

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής
Ανάπτυξης

Διπλωματική Εργασία

Η Συμβολή της Επαναχρησιμοποίησης των Αστικών Υγρών Αποβλήτων
στη Βιώσιμη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων στη Θεσσαλία

Επιμέλεια: Κατσαβού Ηλιάννα
Επιβλέπων: Κούγκολος Αθανάσιος

Βόλος, Φεβρουάριος 2008



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 6143/1
Ημερ. Εισ.: 19-03-2008
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΧΠΠΑ
2008
ΚΑΤ

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Σοφία Μπακοπούλου, υποψήφια διδάκτορα του τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης για τη συνολική συμβολή και βοήθεια που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αθανάσιο Κούγκολο, αναπληρωτή καθηγητή διαχείρισης περιβάλλοντος και περιβαλλοντικής μηχανικής του τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τις εύστοχες και γόνιμες παρατηρήσεις του.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που χωρίς την στήριξη, την κατανόηση και την βοήθεια της δεν θα είχε πραγματοποιηθεί η παρούσα εργασία καθώς και τους φίλους μου, που μου παρείχαν εκτός από συμπαράσταση, τη πολύτιμη βοήθεια τους.

Περίληψη

Σκοπός της μελέτης αυτής είναι να ερευνηθεί την κοινωνική αποδοχή της χρήσης ανακυκλωμένου νερού στην περιοχή της Θεσσαλίας. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την παραπάνω έρευνα είναι αυτή της περιβαλλοντικής αποτίμησης, η οποία στοχεύει στην εκτίμηση περιβαλλοντικών πόρων που υπόκεινται στον κεντρικό σχεδιασμό, μέσω προσωπικών συνεντεύξεων. Ούτως, οργανώθηκαν δύο ξεχωριστές έρευνες, μία για αγρότες και μία για καταναλωτές. Στόχος ήταν ο καθορισμός της προθυμίας τόσο των αγροτών να χρησιμοποιήσουν ανακυκλωμένο νερό για αρδευτικούς σκοπούς, όσο και των καταναλωτών να χρησιμοποιήσουν αγροτικά προϊόντα που έχουν αρδευτεί με ανακυκλωμένο νερό. Και τα δύο ερωτηματολόγια είχαν την ίδια δομή. Χωρίστηκαν δε σε δύο μέρη: α) το πρώτο αφορούσε προσωπικά δεδομένα του ερωτηθέντος, β) το δεύτερο μέρος είχε σαν στόχο να πληροφορήσει καταναλωτές και αγρότες όσον αφορά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της επαναχρησιμοποίησης υδάτινων λυμάτων καθώς και να διαπιστώσει εάν είναι σχετικά πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν ανακυκλωμένο νερό ή τα αντίστοιχα αγροτικά προϊόντα. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τη μελέτη, αναλύθηκαν στη συνέχεια με το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης SPSS. Τα κύρια αποτελέσματα έδειξαν ότι οι αγρότες της Θεσσαλίας είναι πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν ανακυκλωμένο νερό, ιδιαίτερα όταν υφίσταται έλλειψη νερού στην περιοχή. Από την άλλη πλευρά, οι πολίτες της Θεσσαλίας φαίνονται εξίσου πρόθυμοι να αποδεχθούν την ενσωμάτωση ανακυκλωμένου νερού στις διατροφικές τους συνήθειες, εφόσον τους παρέχονται επαρκείς πληροφορίες σχετικά με τις μεθόδους επαναχρησιμοποίησης ανακυκλωμένου νερού στην Ελλάδα.

Λέξεις Κλειδιά: Ανακτημένο νερό, ανακυκλωμένο νερό, επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, αποδοχή καταναλωτών, αποδοχή αγροτών, Θεσσαλία

Abstract

The purpose of this study is to investigate social acceptability of recycled water use in Thessaly region. The method followed for the above investigation was contingent valuation one which aims at evaluating nonmarket environmental resources through personal interviewing. Thus, we organized two separate surveys, one for farmers and one for consumers. The purpose was to determine both farmers' willingness to use recycled water for irrigation purposes and consumers' willingness to use agricultural products having been irrigated with recycled water. Both two questionnaires had a similar structure. They were divided in 2 sessions: a) the first one dealt with personal data of interviewee, b) the second session had as a purpose to inform both consumers and farmers for the advantages and disadvantages of wastewater reuse and see if they are willing to use recycled water or the corresponding agricultural products at all. The data collected from our study were then statistically analyzed by use of SPSS statistic package. The main results show that Thessaly farmers are willing to use recycled water especially when there is water shortage in the region. On the other hand, Thessaly citizens seem to be willing to accept recycled water being incorporated in their food consuming habits if they have sufficient information regarding wastewater reuse practices in Greece.

Key words: Reclaimed water, recycled water, wastewater reuse, farmers' acceptability, consumers' acceptability, Thessaly region

Αρκτικόλεξο

E.E.A.A.: Εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών αποβλήτων

T.O.E.B.: Τοπική οργάνωση εγγείων βελτιώσεων

TS: Ολικά στερεά

DS: Διαλυμένα στερεά

SS: Αιωρούμενα στερεά

TSS: Ολικά αιωρούμενα στερεά

BOD: Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο

COD: Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο

TOC: Συνολικός οργανικός άνθρακα

W.H.O.: Παγκόσμιος οργανισμός υγείας

F.A.O.: Οργανισμός τροφίμων και γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών

US EPA: Υπηρεσία Περιβάλλοντος των Η.Π.Α.

FC: Περιττωματικά κολοβακτηρίδια

TC: Ολικά κολοβακτηρίδια

Περιεχόμενα

Α' ΜΕΡΟΣ	3
Κεφάλαιο 1	4
<i>Εισαγωγή</i>	4
Κεφάλαιο 2	8
<i>Το πρόβλημα των υδατικών πόρων</i>	8
2.1. Γενικά	8
2.2. Οι υδατικοί πόροι στη Θεσσαλία και η σημασία τους	10
2.3. Υδατικό ισοζύγιο και Προβλέψεις για το μέλλον	12
Κεφάλαιο 3	19
<i>Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων</i>	19
3.1. Γενικά	19
3.2. Χαρακτηριστικά Υγρών Αποβλήτων	19
3.3. Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων	27
Κεφάλαιο 4	32
<i>Επαναχρησιμοποίηση Υγρών Αποβλήτων</i>	32
4.1. Γενικά	32
4.2. Ορισμοί σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων	33
4.3. Η σπουδαιότητα της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων	34
4.4. Εφαρμογές Επαναχρησιμοποίησης των Υγρών Αποβλήτων	36
Κεφάλαιο 5	48
<i>Θέματα σχετικά με την Υγεία και το Περιβάλλον</i>	48
Κεφάλαιο 6	51
<i>Οδηγίες και Κριτήρια Επαναχρησιμοποίησης Υγρών Αποβλήτων</i>	51
6.1. Γενικά	51
6.2. Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (W.H.O.)	53
6.3. Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (F.A.O)	56
6.4. Ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνια	56
6.5. Υπηρεσία Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (US EPA)	59
6.6. Κανονισμοί στην Ευρωπαϊκή Ένωση και σε χώρες της Μεσογείου	61

Κεφάλαιο 7	68
<i>Παραδείγματα Επαναχρησιμοποίησης Υγρών Αποβλήτων</i>	68
7.1. Η.Π.Α.	68
7.2. Ευρωπαϊκή Ένωση	69
7.3. Χώρες της Μεσογείου	77
7.4. Εφαρμογές σε άλλες Χώρες	79
Κεφάλαιο 8	81
<i>Η Διαδικασία Επαναχρησιμοποίησης των Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα</i>	81
Β' ΜΕΡΟΣ	87
Κεφάλαιο 9	88
<i>Παρουσίαση Της Έρευνας Πεδίου</i>	88
9.1. Ανάλυση- Ερμηνεία αποτελεσμάτων για αγρότες	89
9.2. Ανάλυση- Ερμηνεία αποτελεσμάτων για καταναλωτές	101
Κεφάλαιο 10	109
<i>Συμπεράσματα</i>	109
<i>Βιβλιογραφία</i>	112

Α΄ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Με τον όρο υδάτινος πόρος νοείται κάθε υδάτινος χώρος που μπορεί να διατεθεί σε επαρκή ποσότητα και κατάλληλη ποιότητα καθώς και να μπορεί να καλύψει την ζήτηση σε μια χρονική περίοδο.

Οι υδάτινοι πόροι κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες, στους επιφανειακούς όπου ανήκουν τα ποτάμια, οι χείμαρροι, οι λίμνες, τα έλη, οι βάλτοι, οι λιμνοθάλασσες, οι λιμνοδεξαμενές και οι ταμιευτήρες και στους υπόγειους όπου περιλαμβάνονται τα νερά των γεωτρήσεων, των πηγαδιών, των πηγών και των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων.

Εδώ και μερικές δεκαετίες, εξαιτίας την κακής διαχείρισης των υδάτινων πόρων αλλά και των ξηρασιών που έπληξαν πολλές χώρες παρουσιάζεται έντονα το πρόβλημα της έλλειψης νερού. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Ο.Η.Ε. το 2025 ένας στους τρεις κατοίκους της γης θα ζουν σε καθεστώς λειψυδρίας ή θα κινδυνεύουν άμεσα απ' αυτή.

Στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στη Θεσσαλία των προβλημα της μη επάρκειας σε υδάτινους πόρους εμφανίστηκε τα τελευταία 20 χρόνια ως αποτέλεσμα της κακής διαχείρισης του νερού. Σε μια καθαρά αγροτική περιοχή όπως η Θεσσαλία, η ύπαρξη υδάτινων πόρων είναι ζωτικής σημασίας για την οικονομική και αναπτυξιακή πορεία της.

Το υδατικό έλλειμμα της Θεσσαλίας δεν είναι απλώς και μόνο ποσοτικό. Ενώ κατά τη διάρκεια του χειμώνα υπάρχει αφθονία σε νερό, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όταν αυξάνεται η ζήτηση, τα αποθέματα νερού αδυνατούν να καλύψουν τις ανάγκες της περιοχής. Επομένως γίνεται αντιληπτό ότι το υδατικό πρόβλημα της Θεσσαλίας εντοπίζεται στη χωρο-χρονική κατανομή των πόρων.

Εκτός από τα παραπάνω, τα τελευταία χρόνια έχει εντοπιστεί και ένας ακόμα επιβαρυντικός παράγοντας για την κατάσταση των υδατικών πόρων της περιοχής. Η

αυξανόμενη ρύπανση των επιφανειακών υδάτων και κυρίως του Πηνειού που επιβαρύνεται από τις κάθε είδους απορρίψεις, αλλά και η μείωση της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα από την υπεράντληση νόμιμων και παράνομων γεωτρήσεων απειλεί να φέρει την περιοχή μπροστά σε μια κατάσταση μη αναστρέψιμη.

Η λύση στο πρόβλημα της Θεσσαλίας είναι η αειφορική διαχείριση της κατανάλωσης των υδατικών πόρων της. Με τον όρο διαχείριση της κατανάλωσης νοείται η κάλυψη των αυξημένων αναγκών σε νερό όχι με την αναζήτηση νέων υδατικών πόρων (π.χ. εκτροπή του Αχελώου), αλλά με την επιδίωξη της μείωσης της κατανάλωσης ώστε να μην εξαντληθούν οι υφιστάμενοι πόροι ή την προώθηση της ανακύκλωσης του νερού.

Στα πλαίσια αυτού του στόχου η παρούσα εργασία επιχειρεί να κάνει μια εισαγωγή στην επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων ως εναλλακτική πηγή κυρίως αρδευτικού ύδατος στην περιοχή της Θεσσαλίας. Ο στόχος έγκειται στο να διερευνηθεί κατά πόσο οι πολίτες στη Θεσσαλία είναι έτοιμοι να δεχθούν τη χρήση ανακτημένου νερού για άρδευση.

Η χρήση επεξεργασμένου νερού για άρδευση εφαρμόζεται στην πράξη εδώ και αιώνες, αλλά τα τελευταία χρόνια το ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης έχει επανέλθει εξαιτίας των ξηρασιών που υφίστανται πολλές περιοχές πλέον σε παγκόσμιο επίπεδο.

Το άμεσο θετικό αποτέλεσμα από την χρήση ανακτημένου νερού για άρδευση είναι η εξοικονόμηση σε υδατικούς πόρους, αφού οι συμβατικές πηγές νερού αντικαθίστανται με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα από τις εγκαταστάσεις καθαρισμού λυμάτων. Επιπλέον, με τη χρήση επεξεργασμένου νερού μπορούν να αποκομιστούν και δευτερεύοντα οφέλη, όπως η λιπασματική αξία του νερού λόγω της περιεκτικότητάς του κυρίως σε άζωτο.

Η επαναχρησιμοποίηση για αγροτική χρήση αποτελεί μια εφικτή και περιβαλλοντικά ορθή λύση στο πρόβλημα των υδατικών πόρων της Θεσσαλίας. Δεν αποτελεί βέβαια τη μοναδική λύση και δεν είναι δυνατό να εξαλείψει το υφιστάμενο πρόβλημα, αλλά μπορεί να συμβάλει στην ενδυνάμωση των υδατικών πόρων και τον περιορισμό της κατασπατάλησής τους.

Η εργασία αποτελείται από δυο βασικά μέρη. Τον πρώτο μέρος περιλαμβάνει οχτώ κεφάλαια και γίνεται ανασκόπηση σχετικά με την επεξεργασία και την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων.

Στο πρώτο κεφάλαιο του πρώτου μέρους, γίνεται μια αναφορά στους λόγους που έχει οδηγηθεί η περιοχή σε αυτή την κατάσταση και επίσης γίνεται μια προσπάθεια να ποσοτικοποιηθεί το υδατικό έλλειμμα της Θεσσαλίας με βάση κάποιες μελέτες που έχουν γίνει στο παρελθόν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην διαδικασία επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, αναλύοντας τα χαρακτηριστικά των λυμάτων και τα στάδια που απαιτούνται έτσι ώστε μετά την επεξεργασία τους να έχουν αποδεκτά χαρακτηριστικά για την τελική διάθεση τους στη φύση.

Η σπουδαιότητα της διαδικασίας της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων, βασικοί όροι καθώς και όλες οι δυνατές εφαρμογές του επεξεργασμένου νερού (αστική, αγροτική, βιομηχανική, ενδυνάμωση του υδροφόρου ορίζοντα) αποτελούν το αντικείμενο του τρίτου κεφαλαίου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται μερικά θέματα που σχετίζονται τόσο με την ασφάλεια της δημόσιας υγείας όσο και με την προστασία του περιβάλλοντος από την χρήση επεξεργασμένου νερού.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κριτήρια και οι οδηγίες που έχουν θεσπιστεί ή υιοθετηθεί από διάφορους οργανισμούς και χώρες με στόχο την προστασία της δημόσιας υγείας καθώς και του περιβάλλοντος. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών, ο Κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνια, είναι μερικοί οργανισμοί που έχουν θεσπίσει κριτήρια ποιότητας για χρήση ανακτημένου νερού. Επίσης γίνεται αναφορά στο πρόβλημα της έλλειψης ενιαίου θεσμικού πλαισίου όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση στις χώρες της Ε.Ε., ενώ παράλληλα παρουσιάζονται τα κριτήρια που έχουν θεσπίσει ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης στις Η.Π.Α., τις χώρες της Ευρώπης και της Μεσογείου που έχουν αρκετή εμπειρία στο θέμα της χρήσης ανακτημένου νερού.

Τέλος, γίνεται αναφορά στη διαδικασία της επαναχρησιμοποίησης στην Ελλάδα, παρουσιάζοντας μερικά από τα προγράμματα που έχουν υλοποιηθεί κυρίως σε πειραματικό επίπεδο στα πλαίσια της προσπάθειας για θέσπιση μικροβιολογικών και φυσικών κριτηρίων.

Στο δεύτερο μέρος της παρούσας εργασίας γίνεται ανάλυση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την επεξεργασία ερωτηματολογίων που στόχευαν σε δυο ομάδες. Η πρώτη ομάδα αφορούσε αγρότες της περιοχής μελέτης και αποσκοπούσε στην διερεύνηση της πρόθεσης τους να χρησιμοποιήσουν ανακτημένο νερό καθώς και στον προσδιορισμό της τιμής που θα ήθελαν να πληρώσουν για να το αποκτήσουν. Τη δεύτερη ομάδα απαρτίζουν καταναλωτές, δηλαδή όσοι είναι διατεθειμένοι να αγοράσουν αγροτικά προϊόντα. Στην περίπτωση αυτή διερευνάται κυρίως η πρόθεσή τους να καταναλώσουν αγροτικά προϊόντα που έχουν αρδευτεί με ανακτημένο νερό.

Κεφάλαιο 2

Το πρόβλημα των υδατικών πόρων

2.1.Γενικά

Οι ανανεώσιμες ποσότητες του νερού στη φύση ρυθμίζονται από τον υδρολογικό κύκλο που αποτελεί ένα σύστημα συνεχούς κυκλοφορίας του νερού. Αν και η ποσότητα του νερού που ανακυκλώνεται μέσα στον υδρολογικό κύκλο είναι τεράστια η διαθέσιμη ποσότητα που μπορεί να καταναλώσει ο άνθρωπος είναι πολύ περιορισμένη (Tietenberg, 2002α).

Το νερό μπορεί να θεωρηθεί ως φυσικός πόρος, ως οικονομικό αγαθό και ως περιβαλλοντικό στοιχείο. Οι υδατικοί πόροι δεν είναι απεριόριστοι, γεγονός που δυσχεραίνει την αναπτυξιακή πορεία πολλών περιοχών ανά τον κόσμο. Σε παγκόσμιο επίπεδο η κατανάλωση νερού για διάφορες χρήσεις (αστική, βιομηχανική, αρδευτική-αγροτική) αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς σε αντίθεση με την προσφορά που παραμένει δεδομένη, ορισμένη και με μέγιστα όρια (www.geo.auth.gr).

Η αλόγιστη χρήση των υδατικών πόρων έχει οδηγήσει πολλές χώρες σε «υδατικό αδιέξοδο». Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Ο.Η.Ε., το 2025, ένας στους τρεις κατοίκους της γης δηλαδή περίπου 3,5 δις άνθρωποι σε 52 χώρες, θα ζουν σε καθεστώς λειψυδρίας ή θα κινδυνεύουν άμεσα από αυτή. Η έλλειψη αυτή εκτιμάται ότι θα αποτελέσει εμπόδιο στην ανάπτυξη και επιβίωση πολλών αναπτυσσόμενων αλλά και αναπτυγμένων χωρών (Μυλόπουλος, 1996).

Η Ελλάδα εδώ και αρκετές δεκαετίες αντιμετωπίζει ένα έντονο περιβαλλοντικό πρόβλημα που σχετίζεται με τη διαθεσιμότητα του νερού και τη διαχείριση του. Οι λόγοι που έχουν συμβάλει στη δημιουργία του υδατικού προβλήματος της χώρας μας είναι οι εξής (ΤΕΕ, 2004):

- Η χωρική και χρονική ανισοκατανομή της φυσικής προσφοράς του νερού λόγω της γεωμορφολογίας και του κλίματος
- Η μείωση των βροχοπτώσεων μέχρι και 25 % τα τελευταία χρόνια
- Η χωρική και χρονική ανισοκατανομή της ζήτησης του νερού ως αποτέλεσμα της οικονομικής ανάπτυξης
- Η απουσία μεγάλων ποταμών λόγω της γεωμορφολογίας και των κλιματικών συνθηκών
- Η εντατική εκμετάλλευση των υπόγειων νερών
- Η υφαλμύρωση των παράκτιων υδροφορέων
- Η ρύπανση των υδατικών συστημάτων

Η έλλειψη του νερού στην Ελλάδα δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται μονομερώς, δηλαδή μόνο ως μείωση των υδατικών αποθεμάτων, αλλά θα πρέπει να υπεισέρχεται και ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας, η συνεχής αύξηση των υδατικών αναγκών.

Η αδυναμία της κεντρικής πολιτικής να δώσει βιώσιμες λύσεις στην έλλειψη νερού και η αντιμετώπιση του υδατικού προβλήματος περιστασιακά (κατά την καλοκαιρινή περίοδο), εντείνει όλο και περισσότερο την κρίση που υφίστανται οι υδατικοί πόροι. Είναι πλέον γεγονός, ότι θα πρέπει να ληφθούν άμεσα μέτρα που στόχο θα έχουν την αειφορική διαχείριση των υδατικών πόρων καθώς και την εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης πολιτικής του νερού που θα αντιμετωπίζει συνολικά το πρόβλημα προσφοράς και ζήτησης του.

2.2. Οι υδατικοί πόροι στη Θεσσαλία και η σημασία τους

Υπόγεια νερά

Η πεδιάδα της Θεσσαλίας έχει έκταση 13.377 km² και διαχωρίζεται σε δυο κύριες αυτοτελείς υδρογεωλογικές λεκάνες, την ανατολική και τη δυτική. Στην δυτική λεκάνη αναπτύσσονται οι πλέον πλούσιες υδροφορίες, εξαιτίας της τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφορέων από τη διήθηση επιφανειακού νερού από τους ποταμούς που εκβάλουν σε αυτή. Στη λεκάνη αυτή ανήκουν οι κώνοι Πηνειού, Πορταϊκού, Πάμισου, ο κώνος Σοφαδίτη και το υπόλοιπο της δυτικής Ελλάδας. Στην ανατολική υδρογεωλογική λεκάνη ανήκουν η περιοχή Τυρνάβου, η υπόλοιπη πεδιάδα ανατολικής Θεσσαλίας (Κάρλα), η λοφώδης περιοχή Ταουσάνης και οι καρστικές ενότητες Θεσσαλίας (Μαρίνος κ.ά. 1996).

Το πρακτικά εκμεταλλεύσιμο υπόγειο υδατικό δυναμικό των δυο λεκανών υπολογίζεται σε 394 Mm³/yr (Γκούμας, 2006).

Επιφανειακά νερά

Η κύρια υδρολογική λεκάνη της Θεσσαλίας είναι αυτή του Πηνειού με έκταση περίπου ίση με 9.500 km². Οι κυριότεροι παραπόταμοι του Πηνειού είναι ο Ενιπέας, ο Φαρσαλιώτης, ο Σοφαδίτης και ο Καλέντζης στο νότιο μέρος, ο Πλιούρης, ο Πορταϊκός και το Μουργκάνι στο δυτικό και νοτιοδυτικό τμήμα και στο βόρειο μέρος ο Ληθαίος, ο Νεοχωρίτης και ο Τιταρήσιος (ΤΕΕ, 2004).

Όσο αφορά τα έργα ταμίευσης, σήμερα στη Θεσσαλία υπάρχουν 13 ταμειυτήρες, 85 φράγματα και 60 πρόχειρα φράγματα σε συλλεκτήρες ή ποταμούς με ικανότητα αποθήκευσης τα 320 Mm³/yr. Τα έργα αυτά συμβάλλουν στη παροχή αρδευτικού νερού, στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στην αντιπλημμυρική προστασία καθώς και στην προστασία του περιβάλλοντος (παροχή ποταμών- προστασία από την υφαλμύρωση) (Γκούμας, 2006).

Ανάγκες σε νερό

Στη Θεσσαλία, με συνολική έκταση 14.000.000 στρέμματα (10,7 % της χώρας), παράγεται το 14,2 % της αγροτικής παραγωγής της χώρας και το 40 % της συνολικής παραγωγής βάμβακος. Τα στοιχεία αυτά είναι ενδεικτικά του έντονα αγροτικού χαρακτήρα της περιοχής, που επιβεβαιώνουν ότι ο πρωτογενής τομέας είναι ο σημαντικότερος τομέας της οικονομίας της, με συμμετοχή 35,5 % στο ΑΕΠ της περιφέρειας και 15 % στο ΑΕΠ της χώρας.

Καλλιεργούνται περίπου 5.000.000 στρέμματα, εκ των οποίων αρδεύονται τα 2.525.000. Τα 749.000 στρέμματα αρδεύονται από επιφανειακά νερά και τα 1.776.000 στρέμματα αρδεύονται από υπόγεια νερά (Γκούμας, 2006).

Πίνακας 1: Αρδευόμενες εκτάσεις κατά νομό και πηγή προέλευσης νερού

Νομοί	Αρδευόμενη Έκταση (στρ.)	Αρδευση από επιφανειακά νερά(στρ.)	Αρδευση από υπόγεια νερά(στρ.)
Καρδίτσας	768.000	320.000	448.000
Λάρισας	1.180.000	224.000	956.000
Μαγνησίας	247.000	126.000	121.000
Τρικάλων	330.000	79.000	251.000
Σύνολο	2.525.000	749.000	1.776.000

Πηγή: Γκούμας, 2006

Στην περιφέρεια Θεσσαλίας παρουσιάζεται σημαντική απόκλιση από το μέσο όρο της χώρας ως προς την κατανομή χρήσεων ύδατος. Έτσι, στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας καταναλώνεται το 18,5 % των συνολικών απαιτήσεων της χώρας σε νερό και από αυτό το 95,8 % απορροφά η αγροτική παραγωγή, τη στιγμή που το αντίστοιχο ποσοστό σε επίπεδο χώρας είναι 86 % (www.pathfinder.gr).

Η επικρατέστερη κατηγορία καλλιεργειών είναι οι αροτραίες (βαμβάκι, σιτηρά και όσπρια) με ποσοστό επί του συνόλου των καλλιεργειών 96 % στο Ν. Καρδίτσας, 88 % στο Ν. Λάρισας και 92 % στο Ν. Τρικάλων. Το γεγονός ότι αρκετές από αυτές τις

αροτραίες καλλιέργειες αρδεύονται δημιουργεί σοβαρά προβλήματα εξαιτίας της μεγάλης πίεσης στους υδατικούς πόρους της περιοχής (ΤΕΕ, 2004).

2.3.Υδατικό ισοζύγιο και Προβλέψεις για το μέλλον

Η κατάσταση του υδατικού ισοζυγίου στη Θεσσαλία δεν διαγράφεται αισιόδοξη, ακόμα και μετά την υλοποίηση των μεγάλων προγραμματισμένων έργων (εκτροπή Αχελώου). Το γεγονός αυτό αποκαλύπτει ότι η πραγματική διάσταση του υδατικού προβλήματος της Θεσσαλίας δεν είναι απλώς ποσοτική, αλλά εντοπίζεται κυρίως στην ύπαρξη διαθεσιμότητας του νερού σε συγκεκριμένες περιόδους του χρόνου όταν οι απαιτήσεις είναι αυξημένες (Μαριολάκος κ.ά., 2003).

Πίνακας 2: Διαθέσιμη ποσότητα νερού στη Θεσσαλία (1996) (Mm³/yr)

	Ετήσια		Μηνιαία(Ιούλιος)	
	Προσφορά	Ζήτηση	Προσφορά	Ζήτηση
Διαθέσιμη ποσότητα νερού (1996)	3139,8	1634,2	286,3	634,1

Πηγή: Μαριολάκος κ.ά., 2003

Τα χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν την σημερινή προβληματική κατάσταση του υδατικού δυναμικού της Θεσσαλίας είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων όπως (www.pathfinder.gr):

- Η συνεχής μείωση των υπόγειων υδατικών αποθεμάτων λόγω υπεράντλησης από νόμιμες και παράνομες γεωτρήσεις
- Η ρύπανση των υπόγειων υδάτων από επιφανειακούς ρύπους κυρίως αγροτικής προέλευσης
- Η ανυπαρξία κεντρικής διαχείρισης υδάτινων πόρων
- Η ρύπανση επιφανειακών υδάτων από την αγροτική χρήση και την ελλιπή επεξεργασία των αστικών αποβλήτων

- Η κατασπατάληση πόρων από αλόγιστη χρήση σε υδροβόρες καλλιέργειες και λόγω χρήσης ασύμβατων τεχνικών άρδευσης
- Η μη εφαρμογή των κοινοτικών οδηγιών και της εθνικής νομοθεσίας

Η σημερινή προβληματική κατάσταση στα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα της Θεσσαλίας ξεκίνησε τα τελευταία 20 χρόνια εξαιτίας (Ευαγγελόπουλος, 2005):

- Της αλματώδους εκμηχάνισης της γεωργίας
- Των οικονομικών ενισχύσεων υπό μορφή επιδοτήσεων στις υδροβόρες καλλιέργειες(βαμβάκι, καλαμπόκι κ.τ.λ.)
- Των επιχορηγήσεων στα πλαίσια των σχεδίων βελτίωσης (ανόρυξη γεωτρήσεων, εγκατάσταση αρδευτικού δικτύου κ.α.)
- Των μειωμένων βροχοπτώσεων της 20ετίας 1982- 2001 έως και 30 %
- Της κατατεμαχισμένης και κατακερματισμένης διαχείρισης του νερού

Επιπλέον, η ρύπανση του Πηνειού ποταμού και η μείωση της παροχής του, η σημαντική πτώση της στάθμης, η υποβάθμιση της ποιότητας από τα φυτοφάρμακα και η υφαλμύρωση των υπόγειων νερών, αποτελούν σοβαρά και πιθανόν μη αναστρέψιμα περιβαλλοντικά προβλήματα, που επηρεάζουν ταυτόχρονα και την αναπτυξιακή /οικονομική πορεία της Θεσσαλίας (Γκούμας, 2006).

Σε έκθεση που πραγματοποιήθηκε για το περιβαλλοντικό πρόβλημα της Θεσσαλίας και για την εκτροπή του άνω ρου του Αχελώου υπολογίστηκαν οι ανάγκες σε ύδρευση και άρδευση, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι πόροι που χρειάζονται για τη διατήρηση του οικοσυστήματος του Πηνειού (περίπου 100 Μm³). Στη συγκεκριμένη μελέτη και σε ότι αφορά τις μελλοντικές απαιτήσεις έχει ληφθεί υπ' όψη ότι με την κατασκευή των έργων στις περιοχές των πλημμελώς αρδευόμενων εκτάσεων θα ενταχθούν στην περίμετρο τους και πρόσθετες εκτάσεις της τάξης του 20 % (ΤΕΕ, 2004).

Με βάση όλα τα παραπάνω οι μελλοντικές ανάγκες σε νερό υπολογίζονται ως εξής:

- Ύδρευση: **136 Mm³**
- Άρδευση :

Για μόνιμα έργα: $1.236 * 1,20 = 1.483 \text{ Mm}^3$

- Συνολικές απαιτήσεις με μόνιμα έργα: **1.619** (1.483+136) Mm³

Για προσωρινά και μόνιμα έργα: $1.611 * 1.20 = 1.933 \text{ Mm}^3$

- Συνολικές απαιτήσεις με μόνιμα και προσωρινά έργα: **2.069**
(1.933+136) Mm³

Το εκμεταλλεύσιμο υδατικό δυναμικό της Θεσσαλίας ανέρχεται σε:

- Επιφανειακά νερά :359 Mm³
- Υπόγεια νερά: 383 Mm³
- Από μικρά έργα ταμίευσης

Για μόνιμα έργα: 17 Mm³

Για μόνιμα έργα και προσωρινά έργα: 144 Mm³

Συνεπώς, το υδατικό έλλειμμα της Θεσσαλίας υπολογίζεται για:

Μόνιμα έργα: $1.619 - (742 + 17) = 860 \text{ Mm}^3$

Προσωρινά και μόνιμα έργα: $2.069 - (742 + 144) = 1.183 \text{ Mm}^3$

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά μεγέθη για τα υπόγεια και επιφανειακά νερά της Θεσσαλίας καθώς και η ποσοτικοποίηση του ελλείμματος που υπάρχει.

Πίνακας 3: Συγκεντρωτικά μεγέθη υπογείων και επιφανειακών υδάτων και τρόποι κάλυψης των υδατικών αναγκών

Νομός	Αρδεύσιμη Έκταση (στρ.)	Μελλοντικές ανάγκες σε νερό Mm ³		Πρακτικά εκμεταλλεύσιμο υδατικό δυναμικό Mm ³			Έλλειμμα Mm ³		
		Υδρευση	Αρδευση	Επιφανειακά	Υπόγεια	Σύνολο	Μόνιμα έργα	Προσωρινά έργα	
				Μόνιμα έργα	Προσωρινά έργα				
Λάρισας	1.108.475	49	807	615	856	94	156	250	709
Καρδίτσας	788.000	31	493	463	523	203	93	296	292
Μαγνησίας	175.000	36	133	132	169	45	40	85	86
Τρακάλων	270.000	19	178	161	198	17	94	111	97
Σύνολο	2.341.475	135	1.611	1.371	1.746	359	383	742	1.183

Πηγή: ΤΕΕ, 2004

Με βάση και άλλες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί διαπιστώνεται ένα έλλειμμα στη λεκάνη του Πηνειού της τάξης των 750-1.000 Mm³, ενώ με την προσθήκη και των ελλειμμάτων της λεκάνης της Κάρλας (μέσο έλλειμμα 125 Mm³) και των 4 παράκτιων λεκανών Λάρισας, Μαγνησίας, Βόλου και Αλμιυρού, το συνολικό έλλειμμα του υδατικού διαμερίσματος αυξάνεται κατά 200 περίπου Mm³ (Γκούμας, 2006).

Ιδιαίτερος ανησυχητικά είναι τα στοιχεία για τη στάθμη των υπόγειων νερών που προκύπτουν από τις μετρήσεις σε γεωτρήσεις της περιοχής. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στην περιοχή Δαμασίου – Τυρνάβου η μέση πτώση στάθμης για το χρονικό διάστημα 1980-1998 είναι περίπου 3-4 m, στην περιοχή της Πηνειάδας η μέση πτώση στάθμης για την ίδια χρονική περίοδο είναι της τάξης των 12 m, στον Πλατύκαμπο ξεπερνά τα 36 m και στο Ριζόμυλο είναι της τάξης των 20 m (Μαριολάκος κ.ά., 2003).

Οι κύριες επιπτώσεις από την ποσοτική υποβάθμιση του υπόγειου νερού είναι (Ευαγγελόπουλος, 2005):

- Η μείωση του αρδευτικού νερού
- Το μεγάλο κόστος άρδευσης
- Υδρευτικά προβλήματα λόγω της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού
- Οικιστικά προβλήματα από τις καθιζήσεις του εδάφους
- Η απενεργοποίηση των υδροφορέων (μη αναστρέψιμη κατάσταση)

Πίνακας 4: Περιοχές της Θεσσαλίας με αρνητικό υδατικό ισοζύγιο

Υδατική περιοχή	Υδατικό ισοζύγιο	Έλλειμμα στάθμης(m)*
Θεσσαλιώτιδος	Αρνητικό	15-20
Παλαμιά	Αρνητικό	15-20
Βρυσίων-Φαρσάλων	Αρνητικό	15-40
Χάλκης-Κιλελέρ	Αρκετά αρνητικό	30-50
Ταουσάνης- Νίκαιας-Ζαπτείου	Αρκετά αρνητικό	40-50
Υπέρειας-Ορφανών	Αρκετά αρνητικό	50-60
Μύρων-Καλού Νερού	Πολύ αρνητικό	50-100

Πηγή: Γκούμας, 2006

* Σύγκριση με τις μετρήσεις του 1972-1974

Το υδατικό πρόβλημα της Θεσσαλίας είναι σημαντικό και αποτελεί τροχοπέδη στην αναπτυξιακή και οικονομική πορεία της περιφέρειας. Ούσα μια κατεξοχήν αγροτική περιοχή, με μεγάλο δείκτη συμμετοχής στο ΑΕΠ της περιφέρειας και της χώρας, η αγροτική δραστηριότητα αποτελεί μια βασική πηγή εισροής πόρων στην περιοχή.

Η κατασπατάληση των υδατικών πόρων, η υποβάθμιση τους, αλλά και συνολικά η υποβάθμιση του περιβάλλοντος από την υπεράντληση των υπόγειων νερών καθώς και η ρύπανση των επιφανειακών νερών και κυρίως του Πηνειού δημιουργούν σοβαρά προβλήματα στην παραγωγική διαδικασία του πρωτογενή τομέα.

Η έλλειψη νερού πρακτικά εντοπίζεται στη χρονική κατανομή των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού και όχι στην ανεπάρκεια των συνολικών ετήσιων ποσοτήτων που εισρέουν στη Θεσσαλία. Ακόμα και μετά από την εκτροπή του Αχελώου το πρόβλημα της έλλειψης αρδευτικού νερού δεν αντιμετωπίζεται ριζικά.

Η κατάσταση αυτή αποτελεί σημαντικό παράγοντα πίεσης για την περιοχή με πιθανά μη αναστρέψιμα αποτελέσματα σε περίπτωση μη λήψης άμεσων προληπτικών μέτρων. Η μείωση των υδάτινων αποθεμάτων και η υποβάθμισή τους, μπορεί να οδηγήσει στην ερημοποίηση κάποιων περιοχών της θεσσαλικής πεδιάδας, στην πτωτική πορεία της τοπικής οικονομίας και τελικά στην «κοινωνική ερημοποίηση»

και στην εγκατάλειψη της πιο ζωτικής περιοχής της περιφέρειας, της θεσσαλικής υπαίθρου.

Το υδατικό πρόβλημα υφίσταται εδώ και αρκετές δεκαετίες και έχει αναδειχτεί από πολλούς επιστήμονες αλλά και την τοπική κοινωνία που έρχεται αντιμέτωπη καθημερινά με την πραγματική διάσταση του προβλήματος. Αυτό που έχει ανάγκη σήμερα η Θεσσαλία είναι ο κεντρικός σχεδιασμός για την αντιμετώπιση της κατάστασης, με κύριο άξονα την αειφορική διαχείριση των υδατικών πόρων.

Στη βάση αυτή, η πολιτεία δεν θα πρέπει να αρκείται στην περιστασιακή αντιμετώπιση του προβλήματος αλλά να προχωρήσει και σε εναλλακτικές λύσεις, που είναι περισσότερο αποδεκτές περιβαλλοντικά.

Η επαναχρησιμοποίηση των αστικών υγρών αποβλήτων για γεωργική χρήση και όχι μόνο, είναι δυνατό να αποτελέσει βιώσιμη λύση και να συμβάλλει συμπληρωματικά με άλλα προγραμματισμένα έργα στην αντιμετώπιση του υδατικού προβλήματος της Θεσσαλίας. Η επαναχρησιμοποίηση είναι μια πρακτική που εφαρμόζεται επιτυχώς σε αρκετές χώρες είτε για γεωργική χρήση είτε για την αντιμετώπιση του προβλήματος της υφαλμύρωσης. Η τεχνογνωσία για την παραγωγή ανακτημένου νερού ποιοτικά ανάλογο με το συμβατικό νερό υπάρχει, καθώς και η βάση για τη θέσπιση κατάλληλων κριτηρίων ακολουθώντας τα ήδη θεσπισμένα κριτήρια οργανισμών όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, η πολιτεία της Καλιφόρνια κ.ά..

Κεφάλαιο 3

Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων

3.1.Γενικά

Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων αποτελεί τον πλέον ενδεδειγμένο τρόπο αντιμετώπισης της ρύπανσης των υδατινών φορέων από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών αποβλήτων (ΕΕΑΑ) έχουν ως σκοπό το διαχωρισμό των αστικών αποβλήτων από διάφορα υλικά όπως άμμος, αιωρούμενα στερεά, οργανικά συστατικά και παθογόνους μικροοργανισμούς που είναι επιβλαβή για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία καθώς και την τελική τους διάθεση χωρίς κινδύνους για το περιβάλλον (Στάμου, 1995).

Με τον όρο αστικά απόβλητα νοούνται τα υγρά απόβλητα, που δημιουργούνται κατά τις διαδικασίες καθαριότητας (χώροι υγιεινής, μαγειρεία, πλυντήρια κ.λ.π.) σε μια κατοικημένη περιοχή. Κύριο συστατικό τους είναι το νερό, με ορισμένες ξένες προσμίξεις, που το καθιστούν κατ' αρχήν ακατάλληλο για διάφορες χρήσεις και επηρεάζουν δυσμενώς τους τελικούς αποδέκτες (Μαρκαντωνάτος, 1990).

Η διαχείριση των αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, όπως και στα υπόλοιπα κράτη-μέλη της Ε.Ε. διέπεται από την οδηγία 91/271/EEC (Ε.Ε. 1991). Με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 5673/400/14.3.97, η επεξεργασία των αστικών υγρών αποβλήτων εναρμονίζεται πλήρως με αυτή της Ε.Ε. Σύμφωνα με αυτήν, έχουν τεθεί χρονικά όρια προσαρμογής και τήρησης των όρων επεξεργασίας (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

3.2.Χαρακτηριστικά Υγρών Αποβλήτων

Τα αστικά υγρά απόβλητα αποτελούνται από 99,9 % νερό μαζί με μικρές συγκεντρώσεις από διαλυμένα οργανικά και ανόργανα συστατικά. Μεταξύ των οργανικών ουσιών που υπάρχουν στα λύματα περιλαμβάνονται υδατάνθρακες, λίπη,

συνθετικά απορρυπαντικά, πρωτεΐνες και προϊόντα αποσύνθεσης, καθώς επίσης και διάφορες φυσικές και συνθετικές οργανικές ουσίες από τη βιομηχανική δραστηριότητα. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα σημαντικότερα συστατικά των οικιακών αποβλήτων (www.fao.org).

Πίνακας 5: Σημαντικότερα συστατικά των οικιακών υγρών

Συστατικά	Συγκέντρωση mg/L
Ολικά στερεά	700
Διαλυμένα στερεά	500
Αιρούμενα στερεά	200
Άζωτο	40
Φώσφορος	10
Χλώριο	50
Λίπη	100
BOD ₅	200

Πηγή: www.fao.org

Τα αστικά υγρά απόβλητα περιέχουν επίσης πολλά ανόργανα συστατικά από την οικιακή και βιομηχανική δραστηριότητα τα οποία μπορεί να είναι τοξικά όπως το αρσενικό, το κάδμιο, το χρώμιο, ο χαλκός, ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, ο ψευδάργυρος κ.α.. Εκτός από τα διάφορα οργανικά και ανόργανα συστατικά, τα απόβλητα μπορεί να περιέχουν και παθογόνους ιούς, πρωτόζωα, σκώλικες και βακτήρια. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που μπορεί να περιέχονται στα απόβλητα καθώς και η συγκέντρωσή τους (www.fao.org).

Πίνακας 6: Πιθανή περιεκτικότητα παθογόνων μικροοργανισμών στα αστικά υγρά απόβλητα

Τύπος		Πιθανή συγκέντρωση παθογόνων ανά L
Ιοί	Εντερόκοκκοι	5.000
Βακτήρια	<i>E. coli</i>	Δεν έχει προσδιοριστεί
	<i>Salmonella</i> spp.	7.000
	<i>Shigella</i> spp.	7.000
	<i>Vibrio cholerae</i>	1.000
Πρωτόζωα	<i>Entamoeba histolytica</i>	4.500
Σκώλικες	<i>Ascaris Lumbricoides</i>	600
	Αγκυλόστομα	32
	<i>Schistosoma mansoni</i>	1
	<i>Taenia saginata</i>	10
	<i>Trichuris trichiura</i>	120

Πηγή: www.fao.org

3.2.1. Φυσικά Χαρακτηριστικά

Στα φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων εντάσσονται τα στερεά, η θερμοκρασία, το χρώμα, η οσμή και η πυκνότητα.

Στερεά

Τα στερεά βρίσκονται αιωρημένα ή διαλυμένα στη μάζα των αποβλήτων και αποτελούνται από οργανικά και ανόργανα συστατικά. Τα ολικά στερεά (Total Solids-TS) ορίζονται σαν το υπόλειμμα δείγματος αποβλήτων μετά από εξάτμιση τους στους 105 °C και μετριοούνται σε mg ανά L δείγματος. Τα διαλυμένα στερεά (Dissolved Solids-DS) είναι τα στερεά που δείγματος που περνούν μέσα από ειδικό χάρτινο φίλτρο. Προσδιορίζονται με τη ξήρανση του διηθήματος και μετριοούνται σε mg υπολείμματος μετά από ξήρανση ανά L δείγματος. Τα στερεά που συγκρατούνται σε ειδικό φίλτρο ορίζονται σαν τα αιωρούμενα στερεά (Suspended Solids-SS).

Από τα παραπάνω στερεά, τα αιωρούμενα στερεά θεωρούνται σημαντικοί παράγοντες ρύπανσης αφού κατά τη διοχέτευση των υγρών αποβλήτων σε υδάτινους αποδέκτες

συσσωρεύονται στο πυθμένα δημιουργώντας ανεπιθύμητες συνθήκες για το οικοσύστημα (Στάμου και Βογιατζής, 1994).

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία των υγρών αποβλήτων είναι μεγαλύτερη από αυτή του νερού γιατί επηρεάζεται από τα θερμά αστικά και βιομηχανικά απόβλητα και κυμαίνεται συνήθως από 10 μέχρι 22 °C. Η θερμοκρασία των αποβλήτων είναι ένας ρυθμιστικός παράγοντας του βιολογικού και χημικού χαρακτήρα των αποβλήτων (Στάμου και Βογιατζής, 1994).

Αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει:

- Ανάπτυξη των μικροοργανισμών που ευνοούνται από υψηλές θερμοκρασίες
- Επιτάχυνση των βιολογικών διεργασιών
- Μείωση της διαλυτότητας των αερίων στη μάζα των αποβλήτων, κυρίως του οξυγόνου
- Επιτάχυνση των χημικών αντιδράσεων

Η διοχέτευση θερμών αποβλήτων σε έναν υδάτινο φορέα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου αλλά και γενικότερες αρνητικές επιδράσεις στο οικοσύστημα όπως το θάνατο οργανισμών και την ανάπτυξη άλλων ανεπιθύμητων οργανισμών (Στάμου, 1995).

Χρώμα

Το χρώμα των αποβλήτων είναι ενδεικτικό της προέλευσης και της ηλικίας τους, έτσι τα απόβλητα που δεν έχουν υποστεί σήψη έχουν γκρι χρώμα ενώ τα απόβλητα που έχουν υποστεί σήψη έχουν μαύρο χρώμα. Η αλλαγή του χρώματος οφείλεται σε κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς που διασπούν τις οργανικές ενώσεις των αποβλήτων (Κούγκολος, 2005).

Οσμή

Η οσμή των αποβλήτων αποτελεί χαρακτηριστικό της κατάστασης τους, αφού λύματα που δεν έχουν υποστεί σήψη έχουν ελαφριά δυσάρεστη οσμή σε αντίθεση με εκείνα που έχουν υποστεί σήψη και έχουν έντονα δυσάρεστη οσμή λόγω της έκλυσης υδρόθειου (Στάμου και Βογιατζής, 1994).

Πυκνότητα

Η πυκνότητα είναι σημαντική παράμετρος των αποβλήτων γιατί μπορεί να επηρεάσει τη διαδικασία καθίζησης. Αστικά απόβλητα με μικρή περιεκτικότητα σε βιομηχανικά απόβλητα έχουν ίδια περίπου πυκνότητα με αυτή του νερού στην ίδια θερμοκρασία (Κούγκολος, 2005).

3.2.2.Χημικά Χαρακτηριστικά

Τα χημικά συστατικά αποτελούν σημαντικό παράγοντα χαρακτηρισμού των αποβλήτων καθώς δίνουν πιο αντιπροσωπευτική εικόνα για τα απόβλητα και κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

- Οργανικά συστατικά
- Ανόργανα συστατικά
- Αέρια

Οργανικά συστατικά

Τα κυριότερα οργανικά συστατικά είναι (Στάμου και Βογιατζής, 1994):

- Οι *πρωτεΐνες* που αποτελούνται από C, H, O, N, S, P, Fe και είναι τα βασικά συστατικά των ζώντων οργανισμών

- Οι *υδρογονάνθρακες* που περιέχουν C, H, O
- Τα *λιπίδια* που προέρχονται στα αστικά απόβλητα κυρίως από τις ανθρώπινες τροφές. Τα πιο σημαντικά είναι τα λάδια και τα λίπη.
- Οι *επιφανειακά ενεργές* ουσίες που περιέχονται στα αστικά απόβλητα και βιομηχανικά απόβλητα ως συστατικά των απορρυπαντικών, των σαπουνιών κ.α.
- Οι *φαινόλες* που περιέχονται στα βιομηχανικά απόβλητα και δεν διασπώνται σε μεγάλες συγκεντρώσεις
- *Εντομοκτόνα και φυτοφάρμακα* που καταλήγουν στο αποχετευτικό σύστημα μέσω των απορροών στις γεωργικές περιοχές

Η σύσταση των αστικών αποβλήτων είναι 40-60 % πρωτεΐνες, 25-50 % υδρογονάνθρακες και 10 % λιπίδια.

Επειδή η μέτρηση των οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου είναι πρακτικά αδύνατη λόγω της πολύπλοκης συστατικής του, το μέτρο που χρησιμοποιείται είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για να οξειδώσει πλήρως τα οργανικά συστατικά του. Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται είναι (Κούγκολος, 2005):

Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο(BOD): Ορίζεται ως η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου από μικροοργανισμούς σε αερόβιες συνθήκες. Η οξείδωση αυτή είναι μια αργή διαδικασία που ολοκληρώνεται σε 20 ημέρες (BOD_L), παρόλα αυτά έχει επικρατήσει ο προσδιορισμός του BOD_5 (5 ημέρες) όπου οξειδώνονται απλές οργανικές ενώσεις που αντιπροσωπεύουν το 60- 70 % των συνολικών οργανικών ουσιών.

Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο(COD): Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση των οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου σε CO_2 και H_2O από ισχυρό οξειδωτικό μέσο, σε όξινες συνθήκες.

Συνολικά απαιτούμενο οξυγόνο(TOD): Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την χημική οξείδωση των οργανικών ουσιών ενός αποβλήτου σε τελικά σταθερά προϊόντα σε θερμοκρασία $900\text{ }^{\circ}C$ και με παρουσία καταλύτη.

Θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο(Thod): Ορίζεται ως το οξυγόνο που απαιτείται θεωρητικά για την οξείδωση κάποιας οργανικής ουσίας και υπολογίζεται από τον μοριακό τύπο της ουσίας αυτής.

Συνολικός οργανικός άνθρακας(TOC): Το TOC βασίζεται στη μέτρηση του CO₂ που παράγεται κατά την πλήρη οξείδωση του άνθρακα των οργανικών ουσιών σε υψηλή θερμοκρασία και με παρουσία καταλύτη.

Ανόργανα συστατικά

Στα ανόργανα συστατικά περιλαμβάνονται (Στάμου και Βογιατζής, 1994):

- Το άζωτο (N) που είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των ζώντων οργανισμών. Στα απόβλητα περιέχεται είτε ως οργανικό N είτε ως αμμωνιακό N. Μεγάλες συγκεντρώσεις N, σε συνδυασμό με P, σε υδάτινους φορείς μπορεί να οδηγήσουν σε φαινόμενα ευτροφισμού.
- Ο φώσφορος (P) που είναι, όπως και το άζωτο, από τα βασικότερα συστατικά των ζωντανών οργανισμών και στα απόβλητα περιέχεται ως ανόργανος P ή ως οργανικός. Ομοίως με το N, ο P ευνοεί το φαινόμενο του ευτροφισμού σε μεγάλες συγκεντρώσεις στους υδάτινους φορείς.
- Το pH που επηρεάζει σχεδόν όλες τις διεργασίες επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα φθοράς στους αγωγούς και το μηχανολογικό εξοπλισμό.
- Η αλκαλικότητα των αποβλήτων που είναι μια ιδιαίτερος σημαντική παράμετρος γιατί ρυθμίζει το pH των αποβλήτων και συνεπώς επηρεάζει τις διάφορες επεξεργασίες.
- Οι ενώσεις του θείου που βρίσκονται με διάφορες μορφές στα απόβλητα, με κυριότερη αυτή του SO₄⁻². Η παρουσία του στα απόβλητα δημιουργεί προβλήματα που οφείλονται στο σχηματισμό H₂S και H₂SO₄. Εξαιτίας του σχηματισμού H₂S

εκλύονται δυσάρεστες οσμές και παρατηρούνται φαινόμενα διάβρωσης στους αγωγούς αποχέτευσης.

- Τοξικά συστατικά και βαριά μέταλλα. Ιόντα στοιχείων όπως Cu, Pb, Cr, As, Bo, Fe, Hg είναι τοξικά για ορισμένους οργανισμούς σε μεγάλες συγκεντρώσεις.

Αέρια

Δυο είναι τα πιο σημαντικά αέρια που περιέχονται στα απόβλητα (Κούγκολος, 2005):

- Το διαλυμένο οξυγόνο(DO) που αποτελεί παράμετρο ελέγχου της ρύπανσης των υδάτινων φορέων και πρέπει να είναι πάνω από ορισμένα επίπεδα σύμφωνα με τους κανονισμούς.
- Το μεθάνιο (CH₄) που σχηματίζεται κατά την αναερόβια αποσύνθεση οργανικών ενώσεων των αποβλήτων από ειδικούς μικροοργανισμούς. Είναι εύφλεκτο και προκαλεί έκρηξη στους αγωγούς αποχέτευσης και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

3.2.3. Βιολογικά Χαρακτηριστικά

Οι μικροοργανισμοί που περιέχονται στα απόβλητα κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες (Στάμου και Βογιατζής, 1994):

- Ανάλογα με την πηγή άνθρακα που χρησιμοποιούν ως τροφή και είναι:
 - i. Αυτοτροφικοί
 - ii. Ετεροτροφικοί
- Ανάλογα με την παρουσία ή όχι οξυγόνου στο περιβάλλον που αναπτύσσονται και δρουν και είναι:
 - i. Αερόβιοι

- ii. Αναερόβιοι
- iii. Αερόβιοι- αναερόβιοι

Τα βασικότερα είδη μικροοργανισμών που σχετίζονται με την επεξεργασία των αποβλήτων είναι τα βακτηρίδια, οι μύκητες, τα πρωτόζωα, τα άλγη, τα μαλακόστρακα και οι ιοί. Για την ανίχνευση των παθογόνων μικροοργανισμών στα υγρά απόβλητα χρησιμοποιείται ως γενικός δείκτης η ομάδα των κολοβακτηριδίων και ειδικότερα τα κολοβακτηρίδια του γένους *Escherichia coli* (Μαρκαντωνάτος, 1990).

3.3. Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων

Σκοπός της επεξεργασίας καθαρισμού των υγρών αποβλήτων είναι η επαναφορά του χρησιμοποιούμενου νερού στη φύση ή στο κύκλωμα παραγωγής με αποδεκτά ποιοτικά χαρακτηριστικά, που θα είναι συμβατά με τις επιθυμητές χρήσεις, ώστε να προστατευθεί η δημόσια υγεία και τα φυσικά οικοσυστήματα, να διατηρηθεί το περιβάλλον και να μην υποβαθμιστούν οι υδατικοί πόροι του πλανήτη (Μαρκαντωνάτος, 1990).

Υπάρχουν δυο γραμμές επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων στις ΕΕΑΑ, η απομάκρυνση των επιβλαβών ουσιών από την υγρή μάζα των αποβλήτων και η επεξεργασία της παραγόμενης λάσπης (Στάμιου και Βογιατζής, 1994).

3.3.1. Στάδια επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων

Οι μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων περιέχουν συνήθως τα παρακάτω στάδια:

- Προκαταρκτική επεξεργασία ή προεπεξεργασία
- Πρωτοβάθμια ή πρωτογενή επεξεργασία
- Δευτεροβάθμια ή δευτερογενή επεξεργασία
- Τριτοβάθμια ή τριτογενή επεξεργασία

3.3.1.1. Προεπεξεργασία

Με τον όρο προεπεξεργασία ονομάζουμε εκείνες τις διεργασίες που εφαρμόζονται για την προετοιμασία του νερού για την κύρια επεξεργασία καθαρισμού του (Λέκκας, 1996).

Κατά το στάδιο της προεπεξεργασίας εφαρμόζονται οι παρακάτω τεχνικές (Κουίμτζής και Μάτη, 1993):

- Λιποσυλλέκτες: Χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση λιπαρών και ελαιωδών ουσιών
- Αμμοσυλλέκτες: Χρησιμοποιούνται για να συγκρατούν την άμμο και άλλα κοκκώδη υλικά που είναι δυνατό να προκαλέσουν βλάβες στα ευαίσθητα συστήματα των εγκαταστάσεων καθαρισμού
- Εσχάρες: Χρησιμοποιούνται για τη συγκράτηση των στερεών με διάμετρο μεγαλύτερη των 10 mm
- Λεπτά κόσκινα: Συγκρατούν στερεά με διάμετρο μεγαλύτερη των 0,2 mm
- Δεξαμενή παροχής και ομογενοποίησης: Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που έχουμε μεγάλες διακυμάνσεις στην ποιότητα και στην ποσότητα των αποβλήτων

3.3.1.2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση των στερεών από τα απόβλητα ακολουθώντας τη διαδικασία της καθίζησης και της κροκίδωσης. Κατά τη φάση της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας απομακρύνεται περίπου το 50- 70 % των αιωρούμενων στερεών (SS) και το 25- 40 % του οργανικού φορτίου (BOD₅) των αποβλήτων (Κούγκολος, 2005).

Με τη διαδικασία της απλής καθίζησης επιτυγχάνεται η απομάκρυνση των αιωρούμενων οργανικών και ανόργανων στερεών μεγέθους 0,1-0,001 mm και η μείωση του ρυπαντικού οργανικού φορτίου BOD και SS, ενώ με τη διαδικασία της κροκίδωσης και της μετέπειτα καθίζησης απομακρύνονται τα αιωρούμενα και κολλοειδή στερεά που δεν απομακρύνονται με την απλή καθίζηση. Με την κροκίδωση επιτυγχάνεται μείωση των TS, απομάκρυνση του P και βελτίωση της διαδικασίας της πρωτοβάθμιας καθίζησης (Στάμου και Βογιατζής, 1994).

3.3.1.3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Η δευτεροβάθμια ή βιολογική επεξεργασία αποτελείται είτε από βιολογική αποδόμηση των οργανικών ουσιών και στη συνέχεια, απομάκρυνση των σχηματιζόμενων αιωρημάτων με δευτεροβάθμια καθίζηση είτε από χημική υποστήριξη (κυρίως παλαιότερα) της αρχικής απλής καθίζησης με κροκίδωση σε συνδυασμό με άλλες χημικές διεργασίες, κυρίως στα βιομηχανικά απόβλητα (Μαρκαντωνάτος, 1990).

Η βιολογική επεξεργασία μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους που χωρίζονται σε δύο γενικές κατηγορίες ανάλογα με το αν οι μικροοργανισμοί βρίσκονται σε αιώρηση μέσα στα απόβλητα (ενεργός ιλύς, λίμνες) ή προσκολλημένοι σε κάποια επιφάνεια (βιολογικά φίλτρα, βιολογικοί δίσκοι) (Βογιατζής και Στάμου, 1994).

3.3.1.4. Τριτοβάθμια επεξεργασία ή Προχωρημένη επεξεργασία

Η τριτοβάθμια επεξεργασία ακολουθεί τα προηγούμενα στάδια με στόχο την απομάκρυνση κυρίως του αζώτου και του φωσφόρου για την αποφυγή της δημιουργίας του φαινομένου του ευτροφισμού στον τελικό υδάτινο αποδέκτη ή για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για δευτερεύουσες χρήσεις (Μαρκαντωνάτος, 1990).

Το κόστος της τριτοβάθμιας επεξεργασίας είναι υψηλό και για αυτό το στάδιο αυτό χρησιμοποιείται όταν υπάρχει γενικότερο πρόβλημα προσφοράς νερού. Η επιλογή της μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί καθορίζεται από την φύση των αποβλήτων και από το σκοπό της επαναχρησιμοποίησης (Κουϊμτζής και Μάτη, 1993).

3.3.1.5 .Απολύμανση

Με την απολύμανση γίνεται η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών που υπάρχουν στα απόβλητα, ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών μέσω του επεξεργασμένου υγρού αποβλήτου στον αποδέκτη. Είναι το μοναδικό στάδιο στην επεξεργασία των αποβλήτων με αποκλειστικό σκοπό την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών(Στάμου,1995).

Υπάρχουν δυο βασικές κατηγορίες απολύμανσης, με χρήση χημικών (χλώριο, όζον κ.α.) και με χρήση φυσικών μέσων (θερμότητα, ακτινοβολία UV). Η πιο διαδεδομένη διαδικασία απολύμανσης είναι με χλωρίωση, το βασικό μειονέκτημα της οποίας είναι η αρνητική επίδραση του χλωρίου στο υδάτινο περιβάλλον. Η απολύμανση με ακτινοβολία UV αποτελεί μια καινούρια μέθοδο κατά την οποία η υπεριώδης ακτινοβολία διαπερνά την κυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών με αποτέλεσμα να τους εξοντώνει ή να επιδρά αρνητικά στην αναπαραγωγική τους διαδικασία. Το βασικό πλεονέκτημα της διαδικασίας αυτής είναι ότι δεν αναμένονται σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις αφού δεν πραγματοποιούνται χημικές αντιδράσεις (Κούγκολος, 2005).

3.3.1.6. Επεξεργασία ιλύος

Κατά την επεξεργασία καθαρισμού των αποβλήτων παράγονται ταυτόχρονα και ορισμένα παραπροϊόντα, όπως σχαρίσματα, άμμος, ξαφρίσματα και λάσπη, που είναι το σημαντικότερο σε όγκο και δυσκολότερο σε διάθεση παραπροϊόν (Μαρκαντωνάτος, 1990).

Σκοπός της επεξεργασίας της λάσπης είναι η μείωση του όγκου της ώστε να μειωθεί το κόστος επεξεργασίας και διάθεσης της, η μείωση του νερού που περιέχεται στη

λάσπη και η σταθεροποίηση της, δηλαδή η μετατροπή της σε αδρανή μάζα ώστε η διάθεση της να είναι ακίνδυνη για το περιβάλλον. Τα βασικά στάδια της επεξεργασίας της ιλύος είναι η πάχυνση, η χώνευση και η αφυδάτωση (Κούγκολος, 2005).

Με την πάχυνση αποσκοπείται η μείωση του όγκου της λάσπης απομακρύνοντας μέρος του νερού που περιέχει και η βελτίωση των χαρακτηριστικών της για να είναι πιο αποτελεσματική η αφυδάτωση της (Στάμου, 1995).

Η αφυδάτωση και ξήρανση της λάσπης γίνεται με φυσικά μέσα και αποβλέπει στην απομάκρυνση μέρους του νερού, ώστε η λάσπη να αποβάλει το ρευστό χαρακτήρα της και να διευκολυνθούν οι χειρισμοί και χρησιμοποίηση της.

Ο τρόπος τελικής διαθέσεως της λάσπης, που παράγεται στις εγκαταστάσεις καθαρισμού των υγρών αποβλήτων, καθορίζει σ' ένα βαθμό την απαιτούμενη επεξεργασία της λάσπης, τόσο για την ελάττωση του όγκου (αφυδάτωση), όσο και για την σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών. Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι διαθέσεως της λάσπης, ύστερα από την κατάλληλη επεξεργασία, περιλαμβάνουν τη διασπορά σε αγρούς, υγρή ή ως στεγνό λίπασμα, ή την απόρριψή της σε ειδικούς χώρους (Μαρκαντωνάτος, 1990).

Κεφάλαιο 4

Επαναχρησιμοποίηση Υγρών Αποβλήτων

4.1. Γενικά

Το κύριο χαρακτηριστικό του πλανήτη μας, είναι η κυριαρχία του υδάτινου στοιχείου. Σχεδόν 97 % του νερού στη φύση είναι αλμυρό ύδωρ. Τα δύο τρίτα του υπολοίπου 3% είναι δεσμευμένα με τη μορφή πάγου και έτσι, μόνο το 1% της συνολικής ποσότητας του νερού αποτελεί το «γλυκό» νερό. Από την ποσότητα αυτή, το 98% βρίσκεται στους υπόγειους υδροφορείς, ενώ το 2% βρίσκεται σε επιφανειακούς αποδέκτες, στις λίμνες και στα ποτάμια. Από τα παραπάνω στοιχεία γίνεται αντιληπτό ότι η άμεσα διαθέσιμη ποσότητα νερού προς χρήση είναι πεπερασμένη και περιορισμένη (www.ellinikietairia.gr).

Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού, η ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων νερών, η άνιση κατανομή των υδάτινων πόρων και οι περιοδικές ξηρασίες, έχουν οδηγήσει τους οργανισμούς ύδρευσης σε αναζήτηση νέων πηγών αποθεμάτων νερού (Metcalf and Eddy, 2007).

Η ιδέα ότι μπορούμε να αποκομίσουμε οφέλη από την επεξεργασία των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων συνυπολογίζοντας και την αυξανόμενη πίεση στους υδάτινους πόρους έθεσαν την ανάγκη για επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων ως αναπόσπαστο συστατικό στη διαχείριση των υδάτινων πόρων (Angelakis et al., 2003).

Για παράδειγμα, μια πόλη 500.000 κατοίκων με κατανάλωση νερού κατά κεφαλήν 175 L/ d παράγει περίπου 75.000 m³/d υγρών αποβλήτων ή 27 Mm³/ yr. Η ποσότητα αυτή μπορεί να προκαλέσει σοβαρές οικολογικές - περιβαλλοντικές διαταραχές καθώς και κίνδυνο για τη δημόσια υγεία, αλλά να αποτελέσει και σημαντικό υδάτινο πόρο όταν επαναχρησιμοποιηθεί (www.oieau.fr).

4.2. Ορισμοί σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων

Παρακάτω παρατίθενται κάποιοι όροι που αφορούν το πεδίο της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων και αποτελούν απαραίτητα εργαλεία για την πληρέστερη κατανόηση της διαδικασίας της επαναχρησιμοποίησης (Metcalf and Eddy, 2007):

Ωφέλιμες χρήσεις. Οι πολλαπλοί τρόποι που μπορεί να χρησιμοποιηθεί το νερό άμεσα από τους ανθρώπους για το γενικό τους όφελος (π.χ. ύδρευση δήμων, αγροτικές και βιομηχανικές εφαρμογές, ναυτιλία, αστικές χρήσεις κ.α.).

Ανάκτηση νερού. Επεξεργασία ή διαχείριση των υγρών αποβλήτων που τα καθιστούν επαναχρησιμοποιήσιμα. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται συχνά για να περιλάβει τη διανομή του νερού στο χώρο χρήσης και τον ακριβή προσδιορισμό της χρήσης του.

Ανακύκλωση νερού. Η χρήση των υγρών αποβλήτων τα οποία συλλέγονται και επανατροφοδοτούνται πίσω στο ίδιο σύστημα χρήσης νερού. Ο όρος βασικά χρησιμοποιείται στη βιομηχανίες, όπως οι κατασκευαστικές και συνήθως περιλαμβάνει μια βιομηχανική μονάδα ή μια κατηγορία χρήσης.

Ανακτημένο νερό. Νερό το οποίο ως αποτέλεσμα της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι κατάλληλο για άμεση ωφέλιμη χρήση ή για ελεγχόμενη χρήση, η οποία διαφορετικά δεν θα γινόταν.

Ανακυκλωμένο νερό. Ανακτημένο νερό το οποίο έχει ωφέλιμη χρήση. Ο όρος ανακυκλωμένο χρησιμοποιείται ως συνώνυμο με τον όρο ανακτημένο.

Επαναχρησιμοποίηση νερού. Η χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για ωφέλιμο σκοπό, όπως γεωργική άρδευση, βιομηχανική ψύξη, κ.α.

Άμεση επαναχρησιμοποίηση. Η χρήση του ανακτημένου νερού το οποίο μεταφέρεται από τη μονάδα επεξεργασίας και ανάκτησης των λυμάτων στο χώρο επαναχρησιμοποίησης, χωρίς να μεσολαβήσει εκροή του ανακτημένου νερού σε φυσική λεκάνη απορροής. Τέτοιες χρήσεις περιλαμβάνουν την άρδευση γεωργικών εκτάσεων και χώρων πρασίνου.

Έμμεση επαναχρησιμοποίηση. Έμμεση χρήση του ανακτημένου νερού, μέσω τροφοδοσίας του σε ένα φυσικό υδάτινο σύστημα ή χρήση υπόγειου νερού το οποίο έχει εμπλουτιστεί με ανακτημένο νερό.

4.3. Η σπουδαιότητα της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων

Ένας σημαντικός λόγος που καθιστά την σχεδιασμένη επαναχρησιμοποίηση σημαντική είναι η αυξανόμενη δυσκολία καθώς και το κόστος επεξεργασίας για τη διάθεση των υγρών αποβλήτων στους υδάτινους αποδέκτες λόγω των αυξανόμενων περιβαλλοντικών απαιτήσεων. Παρόλα αυτά το κόστος αυτό μπορεί να λειτουργήσει ως κίνητρο στις δημοτικές αρχές έτσι ώστε να επαναχρησιμοποιούν τα επεξεργασμένα απόβλητα αντί να τα διαθέτουν στους υδάτινους αποδέκτες (Bouwer, 2000).

Η ανακύκλωση επεξεργασμένου νερού μπορεί να προσδώσει πολλά οφέλη, ειδικά αν υπάρχει σχεδιασμός και σωστή διαχείριση. Τα οφέλη αυτά μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω (Papadopoulos, 1997):

- Στην προστασία από τη ρύπανση των επιφανειακών υδάτων, όφελος που προκύπτει από τη μη διάθεση των υγρών αποβλήτων στους υδάτινους αποδέκτες.
- Στη διατήρηση και ορθολογική διαχείριση των αποθεμάτων του «γλυκού» νερού που αποτελεί σημαντικό αναπτυξιακό παράγοντα ειδικά σε ξηρικές και ημιξηρικές περιοχές της Μέσης Ανατολής και της Βορείου Αφρικής.
- Στη χρήση των υγρών αποβλήτων για άρδευση που μπορεί να συμβάλλει στην μείωση της υπερεκμετάλλευσης των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων και στην προστασία τους από την υφαλμύρωση.
- Στη βελτίωση της αστικής εικόνας, χρησιμοποιώντας το ανακτημένο νερό για άρδευση χώρων πρασίνου και αναψυχής.

Επιπλέον:

- Η άρδευση με ανακυκλωμένο νερό μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών λόγω της περιεκτικότητας του σε θρεπτικά συστατικά όπως άζωτο, φώσφορο και κάλιο.
- Οι οργανικές ουσίες που εναποτίθενται στο έδαφος μέσω του ανακτημένου νερού στη γεωργία, μπορούν να λειτουργήσουν ως βελτιωτικό του εδάφους συμβάλλοντας στην αύξηση της υδατοχωρητικότητάς του.

Ο μεγαλύτερος καταλύτης για την εξέλιξη της διαδικασίας επαναχρησιμοποίησης ήταν η ανάγκη να βρεθούν εναλλακτικές πηγές νερού για την κάλυψη των αυξανόμενων ποσοτήτων ύδατος για γεωργικές, βιομηχανικές και αστικές χρήσεις. Τα ελλιπή αποθέματα νερού, ειδικά σε περιόδους ξηρασίας, επέβαλλαν την ανάγκη θέσπισης αυστηρότερων μέτρων ελέγχου στην κατανάλωση του νερού και την ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών ύδατος (Angelakis et al., 2003).

Όπου η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων αποτελεί βιώσιμη λύση, ο κανόνας που θα πρέπει να ακολουθείται είναι ο εξής: *« αρμόδιος για την ανάληψη του κόστους για την επεξεργασία των αποβλήτων, έτσι ώστε να πληρούν τις κατάλληλες προϋποθέσεις για ωφέλιμες χρήσεις, είναι αυτός που παράγει τα απόβλητα»*. Συνακόλουθα, *το κόστος για την περαιτέρω επεξεργασία, την άντληση και τη διανομή του ανακτημένου νερού πρέπει να επιβαρύνει εκείνους που επωφελούνται από τη χρήση του*. Η πολιτική αυτή ακολουθείται από το Ισραήλ με σκοπό να ενθαρρύνεται η χρήση ανακτημένου νερού (Tsagarakis et al., 2001).

Η πρόοδος στην αποτελεσματικότητα και την αξιοπιστία στην τεχνολογία επεξεργασίας των αστικών λυμάτων έχει βελτιώσει την ικανότητα παραγωγής ανακυκλωμένου νερού που μπορεί να χρησιμεύσει ως εναλλακτική πηγή ύδατος (Angelakis et al., 2003). Ενδεικτικό είναι ότι σήμερα υπάρχει ακόμα και η δυνατότητα να παραχθεί αποσταγμένο νερό από υγρά απόβλητα (Bouwer, 1994).

Στις αναπτυσσόμενες χώρες, ιδιαίτερα στις ξηρές περιοχές του κόσμου, αξιόπιστες και χαμηλού κόστους τεχνολογίες (τόσο για την επεξεργασία όσο και για την επαναχρησιμοποίηση) απαιτούνται για την απόκτηση επιπλέον παροχής ύδατος καθώς και για την προστασία των υφιστάμενων πηγών νερού από τη ρύπανση (Angelakis et al., 2003).

4.4. Εφαρμογές Επαναχρησιμοποίησης των Υγρών Απόβλητων

Το ανακτημένο νερό μπορεί να αντικαταστήσει το συμβατικό νερό σε διάφορους τομείς. Οι κυριότερες εφαρμογές της επαναχρησιμοποίησης των αστικών λυμάτων ξεκινώντας από την πιο διαδεδομένη χρήση τους είναι (Metcalf and Eddy, 2007):

- Άρδευση αγροτικών εκτάσεων, καλλιέργειών και φυτωρίων
- Άρδευση πάρκων, γηπέδων, κοινόχρηστων χώρων, χώρων πρασίνου κ.α.
- Βιομηχανικές δραστηριότητες
- Εμπλουτισμός υπόγειων νερών είτε μέσω λεκανών διασποράς είτε με απευθείας έκχυση στον υπόγειο υδροφόρα
- Χρήσεις αναψυχής / περιβαλλοντικές, όπως υγρότοποι αναψυχής, εμπλουτισμός υδροβιότοπων και ενίσχυση χειμάρρων
- Μη πόσιμο νερό για αστικές χρήσεις, όπως πυρόσβεση, κλιματισμός, καθαρισμός χώρων υγιεινής, οικοδομική χρήση κ.α.
- Πόσιμο νερό

Πίνακας 7: Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων και ενδεχόμενοι περιορισμοί / προβλήματα

Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων	Ζητήματα / περιορισμοί
Άρδευση αγροτικών εκτάσεων, καλλιεργειών και φυτωρίων	Ρύπανση των επιφανειακών και των υπόγειων νερών εξαιτίας της μη κατάλληλης διαχείρισης Εμπορευσιμότητα των καλλιεργειών και αποδοχή
Άρδευση πάρκων, γηπέδων, κοινόχρηστων χώρων, χώρων πρασίνου κ.α.	Επίδραση της ποιότητας του νερού, ιδιαίτερα των αλάτων στο έδαφος και στα φυτά Θέματα δημόσιας υγείας σχετικά με τους παθογόνους οργανισμούς
Βιομηχανική χρήση (νερό ψύξης, τροφοδοσία λεβήτων κ.α.)	Συστατικά στο νερό που μπορούν να προκαλέσουν επικαθίσεις, διάβρωση, ανάπτυξη μικροοργανισμών κ.α. Θέματα δημόσιας υγείας- μεταφορά μικροοργανισμών Διασταύρωση αγωγών ανακτημένου και πόσιμου νερού
Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων	Πιθανή ρύπανση υπόγειου υδροφορέα που χρησιμοποιείται ως πηγή για πόσιμο νερό Οργανικές ουσίες στα ανακτημένα νερά με τοξική δράση Ολικά διαλυμένα στερεά, νιτρικά και παθογόνοι οργανισμοί
Χρήσεις αναψυχής / περιβαλλοντικές (υγρότοποι αναψυχής, εμπλουτισμός υγροβιότοπων, ενίσχυση χειμάρρων, τεχνητό χιόνι)	Θέματα υγείας που σχετίζονται με την παρουσία βακτηρίων και ιών Φαινόμενα ευτροφισμού Τοξικότητα σε υδρόβιους οργανισμούς
Αστικές χρήσεις (πυρόσβεση, κλιματισμός, καθαρισμός χώρων υγιεινής, οικοδομική χρήση κ.α.)	Θέματα υγείας που σχετίζονται με τη μεταφορά παθογόνων οργανισμών μέσω σταγονιδίων νερού
Πόσιμο νερό	Η ποιότητα του μπορεί να προκαλέσει επικαθίσεις, διάβρωση, ανάπτυξη μικροοργανισμών Διασταύρωση μεταξύ αγωγών ανακτημένου και πόσιμου νερού Παρουσία συστατικών στο ανακτημένο νερό, κυρίως υπολείμματα οργανικών ουσιών και η τοξική τους δράση Αισθητική και αποδοχή του κοινού

Πηγή: Metcalf and Eddy, 2007

4.4.1. Αγροτική χρήση

Το ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται για γεωργικές εφαρμογές σε παγκόσμιο επίπεδο υπερβαίνει το 70% της συνολικής κατανάλωσης, ενώ στην Ελλάδα το ποσοστό αυτό ανέρχεται περίπου σε 86% (www.ellinikietairia.gr).

Σε πολλές περιοχές όπου τα φυσικά αποθέματα του νερού δεν επαρκούν για γεωργική χρήση, χρησιμοποιούνται επεξεργασμένα λύματα παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα στους γεωργούς να αρδεύσουν τις καλλιέργειές τους. Επιπλέον, η συνεχής παραγωγή υγρών αποβλήτων καθιστά το ανακτημένο νερό μια πολύ αξιόπιστη πηγή αρδευτικού νερού ως προς το θέμα της παροχής του (www.iwmi.org).

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για άρδευση καλλιεργειών εφαρμόζεται στην πράξη επί αιώνες και φαίνεται ότι έχει τις ρίζες της στους αρχαίους Ελληνικούς πολιτισμούς. Υπάρχουν ενδείξεις ότι το 3.000-1.100 π.Χ. κατά τη μινωική εποχή στην Κρήτη χρησιμοποιούσαν υγρά απόβλητα για γεωργική χρήση (Tsagarakis and Georgantzis, 2003).

Η άρδευση με ανακτημένο νερό αποτελεί τη δεσπόζουσα χρήση επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων, καθώς τα θέματα της ποιότητας που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων είναι ευκολότερο να αντιμετωπισθούν στην άρδευση σε σχέση με τις υπόλοιπες χρήσεις (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Παρόλο που η άρδευση με εκροές υγρών αποβλήτων είναι παράλληλα και ένας αποτελεσματικός τρόπος επεξεργασίας, απαιτείται η εφαρμογή ενός ελαχίστου επιπέδου επεξεργασίας πριν την εφαρμογή τους στο έδαφος, ακόμη και σε περιπτώσεις άρδευσης καλλιεργειών με μηδενική ανθρώπινη επαφή. Η προεπεξεργασία αυτή επιβάλλεται για λόγους προστασίας της δημόσιας υγείας, για την αποφυγή περιβαλλοντικών επιπτώσεων, για την πρόληψη ζημιών στις καλλιέργειες και για την απρόσκοπτη λειτουργία των αγωγών μεταφοράς και εφαρμογής (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

Συνήθως τα χαρακτηριστικά των απλών αστικών υγρών αποβλήτων ανταποκρίνονται περισσότερο στα επίπεδα ποιότητας που απαιτούνται για το αρδευτικό νερό. Στην

περίπτωση που υπάρχουν αρκετά βιομηχανικά απόβλητα θα πρέπει να υπάρχει ο κατάλληλος έλεγχος καθώς και η απαραίτητη επεξεργασία για τον εντοπισμό διάφορων επικίνδυνων χημικών ουσιών (Bouwer, 1994).

Η καλύτερη διαδικασία επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων για απεριόριστη μη πόσιμη χρήση είναι η πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία που ακολουθείται από τριτογενή επεξεργασία, συνήθως κροκίδωση, φίλτρανση και απολύμανση (με χλωρίωση ή υπεριώδη ακτινοβολία). Η επεξεργασία αυτή εξασφαλίζει ότι τα λύματα είναι πλέον απαλλαγμένα από ιούς, παθογόνα βακτήρια και παράσιτα.

Στο νερό που προορίζεται για άρδευση υπάρχουν δύο στοιχεία που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Το πρώτο δεδομένο που θα πρέπει να αξιολογείται πριν την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων είναι η ποιότητα του νερού, όσο αφορά την παρουσία διαφόρων τοξικών ουσιών ή την συσσώρευση διαφόρων ρύπων. Είναι σημαντικό να εκτελούνται προκαταρκτικοί τοξικολογικοί και μικροβιολογικοί έλεγχοι όχι μόνο για να ελέγχουν την παρουσία βαρέων μετάλλων στο έδαφος αλλά και για τον εντοπισμό σύνθετων χημικών ουσιών που συνήθως δεν υπάρχουν στα αστικά υγρά απόβλητα (Angelakis et al., 1999).

Το δεύτερο στοιχείο που θα πρέπει να αξιολογηθεί έτσι ώστε να είναι αποδεκτό το ανακυκλωμένο νερό ως προς θέματα δημόσιας υγείας είναι η παρουσία κολοβακτηριδίων, παθογόνων βακτηριδίων και ιών. Γίνονται αρκετές συζητήσεις σχετικά με την καταλληλότητα του μικροβιολογικού ελέγχου που θα πρέπει να εφαρμόζεται ανάλογα με τον τύπο της καλλιέργειας και τη μέθοδο άρδευσης (Angelakis et al., 1999).

Παραδείγματα εφαρμογής επεξεργασμένων λυμάτων υπάρχουν στην πόλη του Μεξικού όπου το 90 % των λυμάτων μετά από επεξεργασία χρησιμοποιείται για την άρδευση 90.000 ha, καθώς και στο Τελ Αβίβ όπου μετά από επεξεργασία, 130 Mm³/yr λυμάτων χρησιμοποιούνται για τον εμπλουτισμό του υπογείου υδροφορέα και κατόπιν αντλούνται για την άρδευση των αγροτικών εκτάσεων (www.ellinikietairia.gr).

Στην Καλιφόρνια καταναλώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό νερού για άρδευση, περίπου $110 \text{ m}^3/\text{d}$, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 22 % του συνόλου της χώρας. Η Καλιφόρνια, μαζί με το Αϊντάχο, το Κολοράντο, το Τέξας και τη Μοντάνα, καλύπτουν το 54 % της κατανάλωσης ανακτημένου νερού στο σύνολο των Η.Π.Α. (Metcalf and Eddy, 2007).

Στην Ελλάδα, συστηματικές εργασίες επαναχρησιμοποίησης των αστικών λυμάτων πραγματοποιήθηκαν από το ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. στη περιοχή της Θεσσαλονίκης οι οποίες αφορούσαν την άρδευση ζαχαρότευτλων, βάμβακος, ρυζιού καθώς και ντομάτας και ζέρμπερας σε θερμοκήπιο με ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα (Παρισόπουλος κ.ά., 2001).

4.4.1.1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά του αρδευτικού νερού

Βασική παράμετρος στη διαδικασία της άρδευσης με υγρά απόβλητα είναι η ποιότητα του ανακτημένου νερού. Σε ξηρικές και ημιξηρικές περιοχές, όπου οι επικρατούσες υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με τη χαμηλή υγρασία δημιουργούν συνθήκες για υψηλές ταχύτητες εξατμισοδιαπνοής, η ποιότητα του αρδευόμενου νερού είναι ιδιαίτερος σημαντική (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Για να είναι το επαναχρησιμοποιούμενο νερό κατάλληλο για άρδευση πρέπει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά να πληρούν κάποια κριτήρια. Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να ελεγχθούν είναι τα εξής (Στάμου, 1995) :

- η περιεκτικότητα του νερού σε άλατα (αλατότητα)
- η περιεκτικότητα σε νάτριο
- η περιεκτικότητα σε ανθρακικά ιόντα, χλώριο, βόριο
- η περιεκτικότητα σε μέταλλα
- η περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά

- η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά
- η περιεκτικότητα του σε παθογόνα συστατικά
- η περιεκτικότητα σε τοξικά οργανικά

Περιεκτικότητα του νερού σε άλατα

Η αλατότητα εκφράζεται ως η ολική συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων του αρδευτικού νερού που σε μεγάλη συγκέντρωση μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο για την αλάτωση του εδάφους (Στάμου, 1995).

Η αυξημένη αλατότητα του εδάφους στην περιοχή των ριζών αναγκάζει τα φυτά να καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια για τη ρύθμιση της συγκέντρωσης των αλάτων μέσα στη μάζα τους έτσι ώστε να μπορούν να λάβουν την απαραίτητη ποσότητα του νερού από το έδαφος. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη ανάπτυξη των φυτών. Για την μέτρηση της αλατότητας χρησιμοποιείται η ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity, EC) και εκφράζεται σε decisiemens ανά μέτρο (dS / m) (Metcalf and Eddy, 2007).

Η παρουσία αλάτων στο έδαφος επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών με τους εξής τρόπους (Metcalf and Eddy, 2007):

- Δημιουργία οσμωτικών επιδράσεων που προκαλούνται από τη συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων αλάτων στο νερό του εδάφους
- Τοξικότητα των ιόντων που προκαλείται από τη συγκέντρωση συγκεκριμένων ιόντων
- Διασπορά σωματιδίων του εδάφους που προκαλείται από υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο και χαμηλή αλατότητα

Περιεκτικότητα σε νάτριο

Η περιεκτικότητα σε νάτριο εκφράζεται ως ο λόγος των κατιόντων του διαλυτού νατρίου (Na^+) προς τα διαλυτά κατιόντα του ασβεστίου (Ca^{2+}) και ονομάζεται λόγος απορρόφησης νατρίου (Sodium Absorption Ratio, SAR).

Τα επεξεργασμένα απόβλητα περιέχουν συνήθως υψηλές ποσότητες ασβεστίου οι οποίες δεν δημιουργούν προβλήματα καθώς και μεγάλες συγκεντρώσεις νατρίου που σε συνδυασμό με υψηλές τιμές αλατότητας μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα αλκαλίωσης του εδάφους (Στάμου, 1995).

Περιεκτικότητα σε ανθρακικά ιόντα, χλώριο, βόριο

Τα όξινα ανθρακικά ιόντα έχουν την τάση να σχηματίζουν αδιάλυτες ενώσεις με τα ιόντα του ασβεστίου και του μαγνησίου με αποτέλεσμα τη σχετική αύξηση της συγκέντρωσης του νατρίου και τελικά την αλκαλίωση του εδάφους. Τα ιόντα χλωρίου δημιουργούν πρόβλημα στην ανάπτυξη των φυτών και βλάβες στα φύλλα των δέντρων όταν είναι σε μεγάλες συγκεντρώσεις και λιγότερο σε καλλιέργειες λαχανικών, σπόρων δημητριακών, χονδροειδών ζωοτροφών και φυτικών ινών (Στάμου, 1995).

Το βόριο βρίσκεται στα απόβλητα με τη μορφή του βορικού οξέος και προέρχεται κυρίως από τα απορρυπαντικά και τα βιομηχανικά απόβλητα. Αποτελεί απαραίτητο συστατικό για την ανάπτυξη των φυτών αλλά μπορεί να είναι τοξικό σε μεγάλες συγκεντρώσεις ιδιαίτερα σε καλλιέργειες όπως αχλαδιές, μηλιές, αμπέλια, κερασιές, ροδακινιές, βερικοκιές, πορτοκαλιές και λεμονιές σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 1 mg/L (Στάμου, 1995).

Περιεκτικότητα σε μέταλλα

Τα μέταλλα που υπάρχουν στα απόβλητα καταλήγουν κατά την επεξεργασία των αποβλήτων κυρίως στην παραγόμενη λάσπη. Παρόλα αυτά υπάρχουν ποσότητες μετάλλων που μπορεί να βρίσκονται στο επεξεργασμένο νερό και είναι πιθανό να δημιουργήσουν προβλήματα. Τέτοια μέταλλα είναι το κάδμιο, ο χαλκός, το μολυβδένιο, το νικέλιο και ο ψευδάργυρος. Τα μέταλλα αυτά μπορεί να είναι τοξικά και να μεταφέρονται στον άνθρωπο, τα ζώα και τα φυτά μέσω της τροφικής αλυσίδας (Στάμου, 1995).

Περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά

Σε σύστημα άρδευσης με καταιονισμό τα αιωρούμενα στερεά (SS) μπορεί να προκαλέσουν βιολογικές διαταραχές στα φύλλα των καλλιεργειών. Σε συστήματα άρδευσης με σταγόνες υπάρχει ο κίνδυνος έμφραξης των σταλλακτήρων με αποτέλεσμα την κακή λειτουργία και την ανομοιομορφία του αρδευτικού συστήματος. Σε συστήματα επιφανειακής άρδευσης μεγάλες συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση της υδραυλικής αγωγιμότητας και της διηθητικότητας των εδαφών (Στάμου, 1995).

Περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά

Τα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στα επεξεργασμένα απόβλητα είναι κυρίως το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλιο, ο ψευδάργυρος, το βόριο και το θείο. Τα συστατικά αυτά μπορεί να έχουν λιπασματική αξία αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις σε σχέση με τις ανάγκες των φυτών πιθανότατα να δημιουργήσουν προβλήματα (Στάμου, 1995).

Περιεκτικότητα σε παθογόνα συστατικά

Τα σημαντικότερα παθογόνα συστατικά που μπορεί να περιέχονται στα επεξεργασμένα απόβλητα είναι τα παθογόνα βακτήρια, οι σκώληκες, τα πρωτόζωα

και οι ιοί. Για την προστασία της δημόσιας υγείας έχουν προταθεί ανώτατες τιμές συγκεντρώσεων στα επεξεργασμένα απόβλητα έτσι ώστε να εξασφαλίζουν την αποφυγή δυσάρεστων επιπτώσεων από την εφαρμογή του επεξεργασμένου νερού για αρδευτικούς σκοπούς. Οι τιμές αυτές διαφέρουν ανάλογα με τη χώρα, την περιοχή, τη μέθοδο άρδευσης, το είδος της καλλιέργειας και το βαθμό επεξεργασίας των αποβλήτων. Για την Ελλάδα υπολογίζεται ότι συγκέντρωση κολοβακτηριδίων της τάξης των 20- 30 /100 mL αποτελεί μια ασφαλή τιμή (Στάμου, 1995).

Περιεκτικότητα σε τοξικά οργανικά συστατικά

Τα κυριότερα σύνθετα οργανικά συστατικά που μπορεί να περιέχονται στα απόβλητα είναι χλωροφόρμιο, χλωροβενζόλιο, μαλαθίο, τα οποία αν και βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις της τάξης του 1 ppb μπορούν να είναι τοξικά ή να εγκυμονούν κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου. Η μεταφορά τους στον άνθρωπο γίνεται μέσω της τροφικής αλυσίδας (Στάμου, 1995).

4.4.2. Αστική χρήση

Η δεύτερη πιο διαδεδομένη χρήση του ανακτημένου νερού είναι η αστική. Τα τελευταία χρόνια τα ανακυκλωμένα λύματα χρησιμοποιούνται για διάφορες αστικές χρήσεις όπως το πότισμα κήπων, η άρδευση χώρων πρασίνου και κοινόχρηστων χώρων, η χρήση τους σε παράλληλο κύκλωμα ύδρευσης για την τροφοδοσία στα καζανάκια των τουαλετών, η δημιουργία τεχνητών λιμνών αναψυχής, καθώς και αποθήκευση του ανακυκλωμένου νερού για σκοπούς πυρόσβεσης (www.ellinikietairia.gr).

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αστικής χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων εφαρμόζονται στις Η.Π.Α., όπως στην πόλη St. Petersburg της Φλόριντα, όπου διανέμονται περίπου 80.000 m³/d ανακυκλωμένου νερού σε περισσότερους από 10.000 καταναλωτές για πότισμα κήπων και στο Irvine ranch της Καλιφόρνια, προάστιο του Λος Άντζελες, όπου 2.000 ha κήπων και 700 ha αγροτικών καλλιεργειών αρδεύονται με επεξεργασμένα απόβλητα. Στο Σίντνεϊ στην περιοχή

όπου φιλοξενήθηκαν οι Ολυμπιακοί Αγώνες του 2000 περίπου 7.000 m³/d ανακυκλωμένων λυμάτων χρησιμοποιήθηκαν για την έκλυση των τουαλετών και για άρδευση των χώρων πρασίνου (www.ellinikietairia.gr).

4.4.3. Βιομηχανική χρήση

Η βιομηχανική χρήση του ανακτημένου νερού περιλαμβάνει διάφορες εφαρμογές όπως είναι το πλύσιμο και η ψύξη σε εγκαταστάσεις παραγωγής προϊόντων, κ.α. Οι κυριότερες βιομηχανίες που χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες νερού είναι οι βιομηχανίες παραγωγής χάλυβα, χημικών, χαρτιού και αντίστοιχων προϊόντων και τα διυλιστήρια πετρελαίου (Metcalf and Eddy, 2007).

Το σύνολο σχεδόν των υγρών αποβλήτων της πόλης Φοίνιξ, στο New Mexico των Η.Π.Α., που ανέρχεται σε περίπου 250.000 m³/d χρησιμοποιείται ως νερό ψύξης από πυρηνικό σταθμό ηλεκτροπαραγωγής. Στην Σιγκαπούρη έχει κατασκευαστεί μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων δυναμικότητας 72.000 m³/d για την παραγωγή νερού υψηλής ποιότητας το οποίο χρησιμοποιείται από βιομηχανίες παραγωγής ημιαγωγών και άλλων προϊόντων υψηλής τεχνολογίας.

Στην Ελλάδα στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυτάλλειας, όπου βρίσκεται εγκατεστημένη η μονάδα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων του λεκανοπεδίου Αθηνών, ανακυκλώνονται περίπου 30.000 m³/d αποβλήτων. Τα 2/3 του ανακυκλωμένου νερού χρησιμοποιούνται ως νερό ψύξης των συμπιεστών αέρα και ως νερό παρασκευής διαλυμάτων πολυηλεκτρολυτών, ενώ το υπολειπόμενο 1/3 απολυμαίνεται με εφαρμογή ακτινοβολίας UV και χρησιμοποιείται για την άρδευση των χώρων πρασίνου και για την πλύση διαφόρων εξαρτημάτων στο χώρο των εγκαταστάσεων (www.ellinikietairia.gr).

4.4.4. Φόρτιση υπόγειων υδροφορέων

Ο εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφορέα με ανακτημένο νερό έχει χρησιμοποιηθεί για τον περιορισμό, το σταμάτημα ή ακόμα και την αναστροφή της μείωσης της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων, την προστασία του υπόγειου νερού των παράκτιων υδροφορέων από τη διείσδυση του θαλασσινού νερού καθώς και για την αποθήκευση επιφανειακού νερού (Metcalf and Eddy, 2007).

Οι κύριες μέθοδοι εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων με εκροές που ανακτώνται κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι με επιφανειακή κατάκλιση σε λεκάνες διήθησης και απευθείας έκχυση στον υπόγειο υδροφορέα (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί σε περιπτώσεις που η επαναφόρτιση των υπόγειων υδροφορέων γίνει τυχαία ή με ελλιπή προγραμματισμό, έτσι ώστε να αποφευχθεί το ενδεχόμενο χημικοί ή μικροβιολογικοί παράγοντες που περιέχονται στο ανακτημένο νερό να βλάψουν την υγεία των καταναλωτών (www.who.int).

Στο Orange country της Καλιφόρνια, χρησιμοποιούνται επεξεργασμένα απόβλητα σε ποιότητα πόσιμου ύδατος για την φόρτιση του υπόγειου υδροφορέα που χρησιμοποιείται για ύδρευση, με σκοπό την παρεμπόδιση εισβολής θαλασσίου νερού. Μετά από δεκαπενταετείς έρευνες διαπιστώθηκε ότι η ποιότητα του υπογείου ύδατος διατηρήθηκε σταθερή και σχεδιάζεται η επέκταση της παροχής φόρτισης από 57.000 m³/d που είναι σήμερα σε περίπου 200.000 m³/d. Στο El Paso, στο Τέξας των Η.Π.Α., επεξεργασμένα λύματα χρησιμοποιούνται από το 1985 για τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα που χρησιμοποιείται για την ύδρευση της πόλης, με ρυθμό εμπλουτισμού 38.000 m³/d. Ο μέσος χρόνος κατακράτησης του ύδατος στον υδροφορέα είναι δύο έτη και μέχρι στιγμής δεν έχουν διαγνωστεί αρνητικά αποτελέσματα στην υγεία του πληθυσμού (www.ellinikietairia.gr).

4.4.5. Χρήση λυμάτων για άμεση πόση

Η χρήση των λυμάτων για άμεση πόση αποτελεί την εφαρμογή με την μικρότερη απήχηση. Αν και η τεχνολογία για τον καθαρισμό των λυμάτων είναι δεδομένη υπάρχει κίνδυνος το παθογόνο μικροβιακό φορτίο που βρίσκεται στα λύματα, καθώς και ένα πλήθος οργανικών χημικών ενώσεων να διαφύγουν της επεξεργασίας. Παρόλα αυτά, σε περιοχές όπου το πόσιμο νερό είναι δυσεύρετο χρησιμοποιούνται επεξεργασμένα λύματα για άμεση πόση, σε ανάμειξη με άλλες πηγές (www.ellinikietairia.gr).

Στην πρωτεύουσα της Ναμίμπια, Windhoek για περίπου 30 χρόνια, οι ανάγκες για νερό κατά τη διάρκεια ξηρασίας καλύπτονται από συστήματα επαναχρησιμοποίησης αποβλήτων. Η παρούσα επεξεργασία περιλαμβάνει πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία και δεξαμενές ωρίμανσης. Στη συνέχεια η δευτεροβάθμια εκροή τροφοδοτείται σε εγκαταστάσεις ανάκτησης, που περιλαμβάνουν προσθήκη αλουμίνας, επίπλευση διαλυμένου αέρα, χλωρίωση, προσρόφηση σε άνθρακα και τελική χλωρίωση. Η τελική εκροή στη συνέχεια αναμιγνύεται με άλλες πηγές πόσιμου νερού πριν την υδροδότηση (Metcalf and Eddy, 2007).

Κεφάλαιο 5

Θέματα σχετικά με την Υγεία και το Περιβάλλον

Παρά την ύπαρξη τεχνολογικά ανεπτυγμένων προχωρημένων διαδικασιών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, η μακροχρόνια ασφάλεια του ανακτημένου νερού και η επίδραση του στο περιβάλλον είναι ακόμα δύσκολο να μετρηθούν (Metcalf and Eddy, 2007).

Στην περίπτωση έργων επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων πρέπει να διασφαλίζεται ότι παρέχεται ο ίδιος βαθμός προστασίας της δημόσιας υγείας που παρέχεται και από τις συμβατικές πηγές νερού. Οι κύριες παράμετροι που υπόκεινται σε έλεγχο είναι τα παθογόνα συστατικά, οι οργανικές ενώσεις και τα ανόργανα στοιχεία (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

Τα συστατικά που υπάρχουν στα αστικά υγρά απόβλητα και τα οποία μπορούν να οδηγηθούν προς επεξεργασία ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες: (Metcalf and Eddy, 2007)

- Συμβατικά. Είναι τα συστατικά που μετριοούνται σε mg /L και χρησιμοποιούνται ως βάση για το σχεδιασμό των περισσότερων συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.
- Μη συμβατικά. Είναι τα συστατικά που θα πρέπει πολλές φορές να απομακρυνθούν ή να μειωθούν εφαρμόζοντας προχωρημένες μεθόδους επεξεργασίας πριν τη χρήση του ανακτημένου νερού.
- Νεοεμφανιζόμενα. Είναι τα συστατικά που μετριοούνται σε περιεκτικότητες μικρο- ή νανογραμμάρων ανά λίτρο και τα οποία μπορεί να έχουν μακροχρόνια αρνητική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία αλλά και στο περιβάλλον.

Πίνακας 8: Τυπικά συστατικά που μπορεί να περιέχονται στα υγρά απόβλητα

Ταξινόμηση	Συστατικά
Συμβατικά	TSS
	Κολλοειδή στερεά
	BOD
	COD
	TOC
	Αμμωνία
	Νιτρικά
	Νιτρώδη
	Ολικό άζωτο
	Φώσφορος
	Βακτήρια
	Κύστες πρωτόζωων και ωοκύστες
	Ιοί
Μη συμβατικά	Δύσκολα αποικοδομήσιμα οργανικά συστατικά
	Πτητικά οργανικά συστατικά
	Επιφανειοδραστικές ουσίες
	Μέταλλα
	Ολικά διαλυμένα στερεά
Νεοεμφανιζόμενα	Ιατρικά φάρμακα
	Προϊόντα καθαρισμού σπιτιών
	Κτηνιατρικά και ανθρώπινα αντιβιοτικά
	Βιομηχανικά και οικιακά προϊόντα
	Διάφορες ορμόνες
	Ουσίες που διαταράσσουν το ενδοκρινικό σύστημα

Πηγή: Metcalf and Eddy, 2007

Σε χώρες χωρίς ιδιαίτερη εμπειρία σε τεχνολογίες επαναχρησιμοποίησης ελλοχεύει ο κίνδυνος της μετάδοσης ασθενειών από την χρήση ανακυκλωμένου νερού σε αγροτικές εφαρμογές και στον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων, καθώς και ο κίνδυνος υποβάθμισης του περιβάλλοντος (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο Λίβανος όπου η κακή διαχείριση των αστικών λυμάτων και κυρίως η χρήση μη επεξεργασμένων λυμάτων για σκοπούς άρδευσης έχουν προκαλέσει αλάτωση των εδαφών με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγικής τους ικανότητας. Εξαιτίας της απεριόριστης διάθεσης ανεπεξέργαστων λυμάτων στη Μεσόγειο θάλασσα καθώς και σε ποτάμια, έχει προκληθεί υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων σε πολλές περιοχές και επιπλέον έχουν επηρεαστεί αρνητικά τα υδροφόρα στρώματα με αποτέλεσμα η χρήση νερού από αυτά να θέτει σε

κίνδυνο τη δημόσια υγεία. Επίσης έχει αναφερθεί ένας αρκετά μεγάλος αριθμός εκδήλωσης διαφόρων ασθενειών εξαιτίας της χρήσης ως πόσιμο ανακτημένου νερού το οποίο είχε υψηλό μικροβιακό φορτίο εξαιτίας της συνεχούς διάθεσης ανεπεξέργαστων λυμάτων στο έδαφος με αποτέλεσμα τη μόλυνση των υπογείων υδάτων (<http://66.249.93.104>).

Πίνακας 9: Περιστατικά εκδήλωσης ασθενειών στο Λίβανο εξαιτίας χρήσης νερού με υψηλό μικροβιακό φορτίο

Ασθένεια	Αριθμός περιπτώσεων μόλυνσης(1995)	Αριθμός περιπτώσεων μόλυνσης(1996)	Αριθμός περιπτώσεων μόλυνσης(1997)
Δυσεντερία	624	1097	626
Ηπατίτιδα	401	579	686
Τύφος	1279	871	853

Πηγή: <http://66.249.93.104>

Στην προσπάθεια να διασφαλιστεί η δημόσια υγεία και η προστασία του περιβάλλοντος οι μέχρι πρόσφατα προσπάθειες είχαν επικεντρωθεί στην κατάλληλη επεξεργασία των αποβλήτων ως την μοναδική εφικτή και ενδεδειγμένη λύση. Παρόλα αυτά η συγκεκριμένη προσέγγιση εστιάζει μόνο σε μικροβιολογικά κριτήρια, και πιο συγκεκριμένα στην εξάλειψη των κινδύνων μέσω της απομάκρυνσης παθογόνων παραγόντων. Οι σύγχρονες θεωρήσεις που σχετίζονται με την δημόσια υγεία και το περιβάλλον θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους εκτός από μικροβιολογικούς/τοξικολογικούς και οικονομικούς παράγοντες. Ακολουθούν κάποια μέτρα που θα πρέπει να εφαρμοστούν για την ελίτευξη των παραπάνω όπως (Papadopoulos, 1997):

- Υιοθέτηση και εφαρμογή των οδηγιών και κανονισμών στη διαδικασία επαναχρησιμοποίησης
- Παρακολούθηση της ποιότητας των λυμάτων
- Έλεγχος των συστημάτων αποθήκευσης και διανομής

Κεφάλαιο 6

Οδηγίες και Κριτήρια Επαναχρησιμοποίησης Υγρών Αποβλήτων

6.1. Γενικά

Για κάθε ωφέλιμη χρήση εκροών επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων απαιτείται συγκεκριμένη ποιότητα νερού, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανοί κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι παράγοντες αυτοί προσδιορίζουν τελικά τις απαιτούμενες διεργασίες και τεχνολογίες επεξεργασίας καθώς και το κόστος που θα απαιτηθεί (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

Εξαιτίας των κινδύνων που συνεπάγεται η επαναχρησιμοποίηση των εκροών των υγρών αποβλήτων για τις διάφορες χρήσεις και ιδιαιτέρως για τη γεωργική, διάφορες χώρες έχουν θεσπίσει ή έχουν ξεκινήσει τις απαραίτητες διαδικασίες θέσπισης κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης. Οι κανονισμοί και οι οδηγίες διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των διαφόρων χωρών ή ακόμη και μεταξύ περιοχών της ίδιας χώρας (Αγγελάκης, 2006).

Οι πρώτες οδηγίες που θεσπίστηκαν μέχρι και τα σημερινά κριτήρια βασίζονται σε μετρήσεις συμβατικών παραμέτρων όπως το BOD, TSS και τα κολοβακτηρίδια. Έτσι τα περισσότερα κριτήρια και οδηγίες δεν περιλαμβάνουν παθογόνα βακτήρια όπως της σαλμονέλας, εντερικούς ιούς (π.χ. ηπατίτιδα), νεοεμφανιζόμενα παθογόνα ή ιχνοστοιχεία οργανικών ουσιών (Metcalf and Eddy, 2007).

Σε παγκόσμιο επίπεδο, ο πρώτος κανονισμός για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην γεωργία εκδόθηκε το 1918 από την πολιτεία της Καλιφόρνια, στις Η.Π.Α. Ο κανονισμός αυτός αναθεωρήθηκε αρκετές φορές μέχρι το 1978, και σήμερα αποτελεί τη βάση για τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης λυμάτων και σε άλλες πολιτείες των Η.Π.Α. αλλά και σε πολλές χώρες του κόσμου (www.ellinikietairia.gr).

Σε διεθνές επίπεδο, οι μέχρι σήμερα γνωστές οδηγίες και κανονισμοί κριτηρίων ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων βασίζονται σε δύο κύριες "φιλοσοφίες", αυτή του Παγκόσμιου Οργανισμού υγείας (W.H.O.) και του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (F.A.O.). Αυτές χρησιμοποιούνται σήμερα ως πρότυπα στη καθιέρωση κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων. Οι δυο αυτές φιλοσοφίες θεωρούνται αντιφατικές εξαιτίας των διαφορών τους κυρίως σε θέματα σχετικά με την απαιτούμενη ποιότητα των εκροών για άρδευση λαχανικών που καταναλώνονται ωμά (όπως μαρούλια και λάχανα) ή αυτά που κατά τη διαδικασία της άρδευσης έρχονται σε άμεση επαφή με τις εφαρμοζόμενες εκροές (πατάτες) (Αγγελάκης, 2006).

Τα κριτήρια ποιότητας διαφοροποιούνται αισθητά ανάλογα με τη χρήση και την εφαρμοζόμενη επεξεργασία. Έτσι, στην περίπτωση που το ανακυκλωμένο νερό προορίζεται για πόσιμη χρήση, τα κριτήρια ποιότητας που πρέπει να πληροί σχετίζονται κυρίως με θέματα κοινωνικής αποδοχής και επικινδυνότητας. Στη βιομηχανία τα κριτήρια είναι αμφιλεγόμενα και καθορίζονται από τις προδιαγραφές κάθε βιομηχανικής χρήσης, ενώ για τη χρήση του ανακτημένου νερού στη γεωργία επικρατεί έντονος προβληματισμός για τα κριτήρια ποιότητας που πρέπει να εφαρμόζονται, κυρίως όσον αφορά τους παθογόνους οργανισμούς και πως αυτά μπορούν να διαφοροποιηθούν ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης και την προοριζόμενη χρήση της αρδευόμενης καλλιέργειας.

Οι βιομηχανικές χώρες προβάλλουν αυστηρές προδιαγραφές για την ποιότητα του νερού (συγκρίσιμες με αυτές του πόσιμου νερού), με τη βεβαιότητα ότι οι πιο ακριβές τεχνολογίες εξασφαλίζουν πιο υγιεινό νερό. Αντίθετα, οι αναπτυσσόμενες χώρες, που μαστίζονται από σοβαρή έλλειψη νερού και έλλειψη πόρων επιδιώκουν με την εκπόνηση επιδημιολογικών μελετών να υπερασπιστούν και να υιοθετήσουν τις λιγότερο αυστηρές οδηγίες, όπως αυτές του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

Οι παράγοντες που καθορίζουν την ανάπτυξη και θέσπιση κριτηρίων που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων είναι οι εξής (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005):

- *Η προστασία της δημόσιας υγείας.* Η χρήση επεξεργασμένων εκροών υγρών αποβλήτων δεν θα πρέπει να εγκυμονεί κινδύνους για τη δημόσια υγεία. Για το λόγο αυτό, το σύνολο των οδηγιών επαναχρησιμοποίησης επικεντρώνεται στην προστασία της δημόσιας υγείας. Σε περιπτώσεις μη πόσιμων χρήσεων, οι κανονισμοί αναφέρονται κυρίως στα όρια παθογόνων οργανισμών στο ανακυκλωμένο νερό.
- *Απαιτήσεις ποιότητας ανάλογα με την χρήση.* Ανάλογα με την προοριζόμενη χρήση του η ποιότητα του ανακυκλωμένου νερού πρέπει να πληροί ορισμένα φυσικοχημικά κριτήρια.
- *Περιβαλλοντικές θεωρήσεις.* Οι εκροές υγρών αποβλήτων δεν θα πρέπει να εγκυμονούν κινδύνους για τη φυσική πανίδα και χλωρίδα στην περιοχή που γίνεται εφαρμογή τους. Ακόμη, φυσικοί υδατικοί αποδέκτες που δέχονται εκροές υγρών αποβλήτων δεν θα πρέπει να υποβαθμίζονται ποιοτικά.
- *Αισθητικοί λόγοι.* Εκροές υγρών αποβλήτων που προορίζονται για χρήσεις, όπως άρδευση πάρκων, καθαρισμό τουαλετών ή ψυχαγωγία, δεν θα πρέπει να διαφέρουν στη εμφάνιση τους από το φυσικό νερό.
- *Πολιτικοί λόγοι.* Νομοθετικές αποφάσεις, που σχετίζονται με την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων επηρεάζονται από την υδατική πολιτική, την τεχνολογική εφαρμογή και το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης των αναγκαίων έργων. Ωστόσο η επιρροή αυτή δεν θα πρέπει να είναι σε βάρος της υγείας των πολιτών και της προστασίας του περιβάλλοντος.

6.2. Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας(W.H.O.)

Το 1989 ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας ανακοίνωσε τέσσερις βασικές κατηγορίες μέτρων για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, οι οποίες ήταν η επεξεργασία των λυμάτων, ο περιορισμός των τύπων των αρδευόμενων καλλιεργειών, η επιλογή μεθόδου άρδευσης και ο έλεγχος της ανθρώπινης έκθεσης στους παθογόνους οργανισμούς των λυμάτων, του εδάφους ή των αγροτικών προϊόντων.

Για την ικανοποίηση των πιο επάνω μέτρων ο W.H.O. κατέληξε στα εξής συμπεράσματα (www.ellinikietairia.gr):

- Η άρδευση με ακατέργαστα λύματα και χωρίς λήψη προληπτικών μέτρων εγκυμονεί υψηλό κίνδυνο μετάδοσης ασθενειών
- Η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας των λυμάτων ή η λήψη μέτρων για την αποφυγή της ανθρώπινης επαφής με τους παθογόνους μικροοργανισμούς μειώνει τον κίνδυνο, ο οποίος όμως, αν και χαμηλός, εξακολουθεί να υφίσταται
- Αποτελεσματικό μέτρο, τουλάχιστον για τους καταναλωτές, αποτελεί η εφαρμογή της άρδευσης σε περιορισμένους τύπους καλλιεργειών και κυρίως σε καλλιέργειες που δεν παράγουν προϊόντα που τρώγονται ωμά (περιορισμένη άρδευση)
- Η πλήρης επεξεργασία των λυμάτων αποτελεί το αποτελεσματικότερο εργαλείο για την πρόληψη μετάδοσης ασθενειών, χωρίς στην περίπτωση αυτή να είναι αναγκαίος ο περιορισμός των καλλιεργειών (απεριόριστη άρδευση)

Οι οδηγίες και τα όρια που τίθενται από τον W.H.O έχουν υποστεί κριτική από τις αναπτυγμένες χώρες, αφού θεωρούνται αρκετά ελαστικά. Παρ' όλα αυτά, αποτελούν μια βάση εκκίνησης για τις υπό ανάπτυξη χώρες, όπου πολλές φορές παρατηρείται το φαινόμενο της επαναχρησιμοποίησης λυμάτων απουσία σχετικών κριτηρίων ποιότητας (www.ellinikietairia.gr).

Οι οδηγίες του 1989 για αρδευτική και αστική χρήση καθώς και αυτές για τον εμπλουτισμό των υπογείων υδροφορέων και υδατοκαλλιεργειών βρίσκονται σήμερα στη διαδικασία της αναθεώρησης (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

Πίνακας 10: Προτεινόμενα μικροβιολογικά κριτήρια ποιότητας για χρησιμοποίηση λυμάτων στην γεωργία, σύμφωνα με τον W.H.O.

Είδος άρδευσης	Εκτιθέμενη ομάδα	Εντερικοί Νηματοειδείς	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια (FC) ανά 100mL	Επεξεργασία που αναμένεται να επιτύχει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα
Άρδευση καλλιεργειών με προϊόντα που τρώγονται ωμά, άρδευση γηπέδων και δημοσίων πάρκων	Εργάτες Καταναλωτές Κοινό	<1	<1000	Σειρά λυμών οξείδωσης που επιτυγχάνει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα, ή άλλη ισοδύναμη επεξεργασία
Άρδευση δημητριακών βιομηχανικών καλλιεργειών, ζωοτροφών, βοσκοτόπων και δένδρων	Εργάτες	<1	Δεν τίθενται όρια	Παραμονή σε λίμνες Σταθεροποίησης για 8-10 ημέρες ή ισοδύναμη απομάκρυνση περιττωματικών κολοβακτηριδίων
Ομοίως με την προηγούμενη, με εξασφάλιση μη έκθεσης εργαζομένων και κοινού	Καμία	Δεν έχουν εφαρμογή	Δεν έχουν εφαρμογή	Επεξεργασία που απαιτείται από την τεχνολογία του συστήματος άρδευσης, όχι μικρότερη από πρωτοβάθμια

Πηγή: www.ellinikietairia.gr

6.3. Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (F.A.O)

Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών στην προσπάθειά του να διαμορφώσει κριτήρια ποιότητας για το νερό άρδευσης πρότεινε τη χρήση της οδηγίας του W.H.O σε ότι αφορά όρια των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων (FC). Εκτός από την αντιμετώπιση των κινδύνων δημόσιας υγείας που οφείλονται στη χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση, ο F.A.O έχει προτείνει και οδηγίες για τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την ποιότητα του αρδευτικού νερού καθώς και μια σειρά αγρονομικών μέτρων προκειμένου να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή απόδοση των αρδευόμενων καλλιεργειών. Με βάση την ταξινόμηση αυτή το νερό άρδευσης κατατάσσεται σε διάφορες κατηγορίες ποιότητας, έτσι ώστε ο χρήστης να αποφαινεται για τα πιθανά πλεονεκτήματα, όσο και τα προβλήματα, που αφορούν τη χρήση δεδομένης ποιότητας νερού για άρδευση. Η γενική αυτή κατηγοριοποίηση αφορά κατά κύριο λόγο τη χρήση συμβατικών πηγών αρδευτικού νερού. Ωστόσο, θεωρείται εξ' ίσου εφαρμόσιμη και στη περίπτωση αξιολόγησης της ποιότητας εκροών αποβλήτων για άρδευση (Αγγελάκης, 2006).

6.4. Ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνια

Σήμερα, τα ισχύοντα κριτήρια στην πολιτεία της Καλιφόρνια περιλαμβάνουν τέσσερις κατηγορίες ποιότητας ανακυκλωμένου νερού. Τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης εκτός από όρια παθογόνων οργανισμών, θολότητας και τις απαιτήσεις επεξεργασίας περιλαμβάνουν προδιαγραφές και για την αξιοπιστία της επεξεργασίας. Οι προδιαγραφές αυτές αναφέρονται σε εφεδρικά συστήματα ενέργειας και ασφαλείας, πολλαπλές ή εφεδρικές μονάδες επεξεργασίας, σε αποθήκευση ή διάθεση μερικώς επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε περιπτώσεις ανάγκης, ελαχιστοποίηση παρακάμψεων στη διαδικασία επεξεργασίας, μηχανισμούς παρακολούθησης, αυτοματοποίηση λειτουργίας και θέματα σχεδιασμού για πιο ευέλικτη λειτουργία (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

Ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνια έχει θέσει διάφορες αποστάσεις ασφαλείας για την προστασία του κοινού, αλλά και διάφορα μέτρα ελέγχου του χώρου, που περιλαμβάνουν περιορισμό των απορροών κατά τη χρήση ανακυκλωμένου νερού, προστασία των χώρων αναψυχής από ανθρώπινη επαφή καθώς και τοποθέτηση προειδοποιητικών πινακίδων, όπως: "Ανακυκλωμένο νερό - Δεν πίνεται" κ.α. (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

Τα κριτήρια του κανονισμού της Καλιφόρνια προωθούν υψηλά επίπεδα ποιότητας. Συγκεκριμένα ορίζουν ότι την συμβατική βιολογική επεξεργασία των λυμάτων ακολουθεί τριτογενής επεξεργασία, φιλτράρισμα και απολύμανση ώστε να παραχθεί κατάλληλο νερό για άρδευση (Angelakis et al., 1999).

Πίνακας 11: Μικροβιολογικά κριτήρια της πολιτείας της Καλιφόρνια για χρήση λυμάτων στην γεωργία

Είδος χρήσης	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC) ανά 100 mL	Απαιτούμενη επεξεργασία
Ζωοτροφές, μη βρώσιμες καλλιέργειες, άρδευση οπωρώνων, αμπελώνων	Δεν τίθενται όρια	Δευτεροβάθμια
Βοσκότοποι για γαλακτοπαραγωγή ζώα, τεχνητές λίμνες αναψυχής, πότισμα γηπέδων γκολφ, νεκροταφείων κ.λ.π.	<23	Οξείδωση και απολύμανση
Επιφανειακή άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών, τεχνητές λίμνες αναψυχής	<2,2	Οξείδωση και απολύμανση
Άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών με καταιονισμό, πάρκων, παιδικών χαρών, τεχνητές λίμνες αναψυχής	<2,2	Οξείδωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση και απολύμανση

Πηγή: www.ellinikietairia.gr

6.5. Υπηρεσία Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (US EPA)

Το 1992, η US EPA δημοσίευσε ένα τεχνικό κείμενο με τίτλο “Οδηγίες για την Επαναχρησιμοποίηση του Νερού (Guidelines for Water Reuse)”. Στο εγχειρίδιο αυτό περιλαμβάνονταν περιλήψεις των προτύπων που πρέπει να πληροί το ανακτημένο νερό για κάθε πολιτεία, οδηγίες για την επεξεργασία και ανάκτηση των υγρών αποβλήτων καθώς και άλλα βασικά ζητήματα ως προς την αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων του επεξεργασμένου νερού (www.nesc.wvu.edu).

Πίνακας 12: Οδηγίες της US EPA για τις τρεις πιο διαδεδομένες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης

Κατηγορία επαναχρησιμοποίησης	Επεξεργασία	Ποιότητα ανακτημένου νερού	Παρακολούθηση του ανακτημένου νερού
Αστική χρήση (άρδευση χώρων πρασίνου, πυρόσβεση, τουαλέτες, συστήματα κλιματισμού)	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, φίλτρανση, απολύμανση	pH 6-9 BOD < 10 mg /L Υπολ. Cl ₂ : 1 mg /L (min) Κολοβακτηρίδια < 14 /100 mg /L	pH:εβδομαδιαίως BOD: εβδομαδιαίως Υπολ. Cl ₂ : συνεχώς Κολοβακτηρίδια: ημερησίως
Γεωργική άρδευση για μη βρώσιμα είδη(βοσκότοποι για γαλακτοπαραγωγά ζώα, ζωοτροφές, καρποδοτικές καλλιέργειες)	Δευτεροβάθμια επεξεργασία	pH 6-9 BOD < 30 mg /L TSS < 30 mg /L Κολοβακτηρίδια < 200 /100 mg /L Υπολ. Cl ₂ : 1 mg /L (min)	pH:εβδομαδιαίως BOD: εβδομαδιαίως TSS: ημερησίως Υπολ. Cl ₂ : συνεχώς Κολοβακτηρίδια: ημερησίως
Έμμεση πόσιμη χρήση(φόρτιση υπόγειων υδροφορέων με έκχυση σε πόσιμα υδροφόρα στρώματα)	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, απολύμανση (τουλάχιστον) Μπορεί να απαιτηθεί φίλτρανση ή και προχωρημένη επεξεργασία	Ανάλογα με την τοποθεσία Πρέπει να ακολουθεί τα πρότυπα του πόσιμου νερού κατά τη διήθηση	pH: ημερησίως Υπολ. Cl ₂ : συνεχώς Κολοβακτηρίδια: ημερησίως Επίπεδα ποιότητας πόσιμου νερού: τριμηνιαίως

Πηγή: www.nesc.wvu.edu

Πίνακας 13: Σύγκριση των μικροβιολογικών οδηγιών και κριτηρίων για άρδευση από τον W.H.O.(1989), την US. EPA (1992) και την Πολιτεία της Καλιφόρνια(1978)

Οργανισμός	Εφαρμογή	Εντερικά /νηματοζώα	Κολοβακτηρίδια	Απαιτούμενη Επεξεργασία
WHO	Άρδευση σιτηρών, βιομηχανικών φυτών, ζωοτροφών, λιβαδιών, δασικών εκτάσεων	<1/1	Δεν έχει καθοριστεί	Διατήρηση 8-10 ημερες σε δεξαμενές σταθεροποίησης
WHO	Άρδευση φυτών που καταναλώνονται ωμά, γήπεδα γκολφ, χώροι πρασίνου	<1/1	<1.000/ 100 mL	Σειρά από δεξαμενές σταθεροποίησης
US. EPA	Άρδευση βοσκότοπων για γαλακτοπαραγωγή ζώα	Δεν έχει καθοριστεί	200/ 100 mL	Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απολύμανση
CA	Άρδευση βοσκότοπων για γαλακτοπαραγωγή ζώα, τεχνητές λίμνες	Δεν έχει καθοριστεί	<23 / 100 mL	Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απολύμανση
WHO	Άρδευση κοινόχρηστων χώρων	<1/1	<200/ 100 mL	Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απολύμανση
US. EPA	Άρδευση στάγδην ή επιφανειακή τροφών που καταναλώνονται ωμά	Δεν έχει καθοριστεί	Μη ανιχνεύσιμο	Δευτεροβάθμια επεξεργασία με φίλτρανση(με προηγούμενη προσθήκη πτητικών και πολυμερών και απολύμανση)
CA	Άρδευση στάγδην ή επιφανειακή βρώσιμων καλλιεργειών, χώρων πρασίνου	Δεν έχει καθοριστεί	<2.2 / 100 mL	Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απολύμανση και φίλτρανση

Πηγή: Angelakis et al., 1999

6.6. Κανονισμοί στην Ευρωπαϊκή Ένωση και σε χώρες της Μεσογείου

Η Ε.Ε. εξαιτίας των πλούσιων υδατικών αποθεμάτων δεν έχει ασχοληθεί ιδιαίτερα μέχρι σήμερα με αντικείμενα ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης νερού. Παρόλα αυτά οι ξηρασίες των τελευταίων ετών σε χώρες όπως η Ισπανία και η Ελλάδα, αλλά και η έλλειψη υδάτινων πόρων και η διάχυτη ρύπανση σε όλη την Ευρώπη θέτουν επιτακτικά το θέμα της ανάκτησης του νερού (Αγγελάκης, 2006).

Αν και μέχρι τώρα η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων ήταν περιορισμένη, στη νότια Ευρώπη αποτελεί μια συνεχώς αυξανόμενη πηγή για νερό άρδευσης ενώ στη βόρεια Ευρώπη το ανακτημένο νερό μόλις άρχισε να εφαρμόζεται για την προστασία του περιβάλλοντος (Angelakis et al., 2003).

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που περιορίζουν την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων στην Ευρώπη και ιδιαίτερα στην περιοχή της Μεσόγειου είναι η απουσία ενός ενιαίου, διεθνούς ή έστω και περιφερειακού, νομοθετικού πλαισίου (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία στερείται νομοθετικών ρυθμίσεων σχετικά με την απαιτούμενη ποιότητα των προς επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Μία γενική αναφορά στο θέμα γίνεται στην Οδηγία 91/271 της Ε.Ε. (άρθρο 12, §1), όπου αναφέρεται ότι: Τα επεξεργασμένα λύματα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται, όποτε είναι σκόπιμο...» (www.ellinikietairia.gr).

Αν και δεν υπάρχει εκτεταμένη εφαρμογή καθώς και νομικό πλαίσιο για την εφαρμογή ανακτημένου νερού στο χώρο της Ε.Ε., έχει αναγνωριστεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή η σημασία της επαναχρησιμοποίησης των αστικών αποβλήτων. Κατά τη χρονική περίοδο 1994-1998 και 1999-2002 πραγματοποιήθηκαν αρκετά ερευνητικά προγράμματα χρηματοδοτούμενα από κοινοτικούς πόρους (BIOWATSYST, CATCH WATER, FP4 (1994-1998)COLD WSPS, MED WATER POLICY SWIMED, AQUAREC P- THREE, MBR- RECYCLING WAM –ME, POSEIDON, FP5 (1999-2002) CORETECH) (Bixio et al., 2006).

Στις χώρες της Μεσογείου αν και υπάρχουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά (κλίμα, υδατικά αποθέματα, κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες) θα πρέπει να επισημανθούν

και αρκετές διαφορές που είναι σημαντικές για τον καθορισμό των κριτηρίων στην επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων. Σε αρκετές χώρες η χρήση ανακτημένου νερού υπαγορεύεται από αυστηρά μέτρα διάθεσης ανεξάρτητα από τη χρήση, ενώ σε άλλες τα κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση εξαρτώνται από τις πρακτικές ανάκτησης. Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχουν διαφορετικά σημεία εκκίνησης στην φιλοσοφία της χρήσης ανακτημένου νερού, με αποτέλεσμα την αδυναμία θέσπισης ομοιόμορφων κριτηρίων (Andreadakis et al., 2001).

Η Αίγυπτος, η Ιορδανία, η Τυνησία, η Παλαιστίνη, το Μαρόκο και η Συρία αποτελούν μια ομάδα χωρών που αν και έχουν εκτενή ανάγκη σε εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης αντιμετωπίζουν κοινωνικό-οικονομικούς περιορισμούς όπως έλλειψη πόρων, ανεπάρκεια υποδομών και περιορισμένη εμπειρία στην κατασκευή και λειτουργία περίπλοκων συστημάτων επεξεργασίας. Η κατάσταση διαφοροποιείται σε χώρες όπως η Ελλάδα, η Κύπρος, το Ισραήλ και η Μάλτα όπου τα επίπεδα ανάπτυξης είναι μεγαλύτερα και υπάρχει διαθεσιμότητα οικονομικών πόρων και υποδομών. Ανάλογη κατάσταση υπάρχει και σε άλλες χώρες όπως η Ιταλία, η Γαλλία, η Ισπανία και η Πορτογαλία. Η τάση να υιοθετούν αυστηρότερα πρότυπα από τον W.H.O. αντικατοπτρίζεται σε πρόσφατους θεσμοθετημένους κανονισμούς (Ισπανία, Κύπρος, Ισραήλ), με αποτέλεσμα την έντονη κριτική για τις οδηγίες του W.H.O. (Andreadakis et al., 2001).

Πίνακας 14: Πρακτικές επαναχρησιμοποίησης σε χώρες της Μεσογείου

Χώρες	Αστική χρήση	Απεριόριστη γεωργική και βιομηχανική χρήση	Περιορισμένη γεωργική χρήση	Μη ανακύκλωση
Αλβανία				✓
Αλγερία*	✓			
Βοσνία και Ερζεγοβίνη				✓
Κροατία				✓
Κύπρος	✓	✓	✓	
Αίγυπτος	✓		✓	
Γαλλία	✓	✓	✓	
Ελλάδα	✓		✓	
Ισραήλ	✓	✓	✓	
Ιταλία		✓	✓	
Λίβανος			✓	
Λιβύη			✓	
Μάλτα			✓	
Μονακό				✓
Μαρόκο			✓	
Σλοβενία				✓
Ισπανία	✓	✓	✓	
Συρία			✓	
Τυνησία	✓	✓	✓	
Τουρκία			✓	

Πηγή: Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005

* Μόνο για κτηνοτροφικά φυτά, βοσκές και δεινδρώδεις καλλιέργειες

Πίνακας 15: Θεσμοθέτηση ή μη κριτηρίων σε χώρες της Μεσογείου

Χώρες	Θεσμοθέτηση κριτηρίων	Σχεδιάζεται θεσμοθέτηση κριτηρίων	Δεν υφίστανται κριτήρια
Αλβανία		✓	✓
Αλγερία*			
Βοσνία και Ερζεγοβίνη			✓
Κροατία			✓
Κύπρος	✓		
Αίγυπτος		✓	
Γαλλία	✓		
Ελλάδα **		✓	
Ισραήλ	✓		
Ιταλία	✓		
Λίβανος		✓	
Λιβύη		✓	
Μάλτα		✓	
Μονακό			✓
Μαρόκο		✓	
Σλοβενία			✓
Ισπανία ***	✓		
Συρία		✓	
Τυνησία	✓		
Τουρκία	✓		

Πηγή: Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005

* Προγραμματίζεται εφαρμογή

** Έχει ανατεθεί μελέτη

*** Μόνο σε ορισμένες Περιφέρειες (Balearic, Andalusia)

Πίνακας 16: Χώρες της Ε.Ε. με κριτήρια επαναχρησιμοποίησης

Χώρα μέλος	Τύπος κριτηρίων	Παρατηρήσεις
Βέλγιο (Φλαμανδία)	Πρόταση της Aquafin στην κυβέρνηση (2003)	Βασίζονται στις οδηγίες της EPA για την Αυστραλία
Γαλλία	Άρθρο 24 Διάταγμα 94/4693 DGS /SD1.D./91/n°51	Θέσπιση κριτηρίων για άρδευση. Ακολουθούν τα κριτήρια του W.H.O. Περιορισμοί σε τεχνικές άρδευσης και αποστάσεων
Ιταλία	Διάταγμα του υπουργείου περιβάλλοντος 185/2003	Απαιτούνται κριτήρια ποιότητας του ανακτημένου νερού για γεωργική, βιομηχανική και αστική(μη πόσιμο) χρήση
Σικελία, Emilia Romagna , Puglia	Οδηγίες	Ακολουθούν τα κριτήρια του W.H.O.
Ισπανία	Νόμος 29/1985 Βασιλικό διάταγμα 2473/1985	Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης από το 1985. Θέσπιση κανονισμών το 1999 για 14 κατηγορίες εφαρμογής ανακτημένου νερού
Ανδαλουσία, Καταλονία, Βαλεαρίδες Νήσοι	Οδηγίες από τις περιφερειακές αρχές υγείας	Οδηγίες για χρήση του ανακτημένου νερού στη γεωργία από το 1989, με βάση τις οδηγίες του W.H.O.
Κύπρος	Προσωρινά κριτήρια	Πιο αυστηρά μέτρα για άρδευση από τον W.H.O. και λιγότερο από την πολιτεία της Καλιφόρνια

Πηγή: Bixio et al., 2006

Πίνακας 17: Εθνικά και τοπικά κριτήρια της Ιταλίας για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην γεωργία

Περιγραφή	Κριτήρια Ποιότητας	
	Μικροβιακή ποιότητα	Φυσικοχημική ποιότητα
Εθνικά κριτήρια Καλλιέργειες που καταναλώνονται ωμές (Απεριόριστη άρδευση) Βοσκότοποι (Περιορισμένη άρδευση)	2 TC/100mL 20 TC/100mL	-
Puglie Απεριόριστη άρδευση Περιορισμένη άρδευση	2 TC/100mL 20 TC/100mL	15mg/L BOD ₅ , 40mg/L COD, 10mg/L TSS, 0,2 mg/L υπολειμματικό χλώριο, 6,5-8,5 pH
Emilia Romagna Απεριόριστη άρδευση Περιορισμένη άρδευση	2 TC/100mL 20 TC/100mL	-
Σικελία Περιορισμένη άρδευση Απαγορεύεται η άρδευση καλλιεργειών που έρχονται σε απευθείας επαφή με τα επεξεργασμένα λύματα	3000 TC/100mL 1000 FC/100mL 1 αυγό νηματοειδών/ανά λίτρο Μη αντιχλωσιμη σαλμονέλα	40mg/L BOD ₅ , 160mg/L COD, 30mg/L TSS, 6,5-8,5 pH

Πηγή: www.ellinikietairia.gr

Πίνακας 18: Κριτήρια της Κύπρου για αστικά λύματα που θα χρησιμοποιηθούν για άρδευση

Άρδευση	BOD ₅ mg/L	SS mg/L	FC/ 100mL	Εντερικοί σκώληκες/L	Απαιτούμενη επεξεργασία
Απεριόριστη άρδευση	10	10	5 15	0	Δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία και απολύμανση
Χώροι αναψυχής ελεύθερης πρόσβασης- Άρδευση καλλιεργειών που τρώγονται μαγειρεμένες ή μετά από επεξεργασία	10 15	10 15	50 100	0	-
Περιορισμένη άρδευση- χώροι αναψυχής περιορισμένης πρόσβασης	20 30	30 45	200 1.000	0	Δευτεροβάθμια επεξεργασία και αποθήκευση για πάνω από 7 ημέρες και απολύμανση, ή τριτοβάθμια επεξεργασία και απολύμανση
Καλλιέργειες για ζωοτροφές	20 30	30 45	1.000 5.000	0	Δευτεροβάθμια επεξεργασία και αποθήκευση για πάνω από 7 ημέρες, ή τριτοβάθμια επεξεργασία και απολύμανση
Βιομηχανικές καλλιέργειες	50 70	-	3.000 10.000	-	Δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση

Πηγή: www.ellinikietairia.gr

Κεφάλαιο 7

Παραδείγματα Επαναχρησιμοποίησης Υγρών Αποβλήτων

7.1. Η.Π.Α.

Οι περισσότερες περιοχές όπου εφαρμόζεται η επαναχρησιμοποίηση του νερού βρίσκονται στις άνυδρες και ημιάνυδρες δυτικές και βορειοδυτικές πολιτείες, όπως η Αριζόνα, η Καλιφόρνια, το Κολοράντο, η Νεβάδα, το Τέξας και η Γιούτα. Παρόλα αυτά, ένας αυξανόμενος αριθμός εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης υλοποιείται και στις υγρές περιοχές των Η.Π.Α. όπως η Φλόριντα, το Μέριλαντ και το Μισούρι. Οι εφαρμογές αυτές έχουν ως στόχο τη μείωση της ρύπανσης του νερού καθώς και την ενίσχυση των υδάτινων αποθεμάτων. Λόγω του κόστους επεξεργασίας και των θεμάτων υγείας και ασφάλειας, οι εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού έχουν περιοριστεί κυρίως σε μη πόσιμες χρήσεις (Metcalf and Eddy, 2007).

Στη Φλόριντα επαναχρησιμοποιούνται 584.000.000 γαλόνια υγρών αποβλήτων την ημέρα για ωφέλιμες χρήσεις. Στην πόλη St. Petersburg, οι τέσσερις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και ανάκτησης λαμβάνουν πάνω από 40 εκατομμύρια γαλόνια υγρών αποβλήτων την ημέρα. Στη πόλη Χονολουλού, στη Χαβάη εφαρμόστηκε το 2000 για πρώτη φορά η επεξεργασία υγρών αποβλήτων με δυνατότητα παραγωγής 13.000.000 γαλονιών την ημέρα με σκοπό τη διατήρηση των αποθεμάτων του πόσιμου νερού και για τη μείωση της ποσότητας των αποβλήτων που διατίθονταν στο Ειρηνικό Ωκεανό (www.nesc.wvu.edu).

Σε πολλές πολιτείες η χρήση ανακτημένου νερού για άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών απαγορεύεται, ενώ σε άλλες επιτρέπεται μόνο αν ακολουθήσει επεξεργασία των αγροτικών προϊόντων ή δεν καταναλωθούν ωμά. Υπάρχουν περιπτώσεις που η δευτεροβάθμια επεξεργασία με απολύμανση είναι αρκετή αν το προϊόν που θα καταναλωθεί δεν έρθει σε άμεση επαφή κατά τη διαδικασία άρδευσης με το ανακτημένο νερό (www.oas.org).

7.2. Ευρωπαϊκή Ένωση

Η Μεσόγειος αποτελεί μια ιδιαίτερα ευάλωτη περιοχή από πλευράς υδατικού ισοζυγίου. Οι αναμενόμενες από τους διεθνείς οργανισμούς αλλαγές στο κλίμα θα επιδράσουν αρνητικά στα μεγέθη που σχετίζονται με τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Αν και τα διάφορα σενάρια και παραδοχές δεν δίνουν πάντα τα ίδια αποτελέσματα, εκτιμάται ότι θα υπάρξει μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης, άνοδος της μέσης θερμοκρασίας, και χρονική μετατόπιση ξηρών και υγρών περιόδων (Τσακίρης, 2001).

Στις άνυδρες περιοχές της Μεσογείου το πρόβλημα της διαχείρισης των υδάτινων πόρων είναι διττό και αποτελείται από την έλλειψη σε αποθέματα νερού, βάζοντας έτσι φραγμούς στην άρδευση των καλλιεργειών και στη γενικότερη οικονομική ανάπτυξη των συγκεκριμένων περιοχών, καθώς και από την όξυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων λόγω της αυξημένης παραγωγής αποβλήτων στα μεγάλα αστικά κέντρα (www.oieau.fr).

Στην Ε.Ε. αρκετές χώρες της Μεσογείου αντιμετωπίζουν συχνά σοβαρά προβλήματα εξαιτίας της αυξημένης ζήτησης για νερό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό οφείλεται ταυτοχρόνως στις μειωμένες κατακρημνίσεις, στην αυξημένη εξάτμιση του νερού αλλά και στις όλο αυξανόμενες απαιτήσεις στη γεωργία και στον τουρισμό. Η έλλειψη σε αποθέματα νερού έχει αρχίσει να επηρεάζει και χώρες που δεν αντιμετώπιζαν ανάλογες καταστάσεις. Μια σειρά από χώρες όπως η Γαλλία, η Αγγλία, η Ιταλία, το Βέλγιο υποφέρουν από τα αρνητικά αποτελέσματα αλληπάλληλων ξηρασιών τα τελευταία δέκα χρόνια (Angelakis et al., 2003).

Τα στοιχεία των Ηνωμένων Εθνών δείχνουν ότι μέχρι στιγμής τέσσερις μεσογειακές χώρες έχουν λιγότερα από τα ελάχιστα απαιτούμενα αποθέματα νερού για τη διατήρηση της δικής τους παραγωγής ($750 \text{ m}^3/\text{inh yr}$). Μέχρι το 2025 προβλέπεται ότι οχτώ χώρες που βρίσκονται στην νότια περιοχή της Μεσογείου θα αντιμετωπίσουν το ίδιο πρόβλημα. Η κρίση είναι τόσο οξεία, που σήμερα στη Μάλτα το νερό για οικιακή χρήση ξεπερνάει κατά 50 % τα διαθέσιμα αποθέματα (Angelakis et al., 1999).

Στις μεσογειακές περιοχές εξαιτίας της ανομοιόμορφης κατανομής των βροχοπτώσεων, απαιτείται η κατασκευή δαπανηρών χώρων αποθήκευσης του νερού καθώς και υψηλά επίπεδα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Στις περισσότερες μεσογειακές χώρες το βασικό πρόβλημα δεν είναι η έλλειψη νερού, με βάση το μέσο όρο κατα κεφαλήν, αλλά το υψηλό κόστος παραγωγής κατάλληλου νερού στις περιοχές όπου υπάρχει έλλειψη κατά την απαιτούμενη χρονική περίοδο (Angelakis et al., 1999).

Στην Ευρώπη μέχρι στιγμής έχει εφαρμοστεί μόνο ένα σχέδιο επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για παραγωγή πόσιμου ύδατος. Το πρόγραμμα πραγματοποιήθηκε στο Βέλγιο με στόχο τη μείωση της εκμετάλλευσης των υπόγειων υδροφορέων και τη συγκράτηση της υφαλμύρωσης στις φλαμανδικές ακτές. Εντούτοις, έμμεση η μη σχεδιασμένη επαναχρησιμοποίηση για παραγωγή πόσιμου νερού έχει πραγματοποιηθεί στις μεγαλύτερες ευρωπαϊκές πόλεις.

Στην Ευρώπη υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για την τεχνητή επαναφόρτιση των υπόγειων υδροφορέων με σκοπό την προστασία τους από την διήθηση του θαλάσσιου νερού σε αυτούς. Μέχρι τώρα υπάρχουν δυο μεγάλα προγράμματα εφαρμογής στον συγκεκριμένο τομέα, στη Βαρκελώνη και στο βόρειο Λονδίνο αλλά και πολλά ακόμη μικρότερα, σε μέγεθος, σε διάφορες χώρες (Bixio et al., 2006).

Μια κοινή προσέγγιση που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της έλλειψης σε νερό είναι ο ρυθμός εκμετάλλευσης των υδάτινων πόρων. Όταν ο ρυθμός εκμετάλλευσης υπερβαίνει το 20 % των υπαρχόντων πόρων, η ανάγκη για την ορθή διαχείριση του νερού αποτελεί ζωτικό στοιχείο για την οικονομία της περιοχής. Στην Ευρώπη και σε χώρες όπως το Βέλγιο, οι Κάτω Χώρες, η Γερμανία, η Ισπανία, η Ιταλία, η Γαλλία και η Πορτογαλία ο ρυθμός εκμετάλλευσης είναι περίπου 20% ενώ στη Μολδαβία, στην Ουγγαρία, στη Βουλγαρία, στη Ρουμανία, στην Ουκρανία και την Πολωνία φτάνει το 22%. Ωστόσο σε αρκετές περιοχές χωρών όπως η Βουλγαρία, η Ελλάδα, η Γαλλία, η Πορτογαλία και το Ηνωμένο Βασίλειο ο ρυθμός εκμετάλλευσης των τοπικών υδάτινων πόρων έχει αγγίξει το 100 %.

Αυτά τα στοιχεία δείχνουν ότι για να ικανοποιήσουν τις μελλοντικές ανάγκες τους σε νερό, πολλές χώρες θα πρέπει να διαχειριστούν τους υπάρχοντες υδάτινους πόρους τους περισσότερο αποτελεσματικά.

Λαμβάνοντας υπόψη την υφιστάμενη προοπτική στη χρήση των υδάτινων πόρων σε όλη την Ευρώπη, γίνεται κατανοητό ότι οι υπάρχουσες πολιτικές πρέπει να επανακατευθυνθούν προς μια καλύτερη ολοκληρωμένη διαχείριση του νερού, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον (Angelakis et al.,2003).

Γαλλία

Στη Γαλλία τα αστικά λύματα χρησιμοποιούνται για άρδευση εδώ και χρόνια (περίπου έναν αιώνα), ειδικά γύρω από το Παρίσι. Μέχρι το 1940 ήταν η μοναδική μέθοδος για την επεξεργασία και διάθεση των λυμάτων της ευρύτερης μητροπολιτικής περιοχής του Παρισιού. Το ενδιαφέρον για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων αυξήθηκε και πάλι στις αρχές του 1990 για δυο λόγους:

- εξαιτίας της ανάπτυξης της εντατικής ποτιστικής καλλιέργειας (όπως ο αραβόσιτος), ειδικότερα στην νοτιοδυτική Γαλλία και στην περιοχή του Παρισιού
- λόγω της πτώσης στη στάθμη του νερού μετά από αρκετές ξηρασίες, με αποτέλεσμα να επηρεαστούν οι παραπάνω περιοχές.

Στη Γαλλία οι οδηγίες για το ανακυκλωμένο νερό ακολουθούν αυτές του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας με κάποιους περιορισμούς επιπρόσθετα για τις τεχνικές άρδευσης και για την απόσταση που θα πρέπει να υπάρχει ανάμεσα στις καλλιεργούμενες εκτάσεις και τις αστικές περιοχές (Angelakis et al.,2003).

Λίγα σχέδια επαναχρησιμοποίησης έχουν εφαρμοστεί στη Γαλλία, μέχρι σήμερα, εξαιτίας του αυξημένου κόστους της τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Τα έργα επαναχρησιμοποίησης που έχουν υλοποιηθεί καλύπτουν τις ανάγκες για άρδευση 3.000 ha με αρκετά μεγάλη ποικιλία εφαρμογών όπως κηπουρικά φυτά,

οπωρολαχανικά, δημητριακά, καλλιέργειες με δέντρα, δάση, λιβάδια, κήπους και γήπεδα γκολφ (Angelakis and Bontoux, 2001).

Ιταλία

Στην Ιταλία χρησιμοποιούσαν απόβλητα για άρδευση εδώ και έναν αιώνα περίπου κυρίως στα περίχωρα των μικρών πόλεων και στην ευρύτερη περιοχή του Μιλάνου.

Μια από τις παλαιότερες περιπτώσεις άρδευσης με απόβλητα είναι από τον ποταμό Vettabia, ο οποίος δέχεται το μεγαλύτερο μέρος των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Σήμερα το ανακυκλωμένο νερό καλύπτει τις ανάγκες περίπου 4.000 ha.

Ένα από τα μεγαλύτερα προγράμματα εφαρμόστηκε στην Emilia Romagna, όπου πάνω από 450.000 m³ / yr επεξεργασμένου νερού χρησιμοποιούνται για την άρδευση περισσότερων από 250 ha. Επιπλέον πρόσφατα ολοκληρώθηκαν στη Σικελία και τη Σαρδηνία νέα συστήματα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για γεωργική χρήση.

Είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί ότι η ελεγχόμενη επαναχρησιμοποίηση των αστικών αποβλήτων στη γεωργία δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα στις περισσότερες ιταλικές περιοχές λόγω αυστηρών κανονισμών, αγνοώντας με αυτό τον τρόπο τα πρόσφατα ερευνητικά συμπεράσματα (Angelakis et al., 2003).

Ισπανία

Στην Ισπανία πρόσφατα δημοσιεύτηκε ένα νέο εθνικό υδρολογικό σχέδιο ευνοϊκό ως προς την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για άρδευση, αν και η χρήση ανακτημένου νερού εφαρμόζεται ήδη σε διάφορες ισπανικές περιοχές με τέσσερις κύριες εφαρμογές, άρδευση γηπέδων γκολφ, γεωργική άρδευση, επαναφόρτιση υπόγειων υδροφορέων (ειδικότερα για να σταματήσει η υφαλμύρωση των υπόγειων υδροφορέων) και τέλος για την αύξηση της ροής των ποταμών. Αν και δεν υπάρχει καμία εθνική νομοθεσία στην Ισπανία, τρεις αυτόνομες επαρχίες (Ανδαλουσία, Καταλονία και Βαλεαρίδες Νήσοι) έχουν θεσπίσει κανονισμούς και οδηγίες σχετικά με το ανακυκλωμένο νερό (Angelakis et al., 2003).

Οι κανονισμοί αυτοί ακολουθούν κυρίως τις οδηγίες του W.H.O. Επίσης, τα τελευταία χρόνια στα Κανάρια Νησιά έχει εκδοθεί ένα υδρολογικό σχέδιο που λαμβάνει υπόψη την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων (Angelakis et al., 1999).

Βέλγιο

Το Βέλγιο έχει ένα από τα χαμηλότερα ποσοστά σε διαθέσιμους πόρους ύδατος μεταξύ των χωρών της Ε.Ε. Σήμερα μόνο το 40 % των λυμάτων υφίστανται επεξεργασία, ενώ υπάρχει η προοπτική το ποσοστό να φτάσει το 60% στα επόμενα έτη (Angelakis and Bontoux, 2001).

Η ποσότητα των λυμάτων που επαναχρησιμοποιούνται μέχρι τώρα παραμένει χαμηλή, εντούτοις, η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων θα μπορούσε να γίνει περισσότερο ελκυστική σε τομείς όπως η βιομηχανία σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, για επεξεργασία τροφίμων, καθώς και σε άλλες βιομηχανίες δραστηριότητες με υψηλά ποσοστά χρησιμοποίησης του νερού.

Διάφορα βιομηχανικά προγράμματα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων εκτελούνται στην περιοχή της Φλαμανδίας και εφαρμόζονται σε τομείς όπως παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, επεξεργασία τροφίμων, κατασκευή χάλυβα και στην κλωστοϋφαντουργία.

Η μόνη εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης που έχει καθιερωθεί είναι η χρήση του ανακυκλωμένου νερού για άρδευση σε θερινές καλλιέργειες (Angelakis et al., 2003).

Κύπρος

Η Κύπρος θεωρείται μια πρωτοποριακή χώρα στην επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων. Το ξηρό και θερμό κλίμα, η άνιση κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων σε συσχετισμό με την έντονη τουριστική ανάπτυξη δημιουργούν άριστες προϋποθέσεις για έργα ανάκτησης-επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995). Ο πρώτος μεγάλος κεντρικός σταθμός επεξεργασίας αστικών λυμάτων άρχισε να λειτουργεί στη Λεμεσό το καλοκαίρι του 1995. Σήμερα λειτουργούν σταθμοί επεξεργασίας με συνολική δυναμικότητα $20 \text{ Mm}^3 / \text{yr}$. Τα επεξεργασμένα αστικά λύματα χρησιμοποιούνται για την άρδευση ποδοσφαιρικών γηπέδων, πάρκων, κήπων ξενοδοχείων και για την άρδευση μόνιμων καλλιεργειών. Εκτιμάται ότι μέχρι το 2012 περίπου $30 \text{ Mm}^3 / \text{yr}$ επεξεργασμένα αστικά λύματα θα είναι διαθέσιμα για χρήση στη γεωργία (<http://66.249.93.104>).

Τα προσωρινά κριτήρια που έχουν θεσπιστεί και αφορούν την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση είναι πιο αυστηρά από τις οδηγίες του W.H.O. αλλά είναι και εκτός της φιλοσοφίας του κανονισμού της Καλιφόρνια. Λαμβάνουν υπόψη τις ειδικές συνθήκες που ισχύουν στην Κύπρο και ακολουθούν ένα κώδικα που εξασφαλίζει την καλύτερη ποιότητα του αρδεύσιμου νερού (Angelakis et al., 1999).

Πορτογαλία

Στην Πορτογαλία, το ανακυκλωμένο νερό αποτελεί πιθανό πολύτιμο πόρο για άρδευση των καλλιεργειών και υπολογίζεται ότι η ποσότητα των επεξεργασμένων λυμάτων θα φτάσει τα $580 \text{ Mm}^3 / \text{yr}$, ποσότητα διπλάσια της σημερινής. Ακόμα και χωρίς αποθήκευση η ποσότητα αυτή είναι αρκετή για να καλύψει περίπου το 10 % των αναγκών για άρδευση σε μια περίοδο ξηρασίας.

Η χρήση του ανακυκλωμένου νερού αποτελεί σημαντικό αναπτυξιακό παράγοντα στον τομέα τις γεωργίας σε περιοχές με προβλήματα ξηρασίας (Beja, Evora, Setubal, Lisboa and Santarem). Αναλόγως με την ικανότητα αποθήκευσης του ανακυκλωμένου νερού θα μπορούσαν να αρδευτούν από 35.000 έως και 100.000 ha γης.

Μεγάλο ενδιαφέρον υπάρχει επίσης και για άλλες εφαρμογές όπως η άρδευση γηπέδων γκολφ. Στο νότιο τμήμα της χώρας εντοπίζονται μερικές από τις περιπτώσεις άρδευσης με ανακυκλωμένο νερό σε οπωρώνες, αμπέλια και γήπεδα γκολφ. Η προετοιμασία των πορτογαλικών οδηγιών σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των αστικών αποβλήτων βρίσκεται σε εξέλιξη (Angelakis et al., 2003).

Ηνωμένο Βασίλειο

Η Αγγλία είναι η πρώτη χώρα της Ευρώπης όπου εγκρίθηκε νομοθετικά η ελεγχόμενη εφαρμογή υγρών αποβλήτων με επαναχρησιμοποίηση τους στο έδαφος και σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Όπως και σε άλλες χώρες της Ευρώπης έτσι και στην Αγγλία, λόγω της μέχρι πρόσφατα κάλυψης των απαιτούμενων αναγκών με τα υπάρχοντα αποθέματα νερού λίγα σχέδια επαναχρησιμοποίησης έχουν εφαρμοστεί. Μετά από τις ξηρασίες των τελευταίων ετών αναμένεται οι εφαρμογές να αυξηθούν σημαντικά κατόπιν της κοινωνικής, πολιτικής και κλιματολογικής πίεσης (Angelakis et al., 2003).

Ένα από τα μεγαλύτερα σχέδια εφαρμογής επαναχρησιμοποίησης για έμμεση πόση πραγματοποιείται στο Essex, κοντά στο Λονδίνο. Πάνω από 40.000 m³/d υγρών αποβλήτων μετά από τριτογενή επεξεργασία χρησιμοποιούνται για την αύξηση της ροής του ποταμού Chelmer, κατόπιν το νερό αποθηκεύεται σε δεξαμενή μέχρι την τελική του διανομή για γεωργική χρήση (Angelakis et al., 2003).

Αυστρία

Στην Αυστρία η έλλειψη νερού αποτελεί τοπικό φαινόμενο σε μερικές περιοχές στα ανατολικά και νότια της χώρας. Το ανακτημένο νερό χρησιμοποιείται μόνο για την αποφυγή της ρύπανσης ή για τη μείωση του κόστους επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Η Αυστρία έχει μια πολύ ισχυρή προληπτική αρχή σχετικά με την προστασία του εδάφους και των επιφανειακών υδάτων, έτσι η υπάρχουσα νομοθεσία περιορίζει την κατανάλωση νερού σε αρκετές βιομηχανίες και τους επιτρέπει να χρησιμοποιούν μόνο ανακυκλωμένο νερό (Angelakis et al., 2003).

Σουηδία

Στη Σουηδία σε περιοχές όπου υπάρχει έλλειψη νερού το ανακυκλωμένο νερό αποτελεί προφανή υδάτινο πόρο για άρδευση. Το επεξεργασμένο νερό αποθηκεύεται για εννιά μήνες σε μεγάλες δεξαμενές πριν την χρησιμοποίησή του. Με τον τρόπο αυτό αποκομίζονται τα εξής οφέλη (Angelakis et al., 2003):

- επεξεργασία των λυμάτων με ασφαλή και οικονομικά αποδεκτό τρόπο
- δημιουργία πηγών αρδεύσιμου νερού

Γερμανία

Στη Γερμανία υπάρχουν ελάχιστα κίνητρα για τη χρήση ανακτημένου νερού. Σε κάποιες περιοχές όπως στην κοιλάδα Ruhr και στην κοιλάδα του Ρήνου έχει εφαρμοστεί η τεχνητή φόρτιση των υπόγειων υδροφορέων. Όπως και στην Αυστρία, η εθνική νομοθεσία της Γερμανίας παρέχει ένα υψηλό επίπεδο προστασίας των νερών. Η μόνη πιθανότητα να χρησιμοποιηθεί ανακτημένο νερό είναι μέσω περιβαλλοντικών σχεδίων προστασίας (Angelakis et al., 2003).

7.3. Χώρες της Μεσογείου

Ισραήλ

Το Ισραήλ ήταν πρωτοπόρος χώρα στην επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων στην περιοχή της Μεσογείου. Αργότερα ακολούθησαν η Κύπρος, η Ιορδανία και η Τυνησία (Angelakis et al., 1999).

Στο Ισραήλ η χρήση του ανακτημένου νερού περνάει από την έγκριση των τοπικών, περιφερειακών και εθνικών αρχών. Η ποιότητα του νερού που προορίζεται για άρδευση καθορίζεται από πρότυπα που θέτει το υπουργείο υγείας του Ισραήλ. Η τάση που ισχύει μέχρι σήμερα είναι η απεριόριστη άρδευση. Μέχρι το 1982 η ποσότητα του ανακτημένου νερού ανερχόταν στο 25 % των παραγόμενων λυμάτων, ενώ το 1987 περίπου 270 Mm³/d ανακτημένου νερού εξυπηρετούσαν τέσσερα εκατομμύρια κατοίκους (Papadopoulos, 1997).

Στο Ισραήλ υπολογίζεται ότι το 92 % περίπου των υγρών αποβλήτων συλλέγεται σε δημόσια αποχετευτικά δίκτυα. Από αυτά το 72 % ανακτώνται και επαχρησιμοποιούνται για άρδευση (42 %) και εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων (30 %). Το ποσοστό κατανάλωσης νερού που προέρχεται από επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων αυξάνεται συνεχώς και προβλέπεται το 2010 να φτάσει το 18,8 % του συνολικού εφοδιασμού με νερό στη χώρα (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Μαρόκο

Σήμερα στο Μαρόκο παράγονται περίπου 500 Mm³/d αστικών λυμάτων, ποσότητα από την οποία μόνο το 8% υφίσταται επεξεργασία. Στη χώρα λειτουργούν 29 σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων. Δυστυχώς 70 Mm³/d επαναχρησιμοποιούνται για σκοπούς άρδευσης, χωρίς όμως να υπόκεινται σε κάποια επεξεργασία και χωρίς να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα ασφάλειας για την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας (<http://66.249.93.104>).

Λίβανος

Στο Λίβανο, υπάρχουν 15 σταθμοί επεξεργασίας αστικών λυμάτων με συνολική ημερήσια δυναμικότητα 692.000 m^3 . Δυστυχώς όμως οι πιο πολλοί από αυτούς δεν λειτουργούν με αποτέλεσμα να παράγονται μόνο $16.000 \text{ m}^3 / \text{d}$ επεξεργασμένα λύματα. Το γεγονός αυτό καθώς και το ότι η διαχείριση των αποβλήτων και των λυμάτων στο Λίβανο δεν αποτελούσε μέχρι πρότινος προτεραιότητα είναι αποτέλεσμα της ασταθούς πολιτικής κατάστασης που επικρατούσε στη χώρα. Μέχρι το 2020 αναμένεται ότι θα έχουν κατασκευαστεί και νέοι κεντρικοί σταθμοί επεξεργασίας και ότι η συνολική ποσότητα επεξεργασμένων λυμάτων που θα παράγεται θα φθάσει το $1 \text{ Mm}^3 / \text{d}$. Σχεδόν όλη η ποσότητα των επεξεργασμένων αλλά και των μη επεξεργασμένων λυμάτων χρησιμοποιείται για άρδευση (<http://66.249.93.104>).

Τυνησία

Στην Τυνησία υπάρχουν περίπου 45 εγκαταστάσεις επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων με δυναμικότητα περίπου ίση με $130 \text{ Mm}^3 / \text{yr}$. Οι περισσότερες εγκαταστάσεις χωροθετούνται σε παράκτιες περιοχές για την προστασία των παραλιακών θέρετρων και την αποφυγή της θαλάσσιας ρύπανσης. Τα απόβλητα που επαναχρησιμοποιούνται προέρχονται από δευτεροβάθμια επεξεργασία και είναι κυρίως οικιακά με ποσοστό 82 %, βιομηχανικά 12 % και από την τουριστική δραστηριότητα 6 %. Η άρδευση με ανακυκλωμένο νερό είναι αρκετά διαδεδομένη στην Τυνησία. Ήδη από το 1965, στην περιοχή la Soukra κοντά στην Τύνιδα, 1.200 ha αρδεύονταν με ανακυκλωμένο νερό, σώζοντας καλλιέργειες εσπεριδοειδών και οπωροφόρων δέντρων (Angelakis et al., 1999). Περίπου το 70 % της αρδευόμενης περιοχής γύρω από την Τύνιδα χρησιμοποιεί το 60 % των διαθέσιμων λυμάτων (Papadopoulos, 1997).

7.4.Εφαρμογές σε άλλες Χώρες

Αυστραλία

Η Αυστραλία θεωρείται μια από τις πρωτοπόρες χώρες στην επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων, κυρίως για άρδευση (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Η Πολιτεία New South Wales από το 1984 έχει θεσπίσει ένα συμβούλιο για την ανάπτυξη οδηγιών και την προώθηση της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων.

Πρόσφατες εκτιμήσεις δείχνουν ότι στην περιοχή του Σίδνεϊ υφίστανται επεξεργασία περίπου 1,3 Mm³/d από τα οποία 0,031 Mm³/d επαναχρησιμοποιούνται. Οι αντίστοιχες ποσότητες στην Μελβούρνη είναι 0,8 Mm³/d και 0,017 Mm³/d. Τόσο στην περιοχή του Σίδνεϊ όσο και στην Μελβούρνη παρατηρούνται αυξητικές τάσεις επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

Ιαπωνία

Στην Ιαπωνία η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων αρχικά εστιάστηκε, κυρίως, στο βιομηχανικό τομέα και δεν προβλέπεται άμεσα σημαντική επέκταση της χρήσης τους στο γεωργικό τομέα. Όπως συμβαίνει στις Η.Π.Α. και στην Ευρώπη, σημαντικές παροχές υγρών αποβλήτων διατίθενται στους ποταμούς και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για άρδευση γεωργικών καλλιεργειών. Η κύρια τάση συνίσταται στη μείωση της ζήτησης του νερού με την επαναχρησιμοποίηση του ανακτώμενου νερού για καθαρισμό τουαλετών, εμπορική χρήση και τις ανάγκες σχολικών κτιρίων.

Από το 1986 εφαρμόστηκε το δυαδικό σύστημα υδροδότησης πολυκατοικιών και εμπορικών χώρων ενώ στο Τόκιο είναι υποχρεωτική η χρήση ανακτώμενου νερού σε όλα τα κτίρια με επιφάνεια άνω των 30.000 m². Η Ιαπωνία αποτελεί ένα πολύ καλό μοντέλο για αστικές πόλεις αναπτυσσόμενων χωρών, αφού ιστορικά η αστική χρήση νερού αποτελεί βασική και πρώτη προτεραιότητας ανάγκη σε σχέση με άλλες χρήσεις, όπως η γεωργική (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Πίνακας 19: Κύριες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων στην Ιαπωνία

Κατηγορία	Ποσότητα (Mm ³ /yr)	Ποσοστό (%)
Καθαρισμός WC:	76,8	29,8
Σε μεγάλη κλίμακα	5,8	-
Τοπικά	71,0	-
Ανανυχή	114,6	44,5
Παραγωγή χιονιού	29,3	11,4
Φύτευση δένδρων	0,2	0,1
Νερό καθαρισμού	0,4	0,2
Άρδευση γεωργικών καλλιεργειών	12,9	5,0
Βιομηχανική χρήση	23,3	9,0
Συνολική	257,5	100,0

Πηγή: Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005

Κεφάλαιο 8

Η Διαδικασία Επαναχρησιμοποίησης των Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα

Στη χώρα μας η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για άμεση χρήση στη γεωργία δεν εφαρμόζεται. Αντίθετα η χρήση νερού από ποτάμια και λίμνες που αποτελούν αποδέκτες επεξεργασμένων ή μη υγρών αποβλήτων αποτελεί κοινή πρακτική. Μέχρι το 2002 υπήρχαν σε εφαρμογή 350 σχέδια επεξεργασίας αποβλήτων με συνολική εκροή 1,45 Mm³/d, ενώ για το 2005 προβλέπονταν 450 εγκαταστάσεις επεξεργασίας με συνολική εκροή 1,70 Mm³/d, ποσότητα ικανή να χρησιμοποιηθεί για άρδευση καλλιεργειών αποκομίζοντας έτσι η Ελλάδα πολλά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη (Paraskevas et al., 2005).

Η Ελλάδα απέχει πολύ από την εφαρμογή μιας εθνικής πολιτικής επαναχρησιμοποίησης (Tsagarakis et al., 2001). Τα τελευταία 50 χρόνια οι ανάγκες για νερό έχουν αυξηθεί δραματικά. Παρά τις επαρκείς βροχοπτώσεις, το υδάτινο ισοζύγιο είναι συχνά δυσανάλογο, λόγω χρονικών και περιφερειακών διαφοροποιήσεων, των καλοκαιρινών αυξημένων απαιτήσεων και της δυσκολίας μεταφοράς του νερού εξαιτίας του ορεινού ανάγλυφου της χώρας (Angelakis et al., 2003).

Έτσι παρά τον υψηλό μέσο όρο του διαθέσιμου νερού, σε πολλές περιοχές και ειδικά στα νησιά τα αποθέματα νερού είναι περιορισμένα. Αρκετά ερευνητικά προγράμματα έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα σε σχέση με την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων (Angelakis et al., 1999).

Στην ανατολική Κρήτη, έχουν χρηματοδοτηθεί δύο ερευνητικά προγράμματα που βασίζονται στην επεξεργασία σε τεχνητούς υγρότοπους και στην επαναχρησιμοποίηση για άρδευση σε καλλιέργειες αμπελιών. Και τα δυο προγράμματα ήταν υπό την αιγίδα του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. και είχαν τους εξής βασικούς στόχους:

- i. την έρευνα σε εγχώρια είδη φυτών
- ii. την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων και αυτών που παράγονται από τις μονάδες ελαιοτριβείων
- iii. την παρακολούθηση της εξέλιξης σε καλλιέργειες αμπελιών που αρδεύονται με ανακτημένο νερό κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες

Ένα δεύτερο ερευνητικό πρόγραμμα ξεκίνησε στη Θεσσαλονίκη και αυτό υπό τις κατευθύνσεις του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. και συγχρηματοδοτούμενο από την Ε.Ε. συνολικού προϋπολογισμού 1,9 εκατομμυρίων ευρώ. Οι στόχοι του προγράμματος ήταν: (Angelakis et al., 1999)

- i. να ερευνηθούν την αποδοτικότητα των φυσικών συστημάτων και ειδικότερα τις δεξαμενές σταθεροποίησης και τους τεχνητούς υγρότοπους κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των αστικών αποβλήτων
- ii. να διαπιστωθεί η ικανότητα επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων για άρδευση

Εκτός από τα παραπάνω ερευνητικά προγράμματα δρομολογήθηκαν και αρκετά πειραματικά έργα τα μεγαλύτερα εκ των οποίων είναι (Angelakis et al., 1999) :

- Στην Κρήτη, συνολικού προϋπολογισμού 2 εκατομμυρίων ευρώ. Στόχος του προγράμματος ήταν να εξετάσει τις δυνατότητες επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων σε μικρούς οικισμούς, χωριά και πόλεις.
- Στη Χαλκίδα, με χρηματοδότηση του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. προϋπολογισμού 1,9 εκατομμυρίων ευρώ. Το σχέδιο περιλαμβάνει: (i) την ανάκτηση 7.500 m³/d λυμάτων μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία, φίλτρανση και απολύμανση, (ii) την άρδευση με ανακυκλωμένο νερό του εξωαστικού τοπίου και (iii) τη χρήση του ανακτημένου νερού σε αναδασωμένους λόφους γύρω από την πόλη. Η συνολική αρδευόμενη έκταση υπολογίζεται σε 630 ha.

- Στο Άργος και στο Ναύπλιο. Αποτελεί σχέδιο ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης με σκοπό τη άρδευση. Χρηματοδοτείται από περιβαλλοντικά προγράμματα του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. συνολικού προϋπολογισμού 3, 8 εκατομμυρίων ευρώ. Το σχέδιο περιλαμβάνει: (i) την ανάκτηση 17.000 m³/d λυμάτων μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία, φίλτρανση και απολύμανση (ii) την άρδευση κυρίως εσπεριδοειδών με έκταση περίπου 900 ha.
- Στον Άγιο Νικόλαο Κρήτης συνολικού προϋπολογισμού 3,22 εκατομμυρίων ευρώ. Όπως και τα προηγούμενα σχέδια περιλαμβάνει: (i) την ανάκτηση 8.000 m³/d λυμάτων μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία, φίλτρανση και απολύμανση (ii) την ανάμειξη ανακτημένου νερού με υφάλμυρο νερό (iii) και την άρδευση 120 ha ελαιόδεντρων.

Στη χώρα μας οι βασικές χρήσεις που ενδιαφέρουν είναι η άρδευση καλλιεργειών, χώρων πρασίνου (πρανών δρόμων, πάρκων κ.ά.) και ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων για την προστασία τους κυρίως από την υφαλμύρωση. Για κάθε κατηγορία όμως θα πρέπει να θεωρούνται ιδιαίτερα ποσοτικό-ποιοτικά κριτήρια. Όπως είναι φυσικό, ιδιαίτερη μέριμνα απαιτείται σε χρήσεις που συνεπάγονται αυξημένη επαφή με τον άνθρωπο.

Όσον αφορά τα κριτήρια ποιότητας έχει πραγματοποιηθεί ήδη μια προκαταρκτική μελέτη. Τα κριτήρια αυτά βασίζονται σε όμοιες αρχές με αυτές άλλων χωρών και διεθνών οργανισμών (Tsagarakis et al., 2004).

Για την ανάπτυξη κατάλληλων κριτηρίων θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω παράγοντες (Andreadakis et al., 2001):

- Η Ελλάδα ανήκει στην ομάδα των αναπτυγμένων χωρών, αν και όχι τόσο οικονομικά ανεπτυγμένη όσο άλλες χώρες, που έχει τη δυνατότητα και αναμένεται να διανείμει σημαντικούς πόρους για την προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος
- Ως μέλος της Ε.Ε. θα πρέπει να σκεφτεί την εναρμόνιση των κριτηρίων που θα θεσπίσει με ενδεχόμενες κοινοτικές νομοθεσίες για την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων

- Τα τελευταία 10-15 χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα πολλά έργα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Περίπου το 60 % του πληθυσμού της χώρας εξυπηρετείται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ενώ στο προσεχές μέλλον το ποσοστό αυτό αναμένεται να φτάσει το 80-85 %. Με βάση την υπάρχουσα κατάσταση η απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση αποτελεί ήδη μια βιώσιμη λύση συμβατή ακόμη και με αυστηρά πρότυπα. Η απεριόριστη χρήση ανακτημένου νερού μπορεί να επιτευχθεί με λογικό κόστος αν αναβαθμιστούν οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις
- Αν και η χρήση ανακτημένου νερού είναι ζωτικής σημασίας σε μερικές περιοχές, σε πολλές χώρες της νοτιοανατολικής Μεσογείου και της Μέσης Ανατολής δεν ισχύει το ίδιο εξαιτίας της ύπαρξης εναλλακτικών οικονομικών πηγών νερού. Η χρήση ανακτημένου νερού αποτελεί μια ελκυστική οικολογική λύση που μπορεί να γίνει βιώσιμη εφόσον παράγεται υψηλής ποιότητας νερό με λογικό κόστος και μηδενικούς κινδύνους για την δημόσια υγεία
- Οι διαφορές ανάμεσα στις γεωργικές πρακτικές και τις θεσμικές διατάξεις συχνά δεν ευνοούν τη διάκριση μεταξύ απεριόριστης και περιορισμένης χρήσης. Έτσι το ανακτημένο νερό θα πρέπει να είναι εξαιρετικά επεξεργασμένο και κατάλληλο για απεριόριστη μη πόσιμη χρήση
- Αν και η χρήση του ανακτημένου νερού για άρδευση αποτελεί την κύρια εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης, η αστική χρήση αποτελεί μια εξίσου δυναμική εφαρμογή
- Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για βιομηχανική χρήση δεν αναμένεται να είναι σημαντική στο προσεχές μέλλον
- Η επαναχρησιμοποίηση για άμεση πόση δεν θα πρέπει να ενθαρρυνθεί εξαιτίας της σχετικής διαθεσιμότητας σε αποθέματα πόσιμου νερού, του υπερβολικού κόστους επεξεργασίας και της αβεβαιότητας ως προς τους κινδύνους που ελλοχεύουν για την δημόσια υγεία

- Η επαναφόρτιση των υπόγειων υδροφορέων για την παρεμπόδιση της παρείσφρησης του αλμυρού νερού στα υπόγεια παράκτια ύδατα αποτελεί άλλη μια ενδιαφέρουσα χρήση
- Η πιο πιθανή λειτουργική χρήση του ανακτημένου νερού είναι η εποχιακή άρδευση. Η αποθήκευση του νερού μπορεί να γίνει επιφανειακά ή υπόγεια αλλά μέχρι τώρα έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί δαπανηρή επιλογή

Πίνακας 20: Προτεινόμενα ελάχιστα μικροβιολογικά και φυσικά κριτήρια για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων εκροών στην Ελλάδα

N.	Κριτήρια ποιότητας νερού	Προτεινόμενες χρήσεις
1 ^η	I.N. ≤ 0.1 eggs /L FC ≤ 10 /100 mL TSS ≤ 10 mg /L	Αστικές περιοχές με μεγάλη πρόσβαση του κοινού Σε καζανάκια τουαλέτας και κλιματισμό Πλύση αυτοκινήτων Απεριόριστη άρδευση
2 ^η	I.N. ≤ 1 eggs /L FC ≤ 30 /100 mL TSS ≤ 20 mg /L	Τεχνητές λίμνες, υδατικά σώματα, και ρυάκια με υψηλή πρόσβαση του κοινού Σιντριβάνια, τεχνητές πηγές και άλλοι χώροι αναψυχής Καθαρισμός δρόμων και άρδευση καλλιεργειών, που τα φυτικά τους μέρη καταναλώνονται νωπά (που όμως δεν έρχονται σε επαφή με το αρδευτικό νερό)
3 ^η	I.N. 1 eggs /L FC ≤ 100 /100 mL TSS ≤ 35 mg /L	Άρδευση σανοδοτικών φυτών, φυτών που προορίζονται για κονσερβοποίηση και λαχανικών που καταναλώνονται μαγειρεμένα, φυτώρια και άλλα, Υδατοκαλλιέργειες
4 ^η	I.N. ≤ 1 eggs /L FC ≤ 10.000 /100 mL TSS ≤ 35 mg /L	Άρδευση δασικών εκτάσεων, βιομηχανικές περιοχές και ζώνες πρασίνου όπου δεν επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού Βιομηχανική χρήση (εκτός βιομηχανίες τροφίμων) Τεχνητές λίμνες, σώματα νερού και ρέματα όπου δεν επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού
5 ^η	I.N. ≤ 1 eggs /L FC ≤ 100 /100 mL TSS ≤ 10 mg /L	Εμπλουτισμός υδροφορέων με απευθείας έκχυση και /ή επιφανειακή εφαρμογή

Πηγή: Tsagarakis et al., 2004

Β' ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 9

Παρουσίαση Της Έρευνας Πεδίου

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε έρευνα σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των αστικών λυμάτων στη Θεσσαλία. Η έρευνα έλαβε χώρα στην περιφέρεια της Θεσσαλίας κατά την περίοδο Σεπτέμβριος - Δεκέμβριος 2007 με την χρήση δυο ειδών ερωτηματολογίων. Η δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε ήταν τυχαία.

Η πρώτη ομάδα των ερωτηματολογίων είχε ως ομάδα – στόχο τους αγρότες και αποσκοπούσε στη διερεύνηση της πρόθεσής τους να χρησιμοποιήσουν επεξεργασμένα λύματα για άρδευση καθώς και στον προσδιορισμό της τιμής που θα ήταν διατεθειμένοι να πληρώσουν για να αποκτήσουν το ανακτημένο νερό (απόλυτη τιμή/ στρ.). Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε τρεις κατηγορίες ερωτήσεων σχετικά:

1. Με το οικονομικό, κοινωνικό και αγροτικό προφίλ των ερωτηθέντων
2. Τις γνώσεις σχετικά με το θέμα των υγρών αποβλήτων
3. Την επιθυμία των αγροτών να πληρώσουν για να αποκτήσουν ανακυκλωμένο νερό

Οι απαντήσεις που μπορούσαν να δοθούν ήταν δυο τύπων, συνεχείς και κατηγορικές. Επίσης δινόταν η δυνατότητα στον ερωτώμενο να απαντήσει ελεύθερα αιτιολογώντας τη στάση του ή την προτίμησή του σε ορισμένες ερωτήσεις. Το δείγμα περιλάμβανε εκατό (100) άτομα.

Η δεύτερη ομάδα ερωτηματολογίων αφορούσε μια ευρύτερη ομάδα του πληθυσμού που περιλαμβάνει όλους τους καταναλωτές αγροτικών προϊόντων. Κατά αντιστοιχία με το προηγούμενο ερωτηματολόγιο έγινε προσπάθεια να διερευνηθεί η πρόθεση των καταναλωτών να χρησιμοποιήσουν αγροτικά προϊόντα που έχουν αρδευτεί με ανακτημένο νερό καθώς και η τιμή που θα ήταν διατεθειμένοι να πληρώσουν για τα

προϊόντα αυτά σε σχέση με την υπάρχουσα τιμή (δηλ. ποσοστό επί της υπάρχουσας τιμής). Το δείγμα των καταναλωτών απαρτιζόταν τα διακόσια (200) άτομα.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η δημοσκόπηση με τη μορφή προσωπικών συνεντεύξεων και κατόπιν έγινε επεξεργασία των στοιχείων με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS.

Στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα καθώς και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων.

9.1. Ανάλυση- Ερμηνεία αποτελεσμάτων για αγρότες

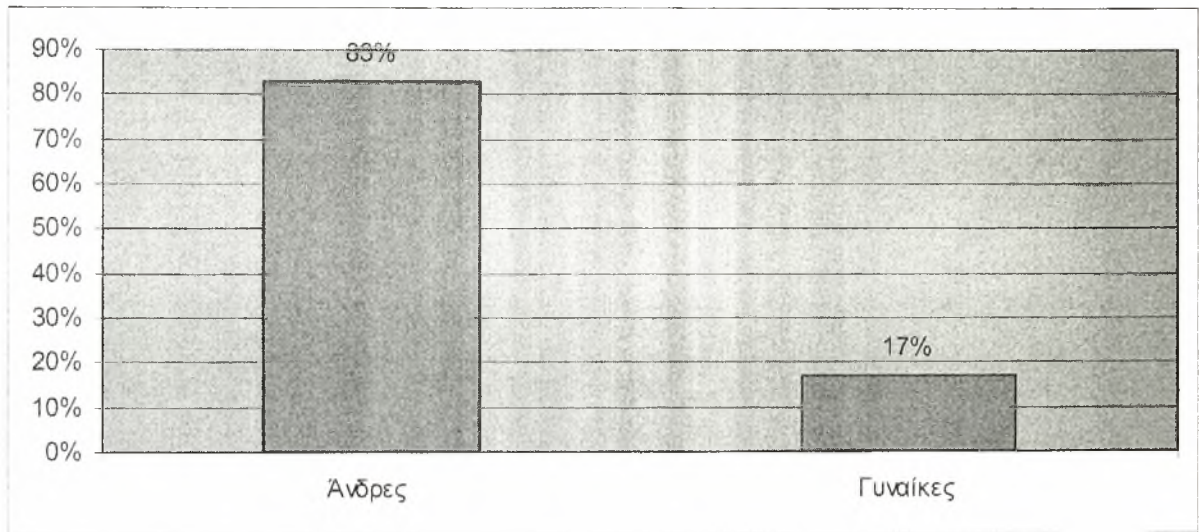
Οικονομικό, κοινωνικό και αγροτικό προφίλ των ερωτηθέντων

1. Φύλο -Ηλικία

Από το σύνολο των ερωτηθέντων το 83 % αποτελείται από άνδρες και το υπόλοιπο 17 % από γυναίκες. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν αναμενόμενο, γιατί το αγροτικό επάγγελμα είναι παραδοσιακά ανδροκρατούμενο. Παρόλα αυτά, το ποσοστό των γυναικών είναι αρκετά ικανοποιητικό, αν και η ασχολία τους με το επάγγελμα είναι κυρίως δευτερεύουσα.

Ηλικιακά η πλειοψηφία του δείγματος εντοπίζεται στην κατηγορία που περιλαμβάνεται από τις ηλικίες 40 έως 60 ετών με μέσο όρο ηλικίας τα 45 έτη. Το 30 % των ερωτηθέντων κατατάσσεται στην κατηγορία από 20-40, το 55 % στην κατηγορία από 40-60 και το υπόλοιπο 15 % είναι άνω των 60 ετών. Όπως, προκύπτει από τα παραπάνω αποτελέσματα οι νεαρές ηλικίες δεν αποτελούν την πλειοψηφία του δείγματος. Ο πληθυσμιακός γηρασμός είναι χαρακτηριστικό της νέας τάξης πραγμάτων στην οποία έχει περιέλθει το αγροτικό επάγγελμα, με αποτέλεσμα το κοινωνικό και οικονομικό μαρασμό της υπαίθρου.

Γράφημα 1: Φυλετική κατανομή των ερωτηθέντων

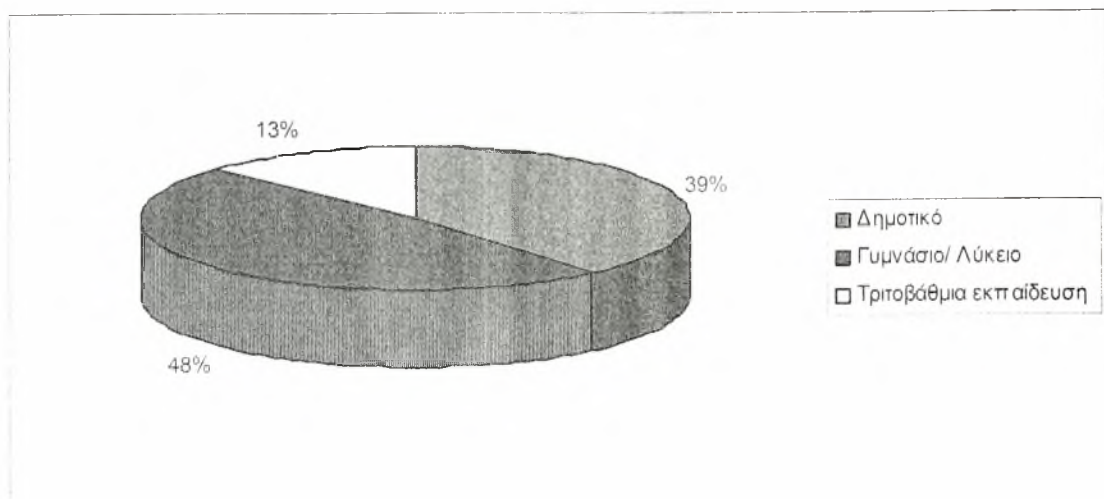


2. Το επίπεδο εκπαίδευσης

Το επίπεδο εκπαίδευσης των αγροτών κατανέμεται ως εξής:

- Δημοτικό 39%
- Γυμνάσιο/ Λύκειο 48 %
- Τριτοβάθμια εκπαίδευση 13 %

Γράφημα 2: Επίπεδο εκπαίδευσης



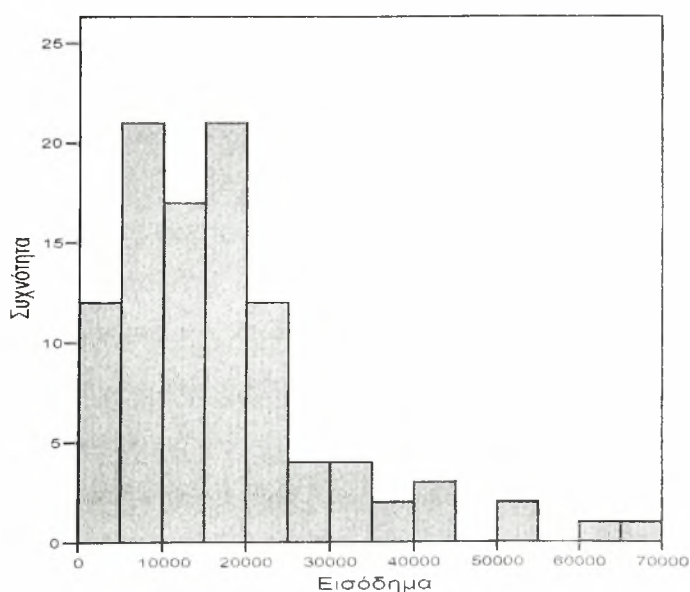
Όπως προκύπτει από τα παραπάνω αποτελέσματα, η πλειοψηφία των αγροτών έχει χαμηλό μορφωτικό επίπεδο ενώ μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό (13 %) έχει τριτοβάθμια εκπαίδευση. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευθεί με βάση την ηλικιακή κατανομή των ερωτηθέντων, αφού το 55 % των αγροτών κατατάσσεται στις ηλικίες από 40 έως 60 ετών. Οι κοινωνικό-οικονομικές συνθήκες που επικρατούσαν στην ελληνική ύπαιθρο στα μέσα του εικοστού αιώνα στάθηκαν σημαντικό εμπόδιο στη συνέχιση και ολοκλήρωση της εκπαίδευσης των νέων εκείνης της εποχής.

3. Ετήσιο εισόδημα

Η πλειοψηφία των αγροτών δηλώνει ότι το ετήσιο εισόδημά τους κυμαίνεται από 5.000 έως 20.000 ευρώ ενώ πολύ μικρό είναι το ποσοστό με εισόδημα άνω των 30.000 ευρώ. Το εύρος των εισοδημάτων που δηλώθηκαν είναι πολύ μεγάλο και αποκαλύπτει πολλές διαφορετικές πραγματικότητες που συναρτώνται από το κατά πόσο το αγροτικό επάγγελμα είναι κύριο ή δευτερεύον, τα είδη που καλλιεργούνται και η έκταση της γης που κατέχει κάθε αγρότης.

Στην περίπτωση που η ενασχόληση με το αγροτικό επάγγελμα είναι δευτερεύουσα, από το χαμηλό εισόδημα δεν προκύπτει ότι υπάρχει πρόβλημα στο γεωργικό τομέα. Αντίθετα, αν το αγροτικό επάγγελμα είναι κύριο φαίνεται ότι η υφιστάμενη κατάσταση στο αγροτικό τομέα αντιμετωπίζει πρόβλημα και τα άτομα που εξαρτώνται από τη γεωργία δεν μπορούν να επιβιώσουν οικονομικά με αποτέλεσμα τη μείωση του αγροτικού πληθυσμού και την παρακμή της γεωργίας.

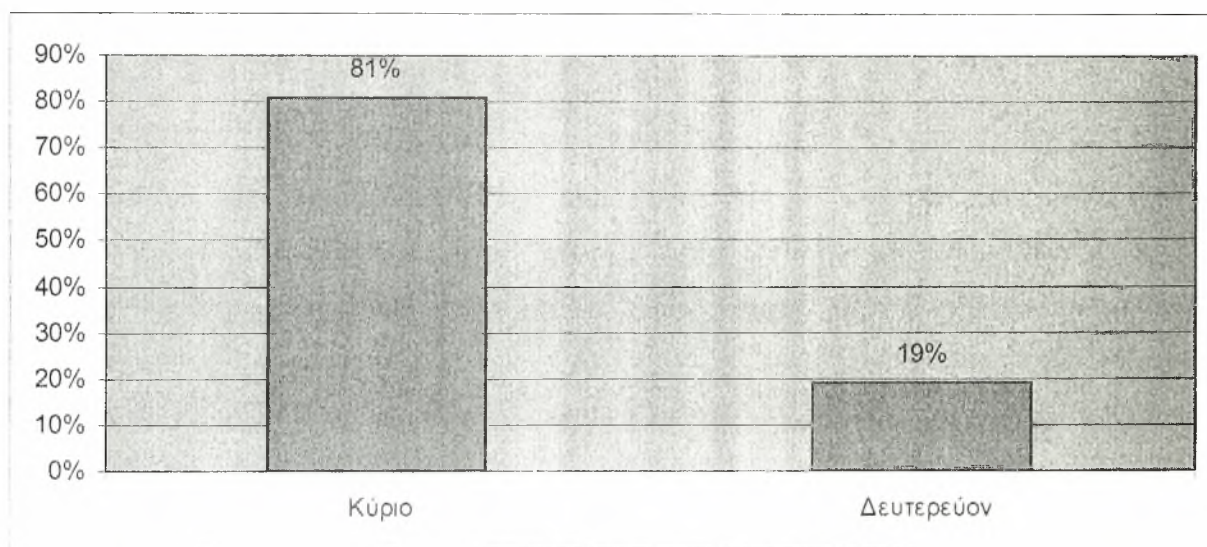
Γράφημα 3: Ιστόγραμμα κατανομής εισοδήματος



4. Το αγροτικό επάγγελμα ασκείται ως κύριο ή δευτερεύον;

Από τους ερωτηθέντες το 81 % ασκεί το αγροτικό επάγγελμα ως κύριο και το 19 % ως δευτερεύον. Το αποτέλεσμα αυτό είναι ενδεικτικό για την Θεσσαλία, που αποτελεί μια κατεξοχήν αγροτική περιοχή, με μεγάλο δείκτη συμμετοχής του πρωτογενή τομέα παραγωγής στην τοπική οικονομία. Η έρευνα έλαβε χώρα κυρίως σε περιοχές της Θεσσαλικής υπαίθρου, όπου το αγροτικό επάγγελμα είναι η κύρια απασχόληση της τοπικής κοινωνίας.

Γράφημα 4: Κατανομή κύριας και δευτερεύουσας ασχολίας των ερωτηθέντων με το αγροτικό επάγγελμα

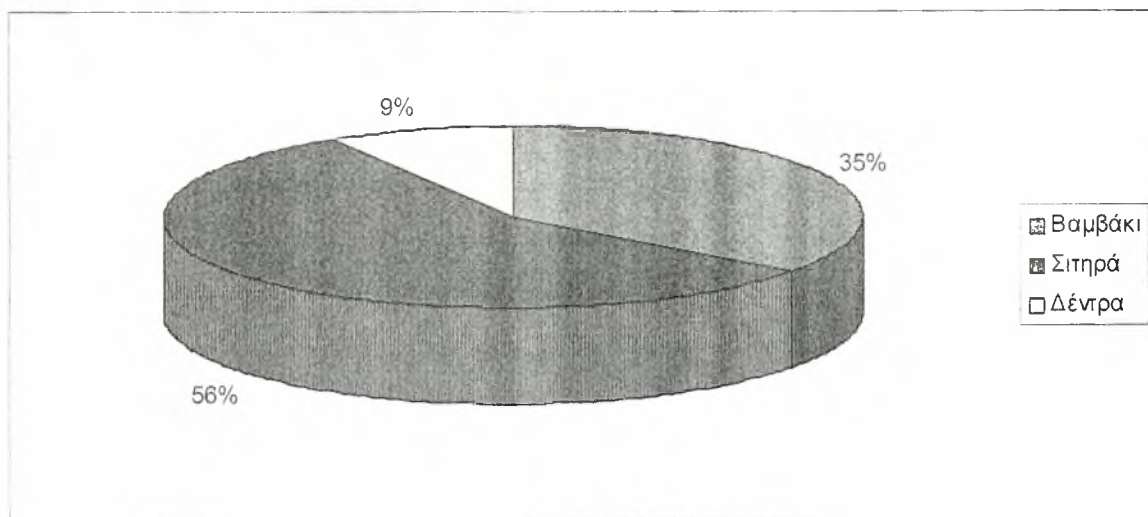


5. Τι είδη καλλιεργούνται;

Σύμφωνα με το αποτέλεσμα της έρευνας, αλλά και σύμφωνα με πληροφορίες από την Περιφέρεια Θεσσαλίας είναι εμφανές πως το καλλιεργούμενο είδος το οποίο υπερτερεί στην περιοχή είναι οι καλλιέργειες μεγάλης έκτασης και κυρίως το βαμβάκι και το σκληρό σιτάρι. Ακολουθούν οι δενδρώδεις καλλιέργειες, η μηδική, το καλαμπόκι και τα κηπευτικά. Παρόλα αυτά, στην παρούσα εργασία οι απαντήσεις

κατηγοριοποιήθηκαν μόνο με βάση τις τρεις κύριες καλλιέργειες δηλαδή, το βαμβάκι το σιτάρι και τα δέντρα. Όπως προκύπτει και από τα αποτελέσματα, η καλλιέργεια του σίτου υπερτερεί σε σχέση με αυτή του βάμβακος για δυο λόγους. Πρώτον, με βάση την νέα Κ.Α.Π., άρχισε ήδη η αναδιάρθρωση των καλλιεργειών, εξαιτίας της μείωσης των επιδοτήσεων και ο προσανατολισμός σε άλλες προσοδοφόρες καλλιέργειες. Δεύτερον, το σιτάρι είναι μια καλλιέργεια πιο οικονομική, με λίγες απαιτήσεις και μεγάλη προσαρμοστικότητα σε διάφορα περιβάλλοντα. Η συγκεκριμένη δειγματοληψία, δεν περιορίστηκε μόνο στις πεδινές περιοχές της Θεσσαλίας, αλλά έλαβε μέρος και σε ημιορεινές και ορεινές (π.χ. επαρχία Ελασσόνας) όπου το σιτάρι είναι μια από τις επικρατέστερες καλλιέργειες, με αποτέλεσμα κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων να εμφανίζεται αυξημένο το ποσοστό της καλλιέργειας σιτηρών.

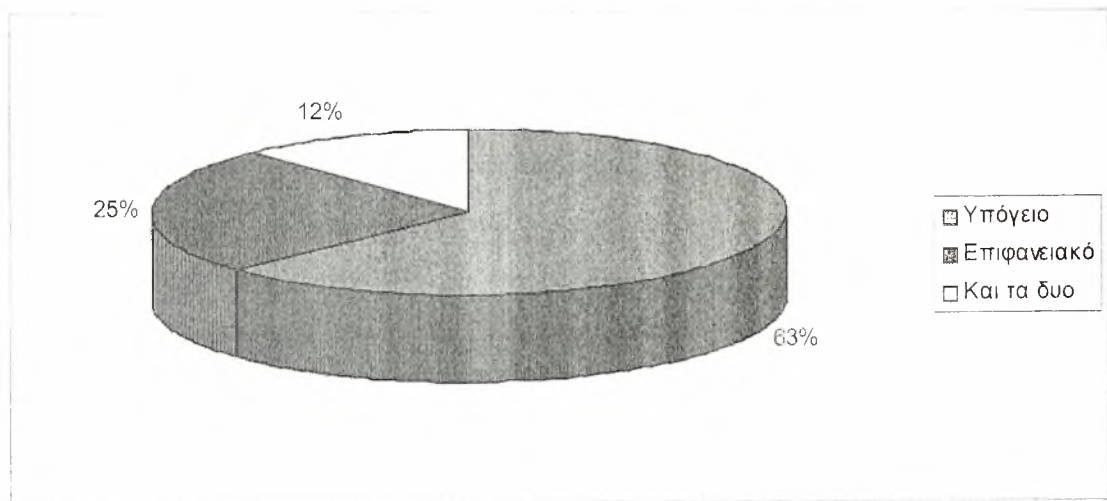
Γράφημα 5: Ποσοστά επικρατέστερων καλλιεργειών



6. Τι είδος νερού χρησιμοποιείτε;

Στην ερώτηση που αφορά το είδος του νερού που χρησιμοποιείται το 63 % των αγροτών απάντησε ότι εκμεταλλεύεται υπόγεια ύδατα (γεωτρήσεις, ιδιωτικές ή από Τ.Ο.Ε.Β.), το 25 % επιφανειακά νερά (κανάλια, ταμειυτήρες, ποτάμια) και το 12 % και τα δυο είδη νερού. Το μεγάλο ποσοστό της εκμετάλλευσης των υπόγειων νερών που προκύπτει είναι αναμενόμενο λόγω της έλλειψης αρκετών επιφανειακών νερών (ποταμών, λιμνών) στη Θεσσαλία. Η υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων από το πλήθος των γεωτρήσεων έχει οδηγήσει τις αρμόδιες αρχές σε εύρεση επιπλέον υδατικών πόρων με την κατασκευή μεγάλων έργων όπως η εκτροπή του άνω ρου του Αχελώου και η επαναδημιουργία τμήματος της λίμνης Κάρλας.

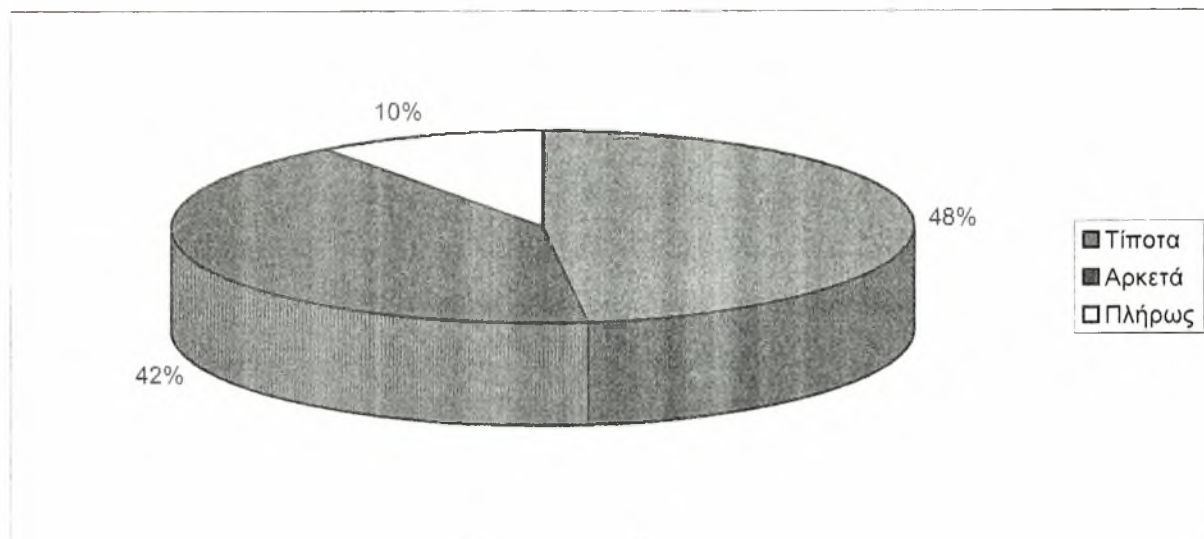
Γράφημα 6: Είδος νερού που χρησιμοποιείται



*Γνώσεις σχετικά με το θέμα των υγρών αποβλήτων***1. Τι γνώσεις έχετε σχετικά με το θέμα των υγρών αποβλήτων και της επεξεργασίας τους;**

Όσο αφορά τις γνώσεις για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων το 48 % των ερωτηθέντων απάντησε ότι δεν γνωρίζει τίποτα, το 42 % ότι έχει αρκετές πληροφορίες, ενώ μόνο το 10 % είναι πλήρως ενημερωμένο. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί εν μέρει από τα στοιχεία για το επίπεδο εκπαίδευσης των αγροτών αλλά δευτερευόντως και εξαιτίας του γεγονότος ότι στη Θεσσαλία, εκτός από τα μεγάλα αστικά κέντρα, τα χωριά δεν είναι συνδεδεμένα με κεντρικό δίκτυο αποχέτευσης και δεν έχουν ΕΕΑΑ. Χαρακτηριστικό είναι ότι στην επικράτεια της περιφέρειας λειτουργούν μόνο 8 εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Γράφημα 7: Γνώσεις σχετικά με το θέμα των υγρών αποβλήτων και της επεξεργασίας τους

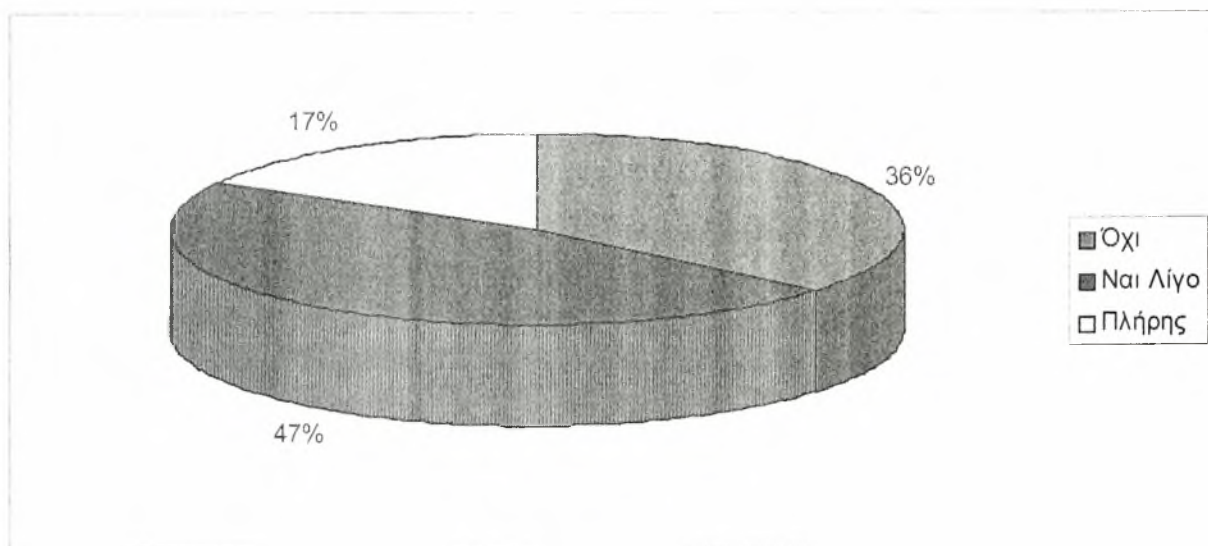


2. Γνωρίζετε ότι οι εκροές από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση ή άλλες χρήσεις μετά από ειδική επεξεργασία;

Στην ερώτηση αν γνωρίζουν οι ερωτηθέντες ότι τα υγρά απόβλητα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για άρδευση ή άλλες χρήσεις, το 36 % δήλωσε ότι δεν γνωρίζει τίποτα, το 47 % έχει μερική γνώση και το 17 % είναι πλήρως ενημερωμένο. Το αποτέλεσμα αυτό, έχει άμεση σχέση με την προηγούμενη ερώτηση και τα χαμηλά ποσοστά σε σχέση με τις γνώσεις σχετικά με την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Στην παρούσα ερώτηση βέβαια, το ποσοστό που είναι ενημερωμένο λίγο και πλήρως σε θέματα επαναχρησιμοποίησης είναι αρκετά ικανοποιητικό (64 %).

Η έλλειψη σε υδατικούς πόρους, αποτελεί μείζον πρόβλημα για την περιοχή και την οικονομία της. Τα υψηλά ποσοστά σε γνώσεις επαναχρησιμοποίησης αποκαλύπτουν την ανησυχία των αγροτών για το όλο και αυξανόμενο πρόβλημα, το ενδιαφέρον για την εύρεση εναλλακτικών λύσεων αλλά και την προσπάθεια ενημέρωσης από τοπικούς και μη φορείς στο συγκεκριμένο θέμα.

Γράφημα 8: Γνώσεις σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων



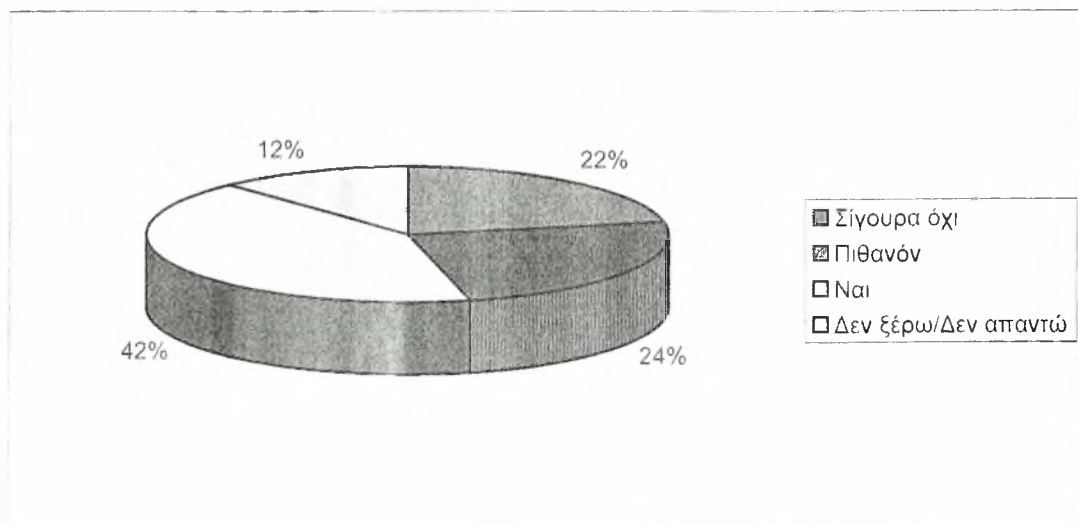
3. Εάν σας παρέχονταν ειδικά επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα, θα χρησιμοποιούσατε το νερό αυτό για άρδευση των καλλιεργειών σας;

Όσο αφορά την πρόθεση των αγροτών να χρησιμοποιήσουν επεξεργασμένα λύματα για άρδευση, το 22 % των αγροτών απάντησε ότι δεν είναι διατεθειμένο να τα χρησιμοποιήσει, το 24 % απάντησε ότι είναι πιθανό, το 42 % δηλώνει βέβαιο ότι θα τα χρησιμοποιούσε ενώ το 12 % ανήκει στην τελευταία κατηγορία δεν ξέρω/ δεν απαντώ.

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα παραπάνω αποτελέσματα προέκυψαν κατόπιν μερικής ενημέρωσης των αγροτών και συγκεκριμένα αφού τους είχε διαβαστεί ένα μικρό κείμενο σχετικά με την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων και την εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης σε διάφορες χώρες.

Τα ποσοστά των ερωτηθέντων που έδειξαν διστακτικότητα στην περίπτωση να χρησιμοποιήσουν ανακυκλωμένο νερό και όσων ήταν πρόθυμοι είναι σχεδόν ίσα. Η έλλειψη επαρκούς ενημέρωσης σχετικά με την ποιότητα του αρδευτικού νερού, η ασφάλεια της σταθερής παροχής του ανακτημένου νερού καθώς και το έντονο πρόβλημα λειψυδρίας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες αποτελούν τις βασικές συνισταμένες του συγκεκριμένου αποτελέσματος.

Γράφημα 9: Η πρόθεση να χρησιμοποιηθούν επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα για άρδευση



3.1.Εάν στην προηγούμενη ερώτηση απαντήσατε «Πιθανόν» από τι θα εξαρτιόνταν η τελική σας απόφαση;

Οι λόγοι που παρέθεσαν οι ερωτηθέντες για την διστακτικότητα τους να χρησιμοποιήσουν επεξεργασμένα υγρά απόβλητα για άρδευση ήταν με σειρά συχνότητας οι εξής:

1. Η ποιότητα του ανακτημένου νερού όσο αφορά το μικροβιολογικό φορτίο
2. Το κόστος του νερού
3. Ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας
4. Η έλλειψη ενημέρωσης
5. Ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των υπόλοιπων υδατικών πόρων
6. Ανάλογα με τη διαθεσιμότητα του ανακτημένου νερού
7. Αν συμβάλει το επεξεργασμένο νερό στην εξοικονόμηση λιπασμάτων-φυτοφαρμάκων

Επιθυμία των αγροτών να πληρώσουν για να αποκτήσουν ανακυκλωμένο νερό**1.Πόσο πληρώνετε για το υπέρχον αρδευτικό νερό (απόλυτη τιμή/ στρ.):**

Εξαιτίας της έλλειψης κοινής τιμολογιακής πολιτικής υπήρξαν δυσκολίες όσο αφορά τον προσδιορισμό της τιμής που πληρώνουν οι αγρότες για το αρδευτικό νερό. Για το λόγο αυτό ήταν αναγκαία η μετατροπή των τιμών σε μια ομοιόμορφη κατηγορία (ευρώ/ στρ.).

Η τιμή που πληρώνουν μέχρι σήμερα οι αγρότες για το νερό από συμβατικές πηγές υπολογίζεται περίπου στα 22 ευρώ/ στρ.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ενδεικτικές τιμές αρδευτικών τελών που πληρώνουν οι αγρότες στο Ν. Λάρισας ανά καλλιέργεια ανά στέμμα.

Πίνακας 21: Ενδεικτικές τιμές αρδευτικών τελών στον Ν. Λάρισα ανά καλλιέργεια ανά στρέμμα (2005)

Από γεωτρήσεις	Τιμή (ευρώ)	Από ανοιχτούς αγωγούς (κανάλια)	Τιμή (ευρώ)
Βαμβάκι	27- 37	Για όλες τις καλλιέργειες	8
Καλαμπόκι	32-43		
Τεύτλα	32-40		
Μηδική	32,5- 40		
Δέντρα	24-38		

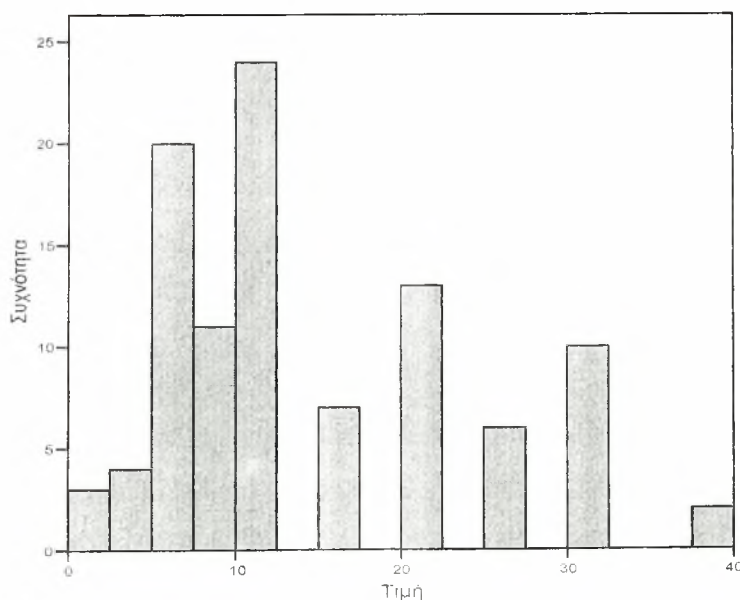
Πηγή: Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λάρισας-Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων, 2005

2. Εάν είχατε στη διάθεσή σας το υπάρχον νερό αλλά και ανακυκλωμένο, τι τιμή θα ήσασταν διατεθειμένοι να πληρώσετε για το ανακυκλωμένο νερό (απόλυτη τιμή/ στρ.);

Η μέση τιμή που προσδιορίστηκε για το ανακτημένο νερό είναι τα 13,50 ευρώ. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω ιστόγραμμα οι περισσότερες απαντήσεις που δόθηκαν βρίσκονται κοντά στην τιμή των 10 ευρώ.

Η τιμή για το επεξεργασμένο νερό είναι αρκετά μικρότερη από την τιμή που πληρώνουν μέχρι σήμερα οι αγρότες για το αρδευτικό νερό. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί με βάση τις απαντήσεις που δόθηκαν παραπάνω για τη διστακτικότητα των αγροτών να χρησιμοποιήσουν το ανακτημένο νερό.

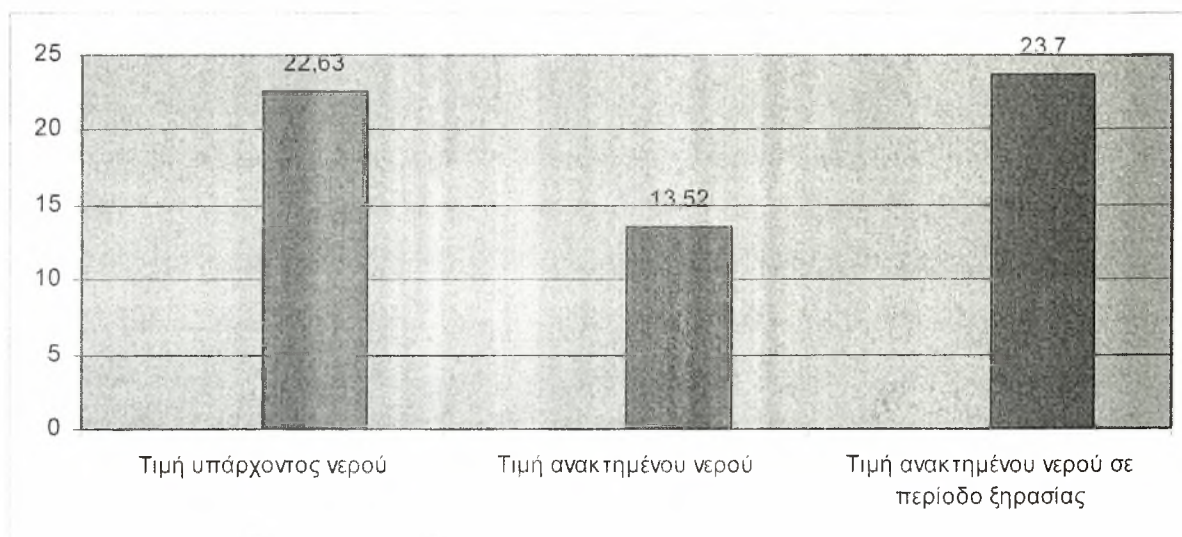
Γράφημα 10: Ιστόγραμμα της τιμής που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν οι αγρότες για να αποκτήσουν το ανακτημένο νερό



3. Εάν δεν είχατε στη διάθεσή σας το υπάρχον νερό λόγω ξηρασίας και ήταν διαθέσιμο ανακυκλωμένο νερό, τότε τι θα απαντούσατε στην προηγούμενη ερώτηση;

Η μέση τιμή υπολογίστηκε στα 23,70 ευρώ, τιμή λίγο μεγαλύτερη από αυτή του συμβατικού νερού. Ο φόβος των αγροτών να καταστραφούν οι καλλιέργειες τους λόγω ξηρασίας είναι ο λόγος που οι αγρότες απάντησαν ότι θα πλήρωναν ίση τιμή ή και παραπάνω για να αποκτήσουν το ανακτημένο νερό. Η συνεχής και σταθερή παροχή που έχει το ανακτημένο νερό ανεξάρτητα από την περίοδο και τις κλιματικές συνθήκες, του δίνει ένα ισχυρό συγκριτικό πλεονέκτημα ως προς τις άλλες πηγές νερού αφού προσφέρει ασφάλεια στους αγρότες σε περιόδους ξηρασίας.

Γράφημα 11: Σύγκριση της μέσης τιμής του υπάρχοντος νερού και του ανακτημένου, όταν υπάρχει συμβατικό νερό και σε περίοδο ξηρασίας (ευρώ)



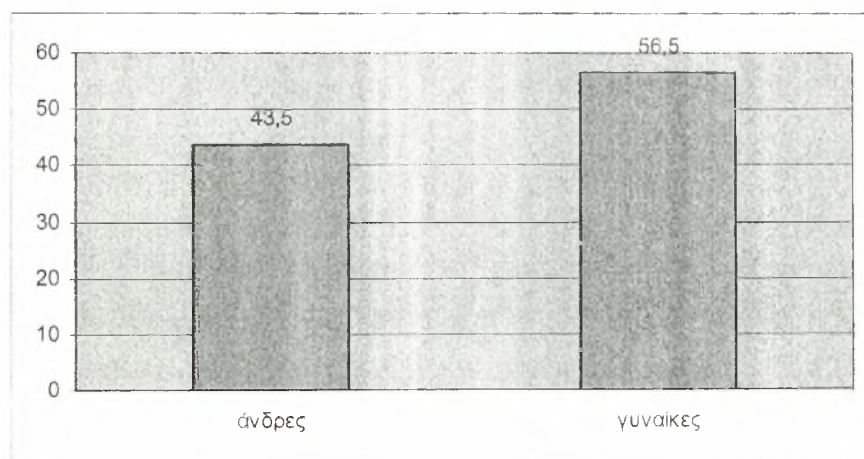
9.2.Ανάλυση- Ερμηνεία αποτελεσμάτων για καταναλωτές

Οικονομικό, κοινωνικό και αγροτικό προφίλ των ερωτώμενων

1.Φύλο και ηλικία

Στην έρευνα που διεξήχθη στην ομάδα των καταναλωτών το 43,5 % αποτελείται από άνδρες και το 56,5 % από γυναίκες, με μέση ηλικία τα 40 έτη. Το 50 % των ερωτηθέντων ανήκει στις ηλικίες από 20- 40 ετών, το 41,5 % από 40-60 και άνω των 60 ετών το 8,5 %.

Γράφημα 12: Φυλετική κατανομή ερωτηθέντων



2.Επίπεδο εκπαίδευσης και μηνιαίο εισόδημα

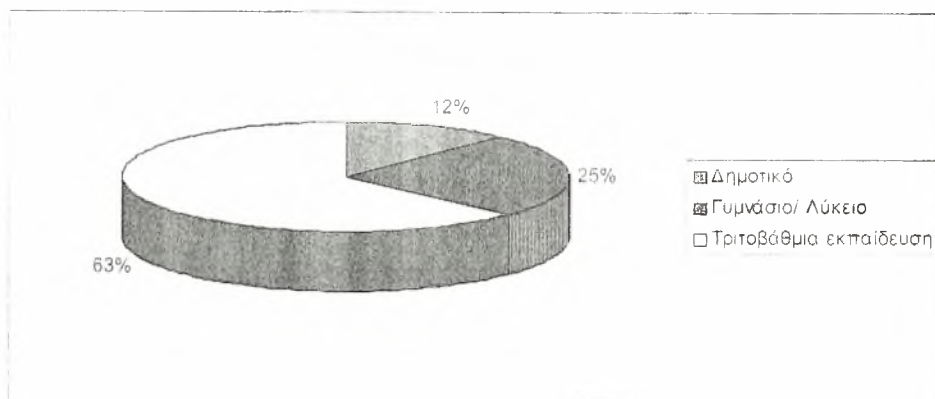
Το επίπεδο εκπαίδευσης των ερωτηθέντων κατανέμεται ως εξής:

- Δημοτικό 12,5 %
- Γυμνάσιο/ Λύκειο 25,5 %
- Τριτοβάθμια εκπαίδευση 63 %

Το υψηλό ποσοστό των ατόμων που έχει τριτοβάθμια εκπαίδευση είναι αναμενόμενο, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων είναι ηλικίας από 20 έως 40 ετών.

Σχετικά, με το εισόδημα των ερωτηθέντων οι πλειοψηφία των απαντήσεων συγκεντρώνεται από 500- 1000 ευρώ με μέσο όρο τα 1120 ευρώ.

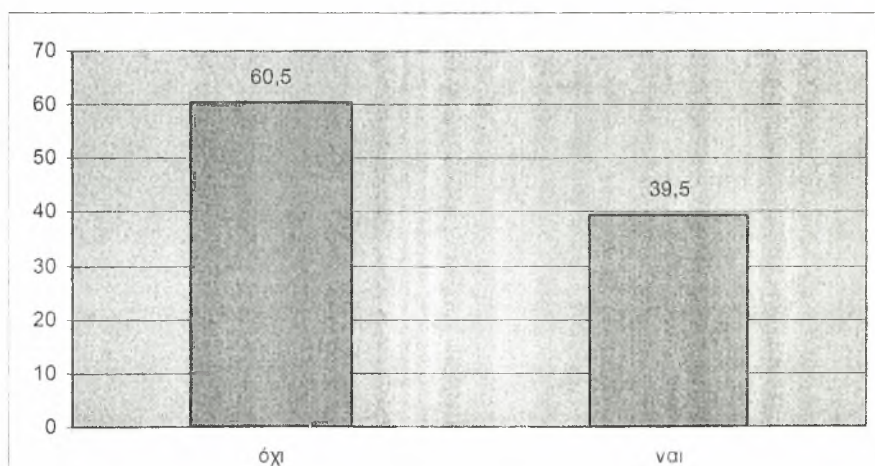
Γράφημα 13: Επίπεδο εκπαίδευσης



3.Δραστηριοποιείστε σχετικά με θέματα περιβαλλοντικής προστασίας;

Στην ερώτηση αν οι ερωτηθέντες δραστηριοποιούνται σε θέματα σχετικά με το περιβάλλον το 60, 5 % απάντησε αρνητικά και το υπόλοιπο 39, 5 % θετικά. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνει την έλλειψη περιβαλλοντική ευαισθησίας αλλά και ενημέρωσης γύρω από τα περιβαλλοντικά προβλήματα.

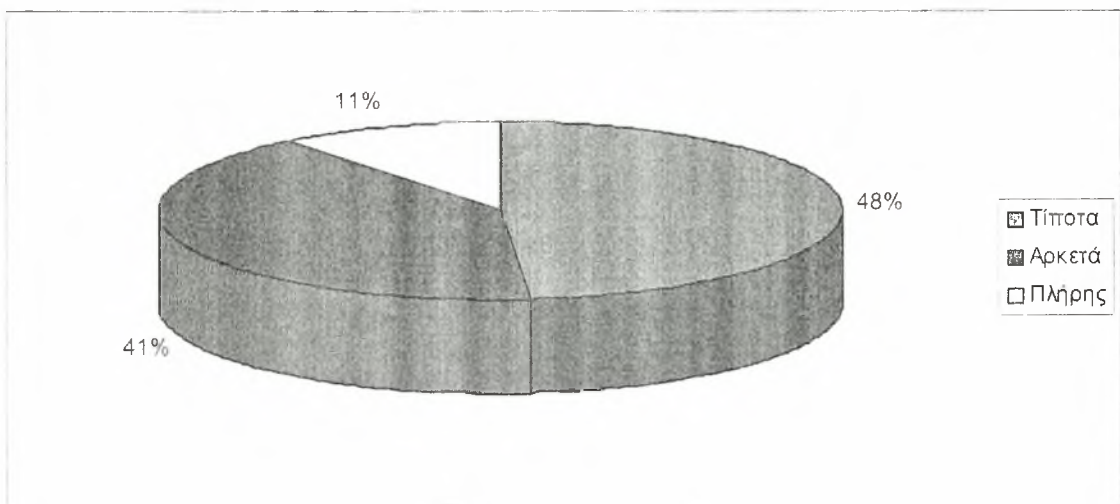
Γράφημα 14: Δραστηριοποίηση σχετικά περιβαλλοντικά θέματα



*Γνώσεις σχετικά με το θέμα των υγρών αποβλήτων***1. Τι γνωρίζατε μέχρι σήμερα για το θέμα των υγρών αποβλήτων και της επεξεργασίας τους;**

Όσο αφορά την κατηγορία των γνώσεων σχετικά με το θέμα των υγρών αποβλήτων και της επεξεργασίας τους, το 48.5 % δήλωσε ότι δεν γνωρίζει τίποτα, το 41 % ότι γνωρίζει αρκετά και το 10, 5 % ότι είναι πλήρως ενημερωμένο. Και στην ομάδα των καταναλωτών, όπως και στους αγρότες διακρίνεται έντονα το πρόβλημα της πληροφόρησης σχετικά με την διαδικασία της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

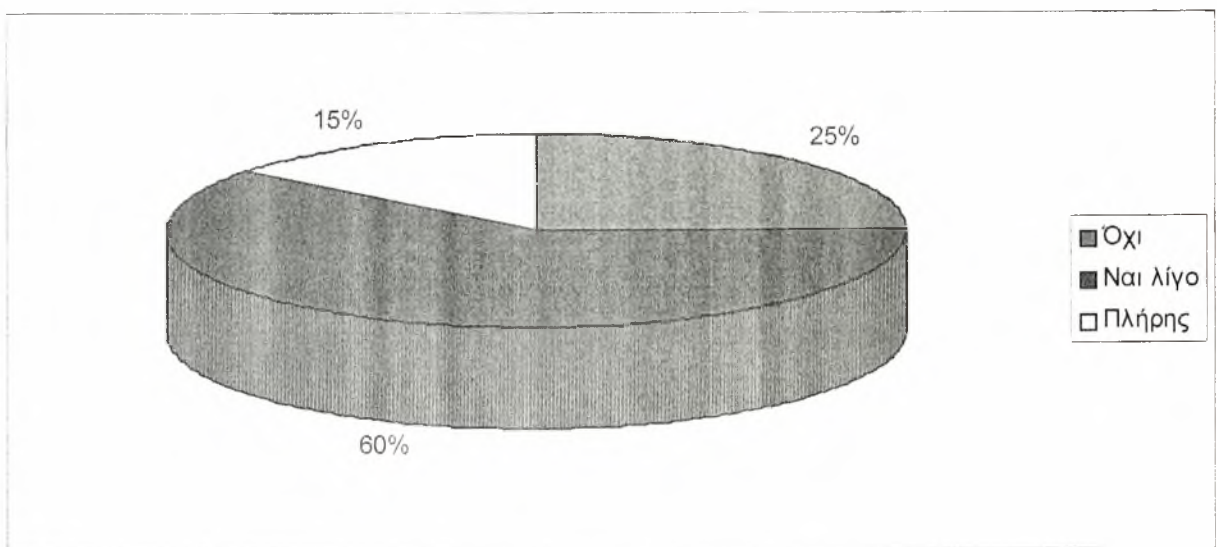
Γράφημα 15: Γνώσεις σχετικά με το θέμα των υγρών αποβλήτων και της επεξεργασίας τους



2. Γνωρίζετε ότι οι εκροές από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση ή άλλες χρήσεις μετά από ειδική επεξεργασία;

Στην ερώτηση αν γνωρίζουν οι ερωτηθέντες ότι τα υγρά απόβλητα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για άρδευση ή άλλες χρήσεις το 25 % απάντησε αρνητικά, το 60, 5 % ναι λίγο και το 14, 5 % ότι είναι πλήρως ενημερωμένο. Τα αποτελέσματα στην ερώτηση αυτή είναι περισσότερο θετικά, αν και πρέπει να σημειωθεί ότι οι απαντήσεις δόθηκαν μετά από σχετική ενημέρωση των ερωτηθέντων.

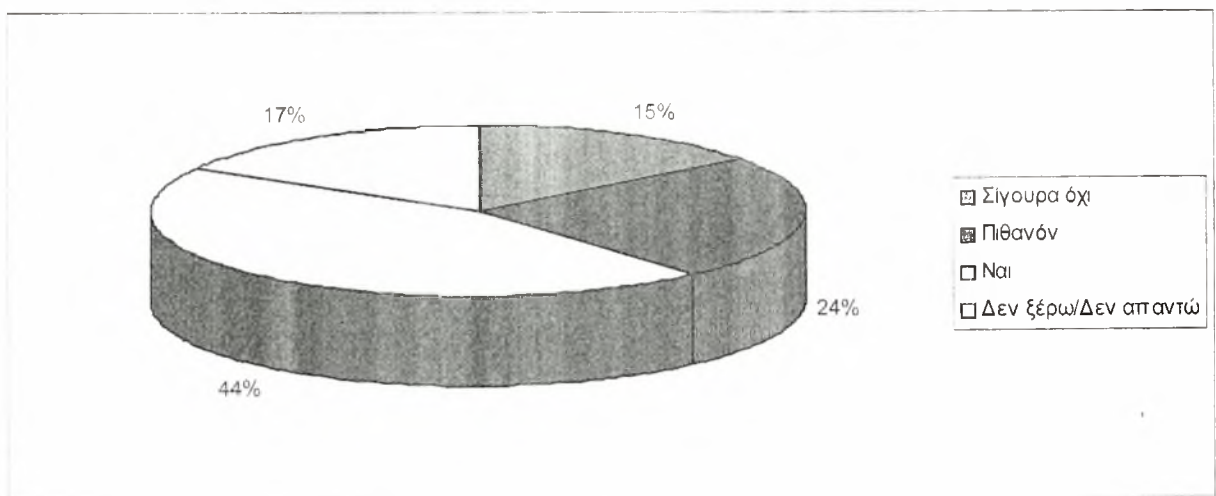
Γράφημα 16: Γνώσεις σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων



3. Εάν σας παρέχονταν αγροτικά προϊόντα που έχουν αρδευτεί με τέτοιου είδους νερό και σας διαβεβαίωναν ότι η υγεία σας δεν διατρέχει κίνδυνο θα ήσασταν διαθέσιμοι να τα χρησιμοποιήσετε;

Όσο αφορά την πρόθεση των καταναλωτών να χρησιμοποιήσουν αγροτικά προϊόντα που έχουν αρδευτεί με ανακτημένο νερό το 15 % απάντησε σίγουρα όχι, το 23,5 % πιθανόν, το 45 % απάντησε θετικά και τέλος το 16,5 % συγκαταλέγεται στην κατηγορία δεν ξέρω/ δεν απαντώ.

Γράφημα 17: Πρόθεση να καταναλωθούν αγροτικά προϊόντα που έχουν αρδευτεί με ανακτημένο νερό



4. Εάν απαντήσατε «Σίγουρα όχι» ή «Πιθανόν» στην παραπάνω ερώτηση, θα μπορούσατε να παραθέσετε τους λόγους για τους οποίους δώσατε αυτή την απάντηση; Θα άλλαζε η απάντησή σας εάν επρόκειτο για προϊόν μη βρώσιμο (π.χ. βαμβάκι);

Οι βασικοί λόγοι που διατυπώθηκαν σχετικά με τη διστακτικότητα των ερωτηθέντων να χρησιμοποιήσουν προϊόντα που έχουν αρδευτεί με επεξεργασμένα απόβλητα ήταν κατά σειρά συχνότητας:

1. Φόβος για την υγεία εξαιτίας μη σωστής επεξεργασίας

2. Η ελλιπής ενημέρωση

3. Οι άγνωστες συνέπειες λόγω μη εκτενούς εφαρμογής

4. Λόγοι κοινωνικής αποδοχής- αποκρουστική η ιδέα να χρησιμοποιηθούν τέτοιου είδους προϊόντα

Παρόλα αυτά η συντριπτική πλειοψηφία των ερωτηθέντων που δεν ήταν πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν αγροτικά προϊόντα που έχουν αρδευτεί με ανακτημένο νερό, δήλωσε ότι δεν θα είχε κανένα πρόβλημα να χρησιμοποιήσουν προϊόντα μη βρώσιμα.

5. Τι τιμή θα ήσασταν διατεθειμένοι να πληρώσετε σε σχέση με την υπάρχουσα τιμή του προϊόντος αν αυτό είχε αρδευτεί με επεξεργασμένο λύμα (ποσοστό);

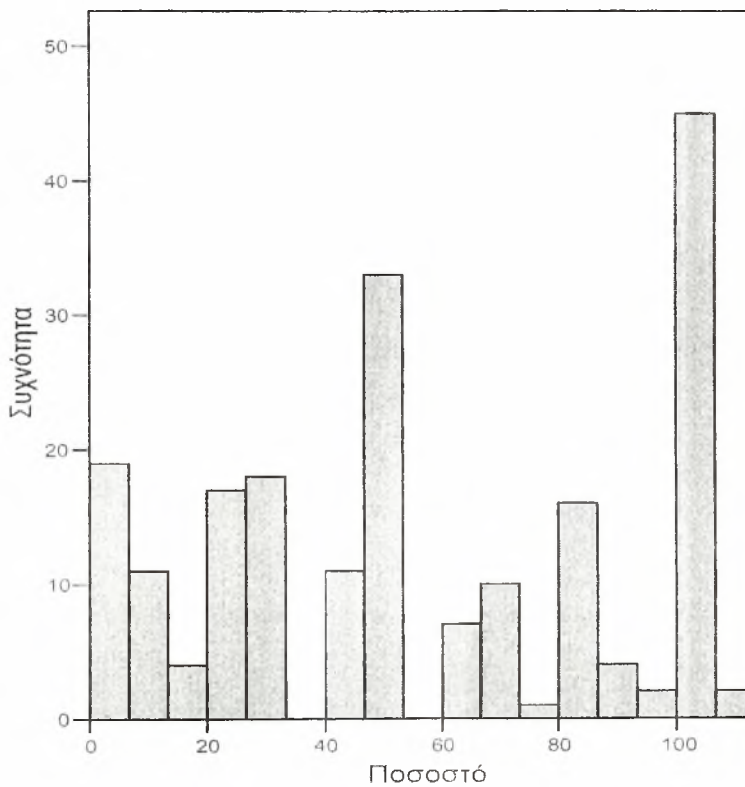
Στην περίπτωση των καταναλωτών, επειδή δεν ήταν δυνατό να προσδιοριστεί μια απόλυτη τιμή για κάθε αγροτικό προϊόν, το τελικό αποτέλεσμα (ποσοστό), καθορίστηκε με βάση την πρόθεση των καταναλωτών να πληρώσουν προϊόντα που έχουν αρδευτεί με ανακτημένο νερό, σε σχέση με την υπάρχουσα τιμή των προϊόντων αυτών.

Η μέση τιμή υπολογίζεται περίπου στο 55 % της υπάρχουσας τιμής.

Παρόλα αυτά όπως φαίνεται και στο ιστόγραμμα (Γράφημα 20), η πλειοψηφία των απαντήσεων βρίσκεται κοντά στην τιμή 100 %, δηλαδή στην υπάρχουσα τιμή των

προϊόντων. Η διαφορά της συχνότητας των απαντήσεων και του μέσου όρου που προσδιορίστηκε προκύπτει εξαιτίας του μεγάλου πλήθους των απαντήσεων που δόθηκε για τα ποσοστά από 0 έως 50.

Γράφημα 18: Ιστόγραμμα του ποσοστού που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν οι καταναλωτές για προϊόντα που έχουν αρδευτεί με ανακτημένο νερό

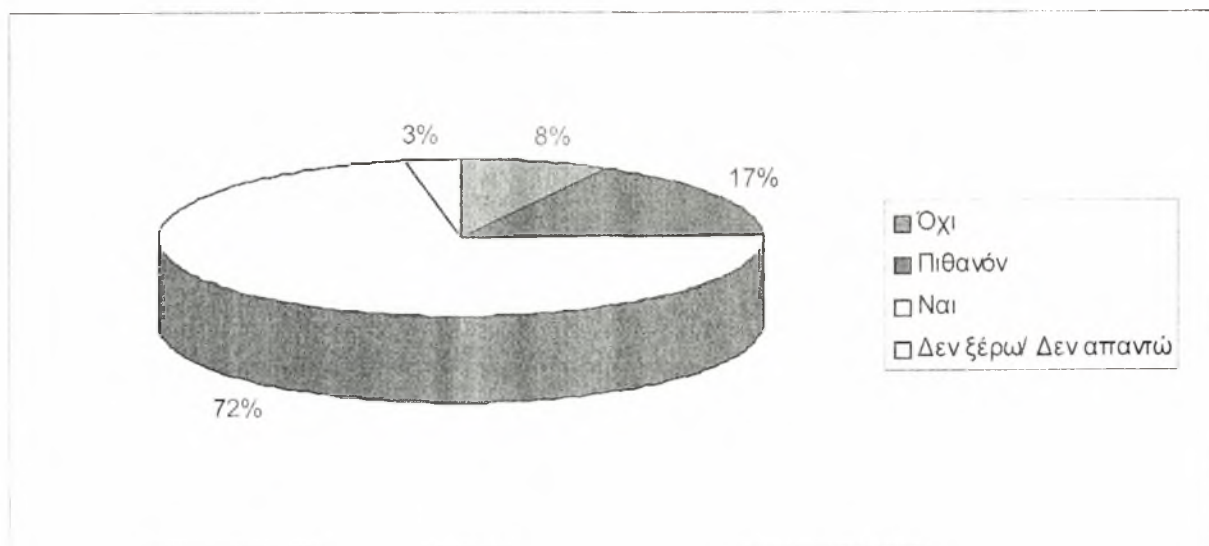


6. Θα επισκεπτόσασταν ποτέ πάρκο που αρδεύεται με επεξεργασμένα λύματα εάν σας διαβεβαίωναν ότι τηρούνται όλοι οι κανόνες ασφαλείας και δεν διατρέχει κίνδυνο η υγεία σας;

Η τελευταία ερώτηση αφορούσε την πρόθεση των ερωτηθέντων να επισκεφτούν κάποιο πάρκο που έχει αρδευτεί με νερό που προέρχεται από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Το 8 % ερωτηθέντων απάντησε αρνητικά, το 16,5 % πιθανόν, το 72,5 % έδωσε καταφατική απάντηση και μόνο το 3 % κατατάσσεται στην κατηγορία δεν ξέρω/ δεν απαντώ.

Η «ασφάλεια» που νιώθουν οι καταναλωτές στην περίπτωση άρδευσης ενός πάρκου σε αντίθεση με την άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών αποτυπώνεται από το υψηλό ποσοστό της θετικής απάντησης που έδωσαν οι ερωτηθέντες στην παραπάνω ερώτηση.

Γράφημα 19: Πρόθεση ερωτηθέντων να επισκεφτούν πάρκο που έχει αρδευτεί με ανακτημένο νερό



Κεφάλαιο 10

Συμπεράσματα

Το υδατικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει σήμερα η Θεσσαλία είναι αποτέλεσμα πολλών και διαχρονικών παραγόντων. Η πίεση που υφίστανται τόσο τα υπόγεια όσο και τα επιφανειακά νερά της περιοχής αντικατοπτρίζεται στην ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση τους.

Στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια να αναδειχθεί το συγκεκριμένο πρόβλημα, να παρουσιαστεί η θετική συμβολή που μπορεί να έχει μια εναλλακτική πηγή νερού, όπως η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων καθώς και η αποδοχή του κοινού όσο αφορά το ανακτημένο νερό.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα έρευνα είναι τα εξής:

- Υπάρχει σημαντική έλλειψη ενημέρωσης τόσο των αγροτών όσο και των καταναλωτών σε θέματα σχετικά με την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων, καθώς και έλλειψη περιβαλλοντικής ευαισθησίας
- Η πρόθεση των αγροτών να χρησιμοποιήσουν ανακτημένο νερό για άρδευση των καλλιεργειών τους είναι ιδιαίτερος υψηλή, γεγονός που αναδεικνύει την ανάγκη για επιπλέον υδατικούς πόρους για την κάλυψη του ελλειπούς υδατικού ισοζυγίου της περιοχής
- Υψηλή είναι και η πρόθεση του κοινού να καταναλώσει αγροτικά προϊόντα που έχουν αρδευτεί με επεξεργασμένα απόβλητα
- Ο σημαντικότερος περιοριστικός παράγοντας για την διστακτικότητα, τόσο των αγροτών όσο και των καταναλωτών να χρησιμοποιήσουν το ανακυκλωμένο νερό είναι, ο φόβος για την ποιότητα του
- Αντίθετα, με τυχόν ενδοιασμούς που προβάλλουν οι καταναλωτές στην πρόθεση τους να χρησιμοποιήσουν αγροτικά προϊόντα που έχουν αρδευτεί με επεξεργασμένα λύματα, η συντριπτική πλειοψηφία των ερωτηθέντων δηλώνει

διατεθειμένη να επισκεφθεί πάρκο, χώρο πρασίνου ή κοινόχρηστο χώρο που έχει αρδευτεί με ανακτημένο νερό

- Η έλλειψη σε νερό σε περιόδους ξηρασίας καθώς και ο φόβος να καταστραφούν οι καλλιέργειες αποτυπώνεται στην αυξημένη πρόθεση των αγροτών να πληρώσουν ίδια ή ακριβότερη τιμή για να αποκτήσουν ανακτημένο νερό
- Στο ευρύ κοινό επικρατεί η αντίληψη ότι τα προϊόντα που αρδεύονται με ανακτημένο νερό είναι κατώτερης ποιότητας και αποτυπώνεται στην πρόθεσή τους να πληρώσουν λιγότερο για να αποκτήσουν τέτοιου είδους προϊόντα

Για να συμβάλλει όμως η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων στην ενδυνάμωση του υδατικού ισοζυγίου της Θεσσαλίας θα πρέπει να γίνουν τα εξής:

- Να ολοκληρωθούν τα έργα επεξεργασίας λυμάτων στις περιοχές που προβλέπει η νομοθεσία
- Να ελέγχεται επαρκώς η ποιότητα του νερού που προκύπτει μετά από την επεξεργασία των λυμάτων
- Να γίνει ολοκληρωμένη πληροφόρηση των αγροτών και των καταναλωτών σε σχέση με την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων και τα οφέλη από τη χρήση επεξεργασμένου νερού, ώστε να εξαλειφθούν οι ενδοιασμοί για την ποιότητα του.
- Να προσδιοριστεί η κατάλληλη τιμή του ανακτημένου νερού έτσι ώστε να υπάρχει όφελος για τους αγρότες με ταυτόχρονη κάλυψη των εξόδων για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων
- Να πραγματοποιηθούν μελέτες που θα προσδιορίζουν τα επίπεδα ποιότητας του ανακτημένου νερού ανά καλλιέργεια και ανά χρήση.

Αυτό που έχει ανάγκη πρωτίστως η Θεσσαλία, είναι να δοθεί επιτέλους η βέλτιστη λύση στο υδατικό της πρόβλημα. Η δυνατότητα της χρήσης ανακτημένου νερού μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά με τις συμβατικές πηγές νερού, με βασική προϋπόθεση να πραγματοποιηθούν τα κατάλληλα έργα. Εξίσου σημαντική, είναι και

η πληροφόρηση του κοινού ώστε να ενημερωθεί για τα θετικά αποτελέσματα που έχει η χρήση του ανακυκλωμένου νερού αλλά και για την εξάλειψη τυχόν ενδοιασμών σε θέματα ποιότητας.

Όσοι σχετίζονται με τη διαχείριση και την κατανάλωση του νερού, από τους αρμόδιους φορείς μέχρι και τους καταναλωτές, θα πρέπει να αρχίσουν να σκέφτονται και να επαναπροσδιορίζουν τη στάση τους σχετικά με την χρησιμοποίηση επεξεργασμένων αποβλήτων ως εναλλακτική πηγή νερού ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής ερημοποίησης της Θεσσαλίας.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

Αγγελάκης Α.Ν. (2006). “Επαναχρησιμοποίηση Επεξεργασμένων Αστικών Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα: Ανάγκη Θέσπισης Κριτηρίων”, Ημερίδα: *Υδατικοί Πόροι και Γεωργία*, Θεσσαλονίκη

Αγγελάκης, Α.Ν. και Παρανυχιανάκης, Ν. (2005) “Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων: ανάγκη θέσπισης κριτηρίων”, Ημερίδα: *Διαχείριση υγρών αποβλήτων με αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας*, Νεοχώρι Καρδίτσας

Αγγελάκης Α.Ν., Tchobanoglous G. (1995) *Υγρά Απόβλητα: Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας και Ανάκτηση. Επαναχρησιμοποίηση και Διάθεση Εκροών*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης

Βογιατζής Ζ., Στάμου Αν. (1994) *Βασικές Αρχές και Σχεδιασμός Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων*, Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, Αθήνα

Γκούμας Κ. (2006), “Οι αρδεύσεις στη Θεσσαλική πεδιάδα: Επιπτώσεις στα υπόγεια και επιφανειακά νερά”, Ημερίδα: *Υδατικοί Πόροι και Γεωργία*, Θεσσαλονίκη

Ευαγγελόπουλος Α. (2005) Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λάρισας. «Διαχειριστική μελέτη του υπόγειου υδάτινου περιοχών δικαιοδοσίας των Τ.Ο.Ε.Β. Νομού Λάρισας», Λάρισα

Κούγκολος Αθ. (2005) *Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

Κουϊμιτζής Θ., Μάτη Κ. (1993) *Αρχές Τεχνολογίας Αντιρρόπανσης*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

Λέκκας Θεμ. (1996) *Περιβαλλοντική Μηχανική Ι: Διαχείριση Υδατικών Πόρων*, Έκδοση Τμήμα περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη

Μαρκαντωνάτος Αθ. (1990) *Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων :Αστικά Λύματα, Βιομηχανικά Απόβλητα, Ζωικά απορρίμματα*, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Αθήνα

Μαρίνος Π., Θάνος Μ., Περλέρος Β., Καββαδάς Μ. (1996) “ Το δυναμικό των υπόγειων υδάτων της θεσσαλικής πεδιάδας και η υπερεκμετάλλευση του”, Πρακτικά συνεδρίου: *Διαχείριση υδατικών πόρων*, Λάρισα

Μαριολάκος Η., Φουντούλης Ι., Σπυρίδωνος Ε., Ανδρεαδάκης Εμ., Καπουράνη Ε. (2003) “Το πρόβλημα του νερού στη Θεσσαλία και προτάσεις για την αντιμετώπιση του στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης”, *Πρακτικά 3ου Συνεδρίου Ανάπτυξης της Θεσσαλίας*, Λάρισα, τομ. Α, σ. 53-67

Μυλόπουλος Γ. (1996) “Διαχείριση υδατικών πόρων:Κρίση διαχείρισης ή κρίση υδατικών πόρων;”, Πρακτικά συνεδρίου: *Διαχείριση υδατικών πόρων*, Λάρισα

Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λάρισας. Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων (2005) “Ενδεικτικές τιμές αρδευτικών τελών στον Ν. Λάρισας ανά καλλιέργεια ανά στρέμμα”

Παρισόπουλος Γ., Παπαδόπουλος Α., Παπαδόπουλος Φ., (2001) “Επεξεργασία υγρών αστικών αποβλήτων με δεξαμενές σταθεροποίησης και επαναχρησιμοποίηση τους για άρδευση”. Συμπόσιο: *Αιγαίο -Νερό-Βιώσιμη Ανάπτυξη*, Πάρος

Στάμου Αν. (1995) *Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Λυμάτων με Παρατεταμένο Αερισμό και Βιολογική Απομάκρυνση Θρεπτικών*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Περιφερειακό Τμήμα Κεντρικής και Δυτικής Θεσσαλίας και Περιφερειακό Τμήμα Μαγνησίας (2004) *Υπόμνημα και συνοπτικές εκθέσεις για το περιβαλλοντικό πρόβλημα, τη διαχείριση των νερών στη Θεσσαλία και τα έργα εκτροπής του άνω ρου του Αχελώου*, Λάρισα

Τσακίρης Γ., (2001) “Διαχείριση Υδάτινων Πόρων για την Ειρήνη, την Ανάπτυξη και το Περιβάλλον”, Συμπόσιο: *Αιγαίο -Νερό-Βιώσιμη Ανάπτυξη*, Πάρος

Metcalf and Eddy (2007) *Μηχανική Υγρών Αποβλήτων: Επεξεργασία και Επαναχρησιμοποίηση*, Εκδόσεις Τζιόλα, Β' Τόμος, Θεσσαλονίκη

Tietenberg T. (2002) *Οικονομική του Περιβάλλοντος και των Φυσικών Πόρων*, Α' τόμος, Gutenberg

Ξενόγλωσση

Andreadakis A., Gavalaki E., Mamais D., Tzimas A. (2001) Wastewater Reuse Criteria in Greece, 7th International Conference on Environmental Science and Technology Ermoupolis, Syros Island

Angelakis A.N., Bontoux L. (2001) "Wastewater reclamation and reuse in Eureau countries ", *Water Science*, Vol 3 pp 47-59

Angelakis A.N., Bontoux L., and Lazarova V. (2003) "Challenges and prospectives for water recycling and reuse in EU countries", *Water Science and Technology: Water Supply*, Vol 3 No 4 pp 59-68

Angelakis A.N., Marecos do Monte M.H. F., Bontoux L., Asano T. (1999) "The Status of Wastewater Reuse Practise in The Mediterranean Basin: Need for Guidelines", Review paper, *Water Research*. Vol. 33, No. 10, pp. 2201-2217

Bixio D., Thoeye C., Koning J. De, Joksimovic D., Savic D., Wintgens T., Melin T. (2006) "Wastewater reuse in Europe". *Desalination* 187, 89-101

Bouwer H. (1994) Irrigation and global water outlook. *Agricultural Water Management* Vol. 25, pp 221-231

Bouwer H. (2000) "Integrated Water Management: Emerging issues and challenges", *Agricultural Water Management* Vol. 45, pp 217-228

Papadopoulos, I. (1997) "Non conventional water resources: present situation and perspective use for irrigation". *Options Méditerranéennes, Sér. A /no31, Séminaires Méditerranéens*

Paraskevas P.A., Panoras G., Giokas D.L. (2005) "Evaluation of the Quality of Treated Wastewater of Eastern Suburban Area of Thessalonica for Irrigation Use, Proceedings of the International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes Island, Greece

Tsagarakis K.P., Dialynas G.E., and Angelakis A.N. (2004) “Water resources management in Crete (Greece), including water recycling and reuse and proposed quality criteria”, *Agricultural Water Management*, Vol 66(1) pp 35-47

Tsagarakis K.P. and Georgantzís N. (2003) “The role of Information on Farmers’ Willingness to Use Recycled Water for Irrigation”, *Water Science and Technology: Water Supply* Vol 3 No 4 pp 105–113

Tsagarakis K.P., Mara D.D., Horan N.J., Angelakis A.N. (2001) “Institutional status and structure of wastewater quality management in Greece”, *Water Policy* 3 81–99

Διαδικτυακή Βιβλιογραφία

1. <http://www.ellinikietairia.gr/media/pdf/Gkikas.pdf>, 22-10-2007
2. <http://www.fao.org/docrep/T0551E/fao.css>, 2-11- 2007
3. http://www.geo.auth.gr/763/ch8_files/p3.jpg, 7-01-2008
4. <http://www.iwmi.org/waterpolicybriefing>, 2-11- 2007
5. <http://www.nesc.wvu.edu>, 2-11-2007
6. <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea59e/oea.css>, 2-11- 2007
7. http://www.oieau.fr/rome/france/expert/theme_3/theme_3.html, 22-10-2007
8. <http://www.pathfinder.gr/favicon.ico>, 9-01-2008
9. <http://www.thessalia-region.com>, 14-01-2008
10. http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/wsh0308/en/index.html, 2-11- 2007
10. http://147.102.83.100/projects/meda_current%20status_dissemination_/5/paper.doc, 22-10-2007



ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ	
ΤΙΤΛΟΣ	
ΑΞΕΗ	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΑΝΕΙΖΟΜΕΝΟΥ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ**

Τηλ.: 24210 06300-2



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000091436



