

**Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΩΝ - ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΩΝ
ΚΑΙ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ
ΚΑΤΙΦΕ**



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΜΑΝΙΟΣ ΘΡΑΣΥΒΟΥΛΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΔΑΣΚΑΛΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	5
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1 Υδατικοί πόροι του πλανήτη.....	6
1.2 Ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων.....	8
1.2.1 Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων.....	9
1.2.2 Γεωργική χρήση με έμφαση στην άρδευση.....	10
1.2.3 Επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία.....	11
1.2.4 Εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων.....	12
1.2.5 Άρδευση κοινόχρηστων χώρων.....	12
1.2.6 Διάφορες χρήσεις.....	13
1.3 Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για άρδευση κηπευτικών.....	14
1.3.1 Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του αρδευτικού νερού.....	14
1.3.2 Περιεκτικότητα σε άλατα	15
1.3.3 Περιεκτικότητα σε νάτριο.....	15
1.3.4 Περιεκτικότητα σε ανθρακικά ιόντα, χλώριο και βόριο.....	15
1.3.5 Περιεκτικότητα σε μέταλλα.....	16
1.3.6 Περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά.....	16
1.3.7 Περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά.....	17
1.3.8 Περιεκτικότητα σε παθογόνα συστατικά.....	17
1.3.9 Περιεκτικότητα σε τοξικά οργανικά συστατικά.....	18
1.4 Το είδος της καλλιέργειας.....	18
1.4.1 Η καλλιέργεια ανθοκομικών φυτών κατιφέ.....	19
1.5 Τα χαρακτηριστικά της περιοχής.....	20
1.5.1 Η τοπογραφία της περιοχής.....	20
1.5.2 Τα χαρακτηριστικά του εδάφους.....	20
1.5.2.1 Επίδραση στα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους.....	21
1.5.2.2 Επίδραση στα χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους.....	23
1.5.2.3 Εφοδιασμός των φυτών με θρεπτικά συστατικά.....	25

1.5.2.4 Ανάλυση λιπάσματος.....	27
1.5.2.5 Εφαρμογή λιπασμάτων.....	27
1.5.3 Οι γεωλογικές συνθήκες.....	28
1.5.4 Τα υπόγεια νερά.....	28
1.5.5 Το κλίμα της περιοχής.....	29
1.6 Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων.....	29
1.6.1 Σύστημα ενεργούς ιλύος.....	29
1.6.2 Πρωτοβάθμια επεξεργασία.....	30
1.6.3 Δευτεροβάθμια επεξεργασία.....	31
1.6.4 Σύστημα βιολογικής επεξεργασίας των αποβλήτων.....	32
1.6.5 Τριτοβάθμια επεξεργασία.....	33
1.6.6 Απολύμανση.....	33
1.6.7 Διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων.....	33
1.6.8 Διάθεση λάσπης.....	34
1.7 Εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων Ηρακλείου.....	35
1.7.1 Γραμμή Υγρών Αποβλήτων.....	36
1.7.2. Γραμμή Ιλύος	38
1.7.3. Γραμμή Βιοαερίου.....	38
Σχήμα 1.1.....	39
Εικόνα 1.7.1.1.....	40
1.8 Μικροβιακές παράμετροι και προτεινόμενα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.....	40
1.8.1 Προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος.....	41
1.8.2 Άλλα νομικά θέματα.....	43
1.8.3 Ισχύον θεσμικό πλαίσιο.....	44
1.8.4 Ανάγκη Θέσπισης Ελληνικών Προδιαγραφών Ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Αστικών Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα.....	46
1.9 Αντικείμενο και σκοπός εργασίας.....	47
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	48
2.1 Γενικά στοιχεία του πειράματος.....	48
2.2 Παρασκευή υποστρώματος.....	49
2.3 Αστικά υγρά απόβλητα.....	49
2.4 Εγκατάσταση ανθοκομικών φυτών.....	49

2.4.1 Εικόνα	51
2.4.2 Εικόνα	52
Σχηματικό διάγραμμα καλλιέργειας	53
2.5 Μετρήσεις- Αναλύσεις.....	54
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	56
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	68
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	69

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο πείραμα το οποίο πραγματοποιήσαμε, είχαμε ως σκοπό να αναδείξουμε την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων σε διάφορες καλλιέργειες κηπευτικών και ανθοκομικών φυτών και να αποδείξουμε την ασφαλή επαναχρησιμοποίησή τους ως προς τα φυτά, κάτω από ορισμένες συνθήκες. Με αυτό τον τρόπο έχουμε ως σκοπό την μείωση της κατανάλωσης του καθαρού νερού που χρησιμοποιείται στην γεωργία για άρδευση και την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για αυτό τον σκοπό και όχι την άσκοπη ρίψη τους στο περιβάλλον όπως γινόταν μέχρι σήμερα.

Στα πλαίσια της πτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Δρ. Μανιό Βασίλιο, Ομότιμο Καθηγητή Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης, τον Δρ. Μανιό Θρασύβουλο, Επίκουρο Καθηγητή Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους Μανιαδάκη Κωσταντίνο, Σαμπαθιανάκη Ιωάννη, Φουντουλάκη Μιχάλη, Τερζάκη Στέλιο, Γεωργάκη Ειρήνη, για την πολύτιμη βοήθειά τους.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Υδατικοί πόροι του πλανήτη

Η έλλειψη ικανοποιητικών ποσοτήτων καθαρού νερού για της ανάγκες της άρδευσης έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση και του πόσιμου νερού. Αυτό έχει σαν συνέπεια την εξέταση της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων τουλάχιστον για την άρδευση αν είναι δυνατόν (Στάμου, 1995).

Τα υγρά απόβλητα αποτελούν ένα μεγάλο κίνδυνο για την ρύπανση των υδάτινων πόρων και των εδαφών. Γι 'αυτό οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών αποβλήτων έχουν σκοπό τον διαχωρισμό τους από τα βλαβερά συστατικά που περιέχουν ώστε να διατεθούν ακίνδυνα στο περιβάλλον και στις καλλιέργειες (Στάμου, 1995).

Η νέα περιβαλλοντική πρακτική ανά τον κόσμο έχει βασιστεί στα πέντε R που αντιπροσωπεύουν τις βασικές αρχές προστασίας του περιβάλλοντος: Reclamation (επανάκτηση), Recycle (ανακύκλωση), Reuse (επαναχρησιμοποίηση), Renuable (ανανεώσιμη) και Reduce (μείωση). Κάτω από αυτό το πρίσμα τα εκατομμύρια χιλιάδες κυβικά μέτρα υγρών αποβλήτων που παράγονται ανά τον κόσμο θα μπορούσαν να επανακτηθούν (reclamation), να επαναχρησιμοποιηθούν (reuse), δημιουργώντας έτσι μια μορφή ανακύκλωσης (recycle) που θα οδηγήσει σε μείωση (reduction) των ποσοτήτων καθαρού νερού που χρησιμοποιούνται στη γεωργία δημιουργώντας μια ανανεώσιμη (renewable) πηγή νερού. Σε αυτά τα ανανεώσιμα νερά ως βλαβερά συστατικά θεωρούνται τα ογκώδη αντικείμενα, η άμμος, τα μικρού μεγέθους στερεά που αιωρούνται στην μάζα των αποβλήτων (αιωρούμενα στερεά), τα οργανικά φυσικά-συστατικά (π.χ. υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη), οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα θρεπτικά στοιχεία (άζωτο και φώσφορος), (Μανιός Θ. 2003).

Αν τα απόβλητα διοχετευτούν χωρίς επεξεργασία σε ένα υδάτινο αποδέκτη δημιουργούν διάφορα προβλήματα .Τα ογκώδη στερεά, η άμμος και τα αιωρούμενα στερεά προκαλούν περισσότερο αισθητική δυσαρέσκεια παρά ουσιαστική ρύπανση του υδάτινου φορέα .Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι υπεύθυνοι για την μετάδοση ασθενειών στον άνθρωπο και σε άλλους οργανισμούς. Η παρουσία τους διαπιστώνεται από τα αποτελέσματα που επιφέρουν στον άνθρωπο όπως π.χ. δερματικές και άλλες μολύνσεις. Αυτοί χρησιμοποιούνται συχνά ως το βασικότερο κριτήριο για την καταλληλότητα η όχι μιας ακτής για κολύμβηση. Τα οργανικά συστατικά , το άζωτο και ο φώσφορος, είναι όμως τα περισσότερο υπεύθυνα για τις δυσάρεστες καταστάσεις ρύπανσης. Και αυτό γιατί κάθε υδάτινος φορέας, αλλά και τα ίδια τα απόβλητα, περιέχουν μικροοργανισμούς που καταναλώνουν τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων, καθώς και το άζωτο και το φώσφορο, για να τραφούν και να πολλαπλασιαστούν καταναλώνοντας παράλληλα το οξυγόνο(δηλ. αναπνέοντας),που βρίσκεται διαλυμένο στο νερό του φορέα μέχρι να το εξαφανίσουν τελείως. Το άζωτο και ο φώσφορος μπορεί να δημιουργήσαν το λεγόμενο φαινόμενο του ευτροφισμού, που εκδηλώνεται με την υπερβολική ανάπτυξη των φυκιών στον υδάτινο φορέα (Στάμου ,1995).

1.2 Ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων

Η επίδραση των ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων στο περιβάλλον είναι αρκετά σοβαρή. Συνίσταται στην ποιοτική υποβάθμιση των στατικών πόρων, στη ρύπανση ακτών και θαλασσών, στη μετάδοση ασθενειών, στην υποβάθμιση αστικών περιοχών και στη δημιουργία αισθητικών και άλλων προβλημάτων. Τα προβλήματα αυτά έχουν επιβάλει την λήψη δραστικών διαχειριστικών μέτρων με σκοπό τον περιορισμό του κινδύνου και των δυσμενών επιπτώσεων της ανεξέλεγκτης απορροής των υγρών αποβλήτων. Με τον όρο διαχείριση υγρών αποβλήτων, χαρακτηρίζουμε κάθε σκόπιμη ανθρώπινη επέμβαση που έχει σαν στόχο τη μείωση της αρνητικής επίδρασης των λυμάτων στο περιβάλλον.

Με τη σωστή επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, επιδιώκεται να περιοριστεί ή να εξασφαλιστεί πλήρως η ρυπαντική επίδραση των αποβλήτων έτσι ώστε οι ανεπιθύμητες επιδράσεις τους στο περιβάλλον αντίστοιχα να περιορίζονται ή και να εξαλείφονται εντελώς. Με τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, γίνεται εξοικονόμηση πηγών νερού που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και για άλλες χρήσεις όπου υπάρχει και οικονομικό όφελος εφοδιάζοντας με νερό και θρεπτικά στοιχεία τα φυτά ή τα δένδρα που είναι κατάλληλα για αγροτική εκμετάλλευση ή ανάπτυξη χώρων πρασίνου (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Στις επόμενες δεκαετίες η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων θα εντατικοποιηθεί στις Μεσογειακές χώρες εξαιτίας της έλλειψης νερού, των κλιματολογικών συνθηκών, της ανάγκης για γεωργική άρδευση, της ανάγκης βελτίωσης των συνθηκών υγείας και περιβάλλοντος για τον αυξανόμενο πληθυσμό και τουρισμό (Shelef and Azon, 1996).

1.2.1 Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων

Τα υγρά απόβλητα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για οποιοδήποτε σκοπό. Αυτό που διαφέρει είναι το επίπεδο επεξεργασίας που απαιτείται για την κατάλληλη ποιότητα για κάθε ιδιαίτερη χρήση. Η αποτελεσματική ένταξη της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων στο γενικό προγραμματισμό νερού απαιτεί την προσεκτική αξιολόγηση και των αναγκών νερού και της ποιότητας νερού (Cleick, 2000).

Οι κύριες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης προεπεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι η γεωργική και κυρίως η άρδευση, η βιομηχανική, ο εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων και διάφορες άλλες χρήσεις. Από αυτές η πιο σημαντική είναι η άρδευση που αντιπροσωπεύει στις μέρες μας αλλά και στο κοντινό μέλλον τον πιο σημαντικό χρήστη νερού και προσφέρει σοβαρές δυνατότητες για απορρόφηση όλο και μεγαλύτερων ποσοτήτων ανακτόμενων υγρών αποβλήτων (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Η επόμενη μεγάλη κατηγορία είναι η βιομηχανία, που καταναλώνει μεγάλες ποσότητες ανακτόμενων υγρών αποβλήτων, κυρίως για ψύξη και μεταποίηση. Η βιομηχανική χρήση διαφέρει και σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται ιδιαίτερη επεξεργασία πέρα από την συμβατική δευτεροβάθμια επεξεργασία.

Η τρίτη κατηγορία χρήσης υγρών αποβλήτων, που έχουν ανακτηθεί, είναι ο εμπλουτισμός υδροφορέων, είτε με τη μέθοδο επιφανειακών λεκανών διήθησης είτε με την μέθοδο των γεωτρήσεων. Ο εμπλουτισμός των υδροφορέων περιλαμβάνει ενσωμάτωση και αφομοίωση της εκροής που χρησιμοποιείται για αντικατάσταση και αποθήκευση της στον υδροφορέα ή τη δημιουργία υδραυλικού φράκτη προστασίας του υπόγειου νερού στην ανάμιξη με αλμυρό νερό. Ο χρόνος αποθήκευσης και η απόσταση των σημείων εφαρμογής και λήψης είναι πολύ σημαντικές παράμετροι για την προστασία της δημόσιας υγείας (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Η τέταρτη κατηγορία επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων, είναι διάφορες άλλες δραστηριότητες που αφορούν κυρίως λίμνες αναψυχής, υδατοκαλλιέργειες, καθαρισμό τουαλετών και άλλες (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

1.2.2 Γεωργική χρήση υγρών αποβλήτων με έμφαση στην άρδευση

Γενικά η άρδευση των υγρών αποβλήτων στην γεωργία αποτελούν την πιο μαζική χρήση νερού, ιδιαίτερα σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Αρχικά, απαιτείται διαχωρισμός μεταξύ περιορισμένης και απεριόριστης άρδευσης βάση των αρδευόμενων καλλιεργειών και του τρόπου εφαρμογής του νερού. Με τον όρο περιορισμένη άρδευση ονομάζεται η χρήση που δεν εγγυάται την πλήρη ασφάλεια των καταναλωτών και αφορά καλλιέργειες όπως δάση, εκτάσεις όπου δεν επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δένδρα (συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων με την προϋπόθεση ότι κατά την συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος), καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωσή τους. Ως προς τους τρόπους εφαρμογής του νερού, η μέθοδος του καταιονισμού δεν επιτρέπεται. Με τον όρο απεριόριστη άρδευση ονομάζεται η χρήση που πραγματοποιείται χωρίς περιορισμούς που επιβάλλονται για την ασφάλεια των καταναλωτών. Αφορά όλα τα είδη καλλιεργειών, όπως λαχανικά, αμπέλια, ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά (<http://www.anatoliki.gr/life/gr/p4.htm>).

Οι καλλιέργειες αρδεύονται με υγρά απόβλητα μετά την τριτοβάθμια επεξεργασία. Τα πλεονεκτήματα από την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για άρδευση περιλαμβάνουν (Angelakis, et al., 2001) :

1. Πρόσληψη της ρύπανσης των επιφανειακών νερών
2. Συντήρηση των πόρων γλυκού νερού και η ορθολογική χρήση τους, η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική στις ξηρές ημιάγονες περιοχές όπως στην Μεσόγειο.
3. Αύξηση της εδαφολογικής γονιμότητας, δεδομένου ότι τα υγρά απόβλητα είναι πλούσια σε θρεπτικές ουσίες και μειώνουν έτσι την ανάγκη για λίπανση.
4. Βελτίωση φυσικών χαρακτηριστικών του εδάφους μέσω της προστιθέμενης οργανικής ουσίας.
5. Μείωση του κόστους επεξεργασίας που απαιτείται για την διάθεση των αποβλήτων σε άλλες χρήσεις (Angelakis, et al., 2001).

Σε αρκετές περιοχές στον κόσμο, η άρδευση καλλιεργειών με εκροές αποβλήτων αποτελεί συνηθισμένη πρακτική. Η πολιτεία της Καλιφόρνιας στις ΗΠΑ θεωρείται πρωτοπόρος σε θέματα ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων, όπου το 12% των παραγόμενων αποβλήτων ανακτάται και επαναχρησιμοποιείται. Από την παραπάνω ποσότητα το 64% χρησιμοποιείται για άρδευση καλλιεργειών και το 13% για άρδευση χώρων πράσινου. Στο Ισραήλ σήμερα, υπολογίζεται ότι το 92% περίπου των υγρών αποβλήτων συλλέγεται σε δημόσια αποχετευτικά δίκτυα και από αυτό το 72% ανακτούνται και επαναχρησιμοποιούνται για άρδευση. Επίσης στην ίδια χώρα προβλέπεται ότι το 2010 το 18,8% του συνολικού εφοδιασμού με νερό και το 33,6% της συνολικής ζήτησης νερού για γεωργική χρήση θα είναι ανακατωμένα υγρά απόβλητα. Στην Κύπρο περίπου 25 Mm³ /έτος επεξεργασμένων εκροών υγρών αποβλήτων εκτιμάται ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση. Αυτή η ποσότητα αναμένεται ότι θα αυξήσει κατά 8-10% την αρδευόμενη γη, ενώ σημαντική ποσότητα νερού θα εξοικονομηθεί για άλλες χρήσεις (Papadopoulos, 1995).

1.2.3 Επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία

Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην βιομηχανία περιλαμβάνει νερά ψύξης, λεβήτων και χρήσης κατά τις διάφορες διεργασίες. Σε περιπτώσεις νερών ψύξης μίας χρήσης, μπορεί να χρησιμοποιηθούν δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα, τα οποία μετά από απολύμανση περιέχουν συγκεντρώσεις περιττωματικών κολοβακτηριδίων μικρότερες από 200 FC/100 ml. Για όλες τις άλλες περιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένου του νερού που ανακυκλώνεται στα αντίστοιχα συστήματα ψύξης, η ελάχιστη απαίτηση επεξεργασίας είναι η τριτοβάθμια. Πρόσθετη επεξεργασία μπορεί να απαιτεί σε ειδικές περιπτώσεις (<http://www.anatoliki.gr/life/gr/p4.htm>).

1.2.4 Εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων

Ο εμπλουτισμός των υπογείων υδροφορέων με νερό από τα υγρά απόβλητα συνδυάζει τον τεχνητό εμπλουτισμό των υδροφορέων με την περαιτέρω επεξεργασία των εφαρμοζόμενων εκροών, δια μέσου των φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών που συμβαίνουν στο σύστημα έδαφος – υδροφορέας (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995). Ο τεχνικός εμπλουτισμός των υδροφορέων στοχεύει, στην αποθήκευση πλεονασμάτων επιφανειακών νερών, στην ενίσχυση των αποθεμάτων νερού του υδροφορέα και προστασία από την υπεράντληση ή την ρύπανση, που οφείλεται στη διείσδυση θαλασσινού νερού σε παράκτιους υδροφορείς (Angelakis, et al., 2001).

Εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων επιτυγχάνεται από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων με εφαρμογή τους στο έδαφος ή κατά τη διάθεση εκροών υγρών αποβλήτων σε διάφορους αποδέκτες δια μέσου της διήθησης και κατείσδυσης στο έδαφος (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

1.2.5 Άρδευση κοινόχρηστων χώρων

Η άρδευση των κοινόχρηστων χώρων που καλείται και αστική επαναχρησιμοποίηση, περιλαμβάνει την άρδευση σε πάρκα, ελεύθερους χώρους, γήπεδα, γκολφ, δημόσια πάρκα, το πλύσιμο των αυτοκινητόδρομων, τις βιομηχανίες κ.α. Ως προς την απαιτούμενη επεξεργασία η περιορισμένη αστική χρήση απαιτεί δευτεροβάθμια επεξεργασία, ενώ η απεριόριστη προϋποθέτει επιπρόσθετα τριτοβάθμια επεξεργασία. Ο διαχωρισμός μεταξύ περιορισμένης και απεριόριστης αστικής χρήσης είναι μια αξιόπιστη και ασφαλής διαδικασία υπό την προϋπόθεση ότι τα θεσμικά, οργανωτικά και διαχειριστικά μέσα μπορούν να εξασφαλίσουν τη σωστή εφαρμογή της (<http://www.anatoliki.gr/life/gr/p4.htm>).

Επειδή οι κοινόχρηστοι χώροι έχουν άμεση σχέση με τη δημόσια χρήση και υγεία, απαιτούνται αυξημένα ποιοτικά κριτήρια και κυρίως αυστηρός έλεγχος των παθογόνων μικροοργανισμών. Αυτό επιτυγχάνεται με την προωθημένη χρήση καθώς και με την δημιουργία ζωνών ασφαλείας των χώρων εφαρμογής. Πολλά προγράμματα άρδευσης κοινόχρηστων χώρων περιλαμβάνουν διπλά συστήματα διανομής, ένα δίκτυο διανομής για το πόσιμο νερό και αντίστοιχα ένα για το ανακτημένο νερό (Angelakis, et al, 2001).

1.2.6 Διάφορες χρήσεις

Το ανακτώμενο νερό χρησιμοποιείται για: α) απόβλητα από οικιακή χρήση και ιδιαίτερα για την χρήση τουαλέτας, β) την κατάσβεση πυρκαγιών, γ)ξέπλυμα των υγειονομικών υπονόμων και άλλες χρήσεις λιγότερο σημαντικές (V. Lazarova, et al, 2002).

Οι πιο σημαντικές χρήσεις είναι τα greywater. Με τον όρο greywater, ορίζονται όλα τα υγρά απόβλητα που παράγονται από την οικιακή χρήση, αποκλείοντας τα απόβλητα από τις τουαλέτες. Η δυνατότητα για επαναχρησιμοποίηση αξιοσημείωτη στην Ευρώπη. Για παράδειγμα, το ξέπλυμα τουαλετών με καθαρό νερό αποτελεί περίπου 30% σε κατοικίες και φθάνει πάνω από 60% στα εμπορικά κτήρια. Τα greywater μπορεί να περιλάβει τα υγρά απόβλητα από τους νιπτήρες λουτρών, ντους και μπορεί επίσης να περιλάβει τα απόβλητα από τις εγκαταστάσεις πλυντηρίων, τα πλυντήρια πιάτων κ.α.(V. Lazarova, et al, 2002).

Η οικιακή επαναχρησιμοποίηση νερού συχνά έχει παρεμποδιστεί από την έλλειψη κατάλληλων κριτηρίων ποιότητας νερού. Κατά κανόνα τα κριτήρια της ποιότητας νερού που απαιτούνται για το ξέπλυμα τουαλετών περιλαμβάνονται στον κανονισμό για τις αστικές χρήσεις του νερού. Η υπάρχουσα νομοθεσία ποικίλει από χώρα σε χώρα. Σε πολλές χώρες δεν υπάρχει καμία συγκεκριμένη νομοθεσία που να καλύπτει τη χρήση του μη επεξεργασμένου greywater. Εξαίρεση είναι η Καλιφόρνια όπου πολλοί άνθρωποι χρησιμοποιούν τα greywater "παράνομα" για να ποτίσουν τους κήπους τους (V.Lazarova, et al, 2002).

1.3 Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων σε καλλιέργεια κηπευτικών

1.3.1 Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του αρδευτικού νερού

Η ποιότητα του αρδευτικού νερού είναι παράγοντας που επιδρά σημαντικά στην ανάπτυξη των καλλιεργειών (ποιοτικά και ποσοτικά). Ιδιαίτερα σε περιοχές με ξηρό ή ημίξηρο κλίμα, όπου οι επικρατούσες υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με την χαμηλή υγρασία δημιουργούν συνθήκες για υψηλές ταχύτητες εξατμισοδιαπνοής (ΕΤ). Η υψηλή εξατμισοδιαπνοή σε συνδυασμό με το χαμηλό ύψος βροχοπτώσεων στις περιοχές αυτές έχει ως αποτέλεσμα την συσσώρευση αλάτων στην περιοχή της ριζόσφαιρας. Επίσης διάφορες χημικές, φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του εδάφους, όπως είναι η σταθερότητα των εδαφικών συσσωματωμάτων, ο βαθμός διασποράς των εδαφικών σωματιδίων, η υδραυλική αγωγιμότητα, η εδαφική δομή είναι παράμετροι ευαίσθητες στα περιεχόμενα ιόντα, που προέρχονται από το αρδευτικό νερό (Σπαντιδάκης, 1999).

Έτσι όταν σχεδιάζεται ένα αρδευτικό έργο με νερό που έχει ανακτηθεί με υγρά απόβλητα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η φυτική παραγωγή και η εδαφικές ιδιότητες (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Για να χρησιμοποιηθούν τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα για άρδευση θα πρέπει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους να τηρούν κάποια κριτήρια. Τα πιο σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά είναι τα εξής :

- Περιεκτικότητα σε άλατα.
- Περιεκτικότητα σε νάτριο.
- Περιεκτικότητα σε ανθρακικά ιόντα, χλώριο και βόριο.
- Περιεκτικότητα σε μέταλλα.
- Περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά.
- Περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά.
- Περιεκτικότητα σε παθογόνα συστατικά και
- Περιεκτικότητα σε τοξικά οργανικά (Στάμου, 1995).

1.3.2 Περιεκτικότητα σε άλατα

Η αλατότητα εκφράζεται ως η ολική συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων του αρδευτικού νερού, δηλ. των επεξεργασμένων λυμάτων και αποτελεί ένδειξη του κινδύνου να αλατωθεί το έδαφος. Γενικά δεν αναμένονται προβλήματα του εδάφους, όταν α) η EC είναι μικρότερη από 0.7. β) Τα απόβλητα δεν αναμένονται να είναι σημαντικά και γ) όταν η EC κυμαίνεται από 0.7 μέχρι 3. Κίνδυνος αλάτωσης του εδάφους υπάρχει όταν οι τιμές της EC υπερβαίνουν τα 3 dS/m (Στάμου, 1995).

1.3.3 Περιεκτικότητα σε νάτριο

Η περιεκτικότητα του νατρίου εκφράζεται συνήθως ως ο λόγος των κατιόντων του διαλυτού νατρίου (Na^+) προς τα επίσης διαλυτά κατιόντα του ασβεστίου (Ca^{+2}) και του μαγνησίου (Mg^{+2}), που προκαλείται λόγω απορρόφησης νατρίου (Sodium Absorption Ratio, SAR). Τα επεξεργασμένα απόβλητα περιέχουν συνήθως μεγάλες συγκεντρώσεις ασβεστίου, γεγονός όμως που δεν δημιουργεί κάποιο πρόβλημα. Αντίθετα τα απόβλητα περιέχουν και μεγάλες συγκεντρώσεις νατρίου, οι τελευταίες σε συνδυασμό με υψηλές τιμές αλατότητας, μπορεί να δημιουργήσουν πρόβλημα αλκαλίωσης του εδάφους. Μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί και να είναι τοξικές σε ορισμένες καλλιέργειες. Για επιφανειακή άρδευση δεν αναμένεται κανένα πρόβλημα τοξικότητας για τιμές SAR μικρότερες από 3, μικρό πρόβλημα για τιμές από 3 μέχρι 9 και σημαντικά προβλήματα τοξικότητας, όταν η τιμή του SAR υπερβαίνει το 9. Για άρδευση με καταιονισμό δεν αναμένεται κανένα πρόβλημα τοξικότητας για συγκεντρώσεις νατρίου μικρότερες από 70 mg/l (Στάμου, 1995).

1.3.4 Περιεκτικότητα σε ανθρακικά ιόντα, χλώριο και βόριο

Τα όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-) έχουν την τάση να σχηματίζουν αδιάλυτες ενώσεις με τα ιόντα του ασβεστίου και του μαγνησίου με αποτέλεσμα την σχετική αύξηση της συγκέντρωσης του νατρίου, που οδηγεί στο πρόβλημα της αλκαλίωσης του εδάφους.

Τα ιόντα χλωρίου σε μεγάλες συγκεντρώσεις δημιουργούν σημαντικά προβλήματα στην ανάπτυξη και βλάβες στα φύλλα (όπως π.χ λεμονιές, ακτινίδια) και λιγότερο σημαντικά σε καλλιέργειες λαχανικών,

σπόρων δημητριακών, χοντροειδών ζωοτροφών και φυτικών ινών (Στάμου, 1995).

Το βόριο βρίσκεται στα απόβλητα με τη μορφή του βορικού οξέος. Προέρχεται συνήθως από απορρυμαντικά ή και από βιομηχανικά απόβλητα. Δεν επηρεάζεται σημαντικά από την επεξεργασία των αποβλήτων. Αποτελεί απαραίτητο συστατικό των φυτών σε μικρές συγκεντρώσεις, αλλά μπορεί να είναι τοξικό σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις. Οι συγκεντρώσεις του στα επεξεργασμένα απόβλητα κυμαίνονται από 0.1 μέχρι 2.5 mg/l (μέση τιμή = 0.7mg/l) (Στάμου, 1995).

1.3.5 Περιεκτικότητα σε μέταλλα

Τα μέταλλα που περιέχονται στα απόβλητα καταλήγουν κατά την επεξεργασία των αποβλήτων στην παραγόμενη λάσπη και έτσι το πρόβλημα της διάθεσης των μετάλλων ανάγεται στη διάθεση της λάσπης. Στα μέταλλα που είναι πιθανό να δημιουργήσουν πρόβλημα κατά την ανεξέλεγκτη εφαρμογή επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση ανήκουν κυρίως το κάδμιο, ο χαλκός, το μολυβδένιο, το νικέλιο και ο ψευδάργυρος. Τα μέταλλα αυτά (όπως και το βόριο) μπορεί να γίνουν τοξικά στις καλλιέργειες, αλλά και στα ζώα και στον άνθρωπο, μέσω της τροφικής αλυσίδας. Γι' αυτό για τα μέταλλα και για άλλα στοιχεία συνιστώνται μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις στα επεξεργασμένα απόβλητα (Στάμου, 1995).

1.3.6 Περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά

A) Στα συστήματα άρδευσης με καταιονισμό τα αιωρούμενα στερεά (SS) μπορεί να προκαλέσουν βιολογικές διαταραχές στα φύλλα των καλλιεργειών.

B) Στα συστήματα άρδευσης με σταγόνες υπάρχει έντονος ο κίνδυνος έμφραξης των σταλλακτών με αποτέλεσμα στην μη καλή λειτουργία του συστήματος και την ανομοιομορφία της κατανομής του αρδευτικού νερού.

Γ) Στα συστήματα επιφανειακής άρδευσης SS τα αιωρούμενα συστατικά μπορεί να οδηγήσουν σε δραστική μείωση της υδραυλικής αγωγιμότητας και της διηθητικότητας των εδαφών (με τη δημιουργία επιφανειακής κρούστας και την έμφραξη των πόρων του εδάφους), ειδικά όταν αυτά είναι λεπτόκοκκα, καθώς και στη δημιουργία προβλημάτων στο φύτευμα των σπόρων (Στάμου, 1995).

1.3.7 Περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά

Τα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στα επεξεργασμένα απόβλητα και τα οποία μπορεί να έχουν λιπαντική αξία για τα φυτά είναι κυρίως το άζωτο, ο φώσφορος, αλλά και το κάλιο, ο ψευδάργυρος, το βόριο και το θείο. Τα συστατικά αυτά όταν βρίσκονται σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τις ανάγκες των φυτών μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα.

Το άζωτο βρίσκεται στα απόβλητα μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία κυρίως με την μορφή νιτρικών, αμμωνίας ή αμμωνιακού αζώτου.

Ο φώσφορος βρίσκεται στα απόβλητα ως ανόργανος φώσφορος, κυρίως ως φωσφορικά (Στάμου, 1995).

1.3.8 Περιεκτικότητα σε παθογόνα συστατικά

Τα σημαντικότερα παθογόνα συστατικά που έχουν άμεση σχέση με την προστασία της υγείας είναι τα παθογόνα βακτηρίδια, οι σκώληκες, τα πρωτόζωα και οι ιοί.

Τα σημαντικότερα παθογόνα βακτηρίδια είναι η Σαλμονέλα, η Σιγγέλα, η Λεπτοσπείρα και ο Βάκιλος της φυματίωσης. Η μετάδοση των ασθενειών γίνεται συνήθως με επαφή με νερά ή και ζώα που έχουν μολυνθεί. Οι σημαντικότεροι σκώληκες που μπορεί να βρεθούν στα απόβλητα είναι οι *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, Αγγυλόστομα και *Taenia saginata*. Προκαλούν ασκαρίαση, σχιστοσομίαση και ταινίες, ακόμα και με την μορφή προνυμφών (larvae) ή αυγών. Η μετάδοση των ασθενειών γίνεται συνήθως με επαφή με μολυσμένα νερά.

Τα σημαντικότερα πρωτόζωα είναι τα *Gardia lamblia* και *Entamoeba histolytica*, που προκαλούν αμοιβαδικές δυσεντερίες και ηπατίτιδες. Η μετάδοση των ασθενειών γίνεται επίσης με την επαφή με μολυσμένα νερά (Στάμου, 1995).

Από τους ιούς ιδιαίτερη σημασία έχουν οι εντερικοί ιοί, οι οποίοι εισέρχονται στον οργανισμό δια της στοματικής οδού. Για την προστασία της δημόσιας υγείας έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφορες ανώτατες τιμές συγκεντρώσεων των παραπάνω βιολογικών χαρακτηριστικών στα επεξεργασμένα απόβλητα. Αυτές οι τιμές θεωρείται ότι εξασφαλίζουν χωρίς δυσάρεστες επιπτώσεις εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα απόβλητα χωρίς όμως να βασίζονται συνήθως σε κάποια επιδημιολογική έρευνα με την οποία μπορεί να εκτιμηθούν πλήρως οι κίνδυνοι στη δημόσια υγεία. Οι τιμές αυτές ποικίλλουν έντονα ανάλογα με τη χώρα, την περιοχή, τη μέθοδο άρδευσης, το είδος της καλλιέργειας, το βαθμό επεξεργασίας των αποβλήτων (από πρωτοβάθμια μέχρι τεταρτοβάθμια) και άλλους παράγοντες (Στάμου, 1995).

1.3.9 Περιεκτικότητα σε τοξικά οργανικά συστατικά

Στα απόβλητα μπορεί να υπάρχουν σύνθετα οργανικά συστατικά (π.χ. χλωροφόρμιο, χλωροβενζόλιο, μαλαθείο κ.α.) τα οποία αν και βρίσκονται σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις (1 ppd) θεωρείται ότι πιθανόν να είναι τοξικά ή και να εγκυμονούν κίνδυνο καρκίνου. Εξαιτίας των πολύ χαμηλών συγκεντρώσεών τους δεν αναμένεται να έχουν κάποια σημαντική περιβαλλοντική επίπτωση στην υγεία του ανθρώπου κατά την άρδευση με επεξεργασμένα απόβλητα (Στάμου, 1995).

1.4 Το είδος της καλλιέργειας

Η ελευθερία της επιλογής του είδους της καλλιέργειας δίδει την δυνατότητα αποφυγής προβλημάτων στα φυτά, αλλά και στη δημόσια υγεία. Επιλέγοντας μία καλλιέργεια ανθεκτική σε αλκαλιωμένα εδάφη και σε τοξικά συστατικά περιορίζονται σημαντικά τα προβλήματα που μπορεί να προκληθούν στην καλλιέργεια. Επιλέγοντας, επίσης μία καλλιέργεια που οι καρποί της δεν καταναλώνονται ωμοί ή δεν έρχονται σε επαφή με την αρδευόμενη επιφάνεια του εδάφους περιορίζονται οι κίνδυνοι προσβολής της δημόσιας υγείας. Σε περίπτωση που το είδος της καλλιέργειας είναι δεδομένο, η προσοχή στρέφεται στα χαρακτηριστικά των αρδευτικών νερών τα οποία πρέπει να υποστούν την κατάλληλη επεξεργασία, ώστε να ικανοποιούν τις απαραίτητες προδιαγραφές (Στάμου, 1995).

1.4.1 Η καλλιέργεια ανθοκομικών φυτών κατιφέ

Το κοινό του όνομα είναι κατιφές το γένος **Tagetes** (Ταγκέτες) της οικογένειας **Asteraceae** (Compositae).

Το γένος περιλαμβάνει 50-60 είδη ετήσιων κυρίως αλλά και πολυετών φυτών που προέρχονται από την Αμερική και την Αφρική. Έχουν πολλά αρωματικά άνθη από το τέλος της άνοιξης ως τα πρώτα κρύα του χειμώνα και σύνθετα φύλλα.

Οι κατιφέδες φυτεύονται σε ηλιόλουστες θέσεις και σε γόνιμα εδάφη. Χρειάζονται αρκετό νερό κατά την διάρκεια της ανθοφορίας τους. Φυτεύονται σε ανθώνες και γλάστρες. Πολλαπλασιάζονται με σπορά την άνοιξη.

Μερικές γνωστές ποικιλίες είναι:

Ποικιλία	Περιγραφή
T. “Disco Flame”	Μονά, κίτρινα άνθη με πέταλα που στο κέντρο είναι καφεκόκκινα.
T. “Disco Marietta”	Μονά, κιτρινοπορτοκαλί άνθη με πέταλα που στη βάση τους έχουν ένα καφεκόκκινο “V”.
T. “Golden Gem”	Μονά, κίτρινα άνθη.
T. patula “Aton Bee”	Διπλά, μετρίου μεγέθους, κιτρινοπορτοκαλί άνθη με πέταλα που στο κέντρο είναι καφεκόκκινα.
T. patula “Bounty Spry”	Διπλά, μετρίου μεγέθους, άνθη με πέταλα που στο κέντρο του άνθους είναι πορτοκαλί και στο εξωτερικό μέρος σκούρα κόκκινα.
T. patula “Erecta Antinque Yellow”	Διπλά, μετρίου μεγέθους, κίτρινα άνθη.
T. patula “Erecta”	Διπλά, μεγάλα, πορτοκαλί άνθη.
T. patula “Nana Aton Gold”	Διπλά, μικρά, πορτοκαλί άνθη.
T. patula “Safari Orange”	Διπλά, μετρίου μεγέθους, πορτοκαλί άνθη.

(Πάτλης Γ , 2009)

1.5 Τα χαρακτηριστικά της περιοχής

Τα χαρακτηριστικά της περιοχής έχουν τον κύριο λόγο για την επιλογή της περιοχής , για άρδευση φυτών και ιδιαίτερα για καλλιέργεια οπωροκηπευτικών και ανθοκομικών με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά είναι τα εξής :

1. Η τοπογραφία της περιοχής
2. Τα χαρακτηριστικά του εδάφους
3. Οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής
4. Τα υπόγεια νερά
5. Το κλίμα της περιοχής (Στάμου, 1995).

1.5.1 Η τοπογραφία της περιοχής

Οι τοπογραφικές παράμετροι είναι πολύ σημαντικές στην επιλογή άρδευσης υγρών αποβλήτων, είναι κυρίως η κλίση του εδάφους και το ανάγλυφο της περιοχής. Οι επιφάνειες με μεγάλη κλίση αποτελούν πρόβλημα, κατά κύριο λόγο αυξάνουν την απορροή με αποτέλεσμα το έδαφος να γίνεται κορεσμένο και να δημιουργούνται ασταθής εδαφικές συνθήκες. Άρα για να είναι εύκολη η εφαρμογή ενός σωστού προγράμματος συντηρήσεως, η μεταβολή των κλίσεων δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν το 25%. Οι απότομες κλίσεις επίσης ευνοούν την διάβρωση του εδάφους με αποτέλεσμα να προκαλούν μεγάλες δυσκολίες στην καλλιέργεια και καθιστούν αντιοικονομική την άρδευση. Οι μέγιστες επιτρεπτές κλίσεις είναι 1-2% (Στάμου, 1995).

1.5.2 Τα χαρακτηριστικά του εδάφους

Το έδαφος είναι σπουδαίος και αποφασιστικός παράγοντας εγκατάστασης, ανάπτυξης και διαβίωσης ενός φυτού διότι με τις φυσικές και χημικές του ιδιότητες επηρεάζει άμεσα αλλά και προσδιορίζει τον βιολογικό του κύκλο. Τα πιο σημαντικά φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους είναι η μηχανική του σύσταση, το πορώδες και η δομή του (Στάμου, 1995).

1.5.2.1 Επίδραση στα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους

Τα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους συσχετίζονται με την μηχανική του σύσταση και μπορούμε να πούμε ότι είναι το πορώδες η δομή και οι υδατικές ιδιότητες του (Μανιός, Β.Ι, 1999).

Όπως είναι γνωστό πορώδες ενός εδάφους λέμε το ποσοστό της % του όγκου του το οποίο, στη φυσική του κατάσταση καταλαμβάνεται από τους πόρους που σχηματίζονται μεταξύ των στερεών συστατικών του. Είναι ακόμη γνωστό ότι μεγάλη πρακτική σημασία για την ανάπτυξη των φυτών έχει όχι τόσο το συνολικό πορώδες του εδάφους όσο η κατανομή του μεγέθους των πόρων (Μανιός, Β.Ι, 1999).

Οι μακροπόροι επιτρέπουν την κίνηση του νερού και του αέρα περισσότερο από τους μικροπόρους οι οποίοι παρεμβάλουν εμπόδια. Δομή ενός εδάφους λέμε, όπως είναι γνωστό, την κατανομή των συσσωματωμάτων του από πλευράς μεγέθους. Είναι επομένως φανερό ότι η κατανομή των πόρων που αναφέρθηκε στο πορώδες είναι άμεσος συνάρτησης και της δομής του εδάφους (Μανιός, Β.Ι, 1999).

Εάν τώρα παράλληλα με τα πιο πάνω στοιχεία λάβουμε υπόψη μας ότι η οργανική ουσία η το οργανικό κολλοειδές κλάσμα του εδάφους διαδραματίζει σπουδαιότερο ρόλο στην συσσωμάτωση των κόκκων του εδάφους, είναι εύκολο να γίνει αντιληπτή η επίδραση της οργανικής ουσίας πάνω στην βελτίωση του πορώδους και της δομής του εδάφους, και επομένως στην αύξηση του διαθέσιμου χώρου μέσα στο έδαφος για την κυκλοφορία του νερού και του αέρα (Μανιός, Β.Ι, 1999).

Πέραν όμως από την ιδιότητα της οργανικής ουσίας να ενεργεί σαν συνδετικός η κολλητικός παράγων των εδαφικών κόκκων με την παρουσία της στο έδαφος και την συμβολή της στην ανάπτυξη της μικροχλωρίδας συμβάλλει και έμμεσα στη συσσωμάτωση και τη δημιουργία επιθυμητής δομής δεδομένου ότι οι μικροοργανισμοί ευνοούν τη συσσωμάτωση των εδαφικών κόκκων (Μανιός, Β.Ι, 1999).

Ο όρος υδατικές ιδιότητες του εδάφους περιλαμβάνει όλες τις σχέσεις του νερού με το συγκεκριμένο έδαφος και τη συμπεριφορά του νερού μέσα σ' αυτό. Είναι γνωστό πως το νερό το ποίο συγκρατείται μέσα σ' ένα έδαφος, μετά τον κορεσμό του και την στράγγισή του μόνο με τη βοήθεια της βαρύτητας, συγκρατείται με διαφορετικές δυνάμεις μέσα στους διαφόρου μεγέθους πόρους του. Έτσι αν σ' ένα κορεσμένο έδαφος εφαρμόσουμε διαδοχικά διαφορετικές πιέσεις ή μυζήσεις θα έχουμε διαδοχική ελευθέρωση νερού αδειάζοντας διαδοχικά οι πόροι κατά σειρά από τους μεγαλύτερους προς τους μικρότερους (Μανιός, Β.Ι, 1999).

Όσο προχωρούμε προς το άδειασμα μικρότερων πόρων τόσο και περισσότερο η πίεση ή η μύζηση που πρέπει να εφαρμόσουμε γίνεται μεγαλύτερη κι έτσι φθάνουμε στις 15 ατμόσφαιρες περίπου (σημείο μαράνσεως) όπου από εκεί και πέρα το νερό που περιέχεται στο έδαφος είναι άχρηστο για το φυτό γιατί δεν μπορεί να το παραλάβει (Μανιός, Β.Ι, 1999).

Με την διαδικασία αυτή της εφαρμογής διαδοχικών πιέσεων ή μυζήσεων στο κορεσμένο δείγμα εδάφους ή άλλου υλικού είναι δυνατή η συσχέτιση της περιεχόμενης ποσότητας νερού προς της δυνάμεις που το συγκρατούν κι ακόμη προς την κατανομή του μεγέθους των πόρων του. Η καμπύλη αυτή που προκύπτει από το συσχετισμό αυτό είναι γνωστή σαν "χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας". Αφού δε, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η οργανική ουσία βελτιώνει τη δομή και το πορώδες του εδάφους, φυσικό είναι να βελτιώνει και τη χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας. Η βελτίωση δε πάνω στη χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας συνίσταται στο ότι αυξάνει την ποσότητα του νερού που το έδαφος μπορεί να συγκρατήσει στον κορεσμό και στην υδατοχωρητικότητα του και ταυτόχρονα με την βελτίωση της κατανομής του μεγέθους των πόρων του. Έτσι το φυτό έχει στην διάθεσή του περισσότερο νερό που δεν συγκρατείται με εξαιρετικά μεγάλες δυνάμεις. Χαρακτηριστικές είναι οι ακραίες περιπτώσεις της χοντρής άμμου και του αργιλώδους εδάφους ως προς την ποσότητα του νερού που συγκρατούν και με τις δυνάμεις που το συγκρατούν. Η χοντρή άμμος συγκρατεί λίγο νερό και με πολύ μικρές δυνάμεις (μεγάλοι πόροι), ενώ το αργιλώδες έδαφος συγκρατεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού αλλά με μεγάλες δυνάμεις (μικροί πόροι) που δύσκολα ελευθερώνονται (Μανιός, Β.Ι, 1999).

1.5.2.2 Επίδραση στα χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους

Η οργανική ουσία του εδάφους επηρεάζει ποικιλότροπα τα χημικά χαρακτηριστικά του και το κάνει καλύτερο περιβάλλον για την ανάπτυξη των φυτών. Οι χημικές ιδιότητες που υφίστανται την ευνοϊκή επίδραση της οργανικής ουσίας είναι κυρίως του ΡΗ, η κατιονική εναλλακτική ικανότητα, η συγκέντρωση και αφομοιωσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων και οι μεταβολές του αζώτου στο έδαφος (αμμωνιοποίηση-νιτροποίηση) (Μανιός, Β.Ι, 1999).

Η επίδραση της οργανικής ουσίας πάνω στο ΡΗ του εδάφους συνίσταται στην αύξηση της οξύτητας (πτώση του ΡΗ) εξαιτίας των διαφόρων οργανικών και ανόργανων οξέων που παράγονται κατά τη διάρκεια της βιολογικής αποδομήσεως των οργανικών υλικών, αλλά και της νιτροποίησης του ελευθερωμένου σταδιακά μετά την αποδόμηση αμμωνιακού αζώτου. Η επίδραση αυτής της οργανικής ουσίας έχει ιδιαίτερη σημασία για τις λαχανοκομικές καλλιέργειες για τις οποίες συνήθως το άριστο ΡΗ κυμαίνεται μεταξύ 6 και 7. δεδομένου ότι τα εδάφη μας είναι στο μεγαλύτερό τους ποσοστό αλκαλικά, η προσθήκη οργανικών υλικών στα εδάφη των λαχανόκηπων έχει ιδιαίτερη βαρύτητα ως προς αυτό το σημείο (Μανιός, Β.Ι, 1999).

Η θετική επίδραση της οργανικής ουσίας πάνω στην κατιονική εναλλακτική ικανότητα του εδάφους είναι αυτονόητη δεδομένου ότι ο χούμος έχει τη μεγαλύτερη εναλλακτική ικανότητα απ' όλα τα οργανικά και ανόργανα υλικά όπως φαίνονται παρακάτω (πίνακα 1.5.2.2).

Πίνακας 1.5.2.2

Κατιοντική εναλλακτική ικανότητα ορισμένων οργανικών υλικών.

α/α	Υλικά	MEQ/100GR
1	Χούμος	200
2	Βερμικουλίτης	150
3	Λεπτή άργιλος	52-63
4	Χοντρή άργιλος	22-52
5	Ίλύς	3-5
6	Περλίτης	1-5
7	Τύρφη	100-120

Στοιχεία : Bunt (1976)

Ως προς τη συγκέντρωση και αφομοιωσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων έχει ήδη αναφερθεί ότι στη διάρκεια της βιολογικής αποδόμησης των οργανικών υλικών το άζωτο ενσωματώνεται στα λιγνιτοπρωτεϊνικά σύμπλοκα του τελικού χουμοποιημένου υλικού κι έτσι αποφεύγεται η απώλεια του. Ακόμη αναφέρθηκε ότι στα οργανικά κολλοειδή σωματίδια με την αυξημένη κατιοντική εναλλακτική ικανότητα δεσμεύονται διάφορα κατιόντα τα οποία και αποδίδονται στο φυτό με την ανταλλαγή του υδρογόνου (Μανιός, Β.Ι, 1999).

Εδώ μπορεί ακόμη να προστεθεί ότι τα οργανικά υλικά που προσθέτονται στο έδαφος αυξάνουν την γονιμότητά του με την ποσότητα των περιεχομένων θρεπτικών στοιχείων τα οποία όπως αναφέρεται πιο κάτω σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι ασήμαντα. Τέλος η οργανική ουσία στο έδαφος με τη βελτίωση των αερόβιων συνθηκών συμβάλλει στην νιτροποίηση του αζώτου και παρεμποδίζει την απονιτροποίηση η οποία σημειώνεται κάτω από αερόβιες συνθήκες (Μανιός, Β.Ι, 1999).

1.5.2.3 Εφοδιασμός των φυτών με θρεπτικά συστατικά

Οι τροφές που χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο και τα ζώα, είναι γενικά ουσίες που δίνουν ενέργεια, όπως οι υδατάνθρακες και τα λίπη, καθώς επίσης και ουσίες που οικοδομούν το σώμα, όπως οι πρωτεΐνες και οι βιταμίνες. Με τον όρο τροφές για τα φυτά, εννοούμε τα 16 χημικά στοιχεία, που απαιτούνται για την ανάπτυξή τους. Καθένα από τα 16 αυτά στοιχεία είναι τόσο απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών, όσο και όλα τα άλλα. Και αυτό γιατί κάθε στοιχείο είναι υπεύθυνο για διαφορετική λειτουργία μέσα στο φυτό και για κανονική ανάπτυξη του φυτού απαιτούνται διάφορες ποσότητες (Τσιτσιάς, 1997).

Μετά από την απλή αντίδραση της παραγωγής των σακχάρων με τη φωτοσύνθεση, το φυτό συνεχίζει να παράγει πολλές εκατοντάδες και ίσως χιλιάδες σύνθετες οργανικές ουσίες. Το 94% του ξηρού βάρους του φυτού αποτελείται από άνθρακα, οξυγόνο και υδρογόνο, το δε υπόλοιπο 6%, περιέχει τα καλούμενα ανόργανα στοιχεία που είναι επίσης απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών. Η έλλειψη κάποιου στοιχείου από τα 16 θα σταματούσε την ανάπτυξη των φυτών. Τα 16 αυτά στοιχεία είναι τα παρακάτω:

1. Ο άνθρακας (C), είναι το πιο άφθονο στοιχείο και αποτελεί το 45% του ξηρού βάρους των φυτών.
2. Το υδρογόνο (H), αποτελεί το 6% περίπου του ξηρού βάρους των φυτών.
3. Το οξυγόνο (O), αποτελεί το 43% περίπου του ξηρού βάρους των φυτών.
4. Το άζωτο (N), σχηματίζει περίπου το 1-3% του ξηρού βάρους των φυτών και βρίσκεται σε όλες τις φυτικές πρωτεΐνες και σε μερικές άλλες οργανικές ουσίες.
5. Ο φώσφορος (P), αποτελεί το 0,1-1% του ξηρού βάρους των φυτών, είναι δε συστατικό των πρωτεϊνών και μερικών λιποειδών, καθώς και άλλων συστατικών των φυτών.
6. Το κάλιο (K), αποτελεί το 0,3-6% του ξηρού βάρους των φυτών, αλλά δεν έχουν βρεθεί μέσα στο φυτό σταθερές οργανικές ενώσεις καλίου.

7. Το θείο (S), αποτελεί το 0,05-1,5% του ξηρού βάρους των φυτών, είναι συστατικό των αμινοξέων και πολλών άλλων οργανικών ουσιών, ιδίως εκείνων που δίνουν άρωμα στα φυτά της οικογένειας σταυρανθών.
8. Το ασβέστιο (Ca), αποτελεί το 0,1-4% του ξηρού βάρους των φυτών, βρίσκεται στα οργανικά και ανόργανα άλατα, καθώς και ως συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων.
9. Το μαγνήσιο (Mg), αποτελεί το 0,05-1,5% του ξηρού βάρους των φυτών. Είναι συστατικό της χλωροφύλλης, βρίσκεται σε μερικά λιποειδή και μπορεί να ενεργεί σαν φορέας του φωσφόρου μέσα στο φυτό
- 10.Ο σίδηρος (Fe), βρίσκεται σε περιεκτικότητα 10 έως 1.000 p.p.m. στο ξηρό βάρος των φυτών.
- 11.Το μαγγάνιο (Mn), σε 5-500 p.p.m. στο ξηρό βάρος των φυτών.
- 12.Ο ψευδάργυρος (Zn), σε 5-100 p.p.m. στο ξηρό βάρος των φυτών.
- 13.Ο χαλκός (Cu), σε 2-50 p.p.m στο ξηρό βάρος των φυτών.
- 14.Το βόριο (B), σε 3-60 p.p.m. στο ξηρό βάρος των φυτών.
- 15.Το μολυβδαίνιο (Mo), σε 0,1-10 p.p.m. στο ξηρό βάρος των φυτών.
- 16.Το χλώριο (Cl), βρίσκεται στα φυτά σε πολύ μικρές ποσότητες (Τσιτσιάς, 1997).

Οι ποσότητες των τελευταίων 7 στοιχείων εκφράζονται σε p.p.m. (μέρη στο εκατομμύριο), γιατί οι ποσότητες τους που βρίσκονται μέσα στο φυτό είναι πολύ μικρές. Εν τούτοις, τα στοιχεία αυτά, έχουν ζωτική σημασία για την ανάπτυξη των φυτών, όπως και τα άλλα στοιχεία που βρίσκονται σε μεγαλύτερες ποσότητες (Τσιτσιάς, 1997).

1.5.2.4 Ανάλυση λιπάσματος

Για την εκτίμηση της αξίας ενός λιπάσματος, μόνο το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο, θεωρούνται χρήσιμα και οι ποσότητές τους δίνονται επί της εκατό.

Το άζωτο εκφράζεται ως N (στοιχείο).

Ο φώσφορος εκφράζεται ως P_2O_5 .

Το κάλιο εκφράζεται ως K_2O .

π.χ. ο τύπος του λιπάσματος 20-20-20 σημαίνει ότι περιέχει 20% N, 20% P_2O_5 και 20% K_2O (Τσιτσιάς, 1997).

1.5.2.5 Εφαρμογή λιπασμάτων

Για να είναι περισσότερο αποδοτική η χρήση των λιπασμάτων, θα πρέπει να εφαρμόζονται κατά τέτοιο τρόπο και χρόνο, ώστε να βρίσκονται στη διάθεση των ριζών, όταν ακριβώς χρειάζονται από τα φυτά (Τσιτσιάς, 1997).

Τα ανόργανα αζωτούχα λιπάσματα είναι διαλυτά στο νερό, διακινούνται στο έδαφος με την εδαφική υγρασία και συνήθως, αρκεί να διασκορπιστούν στην επιφάνεια του εδάφους και να διαλυθούν μέσα στο έδαφος με τα νερά της βροχής ή των αρδεύσεων. Αυτό όμως δεν είναι αρκετό για όλες τις εφαρμογές λιπασμάτων (Τσιτσιάς, 1997).

Τα φωσφορικά και καλιούχα λιπάσματα δεσμεύονται από το έδαφος και δεν διακινούνται εύκολα μέσα σε αυτό. Γι' αυτό τα λιπάσματα αυτά θα πρέπει να τοποθετούνται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους έτσι, ώστε να βρίσκονται στην διάθεση των ριζών όταν η καλλιέργεια θα αρχίσει να αναπτύσσεται. Τα φωσφορικά και καλιούχα λιπάσματα, πρέπει να ενσωματώνονται πάντοτε στο έδαφος, για να ενεργήσουν γρήγορα, γιατί η επιφανειακή διασπορά τους, συντελεί στο να είναι τα λιπάσματα αυτά αδρανή (Τσιτσιάς, 1997).

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος εφαρμογής των φωσφορικών και καλιούχων λιπασμάτων είναι συνήθως η τοποθέτησή τους κατά τη σπορά, δίπλα στο σπόρο (λίγο κάτω και πλάγια από αυτόν). Ο τρόπος αυτός που τοποθετείται το λίπασμα, δίνει καμιά φορά καλά αποτελέσματα και στην περίπτωση των αζωτούχων λιπασμάτων (Τσιτσιάς, 1997).

Η αξία της τοποθέτησης του λιπάσματος, κατά τον άλφα ή βήτα τρόπο, εξαρτάται πολύ από τον εφοδιασμό του εδάφους με θρεπτικά στοιχεία. Η τοποθέτηση των λιπασμάτων κοντά στον σπόρο ή στις ρίζες είναι συνήθως ωφέλιμη στα φτωχότερα εδάφη (Τσιτσιάς, 1997).

Επειδή τα αζωτούχα λιπάσματα εκπλύνονται από την επιφάνεια του εδάφους με τις πολλές βροχοπτώσεις, που πέφτουν κυρίως των χειμώνα, ο χρόνος εφαρμογής τους θα πρέπει να υπολογιστεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η καλλιέργεια να έχει στη διάθεσή της άζωτο, όταν το χρειάζεται και να αποφεύγονται οι μεγάλες απώλειες του λιπάσματος με τις εκπλήσεις (Τσιτσιάς, 1997).

1.5.3. Οι γεωλογικές συνθήκες

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί και οι ασυνέχειες δημιουργούν διόδους στην πορεία των αρδευτικών νερών, με αποτέλεσμα να φθάσουν στα υπόγεια νερά και να μολύνονται. Ειδικά όταν στο επιφανειακό έδαφος με ρήγματα τότε τα νερά καταλήγουν πολύ γρήγορα στον υδροφόρο ορίζοντα (Στάμου, 1995).

1.5.4. Τα υπόγεια νερά

Μια σημαντική παράμετρος που θα πρέπει να προστατεύεται είναι η μόλυνση του υπόγειου ορίζοντα. Όταν ο υπόγειος ορίζοντας είναι ψηλά μπορεί να επιδράσει σημαντικά στην ανάπτυξη των καλλιεργειών και στην μακροπρόθεσμη διήθηση των αρδευτικών νερών, ενώ παράλληλα απαιτείται υπόγεια αποστράγγιση. Κατά την άρδευση με επεξεργασμένα απόβλητα τα βάθη στους υπόγειους ορίζοντες είναι μεγαλύτερα από 0.9-1.2 m (Στάμου, 1995).

1.5.5 Το κλίμα της περιοχής

Το σύνολο των κλιματικών παραγόντων διαμορφώνει το μικροκλίμα της περιοχής. Τα στοιχεία που απαρτίζουν και διαμορφώνουν το κλίμα μιας περιοχής είναι οι κατακρημνίσεις (βροχοπτώσεις), η θερμοκρασία, η ηλιοφάνεια-φωτισμός, ο άνεμος, η βλάστηση και η ατμοσφαιρική υγρασία. Οι παράμετροι αυτοί επηρεάζουν το υδάτινο ισοζύγιο της καλλιέργειας, τη χρονική διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης, τη χρονική διάρκεια της περιόδου μη άρδευσης με επεξεργασμένα απόβλητα, τις ποσότητες τις αναμενόμενης απορροής και τις απαιτήσεις αποθήκευσης του αρδευτικού νερού (Σπαντιδάκης, 1999)

1.6 Επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων έχει σκοπό την ελάττωση της ποσότητας των ρυπαντικών ουσιών που θα διοχετευθούν στο περιβάλλον σε τέτοιο βαθμό ώστε να μην το επηρεάσουν. Ο βαθμός επεξεργασίας των αποβλήτων εξαρτάται από την ποιότητα των αποβλήτων (ποσότητες ρύπων που περιέχουν) κατά την διοχέτευσή τους στους αποδέκτες (Σαββάκης, 2002).

Η επεξεργασία των αποβλήτων είναι μια σύνθετη διεργασία στην οποία χρησιμοποιούνται μέθοδοι φυσικές (εσχαρισμός, καθίζηση, διήθηση), χημικές (χημική κατακρήμνιση, εξουδετέρωση, κ.λ.π.), φυσικοχημικές (ανταλλαγή ιόντων, αντίστροφη ώσμωση, κροκίδωση-συσσωμάτωση, προσρόφηση κ.λ.π.) και βιολογικές (αερόβια βιοαποικοδόμηση) (Σαββάκης, 2002).

1.6.1 Σύστημα ενεργούς ιλύος

Η βασική αρχή των συστημάτων της ενεργούς ιλύος είναι η ανακύκλωση των μικροοργανισμών. Στη δεξαμενή αερισμού διοχετεύεται συνεχώς αέρας έτσι ώστε οι αερόβιοι μικροοργανισμοί να αναπτύσσονται και να αποικοδομούν την οργανική ύλη. Όταν τα απόβλητα φθάσουν στη δεξαμενή της δευτεροβάθμιας καθίζησης η τροφή των μικροοργανισμών (οργανική ύλη) έχει τελειώσει (αποικοδομηθεί) και οι μικροοργανισμοί καθιζάνουν και αποχωρίζονται. Στην ενεργό ιλύς (λάσπη) οι μικροοργανισμοί που διαχωρίζονται

βρίσκονται « χωρίς τροφή » και συνεπώς ενεργοποιούνται για την «αναζήτηση τροφής». Λόγω της ενεργοποίησης των μικροοργανισμών χρησιμοποιήθηκε ο όρος ενεργός ιλύς. Μέρος της ενεργούς ιλύος αντλείται και μεταφέρεται στην είσοδο της δεξαμενής αερισμού για να επαναληφθεί ο κύκλος (Σαββάκης, 2002).

Εφόσον οι μικροοργανισμοί δεν καθιζάνουν, η ιλύς που ανακυκλώνεται δεν είναι πλούσια «ενεργοποιημένους» μικροοργανισμούς για να λειτουργήσει αποδοτικά το σύστημα. Μερικοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την καθίζηση των μικροοργανισμών είναι: μεταβολές θερμοκρασίας, υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, έλλειψη θρεπτικών συστατικών στα απόβλητα, λανθασμένος σχεδιασμός (Σαββάκης, 2002).

1.6.2 Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία τα απόβλητα υποβάλλονται κατ' αρχήν σε προεπεξεργασία που γίνεται με τους παρακάτω τρόπους:

α) Εσχαρισμός: Τα απόβλητα διέρχονται από χαλύβδινες σχάρες όπου κατακρατούνται και απομακρύνονται τα μεγάλα στερεά σώματα (>1cm) (Σαββάκης, 2002).

β) Κόσκινα: Τα κόσκινα που χρησιμοποιούνται είναι κυλινδρικά δονούμενα ή περιστρεφόμενα, ακίνητα κ.λ.π. Διαχωρίζουν σωματίδια μεγαλύτερα από 0,2-0,3 mm (Σαββάκης, 2002).

γ) Συλλέκτες άμμου. Η απομάκρυνση της άμμου είναι απαραίτητη γιατί η άμμος αργότερα θα επιφέρει βλάβες στον εξοπλισμό της μονάδας όπως για παράδειγμα σε αντλίες, κλπ (Σαββάκης, 2002). Οι συλλέκτες άμμου είναι κανάλια μεγάλου εύρους όπου η ροή είναι τόσο χαμηλή ώστε να ευνοείται η καθίζηση της άμμου. Η άμμος είναι 2,5 βαρύτερη από τα περισσότερα οργανικά στερεά συνεπώς καθιζάνει ταχύτερα από ότι τα οργανικά στερεά. Σκοπός του αμμοσυλλέκτη είναι να διαχωριστεί η άμμος χωρίς να διαχωριστούν τα οργανικά στερεά (Σαββάκης, 2002).

δ) Ελαιοδιαχωριστήρες: Απομακρύνουν τα λάδια, τα πετρελαιοειδή και της λιπαρές ουσίες. Χρησιμοποιούνται μόνο για ειδικές κατηγορίες αποβλήτων (Σαββάκης, 2002).

ε) Κροκίδωση – συσσωμάτωση. Γίνεται για την απομάκρυνση των αιωρούμενων κολλοειδών σωματιδίων. Η τελευταία διεργασία της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η καθίζηση. Κατά την καθίζηση καθιζάνει και μέρος της οργανικής ύλης συνεπώς η διάθεση της λάσπης που λαμβάνεται από τις δεξαμενές καθίζησης απαιτεί επεξεργασία πριν από την διάθεσή της (Σαββάκης, 2002).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία έχουμε σημαντική ελάττωση του BOD, απομάκρυνση των μετάλλων, ρύθμιση του pH (Σαββάκης, 2002).

Η πρωτοβάθμια επεξεργασία είναι απαραίτητη για να οδηγηθούν τα αστικά λύματα στη βιολογική επεξεργασία. Αν πρόκειται για απόβλητα βιομηχανικών και βιοτεχνιών, πρέπει οπωσδήποτε αυτή να γίνεται πριν την εισροή τους στο αστικό αποχετευτικό σύστημα.

ζ) Εξισορρόπηση της ροής. Μετά την προεπεξεργασία τα απόβλητα συλλέγονται και αναμειγνύονται σε δεξαμενή. Η διεργασία αυτή ονομάζεται εξισορρόπηση της ροής και έχει ως επιδίωξη την ελαχιστοποίηση ή τον έλεγχο της διακύμανσης των χαρακτηριστικών των αποβλήτων, ώστε να εξασφαλίζονται οι κατάλληλες συνθήκες για την βιολογική επεξεργασία (Σαββάκης, 2002).

1.6.3 Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι το στάδιο της αερόβιας βιολογικής αποικοδόμησης της οργανικής ύλης που περιέχεται στα απόβλητα (βιολογικός καθαρισμός). Για την αερόβια βιολογική αποικοδόμηση της οργανικής ύλης πρέπει να πληρούνται οι εξής προϋπόθεσης: Να υπάρχει διαθέσιμο οξυγόνο, να ευνοείται η ανάπτυξη των βακτηρίων που θα χρησιμοποιήσουν το οξυγόνο για να αποικοδομήσουν βιολογικά τις οργανικές ενώσεις και το pH να κυμαίνεται μεταξύ 6,5-8,5. Κατά την βιολογική επεξεργασία οι οργανικές ουσίες χρησιμοποιούνται ως τροφή από τους μικροοργανισμούς για την απόκτηση της απαραίτητης ενέργειας για την συντήρηση και την παραγωγή τους. Όταν η οργανική ύλη μειωθεί η εξαντληθεί οι μικροοργανισμοί προκειμένου να συντηρηθούν αυτοκαταναλώνονται. Η διεργασία αυτή ονομάζεται ενδογενής μεταβολισμός (Σαββάκης, 2002).

Οι βασικές διεργασίες στις οποίες βασίζεται η βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων είναι:

1. Η τροφοδοσία με οξυγόνο ώστε να εξασφαλίζονται συνθήκες αερόβιας επεξεργασίας.
2. Η μεταβολή της συγκέντρωσης των οργανικών ουσιών λόγω κατανάλωσης τους από τους μικροοργανισμούς (μείωση των BOD)
3. Η μεταβολή της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών (Σαββάκης, 2002).

1.6.4 Συστήματα βιολογικής επεξεργασίας των αποβλήτων

Τα κυριότερα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων είναι:

α) Σταλαγματικά φίλτρα. Αποτελείται από μια ορθογώνια ή κυλινδρική δεξαμενή γεμάτη με χαλίκια ή πλαστικές σφαίρες. Τα απόβλητα τροφοδοτούνται σε όλη την έκταση της δεξαμενής και διέρχονται σταλάζοντας από τα διάκενα που αφήνουν τα χαλίκια. Οι μικροοργανισμοί προσκολλούνται στην επιφάνεια του πληρωτικού υλικού όπου αναπτύσσονται και δημιουργούν την βιομάζα. Ο αερισμός γίνεται τεχνητά ή με φυσικό ελκυσμό από κάτω προς τα πάνω. Η βιολογική διάσπαση της οργανικής ύλης γίνεται κατά την διέλευση των αποβλήτων μέσα από το φίλτρο (Σαββάκης, 2002).

β) Είναι ένα σύστημα με δίσκους που περιστρέφεται με μικρή ταχύτητα μέσα στα απόβλητα. Η βιομάζα εγκαθίσταται και αναπτύσσεται πάνω στους δίσκους. Κατά την περιστροφή του δίσκου η βιομάζα που βρίσκεται μέσα στα απόβλητα παίρνει τροφή. Όταν βρεθεί στον αέρα παίρνει το απαιτούμενο οξυγόνο για την βιολογική δράση (Σαββάκης, 2002).

Οι βασικές παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος είναι:

1. Η ταχύτητα περιστροφής
2. Ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων στο σύστημα
3. Ο αριθμός των βιοδίσκων (στάδια επεξεργασίας)
4. Το ποσοστό εμβάπτισης του δίσκου στα απόβλητα
5. Η θερμοκρασία (Σαββάκης, 2002).

1.6.5 Τριτοβάθμια επεξεργασία

Μετά την βιολογική κατεργασία το BOD₅ των αποβλήτων έχει μειωθεί δραστικά και τα νερά μπορεί να διατεθούν στους αποδέκτες μετά την απολύμανση. Όμως σε ειδικές περιπτώσεις ιδίως όταν πρόκειται για τα απόβλητα βιομηχανιών, είναι απαραίτητο και τρίτο στάδιο επεξεργασίας πριν από τη διάθεσή τους. Η τριτοβάθμια επεξεργασία μπορεί να συνίσταται σε μία, ή σε συνδυασμό των παρακάτω διεργασιών:

1. Διήθηση με κατάλληλα φίλτρα για την απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων.
2. Απομάκρυνση ιόντων μετάλλων με αντίστροφη ώσμωση ή ανταλλαγή ιόντων.
3. Απομάκρυνση μη βιοαποικοδομήσιμων οργανικών ουσιών κλπ. Με προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα.
4. Αφαίρεση των θρεπτικών συστατικών (ανόργανες ενώσεις, N, για την αποφυγή δημιουργίας ευτροφισμού στον αποδέκτη) (Σαββάκης, 2002).

1.6.6 Απολύμανση

Πριν από την διάθεση των αποβλήτων γίνεται απολύμανση. Η απολύμανση είναι απαραίτητη ιδιαίτερα όταν πρόκειται για αστικά απόβλητα. Συνήθως γίνεται με χλώριο (Σαββάκης, 2002).

1.6.7 Διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων

Η διάθεση γίνεται σε υδάτινους αποδέκτες ή στο έδαφος. Τα απόβλητα μπορεί επίσης να αφεθούν για εξάτμιση σε εκτεταμένες αβαθείς λίμνες. Τέλος βιομηχανικές μονάδες και ξενοδοχεία μπορεί να επαναχρησιμοποιήσουν τα νερά για δευτερεύοντες χρήσεις (πότισμα, πλύσεις κλπ.) (Σαββάκης, 2002).

1.6.8 Διάθεση λάσπης

Η λάσπη που λαμβάνεται από τις μονάδες βιολογικού καθαρισμού δεν είναι δυνατόν να διατεθεί χωρίς επεξεργασία ούτε να αποθηκευτεί για μεγάλο χρονικό διάστημα κοντά στην μονάδα. Και αυτό γιατί, εκτός από τις αισθητικές οχλήσεις που προκαλεί, είναι εξαιρετικά δραστική οπότε σαπίζει δημιουργώντας οσμές και παθογόνους οργανισμούς και επιπλέον περιέχει μεγάλες ποσότητες νερού. Η επεξεργασία της λάσπης είναι δαπανηρή αλλά απαραίτητη. Για να διατεθεί η λάσπη πρέπει να σταθεροποιηθεί (αδρανοποιηθεί και να ξηραθεί). Η σταθεροποίηση περιορίζει ή εξαλείφει τα προβλήματα που σχετίζονται με την δραστηριότητα της λάσπης (οσμές, παθογόνοι οργανισμοί). Μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους:

1. Με ασβέστη. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ή CaO . Με την προσθήκη ασβέστη το pH γίνεται ίσο με 11. Οι οσμές ελαττώνονται σημαντικά και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί καταστρέφονται. Η αδρανοποίηση όμως είναι παροδική γιατί, μετά από πάροδο ημερών, το pH μειώνεται και η λάσπη ενεργοποιείται.
2. Αερόβια χώνευση. Γίνεται με παρατεταμένο αερισμό της λάσπης σε ειδικές δεξαμενές. Η μείωση του όγκου είναι 34-45%. Η λάσπη που έχει υποστεί αερόβια χώνευση αφυδατώνεται πιο δύσκολα από αυτή που έχει υποστεί αναερόβια χώνευση.
3. Αναερόβια χώνευση. Στην αναερόβια χώνευση δημιουργούνται συνθήκες αναερόβιας διάσπασης της οργανικής ύλης οπότε παράγεται μεθάνιο (βιοαέριο). Η αναερόβια διάσπαση γίνεται σε ειδικές δεξαμενές με θέρμανση στους $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ απουσία αέρα. Κατά την χώνευση αναπτύσσονται καταρχήν αναερόβιοι μικροοργανισμοί οι οποίοι μετατρέπουν την οργανική ύλη σε οργανικά οξέα. Στη συνέχεια αναπτύσσονται μεθανοβακτηρίδια που μετατρέπουν τα οργανικά οξέα σε μεθάνιο. Η μείωση του όγκου είναι 40-60%. Το μεθάνιο που εκλύεται συλλέγεται και χρησιμοποιείται ως καύσιμο για την θέρμανση της δεξαμενής αναερόβιας διάσπασης (Σαββάκης, 2002).

Η αφυδάτωση γίνεται με τους παρακάτω μεθόδους:

α) Κλίνες ξήρανσης. Η ξήρανση γίνεται σε υπόστρωμα χαλκιών και άμμου. Η υγρασία απομακρύνεται με αποστράγγιση και εξάτμιση. Είναι μια μέθοδος οικονομική. Η διάρκεια ξήρανσης είναι περίπου 3 μήνες και η περιεκτικότητα της λάσπης σε στερεά 50%.

β) Περιστροφικά φίλτρα κενού. Η περιεκτικότητα της λάσπης σε στερεά είναι 20%.

γ) Πιεστικά φίλτρα.

δ) Φυγοκέντρωση. Η περιεκτικότητα της λάσπης σε στερεά είναι 60-70%.

ε) Διάθεση λάσπης. Μετά την σταθεροποίηση και την αφυδάτωση πρέπει να επιλεγεί ο πιο κατάλληλος τρόπος διάθεσης της λάσπης που απέμεινε.

Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι είναι :

- Υγειονομική ταφή σε χωματερές.
- Ως βελτιωτικό εδάφους (λίπασμα): μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ύστερα από κατάλληλο έλεγχο. Δεν πρέπει να περιέχει βαριά μέταλλα και άλλες τοξικές ουσίες και επίσης πρέπει να είναι αφομοιώσιμο από το έδαφος και τα φυτά.
- Καύση σε ειδικούς φούρνους: Η καύση πρέπει να γίνεται με αυστηρές προδιαγραφές προστασίας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. Η θερμότητα που εκλύεται κατά την καύση χρησιμοποιείται για θέρμανση κλπ. Η μέθοδος δεν έχει εφαρμοστεί μέχρι σήμερα στην Ελλάδα (Σαββάκης, 2002).

1.7 Εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων Ηρακλείου

Τα υγρά απόβλητα που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτό το πείραμα ήταν από τις εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού της πόλης του Ηρακλείου, που βρίσκεται σε απόσταση περίπου 1,5 χμ από το αγρόκτημα του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος, όπου έγιναν όλα τα πειράματα. Ο βιολογικός διαχειρίζεται υγρά απόβλητα περισσότερων από 160.000 ανθρώπων.

Ο βιολογικός καθαρισμός Ηρακλείου είναι σήμερα μια από τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις καθαρισμού λυμάτων στην Ελλάδα και ίσως η πιο σύγχρονη στο μεσογειακό χώρο. Εντάσσεται μέσα στο σχέδιο ολοκληρωμένης διαχείρισης λυμάτων της ευρύτερης περιοχής Ηρακλείου, το οποίο περιλαμβάνει:

- α) χωριστικούς κεντρικούς και δευτερεύοντες αποχετευτικούς αγωγούς και αντλιοστάσια.
- β) το βιολογικό καθαρισμό Ηρακλείου.
- γ) τον αγωγό διάθεσης της εκροής (χερσαίο και υποθαλάσσιο (Δ.Ε.Υ.Α.Η)).

Η ΜΕΑΥΑ (μονάδα επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων) του Ηρακλείου κατασκευάστηκε από την κοινοπραξία «kruger – Ζαχαρόπουλος» και διαθέτει τα παρακάτω τμήματα επεξεργασίας:

1.7.1 Γραμμή Υγρών Αποβλήτων:

1. Αντλιοστάσιο Εισόδου: Έξι υποβρύχιες αντλίες (με παροχή $232 \text{ l/sec}=835 \text{ m}^3/\text{hr}$ η κάθε μία) αντλούν τα εισερχόμενα λύματα από τις εσχάρες. Συνδέεται με το σύστημα απόσμησης (βιόφιλτρα).
2. Κτίρια Εσχάρων: Τρεις αυτοκαθαριζόμενες ημικυκλικές μηχανικές εσχάρες (με παροχή $500 \text{ l/sec}=1800 \text{ m}^3/\text{hr}$ η κάθε μία) βρίσκονται στην μονάδα αυτή. Συνδέεται με το σύστημα απόσμησης (βιόφιλτρα)
3. Αμμοσυλλέκτης και Λιποσυλλέκτης: Αυτή η μονάδα απομακρύνει τα λίπη και τα έλαια από τα λύματα και αποτελείται από δύο παράλληλες υπομονάδες εξοπλισμένες με κατάλληλους διαχυτήρες αέρα και κινούμενες γέφυρες. Η μονάδα είναι καλυμμένη εξ' ολοκλήρου και συνδέεται με το σύστημα απόσμησης (βιόφιλτρα).
4. Διάυλος-Parshall: Ο διάυλος Parshall αποτελείται από δύο παράλληλες υπομονάδες εξοπλισμένες με διάταξη υπερήχων για τη μέτρηση της παροχής των λυμάτων.
5. Θάλαμος Διανομής: Ο θάλαμος της διανομής κατανέμει τα λύματα στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης. Μέσω αυτού μπορεί να παρακάμπτονται οι δεξαμενές της πρωτοβάθμιας καθίζησης σε περίπτωση που τα λύματα πρέπει να οδηγηθούν κατευθείαν στη

δεξαμενή επιλογής. Σ' αυτόν το θάλαμο οδηγείται και η περίσσεια της ιλύος από το αντλιοστάσιο δευτεροβάθμιας ιλύος.

6. Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας καθίζησης: Δύο δεξαμενές με περιστρεφόμενα ξέστρα και με 30m διάμετρο η κάθε μια.
7. Δεξαμενή Επιλογής: Αυτή η δεξαμενή σχεδιάστηκε για να ελαχιστοποιεί τα νηματοειδή βακτήρια (filamentous bacteria) και επομένως το φαινόμενο διόγκωσης της ιλύος (bulking sludge phenomenon). Η ανακυκλοφορούσα ιλύς από τις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης οδηγείται στη δεξαμενή επιλογής όπου παραμένει τουλάχιστον μισή ώρα.
8. Θάλαμος Διαμονής: Ο θάλαμος κατανέμει τα λύματα από της 4 δεξαμενές αερισμού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να οδηγήσει την ανακυκλοφορούσα ιλύς κατ' ευθείαν στις δεξαμενές αερισμού, αν η δεξαμενή επιλογής πρέπει να παρακαμφθεί.
9. Δεξαμενές Αερισμού: Οι 4 δεξαμενές αποτελούν 2 παράλληλα υποσυστήματα στα οποία γίνεται πλήρης νιτροποίηση και απονιτροποίηση σύμφωνα με το σύστημα BIOENTAO της kruger. Ο αερισμός επιτυγχάνεται με 12 ρότορες (μήκους 9 m διάμετρος 1 m). Οι 8 ρότορες είναι εφοδιασμένοι με μοτέρ δύο ταχυτήτων ενώ οι άλλοι 4 είναι εφοδιασμένοι με μοτέρ μιας ταχύτητας.
10. Θάλαμος Διανομής: Αυτή η μονάδα διανέμει τα λύματα της σε δύο δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης.
11. Δεξαμενές Δευτεροβάθμιας Καθίζησης: Δύο δεξαμενές με περιστρεφόμενα ξέστρα και 38 m διάμετρο η κάθε μία. Εδώ διαχωρίζεται το ανάμικτο υγρό των δεξαμενών αερισμού σε δύο κατηγορίες, στο κατεργασμένο λύμα, που υπερχειλίζει και την δευτεροβάθμια λάσπη, που καθιζάνει.
12. Φρεάτιο Χλωρίωσης: Στη δεξαμενή χλωρίωσης γίνεται η απολύμανση της εκροής που είναι εξοπλισμένη με μετρητή υπερήχων και μετρητή υπολειμματικού χλωρίου.
13. Κτίριο Χλωρίωσης: Στο κτήριο χλωρίωσης υπάρχουν τρεις δοσομετρικές αντλίες για το διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου και οι δεξαμενές στις οποίες αποθηκεύεται αυτό το διάλυμα.

1.7.2 Γραμμή ιλύος:

1. Αντλιοστάσιο Πρωτοβάθμιας Ιλύος: Το αντλιοστάσιο αυτό είναι εφοδιασμένο με 4 υποβρύχιες αντλίες (παροχή: $67 \text{ m}^3/\text{hr}$ η κάθε μια), οι οποίες οδηγούν την ιλύ που καθιζάνει στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης (δεξαμενές προπάχυνσης). Συνδέεται με το σύστημα απόσμησης (βιόφιλτρα).
2. Αντλιοστάσιο Δευτεροβάθμιας Ιλύος: Αυτό το αντλιοστάσιο είναι εξοπλισμένο με 4 υποβρύχιες αντλίες για την ανακυκλοφορούσα ιλύ (παροχή: $232 \text{ It}/\text{sec}=835 \text{ m}^3/\text{hr}$ η κάθε μια).
3. Δεξαμενές Προπάχυνσης: Αυτή η μονάδα αποτελείται από δύο δεξαμενές (διάμετρος 10m) εξοπλισμένες με περιστρεφόμενους αναδευτήρες ιλύος. Συνδέεται με το σύστημα απόσμησης (βιόφιλτρα).
4. Δεξαμενές Χώνευσης: Αποτελείται από δύο δεξαμενές (διάμετρος : 13 m, βάθος : 13 m) εξοπλισμένες με μηχανικό αναδευτήρα, ανακύκλωση ιλύος και σύστημα θέρμανσης της ιλύος.
5. Δεξαμενές Μεταπάχυνσης: Αυτή η μονάδα αποτελείται από δύο δεξαμενές (διάμετρος 10m) εξοπλισμένες με περιστρεφόμενους αναδευτήρες ιλύος. Συνδέεται με το σύστημα απόσμησης (βιόφιλτρα).
6. Κτίριο Αφυδάτωσης Ιλύος (Μονάδα 20): Το κτίριο αφυδάτωσης είναι εξοπλισμένο με τρεις αντλίες ιλύος (παροχή $3-18 \text{ m}^3/\text{hr}$ η κάθε μια), 2 ταινιοφιλτρόπρεσσες (δυναμικότητας $11-16 \text{ m}^3/\text{hr}$ η κάθε μια), ένα σύστημα προετοιμασίας πολυμερούς και ένα σύστημα έκπλυσης. Συνδέεται με το σύστημα απόσμησης (βιόφιλτρα).

1.7.3 Γραμμή βιοαερίου:

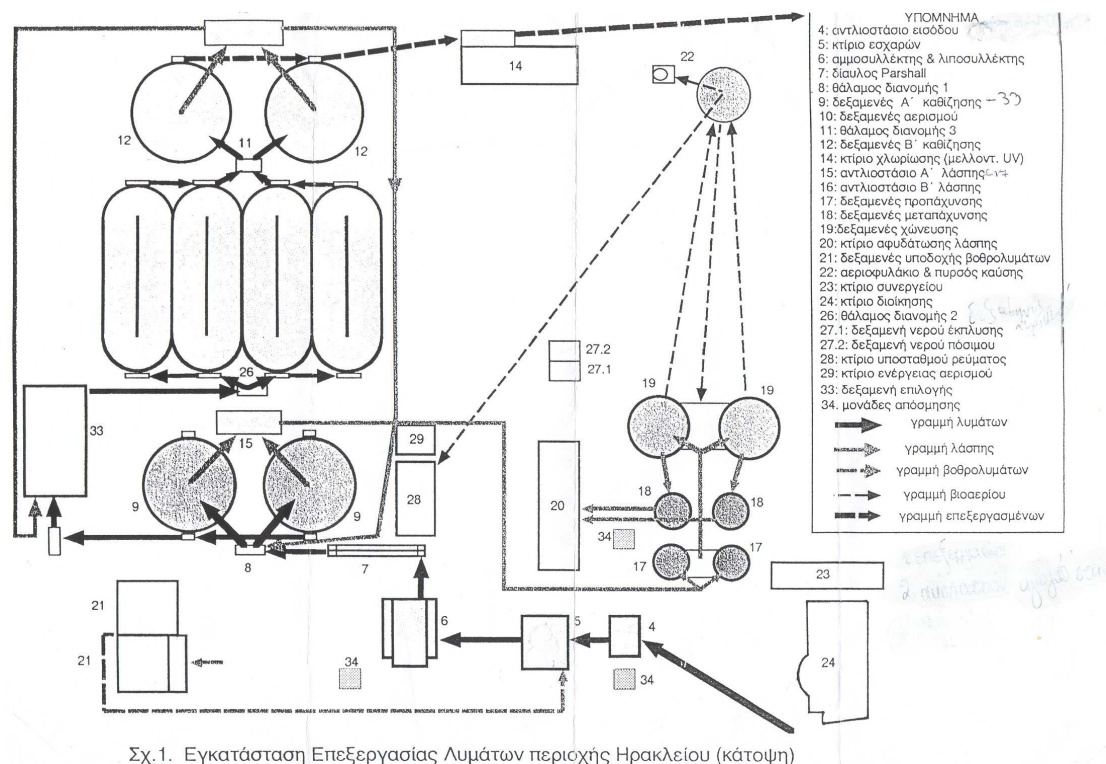
Το βιαέριο που παράγεται στις εγκαταστάσεις χώνευσης αποθηκεύεται στη δεξαμενή βιοαερίου για δύο σκοπούς:

- α) Για θέρμανση της ιλύος στους χωνευτές και σταθεροποίηση της θερμοκρασίας της στους $35 \text{ }^\circ\text{C}$.

β) Για να τροφοδοτεί το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος αερίου με το πλεόνασμα βιοαερίου που καίγεται σε πυρσό καύσης αερίου.

γ) Δεξαμενές Υποδοχής Βοθρολυμάτων: Δύο δεξαμενές χωρητικότητας 1400 m³ δέχονται τα βοθρολύματα, τα οποία στη συνέχεια οδηγούνται απ' αυτές κατ' ευθείαν στο κτίριο εσχарών.

Η ροή των διεργασιών της ΜΕΑΥΑ του Ηρακλείου για τον καθαρισμό των λυμάτων αναφέρονται στο σχήμα και στην εικόνα που ακολουθούν:



Σχ.1. Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων περιοχής Ηρακλείου (κάτοψη)



ΕΙΚΟΝΑ 1.7.1.1 ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟ

1.8 Μικροβιακές παράμετροι και προτεινόμενα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

Κάθε κατηγορία επαναχρησιμοποίησης απαιτεί ιδιαίτερα κριτήρια ποιότητας των επεξεργασμένων λυμάτων, που καθαρίζονται από την προοριζόμενη χρήση και τις υφιστάμενες συνθήκες. Ο προβληματισμός σχετικά με τη χρήση τέτοιων νερών για άρδευση εστιάζεται στις προδιαγραφές της ποιότητας που πρέπει να εφαρμόζονται, όσον αφορά τις μικροβιολογικές παραμέτρους και οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης και το είδος της αρδευόμενης καλλιέργειας (Tsagarakis, et al.,2003). Οι εκροές υγρών αποβλήτων περιέχουν υψηλούς πληθυσμούς παθογόνων οργανισμών, όπως είναι τα βακτήρια, οι ιοί, τα πρωτόζωα κ.α. τα οποία είναι επικίνδυνα για την δημόσια υγεία. Η απομάκρυνση ή μείωση των πληθυσμών των οργανισμών αυτών σε επίπεδα που δεν απειλούν την δημόσια υγεία, αποτελούν τον κύριο στόχο κατά την επεξεργασία των υγρών

αποβλήτων. Για το λόγο αυτό πολλές χώρες και οργανισμοί έχουν θεσπίσει κριτήρια που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων. Ο βασικότερος δείκτης για τον προσδιορισμό της καταλληλότητας των επεξεργασμένων εκροών για άρδευση είναι ο αριθμός των κολοβακτηριδίων. Ο αριθμός αυτός αναφέρεται είτε στα ολικά κολοβακτηρίδια (total coliforms) ή στα κολοβακτηρίδια κοπρικής προέλευσης (fecal coliforms).

Οι βιομηχανικές χώρες και οι παραγωγοί τεχνολογίας, υποστηρίζουν την επιβολή αυστηρών προδιαγραφών για την ποιότητα του νερού με τη βεβαιότητα ότι οι ακριβότερες τεχνολογίες εξασφαλίζουν πιο υγιεινό και ασφαλές νερό (δηλαδή απαλλαγμένο από εντερόκοκκους και παράσιτα). Αντίθετα, οι αναπτυσσόμενες χώρες που χαρακτηρίζονται από έλλειψη υδατικών πόρων, υποστηρίζουν τις λιγότερο αυστηρές οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO) (Tsagarakis, et al.,2003).

Οι οδηγίες για την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων, οι μέθοδοι επεξεργασίας και η προστασία της δημόσιας υγείας υποστηρίζονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας από το 1971 (Ursula, et., 2000). Σύμφωνα με το WHO οι απαιτούμενες προδιαγραφές, που πρέπει να πληρούν οι εκροές των υγρών αποβλήτων για τη χρήση τους για άρδευση είναι λιγότερο αυστηρές από αυτές της U.S.EPA. Ενώ αντίθετα οι οδηγίες του WHO είναι αυστηρότερες από τις Ευρωπαϊκής Ένωσης, που ισχύουν για το νερό κολύμβησης. Επίσης πρόσφατα εξέδωσε οδηγίες που αφορούν τη συγκέντρωση επικίνδυνων για την ανθρώπινη υγεία χημικών ενώσεων (Chang et al., 1995).

1.8.1 Προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος

Το θέμα της χρήσης του ανακατωμένου νερού για αγροτικές καλλιέργειες, καθώς και οι αστική χρήση (όπως άρδευση αστικού και περαστικού πρασίνου), μπορεί να συνεπάγονται προβλήματα, που σχετίζονται με τη δημόσια υγεία. Επίσης η ανάκτηση και η επαναχρησιμοποίηση μπορεί να έχει σοβαρές αρνητικές περιπτώσεις και στο περιβάλλον, όταν δεν εφαρμόζεται σωστά η διαθέσιμη τεχνολογία και τεχνογνωσία (Tsagarakis, et al.,2003).

Οι ομάδες των ατόμων που είναι εκτεθειμένα στον κίνδυνο μόλυνσης είναι οι ακόλουθες:

1. Οι γεωργοί και οι οικογένειές τους. Οι γεωργοί που εργάζονται στις καλλιέργειες μπορεί να προστατευτούν από την μόλυνση και από τους ιούς (π.χ αγκυλόστομα) χρησιμοποιώντας κατάλληλα προστατευτικά ρούχα. Ο εμβολιασμός κατά των σκωλήκων και των μικροοργανισμών που προκαλούν διάφορες δυσλειτουργίες στον οργανισμό (όπως διάρροια) δεν είναι αποτελεσματικός. Αντίθετα όμως η ύπαρξη φαρμάκων μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση της μόλυνσης από την εντερική διάρροια.
2. Τα άτομα που διακινούν τα προϊόντα των καλλιεργειών. Συνιστάται η σωστή ενημέρωση σύμφωνα με τους κανόνες της υγιεινής διαχείρισης των προϊόντων.
3. Οι καταναλωτές των άμεσων και έμμεσων προϊόντων των καλλιεργειών (καρποί, κρέας και γάλα) προτείνεται η μη ωμή κατανάλωση, το μαγείρεμα καθώς και η σωστή εφαρμογή των κανόνων υγιεινής (π.χ καλό πλύσιμο των προϊόντων). Η σωστή ενημέρωση θεωρείται και εδώ πολύ σημαντική.
4. Οι περίοικοι. Συνιστάται η αποφυγή πρόσβασης στις περιοχές των καλλιεργειών. Σε αυτή τη περίπτωση θεωρείται πολύ χρήσιμη η περίφραξη της αρδευόμενης περιοχής και η χρησιμοποίηση κατάλληλων προειδοποιητικών πινακίδων ώστε να εμποδίζεται η ανεξέλεγκτη πρόσβαση (Στάμου, 1995).

Ο σχεδιασμός έργων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων θα πρέπει να περιλαμβάνει την ανάπτυξη και εφαρμογή κανονισμών ή οδηγιών, που θα προλαμβάνουν τη δημιουργία κινδύνων , που συνδέονται με τη δημόσια υγεία και την πιθανή υποβάθμιση του περιβάλλοντος (Tsagarakis, et al.,2003).

Οι κανονισμοί αυτοί θα πρέπει να περιλαμβάνουν:

- Σύστημα χορήγησης αδειών για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων καθώς και επιπλέον τεχνικούς ελέγχους, που αφορούν την αποτελεσματικότητα της απαιτούμενης συμπληρωματικής επεξεργασίας.
- Προδιαγραφές ποιότητας ανάλογα με την χρήση του ανακατωμένου νερού.
- Ποιοτικούς ελέγχους που θα εξασφαλίζουν τη μη έκθεση σε κινδύνους των ανθρώπων που έρχονται σε επαφή με το

ανακτώμενο νερό, καθώς και περιορισμούς στις διάφορες χρήσεις του.

- Ελέγχους όσον αφορά στην πρόσβαση στο σύστημα συλλογής και αποχέτευσης των υγρών αποβλήτων και προληπτικούς ελέγχους για την αποφυγή της σύνδεσης του δικτύου του ανακυκλωμένου νερού.
- Μηχανισμούς που θα καθιστούν υποχρεωτικούς και θα δίνουν αναγκαστική ισχύ σε όλους τους παραπάνω κανονισμούς ή οδηγίες συμπεριλαμβανομένων και των αρμοδιοτήτων για τη διενέργεια ελέγχων και επιβολή ποινών στις περιπτώσεις που διαπιστώνονται παραβιάσεις ή αποκλίσεις από αυτούς (Tsagarakis, et al., 2003).

1.8.2 Άλλα νομικά θέματα

Στις ανεπτυγμένες χώρες, μια σειρά από άλλα νομικά ζητήματα είναι πιθανόν να προκύψουν κατά την εφαρμογή της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων.

Η ομάδα εργασίας του FAO (Food Agriculture Organization)/WHO που συστάθηκε για τα νομικά θέματα που συνδέονται με την διαχείριση των υδατικών πόρων και των υγρών αποβλήτων να περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Ορισμός των εννοιών: "υγρά απόβλητα", "ανακυκλωμένου νερό" και άλλων σχετικών όρων.
- Καθορισμός των δικαιούχων χρήσεις του ανακυκλωμένου νερού.
- Θέσπιση συστήματος χορήγησης αδειών για χρήση του ανακατωμένου νερού.
- Καθορισμός του τρόπου με τον οποίο θα προστατεύονται τα πρόσωπα με κεκτημένα δικαιώματα χρήσης του νερού μετά από βλάβη, που οφείλεται στη μείωση της ποσότητας του νερού, εξαιτίας των έργων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και επαναχρησιμοποίησης.
- Θέσπιση κανονισμών ή οδηγιών που θα διέπουν τις χρήσεις και την απαιτούμενη ποιότητα του ανακυκλωμένου νερού με σκοπό την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος.
- Θέσπιση νομοθετικών μηχανισμών, ώστε οι παραπάνω κανονισμοί ή οδηγίες να καταστούν υποχρεωτικοί.
- Ορισμός διαδικασιών τιμολόγησης του ανακυκλωμένου νερού.
- Θέσπιση μηχανισμών για τη διοίκηση και διαχείριση των απαιτούμενων έργων.

- Ορισμός της νομικής και θεσμικής σχέσης μεταξύ των έργων ανάκτησης , επαναχρησιμοποίησης και των υφισταμένων έργων ύδρευσης, αποχέτευσης και περιβαλλοντικής προστασίας (Tsagarakis, et al.,2003).

1.8.3 Ισχύων θεσμικό πλαίσιο

Διάφορες χώρες έχουν θεσπίσει κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, όπως η Η.Π.Α (Καλιφόρνια, Αριζόνα και Φλώριδα), η Τυνησία, το Ισραήλ, και η Ν. Αφρική. Την τελευταία δεκαετία με την τεράστια ανάπτυξη της τεχνολογίας , ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων, παρατηρείται μια έντονη και παράλληλη δραστηριότητα ανάπτυξης και θέσπισης τέτοιων κανονισμών ή οδηγιών, όπως στην Κύπρο, στην Ιαπωνία και στην Αυστραλία.

Στην Ευρώπη δεν έχει αναπτυχθεί ακόμη ενιαία νομοθεσία για την επαναχρησιμοποίηση εκροών υγρών αποβλήτων. Σήμερα μόνο η Ιταλία και η Ισπανία μαζί με την Κύπρο έχουν αναπτύξει τέτοιους κανονισμούς. Τελευταία καταβάλλεται προσπάθεια για την θέσπιση ενιαίων κανονισμών από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Tsagarakis, et al.,2003).

Ο WHO έχει εκδώσει οδηγίες σχετικά με την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων. Εστίασε στον καθαρισμό των κατάλληλων επιπέδων επεξεργασίας που απαιτήθηκαν για τους διαφορετικούς τύπους επαναχρησιμοποίησης (άρδευση, εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων κ.α.). θεωρήθηκε για τις γεωργικές καλλιέργειες, τα προϊόντα που καταναλώνονται νωπά, όταν αρδεύονται με υγρά απόβλητα θα πρέπει να έχουν υποστεί τουλάχιστον βιολογική επεξεργασία και απολύμανση, ώστε η μέγιστη συγκέντρωση των κολοβακτηριδίων να φτάνει τα 100/100 ml στο 80 % των θεωρούμενων δειγμάτων (Ursula et al., 2000)

Οι νέες οδηγίες είναι αμφισβητούμενες, ιδιαίτερα για την απεριόριστη άρδευση, το όριο των κολοβακτηριδίων είναι 1000/100 ml (γεωμετρικός μέσος όρος) και το όριο του 1 αυγού/lι, (γεωμετρικός μέσος όρος) για τους εντερικούς ιούς. Το όριο των κολοβακτηριδίων προτείνεται να είναι αυστηρότερο (200/100ml) στην περίπτωση της άρδευσης πράσινων εκτάσεων, όπου επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού (Στάμου, 1995).

Η οδηγία των ολικών κολοβακτηριδίων ήταν για να προστατεύσει από τους κινδύνους της βακτηρίασης μόλυνσης, και τα πρόσφατα εντερικά νηματοζώα. Οι οδηγίες αυτών προορίστηκαν για να προστατεύσουν από τις μολύνσεις που αφορούν τους σκώληκες. Οι μικροβιολογικές οδηγίες προορίστηκαν να προστατεύσουν την επεξεργασία υγρών αποβλήτων (Ursula et al., 2000).

Παρ' όλο που οι οδηγίες αυτές του WHO δεν εξειδικεύονται στις επιμέρους χρήσεις, στις ποιοτικές και σε άλλες παραμέτρους αποτελούν ένα θετικό βήμα σε περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης ανεπεξέργαστων ή πλημμελώς επεξεργασμένων. Αυτές οι οδηγίες σήμερα ευρίσκονται σε στάδιο αναθεώρησης (Ursula et al., 2000).

Σύμφωνα με αυτές τις υπάρχουσες οδηγίες, όταν χρησιμοποιούνται τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα για την επιφανειακή άρδευση (φυτά κ.λ.π.), όπου οι άνθρωποι έρχονται σε άμεση επαφή με το επαναχρησιμοποιημένο νερό, θα πρέπει να έχει γίνει τριτοβάθμια επεξεργασία, δηλ. απολύμανση (EPA, 1992, WHO, 1989). Η διαδικασία απολύμανσης στοχεύει να μειώσει τις πιθανότητες της πιθανής μόλυνσης των χρηστών από τους παθογόνους μικροοργανισμούς των υγρών αποβλήτων (Tanaka et al., 1998).

Ωστόσο η απολύμανση ειδικά με το χλώριο, δεν παράγει μια μόνιμη και αμετάκλητη επίδραση στα υγρά απόβλητα. Μικροοργανισμοί συμπεριλαμβανόμενων των ανθρώπινων παθογόνων μπορούν να εμφανιστούν στα απολυμασμένα υγρά απόβλητα κάποιο χρονικό διάστημα μετά από την εφαρμογή της απολυμαντικής χημικής ουσίας (Tchobanoglous and Butron, 1996).

Επιπλέον, τα αποτελέσματα απολύμανσης ποικίλλουν με το χρόνο ανάλογα με διάφορες παραμέτρους, π.χ. νερό, την θερμοκρασία περιβάλλοντος και το ποσοστό ροής (Tanaka et al., 1998, Abughararah, 1994). Υπάρχουν επίσης μερικές ενδείξεις ότι ορισμένα παθογόνα παρουσιάζουν ένα χαμηλότερο ποσοστό αδρανοποίησης στο έδαφος απ' ό,τι στα υγρά απόβλητα (Gantzer et al., 2001), ή μπορούν να ξανααυξηθούν εάν είναι παρούσες θρεπτικές ουσίες (Rajkowski and Rice, 1999). Μερικοί ερευνητές προτείνουν ότι είναι ασφαλές να χρησιμοποιηθούν τα υγρά απόβλητα από την δευτεροβάθμια επεξεργασία στην περιοχή της Μεσογείου, όπου οι περιβαλλοντικές συνθήκες της υψηλής θερμοκρασίας και ηλιοφάνειας οδηγούν σε μείωση των αριθμών των παθογόνων κάτω από τα επιτρεπτά όρια (Bontoux και Courtois, 1996, Mujeriego et al., 1996).

Είναι δύσκολο να αποφασιστούν τα όρια επικινδυνότητας για επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων σε επιφανειακή άρδευση, εάν τα υγρά απόβλητα απολυμαίνονται ή όχι δεδομένου ότι έχουν γίνει λίγες δημοσιεύσεις γύρω από την ασφάλεια εκείνων που τα χρησιμοποιούν (π.χ. παίζοντας ποδόσφαιρο παιδιά, (Arnon et al., 2002, Gantzer et al., 2001, Blumental, 2001 Ornor et al, 2001, Campos et al., 2000a; Campos et al., 2000b; Tanaka et al., 1998). Τα επίπεδα επικινδυνότητας μπορούν μόνο να καθοριστούν από την ποσοτική και ποιοτική αξιολόγηση της παρουσίας, τις επιβίωσης και του αριθμού των παθογόνων που διατηρούνται από τα οπωροκηπευτικά ή το έδαφος. Σύμφωνα με Tanaka et al., (1998) αυτή η απουσία στοιχείων οφείλεται εν μέρει στην έλλειψη τυποποιημένων πρωτοκόλλων των τομέων και των εργαστηρίων για τον καθορισμό των επιπέδων, τα οποία είναι διαφορετικά για κάθε χώρα.

1.8.4 Ανάγκη θέσπισης Ελληνικών Προδιαγραφών Ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Αστικών Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα όπως και σε άλλες χώρες του κόσμου, έχει υιοθετηθεί η πρακτική της ανακύκλωσης των εκροών υγρών αποβλήτων προοδευτικά χωρίς την απαρχή θεσμοθέτηση σχετικών κριτηρίων. Οι βασικές χρήσεις στην Ελλάδα που έχουν ενδιαφέρον είναι η άρδευση καλλιεργειών και χώρων πρασίνου και ο εμπλουτισμός των υπογείων υδροφορέων για την προστασία του κυρίως από την υφαλμύρωση. Για κάθε χρήση θα πρέπει να εξετάζονται τα ποσοτικά και ποιοτικά κριτήρια επίσης σε κάθε ιδιαίτερη θεώρηση που μια παραδοσιακή υδατική πηγή, αντικαθίσταται με ανακατωμένο νερό από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Ιδιαίτερη μέριμνα απαιτείται σε χρήσεις που έχουν σχέση με αυξημένη επαφή των αποβλήτων με τον άνθρωπο. Επομένως τα αναγκαία κριτήρια θα πρέπει να διαφοροποιούνται όχι μόνο μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών επαναχρησιμοποίησης, αλλά ακόμα και στην ίδια κατηγορία ανάλογα με τις επιμέρους χρήσεις (π.χ. άρδευση εδώδιμων και βιομηχανικών φυτικών ειδών) (Tsagarakis, et al., 2003).

1.9 Αντικείμενο & σκοπός εργασίας

Από όλο το διαθέσιμο νερό σχεδόν το 70% καταναλώνεται στην γεωργία. Ένα στα τρία m^3 νερού είναι απαραίτητο για την παραγωγή 1kg ρυζιού και 1000 m^3 για να παραχθεί 1tn σιτάρι. Αποτέλεσμα της άντλησης του νερού του εδάφους από τους αγρότες είναι η υπέρβαση του φυσικού ορίου κατά 160 δισεκατομμύρια m^3 το χρόνο. Εν μέρει υπεύθυνοι, γι' αυτήν την απέραντη ποσότητα του νερού που καταναλώνεται καθημερινά στον κόσμο με άρδευση είναι η αύξηση κατά 12% της αγροτικής γης. Από το έτος 1960 η έκταση αυτή αυξήθηκε περίπου 1,5 δισεκατομμύρια εκτάρια. Οι βοσκότοποι και οι φυτικές καλλιέργειες κατέχουν το 37% της γης. Οι πιο σπουδαίες και μεγάλες καλλιέργειες σιτηρών καταναλώνουν το νερό του εδάφους με μη υποφερτούς ρυθμούς. Η γεωργία είναι επίσης ακόμα υπεύθυνη για την μόλυνση του 70% του νερού του εδάφους. Το πρόβλημα των αποβλήτων γίνεται όλο και μεγαλύτερο σε στεγνές και ημίστεγνες περιοχές του κόσμου. Στην Ελλάδα οι αρδεύσεις είναι η κύρια χρήση νερού οι οποίες εκτείνονται σε περιοχές που έχουν αρκετό νερό από 17-95% ενώ η εγχώρια χρήση εκτείνεται από 3-66% και η βιομηχανική χρήση από 0,2 σε 16% είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ειδικά κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, περισσότεροι από 3 δισεκατομμύρια τουρίστες επισκέπτονται το νησί. Η ανάγκη της ανακύκλωσης του νερού στις καλλιέργειες μετά από έρευνες υπάρχουν ενδείξεις ότι χρησιμοποιούσαν στην Αρχαία Κρήτη ανακυκλωμένο νερό για άρδευση και ειδικά στον Μινωικό πολιτισμό από το 3.000-1.000 π. χ.

Για να εξασφαλιστεί σωστή και ασφαλή ανακύκλωση του άχρηστου νερού υπάρχει ήδη σε εξέλιξη ένας αριθμός οδηγιών που βασίζονται α) στην ποιότητα του χρησιμοποιημένου νερού της συνολικής κατάστασης. β) στην μέθοδο εφαρμογής και γ) στην τελική χρήση. Μέχρι στιγμής έχει γίνει χρήση μόνο για άρδευση των τριτοβάθμιων υγρών αποβλήτων σε καλλιέργεια ελιάς στην Κρήτη.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

2.1 Γενικά στοιχεία πειράματος

Το πείραμα έγινε στο αγρόκτημα του Α.Τ.Ε.Ι Ηρακλείου Κρήτης στο εργαστήριο διαχείρισης στερεών υπολειμμάτων και υγρών αποβλήτων. Το αγρόκτημα του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης βρίσκεται περίπου 1,5 km μακριά από το βιολογικό κτήριο του Ηρακλείου. Η διάρκεια του πειράματος ήταν περίπου 4 μήνες, από τον 6/2009-9/2009. Σε αυτό το χρονικό διάστημα πραγματοποιήθηκαν: η εγκατάσταση του πειράματος, οι αναλύσεις του υποστρώματος (άμμο, τύρφη, κόμπος, ασπρόχωμα), μετρήσεις των φυτών (ύψος, αριθμό φύλλων, ξηρό βάρος υπέργειου μέρους των φυτών, ξηρό βάρος υπόγειου μέρους των φυτών), αναλύσεις στα άνθη των φυτών και στα υγρά απόβλητα.

Για την εγκατάσταση και ανάπτυξη των φυτών χρησιμοποιήθηκαν:

1. Θερμοκήπιο καλυμμένο με πλαστικό PVC για την μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η εξωτερική επιφάνεια του θερμοκηπίου ψεκάστηκε με ασβέστη αραιωμένο (πριν από την έναρξη του πειράματος), ο οποίος δημιούργησε σκιά. Η μέση θερμοκρασία ήταν στους 31⁰C με την υψηλότερη να φτάνει στους 38⁰C και την χαμηλότερη στους 22⁰C (νωρίς το πρωί). Το ηλιακό φως κυμαινόταν μεταξύ 25,000 και 65,000 Lux μέσα στο θερμοκήπιο.
2. 150 γλάστρες χωρητικότητας 3 L η κάθε μία, κυλινδρικής διατομής.
3. 75 νεαρά φυτά κατιφέ αγοράστηκαν και άλλα τόσα φυτά σκυλάκι.
4. α) Κοσκινισμένο ασπρόχωμα από το αγρόκτημα του Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης
β) Ξεπλυμένη άμμο
γ) Τύρφη
δ) Κόμπος
5. Λίπασμα, με το εμπορικό όνομα Atlas.
Οι λιπαντικές του μονάδες αντιστοιχούν σε 20-20-20.
6. Πλαστικά δοχεία για την τοποθέτηση των υγρών αποβλήτων
7. Μέτρο

2.2 Παρασκευή υποστρώματος

Τα υλικά για την παρασκευή του υποστρώματος (μείγματος) μεταφέρθηκαν στο χώρο του υπόστεγου του εργαστηρίου και πριν την ανάμειξή τους επεξεργάστηκαν ως ακολούθως :

- Το έδαφος που συγκεντρώθηκε από ακαλλιέργητο σημείο του αγροκτήματος, κοσκινίστηκε με ηλεκτροκίνητο περιστρεφόμενο κόσκινο με οπές 1 cm για την απομάκρυνση χαλικιών και μεγάλων συσσωματωμάτων.
- Η άμμος αγοράστηκε ξεπλυμένη για να είναι μειωμένη η αγωγιμότητά της
- Τα συσσωματώματα της τύρφης και του κόμποστ θρυμματίστηκαν χειρονακτικά

Μετά από τις παραπάνω εργασίες πραγματοποιήθηκε η παρασκευή του μείγματος στην αναλογία 1:5:3:3 (1: ασπρόχωμα/5: άμμος/3: τύρφη/3: κόμποστ). Η μίξη των υλικών έγινε με τη βοήθεια μικρής ηλεκτρικής μπετονιέρας

2.3 Αστικά υγρά απόβλητα

Τα αστικά υγρά απόβλητα (ΑΥΑ) που χρησιμοποιήθηκαν, για τις ανάγκες του πειράματος προέρχονταν από το βιολογικό καθαρισμό της πόλης του Ηρακλείου. Η διαφορά μεταξύ των ΑΥΑ δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας επεξεργασίας ήταν ότι τα δεύτερα ήταν χλωριωμένα ΑΥΑ της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.

Τα ΑΥΑ μεταφερόταν από το βιολογικό καθαρισμό στο χώρο του πειράματος μέσα σε πλαστικά δοχεία.

2.4 Εγκατάσταση ανθοκομικών φυτών

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως τα ανθοκομικά φυτά εγκαταστάθηκαν σε 150 γλάστρες, κυλινδρικής διατομής, χωρητικότητας 3 L η κάθε μία.

Τα 75 νεαρά φυτά κατιφέ και τα 75 φυτά σκυλάκι, είχαν την ίδια ανάπτυξη (ηλικία και μέγεθος). Αρχικά τοποθετήθηκαν στις γλάστρες η οποίες περιείχαν το μείγμα που αναφέρθηκε προηγουμένως αμέσως μετά την παραλαβή τους από το μαγαζί. Στη συνέχεια χωρίστηκαν σε 5 ομάδες και οι δύο κατηγορίες φυτών. Στο τέλος της διαδικασίας αυτής δημιουργήθηκαν 10 ομάδες φυτών με 15 φυτά κάθε ομάδα(εικόνες 2.4.1&2.4.2).

Τα φυτά εγκαταστάθηκαν στο θερμοκήπιο αρχές Ιουνίου όπου ποτίστηκαν με νερό για δύο εβδομάδες, (σχηματικό διάγραμμα καλλιέργειας). Οι ομάδες των φυτών (κατιφέ και σκυλάκι) χωρίστηκαν ως εξής:

α) Στην πρώτη ομάδα (Α), έγινε εφαρμογή με πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα.

β) Στην δεύτερη ομάδα (Β), έγινε εφαρμογή με δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα.

γ) Στην τρίτη ομάδα (Γ), έγινε εφαρμογή με τριτοβάθμια υγρά απόβλητα

δ) Στην τέταρτη ομάδα (ΜΛ), έγινε εφαρμογή του λιπάσματος (Atlas,20-20-20). Η δόση του λιπάσματος ήταν 1,5 gr/L.

ε) Στην τελευταία ομάδα (Μ, μάρτυρας), έγινε εφαρμογή μόνο με καθαρό νερό βρύσης, χωρίς την ανάμειξη κάποιων διαλυμάτων.

Στην αρχή της εφαρμογής με τα παραπάνω διαλύματα η συχνότητα του ποτίσματος ήταν δύο φορές την εβδομάδα με 1L κάθε φορά/ φυτό. Η ομάδα του λιπάσματος δεχόταν στο πρώτο πότισμα το διάλυμα με το λίπασμα και στο δεύτερο πότισμα δεχόταν καθαρό νερό βρύσης.

Μετά την πάροδο δύο εβδομάδων από την έναρξη της εφαρμογής των υγρών αποβλήτων, το πότισμα γινόταν κάθε μέρα με 0,5 L/ φυτό, μέχρι το τέλος του πειράματος.

Επίσης και η συχνότητα με το λίπασμα εφαρμοζόταν ανά 15 μέρες (ενδιάμεσα δεχόταν σκέτο καθαρό νερό βρύσης). Αυτή η διαδικασία έγινε για να μην υποστούν τα φυτά συμπτώματα τοξικότητας λόγω υπερτροφοδοσίας των φυτών με θρεπτικά συστατικά.



Εικόνα 2.4.1 Η ταξινόμηση των φυτών κατιφέ της κάθε ομάδας ανάλογα με το ύψος τους.



Εικόνα 2.4.2 Η ταξινόμηση των φυτών σκυλάκι ανάλογα με το ύψος τους.

ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

ΚΑΤΙΦΕΣ					ΣΚΥΛΑΚΙ				
A1	B1	Γ1	ΜΛ1	M1	A1	B1	Γ1	ΜΛ1	M1
A2	B2	Γ2	ΜΛ2	M2	A2	B2	Γ2	ΜΛ2	M2
A3	B3	Γ3	ΜΛ3	M3	A3	B3	Γ3	ΜΛ3	M3
A4	B4	Γ4	ΜΛ4	M4	A4	B4	Γ4	ΜΛ4	M4
A5	B5	Γ5	ΜΛ5	M5	A5	B5	Γ5	ΜΛ5	M5
A6	B6	Γ6	ΜΛ6	M6	A6	B6	Γ6	ΜΛ6	M6
A7	B7	Γ7	ΜΛ7	M7	A7	B7	Γ7	ΜΛ7	M7
A8	B8	Γ8	ΜΛ8	M8	A8	B8	Γ8	ΜΛ8	M8
A9	B9	Γ9	ΜΛ9	M9	A9	B9	Γ9	ΜΛ9	M9
A10	B10	Γ10	ΜΛ10	M10	A10	B10	Γ10	ΜΛ10	M10
A11	B11	Γ11	ΜΛ11	M11	A11	B11	Γ11	ΜΛ11	M11
A12	B12	Γ12	ΜΛ12	M12	A12	B12	Γ12	ΜΛ12	M12
A13	B13	Γ13	ΜΛ13	M13	A13	B13	Γ13	ΜΛ13	M13
A14	B14	Γ14	ΜΛ14	M14	A14	B14	Γ14	ΜΛ14	M14
A15	B15	Γ15	ΜΛ15	M15	A15	B15	Γ15	ΜΛ14	M15

2.5 Μετρήσεις-Αναλύσεις

Μετρήσεις.

Μία φορά την εβδομάδα γινόταν μετρήσεις στο ύψος (με χρήση υποδεκάμετρου με υποδιαιρέσεις 0,01m), στα άνθη, στα ξερά άνθη και στις κορφές σε όλα τα φυτά του πειράματος.

Επίσης στο τέλος του πειράματος μετρήθηκε το ξηρό βάρος του υπέργειου μέρους και του υπόγειου μέρους όλων των φυτών και των δύο κατηγοριών. Η διαδικασία αυτή ολοκληρώθηκε αφού τα στελέχη των φυτών (υπέργειο μέρος), κόπηκαν από την βάση τους και τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες. Στην συνέχεια ζυγίστηκε η κάθε σακούλα ξεχωριστά με αφαίρεση του απόβαρου υπολογίστηκε το νωπό βάρος. Τέλος τα δείγματα αφέθηκαν σε θάλαμο με θερμοκρασία 75⁰C για 72 ώρες. Οι ρίζες αφού ξεπλύθηκαν προσεχτικά μέσα σε βαρέλι με καθαρό νερό τοποθετήθηκαν επίσης σε χάρτινες σακούλες και στην συνέχεια τοποθετήθηκαν στον ίδιο θάλαμο με τα παραπάνω δείγματα. Τέλος τα φυτά ζυγίστηκαν για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους.

Αναλύσεις.

Αναλύσεις έγιναν στα υποστρώματα (σε κάθε ένα ξεχωριστά και στο τελικό μείγμα πριν από την εγκατάσταση των φυτών). Επίσης και στο τέλος του πειράματος πάρθηκε δείγμα εδάφους μέσα από τις γλάστρες για ανάλυση. Οι παραπάνω αναλύσεις περιελάμβαναν : pH, E.C (ηλεκτρική αγωγιμότητα), N και C.

Πραγματοποιήθηκαν επίσης και στα αρδευτικά νερά (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια και στο λίπασμα) σε όλη την διάρκεια του πειράματος. Οι αναλύσεις που έγιναν είναι οι εξής : pH, E.C, C.O.D, T.N, ολικά κολοβακτηρίδια και στους ολικούς εντερόκοκκους. Η διαδικασία ανάλυσης των κολοβακτηριδίων και των εντερόκοκκων είναι ίδια με αυτήν που εξηγείται παρακάτω. Στα πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα έγιναν οι εξής αραιώσεις (συνολικός διηθούμενος όγκος 1ml) : 10⁻⁴, 10⁻⁵ και 10⁻⁶. Στα δευτεροβάθμια έγιναν: 10⁻³, 10⁻⁴ και 10⁻⁵. Στα τριτοβάθμια έγιναν: 10⁻¹ και 10⁻² και 0.

Τέσσερις εβδομάδες μετά την εισαγωγή των αποβλήτων έγιναν οι πρώτες αναλύσεις στα άνθη του κατιφέ. Στα άνθη έγιναν οι εξής αναλύσεις: κολοβακτηρίδια και εντερόκοκκοι. Η διαδικασία ανάλυσης είναι η ακόλουθη:

Τα δείγματα συγκομίζονταν με αποστειρωμένες λαβίδες και τοποθετιόντουσαν σε αποστειρωμένα σακουλάκια στο ψυγείο. Η διαδικασία των αναλύσεων αυτών ολοκληρωνόταν σε 3 ώρες.

Αρχικά ζυγίστηκε το βάρος του κάθε άνθους και συμπληρώθηκε μέχρι να φτάσει σε αναλογία 1gr άνθους :9ml συνολικά σε κάθε αποστειρωμένο σακουλάκι, όπου και τοποθετήθηκαν (υπό ασηπτικές συνθήκες), μέσα στα οποία προστέθηκε ΡW 0,1 %. Τα δείγμα μέσα στα σακουλάκια ξεπλένονταν με το διάλυμα καλά ώστε να ανακτηθεί το μέγιστων βακτηριακό φορτίο από την επιφάνεια των ανθών. 1 ml από κάθε δείγμα διηθήθηκε σε 0,45 μm διηθητικής μεμβράνης. Εφαρμόστηκε και η αραιώση 10^{-1} . Η μεμβράνη αυτή μετά την διήθηση τοποθετήθηκε σε τριβλία (petri) τα οποία περιείχαν το κατάλληλο άγαρ. Τα κολοβακτηρίδια αναρρυθμίστηκαν αφότου τα τριβλία επώαστηκαν για 24 ώρες στους 35°C . Επίσης και οι εντερόκοκκοι αναρρυθμίστηκαν μετά από την επώαση στους 37°C για 48 ώρες. Στις παρών αναλύσεις , γινόταν 3 επαναλήψεις για κάθε ένα δείγμα. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων και μετρήσεων αναφέρονται αναλυτικά στο παρακάτω παράρτημα.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Βάση της παραπάνω πειραματικής περιγραφής και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος (πίνακας 3.1) μπορεί να θεωρηθεί πως οι συνθήκες με τις οποίες τα φυτά μεγάλωσαν ήταν κοντά στις βέλτιστες για την ανάπτυξη των φυτών.

Πίνακας 3.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος

ΥΛΙΚΑ	pH	EC (mS/cm)	N (%)	C (%)
Κοσκινισμένο χώμα	7,78	1,42	0,68	3,8
Τύρφη	6,95	1,21	0,30	47
Ξεπλυμένη άμμο	7,89	0,76	0,40	0,2-0,3
Πιστοποιημένο κόμποστ εμπορίου	6,20	1,36	2,8	48
Ανάμειξη υποστρωμάτων	7,06	1,18	1,11	17

Σχετικά με την διακύμανση της ανάπτυξης των φυτών μέσα σε κάθε ομάδα μπορεί να θεωρηθεί ότι ο μεγάλος αριθμός φυτών εξαλείφει όσο το δυνατόν στατιστικά σφάλματα που θα οφείλονταν στην διαφορετική αρχική ανάπτυξη των φυτών. Η διαφορές μεταξύ των ομάδων συσχετίζονται με τα διαφορετικά αρδευτικά διαλύματα (Πίνακας 3.2).

Πίνακας 3.2 Αξιολόγηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των αρδευτικών διαλυμάτων (πρωτοβάθμια(A), δευτεροβάθμια (B), τριτοβάθμια(Γ), λίπασμα με νερό(MΛ), μάρτυρας (M) μόνο με καθαρό νερό βρύσης) όλων των ομάδων και για τα δύο είδη φυτών.

Αρδευτικά Διαλύματα	pH	EC (mS/cm)	COD (mg/L)	Ολικό N (mg/L)	Ολικά κολοβακτηρίδια (cfu/100ml)	Ολικοί Εντερόκοκκοι (cfu/100ml)
(A)	7.86	1.78	247.8	70	4.5x10 ⁶	1.1x10 ⁵
(B)	7.82	1.46	76.3	46	7.1x10 ⁵	1.4x10 ⁴
(Γ)	7.89	1.48	68.5	22	280	8
(MΛ)	9.24	1.45	233	300	ΔΥ	ΔΥ
(M)	7.56	0.44	1.2	0	ΔΥ	ΔΥ

ΔΥ: Δεν υπήρχαν

Η μεγάλη διαφορά στην ανάπτυξη των φυτών πηγάζει από τις διαφορές της θρέψης και του περιεχόμενου N, (Πίνακας 3.3). Σε σημαντικές ποσότητες τα πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα και του λιπάσματος, σε σύγκριση με τα δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια και του μάρτυρα η ποσότητα N που εκτιμάται σε κάθε ομάδα μετά από 3 εβδομάδες άρδευσης είναι ίδια. Όπως το περιμέναμε τα πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα και του λιπάσματος παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες ποσότητες N. Η μικρή διαφορά μεταξύ των δευτεροβάθμιων και των τριτοβάθμιων εξηγείται με βάση τον τρόπο λειτουργίας της μονάδας του βιολογικού όπου τα τριτοβάθμια υγρά απόβλητα περιέχουν χλώριο.

Στην Ελλάδα η ευρεία πλειοψηφία των μονάδων του βιολογικού χρησιμοποιούν απολυμαντικό μόνο στα τριτοβάθμια υγρά απόβλητα, προσθέτοντας ενεργές ενώσεις απολυμαντικού χλωρίου (ενώσεις με βάση το ClO₂). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνεται η χρήση του τριτοβάθμιου νερού γιατί το απολυμαντικό χλώριο έχει τοξική επίδραση. Η άρδευση της βροχής περιέχει κατά μέσο όρο 1 g/Kg Cl ξηρού βάρους. Άλλωστε αν η χρήση σε υπαίθρια καλλιέργεια είναι πάνω από 20 Mm μπορεί να γίνει τοξική σε ευαίσθητα είδη φυτών, για τα είδη που το ανέχονται η χρήση του χλωρίου μπορεί να είναι 4 με 5 φορές υψηλότερη χωρίς να μειώνεται η ανάπτυξη και αυτό προκύπτει από τις διάφορες ευαισθησίες της επιδερμίδας του φύλλου στην υπερβολική δόση χλωρίνης.

Η αιτία που οι άνθρωποι είναι πολύ απρόθυμοι στο να χρησιμοποιούν απόβλητα στις καλλιέργειες είναι επειδή στα ανθοκομικά φυτά καθώς και κηπευτικά προϊόντα υπάρχει φόβος να παρουσιαστεί μόλυνση από παθογόνους μικροοργανισμούς του νερού. Για αυτήν την αιτία ο WHO (1988) και ο EPA (1992) προτείνουν πως όταν χρησιμοποιούνται απόβλητα για άρδευση να γίνεται ο πιο αυστηρός έλεγχος. Ειδικά ο WHO προτείνει ότι ο συνολικός βαθμός των κολοβακτηριδίων πρέπει να είναι περίπου 1000 cfu/100ml, ενώ ο EPA προτείνει πιο αυστηρούς κανονισμούς με κοπρανώδη κολοβακτηρίδια 0 cfu/100ml. Σε όλη την διάρκεια του πειράματος δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στα άνθη για να μην έρθουν σε άμεση επαφή με τα υγρά απόβλητα ή με το λίπασμα και μολυνθούν. Είναι δύσκολο να αποκλείσουμε κάθε πιθανή μόλυνση των ανθών εφόσον μπορεί να γίνει ή από τα λάθη των ανθρώπων ή αγγίζοντας τα φυτά με μολυσμένα χέρια. Με βάση του πίνακες 3.4&3.5 προτείνονται τα ακόλουθα:

α) Όπου χρησιμοποιήθηκαν τα Τριτοβάθμια υγρά απόβλητα όπου υπάρχει το απολυμαντικό χλώριο, η ύπαρξη των κολοβακτηριδίων και

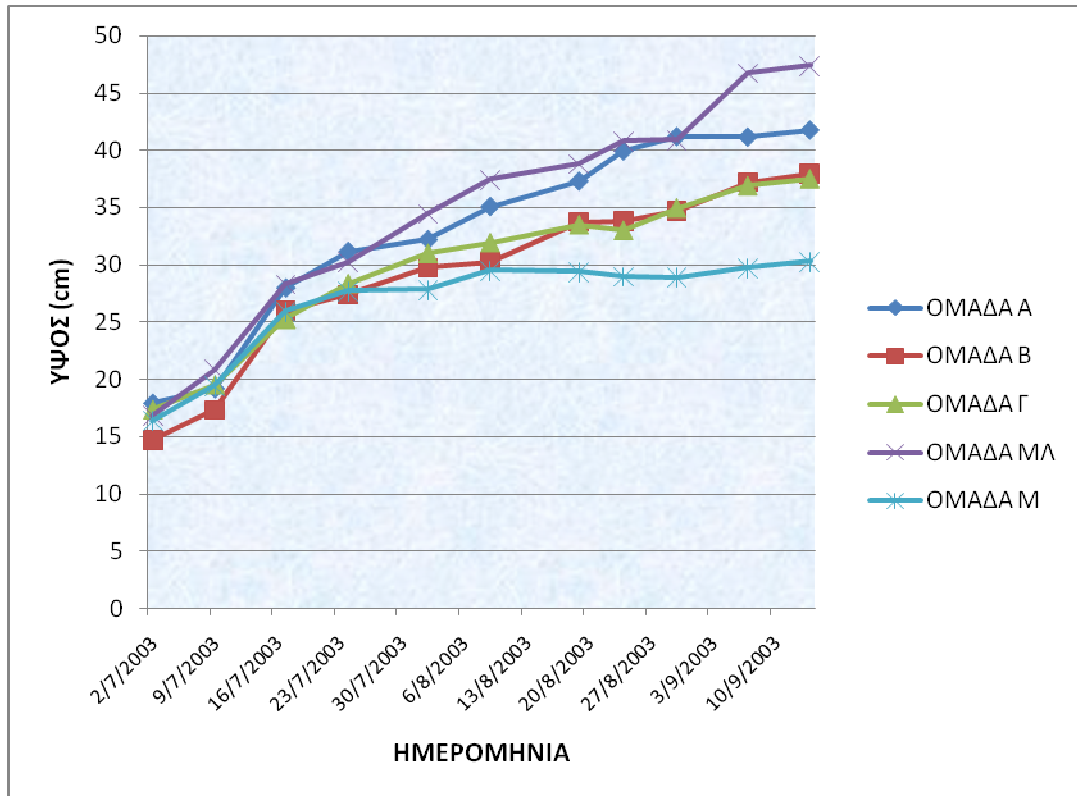
από τις δύο ενδεικτικές ομάδες ήταν περιορισμένη και σε μερικές περιπτώσεις 0. Αυτό μας αφήνει να πιστεύουμε πως η χρήση σωστών απολυμασμένων αποβλήτων επιφέρει πολύ λίγο κίνδυνο στα φρούτα στα λαχανικά και στα άνθη.

β) Τα κολοβακτηρίδια βρίσκονται σε κάθε πηγής νερό, ειδικά αν αυτό το νερό χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο. Η παρουσία τους δεν πρέπει να προκαλεί ανησυχίες στους καταναλωτές γιατί τέτοιου είδους βακτήρια βρίσκονται σχεδόν παντού. Οι εντερόκοκκοι έχουν καλύτερη ένδειξη στην υγεία και πιο συγκεκριμένα παρατηρούνται σε μολύνσεις ζώων όπως προτείνεται από πολλούς ερευνητές όπως π.χ. των M.Jay.

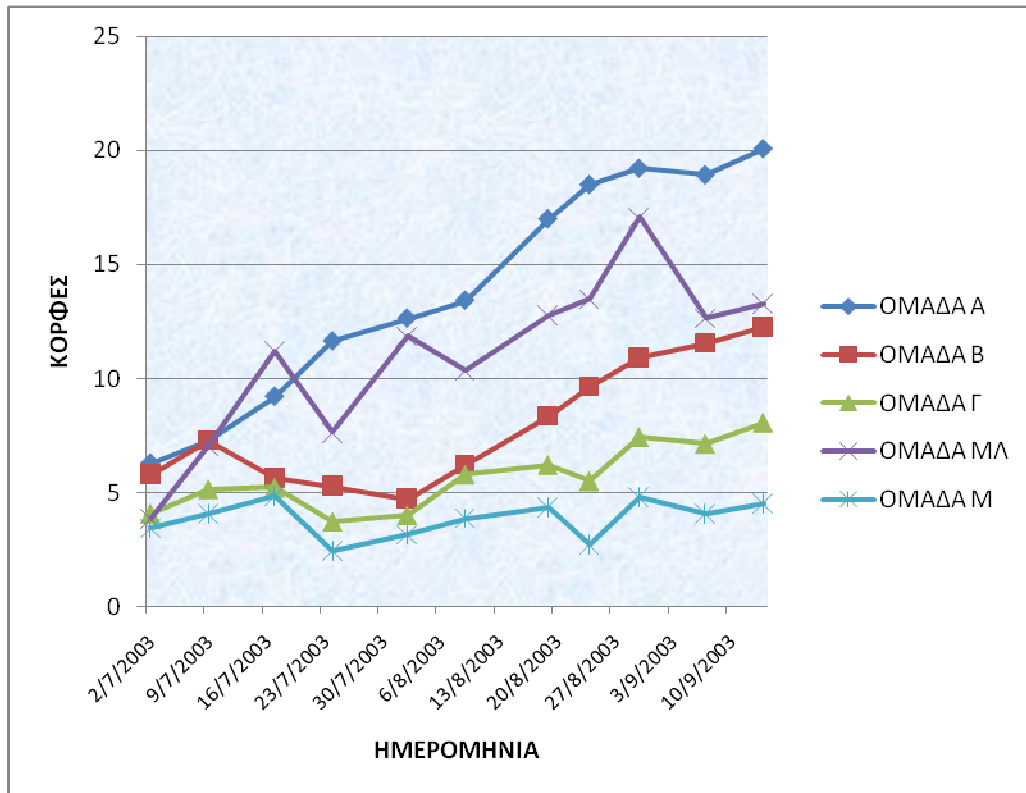
Πίνακας 3.4 Εκτίμηση των αποτελεσμάτων των κολοβακτηριδίων και των εντερόκοκκων στα άνθη του φυτού κατιφέ την 7^η, 8^η και 9^η εβδομάδα στις ομάδες (Α Πρωτοβάθμια, Β Δευτεροβάθμια, Γ Τριτοβάθμια, ΜΛ Λίπασμα).

Εβδομάδες	7 ^η				8 ^η				9 ^η			
	Α	Β	Γ	ΜΛ	Α	Β	Γ	ΜΛ	Α	Β	Γ	ΜΛ
Αριθμός καρπών	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Αριθμός κολοβακτηριδίων (cfu/g)	653	405	39	598	584	289	34	474	543	323	42	491
Αριθμός εντερόκοκκων (cfu/g)	-	-	-	-	138	-	-	-	-	-	-	-

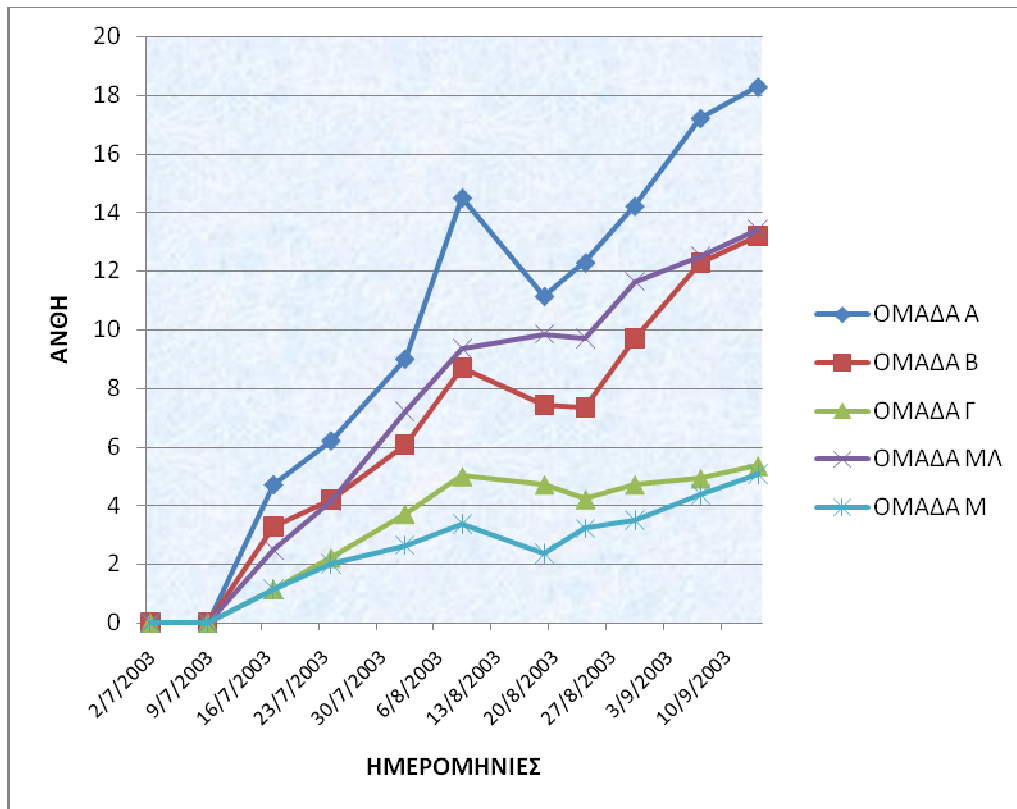
Ο μέσος όρος της ανάπτυξης των φυτών στην αρχή του πειράματος ήταν σχεδόν όμοιος χωρίς καμία σημαντική διαφορά, όσο το πείραμα εξελισσόταν τόσο τα φυτά της (Α) ομάδας και του (ΜΛ) αναπτύσσονταν γρηγορότερα από τα φυτά των άλλων ομάδων. Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα τα φυτά της ομάδας του λιπάσματος (ΜΛ), μπορούσαν να συγκριθούν με τα φυτά της (Α) ομάδας, με τα πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα. Πάλι τα φυτά της (Α) ομάδας καταγράφουν τις καλύτερες τιμές από τις ομάδες (Β), (Γ) και (Μ). Λίγο ελαφρά και όχι σημαντικά κυριαρχούν από αυτά τις ομάδες του λιπάσματος. Η ανωτερότητα των φυτών που ανήκουν στις ομάδες (Α) και (ΜΛ), υποστηρίζεται χωρίς καμία αμφιβολία ότι υπερέχουν και αυτό παρουσιάζεται στους πίνακες 3.6 και 3.7, (αξιολόγηση του αριθμού των φύλων, του ύψους και του ξηρού βάρους του υπέργειου και του υπόγειου μέρους των φυτών) και στα γραφήματα 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 και 3.5. Είναι προφανές ότι τα φυτά που ποτίστηκαν με τα πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα και με τα φυτά τις ομάδες του λιπάσματος αναπτύσσονταν γρήγορα έχοντας πολλά φύλλα και πολλούς ιστούς. Όσο αφορά τις ομάδες (Β), (Γ) και (Μ) οι διαφορές μεταξύ τους είναι μικρές, με τα φυτά των ομάδων (Β) και (Γ) να υπερέχουν ελαφρά τα φυτά της ομάδας του (Μ).



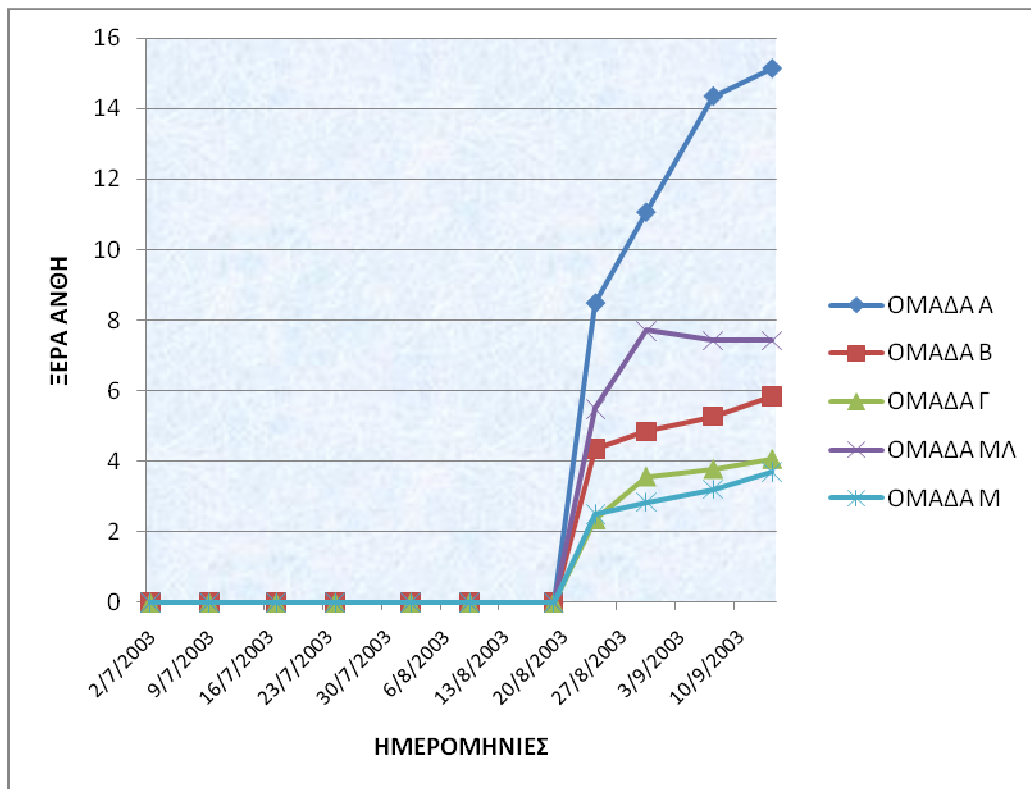
Γράφημα 3.1. Η εκτίμηση του ύψους των φυτών του κατιφέ κατά τη διάρκεια του πειράματος σε όλες τις ομάδες.(Α Πρωτοβάθμια, Β Δευτεροβάθμια, Γ Τριτοβάθμια , ΜΛ Λίπασμα, Μ Μάρτυρας).



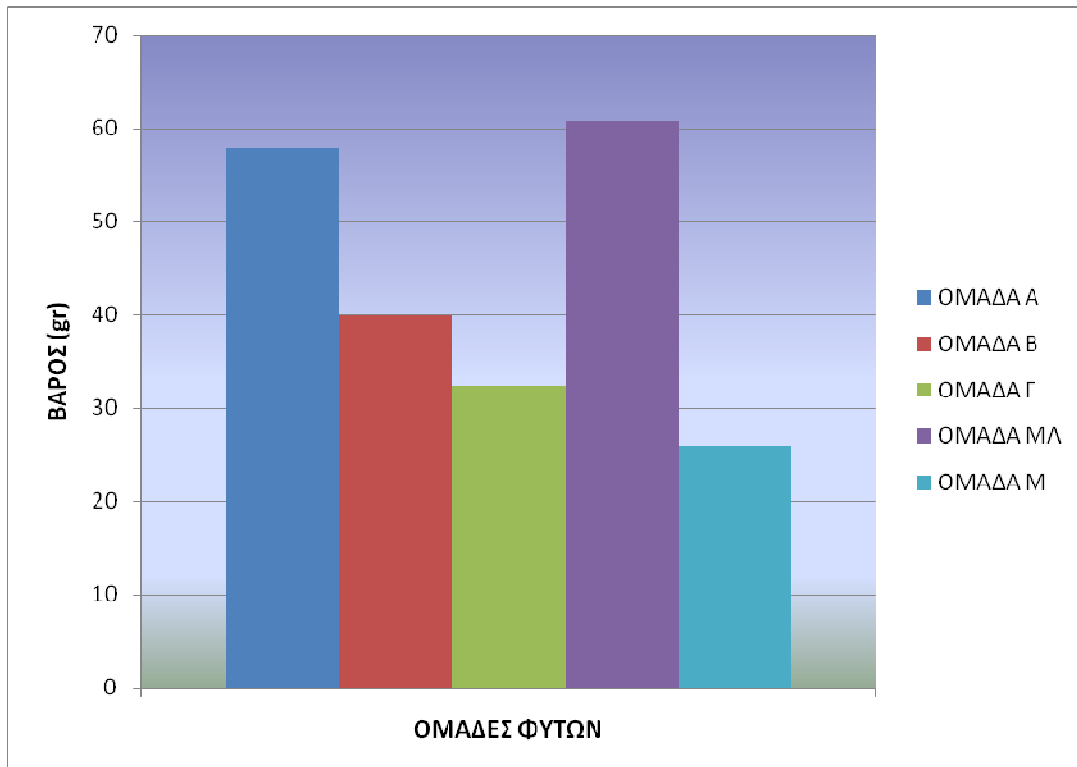
Γράφημα 3.2. Ο αριθμός των κορφών κατά τη διάρκεια του πειράματος για όλες τις ομάδες. (Α Πρωτοβάθμια, Β Δευτεροβάθμια, Γ Τριτοβάθμια, ΜΛ Λίπασμα, Μ Μάρτυρας).



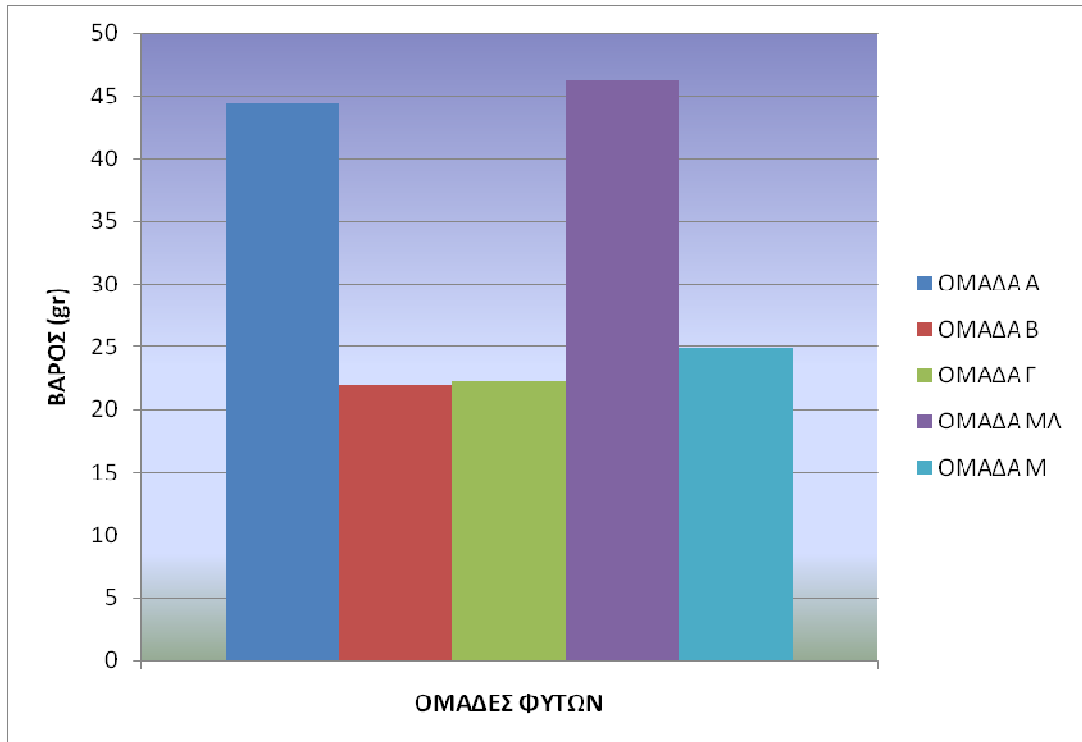
Γράφημα 3.3 Ο αριθμός των ανθών των φυτών του κατιφέ κατά τη διάρκεια του πειράματος για όλες τις ομάδες.(Α Πρωτοβάθμια, Β Δευτεροβάθμια, Γ Τριτοβάθμια , ΜΛ Λίπασμα, Μ Μάρτυρας).



Γράφημα 3.4 Ο αριθμός των ξερών ανθών των φυτών του κατιφέ κατά τη διάρκεια του πειράματος για όλες τις ομάδες. (Α Πρωτοβάθμια, Β Δευτεροβάθμια, Γ Τριτοβάθμια , ΜΛ Λίπασμα, Μ Μάρτυρας).



Γράφημα 3.5 Η αξιολόγηση του ξηρού βάρους στο υπέργειο μέρος των φυτών σε όλες τις ομάδες. (Α Πρωτοβάθμια, Β Δευτεροβάθμια, Γ Τριτοβάθμια, ΜΛ Λίπασμα, Μ Μάρτυρας).



Γράφημα 3.6 Η αξιολόγηση του ξηρού βάρους στο υπόγειο μέρος των φυτών σε όλες τις ομάδες. (Α Πρωτοβάθμια, Β Δευτεροβάθμια, Γ Τριτοβάθμια , ΜΛ Λίπασμα, Μ Μάρτυρας).

4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από όλες τις ομάδες των φυτών και των δύο ειδών (κατιφέ και σκυλάκι), πήραμε αποτελέσματα μόνο από το φυτό του κατιφέ. Το φυτό σκυλάκι, δεν κατάφερε να αναπτυχθεί σωστά εντός θερμοκηπίου. Άρα, τα συμπεράσματα προέρχονται μόνο από το φυτό του κατιφέ. Τα καλύτερα αποτελέσματα εκτιμήθηκαν από τις ομάδες που είχαν δεχτεί άρδευση με πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα και με το λίπασμα. Τα φυτά των ομάδων αυτών ήταν περισσότερο αναπτυγμένα, ζωηρά, με μεγαλύτερο ύψος, πλούσιο φύλλωμα και με περισσότερα άνθη.

Τα πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (Α ομάδα) περιέχουν ικανή ποσότητα οργανικών ουσιών οι οποίες αποτελούν τροφή για τα φυτά και γι' αυτό οι ομάδες αυτές υπερέχουν. Επίσης φαίνεται ότι η πρόσληψη των στοιχείων N, P και K από το λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν αρκετή και αυτό φαίνεται μακροσκοπικά, με την πολύ καλή εμφάνιση των φυτών και την πλούσια ανθοφορία τους.

Η ομάδα που αρδευόταν με τα δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (B ομάδα) δεν έδωσε την ίδια απόδοση με την Α ομάδα επειδή στην δευτεροβάθμια επεξεργασία αφαιρούνται από τα υγρά απόβλητα :

A) Οι οργανικές ουσίες (προσρροφούνται από τους μικροοργανισμούς που περιέχονται στην λάσπη)

B) Εφαρμόζεται διαύγαση των καθαρισμένων λυμάτων και

Γ) Συντελείται η διαδικασία της νιτροποίησης και απονιτροποίησης με εναλλασσόμενη οξική και ανοξική λειτουργία των δεξαμενών αερισμού.

Όσο αφορά την ομάδα που δεχόταν άρδευση με τα τριτοβάθμια υγρά απόβλητα (Γ ομάδα), η απόδοση και η ανάπτυξη των φυτών ήταν ακόμα πιο μικρή από την (B ομάδα). Αυτό στηρίζεται στο ότι εκτός από την δευτεροβάθμια επεξεργασία που δεχόταν τα υγρά απόβλητα , στην τριτοβάθμια γινόταν και απολύμανση με αποτέλεσμα να καταστρέφονται τα παθογόνα μικρόβια με την χλωρίωση (το χλώριο επιδρούσε αρνητικά στην ανάπτυξη των φυτών λόγω μεγάλης συγκέντρωσης). Η απόδοση καθαρισμού των υγρών αποβλήτων έφτανε το 98 % .

Τέλος η ομάδα του μάρτυρα όπως αναφέρθηκε είχε την πιο μικρή ανάπτυξη. Αυτό ήταν αναμενόμενο διότι στα φυτά δεν υπήρχε επαρκής ποσότητα θρεπτικών στοιχείων, τα οποία είναι απαραίτητα για να αναπτυχθούν και να αποδώσουν.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abughararah, ZH., 1994. Effect of temperature on the kinetics of wastewater disinfections using ultraviolet-radiation. Environmental science and health part A- environmental science and engineering toxic and hazardous substance control (Environ. Sci. and Health Part A-Environ. Sci. and Eng. Toxic Hazard. Subst. Control),585-603.
2. Αγγελάκης, ΑΝ. και Τσοβανόγλου, Γ., 1995. Υγρά απόβλητα. Φυσικά συστήματα επεξεργασίας και ανάκτησης, επαναχρησιμοποίησης και διάθεσης εκροών. Ηράκλειο, Ελλάδα, 2, 157-199.
3. Angelakis, A.N., Chartzoulakis, M., Salgot, 2001. Wastewater reclamation and reuse., 161-165.
4. Armor, R.,Gold, D., Brodsky, M., Oron, G. (2002). Surface and subsurface irrigation with effluents of different qualities of *Cyrtispridium* oocysts in soil and on crops. Water science and technology (Water Sci. Technol), 115-122.
5. Blunemthal, UJ. (2001). The risk of enteric infections associated with wastewater reuse: the effect of season and degree of storage of wastewater. Transactions of the royal society of tropical medicine and hygiene (Trans. Roy Soc. Trop. Med. Hyg.), IS 2, 8-12.
6. Bontox, J., Courtois, G., (1996). Wastewater reuse for irrigation in France. Water science and technology (Water Sci. Technol.), IS 10-11, 45-49.
7. Cammos, C.,Oron, G., Salgot, M., Gillerman, L., Casals, G., (2000a). Attenuation of microorganisms in the soil during drip irrigation with waste stabilization pond effluent. Water Sci. Technol. 387-392.
8. Campos,C., Oron, G., Salgot, M., Gillerman, L. (2000b). Behaviour of the fecal pollution indicators in a soil irrigated with treated wastewater under on surface and subsurface drip irrigation. Water science and technology (Water Sci. Technol.), IS 1-2, 75-79.
9. Chang, C.A, A.R . Page and T. Ashano. 1995. Developing health-related chemical guidelines for wastewater and sewage sludge applications in agriculture. WHO Geneva.
10. Cleick, P., 2000. The World's Water 2000-2001. Water Reclamation and Reuse: Waste Not, Want Not,139.
11. EPA,1992. Guidelines for Water Reuse, EPA/625/R-92/00, USA..
12. Gantzer, C., Gillerman, L., Kuznetsov, M., Oron, G.(2001). Adsorption and survival of faecal coliforms, somatic coliphages and F-specific RNA phages in soil irrigated with wastewater. Water science and technology (Water Sci. Technol.), 117-124.
13. Lazarova, V., Hills, S., Birks, R., 2002. Using recycled water for non-potable, urban uses: a review with particular reference symposium on water recycling in Mediterranean Region, Iraklio, Greece, 81-84.

- 14.Μανιός Θ. 2003. Περιβαλλοντική Πολιτική & Κοινωνική ευαισθητοποίηση. Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης, Σχολή Επαγγελματιών Υγείας και Πρόνοιας . Τμήμα Κοινωνικής Εργασίας.
- 15.Μανιός Β. 1999. Γενική λαχανοκομία . Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας.
- 16.Mujeriego, R., Sala, L., Carbo, M. And Turet, j., 1996. Agronomic and public health assessment of reclaimed water quality for landscape irrigation. *Water Sci. Technol.*, 335-334.
- 17.Oron, G., Arnon, R., Mandelbaum, R., Manor, Y., Campos, C., Gillerman, L., Salgot, M., Gerba, C., Klein, I., Enriquez, C. (2001). Secondary wastewater disposal for crop irrigation with minimal risks. *Water science and technology (Water Sci. Technol.)*, 139-146.
- 18.Papadopoulos, I. 1995. Present and perspective use of wastewater for irrigation in the Mediterranean basin. 2nd Inter. Symposium on wastewater Reclamation and Rause (A..N. Angelakis et al., Eds.), IAWQ, Iraklio, Greece Vol.2: 735-746.
- 19.Rajkowski, KT., Rice, EW. (1999). Recovery and survival of *Escherichia coli* O157 : H7 in reconditioned pork-processing wastewater . *Food protection (Food Prot.)*, 731-734.
- 20.Σαββάκης, Κ.Ε, 2002. Χημική Τεχνολογία. Εισαγωγή στην περιβαλλοντική τεχνολογία, Θεσσαλονίκη, 488-513.
- 21.Salgot M. and A.N. Angelakis.2000. Guidelines and regulations on wastewater reuse. *Water Sci. and Techn.* (in press).
- 22.Shelef, G., Azon, Y. (1996). The coming era of intensive wastewater reuse in the Mediterranean region. *Water science and technology (Water Sci. Technol.)*, 10-11, 115-125.
- 23.Στάμου, Α.Ι., 1995. Βιολογικός καθαρισμός αστικών αποβλήτων :Με παρατεταμένο αερισμό και βιολογική απομάκρυνση θρεπτικών. 177-197.
- 24.Σπαντιδάκης,Ι.Γ., 1999. Γράστις. Επιστήμη και Τεχνική του Χλοοτάπητα, Αθήνα. 3,4,70-92, 99-110, 173.
- 25.Tanaka, H.,Asano, T., Schroeder, ED., Tchobanoglous, G. (1998). Estimating the safety of wastewater reclamation and reuse using enteric virus monitoring data. *Water environment reseach (Water Environ. Res)*, IS 1, 39-51.
- 26.Tchobanoglous, G and Butron, F.L., 1991. *Wastewater Enginneering: Treatment, Disposal and Reuse.*
- 27.Τσαγκαράκης, Κ.Π., Παρανυχιανάκης, Ν., Αγγελάκης, ΑΝ., 2003. Προτεινόμενα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα. Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας, HELECO' 03, 4^η Διεθνή έκθεση και συνέδριο για την τεχνολογία περιβάλλοντος, Τόμος Α, 236-255.
- 28.Τσιτσιάς, Κ.Κ., 1997. Λιπασματολογία.. Α.Τ.Ε.Ι Λάρισας , Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας.

29. Ursula J., Blumental, Anne Peasey, Prof., Guillermo Ruiz-Palacios and Prof. Duncan D. Mara, 2000. Guidelines for wastewater reuse in agriculture and agriculture recommender revisions based on new research evidence. Well water and environmental Health at London and Loughborough. Task No: 68 part 1,2, 10-19.
30. Van der Steen, P., Brenner, A., Shabtai, Y., Oron., G. (2000a). The effect of environmental conditions on faecal coliform decay in post-treatment of UASA reactor effluent. Water science and technology (Water Sci. Technol.), 111-118.
31. Van der Steen, P., Brenner, A., Shabtai, Y., Oron., G. (2000b). Improved fecal coliform decay in integrated duckweed and algal ponds. Water science and technology (Water Sci. Technol.), 10-11, 363-370.
32. WHO, 1989. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and agriculture. World Health Organization, Technical Report Series, 778, Geneva.
33. Zdragas, A., Zalidis, GC., Takavaloglou, V., Katsavoumi, S., Anastasiadis, ET, Eskridge, K., Panoras, A., (2002). The effect of environmental conditions on the ability of a constructed wetland to disinfect municipal wastewater. Environmental Management (Environ. Manage.), 510-515.
34. Πάτλης, Γ, 2009. Κήπος και φυτά. Αθήνα, 666-667.

Από ηλεκτρονικές πηγές :

1. <http://www.anatoliki.gr/life/gr/p4.htm>.

