού, απόφραξη των συστημάτων άρδευσης, υψηλά ποσοστά υπολειμματικού χλωρίου στο έδαφος, κλπ.

- Το pH των υγρών αστικών αποβλήτων μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα όταν βρίσκεται εκτός των ορίων 6,5-8,5 και στην περίπτωση αυτή πραγματοποιούνται περαιτέρω αναλύσεις για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού.
- Η έμφραξη των συστημάτων άρδευσης με καταιονισμό ή με σταγόνες, που προκαλείται από διάφορους μικροοργανισμούς, φύκια και αιωρούμενα στερεά που αναπτύσσονται στις άκρες των ακροφυσίων και των σταλακτήρων, καθώς και στους σωλήνες μεταφοράς των υγρών αποβλήτων.
- Όταν τα επίπεδα του υπολειμματικού χλωρίου στα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα είναι σε υψηλά επίπεδα κατά την άρδευση, τότε προκαλούνται **ζημιές** στα φυτά στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται **συστήματα καταιονισμού**. Η ποσότητα του υπολειμματικού χλωρίου μειώνεται σε μεγάλο βαθμό όταν το νερό παραμείνει για αρκετές ώρες σε ανοικτές δεξαμενές. Ποσότητα υπολειμματικού χλωρίου μεγαλύτερη από 1 mg/l είναι ικανή να

δημιουργήσει κάποια μικροπροβλήματα, ενώ ποσότητες μεγαλύτερες από 5 mg/l μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές (Πανώρας 1999).

3.3 Διερεύνηση της δυνατότητας άρδευσης δημόσιων χώρων

3.3.1 Σύντομη περιγραφή των συστημάτων άρδευσης

Οι μέθοδοι άρδευσης με υγρά αστικά απόβλητα είναι οι επιφανειακές, τα συστήματα καταιονισμού, τα συστήματα τοπικής άρδευσης (με συνηθέστερη την άρδευση με σταγόνες) και τα συστήματα υπάρδευσης.

Στις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης διακρίνουμε την άρδευση με κατάκλυση όπου ο αγρός χωρίζεται σε λεκάνες με χωμάτινα αναχώματα και παρέχεται νερό μέχρι η στάθμη να φθάσει σε ένα συγκεκριμένο ύψος, την άρδευση με λωρίδες που ο αγρός χωρίζεται σε λωρίδες σύμφωνα με την διεύθυνση της μεγαλύτερης κλίσης του αγρού, καθώς και την άρδευση με αυλάκια όπου ο αγρός χωρίζεται σε παράλληλα αυλάκια και η παροχή του νερού βρίσκεται στην πλευρά με το μεγαλύτερο ύψος.

Στα συστήματα άρδευσης με καταιονισμό τα υγρά αστικά απόβλητα εφαρμόζονται στο έδαφος με διάφορα ψεκαστικά συστήματα (συστήματα καταιονισμού). Τα συστήματα καταιονισμού διακρίνονται σε μόνιμα, σε ημιμόνιμα και σε μεταφερόμενα. Όμως ο ρυθμός εφαρμογής των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων θα πρέπει να ρυθμίζεται ούτως ώστε να μην λιμνάζουν στην επιφάνεια του εδάφους.

Τα συστήματα τοπικής άρδευσης διακρίνονται σε δίκτυα άρδευσης με σταγόνες (υπέργεια και υπόγεια) και σε συστήματα μικροεκτοξευτήρων. Στα συστήματα αυτά, το νερό εφαρμόζεται σε κάθε φυτό ή σε ομάδα φυτών μέσω μικροεκτοξευτήρων ή σταλακτήρων, διαβρέχοντας με αυτό τον τρόπο ένα μέρος μόνο των δημόσιων χώρων. Οι αρδεύσεις με αυτά τα συστήματα θα πρέπει να γίνονται συχνά και με μικρές ποσότητες νερού κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες εξατμισοδιαπνοής των φυτών χωρίς να υπάρχουν απώλειες από βαθιά διήθηση του νερού.

Τέλος, στα συστήματα υπέρδευσης, τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα εφαρμόζονται κάτω από το ριζόστρωμα και ανέρχονται στο ριζόστρωμα των φυτών με τριχοειδή ανύψωση. Για τη μεταφορά του νερού στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται βαθιά επιφανειακά κανάλια ή υπόγειοι σωλήνες.

3.3.2 Επιλογή της κατάλληλης μεθόδου άρδευσης για δημόσιους χώρους

Προκειμένου να επιλεγεί η μέθοδος άρδευσης που θα χρησιμοποιηθεί για την άρδευση των δημόσιων εκτάσεων λαμβάνονται υπόψη η παροχή και η ποιότητα του αρδευτικού νερού, το κλίμα, το έδαφος, το είδος του φυτού, τα συνολικό κόστος της μεθόδου άρδευσης, καθώς και η ικανότητα των διαχειριστών των δημόσιων εκτάσεων να διαχειρίζονται το όλο σύστημα άρδευσης. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα για την άρδευση δημόσιων εκτάσεων (όπως πάρκα, κλπ), θα πρέπει επιπλέον να λαμβάνονται υπόψη η ποιότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων, το είδος των φυτών (χλοτάπητας, άνθη, διάφορα δέντρα, καλλωπιστικοί θάμνοι κλπ.), η διαβροχή ή όχι των φυτών, το αν το έδαφος έχει την ικανότητα να διατηρεί την εδαφική του υγρασία σε υψηλά επίπεδα, η αποδοτικότητα της εφαρμογής του νερού, οι πιθανές ζημιές που μπορεί να προκληθούν στο αρδευτικό σύστημα, ο κίνδυνος μόλυνσης των εργαζομένων στο χώρο, ο κίνδυνος ρύπανσης του περιβάλλοντος και των υπόγειων υδροφορέων, καθώς και από το εάν επιτρέπεται ή όχι η πρόσβαση του κοινού στο χώρο αυτό. Από τα παραπάνω, ότι έχει σχέση με την ανθρώπινη υγεία, παίζει πρωτεύοντα ρόλο προκειμένου να επιλεγεί το σύστημα άρδευσης που θα χρησιμοποιηθεί.

Αξιολόγηση μεθόδων άρδευσης:

α) Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης:

Από τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης, κατά την άρδευση με λωρίδες ή με κατάκλυση, το νερό που εφαρμόζεται καλύπτει ολόκληρη την επιφάνεια του εδάφους. Οπότε με τη μέθοδο άρδευσης αυτή, τα

επεξεργασμένα υγρά απόβλητα διαβρέχουν και τμήμα των φυτών (ρίζες, βλαστοί, χαμηλά φύλλα) με αποτέλεσμα να υπάρχει πιθανότητα μόλυνσης των φυτών ενώ επίσης υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης και των εργαζομένων αν δεν ακολουθούν ορισμένους κανόνες. Με την άρδευση με αυλάκια δεν διαβρέχεται όλη η επιφάνεια του εδάφους και επομένως ο κίνδυνος μόλυνσης των φυτών (και των καταναλωτών όταν πρόκειται για εδώδιμα φυτά), είναι μειωμένος, λόγω του ότι τα φυτά αναπτύσσονται κοντά στην κορυφή των αυλακιών και δεν έρχονται σε επαφή με τα απόβλητα. Όμως, ο κίνδυνος μόλυνσης των εργαζομένων δεν παύει να υπάρχει εκτός αν τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα μεταφέρονται με σωλήνες στο χώρο των φυτών και εφαρμόζονται σε κάθε αυλάκι κατά τέτοιο τρόπο, ώστε ο εργαζόμενος να μην έρχεται σε επαφή με αυτά. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, αυτή η μέθοδος εφαρμογής των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων δεν ενδείκνυται για την άρδευση δημοσίων εκτάσεων.

β) Μέθοδοι καταιονισμού:

Κατά την εφαρμογή των επεξεργασμένων αποβλήτων με συστήματα καταιονισμού, ο κίνδυνος μόλυνσης των φυτών, των εργαζομένων και των επισκεπτών στο χώρο είναι μεγαλύτερος από τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης, ενώ επίσης, δεν είναι δυνατή η επέμβαση στο σύστημα καταιονισμού κατά την διάρκεια της άρδευσης λόγω του κινδύνου μόλυνσης των εργαζομένων. Επιπλέον, κατά την άρδευση με τα συστήματα αυτά σε περιόδους όπου επικρατούν αυξημένης εντάσεως ανέμοι, είναι πιθανή η μεταφορά των παθογόνων μικροοργανισμών των επεξεργασμένων αποβλήτων σε άτομα που βρίσκονται πλησίον του χώρου εφαρμογής της άρδευσης. Στην άρδευση με καταιονισμό, επιθυμούμε να έχουμε ταχύτητα διήθησης ίση ή ελάχιστα μικρότερη από την ταχύτητα εφαρμογής του νερού άρδευσης.

Τα συστήματα καταιονισμού επηρεάζονται περισσότερο από την ποιότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων σε σχέση με τα συστήματα επιφανειακής άρδευσης, επειδή τα διάφορα σωματίδια που βρίσκονται στα υγρά απόβλητα προκαλούν εμφράξεις των ακροφυσίων των εκτοξευτήρων. Πολλές φορές επίσης, λόγω της αλατότητας που ενδέχεται να έχουν τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, προκαλούνται ζημιές στην

φυλλική επιφάνεια των φυτών. Για την επίλυση των προβλημάτων που έχουν σχέση με την έμφραξη των ακροφυσίων χρησιμοποιούνται χαλκικόφιλτρα και φίλτρα σίτας, ή χρησιμοποιούνται ακροφύσια μεγαλύτερης διαμέτρου. Βάσει των παραπάνω η εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα με συστήματα καταιονισμού ενδείκνυται υπό προϋποθέσεις στις δημόσιες εκτάσεις ανάλογα με:

- 1) Το αν πραγματοποιήθηκε ή όχι σωστή μελέτη εγκατάστασης των εκτοξευτήρων,
- 2) Την ώρα της εφαρμογής της άρδευσης (αργά την νύχτα είναι καλύτερα διότι δεν υπάρχουν πολίτες στους χώρους αυτούς),
- 3) Το αν επιτρέπεται η όχι η πρόσβαση στο συγκεκριμένο δημόσιο χώρο.

γ) Τοπική άρδευση:

Στα συστήματα τοπικής άρδευσης (στάγδην και μικροκαταιονισμός), ο βαθμός αποδοτικότητας είναι μεγαλύτερος από τα υπόλοιπα συστήματα άρδευσης και επιπλέον επιτυγχάνεται υψηλός βαθμός προστασίας των εργαζομένων και του κοινού. Στην εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, τα συστήματα της τοπικής άρδευσης είναι τα πλέον κατάλληλα επειδή:

- 1) Επιτυγχάνεται μεγάλη οικονομία νερού λόγω του ότι μειώνονται οι απώλειες από την εξάτμιση και την απορροή του νερού εκτός του ριζικού συστήματος των φυτών,
- 2) Υπάρχει οικονομία εργατικών χάρη στο γεγονός ότι οι διάφορες εργασίες και οι χειρισμοί μπορούν να αυτοματοποιηθούν μερικώς έως πλήρως,
- 3) Επιτυγχάνεται μείωση των ζιζανίων λόγω του ότι διαβρέχονται μόνο τα σημεία γύρω από τα φυτά και όχι ολόκληρος ο δημόσιος χώρος,
- 4) Οι διάφορες καλλιεργητικές εργασίες μπορούν να εκτελούνται και κατά τη διάρκεια της άρδευσης χάρη στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του εδάφους παραμένει στεγνό,
- 5) Παρέχεται η δυνατότητα μαζί με την άρδευση να εφαρμοστεί υδρολίπανση, επιτυγχάνοντας με αυτό τον τρόπο καλύτερη αποτελεσματικότητα της λίπανσης και οικονομία στα εργατικά σε σχέση με την επιφανειακή λίπανση,

- 6) Αποφεύγονται οι ζημιές που προκαλούνται στα φύλλα από την υπερβολική αλατότητα των νερών (με συστήματα καταιονισμού), χάρη στο γεγονός ότι η άρδευση εφαρμόζεται κοντά στις ρίζες,
- 7) Η άρδευση δεν επηρεάζεται από τον άνεμο και το ανάγλυφο του εδάφους,
- 8) Εξασφαλίζονται ευνοϊκές (για τα φυτά) συνθήκες εδαφικής υγρασίας χάρη στη συχνή και βραδεία χορήγηση του νερού με μικρές ποσότητες παροχής,
- 9) Επιτυγχάνεται καλύτερος έλεγχος των ασθενειών και των εντόμων,
- 10) Επιτυγχάνεται καλύτερη ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών,
- 11) Υπάρχει η δυνατότητα άρδευσης μεγαλύτερων εκτάσεων με τη χρησιμοποίηση μικρών ποσοτήτων επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων (Μιχελάκης Ν. 1988).

Υπάρχουν επίσης και πλεονεκτήματα από υγειονομική πλευρά:

- α) Είναι κλειστά συστήματα και δεν εκθέτουν σε κίνδυνο τους εργαζομένους και το κοινό,
- β) Μειώνεται η πιθανότητα διασποράς μικροβίων από τα επεξεργασμένα με τον άνεμο,
- γ) Δεν δημιουργούν κινδύνους ρύπανσης των υπογείων υδροφορέων ή απώλειες απορροής προς τις γειτονικές περιοχές όπως τα επιφανειακά συστήματα άρδευσης.

• Μειονεκτήματα της μικροάρδευσης:

Το κόστος αυτών των εγκαταστάσεων, το οποίο είναι υψηλό και προϋποθέτει τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα θα πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας προκειμένου να αποφευχθεί η έμφραξη των οπών εξόδου του νερού που αποτελεί το βασικό πρόβλημα αυτών των συστημάτων.

Στα συστήματα τοπικής άρδευσης με σταγόνες τα οποία είναι και τα πιο διαδεδομένα, παρουσιάζονται προβλήματα έμφραξης των σταλακτήρων που προκαλούνται λόγω των στερεών σωματιδίων των επεξεργασμένων αποβλήτων, λόγω της ανάπτυξης μικροοργανισμών (κυρίως βακτηρίων) στους σταλακτήρες και λόγω διαφόρων χημικών παραγόντων (pH, διαλυμένα στερεά, μαγγάνιο, σίδηρος και υδρόθειο). Τα προβλήματα αυτά συχνά μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη τοποθέτηση χαλικόφιλτρου και

φίλτρου σίτας στην αρχή του συστήματος με την παράλληλη προσθήκη χλωρίου στο σύστημα άρδευσης. Η χλωρίωση των επεξεργασμένων αποβλήτων κρίνεται αναγκαία προκειμένου να αποφευχθεί η δημιουργία βακτηριακής μάζας και φυκιών στο αρδευτικό σύστημα. Η προσθήκη χλωρίου μπορεί να γίνεται καθ' όλη τη διάρκεια της άρδευσης (0,4mg/l ελεύθερο υπολειμματικό χλώριο), ή κατά τη διάρκεια της τελευταίας ώρας της άρδευσης (2mg/l ελεύθερο υπολειμματικό χλώριο), (Πανώρας 1999).

Στην περίπτωση που η άρδευση με σταγόνες γίνεται υπογείως, εκτός των ανωτέρων προβλημάτων έμφραξης από στερεά σωματίδια και μικροοργανισμούς, ένα ακόμα πρόβλημα είναι η 'έμφραξη' των σταλακτήρων από τις ρίζες των φυτών. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι οι ρίζες των φυτών έχουν την τάση να κινούνται προς την πηγή του παρεχόμενου νερού, δηλαδή τους υπόγειους σταλακτήρες. Για την αποφυγή της έμφραξης των υπόγειων σταλακτήρων, χρησιμοποιούνται μαζί με το νερό της άρδευσης, ριζοαπωθητικές ουσίες όπως η τριφλουραλίνη (Μπαμπίλης 2004). Για την αποφυγή της έμφραξης από τα στερεά σωματίδια, τους διάφορους μικροοργανισμούς και άλλους χημικούς παράγοντες, χρησιμοποιείται και εδώ συνδυασμός χαλικόφιλτρων και φίλτρων. Επίσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η περιεκτικότητα που έχουν τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα σε ασβέστιο, επειδή όταν βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, προκαλεί έμφραξη των υπόγειων σταλακτήρων λόγω της καθίζησης του ασβεστίου. Με την εφαρμογή της άρδευσης δημοσίων εκτάσεων με τα συστήματα άρδευσης με σταγόνες, οι υγειονομικοί κίνδυνοι είναι ελάχιστοι έως μηδενικοί, όμως θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης του συστήματος αυτού.

Το σύστημα τοπικής άρδευσης με μικροεκτοξευτήρες αναπτύχθηκε προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα εμφράξεων. Όμως το σύστημα αυτό, θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα επιφανειακής απορροής των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων λόγω της μεγάλης παροχής τους. Προκειμένου να αποφευχθεί η ανάπτυξη βακτηριδίων και φυκιών εφαρμόζονται και σε αυτή την περίπτωση δόσεις χλωρίου σε όλη τη διάρκεια της άρδευσης ή κατά διαστήματα. Αυτό το σύστημα άρδευσης

μπορεί να εφαρμοστεί και για άρδευση δημοσίων εκτάσεων. Στον πίνακα 3.3.2 παρουσιάζονται οι απαραίτητες δόσεις χλωρίου για τον έλεγχο της ανάπτυξης διαφόρων μικροοργανισμών.

Πρόβλημα	Δόση χλωρίου σε mg/l
Φύκια	0,5 mg/l συνεχώς ή 20 mg/l για 20 λεπτά
H ₂ S	3,5-9,0 φορές την ποσότητα του H ₂ S (mg/l)
Σιδηροβακτήρια	1,0 mg/l, όμως ποικίλει με τον αριθμό των βακτηρίων
Βλέννες	0,5 mg/l συνεχώς

Πίνακας 3.3.2 Δόσεις του χλωρίου για τον έλεγχο της βιολογικής δραστηριότητας στα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα

Πηγή: Πανώρας Α. 1999

Συμπερασματικά, στις περιπτώσεις που δεν γίνεται απολύμανση των μικροβίων ή σε περιπτώσεις που η απολύμανση μπορεί να είναι ή να αποδειχθεί ελλιπής, από όλα τα συστήματα άρδευσης με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, τα επιφανειακά και ακόμα περισσότερο τα συστήματα καταιονισμού, θεωρούνται ακατάλληλα για την άρδευση των δημοσίων εκτάσεων εξαιτίας του μεγάλου κινδύνου που έχουν για την δημόσια υγεία και το περιβάλλον. Τα συστήματα που ενδείκνυνται για την άρδευση αυτή, είναι τα συστήματα της τοπικής άρδευσης διότι η εφαρμογή των επεξεργασμένων αποβλήτων γίνεται ακριβώς στις ρίζες των φυτών και σε πολύ μικρές ποσότητες οπότε δεν υπάρχει κίνδυνος εξάπλωσης των παθογόνων μικροοργανισμών των αποβλήτων σε χώρους γύρω των φυτών ούτε υπάρχει απορροή των επεξεργασμένων αποβλήτων εξαιτίας της υπερβολικής ποσότητας άρδευσης.

Ειδικότερα, το πλέον κατάλληλο σύστημα εφαρμογής των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για την άρδευση των δημοσίων εκτάσεων είναι το σύστημα άρδευσης με σταγόνες υπογείως, με το οποίο εκτός των άλλων επιτυγχάνεται η ορθολογική διαχείριση του νερού άρδευσης. Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος άρδευσης στην εφαρμογή του σε δημόσιες εκτάσεις (όπως για παράδειγμα στο Ισραήλ και σε πολιτείες των ΗΠΑ) είναι:

1. Δεν υπάρχει απώλεια του νερού (επεξεργασμένα υγρά απόβλητα) λόγω απορροής ή εξάτμισης,
2. Δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες (δυνατός αέρας, ήλιος),

3. Επιτυγχάνεται ομοιομορφία της άρδευσης ανεξαρτήτως του εδάφους και του ανέμου,
4. Κατά την διάρκεια της άρδευσης μπορούν να εκτελούνται οι διάφορες καλλιεργητικές εργασίες,
5. Είναι δυνατή η άρδευση χώρων με ακανόνιστο γεωμετρικό σχήμα (για παράδειγμα όταν αρδεύουμε γκαζόν σε νησίδες),
6. Όταν βρίσκεται οδόστρωμα δίπλα στους χώρους άρδευσης, αποφεύγεται η διαβροχή του με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ο κίνδυνος δημιουργίας ατυχημάτων εξαιτίας της ολισθηρότητας του οδοστρώματος,
7. Είναι το μοναδικό σύστημα με το οποίο επιτρέπεται η άρδευση με υγρά αστικά απόβλητα που έχουν υποστεί τριτοβάθμια επεξεργασία ή τουλάχιστον δευτεροβάθμια και κάποιο βαθμό απολύμανσης,
8. Στο σύστημα αυτό, οι σταλακτοφόροι σωλήνες είναι τοποθετημένοι περίπου 15 εκατοστά κάτω από το έδαφος, οπότε αποτρέπονται οι βανδαλισμοί,
9. Είναι κατάλληλο για βραχώδη ή αμμώδη εδάφη τα οποία χρειάζονται συχνό πότισμα εξαιτίας της μικρής υδατοϊκανότητας τους,
10. Είναι ιδανικό σε απόκρημνα, κατηφορικά ή ανηφορικά εδάφη όπου το επιφανειακό νερό δεν μπορεί να εφαρμοστεί,
11. Με την εφαρμογή των επεξεργασμένων αποβλήτων με το σύστημα αυτό, εξοικονομείται φρέσκο νερό για τις άλλες δραστηριότητες των πολιτών (για πόσιμο νερό, για μπάνιο, για πλύσιμο ρούχων, κλπ.),
12. Ο κίνδυνος μόλυνσης των εργαζομένων και των πολιτών που έρχονται σε επαφή με τους χώρους αυτούς είναι μηδενικός λόγω του ότι τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα εφαρμόζονται υπογείως,
13. Δεν υπάρχει ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών γύρω από το χώρο εφαρμογής των αποβλήτων χάρη στο γεγονός ότι τα απόβλητα εφαρμόζονται κάτω από το έδαφος,
14. Και τέλος, δεν υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης των γύρω χώρων (πεζοδρόμια, δρόμοι) λόγω απορροής του νερού όπως συμβαίνει στις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης.

Στην εικόνα 3.3.2 παρουσιάζεται ένα τέτοιο σύστημα υπόγειας άρδευσης με σταγόνες της εταιρίας Netafim.



Εικόνα 3.3.2 Σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης

Πηγή: <http://www.bakoulas.gr/htmlgr>

3.4 Φυτικά είδη δημόσιων χώρων που μπορεί να εφαρμοστεί η άρδευση με επεξεργασμένα

Για την επιλογή των φυτών που θα αρδευτούν με τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη είναι:

- Η ποιότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων (μικροβιακό φορτίο, αλατότητα, pH, τοξικότητα ιόντων-ιχνοστοιχείων),
- Ο τρόπος άρδευσης που θα εφαρμοστεί (περισσότερο αφορά τους υγειονομικούς κινδύνους),
- Η χρήση που θα έχουν τα αρδευόμενα φυτά (αν παράγουν εδώδιμους καρπούς, αν το κοινό έρχεται σε άμεση επαφή με αυτά, κλπ.).

Όπως γίνεται αντιληπτό, δίνεται πολύ μεγάλη βαρύτητα στα **υγειονομικά ζητήματα** ως προς την ποιότητα των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, όπως θα πρέπει άλλωστε, διότι είναι ο κυριότερος παράγοντας που μπορεί να θέσει κάποιους περιορισμούς στην επιλογή των φυτών που θα αρδευτούν, καθώς επίσης και στον τρόπο της άρδευσης με τα συγκεκριμένα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα.

Όπως αναφέρεται και παραπάνω, ο καταλληλότερος τρόπος εφαρμογής των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για την άρδευση των φυτών είναι η μέθοδος της υπόγειας άρδευσης με σταγόνες.

Αν θεωρηθεί δεδομένο ότι η άρδευση γίνεται με σταγόνες υπογείως, δεν υπάρχουν ιδιαίτεροι περιορισμοί στην επιλογή των φυτών (εκτός από την περίπτωση της άρδευσης λαχανικών η οποία δεν επιτρέπεται). Όμως, κρίνεται αναγκαίο να πραγματοποιούνται περιοδικές μετρήσεις (η συχνότητα των μετρήσεων διαφέρει ανάλογα με την περίπτωση) όσον αφορά τα μικροβιολογικά και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, διότι τα νερά άρδευσης υπάρχει πιθανότητα να μεταβάλλονται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Ο ΔΗΜΟΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ- ΥΠΟΘΕΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ

4.1 Ο βιολογικός καθαρισμός της Καλαμάτας

4.1.1 Γενικά – ιστορικά στοιχεία

Το 1986 ξεκίνησε να λειτουργεί στην Καλαμάτα η μονάδα επεξεργασίας των αστικών λυμάτων, που είχε σκοπό την προστασία του υδάτινου δυναμικού της περιοχής και του Μεσσηνιακού κόλπου από τη μόλυνση που προκαλούσαν μέχρι τότε τα ανεπεξέργαστα αστικά απόβλητα. Οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν κατά το έτος αυτό δυναμικότητα εξυπηρέτησης 20.000 κατοίκων και το έργο αυτό αποτελούσε το πρώτο πανελλαδικά σε επίπεδο πόλης.

Η πρώτη επέκταση του έργου έγινε το 1992 όπου η δυναμικότητα των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αυξήθηκε στους 60.000 ισοδύναμους κατοίκους. Το 1996 κατασκευάστηκαν και λειτούργησαν οι εγκαταστάσεις προεπεξεργασίας των αστικών αποβλήτων, το αντλιοστάσιο ενδιάμεσης ανύψωσης των λυμάτων, καθώς και οι νέες εγκαταστάσεις επεξεργασίας της χωνεμένης ιλύος (περισσεύουσα λάσπη). Στο τρίτο στάδιο της επέκτασης των εγκαταστάσεων, το οποίο ολοκληρώθηκε το 2000, η δυναμικότητα της μονάδας επεξεργασίας αυξήθηκε στους 120.000 ισοδύναμους κατοίκους (με μέσο όρο κατανάλωσης νερού τα 250 λίτρα την ημέρα ανά κάτοικο), ενώ επίσης όλο το σύστημα τέθηκε υπό παρακολούθηση μέσω ενός κεντρικού συστήματος αυτόματου ελέγχου (PLC). Σήμερα οι εγκαταστάσεις αυτές επεξεργάζονται κατά μέσο όρο 16-17.000 κυβικά υγρών αποβλήτων ανά ημέρα.

Η κατασκευή των εγκαταστάσεων αυτών έχει κοστίσει μέχρι σήμερα 6.551.977,1 ευρώ και πραγματοποιεί επεξεργασία και των όμβριων υδάτων της περιοχής. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων καλύπτουν τις περιοχές της Καλαμάτας, της Μεσσήνης, της Σπερχογείας και όσων περιοχών βρίσκονται μεταξύ αυτών χάρη στο αποχετευτικό

δίκτυο μήκους 195.000m, ενώ σύντομα θα εξυπηρετούνται και οι περιοχές της Βέργας, της Μικράς Μαντίνειας και των Κιτριών.

Τα υγρά αστικά απόβλητα καθώς και τα όμβρια ύδατα, μετά την επεξεργασία τους απορρίπτονται στη θάλασσα μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μήκους 500 μέτρων.

4.1.2 Η διαδικασία της επεξεργασίας στον βιολογικό καθαρισμό της Καλαμάτας

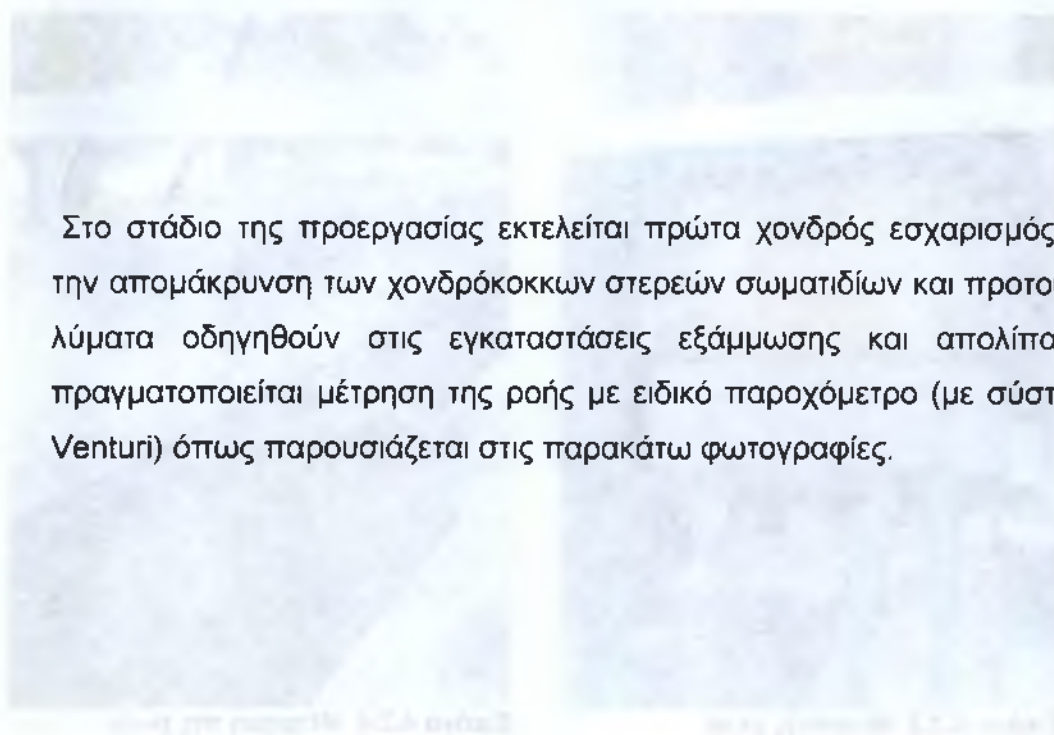
Η συλλογή των υγρών αστικών αποβλήτων και των ομβρίων υδάτων προκειμένου αυτά να διοχετευτούν στην μονάδα βιολογικού καθαρισμού πραγματοποιείται με τα δίκτυα αποχέτευσης. Στην Καλαμάτα το δίκτυο της αποχέτευσης είναι χωριστικό. Συγκεντρώνονται δηλαδή αλλού τα αστικά απόβλητα και αλλού τα όμβρια ύδατα (νερά της βροχής). Οι αγωγοί της αποχέτευσης είναι κατασκευασμένοι από PVC, το οποίο είναι ανθεκτικό στη διάβρωση καθώς και στις διάφορες καταπονήσεις.

Τα υγρά αστικά απόβλητα και τα όμβρια ύδατα όταν φθάσουν στην μονάδα βιολογικού καθαρισμού της Καλαμάτας μεταφέρονται προς τις εγκαταστάσεις προεργασίας με την βοήθεια 4 αντλιών τύπου Αρχιμήδη οι οποίες έχουν δυνατότητα άντλησης 700 κυβικών μέτρων ανά ώρα.



Εικόνα 4.2.1 Αντλίες Αρχιμήδη

Στο στάδιο της προεργασίας εκτελείται πρώτα χονδρός εσχαρισμός για την απομάκρυνση των χονδρόκοκκων στερεών σωματιδίων και προτού τα λύματα οδηγηθούν στις εγκαταστάσεις εξάμμωσης και απολίπωσης πραγματοποιείται μέτρηση της ροής με ειδικό παροχόμετρο (με σύστημα Venturi) όπως παρουσιάζεται στις παρακάτω φωτογραφίες.





Εικόνα 4.2.2 Εγκαταστάσεις εσχαρισμού



Εικόνα 4.2.3 Μετρητής ροής



Εικόνα 4.2.4 Μέτρηση της ροής

Στις εγκαταστάσεις εξάμμωσης και απολίπωσης πραγματοποιείται αφαίρεση της άμμου μέσω αμμοσυλλέκτη και αφαίρεση των λιπών και ελαίων με τη βοήθεια αεριζόμενου λιποσυλλέκτη και χάρη στο γεγονός ότι τα λίπη βρίσκονται στην επιφάνεια των λυμάτων (επειδή είναι ελαφρύτερα του νερού). Ο μηχανισμός αερισμού βρίσκεται επάνω σε γέφυρα η οποία κινείται σε όλο το πλάτος της εγκατάστασης (εικόνα 4.2.6).



Εικόνα 4.2.5 Αμμοσυλλέκτης



Εικόνα 4.2.6 Εξάμμωση- απολίπωση

Μετά την ολοκλήρωση εξάμμωσης και της απολίπωσης τα λύματα οδηγούνται στον μεριστή (εικόνα 4.2.7), ο οποίος ρυθμίζει την παροχή του λύματος στις δεξαμενές αερισμού και ο οποίος τίθεται σε λειτουργία όταν απαιτείται η διάθεση των λυμάτων σε περισσότερες από μία δεξαμενές. Στον βιολογικό καθαρισμό της Καλαμάτας υπάρχουν δύο δεξαμενές αερισμού. Η πρωτοβάθμια επεξεργασία δεν χρησιμοποιείται αν και υπάρχουν οι ανάλογες εγκαταστάσεις, λόγω του ότι τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων μετά την δευτεροβάθμια καθίζηση δεν υπερβαίνουν τα επιτρεπόμενα όρια, και επομένως δεν δικαιολογείται το κόστος λειτουργίας των εγκαταστάσεων αυτών. Στην εικόνα 4.2.7 παρουσιάζεται ο μεριστής του βιολογικού καθαρισμού της Καλαμάτας.



Εικόνα 4.2.7 Μεριστής

Στην δευτεροβάθμια επεξεργασία τα λύματα οδηγούνται πρώτα (όπως αναφέρθηκε παραπάνω) στις δεξαμενές αερισμού. Στο βιολογικό καθαρισμό της Καλαμάτας υπάρχουν δύο δεξαμενές αερισμού οι οποίες λειτουργούν με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό. Υπάρχει μία ανακυκλοφορία της ενεργού ιλύος από τις δεξαμενές της δευτεροβάθμιας καθίζησης στην αρχή πάλι των δεξαμενών αερισμού. Ο βιολογικός καθαρισμός των λυμάτων από τους παθογόνους μικροοργανισμούς επιτυγχάνεται με την βοήθεια των αερόβιων βακτηρίων Rotifer και Vorticelle (εικόνα 4.2.8).



Εικόνα 4.2.8 Βακτήριο Vorticelle

Στο σύστημα αυτό υπάρχει αυξομείωση της έντασης του αερισμού ο βαθμός της οποίας καθορίζεται από τις τιμές των COD, BOD₅, TSS, καθώς και τις σχέσεις NH₄-N, NO₃-N, τα οποία μετρούνται στις δεξαμενές χλωρίωσης. Επίσης από τα στοιχεία αυτά καθορίζεται και η ποσότητα της ιλύος που θα απομακρυνθεί (περίσσεια ιλύος). Ο αερισμός στις δεξαμενές παρατεταμένου αερισμού επιτυγχάνεται με ειδικούς μηχανισμούς (εικόνα 4.2.9) προκειμένου να δημιουργηθεί ευνοϊκό περιβάλλον διαβίωσης για τα βακτηρίδια Rotifer και Vorticelle. Οι μικροοργανισμοί αυτοί επίσης επιζούν σε pH ουδέτερο οπότε γίνεται εύκολα αντιληπτό πόσο μεγάλη σημασία έχουν οι τιμές του O₂ και του pH στις δεξαμενές αερισμού. Στις εικόνες 4.2.9 και 4.2.10 παρουσιάζονται οι δεξαμενές παρατεταμένου αερισμού του βιολογικού καθαρισμού της Καλαμάτας.



Εικόνα 4.2.9 Κινητήρας του μηχανισμού παρατεταμένου αερισμού



Εικόνα 4.2.10 Δεξαμενή παρατεταμένου αερισμού



Εικόνα 4.2.11 Δεξαμενή παρατεταμένου αερισμού



Εικόνα 4.2.12 Δεξαμενή παρατεταμένου αερισμού

Μετά από τις δεξαμενές παρατεταμένου αερισμού τα λύματα οδηγούνται στις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης προκειμένου να διαχωριστούν τα υγρά λύματα από την ενεργό ιλύ. Η λειτουργία αυτή επιτυγχάνεται χάρη στο γεγονός ότι τα σωματίδια της ιλύς είναι βαρύτερα του νερού και οπότε καθιζάνουν στον πυθμένα των δεξαμενών. Για τη συλλογή της ενεργού ιλύος χρησιμοποιούνται ειδικές ξύστρες οι οποίες την απομακρύνουν από τον πυθμένα των δεξαμενών, οπότε η ποσότητα αυτή της ενεργού ιλύος επιστρέφει ξανά στις δεξαμενές παρατεταμένου αερισμού.

Η ταχύτητα καθίζησης των αιωρούμενων σωματιδίων της ιλύος και επομένως ο χρόνος παραμονής των λυμάτων στις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης, εξαρτάται από την ποιότητα της ιλύος (καθιζησιμότητα της ιλύος- βαθμός διαχωρισμού ιλύος και υγρού), καθώς και από τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του διαυγαστήρα της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης (ποσότητες των λυμάτων που δέχονται οι εγκαταστάσεις, σωστή λειτουργία της δεξαμενής καθίζησης, κλπ).



Εικόνα 4.2.13 Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης



Εικόνα 4.2.14 Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, υπάρχει μια ποσότητα ιλύος που απομακρύνεται. Η ποσότητα αυτή, μεταφέρεται σε ειδικές εγκαταστάσεις τους παχυντές, στους οποίους γίνεται κροκίδωση της λάσπης (ιλύς) και έπειτα στις ταινιοφιλτρόπρεσες όπου πραγματοποιείται αφυδάτωση της ιλύος. Μετά την επεξεργασία της, η ιλύς μεταφέρεται με φορτηγά στις χωματερές. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται στις παρακάτω εικόνες.

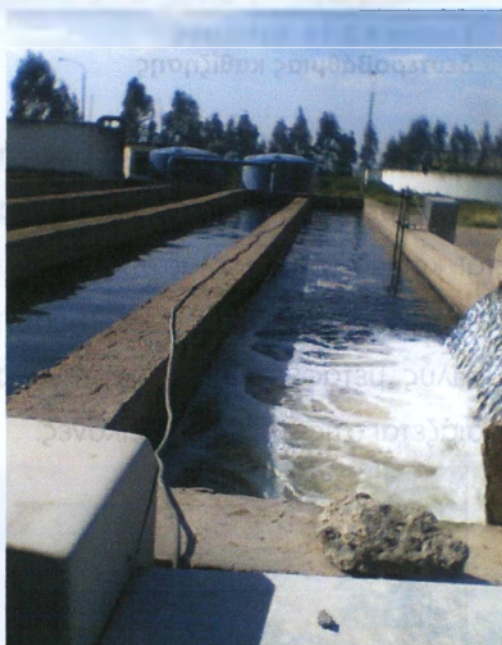


Εικόνα 4.2.15 Ταινιοφιλτρόπρεσες



Εικόνα 4.2.16 Απομάκρυνση ιλύος

Μετά την δευτεροβάθμια καθίζηση τα λύματα μεταφέρονται στις δεξαμενές απολύμανσης προκειμένου να γίνει η χλωρίωση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Η δοσολογία που εφαρμόζεται είναι 0,2mg/l. Στην δεξαμενή χλωρίωσης πραγματοποιείται μέτρηση των COD, BOD₅, TSS, καθώς και μέτρηση των NH₄-N, NO₃-N (λαμβάνονται 3 μετρήσεις ημερησίως). Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα μετά από τη χλωρίωση μεταφέρονται στο αντλιοστάσιο εξόδου και από εκεί διοχετεύονται στον πύργο φόρτισης μέσω του οποίου τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα καταλήγουν στη θάλασσα με υποθαλάσσιο αγωγό μήκους 500m. Στις φωτογραφίες 4.2.17 και 4.2.18 παρουσιάζεται η δεξαμενή χλωρίωσης.



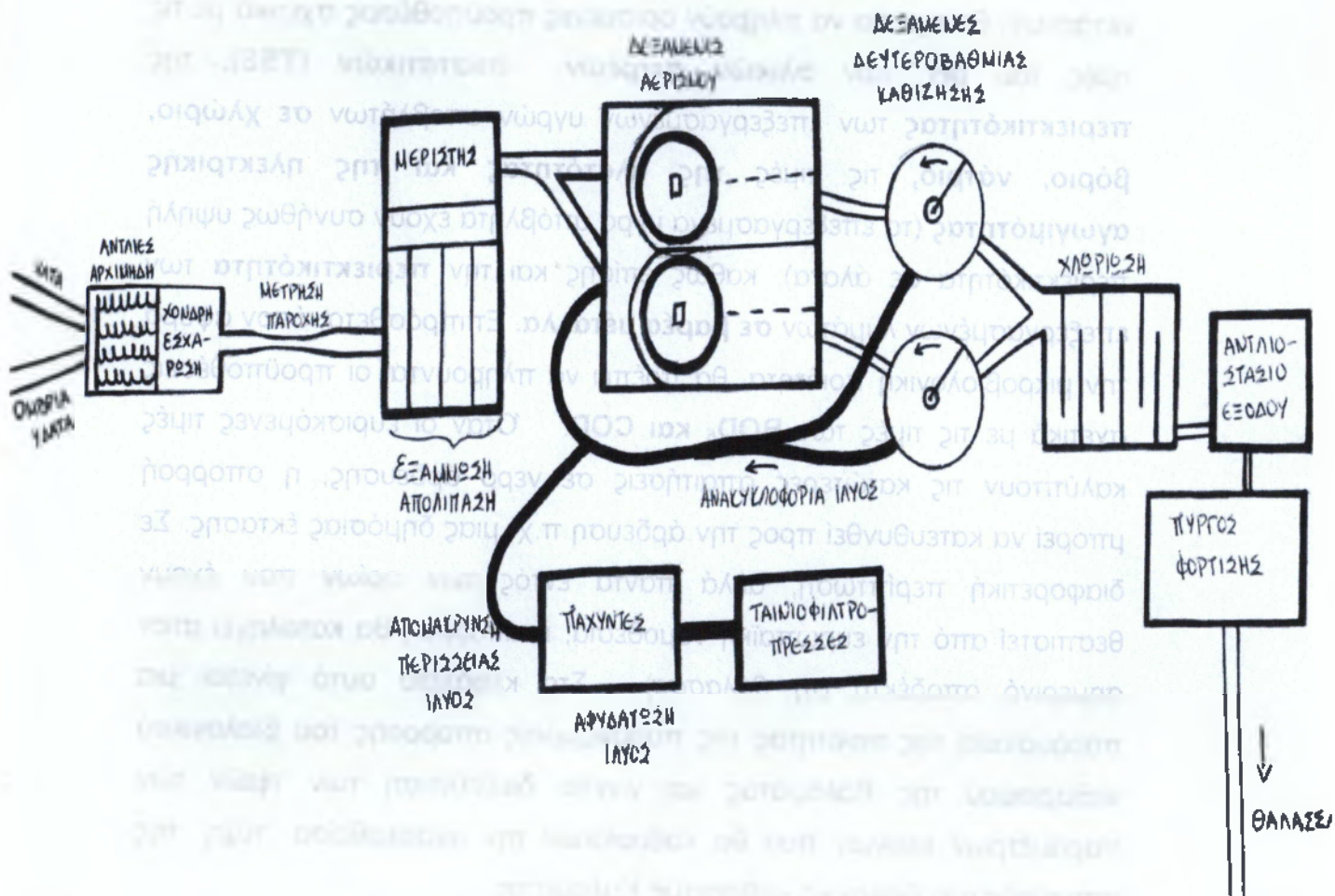
4.2.17 Δεξαμενή χλωρίωσης



4.2.18 Δεξαμενή χλωρίωσης

Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται σχηματικά η γραμμή λειτουργίας της μονάδας βιολογικού καθαρισμού της Καλαμάτας.

Ο ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ



4.2 Ποιοτικά δεδομένα των επεξεργασμένων λυμάτων

4.2.1 Η Ποιότητα της παραγόμενης απορροής

Προκειμένου τα επεξεργασμένα λύματα του βιολογικού καθαρισμού της Καλαμάτας να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην άρδευση των δημοσίων εκτάσεων, θα πρέπει να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις σχετικά με τις τιμές του **pH**, των **ολικών στερεών συστατικών (TSS)**, της **περιεκτικότητας** των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων **σε χλώριο, βόριο, νάτριο**, τις τιμές της **αλατότητας** και της **ηλεκτρικής αγωγιμότητας** (τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα έχουν συνήθως υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα), καθώς επίσης και την **περιεκτικότητα** των επεξεργασμένων λυμάτων **σε βαρέα μέταλλα**. Επιπρόσθετα, όσον αφορά την μικροβιολογική ποιότητα, θα πρέπει να πληρούνται οι προϋποθέσεις σχετικά με τις τιμές των **BOD₅** και **COD**. Όταν οι ευρισκόμενες τιμές καλύπτουν τις κατώτερες απαιτήσεις σε νερό άρδευσης, η απορροή μπορεί να κατευθυνθεί προς την άρδευση π.χ. μιας δημόσιας έκτασης. Σε διαφορετική περίπτωση, αλλά πάντα εντός των ορίων που έχουν θεσπιστεί από την ευρωπαϊκή νομοθεσία, η απορροή θα καταλήγει στον σημερινό αποδέκτη (τη θάλασσα). Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια παρουσίαση της ποιότητας της παραγόμενης απορροής του βιολογικού καθαρισμού της Καλαμάτας και γίνεται διερεύνηση των τιμών των παραμέτρων εκείνων που θα καθορίσουν την αναφερθείσα “τύχη” της απορροής στο βιολογικό καθαρισμό Καλαμάτας.

Για τα στοιχεία **BOD₅**, **COD**, **TSS** (ολικά στερεά συστατικά), **NH₄-N** (αμμωνιακό άζωτο), **NO₃-N** (νιτρικό άζωτο), καθώς και το **pH**, πραγματοποιούνται μετρήσεις και η περιεκτικότητά τους στα επεξεργασμένα απόβλητα είναι αρκετά ικανοποιητική (έχουν τιμές αρκετά χαμηλότερες των επιτρεπόμενων ορίων για άρδευση). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές που έχουν τα παραπάνω στοιχεία μετά τον βιολογικό καθαρισμό, η συχνότητα της δειγματοληψίας, καθώς και τα ανώτατα όρια που έχει θεσπίσει ο νόμος.

Παράμετρος	Εύρος τιμών των μετρήσεων του Βιολογικού καθαρισμού	Συχνότητα μετρήσεων	Ανώτατα επιτρεπόμενα όρια
BOD ₅	4-10mg/l	Ανά μήνα	25mg/l
COD	23,4 - 43,3mg/l	3 ημερησίως	125mg/l
TSS	8 – 16mg/l	3 ημερησίως	40mg/l
pH	6,0 – 7,6	3 ημερησίως	(1)
NH ₄ -N*	0,348 – 1,8mg/l	3 ημερησίως	11,6mg/l
NO ₃ -N*	0,05 – 0,263mg/l	3 ημερησίως	20mg/l

Πίνακας 4.2.1.1 **Οι μετρήσεις του βιολογικού καθαρισμού Καλαμάτας**

(1) Για το pH, τα επιτρεπτά όρια εξαρτώνται και από το είδος του φυτού (κάθε φυτό ευδοκμεί σε διαφορετικό εύρος pH). Γενικά η τιμή του pH δεν θα πρέπει να αποκλίνει του ορίου 5,5 – 8.

* Όταν πρόκειται για άρδευση των καλλιεργειών, η ύπαρξη αμμωνιακού και νιτρικού αζώτου στα επεξεργασμένα, μπορεί να αποδώσει οφέλη διότι με την άρδευση το έδαφος εμπλουτίζεται με πολύτιμες για τα φυτά ποσότητες αζώτου. Θα πρέπει επομένως να γνωρίζουμε τις τιμές αυτών στα επεξεργασμένα προκειμένου να είναι δυνατός ο υπολογισμός των προστιθέμενων ποσοτήτων αζώτου στο έδαφος.

Πηγή: Διπλόρης Νίκος, προσωπική επικοινωνία 7/4/2008.

Όμως για τις περιεκτικότητες σε βαρέα μέταλλα (κυρίως κάδμιο), σε βόριο, σε νάτριο, σε χλώριο, καθώς και για την αλατότητα και την ηλεκτρική αγωγιμότητα των λυμάτων, δεν πραγματοποιούνται μετρήσεις. Οπότε, προτού προβούμε σε οποιονδήποτε χειρισμό, θα πρέπει οι συγκεντρώσεις των παραπάνω να γίνουν γνωστές. Στον πίνακα 4.2.1.2 αναφέρονται τα επιτρεπόμενα όρια των στοιχείων αυτών προκειμένου να μπορούν να εφαρμοστούν στην άρδευση.

Παράγοντας	Επιτρεπόμενα όρια
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)	<300
Αλατότητα	<2000ppm
Νάτριο	<300ppm
Χλώριο	<300ppm
Βόριο	<2ppm
Θείο	<500ppm
<u>Ιχνοστοιχεία-βαρέα μέταλλα</u>	
Άργυρος A	0-0,94 micrograms/liter
Αλουμίνιο Al	12-2550 micrograms/liter
Βόριο B	1,4-58 micrograms/liter
Βάριο Ba	9-152 micrograms/liter
Κοβάλτιο Co	0-5,8 micrograms/liter
Χρώμιο Cr	0,72-84 micrograms/liter
Χαλκός Cu	0,83-105 micrograms/liter
Σίδηρος Fe	31-1670 micrograms/liter
Λίθιο Li	0,075-37 micrograms/liter
Μαγγάνιο Mn	0-185 micrograms/liter
Μολυβδαίνιο Mo	0-6,9 micrograms/liter
Νικέλιο Ni	0-71 micrograms/liter
Μόλυβδος Pb	0-55 micrograms/liter
Ρουβίδιο Rb	0-8 micrograms/liter
Στρόντιο Sr	6,3-802 micrograms/liter
Τιτάνιο Ti	0-107 micrograms/liter
Βιρίλιο V	0-6,7 micrograms/liter
Ψευδάργυρος Zn	0-215 micrograms/liter

Πίνακας 4.2.1.2

Πηγή: Α. Λιακόπουλος 1986

Επομένως, όταν μετά τις απαιτούμενες μετρήσεις οι τιμές των παραμέτρων αυτών (χλώριο, νάτριο, βόριο, αλατότητα, βαρέα μέταλλα) βρίσκονται εντός των επιτρεπόμενων ορίων, τότε τα επεξεργασμένα αυτά λύματα θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αρδευτικούς σκοπούς.

Στην περίπτωση που η συγκέντρωση του χλωρίου στα λύματα βρίσκεται άνω των επιτρεπόμενων ορίων, το πρόβλημα αυτό μπορεί να ξεπεραστεί με την χρησιμοποίηση φίλτρων στα αρδευτικά δίκτυα, αντί της εφαρμογής της χλωρίωσης από τον βιολογικό καθαρισμό, προκειμένου να απομακρυνθούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί.

Σχετικά με την αλατότητα, το γεγονός ότι στον βιολογικό καθαρισμό επεξεργάζονται και όμβρια ύδατα, μειώνει κατά πολύ την περιεκτικότητα σε άλατα χάρη στην αραίωση που πραγματοποιείται (επειδή το νερό της

βροχής είναι συνήθως όξινο και έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε άλατα). Όμως το γεγονός αυτό από μόνο του χωρίς την εργαστηριακή μέτρηση, δεν μπορεί να εγυηθεί ότι η αλατότητα των επεξεργασμένων λυμάτων θα είναι σε τόσο χαμηλά επίπεδα ώστε να επιτρέπεται η άρδευση.

Θα πρέπει επομένως, προτού εφαρμοστεί η άρδευση των δημοσίων χώρων με τα νερά αυτά, να λαμβάνονται μετρήσεις για όλες τις παραμέτρους όπως επίσης και κατά την εφαρμογή της άρδευσης, προκειμένου να ληφθούν οι αποφάσεις για τους χειρισμούς που μπορούν να εφαρμοστούν για την βελτίωση της ποιότητας (για παράδειγμα η ανάμιξη των επεξεργασμένων αποβλήτων με καθαρό νερό).

Όμως, όταν τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα εφαρμόζονται στην άρδευση των δημοσίων εκτάσεων της Καλαμάτας, θα πρέπει να γίνονται συχνές αναλύσεις για τυχόν διακυμάνσεις στα **ποιοτικά χαρακτηριστικά** (βλέπε κεφάλαιο 3.) των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.

4.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της κατεύθυνσης της απορροής

Όπως είναι αντιληπτό, οι πραγματοποιούμενες αναλύσεις μας επιτρέπουν να έχουμε μια αποσπασματική εικόνα για την **καταλληλότητα ή μη των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων**. Η εικόνα αυτή γίνεται όλο και πιο ακριβής όσο αυξάνεται η συχνότητα των πραγματοποιούμενων αναλύσεων, λαμβάνοντας όμως υπόψη το δημιουργούμενο οικονομικό ισοζύγιο μεταξύ του κόστους των αναλύσεων και της αυξανόμενης ασφάλειας της περιβαλλοντικής παρακολούθησης της απορροής του βιολογικού καθαρισμού.

Η προτεινόμενη λύση για την εξισορρόπηση του ανωτέρω ισοζυγίου είναι η εξής:

1. Ο κατά το δυνατό ακριβέστερος υπολογισμός των απαραίτητων ποσοτήτων σε επεξεργασμένα που μπορούν να αξιοποιηθούν, ή απλούστερα από το σύνολο των διαθέσιμων εκτάσεων για τη συγκεκριμένη άρδευση. Αυτό μπορεί να μας οδηγήσει σε **ακριβή συμπεράσματα** για τη **συχνότητα των απαιτούμενων αναλύσεων**.

2. Η κατασκευή υποδομών οι οποίες έχουν το ρόλο:

- Συγκέντρωσης και υδραυλικής φόρτισης (π.χ. κατασκευή υδατόπυργου) της ποσότητας νερού που χρειάζονται οι δημόσιες εκτάσεις (οι οποίες εξ αρχής πρέπει να εκτιμηθούν ποιες και κατά πόσο δύνανται να αρδευτούν με την εν λόγω απορροή από τις αρμόδιες αρχές).
- Κατεύθυνσης της απορροής στον μέχρι τώρα αποδέκτη (εάν οι μετρούμενες τιμές είναι απαγορευτικές για φυτικούς αποδέκτες).
- Ανάμιξης με νερό από όμβρια ύδατα για την επίτευξη των επιθυμητών αραιώσεων και κατεύθυνσης της απορροής σε φυτικούς αποδέκτες, και τέλος
- Κατεύθυνσης της απορροής σε φυτικούς αποδέκτες (λόγω των χαμηλών τιμών των ανάλογων παραμέτρων)

Βάση των παραπάνω γίνεται αντιληπτή η σημασία των αποτελεσμάτων των αναλύσεων για την απόφαση εάν τα επεξεργασμένα λύματα θα σταλθούν για άρδευση ή αν θα απορριφθούν στη θάλασσα.

Ιδιαίτερος είναι και ο ρόλος της συμμετοχής των χρηστών του δικτύου στην ποιότητα της τελικής απορροής και κατ' επέκταση της επιλογής της κατεύθυνσης της απορροής. Η περιβαλλοντική συμπεριφορά του καθενός μπορεί να καθορίσει σε μεγάλο βαθμό την απόφαση επαναχρησιμοποίησης ή μη των λυμάτων μετά από επεξεργασία για άρδευση δημόσιων χώρων. Η συνείδηση που έχει ο κάθε χρήστης του δικτύου στο να προσέχει τι εναποθέτει στις αποχετεύσεις (να μην πετάει λάδια, χημικά, βαρέα μέταλλα, κλπ.) διότι μια τέτοια ενέργεια μπορεί να έχει πολύ δυσάρεστες επιπτώσεις στα αποτελέσματα της επεξεργασίας (αδυναμία απαλλαγής των λυμάτων από τέτοιου είδους ρύπους). Εάν π.χ. ένα τυροκομείο απορρίψει ζουμιά από τα υπολείμματα επεξεργασίας του γάλακτος στο δίκτυο αποχέτευσης, η τιμή της αγωγιμότητας θα εκτιναχθεί σε απαγορευτικές τιμές για τη χρήση της απορροής για άρδευση.

Εύκολα αντιλαμβάνεται κανείς ότι είναι τεχνικά αδύνατο να παρακολουθείται το συνολικό δίκτυο υγρών αποβλήτων μιας περιοχής για την έστω ατυχηματική απόρριψη στο αποχετευτικό δίκτυο απαγορευμένων ουσιών. Από την άλλη, η νομοθεσία προβλέπει κυρώσεις

για τέτοιου είδους ενέργειες, οι οποίες είναι ιδιαίτερα αυστηρές, όμως από μόνες τους δεν έχουν αποτέλεσμα αν δεν υπάρξει σωστή συνείδηση από τους ίδιους τους πολίτες. Οπότε η μόνη λύση προκειμένου να υπάρχει σεβασμός των πολιτών-χρηστών απέναντι σε ένα τέτοιο σύστημα, και ουσιαστικά να μιλάμε για επαναχρησιμοποίηση του νερού από επεξεργασμένα (έστω κι αν είναι για άρδευση) είναι:

- Η σωστή ενημέρωση και η εκπαίδευση του κοινού σχετικά με τις δυσάρεστα αποτελέσματα που έχουν τέτοιου είδους ενέργειες στο περιβάλλον και στον άνθρωπο.
- Η κατά το δυνατό εφαρμογή των ισχυουσών διατάξεων περί χρησιμοποίησης επικίνδυνων ή ακατάλληλων προς απόρριψη στο δίκτυο ακαθάρτων μιας πόλης λυμάτων. (*Συνεπώς προϋπόθεση όλων όσων αναφέρονται είναι η εύρυθμη λειτουργία των βιολογικών καθαρισμών της εκάστοτε βιοτεχνίας – βιομηχανίας και η τήρηση της απαγόρευσης οποιασδήποτε απόρριψης στο δίκτυο αποχέτευσης του βιολογικού καθαρισμού της Καλαμάτας*)

Εν ολίγοις, είναι θέμα νοοτροπίας και παιδείας των χρηστών του δικτύου για την εύρυθμη λειτουργία ενός συστήματος που θα περιλαμβάνει επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων.

4.3 Διερεύνηση της υπόθεσης άρδευσης δημόσιας έκτασης στη Καλαμάτα.

Η υπόθεση ελέγχου του Δήμου Καλαμάτας ολοκληρώνεται με την επιλογή μιας έκτασης κατάλληλης για άρδευση με επεξεργασμένα. Η άρδευση με επεξεργασμένα σε έναν δημόσιο χώρο πρέπει εκτός των ποιοτικών κριτηρίων του νερού να καλύπτει και κάποιες άλλες προϋποθέσεις. Ακολουθεί μια ανάλυση αυτών των προϋποθέσεων, η οποία και μας οδήγησε στην επιλογή του συγκεκριμένου πάρκου για την ολοκλήρωση της υπόθεσης ελέγχου της παρούσας εργασίας.

Για την άρδευση των δημόσιων χώρων με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, θα πρέπει να τηρούνται ορισμένες προϋποθέσεις που έχουν

σχέση με τον τρόπο άρδευσης και με το είδος των φυτών που αρδεύονται (σε ορισμένα φυτά επιτρέπεται μόνο η υπόγεια στάγδην άρδευση), προκειμένου να μην υπάρχουν υγειονομικοί κινδύνοι για την υγεία των πολιτών όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Πιο συγκεκριμένα, ο τρόπος άρδευσης που ενδείκνυται περισσότερο (όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο), είναι τα συστήματα της τοπικής άρδευσης και ιδιαίτερα η υπόγεια στάγδην άρδευση.

Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου μπορούν να εφαρμοστούν και τα άλλα συστήματα τοπικής άρδευσης, όπως για παράδειγμα σε φυτά τα οποία είναι περιφραγμένα και το κοινό δεν μπορεί να έρθει σε επαφή με αυτά, καθώς επίσης και η περίπτωση όπου η άρδευση εφαρμόζεται σε ώρες όπου δεν υπάρχουν πολίτες στις δημόσιες εκτάσεις (όπως αργά την νύχτα).

Όμως για να μπορέσει να εφαρμοστεί ένα τέτοιο είδος άρδευσης, χρειάζεται και ο κόσμος να συνηθίσει και να αποδεχθεί την ιδέα της χρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων στην άρδευση, στους χώρους (πάρκα) όπου παίζουν οι ίδιοι και τα παιδιά τους, δίχως να έχουν ενδοιασμούς. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να παρέχονται εγγυήσεις στους πολίτες ότι δεν υπάρχει κανένας υγειονομικός κίνδυνος από την εφαρμογή των επεξεργασμένων.

Εκτός από τα παραπάνω, πολύ σημαντικό ρόλο προκειμένου τα επεξεργασμένα απόβλητα να χρησιμοποιηθούν στην άρδευση των δημοσίων εκτάσεων, έχει και ο οικονομικός παράγοντας, διότι τα οφέλη από αυτή τη χρησιμοποίηση τους στην άρδευση θα πρέπει να δικαιολογούν το κόστος των απαιτούμενων υποδομών για την μεταφορά και εφαρμογή του νερού από επεξεργασμένα σε μια δημόσια έκταση.

Αναλυτικότερα, θα πρέπει να γίνουν μια σειρά από έργα όπως η κατασκευή αποθηκευτικών χώρων προκειμένου να υπάρχουν αποθέματα υγρών επεξεργασμένων αποβλήτων ιδιαίτερα σε περιόδους αυξημένης ζήτησης αρδευτικού νερού (σε περιόδους όπου επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες), οι οποίες συχνά συμπίπτουν με την αυξημένη ζήτηση σε νερό ύδρευσης. Εξαιτίας του παραπάνω λόγου, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η λύση της άρδευσης με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα του βιολογικού καθαρισμού της Καλαμάτας.

Επίσης θα χρειαστεί να κατασκευαστεί ένα δίκτυο μεταφοράς και διανομής του νερού στα φυτά (αγωγοί μεταφοράς των επεξεργασμένων αποβλήτων, σωληνώσεις, σταλάκτες, ηλεκτροβάνες, κλπ). Για την μεταφορά των επεξεργασμένων λυμάτων από τον βιολογικό καθαρισμό στον τόπο εφαρμογής τους, προκειμένου το κόστος να μην είναι υψηλό και μόνο στην περίπτωση που οι αρδευόμενες εκτάσεις είναι μικρές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μεγάλα βυτιοφόρα οχήματα. Όσον αφορά το σύστημα άρδευσης, η εγκατάσταση ενός δικτύου υπόγειας άρδευσης με σταγόνες έχει μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης από τα άλλα συστήματα τοπικής άρδευσης.

Στις δημόσιες εκτάσεις του Δήμου Καλαμάτας υπάρχουν είδη φυτών τα οποία ευδοκιμούν στο κλίμα της περιοχής. Στις δημόσιες εκτάσεις ανήκουν τα διάφορα πάρκα (πάρκο του Νέδοντα, πάρκο του ΟΣΕ, η περιοχή της Τέντας, κλπ.), οι χώροι πρασίνου στις νησίδες των δρόμων, τα λουλούδια στις πλατείες, κλπ.

Στο πάρκο του Νέδοντα είναι προς το παρόν περισσότερο εφικτή η εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα από τις υπόλοιπες δημόσιες εκτάσεις λόγω της ευκολίας διασύνδεσής του, βάσει των συζητήσεων που πραγματοποιήθηκαν με τον κύριο Ιωάννη Λιοντήρη, Διευθυντή του τμήματος Περιβάλλοντος του Δήμου της Καλαμάτας. Στο πάρκο αυτό υπάρχουν διάφορα είδη δέντρων και θάμνων, τα περισσότερα από αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα 4.4.

<u>ΔΕΝΤΡΑ</u>	<u>ΘΑΜΝΟΙ</u>
<i>Acacia floribunda</i> (Αγριομιμόζα)	<i>Cotoneaster</i> sp. (Κυδωνίαστρο)
<i>Cupressus arizonica</i> (Κυπαρίσσι Αριζόνικα)	<i>Hibiscus</i> sp. (Ιβίσκος)
<i>Cupressus sempervirens</i> var. <i>pyramidalis</i> (Κυπαρίσσι ορθόκλαδο)	<i>Lagerstroemia indica</i> (Λαγκεστρέμια)
<i>Eucalyptus</i> sp. (Ευκάλυπτος)	<i>Photinia x fraseri</i> (Φωτίνια)
<i>Phoenix</i> sp. (Φοίνικας Ουασιγκτόνια)	<i>Rosa</i> sp. (Τριανταφυλλιά)
<i>Platanus</i> sp. (Πλάτανος)	<i>Viburnum tinus</i> (Βιβούρνο κοινό)
<i>Populus x canadensis</i> (Λεύκη Καναδέζικη)	<i>Nerium oleander</i> (Γικροδάφνη)
<i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i> (Λεύκη καβάκι)	
<i>Prunus cerasifera</i> (Καλλωπιστική δαμασκηλιά)	
<i>Yucca</i> sp. (Γιούκα)	
Ψευδομέλιες	

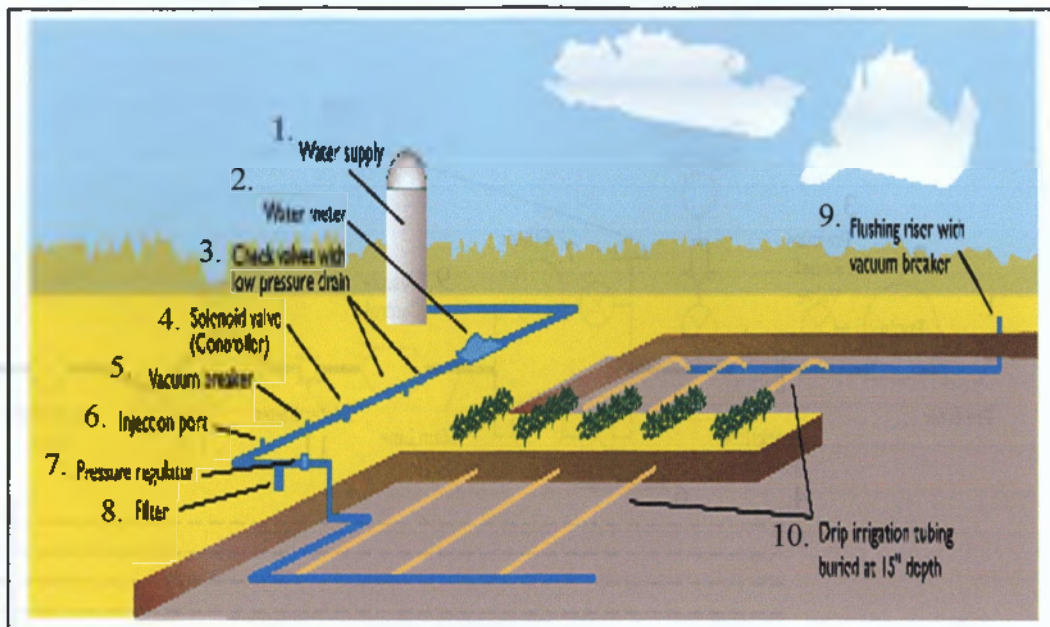
Πίνακας 4.4: Φυτά που υπάρχουν στο πάρκο του Νέδοντα στην Καλαμάτα.

Πηγή: Χρυσανθακόπουλος Κώστας, προσωπική επικοινωνία 2/4/2008

Η συνολική έκταση του πάρκου του Νέδοντα είναι 12.900m^2 (οι μετρήσεις έγιναν με βάση το τοπογραφικό και έπειτα έγινε αναγωγή σύμφωνα με την κλίμακα προκειμένου να βρεθούν οι πραγματικές διαστάσεις). Από την έκταση αυτή, το 60% (σύμφωνα με τον κύριο Ιωάννη Λιοντήρη), δηλαδή τα 7.740m^2 , καλύπτεται από τα φυτικά είδη του πίνακα 4.4. Προκειμένου να υπολογιστούν οι ποσότητες του νερού που θα χρειαστούν για την εφαρμογή ενός τέτοιου είδους άρδευσης, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι υδατικές ανάγκες του πιο απαιτητικού φυτικού είδους (όπως είναι τα διάφορα είδη χλοοτάπητα), στον πιο θερμό μήνα του έτους. Οι τιμές αυτές σύμφωνα με τον κύριο Ιωάννη Λιοντήρη, είναι 3m^3 (κυβικά) νερό ανά ημέρα σε ένα στρέμμα χλοοτάπητα. Οπότε εφόσον στο πάρκο υπάρχουν 7,74 στρέμματα φυτικής επιφάνειας, οι ποσότητες που θα παρέχονται στα φυτά κατά τους θερμούς μήνες θα πρέπει να είναι 23,22 κυβικά ανά ημέρα. Επομένως ο σχεδιασμός ενός τέτοιου συστήματος υπέρδευσης, θα γίνει με βάση τις απαιτούμενες αυτές ποσότητες.

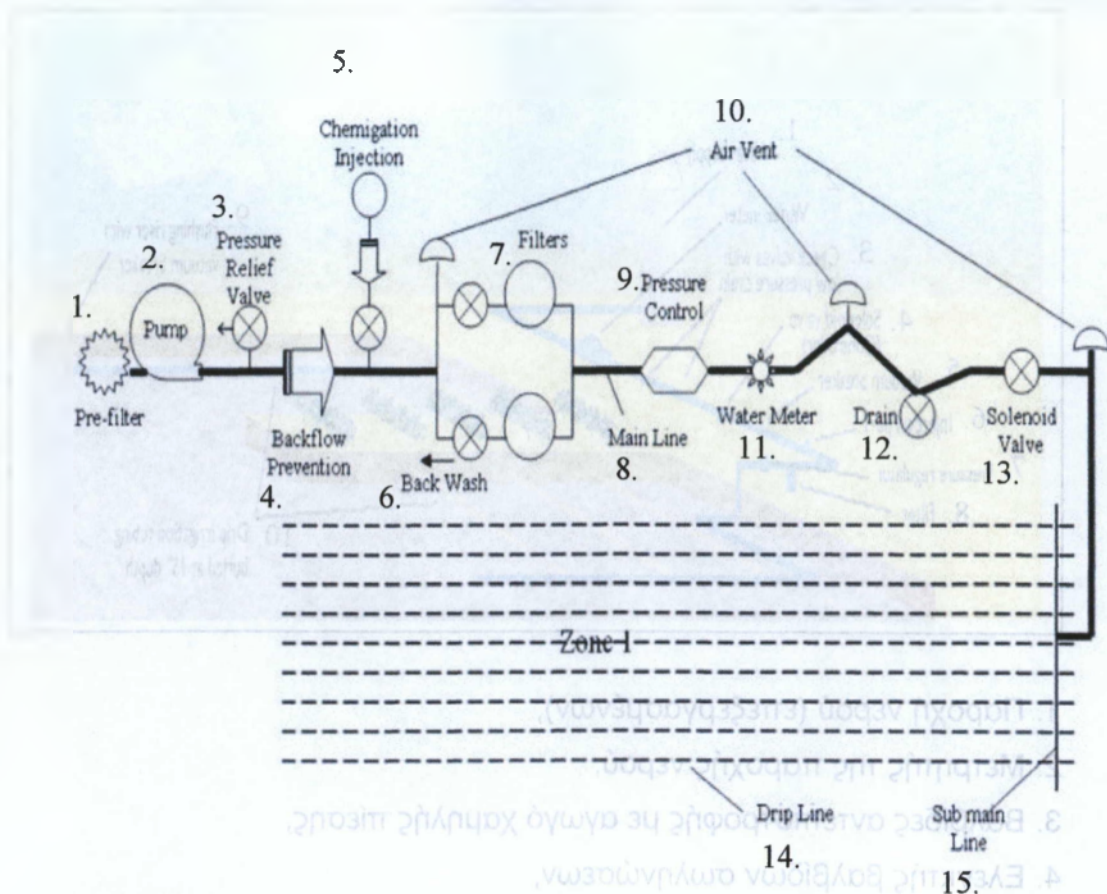
Από τη στιγμή που θα εγκατασταθούν συστήματα υπόγειας άρδευσης με σταγόνες, η άρδευση των δημοσίων αυτών εκτάσεων με τα επεξεργασμένα λύματα του βιολογικού καθαρισμού της Καλαμάτας, θα μπορεί να γίνεται δίχως να υπάρχει έστω και η παραμικρή ανησυχία για την υγεία των πολιτών και όσων άλλων βρίσκονται σε αυτούς τους δημόσιους χώρους, ενώ παράλληλα θα εξοικονομούνται πολύ σημαντικές ποσότητες καθαρού νερού. Αυτό που μένει να μελετηθεί είναι το κατά πόσο τα οφέλη από την χρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων δικαιολογούν το κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων όσον αφορά το κοντινό μέλλον. Στις εικόνες 4.3.1 και 4.3.2 παρουσιάζονται συστήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Εικόνα 4.3.1 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.



1. Παροχή νερού (επεξεργασμένων),
2. Μετρητής της παροχής νερού,
3. Βαλβίδες αντεπιστροφής με αγωγό χαμηλής πίεσης,
4. Ελεγκτής βαλβίδων σωληνώσεων,
5. Βαλβίδα αερισμού,
6. Εισαγωγή υδρολίπανσης,
7. Ρυθμιστής της πίεσης,
8. Φίλτρο,
9. Περιοχή απόπλυσης με βαλβίδα αερισμού,
10. Σωληνώσεις άρδευσης με σταγόνες, τοποθετημένες 15 εκατοστά κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Σχήμα 4.3.2 ΔΙΚΤΥΟ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΕΣ ΥΠΟΓΕΙΩΣ



1. Προφίλτρο,
2. Αντλία,
3. Βαλβίδα ανακούφισης,
4. Παρεμπόδισμός οπισθοροής (βαλβίδα αντεπιστροφής),
5. Έγχυση χημικών,
6. Επανακαθαρισμός,
7. Φίλτρα,
8. Κύρια γραμμή,
9. Έλεγχος πίεσης,
10. Εξαεριστήρες,
11. Μετρητής νερού,
12. Αγωγός,
13. Βαλβίδα σωληνώσεων,
14. Γραμμή με σταλάκτες,
15. Δευτερεύουσα γραμμή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι εξελίξεις στο θέμα της διαχείρισης του νερού καθιστούν απαραίτητη τη θεώρηση της από μια άλλη σκοπιά. Μερικές λύσεις προκειμένου να αξιοποιηθούν πηγές νερού, είναι η συγκέντρωση και αποθήκευση των όμβριων υδάτων σε αποθηκευτικούς χώρους, η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού, καθώς και η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών αποβλήτων σε χρήσεις όπως η άρδευση των καλλιεργειών. Η κατάσταση στον κόσμο σήμερα κινείται όλο και περισσότερο προς την κατεύθυνση της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων στην άρδευση, η οποία αποτελεί και τον μεγαλύτερο καταναλωτή νερού. Ήδη στις περισσότερο ανεπτυγμένες χώρες η εφαρμογή των επεξεργασμένων στην άρδευση των καλλιεργειών καθώς και των δημόσιων εκτάσεων, είναι μια πρακτική που εφαρμόζεται ευρέως και έχει ήδη αποδώσει πολλά οφέλη.

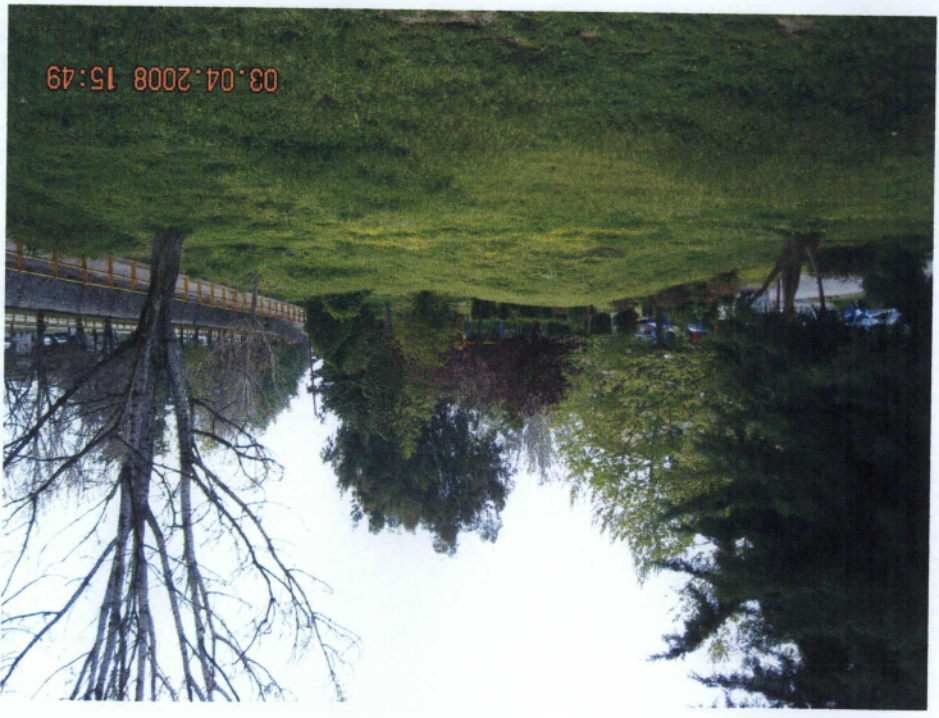
Όμως, για να μπορούν να χαρακτηριστούν τα επεξεργασμένα λύματα κατάλληλα για αρδευτικούς σκοπούς, θα πρέπει να πληρούν ορισμένα ποιοτικά κριτήρια. Αυτές οι ποιοτικές παραμέτροι διακρίνονται σε χημικές (περιεκτικότητες σε μακροστοιχεία και μικροστοιχεία, pH, αλατότητα, αγωγιμότητα, κλπ..) και σε μικροβιολογικές (διάφορα παθογόνα όπως βακτήρια, ιοί, κλπ..) για τις οποίες έχουν οριστεί συγκεκριμένα όρια τα οποία δεν θα πρέπει να υπερβαίνονται. Επιπλέον, όσον αφορά την επιλογή του συστήματος για την εφαρμογή ενός τέτοιου είδους άρδευσης, το πλέον καταλληλότερο είναι το σύστημα της υπόγειας άρδευσης με σταγόνες.

Ο βιολογικός καθαρισμός της Καλαμάτας έχει δυναμικότητα 120.000 ισοδύναμους κατοίκους και επεξεργάζεται κατά μέσο όρο 16-17.000m³ λυμάτων ανά ημέρα, ενώ μαζί με τα αστικά λύματα επεξεργάζονται και όμβρια ύδατα. Όπως γίνεται αντιληπτό μιλάμε για μεγάλες ποσότητες νερού οι οποίες αποβάλλονται ανεκμετάλλευτες στην θάλασσα. Το γεγονός ότι στον βιολογικό εκτελείται δευτεροβάθμια επεξεργασία μας παρέχει την απαραίτητη προϋπόθεση προκειμένου να είναι εφικτή η χρησιμοποίηση των νερών αυτών στην άρδευση των εκτάσεων του Δήμου

της Καλαμάτας. Αυτή τη στιγμή οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται είναι για την εύρεση του BOD₅, του COD, του TSS, και του pH, εφόσον τα επεξεργασμένα λύματα απορρίπτονται στην θάλασσα. Τα επίπεδα των παραπάνω τιμών είναι αρκετά ικανοποιητικά σε σχέση με τα επιτρεπόμενα όρια για την άρδευση. Προκειμένου όμως να μπορούμε να μιλήσουμε με ασφάλεια για την εφαρμογή των επεξεργασμένων στους δημόσιους χώρους της Καλαμάτας, θα πρέπει να μετρούνται επιπλέον η αλατότητα και η ηλεκτρική αγωγιμότητα, καθώς και οι περιεκτικότητες σε βαρέα μέταλλα, χλώριο, νάτριο και βόριο. Εφόσον αυτές οι τιμές βρίσκονται εντός των προβλεπόμενων ορίων, τότε θα μπορούμε να προχωρήσουμε στην άρδευση των εκτάσεων αυτών.

Για να πραγματοποιηθεί όμως η άρδευση των δημοσίων χώρων της Καλαμάτας με τα επεξεργασμένα, θα πρέπει να υλοποιηθούν μια σειρά τεχνικών έργων που περιλαμβάνουν κατασκευές στο βιολογικό καθαρισμό (υδατόπυργος) και κατασκευή του δικτύου μεταφοράς και εφαρμογής των επεξεργασμένων. Η κατασκευή αποθηκευτικών χώρων για τα επεξεργασμένα, ο εξοπλισμός του εργαστηρίου με τα απαραίτητα όργανα προκειμένου να μετρούνται και οι υπόλοιπες παραμέτροι, καθώς και η κατασκευή των αναγκαίων δικτύων υπόγειας άρδευσης αποτελούν ορισμένα από τα έργα που χρειάζεται να γίνουν. Αυτό όμως που θα πρέπει να μελετηθεί προσεκτικά, είναι το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης όλων αυτών των εγκαταστάσεων που θα κατασκευαστούν.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε μια υπόθεση ελέγχου στο δημόσιο πάρκο του Νέδοντα. Το συγκεκριμένο πάρκο επιλέχθηκε λόγω της ευκολίας διασύνδεσης που παρουσιάζει κατόπιν συζητήσεων με τον Διευθυντή του τμήματος Περιβάλλοντος του δήμου Καλαμάτας, κύριο Ιωάννη Λιοντήρη. Στο πάρκο αυτό, έγινε μια καταγραφή των φυτικών ειδών που υπάρχουν και υπολογίστηκαν οι απαιτούμενες ποσότητες νερού που θα χρειαστούν για την άρδυσή τους.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΤΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΤΟΥ ΝΕΑΝΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλμπάνης, Τ., 1999. Ρύπανση και τεχνολογία προστασίας περιβάλλοντος. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Κληρονόμου, Δ., 2006. Σημειώσεις εργαστηρίου καλλωπιστικά φυτά- κηποτεχνία. Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
- Λιακόπουλος, Α., 1986. Μαθήματα γεωργικής υδραυλικής και εγγειοβελτιωτικών έργων. Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μαρκαντωνάτος, Γ., 1990. Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων. Αθήνα.
- Miller. Τ., 1999. Environmental Science. Seventh edition. Canada.
- Μιχαλοπούλου, Χ., 2004. Νομοθεσία για το περιβάλλον. Θεσσαλονίκη.
- Μιχελάκης, Ν., 1988. Συστήματα αυτόματης άρδευσης- Άρδευση με σταγόνες. Αθήνα.
- Μπαμπίλης, Δ., 2004. Άρδευτικά δίκτυα πρασίνου. Αθήνα.
- Πανώρας, Α., Ηλίας, Α., 1999. Άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Θεσσαλονίκη.
- Pescod, M.B., 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. Rome.

Πηγές από περιοδικά:

- ΕΥΔΑΠ., 2007. Φροντίδα ζωής για την Αττική. Ενημερωτικό φυλλάδιο.
- Καλομενίδης, Π., 2008. Υπόγεια άρδευση αστικού πρασίνου-περιοδικό Άνθο-καλλιέργεια και κηποτεχνία, τεύχος 1, Ιανουάριος-Μάρτιος 2008.
- Πανώρας, Α., Ηλίας Α., Επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα: Ένας πολύτιμος υδατικός πόρος για την Ελληνική γεωργία. Γεωργία- κτηνοτροφία, Ιούλιος 2004.
- ΔΕΥΑΚ 2005, Ενημερωτικό τεύχος.

Πηγές από το διαδύκτιο:

- Άρθρο της UNEP (πρόγραμμα περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών) σχετικά με τις εναλλακτικές τεχνολογίες για την αύξηση των γλυκών νερών στη Δυτική Ασία. www.unep.com
- Laurent, Bontoux. Αστικά λύματα: Δημόσια υγεία και το περιβάλλον. The IPTS Report, τεύχος 18, Οκτώβριος 1997. www.IPTS.com
- Άρθρο της εταιρίας NETAFIM Ισραήλ σχετικά με την υπόγεια στάγδην άρδευση. www.NETAFIM.COM
- <http://www.utahbirds.org/counties/utahco/TimpanogosWTP.htm>
- <http://sgp.undp.org/web/images/1774/created>
- <http://www.bakoulas.gr/htmlgr>
- http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/B_Basics.htm

- http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/CI_Basics.htm

Πηγές από Συνέδρια:

- Παπαδάκης, Ν., 2007. Διαχείριση απόβλητου ύδατος στη βόρεια Ελλάδα κατά τη διάρκεια 1988-2004. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Άλλες πηγές:

- Σημειώσεις και συζητήσεις που πραγματοποιήθηκαν με τον κύριο Διπλόρη Νίκο, υπεύθυνο λειτουργίας του βιολογικού καθαρισμού της Καλαμάτας.
- Συζητήσεις που πραγματοποιήθηκαν με τον κύριο Λιοντήρη Ιωάννη, διευθυντή του τμήματος Περιβάλλοντος του Δήμου Καλαμάτας καθώς και με τον κύριο Χρυσανθακόπουλο Κώστα, Τεχνολόγο Γεωπόνου του εν λόγω τμήματος.